

إرشادات بشأن أفضل التقنيات المتاحة و التوجيهات المؤقتة لأفضل
الممارسات البيئية ذات الصلة بالمادة 5 في المرفق "جيم" من
اتفاقية استوكهولم للملوثات العضوية الثابتة

كانون الأول 2006

جنيف ، سويسرا

جدول المحتويات

القسم الأول: المدخل

I.A	الغرض
I.B	بنية الوثيقة و استعمال الدلائل الاسترشادية و التوجيهات
I.C	المواد الكيميائية المدرجة في المرفق ج : تعاريف ، الأخطار ، السمية
I.D	المادة 5 و المرفق 5 من اتفاقية استوكهولم
I.E	العلاقة باتفاقية بازل
I.F	العلاقة بالاهتمامات البيئية الأخرى

القسم الثاني : اعتبارات للبدائل في تطبيق أفضل التقنيات المتاحة

II.A	اعتبارات في بدائل اتفاقية استوكهولم
II.B	اتفاقية استوكهولم و المصادر الجديدة
II.C	النهج المتبع لاعتبارات البدائل
II.D	اعتبارات أخرى لاتفاقية استوكهولم

القسم الثالث: أفضل التقنيات المتاحة و أفضل الممارسات البيئية : التوجيهات ؛ و المبادئ ، و الاعتبارات المتقاطعة

III.A	التوجيه
III.B	المبادئ العامة و النهج
III.C	اعتبارات متداخلة (I) الكيماويات المدرجة في المرفق جيم : آليات التشكيل (II) اعتبارات في إدارة النفايات (III) المنافع المشتركة لأفضل التقنيات المتاحة للمواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم (IV) إدارة غازات العادم و غيرها من البقايا (V) تدريب صناع القرار و الفنيين (VI) الاختبار و المراقبة و وضع التقارير

القسم الرابع : تجميع ملخصات من فئات المصادر المتضمنة في الفرعين الخامس والسادس

	ملخصات من القسم الخامس : فئات المصادر المتضمنة في الجزء الثاني من المرفق جيم ملخصات القسم السادس : فئات المصادر المتضمنة في الجزء الثالث من المرفق جيم
--	---

القسم الخامس : التوجيهات / المبادئ التوجيهية حسب فئات المصادر : فئات المصدر في الجزء الثاني من المرفق جيم

V.A	مرمذات النفايات (I) النفايات البلدية الصلبة ، النفايات الخطرة و حمأة المجاري (II) النفايات الطبية
-----	---

أفران الأسمنت التي تحرق نفايات خطرة	V.B
إنتاج عجينة الورق باستخدام الكلور العنصري أو المواد الكيميائية المولدة لعنصر الكلور	V.C
العمليات الحرارية في الصناعات التعدينية (I) الإنتاج النحاس الثانوي (II) معامل التليبد في صناعات الحديد وصناعة الصلب (III) الإنتاج الألمنيوم الثانوي (IV) الإنتاج التوتياء الثانوية	V.D
القسم السادس : التوجيهات / المبادئ التوجيهية حسب فئات المصادر : فئات المصدر في الجزء الثالث من المرفق جيم	
الحرق المفتوح للنفايات ، بما فيها الحرق مواقع مطامر النفايات	VI.A
العمليات الحرارية في الصناعات المعدنية لم يرد ذكرها في المرفق جيم الجزء الثاني (I) الإنتاج الرصاص الثانوي (II) الإنتاج الألمنيوم الثانوي (III) إنتاج المغنزيوم (IV) الإنتاج الثانوي للحديد الصلب (V) الصهر الأولي للمعادن القاعدية	VI.B
مصادر الاحتراق السكنية	VI.C
الوقود الأحفوري في غلايات المرافق والغلايات الصناعية	VI.D
مشتات الحرق المستخدمة للأخشاب وغيرها من وقود الكتلة الحيوية	VI.E
عمليات إنتاج كيميائية معينة تطلق مواد كيميائية مدرجة في المرفق جيم للأخشاب وغيرها من وقود الكتلة الحيوية	VI.F
محارق الجثث	VI.G
المركبات الآلية ، ولا سيما التي تحرق البنزين المحتوي على الرصاص	VI.H
حرق جيف الحيوانات	VI.I
صنع المنسوجات و الجلود (بالكلورانييل) وصقلها (بالمحاليل القلوية)	VI.J
معامل تفتيت و تقطيع السيارات بعد نهاية عمرها	VI.K
حرق الكبلات النحاسية	VI.L
مصافي الزيوت المستهلكة	VI.M

جدول المحتويات

iv.....	قائمة الجداول
v.....	قائمة الملاحق
v.....	قائمة المربعات
v.....	قائمة الرسومات التوضيحية
1.....	I- القسم الأول: مقدمة
2.....	I-A الغاية
3.....	I-B هيكلية الوثيقة واستخدام المبادئ التوجيهية والتوجيهات
3.....	I-C المواد الكيميائية المدرجة في المرفق ج: تعريف، المخاطر، السمية
3.....	1- ماهي المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم؟
3.....	1-1 تعريف
3.....	1-2 الخواص
3.....	1-3 الاستخدامات
4.....	2- ما هي الأخطار على الإنسان من المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم؟
4.....	2-1 التعرض
4.....	2-2 الديوكسينات / الفورانات (PCDD/PCDF)
4.....	2-3 ثنائيات الفينيل متعدد الكلور (PCBs)
5.....	2-4 سداسي كلور البنزن (HCB)
5.....	3- كيف تقاس سمية المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم؟
5.....	3-1 تكافؤ السمية (Toxic equivalency)
5.....	3-2 المدخولات التي يمكن تحملها (Tolerable intakes)
8.....	I-D المادة 5 والمرفق "جيم" من اتفاقية استوكهولم
8.....	المربع (1): المادة 5 من اتفاقية استوكهولم
10.....	المربع (2): المرفق "جيم" من اتفاقية استوكهولم
13.....	I-E العلاقة باتفاقية بازل
13.....	I-F العلاقة بالقضايا البيئية الأخرى
15.....	II- القسم الثاني: اعتبار البدائل في تطبيق أفضل التقنيات المتاحة
17.....	II-A بحث البدائل في اتفاقية استوكهولم
17.....	II-B اتفاقية استوكهولم والمصادر الجديدة
17.....	II-C منهجية للنظر في البدائل
17.....	1- مراجعة المنشآت الجديدة المقترحة ضمن سياق التنمية المستدامة
18.....	2- تحديد البدائل الممكنة والمتوفرة
18.....	3- إجراء تقييم مقارن لكل من البدائل المقترحة المحددة والبدائل المتاحة
18.....	4- اعتبارات الأولوية
19.....	II-D اعتبارات أخرى لاتفاقية استوكهولم
19.....	1- اعتبارات الصحة والسلامة والاعتبارات البيئية
19.....	2- اعتبارات اقتصادية واجتماعية
20.....	3- اعتبارات المرفق "جيم"
24.....	III- القسم الثالث: أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية التوجيهية والمبادئ، والاعتبارات المتشعبة
23.....	III-A التوجيهات
23.....	1- اعتبارات عامة
23.....	2- القضايا المتعلقة بالسياسات والقوانين والحكم
23.....	3- قضايا علمية وتقنية
24.....	4- الآثار الاجتماعية والاقتصادية
24.....	5- المصادر الجديدة مقابل المصادر الموجودة
25.....	III-B مبادئ وأساليب عامة
26.....	III-C الاعتبارات المتشعبة
26.....	(I) المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم": آليات التشكل

26	1- تشكل المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم": نظرة عامة
27	2- تشكل مركبات الديوكسين/الفيوران (PCDD/PCDF)
27	2-1 العمليات الحرارية
28	2-2 العمليات الصناعية-الكيميائية
28	(II) اعتبارات إدارة النفايات
28	1- خلاصة
29	2- مقدمة
29	1-2 أهمية إدارة النفايات على البيئة والصحة
	2-2 تعاريف 29
30	2-3 أهمية وضع استراتيجيات وطنية لإدارة النفايات
30	2-4 بعض المبادئ التي يجب تطبيقها
30	2-5 النهج المقترح في خطة التنفيذ لقمة المؤتمر العالمي للتنمية المستدامة (WSSD)
31	2-6 أهمية تثقيف الناس
31	2-7 أهمية تدريب الموظفين
31	3- التأثير على الإنتاج والمنتجات
32	1-3 كفاءة المنتج
32	2-3 تشجيع الشركات على استخدام نظم الإدارة البيئية
32	3-3 مسؤولية المنتج
32	4- خفض المصدر كأولوية
32	5- الجمع
33	6- إعادة التدوير
33	7- التخلص النهائي
34	1-7 مدافن النفايات
34	8- الترميد
36	(III) المنافع المشتركة لأفضل التقنيات المتاحة بالنسبة للمواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم
36	1- اعتبارات عامة
37	2- المعلومات والتوعية والتدريب
37	3- عمليات تنقية غازات المداخن
37	1-3 الاحتواء، الجمع، التهوية
37	2-3 عمليات فصل الغبار
37	3-3 عمليات غسل الغاز
37	4-3 عمليات الامتزاز
37	5-3 عمليات التحفيز
37	4- عمليات معالجة مياه الصرف (مياه النفايات)
38	5- عمليات معالجة البقايا الصلبة
38	6- المراقبة وإعداد التقارير
38	(IV) إدارة غاز المداخن والبقايا الأخرى
38	1- تقنيات معالجة غاز المداخن (أجهزة ضبط تلوث الهواء)
38	1-1 مقارنة بين تقنيات ضبط مركبات الديوكسين/الفيوران PCDD/PCDF
40	1-2 أنظمة التبريد السريع
40	1-3 الحراقات البعدية
40	4-1 فصل الغبار
44	1-5 عمليات غسل الغاز
45	1-6 عمليات الامتزاز
46	1-7 الأكسدة الواسطة للمركبات الديوكسين/الفيوران PCDD/PCDF
48	2- معالجة البقايا الناتجة عن معالجة غازات المدخنة
48	2-1 إدارة البقايا الصلبة الناتجة عن معالجة غاز المداخن
50	2-2 المعالجة الحرارية للبقايا الناتجة عن معالجة غاز المداخن
50	2-3 معالجة راتنجات الادمصاص الجافة المستهلكة
50	2-4 معالجة مياه الصرف (مياه النفايات)
51	(V) تدريب صانعي القرار والكوادر الفنية

51	الاختبار والمراقبة وإعداد التقارير (VI)
51	1- الاختبار والمراقبة
1-1	أخذ العينات وتحليلها من مركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF ومركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور الشبيهة بالديوكسين
52	2-1 حد الكشف وحد القياس الكمي
53	3-1 الشروط المرجعية للغاز
54	4-1 طرائق القياس الأحيائية
55	2- إعداد التقارير
57	IV- القسم الرابع: تجميع لمخصات من فئات المصادر المدرجة في القسمين الخامس والسادس
59	تمهيد
59	خلاصات القسم الخامس: فئات المصادر المدرجة في الجزء الثاني من المرفق "ج"
59	A. محارق (مرمّات) النفايات (WASTE INCINERATORS)
59	(i) النفايات البلدية الصلبة والنفايات الخطرة وحماة المجاري
60	(ii) النفايات الطبية (Medical waste)
61	B. أفران (قماثن) الإسمنت التي تحرق نفايات خطرة
62	C. إنتاج عجينة الورق باستخدام عنصر الكلور (الكلور العنصري) أو المواد الكيميائية التي تولد عنصر الكلور
62	D. العمليات الحرارية في الصناعة التعدينية
62	(i) إنتاج النحاس الثانوي
63	(ii) معاملة التليد في صناعة الحديد وال فولاذ
63	(iii) إنتاج الألمنيوم الثانوي
63	(iv) إنتاج التوتياء الثانوية
64	خلاصات القسم السادس: الخلاصات لفئات المصادر – الجزء الثالث من المرفق جيم
64	A. الحرق المكثوف للنفايات بما في ذلك الحرق في مواقع مدافن النفايات
64	B. عمليات حرارية في الصناعة التعدينية غير مذكورة في الجزء الثاني من المرفق جيم
64	(i) إنتاج الرصاص الثانوي
65	(ii) إنتاج الألمنيوم الأولي
65	(iii) إنتاج المغنزيوم
65	(iv) إنتاج الفولاذ الثانوي
66	(v) الصهر الأولي للمعادن الأساسية
66	C. مصادر الاحتراق في المناطق السكنية
67	D. المرافق التي تعمل بالوقود الأحفوري والمرآجل الصناعية
67	E. منشآت حرق الخشب ووقود الكتلة الحيوية الأخرى
68	F. عمليات إنتاج مواد كيميائية معينة تطلق مواد كيميائية مدرجة في المرفق جيم
68	G. محارق الجثث
68	H. المركبات الآلية ولا سيما التي تحرق الغازولين الحاوي على الرصاص
69	I. تحطيم جيف الحيوانات
69	J. صباغة (بالكلورانيل) وإنهاء النسيج والجلود
70	K. معاملة تقطيع المركبات بعد نهاية عمرها
70	L. حرق الكابلات النحاسية بدون لهب
71	M. معاملة تكرير الزيوت المستعملة

قائمة الجداول

القسم الأول

الجدول 1. معاملات المكافئ السمي Error! Bookmark not defined.

القسم الثالث

48	الجدول 1. مقارنة نظم التحكم بالديوكسينات/الفيورانات
52	الجدول 2. خصائص مواد المرشحات النسيجية
52	الجدول 3. مقارنة نظم إزالة الغبار

- الجدول 4. طرائق اعتيان و تحليل الديوكسينات/الفيوران في المداخن..... 65
الجدول 5. تحويلات الشروط المرجعية 67
الجدول 6. طرائق الاختبارات الحيوية للمداخن و قياسات البقايا في مرمدات النفايات الصغيرة 68

قائمة الملاحق

القسم الثالث

- الملحق 1. معالجة نفايات الحجر الصحي 43
الملحق 2. حالة دراسية عن إدارة نفايات الرعاية الصحية 43

قائمة المربعات

القسم الأول

- المربع الأول. المادة 5 من اتفاقية استوكهولم **Error! Bookmark not defined.**
المربع الثاني. المرفق "جيم" من اتفاقية استوكهولم **Error! Bookmark not defined.**

قائمة الرسومات التوضيحية

القسم الثالث

- الشكل 1: الترتيب التسلسلي لإدارة النفايات 34
الشكل 2: مبدأ عمل المرشحات الإلكترونية (الكهربائية الساكنة) 50
الشكل 3: المرشحات الإلكترونية الساكنة 51
الشكل 4: مخطط لمرشح نسيجي 51
الشكل 5: الادمصاص/الامتصاص بالترذيد الجاف 53
الشكل 6: مفاعل الإرجاع الوسيط بدرجات الحرارة العالية للتخلص في أن واحد من أكاسيد الأزوت و الديوكسن/الفيوران 58

I- القسم الأول: مقدمة

A-I الغاية

يجب على الأطراف بموجب اتفاقية استوكهولم للملوثات العضوية الثابتة (POPs) أن تشجع في بعض الحالات وتشتترط في حالات أخرى استخدام أفضل التقنيات المتاحة وتشجع تطبيق أفضل الممارسات البيئية. وباختصار، يجب على كل طرف:

- تطوير (وذلك خلال عامين من تاريخ نفاذ الاتفاقية بالنسبة له) خطة عمل وطنية أو إقليمية يتم فيها تحديد ووصف ومعالجة إطلاق المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم من الاتفاقية. ويجب أن تشمل الخطة وضع قوائم للمصادر وأن تأخذ بعين الاعتبار فئات المصادر المدرجة في الجزئين الثاني والثالث من المرفق جيم - الفقرة (أ) من المادة 5.
- بالنسبة للمصادر الجديدة:
 - تشجيع، وطبقاً لجدول تنفيذ خطة عمله، واشتراط استخدام أفضل التقنيات المتاحة لفئات المصادر التي تم تحديدها بأنها تستوجب مثل هذا الإجراء، مع التركيز المبني بصفة خاصة على فئات المصادر المحددة في الجزء الثاني من المرفق جيم. وإن اشترط استخدام أفضل التقنيات المتاحة للمصادر الجديدة في الفئات المدرجة في الجزء الثاني لذلك المرفق، سوف يبدأ العمل به على مراحل في أقرب وقت ممكن عملياً، على ألا يتجاوز ذلك أربع سنوات من بدء نفاذ الاتفاقية بالنسبة للطرف المعني (الفقرة الفرعية (د) من المادة 5).
 - وبالنسبة إلى الفئات المحددة، تشجع الأطراف استخدام أفضل الممارسات البيئية (الفقرة الفرعية (د) من المادة 5).
 - القيام، وفقاً لخطة عمله، بتشجيع استخدام أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية ضمن فئات المصادر مثل تلك المدرجة في الجزء الثالث من المرفق جيم والتي لا يكون الطرف قد تناولها في إطار الفقرة الفرعية (د) (الفقرة الفرعية (هـ) (2) من المادة 5).
- وبالنسبة للمصادر الحالية:
 - القيام، وفقاً لخطة عمله، بتشجيع استخدام أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية ضمن فئات المصادر المحددة في الجزء الثاني من المرفق جيم وضمن فئات المصادر مثل تلك المصادر المدرجة في الجزء الثالث من ذلك المرفق (الفقرة الفرعية (هـ) (1) من المادة 5)

عند تطبيق أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية، ينبغي أن تضع الأطراف في اعتبارها التوجيهات العامة بشأن تدابير المنع وخفض الإطلاق في المرفق جيم والمبادئ التوجيهية بشأن أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية المقرر اعتمادها بقرار من مؤتمر الأطراف. (أنظر الفقرات الفرعية (د) و(هـ) من المادة 5).

أنشأ مؤتمر الأطراف في اتفاقية استوكهولم في اجتماعه الأول الذي عقد في بونتا دل استي، الأوروغواي من 2 إلى 6 أيار 2005 وبموجب قراره رقم SC-1/19 فريق خبراء معني بأفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية مع صلاحية لإنجاز مزيد من العمل على التعزيز والتقوية حيث تكون الحاجة "للمبادئ التوجيهية بشأن أفضل التقنيات المتاحة والتوجيهات بشأن أفضل الممارسات البيئية ذات الصلة بالمادة 5 والمرفق جيم من الاتفاقية"¹ على النحو الوارد في الوثيقة UNEP/POPS/COP.1/INF/7.

وتبنى مؤتمر الأطراف في اتفاقية استوكهولم في اجتماعه الثالث الذي عقد في داكار، السنغال من 30 نيسان إلى 4 أيار 2007 وبموجب قراره رقم SC-3/5 مشروع المبادئ التوجيهية المنقحة بشأن أفضل التقنيات المتاحة والتوجيهات المؤقتة بشأن أفضل الممارسات البيئية، ودعا الأطراف والآخرين إلى تقديم تعليقات إلى الأمانة عن تجربتهم في تنفيذ المبادئ التوجيهية المنقحة المذكورة أعلاه. وطبقاً للمادة 5 من الاتفاقية، ينبغي أن تؤخذ المبادئ التوجيهية والتوجيهات في الاعتبار، فور اعتمادها بقرار من مؤتمر الأطراف، عند تطبيق أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية وفقاً

¹ قام بإعداد مسودة المبادئ التوجيهية بشأن أفضل التقنيات المتاحة والتوجيهات بشأن أفضل الممارسات البيئية ذات الصلة بالمادة 5 والمرفق جيم من الاتفاقية فريق الخبراء المعني بأفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية المشكل لهذا الغرض بموجب الجلسة السادسة للجنة التفاوض الحكومية الدولية لوضع صك دولي ملزم قانوناً لتنفيذ إجراء دولي بشأن ملوثات عضوية ثابتة معينة (انظر الفقرة (75) من المرجع (UNEP/POPS/INC.6/22)

B-I هيكلية الوثيقة واستخدام المبادئ التوجيهية والتوجيهات

القسم الأول من هذه الوثيقة هو مقدمة ويتضمن الغرض من الوثيقة وهيكلتها ووصفاً موجزاً لخصائص ومخاطر المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم من اتفاقية استوكهولم، وأحكام اتفاقية استوكهولم ذات الصلة المباشرة، والمادة 5 والمرفق جيم، وموجز للتدابير المطلوبة بموجب هذه الأحكام وتوضيح للعلاقة بين هذه الأحكام مع اتفاقية بازل للتحكم في نقل النفايات الخطرة والتخلص منها عبر الحدود.

ويقدم القسم الثاني توجيهات بشأن النظر في البدائل، بما في ذلك قائمة مرجعية يمكن استخدامها في تطبيق أفضل التقنيات المتاحة للمصادر الجديدة، ومعلومات عن الاعتبارات الأخرى لاتفاقية استوكهولم.

يتضمن القسم الثالث توجيهات عامة، ومبادئ قابلة للتطبيق ووصفاً للاعتبارات التي تتقاطع مع فئات مصادر متعددة.

أما القسم الرابع فهو عبارة عن تجميع لملاحظات عن كل فئة من فئات المصادر في القسمين الخامس والسادس.

ويحتوي القسمان الخامس والسادس على مبادئ توجيهية محددة لكل فئة من فئات المصادر المدرجة في الجزء الثاني والجزء الثالث من المرفق جيم لاتفاقية استوكهولم. ويتم توفير المعلومات التالية بالنسبة للمبادئ التوجيهية الخاصة بكل فئة:

- وصف العملية؛
- مصادر المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم؛
- التدابير الأولية والثانوية؛
- مستويات الأداء؛
- تقارير الأداء؛
- دراسات الحالة.

المراجع ومعلومات المصادر متوفرة لكل من المبادئ التوجيهية.

C-I المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "ج": تعريف، المخاطر، السمية

1- ماهي المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم؟ 1-1 تعريف

المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم من اتفاقية استوكهولم تتضمن: مركبات ثنائي بنزوبارايدوكسين متعدد الكلور (PCDD)، مركبات ثنائي بنزوفوران متعدد الكلور (PCDF)، مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور (PCBs) ومركب سداسي كلور البنزن (HCB).

2-1 الخواص

إن المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم من اتفاقية استوكهولم - بالإضافة إلى سميته الموثقة - هي ثابتة وتتراكم حيويًا وتخضع لعمليات الانتقال طويل المدى في الهواء. والمواد الكيميائية الثابتة لا تتفكك بسهولة في البيئة. المواد وتكون الكيميائية القابلة للتراكم الحيوي عادة حلولة في الدسم وتتراكم في المستويات العليا من السلسلة الغذائية، بما في ذلك الإنسان. والمواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم هي مركبات نصف-طيارة وتخضع إلى سلسلة من عمليات التبخر والتكاثف مما يجعلها متحركة في البيئة.

3-1 الاستخدامات

لم تستخدم مركبات الديوكسين والفيوران على الإطلاق كمنتجات تجارية ولم يجري تصنيعها عمداً لأي سبب سوى للأغراض المخبرية.

مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور تم استخدامها كسوائل تبريد ومواد تشحيم في المحولات والمكثفات وبعض التجهيزات الكهربائية الأخرى لأنها لا تحترق بسهولة وكونها عوازل جيدة للكهرباء. ومن بين الأشياء الأخرى بعض المنتجات التي يمكن أن تحتوي على مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور مثل مصابيح الإضاءة الفلورسنت وأجهزة كهربائية تحتوي على مكثفات فيها مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور PCB.

أما سداسي كلور البنزن HCB فقد استخدم بشكل واسع كمبيد للفطريات من أجل حماية بذار البصل والذرة والقمح وأنواع أخرى من الحبوب. كما تم استخدامه أيضاً لصناعة الألعاب النارية والذخيرة والمطاط الصناعي. كما يستخدم كمذيب في صناعة المبيدات.

على أية حال، فإن المبادئ التوجيهية والتوجيهات لا تنطبق على الإنتاج التجاري لمركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور (PCBs) أو على سداسي كلور البنزن (HCB) ولكن على تلك العمليات التي تؤدي عن غير قصد إلى تشكلها أو إطلاقها.

2- ما هي الأخطار على الإنسان من المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم؟ 1-2 التعرض

وبما أن هذه المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم موجودة في البيئة، فجميع الكائنات الحية تقريباً، بما في ذلك البشر، قد تعرضت لها. والتعرض ينشأ بشكل أساسي من خلال الأطعمة الدسمة بما في ذلك حليب الثدي، كما أنه يمكن أن ينشأ أيضاً في حالات الحوادث وفي العمل. وتعتمد التأثيرات الصحية المترافقة مع هذا التعرض على العديد من العوامل بما في ذلك مستوى التعرض وزمن وتواتر التعرض.

2-2 الديوكسينات / الفيورانات (PCDD/PCDF)

تستند معظم المعلومات عن سمية هذه المركبات الكيميائية إلى دراسات مستفيضة أجريت على أشد المركبات سمية في عائلة (2، 3، 7، 8 - رباعي كلور ثنائي بنزوبارا ديوكسين) 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD) في حيوانات التجارب. يمكن أن ينتج مركب (TCDD) والمركبات ذات الصلة تأثيرات عديدة ومتنوعة في الحيوانات ويمكن أيضاً أن تحدث نفس التأثيرات عند الإنسان.

حددت الوكالة الدولية لبحوث السرطان (IARC) التابعة لمنظمة الصحة العالمية مركب TCDD 2,3,7,8 على أنه أكثر مركبات الديوكسين سمية، وأنه مسرطن للإنسان، وذلك بشكل أساسي بناءً على دراسات عن حالات تضمنت تعرض مهني شديد أو في حوادث. الدراسات على حيوانات التجربة أيضاً أظهرت زيادة خطيرة الإصابة بالسرطان نتيجة التعرض الطويل لمركبات الديوكسين والفيوران.

وينتج عن التعرض لمركبات (TCDD) تأثيرات عديدة ومتنوعة في التكاثر والتطور لدى عدد من أنواع حيوانات التجارب بما في ذلك قصر الحياة وتغييرات بنوية وتخلف في النمو وتغيرات وظيفية. وهناك أيضاً دليل على حدوث تأثيرات في السلوك العصبي وتأثيرات على العديد من الوظائف المناعية والهرمونية، بما في ذلك الغدة الدرقية. وبسبب هذه الأدلة عند الحيوانات، خاصة عند التعرض لجرعات عالية وفي بعض الحالات لجرعات قريبة من تلك التي يمكن أن يتعرض لها البشر، يبدي العلماء قلقاً حول إمكانية حدوث نفس التأثيرات عند الإنسان، خاصة التأثيرات على نمو الأطفال نتيجة التعرض قبل الولادة.

3-2 ثنائيات الفينيل متعدد الكلور (PCBs)

إن من أكثر الآثار الصحية وضوحاً عند الناس الذين تعرضوا إلى مقادير عالية من مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور (PCBs) هي الحالات الجلدية. وأظهرت الدراسات على العمال المتعرضين لتغيرات في الدم والبول والتي يمكن أن تشير إلى ضرر في الكبد. ففي حوادث يوشو (Yusho) ويوشنغ (Yucheng) والتي تضمنت حوالي 2,000 حالة من اليابانيين والتايوانيين الذين تعرضوا إلى تراكيز عالية من مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور (PCBs) ومركبات الفيوران (PCDF) من خلال استهلاك زيت الأرز الملوث، كان معدل الإصابة بأمراض الكبد المميته بين هذه الحالات أعلى بحدود 2-3 مرات من المعدلات الوطنية في كلتا الدولتين (الوكالة الدولية لبحوث السرطان). ومن غير المحتمل لدى عموم السكان أن يؤدي التعرض لمركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور (PCBs) إلى حدوث تأثيرات في الجلد والكبد،

لقد حددت الوكالة الدولية لبحوث السرطان أن مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور (PCBs) ربما تكون مسرطنة للإنسان. وتشير بعض الدراسات عن العمال إلى أن التعرض لمركبات PCBs ترافق مع أنواع معينة من السرطانات كسرطان الكبد والقناة الصفراوية. وأصيب الجرذان التي تغذت على طعام يحتوي على مستويات عالية من مركبات PCBs لمدة عامين بسرطان الكبد.

يمكن أن يترافق التعرض لمركبات PCBs مع تأثيرات في الهرمونات والنمو. فالنساء اللاتي تعرضن إلى مستويات عالية نسبياً من مركبات PCBs أو تناولن أسماكاً ملوثة بمركبات PCBs ولدن أطفالاً وزنهم أقل بقليل من أطفال النساء اللاتي لم يكن لديهن هذا التعرض لمركبات PCBs. وأظهر الأطفال الذين ولدوا لنساء تغذين على أسماك ملوثة بمركبات PCBs أيضاً استجابات غير طبيعية في اختبارات سلوك الأطفال. بعض هذه السلوكيات؛ مثل مشاكل في المهارات الحركية ونقصان في الذاكرة على المدير القصير استمرت لعدة سنوات.

4-2 سداسي كلور البنزن (HCB)

حددت وزارة الصحة والخدمات البشرية في الولايات المتحدة أن مركب سداسي كلور البنزن (HCB) يمكن أن يكون مسرطناً. وأظهرت الدراسات على الحيوانات أن التعرض طويل الأمد عن طريق الجهاز الهضمي لكميات كبيرة من مركب سداسي كلور البنزن HCB يمكن أن يؤدي الكبد والغدة الدرقية والنظام العصبي والعظام والكلبتين والدم وجهاز المناعة والغدد الصماء.

3- كيف تقاس سمية المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم؟ 1-3 تكافؤ السمية (Toxic equivalency)

إن من أكثر مركبات الديوكسين والفيوران (PCDD/PCDF) سمية هي المركبات التي يكون فيها الكلور في المواقع 2 و 3 و 7 و 8. أما بالنسبة لثنائي الفينيل متعدد الكلور PCB، فالمركب الأعلى سمية هو التي تكون جزيئته ذات شكل مسطح، مماثلاً بذلك لمركبات الديوكسين والفيوران. وتقدر سمية مزيج من هذه المواد كرقم واحد يسمى المكافئ السمي (Toxic Equivalent, TEQ).

و لتحديد مكافئ السمية لمزيج، نحسب كمية كل مركب من مركبات العائلة السمية ونضربها بمعامل تنقيح نسبة إلى أكثر المركبات الكيميائية سمية (2,3,7,8 TCDD). يدعى معامل التنقيح هذا بمعامل مكافئ السمية. ويشمل الشكل الأول المستمد من قبل لجنة تحديات المجتمع الحديث التابعة لمنظمة حلف شمال الأطلسي عام 1988 والمسمى بمعامل مكافئ السمية الدولي (I-TEFs)، 17 من مركبات الديوكسين والفيوران. بينما حددت منظمة الصحة العالمية في عام 1997 معاملات مكافئ السمية (WHO-TEFs) لتسع وعشرين مركباً من أصل 419 مركب للديوكسين والفيوران ومركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور (الجدول 1). أما مركب سداسي كلور البنزن HCB فليس له معامل مكافئ سمية.

2-3 المدخولات التي يمكن تحملها (Tolerable intakes)

يعرّف المدخول اليومي الممكن تحمله (tolerable daily intake, TDI) بأنه كمية المادة الكيميائية لكل كغ من وزن الجسم التي إذا أخذت يومياً ولمدى الحياة لا تؤدي إلى ظهور تأثيرات صحية. تم تحديد المدخولات اليومية الممكن تحملها من قبل منظمة الصحة العالمية في عام 1998 لبعض المواد الكيميائية التي تساهم بمكافئ سمية بين 1 - 4 بيكوغرام/كغ من وزن الجسم/اليوم². وفي عام 2001، قامت لجنة الخبراء المشتركة بين منظمة الأغذية والزراعة ومنظمة الصحة العالمية والمتخصصة بإضافات الغذاء بتحديد قيمة مؤقتة للمدخل الشهري الممكن تحمله (70 بيكوغرام/كغ من وزن الجسم/الشهر) وهذه القيمة تقارب حوالي 2.3 بيكوغرام/كغ من وزن الجسم/اليوم.

جدول (1): معاملات مكافئ السمية (TEFs)

² بيكوغرام (pg) = 10^{-15} كيلو غرام أي (1×10^{-12}) غرام

المماكب Congener	معاملات مكافئ السمية للتدبيبات منظمة الصحة العالمية/1997 WHO/TEFs	I-TEFs	معاملات مكافئ السمية للتدبيبات منظمة الصحة العالمية/2005 WHO/TEFs
PCDD مركبات الديوكسين			
2,3,7,8-TCDD	1	1	1
1,2,3,7,8-PeCDD	1	0.5	1
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.1	0.1	0.1
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.1	0.1	0.1
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.1	0.1	0.1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.01	0.01	0.01
1,2,3,4,6,7,8,9-OCDD	0.0001	0.001	0.0003
PCDF مركبات الفيوران			
2,3,7,8-TCDF	0.1	0.1	0.1
1,2,3,7,8-PeCDF	0.05	0.05	0.03
2,3,4,7,8-PeCDF	0.5	0.5	0.3
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.1	0.1	0.1
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.1	0.1	0.1
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.1	0.1	0.1
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.1	0.1	0.1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.01	0.01	0.01
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.01	0.01	0.01
1,2,3,4,6,7,8,9-OCDF	0.0001	0.001	0.0003

المماكب Congener	معاملات مكافئ السمية للتدبيبات منظمة الصحة العالمية/1997 WHO/TEFs	I-TEFs	معاملات مكافئ السمية للتدبيبات منظمة الصحة العالمية/2005 WHO/TEFs
PCB مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور			
IUPAC No. Structure			
non-ortho substituted			
77 3,3',4,4'-TCB	0.0001	n.a.	0.0001
81 3,4,4',5'-TCB	0.0001		0.0003
126 3,3',4,4',5'-PeCB	0.1		0.1
169 3,3',4,4',5,5'-HxCB	0.01		0.03
mono-ortho substituted			
105 2,3,3',4,4'-PeCB	0.0001		0.00003
114 2,3,4,4',5'-PeCB	0.0005		0.00003
118 2,3',4,4',5'-PeCB	0.0001		0.00003
123 2',3,4,4',5'-PeCB	0.0001		0.00003
156 2,3,3',4,4',5'-HxCB	0.0005		0.00003
157 2,3,3',4,4',5'-HxCB	0.0005		0.00003
167 2,3',4,4',5,5'-HxCB	0.00001		0.00003
189 2,3,3',4,4',5,5'-HpCB	0.0001		0.00003

المراجع

وثائق

Government of Japan. 2003. *Dioxins*. Information pamphlet. Government of Japan, Ministry of the Environment, Environmental Management Bureau, Office of Dioxins Control.

مواقع إلكترونية

International Agency for Research on Cancer (IARC) Monographs. www.monographs.iarc.fr

Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, Fifty-seventh meeting, Rome, 5-14 June 2001, SUMMARY AND CONCLUSIONS. www.fao.org/es/esn/jecfa/index_en.stm.

United States Center for Disease Control. *TOXFAQs for Hexachlorobenzene*. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. www.atsdr.cdc.gov/tfacts90.html.

United States Center for Disease Control. *TOXFAQs for Polychlorinated Biphenyls*. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. www.atsdr.cdc.gov/tfacts17.html.

WHO (World Health Organization). *Dioxins and Their Effect on Human Health*. WHO, Geneva. www.who.int/mediacentre/factsheets/fs225/en/.

D-I المادة 5 والمرفق "جيم" من اتفاقية استوكهولم المربع (1): المادة 5 من اتفاقية استوكهولم

المادة 5

تدابير لخفض الإطلاق من الانتاج غير المقصود أو القضاء عليه

يتخذ كل طرف، كحد أدنى، التدابير التالية لخفض مجموع الإطلاق الناشئ عن مصادر صناعية، لكل من المواد

(أ) العمل في غضون سنتين من تاريخ بدء نفاذ الاتفاقية بالنسبة إليه، على وضع خطة عمل أو، حيثما كان مناسباً،

(1) تقييم للإطلاق الحالي والمتوقع، يشمل وضع قوائم للمصادر والاحتفاظ بها، وتقدير لحالات

(2) تقييم لمدى ملائمة قوانين وسياسات الطرف فيما يتعلق بإدارة مثل حالات الإطلاق هذا؛

(3) وضع استراتيجيات للوفاء بالالتزامات المترتبة على هذه الفقرة ومع مراعاة التقييمات المذكورة

(4) اتخاذ خطوات لتشجيع التعليم، والتدريب، فيما يتعلق بهذه الاستراتيجيات والتوعية بشأنها؛

(5) إجراء استعراض كل خمس سنوات لتلك الاستراتيجيات ولدى نجاحها في الوفاء بالالتزامات

(6) وضع جدول لتنفيذ خطة العمل، بما في ذلك الاستراتيجيات والتدابير المحددة فيها؛

(ب) تعزيز تطبيق التدابير المتاحة والممكنة والعملية التي يمكن أن تحقق بسرعة مستوى واقعياً ومفيداً لخفض

(ج) النهوض بتطوير، وحيثما اعتبر ذلك مناسباً، اشتراط استخدام المواد والمنتجات والعمليات البديلة أو المعدلة لمنع

(د) تشجيع، وطبقاً لجدول تنفيذ خطة عمله، اشتراط استخدام أفضل التقنيات المتاحة من أجل مصادر جديدة من بين

(هـ) القيام، وفقاً لخطة عمله، بتشجيع استخدام أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية:

(1) بالنسبة إلى المصادر الحالية ضمن قنات المصادر المحددة في الجزء الثاني من المرفق جيم

(2) و بالنسبة إلى المصادر الجديدة ضمن فئات المصادر، مثل تلك المدرجة في الجزء الثالث من

عند تطبيق أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية لما ورد أعلاه، ينبغي أن تضع الأطراف في اعتبارها

(و) لأغراض هذه الفقرة والمرفق جيم:

(1) "أفضل التقنيات المتاحة" تعني أكثر مرحلة فعالية وتقدماً في تطور الأنشطة وطرق إدارتها مما

(2) " التقنيات " تشمل كلاً من التكنولوجيا والطريقة التي تم بها تصميم المنشأة وبنائها وصيانتها

(3) " التقنيات المتاحة " تعني تلك التقنيات التي يمكن للمشغل الوصول إليها وتكون قد طورت على

(4) " أفضل " تعني الأكثر فعالية في تحقيق مستوى عام رفيع من الحماية للبيئة ككل؛

(5) " أفضل الممارسات البيئية " تعني تطبيق المزيج الأكثر ملائمة من تدابير واستراتيجيات الرقابة

(6) " مصدر جديد " يعني أي مصدر يبدأ تشييده أو إجراء تعديل كبير فيه بعد سنة واحدة على الأقل

أ - بدء نفاذ هذه الاتفاقية بالنسبة إلى الطرف المعني؛

ب - أو بدء نفاذ تعديل للمرفق جيم بالنسبة إلى الطرف المعني وهنا يصبح المصدر خاضعاً لأحكام هذه الاتفاقية

(ز) يجوز لأي طرف أن يستخدم قيم حدود الإطلاق أو معايير الأداء للوفاء بالتزاماته بالنسبة لأفضل التقنيات المتاحة

المربع (2): المرفق "جيم" من اتفاقية استوكهولم

المرفق جيم

الإنتاج غير المقصود

الجزء الأول: الملوثات العضوية الثابتة الخاضعة لمقتضيات المادة 5

يتعلق هذا المرفق بالملوثات العضوية الثابتة التالية حين تتشكل وتطلق عن غير قصد من مصادر صناعية:

المادة الكيميائية

ثنائي بنزوبارادايوكسين متعدد الكلور وثنائي بنزوفيران متعدد الكلور (PCDD/PCDF)
سداسي كلور البنزن (HCB)
ثنائيات الفينيل متعدد الكلور (PCBs)

الجزء الثاني: فئات المصادر

تتشكل وتنبعث مركبات ثنائي بنزوبارادايوكسين متعدد الكلور (الديوكسينات)/ثنائي بنزوفيران متعدد الكلور (الفيورانات)

(أ) أجهزة ترميد النفايات، بما في ذلك ترميد النفايات البلدية إلى الخطرة أو النفايات الطبية أو حمأة المجاري في مكان

- (ب) أفران الإسمنت التي تحرق نفايات خطرة؛
(ج) إنتاج لب الورق باستخدام عنصر الكلور أو المواد الكيميائية المولدة لعنصر الكلور للتبييض؛
(د) العمليات الحرارية التالية في الصناعات المعدنية:
1 الإنتاج الثانوي للنحاس؛
2 مصانع الملبدات في صناعات الحديد والصلب؛
3 الإنتاج الثانوي للألمنيوم؛
4 الإنتاج الثانوي للزنك.

الجزء الثالث: فئات المصادر

الديوكسينات والفيورانات وسداسي كلور البنزن وثنائيات الفينيل متعدد الكلور، يمكن أن تتكون عن غير قصد وتطلق من

- (أ) حرق النفايات في العراء، بما فيها حرق مواقع دفن النفايات؛
(ب) عمليات حرارية في الصناعات المعدنية لم تذكر في الجزء الثاني؛
(ج) مصادر الإحترق في المناطق السكنية؛
(د) إحترق الوقود الأحفوري في مراحل المرافق العامة والمنشآت الصناعية؛
(هـ) منشآت حرق الخشب وأنواع أخرى من وقود الكتلة الحيوية؛
(و) عمليات معينة لإنتاج المواد الكيميائية تنطلق منها ملوثات عضوية ثابتة تكونت بصورة غير مقصودة، وبخاصة إنتاج
(ز) محارق الجثث؛
(ح) المركبات الآلية، ولاسيما التي تحرق البنزين المحتوي على الرصاص؛
(ط) تدمير جيف الحيوانات؛
(ي) صبغ المنسوجات والجلود (بواسطة الكلور انيل) وصقلها (بالاستخلاص القلوي)؛
(ك) معامل تقطع المركبات بعد نهاية عمرها؛
(ل) حرق الكابلات النحاسية بدون لهب
(م) مصافي تنقية زيوت النفايات.

الجزء الرابع: تعاريف

1. لأغراض هذا المرفق:
 (أ) " مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور " تعني مركبات عطرية تتشكل بطريقة يمكن معها الاستعاضة عن ذرات
 (ب) " ثنائي بنزوباراديوكسين متعدد الكلور " و " ثنائي بنزو فيوران متعدد الكلور " هي مركبات ثلاثية الحلقات
2. في هذا المرفق، يعبر عن سمية الديوكسينات والفيورانات باستخدام مكافئ السمية الذي يقيس النشاط السمي الشبيه

الجزء الخامس: توجيهات عامة بشأن أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية

يوفر هذا الجزء توجيهاً عاماً للأطراف بشأن منع أو خفض إطلاقات المواد الكيميائية المدرجة في الجزء الأول من هذا

ألف – تدابير عامة للوقاية تتعلق بأفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية

ينبغي أن تعطى الأولوية للنظر في المنهجيات الكفيلة بمنع تكون وإطلاق المواد الكيميائية المدرجة في الجزء الأول. ويمكن

- (أ) استخدام تكنولوجيا قليلة النفايات؛
 (ب) استخدام مواد أقل خطورة؛
 (ج) تعزيز استعادة وإعادة تدوير النفايات والمواد المولدة والمستخدمه في عملية ما؛
 (د) استبدال المواد الوسيطة التي تكون ملوثات عضوية ثابتة أو حيث هناك رابطة مباشرة بين المواد وإطلاق
 (هـ) الإعتناء بإدارة المنشأة واعتماد برامج صيانة وقائية؛
 (و) إجراء تحسينات في إدارة النفايات بهدف إيقاف حرق النفايات في الأماكن المكشوفة أو الحرق غير المتحكم به،
 (ز) التقليل على أدنى حد من استعمال هذه المواد الكيميائية بوصفها ملوثات في المنتجات؛
 (ح) تجنب الكلور العنصري أو المواد الكيميائية التي تولد الكلور العنصري للتبييض.

باء – أفضل التقنيات المتاحة

لايهدف مفهوم أفضل التقنيات المتاحة إلى فرض أي أسلوب بعينه أو تكنولوجيا بعينها بل إلى مراعاة الخصائص التقنية

(أ) الإعتبارات العامة:

- 1) طبيعة حالات الإطلاق المعنية وأثارها وحجمها: وقد تختلف الأساليب تبعاً لحجم
- 2) تواريخ تشغيل المنشآت الجديدة أو القائمة؛
- 3) الوقت اللازم للأخذ بأفضل تقنية متاحة؛
- 4) استهلاك المواد الخام المستعملة في العملية وطبيعة هذه المواد ومدى كفاءتها من
- 5) الحاجة إلى منع التأثير العام لحالات الإطلاق أو خفض هذا التأثير إلى أدنى حد
- 6) ضرورة منع وقوع الحوادث والإقلال إلى الحد الأدنى من نتائجها بالنسبة إلى البيئة؛
- 7) ضرورة توفير شروط الصحة والسلامة المهنية في أماكن العمل؛
- 8) العمليات أو المنشآت أو طرائق التشغيل القابلة للمقارنة والتي ثبت نجاحها بالتجربة
- 9) التطورات التكنولوجية والتغيرات في المعرفة العلمية والفهم.

(ب) تدابير عامة لخفض الإطلاق: عند النظر في مقترحات لتشييد منشآت جديدة أو إجراء تعديلات رئيسية

- 1) استخدام طرائق محسنة لتنظيف غازات المداخن مثل الأكسدة الحرارية أو الواسطية
- 2) معالجة المخلفات والنفايات ومياه الفضلات وحماة المجاري مثلاً بالمعالجة الحرارية
- 3) إجراء تغييرات في العمليات تؤدي إلى خفض أو إزالة حالات الإطلاق مثل التحول
- 4) تعديل تصاميم العمليات لتحسين الاحتراق ومنع تكوين هذه المواد الكيميائية

جيم – أفضل الممارسات البيئية

قد يطور مؤتمر الأطراف توجيهات فيما يتعلق بأفضل الممارسات البيئية

E-I العلاقة باتفاقية بازل

تم اعتماد اتفاقية بازل بشأن التحكم في نقل النفايات الخطرة والتخلص منها عبر الحدود في عام 1989 وأصبحت نافذة عام 1992. واتفاقية بازل هي الأخرى اتفاقية عالمية إلى جانب اتفاقية استوكهولم وذات صلة مباشرة بتطبيق أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية من أجل مراقبة المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم من اتفاقية استوكهولم. وتفرض اتفاقية بازل التزامات على البلدان الأطراف في الاتفاقية في جملة أمور منها: الحد من توليد النفايات الخطرة؛ وضمان توفير المرافق الكافية للتخلص منها؛ وضمان الإدارة السليمة بيئياً للنفايات.

تتضمن الفقرة الثانية من المادة 6 من اتفاقية استوكهولم التي تتناول تدابير خفض الإطلاق من المخزونات والفضلات أو القضاء عليه الشروط التالية:

" يتعاون مؤتمر الأطراف عن كثب مع الهيئات المختصة المنشأة بموجب اتفاقية بازل بشأن التحكم في نقل النفايات الخطرة والتخلص منها عبر الحدود من أجل جملة أمور منها:

- (أ) تحديد مستويات التدمير والتحويل الدائم اللازمة لكفالة عدم ظهور خصائص الملوثات العضوية الثابتة وفق المحدد في الفقرة 1 من المرفق دال؛
- (ب) وتحديد الطرق التي يرون أنها تشكل التخلص السليم بيئياً المشار إليه أعلاه؛
- (ت) والعمل على تحديد مستويات تراكيز المواد الكيميائية المدرجة في المرفقات ألف وباء وجيم من أجل تحديد المحتوى المنخفض من الملوثات العضوية الثابتة المشار إليه في الفقرة 1 (d) (ii) " 3.

اعتمد مؤتمر الأطراف في اتفاقية بازل، في اجتماعه الثامن في ديسمبر 2006، تحديث المبادئ التوجيهية التقنية العامة للإدارة السليمة بيئياً للنفايات التي تتكون من أو تحوي أو ملوثة بـ ملوثات عضوية ثابتة كما اعتمد تحديث المبادئ التوجيهية للإدارة السليمة بيئياً للنفايات التي تتكون من أو تحوي أو ملوثة بـ مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور، ثلاثي الفينيل متعدد الكلور أو ثنائي الفينيل متعدد البروم. وتتناول المبادئ التوجيهية التقنية العامة التي وضعت في إطار اتفاقية بازل المسائل ذات الصلة بالقضايا التعريفية الثلاثة المعلقة التي أثيرت في الفقرة 2 من المادة 6 من اتفاقية استوكهولم.

واعتمد مؤتمر الأطراف في اتفاقية بازل في اجتماعه الثامن أيضاً ثلاثة مبادئ توجيهية تقنية محددة جديدة: المبادئ التوجيهية التقنية بشأن الإدارة السليمة بيئياً للنفايات التي تتكون من أو تحوي أو ملوثة بـ مبيدات الدرين، كلوردان، ديلدرين، اندرين وسباعي الكلور وسداسي كلور البنزين، الميركس أو التوكسافين أو مع سداسي كلور البنزن كمادة كيميائية صناعية؛ المبادئ التوجيهية التقنية للإدارة السليمة بيئياً للنفايات التي تتكون من أو تحوي أو ملوثة بـ 1،1،1 - ثلاثي كلور - 2، 2 - مضاعف (كلوروفينول) الإيثان (DDT)، والمبادئ التوجيهية التقنية بشأن الإدارة السليمة بيئياً للنفايات التي تتكون من أو تحوي أو ملوثة بـ مركبات الديوكسين PCDD، الفيوران PCDF، سداسي كلور البنزين أو ثنائي الفينيل متعدد الكلور.

F-I العلاقة بالقضايا البيئية الأخرى

لقد أصبح هناك اعتراف عالمي بالأثار السلبية للزئبق ومركباته، وتجلت ذلك في قرارات حول ضرورة اتخاذ إجراءات وتدابير دولية إضافية لخفض إطلاق الزئبق ومركباته في البيئة أو القضاء عليه. وربما يتسبب عدد من مصادر إطلاق الملوثات العضوية الثابتة المدرجة في المرفق جيم من اتفاقية استوكهولم في إطلاق مستويات عالية من الزئبق في البيئة. كما يمكن أن تحدث إطلاقات للملوثات البيئية الأخرى أو الغازات المسببة للاحتباس الحراري. واعترفاً منها بهذه الآثار، يجب على الأطراف عند تطبيقها أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية الواردة في هذه المبادئ التوجيهية في ما

³ تنص المادة 6، الفقرة 1 (د) (2) أنه يجب على كل طرف: " (د) اتخاذ التدابير المناسبة التي تكفل أن هذه النفايات، بما فيها منتجات ومواد عند صيرورتها نفايات،.... (2) يتم التخلص منها بطريقة تدمر محتوى الملوث العضوي الثابت أو تحوله بصورة دائمة بحيث لا تظهر عليه خصائص الملوثات العضوية الثابتة، أو التخلص منه بطريقة سليمة بيئياً عندما لا يمتثل التدمير أو التحويل الدائم الخيار المفضل بيئياً أو عندما يكون محتوى الملوث منخفضاً، مع مراعاة القواعد والمعايير والمبادئ التوجيهية الدولية، بما فيها تلك التي قد توضع عملاً بالفقرة 2 والنظم العالمية والإقليمية ذات الصلة التي تحكم إدارة النفايات الخطرة."

يقصد بعبارة "أفضل الممارسات البيئية"، بموجب التعريفات الواردة في اتفاقية استكهولم وخاصة في المادة 5 والمرفق جيم، تطبيق أفضل مجموعة من إجراءات واستراتيجيات الرقابة البيئية، أما كلمة "أفضل" فتعني الفعالية القصوى في تحقيق مستوى عام مرتفع من الحماية للبيئة ككل.

وينبغي بذل الجهود لتجنب زيادة إطلاق الملوثات الأخرى أثناء خفض إطلاق الملوثات العضوية الثابتة.

II- القسم الثاني: اعتبار البدائل في تطبيق أفضل التقنيات المتاحة

Error! Bookmark not defined	II.A اعتبار البدائل في اتفاقية استوكهولم
Error! Bookmark not defined	II.B اتفاقية استوكهولم و المصادر الجديدة
Error! Bookmark not defined	II.C منهج لاعتبار البدائل
Error! Bookmark not defined	II.D اعتبارات أخرى في اتفاقية استوكهولم

A-II بحث البدائل في اتفاقية استوكهولم

تقدم اتفاقية استوكهولم توجيهاً عاماً بشأن أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية يحث الأطراف على إعطاء الأولوية للنظر في الطرق الكفيلة بمنع تكوين وإطلاق المواد الكيميائية المدرجة في الجزء الأول من المرفق جيم من الاتفاقية.⁴ وتتطرق الاتفاقية إلى "اعتبار البدائل" مع إشارة خاصة إلى أفضل التقنيات المتاحة على النحو التالي:

"عند النظر في مقترحات لتشييد منشآت جديدة أو إجراء تعديلات رئيسية في منشآت قائمة تستخدم عمليات تطلق مواد كيميائية مدرجة في هذا المرفق، ينبغي إعطاء الأولوية لعمليات أو أساليب أو ممارسات بديلة لها فائدة مماثلة ولكنها تتفادى تكوين وإطلاق هذه المواد الكيميائية."⁵

B-II اتفاقية استوكهولم والمصادر الجديدة

تلزم اتفاقية استوكهولم الأطراف بإشترط استخدام أفضل التقنيات المتاحة من أجل مصادر جديدة من بين فئات المصادر التي يكون الطرف قد حددها بأنها تتطلب مثل هذا الإجراء في خطة عمله، مع التركيز المبني بصفة خاصة على فئات المصادر المحددة في الجزء الثاني من المرفق جيم.⁶

وعندما ينفذ الطرف هذا الالتزام ينبغي أن يضمن إعطاء الأولوية لعمليات أو أساليب أو ممارسات بديلة لها فائدة مماثلة ولكنها تتفادى تكوين وإطلاق المواد الكيميائية المدرجة في الجزء الأول من المرفق جيم.

إن اتفاقية استوكهولم طموحة في هذا الخصوص، فهي تشجّع البحث عن العمليات والتقنيات والممارسات التي تتجنب توليد وإطلاق الملوثات العضوية الثابتة، وتشجّع الأطراف على إعطائها أولوية. وعلى أية حال فهذا التشجيع لا يمكن تفسيره بأنه يجب دائماً تجنب المنشآت التي يحتمل أن تشكل أو تطلق المواد الكيميائية المدرجة في الجزء الأول من المرفق جيم. فالقضاء الكامل قد لا يكون عملياً أو مجدداً. وعلى الرغم من أن المصادر المدرجة في الجزئين الثاني والثالث من المرفق جيم يمكن أن تشكل وتطلق الملوثات العضوية الثابتة إلا أن لها أغراض مفيدة.

وهناك عامل أساسي في اتخاذ قرار متى يكون من الأفضل تجنب المصادر المدرجة في الجزء الثاني أو الثالث أو بعض المصادر الأخرى ذات الأولوية، ألا وهو دراسة المنشأة الجديدة المقترحة أصلاً إضافة إلى البدائل الممكنة، مع الأخذ في الاعتبار الجدوى الاقتصادية لمختلف الخيارات المطروحة.

C-II منهجية للنظر في البدائل

عندما يشترط الطرف تطبيق أفضل التقنيات المتاحة من أجل مصدر مقترح جديد للمواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم يتم تشجيع صانعي القرار لضمان أن يولوا الاعتبار أيضاً إلى البدائل التي من شأنها تفادي تكوين وإطلاق هذه المواد الكيميائية. وأثناء القيام بذلك، ينبغي إجراء مقارنة بين العملية المقترحة، والبدائل المتاحة والتشريعات المطبقة باستخدام ما يمكن تسميته "نهج قائمة المراجعة"، مع الأخذ في الاعتبار السياق العام للتنمية المستدامة إضافة إلى عوامل البيئة والصحة والسلامة والعوامل الاجتماعية والاقتصادية.

1- مراجعة المنشآت الجديدة المقترحة ضمن سياق التنمية المستدامة

⁴ انظر اتفاقية استوكهولم، المرفق جيم، الجزء الخامس، الفقرة ألف.

⁵ انظر اتفاقية استوكهولم، المرفق جيم، الجزء الخامس، الفقرة باء، الفقرة الفرعية (ب).

⁶ انظر اتفاقية استوكهولم، المادة 5 الفقرة (د).

يجب أن يقوم صانعو القرار بدراسة للمنشأة الجديدة المقترحة أصلاً إضافة إلى البدائل الممكنة في سياق خطط التنمية المستدامة في البلد. وتهدف هذه المراجعة إلى تمكين صانعي القرار من فهم أفضل للمنشأة المقترحة وفوائدها المزمعة بما له علاقة بالاعتبارات الاجتماعية والاقتصادية والبيئية، وكأساس للتنمية المستدامة. ويجب عليهم أيضاً إعادة النظر في متاحية وجدوى تنفيذ التدابير العامة لخفض إطلاقات المواد الكيميائية المدرجة في المرفق ج، مثل تلك التدابير المدرجة في المرفق ج، الجزء الخامس، القسم باء، الفقرة الفرعية (ب)، النقاط (1) إلى (4).

2- تحديد البدائل الممكنة والمتوفرة

عند النظر في مصادر جديدة مقترحة للمواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم والمتضمنة في خطة عمل الطرف، فيجب بذل الجهود لتحديد العمليات والتقنيات والممارسات البديلة المتاحة التي لها فائدة مماثلة ولكنها تتفادى تكوين وإطلاق مثل هذه المواد الكيميائية. ويجب الأخذ بعين الاعتبار التوجيهات الموجودة حالياً والتي تشكل خيارات لتلك العمليات والتقنيات والممارسات، (على سبيل المثال: توجيهات من اتفاقية بازل، ومنظمة الصحة العالمية، ومنظمة الأغذية والزراعة في الأمم المتحدة (الفاو)، وغيرها من الحكومات والهيئات الحكومية الدولية).

و من أجل مساعدة الدول الأطراف في تحديد البدائل المناسبة والمتاحة والممكنة، تقوم أمانة الاتفاقية من خلال الدور المسند إليها بموجب المادة 9 كآلية تبادل المعلومات بإعداد وتوفير ملخص واف عن العمليات والتقنيات والممارسات المتاحة التي تتجنب توليد وإطلاق المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم إلى البيئة، والتي يمكن استخدامها كبداية ملائمة للمنشآت والعمليات التي تولد وتطلق مثل هذه المواد الكيميائية. وفيما يتعلق بآلية تبادل المعلومات يجب:

- الحفاظ عليها وتطويرها بأسلوب شفاف؛
- تحديثها بشكل مستمر؛
- تزويد المعلومات التي يمكن أن تستخدمها البلدان الأطراف بالطرائق التي تأخذ بالحسبان الظروف الخاصة للبلدان النامية وبعض البلدان التي يمر اقتصادها في مرحلة انتقال؛
- تزويد المعلومات التي يمكن أن تستخدمها البلدان الأطراف للنظر في الاختلافات الإقليمية، ولمساعدتهم على التركيز على التنمية المستدامة، أخذين بالحسبان عوامل البيئة والصحة والسلامة والعوامل الاقتصادية والاجتماعية.

3- إجراء تقييم مقارن لكل من البدائل المقترحة المحددة والبدائل المتاحة

بعد أن تم تحديد البدائل المتاحة والممكنة، يجب على صانعي القرار إجراء تقييمات مقارنة (comparative evaluations) للخيارات المتنوعة، بما فيها المنشأة الجديدة المقترحة أصلاً وجميع البدائل الممكنة التي يمكن النظر فيها. وقد يكون من المناسب أكثر، في بعض الحالات وللبعض الأنواع من المنشآت، أن يتم تنفيذ تقييم المقارنة هذا من قبل السلطات المحلية أو سلطات المقاطعة (المحافظة). وعلى أية حال وفي العديد من الحالات، ربما يكون أكثر ملائمة، من منظور التنمية المستدامة، أن يتم تنفيذ تقييم المقارنة على مستوى الاستراتيجيات أو السياسات. ويجب أن يعطى الاعتبار عند إجراء تقييم المقارنة للبنود ذات الصلة في قائمة البنود الإرشادية في المرفق "واو" (معلومات عن الإعتبارات الاجتماعية-الاقتصادية)؛ وأيضاً المعايير ذات الصلة من المرفق "جيم"، الجزء الخامس، الأقسام "ألف" و"باء".

4- اعتبارات الأولوية

بما أن البدائل المقترحة يجب أن تعطى أولوية الاعتبار عن الخيارات الأخرى، بما في ذلك المنشأة المقترحة أصلاً، إذا كان يعتمد على تقييم المقارنة المشروح في الفقرة 3-3 أعلاه، وباستخدام الاعتبارات ذات الصلة والمعايير من المرفق "واو" والمرفق "جيم" من الاتفاقية، فالبديل المتوفر الذي تم تحديده يجب أن:

- يتجنب تشكيل وإطلاق المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "ج"؛
- يكون له فوائد مماثلة؛

- يتلاءم بشكل جيد نسبياً مع خطط البلد للتنمية المستدامة مع الأخذ بالحسبان التكامل الفعّال للعوامل الاجتماعية والاقتصادية والبيئية والصحية والسلامة.

D-II اعتبارات أخرى لاتفاقية استوكهولم -1 اعتبارات الصحة والسلامة والاعتبارات البيئية

تنص المادة 1 أن "هدف هذه الاتفاقية هو حماية الصحة البشرية والبيئة من الملوثات العضوية الثابتة". ويجب، عند تنفيذ تقييمات مقارنة للمنشآت المقترحة أصلاً مع البدائل المتاحة والممكنة (كما في الفقرة 3-3 من المبادئ التوجيهية الحالية)، الأخذ بالحسبان اعتبارات الصحة والسلامة والبيئة.

ويجب مقارنة تأثيرات الصحة والسلامة والتأثيرات البيئية للبدائل المقترحة مع التأثيرات المقابلة لها في المنشأة المقترحة أصلاً. ويجب أن تشكل نتيجة هذه المقارنة مكوناً هاماً عند النظر في "الفوائد المماثلة" وفي تحديد قابلية تطبيقها وجدواها.

-2 اعتبارات اقتصادية واجتماعية

يتطرق المرفق "او" من اتفاقية استوكهولم إلى المعلومات ذات الصلة بالاعتبارات الاجتماعية-الاقتصادية المترافقة مع تدابير الرقابة الممكنة لتمكين قرارات مؤتمر الأطراف. وعلى أية حال، فهي أيضاً نقطة بداية لقائمة مفيدة من الاعتبارات الاجتماعية-الاقتصادية والمعايير التي يمكن أن تستخدم من قبل السلطات في إجراء تقييمات مقارنة للمنشأة المقترحة أصلاً وتحديد البدائل المتاحة والممكنة. ويوصى بشدة إنشاء قائمة مراجعة خاصة بكل بلد تتضمن البنود التالية التي يشتمل المرفق "او" من اتفاقية استوكهولم على كثير منها:

- الجدوى التقنية؛
- التكاليف، بما في ذلك التكاليف البيئية والصحية؛
- كفاءة التكلفة؛
- الكفاءة (قدرات البنى التحتية، بما في ذلك توافر الكادر المدرب جيداً)؛
- المخاطر؛
- التوافر؛
- سهولة الحصول؛
- سهولة التشغيل (سهولة الاستعمال)؛
- التأثيرات الإيجابية و/أو السلبية على المجتمع، بما في ذلك الصحة (الصحة العامة والصحة البيئية والصحة المهنية)؛ والزراعة (بما فيها الزراعة المائية (تربية الأحياء المائية) والحراثة)؛ والتقنيات و/أو المعرفة المحلية والتقليدية، والتنوع البيولوجي؛ والجوانب الاقتصادية؛ والتحرك نحو تنمية مستدامة؛ والتكاليف الاجتماعية.

في كثير من الحالات، يمكن أن تمتلك المنشأة الجديدة المقترحة القدرة على المساهمة في خطط التنمية الاقتصادية والحد من الفقر للبلد. ولا يفترض أن يتعارض التنفيذ السليم لاتفاقية استوكهولم بشكل كبير مع هذه القدرات. بل على العكس، إذا نفذت الاتفاقية بشكل سليم فإنها ستسهم مساهمة إيجابية في التنمية المستدامة والحد من الفقر.

وتنص الاتفاقية⁷ على أن البلدان النامية الأطراف والأطراف التي تمر اقتصاداتها بمرحلة انتقال ستحصل على موارد مالية جديدة وإضافية لتمكينها من مواجهة كامل التكاليف الإضافية لتدابير التنفيذ التي تفي بالتزاماتها بموجب هذه الاتفاقية. ولذلك، بقدر ما يلتزم الطرف بأشترط أفضل التقنيات المتاحة في ظل الظروف واضحة المعالم المحددة في الاتفاقية، بقدر ما يحصل الطرف على التكاليف الكاملة المتفق عليها لتنفيذ هذا الالتزام.

⁷ انظر اتفاقية استوكهولم، المادة 13 الفقرة 2

وفي بعض الحالات، تتطلب البدائل المناسبة لمصادر مقترحة للمواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم مقداراً أقل من النفقات على السلع الرأسمالية المستوردة، معتمدة بدلاً من ذلك على القوى العاملة والمعرفة المحلية. وربما تمنع هذه البدائل تشكيل وإطلاق المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم وتنسجم بشكل جيد مع خطط التنمية المستدامة للبلد، وتوفر فائدة مماثلة أو أفضل من تلك التي توفرها المنشأة المقترحة أصلاً.

وأخيراً، فجميع الالتزامات بموجب الاتفاقية تسهم في تحقيق هدفها في حماية الصحة البشرية والبيئة من المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم.⁸ وإذ تدرك الاتفاقية في مقدمتها⁹ وجود شواغل صحية، وخاصة في البلدان النامية، من جراء التعرض محلياً للملوثات العضوية الثابتة، وبالأخص الآثار الواقعة على النساء، ومن ثم على الأجيال المقبلة عن طريقهن. ويمكن من خلال تقليل انبعاثات المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم، كجزء من عملية تنمية مستدامة متوازنة وسليمة، ومن خلال التنفيذ السليم لاتفاقية استكهولم التقليل من أعباء المرض والعجز الصحي التي من شأنها تقويض الجهود الرامية إلى تحقيق التنمية المستدامة والحد من الفقر.

3- اعتبارات المرفق "جيم"

يجب أخذ جميع الأجزاء ذات الصلة في المرفق "جيم"، الجزء الخامس، الفقرات " ألف " و " باء " بعين الاعتبار عند تطبيق المبادئ التوجيهية الحالية.

⁸ انظر اتفاقية استكهولم، المادة 1

⁹ انظر اتفاقية استكهولم، الفقرة الثانية من المقدمة

**III- القسم الثالث: أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية
التوجيهات والمبادئ، والاعتبارات المتشعبة**

المحتويات

III.A التوجيهات.....	Error! Bookmark not defined.
III.B مبادئ عامة و منهجيات.....	Error! Bookmark not defined.
III.C اعتبارات متداخلة.....	31

A-III التوجيهات 1- اعتبارات عامة

تطلب المادة 5 من اتفاقية استكهولم من الدول الأطراف وفي غضون سنتين من تاريخ بدء نفاذ الاتفاقية بالنسبة لها، وضع خطة عمل لتحديد ووصف ومعالجة إطلاق المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم". والمركبات المدرجة حالياً هي: مركبات ثنائي بنزوباراديوكسين متعدد الكلور (PCDD)، مركبات ثنائي بنزوفوران متعدد الكلور (PCDF)، ومركب سداسي كلور البنزن (HCB)، ومركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور (PCBs)، عندما يتم إنتاجها بشكل غير مقصود.

يجب أن توضع خطة العمل، التي ستكون جزءاً من خطة التنفيذ الوطنية للبلد الطرف، بموجب المادة 7 من الاتفاقية، وستحوي الاستراتيجيات للوفاء بالالتزامات في منع أو خفض إطلاقات للمواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم" من اتفاقية استكهولم، وبرنامجاً زمنياً لتنفيذ خطة العمل. وسوف تحدد الخطة أولويات العمل، بما فيها فئات المصادر التي توفر أفضل الفرص كفاءة من حيث الكلفة لتخفيض الإطلاقات أو القضاء عليها بشكل نهائي. كما أنها ستتضمن أيضاً قائمة بإطلاقات المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم".

يجب على الأطراف، ووفقاً للجدول الزمني لتنفيذ خطة عملها مع الأخذ بالحسبان التوجيهات التي ستعتمد من قبل مؤتمر الأطراف، تشجيع وفي بعض الحالات اشتراط استخدام أفضل التقنيات المتاحة وتشجيع استخدام أفضل الممارسات البيئية من أجل مصادر الإطلاق التي تم تحديدها. وعلى الأطراف أيضاً النهوض بتطوير، وحيثما اعتبر ذلك مناسباً، اشتراط استخدام المواد والعمليات البديلة لمنع تشكل وإطلاق المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم.

2- القضايا المتعلقة بالسياسات والقوانين والحكم

تتغير طريقة تشجيع الحكومة أو اشتراطها استخدام أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية، من بلد إلى آخر، اعتماداً على هيكلتها القانونية والظروف الاجتماعية-الاقتصادية. وتتضمن استراتيجيات التنفيذ: إعداد التقارير عن تقدير الإطلاقات، وبرامج توعية الناس وتزويدهم بالمعلومات، والبرامج الصناعية التطوعية، والأدوات والأنظمة الاقتصادية. ويجب التطرق لهذه القضايا في خطط العمل الوطنية للأطراف.

يمكن تصنيف أنواع التدابير التي يمكن تشجيعها أو اشتراطها كأفضل التقنيات المتاحة لمنع أو خفض إطلاقات المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "ج"، بالطريقة التالية: التحول إلى العمليات البديلة؛ والتدابير الأولية التي تمنع تشكيل المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "ج"؛ والتدابير الثانوية التي تضبط وتخفف إطلاقات تلك المواد الكيميائية.

3- قضايا علمية وتقنية

العلم يتقدم مع الزمن فيما يتعلق بقياس الإطلاقات والمستويات الحالية في البيئة للمواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم وما يعتبر "أفضل" التقنيات المتاحة و"أفضل" الممارسات البيئية. وسوف يتم تحديث هذه التوجيهات دورياً لمواكبة هذه التغييرات.

تعرف الاتفاقية المصطلح "أفضل" بأنه "الأكثر فعالية في تحقيق مستوى عام عالٍ من الحماية للبيئة ككل" (راجع الفقرة الفرعية (و) (4) من المادة 5).

وتماشياً مع القرار SC-1/15 لمؤتمر الأطراف في اتفاقية استكهولم، يجب بذل الجهود لضمان أن الآليات في مكانها الصحيح لتقديم المساعدة الفنية وتشجيع نقل التكنولوجيا. وتعتبر الأطراف التي لا تستطيع الوصول حالياً إلى تلك التقنيات الخاضعة لقوانين حقوق الملكية الفكرية حالة خاصة.

يجب أخذ هذه التوجيهات بعين الاعتبار، كما يمكن أن تستخدم الأطراف مستويات الأداء المرافقة لأفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية لإطلاقات مركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF في الوفاء بالتزاماتها في تطبيق أفضل التقنيات المتاحة. ولكل طرف الحق في تحديد حدود الإطلاق التنظيمية بناءً على هذه التوجيهات.

4- الآثار الاجتماعية والاقتصادية

تشكل الظروف الاقتصادية والاجتماعية في البلد، واعتماداً على نوع العملية التي تعتبر مصدراً للمواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم، عاملاً في تحديد ما هي "أفضل" التقنيات المتاحة و"أفضل" الممارسات البيئية. حين تكون العمليات على نطاق واسع نسبياً، وتتطلب رأس مال كبير، وتتضمن طاقة إنتاجية ضخمة ومستمرة (على سبيل المثال، أفران الإسمنت التي تحرق نفايات خطيرة، ومعامل التلييد في صناعة الحديد والفولاذ، والمرافق التي تحرق الوقود الأحفوري، مرمذات النفايات الكبيرة)، فإن التقنيات والممارسات المستخدمة والشركات التي تديرها هي متشابهة تقريباً في جميع أنحاء العالم. في مثل هذه الحالات، يمكن تطبيق أفضل التقنيات وأفضل الممارسات البيئية بنفس الطريقة تقريباً في جميع البلدان. وعندما تكون العمليات نسبياً على نطاق أصغر (حرق الجثث، التدفئة المنزلية والطهي، المراحل الصناعية، الآليات) أو تتضمن إدارة النفايات على نطاق أصغر (ترميد النفايات، الحرق في العراء)، فقد تتغير التقنيات والممارسات المتاحة بشكل كبير بين بلد وآخر. في مثل هذه الحالات، تحتاج الإجابة على سؤال ما هي أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية إلى تحليل الجدوى الاقتصادية للخيارات المتعددة المتاحة. وهكذا، قد تعني كلمة "أفضل" أفضل خيار مجد اقتصادياً ضمن الظروف الاجتماعية-الاقتصادية الحالية.

5- المصادر الجديدة مقابل المصادر الموجودة

يجب أن تركز الأطراف مبدئياً على فئات المصادر المحددة في الجزء الثاني من المرفق "جيم" من أجل مصادر جديدة للمواد الكيميائية من بين فئات المصادر التي تضمن استخدام أفضل التقنيات المتاحة، كما هو محدد في خطط عملهم الوطنية. ويجب أن تبدأ الأطراف تدريجياً باشتراط استخدام أفضل التقنيات المتاحة للمصادر الجديدة في الفئات المدرجة في الجزء الثاني من المرفق "جيم" في أقرب وقت ممكن عملياً، على ألا يتجاوز ذلك أربع سنوات من بدء نفاذ الاتفاقية بالنسبة لذلك الطرف. ويجب التشجيع على أفضل التقنيات المتاحة من أجل فئات المصادر الموجودة والمحددة في خطط العمل كضمان لاستخدام أفضل التقنيات المتاحة. ويجب التشجيع على استخدام أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية لتلك المصادر الجديدة التي لا تضمن وجود فعل في خطة عمل الطرف.

سيضمن استخدام أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية للمصادر الجديدة خفض إطلاقات المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم" إلى أدنى حد ممكن. وهي تسمح أيضاً أن تؤخذ مثل هذه التقنيات والممارسات بعين الاعتبار عند تصميم وتشغيل المنشأة عند مرحلة يمكن فيها دمج التقنيات والممارسات بشكل فعال من حيث التكلفة. وإذا أخذنا بالاعتبار مجال النشاطات الصناعية والنشاطات الأخرى المساهمة، يجب على الاستراتيجية الوطنية للتنمية المستدامة أن تأخذ بالحسبان الحاجة إلى ضمان توافق الاستثمارات في الاقتصاد الوطني مع هذه التوجيهات والمبادئ التوجيهية.

يجب تشجيع استخدام أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية للمصادر الموجودة والمحددة في خطة العمل الوطنية للطرف، بما يتوافق مع هذه الخطة.

إن التطرق للمصادر الموجودة فرصة جيدة للطرف لكي يخفض الإطلاقات الإجمالية. وعند أخذ أولويات المصادر القائمة التي حددت في خطة عمله الوطنية بعين الاعتبار، سيحتاج الطرف إلى النظر في تدابير تشجيع التغييرات الضرورية في العمليات أو الممارسات الإدارية التي يمكن أن تقود في النهاية إلى تحقيق أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية. يمكن البدء بمثل هذه التعديلات تدريجياً بمرور الوقت ويمكن أن تكون جزءاً من خطط تحديث المنشأة.

B-III مبادئ وأساليب عامة

قد تجد الأطراف أنه من المفيد، عند تطبيق هذه المبادئ التوجيهية والتوجيهات لمصادر المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم من اتفاقية استكهولم، الأخذ بعين الاعتبار بعض المبادئ والمنهجيات العامة للإدارة البيئية والتي يمكن أن تدعم الاتفاقية. تشكل النقاط التالية مؤشراً لبعض هذه المبادئ والمنهجيات العامة للإدارة البيئية:

1. **التنمية المستدامة.** "التنمية التي تلبى احتياجات الحاضر دون المساس بقدرة الأجيال القادمة على تلبية احتياجاتهم الخاصة."¹⁰
2. **الاستهلاك المستدام.** "استعمال الخدمات والمنتجات ذات الصلة والتي تلبى الاحتياجات الأساسية وتحسن مستوى المعيشة وفي الوقت نفسه تقلل من استخدام المصادر الطبيعية والمواد السامة إضافة إلى خفض إطلاق النفايات والملوثات في دورة حياة الخدمة أو المنتج وبشكل لا يعرض احتياجات الأجيال القادمة للخطر"¹¹
3. **تصميم وتنفيذ نظم الإدارة البيئية.** "منهج منظم لتحديد وتنفيذ ومراجعة السياسة البيئية من خلال استخدام نظام يتضمن الهيكلية التنظيمية، والمسؤوليات والممارسات، والإجراءات، والعمليات، والموارد."¹²
4. **استخدام العلم والتكنولوجيا والمعرفة الخاصة بالبلد في الإعلام عن القرارات البيئية.** "زيادة استخدام المعرفة العلمية والتكنولوجيا وزيادة الاستخدام المفيد للمعرفة المحلية الخاصة بالبلد بطريقة تحترم حاملي تلك المعرفة ومنسجمة مع القانون الوطني" و "تأسيس شراكة بين المؤسسات العلمية العامة والخاصة بما في ذلك إدماج مشورة العلماء في هيئات صنع القرار لضمان دور أكبر لقطاعات العلم والتكنولوجيا والتنمية والهندسة."¹³
5. **المنهج الوقائي.** "يجب على الدول، بهدف حماية البيئة، تطبيق مبدأ المنهج الوقائي على نطاق واسع وفقاً لقدراتها. وعندما يكون هناك تهديد بضرر خطير لا يمكن إصلاحه، يجب عدم التذرع بعدم اليقين العلمي كسبب في تأخير التدابير الفعالة من حيث الكلفة لمنع التدهور البيئي."¹⁴
6. **تضمين التكاليف البيئية ومبدأ الملوث يدفع.** "يجب أن تسعى السلطات الوطنية إلى تشجيع تضمين التكاليف البيئية واستخدام الآليات الاقتصادية، مع الأخذ بالحسبان المنهج القائل أنه يجب على الملوث، من حيث المبدأ، أن يتحمل كلفة التلوث مع مراعاة المصلحة العامة ومن دون الإخلال بالتجارة والاستثمار الدوليين"¹⁵
7. **منع التلوث** "استخدام العمليات، والممارسات، والمواد، والمنتجات، أو الطاقة التي تمنع أو تقلل من تشكيل الملوثات والنفايات، وتخفيض الخطورة العامة على صحة الإنسان أو البيئة"¹⁶
8. **الضبط والوقاية المتكاملة من التلوث** "يهدف هذا المبدأ إلى تحقيق تحكم ووقاية متكاملين من التلوث الناجم عن النشاطات الصناعية الكبيرة. وتضع التدابير المصممة لمنع أو، عندما يكون ذلك غير عملي، خفض

¹⁰ World Commission on Environment and Development. 1987.

www.un.org/documents/ga/res/42/ares42-187.htm.

¹¹ UNEP (United Nations Environment Programme). 1994. Oslo Symposium: Sustainable Consumption. Oslo, Norway, January 1994. www.iisd.org/susprod/principles.htm.

¹² UNEP (United Nations Environment Programme). 2002. Environmental Impact Assessment Training Resource Manual. Page 558.

www.iaia.org/Non_Members/EIA/ManualContents/Vol1_EIA_Manual.pdf.

¹³ UN DESA (United Nations Department of Economic and Social Affairs) 2002 Plan of Implementation of the World Summit on Sustainable Development, page 50.

http://www.un.org/esa/sustdev/documents/WSSD_POI_PD/English/WSSD_PlanImpl.pdf

¹⁴ UNEP (United Nations Environment Programme). 1992. Rio Declaration on Environment and Development. Principle 15. Rio de Janeiro, Brazil, 1992.

www.unep.org/Documents/Default.asp?DocumentID=78&ArticleID=1163.

¹⁵ Preamble to Stockholm Convention and Principle 16 of the Rio Declaration on Environment and Development.

¹⁶ Environment Canada. 1995. Pollution Prevention – A Federal Strategy for Action.

www.ec.gc.ca/cppic/aboutp2/en/glossary.cfm.

9. الفائدة المشتركة من التحكم بملوثات أخرى على سبيل المثال، يمكن أن تساهم الوقاية والتحكم بملوثات أخرى في خفض المواد الكيميائية المدرجة في المرفق (ج) أو التخلص منها نهائياً.
10. الإنتاج الأنظف "هو التطبيق المتواصل لسياسة الوقاية البيئية المتكاملة على العمليات والمنتجات والخدمات لرفع الكفاءة الإجمالية وخفض الخطورة على الإنسان والبيئة. يمكن تطبيق سياسة الإنتاج الأنظف على العمليات المستخدمة في الصناعة وعلى المنتجات نفسها وعلى خدمات عديدة متوفرة في المجتمع".¹⁸
11. تحليل دورة الحياة "وهو منهج يعتمد على النظم لتقدير القوائم البيئية (مثل: توليد وانبعاثات وطرح النفايات) واستخدام الطاقة والموارد المرافقة للمنتج أو العملية خلال جميع مراحل دورة الحياة".¹⁹
12. إدارة دورة الحياة "وهو مفهوم متكامل لإدارة دورة الحياة الكلية للبضائع والخدمات من أجل إنتاج واستهلاك مستدام بشكل أكبر والبناء على الإجراءات وأدوات تقييم البيئية والتحليلية الموجودة وتكامل الأوجه البيئية والاقتصادية والاجتماعية".²⁰
13. التخلص الافتراضي "التخفيض النهائي لكمية أو تركيز المادة السامة في انبعاث أو تدفق أو نفايات منطلقة إلى البيئة إلى تحت حد القياس الكمي المحدد. يعرف 'حد القياس الكمي'، وحسب نوع المادة، بأنه التركيز الأدنى الممكن قياسه بدقة باستخدام طرائق حساسة لكن روتينية لأخذ العينات وطرائق تحليلية".²¹
14. حق المجتمع في المعرفة. "يعزز الوصول المحسن إلى المعلومات والمساهمة العامة في صنع القرار في الحقل البيئي من جودة وتنفيذ القرارات، ويساهم في توعية العامة بالقضايا البيئية، ويمنح الناس الفرصة في التعبير عن مخاوفهم، ويمكن السلطات العامة من أخذ هذه المخاوف بعين الاعتبار".²²

C-III الاعترافات المتشعبة

(i) المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم": آليات التشكل تشكل المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم": نظرة عامة -1

تتشكل مركبات ثنائي بنزوباراديوكسين متعدد الكلور (الديوكسينات PCDD) ومركبات ثنائي بنزوفوران متعدد الكلور (الفيورانان PCDF) ومركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور (PCB) وسداسي كلور البنزن (HCB) من غير قصد من العمليات الصناعية - الكيميائية مثل: التصنيع الكيميائي والعمليات الحرارية مثل ترميد النفايات. إن مركبات الديوكسين PCDD والفيورانان PCDF هي المركبات الثانوية الوحيدة المرافقة لإنتاج الملوثات العضوية التي تمت دراسة آليات تشكلها بشكل موسع في العمليات ذات الصلة بالاحتراق وبشكل أخف في العمليات الكيميائية التي لاصلة لها بالاحتراق. وحتى الآن، فإن آليات التشكل وظروف التشكل الدقيقة لم تعرف

¹⁷ European Commission. 1996. Integrated Pollution Prevention and Control Directive. 96/61/EC. europa.eu.int/smartapi/cgi/sga_doc?smartapi!celexapi!prod!CELEXnumdoc&lg=EN&numdoc=31996L0061&model=guichet.

¹⁸ UNEPTIE. www.uneptie.org/pc/cp/understanding_cp/home.htm.

¹⁹ European Environment Agency. glossary.eea.eu.int/EEAGlossary.

²⁰ UNEPTIE. www.uneptie.org/pc/sustain/reports/lcini/lc-initiative-barcelona-workshop.pdf.

²¹ Environment Canada. 1999. Canadian Environmental Protection Act, 1999. Section 65. www.ec.gc.ca/CEPARRegistry/the_act/.

²² Aarhus Convention on Access to Information, Public Participation in Decision Making and Access to Justice in Environmental Matters, United Nations Economic Commission for Europe, www.unece.org/env/pp

هناك معلومات أقل بكثير عن تشكل ثنائي الفينيل متعدد الكلور (PCB) وسداسي كلور البنزن (HCB)، وخاصة في عمليات الاحتراق. وبما أن هناك تشابهاً في البنية وفي تواجد مركبات الديوكسين والفيوران (PCDD/PCDF) وبين ثنائي الفينيل متعدد الكلور (PCB) وسداسي كلور البنزن (HCB)، نفترض عادة، وباستثناء المركبات التي تحوي الأوكسجين، أن المتحولات والعوامل التي تميل إلى تشكيل مركبات الديوكسين والفيوران (PCDD/PCDF) ستولد مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور (PCB) وسداسي كلور البنزن (HCB).

ومن جهة أخرى، يتشكل سداسي كلور البنزن (HCB) في بعض العمليات الصناعية بشكل أكبر من مركبات PCDD/PCDF أو PCB. يتحدث القسمان الخامس والسادس من التوجيهات عن أنواع متعددة من العمليات الكيميائية وعمليات الترميد تحوي على معلومات أكثر تحديداً عن العمليات والمنتجات الثانوية.

2- تشكل مركبات الديوكسين/الفيوران (PCDD/PCDF) العمليات الحرارية²³ 1-2

تحتاج عملية التشكل إلى الكربون والأوكسجين والهيدروجين والكلور سواء بصيغتها على شكل عناصر أو بشكل عضوي أو لاعضوي. وفي مرحلة ما خلال عملية التركيب، سواء أكان وجودها من مركبات مولدة أو تولدت خلال تفاعل كيميائي، فلا بد أن يكون الكربون في شكله الحلقي العطري (يحوي حلقة بنزينية).

هناك طريقتان أساسيان تتشكل عبرهما هذه المركبات: من بادئات مثل مركبات كلور الفينول أو تتشكل من البداية من البنية الكربونية للرماد المتطاير والكربون المنشط والسخام أو الجزيئات الأصغر لنواتج الاحتراق غير الكامل. يمكن أن تتشكل مركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF في ظروف الاحتراق الرديئة في عمليات الاحتراق نفسها.

يمكن أن تكون الآليات المرافقة لهذا التشكل متجانسة (تتفاعل جميع الجزيئات في الحالة الغازية أو جميعها في الحالة الصلبة) أو قد تكون لامتجانسة (تتضمن تفاعلات بين جزيئات في الحالة الغازية وبين السطوح).

كما يمكن أيضاً أن تتفكك مركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF عند ترميدها بدرجات حرارة كافية مع زمن بقاء كافٍ ومزج غازات الاحتراق مع النفايات أو الوقود. تتضمن ممارسات الاحتراق الجيدة ما يعرف بإدارة "التاءات الثلاثة" "3 Ts" - وهو زمن البقاء ودرجة الحرارة والاضطراب وبوجود كمية كافية من الأوكسجين تسمح بالأكسدة. ومن الضروري استخدام التبريد السريع وعمليات أخرى معروفة لمنع إعادة التشكل.

تتضمن المتحولات المعروفة بتأثيرها على التشكل الحراري لمركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF ما يلي:

- **التكنولوجيا:** يمكن أن تتشكل مركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF سواء في الاحتراق الرديء أو في غرف ما بعد الاحتراق التي تدار بشكل سيء وفي أجهزة ضبط تلوث الهواء. تختلف تقنيات الاحتراق بين البسيطة جداً والسيئة جداً مثل الإحراق في العراء، وبين المعقدة جداً والمحسنة كثيراً مثل الترميد باستخدام أفضل التقنيات المتاحة.
- **درجة الحرارة:** تم تسجيل تشكيل مركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF في منطقة ما بعد الاحتراق أو في أجهزة ضبط تلوث الهواء عندما تتراوح درجة الحرارة بين 200 و650 درجة مئوية، وقد اتفق على أن المجال الذي تتشكل فيه مركبات الديوكسين والفيوران بأكبر ما يمكن يتراوح عادة بين 200 - 450 درجة مئوية، مع قيمة عظمى عند 300 درجة مئوية.

²³ يمكن أن تدخل مركبات الديوكسين/الفيوران PCDD/PCDF أيضاً كمكونات في المواد الخام أو كنفائات ويمكن بالتالي أن تظهر في العمليات التي لا يحدث فيها تشكل لمركبات الديوكسين/الفيوران.

- **المعادن:** النحاس والحديد والزنك والألمنيوم والكروم والمنغنيز معروفة بتحفيزها لتشكيل مركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF والكلورة ونزع الكلور.
- **الكبريت والآزوت:** يثبط الكبريت وبعض المركبات الكيميائية الحاوية على الآزوت تشكيل مركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF، لكنها قد تزيد من تشكل منتجات أخرى غير مقصودة.
- **الكلور:** يجب أن يكون موجوداً سواءً بشكله العضوي أو اللاعضوي أو بشكل عنصر. لكن وجوده في الرماد المتطاير أو على شكل عنصر في الطور الغازي قد يكون هاماً بشكل خاص.
- يعتبر ثنائي الفينيل متعدد الكلور (PCB) مركباً مولداً لمركبات الفيوران PCDF.

بينت الأبحاث وجود متحولات وتركيبات لشروط أخرى قد تكون هامة أيضاً.

2-2 العمليات الصناعية-الكيميائية

كما هي الحال في العمليات الحرارية، فهناك حاجة للكربون والهيدروجين والأوكسجين والكلور. ويعتقد أن تشكل مركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF في العمليات الكيميائية يحدث بواسطة واحد أو أكثر من الشروط التالية:

- درجات مرتفعة (أعلى من 150 درجة مئوية).
- شروط وسط قلووية.
- المعادن المحفزة (الوساطية).
- الأشعة فوق البنفسجية (UV) أو بادئات جذرية أخرى.

أثناء تصنيع المركبات الكيميائية الحاوية على الكلور، تم تسجيل الميل لتشكيل مركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF بالشكل كالتالي:

مركبات كلور الفينول < مركبات كلور البنزن < المركبات الأليفاتية (مركبات هيدروكربونية ذات سلسلة مفتوحة) < الكلورة < مركبات الكلور اللاعضوية

Chlorophenols > chlorobenzenes > chlorinated aliphatics > chlorinated inorganics

(ii) اعتبارات إدارة النفايات

1- خلاصة

إن إحراق النفايات هو أحد المصادر المحتملة ذات القدرة العالية نسبياً على التشكيل والإطلاق غير المقصود للملوثات العضوية الثابتة في البيئة. ولذلك فقد أدرجت مرمذات النفايات كأحد فئات المصادر في الجزء الثاني من المرفق جيم من اتفاقية استكهولم. ويمكن أن يؤدي الإحراق المكشوف للنفايات بما في ذلك إحراق مناطق دفن النفايات إلى تشكيل وإطلاق غير مقصود للملوثات العضوية الثابتة، وهي مدرجة في الجزء الثالث لفئات المصادر في المرفق جيم. يجب أن يأخذ تطبيق أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية لتلك المصادر بعين الاعتبار الممارسات البيئية السليمة لإدارة النفايات. تخفض الإدارة السليمة بيئياً للنفايات إطلاق الملوثات العضوية الثابتة وهي أيضاً عامل هام للوقاية من المشاكل الصحية ولتشجيع الاستخدام المستدام للموارد.

تتضمن المبادئ الهامة القابلة للتطبيق للوقاية وخفض النفايات: مبدأ خفض المصدر، مبدأ دور الحياة المتكاملة، مبدأ استعادة العناصر القابلة لإعادة الاستخدام وإعادة التدوير إلى أقصى درجة ممكنة. في العديد من الحالات، يمكن تسهيل هذا الأمر من خلال فصل النفايات عند المصدر إلى نفايات عضوية للتسميد، نفايات لإعادة الاستعمال، نفايات لإعادة التدوير. ويجب معالجة النفايات المتبقية والتخلص منها بطريقة بيئية سليمة. يجب تكييف الحلول الموثوقة في جميع الخطوات- نظام الجمع، أعمال إعادة التدوير، والتخلص النهائي- مع الظروف المحلية، مع الأخذ بالحسبان هذه العوامل كفرص للوقاية من النفايات، وتسوية النفايات، عمليات إعادة التدوير المتاحة، البنى الموجودة، والأوجه المالية والاقتصادية والاجتماعية.

وبشكل عام، يجب إعطاء أولوية للأساليب التي تمنع تشكل وإطلاق المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم من الاتفاقية. يجب توظيف المناهج المحسنة لإدارة النفايات بهدف تجنب إحراق النفايات في العراء وعمليات

يعالج المقطع الحالي هذه القضايا ولكنه لا يستطيع استبدال الفحص الشامل لجميع الأسئلة المحددة المتعلقة بإدارة النفايات.

2- مقدمة 1-2 أهمية إدارة النفايات على البيئة والصحة

تعتبر الإدارة السليمة للنفايات عنصراً هاماً في حماية صحة الإنسان وحماية البيئة. وهي تساعد أيضاً في تجنب فقد الموارد. قد تلوث مدافن النفايات غير المدروسة مصادر المياه، قد يؤدي إحراق النفايات في المدافن أو في مرمرات غير ملائمة أو حرقها في العراء النظر إلى إطلاق مستويات عالية من المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم ومواد سامة أخرى مثل المركبات الهيدروكربونية العطرية متعددة الحلقات، المعادن الثقيلة والمواد الجزيئية. ولهذا السبب سيكون لمنهج شامل لتحسين إدارة النفايات آثار إيجابية في العديد من المجالات. تتألف إدارة النفايات من عدة مجالات مختلفة للتدخل. وكخطوة أولى يمكن للوقاية وتخفيض النفايات أن يساعد في خفض توليد النفايات وخطرها المحتمل إلى الحد الأدنى. إن وضع واستخدام التقنيات منخفضة أو عديمة النفايات في العمليات الصناعية له أثر إيجابي في خفض كمية النفايات التي تتطلب المعالجة. قد يساعد التأكيد الأكبر على مسؤولية المنتج في حل أو على الأقل خفض مشاكل عدارة النفايات. (انظر الشكل 1).

الشكل 1: هرمية إدارة النفايات



2-2 تعاريف

أعطت اتفاقية بازل للتحكم في نقل النفايات الخطرة والتخلص منها عبر الحدود التعريف التالي للنفايات بشكل عام:

"النفائيات هي المواد أو الأشياء التي نتخلص منها أو نريد التخلص منها أو تتطلب التخلص منها وفق أحكام القانون الوطني".

كما عرفت اتفاقية بازل "التخلص" بأنه العمليات التي يمكن أن، أو لا يمكن أن، تؤدي إلى إمكانية "استرداد الموارد، إعادة التدوير، الاستصلاح، إعادة الاستعمال بشكل مباشر، الاستعمالات البديلة".

صنف المرفق I من اتفاقية بازل النفائيات الخطرة، التي يمكن أن تتحرك عبر الحدود وتحتاج للضبط، في 45 فئة، ويصنف المرفق III من اتفاقية بازل خصائص النفائيات التي لا تقع ضمن أي من الفئات التالية:

- المواد المتفجرة.
- السوائل القابلة للاشتعال.
- المواد الصلبة القابلة للاشتعال.
- المواد أو النفائيات القابلة للاشتعال الذاتي.
- المواد أو النفائيات التي تصدر غازات قابلة للاشتعال عندما تلامس الماء.
- المواد المؤكسدة.
- البيروكسيدات العضوية.
- المواد السامة (الخطيرة).
- المواد المعدية (الملوثة) (المسببة للعدوى).
- المواد المسببة للتآكل.
- المواد التي تطلق غازات سامة عند تلامسها مع الماء أو الهواء.
- المواد السامة (المزمنة أو التي تصبح سامة بعد مدة من الزمن).
- مواد سمية بيئية.
- المواد التي يمكن بأي طريقة أن تنتج مواداً أخرى بعد التخلص منها مثل: الرشاحات التي لها أي من الخواص المذكورة آنفاً.

3-2 أهمية وضع استراتيجيات وطنية لإدارة النفائيات

تؤثر إدارة النفائيات على جميع شرائح المجتمع وعلى اقتصاده. وهي تهم السلطات المحلية، والإقليمية، و الوطنية، وهي تتطلب قاعدة قانونية، وآلية مالية، وعلى قدر كبير من التنسيق بين المواطنين والسلطات على كافة المستويات. علاوة على ذلك، فإن الإدارة الجيدة للنفائيات ليست مجدية بدون مستوى أدنى من الاستثمار. لضمان وجود نظام متماسك لإدارة النفائيات، ينبغي أن تتبع جميع الأعمال على مختلف المستويات استراتيجية مشتركة متفقاً عليها. وبالتالي فمن الضروري أو على الأقل من المفيد مناقشة واتخاذ القرار بناء على استراتيجية وطنية لإدارة النفائيات. قد يتطلب النجاح في تنفيذ أي نظام لإدارة النفائيات، وخاصة في البلدان النامية، نقل التكنولوجيا (التقانات) الملائمة وبناء القدرات وفقاً للمادة 12 من الاتفاقية (انظر أيضاً الفقرة 1-3 من هذا القسم، بشأن القضايا العلمية والتقنية).

4-2 بعض المبادئ التي يجب تطبيقها

تتضمن توجيهات اتفاقية بازل التي يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار في وضع استراتيجيات النفائيات والنفائيات الخطرة (أمانة سر اتفاقية بازل 1993) ما يلي:

- مبدأ خفض المصدر: "والذي يجب بموجبه تقليل توليد النفائيات إلى أدنى حد من حيث كميتها وقدرتها على التسبب في التلوث. ويمكن تحقيق ذلك باستخدام التصاميم الملائمة للتجهيزات والعمليات".
- مبدأ دورة الحياة المتكاملة: "والذي يجب بموجبه تصميم وإدارة المواد والمنتجات بحيث تتسبب بالحد الأدنى من التأثيرات البيئية خلال توليدها واستخدامها واستردادها والتخلص منها".

يجب استرداد المهمات الممكن إعادة استخدامها أو إعادة تدويرها لهذه الأغراض إلى أقصى درجة ممكنة.

5-2 النهج المقترح في خطة التنفيذ لقمة المؤتمر العالمي للتنمية المستدامة (WSSD)

نصت خطة التنفيذ لمؤتمر القمة العالمي للتنمية المستدامة (WSSD) التي عقدت في جوهانسبورغ عام 2002، في الفقرة 22 على:

"منع وتقليل النفايات إلى أدنى حد من وزيادة إعادة الاستخدام وإعادة التدوير واستخدام المواد البديلة الصديقة للبيئة إلى أعلى حد، مع مشاركة السلطات الحكومية وجميع الأطراف المعنية من أجل تقليل من التأثيرات الضارة بالبيئة إلى أدنى حد وتحسين كفاءة الموارد، مع مساعدات مالية وتقنية ومساعدات أخرى للبلدان النامية.

سيضمن ذلك الأفعال على جميع المستويات من أجل:

- (أ) تطوير أنظمة إدارة النفايات مع وضع أعلى أولوية لمنع وتقليل النفايات، وإعادة الاستخدام وإعادة التدوير والمنشآت السليمة بيئياً للتخلص من النفايات، بما فيها تكنولوجيا إعادة تحصيل الطاقة الموجودة في النفايات، وتشجيع مبادرات إعادة تدوير النفايات على النطاق الصغير والتي تدعم إدارة النفايات في المناطق المدنية والريفية، وتوفير فرص توليد الدخل مع دعم دولي للبلدان النامية.
- (ب) تشجيع منع وتقليل النفايات وذلك بتشجيع إنتاج بضائع للمستهلك قابلة لإعادة الاستخدام ومنتجات قابلة للتفكك البيولوجي وتطوير البنية التحتية اللازمة.

6-2 أهمية تثقيف الناس

يحتاج التنفيذ الناجح لخطة عامة لإدارة النفايات إلى المساعدة من جهات مختلفة: المستهلكون، والسلطات، ومشغلي إدارة النفايات. يجب أن تكون كل هذه الجهات المعنية على علم بالإدارة المستدامة للنفايات كما يجب أن تقتنع بالمساهمة في تنفيذها بنجاح. هناك حاجة واضحة لبناء الوعي على جميع المستويات: على سبيل المثال، يجب إعلام المستهلكين عن استراتيجيات تجنب توليد النفايات ومزايا استخدام فرص إعادة التدوير، وعن المعلومات عن المخاطر الصحية الناجمة عن حرق النفايات في العراء، والتشجيع على البدائل الأفضل والتي تعتبر ضرورية عندما يكون من الواجب تقليل استخدام هذه الطريقة في التخلص وإيقافها في النهاية.

7-2 أهمية تدريب الموظفين

من الهام، من أجل إدارة النفايات بفعالية، تقديم التدريب الملائم لصانعي القرار والطواقم الفني (راجع الفقرة 3-5 من هذا القسم).

3- التأثير على الإنتاج والمنتجات

سوف تتحول جميع المنتجات الصناعية أو الحرفية إلى نفايات عند نقطة ما. وبالتالي، فإن جودة المنتجات وخاصة حياتها الفنية لها أثر حاسم على كميات النفايات التي يجب التخلص منها.

إن قدرات السلطات الوطنية محدودة في فرض جودة دورة الحياة العامة، وفي تشجيع إنتاج المنتجات طويلة العمر بشكل مباشر. وهناك على كل حال عدة طرق غير مباشرة ذات كفاءة كبيرة للتأثير على هذه الجوانب من الإنتاج.

تشكل المشتريات العامة في كثير من البلدان جزءاً هاماً من السوق الإجمالية. تسمح المشتريات العامة، من خلال تحديد معايير الجودة والمتطلبات الدنيا، بالتأثير على جودة المنتجات المعروضة. وعلى سبيل المتابعة لمؤتمر قمة الأرض للتنمية المستدامة فقد طورت عدة دول نامية مجموعة أدوات للمشتريات المستدامة تابعة للتعريف الذي وضعه فريق العمل المعني بالمشتريات المستدامة الذي أنشأته حكومة المملكة المتحدة: "المشتريات المستدامة هي عملية تلبى بموجبها المنظمات حاجاتها من السلع والخدمات والأشغال والمرافق على نحو تحقق فيه قيمة مقابل المال على أساس الحياة كلها من حيث توليد الفوائد للمجتمع والاقتصاد، مع تقليل الضرر على البيئة" (فريق العمل المعني بالمشتريات المستدامة 2006).

من المفيد بصفة عامة تجنب التغليف غير الضروري، وترويج المنتجات طويلة العمر التي يمكن إعادة استخدامها، واستخدام المواد وتصاميم المنتجات التي تقي من السمية وغيرها من الخواص الخطرة والتي يمكن إعادة تصنيعها في نهاية دورة الحياة، واسترجاع وإعادة التدوير للمواد.

التسمية هي أداة قوية أخرى: فهي تمكن الزبائن من اختيار المنتجات على أساس الأداء البيئي، والسعر والجودة، وبالتالي توجيه طلباتهم نحو السلع المنتجة بطريقة تحترم مبادئ التنمية المستدامة.

1-3 كفاءة المنتج

تصبح المنتجات نفايات في نهاية حياتها. إذا كان استخدام منتج ما محدوداً بسبب التصميم أو الإنتاج غير المتقن، فقد يؤدي ذلك إلى حياة فنية قصيرة بلا داع. وقد تصبح الأجهزة الالكترونية أو الإطارات ذات الجودة المنخفضة نفايات بعد فترة قصيرة نسبياً من استخدامها، وبالتالي فهي تزيد كمية النفايات. أحد السبل الممكنة للتأثير على الجودة هو تحديد الفترة الدنيا لكفاءة المنتج بالقانون.

2-3 تشجيع الشركات على استخدام نظم الإدارة البيئية

يؤدي استخدام نظم الإدارة البيئية (على سبيل المثال تلك التي وضعتها المنظمة الدولية للمواصفات والمقاييس والنظام الخاص بإدارة البيئة في الاتحاد الأوروبي EMAS) إلى تحسين المعرفة عن العمليات الصناعية وتأثيرها على البيئة. قد يساعد ذلك أيضاً في تقليل كمية النفايات وخصائصها الخطرة. يمكن أن تحفز الإدارة المسؤولة للمنتجات والعمليات من وجهة نظر بيئية زيادة الوعي في جميع أنحاء الشركة، وتحسن سمعة ومصداقية الشركة، وتعزز فرص تطوير الأعمال وتسهل الحوار والشراكة مع الجهات المعنية الرئيسية.

3-3 مسؤولية المنتج

للمنتجين والأطراف المعنية الأخرى مسؤوليات تنشأ من المنهجيات مثل مسودة سياسة المنتجات المتكاملة التابعة للاتحاد الأوروبي والاستراتيجية المواضيعية المقبلة عن الوقاية وإعادة تدوير النفايات، وبرنامج زيادة مسؤولية المنتج التابع لمنظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (OECD 2000)، ومفهوم الإشراف على المنتج، أو من خلال وسائل أخرى. من المفيد في بعض الحالات إلزام المنتجين على استرجاع منتجات محددة عند نهاية حياتها وأن تضمن معالجتها السليمة بيئياً.

4- خفض المصدر كأولوية

بشكل عام، يجب على المجتمع أن ينظر بعناية إلى مجموعة كاملة من خيارات واعتبارات إدارة النفايات قبل التوصل إلى قرار في صنع استثمار واسع النطاق في بناء أي محرقة (مرمد) جديد، ومدافن جديدة للصرف الصحي، والمعالجة الميكانيكية أو الحيوية، أو غيرها من الاستثمارات المماثلة، أو إصلاح منشأة موجودة لكي تحقق تلك الأغراض.

الأولوية الأولى بين خيارات إدارة النفايات هو خفض المصدر- تقليل كمية النفايات، إلى جانب الحد من سميتها وخصائصها الخطرة الأخرى. هذه المسؤولية مشتركة بين جميع قطاعات المجتمع. أحد مقاييس النجاح هو النسبة المئوية للنفايات التي يمكن تحويلها من مقابل القمامة والمرمات، ولكن ينبغي أخذ ذلك بعين الاعتبار دائماً في سياق إجمالي النفايات المتولدة.

في بعض الحالات، قد يقوض قرار بناء منشأة جديدة لمعالجة النفايات على نطاق واسع الجهود الرامية إلى الحد من النفايات واسترداد الموارد من النفايات. في أغلب الأحيان، سيواجه أولئك الذين يستثمرون في هذه المرافق الجديدة ضغوطاً لضمان ما يكفي من النفايات الواردة من أجل استرداد استثمارهم. وعندما يحدث هذا، يمكن للمنشأة الجديدة في بعض الأحيان أن تعمل كقوة معارضة وكمنشطة للجهود الفعالة الرامية إلى الحد من النفايات. ولذلك، يجب أن تأخذ هذه الاعتبارات مكانها في إطار عمل السياسات الشاملة لإدارة النفايات.

5- الجمع

تضع الأسر عادة النفايات المراد التخلص منها في حاويات مخصصة. قد تكون صناديق قمامة معدنية أو بلاستيكية أو أكياساً ورقية أو بلاستيكية. تخصص في بعض الأحيان في المباني والمجمعات السكنية الكبيرة حاويات مركزية يضع فيها السكان نفاياتهم. ومن المعتاد في أكثر البلدان تقدماً، جمع النفايات المنزلية من المباني بشكل منتظم لأن النفايات الغذائية على وجه الخصوص تفسد بسرعة. تجمع النفايات في المدن والمناطق المدنية في سيارات مجهزة خصيصاً لهذا الغرض ومزودة بمعدات ضغط لزيادة الحمل الممكن نقله عبر مسافات كبيرة إلى مواقع الدفن الصحية. تبين الدراسات في التجمعات السكنية الكبيرة أن نقل البقايا المجمعة إلى حاويات السكك الحديدية لنقلها إلى مواقع الدفن عملية قابلة للتطبيق اقتصادياً؛ وتستخدم أيضاً المراكب الكبيرة للنقل. وثرزم (تُجعل في رزم) النفايات في بعض الحالات لتسهيل المعالجة الميكانيكية.

وحتى بوجود نظم ميكانيكية ذات كفاءة كبيرة لفرز النفايات المختلفة، فإن فصل وجمع السلع القابلة لإعادة التدوير عند المصدر أرخص في كثير من الحالات ويؤمن منتجات أنظف لإعادة التدوير. وهذا الأمر صحيح بشكل خاص، بدون فصل المصدر، عندما يختلط الورق والكرتون مع النفايات الرطبة من المطبخ، أو عندما تصبح نفايات الخضروات المراد تحويلها إلى سماد أو تخميرها هو في خطر من الاختلاط بالنفايات الخطرة من الصناعات الصغيرة.

6- إعادة التدوير

يمكن بشكل عام تحويل نسبة كبيرة من النفايات البلدية الصلبة إلى سماد، أو إعادة استخدامها أو إعادة تدويرها. يعاد تدوير أكثر من 50 ٪ من النفايات البلدية الصلبة في العديد من البلدان الصناعية من النفايات. وتحقق بعض المناطق معدلات أعلى في إعادة التدوير. تسعى بعض المنظمات غير الحكومية مثل التحالف الدولي لمنع توليد النفايات لتحقيق بعض الأهداف الطموحة لتحويل النفايات من مدافن النفايات أو المرممات في عدد من البلدان. يعني عدم توليد النفايات تصميم وإدارة المنتجات والعمليات لتقليل حجم وسمية النفايات والمواد، والحفاظ واسترجاع جميع الموارد وعدم حرق النفايات أو دفنها. نفذت برامج عدم توليد النفايات في عدد من البلدان، على سبيل المثال في بالاريكوفو في سلوفاكيا وفي كانبيرا في أستراليا – راجع المواقع الإلكترونية للمزيد من المعلومات.

في معظم الحالات فإن التخلص السليم من النفايات المختلطة أكثر كلفة من خفض المصدر الذي يتم من خلال استخدام المنتجات طويلة العمر، وإصلاح وإعادة تدوير السلع بكفاءة. يجب دراسة وتطوير إمكانيات التحويل إلى سماد، وإعادة الاستخدام والتدوير مع الأخذ بالحسبان تركيبة النفايات ونظم الجمع وإعادة التدوير الموجودة والإمكانيات الاقتصادية.

على سبيل المثال، تخلق إعادة تدوير الورق والكرتون والمعادن والزجاج في كثير من الحالات عوائد إيجابية أو على الأقل فهي أرخص من نقل والتخلص من هذه المواد مع غيرها من النفايات. وبالمثل، يمكن أن يوفر جمع وإعادة تدوير عبوات ترفاتلات البولي إيثيلين (PET) أو غيرها من الحاويات البلاستيكية المواد الخام لصناعة إعادة التدوير البلاستيك.

في كثير من البلدان النامية، يمكن أن تؤمن الموارد المشتقة من النفايات مواداً خاماً هامة لاسترجاع الموارد وأنشطة إعادة التصنيع على نطاق صغير. يمكن تشجيع هذه الأنشطة الصغيرة. عندما يتم ذلك، يجب بذل الجهود أيضاً من أجل تشجيع التحسينات في صحة وسلامة هذا القطاع والذي يعتبر في العديد من البلدان في الوقت الحاضر قطاعاً غير رسمي.

ويمكن أن تجمع السلع القابلة لإعادة التدوير عن طريق الفصل عند المصدر يليها جمع السلع القابلة للتدوير سواء عن طريق السلطات العامة أو الشركات الخاصة. بنى القطاع غير الرسمي في عدد من الحالات هيكليات (بنى) ذات كفاءة كبيرة لجمع تلك النفايات. قد يكون لاستخدام وحتى تعزيز الهياكل (البنى) الموجودة فوائد اقتصادية واجتماعية، ويجب أن تؤخذ بالحسبان عند وضع أو تكييف نظم إدارة النفايات. وثمة أمثلة مثيرة للاهتمام من الجمعيات المجاورة في مومباي في الهند والقاهرة في مصر والتي نجحت في إعادة تدوير وتحويل النفايات إلى سماد (كومار 2000؛ فاشيني(Faccini) 1999).

7- التلخيص النهائي

وحتى مع تحقيق نتائج جيدة في مجال الوقاية من النفايات ومع الأهداف الطموحة لإعادة التدوير، تبقى بعض النفايات يجب التخلص منها. كمية النفايات وتركيبها وخصائصها الخطرة، والإمكانيات الفنية والاقتصادية للتخلص منها، هي العوامل التي يجب أن تؤخذ بالحسبان عند اختيار طريقة التخلص النهائي منها.

إذا حوت النفايات المختلطة على نسبة كبيرة من النفايات النباتية، ينبغي دراسة إمكانيات تحويلها إلى سماد أو التحول اللاهوائي. تتكون النفايات في بعض الحالات بشكل أساسي من المواد النباتية والأتربة والرمال، وقد يكون تحويل النفايات إلى سماد بعد فصلها عن الأجزاء الأخرى (مثل البلاستيك) خياراً قابلاً للتطبيق. يجب تقييم جودة واستخدام السماد المنتج.

وقد تكون المعالجة البيولوجية أو المعالجة الميكانيكية البيولوجية للنفايات إحدى الخيارات عندما تحوي النفايات المختلطة، إلى جانب المواد القابلة للتحلل، نسبة أكبر من البلاستيك والمعادن وغيرها من جزيئات النفايات. وتتضمن عمليات المعالجة الميكانيكية البيولوجية عمليات الفرز والفصل الميكانيكيين للنفايات لفصل المواد القابلة للتحلل التي ترسل إلى عملية حيوية، عن المواد غير القابلة للتحلل. ويمكن تهيئة العملية الميكانيكية لفصل المواد غير القابلة للتحلل إلى أجزاء يمكن إعادة تدويرها. يمكن أيضاً استعادة الأجزاء القابلة للاحتراق. في أغلب الحالات فإن هذه الأجزاء القابلة للاشتعال والتي تسمى الوقود المشتق من النفايات، تكون ملوثة بالمعادن الثقيلة، وتحوي كمية أكبر من الكلور من الوقود العادي. لهذا السبب، يمكن فقط استخدام منتجات إدارة النفايات هذه كوقود في منشآت مزودة بمعدات ضبط تلوث الهواء والتخلص المدروس من الرماد. يمكن استخدام منتجات المعالجة الحيوية كسماد إذا كانت جودته كافية أو يمكن دفنه في التربة.

1-7 مطامر النفايات

تتخلص الكثير من البلدان من النفايات المنزلية عن طريق الردم دائماً (في مقال القمامة). أدت التغيرات الكبيرة في تركيب النفايات (مثل المزيد من البلاستيك)، وزيادة الكميات الواجب التخلص منها، إلى تخصيص مناطق من الأراضي بحيث تكون مواقعاً محليةاً للتخلص من النفايات.

تتوضع النفايات في مقالب القمامة في طبقات في خلايا معدة وتضغط لتقليل حجمها. ومن ثم تغطي، على الأقل يومياً، بمادة ملائمة شبيهة بالتربة الملائمة لمنع الهوام (الحيوانات والحشرات الطائرة)، الذباب والطيور وغيرها من الحيوانات التي تنبش القمامة، ولتقليل الإصابات الناجمة عن الأشياء الحادة. هناك الكثير من النفايات، وخاصة النفايات الخطرة، يجب التخلص منها في مدافن (مقالب) مصممة هندسياً بطريقة خاصة. (للمزيد من المعلومات أنظر المبادئ التوجيهية الفنية لاتفاقية بازل: عن المدافن (المقالب) المصممة هندسياً بطريقة خاصة (D5)).

تخضع الأجزاء القابلة للتعفن من النفايات لعمليات هوائية ولاهوائية. ينتج غاز مدافن القمامة، هو خليط من الميثان وثنائي أكسيد الكربون، وتتشكل مركبات عضوية أخرى. كثير من هذه المركبات قابلة للذوبان في الماء وينحل بوجود أي رطوبة فائضة في موقع دفن النفايات وتنتج مزيج سائلاً يسمى الرشاحة. قد تكون الرشاحة ملوثة بشكل كبير ومن الضروري منعها من الاختلاط مع المياه الجوفية والمياه السطحية. معالجة الرشاحة والتخلص الآمن أو حتى استخدام غاز مقالب القمامة هي عناصر سياسة إدارة النفايات السليمة. من الضروري في أي حال منع هجرة الرشاحة لأنها يمكن أن تستمر في إنتاج غاز مقالب القمامة بعيداً عن موقع دفن النفايات.

دفن النفايات هو الممارسة الأكثر شيوعاً للتخلص من النفايات في معظم البلدان. وكنتيجة للمشاكل البيئية والصحية الخطيرة المجرية من خلال مواقع الدفن القديمة والمهجورة ونتيجة للتكاليف الباهظة المرافقة لتدابير التنظيف في المواقع الملوثة، فقد أدخلت العديد من البلدان مفهوم المدافن المصممة بطريقة هندسية خاصة حيث ترسل النفايات فقط إلى مواقع حسب خواصها الملوثة. وقد تكون هذه النفايات طبيعية، أو زائدة أو تجلبها السفن مباشرة، وتكون الهندسة العامة بحيث تضمن قدر الإمكان عزل النفايات عن البيئة. وتعتبر مثل هذه المدافن الملاذ الأخير ويجب استخدامها فقط بعد بذل كل الجهود لتقليل أو تخفيف أو إزالة الأخطار التي تشكلها مثل هذه النفايات.

8- الترميد

أصبح ترميد النفايات في بعض البلدان ذات الكثافة السكانية العالية التي تعاني نقصاً في المناطق المناسبة لمدافن القمامة، هو الأسلوب الرئيسي لمعالجة والتخلص من النفايات غير القابلة لإعادة التدوير على مدى السنوات الخمسين الماضية. ولأن هناك العديد من العناصر القابلة للاحتراق في النفايات الصلبة البلدية، يمكن إنتاج حرارة زائدة. قد تدمر الجراثيم الممرضة والمكونات العضوية الكيميائية في النفايات بشكل كامل تقريباً. ولأن النفايات المنزلية تحوي مجموعة كبيرة ومتنوعة من المواد، بما فيها تلك المواد غير القابلة للاشتعال، فمن الضروري أن تكون المرممات جاسنة لتنماشى مع المواد الخام المتغيرة بشكل كبير من حيث تركيب النفايات والقيمة الحرارية. تقليدياً، فالأفران مبنية إما على أساس مبدأ سلسلة (سير) أو منخل هزاز ودرجة أقل كأفران دوارة. يستخدم إحراق السرير المعوم لحماية مياه الصرف الصحي والنفايات الصناعية. لضمان الاحتراق بكفاءة عالية يجب التحكم بشكل دقيق جداً بمجال درجة الحرارة تشغيل الفرن التي تحرق النفايات والتحكم بالزمن الذي تصل فيه النفايات إلى درجة حرارة الفرن وتبقى فيها ضمن هذه الحرارة والتحكم بالاضطرابات في غرفة الفرن. ما يسمى "مبدأ التآتات الثلاثة 3 Ts" - وهو درجة الحرارة والزمن والاضطراب بوجود ما يكفي من الأوكسجين - هي المتطلبات الأساسية للاحتراق الجيد (انظر أيضاً القسم الخامس من هذه المبادئ التوجيهية، عن مرممات النفايات).

من أجل تجنب إطلاق الغاز والجسيمات الكبيرة، يجب أن تكون المرممات مجهزة بأنظمة كفاءة لتنقية غازات المداخل، والتي قد تشمل في كثير من الحالات المحولات المحقزة أو إضافة الكربون المنشط لغاز المداخل وأجهزة غسل الغازات. إذا تم تصريف ماء جهاز غسل الغاز فلا بد من معالجته. يحوي الرماد متطاير من مرسبات الكهرباء الساكنة (الالكتروستاتيكية) وبقياً أجهزة تلوث الهواء بشكل شبه مؤكد على كميات كبيرة من المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم من الاتفاقية، لذلك يجب التخلص من هذه النفايات بطريقة مضبوطة.

قد تشرح الحاجة إلى، ضبط موثوق لمعاملات الاحتراق ومتطلبات التكنولوجيا العالية لأنظمة تنظيف غازات المداخل والاستثمار اللازم لاسترجاع الطاقة (مراجل، عنفات، مولدات كهربائية)، سبب التطور الكبير وسبب كفاءة المرممات؛ ولكنها أيضاً تكنولوجيا مكلفة نوعاً ما. المنشآت الصغيرة موجودة، ولكن نحتاج في معظم الحالات من أجل تحقيق وفورات الحجم إلى 100,000 طن على الأقل من النفايات سنوياً.

على مدى السنوات الماضية تم تطوير بعض الأساليب جديدة لإحراق المكونات غير القابلة لإعادة التدوير من النفايات الصلبة البلدية. في بعض الحالات، تسحق النفايات أو تطحن أولاً ثم تحرق في مصنع مصمم بطريقة خاصة. ويوفر هذا إمكانيات لإزالة الغاز في درجات حرارة منخفضة أو معالجتها مع الأوكسجين بنسبة منخفضة للغاية أو معدومة كخطوة أولى (المعروف باسم الانحلال الحراري (التحلل بالحرارة)). وإزالة الأوكسجين الزائد كخطوة أولى. ثم يحرق الغاز الناتج - بعد انتهاء التنظيف - بدرجات حرارة عالية في الخطوة الثانية. تسمح هذه الحرارة العالية بتزجيج (التحويل إلى زجاج أو رمل) بقايا الاحتراق، ويمكن أيضاً من التحكم بتدمير النفايات الملوثة بالمواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم. يجب توخي الحذر بشكل خاص مع هذه العمليات التي لا تطلق منتجات الاحتراق غير الكاملة في البيئة.

الملحق: 1 معالجة نفايات الحجر الصحي

تؤمن ضوابط الحجر الصحي عند حدود الدول حماية كبيرة من إدخال الأمراض والحشرات والكائنات الممرضة. تتنوع المنتجات والمواد الموقفة عند حاجز الحجر الصحي بشكل كبير وتشمل النفايات الخام أو المعالجة للطائرات أو السفن (بما في ذلك النفايات الغذائية والورقية)، مثل السلال أو الهدايا التذكارية، والمواد الموبوءة بالكائنات الحية (على سبيل المثال سوس الخشب) أو الحبوب مع بذور الأعشاب الضارة، و مواد بناء أو مواد آلات ملوثة بالتربة.

في جميع الحالات، يجب إعطاء الأولوية للمعالجة المناسبة لتدمير الكائنات الحية و/أو المواد المثيرة للقلق. تاريخياً، كان الحرق هو الأسلوب المفضل للمعالجة، على كل حال يجب الأخذ بعين الاعتبار استخدام تقانات عدم الحرق، مثل التعقيم بالبخار. وكمثال على قرار تجاري مع مساهمة المجتمع المحلي، للتحويل من الترميد بدرجة حرارة مرتفعة إلى التعقيم بالبخار ماحدث في مطار أوكلاند الدولي في نيوزيلندا عام 2005. تم اعتماد 22 طن يومياً في أوائل عام 2006 والتقارير تشير إلى خلوها من المشاكل، العملية مستمرة حتى وقت النشر، كانون الأول 2006.

الملحق: 2 دراسة حالة عن إدارة نفايات الرعاية الصحية²⁴

دعمت منظمتا سريشتي وتوكسليك لينك ToxicsLink غير الحكوميتين اللتان مقرها نيودلهي، مرافق الرعاية الصحية لحل مشاكل الرعاية الصحية في إدارة النفايات منذ عام 1996. وفي تجربتهم، فإن الاستعداد الإداري هو الجودة الأساسية اللازمة في مؤسسة للرعاية الصحية. وقد بدأت عدة مشافٍ خاصة في نيودلهي العمل على هذه المسألة عام 1998، بعد فترة وجيزة من اعتماد القواعد الوطنية لنفايات الرعاية الصحية. في هذه الحالات، قاد مسؤول رفيع المستوى الأنظمة وتغيير السياسة. واليوم أنشأت هذه المشافي أنظمة بسبب التزامها عام 1998 والسنوات اللاحقة. كانت المشافي ستفشل لو نظر كبار الموظفين إلى إدارة النفايات على أنها عبء لا لزوم له عليهم وعلى العاملين في الرعاية الصحية.

في برنامج إدارة النفايات الناجح، تقوم السلطة القاندة بجولات منتظمة لتحديد ومعالجة المشاكل مباشرة مع الموظفين المناسبين. وقد لعب رئيس الطاقم الطبي والمشرف على التمرريض دوراً فعالاً في برامج إدارة النفايات. في حالات أخرى، بني برنامج ناجح في المشفى على جهود الفريق. حيث أيد أعلى مدير الموضوع تأييداً كاملاً، تم تعيين لجنة لإدارة النفايات بالكامل يرأسها نائب المدير. تطلب نجاح البرنامج تدريباً منتظماً ومصمماً خصيصاً لجميع الموظفين. خصص الوقت اللازم للموظفين للتدريب كما تم التأكيد على أهمية التدريب.

بما أن حوالي 80 ٪ من النفايات المتولدة في مرافق الرعاية الصحية غير معدية أو غير خطيرة، فإن أنشطة فصل وإعادة تدوير النفايات هي أنشطة هامة. ركبت عدة مشافٍ أجهزة تعقيم وأنظمة متقدمة للمعالجة البخار تعرف بالمعقمات البخارية hydroclave، أو وحدة الميكرووف (الأمواج الميكروية) لمعالجة الكثير من النفايات المعدية. أرسلت النفايات المرضية إلى المحارق. وقد تم التخلص من النفايات غير المعدية على أنها نفايات منزلية عادية. كما تسبب معالجة والتخلص من الأدوات الحادة قلقاً خاصاً في ضوء المخاطر الخاصة التي تسببها الإبر الملوثة. تدفن بعض نفايات الأدوات الحادة في حفر مصممة خصيصاً للأدوات الحادة. ويعالج الآخرون الأدوات الحادة في أجهزة التعقيم، ويفكك الأدوات الحادة المعالجة، ويعيد معالجة القطع البلاستيكية والمعدنية المفصولة. نشرت منظمة الصحة العالمية ثلاث عشرة دراسة حالة محددة عن الإدارة الآمنة للنفايات الحيوية الطبية الحادة في الهند. كما شجعت المنظمات غير الحكومية أيضاً وعلى نطاق صغير أنظمة المعالجة ذات الكلفة المنخفضة في المنشآت الريفية الصغيرة، مثل المعقمات الصغيرة التي تعمل بالطاقة الشمسية والتصاميم الأخرى المأخوذة من المنافسة الدولية للرعاية الصحية دون ضرر على التقانات البديلة للمعالجة في المناطق الريفية. medwastecontest.org

(iii) المنافع المشتركة لأفضل التقنيات المتاحة بالنسبة للمواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم -1 اعتبارات عامة

يؤدي تطبيق أفضل التقنيات المتاحة بالنسبة للمواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم لاتفاقية استكهولم غالباً إلى منافع مشتركة. والعكس بالعكس، فإن اتخاذ تدابير لحماية الصحة البشرية والبيئة من الملوثات الأخرى سوف يساعد أيضاً على تخفيض وإزالة المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم.

وتشمل هذه الملوثات الأخرى الجسيمات، معادن معينة (مثل الزئبق)، وأكاسيد الآزوت (NO_x)، وثاني أكسيد الكبريت (SO_2)، والمركبات العضوية الطيارة. تشمل التدابير عمليات تنظيف غازات المداخن، ومعالجة مياه الصرف الصحي والنفايات الصلبة والمراقبة وإعداد التقارير.

سنوجز فيما يلي بعض الأمثلة لهذه الروابط والمنافع المشتركة، هناك المزيد من التفاصيل عن أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية في مقاطع الوثيقة التي تعالج فئات مصادر محددة.

²⁴ Information obtained from: Srishti (New Delhi, India): <http://www.toxicslink.org/ovrww-prog.php?prognum=1> and *Safe Management of Bio-Medical Sharps Waste in India*, SEA-EH-548, World Health Organization South-East Asia Regional Office, 2005.

2- المعلومات والتوعية والتدريب

قد يكون للمعلومات، وأنشطة التوعية والتدريب المرتبطة بالقضايا البيئية والصحية والحماية منافع مشتركة للحد من المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم وغيرها من الملوثات.

3- عمليات تنقية غازات المداخن

للمعاملات المتعددة في معالجة غازات المداخن منافع مشتركة للمواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم وغيرها من الملوثات. ومن الأمثلة على ذلك:

1-3 الاحتواء، الجمع، التهوية

ستحد هذه التدابير من تعرض الناس الساكنين والمهنيين الإنسان لمجموع الجسيمات الجزيئية، والجسيمات الدقيقة أقل من 10 ميكرون (PM10) والجسيمات أقل من 2.5 ميكرون (PM2.5). قد الثابتة المرتبطة الجسيمات، كما يمكن تقليل الملوثات المرافقة للجسيمات اجزيئية مثل المعادن والمركبات المعدنية (مثل الرصاص)، والملوثات الغازية مثل المركبات العضوية الطيارة.

2-3 عمليات فصل الغبار

تقلل تدابير مثل السيكلونات ومرسبات الكهرباء الساكنة والمرشحات الليفية من انبعاثات الجسيمات والملوثات المرتبطة بالجسيمات في البيئة.

3-3 عمليات غسل الغاز

سوف تخفض هذه التدابير من انبعاثات الجسيمات باستخدام مزيلات فعالة للضباب ويمكن الحد من الملوثات الغازية مثل الغازات الحمضية والزئبق. ستخفف إزالة الكبريت من غاز المداخن من انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت SO₂.

4-3 عمليات الامتزاز

ستخفف تدابير مثل امتزاز الكربون المنشط من انبعاث الزئبق والمركبات العضوية الطيارة، وثاني أكسيد الكبريت، وحمض كلور الماء، حمض فلور الماء ومركبات ثنائي بنزوباراديوكسين متعدد الكلور وثنائي بنزوفوران متعدد الكلور (PCDD/PCDF) حسب التطبيق.

5-3 عمليات التحفيز

يمكن أن تخفف تدابير مثل تفاعلات التحفيز الانتقائي من أكاسيد الأوزون NO_x ويمكن أيضاً أن تخفف انبعاثات الطور الغازي للمواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم إذا كانت الأوكسدة المحفزة تحدث في النظام أيضاً. قد يؤكد تفاعل التحفيز الانتقائي الزئبق العنصري القابل للانحلال في الماء ويمكن إزالته في نظم إزالة الكبريت من غاز المداخن. قد تقلل مرشحات التحفيز الليفية أيضاً المركبات العضوية الطيارة.

4- عمليات معالجة مياه الصرف (مياه النفايات)

تزيل المعالجة الأولية لمياه الصرف الصحي المواد الصلبة العالقة. يمكن أن تزيل المعالجة الثالثة مثل الكربون المنشط المواد العضوية المختلفة.

يعتبر كُسب الترشيح (بقايا الترشيح) من معالجة مياه الصرف الصحي نفايات خطرة يجب التخلص منها بطريقة سليمة بيئياً (مثل مدافن النفايات المصممة بطريقة هندسية خاصة).

5- عمليات معالجة البقايا الصلبة

تقلل تدابير مثل تصليب بقايا النفايات والمعالجة الحرارية من المحتوى الكلي للملوثات ومن ارتشاح الملوثات المختلفة في البيئة.

6- المراقبة وإعداد التقارير

قد نحتاج لمرافق لمراقبة وقياس وتقدير وإعداد تقارير عن الإطلاقات في البيئة. يؤمن هذا الأمر معلومات عامة عن الملوثات المختلفة وحوافز للتحسين المستمر في الأداء البيئي للمرافق.

قد تؤمن مسوحات القياس الدورية الشاملة لمجموعة واسعة من الملوثات بما فيها مركبات PCDD/PCDF وسداسي كلور البنزن (HCB) وثنائي الفينيل متعدد الكلور (PCB) بالإضافة إلى المراقبة الاعتيادية للملوثات العامة، معلومات مفيدة عن العديد من المصادر المحتملة للمواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم وغيرها من الملوثات.

(iv) إدارة غاز المداخن والبقايا الأخرى 1- تقنيات معالجة غاز المداخن (أجهزة ضبط تلوث الهواء)

من حيث المبدأ، يمكن تخفيض انبعاثات مركبات الديوكسين والفيوران (PCDD/PCDF) بواسطة العمليات التالية في معالجة غازات العوادم:

- الحراقات البعدية.
- أنظمة التبريد السريع.
- فصل الغبار.
- عمليات غسل الغاز.
- عمليات الامتزاز.
- الأكسدة الواسطية (بالحفازات).

قد تكون أجهزة ضبط تلوث الهواء رطبة أو جافة أو نصف جافة وذلك اعتماداً على دور الماء في العملية. تتطلب الأجهزة الرطبة وفي بعض الأحيان الأجهزة نصف-الجافة لضبط تلوث الهواء، عمليات إضافية لتنقية مياه الصرف الصحي التي تولدت وذلك قبل صرفها خارج المنشأة²⁵. يجب التخلص من النفايات الصلبة الناتجة من العمليات الجافة ونصف الجافة (وأيضاً من العمليات الرطبة بعد معالجة مياه الصرف الصحي) بطريقة سليمة بيئياً أو أن تخضع لمعالجة إضافية قبل التخلص منها أو إعادة الاستعمال الممكنة.

هناك المزيد من المعلومات فيما يتعلق بتطبيقات ترميد النفايات في المقطع V.A (الخامس، أ) الفقرة 6.4.

1-1 مقارنة بين تقنيات ضبط مركبات الديوكسين/الفيوران PCDD/PCDF

²⁵ ضوابط الاحتراق وغيرها من العوامل التي تؤثر في تكوين وإطلاق المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم لاتفاقية استكهولم، وانطلاق غازات المداخن موصوفة في الملاحظات التوجيهية الخاصة بالقطاع (القسمين الخامس والسادس).

إن التقنيات التي بينت أنها الأكثر فعالية في خفض الملوثات العضوية الثابتة في غازات المداخن هي التقنيات التي تستخدم الادمصاص والتحكم بالجسيمات وتلك التي تستخدم المحفزات. يلخص الجدول 1 كفاءة الجمع لتقنيات منتقاة لضبط مركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF.

يمكن خفض تكاليف ضبط مركبات الديوكسين فيوران PCDD/PCDF في المرافق الموجودة من خلال التضافر بين أجهزة تلوث ضبط الهواء الموجودة:

- يمكن تحويل المرشحات النسيجية ومرسبات الكهرباء الساكنة الموجودة من خلال حقن الفحم المنشط إلى مفاعلات حقن تدفقية لخفض مركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF. تنشأ التكاليف الإضافية لخفض مركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF من تخزين ونقل والتخلص من الفحم المنشط الذي استخدم كمادة دامصة إضافية، إضافة إلى التعامل الآمن مع الكربون والتخلص من بقاياها التي يمكن أن يتغير سلوكها.
- يمكن تحطيم مركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF بواسطة محفزات الأكسدة الواسطة. يمكن استخدام الحفاز الموجود للتخلص الانتقائي من أكاسيد الأوزون (NO_x) لهذا الغرض. تنشأ التكاليف الإضافية تنشأ من توسيع سطوح الحفاز بإضافة طبقة أوطبقتين من الحفاز للوصول إلى تركيز من مركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF تحت 0.1 نانو غرام مكافئ سمية/م³ نظامي.²⁶

إضافة إلى التخلص من أو تحطيم مركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF، سوف تتخفض أيضاً ملوثات أخرى مثل المعادن الثقيلة والأجسام الصغيرة المعلقة في الهواء وملوثات عضوية أخرى.

الجدول 1: مقارنة بين أنظمة ضبط مركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF

تقنية الضبط	كفاءة إزالة مركبات الديوكسين والفيوران	المنافع المشتركة
سيكلونات	كفاءة منخفضة	إزالة الغبار الخشن
مرسبات الكهرباء الساكنة	كفاءة منخفضة	مصممة لإزالة الغبار
مرشحات الأكياس	كفاءة متوسطة	مصممة لإزالة الغبار
أجهزة غسيل الغاز الرطبة (أبراج التصفية)	كفاءة متوسطة	مصممة لإزالة الغبار والغاز الحمضي
أجهزة غسيل الغاز المبردة واللاحقة ذات الكفاءة العالية (أبراج التصفية)	كفاءة متوسطة إلى عالية	تخفيض متزامن (في الوقت نفسه) للغبار، الجسيمات المعلقة في الهواء، حمض كلور الماء، حمض فلور الماء، المعادن الثقيلة، وثاني أكسيد الكبريت.
الحراقات البعدية	كفاءة عالية	بدون بقايا، ولكنها تتطلب تبريد غاز المداخن.
الأكسدة بالمحفزات (تفاعل تحفيز انتقائي)	كفاءة عالية؛ تدمير مركبات الديوكسين والفيوران والمواد العضوية الأخرى	بدون بقايا؛ تخفيف متزامن لأكاسيد الأوزون.
مرشحات الأكياس المحفزة	كفاءة عالية	إزالة متزامن للغبار

²⁶ 1 نانوغرام = 10⁻¹² كيلوغرام أو 10⁻⁹ من الغرام kilogram = 1 × 10⁻¹² ng (nanogram)، 1 Nm³ م³ نظامي = متر مكعب نظامي لحجم الغاز الجاف مقاس عند الدرجة 0 مئوية وضغط 101.3 كيلوباسكال. من أجل معلومات عن تقديم تقارير عن نتائج مركبات الديوكسين والفيوران، نظر إلى القسم الأول الفقرة 3 من الدليل الحالي.

انتقائية لمركبات PCDD/PCDF، يمكن ترميد المادة بعد الاستعمال.	تعتمد على كمية المواد الموضوعة	الامتصاص الجاف في الراتنج (جزينات الكربون المنتشرة في شبكة البوليمير)
تخفيض متزامن للملوثات المتنوعة مثل مركبات PCDD/PCDF والزنبيق، يمكن ترميد المادة بعد الاستعمال.	كفاءة متوسطة إلى عالية	مفاعل التدفق المحمول مع الفحم أو الكربون المنشط/الجير أو محلول الكلور ومرشحات نسيجية لاحقة
تخفيض متزامن للملوثات المتنوعة مثل مركبات PCDD/PCDF والزنبيق، يمكن ترميد المادة بعد الاستعمال.	كفاءة عالية	مفاعل السرير الثابت أو مفاعل السرير المعوم، ادمصاص بالكربون المنشط أو فحم الموقد المفتوح.

2-1 أنظمة التبريد السريع

تستخدم أنظمة التبريد المفاجيء بالماء أيضاً لتخفيض درجة حرارة غازات المدخنة بسرعة تحت عتبة تشكل المركبات الكيميائية المدرجة في المرفق جيم من اتفاقية استكهولم. يجب أن تكون مثل هذه الأنظمة وأنظمة معالجة مياه الصرف الصحي المرافقة مصممة للتعامل مع الحمل العالي من العوالق والجسيمات الدقيقة التي تنتهي في مياه الغسيل بالنتيجة.

3-1 الحراقات البعدية

الحراقات البعدية هي إما منفصلة أو يمكن أن مدمجة في غرفة الاحتراق الرئيسية من أجل تحطيم مركبات الكربون المحترقة جزئياً أو غير المحترقة في غازات العادم. واعتماداً على الشروط الفعلية، قد نحتاج لوجود محفز أو هواء احتراق إضافي أو حراق إضافي (يعمل بالغاز الطبيعي). وحيثما يكون ملائماً، تشير التشريعات إلى درجة حرارة دنيا لتحقيق هذا التحطيم في عملية ما.

4-1 فصل الغبار

تنطلق مركبات الديوكسين والفيوران في طورها الغازي مع غازات المداخل إضافة إلى ارتباطها مع الجسيمات الدقيقة. قد يكون الجزء الناعم من الغبار غنياً بهذه المركبات بشكل خاص بسبب كبر سطحه. وبما أنه لا يمكن دائماً تحقيق عملية فصل الغبار الناعم بواسطة مرشحات الكهرباء الساكنة، فإن المرشحات النسيجية عادة أكثر كفاءة في خفض انبعاثات مركبات الديوكسين والفيوران. قد تساعد إضافة المواد الماصة على زيادة كفاءة الإزالة (Hübner et al. 2000).

1-4-1 السيكلونات والسيكلونات المتعددة

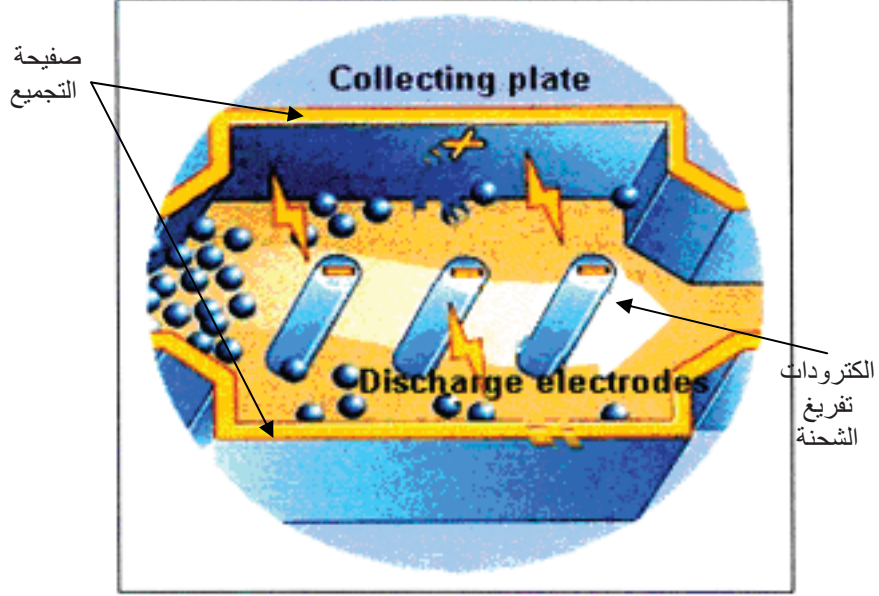
تستخلص السيكلونات والسيكلونات المتعددة (المكونة من عدد من سيكلونات صغيرة) الجسيمات الدقيقة من تيار الغاز بواسطة القوى النابذة. السيكلونات أقل كفاءة بكثير من أجهزة أخرى مثل مرشحات الكهرباء الساكنة أو المرشحات النسيجية في التحكم بإطلاقات الجسيمات الدقيقة ولا تستخدم لوحدها في التطبيقات المتطورة لتنقية غازات المداخل.

2-4-1 مرشحات الكهرباء الساكنة

تستخدم مرشحات الكهرباء الساكنة (يطلق عليها عادة في أوروبا اسم مرشحات الكهرباء الساكنة) بشكل عام لجمع والتحكم بالجسيمات الدقيقة في غازات الاحتراق وذلك من خلال تطبيق حقل كهربائي قوي على تيار غازات المدخنة (الشكل 2). ويشحن ذلك الجسيمات الدقيقة المتدفقة مع غازات الإحراق.

تتشن صفائح التجميع الكبيرة بشحنة كهربائية معاكسة لجذب وجمع الجسيمات الدقيقة المشحونة. إن كفاءة الجمع تابع للمقاومة الكهربائية للجسيمات المتدفقة. تزيل مرشحات الكهرباء الساكنة معظم الجسيمات الدقيقة بكفاءة بما في ذلك الكيميائية المدرجة في المرفق (ج) والمدمصة على الجسيمات الدقيقة.

الشكل 2: مبدأ عمل مرسبات الكهرباء الساكنة



المصدر: المفوضية الأوروبية 2005

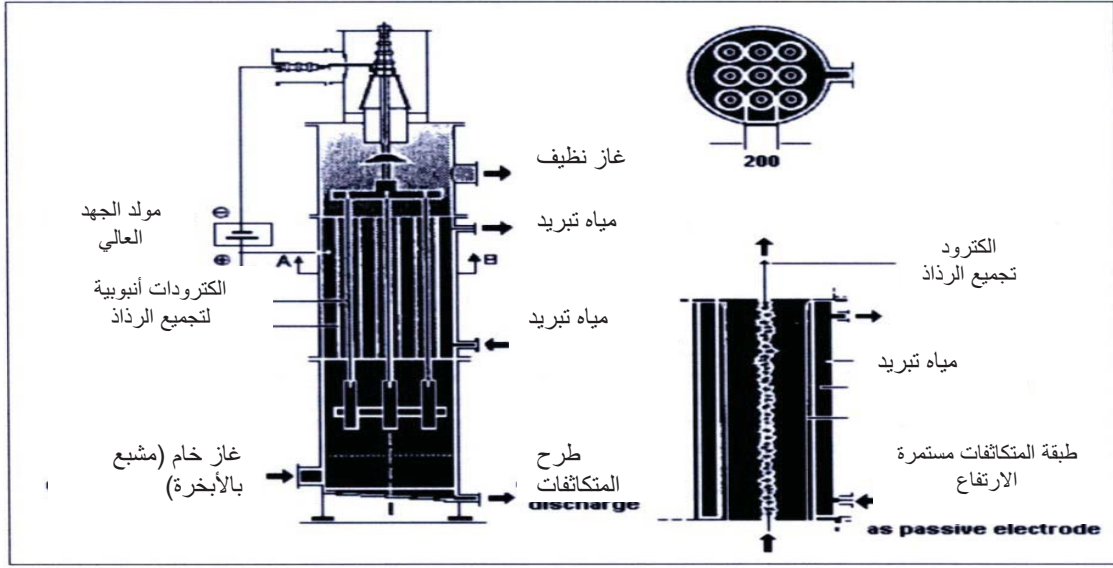
قد تتشكل المركبات الكيميائية المدرجة في المرفق (ج) في مرسبات الكهرباء الساكنة ضمن مجال درجات حرارة بين 200 – 450 درجة مئوية. عندما تزداد درجات الحرارة تزداد عند مدخل المرسب من 200 إلى 300، لوحظ ازدياد تراكيز مركبات الديوكسين والفيوران مع زيادة درجة الحرارة. وكلما زادت درجة الحرارة بعد 300 درجة مئوية، يتراجع معدل تشكل مركبات الديوكسين والفيوران.

درجات التشغيل النموذجية لمرسبات الكهرباء الساكنة بين 160-260 درجة مئوية. غالباً ما يتم تجنب التشغيل في درجات حرارة أعلى (أعلى من 250 درجة مئوية مثلاً) لأنه يزيد خطر تشكل مركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF.

تستخدم مرسبات الكهرباء الساكنة الرطبة السوائل، وعادة الماء، لغسيل الملوثات عن صفائح التجميع. تعمل هذه الأنظمة بشكل أفضل عندما تكون الغازات الداخلة باردة ورطبة.

تستعمل مرسبات التكتيف بالكهرباء الساكنة مجموعات خارجية من الأنابيب البلاستيكية المبردة بالماء والتي تعمل على تجميع رذاذ السوائل أو الجسيمات الصلبة الناعمة عن طريق تسهيل التكتيف بالتبريد بالماء (الشكل 3).

الشكل 3: مرسبات الكهرباء الساكنة بالتكاثف



المصدر: المفوضية الأوروبية 2005

3-4-1 المرشحات النسيجية

تعرف المرشحات النسيجية أيضاً ببيوت الألياف أو مرشحات الألياف أو الأكمال (الشكل 4). هذه الأجهزة للتحكم بالجسيمات الدقيقة ذات كفاءة عالية في إزالة المركبات الكيميائية المدرجة في المرفق (ج) والتي قد تترافق مع الجسيمات دقيقة والأبخرة التي تدمص على الجسيمات الدقيقة في تيار غازات العادم.

الشكل 4: رسم توضيحي للمرشح النسيجي



المصدر: المفوضية الأوروبية 2005

المرشحات النسيجية هي عادة أكياس بقطر يتراوح بين 16 - 20 سم وبطول 10 متر ومصنوعة من مادة الصوف الزجاجي المنسوج أو من مادة التفلون (PTFE) ومرتببة على التسلسل (انظر الجدول 2). تجبر مروحة التحريض غازات الاحتراق على العبور عبر النسيج المحبوك بقوة والتي تشكل سريراً لتشكل كُسب الترشيح (بقايا الترشيح).

تسمح مسامية النسيج وكسب الترشيح الناتج للأكياس بالعمل كوسط ترشيح لحجز مجال واسع من حجوم الجزيئات ذات قطر أقل من 1 ميكرون (علماً أن كفاءة الترشيح تبدأ بالانخفاض عند الجزيئات بقطر 1 ميكرون)²⁷. تتضرر المرشحات النسيجية بالماء تتأثر والتآكل، لذلك يجب إبقاؤها فوق نقطة الندى (130-140 درجة مئوية) لمنع هذه التأثيرات. بعض مواد المرشحات أكثر مقاومة للضرر. المرشحات النسيجية حساسة للحموض، لذا فهي تشغل عادة مع أنظمة الادمصاص والتجفيف بالترذيد لإزالة الغازات الحمضية عند أعلى المرشح. يخدم التجفيف بالترذيد أيضاً في تبريد الغازات الداخلة. بدون هذا التبريد، يمكن أن تتشكل الكيمائيات المدرجة في المرفق (ج) في المرشح، بشكل مشابه لحالة مرسبات الكهرباء الساكنة.

يقارن الجدول 3 بين أنظمة إزالة الغبار.

الجدول 2: خصائص المواد المستخدمة في المرشحات النسيجية

مادة النسيج	درجة الحرارة العظمى	المقاومة		
		الحموض	القلويات	المرونة الفيزيائية
الظن	80	ضعيفة	جيدة	جيدة جداً
بولي بروبيلين	95	ممتازة	ممتازة	جيدة جداً
الصوف	100	مقبولة	ضعيفة	جيدة جداً
البوليستر	135	جيدة	جيدة	جيدة جداً
النيلون	205	ضعيفة إلى مقبولة	ممتازة	ممتازة
تفلون PTFE	235	ممتازة	ممتازة	مقبولة
البولي أميدات	260	جيدة	جيدة	جيدة جداً
الصوف زجاجي	260	ضعيفة إلى جيدة	مقبولة إلى جيدة	مقبولة

المصدر: المفوضية الأوروبية 2005

الجدول 3: مقارنة بين أنظمة إزالة الغبار

نظام إزالة الغبار	التراكيز النموذجية لانبعاث الغبار	الميزات	المساوئ
السيكلونات والسيكلونات المتعددة	السيكلونات: 200 - 300 ملغ/م ³ السيكلونات المتعددة: 100 - 150 ملغ/م ³	متينة، نسبياً بسيطة ويمكن الاعتماد عليها مطبقة في ترميد النفايات	تستخدم فقط في المعالجات الأولية لإزالة الغبار تستهلك نسبياً كمية كبيرة من الطاقة (مقارنة مع مرسبات الكهرباء الساكنة)
مرسبات الكهرباء الساكنة، الجافة	أقل من 5 - 25 ملغ/م ³	تتطلب طاقة قليلة نسبياً يمكن أن تستخدم لمعالجة غازات حرارتها 150 - 350 درجة مئوية، لكن فعاليتها محدودة حتى 200 درجة مئوية بسبب مسألة تشكل مركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF (أنظر الحقل إلى اليسار)	يمكن أن تتشكل الديوكسينات الفيورانات إذا استخدمت بدرجات حرارة بين 200 - 450 درجة مئوية
مرسبات الكهرباء الساكنة، الرطبة	أقل من 5-20 ملغ/م ³	قادرة على الوصول إلى تراكيز منخفضة للملوثات	تطبق بشكل أساسي للمعالجة اللاحقة لإزالة الغبار تولد العملية مياه فضلات تزيد من وضوح غمامة التلوث
مرشحات الأكياس	أقل من 5 ملغ/م ³	تعمل طبقة البقايا كمرشح إضافي وكمفاعل ادمصاص	استهلاك عالي نسبياً للطاقة (مقارنة مع مرسبات الكهرباء الساكنة) حساسية لتكاثف الماء والتآكل

المصدر: المفوضية الأوروبية 2005

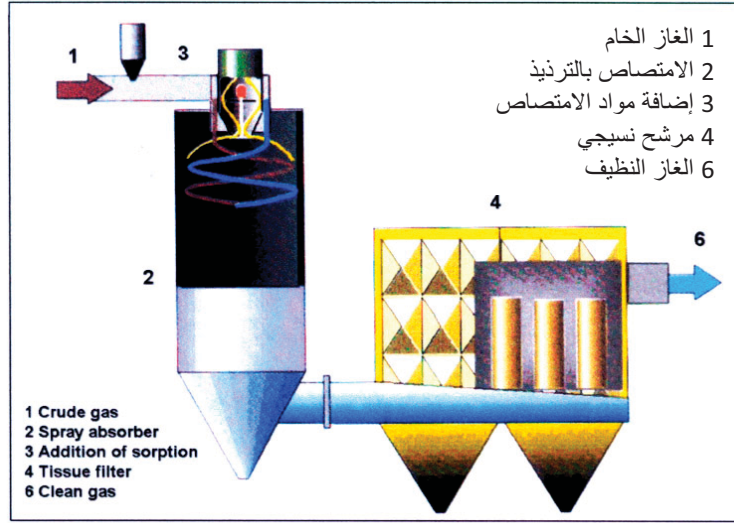
²⁷ 1 µm (micrometre) = 1×10⁻⁶ metre. 1 ميكرومتر = 10⁻⁶ متر

5-1 عمليات غسل الغاز

1-5-1 غسل الغاز بالترذيد الجاف

يزيل غسل الغاز بالترذيد الجاف، ويدعى أيضاً الامتصاص الجاف بالترذيد أو الغسيل نصف الرطب، الغازات الحمضية والجسيمات الدقيقة من تيار غازات بعد الاحتراق. وفي جهاز معالجة نموذجي يعمل بهذا المبدأ، تدخل غازات الاحتراق الساخنة حجرة مفاعل الغسيل (الشكل 5).

الشكل 5: الغسيل/الامتصاص بالترذيد الجاف



يحقن كلس ملاطي سي مراد رسس (CaO) في مرسر مسيرر . يسرج سرر سرر سرر مع غازات الاحتراق ضمن المفاعل. يتبخر الماء الموجود في الملائر بسررة وتسبب حرارة التبخير انخفاض تبريد غازات الاحتراق بسررة. تستطيع اللفرة التعادلية للكلس خفض المكونات الغازية الحمضية الموجودة في غازات الاحتراق (على سبيل المثال، حمض كلور الماء وثاني أكسيد الكبريت SO_2) بنسبة 90% تقريباً. على كل حال تحقق أيضاً أنظمة غسيل الغاز بالترذيد الجاف في مصانع مرمدرات النفايات نسبة 98% لحمض كلور الماء 93% لثاني أكسيد الكبريت. يترسب المنتج الجاف المكوّن من الجسيمات الدقيقة والكلس المميّه في قعر حجرة المفاعل أو يتم التقاطه بواسطة الجهاز السفلي لالتقاط الجسيمات الدقيقة (مثل مرسبات الكهرياء الساكنة أو المرشحات النسيجية).

تستخدم تقنية الترديد الجاف بالتراكب مع المرشحات النسيجية أو مرسبات الكهرياء الساكنة. إضافة إلى خفض الغز الحمضي والجسيمات الدقيقة وضبط العادن الطيارة، يخفف الترديد الجاف درجة حرارة المدخل ليساعد في تخفيض تشكل المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم. يمنع تشكل وإطلاق مركبات الديوكسين والفيوران بشكل مستدام بواسطة التبريد السريع لغازات الاحتراق إلى المجال الذي لايساعد على تشكيلهم أيضاً نتيجة كفاءة الجمع العالية للجسيمات الدقيقة الناتجة.

تحوي البقايا الصلبة الناتجة من الترديد الجاف على مزيج من الكبريتات، وأملاح حمض الكبريت، الرماد المتطاير، الملوثات والمواد الدامصة غير المتفاعلة، ويجب دفنها.

1-5-2 أجهزة غسل الغاز الرطبة

تشتمل أجهزة الغسيل الرطبة عدد من العمليات المصممة لإزالة الغازات الحمضية والغبار. تتضمن التقانات البديلة أجهزة غسيل تعمل بالنفث، التدوير، فننوري، الترديد، أو الأبراج الجافة وأبراج غسيل الغاز المحشية (المفوضية الأوروبية 2005). تساعد أجهزة الغسيل الرطبة على خفض تشكل وإطلاق المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم بشكلها البخاري والجزئي. وفي جهاز الغسيل الرطب ذو المرحتين، تزيل المرحلة الأولى

الصود الكاوي أو الكلس المميّه. ينتج الجص من أجهزة الغسيل الرطبة، وهو يخفض كمية النفايات التي ستدفن.

في حالة أبراج الغسيل المعبأة packed tower scrubbers، يمكن استخدام الحشوات التي تحتوي على البولي بروبيلين المتضمن للكربون، للإزالة النوعية لمركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF.

أجهزة الغسيل الرطبة هي الأعلى كفاءة في إزالة الغازات الحمضية القابلة للانحلال بين التقنيات المبينة حيث أن كفاءة الإزالة تابعة لدرجة باهاء PH ماء جهاز الغسيل. قد تسبب الجزيئات الصلبة في ماء الغسيل التفاعل مع مركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF في مجرى الغاز المتحرك، مما يؤثر على الوثوقية والعلاقة بين النتائج التي نحصل عليها من المراقبة الدورية لغاز المداخن وتدمير كفاء المصنع.

تنتج آثار الذاكرة بسبب تراكم مجانسات PCDD/PCDF متعددة في المواد البلاستيكية المستخدمة في أجهزة الغسيل الرطبة. قد يستمر الاثر لعد ساعات أو قد يكون طويل الأمد. ولهذا السبب يفضل إزالة مركبات الديوكسين والفيوران قبل الغسيل الرطب لتخفيض آثار الذاكرة. يجب إجراء تقييم لتراكم مركبات PCDD/PCDF في جهاز الغسيل كما يجب تبني التدابير المناسبة لمعالجة هذا التراكم لمنع الإطلاقات المفاجئة. يجب النظر بشكل خاص إلى إمكانية حدوث آثار الذاكرة خلال فترات الإغلاق والبدء.

1-5-3 أجهزة امتصاص الغبار الناعم

تجهز أجهزة امتصاص الغبار الناعم بعدد كبير من أجهزة نفث هوائية بعنصرين (ماء وهواء مضغوط). تستطيع أجهزة الامتصاص عالية الكفاءة فصل الغبار الناعم المغطى بمركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF وذلك من خلال انتشار الرذاذ الناعم جداً لمحلول الامتصاص والسرعة العالية لقطيرات الماء. إضافة إلى ذلك، فإن تبريد غازات العادم والتبريد السفلي في جهاز امتصاص الغبار يبدأ عملية التكاثر ويحسن ادمصاص المركبات الطيارة على سطوح جسيمات الغبار. يعالج محلول الامتصاص بواسطة عمليات معالجة مياه الفضلات. كما تساعد إضافة المواد الدامصة أكثر على خفض انبعاثات مركبات الديوكسين والفيوران. من غير الممكن إزالة مركبات الديوكسين والفيوران وبكميات مقبولة بواسطة الأجهزة البسيطة لغسيل الغازات الحمضية من غازات العادم. إن قيم الانبعاث التي يمكن تحقيقها بواسطة أجهزة الامتصاص عالية لكفاءة تتراوح بين 0.2 – 0.4 نانوغرام مكافئ سمي دولي/م³ نظامي. وهذا يعادل تقريباً كفاءة فصل حوالي 95 % (Hübner et al. 2000). يتم التخلص النفايات الناشئة عن هذه العملية بشكل طبيعي في المدافن المصممة بطريقة هندسية خاصة.

1-6-6 عمليات الامتزاز

1-6-1 مرشحات السرير الثابت

في عملية السرير الثابت، توضع غازات العادم المنظفة مسبقاً في درجة حرارة 110 – 150 درجة مئوية خلال مادة دامصة تعتمد على الكربون المنشط. تتضمن الأجهزة الضرورية تزويد مواد الادمصاص جديدة، مفاعل السرير الثابت ونظام مواد الادمصاص المستهلكة. يفصل سرير الفحم المنشط بقايا الغبار والأجسام العالقة في الهواء والملوثات الغازية. تتحرك الغازات عبر السرير بشكل معترض للتيار لمنع انسداد سرير الفحم ببقايا الغبار على سبيل المثال. يتم التخلص عادة من الفحم المغطى بمركبات الديوكسين والفيوران من خلال الحرق (الداخلي) والذي تتحطم خلاله المواد العضوية إلى درجة كبيرة. بينما تطرح الملوثات اللاعضوية مع الخبث أو يتم فصلها مرة ثانية في عملية غسل غازات العادم. يحقق السرير الثابت نسبة خفض انبعاثات الديوكسين والفيوران تصل إلى 99.9%. وهذه الطريقة أفضل ما توصل إليه العلم من حيث التوافق مع معايير الأداء المحددة بـ 0.1 نانوغرام مكافئ سمي دولي/م³ نظامي (Hübner et al. 2000; Hartenstein 2003).

1-6-2 عملية الحقن التدفقي

من أجل تحسين كفاءة الفصل للمرشحات النسيجية، تحقق مواد دامصة ذات قدرة عالية على رفع مركبات الديوكسين والفيوران، التيار الداخل لغازات العادم. بشكل عام، يستخدم الفحم الفعال أو فحم الموقد المفتوح كمواد دامصة مع الكلس المميّه. يتم الفصل عادة في مرشح نسيجي متوضع في نهاية العملية، حيث يتم فصل المواد

يتم التخلص عادة من الفحم المغطى بمركبات الديوكسين والفيوران من خلال الحرق (الداخلي) والذي تتحطم خلاله المواد العضوية إلى درجة كبيرة. بينما تطرح الملوثات اللاعضوية مع الخبث أو يتم فصلها مرة ثانية في عملية غسل غازات العادم.

تصل كفاءة الترشيح بطريقة الحقن التدفقي إلى 99%. تعتمد كفاءة إزالة مركبات الديوكسين والفيوران على جودة حقن المواد الدامصة، ومدى فعالية نظام مزج الغازات مع المواد الدامصة، ونوع المرشح الجزيئي وشروط تشغيل النظام. أحد المعاملات الحاسمة هو معدل تدفق كتلة المادة الدامصة المحقونة. من أجل التطبيق الأكثر فاعلية لهذه التقنية، يجب استخدام مرشحات الأكياس (baghouse). وهذه الطريقة أفضل ما توصل إليه العلم من حيث التوافق مع معايير الأداء المحددة بـ 0.1 نانوغرام مكافئ سمية دولي/م³ نظامي (Hübner et al. 2003; Hartenstein 2000).

3-6-1 مفاعل التيار المحمول

يطبق من أجل هذه التقنية نفس المواد الدامصة المستخدمة في عملية حقن المادة الدامصة. على كل حال، تطبق المادة الدامصة عادة ضمن مزيج مع الكلس المميّه أو أية مواد خاملة أخرى مثل حجر الجير أو الجير الحي أو ثنائي كربونات الصوديوم. وفي أعلى مفاعل التيار المحمول لتنظيف غازات المدخنة، يتطلب الأمر استخدام أحد أنظمة تنقية الغاز التقليدية لإزالة الكتلة العظمى من الرماد المتطاير والغازات الحمضية. وتتضمن الأجهزة اللازمة تزويد مواد دامصة جديدة، ومرشحات نسيجية، ونظام إعادة التدوير، ونظاماً للمواد الدامصة المستهلكة. تتراوح درجة حرارة التشغيل التقليدية بين 110 – 150 درجة مئوية. وهذه الطريقة أفضل ما توصل إليه العلم من حيث التوافق مع معايير الأداء المحددة بـ 0.1 نانوغرام مكافئ سمية دولي/م³ نظامي (Hartenstein 2003).

4-6-1 الامتصاص الجاف (في الراتنج)

طورت تقنية جديدة لتنقية غاز المداخن تجمع بين الامتصاص والادمصاص لمركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF في بنى بلاستيكية تحوي جزيئات كربون منتشرة. في هذه المادة الجديدة، يتم أولاً ادمصاص مركبات الديوكسين والفيوران في شبكة البوليمر ومن ثم تنتشر على سطح جزيئات الكربون حيث يتم امتصاصها بطريقة لا عكوسة. التطبيق الأكثر شيوعاً لـ AdioxTM هو تغليف الأبراج المستخدم في أنظمة تنقية الغاز. حتى الآن، تم تركيب أكثر من 30 خط ترميد كامل مع غازات متدفقة بين 5,000 إلى 100,000 م³ نظامي/ساعة في أنظمة تنقية الغاز الرطبة. تعتمد كفاءة الإزالة على كمية المادة المركبة. يمكن تطبيق هذه التقنية كنظام رئيسي لتنظيف مركبات الديوكسين والفيوران أو لزيادة هوامش الأمان أو لخفض آثار الذاكرة في أجهزة الغسيل الرطبة. إذا طبق Adiox في أجهزة الادمصاص الجافة، فإن كفاءة الإزالة في الكمية المركبة أعلى (Anderson 2005).

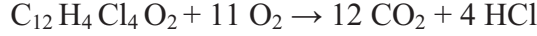
7-1 الأكسدة الواسطة للمركبات الديوكسين/الفيوران PCDD/PCDF

1-7-1 تفاعلات التحفيز الانتقائي

عمليات الأكسدة بالمحفزات (الواسطية)، والتي تستخدم عادة لخفض انبعاثات أكاسيد الأوزون، يمكن أن تطبق أيضاً لتحطيم مركبات الديوكسين والفيوران. إذا، فإن إزالة الغبار الفعالة (أي قيم انبعاث الجسيمات الدقيقة أقل من 5 ملغ/م³) هي أحد المتطلبات لتحقيق انبعاثات كلية منخفضة للمواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم. من أجل إزالة الديوكسين والفيوران فقط (على سبيل المثال باستخدام عملية DeDiox)، فإن حقن الأمونيا ليس ضرورياً. في هذه الحالة تتراوح حرارة التشغيل بين 130 – 350 درجة مئوية.

الميزات الرئيسية لهذه العملية هي سهولة التشغيل وعدم تخليفها للبقايا ماعدا كميات صغيرة جداً من المحفز المستهلك. بالتالي، لا تتسبب الأكسدة بالمحفزات بمشاكل التخلص من البقايا.

وتفاعل التفكك لمركب رباعي كلور ثنائي بنزو الديوكسين Cl_4DD هو:

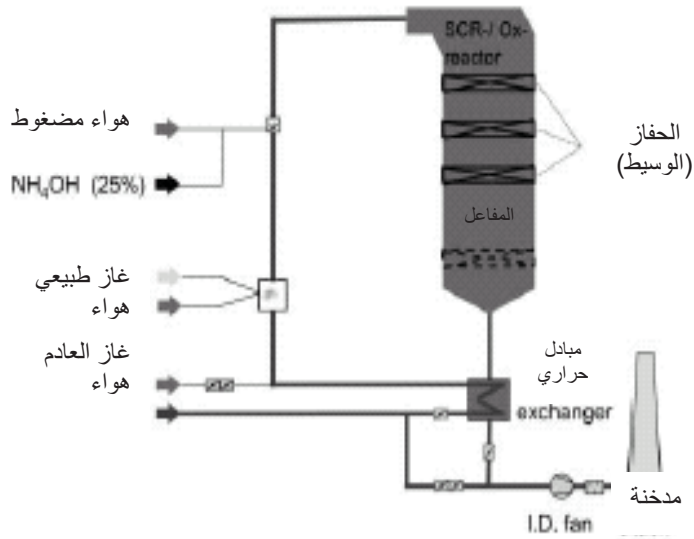


بشكل عام، يتم تشغيل التجهيزات في دارات من الغاز النظيف، أي يفصل الغبار والمعادن الثقيلة قبل مرحلة المحفز لمنع الاهتراء السريع وفقدان فعالية المحفز بسبب تسميم المحفز).

في الأكسدة الواسطية يمكن التقاط أجزاء مركبات الديوكسين والفيوران في طورها الغازي فقط. بالرغم من ذلك يمكن تحقيق نسبة انخفاض في انبعاثات مركبات الديوكسين والفيوران تصل حتى 95 – 99%. ويعتمد معدل انخفاض مركبات الديوكسين والفيوران على حجم المحفز المستخدم، ودرجة حرارة التفاعل والسرعة الفراغية لغازات المدخنة خلال الحفاز. وأظهرت الاختبارات قيم انبعاثات مركبات الديوكسين والفيوران دون 0.01 نانوغرام مكافئ سمية /م³ نظامي (على أساس جاف وعند أوكسجين 11%).

في عملية التفاعل الواسطي الانتقائي من أجل الإزالة المشتركة لمركبات الديوكسين والفيوران وأكاسيد الآزوت NO_x ، يتم حقن مزيج الأمونيا في تيار غازات المدخنة وتمرر فوق شبكة الحفاز (الشكل 6). تتفاعل الأمونيا وأكاسيد الآزوت وتشكل الماء وغاز الآزوت N_2 (المفوضية الأوروبية 2005؛ Hübner et al. 2000; Hartenstein 2003).

الشكل 6: مفاعل الإرجاع الواسطي الانتقائي بدرجات الحرارة العالية للتخلص في آن واحد من أكاسيد الآزوت ومركبات الديوكسين/الفيوران



المصدر: Hartenstein 2003

2-7-1 مرشحات الأكياس الواسطية

تمكن مرشحات الأكياس الواسطية (الحفازات) مع غشاء من التفلون (PTFE) من تحقيق تراكيز الغبار في غازات المدخنة المنقاة حوالي 1-2 (ملغ/م³ نظامي). التطبيقات معروفة حالياً في ترميد النفايات، وحرق الجثث، والصناعات المعدنية، ومصانع الإسمنت. وقد استخدمت مرشحات الأكياس التي تشربت بالمحفز أو التي تحتوي على بودرة المحفز الممزوجة مباشرة خلال إنتاج المرشح، لخفض انبعاثات مركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF. يستخدم هذا النوع من مرشحات الأكياس عادة من دون إضافة الكربون المنشط بحيث يتم تحطيم مركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF على سطوح المحفز بدلاً من ادمصاصها على سطوح الكربون الفعال ومن ثم طرحها كبقايا صلبة. تعمل بدرجات حرارة بين 180 – 250 درجة مئوية.

يتم دمج نظام الرشح الواسطي ألياف التفلون المسامية مع جزيئات المحفز المبنية في بنية نسيجية. في هذه العملية، تمزج جزيئات التفلون مع المحفز وتعالج إنتاج الألياف. يرقق غشاء ePTFE المسامي في النسيج المسامي محفز/ePTFE ويشكلان وسيلة الترشيح. تحاط هذه المادة في مرشحات الأكياس والتي يمكن تركيبها في بيوت الأكياس. أدى تطبيقها في المحارق في ألمانيا واليابان إلى انبعاثات أقل من 0.1 نانوغرام مكافئ سمية دولي/م³ نظامي (Xu et al. 2003).

2- معالجة البقايا الناتجة عن معالجة غازات المدخنة

تولد معالجة غاز المداخن لإزالة الملوثات (كما وصف سابقاً) عدداً من البقايا يجب التخلص منها أو أن تخضع لمعالجة إضافية قبل التخلص وإعادة الاستعمال المحتملة. تعتمد الخيارات الملائمة للتخلص من أو إعادة استخدام هذه البقايا على نوع ودرجة التلوث، بالإضافة إلى شبكة النفايات (الجزء الخامل). قد تكون بقايا معالجة غاز المداخن مواداً صلبة (مثل: غبار مرسبات الكهرباء الساكنة أو بيت الأكياس)، أو ماء فضلات أو أحياناً تحوي كميات متنوعة من المواد الصلبة المنحلة أو المعلقة (مثل ما ينتج من مرسبات الكهرباء الساكنة الرطبة أو أجهزة الغسيل الرطبة الأخرى) أو مواداً دامصة مستهلكة (الراتنجات المشبعة). قد تحوي هذه البقايا إضافة إلى المواد الخاملة، معادن سامة مثل الزرنيخ والرصاص والكاديوم والزنك أو معادن أخرى، بالإضافة إلى مركبات الديوكسين والفيوران²⁸ PCDD/PCDF. يمكن معالجة هذه البقايا بإحدى الطرق المختلفة كما سنبين لاحقاً. تتضمن الممارسات الحالية لمعالجة والتخلص من بقايا معالجة غاز المداخن، إعادة الاستخدام في العملية التي اشتقت منها، التخلص عن طريق الدفن، التثبيت والتخلص اللاحق، التزجيج، الدمج في مواد إنشاء الطرق، التخلص أو التحديد في مناجم الملح أو الفحم، المعالجة الواسطية أو الحرارية.

وفقاً لاتفاقية بازل عن التحكم في نقل النفايات الخطرة والتخلص منها عبر الحدود في المرفق I، فقد صنفت النفايات بما فيها الرماد المتطاير الذي يحوي مركبات الديوكسين أو الفيوران كنفايات خطرة.

1-2 إدارة البقايا الصلبة الناتجة عن معالجة غاز المداخن⁹²

أحد البقايا الرئيسية لمعالجة غاز المداخن (أو بقايا ضبط تلوث الهواء) هو الرماد المتطاير. ينتج عن إزالة الرماد المتطاير من غاز المداخن باستخدام أجهزة الغسيل الغاز الجافة أو السيكلونات أو المرشحات النسيجية مادة جافة صلبة جزيئية ناعمة لها مجال من الخواص والملوثات وذلك اعتماداً على مصدر الاحتراق الذي أنتج الرماد المتطاير. قد يولد ضبط تلوث الهواء في عدة أنواع من مصادر الاحتراق، بما فيها مرمدات النفايات البلدية والخطرة أو أفران الاقوي الكهربائية لصناعة الفولاذ أو افران الإسمنت، مثل هذا المادة الجزيئية الصلبة الناعمة عند استخدام التحكم الجاف. قد تحوي هذه البقايا الجزيئية الجافة مستويات مختلفة من المعادن (حسب المواد الخام) وقد تحوي أيضاً مكبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF ومركبات هيدروكربونية عطرية متعددة الحلقات مدمصة عليها، حسب ظروف الاحتراق.

قد يسلك إطلاق الملوثات إلى البيئة من هذه المواد الجافة عدداً من الطرق، وتضم الارتشاح إلى المياه الجوفية، الغبار المنجرف مع الرياح، التقاط نباتات المحاصيل أو الابتلاع المباشر من قبل الإنسان أو الحيوانات البرية (ومن المحتمل أن تضم حيوانات المزارع). يجب إدارة جميع هذه المواد مع الأخذ بعين الاعتبار هذه الإطلاقات المحتملة، كما هو مطلوب بالنسبة لبقايا جزئية. هناك العديد من خيارات الإدارة: كلا إعادة الاستخدام المفيد أو التخلص متاحان لهذه البقايا الجافة، وذلك اعتماداً على خواص الأجزاء الخاملة ونوع ومستوى التلوث بالمعادن والمواد العضوية.

²⁸ لمزيد من التوجيهات الإضافية عن إدارة البقايا اعتماداً على تراكيز الملوثات العضوية الثابتة (بما في ذلك حينما يكون تركيز

الملوثات العضوية الثابتة قليلاً كما المادة (ii) (d) 6.1 من اتفاقية استوكهولم، انظر لسكرتارية لاتفاقية بازل 2005

²⁹ الفقرات الفرعية في الفقرة 2 المستشهد بها الفصل 2.7.3 في تقرير المفوضية الأوروبية (European Commission) 2005 (2005)

1-1-2 إعادة استخدام البقايا

إعادة الاستخدام المحدود ملائم للبقايا الصلبة الجافة.

أحد الأشكال الرئيسية لإعادة استخدام رماد الفحم المتطاير في تشييد الطرق أو المباني بسبب خصائصه البوزولانية. ويمكن استخدامه في إنتاج الإسمنت والخرسانة.

يجب أن لا يستخدم الرماد المتطاير أبداً في تطبيقات إصلاح التربة الزراعية أو ما شابه ذلك. قد تؤدي إضافته إلى التربة إلى انتشار لاحق للرماد وأية ملوثات. قد تلتقط النباتات الملوثات في الاستعمالات الزراعية، مما يؤدي إلى تعرض الإنسان أو الحيوانات التي تستهلك النباتات. قد تتلغ الحيوانات الراعية أو الناقرة الملوثات مباشرة، ويتعرض لها البشر لاحقاً عندما يستهلكون الحيوانات أو المنتجات الحيوانية (مثل الحليب والبيض).

2-1-2 التثبيت والتصليب

تتضمن خيارات المعالجة والتخلص من البقايا الصلبة الناتجة عن أنظمة ضبط غاز المداخن، التصليب أو التثبيت مع إسمنت بورتلاند (أو غيرها من المواد البوزولانية)، وحدها أو مع إضافات أو بعدد من المعالجات التي تعتمد على الحرارة، يليها التخلص المناسب (على أساس الإطلاقات المتوقعة من البقايا المعالجة). قد لا تحتاج بعض البقايا ذات المستويات منخفضة من التلوث إلى معالجة قبل التخلص منها في مدافن القمامة استناداً إلى تقييم إمكانية إطلاق ملوثاتها.

الغرض الرئيسي من التصليب هو إنتاج المواد ذات خصائص فيزيائية وميكانيكية تشجع على خفض إطلاق الملوثات من شبكة البقايا. تخفض الإضافة إلى الإسمنت، على سبيل المثال، نفاذية المياه ومسامية البقايا، وفي الوقت نفسه تزيد العمر والقوة والحجم.

تستفيد طرائق التصليب عادة من عدة، كواشف روابط، ومعظمها غير عضوية: الإسمنت والجير وغيرها من المواد البوزولانية مثل رماد الفحم المتطاير، الرماد السفلي للفرن العالي (السفعي)، غبار فرن الإسمنت، على الرغم من ذلك يمكن استخدام بعض الروابط العضوية مثل القار/ الأسفلت أو البارافين (شمع النفط) والبولي إيثيلين. يمكن أيضاً استخدام تركيبات من الروابط وأنواع مختلفة من الإضافات ذات الملكية، أو غير مسجلة الملكية. وإلى حد بعيد تعتبر تقنية تثبيت بالإسمنت تقنية التصليب الأكثر شيوعاً.

المفهوم الرئيسي للتثبيت الكيميائي هو ربط المعادن الثقيلة في أشكال غير قابلة للذوبان أكثر من تلك التي تحدث في البقايا الأصلية غير المعالجة. تستفيد طرائق التثبيت هذه من كلا ترسب المعادن في معادن جديدة وربط المعادن للمعادن عن طريق الامتزاز. وتشمل هذه العملية انحلال المعادن الثقيلة في البقايا وترسيبها لاحقاً أو امتزازها في معادن جديدة.

تعتمد العديد من طرائق التثبيت على خطوة غسيل أولية يتم عن طريقها استخلاص جزء كبير من الأملاح الذائبة وإلى حد ما بعض المعادن قبل الربط الكيميائي لبقيّة المعادن. تنتهي هذه الطرائق عن طريق نزع الماء من المنتج المثبت.

تستطيع خيارات المعالجة التي تستخدم عمليات الاستخلاص، من حيث المبدأ، أن تغطي جميع أنواع العمليات لاستخلاص مكونات محددة من البقايا. على أي حال، انصب معظم التركيز على العمليات التي تنطوي على استخلاص المعادن الثقيلة والأملاح مع حمض.

في حين أن أساليب التثبيت والتصليب لمعالجة النفايات موجهة بشكل نموذجي لضبط إطلاق المعادن الملوثة ومركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF والمركبات الهيدروكربونية الحلقية العطرية الأخرى، وقد تضبط جزئياً في هذه المعالجات (على الرغم من أن هذه المركبات قليلة الألفة جداً للماء ولهذا السبب فهي لا ترشح بسرعة كبيرة أو بتركيزات عالية جداً). فإن إضافة المواد الدامصة (مثل الغضار أو الكربون المنشط)، التي تندمج فيما بعد في شبكة النفايات المعالجة، تحسن ضبط هذه المواد العضوية. يجب تطبيق اختبارات الارتشاح المخبرية أو التقييمات الأخرى لتقييم فعالية أي من أساليب المعالجة المذكورة.

2-2 المعالجة الحرارية للبقايا الناتجة عن معالجة غاز المداخن

يمكن تصنيف المعالجة الحرارية في ثلاث فئات: التزجيج، والانصهار والتلييد. تتعلق الاختلافات بين هذه العمليات بشكل أساسي بخصائص ومواصفات المنتج النهائي.

- التزجيج هو عملية يتم بموجبها معالجة البقايا في درجة حرارة عالية (حالياً 1,300 إلى 1,500 درجة مئوية) ثم تبريدها بسرعة (بالهواء أو الماء) للحصول على نسيج زجاجي غير متبلور. بعد التبريد، يشكل المصهور منتجاً وحيد الطور يدعى المزجج vitrificate. ويمكن أن يشبه المزجج vitrificate الزجاج أو الحجر، وفقاً لتركيب المصهور. تضاف الإضافات في بعض الأحيان (ولكن ليس بشكل اعتيادي) إضافة إلى البقايا لكي يتشكل النسيج الزجاجي.
- الانصهار مشابه للتزجيج، ولكن يتم التحكم بخطوة التبريد لتسمح بتبلور المصهور قدر الإمكان. وهي تنتج منجات متعددة الأطوار. درجات الحرارة والانفصالات المحتملة لأطوار معدنية محددة مماثلة لتلك المستخدمة في التزجيج. ومن الممكن أيضاً إضافة إضافات محددة لكي يتبلور النسيج.
- ينطوي التلييد على تسخين البقايا إلى مستوى تحدث فيه الروابط الجزيئية وبعاد تشكيل الأطوار الكيميائية في البقايا. وهذا يؤدي إلى منتج أكثر كثافة وأقل مسامية وقوة أعلى من المنتج الأصلي. درجات الحرارة النموذجية هي حوالي 900 درجة مئوية. عندما ترمد النفايات الصلبة البلدية يحدث مستوى معين من التلييد في فرن الترميد. وهذه هي الحالة وخاصة إذا استخدم الفرن الدوار كجزء من عملية الترميد.

بغض النظر عن العملية الفعلية، تنتج المعالجة الحرارية للبقايا في معظم الحالات منتجات أكثر تجانساً وكثافة وذات خواص ارتشاح أفضل. متطلبات الطاقة للمعالجة القائمة بذاتها من هذا النوع هي عادة مرتفعة جداً.

تستخدم هذه العمليات عادة في تثبيت المعادن أو الملوثات الإشعاعية، وسوف تقلل إلى حد كبير احتمالات ارتشاح العديد من الملوثات المرجح وجودها في البقايا الصلبة لمعالجة غاز المداخن. مرة أخرى، قد تكون اختبارات الارتشاح مفيدة في تقييم فعالية هذه المعالجات. لأن هذه العمليات ذات حرارة مرتفعة، فإن أي من مركبات الديوكسين والفيوران أو المواد الهيدروكربونية العطرية متعددة الحلقات الأخرى تدمص على المواد الصلبة الجافة الأصلية تكون قد دمرت كجزء من عملية المعالجة. على كل حال، ولأنها عمليات ذات حرارة مرتفعة، يجب مراقبة انبعاثات الهواء من المعالجة نفسها، لأنها قد تنتج بقايا من ضبط تلوث الهواء من تلقاء نفسها، وبالتالي فإنها تحتاج إلى أن تدار بطريقة سليمة بيئياً.

3-2 معالجة راتنجات الادمصاص الجافة المستهلكة

يؤدي استخدام الراتنجات الجافة المتخصصة لإزالة ملوثات غازات المداخن مثل مركبات الديوكسين والفيوران قبل إطلاقها في الهواء إلى توليد بقايا المعالجة على شكل قطع راتنج أو كتل راتنج مستهلكة. إذا كانت هذه الراتنجات مصممة لإعادة توليدها، سواء عن طريق الانتزاز الحراري أو بوسائل أخرى، فإن عملية إعادة التوليد في حد ذاتها سوف تولد بقايا أو إطلاقاً في الهواء يجب ضبطها وإدارتها. إذا كان يجب التخلص من الراتنجات المستهلكة بعد استخدام وحيد (أو من أجل الراتنجات التي لم تعد مفيدة)، فقد يساعد تقييم مستوى ونوع الملوثات في الراتنج في تحديد فيما إذا كان بالإمكان دفنها بدون معالجة أو أنها تتطلب بعض المعالجة قبل التخلص منها. من أجل بعض الراتنجات فإن الترميد أو بعض المعالجات الأخرى التي تدمر الراتنج والملوثات المدمصة هي أحد الخيارات.

4-2 معالجة مياه الصرف (مياه النفايات)

ينتج عن العديد من العمليات مياه نفايات وليس من المعقول إطلاقها في البيئة المفتوحة من دون معالجة. نظم معالجة غاز المداخن مماثلة للعمليات الكيميائية في أن كلا منهما يحتاج لمعالجة مياه النفايات.

قد تستخدم أيضاً عدة عمليات رطبة لإزالة الملوثات من غازات المداخن، ولمنع إطلاقها في الهواء. وسوف تحوي مياه النفايات الناتجة بعض كميات المواد الذائبة والعالقة.

كما هو الحال مع العديد من العمليات الكيميائية، فإن الخطوة الأولى في التعامل مع هذه البقايا الناتجة عن معالجة غاز المداخن، ولا سيما عندما تكون المعادن حيث هي مصدر القلق الرئيسي، هي في كثير من الأحيان فصل الأجزاء الصلبة والسائلة. ويمكن إنجاز هذا الأمر غالباً باستخدام أحواض أو برك الترسيب، على الرغم من أن البرك الأرضية قد تتطلب النظم بطانة لمنع ارتشاح الملوثات إلى المياه الجوفية. يمكن لاحقاً نزع الماء من الأجزاء الصلبة وتجفيفها ها ومن ثم التعامل معها كمادة صلبة كما نوقش أعلاه. قد يتطلب الجزء المائي إزالة مزيد من الملوثات قبل تلبية احتياجات تصريفه إلى المياه السطحية أو مناطق تغذية المياه الجوفية. ويمكن أن تشمل المعالجات إضافة مواد كيميائية لترسيب الأملاح المعدنية، أو استخدام المواد الدامصة لإزالة المواد العضوية. ومن ثم تحتاج هذه البقايا الناتجة عن معالجة مياه النفايات إلى معالجة وتخلص مناسبين.

قد تحتوي بقايا معالجة غازات المداخن الناتجة عن العمليات الرطبة أيضاً على مكونات عضوية، بما في ذلك مركبات مركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF أو المواد الهيدروكربونية العطرية المتعددة الحلقات الأخرى. يمكن أن تخفف المعالجة الحيوية (البيولوجية) في البرك أو أماكن احتجاز الماء تركيز المواد المذكورة وغيرها من المكونات العضوية التي قد تحدث في بقايا معالجة غاز المداخن.

لا تملك معظم مياه النفايات فرصاً لإعادة استخدامها. على كل حال، تقدم معالجة غاز المداخن لإزالة الكبريت، باستخدام الجير المطفأ المطحون، فرصة واحدة من هذا القبيل. وفي شكل التاكسد الكامل لهذه المعالجة، فإن البقايا الصلبة في مياه النفايات هي كبريتات كالسيوم ذات جودة عالية، أو الجبس. يمكن نزع الماء من هذا الجص (الجبس) واستخدامه لتصنيع الألواح الجدارية للمباني السكنية أو غيرها، وأحياناً بتكاليف أقل بكثير من تلك الألواح الجدارية المصنوعة من الجبس المستخرج من المناجم.

(v) تدريب صانعي القرار والكوادر الفنية

تم إدراك أهمية المساعدة التقنية، وخاصة التدريب، كحاجة لتعزيز القدرات الوطنية للبلدان النامية (لا سيما الدول الأقل نمواً) والبلدان التي يمر اقتصادها بمرحلة انتقالية، في الفقرات التمهيدية من اتفاقية استكهولم، وتنص المادة 12: "تدرك الأطراف أن تقديم المساعدة الفنية المناسبة في الوقت المناسب في الاستجابة لطلبات البلدان النامية الأطراف والأطراف ذات الاقتصاد الذي يمر بمرحلة انتقالية أمر ضروري لنجاح تنفيذ هذه الاتفاقية"

في هذا الصدد، قد تعطي المساعدة الفنية في بناء القدرات، خاصة في التدريب في مجال المنهجيات البيئية المتاحة والممارسات والأدوات مع الرجوع المحدد للاحتياجات الخاصة للطرف، فهماً أفضل لإجراءات تنفيذ، على أساس مستدام، ممارسات التشغيل اليومية والصيانة الوقائية لأفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية التي تشكل إحدى مكونات خطة التنفيذ الوطنية للطرف. من الأهمية بمكان تقديم المساعدة الفنية في بناء القدرات، وخاصة التدريب، على كلا الصعيدين الإداري والفني أو مستويات التشغيل في مؤسسات القطاعين العام والخاص المشاركة في تنفيذ المبادئ التوجيهية لأفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية. مع الأخذ في الاعتبار تعقيد العديد من أفضل التقنيات المتاحة والنهج الشمولي الوقائي المطلوب من أجل تطبيق أفضل الممارسات البيئية، وإدارة دورة الحياة، إضافة إلى قضايا الصحة والسلامة ذات الصلة، والتي يجب أن تعطي أولوية في بناء القدرات، مع نهج للوقاية والحد من المخاطر.

(vi) الاختبار والمراقبة وإعداد التقارير 1- الاختبار والمراقبة

إن مراقبة إطلاق المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم لاتفاقية استكهولم أمر حاسم لتحقيق أهداف الاتفاقية. على كل حال، لا تملك العديد من البلدان النامية والبلدان التي تمر اقتصاداتها بمرحلة انتقالية القدرة

يجب أن تتضمن مقترحات إنشاء مرافق جديدة أو مقترحات التعديل الكبير للمرافق القائمة، كجزء من أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية، خطط تقييم التوافق مع القيم المستهدفة لإطلاقات المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم في غازات المداخل وغيرها من النواتج الواردة في هذه الوثيقة التوجيهية. تبعاً لذلك، وكجزء من العملية الجارية، يجب أن تظهر المرافق، من خلال المراقبة على مجالات محددة، وحسب اللزوم، استمرار تحقيق مستويات الأداء.^{30، 31}

1-1 أخذ العينات وتحليلها من مركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF ومركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور الشبيهة بالديوكسين

إن الطرائق المصدقة والمعيارية لاعتيان وتحليل مركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF متاحة، ولكن ليس لجميع المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم (الجدول 4). يجب وضع وتصديق طرائق أخذ عينات ومراقبة ثنائي الفينيل متعدد الكلور PCB وسداسي كلور البنزين HCB. تشمل طرائق أخذ العينات غازات المداخل فترات مع أخذ عينات من 4 إلى 8 ساعات، إضافة إلى الطرائق شبه المستمرة. تعتمد معظم، إن لم يكن جميع النظم التنظيمية لمركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF في الوقت الراهن على مكافئ السمية³² (TEQ).

حتى اليوم، ينفذ أخذ عينات انبعاثات مركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF باستخدام إحدى الطرائق الموجودة في الجدول 4.

الجدول 4: طرائق أخذ العينات وتحليل مركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF وثنائي الفينيل متعدد الكلور من غاز المداخل

الطريقة	المواد المحللة	مبدأ التحليل	المرجعية
المعيار الأوروبي (EN 1948)	مركبات الديوكسين PCDD/PCDF	والفيوران الفصل اللوني عالي الدقة للغاز / الكتلة عالية الدقة HRGC/HRMS	اللجنة الأوروبية للتقييس
الطريقة 23 في وكالة حماية البيئة الأمريكية	مركبات الديوكسين PCDD/PCDF	والفيوران الفصل اللوني عالي الدقة للغاز / الكتلة عالية الدقة HRGC/HRMS	وكالة حماية البيئة الأمريكية
الطريقة 3499 في رابطة المهندسين الألمان	مركبات الديوكسين PCDD/PCDF	والفيوران الفصل اللوني عالي الدقة للغاز / الكتلة عالية الدقة HRGC/HRMS	رابطة المهندسين الألمان (VDI)
الطرائق الكندية EPS 1/RM/2 و EPS 1/RM/3	مركبات الديوكسين PCDD/PCDF، ثنائي الفينيل متعدد الكلور PCB	والفيوران الفصل اللوني عالي الدقة للغاز / الكتلة عالية الدقة HRGC/HRMS	وزارة البيئة الكندية
المعايير الصناعية اليابانية K 0311	مركبات الديوكسين PCDD/PCDF، ثنائي الفينيل متعدد الكلور الشبيه بالديوكسين	والفيوران الفصل اللوني عالي الدقة للغاز / الكتلة عالية الدقة HRGC/HRMS	لجنة المعايير الصناعية اليابانية

³⁰ إن تحديد التركيز الكتلتي للكيميائيات المدرجة في المرفق "جيم" للإطلاقات من مصادر معينة يجب أن يتبع طرائق قياسية وطنية و دولية لجمع العينات وتحليلها وتقييم الالتزام.

³¹ في معظم الحالات، يوجد فقط قيم للديوكسينات/الفيورانات

³² لتحديد تراكيز مكافئات السمية، كل من الماكبات السبعة عشر للديوكسينات/الفيورانات و التي ذات أهمية عالية للسمية البيئية يتم تحديدها كميًا باستخدام الكروماتوغرافيا الشعرية الغازية و مطيافية الكتلة عالية الفصل.

ينفذ تحليل مركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF باستخدام مطيافية الكتلة عالية الدقة. إجراءات ضبط الجودة مطلوبة في كل مرحلة من مراحل التحليل واستعادة أعلى نقاط للتركيز المرتبطة بكل أخذ العينات والاستخلاص. تحدد الطريقة 23 في وكالة حماية البيئة الأمريكية على أن جميع الاستعدادات يجب أن تكون بين 70% و 130%. تقدم كندا توجيهات مفصلة لضمان الجودة في تحليل العينات الحاوية على مركبات الديوكسين والفيوران في مجموعة من المصفوفات في الطريقة المرجعية EPS 1/RM/2.

وضع المعيار الأوروبي 1948 (EN 1948) لكشف عن الفصل، وتقدير كمية مركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF وثنائي الفينيل متعدد الكلور الشبيه بالديوكسين في عينات الانبعاثات من المصادر الثابتة بتركيزات بنحو 0.1 نانوغرام مكافئ سمية/م³ نظامي. يفصل الأجزاء 1-3 أخذ العينات؛ الاستخلاص والتنظيف، وتحديد وتقدير كمية مركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF (والذي اعتمد عام 1996، واعتمدت مراجعته عام 2006). يفصل الجزء 4 معيار ثنائي الفينيل متعدد الكلور الشبيه بالديوكسين (الذي اعتمد عام 2007).

تم قياس حدود كشف أخفض أثناء اختبار التصديق على المعيار الأوروبي 1948 في مرممات النفايات الصلبة البلدية وقد تراوحت بين 0.0001 و 0.0088 نانوغرام مكافئ سمية/م³ نظامي لـ 17 نظير سام مفرد لمركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF (CEN 1996c)، وانظر أيضاً 1996b، 1996a (CEN).

في المسودة الجديدة للمعيار الأوروبي 1948-3 في شباط 2004 (تحديث لـ CEN 1996c)، المرفق بـ، فإن الارتياح في الإجراء الكامل يتراوح بين 30-35%، وقدرة التغييرية الخارجية بـ ± 0.05 نانوغرام مكافئ سمية/م³ نظامي في متوسط تركيز 0.035 نانوغرام مكافئ سمية/م³ نظامي.

مع الأخذ في الاعتبار عوامل التكافؤ السمي للنظائر الفردية فإن حدود الكشف الناتجة الكلية تتراوح بين 0.001 و 0.004 نانوغرام مكافئ سمية/م³ نظامي. من المقبول أن نفترض أن التركيزات الأقل من 0.001 ستعتبر أدنى من حد الكشف.

قيمت دراسة أجرتها وزارة البيئة الكندية تغييرية أخذ العينات والتحليل من 53 مجموعة من بيانات انبعاث مركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF من 36 منشأة احتراق. قُدر حد القياس الكمي لانبعاثات مركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF بـ 0.032 نانوغرام مكافئ سمية/م³ نظامي، وعلى الرغم من أن هذا الحد قد يختلف اعتماداً على حجم العينة، وعلى تداخل المواد وغيرها من العوامل.

يجب توقع حدوث التداخلات من المركبات التي لها نفس الخواص الكيميائية والفيزيائية لمركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF (CEN 1996c).

2-1 حد الكشف وحد القياس الكمي

"حد الكشف" (LOD) هو أصغر كمية أو تركيز للمحلول في عينة الاختبار يمكن تمييزه بشكل موثوق، مع أهمية ذكر، عن مستوى الخلفية أو المستوى الفارغ.

"حد القياس الكمي" (LOQ) لإجراء تحليلي هو أقل كمية أو تركيز للمحلول في عينة يمكن تحديدها كميًا بمستوى مقبول من الدقة والتمييزية. يجب ذكر فيما إذا كان من الضروري لحد القياس الكمي أن يحدد الحد الأدنى للقياس الذي لا يمكن الحصول على دقة وتمييزية مقبولتين تحته. استخدام الطريقة: نفذ عدداً مستقلاً من عمليات التحديد ويفضل أكثر من عشرين، باستخدام عينة معروفة أنها تحتوي على محلول بين 2 و 5 أضعاف من حد الكشف المقدر. حد القياس الكمي هو التركيز الذي يحقق درجة مقبولة من الأداء من حيث الانحراف المعياري النسبي %RSD. وهذه هي الحالة عادة حيث أن حد القياس الكمي يقابل مستوى التركيز المعياري الأدنى في مجال المعايرة.

في سياق القيم الحدية التنظيمية، أو لإعداد التقارير عن التركيز المقاسة، ليس هناك قاعدة عامة عن كيفية معالجة النتائج الأقل من حد القياس الكمي LOQ. وفي كثير من الأحيان، تحدد التنظيمات أو القوانين طريقة إعداد تقارير عن النتائج. يجب أخذ التعاريف التالية بالحسبان من أجل إعداد التقارير:

- حد أدنى: توضع القمم غير القابلة للقياس بقيمة صفر.
- حد أعلى: حد القياس الكمي الكامل LOQ موجود عند تقديم النتيجة.

يجب وضع معايير لتحديد الحد الأدنى والأعلى للتراكيز وقيمة إعداد التقارير، وبالتالي يجب أن يكون حد القياس الكمي LOQ 5/1 على الأقل من الحد التنظيمي أو مستوى المصلحة أو تركيز الخط القاعدي.

3-1 الشروط المرجعية للغاز

ويعرض الجدول 5 تحويلات الشروط المرجعية المستخدمة في كندا، والاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة الأمريكية.

الجدول 5: تحويلات الشروط المرجعية

الوحدة	البلد / المنطقة	درجة الحرارة (درجة مئوية)	الضغط (جو)	شروط الغاز
متر ³ نظامي Nm ³ (متر مكعب نظامي)	الاتحاد الأوروبي	0	1	جاف؛ 11 ٪ من الأوكسجين لمرمات النفايات البلدية وإحراق النفايات المشترك، 10 ٪ أكسجين لمصانع الإسمنت، لا توجد متطلبات لمستوى الأوكسجين لجميع المصانع الأخرى (أي لم تقيس تقارير التراكم عن المحتوى الفعلي للأوكسجين على أي محتوى ثابت للأوكسجين)
متر ³ مرجعي Rm ³ (متر مكعب مرجعي)	كندا	25	1	جاف؛ 11 ٪ من الأوكسجين للمرمات ومرآجل مصانع الورق وعجينة الورق الساحلية، المستويات التشغيلية للأوكسجين في مصانع التلييد وأفران القوس الكهربائي في صناعة الفولاذ.
متر ³ معياري جاف Sm ³ (أو dscm) (متر مكعب معياري جاف)	الولايات المتحدة	20	1	جاف؛ 7٪ من الأوكسجين أو 12٪ ثاني أكسيد الكربون للمرمات ومعظم مصادر الاحتراق.

0.1 نانوغرام مكافئ سمية / م³ نظامي (الاتحاد الأوروبي)=0.131 نانوغرام مكافئ سمية/م³ معياري جاف (الولايات المتحدة)=0.092 نانوغرام مكافئ سمية / م³ مرجعي (كندا).

4-1 طرائق القياس الأحيائية

تم اعتماد أربع طرائق قياس أحيائية، ثلاث طرائق قياس جينية أحيائية وواحدة أنزيمية مناعية، في اليابان لقياس الديوكسينات في انبعاث الغازات والغبار والرماد من مرمرات النفايات. هذه الطرائق هي بدائل أقل كلفة مقابل استشراب (طرائق فصل) الغاز/مطباافية الكتلة ذات الدقة العالية وقد صدقت (اعتمدت) لقياس الانبعاثات من المرمرات ذات القدرة أقل من 2 طن/ساعة (معايير الانبعاث لإنشاء مرافق جديدة: 5 نانوغرام مكافئ سمية/م³ نظامي- منظمة الصحة العالمية) والغبار والرماد من جميع مرمرات النفايات (المعالجة المعيارية لمنظمة الصحة العالمية 3 نانوغرام مكافئ سمية/غرام).

الجدول 6: طرائق الاختبارات الأحيائية لقياس غازات للمداخن و قياسات البقايا في مرمرات النفايات الصغيرة

الطريقة	مبدأ التحليل	المرجع
قياس CALUX	فحص الجينات المرسلات	نظام الكشف عن المواد الأجنبية بيولوجياً Xenobiotic Detection Systems International
P450 نظام الجينات المرسلات البشرية Reporter Gene System	فحص الجينات المرسلات Reporter gene assay	كولومبيا لخدمات التحليل Columbia Analytical Services
الفحص AhR Luciferase	فحص الجينات المرسلات Reporter gene assay	شركة سوميتومو المحدودة للكيمواويات Sumitomo Chemical Co., Ltd

المبادئ توجيهية لبرامج المراقبة المناسبة ضرورية أيضاً. في هذا الصدد، وضع برنامج الأمم المتحدة للبيئة (يونيب، 2004) توجيهات لتحديد أولويات القياسات وتقليل عدد من القياسات لتقييم الأثر. أعدت المفوضية الأوروبية وثيقة مرجعية عن المبادئ العامة للمراقبة، واتفقت بعض الشركات والجمعيات الصناعية على متطلبات المراقبة. سوف تسهل تشريعات وتنظيمات النموذج إنشاء وتنفيذ برامج مراقبة إطلاق المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم، بما في ذلك الإلصاليب مثل المراقبة الأحيائية.

2- إعداد التقارير

يشكل إعداد التقارير عن الإطلاقات وغيرها من المعلومات ذات الصلة جزءاً رئيسياً في تنفيذ واجبات الطرف بموجب المادة 9 (تبادل المعلومات)، والمادة 10 (الإعلام والتوعية والتعليم العام) والمادة 11 (البحث والتطوير، والمراقبة) من اتفاقية استكهولم. يجب أن تتضمن الأطراف، التي تسعى إلى توظيف أفضل الممارسات البيئية للمصادر المدرجة في المرفق جيم، التدابير المبينة في هذه المواد، بما في ذلك:

- أليات مثل سجلات إطلاق الملوثات ونقلها من أجل جمع ونشر معلومات شاملة ومحددة كيميائياً لإنتاج وإطلاق المواد الكيميائية المدرجة في المرفقات ألف وباء وجيم مع مصادرها.
- المشاركة العامة في تنظيم مصادر المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم.
- الإتاحة العامة لبيانات المراقبة المجمعة من المصادر في المرفق جيم (مع مراعاة أحكام الفقرة 5 من المادة 9).
- وضع نتائج أنشطة البحث والتطوير والمراقبة في متناول الجميع على أساس منتظم وفي الوقت المناسب (المادة 11، الفقرة 2 (ه)).

يشجع التقديم الكامل للمعلومات ذات الصلة ويسهل المشاركة العامة.

المراجع

- Andersson S. 2005. "PCDD/F Removal from Gases Using a Dry Adiox Absorber." *Organohalogen Compd.* 67:2226–2229.
- Association of German Engineers (VDI). 2003–2004. Emission measurement - Determination of polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins (PCDDs) and dibenzofurans (PCDFs) - Dilution method; Example of application of DIN EN 1948 for the concentration range 0,1 ng I-TEQ/m³ and supplement to DIN EN 194.
- Basel Convention Secretariat. 2007. Updated General Technical Guidelines for the Environmentally Sound Management of Wastes Consisting of, Containing or Contaminated with Persistent Organic Pollutants (POPs). Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal, UNEP, Geneva.
- CEN (European Committee for Standardization). 1996a. "EN 1948-1: Sampling." Part 1 of Stationary Source Emissions: Determination of the Mass Concentration of PCDDs/PCDFs. CEN, Brussels, Belgium.
- CEN (European Committee for Standardization). 1996b. "EN 1948-2: Extraction and Clean-up." Part 2 of Stationary Source Emissions: Determination of the Mass Concentration of PCDDs/PCDFs. CEN, Brussels, Belgium.
- CEN (European Committee for Standardization). 1996c. "EN 1948-3: Identification and Quantification." Part 3 of Stationary Source Emissions: Determination of the Mass Concentration of PCDDs/PCDFs. CEN, Brussels, Belgium.
- Environment Canada, Standard Reference Methods for Source Testing: Measurement of Releases of Selected Semi-volatile Organic Compounds from Stationary Sources, Department of the Environment Report EPS 1/RM/2 1989
- Environment Canada, A Method for the Analysis of Polychlorinated Dibenzo-Para-Dioxins (PCDD), Polychlorinated Dibenzofurans (PCDF) and Polychlorinated Biphenyls (PCB) in Samples from the Incineration of PCB Waste, Department of the Environment, Report EPS 1/RM/3, June 1989
- European Commission. 2005. Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration. BAT Reference Document (BREF), Final Draft, July 2005. European IPPC Bureau, Seville, Spain. eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm.
- Hartenstein H.U. 2003. "Dioxin and Furan Reduction Technologies for Combustion and Industrial Thermal Process Facilities." In: *The Handbook of Environmental Chemistry Vol. 3, Part O: Persistent Organic Pollutants* (ed. H. Fiedler). Springer-Verlag, Berlin and Heidelberg.
- Hübner C., Boos R., Bohlmann J., Burtscher K. and Wiesenberger H. 2000. State-of-the-Art Measures for Dioxin Reduction in Austria. Vienna.
- www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/M116.pdf
- UNEP (2004): Guidance for a Global Monitoring Programme for Persistent Organic Pollutants, 1st edition, June 2004. <http://www.chem.unep.ch/gmn/GuidanceGPM.pdf>
- Xu Z., Wedman E., Bucher R., Petzoldt O., Sasamoto T. and Wilkin M. 2003. "Removal and Destruction of PCDD/F from Crematories by REMEDIA TM Catalytic Filter System." *Organohalogen Compd.* 63:216–219.

IV- القسم الرابع: تجميع لمخلصات من فئات المصادر المدرجة في القسمين الخامس والسادس

المحتويات

72	تمهيد
72	خلصات من القسم الخامس: فئات المصدر المتضمنة في القسم الثاني من المرفق "جيم"
79	خلصات من القسم السادس: فئات المصدر المتضمنة في القسم الثالث من المرفق "جيم"

تمهيد

يتضمن هذه القسم جميع ملخصات فئات المصادر في القسم الخامس والقسم السادس من "مسودة المبادئ التوجيهية عن أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية ذات الصلة بالمادة 5 والمرفق جيم من اتفاقية استوكهولم للملوثات العضوية الثابتة".

ويمكن أن يتضمن كل ملخص المعلومات التالية، حسب الاقتضاء:

- وصف مختصر للمصدر، والغرض منه، والعمليات المتضمنة
- قدرة المصدر على توليد المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم من اتفاقية استوكهولم، وهي: مركبات ثنائي بنزوبارا ديوكسين متعدد الكلور (PCDD)؛ ومركبات ثنائي بنزو الفيوران متعدد الكلور (PCDF)؛ وثنائيات الفينيل متعدد الكلور (PCB)؛ وسداسي كلور البنزن (HCB).
- أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية للحد من انبعاثات المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم.
- التدابير الأولية والثانوية التي يمكن أن تساعد في خفض هذه الانبعاثات.
- البدائل، حيثما ينطبق ذلك، التي قد تكون مفضلة على العمليات والممارسات الحالية.
- مستويات الأداء المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة.

خلاصات القسم الخامس: فئات المصادر المدرجة في الجزء الثاني من المرفق "ج"

A. محارق (مرمّات) النفايات (Waste incinerators)

(i) النفايات البلدية الصلبة والنفايات الخطرة وحماة المجاري

ملخص

تم تعريف محارق النفايات في اتفاقية استوكهولم على أنها ذات قدرة عالية نسبياً على تشكيل وإطلاق المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم إلى البيئة.

ربما يكون الغرض من محارق النفايات إنفاص حجمها، استعادة الطاقة، تدمير مكوناتها الخطرة أو على الأقل تقليلها إلى الحد الأدنى وتطهير واستعادة بعض المخلفات.

وعند دراسات مقترحات تشييد محارق جديدة، فينبغي إعطاء الأولوية لدراسة بدائل مثل أنشطة الحد من توليد النفايات بما في ذلك استعادة الموارد، إعادة الاستخدام، إعادة التدوير، فصل النفايات، وترويج المنتجات التي تولد نفايات أقل. ويجب إعطاء الأولوية أيضاً إلى الطرائق التي تحول دون تشكيل وإطلاق الملوثات العضوية الثابتة.

يتطلب التصميم والتشغيل السليم بيئياً لمحارق النفايات استخدام أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية (التي تتداخل إل حد ما) لمنع أو تقليل تشكيل وإطلاق المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم.

تشمل أفضل الممارسات البيئية لحرق النفايات الإجراءات المناسبة قبالة الموقع (مثل الإدارة الشاملة للنفايات، واعتبار الآثار البيئية لتحديد مواقع المحارق) والإجراءات في الموقع (مثل فحص النفايات، والمناولة السليمة للنفايات، وممارسات تشغيل وإدارة المحرقة ومعالجة المخلفات).

وتشمل أفضل التقنيات المتاحة لحرق النفايات الاختيار المناسب للموقع؛ إدخال ومراقبة النفايات، وتقنيات الاحتراق، وغازات المداخن، ومعالجة المخلفات الصلبة والسائلة.

ولا بد لتحقيق أفضل النتائج لحماية البيئة ككل من تنسيق عملية حرق النفايات في الأنشطة الأولية (على سبيل المثال تقنيات إدارة النفايات) ، والأنشطة النهائية (على سبيل المثال التخلص من المخلفات الصلبة الناتجة عن حرق النفايات).

وتحدث إطلاقات المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم من محارق النفايات الصلبة البادية المصممة والمشغلة وفقاً لأفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية بشكل رئيسي عبر الرماد المتطاير ورماد القاع والطبقات التي ترشح من معالجة مياه الصرف الصحي. ولذلك فإنه من الأهمية الكبرى توفير مصرف آمن لهذه الأنواع من النفايات، مثلاً عن طريق المعالجة الأولية والتخلص النهائي في مدافن (حفر لطمر النفايات) مخصصة تم تصميمها وتشغيلها وفقاً لأفضل التقنيات المتاحة.

مع تركيب مناسب من التدابير الأولية والثانوية، ترتبط عدم زيادة مستويات الديوكسين / الكلور في انبعاثات الهواء على (0.1 نانوغرام مكافئ سمية/م³نظامي) (0.1 ng I-TEQ/Nm³) (عند O₂ 11%) بأفضل التقنيات المتاحة. ومن الجدير بالذكر أيضاً أنه في ظل ظروف التشغيل العادية يمكن تحقيق انبعاثات أدنى من هذا المستوى في محطة حرق نفايات مصممة بشكل جيد.

وترتبط أفضل التقنيات المتاحة لتصريف المياه العادمة من محطات معالجة النفايات السائلة، ومعالجة مخلفات عملية تنظيف غاز المداخن، بمستويات تركيز للديوكسين / الكلور أقل بكثير من 0.1 نانوغرام / مكافئ سمية / لتر.

(ii) النفايات الطبية (Medical waste)

ملخص

يتم ترميد النفايات الطبية (نفايات الرعاية الصحية المعدية ونفايات الرعاية الصحية البيولوجية والأدوات الطبية الحادة) في منشآت ترميد نفايات مخصصة من أجل تقليل مخاطر المواد الكيميائية والبيولوجية والفيزيائية التحطيم ولتخفيض حجم النفايات كمعالجة تحضيرية لطمر النفايات بشكل سليم بيئياً.

إذا تم حرق النفايات ضمن شروط لا تشكل أفضل التقنيات المتاحة أو أفضل الممارسات البيئية، فهناك إمكانية لإطلاق الديوكسينات والفيورانانات بتركيز عالية نسبياً. وقد يكون تطبيق أفضل التقنيات المتاحة بالنسبة للمحارق الصغيرة لترميد النفايات الطبية أمراً صعباً أحياناً، وذلك نظراً للكلفة العالية المترافقة مع البناء وكلفة التشغيل والصيانة والمراقبة لمثل هذه المنشآت.

البدائل الممكنة للترميد هي التعقيم (باستخدام البخار، والبخار المتطور، والتسخين الجاف) والمعالجة بالأموح الميكروية والتحليل القلوي والمعالجة البيولوجية، وفي حالات معينة طمر النفايات. وأهم خطوة في إدارة النفايات الطبية هي مرحلة فصل النفايات عند المصدر إلى أنواع مختلفة من النفايات. وبما أن حوالي 75% - 90% من نفايات المستشفيات مشابهة للنفايات البلدية، يمكن لعلمليات الفصل عند المصدر أن تخفّض بشكل كبير من حجم النفايات الطبية. وتعتبر الإدارة الفعالة للنفايات، بما في ذلك تقليل توليد النفايات وفصل النفايات عند المصدر، عمليات أساسية.

وتعتبر المعالجة المناسبة للرماد والمخلفات الناتجة من تنظيف غاز المداخن أساسية للحد من إطلاقات الديوكسين / الكلور في البيئة. وسيخفف استخدام أفضل التقنيات المتاحة في المحارق من انبعاثات حمض كلور الماء والمعادن (الزئبق بصفة خاصة) وسيخفف في الواقع أيضاً من الإطلاقات اللاحقة الناتجة من المخلفات التي يتم التخلص منها في مدافن النفايات.

مع تركيب مناسب من التدابير الأولية والثانوية، ترتبط عدم زيادة مستويات الديوكسين / الكلور في انبعاثات الهواء على (0.1 نانو غرام مكافئ سمية/م³ نظامي عند 11% من الأكسجين) بأفضل التقنيات المتاحة. ومن الجدير بالذكر أيضا أنه في ظل ظروف التشغيل العادية يمكن تحقيق انبعاثات أدنى من هذا المستوى في محطة حرق نفايات مصممة بشكل جيد.

وترتبط أفضل التقنيات المتاحة لتصريف المياه العادمة من محطات معالجة النفايات السائلة، ومعالجة مخلفات عملية تنظيف غاز المداخن، بمستويات تركيز للديوكسين / الكلور أقل بكثير من 0.1 نانو غرام / مكافئ سمية / لتر.

B. أفران (قمانن) الإسمنت التي تحرق نفايات خطرة

ملخص

إن الهدف الرئيسي من أفران الإسمنت هو إنتاج الكلنكر. ويهدف حرق النفايات في أفران الإسمنت إلى استعادة الطاقة من النفايات أو كبديل للوقود الأحفوري. ويجري في بعض الحالات التخلص من النفايات الخطرة في هذه المنشآت.

تتضمن عملية الإنتاج التفكيك الحراري لكاربونات الكالسيوم (CaCO₃) بدرجة حرارة 900 درجة مئوية وتحويلها إلى أكسيد الكالسيوم (CaO, lime) (عملية التكليس)، وتُتبع هذه العملية بعملية التحويل إلى كلنكر في الفرن الدوار عند درجة حرارة 1450 مئوية تقريباً. ثم يتم طحن الكلنكر مع الجبسوم وإضافات أخرى ليتم إنتاج الإسمنت. ووفقاً للشروط الفيزيائية والكيميائية، يمكن تصنيف طرق تصنيع الإسمنت الأساسية إلى: جافة، رطبة، نصف جافة، نصف رطبة.

إن حرق النفايات الخطرة قد يؤدي إلى تشكل وإطلاق المواد الكيميائية الدرجة في المرفق جيم من اتفاقية استوكهولم. إضافة إلى ذلك فقد يحدث إطلاق لهذه المركبات من مواقع التخزين.

تتمتع شروط العملية المصممة بشكل جيد واتخاذ التدابير الأولية المناسبة أفران الإسمنت التي تحرق نفايات خطرة من العمل بطريقة ينخفض فيها تشكل وإطلاق المركبات الكيميائية المدرجة في المرفق جيم إلى الحدود الدنيا للوصول إلى تراكم دون 0.1 نانو غرام مكافئ سمية/م³ (عند محتوى 10% من الأكسجين) لمركبات الديوكسين والفيوران في غازات المداخن، اعتماداً على عوامل مثل استخدام الوقود النظيف وتلقيح النفايات ودرجة الحرارة وإزالة الغبار. وحيث يكون ضرورياً، يجب تطبيق تدابير ثانوية إضافية لخفض هذه الانبعاثات.

وتتوفر بيانات كثيرة عن انبعاثات الديوكسين والفيوران في الهواء.

وقد تم تسجيل إطلاقات للديوكسين والفيوران عن طريق أفران الإسمنت وربما الكلنكر ويجري حالياً المزيد من الاستقصاء حول هذه الإطلاقات. ولا تزال البيانات قليلة حول إطلاقات ثنائي الفينيل متعدد الكلور وسداسي كلور البنزن.

تحدد المستويات المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية للتحكم بتركيز الديوكسين/الفيوران في غازات المداخن بأقل من (0.1 نانو غرام مكافئ سمية / م³ نظامي) وذلك في الشروط المرجعية من الحرارة (273 كلفن) والضغط (101.3 كيلو باسكال) ونسبة 10% أكسجين وعلى أساس الغاز الجاف.

C. إنتاج عجينة الورق باستخدام عنصر الكلور (الكلور العنصري) أو المواد الكيميائية التي تولد عنصر الكلور

ملخص

تشمل العمليات الرئيسية في صناعة عجينة الورق والمنتجات الورقية التعامل مع المواد الأولية الخام والتحضير والتخزين (و إضافة المواد الحافظة لغير الأخشاب) وإزالة لحاء الخشب والتقطيع وتنظيف البقايا الزراعية وإزالة العقد، وتصنيع العجينة وتبييضها إن لزم الأمر وأخيراً تصنيع الورق والورق المقوى.

ومن بين المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم من اتفاقية استوكهولم، تم تحديد مركبات الديوكسين والفيوران فقط على أنها تتشكل أثناء تصنيع عجينة الورق وباستخدام عنصر الكلور. ومن بين مراكبات الديوكسين/الفيوران السبعة عشر التي تحتوي كلور في المواقع 2 و 3 و 7 و 8 فقد تم التعرف فقط على المركبين رباعي كلور ثنائي بنزو الديوكسين (2,3,7,8-TCDD) ورباعي كلور ثنائي بنزو الفيوران (2,3,7,8-TCDF) كمركبات يمكن أن تتشكل أثناء التبييض الكيميائي لعجينة الورق باستخدام الكلور. ويتولد معظم تشكل هذين المراكبين خلال المرحلة C- من عملية التبييض عن طريق تفاعل الكلور مع مركبات عضوية بادئة لتشكيل الديوكسينات والفيورانات. أما مركبات سداسي كلور البنزن (HCB) وثنائيات الفينيل متعددة الكلور (PCB) فهي لا تتشكل أثناء عمليات تبييض عجينة الورق.

و كخلاصة، يمكن اتخاذ التدابير الأولية التالية لمنع أو خفض تشكيل المراكبات رباعي كلور ثنائي بنزو الديوكسين (2,3,7,8-TCDD) ورباعي كلور ثنائي بنزو الفيوران (2,3,7,8-TCDF) في عمليات تبييض الأخشاب و غير الأخشاب: التخلص من استعمال عنصر الكلور والاستعاضة عنه بثنائي أكسيد الكلور (التبييض الخالي من عنصر الكلور) أو في بعض الحالات بتطبيق العمليات الخالية كلياً من الكلور، التقليل من التطبيقات التي تحتوي على عنصر الكلور وذلك بتخفيض متعددات الكلور أو زيادة الاستعاضة عن الكلور الجزيئي بثنائي أكسيد الكلور، التقليل من وجود المركبات العضوية البادئة مثل ثنائي بنزو الديوكسين وثنائي بنزو الفيوران التي يمكن أن تدخل إلى عملية التبييض وذلك باستخدام إضافات خالية من هذه المواد البادئة وبالغسيل الجيد، التخلص من العقد، والتخلص من عمليات تصنيع العجينة الملوثة بمركبات متعدد كلور الفينول.

D. العمليات الحرارية في الصناعة التعدينية

(i) إنتاج النحاس الثانوي

ملخص

تتضمن عمليات صهر النحاس الثانوي إنتاج النحاس من مصادر قد تحوي خردة النحاس، الحمأة، خردة الإلكترونييات والحواسيب والخبث من المصافي. والعمليات المتضمنة في إنتاج النحاس هي: المعالجات المسبقة للمواد الملقمة والصهر والسبك والصب. ومن العوامل التي قد تسبب ارتفاعاً في تراكيز المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم من اتفاقية استوكهولم: وجود المعادن التحفيزية (catalytic metals) (ويعتبر النحاس مثلاً على معدن شديد التحفيز) والمواد العضوية الموجودة في المواد الملقمة كالتربة والبلاستيك والأطلية والاحتراق غير الكامل للوقود وبوجود درجات حرارة بين 250 – 500 مئوية.

وتتضمن أفضل التقنيات المتاحة عمليات الفصل المسبق وتنظيف المواد الملقمة والمحافظة على درجة حرارة أعلى من 850 درجة مئوية واستخدام الحراقات البعدية مع التبريد المفاجيء وادمصاص الكربون المنشط والمرشحات النسيجية لإزالة الغبار.

تحدد مستويات الديوكسين/الفيوران في الانبعاثات في الهواء المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية في عمليات صهر النحاس الثانوي بأقل من 0.5 نانو غرام مكافئ سمية / م³ نظامي (عند التراكيز التشغيلية للأكسجين).

(ii) معام التلييد في صناعة الحديد والفولاذ

تعتبر معام التلييد في صناعة الحديد والفولاذ خطوة معالجة تحضيرية في إنتاج الحديد، حيث أن الحبيبات الناعمة من فلزات الحديد، وفي بعض المعامل النفايات الثانوية لأوكسيد الحديد (الغبار المتجمع وقشور الأوكسيد) تتكثرت (تتلبد) بالاحتراق. وتتضمن عملية التلييد تسخين الفلزات الناعمة للحديد مع المصهور والفحم أو فحم الكوك الناعم لينتج كتلة نصف منصهرة تتصلب إلى قطع مسامية ملبدة ذات خصائص مناسبة من حيث القياس والمتانة ملائمة لتكون مواد ملقمة للفرن العالي.

ويبدو أن المركبات الكيميائية المدرجة في المرفق جيم تتشكل خلال عملية تلييد الحديد عبر آلية تصنيع دي نوفو (de novo synthesis). وبشكل عام تسيطر مركبات الفيوران في غازات العادم لمعامل التلييد. ويبدو أن آلية تشكيل مركبات الديوكسين والفيوران تبدأ في المناطق العلوية من سرير التلييد وخلال وقت قصير بعد الاشتعال، ومن ثم تتكاثف الديوكسينات والفيورانات ومركبات أخرى على الحمولة الأبرد في الأسفل كلما تقدمت طبقة التلييد على طول جديلة التلييد باتجاه نقطة الحرق (burn-through point).

وتشمل التدابير الأولية التي تم تحديدها لمنع أو تقليل تشكيل الديوكسينات والفيورانات خلال تلييد الحديد: التشغيل الثابت والمستقر لمعمل التلييد، والمراقبة المستمرة لمتحولات التشغيل، وإعادة تدوير الغازات العادمة، والتقليل إلى أدنى حد من المواد الملقمة الملوثة بالملوثات العضوية الثابتة أو بملوثات أخرى تقود إلى تشكيل الملوثات العضوية الثابتة، وتحضير المواد الملقمة.

وتشمل التدابير الثانوية التي تم تحديدها لمنع أو خفض إطلاقات الديوكسينات والفيورانات خلال تلييد الحديد: عمليات الامتصاص/الإدمصاص (على سبيل المثال: حقن الكربون المنشط) وأجهزة نزع الغبار عالية الكفاءة، إضافة إلى أجهزة الامتصاص الرطبة للغازات العادمة والمزودة بمعالجة فعالة للمياه العادمة الناتجة عن الامتصاص والتخلص من الحمأة الناتجة عن معالجة المياه في مطامر نفايات آمنة.

تحدد مستويات الديوكسين/الفيوران في الانبعاثات في الهواء المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية في معام تلييد الحديد بأقل من 0.2 نانو غرام مكافئ سمية / م³ نظامي (عند التراكيز التشغيلية للأكسجين).

(iii) إنتاج الألمنيوم الثانوي

يتضمن صهر الألمنيوم الثانوي إنتاج الألمنيوم من منتجات الألمنيوم المستعملة والتي يتم معالجتها لاسترجاع المعادن عن طريق المعالج التحضيرية والصهر والتنقية.

يتم استخدام الوقود والمصهورات والخلائط، بينما يتم التخلص من المغزنيوم بإضافة الكلور أو كلورايد الألمنيوم أو المركبات العضوية الكلورية. ومن المحتمل أن تنتج المركبات العضوية المدرجة في المرفق جيم من المواد العضوية في المواد الملقمة ومركبات الكلور وتشكل الكلور في النظام عند درجات حرارة بين 250 – 500 درجة مئوية.

وتتضمن أفضل التقنيات المتاحة: الأفران المتطورة ذات درجة الحرارة العالية، والمواد الملقمة الخالية من الزيوت والكلور (إذا توفرت البدائل)، الحراقات البعيدة مع التبريد المفاجيء، ادمصاص الكربون المنشط، ونزع الغبار بواسطة المرشحات النسيجية، إضافة إلى تجنب استخدام سداسي كلوروايثان لإزالة المغزنيوم من المصهور (demagging) والمحافظة على رقابة دقيقة على عملية الـ demagging بشكل عام.

تحدد مستويات الديوكسين/الفيوران في الانبعاثات في الهواء المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية في صاهرات الألمنيوم الثانوي بأقل من 0.5 نانو غرام مكافئ سمية / م³ نظامي (عند التراكيز التشغيلية للأكسجين).

(iv) إنتاج التوتياء الثانوية

يتضمن صهر التوتياء الثانوية إنتاج التوتياء من مواد مثل الغبار الناتج عن إنتاج خلاط النحاس وصناعة الفولاذ بالفرن الكهربائي، والبقايا عن تفتيت خرده الفولاذ وعمليات الغلفنة (galvanizing).

وتتضمن عمليات الإنتاج فرز المواد الملقمة، عمليات التنظيف بالمعالجة التحضيرية، والتكسير، والأفران الإرتشاحية (sweating furnaces) بدرجة حرارة 364 درجة مئوية، وأفران الصهر، والتنقية، والتقطير وتصنيع الخليطة. إن وجود الزيوت والبلاستيك في المواد الملقمة ودرجات الحرارة بين 250 – 500 درجة مئوية، قد يسبب تشكيل المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم من اتفاقية استوكهولم.

تتضمن أفضل التقنيات المتاحة: تنظيف المواد الملقمة، المحافظة على درجات الحرارة أعلى من 850 درجة مئوية، تجميع الأبخرة والغازات، الحراقات البعدية مع التبريد المفاجيء، ادمصاص الكربون المنشط، ونزع الغبار بواسطة المرشحات النسيجية.

تحدد مستويات الديوكسن/الفيوران في الانبعاثات في الهواء المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية في صاهرات التوتياء الثانوية بأقل من 0.5 نانو غرام مكافئ سمية / م³ نظامي (عند التراكيز التشغيلية للأوكسجين).

خلاصات القسم السادس: الخلاصات لفئات المصادر – الجزء الثالث من المرفق جيم

A. الحرق المكشوف للنفايات بما في ذلك الحرق في مواقع مدافن النفايات

الحرق المكشوف "في العراء" هو عملية غير مقبولة بيئياً وتولد مواد كيميائية مدرجة في المرفق جيم من اتفاقية استوكهولم والعديد من الملوثات الأخرى الناتجة عن الاحتراق غير التام. ووفقاً للمرفق جيم، الجزء الخامس، الفقرة ألف، الفقرة الفرعية (و) من اتفاقية استوكهولم، فأفضل توجيه هو تقليص كميات المواد التي يجري التخلص منها عبر هذه الطريقة على أن يكون الهدف هو إيقاف الحرق المكشوف تماماً.

و من ضمن التقنيات الأخرى التي قد يكون لها تأثيراً على تحسين العملية ، فيما يخص المواد المحترقة: تجنب تضمين مواد غير قابلة للحرق مثل الزجاج والكتل المعدنية والنفايات الرطبة والمواد ذات القابلية المنخفضة للاحتراق، وتجنب حمولات النفايات ذات المحتوى العالي من الكلور، سواء كانت كلورايدات لاعضوية مثل الملح أو مركبات عضوية كلورية مثل بولي فينيل كلورايد PVC؛ وتجنب المواد التي تحتوي على معادن محفزة (وسيط) مثل النحاس والحديد والكروم والألمنيوم وحتى لو كانت بكميات ضئيلة. ويجب أن تكون المواد التي ستحرق، جافة ومتجانسة أو ممتزجة بشكل جيد، وذات كثافة قليلة مثل النفايات غير المرصوفة.

و فيما يخص عملية الحرق، فيجب أن تتضمن الأهداف: توفير هواء كافٍ للاحتراق؛ الحفاظ على احتراق ثابت أو معدل ثابت من فقدان الكتلة؛ التقليل إلى أدنى حد من التدخين بسبب الإخماد المباشر للنار؛ واقتصار الحرق على كميات صغيرة والتي تقلب بشكل جيد والنار مهواة بشكل جيد، بدلاً من الحرق بكميات كبيرة في حاويات أو مكبات سيئة التهوية.

B. عمليات حرارية في الصناعة التعدينية غير مذكورة في الجزء الثاني من المرفق جيم

(i) إنتاج الرصاص الثانوي

تتضمن عمليات صهر الرصاص الثانوي إنتاج الرصاص وخلائط الرصاص، بشكل أساسي من خرده بطاريات السيارات، وأيضاً من مصادر أخرى للرصاص المستعمل (أنابيب، اللحام، الخبث، التغليف بالرصاص). وتتضمن عمليات الإنتاج المعالجات التحضيرية للخرده، الصهر والتنقية. إن الاحتراق غير الكامل ووجود الزيوت بنسب كبيرة والبلاستيك والمواد العضوية الأخرى في المواد الملقمة ودرجات الحرارة بين 250 – 500 درجة مئوية، قد يسبب تشكيل المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم من اتفاقية استوكهولم.

تتضمن أفضل التقنيات المتاحة: استخدام المواد الملقمة الخالية من الزيوت ومن البلاستيك، المحافظة على درجات الحرارة أعلى من 850 درجة مئوية، تجميع فعال للغازات، الحراقات البعدية مع التبريد المفاجيء، ادمصاص الكربون المنشط، ونزع الغبار بواسطة المرشحات النسيجية.

تحدد مستويات الديوكسن/الفيوران المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية في صاهرات الرصاص الثانوي بأقل من 0.1 نانو غرام مكافئ سمية / م³ نظامي (عند التراكيز التشغيلية للأكسجين).

(ii) إنتاج الألمنيوم الأولي

يتم إنتاج الألمنيوم الأولي مباشرة من الخام المستخرج والبوكسيت. ويكرر البوكسيت إلى الألومينا من خلال عملية باير. ثم ترجع الألومينا إلى الألمنيوم المعدني بالتحلل الكهربائي عبر طريقة هول-هيرولت (إما باستخدام أنودات ذاتية الشوي self-baking anodes – أنودات سودربرغ أو باستخدام أنودات مشوية سابقا prebaked anodes).

ويعتقد عموماً أن الإنتاج الأولي للألمنيوم هو أحد المصادر الهامة للمواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم من اتفاقية استكهولم. وعلى أية حال فإن تشكل أو إطلاق الديوكسينات/الفيورانات هو أمرٌ ممكنٌ من خلال الإلكترونات ذات الأساس الفحمي و المستخدمة في عملية الصهر الإلكتروني.

ومن بين التقنيات الممكنة لخفض تشكل وإطلاق المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم من الإنتاج الأولي للألمنيوم تحسين إنتاج وضبط الأنودات واستخدام عمليات صهر متقدمة. تحدد مستويات الديوكسن/الفيوران المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية في صاهرات الرصاص الثانوي بأقل بكثير من 0.1 نانو غرام مكافئ سمية / م³ نظامي (عند التراكيز التشغيلية للأكسجين).

(iii) إنتاج المغنيزيوم

ينتج المغنيزيوم إما من كلور المغنيزيوم الخام بالتحليل الكهربائي لمصهور الملح، أو بإرجاع أكسيد المغنيزيوم بوجود سيليكون الحديد أو الألمنيوم في درجات حرارة مرتفعة بالإضافة إلى استرداد المغنيزيوم الثانوي (وكمثال على ذلك من نفايات الاسبتوس).

يمكن أن يؤدي إضافة الكلور أو الكلورايدات ووجود أنودات الكربون ودرجات حرارة مرتفعة في إنتاج المغنيزيوم، إلى تشكل المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم من اتفاقية استوكهولم وإطلاقها في الهواء والماء.

ويمكن أن تشمل التقنيات البديلة حذف مصدر الكربون عن طريق استخدام أنودات لا كربونية واستعمال الكربون المنشط. على أية حال، تعتمد المستويات المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة على نوع العملية والضوابط المستخدمة للإطلاقات إلى الهواء والماء.

(iv) إنتاج الفولاذ الثانوي

ينتج الفولاذ الثانوي بواسطة الصهر المباشر للخردة الحديدية باستخدام أفران القوس الكهربائية، يصهر وينقي الفرن الشحنة المعدنية من الفولاذ الخردة لإنتاج الفولاذ غير قابل للصدأ والخلائط الكربونية في معامل للفولاذ المتفرقة. يمكن أن تحوي المواد الملقمة الحديدية الخردة كالمركبات المحطمة وخرائط المعدن أو الحديد المرجع المباشر. إضافة إلى ذلك يمكن إضافة الخردة إلى أفران صهر أخرى في قطاعات السباكة وإنتاج الحديد والفولاذ الأولي.

يبدو أن المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم من اتفاقية استوكهولم مثل مركبات الديوكسين والفيوران تتشكل في عملية تصنيع الفولاذ باستخدام القوس الكهربائية من خلال اصطناع de novo بحرق المواد العضوية غير

وتشمل التدابير الأولية التعامل الملائم مع الغازات العادمة والتكليف المناسب للغازات العادمة لمنع توفر شروط تؤدي إلى اصطناع denovo لتشكيل مركبات الديوكسين والفيوران. ويمكن أن تشمل هذه الإجراءات حراقات بعدية للاحتراق الفوري متبوعة بإخماد سريع للغازات العادمة. وتشمل التدابير الثانوية حقن مكثف لجزيئات الغاز (مثل الكربون المنشط) مع إزالة الغبار باستخدام مرشحات نسجية.

تحدد مستويات الديوكسين/الفيوران المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية في إنتاج الفولاذ الثانوي بأقل من 0.1 نانو غرام مكافئ سمية / م³ نظامي (عند التراكيز التشغيلية للأكسجين).

(v) الصهر الأولي للمعادن الأساسية

يتضمن الصهر الأولي للمعادن الأساسية استخلاص وتنقية النيكل والرصاص والنحاس والزنك والكوبالت. وبشكل عام، فإن منشآت الصهر الأولي للمعادن الأساسية تستخدم مركبات المادة الخام. يملك معظم صاهري المعادن الرئيسيين القدرات التقنية لإضافة المواد الملقمة المركزة الأولية مع المواد الثانوية (مثلاً، المواد القابلة للتدوير).

ويمكن أن تشمل تقنيات الإنتاج عمليات التعدين الحراري والتعدين المائي. وبالتالي فإن المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم من اتفاقية استوكهولم والتي يعتقد بأنها تشكل من خلال عمليات التعدين الحرارية ذات درجات الحرارة المرتفعة أو العمليات المائية، لم تؤخذ في الاعتبار في هذا القسم على أنها أفضل التقنيات المتاحة للصهر الأولي للمعادن الأساسية.

تقترح المعلومات المتوفرة حول انبعاثات الديوكسين/الفيوران من مصادر متنوعة (مثل المحارق وأفران القوس الكهربائية ومعامل تلييد الحديد)، بأن تقنيات وتكنولوجيات العملية وتكليف الغاز العادم يمكن أن تؤثر في تشكل وبالتالي إطلاق الديوكسين/الفيوران. ويجب أن يؤخذ في الاعتبار عمليات التعدين المائي، حيث يكون ذلك مجدياً تقنياً وبيئياً، كبديل للعمليات الحرارية وذلك لدى دراسة المقترحات من أجل إنشاء وتشغيل منشآت صهر معادن أساسية جديدة أو عمليات جديدة.

تشمل التدابير الأولية استخدام عمليات التعدين المائي وضبط جودة المواد الملقمة والخردة لخفض الملوثات المؤدية إلى تشكل الديوكسين/الفيوران ومراقبة فعالة للعملية لمنع الظروف المؤدية إلى تشكل الديوكسين/الفيوران واستخدام تكنولوجيا الصهر الومضي. أما التدابير الثانوية المعروفة فتشمل نظام غسل الغاز عالي الكفاءة وتحويل غاز ثاني أكسيد الكبريت إلى حمض الكبريت وجمع فعال للغاز والأبخرة وإزالة الغبار بكفاءة عالية.

تحدد مستويات الديوكسين/الفيوران المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية في صهر المعادن الأساسية بأقل من 0.1 نانو غرام مكافئ سمية / م³ نظامي (عند التراكيز التشغيلية للأكسجين).

C. مصادر الاحتراق في المناطق السكنية

تتناول هذه الفقرة احتراق الخشب والفحم والغاز بشكل رئيسي للتدفئة المنزلية والطهي. يحدث الاحتراق في المواقف اليدوية أو المستوقدات (المدافئ) أو في حالة أنظمة التدفئة المركزية الأكبر، في منشآت احتراق آلية. وأظهرت الدراسات أن مستويات هامة من المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم من اتفاقية استوكهولم بما في ذلك الديوكسين والفيوران وكميات أقل من ثنائي الفينيل متعدد الكلور، تطلق من مصادر الاحتراق السكنية. تعتمد كمية المواد الكيميائية المنطلقة بالدرجة الأولى على الوقود المستخدم (تعتبر النفايات المنزلية، والأخشاب الطافية التي تحملها مياه البحر المالحة والأخشاب المعالجة من أهم مصادر الديوكسين / الفيوران) إضافة إلى كفاءة الاحتراق. وتعتمد كفاءة الاحتراق على درجة حرارة الاحتراق، ومدى امتزاج الغازات، وزمن الإقامة، وكمية الأوكسجين وخصائص الوقود. ونظراً لعددتها الكبير جداً، فإن استخدامات الاحتراق السكني تسهم بشكل ملحوظ في الإطلاقات الإجمالية للمواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم.

يعتبر الاحتراق الفعال للوقود النظيف غير المعالج المستخدم في الطهي والتدفئة ذا أهمية أساسية من أجل خفض تشكل وإطلاق المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم. تشمل الاستراتيجيات لخفض إطلاقات المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم من مصادر الاحتراق السكني، تثقيف عموم الناس وبرامج تدريبية وتوعية على الاستخدام الصحيح للأدوات واستخدام الوقود الملائم والتأثيرات الصحية الناجمة عن الاحتراق السكني غير المضبوط. ولا تكون تكنولوجيات التخفيض الشائعة الاستخدام في التجهيزات الصناعية عادة متوفرة في أدوات الطهي والتدفئة المنزلية الأصغر حجماً. على أية حال، يمكن أن يكون استعمال مواقد أكثر فعالية وتطوراً، آلية فعالة من أجل خفض المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "ج" مع إضافة فائدة هامة وهي تحسين جودة الهواء الداخلي.

تشمل أفضل التقنيات المتاحة مواقد مطوقة ذات انبعاثات منخفضة ومزودة بمدخنة وتستخدم الخشب الجاف أو المجفف بالهواء. وبالنسبة للبلدان أو المناطق التي تكون فيها هذه الأنواع من الوقود والأجهزة غير متوفرة، تشمل أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية للاحتراق في المناطق السكنية ضمان فصل النفايات المنزلية عن الوقود لتجنب حرق هذه النفايات في الطهي وأجهزة التدفئة. ويجب في جميع البلدان تجنب استخدام الخشب المعالج أو الخشب الذي تحمله مياه البحر المالحة كذلك تجنب استخدام البلاستيك كمشعل للنار أو كوقود.

إن الطهي والتدفئة باستخدام الخشب كوقود هو ممارسة مشتركة وخطيرة في جميع بلدان العالم. ويجب أن يأخذ أي إجراء للحد من انبعاثات المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم جراء الاحتراق في المناطق السكنية بعين الاعتبار العوامل الاجتماعية والثقافية والاقتصادية المحلية. وتتوفر دراسات حالة من استراليا ونيوزيلندا لتسليط الضوء على هذا الموضوع.

D. المرافق التي تعمل بالوقود الأحفوري والمراجل الصناعية

إن المراجل الصناعية والمرافق العامة هي منشآت مصممة لتحرق الوقود لتسخين الماء أو إنتاج البخار من أجل استخدامه في إنتاج الكهرباء أو في العمليات الصناعية. عموماً، تكون التراكيز الحجمية للمواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم من اتفاقية استوكهولم في الانبعاثات من المراجل التي تعمل على الوقود الأحفوري، منخفضة جداً. وعلى أية حال، يمكن أن تكون كتلة الانبعاثات الكلية من قطاع المراجل هامة بسبب حجم احتراق الوقود الأحفوري من حيث الكمية المحترقة (بالأطنان) والانتشار من أجل إنتاج الكهرباء والحرارة أو إنتاج البخار.

تتضمن الإجراءات التي يمكن الأخذ بها لخفض تشكل وإطلاق المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم: المحافظة على شروط الاحتراق الفعال ضمن المرجل والتأكد من أن الزمن الكاف متوفر مما يسمح بالاحتراق الكامل، واتباع إجراءات لضمان بأن الوقود غير ملوث بثنائي الفينيل متعدد الكلور وسداسي كلور البنزن أو الكلور وأنه يحوي تراكيز منخفضة من المواد المعروفة بعملها كمحفزات في تشكل PCDD و PCDF، واستخدام طرائق لغسل الغاز ملائمة لخفض الانبعاثات التي يمكن أن تحوي الملوثات المحمولة، واستراتيجيات ملائمة من أجل التخلص والخرن أو الاستخدام المستمر للرماد المجموع.

يمكن أن تكون مستويات انبعاثات الديوكسين/الفيوران في الهواء والمرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة أقل بشكل ملحوظ من 0.1 نانو غرام مكافئ سمية / م³ نظامي (عند محتوى من الأكسجين 6% بالنسبة للوقود الصلب و 3% للوقود السائل).

E. منشآت حرق الخشب ووقود الكتلة الحيوية الأخرى

إن الغاية الرئيسية لمنشآت حرق الخشب ووقود الكتلة الحيوية الأخرى هو تحويل الطاقة. وتستخدم المنشآت كبيرة الحجم من أجل حرق الخشب ووقود الكتلة الحيوية الأخرى بشكل رئيسي احتراق السرير المميع وأفران شبكية grate furnaces. أما بالنسبة للمحطات صغيرة الحجم تتضمن التكنولوجيات أفران تغذى بالوقود من الأسفل وأفران تعليق حلزونية. تطبق مراجل الاسترداد في صناعة الورق وعجينة الورق شروط احتراق خاصة. ويرتبط اختيار التكنولوجيا بخصائص الوقود والسعة الحرارية المطلوبة.

يمكن أن تنتج المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم من اتفاقية استوكهولم من حرق الخشب ووقود الكتلة الحيوية الأخرى وعلى وجه الخصوص في حالة تلوث الوقود. أما مستويات انبعاثات الديوكسين/الفيوران

وينبغي تجنب احراق الكتلة الحيوية الملوثة مثل نفايات الخشب في هذه المنشآت. ولا بد من طمر الرماد المتطاير من احترق الكتلة الحيوية (لا سيما الجزء الأنعم منه) نظراً لارتفاع محتوى المعادن الثقيلة فيه. وفي كثير من البلدان (بما في ذلك الاتحاد الأوروبي) يعتبر الخشب المعالج بالمركبات الكلورية أو المعادن الثقيلة نفايات ويندرج ضمن نطاق توجيهات وقوانين حرق النفايات.

وتشمل الفوائد البيئية الأخرى التي تنجم عن تطبيق أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية، الحفاظ على الموارد وتجنب انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون المتولد من الوقود الأحفوري (في حالة الاستبدال).

F. عمليات إنتاج مواد كيميائية معينة تطلق مواد كيميائية مدرجة في المرفق جيم

يركز هذا القسم على عمليات تصنيع المواد الكيميائية الصناعية التي يمكن أن تولد نظرياً الملوّثات العضوية الثابتة (على وجه الخصوص تلك المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم من اتفاقية استوكهولم). تتشارك معظم العمليات الموصوفة هنا بخطوات عامة بما في ذلك كلورة المواد الخام العضوية أو اللاعضوية، وتنقية المنتجات وفصل المنتج من موارد المنتج (عادة بالتقطير) وتحطيم المنتجات الجانبية ذات الوزن الجزيئي المرتفع وإعادة تدوير أو بيع كلور الهيدروجين. يعدّ الفصل والتحطيم الفعال للمنتجات الجانبية العضوية الكلورية، والتي يمكن أن تشمل الملوّثات العضوية الثابتة، الأساس لأفضل التقنيات المتاحة والقابلة للتطبيق لهذه العمليات، وكدليل مرافق لأية عمليات حرق مندمجة. ومن أجل منتجات معينة، جرى عرض عمليات تصنيع حديثة تخفّض تشكل الملوّثات العضوية الثابتة. وهناك مجموعة من معايير الأداء المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة وذات صلة بالعمليات الفردية.

G. محارق الجثث

منذ التاريخ القديم وحتى وقتنا الحاضر، كانت عملية حرق الجثث هامة من الناحية الدينية والثقافية وعادة مقبولة ومستخدمة في الكثير من الثقافات والبلدان كطريقة للتعامل مع وفيات البشر. وفي الكثير من الحالات، تكون عملية حرق الجثث جزءاً من الطقوس الدينية والجنازنية لبلد معين أو ثقافة معينة، وهي بديل اختياري للدفن. إن الارشادات هذه ليست محاولة لشرح هذه العادات أو لحط من قدر أهميتها من أجل الناس ذوي العلاقة. و عوضاً عن، من أجل تلك البلدان حيث تمارس عملية حرق الجثث مع الحفاظ على اتفاقية استوكهولم، فإن هذه الارشادات تسعى إلى توفير الطرائق التي تخفّض إلى حد أدنى أو التخلص من تشكل وإطلاق الكيماويات المدرجة في المرفق "ج" من الاتفاقية أثناء عملية حرق الجثث.

إن تشكل وإطلاق مركبات الديوكسين والفيوران وثنائي الفينيل متعدد الكلور وسداسي كلور البنزن من محرقة الجثث ممكن ويعود ذلك إلى وجود المواد الكلورية والأسلاف والكلور في الجثث وفي بعض البلاستيك المرافق المحترق، يمكن أن تتضمن الإجراءات لخفض تشكل وإطلاق الكيماويات المدرجة في المرفق "ج" إلى حد أدنى، تجنب المواد الكلورية وتصميم محرقة الجثث بحيث تمرر درجة حرارة الفرن 850 مئوية و2 ثانية كزمن بقاء من أجل غازات الاحتراق وكمية هواء كافية للتأكد من الاحتراق. ويجب أن تزود المحارق الجديدة والكبيرة بمعدات ضبط تلوث الهواء بهدف خفض انبعاثات ثنائي أكسيد الكبريت وكلور الهيدروجين وأحادي أكسيد الكربون والمركبات العضوية الطيارة والمواد العالقة والموّثات العضوية الثابتة إلى الحد الأدنى. مستويات انبعاثات الديوكسين/الفيوران في الهواء والمرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة هي أقل من 0.1 نانوغرام مكافئ سمية/م³ نظامي.

H. المركبات الآلية ولا سيما التي تحرق الغازولين الحاوي على الرصاص

إن الوقود الرئيسي المستخدم في نقل المحركات الآلية هو الغازولين والديزل. أما غاز البترول المميع (LPG) والزيت النباتي والوقود الحيوي الأخرى ومزائج الزيت والكحول فهي تكسب أهمية.

وجدت مركبات الديوكسين والفيوران في الانبعاثات الصادرة عن المركبات الآلية التي تزود بالغازولين أو الديزل ولقد لوحظت أعلى التراكيز في الانبعاثات من المركبات التي تعمل على الغازولين المرصص وهي ناجمة عن وجود مركبات الكسح المكلورة والمبرومة في الوقود.

كبدائل للغازولين المرصص، يمكن الأخذ في الاعتبار الوقود التالي، الغازولين غير المرصص (وهو أفضل عندما تزود بمحفز)، (الديزل أفضل عندما يزود بمرشح للعوالق)، غاز البترول المميع، الغاز الطبيعي المضغوط غاز البروبان/البوتان، الوقود الحيوي، ومزائج الزيت والكحول.

تتضمن أفضل التقنيات المتاحة حرق مركبات الكسح الهالوجينية وتزويد محركات المركبات بحفاز أكسدة أو مرشح جسيمي.

لا توجد أية بيانات مقاسة من أجل الوقود الحيوي ومزائج زيت وكحول أو غاز البترول المميع ولا بيانات من أجل المحركات ثنائية الشوط.

1. تحطيم جيف الحيوانات

إن تشكل وانبعاث مركبات الديوكسين والفيوران وثنائي الفينيل متعدد الكلور وسداسي كلور البنزن من محارق جيف الحيوانات ناجم عن وجود مثل هذه المواد المكلورة وأسلافها والكلور في جيف الحيوانات أو في بعض البلاستيك الذي يمكن أن يحرق مع جيف الحيوانات والمنتجات الثانوية. تتضمن التدابير التي يمكن أن تؤخذ في الاعتبار لخفض تشكل وإطلاق الملوثات العضوية الثابتة، تفادي الحرق المشترك مع النفايات الأخرى، شرط أن تكون درجة حرارة الفرن الدنيا 850 درجة مئوية وزمن بقاء وقدره 2 ثانية من أجل غازات الاحتراق وهواء زائد كافٍ للتأكد من الاحتراق. يجب أن تزود المنشآت الكبيرة (<50kg/h) بمعدات ضبط تلوث الهواء لخفض إلى حد أدنى انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت وكلور الهيدروجين وأول أكسيد الكربون والمركبات العضوية الطيارة والمواد العالقة والملوثات العضوية الثابتة. مستويات انبعاثات الديوكسين/الفيوران في الهواء والمرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة هي أقل من 0.1 نانوغرام مكافئ سمية/م³ نظامي.

لم تؤخذ في الاعتبار طرائق أخرى من التخلص كالدفن والطمير أو الكومبست (صناعة السماد العضوي) بأنها تساهم بشكل كبير في انبعاثات المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم. ويجب أن تؤخذ في الاعتبار المسائل البيئية ومسائل الصحة العامة والإزعاج وصحة الحيوانات. ويعتبر الهضم بالحلمة القلوية تقنية إضافية من أجل تدمير جيف الحيوانات.

2. صباغة (بالكلورانييل) وإنهاء النسيج والجلود

وجد التلوث بالديوكسينات والفيورانات في كل من منتجات النسيج والجلود. إن وجود الديوكسينات والفيورانات في الصناعات النسيجية والجلدية ناجم عن استخدام الكيماويات المكلورة وخاصة خماسي كلوروفينول pentachlorophenol والكلورونترופן chloronitrofen، لحماية المادة الخام (على سبيل المثال، القطن، الصوف، أو النسيج الأخرى، الجلود). واستخدام الأصبغة الملوثة بالديوكسين (على سبيل المثال، dioxazine أو phthalocyanines). يمكن أن تتشكل كميات أصغر من الديوكسين/الفيوران أثناء عملية الإنهاء وأثناء حرق الوحل المتشكل عن العملية.

يوجد بدائل للأصبغة المدرجة أعلاه، ويجب عدم استخدام تلك المدرجة أعلاه.

تتضمن البدائل الممكنة لـ pentachlorophenol و chloronitrofen ما يلي:

4-chloro-3-o-phenylphenol (oPP)، 2-(thiocyanomethylthio) benzothiazole (TCMTB)، methylphenol (CMK)، 2-n-octyl-4-isothiazolin-3-one (OIT).

وفيما يتعلق بأفضل التقنيات المتاحة، يعدّ عدم استخدام الأصبغة والملوثة بالديوكسين في سلسلة الإنتاج أكثر التدابير الأولية كفاءة لمنع تلوث المنتجات النسيجية والجلدية بالديوكسينات/الفيورانات. وإذا استخدمت أيضاً أي من المواد الكيميائية المذكورة أعلاه، لا بد من إعطاء الأفضلية للدفعات الحاوية على تراكيز منخفضة (على سبيل المثال، المقطرة أو المواد الكيميائية النقية). ويجب أن يتم إلى أقصى حد ممكن، تجنب حرق المنسوجات والمفروشات والمنتجات الجلدية والسجاد لمنع تشكل الديوكسين / الفيوران.

ومن أجل منع أو خفض تشكل وإطلاق الديوكسينات / الفيورانات في حرق الحماة، يجب تطبيق أفضل التقنيات المتاحة المشروحة في القسم السادس الفقرة (د) من المبادئ التوجيهية الحالية. ومع ذلك، ينبغي أيضاً البحث عن تقنيات أخرى سليمة بيئياً.

K. معامَل تقطيع المركبات بعد نهاية عمرها

ملخص

أدرجت معامَل تقطيع المركبات بعد نهاية عمرها المرفق "جيم" من اتفاقية استكهولم كمصدر محتمل لتشكّل وإطلاق المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم". تجهز معامَل التقطيع بألات كبيرة وبسندان أو أكثر أو قضبان تكسير مغطاة بلوحات من خلاط الفولاذ. يقود محرك كهربائي الجزء الدوار مع مطارق حرة النهايات من خلاط الفولاذ، تتلقى حاوية هزازة تحت المقطع المادة المقطعة الملقاة من خلال النافذة المشبكة. ينتج مادة حديدية بشكل نموذجي، وهي نظيفة نسبياً وتتكون من قطع صغيرة (50 مم) من الفولاذ و مادة خبث تحوي أجزاء معدنية غير حديدية ومواداً أخرى دخلت إلى المقطع (معروفة أيضاً باسم المجزئ).

تتوفر بيانات قليلة جداً عن قياسات الانبعاثات في الركام في مصانع التقطيع. على كل حال، بين نتائج بعض الدراسات أن مستويات مركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF في انبعاثات الهواء أقل من 0.1 نانو غرام مكافئ سمية/ م³ نظامي. حتى وقتنا الحالي، لا يوجد دليل كافٍ بأن التقطيع (الميكانيكي) للمركبات والمعدات الكهربائية المنزلية أو الأجهزة الكهربائية الأخرى يؤدي إلى حدوث تشكّل جديد. تشير البيانات المتوفرة إلى أن مركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF ومركبات ثنائي كلور الفينيل متعدد الكلور PCB المنطلقة من مصانع التقطيع تنتج من الإنتاج الصناعي المقصود وأنها أدخلت مع الزيوت والسوائل العازلة كهربائياً والمواد الأخرى الموجودة في هذه المركبات أو مع أمتعة المستهلك والتي تركت حرة أثناء هذه العملية الميكانيكية.

في أية حال، يجب أن تكون تدابير الوقاية من حوادث الحرائق (التي يمكن أن تؤدي إلى تشكّل المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم) في مكانها الصحيح في معامَل التقطيع. يتألف الخبث الخفيف في مصانع التقطيع من أفلام بلاستيكية قابلة للاشتعال وغبار ليفي، وهي تجبرنا على التشغيل الحذر لمنع حوادث الحرائق. وسوف تساعد أنظمة جمع منع الغبار (مثل أنظمة التقطيع الرطبة) في تخفيف الانبعاث المحتمل للموثات العضوية الثابتة. ولتحسين ضبط انبعاث الغبار، يجب تخزين البقايا الجافة الناعمة بطريقة تقلل انتشارها إلى أدنى حد ممكن. تشمل المصادر الأخرى لبيدات الديوكسين التي يمكن أن تؤدي إلى تشكّل مركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF عند حرقها المكثفات الحاوية على مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور PCB، و الزيوت والمنسوجات المستعملة الملوثة بـ PCB أو بمركبات كلور البنزن، والبوليميرات الحاوية على مثبطات اللهب المبرومة (تشكّل مركبات ثنائي بنزوبارادايوكسين متعدد البروم (PBDD) وثنائي بنزوفيران متعدد البروم (PBFD) كملوثات).

L. حرق الكابلات النحاسية بدون لهب

ملخص

تستردّ خردة النحاس غالباً عن طريق الحرق المكشوف للأغلفة البلاستيكية للكابلات والأسلاك الكهربائية، ومن المرجح تشكل المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم" من اتفاقية استوكهولم، وذلك من البلاستيك وآثار الزيوت الموجودة مع النحاس كمحفز عند درجات حرارة الحرق بدون لهب بين 250 و 500 درجة مئوية.

تتضمن أفضل التقنيات المتاحة تقطيع الكبل ميكانيكياً، والتعرية أو الحرق بدرجات حرارة مرتفعة (أعلى من 850 درجة مئوية). والرأي هو وضع سعر مرتفع للكابلات والأسلاك المغلفة وتشجيع إرسال مواد التلقيم إلى مصاهر النحاس باستخدام أفضل التقنيات المتاحة في المعالجة.

إن مستويات المرافقة لأفضل التقنيات المتاحة غير قابلة للتطبيق، لأن عملية الحرق بدون لهب ليست من ضمن أفضل التقنيات المتاحة أو أفضل الممارسات البيئية ولا يجب تطبيقها مع الكابلات النحاسية.

.M معامـل تكرير الزيوت المستعملة

ملخص

أدرجت معامـل تكرير الزيوت المستعملة في المرفق "جيم" من اتفاقية استوكهولم كمصدر محتمل لتشكيل وإطلاق المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم".

تعرف النفايات الزيتية (أو الزيوت المستعملة) بغرض هذا القسم من التوجيهات بأنها أية زيوت ذات أصل نفطية، أو زيوت تركيبية أو زيوت نباتية أو حيوانية مستعملة. يمكن أن تنجم الزيوت المستعملة من مصدرين كبيرين: زيوت صناعية مستعملة وزيوت حيوانية ونباتية مستعملة. وهناك ثلاثة أنواع رئيسية للزيوت الصناعية المستعملة وهي الزيوت الصناعية (على سبيل المثال، زيوت هيدروليكية وزيوت تزييت المحركات، وزيوت القطع)، وزيوت الورشات والكراجات والصيانة وزيوت المحولات الكهربائية.

وقد ظهر تلوث الزيوت المستعملة بمركبات الدوكسين والفيوران PCDD/PCDF و مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور PCB. لا يوجد أي دليل ملموس في الوقت الحالي، على تشكل مركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF أو مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور PCB حديثاً في معامـل تكرير الزيوت المستعملة. تشير البيانات المتوفرة أن مركبات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF ومركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور PCB المنطلقة من معامـل تكرير الزيوت المستعملة ومحطات إدارة ومعالجة الزيوت المستعملة هي من الإنتاج الصناعي المقصود لمركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور PCB أو مركبات كلور البنزن الموجودة في الزيوت المستعملة إما بواسطة التلوث أثناء عملية الصنع (لهذه المواد الكيميائية) أو تصيح ملوثة أثناء مرحلة الاستخدام أو عمليات إعادة التدوير الأولية. ضمن هذا المعنى، تمثل معامـل تكرير الزيوت المستعملة مصدر انتشار للمواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم" أكثر من كونها مصدراً لتشكلها.

وفقاً للمعلومات المتوفرة، تشمل خيارات إدارة الزيوت المستعملة إعادة الاستخدام أو إعادة التوليد، والتفكيك الحراري، والحرق أو الاستخدام كوقود. يجب أيضاً ملاحظة بأن العديد من البلدان تقوم برمي الزيوت المستعملة في النفايات أو حرقها في العراء.

ويجب العودة إلى الأقسام ذات الصلة في وثيقة التوجيهات هذه من أجل معلومات عن التخلص من الزيوت المستعملة في المحارق أو استخدامها كوقود (القسم V.A، محارق النفايات، V.B أفران الإسمنت التي تحرق نفايات خطرة، VI.A الحرق النفايات في العراء، VI.C مصادر الاحتراق السكنية، VI.B المراحل الصناعية والمرافق التي تستخدم الوقود الاحفوري).

القسم الخامس
التوجيهات/المبادئ التوجيهية لفئة المصدر:
فئات المصادر للجزء الثاني من المرفق "جيم"

القسم الثاني : فئات المصادر (a)

مُرمّاتُ النفايات

جدول المحتويات

	قائمة الجداول
Error! Bookmark not defined.	قائمة الرسومات التوضيحية
Error! Bookmark not defined.	V.A مُرَمَّاتُ النفايات
1	(i) النفايات البلدية الصلبة، والنفايات الخطرة، وحمأة المجاري
1	1. مقدمة
1	2. وصف العملية
2	2.1 ترميد النفايات الصلبة البلدية
3.....	2.2 ترميد النفايات الخطرة
4.....	2.3 ترميد حمأة المجاري
7.....	3. مصادر تشكيل المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم"
9	4. بدائل لترميد النفايات البلدية الصلبة و النفايات الخطرة و حمأة المجاري
11	5. أفضل الممارسات البيئية لترميد النفايات
11	5.1 ممارسات إدارة النفايات
12.....	5.2 تشغيل المُرَمَّاتُ و ممارسات الإدارة
14.....	6. أفضل التقنيات المتاحة للترميد
15	6.1 اختيار الموقع
16.....	6.2 أفضل التقنيات المتاحة لإدخال النفايات ومراقبتها
16.....	6.3 أفضل التقنيات المتاحة للاحتراق
17.....	6.4 أفضل التقنيات المتاحة لمعالجة غاز المداخن
18.....	6.5 تقنيات لإدارة المتبقيات الصلبة
20.....	6.6 أفضل التقنيات المتاحة لمعالجة النفايات السائلة
21.....	6.7 تأثير أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية للملوثات الأخرى
21.....	6.8 المنشآت الجديدة و المُرَمَّاتُ المعدلة بشكل كبير
21.....	6.9 تعديل مُرَمَّاتُ النفايات القائمة
22.....	7. مستويات الأداء المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة
23	المراجع
23	(ii) النفايات الطبية
25	1. مقدمة
25	2. فئات نفايات الرعاية الصحية
Error! Bookmark not defined.	2.1 نفايات الرعاية الصحية المعدية
Error! Bookmark not defined.	2.2 نفايات الرعاية الصحية البيولوجية
Error! Bookmark not defined.	2.3 القطع الحادة
26	3. تقنيات بديلة للمصادر الجديدة والقائمة
Error! Bookmark not defined.	3.1 المصادر الجديدة
Error! Bookmark not defined.	3.2 المصادر القائمة

3.3	تقنيات بديلة.....	Error! Bookmark not defined.
4.	أفضل الممارسات البيئية في إدارة نفايات الرعاية الصحية	31
4.1	التخفيض عند المصدر.....	31
4.2	فرز وفصل النفايات.....	32
4.3	استرجاع المواد وإعادة التدوير.....	32
4.4	تدريب الموظفين.....	32
4.5	عمليات الجمع في موقع توليد النفايات.....	32
4.6	نقل النفايات إلى منطقة التخزين الوسطى.....	32
5.	تقانات تطبيقية لترميد نفايات الرعاية الصحية	32
5.1	وصف العملية.....	33
5.2	تقنيات المعالجة الحرارية.....	34
5.3	تنظيف غازات المداخن.....	36
5.4	معالجة الرماد السفلي و المتطاير ، ومعالجة المياه العادمة.....	36
6.	أفضل التقنيات المتاحة وموجز لأفضل الممارسات البيئية	36
7.	مستويات الأداء المترافقة مع أفضل التقنيات المتاحة	43
	المراجع	Error! Bookmark not defined.
	مصادر أخرى	Error! Bookmark not defined.

قائمة الجداول

القسم V.A (i)

الجدول 1.	النفايات والمتبقيات الصلبة الناتجة عن ترميد النفايات البلدية الصلبة.....	9
الجدول 2.	معدلات تركيز المركبات العضوية في رماد من المنشآت الحديثة.....	Error! Bookmark not defined.
الجدول 3.	تقديرات الإطلاقات من الديوكسين/الفيوران الناتجة عن مُرَمِّدَات النفايات البلدية إلى الأوساط المختلفة.....	10
الجدول 4.	أمثلة على تقنيات التفتيش.....	12
الجدول 5.	أمثلة على تقنيات العزل.....	13

القسم V.A (ii)

الجدول 1.	إرشادات عامة.....	37
الجدول 2.	ترميد نفايات الرعاية الصحية: تقنيات الاحتراق التي تمثل أفضل التقنيات المتاحة.....	38
الجدول 3.	ترميد نفايات الرعاية الصحية: التدابير العامة.....	39
الجدول 4.	ترميد نفايات الرعاية الصحية: التدابير التنظيمية.....	40
الجدول 5.	التدابير الأولية وتحسين العملية للتقليل من انبعاثات الديوكسين/الفيوران.....	Error! Bookmark not defined.
الجدول 6.	التدابير الثانوية.....	Error! Bookmark not defined.

قائمة الرسومات التوضيحية

القسم V.A (i)

- الشكل 1 : مخطط تدفقي مبسط لمرممة..... **Error! Bookmark not defined.**
- الشكل 2. محرقة نموذجية لترميد النفايات البلدية الصلبة..... **Error! Bookmark not defined.**
- الشكل 3. رسم تخطيطي لنظام أفران الإسمنت الدوارة..... **Error! Bookmark not defined.**
- الشكل 4. مثال على مرممة متعددة المواقف لترميد حمأة المجاري..... 8

القسم V.A (ii)

- الشكل 1. الفرز وخيارات المعالجة لنفايات الرعاية الصحية..... 30
- الشكل 2. مخطط تدفقي مبسط للمرممة..... 34

V.A مَرَمَدَاتُ النفايات Waste incinerators

(i) النفايات البلدية الصلبة ، النفايات الخطرة، حمأة المجاري

ملخص

تم تعريف مَرَمَدَاتُ النفايات في اتفاقية استكهولم على أنها ذات قدرة عالية نسبياً على تشكيل و إطلاق إلى البيئة المواد المدرجة في المرفق "جيم" من الاتفاقية.

وتتضمن الأغراض الممكنة من ترميد النفايات خفض الحجم النفايات، واستعادة الطاقة، وتقليل و تحطيم المكونات الخطرة، و تعقيم وإعادة استعمال بعض المتبقيات.

وعند النظر في اقتراحات تشييد مَرَمَدَاتُ جديدة، فينبغي إعطاء الأولوية لاعتبارات البدائل مثل أنشطة التقليل إلى أدنى حد من تولد النفايات ، بما في ذلك استعادة الموارد ، و إعادة الاستخدام، وإعادة التدوير، وفصل النفايات، وتشجيع المنتجات التي تولد نفايات أقل . ويجب أيضاً إعطاء الأولوية إلى المنهجيات التي تحول دون تشكل و انطلاق الملوثات العضوية الثابتة.

يتطلب التصميم و التشغيل الملائم للبيئة لممرمات النفايات استعمال كل من أفضل التقنيات المتاحة و أفضل الممارسات البيئية، (التي تملك بعض نطاقات التشابه) لمنع أو تقليل تشكل و انطلاق المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم".

تتضمن أفضل الممارسات البيئية لترميد النفايات الإجراءات المناسبة خارج الموقع (مثل الإدارة الإجمالية للنفايات واعتبارات الأثر البيئي للموقع) و إجراءات في الموقع (مثل معاينة النفايات ، التداول المناسب للنفايات، تشغيل المَرَمَدَة و التدريب على إدارة وتداول المتبقيات).

تتضمن أفضل التقنيات المتاحة لترميد النفايات الاختيار المناسب لموقع المَرَمَدَة، و مراقبة النفايات الداخلة، تقنيات الاحتراق ، و تدفق الغاز، المتبقيات الصلبة (الرماد المتبقي) ، و المياه العادمة الناتجة عن المعالجة.

لتحقيق أفضل النتائج من أجل حماية البيئة باعتبارها الهدف الأساسي لا بد من تنسيق عملية حرق النفايات في الأنشطة الأولية (على سبيل المثال تقنيات إدارة النفايات) ، و أنشطة المصب (على سبيل المثال المتبقيات الصلبة الناتجة عن ترميد النفايات).

إطلاقات المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم من مَرَمَدَاتُ النفايات الصلبة البلدية مصممة ومشغلة وفقاً لأفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية تحدث بشكل رئيسي الرماد المتطاير ، والرماد السفلي و كعكة مرشح معالجة المياه العادمة . ولذلك فإنه من الأهمية الكبرى لتوفير التصريف الآمن لهذه الأنواع من النفايات ، على سبيل المثال عن طريق التخلص من المعالجة الأولية والنهائية في المدافن المخصصة ، والتي تم تصميمها وتشغيلها وفقاً لأفضل التقنيات المتاحة

مع مزيج مناسب من التدابير الأولية والثانوية ، مستويات تشكل الديوكسين/الفيوران في الانبعاثات في الهواء لا تزيد على 0.1 نانوغرام مكافئ سمي /نظامي متر مكعب (عند 11% أوكسجين) وترتبط بأفضل التقنيات المتاحة. ومن الجدير بالذكر أيضاً أنه في ظل ظروف التشغيل العادية إنَّ تكون الانبعاثات أقل من هذا المستوى يمكن أن يتحقق مع التصميم الجيد لمنشأة ترميد النفايات .

أفضل التقنيات المتاحة لتصريف المياه العادمة من محطات معالجة النفايات السائلة ، واستقبال المياه الناتجة عن أبراج الغسيل و الامتصاص لغازات المدخنة ، يترافق بتراكيز الديوكسين/الفيوران أقل بكثير من 0.1 نانوغرام مكافئ سمي/لتر.

1. مقدمة

تم تعريف مَرَمَدَاتُ النفايات في اتفاقية استكهولم على أنها ذات قدرة عالية نسبياً على تشكيل و إطلاق إلى البيئة المواد المدرجة في المرفق "جيم" من الاتفاقية، وأيضاً يعد الترميد المشترك للنفايات كمصدر من مصادر انبعاث المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم" .

يتناول هذا القسم فقط عملية ترميد النفايات وليس مع غيرها من الحالات التي تعالج فيها النفايات حرارياً، على سبيل المثال عمليات

عند النظر في اقتراحات تشييد مرافق جديدة للتخلص من النفايات، تتصح اتفاقية استكهولم الأطراف لإعطاء الأولوية إلى الاعتبارات

• البدائل مثل الأنشطة المطبقة للتقليل من تولد النفايات البلدية الصلبة ، بما في ذلك استعادة الموارد، إعادة الاستخدام، وإعادة

• السبل التي ستحول دون تشكل وإطلاق المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم"

يمكن الأخذ بعين الاعتبار، اعتبارات إدارة النفايات، التي تم شرحها في القسم (III.C(ii)) من التوجيهات الحالية، و السبل البديلة المذكورة في الفقرة الفرعية 6 أدناه، وذلك كجزء من الاستراتيجيات العامة للتحكم ومنع تشكل النفايات.

2. وصف العملية Process description

يستخدم الترميد كطريقة لمعالجة طائفة واسعة من النفايات. و الترميد بحد ذاته شائع فقط كجزء من نظام معقد لمعالجة النفايات و التي تتكامل جميعها لتشكيل الإدارة العامة لمجموعة واسعة من النفايات التي قد تنشأ في المجتمعات (للنظر في القضايا المشتركة بين القطاعات ذات الصلة لترميم النفايات وإدارة انظر الفرع جيم من هذه المبادئ التوجيهية).

الهدف من ترميد النفايات هو معالجة النفايات لتقليل الحجم و الخطورة، وتجميع (وبالتالي تركيزها) أو تحطيم المواد محتملة الخطورة، و التي ربما تنطلق أثناء عملية الترميد. يمكن أن توفر عمليات الترميد إمكانية استرداد الطاقة، المعادن و المحتويات الكيميائية في النفايات

تضم المحارق مجموعة واسعة من أنواع و أحجام الأفران، إضافة إلى تركيب مجموعات معالجة سابقة و لاحقة لعملية الاحتراق، وهناك أيضاً تداخل كبير ما بين النماذج المختارة لترميم النفايات البلدية الصلبة والنفايات الخطرة وحمأة المجاري.

المحارق عادة ما تكون مصممة للاحتراق بالأكسدة الكاملة وبشكل عام يتراوح معدل الحرارة بين 850 - 1400 درجة مئوية. ويمكن أن يشمل هذا المجال أيضاً درجات الحرارة التي يحدث عندها عمليات التكليس و الانصهار. عمليات التغويز والتحلل الحراري تمثل بدائل المعالجة الحرارية التي تحد من كمية هواء الاحتراق الأولي لتحويل النفايات إلى غاز العملية، و الذي يمكن استخدامه كمادة كيميائية لتغذية العملية أو حرقه بهدف استرداد الطاقة. ومع ذلك، و بالمقارنة مع الترميد، يعتبر تطبيق هذه النظم قليل و سجل صعوبات أثناء التشغيل في بعض المنشآت.

يمكن توصيف منشآت ترميد النفايات كالتالي: تسليم النفايات والتخزين والمعالجة الأولية، و الحرق/استرداد الطاقة، وتنظيف غازات المداخن، وإدارة المتبقيات الصلبة، ومعالجة المياه العادمة من محطات المعالجة. إن طبيعة النفايات المدخلة سيكون لها تأثير كبير على كيفية تصميم كل عنصر و تشغيله.

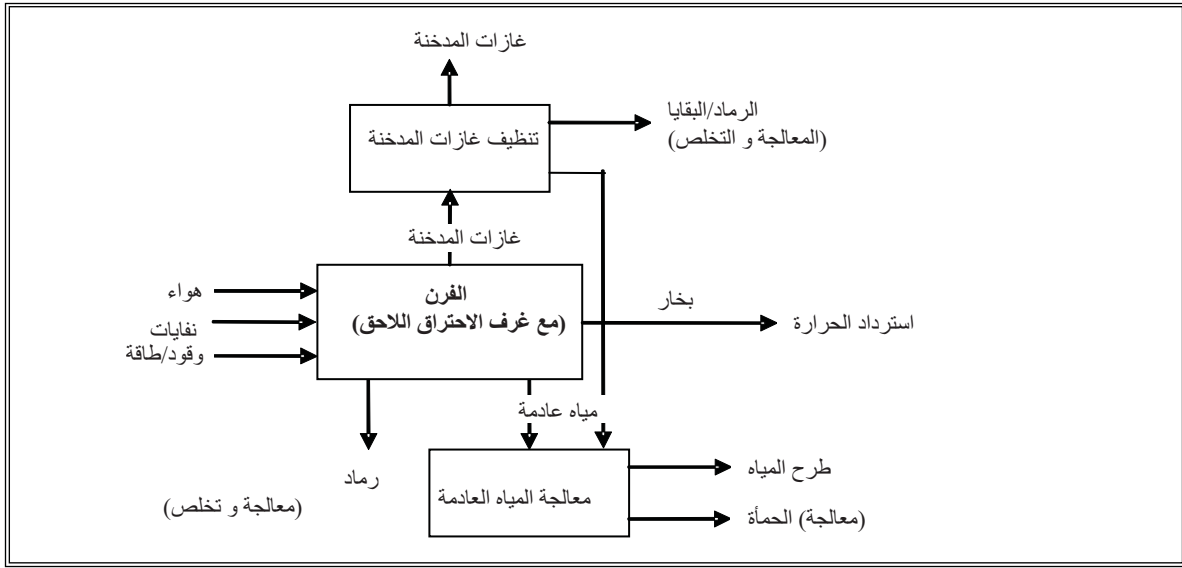
تعتبر النفايات بوجه عام على أنها مادة غير متجانسة بشكل كبير، تتألف أساساً من المواد العضوية، والمواد المعدنية، و المعادن والماء. أثناء الترميد، تتشكل غازات المداخن و التي تحتوي على الحرارة الناتجة عن معظم الطاقة الموجودة في الوقود.

في عمليات الترميد بالأكسدة التامة تكون معظم المكونات الرئيسية لغاز المداخن هي بخار الماء والأزوت و ثاني أكسيد الكربون والأوكسجين. و اعتماداً على مكونات المواد المراد حرقها وظروف التشغيل و نظام تنظيف غازات المداخن المستخدم، تنبعث الغازات الحمضية (أكاسيد الكبريت و أكاسيد الأزوت و كلور الهيدروجين)، و الجسيمات الدقيقة (بما في ذلك المعادن المرتبطة بالجزيئات)، و مجموعة واسعة من المركبات العضوية المتطايرة، فضلاً عن المعادن المتطايرة (مثل الزئبق). وتبين أيضاً أن ترميد النفايات البلدية الصلبة والنفايات الخطرة، يؤدي أيضاً إلى التشكيل والإطلاق غير المتعمد للملوثات العضوية الثابتة (الديوكسين/الفيوران، و ثنائي الفينيل متعدد الكلور و سداسي كلور البنزين). يضاف إلى ذلك أنه لديها القدرة على إطلاق مركبات ثنائي بنزو الديوكسين متعدد البروم (PBDD) وثنائي بنزو الفيوران متعدد البروم (PBDF). و تشكيل هذه المركبات يزداد عادة بشكل كبير في الوحدات التي هي سيئة التصميم أو التشغيل.

اعتماداً على درجات حرارة الاحتراق أثناء المراحل الرئيسية للترميم، تتبخر كلياً أو جزئياً المعادن الطيارة والمركبات اللاعضوية (مثل الأملاح). و تنتقل هذه المواد من النفايات الداخلة في عملية الاحتراق إلى كل من غازات المداخن والرماد المتطاير التي تحتوي عليها. و في هذه الحالة تتشكل الرواسب المعدنية في الرماد المتطاير (الغبار) و في الرماد الصلب الثقيل (الرماد السفلي). و تتغير نسب الرواسب الصلبة المتشكلة بشكل كبير تبعاً لنوع النفايات وتصميم عملية الترميد.

و من الإطلاقات الأخرى هي البقايا الناتجة عن معالجة و تنظيف غازات المدخنة، مثل كعكة المرشح من معالجة المياه العادمة، والأملاح و المواد المنطلقة في مياه الصرف العادمة. الشكل 1 يمثل تبسيط لمخطط تدفقي لمرممة.

الشكل (1) : تبسيط لمخطط تدفقي لمرممة



2.1. ترميد النفايات البلدية الصلبة

بالرغم من أنه في الكثير من المناطق يبقى الطمر هو الأسلوب الرئيسي للتخلص من النفايات البلدية الصلبة، لكن أصبح ترميد النفايات و طمر المتبقيات لاحقاً ممارسة شائعة في الكثير من البلدان الصناعية و المتطورة. (للحصول على اعتبارات التسلسل الهرمي للنفايات و إعادة تدوير النفايات انظر القسم الثالث "جيم" (ثانياً)).

تتطلب توجيهات المفوضية الأوروبية حول مطامر النفايات (EC/31/1999) من الدول الأعضاء إعداد استراتيجيات وطنية لتنفيذ الحد من النفايات القابلة للتحلل الزاهية إلى المطامر. يجب أن تشمل هذه الاستراتيجية التدابير الرامية إلى تحقيق الأهداف عن طريق، على وجه الخصوص، إعادة التدوير و التحويل إلى سماد (كمبوست) و إنتاج الغاز الحيوي أو استعادة الطاقة.

يكون ترميد النفايات عادة مصحوباً باستعادة بعض الطاقة (" نفايات إلى طاقة") على شكل توليد بخار و/أو في توليد الكهرباء. كما يمكن تصميم المرمّات لتستوعب الأشكال المصنعة من النفايات البلدية الصلبة والمعروفة بالوقود المشتق من النفايات، إضافة إلى الحرق المشترك للنفايات مع الوقود الأحفوري. يتراوح حجم وقياس مرمّات النفايات البلدية الصلبة من وحدات ترميد صغيرة تعالج دفعات متقطعة من عدة أطنان في اليوم وحتى الوحدات الضخمة جداً ذات التغذية المستمرة و الاستطاعة اليومية أكثر من ألف طن في اليوم. وتتراوح الكلفة الاستثمارية لمثل هذه المنشآت للوفاء بالمعايير التي يمكن اعتبارها كأفضل التقنيات المتاحة بين عدة ملايين إلى مئات الملايين من الدولارات .

الفوائد الرئيسية من ترميد النفايات هي في تحطيم المواد العضوية (بما فيها المواد السامة)، وتخفيض في حجم النفايات وتراكم النفايات (مثل المعادن الثقيلة) نسبياً إلى كميات قليلة من الرماد، وبالتالي توليد آمن إن أحسن التخلص منها. استرداد الطاقة يمكن اعتباره فائدة إضافية مهمة.

تعدّ مرمّات النفايات البلدية الكبيرة من المرافق الصناعية التي لديها القدرة على أن تكون مصدراً من أهم مصادر تلوث البيئة (انظر القسم 2).

2.1.1 اعتبارات تشغيل مرمّات النفايات البلدية الصلبة

يتم في الكثير من مرمّات النفايات البلدية الصلبة حرق أجزاء أخرى من النفايات مثل النفايات كبيرة الحجم (على سبيل المثال من محطات الفرز)، وحمأة المجاري ، أو الأجزاء ذات القيمة الحرارية العالية من النفايات المعالجة حرارياً (على سبيل المثال من مصانع التقطيع) . يتعين تقييم هذه النفايات بعناية قبل ترميدها للتأكد فيما لو كانت هذه المرمّات مصممة للتعامل مع مثل هذه الأنواع من النفايات (بما في ذلك معالجة غازات المداخن، ومعالجة المتبقيات و مياه الصرف الصناعي) و عما إذا كان يمكن القيام بذلك دون وقوع ضرر على صحة الإنسان و البيئة. و من بعض المؤشرات الهامة هي محتوى الكلور و البروم، ومحتوى الألمنيوم، ومحتوى المعادن الثقيلة ، و القيمة الحرارية و السلوك أثناء الاحتراق. قد يؤدي ارتفاع تركيز البروم في النفايات إلى تشكيل مركبات بروميدية مثل polybrominated dibenzo-p-dioxins (PBDD) و (polybrominated dibenzofurans PBDF). إن إهمال محددات منشأة الترميد سيؤدي إلى مشاكل تشغيلية (على سبيل المثال التوقفات المتكررة بهدف تنظيف الفتحات أو المبادلات الحرارية) أو في سوء الأداء البيئي (مثل انبعاثات عالية إلى المياه، و الارتشاحية العالية للملوثات من الرماد المتطاير).

يمثل الشكل رقم 2 رسم تخطيطي لمرمّات كبيرة الحجم لترميد النفايات البلدية

2.1.2 التوصيل و التخزين و المعالجة الأولية للنفايات البلدية الصلبة

يمكن توصيل النفايات إلى المُرّمَدات بواسطة الشاحنات بواسطة المراكب أو السكك الحديدية. يمكن لإعادة التدوير أو برامج فصل النفايات من المصدر أو معوقات تسليم النفايات أن تؤثر بشكل كبير على كفاءة العملية. فإزالة الزجاج و المعادن قبل الترميد سوف يزيد من القيمة الطاقية في واحدة النفايات. ومع ذلك ، في بعض مصانع المعادن يتم فصل الرماد المتبقي في الأسفل الناتج عن عملية الترميد . إعادة تدوير الورق و الورق المقوى و البلاستيك سوف يقلل من القيمة الطاقية للنفايات ولكنها سوف يقلل من الكلور المتاح. سوف يقلل فصل النفايات كبيرة الحجم من الحاجة إلى إزالة أو تقطيع النفايات في الموقع.

بالإضافة إلى فصل النفايات، فإن المعالجة الأولية للنفايات البلدية الصلبة التي ستحرق بالكتلة يمكن أن يشمل التكسير و التقطيع لتسهيل المناولة و مجانسة النفايات. عادة ما تغطي مستودعات التخزين (قبو) لحمايتها من الرطوبة الإضافية و عادة ما تكون المنشأة مصممة لسحب هواء الاحتراق عبر مستودعات التخزين للحد من الروائح الكريهة.

الشكل (2): مرمدة النفايات البلدية الصلبة النموذجية



المصدر: المفوضية الأوروبية (European Commission 2006)

2.1.3 تصميم مُرّمَدات النفايات البلدية الصلبة

يمكن ترميد النفايات البلدية الصلبة في أنظمة احتراق بما في ذلك المنصب المتحرك، و الفرن الدوار ، و السرير المميع. في الولايات المتحدة الأمريكية وفي اسيا نماذج المُرّمَدات التي تقوم بحرق النفايات بدون عمليات تحضير أولية ما تزال مستخدمة. يتطلب ترميد النفايات باستخدام تكنولوجيا السرير المميع أو المتحرك أن تكون النفايات ذات حجم معينة – وهذا عادة يتطلب معالجة أولية واختيار معين للنفايات. تكون استطاعة مُرّمَدات النفايات الصلبة البلدية النموذجية عادة ما بين 90 إلى 2700 طن من النفايات البلدية الصلبة في اليوم (وحدات النموذج: 4 إلى 270 طن في اليوم) .

هناك بعض العمليات التي أحدثت وتم تطويرها في المُرّمَدات للفصل بين المراحل : التجفيف، والتطاير، والانحلال الحراري ، والكربنة و الأكسدة للنفايات. كما يمكن تطبيق التغويز باستخدام عوامل تغويز مثل البخار، والهواء، وأكاسيد الكربون أو الأوكسجين. الهدف من هذه العمليات هو تخفيف تدفق غازات المداخن و ما يرتبط بها من تكاليف معالجة غازات المداخن. الكثير من هذه التطويرات واجهت مشاكل تقنية و اقتصادية عند الوصول إلى مستوى الأحجام التجارية و الصناعية ، وبالتالي لم تعد متابعتها. و يستخدم البعض على أساس تجاري (على سبيل المثال اليابان) و البعض الآخر موجودة يجري اختبارها في جميع أنحاء أوروبا، ولكن لا تزال لديها حصة صغيرة من القدرة على المعالجة بالمقارنة مع الترميد

2.2 ترميد النفايات الخطرة

إنّ الترميد و الأشكال الأخرى من المعالجة الحرارية تمثل أيضاً خيارات لمعالجة النفايات الخطرة. تتميز النفايات الخطرة عن غيرها من النفايات وذلك بإدراجها ضمن قائمة النفايات الخاضعة للتشريعات و الأنظمة أو بإظهارها لصفات الخطورة. ففي الولايات المتحدة، على سبيل المثال، قد تعتبر النفاية خطيرة إذا أظهرت أنها قابلة للاشتعال، مخرشة، نشيطة ، أو سامة. مزج النفايات الخطرة مع نفايات أخرى يمكن أيضاً اعتباره خطراً.

بسبب إمكانية الخطورة العالية عند التعامل مع هذه النفايات و الشك المترافق غالباً مع مكوناتها، فمن المطلوب وجود إجراءات خاصة لنقلها و التعامل معها وتخزينها. وقد يكون ضرورياً أيضاً وجود تعامل خاص مع أي فضلات متبقية بعد المعالجة.

ومن أكثر التقنيات شيوعاً في ترميد النفايات الخطرة هي تقنية الفرن الدوار. ويتراوح حجم منشآت الترميد التجارية من 82 إلى 270 طن في اليوم (European Commission 2006). بعض الأنواع المعينة من النفايات الخطرة، خاصة المذيبات المستهلكة، يتم أيضاً حرقها كوقود في أفران الإسمنت. وهذا القسم الأخير تم تغطيته في القسم V.B من المبادئ التوجيهية الحالية .

وكما هو الحال في ترميد النفايات البلدية الصلبة، فإن ترميد النفايات الخطرة له الفوائد نفسها من حيث تدمير المركبات العضوية (بما فيها المواد السامة) وتخفيض حجم وتركيز الملوثات إلى كميات قليلة من الرماد وقل تواتراً، و استرجاع الطاقة.

تعد مُرَمِّداتُ النفايات الخطرة لديها القدرة على أن تكون مصدر من أهم مصادر تلوث البيئة (انظر القسم 2).

يجري ترميد النفايات الخطرة عادة في نوعين من المنشآت:

- النوع الأول المنشآت التجارية، والتي تزود خدمات معالجة النفايات خارج الموقع و على نطاق تجاري وتكون هذه المُرَمِّداتُ قادرة على التعامل مع أنواع متعددة من النفايات¹

- النوع الثاني و هو النوع المخصص الذي تملكه الشركة لترميد النفايات، وعادة ماتكون موجودة في المنشآت الصناعية الكبيرة وتعالج تيارات النفايات المتولدة في الموقع، على سبيل المثال المُرَمِّداتُ في منشآت التصنيع الكيميائي والتي تعالج النفايات المكثورة لاسترجاع كلور الهيدروجين (HCl).

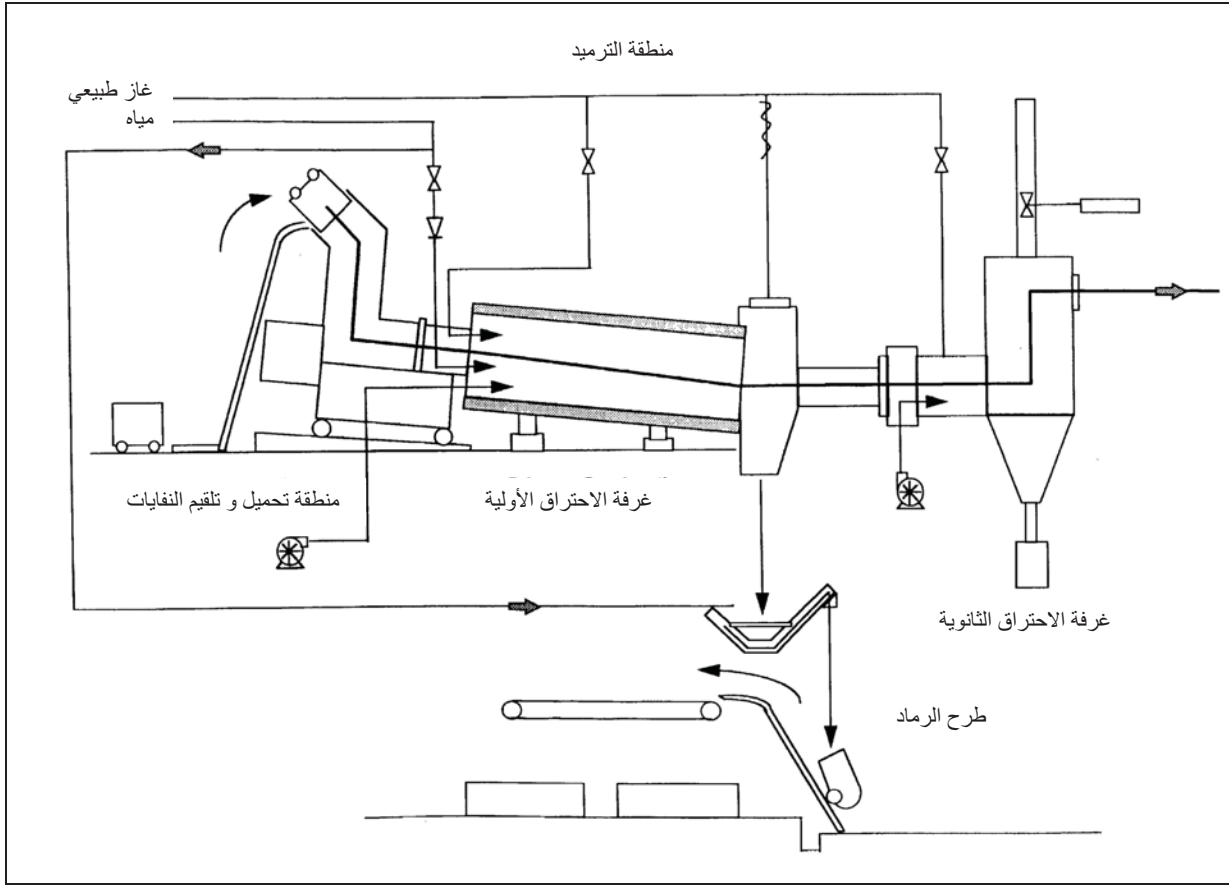
تعد المتبقيات الصلبة الناجمة من مُرَمِّداتُ النفايات الخطرة مماثلة لتلك التي تنتج عن مُرَمِّداتُ النفايات البلدية الصلبة باستثناء الخبث الناتج عن مُرَمِّداتُ الأفران الدوارة.

2.2.1 تصميم و تشغيل مُرَمِّداتُ النفايات الخطرة

تُعدُّ المُرَمِّداتُ ذات الأفران الدوارة الأكثر شيوعاً لترميد النفايات الخطرة (الشكل 3) ، ولكن المُرَمِّداتُ ذات المنصب المتحرك (بما فيها الحرق المشترك للنفايات) تستخدم أحياناً للنفايات الصلبة ، و المُرَمِّداتُ ذات السرير المميع لبعض المعالجة مُسبقاً . هناك تطبيق واسع للأفران الثابتة في المواقع في مصانع التصنيع الكيميائي.

¹ يجب هنا لحظ متطلبات اتفاقية بازل حول الحركة عبر الحدود للنفايات الخطرة و التخلص منها و ذلك بما يخص شحن النفايات الخطرة

الشكل 3 رسم تخطيطي لنظام الترميد بالأفران الدوارة



نظراً للخطورة (وغالباً غير معروفة) وتركيب تيار النفايات غير معروف، فهناك تأكيد على مواصفات قبول المواد وتخزينها و التعامل معها و المعالجة المسبقة أكثر مما هو مطلوب للنفايات البلدية الصلبة. وللنفايات ذات القيمة الطاقية المنخفضة، قد يتطلب الأمر استخدام أنواع وقود مساعدة.

في الأفران الدوارة يتم إدخال النفايات الصلبة و الحمأة و السائلة و القابلة للذخ إلى النهاية العلوية من الفرن المائل. تتراوح عادة درجات الحرارة في الفرن ما بين 850 درجة مئوية (500 درجة مئوية عند استخدام غازات الاحتراق) و 1450 درجة مئوية (كدرجة حرارة صهر رماد الفرن). تسمح الحركة الدورانية البطيئة للفرن ب زمن بقاء للنفايات بين 30 إلى 90 دقيقة. و يمكن اعتبار درجات الحرارة بين 800-1000 درجة مئوية كافية لتحطيم النفايات الخطرة غير الهالوجينية (الكلورية). بينما تعتبر درجات الحرارة ما بين 1100 إلى 1200 درجة مئوية كافية لتحطيم النفايات الهالوجينية (الكلورية) الخطرة (أي الديوكسينات/الفيورونات/ وثنائي الفينيل متعدد الكلور و سداسي كلور البنزن)

وتعمل غرفة الاحتراق الثانوية التي تلي الفرن الدوار إلى أكسدة غازات الاحتراق. ويمكن حقن النفايات السائلة أو الوقود المساعد مع هواء الاحتراق الثانوي للحفاظ على زمن بقاء للغازات 2 ثانية ودرجة حرارة ضمن المجال 850 درجة مئوية إلى 1100 درجة مئوية. للتحطيم الفعال لأي بقايا من المركبات العضوية. (متطلبات الاحتراق منصوص عنها على سبيل المثال في توجيهات الاتحاد الأوروبي EC/76/2007 بشأن ترميد النفايات).

يمكن ترميد النفايات الخطرة في أفران الإسمنت. وهذا التطبيق متناول في القسم الخامس (V.B) من المبادئ التوجيهية الحالية.

2.2.2 التوصيل والتخزين والمعالجة الأولية للنفايات الخطرة

قبل قبول نفايات خطرة للمعالجة، يجب تقييم وتصنيف المواد المكونة للنفايات. بالتوثيق من قبل المنتج للنفايات هو شيء مطلوب بشكل روتيني. بما في ذلك منشأ النفايات، ورمزها أو أية تخصيصات أخرى، وتعريف الأشخاص المسؤولين عن وجود مواد خطرة معينة. ويجب أيضاً تغليف النفايات بشكل جيد لمنع إمكانية حدوث التفاعل أثناء النقل.

يعتمد التخزين في موقع المرمة على طبيعة و الخواص الفيزيائية للنفايات. فالنفايات الخطرة الصلبة يجري تخزينها عادة في مستودعات مشيدة بحيث تمنع التسريب و مغلقة بشكل يسمح بسحب الهواء منها و استخدامه في عملية الاحتراق. والنفايات السائلة تخزن في حاويات، وغالباً تحت غطاء من الغاز الخامل وغير الفعال (مثل غاز الأزوت)، ويتم نقلها إلى المرمدات بواسطة الأنابيب.

وقد تتضمن عمليات المعالجة المسبقة للنفايات: تعديلها، ونضح الماء منها أو تصليدها . كما يمكن أن تستخدم عمليات التقطيع و المزج الميكانيكي لمعالجة الحاويات أو لمزج النفايات من أجل تحقيق احتراق فعال.

2.3 ترميد حمأة المجاري

يجري التخلص من حمأة المجاري بواسطة عدد من الطرائق ، بما في ذلك التطبيق على الأراضي الزراعية بعد المعالجة الأولية ، التخلص منها بالفرش على المسطحات (على سبيل المثال المناظر الطبيعية)،الترميد، التخلص المشترك مع النفايات البلدية الصلبة و الترميد المشترك . يجري ممارسة ترميد حمأة المجاري في عدة بلدان، إما لوحدها أو يجري ترميدها بشكل مشترك مع النفايات البلدية الصلبة في محطات حرق أخرى (مثال محطات توليد الطاقة العاملة على حرق الفحم، أفران الإسمنت). يعتمد التخلص الفعال من حمأة المجاري بهذه الطريقة بعدة عوامل. وتتضمن هذه العوامل فيما إذا تم مزجها مع تيارات من النفايات الصناعية (التي ستزيد من حمولتها من المعادن الثقيلة) ، المنطقة (المناطق الساحلية يمكن أن تؤدي إلى تداخل المياه المالحة)، المعالجة الأولية (أو عدم وجودها)، و الطقس (التمديد بمياه المطر)(المفوضية الأوروبية 2006)

يقدم ترميد حمأة المجاري بعض الاختلافات عن ترميد النفايات البلدية الصلبة و النفايات الخطرة. إن تباين محتوى الرطوبة و القيمة الحرارية وإمكانية المزج مع النفايات الأخرى (مثلا النفايات الصناعية إذا كانت أنظمة الصرف الصحي مترابطة) تتطلب اعتبارات خاصة في التداول و المعالجة الأولية.

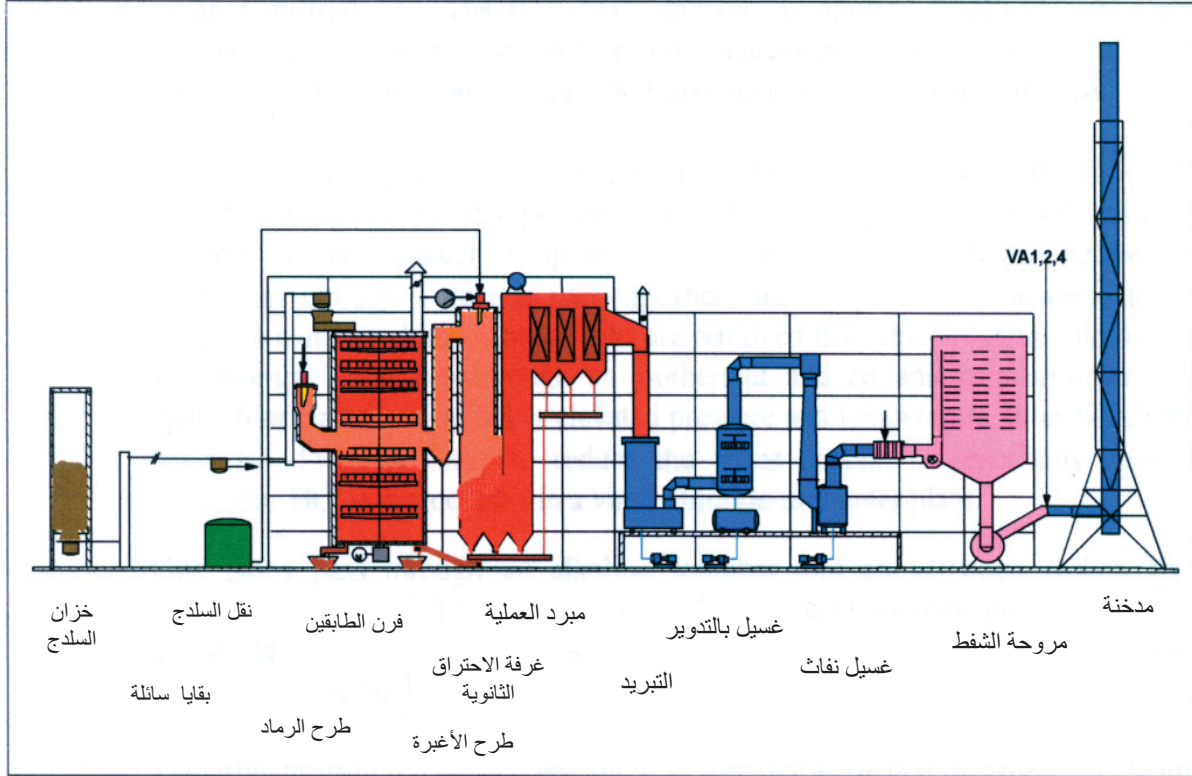
المعالجة الأولية ، وخاصة نزع الماء والتجفيف ، هي هامة على الأخص في تحضير الحمأة للحرق في المُرْمَدَة. يخفف التجفيف حجم الحمأة و يزيد من طاقتها الحرارية. إزالة الرطوبة حتى 35% على الأقل من المادة الصلبة الجافة هو مطلوب عادةً لتأمين الطاقة الحرارية الضرورية لعملية الترميد ذاتية الحرارة. قد يكون من الضروري تجفيف الحمأة أكثر من ذلك إذا كانت ستحرق بشكل مشترك مع النفايات البلدية الصلبة.

كما هو الحال في مُرْمَدَاتِ النفايات البلدية الصلبة و مُرْمَدَاتِ النفايات الخطرة، الملوثات و المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم" و المركبات المماثلة لها المتوفرة في مُدْخَلَاتِ مُرْمَدَاتِ حمأة المجاري تؤدي إلى تكوين و انطلاق هذه المواد إلى الهواء و الماء و المتبقيات /النفايات (انظر القسم 2).المخلفات الصلبة الناتجة عن ترميد حمأة المجاري و التي هي بشكل رئيسي الرماد المتطاير ، و الرماد السفلي (من مُرْمَدَاتِ السرير المتحرك) و المخلفات الناجمة عن معالجة غازات المداخن (انظر وصف ترميد النفايات البلدية الصلبة).

2.3.1 البدائل لترميد النفايات البلدية الصلبة و النفايات الخطرة و حمأة المجاري

المُرْمَدَة النموذجية لحمأة المجاري قد تعالج حتى 80,000 طن من الحمأة في السنة (35% المواد الصلبة الجافة) . تقنيات الترميد المختارة لترميد حمأة المجاري هي أنظمة الأفران متعددة المواقف (الشكل 4) و أفران السرير المتحرك ، أيضاً الأفران الدوارة تستخدم في تطبيقات مشابهة.

الشكل 4. مثال حول مُرَمِّدات حمأة المجاري ذات المواعِد المتعددة



المصدر المفوضية الأوروبية 2006

بالاعتماد على نسبة المواد الصلبة الجافة (جفاف)، كوقود مساعد، عادة يتم تزويد زيت التدفئة و الغاز الطبيعي. درجات حرارة التشغيل المفضلة هي بحدود 850 درجة مئوية – 950 درجة مئوية مع زمن بقاء 2 ثانية ، أيضاً بعض المُرَمِّدات ذات السرير المتحرك قادرة على العمل في درجات حرارة أقل تصل إلى 820 درجة مئوية. التشغيل عند درجة حرارة تساوي أو أعلى من 980 درجة مئوية يمكن أن يؤدي إلى الرماد إلى الصمامات (المفوضية الأوروبية 2006).

يتم الترميد المشترك لحمأة المجاري و النفايات البلدية الصلبة في المُرَمِّدات ذات السرير المتحرك و حرق الكتلة (الشبك). في الحالة الأخيرة ، النسبة 1 : 3 (حمأة إلى النفايات) هي نسبة نموذجية ، مع حمأة مجففة تقدم إلى غرفة الترميد كخيار أو حمأة مرشحة إلى المقضب عبر المرشحة . في بعض الحالات، الحمأة المرشحة أو المجففة ربما تمزج مع النفايات البلدية الصلبة في مستوعب أو قادوس قبل شحنها إلى المُرَمِّد. أساليب التغذية تمثل نسبة كبيرة من الاستثمارات الإضافية رأس المال المطلوب للحرق المشترك.

2.3.2 المعالجة التحضيرية لحمأة المجاري

قد تحصل بعض المعالجة المسبقة على الحمأة قبل تسليمها إلى منشأة الترميد. وقد تتضمن تلك المعالجات الغرلة، وعمليات الهضم الهوائي و اللاهوائي ، وإضافة بعض المواد الكيميائية للمعالجة.

تخفض العمليات الفيزيائية لنزع الماء من الحمأة حجم الحمأة وترفع من قيمتها الحرارية. وتتضمن العمليات الميكانيكية لنزع الماء من الحمأة: أواني تصفية و طرد مركزي، ومرشحات السيور و غرف المرشحات الضاغطة. التكييف (على سبيل المثال حشوات عاملة) وغالباً ما تضاف قبل عمليات نزع الماء لتسهيل عمليات الغرلة . يمكن أن تحقق عملية نزع المياه بطريقة ميكانيكية حوالي 20-35% من المادة الصلبة (European Commission 2006)

تستخدم عمليات التجفيف الحرارة لمتابعة نزع المياه وتلطيف الحمأة. ويتم غالباً توفير الحرارة اللازمة لتجفيف الحمأة من منشأة الترميد بواسطة عملية الترميد نفسها. يمكن أن تكون عمليات التجفيف مباشرة (تماس الحمأة مع الحامل مباشرة) أو بشكل غير مباشر (على سبيل المثال تزويد الحرارة بواسطة منشأة توليد البخار). في عمليات التجفيف المباشر يجب تنظيف البخار و المزيج الغازي لاحقاً.

يتطلب الترميد بالاحتراق الحراري الذاتي للحمأة أن تحتوي الحمأة على 35% من المادة الجافة على الأقل. بالرغم من أن العمليات الميكانيكية لنزع الماء يمكن أن تحقق هذا الحد ، يمكن أن يستخدم التجفيف الإضافي للحمأة حتى يصل محتواها 80-95% من المادة الجافة وذلك بهدف زيادة قيمتها الحرارية. تتطلب عادة عمليات الحرق المشترك للحمأة مع النفايات البلدية الصلبة أن تجري عمليات تجفيف إضافية للحمأة.

3. مصادر تشكل المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم"

آليات تشكيل للمواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم لاتفاقية استكهولم الرجوع إلى الفرع الثالث جيم (III.C (i)) من هذه المبادئ

المتبقيات الصلبة من ترميد النفايات البلدية الصلبة هي أساسا الرماد السفلي، ورماد المراحل والرماد المتطاير. المتبقيات الصلبة، من

بالإضافة إلى المتبقيات التي تنشأ من معالجة غاز المداخن والتي تظهر خصائص مختلفة اعتمادا على الأنظمة (الجافة وشبه الرطبة ،

خيارات لمعالجة متبقيات التلميع الجوية تعتمد على استخدام الكربون الممتز (الكربون المنشط، وفحم الكوك ، والجير ، وبيكربونات

تُصنّف في العديد من البلدان النفايات المتولدة من منشآت ترميد النفايات كنفايات خطرة ، مع استثناء الجبسوم الناتج عن إزالة الكبريت

الجدول (1): النفايات و المتبقيات الصلبة الناتجة عن ترميد النفايات البلدية الصلبة

نوع النفاية	الكتلة النوعية، جاف (كغ/طن من النفايات)
الخبث/الرماد (متضمناً الناتج عن المنصب/الغريال في الموقد)	200-350
الغبار الناتج عن عمليات نزع الأغبرة من المرجل	20-40
المتبقيات من أجهزة تنظيف الغاز بدون فلتر الغبار	
الامتصاص الرطب *	8-15
الامتصاص شبه الرطب	15-35
الامتصاص الجاف	7-45
المتبقيات من أجهزة تنظيف الغاز مع فلتر الغبار :	
الامتصاص الرطب	30-50
الامتصاص شبه الرطب	40-65
الامتصاص الجاف	32-80
الفحم المنشط المشبع بالمواد	0.5-1

* بقايا الامتصاص الرطب تمتلك جفاف نوعي (مثلاً: 40 – 50% مواد صلبة جافة) (74, TWG Comments, 2004)
المصدر : وكالة البيئة الاتحادية الألمانية (Umweltbundesamt Deutschland 2001).

يبين الجدول 2 التراكيز النموذجية للمركبات العضوية في الرماد من منشآت ترميد النفايات الحديثة.

الجدول (2): مجالات تركيز المركبات العضوية في الرماد من المنشآت الحديثة

المركب	الرماد السفلي (نانوغرام/كيلوغرام)	رماد المراحل (نانوغرام/كيلوغرام)	الرماد المتطاير (نانوغرام/كيلوغرام)
الديوكسينات/الفيورانات PCDD/PCDF (I-TEQ)	< 1-10	20-500	200-10,000
خماسي كلور البنزن PCB	< 0.005-0.05	0.004-0.05	10,000-250,000
مركبات البنزن متعدد الكلور PCBz	< 0.002-0.05	200,000-1,000,000	100,000-4,000,000
مركبات الفينول متعدد الكلور PCPh	< 0.002-0.05	20,000-500,000	50,000-10,000,000
الهيدروكربونات الحلقية العطرية PAH	< 0.005-0.01	10,000-300,000	50,000-2,000,000

المصدر: المفوضية الأوروبية (European Commission 2006)

تعتمد الانبعاثات إلى الهواء من منشآت ترميد النفايات إلى حد كبير على ظروف الاحتراق وتصميم وظروف التشغيل لأنظمة الديوكسين/الفيوران من منشآت ترميد النفايات الحديثة باستخدام أفضل التقنيات المتاحة بين كغ ؛ (انظر Stubenvoll، Böhmer وآخرون 2002). 0.05-0.0008

انبعاثات الديوكسين/الفيوران في الماء تحدث فقط حيث يتم تطبيق أنظمة المعالجة الرطبة لغازات المداخن. محطات معالجة مياه

(

التركيزات النموذجية للديوكسين/الفيوران وجدت في النفايات نفسها وتفيد التقارير أن تكون في حدود 250-50 نانوغرام مكافئ

يعطي الجدول 3 تقدير انبعاثات الديوكسين/الفيوران مكافئ سمية دولي (I-TEQ) إلى الأوساط المختلفة استنادا إلى معايير نموذجية

.)

الجدول (3): تقديرات الإطلاقات من الديوكسين/الفيوران في الأوساط المختلفة من مرّمات النفايات البلدية

الوسيط	التراكم في كل طن من النفايات المعالجة	الوحدة	متوسط التركيز	الوحدة	الإطلاق النوعي نانو غرام مكافئ سمية دولي/طن نفايات
الرماد السفلي	220	كغ	46	نانو غرام مكافئ سمية دولي/كغ	10.12
الرماد المتطاير	20	كغ	2,950	نانو غرام مكافئ سمية دولي/كغ	59
كعكة المرشح	1	كغ	4,000	نانو غرام مكافئ سمية دولي/كغ	4
المياه العادمة	450	لتر	0.3	نانو غرام مكافئ سمية دولي/لتر	0.135
الهواء	5,000	م ³ نظامي	0.02	نانو غرام مكافئ سمية دولي/م ³ نظامي	0.1
إجمالي الإطلاقات					73.355

المصدر: المفوضية الأوروبية 2006 (European Commission 2006) و (Stubenvoll, Böhmer et al. 2002)

من البيانات الواردة في الجدول رقم 3 يصبح واضحاً أنّ الديوكسين والفيوران يصدران بشكل رئيسي من ترميد النفايات الصلبة.

شريطة أن يكون المحتوى الكلي ومعدل تسرب للملوثات العضوية الثابتة من الرماد وغيرها من النفايات من ترميد النفايات منخفضة

4. بدائل ترميد النفايات البلدية الصلبة و النفايات الخطرة وحماة المجاري

كلمحة عامة عن اعتبارات إدارة النفايات انظر القسم (III.C (ii) من هذه المبادئ التوجيهية. بالإضافة إلى حث الأطراف على إعطاء الأولوية لنهج تشجيع إعادة تدوير واسترجاع النفايات والتقليل من توليد النفايات ، تشدد اتفاقية استكهولم على أهمية النظر في خيارات بديلة للتخلص و المعالجة والتي تجنب إطلاق المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم" . على سبيل المثال من هذه البدائل ، بما في ذلك التكنولوجيات الناشئة ، وفيما يلي قائمة

من أجل النفايات البلدية ، البدائل الممكنة للترميز هي:

- (Zero waste) استراتيجيات إدارة النفايات التي تؤدي إلى عدم تولد النفايات، والتي تهدف إلى التخلص من تولد النفايات من خلال تطبيق تدابير متنوعة بما في ذلك أدوات تشريعية و اقتصادية؛
- تقليل النفايات ، الفصل من المصدر و إعادة التدوير بهدف تخفيض الحجم النهائي المطلوب التخلص منه؛
- التحويل إلى سماد (كومبوست) ، الذي يقلل حجم النفايات بالتحلل البيولوجي؛
- المعالجة الميكانيكية البيولوجية، التي تقلل حجم النفايات بالوسائل الميكانيكية و البيولوجية وتولد بقايا تحتاج إلى معالجة لاحقة؛
- الصهر بالحرارة العالية، والتي تستخدم الوسائل الحرارية لخفض حجم النفايات وتغليف البقايا التي تكون بحاجة إلى معالجة لاحقة؛
- المطامر الهندسية الخاصة، والتي تتسع وتفرض النفايات(تتضمن العزل الفعال و الحرق لغاز الميثان المتشكل مع استعادة للطاقة أو على الأقل إذا كانت التقنيات الأخيرة غير مطبقة)

ومن أجل النفايات الخطرة، البدائل الممكنة للترميز هي:

- التقليل من النفايات إلى الحد الأدنى، و الفرز من المصدر والتخلص النهائي بواسطة تقنيات أخرى إلى المطامر المناسبة؛
- من أجل النفايات الحاوية على الملوثات العضوية الثابتة (POPs) فالبدائل الممكنة للترميز مدرجة في الدلائل الفنية لاتفاقية بازل (اتفاقية بازل، الدلائل الفنية الخاصة بالإدارة السليمة بيئياً للنفايات الحاوية أو الملوثة بالملوثات العضوية الثابتة (POPs)؛ 2005)
- الإرجاع الكيميائي في الطور الغازي
- التفكيك الوسيط بالقلويات؛
- الإرجاع بالصوديوم؛
- الأكسدة المائية فوق الحرجة؛

ومن أجل حماة المجاري غير الملوثة، فبدائل الترميد الممكنة هي التخلص منها بالردم في المطامر أو فرشها على الأراضي، التي تمنع تشكل المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم" . علماً أنه يجب الانتباه إلى أنه في حال وجود أي من الملوثات العضوية الثابتة في الحمأة، فإنها تنتسب إلى البيئة عبر هذه الطريقة. من أجل تطبيق طريقة الفرش فوق يجب جمع الحمأة غير الملوثة بشكل منفصل.

هناك حاجة إلى عمل إضافي من قبل المجتمع الدولي إلى اختبار و التأكد من صحة هذه التقنيات المدرجة أعلاه. أيضاً هناك حاجة إلى التشجيع لاختراعات إضافية في هذا الحقل الهام.

5. أفضل الممارسات البيئية لترميز النفايات

تعد كل من الصيانة الجيدة للمنشأة، و المشغلون المؤهلون جيداً، و إعلام العامة، و الانتباه المتواصل للعملية عوامل هامة في التقليل إلى أدنى حد من تشكيل و انطلاق المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم" من ترميد النفايات. إضافة إلى ذلك، الاستراتيجيات

وتجدر الإشارة هنا إلى أنه يرجع إلى عدم وضوح تعريف ما يشكل أفضل الممارسات البيئية هناك بعض التداخل بين وصف لأفضل الممارسات البيئية وأفضل التقنيات المتاحة. بعض الممارسات المذكورة في هذا البند الفرعي بشأن أفضل الممارسات البيئية ويمكن أيضا أن يكون شرطا أساسيا لتشغيل المصنع باستخدام أفضل التقنيات المتاحة

في هذا القسم الفرعي أفضل الممارسات البيئية لتشغيل أحد أجهزة حرق النفايات موصوفة. الممارسات ذات الصلة التي ينبغي تطبيقها قبل وصول النفايات إلى منشآت الترميد موصوفة في أماكن أخرى في هذه الوثيقة (انظر على سبيل المثال الجزء الثالث جيم للاعتبارات المتقاطعة عدة قطاعات).

5.1 ممارسات إدارة النفايات Waste management practices

اعتبارات إدارة النفايات، التي تم وصفها في القسم (III.C) الفقرة الفرعية الثانية من التوجيهات الحالية، و الطرق و البدائل الموصوفة في الجزء من القسم 6 أذناه، يجب أن تأخذ بالحسبان كجزء للوقاية من النفايات ككل و استراتيجيات المراقبة.

5.1.1 تقليل النفايات Waste minimization

إن خفض الحجم الكلي للنفايات المتولدة والتي يجب التخلص منها بواسطة أي أسلوب يؤدي أيضا إلى خفض الإطلاقات و البقايا من المُرَمَدَات. تحويل النفايات القابلة للتفكك البيولوجي إلى عمليات التحويل إلى سماد (كومبوست) و المبادرات لخفض كميات المواد المستخدمة في التغليف و التي تدخل إلى تيار النفايات يمكن أن تؤثر بشكل كبير على حجم النفايات. تتجه مسؤولية تقليل النفايات على نطاق ثانوي بالمشغل في منشأة ترميد النفايات. ومع ذلك، التنسيق و الانسجام في النشاطات المتعلقة على مختلف المستويات (مثال: المشغل، و المحلي، الإقليمي أو المستوى الوطني) مهمة بشكل رئيسي للحفاظ على بيئة سليمة

5.1.2 الفصل عند المصدر و إعادة التدوير Source separation and recycling

إن الفصل و التصنيف المركزي أو الجانبي للمواد القابلة للتدوير (على سبيل المثال: الألمنيوم، و المعادن الأخرى، و الزجاج، و الورق، و البلاستيك القابل للتدوير، و نفايات البناء و الهدم) أيضا يخفض من حجم النفايات، و يحافظ على الموارد الثمينة و يزيل بعض المواد غير القابلة للاحتراق. مسؤولية تنفيذ هذه النشاطات يجب أن تتم بالتنسيق بين كافة المستويات ذات الصلة.

5.1.3 التفتيش و توصيف النفايات Waste inspection and characterization

من الضروري وجود معرفة جيدة بخواص النفايات الواردة ومواصفاتها. قد تختلف خواص تيارات نفايات معينة من بلد إلى بلد ومن إقليم إلى إقليم. إذا اعتبرت بعض أنواع النفايات أو بعض مكونات النفايات غير ملائمة للترميد، فيجب على الإجراء المطبق أن يكون قادر على كشف هذه المواد غير الملائمة للترميد في تيار النفايات أو البقايا الواردة. بالتالي يجب إجراء عمليات الفحص و جمع العينات و التحليل. وهذه الإجراءات هي أمر حقيقي في حالة النفايات الخطرة كما أن بيانات الشحنة و محولات التدقيق و المراجعة هي أدوات هامة و من الضروري الحفاظ عليها و تحديث البيانات.. الجدول رقم 4. يوضح بعض التقنيات التي يمكن تطبيقها على أنواع مختلفة من النفايات

الجدول (4): أمثلة عن فحص و توصيف النفايات

نوع النفايات	التقنيات	الملاحظات
مزيج من النفايات البلدية	الفحص البصري في الحاويات الفحص العشوائي لبعض الشحنات بتفريغها لوحدها وفحصها وزن النفايات كما وردت الفحص عن النشاط الإشعاعي	النفايات الصناعية والتجارية قد تحتوي على خطورة عالية
النفايات البلدية المعالجة مُسبَقاً و الوقود المُسْتَقَّ من النفايات	الفحص البصري الجمع الدوري للعينات و تحليلها لبعض الخواص الأساسية أو لبعض المواد في مكوناتها	

<p>الإجراءات المُكثِّفة و الفعالة هي هامة بشكل خاص لهذا القطاع. المُنشآت التي تستقبل نوع واحد من النفايات الخطرة ربما قادرة على إتباع إجراءات أكثر بساطة</p>	<p>الفحص البصري جمع و تحليل عينات من جميع الحاويات الفحص العشوائي لحمولات النفايات المُعبأة في البراميل نزع التغليف و فحص حمولات النفايات المغلفة تقدير مُعاملات الاحتراق اختبارات المزج للنفايات السائلة قبل تخزينها مع بعضها التحكم بنقطة الوميض للنفايات التي ستخزن في المستودعات فحص النفايات الواردة من حيث عناصرها ، على سبيل المثال بواسطة مطيافية الفلورة بالأشعة السينية ذات الطاقة المنتشرة *EDXRF</p>	<p>النفايات الخطرة</p>
	<p>الجمع الدوري للعينات و تحليلها لبعض الخواص المفتاحية أو لبعض المواد في مكوناتها البحث عن الأحجار و المعادن في الحمأة وفصلها قبل مرحلة تجفيف الحمأة ضبط العملية بحيث يُمكنها التكيُّف مع التغييرات في نوعية الحمأة</p>	<p>حمأة المجاري</p>

EDXRF: energy dispersive X-ray fluorescence (spectrometer).

المصدر: European Commission 2006

5.1.4 إزالة المواد الغير قابلة للاحتراق عند المُرمِّدة

تعد إزالة المعادن الحديدية و غير الحديدية من النفايات في الموقع من الممارسات الشائعة في مُرمِّدات النفايات البلدية الصلبة

5.1.5 التداول و التخزين الجيد ، و المعالجة الأولية

إنَّ التعامل الجيد و الملائم وخاصة مع النفايات الخطرة هو أمر جوهري . إنَّ الفرز و الفصل الجيد هي أمور يجب أن يتم تنفيذها من أجل تمكين تنفيذ أمن للعملية (الجدول 5)

يجب أن تكون مناطق التخزين مزودة بقنوات تصريف مراقبة ومقاومة للظروف الجوية. ومزود بحساسات للحرائق ونظم مراقبة لهذه المناطق كما ينبغي النظر إلى القدرة الكافية للاحتفاظ بالمياه الملوثة عند إطفاء النار في الموقع. وينبغي أن تكون مناطق التخزين والمناولة مصممة لمنع تلوث الأوساط البيئية وتسهيل التنظيف في حالة حدوث انسكاب أو تسرب. يمكن تخفيض الروائح وإطلاق الملوثات العضوية الثابتة إلى الأوساط البيئية إلى أدنى حد ممكن عن طريق استخدام الهواء القوي لعملية الاحتراق. في حالة حمأة المجاري ، يجب أن تكفل المعالجة الأولية تجفيف كافي و الظروف الكافية. قد أنجز

الجدول (5): أمثل حول تقنيات الفصل

تقنيات الفصل	نوع النفايات
<ul style="list-style-type: none"> • الفصل غير مطبق بشكل روتيني إلا عند استلام تيارات متنوعة من النفايات المميزة، و عندما يُمكن مزجها في المستودع • يُمكن فصل المواد التي تصل بكميات كبيرة و التي هي بحاجة إلى معالجة مسبقة • مناطق فصل للحالات الطارئة للنفايات المرفوضة 	<p>مزيج النفايات البلدية</p>
<ul style="list-style-type: none"> • الفصل غير مطبق بشكل روتيني • مناطق فصل للحالات الطارئة للنفايات المرفوضة 	<p>النفايات البلدية المعالجة بشكل مسبق والوقود المشتق من النفايات</p>
<ul style="list-style-type: none"> • من المطلوب و جود تدابير مُكثِّفة لفصل المواد الكيميائية غير المتوافقة • مع بعضها(و الأمثلة التالية توضح ذلك) <ul style="list-style-type: none"> ○ الماء عن الفوسفيدات ○ الماء عن الإيزوسيانات ○ الماء عن المواد القلوية 	<p>النفايات الخطرة</p>

<ul style="list-style-type: none"> ○ السيانيدات عن الحموض ○ المواد القابلة للاشتعال عن المواد المؤكسدة ○ الحفاظ على فصل النفايات التي وردت مفصولة ومعلبة مسبقاً 	
<ul style="list-style-type: none"> ● النفايات عادة تكون ممزوجة بشكل جيد قبل وصولها إلى منشأة الترميد ● بعض تيارات النفايات الصناعية قد تصل منفصلة و قد تحتاج لعمليات فصل 	حمأة المجاري

المصدر: المفوضية الأوروبية 2006 (European Commission 2006)

5.1.6 تخفيض زمن التخزين

بالرغم من أن وجود مخزون ثابت ومستمر من النفايات هو أمر ضروري لعمليات التشغيل المستمرة وشروط الحرق المستقرة في المنشآت الضخمة لترميد النفايات البلدية الصلبة، فإن النفايات المخزنة لن تتحسن مع الزمن. تخفيض زمن التخزين إلى الحدود الدنيا سيساعد على في منع تعفن النفايات و التفاعلات غير المرغوب فيها، إضافة إلى منع تلف و اهتراء الحاوية و اللصاقة. إدارة عمليات استلام النفايات و الاتصال مع الموردين سوف يساعدان في عدم تجاوز أزمدة التخزين المناسبة (على سبيل المثال من 4 إلى 7 أيام للنفايات البلدية الصلبة) .

5.1.7 تأسيس متطلبات جودة المنشآت التي يتم تغذيتها بالنفايات

يجب على القائمين على التشغيل أن يكونوا قادرين على التنبؤ بدقة بالقيمة الحرارية و المعاملات الأخرى للنفايات التي ستحرق وذلك من أجل ضمان أنه تم تحقيق المعاملات التصميمية للمرمدة. وهذا يمكن الحصول عليه من معرفة نتائج برامج مراقبة تيارات التغذية و الملوثات الأساسية و المؤشرات حيث أن أخذ العينات و التحاليل سوف تتكرر و تزداد مع تزايد تغيير مواد التغذية.

5.1.8 حمولة النفايات Waste loading

في المنشآت التي تستقبل مزيج من النفايات البلدية الصلبة غير المتجانسة، فإن المزج الجيد و تحميل الشحنة إلى قمع التغذية هي أمور هامة و حرجة. يجب على العامل الذي يقوم بتشغيل الرافعة أن يمتلك الخبرة و الموضع الذي يمكنه من اختيار المزيج المناسب من النفايات للحفاظ على أداء المرّمات بأعلى كفاءتها.

5.2 تشغيل المرّمات و الممارسات الإدارية

5.2.1 ضمان الاحتراق الجيد Ensuring good combustion

لتحقيق المنع المثالي لتشكيل و حجز المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم" ، فمن الضروري وجود اهتمام جيد و تحكم بعملية الاحتراق و غازات العادم. في وحدات التغذية المستمرة، فتوقيت تغذية المواد إلى الفرن و التحكم بشروط الاحتراق و إدارة العملية فيما بعد الاحتراق، جميعها تشكل اعتبارات هامة (انظر الفقرة رقم 6 أدناه)

5.2.2 تجنب الإقلاع على البارد و الاضطراب و التوقف

تتصف هذه الأحداث عادة باحتراق رديء، وبالتالي تخلق الشروط الملائمة لتشكيل المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم" . من أجل المرّمات المعدلة الصغيرة التي تعمل بالنظام المتقطع، فربما عمليات الإقلاع و التوقف تحدث يومياً. سوف يسمح التسخين المسبق للمرمدة و الحرق الأولي المشترك مع وقود احفوري نظيف في الوصول بسرعة أكبر إلى درجات الحرارة المطلوبة للاحتراق الفعال. وعلى أي حال، وحيثما أمكن فيجب أن يكون التشغيل المستمر هو الخيار الأفضل للممارسة. بشكل مستقل عن عمليات التشغيل يجب إدخال النفايات عند الوصول إلى درجة الحرارة المطلوبة (على سبيل المثال 850 درجة مئوية) . يمكن تجنب هذه الاضطرابات من خلال الفحوصات الدورية و الصيانة الوقائية . يجب على مشغلي المرّمات عدم ضخ النفايات خلال عمليات تفرغ الفلتر أو عمليات الاحتراق شديدة الاضطراب

5.2.3 التفيتش و الصيانة الدورية للمنشأة

يجب أن يتم التفيتش الروتيني بواسطة المشغلين و الفحوصات الدورية بواسطة الجهات المعنية لفرن و أجهزة التحكم بتلوث الهواء لضمان سلامة النظام و الأداء الجيد للمرمدة و مكوناتها.

5.2.4 المراقبة

يمكن تسهيل عملية الاحتراق بكفاءة عالية وذلك بتأسيس نظام مراقبة لمؤشرات التشغيل الأساسية، مثل أول أكسيد الكربون (CO)، معدلات حجوم التدفق، درجة الحرارة و محتوى الأوكسجين. تتراقف التراكيز المنخفضة من أول أكسيد الفحم (CO) مع كفاءة احتراق عالية عند حرق النفايات البلدية الصلبة. بشكل عام، إذا كانت تراكيز أول أكسيد الكربون (CO) منخفضة جداً (على سبيل المثال دون 50 جزء في المليون أو 30 ملغ/م³) في غازات المدخنة، فهذا يعطي مؤشراً عاماً أنه يتم المحافظة على كفاءة احتراق عالية ضمن غرفة الاحتراق. وكفاءة الاحتراق الجيدة ذات صلة بالتقليل إلى أدنى حد من تشكل مركبات الديوكسين والفيوران ضمن المرءمة. وبالتالي يجب تسجيل درجة الحرارة في غرفة الاحتراق.

أول أكسيد الكربون، ومحتوى الأوكسجين في غازات المدخنة، والجسيمات الدقيقة، وكلور الهيدروجين (HCL)، وثاني أكسيد الكبريت (SO₂)، و أكسيد الأوزون (NO_x)، و فلور الهيدروجين (HF)، وتدفق الهواء ودرجة الحرارة، وانخفاض الضغط، ودرجة الحموضة (pH) في غازات المدخنة يمكن مراقبتها جميعها بشكل روتيني. تعكس هذه القياسات شروط الاحتراق و تعطي مؤشراً عاماً على إمكانية تشكيل و إطلاق المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم". القياسات الدورية أو شبه المستمرة (قطف العينات المستمرة و التحاليل الدورية) لمركبات الديوكسين والفيوران في غازات المدخنة يمكن أن تساعد المشغل للتأكد من تقليل الإطلاقات و أن المرءمة تعمل بشكل جيد.

في اليابان، تبسيط أساليب القياس الإحيائي، عن طريق الموافقة على الأساليب القياسية الرسمية لدورية قياس الديوكسين من محطات ترميد النفايات ذات الاستطاعة أقل من 2 طن / ساعة (انظر أيضاً القسم (III.C (vi)))

5.2.5 التعامل مع البقايا Handling of residues

يجب التعامل بشكل جيد مع الرماد السلفي و العلوي الناتج عن المرءمة، وعمليات نقله و التخلص منه بأسلوب بيئي سليم. وهذا يتضمن إدارة عمليات فصل الرماد السلفي من الرماد العلوي و بقايا الغازات المتدفقة المعالجة لتجنب تلوث الرماد السلفي و بذلك تحسين احتمال استعادة الرماد السلفي. حاويات الحمولة و المطامر المخصصة لهذا الغرض من الممارسات الشائعة في إدارة مثل هذه البقايا.

وبالأخص إذا كان من المتوقع إعادة استخدام هذه البقايا، فمن المطلوب تقييم محتوى هذه البقايا من المعادن الثقيلة و المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم" و تقييم قابلية حركيتها في البيئة. كما يجب تطبيق التوجيهات المعتمدة في اتفاقية بازل و التي اعتمدت لاحقاً في مؤتمر الأطراف لاتفاقية استكهولم. كما أن التحاليل الدورية للرماد يمكن أن تخدم كمؤشر عن أداء المرءمة أو استخدام نفايات غير نظامية.

إن المياه العادمة الناتجة عن أجهزة غسل غازات العادم، بما في ذلك كعكة الفلتر الناتجة عن الغسيل الرطب لغازات المدخنة، تعتبر كنفايات خطرة في العديد من البلدان و يجب معالجتها و التخلص منها بأسلوب بيئي سليم (على سبيل المثال تثبيتها قبل التخلص منها في مطامر هندسية مخصصة)

5.2.6 تدريب المشغلين (Operator training)

إن التدريب الدوري للعاملين هو أمر جوهري لضمان التشغيل الجيد لمعدات النفايات. ففي الولايات المتحدة الأمريكية، على سبيل المثال، يتم تأمين التدريب و منح الشهادات من قبل الجمعية الأمريكية لمهندسي الميكانيك (انظر أيضاً القسم (III.C (v))) من التوجيهات الحالية).

5.2.7 الحفاظ على رفع الوعي لدى العامة و التواصل معه

إن خلق السمعة الجيدة و المحافظة عليها و قبول مشروع مرءمة النفايات من العامة و المجتمع المحلي هو أمر ضروري للنجاح والاستثمار في مثل هذه المشاريع. و تناول هذا الموضوع يجب أن يتم باكراً قدر الإمكان في مرحلة التخطيط للمشروع. إن المجموعات المدافعة عن المواطنين و عن العامة لها هواجسها حول تشييد و تشغيل مثل هذه المنشآت، و معالجة هذا الموضوع بشكل مفتوح و صادق سيساعد في منع حدوث أي سوء تفاهم أو خطأ في المعلومات.

وتتضمن الممارسات الفعالة في تحسين و عي الجمهور و مشاركتهم: وضع إعلان مسبق في الصحف، و توزيع المعلومات على البيوت في المنطقة، ملاحظات مغرية عن خيارات التشغيل و التصميم، و توفير معلومات معروضة في أماكن عامة، و المحافظة على سجلات إطلاق و انتقال الملوثات (PRTR) و عقد اجتماعات و حلقات نقاش متكررة مع الجمهور. يجب على السلطات و مقترحو مشاريع الحرق التعامل مع جميع الجهات المعنية بما في ذلك من خلال عقد اجتماعات متكررة مع المواطنين المعنيين، و توفير أيام معينة لقبول زيارة الجمهور للمنشأة، و نشر معطيات التشغيل و الإطلاق على شبكة الإنترنت، و عرض معطيات حقيقية آنية في موقع المنشأة عن التشغيل و الإطلاقات و المشاورات مع الجمهور يجب أن تكون شفافة و صادقة و هادفة إذا أريد لها أن تكون فعالة.

6. أفضل التقنيات المتاحة للترميز

بالإضافة إلى تطبيق أفضل الممارسات البيئية لحرق النفايات البلدية الصلبة، والنفايات الخطرة ورواسب حمأة المجاري، هناك مجموعة متنوعة من أشكال هندسة الاحتراق، تنظيف غاز المداخن وتقنيات إدارة المتبقيات التي تتوفر لمنع تكوين أو التقليل من

وهناك أيضا عدم الترميد وخيارات التكنولوجيا الناشئة (انظر القسم الثالث (iii) (C.III) من هذه المبادئ التوجيهية) التي قد تمثل ذلك ممكنا وبدائل سليمة بيئيا للترميز. والغرض من هذا الفرع ، ومع ذلك ، للتعرف على أفضل التقنيات المطبقة في عملية الترميد. أفضل التقنيات المتاحة للترميز بما فيها التصميم والتشغيل وصيانة محطة ترميد النفايات بشكل فعال يقلل من تكوين وإطلاق المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم".

عند النظر في أفضل التقنيات المتاحة التي تم وصفها هنا لترميز النفايات ، من المهم أن نرى أن الحل الأمثل لنوع معين من معدات الترميد يتغير وفقا للظروف المحلية. وأفضل التقنيات المتاحة المقدمة هنا لا يقصد كقائمة تشير إلى أفضل الحلول المحلية ، وهذا يتطلب النظر في الظروف المحلية ، إلى درجة لا يمكن وصفه في وثيقة التعامل مع أفضل التقنيات المتاحة بصفة عامة. وبالتالي ، فإن تركيبة بسيطة للعناصر الفردية التي توصف هنا أفضل التقنيات المتاحة ، دون الأخذ بعين الاعتبار الظروف المحلية ، ليس من المحتمل أن تعطي الحل المحلي الأمثل في ما يتعلق بالبيئة ككل (المفوضية الأوروبية 2006).

مع مزيج مناسب من التدابير الأولية والثانوية ، مستويات تشكل الديوكسين/الفيوران في الانبعاثات إلى الهواء لا تزيد على 0.1 نانوغرام مكافئ/سمي /نظامي متر مكعب (عند 11% أوكسجين) وترتبط بأفضل التقنيات المتاحة. ومن الجدير بالذكر أيضا أنه في ظل ظروف التشغيل العادية أن تكون الانبعاثات أقل من هذا المستوى يمكن أن يتحقق مع التصميم الجيد لمنشأة ترميد النفايات .

أفضل التقنيات المتاحة لتصريف المياه العادمة من محطات معالجة النفايات السائلة ، واستقبال المياه الناتجة عن أبراج الغسيل والامتصاص لغازات المدخنة ، يترافق بتراكيز الديوكسين/الفيوران أقل بكثير من 0.1 نانوغرام مكافئ/سمي/لتر.

كمثال توضيحي للتوجيهات المتعددة ، أنشأت اليابان في عام 1997 هدفا في المستقبل لإجمالي كمية الديوكسين/الفيوران المنطلقة ، بما في ذلك ليس فقط الديوكسين/الفيوران المحتوى في انبعاثات الغازات ولكن أيضا المحتواة في الرماد السفلي والرماد المتطاير ، 5 ميكرو غرام مكافئ/سمي / طن نفايات (انظر القسم الفرعي 3 ، الجدول رقم 3 المبين أعلاه للمقارنة).

تجدر الإشارة إلى أن معظم الاستنتاجات بشأن أفضل التقنيات المتاحة الانتباه في هذا القسم قد تم اتخاذها من المفوضية الأوروبية وثيقة (BREF) بشأن ترميد النفايات (المفوضية الأوروبية 2006). هناك العديد من منشآت ترميد النفايات في جميع أنحاء العالم التي تم تصميمها وتشغيلها وفقا لمعايير تتوافق مع أفضل التقنيات المتاحة والتي تلبى مستويات الانبعاثات المرتبطة.

6.1 اختيار المواقع Site selection

- لحرق النفايات ، يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار العوامل المحلية ، أمور أخرى ، منها ما يلي :
- العوامل البيئية المحلية ، على سبيل المثال معطيات حول نوعية البيئة التي قد تؤثر على الأداء المطلوب المحلية فيما يتعلق الإطلاقات ، أو توافر الموارد المحلية ؛
 - الطبيعة الخاصة لهذه النفايات التي تنشأ محليا وأثرها على البنية التحتية لإدارة النفايات على نوع وطبيعة النفايات وصوله إلى التثبيت ؛
 - التكلفة والإمكانية التقنية لتنفيذ هذه التقنية خاصة فيما يتعلق بالمزايا المحتملة - وهذا أمر له أهمية خاصة عند النظر في أداء المنشآت القائمة ؛
 - التوفر ودرجة الاستفادة من الخيارات والأسعار من أجل استعادة والتخلص من النفايات الناتجة عن المنشأة
 - توفر المستخدمين والأسعار الواردة لاسترداد الطاقة ؛
 - الاقتصاد المحلي والسوق والعوامل السياسية التي قد تؤثر على رسوم أعلى للسماح بالدخول التي قد تصاحب وبالإضافة إلى ذلك من خيارات تكنولوجية معينة.

6.2 أفضل التقنيات المتاحة للمدخلات النفايات ومراقبتها

- الحفاظ على الموقع بصفة عامة مرتب ونظيف؛
- وضع ضوابط الجودة والحفاظ على إدخال النفايات ، وفقا لأنواع النفايات التي قد تكون وردت إلى المنشأة. وهذا يشمل :
 - وضع قيود على مُدخلات العملية وتحديد المخاطر الرئيسية ؛
 - التواصل مع موردي النفايات من أجل تحسين مراقبة جودة النفايات ؛
 - مراقبة نوعية النفايات الملقمة في موقع المُرمدة ؛

- التأكد وفحص عينات النفايات الواردة؛
- الكشف عن المواد المشعة

6.3 أفضل التقنيات المتاحة للاحتراق

تشمل ظروف الاحتراق المثلي مايلي:

- مزج الوقود مع الهواء بهدف تقليل الوجود طويل الأمد ، وكميات من الوقود في نواتج الترميد (fuel-rich pockets)
- الوصول إلى درجات حرارة عالية بما فيه الكفاية مع وجود الأوكسجين بهدف تحطيم الروابط الهيدروكربونية
- منع مناطق الإخماد أو درجات الحرارة المنخفضة التي تسمح ولو جزئياً كرد فعل لخروج الوقود من غرفة الاحتراق.

الإدارة السليمة للوقت، درجة الحرارة والاضطراب (the “2Ts”) ، وكذلك الأوكسجين (تدفق الهواء)، بواسطة التصميم و تشغيل المُرَمِّدَة يساعد على ضمان تحقيق الشروط المذكورة أعلاه. درجة الحارة تساوي أو أعلى من 850 درجة مئوية (على سبيل المثال النفايات التي تحتوي على مواد هالوجينية عضوية، مثل الكلور ، < 1% أعلى 1100 درجة مئوية) مطلوبة من أجل احتراق الاحتراق الكامل في معظم التقنيات. الاضطراب ،من خلال خلط الوقود والهواء، يساعد على منع تشكل نقاط باردة في غرفة الاحتراق و تراكم الكربون، التي يمكن أن تقلل من كفاءة الاحتراق. و أوصت بأن يكون زمن البقاء في غرفة الاحتراق الثانوية في الفرن الرئيسي لا يقل عن 2 ثانية عند نسبة أوكسجين 6%.

6.3.1 تقنيات الاحتراق العامة

- ضمان أن تصميم الفرن يلائم خواص النفايات المطلوب معالجتها.
- الحفاظ على درجات حرارة في مناطق احتراق الطور الغازي ضمن المجال المثالي لإتمام عملية أكسدة النفايات (على سبيل المثال 850 درجة مئوية – 950 درجة مئوية في مَرَمِّدَات النفايات البلدية الصلبة التي تعمل بنظام المنصب (الشبك)، وبين 1,100 – 1200 درجة مئوية عندما يكون محتوى الكلور في النفايات عالياً)
- تأمين زمن بقاء كافٍ (على سبيل المثال على الأقل 2 ثانية عند نسبة 6% O₂) و مزج جيد في غرفة الاحتراق (غرف) لإتمام عملية الترميد.
- التسخين المسبق للهواء الأساسي و الثانوي لمساعدة عملية الاحتراق.
- استعمال عمليات الحرق ذات التغذية المستمرة عوضاً عن المتقطعة وحيثما أمكن من أجل التقليل من الإطلاقات المترافقة مع الاقلاع و التوقف .
- وضع الانظمة اللازمة لمراقبة معاملات الاحتراق الحرجة مثل درجة الحرارة ، و انخفاض الضغط، ومستويات أول أوكسيد الكربون(CO)، وثاني أوكسيد الكربون (CO₂) و الأوكسجين و سرعة المنصب المتحرك.
- تزويد إمكانية التدخل في نظام التحكم لضبط عملية تلقيم النفايات و سرعة حركة المنصب الحامل للنفايات و درجة الحرارة و حجم و توزيع الهواء الأساسي و الهواء الثانوي.
- تركيب حراقات ثانوية مساعدة للحفاظ على درجات الحارة المثلى في غرفة (غرف) الاحتراق
- استخدام هواء المستوعبات و مستودعات التخزين كهواء للاحتراق
- تركيب نظام يتوقف بشكل ألي عن تلقيم النفايات عندما لا تصل درجة الحرارة في المُرَمِّدَة إلى الدرجة المثالية.

6.3.2 تقنيات ترميد النفايات البلدية الصلبة

- مَرَمِّدَات حرق الكتلة (ذات المنصب المتحرك) موصفة بشكل جيد لحرق النفايات البلدية الصلبة غير المتجانسة و لها تاريخ تشغيل طويل.
- تتمتع المَرَمِّدَات ذات المنصب المبرد بالماء بميزة إضافية كون عملية الاحتراق مضبوطة فيها بشكل أكبر وعلى قدرتها لمعالجة النفايات البلدية الصلبة ذات المحتوى الحراري الأعلى.
- يمكن لأفران الدوارة ذات المنصب أن تستقبل النفايات البلدية الصلبة الغير متجانسة لكن بطاقة استيعاب أقل من أفران حرق الكتلة أو الأفران ذات المنصب المتحرك.
- الأفران ذات المنصب الثابت مع أنظمة النقل (على سبيل المثال ، المكابس) لها عدد أقل من الأجزاء المتحركة لكن النفايات تحتاج إلى معالجة أولية (مثل : التقطيع، الفصل).

- التصميم المعدلة مع غرف احتراق ثانوية موصفة بشكل جيد للتطبيقات الأصغر. تبعاً للحجم، بعض هذه الوحدات تتطلب العمل بنظام التشغيل المتقطع (تلقيم على دفعات).
- أفران السيرير المميع وافران الفرش موصفة بشكل جيد لحرق النفايات الناعمة و المتجانسة مثل الوقود المشتق من النفايات.

6.3.3 تقنيات ترميد النفايات الخطرة

- الأفران الدوارة موصفة بشكل جيد لترميد النفايات الخطرة وتستطيع أن تستقبل نفايات على شكل سوائل أو عجينة أو صلب.
- الأفران المبردة بالماء يمكن أن تعمل بدرجات حرارة أعلى و تسمح باستقبال نفايات ذات قيمة طاقية أعلى.
- يجب أخذ الحيطة في استعمال مراحل لاستعادة الحرارة الضائعة، وخاصة فيما يتعلق بإعادة تشكيل مركبات الديوكسين/الفيوران.
- يمكن تحسين ثباتية النفايات (وعملية الاحتراق) بنقطة و تقنيات براميل النفايات و النفايات الخطرة التي تم تعبئتها.
- إن وجود نظام تسوية لتغذية النفايات إلى الفرن (على سبيل المثال: الناقلات اللولبية التي تستطيع طحن النفايات و تزويد الفرن بكميات ثابتة من النفايات الصلبة الخطرة) ستساعد في تأمين تغذية مستمرة و مضبوطة إلى الفرن و المحافظة على شروط احتراق ثابتة.

6.3.4 تقنيات ترميد حمأة المجاري

- مُرَمِّدات السيرير المميع(المتحرك) بشكل جيد للمعالجة الحرارية لحمأة المجاري.
- تسمح أفران السيرير المميع الدوارة بمرونة أكبر لأنواع الوقود المستخدم من المُرَمِّدات الثابتة ذات سيرير الفقائيع، لكنها تتطلب وجود سيكلونات للمحافظة على مواد السيرير.
- يجب الحذر عن استعمال أفران سيرير الفقائيع لمنع الانسداد.
- استخدام الحرارة المستعادة من العملية للمساعدة في تجفيف الحمأة سوف يقلل من الحاجة إلى الوقود المساعد.
- تعتبر التقنيات المساعدة هامة في الحرق المشترك لحمأة المجاري في مُرَمِّدات النفايات البلدية الصلبة. وتتضمن هذه التقنيات: نفخ الحمأة الجافة على شكل غبار ، تزويد الحمأة الرطبة عبر رشاشات وترذيذها ومزجها على المنصب، ومزج الحمأة الجافة أو الرطبة مع النفايات البلدية الصلبة و تغذيتهم معاً إلى الفرن². (European Commission 2006)

6.4 أفضل التقنيات المتاحة لمعالجة غاز المدخنة

إن نوع وترتيب عمليات المعالجة المطبقة على غازات المدخنة فور مغادرتها لغرفة الاحتراق هي أمور هامة لكل من عملية التشغيل المثلى للتجهيزات و الكفاءة الاقتصادية الإجمالية للمنشأة. وتتضمن معاملات ترميد النفايات التي لها تأثير على اختيار التقنيات مايلي: نوع النفايات، وتركيبها، وتقلباتها، ونوع عملية الاحتراق، ودرجة الحرارة و تدفق غازات المدخنة، والحاجة إلى توفر معالجة المياه العادمة. وتقنيات المعالجة التالية لها تأثيرات مباشرة أو غير مباشرة في منع تشكل ونقل إطلاق المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم". وتتضمن أفضل التقنيات المتاحة تطبيق أنسب تطبيق لأنظمة تنظيف غازات المدخنة.

6.4.1 تقنيات إزالة الغبار و(الجسيمات الدقيقة)

- إزالة الغبار من غازات المدخنة أمر جوهري في تشغيل جميع أنواع المُرَمِّدات.
- أظهرت المرسبات الالكتروستاتيكية و المرشحات النسيجية فاعلية كتقنيات لامسالك الجسيمات الدقيقة في غازات المدخنة. ولمقارنة الأنظمة الأساسية المستخدمة في إزالة الغبار انظر الجدول رقم 3 في القسم (III.C)، الفقرة الفرعية 4 من التوجيهات الحالية.
- تعد السيكلونات و السيكلونات المركبة أقل كفاءة في إزالة الغبار ويجب استخدامها فقط كخطوة أولية لإزالة جزيئات الغبار الخشنة من غازات المدخنة وتخفيف الحمولات على التجهيزات اللاحقة لإزالة الغبار. إن الفصل المسبق لجزيئات الغبار الخشنة سوف يقلل كمية الرماد المتطاير الملوث كثيراً بالملوثات العضوية الثابتة.
- تتراجع كفاءة المرسبات الالكتروستاتيكية كلما زادت المقاومة الكهربائية لجزيئات الغبار. قد يكون هذا الأمر
- ذو اعتبار في الحالات التي تتغير فيها مكونات النفايات بشكل سريع (مثل: مُرَمِّدات النفايات الخطرة)

² يمكن أن نجد في المرفق I معلومات إضافية عن مقارنة تقنيات الاحتراق بين مختلف أنواع الأفران.

- يجب أن يتم تشغيل المرشحات الالكتروستاتيكية و المرشحات النسيجية بدرجات حرارة دون 200 درجة مئوية وذلك بهدف التقليل إلى أدنى حد من تشكيل مركبات الديوكسين و الفيوران و المواد الكيميائية الأخرى المدرجة في المرفق "جيم".
- المرشحات الالكتروستاتيكية الرطبة يمكن أن تلتقط جزيئات الغبار صغيرة الحجم لكن ذلك يتطلب معالجة التدفقات الناتجة والتي توظف عادة بعد عملية إزالة الغبار.
- المرشحات النسيجية (فلتر الحقائب) مطبقة على نطاق واسع في ترميد النفايات ولها ميزة إضافية، عندما ترتبط مع نظام الحقن شبه-الجاف للمواد الماصة (التجفيف بالترديذ) في أنها توفر فلتره إضافية و سطح فعال على كعكة الفلتر المتشكلة.
- يجب مراقبة انخفاض الضغط عبر المرشحات النسيجية ودرجة حرارة غازات المدخنة (إذا استخدم نظام غسيل أو امتصاص نهاية الخط) لضمان أن كعكة الفلتر في مكانها وأن قمصان المرشح لا تسرب، أو أنها رطبة. نظام الكشف عن تسرب قمصان المرشح باستخدام كواشف الكهربية بالاحتكاك تمثل أحد الخيارات في مراقبة أداء المرشحات النسيجية.
- المرشحات النسيجية عرضة للضرر بالماء و التخريش و يجب المحافظة على درجة حرارة غازات المدخنة أعلى من نقطة الندى (130 درجة مئوية -140 درجة مئوية) لمنع حدوث هذه التأثيرات. بعض مواد المرشحات النسيجية مقاومة للضرر أكثر من غيرها. وكملاخض عن الخيارات المتوفرة لمواد المرشحات وأدائها انظر الجدول 2 في القسم (III.C) الفقرة الفرعية الرابعة من التوجيهات الحالية.

تقنيات إزالة الغازات الحمضية

6.4.2

- تملك أبراج الامتصاص الرطبة أعلى كفاءة في إزالة الغازات الحمضية بين تقنيات الإزالة حيث أظهر الرقم الهيدروجيني لماء الغسيل دليل على كفاءة الإزالة. الجسيمات الصلبة في ماء الغسيل قد تسبب أيضا التفاعل مع الديوكسين/الفيوران في تيار الغازات ، وبالتالي التأثير على مصداقية العلاقة بين النتائج التي تم الحصول عليها من الرصد الدوري لغازات المداخن وأداء محطة التحطيم .
- الإزالة المسبقة للغبار من تيارات الغازات قد يكون ضرورياً لمنع انسداد أجهزة الامتصاص، إلا إذا كانت استطاعة الأجهزة كبيرة بشكل كاف
- إن استخدام المواد المشربة بالكربون، أو الفحم الفعال، أو فحم الكوك في المواد المألثة (الحشوات) لأبراج الامتصاص يمكن أن تحقق حوالي 70% نسبة إزالة من مركبات الديوكسين والفيوران عبر برج الامتصاص (European Commission 2006) لكن هذه النسبة في الإزالة قد لا تنعكس في الإطلاقات الإجمالية.
- المجففات بالترديذ (الامتصاص شبه الرطب) تؤمن أيضاً كفاءات إزالة عالية ولها ميزة أنها لا تحتاج إلى معالجة لاحقة للمياه العادمة. إضافة إلى العوامل القلوية المضافة لإزالة الغازات الحمضية. فحقن الكربون النشط فعال في التخلص من مركبات الديوكسين والفيوران والزيثيق. أنظمة الامتصاص بتجفيف الرذاذ يمكنها أن تحقق أيضاً كفاءة تحكم 93% لثاني أكسيد الكبريت SO_2 و 98% لكلور الهيدروجين HCL.
- المجففات بالترديذ، وكما هو مذكور أعلاه تستخدم غالباً قبل المرشحات النسيجية. حيث تعمل المرشحات على حجز المواد ونواتج التفاعلات إضافة إلى كونها توفر سطحاً إضافياً على كعكة الفلتر.
- تعد درجة الحرارة عند مدخل المرشح النسيجي هامة في مثل هذه الترتيبات. ودرجات الحرارة الأعلى من 130 درجة مئوية - 140 درجة مئوية وهي مطلوبة في مثل هذه الترتيبات لمنع التكتاف و بالتالي تخريش نسيج الفلتر.
- لا تستطيع أنظمة الامتصاص الجافة لمعالجة غازات المدخنة أن تصل إلى كفاءات المعالجة التي تحققها أنظمة الامتصاص الرطبة أو شبه الرطبة (التجفيف بالرذاذ) دون أن يزيد بشكل كبير كميات المواد المستخدمة في الامتصاص. وزيادة كمية المواد المستخدمة في الامتصاص سوف يضاف إلى حجم الرماد المتطاير.

تقنيات المعالجة النهائية لغاز المدخنة

6.4.3

- إزالة كميات إضافية من الغبار قد تكون مناسبة قبل إرسال غازات العادم التي تم تنظيفها إلى المدخنة. و تتضمن تقنيات المعالجة النهائية لغازات المدخنة استخدام مرشحات نسيجية أو مرشحات الكتروستاتيكية رطبة أو أجهزة امتصاص فينتوري.
- المرشحات الموصولة على التسلسل (filters in series) قادرة وبشكل روتيني على تحقيق كفاءة معالجة عالية لجمع الغبار دون 1 ملغ/م³.
- إن الفوائد الإضافية لمثل هذه التطبيقات قد تكون صغيرة وكفاءتها الاقتصادية غير مناسبة، إذا كان هناك معالجات فعالة ومطبقة قبل منها.

- قد تكون المعالجات النهائية لغازات المدخنة أكثر تطبيقاً في المنشآت الكبيرة و من أجل تطبيق المعالجات إضافية لتجار الغازات قبل عمليات الإرجاع الوسيط الانتقائي.
- يمكن الامتصاص بواسطة حقن الكربون المنشط، في السريز الثابت أو بواسطة مواد مشربة بالكربون

6.4.4 تقنيات إزالة أكاسيد الأوزون باستخدام الوسيط الحفاز

- بالرغم من أن الدور الأساسي للإرجاع الوسيط الانتقائي هو لتخفيض انبعاثات أكاسيد الأوزون NO_x ، لكن هذه التقنية قادرة على تحطيم الطور الغازي من المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم" (على سبيل المثال، الديوكسين والفيوران) وبكفاءة قد تصل إلى 98-99.5% (European Commission 2006).
- ربما يجب إعادة تسخين غازات المدخنة حتى الدرجة 250-400 درجة مئوية من أجل ضمان التشغيل الأمثل للوسيط (الحفاز).
- إن أداء أنظمة الإرجاع الوسيط الانتقائي يتحسن مع وجود المعالجات النهائية المسبقة لغازات المدخنة. وعادة يتم تركيب هذه الأنظمة بعد أجهزة إزالة الغبار و الغازات الحامضية من غازات المدخنة.
- يمكن تحمل الكلفة العالية (كلفة التأسيس و الطاقة اللازمة للتشغيل) لأنظمة الإرجاع الوسيط بسهولة أكثر من قبل المنشآت الكبيرة ذات معدل تدفق عالي للغازات إضافة إلى اعتبارات اقتصاديات المقياس.

6.5 تقنيات إدارة المتبقيات الصلبة

تتضمن المتبقيات الناتجة عن الترميد أنواع مختلفة من الرماد (على سبيل المثال: الرماد السفلي، رماد المراحل، الرماد المتطاير) وبقياً ناتجة عن عمليات معالجة أخرى لغازات المدخنة (كالجسوم من أجهزة غسيل الغازات و الامتصاص)، تتضمن معالجة المياه العادمة الناتجة عن أنظمة الامتصاص الرطبة.

تنتج أنظمة غسيل الغازات الجافة و شبه الجافة عادة كميات أكبر من النفايات الصلبة أكثر من عمليات الغسيل الرطبة. علاوة على ذلك يمكن أن تحتوي هذه النفايات الرماد المتطاير (إذا لم يكن هناك فصل فعال)، المعادن الثقيلة (وخاصة الزئبق) و مواد ماصة غير فعالة.

نظراً لأن المكونات موضوع الاهتمام قد تتغير بشكل كبير بالتالي فإن المحافظة على فصل المتبقيات من أجل معالجتها و إدارتها و التخلص منها هو على العموم أمر ملائم. إن تواجد و تركيز المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم" في هذه المتبقيات (إذا عولجت بشكل منفصل) هو مرتبط بتواجدها في النفايات الواردة ونجاتها أو إعادة تشكيلها خلال عملية الترميد، و تشكلها أو التقاطها أثناء معالجة غازات المدخنة. و من التقنيات التي يمكن أخذها بعين الاعتبار هي تلك التقنيات المدرجة بالتفصيل في المبادئ التوجيهية لاتفاقية بازل، الفصل الرابع، G3، وأيضاً في الفرع ثالثاً (د) -- الفروع 2.1.2 و 2.2 من هذه المبادئ التوجيهية. سيكون من الضروري وضع كل حالة على حدة، من هذه التقنيات التي يمكن اعتبارها أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية.

6.5.1 تقنيات التخلص من الرماد السفلي و رماد المراحل

يميل الرماد السفلي الناتج عن المرمّات المصممة و المشغلة لتتوافق مع أفضل التقنيات المتاحة (على سبيل المثال المرمّات التي تظهر السلوك الجيد burnout..). إلى أن يحتوي تراكيز منخفضة من المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم" وبتراكيز مشابهة ومن مرتبة التراكيز الموجودة في تربة المناطق المأهولة بالسكان نفسها (مثال > 1-10 نانوغرام مكافئ سمي/كغ رماد). ويميل الرماد الناتج عن المراحل لا، يحتوي تراكيز أعلى (20-500 نانوغرام مكافئ سمي/كغ رماد) لكن كلا النوعين دون متوسط التركيز الموجود في الرماد المتطاير (European Commission 2006).

بسبب الاختلاف في تركيز الملوثات، فإن مزج الرماد السفلي مع الرماد العلوي سوف يلوث الأول وهذا محظّر في عدة بلدان. سوف يوفر الجمع و التخزين المنفصل لكلا النوعين من المتبقيات للمشغلين خيارات أكثر للتخلص منها.

يتم التخلص من الرماد السفلي (أو الخبث الناتج عن المرمّات ذات السريز المميع) في مطامر النفايات في عدة بلدان و لكن يمكن إعادة استخدامه في عمليات البناء و المواد المستخدمة في تشييد الطرقات بعد المعالجة الأولية. على أي حال، يجب إجراء تقييم لمحتوى هذه المتبقيات من الملوثات العضوية الثابتة و المعادن الثقيلة و الملوثات الأخرى و تحديد إمكانية ارتشاحها.

تتضمن المعالجة الأولية التجفيف، نزع الماء و المعالجة الحرارية و كما تضم أيضاً الغريلة و التقطيع و فصل المعادن.

ارتشاح المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم" تزداد بزيادة الأس الهيدروجيني (pH) و المواد الدبالية (وجود مواد عضوية). هذا يقترح أن يتم الطمر في مطمر مبطن و مخصص لذلك بدلاً من مزجها مع النفايات الناتجة عن المنشآت الأخرى.

6.5.2 تقنيات معالجة الرماد الناتج عن معالجة غازات المدخنة

خلافاً للرماد السفلي، فإن البقايا الناتجة عن أجهزة التحكم بتلوث الهواء، بما في ذلك الرماد المتطاير و الحماة الناتجة عن أجهزة غسل الغازات ، تحتوي على تراكيز عالية نسبياً من المعادن الثقيلة و الملوثات العضوية (بما فيها الديوكسين/الفيوران) ، والكوريدات و السلفيدات. إن فصل و إزالة الرماد المتطاير و المتبقيات من مراحل تنظيف غازات المدخنة (على سبيل المثال إزالة الغازات القلوية و إزالة الديوكسين) تمنع امتزاج أجزاء منخفضة التلوث من النفايات مع تلك ذات المحتوى العالي من التلوث.

كلما كان الرماد السفلي سيستخدم في استخدامات لاحقة (مثلاً كمواد بناء) فعملية مزجه مع متبقيات أخرى ناتجة عن معالجة غازات المدخنة لا يعتبر من أفضل التقنيات المتاحة.

يتم التخلص من الرماد المتطاير في مطامر مخصصة لهذه الغاية في عدة بلدان، ولكن المعالجة الأولية تعد مطلباً أساسياً لتكون هذه الطريقة تشريعياً كأفضل التقنيات المتاحة (انظر القسم (III.C (iv)) الفقرة الفرعية 2.1.2 و 2.2)

6.6 أفضل التقنيات المتاحة لمعالجة المنصرفات السائلة

تنشأ المياه العادمة الناتجة عن عمليات الترميد من استخدام تقنيات الامتصاص و الغسيل الرطبة بشكل أساسي. ويمكن أن نخفف من الحاجة إلى معالجة المياه العادمة باستخدام الأنظمة الجافة و شبه الجافة في غسيل و تنظيف غازات المدخنة.

تتضمن أفضل التقنيات المتاحة لمعالجة المنصرفات السائلة بتزويد الموقع بمعدات إعادة تدوير و إعادة استخدام متكاملة للمياه العادمة. إن استخدام أنظمة فصل لمعالجة المياه العادمة بمعدلات تراكيز تلوث مختلفة، استخدام المعالجة الفيزيائية الكيميائية للمياه المنصرفة عن أجهزة الغسيل و الامتصاص و إزالة الامونيا ضرورية. لإزالة المركبات العضوية يمكن استخدام فلاتر من الفحم المنشط و الفحم المشرب بالبوليمر.

بوجود تقنيات المعالجة المناسبة و المتوافقة (انظر أيضاً III.C اعتبارات cutting Cross-) مستويات الديوكسين/الفيوران في المياه العادمة المعالجة ستكون بمعدل $0.01 - 0.1$ نانو غرام مكافئ/لتر (سمي/لتر) (European Commission 2006)

6.7 أثر أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية على انبعاثات الملوثات الأخرى

يتركز وصف التقنيات و الممارسات في هذه التوجيهات المؤقتة بشكل أساسي على وصف كفاءتها في منع و التقليل إلى أدنى حد من تشكيل و إطلاق المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم". العديد من هذه الممارسات سيخدم في خفض إطلاق ملوثات أخرى، والبعض الآخر قد يكون مصمماً بشكل أساسي لهذا الغرض (على سبيل المثال: عمليات الفصل من المصدر للمعادن و المواد الأخرى الغير قابلة للاحتراق من تيار النفايات، و الإرجاع الوسيط الانتقائي للتحكم بأزوت NO_x ، و التحكم بالغازات الحامضية لخفض انبعاثات SO_2 ، و الادمصاص على الكربون للتحكم بانبعثات الزئبق) . بعض الطرائق صممت لحجز ببعض الملوثات الأخرى (على سبيل المثال المرسيات الالكتروستاتيكية ذات درجة حرارة المدخل العالية) قد تحتاج إلى إعادة تصميمها أو استبدالها للحيلولة دون زيادة تشكيل و إطلاق المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم".

وفي التحليل النهائي ، فالذي يشكل أفضل التقنيات المتاحة، وأفضل الممارسات البيئية لترميد النفايات هو أوسع من التأثيرات فقط علة تشكيل وإطلاق المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم" لوحدها بل يتضمن جميع أوجه الترميد، و استرجاع الطاقة، و معالجة غازات المدخنة، و معالجة المنصرفات السائلة و متبقيات عمليات المعالجة. الجزء الأكبر من هذه الأمور هي متممة لبعضها مع الهدف في منع أو تخفيض إطلاق المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم" (من أجل اعتبارات الفوائد المشتركة انظر القسم (iii) III.C من التوجيهات الحالية)

6.8 المرمّات الجديدة و المعدلة

تنص اتفاقية استكهولم (المرفق "جيم" ، الجزء الخامس، القسم باء، الفقرة الفرعية ب) أنه ينبغي على الأطراف قبل المتابعة في المقترحات لتشديد أو إجراء تعديلات رئيسية للمصادر التي تطلق المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم" ، إعطاء " أولوية الاعتبارات " إلى "العمليات أو التقنيات أو الممارسات البديلة التي لها فائدة مماثلة لكنها تتفادى تكوين و إطلاق هذه المركبات. وفي الحالات التي ستؤدي فيها هذه الاعتبارات إلى إقرار المتابعة في التشديد و إجراء التعديلات، توفر الاتفاقية مجموعة من التدابير العامة للتخفيف التي يمكن أخذها بعين الاعتبار. في حين أن هذه التدابير العامة تم دمجها في المناقشات السابقة لأفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية لهذه الفئات، هناك عوامل إضافية و التي ستكون هامة عند البت فيما إذا كان ممكناً تشديد أو تعديل منشأة ترميد النفايات. التأثيرات المباشرة و غير المباشرة على الصحة العامة و البيئة سيتم التعبير عنها بشكل مناسب من خلال تقييم الأثر البيئي ، عوامل إضافية أخرى مبينة أدناه:

6.8.1 عوامل إضافية في اختيار موقع المرمّات الجديدة للنفايات البلدية الصلبة

- هل هناك أي تنبؤ صحيح عن طبيعة و حجم النفايات البلدية الصلبة التي يجري توليدها في المنطقة المطلوب تخديمها؟
- هل الكميات المتولدة ستسمح بالتشغيل المستمر للمرمدة؟
- هل يتضمن هذا التنبؤ البرامج الملانمة لتقليل توليد النفايات إلى الحد الأدنى و إلى إعادة تدويرها و استرجاعها؟
- هل هناك البنية التحتية اللازمة لدعم عمليات الجمع و النقل؟

- هل قمت بالتحقق من احتمال وجود تقييدات على عمليات نقل النفايات من وإلى الولاية؟
- هل تتوفر الأسواق لأي مواد سيتم فصلها من النفايات في الموقع؟
- هل تتوفر الأسواق للبخار الزائد أو الطاقة الكهربائية المتولدة في الموقع؟
- هل هناك خيارات ملائمة بيئياً للتخلص من المتبقيات؟

6.8.2 عوامل إضافية في اختيار موقع المرمّات الجديدة للنفايات الخطرة

- هل هناك أي تنبؤ صحيح عن طبيعة و حجم النفايات الخطرة التي يجري توليدها في المنطقة المطلوب تخديمها؟
- هل الكميات المتولدة ستسمح بالتشغيل المستمر للمرمدة؟
- إذا كان هناك تصور للنقل الدولي للنفايات، فهل قمت بالموافقات الضرورية التي تسمح بعمليات النقل للنفايات الخطرة عبر الحدود؟
- هل تم عقد الاتفاقيات الضرورية مع الموردين و التي تضمن التغليف و التعامل الآمن للنفايات؟
- هل تتوفر الأسواق للبخار الزائد أو الطاقة الكهربائية المتولدة في الموقع؟
- هل هناك خيارات ملائمة بيئياً لمعالجة والتخلص من المتبقيات؟

6.8.3 عوامل إضافية في اختيار موقع المرمّات الجديدة لحماية المجاري

- هل هناك أي تنبؤ صحيح عن طبيعة و حجم حمأة المجاري التي يجري توليدها في المنطقة المطلوب تخديمها؟
- هل الكميات المتولدة ستسمح بالتشغيل المستمر للمرمدة؟
- هل تم تحديد فيما إذا كانت حمأة المجاري في منطقة التخديم يتم مزجها مع النفايات الصناعية أو غيرها؟
- هل تعترّم الحرق المشترك لحمأة المجاري مع النفايات البلدية الصلبة أو كوقود مساعد في منشأة توليد الطاقة؟
- هل تتوفر الأسواق للبخار الزائد أو الطاقة الكهربائية المتولدة في الموقع؟
- هل هناك خيارات ملائمة بيئياً لمعالجة والتخلص من المتبقيات؟
-

6.9 تعديلا في المرمّات القائمة لحرق النفايات

يمكن النظر في تنفيذ تعديلات رئيسية في منشأة قائمة لترميد النفايات لعدة أسباب. وقد يتضمن ذلك توسيع الاستطاعة، و الضرورة لإجراء إصلاحات أساسية، و التعزيزات الضرورية لتحسين كفاءة الاحتراق و استرجاع الطاقة، و إعادة تأهيل أجهزة التحكم بتلوث الهواء و تجهيزات معالجة المياه العادمة. العديد من منشآت الترميد قد تم إعادة تأهيلهم بمثل هذه التجهيزات، مما أدى إلى تحسن هائل في أدائهم البيئي. لكن قبل تنفيذ مثل هذه التعديلات ، و بالإضافة إلى " اعتبارات الأولوية) المذكورة أعلاه ، فالعوامل التالية سوف تكون هامة لأخذها بالاعتبار أيضاً:

- كيف ستؤثر التعديلات على الإطلاقات المحتملة من المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم" ؟
- إذا كانت التعديلات هي إضافة أجهزة للتحكم بتلوث الهواء، فهل تصميم الجهاز مناسب للمنشأة؟
- هل يوجد مكان كاف لوضع وتشغيل الأجهزة الإضافية لتكون بمثابة أفضل التقنيات المتاحة؟ على سبيل المثال، المكان المتاح قد يفرض إعادة التأهيل باستخدام تقنية الفلتر المضاعفة (مرشحات موضوعة على التسلسل، لكن ليس بالضرورة أن تكون بجوار بعضها) بدلاً من استخدام نظام الامتصاص.
- هل الجهاز الجديد المعاد تأهيله سوف يعمل بتوافق مع التجهيزات القائمة للتحكم بتلوث الهواء من التقليل من الإطلاقات إلى الحدود الدنيا؟

تعتمد تكلفة التعديلات على منشأة قائمة على الوضع الخاص بالمنشأة ويمكن أن يتجاوز التعديلات المشابهة لمنشأة جديدة بحوالي 25-50% (European Commission 2006). العوامل التي تؤثر على هذه الزيادة تتضمن الأعمال الهندسية الإضافية، و إزالة و التخلص من التجهيزات المستبدلة و الخسارة الناجمة عن توقف الإنتاج خلال زمن توقيف المنشأة.

7. Performance levels associated with best available techniques

بوجود ترتيبات مناسبة من التدابير الأولية والثانوية، يمكن اعتبار مستويات الأداء دون 0.1 نانوغرام مكافئ سمي /م³ نظامي من مركبات الديوكسين والفيوران (عند نسبة أوكسجين 11%) قابل للتحقيق مع وجود أفضل التقنيات المتاحة. من الملاحظ أيضاً أنه تحت ظروف التشغيل العادية أنه يمكن تحقيق معدل انبعاثات اقل من هذا المستوى بالتصميم الجيد لمنشآت ترميد النفايات.

أفضل التقنيات المتاحة لصرف المياه العادمة المتدفقة من محطات معالجة المياه ، وتدفقات الغازات من أجهزة غسل الغازات تتوافق مع مستويات تراكيز من الديوكسين/الفيوران أقل من 0.1 نانوغرام مكافئ سمي/لتر

المراجع:

Austrian Waste Incineration Ordinance, Fed. Law Gazette Nr. II 389/2002

Basel Convention Secretariat. 2002. *Technical Guidelines on the Environmentally Sound Management of Biomedical and Health-Care Waste*. Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal, UNEP, Geneva.

European Commission. 2006. *Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm.

European Council Directive on the landfill of waste (1999/31/EC)

European Directive on the Incineration of Waste (2000/76/EC)

Stubenvoll J., Böhmer S. et al. 2002. *State of the Art for Waste Incineration Plants*. Umweltbundesamt, Vienna.

www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umwelthemen/industrie/pdfs/english_version.pdf.

Umweltbundesamt Berlin. 2001. Draft of a German Report for the creation of a BREF-document "Waste Incineration" Umweltbundesamt Berlin

UNEP (United Nations Environment Programme) Basel Convention Technical Guidelines: General technical guidelines for the environmentally sound management of wastes consisting of, containing or contaminated with persistent organic pollutants (POPs); 2005

(ii) النفايات الطبية Medical waste**ملخص**

يتم ترميد النفايات الطبية (نفايات الرعاية الصحية المعدية و نفايات الرعاية الصحية البيولوجية) والأدوات الحادة في مرّماتٍ مخصصة لحرق النفايات يتم تنفيذها من أجل تقليل المخاطر الكيميائية والبيولوجية و الفيزيائية ، وتقليل حجم النفايات كخطوة أولية للمعالجة السليمة بيئياً لطر النفايات.

إذا رُمّدت النفايات الطبية في ظروف لا تتضمن أفضل التقنيات المتاحة أو أفضل الممارسات البيئية فهناك احتمال لانطلاق الديوكسين والفيوران بتركيز عالية نسبياً، وبالنسبة لمرّمات

البدائل الممكنة للترميد هي التعقيم (باستخدام البخار ، والبخار المتطور ، الحرارة الجافة) ، والعلاج بالموجات الدقيقة و التحلل القلوي والمعالجة البيولوجية و في بعض الحالات الخاصة الطمر الصحي للنفايات الطبية المعالجة، أهم خطوة في إدارة النفايات الطبية هي مرحلة فصل النفايات عند المصدر إلى أنواع مختلفة من النفايات، و بما أنّ حوالي 75% - 90% من نفايات المشافي مشابهة للنفايات البلدية بالتالي يمكن لعمليات الفصل عند المصدر أن تخفض بشكل كبير حجم النفايات الطبية. فإنّ الإدارة الفعالة للنفايات بما في ذلك التقليل من توليد النفايات و فصل النفايات عند المصدر هي عمليات ضرورية و أساسية.

و العلاج الملائم للرماد السفلي و المتبقيات الناتجة عن تنظيف غاز المداخن أمر ضروري للحد من الديوكسين/الفيوران المنطلقين في البيئة. إنّ استخدام أفضل التقنيات المتاحة في المرّمات سيخفض أيضاً الانبعاثات من كلور الهيدروجين

فيما يخص الترميد فالتدابير الأولية وحدها سوف تخفض إلى حد كبير من انبعاثات المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم" من اتفاقية استكهولم. على أية حال فإن تطبيق أفضل التقنيات المتاحة يتطلب كلا من التدابير الأولية والثانوية و في مثل هذه الحالات يمكن تحقيق انبعاثات إلى الهواء دون 0.1 (نانوغرام مكافئ سمي/م³ النظامي) في نسبة أوكسجين (11% O₂) و ترتبط بأفضل التقنيات المتاحة ، ومن الجدير بالذكر أيضاً أنه في ظل ظروف التشغيل العادية فإن انبعاثات أقل من هذا المستوى يمكن أن يتحقق مع منشآت ترميد نفايات مصممة جيداً

أفضل التقنيات المتاحة لتصريف المياه العادمة من محطات معالجة النفايات السائلة و محطات أجهزة تنقية غاز المداخن المتدفق ، و ترتبط بمستويات تركيز الديوكسين/الفيوران و هي أقل بكثير 0.1 نانوغرام مكافئ سمي/م³ نظامي.

1 . مقدمة

يهتم هذا الجزء بشكل أساسي بالترميد بدرجات الحرارة العالية للنفايات الطبية (و التي سيُرجع إليها هنا تحت اسم "نفايات الرعاية الصحية")، و هذه هي طريقة واحدة من طرائق التخلص النهائي للنفايات الطبية، و بما أنّ ترميد نفايات الرعاية الصحية يُمكن أن ينتج عنه انبعاثات هامة من المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم" من اتفاقية استكهولم

هذا القسم هو المعني على وجه الخصوص تقريباً بمخلفات الرعاية الصحية المعدية. عندما نفايات مماثلة للنفايات المنزلية تفصل بشكل مناسب

التقنيات الممكنة الأخرى لمعالجة نفايات الرعاية الصحية فعلى سبيل المثال تعقيم النفايات المعدية لا ينتج عنها انبعاثات المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم". إنّ المزاي والمعيقات وقابلية التطبيق لهذه التقنيات مشروحة في مراجع أخرى و لن يجري هنا تكرارها بالتفصيل.

2 . فئات نفايات الرعاية الصحية Health-care waste categories

تولد المستشفيات كميات كبيرة من النفايات التي تندرج في فئات مختلفة. و يمكن أن تتولد نفايات الرعاية الصحية من مصادر أخرى

هناك أنواع مختلفة من نفايات الرعاية الصحية يمكن تصنيفها على النحو التالي :

و من أجل الغرض للتوجيهات الحالية فقد تم اقتباس التعاريف التالية من الإرشادات التقنية حول الإدارة البيئية للنفايات الطبية

1.2 نفايات الرعاية الصحية المعدية³

إنّ نفايات الرعاية الصحية المعدية تتضمن المواد المنبوذة أو التجهيزات الملوثة بالدم أو مشتقاته و سوائل الجسم الأخرى أو السوائل المطروحة من مرضى مصابين بأمراض خطيرة و معدية، و النفايات الملوثة الناتجة عن مرضى معروف أنهم مصابين بعدوى محمولة بالدم و يخضعون لعمليات التنقية الغشائية للدم (مثل: أجهزة الفصل و التنقية الغشائية مثل الأنابيب والفلاتر والأغطية المستهلكة و الشراشف و المنزر و الكفوف و الألبسة المخبرية الملوثة بدم المريض).

النفايات المخبرية (مثل المزارع الجرثومية و المواد المخزنة من العوامل الحيوية التي تم تنميتها بأعداد كبيرة بما في ذلك الأظباق و التجهيزات المستخدمة في نقل و تلقيح و مزج مزارع العوامل المعدية و حيوانات التجربة من المخابر).

2.2 نفايات الرعاية الصحية البيولوجية:

إنّ نفايات الرعاية الصحية البيولوجية تتضمن جميع أجزاء الجسد و نفايات التشريح الأخرى بما في ذلك السوائل الحيوية و الدم و النفايات الجرثومية و التي يتم التعرف عليها من قبل العامة أو موظفي الرعاية الصحية و هي تتطلب لأسباب أخلاقية متطلبات خاصة للتعامل معها.

3.2 القطع الحادة

جميع النفايات الطبية الحيوية و نفايات الرعاية الصحية التي تحتوي على قطع حادة و رؤوس مدببة قادرة على أن تسبب أذى أو جروحاً لطبقات الجلد في جسم الإنسان حيث أنّ القطع الحادة الناتجة عن مريض مصاب بمرض معدي خطير أو ناتجة عن جناح تم عزله أو أية أدوات ذات رؤوس مدببة و ملوثة بالنفايات المخبرية المذكورة أعلاه فيجب تصنيفها جميعاً كنفايات معدية.

3. تقنيات بديلة لمصادر الطاقة الجديدة والقائمة

1.3 المصادر الجديدة

عند إقرار طريقة التخلص من نفايات الرعاية الصحية فيجب إعطاء اعتبارات الأفضلية إلى العمليات البديلة أو التقنيات أو الممارسات التي لها فوائد مشابهة لكنها تتجنب تشكل و إطلاق المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم"

نظراً للتكاليف العالية لاستثمار و تشغيل و صيانة و مراقبة مُرَمَدَات النفايات التي تستخدم أفضل التقنيات المتاحة، فنادرًا ما يتحقق التشغيل الفعال و الاقتصادي و خاصة للمرمدات الصغيرة في المشافي و هذه الحقيقة واضحة من خلال أنّ العديد من المنشآت الصغيرة يتم إغلاقها عوضاً عن إعادة تأهيلها و تطويرها

ولذلك في كثير من الحالات في موقع تعقيم البخار وغيرها من أشكال تقنيات معالجة عدم احتراق نفايات الرعاية الصحية قد تكون مفضلة، في حالات أخرى مرافق معالجة النفايات المركزية تُفضل لامركزياً في موقع معالجة نفايات الرعاية الصحية. معالجة النفايات الطبية ينبغي أن تكون جزءاً لا يتجزأ من خطة إدارة النفايات في أي بلد أو منطقة.

³ إن تفسير تعريف نفايات الرعاية الصحية المعدية يختلف تبعاً للظروف و السياسات و الأنظمة الوطنية. المنظمات الدولية (مثل منظمة الصحة العالمية و الأمم المتحدة و غيرها) لديها تفسيرات معينة لهذا التعريف. العدوى هي واحدة من الخواص الخطرة المدرجة في المرفق III من اتفاقية بازل و مُعرّفة تحت الصنف H6.2

2.3 المصادر القائمة

نظراً لسوء تصميم و تشغيل و تجهيزات و مراقبة العديد من المرمّات الصغيرة المتواجدة في المشافي فلا يمكن اعتبار هذه المنشآت على أنها توظف كأفضل التقنيات المتاحة، فالمرمّات التي تحرق نفايات طبية من دون وجود أجهزة متطورة للتحكم بالتلوث تعمل على إطلاق أنواع متعددة من الملوثات بما في ذلك الديوكسينات و الفورانات و المعادن (مثل الرصاص و الزئبق و الكاديوم) و الجسيمات الدقائقية و الغازات الحمضية (كلور الهيدروجين-HCl و ثاني أكسيد الكبريت-SO₂) و أول أكسيد الكربون (CO) و أكاسيد الأزوت (NOx) و لهذه الانبعاثات عواقب خطيرة على سلامة العمال و على الصحة العامة و البيئة.

إنّ كلفة إعادة تأهيل و تطوير منشآت الترميد القديمة هو عامل هام في اعتبارات طرائق التخلص من النفايات الطبية و في تقدير تكاليف وحدات الترميد الأفضل، على أصحاب القرار الأخذ بالحسبان العديد من العوامل بما في ذلك: تكاليف التأسيس و التشغيل للمرمّات بالإضافة إلى أجهزة غسل الغازات و التجهيزات الأخرى للتحكم بالتلوث، و كلفة تجهيز غرف الاحتراق الثانوية للمرمّات القديمة و تكاليف الصيانة و التصليح خاصة فيما يتعلق باهتراء و إخفاق الطوب الحراري في بطانة الفرن.

و بالتالي فإن إغلاق المنشآت القائمة غير الملائمة يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار مع إدخال التقنيات البديلة للتخلص من النفايات أو نقل النفايات إلى وحدات مركزية لترميد النفايات البلدية أو النفايات الخطرة.

3.3 التقنيات البديلة

إنّ التقنيات البديلة التالية لا ينتج عنها تشكل و انطلاق المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم" و يجب بالتالي أن تعطى الأولوية عند اعتبارات التخلص النهائي من هذه المركبات الكيميائية، على أية حال فقد يكون لهذه التقنيات البديلة ميزان و مميزات من أوجه أخرى و لمزيد من المعلومات عن هذه التقنيات أنظر إلى اتفاقية بازل 2002.

إنّ الطرائق التالية مناسبة للنفايات المعدية و البيولوجية و القطع الحادة و مطبقة بشكل واسع⁴. إنّ وجود برنامج فعال لإدارة النفايات كما هو مشروح في الفقرة 4 من الجزء الحالي هو أمر ضروري لجميع التقنيات المشروحة أدناه، يجب عدم تغذية الأنظمة المشروحة هنا بالنفايات الكيميائية الخطرة أو نفايات العلاج الكيميائي للسرطانات أو المركبات العضوية الطيارة أو الزئبق أو النفايات المشعة لأن ذلك سوف يؤدي إلى إطلاق مواد سامة إلى الهواء أو نواتج التكثيف أو إلى النفايات المعالجة.

التقنيات البديلة مثل تقنيات التعقيم و المعالجة بالموجات الدقيقة و التحلل القلوي و المعالجة البيولوجية لا تزال تتطلب التخلص النهائي منها في مدافن صحية للقمامة.

يجب توفير التدريب اللازم للعمال في مثل هذه المهارات كالتعامل الملائم مع النفايات و تشغيل الأجهزة و صيانتها، هناك مسألة أخرى تتصل بالتعرض المهني لهذه المادة الكيميائية المطهرة نفسها من خلال الانبعاثات المتسربة، و التسرب العرضي أو الانسكاب من حاويات التخزين، و إفرازات من وحدة المعالجة أو الكيميائية المتطايرة من النفايات المعالجة أو النفايات السائلة. المطهرات الكيميائية في بعض الأحيان تخزن في شكل مركز مما يزيد من الخطورة.

العمليات الكيميائية التي تتطلب عادة التقطيع، انطلاق مسببات الأمراض من خلال تشكيل الضباب يكون مصدر قلق. العمليات الكيميائية المستندة إلى التكنولوجيات الشائعة تعمل كأنظمة مغلقة أو تحت ضغط سلبي على تمرير الهواء العادم من خلال (كفاءة عالية امتصاص الجسيمات) ومرشحات أخرى.

ينبغي على مرافق الرعاية الصحية أن تأخذ في اعتبارها العوامل التالية عند اختيار التكنولوجيا بدون احتراق (Health Care Without Harm Europe 2004):

- * تنظيم القبول ؛
- * قدرة معالجة المعلومات
- * أنواع النفايات المعالجة
- * فاعلية التعطيل الميكروبية
- * الانبعاثات البيئية و متبقيات النفايات
- * متطلبات المكان
- * الفائدة و غيرها من متطلبات التركيب
- * تقليل النفايات
- * السلامة و الصحة المهنية
- * الضوضاء
- * الرائحة
- * الأتمتة

⁴ يمكن الحصول على بيانات التكلفة للتقنيات المختلفة من المرجع (Health Care Without Harm 2001) "Non-Incineration" *Medical Waste Treatment Technologies* الفصل 11

3.3.1 التعقيم بالبخار

إنّ التعقيم بالبخار أو الأوتوكلاف هو تعريض النفايات إلى البخار المشبع و تحت الضغط في وعاء ضغط أو أوتوكلاف، هذه التقنية لا تجعل النفايات غير قابلة للتعرف عليها إلا في حال تم إضافة جهاز فرم أو طحن، إذا بخار النفايات لم يعزل بشكل مناسب لمنع المخاطر الكيميائية (مثل الأدوية المضادة للأورام الخبيثة أو المعادن الثقيلة مثل الزئبق) من التي يجري إدخالها في غرفة المعالجة، وسيتم تحرر الملوثات السامة إلى الهواء، والمنتكثات، أو في النفايات المعالجة. انتشار الروائح التي تحتوي على مستويات منخفضة من الكحول والفينول والألدهيدات، وغيرها من المركبات العضوية يمكن توليدها ولكن يمكن التقليل باستخدام معدات مناسبة لمعالجة الهواء (على سبيل المثال من الجسيمات ومرشحات كربونية). مزيد من الاختبارات للانبعاثات الناتجة عن أجهزة التعقيم التي تعمل في ظل ظروف نموذجية سيكون مفيداً.

تتوفر أجهزة الأوتوكلاف بقياسات مختلفة بدءاً من الوحدات التي تعالج بضعة كيلو غرامات و حتى عدة أطنان في الدورة الواحدة، و الكلفة الأساسية منخفضة نسبياً بالمقارنة مع تقنيات أخرى، يجب فحص أجهزة الأوتوكلاف سنوياً على الأقل لتحديد فيما إذا كان هناك اختلاف في قراءات الحرارة و التفريغ و ضغط البخار عما كانت عليه في السابق.

و يتم تحديد دورة المعالجة (الحد الأدنى المطلوب هو 121 درجة مئوية لمدة 30 دقيقة) من خلال قدرة الحرارة في التغلغل ضمن حمولة النفايات، بعض أنواع النفايات أو الطريقة و الشكل الذي وضعت فيه تشكل حاجزاً لانتقال الحرارة وبالتالي تتطلب فترة تعرض أطول و/أو درجات حرارة أعلى، و المستوى الأفضل من التعقيم يجب ضبطه من خلال أساليب ملائمة (على سبيل المثال: شريط اختبار أو الاختبارات الميكروبيولوجية).

3.3.2 Advanced steam sterilization systems

الأجهزة المتطورة للتعقيم بالأوتوكلاف أو ما يدعى بالأنظمة المتطورة للتعقيم بالبخار تجمع ما بين التعقيم بالبخار مع التفريغ الأولي و أنواع عديدة من العمليات الميكانيكية قبل و خلال و بعد المعالجة بالبخار، و العديد من هذه الأنظمة المتطورة تتضمن نظام تغذية (تلقين) آلي للنفايات، معالجة لاحقة بالتفريغ/التجفيف، تبريد النفايات المعالجة، و معالجة عالية الكفاءة لترشيح الدقائق من الهواء للتخلص من الروائح.

كما أنّ الأنظمة المتطورة المزودة بالآليات تقطيع و طحن النفايات قادرة أيضاً على معالجة النفايات الحاوية على قطع حادة إضافة إلى النفايات الجرثومية بما في ذلك أدوات التشريح، من مساوئ هذه الأنظمة المتطورة هو كلفة التأسيس العالية والضجيج المتولد عن تشغيلها و كلفة الصيانة العالية المترافقة مع أجهزة تقطيع النفايات و الأجهزة الميكانيكية الأخرى.

كما هو الحال مع التعقيم بالبخار، التعقيم المتقدم بالبخار يتطلب فصل نفايات مناسب لتجنب انبعاثات المواد الخطرة في مختلف الأوساط المختلفة (انظر الشكل I أدناه).

3.3.3 المعالجة بالأمواج الميكروية

التعقيم بالأمواج الميكروية هو أيضاً بالأساس عملية تعتمد على المعالجة بالبخار، ذلك أنّ التعقيم يحدث من خلال فعل الحرارة الرطبة و البخار المتولد بواسطة طاقة الأمواج الميكروية، تستطيع وحدات المعالجة بالأمواج الميكروية و المزودة بالآليات تقطيع للنفايات من معالجة النفايات الجرثومية و تستخدم بشكل روتيني لمعالجة النفايات الحاوية على قطع حادة، من مساوئ هذه الأنظمة المتطورة هي كلفة التأسيس العالية والضجيج المتولد عن تشغيل أجهزة تقطيع النفايات و إمكانية صدور روائح مزعجة، حيث أنّ هذه الروائح المزعجة تتضمن مستويات منخفضة من الكحول و الفينول و الألدهيد و غيرها من المكونات العضوية التي يمكن أن تتولد، و لكن يمكن التقليل منها باستخدام معدات معالجة هواء مناسبة (على سبيل المثال فلاتر عالية الكفاءة للكربون)

3.3.4 التعقيم بالحرارة الجافة Dry heat sterilization

التعقيم الحراري الجاف هو تعريض النفايات إلى الحرارة و لفترة كافية من الزمن لضمان تعقيم كامل حمولة النفايات، و كقاعدة عامة فعمليات التعقيم بالحرارة الجافة تستخدم درجات حرارة أعلى و فترات تعريض أطول من العمليات التي تعتمد على التعقيم بالبخار، و التقطيع الداخلي يتم تضمينه عادة في مثل هذه التقنية (لتخفيض حجم النفايات)، التقنية بسيطة و مؤتمتة و سهلة الاستعمال.

المركبات العضوية المتطايرة و شبه المتطايرة و نفايات العلاج الكيميائي و الزئبق و غيرها من النفايات الكيميائية الخطرة و النفايات المشعة يجب ألا تعالج بنظام الحرارة الجافة، حيث يمكن أن يحدث إصدار للروائح المزعجة و التي يمكن التخلص منها في بعض الأنظمة بواسطة مرشحات الهواء عالية الكفاءة أو الكربون المنشط. يبرد الهواء الحار القادم من الغرفة في جهاز غسل الغاز ، والذي يزيل أيضاً الجسيمات الدقيقة .

3.3.5 الحلمهة القلوية Alkaline hydrolysis

الحلمهة القلوية (أو ما يدعى بالهضم القلوي على الساخن) هي طريقة كيميائية أخرى تستخدم لتكسير المواد العضوية، و نفس العملية يمكن أن تفكك عوامل المعالجة الكيميائية للسرطانات و الفورم الدهيد و المواد الكيميائية السامة الأخرى، و تستخدم العمليات النموذجية وعاء من الستانلس ستيل محكم الإغلاق حيث يتم مزج النفايات مع المادة القلوية و يتم تسخينها حتى 110-150 درجة مئوية، و اعتماداً على كمية النفايات و على تركيز المادة القلوية و درجة الحرارة يمكن أن تستغرق عملية الهضم من 3 – 8 ساعات، و الأنظمة المتوفرة تجارياً عالية الأتمتة لكن من الضروري وجود معالجة ملائمة للنفايات و السوائل الناتجة عن طريقة الحلمهة القلوية.

3.3.6 المعالجة الحيوية (البيولوجية) Biological treatment

تتضمن المعالجة الحيوية للنفايات استخدام الأحياء الدقيقة (البكتريا) أو مركبات الكيمياء الحيوية لتفكيك النفايات. تتضمن هذه المعالجات استخدام الأنزيمات أو الهضم الهوائي أو الهضم اللا هوائي و ينصح بشكل أفضل أن تجري هذه المعالجة في نظام مغلق، و قد ينتج روائح مزعجة عن تطبيق المعالجات اللا هوائية.

3.3.7 المطامر الهندسية المخصصة Specially engineered landfill

مطامر مهندسة بشكل خاص:

(أ) النفايات المعدية (على سبيل المثال نفايات الرعاية الصحية المعدية و نفايات الأدوات الحادة التشريحية و علم تحليل الأمراض):

V.A

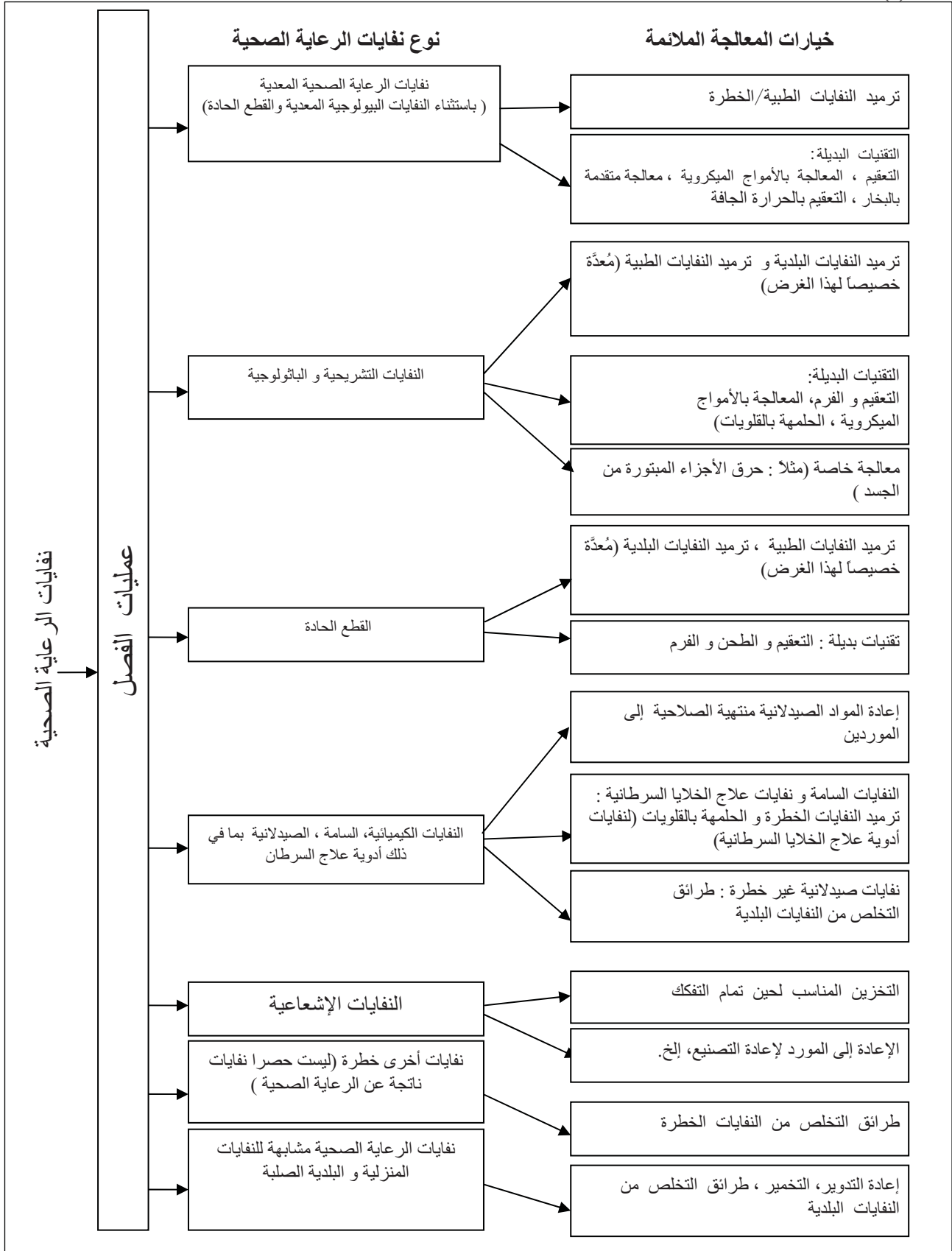
(ب) المواد الكيميائية و السامة و النفايات الصيدلانية و النفايات العامة:

(ج) النفايات المشعة :

و ينبغي أن لا تكون هذه النفايات في مكبات القمامة.

الشكل رقم 1 (أمانة اتفاقية بازل عام 2002 ، الفصل 2 ، الشكل 2 ، معتمد) يظهر في أجزاء النفايات و نفايات الرعاية الصحية التي يجب أن تكون معزولة و تقترح خيارات معالجة لهذه الأجزاء.

الشكل (1): عمليات الفرز و خيارات المعالجة لنفايات الرعاية الصحية



4. أفضل الممارسات البيئية لإدارة نفايات الرعاية الصحية

كل مستشفى ينبغي أن يطور خطة لإدارة النفايات التي تزود من أجل فصل ومعالجة النفايات، وهذا يمكن أن يقلل من تكاليف التخلص

* التقليل من المخاطر بالنسبة للموظفين ، وعامة الناس والبيئة

* إنشاء طرق آمنة لنقل النفايات

في إطار اتفاقية بازل بشأن التحكم في نقل النفايات الخطرة والتخلص منها ، المبادئ التوجيهية التقنية بشأن الإدارة السليمة بيئياً

انه من الضروري عند وضع خطة مناسبة لإدارة نفايات الرعاية الصحية :

- وصف طبيعية وكمية أجزاء النفايات المختلفة
- * تحديد الخيارات لتجنب أو تقليل توليد النفايات (سياسات الشراء التي تجنب التعبئة والتغليف التي لا لزوم لها و تحسين أحجام الحزمة إلى أقصى حد ممكن و حفظ المخزون و تقييم تقدم العمل وإعادة استخدام لوازم ومعدات آمنة و مناسبة)
- * إنشاء نظم إدارة و تدريب لضمان الفصل الفعال ومعالجة النفايات المعدية والسامة والعدوية
- * تحديد أوعية مناسبة للجمع و التخزين والنقل
- * تحديد مسؤوليات الموظفين
- * وصف خيارات المعالجة المناسبة لأجزاء مختلفة من النفايات

* حساب تكاليف الأنشطة المختلفة

هناك العديد من الممارسات التي تعتبر ضرورية قبل تطبيق أحدث و أكفأ المعالجات. ويمكن للممارسات المذكورة أدناه أن تكون مرتبطة ارتباطاً مباشراً بتخفيض و تجنب المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم ولكنها أيضاً تمثل المبادئ العامة التي يمكن أن تؤثر على توليد أجزاء النفايات والمساهمة في سلامة الموظفين و العامة والبيئة. لمزيد من التفاصيل عن المعلومات بشأن إدارة نفايات الرعاية الصحية يتوفر الكثير من المواد العلمية من مصادر مختلفة مثل أمانة اتفاقية بازل 2002 و منظمة الصحة العالمية عام 2000 و الرعاية الصحية دون أضرار - أوروبا 2004 (Basel Convention) 2004 (Secretariat 2002; WHO 2000; Health Care Without Harm Europe 2004). في هذه الوثيقة الحالية هناك فقط لمحة موجزة عن أفضل الممارسات الشائعة.

4.1 التخفيف من المصدر Source reduction

التخفيف من المصدر يعني الحد من أو القضاء على توليد النفايات عند المصدر نفسه. ينبغي إعطاء الحد من المصدر أولوية أكبر من

- إلغاء استخدام بعض المواد أو تغيير أو استبدال المنتج ؛
- نوع تكنولوجيا أو تغيير العملية ؛
- أفضليات الشراء؛
- ممارسات التشغيل الجيد.

4.2 الفصل/الفرز Segregation

فوق كل شيء ، تُعتبر عملية الفرز أو الفصل عند المصدر المفتاح لإدارة فعالة لنفايات الرعاية الصحية . فهي تضمن أنه قد تم الأخذ بطرائق التخلص الصحيحة . يجب فرز النفايات تبعاً لخيارات المعالجة المقترحة. يجب أن تتم عملية الفرز تحت إشراف مُنتج النفايات و أقرب ما أمكن إلى النقطة التي يتم عندها توليد النفاية . بالتالي فيجب أن تتم عملية الفصل عند المصدر ، أي في الأجنحة ، أو عند سرير المريض ، أو في غرفة العمليات ، أو في المخبر ، أو في غرفة الولادة ، إلخ .. و يجب أن تتم عملية فرز النفايات من قبل الشخص الذي يؤكد هذه النفاية . على سبيل المثال : الممرضة ، أو الطبيب ، أو الأخصائي ، من أجل ضمان أنه تم فصل النفاية مباشرة و لمنع أخطاء خطيرة قد تنتج عن الفصل لاحقاً للنفايات.

4.3 إعادة التدوير و الاسترجاع Resource recovery and recycling

في مايلي أمثلة محددة عن أساليب استرجاع وإعادة تدوير المواد من تيار النفايات و التي تشمل:

- تخمير (تحويل إلى سماد) لنفايات الطعام ؛
- استرداد الفضة من المواد الكيميائية الفوتوغرافية

4.4 تدريب العاملين Training of personnel

يجب أن يتلقى العاملين تعليمات مفصلة عن:

- الأخطار المتعلقة بنفايات الرعاية الصحية؛
- تصنيف وترميز الأجزاء المختلفة من النفايات ومعايير التوصيف؛
- كلفة معالجة النفايات؛
- عمليات إدارة النفايات من مرحلة توليد النفاية وحتى التخلص النهائي منها؛
- المسؤوليات؛
- التأثيرات الناجمة عن ارتكاب الأخطاء وسوء الإدارة؛

4.5 التجميع عند موقع توليد النفاية

- توفير حاويات ملونة و مرمزة في أو بالقرب من أماكن تولد النفايات من أجل فصل مختلف أنواع النفايات
- ينبغي التخلص السليم من النفايات : إما الحاويات الصلبة أو أكياس بلاستيكية توضع داخل حاوية صلبة أو شبه صلبة تستعمل

- وضع لصاقات ملانمة لحاويات النفايات مثل: نفايات معدية، سمية؛
- عدم تجاوز الحمولة ثلاثة أرباع الحاويات؛
- يجب تعقيم النفايات شديدة العدوى مباشرة، حيثما أمكن، بواسطة جهاز الاوتوغلانف بالتالي يجب تغليب النفايات في أكياس ملانمة لعمليات المعالجة المقترحة؛

4.6 النقل إلى مناطق تخزين مؤقتة

- بمجرد أن تصبح الحاويات الأولية مملوءة يجب أن تؤخذ إلى منطقة التخزين المؤقت ؛
- إنشاء منطقة تخزين المعينة وفقا لتوصيات منظمة الصحة العالمية حيث الوصول مسموح فقط للأشخاص المصرح لهم بالدخول ؛

- يجب أن يرتدي موظفين معالجة النفايات ملابس واقية (القفازات والأحذية) خلال جمع النفايات ونقلها وتخزينها ؛
- توقيت و طرق واضحة لنقل النفايات؛
- ينبغي أن يتم عدم ضغط الحاويات التي تحتوي على الأدوات الحادة أو غيرها من النفايات المعدية ؛
- عدم فرز النفايات المعدية يدوياً؛

5. تطبيق التقنيات لترميد نفايات الرعاية الصحية

5.1 وصف العملية

عمليات الحرق المكشوف لنفايات الرعاية الصحية يجب عدم الاضطلاع بها، يعتبر الترميد طريقة هامة لمعالجة وإزالة التلوث من نفايات الرعاية الصحية و الطبية الحيوية. ويعطي هذا القسم الفرعي توجيهات عن ترميد النفايات الخطرة التالية: النفايات المعدية الناتجة عن الرعاية الصحية والنفايات البيولوجية الناتجة عن الرعاية الصحية و القطع الحادة.

يعد الترميد عملية أكسدة جافة بدرجة حرارة مرتفعة (850 درجة مئوية إلى 1،100 درجة مئوية) والتي ترجع المواد العضوية والنفايات القابلة للاحتراق إلى مواد غير عضوية و غير قابلة للاحتراق وينتج عن ذلك تخفيض كبير جداً في حجم ووزن النفايات.

الانحلال الحراري هو عملية التحويل الحراري حيث يتصاعد منها الدخان وتحدث في جو فقير بالأوكسجين عند درجة حرارة تتراوح بين 500 درجة مئوية و 600 درجة مئوية.

يجب أن تجري عمليات الترميد أو التفكيك الحراري في منشآت مصممة ومشغلة ومصانة بشكل جيد. كما يجب أن يتمشى تصميم النظام مع الموصفات الخاصة للنفايات الخطرة الناتجة عن الصحية (محتوى عالي من الماء، محتوى عالي من المواد البلاستيكية). وبما أن التقنيات التالية بالأحرى معقدة ومتطورة فيجب أن يتم فقط حرق الأجزاء الخطرة من النفايات في هذه المنشآت. نفايات الرعاية الصحية الأخرى المشابهة للنفايات البلدية فيجب فصلها مسبقاً و أن تخضع لتقنيات معالجة مختلفة.

إذا لم يتم حرق النفايات المعدية (خلال 48 ساعة) فيجب وضع هذه النفايات المعدية في غرفة تخزين باردة (درجة حرارة عظمة 10 درجة مئوية). كما أنه يجب تصميم أماكن العمل و التخزين لتسهيل عملية التعقيم.

تتكون منشأة الترميد بشكل أساسي من الوحدات التالية (الشكل 2):

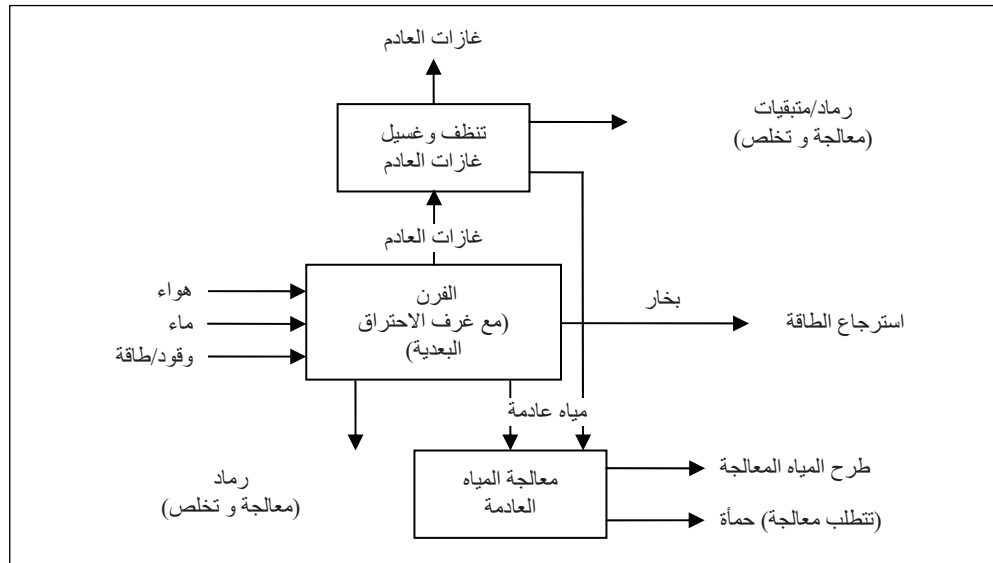
- موقد أو فرن؛
- غرفة احتراق بعدية؛
- أجهزة غسل غازات العادم (الجافة، أو الرطبة، مع محفزات) (بما فيها تقنيات الامتصاص)
- محطة معالجة مياه الصرف العادمة (في حالة الأنظمة الرطبة تستخدم لمعالجة غازات العادم)

تعتبر تقنيات الحرق التالية من أفضل التقنيات المتاحة للمعالجة الحرارية لنفايات الرعاية الصحية:

- تحويل النفايات إلى غازات (عمليات التحلل و التفكك الحراري)؛
- الأفران الدوارة؛
- المرّمَدات ذات المنصب و المهياة خصيصاً لحرق النفايات المعديّة الناتجة عن الرعاية الصحية (خط التخلص من النفايات البلدية)؛
- المرّمَدات التي تعمل بطريقة السرير المميع
- الأنظمة المعدلة؛

لا تعتبر المرّمَدات ذات غرفة الاحتراق المفردة، أو الاسطوانية أو من القرميد من أفضل التقنيات المتاحة.

الشكل 2. مخطط تدفقي مبسط للمرمدة



5.2 تقنيات المعالجة الحرارية

5.2.1 منشآت التحلل الحراري

منشآت التحلل الحراري مع غرفة حرق بعيدة. هي عادة منشآت صغيرة تعمل بشكل متقطع . و يتم تعبئة نفايات الرعاية الصحية في براميل أو أكياس لتغذية فرن التحلل الحراري . أما المنشآت الكبيرة فيجب تجهيزها بأجهزة تلقيم آلية للنفايات . في المنشآت المزودة بأنظمة التغويز، تتم عمليات التجفيف و فصل الغازات و التغويز في مفاعل قبل عملية الاحتراق.

يتم إدخال النفايات بشكل متقطع إلى غرفة التقطير، و التي تجري تسخينها إلى درجة حرارة كافية لتقطير النفايات. والغازات الخارجة من غرفة التقطير يجري مزجها مع تيار متواصل من الهواء في غرفة الحرق البعدي و يحافظ عليها بدرجة حرارة حوالي 900 درجة مئوية وذلك بالحرق المشترك للوقود التكميلي. غازات الاحتراق الناتجة عن غرفة الاحتراق البعيدة يجري تبريدها بواسطة مرآجل الماء الساخن ومن ثم يتم توجيه الغازات إلى نظام تنظيف غازات العادم. يقوم المرآجل بتحويل الماء الساخن إلى بخار. يمكن استخدام البخار لإنتاج الطاقة الكهربائية لتشغيل المشفى، أو المنازل أو أماكن العمل. ومن أجل ضمان كافي للرماد فيجري حرقه عادة بواسطة حراقات للغاز قبل طرحه خارج غرفة التقطير. في المنشآت الصغيرة يتم التعويض عن التقلب في الحمولة و التغيرات في محتوى النفايات وذلك بحرق الوقود المساعد.

يكون محتوى الغبار في منشآت التحلل الحراري في غازات العادم قليلاً مع أنظمة الاحتراق التقليدية. على أية حال، هناك طلب كبير كميات إضافية من الوقود وبالتالي سيشكل حجماً أكبر من غازات العادم.

الاستطاعات النموذجية للمرمدات (للمعالجة في الموقع): 200 كغ - 10 طن في اليوم

5.2.2 الفرن الدوار

ومن التقنيات الأخرى المستخدمة هي تقنية الحرق بالفرن الدوار (انظر القسم (i) V.A، الفقرة الفرعية 2.2 من التوجيهات الحالية). يمكن تنفيذ حرق نفايات الرعاية الصحية إما في أفران دوارة صغيرة (على سبيل المثال، في المستشفيات) أو، وهو الأكثر شيوعاً، في منشآت كبيرة تستخدم لحرق أجزاء عديدة من النفايات الخطرة.

يتم توصيل النفايات بواسطة رافعة من المستودع أو الحاوية إلى نقطة تلقيم النفايات والواقعة في غرفة الاحتراق. وفي معظم الحالات يتم دمج قناة أو مسيل إلى فوهة تلقيم النفايات حيث يمكن في هذه الحالة تلقيم النفايات مباشرة إلى الفرن. النفايات السائلة و ذات اللزوجة العالية يمكن أيضاً إدخالها عبر الجدار الأمامي للفرن الدوار. كنتاج للميول و الحركة الدورانية للفرن الدوار، يتم انتقال النفايات و تدويرها، مما يؤدي إلى تماسها الكثيف مع الهواء الأولي المتدفق عبر الفرن الدوار. تعتبر الأفران من أنظمة الاحتراق المغلقة. بالتالي السوائل و المواد ذات اللزجة العالية يمكن أيضاً إدخالها. تتم معالجة غازات العادم الخارجة من الفرن الدوار بعد غرفة الاحتراق البعدية. ومن أجل تأمين درجات حرارة عالية و الضرورية لتمايم المركبات العضوية (850 درجة مئوية – 1200 درجة مئوية) يتم تجهيز غرف الاحتراق البعدية بحراقات تعمل بشكل آلي عند انخفاض درجة الحرارة دون القيمة المطلوبة.

يتشكل الخبث في نهاية الفرن الدوار، إما مصهوراً أو على شكل لبيدة. ويصب الخبث في الماء ضمن وحدة نزع الخبث، تتشكل حبيبات الخبث. وعندما يتم تليد الخبث، فهذا الجزء من المنشأة شبيه بنظام الحرق الذي يستخدم المنصب. في معظم الحالات يتم إنشاء الأفران الدوارة وغرف الاحتراق البعدية من السيراميك العازل للحرارة. وبعد غرفة الاحتراق، تعبر غازات منطقة فراغ حتى تصل الحرارة إلى 700 درجة مئوية. وفيما بعد تعبر غازات المنخنة خلال مجموعة من المبخرات و المسخنات الضخمة و المسخنات الأولية للمياه. ومرجل استعاضة الحارة الضائعة و نظام تزويد الطاقة هي مشابهة لأنظمة الحرق ذات المنصب.

استطاعة المُرْمَدَة: تتراوح بين 0.5 – 3 طن بالساعة (لمرمّدات نفايات الرعاية الصحية).

5.2.3 المُرْمَدَات ذات المنصب Grate incinerator

يتطلب حرق نفايات الرعاية الصحية في مُرْمَدَات النفايات البلدية الصلبة إلى تهيئة خاصة. إذا كان سيتم حرق نفايات الرعاية الصحية المعدية في مُرْمَدَات النفايات البلدية فيجب تعقيمها و تطهيرها قل تغذيتها إلى المُرْمَدَة في حاويات مناسبة و تلقيم بشكل آلي. يجب تجنب المزج المسبق للنفايات المعدية مع أنواع أخرى من النفايات و التماس المباشر معها. انظر إلى الجزء (i) (V.A) من التوجيهات الحالية للحصول من أجل الحصول على معلومات إضافية حول ترميد النفايات البلدية.

5.2.4 مُرْمَدَات السرير المميع

تستخدم المُرْمَدَات ذات السرير المميع بشكل واسع لترميد النفايات المجزأة مثل حمأة المجاري و الوقود المشتق من النفايات. وقد جرى استخدام هذه الطريقة لعشرات السنين وبشكل أساسي لحرق الوقود المتجانس. ومرمّدات السرير المطوف هي غرف احتراق مبطنة وعلى شكل أسطوانة عامودية. ويوجد في القسم السفلي سرير من مادة خاملة (على سبيل المثال رمل أو رماد) على منصب أو صفيحة توزيع ويتم تمييع هذه الطبقة بواسطة الهواء. ويجري تلقيم النفايات للترميد بشكل متواصل إلى طبقة سرير الرمل المميع من أعلى ومن جوانب المُرْمَدَة.

يتم تزويد الهواء المسخن مسبقاً إلى غرفة الاحتراق عبر فتحات في صحن السرير، ويعمل على تشكيل السرير المميع من الرمل الموجود في غرفة الاحتراق. يتم تلقيم النفايات إلى المفاعل بواسطة المضخة، أو الملقم النجمي، أو الناقل الحلزوني. وتجرى في السرير المميع عمليات التجفيف و التطاير و الاشتعال و الاحتراق. تكون درجات الحرارة في الفراغ الحر فوق السرير (أو ما يعرف باللوح الحر) بين 850 درجة مئوية – 950 درجة مئوية. وفوق مواد السرير المميع، فقد تم تصميم اللوح الحر ليمسح باحتباس الغازات في منطقة الاحتراق. أما في منطقة السرير نفسه فتكون درجة الحرارة منخفضة، ربما حوالي 650 درجة مئوية. بسبب المزج الجيد للمفاعل، تتمتع أنظمة مُرْمَدَات السرير المميع بتوزيع منتظم لدرجات الحرارة و الأوكسجين، و الذي يعطي تشغيل ثابت. أما من أجل ترميد النفايات غير المتجانسة، فتتطلب عملية الاحتراق في السرير المميع إلى خطوة تحضيرية مُسبقة للنفايات بحيث أنها تصبح متوافقة مع مواصفات الحجم المطلوب لحبيبات السرير المميع. و يمكن تحقيق ذلك من أجل بعض أنواع النفايات بتركيبة من عمليات الجمع بعض أنواع السرير المميع) مثل السرير (shredding) الانتقائية للنفايات أو المعالجة المسبقة للنفايات مثل التفتيت قادرة على استقبال نفايات ذات حجوم حبيبات أكبر. و في الحالة هذه قد (rotating fluidized bed) المميع الدوار تتطلب النفايات تخفيض بسيط في حجم حبيبات النفايات، أو قد لا تحتاج ذلك على الإطلاق.

5.2.5 الأنظمة المعدلة Modular systems

الأنظمة المعدلة هي مُرْمَدَات النفايات (النفايات البلدية الصلبة) من النوع العام والتي تستخدم في الولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا و آسيا. تتكون المُرْمَدَات المعدلة من غرفتي احتراق مركبتان بشكل عامودي (غرفة احتراق أولية و غرفة احتراق ثانوية). وفي هذه التشكيل المعدل تتراوح الاستطاعة ما بين 1- 270 طن في اليوم. هناك نوعان من الأنظمة المعدلة: نظام الهواء الفائض و نظام نقص (عوز) الهواء

- يتكون نظام الهواء الفائض من غرفة احتراق أولية وغرفة احتراق ثانوية وكلا الغرفتان تعملان بوجود مستوى من الهواء أعلى من احتياج تفاعلات الاحتراق التكافؤية (نسبة الهواء الفائض حوالي 25-100%)
- أما في نظام نقص (أو التحكم) الهواء المعدل، يتم تزويد الهواء إلى غرفة الاحتراق الأولية عند مستويات احتياج تفاعلات الاحتراق التكافؤية. ونواتج الاحتراق غير التام المحمولة بغازات الاحتراق المتشكلة في غرفة الاحتراق الأولية تعبر إلى غرفة الاحتراق الثانوية. يضاف هواء زائد إلى غرفة الاحتراق الثانوية، ويستكمل الاحتراق بدرجات الحرارة المرتفعة والتي يحافظ عليها بواسطة الوقود المساعد (عادة يكون الغاز الطبيعي)، ودرجات الحرارة العالية والمنتظمة في غرفة الاحتراق الثانوية بالإضافة إلى المزج الجيد للغازات الاحتراق، يؤدي إلى تشكيل وانبعاث مستويات منخفضة من الجسيمات الدقيقة والملوثات العضوية.

5.3 تنظيف غاز المدخنة

تحتوي غازات المدخنة الناتجة عن المُرّمَدَات على الرماد المتطاير (الجسيمات) الملوثة بالمعادن والديوكسينات والفيورونات، و المركبات العضوية المقاومة للحرارة، وغازات مثل أكاسيد الأوزون، وأكاسيد الكبريت، وأكاسيد الكربون، والهاليدات الهيدروجينية. تحتوي غازات المدخنة الخارجة من نظام الاحتراق المتقطع غير المراقب (بدون تنظيف للغازات) حوالي 2000 نانوغرام مكافئ سمي/متر مكعب نظامي (UNEP 2005)⁵.

ينبغي أن تتصافر تدابير تنظيف غازات المداخن بطريقة مناسبة لضمان تطبيق أفضل التقنيات المتاحة (انظر القسم (III.C (iv) و (V.A. (i) 6.4) من التوجيهات الحالية).

5.4 معالجة الرماد السفلي والرماد المتطاير ومعالجة المياه العادمة

أجزاء النفايات الرئيسية هي الرماد المتطاير، والخبث، وكعكة فلتر الترشيح الناتجة عن معالجة المياه العادمة، والجبسوم والفحم الفعال المستهلك. تعد هذه النفايات غالباً بأنها نفايات خطيرة ويجب التخلص منها في مطامر آمنة. يعد الطمر في المطامر في حاويات ذات جدار مزدوج، والتصليب ومن ثم الطمر والمعالجة الحرارية اللاحقة من أكثر الطرق شيوعاً. (انظر أيضاً القسم (V.A (i) القسم الفرعي 5 من التوجيهات الحالية).

6. ملخص عن أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية

بالإضافة إلى تطبيق أفضل الممارسات البيئية لترميد النفايات الطبية هناك مجموعة متنوعة من أمثلة هندسة الاحتراق، تنظيف غاز المداخن وأساليب إدارة المخلفات التي تتوفر لمنع تكوين أو التقليل من انبعاثات المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم" للحصول على معلومات تفصيلية حول ما يمثل أفضل التقنيات المتاحة لترميد النفايات لا بد من الإشارة إلى التقنيات المرجعية للمفوضية الأوروبية (BREF) وثيقة بشأن ترميد النفايات (المفوضية الأوروبية 2006).

هناك أيضاً خيارات غير تكنولوجية الترميد (انظر القسم الثالث جيم (ثانياً) من هذه المبادئ التوجيهية) التي قد تمثل البدائل الممكنة والسليمة بيئياً للترميد. والغرض من هذا الفرع، على أي حال، للتعرف على أفضل التقنيات المطبقة في عملية الترميد. أفضل التقنيات المتاحة للترميد وتشمل تصميم وتشغيل وصيانة محطة ترميد النفايات بشكل فعال للتقليل من تكوين وإطلاق المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم.

عند النظر في أفضل التقنيات المتاحة التي تم وصفها هنا لترميد النفايات، من المهم أن نرى أن الحل الأمثل لنوع معين من تجهيزات الترميد يتغير وفقاً للظروف المحلية. وأفضل التقنيات المتاحة المقدمة هنا لا يقصد كقائمة تشير إلى أفضل الحلول المحلية، وهذا يتطلب النظر في الظروف المحلية إلى درجة لا يمكن وصفها في وثيقة التعامل مع أفضل التقنيات المتاحة بصفة عامة. وبالتالي، فإن تركيبة بسيطة للعناصر الفردية التي توصف هنا أفضل التقنيات المتاحة، دون الأخذ بعين الاعتبار الظروف المحلية، ليس من المحتمل أن تعطي الحل المحلي الأمثل في ما يتعلق بالبيئة ككل (المفوضية الأوروبية 2006).

سوف يساهم استخدام أفضل التقنيات المتاحة في المُرّمَدَات أيضاً في خفض الانبعاثات لكل من حمض كلور الماء والمعادن (وبصفة خاصة الزئبق). تعد المعالجة الملائمة للرماد السفلي والمتبقية الناتجة عن تنظيف غاز المداخن أمر ضروري للحد من تكون وإطلاق الديوكسين/الفيوران إلى البيئة وسوف يقلل من الإطلاقات اللاحقة للمتبقية عند التخلص منها في مطامر النفايات.

فيما يخص الترميد فالتدابير الأولية وحدها سوف تخفض إلى حد كبير من انبعاثات المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم" من اتفاقية استكهولم، على أية حال فإن تطبيق أفضل التقنيات المتاحة يتطلب كلاً من التدابير الأولية والثانوية وفي مثل هذه الحالات يمكن تحقيق انبعاثات إلى الهواء دون 0.1 (نانوغرام مكافئ سمي/م³ النظامي) في نسبة أوكسجين (11% O₂) وترتبط بأفضل التقنيات

⁵ 1 نانوغرام = 10⁻¹² كيلوغرام (1 × 10⁻⁹ من الغرام). م³ نظامي = متر مكعب نظامي لحجم غاز جاف مقياس عند درجة حرارة صفر و ضغط 101.3 كيلوباسكال. للمزيد من المعلومات عن قياسات السمية انظر إلى القسم I.C، القسم الفرعي 3 من التوجيه الحالي.

إنَّ أفضل التقنيات المتاحة لتصريف المياه العادمة من محطات معالجة النفايات السائلة و محطات أجهزة تنقية غاز المداخن المتدفق ، يمكن أن تحقق مستويات تركيز الديوكسين/الفيوران و هي أقل بكثير 0.1 نانو غرام مكافئ سمي/م³ نظامي. تبين الجداول أدناه ملخص ما يشكل أفضل الممارسات البيئية وأفضل التقنيات المتاحة لترميد النفايات الطبية

جدول (1) : توجيهات عامة:

الإجراء أو التدبير	الوصف	الاعتبارات	ملاحظات أخرى
فصل النفايات	تصنيف واضح، فصل نفايات الرعاية الصحية عند المصدر عن النفايات الأخرى وضمن فئة نفايات الرعاية الصحية من أجل تقليل كمية النفايات المطلوب معالجتها		غير فعالة مباشرة لخفض المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم" لكنها جزء مفهوم متكامل لإدارة النفايات
العمليات البديلة	بشكل خاص إذا كان من غير الممكن تحقيق متطلبات الداء بواسطة المنشآت القائمة أو المخطط لها، فيجب إعطاء الأولوية إلى العمليات البديلة التي لها تأثيرات بيئية أقل من عمليات ترميد النفايات	تتضمن العمليات البديلة لعملية ترميد نفايات الرعاية الصحية المعدية ، مايلي: - التعقيم بالبخار - التعقيم المتطور بالبخار - المعالجة بالأموح الميكروية - التعقيم بالحرارة الجافة - المعالجة البيولوجية - الحلمهة بالقلويات - الطمر	

جدول (2): ترميد نفايات الرعاية الصحية – تقنيات الحرق التي تمثل أفضل التقنيات المتاحة

ملاحظات أخرى	الاعتبارات	التقنية
تكلفة استثمارية عالية وكلفة صيانة عالية، تتطلب موظفين مدربين بشكل جيد.	مناسبة للمنشآت الصغيرة (200 كغ/يوم – 10 طن/ساعة) معالجة في الموقع	مُرمّاتُ التحلل الحراري
استخدام التبريد بالماء للأفران الدوارة تكلفة استثمارية عالية وكلفة صيانة عالية تتطلب موظفين مدربين بشكل جيد. استهلاك عالي للطاقة	مناسبة للمنشآت متوسطة الحجم (0.5- 3 طن/ساعة)	الفران الدوارة
استخدام التبريد بالماء للمنصب الترميز في مُرمّاتُ النفايات البلدية يتطلب تهيئة خاصة لترميز نفايات الرعاية الصحية (على سبيل المثال: تلقيح الشحنة ألياً) عدم المزج مسبقاً أو التماس المباشر مع نفايات الرعاية الصحية المعدية.		المُرمّاتُ ذات المنصب (مُرمّاتُ النفايات البلدية)
		مُرمّاتُ السرير المميع
	تتراوح بين 1 - 270 طن/يوم	الأنظمة المعدلة

جدول (3) : ترميد نفايات الرعاية الصحية – تدابير عامة

اعتبارات أخرى	خواص الاطلاق	خيارات إدارية
يجب اخذ العلم أيضاً عن إمكانية احتواء النفايات على هالوجين وبالتالي أخذ التدابير الأولية والثانوية الملائمة (انظر الجدول 5 و 6) يجب اخذ العلم عن إمكانية احتواء النفايات علة معادن ثقيلة وبالتالي اخذ التدابير الثانوية (انظر الجدول 6)		عدم حرق نفايات إلا إذا كان هناك تدابير خاصة لخفض انبعاث المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم" (تدابير أولية وثانوية. انظر الجداول 5، 6)
	غير فعالة مباشرة لخفض المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم" لكنها جزء مفهوم متكامل لإدارة النفايات	نقل وتخزين وأمان ملائم لنفايات الرعاية الصحية طبقاً لاحتياجات أنواع النفايات
		موقع المنشأة: وحدات الترميد المركزية هي مفضلة لترميد نفايات الرعاية الصحية عن وحدات الترميد اللامركزية للمعالجة في الموقع
إنَّ خواص نفايات الرعاية الصحية (محتوى عالي الماء يتطلب تجهيزات والبلاستيك) خاصة		ترميد نفايات الرعاية الصحية فقط في مُرَمَّاتٍ مخصصة لذلك أو في مُرَمَّاتٍ أكبر لحرق النفايات الخطرة
	غير فعالة مباشرة لخفض المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم" لكنها جزء مفهوم متكامل لإدارة النفايات	إذا لم تستخدم مرمدة مخصصة لترميد نفايات الرعاية الصحية، فيجب تطبيق نظام منفصل لتلقيم شحنة نفايات الرعاية الصحية المعدية.
	غير فعالة مباشرة لخفض المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم"	لاتحرق نفايات إشعاعية

جدول (4) : ترميد نفايات الرعاية الصحية – تدابير تنظيمية

الاعتبارات	الإجراء أو التدبير
<p>تشغيل المرمّات يتطلب مشغلين مؤهلين. ويجب تذكر أنه يجب التأكد من توفر مثل هؤلاء المشغلين المؤهلين في مناطق معينة قبل طلب مرمّات ذات تقنية عالية ومتطورة. وإذا لم يتوفر مشغلين مؤهلين، فيجب على مؤسسات الرعاية الصحية اللجوء إلى تقنيات أخرى لتعقيم نفايات الرعاية الصحية أو تلتزم عملية الترميد إلى منشأة ترميد إقليمية (إذا كانت متوفرة على مستوى المحافظة أو الاقليم)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • موظفين مدربين بشكل جيد • تشغيل ومراقبة المرمّدة بالصيانة الدورية (تنظيف غرف الاحتراق، فتح انسدادات مجاري تدفق هواء الاحتراق ورؤوس الحراقات ، يجب على الموظفين ارتداء الألبسة الواقية) • قياسات متواصلة وأو منتظمة للملوثات المعنية • تطوير المراقبة البيئية (تأسيس بروتوكولات معايير المراقبة) • تطوير وتنفيذ أنظمة التدقيق والتسجيل • بنية تحتية عامة، رصف الطرقات، التهوية • تقييم الأثر البيئي والاستماع للجمهور ورأي الجماعات المحلية المتأثرة قبل اختيار موقع المرمّات الجديدة

جدول (5) التدابير الرئيسية و تحسين العملية لخفض انبعاثات مركبات الديوكسين والفيوران

اعتبارات أخرى	خيارات الإدارة لجعل شروط الاحتراق أفضل ما أمكن
بحاجة إلى إعادة تجهيز كامل العملية	إدخال النفايات إلى غرفة الاحتراق فقط عندما تصل درجة الحرارة إلى 850 درجة مئوية، يجب أن تكون المنشآت مزودة بنظام آلي لهذا الغرض لمنع تلقيم النفايات قبل الوصول إلى درجة الحرارة المناسبة
	تركيب حراقات مساعدة (من أجل عمليات إقلاع وتوقيف المنشأة)
	بشكل عام تجنب بدء وتوقيف عملية الترميد
	تجنب درجات الحرارة دون 850 درجة مئوية والمناطق الباردة في غازات العادم
متوسط محتوى الأوكسجين: 6% حجماً	محتوى كاف من الأوكسجين ، ضبط كمية الأوكسجين الداخل اعتماداً على القيمة الحرارية وثباتية المواد الداخلة في التغذية
مطلوب زمن بقاء كاف، خاصة بسبب محتوى النفايات من الماء والبلاستيك	زمن بقاء كاف (2ثانية على الأقل) في غرفة الاحتراق الثانوية بعد الحقن الأخير للهواء ودرجة حرارة أعلى من 850 درجة مئوية (1100 درجة مئوية للنفايات الكلورية مثلاً: النفايات التي تحتوي على أكثر من 1% مواد عضوية هالوجينية) ومحتوى أوكسجين 6%
تدفق الهواء الأمثل سيساهم في الوصول إلى درجات حرارة عالية	مزج قوي لغازات العادم وخفض فائض الهواء مثلاً: حقن هواء ثانوي أو إعادة تدوير غازات المدخنة، تسخين مسبق لتيارات الهواء الداخل ، تدفق هواء منتظم
	مراقبة متواصلة – أنية لضبط عملية الاحتراق (درجة الحرارة، محتوى الأوكسجين ، أول أوكسيد الفحم CO ، الغبار) وتشغيل وتنظيم لعملية الترميد من خلال جهاز تحكم مركزي

جدول (6): التدابير الثانوية

اعتبارات أخرى	قابلية التطبيق	خواص الإطلاق	خيارات الإدارة
إزالة الغبار			
عملية نفخ السخام بالبخار قد تزيد من تشكل الديوكسينات والفيورانات			منع ترسيب السخام (SOOT) على السطوح بواسطة استخدام أجهزة تنظيف السخام ، أو المطارق الميكانيكية، ونافخات البخار أو الصوتية ، والتنظيف الدوري للمقاطع التي مر عبرها غازات المدخنة بدرجة الحرارة الحرجة.
إزالة الديوكسينات والفيورانات المدمصة على الغبار والدقائق	متوسطة	دون 10% انبعاثات متبقية بالمقارنة مع حالة الاحتراق غير المراقب	إزالة فعالة للغبار بواسطة التدبير التالية:
تستخدم عند درجات حرارة أقل من 260 درجة مئوية (اعتماداً على نوع المادة المصنوع منها المرشحات)	أعلى	0.1-1% انبعاثات متبقية	المرشحات النسيجية
تستخدم عند درجات حرارة 800-1000 درجة مئوية غير شائعة الاستخدام في مُرَمِّدات النفايات		كفاءة منخفضة	المرشحات السيراميكية
فعالة فقط لإزالة الدقائق الكبيرة	متوسطة	كفاءة منخفضة	السيكلونات (فقط من أجل التنظيف الأولي لغازات المدخنة)
تستخدم عند درجات حرارة 450 درجة مئوية ، تساعد على تشكيل الديوكسينات والفيورانات وفق (de novo synthesis) كفاءة منخفضة لإزالة جسيمات الغبار الناعمة، انبعاث أعلى أكاسيد الأوزون (NOx) ، خفض إمكانية استرجاع الحرارة		كفاءة متوسطة	المرسبات الالكترونية
إزالة الغبار الناعم			وحدات ادمصاص عالية الأداء مع إضافة الفحم الفعال (electrodynamics venture)
خفض انبعاثات الكيمائيات المدرجة في المرفق "جيم" عن طريق:			
فقط للمركبات الغازية، من الضروري الإزالة المسبقة للمعادن الثقيلة والغبار ، يمكن الحصول على تخفيض إضافي لانبعاث أكاسيد الأوزون (NOx) ، إذا أضيفت الأمونيا NH ₃ ، في معظم الحالات يمكن إعادة تصنيع الحفاز بواسطة المصنع، يمكن أن يحدث فرط في التسخين إذا تواجد أول أكسيد الفحم، استهلاك أعلى للطاقة بسبب الحاجة إلى إعادة تسخين غازات المدخنة ، لا يوجد بقايا صلبة	كفاءة عالية التركيز دون 0.1 نانوغرام مكافئ سمي/م ³ نظامي	كفاءة عالية التركيز دون 0.1 نانوغرام مكافئ سمي/م ³ نظامي	الأكسدة الواسطية (بالمحفزات)
غير شائعة الاستخدام في مُرَمِّدات النفايات	كفاءة عالية	دون 0.1 نانوغرام مكافئ سمي/م ³ ($< 0.1 \text{ ng TEQ/m}^3$)	التبريد المفاجئ للغازات (Gas quenching) مرشحات نسيجية مطلية بالحفاز (الوسيط)
على سبيل المثال: مصنوعة من التفلون ، مع إزالة الغبار على التوازي، تلويث أقل للغبار الذي يتم جمعه على الفلتر بالديوكسينات والفيورانات نتيجة تحطيمها على سطوح الحفاز			أنواع مختلفة من طرائق ادمصاص الرطبة

<p>الحاجة لمساحات كبيرة ، من الضروري التخلص من البقايا الصلبة الناتجة عن تنظيف غازات المدخنة (قد تكون نفايات خطرة) ، من الضروري وجود مراقبة دائمة لأول أكسيد الفحم CO ، احتمال حصول زيادة في انبعاثات الغبار نتيجة تكتلها وتجمعها مع دقائق الفحم، استهلاك أعلى من فحم المواقد بحوالي 2-5 مرات بالمقارنة مع الفحم الفعال من الممكن ترميد المواد المستخدمة في الادمصاص ، خطورة حصول انفجارات\حرائق.</p>	<p>رأس مال الاستثمار كبير ، كلفة تشغيل متوسطة</p>	<p>دون 0.1 نانوغرام مكافئ سمي³م ($< 0.1ng\ TEQ/m^3$)</p>	<p>(Fluidized bed): مفاعلات السرير الثابت، الادمصاص بواسطة الفحم الفعال أو فحم المواقد المفتوحة</p>
<p>غير شائعة الاستخدام في المرممات التي تحرق حصراً نفايات الرعاية الصحية، من الضروري التخلص من البقايا الصلبة الناتجة عن تنظيف غازات المدخنة (قد تكون نفايات خطرة) ، خطورة حصول انفجارات\حرائق</p>	<p>كلفة استثمارية منخفضة ، تكاليف تشغيل متوسطة</p>	<p>دون 0.1 نانوغرام مكافئ سمي³م ($< 0.1ng\ TEQ/m^3$)</p>	<p>تدفق متغلغل (Entrained flow) أو مفاعل السرير المميع مع الفحم الفعال \ محلول الكلس أو الحجر الكلسي والمرشحات النسيجية.</p>
<p>الحماة الناتجة عن معالجة المياه العادمة ومن تبريد الرماد المتطاير هي نفايات خطرة. يمكن إعادة غازات المدخنة من جديد إلى غرفة الاحتراق في المرممة.</p>			<p>معالجة ملائمة للرماد المتطاير والرماد السفلي والمياه العادمة: - التخلص في مطامر أمنة (على سبيل المثال التخلص تحت سطح الارض) - معالجة بالحفازات (الوسيط) للغبار المتجمع في المرشحات النسيجية تحت شروط من درجات الحرارة المنخفضة ونقص الأوكسجين - تنظيف الغبار المتجمع على المرشحات النسيجية بواسطة العملية الثلاثية (-3 R Preprocess) (استخلاص المعادن بواسطة الحموض) - الحرق بهدف تحطيم المواد العضوية (مثلاً : في الأفران الدوارة - Trommel Hagenmeier) مع المعالجة اللاحقة بالمرشحات النسيجية وأبراج الغسيل - تزجيج الغبار المتجمع في المرشحات النسيجية أو أية طرق أخرى لتثبيته (على سبيل المثال تصليبه بالاسمنت) والطرمر الصحي لاحقاً في المطامر - تطبيق تقنية البلازما (تقنية جديدة)</p>

7. مستويات الأداء المترافقة مع أفضل التقنيات المتاحة

7.

في وجود مزيج مناسب من التدابير الأولية والثانوية فان مستويات تشكل مركبات الديوكسين والفيوران في الانبعاثات إلى الهواء ليست أعلى من 0.1 (نانوغرام مكافئ سمي³م/النظامي) في نسبة أوكسجين (11% O₂) و ترتبط بأفضل التقنيات المتاحة , ومن الجدير بالذكر أيضاً أنه في ظل ظروف التشغيل العادية فإن انبعاثات أقل من هذا المستوى يمكن أن يتحقق مع منشآت ترميد نفايات مصممة جيداً

أفضل التقنيات المتاحة لتصريف المياه العادمة من محطات معالجة النفايات السائلة و محطات أجهزة تنقية غاز المداخل المتدفق ، وترتبط بمستويات تركيز الديوكسين/الفيوران و هي أقل بكثير 0.1 نانوغرام مكافئ سمي³م/نظامي.

المراجع:

Basel Convention Secretariat. 2002. *Technical Guidelines on the Environmentally Sound Management of Biomedical and Health-Care Waste*. Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal, UNEP, Geneva.

Health Care Without Harm. 2001. *Non-Incineration Medical Waste Treatment Technologies*. Chapter 11. Health Care Without Harm, Washington, D.C. www.noharm.org/nonincineration.

Health Care Without Harm Europe. 2004. *Non-Incineration Medical Waste Treatment Technologies in Europe*. www.noharm.org.

UNEP (United Nations Environment Programme). 2005. *Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases*. UNEP, Geneva. www.pops.int/documents/guidance/Toolkit_2005.pdf.

WHO (World Health Organization). 1999. *Safe Management of Wastes from Health Care Activities*. WHO, Geneva.

WHO (World Health Organization). 2004 *Safe health-care waste management*; Policy Paper

UNEP (United Nations Environment Programme). 2005 Basel Convention Technical Guidelines: General technical guidelines for the environmentally sound management of wastes consisting of, containing or contaminated with persistent organic pollutants (POPs).

مصادر أخرى :

CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment). 2001. *Canada-Wide Standards for Dioxins and Furans for Incineration*. CCME, Winnipeg.

www.ccme.ca/initiatives/standards.html?category_id=50#23.

EPA (United States Environmental Protection Agency). 1997. *Standards of Performance for New Stationary Sources and Emission Guidelines for Existing Sources: Hospital/Medical/Infectious Waste Incinerators: Final Rule*. 40 CFR Part 60. EPA, Washington, D.C. www.epa.gov/fedrgstr/EPA-AIR/1997/September/Day-15/a23835.htm.

EPA (United States Environmental Protection Agency). 2000. *Federal Plan Requirements for Hospital/Medical/Infectious Waste Incinerators Constructed on or before June 20, 1996: Final Rule*. 40 CFR Part 62. EPA, Washington, D.C.

www.epa.gov/fedrgstr/EPA-AIR/2000/August/Day-15/a20341.htm.

EPA (United States Environmental Protection Agency). 2004. *National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants: Proposed Standards for Hazardous Air Pollutants for Hazardous Waste Combustors*. Draft. EPA, Washington, D.C. www.epa.gov/fedrgstr.

European Commission. 2000. "Directive 2000/76/EC on the Incineration of Waste." *Official Journal of the European Communities* L332:91.

European Commission. 2006. *Reference Document on Best Available Techniques for Waste Incineration*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm.

Giroletti E. and Lodola L. 1993. *Waste Treatment and Management*. Medical Waste Treatment: ISPRA courses. unipv.it/webgiro/ricerch/Public/ISPRA93-medicalWaste.pdf.

Institute for Environmental Medicine and Hospital Hygiene. 2000. "Practical Guide for Optimising the Disposal of Hospital Waste: Reduction and Utilisation of Hospital Waste, with the Focus on Hazardous, Toxic and Infectious Waste." *LIFE96ENV/D/10*. University Clinical Centre, Freiburg.

Stubenvoll J., Böhmer S. et al. 2002. *State of the Art for Waste Incineration Plants*. Umweltbundesamt, Vienna.

www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/industrie/pdfs/english_version.pdf.

UNECE (United Nations Economic Commission for Europe). 1998. *Protocol to the 1979 Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution on Persistent Organic Pollutants*. New York and Geneva. www.unece.org/env/lrtap/full%20text/1998.POPs.e.pdf.

UNEP (United Nations Environment Programme). 2005. *Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases Edition 2.1*. UNEP, Geneva. www.chem.unep.ch/pops/pcdd_activities/toolkit/Toolkit%20-%20version/Toolkit-2005_2-1_en.pdf.

القسم الخامس (V)
التوجيهات/المبادئ التوجيهية لفئة المصدر:
فئات المصادر في الجزء الثاني من المرفق "جيم"

الجزء الثاني من فئة المصدر (b) أفران الإسمنت التي تحرق النفايات الخطرة

فهرس المحتويات

iv	قائمة الجداول
iv	قائمة الرسومات التوضيحية
I	V.B أفران الإسمنت التي تحرق النفايات الخطرة

1	تمهيد
2	1. مقدمة
2	1.1 صناعة الإسمنت
2	1.2 حرق النفايات في أفران الإسمنت
3	2. الارتباطات مع معلومات ذات صلة
4	2.1 اعتبارات عامة في إدارة النفايات (الجزء الثالث من المرفق "جيم" (ii))
4	2.2 خيارات أخرى لمعالجة النفايات
4	2.3 الإرشادات الفنية لاتفاقية بازل
4	3. عمليات إنتاج الإسمنت
4	3.1 مبادئ عامة
5	3.2 تحضير المواد الخام
7	3.3 عمليات الفرن الدوار
9	3.4 عملية طحن الإسمنت
9	3.5 ضبط الانبعاثات
10	4. الحرق
10	4.1 الحرق باستخدام الوقود العادي
11	4.2 حرق النفايات أو النفايات الخطرة
18	5. مدخلات و مخرجات العملية
18	5.1 مخرجات عامة
19	5.2 استخدام الطاقة
20	5.3 انبعاثات الديوكسينات/الفيورانات PCDD/PCDF
19	5.4 إطلاق سداسي كلور البنزن PCB و خماسي كاور البنزن HCB
19	6. أفضل التقنيات المتاحة و أفضل الممارسات البيئية
19	6.1 تدابير عامة للإدارة
21	6.2 تدابير محددة
25	7. متطلبات الأداء التي تعتمد على أفضل التقنيات المتاحة
25	8. مراقبة انبعاثات الملوثات و معاملات التشغيل
26	المراجع
27	مصادر أخرى للمعلومات

قائمة الجداول

15	جدول (1) : ملخص قياسات الديوكسينات و الفيورانات (PCDD/PCDF).
24	جدول (2): تغذية النفايات إلى المسخنات الأولية/التكليس الأولي و أثره على انبعاثات الديوكسين و الفيوران

قائمة الرسومات التوضيحية :

- الشكل رقم (1): حدود النظام و تعريف العمليات في صناعة الإسمنت..... 6
- الشكل رقم (2): الفرن الدوار مع المسخنات الأولية والتكليس..... 8
- الشكل رقم (3): منحنى درجات الحرارة و مراحل زمن البقاء في فرن الكلنكر المزود بمسخنات أولية سيكلونية و تكليس أولي.. 15

V.B حرق النفايات الخطرة في أفران الإسمنت

خلاصة

إن الهدف الرئيسي من أفران الإسمنت هو إنتاج الكلنكر. يهدف حرق النفايات في أفران الإسمنت إلى استعادة الطاقة من النفايات أو كبديل للوقود الأحفوري. في بعض الحالات يجري التخلص من النفايات الخطرة في هذه المنشآت.

تتضمن عملية الإنتاج التفكيك الحراري لكاربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) بدرجة حرارة 900 درجة مئوية وتحويلها إلى أوكسيد الكالسيوم (CaO , Lime) عملية التكليل وتُتبع هذه العملية بعملية التحويل إلى الكلنكر عند درجة حرارة 1450 درجة مئوية في الفرن الدوار. ثم يتم طحن الكلنكر مع الجبسوم وإضافات أخرى ليتم إنتاج الإسمنت. ووفقاً للشروط الفيزيائية والكيميائية، فإن طرق التصنيع الأساسية لإنتاج الإسمنت، يمكن تصنيفها على أنها جافة، رطبة، نصف جافة، نصف رطبة. إن عمليات الاحتراق داخل الفرن قد يؤدي إلى تشكل وإطلاق المواد الكيميائية المُدرجة في المرفق "جيم" من اتفاقية استكهولم. إضافة إلى ذلك فقد يحدث إطلاق لهذه المُركبات من مواقع التخزين.

إن تحديد شروط العملية، و التدابير الأولية المتخذة في أفران الإسمنت كافية للتقليل إلى الحدود الدنيا من تشكل وإطلاق مُركبات كيميائية مدرجة في المرفق "جيم" و للوصول إلى تركيز أقل من 0.1 نانوغرام مكافئ سمى /متر مكعب من مُركبات الديوكسين والفيوران في غازات المدخنة (عند محتوى الأوكسجين 10%)، اعتماداً على مُعاملات الانبعاث عند استخدام وقود نظيف، تلقيم نفايات، حرارة مع إزالة الغبار، عندما يكون ضرورياً، إضافة إلى إجراءات ثانوية لتخفيض الانبعاثات سيتم تطبيقها. بيانات عديدة متوفرة حول إصدارات الديوكسين والفيوران (PCDD/PCDF) إلى الهواء.

تمَّ تسجيل إطلاقات مُركبات الديوكسين و الفيوران مع غبار الإسمنت و من الممكن من غبار الكلنكر أيضاً وهذا الموضوع حالياً تحت البحث. ولكن البيانات حول إطلاقات سداسي كلور البنزن (HCB) و خماسي كلور البنزن (PCB) لا تزال نادرة.

إن تحقيق متطلبات الأداء المقترنة بأفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية للتحكم في إطلاقات مُركبات الديوكسين والفيوران في غازات المدخنة دون 0.1 نانوغرام مكافئ سمى /متر مكعب وفقاً للظروف المرجعية: درجة حرارة 273 كلفن، وضغط 101.3 كيلوباسكال، نسبة أوكسجين 10%، ومحسوبة على أساس غاز جاف

تمهيد:

يُقدّم مشروع المبادئ التوجيهية الإرشادات بشأن أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية لأفران الإسمنت التي تقوم بحرق النفايات الخطرة ذات الصلة بالمادة 5 والمرفق "جيم"، الجزء الثاني من الاتفاقية. يمكن استخدام النفايات في أفران الإسمنت كوقود بديل أو بغرض التخلص منها. لذلك يأخذ هذا القسم بالحسبان مقتضيات المادة 6 من الاتفاقية بشأن تدمير النفايات التي تحتوي أو ملوثة بالملوثات العضوية الثابتة.

في هذا القسم سيتم النظر أيضاً في المبادئ التوجيهية التقنية العامة للإدارة السليمة للنفايات التي تتألف من، أو تحتوي أو ملوثة بالملوثات العضوية الثابتة (POPs) والتي تمَّ تطويرها من قبل الأطراف في اتفاقية بازل بشأن التحكم بنقل النفايات الخطرة و التخلص منها عبر الحدود (سكرتارية اتفاقية بازل 2005). تعطي تلك المبادئ التوجيهية التوجيهات بشأن أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية ليتم تطبيقها في التدمير أو التحويل الدائم للملوثات العضوية الثابتة و اعتبار أفران الإسمنت أسلوب يمكن استخدامه في التدمير أو التحويل الدائم للملوثات العضوية الثابتة.

التدمير و الحرق المشترك للنفايات و النفايات الخطرة في أفران الإسمنت تقع أيضاً ضمن نطاق هذا القسم. يجب الأخذ بعين الاعتبار عند قراءة هذه المبادئ التوجيهية بأن التعريفات المحددة للمصطلحات "النفايات" و "النفايات الخطرة" لم تعد موجودة حالياً. وفي هذا السياق ضمن هذه المبادئ التوجيهية سيتم استخدام مصطلح "النفايات" بشكل مستقل عن القيمة الحرارية أو قدرته على الحلول كبديل عن الموارد المعدنية.

هذا القسم يعالج القضايا الناشئة عن فئات المصادر الواردة في المرفق "جيم" الجزء الثاني باء: أفران الإسمنت التي تحرق نفايات خطرة ، أو استخدامها في حالة الترميد المشترك للنفايات البلدية أو حرق الحمأة الناتجة عن الصرف الصحي مصدر الفئة ألف الجزء الثاني.

1. مقدمة

1.1 صناعة الإسمنت

شهد الإنتاج العالمي للإسمنت ارتفاعاً مستمراً في السنوات الماضية، وهذا الازدياد من المتوقع أن يستمر. وفقاً لما حققته صناعة الإسمنت ، بلغ إنتاج الإسمنت على المستوى العالمي 1.940 مليون طن في عام 2003 . بزيادة عن ما تمّ إنتاجه عام 2001 و المقدّر بـ 1.690 مليون طن و ما تمّ إنتاجه عام 2002 و المقدّر بـ 1.660 مليون طن . وثمة جزء كبير من الناتج تمّ باستخدام الطريقة الجافة في الإنتاج (de Bas 2002;DFIU/IFARE 2002).

على مدى السنوات الماضية كانت هناك زيادة مطردة سنوياً ما يقدر بـ 3.6% و ذلك بسبب الطلب القوي في البلدان النامية و البلدان التي تمر اقتصاديتها بمرحلة انتقالية.في الوقت الحاضر ،وفقاً للناتج العالمي الإجمالي، تبلغ حصة أوروبا 14.4 % ،الولايات المتحدة الأمريكية 4.7%، وبقية دول القارة الأمريكية بنسبة 6.6%، آسيا 67.5 %، (الصين 41.9%) ، إفريقيا 4.1% و بقية دول العالم بنسبة 2.7% . ويقدر استهلاك الإسمنت في العالم ليكون المتوسط 260 كيلوغرام للفرد الواحد في عام 2004 (Cembureau2004).

يصل إنتاج الإسمنت في أوروبا إلى نحو 190 مليون طن سنوياً . وأكثر من 75% من هذا الإنتاج يعتمد على عمليات الإنتاج بالطريقة الجافة ، وذلك بسبب ما هو متعارف عليه من زيادة في الكفاءة الطاقية لهذه الطريقة سواءً في العمليات الجديدة أو توسيع المرافق في السنوات الأخيرة ؛ 16% يعتمد على الإنتاج بالطريقة شبه الجافة أو الطريقة شبه الرطبة و 6% يعتمد على الإنتاج بالطريقة الرطبة . تعد الاستطاعة النموذجية للأفران الأوروبية الجديدة هي 3000 طن من الكلنكر يومياً (Wulf-Schnabel &Lohse1999)

أنتجت شركات صناعة الإسمنت الصينية 1,038 مليون طن من الإسمنت في عام 2005 (بمعدل 808 كيلو غرام للفرد الواحد؛ 45.4% من إجمالي الإنتاج العالمي)¹ ما يقارب من 60 % كان ينتج في 4000 فرن عامودي (Karestensen 2006a).

في الولايات المتحدة الأمريكية ينتج فرن متوسط حوالي 468000 طن سنوياً (إحصائيات عام 2002). حالياً، حوالي 81% من إنتاج الإسمنت في الولايات المتحدة الأمريكية يتم باستخدام تكنولوجيا الطريقة الجافة (موقع الانترنت لرابطة الإسمنت البورتلاندي Portland Cement Association website)

عادة، يُعدّ الفحم الوقود الرئيسي المستخدم في أفران الإسمنت . وهناك طائفة واسعة من أنواع أخرى من الوقود يمكن استخدامها أيضاً، بم في ذلك الفحم البترولي و الغاز الطبيعي و الزيوت (المفوضية الأوروبية 2001). في أوروبا تمّ تخفيض استهلاك الطاقة وتحديداً في صناعة الإسمنت بنسبة 30% على مدى السنوات الـ 20 الأخيرة (أي ما يعادل حوالي 11 مليون طن من الفحم سنوياً) (Cembureau 2004). من غير المألوف أن تكون الأفران قادرة على حرق أنواع عدة من الوقود و إنما يجب تغييرها من وقت لآخر وفقاً للتكاليف السائدة و أنواع الوقود المختلفة.

1.2 حرق النفايات في أفران الإسمنت

بالإضافة إلى أنواع الوقود التقليدية التي تمّ ذكرها في الفقرة 1.1 ، تستخدم صناعة الإسمنت أنواع مختلفة من النفايات كوقود. في صناعة الإسمنت في أوروبا يصل استهلاك كميات من النفايات باعتبارها وقود إلى حوالي 6 ملايين طن، و هو ما يعادل 18% من القيمة الحرارية (Cembureau 2004)

وعلاوة على ذلك ، يمكن لأفران الإسمنت أن تساهم في تدمير النفايات، بما في ذلك النفايات الخطرة ، سواءً ذات المحتوى الضئيل أو المعدوم من الطاقة أو المحتوى المعدني. وذلك قد يكون ذلك بناءً على طلب الحكومات الوطنية أو استجابة للطلب المحلي. في منشأة يتم التحكم فيها بشكل جيد الوصول إلى مردود عالي في تدمير المركبات العضوية الموجودة في النفايات يمكن أن يتحقق.

1 مراسلات خاصة مع CEMBUROU (2006)

هذه المعالجة المشتركة للنفايات الخطرة يمكن أن تتحقق فيما لو توفرت شروط معينة متعلقة بالتحكم بمُدخلات عمليات المراقبة (على سبيل المثال المحتوى من المعادن الثقيلة، كفاءة التسخين، محتوى الرماد، محتوى الكلور) و التحكم في الإنبعاثات و الحد منها، على النحو المبين أدناه.

ومع ذلك ، لا بد من التأكيد على أن أفران الإسمنت في المقام الأول لعمليات إنتاج الكلنكر، وليس كل ظروف التشغيل التي تؤدي إلى إنتاج الكلنكر مثالية لتدمير النفايات ؛ على سبيل المثال؛تحتاج أفران الإسمنت إلى العمل في المستويات الدنيا من غازات العادم والأوكسجين ومستويات أعلى من أول أوكسيد الكربون من المحارق للعمل بشكل جيد. تدمير النفايات العضوية يتطلب ليس فقط درجات حرارة عالية و زمن بقاء طويل، ولكن أيضاً يحتاج إلى توفر الأوكسجين بكميات كافية و مزج جيد بين المرغبات العضوية المعدة للترميز (التدمير) و الأوكسجين.الظروف التي يمكن أن تنشأ عن عدم تدمير النفايات بشكل كافٍ فيما لو لم يتم إدخال النفايات بشكل صحيح إلى الفرن أو نقص في كمية الأوكسجين المطلوبة. وعليه أن التصميم و التشغيل الجيدة يعتبر حاسم لاستخدام أفران الإسمنت لهذا التطبيق.

ينبغي التأكيد من أنّ هذا النشاط متميز من حيث الوقود و المواد الخام البديلة في العملية. أفران الإسمنت استخدمت لسنوات عديدة في هذا المجال في عدة بلدان مثل اليابان و النرويج و سويسرا، حيث لا يتوفر إلى حيز ضيق لمواقع طمر النفايات، وفي الآونة الأخيرة ، الأفران الحديثة استخدمت لتدمير النفايات في بعض البلدان النامية التي تعاني من نقص في البنية التحتية للتخلص من النفايات و حرقها وهذا يعني أنّ أفران الإسمنت هي الخيار الاقتصادي الأسرع و الأسهل من الخيارات المتاحة. هذا القسم يهدف إلى إعطاء إرشادات فيما يتعلق بالقضايا البيئية التي قد تنشأ في مثل هذه الحالات.حتى في حال توفر بنية تحتية جيدة للتخلص من النفايات، قد يكون من المفيد لاستكمال القدرات المحلية من خلال استخدام أفران الإسمنت

إن تطبيق نهج ينطوي على إدارة النفايات، مثل إعادة التدوير أو إعادة المعالجة ، يُعدّ أفضل من التخلص من هذه النفايات عن طريق المطامر أو إلقاء النفايات أو إتلافها في أفران الإسمنت. ينبغي بحث و تقييم كل حالة على حدا ليتم وضعها في استراتيجية شاملة لإدارة النفايات (انظر القسم الثالث جيم (ثانياً))

في حالات استثنائي يمكن استخدام أفران الإسمنت للتخلص الآمن من النفايات التي تملك قيمة حرارية منخفضة ومحتوى قليل من المعادن و لا تدخل في العملية التكنولوجية لإنتاج الكلنكر. لهذا النوع من المعالجة السلطات التنظيمية و المسؤولين عن التشغيل في المصنع يجب أن يتوصلوا إلى اتفاق فردية وفقاً لكل حالة على حدى.

عندما تستخدم أفران الإسمنت لتدمير النفايات، كطرق تخلص بديلة يجب أن يتم بعناية و تقييم. يجب الأخذ بعين الاعتبار عند تدمير النفايات في أفران الإسمنت معايير البيئة، والصحة والسلامة بشكل دقيق ، و يجب أن لا تؤثر على نوعية المنتج النهائي . في البلدان التي لا تفرض شروطاً صارمة المنتج النهائي فمن المهم تطبيق أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية لهذه التجهيزات عند الحرق المشترك للنفايات. يجب التحكم بالعملية بدقة عند تدمير هذه النفايات، و يجب قياس الإنبعاثات بانتظام.

2. ارتباطات لمعلومات ذات صلة:

يمكن الحصول على معلومات شاملة حول أفران الإسمنت بصفة عامة، وعلى حرق النفايات في أفران الإسمنت من خلال:

European Commission.2001. *Reference Document on the Best Available Techniques in the Cement and Lime Manufacturing Industries*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain². (<http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>)

Holcim. 2006. *Guidelines on Co-Processing Waste Materials in Cement Production*. The GTZ-Holcim public private partnership 2006. (http://www.holcim.com/gc/CORP/uploads/GuidelinesCOPROCEM_web.pdf)

CSI (Cement Sustainability Initiative). 2006. *Guidelines for the Selection and Use of Fuels and Raw Materials in the Cement Manufacturing Process: Fuels and Raw Materials*. World Business Council for Sustainable Development, Geneva, Switzerland. (http://www.wbcdcement.org/pdf/tf2/tf2_guidelines.pdf)

² وثيقة هذا المرجع (2006) مازالت حالياً تحت التنقيح و المراجعة.

2.1 اعتبارات عامة لإدارة النفايات (Section III.C (ii))

يمكن للمجتمع إدارة النفايات بعدة طرق، ويتوقف ذلك على الطبيعة الفيزيائية و الكيميائية، والحالة الاقتصادية والاجتماعية، والبيئية التي تنتجها. بعض هذه الطرق مذكورة أدناه. اتخاذ قرارات محددة دائماً سوف تتأثر بالظروف المحلية، مثل توافر مرافق التخلص من النفايات، أسواق بديلة للمواد، و البنية التحتية المتاحة للجمع الآمن، إدارة ونقل النفايات (CIS2005) القسم الثالث جيم (ثانياً) من هذه المبادئ التوجيهية، الذي يبين التسلسل الهرمي لاتخاذ القرارات اللازمة لإدارة النفايات

2.2 خيارات أخرى لمعالجة النفايات

إن استخدام أفران الإسمنت لمعالجة النفايات ينبغي النظر إليه فقط على انه جزءاً من السياق العام لخيارات إدارة النفايات في التسلسل الهرمي كذلك المبين أعلاه. يُعدُّ ترميد النفايات هو أيضاً خياراً للتخلص من النفايات و المبادئ التوجيهية لأفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية لفئة المصدر هذه ينبغي النظر فيها عندما تكون أفران الإسمنت مستخدمة في هذا التطبيق

2.3 الدلائل الفنية لاتفاقية بازل

يتعين النظر بعناية في الدلائل الفنية التي وضعتها اتفاقية بازل لأنها توفر توجيهات إرشادية بشأن أفضل التقنيات المتاحة ليمت تطبيقها في تدمير أو التحويل الدائم للملوثات العضوية الثابتة كنفائات.

3. عمليات إنتاج الإسمنت

في هذا الدليل سيكون وصف عمليات إنتاج الإسمنت مقتصرأ على الطرق المختلفة للأفران الدوارة. لابد من الأخذ بعين الاعتبار بأن معظم إنتاج الإسمنت يتم في أفران اسطوانية عمودية والتي تظهر انخفاض في كفاءة استخدام الطاقة وسوء الأداء البيئي (H. Klee, World Business Council for Sustainable Development, personal communication 2004). لذا لا ينبغي اعتبار الأفران العمودية كخيار من خيار أفضل التقنيات المتاحة

3.1 مبادئ عامة

تبدأ الكيمياء الأساسية لصناعة الإسمنت بعملية تفكك كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) عند درجة حرارة حوالي 900 درجة مئوية إلى (CaO ، الجير) وانطلاق غاز من ثاني أكسيد الكربون (CO_2) ، وهذه العملية معروفة باسم التكليس. نليها عملية إنتاج الكلنكر حيث يتفاعل أكسيد الكالسيوم في درجة حرارة عالية (عادة 1,400 درجة مئوية - 1,500 درجة مئوية) مع السيليكات ، والألومينا وأكسيد الحديد لتشكيل السيليكات ، وألومينات وحديدات الكالسيوم التي تُؤلف الكلنكر البورتلاندي. يطحن هذا الكلنكر مع الجبس وغيره من المواد المضافة لإنتاج الإسمنت. الشكل رقم - 1 يحدد العمليات الرئيسية وحدود النظام في إنتاج الإسمنت.

تحضير المواد الأولية

3.2

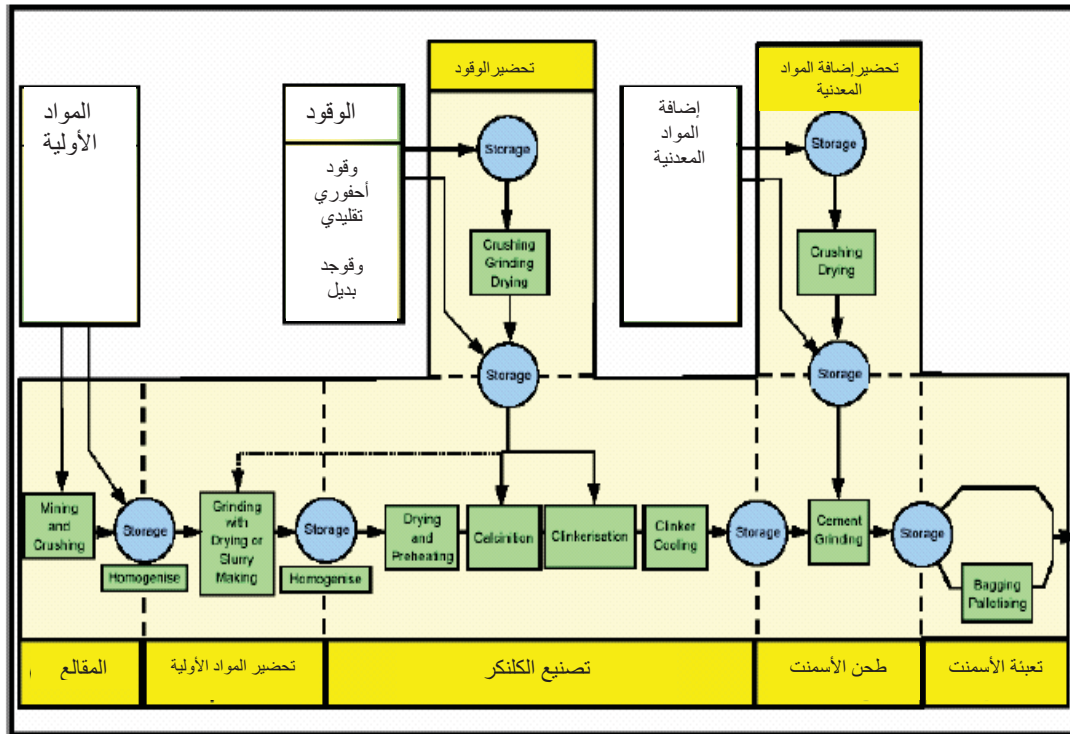
إن تحضير المواد الخام أهمية كبيرة في العمليات اللاحقة في نظام الأفران على حدٍ سواء من حيث تجهيز الطبيعة الكيميائية الملائمة للوجبة الملقمة إلى الفرن و أنّ التلقيم يتم بشكل كاف ودقيق . الوزن الدقيق وتجانس نسب مكونات الوجبة الخام بواسطة الوزن هو أمر هام للوصول إلى التركيبة الكيميائية المتسقة. وهذا أمرٌ ضروري لتشغيل مستقر للفرن و نوعية عالية للمنتج.

تحضير الوقود الصلب (سحق، وطحن، وتحفيف) عادة ما ينفذ في الموقع

المواد الخام، يتم ضبط نسب محتوياتها ، وتطحن و تمزج لتشكيل خليطاً متجانساً يماثل التركيبة الكيميائية المطلوبة. لأنظمة أفران تعمل بالطريقة الجافة و الطريقة شبه الجافة، يتم طحن مكونات المواد الخام و تجفيفها لتشكيل مسحوق ناعم، والاستفادة بشكل رئيسي من الغازات العادمة الناجمة عن الفرن و/أو من تبريد الغاز العادم. بالنسبة للمواد الخام ذات المحتوى العالي من الرطوبة، وللبدء بالإجراءات قد يكون هناك حاجة لتوفير حرارة إضافية عن طريق فرن مساعد

يستخدم الطحن الرطب فقط في حال وجود أفران تعمل بالطريقة الرطب و أو شبه الرطبة، يتم طحن مكونات المواد الخام مع إضافة الماء ليتم تشكيل الملاط (طين رطب). ويفضل استخدام الطريقة الرطبة عادة كلما كان محتوى المواد الخام من الرطوبة يزيد على 20% من وزنها.

الشكل رقم (1): تحديد العمليات وحدود النظام في إنتاج الإسمنت



المصدر المفوضية الأوروبية 2001

عمليات الأفران الدوارة

3.3

مواد التغذية الخام (و التي تعرف أيضاً بالوجبة الخام، أو المزيج الخام، أو الملاط (في العمليات الرطبة) أو بتغذية الفرن) يتم تسخين هذه المواد في الفرن، عادة ما تكون هذه الأفران كبيرة، مائلة، اسطوانات دوارة من الفولاذ (الأفران الدوارة). يتم تشغيل العمليات في الأفران بشكل متعكس ، يتم تدفق الغازات و المواد الخام باتجاهين متعاكسين داخل الفرن لتحقيق أكبر فعالية في نقل الحرارة. يتم تلقيم الوجبة الخام إلى النهاية العلوية أو الباردة من الفرن الدوار. ويؤدي الميلان و الدوران إلى تدفق الوجبة الخام إلى الجزء السفلي أو النهاية الساخنة.

يغادر الكلنكر نهاية الفرن الساخنة عند درجة حرارة حوالي 1000 درجة مئوية. ويسقط إلى مبرد الكلنكر، وعادة ما يكون عبارة عن منصب متحرك و الذي ينفخ من خلاله هواء التبريد.

هناك عدة طرائق لإنتاج الإسمنت يمكن إتباعها وتطبيق خطواتها المطلوبة لتحقيق التحولات الفيزيائية و الكيميائية المطلوبة. تختلف فيما بينها في تصميم المعدات و طريقة التشغيل و استهلاك الوقود.

3.3.1 العملية الجافة The dry process

في العملية الجافة ، يتم طحن و تجفيف المواد الأولية لتشكل الوجبة الخام على شكل بودرة. تدفع الوجبة الخام إلى المسخن الأولي أو فرن التكليس الأولي، ونادراً إلى فرن تجفيف طويل. ستكون كفاءة الفرن أكبر في حال تمّ تسخين الوجبة الخام قبل إدخالها إلى الفرن.

3.3.1.1 العملية الجافة مع تسخين أولي The preheater dry process

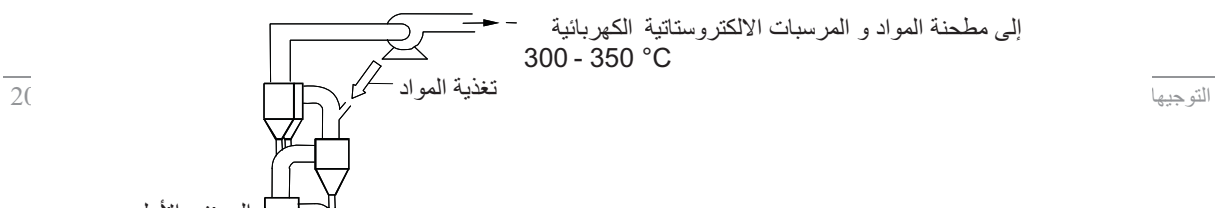
يتم في هذه العملية استخدام التسخين الأولي بهدف زيادة الكفاءة الحرارية . يتألف المسخن الأولي للوجبة الخام من برج عمودي يحتوي على مجموعة أوعية على شكل حلزون (سيكلونات). يتم إدخال الوجبة الخام من أعلى البرج. تمر غازات الاحتراق الناتجة عن فرن الإسمنت بشكل معاكس لتيار حركة الوجبة الخام المتجهة نحو الأسفل مما يعمل على تسخينها الوجبة الخامية قبل دخولها إلى فرن الإسمنت . يتم فصل الوجبة الخام عن غازات المدخنة في السيكلونات ، ثم تسقط الوجبة الخام إلى المرحلة التالية . بما أنّ الوجبة تدخل الفرن و هي بدرجة حرارة أعلى من أفران الطويلة الجافة ، بالتالي يكون طول فرن التسخين الأولي أقصر.

مع نظام التسخين الأولي ، يحتاج أحياناً إلى إزالة بعض المكونات غير المرغوبة ،مثل مكونات قلوية معينة، وذلك بواسطة تفرغ عبر نظام جانبي متوضع بين فوهة تغذية الفرن الدوار وبرج التسخين الأولي. و إلا فإنّ هذه المواد القلوية سوف تتراكم في الفرن، وبالتالي تصبح عملية إزالة التكلسات و الترسبات من على جدران الفرن و الأوعية عملية صعبة جداً وقد تتطلب إيقاف الفرن عن العمل. يمكن التقليل من هذه المشكلة إذا تمّ سحب جزء من الغازات ذات المحتوى العالي من القلويات. إذا كان لهذه التفرجة الجانبية القلوية مدخنة منفصلة فمن المتوقع أن تُحمل وتطلق نفس الملوثات مثل مدخنة الفرن.

3.3.1.2 العملية الجافة مع تسخين/تكليس أولي The preheater/precalciner dry process

تعد هذه العملية مشابهة لعملية التجفيف بالتسخين الأولي، مع إضافة نظام حرق مساعد لزيادة درجة حرارة المواد الأولية قبل إدخالها إلى فرن الإسمنت (الشكل رقم 2). أضيف في هذه العملية وعاء احتراق قبل التكليس إلى أسفل برج التسخين الأولي . تكمن الميزة الأساسية في استخدام مرحلة التكليس الأولي إلى رفع كفاءة إنتاج الفرن، ذلك أنّ الحرق الوحيد للكلنكر يتم هناك . كما أنّ استخدام مرحلة التكليس الأولي يزيد من عمر البطانة الداخلية لجدران الفرن نتيجة تخفيض الحمل الحراري على منطقة الاحتراق. قد تتطلب هذه التركيبة وجود نظام تفرغ جانبي (تفرجة جانبية) للتحكم بالقلويات، والتي إن تمّ إطلاقها عبر مدخنة منفصلة، فمن المتوقع أن تحمل وتُطلق نفس الملوثات مثل مدخنة الفرن

الشكل رقم (2) : الفرن الدوار بدون تسخين و تكليس أولي



3.3.2 العملية نصف الجافة The semi-dry process

يتم تحويل الوجبة الخام في عملية التصنيع شبه الجافة إلى كريات أو حبيبات بمحتوى من الماء 12-14 % و التي يجري تغذيتها إلى المسخن الأولي قبل دخولها إلى الفرن أو إلى فرن طويل مجهز بحواج (تقاطعات) و التي تتوضع عليها الكريات ويتم تفتيتها وتكليسها جزئياً بواسطة غازات الفرن الحارة ، قبل تغذيتها إلى فرن الإسمنت الدوار

3.3.3 العملية نصف رطبة The semi-wet process

في عملية التصنيع شبه الرطبة المواد الأولية (عادة ذات محتوى عالي من الرطوبة) يتم نزع الماء من الملاط (الطين السائل)، بواسطة إدارة ترشيح بالضغط ، يتم تحويل كعكة الفلتر المتشكلة إلى كريات بواسطة البثق و تغذيتها إما إلى المسخن الأولي أو مباشرة إلى مجفف كعكة الفلتر لإنتاج الوجبة الخام.

3.3.4 العملية الرطبة The wet process

في عملية التصنيع الرطبة، يتم طحن المواد الأولية (عادة ذات محتوى عالي من الرطوبة) بوجود الماء لتشكيل طين سائل(ملاط). ويتم تغذية الطين مباشرة إلى الفرن أو إلى مجفف الملاط أولاً. تعد الطريقة الرطبة أقدم طريقة استخدمت في حالة الطحن الرطب للمواد الأولية . تستلزم هذه الطريقة طلب أعلى للطاقة مقارنة مع الطريقة الجافة وذلك بسبب الحاجة إلى تبخير الماء من الطين السائل.

3.4 عملية طحن الإسمنت The cement grinding process

يتم طحن الكلنكر مع الجبسوم وبعض الإضافات الأخرى، وعادة تكون في مطاحن ذات الكرات، لإنتاج المنتج النهائي الإسمنت. ينقل الإسمنت من مطاحن الإسمنت النهائية إلى سيلوهات تخزين عمودية أو إلى دائرة الشحن . يتم نقل الإسمنت من أماكن التخزين بعدة وسائل إما إلى منطقة الشحن في المنشأة أو يتم نقله بالشاحنات مباشرة

3.5 التحكم بالانبعاثات

بصفة عامة ، أفران الإسمنت الحديثة مجهزة إما بمرسب كهربائي أو مرشحات نسيجية، أو مجهزة بكليهما ، من أجل التحكم والسيطرة باطلاقات الجسيمات العالقة. في بعض الحالات ، يتم تبريد غازات المدخنة قبل دخولها إلى أجهزة التحكم بتلوث الهواء. أجهزة التحكم بالغازات الحمضية لا تستخدم في أفران الإسمنت كون المواد الخام ذات محتوى عالي من القلويات وتوفر درجة كبيرة من التحكم بالغازات الحمضية (Karstens 2006b)، رغم أنّ هناك عدد من الأفران مجهزة بأجهزة الغسيل الرطب للغازات، إذا كان محتوى الكبريت في الوجبة الخام مرتفعة.

تقنيات لتخفيض أكاسيد النتروجين هي بشكل أساسي طرق أولية مثل التبريد باللهب ، تصميم الحراق، أنظمة الاحتراق أو التخفيض الانتقائي للحفازات بواسطة حقن الامونيا

4. الحرق

4.1 العملية مع أنواع الوقود التقليدية

أنواع الوقود التقليدية يمكن استخدامها في مصانع الإسمنت فالوقود الأحفوري مثل الفحم و الليغنيث، والوقود الثقيل أو الغاز الطبيعي. ويمكن استخدام هذه الأنواع من الوقود بشكل منفرد أو مجتمعة، وفي هذه الحالة كحد أدنى من النوعية (القيمة الحرارية، المعادن الثقيلة أو محتوى الكبريت) يجب أن يكفل. بعض أنواع الوقود الأحفوري (مثل الفحم) يجب طحنها قبل أن تحقن .

من أجل التشغيل السلس للفرن، و إنتاج كلينكير متجانس و احتراق كامل، بعض المعايير الهامة يتعين النظر بها من أجل الوقود. أكسدة مكونات الوقود يحدث بسرعة اكبر عند مزج الوقود بصورة جيدة و سطح تلامس اكبر. و في حالة الوقود السائل، الحقن يجب أن يكون سلس بقدر الإمكان. في حالة الوقود

يستهلك مصنع الإسمنت من 3000 إلى 6500 ميغا جول (الكهرباء و النقل غير متضمنة) لكل طن واحد من الكلنكر المنتج، اعتماداً على نوعية المواد الخام ونوع العملية المستخدمة. تستخدم معظم مصانع الإسمنت اليوم الفحم و الفحم البترولي كوقود رئيسي . و إلى حد أقل الغاز الطبيعي و زيت الوقود. فضلاً عن توفير الطاقة، بعض أنواع الوقود هذه التي تحرق تبقى رما د يحتوي على مُرَكَّبَات السيليكا و الألومينا (بعض العناصر النذرة) . وهذه تتحد مع المواد الأولية في الفرن ، و تساهم في تركيبة الكلينكر و تشكل جزءاً من المنتج النهائي. عادةً يمثل استخدام الطاقة ما نسبته 30- 40 % من تكاليف لإنتاج الأنواع المختلفة من الوقود ، مرتبة من حيث الأهمية، هي:

• الفحم الحبيبي و الفحم البترولي (petcoke)؛

• زيت الوقود (الثقيل)؛

• الغاز الطبيعي

النقاط المُمكنة لإدخال الوقود إلى نظام الفرن هي:

- عبر الحراق الرئيسي الموجود في مخرج الفرن الدوار ؛
 - عبر فوهة تغذية المواد الأولية في غرفة الانتقال عند المدخل العلوي للفرن الدوار (للوقود الصلب)؛
 - عبر الحراقات الثانوية في الأنابيب الصاعدة ؛
 - عبر حراقات التكليل الأولية ؛
 - عبر فوهة التغذية إلى المسخّنات/التكليل الأولية للوقود الصلب
 - عبر صمام في منتصف الفرن في حالة الأفران الطويلة بالطريقة الرطبة أو الجافة (للوقود الصلب).
- اعتماداً على ظروف التشغيل – على نحو أوضح في تشغيل التجهيزات غير ملائم- انبعاثات هامة لمركبات ثنائي بنزو-بارا-ديوكسين متعددة الكلور (PCDD)، ومركبات ثنائي بنزو فيوران متعددة الفلور (PCDF) يمكن أن تحدث. في حالات التشغيل غير الملائم ستكون إطلاقات PCDD/PCDF أقل من 0.1 نانوغرام مكافئ سمي /متر مكعب

4.2 حرق النفايات و النفايات الخطرة

إن اختيار النفايات و المواد يرتبط بعدد من الاعتبارات الإضافية ذات الصلة تتضمن:

- استهلاك الوقود وأثره على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون CO₂ ؛
 - اثر على كلفة الوقود
 - أثره على الإنبعاثات الأخرى مثل غازات أكاسيد النتروجين و ثاني أكسيد الكبريت ، الجسيمات، الملوثات العضوية الثابتة الأخرى ، المعادن الثقيلة، المُرَكَّبَات العضوية
 - أثره على عمليات الاستخراج و نشاطات المقالع؛
 - ثباتية ظروف تشغيل الفرن (يتأثر بعدة مؤشرات مثل القيمة الحرارية و محتوى الرطوبة)؛
 - أثره على نوعية المنتج (على سبيل المثال تقييد محتوى الكلور في الإسمنت : < 0.1%)
- متطلبات نوعية الإنتاج، بشكل مفصل تقييد محتوى الكلور في الإسمنت بـ 0.1%، اختيار الوقود كحد أدنى، إدخال الكلور يجب أن يكون مراقب

4.2.1 أمثلة حول النفايات و الوقود البديل

تعد الاستعاضة عن الوقود الأحفوري و استخدام الوقود البديل من الممارسات المتطورة في بعض البلدان. استخدمت بعض البلدان النفايات كوقود بديل لنحو 30 سنة تقريباً، وقامت بعض الحكومات الوطنية بتعزيز اتباع هذا النهج، شريطة أن تكون هناك متطلبات صارمة فيما يخص بعض المُدخَلات ، والعمليات للحد من الإنبعاثات الناتجة. ومع ذلك، بعض أصحاب المصلحة و جهات قضائية أخرى قد ينظر إلى هذه الممارسة كما ينظر إلى الترميد. في بعض البلدان التي تعتبر فيها هذه الممارسة راسخة، تمّ النظر إلى أنواع من المواد التي تعتبر أكثر ملائمة لاستخدامها في أفران الإسمنت (CSI) (2005) والتي قد تشمل مايلي:

- الإطارات المستعملة
 - اللحوم، العظام وشحوم الحيوانات؛
 - المواد البلاستيكية
 - نشارة الخشب الملوثة
 - الأخشاب، الورق، ألواح الكرتون، نفايات مواد التعبئة؛
 - الحمأة (عجينة الورق، مياه الصرف)
 - النفايات الزراعية و العضوية؛
 - الصلصال، وزيت الصلصال؛
 - ملاط الفحم
 - متبقيات التقطير
 - الأجزاء الصغيرة من الفحم/أو فحم الكوك/أقطاب البطاريات/الكوك الكيميائي؛
 - الزيوت المستهلكة، المياه الملوثة بالزيوت
 - المذيبات المستهلكة
- من المهم التحكم بمؤشرات النفايات(على سبيل المثال القيمة الحرارية،محتوى الرطوبة، محتوى الرماد، محتوى الكلور، محتوى المعادن الثقيلة)

4.2.2 قائمة النفايات السلبية

يمكن تطبيق التصنيع المشترك فقط عند تحقيق كافة الاشتراطات و المتطلبات البيئية و الصحية و السلامة و معايير التشغيل و الاقتصادية-الاجتماعية ، ونتيجة لذلك ليست كل مواد النفايات مناسبة للتصنيع المشترك . فيما يلي قائمة من النفايات التي لا يوصى باستخدامها للتصنيع المشترك في مصانع الإسمنت:

- النفايات النووية؛
- النفايات الالكترونية؛
- المتفجرات؛
- الحموض المعدنية؛
- النفايات الحاوية على الاسبتوس؛
- تركيز عالي من نفايات السيانيد؛
- النفايات الطبية المعدية؛
- اسلحة كيميائية أو بيولوجية معدة للتدمير؛
- البطاريات؛
- نفايات بلدية غير مفروزة و نفايات أخرى مجهولة التركيب

تتألف النفايات الالكترونية من أجهزة الكمبيوتر و الملحقات، و أجهزة الترفيه الالكترونية، وأجهزة الاتصالات الالكترونية، ولعب الأطفال وكذلك السلع البيضاء مثل أجهزة المطبخ أو الأجهزة الطبية. يبين التركيب المتوسط بأن النفايات الالكترونية تحتوي من ناحية على مواد ضارة بالصحة و البيئة مثل الكلور ، والبور، و الفوسفور، و الكاديوم، والنيكل، والزنك، والفينيل متعدد الكلور، ومثبطات اللهب البرومية ذات التراكيز العالية، وغالباً ما تكون أعلى من قيم العتبة الحدية، من جهة أخرى، تحتوي النفايات الالكترونية على معادن ثمينة وبتراكيز عالية و يجب بذل الجهود للقيام بإعادة تدويرها. إن تجهيز قطع البلاستيك الموجود في أجزاء النفايات الالكترونية خيار يثير الاهتمام، ولكن أولاً يجب فصلها وتفكيكها (after Holcim2006)

القائمة المذكورة أعلاه ليست قائمة شاملة. بصفة عامة، النفايات ذات القيمة الحرارية المنخفضة ومحتوي عالي من المعادن الثقيلة ليست مناسبة لقيم إدراجها في أفران الإسمنت. لا يمكن حرق النفايات البلدية الصلبة بشكل مشترك في أفران الإسمنت لأنه لا يمكن التنبؤ بتركيبها وخصائصها. وعلاوة على ذلك يمكن لشركات فردية استبعاد مواد إضافية، وهذا يتوافق وفقاً للظروف المحلية.

4.2.3 اعتبارات اختيار النفايات

تعد عملية اختيار النفايات عملية معقدة، وتتأثر بعوامل كثيرة، تشغيل الفرن، وطبيعة هذه النفايات نفسها، التأثير العام على البيئة، ونوعية الكلنكر المطلوبة و احتمالية تشكل أو إطلاق المواد الكيميائية المُدرّجة في المُرْفَقُ "جيم" من اتفاقية استكهولم و غير ذلك من الإطلاقات الأخرى إلى البيئة. على المشغل تقييم وضع الوقود و إجراءات القبول. وعلى أساس هذا الإجراء يتم تقييم اثر الوقود على انبعاثات المنشأة و الحاجة المحتملة إلى تجهيزات إضافية، أو إجراءات لضمان عدم وجود اثر سلبي على البيئة .

المتغيرات التي ينبغي أخذها بعين الاعتبار عند اختيار الوقود و المواد الخام (CSI 2005):

4.2.3.1 تشغيل الفرن

- الكلور، والكبريت، و المحتوى القلوي: وهذه يمكن أن تتراكم في أنظمة الفرن، وتنتج نواتج التراكم، وتعيق التشغيل المستمر؛ إن زيادة الكلور و المواد القلوية يمكن أن يسبب إنتاج غبار أفران الإسمنت أو غبار بالخط الراجع (ويمكن أن يتطلب ذلك تركيب خط راجع) ، والذي يجب إزالته، إعادة تدويره أو التخلص منه بطريقة موثوقة؛
- محتوى الماء(الرطوبة): وجود المحتوى العالي من الماء يمكن أن يقلل من إنتاجية و كفاءة أنظمة الفرن؛
- القيمة الحرارية(الوقود) : تعد القيمة الحرارية المؤشر الرئيسي لتزويد الطاقة إلى العملية؛
- محتوى الرماد: يؤثر محتوى الرماد على التركيب الكيميائي للإسمنت و ربما يتطلب ضبط مكونات مزيج المواد الخام
- عوامل إضافية ذات صلة، على سبيل المثال طاقة المعالجة و حجم النفايات الغازية
- استقرارية العملية (عل سبيل المثال أول أو أكسيد الكربون الذري) والحالة (السائلة، الصلبة) ، وتحضير (تكسير، طحن) و تجانس النفايات

4.2.3.2 الكلنكر ونوعية الإسمنت

- محتوى الفوسفات: هذا التأثير يتحدد بالوقت؛
- الكلور، والكبريت و المحتوى القلوي: وهذه تؤثر بشكل عام على جودة المنتج
- الثاليوم و الكروم: ويتعلق بغبار أفران الإسمنت و نوعية الإسمنت و يمكن الحساسية حساسية المستخدمين

4.2.3.3 إطلاقات الملوثات الجوية غير الموجودة في المُرْفَقُ "جيم"

- محتوى عالي من الكبريت في المواد الخام و الوقود المدخل و النفايات : وهذا قد يؤدي إلى انطلاق غاز ثاني أكسيد الكبريت؛

- التحكم بالغازات العادمة : حيث انه تم تأسيس نظام فرعي للقلويات، نحتاج لتخصيص نظام للتحكم بغازات العادم في الطريق الفرعي بشكل مشابهة لما هو واقع في غازات المدخنة الرئيسية.
- الكلور في المواد الخام أو الوقود: يمكن أن يتحد مع القلويات الموجودة حالياً في التغذية لتشكيل الجسيمات الدقيقة التي تتألف من الكلور و تلك القلويات، و التي من الصعب السيطرة عليها؛ في بعض الحالات تتحد الكلوريدات مع الأمونيا الموجودة الحجر الكلسي المغذى لينتج بشكل واضح أعمدة من الجسيمات الدقيقة التي تتألف بشكل أساسي من كلور الأمونيوم.
- المعادن في المواد الخام أو الوقود: سوف تحتوي المواد الخام الأولية و الوقود على المعادن و بتركيز متفاوتة. يعتمد سلوك هذه المعادن في عمليات الحرق على قابليتها. أو عدم قابلية المعادن للتطاير وبقائها في العملية لتخرج كجزء من مكونات الكلنكر. تؤخذ المعادن شبه الطيارة جزئياً إلى المرحلة الغازية عند حرارة التكثيف ليتم تكثيفها على المواد الخام في الجزء البارد من أنظمة الفرن. وهذا سيقود إلى اثر دوراني ضمن أنظمة الفرن (دوران داخلي) الذي ينبغي أن يصل إلى نقطة التوازن القائم و المستمر بين المدخلات و المخرجات عبر الكلنكر. مركبات المعادن القابلة للتطاير تتكاثف على جزيئات المواد الخام عند درجات حرارة منخفضة و إمكانية تشكيل حلقات داخلية أو خارجية، وإذا لم تتبع مع غازات مدخنة الفرن. الثاليوم و الزئبق و مركباتها خصوصاً سوف تتطاير و على حد أقل مركبات الكاديوم و الرصاص و السيلينيوم و مركباتها (المفوضية الأوروبية 2001).
- إن تركيز المعادن في غبار أفران الإسمنت يعتمد على المواد الخام وإعادة التدوير في أنظمة الفرن. في الجسيمات فإن استخدام الفحم و وقود النفايات يزيد من إدخال المعادن إلى العملية. تجهيزات التحكم بالغبار لا يمكن أن تلتقط إلا بعض الجسيمات المرتبطة بالمعادن الثقيلة، ومعدل حجز الأجزاء الغازية من المعادن القابلة للتطاير مثل الزئبق ومركباته منخفض. وهذا يحتاج إلى الأخذ بالحسبان في أقرب وقت النفايات التي تحتوي على معادن ثقيلة قابلة للتطاير مثل الزئبق، والرصاص، أو الكاديوم إذا حرقت بشكل مشترك. الخشب المعالج و النحاس، والكروم، والزرنيخ و ما إلى ذلك يتطلب أيضاً اهتماماً خاصاً فيما يتعلق بكفاءة نظام تنظيف غازات المدخن.
- يمكن أن يؤثر اختيار نوع الوقود أيضاً في انبعاثات غازات الدفيئة، على سبيل المثال الاستعاضة عن الوقود الأحفوري بالكتلة الحيوية يخفض مقدار انبعاثات غاز أول أكسيد الكربون CO ؛
- تأثير النفايات في انبعاثات NO_x ، يعتمد على العناصر المكونة لهذه النفايات و محتوى الرطوبة

4.2.4 تحليل تيار المدخلات

ينبغي على مشغل الفرن وضع معايير لقبول المواد الخام بما فيها النفايات و ينبغي إجراء تقييم مستمر للإجراء الذي يشتمل على مايلي:

- اسم و عنوان المسلم/المورد، و منشأ النفايات، و حجم النفايات، و محتوى الرطوبة و الرماد، و القيمة الحرارية، و تركيز الكلور، و الفلور، و الكبريت و المعادن الثقيلة؛
 - يجب على كل مورد للمواد أن يُقدم في البداية و بعد ذلك بصورة دورية، عينات تمثيلية من الوقود، و التي ستستخدم لتقييم الوقود قبل أن يتم تسليمها إلى المنشأة؛
 - ينبغي على المورد أيضاً تقديم بطاقة بيانات تتضمن تفاصيل حول الخواص الفيزيائية و الكيميائية للوقود الذي ينوي توريده، و المعلومات ذات الصلة بشأن الصحة و السلامة و الاعتبارات البيئية أثناء النقل و المناولة و الاستعمال؛
 - ينبغي اختبار الخواص الفيزيائية و الكيميائية للعينات و التحقق من مواصفاتها
- يجب تنفيذ نظام واضح لضبط الجودة و مراقبة الجودة، بما في ذلك أخذ عينات دورية و تحليلها للمواد المراد تسليمها بالفعل إلى المنشأة و التحقق من أن مستويات الملوثات لا تزال ضمن المواصفات المعمول بها.

4.2.5 المعالجة التحضيرية و تخزين النفايات لاستخدامها كوقود بديل

تعتمد متطلبات التخزين للنفايات على نوعية المواد. بصفة عامة، يجب اخذ الحيطة لتخفيف إطلاقات الملوثات، ولتحضير المتطلبات التقنية والصحية .

فيما يتعلق بالتخزين الأولي : مزيج المواد التي تحتوي على ملوثات قوية(على سبيل المثال محتوى بيولوجي بشكل أساسي) ومحتوى رطوبة عالي (أعلى من 40%) تحتاج أن يتم تخزينها في حاويات مصممة وفقاً و التنظيفات الصحية . طعام الحيوانات يجب تكييفها في نظام مغلق بشكل تام ، و تُزود ضمن حاويات و يتم نقلها إما بواسطة الضغط أو بواسطة تجهيزات ميكانيكية إلى مستودعات التخزين . النفايات السائلة (الزيوت المستعملة ، المذيبات) يجب تخزينها في حاوية مصممة بشكل خاص لمنع حدوث التسرب و خطر الانفجار ،يجب تطوير إرشادات أمان خاصة (أخذين بالحسبان على سبيل المثال ، خطورة الانفجار).

التخزين المتوسط في المنشأة للنفايات بهدف فحص جودة الوقود البديل بعد عملية التحضير ،يستخدم هنا عادة الحاويات

التخزين الأولي و عمليات التحضير لمختلف أنواع النفايات لاستخدامها كوقود يتم عادة خارج مصانع الإسمنت ومن قبل المرود أو بواسطة منظمات متخصصة في معالجة النفايات، فمركزية هذه الحلول تعد مفيدة لمشغلي الأفران، الذين غايتهم الرئيسية إنتاج الكلنكر لإنتاج الإسمنت. على أي حال . هذا يعني أنه فقط كميات النفايات المفروزة و المعالجة يجب تخزينها في مصانع الإسمنت . ومن ثم يتم تغذيتها إلى فرن الإسمنت. بما أن تموين النفايات المناسبة للاستخدام كوقود يميل لأن يكون متغيراً بينما سوق مواد هذه النفايات يتطور بسرعة، فينصح بتصميم منشآت تخزين و تحضير متعدد الأغراض (Karstensen2006b) لقد بدأت التدابير (2003) في الاتحاد الأوروبي لتوحيد المقاييس و المعايير لاسترجاع الوقود الصلب من النفايات غير الخطرة .

يمكن خلط النفايات وذلك بهدف تلبية متطلبات معينة، ولكن إخفاء الأثر البيئي عن طريق تخفيف التركيز، لا يعتبر ممارسة مقبولة.

4.2.6 كفاءة التحطيم Destruction efficiency

إن الحرق المشترك للنفايات الخطرة لا يمكن أن يتم إلا في شروط معينة بالتحكم بالمُدخلات، واستيفاء عملية مراقبة والتحكم بالإنبعاثات. واحد من هذه المعايير هو محتوى الأوكسجين في غازات العادم . يحتاج تحطيم النفايات العضوية ليس فقط إلى درجة حرارة عالية و زمن بقاء طويل، ولكن تحتاج أيضاً من توافر ما يكفي من الأوكسجين، و إدخال سليم للمركبات العضوية في فرن مخصص لعملية التحطيم، و المزج الجيد للمكونات مع الأوكسجين. التصميم الجيد و التشغيل ذو أهمية كبيرة لاستخدام أفران الإسمنت لهذا التطبيق.

شاركت العديد من أفران الإسمنت في عمليات تجارية مشتركة لتبادل النفايات (على سبيل المثال قبول نفايات من موردين من خارج الموقع)؛ في معظم الحالات لاستخدامها كوقود بديل في إنتاج كلينكر الإسمنت البورتلاندي. وعادة ما تحقن النفايات السائلة في نهاية المنطقة الساخنة من الفرن. وتدفع النفايات الصلبة أحياناً إلى منطقة التكليل في بعض المنشآت. في الأفران الطويلة ، سيتم إدخال النفايات الصلبة في منتصف الفرن، وفي أفران التسخين/التكليس الأولي سيتم إدخالها إلى رف التغذية في قسم الحارة العالية.

في حالة النفايات الخطرة، يجب التأكد من التحطيم الكامل للمركبات السامة القابلة للاحتراق مثل المواد العضوية المهلجنة. النفايات التي يتم تلقيها عبر الحراق الرئيسي سيتم تحطيمها منطقة الحرق الأولي عند درجة حرارة لهب < 1800 درجة مئوية . النفايات التي تلقم إلى الحراق الثانوي ، التسخين الأولي أو التكليس الأولي سوف تتعرض لدرجة حرارة منخفضة ، ومع ذلك يتوقع أن تكون درجة حرارة منطقة الاحتراق في التكليس الأولي عادة < 1000 درجة مئوية.

المُركبات القابلة للتطاير في المادة التي يتم تغذيتها في نهاية القسم العلوي للفرن الدوار أو كدفعات وقود متقطعة من الممكن أن تتبخر أو تتفكك حرارياً و تنطلق من المدخنة دون أن تحترق، لأن اتجاه تيار المواد والغازات في الفرن تتم بشكل متعكس. حقن كمية من النفايات إلى منتصف أو في نهاية منطقة التغذية لا تتعرض إلى نفس درجات الحرارة المرتفعة مثل يحدث عند ضخ النفايات السائلة إلى المنطقة الساخنة.في بعض الحالات المُركبات العضوية الطيارة قد تتحرر من الشحنة بشكل سريع بحيث تصبح غير قادرة على الامتزاج مع الأوكسجين وتشتعل قبل تبريدها دون درجة الحرارة الحرجة، وتشكيل المنتجات الغير قابلة للاحتراق الكامل، و إدخال أجهزة الكشف عن أول أوكسيد الكربون CO للكشف عن الاحتراق غير الكامل يسمح باتخاذ التدابير التصحيحية اللازمة.

تتكون النفايات الخطرة التي تستخدم كوقود بديل في صناعة الإسمنت بشكل أساسي من المواد العضوية، ولكن ويمكن أن تحتوي على كميات مختلفة من المكونات المعدنية. ولتحديد ما إذا كان أو لا يمكن حرق النفايات الخطرة كوقود بفعالية في أفران الإسمنت، يجب أولاً تحديد مصير المكونات العضوية.

تمَّ الأخذُ بعين الاعتبار اختبار الإنبعاثات الناجمة عن أفران الإسمنت للتحري عن وجود المواد الكيميائية العضوية خلال حرق المواد الخطرة منذ عام 1970، عندما تمَّ ممارسة حرق النفايات في أفران الإسمنت لأول مرة. قيسَت كفاءة التدمير والإزالة للمواد الكيميائية مثل مثيلين كلورايد، ورابع كلور الكربون، وثلاثي كلور البنزن، وثلاثي كلور الايثان، وثنائي الفينيل متعدد الكلور (PCB) وكانت حوالي 99.995% أو أفضل (Karstensen)

تمَّ التحقق من إمكانية استخدام أفران الإسمنت لحرق النفايات التي تحتوي على مُرغبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور في العديد من البلدان. إن كفاءة التحطيم والإزالة تمَّ تحديدها من العديد من تجارب الاحتراق تشير إلى أن التصميم والتشغيل الجيد لأفران الإسمنت يجعلها فعالة لتحطيم مُرغبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور. وكفاءة التحطيم والإزالة 99.9999% مطلوبة من قبل عدة سلطات لحرق هذه المُرغبات (مثل الولايات المتحدة قانون مراقبة المواد السامة، الاتحاد الكندي للمحطات المحمولة لمعالجة الـPCB وأنظمة التحطيم)، والتي يمكن استخدامها بوصفها مؤشراً لأفضل المعايير التقنية المتاحة.

5. مُدخلات و مُخرجات العملية

5.1 مُخرجات عامة

من أهم المواضيع البيئية المترافقة مع إنتاج الإسمنت هي الإنبعاثات إلى الهواء، واستعمال الطاقة وأيضاً تلوث التربة والمياه الجوفية من تخزين الغبار الناتج عن أفران الإسمنت. إن صرف المياه الصناعية ينحصر عادة في مياه التبريد ولانجراف مع مياه المطر فقط والتي لا تعتبر ولا تسبب مساهمة مهمة إلى تلوث المياه.

إن المُخرجات الرئيسية في إنتاج الإسمنت هي:

- منتجات: كلينكر، و الذي يطحن و يمزج مع مقومات أخرى لإنتاج الإسمنت؛
- غازات مدخنة الفرن: يتراوح حجم غازات المدخنة وفقاً لنوعية الفرن بين 1700 و 2500 م³/طن من الكلينكر لجميع أنواع أفران الإسمنت (أمتار مكعبة لكل طن متري من الكلنكر، على أساس غاز جاف، عند الضغط 101.3 kpa ودرجة حرارة 273 k درجة كلفن). أما حجم غازات المدخنة المنطلقة عن أفران التسخين/التكليس الأولية فهي حوالي 2000 م³/طن من الكلنكر (على أساس غاز جاف، 101.3 kPa, 273k)
- غبار فرن الإسمنت (المجموع في أجهزة التحكم في تلوث الهواء): في الولايات المتحدة، حوالي 64% من غبار الإسمنت يجري إعادة تدويره إلى الفرن، و الباقي التي يجري توليدها بمعدل 40 كغ/طن من الكلنكر، يتم ردمها في المطامر (WISE2002; EPA2000). شركة هولسيم (Holcim) وهي إحدى أكبر شركات إنتاج الإسمنت في العالم، تباع أو تطمر حوالي 29 كغ من غبار أفران الإسمنت لكل طن من الكلنكر في عام 2001 (Holcim website)؛
- إن إعادة تدوير غبار أفران الإسمنت إلى الفرن يؤدي إلى زيادة تدريجية في المحتوى القلوي للغبار المتولد، و الذي يمكن أن يقود إلى إحداث الضرر بالبطانة الداخلية لجدار الفرن، تؤدي إلى إنتاج إسمنت متدني الجودة، وإلى زيادة في انبعاثات الغبار و الجزيئات (EPA1998b) وكميات غبار فرن الإسمنت يجب التخلص منه و التخلص من الإنبعاثات إلى الجو، في أوروبا يعاد تدوير غبار أفران الإسمنت ويقلم مع المواد الداخلة إلى الفرن أو يضاف مباشرة إلى الإسمنت المنتج (Lohs and Wulf-Schnabel1996). يمكن تجنب تراكم المواد القلوية في أنظمة الفرن من خلال إزالة الغبار المجمع من الفرن أو بواسطة استخدام أنظمة القلويات في التفرية الجانبية. في أفران التسخين/التكليس الأولي، في بعض الأحيان يمكن إزالة القلويات من أنظمة الفرن بواسطة التفرية الجانبية في برج التسخين الأولي؛
- غازات العادم القلوية من التفرية الجانبية: في المنشآت المجهزة بتفرية جانبية، يتم إطلاق غازات التفرية القلوية عبر مدخنة منفصلة و في بعض الأحيان من المدخنة الأساسية للفرن. ووفقاً للوكالة الأمريكية لحماية البيئة، فالملوثات في تيار الغازات هذا مشابهة لتلك في غازات العادم المنطلقة من المدخنة الأساسية للفرن، بالتالي فالتجهيزات المطلوبة لمعالجة ومراقبة التلوث هي متشابهة (EPA1999). من الشائع أن تكون نسبة التفرية الجانبية القلوية حوالي 10% و المطلوبة للتخلص من القلويات (Sutou, Harada and Ueno 2001). على أي حال، تمَّ تسجيل نسبة حتى 30% في بعض الحالات (Holsiepe, Shenk and Keefe 2001).

5.2 استخدام الطاقة

تعد صناعة الإسمنت من الصناعات ذات الاستخدام الكثيف للطاقة حيث تمثل الطاقة عادة 30-40% من تكاليف التشغيل (باستثناء تكاليف رأس المال). تستهلك مصانع الإسمنت من 3000 إلى 6500 ميغاجول من الوقود لكل طن من الكلنكر المنتج. وهذا المعدل الكبير من الطلب على الطاقة يغطي كافة أنواع أفران الإسمنت.

يقدّر الاستخدام النظري للطاقة في عمليات الحرق (التي تنطوي على تفاعلات كيميائية) بحوالي 1,700 إلى 1,800 ميغا جول لكل طن من الكلنكر. الاستخدام الفعلي للطاقة في مختلف أنظمة الأفران وفق المعدلات التالية (ميغا جول لكل طن من الكلنكر)³:

- 3,000 - 3,800 للعملية الجافة، متعددة المراحل في أفران حلزونية مع تسخين أولي وتكليس أولي
- 3,100 - 4,200 العملية الجافة في أفران دوارة مجهزة بتسخين أولي حلزوني
- 3,300 - 4,500 العملية شبه الجافة/شبه الرطبة (أفران Lepol)
- يصل إلى 5,000 العملية جافة في أفران طويلة
- 5,000 - 6,000 العملية الرطبة فر أفران طويلة
- 3,100 إلى < 6,500 للأفران الرمحية و للإسمنت الخاص؛

و الطلب على الكهرباء حوالي 90 - 130 كيلو واط ساعي لإنتاج طن واحد من الإسمنت (المفوضية الأوروبية 2001)

ولجعل الدخل الطاقوي أفضل ما يمكن في أنظمة أفران الإسمنت القائمة من الممكن تغيير ترتيب الفرن ليصبح فرن قصير بالطريقة الجافة مع مراحل متعددة للتجفيف و التكليس الأولية. وهذا يمكن أن يحدث فقط عند اعتبار ذلك جزء من تطوير أساسي للمعمل مع زيادة في الإنتاج.

يمكن تخفيض استعمال الطاقة الكهربائية من خلال تركيب أنظمة إدارة الطاقة و استخدام تجهيزات ذات كفاءة طاقوية مثل مطاحن سلندرات الضغط العالي لسحق الكلنكر و المراوح ذات السرعات المتغيرة.

سوف تنخفض الكفاءة الطاقوية عموماً في معظم أنواع المعالجات المطبقة في نهاية الخط، بما أن التشغيل يحتاج عادة إلى زيادة في استخدام الطاقة الكهربائية. بعض أنواع تقنيات التخفيض المشروحة أدناه سوف يكون لها أيضاً تأثير إيجابي على استعمال الطاقة، على سبيل المثال نظام التحكم الأمثل بعمليات التشغيل.

توحي التقديرات الحالية إلى أن صناعة الإسمنت يمكن أن تزيد من كفاءتها في استعمال الطاقة من 0.5 إلى 2 % سنوياً عن طريق استبدال المعدات القديمة أو التي عفا عليها الزمن. إن استبدال مصانع تعمل بالطريقة الجافة عوضاً عن الوحدات القديمة للطريقة الرطبة، زيادة في الكفاءة الطاقوية ممكن (CIS 2005)

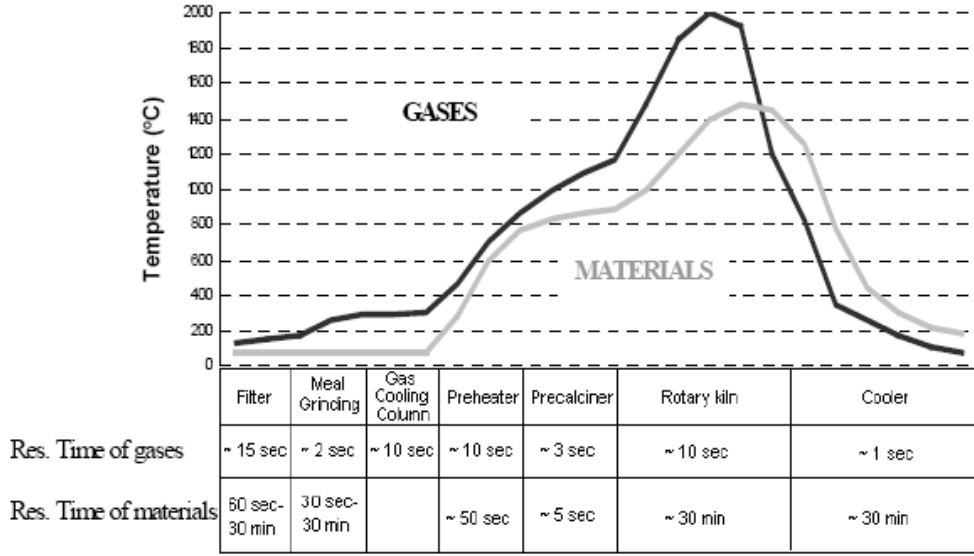
5.3 اثبعائات الديوكسين/الفيوران PCDD/PCDF

5.3.1 تشكّل الديوكسين/الفيوران PCDD/PCDF

أي إدخال للكلور وبوجود مواد عضوية يمكن أن يسبب تشكيل مُرغبات الديوكسين و الفيوران (PCDD/PCDF) في عمليات الاحتراق. يمكن أن تتشكل مُرغبات الديوكسين (PCDD) والفيوران (PCDF) وفق آلية الاصطناع ضمن أو بعد المسخنات الأولية أو في أجهزة التحكم بتلوث الهواء إذا توفر الكلور و المُرغبات الهيدروكربونية بكميات كافية و عند مجال درجة حرارة يتراوح ما بين 200 إلى 450 درجة مئوية . رسم بياني لمحة حول درجة الحرارة للغازات و المواد الخام وزمن البقاء الأمثل لكل مرحلة في فرن لإنتاج الكلنكر مع تسخين أولي حلزوني و تكليس أولي كما هو مبين في الشكل 3 (Fabrellas et al.2004)

³ مساهمة CEMBUREAU في مراجعة كفاءة الطاقة في صناعة الإسمنت و الكلس Cement & Lime BREF Revision Energy Efficiency; 15 May 2006

الشكل رقم (3): رسم بياني لدرجة الحرارة و زمن البقاء الأمثل في فرن كلينكر بتسخين حلزوني أولي و تكليس أولي



Source: Fabrellas et al. 2004.

5.3.2 دراسات حول انبعاثات الديوكسين والفيوران إلى الهواء

مسح شامل لانبعاثات الديوكسين والفيوران PCDD/PCDF من أفران الإسمنت في البلدان المتقدمة والبلدان النامية يرد في (Karstenen 2006). تمثل البيانات الواردة أكثر من 2200 نتيجة قياسات أجريت على أفران بوجود أو عدم وجود تنوع واسع للوقود من النفايات والمواد وتغطي الفترة من بداية 1990 حتى وقت قريب. يلخص الجدول رقم 1 نتائج قياسات انبعاثات اليوكسين والفيوران ؛ بعض الأمثلة موصوفة في مزيد من التفاصيل أدناه .

الجدول (1): ملخص نتائج قياسات انبعاثات الديوكسين/الفيوران

البلد أو الشركة	استخدام بدائل للوقود و المواد الأولية	التركيز بوحدة نانو غرام مكافئ سمي /م3 نظامي PCDD/PCDF ^a	عدد القياسات	مُعامل الانبعاث ميكرو غرام مكافئ سمي/طن إسمنت
استراليا	نعم	0.001–0.07	55	0.0032–0.216
بلجيكا	نعم	< 0.1	23	
كندا	نعم	0.0054–0.057	30	
تشيلي	نعم	0.0030–0.0194	5	
كولومبيا	نعم	0.00023–0.0031	3	
الدانمرك	نعم	< 0.0006–0.0027	?	
مصر	نعم	< 0.001	3	
أوروبا	نعم	< 0.001–0.163	230	< 0.001–5
ألمانيا 1989-1996	نعم	0.02	> 150	
ألمانيا 2001	نعم	< 0.065	106	
هولسيم 2001	نعم	0.0001–0.2395	71	0.104 (clinker)
هولسيم 2002	نعم	0.0001–0.292	82	0.073 (clinker)

مُعامل الانبعاث ميكروغرام مكافئ سمي/طن إسمنت	عدد القياسات	التركيز بوحدة نانوغرام مكافئ سمي/م ³ نظامي PCDD/PCDF ^a	استخدام بدائل للوقود و المواد الأولية	البلد أو الشركة
0.058 (clinker)	91	0.0003–0.169	نعم	هولسيم 2003
	> 170	0.0003–0.44	نعم	اليابان
	164	0–0.126	نعم	شركة لافارج
	64	0.003–0.231	نعم	المكسيك
	3	0.0005–0.024	نعم	النرويج
0.04–0.40	> 20	0.02–0.13	نعم	الفلبين
	5	0.0059–0.013	نعم	بولاندا
	7	0.009–0.0819		البرتغال
	4	0.0006–0.0009	نعم	شركة RMC
	13	0.0014–0.0688	نعم	Siam Cement Co
	4	0.0006–0.022	نعم	جنوب افريقيا
	2	0.00053–0.001	نعم	اسبانيا
0.014464	89	0.00695	نعم	شركة Spain Cemex
	5	0.0013–0.016	نعم	شركة Spain Cimpor
	8	0.00039–0.039	نعم	شركة Taiheiyo
	67	0.011	نعم	تايلاند
0.00024–0.0045	12	0.0001–0.018	نعم	المملكة المتحدة
< 0.025–1.2	14	0.012–0.423		شركة Uniland
0.005–0.011	2	0.002–0.006	نعم	الولايات المتحدة الأمريكية ^b
< 0.216–16.7	~ 750	0.004– ~ 50	نعم	فنزويلا
	5	0.0001–0.007		فيتنام
	3	0.0095–0.014		

a. الأرقام المعطاة إما كمجال أو كقيمة متوسطة ومقاسة عند تركيز من الأوكسجين المتبقي 10 أو 11% O₂ اعتماداً على التنظيمات الوطنية

b. تعود الأرقام العالية في الولايات المتحدة إلى قياسات تمّ الحصول عليها في التسعينيات وأرقام هذه القياسات هي تقريبية المصدر (Karstensen2006b)

في مسح حديث نفذ من قبل (Cembureau)، تمّ عرض نتائج عن قياسات انبعاثات الديوكسينات والفيورانانات من 110 فرنًا للإسمنت في 10 بلدان. والبلدان التي شملها المسح كانت جمهورية التشيك والدانمارك وفرنسا وألمانيا وهنغاريا وإيطاليا وهولندا والنرويج واسبانيا و المملكة المتحدة. وقد بينت هذه القياسات أن متوسط التركيز كان 0.01 نانوغرام مكافئ سمي/م³ النظامي لجميع القياسات. وكانت أدنى قيمة وأعلى قيمة مقاسة هي دون 0.001 و 0.163 (نانوغرام مكافئ سمي/م³ نظامي) (Karstensen 2006 b). تمّ تنفيذ كافة القياسات تحت الشروط القياسية (غاز جاف ، درجة حرارة K 273 درجة حرارة كلفن، ضغط 101.3 kpa كيلو باسكال، أو كسجين 10%).

تشغل شركة هولسيم للإسمنت (Holcim Cement Company) معاملاً للإسمنت على نطاق العالم. يعطي تقرير حديث صدر عن الشركة قيم وسطية لانبعاثات الديوكسينات والفيورانانات للأعوام 2001 و 2002 القيم : 0.041 نانوغرام مكافئ سمي/م³ نظامي (71 فرن) و 0.030 نانوغرام مكافئ سمي/م³ نظامي (82 فرن) على الترتيب. 120 قياس من

يلخص الجدول 1 أعلاه نتائج قياسات الديوكسينات و الفيورانات

وقد أظهرت التجربة أنه عند درجات الحرارة العالية في المرسبات الالكتروستاتيكية واستخدام مواد خام ذات محتوى عالي من المُرُكبات العضوية ، من الممكن ارتفاع مستويات الإنبعاثات لمواد كيميائية مدرجة في المُرُفُق "جيم" من الاتفاقية.

بلغت انبعاثات الديوكسينات والفيورونات عام 2004 من أفران إسمنت تعمل بالطريقة الجافة في المملكة المتحدة حوالي 136 نانوغرام مكافئ سمي/م³ نظامي و كان المعدل أكثر من 50 نانوغرام مكافئ سمي/م³ نظامي على مدار العام مع انبعاث كلي أكثر من 40 غرام مكافئ سمي . لقد تم إغلاق الفرن الآن. كان الفرن يعمل بدرجات حرارة عالية في المرسبات الالكتروستاتيكية و استخدام مواد خام ذات محتوى عالي من المُرُكبات العضوية مع نفايات محببة من رماد الوقود⁴

أظهرت البيانات من عدة أفران إسمنت في الولايات المتحدة الأمريكية أن انبعاثات مُرُكبات الديوكسينات و الفيورونات 1.76 نانوغرام مكافئ سمي/م³ نظامي عندما تمَّ تشغيل أجهزة التحكم بتلوث الهواء بدرجة حرارة ضمن المجال 200-230 درجة مئوية⁵. كما دلت اختبارات في الولايات المتحدة إلى انبعاثات عالية لبعض أفران الإسمنت حيث تمَّ حرق نفايات خطرة.

⁴ مراسلات شخصية مع IPEN

⁵ 1 نانوغرام = 1 × 10⁻¹² كيلوغرام (1 × 10⁻⁹ غرام) ، م³ نظامي = متر مكعب نظامي مقياس كحجم غاز جاف عند درجة حرارة 0 مئوية و ضغط 101.3 كيلوباسكال. لمزيد من المعلومات عن قياسات السمية راجع القسم I.C القسم الفرعي الثالث من هذه الوثيقة.

في كلاً من الولايات المتحدة الأمريكية و ألمانيا، دلت الدراسات على وجود علاقة ايجابية بين تركيز الديوكسينات في الإنبعاثات والمرسبات الالكتروستاتيكية/درجة حرارة المدخنة. في الاختبارات التي تمت في الولايات المتحدة و في إحدى المنشآت التي كانت تعمل فيها المرسبات الالكتروستاتيكية بدرجة حرارة ما بين 225 و 400 درجة مئوية، كانت انبعاثات مُرغبات الديوكسينات عالية عند درجة الحرارة 400 وتناقصت الإنبعاثات بحوالي خمسين مرة عند الدرجة 225 درجة مئوية. لقد تمّ ملاحظة هذا الترابط بشكل عام عبر جميع المنشآت التي تمّ اختبارها. عند درجات حرارة أخفض من 250 درجة مئوية في المرسب الالكتروستاتيكي/مدخل المدخنة لم يلاحظ وجود ترابط بين درجة الحرارة و انبعاثات مُرغبات الديوكسينات . هذا يتوافق مع الآليات المعروفة لتشكيل الديوكسينات في مرمدات النفايات البلدية (Karstensen 2006b).

اقترحت بعض الأبحاث المفصلة أن مُعامل التحكم الرئيسي-بفرض أن الاحتراق جيد- لمستويات المواد الكيميائية المُدرجة في الملحق جيم في غازات المدخنة هو درجة حرارة جهاز لقط الغبار في نظام معالجة غازات المدخنة. المنشآت المزودة بمرسبات الكترولستاتيكية تعمل عند درجة حرارة منخفضة (200 درجة مئوية أو أقل) يبدو أنها تظهر تراكيز منخفضة من الإنبعاثات مع أو بدون استخدام النفايات كوقود (UNEP 2003).

إن التأثير المحتمل لتغذية مختلف النفايات إلى أدنى درجة حرارة تسخين أولي و تكليس أولي تمّ التحقق منه من قبل شركة لافارج والنتائج معروضة في الجدول رقم 2 . تمّ حق النفايات في منتصف و أواخر مواقع التغذية حيث لا تواجه نفس درجات الحارة المرتفعة وزمن بقاء طويل كالنفايات في الموضوعة النهائية الساخنة. لوحظ انخفاض مستوى تركيز الديوكسينات والفيورانات في جميع القياسات (Karstensen2006b)

الجدول رقم (2): تغذية النفايات إلى المسخّنات/المكلسات الأولية وأثره على انبعاثات مُرغبات الديوكسينات والفيورونات

المعمل	السنة	نوعية الوقود البديل	انبعاثات الديوكسينات/الفيورانات
1	2002	حيوانات، بلاستيك، منسوجات	نانو غرام مكافئ سمي/م ³ نظامي
2	2002	حيوانات، نشارة خشب مشربة	0.0025
3	2002	فحم، بلاستيك، إطارات	0.0033
4	2002	إطارات	0.0021 & 0.0041
5	2002	فحم بترولي، بلاستيك، زيوت مستعملة	0.002 & 0.006
6	2002	فحم بترولي، زيوت مستعملة، قشر عباد الشمس	0.001
7	2002	إطارات رقائق	0.012
8	2002	مذيبات	0.004 & 0.021
9	2002	نشارة مشبعة بالمذيبات	0.07
10	2002	مذيبات	0.00003 & 0.00145
11	2002	حمأة	0.00029 & 0.00057
12	2002	نفايات السيارات، حمأة	< 0.011
			0.0036 & 0.07 & 0.0032

دلت بيانات التقارير بأن أفران الإسمنت يمكن أن تتمثل لمستوى انبعاثات 0.1 نانو غرام مكافئ سمي/م³ نظامي، والذي هو قيمة الحد الأدنى في تشريعات عدة بلدان أوروبا الغربية في محطات حرق النفايات الخطرة

5.3.4 دراسة حول إطلاق مُركّبات الديوكسينات/الفيورونات إلى التربة

بما أن المعطيات حول الانبعاثات من مداخن أفران الإسمنت تشير إلى أن أفران الإسمنت جيدة التصميم والتشغيل يمكنها أن تحقق تراكيز منخفضة لمركبات الديوكسينات/الفيورونات في غازات العادم، فيمكن أيضاً التوقع أن مثل هذه المنشآت ستكون تراكيز الديوكسينات/الفيورونات منخفضة أيضاً في أغبرة أفران الإسمنت التي يتم استرجاعها في أنظمة التحكم بملوثات الهواء. نفس العوامل التي تساهم في تخفيض مستويات الانبعاثات في العادم إلى الغلاف الجوي يمكن أن تساهم أيضاً في تخفيض الانبعاثات في البقايا الصلبة. المادتان الصلبتان الرئيسيتان الناتجتين عن عمليات إنتاج الإسمنت هي الأغبرة التي يتم جمعها من تبريد الكلنكر و من أنظمة التحكم بتلوث الهواء.

تم تنفيذ تحاليل جديدة للمواد الصلبة التي تمّ تجميعها من شركات الإسمنت المشاركة في مبادرة استدامة الإسمنت (CIS)(Karstensen2006b). ثمانية شركات من (CIS) سجلت تركيزات مُركّبات الديوكسينات والفيورانات في غبار كلينكر الإسمنت عام 2005. أظهرت تسعون عينة قيمة متوسطة 6.7 نانوغرام مكافئ سمي/م³ نظامي و على ما يبدو أن هذه القيمة المتوسطة كانت متأثرة ببعض القيم العالية. كانت أعلى قيمة تم تسجيلها 96 نانوغرام مكافئ سمي/م³ نظامي.

ثمانية شركات من (CSI) سجلت تراكيز الديوكسينات والفيورونات في 57 عينة من الكلينكر في عام 2005. وكانت القيمة المتوسطة لمعظم العينات 1.24 نانوغرام مكافئ سمي/كغ. عينات الكلنكر القادمة من أفران تعمل بالطريقة الرطبة والجافة مع تسخين أولي. أعلى تركيز سجل كان 13 نانوغرام مكافئ سمي/كغ.

سجلت شركتان من شركات CSI تركيز الديوكسينات/الفيورونات في عينات تيار التغذية في 11 فرن في عام 2005، تحتوي على وجبة خام، كتل، ملاط ومكونات المواد الأولية. كانت القيمة المتوسطة في هذه العينات 1.4 نانوغرام مكافئ سمي/كغ. في عينات تغذية الفرن القادمة من أفران تعمل بالطريقة الرطبة والجافة مع تسخين أولي. كانت القيمة العظمى المسجلة 7.1 نانوغرام مكافئ سمي/كغ.

5.4 إطلاق مُركّبات PCB and HCB

لم تكن مُركّبات سداسي كلور البنزن (HCB) وثنائي الفينيل متعدد الكلور (PCB) مُدرجة في قائمة المراقبة النظامية في أفران الإسمنت حتى الآن. معظم القياسات التي تمت لم تلاحظ انبعاثات سداسي كلور البنزن. فيما يتعلق بانبعاثات ثنائي الفينيل متعدد الكلور. فبينت نتائج 40 قياس أُجريت في 13 فرن في ألمانيا في عام 2001 عن وجود قيمة تركيز عظمى مساوية إلى 0.4 ميكرو غرام مكافئ سمي/م³ نظامي؛ بينما في تسعة قياس من الـ 40 قياس التي أُجريت، لم يتم الكشف عن مُركّبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور. من فيتنام اظهر الحرق المشترك للمبيدات انبعاثات للديوكسينات مثل ثنائي الفينيل متعدد الكلور 0.001 نانوغرام مكافئ سمي /م³ وأن انبعاثات سداسي كلور البنزن أقل من حدود الكشف 31 نانوغرام/م³ نظامي (Karstensen 2006b)

6. أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية

تلخص الفقرة التالية أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية لحرق النفايات الخطرة في أفران الإسمنت

6.1 تدابير عامة للإدارة General measures for management

6.1.1 النواحي التشريعية Legal aspects

يجب توفر أطر العمل التشريعية و التنظيمية المناسبة لضمان تحقيق الإنفاذ و ضمان مستوى عالي لحماية البيئة.

وعلاوة على ذلك، فإنه يجب التأسيس لنظام إدارة النفايات يؤكد على التسلسل الهرمي لإدارة النفايات الموضّح في القسم الثالث جيم (ii) بشأن إدارة النفايات و ذلك قبل أو على التوازي مع التخصيص الرسمي لفرن الإسمنت كمنشأة تستقبل النفايات الخطرة (فيما إذا كانت ستستخدم المنشأة هذه النفايات كوقود مشتق من النفايات أو بهدف التخلص من النفايات). يجب تبليغ جميع السلطات ذات العلاقة خلال عملية الترخيص و بهذا الخصوص، و ضمن أمور و أفعال أخرى، يجب على مشغلي أفران الإسمنت إجراء الأمور التالية:

- إنشاء و المحافظة على مصداقيته من خلال الفتح ، ثباتية، سرعة الاستجابة و الاتصالات الجارية مع السلطات و الجمهور،

- توفير جميع المعلومات اللازمة لضمان بأن السلطات قادرة على تقييم السلامة و الآثار البيئية للتعامل مع النفايات الخطرة،
- تأسيس هيئة استشارية من المجتمع المحيط في عمليات التخطيط،
- تمثل المبادئ التوجيهية المعدة من شركتي هولسيم (Holcim) و (CSI) توجيهات جيدة بشأن أفضل الممارسات البيئية فيما يتعلق بهذا القسم.

6.1.2 الجوانب البيئية Environmental aspects

الحرق المشترك للنفايات الخطرة يجب أن يتم تنفيذه في أفران الإسمنت التي تعمل وفقاً لأفضل التقنيات المتاحة التي تم وصفها في هذه المبادئ التوجيهية، إذا كان هناك تدبير مسبق لنوعية النفايات و تقييم النفايات متوافقة التجهيز المشترك للنفايات سوف لا يغير الإنبعاثات من مداخل أفران الإسمنت بشكل ملحوظ. ومع ذلك ، بعض أنواع الوقود التي تحتوي على معادن شديدة التطاير ، مثل الزئبق والتي يصعب محاصرتها، للتحكم في انبعاثات الزئبق، يجب الحد من مدخلات الزئبق في أنظمة الفرن، من خلال المراقبة لعملية القبول للوقود البديل و إجراء التفتيش الدقيق قبل البدء باستخدامه.

رصد الإنبعاثات واجبة من أجل إثبات الامتثال للقوانين و الأنظمة و الاتفاقيات

6.1.3 الجوانب التشغيلية Operational aspects

يجب على المشغل التأكد من أن النفايات المقبولة فقط ناشئة عن جهات موثوقة ، و النظر في سلامة جميع المشاركين على امتداد سلسلة التوريد. وعلى الحصول على موافقة مسبقة على استقبال شحنة النفايات، مع قائمة بشحنات النفايات المرخصة وغير الملائمة.

يجب مراقبة نقل المواد ،وتداولها و تخزينها بصورة فعالة، وضمان الامتثال الكامل للمتطلبات التنظيمية القائمة. وهذا يشمل التحليل و إعداد التقارير للمؤشرات مثل القيمة الحرارية، ومحتوى الرطوبة، و محتوى المعادن الثقيلة، ومحتوى الرماد ومحتوى الكبريت و محتوى الكلور. ينبغي الإبقاء على عينات يمكن تخزينها لفترات معينة من الزمن.

6.1.4 الجوانب الصحية و السلامة Health and safety aspects

لا بد من تقييم ملائمة موقع الإنتاج لتفادي المخاطر الصحية المرتبطة بالموقع (القرب من المناطق الموهولة، و الأثر المحتمل للانبعاثات، الخدمات اللوجستية، و النقل) و البنى التحتية (الأثر المحتمل للأبخرة و الروائح و إمكانية الانسكابات و التسربات التي يمكن أن ينجم عنها تحرر للنفايات الخطرة أو مواد أخرى مثيرة للقلق إلى الأوساط البيئية ، والتي تحتاج السيطرة تطبيق حلول تقنية)

و الوثائق والمعلومات الكافية حول تداول الوقود المستمد من النفايات، و إجراءات التشغيل و التدابير لمواجهة الحالات الطارئة هي إلزامية. يجب على إدارة شؤون الموظفين في المنشأة التأكد من وجود عمالة على علم بتدابير ومعايير الصحة و السلامة. فمن الضروري أن يبدأ في منشآت أفران الإسمنت للموظفين و السلطات التنظيمية و المسؤولين عن الاستجابة في حالات الطوارئ (مثل إدارات مكافحة الحرائق) أن تكون لديهم معلومات من هذا القبيل قبل حرق النفايات ، بما فيها النفايات الخطرة،

6.1.5 مسائل الاتصال و المسؤولية الاجتماعية

من مصلحة الإنفتاح و الشفافية، أن يعمل مشغلي أفران الإسمنت الذين يربدون الحرق المشترك للنفايات في منشآتهم (بما في ذلك النفايات الخطرة أو الوقود المستمد من النفايات)، على توفير جميع المعلومات اللازمة التي تمكن أصحاب المصلحة من فهم الهدف من استخدام النفايات الخطرة في أفران الإسمنت، وخلق الوعي لديهم بالإجراءات التي سيتم تنفيذها لتجنب الآثار السلبية على الناس و البيئة، و دور الأطراف المعنية و التدابير المتخذة من قبل صناع القرار. باختصار ، ينبغي أن تؤخذ بعين الاعتبار الجوانب التالية في عملية الإدارة العامة:

- البنية التحتية العامة، رصف الطرقات، التهوية؛
- موقع جيد والتدبير الجيد لإدارة المرفق؛
- تحكم ومراقبة عامة لمعاملات الأداء الأساسية؛
- تحكم والحد من الإنبعاثات إلى الهواء (أكاسيد الأوزون NO_x، ثاني أكسيد الكبريت SO₂، الغبار، المعادن)؛

- تطوير نظم الرصد البيئي (تأسيس برتوكولات المراقبة القياسية)
- تطوير نظم التدقيق والتسجيل (إعداد التقارير)؛
- تنفيذ أنظمة التدقيق والموافقات المحددة لاستخدام النفايات وأنواع الوقود البديلة؛
- التوضيح عن طريق مراقبة الإنبعاثات أن المنشآت الجديدة تستطيع تحقيق قيمة معينة للانبعاث؛
- شروط السلامة والصحة المهنية: يجب على معامِلَ الإسمنت التي تحرق نفايات أن يكون لديها ممارسات ملائمة لحماية العمال الذين يتعاملون مع هذه النفايات أثناء تغذيتها إلى العملية؛
- مؤهلات وتدريبات كافية للعاملين.

6.2 تدابير خاصة Specific measures

من أجل المصانع الجديدة والتحسينات الكبيرة، يمكن اعتبار أفضل التقنيات المتاحة لإنتاج كلينكر الإسمنت هي عمليات الإنتاج الجافة وفرن متعدد المراحل مع تسخين و تكليس أولي. وللمنشآت القائمة قد تكون هناك حاجة لإعادة الإنشاء بدرجات متفاوتة.⁶

6.2.1 تدابير أساسية و الاختيار الأمثل للعملية

6.2.1.1 اختيار الأمثل (استمثال) العملية Process optimization

- التبريد السريع لغازات العادم في الفرن دون 200 درجة مئوية.
- توصيف عملية جيدة و استخدامها كأساس لتحسين أداء عمليات أخرى، بعد توصيف فرن يعمل بشكل جيد، يتم وضع المعطيات المرجعية بإضافة جرعات مضبوطة من النفايات، و لحظ التغيرات و متطلبات التحكم و الإجراءات المطلوبة لضبط الإنبعاثات؛
- إدارة عملية تصنيع الكلنكر حتى الوصول إلى شروط تشغيل ثابتة ، والتي يمكن الوصول إليها بتطبيق الضبط و التحكم الأمثل بالعملية (بما في ذلك استخدام أنظمة التحكم الآلية عن طريق الحاسوب) واستخدام الأنظمة الحديثة لوزن و تقيم الوقود الصلب؛
- تقليل استخدام الوقود في الطاقة عن طريق التسخين و التكليس الأولي قدر المستطاع، مع الأخذ بالاعتبار وضع وتركيب أنظمة الأفران القائمة، واستخدام المبردات الحديثة للكلينكر، تمكين الاسترجاع الأعظمي للحرارة، واسترجاع الحرارة من غازات العادم.
- التحكم بالمواد الكيميائية المُدرّجة في المُرْفَقُ "جيم": التدابير غير المباشرة للتحكم بالمواد الكيميائية المُدرّجة في المُرْفَقُ "جيم" تعتبر عنصر هام في إستراتيجية متكاملة للتحكم بالانبعاثات، مثل هذه التدابير تكون بشكل عام قابلة للتطبيق وذات بنية تقنية بسيطة.

6.2.1.2 تحضير النفايات الخطرة Hazardous waste preparation

إن المعالجة الأولية للنفايات، بما فيها النفايات الخطرة، بهدف توفير وجبة خام أكثر تجانساً، وبالتالي أكثر استقراراً لظروف الاحتراق، يعتمد على طبيعة الوقود المستمد من النفايات، بما فيها التجفيف، والتفتيت، والطحن و المزج (انظر أيضاً القسم 3.4). من المهم التدقيق في:

- الصيانة الجيدة، و إعداد الإجراءات المناسبة للقبول الآمن، و مناولة و تخزين النفايات لدى وصولها إلى الموقع ، وان تكون المرافق مصممة بشكل ملائم للتخزين المؤقت مع الأخذ بعين الاعتبار المخاطر و خصائص كل نوع من أنواع النفايات.
- الصيانة الجيدة، و إعداد إجراءات التشغيل المناسبة و التصميم الجيد بطريقة مناسبة لمرافق تخزين الوقود البديل هذه التدابير ليس بالضرورة محددة لمراقبة المواد الكيميائية ليتم القضاء عليها ، والتخفيف من المُرْفَقُ "جيم" ، ولكن هي عنصر أساسي من إستراتيجية متكاملة لمراقبة الإنبعاثات

⁶ العملية الجافة هي مناسبة فقط في حالة استخدام الحجر الكلسي كمواد تغذية. من الممكن استخدام تقنية المسخنات الأولية/التكليس الأولي لتصنيع الطباشور (مع تجفيف ملاط الطباشور في النهاية الأمامية للفرن)

6.2.1.3

التحكم بالمدخلات *Input controls*

- يجب ضمان تموين طوية الأمد للنفايات والوقود البديل (مثال التزويد لمدة شهر أو أكثر) مطلوب للحفاظ على ظروف تشغيل مستقرة خلال العملية؛
- ينبغي اختيار المواد التي تدخل إلى الفرن بعناية و يمكن التحكم بها، يجب تعيين المواصفات على أساس المنتج/العملية أو الأخذ بعين الاعتبار الإنبعاثات ومراقبتها؛
- استمرار تزويد الوقود البديل وموصفات المعادن الثقيلة و الكلور و الكبريت
- لا ينبغي استعمال الوقود المستمد من النفايات أثناء بدء عملية الإقلاع أو الإغلاق
- يجب تجنب تغذية المواد الخام الحاوية مزيج من النفايات و المُرغبات العضوية التي يمكن أن تؤدي إلى تشكيل مواد أخرى؛
- ينبغي تغذية النفايات المهلجنة عن طريق الحراق الرئيسي
- بشكل عام، ينبغي أن يكون تلقيم النفايات أما عبر طريق الحراق الرئيسي أو الثانوي لأفران التسخين/التكليس الأولي . في الحراق الثانوي يجب المحافظة على درجة حرارة غرفة الاحتراق < 850 درجة مئوية وزمن بقاء كافي (2 ثانية)؛
- تلقيم النفايات التي تحتوي على مُرغبات عضوية و التي يمكن أن تكون بمثابة السلائف لا ينبغي أن يكون كجزء من مزيج المواد الخام؛
- التحكم على المواد الكيميائية المُدرّجة في المُرْفَقُ “جيم” : التدابير غير المباشرة من أجل التحكم على مثل هذه المواد الكيميائية هي عنصر مهم من إستراتيجية متكاملة لمراقبة الإنبعاثات. ومثل هذه التدابير مطبقة عموماً، وهي بسيطة للتنفيذ من الناحية التقنية.

6.2.1.4

Stabilization of process parameters

انه من المهم للاحتراق واستقرار العملية ضمان:

- توافق خصائص مكونات الوقود المستخدم (سواء الأحفوري أو البديل)
- توافق في معدل تدفق الوقود أو معدل تكرار إدخال دفعات المواد المحشوة
- تأمين ما يكفي من الأوكسجين الزائد لتحقيق احتراق جيد
- أن يتم رصد تركيز أول أوكسيد الكربون في غازات العادم و الا يتجاوز المستويات المحددة سلفاً مما يعكس ظروف الاحتراق السيئة (الفقيرة).
- التحكم في المواد الكيميائية المُدرّجة في المُرْفَقُ “جيم” : التدابير غير المباشرة للتحكم في انبعاثات مثل هذه المواد الكيميائية هي عنصر مهم من إستراتيجية متكاملة لمراقبة الإنبعاثات . ومثل هذه التدابير يمكن تطبيقها عموماً و تساعد على ضمان ظروف تشغيل مستقرة.

6.2.1.5

تعديل العملية *Process modification*

- الغبار المنبعث مع غازات العادم (أيضاً يعرف باسم غبار أفران الإسمنت) يجب إدارته بحرص. في كثير من الحالات قد تكون التغذية الخلفية إلى الفرن لدرجة أن يمكن البرهنة على أن يكون عملياً ولتجنب الإفراط في انبعاثات المعادن المتطايرة و الأملاح القلوية. حيث أن إعادة تدوير هذا التيار يمكن تحقيق أقصى استفادة من شأنه أن يقلل القضايا المتصلة بالتخلص من الغبار. الغبار الذي لا يمكن إعادة تدويره يجب أن يدار بطريقة تظهر أنها آمنة. تبعاً لمستوى للملوثات التي تتعلق (مثال المعادن الثقيلة، الملوثات العضوية الثابتة)، ويمكن النظر إلى هذه المواد في بعض الحالات على نفايات خطرة و عندئذ قد تتطلب تداول خاص وإجراءات تخلص خاصة وفقاً لتشريعات معينة
- الرقابة على المواد الكيميائية المُدرّجة في المُرْفَقُ “جيم” : التدابير غير المباشرة من أجل السيطرة على مثل هذه المواد الكيميائية هي عنصر مهم من إستراتيجية متكاملة لمراقبة الإنبعاثات.

6.2.1.6 ملخص الإجراءات الأولية Summary of primary measures

بشكل عام، فإن التدابير الأساسية المذكورة أعلاه ليست كافية لتحقيق مستوى الإنبعاثات أقل من 0.1 نانو غرام مكافئ سمي/3م نظامي في غازات المداخل للمنشآت القائمة والجديدة.

6.2.2 التدابير الثانوية (Secondary measures)

التدابير الثانوية المذكورة أعلاه هي مركبة في أفران الإسمنت بهدف التحكم بالملوثات الأخرى؛ أكثر من الملوثات العضوية الثابتة التي تنشأ عن غير قصد، ولكن يمكن أن تقود بشكل مترام إلى تخفيض انبعاثات المواد الكيميائية المُدرّجة في المرفق "جيم"

6.2.2.1 تحسينات أخرى لخفض انبعاثات الغبار وإعادة تدوير الغبار

هذه التدابير لن تخفض مستويات المواد الكيميائية المُدرّجة في المرفق "جيم" الموجودة في طور الغازي من غازات العادم إلى حد ملموس. نتيجة لذلك، ستخفض عموماً كفاءة هذه الإستراتيجية مع تزايد درجة الحرارة في أنظمة جمع الغبار (المرسبات). إن التغيير من أفران الإسمنت التي لا يوجد فيها إعادة تدوير للغبار إلى نظام إعادة تدوير كامل للغبار سوف يغير من التركيب الكيميائي من الزمن، سيؤدي إلى زيادة المحتوى القلوي و مشاكل في قضايا التشغيل، حيث أنه يجب التخلص من جزء معين من الغبار الذي تمّ جمعه، وحينما تمارس معدلات تدوير عالية فإن الغبار سيكون مُحملاً بالمعادن الثقيلة نصف الطيارة و المعادن الثقيلة الطيارة، مما يفرض الحذر في التعامل و التخلص الآمن في منشآت مصممة خصيصاً للمعالجة أو احتواء النفايات الخطرة. قابلة التطبيق بشكل عام؛ المتطلبات المتوسطة للإنشاءات التقنية، الإمساك الجيد لجزء من المواد الكيميائية المُدرّجة في المرفق "جيم" هي أمور متعلقة بالجسيمات.

تزود الأفران الدوارة عادة بمرسبات الكترولستاتيكية، مع الأخذ بالحسبان درجات حرارة مرتفعة لغازات العادم. تستخدم أيضاً الفلاتر النسيجية، لاسيما في أفران التسخين الأولي، حيث تكون درجة حرارة غازات العادم أقل.

الأفران العمودية عادة ما تكون مزودة بمرشحات نسيجية. تستخدم أحياناً أجهزة غسيل رطب. تستخدم معاملة طحن الكلس مرشحات نسيجية لجمع المنتج لمنع انتقال الغبار إلى الهواء. وتمييه النباتات، مع غازات العادم المشبعة ببخار الماء عند حوالي 90 درجة مئوية، عادة ما تكون مزودة بأجهزة الغسيل الرطبة، على الرغم من أن الفلاتر النسيجية تستخدم بصورة متزايدة حيث أن تغذية الكلس ذات فاعلية عالية.

معلومات من الاتحاد الأوروبي (المفوضية الأوروبية 2001) يشير إلى أن الجسيمات من مصادر نقطية يمكن إزالتها بشكل فعال من خلال تطبيق:

- مرسبات الكترولستاتيكية مع أجهزة قياس السرعة و أجهزة تحكم للتقليل عدد انفلات أول أو أكسيد الكربون؛
- فلاتر نسيجية مع حجيرات متعددة وكواشف انفجار الكيس

يبلغ مستوى الإنبعاثات المرتبطة بأفضل التقنيات المتاحة هذه حوالي 20-30 ميلي غرام غبار/3م على أساس المتوسط اليومي. وهذا المستوى من الإنبعاثات يمكن أن يتحقق عن طريق المرسبات الالكترولستاتيكية أو المرشحات النسيجية على أنواع مختلفة من المنشآت في صناعة الإسمنت

6.2.2.2 حقن الفحم المنشط

حيث أن الفلاتر النسيجية تستخدم بهدف التحكم بالجسيمات، فمن الممكن حقن مسحوق الفحم المنشط بشكل معاكس للفلاتر النسيجية للوصول إلى إزالة جيدة للمعادن و المُركّبات العضوية، يتم جمع الملوثات عن طريق الامتزاز على سطح الفحم النشط كليهما المنتثرة في تيار غازات العادم، وغازات العادم التي تمر عبر كعكة الفلتر التي تتشكل داخل حقائب الفلتر النسيجي، في الوقت نفسه أن خفض حرارة التشغيل يُعدّ بمثابة أمر حاسم لنجاح تطبيق هذه التقنية، يُعدّ الكربون المنشط مصدر لتشكل الديوكسينات/الفيورونات ما دام مجال درجات الحرارة يتراوح ما بين (250 – 400 درجة مئوية). يُعدّ أداء الكربون المنشط أيضاً أفضل في تكثيف المعادن و الديوكسينات/الفيورونات عند درجات حرارة أقل من 200 درجة مئوية. في الوقت نفسه، يجب الحفاظ على درجة حرارة أعلى من نقطة الندى لغازات العادم لتجنب التكاثف و المسببة لسد الحقائب. تستخدم عادة درجة حرارة تشغيل في محيط 160 درجة مئوية، على الرغم من الرصد الدقيق إلى حد ما فإنه يجب التحقق من انخفاض القيم. يتم تحقيق التحكم بدرجة الحرارة عادة عن طريق التبريد بالتبخير و الكربون عادة ما يحقن في أو يضبط في تيار البخار المبرد

وتجدر الإشارة إلى أنه إذا تمَّ إعادة تدوير غبار أفران الإسمنت إلى الفرن فإنَّ هذه التقنية قد لا تكون فعالة بشكل كبير لمراقبة انبعاثات الزئبق، بما أنَّ الزئبق الذي تمَّ جمعه سوف يعاد إصداره في الفرن و تيار غبار فرن الإسمنت المنفصل بقصد التخلص قد يحتاج إلى نسبة كبيرة من مجموع من أجل تحقيق السيطرة الايجابية

هذه التقنية قابلة للتطبيق بشكل عام للتحكم بانبعاثات المواد الكيميائية المُدرَّجة في المُرْفَقُ “جيم” ، بكفاءة النقاط جيدة متوقعة (< 90%) عند جعل درجات حرارة التشغيل الأمثل بشكل صحيح؛ مع توافر إنشاءات تقنية منخفضة إلى متوسطة وهي الأكثر ملائمة لحالات التحديثية من الخيارين التاليين

6.2.2.3 مرشحات الفحم المنشط *Activated carbon filter*

إن لهذا التدبير كفاءة عالية في إزالة بعض الملوثات (> 90% عموماً ؛ < 99% بالنسبة لبعض المُرْغَبَات). الملوثات مثل ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) ، والمركبات العضوية والمعادن ، والأمونيا (NH_3)، ومركبات الأمونيوم (NH_4^+)، وكلور الهيدروجين (HCL) ، فلور الهيدروجين (HF) و الغبار المتبقي (بعد المرسب الالكتروستاتيكي أو الفلتر النسيجي) من الممكن ازالتها من غازات العادم بمعالجتها في سرير الكربون المنشط. تمَّ استخدام فلتر الفحم المنشط في معامِل الإسمنت في أوروبا في شركة (*Siggenthal*) في سويسرا. يُعدُّ فرن (*Siggenthal*) حلزوني بأربع مراحل مع فرن تسخين أولي باستطاعة 2000 طن من الكلنكر المنتج يومياً. اظهر القياسات كفاءة عالية في إزالة ثاني أوكسيد الكبريت (SO_2) و المعادن و الديوكسينات/ الفيورونات (المفوضية الأوروبية 2001)

مراقبة المواد الكيميائية المُدرَّجة في المُرْفَقُ “جيم” : بشكل عام قابلة للتطبيق ؛ تتطلب إنشاءات تقنية

6.2.2.4 وسائط الإرجاع الانتقائية *Selective catalytic reduction*

بصفة عامة ، تستخدم تجهيزات حفازات الإرجاع الانتقائية للتحكم بانبعاثات أكاسيد الآزوت NO_x . تخزل هذه العملية أول أوكسيد الآزوت NO وثاني أوكسيد الآزوت NO_2 إلى جزيء الآزوت N_2 باستخدام الأمونيا NH_3 كعامل إرجاع في وجود وسيط مناسب عند درجة حرارة تتراوح من حوالي 300 درجة مئوية إلى 400 درجة مئوية، الأمر الذي يتطلب تسخين غازات العادم القادمة من أفران الإسمنت النموذجية. فقط مجموعة ... من الحفازات القادرة على إرجاع أكاسيد الآزوت مناسبة لتدمير الملوثات من المُرْفَقُ “جيم” مثل الديوكسينات/ الفيورونات. حتى الآن، تمَّ اختبار حفازات الإرجاع الانتقائية للتحكم بأكاسيد الآزوت في أنظمة أفران تعمل بالتسخين الأولي و الطريقة شبه الجافة (*Lepol*)، لكنها قد تكون قابلة للتطبيق في أنظمة الأفران الأخرى كذلك (المفوضية الأوروبية 2001). أنها ذات تكلفة رأسمالية مرتفعة نسبياً، جنباً إلى جنب مع ارتفاع تكاليف الطاقة لتسخين الغازات العادمة من أجل استخدامها، مما جعل هذا الحل لا يبدو مرجحاً من الناحية الاقتصادية في التطبيقات العامة، أول مُنشأة تستخدم هذه التقنية على نطاق واسع (*Solnhofer Zementwerke*) التي بدأت التشغيل منذ نهاية عام 1999 (*IPTS 2004*)

مراقبة المواد الكيميائية المُدرَّجة في المُرْفَقُ “جيم” : تتطلب إنشاءات تقنية و رأس مال/ تكاليف التشغيل ، المتوقع تحكم ممتاز بانبعاثات المواد الكيميائية المُدرَّجة في المُرْفَقُ “جيم” الحفازات الانتقائية المناسبة.

6.2.2.5 حقن الكربون المنشط (تكنولوجيا ناشئة) *Activated carbon injection, an emerging technology*

من الممكن حقن مسحوق الكربون المنشط بشكل معاكس لتيار تصفية الغبار، والتي تحقق كفاءة في إزالة المعادن و المُرْغَبَات العضوية . ومع ذلك يجب ملاحظة مايلي:

- يُعدُّ خفض درجة حرارة التشغيل إلى أقل من 160 درجة مئوية أمر حاسم لنجاح هذه التقنية؛
- وفي الوقت نفسه، يجب الحفاظ على درجة حرارة أعلى من نقطة الندى للحمض لتجنب حدوث التآكل أو التآكل
- إذا كان بالإمكان إعادة تدوير غبار فرن الإسمنت إلى الفرن، و الذي هو الحال عادة ، فإنَّ هذا الأسلوب لا يكون فعلاً لمراقبة انبعاثات الزئبق، حيث أنَّ الزئبق الذي تمَّ جمعه ،سوف يعاد انبعاثه في الفرن،
- تقنية حقن الكربون لم تثبت لمراقبة انبعاثات الديوكسن و الفيوران من أفران الإسمنت و لم تطبق الا في محارق حرق النفايات البلدية الصلبة

7. متطلبات الأداء التي تعتمد على أفضل التقنيات المتاحة

يجب أن تحقق متطلبات الأداء اعتماداً على أفضل التقنيات المتاحة للتحكم بالديوكسينات/الفيورونات في غازات المدخنة قيمة انبعاث دون 0.1 ng TEQ/NM3 (نانوغرام مكافئ سمي/م³ النظامي) في شروط مرجعية عند درجة حرارة 273 كلفن، وضغط 101.3 كيلو باسكال، ونسبة 11O₂%، على أساس غاز جاف

8. التحكم ورصد إطلاق الملوثات ومؤشرات العملية

من أجل ضبط الإنبعاثات من أفران الإسمنت ، يُنصح بالقياسات المستمرة للمؤشرات التالية (European Commission 2001)

- الضغط؛
 - الحرارة؛
 - محتوى الأوكسجين؛
 - غازات النتروجين NO_x ؛
 - غاز أول أوكسيد الكربون (CO)، ويمكن عندما تكون تراكيز أكاسيد الكبريت (SO_x) عالية؛
 - غاز ثاني أوكسيد الكبريت (SO₂) (تمَّ تطوير تقنية لقياس CO و NO_x و SO₂).
- قبل هذه المؤشرات يجب أن يتم ضبط إطلاقات الزئبق (إذا كان محتوى الزئبق في النفايات عالية) و من أجل التحديد الكمي الدقيق للإنبعاثات ، فيُنصح بالقياس المستمر للعوامل التالية (قد يكون من الضروري قياسها مرة ثانية إذا كان مستوى تركيزها سيتغير عن النقطة التي تمَّ قياسها فيها و التي ستستخدم للتحكم).

- حجم غازات العادم (يمكن حسابها لكنها تُعْتَبَرُ هذه العملية معقدة من قبل البعض)؛
 - الرطوبة ؛
 - درجة الحرارة عند مدخل جهاز معالجة الجسيمات الدقيقة والغبار ؛
 - تراكيز الجسيمات الدقيقة والغبار؛
 - الأوكسجين O₂؛
 - أكاسيد الأزوت NO_x
 - الغبار؛
 - ثاني أكسيد نسبة الكبريت %SO₂؛
 - غاز أول أوكسيد الفحم CO
- من المناسب تنفيذ مراقبة منتظمة وبشكل دوري للمواد التالية:
- المعادن و مركباتها؛
 - الكربون العضوي الكلي/المُرْغَبَات العضوية؛
 - كلور الهيدروجين(HCL) و فلور الهيدروجين(HF)؛
 - الامونيا (NH₃)
 - الديوكسينات و الفيورونات
- قياس المواد التالية قد يكون مطلوباً تحت شروط تشغيل خاصة:
- تحديد كفاءة التحطيم و الإزالة، في حالة تحطيم الملوثات العضوية الثابتة في أفران الإسمنت ؛
 - البنزن، والتلوين، والكزايلين؛
 - الهيدروكربونات متعددة الحلقات العطرية؛
 - ملوثات عضوية أخرى(مثل كلور البنزن، ثنائي الفينيل متعدد الكلور بما فيها المماكبات المسطحة، مُرْغَبَات كلور النفثالين)
- من الضروري خاصة قياس المعادن عند استخدام نفايات ذات محتوى عالي من المعادن كمواد أولية أو وقود.

المراجع:

References

- Basel Convention Secretariat. 2005. *General Technical Guidelines for the Environmentally Sound Management of Wastes Consisting of, Containing or Contaminated with Persistent Organic Pollutants (POPs)*. Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal, UNEP, Geneva.
- Cembureau. 2004. *Guidelines on Co-Processing of Waste Materials in Cement Production*. Cembureau, Brussels, Belgium.
- CEN (European Committee for Standardization). 1996a. "EN 1948-1: Sampling." Part 1 of *Stationary Source Emissions: Determination of the Mass Concentration of PCDDs/PCDFs*. CEN, Brussels, Belgium.
- CEN (European Committee for Standardization). 1996b. "EN 1948-2: Extraction and Clean-up." Part 2 of *Stationary Source Emissions: Determination of the Mass Concentration of PCDDs/PCDFs*. CEN, Brussels, Belgium.
- CEN (European Committee for Standardization). 1996c. "EN 1948-3: Identification and Quantification." Part 3 of *Stationary Source Emissions: Determination of the Mass Concentration of PCDDs/PCDFs*. CEN, Brussels, Belgium.
- CSI (Cement Sustainability Initiative). 2005. *Guidelines for the Selection and Use of Fuels and Raw Materials in the Cement Manufacturing Process: Fuels and Raw Materials*. World Business Council for Sustainable Development, Geneva, Switzerland.
- de Bas P. 2002. *The Economics of Measurement of Emissions into the Air*. European Measurement Project. Pembroke College, Oxford, UK.
- DFIU/IFARE (French-German Institute for Environmental Research). 2002. *Cement/Lime Industry*. Draft Background Document in preparation for 5th EGTEI Panel Meeting, 29 November 2002. www.citepa.org/forums/egtei/cement_lime_draft.pdf.
- EPA (United States Environmental Protection Agency). 1998a. *Technical Background Document on Control of Fugitive Dust at Cement Manufacturing Facilities*. Draft. EPA, Office of Solid Waste, Washington, D.C.
- EPA (United States Environmental Protection Agency). 1998b. *Technical Background Document on Ground Water Controls at CKD Landfills*. Draft. EPA, Office of Solid Waste, Washington, D.C.
- EPA (United States Environmental Protection Agency). 1999. *National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Source Categories: Portland Cement Manufacturing Industry: Final Rule*. 40 CFR part 63, 14 June 1999. EPA, Washington, D.C.
- EPA (United States Environmental Protection Agency). 2000. "Combustion Sources of CDD/CDF: Other High Temperature Sources." Chapter 5, *Exposure and Human Health Reassessment of 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD) and Related Compounds, Part I: Estimating Exposure to Dioxin-Like Compounds*. EPA/600/P-00/001Bb. EPA, Washington, D.C., September 2000.
- European Commission. 2001. *Reference Document on the Best Available Techniques in the Cement and Lime Manufacturing Industries*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain.
- Fabrellas B., Larrazabal D., Martinez M.A., Sanz P., Ruizl M.L., Abad E. and Rivera J. 2004. "Global Assessment of PCDD/PCDF Emissions from the Spanish Cement Sector: Effect of Conventional/Alternative Fuels." *Organohalogen Compd.* 66:905–911.
- Holcim. *Sustainable Development: Environmental Performance*. www.holcim.com.
- Holsiepe D., Shenk R. and Keefe B. 2001. *Partners in Progress: A Case Study on Upgrading for the New Millennium, Part 1*. Cement Americas. cementtour.cementamericas.com/ar/cement_partners_progress_case_2/.

IPTS (Institute for Prospective Technological Studies). 2004. *Promoting Environmental Technologies: Sectoral Analyses, Barriers and Measures*. Draft Report EUR 21002 EN, European Communities.

Karstensen K.H. 2006a. *Cement Production in Vertical Shaft Kilns in China: Status and Opportunities for Improvement*. Report to the United Nations Industrial Development Organization, 31 January 2006.

Karstensen K.H. 2006b. *Formation and Release of POPs in the Cement Industry*. Second edition, January 2006. World Business Council for Sustainable Development/SINTEF.

Lohse J. and Wulf-Schnabel J. 1996. *Expertise on the Environmental Risks Associated with the Co-Incineration of Wastes in the Cement Kiln "Four E" of CBR Usine de Lixhe, Belgium*. Okopol, Hamburg, Germany. www.oekopol.de/Archiv/Anlagen/CBRBelgien.htm.

Portland Cement Association. *Industry Overview*. www.cement.org/basics/cementindustry.asp.

Sutou K., Harada H. and Ueno N. 2001. *Chlorine Bypass System for Stable Kiln Operation and Recycling of Waste*. Technical Conference on Cement Process Engineering, 21st Plenary Session of the VDZ Process Engineering Committee, Düsseldorf, Germany, 22 February 2001.

UNEP (United Nations Environment Programme). 2003. *Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases*. UNEP, Geneva. www.pops.int/documents/guidance/Toolkit_2003.pdf.

WISE (Waste Indicator System for the Environment). 2002. *Volume of Cement Kiln Dust Produced and Reused*. Indicators: Environmental Issue 1, Waste Generation. www.pepps.fsu.edu/WISE/.

Wulf-Schnabel J. and Lohse J. 1999. *Economic Evaluation of Dust Abatement in the European Cement Industry*. Report prepared for the European Commission DG XI, Contract No. B4-3040/98/000725/MAR/E1. www.oekopol.de/en/Archiv/archiv.htm.

Other sources

Environment Canada. 1999. *Level of Quantification Determination: PCDD/PCDF and Hexachlorobenzene*. Environment Canada, Environmental Technology Centre, Analysis and Air Quality Division. www.ec.gc.ca/envhome.html.

Holcim. 2004. *Guidelines on Co-Processing of Waste Material in Cement Production*. Version 6. Cooperation of Holcim and GTZ, December 2004.

Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen. 1997. *Identification of Relevant Industrial Sources of Dioxins and Furans in Europe*. Commissioned by EC DG XI, LUA-Materialien No. 43. European Dioxin Inventory.

Marlowe I. and Mansfield D. 2002. *Toward a Sustainable Cement Industry*. Substudy 10: Environment, Health and Safety Performance Improvement. AEA Technology. www.wbcscement.org/.

Stieglitz L., Jay K., Hell K., Wilhelm J., Polzer J. and Buekens A. 2003. *Investigation of the Formation of Polychlorodibenzodioxins/Furans and of Other Organochlorine Compounds in Thermal Industrial Processes*. Scientific Report FZKA 6867. Forschungszentrum Karlsruhe.

القسم الخامس (v)
التوجيهات/الإرشادات التوجيهية لفئة المصادر:
فئة المصادر في الجزء الثاني من المرفق جيم

الجزء الثاني (II) فئة المصادر (c)
إنتاج عجينة الورق باستخدام الكلور العنصري
أو الكيمائيات التي تولد الكلور العنصري

فهرس المحتويات

i	قائمة الجداول
i	قائمة الرسومات التوضيحية
1	V.C إنتاج لب الورق باستخدام عنصر الكلور أو المواد الكيميائية المولدة لعنصر الكلور
1	1. مدخل:
3	1.2 التقنية و المنتج النهائي
3	2. وصف العملية
3	2.1 الطرائق المطبقة في تصنيع العجينة
6	2.2 التبييض (القسارة)
9	3. أفضل التقنيات المتاحة لإنتاج العجينة باستخدام الكلور العنصري...
9	3.1 التدابير الأولية
9	3.2 التدابير الثانوية
10	4. البدائل
10	4.1 التبييض الخالي كلياً من الكلور لعجينة كرافت
11	4.2 التبييض الخالي كلياً من الكلور للعجينة غير الخشبية
11	5. المستويات القابلة للتحقيق و المترافقة مع أفضل التقنيات المتاحة و أفضل الممارسات البيئية
12	5.1 تقديم تقارير بالأداء
12	5.2 معايير الأداء
13	المراجع:
13	مصادر أخرى:

قائمة الجداول

جدول 1	: المعالجات الكيميائية شائعة التطبيق في عملية التبييض
جدول 2	: موجز عن معايير الأداء المتوفرة و المطبقة في معامل لب الورق
	قائمة الرسومات التوضيحية
شكل 1	: التخلص من رباعي كلور ثنائي بنزو الفيوران (2,3,7,8-TCDF) مع زيادة الاستبدال لثنائي أوكسيد الكلور بالكلور
شكل 2	: مخطط تدفقي نموذجي لمنشأة حديثة لتصنيع لب ورق بطريقة كرافت مع تبييض خالي من الكلور العنصري ECF
شكل 3	: مخطط تدفقي نموذجي لمنشأة تصنيع لب الورق من قش القمح باستخدام نظام هاضم بانديا (Pandia) المستمر
شكل 4	: تأثير مستوى الاستبدال المتعدد لثنائي أوكسيد الكلور على تشكيل رباعي كلور ثنائي بنزو الفيوران (2,3,7,8-TCDD) Error! Bookmark not defined.
شكل 5	: مناحي إنتاج لب الورق المُبيّض (المَقصُور) كيميائياً: العالم باستثناء الصين و الهند

V.C إنتاج لب الورق باستخدام عنصر الكلور أو المواد الكيميائية المولدة لعنصر الكلور

موجز

العمليات الرئيسية المشاركة في صنع منتجات اللب (عجينة الورق) والورق هي عمليات تناول المواد الخام والتحضير

من بين المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم" من اتفاقية استكهولم ، فقط الديوكسين والفيوران تم تحديدها بأنها

2,3,7,8-TCDD 2,3,7,8
خلال التبييض الكيميائي لعجينة الورق باستخدام الكلور.

TCDD

و في الخلاصة ، يمكن اتخاذ التدابير الأولية التالية للتخفيض أو التخلص النهائي من تشكيل رباعي كلور ثنائي بنزو الديوكسين (2,3,7,8-TCDD) و رباعي كلور ثنائي بنزو الفيوران (2,3,7,8-TCDF) في عمليات تبييض العجينة الخشبية وغير الخشبية: التخلص النهائي من استخدام عنصر الكلور بـ

1. مدخل:

إن مسودة المبادئ التوجيهية التالية توفر الإرشادات بشأن أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية لعمليات

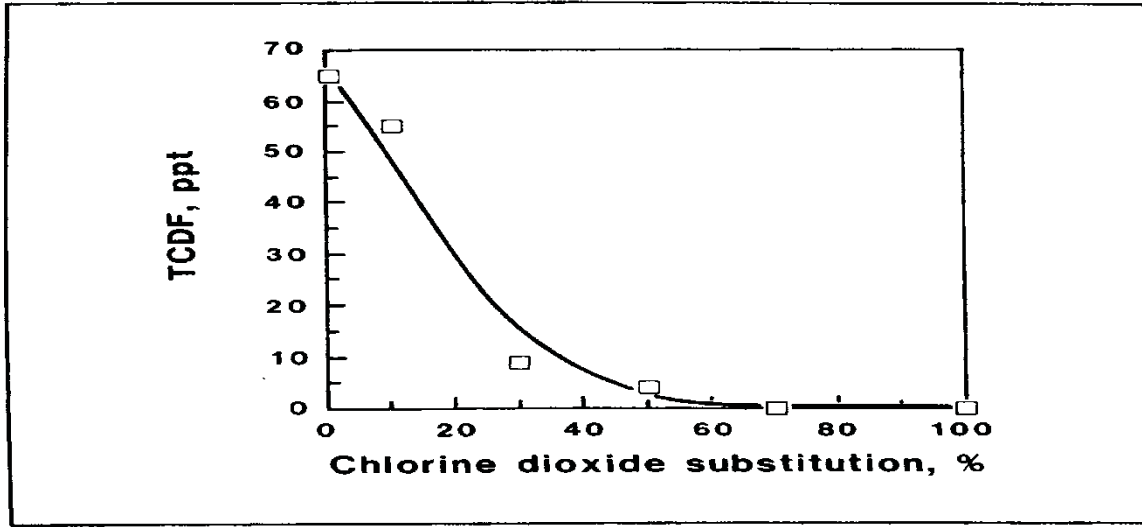
مطامر النفايات (إشارة إلى القسم III.C. (ب) من هذه المبادئ التوجيهية).

الكيميائيات المدرجة في المرفق "جيم" من اتفاقية استكهولم تتضمن ثنائي بنزو الديوكسينات متعددة الكلور (PCDD) و ثنائي بنزو الفيورانات متعددة الكلور (PCDF) و سداسي كلور البنزن (HCB) و ثنائيات الفينيل متعددة الكلور (PCB). من بين هذه المركبات، كلاً من سداسي كلور البنزن و ثنائيات الفينيل متعددة الكلور لا ينتجان عن غير عمد خلال عمليات التبييض الكيميائية لعجينة الورق. علاوة على ذلك، من بين المتماثرات 17 للديوكسينات و الفيورانات في مواقع الاستبدال 2 و 3 و 7 و 8 و التي تعتبر أن لهاسمية شبيهة بالديوكسين ، فقط إثنان منها (هما 8,7,3,2- رباعي كلور ثنائي بنزو-بارا-الديوكسين و 8,7,3,2- رباعي كلور ثنائي بنزو الفيوران) تم التعرف عليهما باحتمال تشكلهما خلال عملية التبييض الكيميائي لعجينة الورق. بالتالي، أفضل التقنيات المتاحة و أفضل الممارسات البيئية في مجال التبييض الكيميائي لعجينة الورق باستخدام عنصر الكلور أو المواد الكيميائية المولدة لعنصر الكلور، يجب أن توجه للتخفيض و التخلص من 8,7,3,2-رباعي كلور ثنائي بنزو-بارا-الديوكسين و 8,7,3,2-رباعي كلور ثنائي بنزو الفيوران. المركبات العضوية الهالوجينية القابلة للادمصاص (AOX) لا تتلازم مع الديوكسينات و الفيورانات و بالتالي لن يتم مناقشتهم هنا.

إن اكتشاف الديوكسينات و الفيورانان في منتصف الثمانينات من القرن الماضي في المنصرفات السائلة من معامل عجينة الورق التي تستخدم الكلور و الهيبوكلوريت في مراحل عمليات التبييض قد حفزَ بحوث كثيرة في كيفية التخفيض أو التخلص نهائياً من تشكلهم. لقد بينت هذه البحوث الدولية المكثفة أنَّ الآلية الرئيسة المسؤولة عن تشكل 2،3،7،8-رباعي كلورثنائي بنزو الديوكسين و 2،3،7،8-رباعي كلورثنائي بنزو الفيوران هو عملية كلورة المركبات الأم مثل ثنائي بنزو الديوكسين و ثنائي بنزو الفيوران الموجودة في العجينة قبل التبييض و ذلك عن طريق تفاعلات الاستبدال الالكتروفيلية للحلقة العطرية. إن تشكل 2،3،7،8-رباعي كلورثنائي بنزو الفيوران سينخفض بازدياد الاستبدال بثنائي أوكسيد الكلور، كما هو مبين في الشكل 1. بالتالي فقد تم الاستعاضة بشكل كبير عن استخدام الكلور الجزئي بثنائي أوكسيد الكلور (الخالى من الكلور العنصري (elemental chlorine-free, ECF) و مواد كيميائية أخرى أساسها الأوكسجين مثل الأوكسيد الجزئية و فوق الأوكسيد و الأوزون (خالية كلياً من الكلور، TCF, totally chlorine-free).

أكثر من 80% من العجينة الكيميائية للورق تنتج بطريقة كرافت (Gullichsen and Fogelholm 2000). على أية حال، أكثر من 10% من الإنتاج العالمي لعجينة الورق تصنع من ألياف غير خشبية و في بعض البلدان، مثل الصين و الهند، هي المصدر المسيطر للألياف. في الصين أكثر من 24% من العجينة المستخدمة في صناعة الورق تنتج من قش القمح و القصب و البامبو و مصادر أخرى غير خشبية، بينما في البلدان الغربية فإن استخدام المصادر غير الخشبية يعتبر حالياً قليل جداً. و متوسط إنتاج المنشآت التي تصنع مواد غير خشبية هو حوالي خمس الإنتاج عالمياً. في عام 1998 حوالي 107 معامل ورق من البلدان الاسكندنافية أنتجت 25 مليون طن من المنتجات بينما حوالي 6000 معمل في الصين أنتجت حوالي 28 مليون طن (Edelmann et al. 2000). في عام 2005 حوالي 3600 معمل صيني أنتجوا 56 مليون طن من الورق و الكرتون (التقرير السنوي 2005 لصناعة الورق في الصين).

الشكل (1): التخلّص من 2،3،7،8-رباعي كلورثنائي بنزو الفيوران بزيادة استبدال ثنائي أوكسيد الكلور عوضاً عن الكلور الجزئي



1.1 المواد الخام

تُنتج عجينة الورق و الورق من مواد أساسها الخشب و من العديد من المواد غير الخشبية مثل القش و نفل قصب السكر و البامبو و القصب و ألياف نبتة الكناف. حالياً يؤمن الخشب أكثر من 90% من الاحتياجات العالمية من الألياف الخام بينما تؤمن الموارد غير الخشبية النسبة المتبقية. في عام 2005 وصل إنتاج العجينة التي أساسها من الخشب حوالي 126 مليون طن بينما كان إنتاج العجينة من المصادر غير الخشبية حوالي 17 مليون طن (إحصائيات منظمة الغذاء العالمية FAOSTAT). تنتج عجينة الورق غير الخشبية بشكل رئيسي في البلدان النامية، و للعديد من الأسباب تكتسب عجينة الورق المنتجة من الألياف غير الخشبية اهتماماً جديداً في أوروبا الشرقية و الغربية إضافة إلى أمريكا الشمالية (Paavilainen 1998).

المواد الخشبية و غير الخشبية المستعملة في صناعة الورق تشكل مزيج معقد من المواد المشابهة- السيللوز (40-45%)، أشباه السيللوز (25-35%)، الليغنين (20-30%) و المستخلصات (2-15%). معظم المواد الليغنو-سيللوزية و السيللوزية ذات البنية اللدنية يمكن أن يتم تصنيعها إلى درجات متنوعة من الورق و الورق المقوى. على أية حال الألياف الناتجة عن

1.2 التقنية و المنتج النهائي

يجب أن تكون التقنيات المستخدمة في إنتاج اللب و التبييض متوافقة و ملائمة لنوعية و مواصفات الدرجات المطلوبة من اللب و الورق المنتج. لا يوجد طريقة واحدة للعجينة و التبييض يُمكن أن تُنتج عجينة ملائمة لجميع الاستخدامات. على سبيل المثال الورق المستخدم في الصحف هو منتج بكميات كبيرة و بمواصفات متوسطة من حيث القوة و العتامة و قابلية الطباعة و دورة حياتها قصيرة. بالتالي فالإنتاج العالي من العجينة على حساب القوة و السطوع يمكن أن يصنع من المواد الخام و هناك متطلبات أقل للتبييض نظراً للسطوع الطبيعي للعجينة. من ناحية أخرى، ورق التغليف يتطلب أن يتمتع بالقوة حتى يمكن استخدامه لهذا الغرض، بالتالي من الضروري هنا قبول إنتاجية أقل عن طريق آخر للتصنيع من أجل الحصول على القوة المطلوبة، لكن مرة ثانية يمكن أن تكون متطلبات التبييض قليلة. بينما مستوى الاحتياجات من التبييض و نزع الليغنين الواجب تطبيقهما هي عالية في حالة الورق المستخدم في الكتابة و الطباعة و الورق المقوى المستخدم في التغليف الخارجي- حيث أن قوة التحمل و السطوع يجب أن تستمر لسنوات دون أن حدوث اصفرار. بالتالي الجهود المطلوبة في التبييض يمكن أن تختلف كثيراً.

2. وصف العملية

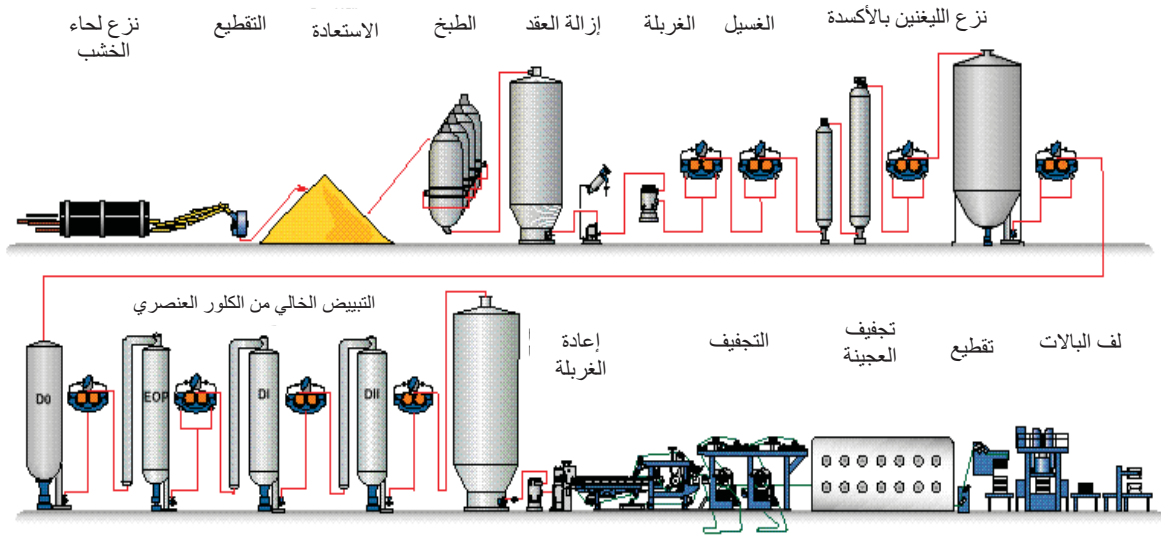
2.1 الطرائق المطبقة في تصنيع العجينة

العمليات الأساسية المنخرطة في تصنيع العجينة و منتجات الورق هي التعامل مع المواد الخام و تحضيرها و تخزينها (و الحفظ للمواد غير الخشبية) و نزع اللحاء و التقطيع و تنظيف البقايا الزراعية و إزالة العقد الخشبية و العجن و التبييض إذا كان مطلوباً و أخيراً تصنيع الورق و الورق المقوى.

يُستخدم خلال تصنيع عجينة الورق عدة طرائق ميكانيكية و حرارية-ميكانيكية و كيميا-ميكانيكية و كيميائية. تستخدم العمليات الميكانيكية الطحن للقطع الخشبية و أقراص التنعيم للرقاقات الخشبية. يتم في هذه العمليات تطبيق قوى قص ميكانيكية لسحب الألياف عن بعضها و يبقى معظم الليغنين مع الألياف بالرغم من حدوث انحلال كبير للمادة العضوية. غالباً يمكن استخدام العجينة الميكانيكية دون الحاجة إلى التبييض، لكن عندما يكون السطوع مطلوباً يمكن تحقيق ذلك باستخدام مركبات مثل ثنائي الثيونات و فوق الأكاسيد (Gullichsen and Fogelholm 2000).

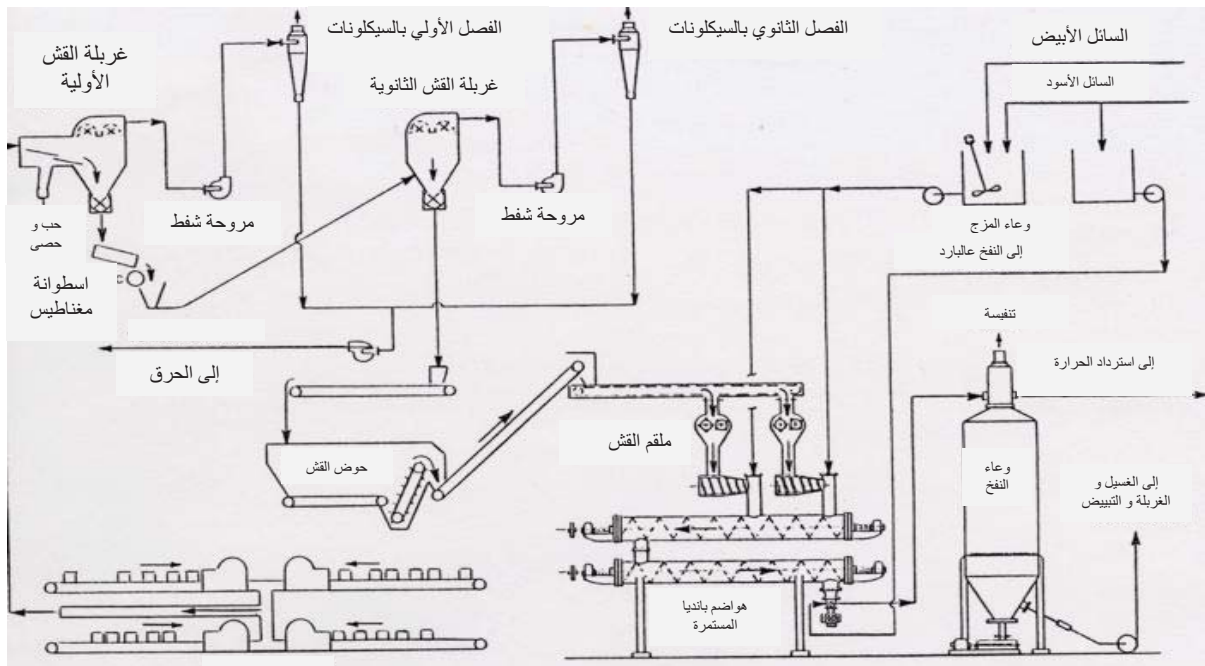
يعمل الليغنين على ربط الألياف مع بعضها في بنية الخشب. و خلال العمليات الكيميائية المطبقة على العجينة يتم تسهيل عملية تحرير الألياف بواسطة المواد الكيميائية التي تعمل على انحلال الليغنين. بالتالي الليغنين و العديد من المواد العضوية الأخرى تتوضع في المحلول. يحدث ذلك في أوعية ضغط، تدعى بالهواضم، و التي يجري تسخينها و تكون عبارة عن أوعية عمودية ثابتة و تحت الضغط تُستخدم للمواد الخام التي أساسها الخشب. الهواضم الكروية الدوارة أو الهواضم الاسطوانية الدوارة تُستخدم في الأنظمة التي تصنع العجينة على دفعات متقطعة (نظام الطبخات) بعمليات كيميائية متعددة للمواد غير الخشبية. الشكلان 2 و 3 يمثلان مخططات تدفقية نموذجية للعمليات التي تستخدم مواد أساسها الخشب أو مواد غير خشبية. يتم إزالة الليغنين المتبقي في الألياف بواسطة التبييض بالعوامل الكيميائية. تمت بعض المحاولات لاستخدام الأنزيمات من أجل تحسين التأثير للمواد الكيميائية. لكن الضياع في المردود و التأثيرات على خواص الألياف و التكلفة الزائدة قد حدت من الاستخدام الأوسع للأنزيمات.

الشكل (2): مخطط تدفقي نموذجي لعملية حديثة لتصنيع عجينة كرافت مع تبييض خالي من الكلور العنصري.



المصدر: Metso Automation Inc.

الشكل (3): مخطط تدفقي نموذجي لمنشأة تصنيع لب الورق من قش القمح باستخدام نظام هاضم بانديا (Pandia) المستمر



المصدر: Kocurek 1983

التقنيات الرئيسية للعمليات الكيميائية و نصف الكيميائية و الكيمياء-ميكانيكية هي كالتالي:

- طريقة الكبريتات (كرافت) تستخدم مزيج من ماءات الصوديوم و كبريت الصوديوم تحت شروط قلووية لحل الليغنين من الخشب و من معظم الألياف غير الخشبية (الطراق الكيميائية)،
- السلفيت (الكبريتيت): الطرائق التي تستخدم ثنائي السلفيت الحمضي، ثنائي السلفيت، و السلفيت المعتدل و السلفيت القلوي (Ca, Mg, NH₄, Na)، قلويات مختلفة بما في ذلك الانثراكينون ضمن مجال من pH من أجل حل الليغنين و معظم الألياف الخشبية (الطراق الكيميائية و نصف الكيميائية).

- الكلس ، و الكلس الصودي: على الخصوص للألياف غير الخشبية.
- الصودا الباردة تستخدم المعالجة الأولية بماءات الصوديوم عند درجة الحرارة المحيطة، لوحدها أو مع كربونات الصوديوم: على الخصوص للخشب القاسي و الألياف غير الخشبية (الطرق نصف الكيميائية).
- انثراكينون الصودا: ماءات الصوديوم فقط أو مع كربونات الصوديوم و حفاز من الانثراكينون للخشب القاسي و الألياف غير الخشبية (طريقة كيميائية مشابهة لطريقة كرافت لكن من دون الكبريت)، أقل رائحة.
- طراق الحل-العضوي: للتطبيقات الخشبية و غير الخشبية ، بعضها تم تطبيقه على مستوى المعمل لكن يوجد عملية واحدة فقط متوفرة تجارياً.

تعتبر طريقة كرافت أو السلفات الطريقة المسيطرة عالمياً في صناعة عجينة الورق، حيث تشكل حوالي 84% من الانتاج العالمي لعجينة الورق الكيميائية و 63% من إجمالي إنتاج عجينة الورق بالطرق الكيميائية و الميكانيكية.

تنتج العجينة من المواد الخشبية بشكل حصري باستخدام العمليات نصف الكيميائية. من بين أكثر الطرائق الكيميائية أهمية و المطبقة لتصنيع العجينة من المواد غير الخشبية ، هي طريقة الصودا و من ثم طريقة كرافت و طريقة السلفيت المعتدل. المصانع التي تعتمد على الطرائق التقليدية بالكلس و الكلس الصودي مازالت تعمل (Edelman et al. 2000;)
(Proceedings 1992). العديد من الطرائق الجديدة لتصنيع العجينة غير الخشبية مازالت قيد الاختبار.

طريقة كرافت (السلفات) لتصنيع العجينة

تستخدم طريقة كرافت محلول قلوي اساسه الصوديوم يتكون من سلفيد الصوديوم (Na_2S) و ماءات الصوديوم ($NaOH$). يتم تحرير الألياف في مصنع الطبخ وذلك بحل الليغنين و جزء من أشباه السيلولوز بواسطة محلول الطبخ الكيميائي (السائل الأبيض). يتم استرداد سائل الطبخ (السائل الأسود) من أجل إعادة توليد السائل الأبيض اللازم للمرحلة الأولى من تصنيع العجينة. في المعامل التي تُسترجع فيها المواد الكيميائية، يتم حرق معظم المواد الخشبية المنحلة، و المياه العادمة تحتوي بشكل رئيسي على المواد العضوية في المكثفات، وفي مصانع التبييض تتحلل المواد خلال عملية التبييض و المتبقيات من الكيميائيةت المستخدمة في التبييض. العديد من المصانع الصغيرة لا تُسترجع السائل.

إن استرجاع السوائل في الألياف غير الخشبية هو أمر يترافق مع المشاكل نظراً للمحتوى العالي من السيليكا في مواد الألياف و ازدياد لزوجة السائل أثناء التبخر إضافة إلى الصعوبات في تحقيق محتوى عالي من الجوامد في السائل المركز الذي يجري تلقيمه إلى نظام الاسترجاع. على أية حال، هذه الطريقة من تقنية الاسترجاع تتلقى حالياً اهتمام كبير مع زعم بأنها عملية قابلة للتطبيق.

العمليات التي تستخدم الكلس و الصودا

هذه العمليات تستخدم محاليل طبخ قلووية بسيطة في عملية مشابهة لعجينة كرافت لكن من دون استخدام مركبات الكبريت. في المعامل التي لا يوجد فيها استرجاع للمواد الكيميائية، تبقى جميع المواد الخشبية المنحلة و مواد التبييض الكيميائية في المياه العادمة، غير تلك المواد العضوية الطيارة التي تنطلق عرضياً إلى الهواء. إن القدرة على نزع الليغنين هي غير كافية لإنتاج العجينة من مواد أساسها خشبي مع مردود قليل و سطوع عالي. تطبيقها للعجينة غير الخشبية منتشر بشكل واسع، و تستخدم أيضاً مع الأوكسجين لعجينة القش. في عملية الصودا، يتم تبسيط الكيمياء حيث أنه لا يضاف الكبريت الذي يشكل نواتج ثانوية غير مرغوب فيها، و يتم استرجاع الهيدروكسيد بالصودا الكاوية من مصهور كربونات الصوديوم. بعد الطبخ، يتم تنقية العجينة المطلوب تبييضها لفصل الألياف.

عمليات تصنيع العجينة بالسلفيت

يعتمد تصنيع عجينة الورق بطريقة السلفيت على المحلول المائي لثاني أكسيد الكبريت و مادة قلووية مثل الكالسيوم أو الصوديوم أو المغزنيوم أو الأمونيوم. تفقد هذه الطريقة أهميتها و فقط حوالي 10% من الانتاج العالمي للعجينة يتم إنتاجها بهذه الطريقة. بينما معامل العجينة بطريقة السلفيت القلووية لتصنيع الألياف غير الخشبية فغالباً ماتعمل بنظام الدفعات المتقطعة و استرجاع المواد الكيميائية لا يمارس على العموم في هذه المعامل نظراً لصغر حجم هذه المعامل و تعقيد عملية استرجاع المواد الكيميائية من عملية هي عادة تعتمد على الصوديوم. بالمقارنة مع عجينة كرافت، تكون العجينة المنتجة بالسلفيت نسبياً ساطعة و نسبياً أسهل للتبييض بالمواد الكيميائية التي أساسها الأوكسجين مثل البيروكسيدات.

العمليات التي أساسها المذيبات

يمكن استخدام العمليات التي أساسها المذيبات لكلا المواد الخشبية و المواد غير الخشبية. تستخدم عمليات العجينة بهذه الطريقة المحلات العضوية التالية ، من بين محلات أخرى: حمض الفورميك (النمل)، فوق حمض النمل، حمض الخل، الكحول الإيثيلي، الميثانول، و الأسيتون (; Stern 2003; Laxén and Halttunen 1992; Rousu and Antila 2002; Edelman et al. 2000). معظم طرائق الطبخ بالكحول و الحوض هي أكثر ملائمة للخشب القاسي (مثلاً طريقة Alcell) و بعضها الآخر للمواد الخشبية القاسية و الطرية (مثلاً: NAEM, Organocell, Acetocell, Formacell and ASAM). على أية حال، لم يتم إثبات إمكانية التطبيق لأي من هذه التقنيات المقترحة في العمليات التجارية ، و المحطات الرائدة تم إغلاقها. لقد تم دراسة قابلية تطبيق طرائق العجينة باستخدام المذيبات من المواد الخشبية (مثلاً: Alcell, Milox, Chempolis). عند مقارنة هذه الطريقة مع طريقة كرافت التقليدية في التجارب المخبرية لتصنيع العجينة من المواد غير الخشبية وجد أن المردود كان أعلى للعجينة باستخدام طرائق المذيبات مثل الصودا-إيثانول، ASAM و Organocell (Shatalov and Pereira 2005). العمليات للنماذج الرائدة مثل Milox و Formacell و ASAM تنتج عجينة هي الأفضل من حيث قابلية التبييض (Gullichsen and Fogelholm 2000).

2.2 التبييض (القسارة)

تبييض العجينة هو عملية كيميائية تطبق على العجينة من أجل زيادة سطوعها (بياضها). و للحصول على مستوى السطوع المطلوب ، يجب تنفيذ عملية التبييض بإزالة الليغنين من العجينة الكيميائية (مايدعى بالتبييض بإزالة الليغنين). لا يمكن إزالة جميع الليغنين بانتقائية كافية في مرحلة تبييض واحدة، لكن العجينة يتم تبييضها عادة خلال ثلاثة إلى ستة مراحل. تعمل المرحلتين الأوليتين على تحرير و استخلاص الليغنين بينما تعمل باقي المراحل على إزالة بقايا الليغنين و الحصول على المنتج النهائي. هذا التالي من مراحل التبييض يطبق من الحصول على أعظم التأثيرات من التبييض لكل مكون. يستخدم الماء لتنفيذ غسولات وسطية لإزالة النفايات المستخلصة من العجينة (; Gullichsen and Fogelholm 2000; Stenius 2000). يبين الجدول 1 طرائق المعالجة الكيميائية الأكثر شيوعاً و المطبقة في التبييض مع الاختصارات المخصصة لها.

الجدول (1): طرائق المعالجة الكيميائية شائعة التطبيق في التبييض

طريقة المعالجة	الاختصار	الوصف
الكلورة	C	التفاعل مع الكلور العنصري في وسط حمضي
الاستخلاص القلوي	E	حل نواتج التفاعل بواسطة ماءات الصوديوم
الهيبيكلوريت	H	التفاعل مع الهيبيكلوريت في وسط قلوي
ثنائي أوكسيد الكلور	D	التفاعل مع ثنائي أوكسيد الكلور (ClO ₂)
الكلور و ثنائي أوكسيد الكلور	CD	إضافة ثنائي أوكسيد الكلور في مرحلة الكلور
الأوكسجين	O	التفاعل مع الأوكسجين الجزيئي تحت ضغط عالي و في وسط قلوي
الاستخلاص بالأوكسجين	EO	الاستخلاص القلوي مع الأوكسجين
فوق الأوكسيد	P	التفاعل مع الماء الأوكسجيني (H ₂ O ₂) في وسط قلوي
التمخلب	Q	التفاعل مع معاملات التمخلب مثل (EDTA) أو (DTPA) في وسط حمضي لإزالة المعادن
الأوزون	Z	الأوزون باستخدام الأوزون الغازي (O ₃)

إذا تم استثناء الكلور و الهيبيكلوريت فالعبارة المطبقة لمرحلة التبييض هي التبييض بثنائي أوكسيد الكلور أو التبييض الخالي من الكلور العنصري (ECF). إذا كانت مراحل التبييض تستخدم فقط الكيميائية التي أساسها الأوكسجين مثل

أما عجينة كرافت المصنوعة من الخشب الطري، فيتم عادة استخدام من أربعة إلى ستة مراحل للحصول على سطوع كامل التبييض (مستوى 89 – 91%). ترتيب تتالي عمليات التبييض (السطوع الكامل) التالية CEHDED و CEDED كانت تستخدم في الستينات و السبعينات من القرن الماضي. أما تتالي عمليات التبييض للمعامل الحديثة هي OD(EOP)D, Q(PO)(DQ)(PO) و OD(EOP)DP, Q(PO)DD (من أجل السطوع الكامل).

أما مرحلة إزالة الليغنين بالأوكسجين أو مرحلة الاستخلاص المعزز فيتم استخدام متواليات التبييض التالية: O(D)(EO)DED و O(D+C)(EO)D; O(CD)EDED.

تبييض الخشب القاسي هو أسهل نظراً لمحتواه الأقل من الليغنين. علاوة على ذلك، عجينة السلفيت تحتاج إلى جهود تبييض أقل نظراً للسطوع الأعلى من التبييض الأولي.

للمواد الخشبية و غير الخشبية، تزيل عمليات العجينة بعض الليغنين. بعد العجينة يمكن استخدام أنواع متعددة من الكيمائيات و الوسائط للتخلص من الليغنين. تقليدياً هذه الكيمائيات تضمنت الكلور الغازي و ثنائي أوكسيد الكلور. أما من أجل العجينة غير الخشبية فمزال شائعاً استخدام خطوة تبييض واحدة بالهيبوكلووريت أو التبييض التقليدي رباعي المراحل (CEHH, CEHD)، تبعاً لمتطلبات التبييض النهائي المطلوب (Zheng et al. 1997). حديثاً، يتم استخدام الأوكسجين المضغوط و الأوزون و الماء الأوكسجيني (Stern 2003).

التبييض باستخدام الكلور العنصري و حمض الهيبوكلووريت

الكلور العنصري و حمض الهيبوكلووريت هي عوامل تبييض كيميائية الكتروليفية تتفاعل مع البنات غير المشبعة مثل بنية الليغنين و مع نواتج تفكك السكريات المتعددة (بولي ساكارايد) مثل حمض الهيكسنيورونيك (hexenuronic acid) و مع البنات المستخلصة التي تحتوي روابط مضاعفة كربون-كربون. إن عوامل التبييض الكيميائية الإلكتروليفية هذه قادرة على التفاعل مع ذرات الكربون العطرية غير المشبعة في الليغنين لـ:

- الكلورة (عندما لا تكون ذرات الكربون متحدة مع ذرة أوكسجين)، أو
- الكلورة و نزع البلمرة (عن طريق أن إزاحة مجموعة ألفا-هيدروكسيل)، أو
- فقط نزع البلمرة دون الكلورة (عن طريق الحمهة)

إن تفاعلات الكلورة و نزع البلمرة هذه تجعل من الليغنين القلوي قابل للاندخال و يمكن إزالته من العجينة في مراحل التبييض القلوي من متواليات التبييض.

تشكيل رباعي كلور ثنائي بنزو الديوكسين/رباعي كلور ثنائي بنزو الفيوران

معظم التشكل لمركبات 2,3,7,8-رباعي كلور ثنائي بنزو الديوكسين و 2,3,7,8-رباعي كلور ثنائي بنزو الفيوران يحصل في المرحلة سي (C-stage) عن طريق تفاعل الكلور مع المركبات الأم (الأسلاف) و التي هي ثنائي بنزو الديوكسين (DBD) و مع ثنائي بنزو الفيوران غير المكثور (DBF). و عندما يتم كلورة هذه المركبات الأم (الأسلاف) فالتفاعل الرئيسي هو تفاعلات الاستبدال الإلكتروليفية العطرية. و معدل هذا التفاعل يعتمد على كلاً من تركيز المركبات الأم (الأسلاف) و على تركيز الكلور. و مستوى تركيز 2,3,7,8-رباعي كلور ثنائي بنزو الديوكسين و 2,3,7,8-رباعي كلور ثنائي بنزو الفيوران لا يتحدد بمحتوى الليغنين في العجينة (Berry et al. 1989).

إن كلورة البنات غير العضوية، مثل حمض الهيكسنيورونيك (hexenuronic acid)، لا يؤدي إلى تشكيل نواتج التفكك العطرية متعددة الكلور.

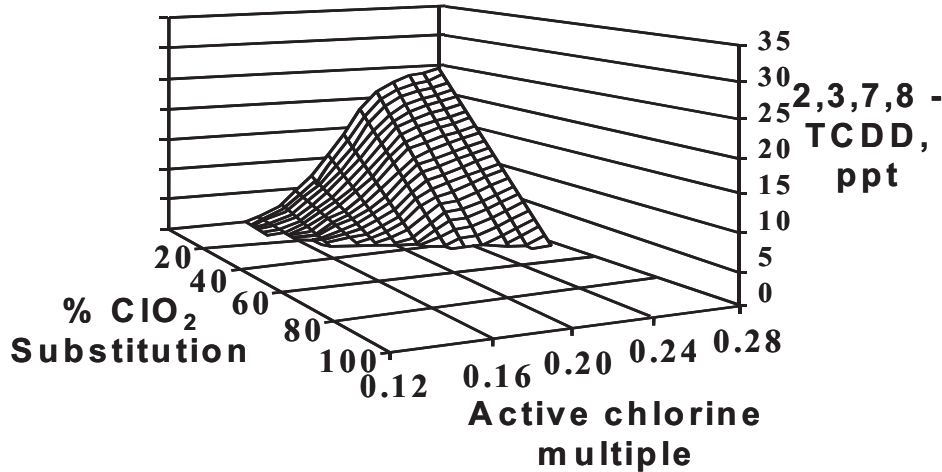
المركبات الأم (الأسلاف) للديوكسينات غير المكثورة متوفرة بكثرة في زيوت معدنية معينة و التي هي جزء من بعض تشكيلات مانعات الرغوة المستخدمة في صناعة العجينة و الورق و هي مصدر هام للأسلاف. الخشب بحد ذاته يمكن أن يعمل كمصدر لأسلاف الديوكسين. الخشب المضغوط يحتوي بشكل خاص على تراكيز أعلى من الأسلاف بالمقارنة مع

آليات التخلص من رباعي كلور ثنائي بنزو الديوكسين/رباعي كلور ثنائي بنزو الفيوران

منع تشكيل 2,3,7,8-رباعي كلور ثنائي بنزو الديوكسين و 2,3,7,8-رباعي كلور ثنائي بنزو الفيوران في عملية التبييض يمكن أن يتحقق بشكل أساسي باستخدام طريقة التبييض الخالي كلياً من الكلور و يمكن التخلص النهائي نظرياً بتخفيض كمية الكلور المستخدم في المرحلة الأولى من التبييض. يمكن إنجاز ذلك بالتقليل من تعدد الكلور الذري و ذلك بتحسين الغسيل قبل الكلورة و باستخدام مرحلة الاستخلاص بالأوكسجين و المدعم بالبيريوكسيدات و بزيادة الاستبدال بثنائي أوكسيد الكلور (Rappe et al. 1989; Tana and Lehtinen 1996). سينخفض تشكيل 2,3,7,8-رباعي كلور ثنائي بنزو الديوكسين و 2,3,7,8-رباعي كلور ثنائي بنزو الفيوران و ذلك بزيادة الاستبدال بثنائي أوكسيد الكلور كما هو مبين في الأشكال 1 و 4 . عندما يصل مستوى الاستبدال إلى أعلى من 85% فيمكن فعلياً التخلص نهائياً من 2,3,7,8-رباعي كلور ثنائي بنزو الديوكسين و 2,3,7,8-رباعي كلور ثنائي بنزو الفيوران.

يمكن رؤية خلاصة تأثير تعدد الكلور الفعال¹ و مستوى الاستبدال بثنائي أوكسيد الكلور في الشكل 4 أدناه. فمستوى تشكيل الديوكسينات تحت هذه الشروط (أي تعدد الكلور الفعال و مستوى منخفض للاستبدال بثنائي أوكسيد الكلور)، من المتوقع أن يتغير وفقاً لمحتوى ثنائي بنزو الديوكسين في الخشب البني.

الشكل (4): تأثير تعدد الكلور الفعال و مستوى الاستبدال بثنائي أوكسيد الكلور على تشكيل 2,3,7,8-رباعي كلور ثنائي بنزو الديوكسين



يمكن استبدال الكلور العنصري كلياً بثنائي أوكسيد الكلور ClO_2 (التبييض الخالي من الكلور العنصري). في هذه العملية يكون عادة ثنائي أوكسيد الكلور هو عامل التبييض الرئيسي. يمكن استبدال الكلور العنصري بثنائي أوكسيد الكلور في المرحلة الأولى من التبييض لأن ثنائي أوكسيد الكلور يمتلك في كل ذرة كلور خمسة أضعاف قوة الأكسدة بالمقارنة مع الكلور العنصري و لها نفس الانتقائية في خواص إزالة الليغنين. كما يؤدي تعزيز مراحل التبييض بالاستخلاص القلوي بالأوكسجين/الماء الأوكسجيني إلى تأثيرات التبييض المعزز بالأكسدة و التي ستقلل من محتوى بقايا الليغنين في العجينة قبل عمليات التبييض النهائية باستخدام ثنائي أوكسيد الكلور. إن زيادة درجة الاستبدال بثنائي أوكسيد الكلور سيقول من تشكيل المواد العضوية الكلورة و يتخلص من تشكيل الديوكسينات و الفيورانات. إن زيادة الاستبدال بثنائي أوكسيد الكلور يتطلب عادة تعديلات في عملية التبييض و أيضاً التوسع في المعمل ليتضمن الموقع منشأة ثنائي أوكسيد الكلور.

تختلف عملية التبييض الخالية من الكلور العنصري بالنسبة للخشب الطري عن الخشب القاسي و في المعامل القائمة بإمكانية المبدأ مرتبطة بعملية التبييض الحالية. على العموم، للوصول إلى سطوع معين فالخشب القاسي يتطلب كيميائيات أقل من الخشب الطري، مما يعني عادة أن عدد مراحل التبييض يمكن أن ينخفض. خلال السنوات انخفضت جرعة ثنائي أوكسيد الكلور اللازمة للخشب القاسي بحوالي الثلث حيث تم استبدالها بالكيميائيات التي أساسها الأوكسجين. و كأمثلة عن متواليات التبييض الخفيف الخالي من الكلور

¹ العبارة "تعدد الكلور الفعال" تعني كمية الكلور الفعال أو المكافئ معبراً عنه كنسبة مئوية على أساس العجينة المجففة في الفرن و التي لم يجري تبييضها بعد مقسوماً على رقم كابتا (kappa number) للعجينة غير المبيضة.

تتشكل كميات قليلة من الكلور كنواتج ثانوية في أنظمة توليد ثنائي أكسيد الكلور. جزء من هذا الكلور الجزئي سوف يكون موجوداً عند استخدام ثنائي أكسيد الكلور كعامل تبييض. هناك العديد من عمليات تحضير ثنائي أكسيد الكلور المتوفرة تنتج كميات مختلفة من الكلور العنصري كمنتج ثانوي. بالتالي فالاختيار الحريص لطريقة توليد ثنائي أكسيد الكلور سوف يقلل من تشكيل شوائب الكلور الجزئي و بالتالي التشكيل غير المتعمد للديوكسينات.

طريقة تبييض العجينة الخالية من الكلور العنصري (عجينة كرافت) باستخدام ثنائي أكسيد الكلور تعتبر الطريقة المسيطرة في الصناعة حيث تصل بشكل تقريبي إلى حوالي ثلاثة أرباع الإنتاج العالمي من العجينة المبيضة .

3. أفضل التقنيات المتاحة لإنتاج العجينة باستخدام الكلور العنصري

3.1 التدابير الأولية

إن أفضل التقنيات الرئيسية المتاحة لتخفيض تشكل 2،3،7،8-رباعي كلورثنائي بنزو الديوكسين و 2،3،7،8-رباعي كلورثنائي بنزو الفيوران في عمليات تبييض العجينة المصنعة من المواد الخشبية و غير الخشبية، هي كالتالي:

- تخفيض تطبيق استخدام الكلور العنصري وذلك بتقليل متعدد الكلور الذري أو زيادة الاستعاضة عن الكلور الجزئي بثنائي أكسيد الكلور،
- التخلص من الكلور العنصري وذلك باستبداله بثنائي أكسيد الكلور ClO_2 (التبييض الخالي من الكلور العنصري) أو بمواد كيميائية خالية من الكلور،
- استخدام مانعات الرغوة الخالية من ثنائي بنزو الديوكسين (DBD) و ثنائي بنزو الفيوران (DBF)،
- منع استخدام المواد الخام غير الخشبية الملوثة أو من المحتمل أن تكون ملوثة بالديوكسينات/الفيورانات و الموجودة كشوائب في خماسي كلور فينولات الصوديوم المستخدم كمادة حافظة للأخشاب (Zheng 1997)،
- الغسيل الفعال للخشب البني لتمكين التخفيض من متعدد الكلور،
- تعظيم عملية إزالة العقد و الأوساخ من الأخشاب لتمكين تخفيض متعدد الكلور،
- التخلص من استخدام العجينة الملوثة بالفينولات متعددة الكلورة.

3.2 التدابير الثانوية

التدابير العامة التالية هي مقترحة:

- الاستبدال: تحديد و استبدال المواد محتملة الضرر بمواد بديلة أقل ضرراً. تنفيذ جرد تفصيلي للمواد الخام المستخدمة و التركيب الكيميائي و الكميات و مصيرها و تأثيراتها في البيئة،
- التخطيط/دورات الاستثمار: تنسيق التحسينات التي يمكن أن تجرى على العملية لتخفيض الصعوبات التقنية و التأخير في إدخال التقنيات الأفضل،
- تدريب و تعليم و تحفيز الأشخاص: يمكن لتدريب الكوادر أن يكون طريقة فعالة جداً من حيث التكلفة لتقليل طرح المواد الضارة،
- مراقبة و ضبط العملية بشكل أمثل: لنصبح قادرين على تخفيض ملوثات مختلفة بأن واحد و المحافظة على إطلاقات منخفضة، فذلك يتطلب تحسين الضبط و التحكم بالعملية بما في ذلك مواصفات المواد الأولية و مراقبة محتوى المواد الأولية من المواد الأم (الأسلاف: ثنائي بنزو الديوكسين و ثنائي بنزو الفيوران)

- صيانة كافية: للمحافظة على كفاءة العملية و تقنيات المعالجة المترافقة بمستوى عالي من الأداء، يجب تأمين برنامج صيانة كافٍ،
- نظام الإدارة البيئية: و هو نظام يحدد بوضوح المسؤوليات للأوجه البيئية ذات الصلة في المصنع. هذا النظام يرفع من مستوى الوعي البيئي و يتضمن أهداف و تدابير و تعليمات عن العمل و العملية و قوائم تحقق (checklists) و وثائق أخرى ذات صلة و تضمن المواضيع البيئية في ضبط العملية،
- تطوير بروتوكولات المراقبة القياسية و المراقبة البيئية بما في ذلك مراقبة الاطلاقات من المنشآت الجديدة.

4. البدائل

4.1 التبييض الخالي كلياً من الكلور لعجينة كرافت

لقد نمت و تطورت عملية التبييض الخالي كلياً من الكلور (totally chlorine-free, TCF) بسرعة في التسعينات من القرن الماضي لكنها تدريجياً فقدت أهميتها بسبب ضعفها في مواصفات الألياف الناتجة و المردود القليل من العجينة و استهلاك الطاقة العالي. لكن أصبحت عملية التبييض الخالي من الكلور العنصري (elemental chlorine-free, ECF) هي الطريقة الرائدة في التبييض. بعض المنشآت التي تعمل بطريقة التبييض الخالي كلياً من الكلور (TCF) بدأت تخسر أسهما في السوق و عدد من هذه المصانع أخذ بالتحويل إلى انتاج العجينة بطريقة التبييض الخالي من الكلور العنصري. إن تكاليف التشغيل لطريقة العجينة الخالية كلياً من الكلور (TCF) هي عادة أعلى بكثير من تلك العجينة المنتجة بطريقة التبييض الخالي من الكلور العنصري بسبب التكاليف الأعلى للمواد الكيميائية المطلوبة للوصول إلى نفس المستوى من بياض (سطوع) العجينة.

التبييض الخالي كلياً من الكلور هو عملية تنفذ من دون استخدام أية مواد كيميائية حاوية على الكلور في هذه العملية يعتبر الماء الأوكسجيني مع الأوزون أو فوق حمض الخل من أكثر المواد الكيميائية شيوفاً للاستخدام. أصبح الأوزون من أكثر المواد شيوفاً في الاستخدام كمادة مكملة للماء الأوكسجيني في متواليات التبييض الخالية كلياً من الكلور. و الهدف الرئيسي من استخدام الأوزون هو لتأمين قوة أكبر لنزع الليغنين. شريطة أن تكون العجينة ذات رقم كابا (κ number³) منخفض بشكل كافٍ بعد عملية الطبخ المطولة و بعد نزع الليغنين بالأوكسجين و أن تكون المعادن الانتقالية (مثلاً: المنغنيز Mn_2^+) قد تمت إزالتها من العجينة خلال مراحل التمثل (chelating) الضرورية (Q-stages)، عندها يمكن الحصول على تبييض كامل الصناعة حسب متطلبات السوق و باستخدام الماء الأوكسجيني فقط كعامل تبييض.

و الأمثلة التالية توضح متواليات التبييض الخالي كلياً من الكلور (TCF)

الخشب الطري	الخشب القاسي
Q (EP) (EP) (EP)	QPZP
Q (OP) (ZQ) (PO)	Q (OP) (ZQ) (PO)
Q (EOP) Q (PO)	Q (EOP) Q (PO)
Q (OP) ZQ (PO)	Q (OP) ZQ (PO)

ملاحظات:

- Q = مرحلة الحمض حيث يُستخدَم عوامل التمثل EDTA أو DTPA للتخلص من المعادن .
- EP = مرحلة الاستخلاص باستخدام NaOH مع الإضافة اللاحقة لمحلول الماء الأوكسجيني كعامل تعزيز .
- EOP = مرحلة التبييض بالاستخلاص القلوي و باستخدام ماءات الصوديوم مع الإضافة اللاحقة للأوكسجين و محلول الماء الأوكسجيني كعامل تعزيز .
- EO = مرحلة الاستخلاص باستخدام NaOH مع الإضافة اللاحقة للأوكسجين الغازي كعامل تعزيز .
- P = مرحلة القلوي مع H_2O_2 كسائل .

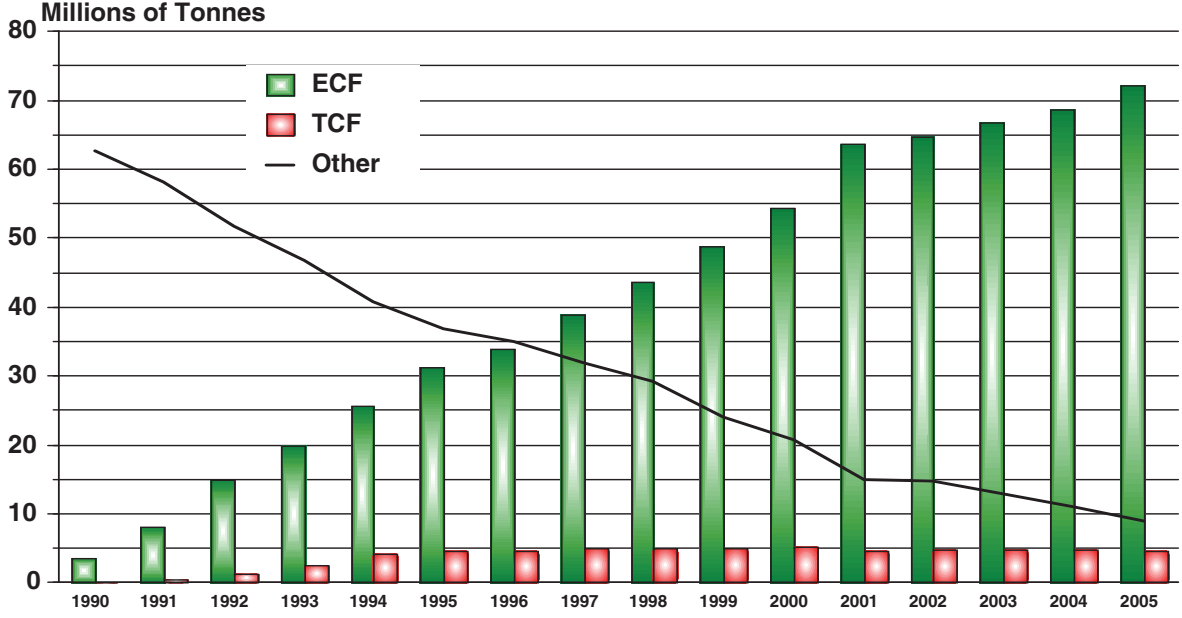
³ عدد كابا (kappa number) هو قياس غير مباشر لمحتوى الليغنين المتبقي في عجينة الورق، معبراً عنه بالكمية المستهلكة من مادة كيميائية مؤكسدة (على سبيل المثال: فوق برمنغنات البوتاسيوم).

Z = التبييض الأوزون باستخدام O₃ الغازي .

PO = التبييض فوق الأكاسيد المضغوط .

يوضح الشكل 5 مناحي الإنتاج الكلي العالمي للعجينة الكيميائية. يشكل إنتاج عجينة كرافت بالطريقة الخالية كلياً من الكلور و عجينة السلفيت أقل من 5% من الانتاج العالمي و تنتج بشكل اساسي في أوروبا الشمالية و وسط أوروبا.

الشكل (5): مناحي إنتاج العجينة المبيضة كيميائياً: العالم باستثناء الصين و الهند



ملاحظة: "أخرى Other" تعود إلى العجينة التي تم تبييضها ببعض الكلور الجزئي.

4.2 التبييض الخالي كلياً من الكلور للعجينة غير الخشبية

نظراً لقابليتهم الضعيفة على التبييض ، فالعجينة المصنعة من مواد غير خشبية لا يمكن تبييضها بشكل مرض من دون استخدام مواد الكلور الكيميائية في حال استخدمت الطريقة التقليدية القلوية لتصنيع المواد غير الخشبية . تحتوي المواد غير الخشبية أيضاً على كميات ملحوظة من شوارد المعادن بما فيها البوتاسيوم و الكالسيوم و المنغنيز و النحاس و الحديد . و عندما يتم تبييض العجينة من دون استخدام المواد الكيميائية الكلورية فإن العناصر الانتقالية تُشكل جذور حرة (radicals) و التي تتفاعل بشكل غير انتقائي مع العجينة ، مؤدية إلى خسارة في المردود و خواص المتانة للورق . تضاف غالباً عوامل التخلب في المراحل البدائية من عملية التبييض لتخفيض كمية المعادن في الألياف. علاوة على ذلك، يترافق التبييض بتشكيل حمض الأوكساليك (حمض الحماض). يتفاعل الكالسيوم مع حمض الحماض (الأوكساليك) ليعطي أوكسالات الكالسيوم و التي تترسب بسهولة. نتيجة ذلك فعلمية التبييض الخالية كلياً من الكلور غير قابلة للتطبيق في العمليات التقليدية القلوية لتصنيع العجينة من المواد غير الخشبية . و هناك بحث متواصل عن التبييض الخالي كلياً من الكلور في العمليات التي أساسها المذيبات.

5. المستويات القابلة للتحقيق و المترافقة مع أفضل التقنيات المتاحة و أفضل الممارسات البيئية

عندما يكون مستوى الاستبدال بثاني أكسيد الكلور (ClO₂ substitution) أعلى من 85 % في التبييض التقليدي ، أو عندما يُستخدَم التبييض الخالي من الكلور العنصري أو التبييض الخالي كلياً من الكلور ، عندئذ تكون إنبعاثات رباعي كلور ثنائي بنزو – بارا – ديوكسين (2,3,7,8-TCDD) و رباعي كلور ثنائي بنزو الفيوران (2,3,7,8-TCDF) إلى المياه أقل من حدود الكشف الكمي لطريقة القياس EPA Method 1613 – (أنظر الجدول 2).

5.1 تقديم تقارير بالأداء

تسجيل الأداء منصوص به كما هو موصوف في القسم III.C (vi) من التوجيهات الحالية.

حيثما يكون اختبار الانبعاثات غير ممكناً (على سبيل المثال: القدرات التحليلية غير متوفرة بعد)، فمن المقترح استخدام معاملات إطلاق الديوكسينات والفيورانات المترافقة مع أحد المعامل المشابهة بالنوع وطريقة التشغيل وذلك كأداة مرحلية لتلبية متطلبات تسجيل الأداء لحين أن يصبح متوفراً تنفيذ الاختبارات والتحليل للانبعاثات السنوية. معاملات الانبعاث لإطلاقات الديوكسينات والفيورانات من المصانع هي معروضة في القسم 6.7.1 من الوثيقة "وسيلة الأدوات القياسية للتحديد والتعيين الكمي لإطلاقات الديوكسينات والفيورانات UNEP Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases" UNEP 2003.

5.2 معايير الأداء

يلخص الجدول (2) معايير الأداء الحالية المطبقة في معامل العجينة.

جدول(2): ملخص معايير الأداء الحالية المطبقة في معامل العجينة.

المعامل الجديدة	2,3,7,8-TCDD/TCDF ng/kg to sludge	2,3,7,8-TCDD/TCDF pg/l to water	المعامل الجديدة
محتوى مزيلات الرغوة من ثنائي بنزو الديوكسين وثنائي بنزو الفيوران	رباعي كلور ثنائي بنزو - بارا - ديوكسين و رباعي كلور ثنائي بنزو الفيوران	رباعي كلور ثنائي بنزو - بارا - ديوكسين و رباعي كلور ثنائي بنزو الفيوران	
Defoamers	2,3,7,8-TCDD/TCDF ng/kg to sludge	2,3,7,8-TCDD/TCDF pg/l to water	
DBD and DBF mg/kg	نانو غرام/كغ إلى الحمأة	بيكو غرام/لتر إلى المياه	
ملغ/كغ			
DBD < 10		دون حدود الكشف الكمي في منصرفات المياه المُعالجة	كندا - الفيدرالية ^{هـ}
DBF < 40			
10/100		2,3,7,8-TCDD < 10 2,3,7,8-TCDF ≤ 31.9	الولايات المتحدة الأمريكية kraft and soda ^ب
		في منصرفات منشأة التبييض	
		2,3,7,8-TCDD < 10 2,3,7,8-TCDF < 10	الولايات المتحدة الأمريكية أساسها الأمونيوم و السلفيت الخاص ^ب
		في منصرفات منشأة التبييض	
		2,3,7,8-TCDD < 15	استراليا ^ج
		في المنصرفات المعالجة النهائية	
		2,3,7,8-TCDD < 10	تاسمانيا، استراليا ^د
		في المنصرفات المعالجة النهائية	
		< 10 pg TEQ/L	اليابان ^{هـ}

المصادر:

- Government of Canada. 1992. *Canadian Pulp and Paper Mill Defoamer and Wood Chip Regulations*. SOR/92-268. Canadian Department of Justice. www.ec.gc.ca/NOPP/DIVISION/EN/detail.cfm?par_docID=99.
- United States Congress, Office of Technology Assessment. 1989. *Technologies for Reducing Dioxin in the Manufacture of Bleached Wood Pulp*. OTA-BP-O-54. United States Government Printing Office, Washington, D.C. govinfo.library.unt.edu/ota/Ota_2/DATA/1989/8931.PDF.
- Government of Australia. 1990. *Bleaching and the Environment*. Industry Commission, Pulp and Paper: Report No. 1. Australian Government Publishing Service, Canberra. www.pc.gov.au/ic/inquiry/01pulp/finalreport/01pulp.pdf.
- Resource Planning and Development Commission. 2004. *Development of New Environmental Emission Limit Guidelines for Any New Bleached Eucalypt Kraft Pulp Mill in Tasmania*. Government of Tasmania, Australia. <http://www.rpdc.tas.gov.au/BEKM/pages/bekm.htm>.
- Member of EGB. 2005. Ministry of the Environment of Japan.

المراجع:

- Berry R.M., Flemming B.I. et al. 1989. "Toward Preventing the Formation of Dioxins during Chemical Pulp Bleaching." *Pulp and Paper Canada* 90:8.
- Edelman K., McKeough P., Sipilä K. et al. 2000. "Environment and Economics." *Paper and Timber* 82:3.
- European Commission. 2000. *Reference Document on Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain.
- Gullichsen J. and Fogelholm C.-J. 2000. *Papermaking Science and Technology Book 6A: Chemical Pulping*. Fapet Oy.
- Kocurek M.J. 1983. *Pulp and Paper Manufacture Vol. 3: Secondary Fibres and Non-Wood Pulping*.
- Laxén T. and Halttunen J. 1992. "Organosolv Pulping." *Vesi – ja ympäristöhallinnon julkaisu –sarja A* 119 (in Finnish).
- Myrén B. 2000. *Straw's New Horizons*. <http://www.conox.com/literature/ppa-oct.pdf>.
- Paavilainen L. 1998. "European Prospects for Using Nonwood Fibre." *Pulp and Paper International* 40:6.
- Proceedings*. 1992. Second International Non-wood Fibre Pulping and Papermaking Conference, 6–9 April 1992, China.
- Rappe C., Svansson S., Glas B. et. al. 1989. "On the Formation of PCDDs and PCDFs in the Bleaching of Pulp." *Pulp and Paper Canada*.
- Rousu P. and Antila J. 2002. "Sustainable Pulp Production from Agricultural Waste." *Resources, Conservation and Recycling* 32.
- Shatalov A.A. and Pereira H. 2005. "Arundo Donax L. Reed: New Perspectives for Pulping and Bleaching. Part 4. Peroxide Bleaching of Organosolv Pulps." *Biosource Technology* 96.
- Stenius P. 2000. *Papermaking Science and Technology Book 3: Forest Products Chemistry*. Fapet Oy.
- Stern, B. 2003. *Making Paper From Montana's Straw*. http://www.nativeforest.org/pdf/Straw_report.pdf.
- Tana J. and Lehtinen K.J. 1996. *The Aquatic Environmental Impact of Pulping and Bleaching Operations: An Overview*. Finnish Environment Agency (SYKE).
- UNEP (United Nations Environment Programme). 2003. *Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases*. UNEP, Geneva. www.pops.int/documents/guidance/Toolkit_2003.pdf.
- Zheng M.-H., Bao Z.-C., Wang K.-O. and Xu X.-B. 1997. "Levels of PCDDs and PCDFs in the Bleached Pulp from Chinese Pulp and Paper Industry." *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 59.

مصادر أخرى:

- AET (Alliance for Environmental Technology). 2005. *Trends in World Bleached Chemical Pulp Production: 1990–2005*. AET, Washington, D.C.
- CBNS (Center for the Biology of Natural Systems). 1996. *Pulp and Paper Production, Zeroing Out the Dioxins in the Great Lakes: Within Our Reach*. CBNS, Queens College, New York. www.cbns.qc.edu/cbns_ch5.pdf.
- Chinese association of paper industry. 2005 annual report of China paper industry.

- Environment Agency for England and Wales. 2000. *Technical Guidance for the Pulp and Paper Sector*. SEPA and EHS.
www.environmentagency.gov.uk/business/444304/444635/107293/?version=1&lang=_e.
- EPA (United States Environmental Protection Agency). 1998. *Effluent Guidelines: Final Pulp and Paper Cluster Rule*. Federal Register: April 15, 1998, Vol. 63:72. EPA, Washington, D.C.
www.epa.gov/waterscience/pulppaper/cluster.html.
- FAOSTAT, <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=381&lang=en>, 22.11.2006
- Götsching L. and Pakarinen H. 2000. *Recycled Fiber and Deinking*. Fapet Oy.
- Government of Australia. 1990. *Bleaching and the Environment*. Industry Commission, Pulp and Paper: Report No. 1. Australian Government Publishing Service, Canberra.
www.pc.gov.au/ic/inquiry/01pulp/finalreport/01pulp.pdf.
- Government of Canada. 1992. *Canadian Pulp and Paper Mill Defoamer and Wood Chip Regulations*. SOR/92-268. Canadian Department of Justice.
www.ec.gc.ca/NOPP/DIVISION/EN/detail.cfm?par_docID=99.
- Gullichsen J. and Paulapuro H. 1999. *Papermaking Science and Technology* series, 19 volumes. Fapet Oy, Jyväskylä.
- Ministry of Environment in Finland. 1997. *Finnish Background Report for the EC Documentation of Best Available Techniques for Pulp and Paper Industry*. The Finnish Environment 96. Edita Ltd, Helsinki.
- Pryke D.C. and Barden M.T. 2005. "Environmental Performance of Maine's Bleached Kraft Pulp and Paper Mills." In *Proceedings*, International Pulp Bleaching Conference, June 2005.
- Resource Planning and Development Commission. 2004. *Development of New Environmental Emission Limit Guidelines for Any New Bleached Eucalypt Kraft Pulp Mill in Tasmania*. Government of Tasmania, Australia. <http://www.rpdc.tas.gov.au/BEKM/pages/bekm.htm>.
- United States Congress, Office of Technology Assessment. 1989. *Technologies for Reducing Dioxin in the Manufacture of Bleached Wood Pulp*. OTA-BP-O-54. United States Government Printing Office, Washington, D.C. govinfo.library.unt.edu/ota/Ota_2/DATA/1989/8931.PDF.
- VTT Biotechnology. 2003. *Marcus Wallenberg Prize*. www.mwp.org.
- Vu M.T.H., Alén R. and Pakkanen H. 2006. "ECF Bleaching of Bamboo Kraft Pulp." *Paper and Timber* 88:2.
- World Bank. 1998. *Pollution Prevention and Abatement Handbook 1998: Toward Cleaner Production*. www.wds.worldbank.org/servlet/WDS_IBank_Servlet?pcont=details&eid=000094946_990409050522.

القسم الخامس (V)

توجيهات/ المبادئ التوجيهية وفق فئة المصدر:
فئات المصدر في الجزء II من الملحق C

القسم II فئة المصدر (d):
العمليات الحرارية في صناعة التعدين

جدول المحتويات

قائمة الجداول.....	iii
قائمة الأشكال.....	iv
V.D. العمليات الحرارية في صناعة التعدين.....	1
(i). إنتاج النحاس الثانوي.....	1
1. وصف العملية.....	1
2. مصادر الكيمياء والمواد المدرجة في الملحق C من اتفاقية استوكهولم.....	3
2.1. معلومات عامة حول الانبعاثات من مصاهر النحاس الثانوية.....	4
2.2. انبعاثات مركبات الديوكسينات و الفيورانات إلى الهواء.....	4
2.3. الإطلاقات إلى الأوساط الأخرى.....	5
3. العمليات المنصوح بها.....	5
4. التدابير الأولية و الثانوية.....	5
4.1. التدابير الأولية.....	5
4.2. التدابير الثانوية.....	6
5. البحوث المنبثقة.....	8
6. خلاصة التدابير.....	8
7. مستويات الأداء المرافقة لأفضل التقنيات المتاحة و أفضل الممارسات البيئية.....	11
المراجع.....	11
مصادر أخرى.....	11
(ii). معمل التليبيد في صناعة الحديد و الفولاذ.....	12
1. وصف العملية.....	12
2. مصادر الكيمياء والمواد المدرجة في الملحق C من اتفاقية استوكهولم.....	14
2.1. الإطلاقات إلى الهواء.....	14
2.2. الإطلاقات إلى الأوساط الأخرى.....	16
3. البدائل.....	16
3.1. الإرجاع المباشر.....	16
3.2. الصهر المباشر.....	17
4. التدابير الأولية و الثانوية.....	17
4.1. التدابير الأولية.....	17
4.2. التدابير الثانوية.....	20

5. البحوث المنبثقة 22
6. خلاصة التدابير 23
7. مستويات الأداء المرافقة لأفضل التقنيات المتاحة و أفضل الممارسات البيئية 27
- المراجع 27
- (iii). إنتاج الألمنيوم الثانوي 29
1. وصف العملية 29
2. مصادر الكيماويات المدرجة في الملحق C من اتفاقية استوكهولم 32
- 2.1. معلومات عامة حول الانبعاثات من مصاهر الألمنيوم الثانوية 32
- 2.2. انبعاثات مركبات الديوكسينات و الفيورانات إلى الهواء 34
- 2.3. الإطلاقات إلى الأوساط الأخرى 34
3. العمليات المنصوح بها 35
4. التدابير الأولية و الثانوية 35
- 4.1. التدابير الأولية 35
- 4.2. التدابير الثانوية 36
- 4.3. أفضل الممارسات البيئية 38
5. البحوث المنبثقة 39
6. خلاصة التدابير 40
7. مستويات الأداء المرافقة لأفضل التقنيات المتاحة و أفضل الممارسات البيئية 43
- المراجع 43
- مصادر أخرى 43
- (iv). إنتاج التوتياء الثانوي 45
1. وصف العملية 45
2. مصادر الكيماويات المدرجة في الملحق C من اتفاقية استوكهولم 47
- 2.1. معلومات عامة حول الانبعاثات من مصاهر التوتياء الثانوي 47
- 2.2. انبعاثات مركبات الديوكسينات و الفيورانات إلى الهواء 47
- 2.3. الإطلاقات إلى الأوساط الأخرى 48
3. العمليات المنصوح بها 48
4. التدابير الأولية و الثانوية 49
- 4.1. التدابير الأولية 49
- 4.2. التدابير الثانوية 49
5. البحوث المنبثقة 51
6. خلاصة التدابير 51
7. مستويات الأداء المرافقة لأفضل التقنيات المتاحة و أفضل الممارسات البيئية 54
- المراجع 54
- مصادر أخرى 54

قائمة الجداول

الجزء V.D (i)

الجدول 1. التداوير من أجل العمليات المنصوح بها من أجل مصاهر النحاس الثانوي الجديدة8

الجدول 2. خلاصة التداوير الأولية و الثانوية من أجل مصاهر النحاس الثانوي9

الجزء V.D (ii)

الجدول 1. البدائل و متطلبات معامل تلييد الحديد الجديدة23

الجدول 2. خلاصة التداوير الأولية و الثانوية من أجل معامل تلييد الحديد24

الجزء V.D (iii)

الجدول 1. البدائل و متطلبات مصاهر الألمنيوم الثانوي40

الجدول 2. خلاصة التداوير الأولية و الثانوية من أجل مصاهر الألمنيوم الثانوي40

الجزء V.D (iv)

الجدول 1. البدائل و متطلبات مصاهر التوتياء الثانوي51

الجدول 2. خلاصة التداوير الأولية و الثانوية من أجل مصاهر التوتياء الثانوي52

قائمة الأشكال

الجزء V.D (i)

الشكل 1. صهر النحاس الثانوي3

الجزء V.D (ii)

الشكل 1. مخطط العملية لمعمل تلييد14

الشكل 2. مخطط عملية لمعمل تلييد باستخدام نظام غسل رطب21

الجزء V.D (iii)

الشكل 1. صهر الألمنيوم الثانوي31

الشكل 2. مدخلات و مخرجات إنتاج اللمنيوم الثانوي33

الجزء V.D (iv)

الشكل 1. صهر التوتياء الثانوي46

V.D العمليات الحرارية في صناعة التعدين

(i). إنتاج النحاس الثانوي

خلاصة

يتضمن صهر النحاس الثانوي إنتاج النحاس من مصادر يمكن أن تشمل خردة النحاس و الوحل و الحواشيب و الخردة الإلكترونية و الخبث من مصانع التنقية. و تشمل العمليات المتعلقة بإنتاج النحاس معالجة مواد التغذية و الصهر و الخلط و التعدين. تشكل العوامل يمكن أن تؤدي إلى الكيماويات المدرجة في الملحق C من اتفاقية استوكهولم وجود المعادن المحفزة (و يعد النحاس المثال الأكثر فعالية) و المواد العضوية في مواد التغذية مثل الزيوت و البلاستيك و الأغلفة و الاحتراق غير التام للوقود و درجات الحرارة بين 250 و 500 درجة مئوية.

تشمل أفضل التقنيات المتاحة التحميص الأولي و تنظيف مواد التغذية و المحافظة على درجات الحرارة فوق 850 درجة مئوية و استخدام الحراقات البعدية مع إخماد سريع و أمتصاص الكربون الفعال و إزالة الغبار بالمرشحات الليفية.

تكون مستويات أداء مركبات الديوكسينات و الفيرورات في الهواء المرافقة لأفضل التقنيات المتاحة و أفضل الممارسات البيئية من أجل مصاهر النحاس الثانوي أقل من 0.5 نانو غرام مكافئ سمي/م³ نظامي (عند تراكيز أكسجين تشغيلية).

1. وصف العملية

يشمل صهر النحاس الثانوي عمليات التعدين الحراري المتوقفة على محتوى مواد التغذية من النحاس و توزع الحجم و المكونات الأخرى. أما مصادر مواد التغذية فهي خردة النحاس و الخبث و خردة الحواشيب و الخبث من معامل التنقية و المنتجات شبه المنتهية. يمكن أن تحتوي هذه المواد على المواد العضوية مثل الأغلفة أو الزيت و تأخذ المنشآت هذا في الاعتبار بواسطة طرائق إزالة الزيت و إزالة الأغلفة أو بتصميم الفرن الصحيح و نظام الإخماد (European Commission 2001, p. 201–202). يمكن أن يعاد تدوير النحاس نهائياً دون أي ضياع لخصائصه الفعلية.

إن المواد المقتبسة و التي ستأتي هنا هي من تقرير بعنوان **صهر النحاس الثانوي: التنقية و الخلط** لوكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة الأمريكية (EPA 1995).

"يقسم استرداد النحاس الثانوي إلى أربع عمليات منفصلة: المعالجة الأولية للخردة و الصهر و الخلط و التعدين. تشمل عملية المعالجة الأولية على التنظيف ودمج الخردة في التحضير من أجل الصهر. تتألف عملية الصهر من التسخين و معالجة الخردة من أجل الفصل و التنقية للمعادن المحددة. في حين تشمل عملية خلط المعادن إضافة معدن أو أكثر إلى النحاس للحصول على أنواع بخصائص مطلوبة من تركيبة المعادن.

يمكن تحقيق المعالجة الأولية للخردة من خلال الطرائق اليدوية و الميكانيكية و التعدينية الحرارية و التفتيت و الفصل المغناطيسي. يمكن أن تشمل المعالجة الحرارية الفرز (Sweating) (فصل المعادن المختلفة بواسطة التسخين بدرجات حرارة هواء الفرن على مراحل و ببطء حيث يسيل كل معدن بشكل منفصل)، حرق العوازل من أسلاك النحاس و التجفيف في فرن دوار لتبخير الزيت و المركبات العضوية. تشكل طرائق المعالجة الأولية بالتعدين المائي، التعويم و الغسل لفصل النحاس من الخبث. يستخدم الغسل بحمض الكبريت لاسترداد النحاس من الوحل (منتج ثانوي للتنقية الألكتروليتية).

تبدأ عملية صهر النحاس رخيص الصنف بالصهر في فرن نفخة أو دوار، منتجاً الخبث و نحاس غير نقي. إذا استخدم فرن النفخة، يدخل النحاس في محول حيث تزداد النقاوة إلى 80-90% و من ثم يدخل النحاس إلى فرن ارتدادي حيث يتم تحقيق 99% نحاس نقي. في هذه الأفران التي تعمل على الناري، تضاف مواد مساعدة للصهر و ينفخ الهواء من الأسفل إلى الأعلى عبر الخليط لأكسدة الشوائب.

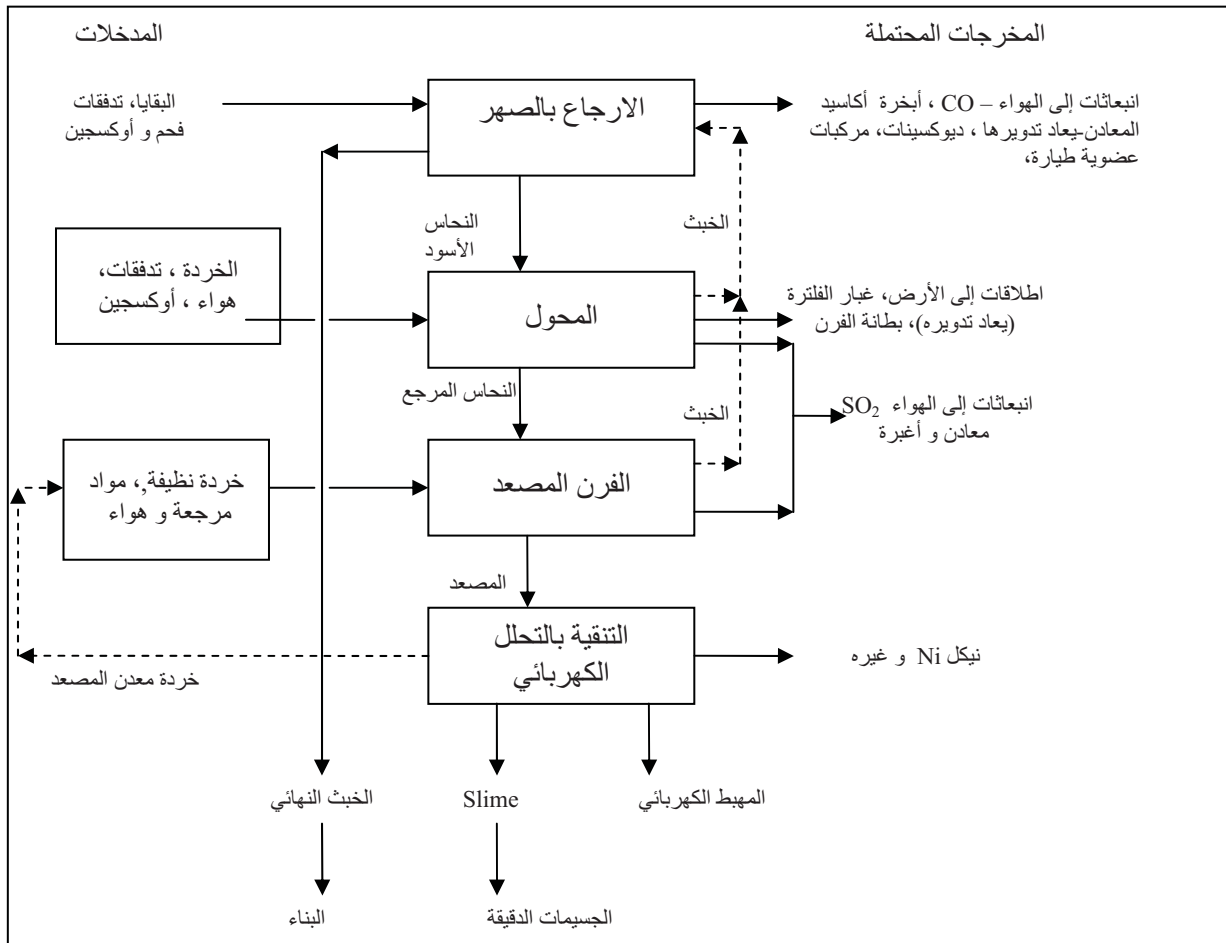
يجري إزالة هذه الشوائب بعد ذلك كخبث. و بعد ذلك، و بإرجاع جو الفرن، يحول أكسيد النحاس (CuO) إلى نحاس. يمدن النحاس المنقى بالنار إلى أقطاب تستخدم في التحلل الكهربائي. تغمس الأقطاب في محلول حمض الكبريت الذي يحتوي على

في صنع الخلائط، تشحن الخردة الحاوية على النحاس في فرن الصهر مع معدن أو أكثر من المعادن مثل القصدير و التوتياء و الفضة و الرصاص و الألمنيوم أو النيكل. تضاف مساعدات الصهر لإزالة الشوائب و لحماية المصهور من الأكسدة بالهواء. يمكن نفخ الهواء أو الأكسجين النقي عبر المصهور لتعديل التركيب بأكسدة التوتياء الزائدة. تعد عملية صناعة الخلائط، لحد ما، عملية متبادلة وحيدة لعملية الصهر و التنقية المشروحة أعلاه و التي تؤدي إلى نحاس نقي نسبياً.

إن خطوة عملية الاسترداد النهائية هي تعدين منتجات الخليطة أو المعدن النقي. يسكب المعدن المصهور في قوالب من مغارف أو قذور صغيرة تقوم مقام معدلات التدفق. تشمل المنتجات طلاقات و قضبان للأسلاك و أقطاب و كاثودات و كتل أو أي أشكال تعدينية أخرى"

يبين الشكل 1 العملية في شكل تخطيطي.

الشكل 1. صهر النحاس الثانوي



المصدر: European Commission 2001, p. 217.

تعتبر أنشطة استرداد الصناع و المؤسسات الصغيرة هامة و على وجه الخصوص في البلدان النامية و البلدان في مرحلة التحول الإقتصادي. يمكن أن تسهم هذه الأنشطة بشكل كبير في التلوث و أن يكون لها آثار ضارة سلبية. و كمثال، تعتبر صهر التوتياء من قبل الصناع مصدر هام لانبعاث الزئبق الجوي. إن التنقية المستخدمة في صهر التوتياء و الزئبق بسيطة حيث يسخن المعدن الخام في فرن لبضع ساعات، و ينتج بعد ذلك معدن التوتياء و الزئبق السائل. في العديد من الحالات، لا يوجد أية وسائل لضبط التلوث مستخدمة في أثناء عملية الصهر. و من المعادن الأخرى التي يعرف أنها تنتج من قبل الصناع و المؤسسات الصغيرة الأنتموان و الحديد و المغنيزيوم و القصدير و التستونوم و الذهب و الفضة و النحاس و الألمنيوم. لا تعتبر هذه العمليات أفضل التقنيات المتاحة أو أفضل الممارسات البيئية. على أية حال، كحد أدنى، يجب أن تتم تهوية و مناولة المواد بشكل ملائم.

2. مصادر الكيماويات المدرجة في الملحق C من اتفاقية استوكهولم

يعود سبب تشكل مركبات الديوكسينات و الفيورانات ربما إلى وجود الكربون و الأكسجين و أسلاف الكلور (من التغذية و الوقود) و محفز النحاس الفعال جدا من البلاستيك و أثار الزيوت في مواد التغذية في نظام يمكن أن يوفر شروط تشكل مثالية من درجات الحرارة بين 200-450 درجة مئوية و مستويات مرتفعة من العوالق و أزمنة بقاء طويلة. إن النحاس أكثر المعادن كفاءة لتحفيز تشكل مركبات الديوكسينات و الفيورانات، و لهذا يجب الاهتمام بشكل خاص بصهر النحاس.

2.1. معلومات عامة حول الانبعاثات من مصاهر النحاس الثانوية

تشمل انبعاثات تلوث الهواء أكاسيد الأوزون (NO_x) و أول أكسيد الكربون (CO) و الغبار و مركبات المعدن و مركبات الكربون العضوية و الملوثات العضوية الثابتة. تحتوي عادة الغازات المنطلقة كمية قليلة أو معدومة من ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) إذا جرى تجنب المواد المكثرة. تنتج معالجة الخردة و الصهر أكثر كمية من الانبعاثات الجوية. ينطلق الغبار و مركبات المعدن من معظم مراحل العملية و هي عرضة لانبعاثات الانفلات أثناء دورات الشحن و التفريغ. يمكن إزالة المواد العالقة من غازات الاحتراق المبردة و المجموعة بواسطة مرسبات كهرباء ساكنة أو مرشحات ليفية. تستخدم هودات لجمع الأبخرة أثناء مراحل التحويل و التنقية بسبب عملية الدفعة، التي تمنع إحكام الجو. تقلل كمية أكاسيد الأوزون إلى أدنى حد في حراقات أكاسيد الأوزون المنخفضة في حين يحرق غاز أول أكسيد الكربون في حراقات بعدية للهيدروكربونات. تراقب أنظمة ضبط الحراق لخفض إنتاج أول أكسيد الكربون أثناء عملية الصهر (European Commission 2001, p. 218–229).

2.2. انبعاثات مركبات الديوكسينات و الفيورانات إلى الهواء

تتشكل مركبات الديوكسينات و الفيورانات أثناء صهر المعدن الأساس من خلال الاحتراق غير التام أو بإصطناع de novo عندما تتواجد المركبات العضوية مثل الزيوت و البلاستيك و مصدر لذرات الكلور في مواد التغذية. تتألف مواد التغذية الثانوية غالبا من خردة ملوثة.

وصفت العملية في المرجع European Commission 2001, p. 133 كما يلي:

"يمكن أن تتواجد مركبات الديوكسينات و الفيورانات و أسلافها في بعض المواد الخام و يوجد إمكانية لإصطناع de novo في الأفران و أنظمة الإخماد. تمتص مركبات الديوكسينات و الفيورانات بسهولة على المواد الصلبة و يمكن أن تجمع بكفاءة الأوساط البيئية كالغبار و المواد الغاسل الصلبة و غبار مرشح الغبار.

إن وجود الزيوت و المواد العضوية الخرى في الخردة أو مصادر الكربون الأخرى (الوقود المحترق جزئيا و المرجعات مثل فحم الكوك)، يمكن أن تنتج جزيئات الكربون الناعمة التي تتفاعل مع الكلوريدات اللاعضوية أو الكلور المرتبط عضويا في مجال درجة الحرارة بين 250 و 500 درجة مئوية لإنتاج مركبات الديوكسينات و الفيورانات. تعرف هذه العملية بإصطناع de novo و هي محفزة بوجود المعادن مثل النحاس أو الحديد.

على الرغم من تحطم مركبات الديوكسينات و الفيورانات في درجة حرارة مرتفعة (فوق 850 مئوية) بوجود الأكسجين، فإن عملية إصطناع de novo ما زالت ممكنة، عندما تبرد الغازات عبر نافذة إعادة التشكل. يمكن أن توجد هذه النافذة في أنظمة الإخماد و في أجزاء مبرد الفرن مثلا منطقة التغذية. إن الحرص في تصميم أنظمة التبريد لتقليل زمن البقاء إلى أدنى حد في النافذة مجرب لمنع إصطناع de novo."

2.3. الاطلاقات إلى الأوساط الأخرى

يمكن أن تتلوث مياه التبريد و السطح و العملية بالمواد الصلبة العالقة و الزيوت بالإضافة إلى الكيماويات المدرجة في الملحق C من اتفاقية استوكهولم. يعاد تدوير ماء العملية و التبريد. يجب أن تستخدم طرائق معالجة مياه الصرف قبل التخلص منها. يعاد تدوير المنتجات الثانوية و البقايا عادة في العملية حيث تحتوي هذه كميات قابلة للاسترداد من النحاس و المعادن غير الحديدية. تتألف عموما مواد النفاية من طين حمضي الذي يجري التخلص منه في الموقع. يجب أخذ الحيطة للتأكد من التخلص المناسب لهذا الطين و البقايات و ضبط التلوث من أجل تقليل إلى أدنى حد تعرض البيئة للنحاس و الديوكسينات. يجب تقييم بحرص أي انتقال لعملية أخرى بأن هناك حاجة إلى إخماد و ضبط إطلاقات الكيماويات المدرجة في الملحق C .

3. العمليات المنصوح بها

يتأثر تصميم العملية و ترتيبها بالإختلافات في مواد التغذية و ضبط الجودة. تشمل العملية التي تعتبر كأفضل التقنيات المتاحة من أجل الصهر و الإرجاع فرن النفخة و المصهر الصغير (مغلق تماما) و فرن الدوار و النفخ من الأعلى و فرن القوس الكهربائية المغمورة المغلقة و مصهر ISA. يعتبر فرن الدوار و النفخ من الأعلى و محول Pierce-Smith أفضل التقنيات المتاحة من أجل التحويل. إن فرن القوس الكهربائي المغمورة المغلقة هي أفران مغلقة و أنظف من التصاميم الأخرى إذا صمم و وضح بحجم ملائم نظام استخلاص الغاز.

أصبح استخدام أفران النفخة من أجل صهر الخرقة أقل شيوعا بسبب الصعوبات في منع التلوث اقتصاديا و ازداد استخدام أفران الممر الرأسي بدون تغذية فحم الكوك/الفحم الحجري عوضا عنها.

يمكن معالجة خرقة النحاس النظيفة و الخالية من التلوث العضوية باستخدام فرن دوار ارتدادى، و فرن الممر الرأسي أو عملية Contimelt. تعتبر هذه أفضل التقنيات المتاحة في ترتيباتها مع أنظمة إخماد و جمع غازات ملائم.

لا يتوفر أية معلومات حول عمليات بديلة للصهر من أجل معالجة النحاس الثانوي.

4. التدابير الأولية و الثانوية

جرى مناقشة أدناه التدابير الأولية و الثانوية من اجل انقاص أو إزالة مركبات الديوكسينات و الفيورانات.

4.1. التدابير الأولية

تعتبر التدابير الأولية كتقنيات منع تلوث لخفض أو إزالة تشكل و إطلاق الملوثات العضوية الثابتة. تشكل التدابير الممكنة:

4.1.1. الفرز الأولي لمواد التغذية

يجب تجنب وجود الزيوت و البلاستيك و مركبات الكلور في مواد التغذية لخفض تشكل الكيماويات المدرجة في الملحق C أثناء الاحتراق غير التام أو بواسطة اصطناع de novo. يجب تصنيف مواد التغذية تبعا للتركيب و الملوثات المحتملة. ستحدد تقنيات التخزين و المناولة و المعالجة الأولية بواسطة توزيع قياس مواد التغذية و التلوث.

و من الطرائق التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار (European Commission 2001, p. 232):

- إزالة الزيت من مواد التغذية (مثلا إزالة الأغلفة حراريا و عمليات إزالة الزيت متبوعة بحرق بعدي لتحطيم المواد العضوية في الغازات المنطلقة)
- استخدم تقنيات الطحن و الجرش باستخلاص و إخماد جيد للغبار. يمكن معالجة الجزيئات لاسترداد المعادن القيمة باستخدام فصل كثافة أو هوائي
- إزالة البلاستيك بنزع عازل الكابل (مثلا تقنيات درجات الحرارة المنخفضة cryogenic التي تجعل البلاستيك سهل الانسحاب مما يجعله قابل للفصل بسهولة).
- مزج كاف للمواد مما يوفر تغذية متجانسة من أجل تعزيز شروط خالة ثابتة.

و كتقنيات إضافية من أجل إزالة الزيت استخدام المحلات و غسل بالكوستيك. و يمكن أن تستخدم تقنيات درجات الحرارة المنخفضة لإزالة أغلفة الكابلات.

يمكن أن يكون الغسيل بمحلول مائي من المنظفات تقنية محتملة إضافية لإزالة الزيت. في هذه الطريقة، يمكن استرداد الزيت الملوث.

4.1.2. ضبط عملية فعال

يجب أن تستخدم أنظمة ضبط العملية للمحافظة على استقرارية العملية و تشغيل مستويات البارامترات التي تساهم في خفض إلى أدنى حد تشكل مركبات الديوكسينات و الفيورانات مثل المحافظة على درجة حرارة الفرن فوق 850 درجة مئوية لتحطيم مركبات الديوكسينات و الفيورانات. مثاليا، يمكن مراقبة انبعاثات مركبات الديوكسينات و الفيورانات باستمرار للتأكد من خفض الاطلاق. أجري الاعتيان المستمر لمركبات الديوكسينات و الفيورانات لبعض القطاعات (مثلا محارق النفايات) و لكن مازالت البحوث مستمرة لبعض التطبيقات للمصادر الأخرى. بغياب المراقبة المستمرة لمركبات الديوكسينات و الفيورانات،

4.2. التدابير الثانوية

إن التدابير الثانوية هي تقنيات ضبط التلوث. لا تمنع هذه الطرائق تشكل الملوثات ولكنها تلعب دور الوسائل لاحتواء و منع أو خفض الانبعاثات.

4.2.1. جمع الغاز و الأبخرة

يجب مراقبة انبعاثات الهواء في كافة مراحل العملية من مناولة المواد و الصهر و نقاط انتقال المواد للحد من الانبعاثات المحتملة للكيمياويات المدرجة في الملحق C . تعتبر الأفران المغلقة ضرورية لاحتواء الانبعاثات الهاربة في حين تسمح باسترداد الحرارة و جمع الغازات المنطلقة من أجل إعادة تدوير العملية. إن التصميم الجيد للهودات و التمديدات أمر ضروري للاتقاط الأبخرة. يمكن أن تكون إغلاقات الفرن أو المفاعل ضرورية. إذا لم يكن استخلاص و إغلاق الأبخرة ممكنا يجب إغلاق الفرن حيث يمكن استخلاص هواء التهوية و معالجته و من ثم طرحه. يجب تجنب جمع الأبخرة من خط السقف بسبب متطلبات الطاقة المرتفعة. يمكن أن يحسن استخدام تحكمات صمام ذكية في التقاط الأبخرة و خفض قياس المروحة و التكاليف المرافقة. يمكن أن يخفض استخدام عربات الشحن المغلقة مع فرن ارتدادي بشكل كبير الانبعاثات الهاربة إلى الهواء باحتواء الانبعاثات أثناء التغذية (European Commission 2001, p. 187–188).

4.2.2. إزالة غبار عالي الكفاءة

تولد عملية الصهر كميات كبيرة من المواد العالقة بسطح فعال كبير الذي تتشكل و تمتص على سطحها الكيماويات المدرجة في الملحق C . يجب إزالة هذه الأبخرة مع مركبات المعدن المرافقة لخفض انبعاثات الكيماويات المدرجة في الملحق C . إن المرشحات اللبينية هي أكثر تقنية فعالة مع أنه يمكن أيضا دراسة الغوازل الرطبة و الجافة و المرشحات السيراميكية. يجب معالجة الغبار المجموع في أفران ذات درجات حرارة مرتفعة لتحطيم مركبات الديوكسينات و الفيورانات و استرداد المعدن.

يجب مراقبة المرشحات اللبينية باستمرار بأجهزة لكشف أي فشل بالكيس. تشمل تطورات التكنولوجيا الأخرى ذات العلاقة طرائق تنظيف مستمرة و استخدام طبقات محفز لتحطيم مركبات الديوكسينات و الفيورانات (European Commission 2001, p. 139–140).

4.2.3. حراقات بعدية و إخماد

يجب تشغيل الحراقات البعدية (احتراق بعدي مستخدم) في درجة حرارة دنيا 950 درجة مئوية للتأكد من الاحتراق الكامل للمركبات العضوية (Hübner et al. 2000). يجب أن تتبع هذه المرحلة بإخماد سريع للغازات الحارة لدرجات حرارة أقل من 250 درجة مئوية. سيعزز أيضا حقن الأكسجين في الجزء الأعلى من الفرن احتراق تام (European Commission 2001, p. 189). معلومات إضافية حول درجة الحرارة المثلى متوفرة في الجزء I .

لوحظ على نحو جوهري، أن مركبات الديوكسينات و الفيورانات تتشكل في مجال درجات الحرارة بين 250 – 500 درجة مئوية. و هي تحطم بدرجة حرارة أعلى من 850 مئوية بوجود الأكسجين. على أية حال، يبقى اصطناع de novo ممكنا حيث تبرد الغازات عبر نافذة إعادة التشكل الموجودة في أنظمة الإخماد و مناطق التبريد في الفرن إذا ما زالت الأسلاف الضرورية حفازات المعدن موجودة. يجب تأمين التشغيل المضبوط لأنظمة التبريد لخفض إلى أدنى حد الزمن الذي تكون الغازات المنطلقة موجودة فيها ضمن درجة حرارة اصطناع de novo (European Commission 2001, p. 133).

4.2.4. الامتصاص على الكربون الفعال

يجب اعتبار المعالجة بالكربون الفعال من أجل إزالة الكيماويات المدرجة في الملحق C من غازات المنطلقة من المصهر. يتميز الكربون الفعال مساحة سطح فعال كبيرة حيث يمتص عليها مركبات الديوكسينات و الفيورانات. يمكن أن تعالج الغازات المنطلقة بالكربون الفعال باستخدام مفاعلات بسرير ثابت أو متحرك أو بحقن جزيئات الكربون في مجرى الغازات المنطلقة متبوعة بإزالة على مرشح غبار باستخدام أنظمة إزالة غبار ذي كفاءة عالية مثل المرشحات اللبينية.

5. البحوث المنبثقة

إن الأكسدة التحفيزية تكنولوجيا منبثقة مستخدمة في محارق النفايات لخفض انبعاثات مركبات الديوكسينات والفيورانات. يجب أن تستخدم هذه العملية من قبل مصاهر المعادن الأساس إذ أثبتت نجاعتها في تحطيم مركبات الديوكسينات والفيورانات في محارق النفايات. على أية حال، يمكن أن تتعرض عملية الأكسدة التحفيزية إلى التسمم من المعادن النذرة و ملوثات الغازات المنطلقة. يعد اثبات العمل ضروريا قبل استخدام هذه العملية.

تعالج الأكسدة التحفيزية المركبات العضوية في الماء و ثاني أكسيد الكربون و حمض كلور الماء باستخدام محفز معدن ثمين لزيادة سرعة التفاعل عند الدرجة 370 مئوية إلى 450 درجة مئوية. بالمقارنة، يحدث الحرق بشكل نموذجي عند الدرجة 980 مئوية. أظهرت الأكسدة التحفيزية بأنها تحطم مركبات الديوكسينات والفيورانات بأزمنة بقاء قصيرة و استهلاك طاقة أخفض و كفاءة أعلى من 99%. يجب إزالة المواد الهوائية من الغازات المنطلقة قبل الأكسدة التحفيزية من أجل كفاءة مثلى. إن هذه الطريقة فعالة من أجل الطور البخاري للملوثات. يعالج حمض كلور الماء الناتج في غاسل في حين يطلق الماء و غاز ثاني أكسيد الكربون إلى الهواء بعد التبريد (Parvesse 2001).

يمكن أيضا أن تعالج المرشحات اللبيفية من أجل إزالة الغبار بواسطة تغليف المحفز لتعزيز أكسدة المركبات العضوية في درجات حرارة مرتفعة.

6. خلاصة التدابير

يبين الجدول 1 و 2 خلاصة التدابير التي جرى مناقشتها في القرات السابقة.

الجدول 1. التدابير من أجل العمليات المنصوح بها من أجل مصاهر النحاس الثانوي الجديدة

التدبير	الوصف	الاعتبارات	الملاحظات الأخرى
العمليات المنصوح بها	يجب إعتبار العديد من عمليات الصهر المنصوح بها من أجل المنشآت الجديدة	تشمل العمليات التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار: • فرن التفخة و مصهر صغير و فرن دوار بالنفخ من الأعلى و فرن قوس كهربائي محكمة الإغلاق مغمور و صهر ISA و محول Pierce-Smith • فرن ارتدادي و فرن الممر الرئيسي و عملية Contimelt التي تعالج خردة النحاس النظيف و خالية من التلوث العضوي	اعتبرت هذه أفضل التقنيات المتاحة في ترتيبها مع نظام إخماد و جمع غازات ملئ. إن فرن القوس الكهربائي المغمور محكم الإغلاق و يمكن أن يكون أنظف من التصاميم الأخرى إذا صممت و رتبت تبعاً للحجم أنظمة استخلاص الغاز بشكل ملائم

الجدول 2. خلاصة التدابير الأولية و الثانوية من أجل مصاهر النحاس الثانوي

التدبير	الوصف	الاعتبارات	الملاحظات الأخرى
التدابير الأولية			
الفرز الأولي لمواد التغذية	يجب تجنب وجود الزيوت و البلاستيك و المواد العضوية و مركبات الكلور في مواد التغذية من أجل خفض تشكل مركبات الديوكسينات و الفيورانات أثناء الاحتراق غير التام أو اصطناع de novo	تشمل العمليات التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار: • ضبط صارم على مصادر المواد • إزالة الزيت من مواد التغذية • استخدام تقنيات الطحن و الجرش مع إخماد و استخلاص جيد للغبار • إزالة البلاستيك بنزع عزازل	يجب اتباع إزالة الأغلفة حراريا و عمليات إزالة الزيت بواسطة حراق بعدي لتحطيم أي المواد العضوية في الغازات المنطلقة

التدبير	الوصف	الاعتبارات	الملاحظات الأخرى
ضبط عملية فعال	احتراق جيد يجب استخدام أنظمة ضبط عملية للمحافظة على استقرار العملية و تشغيل عند مستويات بارامتر التي ستسهم في خفض إلى أدنى حد تشكل الكيمياويات المدرجة في الملحق C	يمكن أن تقلل إلى أدنى حد انبعاثات مركبات الديوكسينات و الفيورانات بضبط المتغيرات الأخرى مثل درجة الحرارة و زمن البقاء و تركيب الغاز و ضبوبات صمام جمع الأبخرة بعد وضع الشروط التشغيلية من أجل خفض مركبات الديوكسينات و الفيورانات	أثبت الاعتيان المستمر لمركبات الديوكسينات و الفيورانات من أجل بعض القطاعات (مثلا حراق النفايات) و لكن مازالت البحوث جارية من أجل تطبيقات أخرى للمصادر الأخرى
التدابير الثانوية			
جمع الغاز و البخرة	يجب تطبيق جمع فعال للغازات المنطلقة و الأبخرة في كافة مراحل عملية الصهر للالتقاط انبعاثات مركبات الديوكسينات و الفيورانات	تشمل العمليات التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار: • أفران محكمة الإغلاق لاحتواء الانبعاثات الهاربة في حين تسمح باسترداد الحرارة و جمع الغازات المنطلقة. يمكن أن يكون إغلاق الفرن أو المفاعل ضروري. • تصميم مناسب للهودات و التمديدات لاصطياد الأبخرة	يجب تجنب جمع الأبخرة من خط السقف بسبب متطلبات الطاقة العالية
إزالة الغبار عالية الكفاءة	يجب إزالة الغبار و مركبات المعدن حيث تتميز هذه المواد بسطح فعال كبير حيث تمتص عليه مركبات الديوكسينات و الفيورانات بسهولة. يمكن أن يساهم إزالة الغبار في خفض انبعاثات مركبات الديوكسينات و الفيورانات	تشمل العمليات التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار: • مرشحات ليفية (أكثر الطرائق فعالية) • غواسل جافة/رطبة و مرشحات سيراميكية	إزالة الغبار متبوعا بحراقات بعدية و إخمد. يجب معالجة الغبار المجموع في أفران ذات درجات مرتفعة لتحطيم مركبات الديوكسينات و الفيورانات و استرداد المعادن
حراقات بعدية و إخمد	يجب استخدام الحراقات البعدية في درجات حرارة أعلى من 950 مئوية للتأكد من الاحتراق الكامل للمركبات العضوية متبوعا بإخمد سريع للغازات الحارة إلى درجة حرارة أقل من 250 مئوية	تشمل الاعتبارات: • تشكل مركبات الديوكسينات و الفيورانات عند درجة حرارة 250-500 مئوية و تحطيمها بدرجة حرارة أعلى من 850 مئوية مع الأكسجين • مطلب من أجل غاز أكسجين كاف في المنطقة العليا من الفرن من أجل احتراق تام • الحاجة إلى تصميم ملائم لأنظمة التبريد لتقليل إلى أدنى حد زمن إعادة التشكيل	مازال اصطناع De novo ممكنا حيث تبرد الغازات عبر نافذة إعادة التشكيل
الامتصاص على الكربون الفعال	يجب أن تؤخذ في الاعتبار معالجة الكربون الفعال حيث تتميز هذه المواد بسطح فعال كبير تمتص عليه مركبات الديوكسينات و الفيورانات من الغازات المنطلقة من المصهر	تشمل العمليات التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار: • معالجة الكربون الفعال بواسطة مفاعلات ذات سرير متحرك ثابت أو متحرك • حقن بودرة الكربون في مجرى الغاز متبوعا بالإزالة كمرشح غبار	يمكن أيضا استخدام مزائج من الجير/فحم
البحوث المنبثقة			
أكسدة تحفيزية	إن الأكسدة التحفيزية هي تكنولوجيا منبثقة من أجل هذه المصادر في هذا القطاع (تكنولوجيا مبرهنة من	تشمل الاعتبارات: • كفاءة العملية من أجل الطور البخاري	أظهرت الأكسدة التحفيزية بأنها تحطم مركبات الديوكسينات و الفيورانات بأزمنة بقاء أقصر و

التدابير	الوصف	الاعتبارات	الملاحظات الأخرى
	تحول الأكسدة التحفيزية المركبات العضوية إلى ماء و غاز ثاني أكسيد الكربون و حمض كلور الماء باستخدام محفز معدن ثمين	<ul style="list-style-type: none"> المعالجة بحمض كلور الماء باستخدام الغوازل يطلق الماء و غاز ثاني أكسيد الكربون إلى الهواء مع التبريد التعقيد و الحساسية لشروط الغازات المنطلقة و التكلفة المرتفعة 	يجب إزالة المواد الهبائية من الغازات المنطلقة قبل الأكسدة التخفيرية من أجل الكفاءة المثلى

7. مستويات الأداء المرافقة لأفضل التقنيات المتاحة و أفضل الممارسات البيئية

تكون مستويات الأداء لمركبات الديوكسينات و الفيورانانات في انبعاثات الهواء المرافقة لأفضل التقنيات المتاحة و أفضل الممارسات البيئية من أجل مصاهر النحاس الثانوي أقل من 0.5 نانو غرام مكافئ سمي /م³ نظامي (عند تراطيز أكسجين تشغيلية).

المراجع

EPA (United States Environmental Protection Agency). 1995. *Secondary Copper Smelting, Refining and Alloying*. Background Report AP-42, Section 12.9. www.epa.gov/ttn/chieff/ap42/ch12/final/c12s09.pdf.

European Commission. 2001. *Reference Document on Best Available Techniques in the Non-Ferrous Metals Industries*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. eippcb.jrc.es.

Hübner C., Boos R., Bohlmann J., Burtscher K. and Wiesenberger H. 2000. *State-of-the-Art Measures for Dioxin Reduction in Austria*. Vienna. www.ubavie.gv.at/publikationen/Mono/M116s.htm.

Parvesse T. 2001. "Controlling Emissions from Halogenated Solvents." *Chemical Processing* 64(4):48–51.

مصادر أخرى

Gunson A.J. and Jian Y. 2001. *Artisanal Mining in The People's Republic of China*. Mining, Minerals and Sustainable Development (MMSD), International Institute for Environment and Development (IIED), September 2001.

UNEP (United Nations Environment Programme). UNEP News Centre. www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?DocumentID=284&ArticleID=3204&l=en, as read on 20 January 2006.

Xinbin F., Guangle Q., Guanghui L., Ping L. and Shaofeng W. 2005. "Mercury Emissions from Artisanal Zinc and Mercury Smelting in Guizhou, PR China." *Goldschmidt Conference Abstracts 2005: The Geochemistry of Mercury* p. A705.

Xinbin F., Xianwu B., Guangle Q., Guanghui L. and Shunlin T. *Mercury Pollution in Guizhou, China: A Status Report*. pbc.eastwestcenter.org/abstracts2005/abstract2005fengxinbin.htm, as read on 29 December 2005.

(ii). معام التلييد في صناعة الحديد و الفولاذ

خلاصة

تعد معام التلييد في صناعة الحديد و الفولاذ مرحلة معالجة أولية في إنتاج الحديد، حيث تكتل بالاحتراق الجزئي الناعمة من خامات الحديد، في بعض المعامل، و نفايات أكسيد الحديد الثانوي (الغبار المجموع و رواسب الطحن). تشمل عملية التلييد تسخين خام الحديد الناعم مع مادة مساعدة للصهر و مسحوق فحم الكوك أو الفحم الحجري لإنتاج كتلة شبه مصهورة لتتصلب إلى قطع ملبدة مسامية بخصائص قياسية و مقاومة ضرورية من أجل التغذية في فرن النفخة.

يمكن ان تتشكل الكيماويات المدرجة في الملحق C في عملية تلييد الحديد بشكل رئيسي عبر اصطناع de novo. تهيمن عموما مركبات الفيورانات في النفايات الغازية من معام التلييد. يبدو أن آلية تشكل مركبات الديومسينات و الفيورانات أنها تبدأ في المناطق العليا لقاعدة الملبد بعد الاشتعال و من ثم تتكاثف الديوكسينات و الفيورانات و المركبات الأخرى على أدنى جسم المبرد مع تقدم طبقة المادة الملبدة على طول حامل الملبد باتجاه نقطة عبر الاحتراق.

تشمل التدابير الأولية التي جرى تحديدها لمنع أو تقليل تشكل مركبات الديوكسينات و الفيورانات أثناء تلييد الحديد، تشغيل مستقر و متناغم لمعمل التلييد و مراقبة دائمة للمعاملات و إعادة تدوير النفايات الغازية و خفض إلى أدنى حد مواد التغذية الملوثة بالملوثات العضوية الثابتة أو الملوثات التي تؤدي إلى تشكل مثل هذه الملوثات و تحضير مواد التغذية.

تشمل التدابير الثانوية التي جرى تحديدها لضبط أو خفض اطلاق مركبات الديوكسينات و الفيورانات و من تلييد الحديد الامتصاص و الانتزاز (مثلا حقن الكربون الفعال)، إخماد التشكل باستخدام إضافة البولة و إزالة عالية الكفاءة للغبار بالإضافة إلى الغسل الرطب الناعم للنفايات الغازية متحدة مع معالجة فعالة لمياه الصرف الناجمة عن الغسل و التخلص من حمأة مياه الصرف في مطمر آمن.

تكون مستويات أداء مركبات الديوكسينات و الفيورانات في انبعاثات الهواء المرافقة لأفضل التقنيات المتاحة و أفضل الممارسات البيئية من أجل معمل تلييد الحديد أقل من 0.1 نانوغرام مكافئ سمي /3م نظامي (عند تراكيز أكسجين تشغيلية).

1. وصف العملية

يمكن أن تستخدم معام تلييد الحديد في صناعة الحديد و الفولاذ و غالبا ما تكون مندمجة في معام الفولاذ. إن عملية التلييد هي مرحلة معالجة أولية في إنتاج الحديد حيث تكتل بالاحتراق الدقائق الناعمة من الحديد من خامات و في بعض المعامل نفايات أكسيد الحديد (الغبار المجموع و رواسب الطحن). تتغير مواد تغذية الملبد و كذلك كمية مادة التلييد المستخدمة في فرن النفخة بشكل نموذجي بتناسب أكبر لتغذية الفرن ستلبد في أوروبا بالمقارنة مع ممارسة أمريكا الشمالية. إن تكتيل المواد الناعمة ضرورية لتمكن من مرور الغازات الحارة أثناء عملية فرن النفخة التالية (UNEP 2003, p. 60).

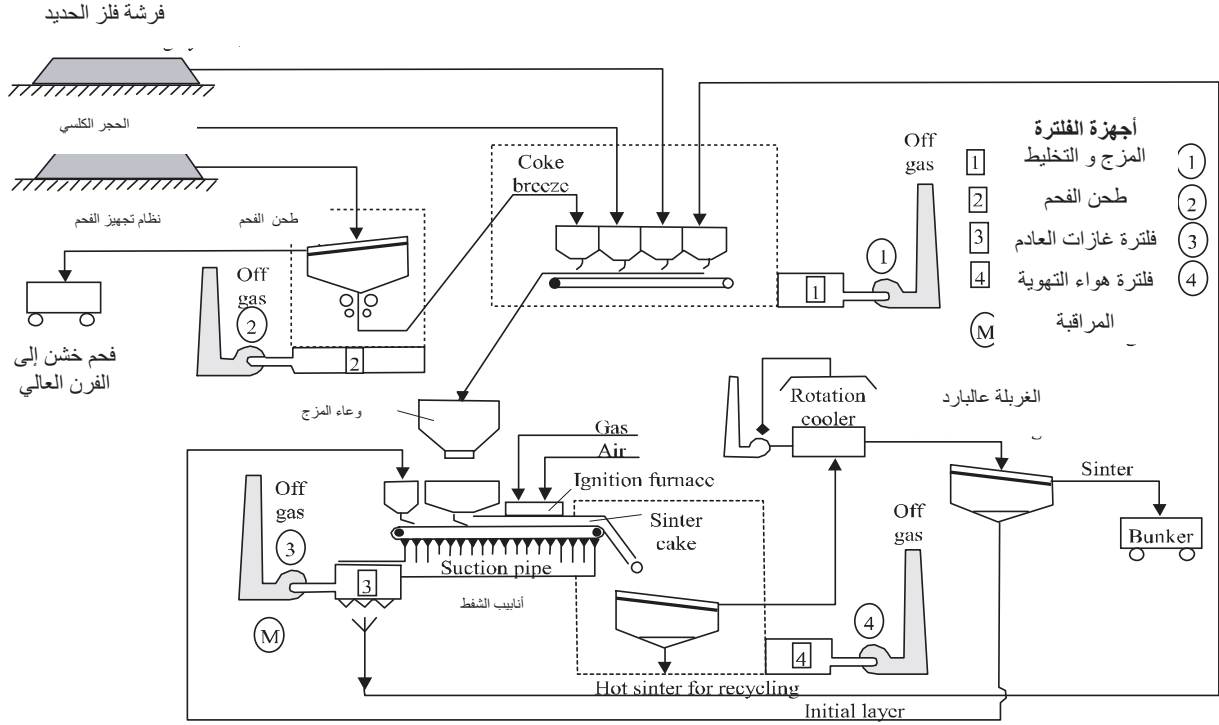
تشمل عملية التلييد تسخين خام الحديد الناعم مع مواد مساعدة للصهر و فحم الكوك الناعم أو الفحم الحجري لإنتاج كتلة مصهورة التي تتصلب في قطع مسامية من الملبد بقياسات و خصائص مقاومة ضرورية من أجل التغذية في فرن النفخة. تنقل التغذية المرطبة كطبقة على مقضب أو سلك مجدول متحرك باستمرار. يشعل السطح بغاز الحراق في بداية السلك المجدول و يسحب الهواء عبر السرير المتحرك مؤديا إلى احتراق الوقود. تضبط حركة المقضب و تدفق الغاز للتأكد من الاحتراق من خلاله (و هذا يعني النقطة التي تصل فيها طبقة وقود الاحتراق قاعدة المقضب) تحدث قبل طرح المادة الملبدة. تكسر المادة الملبدة إلى قطع في مكسر و تبرد بالهواء. تغربل خارجا المنتجات التي تقع خارج مجال القياس و تكسر المواد ذات الحجم الكبيرة و يعاد تدوير المواد ذات الحجم الأصغر إلى العملية. تعيد المعامل التي تقع في معام الفولاذ تدوير خام الحديد الناعم من عمليات تخزين الحديد الخام و المناولة و من أكاسيد الحديد النفاية و الناتجة عن عمليات معام الفولاذ و أنظمة التحكم البيئية. يمكن أيضا معالجة خام الحديد في معام التلييد في الموقع (Environment Canada 2001, p. 18).

إن فرن النفخة فرن شاقولي يستخدم أنابيب لنفخ الحرارة أو الهواء البارد في جسم الفرن لصهر محتواه. تشحن المادة الملبدة في أعلى فرن النفخة بطبقات متناوبة مع فحم الكوك.

تسمح المرونة في عملية التلييد على تحويل مواد متنوعة بما في ذلك خام الحديد الناعم و الغبار الملتقط و ركازات الخام و المواد الأخرى الحاوية على الحديد ذات حجم صغيرة (مثلا رواسب المطحنة) إلى كتل تشبه خبث المعادن (Lankford et al. 1985, p. 305–306). يمكن أن يتراوح نوع و كميات المواد التي يعاد تدويرها بشكل كبير، و يمكن أن يكون ذلك عامل هام في تحديد تشكل و اطلاق الكيماويات المدرجة في الملحق C من اتفاقية استوكهولم.

تعالج عادة النفايات الغازية من أجل إزالة الغبار في مرسبات كهرباء ساكنة، وأكثر حداثة، المرشحات الليفية و (أقل شيوعاً) الغوازل الرطبة. يمكن أن يتقدم أي من هذه حلزون أو أي جهاز إزالة حامل من أجل إرجاع الدقائق الناعمة إلى جهاز الجمع. يعطي الشكل 1 مخططاً لمعمل تلييد حديد.

الشكل 1. مخطط عملية لمعمل تلييد



المصدر: United Kingdom Environment Agency, 2001

2. مصادر الكيماويات المدرجة في الملحق C من اتفاقية استوكهولم

و فيما يتعلق بالانبعاثات الكيماويات المدرجة في الملحق C من اتفاقية استوكهولم، جرى تحديد تلييد الحديد كمصدر لمركبات الديوكسينات و الفيورانات. إن تشكل و اطلاق خماسي كلور بنزن (HCB) و ثنائي فينول متعدد الكلور (PCB) لم يقيم بعد بشكل كامل.

2.1 الإطلاقات إلى الهواء

2.1.1 معلومات عامة حول الانبعاثات من معامل تلييد الحديد

جرى أخذ المعلومات التالية من المرجع Environment Canada 2001, p. 23–25.

"تنشأ الانبعاثات من عملية التلييد في المقام الأول من عمليات مناولة المواد التي تؤدي إلى الغبار منقول جوا و من تفاعل الاحتراق على المقضب (strand). تحوي غازات الاحتراق من المصدر الأخير الغبار الذي يحمل مباشرة من المقضب مع منتجات الاحتراق مثل CO , CO_2 , SO_x , NO_x و المواد العالقة. تتغير تراكيز هذه العناصر مع جودة الوقود و المواد الخام المستخدمة و شروط الاحتراق. تشمل الانبعاثات الجوية أيضا المركبات العضوية الطيارة (VOCs) المتشكلة من المواد الطيارة في نفاية فحم الكوك، و رواسب الطين الزيتية و الديوكسينات و الفيورانات المتشكلة من المواد العضوية بشروط تشغيل معينة. تتطاير المعادن من المواد الخام المستخدمة و تتشكل أبخرة الحمض من الهاليدات الموجودة في المواد الخام.

تنظف غالبا غازات الاحتراق في مرسبات الكهرباء الساكنة (electrostatic precipitators (ESPs) التي تخفض بشكل كبير انبعاثات الغبار ولكنها ذات تأثير منخفض على الانبعاثات الغازية. يمكن أن تكون الغوازل الرطبة التي تستخدم أحيانا من أجل معامل التلييد، أقل كفاءة على جمع العوالق من مرسبات الكهرباء الساكنة. يمكن أن تؤدي الكميات الكبيرة من الزيت في مواد التغذية الخام شروط انفجار في مرسبات الكهرباء الساكنة أو المرشحات اللبيفية. تعالج اطراحات مياه الصرف بما في ذلك المسيل من مناطق خزن المواد، في محطة معالجة مياه الصرف و التي يمكن أن تستخدم لمعالجة مياه الصرف الناجمة عن فرن النفخة.

تشمل النفايات الصلبة على المواد المقاومة للصهر و الوحل الناجم عن مياه نظام ضبط الانبعاثات في حالات حيث يستخدم نظام ضبط انبعاث رطب. يعاد تدوير المواد الملبدة و التي هي أصغر من الحجم العادي في مقضب التلييد."

2.1.2 انبعاثات مركبات الديوكسينات و الفيورانات

إن العمليات التي تتشكل بها مركبات الديوكسينات و الفيورانات معقدة. يبدو أن مركبات الديوكسينات و الفيورانات تتشكل في عملية تلييد الحديد عبر اصطناع de novo. تكون مركبات الفيورانات مهيمنة في النفايات الغازية من معمل التلييد (William Lemmon and Associates Ltd. 2004, p. 20–21).

يبدو أن آلية تشكل مركبات الديوكسينات و الفيورانات تبدأ في المناطق العليا من سرير الملبد بعد الاشتعال و من ثم تتكاثف مركبات الديوكسينات و الفيورانات و المركبات الأخرى تحت جسم المبرد مع تقدم طبقة الملبد على طول مقضب الملبد باتجاه نقطة عبر الحرق. تستمر عملية التطاير و التكتيف حتى ترتفع درجة حرارة الجزء الأسفل من المبرد بشكل كاف لمنع التكتيف و تبقى مركبات الديوكسينات و الفيورانات في الغازات المنطلقة. يبدو أن هذه العملية تتزايد بسرعة و تكون القمة قبل عبر-الاحتراق و من ثم تتناقص بسرعة إلى أدنى حد. تدعم هذه العملية بمظهر مركبات الديوكسينات و الفيورانات بالمقارنة مع مظهر درجات الحرارة على طول مقضب الملبد في دراسات عديدة.

أظهرت كميات مركبات الديوكسينات و الفيورانات بأنها تزداد مع زيادة محتوى الكربون و الكلور. يتواجد الكربون و الكلور في بعض مواد تغذية الملبد و التي تعالج عبر معمل التلييد بشكل نموذجي.

2.1.3 نتائج البحث ذات الاهتمام

يبدو أن تركيب مزيج التغذية له تأثير على تشكل مركبات الديوكسينات و الفيورانات، و هذا يعني بأن زيادة محتوى الكلور يمكن أن يؤدي إلى زيادة في تشكل مركبات الديوكسينات و الفيورانات و كما يبدو ببساطة أن شكل مصدر الكربون هو أكثر أهمية من كمية الكربون. و يبدو أيضا أن استبدال فحم الكوك كوقود بفحم حجري يؤدي إلى خفض تركيز مركبات الديوكسينات و الفيورانات.

و كما لوحظ أيضا بأن شكل الوقود الصلب (مصدر كربون محتمل آخر) يؤثر في انبعاثات الفيورانات. أدى تغيير الوقود بين الفحم الحجري و الغرافيت و الكوك الفعال في برنامج بحوث مخبر ياباني إلى انخفاض انبعاثات الفيورانات بحوالي 90%.

يبدو أن بارامترات تشغيل عملية التلييد لها تأثير على تشكل مركبات الديوكسينات و الفيورانات (William Lemmon and Associates Ltd. 2004).

2.2 الإطلاقات إلى الأوساط الأخرى

لا يوجد أية معلومات محددة حول الكيماويات المدرجة في الملحق C من عمليات تلييد الحديد إلى الأوساط الأخرى مثل مياه الصرف و الغبار المجموع.

3. البدائل

وفقا لاتفاقية استوكهولم، عندما تعطى الاعتبارات إلى المشاريع المقترحة من أجل بناء معمل تلييد للحديد جديد، يجب أن تعطى الاعتبارات إلى العمليات و الفتنيات و الممارسات البديلة التي تتميز بفوائد شبيهة و لكن تجنب تشكل و اطلاق الكيماويات المدرجة في الملحق C. فيما يخص تلييد الحديد، يجب أن تعطى الاعتبارات لفوائد عمليات التلييد باستخدام الكوك و أفران النفخة، المراحل المختلفة لإنتاج الفولاذ و مزائج المنتج. فمن أجل العمليات البديلة، يجب بحرص تقييم الفوائد و المساوئ البيئية لهذه البدائل. يتوفر مراجعة شاملة لعمليات تصنيع الحديد البديلة من قبل Lockheed Martin Energy Systems, 2000 and Augerman, 2004.

تشمل العمليات البديلة لتلييد الحديد:

3.1. الإرجاع المباشر

إن هذه التقنية، أيضا معروفة بالإرجاع المباشر للحديد أو حديد القوالب الحارة، يعالج خام الحديد لإنتاج منتج حديد مرجع مباشرة والذي يمكن استخدامه كمواد تغذية في أفران القوس الكهربائية لصناعة الفولاذ و أفران النفخة أو أفران الأكسجين الأساسية لصناعة الفولاذ. يعاد تشكيل الغاز الطبيعي لصناعة الهيدروجين و ثاني أكسيد الكربون حيث يستخدم الهيدروجين كمرجع لإنتاج الحديد المرجع مباشرة. سيؤثر توفر و سعر الغاز الطبيعي على ملائمة استخدام هذه التقنية.

هناك عمليتان جديدتان متوفرتان للإرجاع المباشر لدقيق خام الحديد هما Circofer® و Circored®. تستخدم كلا العمليتان بمرحلتين تضم سرير متحرك دائر مع شريير متحرك فقاعي. تستخدم عملية Circored الهيدروجين كمرجع. بنيت أول منشأة من نوعها في Trinidad لإنتاج 500,000 طن بالسنة من الحديد المقولب و بدأت بالعمل في العام 1999. في عملية Circofer ، يستخدم الفحم كمرجع. في أنظمة عملية الإرجاع المباشر (مثلا Fastmet®)، يمكن استخدام مصادر كربون مختلفة كمرجع. كأمثلة لمصادر الكربون التي يمكن استخدامها، تشمل الفحم و نفايات الكوك و نفايات طحن الفولاذ الكربوني (غبار فرن النفخة و الوحل و غبار فرن الأكسجين الأساسي و غبار فرن القوس الكهربائي و غبار الملبد).

تحول هذه العمليات شحنة كرات أكسيد الحديد و دقيق الأكسيد أو نفايات طحن الفولاذ إلى حديد معدني و تنتج منتج حديد مرجع مباشرة مناسب من أجل فرن النفخة.

طورت حديثا تكنولوجيا صهر مباشرة تعتمد على الهواء تدعى عملية صنع الحديد Hismelt. تحدث هذه العملية تحت الضغط ضمن مفاعل إرجاع صهر شاقولي مزود بموقد ميطن بمادة مقاومة و تبريد بالماء من الجهة العليا. إن الميزة الكبرى لهذه العملية لصانعي الحديد بأنها تنتج المعدن الساخن دون الحاجة إلى أفران الكوك و معامل التلييد.

و من التكنولوجيات الأخرى الحاصلة على براءات اختراع مثل TecnoRed® و المذكورة في Lockheed Martin Energy Systems, 2000.

3.2. الصهر المباشر

تستبدل عملية الصهر المباشر الجمع التقليدي لمعمل تلييد و فرن الكوك و فرن النفخة لإنتاج الحديد المصهور. هناك عدد من عمليات الصهر المباشر قيد التطور و هي في مراحل مختلفة من التطور و الاتجار.

4. التدابير الأولية و الثانوية

جرى ادناه ايجاز التدابير الأولية و الثانوية من أجل خفض انبعاثات مركبات الديوكسينات و الفيورانات من عمليات تلييد الحديد. أخذ الكثير من هذه المادة من المرجع William Lemmon and Associates Ltd. 2004.

يكون حجم إرجاع الانبعاث ممكن مع تطبيق التدابير الأولية فقط إذا لم تكن مفهومة و هي ربما خاصة بالمعمل.

جرى عرض مراجعة لتجارب تنظيف نفايات معمل تلييد من قبل الصناعة الأوروبية من قبل Nordic Council et al. في حزيران 2006. وضعت مراجعة تجارب منشآت Nordic في مراجعة أفضل التقنيات المتاحة من قبل Nordic 2006.

4.1. التدابير الأولية

من المعلوم أن التدابير الأولية هي إجراءات منع التلوث التي تمنع أو تقلل إلى أدنى حد تشكل و اطلاق الكيماويات المدرجة في الملحق C. يشار لهذه أحيانا بأمثلة العملية أو التدابير المدمجة. يعرف منع التلوث" استخدام العمليات و الممارسات و المواد و المنتجات أو الطاقة التي تجنب أو تقلل إلى أدنى حد تشكل الملوثات و النفايات و تخفض الخطر الكلي لصحة الانسان أو البيئة" (انظر الجزء III.B من الإرشادات الحالية).

حددت التدابير الأولية بأنها التدابير التي تساعد على منع و خفض إلى أدنى حد تشكل و اطلاق الكيماويات المدرجة في الملحق C. إن تخفيضات الانبعاث الخاصة بالمعمل مع تطبيق التدابير الأولية التالية غير معلومة فقط و تحتاج إلى تقييم. و من المنصوح به أن تطبق التدابير التالية معا مع التدابير الثانوية الملائمة للتأكد من الانقاص إلى أدنى حد أعظمي و إنقاص ما أمكن من الانبعاثات. تشمل التدابير الأولية المحددة:

4.1.1 تشغيل مستقر و مستمر لمقضب الملبد

أظهرت البحوث أن مركبات الديوكسينات و الفيورانات تتشكل في سرير الملبد ذاته و ربما إلى الأمام تماما من مقدمة الشعلة حيث تسحب الغازات الساخنة عبر السرير. أظهر اضطراب مقدمة الشعلة (و هذا يعني شروط غير ثابتة) إلى انبعاثات أعلى من مركبات الديوكسينات و الفيورانات.

يجب تشغيل مقضب الملبد للمحافظة على شروط عملية مستقرة و مستمرة (تشغيل حالة مستقرة و انقاص إلى أدنى حد أدنى اضطراب العملية) من أجل انقاص إلى أدنى حد تشكل و اطلاق مركبات الديوكسينات و الفيورانات و الملوثات الأخرى. أما شروط التشغيل التي تتطلب إدارة متناغمة فتشمل سرعة المقضب و تركيب السرير (خلط ثابت للمواد المرتجعة و انقاص إلى أدنى حد دخل الكلور) و ارتفاع السرير و استخدام الإضافات (على سبيل المثال إضافة الجير المحترق الذي يمكن أن يساعد في خفض تشكل مركبات الديوكسينات و الفيورانات) و انقاص إلى أدنى حد محتوى الزيت في رواسب الطحن و انقاص إلى أدنى حد تسرب الهواء من خلال المقضب و أنظمة تكييف الهواء و التمديدات و انقاص إلى أدنى حد إيقافات المقضب. سيؤدي هذا الطريق أيضا إلى تحسينات مفيدة في أداء التشغيل (و هذا يعني إنتاجية و جودة الملبد و كفاءة الطاقة) (European Commission 2000, p. 47; IPPC 2001, p. 39).

4.1.2 مراقبة دائمة للبارميتر

يجب تطبيق نظام مراقبة للبارميتر مستمرة للتأكد من التشغيل الأمثل لمقضب الملبد و أظمة التكييف للغازات المنطلقة. تقاس البارميترات المختلفة أثناء اختبار الانبعاث لتحديد العلاقة بين قيمة الباراميتر و انبعاثات المدخنة. ثم تراقب الباراميترات المحددة باستمرار و تقارن مع قيم الباراميتر المثلى. يمكن أن تنبه التفاوتات في الباراميتر و تنفذ المقضب الملبد و نظام ضبط الانبعاث.

يمكن أن تشمل البارميترات التشغيلية للمراقبة أوضاع الصمام و هبوط الضغط و معدل تدفق ماء الغاسل و متوسط اللانفوذية و سرعة المقضب.

يجب أن يحضر مشغلو معامل تلييد الحديد خطة مراقبة خاصة للموقع من أجل نظام مراقبة مستمرة للباراميتر و التي تراقب التجهيزات و الأداء و التشغيل و الصيانة و ضمان الجودة و حفظ السجلات و إجراءات التسجيل. يجب أن يحتفظ المشغلون بالسجلات موثقين المطابقة مع متطلبات المراقبة المحددة و خطة التشغيل و الصيانة (EPA 2003).

4.1.3 إعادة تدوير الغازات المنطلقة

أظهرت إعادة تدوير الغازات المنطلقة من الملبد (النفائات الغازية) بأنها تخفض إلى أدنى حد انبعاثات الملوث و تخفض كمية الغازات المنطلقة و التي تتطلب معالجة في نهاية الأنبوب. إن إعادة تدوير الغازات المنطلقة من كامل مقضب الملبد أو إعادة تدوير قطاعي للغازات المنطلقة ، يمكن أن تنقص إلى أدنى حد تشكل و اطلاق الملوثات. و من أجل معلومات إضافية على هذه التقنية أنظر ECSC 2003 and European Commission 2000, p. 56–62 .

يمكن أن تنقص إلى أدنى حد إعادة تدوير الغازات المنطلقة انبعاثات مركبات الديوكسينات و الفيورانات و غازات أكسيد الأزوت و غاز ثاني أكسيد الكبريت. على أية حال، يمكن أن يؤدي هذا الخيار أيضا إلى إنتاج منخفض و يمكن أن يؤثر في جودة المادة الملبدة و يمكن أيضا أن يؤدي إلى تعرض زائد في مكان العمل للغبار و متطلبات صيانة. يحتاج أي إجراء إلى التطبيق الدقيق آخذين في الاعتبار احتمال تأثيره على أوجه تشغيل المعمل.

4.1.4 اختيار مواد التغذية

يجب انقاص العناصر غير المرغوب بها في مواد التغذية إلى مقضب الملبد. تشمل المواد غير المرغوب بها الملوثات العضوية الثابتة و العناصر الأخرى المرافقة مع تشكل مركبات الداوكسينات و الفيورانات و HCB و PCB (مثلا الكلور/الكلوريدات و الكربون و أسلافها و الزيوت). يمكن أيضا أن يؤثر التحكم الضعيف على المدخلات على عمل فرن النفخة.

يجب إجراء مراجعة لمدخلات التغذية لتحديد التركيب و البنية و تركيز العناصر المرافقة للملوثات العضوية الثابتة و تشكلها. يجب تحديد الخيارات من أجل حذف أو خفض العناصر غير المرغوب بها في مواد التغذية. على سبيل المثال:

- إزالة الملوث من المواد (مثلا إزالة الزيوت و رواسب الطحن)
- استبدال المواد (مثلا استبدال الكوك المتبقي بالفحم)

- تجنب استخدام المواد الملوثة (مثلا تجنب استخدام غبار المعالج في المرسب الكهربائي الساكنة الذي أظهر بأنه يزيد من تشكل و إطلاق مركبات الديوكسينات و الفيورانات) (Kasai et al. 2001).
- مواصفات الحدود على التراكيز المسموح بها للعناصر غير المرغوب بها (مثلا محتوى الزيت في مواد التغذية يجب تحديدها بأن تكون أقل من 0.02%) (EPA 2003).
- يجب تطوير و تطبيق إجراءات موثقة لتنفيذ التغييرات الملائمة.

4.1.5 تحضير مواد التغذية الأولى

يجب أن تكتل مواد التغذية الناعمة (مثلا الغبار المجموع) بشكل ملائم قبل وضعها في مقضب الملبد و كما يجب مزج و خلط مواد التغذية بشكل أساسي. ستؤدي هذه التدابير إلى خفض إلى حد أدنى تشكل و نقل الملوثات إلى الغازات المنطلقة، و ستؤدي أيضا إلى خفض الانبعاثات الهاربة إلى أدنى حد.

4.1.6 حقن البولة

أجريت اختبارات باستخدام حقن اليوريا لإخماد تشكل الداوكسينات و الفيورانات في معمل تلييد حديد في المملكة المتحدة. أضيفت كميات محددة من اليوريا إلى مقضب الملبد. يعاقد بأن هذه التقنية تمنع أو تقلل من انبعاثات كل من مركبات الداوكسينات و الفيورانات و غاز ثاني أكسيد الكبريت. أشارت التجارب بأن تشكل مركبات الداوكسينات و الفيورانات انخفضت تقريبا 50%. و لقد قدر بأن 50% انخفاض في مركبات الداوكسينات و الفيورانات يمكن أن تحقق تركيز انبعاث و قدره 0.5 نانو غرام مكافئ سمي/م³. قدرت التكلفة الرئيسية بحوالي 0.5 مليون إلى مليون جنيه استرليني (حوالي 0.9 إلى 1.8 مليون دولار) (Entec UK Ltd. 2003, p. D10–D20).

أختبرت عدد من منشآت التلييد الأوروبية إضافة اليوريا و ذكرت بأنه يمكن خفض انبعاثات مركبات الداوكسينات و الفيورانات ب 50% بإضافة كميات قليلة من اليوريا إلى مزيج التلييد (Hartig, Steden and Lin, 200). على أية حال، ذكر أيضا وجود انبعاثات إضافية للغبار و أكاسيد الأزوت و الأمونيا في النفايات الغازية المنطلقة (و المحتمل باستخدام أنظمة ضبط و منع تلوث الهواء الحالية). أيضا، في وجد انخفاض واضح في انبعاثات SO₂ في بعض المنشآت، فإن منشآت أخرى أشارت إلى أن مركبات الأمونيا يمكن أن تعطي نتائج زائفة لانبعاثات SO₂ باستخدام طرائق القياس التقليدية. لم يذكر، على أية حال، إذا كانت هذه التجارب حاولت أن تحسن أو تعدل أنظمة ضبط و منع تلوث الهواء. في كانون الأول 2005، ذكر بأنه لا يوجد أي عدد من اتحاد الصناعة الأوروبية حول استخدام إضافة اليوريا في عمليات التشغيل الجارية في ذلك الوقت.

في معمل تلييد وحيد في كندا يشغل من قبل Stelco Inc. in Hamilton, Ontario، استكملت تجارب باستخدام عملية جديدة مشابهة من أجل خفض انبعاثات الداوكسينات. وجدت Stelco بأن إحكام إغلاق الفرن لخفض كمية الأكسجين و إضافة كمية قليلة من الأمونيا تداخلت مع التفاعل الكيميائي الذي ينتج الداوكسينات مودية إلى انبعاثات مخفضة. إن هذه العملية الجديدة المركبة و المتحدة مع أنظمة غسل هواء أطلقت 177 بيكو غرام / م³ من الداوكسينات في اختبار. أخدمت هذه النتيجة حدود المعايير الكندية الواسعة لعام 2005 و المقدر ب 500 بيكو غرام / م³ و هي أدنى من حد 200 بيكو غرام/م³ لعام 2010. و هي أيضا مثلت 93% انخفاض من المستويات المقيسة فس عام 1998 و التي وصلت إلى 2,700 بيكو غرام/م³. لا تعتمد التحسينات بوضوح على غسل الداوكسينات من الغازات المنطلقة و لكن يعتقد بأنها ناجمة عن "منع التلوث الحقيقي" حيث هناك حاجة للكور لإنتاج الداوكسينات و تطلق اليوريا الأمونيا التي تلتقط الكلوريدات في الغبار مما يؤدي إلى خفض توفرها من أجل تشكل الداوكسينات (Hamilton Spectator 1 March 2006).

4.2 التدابير الثانوية

من المفهوم أن التدابير الثانوية هي تكنولوجيات أو تقنيات لضبط التلوث، توصف أحيانا بأنها معالجات نهاية الأنبوب.

يجب تطبيق التدابير الأولية التي جرى تحديدها آنفا معا مع التدابير الثانوية الملائمة للتأكد من التقليل إلى أدنى حد و خفض الانبعاثات ما أمكن. تشمل التدابير التي أظهرت بأنها تقلل بشكل فعال إلى أدنى حد و تنقص انبعاثات مركبات الداوكسينات و الفيورانات:

4.2.1 تقنيات الإزالة

4.2.1.1 امتزاز/امتصاص و إزالة غبار عالي الكفاءة

تشمل هذه التقنية امتصاص مركبات الداوكسينات و الفيورانات على مادة مثل الكربون الفعال معا مع ضبط (إزالة الغبار) العوالق بشكل فعال.

من أجل تجديد تكنولوجيا الفحم الفعال، يستخدم مرسب كهربائي ساكنة لخفض تركيز الغبار في الغازات المنطلقة قبل دخولها إلى وحدة الكربون الفعال (William Lemmon and Associates Ltd. 2004). تعبر النفايات الغازية ببطء من خلال سيرير

و طريقة امتصاص أخرى استخدام حقن الليغنت أو الكربون الفعال معا مع المرشح الليفي. تمتص مركبات الديوكسينات و الفيورانات على المواد المحقونة و تجمع المواد في مرشح نسيجي.

مع التشغيل الجيد لمقضب الملبد، ترافق هذه التقنية تراكيز انبعاثات مركبات الديوكسينات و الفيورانات مجالا بين 0.1 و 0.5 نانو غرام مكافئ سمي/م³ (IPPC 2001, p. 135).

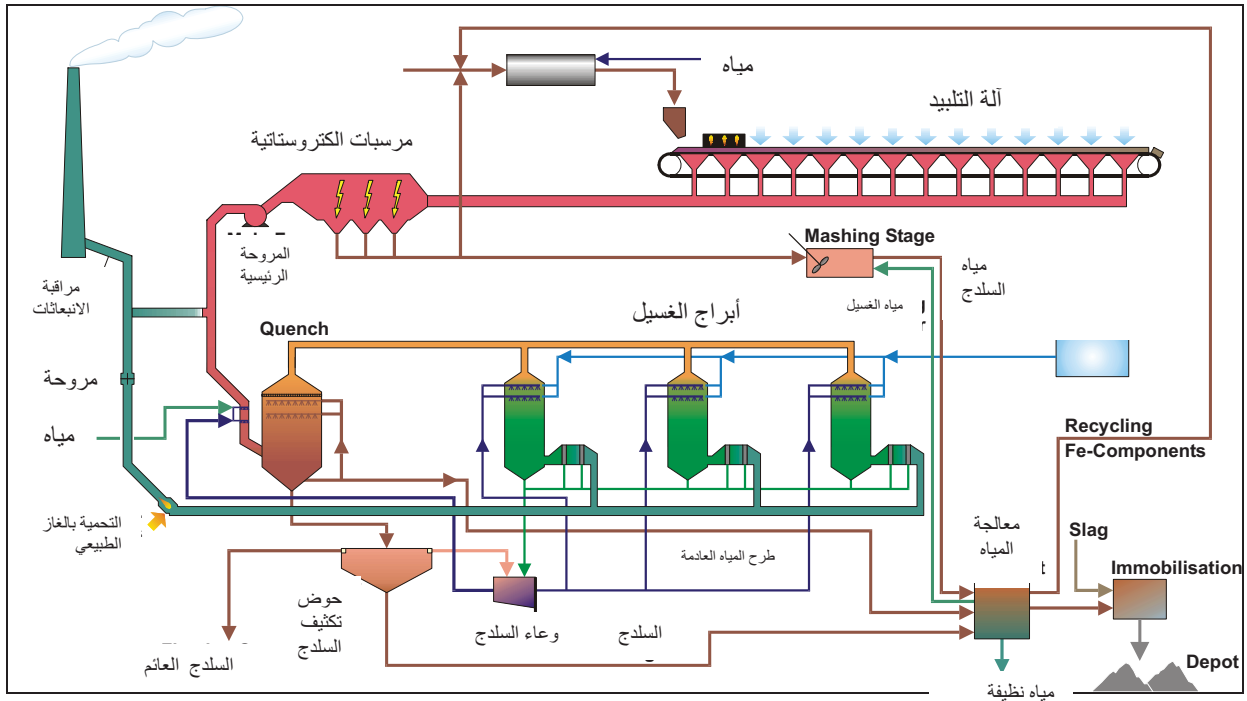
من حيث المبدأ، من الممكن أن يحقن الكربون في مجرى الغازات أمام جوامع الغبار الموجودة مثل المرسبات الكهربائية الساكنة و المرشحات الليفية بنفس الأسلوب في بعض المحارق لضبط انبعاثات الملوثات العضوية الثابتة و كان هناك بعض النجاح مع هذه التقنية من أجل معمل تلييد الحديد في بلجيكا. ستكون التكاليف رأس المال من أجل إضافة الكربون للمعدات الموجودة أقل بكثير من إضافة نظام الكربون الفعال المعاد توليده.

4.2.1.2 نظام غسيل رطب و ناعم

أظهر نظام غسل الهواء الناعم، المبين في الشكل 2، و المطور من قبل Voest Alpine Industries (النمسا) بأنه فعال في خفض تراكيز الانبعاثات إلى 0.2 – 0.4 نانو غرام مكافئ سمي/م³. يستخدم نظام الغسل هذا تيار معاكس من الماء للنفائات الغازية لغسل العوالق الخشنة و مكونات الغاز (مثلا غاز ثاني أكسيد الكبريت) و إخماد النفائات الغازية. يمكن أن يستخدم أيضا مرسب كهرباء أعلى المجرى في إزالة أولية للغبار. يمكن أن يضاف الكوستيك لتحسين امتصاص غاز ثاني أكسيد الكبريت. أما الغاسل الناعم، و هو الميزة الرئيسية لهذا النظام، يتبع، مستخدما نفث ضباب بضغط عال مع تيار باتجاه الغاز لإزالة الشوائب. يدفع الماء فوهتان بفحتي تدفق و هواء مضغوط (مشكلة قطرات ميكروسكوبية) لإزالة جسيمات الغبار و مركبات الديوكسينات و الفيورانات (William Lemmon and Associates Ltd. 2004, p. 29–30; European Commission 2000, p. 72–74).

يجب أن تجمع هذه التقنية مع معالجة فعالة لمياه الصرف من الغسيل و كما يجب التخلص من حمأة مياه الصرف في مطمر آمن (European Commission 2000). يجب اعتبار تطبيق هذه التقنية بحذر فيما يتعلق بسلامتها لكل موقع.

الشكل 2. مخطط العملية لمعمل تلييد يستخدم نظام غسيل رطب



المصدر: Hofstadler et al. 2003.

4.2.2 إجراءات عامة

يمكن أن تساعد التدابير التالية في خفض انبعاثات الملوثات إلى أدنى حد، و لكن يجب جمعها مع إجراءات أخرى (مثلاً، امتصاص/انتزاع، إعادة تدوير الغازات المنطلقة) من أجل ضبط فعال لتشكل و اطلاق مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات.

4.2.2.1 إزالة المواد العالقة من الغازات المنطلقة من الملبد

لقد اقترح بأن الإزالة الفعالة للغبار يمكن أن تساعد في خفض انبعاثات مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات. تتميز الجسيمات الدقيقة في الغازات المنطلقة من الملبد بسطح فعال كبير جداً من أجل امتصاص و تكثيف الملوثات الغازية بما في ذلك مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات (Hofstadler et al. 2003). إن أفضل تقنية متاحة لإزالة المواد العالقة هي استخدام المرشحات الليلية. ترافق المرشحات الليلية في معامل التليد تراكم انبعاثات للمواد العالقة أقل من 10 ملغ/م³ إلى أقل من 30 ملغ/م³ (UNECE 1998; IPPC 2001, p. 131).

تشمل خيارات الضبط الأخرى التي تستخدم على نحو مشترك من أجل الغازات المنطلقة من معمل التليد المرسبات الكهربائية الساكنة و أحياناً الغوازل الرطبة على الرغم من أن كفاءات إزالة العوالق ليست أعلى من المرشحات الليلية. يرافق الأداء الجيد للمرسبات الكهربائية الساكنة و غوازل الغاز الرطبة ذات الكفاءة العالية تركيز مواد عالقة بين أقل من 30 إلى 50 ملغ/م³ (IPPC 2001; William Lemmon and Associates Ltd. 2004, p. 26; UNECE 199).

يتطلب وجود تحكيمات بانبعثات العوالق و التقاط بحجم معين ملائم لكل من طرف التغذية و التفريغ.

يمكن أيضاً تركيب مرشحات ليلية في اتجاه المرسبات الكهربائية الساكنة مما يسمح في جمع منفصل و استخدام الغبار الذي يجمع.

4.2.2.2 الهودات في مقضب الملبد

يخفض الهودات في مقضب الملبد الانبعاثات الهاربة من العملية و يمكن من استخدام التقنيات الأخرى مثل إعادة تدوير النفايات الغازية.

5. البحوث المنبثقة

استخدم الأبحاث التحفيزي الانتقائي من أجل التحكم بانبعثات أكاسيد الأوزون من عدد من العمليات الصناعية بما في ذلك تليد الحديد. أظهرت تكنولوجيا الرجاء التحفيزي الانتقائي المعدلة (يعني زيادة المساحة الفعالة) و اختيار عمليات التحفيز بأنها تفكك مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات المحتواة في الغازات المنطلقة ربما من خلال تفاعلات الأكسدة التحفيزية. يمكن أن تعتبر هذه تقنية منبثقة مع إمكانية خفض انبعاثات الملوثات العضوية الثابتة من معمل تليد الحديد و التطبيقات الأخرى.

بينت دراسة حول انبعثات مدخنة من أربع معمل تليد تراكم أقل من مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات (0.995-2.06 نانو غرام مكافئ سمي/م³ نظامي) في غازات المدخنة مع ارجاع تحفيزي انتقائي من معمل التليد بدون (3.10 نانو غرام مكافئ سمي/م³ نظامي) و درجة كلورة مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات أقل من أجل معمل مزودة بارجاع تحفيزي انتقائي. و لقد استنتج من هذه الدراسة أن الأبحاث التحفيزي فكك بالفعل مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات ولكن ليس من الضروري أن تكون تكنولوجيا كافية لوحدها لتحقيق حدود الانبعاث الصارمة. و لهذا فإن إضافة تقنيات أخرى (مثلاً حقن الكربون الفعال) ضروري (Wang et al. 2003, p. 1123-1129).

يمكن أن تتأثر الأكسدة النحفيزية، خاضعة لاختيار المحفز، بالتسمم من المعادن النذرة و ملوثات الغازات المنطلقة الأخرى. إن اعتماد العمل ضروري قبل استخدام هذه العملية. هناك حاجة لإجراء دراسة إضافية حول استخدام الأبحاث التحفيزي و تقنيات الأكسدة التحفيزية الأخرى في تطبيقات تليد الحديد و ذلك لتحديد قيمتها و فعاليتها في تحطيم و خفض اطلاقات مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات من هذا المصدر.

6. خلاصة التدابير

يبين الجدول 1 و 2 خلاصة التدابير التي جرى مناقشتها في الفقرات السابقة.

الجدول 1. البدائل و المتطلبات لمعامل تلييد الحديد الجديدة

الملاحظات الأخرى	الاعتبارات	الوصف	التدبير
	تشمل الأمثلة : <ul style="list-style-type: none"> • معمل الكرات • إرجاع مباشر للحديد • صهر مباشر 	يجب اعطاء الأولوية للعمليات البديلة مع تأثيرات بيئية أقل من تلييد الحديد التقليدية	العمليات البديلة
تكون مستويات الأداء مرافقة لأفضل التقنيات المتاحة و أفضل الممارسات البيئية أقل من 0.2 نا نوغرام/غرام م3 نظامي من أجل مركبات الديوكسينات و الفيورانات و ربما أقل حتى 0.1 نا نوغرام/م3 نظامي	يجب أن تعطي الاعتبارات للإجراءات الأولية والثانوية المدرجة في الجدول 2 أدناه	يجب أن يسمح لمعمل تلييد الحديد الجديدة لتحقيق أداء صارم و متطلبات إعلام مرافقة لأفضل التقنيات المتاحة	متطلبات أداء

الجدول 2. خلاصة التدابير الأولية والثانوية من أجل معامل تلييد الحديد

التدابير	الوصف	الاعتبارات	الملاحظات الأخرى
التدابير الأولية			
تشغيل مستقر و ثابت لمعمل التلييد	يجب تشغيل مقضب الملبد للمحافظة على شروط تشغيل مستقرة و ثابتة (شروط حالة ثابتة و نقصان إلى أدنى حد فشل العملية) لخفض إلى أدنى حد تشكل مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات و الملوثات الأخرى	تشمل الشروط لأمثلة تشغيل المقضب: <ul style="list-style-type: none"> • خفض إلى أدنى حد التوقفات • سرعة مقضب ثابت • تركيب السرير • ارتفاع السرير • الإضافات (مثلا الجير المحترق) • خفض إلى أدنى حد محتوى الزيت • خفض إلى أدنى حد من تسرب الهواء داخلا 	سنتميز هذه الطريقة بفوائد مشتركة مثل زيادة الإنتاجية و زيادة جودة الملبد و كفاءة طاقة محسنة. هناك حاجة إلى تقييم تأثير الكيماويات المدرجة في الملحق C على أساس خصوصية المعمل
مراقبة الباراميتير المستمر	يجب تطبيق مراقبة دائمة للباراميتير للتأكد من التشغيل الأمثل لمقضب الملبد و أنظمة تكييف الغازات المنطلقة. يجب على المشغلين تحضير خطة مراقبة خاصة بالموقع من أجل نظام مراقبة باراميتير مستمرة و حفظ السجلات التي تطابق الوثائق مع الخطة	يجب وضع العلاقات بين قيم الباراميتير و انبعاثات المدخنة (تشغيل مستقر). تراقب الباراميتيرات بعد ذلك باستمرار بالمقارنة مع القيم المثلى. يمكن أن ينذر النظام و تتخذ الأعمال التصحيحية عندما تحدث انحرافات معنوية	
إعادة تدوير النفايات الغازية	يمكن إعادة تدوير النفايات الغازية بإرجاعها إلى مقضب الملبد لخفض انبعاثات الملوث إلى أدنى حد و خفض كمية الغازات المنطلقة التي تحتاج إلى معالجة في نهاية الانبوب	يمكن أن تجر عملية إعادة تدوير النفايات الغازية إعادة تدوير جزء من الغازات المنطلقة من كامل مقضب الملبد أو إعادة تدوير مقطع من الغازات المنطلقة	ستؤدي هذه التقنية في خفض معتدل فقط من مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات و لكن يمكن أن يكون لها تأثيرات على باراميتيرات تشغيلية أخرى و يجب أن تقييم بحرص
إختيار مواد التغذية: إنقاص إلى أدنى حد مواد التغذية الملوثة بالملوثات العضوية الثابتة أو تؤدي إلى تشكلها	مراجعة مواد التغذية و تحديد المدخلات البديلة و/ أو يجب تنفيذ و تطوير إجراءات لخفض المخلات غير المرغوب بها لتنفيذ التغييرات الملائمة	تشمل الأمثلة: <ul style="list-style-type: none"> • إزالة الملوث من المواد (مثلا إزالة زيوت راسب المطحنة) • استبدال المواد (مثلا إستبدال بقايا فحم الكوك بالفحم) • تجنب استخدام المواد (مثلا غبار مرسب الكهرباء الساكنة المجموعة) • تخصيص الحدود على تراكيز المسموح بها للعناصر غير المرغوب بها (مثلا محتوى الزيت في مواد التغذية محدودة إلى أقل من 0.02%) 	يمكن أن تكون هناك حاجة لتقييم خاص بالمعمل
تحضير مواد التغذية	يجب تكتيل المواد الناعمة (مثل الغبار المجموع) قبل وضعها على مقضب الملبد. يجب مزج مواد التغذية بشكل أساسي قبل وضعها على مقضب الملبد		ستساعد هذه التدابير في خفض نقل الملوثات في النفايات الغازية و تقليل الانبعاثات الهاربة إلى أدنى حد
إضافة البوريا	تضاف كميات مضبوطة من البوريا إلى	هناك حاجة لإحكام إغلاق المقضب	

التدابير	الوصف	الاعتبارات	الملاحظات الأخرى
		المنصوح به من أجل الاستخدام متحدا مع أنظمة غسل هواء لإزالة الانبعاثات الغازية الأروثية	
التدابير الثانوية			
يمكن أن تخفض التدابير الثانوية التالية بكشل فعال انبعاثات مركبات الداويكسينات و الفيورانات و يجب أن تعتبر كأمتلة لأفضل التقنيات المتاحة.			
امتصاص/امتزاز و إزالة غبار بكفاءة عالية	يجب أن يشمل تطبيق هذهالتقنية مرحلة امتزاز معا مع ضبط للدقائق عالي الكفاءة كجزء أساسي من مكونات نظام تكييف الغازات المنطلقة	<p>أظهرت تقنيات الامتزاز التالية:</p> <ul style="list-style-type: none"> • حقن الكربون الفعال مع مجمعات كهرباء ساكنة • تكنولوجيا فحم فعال مجدد الذي به تنظف به أولا بواسطة مرسبات كهرباء ساكنة و تمرر عبر سرير امتزاز متحرك (char) لامتزاز كل من مركبات الداويكسينات و الفيورانات و الجسيمات الناعمة. يعاد بعد ذلك تجديد المواد المازة. • حقن الكربون الفعال و اللغيت أو أية مادة مازة أخرى في مجرى الغاز متبوعا بإزالة غبار على مرشح ليفي 	<p>إن هذه التقنيات مرافقة مع مستويات تركيز انبعاث أقل من (0.3 نانو غرام مكافئ سمي /م³ و 0.1 إلى 0.5 مكافئ سمي /م³. تحتاج كفاءة أنظمة الامتصاص التي تعتمد على الكربون المختلفة إلى تقييم بحرص و يمكن أن تكون طريقة الحقن بالنفث أقل تكلفة من أنظمة إعادة توليد الكربون</p>
الغسل الرطب الناعم للنفائات الغازية	يجب أن تشمل هذه التقنية كإجراء تمهيدي بغاسل رطب باتجاه معاكس لإخماد الغازات و إزالة الجسيمات الأكبر حجما متبوعا بغاسل ناعم باستخدام نفث الضباب تحت ضغط عالي مع تيار الغازات المنطلقة لإزالة الدقائق الناعمة و الشوائب		<p>أظهر نظام الغسل الرطب تحت اسم Airfine® و المطور من قبل Voest Alpine Industries بأنه يخفض تراكيز الانبعاثات إلى 0.2 – 0.4 نانو غرام مكافئ سمي/م³. على أية حال، يجب يعتبر التطبيق بحذر لكل موقع.</p>
يجب أن لا تعتبر التدابير التالية أفضل التقنيات المتاحة لوحدھا. فمن أجل انقاص إلى أدنى حد و خفض مركبات الداويكسينات و الفيورانات و الملوثات العضوية الثابتة الأخرى، يجب تطبيق هذه التدابير بالاتفاق مع التدابير الأخرى التي جرى تحديده			
إزالة المواد العالقة من النفائات الغازية	يجب معالجة النفائات الغازية باستخدام تقنيات ذات كفاءة عالية حيث يمكن أن تساعد هذه انقاص إلى أدنى حد انبعاثات مركبات الداويكسينات و الفيورانات . و من أفضل التقنيات المتاحة المنصوح بها من أج ضبط العوالق استخدام المرشحات الليفية.	<p>أظهرت المرشحات الليفية بأنها تنقص انبعاثات عوالق الغازات المنطلقة إلى 10 to < 30 < ملغ /م³</p>	<p>يمكن أن تشمل تقنيات الضبط المستخدمة الأخرى المرسبات الكهرباء الساكنة و الغواسل عالية الكفاءة. يرافق الأداء الجيد لهذه التكنولوجيات تراكيز عوالق أقل من 30 – 50 ملغ/م³. يمكن تحقيق انبعاثات أقل من العوالق (و الداويكسينات و الفيورانات) مع مرشحات ليفية بين 5-20 ملغ/م³</p>
هودات مقضب الملبد	يجب وضع هود على مقضب الملبد لخفض إلى أدنى حد انبعاثات العملية الهاربة		<p>يمكن وضع الهود على المقضب استخدام التدابير الأخرى مثل تدوير النفائات الغازية</p>

7. مستويات الأداء المرافقة لأفضل التقنيات المتاحة و أفضل الممارسات البيئية

تكون مستويات الأداء لمركبات الديوكسينات و الفيورانات في انبعاثات الهواء المرافقة لأفضل التقنيات المتوفرة وأفضل الممارسات البيئية من أجل معمل تلييد حديد أقل من 0.2 نانو غرام /م³ نظامي (عند تراكيز أكسجين تشغيلية).

المراجع

Augerman, Mikko, “Alternative Processes for Iron and Steelmaking- Presentation”, University of Oulu, Finland, 2004

ECSC (European Coal and Steel Community). 2003. *The Impact of ECSC Steel Research on Steel Production and Sustainability*.

www.stahl-online.de/medien_lounge/medieninformationen/hintergrundmaterial.htm.

Entec UK Ltd. 2003. *Development of UK Cost Curves for Abatement of Dioxins Emissions to Air, Final Report*. Draft for consultation, November 2003.

Environment Canada. 2001. *Environmental Code of Practice for Integrated Steel Mills: CEPA 1999 Code of Practice*. Public Works and Government Services, Canada.

EPA (United States Environmental Protection Agency). 2003. *National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants: Integrated Iron and Steel Manufacturing: Final Rule*. 40 CFR Part 63, Federal Register 68:97. EPA, Washington, D.C. www.epa.gov.

European Commission. 2000. *Reference Document on Best Available Techniques for the Production of Iron and Steel*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. eippcb.jrc.es.

Hamilton Spector, Canada, 1 March 2006.

Hartig W., Stedem K.H., Lin R. (AG der Dillinger Huttenwerke), *Sinter plant gas cleaning - State of the art*, presentation at 2005 ATS International Steelmaking Conference (Paris, December 15-16, 2005) La Revue de Metallurgie-CIT Juin 2006.

Hofstadler K. et al. 2003. *Dioxin at Sinter Plants and Electric Arc Furnaces: Emission Profiles and Removal Efficiency*. Voest Alpine Industrienlagenbau GmbH, Austria. g5006m.unileoben.ac.at/downloads/Dioxin.doc.

IPPC (European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau). 2001. *Guidance for the Coke, Iron and Steel Sector*. Sector Guidance Note IPPC S2.01. UK Environment Agency.

Kasai E. et al. 2001. “Effect of Additives on the Dioxins Emissions in the Iron Ore Sintering Process.” *ISIJ International* 41:1.

Lankford W.T., Samways N.L., Craven R.F. and MacGannon H.E. (eds.) 1985. *The Making, Shaping and Treating of Steel*. 10th Edition. Association of Iron and Steel Engineers, USA.

Nils-Olov Lindfors and Pertti Kostamo, *BAT examples from the Nordic iron and steel industry*, Norden Nordic Council of Ministers, Environment, TermNord 2006:509

Lockheed Martin Energy Systems, 2000, "Ironmaking Process Alternatives Screening Study, Volume 1" Summary Report, prepared for USA Department of Energy, LG Job No. 010529.01, October, 2000

United Kingdom Environment Agency. 2001. *Integrated Pollution Prevention and Control: Guidance for the Coke, Iron and Steel Sector*, Sector Guidance Note IPPC S2.01,

UNECE (United Nations Economic Commission for Europe). 1998. "Best Available Techniques for Controlling Emission of Heavy Metals." Annex III, *Protocol to the 1979 Convention on Long-Range Transboundary Pollution on Heavy Metals*. UNECE, Geneva. www.unece.org.

UNEP (United Nations Environment Programme). 2005. *Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases*. UNEP, Geneva. www.pops.int/documents/guidance/Toolkit_2005.pdf.

Wang L.-C. et al. 2003. "Emission of Polychlorinated Dibenzo-*p*-dioxins and Dibenzofurans from Stack Flue Gases of Sinter Plants." *Chemosphere* 50:9.

William Lemmon and Associates Ltd. 2004. *Research on Technical Pollution Prevention Options for Iron Sintering*. Prepared for the Canadian Council of Ministers of the Environment, Canada. www.ccme.ca/assets/pdf/df_is_p2_ctxt_p2_strtgy_e.pdf.

(iii). إنتاج الألمنيوم الثانوي

خلاصة

تشمل عملية صهر الألمنيوم الثانوي إنتاج الألمنيوم من منتجات الألمنيوم المستخدمة أو نفايات العملية لاسترداد المعادن بواسطة المعالجة الأولية و الصهر و التنقية.

يستخدم الوقود و مواد مساعدة للصهر و الخلائط في حين تتم إزالة المغنيزيوم بإضافة الكلور و كلوريد الألمنيوم أو المواد العضوية المكثورة. ربما تنتج الكيماويات المدرجة في الملحق C من اتفاقية استوكهولم من إضافات إزالة المغنيزيوم و الاحتراق غير التام و المواد العضوية في مواد التغذية و مركبات الكلور و التشكل في النظام عند درجات حرارة بين 25 و 500 مئوية.

تشمل أفضل التقنيات المتاحة أفران متقدمة بدرجات حرارة مرتفعة و مواد تغذية خالية من الكلور و الزيت (إذا كانت البدائل متوفرة) و حراقات بعدية مع إخماد سريع و امتصاص بالكربون الفعال و إزالة الغبار بمرشحات ليفية بالإضافة إلى تجنب استخدام خماسي كلور الإيتان من أجل إزالة المغنيزيوم من المصهور (إزالة المغنيزيوم) و الحفاظ على ضبط دقيق لعملية إزالة المغنيزيوم (demagging) عموماً.

تبلغ مستويات أداء مركبات الديوكسينات و الفيورانات في انبعاثات الهواء المرافقة لأفضل التقنيات المتاحة و أفضل الممارسات البيئية من أجل مصاهر الألمنيوم الثانوي أقل من 0.5 نانو غرام مكافئ سمي/ م³ نظامي (عند تراكيز أكسجين تشغيلية).

1. وصف العملية

إن العمليات المستخدمة في صهر الألمنيوم الثانوي متوقف على مواد التغذية. تتغير المعالجة الأولية و نوع الفرن و المواد المساعدة على الصهر المستخدمة مع كل منشأة. تشمل عمليات الإنتاج المعالجة الأولية للخردة و الصهر/التنقية. تشمل طرائق المعالجة الأولية التنظيف الميكانيكي و التعدين الحراري و التعدين المائي. تتم عملية الصهر باستخدام أفران دوارة أو أفران عاكسة. يمكن أن تستخدم الأفران التحريضية لصهر مواد التغذية من الألمنيوم الأنظف.

تتألف الأفران العاكسة من مقطعين: حجرة صهر تسخن بواسطة حراق يعمل على الزيت الثقيل و بئر مفتوح حيث تزود خردة الألمنيوم بأحجام مختلفة. تتألف الأفران الدوارة من غطاء أسطواني أفقي محمول على بكرات و مبطن بمادة مقاومة للصهر. يشعل الفرن من نهايته عادة بواسطة الغاز أز الزيت لوقود.

تتألف مواد التغذية من خردة العملية و علب الشرابات المستعملة و الرقائق والقذائف و الخردة التجارية و معدن اللناجم عن الخراطة و البكرات القديمة أو المعدن المقولب. يتعالج أيضاً مواد القشدة من عملية صهر الألمنيوم كمواد تغذية. يمكن أن تخفض عملية الفرز الأولية للخردة إلى مجموعات خليط مرغوبة، زمن المعالجة. تكون غالباً الخردة ملوثة بالزيت و الأغلفة التي يجب إزالتها لخفض انبعاثات و تحسين معدل الصهر (European Commission 2001, p. 279). يعاج ملح الخبث لاسترداد الملح الذي يستفاد منه كمادة مساعدة للصهر في الأفران الدوارة. تحتوي البقايا من معالجة خبث الملح محتوى مرتفع من أكسيد الألمنيوم (Al₂O₃) و يمكن إعادة تدويره باستخدام عملية باير (Bayer pro) أو يستخدم في صناعة الاسمنت.

أخذت خلاصة العملية التالية من المرجع EPA 1994:

"تستخدم معظم منشآت استرداد الألمنيوم الثانوي معالجة الدفعة في عمليات الصهر و التنقية. يستخدم فرن الصهر لصهر الخردة و إزالة الشوائب و الغازات المجرورة. يضخ الألمنيوم المصهور إلى فرن احتفاظ. إن أفران الاحتفاظ مناسبة أكثر من أجل الخلط النهائي و من أجل وضع أي ترتيبات إضافية ضرورية للتأكد من أن الألمنيوم يحقق مواصفات المنتج. أما السكب فيتم من أفران الانتظار إما في القوالب أو التغذية الراجعة من أجل مسابك مستمرة.

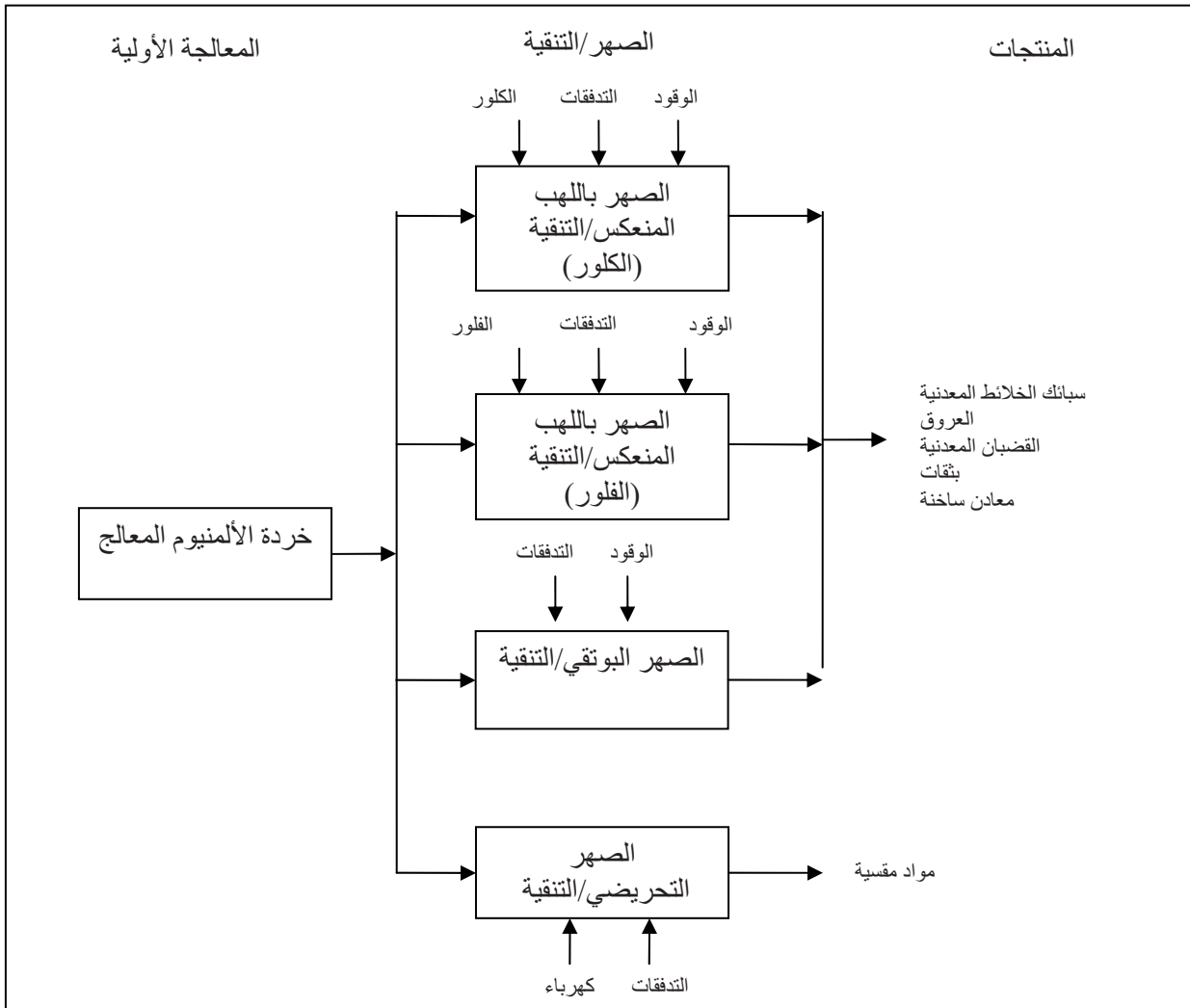
يمكن أن تتضمن عمليات الصهر و التنقية الخطوات التالي: التغذية و الصهر و إضافة المادة المساعدة للصهر و إزالة المغنيزيوم و طرد الغاز و صنع الخلائط و القشدة و السكب. تتألف التغذية من وضع خردة الألمنيوم المعالجة أولاً في بركة صهر الألمنيوم (heel) التي تبقى في أفران الصهر. توضع عادة الخردة و الممزوجة مع مواد مساعدة للصهر في بئر تغذية الفرن حيث تسبب الحرارة من الألمنيوم المصهور والمحيطه بالخردة في صهر الخردة بالتوصيل. تجمع المواد المساعدة للصهر مع الملوثات و المواد العائمة على سطح الألمنيوم و الشوائب المحجوزة موفرة حاجز (بثهانة حتى 6 انش) و التي تقلل من أكسدة الألمنيوم المصهور (ضياح المصهور) و يمكن أن تستخدم الطرائق الميكانيكية لغمر الخردة في البركة بأسرع ما يمكن.

تؤدي عملية إزالة المغنيزيوم إلى انقاص محتوى المغنيزيوم في الشحنة المصهورة. في الماضي، عندما كانت عملية إزالة المغنيزيوم مع الكلور السائل، يحقن الكلور تحت الضغط ليتفاعل مع المغنيزيوم أثناء فوران الكلور إلى السطح. يطلق الكلور المضغوط من خلال حوامل الكربون تحت سطح البركة مؤدية إلى انبعاثات كلور مرتفعة. استبدلت طريقة كلور الألمنيوم لإزالة المغنيزيوم طريقة حامل الكربون. يقاس غاز الكلور في أنبوب تفريغ مضخة التدوير. ولقد استبقت الأمور بأنه ستم ذكر خفض انبعاثات الكلور (على شكل مركبات كلوريدية). تستخدم أيضا في عملية إزالة المغنيزيوم، وسائط كلورة أو مساعدات انصهار أخرى مثل كلوريد الألمنيوم اللامائي أو مواد عضوية مكلورة.

إن عملية إزالة الغاز هي عملية لإزالة الغازات المجرورة في الألمنيوم المصهور. تطلق غازات خاملة تحت الضغط العالي أسفل السطح المصهور لإثارة بشدة المصهور. تسبب هذه الإثارة بأن ترتفع الغازات المجرورة إلى السطح و تمتص في المواد المساعدة للصهر للعائمة.

تجمع الخلائط الألمنيوم مع وسيط خلط من أجل تغيير شدته و ductility. تزيل عملية القشد فيزيائيا المواد شبه الصلبة الملوثة و الطافية على السطح (خبث المعادن أو شوائب القشد) بغرفها من سطح المصهور.

الشكل 1. صهر الألمنيوم الثانوي



المصدر: EPA 1994.

تستخدم عمليات استرداد الألمنيوم من قِبل الصناع الحرفيين و المنشآت صغيرة الحجم في عدد من البلدان. إن مستويات الأداء القابلة للتحقيق غير مطبقة على عمليات استرداد الألمنيوم من قِبل الصناع و المنشآت صغيرة الحجم، حيث لا تعتبر العملية المستخدمة كأفضل تقنية متاحة أو أفضل ممارسة بيئية و يجب أن لا تمارس أبداً بشكل مثالي. أحياناً، تصهر الخردة غير المفروزة بشكل كبير في بوتقة صغيرة أو فرن موجود ضمن بناء أو على فناء السطح، و في معظم الأحيان تكون غير مهواة بشكل مناسب. يمكن أن تشعل هذه الأجهزة بالفحم و الزيت و زيوت نفاية أو الفحم الحجري تبعاً لعوامل اقتصادية و حالة

على أية حال، حيث تمارس عمليات استرداد الألمنيوم من قبل الصناع أو المنشآت صغيرة الحجم، يجب أن توضع إجراءات من أجل خفض كمية الملوثات المنطلقة في البيئة. تشمل التدابير المستخدمة من أجل خفض انبعاثات الملوثات العضوية الثابتة والملوثات الأخرى من عمليات المهرة الفرز الأولي لمواد الخردة و اختيار الوقود الأفضل (زيت أو وقود غاز عوضاً عن الفحم الحجري) و تهوية ملائمة و ترشيح الغازات المنعدمة و إدارة مناسبة للنفايات و اختيار مناسب لمواد إزالة الغاز. يمكن تحقيق هذه التدابير عن طريق التعليم و امتداد برامج العمل إلى مجموعات أصحاب المهنة و سلطات المدينة.

يؤدي الفرز الأولي الفعال إلى تخفيضات معنوية في اطلاقات الملوثات العضوية الثابتة. يكون الفرز اليدوي أكثر من الفرز الميكانيكي، ملائم في بعض التوفيرات تبعاً للتوازن بين تكليف اليد العاملة و توفر رأس المال. يمكن أن يسهم التدريب المناسب و الإشراف في جعل الفرز اليدوي للخردة فعال جداً و لديه الامكانية في تحسين استهلاك الطاقة و جودة المنتج و خفض كمية الخبث التي سينتج منها. تؤدي عملية تجفيف مواد التغذية و الاحماء الأولي للعواكس (المواد المقاومة للصهر)، حيث يستخدم وقود أكثر، إلى خفض إنتاج الهيدروجين في المصهور و بالتالي تحسين جودة المنتج دون استخدام المواد الكيميائية.

ستؤدي التهوية الملائمة لمكان العمل إلى خفض تعرض مكان العمل. إن استخلاص الأبخرة و الغازات المنطلقة من خلال مدخنة أو هود مغلق حول البوتقة بتوفير سحب طبيعي و توفر بعض التبعر و لكن لا تخفض الانبعاثات إلا بتحسين جودة الاحتراق. يؤدي التسخين بوقود الزيت أو الغاز إلى خفض تشكل الملوثات العضوية الثابتة.

في منشآت أكبر، ربما تكون التمديدات لجمع الغازات العادمة و تركيب تحكيمات تلوث ملائمة. يمكن أن تكون المرشحات و الغوازل الجافة من أجل إخماد العوازل فعالة و لكن تتطلب توفير الكهرباء بثقة لتشغيل المراوح. تتطلب الغوازل الرطبة ترتيبات من أجل جمع و معالجة و التخلص من الإطراحات السائلة. تتطلب كافة أنظمة ضبط التلوث إلى ترتيبات مناولة البقايا ملائمة و طرق تخلص في المنشأة قبل التجهيز. إذا لم تكن معالجة الإطراحات في المكان يفضل ترطيب أجهزة ضبط تلوث هواء جافة. على أية حال، إن تخزين المواد العالقة مطلوب في العديد من البيئات و التخزين الملائم و ترتيبات النفايات مطلوب من أجل التقاط المواد إلى أن يحدد طريق للتخلص منها بشكل مناسب. من المفيد أن تدار و يتخلص من النفايات بشكل مشترك بين المنشآت بمكان واحد و بتعاون الإقليمي.

يعتقد بأن استخدام خماسي كلورو الإيتان كمادة لإزالة الغاز من أجل إرجاع المعادن قد يؤدي إلى اطلاق الملوثات العضوية الثابتة. أثبت استخدام فلوريد البوتاسيوم أو فلوريدات الألمنيوم و البوتاسيوم كوسيط لإزالة الغاز نجاحها في بعض المعامل الكبيرة. استخدمت معامل كبيرة أخرى الكلور كمزيل للغاز. في هذه المواقع، تكون ترتيبات المناولة و السلامة في مكانها بما في ذلك الكوادر المدربة بشكل مناسب.

2. مصادر الكيمياويات المدرجة في الملحق C من اتفاقية استوكهولم

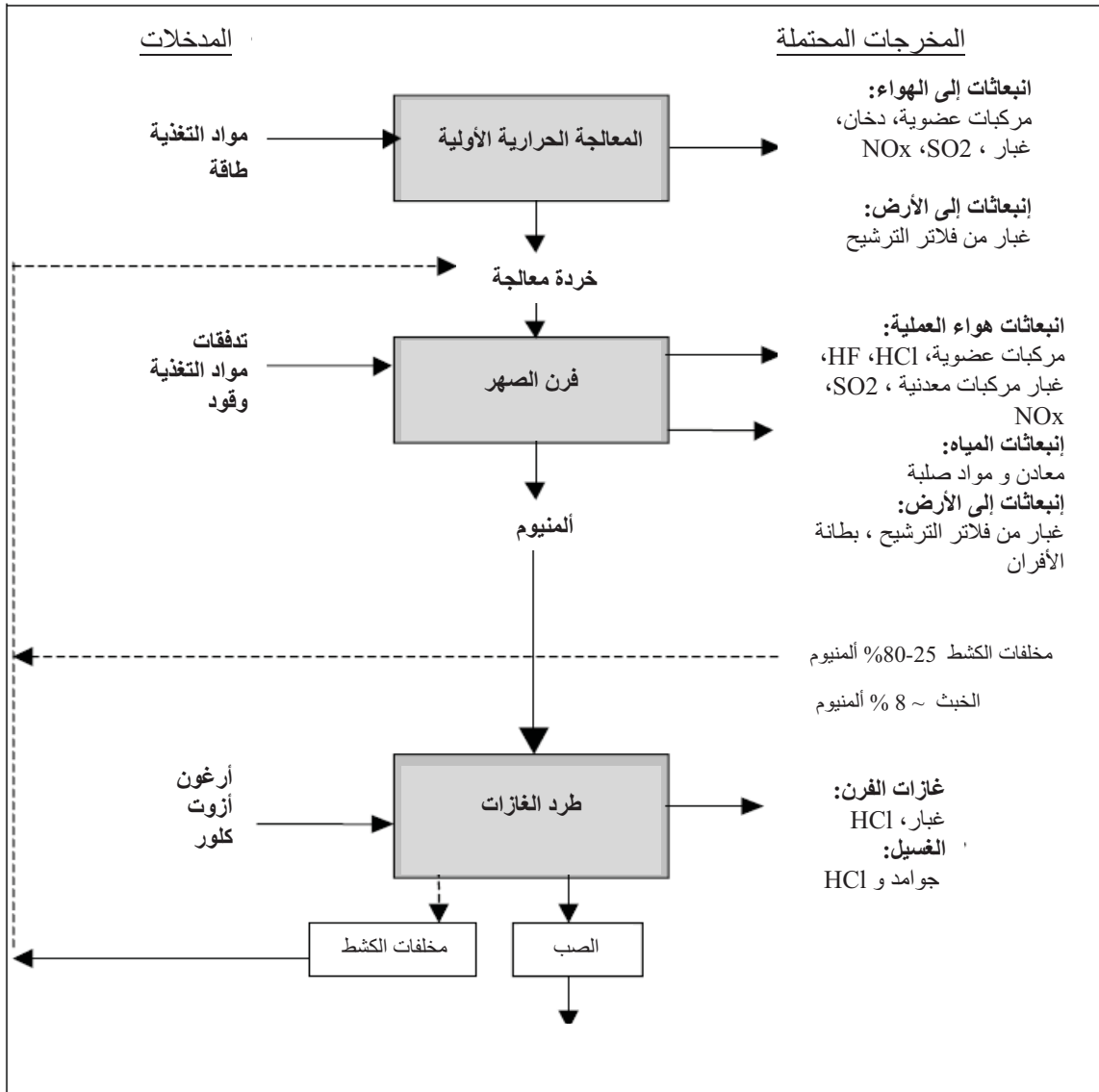
ربما يكون تشكل الكيمياويات المدرجة في الملحق C من اتفاقية استوكهولم ناجمة عن الاحتراق غير الكامل و إضافة الملوثات في مواد التغذية و من الإضافات الكيميائية من أجل إزالة المغنيزيوم مع شروط العملية مدعمة لتشكيل الملوثات العضوية الثابتة.

2.1 معلومات عامة حول الانبعاثات من مصاهر الألمنيوم الثانوية

تشمل الانبعاثات المحتملة إلى الهواء الغبار و مركبات المعدن و الكلوريدات و أكاسيد الأزوت و ثاني أكسيد الكبريت و المركبات العضوية مثل الدايبوكسينات و الفيورانات و أول أكسيد الكربون. يمكن أيضاً أن تتشكل الأمونيا من التخزين السلي و معالجة و نقل المواد المقشودة. يمكن إزالة مركبات الكلور باستخدام غوازل رطبة أو جافة و يخفض تشكلها بضبط جيد و استخدام مزيج من الكلور و الغازات الخاملة. يمكن أن تستخدم حراقات منخفضة أكاسيد الأزوت و وقود ذي محتوى منخفض من الكبريت لانقاص انبعاثات أكاسيد الأزوت و غاز ثاني أكسيد الكبريت (European Commission 2001, p. 294–300).

" يستخدم الحرق البعدي لتحطيم المواد العضوية التي تتسرب في حين تستخدم بعد ذلك عملية حقن مواد المعالجة مثل الجير و ثاني كربونات الصوديوم و الكربون. تستخدم بعد ذلك معظم المنشآت مرشحات كيميائية (عالية الكفاءة) أو مرشحات سيراميكية لإزالة الغبار و الانبعاثات التي تقع في المجال 0.6-20 ملغ/م³ نظامي. يسبق هذه المرشحات عادة مخدم شرارة (spark arrester) أو حجرة تبريد لتوفير حماية للمرشح. يمكن استرداد الطاقة، و تستخدم حراقات على نحو مشترك (European Commission 2001).

الشكل 2. مدخلات و مخرجات إنتاج الألمنيوم الثانوي



ملاحظة: يمكن أن يرافق الغبار و الأدخان المركبات العضوية الطيارة و الديوكسينات (European Commission 2001)

2.2. انبعاثات مركبات الديوكسينات و الفيورانات إلى الهواء

تتشكل مركبات الداىوكسينات و الفيورانات أثناء صهر الألمنيوم من خلال الاحتراق غير الكامل أو بالاصطناع **de novo** عندما مركبات الكلور و المركبات العضوية مثل مواد مساعدة للصهر و خماسي كلور الإيتان و الكلور و الوقود غير المحترق و الزيوت و البلاستيك في مواد التغذية. تتألف مواد التغذية الثانوية من خردة ملوثة.

" إن وجود الزيوت و المواد العضوية الأخرى على الخردة أو مصادر أخرى للكربون (وقود محترق جزئيا و المرجعات مثل فحم الكوك) ، يمكن أن ينتج دقائق كربون ناعمة و التي تتفاعل مع الكلوريدات أو الكلور المرتبط عضويا في مجال درجات حرارة بين 250-500 مئوية لإنتاج مركبات الداىوكسينات و الفيورانات. تعرف هذه العملية باصطناع **de novo** و يحفز بوجود المعادن مثل الحديد و النحاس.

على الرغم من أن مركبات الداىوكسينات و الفيورانات تتحطم في درجات حرارة مرتفعة (فوق 850 درجة مئوية) بوجود الأوكسجين، مازالت عملية اصطناع **de novo** ممكنة حيث تبرد الغازات عبر نافذة إعادة التشكل. يمكن أن توجد هذه النافذة في أنظمة الإخماد و في أجزاء مبرد الفرن مثلا في منطقة التغذية. يجب أخذ الحيطة في تصميم أنظمة التبريد لخفض إلى أدنى حد زمن البقاء في هذه النافذة لمنع اصطناع **de novo** (European Commission 2001, p. 133).

"يمكن أن يؤدي الاحتراق السيء للوقود أو محتوى المواد العضوية في مواد التغذية في انبعاث المواد العضوية. يستخدم حراق فعال و فرن للضبط لأمتلة الاحتراق. يجب أن تؤخذ في الاعتبار ذروة معدلات الاحتراق من المواد العضوية المتضمنة إذا جرى تغذيتها في الفرن. و لقد ذكر بأن تنظيف الخردة الأولي يزيل معظم المواد العضوية و يحسن من معدل الصهر. سيوفر استخدام مزائج الكلور من أجل إزالة الغاز و إزالة النغيزيوم و استخدام الكلوريدات (ملح لمساعدة الصهر) مصدرا للكلور من أجل تشكل محتمل لمركبات الداويكسينات و الفيورانات" (European Commission 2001, p. 297).

اعتمادا على المعلومات التي تم الحصول عليها من عمليات الألمنيوم الثانوي اليابانية، وجد بأن الانبعاثات تتفاوت تبعاً لنوع الفرن المستخدم. كان نوع الفرن الأعلى انبعاثاً في هذه الدراسة هو فرن البئر المفتوح الارتدادي. وجد بأن هذه الوحدات تصدر وسطياً 0.38 مكافئ سمي/م³ نظامي. يعتقد بأن هذه النتائج ترتبط بالحقيقة أن تصميم الفرن فقط هو الذي يسمح بتغذيته بقطع كبيرة من مواد الخردة و هذه الخردة عادة ما تكون أكثر تلوثاً بالمواد العضوية التي تسهم في تشكل مركبات الداويكسينات و الفيورانات (Government of Japan 2005).

2.3. الإطلاقات إلى الأوساط الأخرى

(European Commission 2001, p. 294-300)

" يعتبر إنتاج الألمنيوم من مواد الخام الثانوية عملية جافة جوهرياً. و لهذا يكون طرح مياه الصرف محدودة لمياه التبريد التي غالباً يعاد تدويرها و مسيلات مياه الأمطار من الأسطح و السطوح. يمكن أن تكون مسيلات مياه الأمطار ملوثة بالمواد الأولية الخام و المخزونة بالعراء مثل الخردة الزيتة و المواد الصلبة المترسبة.

يظهر خبث الملح عندما يستخدم مزيج من كلوريد الصوديوم و البوتاسيوم لتغطية المعدن المصهور لمنع الأكسدة و زيادة المردود و الكفاءة الحرارية. ينتج هذا الخبث بشكل عام في الأفران الدوارة و يمكن أن يكون لها أثر بيئي إذا ترسبت على الأرض. تستخدم المواد الناتجة عن عملية القشد كمواد خام في الأجزاء الأخرى من صناعة الألمنيوم الثانويو تعالج أحياناً مبدئياً بالطحن و تصنف بالهواء لفصل الألمنيوم من أكسيد الألمنيوم. يجري عادة التخلص من المرشحات المستهلكة. في بعض الحالات، و خاصة عندما يستخدم ثاني كربونات الصوديوم من أجل تنظيف الغاز، تسترد البقايا الصلبة من مزيج الملح. و كطريقة بديلة، يمكن أن يعالج مرشحات الغبار حرارياً لتحطيم الداويكسينات. يمكن استرداد بطانة الفرن و الغبار في عمليات معالجة خبث الملح أو يجري التخلص منها."

3. العمليات المنصوح بها

يتأثر تصميم العملية و شكلها بالتغيرات في مواد التغذية و ضبط الجودة. أما العمليات التي اعتبرت أفضل التقنيات المتاحة فهي الفرن الارتدادي و أفران الدوارة و الأفران الدوارة المزودة بغطاء و فرن التحريض و فرن Melttower shaft . يجب تطبيق كافة التقنيات بالتزامن مع أنظمة إخماد و جمع غاز مناسبة.

لا تتوفر معلومات عن عمليات بديلة للصهر من أجل معالجة الألمنيوم الثانوي.

4. التدابير الأولية و الثانوية

جرى أدناه مناقشة التدابير الأولية و الثانوية من أجل خفض أو التخلص من مركبات الداويكسينات و الفيورانات.

تبلغ مستويات أداء مركبات

4.1. التدابير الأولية

تعتبر التدابير الأولية تقنيات لمنع تلوث لخفض أو التخلص من تشكل و اطلاق الملوثات العضوية الثابتة. تشمل التدابير الممكنة:

4.1.1 فرز أولي لمواد التغذية

يجب تجنب وجود الزيوت و المواد العضوية بما في ذلك البلاستيك و مركبات الكلور في مواد التغذية لخفض توليد مركبات الداويكسينات و الفيورانات أثناء الاحتراق غير الكامل أو بواسطة اصطناع de novo. يجب فرز مواد التغذية قبل الصهر لتلائم نوع الفرن و الإخماد و أن تسمح بانتقال المواد الخام غير الملائمة إلى منشآت أخرى أفضل لمعالجتها. سمنع هذا أو يقلل إلى أدنى حد استخدام املاح الكلوريد المساعدة في الصهر أثناء الصهر.

يجب تنظيف مواد الخردة من الزيوت و الدهانات و البلاستيك أثناء المعالجة الأولية. سيخفض إزالة المركبات الكلورية و العضوية احتمالية تشكل مركبات الداويكسينات و الفيورانات. تشمل الطرائق تثقيف الخراطة المعدنية (swarf) و تجفيف

أختبرت عملية فرز الخردة بتكنولوجيا تيار الليزر و الدوامة. يمكن أن توفر هذه التكنولوجيا اختيار فعال للمواد من أجل إعادة التدوير و القدرة على إنتاج الخلائط المطلوبة في معامل إعادة التدوير (European Commission 2001, p. 294–300).

4.1.2 ضبط عملية فعال

يجب استخدام أنظمة ضبط العملية للمحافظة على استقرار العملية و التشغيل عند مستويات بارامتر تسهم في خفض إلى أدنى حد تشكل مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات مثل المحافظة على درجة حرارة الفرن فوق 850 مئوية لتحطيم مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات. و على شكل مثالي، يمكن مراقبة انبعاثات مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات باستمرار للتأكد من اطلاقات مخفضة. أثبت الاعتيان المستمر لانبعاثات مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات لبعض القطاعات (مثلا محارق النفايات)، ولكن مازالت البحوث قيد التطوير في هذا الحقل. بغياب المراقبة المستمرة لمركبات الدايبوكسينات و الفيورانات، يجب أيضا مراقبة المتغيرات الأخرى مثل درجة الحرارة و زمن البقاء و مكونات الغاز و تحكيمات صمام جمع الأبخرة و المحافظة عليها لوضع شروط التشغيل المثلى من أجل خفض مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات.

4.1.3 إزالة المغنيزيوم

يبدو أن التدبير الأساسي لضبط الكيماويات المدرجة في الملحق C إزالة صحيحة للمغنيزيوم (إزالة المغنيزيوم من المصهور). أظهر استخدام كبسولات خماسي كلور الإيتان زيادة في اطلاقات مرتفعة من مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات و خاصة خماسي كلور بنزن (HCB) و لهذا جرى حظر هذه الممارسة في أوروبا. إن هذا المظهر هام في العملية. يتطلب اختيار طريقة إزالة المغنيزيوم تقييم دقيق للإختيارات حيث يوجد اعتبارات عملية و صحية و سلامة بالإضافة إلى اعتبارات بيئية.

4.2 التدابير الثانوية

إن التدابير الثانوية هي تقنيات ضبط تلوث. لا تزال هذه الطرائق توليد الملوثات و لكنها تخدم كوسائل لاحتواء أو منع الانبعاثات.

4.2.1 جمع الغز و الأبخرة

يجب تطبيق جمع الأبخرة و الغازات المنطلقة في ضبط انبعاثات الهواء من كافة مراحل العملية. يجب استخدام أنظمة التغذية و الأفران محكمة الاغلاق. يجب ضبط الانبعاثات الهاربة و المحافظة على ضغط سلبي ضمن الفرن لمنع التسريبات. إذا لم يكن الإحكام ممكن، يجب استخدام الهودات. ربما تكون اغلاقات الفرن أو المفاعل ضرورية. و عندما لا يكون الاستخلاص الرئيسي و انحباس الأبخرة، يجب إغلاق الفرن و بالتالي يمكن استخلاص هواء التهوية و معالجته و من ثم طرحه خارجا (European Commission 2001, p. 187–188). تشمل الفوائد الإضافية لجمع الأبخرة الغازات المنطلقة من خطوط السقف، خفض التعرض العمال للأبخرة و المعادن الثقيلة.

4.2.2 إزالة غبار عالية الكفاءة

يجب إزالة المواد العالقة المنتجة أثناء عملية الصهر حيث تتميز هذه المواد بسطح فعال كبير الذي تمتص عليه مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات و ثنائي فينول متعدد الكلور (PCB) و HCB. سيؤدي العزل المناسب و التخلص من هذا الغبار في ضبط مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات. يجب معالجة العوالق المجموعة في أفران ذات درجات حرارة مرتفعة لتحطيم مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات و استرداد المعادن. و من الطرائق التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار استخدام المرشحات الليفية و غوادل رطبة و جافة و مرشحات سيراميكية.

سيزيل غسل الغازات المنطلقة بثاني كربونات الصوديوم الكلوريدات المنتجة بمصهور الملح مشكلة كلوريد الصوديوم الذي يمكن إزالته بواسطة المرشحات الليفية و يعاد إلى الفرن. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن يحطم استخدام التغليف بالمحفز على أكياس المرشحات الليفية، مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات بالأكسدة في حين تجمع المواد العالقة التي تمتص عليها هذه

4.2.3 حراقات بعديّة و إخماد

يجب استخدام الحراقات البعدية (احتراق بعدي) في درجة حرارة 950 درجة مئوية كحد أدنى للتأكد من الاحتراق الكامل للمركبات العضوية (Hübner et al. 2000). يجب أن تتبع هذه المرحلة بإخماد سريع للغازات الحارة إلى درجات حرارة أقل من 250 درجة مئوية. سيعزز حقن الأكسجين في الجزء الأعلى من الفرن الاحتراق الكامل (European Commission 2001, p. 189).

و لقد لوحظ بأن مركبات الداويكسينات و الفيورانات تتشكل في مجال درجة الحرارة من 250 – 500 درجة مئوية. و هي تتحطم فوق 850 درجة مئوية بوجود الأكسجين. حتى الآن، لا يزال اصطناع **de novo** ممكنا حيث تبرد الغازات عبر نافذة إعادة التشكل الموجودة في أظمة الإخماد و مناطق تبريد الفرن. يجب تطبيق تشغيل مناسب لأنظمة التبريد لخفض إلى أدنى حد زمن إعادة التشكل (European Commission 2001, p. 133). و من فوائد تبريد الغازات المنطلقة قبل طرحها، حجم الغاز المخفض و بالتالي انقاص حجم جهاز الإخماد و حجم المجرى و احتياجات الطاقة من أجل حركة الغاز.

4.2.4 الامتصاص على الفحم الفعال

يجب اعتبار المعالجة بالكربون الفعال حيث تعتبر هذه المادة وسط مثالي تمتص عليه مركبات الداويكسينات و الفيورانات بسبب مساحة سطحها الكبير. تشمل تقنيات معالجة الغازات المنطلقة استخدام مفاعلات بسرير متحرك أو ثابت أو حقن الكربون في مجرى الغاز متبوعا بأنظمة إزالة للغبار عالية الكفاءة مثل المرشحات الليفية. يمكن أيضا استخدام مزائج الجير/ كربون.

4.2.5 مرشح مطلي بمحفز

استخدم الباحثون اليابانيون مرشح مطلي بمحفز على مستوى تجريبي و كانت النتائج مشجعة. يتألف نظام ترشيح هذا من مرشحين، يجمع الأول السخام في حين يفكك الثاني المطلي بالمحفز الداويكسينات و الفيورانات. أثبت العمل التجريبي بأن المحفز كان فعالا في تفكيك الداويكسينات و الفيورانات في درجات حرارة في المجال 180-200 مئوية.

4.3 أفضل الممارسات البيئية

اشتقت الإرشادات التالية من اتحاد تكرير خلائط الألمنيوم اليابانية (آذار 2004) و يمكن أن تعتبر كأفضل الممارسات البيئية: عرضت أدناه الإرشادات التشغيلية العملية. إن المواضيع الرئيسية التالية عامة لهذه الإرشادات:

- لا تشتري أي شيء يمكن أن ينتج دخان. اصهر المواد تدريجيا
- انجز الصهر و الاحتراق بدون إنتاج سخام أو دخان
- احرق على نحو كامل السخام و الدخان الناتج فورا
- برد بسرعة الغازات العادمة في درجات حرارة مرتفعة أو متوسطة حتى 170 مئوية أو أقل
- ضبط CO في الغازات العادمة (CO أقل أو يساوي 50 جزء في المليون، إدارة نسبة وقود-هواء)

إرشادات التشغيل:

1. مواضيع متعلقة بالمواد و الخرّدة:

- عزز الفرز على و بعد قبول المواد

- أفرز و استبعد الريزينات و الزيت
 - أفرز و استبعد المواد الغريبة و الريزينات بعد عمليات التفتيت
 - أعد المواد عندما يكون الريزين أو الزيت عالقا. لا تقبل هذه المواد في أسعار مخفضة
2. في فترة الاحتراق و الصهر في حجرة الصهر
- تجنب تشغيل الحراق و إطفاءه قدر الإمكان لخفض الاحتراق غير الكامل و توليد السخام
 - قم بتزويد المواد عندما يكون الحراق جار و وجه الدخان و السخام المتولد إلى الشعلة من أجل الاحتراق الثانوي.
3. في فترة الاحتراق و الصهر في بئر مفتوح
- اضبط نسبة الوقود-هواء بقياس تركيز الأكسجين و أول أكسيد الكربون في الغازات العادمة
 - من أجل تسخين و حرق الدخان و السخام المتولد من المواد التي تشحن في البئر المفتوح، يوجه الدخان و السخام إلى شعلة الحراق
 - اضبط تزويد مواد الصهر تبعا لحجم الدخان و السخام (الشعلة) المتولد:
 - إجعل تزويد المواد القابلة للاحتراق متساوية (تكرر ي و بكميات قليلة)
 - حافظ على مكان الاحتراق بدون احتراق غير كامل
 - لا تسرب الدخان من هود الغازات العادمة.
 - حافظ على أداء مجمع الغبار (مع فحص دوري و استبدال الكيس)
4. في فترة عملية إزالة المغنيزيوم
- حافظ على فترة فاصلة بين إطفاء الحراق و بدء عملية الكلور و بين اتمام عملية الكلور و إشعال الحراق، من 5-10 دقائق مع تنفيذ مص الهواء (طرح الغاز المتبقي)
 - اعمل تحسينات في الكفاءة بواسطة زيادة في درجة الحرارة الأولية لعملية صهر المعدن
 - أفرز المواد المتحدة تبعا لكمية المغنيزيوم المحتواة
 - عاير كمية الكلور و تلك المساعدة على الصهر المستخدمة
5. في فترة تجفيف الخرطة
- اطلب تحسينات في غبار القطع مع زيوت قطع مفرطة (زيت قطع مع محتوى مرتفع من الكلور)
 - إعادة تسخين عند درجات حرارة مرتفعة و حافظ على الغازات العادمة في فرت التجفيف و برد بسرعة الغازات العادمة (و يعني حافظ على ضبط جيد لدرجة الحرارة)
 - قيس تركيز أول أكسيد الكربون في الغازات العادمة دوريا
6. في فترة إزالة الدهان و تحميص خرده العلبه (علب الشراب المستعملة)
- إزالة العناصر الفريية مثل الريزينات و الأكياس الريزينية
 - تشغيل مستقر لفرن إعادة التسخين عند تدوير ثابت و درجة حرارة الغازات العادمة
7. عام
- صيانة و فحص سعة مجمع الغبار و استبدال الكيس و اهتزاز الدورة و ضغط المص
 - تطبيق دوري للتعليم البيئي الداخلي من أجل عمال الصهر
 - وضع هدف تركيز الدايبوكسينات و الفيورانات في الغازات العامة (أقل من 1 نانو غرام مكافئ سمي/3م نظامي) للمنشآت الحالية.

5. البحوث المنبثقة

تعتبر الأكسدة التحفيزية تكنولوجيا منبثقة مستخدمة في محارق النفايات للتخلص من انبعاثات مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات. يجب اعتبار هذه العملية من قبل صاهري المعادن الأساس الثانوية إذ أثبتت فعاليتها في تحطيم مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات في محارق النفايات. على أية حال، يمكن أن تتعرض الأكسدة التحفيزية، و التي ترتبط باختبار المخفف، للتسمم من المعادن النذرة و ملوثات الغازات العادمة الأخرى. سيكون عمل التهوية ضروري قبل استخدام هذه العملية.

تعالج الأكسدة التحفيزية المركبات العضوية إلى ماء و ثاني أكسيد الكربون و حمض كلور الماء باستخدام محفز معدن ثمين لزيادة سرعة التفاعل بين 370-450 درجة مئوية في حين يحدث الترميد نودجيا عند الدرجة 980 مئوية. أظهرت الأكسدة التحفيزية بأنها احطم مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات بأزمنة بقاء أقصر و استهلاك طاقة أقل و كفاءة 99% و يجب أن تؤخذ في الاعتبار. يجب معالجة الغازات المنطلقة من أجل إزالة العوالق قبل الأكسدة التحفيزية من أجل كفاءة مثلى. إن هذه الطريقة فعالة من أجل الطور البخاري للملوثات. يعالج حمض كلور الماء الناتج في غاسل في حين يطلق الماء و غاز ثاني أكسيد الكربون في الهواء بعد التبريد (Parvesse 2001).

6. خلاصة التدابير

يبين الجدول 1 و 2 خلاصة التدابير التي جرى مناقشتها في الفقرات السابقة.

الجدول 1. التدابير من أجل العمليات المنصوح بها من أجل مصاهر الألمنيوم الثانوي الجديدة

التدبير	الوصف	الاعتبارات	الملاحظات الأخرى
العمليات المنصوح بها	يجب اعتبار عمليات الصهر المنصوح بها من أجل المنشآت الجديدة	تشمل العمليات التي يجب تؤخذ في الاعتبار الفرن الارتدادي و الأفران الدوارة و فرن التحريض و فرن Meltower shaft	يجب تطبيق كافة التقنيات بالتزامن مع جمع للغاز مناسب و أنظمة إخماد

الجدول 2. خلاصة التدابير الأولية و الثانوية من أجل مصاهر الألمنيوم الثانوي

التدبير	الوصف	الاعتبارات	الملاحظات الأخرى
التدابير الأولية			
فرز أولي لمواد التغذية	يجب تجنب وجود الزيوت و البلاستيك و المركبات الكلور في مواد التغذية لخفض توليد مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات أثناء الاحتراق غير الكامل أو باصطناع de novo	تشمل العمليات التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار: <ul style="list-style-type: none"> منع أو التقليل إلى أدنى حد استخدام أملاح الكلور عندما يكون ذلك ممكنا تنظيف مواد الخردة من الزيوت و البلاستيك و الدهانات أثناء المعالجة الأولية استخدام تقنيات إزالة الأغلفة حراريا مثل تنفيل الخراطة أو تجفيف الخراطة 	يجب فرز مواد التغذية قبل الصهر لتلائم نوع الفرن و الإخماد و تسمح بنقل المواد الخام غير المناسبة إلى منشآت أخرى مناسبة أفضل لمعالجتها
		يجب أن تتبع عمليات إزالة الأغلفة و الزيوت حراريا بحرق بعدي لتحطيم أية مواد عضوية في الغازات المنطلقة	

التدبير	الوصف	الاعتبارات	الملاحظات الأخرى
ضبط فعال للعملية	يجب استخدام أنظمة ضبط عملية للمحافظة على استقرار العملية و التشغيل عند مستويات بارامتر تسهم في خفض إلى أدنى حد توليد مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات	يمكن تخفيض إلى أدنى حد انبعاثات مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات بضبط المتغيرات الأخرى مثل درجة الحرارة و زمن البقاء و مكونات الغاز تحكيمات صمام جمع الأبخرة تبعد وضع الشروط المثلى للتشغيل من أجل خفض مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات	برهن اعتيان مستمر لانبعاثات مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات لبعض القطاعات (مث حرق النفايات) و لكن مازالت البحوث تحت التطوير في هذا الحقل
اختيار كيموايات إزالة المغنيزيوم	بحرص اعتبر اختيار الكيموايات و عملية التحكم للتأكد من معالجة الغازات المنطلقة	يمكن أن يؤدي استخدام خماسي كلور إيتان من أجل إزالة المغنيزيوم إلى اطلاقات مرتفعة من مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات و HCB (لا توجد معلومات حول PCB و لكن لها فوائد هامة للعملية)	
التدابير الثانوية			
جمع الغاز و الأبخرة	يجب تطبيق جمع فعال للغبار و الأبخرة في التقاط انبعاثات الهواء من كافة مراحل العملية	تشمل العمليات التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار: <ul style="list-style-type: none"> استخدام أنظمة محكمة الإغلاق للتغذية و الأفران ضبط الانبعاثات الهاربة بالمحافظة على ضغط هواء سالب ضمن الفرن لمنع التسريبات استخدم نظام الهود إذا لم يكن إحكام الوحدة ممكنا استخدم إغلاقات الفرن أو المفاعل 	حيث لا يكون عمليا الاستخلاص الأولي وإغلاق الأبخرة، يجب إغلاق الفرن و بالتالي يمكن استخلاص هواء التهوية و معالجته و من ثم طرحه خارجا
إزالة عالية الكفاءة للغبار	يجب إزالة المواد العالقة المتشكلة أثناء عملية الصهر حيث تتميز هذه المواد بمساحة سطح فعال كبيرة تمتص عليها مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات. يساعد العزل و التخلص المناسب لهذه الأبخرة في ضبط مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات	تشمل العمليات التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار: <ul style="list-style-type: none"> مرشحات ليفية و غواسل رطبة و جافة و مرشحات سيراميكية طلاء مادة محفزة على أكياس المرشح الليفي لتحطيم مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات بالأكسدة بينما تجمع المواد العالقة التي تمتص عليها هذه الملوثات 	يجب معالجة العوالق المجموعة باستخدام أفران بدرجات حرارة مرتفعة لتحطيم مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات و استرداد المعادن
حراقات بعدية و إخماد	يجب استخدام درجات حرارة أعلى من 950 مئوية للتأكد من الاحتراق التام للمركبات العضوية متبوعا بإخماد سريع للغازات الحارة إلى أقل من 250 درجة مئوية	تشمل الاعتبارات: <ul style="list-style-type: none"> تشكل مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات في المجال 250-500 درجة مئوية و التحطيم بدرجات حرارة أعلى من 850 مئوية بوجود الأكسجين مطلب من أجل أكسجين كاف في المنطقة العليا من الفرن من أجل احتراق كامل الحاجة إلى تصميم ملائم لأنظمة التبريد لخفض إلى أدنى حد زمن إعادة التشكيل 	ما زال اصطناع De novo ممكنا حيث تبرد الغازات من خلال نافذة إعادة التشكيل

التدبير	الوصف	الاعتبارات	الملاحظات الأخرى
امتصاص على الكربون الفعال	يجب اعتبار المعالجة بالكربون الفعال حيث تعتبر هذه المواد وسط مثالي تمتص عليه مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات بسبب مساحتها الكبيرة	تشمل العمليات التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار: <ul style="list-style-type: none"> المعالجة بالفحم الفعال باستخدام مفاعلات سرير ثابت أو متحرك حقن الكربون في مجرى الغاز متبوعاً بطرائق إزالة الغبار عالية الكفاءة مثل المرشحات اللبيفية 	يمكن أيضاً استخدام مزائج الجير/الكربون
البحوث المنبثقة			
الأكسدة التحفيزية	إن الأكسدة التحفيزية تكنولوجياً منبثقة و التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار بسبب كفاءتها العالية و استهلاك طاقة أقل. تحول الأكسدة التحفيزية المركبات العضوية إلى ماء و ثاني أكسيد الكربون و حمض كلور الماء باستخدام محفز معدن ثمين	تشمل الاعتبارات: <ul style="list-style-type: none"> كفاءة عملية من أجل الطور البخاري للملوثات معالجة حمض كلور الماء باستخدام غوازل بينما يطلق الماء و غاز ثاني أكسيد الكربون إلى الهواء بعد التبريد 	أظهرت بأنها تخفض من انبعاثات مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات بأزمنة بقاء أقل و استهلاك طاقة أقل و 99% كفاءة. يجب إزالة الغبار من الغازات المنطلقة قبل الأكسدة التحفيزية من أجل كفاءة مثلى.

7. مستويات الأداء المرافقة لأفضل التقنيات المتاحة و أفضل الممارسات البيئية

تكون مستويات الأداء لمركبات الدايبوكسينات و الفيورانات في انبعاثات الهواء لأفضل التقنيات المتوفرة و أفضل الممارسات البيئية من أجل مصاهر الألمنيوم الثانوي أقل من 0.5 نانو غرام /م³ نظامي (عند تراكيز أكسجين تشغيلية).

المراجع

EPA (United States Environmental Protection Agency). 1994. *Secondary Aluminium Operations*. Background Report AP-42, Section 12.8. www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch12/final/c12s08.pdf.

European Commission. 2001. *Reference Document on Best Available Techniques in the Non-Ferrous Metals Industries*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. eippcb.jrc.es.

Government of Japan. 2005. *Technical Information on Measures for Dioxins Discharge Control at Secondary Aluminum Refineries*. Government of Japan, Ministry of Economy, Trade and Industry.

Hübner C., Boos R., Bohlmann J., Burtscher K. and Wiesenberger H. 2000. *State-of-the-Art Measures for Dioxin Reduction in Austria*. Vienna. www.ubavie.gv.at/publikationen/Mono/M116s.htm.

Japan Aluminium Alloy Refiners Association. 2004. *New Operation Guidelines to Suppress DXNs Emissions Exhaust Gas*.

Parvesse T. 2001. "Controlling Emissions from Halogenated Solvents." *Chemical Processing* 64(4):48–51.

مصادر أخرى

Brodie D.J. and Schmidt H.W. 1999. "Custom-Designed Fluid Bed Calciner for Nabalco Pty Ltd." In: *Proceedings of 5th International Alumina Quality Workshop*, 21–26 March 1999, Bunbury, Australia.

Gunson A.J. and Jian Y. 2001. *Artisanal Mining in The People's Republic of China*. Mining, Minerals and Sustainable Development (MMSD), International Institute for Environment and Development (IIED), September 2001.

Schmidt H.W. and Stockhausen W. 2002. "Latest Developments in Circulating Fluid Bed Calcination Based on Operating Experience of Large Calciners." In: *Proceedings of 6th International Alumina Quality Workshop*, 8–13 September 2002, Brisbane, Australia.

Schmidt H.W., Stockhausen W. and Silberberg A.N. 1996. "Alumina Calcination with the Advanced Circulating Fluid Bed Technology." In: *Light Metals* (ed. Hale W.) TMS, Pennsylvania, United States.

UNEP (United Nations Environment Programme). UNEP News Centre. www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?DocumentID=284&ArticleID=3204&l=en, as read on 20 January 2006.

Xinbin F., Guangle Q., Guanghui L., Ping L. and Shaofeng W. 2005. "Mercury Emissions from Artisanal Zinc and Mercury Smelting in Guizhou, PR China." Goldschmidt Conference Abstracts 2005: *The Geochemistry of Mercury* p. A705.

Xinbin F., Xianwu B., Guangle Q., Guanghui L. and Shunlin T. *Mercury Pollution in Guizhou, China: A Status Report*. pbc.eastwestcenter.org/abstracts2005/abstract2005fengxinbin.htm, as read on 29 December 2005.

(iv). إنتاج التوتياء الثانوي**خلاصة**

تشمل عملية صهر التوتياء الثانوي إنتاج التوتياء من مواد مثل الغبار من إنتاج خلائط النحاس و صناعة الفولاذ بالقوس الكهربائية و البقايا من تفتيت خرده الفولاذ و عمليات الغلفنة.

تشمل عملية الإنتاج فرز مواد التغذية و تنظيف المعالجة الأولية و التحطيم و أفران الترتيب لدرجة حرارة 364 مئوية و أفران الصهر و التنقية و التقطير و صنع الخلائط. يمكن أن يؤدي وجود الملوثات في مواد التغذية (بما في ذلك الزيوت و البلاستيك) و الاحتراق الضعيف و درجات حرارة بين 250-500 مئوية إلى تشكل الكيمياويات المدرجة في الملحق C من اتفاقية استوكهولم.

تشمل أفضل التقنيات المتاحة تنظيف مواد التغذية و المحافظة على درجات الحرارة فوق 850 درجة مئوية و جمع الغاز و الأبخرة و حراقات بعدية مع إخماد و امتصاص الكربون الفعال و إزالة الغبار بالمرشحات الليفية.

كانت مستويات أداء مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات في انبعاثات الهواء المرافقة لأفضل التقنيات المتاحة و أفضل الممارسات البيئية من أجل مصاهر التوتياء الثانوي أقل من 0.5 نانو غرام مكافئ سمي/ م3 نظامي (عند تراكيز أكسجين تشغيلية).

1. وصف العملية

يشمل صهر التوتياء الثانوي معالجة خرده التوتياء من مصادر مختلفة. تشمل مواد التغذية الغبار من إنتاج خلائط النحاس و صناعة الفولاذ بالقوس الكهربائية (و كلاهما يحتمل تلوثهما بالكيمياويات المدرجة في الملحق C من اتفاقية استوكهولم) و البقايا من تفتيت خرده الحديد و الخرده من عملية الغلفنة. إن طريقة العملية تابعة لنقاوة التوتياء و شكل و درجة التلوث. تعالج الخرده كغبار التوتياء و الأكاسيد أو القوالب. أما المراحل الثلاث العامة للإنتاج فهي المعالجة الأولية و الصهر و التنقية (EPA 1981).

أثناء معالجة الخرده الأولية، تفرز الخرده تبعاً لمحتوى التوتياء و متطلبات المعالجة، تنظف و تطحن و تصنف تبعاً للحجم. يستخدم فرن فرز لتسخين الخرده للدرجة 364 مئوية. عند هذه الدرجة ينصهر فقط التوتياء في حين تبقى المعادن الأخرى صلبة. يجمع التوتياء المصهور من أسفل فرن الفرز و يسترد. تبرد الخرده المتبقية و تسترد و تباع لمعالجين آخرين.

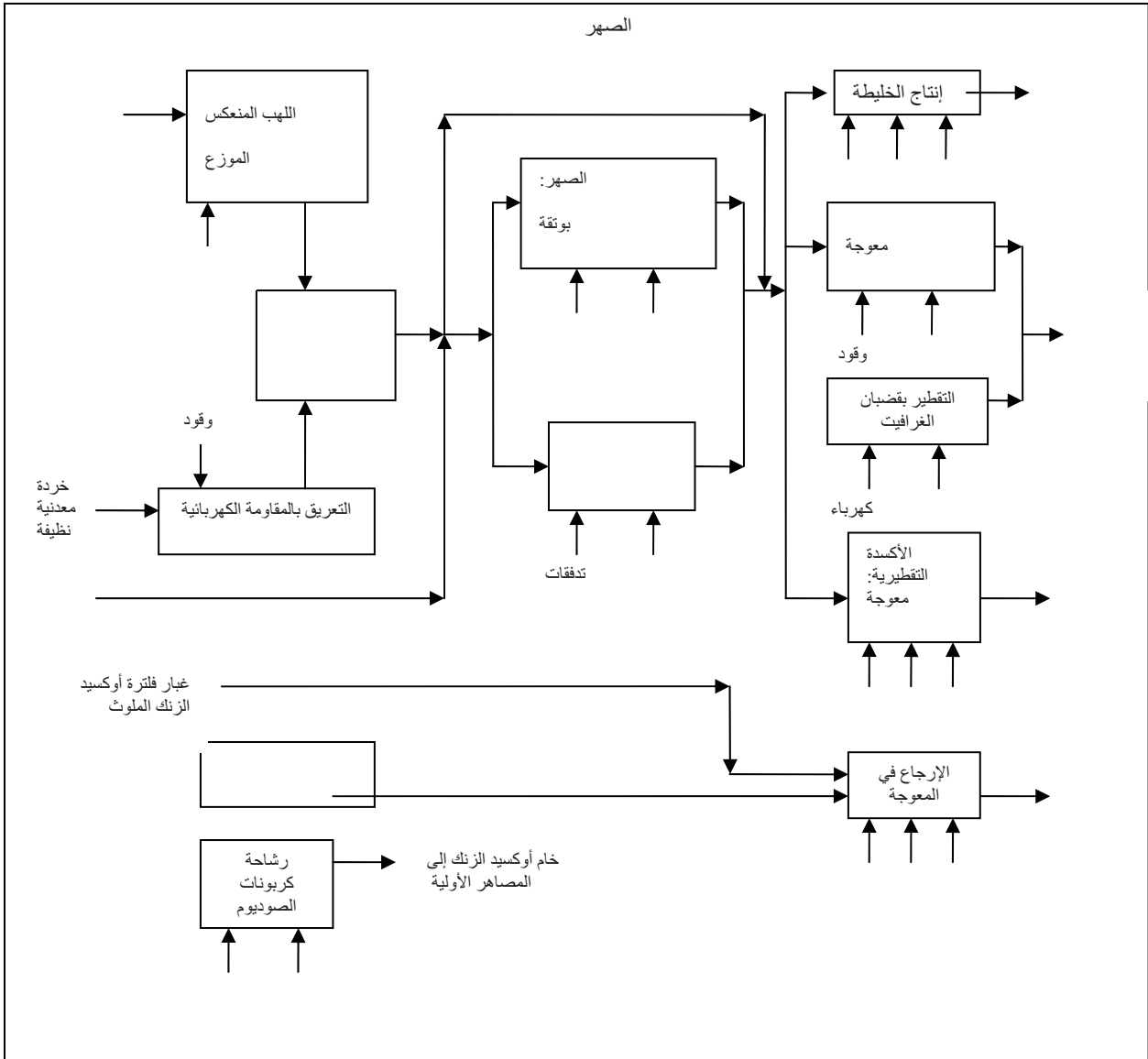
تشمل المعالجة الأولية الغسل بمحلول كربونات الصوديوم لتحويل الخبث و مواد القشدة إلى أكسيد التوتياء و للإرجاع إلى معدن التوتياء. يكرر أكسيد التوتياء في مصاهر توتياء أولية.

تستخدم عمليات الصهر غلاية و بوتقة و فرن ارتدادي و أفران تحريض كهربائية و إرجاع. تفصل الشوائب من التوتياء المصهور بمواد مساعدة للصهر. يسمح التحريك الشديد بأن تطفو الشوائب و مساعدات الصهر على السطح كخبث الذي يقش. أما التوتياء المتبقي فيسكب في قوالب أو ينقل في الحالة المصهورة من أجل التنقية. يمكن إنتاج الخلائط من الخرده المعالجة أولاً أثناء الفرز و الصهر.

تزيل عملية التكرير الشوائب الإضافية في خرده خليط توتياء نظيف و في التوتياء المبخر أثناء طور الصهر في أفران مرتدة. يشمل التقطير تبخير التوتياء في درجات حرارة من 982 إلى 1249 درجة مئوية في فرن أو أفران مرتدة و يكتف كغبار توتياء أو توتياء سائل. يمكن استرداد العديد من الأشكال تبعاً لدرجة الحرارة و زمن الاسترداد و غياب أو وجود الأكسجين و المعدات المستخدمة أثناء تكثيف بخار التوتياء. يعتبر صهر بالقدر عملية صهر حراري غير مباشرة و بسيطة في حين يضبط تحويل الخلطة النهائية إلى قوالب خلطة التوتياء بمدخلات الخرده في القدر. لا تشمل العملية التقطير.

تشكل المنتجات النهائية من عمليات التكرير قطع التوتياء و غبار التوتياء و أكسيد التوتياء و خلائط التوتياء. يبين الشكل 1 عملية الإنتاج على شكل تخطيطي.

الشكل 1. صهر التوتياء الثانوي



المصدر: EPA 1981.

يمكن أن تلعب أنشطة استرداد المعادن من قبل الحرفيين و الشركات الصغيرة دور عالمي هام و خاصة في البلدان النامية و البلدان في مرحل التحول الإقتصادي. يمكن أن تسهم هذه الأنشطة بشكل كبير في التلوث و أن يكون لها تأثير صحي سلبي. و كمثال، يعتبر صهر التوتياء من قبل الحرفيين مصدر هام لانبعاث الزئبق في الجو. إن التقنيات المستخدمة لصهر كل من التوتياء و الزئبق سهلة جدا. تسخن الخامات في فرن لبضع ساعات و ينتج معدن التوتياء و الزئبق السائل. في بعض الحالات، لا تطبق أبدا أية أجهزة لضبط التلوث أثناء عملية الصهر. تشمل المعادن الأخرى التي يعرف بأنها تنتج من قبل أنشطة استرداد المعادن من قبل الحرفيين و الشركات الصغيرة، الأنتيموان و الحديد و الرصاص و المغنيزيوم و القصدير و التنغنس و الذهب و الفضة و النحاس و الألمنيوم.

لا تعتبر هذه أفضل التقنيات المتاحة أو أفضل الممارسات البيئية. على أية حال، كحد أدنى، يجب تطبيق تهوية و مناولة للمواد مناسبة.

2. مصادر الكيماويات المدرجة في الملحق C من اتفاقية استوكهولم

يمكن أن ينتج تشكل الكيماويات المدرجة في الملحق C من اتفاقية استوكهولم (مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات كانت الأكثر دراسة) من وجود الكربون و الكلور في مناطق العملية حيث درجات الحرارة في المجال 250-450 مئوية. يجب

2.1. معلومات عامة حول الانبعاثات من مصاهر التوتياء الثانوي

يمكن أن تهرب انبعاثات الهواء من صهر التوتياء الثانوي من المدخنة أو انبعاثات هاربة تبعا لعمر المنشأة أو التكنولوجيا. أما الملوثات الرئيسية فهي ثاني أكسيد الكبريت و مركبات الكبريت الأخرى و رذاذ الحمض و أكاسيد الأزوت و المعادن (وخاضة التوتياء) و مركباتها و الغبار و مركبات الداويكسينات و الفيورانات. يجمع غاز ثاني أكسيد الكبريت و يعالج إلى حمض الكبريت في معامل حمض الكبريت عند معالجة المواد الثانوية ذات المحتوى المرتفع من الكبريت، يمكن ضبط انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكبريت بالاستخلاص الجدي و إغلاق الفرن بإحكام. يمكن انقاص أكاسيد الأزوت باستخدام وقود حراقات منخفضة NO_x أو وقود oxy. تجمع المواد العالقة بواسطة طرائق إزالة غبار عالية الكفاءة مثل المرشحات الليفية و تعاد إلى العملية (European Commission 2001, p. 359–368).

2.2. انبعاثات مركبات الداويكسينات و الفيورانات إلى الهواء

يمكن أن تتشكل مركبات الداويكسينات و الفيورانات أثناء صهر المعادن من خلال الحمل فوق من مواد التغذية الملوثة (مثلا غبار فرن القوس الكهربائي) و التشكل كنيجة الاحتراق غير الكامل أو باص طناع de novo من المركبات العضوية و مركبات الكلور غير المحترقة و الموجودة في منطقة نهاية المجرى حيث تبرد الغازات.

" من المحتمل أن تؤدي معالجة الخردة غير النقية مثل الجزء غير المعدني من المفتتات، إلى إنتاج الملوثات بما في ذلك مركبات الداويكسينات و الفيورانات. تستخدم درجات حرارة منخفضة نسبيا لاسترداد الرصاص و التوتياء (340-440 مئوية). يمكن أن يحدث صهر التوتياء مع إضافة مواد مساعدة للصهر بما في ذلك كلوريدات التوتياء و المغنيزيوم" (UNEP (2003, p. 78).

تقع درجات الحرارة المنخفضة و المستخدمة في صهر التوتياء ضمن المجال 250-500 مئوية و التي يتشكل فيه مركبات الداويكسينات و الفيورانات. يوفر إضافة المواد المساعدة على الصهر الكلورية مصدر الكلور. يكون التشكل ممكنا في قطاع الاحتراق نتيجة الاحتراق غير الكامل للمركبات العضوية و في قطاع التبريد لمعالجة الغازات المنطلقة من خلال الاصطناع de novo. تمتص مركبات الداويكسينات و الفيورانات بسهولة على المواد العالقة مثل الغبار و كعكة المرشح و منتجات الغاسل و يمكن أن تطرح في البيئة من خلال الانبعاثات في الهواء و مياه الصرف و التخلص من البقايا.

"على الرغم من أن مركبات الداويكسينات و الفيورانات تتحطم في درجات حرارة مرتفعة (فوق 850 مئوية) بوجود الأوكسجين، لا تزال عملية اصطناع de novo ممكنا حيث تبرد الغازات عبر نافذة إعادة التشكيل. يمكن أن توجد هذه النافذة في أنظمة الإخماد و في الأجزاء الباردة من الفرن مثلا منطقة التغذية. يجب أخذ الحيطة لدى تصميم أنظمة التبريد لخفض إلى أدنى حد زمن البقاء في النافذة لمنع اصطناع de novo." (European Commission 2001, p. 133).

درس تقرير أعد من قبل حكومة اليابان تكنولوجيات خفض الداويكسينات و تأثيراتها على منشآت إنتاج التوتياء الثانوي في اليابان. أدخلت تكنولوجيات مختلفة للغازات العادمة بالتوافق مع الإرشادات على أفضل التقنيات المتاحة و أفضل الممارسات البيئية على خمس منشآت موجودة. وجد بأن انبعاثات الداويكسينات متفاوتة تبعا لنوع الفرن المستخدم. وجد بأن تراكيز الداويكسينات المطروحة تتراوح بين 0.91 إلى 40 نانو غرام مكافئ سمي/م³ نظامي قبل إدخال تكنولوجيات الغازات العادمة، و من 0.32 إلى 11.7 نانو غرام مكافئ سمي/م³ نظامي بعد إدخالها. وعندما أدخل مرشح ليفي بمرحلتين و نظام حقن كربون فعال بمرحلتين، انخفضت تراكيز الداويكسينات من 3.30 نانو غرام مكافئ سمي/م³ نظامي إلى 0.49 نانو غرام مكافئ سمي/م³ نظامي (Government of Japan 2005).

2.3. الإطلاقات إلى الأوساط الأخرى

تنشأ مياه الصرف من دفع العملية و مياه التبريد و المسيل و تعالج باستخدام تقنيات معالجة مياه الصرف. يعاد تدوير بقايا العملية و تعالج باستخدام طرائق نهاية المجرى لاسترداد المعادن الأخرى، أو يتخلص منها بأمان. يمكن أن يؤدي استخدام الغسل الرطب إلى سوائل ملوثة بالإضافة إلى بقايا تحتاج إلى معالجة، تفي حين يؤدي التقاط العوالق الجافة إلى بقايا صلبة و التي يمكن أن تكون ملوثة. تحتاج هذه البقايا إلى إدارة سليمة لتجنب أية اطلاقات.

3. العمليات المنصوح بها

يؤثر التفاوت في مواد التغذية و جودة المنتج المطلوب في تصميم العملية و تشغيلها. يجب أن تطبق هذه العمليات بالتزامن مع ضبط عملية جيد و أنظمة جمع غاز و إخماد. تشمل العمليات التي تعتبر أفضل التقنيات المتاحة: الفصل الفيزيائي و التقنيات الأخرى للمعالجة بدرجات حرارة مرتفعة متبوعة بإزالة الكلوريدات (European Commission 2001, p.396). لا يتوفر أية معلومات حول العمليات البديلة للصهر من أجل معالجة التوتياء الثانوي.

4. التدابير الأولية و الثانوية

نوقشت أدناه التدابير الأولية و الثانوية لخفض و إزالة مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات:

4.1. التدابير الأولية

تعتبر التدابير الأولية تقنيات منع التلوث لخفض أو منع توليد و اطلاق الملوثات العضوية الثابتة، تشمل التدابير الممكنة:

4.1.1 الفرز الأولي لمواد التغذية

يمكن أن تحتوي كثيرا مواد التغذية الملوثة مثل الغبار من فرن القوس الكهربائي و معالجة النحاس مستويات مرتفعة من مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات و الكيماويات المدرجة في الملحق C . و لهذا يجب أن تعطى الاعتبار للتأكد من أن أي من هذه المواد التي ستحمل إلى العملية ستحكم بشكل فعال أو تلتقط و يجري التخلص منها.

يجب فصل الشوائب في الشحنة مثل الزيوت و الدهانات في خردة التوتياء من مواد تغذية الفرن لخفض تشكل مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات من الاحتراق غير الكامل للمركبات العضوية أو بواسطة اصطناع *de novo*. على أية حال، سنأتي الكمية الأكبر من المواد العضوية من الوقود المضاف في العديد من الحالات. تتأثر طرائق تخزين مواد التغذية و المناولة و المعالجة الأولية بتوزيع حجم المواد و الملوثات و محتوى المعدن.

يمكن أيضا أن يستخدم الطحن و الجرش بالتزامن مع تقنيات الفصل الهوائية أو الكثافة لإزالة البلاستيك. يجب أن تتبع عمليات إزالة الزيوت و الأغلفة حراريا بحرق بعدي لتحطيم المواد العضوية في الغازات المنطلقة (European Commission 2001, p. 232).

4.1.2 ضبط عملية فعال

يجب استخدام أنظمة ضبط العملية للمحافظة على استقرار العملية و التشغيل عند مستويات بارامتر التي تسهم في خفض إلى أدنى حد توليد مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات مثل المحافظة على درجة حرارة الفرن فوق 850 درجة مئوية لتحطيم مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات. مثاليا، يمكن مراقبة انبعاثات مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات باستمرار للتأكد من انخفاض الاطلاقات. اثبت الاعتيان المستمر لانبعثات مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات من أجل بعض القطاعات (مثلا حرق النفايات) و لكن مازالت البحوث في هذا الحقل قيد التطوير. بغياب المراقبة المستمرة لانبعثات مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات، يجب مراقبة و صيانة المتغيرات الأخرى مثل درجة الحرارة و زمن البقاء و مكونات الغاز و تحكيمات صمام جمع الأبخرة باستمرار و ذلكلوضع شروط التشغيل المثلى من أجل خفض مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات.

4.2. التدابير الثانوية

إن التدابير الثانوية هي تقنيات ضبط تلوث لاحتواء أو منع الانبعاثات. لا تمنع هذه الطرائق تشكل الملوثات. يمكن استخدام الإخماد لخفض أو منع عمليا التشكل في قطاع التبريد و هو إجراء أولي على الرغم من إمكانية تطبيقه بالتزامن مع التدابير الثانوية.

4.2.1 جمع الأبخرة و الغاز

يجب تطبيق جمع فعال للغازات المنطلقة و الأبخرة في كافة مراحل عملية الصهر لالتقاط انبعاثات مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات.

"يمكن أن تستثمر أنظمة جمع الأبخرة أنظمة إحكام الفرن و تصمم بحيث تحافظ على فرن مناسب (فراغ) الذي يمنع التسريبات و الانبعاثات الهاربة. يمكن استخدام الأنظمة التي تحافظ على إحكام الفرن أو وضع الهودات (قلنسوات) (*Hood*) . و من الأمثلة من خلال إضافات الهود للمواد و إضافات من خلال القصبات (انبوب للنفخ في الفرن) أو انابيب النفث (*Lances*) و استخدام صمامات دوارة قوية على أنظمة التغذية. سيستهلك نظام فعال لجمع الأبخرة قادر على استهداف

4.2.2 إزالة الغبار بكفاءة عالية

يجب إزالة الغبار و مركبات المعدن المتشكلة من عملية الصهر إذ تتميز المواد العالقة بمساحة سطح كبير تمتص عليه بسهولة مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات. سيسهم إزالة هذه الأغيرة في خفض انبعاثات مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات. تشمل التقنيات التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار استخدام المرشحات الليفية و الغوازل الرطبة و الجافة و المرشحات السيراميكية. تدور عادة المواد العالقة المجمعة في الفرن.

تعتبر المرشحات الليفية عالية الكفاءة أكثر الخيارات فعالية. تشمل الابتكارات فيما يتعلق بهذه الطريقة أنظمة كشف انفجار الكيس و طرائق تنظيف آلية و طلاءات تحفيزية لتحطيم مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات (European Commission 2001, p. 139-140).

4.2.3 حراقات بعدية و إخماد

يجب أن تستخدم حراقات بعدية (احتراق بعدي) عند درجة حرارة دنيا و قدرها 950 مئوية للتأكد من الاحتراق الكامل للمركبات العضوية (Hübner et al. 2000). يجب أن تتبع هذه المرحلة بإخماد سريع للغازات الحارة إلى درجات حرارة أقل من 250 مئوية. سيعزز حقن الأكسجين في الجزء الأعلى من الفرن، الاحتراق الكامل (European Commission 2001, p. 189).

و لقد لوحظ أن مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات تتشكل في مجال درجات الحرارة بين 250-500 مئوية. يجري تحطيم هذه المركبات العضوية (Hübner et al. 2000). يجب أن تتبوع هذه المرحلة بإخماد سريع للغازات عبر نافذة إعادة التشكيل الموجودة في أنظمة الإخماد و مناطق تبريد الفرن. يجب تطبيق تشغيل أنظمة التبريد لخفض إلى أدنى حد زمن إعادة التشكيل (European Commission 2001, p. 133).

4.2.4 الامتصاص على الكربون الفعال

يجب اعتبار المعالجة بالكربون الفعال من أجل إزالة مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات من الغازات المنطلقة من المصهر. يتميز الكربون الفعال بمساحة سطح فعال كبير الذي تمتص عليه مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات. يمكن معالجة الغازات المنطلقة بالكربون الفعال باستخدام مفاعلات ذات سرير ثابت أو متحرك أو بحقن دقائق الكربون الفعال في مجرى الغاز متبوعا بإزالة كمرشح غبار باستخدام أنظمة إزالة غبار عالية الكفاءة مثل المرشحات الليفية.

5. البحوث المنبثقة

تعتبر الأكسدة التحفيزية تكنولوجيا منبثقة و مستخدمة في محارق النفايات لإزالة انبعاثات مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات. يجب أن تعتبر هذه العملية من قبل مصاهر المعادن الأساسية الثانوية إذ جرى اثبات بأنها فعالة من أجل تحطيم مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات في محارق النفايات. على أية حال، يمكن أن تتعرض الأكسدة التحفيزية، و التي ترتبط باختبار المخفر، للتسمم من المعادن النذرة و ملوثات الغازات العادمة الأخرى. سيكون عمل التهوية ضروري قبل استخدام هذه العملية.

تعالج الأكسدة التحفيزية المركبات العضوية إلى ماء و ثاني أكسيد الكربون و حمض كلور الماء باستخدام محفز معدن ثمين لزيادة سرعة التفاعل بين 370-450 درجة مئوية في حين يحدث الترميد نودجيا عند الدرجة 980 مئوية. أظهرت الأكسدة التحفيزية بأنها احطم مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات بأزمنة بقاء أقصر و استهلاك طاقة أقل و كفاءة 99% و يجب أن تؤخذ في الاعتبار. يجب معالجة الغازات المنطلقة من أجل إزالة العوالق قبل الأكسدة التحفيزية من أجل كفاءة مثلى. إن هذه الطريقة فعالة من أجل الطور البخاري للملوثات. يعالج حمض كلور الماء الناتج في غاسل في حين يطلق الماء و غاز ثاني أكسيد الكربون في الهواء بعد التبريد (Parvesse 2001).

6. خلاصة التدابير

يبين الجدول 1 و 2 خلاصة التدابير التي جرى مناقشتها في القرات السابقة.

الجدول 1. التدابير من أجل العمليات المنصوح بها في مصاهر التوتياء الثانوي الجديدة

التدبير	الوصف	الاعتبارات	الملاحظات الأخرى
العمليات المنصوح بها	يجب اعتبار عمليات الصهر المنصوح بها من أجل المنشآت الجديدة	يجب أن تشمل العمليات التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار: <ul style="list-style-type: none"> الفصل الفيزيائي و الصهر و تقنيات المعالجة الأخرى بدرجات حرارة مرتفعة متبوعة بإزالة الكلوريدات استخدام فرن Waelz الدوامي أو أفران ذان النمط التحويلي لرفع درجة الحرارة لتبخير المعادن و من ثم تشكل الأكاسيد التي تسترد بعد ذلك من الغازات في مرحلة الترشيح 	يجب تطبيق هذه العمليات بالتزامن مع ضبط عملية جيد و جمع الغاز و أنظمة إخماد. يمكن أن يكون أفران Waelz مصدر رئيسي لمركبات الدايبوكسينات و الفيورانات (و الكيماويات الأخرى المدرجة في الملحق C و ضبط استخدامها و تشغيلها هو الأساس في خفض الاطلاقات الكلية

الجدول 2. خلاصة التدابير الأولية و الثانوية من أجل مصاهر التوتياء الثانوي

التدبير	الوصف	الاعتبارات	الملاحظات الأخرى
التدابير الأولية			
فرز أولي لمواد التغذية	يمكن أن تحتوي الأعبرة الناتجة عن فرن القوس الكهربائية و عمليات معالجة النحاس باستخدام مواد تغذية حاوية على التوتياء مستويات مرتفعة من مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات (و الكيماويات الأخرى المدرجة في الملحق C). يجب فصل الزيوت و البلاستيك في خردة التوتياء من مواد تغذية الفرن لخفض تشكل مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات من الاحتراق غير الكامل أو باصطناع de novo	تشمل العمليات التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار: <ul style="list-style-type: none"> الجرش و الطحن بالتزامن مع تقنيات فصل الكثافة و الهوائية و يمكن أن تستخدم لفصل البلاستيك تتم عملية إزالة الزيوت من خلال عمليات إزالة الأغلفة و الزيوت حراريا 	يجب أن تتبع عمليات إزالة الأغلفة و الزيوت حراريا بحرق بعدي لتحتطم أي مواد عضوية في الغازات المنطلقة
ضبط فعال للعملية	يجب استخدام أنظمة ضبط العملية للمحافظة على استقرار العملية و تشغيل عند مستويات باراميتير التي تسهم في خفض إلى أدنى حد تشكل مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات	يمكن خفض إلى أدنى حد انبعاثات مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات بضبط المتغيرات الأخرى مثل درجة الحرارة و زمن البقاء و مكونات الغاز و تحكيمات صمام جمع الأبخرة بعد وضع الشروط التشغيلية المثلى من أجل خفض مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات	الاعتيان المستمر لانبعاثات مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات أثبت لبعض القطاعات (مثلا محارق النفايات) و لكن ما زالت البحوث في هذا الحقل قيد التطوير
التدابير الثانوية			
جمع الغاز و الأبخرة	يجب تطبيق جمع فعال للغبار و الأبخرة في النقاط انبعاثات الهواء من كافة مراحل العملية	تشمل العمليات التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار: <ul style="list-style-type: none"> أنظمة إحكام الأفران للمحافظة على تفرغ مناسب للفرن و الذي يمنع التسريبات و الانبعاثات الهاربة. 	أن أفضل التقنيات المتاحة هي تلك التي تستخدم التبريد و استرداد الحرارة إذا كان ذلك عمليا قبل المرشح اللبني باستثناء عندما تنتفخ كجزء من إنتاج حمض الكبريت

التدبير	الوصف	الاعتبارات	الملاحظات الأخرى
		<ul style="list-style-type: none"> استخدام الهودات إضافات الهود للمواد و إضافات من خلال القصبات (انبوب للنفخ في الفرن) أو انابيب النفث (Lances) و استخدام صمامات دوارة قوية على أنظمة التغذية 	
إزالة غبار بكفاءة عالية	يجب إزالة المواد العالقة المتشكلة أثناء عملية الصهر حيث تتميز هذه المواد بمساحة سطح فعال كبيرة تمتص عليها مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات. يساعد العزل و التخلص المناسب لهذه الأغبرة في ضبط مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات	تشمل العمليات التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار: <ul style="list-style-type: none"> مرشحات ليفية و غواسل رطبة و جافة و مرشحات سيراميكية 	يجب معالجة العوالق المجموعة باستخدام أفران بدرجات حرارة مرتفعة لتحطيم مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات و استرداد المعادن
الحراقات البعدية و الإخماد	يجب استخدام درجات حرارة أعلى من 950 مئوية للتأكد من الاحتراق التام للمركبات العضوية متبوعا بإخماد سريع للغازات الحارة إلى أقل من 250 درجة مئوية	تشمل الاعتبارات: <ul style="list-style-type: none"> تشكل مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات في المجال 500-250 درجة مئوية و التحطيم بدرجات حرارة أعلى من 850 مئوي بوجود الأكسجين مطلب من أجل أكسجين كاف في المنطقة العليا من الفرن من أجل احتراق كامل الحاجة إلى تصميم ملائم لأنظمة التبريد لخفض إلى أدنى حد زمن إعادة التشكيل 	لايزال اصطناع De novo ممكنا حيث تبرد الغازات من خلال نافذة إعادة التشكيل
الامتصاص على الكربون الفعال	يجب اعتبار المعالجة بالكربون الفعال حيث تعتبر هذه المواد وسط مثالي تمتص عليه مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات بسبب مساحة سطحها الكبير	تشمل العمليات التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار: <ul style="list-style-type: none"> المعالجة بالفحم الفعال باستخدام مفاعلات سرير ثابت أو متحرك حقن الكربون في مجرى الغاز متبوعا بطرائق إزالة الغبار عالية الكفاءة مثل المرشحات الليفية 	يمكن أيضا استخدام مزائج الجبر/الكربون
<i>البحوث المنبثقة</i>			
الأكسدة التحفيزية	إن الأكسدة التحفيزية تكنولوجيا منبثقة و التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار بسبب كفاءتها العالية و استهلاك طاقة أقل. تحول الأكسدة التحفيزية المركبات العضوية إلى ماء و ثاني أكسيد الكربون و حمض كلور الماء باستخدام محفز معدن ثمين	تشمل الاعتبارات: <ul style="list-style-type: none"> كفاءة عملية من أجل الطور البخاري للملوثات معالجة حمض كلور الماء باستخدام غواسل بينما يطلق الماء و غاز ثاني أكسيد الكربون إلى الهواء بعد التبريد 	أظهرت بأنها تخفض من انبعاثات مركبات الدايبوكسينات و الفيورانات بأزمنة بقاء أقل و استهلاك طاقة أقل و 99% كفاءة. يجب إزالة الغابر من الغازات المنطلقة قبل الأكسدة التحفيزية من أجل كفاءة مثلى.

7. مستويات الأداء المرافقة لأفضل التقنيات المتاحة و أفضل الممارسات البيئية

تكون مستويات الأداء لمركبات الديوكسينات و الفيورانان في انبعاثات الهواء المرافقة لأفضل التقنيات المتوفرة و أفضل الممارسات البيئية من أجل مصاهر التوتياء الثانوي أقل من 0.5 نانو غرام /م³ نظامي (عند تراكيز أكسجين تشغيلية).

المراجع

EPA (United States Environmental Protection Agency). 1981. *Secondary Zinc Processing*. Background Report AP-42, Section 12.14. epa.gov/ttn/chief/ap42/ch12/final/c12s14.pdf.

European Commission. 2001. *Reference Document on Best Available Techniques in the Non-Ferrous Metals Industries*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. eippcb.jrc.es.

Government of Japan. 2005. *Report on Dioxin Reduction Technologies and their Effects in Secondary Zinc Production Facilities of Japan*. Government of Japan, Ministry of Economy, Trade and Industry.

Hübner C., Boos R., Bohlmann J., Burtscher K. and Wiesenberger H. 2000. *State-of-the-Art Measures for Dioxin Reduction in Austria*. Vienna. www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/M116.pdf.

Parvesse T. 2001. "Controlling Emissions from Halogenated Solvents." *Chemical Processing* 64(4):48–51.

UNEP (United Nations Environment Programme). 2003. *Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases*. UNEP, Geneva. www.pops.int/documents/guidance/Toolkit_2003.pdf.

مصادر أخرى

Gunson A.J. and Jian Y. 2001. *Artisanal Mining in The People's Republic of China*. Mining, Minerals and Sustainable Development (MMSD), International Institute for Environment and Development (IIED), September 2001.

UNEP (United Nations Environment Programme). UNEP News Centre. www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?DocumentID=284&ArticleID=3204&l=en, as read on 20 January 2006.

Xinbin F., Guangle Q., Guanghui L., Ping L. and Shaofeng W. 2005. "Mercury Emissions from Artisanal Zinc and Mercury Smelting in Guizhou, PR China." *Goldschmidt Conference Abstracts 2005: The Geochemistry of Mercury* p. A705.

Xinbin F., Xianwu B., Guangle Q., Guanghui L. and Shunlin T. *Mercury Pollution in Guizhou, China: A Status Report*. pbc.eastwestcenter.org/abstracts2005/abstract2005fengxinbin.htm, as read on 29 December 2005.

القسم السادس VI
التوجيهات/المبادئ التوجيهية لفئة المصدر
فئات المصادر في الجزء الثالث من المرفق "جيم"

الجزء الثالث من فئة المصدر (أ)

الحرق المكشوف (في العراق) للنفايات
بما في ذلك احتراق مطامر النفايات

جدول المحتويات

1.....	قائمة الرسومات التوضيحية
2.....	A.VI الحرق المكشوف (المفتوح) للنفايات ، بما في ذلك احتراق مطامر النفايات
1.....	1. ارشادات عامة
2.....	1.1 مخاطر الحرق المكشوف على الصحة العامة
3.....	1.2 حالة الحرق المكشوف (في العراء)
4.....	1.3 الأساس العلمي و الاعتبارات العامة
8.....	2. الحرق المتعمد للكثلة الحيوية
8.....	2.1 البقايا الزراعية/ بقايا المحاصيل و تنظيف الأراضي
9.....	3. الحرق في العراء لمزيج من نفايات المستهلك
9.....	3.1 النفايات المنزلية، المطامر /حرائق المكبات ، النفايات الصناعية غير الخطرة
14.....	3.2 نفايات الانشاء و الهدم وركام ما بعد الكارثة
16.....	4. الحرق في العراء لمواد معينة و مواد منفردة
16.....	4.1 المواد البلاستيكية المستخدمة في الزراعة
17.....	4.2 إطارات (عجلات) السيارات
18.....	4.3 احتراق البقع النفطية و شعلة حرق الغاز
19.....	المراجع

قائمة الرسومات التوضيحية

5.....	الشكل 1: حيوانات ترعى قرب أماكن الحرق المكشوف
6.....	الشكل 2: نموذج لمثال عن التخلص من مزيج من النفايات باستخدام الحرق المفتوح (في العراء)
11.....	الشكل 3: فرز مركزي للنفايات بهدف إعادة الاستخدام أو التدوير

A.VI الحرق في العراء (المفتوح) بما في ذلك احتراق مواقع مطامر النفايات :

خلاصة:

يعد الحرق المكشوف "في العراء" عملية غير مقبولة من الناحية البيئية و تولد مواد كيميائية مدرجة في المرفق ج من اتفاقية استكهولم و العديد من الملوثات الأخرى الناتجة عن الاحتراق غير التام. وبما يتوافق مع المرفق جيم ، الجزء الخامس ، الفقرة الفرعية (و) من اتفاقية استكهولم ، فأفضل توجيه هو تقليص كميات المواد التي يجري التخلص منها عبر هذه الطريقة على أن يكون الهدف النهائي هو إلغائها نهائياً

ومن ضمن التقنيات الأخرى التي قد يكون لها تأثيراً على تحسين العملية، فيما يخص المواد المحترقة: تجنب تضمين مواد غير قابلة للحرق مثل الزجاج و الكتل المعدنية والنفايات الرطبة و المواد ذات القابلية المنخفضة للاحتراق ، وتجنب حمولات النفايات ذات المحتوى العالي من الكلور ، فيما اذا كانت كلوريدات لاعضوية مثل الملح أو مركبات عضوية كلورية مثل بولي فينيل كلورايد PVC ، وتجنب المواد التي تحتوي على معادن محفزة (وسيط) مثل النحاس و الحديد و الكروم و الألمنيوم وحتى لو كانت بكميات ضئيلة. ويجب أن تكون المواد التي ستحرق ، جافة ومتجانسة أو ممزوجة بشكل جيد و ذات كثافة قليلة مثل النفايات غير المرصوفة.

وفيما يخص عملية الحرق ، فيجب أن تتضمن الاهداف: توفير هواء احتراق كاف، الحفاظ على احتراق ثابت أو معدل ثابت من فقدان الكتلة، التقليل الى ادنى حد من التدخين بسبب الاخماد المباشر للنار ، و اقتصار الحرق على كميات صغيرة و التي تقلب بشكل و النار مهواة بشكل جيد ، بدلاً من الحرق بكميات كبيرة في حاويات أو مكبات سيئة التهوية.

1. إرشادات عامة:

يغطي الحرق في العراء مجموعة واسعة من الممارسات في حرق النفايات غير المتحكم بها. بما فيها حرائق المكبات، وحرائق الحفر، وحرائق الأراضي المنبسطة والحرق ضمن حاويات، بالنسبة للكثير من الناس في العديد من بقاع العالم يمثل الحرق في العراء ا رخص و اسهل وأكثر طريقة صحية لتقليص حجم النفايات القابلة للاحتراق و التخلص منها. وهذا صحيح خاصة بالنسبة للناس الذين ليس في متناولهم التعامل المنظم مع النفايات و الذين تركوا مع اساليبهم للتخلص من هذه المواد .

1.1 مخاطر الحرق المكشوف على الصحة العامة

تشير لأبحاث الحالية لى أن الحرق في العراء أكثر خطورة على الصحة العامة والبيئة مما كان يعتقد سابقاً. ان درجات حرارة الحرق المنخفضة والحرائق بدون لهب شروط نموذجية في الحرق في العراء و تشجيع تكوين الكثير من المواد الكيميائية السامة والضارة ، بما في ذلك المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم لاتفاقية استكهولم. هذه المركبات قد تتشكل خلال الحرق في العراء بغض النظر عن تركيبة المواد التي أحرقت. المركبات المنتجة من مصادر الحرق في العراء تستطيع الانتقال لمسافات طويلة وتستقر في التربة و النباتات و المياه الرماد المتبقي من حرق كومة تحتوي أيضاً على ملوثات، والتي يمكن أن تنتقل الى التربة والمياه. الحيوانات و الأسماك تستقبل هذه الملوثات وتتراكم في أنسجتها، في حين ان النباتات تمتصا عبر سطوح أوراقها. وعند تناول هذا الطعام الملوث، تنتقل الملوثات الى البشر . بالإضافة الى الدخان و الجسيمات المنبعثة من مصادر الحرق في العراء يمكن أن تحث مشاكل صحية في الجهاز التنفسي ، وخاصة بين الأطفال و المسنين، والأشخاص الذين يعانون من الربو أو غيرها من أمراض الجهاز التنفسي، و المصابين بأمراض مزمنة في القلب أو الرئة.

1.2 حالة الحرق المكشوف (في العراء):

في حين أن هذه الوثيقة تقدم الإرشادات و التوجيهات حول ممارسات الحرق في العراء، فإنه يسلم بالضرر البيئي الناجم عن الحرق في العراء ، وينبغي ألا يستمر منح الترخيص بمواصلة هذه الممارسات ، والتي ينبغي تقليصها الى أدنى حد أو القضاء عليها في أقرب وقت ممكن وكلما كان ذلك ممكناً. الحرق في العراء قد لا يزال يشكل الملاذ الأخير حيث لا توجد طرق بديلة للتخلص أو الاسترجاع لعدم توفر البنية الأساسية الملائمة؛ حيث التخلص الصحي هو مطلوب لمكافحة الأمراض أو الآفات ، أو في حالة الكوارث أو الطوارئ الأخرى (Great Lakes Binational Toxics Strategy 2004). ومع ذلك ، ينبغي أبداً أنلا يتم حرق لنفايات المنزلية في أجهزة الاحتراق في المناطق السكنية في الأماكن المغلقة مثل المواقد والأفران أو المواقد (انظر القسم السادس جيم من المبادئ التوجيهية).

حرق النفايات في العراق ، بما في ذلك الحرق في مواقع المطامر من أجل تخفيض حجم النفايات، هو مدرج كأحد المصادر غير المقصودة للملوثات العضوية الثابتة في المرفق جيم ، الجزء الثالث من اتفاقية استكهولم. و الأكثر أهمية أن لفقرة (و) من المرفق جيم ، الجزء الخامس ، القسم ألف ألف تذكر حرفياً "... الهدف من وقف حرق النفايات في العراق وغيرها من من الحرق غير المتحكم به، بما في ذلك حرق مطامر النفايات".

بالرغم من أن اتفاقية استكهولم مهتمة بالملوثات العضوية الثابتة مثل مركبات ثنائي بنزوباردوكسين متعدد الكلور (PCDD)، ومركبات بنزوفوران متعدد الكلور (PCDF)، مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور (PCB) وسداسي كلورو البنزين (HCB) كنواتج ثانوية عن الاحتراق غير التام. فالحرق في العراق هو مسؤول عن تولد نواتج ثانوية سامة عن الاحتراق أبعد بكثير من المواد الكيميائية المسماة أعلاه . تتضمن نواتج الاحتراق الثانوية الأخرى الهيدروكربونات الحلقية العطرية (PAHS) والجسيمات الدقيقة، والبنزن وغاز أول أكسيد الكربون. و بغض النظر عن الكيمياء النوعية، فيترافق الدخان والروائح الكريهة دائماً مع الحرق في العراق ، وهي في أحسن الأحوال مصدر إزعاج وخطر على الصحة. ان القضاء على الملوثات العضوية الثابتة المدرجة في اتفاقية استكهولم لن يعمل على تحسين الانبعاثات الناتجة عن الحرق في العراق لتصبح كوسيلة مفضلة بينيا وسائل للتخلص من النفايات. لا بد من أن التركيز على تنفيذ اتفاقية استكهولم يكون بوضع بدائل الحرق في العراق بدلاً من مجرد محاولة لتحسين ممارسة سيئة. ان توفير هذا الدليل يجب أن لا يفسر على أنه قبول للحرق في العراق .

وينبغي أن نركز الجهود للحد من الحرق في العراق على دعم الحكومات و القطاع الخاص و المجتمع المدني للبدائل وخيارات ادارة النفايات . والوكالات الحكومية المسؤولة عن سياسة الصحة العامة والتربية أن تكون منخرطة بشدة مثل أولئك المسؤولين عن سياسة ادارة النفايات . الدلائل الفنية لاتفاقية بازل تقترح مبادئ توجيهية أساسية بشأن بدائل الحرق في العراق، وكيفية تطبيقها (أمانة اتفاقية بازل 1994).

ينبغي على البلدان العمل بجد لوضع وتنفيذ ممارسات الإدارة السليمة للنفايات ، بما في ذلك الحد من استخدام الموارد ، وإعادة التدوير ، واعداد الاستخدام، والتحويل الى سماد ، والطمر الصحي الحديث ، والترميد باستخدام أفضل التقنيات المتاحة. ويمكن استخدام الجهود في تنفيذ الاتفاقية واليتها المالية لدعم وضع نموذج لأنظمة إدارة النفايات كبديل للحرق المكشوف (في العراق) . وعلاوة على ذلك ، فان وضع برامج ومواد تعليمية تهدف إلى توعية الجماهير (مثل برامج للعمامة، ومعالجة النفايات) حول المخاطر على صحة الإنسان والبيئة الناجمة عن حرق النفايات في العراق ينبغي أن تعتبر جزءاً من جهد شامل نحو التقليل المستمر من الحرق في العراق (المركز الكندي للتوثوق الوقاية من عام 2006 ؛ وكالة حماية البيئة 2006).

كثير من البلدان قد وضعت لوائح والمحظورات التي تغطي مختلف ممارسات الحرق في العراق (حكومة نيوزيلندا 2006). وهناك عدد من هذه اللائحة تتضمن دلائل ارشادية محددة بشأن الفئات المذكورة في هذا القسم ، بما في ذلك الإطارات والزيوت المستعملة. إنفاذ هذه الأحكام يعتمد على وعي وقبول الجمهور لخيارات التخلص من النفايات.

في هذا الجزء من الدليل ، هناك عدد من الأنواع المعينة من الحرق في العراق والتي اعتبرت ضمن الفئات لعمامة ، وذلك لأن اساليب خفض الانبعاثات من الملوثات العضوية الثابتة في كل فئة هي متشابهة (Lemieux, Lutes and Santoianni2004). أما الحرائق العرضية والمتعمدة للمواد من غير النفايات فهي لم تؤخذ بعين الاعتبار ، ومع ذلك ، فإنها قد تكون أيضاً أحد مصادر الملوثات العضوية الثابتة. وأطراف الاتفاقية مطالبون بالحاح لاتخاذ خطوات للحد من حوادث حرق الكتلة الحيوية بجميع انواعها، وكذلك الحرائق العرضية في أماكن السكن وفي السيارات والمحلات التجارية. قد ترغب الأطراف في وضع تقييدات على الألعاب النارية أو الحرق المكشوف في الاماكن الترفيهية المفتوحة.

1. 3 الأساس العلمي و الاعتبارات العامة

يختلف تكوين النفايات وفقاً لمصدرها. قد تحتوي النفايات المنزلية على المزيد من المواد العضوية؛ قد تحتوي النفايات الصناعية على الكثير من المعادن وربما المواد الكيميائية العضوية. بعض النفايات نفسها -- حتى النفايات المنزلية مثل الملابس أو الجلود - قد تحتوي على الملوثات العضوية الثابتة (برنامج الأمم المتحدة 2003). الأقسام الثالث جيم (ط) و (ب) من هذه المبادئ التوجيهية تصف تشكيل آليات للملوثات العضوية الثابتة وعلاقتها بالمواد التي قد تكون وردت في النفايات. 1.3.1 الفرع أدناه يتضمن توجيهات عامة بشأن المواد والعمليات ؛ الفرعين 2-4 تحتوي على مزيد من المعلومات عن التركيب لمختلف أنواع النفايات.

يختلف تكوين النفايات أيضا فيما بين البلدان ، وعلى مر العصور. دقة البيانات حول مكونات النفايات من كل بلد سوف تساعد في الإدارة الشاملة للنفايات ، وزيادة كمية المواد المتاحة لإعادة التدوير أو إعادة الاستخدام وتقليل كمية التي يتم حرقها في العراء.

الشكل رقم 1: حيوانات ترعى قرب أماكن الحرق المكشوف



رعي الماشية غير ملائم في مناطق الحرف المكشوف للنفايات ويمكن ان تتناول مواد خطرة على الصحة

الصورة في كينيا مكتب الـ POPs

هناك القليل من البيانات بشأن تولد الملوثات العضوية الثابتة من احتراق النفايات غير المتحكم به . معظم التجارب قد أجريت على ما يسمى حرق للبرميل ، ولكن هناك بيانات محدودة أو لا بيانات حول حرائق المكبات ، الحرق في العراء في حفر أو حرق النفايات في التربة.

وسيلة لأدوات الموحدة للتحديد النوعي والكمي لإطلاقات الديوكسين والפורان اتي تم اعدادها من قبل برنامج الامم المتحدة للبيئة (UNEP 2003) يوفر أساسا سليما لحساب انبعاثات الديوكسين والفيوران. وهناك عدد من الأطراف الذين أنهوا قوائم حصر الديوكسين والفيوران باستخدام وسيلة الأدوات وجدت أن حرق النفايات في العراء هو واحد من أكبر أربعة مصادر للديوكسين والفيوران.

1.3.1 عمليات الحرق

على المدى القصير و عندما لا يوجد أساليب معقولة للتخلص من جميع أنواع الحرق المكشوف، فأفضل إرشاد هو تقليل كميات المواد التي يجري التخلص منها عبر هذه الطريقة (أي الحرق المكشوف). وهذا يتوافق مع الاتفاقية وغاياتها ومن التقنيات الأخرى التي قد تؤثر على التطوير تتضمن مايلي:
فيما يخص المواد المحترقة:

- تجنب تضمين مواد غير قابلة للاحتراق ، مثل الزجاج والكتل المعدنية والنفايات الرطبة و المواد ذات القابلية المنخفضة للاحتراق
- تجنب حمولات النفايات ذات المحتوى العالي من الكلور، بما في ذلك الكلوريد اللاعضوي مثل الملح ، أو المركبات العضوية الكلورية مثل البولي فينيل متعدد الكلور (Lemieux et al.2003)¹
- تجنب المواد الحاوية على معادن محفزة (وسيط) مثل النحاس والحديد والكروم والالمنيوم وحتى لو كانت بكميات ضئيلة
- يجب أن تكون المواد التي ستحرق ، جافة ومتجانسة أو ممزوجة بشكل جيد ، وذات كثافة قليلة (مثل النفايات غير المرصوفة)

¹ "لم يلاحظ أي فارق في لوغاريتم المكافئ السمي (TEQ) للكلور اللاعضوي (7% Cl in CaCl₂) وبين مصادر الكلور العضوي (7% Cl in PVC)" (Lemieux et al. 2003).

وبخصوص عملية الاحتراق:

- توفير هواء احتراق كاف
- الحفاظ على احتراق ثابت أو معدل ثابت من فقدان الكتلة
- التقليل إلى أدنى حد من دون لهب (العسيس أو التدخين) بسبب الإخماد المباشر للنار؛ فالتدخين هو الطور من الاحتراق الذي يترافق نعه أكبر إنتاج للملوثات العضوية الثابتة؛ (Lemieux et al.2003)
- اقتصار الحرق على كميات صغيرة والتي ثقلت بشكل جيد والنار مهواة بشكل جيد، بدلاً من الحرق بكميات كبيرة في حاويات أو مكبات سيئة التهوية

الشكل رقم 2 : انموذج لمثال عن التخلص من مزيج من النفايات باستخدام الحرق المفتوح (في العراق)



يحتمل أن تكون المواد المتفجرة (مثل علب بخاخات الايريسول ، و الحاويات الممتلئة جزئياً بالسوائل القابلة للاشتعال) و المواد الخطرة التي ينبغي إزالتها ، وخصوصاً تلك التي ينبغي تدميرها باستخدام أفضل التقنيات المتاحة التي تم وصفها في أجزاء أخرى من هذا الدليل (انظر القسم V.A.i، القسم الفرعي 2.2 من هذه المبادئ التوجيهية).

1. 3. 2 التعامل بعد الحرق:

وقبل التعامل مع النفايات التي حُرقت أو قبل تغطيتها، يجب إخماد النار كلياً. الإخفاق في عمل ذلك يمكن أن يؤدي إلى حدوث اشتعال غير مراقب فوق مساحة كبيرة أو يسمح بالاحتراق من دون لهب. و الرماد الناتج عن احتراق مزيج النفايات يجب أن يحفظ بعيداً عن المناطق التي تستخدم كعلف أو رعي الحيوانات و الماشية ، كما يجب أن تطمر بدلاً من فرشها على الأرض .

1. 3. 3 اعتبارات الصحة و السلامة :

بالإضافة إلى الخطوات الإرشادية المذكورة سابقاً ، فيجب التخفيف من طرائق التعرض للديوكسين والفيوران. وكما هو معروف على نطاق واسع ، فمعظم التعرض يأتي من خلال السلسلة الغذائية. بالتالي، فيجب أن تكون مواقع حرق النفايات متوضعة بعيداً عن مناطق الإنتاج الغذائي من النباتات والحيوانات. ومن الممارسات الجيدة أيضاً أن تتوضع مواقع الاحتراق بعيداً عن السكان أو على الأقل باتجاه الرياح بعيداً عن المناطق السكنية

بالإضافة إلى عزل المواطنين عن الرائحة و الازعاجات و التعرض المحتمل للمواد السامة من الحرق المكشوف، في جميع الحالات ، فيما إذا كان في المطمر أو في منشأة معزولة، فعلى الأشخاص القاطنين على النار أن يضعوا أنفسهم في أعلى مهب الرياح من أي نفايات محترقة. وقد ينصح باستخدام اللباس والكفوف و الأحذية المناسبة مع كامات الدخان و نظارات حماية. إذا كانت متوفرة

1. 3. 4 الممارسات و تقنيات الحرق المتوسطة

أجهزة الاحتراق ، أحياناً تدعى "المرممات" من قبل الصانعين، تباع بغرض حرق النفايات. في بعض الحالات يمكن أن تكون بسيطة مثل براميل الفولاذ و التي تحتوي النفايات لكنها لا تمثل أفضل التقنيات للترديد . ومن أجل الغرض من هذا الدليل ، فقد قمنا بمراجعة الحرق المكشوف كأي شكل من أشكال الاحتراق من أجل التخلص من النفايات ، فيما إذا كان الحرق يتم على شكل أكوام غير محاطة أو نفايات ضمن براميل عذنية أو في الحراقات التي لا تتوافق مع المعايير القياسية لمرممات (باستخدام أفضل التقنيات المتاحة) النفايات البلدية أو الطبية أو الخطرة ، كما تم تعريفها من قبل أحد بلدان الأطراف .

تعد الفائدة من هذه الاجهزة الوسيطة محدودة بسبب عدم توفر البيانات اللازمة عن تولد الملوثات العضوية الثابتة. فمن المستحسن أن تقوم الشركات المصنعة لهذه الاجهزة بتوفير مثل هذه البيانات و تحديد خصائص النفايات التي هي المقصد.

2. الحرق المتعمد للكتلة الحيوية

1.2 البقايا الزراعية/ بقايا المحاصيل و تنظيف الأراضي

1.1.2 1.1.2 تركيبة المواد

بشكل عام ،هذه المواد هي كتلة حيوية: خشب، وعشب، و مواد خضراء أخرى، وتبعاً للمناطق فيمكن أن تحتوي المواد على الياف الحبال، وقشور البن، وقولحة وساق الذرة، وتفل قصب السكر، وقشور الأرز. وقد تتكون المواد من نباتات حية أو ميتة أو مواد النباتات التي تم تقطيعها ثم تجفيفها. والحرق المتعمد لهذه المواد لا يشكل شروط احتراق جيدة يمكن التحكم بها بالرغم من حقيقة أن الحدود الجغرافية للمواد التي ستحرق قد تكون محددة بشكل جيد.

قد تتغير مواد الكتلة الحيوية من حيث محتواها من الماء (مواد حية مقابل مواد الحصاد الميتة؛ فصل رطب مقابل فصل جاف؛ ورطوبة منخفضة مقابل رطوبة عالية)، ومن حيث كثافة المادة الحيوية المحترقة (الكتلة في الهكتار الواحد ودرجة التراص أو أشياء أخرى) ومن حيث نوعية مادة الكتلة الحيوية. وقد تختلف الكتلة الحيوية بشكل طبيعي من حيث محتواها من الكلور أو قد تكون عولجت بالمواد الكيميائية (المبيدات الكلورية أو الأسمدة)؛ أو من حيث محتواها من المعادن القادرة على تحفيز تشكيل الملوثات العضوية الثابتة (النحاس على سبيل المثال كالخشب المعالج بزرنبيخات الكروم والنحاس) أو من حيث محتواها من المواد المثبطة (المواد الحاوية على الكبريت و الأزوت) والتي يمكن أن تؤثر جميعها في توليد الملوثات العضوية الثابتة ، ولاسيما الديوكسين والفيوران خلال الاحتراق غير المتحكم به (انظر القسم الفرعي 1.3 اعلاه حول اعتبارات عامة) تم نشر نتائج البحوث حول احتراق الكتلة الحيوية على نطاق واسع (Lobert et al. 1999; (Nussbaumer and Hasler 1998; Gullett and Touati 2003; Gullett and Touati 2002

2.1.2 2.1.2 العوائق التي تحد من التخلص و المعالجة و سياسة ازالة المعوقات

الحرق الموصوف يمكن أن يسمح به من قبل الحكومات من أجل منفعة اقتصادية ملموسة(خفض تكاليف) ، أو فائدة زراعية ملحوظة (استخدام الرماد كمادة مساعدة للتربة) ، درء الخطر (مثال التخفيف من اشتعال الحرائق في استراليا) أو من أجل التحكم بالحشرات و الزواحف والنمل الأبيض ، أو من اجل جعل الأراضي ملائمة للاستجمام. وفي كل حالة من هذه الحالات فلدى الحكومة السلطة لوقف الترخيص لمثل هذا النوع من الحرق و لتتقيف العامة بخصوص المخاطر الصحية للحرق في العراء، خاصة اذا كان الحرق يجري على نطاق واسع. في بعض الحالات ،مثل التحكم بالنمل الأبيض ، فقد يكون حرق الكتلة الحيوية في العراء المنهجية الأقل مشاكل للبيئة ، ان الكلفة ومدى توفر الأساليب البديلة للتخلص من هذه النفايات أو الإدارة البيئية قد يكون موضوع قابل للنقاش

3.1.2 3.1.2 الاستراتيجيات و أدوات الساسة لتجنب أو خفض أو تحويل النفايات

وحيثما أمكن، فيمكن للحصاد الآلي مع بدائل الاستعمالات غير التدميرية للمواد المحصودة أن تساعد في التقليل من الحرق بالجملة (بكميات كبيرة). وفي مناطق تربية المواشي يمكن حصد المواد وتخزينها كعلف للماشية.العشب يمكن تقطيعه وتجفيفه وحفظه كعلف؛ويمكن تصنيع نفايات المحاصيل الأخرى كعلف للحيوانات ،أو تخميرها ،أو تركها لتتفسخ في مكانها أو تحويلها الى سماد ؛ويمكن للخشب ذو النوعية الجيدة أن يتم حصاده لصناعة الخشب ،ويمكن لنفايات الحديد أن يتم تحويلها الى سماد و استخدامها كمحسن للتربة ؛ وبعض أنواع الكتلة الحيوية غير التقليدية يمكن أن تستخدم كماد بديلة في صناعة الورق. وفي جميع الحالات فهذه البدائل أيضاً تحتاج الى توفير أسواق والى بنى تحتية

يمكن الحصول على نتائج مفيدة اذا تم تحويل بقايا الخضر الزراعية الى سماد (كمبوست)، خاصة في المناطق ذات التربة الفقيرة. تقنيات الحرق -صفر (أي التقنيات التي لا تستخدم أسلوب الحرق Zero burning techniques) كما ذكر في جمعية دول جنوب-شرق آسيا ،فيجب أن تطبق عندما يكون ذلك ممكناً في المنطقة وحسب المحاصيل (ASEAN Secretariat 2003). ان التقليل والتخلص من الملوثات العضوية الثابتة الناتجة عن الحرق المكشوف قد يوفر الفرصة لإعادة تشكيل الممارسات الزراعية

4.1.2 4.1.2 البدائل و المعوقات في استعمال أدوات السياسة للتخلص من المعوقات

قد تتغير البدائل حسب الحالة. وتتضمن العوائق نقص التربة و نقص في عزم الحكومة للتقليل من الاعتماد على الحرق المكشوف لتحقيق الغايات، ونقص الآلات والعمليات البديلة حين يكون الحرق المكشوف جزء متكامل من الزراعة المحلية. وكلفة البدائل في أي شكل من الأشكال قد تكون عائق كما هي الحال مع أي إعادة تشكيل فقد تكون الأدوات الاقتصادية

2.1.5 تقنيات الحرق وخصائصها وأساليب التحسين

عندما تسمح سياسة الحكومة بحرق الكتلة الحيوية، فيجب تطبيق عمليات التحسين المذكورة في التوجيهات العامة من هذا الدليل. والتخطيط الدقيق للحرق الموصوف مع الأخذ باعتبارات الظروف المناخية سوف يسمح بتحكم أفضل بعملية الحرق المكشوف ويقلل من تعرض السكان لتلوث الهواء . وبعد الحرق فإدارة الرماد الناتج موضوع يحتاج للاهتمام .

يجب التخفيض الى الحد الأدنى من استخدام المواد الكيميائية في الزراعة و الغابات وبشكل متوافق مع الاحتياجات المحلية والإدارة الجيدة. وعندما يكون من الممكن اجراء عمليات التنظيف الميكانيكي و استخدام المواد المحصودة كبداية ، فيمكن عندها تجنب حوادث الحرق ؛ على أي حال وفي بعض الحالات المحلية فقد يكون للحرف الموصوف مكاناً ضمن الخطة الاجمالية لإدارة الاراضي اذا استخدمت لمنع حرائق مدمرة ناتجة عن الاهمال و المصحوبة بانبعاثات أكبر بكثير من الملوثات العضوية الثابتة. اخذين بالاعتبار أن ضبط الحرق الموصوف يحتاج الى إجراءات لمكافحة الحرائق (تدريب، تجهيزات، تخطيط) وبنى تحتية(أماكن وصول، طرق) وتخطيط اداري وجميعها عبارة عن تدابير دعم ثانوية.

3. الحرق في العراء لمزيج من نفايات المستهلك

3.1 النفايات المنزلية، المطامر/حرائق المكبات ، النفايات الصناعية غير الخطرة

3.1.1 تركيبة المواد

نفايات المنازل و تركيب نفايات المطامر و المكبات قد تكون متشابهة جداً من حيث النوعية. ويمكن أن يحدث اختلاف مهم عند يجري تعديلهم من قبل البرامج (مثل : اعادة التدوير ،النبس ، التحويل الى سماد أو أي انواع اخرى من الفصل) و التي تعمل على ازالة بعض التدفقات المعينة من النفايات بين محلة المنزل و مكان التوضع النهائي. يمكن أن تنشأ النفايات الصناعية غير الخطرة عن المؤسسات التجارية مثل اماكن البيع و المطاعم والصناعات الخفيفة .وسوف تختلف تبعاً للمصدر التجاري لكنها قد تحتوي على المواد الموجودة في النفايات المنزلية ذاتها.

الحرق المكشوف للنفايات في العراء كان موضوعاً لدراسة هامة (Lemieux et al.2003). ويبدو أن هناك معطيات قليلة جداً بخصوص الحرائق في مكبات النفايات و الملوثات العضوية الثابتة (Lemieux, Lutes and Santoianni (2004).

أظهرت دراسات تركيب النفايات تغيرات في التركيب بين البلدان و خاصة بين البلدان المتطورة والبلدان النامية. ففي البلدان النامية قد تصل نسبة النفايات القابلة للتفسخ (مثل نفايات المطابخ) الى 50% من تركيب النفايات. اما في البلدان المتطورة فنجد أكثر مواد التغليف و الالكترونيات الا في حال ازالتهما من تدفقات النفايات بواسطة انظمة نهاية حياه المنتج (end-of-life). قد توجد اختلافات هامة ايضاً بين النفايات في المناطق الحضرية و المناطق الريفية وبين نفايات من أقاليم مختلفة ، بغض النظر عن مدى نموها بشكل عام تحتوي تدفقات نفايات المنازل و نفايات المطامر على الورق والبلاستيك و المواد العضوية مثل نفايات الطعام، والزجاج و المعادن والخشب، والجلود ومواد أخرى متفرقة. وتحت ظروف التحكم الضعيفة فيمكن للنفايات المنزلية الخطرة مثل مواد التنظيف و الدهانات والمذيبات أن تجد طريقها الى مطمر أو مكب معد للنفايات غير الخطرة.

علاوة على ذلك ، طرق الادارة السلبية سوف تغير من تركيب واداء المطامر والمكبات. ففي المطمر الحديث سيكون مقسم الى اجزاء مختلفة، وسيكون هناك تغطية يومية بطبقة ن التربة أو الغضار تضاف فوق طبقات النفايات ليس فقط لتخفيف الرطوبة الموجودة في المطامر بل لمنع احتمال حدوث الاشتعال التلقائي . بينما بالمقارنة فان المطمر التقليدي سيكون أقل تنظيماً و أكثر عرضة لحدوث الاشتعال التلقائي .

تولد جميع مواقع التخلص بعض الغازات القابلة للاحتراق (مثل غاز الميثان) نتيجة للتفكك الحيوي اللاهوائي للمواد العضوية الموجودة في النفايات . ما لم يتم التحكم بهذا الغاز فهو يشكل وقود شديد الاحتراق قد يحترق بشكل تلقائي أو الحرق غير المشروع . كما يعد من أحد غازات ظاهرة الدفيئة . ان تصميم وتنفيذ انظمة تجميع غاز الميثان يأتي كجزء من تقنية المطامر الحديثة. وذلك لكلا الغرضين السلامة و استرداد الطاقة.

3.1.2 العوائق التي تحد من التخلص و العلاج او سياسة ازالة العوائق

3.1.2.1 النفايات المنزلية

سيتم حرق النفايات المنزلية في العراق عندما تكون الكلفة و الملائمة أو العادات الاجتماعية و القبول الاجتماعي تجعل هذا الخيار جذاباً للمواطنين أو لمجموعات من المواطنين. وفي الحالات التي تعيش فيها الناس بعيداً خارج حدود ولاية البلديات فحلول التخلص من النفايات (مثل الحرق في العراق) ستكون دون شك أمر متخصص ومفهوم. وفي حال غياب الأنظمة الملائمة للتخلص من النفايات فسيكون الحرق في العراق أمر مفهوم حتى لو كان يتم ضمن حكم البلديات.

ومن اجل القضاء على الحرق في العراق فيجب ان تتواجد البدائل المعقولة ويجب تثقيف العامة بخصوص توفر هذه البدائل إضافة الى للخطورة الناجمة عن الحرق في العراق

الشكل رقم 3 : فرز مركزي للنفايات بهدف إعادة الاستخدام أو التدوير



عند المصدر أو نقطة التجميع المركزية، فيجب أن تصبح إعادة التدوير وطرائق التخلص الأخرى فعالة ويمكن تحمل نفقاتها. يجب تصميم وتشغيل المطامر وفقاً للمعايير الحديثة (Hickman and Eldredge 2004). وإذا استخدم الحرق كطريقة للتخلص من النفايات فيجب أن يتم الترميد باستخدام أفضل التقنيات المتاحة ويفضل وجود أنظمة استرجاع الطاقة.

يجب على الحكومات أن تقبل مسؤولية خلق أنظمة لاستصلاح و التخلص من النفايات كخدمة أو احد المرافق العامة. ثم يجب على البلدان و البلديات أن يكون لديهم النية لوضع تشريع لإنهاء الحرق في العراق وتقبل المسؤولية على تنفيذ هذه القوانين. إضافة الى ذلك وعندما يكون الطمر الحديث هو احد الخيارات، فيجب أن تتضمن التنظيمات وخطط إدارة النفايات الاستعدادات والاحتياطات لمواقع المطامر الجديدة بحيث تحافظ على الاستطاعة المطلوبة للتخلص من النفايات.

وببساطة ان القبول بمسؤولية توفير أنظمة إدارة النفايات قد لا يعني بحد ذاتها وضع نهاية للحرق في العراق. فالنفايات قد يتم جمعها و توضعها في المطامر أو المكبات و التي تصبح بحد ذاتها مواقع للحرق المكشوف في العراق. ويجب تطوير السياسات والممارسات وتطبيقها على هذه الخدمات المركزية. يمكن التقليل من حوادث الاشتعال و الاحتراق التلقائي بتجميع غاز المطامر أو بالتنظيمات التي تتطلب تقنيات تشييد المطامر الحديثة تقنيات مع الإغلاق الدائم للمكبات التي أصبحت منتهية الصلاحية

3.2.1.3 الاحتراق العرضي

يمكن تخفيض حدوث العرائق العرضية في المكبات بمنع أو الحد من إمكانية الوصول أو الترخيص لدخول المكبات و المطامر. وفي العديد من الحالات تندلع الحرائق بواسطة النباشين الذين يعيشون ويعملون في تلك المناطق . فالنار عرضية كانت او مفتعلة يمكن أن تعمل على إشعال المواد في النفايات أو غاز المطامر. على السلطات سن القوانين التي تنظم نشاطات النباشين، وتوفير ظروف السلامة للعمال والحد من الوصول الى المطامر أو الإقامة فيها .

3.2.1.3 الاحتراق العرضي عن قصد

الحرائق المفتعلة عن قصد، أي حرق محتويات المكب بهدف خفض حجم النفايات، يجب أن يحرم من قبل السلطات. ومن أجل تجنب الحاجة الى حرق النفايات في المكبات فيجب وضع مخطط كاف لحجم المطمر والفراغات والموقع وادارة المطمر. اضافة الى التقليل من النفايات وذلك من اجل تحاشي الحاجة الى الحرق.

ادارة النفايات عبارة عن نظام يعمل على جعل التخلص النهائي من النفايات الفعلية مسؤولية جماعية عوضاً أن تكون مسؤولية فردية، التكاليف الاقتصادية المباشرة قد تزيد، لكن بشكل عام التكاليف و التأثيرات البيئية سوف تنخفض.

3.1.3 الاستراتيجيات و أدوات السياسة لتجنب أو خفض أو تحويل النفايات

3.1.3.1 التخفيف من المصدر

ان الدراسة الدقيقة لتركيبة النفايات المحلية قد تقود الى برامج معينة لخفض حجم كبيرة من تدفقات النفايات. على سبيل المثال ف شراء المنتجات بالجملة يمكن أن يقلل من الحاجة الى التغليف المنفرد للمنتجات. هذا المثال و استراتيجيات أخرى قد تُعدل وتتغير تبعاً للكثافة السكانية.

3.1.3.2 التحويل الى سماد

عندما تكون أجزاء كبيرة من النفايات المنزلية قابلة للتحلل البيولوجي ، وعندما تسمح الكثافة السكانية بذلك فيجب ان توفر البلديات تثقيف المواطنين عن طرائق ذات فاعلية في الكلفة و المكان لتحويل هذه النفايات الى سماد. وضمن هذه الإستراتيجية هي التحويل الملائم للنفايات العضوية الى غذاء للحيوانات أشكال أخرى من الاستعمال المثمر والتي يجب تطويرها لمنع انتشار الأمراض. والتوعية والتنظيف في هذا المجال يجب أن تتضمن كيفية التحكم بالهوام والحشرات الناقلة للأمراض. بعض النفايات العضوية قد تحتوي على ملوثات عضوية ثابتة أو على مواد يمكن أن تتحول إلى الملوثات العضوية الثابتة تحت ظروف التحويل الى سماد، وبالتالي يجب معالجتها بشكل منفصل من أجل ضمان إنتاج سماد بجودة عالية وبمحتوى منخفض يمثل هذه الملوثات. في بعض الحالات يمكن تحسين نوعية سماد الكومبوست باستبدال مواد معينة قابلة للتحلل البيولوجي بمواد أخرى بديلة.

3.1.3.3 اعادة الاستعمال

عندما يمكن استرجاع اجزاء من جهاز أو كامل الجهاز وغسله واصلاحه أو استعادته كأداة مصنعة، عندها تنخفض الحاجة الى التخلص منه كنفائية. في العديد من هذه الحالات فقد يكون استخدام العمالة في مثل عمليات الاستعادة هذه قد يكون أكثر كفاءة اقتصادياً و أكثر فائدة من شراء أجهزة جديدة.

3.1.3.4 إعادة التدوير

العديد من تيارات تدفق النفايات تحتوي على أشياء ذات قيمة ويمكن استعادتها. المعادن، والزجاج، والورق الجاف والتنظيف، ألواح الكرتون المموج المستخدم في تغليف البضائع، والأقمشة، والبلاستيك، والخشب، تعتبر جميعها تيارات من النفايات القابلة للتدوير. واعتماداً على الحالة فقد تكون البنية التحتية المركزية للتجميع والفرز وإعادة التدوير هي أقل كلفة بينما في حالات أخرى اذا زدنا ببساطة منطقة سقالات أمنة للفرز في موقع التخلص من النفايات وشجعنا على تطوير أسواق للمواد القابلة للتدوير، فيمكن أن يساعد ذلك في استرجاع هذه المواد بواسطة النباشين. هذا يمكن أن يساهم في خلق فرص عمل و الحفاظ على الموارد و استراتيجيات الحد من الفقر.

3.1.3.5 الترميد

في بعض الحالات يمكن للترميد باستخدام أفضل التقنيات المتاحة وخاصة المزودة بأنظمة لاسترجاع الطاقة أن يتواجد في أن واحد مع الحرق المكشوف في العراء. وعندما يحدث ذلك، فالترميد يفضل على الحرق في العراء، ولكنه قد لا يكون الخيار الوحيد. فعلى السلطات أن تكون حريصة في تفهم عوائق محلية معينة تقف في وجه القضاء على الحرق في العراء و أن تشجع على استخدام طرائق التخلص من النفايات ذات العبء البيئي الأقل بما فيها التقليل من المصدر، وإعادة الاستعمال، وإعادة التدوير، والترميد باستخدام أفضل التقنيات المتاحة. وقد يكون أحد الحواجز في تحقيق ذلك هو التجميع والكلفة، على أي حال فعندما يستخدم الترميد مع أفضل التقنيات المتاحة، و عندما تتواجد أنظمة استرجاع الطاقة، فقد يخفف ذلك من الكلفة النفايات ويؤمن فوائد هامة من الطاقة.

6.3.1.3 المطامر الحديثة

نظراً للاختلاف الكبير بين المطامر الهندسية الحديثة و المكبات غير المنظمة، فتشييد المطامر الحديثة المزودة بتجميع للغازات و الرشاحة والفرصة الملائمة لإعادة التدوير و الاستخدام، هو أمر مفضل على الحرق المكشوف في العراء. وكما ذكر اعلاه، فسوف تحتاج السلطات الى قبول أن تثقيف العامة و الخيارات ذات الكفاءة الاقتصادية في التخلص من النفايات، يجب أن يكونوا متوفرين للمواطنين اذا أرادت السلطات القضاء على الحرق في العراء.

تختلف المطامر الحديثة عن المكبات في العديد من النواحي. كتشبيد هندسي، فالمطامر الحديثة هي عادة ما تكون آمنة وأكثر صحية و أقل عرضة للحرائق المفتعلة. لكنها تتطلب أيضاً ادارة نشيطة و تدابير أمنية لمنع الناس غير المرخص لهم من الدخول إلى المطمر (على سبيل المثال النباشين)، وقد تكون المطامر الحديثة أكثر كلفة من الحرق في العراء ومن المكبات ذات التقنيات المنخفضة.

و السياسات التي تُحرّم طرح النفايات الصناعية الخطرة و النفايات المعدية في تيار النفايات العادية، فسوف تساعد مثل هذه السياسات على سلامة و أمن نظام التخلص من النفايات البلدية. يمكن للحكومات أن تشجع استخدام الطرائق البديلة المدرجة أعلاه وذلك بتطبيق التقييدات و الحظر القانوني على الحرق في العراء، و سن التشريعات لعمليات تحويل النفايات الى سماد كمبوست، وإعادة التدوير و الاسترجاع، والضرائب على الزيادة من النفايات التي تطرح في نظام التخلص من النفايات؛ أو تأسيس أنظمة أكثر ملائمة و أقل كلفة لإدارة الموارد

4.1.3 البدائل و العوائق في استعمال أدوات السياسة للتخلص من الحواجز

الاستراتيجيات للتقليل من النفايات و الخيارات البديلة المتاحة للحرق في العراء هي متشابهة بشكل كبير

5.1.3 تقنيات الحرق وخصائصها وأساليب التحسين

عندما لا يكون أي من البدائل المذكورة سابقاً للتحقيق أو حينما لا يمكن تطبيق البدائل خلال زمن محدد، فقد ترغب الحكومات في تثقيف العامة على الطرائق و النواحي لتخفيض التأثيرات التي يمكن أن تنجم عن الحرق في العراء. وهذه التحسينات على العملية قد تم ذكرهم في هذا الدليل العام.

3.2 نفايات الانشاء و الهدم وركام ما بعد الكارثة

3.2.1 تركيبة المواد

3.2.1.1 نفايات الانشاء و التعمير

سوف تتكون نفايات الانشاء (البناء و التعمير) من المواد الاعتيادية المستخدمة في البناء و يمكن أن تحتوي على المواد المستخدمة في التعليب و التغليف و التي عادة يتم احضار المواد فيها الى الموقع (على سبيل المثال: بالات أكياس). و المواد المستخدمة في تشييد الابنية تختلف بالحجم و بالنوع و بالموقع الجغرافي. و انواع الابنية، فيما اذا كانت تجارية أو مكاتب أو تجمعات سكنية، سوف تختلف بشكل كبير بين البلدان المتطورة و البلدان النامية و بين المناطق و الاقاليم أيضاً. و من ضمن المواد المشتركة القابلة للاحتراق ضمن مواد البناء: الخشب، الورق و المواد السيلولوزية الأخرى، و الاسفلت، والدهانات، و انواع متعددة من البلاستيك و منالمعروف التلوث بالمعادن.

3.2.1.2 نفايات الهدم

سوف تحتوي النفايات الناتجة عن الهدم و خاصة الركام و الحطام بعد الكوارث، على امثلة و ممتلكات القاطنين. و سوف تختلف هذه المواد أيضاً حسب نوع البناء و الموقع الجغرافي و مستوى التطور الاقتصادي. البقايا المحترقة جزئياً في حريق عملية صناعية فيمكن اعتباره أيضاً كركام و حطام ما بعد الكارثة أو كنفائيات خطرة.

وبالنسبة الى السكن ، فهذا الشبه سيكون في النفايات المنزلية، وسوف يكون أكبر في البلدان النامية؛ أما في البلدان المتطورة فسيكون هناك نسبة أكبر من النسيج(أقمشة)، الاسفنج (المفروشات)، المواد البلاستيكية القاسية (أدوات كهربائية) و الألياف (السجاد).

أما بالنسبة الى الأبنية التجارية فسوف تكون المحتويات ممثلة لنوع العمل وسوف تتضمن المفروشات و الألياف المشابهة لتلك في السكن ، إضافة الى الالكترونيات و احجام كبيرة من الورق (أوراق مكتبية) أو مجموعة من منتجات البيع

3. 2. 2 العوائق التي تحد من التخلص و العلاج أو سياسة إزالة العوائق

الحرق المقصود للنفايات المشتقة من الانشاء أو عن الهدم هو مسألة الكلفة المنخفضة و الطريقة الملائمة للتخلص من هذه النفايات في موقع العمل، أو عدم توفر البدائل. وبينما يعتبر هذا النوع من الحرق هو ممارسة سيئة ويجب تجنبه تحت أسوأ الظروف فيما يخص الصحة العامة، نجد أن الحرق عن قصد لنفايات حطام مابعد الكارثة هو أمر معروف نظراً لعدم توفر البدائل، أو الرغبة في تجنب استخدام ضخم من مساحة للمطامر للتخلص من الحجم الهائل من هذه النفايات، أو نظراً لملائمة هذا الحرق المتعمد من أجل تنظيف المنطقة في مرحلة ما بعد الزلازل(Nakao et al.1997). الموضوع اسماً هو موضوع تكلفة، سواء أكانت تكلفة مباشرة أو كلفة التنمية أو استخدام وسائل أخرى للتخلص من هذه النفايات.

3. 2. 3 الاستراتيجيات و ادوات السياسة لتجنب أو خفض أو تحويل النفايات

يمكن جمع نفايات الإنشاء غير الملوثة والنظيفة وتخزينها وتحويلها للمواد القابلة للاستعمال الى اعمال تشييد أخرى أو تقطيعها وتفكيكها وتحويلها الى نشارة و مواد قابلة للتدوير. واعمال الهدم، عندما تتم بواسطة التفكيك يمكن أن تنتج عناصر و أشياء كثيرة مناسبة للبيع أو الاستعمال من جديد. أما المواد الناتجة عن الهدم والتي لا يمكن إعادة استخدامها أو إعادة تصنيعها، فيمكن فصلها والتخلص منها، كنفايات إنشء.

فيما نظرياً الاستراتيجيات المستخدمة لمعالجة نفايات الإنشاء والهدم يمكن أيضاً ان تستخدم لمعالجة الركام والحطام في مرحلة مابعد الكارثة، لكن المقاييس وحجم النفايات يختلف بشكل كبير في الحالة الأخيرة. بعد وقوع الكارثة قد لا يوجد خيار آخر سوى ترحيل النفايات والركام الى موقع المطمر، والسماح للنباشين بالوصول اليها أو تنفيذ عملية استرجاع منظمة للمواد. ردم هذه النفايات في المطامر من دون نبشها أو ترميدها باستخدام أفضل التقنيات المتاحة قد تكون من افضل الخيارات في حالات الطوارئ، وذلك اعتماداً على الظروف.

وتستطيع الحكومات و بعضها يفعل تحريم الحرق في العراء للركام الناتج عن الإنشاء أو الهدم و عندما توجد بنية تحتية فقيرة لإدارة النفايات، فيمكن للعديد من الآليات المستخدمة في استرجاع المواد من النفايات المنزلية أن تكون مفيدة في حالة استرجاع المواد من ركام وحطام مواد الإنشاء و الهدم

3. 2. 4 البدائل و المعوقات في استعمال أدوات السياسة للتخلص من العوائق

كما هو مذكور أعلاه ، فخيارات التخلص من النفايات في مواقع الإنشاء والهدم هي: التجميع، والفصل، والتفكيك، وإعادة البيع، وإعادة الاستعمال، وإعادة التدوير. وهذه العمليات يمكن أن تكون ذات قيمة اقتصادية أو يمكن أن تصبح ذات فائدة اقتصادية وذلك بتغيير في القوانين أو التنظيمات التي تتحكم بالتخلص من هذه المواد. مثل هذه الآليات تتضمن حظر الحرق في العراء ، وفرض الضرائب على التخلص من مواد الإنشاء والهدم في مطامر النفايات، أو الآليات الاقتصادية التي تشجع على إعادة التدوير. وفي العديد من الحالات إعادة بيع عناصر ومواد البناء هو قابل للتطبيق اقتصادياً وهذا الأمر حقيقة صحيحة خاصة في الدول النامية.

إضافة إلى ذلك فيمكن أن تكتب عقود التشييد والبناء بحيث يحدد فيها طريقة التخلص من الركام على مسؤولية المتعاقد. كما يمكن تحديد وسائل التخلص المقبولة ضمن العقد

3. 2. 5 تقنيات الحرق وخصائصها و أساليب التحسين

من أجل هذه المواد ينطبق الدلائل العامة نفسها المذكورة في أماكن أخرى من هذه الوثيقة. يجب أن يكون الحرق في العراء هو آخر وسيلة أو سبيل نلجأ إليه، ويجب أن يستثنى هذا الحل (وبشكل فعال) المواد التي لا تحترق بشكل جيد أو المواد التي لا تحترق نهائياً.

4. الحرق في العراء لمواد معينة و مواد متفرقة

4. 1 المواد البلاستيكية المستخدمة في الزراعة

4. 1. 1 تركيبة المواد

طبقات الرقائق البلاستيكية المستخدمة في الأغراض الزراعية هي مصنوعة عادة من البولي إيثيلين بسبب الكلفة المنخفضة لكن بوليمير إيثيل - فينيل أسيتات (Ethylene-vinyl acetate copolymer, EVA) هو أيضاً معروض للبيع. البولي فينيل كلورايد (PVC) قد تم استخدامه في السابق لهذه الأغراض، لكن يبدو أنه لم يعد شائع الاستخدام في هذه الأيام. ومن ضمن الاستعمالات لطبقات الرقائق البلاستيكية في الزراعة هي لتغطية الحقول في أول الموسم لحماية الأرض، ولف البالات، وكأكياس لحفظ العلف أو الأسمدة أو المواد الكيميائية، وكغطاء للبيوت البلاستيكية لتنمية الخضراوات. بعض الموزعين المتخصصين يعرضون مواد معينة قابلة للتحلل.

والحاويات البلاستيكية القاسية للمبيدات أو مواد كيميائية أخرى، يمكن أن تتواجد أيضاً. الأكياس هي عادة من البولي إيثيلين منخفض الكثافة، أما القوارير والبراميل والأحواض البلاستيكية فهي عادة مصنوعة من البولي إيثيلين عال الكثافة، أو من طبقات متعددة من البولي إيثيلين، أو من حاويات من البولي إيثيلين التي تم معالجة سطوحها الداخلية للتقليل من التفاعل مع محتواها من المنتجات. يناقش أحد التقارير تجارب احتراق أكياس تحتوي على بقايا من المبيدات ولكنه وجد مركبات الديوكسين والفيوران "بمستويات منخفضة جداً" وتقريباً لا شيء في الانبعاثات إلى الهواء أو في البقايا الصلبة (Oberacker et al.1992) إن اتباع الإجراءات المنشورة لغسيل الحاويات ومعالجة مياه الغسيل بشكل جيد، سوف يقلل من هذه الاحتمالية المنخفضة بشكل كبير.

4.1.1.2 العوائق التي تحد من التخلص والعلاج أو سياسة إزالة المعيقات:

المواد المتوضعة بعيداً عن الأماكن العادية لتجميع النفايات سوف يتم طرحها والتخلص منها باستعمال أكثر الطرائق ملائمة وأقلها كلفة. يمكن التقليل من عمليات الحرق بوضع آلية لجمع هذه المواد، وخاصة إذا كان الكثير من المزارعين في المنطقة يستخدمون نفس المواد. كما يمكن للحكومة أن تضع البرامج التثقيفية والتعليمية والقوانين التي تحظر الحرق.

4.1.1.3 الاستراتيجيات وأدوات السياسة لتجنب أو خفض أو تحويل النفايات:

طبقات الرقائق البلاستيكية المستخدمة في الزراعة يتم إعادة تدويرها في بعض البلدان. ويمكن تسهيل ذلك عندما يتم جمع المواد لوحدها حصرياً. وعندما لا يكون هناك فرصة لإعادة تدوير هذه المواد فيجب استخدام أشكال أخرى للتخلص من هذه المواد، بما فيها الردم في المطامر. استخدام الاضافات مثل مثبطات الأشعة فوق البنفسجية، يمكن أن تزيد من عمر طبقات الأغطية المستخدمة في البيوت البلاستيكية وبالتالي التقليل من الحاجة إلى التخلص منها. وفي حال غياب برامج محددة، فالمواد المستخدمة في تغليف البالات أو تعبئة سماد الكميوست يمكن أن تطرح للتخلص منها بنفس الطريقة كأى مادة تغليف مستخدمة في منطقة ما. وفي بعض المناطق فيمكن أن يعاد تدوير الرقائق البلاستيكية فقط، وتجمع في تركيبة من البلاستيك والخشب أو تحول إلى وقود مشتق من النفايات وتحرق في مرمدة تستخدم أفضل التقنيات المتاحة. أما بالنسبة للقوارير البلاستيكية، تنصح منظمة الصحة العالمية أن يتم غسلها ثلاث مرات ثم تنقب وتدفن (Rosendaal, 1997, ch.10).

4.1.1.4 البدائل والمعيقات في استعمال أدوات السياسة للتخلص من الحواجز:

الاستراتيجيات للتقليل من النفايات والخيارات البديلة للحرق في العراق منسجمة بشكل كبير.

4.1.1.5 تقنيات الحرق وخصائصها وأساليب التحسن:

في حين أن الرقائق البلاستيكية المستخدمة في الزراعة هي قابلة للاحتراق بسبب الطريقة والمواد التي صنعت منها، لكنها تميل إلى أن تنصهر وتنكمش (تتقلص). يمكن أن يعتمد الاحتراق الجيد على التقطع والتفتيت لزيادة نسبة المساحة إلى الحجم أو تغذية المواد بشكل بطئ نسبياً. يمكن تحقيق درجات حرارة عالية واحتراق وتهوية جيدة، لكن قد يكون من الصعب تحقيق ذلك إذا تم الحرق على نطاق واسع لطبقة رقائق مواد البلاستيك فقط. القوارير البلاستيكية قد لا تحترق بشكل جيد نظراً لنسبة السطح إلى الكتلة حتى لو كانت القوارير جافة وموادها قابلة للاحتراق. لذلك قد يتطلب الأمر وقود بديل والذي يجب أن يكون متوافق مع المادة المحترقة ومع الدلائل العامة.

4.2 إطارات (عجلات) السيارات

24.1 تركيبة المواد

الإطارات هي تركيبة من البوليمير المشترك من الستيرين - البوتادين أو المطاط الطبيعي، والكولوروبرن، والبولي أميد، وأسلاك الفولاذ، والكربون الأسود والعديد من الإضافات العضوية واللاعضوية. تحتوي الإطارات على تراكيز منخفضة من الكلور، وتحتوي على كميات لا بأس بها من الكبريت، مماثلة لتلك الموجودة في الفحم ذو المحتوى المتوسط من الكبريت، كنتيجة لعملية الفلكنة بالكبريت (vulcanization) أثناء تصنيع الإطارات. يعمل الكبريت على تثبيط تكوين الملوثات العضوية الثابتة خلال الاحتراق، بالتالي فاحتمالية توليد الملوثات العضوية الكلورية الثابتة ستكون أقل منها في النفايات المختلطة. على أي حال فالاحتراق السئ لكميات كبيرة من الإطارات خلال حالات الحرق المكشوف في العراق

4. 2. 2 العوائق التي تحد من التخلص والعلاج أو سياسة إزالة المعيقات:

اشتعال حرائق الإطارات قد يكون لأسباب طبيعية (البرق) أو لأسباب من صنع الإنسان. رمي الإطارات في المكبات يمثل عدد من المخاطر، تتضمن أنها تشكل مزرعة للحشرات الناقلة للأمراض. إضافة لذلك فالإطارات تشغل مساحات كبيرة. الحرق الصناعي للإطارات يمكن أن يجري حدوثة للتخفيف من هذه المشاكل.

4. 2. 3 الاستراتيجيات وأدوات السياسة لتجنب أو خفض أو تحويل النفايات:

الإطارات المهترئة يمكن إعادة معالجتها واستخدامها من جديد في العديد من الحالات. فقد تمكنت التكنولوجيا الحديثة من زيادة العمر الوسطي للإطارات بحوالي عشرة مرات خلال الثلاثون سنة الماضية. استخدام الإطارات ذات العمر الأطول سوف يقلل إلى الحد الأدنى من التخلص منها كنفايات. ويمكن إعادة تدوير الإطارات إلى العديد من الاستخدامات، إما كما هي أو بعد تفتيتها. يمكن طمر الإطارات إذا كانت كما هي أو مفتتة. على أي حال فالإطارات كما هي والأشياء المشابهة مثل القوارير غير المكسورة يمكن أن تطفو إلى سطح المكب. تجميع الإطارات في مكبات فوق سطح الأرض تشكل منظر مؤذي للعين وخطورة على التحكم بالحشرات وإمكانية لحدوث احتراق غير متحكم به.

4. 2. 4 البدائل والعوائق في استعمال أدوات السياسة للتخلص من الحواجز

الإطارات المستهلكة يمكن إعادة استخدامها أو تفتيتها أو طحنها بالتجميد إلى بودرة. الإطارات المعالجة يمكن استخدامها في صناعة الإسفلت المعدل بالمطاط كمواد تغطية الطرقات. والإطارات المفتتة والمطحونة يتم أيضاً ضغطها واستخدامها في مواد البناء. كما تستخدم الإطارات المفتتة كمواد طرية في أراضي الملاعب. إضافة لذلك يمكن ضغط الإطارات لاستخدامها كأسوار وحواجز، وصنع الحديد البحري والتحكم في تعرية التربة. (خشب الصندل، مصادم الأبواب وصناديق النفايات، مع التسليم بأنه مركب، ثرموست مواد المطاط المعاد تدويره، يخضع لقيود محددة للمعالجة) لكن استخدامات كامل الاطار فوق الأرض يجب على أية حال أن تأخذ بعين الاعتبار والتخفيف من أن الإطارات تعمل على تجميع المياه بداخلها وبالتالي تصبح مأوى وملأذا لمستعمرات الحشرات.

إذا كانت الإطارات مفتتة أو ستحرق كقطعة واحدة في أفران الاسمنت، فيجب ان يتم ذلك تحت شروط احتراق جيدة وعلى أن تكون العملية متوافقة مع أفضل التقنيات المتاحة الموصوفة في القسم V.B من الدلائل الحالية. بالتالي فيجب على فرن الاسمنت أن تتوافق إنبعائاته مع مستوى الأداء المقترح 0.1 ng TEQ/Nm^3 (نانوغرام مكافئ سمي/ م³ النظامي) ويجب أن تكون الاطلاقات من المواد الكيميائية المدرجة في المرفق ج عبر غبار فرن الكلنكر قد تم تسجيلها، على أي حال فهذه الاطلاقات يجري التحري عنها حالياً.

4. 2. 5 تقنيات الحرق وخصائصها وأساليب التحسين

حرق الاطارات في العراء سيؤدي إلى تشكيل وإطلاق المواد الكيميائية المدرجة في المرفق ج وكمثلة كبيرة أو في المكبات، فلا يوجد نظرياً أي طريقة والتي يمكن فيها تحسين حرق الإطارات في العراء، إضافة إلى ذلك فعملية إخماد حريق كبير للإطارات هو عملية مستحيلة تقريباً وقد تستمر الإطارات بالاحتراق لسنوات.

4. 3 احتراق البقع النفطية وشعلة حرق الغاز

4. 3. 1 تركيبة المواد

النفط الخام والغاز الطبيعي والغاز المرافق تتكون بشكل من الكربون والهيدروجين وكميات صغيرة من مكونات مثل الأوكسجين والكبريت والكلور. وكما هي موجودة في الطبيعة، أو كنتيجة لتقنيات الاسترجاع، فقد تحتوي أيضاً على الملح أو المياه المالحة. ومما يقلق خاصة هو إراقة النفط على الأراضي التي تحتوي على الملح أو مواد كلورية أخرى أو على مياه البحر. النفط المنسكب من أنبوب مكسور لنقل النفط قد تم حرقه للتخفيف من احتمالية تلويث أحد الأنهار المتجمدة (Kruglov, Amirova and Loshkina 1996)

والحرق في العراء للنفط من قبالة الساحل المرافق في ظل ظروف معينة قد يكون مصدراً كبيراً للانبعاثات، ومن أجل حوادث التلوث النفطي فالمعالجة البيولوجية قد تكون مفيدة في بعض الحالات >

4. 3. 2 العوائق التي تحد من التخلص والعلاج أو سياسة إزالة المعيقات

وتتضمن العوائق الاعتبارات ذات العلاقة بالتكلفة والامان والملائمة ونقص في الطرائق البديلة للاسترجاع أو التخلص من النفايات.

3.3.4 الاستراتيجيات وأدوات السياسة لتجنب أو خفض أو تحويل النفايات

حرق الغازات في الشعلة هو من الممارسات الشائعة إلى درجة أن هذه المسألة هي مسألة نفايات وليست موضوع استرجاع من الحوادث. وقد يكون وجود إجراءات أفضل للتعامل مع المواد أو استرجاعها للبيع من جديد سيؤدي إلى تحسين الأداء العادي.

المراجع

ASEAN Secretariat. 2003. *Guidelines for the Implementation of the ASEAN Policy on Zero Burning*. www.dec.org/pdf_docs/PNACU609.pdf.

Basel Convention Secretariat. 1994. *Technical Guidelines on Wastes Collected from Households*. Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal, UNEP, Geneva.

Canadian Centre for Pollution Prevention. 2006. *Great Lakes Trash and Open Burning Website*. www.c2p2online.com/main.php3?section=137&doc_id=289.

EPA (United States Environmental Protection Agency). 2005. *The Inventory of Sources and Environmental Releases of Dioxin-Like Compounds in the United States: The Year 2000 Update*. EPA/600/P-03/002A, Chapter 9. National Center for Environmental Assessment, Washington, D.C.

EPA (United States Environmental Protection Agency). 2006. *Backyard Burning*. www.epa.gov/msw/backyard/.

Government of New Zealand. 2006. *National Environmental Standards for Air Quality*. www.mfe.govt.nz/laws/standards/air-quality-standards.html.

Great Lakes Binational Toxics Strategy. 2004. *Strategy/Implementation Plan for Reducing the Prevalence of Household Garbage Burning (Barrel Burning) in Rural Areas of the Great Lakes*. Great Lakes Binational Toxics Strategy, Dioxins/Furans Workgroup, Burn Barrel Subgroup.

Gullett B.K. 2003. *PCDD/F from Uncontrolled Combustion*. First Session, Expert Group on Best Available Techniques and Best Environmental Practices.

Gullett B.K. and Touati A. 2002. "PCDD/F Emissions from Agricultural Field Burning." *Organohalogen Compd.* 56:135–138.

Gullett B.K. and Touati A. 2003. "PCDD/F Emissions from Forest Fire Simulations." *Atmospheric Environment* 37:803–813.

Hickman H.L. and Eldredge R.W. 2004. *A Brief History of Solid Waste Management in the US During the Last 50 Years*. www.forester.net/msw_0001_history.html.

Kruglov E.A., Amirova Z.K. and Loshkina E.A. 1996. "PCDDs and PCDFs in Snow Coat of an Industrial City as a Result of Oil Incineration at Accident Place." *Organohalogen Compd.* 28:228–231.

Lemieux P.M., Gullett B.K., Lutes C.C., Winterrowd C.K. and Winters D. 2003. "Variables Affecting Emissions of PCDD/F from Uncontrolled Combustion of Household Waste in Barrels." *J. Air & Waste Manage. Assoc.* 53:523–531.

- Lemieux P.M., Lutes C.C. and Santoianni D. 2004. "Emissions of Organic Air Toxics from Open Burning: A Comprehensive Review." *Progress in Energy and Combustion Sci.* 30:1–32.
- Lobert J., Keene W., Logan J. and Yevich R. 1999. "Global Chlorine Emissions from Biomass Burning: Reactive Chlorine Emissions Inventory." *J. Geophys. Res.* 104:8373–8389.
- Nakao T., Aozasa O., Ohta S. and Miyata H. 1997. "Formation of Dioxin Analogues by Open Air Incineration of Waste Wood and Fire of Buildings and Houses Concerning to Hanshin Great Earthquake in Japan." *Organohalogen Compd.* 31:304–309.
- Nussbaumer T. and Hasler P. 1998. *Emissions of PCDD/F from Biomass Combustion*. Biomass for Energy and Industry, 10th European Conference and Technology Exhibition.
- Oberacker D.A., Lin P.C., Shaul G.M., Ferguson D.T., Engleman V.S., Jackson T.W., Chapman J.S., Evans J.D. and Martrano R.J. 1992. "Characterization of Emissions from Open Burning of Pesticide Bags." In: *ACS Symposium Series 510: Pesticide Waste Management*.
- Rosendaal J.A. 1997. *Vector Control Methods for Use by Individuals and Communities*. World Health Organization, Geneva.
- UNEP (United Nations Environment Programme). 2005. *Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases*. UNEP, Geneva. www.pops.int/documents/guidance/Toolkit_2005.pdf.

القسم السادس VI

التوجيهات/ المبادئ التوجيهية وفق فئة المصدر:
فئات المصدر في الجزء الثالث من المرفق "جيم"

القسم الثالث فئة المصدر (b):

العمليات الحرارية في صناعة التعدين غير المدرجة في المرفق "جيم"،
القسم الثاني

جدول المحتويات

قائمة الجداول	vi
قائمة الرسومات التوضيحية	vi
VI.B العمليات الحرارية في صناعة التعدين غير المدرجة في المرفق "جيم"، القسم II	1
(i) إنتاج الرصاص الثانوي	1
1. وصف العملية	1
2. مصادر الكيمائيات في الملحق من المرفق "جيم" من اتفاقية استوكهولم	2
2.1. معلومات عامة حول الانبعاثات من مصاهر الرصاص الثانوية	2
2.2. انبعاثات الديوكسينات و الفئورانات إلى الهواء	3
2.3. الإطلاقات إلى الأوساط الأخرى	3
3. العمليات الموصى بها	3
4. الإجراءات الوقائية الأولية و الثانوية	3
4.1. الإجراءات الأولية	4
4.1.1. الفرز الأولي لمواد التغذية	4
4.1.2. ضبط عملية فعال	4
4.2. الإجراءات الثانوية	4
4.2.1. جمع الغاز و الأبخرة	4
4.2.2. إزالة عالية الكفاءة للغبار	4
4.2.3. الإخماد و الحراقات البعدية	5
4.2.4. الامتصاص على الكربون الفعال	5
5. البحوث المنبثقة	5
6. خلاصة الإجراءات	5
7. مستويات الأداء المرافقة لأفضل التقانات المتاحة	8
المراجع	8
(ii) إنتاج الألمنيوم الأولي	9
1. وصف العملية	9

9.....	1.1. طريقة باير: تنقية البوكسيت إلى الألومينا
9.....	1.2. طريقة Hall-Héroult: إرجاع الألومينا بالتحلل الكهربائي إلى الألمنيوم
10.....	1.3. إنتاج الألمنيوم
11.....	2. مصادر الكيمياء في الملحق من المرفق "جيم" من اتفاقية استوكهولم
11.....	2.1. انبعاثات الديوكسينات و الفئورانات
12.....	2.2. الإطلاقات إلى الأرض
12.....	2.3. نتائج البحوث ذات العلاقة
12.....	2.4. معلومات عامة عن الإطلاقات من معاميل الألمنيوم الأولية
13.....	3. عمليات بديلة لصهر الألمنيوم الأولي (التكنولوجيا المنبتقة)
14.....	4. الإجراءات الوقائية الأولية والثانوية
14.....	4.1. الإجراءات الوقائية الأولية
15.....	4.2. الإجراءات الوقائية الثانوية
15.....	5. خلاصة الإجراءات الوقائية
17.....	6. مستويات الأداء المرافقة لأفضل التقانات المتاحة
17.....	المراجع
18.....	(iii) إنتاج المغنيزيوم
18.....	1. وصف العملية
18.....	1.1. عملية إنتاج المغنيزيوم من مصادر أكسيد المغنيزيوم
19.....	1.2. عملية Pidgeon (عملية الإرجاع الحراري)
20.....	1.3. عمليات متنوعة و الاعتبارات
21.....	2. مصادر الكيمياء في الملحق من المرفق "جيم" من اتفاقية استوكهولم
21.....	2.1. الانبعاثات إلى الهواء
21.....	2.1.1. معلومات عامة حول الانبعاثات من إنتاج المغنيزيوم
21.....	2.1.2. انبعاثات مركبات الديوكسينات و الفئورانات
22.....	2.2. الإطلاقات إلى الأوساط الأخرى
22.....	2.2.1. الماء
23.....	2.2.2. الأرض

23	3. عمليات بديلة لإنتاج المغنيزيوم
24	3.1. عملية Norsk Hydro لإزالة الماء
24	3.2. استرداد Noranda للمغنيزيوم من نفايات الاسبتوس
25	3.3. العملية الحرارية و استرداد المغنيزيوم من الخردة
25	4. الإجراءات الوقائية الأولية و الثانوية
25	4.1. الإجراءات الوقائية الأولية
25	4.2. الإجراءات الوقائية الثانوية
25	5. البحوث المنبثقة
26	6. خلاصة الإجراءات الوقائية
27	7. مستويات الأداء المرافقة لأفضل التقانات المتاحة من أجل سداسي كلور البنزن (HCB) لعملية إنتاج المغنيزيوم
27	المراجع
29	(iv) الإنتاج الثانوي للفولاذ
29	1. وصف العملية
29	1.1. وصف عام للعملية
30	1.2. مواد تغذية الفرن
30	1.3. فرن القوس الكهربائي
31	2. مصادر الكيمائيات في الملحق من المرفق "جيم" من اتفاقية استوكهولم
31	2.1. الإنبعاثات
31	2.1.1. إنبعاثات مُرَكَّبَاتِ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ
34	2.1.2. بحوث مُرَكَّبَاتِ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ على أفران القوس الكهربائي
34	2.1.3. مراجعة كيمياء احتراق القوس الكهربائي و تَشَكُّلُ مُرَكَّبَاتِ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ
35	2.2. إطلاقات مُرَكَّبَاتِ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ في النفايات الصلبة و مصادر مياه الصرف
35	3. تحسينات عملية فرن القوس الكهربائي و العمليات البديلة لصناعة الفولاذ بالكهرباء
35	3.1. تحسينات العملية
36	3.2. عمليات بديلة
36	4. الإجراءات الوقائية الأولية و الثانوية
36	4.1. الإجراءات الوقائية الأولية من أجل الإنبعاثات

37	4.1.1. جودة المواد الخام
37	4.1.2. عملية الفرن
37	4.1.3. تصميم نظام تكييف الغازات المنطلقة
37	4.1.4. نظام مراقبة الباراميتير المستمر
37	4.2. الإجراءات الوقائية الثانوية من أجل الإنبعاثات
37	4.2.1. جمع الغبار الغاز المنطلقة
38	4.2.2. جوامع الغبار بمُرَشَّحاتٍ نسيجية (baghouses)
38	4.2.3. نظام احتراق بعدي خارجي موصل بمخمد ماء سريع
38	4.2.4. حقن المواد الماصة
38	4.3. الإجراءات الوقائية الأولية و الثانوية من أجل النفايات الصلبة و مياه الصرف
39	5. خلاصة الإجراءات الوقائية
41	6. مستويات الأداء المرافقة لأفضل التقانات المتاحة
41	المراجع
43	(v) الصهر الأولي للمعادن الأساسية
43	1. وصف العملية
44	2. مصادر الكيمائيات في الملحق من المُرْفَقُ "جيم" من اتفاقية استوكهولم
44	2.1. الإطلاقات إلى الهواء
44	2.1.1. معلومات عامة عن الإنبعاثات من صهر المعادن الأساسية
45	2.1.2. إنبعاثات مُرْغَبَاتِ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ
45	2.2. الإطلاقات إلى الأوساط الأخرى
45	3. عمليات بديلة من أجل صهر المعادن الأساسية
46	4. الإجراءات الوقائية الأولية و الثانوية
46	4.1. الإجراءات الوقائية الأولية
46	4.1.1. استخدام عمليات التعدين المائي
46	4.1.2. ضبط جودة (الخردة) مواد التغذية
47	4.1.3. ضبط فعال للعملية
47	4.1.4. استخدام تكنولوجيا صهر الومضة

47	4.1.5. رفع للحد الأعظمي محتوى SO_2 من أجل تثبيت الكبريت.....
47	4.2. الإجراءات الوقائية الثانوية.....
47	4.2.1. تنظيف الغاز بكفاءة عالية و تحويل SO_2 إلى حمض الكبريت.....
48	4.2.2. جمع الغاز و الأبخرة.....
48	4.2.3. إزالة الغبار بكفاءة عالية.....
48	5. البحوث المنبثقة.....
49	6. خلاصة الإجراءات الوقائية.....
51	7. مستويات الأداء المرافقة لأفضل التقانات المتاحة.....
51	المراجع.....

قائمة الجداول

- الجدول 1. إجراءات من أجل مصاهر الرصاص الثانوية 7
- الجدول 2. خلاصة الإجراءات الوقائية الأولية و الثانوية من أجل مصاهر الرصاص الثانوية 7
- الجدول 3. إنبعاثات و اطراحات السائلة و المنتجات الثانوية و النفايات الثانوية من إنتاج الألمنيوم الأولي 16
- الجدول 4. الإجراءات الأولية لمحطات إنتاج الألمنيوم الأولي الجديدة 19
- الجدول 5. خلاصة الإجراءات الوقائية الأولية و الثانوية من أجل محطات إنتاج الألمنيوم الأولي 20
- الجدول 6. إنبعاثات مُرَكَّبَاتِ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ إلى الهواء من عمليات إنتاج المغنيزيوم المختلفة 26
- الجدول 7. إنبعاثات مُرَكَّبَاتِ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ بالمصدر: Hydro Magnesium Canada 27
- الجدول 8. إطلاق مُرَكَّبَاتِ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ إلى الماء من عمليات إنتاج المغنيزيوم المختلفة 27
- الجدول 9. مُعامِلَاتُ الإنبعاث في صناعة المغنيزيوم: مُرَكَّبَاتِ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ 28
- الجدول 10. مُعامِلَاتُ الإنبعاث في صناعة المغنيزيوم: سداسي كلور البنزن Hexachlorobenzene (HCB) 28
- الجدول 11. خلاصة الإجراءات الوقائية الأولية لمحطات المغنيزيوم 32
- الجدول 12. خلاصة الإجراءات الوقائية الثانوية لمحطات المغنيزيوم 33
- الجدول 13. الإجراءات الوقائية من أجل أفران القوس الكهربائية الجديدة 48
- الجدول 14. الإجراءات الوقائية من أجل أفران القوس الكهربائية الحالية و الجديدة 49
- الجدول 15. الإجراءات الوقائية من أجل عمليات الأولية الجديدة لصهر المعادن الأساسية 60
- الجدول 16. خلاصة الإجراءات الوقائية الأولية و الثانوية من أجل عمليات الأولية الجديدة لصهر المعادن الأساسية 61

قائمة الرسومات التوضيحية

- الشكل 1. مصاهر الرصاص الثانوية 2
- الشكل 2. مخطط مبسط لإنتاج الألومينا 12
- الشكل 3. مخطط عام من أجل عملية التحلل الكهربائي من أجل إنتاج الألمنيوم 13
- الشكل 4. مخطط لإنتاج المغنيزيوم من مصادر أكسيد المغنيزيوم 23
- الشكل 5. مخطط العملية: محطة Timminco للمغنيزيوم 24
- الشكل 6. مخطط مبسط: محطة Cogburn للمغنيزيوم 32
- الشكل 7. نظام عام لضبط إنبعاث فرن القوس الكهربائية 38
- الشكل 8. مخطط عام من أجل صهر المعادن الأساسية 54

VI.B العمليات الحرارية في صناعة التعدين غير المدرجة في المرفق "جيم"، القسم II

(i) إنتاج الرصاص الثانوي

خلاصة

تشمل عملية صهر الرصاص الثانوية إنتاج الرصاص و خلائط الرصاص في الأصل من بطاريات المركبات الخردة و أيضا من المصادر الأخرى للرصاص المستعمل (الأنابيب، سباك اللحام، الأغلفة الرصاصية). تشمل عمليات الإنتاج المعالجة الأولية للخردة و الصهر و التنقية. يؤدي كل من الاحتراق غير التام و المستويات المرتفعة من الزيوت و البلاستيك و المواد الأخرى العضوية في مواد التغذية و درجة حرارة بين 250 مئوية و 500 درجة مئوية، إلى تشكيل الكيمياءويات المدرجة في المرفق "جيم" في اتفاقية استوكهولم.

تشمل أفضل التقنيات المتاحة استخدام مواد تغذية خالية من البلاستيك و الزيوت و درجات حرارة الفرن المرتفعة أعلى من 850 مئوية و الجمع الفعال للغاز و حراقات بعدية و إخماد سريع و امتصاص بالكربون الفعال و مرشحات نسيجية لإزالة الغبار.

تبلغ مستويات أداء مركبات الديوكسينات و الفئورانات المرافقة لأفضل التقنيات المتاحة من أجل مصاهر الرصاص الثانوية أقل 0.1 نانوغرام مكافئ سمي/م³ نظامي (عند تراكيز أكسجين تشغيلية).

1. وصف العملية

أخذت الخلاصة التالية للعملية من المرجع EPA 1986. يلخص الشكل 1 العملية على شكل تخطيطي.

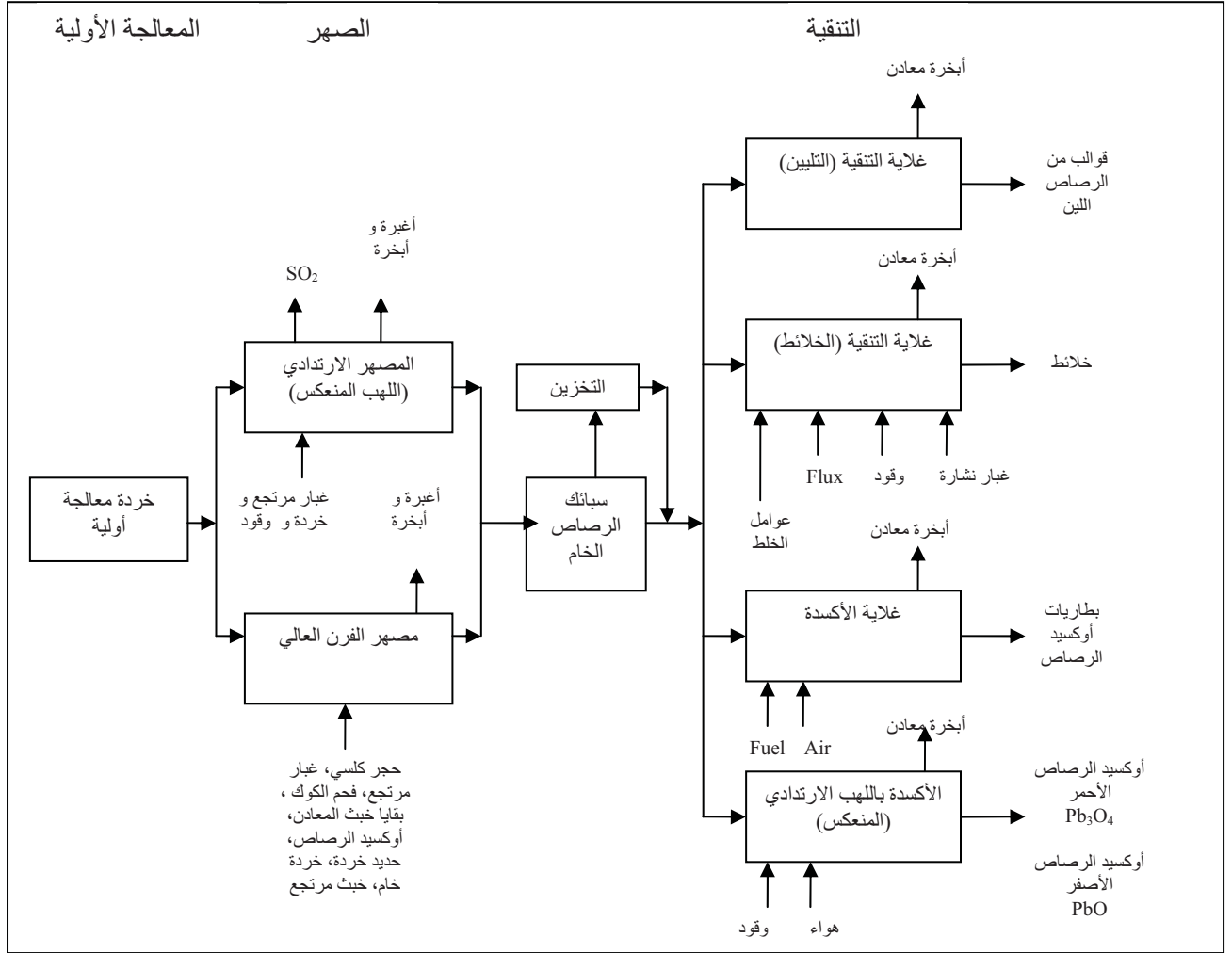
" تُنتجُ مصاهر الرصاص الثانوية الرصاص و خلائط الرصاص من مواد الخردة الحاوية على الرصاص. يشترك أكثر من 60% من كافة الرصاص الثانوي من بطاريات المركبات الخردة. تشمل المواد الخام الأخرى المستخدمة في صهر الرصاص الثانوي أوزان توازن الإطارات، و الأنابيب و سباك اللحام و خبث المعادن و أغلفة الرصاص.

تشمل عملية صهر الرصاص الثانوي ثلاثة عمليات رئيسية: المعالجة الأولية للخردة و الصهر و التنقية. تشمل المعالجة الأولية المستخدمة تحطيم البطاريات ، سحقها و من ثم فرزها. يتم تحطيم البطارية بصرف المحاليل منها و من ثم سحق البطارية متبوعا بفصل يدوي للرصاص من المواد غير المعدنية. و من ثم يفرز هذا الرصاص المفصول في فرن ارتدادي أو دوار يعمل بالغاز أو النفط و ذلك لفصل الرصاص من المعادن ذات نقطة انصهار أعلى من نقطة انصهار الرصاص. تُستخدَم عادة الأفران الدوارة لمعالجة الخردة ذات المحتوى المرتفع من الرصاص و البقايا، في حين تُستخدَم الأفران الارتدادية لمعالجة الخردة ذات المحتوى المرتفع من الرصاص. يفرغ الرصاص المنقى جزئيا بشكل دوري من هذه الأفران من أجل معالجة إضافية في أفران الصهر أو أفران القدر.

تُنتجُ عملية الصهر الرصاص بصهر الرصاص و فصله من الملوثات المعدنية و غير المعدنية و بإرجاع الأكاسيد إلى الرصاص العنصري. تجرى عملية الصهر في أفران النفخة و الفرن الدوار و الفرن الارتدادي. ففي أفران النفخة، تُستخدَم خردة المعدن و الخبث المعاد و خردة الحديد و الفحم الحجري و نفاية المعدة المدورة و غبار المدخنة و حجر الجير كموايد الشحن إلى الفرن. تنتج حرارة العملية المطلوبة لصهر الرصاص بتفاعل الفحم المشحون مع هواء الكبر الذي ينفخ في الفرن (فرن النفخة) يحترق بعض الفحم الحجري لصهر الشحنة في حين يرجع المتبقي أكاسيد الرصاص إلى الرصاص العنصري. و عندما تنصهر شحنة الرصاص، يطفو كل من الحجر الجيري و الحديد على سطح الحمام المصهور و يشكل مادة مساعدة على الصهر و لكن تمنع من أكسدة الرصاص المنتج. يتدفق الرصاص المصهور من الفرن في قدر مجمع بمعدل مستمر تقريبا.

يُمكن أن تتألف تنقية و تعدين الرصاص الخام من أفران الصهر من التنعيم و الخلائط و الأكسدة تبعا لدرجة النقاوة أو نوع الخلطة المطلوبة. يُمكن أن تجرى هذه العمليات في أفران ارتدادية، على أية حال، تُستخدَم على نحو اعتيادي أفران من نوع الغلايات. تصهر ببساطة أفران الخلائط الكتل الكبيرة من الرصاص و مواد الخلطة. يعد كل من

الشكل 1. مظاهر الرصاص الثانوية



المصدر: وكالة حماية البيئة الأمريكية (EPA 1986)

2. مصادر الكيماويات في الملحق من المرفق "جيم" من اتفاقية استوكهولم

يُمكن أن يعود تشكّل الكيماويات المدرجة في المرفق "جيم" من اتفاقية استوكهولم من وجود الوقود غير المحترق و المركبات العضوية المتفاعلة مع المركبات الحاوية على الكلور في المناطق حيث درجات الحرارة في المجال 450-250 درجة مئوية.

2.1 معلومات عامة حول الانبعاثات من مظاهر الرصاص الثانوية

يُمكن أن تنفث انبعاثات الهواء من صهر الرصاص الثانوي من المدخنة أو كانبعاثات هاربة تبعاً لعمر المنشأة أو التكنولوجيا. أما الملوثات الرئيسية فهي ثاني أكسيد الكبريت و مركبات الكبريت الأخرى و رذاذ الحمض و أكاسيد الأزوت و المعادن (وخاصة الرصاص) و مركباتها و الغبار و كميات قليلة من مركبات الديوكسينات و الفئورانات. يجمع غاز ثاني أكسيد الكبريت و يعالج إلى حمض الكبريت في محطات حمض الكبريت. يُمكن ضبط انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت الهاربة بالاستخلاص الجيد و إغلاق الأفران بإحكام. يُمكن تقليل أكاسيد الأزوت باستخدام حراقات وقود أو أكسي أو منخفض أكاسيد الأزوت. تجمع المواد العالقة باستخدام طرائق إزالة العوالق عالية الكفاءة مثل المرشحات الليفية و تعاد إلى العملية

2.2. إنبعاثات الديوكسينات و الفئورانات إلى الهواء

تتشكّل مُركّباتُ الديوكسينات و الفئوراناتُ أثناء صهر المعادن الأساسية من خلال تفاعل منتجات الاحتراق غير التام و الملوثات العضوية غير المحترقة و مُركّباتُ الكلور و يحدث ذلك عادةً باصطناع de novo في نطاق التبريد عند درجات حرارة بين 250 – 450 درجة مئوية.

وصفت العملية في المفوضية الأوروبية 2001، صفحة 133:

"يُمكن أن تتواجد مُركّباتُ الديوكسينات و الفئوراناتُ أو أسلافها في بعض المواد الخام و هناك احتمالية لاصطناع de novo في الأفران أو أنظمة الإخماد. يُمكن بسهولة أن تمتص مُركّباتُ الديوكسينات و الفئوراناتُ على المادة الصلبة و يمكن أن تجمع بالأوساط البيئية المختلفة مثل الغبار و المواد الصلبة المغسولة و غبار المُرشّح.

يُمكن أن يؤدي وجود الزيوت و المواد العضوية الأخرى في الخردة أو مصادر الكربون الأخرى (وقود غير محترق جزئياً و reductant كالفحم الحجري)، إلى إنتاج جزيئات الكربون التي تتفاعل مع الكلوريدات اللاعضوية أو الكلور المرتبط عضوياً في مجال درجة الحرارة 250-500 درجة مئوية لإنتاج مُركّباتُ الديوكسينات و الفئوراناتُ. تعرف هذه العملية باصطناع de novo و هي تحفز بوجود المعادن مثل النحاس و الحديد.

و على الرغم من تحطم مُركّباتُ الديوكسينات و الفئوراناتُ في درجات حرارة مرتفعة (أعلى من 850 درجة مئوية) بوجود الأكسجين، لا يزال اصطناع de novo ممكناً إذ تبرد الغازات من خلال نافذة إعادة التشكيل" توجد هذه النافذة في أنظمة الإخماد و في أجزاء المبرد في الفرن مثلاً في منطقة التغذية. و لهذا يجب أخذ الحيطة لدى تصميم أنظمة التبريد لتقليل زمن البقاء في النافذة لمنع اصطناع de novo".

2.3. الإطلاقات إلى الأوساط الأخرى

يُمكن أن يؤدي استخدام الغاسلات الرطبة إلى منصرفات سائلة و بقايا صلبة و التي من المحتمل أن تحوي الكيماويات المدرجة في المرفق "جيم". يجب معالجتها كافة أو التخلص منها بشكل ملائم.

3. العمليات الموصى بها

يؤثر التغيير في مواد التغذية و جودة المنتج على تصميم العملية و تهيئتها. يجب أن تطبق هذه العمليات بالاتحاد مع ضبط عملية جيد و أنظمة إخماد و جمع غاز. تشمل العمليات التي تُعتبَر كأفضل التقنيات المتاحة فرن النفخة (مع ضبط عملية جيد) و فرن ISA Smelt/Ausmelt و فرن الدوار المزود بالهواء من الأعلى و الفرن الكهربائي و الفرن الدوار (European Commission 2001, p. 379).

إن فرن القوس الكهربائي المغمور هو وحدة محكمة الإغلاق و يستخدم لمواد الرصاص و النحاس المخلوطة. يُعتبَر أكثر نظافة من العمليات الأخرى إذا صمم بشكل جيد نظام الاستخلاص و مرتب تبعاً للحجم (European Commission 2001, p. 395).

"أستخدم حقن المواد الناعمة من خلال القصبية (أنبوب للنفخ في فرن) في فرن النفخة لتقليل التعامل مع المواد الغبارية و و تُستخدَم الطاقة الناتجة في إعادة المكونات الدقيقة إلى محطة التليد" (European Commission 2001, p. 404). تقلل هذه التقنية إنبعاثات الغبار أثناء عملية الشحن و بالتالي إطلاق مُركّباتُ الديوكسينات و الفئوراناتُ من خلال الامتزاز على المواد العالقة.

لا تتوفر معلومات حول العمليات البديلة للصهر من أجل معالجة الرصاص الثانوي.

4. الإجراءات الوقائية الأولية و الثانوية

جرى أدناه مناقشة الإجراءات الأولية و الثانوية لخفض و إزالة مُركّباتُ الديوكسينات و الفئوراناتُ.

4.1. الإجراءات الأولية

تُعتبر الإجراءات الأولية كتقنيات منع تلوث لخفض أو حذف تشكّل وإطلاق الملوثات العضوية الثابتة. تشمل الإجراءات الممكنة:

4.1.1. الفرز الأولي لمواد التغذية

يجب فرز الخردة وتعالج أوليا لإزالة المركبات العضوية والبلاستيك بهدف تقليل إنتاج مركّبات الديوكسينات والفيورانات من الاحتراق غير التام أو باصطناع de novo. يجب تجنب تغذية البطارية كاملة أو الفصل غير التام. يجب أن تحدد طريقة خزن المواد وتقنيات المعالجة الأولية بحجم المواد وتوزعها والملوثات ومحتوى المعدن.

يُمكن استخدام الطحن والسحق مع تقنيات فصل الكثافة أو التقنيات الهوائية لإزالة البلاستيك. يُمكن تحقيق إزالة الزيت من خلال عمليات إزالة الغطاء حراريا وإزالة الزيت.

يجب أن تتبع عمليات إزالة الزيت والغطاء حراريا بحراقات بعدية لتحطيم أية مركّبات عضوية في الغازات المنطلقة (European Commission 2001, p. 232).

4.1.2. ضبط عملية فعال

يجب أن تُستخدَم أنظمة ضبط العملية للمحافظة على استقرارية العملية والتشغيل عند مستويات المؤشرات التي تسعهم في تقليل إلى أدنى ما يُمكن تشكّل مركّبات الديوكسينات والفيورانات مثل المحافظة على درجة حرارة الفرن فوق 850 درجة مئوية لتحطيم مركّبات الديوكسينات والفيورانات. مثلا، لو جرى مراقبة انبعاثات مركّبات الديوكسينات والفيورانات باستمرار للتأكد من الإطلاقات المخفضة. برهن الإعتيان المستمر لانبعثات مركّبات الديوكسينات والفيورانات لبعض القطاعات (مثلا حرق النفايات) ولكن مازالت البحوث قيد التطوير في هذا الحقل. وفي غياب المراقبة الدائمة لمركبات الديوكسينات والفيورانات، يجب مراقبة والمحافظة على المتغيرات الأخرى باستمرار مثل درجة الحرارة وزمن البقاء ومكونات الغاز وضبط صمام جمع الأبخرة، وذلك لتحقيق شروط تشغيلية مثلى من أجل التقليل من تشكّل مركّبات الديوكسينات والفيورانات. ونظرا لاختلاف المنشآت فيم بينها، يجب أن تحدد المتغيرات الواجب مراقبتها وفقا لكل موقع محدد.

" هناك حاجة للاهتمام خصوصا بقياسات درجة الحرارة والتحكم من أجل الأفران والغلايات المستخدمة في صهر المعادن في هذه المجموعة وبالتالي منع تشكّل الأبخرة أو تقليلها إلى أدنى حد" (European Commission 2001, p. 390).

4.2. الإجراءات الثانوية

إن الإجراءات الثانوية هي تقنيات ضبط التلوث و لاحتواء ومنع الانبعاثات. لا تمنع هذه الطرائق تشكّل الملوثات.

4.2.1. جمع الغاز والأبخرة

يجب تطبيق جمع الغازات المنطلقة والأبخرة في كافة مراحل عملية الصهر لضبط انبعاثات مركّبات الديوكسينات والفيورانات.

" يُمكن أن تُستخدَم أنظمة جمع الأبخرة أنظمة الفرن محكمة الإغلاق وتصمم لتحافظ على انخفاض فرن ملائم والذي يمنع التسريبات والانبعاثات الهاربة. يُمكن استخدام أنظمة تحافظ على إحكام منخفض لإحكام الفرن أو قلنسوة منتشرة. و كأمثلة إضافات المواد من خلال القلنسوة (الهود)، إضافات من خلال القصبات أو القاذفات واستخدام صمامات دوارة قوية في أنظمة التغذية. ستستهلك أنظمة جمع الأبخرة فعالة قادرة على استخلاص الأبخرة من المصدر و فترة أي أبخرة طاقة أقل. إن التقنيات المتاحة من أجل أنظمة معالجة الأبخرة والغاز هي تلك التي تستخدم التبريد واسترداد الحرارة إذا كان ذلك عمليا قبل المرشّح النسيجي عندما تجرى كجزء من إنتاج حمض الكبريت" (European Commission 2001, p. 397).

4.2.2. إزالة عالية الكفاءة للغبار

يجب إزالة الغبار ومكونات المعدن الناتجة عن عملية الصهر. تتميز هذه المواد العالقة بسطح فعال كبير حيث تمتز عليه بسهولة مركّبات الديوكسينات والفيورانات. سيسهم إزالة هذا الغبار في تقليل انبعاثات مركّبات الديوكسينات والفيورانات. و

تُعتبر المرشحات الليفية (النسيجية) باستخدام مواد عالية الكفاءة أكثر خيار فعال. تشمل الابتكارات لهذه الطريقة أنظمة كشف انفجار الكيس و طرائق تنظيف لحظية و تغطية تحفيزية لتحطيم مُركّبات الدّيوكسينات و الفيورانات (European Commission 2001, p. 139-140).

4.2.3. الإخماد و الحراقات البعدية

يجب استخدام الحراقات البعدية (الاحتراق البعدي) عند درجات حرارة 950 درجة مئوية على الأقل للتأكد من الاحتراق الكامل للمركبات العضوية (Hübner et al. 2000). يجب أن تتبع هذه المرحلة بإخماد سريع للغازات الحارة إلى درجات حرارة أقل من 250 درجة مئوية. يسمح حقن الأكسجين في الجزء الأعلى من الفرن إلى احتراق تام (European Commission 2001, p. 189).

و لقد برهن على أن مُركّبات الدّيوكسينات و الفيورانات تُتَشكّل في مجال درجة الحرارة ما بين 250-500 درجة مئوية. تحطم هذه المركبات بدرجات فوق 850 درجة مئوية بوجود الأكسجين. و علاوة على ذلك، يبقى اصطناع de novo ممكناً حيث تبرد الغازات من خلال نافذة إعادة التشكيل في أنظمة الإزالة و مناطق التبريد في الفرن. و لهذا يجب تطبيق التشغيل المناسب لأنظمة التبريد لتقليل زمن إعادة التشكل إلى أدنى حد (European Commission 2001, p. 133).

4.2.4. الامتصاص على الكربون الفعال

يجب الأخذ في الاعتبار المعالجة بالكربون الفعال من أجل إزالة مُركّبات الدّيوكسينات و الفيورانات من الغازات المنطلقة من المصاهر. يتميز الكربون الفعال بسطح فعال كبير حيث تمتز مُركّبات الدّيوكسينات و الفيورانات عليه. يُمكن معالجة الغازات المنطلقة بالكربون الفعال باستخدام مفاعلات سريره ثابتة أو متحركة أو حقن حبيبات الكربون في مجرى الغازات متبوعاً بمرشح للغبار باستخدام نظام إزالة عالي الكفاءة مثل المرشحات النسيجية.

5. البحوث المنبثقة

إن الأكسدة بوجود المحفزات من التكنولوجيا المنبثقة و المستخدمة محارق النفايات لإزالة إنبعثات الدّيوكسينات و الفيورانات. يجب أن تُعتبر هذه العملية من قبل مصاهر المعادن الأساسية الثانوية حيث أثبتت فعاليتها في تحطيم مُركّبات الدّيوكسينات و الفيورانات في محارق النفايات. يُمكن أن تتبع الأكسدة بوجود المحفزات إلى اختيار المحفز و تسممه من معادن الأثر و ملوثات الغازات المنطلقة الأخرى. من الضروري إجراء اعتماد لهذه العملية قبل استخدامها.

تعالج عمليات الأكسدة بوجود محفز المواد العضوية في الماء و ثاني أكسيد الكربون و حمض كلور الهيدروجين باستخدام المعادن الثمينة كمحفز لزيادة معدل التفاعل في درجات الحرارة 370-450 درجة مئوية. بالمقارنة، يحدث الترميد نموذجياً عند الدرجة 980 مئوية. برهنت الأكسدة بوجود مُركّبات الدّيوكسينات و الفيورانات بأزمنة بقاء أقصر و استهلاك طاقة أقل و كفاءة 99% و لهذا يجب أن تُؤخذ في الاعتبار. يجب معالجة الغازات المنطلقة من أجل إزالة العوالق قبل الأكسدة بمحفز من أجل كفاءة مثلى. إن هذه الطريقة فعالة من أجل الملوثات في الطور البخاري. يعالج حمض كلور الهيدروجين الناتج في غاسل في حين يطلق الماء و ثاني أكسيد الكربون إلى الهواء بعد التبريد (Parvesse 2001).

6. خلاصة الإجراءات

يبين الجدولان 1 و 2 خلاصة الإجراءات التي جرى مناقشتها في الفقرات السابقة.

الجدول 1. إجراءات من أجل مصاهر الرصاص الثانوية

الإجراء	الوصف	الاعتبارات	الملاحظات الأخرى
العمليات الموصى بها	يجب أن تؤخذ في الاعتبار عمليات صهر متنوعة موصى بها من أجل منشآت جديدة	تشمل العمليات التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار: <ul style="list-style-type: none"> أفران النفخة (مع ضبط عملية جيد)، أفران ISA Smelt/Ausmelt و أفران دوارة بالنفخ من الأعلى و أفران الكهربية و الأفران الدوارة أفران القوس الكهربية المغمورة (إنها وحدة مغلقة من أجل مزيج مواد النحاس و الرصاص، أنظف من العمليات الأخرى إذا كان نظام استخلاص الغاز مصمم بشكل جيد و وفقا للقياس) يقلل حقن المواد الناعمة من خلال قصبات أفران النفخ من التعامل مع المواد الناعمة على شكل غبار 	يجب أن تطبق هذه العمليات بالجمع مع ضبط جيد للعملية و أنظمة إخماد و جمع للغاز

الجدول 2. خلاصة الإجراءات الوقائية الأولية و الثانوية من أجل مصاهر الرصاص الثانوية

الإجراء	الوصف	الاعتبارات	الملاحظات الأخرى
الفرز الأولي لمواد التغذية	يجب أن تخزن الخرقة و تعالج معالجة أولية لإزالة المركبات العضوية و البلاستيك لتقليل تشكّل مُركّبات الدّيوكسينات و الفئورانات من الاحتراق غير التام أو من خلال اصطناع de novo يجب كسر البطاريات قبل إدخاله في الأفران و إزالة البلاستيك و المواد غير الرصاصية الأخرى عوضا عن إضافتها إلى الفرن	تشمل العمليات التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار: <ul style="list-style-type: none"> تجنب تغذية البطاريات كاملة أو الفصل غير الكامل الطحن متبوعا بفصل هوائي أو تقانة فصل كثافة لإزالة البلاستيك فصل الزيت أثناء إزالة الأغلفة حراريا و عملية إزالة الزيت 	يجب إتباع عمليات إزالة الأغلفة حراريا و إزالة الزيت من أجل إزالة الزيت متبوعا بحرق بعدي لتحطيم أية مواد عضوية متبقية في الغازات المنطلقة
ضبط عملية فعال	يجب استخدام أنظمة ضبط العملية للمحافظة على استقرار العملية و التشغيل عند مستويات المعاملات التي تسهم في تقليل تشكّل مُركّبات الدّيوكسينات و الفئورانات إلى أدنى حد	يُمكن أن تقلل إنبعاثات مُركّبات الدّيوكسينات و الفئورانات إلى أدنى حد بضبط المتغيرات مثل درجة الحرارة و زمن البقاء و مكونات الغاز تحكيمات صمام جمع الأبخرة بعد وضع شروط التشغيل المثلى من أجل خفض إنبعاثات مُركّبات الدّيوكسينات و الفئورانات	أثبتت الاعتبان المستمر لانبعثات مُركّبات الدّيوكسينات و الفئورانات لبعض القطاعات (مثل حرق النفايات) و لكن ما زالت البحوث قيد التطوير في هذا المجال. لا بد من الاهتمام بشكل خاص بقياسات درجة الحرارة و ضبط الأفران و الغلايات المستخدمة في صهر هذه المعادن في هذه المجموعة و بالتالي يمنع تشكّل الأبخرة أو تقلل إلى أدنى حد.

الإجراء	الوصف	الاعتبارات	الملاحظات الأخرى
جمع الغاز و الأبخرة	يجب تطبيق جمع الأبخرة و الغازات المنطلقة في كافة مراحل عملية الصهر لالتقاط إنبعاثات مُرَكَّبَاتُ الدِّيُوكْسِينَاتُ و الفَيُورَانَاتُ	شمل العمليات التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار: <ul style="list-style-type: none"> ● أنظمة إغلاق الفرن للحفاظ على تفرغ الفرن ملائم و التي يجنب التسريبات و الهروب ● استخدم الهود ● إضافات مواد الهود، الإضافات من خلال القصبات أو المحاور و استخدام صمامات غليظة دوارة على أنظمة التغذية 	إن أفضل التقنيات المتوفرة من أجل إخماد الغاز و الأبخرة تلك التقنيات التي تستخدم التبريد و استرداد الحرارة إذا كان ذلك عمليا قبل مرشح ليفي
إزالة عالية الكفاءة للغبار	يجب إزالة الغبار و مكونات المعدن حيث تملك هذه المواد سطح فعال عالي حيث تمتص عليه بسهولة مُرَكَّبَاتُ الدِّيُوكْسِينَاتُ و الفَيُورَانَاتُ تسهم إزالة الغبار في تقليل إنبعاثات مُرَكَّبَاتُ الدِّيُوكْسِينَاتُ و الفَيُورَانَاتُ	تشمل العمليات التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار: <ul style="list-style-type: none"> ● استخدام المرشحات الليفية و غواسل رطبة/جافة و مرشحات و مرشحات سيراميكية 	تُعتبر المرشحات الليفية ذات المواد عالية الأداء أكثر الخيارات كفاءة. يجب إعادة تدوير المواد العالقة المجموعة في الفرن
حراقات بعدية و التخميد	يجب استخدام الحراقات البعدية عند درجات حرارة أعلى من 950 مئوية للتأكد من الاحتراق الكامل للمركبات العضوية متبوعة بإخماد سريع للغازات الساخنة إلى درجات حرارة أدنى من 250 مئوية	تشمل الاعتبارات: <ul style="list-style-type: none"> ● تُشكّل مُرَكَّبَاتُ الدِّيُوكْسِينَاتُ و الفَيُورَانَاتُ بين 250 و 500 درجة مئوية و التحطيم أعلى من 850 مئوية بوجود الأكسجين ● المتطلبات من أجل أكسجين كاف في المنطقة العليا من الفرن من أجل احتراق كامل ● الحاجة إلى تصميم مناسب لأنظمة التبريد لتقليل إلى أدنى حد زمن إعادة التشكيل 	إن اصطناع De novo ما زال ممكنا عند تبريد الغازات من خلال نافذة إعادة التشكيل
الامتصاص على الكربون الفعال	يجب اعتبار معالجة الكربون الفعال حيث تُعتبر هذه المواد وسط ملائم لامتصاص مُرَكَّبَاتُ الدِّيُوكْسِينَاتُ و الفَيُورَانَاتُ بسبب سطحها الفال الكبير	تشمل العمليات التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار: <ul style="list-style-type: none"> ● المعالجة بالكربون الفعال باستخدام مفاعلات السرير الثابت أو المتحرك ● حقن دقائق الكربون في مجرى الغاز متبوعة بإزالتها على مرشح غبار 	يُمكن أيضا أن يستخدم مزانج الجير/كربون
الأكسدة التحفيزية	تُعتبر تكنولوجيا الأكسدة بوجود المحفزات تكنولوجيا جديدة و يجب أن تؤخذ في الاعتبار بسبب كفاءتها العالية و استهلاك طاقة أقل. تحول الأكسدة التحفيزية المركبات العضوية إلى الماء و ثاني أكسيد الكربون و حمض كلوريد الهيدروجين باستخدام معدن ثمين كمحفز	تشمل الاعتبارات: <ul style="list-style-type: none"> ● كفاءة العملية من أجل الطور البخاري للملوثات ● معالجة حمض كلوريد الهيدروجين باستخدام الغواسل في حين يطلق الماء و ثاني أكسيد الكربون إلى الهواء بعد التبريد 	أظهرت الأكسدة التحفيزية قدرتها على تحطيم مُرَكَّبَاتُ الدِّيُوكْسِينَاتُ و الفَيُورَانَاتُ مع أزمنة بقاء أقصر و استهلاك طاقة أقل و 99% كفاءة. يجب معالجة الغازات المنطلقة من أجل إزالة العوالق قبل الأكسدة التحفيزية من أجل كفاءة مثلى

7. مستويات الأداء المرافقة لأفضل التقانات المتاحة

تبلغ مستويات الأداء المرافقة لأفضل التقنيات المتاحة من أجل مصاهر الرصاص الثانوي > 0.1 نانوغرام مكافئ سمي /م³ نظامي (عند تراكيز أكسجين تشغيلية).

المراجع

EPA (United States Environmental Protection Agency). 1986. *Secondary Lead Processing*. Background Report AP-42, Section 12.11. www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch12/final/c12s11.pdf.

European Commission. 2001. *Reference Document on Best Available Techniques in the Non-Ferrous Metals Industries*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. eippcb.jrc.es.

Hübner C., Boos R., Bohlmann J., Burtscher K. and Wiesenberger H. 2000. *State-of-the-Art Measures for Dioxin Reduction in Austria*. Vienna. www.ubavie.gv.at/publikationen/Mono/M116s.htm.

Parvesse T. 2001. "Controlling Emissions from Halogenated Solvents." *Chemical Processing* 64(4):48-51.

(ii) إنتاج الألمنيوم الأولي

خلاصة

ينتج الألمنيوم الأولي مباشرةً من خامات المنجم أو من البوكسيت. ينقى البوكسيت إلى الألومينا من خلال عملية باير. ترجع الألومينا إلى معدن الألمنيوم بالتحلل الكهربائي من خلال عملية Hall-Héroult (إما باستخدام أقطاب محمصة ذاتية أو أقطاب Söderberg أو باستخدام أقطاب محمصة من قبل).

لا يُعتبر إنتاج الألمنيوم الأولي عموماً مصدراً هاماً للكيمياويات المدرجة في المرفق "جيم" من اتفاقية استوكهولم. على أية حال، يكون التلوث بمركبات الديوكسينات والفيورانات ممكناً من خلال الأقطاب التي تعتمد على الغرافيت والمستخدم في عملية الصهر التحلل الكهربائي.

تشمل التقنيات الممكنة لخفض إنتاج وإطلاق الكيماويات المدرجة في المرفق "جيم" من قطاع الألمنيوم الأولي ضبط و إنتاج أقطاب محسنة و استخدام عمليات صهر متطورة. تبلغ مستويات الأداء المرافقة لأفضل التقنيات المتاحة من أجل انبعاثات الهواء لمركبات الديوكسينات والفيورانات في قطاع الألمنيوم الأولي أقل من 0.1 نانو غرام مكافئ سمي/ م3 نظامي (عند تراكيز أكسجين تشغيلية).

1. وصف العملية

ينتج الألمنيوم الأولي مباشرةً من خامات المنجم أو من البوكسيت. ينقى البوكسيت إلى الألومينا من خلال عملية باير، و من ثم ترجع الألومينا إلى معدن الألمنيوم بالتحلل الكهربائي (عملية Hall-Héroult). لا يشمل هذا الجزء عملية الألمنيوم الثانوي الذي جرى تغطيته في الجزء V.D (iii) من الإرشادات الحالية.

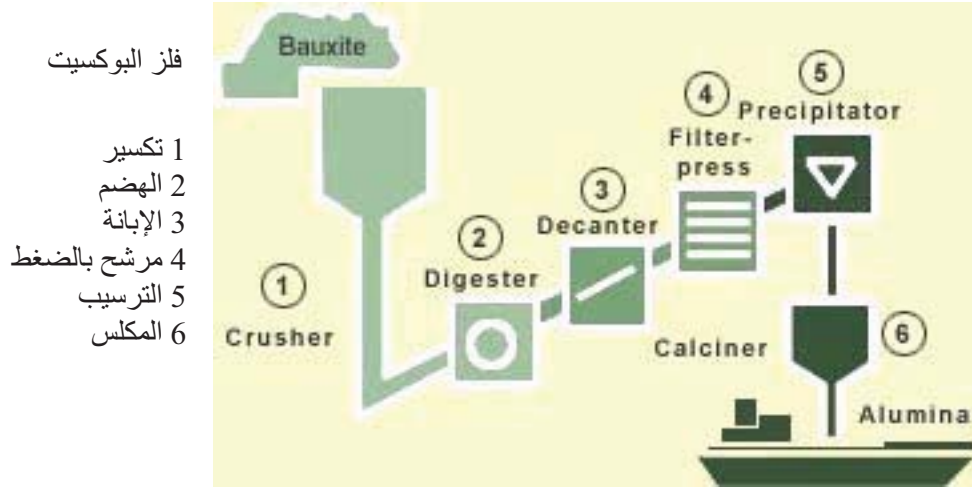
1.1 طريقة باير: تنقية البوكسيت إلى الألومينا

يحول البوكسيت إلى الألومينا باستخدام عملية باير (الشكل 2). يجفف خام البوكسيت و يطحن ثم يحول إلى بودرة و يمزج مع محلول هيدروكسيد الصوديوم لاستخلاص الألومينا عند درجات حرارة و ضغط عالية في المهضمت. ينتج ملاط رقيق القوام يحتوي على ألومينات الصوديوم المنحلة و مزيج من أكاسيد المعدن تدعى بالطين الأحمر الذي يزاح بالتكثيف. يغسل الطين الأحمر لاسترداد الكيماويات و يتخلص منه. يبرد محلول ألومينات الصوديوم و يضاف إليه بذور الألومينا لبلورة الألومينا المائية في أحواض ترسيب. تغسل البلورات و من ثم تكلس في أفران دوارة أو أفران تكليس ومضة بسرير مرن لإنتاج أكسيد الألمنيوم أو الألومينا و هو بودرة بيضاء اللون تشبه ملح الطاولة.

1.2 طريقة Hall-Héroult: إرجاع الألومينا بالتحلل الكهربائي إلى ألمنيوم

ينتج الألمنيوم من الألومينا بالتحلل الكهربائي بطريقة تدعى طريقة Hall-Héroult. تذاب الألومينا في حمام الكتروليتي من الكرايوليت cryolite (فلوريد الألمنيوم الصوديومي). يمرر تيار مستمر من خلال المحلول الكتروليتي بين القطب الموجب و السالب. ينتج الألمنيوم المصهور و يترسب في قعر خلية التحليل الكهربائي أو القدر و من وقت لآخر يفرغ الألمنيوم من الأسفل و ينقل إلى فرن ارتدادي ثابت. و إذا كانت هناك خلاط، يصهر و يزال الغاز للتخلص من الشوائب. أخيراً، سبك الألمنيوم أو ينقل إلى محطات التصنيع.

الشكل 2. مخطط مبسط لإنتاج الألومينا



المصدر: الجمعية الكندية للألمنيوم

1.3. إنتاج الألمنيوم

يوجد نوعين من التكنولوجيا المستخدمة في إنتاج الألمنيوم (الشكل 3) و هي تلك التي تستخدم أقطاب محمصة ذاتيا (أقطاب Söderberg) و تلك التي تستخدم أقطاب محمصة مسبقا.

تصنع أقطاب Söderberg القديمة في المكان من عجينة الفحم النفطي المكلس و قطران الفحم الحجري و من ثم تحمص بالحرارة من الحمام الالكتروليتي المصهور. و عندما يبدأ القطب بالاستهلاك يُمكن وضع العجينة من خلال غلاف القطب في عملية لا تحتاج إلى تبديل الأقطاب من أماكنها. تضاف الألومينا بشكل دوري إلى خلايا Söderberg من خلال تقويع بكسر قشرة الألومينا و الكتروليت المتجمد التي تغطي الحمام المصهور. و اعتمادا على تبديل مثبت الأقطاب و هذه تدعى خلايا مثبتات Söderberg العمودية أو الأفقية. تستخدم أنظمة تغذية نقطية آلية في المحطات المتطورة حيث لا توجد حاجة من أجل الكسر الدوري للقشرة.

تصنع الأقطاب المحمصة مسبقا في محطات الكربون من مزيج الفحم النفطي المكلس و قطران الفحم الحجري الذي يشكل في قوالب و يحمص في فرن القطب. تُعتبر غالبا محطات إنتاج الأقطاب جزءا لا يتجزأ من محطات إنتاج الألمنيوم الأولي. يدلى القطب المحمص مسبقا في الخلية بشكل تدريجي لدى استهلاكه و يحتاج إلى تبديل قبل استهلاك كامل القطب. أما بقايا الأقطاب أو ما يدعى أرومة القطب، ينظف و يعاد إلى محطات الكربون من أجل إعادة التدوير. اعتمادا على طريقة تغذية الألومينا في خلايا الكتروليتية، تدعى الخلايا بالخلايا المحمصة و المشغولة جانبا أو المحمصة المشغولة مركزا. ففي الخلايا المشغولة جانبا، تدخل الألومينا إلى الخلايا بعد كسر القشرة حول المحيط. و من أجل المشغول مركزا، تدخل الألومينا إلى الخلايا بعد كسر القشرة من نقاط محددة في مركز خط الخلية.

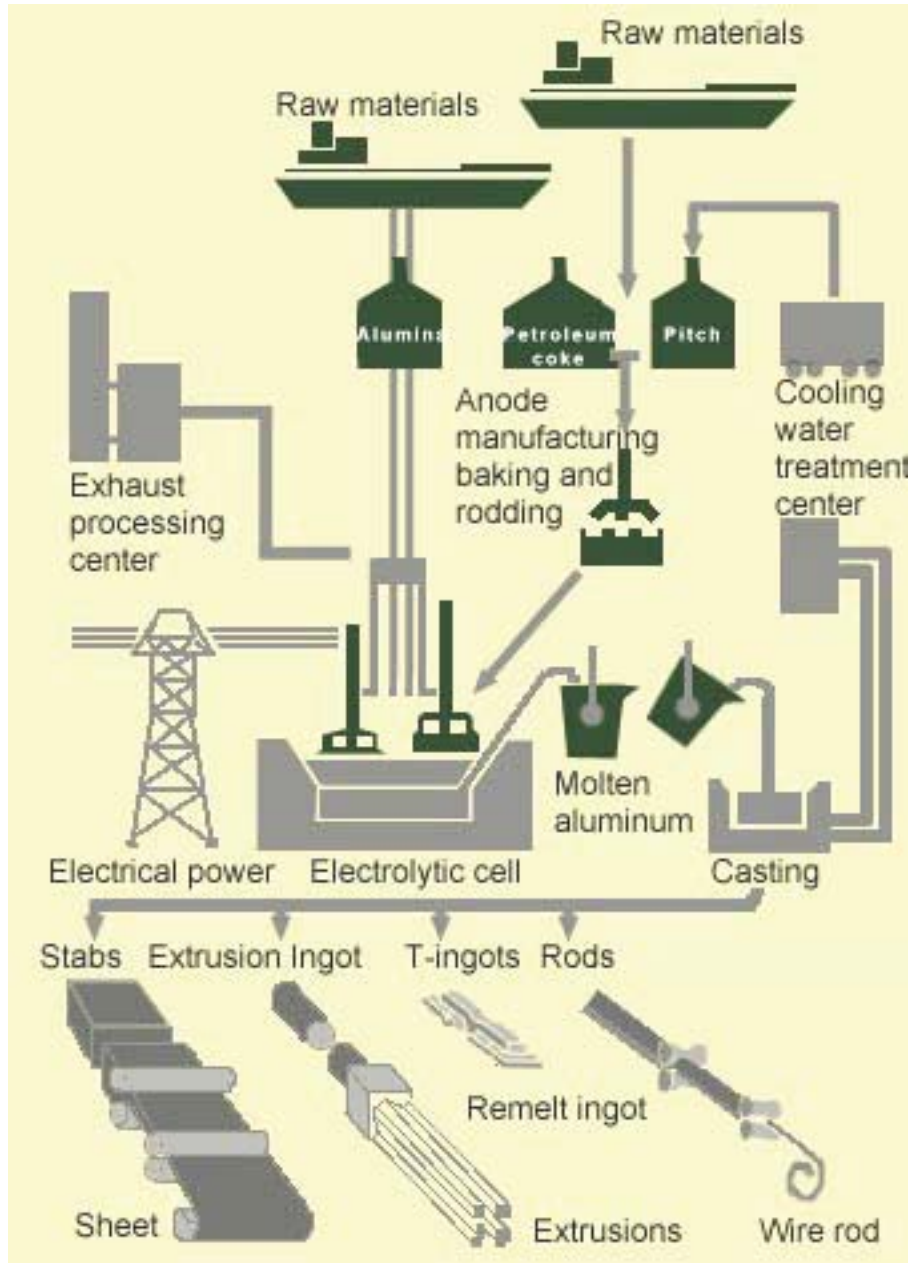
يتم تبديل القطب السالب غالبا كل خمس إلى ثماني سنوات بسبب تدهوره الذي يسمح بمرور الكتروليت و الألمنيوم باختراق قضيب الموصل والقشرة الفولاذية. يحتوي القطب السالب المستهلك، و المعروف بغلاف الخلية، على مركبات سامة و ضارة مثل السيانيدات و الفلوريدات التي يجب التخلص منها بشكل ملائم.

تسحب الألومينا المصهور دوريا من الخلايا باستخدام مضخة سيفونية (vacuum siphon) و تنقل إلى البواتق. تنقل البواتق الحاوية على السوائل إلى محطات السبك حيث ينقل الألمنيوم إلى أفران الاحتفاظ. تضاف عناصر الخلط في هذه الأفران. تقشرد الرغوة المتشكلة من الأكسدة فوق معدن الألمنيوم و تُستخدَم عادة حاويات مغلقة لمنع أية أكسدة إضافية. يستخدم غطاء من غاز النتروجين و الأرجون. تتبع هذه العملية بإزالة الصوديوم و المغنيزيوم و الكالسيوم و الهيدروجين. يعتمد غاز المعالجة على الشوائب. يستخدم الأرجون أو النتروجين لإزالة الهيدروجين و مزائج الكلور و النتروجين أو الأرجون لإزالة الشوائب المعدنية.

الشكل 3. مخطط عام من أجل عملية التحلل الكهربائي لإنتاج الألمنيوم

مواد أولية

مواد أولية



المصدر: الجمعية الكندية للألمنيوم

2. مصادر الكيمائيات في الملحق من المرفق "جيم" من اتفاقية استوكهولم

يُعتبر إنتاج الألمنيوم الأولي بعيد الاحتمال كمصدر لإطلاق مركبات الديوكسينات و الفئورانات على الرغم من وجود احتمال للتلوث من خلال الأقطاب الموجبة ذات الأصل الغرافيتي (AEA Technology Environment 1999, p. 63). يعتقد عموماً بأن مستويات مركبات الديوكسينات و الفئورانات منخفضة و الحصة الرئيسية ناجمة من معالجة المواد الخردة (UNEP 2003, p. 73). نوقش هذا الموضوع في الفقرة الفرعية 2.3 أدناه.

2.1. إنبعاثات الديوكسينات و الفئورانات

يوجد معلومات محدودة متوفرة حول الكيمائيات المدرجة في المرفق "جيم" من اتفاقية استوكهولم بما في ذلك تشكل مركبات الديوكسينات و الفئورانات من عمليات الألمنيوم الأولية. اقترحت بعض الأدبيات بأن اختبارات الإنبعاثات الأولية أشارت إلى أن مركبات الديوكسينات و الفئورانات لا تشكل شينا هاما في هذا القطاع.

و كما ذكر أيضا أنه من غير المحتمل أن تطلق عملية Söderberg و عمليات التحميص المسبقة إنبعاثات مختلفة ذات دلالة

اختبرت بعض الدراسات من أجل مُركّبات الدِّيوكسينات في الأبخرة من عمليات التعدين بسبب استخدام الكلور من أجل طرد الغاز و وجود الكربون من احتراق الغازات يُمكن أن يؤدي إلى تشكّل مُركّبات الدِّيوكسينات. أظهرت النتائج من غرف سبك الصهر الأولي بأن الإطلاقات كانت أقل بكثير من 1 غرام في السنة (European Commission 2001, p. 289). لم يجر التحري بشكل كامل عن التشكل المحتمل لمركبات الدِّيوكسينات و الفَيُورانات أثناء عمليات التنقية لكل من إنتاج الألمنيوم الأولي و الثانوي. و لقد 'قدمت توصية بأنه يجب تحديد هذا المصدر (European Commission 2001, p.) (318).

2.2. الإطلاقات إلى الأرض

لا يُعتَبَر إنتاج الألمنيوم الأولي من الخامات بأنه ينتج كميات معنوية من مُركّبات الدِّيوكسينات (New Zealand Ministry for the Environment 2000). أوضحت مراجعة لإطلاقات الداويكسين إلا الماء و الأرض في المملكة المتحدة بأنه يُمكن أن تكون هناك احتمالية وجود بعض التلوث بمركبات الدِّيوكسينات و الفَيُورانات في الأقطاب الغرافيتية (UK Environment Agency 1997). بينت البيانات السويدية بأن الوحل المستهلك من الخلايا يُمكن أن يحوي 7.8 نانو غرام نوردك-مكافئ/كغ. على أية حال، إذا كان القطب السالب مصنوع من مواد الكربون عالية النقاوة و لا تشمل عملية الإرجاع الكلور أو مواد كلورية، فإنه من غير المحتمل أن توجد مُركّبات الدِّيوكسينات و الفَيُورانات. يُمكن أن تحوي المواد الناعمة المستردة مُركّبات الدِّيوكسينات و الفَيُورانات بسبب الكلور أو المركبات ذات الأساس الكلوري و التي تُستخدَم لطرد الغاز في جزء الألمنيوم الذي صب في قطع النبط (extrusion billets).

2.3. نتائج البحوث ذات العلاقة

توجد معلومات محدودة على تشكّل مُركّبات الدِّيوكسينات و الفَيُورانات غير المقصود من هذا القطاع. و لهذا أقترح بأن إنتاج الألمنيوم الأولي لا يُعتَبَر مصدرا هاما للإطلاق. ذكرت ورقة واحدة مستويات غير قابلة للكشف من أجل إنبعاثات الدِّيوكسينات و الفَيُورانات (ESP Environmental Ltd., 2000). على أية حال، استنتجت دراسة 2001 الروسية على إنبعاثات الدِّيوكسينات و الفَيُورانات في مدينة Krasnoyarsk بأن معمل الألمنيوم كان مسؤول عن 70% من إنبعاثات مُركّبات الدِّيوكسينات و الفَيُورانات في الهواء و 22% من الإطلاق الصناعي إلى الأرض (Kucherenko et al. 2001). و لهذا هناك حاجة لإجراء دراسات إضافية في هذا المجال من أجل أن نبين فيما لو كان أو لم يكن إنتاج الألمنيوم الأولي مصدرا هاما للدِّيوكسينات و الفَيُورانات.

2.4. معلومات عامة عن الإطلاقات من معامِل الألمنيوم الأولية

تُعتَبَر الغازات الدفينة الملوثة الرئيس من إنتاج الألمنيوم و تنتج من احتراق الوقود الأحفوري، و استهلاك قطب الكربون و من بيرو فلور الكربون من تأثيرات القطب السالب. و بالإضافة إلى الغازات الدفينة، تطرح أيضا مصاهر الألمنيوم الإنبعاثات الجوية الأخرى بالإضافة إلى بعض النفايات الصلبة (أقلام الخلايا المستهلكة) و المنصرفات السائلة (-SNC) (Lavalin Environment 2002, p. 3:14).

"يؤدي استخدام أقطاب الكربون السالبة إلى إنبعاثات ثاني أكسيد الكبريت و كبريت الكربونيل (COS) و المركبات الهيدروكرونية العطرية متعددة الحلقات (PAHs) و أكاسيد الأزوت. يطلق مُعظم الكبريت الموجود في قطب الكربون السالب على شكل COS الذي لا يتأكسد معظمه إلى ثاني أكسيد الكبريت قبل إطلاقه في مداخن غسل غاز potroom. تكون مُعظم إنبعاثات الكبريت على هيئة ثاني أكسيد الكبريت و مكون صغير COS. يتوقع أن تزداد إنبعاثات غازات الكبريت من إرجاع الألمنيوم مع ازدياد محتوى الكبريت في الفحم البترولي المستخدم في تصنيع الأقطاب السالبة. تنتج المركبات الهيدروكرونية العطرية متعددة الحلقات من الاحتراق غير الكامل للهيدروكربونات الموجودة في الزفت المستخدم لتشكيل هذه الأقطاب. يزيل استخدام الأقطاب المحمصة مسبقا فعليا إنبعاثات PAHs و بشكل أساسي المرافقة لأقطاب Söderberg. تأتي إنبعاثات أكاسيد الأزوت بشكل رئيسي من احتراق الوقود في أفران تحميص الأقطاب السالبة"

" يؤدي التحلل الكهربائي للألومينا أيضا إلى انبعاث الفلوريدات (عوالق الفلوريدات و فلور الهيدروجين الغازي) و العوالق الأخرى. يمثل إزالة الفلوريدات من خلايا الغاز في أنظمة غسل الجاف لحقن الألومينا الحديثة أكثر من 99% كفاءة و تكون انبعاثات الفلوريدات من المصاهر المحمصة مسبقا و الحديثة أقل بشكل كبير. و يُعْتَبَرُ تغيير الأقطاب و تبريد أرومات الأقطاب المستهلكة من المصادر الهامة لانبعاثات الفلوريد الهاربة من مصاهر الألمنيوم و هي أكبر بحوالي 4-5 مرات من انبعاثات المدخنة (بعد الغسل)" (SNC-Lavalin Environment 2002, p. 3:16).

يؤدي تأثير القطب إلى تَشَكُّلُ بيرو فلور الكربون في أوعية الصهر عندما تنخفض تراكيز الألومينا إلى أدنى من حد معين نتيجة نقص التغذية بمواد جديدة. يتفاعل القطب السالب مع الفلور في محلول الكرواليت بسبب عدم توفر أكسجين كاف من الألومينا. عندما تحدث هذه العملية، يتشكل رباعي فلور الكربون (CF₄) و سداسي فلور الهكسان (C₂F₆) مع لاشتداد الكمون فجأة. تعتمد كمية بيرو فلور الكربون المتشكل على كفاءة ضبط التغذية في وعاء الصهر. فمن أجل الأوعية غير المزودة بتحكمات ملائمة، يُمكن أن تكون انبعاثات بيرو فلور الكربون من تأثيرات الأقطاب المصدر الأكبر و تمثل حوالي 50% من انبعاثات الصهر (على أساس مكافئ CO₂). عمليا، يُمكن أن تشغل أي نقطة تغذية أو أوعية مضبوطة بالحاسوب عند تواتر تأثير قطب سالب منخفضة. تتميز التكنولوجيات الأقدم مثل خلايا Söderberg الأقفية و الشاقولية بمعدلات أعلى لتوليد بيرو فلور الكربون. لا تملك هذه التكنولوجيات أنظمة حساسة للوعاء الواحد و يكون عادة نظام التغذية غير آلي وتوضع الشحنة دفعة واحدة. تكون تقنيات ضبط العملية في المصاهر المحمصة مسبقا و الحديثة موضوعة بطريقة بحيث يُمكن خفض انبعاثات بيرو فلور الكربون إلى أقل من 5% من انبعاثات الغازات الدفينة من مصاهر المعدن. إن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من استهلاك القطب السالب هو المصدر الأكبر التالي من أوعية الصهر غير المزودة بضوابط حديثة (SNC-Lavalin Environment 2002, p. 3:10–11).

الجدول 3. الانبعاثات و الاطراحت السائلة و المنتجات الثانوية و النفايات الثانوية من إنتاج الألمنيوم الأولي

العملية	انبعاثات الهواء ^a	المنصرفات	المنتجات الثانوية و النفايات الصلبة
تنقية الألومينا	العوالق	مياه صرف حاوية على نشاء و رمل و كوستيك	طين أحمر و اكزالات الصوديوم
إنتاج الأقطاب	العوالق، الفلوريدات، والهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات، SO ₂ PCDD/PCDF ^b	مياه صرف حاوية على مواد صلبة عالقة و الفلوريدات و المركبات العضوية	غبار الكربون و القطران و نفايات المواد المقاومة للصهر
صهر الألمنيوم	CO, CO ₂ , SO ₂ و الفلوريدات (الغازي و العوالق) بيرو فلوريدات الكربون (CF ₄ , C ₂ F ₆) والهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات PCDD/PCDF ^b و	منصرفات ضبط رطب لتلوث الهواء (مرسبات كهرباء ساكنة رطبة)	أفلام الوعاء المستهلكة و نفايات ضبط تلوث الهواء الرطبة و الوحل

A : يستثنى من ذلك انبعاثات المتعلقة بالاحتراق

b : اعتمادا على دراسة Krasnoyarsk (Kucherenko et al. 2001)

المصدر: Energetics Inc. 1997.

3. عمليات بديلة لصهر الألمنيوم الأولي (التكنولوجيا المنبثقة)

قررت اتفاقية استوكهولم بأنه عندما تعطى الموافقة للطلبات من أجل إنشاء محطة ألومنيوم أولي جديدة، بأنه يجب إعطاء أولوية للعمليات البديلة و تقنيات أو ممارسات لها نفس الفائدة و لكن تتجنب تَشَكُّلُ و إطلاق العناصر المعرفة. يوجد عدد من المبادرات البحثية حاليا قيد الدراسة لإنتاج الألمنيوم الأولي في حين على التزامن تخفض استهلاك الطاقة و الانبعاثات (European Commission 2001, p. 335; SNC-Lavalin Environment 2002; Welch 1999; USGS) (2001; BCS Inc. 2003, p. 41–58). تشمل هذه المبادرات:

الأقطاب الخاملة: الأقطاب الخالية من الكربون هي أقطاب خاملة و مستقرة و تستهلك ببطء و تُنتِجُ أكسجين بدلا من ثاني أكسيد الكربون. يزيل استخدام الأقطاب الخاملة الحاجة إلى محطة لإنتاج أقطاب الكربون (و انبعاثات الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات من العملية).

الكاثودات المرطبة: مواد كاثود جديدة أو طلاء لمواد الكاثود الحالية و التي تسمح بكفاءة طاقة أفضل

الأقطاب الشاقولية – التحلل الكهربائي بدرجات حرارة منخفضة (VELTE): تُستخدَم العملية أقطاب خليطه معدنية غير مستهلك، و كاثود مرطب و حمام الكتروليتي يبقى مشبع بالألو مينا عند درجات حرارة منخفضة 750 درجة مئوية بواسطة جزيئات ألمنيوم حرة معلقة في الحمام. يُمكن أن تُنتج هذه التكنولوجيا معدن الألمنيوم الأولي باستهلاك طاقة أقل و كلفة أقل و تحلل بيئي أقل من عملية Hall-Hérout التقليدية

تكنولوجيا الخلية المرتشحة (Drained cell technology): يتميز طلاء كاثودات خلايا الألمنيوم بثاني بروم التيتانيوم و التخلص من وسادة المعدن التي تقلل المسافة بين القطب الموجب و القطب السالب و بالتالي خفض كمون الخلية المطلوب و خفض ضياع الحرارة.

تكنولوجيا الكربوحرارية: تُنتج عملية الكربوحرارية الألمنيوم باستخدام تفاعل كيميائي الذي يحدث في مفاعل و يتطلب مجال فيزيائي أقل من تفاعل Hall-Hérout. ينتج عن هذه العملية استهلاك كهرباء أقل بشكل كبير و التخلص من إنبعاثات بيرفلورو كربون الناتجة عن تأثيرات قطب الكربون السالب و أقلام الوعاء المستهلكة و إنبعاثات الهيدروكربونات المرافقة لتحميم أقطاب الكربون السالبة المستهلكة.

تكنولوجيا إرجاع الكالونيت (Kaolinite reduction technology): تحتفظ تكنولوجيا إنتاج الألمنيوم بواسطة إرجاع كلوريد الألمنيوم باستخدام الغضار بإغراء كبير كون المواد الأولية متوفرة و رخيصة الثمن. و كما يوفر الديناميكية الحرارية تفاعلات تحول عالية السرعة مع طلب منخفض للكهرباء و لا تُنتج أية متبقيات للبوكسيت.

4. الإجراءات الوقائية الأولية و الثانوية

عرضت أدناه الإجراءات الأولية و الثانوية من أجل تقليل إنبعاثات مُركبات الديوكسينات و الفيورانات من عمليات إنتاج الألمنيوم الأولي.

يكون مجال تقليل الإنبعاثات مع تطبيق الإجراءات الأولية ممكنا فقط كونه ليس معروفا بسهولة. و بالتالي ينصح بالأخذ في الاعتبار لتطبيق كل من الإجراءات الأولية و الثانوية في المحطات الحالية.

و يجب الإشارة هنا أنه لم يجري تطوير أية إجراءات ثانوية لمصاهر الألمنيوم الأولية بشكل خاص لضبط تشكل مُركبات الديوكسينات و الفيورانات غير المقصودة. و تُعتبر الإجراءات التالية إجراءات عامة يُمكن أن تقلل من إنبعاثات الملوثات في مصاهر الألمنيوم الأولية بما في ذلك إطلاق مُركبات الديوكسينات و الفيورانات.

4.1. الإجراءات الوقائية الأولية

يقصد من الإجراءات الأولية بأنها إجراءات لمنع التلوث و التي تمنع أو تقلل إلى حد أدنى تشكل و إطلاق العناصر المحددة (العوالق، الفلوريدات، بيروفلور الكربون، الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات، ثاني أكسيد الكبريت، ثاني أكسيد الكربون، أول أكسيد الكربون). و تدعى هذه الإجراءات أحيانا بإجراءات أمثلة العملية أو إجراءات المكملة للعملية. و يعرف منع التلوث بأنه "استخدام العمليات و الممارسات و المواد و المنتجات أو الطاقة التي تمنع أو تقلل إلى حد أدنى إنتاج الملوثات و النفايات و تقلل الخطر الكلي لصحة الإنسان أو البيئة" (أنظر الفقرة III.B من الإرشادات الحالية). لا حظ أنه لا توجد إجراءات أولية محددة من أجل مُركبات الديوكسينات و الفيورانات.

فمن أجل المصاهر الجديدة، استخدام تكنولوجيا التحميم الأولي أكثر من تكنولوجيا Söderberg من أجل صهر الألمنيوم هو إجراء منع تلوث هام (World Bank 1998). إن استخدام خلايا تعمل بالمركز و محمصة مسبقا مزودة بنقاط تغذية متعددة آلية تُعتبر أفضل التقنيات المتوفرة من أجل إنتاج الألمنيوم الأولي (European Commission 2001, p. 325).

"تساعد طريقة التغذية النقطية بتغذية أكثر دقة و بتواتر متزايد من أجل تشغيل خلية أفضل. تتوضع عموما في مركز الخلية و بالتالي يقلل من الانتشار المطلوب لتحريك الألومينا المذابة إلى مواقع التفاعل الأنودي. إن ضبط الإضافات لكميات الألومينا المنفصلة تركز عملية الانحلال التي تقود إلى تحسين استقرارية الخلية و ضبط و تقليل إلى حد أدنى تأثيرات القطب السالب و تقليل تشكل الوحل غير المنحل على الكاثود. في لغة التجارة الحديثة، تساعد وسائل التغذية النقطية في ما يسمى تزويد الألومينا في الوقت المناسب ليمح تشغيل أمثل للخلية. تستمر تحسينات التغذية النقطية بتحكيمات خلية أكثر دقة بالتوفر (BCS Inc. 2003, p. 47).

طبقت تحكيمات عملية متقدمة في الصناعة لتقليل تواتر تأثيرات القطب السالب و ضبط متغيرات التشغيل و بشكل خاص كيمياء الحمام و إشباع الألومينا و بالتالي تبقى الخلايا بشروطها المثلى (BCS Inc. 2003).

تشمل الإجراءات الأولية التي يُمكن أن تساعد في تقليل تشكُّل و إطلاق العناصر المحددة (European Commission) : (2001, p. 326, 675–676):

1. نظام مقام من أجل الإدارة البيئية و ضبط العملية و الصيانة
2. تحكم حاسوبي لعملية التحلل الكهربائي تعتمد على بيانات خلية فعالة و مراقبة مُعاملات تشغيل الخلية لتقليل إلى حد أدنى استهلاك الطاقة و تقليل عدد و فترة تأثيرات القطب السالب.
3. إذا كنت التأثيرات البيئية طويلة المدى و إقليمية و محلية تتطلب تقليل SO_2 ، فإن استخدام أقطاب الكربون السالبة منخفضة المحتوى من الكبريت أو قطب عجيني إذا كان ذلك عمليا أو بأنظمة غسل لثاني أكسيد الكبريت.

4.2. الإجراءات الوقائية الثانوية

من المتفق عليه أن الإجراءات الثانوية هي تكنولوجيات أو تقنيات ضبط التلوث وتوصف أحيانا بأنها معالجة نهاية الأنبوب. و يجب الإشارة إلى أن الإجراءات التالية ليست إجراءات ثانوية خاصة بتقليل إطلاقات مُركباتُ الدِّيوكسينات و الفَيُوراناتُ إلى الحد الأدنى و إنما هي من أجل إطلاقات الملوثات بشكل عام.

أظهرت الإجراءات التالية بأنها فعالة في تقليل الإطلاقات من إنتاج الألمنيوم الأولي و يجب أن تُعتبر كأفضل التقنيات المتاحة (European Commission 2001, p. 326, 675–676):

1. تحضير مواد التغذية: طحن المواد الأولية و المغلق و خلطها، مُرشحات نسيجية من أجل الإخماد
2. تغطية كاملة للخلايا بواسطة الهود الذي يوصل بعامد الغاز و المُرشح، استخدام أغطية خلايا قوية و معدلات استخلاص ملائمة، نظام تبريد أرومة أقطاب محكمة الإغلاق .
3. أفضل من 99% لجمع الأبخرة من الخلايا على المدى الطويل، تقليل الزمن إلى أدنى حد من أجل فتح الأغطية و تغيير الأقطاب
4. يجب أن تعالج الغازات من عملية الصهر أولية لإزالة الغبار و الفلوريدات و فلوريد الهيدروجين باستخدام غاسل الألومينا و المرشحات الليفية. يجب أن تكون فعالية الغسل أكبر من 99.8% و تُستخدَم الألومينا المجموعة في خلايا التحلل الكتروليتي
5. استخدام حراقات منخفضة NO_x أو وقود حرق من نوع oxy ضبط احتراق الأفران لأمثلة استخدام الطاقة و تقليل انبعاثات NO_x و الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات.
6. في حالة محطات ذات الأقطاب المدمجة، يجب معالجة غازات العملية في غاسل الألومينا و نظام المُرشح النسيجي و تستخدم الألومينا المجموعة في خلايا التحلل الكتروليتي. يُمكن معالجة القطران من عمليات الخلط و التشكيل في مرشح فحم الكوك.
7. تحطيم السيانيدات و القطران و الهيدروكربونات في حراقات بعدية إذا لم تزال بواسطة تقنيات الإخماد.
8. استخدام غسل شبه جاف أو رطب لإزالة SO_2 إذا كان ذلك ضروريا
9. استخدام مرشحات حيوية لإزالة المكونات كريهة الرائحة إذا كان ذلك ضروريا
10. استخدام أنظمة تبريد غير مباشرة أو مغلقة

5. خلاصة الإجراءات الوقائية

يبين الجدولان 4 و 5 خلاصة الإجراءات التي جرى مناقشتها في الفقرات السابقة.

الجدول 4. الإجراءات الأولية لمحطات إنتاج الألمنيوم الأولي الجديدة

الإجراء	الوصف	الاعتبارات	الملاحظات الأخرى
عمليات بديلة	يجب أن تعطى الأولوية للعمليات البديلة مع تأثيرات بيئية منخفضة أقل من محطات إنتاج الألمنيوم الأولي التقليدية	تشمل الأمثلة: • أقطاب خاملة • كاثودات رطبة	ما زالت هذه العمليات في طور التطوير

الإجراء	الوصف	الاعتبارات	الملاحظات الأخرى
		<ul style="list-style-type: none"> • أقطاب شاقولية-تحلل ثانوية • تكنولوجيا خلية الارتشاح • تكنولوجيا الكربون الحراري • تكنولوجيا إرجاع الكالونيت 	
تكنولوجيا التخميص الأولي	استخدام خلايا المحمصة مسبقا و في المركز مع نقاط تغذية متعددة آلية و هي تُعتبر أفضل التقنيات المتوفرة		
مستويات الأداء	يجب أن تحقق محطات إنتاج الألمنيوم الأولي الجديدة متطلبات أداء و تزويد التقارير شديد مرافقة مع أفضل التقنيات و التكنولوجيات المتوفرة و متطلبات	يجب أن تعطى الاعتبارات للإجراءات الأولية و الثانوية المدرجة في الجدول 5	لم تحدد أية متطلبات أداء من أجل إطلاقات مركبات الديوكسينات و الفئورانات من محطات إنتاج الألمنيوم الأولي

الجدول 5. خلاصة الإجراءات الوقائية الأولية و الثانوية من أجل محطات إنتاج الألمنيوم الأولي

الإجراء	الوصف	الاعتبارات	الملاحظات الأخرى
نظام إدارة بيئي و ضبط تشغيلي و صيانة			
ضبط حاسوبي للعمليات و المراقبة و الصيانة	لتقليل استهلاك الطاقة إلى أدنى حد و تقليل عدد و فترة تأثيرات القطب السالب		
اختيار مواد التغذية: استخدم كربون بمحتوى منخفض من الكبريت من أجل الأقطاب السالبة أو عجينة الأقطاب السالبة	لضبط انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت إذا كان ذلك ضروريا	يُمكن استخدام نظام غسل ثاني أكسيد الكبريت SO ₂	
تحضير مواد التغذية: طحن المواد الأولية و المغلق و خلطها، مرشحات نسيجية من أجل الإخماد	لمنع إطلاقات العوالق		
تغطية كاملة للخلايا بواسطة الهود الذي يوصل بعماد الغاز و المرشح	استخدام الهودات التي تغطي بشكل كامل الخلايا بهدف جمع الغازات للعوادم و المرشح		
جمع الأبخرة من الخلايا على المدى الطويل	يجب أن تكون كفاءة جمع الأبخرة أعلى من 99%. يجب معالجة الغازات لإزالة الغبار و الفلوريدات و فلوريد الهيدروجين باستخدام غاسل الألومينا و مرشح ليفي	يجب أن يكون الزمن المأخوذ من أجل فتح الأغشية و تبديل الأقطاب إلى أدنى حد	
حراقات منخفضة NO _x أو وقود حرق من نوع oxy	يجب أن يكون احتراق الفرن أمثل لتقليل انبعاثات الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات و NO _x		
غاسل الألومينا	يجب معالجة غازات العملية من محطات الأقطاب في غاسل الألومينا و نظام مرشح النسيجي	يجب أن تُستخدَم الألومينا في خلايا التحلل الكهربائي. يُمكن معالجة القطران في مرشح الفحم الحجري	
حراق بعدي	لتحطيم السيانيدات و القطرات و الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات إذا لم تزال بطرائق الإزالة الأخرى		
غسل شبه جاف أو رطب	إزالة غاز ثاني أكسيد الكبريت إذا كان ذلك ضروريا		
المرشحات الحيوية	إزالة المكونات كريهة الرائحة إذا كان ذلك ضروريا		

6. مستويات الأداء المرافقة لأفضل التقانات المتاحة

تبلغ مستويات الأداء المرفقة لأفضل التقنيات المتاحة من أجل إنبعاثات الهواء لمركبات الديوكسينات و الفئورانات في قطاع الألمنيوم الأولي أقل من 0.1 نانو غرام مكافئ سمي/م³ نظامي (عند تراكيز أكسجين تشغيلية).

المراجع

AEA Technology Environment. 1999. *Releases of Dioxins and Furans to Land and Water in Europe*. Prepared for Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Germany, on behalf of European Commission DG Environment.

Aluminium Association of Canada. aac.aluminium.qc.ca/anglais/production/index.html.

BCS Inc. 2003. *U.S. Energy Requirements for Aluminum Production: Historical Perspectives, Theoretical Limits and New Opportunities*. Prepared under contract for the United States Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy.

Energetics Inc. 1997. *Energy and Environmental Profile of the U.S. Aluminum Industry*. Prepared for the United States Dept of Energy, Office of Industrial Technologies, Maryland. www.oit.doe.gov/aluminum/pdfs/alprofile.pdf.

ESP Environmental Ltd. 2000. *Anglesey Aluminum Dioxin and Furan Emission Survey*. ESP Environmental Ltd, Carmarthenshire, Wales.

European Commission. 2001. *Reference Document on Best Available Techniques in the Non-Ferrous Metals Industries*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. eippcb.jrc.es.

Kucherenko A., Kluyev N., Yufit S., Cheleptchikov A. and Brodskj E. 2001. "Study of Dioxin Sources in Krasnoyarsk, Russia." *Organohalogen Compounds* 53:275–278.

New Zealand Ministry for the Environment. 2000. *New Zealand Inventory of Dioxin Emissions to Air, Land and Water, and Reservoir Sources*. www.mfe.govt.nz/publications/hazardous/dioxin-emissions-inventory-mar00.pdf.

SNC-Lavalin Environment. 2002. *Evaluation of Feasibility and Roadmap for Implementing Aluminium Production Technologies That Reduce/Eliminate Greenhouse Gases and Other Emissions*. Prepared for Environment Canada.

UK Environment Agency. 1997. *A Review of Dioxin Releases to Land and Water in the UK*. Research and Development Publication 3. Environment Agency, Bristol, United Kingdom.

UNEP (United Nations Environment Programme). 2005. *Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases*. UNEP, Geneva. www.pops.int/documents/guidance/Toolkit_2005.pdf.

USGS (United States Geological Survey). 2001. *Technological Advancement: A Factor in Increasing Resource Use*. Open-File Report 01-197. pubs.usgs.gov/of/of01-197/html/app2.htm.

Welch B.J. 1999. "Aluminum Production Paths in the New Millennium." *Journal of Metals* 51:5. www.tms.org/pubs/journals/JOM/9905/Welch-9905.html.

World Bank. 1998. "Industry Sector Guidelines – Aluminum Manufacturing." In: *Pollution Prevention and Abatement Handbook*. World Bank, Washington, D.C.

(iii) إنتاج المغنيزيوم

خلاصة

يُنتج المغنيزيوم إما من كلوريد المغنيزيوم الخام مع التحلل الكهربائي للملح المصهور أو من إرجاع أكسيد المغنيزيوم مع سيليكات الحديد أو الألمنيوم في درجات حرارة مرتفعة و بالإضافة إلى استرداد المغنيزيوم الثانوي (مثلاً من نفايات الاسبستوس).

يُمكن أن يؤدي إضافة الكلور أو الكلوريد و وجود أقطاب الكربون الموجبة و درجات الحرارة المرتفعة في إنتاج المغنيزيوم إلى تشكّل الكيمياءات المدرجة في المرفق "جيم" من اتفاقية استوكهولم و إنبعائاتها في الهواء و طرحها في الماء.

يُمكن أن تشمل التقنيات البديلة التخلص من مصدر الكربون باستخدام أقطاب موجبة غير غرافيتي و تطبيق الكربون الفعال. على أية حال، تعتمد مستويات الأداء المرافقة لأفضل التقانات المتاحة على نوع العملية و التحكيمات المستخدمة من أجل إطلاقات الهواء و الماء.

1. وصف العملية

يوجد طريقان رئيسيان للعملية المستخدمة في إنتاج معدن المغنيزيوم. تسترد العملية الأولى كلوريد المغنيزيوم من المواد الخام و تحوله إلى معدن عن طريق التحلل الكهربائي للملح المصهور. تشمل النوع الثاني للعملية إرجاع أكسيد المغنيزيوم بواسطة سيليكات الحديد أو الألمنيوم عند درجات حرارة مرتفعة. جرى وصف أمثلة عن هذين النوعين من العملية أدناه.

يُمكن استرداد و إنتاج المغنيزيوم من المواد الخام الثانوية و الحاوية على المغنيزيوم و من الخرقة (VAMI 2004).

1.1. عملية إنتاج المغنيزيوم من مصادر أكسيد المغنيزيوم

تسمح العملية من إنتاج المغنيزيوم من مواد الأكسيد الخام: مغنيزيت (magnesite) و البروسيت (brusite) و سيبيرتين (serpentine) و مواد أخرى. و من المناسب إنتاج المغنيزيوم من المواد الخام الحاوية على كبريتات المغنيزيوم أو من مزائجها مع الكلوريدات بما في ذلك ماء البحر. في كافة الحالات، يعاد تدوير الكلور الناتج عن عملية التحلل الكهربائي و يستخدم في تحويل أكسيد المغنيزيوم أو الكبريتات إلى كلوريد المغنيزيوم (VAMI 2004).

تتألف عملية إنتاج المغنيزيوم من أكاسيد المغنيزيوم من المراحل التالية (أنظر الشكل 4):

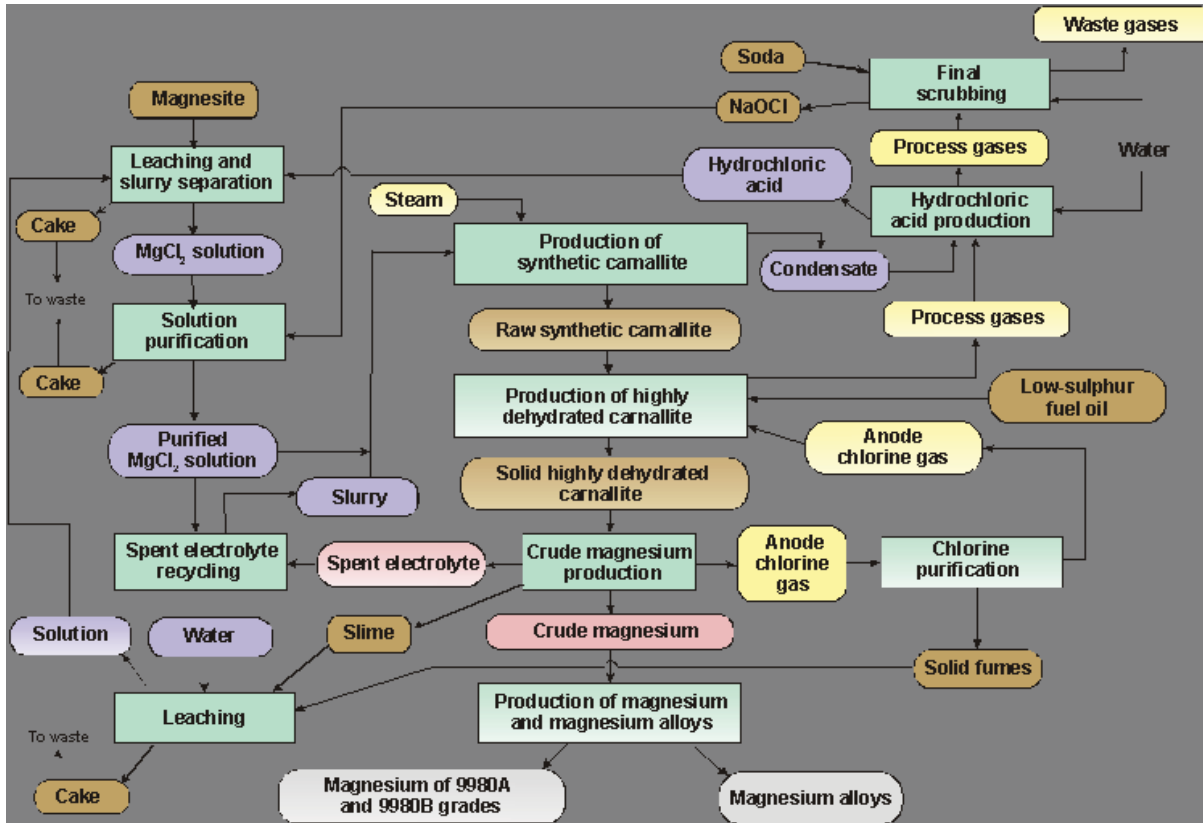
1. غسل المواد الخام بواسطة حمض كلور الماء و ينقى من المحلول المنتج
2. فصل منتج كلوريد المغنيزيوم على هيئة كارناليت (carnallite) أو مزيج من الكلوريدات من المحلول المذكور
3. إزاحة الماء من المنتج المذكور في سرير متحرك بواسطة سيل من الغازات الحارة، حاوية على كلوريد الهيدروجين مع إنتاج منتج غير مائي صلب يحوي ليس أكثر من 0.3% من أكسيد المغنيزيوم و الماء.
4. تغذية المنتج المذكور في أجهزة التحلل الكهربائي أو وحدة الرأس من خط الإنتاج و تحلله الكهربائي مع إنتاج المغنيزيوم و الكلور.

يدخل الكلور المنتج بالتحلل الكهربائي إلى حراقات أفران السرير المتحرك حيث يحول إلى كلوريد الهيدروجين (HCl) تعالج النفايات الغازية من أفران السرير المتحرك و الحاوية على كلوريد الهيدروجين إما بالماء لإنتاج حمض كلوريد الهيدروجين الذي يستخدم في غسل المواد الخام أو يعادل بواسطة محلول معلق بأكسيد المغنيزيوم لإنتاج محلول كلوريد المغنيزيوم.

يستخدم المحلول الكتروليتي المتشكل في عملية التحلل الكهربائي في إنتاج الكارناليت الصناعي. تُستخدَم كافة النفايات المنتجة و الحاوية على الكلور في إنتاج الأكاسيد المعتدلة. و هي خاصة هامة للعملية من وجهة النظر البيئية.

تبلغ مستويات أداء مُرغبات

الشكل 4. مخطط لإنتاج المغنيزيوم من مصادر أكسيد المغنيزيوم

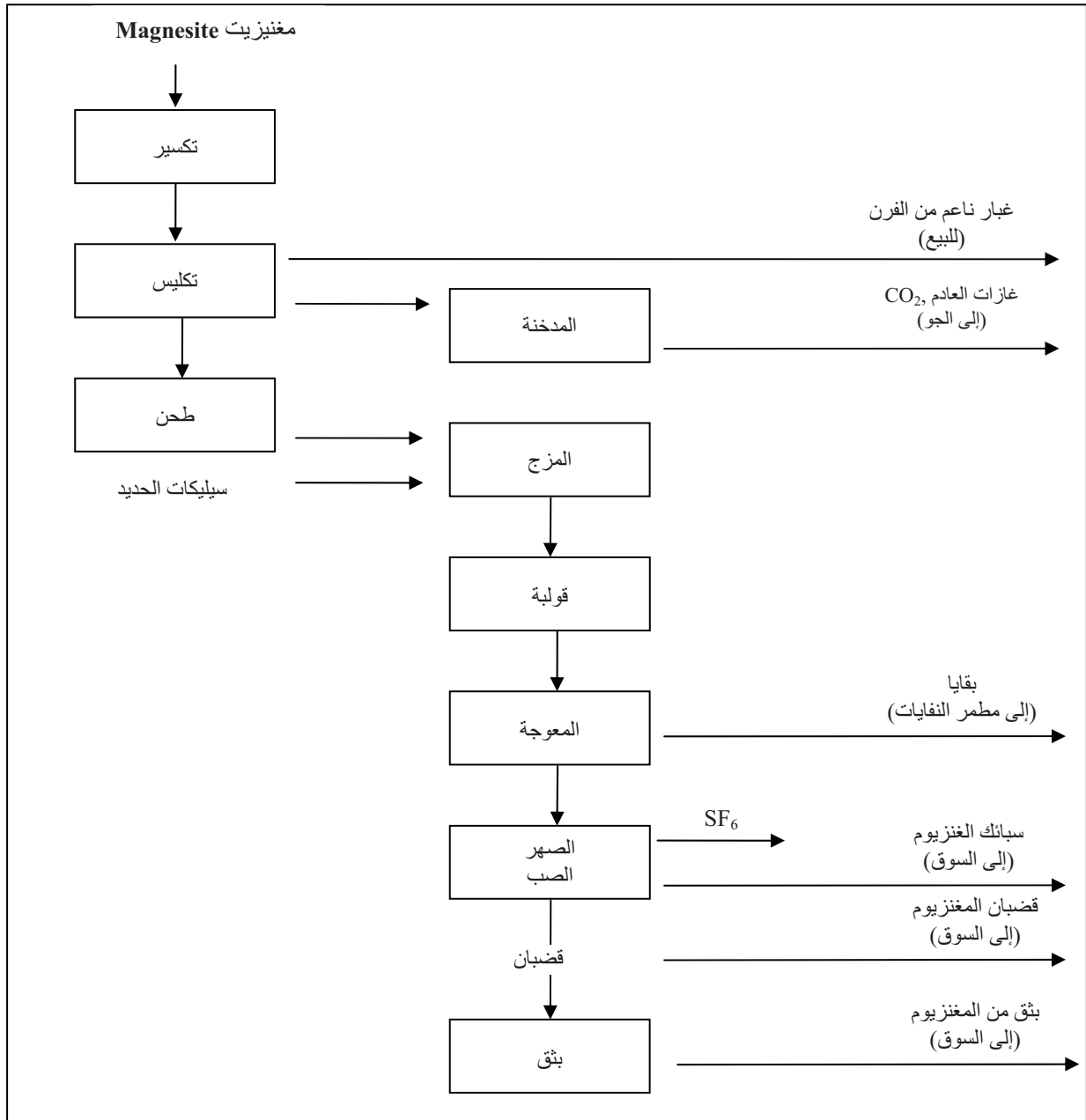


المصدر: VAMI 2004.

1.2 عملية Pidgeon (عملية الإرجاع الحراري)

في عملية الإرجاع الحراري، ينتج المغنيزيوم من الدولوميت الكلسي تحت الفراغ و عند درجات حرارة باستخدام السيلكون كعامل مرجع. في العملية، يدخل الدولوميت (كربونات المغنيزيوم/الكالسيوم) المطحون بشكل ناعم في تنور دوار حيث يكلس و يطرح ثاني أكسيد الكربون منتجاً الدولوميت المكلس. يسحق الدولوميت المكلس في مطحنة اسطوانية قبل مزجه مع سيليكات الحديد أو الفلوروسبار المطحون بشكل ناعم. يوزن الدولوميت المكلس و سيليكات الحديد و الفلوروسبار على كميات في خلاط دوار. يشكل المزيج على هيئة كتل بضغطها في ضواغط (Noranda Magnesium website). تنقل الكتل إلى أفران الإرجاع. إن عملية الإرجاع عملية دفعة تؤدي إلى إنتاج المغنيزيوم على شكل بخار الذي يكتف في جزء التبريد بالماء من المعوجة خارج جدران الفرن. بعد الإزالة من الفرن، يكبس المغنيزيوم الناجم من الذراع في مكبس هيدروليكي. تنزع البقايا من شحنة الإرجاع من المعوجة و يرسل إلى مكب النفايات. بين الشكل 5 العملية في شكل تخطيطي.

الشكل 5. مخطط العملية: محطة Timminco للمغنيزيوم



المصدر: Hatch and Associates 1995

1.3. عمليات متنوعة و الاعتبارات

تُستخدَم عمليات حرارية متنوعة من أجل إنتاج المغنيزيوم في عدد من البلدان. تعتمد هذه على عملية Pidgeon المطورة في كندا في الأربعينات. يحرق الدولوميت المكلس (CaO:MgO) مع سيلون الحديد (FeSi) تحت الفراغ. يحرر المغنيزيوم من المصهور كبخار و يكتف خارج المفاعل ليشكل معدن الذي يترسب و يُمكن إزالته و تعدينه إلى كتل من أجل الاستخدام الصناعي. تسخن المعوجة في مُعظم بالفحم الحجري. يُمكن أن يؤدي ذلك إلى إنبعاثات الملوثات العضوية الثابتة. ينتج خبث كنفائية حاوية على سيليكات الحديد و الكالسيوم مع نسبة من أكسيد المغنيزيوم غير المتفاعل و رماد من احتراق الفحم الحجري يجب التخلص منها. في حين يستخدم ماء التبريد و هذا يحتاج إلى عدم تلوثه بنفايات العملية.

تعتمد العمليات على طبيعة المواد الخام التي تكون متوفرة، و حجم المنشأة المقترحة، و البنية التحتية المتوفرة و الشروط المحلية. تتوفر حاليا عمليات محسنة و التي تقلل التأثيرات البيئية إلى أدنى حد بتقليل طلب الطاقة. و هذه العمليات على أية حال متوفرة فقط برخصة و لهذا يُمكن أن لا تكون متوفرة للكل. هناك عملية تشغل باستمرار تقريبا و طورت في جنوب أفريقيا و تشغل في ضغط جوي (عملية Mintek) و هي متوفرة برخصة. يعتمد التحكم الفعال بالاطلاقات على مواصفات

يُمكن أن تقلل إلى أدنى حد اختيار العملية، التي تقلل من استهلاك الطاقة، إنتاج الملوثات العضوية الثابتة. و بالتالي تميل العمليات المستمرة بأن تكون أكثر كفاءة للطاقة و أقل حرارة مطلوبة لعمل المفاعل في درجة حرارة بين الدورات. و من العمليات المتوفرة و الشائعة من أجل الترخيص عملية Magnatherm التي تستبدل التسخين بالفحم للمعوجة بالتسخين بالتخليق الكهربائي. و كنتيجة لذلك، لا يحدث أية انبعاثات للملوثات العضوية الثابتة و الناجمة عن حرق الوقود. و هذه أيضا تعمل بشكل شبه مستمر و بفراغ أقل من محطة عملية Pidgeon الأصلية. يُمكن أن يخفض بشكل كبير استخدام وقود النفط و الغاز عوضا عن الفحم كمية الملوثات العضوية الثابتة المتشكلة و من المنصوح به أن تكون شبكة التوزيع من أجل هذه الأنواع من الوقود موثوقة.

2. مصادر الكيماويات في الملحق من المرفق "جيم" من اتفاقية استوكهولم

2.1. الانبعاثات إلى الهواء

2.1.1. معلومات عامة حول الانبعاثات من إنتاج المغنيزيوم

تُنتج منشآت إنتاج المغنيزيوم أنواع عديدة من الملوثات بما في ذلك الغبار و ثاني أكسيد الكبريت و أكاسيد الأزوت و الكلور الغازي و حمض كلوريد الهيدروجين و في العديد من الحالات انبعاث سداسي فلوريد الكبريت (SF_6) على طول العملية التصنيعية. ينبعث الغبار و ثاني أكسيد الكبريت من تكليس الدولوميت و أكسيد المغنيزيوم (MgO) من التجفيف و من معالجة كلورة الغازات المنطلقة.

إن مصدر انبعاثات أكاسيد الأزوت هو تكليس الدولوميت و أكسيد المغنيزيوم و التجفيف. يطلق الكلور و حمض كلوريد الهيدروجين من عمليات التحلل الكهربائي و الكلورة و نظام معالجة كلورة الغازات المنطلقة. في حين ينبعث ثاني أكسيد الكربون من كامل العملية التصنيعية، أما مصدر إطلاق كبريت سداسي الفلوريد فهو صالة السبك.

2.1.2. انبعاثات مركبات الديوكسينات و الفئورانات

وفقا للاختبارات التي أُجريت على عملية الكتروليتي في محطة إنتاج المغنيزيوم في النرويج، كانت العملية الرئيسية المسببة في إنتاج مركبات الديوكسينات و الفئورانات، الفرن الذي يحول كرات أكسيد المغنيزيوم و الفحم إلى كلوريد المغنيزيوم بالتسخين في جو من غاز الكلور عند درجة حرارة 700-800 مئوية (Oehme, Manø and Bjerke 1989; European Commission 2001).

إن تنقية أكسيد المغنيزيوم باستخدام حمض كلوريد الهيدروجين و شفرات الغرافيت (الكلورة) أو التحلل الكهربائي لكلوريد المغنيزيوم باستخدام أقطاب الغرافيت هي أيضا مصادر محتملة لتشكيل مركبات الديوكسينات و الفئورانات (UNEP 2003).

ذكرت شركة Timminco Ltd في أونتاريو كندا التي تستخدم تكنولوجيا عملية Pidgeon الإرجاع الحراري، إطلاق إلى الهواء و قدره 0.416 غرام مكافئ سمي/سنة (CCME 2003).

أظهرت بيانات انبعاث الديوكسين من محطة إنتاج مغنيزيوم سابقة في النرويج (Norsk Hydro) في الفترة 1992-2001 و مزودة من قبل النرويج بأن الانبعاث إلى الهواء كان حوالي 0.03- (ز 25 ملغ مكافئ سمي/ طن مغنيزيوم منتج. تناقص الانبعاث من 0.3 ملغ مكافئ سمي /طن مغنيزيوم منتج تقريبا إلى أدنى من 0.1 ملغ مكافئ سمي /طن مغنيزيوم منتج بعد تركيب نظام تنظيف غاز إضافي في المحطة (Personal Communication, Norway Member, June 2006).

يبين الجدول 6 الانبعاثات إلى الهواء من عمليات إنتاج المغنيزيوم مختلفة، و يجب الإشارة إلى أن القيم المزودة كقيم ممثلة لأداء شركة Norsk Hydro تتغير من تلك المذكورة أعلاه.

الجدول 6. إنبعاثات مُركَّباتُ الدِّيوكْسِيناتُ و الفَيُوراناتُ إلى الهواء من عمليات إنتاج المغنيزيوم المختلفة

نوع العملية	المصدر	الإنبعاثات ¹ نانو غرام مكافئ سمي/م ³ نظامي	التركيز ميكروغرام مكافئ سمي/طن
	من كلورة معالجة الغازات المنطلقة	0.8	12
	من كلورة غازات المدخنة	0.8	28
	من التحلل الكهربائي / الكلورة		13
حرارية	إرجاع و تنقية و الصهر	0.08	3
عملية Norsk Hydro			< 1.0

ذكرت شركة Hydro Magnesium كندا ما مجموعه 0.456 غ مكافئ سمي/سنة² كإنبعاثات مُركَّباتُ الدِّيوكْسِيناتُ و الفَيُوراناتُ إلى الهواء جرى تقسيمها في الجدول 7.

الجدول 7. إنبعاثات مُركَّباتُ الدِّيوكْسِيناتُ و الفَيُوراناتُ بالمصدر: Hydro Magnesium Canada

المصدر	مكافئ سمي غ/سنة
الإذابة	0.001
إزالة الماء	0.112
التحلل الكهربائي	0.277
السبك	0.025
اصطناع كلور الهيدروجين HCl	0.0003
إعادة صهر المغنيزيوم Mg	0.050

2.2. الإطلاقات إلى الأوساط الأخرى

2.2.1. الماء

إن ملوثات الماء الرئيسية في عملية إنتاج المغنيزيوم هي مُركَّباتُ المعدن كمواد صلبة معلقة على أية حال، وجدت الهيدروكربونات المكلورة و مُركَّباتُ الدِّيوكْسِيناتُ و الفَيُوراناتُ أيضا في مياه الصرف من عملية التحلل الكهربائي للمغنيزيوم (الجدول 8).

الجدول 8. إطلاقات مُركَّباتُ الدِّيوكْسِيناتُ و الفَيُوراناتُ إلى الماء من عمليات إنتاج المغنيزيوم المختلفة

النوع	نانو غرام/م ³	ميكروغرام مكافئ سمي/طن من المغنيزيوم
التحلل الكهربائي	100	13
حراري	0.08	3
عملية Norsk Hydro		< 0.1

المصدر: Hydro Magnesium Canada.

¹: 1 نانو غرام = 10^{-9} كيلوغرام (10^{-9} غرام)، م³ نظامي = متر مكعب نظامي مقاس عند درجة حرارة 0 درجة مئوية و ضغط جوي 101.3 كيلوباسكال. لمزيد من المعلومات عن قياسات السمية راجع القسم I.C القسم الفرعي 3 من التوجيه الحالي.

² Hydro Magnesium Canada presentation at Electrolytic Magnesium Industry Bi-national Informative Meeting, Montreal, 12 December 2000, by Jean Laperriere, Environment Chief.

إن بيانات الإنبعاثات من شركة Norsk Hydro في الفترة 1992-2001 المزودة من قبل النرويج هي كما يلي (Personal Communication, Norway Member, June 2006) (يجب الإشارة إلى أن القيم المذكورة كممثل لأداء Norsk Hydro تتغير عن هذه القيم):

1. إطلاقات الديوكسين إلى الماء: تقريبا 0.03-0.09 ملغ مكافئ سمي/طن مغنيزيوم منتج.
2. إطلاقات خماسي كلور بنزن إلى الماء: تقريبا 0.02-0.02 غ مكافئ سمي/طن مغنيزيوم منتج.

2.2.2. الأرض

يتوقع أن تُنتج عملية الغسل الرطبة المستخدمة في معالجة سوائل الغازات، بقايا تحتوي على مُرَكَّبَاتُ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفُيُورَانَاتِ. و يُعْتَبَرُ نظام معالجة المياه الذي يشمل ترقيده هذه البقايا في حفرة تجميع إطلاق إلى الأرض (UNEP 2003).

الجدول 9. مُعَامِلَاتُ الإنبعاث في صناعة المغنيزيوم: مُرَكَّبَاتُ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفُيُورَانَاتِ

مُعَامِلَاتُ الإنبعاث (ميكروغرام مكافئ سمي/طن من المغنيزيوم)					
البقايا	المنتج	الأرض	الماء	الهواء	
0	لا ينطبق	لا ينطبق	9,000	250	الإنتاج باستخدام المعالجة الحرارية MgO/C في Cl ₂ لا يوجد أي سوائل ومعالجة غازية محدودة
9000	لا ينطبق	لا ينطبق	30	50	الإنتاج باستخدام المعالجة الحرارية بالإرجاع ل MgO/C
لا ينطبق	لا ينطبق	لا ينطبق	لم يحدد	3	عملية إرجاع حرارية

المصدر : UNEP 200.

الجدول 10. مُعَامِلَاتُ الإنبعاث في صناعة المغنيزيوم: خماسي كلور البنزن (HCB) Hexachlorobenzene

مُعَامِلَاتُ الإنبعاث (ميكروغرام/كغ)					
متطاير من الأرض	المنتج بالعملية	الأرض	الماء	الهواء	
لم يحدد	لم يحدد	لم يحدد	لم يحدد	700-3,000	Norsk Hydro, Posgrunn ^a
لم يحدد	لم يحدد	60-120	2.4	90-170	Norsk Hydro, Bécancour ^a
~6	لم يُقَدَّرَ	8	0	439	Noranda, Asbestos ^b

^aالمصدر: Bramley 1998

^bالمصدر: Kemp 2004 : تجدر الملاحظة أن المنشأة كانت تعمل بحوالي 50% من الطاقة التصميمية فقط و بالتالي كان هناك زيادة في تقدير مُعَامِلُ الإنبعاث

3. عمليات بديلة لإنتاج المغنيزيوم

مع أن كفاءة العملية و الإنتاجية يُمكن أن تكون القوى المحركة الرئيسية في تقدم و تطوير تكنولوجيات جديدة و بديلة، فإنه من المتوقع الأخذ في الاعتبار المظاهر البيئية. و هذا يعني التخلص أو تقليل إلى أدنى حد تشكُّلُ الملوثات عند المصدر و تأسيس أنظمة ضبط تلوث فعالة التي يجب أن تكون جزءا من التصميم الأولي للمشروع.

3.1. عملية Norsk Hydro لإزالة الماء

طورت و طبقت بنجاح شركة Norsk Hydro تكنولوجيا جديدة، عملية إزاحة الماء من كلوريد المغنيزيوم، في محطاتها في كندا (European Commission 2001). كانت إطلاقات الملوثات و خاصة مُرَكَبَاتُ الدِّيُوكْسِينَاتُ و الفَيُورَانَاتُ المتشكلة من هذه العملية أقل بكثير من العمليات الحالية (الجدولين 9 و 10).

تُنتِجُ المحطة محلول ملح كلوريد المغنيزيوم بإذابة صخر المغنيزيت (magnesite) في حمض كلور الماء. تزال الشوائب مثل الألمنيوم و الحديد و المَغنِيز من محلول الغسل بالتنقية. يعرض المحلول الملحي بعد ذلك للتبخير و التحييب و التجفيف باستخدام تقنية السريبر المتحرك. سيؤدي هذا إلى تَشَكُّلُ منتج كلوريد المغنيزيوم اللامائي.

تشغل خلايا التحلل الكهربائي في شركة Norsk Hydro عند 400 كيلو أمبير. تدخل قطع كلوريد المغنيزيوم باستمرار من محطة إزالة الماء إلى خلايا التحلل الكهربائي. تُنتِجُ هذه العملية معدن المغنيزيوم و غاز الكلور. يتفاعل الكلور مع الهيدروجين لينتج حمض كلور الماء الذي يعاد تدويره إلى مرحلة إذابة المغنيزيت. يسكب المغنيزيوم المصهور تحت شروط مضبوطة. إن المنتج النهائي هو معدن نقي و خلائط على شكل كتل معدنية و ألواح مصقولة.

3.2. استرداد Noranda للمغنيزيوم من نفايات الاسبستوس

تشمل تكنولوجيا جديدة قيد الاستخدام من قبل شركة Noranda³ على استرداد المغنيزيوم من نفايات الاسبستوس (Noranda Inc. website). إن وصف العملية كما يلي:

تحويل السربنتين إلى مغنيزيوم عالي الدرجة: في عملية المغنيزيوم بملكية شركة Noranda ، يعاني السربنتين سلسلة من العمليات الكيميائية و مراحل الترشيح لإنتاج كلوريد المغنيزيوم اللامائي و النقي جداً. يرجع كلوريد المغنيزيوم كهربائياً باستخدام خلايا متطورة ذات كفاءة عالية إلى المغنيزيوم و الكلور. يلتقط الكلور كاملاً و يعاد تدويره. تشمل تصورات الشركة من أجل الأداء البيئي مستويات إنبعاث ليس أعلى من 0.09 غ مكافئ سمي من مُرَكَبَاتُ الدِّيُوكْسِينَاتُ و الفَيُورَانَاتُ إلى الهواء باستخدام نظام امتصاص الكربون الفعال.

تحضير مواد التغذية: تبدأ عملية Noranda لإنتاج المغنيزيوم ب crysotile serpentine ($3MgO \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$) و هي بقايا من الأعمال المنجمية تحوي على 23% من المغنيزيوم. إن المواد مستخرجة و هي على سطح الأرض و بالقرب من المحطة. يطحن السربنتين و يغربل و يفصل مغناطيسياً. تغسل المواد بعض ذلك بواسطة حمض كلوريد الماء و يحضر محلول ملحي من كلوريد المغنيزيوم مع بقايا الحديد و السيلكون.

تنقية المحلول الملحي: لتنقية محلول كلوريد المغنيزيوم، يمرر المحلول الملحي عبر مراحل تنقية إضافية لإزالة الشوائب مثل البور. تستخلص الشوائب من المحلول الملحي بالترسيب.

تجفيف بالسريبر المتحرك: يجفف المحلول عالي النقاوة لإنتاج كلوريد المغنيزيوم. تُنتِجُ هذه العملية كلوريد المغنيزيوم لامائي جزئياً ($MgCl_2$). يعاد تدوير حمض كلور الماء من أجل الاستخدام في طور الغسيل.

كلورة المصهور: تصهر حبيبات كلوريد المغنيزيوم في الكتروليت و يعالج بعملية الكلورة التي تشمل حقن كلوريد الهيدروجين الغازي. يسترد الحمض و الماء في عملية من أجل الاستخدام في طور الغسيل.

خلية الكتروليت: ينتج معدن المغنيزيوم من خلال التحلل الكهربائي بإمرار تيار كهربائي شديد عبر الكتروليت. يغسل غاز الكلور المتشكل عن عملية التحلل الكهربائي و يجمع مع الهيدروجين و بالتالي تحويله إلى حمض كلوريد الماء الذي يعاد تحويله إلى غاز لإعادة استخدامه في عملية الكلورة.

السكب: يسكب معدن المغنيزيوم في قوالب

تنقية الإنبعاثات: إن منشأة الإنتاج مزودة بغوازل للغاز على طول العملية لتنقية العملية و إنبعاثات التهوية. يلتقط كامل غاز الكلور و يدور و يعاد إلى العملية. تغسل الإنبعاثات لاستخلاص الجزيئات و الملوثات الأخرى قبل إطلاقها في الجو. لا تطلق العملية أية منصرفات مائية إلى البيئة.

³ في نيسان 2003 أغلقت هذه المحطة لمدة غير معروفة بسبب شروط السوق.

3.3. العملية الحرارية و استرداد المغنيزيوم من الخردة

عندما يسترد المغنيزيوم من الخردة، لا يوجد هناك أي احتمال من أجل تشكّل وإطلاق الكيمياءيات المدرجة في المرفق "جيم" من اتفاقية استوكهولم. يُمكن استخدام أنماط متنوعة من الأفران.

و كغيرها من عمليات المعدن الثانوي، سيعزز تشكّل هذه الكيمياءيات بوجود الاحتراق غير الكامل، مواد تغذية ملوثة و ضبط عملية غير ملائم و درجة حرارة غير ملائمة في الفرن و على وجه الخصوص بالتفاعلات في نطاقات التبريد (200 – 450 درجة مئوية).

إن التشغيل الفعال للعملية و الإجراءات الثانوية المتنوعة بما في ذلك الحراقات البعيدة إذا كان ذلك ملائماً و تبريد غاز سريع و إخماد للغبار فعال و إمكانية حقن الكربون سيؤدي ذلك إلى تقليل الإطلاقات. يُمكن يحوي الغبار و المنصرفات مستويات مرتفعة من الكيمياءيات المدرجة في المرفق "جيم" و تحتاج إلى أن تعالج بشكل ملائم.

4. الإجراءات الوقائية الأولية و الثانوية

4.1. الإجراءات الوقائية الأولية

تُعتبر عملية التحلل الكهربائي أكثر أهمية من جهة إنبعاثات مُركّبات الدّيوكسينات و الفّيورانات بسبب وجود الكربون و الكلور في العملية و في شروط درجات حرارة مرتفعة.

تشمل الإجراءات الأولية التي يُمكن أن تساعد في خفض تشكّل وإطلاق العناصر المحددة، التخلص من مصدر الكربون باستبدال الغرافيت بأقطاب سالبة غير غرافيتية، يُمكن أن تكون أقطاب معدنية. جرى استبدال الأقطاب الغرافيتية بأقطاب معدنية في صناعة الكلور في بداية السبعينات و فقط كميات بسيطة جداً من مُركّبات الدّيوكسينات تشكلت (Eurochlor) (2001).

و لقد وُجِدَ بأن عملية كلوريد المغنيزيوم اللاماني الجديدة تُنتج مستويات أقل بكثير من مُركّبات الدّيوكسينات و الفّيورانات (الجدولين 9 و 10).

إنه من المتوقع بأن ينتج مشروع مغنيزيوم Cogburn المقترح في British Columbia باستخدام تكنولوجيا STI/VAMI أقل كمية من مُركّبات الهيدروكربونات الكلورة من تلك التي تنتجها Magnola بسبب غياب مفاعلات الكلورة. أنظر الفقرة الفرعية 5 أدناه لمعلومات إضافية.

4.2. الإجراءات الوقائية الثانوية

تشمل الإجراءات:

1. معالجة المنصرفات باستخدام تقنيات مثل الترشيح النانوي و استخدام موانع مصممة خصيصاً للبقايا الصلبة و المنصرفات
2. معالجة الغازات المنطلقة بتنظيف الغازات المنطلقة من مفاعلات الكلورة في سلسلة من الغوازل الرطبة و مرسبات الكهرباء الساكنة الرطبة قبل حرقها و باستخدام مرشحات كيميائية لتنظيف و إزالة الأملاح المنقولة من عملية التحلل الكهربائي للمغنيزيوم.
3. استخدام الفحم الفعال: في مشروع مغنيزيوم Cogburn ، يوجد نظامين لإزالة الهيدروكربونات الكلورة و كرهما يعتمد على إزالة الهيدروكربونات الكلورة بالكربون الفعال في المنصرفات السائلة.

5. البحوث المنبثقة

يتوقع ان يستخدم مشروع مغنيزيوم Cogburn في British Columbia تكنولوجيا خلايا التحلل الكهربائي STI/VAMI من أجل تفكيك كلوريد المغنيزيوم إلى معدن المغنيزيوم و غاز الكلور (الشكل 6). حالياً في صناعة المغنيزيوم، يتم ذلك بشكل كبير في خلايا تحلل كهربائي لاغشائية أحادية القطب (monopolar diaphragm less) . تعتمد

الشكل 6. مخطط مبسط: محطة Cogburn للمغنيزيوم

HATCH
ISO 9001-98

Leader Mining International - Cogburn Magnesium Feasibility Study
Project Summary Report

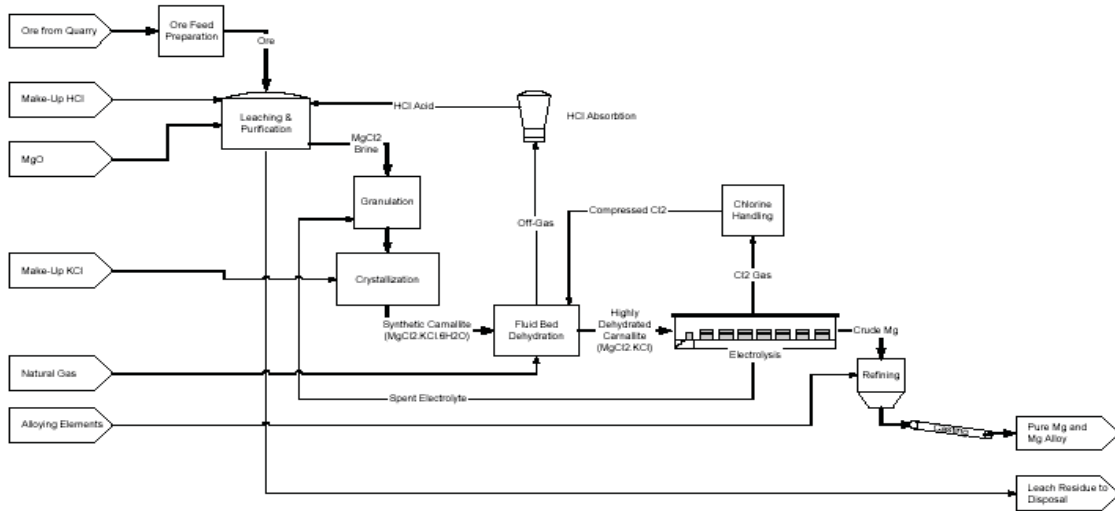


Figure 13. Cogburn Magnesium Production Plant – Simplified process flow diagram

PR56736.011

Rev. 0, Page 49

p:\a\den\156736\doc\pr\pr56736.011.project.summary.doc

PR.DOT, 0001

المصدر: Hatch and Associates 2003.

6. خلاصة الإجراءات الوقائية

بين الجدولان 11 و 12 خلاصة الإجراءات التي جرى مناقشتها في الفقرات السابقة.

الجدول 11. خلاصة الإجراءات الوقائية الأولية لمحطات المغنيزيوم

الإجراء	الوصف	الاعتبارات
العمليات البديلة	الأوليات التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار للعمليات البديلة بتأثيرات بيئية أقل عمليات إنتاج المغنيزيوم التقليدية	تشمل الأمثلة: • عملية Norsk Hydro لإزالة الماء محلول الملحي لكوريد المغنيزيوم • إزالة مصدر الكربون: استبدال الغرافيت بقطب غير غرافيتي
جودة مواد التغذية	يُمكن أن يكون زيادة توفر الخردة الحاوية على المغنيزيوم و المواد الخام الأخرى الحاوية على المغنيزيوم جذابة للمصاهر لاستخدامها في عملياتهم	يجب أن يتأكد صاهر المعادن من أنه يجب أن تُستخدَم فقط الخردة عالية الجودة و الخالية من الملوثات
تقنيات المعالجة الأولية	تؤدي عملية تكليس الدولوميت إلى تُشكّل كميات كبيرة من الغبار	يُمكن أن يقلل استخدام مكلس الغاز المعلق الغبار بشكل كبير

الجدول 12. خلاصة الإجراءات الوقائية الثانوية لمحطات المغنيزيوم

الإجراء	الوصف	الاعتبارات
معالجة الغازات المنطلقة	الغازات المنطلقة من أفران الكلورة في محطات إنتاج المغنيزيوم تحوي ملوثات مثل مُرَكَّبَاتُ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفُيُورَانَاتِ و الهيدروكربونات الكلورة	إن استخدام الغوازل الرطبة و المرسبات الكهربائية الساكنة الرطبة تزيل الأيروسولات متبوعة بالحرق لتحطيم مُرَكَّبَاتِ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفُيُورَانَاتِ و المركبات العضوية الطيارة الأخرى. يستخدم أيضا الكربون الفعال لامتصاص الملوثات
معالجة المنصرفات السائلة	مياه الصرف المجموعة من أجزاء مختلفة في محطة إنتاج المغنيزيوم مثل سوائل الغسل من مرحلة الكلورة تحوي مُرَكَّبَاتِ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفُيُورَانَاتِ و الهيدروكربونات الكلورة	إزالة المواد الصلبة بطريقة التلبيد و الترسيب و الترشيح متبوعة بحقن الكربون الفعال لإزالة الملوثات

7. مستويات الأداء المرافقة لأفضل التقانات المتاحة من أجل سداسي كلور البنزن (HCB) لعملية إنتاج المغنيزيوم

إن مستويات الأداء المرافقة لأفضل التقنيات المتاحة من أجل سداسي كلور البنزن HCB من أجل عمليات إنتاج المغنيزيوم المختلفة غير متوفرة.

المراجع

Bramley M.J. 1998. *Dioxin and Hexachlorobenzene Releases from Magnesium Production in North America: Lessons from Noranda's Magnola Project in Asbestos, Quebec*. Greenpeace, Canada.

CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment). 2003. *Status of Activities Related to Dioxins and Furans Canada-Wide Standards*. CCME, Winnipeg. www.ccme.ca/assets/pdf/d_f_sector_status_rpt_e.pdf.

Eurochlor. 2001. *Effect of Dioxins on Human Health*. www.eurochlor.org/chlorine/issues/dioxins.htm.

European Commission. 2001. *Reference Document on Best Available Techniques in the Non-Ferrous Metals Industries*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. eippcb.jrc.es.

Hatch and Associates. 1995. *Addendum to Primary Non-Ferrous Smelting and Refining Sector in Canada: Magnesium*. Prepared for Environment Canada.

Hatch and Associates. 2003. *Binder No. 1 Project Summary For Production Feasibility Study For*

Cogburn Magnesium Plant. Prepared for Leader Mining International.
www.leadermining.com/Binder_No1_Project_Summary.pdf.

Noranda Inc. *Noranda Magnesium – A Production Breakthrough*.
my.noranda.com/Noranda/magnesium/Introducing+Noranda+Magnesium/A+Production+Breakthrough/_A+Production+Breakthrough.htm.

Noranda Magnesium. *Magnesium Production: Thermal Reduction – Pidgeon Process*.
www.noradamagnesium.com/.

Norsk Hydro. 2001. *Environmental Report 2001, Light Metals: Specific Values*.
www.hydro.com/de/global_commitment/environment/reports/light_metals_main.html.

Oehme M., Larssen S. and Brevik E.M. 1991. "Emission Factors of PCDD/CDF for Road Vehicles Obtained by a Tunnel Experiment." *Chemosphere* 23:1699–1708.

UNEP (United Nations Environment Programme). 2005. *Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases*. UNEP, Geneva.
www.pops.int/documents/guidance/Toolkit_2005.pdf.

VAMI (Russian National Aluminium-Magnesium Institute). 2004. *Magnesium Production Process from Magnesium Oxide Resources*.

www.vami.ru/processes/magnesium/sposob_proizvod_magnia_is_oksidnogo_siria.htm.

(iv) الإنتاج الثانوي للفولاذ

خلاصة

ينتج الفولاذ الثانوي من خلال صهر الخردة الحديدية باستخدام أفران القوس الكهربائية. يصهر و ينقي الفرن الشحنة المعدنية من الخردة الفولاذية لإنتاج الفولاذ الحاوي على الكربون و الخلائط و الفولاذ غير القابل للصدأ في معامِل الفولاذ غير المدمجة. يُمكن أن تشمل مواد التغذية الحديدية الخردة مثل المركبات المفتتة و خراطة المعادن أو الحديد المرتجع. و علاوة على ذلك، يُمكن أن تضاف الخردة إلى أفران الصهر الأخرى في مسابك و قطاعات الفولاذ و الحديد الأولية.

تظهر الكيماويات المدرجة في المرفق "جيم" من اتفاقية استوكهولم مثل مُركبات الديوكسينات و الفيورانات و تتشكل على الأرجح في عملية تصنيع الفولاذ بفرن القوس الكهربائية من خلال اصطناع de novo بواسطة احتراق المواد العضوية غير المكثورة مثل البلاستيك و الفحم و جزيئات الكربون بوجود مانح الكلور. العديد من هذه العناصر محتواة في الخردة الفولاذية أو هي مواد خام للعملية مثل الكربون المحقون.

تشمل الإجراءات الأولية تعامل ملائم للغازات المنطلقة و تكييف ملائم للغازات المنطلقة لمنع الشروط التي تؤدي إلى اصطناع de novo لتشكل مُركبات الديوكسينات و الفيورانات. يُمكن أن تشمل هذه حراقات بعدية لاحتراق داعم متبوعة بإخماد سريع للغازات المنطلقة. تشمل الإجراءات الثانوية حقن المواد الماصة (مثل الكربون الفعال) و إزالة غبار عالي بواسطة مرشحات نسيجية.

إن مستويات الأداء من أجل مُركبات الديوكسينات و الفيورانات في إنبعاثات الهواء المراقبة لأفضل التقنيات المتاحة من أجل إنتاج الفولاذ الثانوي > 0.1 نانو غرام /م³ نظامي (عند تراكيز أكسجين تشغيلية).

1. وصف العملية

1.1. وصف عام للعملية

يجرى الصهر المباشر للمواد الحاوية على الحديد مثل الخردة في أفران القوس الكهربائية التي تلعب دورا هاما و متزايدا في أعمال الفولاذ الحديثة. يصهر الفرن و ينقي الشحنة المعدنية من الفولاذ الخردة لإنتاج الفولاذ الكربوني و الخليط و غير قابل للصدأ في معامِل غير مدمجة (الفولاذ الثانوي).

إن أفران القوس الكهربائية هي حاويات اسطوانية الشكل مع موقد مقاوم على شكل صحن و أقطاب التي تنزل من سقف متحرك على شكل قبة. يشكل الأجر المقاوم بطانة الفرن. تحتوي الجدران عادة ألواح التبريد بالماء التي تغطي للتقليل من ضياع الحرارة. يُمكن أن تكون الأقطاب مزودة بأنظمة تبريد بالماء.

تتألف عملية تصنيع الفولاذ بفرن القوس الكهربائية من شحن الخردة و الصهر و التنقية و إزالة الخبث و السكب. بالإضافة إلى خرطة الفولاذ، تمكن أن تشمل الشحنة كتل الحديد أو المعدن الخام و عناصر الخلائط. و عندما يصهر الفولاذ، يُمكن إضافة خرطة إضافية إلى الفرن. يولد فرن القوس الكهربائية الحرارة بإمرار تيار كهربائي بين الأقطاب من خلال الشحنة في الفرن. يُمكن تكملة هذه الطاقة بالغاز الطبيعي و أنواع الوقود الأخرى.

و من التكنولوجيات الأخرى المستخدمة في الصهر أفران القبة cupola (بارد و ساخن) و أفران النفخة.

تُستخدَم أفران القبة (Cupola) من أجل إنتاج سبائك الحديد و الفولاذ. إن أفران Cupola هي أفران شاقولية تسخن بالفحم و تشحن على دفعات بالمواد الخام أو أحيانا تشحن باستمرار باستخدام أنابيب مائلة متحركة. تنتج الحرارة الضرورية لعملية الصهر باحتراق الفحم و الهواء (ساخن أو بارد) ينفخ عبر قصبات موجودة على أطراف الفرن. تتوضع منطقة الصهر في مثل هذه الأفران في الثلث الأدنى من الفرن الشاقولي. أما فيما يخص الاستفادة من الحرارة، فإن التشغيل مشابه لمواقف الفحم المستخدمة للمنازل. تعتمد سعة الصهر بشكل رئيسي على حجم الهواء المنفوخ من أجل الاحتراق و كمية الوقود و حجم الفرن (Quass, Fermann and Bröker 2000).

إن أفران التحريض هي بواتق بسيطة أو قنوات تسخن بملف كهربائي خارجي. تُستخدَم أفران التحريض على شكل قنوات لصهر المكونات بأبعاد كبيرة. يدخل التيار في المعدن الذي يشحن في الفرن حيث تنتج الحرارة. يُمكن أن تكون الأفران مزودة بهودات لسحب الأبخرة و إخماد الغبار أثناء عمليات السكب و الخبث. و يستخدم غالبا من أجل عملية شحن الفرن و السكب نظام هود متحرك. تكون الهودات قوية لذلك يُمكن أن تتحمل التأثير الميكانيكي. و كبديل، يستخدم نظام استخلاص

أما فرن النفخة فهو فرن شاقولي يستخدم القصبات لنفخ الهواء الساخن أو البارد في حمولة الفرن لصهر محتواه. يشحن المعدن الملبد من أعلى فرن النفخة في طبقات متناوبة مع الفحم.

1.2. مواد تغذية الفرن

إن مواد التغذية الرئيسية من أجل الفرن هي الخردة الحديدية التي يُمكن أن تشمل الخردة الحديدية من داخل أعمال الفولاذ (مثلاً القطع) و القطع الناجمة عن مصنعي منتج الفولاذ (مثلاً مصنعي المركبات) و خردة ما بعد المستهلك أو الحرف الكبيرة (مثلاً المركبات منتهية العمر و الأدوات) (European Commission 2000). و كمدخلات إضافية كالصهور و الإضافات مثل مزيل المؤكسدات أو عناصر الخلط. يستخدم أيضاً الحديد المرجح مباشرةً بزيادة كميات مواد تغذية بسبب محتواه المنخفض من الشوائب المعدنية و أسعار الخردة المتغيرة (European Commission 2000).

تضاف المواد المساعدة على الصهر لتجمع مع المواد غير المرغوب بها و تُشكّل الخبث. يزيل الخبث شوائب الفولاذ (مثل السيلكون و الكبريت و الفوسفور) من الفولاذ المصهور. يُمكن إضافة الأكسجين إلى الفرن لتسريع عملية صنع الفولاذ. في نهاية الحرارة، يميل الفرن إلى الأمام ليسكب الفولاذ المصهور.

1.3. فرن القوس الكهربائي

ترفع العديد من محطات الفولاذ إنتاجيتها باستخدام فرن القوس الكهربائي من أجل طور الصهر و منشأة التعدين ذات المغرفة من أجل طور التنقية النهائية و صنع الخلائط. في بعض الحالات، تؤخذ مغرفة الفولاذ إلى محطة إزالة الغاز تحت الفراغ حيث يخفض محتوى الفولاذ المصهور من الغاز من أجل متطلبات الجودة.

يسكب الفولاذ المصهور من فرن القوس الكهربائي أو من منشأة التعدين ذات المغرفة في قالب بماكينه السكب بشكل مستمر لإنتاج أشكال سبك بما في ذلك السبائك و قضبان و قضبان مجوفة. في بعض العمليات، تقطع السبيكة بمشعل لحام إلى طول محدد و تنقل ساخنة إلى آلة درجة ساخنة من أجل معالجة إضافية. تملك بعض آلات المعالجة أفران لإعادة التسخين. يسمح لقضبان الفولاذ لتبرد و من ثم تسخن في الفرن قبل صقلها إلى قضبان أو أشكال أخرى.

تستهلك عملية إنتاج الفولاذ من الخردة طاقة أقل من إنتاج الفولاذ من خامات الحديد (EPRI 1997). تُعتبر صناعة الفولاذ باستخدام فرن القوس الكهربائي عملية إعادة تدوير هامة و هي تسهم في استرداد مصادر الفولاذ و خفض النفايات إلى أدنى حد.

يوفر استخدام أفران القوس الكهربائي في إنتاج الفولاذ ثلاث فوائد: كلفة تأسيسية أقل من أجل محل صناعة الفولاذ و الطاقة المطلوبة أقل بكثير لإنتاج الفولاذ بالمقارنة مع أفران الفحم و أفران النفخة و طرائق فرن الأكسجين الأساسية لصانعي الفولاذ المدمجة و تجنب أفران الفحم.

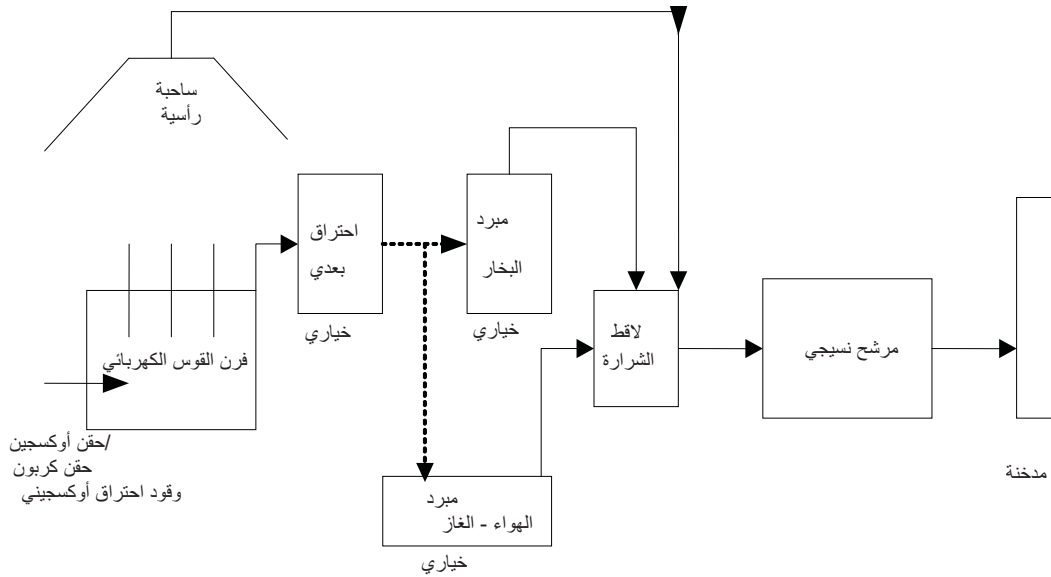
تُعتبر صناعة الفولاذ بفرن القوس الكهربائي عملية الدفعة الديناميكية مع أزمن دفعة-دفعة لساعة واحدة أو أقل من أجل الحرارة فيما عدا من أجل منتجي الفولاذ الخاص و المقاوم للصدأ. إن العملية متغيرة بثبات من إزالة سقف الفرن من أجل تغذية خردة الفولاذ و صهر خردة الفولاذ (مع الإنبعثات الناتجة من ملوثات الخردة مثل الزيوت و البلاستيك) إلى فترة التنقية و أخيراً سكب الفولاذ. تختلف الشروط ضمن فرن القوس الكهربائي و عمليات الاحتراق على طول دورة إنتاج الحرارة.

في السنوات الأخيرة، زودت أفران القوس الكهربائي الحالية و الجديدة الإضافية بنظام تسخين أولية للخردة في الغازات المنطلقة من أجل استرداد الطاقة. و تم تقديم كل ما يسمى تكنولوجيا الممر الرأسي shaft و عملية Consteel كأنظمة مثبتة مدخلة. يُمكن أن يصمم نظام الممر الرأسي لتسخين 100% من الخردة (European Commission 2000).

تستخدم بعض أفران القوس الكهربائي رش الماء أو نظام تبريد تبخيري لتبريد الغازات المنطلقة و بعضها يستخدم المبادلات الحرارية قبل جهاز ضبط الانبعاث. يُمكن أن تزود الأفران بتحكيمات تلوث جافة و شبه رطبة أو رطبة. يُمكن أن تكون

يبين الشكل 7 فرن القوس الكهربائي و نظام ضبط انبعاث مرشح ليفي عام.

الشكل 7. نظام عام لضبط انبعاث فرن القوس الكهربائي



المصدر : William Lemmon and Associates Ltd 2004 .

2. مصادر الكيمائيات في الملحق من المرفق "جيم" من اتفاقية استوكهولم

2.1. الانبعاثات

2.1.1. انبعاثات مركبات الديوكسينات و الفئورانات

تُعتبر صناعة الفولاذ بفرن القوس الكهربائي عملية الدفعة التي يُمكن أن تؤدي إلى انبعاثات متقلبة أثناء تسخين الشحنة و من تسخين إلى تسخين. تختلف أنظمة التعامل مع الغازات من منشأة إلى أخرى من ناحية التصميم و الترتيب. تسهم هذه العوامل في تراكيز مختلفة في غازات العملية.

و كعملية تعدين بدرجات حرارة مرتفعة، تتولد المواد العالقة التي تحوي على أبخرة المعدة الناعمة و أكاسيد المعادن. إن أنظمة ضبط تلوث عالية الكفاءة مطلوبة لإزالة المواد العالقة من الغازات المنطلقة.

يُمكن أن تتشكل مُركّبات هالوجينات العضوية العطرية بما في ذلك مُركّبات الدّيوكسينات و الفّيورانات و كلور بنزن و ثنائي فينول متعدد الكلور (PCB) كنتيجة للعملية الحرارية و لقد كشفت في الغازات المنطلقة من فرن القوس الكهربائية. إن أهم أعضاء هذه المجموعة من المركبات مُركّبات الدّيوكسينات و الفّيورانات. يُمكن أن يؤدي التسخين الأولي للخردة في إنبعاثات أعلى من المركبات العضوية المهلجنة العطرية.

تقرير بعنوان Research on Technical Pollution Prevention Options for Steel Manufacturing Electric Arc Furnaces (William Lemmon and Associates Ltd 2004), حضر من قبل المجلس الكندي لوزراء البيئة أخذ في الاعتبار تقرير برنامج الأمم المتحدة للبيئة حول تشكّل الدّيوكسينات و الفّيورانات: نظرة شاملة (UNEP 2003a)، و يزود مفهوم آلية تشكّل الدّيوكسينات و الفّيورانات. لخصت المعلومات من هذه التقرير فيما يلي:

ليست العمليات التي تتشكل بها مُركّبات الدّيوكسينات و الفّيورانات مفهومة تماما. تم الحصول على مُعظم المعلومات حول هذه العناصر في عمليات الاحتراق من تجارب مخبرية أو أنظمة على مستوى صغير و محارق النفايات البلدية. صحية.

يبدو أن مُركّبات الدّيوكسينات و الفّيورانات تتشكل باحتمالية أكثر في عملية تصنيع الفولاذ بواسطة فرن القوس الكهربائية من خلال اصطناع de novo باحتراق المواد العضوية غير المكورة مثل البلاستيك و الفحم و جزيئات الكربون بوجود مانح الكلور. العديد من هذه العناصر موجودة بتركيز أثر في خردة الفولاذ أو مواد خام للعملية مثل الكربون المحقون. علقت شركة Ohio Valley Aluminum Company (Ovaco) أنه من المعروف بأن إنبعاثات مُركّبات الدّيوكسينات و الفّيورانات منخفضة جداً عندما تُستخدَم خردة الفولاذ غير القابل للصدأ كمادة خام، فقط جزء منه من أفران القوس الكهربائية و يتوقع بأنه من الممكن أن يكون ناجمة عن تأثيرات محفزات المعادن الموجودة في الغبار (Ovaco 2006 communication).

يوجد ثنائي ملازم للتشكل و إزالة الكلور من مُركّبات الدّيوكسينات و الفّيورانات الذي يحدث في نفس مجال درجة الحرارة و خاصة تحت شروط موجودة في فرن القوس الكهربائية. عموماً، يبدو أن إزالة الكلور من مُركّبات الدّيوكسينات و الفّيورانات يحدث فوق 750 درجة مئوية بوجود الأكسجين. و عندما تبدأ درجة الحرارة بالازدياد فوق 750 مئوية تزداد عملية إزالة الكلور و يتناقص زمن البقاء.

تؤدي الزيادة في تراكيز الأكسجين في زيادة تشكّل مُركّبات الدّيوكسينات و الفّيورانات. ليس معروفاً فيما لو تستمر هذه الآلية عند تراكيز أعلى من الأكسجين (مثلاً فوق 10% O₂). تحت شروط نقص الأكسجين، تحدث عملية إزالة الكلور عند درجات حرارة فوق 300 درجة مئوية.

تقوم بعض المعادن بدور المحفز في تشكّل مُركّبات الدّيوكسينات و الفّيورانات. يُعتبر النحاس محفز قوي و الحديد محفز أضعف.

تبدأ عملية التكاثر في المجال 60-125 درجة مئوية مع كلورة عالية لمركبات الدّيوكسينات التي تزداد بسرعة عندما تهبط درجة الحرارة. إن مُركّبات الدّيوكسينات الأقل درجة من الكلورة تكون الأخيرة لتتكاثر، و الذي يفسر لماذا يشكل خماسي مُركّبات الدّيوكسينات الأغلبية من مُركّبات الدّيوكسينات في اختبارات إنبعاثات فرن القوس الكهربائي.

كانت نتائج اختبار الانبعاثات أعلى لتراكيز إنبعاثات مُركّبات الدّيوكسينات عندما كانت درجة حرارة نظام تكييف الغاز/ جهاز تبريد الغاز أعلى بشكل ثابت من 225 درجة مئوية مشيرة إلى أن اصطناع de novo قد حدث في نظام تكييف الغاز.

قُدّرت إنبعاثات مُركّبات الفّيورانات بحوالي 60-90% من تركيز مُركّبات الدّيوكسينات و الفّيورانات في اختبارات إنبعاثات فرن القوس الكهربائي.

قُدّرت مُمكبين من الفّيورانات و هما 2,3,4,7,8-TCDF (tetrachlorodibenzofuran) and 2,3,7,8-TCDF من أجل 60-75% من تركيز مكافئ سمي لمركبات الدّيوكسينات و الفّيورانات في اختبارات فرن القوس الكهربائية. بين الشكل 7 فرن القوس الكهربائية. إن هذه النتائج قابلة للمقارنة مع حسابات التكتيف النظرية من أجل مُركّبات الدّيوكسينات و الفّيورانات حيث يُعتبر هذين الجسدين الأخيرين ليتكاثفا لدى نقصان درجة الحرارة.

أشارت هذه النتائج الأخيرة بأنه توجد آلية تشكّل مُركّبات الدّيوكسينات و الفّيورانات مسيطرة و هي اصطناع de novo و من أجل عملية تصنيع الفولاذ بواسطة فرن القوس الكهربائية. و يتضح على الأرجح أن التغيرات في بصفة مُركّبات الدّيوكسينات و الفّيورانات من أجل العملية هي ناجمة عن تغيرات في مكونات شحنة الخردة ، و تغيرات في شروط الفرن ناجمة عن تغيرات في ممارسات التشغيل من تسخين لآخر و من محطة لآخرى و تغيرات في تكييف الغاز و نظام التنظيف و الاختلافات في كفاءة جمع المرشحات الكيسية.

تتطلب أفران التحريض شحنات خردة أنظف من أفران القوس الكهربائية و تصهر شحنتها باستخدام الحقول المغناطيسية. في حين يوجد بعض التشابه لأفران القوس الكهربائية و يتوقع أن يكون تشكّل الديوكسينات و الفيورانانات في هذه الوحدات أقل بشكل كبير من أفران القوس الكهربائية.

فيما يخص إنبعاثات أفران القبة cupola المستخدمة في الحديد المسكوب و مسبوكات الفولاذ، لخصت ورقة قدمت من ألمانيا إلى المرحلة الثانية من جرودات إنبعاث الديوكسين الأوربية (Quass, Fermann and Bröker 2000) نتائج دراسة جمعت بيانات على 25 فرن cupolas تعمل على النفخ منشأة في ألمانيا. جرى تحديد أفران cupolas باردة تعمل على النفخ (أيضا تسمى أفران cupolas ذات الهواء البارد أو الهواء الساخن) في UNEP 2003b بأنها ذات احتمالية أعلى من التصاميم الأخرى من أجل الإنبعاثات الهامة:

" من أجل مسبوكات الفولاذ، يوجد بصعوبة أية بيانات متوفرة: أظهر الاختبار في ألمانيا (SCEP 1994) بأن أفران cupolas الهواء الساخن و أفران التحريضية مزودة بمُرشحات نسيجية لها إنبعاثات أقل إلى الهواء، يجب استخدام مُعامل إنبعاث و قدره 0.03 ميكروغرام مكافئ سمي/ طن من المنتج. أظهرت أفران cupolas الهواء البارد إنبعاثات أعلى و يستخدم مُعامل إنبعاث و قدره 1 ميكروغرام مكافئ سمي/طن من أجل المحطات المزودة بمُرشحات نسيجية.

أظهرت اختبارات محدودة على أفران البرميل الدوارة مستويات أعلى مرة أخرى و يطبق مُعامل و قدره 4.3 ميكروغرام مكافئ سمي/ طن للمحطات المزودة بمُرشحات نسيجية من أجل تنظيف الغاز. و عندما تُستخدم أفران cupolas الهواء البارد أو أفران البرميل الدوار و التي ليس بها مُرشحات نسيجية أو ما يكافئها من أجل تنظيف الغاز، يجب استخدام معمل إنبعاث أعلى و قدره 10 ميكروغرام مكافئ سمي / كن. و يجب الإشارة إذا وجدت خردة سيئة الجودة (تلوث عال) أو أفران مضطربة بشكل سيئ بتنظيف الغاز غير مُرشحات نسيجية فعالة"

ركز أحدث الأعمال المذكورة من قبل Quass, Fermann and Bröker 2000 على أفران cupolas الهواء البارد و المضبوطة بشكل جيد و التي تُنتج الحديد من أجل السكب و مزودة بمُرشحات نسيجية من أجل التحكم بإنبعاثات العوالق. أشارت هذه الدراسة إلى أن مجال ثمانية عشر عينة إنبعاثات فردية التي تم الحصول عليها كان 0.003 إلى 0.184 نانو غرام مكافئ سمي/م3 نظامي و متوسط ثلاثة تجارب من أجل أربعة من ستة أفران اختبرت كانت 0.1 نانو غرام مكافئ سمي/م3 نظامي (قيمة حدود الإنبعاث من أجل محارق نفايات البلدية). و كما استنتج أيضا بأنه من أجل كافة الأفران المدروسة، وُجد بأن متوسط مُعامل الإنبعاث 0.35 ميكروغرام مكافئ سمي/طن من الحديد المصهور في الأفران مع قيمة عظمى تصل إلى 1.45 ميكروغرام مكافئ سمي/طن. أما استنتاجات هذا الفصل من المرجع Quass, Fermann and Bröker 2000 فقد كانت:

" بالنظر إلى التراكيز التي وجدت في النفايات الغازية من أفران النفخة بالهواء البارد (cupola) و العاملة على مسبوكات الحديد و الفولاذ لا يُمكن اعتبارها مصادر هامة للديوكسينات و الفيورانانات بسبب كميات إنبعاث مُركبات الديوكسينات و الفيورانانات الكلية. و بالتالي، توافق نتائج القياسات مع البيانات المعلومة و القليلة التي كانت متوفرة قبل بدء التحريات.

و يجب ملاحظة بأن الإنبعاثات من أجل North Rhine-Westphalia جرى استقراءها من ستة أفران فقط. و لا يُمكن القول بدقة بأن هذه الأفران ممثلة لكافة أفران cupola النفخة الهواء البارد العاملة في ألمانيا. و ضمن هذا المشروع، وُجد فقط فرن واحد فيه تراكيز مُركبات الديوكسينات و الفيورانانات في الغبار المجموع على المُرشح وصلت حتى 12 ميكروغرام مكافئ سمي/كغ. و هذه أعلى بكثير من تلك المحطات حيث قيست الإنبعاثات (كانت أعلى التركيز في الغبار المجموع على مرشح ليفي من تلك المحطات 0.4 ميكروغرام مكافئ سمي). و علاوة على ذلك، أصبحت التغيرات المؤقتة لتراكيز مُركبات الديوكسينات و الفيورانانات في الغبار المجموع على مرشح ليفي واضحة. و بالتالي، و بالرغم من وجود إشارة على علاقة إيجابية بين التراكيز في الغبار المجموع على المُرشح و التراكيز في غاز النفاية- التي تم الحصول عليها من نتائج القياسات- إنه ليس مسموحا افتراض أن هذه العلاقة يُمكن استقراءها على الأفران بتراكيز أعلى في الغبار المجموع على المُرشح. من أجل التوضيح، إنه من الضروري وجود برنامج دراسة إضافية التي ، مثلا، تسمح بقياسات تراكيز مُركبات الديوكسينات و الفيورانانات في الغبار المجموع على المُرشح من فرن على فترة زمنية أطول.

من إنبعاثات الديوكسينات و الفيورانانات المشاهدة غير المستقلة عن بعضها و كميات الخردة و المواد المدورة، يُمكن استنتاج بأن الملوثات الملتصقة للخردة المسكوبة (بقايا الدهان، الزيوت،...) لها أثر على الإنبعاثات. و من أجل تقليل تراكيز الديوكسينات، نقصان كمية الخردة يصبح منطقيا، على أية حال، يُمكن أن تنقص هذه بشكل كبير كفاءة الكلفة لمسكوبات المعدن. يظهر السؤال فيما لو كانت ملوثات معينة على الخردة تلعب دورا رئيسيا في تطوير و إنبعاث مُركبات الديوكسينات و الفيورانانات. إذا ذلك، فإن يتطلب إجراء إزالة انتقائية من مواد الشحنة الداخلة".

2.1.2. بحوث مُركَّباتِ الدِّيوكْسِيناتِ و الفَيُوراناتِ على أفران القوس الكهربائية

أجريت معظم البحوث على مُركَّباتِ الدِّيوكْسِيناتِ و الفَيُوراناتِ من أجل أفران القوس الكهربائية في أوروبا. أُجري أول عمل من قبل Badische Stahlwerke GmbH (BSW) في Kehl/Rheim ألمانيا في بدايات التسعينات (Weiss and Karcher 1996). اتبعت الشركات الأوروبية الأخرى طريق BSW تحت الضغط التنظيمي من مؤسسات البيئة الوطنية.

لخصت النتائج التشغيلية لفرن القوس الكهربائية أدناه:

أثبت مشروع بحث BSW بأن التركيز المرتفع من المواد الهيدروكرونية أدى إلى زيادة كبيرة في انبعاثات المركبات العضوية الطيارة و مُركَّباتِ الدِّيوكْسِيناتِ و الفَيُوراناتِ.

كانت نتائج اختبارات الانبعاث من BSW, ProfilARBED, Differdange and Gerdau Ameristeel Cambridge ذات تراكيز انبعاث مرتفعة من مُركَّباتِ الدِّيوكْسِيناتِ و الفَيُوراناتِ عندما كانت درجة حرارة الغاز الموجودة في نظام تكييف الغاز أو جهاز تبريد الغاز ثابتة فوق 225 درجة مئوية، مما يشير إلى أن اصطناع de novo قد حدث في نظام تكييف الغاز.

قُدِّرَت مُركَّباتِ الفَيُوراناتِ بحوالي 60-90% من تركيز مُركَّباتِ الفَيُوراناتِ/الدِّيوكْسِيناتِ المكافئ السمي في اختبارات انبعاث فرن القوس الكهربائية الكندية. ذكرت نتائج مشابهة في اختبارات الانبعاث الأوروبية لأفران القوس الكهربائية.

قُدِّرَ نوعين من مُركَّباتِ الفَيُوراناتِ (2,3,7,8-TCDF and 2,3,4,7,8-TCDF) بحوالي 60-75% من تركيز مُركَّباتِ الدِّيوكْسِيناتِ/الفَيُوراناتِ مكافئ سمي في اختبارات انبعاث فرن القوس الكهربائية الكندية. إن هذه النتائج قابلة للمقارنة مع حسابات التكييف النظرية من أجل مُركَّباتِ الدِّيوكْسِيناتِ/الفَيُوراناتِ حيث يكون هذين النوعين الأخيرين لينكاتفا عندما تنقص حرارة الغاز.

كانت توزيعات تركيز نوع المكافئ السمي في اختبارات فرن القوس الكهربائية مشابهة مهما كانت تراكيز مكافئ السمي لمركبات الدِّيوكْسِيناتِ/الفَيُوراناتِ.

أشارت النتائج أن اصطناع de novo هو الآلية المسيطرة لتشكل مُركَّباتِ الدِّيوكْسِيناتِ/الفَيُوراناتِ من أجل عملية تصنيع الفولاذ بفرن القوس الكهربائية.

و يتضح على الأرجح أن التغييرات في بصمة مُركَّباتِ الدِّيوكْسِيناتِ و الفَيُوراناتِ من أجل عملية تصنيع الفولاذ باستخدام فرن القوس الكهربائية هي ناجمة عن تغييرات في مكونات شحنة الخردة، و تغييرات في شروط الفرن ناجمة عن تغييرات في ممارسات التشغيل من تسخين لآخر و من محطة لآخرى و تغييرات في تكييف الغاز و نظام التنظيف و الاختلافات في كفاءة جمع المرشحات الكيسية. يوجد معلومات غير كافية متوفرة للحكومة لتحديد الأهمية النسبية لهذه العوامل.

حضر تقرير من قبل حكومة اليابان درس تطبيق الإجراءات المذكورة في الإرشادات الحالية لخفض انبعاثات مُركَّباتِ الدِّيوكْسِيناتِ/الفَيُوراناتِ و ثنائي فينول متعدد الكلور في مستوى واحد من أفران القوس الكهربائية لصناعة الفولاذ، باختبار 19 معمل من بين 38 منتج غير متحدين في اليابان. انخفض تركيز الانبعاثات بحوالي 80-87.2% في المعمل التي طبقت إجراء وحيد، في حين تحقق انخفاض و قُدْرُهُ 96% أو أكثر في المعامل التي طبقت اثنين أو أكثر من الإجراءات. كانت التركيز الوسطي 0.42 نانو غرام مكافئ سمي/م³ نظامي. حقق معملان (10% من المعامل المدروسة) قيمة مستوى الأداء القابلة للانجاز و التي هي أقل من 0.1 نانو غرام مكافئ سمي/م³ نظامي (Government of Japan 2006).

2.1.3. مراجعة كيمياء احتراق القوس الكهربائية و تشكُّل مُركَّباتِ الدِّيوكْسِيناتِ و الفَيُوراناتِ

يُمكن تلخيص المراجعة للعلاقة بين كيمياء احتراق فرن القوس الكهربائية مع تشكُّل مُركَّباتِ الدِّيوكْسِيناتِ/الفَيُوراناتِ في الفرن كما يلي:

يُمكن أن تتشكَّل مُركَّباتِ الدِّيوكْسِيناتِ و الفَيُوراناتِ من أسلافها المكثورة مثل ثنائي فينول متعدد الكلور و الفينولات المكثورة و البنزن المكثور.

إن البيئة داخل فرن القوس الكهربائية لتصنيع الفولاذ معقدة جداً و هي بتغير دوماً. تُنتجُ كيمياء الاحتراق شروطاً مسؤولة عن تشكُّل مُركَّباتِ الدِّيوكْسِيناتِ/الفَيُوراناتِ. يُمكن للهيدروكربونات الداخلة للفرن في الخردة أن تتبخر و تتحطم و تحترق جزئياً أو كلياً تبعاً للشروط في الفرن أو أجزاء الفرن أثناء أو بعد التغذية. تشمل المصادر الأخرى للكربون المحقون و الأقطاب الغرافيتية. يُمكن أن تحدث العمليات المزدوجة لتشكل و إزالة الكلور من مُركَّباتِ الدِّيوكْسِيناتِ/الفَيُوراناتِ في الوقت نفسه إذا كانت درجة الحرارة و تركيز الأكسجين ملائمين بحيث يتشكل بعض مجانسات مُركَّباتِ الدِّيوكْسِيناتِ و الفَيُوراناتِ في حين يزال الكلور من بعضها الآخر.

أشارت البحوث على أمثلة الاحتراق الموقع الداخلي بأنه تحت عمليات تصنيع الفولاذ الطبيعي، الشروط المفضلة لتشكيل مركبات الديوكسينات/الفيورانات هي جو غني بالأكسجين، دقائق كربون فعالة درجة حرارة أقل من 800 درجة مئوية موجودة في أجزاء من الفرن أثناء طور الانصهار وربما لبعض الوقت بعد ذلك. أخذين في الاعتبار وجود المعادن التي تقود بدور المحفز وكميات قليلة من الكلور يُمكن أن تكون في موجودة في بعض مواد الشحنة و مواد الصهر، يبدو أن الشروط ستكون موجودة لاصطناع de novo ليحدث. و بما أن شروط المزج الكاملة غير موجودة فإنه يبدو بأن جزء من مركبات الديوكسينات/الفيورانات يتشكل و يغادر فرن القوس الكهربائي في الغازات المنطلقة دون مصادفة درجات حرارة مرتفعة كافية لعملية إزالة الكلور بأن تحدث.

هدفت معظم البحوث على كيمياء الاحتراق و احتراق الموقع الداخلي في فرن القوس الكهربائي لتصنيع الفولاذ إلى زيادة الإنتاجية بالاستفادة من الوقود ضمن الفرن مثل الهيدروكربونات و أحادي أكسي الكربون و الهيدروجين لاستبدال الطاقة الكهربائية بالطاقة الكيميائية و بالتالي خفض الطاقة الكلية التي تؤدي إلى خفض تكاليف الإنتاج لكل طن من المنتج.

يُمكن أن يؤدي التسخين الأولي للخردة في انبعاثات مرتفعة من المركبات العطرية المكثورة مثل مركبات الديوكسينات/الفيورانات و كلور البنزن و ثنائي فينول متعدد الكلور بالإضافة إلى الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات و المنتجات الأخرى للاحتراق غير التام من الخردة الملوثة بالدهانات و البلاستيك و زيوت التزليق أو المركبات العضوية الأخرى. يُمكن خفض تشكّل هذه الملوثات إلى أدنى حد بالاحتراق داخل الفرن (على العكس للاحتراق خارج الفرن للغازات المنطلقة) بإضافة حراقات أكسجين إضافية طورت من أجل حرق أول أكسيد الكربون و الهيدروكربونات التي تسترد الطاقة الكيميائية. و لقد اقترح بأن التسخين الأولي للخردة يزيد من المواد العضوية في الغازات المنطلقة و ربما أيضا تشكّل المركبات المكثورة. ماذا يحدث للانبعثات يعتمد على ميزان طاقة التسخين الكلية في نظام الغاز المنطلق. في حالة Ovaco، ينقص التسخين الأولي للخردة انبعاثات مركبات الديوكسينات و الفيورانات (و ربما زيادة انبعاثات المركبات العضوية الخفيفة) و يعود ذلك إلى أن التسخين الأولي يقوم بدور مبرد فعال للغاز، درجة الحرارة المنخفضة على المرشح تعني فصل المركبات العضوية الثقيلة مع الغبار.

الدلالات هي احتراق الداخلي والتي يُمكن أن تكون خيارا أكثر جاذبية من الاحتراق الخارجي لمنع تشكّل مركبات الديوكسينات و الفيورانات.

2.2. إطلاقات مركبات الديوكسينات و الفيورانات في النفايات الصلبة و مصادر مياه الصرف

تشغل معظم المعامل أفران قوس كهربائية مزودة بأنظمة جافة لتنظيف الغازات المنطلقة (جوامع غبار بمُرشحات نسجية) التي لا تنتج أية مياه صرف تحتاج إلى معالجة .

يُمكن أن تزود بعض أفران القوس الكهربائية الحالية بأنظمة ضبط تلوث هواء شبه رطبة (European Commission 2000). تطبق الأنظمة شبه الرطبة الماء على الغازات المنطلقة من الفرن من أجل تبريد و تكييف الغازات المنطلقة جزئيا قبل إزالة العوالق في مرسب الكهرباء الساكنة. لتكون المواقع قادرة على تحقيق منصرفات مياه صرف معدومة من الأنظمة شبه الرطبة بتوازن كمية المياه المطبقة مع كمية المياه التي تتبخّر في عملية التكيف. يُعتبر مياه التبريد التي ليست على تماس، هي مصدر المياه السائد و مع ذلك يُمكن ان تعالج بعض المنشآت مياه العملية و مياه خدمة المحطة (EPA 2002).

حدّدت بعض السلطات القضائية الطرح المعدوم كأفضل تقنية متوفرة من أجل أنظمة تنظيف الغاز شبه الرطبة.

في بعض بلدان الاتحاد الأوروبي، تُستخدَم الغوازل الرطبة لتنظيف الغازات المنطلقة من أفران القوس الكهربائية في بعض المعامل. على أية حال، لا توجد معلومات متوفرة من هذه المنشآت حول كميات مياه الصرف و طرائق المعالجة (European Commission 2000). و بالتالي، لم يستنتج أية نتائج كأفضل التقنيات المتاحة من أجل معالجة و خفض إطلاقات مركبات الديوكسينات و الفيورانات إلى أدنى حد من مياه الصرف الناجمة عن أنظمة ضبط تلوث الهواء الرطبة.

وُجِدَ بأن البقايا من الغبار المجموع بواسطة نظام ضبط تلوث الهواء الجافة في أفران القوس الكهربائية تحتوي على مستويات هامة من مركبات الديوكسينات و الفيورانات.

3. تحسينات عملية فرن القوس الكهربائية و العمليات البديلة لصناعة الفولاذ بالكهرباء

3.1. تحسينات العملية

خضعت عملية تصنيع الفولاذ بواسطة فرن القوس الكهربائية إلى تغييرات طوال العقود الأخيرة. ركزت بحوث و تطوير صناعة الفولاذ بفرن القوس الكهربائية و خاصة في أوروبا على تحسينات تصميم الفرن لرفع كفاءة الإنتاجية و الطاقة و خفض تكاليف صناعة الفولاذ.

يوجد هناك قوتين محركتين و هما تقليل تكاليف صناعة الفولاذ برفع الإنتاجية مثلاً و رفع جودة المنتج مثلاً كمطالب الجودة من صناعة السيارات. و نضيف إلى هذه قوة دافعة ثالثة و هي الضغوط البيئية. أدت التحسينات في الإنتاجية إلى أزمة سكب- صنبور-صنبور أقصر و كفاءة طاقة زائدة و زيادة استخدام للطاقة الكيميائية.

تحققت مطالب الجودة من خلال اختيار الخردة و ممارسات تشغيل الفرن و زيادة استخدام عمليات مساعدة مثل تعدين الغرفة و إزالة الغاز بالفراغ. تشمل الضغوط البيئية المتطلبات من أجل خفض انبعاثات مُرَكَّبَاتِ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ و خفض أصل الضباب الدخاني من العناصر مثل الدقائق الناعمة. و خيار واحد من أجل هؤلاء المنتجين استخدام خردة ذات جودة عالية و بمستويات تلوث أقل (William Lemmon and Associates Ltd 2004).

أما الخيار الثاني فهو استبدال جزء من شحنة الخردة بمنتجات حديد مرجع مباشرةً أو منتجات مشابهة المنتجة من خام الحديد و فيها تراكيز أقل من الملوثات الموجودة في أصناف خردة الفولاذ ذات الجودة الأقل. ازدادت تجارة إنتاج الحديد المرجع مباشرةً و السوق العالمي في ازدياد و بالتالي هناك توفر أكبر و هذا يعني يوجد خيار أمام صانعي الفولاذ بفرن القوس الكهربائية لشراء الحديد المرجع المباشر أكثر من الإنتاج في الموقع. يوجد معلومات محدودة جداً حول انبعاثات مُرَكَّبَاتِ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ من عملية الحديد المرجع مباشرةً و لكن بالعودة إلى خصائص العملية، احتمال انبعاثات مُرَكَّبَاتِ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ صغير جداً. إن المعلومات حول تَشَكُّلِ و انبعاثات مُرَكَّبَاتِ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ الناتجة عن استخدام الحديد المرجع مباشرةً في صناعة الفولاذ بفرن القوس الكهربائية غير متوفرة.

أما الخيار الثالث فهو استخدام المعدن الساخن في تصنيع الفولاذ في فرن القوس الكهربائية. و يتوقع ان تزداد هذه حيث يكافح صانعو الفولاذ من أجل دورات تسخين أقصر و إنتاجية أعلى (Fruehan 1998). إن المعلومات حول تأثير هذا الخيار على انبعاثات مُرَكَّبَاتِ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ غير متوفرة. مع تسخين أولي لجزء من الخردة، يُمكن توفير حوالي 60 كيلو واط ساعي/طن، في حالة التسخين الأولي لكامل كمية الخردة يُمكن توفير حتى 100 كيلو واط ساعي/طن من الفولاذ السائل. تعتمد إمكانية تطبيق التسخين الأولي على الظروف المحلية و يجب أن تثبت على أساس محطة لأخرى.

غالباً ما تكون التحسينات في عملية تصنيع الفولاذ بفرن القوس الكهربائية ذات فوائد غير مباشرة بما في ذلك خفض انبعاثات مُرَكَّبَاتِ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ و المواد الدقيقة فيما عدا التسخين الأولي كما ذكر آنفاً.

يُحسّن عادة هدف الممارسات التشغيلية المتقدمة تشغيلها و كفاءة الطاقة لرفع الإنتاجية و من ثم الإنتاج و خفض تكاليف التشغيل.

3.2. عمليات بديلة

لا يوجد أية تكنولوجيا بديلة لصناعة الفولاذ يُمكن أن تستبدل فرن القوس الكهربائية من أجل عمليات إنتاج مرتفعة لمحطات الفولاذ. في حين استخدمت مواد أقطاب أخرى لبغض الأفران في الماضي و لا يوجد أية بدائل للأقطاب الجرافيتية في الوقت الحاضر.

4. الإجراءات الوقائية الأولية و الثانوية

لخصت الإجراءات الأولية و الثانوية من أجل تقليل انبعاثات مُرَكَّبَاتِ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ من أفران القوس الكهربائية في الفقرة التالية. الكثير من هذه المادة أخذ من William Lemmon and Associates Ltd 2004. يطبق بعض هذه الإجراءات أيضاً لأفران التحريض الكهربائي و أفران cupola.

إن مجال خفض الانبعاثات الممكن مع تطبيق الإجراءات الأولية فقط ليس معلوماً حتى الآن. إن تطبيق الإجراءات الأولية و الثانية معاً على المحطات الحالية و الجديدة ربما يكون ضرورياً لتحقيق مستويات الانبعاث المطلوبة. هناك حالة دراسية لمنشأة تصنيع الفولاذ بفرن قوس كهربائية مطورة بأنظمة ضبط و منع التلوث زودت من قبل Finlay و Peng 2006. و يجب أن يكون عملياً من أجل المحطات لتطبيق بعض أو كل ممارسات منع التلوث المدرجة أدناه.

4.1. الإجراءات الوقائية الأولية من أجل الانبعاثات

إن الإجراءات الأولية، غالباً تسمى بتقنيات منع التلوث، قادرة على التخلص أو إخماد أو تقليل إلى حد أدنى من تَشَكُّلِ مُرَكَّبَاتِ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ أو إزالة الكلور من مُرَكَّبَاتِ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ في عملية تصنيع الفولاذ الثانوي.

و كإجراء عام، يجب أن يشمل برنامج منع التلوث كجزء متكامل مع المنشأة أفضل الممارسات البيئية و ممارسات التشغيل و الصيانة من أجل كافة عمليات و مظاهر عملية تصنيع الفولاذ بفرن القوس الكهربائي.

تمثل القائمة التالية مجال من الخيارات كإجراءات أولية ت، يُمكن أن يكون بعضها غير قابل للتطبيق بكافة تصاميم الأفران أو المحطات و يتطلب بعضها تحريات إضافية. طورت هذه القائمة من التقنيات وفقا للعمل المنفذ بأفران القوس الكهربائي و على الرغم من أن بعض هذه المبادئ يتوقع أن تُستخدَم لأفران التحريض الكهربائي و أفران cupola و لكنها لم توثق من أجل هذه التطبيقات. على أية حال، الحقيقة أن مُعظم نتائج الاختبار الحالية من أجل أنواع الأفران الأخرى كانت دون 0.1 نانو غرام مكافئ سمي /م³ نظامي تشير إلى أن اجتماع هذه الإجراءات و الإجراءات الثانوية المدرجة أدناه يجب أن تكون فعالة للحد من الانبعاثات.

4.1.1. جودة المواد الخام

إن المادة الخام الرئيسية في عملية تصنيع الفولاذ الثانوي هي خرقة الحديد أو الفولاذ. تكون غالبا الملوثات بما في ذلك الزيت و البلاستيك و الهيدروكربونات الأخرى موجودة في الخرقة. تشمل ممارسات منع التلوث أو تخفيض دخول الملوثات إلى الأفران من أجل تصنيع الحديد أو الفولاذ، تغيرات في مواصفات المواد و برامج ضبط جودة محسن و تغيرات في أنواع المواد الخام (مثل التحكم باستخدام الخرقة الزيتية أو تنظيف الخرقة الزيتية) و برامج لمنع دخول الملوثات.

4.1.2. عملية الفرن

يبدو أن للتغيرات الحديثة في الممارسات التشغيلية لفرن القوس الكهربائي التي طبقت من أجل تحسين كفاءة التشغيل و الطاقة، فوائد غير مباشرة لخفض مُركبات الديوكسينات و الفيورانان أو في بعض الحالات، لإزالة الكلور من مُركبات الديوكسينات و الفيورانان. تشمل ممارسات منع التلوث التي يبدو بأنها تخفض من انبعاثات مُركبات الديوكسينات و الفيورانان، تقليل فترة فتح السقف إلى أدن حد و تقليل تسريب الهواء إلى الفرن و منع أو تقليل التأخيرات التشغيلية. يزداد تكاثف مُركبات الديوكسينات و الفيورانان بسرعة عند درجات حرارة أقل من 125 درجة مئوية بدءا من الديوكسينات المكثورة الأعلى.

4.1.3. تصميم نظام تكييف الغازات المنطلقة

تشمل عملية تكييف الغازات المنطلقة الجمع و التبريد و مجاري الغازات المنطلقة قبل التنظيف في غرفة المرشحات الكيسية. يُمكن أن تساعد شروط نظام تكييف الغازات المنطلقة في اصطناع de novo لتشكيل مُركبات الديوكسينات و الفيورانان ما لم يؤخذ الحرص لمنع الشروط التي تؤدي إلى اصطناع de novo. تشمل تقنيات منع التلوث نظام بحجم ملائم و يزيد مزج الغازات المنطلقة إلى حد أعظمي و تبريد سريع للغازات المنطلقة لأقل من 200 درجة مئوية و تطوير و تطبيق ممارسات تشغيل و صيانة جيدة.

4.1.4. نظام مراقبة البارامتر المستمر

يجب أن يخفض نظام مراقبة مستمرة معتمدا على أمثلة المعاملات المناسبة من أجل تشغيل نظام تكييف الغاز و إجراءات صيانة و تشغيل موثقة، تُشكّل مُركبات الديوكسينات و الفيورانان باصطناع de novo في نظام تكييف الغاز.

4.2. الإجراءات الوقائية الثانوية من أجل الانبعاثات

يُمكن تلخيص الإجراءات الثانوية، غالبا تسمى بتقنيات ضبط التلوث، كما يلي:

4.2.1. جمع الغبار الغاز المنطلقة

إن النقاط كافة الغازات المنطلقة بما في ذلك الانبعاثات الهاربة من منطقة فرن القوس الكهربائي أهم جزء من نظام التحكم. يجب زيادة كفاءة جمع الغبار للانبعاثات الأولية و الثانوية من الفرن إلى أعلى حد باتحاد نظام الهود و الغازات المنطلقة أو الحجر و نظام الهود أو إخلاء هواء البناء.

4.2.2. جوامع الغبار بمُرْسَحَاتٍ نسيجية (baghouses)

تمتص بعض مُرْكَبَاتُ الدِّيُوكْسِينَاتِ في الغازات المنطلقة من فرن القوس الكهربائية على المواد العالقة الدقيقة. و عندما تنقص درجة حرارة الغاز عبر درجة حرارة تكاثف مُرْكَبَاتُ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ من المجانسات فإما أن تمتص على المواد العالقة الدقيقة أو تتكاثف و تشكّل المواد العالقة الدقيقة. تحقق مُرْسَحَاتُ نسيجية مصممة و تعمل جيدا أقل من 5 ملغ غبار/ م³ نظامي. تقليل سويان الغبار إلى أدنى حد يؤدي أيضا إلى تخفيض إنبعاثات مُرْكَبَاتُ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ إلى أنى حد.

4.2.3. نظام احتراق بعدي خارجي موصل بمخمد ماء سريع

كانت هذه التقنية الأولى لضبط إنبعاثات مُرْكَبَاتُ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ المطبقة لصناعة الفولاذ باستخدام فرن القوس الكهربائية. طورت أصلا أنظمة احتراق بعدي خارجية لحرق أول أكسيد الكربون و الهيدروجين في الغازات المنطلقة من حجرة احتراق المكسية بالمادة المقاومة عادة بوقود عادة بوقود إضافي. و بالتالي، طبقت العديد من محطات تصنيع الفولاذ باستخدام فرن القوس الكهربائية في أوروبا تكنولوجيا الاحتراق البعدي الخارجي لإزالة الكلور من إنبعاثات مُرْكَبَاتُ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ بالمحافظة على درجة حرارة الاحتراق البعدي فوق 800 درجة مئوية. إن هذه التقنية لضبط الإنبعاثات غير قادرة على تحقيق المعيار الكندي بشكل مستمر و قدره 100 بيكو غرام مكافئ سمي/م³ نظامي (0.1 نانو غرام مكافئ سمي/م³ نظامي). و يُمكن أن لا يكون عمليا لبعض المحطات لتكوين احتراق بعدي خارجي و تحسينات لأنظمة تكييف الغاز بسبب اعتبارات خاصة بالموقع. من أجل بعض الأفران، الاحتراق البعدي الداخلي ضمن الفرن يُمكن أن يكون أكثر كفاءة في المساعدة بمنع إنبعاثات الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ.

4.2.4. حقن المواد الماصة

طورت هذه التقنية أصلا لضبط إنبعاثات مُرْكَبَاتُ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ من محارق النفايات. تُستخدَم تكنولوجيا حقن فحم الحجري بحجوم محددة (الفحم الفعال هو مادة ماصة مشابهة) في عدد من محطات تصنيع الفولاذ الأوروبية التي تعتمد على أفران القوس الكهربائية و ذلك لتساعد تكنولوجيا حجرة الأكياس الليلية في تحقيق تراكيز إنبعاثات مُرْكَبَاتُ الدِّيُوكْسِينَاتِ منخفضة بشكل ثابت. تقلل هذه التقنية أيضا إنبعاثات الزئبق. أشارت نتائج اختبار الإنبعاثات من محطات تصنيع الفولاذ التي تعمل على فرن القوس الكهربائية في أوروبا بأن هذه التقنية بالاتحاد مع مرشحات كيسيية ليلية عالية الكفاءة تحقق تراكيز إنبعاثات ثابتة من مُرْكَبَاتُ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ أقل من 0.1 نانو غرام مكافئ سمي/م³ نظامي⁴. على أية حال، يُمكن أن تكون تقنيات أخرى أيضا فعالة في خفض الإنبعاثات إلى هذه السويات.

يحقق الفحم اللغنيبي بحجوم محددة في أعلى مجرى الغازات المنطلقة من حجرة المرشحات الكيسية. يمتص الفحم (أو الكربون الفعال) مُرْكَبَاتُ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ في الغازات المنطلقة. إن المزج الجيد للفحم مع الغازات المنطلقة و الحجم المناسب للفحم (إلى حجم دقائق مشابهه للدقائق الموجودة في مجرى الغاز) أمر ضروري من أجل إزالة مثلي لمركبات الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ.

لا تطلق عملية إنتاج الفحم اللغنيبي و الفحم الفعال مُرْكَبَاتُ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ المأسورة في درجات الحرارة الطبيعية لمخزن المنتج و المطامر و هي مقاومة للغسل. إن استخدام الفحم اللغنيبي كمادة ماصة يزيد من حجم الغبار في المرشحات الكيسية بحوالي 2%.

يجب أن تؤخذ في الاعتبار أنظمة حقن الفحم الفعال أو الفحم اللغنيبي ذي الحجم المحدد من أجل الاستخدام في محطات الفولاذ لخفض إنبعاثات مُرْكَبَاتُ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ. يُمكن أن تؤثر اعتبارات خاصة بالموقع مثل عدم وجود المكان المتوفر و ترتيب أنظمة ضبط الإنبعاثات الحالية و أثر التكاليف، في ملائمة استخدام هذه التقنية.

4.3. الإجراءات الوقائية الأولية و الثانوية من أجل النفايات الصلبة و مياه الصرف

تطبق الإجراءات في هذه الفقرة عموما من أجل فرن القوس الكهربائية و أفران التحريض الكهربائي و أفران cupola. فيما يخص النفايات الصلبة، يجب إعادة تدوير خبث الفرن الكهربائي و غبار المُرْسَحِ من أي فرن إلى أكبر حد ممكن. يُمكن معالجة غبار المُرْسَحِ من إنتاج الفولاذ عالي الخليطة، عندما يكون ذلك ممكنا، لاسترداد المعادن الثمينة. يجب التخلص من النفايات الصلبة الزائدة بطريقة سليمة بيئيا.

⁴ 1 نانو غرام = 10⁻⁹ كيلوغرام (1 × 10⁻⁹ - 9 غرام). م³ نظامي = متر مكعب نظامي من حجم الغاز الجاف المقاس عند درجة صفر مئوية و ضغط 101.3 كيلوباسكال. لمزيد من المعلومات عن اختبارات السمية أنظر إلى القسم I.C الجزء الفرعي 3 من التوجيه الحالي. الشروط التشغيلية لتتركيز الأوكسجين في غازات العادم هي تستخدم فقط للمصادر التعدينية.

علقت شركة Ovaco بأن طمر غبار فرن القوس الكهربائي لم يعد مسموحاً به في معظم البلدان الصناعية. إن الطريقة العيارية هي استرداد المعادن الثمينة في عملية معالجة منفصلة أو عمليات خارج أعمال الفولاذ. إذا استخدمت خردة الفولاذ كماد خام فإن الكروم والنيكل والتوتياء والرصاص يستردوا، و إلا (من أجل الجزء الرئيسي من الغبار) يفصل الرصاص والتوتياء فقط. إن محتوى الدِّيوكسينات المقاسة في غبار Ovaco هو حوالي 1,300 بيكو غرام مكافئ سمي/غرام ويمثل 96% من الكمية الكلية المصنعة بعمليتها. وبالتالي يُمكن أن يكون غبار فرن القوس الكهربائي خزان هام لمركبات الدِّيوكسينات والفيورانات و يجب أن تعالج بشكل ملائم كنافية من ناحية الملوثات والتخلص.

من ناحية مياه الصرف، تمنع أنظمة تبريد بالماء مغلقة الدارة من أجل مكونات الفرن الكهربائي من توليد مياه الصرف أو تؤكد بأن الماء يعاد تدويرها لأكثر حد ممكن لتقليل إلى حد أدنى حجم النفايات من أجل المعالجة.

يُمكن أن تُستخدَم أنظمة ضبط انبعاث شبه جافة في نفس المحطات. في حين يُمكن أن يكون الاستبدال بجوامع غبار جافة خيار مرغوب به و يُمكن أن تصمم أنظمة شبه جافة لمنع توليد مياه الصرف.

يُمكن أن تنشأ مياه الصرف في منشآت تستخدم أنظمة غسيل. و الطريقة المرغوب بها هي استبدال الأنظمة الحالية بجوامع غبار جافة. إذا لم تكون عملية استبدال الأنظمة الحالية عملياً، تحتاج مياه الصرف إلى معالجة. على أية حال، لا توجد معايير من أجل معالجة جودة مياه الصرف فيما يخص مستويات طرح مُركبات الدِّيوكسينات والفيورانات أو المعاملات الأخرى.

5. خلاصة الإجراءات الوقائية

يبين الجدولان 13 و 14 خلاصة الإجراءات التي جرى مناقشتها في الفقرات السابقة.

الجدول 13. الإجراءات الوقائية من أجل أفران القوس الكهربائي الجديدة

الإجراء	الوصف	الاعتبارات	الملاحظات الأخرى
تصميم العملية	يجب إعطاء أولوية الاعتبارات إلى تصاميم العملية المبرهنة الأخيرة اعتماداً على العملية و أداء انبعاثات	كمثال تصميم الاحتراق البعدي الداخلي من أجل فرن قوس كهربائي جديد	
متطلبات الأداء	إن فرن القوس الكهربائي يكون مطلباً من قبل الجهة القانونية لتحقيق أداء صارم و مستويات إعلام	يجب أن تعطى الاعتبارات إلى الإجراءات الأولية و الثانوية المدرجة في الجدول 14 و على وجه الخصوص حجم ملاتم لأنظمة التهوية و استخدام و صيانة ملائمة لمُرشحات نسيجية عالية الكفاءة	حدود الانبعاثات المحققة و المتوقعة هي أقل من 0.1 نانوغرام مكافئ سمي/م ³ نظامي من أجل مُركبات الدِّيوكسينات و الفيورانات

الجدول 14. الإجراءات الوقائية من أجل أفران القوس الكهربائي الحالية و الجديدة

الإجراء	الوصف	الاعتبارات	الملاحظات الأخرى
ممارسات التشغيل العامة	كجزء متكامل للمنشأة ، يجب أن يشمل برنامج منع التلوث أفضل الممارسات البيئية و التشغيلية و الصيانة من أجل كافة العمليات و مظاهر عملية تصنيع الفولاذ باستخدام فرن القوس الكهربائي	عموماً قابل للتطبيق، جزء من المفهوم المتكامل من أجل منع التلوث	
جودة المواد الخام	يجب إجراء مراجعة لمواد التغذية و تحديد المدخلات البديلة و /أو الإجراءات لتقليل المخلات غير المرغوب بها. يجب تطوير و تطبيق إجراءات موثقة لتنفيذ التغييرات المطلوبة	عموماً قابل للتطبيق، تشمل الإجراءات التغييرات في خصائص المواد و برامج ضبط جودة محسن و تغييرات في أنواع المواد الخام (مثل ضبط استخدام الخردة الزيتية) و برامج لمنع دخول الملوثات	

الإجراء	الوصف	الاعتبارات	الملاحظات الأخرى
تشغيل فرن القوس الكهربائية	تقليل فترة فتح السقف من أجل التغذية وتقليل تسريبات الهواء في الفرن و منع أو تقليل إلى حد أدنى التأخيرات التشغيلية	من الفوائد غير المباشرة لتقليل مُركبات الدّيوكسينات و الفيورانات	تخفيض الملوثات الأخرى بما في ذلك المركبات العضوية المهلجنة و أول أكسيد الكربون و الهيدروكربونات و الغازات الدفيئة
تكيف الغازات المنطلقة	يجب أن تمنع أو تقلل إلى أدنى حد تصميم و تركيب نظام تكيف الغاز ملائم اعتماداً على مُعاملات نظام مثلي من تشكّل مُركبات الدّيوكسينات و الفيورانات في نظام تكيف الغاز. تطوير و تطبيق إجراءات تشغيل و صيانة موثقة للمساعدة في أمثلة تشغيل نظام تكيف الغاز	جري ربط النقصان في اصطناع de novo في نظام تكيف الغاز بالتبريد السريع للغازات المنطلقة من الفرن إلى أقل من المجال 200-225 درجة مئوية	
مراقبة المعاملات المستمرة	يجب تطبيق نظام مراقبة المعامل بشكل مستمر للتأكد من التشغيل الأمثل مثل: Opacity Monitors (COMs) or Bag Leak Detection (BLD) systems يجب أن يحضر المشغلون خطة مراقبة خاصة بالموقع من أجل نظام مراقبة للمعامل مستمرة و يحتفظ بالسجلات التي توثق المطابقة مع الخطة	يجب وضع الارتباطات بين قيم المعامل و إنبعاثات المدخنة (تشغيل مستقر). و من ثم مراقبة المعاملات باستمرار بالمقارنة مع القيم المثلى	يُمكن أن يزود النظام بإنذار و تؤخذ الإجراءات التصحيحية عندما تحدث انحرافات معنوية
يُمكن أن تقلل الإجراءات الثانوية التالية بشكل فعال إنبعاثات مُركبات الدّيوكسينات و الفيورانات و يجب أن تُعتبر كأمثلة لأفضل التقنيات المتاحة			
جمع الغازات المنطلقة	يجب زيادة كفاءة جمع الغبار من الإنبعاثات الأولية و الثانوية من فرن القوس الكهربائية بتوحيد نظام الهود مع الغازات المنطلقة أو الحفرة مع نظام الهود أو إخلاء هواء البناء	يجب أن يكون نظام التهوية في EAF محل الصهر بحجم ملائم للتأكد من التقاط إنبعاثات العملية ضمن البناء و نقلها إلى نظام ضبط تلوث الهواء	99% كفاءة أو تحقيق جمع غبار أكثر
المرشحات الليلية	يحقّق المرشّح النسيجي المصمم بشكل جيد إنبعاثات غبار منخفضة. يجب تطوير إجراءات من أجل التشغيل و الصيانة لجامع غبار من مرشح ليفي لأمثلة و تحسين أداء الجمع بما في ذلك أمثلة دورات تنظيف الكيس النسيجي و مواد الكيس النسيجي المحسنة و ممارسات صيانة وقائية. يجب توفير نظام مراقبة درجات حرارة مستمر و نظام إنذار لمراقبة درجة حرارة دخل الغازات المنطلقة إلى جهاز ضبط الإنبعاث. يجب توفير جهاز ضبط التسريب مع إجراءات تشغيل موثقة و إجراءات صيانة من أجل الاستجابة إلى إنذارات نظام المراقبة	يوجد علاقة بين إنبعاثات مُركبات الدّيوكسينات و الفيورانات و إنبعاثات الغبار. عند درجات حرارة مختلفة للغازات المنطلقة، ستمتص و تمتز مُركبات الدّيوكسينات و الفيورانات على الغبار الملتقط في المرشّح النسيجي. إن المرشحات الليلية الكيسية الحديثة ذات الحجم المحددة بشكل ملائم و مشغلة و مصنعة و مراقبة قادرة على إنبعاثات غبار أقل من 5 ملغ /م ³ نظامي	الاحتفاظ بالغازات المنطلقة في حجرة المرشحات الكيسية في درجة حرارة أقل من 60 مئوية سنقلل من تبخر مُركبات الدّيوكسينات و الفيورانات و تزيد من التقاط مُركبات الدّيوكسينات و الفيورانات المرافقة للغبار. يجب معالجة الغبار المجموع بشكل مناسب آخذين في الاعتبار الملوثات الموجودة في الغبار. احتواء مناطق مرشحات جمع الغبار و نقاط النقل يقلل من الغبار الهارب. إن استخدام أنظمة تهوية مصممة بشكل ملائم سيؤدي إلى خفض تعرض العمال إلى الملوثات المهنية

الإجراء	الوصف	الاعتبارات	الملاحظات الأخرى
احتراق بعدي للغازات المنطلقة	يُمكن خفض تشكُّل مُركَّبات الدِّيوكسينات و الفَيُورانات بالاحتراق البعدي ضمن نظام مجرى الغازات المنطلقة أو في حجرة احتراق بعدي منفصلة. الدلالات هي أن الاحتراق البعدي الداخلي يُمكن أن تكون خياراً أكثر طلباً من الاحتراق البعدي الخارجي من أجل منع تشكُّل مُركَّبات الدِّيوكسينات و الفَيُورانات.		تخضع مُركَّبات الدِّيوكسينات و الفَيُورانات التي تشكلت في العملية تفاعلات إزالة الكلور عندما تحرق الغازات المنطلقة بحراقات أكسجين إضافية. إن هذه التقنية بإخماد سريع بالماء استخدمت في وقت مبكر كتقنية لضبط انبعاث مُركَّبات الدِّيوكسينات و الفَيُورانات و مطبقة لصناعة الفولاذ باستخدام فرن القوس الكهربائي
حقن المواد الماصة	حقن الكربون الفعال أو مادة ماصة شبيهة في نهاية مجرى الغازات المنطلقة من مُرشحات نسيجية عالية الكفاءة في أفران القوس الكهربائي في محطات صناعة الفولاذ الأوروبية حقق مستويات انبعاث منخفضة ثابتة من مُركَّبات الدِّيوكسينات و الفَيُورانات وفقاً لبيانات من مشاريع إيضاحية		
تقليل إنتاج النفايات الصلبة إلى أدنى حد	يجب إعادة خبث فرن القوس الكهربائي و غبار المُرشح إلى أبعد ما يُمكن. يجب معالجة، إذا كان ذلك ممكناً، غبار المُرشح من إنتاج خلانط الفولاذ العالية لاسترداد المعادن الثمينة. يجب تطوير و تطبيق أفضل ممارسات الإدارة من أجل نقل و التعامل مع الغبار الناتجة عن النفايات الصلبة. يجب التخلص من النفايات الصلبة بطريقة آمنة بيئياً		
تقليل مياه الصرف إلى أدنى حد	تفقد أنظمة تبريد دارة الماء المغلقة من أجل مكونات فرن القوس الكهربائي في التخلص من إنتاج مياه الصرف. إعادة تدوير مياه الصرف ما أمكن. يجب معالجة مياه الصرف المتبقي. يُمكن تصميم أنظمة ضبط تلوث الهواء شبه الجافة للوصول إلى منصرفات معدومة من مياه الصرف الزائدة. يجب معالجة مياه الصرف من أنظمة تنظيف الغاز الرطبة قبل طرحها في البيئة.	تكون هذه الإجراءات مرافقة بشكل رئيسي مع ممارسات منع و ضبط التلوث العام أكثر من كونها مطبقة بشكل خاص أو فقط من أجل غاية مُركَّبات الدِّيوكسينات و الفَيُورانات	لا توجد أية معايير على حدود مُركَّبات الدِّيوكسينات و الفَيُورانات من أجل مياه الصرف المعالجة و المطروحة كمنصرف نهائي من أنظمة تنظيف الغازات المنطلقة الرطبة

6. مستويات الأداء المرافقة لأفضل التقانات المتاحة

تبلغ مستويات الأداء المرافقة لأفضل التقنيات المتاحة من أجل انبعاثات الهواء لمركبات الدِّيوكسينات و الفَيُورانات من محطات تصنيع الفولاذ الثانوية و مسابك الحديد و الفولاذ أقل من 0.1 نانو غرام مكافئ سمي/م³ نظامي (عند تراكيز أكسجين تشغيلية).

المراجع

EPA (United States Environmental Protection Agency). 2002. *Development Document for Final*

Effluent Limitations Guidelines and Standards for the Iron and Steel Manufacturing Point Source Category. EPA, Washington, D.C. epa.gov/waterscience/ironsteel/pdf/tdd/complete.pdf.

EPRI (Electric Power Research Institute). 1997. *Understanding Electric Arc Furnace Operations*. EPRI, Centre for Materials Production, Palo Alto, California.

European Commission. 2000. *Reference Document on Best Available Techniques for the Production of Iron and Steel*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. eippcb.jrc.es.

European Commission. 2001. *Reference Document on Best Available Techniques in the Non-Ferrous Metals Industries*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. eippcb.jrc.es.

Finlay, P.G., and Peng, H. 2006, Environment Canada, "Steelmaking electric arc furnace facility- Upgrade of pollution prevention and control systems: Case Study" prepared for UNEP Expert Group on BAT/BEP for UPOPs, Draft unpublished presentation made in Geneva, Switzerland, 21 November, 2006

Finlay, P. G., and Smith. K. 2006, Environment Canada, "Implementation of best available techniques and best environmental practices in Canada's National Action Plan for unintentional Persistent Organic Pollutants", Draft unpublished presentation made in Kyoto, Japan, 29 September 2006.

Fruehan R.J. (ed.) 1998. *The Making, Shaping and Treating of Steel* 11th Edition: *Steelmaking and Refining* Vol. AISE Steel Foundation, Pittsburgh, PA.

Government of Japan. 2006. *Report on the PCDD/PCDF/CO-PCB Reduction Measures for the Steel Manufacturing Electric Arc Furnaces in Japan, and the Consequent Effects*.

Quass U., Fermann M. and Bröker G. 2000. *The European Dioxin Emission Inventory Stage II* Vol. 2: *Desktop Studies and Case Studies*. Report prepared by North Rhine Westphalia State Environment Agency on behalf of European Commission, Directorate General for Environment. europa.eu.int/comm/environment/dioxin/pdf/stage2/volume_2.pdf.

UNEP (United Nations Environment Programme). 2003. *Formation of PCCD/PCDF: An Overview*. Draft. UNEP/POPS/EGB.1/INF/5. UNEP Chemicals, Geneva. www.pops.int/documents/meetings/.

UNEP (United Nations Environment Programme). 2005. *Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases*. UNEP, Geneva. www.pops.int/documents/guidance/Toolkit_2005.pdf.

Weiss D. and Karcher A. 1996. *Evaluation and Reduction of Dioxin and Furan Emissions from Thermal Processes: Investigation of the Effect of Electric Arc Furnace Charge Materials and Emission Control Technologies on the Formation of Dioxin and Furan Emissions*. Prepared for BSW.

William Lemmon and Associates Ltd. 2004. *Research on Technical Pollution Prevention Options for Steel Manufacturing Electric Arc Furnaces*. Final Report. Prepared for the Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME), Contract No. 283-2003. www.ccme.ca/assets/pdf/df_eaf_p2_ctxt_p2_strtgy_e.pdf.

(v) الصهر الأولي للمعادن الأساسية

خلاصة

تشمل عملية صهر المعادن الأساسية الأولية استخلاص و تنقية النيكل و الرصاص و النحاس و الزنك و الكوبالت. عموماً، تعالج منشآت صهر المعادن الأساسية الأولية ركازات المعدن الخام. يتوفر في معظم المصاهر الأولية القدرة التقنية على إضافة التغذية الأولية مع المواد الثانوية (مثلاً القابلة للتدوير).

يُمكن أن تشمل تقنيات الإنتاج عمليات التعدين بدرجات حرارة مرتفعة أو التعدين المائي. يعتقد بأن الكيماويات المدرجة في المرفق "جيم" من اتفاقية استوكهولم تتشكل من خلال عمليات التعدين الحرارية في درجات حرارة مرتفعة و بالتالي لم يجري اعتبار عمليات التعدين المائي في هذا الجزء حول أفضل التقنيات المتاحة من أجل صهر المعادن الأساسية الأولية.

تقترح المعلومات حول إنبعاثات مُركباتُ الدِّيوكسيناتُ و الفُيورانَاتُ من قطاعات المصدر المختلفة (مثل المحارق و أفران القوس الكهربائية للفولاذ و محطات تلييد الحديد) بأن تكنولوجيات العملية و التقنيات و تكييف الغازات المنطلقة المرافقة يُمكن أن تؤثر في تشكُّل و بالتالي إطلاق مُركباتُ الدِّيوكسيناتُ و الفُيورانَاتُ. تعطي الاعتبارات لعملية التعدين المائي حيث تكون ملائمة تقنيا و اقتصاديا كبدائل لعملية التعدين بدرجات حرارة مرتفعة عندما تدرس مقترحات من أجل إنشاء و بدء تشغيل منشآت أو عمليات لصهر المعادن الأساسية الجديدة.

تشمل الإجراءات الأولية استخدام عمليات التعدين المائي و ضبط جودة مواد التغذية و الخردة لتقليل التلوث الذي يؤدي إلى تشكُّل مُركباتُ الدِّيوكسيناتُ و الفُيورانَاتُ و ضبط عملية فعال لتجنب الشروط التي تؤدي إلى تشكُّل مُركباتُ الدِّيوكسيناتُ و الفُيورانَاتُ و استخدام تكنولوجيا صهر الومضة. تشمل الإجراءات الثانوية المعرفة لتنظيف الغازات بكفاءة عالية و تحويل ثاني أكسيد الكبريت إلى حمض الكبريت و جمع فعال للغاز و الأبخرة و إزالة عالية الكفاءة للغبار.

تبلغ مستويات الأداء لمركبات الدِّيوكسيناتُ و الفُيورانَاتُ في إنبعاثات الهواء المرافقة لأفضل التقنيات المتاحة من أجل مصاهر المعادن أقل من 0.1 نانو غرام مكافئ سمي/م³ نظامي (عند تراكيز أكسجين تشغيلية).

1. وصف العملية

تبدأ العمليات التنقية الداخلة في استخلاص و تنقية المعادن الأساسية (نيكل، رصاص، نحاس، توتياء، كوبالت) عموماً كما هو واضح في الشكل 8. يُمكن تصنيف تكنولوجيات استرداد المعدن الأساسي و المستخدمة في إنتاج المعادن النقية كما يلي:

1. تكنولوجيات التعدين الحرارية التي تستخدم الحرارة لفصل المعادن المطلوبة من المواد غير المرغوب بها. تستغل هذه العمليات الاختلافات بين كمون الأكسدة للعنصر و نقطة الصهر و ضغط البخار و الكثافة و القابلية للمزج عندما يصهر.

2. تكنولوجيات التعدين المائي و هي تستخدم الاختلافات بين انحلالية العنصر و خصائص الكهروكيميائية بينما هو في المحاليل الحمضية لفصل المعادن المطلوبة عن المواد غير المرغوب بها.

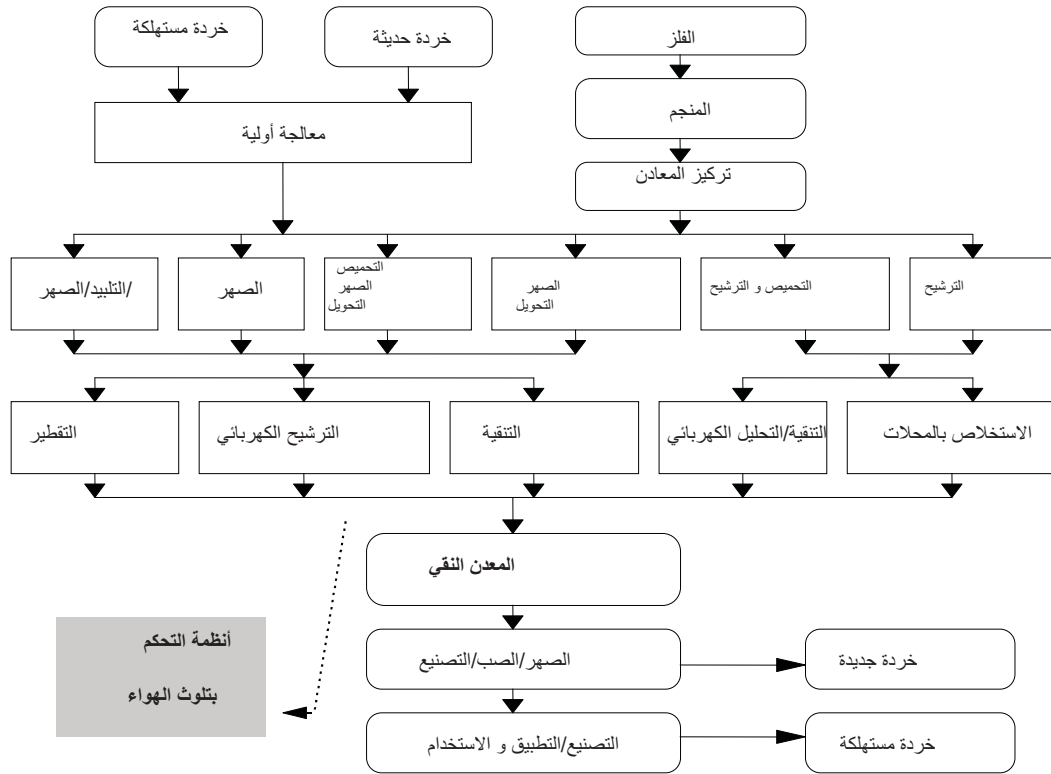
3. تكنولوجيا تعدين الأبخرة تطبق على عملية Inco carbonyl الذي بواسطتها تعالج خلائط النيكل بغاز أول أكسيد الكربون ليشكا كربونيل النيكل.

عموماً، تعالج منشآت صهر المعادن الأساسية الأولية ركازات الخام. لدى مُعظم المصاهر الأولية القدرة التقنية لإضافة التغذية المركزة مع المواد الثانوية (مثلاً المواد القابلة للتدوير).

يبين الشكل 8 مخطط عام لعمليات الإنتاج الرئيسية المرافقة مع الصهر و التنقية الأولي.

يعتقد بأن الكيماويات المدرجة في المرفق "جيم" من اتفاقية استوكهولم تنشأ من خلال عمليات التعدين الحرارية بدرجات حرارة مرتفعة، و بالتالي لم تدرس عمليات التعدين المائي في هذه الفقرة على أفضل التقنيات المتاحة من أجل صهر المعادن الأساسية الأولية.

الشكل 8. مخطط عام لصهر المعادن الأساسية



تُستخدَمُ أحياناً فعاليات استرداد الصناعات المهرة (Artisanal) و المؤسسات الصغيرة في البلدان النامية و البلدان في مرحلة التحول. يُمكن أن تكون عمليات Artisanal هذه مصادر هامة للتلوث و ذات آثار صحية غير ملائمة. تتضمن المعادن المعروفة بأنها تنتج من خلال أنشطة استرداد المعدن في Artisanal و المؤسسات الصغيرة ، الألمنيوم و الأنتموان و النحاس و الذهب و الحديد و الرصاص و المنغنيز و الزنك و القصدير و التنغستن و الفضة و التوتياء. لا تحتوي غالبا هذه العمليات أية تحكيمات للتلوث و يُمكن أن تكون مصادر للكيمياويات المدرجة في المرفق "جيم".

على الرغم من أن أنشطة استرداد المعدن artisanal لا تُعتبر أفضل التقنيات المتاحة أو أفضل الممارسات البيئية، فإنه ينصح كحد أدنى، أن تكون التهوية و عملية التعامل مع المواد ملائمة من أجل تقليل تعرض الإنسان للملوثات إلى أدنى حد من هذه الأنشطة.

2. مصادر الكيمائيات في الملحق من المرفق "جيم" من اتفاقية استوكهولم

يُمكن أن تكون مصاهر المعادن الأساس الأولية مصادر للكيمياويات المدرجة في المرفق "جيم". إن تشكّل و إطلاق مثل هذه الكيمائيات من المصاهر الأولية ليست مفهومة كثيرا و لقد وُجِدَ بأنّ إنبعاثات مُركّبات الديوكسينات و الفئورانات يُمكن أن تتراوح بين العمليات باستخدام عمليات مشابهة.

2.1. الإطلاقات إلى الهواء

2.1.1. معلومات عامة عن الإنبعاثات من صهر المعادن الأساسية

" إن المسائل البيئية الرئيسية من أجل إنتاج مُعظم المعادن غير الحديدية من المواد الأولية الخام الأولية هي الإنبعاثات المحتملة إلى الهواء من غبار و مُركّبات المعدن/المعادن و ثاني أكسيد الكبريت إذا أُجريت عملية التحميص أو صهر ركازات الكبريت أو باستخدام وقود يحتوي على الكبريت أو مواد أخرى. و لهذا يُعتبر التقاط الكبريت و تحويله أو إزالته

2.1.2. انبعاثات مُرَكَّبَاتِ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ

" يوجد معلومات منشورة محدودة على آليات تشكُّلِ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ من أجل قطاع صهر المعادن الأساس و التي معظمها يعتمد على التجربة الأوروبية من أجل مصاهر المعادن الأساس الثانوية. يوجد بعض التصريحات العامة بأن مُرَكَّبَاتِ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ يُمكن ان توجد في بعض المواد الخام من أجل صهر المعادن الأساس الثانوية و أن كل من الزيوت و المواد العضوية موجودة في العديد من المواد الخام. يُمكن أن ينتج وجود الزيوت و المواد العضوية في الخردة أو مصادر الكربون الأخرى (الوقود المحترق جزئياً و المرجعات مثل الفحم) دقائق من الكربون الناعم أو أسلافه الغازية التي تتفاعل مع الكلوريدات اللاعضوية أو العضوية في مجال درجات الحرارة 250-500 درجة مئوية لتنتج الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ. تسمى هذه العملية باصطناع de novo و هو يعتمد على المحفزات مثل النحاس و الحديد. و على الرغم من أن الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ تتحطم في درجات حرارة مرتفعة (فوق 850 درجة مئوية) بوجود الأكسجين، فإن عملية de novo ما زالت ممكنة إذا بردت الغازات" (Charles E. Napier Co. Ltd 2002).

تقترح المعلومات المتوفرة حول مُرَكَّبَاتِ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ من قطاعات مصدر مختلفة (مثلأ المحارق و أفران القوس الكهربائية و محطات تليد الحديد) بأن تكنولوجيات العملية و التقنيات و تكييف الغازات المنطلقة المرافقة، يُمكن أن تؤثر في تشكُّل و بالتالي إطلاق مُرَكَّبَاتِ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ.

أجرت منشآت صهر و تنقية المعادن الأساس الكندية اختبار انبعاثات من أجل مُرَكَّبَاتِ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ و أظهرت النتائج من عملهم مستويات تركيز تغيرت مع نوع نظام تكييف الغازات المنطلقة. تتغير أنظمة تكييف الغازات المنطلقة من تنظيف مرتفع الثمن (مثلأ إزالة الغبار عالي الكفاءة) و التحويل إلى حمض الكبريت و إزالة الغبار بواسطة المرشحات الليفية و إزالة الغبار بواسطة مرسبات الكهرباء الساكنة. تُنتج هذه المنشآت النيكل و النحاس و الرصاص و التوتياء و معادن ثانوية. شاركت 11 منشأة في برنامج الاختبار الكندي منفذة حوالي 20 اختبار انبعاث على 16 مصدرا مختلفا. لا يوجد أي منشآت متشابهتين في جمع و ترتيب العمليات الإنتاجية و أنظمة تكييف الغازات المنطلقة، تعقيدا إضافيا أي تحليل ممكن. عموما، تُعْتَبَرُ المشاهدات المدرجة أدناه عامة بطبيعتها.

عندما تنظف الغازات المنطلقة (مثلأ إزالة الغبار و الغسل) و تعالج من خلال محطة حمض من أجل تحويل الغازات المنطلقة الغنية بالكبريت إلى حمض الكبريت، أظهرت اختبارات انبعاث تراكيث أقل من 5 بيكوغرام (0.005 نانوغرام) مكافئ سمي/م³ .⁵

عندما أزيل الغبار من الغازات المنطلقة بواسطة المرشحات الكيسية، تراوحت مستويات التركيز نموذجيا من بضع بيكو غرامات مكافئ سمي/م³ إلى أقل من 30 بيكو غرام مكافئ سمي/م³.

عندما أزيل الغبار من الغازات المنطلقة بواسطة مرسب كهرباء ساكنة، تراوحت مستويات التركيز من حوالي 30 بيكو غرام مكافئ سمي/م³ إلى تقريبا 500 بيكو غرام مكافئ سمي/م³.

2.2. الإطلاقات إلى الأوساط الأخرى

لا توجد أية معلومات حول إطلاقات الكيمياويات المدرجة في المُرَقَّقُ "جيم" من مصاهر المعادن الأساس الأولية إلى الأوساط غير الهواء. على أية حال، إنها على الأرجح تكون موجودة في بعض المنصرفات السائلة من الغوازل الرطبة و في بعض بقايا الغوازل التي جمعت في أنظمة منع تلوث الهواء.

3. عمليات بديلة من أجل صهر المعادن الأساسية

بالمطابقة مع اتفاقية استوكهولم، عندما تعطى الاعتبارات لمقترحات من أجل بناء منشأة صهر معادن أساس جديدة، يجب أن تعطى اعتبارات أولوية للعمليات و التقنيات و الممارسات البديلة التي لها فائدة مشابهة و لكن تمنع تشكُّل و إطلاق العناصر المحددة.

⁵ 1 نانوغرام = 10⁻¹⁰ كيلوغرام (1 × 10⁻¹⁰ - 9 غرام). م3 نظامي = متر مكعب نظامي من حجم الغاز الجاف المقاس عند درجة صفر مئوية و ضغط 101.3 كيلوباسكال. لمزيد من المعلومات عن اختبارات السمية أنظر إلى القسم I.C الجزء الفرعي 3 من التوجيه الحالي. الشروط التشغيلية لتركيز الأوكسجين في غازات العادم هي تستخدم فقط للمصادر التعدينية.

كما مشار في الشكل 8، يوجد مجال واسع من العمليات المستخدمة في الإنتاج الأولي لصهر المعادن الأساس. ستعتمد العمليات المستخدمة في إنتاج المعادن الأساس الخام أو النقية من مصادر أولية على مدى واسع على الخام المتوفر أو الركازة المتوفرة (مثلاً خام اللاتريت laterite أو خام السلفيد sulphide) و الاعتبارات الأخرى (مثلاً خصائص المعادن المطلوبة و خصائص مواد التغذية و مصادر الطاقة و الوقود المتوفرة و اعتبارات اقتصادية و طاقة الإنتاج القصوى).

اعتبر تشكّل و إطلاق الكيماويات المدرجة في المرفق "جيم" نتيجة عمليات التعدين الحرارية بدرجات حرارة مرتفعة. و لهذا يجب أن تؤخذ في الاعتبار عمليات التعدين المائي (مثلاً الغسل و الربح الكهربائي electrowinning) عندما تكون عملية كطرائق بديلة للعمليات التعدين الحرارية (مثل التحميص و الصهر و التحويل و التنقية بالتسخين) عندما تدرس مقترحات من أجل بناء و بدء تشغيل منشآت أو عمليات صهر معادن الأساس الجديدة.

4. الإجراءات الوقائية الأولية و الثانوية

يوجد ندرة في المعلومات حول إطلاق الكيماويات المدرجة في المرفق "جيم" من عمليات صهر المعادن الأساس الأولية. لم يجري تحديد أية تقنية خاصة من أجل قطاع صهر المعادن الأساس الولية لمنع أو ضبط التشكل و الإطلاق غير المقصود لمركبات الديوكسينات و الفيورانات و الكيماويات الأخرى المدرجة في المرفق "جيم". تشكل الإجراءات التالية إجراءات عامة التي يُمكن أن تؤدي إلى إنبعاثات أقل من الملوثات في مصاهر المعادن الأساس الأولية بما في ذلك إطلاقات مركبات الديوكسينات و الفيورانات.

إن مجال خفض الإنبعاث بتطبيق الإجراءات الأولية ليس معروفاً حتى الآن. و بالتالي فإنه من المنصوح به إعطاء الاعتبارات لكلا الإجراءات الأولية و الثانوية.

4.1. الإجراءات الوقائية الأولية

تُعتبر الإجراءات الأولية كإجراءات منع تلوث التي تمنع أو تقلل إلى أدنى حد تشكّل و إطلاق العناصر المحددة. و خاصة مركبات الديوكسينات و الفيورانات و خماسي كلور بنزن و ثنائي فينول متعدد الكلور. يشار أحياناً لهذه الإجراءات بأمتثلة العملية أو إجراءات مدمجة في العملية. يعرف منع التلوث بأنه استخدام العمليات و الممارسات و المواد و المنتجات أو الطاقة التي تمنع أو تقلل إلى أدنى حد تشكّل الملوثات و النفايات و تخفض من الخطر الكلي على صحة الإنسان و البيئة " (أنظر الجزء III.B من الإرشادات الحالية).

تشمل الإجراءات الأولية التي تساعد في خفض تشكّل و إطلاق الإنبعاثات الأولية:

4.1.1. استخدام عمليات التعدين المائي

إن استخدام عمليات التعدين المائي أكثر من عمليات التعدين الحراري عندما يكون ذلك ممكناً هي وسائل هامة لمنع الإنبعاثات. ستسهم محطات التحلل الكهربائي مغلقة الدارة في منع التلوث.

4.1.2. ضبط جودة (الخردة) مواد التغذية

يجب تجنب وجود الزيوت و البلاستيك و المركبات الكلورية في مواد التغذية الخردة لخفض تشكّل مركبات الديوكسينات و الفيورانات أثناء الاحتراق غير النام أو من خلال اصطناع de novo. يجب تصنيف مواد التغذية وفقاً لتركيبه و الملوثات المحتملة. الاختيار و الفرز لمنع إضافة المواد التي تكون ملوثة بالمواد العضوية أو أسلافها، يُمكن أن تقلل احتمال تشكّل مركبات الديوكسينات و الفيورانات. تحدد تقنيات التخزين و المناولة و المعالجة الأولية بتوزع حجم مواد التغذية و التلوث.

الطرائق التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار هي (European Commission 2001, p. 232):

1. خلط كاف للمواد لتوفير مواد تغذية متجانسة لتحقيق شروط تشغيلية مستقرة.
2. إزالة الزيت من مواد التغذية (مثلاً عمليات إزالة الأغلفة حرارياً و إزالة الزيوت متبوعة بحرق بعدي لتحطيم أية مواد عضوية في الغازات المنطلقة).
3. استخدام تقنيات الطحن و السحق مزودة باستخلاص و إخماد جيد للغبار. يُمكن معالجة الدقائق الناتجة لاسترداد المعادن الثمينة أو فصلها هوائياً.
4. إزالة البلاستيك بنزع عوازل الكابلات (تقنيات cryogenic ليصبح البلاستيك سهل السحب و سهل الفصل).

4.1.3 ضبط فعال للعملية

يجب استخدام أنظمة ضبط عملية للمحافظة على استقرار العملية و التأكد من أن العملية تتم بمستويات بارامتر التي تسهم في خفض تشكّل مُرَكَّبَاتِ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ إلى أدنى حد مثل المحافظة على درجة حرارة الفرن فوق 850 درجة مئوية. يُمكن مراقبة إنبعاثات مُرَكَّبَاتِ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ باستمرار لضمان إطلاقات منخفضة. أثبت الاعتيان المستمر لإنبعاثات مُرَكَّبَاتِ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ (حرق النفايات) لبعض القطاعات و لكن مازالت البحوث قيد التطوير في هذا الحقل. غياب المراقبة المستمرة لمركبات الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ، يجب مراقبة و المحافظة على المتغيرات الأخرى مثل درجة الحرارة و زمن البقاء و مكونات الغاز و تحكيمات صمام جمع الأبخرة لتحقيق شروط التشغيل المثلى من أجل إنقاص مُرَكَّبَاتِ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ.

4.1.4 استخدام تكنولوجيا صهر الومضة

إن أفضل خيار أكثر فعالية لمنع التلوث هو اختيار عملية تستلزم استخدام أقل للطاقة و إنبعاثات أقل. عندما تُستخدَم تقنيات التعدين الحراري، يُعتَبَر استخدام تكنولوجيا الومضة أكثر من التكنولوجيات الأقدم هي وسائل هامة لإنقاص استخدام الطاقة و نقصان الإنبعاثات. سيؤدي صهر الومضة أيضا إلى تراكيز مرتفعة من ثاني أكسيد الكبريت في مجرى الغازات المنطلقة التي سوف تسمح بتثبيت فعال أو استرداد الكبريت قبل صرف الغازات المنطلقة عبر المدخنة.

4.1.5 رفع للحد الأعظمي محتوى SO₂ من أجل تثبيت الكبريت

يشمل إجراء عام تشغيل العمليات بطريقة تزيد إلى الحد الأعلى تركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت في الغازات المنطلقة (عندما تعالج خامات السلفيد أو الركازات). و بالتالي فإنه من الأهمية بمكان اختيار العملية التي تستخدم هواء غني بالأكسجين (أو أكسجين نقي) لرفع تركيز ثاني أكسيد الكبريت في مجرى غاز العملية و إنقاص الحجم الكلي للمجرى و بالتالي السماح بتثبيت فعال لغاز ثاني أكسيد الكبريت.

4.2 الإجراءات الوقائية الثانوية

يفهم أن الإجراءات الثانوية هي تكنولوجيات أو تقنيات ضبط التلوث، توصف أحيانا بالمعالجة في نهاية الأنبوب.

تشمل الإجراءات الثانوية التي تساعد على إنقاص تشكّل و إطلاق الملوثات:

باينا تبلغ مستويات أداء مُرَكَّبَاتِ

4.2.1 تنظيف الغاز بكفاءة عالية و تحويل SO₂ إلى حمض الكبريت

من أجل الغازات المنطلقة الغنية بغاز ثاني أكسيد الكبريت (أعلى من 5% نموذجيا) المتشكلة بالتعدين الحراري لخامات السلفيد أو الركازات، تنظيف أولي عالي الكفاءة للغازات المنطلقة متنوعة بتحويل غاز ثاني أكسيد الكبريت إلى حمض الكبريت تُعتَبَرُ معاً أفضل التقنيات المتوفرة لهذا النوع من المصدر. تبلغ تراكيز إنبعاث مُرَكَّبَاتِ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ لاتحاد هذه التقنيات أقل من 0.005 نانو غرام مكافئ سمي/م³.

من أجل التحويل إلى حمض الكبريت، يُعتَبَرُ التماس المزدوج و عملية الامتصاص المزدوجة أفضل التقنيات المتاحة. يجب أن لا تصدر محطة التماس المزدوج و عملية الامتصاص المزدوجة أكثر من 0.2 كغ من غاز ثاني أكسيد الكبريت لكل طن من حمض الكبريت المنتج (اعتمادا على كفاءة تحويل و قدرها 99.7%) (World Bank 1998).

تمرر الغازات الغنية بغاز ثاني أكسيد الكبريت من منشآت الصهر عبر جهاز تنظيف الغاز الذي يحوي بشكل نموذجي إزالة للغبار عالية الكفاءة قبل محطة حمض الكبريت.

يتميز جمع التقنيات بفوائد لضبط الغبار و إنبعاثات غاز ثاني أكسيد الكبريت بالإضافة إلى مُرَكَّبَاتِ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ.

يُمكن أن تسهم تقنيات أخرى من أجل تثبيت الكبريت، التي يُمكن أن تحتاج لإلى تنظيف أولي للغازات قبل التحويل أو الاسترداد، في خفض إلى الحد الأدنى من إنبعاثات مُرَكَّبَاتِ الدِّيُوكْسِينَاتِ و الفَيُورَانَاتِ (World Bank 1998). تشمل هذه التقنيات:

1. استرداد كثاني أكسيد الكبريت السائل (امتصاص الغازات المنطلقة التنظيفة و الجافة في الماء أو امتصاص كيميائي بواسطة ثنائي سلفيد الأمونيوم ammonium bisulphite أو ثنائي ميثيل الأنيلين dimethyl aniline)

2. استرداد على شكل كبريت عنصري باستخدام المرجعات مثل الهيدروكربونات و الكربون أو سلفيد الهيدروجين. نظامياً، يكون محتوى الكبريت في الغاز أعلى من المقبول عندما تُستخدَم هذه التقنية. تدعم أيضاً شروط الإرجاع تشكل الدِّيوكسينات. و بالتالي، بعد الاسترداد، يجب حرق الغاز بحراق بعدي و ينظف باستخدام تقنيات مثل الغواسل.

4.2.2 جمع الغاز و الأبخرة

يجب ضبط إنبعاثات الهواء في كافة المراحل بما في ذلك مناولة المواد و الصهر ز نقاط نقل المواد لضبط إنبعاث مُركّبات الدِّيوكسينات و الفَيُورانات. إن الأفران المغلقة ضرورية لاحتواء الإنبعاثات الهاربة في حين يسمح باسترداد الحرارة و جمع الغازات المنطلقة من أجل عملية إعادة التدوير. إن التصميم الملائم للهودات و تمديداتها ضروري لالتقاط الأبخرة. يُمكن أن يكون إغلاق الأفران أو المفاعلات ضرورياً. إذا لم يكن الاستخلاص الأولي و الإغلاق للأبخرة ممكناً، يجب إغلاق الفرن و بالتالي يُمكن استخلاص هواء التهوية و يعالج و من ثم يطرح خارجاً. يجب تجنب جمع الأبخرة من خلال خطوط السقف بسبب متطلبات الطاقة المرتفعة. يُمكن أن يُحسن استخدام تحكيمات ذكية للصمامات من التقاط الأبخرة و تخفيض حجوم المروحة و بالتالي التكاليف. يُمكن أن تسهم عربات التغذية المستخدمة في الفرن الارتدادي الإنبعاثات الهاربة إلى الهواء باحتواء الإنبعاثات أثناء التغذية (European Commission 2001, p. 187–188).

تناقص بشكل ثابت استخدام الأفران الارتدادية بسبب صعوبة التحكم بالإنبعاثات و التكاليف المرتفعة المتعلقة بها. من الصعب تصور أنه سيتم إنشاء أفران ارتدادية إضافية (Personal Communication, February 2006)

4.2.3 إزالة الغبار بكفاءة عالية

تنتج عملية الصهر حجوم كبيرة من المواد العالقة بسطح فعال كبير الذي تمتص عليها مُركّبات الدِّيوكسينات و الفَيُورانات. يجب إزالة هذا الغبار و مُركّبات المعادن لخفض إنبعاثات مُركّبات الدِّيوكسينات و الفَيُورانات. يجب تطبيق تقنيات إزالة غبار ذات كفاءة عالية جد، مثلاً مرشحات سيراميكية مرشحات الليفية عالية الكفاءة أو نظام سحب لتنظيف الغاز قبل محطة حمض الكبريت.

يجب أن تعطى الأولوية للمرشحات الليفية على الغواسل الرطبة و المرسبات الكهربية الساكنة الرطبة أو المرسبات الكهربية الساكنة الساخنة من أجل ضبط الغبار. يجب إعادة الغبار من معدات جمع الغبار إلى العملية. يجب معالجة الغبار المرتجع أو المجموع في أفران ذات درجات حرارة عالية لتحطيم مُركّبات الدِّيوكسينات و الفَيُورانات و استرداد المعادن، بتفضيل إعادة تدوير الغبار إلى عملية الصهر. يحتاج الغبار الملتقط والذي لا يعاد تدويره إلى التخلص منه في مطمر مأمون أو طريقة مقبولة أخرى.

يجب أن تُراقب عمليات المُرشح النسيجي باستمرار بواسطة أجهزة لكشف فشل الكيس.

5. البحوث المنبثقة

استخدم الإرجاع الانتقائي بالمحفزات من أجل التحكم بانبعاثات أكاسيد الأزوت (NO_x) من عدد من العمليات الصناعية. بينت تكنولوجيا الإرجاع الانتقائي بالمحفزات و المعدلة (زيادة المساحة الفعالة) و عمليات المحفز الانتقائي بأنها تفكك مُركّبات الدِّيوكسينات و الفَيُورانات المحتواة في الغازات المنطلقة ربما من خلال تفاعلات الأكسدة بوجود محفز. يُمكن اعتبار ذلك تقنية متطورة مع الإمكانية من أجل تخفيض بشكل فعال إنبعاثات الملوثات العضوية الثابتة من عمليات صهر المعدن الأساس و التطبيقات الأخرى. على أية حال، يُمكن للأكسدة التحفيزية، تبعاً لاختيار المحفز، معرصة للتسمم من المعادن النذرة و ملوثات الغازات العادمة الأخرى. من الضروري إثبات العمل قبل استخدام هذه العملية.

6. خلاصة الإجراءات الوقائية

يبين الجدولان 15 و 16 خلاصة الإجراءات التي جرى مناقشتها في الفقرات السابقة.

الجدول 15. الإجراءات الوقائية من أجل عمليات الأولوية الجديدة لصهر المعادن الأساسية

الإجراء	الوصف	الاعتبارات	الملاحظات الأخرى
عمليات بديلة	يجب إعطاء أولوية الاعتبارات إلى للعمليات البديلة ذات تأثيرات بيئية أقل من عمليات صهر المعادن الأساس بواسطة التعدين الحراري	إن عمليات التعدين المائي هي وسائل هامة لمنع الانبعاثات. و لقد جرى التعليق بأنه يجب اعتبار الغسل الجوي لتراكيز السلفيدات (ركازات الحديد إلى التوتياء) Finnish representative,) (2006). (. الحديد إلى ستسهم محطات التحلل الكهربائي مغلقة الدارة في منع التلوث	
متطلبات الأداء	يجب أن يسمح لعمليات صهر المعادن الأساس الأولية بتحقيق أداء شديد و مستويات إعلام مرافقة لأفضل التقنيات المتاحة	يجب أن تعطى الاعتبارات للإجراءات الأولية و الثانوية المدرجة في الجدول 16	يجب أن تأخذ في الاعتبار متطلبات الأداء من أجل انجاز مستويات انبعاث قابلة للانجاز لمركبات الديوكسينات و الفئورانات المحددة في الفقرة الفرعية 7 أدناه

الجدول 16. خلاصة الإجراءات الوقائية الأولية و الثانوية من أجل عمليات الأولوية الجديدة لصهر المعادن الأساسية

الإجراء	الوصف	الاعتبارات	الملاحظات الأخرى
استخدام عمليات التعدين المائي	استخدم عمليات التعدين المائي أكثر من عمليات التعدين الحراري عندما يكون ذلك ممكنا كوسائل هامة لمنع الانبعاثات. ستسهم محطات التحلل الكهربائي ذات الدورة المغلقة في منع التلوث	ستعتمد عمليات التعدين المائي في جزء كبير على الماد الخام و الركازة التي ستعالج (مثلا laterite أو sulphide). يُمكن أن يوفر جمع التعدين المائي و التعدين الحراري ميزة للمعادن مثل النيكل و النحاس من أجل صهر التوتياء Finnish representative, (2006)	

الإجراء	الوصف	الاعتبارات	الملاحظات الأخرى
ضبط جودة مواد التغذية (الخردة)	الاختيار و الفرز لمنع إضافة المواد التي تكون ملوثة بالمواد العضوية أو أسلافها يُمكن أن تنقص الاحتمالية من أجل تُشكّل مُركّبات الدّيوكسينات و الفّيورانات	الطرق التي يجب أن تُؤخذ في الاعتبار هي: خلط كاف للمواد لتوفير مواد تغذية متجانسة لتحقيق شروط تشغيلية مستقرة. إزالة الزيت من مواد التغذية (مثلاً عمليات إزالة الأغلفة حرارياً و إزالة الزيوت متبوعة بحرق بعدي لتحتطيم أية مواد عضوية في الغازات المنطلقة). استخدام تقنيات الطحن و السحق مزودة باستخلاص و إخماد جيد للغبار. يُمكن معالجة الدقائق الناتجة لاسترداد المعادن الثمينة أو فصلها هوائياً. إزالة البلاستيك بنزع عوازل الكابلات (تقنيات cryogenic) ليصبح البلاستيك سهل السحب و سهل الفصل). (Finnish representative, 2006)	
ضبط عملية فعال	يجب استخدام أنظمة ضبط للعملية للمحافظة على استقرار العملية و تشغيل في مستويات الباروميتر التي تسهم في تخفيض إلى الحد الأدنى تُشكّل مُركّبات الدّيوكسينات و الفّيورانات. بغياب المراقبة الدائمة لمركبات الدّيوكسينات و الفّيورانات، يجب المراقبة و المحافظة على المتغيرات الأخرى مثل درجة الحرارة و زمن البقاء و مكونات الغاز و تحكّات صمام جمع الأبخرة لتحقيق شروط التشغيل المثلى من أجل خفض تُشكّل مُركّبات الدّيوكسينات و الفّيورانات	كمثال، يجب أن يحافظ على درجة حرارة الفرن فوق 850 درجة مئوية لتحطيم مُركّبات الدّيوكسينات و الفّيورانات	
استخدام تكنولوجيا صهر الومضة	عندما تُستخدَم تقنيات التعدين الحراري، استخدم تكنولوجيا صهر الومضة أكثر من التكنولوجيات الأقدم (مثلاً، التحميص و أفران النفخة)، وسائل هامة لإنقاص استخدام الطاقة و إنقاص الإنبعاثات	سيؤدي أيضاً شهر الومضة في تراكيز مرتفعة من غاز ثاني أكسيد الكبريت في مجرى الغازات المنطلقة التي يُمكن أن تسمح في تثبيت أو استرداد غاز ثاني أكسيد الكبريت قبل طرح الغازات المنطلقة عبر المدخنة.	
زيادة محتوى SO ₂ إلى حد أعظمي من أجل تثبيت الكبريت	تشمل هذه الإجراءات العامة تشغيل العملية بطريقة تزيد إلى الحد الأعظمي تركيز ثاني أكسيد الكبريت في الغازات المنطلقة (حيث معالجة خام السلفيد أو الركازة) لتتمكن من استرداد أو تثبيت الكبريت. تعطى الأفضلية للعمليات التي تستخدم الهواء الغني بالأكسجين (أو أكسجين نقي) لرفع محتوى غاز ثاني أكسيد الكبريت في مجرى غاز العملية و إنقاص الحجم الكلي للمجرى.		
يُمكن أن تقلل الإجراءات الثانوية التالية بشكل فعال إنبعاثات مُركّبات الدّيوكسينات و الفّيورانات و يجب أن تُعتبر كأمثلة لأفضل التقنيات المتاحة			

الإجراء	الوصف	الاعتبارات	الملاحظات الأخرى
تنظيف عالي الكفاءة للغاز و تحول SO ₂ إلى حمض الكبريت	يجب توظيف غازات منطلقة غنية SO ₂ تنظيف أولي عالي الكفاءة متبوعه بتحويل SO ₂ إلى حمض الكبريت و هم معا يعتبروا أفضل التقنيات المتاحة	إن لهذا الجمع بين التقنيات فوائد مشتركة لضبط الغبار و إنبعاثات ثاني أكسيد الكبريت بالإضافة إلى مُرَكِّباتُ الدِّيوكسيناتُ و الفَيُوراناتُ	تراكيز إنبعاثات الدِّيوكسيناتُ و الفَيُوراناتُ مع استخدام تنظيف للغاز عالي الكفاءة و تحويل SO ₂ إلى حمض الكبريت أقل من 0.005 نانو غرام مكافئ سمي/م ³
جمع الغاز و الأبخرة	يجب ضبط إنبعاثات الهواء في كافة مراحل العملية بما في ذلك التعامل مع المواد و صهرها و نقاط نقل المواد لضبط إنبعاثات مُرَكِّباتُ الدِّيوكسيناتُ و الفَيُوراناتُ		
إزالة عالية الكفاءة للغبار	يجب إزالة الغبار و مُرَكِّباتُ المعادن لخفض إنبعاثات مُرَكِّباتُ الدِّيوكسيناتُ و الفَيُوراناتُ. يجب توظيف تقنيات إزالة ذات كفاءة عالية جداً مثل المرشحات السيراميك و مُرَشَّحاتُ نسجية عالية الكفاءة أو نظام سحب لتنظيف الغاز قبل محطة حمض الكبريت. يجب إعادة الغبار من معدات إزالة الغبار إلى العملية. يجب معالجة الغبار المرتجع و المجمع في أفران ذات درجات حرارة مرتفعة لتحطيم مُرَكِّباتُ الدِّيوكسيناتُ و الفَيُوراناتُ و استرداد المعدن. يجب مراقبة عمليات المُرَشِّحِ النسجي باستمرار بأجهزة لكشف أي فشل في الكيس.	يجب أن تعطى الأفضلية للمرشحات اللبيفية على الغوازل الرطبة و المرسبات الكهرباء الساكنة الرطبة من أجل ضبط الغبار. يحتاج الغبار الذي جمع و لم يعاد تدويره إلى التخلص منه في مطمر مأمون أو بطرق أخرى مقبولة.	

7. مستويات الأداء المرافقة لأفضل التقانات المتاحة

تبلغ مستويات أداء مُرَكِّباتُ الدِّيوكسيناتُ و الفَيُوراناتُ في إنبعاثات الهواء المرافقة لأفضل التقنيات المتاحة من أجل مصاهر المعادن الأساسية أقل من 0.1 نانو غرام مكافئ سمي/م³ نظامي (عند تراكيز أكسجين تشغيلية).

المراجع

Charles E. Napier Co. Ltd. 2002. *Generic Dioxin/Furan Emission Testing Protocol for the Base Metals Smelting Sector*. Prepared for Environment Canada.

European Commission. 2001. *Reference Document on Best Available Techniques in the Non-Ferrous Metals Industries*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. eippcb.jrc.es.

World Bank. 1998. *Pollution Prevention and Abatement Handbook 1998: Toward Cleaner Production*. Chapters on copper, nickel, lead and zinc smelting.

www-wds.worldbank.org/servlet/WDS_IBank_Servlet?pcont=details&eid=000094946_

المصادر الأخرى

Gunson A.J. and Jian Y. 2001. *Artisanal Mining in The People's Republic of China*. Mining, Minerals and Sustainable Development (MMSD), International Institute for Environment and Development (IIED), September 2001.

UNEP (United Nations Environment Programme). UNEP News Centre. www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?DocumentID=284&ArticleID=3204&l=en, as read on 20 January 2006.

Xinbin F., Guangle Q., Guanghui L., Ping L. and Shaofeng W. 2005. "Mercury Emissions from Artisanal Zinc and Mercury Smelting in Guizhou, PR China." Goldschmidt Conference Abstracts 2005: *The Geochemistry of Mercury* p. A705.

Xinbin F., Xianwu B., Guangle Q., Guanghui L. and Shunlin T. *Mercury Pollution in Guizhou, China: A Status Report*. pbc.eastwestcenter.org/abstracts2005/abstract2005fengxinbin.htm, as read on 29 December 2005.

القسم VI

توجيهات/المباديء التوجيهية تبعاً لتصنيف المصدر:
تصنيفات المصدر في الجزء الثالث من المرفق "جيم"

الجزء الثالث صنف المصدر (C):

مصادر الاحتراق السكنية

جدول المحتويات

i.....	قائمة الجداول
i.....	قائمة المربعات
1.....	VI.C مصادر الاحتراق السكني
1.....	مدخل:
2.....	1. إطلاق الكيماويات المُدرّجة في المُرفُوق "ج" من مصادر الاحتراق السكني
2.....	1.1 الانبعاثات الناجمة عن احتراق الوقود الأحفوري والكتلة الحيوية
4.....	1.2 الانبعاثات من احتراق مزيج الوقود الملوث
5.....	2. أفضل التقنيات المتاحة
6.....	2.1 الوقود و التجهيزات: مبادئ عامة
6.....	2.2 أجهزة الطهو و التدفئة:
7.....	3. أفضل الممارسات البيئية
7.....	3.1 أجهزة الاحتراق و المشاكل المحتملة
8.....	3.2 التهوية
9.....	3.3 الفحص والصيانة
9.....	3.4 الاستعمال الصحيح للتجهيزات و الوقود
10.....	3.5 برامج التعليم و التوعية و التدريب
10.....	3.6 إدارة الحرق السكني
11.....	3.7 إدارة إطلاق الملوثات إلى الأوساط البيئية الأخرى
11.....	4. التطبيق الفعال لأفضل التقنيات المتاحة و أفضل الممارسات البيئية
13.....	المراجع:

قائمة الجداول

2.....	الجدول (1): معاملات الانبعاث من احتراق الوقود الأحفوري
3.....	الجدول (2): معاملات الانبعاث للديوكسين/الفيوران و ثنائي الفينيل متعدد الكلور من الحرق السكني
4.....	الجدول (3): معاملات الانبعاث للديوكسين/الفيوران و ثنائي الفينيل متعدد الكلور من حرق أنواع مختلفة من الوقود
4.....	الجدول (4): مقارنة معاملات الانبعاث للديوكسين/الفيوران من احتراق الخشب النظيف و الخشب الملوث
7.....	الجدول (5): أجهزة الاحتراق و المشاكل المحتملة
9.....	الجدول (6): برنامج الفحص و الصيانة
10.....	الجدول (7): علاقة معاملات انبعاث الديوكسين/الفيوران بمحتوى البولي فينيل كلورايد في المواد المحترقة
11.....	جدول (8): العوائق المحتملة و الخيارات للتطبيق الفعال لأفضل التقنيات المتاحة و أفضل الممارسات البيئية لأجهزة الاحتراق السكنية

قائمة المربعات

12.....	المربع 1: رفع الوعي و التعليم: حالات دراسية
---------	---

VI.C مصادر الاحتراق السكني

موجز

يأخذ في الاعتبار القسم الحالي احتراق الخشب والفحم والغاز و مواد عضوية أخرى مستخدمة بشكل رئيسي في التدفئة المنزلية والطهي. يحدث الاحتراق في المواقد اليدوية أو المستوقدات أو في حالة أنظمة التدفئة المركزية الأكبر، في منشآت احتراق آلية. دلت الدراسات أن مستويات هامة من الكيماويات المُدرّجة في المُرفق "ج" من اتفاقية استوكهولم تنطلق من مصادر الاحتراق السكنية. تعتمد كمية المواد الكيميائية المنطلقة بشكل أساسي على نوع الوقود المستخدم و على كفاءة الاحتراق (النفائات المنزلية و الأخشاب المحملة بملح البحر و الخشب المعالج هي مصادر هامة للديوكسينات و الفيورانات). تعتمد كفاءة الاحتراق على درجة الحرارة و على درجة مزج الغازات و زمن البقاء و على وجود كمية كافية من الأوكسجين و على مواصفات الوقود. ونظراً لعددها الكبير ، فإن أجهزة الاحتراق السكني تسهم بشكل ملحوظ في الإطلاقات الإجمالية للكيماويات المُدرّجة في المُرفق "ج".

إن الاستخدام الكفؤ في احتراق أنواع وقود نظيفة و غير معالجة بالمواد الكيميائية هو ذو أهمية أولية للتقليل من تشكيل و إطلاق الكيماويات المُدرّجة في المُرفق "ج". تشمل الاستراتيجيات لخفض إطلاقات الكيماويات المُدرّجة في المُرفق "ج" من مصادر الاحتراق السكني إلى حد أدنى، تثقيف عموم الناس و برامج تدريبية و توعية على الاستخدام الصحيح للأدوات و استخدام الوقود الملانم و التأثيرات الصحية الناجمة عن الاحتراق السكني غير المضبوط. إن التكنولوجيات المخففة و الشائعة الاستخدام في الأجواء الصناعية عادة ما تكون غير متوفرة لأدوات الطهي و التدفئة المنزلية الأصغر حجماً. على أية حال، يمكن أن يكون استعمال مواقد أكثر فعالية و تطوراً و استثماراً أفضل، قد يكون آلية فعالة من أجل خفض الكيماويات المُدرّجة في المُرفق "ج" مع إضافة فائدة هامة و هي تحسين جودة الهواء الداخلي.

تتضمن أفضل التقنيات المتاحة تلك الحراقات المغلقة ذات الانبعاث المنخفض و المزودة بأنابيب لسحب غازات الاحتراق و التي تستخدم أخشاب جافة.

ينبغي في جميع البلدان تجنب استخدام الأخشاب المعالجة بالمواد الكيميائية أو الأخشاب الطافية المحملة بمياه البحر المالحة أو استخدام المواد البلاستيكية كمشعل أو الوقود.

إن استخدام الأخشاب في الطهي و الدفئة هو ممارسة شائعة في جميع بلدان العالم. يجب أي عمل يُتخذ لخفض تشكّل و إطلاق مثل الكيماويات المُدرّجة في المُرفق "ج" من مصادر الاحتراق السكني أن يأخذ في الاعتبار العوامل الاقتصادية والاجتماعية للأشخاص و المجتمعات في البلدان النامية.

مدخل:

نظراً لكونها رخيصة و متوفرة بسهولة ، تستخدم الكتلة الحيوية على نطاق واسع كمصدر للطاقة من قبل الجماعات ذات الدخل 75-80 % من السكان في العالم النامي تعتمد على الحطب و نفائات الكتلة الحيوية كوقود لأغراض الطهي و لتدفئة الغرف.

(Karve 2000)

بشكل عام تعتبر مواقد الطهي التي تستخدم الكتلة الحيوية ذات طبيعة بدائية. فهي في معظم الحالات عبارة عن تشكيلات بسيطة

على سبيل المثال في الهند حوالي 1.5 % من مجموع الوفيات بين النساء يمكن أن تعزى إلى أمراض مزمنة في الجهاز التنفسي

إن حالات العمى والсл هي أكبر بين النساء اللاتي يستخدمن المواقف التقليدية أكثر من أي فئة أخرى من السكان. العديد من الدراسات الحديثة أشارت إلى وجود علاقة مباشرة بين الموت والمرض عند الرضع والأطفال و بين استخدام الخشب والكتلة الحيوية كوقود في المنازل. إن هذا القلق حول وجود علاقة بين الطهي والتدفئة في البلدان النامية و بين نوعية الهواء والصحة العامة قد أدت في عام 2003 إلى إنشاء الشراكة العالمية للهواء الداخلي النظيف Global Partnership for Clean Indoor Air (<http://www.pciaonline.org>) في نوفمبر 2006، حيث تدعم هذه الشراكة إلى تطوير التكنولوجيات النظيفة وذات التكلفة المنخفضة لأغراض الطهي وأجهزة التدفئة السكنية. بالإضافة إلى ذلك، فإن النفايات المنزلية المستخدمة كمصدر للوقود لأغراض الطهي والتدفئة يمكن أن تسهم في تكوين وإطلاق الكيماويات المُدرّجة في المرفق "ج" من مصادر الاحتراق السكني.

1. إطلاق الكيماويات المُدرّجة في المرفق "ج" من مصادر الاحتراق السكني

1.1 الانبعاثات الناجمة عن احتراق الوقود الأحفوري والكتلة الحيوية

تجري عمليات التدفئة السكنية والطهي في طائفة واسعة من الأجهزة التي تتراوح بين موقد ومدافئ صغيرة في حفرة مفتوحة

يستخدم الوقود الأحفوري على نطاق واسع لأغراض التدفئة المنزلية، وخاصة في البلدان المتقدمة والبلدان التي تمر اقتصاداتها الفحم و الوقود الخفيف والنفط و الغاز الطبيعي هي أنواع رئيسية من الوقود الأحفوري المستخدم لأغراض التدفئة المنزلية.

يتم حرق الوقود الأحفوري في أجهزة تتراوح بين الأفران الصغيرة إلى المراجل الكبيرة المتطورة للغاية لتوليد الحرارة في و صيانة هذه الأجهزة بشكل جيد.

هذه الأنواع من النظم الحديثة عادة ما تكون و تحرق الوقود بشكل جيد، تاركة كمية قليلة جداً أو شبه معدومة من بقايا الاحتراق.

والنوع الثاني من أنظمة التدفئة يعتمد غالباً على حرق الوقود الصلب (الفحم) ويتألف من موقد فردية في كل غرفة من المبنى

بعض هذه النظم هي أيضاً قادرة على

حرق النفط.

قد تتشكل الديوكسينات و الفيورانات نتيجة الاحتراق غير الكامل ويتم إطلاقها بشكل أساسي إلى الهواء. في حالة احتراق الفحم، يمكن أن تشكل بقايا الاحتراق (أي الرماد) قطاعاً محتملاً لإطلاق الديوكسينات و الفيورانات إلى البيئة. يبين الجدول 1 معاملات الانبعاث المشتقة من دراسات أوروبية.

الجدول (1): معاملات الانبعاث من احتراق الوقود الأحفوري

نوع الجهاز	معاملات الانبعاث إلى الهواء ميكروغرام مكافئ/سم ³ /ثيرة جول من الوقود الأحفوري المحترق ^a	التركيز في البقايا نانوغرام مكافئ/سم ³ /كغ من الرماد
مواقد احتراق الفحم ذو محتوى الكلور العالي	15,000	30,000
مواقد حرق الفحم	100	5,000
مواقد حرق النفط	10	غير متوفر
مواقد حرق الغاز الطبيعي	1.5	غير متوفر

^a: تيرا جول = 10¹² من الجول

المصدر: UNEP 2005 (برنامج الأمم المتحدة للبيئة)

الكتلة الحيوية هو مصطلح يستخدم لوصف المواد العضوية الطبيعية (مثل: الخشب والقش، وقشرة جوز الهند، وقشور البذور وفيما يلي ملخص للبيانات المتاحة) (في وقت نشر هذه التوجيهات) مصنفة حسب نوع الوقود والتكنولوجيا.

الديوكسين / الكلور اختبار الانبعاثات من التدفئة المنزلية أجري في النمسا (Thanner و Moche 2002). تقييم المشاركة

قياسات أجريت باستخدام الفحم وفحم الكوك وكذلك الخشب ، وكان كل من الوقود بانتظام بالمفرق الجودة.

أظهرت الدراسة تراكيز متغيرة ومرتفعة في تشكّل وإطلاق الكيماويات المُدرّجة في المُرفق "ج" من اتفاقية استوكهولم لدى استخدام وقود عدة في الطهي والتدفئة المنزلية. ولقد كانت التراكيز المقاسة لـ polychlorinated biphenyls (PCB) أقل بشكل ملحوظ من تلك التراكيز المُتعلّقة بـ polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDD) و polychlorinated dibenzofurans (PCDF).

أجريت اختبارات على إنبعاثات الديوكسينات والفيورانات من التدفئة المنزلية في النمسا (Thanner and Moche 2002). شمل التقييم قياس الانبعاثات من ثلاثة أنواع مختلفة لمواقد الوقود الصلب. تضمنت التجهيزات المستخدمة في التجارب موقد جديد منخفض الميزانية مناسب لكافة أنواع الوقود (النوع 1)، وموقد مصنوع من الحديد للطهي وعمره قرابة 20 عاماً (النوع 2) وموقد مصنوع من الحديد عمره حوالي 10 أعوام (نوع 3). أُجريت القياسات باستخدام الفحم والفحم الحجري وكذلك الخشب وكان معظم الوقود من النوع المتداول بشكل نظامي. أخذت العينات خلال دورة تدفئة كاملة بدءاً من إضرام النار والانتهاء عندما انطفأت النار. تم تحليل الديوكسينات والفيورانات وثنائي الفينيل متعدد الكلور في الدخان وجمعت عينات الرماد وهباب المدخنة بعد اتمام كل دورة تدفئة و تم تحليل محتواها أيضاً من مركبات الديوكسينات والفيورانات وثنائي الفينيل متعدد الكلور. الجداول 2 و 3 تعرض معاملات الانبعاث التي تم الحصول عليها من هذه الاختبارات

كميات صغيرة فقط من الديوكسينات / الفيورانات وثنائي الفينيل متعدد الكلور تشكلت أثناء احتراق الخشب والوقود الأحفوري

كان متراكماً بشكل رئيسي في السخام ، بينما احتوى الرماد على كميات مهمة.

يمكن للقياسات الحقلية بأجهزة تعمل تحت الظروف الطبيعية (أي حقيقي) أن تؤدي الى تغيرات أو اختلافات كبيرة باستخدام الديوكسينات / الفيورانات تراوحت بين 0.09 إلى 9.0 نانوغرام مكافئ سمية دولي/ميغاجول في مشروع أجراه معهد خاص تم خلاله اختبار سبعة أنواع من مواقد التدفئة الفردية التي تحرق الخشب.

الجدول (2): معاملات الانبعاث للديوكسين/الفيوران وثنائي الفينيل متعدد الكلور من الحرق السكني

نوع الوقود	الديوكسين/الفيوران مكافئ السمية الدولية نانوغرام/متر مكعب النظامي (عند 0% أوكسجين) ^a	الديوكسين/الفيوران مكافئ السمية (منظمة الصحة العالمية) نانوغرام/متر مكعب النظامي (عند 0% أوكسجين) ^a	ثنائي الفينيل متعدد الكلور مكافئ السمية (منظمة الصحة العالمية) نانوغرام/متر مكعب النظامي (عند 0% أوكسجين) ^a
الخشب	0.1-2.0	0.1-2.0	0.01-0.08
الفحم	7.5-38.7	8.0-41.8	1.7-2.4
فحم الكوك	0.9-4.4	0.9-4.6	0.03-0.2

المصدر: Thanner and Moche 2002.

^a: 1 نانوغرام = 10⁻¹⁰ من الكيلوغرام (1×9 من الغرام)، م3 نظامي = متر مكعب نظامي مقاس كحجم غاز جاف عند درجة حرارة 0 مئوية و 101.3 كيلوباسكال.

الجدول (3): معاملات الانبعاث للديوكسين/الفيوران و ثنائي الفينيل متعدد الكلور من حرق أنواع مختلفة من الوقود

ثنائي الفينيل متعدد الكلور		الديوكسين/الفيوران مكافئ السمية الدولي		
Σ Ballschmiter*	مكافئ السمية (منظمة الصحة العالمية)	نانو غرام/متر مكعب النظامي (عند 0% أوكسجين) ^a		نوع الوقود
نانو غرام/ميغاجول ^a	نانو غرام/ميغاجول ^a	نانو غرام/ميغاجول ^a		
n=3 65.2 50.3	n=3 0.01 0.01	n=8 0.27 0.32	Median Average	الخشب
n=2 64.0 64.0	n=2 0.51 0.51	n=8 8.80 7.74	Median Average	الفحم
n=4 82.0 81.1	n=4 0.06 0.06	n=4 1.53 1.47	Median Average	فحم الكوك

*المصدر: Thanner and Moche 2002.

^a: ميغاجول = $10^6 \times 1$ جول

1.2. الانبعاثات من احتراق مزيج الوقود الملوث

بين جرد الانبعاثات الأوروبية (European Emission Inventory) أن احتراق الخشب في التدفئة السكنية هو أحد أكبر Berdowski et al. 1997

تم اشتقاق معاملات انبعاث قابلة من دراسات أجريت في بلدان أوروبية مختلفة للمقارنة بين احتراق الأخشاب المعالجة و

على أساس التراكيز المقاسة في الرماد وليس لها علاقة بالقيمة الحرارية للوقود

الجدول (4): مقارنة معاملات الانبعاث للديوكسين/الفيوران من احتراق الخشب النظيف و الخشب الملوث

نوع الجهاز	معاملات الانبعاث إلى الهواء ^a ميكرو غرام مكافئ سمية/تيراجول من الكتلة الحيوية المحترقة	التركيز نانو غرام مكافئ سمية/كغ من بقايا الرماد
مواقد حرق الخشب الملوث/ الكتلة الحيوية الملوثة	1,500	1,000
مواقد حرق الكتلة الحيوية النظيفة	100	10

^a: تيراجول = $10^{12} \times 1$ جول

المصدر: UNEP 2005.

أجريت دراسات في الولايات المتحدة على احتراق الخشب في المناطق السكنية لمعرفة ما إذا كان الديوكسين/ الفيوران قد Lavric, Konnov and De Ruyck 2004
من مداخل مواقد الحطب في المناطق الوسطى والشرقية والغربية من البلاد.

تم العثور على مستويات قابلة للقياس من مركب رباعي كلور ثنائي بنزو الديوكسين (tetrachlorodibenzo-*p*-dioxins, TCDD

هذا يشير إلى أن الأخشاب المستخدمة في أجهزة الاحتراق في المناطق السكنية قد تكون ملوثة للغاية، و قد يكون هناك مواد غير ملائمة للاستخدام كمصدر وقود، مثل البلاستيك

مستويات للقياس لرباعي ديوكسينات (المركب) تم العثور عليها في السناج ومدخنة في رماد القاع من مواقد الخشب والمواق.

تم تحليل الديوكسين في السخام في اثنتين من مواقد الحطب في كولومبيا البريطانية و كندا. وجد أن السخام الناتج عن المواقد

وفقا لنتائج التحليل الكيميائي المنجز في بولندا ، فقد تطلق مداخن مصادر الاحتراق السكنية غازات تحتوي على حوالي 3

السبب الرئيسي لهذه التراكيز العالية (HCB) من الديوكسين / الفيوران و ثنائي الفينيل متعدد الكلور وسداسي كلور البنزين هو الحرق المشترك للنفايات المنزلية مع الفحم الصلب أو الخشب ، و يتم ذلك عادة في مواقد المطابخ البسيطة أو في مراحل التدفئة (Lassen et al. 2002, 2003).

يجري عادة الحرق المشترك للخشب و الفحم مع النفايات المنزلية في المناطق الريفية أو شبه الحضرية المتوضعة بالقرب من

ومساهمة هذا الأخير تُعتبر ضئيلة. وفقا لتقديرات الخبراء، تبلغ كمية النفايات المنزلية المحترقة حوالي 15 ٪ من الكمية الإجمالية للخشب أو الفحم المحترق. و تقدر إجمالي الكمية المحترقة من الوقود الملوث بحوالي 19,500 - 9,500 تيراجول. أما تركيز

هناك القليل من السيطرة و التحكم بالانبعاثات من المصادر السكنية. معظم المواقد و المدافئ تعمل بشكل سيء و بمستويات في مثل هذه الظروف من الاحتراق لن يتم فقط إطلاق الملوثات الغازية ولكن أيضاً الملوثات الصلبة التي تحتوي على الديوكسين/ الفيوران ، والتي تشكل إطلاقاً إلى الأرض.

2. أفضل التقنيات المتاحة

الاحتراق الكفؤ وعالي الجودة في الطهي وأجهزة التدفئة مهم جداً للتخفيض من تشكيل وإطلاق المواد الكيميائية المُدرجة في

المتحولات عوامل مثل:

- تكنولوجيا الاحتراق (مثل: تصميم غرفة الاحتراق و تقانات التحكم بالعملية)
- شروط التشغيل (مثل: معدل الهواء الأولي و الثانوي و توزيع نفثات الهواء)

- شروط تحميل الشحنة (حمولة كاملة أو جزئية)
- مواصفات الوقود (الشكل ، التوزع الحجمي ، محتوى الرطوبة)

أية توصيات وضعت بشأن أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية من أجل الأجهزة المستخدمة في حرق الكتلة

ينبغي على البلدان ،

كجزء من تنفيذ خططها الوطنية ، إجراء تقييمات لتحديد العوامل الاجتماعية والاقتصادية المحتملة المترتبة على تطبيق أية معايير أو أنظمة جديدة.

إن استبدال المواد سيئة التصميم بمواد مطورة تحرق الوقود بشكل أكثر كفاءة سيكون بمثابة استراتيجية فعالة للتخفيض من

هذه التصاميم من شأنه أيضا تحسين

السلامة عن طريق الحد من التعرض المباشر لألسنة اللهب وللحرارة ، وخلق فرص العمل من خلال إنتاج وبيع وصيانة المواد المحسنة

ينبغي على التصاميم المحسنة للمواد أن تأخذ بعين الاعتبار احتياجات واهتمامات المستخدمين. على سبيل المثال ، أظهرت

2.1 الوقود و التجهيزات: مبادئ عامة

تتضمن أفضل التقنيات المتاحة الحراقات المغلقة ذات الانبعاثات المنخفضة مع وجود بوارى لسحب غازات الاحتراق و استخدام نوعيات جيدة من الخشب. بالنسبة للبلدان النامية غير المطلوب منها تخفيض انبعاث غازات الدفينة فإن استخدام أنواع من الوقود الأنظف مثل غاز البترول المسيل (LPG) و الغاز الطبيعي و الديزل و الكيروسين قد يكون ملائماً علماً أن هذا يتطلب تجهيزات تستخدم هذه الأنواع من الوقود.

أما في البلدان أو الأقاليم حيث لايتوفر مثل هذه التجهيزات أو أنواع الوقود فتتضمن أفضل التقنيات البيئية و أفضل الممارسات البيئية ضمان فصل النفايات المنزلية عن الوقود المستخدم و ذلك بهدف تجنب حرق النفايات المنزلية في أجهزة الحرق و الطهو. في جميع البلدان ، يجب تجنب استخدام الخشب المعالج أو الخشب المحمل بأملاح البحر أو استخدام البلاستيك كبادئ اشتعال أو كوقود.

إن تدابير التحكم بانبعاث الملوثات من الغازات العادمة هي محبذة لكنها غير معروفة كطريقة شائعة لأجهزة الحرق و الاشتعال المنزلية. أما الأنظمة الكبيرة المشابهة لتلك الأنظمة المستخدمة في العمليات الصناعية فيجب أن تزود بسيكلونات أو مرشحات نسيجية. من الملاحظ أن المحفرات الوسيطة المتوفرة في بعض البلدان لكنها لا تستخدم بشكل دوري.

2.2 أجهزة الطهو و التدفئة:

لأفران و مواد محددة يمكن تخفيض الانبعاثات عن طريق استخدام أفضل عناصر التسخين. يتوفر أنواع مختلفة من المنشآت تختلف حسب البلد تبعاً للمعايير الفنية العامة و الأرضية الاجتماعية و الثقافية و الاقتصادية و الظروف المناخية.

يجب أن تمتلك تقنيات الاحتراق الأمثلية المواصفات التالية:

- مزج جيد للغاز و الهواء (مزج عالي)
- زمن بقاء كافي في المنطقة الساخنة
- أقل مايمكن من الاضطراب في منطقة التوهج و توزع متجانس للهواء الأولي
- أقل زمن بقاء في مجال درجة الحرارة بين 180 و 500 درجة مئوية و قدرة دنيا على ترسب الأغبرة
- يجب أن تبقى المدخنة نظيفة و خالية من السخام و ذلك بتأمين الاحتراق الكامل و التنظيف الدوري (مرة سنوياً على الأقل)

3. أفضل الممارسات البيئية

3.1 أجهزة الاحتراق و المشاكل المحتملة

يحدد الجدول 5 بعض المشاكل النموذجية في التجهيزات و التي يمكن أن تؤدي إلى إطلاق الملوثات. من الصعب تحديد هذه الصعوبات بالنسبة لمالك المنزل. مثل هذه المعلومات يجب توفيرها من قبل الصانع أو الموزع عند نقاط بيع أجهزة الاحتراق. توعية العامة من خلال وسائل الإعلام يمكن أن تكون وسيلة جيدة لنشر مثل هذه المعلومات.

الجدول (5): أجهزة الاحتراق و المشاكل المحتملة

نوع الأجهزة	الوقود	نماذج المشاكل المحتملة
مواقف مركزية مدافئ و مواقف الغرف	الغاز الطبيعي أو غاز البترول المسيل	المبادلات الحرارية المتشققة عدم وجود هواء كافي لحرق الوقود بشكل جيد وجود خلل أو انسداد في المدخنة الحرق غير مضبوط
الأفران المركزية	الزيت	المبادلات الحرارية المتشققة عدم وجود هواء كافي لحرق الوقود بشكل جيد وجود خلل أو انسداد في المدخنة الحرق غير مضبوط
المدافئ المركزية مدافئ الغرف	الخشب	المبادلات الحرارية المتشققة عدم وجود هواء كافي لحرق الوقود بشكل جيد وجود خلل أو انسداد في المدخنة خشب أخضر أو خشب معالج
الأفران المركزية المواقف	الفحم	المبادلات الحرارية المتشققة عدم وجود هواء كافي لحرق الوقود بشكل جيد منصب مشوه وجود خلل أو انسداد في المدخنة فحم نوعية رديئة محتوى رطوبة عالية في الوقود
النيران الأفران	الغاز الطبيعي أو غاز البترول المسيل	عدم وجود هواء كافي لحرق الوقود بشكل جيد حراق غير معيار سوء الاستخدام كمدفئة غرفة
مدفأة غرف	الكيروسين	ضبط غير مناسب

نماذج المشاكل المحتملة	الوقود	نوع الأجهزة
الوقود الخطأ (ليس K-1) القتيل الخطأ أو الارتفاع غير كافي عدم وجود هواء كافي لحرق الوقود بشكل جيد		أنظمة تدفئة مركزية
عدم وجود هواء كافي لحرق الوقود بشكل جيد وجود خلل أو انسداد في المدخنة خشب أخضر أو خشب معالج تشقق في المبادلات الحرارية أو غرفة النار وقود غير مناسب مثل المرفوضات المنزلية	الخشب الفحم	المواقد مدافئ الغرف
عدم وجود هواء كافي لحرق الوقود بشكل جيد وجود خلل أو انسداد في المدخنة حراق غير معيار	الغاز الطبيعي أو غاز البترول المسيل	مسخّنات المياه

المصدر: CPS 2004

3.2 التهوية

للحد من تلوث الهواء داخل المباني ، فإن معرفة حركة الهواء إلى داخل وخارج السكن أمر مهم جدا ، مما يساعد على خفض مستوى الملوثات الضارة في داخل السكن عن طريق حملهم إلى الخارج عبر المدخنة أو بوارى الموقد. كما يضمن هذا الجو هواءً كافيًا للاحتراق المناسب ، مما يؤدي إلى خفض مستويات الملوثات في داخل السكن.

يمكن تحسين التهوية داخل البناء عن طريق:

- استخدام ساحة رأسية فوق الموقد مما يساعد على سحب الغازات و على التهوية
- ضمان تدفق كافٍ من الهواء إلى داخل المنزل عند استخدام مروحة لطرد غازات الاحتراق (على سبيل المثال: فتح النافذة أو الباب ، خاصة عند استخدام أجهزة احتراق أخرى)
- للحصول على التشغيل السليم لمعظم أجهزة الاحتراق و أنظمة تهويتها ، يجب أن يكون ضغط الهواء في المنزل أكبر من ذلك الذي في الخارج. إن لم يتحقق ذلك يكن ، فيمكن أن تطلق أجهزة الاحتراق الملوثات إلى داخل المنزل وليس إلى الخارج.
- ضمان أن التجهيزات المزودة بنظام تهوية تكون موصولة إلى هذا النظام و أنه لا يوجد فيها انسداد و لا تقوب أو تشققات.
- فتح عتلة تنظيم سحب الهواء في الموقد أو المدفأة عند إضافة الخشب مما يتيح دخول المزيد من الهواء إلى جهاز الاحتراق. وجود المزيد من الهواء يساعد على حرق الخشب بشكل صحيح ، ويمنع الملوثات من الانجرار إلى العودة إلى المنزل بدلا من الذهاب عبر المدخنة. وجود دخان مرئي أو رائحة الدخان باستمرار داخل المنزل عند استخدام فرن حرق الخشب هي دلائل على أن الموقد لا يعمل بشكل صحيح ، كذلك الأمر فإن ترسب السخام على الأثاث في الغرفة حيث يوجد الموقد الذي يتم استخدامه هو دليل آخر. وجود الدخان والسخام هي دلائل على أن الموقد يطلق الملوثات إلى الهواء الداخلي في الأماكن المغلقة.

ينبغي عدم استخدام المدافئ و المواقد غير المهواة في غرف النوم لأن هذا يمكن ان يؤدي الى التعرض لمستويات خطيرة أو مميتة من أول أكسيد الكربون .

3.3 الفحص والصيانة

ينبغي أن يتم فحص و صيانة أجهزة الاحتراق بانتظام (الجدول رقم 6) للحد من التعرض للملوثات. من المهم تنظيف المداخن والمخارج ، وخاصة عند تغيير أنظمة التدفئة.

الجدول (6): برنامج الفحص و الصيانة

الصيانة		الفحص		الجهاز
تواتر الصيانة	المهام	تواتر الفحوصات	المهام	
سنوياً (في بداية فصل التدفئة)	شخص مؤهل فحص/تنظيف المدخنة تنظيف/ضبط الحراقات تفحص المبادلات الحرارية و العملية	شهرياً كما دعت الحاجة سنوياً	فلاتر الهواء: تنظيف/تبدال الفلتر ابحث في المداخن عن الصدأ أو ترسبات السخام	أنظمة التدفئة بالهواء الساخن العاملة على الغاز
سنوياً (في بداية فصل التدفئة)	شخص مؤهل فحص/تنظيف المدخنة تنظيف غرفة الاحتراق ضبط الحراقات تفحص العملية	سنوياً	ابحث في المداخن عن الصدأ أو ترسبات السخام	أنظمة التدفئة بالبخار/الماء و مسخنات الماء العاملة على الغاز/الزيت
سنوياً (في بداية فصل التدفئة) سنوياً (في بداية فصل التدفئة) سنوياً (في نهاية فصل التدفئة)	تفحص و استبدل الفتيل تنظيف غرفة الاحتراق أفرغ خزان الوقود من الماء و الشوائب و الترسبات	يوميماً عند الاستخدام يوميماً أو قبل إعادة تعبئة الخزان	أنظر إذا كان غطاء الموقد متوضع جيداً في مكانه أنظر فيما إذا كان الوقود خالياً من الماء أو الشوائب الأخرى	المدافئ العاملة على الكيروسين
سنوياً (في بداية فصل التدفئة)	شخص مؤهل فحص/تنظيف المدخنة تفحص نقاط اللحام أو الدرزات و الحيوانات تفحص العملية	شهرياً	ابحث في المداخن عن الصدأ أو ترسبات السخام	المواقد و الغلايات و الأفران السكنية العاملة على الفحم/الخشب

المصدر: CPSC 2004

3.4 الاستعمال الصحيح للتجهيزات و الوقود

من المهم فهم و اتباع تعليمات التشغيل لجميع التجهيزات و استعمال النوع المنصوح به من الوقود.

في حال توفره ، يجب استخدام الخشب القاسي (بدلاً من الخشب الناعم) في المواقد و المدافئ التي تحرق الأخشاب. إن الخشب القاسي يحترق بدرجة أعلى مما يشكل كميات أقل من الكيروسوت (مادة زيتية ، قطران أسود تلتصق في المدخنة و أنابيب الموقد مما يشكل خطر الحريق).

يجب تجنب استخدام الخشب الأخضر أو الخشب الرطب أو الخشب الطافي على سطح الماء و المحمل بملح البحر. ذلك أن الأخشاب الخضراء و الأخشاب الرطبة تحترق بكفاءة أقل و يمكن أن تؤدي إلى زيادة في انبعاثات الديوكسين/الفيوران. دراسات مقارنة للأخشاب من المناطق الساحلية بالمقارنة مع المناطق غير الساحلية قد بينت أيضاً أن الخشب بالمحمل بملح البحر يمتلك محتوى أعلى من الكلور مما يؤدي عند احتراقه إلى زيادة في انبعاثات الديوكسين/الفيوران.

يجب عدم حرق على الإطلاق خردة الخشب المدهون بالطلاء أو الأخشاب المعالجة بالمواد الحافظة لأنها قد تطلق ملوثات عالية السمية بما في ذلك المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم".

من المهم تجنب حمولات النفايات الحاوية على محتوى عالي من الكلور و/أو البروم، কিফما كانت على شكل أملاح لاعضوية أو مركبات عضوية هالوجينية مثل البولي فينيل كلورايد (Lemieux et al. 2003). على أية حال فإن الحرق المشترك للنفايات هو ممارسة شائعة في التجهيزات التي تعمل على حرق الوقود الصلب. بالتالي يجب الحد من هذه الممارسة عن طريق السياسات و حملات التوعية (انظر إلى القسم الفرعي 3.5 في الأسفل). بينت العديد من الدراسات أن حرق النفايات الحاوية على الكلور (مثل البولي فينيل كلورايد) يؤدي إلى زيادة في التشكيل غير المتعمد للملوثات العضوية الثابتة كما هو مبين في الجدول 7 (Gullett et al 1999). يمكن تطبيق بعض الأنظمة التي تحدد معايير و مواصفات أنواع الوقود. و هذا ينطبق أيضاً على بعض أنواع الوقود مثل الأخشاب المعالجة، نفايات الزيوت المستعملة، زيوت المحولات الكهربائية، المواد البلاستيكية و نفايات أخرى قابلة للاحتراق.

الجدول (7): علاقة معاملات انبعاث الديوكسين/الفيوران بمحتوى البولي فينيل كلورايد في المواد المحترقة

7.5	1	0.2	0	[%]	محتوى البولي فينيل كلورايد
4,900	200	80	14	نانوغرام	متوسط مُعامل الانبعاث مكافئ سمية دولي/كغ (I-TEQ/kg)
3,500 – 6,700	180 – 240	9 – 150	2 – 28	نانوغرام	المجال مكافئ سمية دولي/كغ I-TEQ/kg

Gullett et al 1999

3.5 برامج التعليم و التوعية و التدريب

وعادة ما تكون انبعاثات الملوثات الأخرى (مثل الجسيمات الدقيقة أو أول أكسيد الكربون) محركاً للجهود النازمة لتحسين

من أفضل برامج التربية و التوعية هي تلك البرامج التي وضعت بالمشاركة مع المجتمعات المحلية لضمان أن تكون محددة

- التثقيف و التدريب حول الاستخدام المناسب للوقود و تتضمن العوامل الحرجة مايلي:
 - استخدام الأخشاب الجافة و الجيدة مما سيساعد على الحد من إطلاق الديوكسين/الفيوران و كما يعطي أيضاً حتى 40% من الحرارة الإضافية.
 - استخدام أنواع الوقود ذات الاحتراق الأنظف مثل الغاز الطبيعي للحد من إطلاق المواد الكيميائية المُدرجة في المرفق "جيم"
 - عدم التحبيذ لحرق النفايات المنزلية في هذه التجهيزات
 - التشغيل الفعال لهذه التجهيزات مما يضمن الاحتراق الكامل للوقود
- معلومات بسيطة وسهلة الفهم عن تأثير المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم" على صحة الإنسان و البيئة و أهمية الإطلاقات من المصادر السكنية
- برامج توعية للباعة و المشترين و المشغلين لأجهزة الحرق السكنية تركز على المواضيع التي تم طرحها في الأقسام الفرعية أعلاه 3.1 و 3.4

3.6 إدارة الحرق السكني

إن الاحتراق الكامل للوقود هو أمر هام لضمان انبعاثات قليلة و تشغيل كفو لأجهزة الاحتراق. يمكن تحقيق ذلك من خلال تأمين الأمور التالية:

- حرارة اشتعال كافية
- تدفق كافي من الهواء لتزويد أو كسجين كافي لعملية الاحتراق

- تجنب الحمولات الزائدة من الوقود (أكثر مما يمكن أن تحرقه النار بشكل فعال)
- مزج كافٍ من الهواء مع غازات الاحتراق الساخنة

فيما يلي نجد بعض التدابير المحددة لتحقيق النتائج المرغوب فيها:

- استخدام وقود جاف و نوعية جيدة
- جمع الخشب و تقلبيه لضمان أنه جاف عند الحرق
- تأمين تدفق كافٍ من الهواء (على سبيل المثال: تجنب حجب الهواء الداخل بواسطة قطع كبيرة من الأخشاب)
- فراغ كافٍ في حجرة النار لضمان تدفق أمثلي للهواء

3.7 إدارة إطلاق الملوثات إلى الأوساط البيئية الأخرى

إن الانبعاثات الرئيسية للمواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم" من مصادر الاحتراق السكنية هي إلى الهواء. كما يجري أيضاً إطلاق الرماد و السخام و لكنها عندما تنتج عن احتراق الخشب النظيف و الكتلة الحيوية النظيفة فإنها تحتوي عادة كميات ضئيلة جداً من المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم". يمكن أن نستخدم بأمان كميات ضئيلة من الرماد الناتج كأسمدة طالما أنه لا يتم رشها في نفس المكان مرة بعد أخرى. بينما يجب التخلص من الكميات الكبيرة من الرماد و السخام الناتج في مطامر صحية للنفايات.

4. التطبيق الفعال لأفضل التقنيات المتاحة و أفضل الممارسات البيئية

في معظم الحالات فإن المستخدمين النهائيين لأجهزة الحرق المحسنة لن يمتلكوا الحد الأدنى من فهم التأثيرات السلبية على ممارسات مثل استخدام النفايات المنزلية كوقود.

العوائق المحتملة و الخيارات للتطبيق الفعال لأفضل التقنيات المتاحة و أفضل الممارسات البيئية تم مناقشتها من قبل الباحثين Atikullah S.M. and Eusuf M. (2003). موجز عن هذه المناقشات معروضة في الجدول رقم 8

جدول (8): العوائق المحتملة و الخيارات للتطبيق الفعال لأفضل التقنيات المتاحة و أفضل الممارسات البيئية لأجهزة الاحتراق السكنية

العوائق	الخيارات للتطبيق الفعال لأفضل التقنيات المتاحة و أفضل الممارسات البيئية
عدم الملائمة بين تصميم الأجهزة وأنواع الوقود المستخدم والمتوفر	يجب أن يكون تصميم الجهاز نوعي لاحتياجات المجتمع. يجب إجراء تقييم تفصيلي لاحتياجات المجتمع قبل تنفيذ أي تصميم محدد
عدم وجود توعية الجمهور حول التقنيات المحسنة	يجب أن تستخدم الحكومات والمجتمعات الوسائل المناسبة (على سبيل المثال: وسائل الإعلام وحملات التوعية) للإعلان و تعميم التجهيزات المحسنة. وتعد برامج التدريب على مستوى المجتمع هامة للتأكد من أجهزة الاحتراق تستخدم بشكل مناسب وللتخلص من الاستخدام الممكن للوقود غير المناسب مثل نفاية المنزل
عدم وجود القدرة المحلية على صيانة وإصلاح الأجهزة المحسنة	يُعدُّ تنفيذ برامج التدريب لتأسيس القدرة من أجل صيانة وإصلاح الأجهزة أمراً هاماً
عدم وجود موارد لشراء وتشغيل وصيانة أجهزة	إن أولئك الأشخاص ذوي الدخل المحدود سيهتمون فقط بأجهزة

العوائق	الخيارات للتطبيق الفعال لأفضل التقنيات المتاحة و أفضل الممارسات البيئية
عدم وجود فهم للتأثيرات الصحية الناجمة عن الكيماويات المُدرّجة في المرفق "ج" والمُلوثات الأخرى	رفع الوعي عن التأثيرات الصحية المحتملة لتلوث الهواء الداخلي (بما في ذلك الكيماويات المدرجة في المرفق "جيم") نتيجة الاستخدام غير المناسب لأجهزة التدفئة/الطهي المنزلية و الوقود

مصادر إضافية للمعلومات عن الاحتراق النظيف و التصميم المحسن للمواقد الخشبية متوفرة في المراجع.

المربع (1): رفع الوعي و التعليم: الحالات الدراسية

بينما يركز النهج التنظيمي التالي على الجسيمات الصلبة، فإنها ذات فوائد مشتركة هامة من أجل تخفيض الديوكسينات/الفيورانات و التي يمكن أن تتشكل خلال الاحتراق غير الكامل. إن تخفيض انبعاثات الجسيمات الصلبة سوف يخفض في الوقت ذاته انبعاثات الديوكسين/الفيوران بما أنها تكون مدمصة على هذه الجسيمات.

الحالة الدراسية 1: نيوزيلاند

التلوث الحضري نتيجة الانبعاثات من احتراق الخشب هي مشكلة واسعة الانتشار. فالعديد من المدن في نيوزيلاند تعاني من نوعية هواء رديئة خلال فترة الشتاء نتيجة الانبعاثات من الحرق المنزلي من أجل التدفئة. تجاوز المعايير البيئية الوطنية للجسيمات الناعمة (50 ميكروغرام/م³ كمتوسط 24 ساعة) هو أمر شائع و في بعض المناطق يحدث تجاوز لأكثر من 30 يوم في العام. إن هذا الأمر من المحتمل أن يساهم في الانبعاثات الوطنية للديوكسينات/الفيورانات، المشكلة هي تاريخية إلى حد كبير، حيث أن معظم المنازل هي غير معزولة مما يؤدي إلى استهلاك كبير من الخشب و الفحم. إن لهذا الأمر اعتبارات اقتصادية-اجتماعية هامة للسلطات المحلية المكلفة بتخفيض تلوث الهواء.

تم تنفيذ حملة لرفع الوعي البيئي عن الانبعاثات من الاحتراق السكني في أربعة مدن في نيوزيلاند في العام 2006/2005. من أهم النتائج الرئيسية لتلك الحملة كانت إيجاد حلول ملائمة لكل مجتمع محلي (وليس حل واحد للجميع). هذا يتطلب الإنخراط مع الشركاء الأساسيين مثل اخصائيو الصحة المجتمعية و مؤسسات الإئتمان و الدعم، ولكن نجحت هذه الحملة كثيراً بخلق انسجام جيد و إيجابي للعمل و التوعية المجتمعية.

الحالة الدراسية 2: تاسمانيا، استراليا

في العديد من أجزاء جنوب استراليا، من الشائع استخدام المدافئ الخشبية لتدفئة المنازل. في منطقة Launceston في تاسمانيا (تعداد السكان تقريباً 10,000 نسمة) سجلت في المتوسط حتى 14 تجاوزاً في الشهر للمعايير الاسترالية للجسيمات الناعمة خلال فترة الشتاء، نتجت بشكل أساسي عن انبعاثات المدافئ الخشبية.

في عام 2001 تم إدخال برنامج استبدال المدافئ الخشبية من أجل تحسين جودة الهواء و منذ ذلك الحين حوالي 25% من المدافئ الخشبية تم إزالتها من خلال الحوافز المالية و استبدال المدافئ الخشبية القديمة الملوثة بمدافئ أنظف. و بنفس الوقت تم إدخال حملة تعليمية موجهة للمجتمع (موقع جودة الهواء في Launceston) إضافة إلى وضع تنظيمات تحد انبعاثات السخام و الجسيمات من المدافئ الخشبية الجديدة إلى دون 4غرام/كغ (الانبعاثات/كغ من الخشب المحترق).

بينت دراسة تمت في عام 2005 أن البرنامج قد عجل المنحى الحالي بعيداً عن المدافئ الخشبية القديمة و ساهم في تحسين جودة الهواء. في عام 2006 و للمرة الأولى لم يتم في Launceston تجاوز المعيار الأسترالي للجسيمات الناعمة.

المراجع:

- Atikullah S.M. and Eusuf M. 2003. "Biomass Crisis and Improved Stoves in Bangladesh." *Renewable Energy Newsletter* 1:2. Bangladesh Centre for Advanced Studies, Dhaka.
- Berdowski J.J.M., Baas J., Bloos J.P.J., Visschedijk A.J.H. and Zandveld P.Y.J. 1997. *The European Emission Inventory of Heavy Metals and Persistent Organic Pollutants*. Umweltforschungsplan des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Forschungsbericht 104 02 672/03. TNO, Apeldoorn, Netherlands.
- CPSC (Consumer Product Safety Commission). 2004. *What You Should Know about Combustion Appliances and Indoor Air Pollution*. CPSC Document 452. www.cpsc.gov/CPSCPUB/PUBS/452.html.
- Gullet *et al* 1999, Organohalogen and Compounds Vol.41, 157-168, 1999.
- Karve P. 2000. *International Conference on Biomass-Based Fuels and Cooking Systems (BFCS-2000): A Report*. solstice.crest.org/discussiongroups/resources/stoves/Karve_Conference/BFCSrprt.htm.
- Lassen C. *et al*. 2002. *Inventory of Dioxin and Furan Releases in Poland*. Report by Danish Cooperation for the Environment in Eastern Europe (DANCEE) and Ministry of the Environment Poland.
- Lassen C., Hansen E., Jensen A.A., Olendrzyński K., Kołsut W., Żurek J., Kargulewicz I., Dębski B., Skońkiewicz J., Holzer M., Grochowalski A., Brandte E., Poltimae H., Kallaste T. and Kapturauskas J. 2003. "Survey of Dioxin Sources in the Baltic Region." *Environ. Sci. Pollut. Res.* 10:49–56.
- Launceston Air Quality. www.launceston.tas.gov.au/airquality.php.
- Lavric E.D., Konnov A.A. and De Ruyck J. 2004. "Dioxin Levels in Wood Combustion: A Review." *Biomass and Bioenergy* 26:115–145.
- PCIA (Partnership for Clean Indoor Air). www.pciaonline.org/.
- RWEDP (Rural Wood Energy Development Programme in Asia). www.rwedp.org/p-stoves.html.
- Thanner G. and Moche W. 2002. *Emissions of Dioxins, PCBs and PAHs from Domestic Heating*. Monographs Vol. 153. Federal Environmental Agency, Vienna, Austria.
- UNEP (United Nations Environment Programme). 2005. *Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases*. UNEP, Geneva.
- www.pops.int/documents/guidance/Toolkit_2005.pdf.

مصادر أخرى للمعلومات

- Government of Australia. 2004. *Hot Tips for Cleaner Wood Heating*. Natural Heritage Trust, Australia.
- Pfeiffer F., Struschka M., Baumbach G., Hagenmaier H. and Hein K.R.G. 2000. "PCDD/PCDF Emissions from Small Firing Systems in Households." *Chemosphere* 40:225–232.
- Design principles of wood burning cookstoves, PCIA website (Nov. 2006)
http://www.pciaonline.org/assets/20060710-Design_Principles_ES.pdf
- Biomass Energy Technology, http://www.rwedp.org/d_technodc.html (Nov. 2006)

القسم السادس (VI)

فئات المصدر في الجزء الثالث من المرفق جيم

الجزء الثالث المصدر الفئة (d) :

آءول المحتويات

ii	قائمة المرفقات
ii	قائمة الجداول
ii	قائمة الرسومات التوضيحية
1	VI.D الوقود الأحفوري في مرآجل المرافق والمرآجل الصناعية
1	1. مءءل
1	1.1 نظرة عامة على المرآجل
2	1.2 أنواع المرآجل
3	2. توليد مركبات الديوكسينات و الفيورانات و ثنائي الفينيل متعدد الكلور و سداسي كلور البنزن من الاحتراق
4	2.1 الديوكسينات و الفيورانات
6	2.2 ثنائيات الفينيل متعددة الكلور و سداسي كلورو البنزين
6	3. تأثير أنواع الوقود على توليد الانبعاثات
6	3.1 زيت الوقود الخفيف و الغاز الطبيعي
6	3.2 زيت الوقود الثقيل
6	3.3 الفحم
7	3.4 اللبغنيث
7	3.5 الحرق المشترك مع أنواع وقود أخرى
8	4. تقدير انبعاثات الملوثات العضوية الثابتة من المرآجل
9	5. أفضل الممارسات البيئية
9	6. أفضل التقنيات المتاحة
9	6.1 التدابير الأولية
11	6.2 تدابير ثانوية: أجهزة التحكم بتلوث الهواء
11	6.3 اعتبارات أخرى
12	7. مستويات الأداء المترافقة مع أفضل التقنيات المتاحة
15	المراجع:
16	مصادر أخرى:

قائمة المرفقات

المرفق 1 . معاملات انبعاث الديوكسينات/الفيورانات من الاحتراق المتحكم به لفحم البيتومين و تحت البيتومين (نانو غرام مكافئ سمي/كغ من وزن الجسم) 13

قائمة الجداول

الجدول (1): معاملات الانبعاث لمحطات توليد الطاقة و الحرارة في الصناعة تعمل على الوقود الأحفوري 8
الجدول (2): تراكيز أثار المركبات العضوية الناتجة عن احتراق الوقود المشتق من النفايات (نانو غرام/م³ قياسي عند 12% أوكسجين فائض) 10
الجدول (3): موجز لبعض التدابير المنصوح بها لمراجل المرافق و الصناعة التي تحرق الوقود الأحفوري 11

قائمة الرسومات التوضيحية

الشكل 1: المواقع المحتملة لتشكيل الديوكسينات و الفيورانات في المراجل 5

VI.D الوقود الأحفوري في مرآجل المرافق والمرآجل الصناعية

موجز

مرآجل المرافق والصناعة هي منشآت مصممة لحرق الوقود لتسخين المياه أو إنتاج البخار لأغراض استخدامها في توليد الكهرباء أو في العمليات الصناعية.

التدابير التي يمكن اتخاذها للتقليل من تشكيل وإطلاق المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم وتتضمن : المحافظة على شروط كفاءة الاحتراق في المرآجل وضمان توفر الوقت الكافي للسماح لحدوث الاحتراق الكامل ؛ اتخاذ التدابير لضمان أن الوقود المستخدم ليس ملوثاً بثنايات الفينيل متعدد الكلور أو سداسي كلور البنزين أو الكلور ، وانخفاض في العناصر الأخرى المعروفة بعملها بمثابة عامل حفاز في تشكيل الديوكسينات و الفيورانات ، واستخدام الطرائق المناسبة لمعالجة الغازات من أجل خفض انبعاث الملوثات ؛ واستراتيجيات ملائمة للتخلص من أو تخزين أو الاستخدام الجاري للرماد المتجمع عن المعالجة .

إن مستويات انبعاث الديوكسينات/ الفيورانات إلى الهواء المتصاحبة مع استخدام أفضل التقنيات المتاحة يمكن أن تكون أقل

1. مدخل

1.1 نظرة عامة على المرآجل

المرآجل هي مرآفق مصممة لحرق الوقود لتسخين المياه أو إنتاج البخار. غالبية المرآجل تستخدم الوقود الأحفوري من

هناك اختلافات كبيرة بين المرآجل المستخدمة

في المرافق وفي الصناعة ، حيث تقع الاختلافات الكبيرة في ثلاثة مجالات رئيسية هي :

- حجم المرآجل
- نوع التطبيقات للبخار والمياه الساخنة التي تنتجها المرآجل
- تصميم المرآجل

1.1.1 حجم المرآجل

إن المرآجل المستخدمة في المرافق تكون عادة كبيرة جدا بالمقارنة مع المرآجل المستخدمة الصناعية الحديثة (التي تعرف

¹ للتقدير التقريبي يمكن استخدام معامل تحويل 0.8 – 0.9 (ميغواط حراري لكل طن من البخار ذو الضغط العالي)

1.1.2 تطبيقات استخدام البخار الناتج

إن مراحل المرافق مصممة لتوليد البخار بمعدل ثابت لتشغيل عنفات توليد الطاقة لإنتاج الكهرباء. وبسبب هذا الطلب

على النقيض من ذلك ، فإن المراحل الصناعية لها بشكل ملحوظ أعراض مختلفة في مختلف التطبيقات الصناعية والطلب

البخار تصنيع الأغذية بالمقارنة مع دورة الطلب

في مرجل مستشفى كبير. إن هذه التقلبات الواسعة في الطلب على البخار

1.1.3 تصميم المرجل

وعادة ما تكون المراحل المستخدمة في المرافق هي وحدات كبيرة تحرق بشكل رئيسي الفحم المسحوق ، وزيت الوقود أو

هذا قد يؤدي إلى مزيد من

الصعوبة في تطبيق تحكم فعال بالانبعاثات لهذه التطبيقات المراحل الصناعية.

1.2 أنواع المراحل

1.2.1 مراحل المرافق

وعادة ما تكون مراحل المرافق مخصصة لتكوينية فرن الاحتراق:

- الحرق بشكل تماسي: هذا الاستخدام شائع لاحتراق الفحم المسحوق ، ولكن يمكن أن يستخدم أيضاً من أجل حرق النفط أو الغاز ؛ في هذا النوع من الحرق تكون منطقة اللهب واحدة مع توجيه خليط الهواء والوقود من الزوايا الأربعة للفرن بشكل تماسي لمركز خط الفرن؛
- الحرق من الجدار: في هذا النظام يتوضع عدد من الحراقات على جدار واحد أو على جدران متقابلة في الفرن و يمكن حرق الفحم المسحوق ، والنفط أو الغاز الطبيعي؛
- الحرق السيكلوني : عادة يتم بهذا النموذج حرق الفحم المطحون ، حيث يُحرق خليط الهواء والوقود في اسطوانات أفقية؛
- الوقاد : و هذا النوع مطبق في المحطات القديمة التي تحرق جميع أنواع الوقود الصلب ؛ حيث يقوم ملقم الوقاد بفرش الوقود الصلب شبكة الاحتراق وإزالة بقايا الرماد؛
- السرير المميع : يتميز هذا النوع من الاحتراق بحرارة احتراق أخفض في الفرن و كفاءة في الاحتراق معززة بتيار مزج مضطرب في منطقة الاحتراق ، وتغذية الفحم المطحون مع إضافة مواد لها إمكانية امتصاص الملوثات ، وبخاصة ثاني أكسيد الكبريت؛
- الاحتراق في السرير المميع المضغوط : هذا النوع مماثل للاحتراق بنظام السرير المميع ، ولكن تحت ضغوط أكبر من الضغط الجوي ، مع زيادة في كفاءة الاحتراق

1.2.2 المرآجل الصنآعية/التجآرية/المؤسسآتية

يتم عآدة آحديآ نوع المرآجل الصنآعية/التجآرية/المؤسسآتية من آلال معرفة طرآئق نقل الحرارة ونظم الآحترآق بشكل موجز ، ونظم نقل الحرارة هي:

- مرآجل أنبوب المياه: في هآ النوع تكون أنابيب النقل الحرآري التي آحتوي على المياه على تماس مباشر مع Oland
- مرآجل أنبوب النار: في هآ النوع آحيط المياه بالأنابيب يآور فيها غازات الآحترآق الساآنة. هآ التطبيق
- مرآجل الحديد المصبوب: في هآ النوع آحتوي مقآطع من الحديد الصب في المرآجل على ممرآت لكل من

أما أنظمة الآحترآق فهي بشكل رئيسي:

- المآقآ: وهناك تشكيلة من المآقآ ذات الوظائف المختلفة. فالمآقآ ذات التغذية آحتتية يتم تلقيمها بالوقود و هواء الآحترآق من أسفل منصب (قضبآن) الآحترآق ويتم التخلص من الرمآآ الناتج عن الآحترآق إلى الجآنب أو إلى الخلف. أما المآقآ ذات التغذية العلوية ؛ و التي يجري تلقيمها بالكميات الكبيرة أو مآقآ الفرش الأكثر شيوعاً ؛ فيتم تزويد هواء الآحترآق من آحت المنصب (القضبآن) بينما يتم توزيع الوقود من فوق منصب الآحترآق. المآقآ التي يفرش فيها الوقود فوق منصب/شبكة تُستآدم على نطاق وآسع في صنآعة السكر لآرق النقل؛
- الحرآقات : هآه المجموعة المتنوعة من الأجهزة تعمل على تلقيم مزيج الوقود-الهواء إلى الفرن آحت شروط

2. توليد مركبات الديوكسينات و الفيورآنآت و ثنائي الفينيل متعدد الكلور و سدآسي كلور البنزن من الآحترآق

من المفروض في نظام آحترآق يعمل بشكل جيد ، ينبغي أن تخضع المآقآ الطيارة إلى وقت كآفي في درجة حرارة عالية مع كمية كآفية من الأوكسجين و المزج، للتمكين من آكتمال عملية الآحترآق.

(Van Remmen 1998; UNEP 2005).

في محطات توليد الطاقة الكبيرة التي آحرق الوقود الآحفوري والمضبوبة جيآا ، يكون تشكيل الديوكسينات و الفيورآنآت (وغيرها من الملوآآت العضوية الثآبته) منآفضاً نظراً لأن كفاءة الآحترآق تكون عالية عآدة ، والعملية مستقرة والوقود المستخدم بشكل عام متجانس. ومع ذلك من الممكن أن يبقى إجمالآ الكتلة المنبعثة كبيراً نظراً لإطلاق حجوم كبيرة من غازات العآدم الحاوية على تراكيز صغيرة من الديوكسينات و الفيورآنآت كميات كبيرة من غازات المآآخن تنبعث مع تركيزات صغيرة من الديوكسين / الكلور (UNEP 2005). بينما قد نجد في الأنظمة الأصغر و الأقل ضبطاً هناك إمكانية لآنبعآآت الملوآآت العضوية الثآبته بتركيزات أكبر ولكن بحجوم أقل ، الأمر الذي يؤدي إلى آنخفاض آنبعآآت الكتلة الإجمالآة لهآه الملوآآت.

2.1 الديوكسينات و الفيورانات

2.1.1 توليد الديوكسينات و الفيورانات

من المعروف أن احتراق الوقود الاحفوري في مرآجل المرافق أو المرآجل الصناعية يولد كميات أقل بكثير من Sloss and Smith 1993;

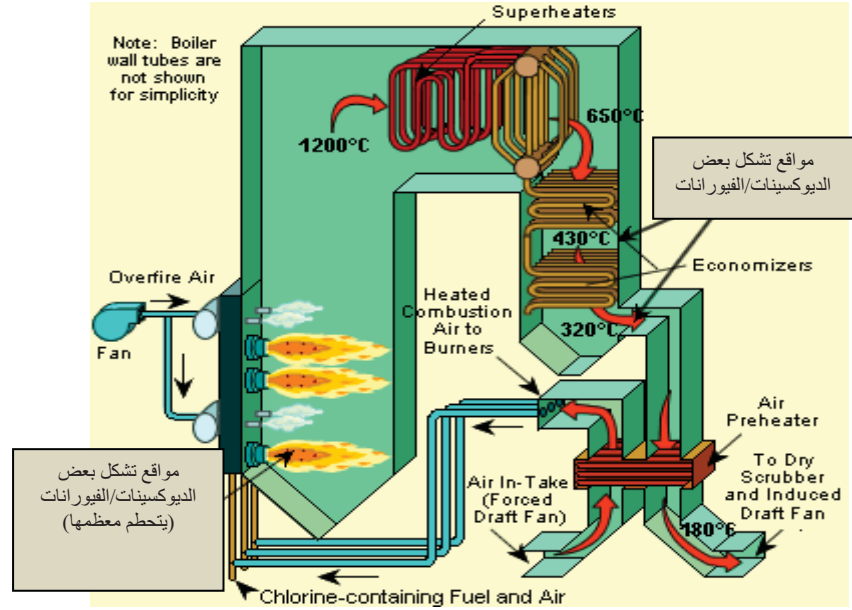
Griffin

Sloss 2001; Dyke 2004

Griffin 1986

يمكن أن تتشكل الديوكسينات و الفيورانات بآليات متعددة. يبين الشكل 1 تمثيل توضيحي للمواقع المحتملة لتشكيل

الشكل (1): المواقع المحتملة لتشكيل الديوكسينات والفيورانات في المرآجل



Source: Modified from Richards 2004.

2.1.2 آليات التحكم بتشكيل الديوكسينات والفيورانات

يمكن لشروط الاحتراق ونوعية الوقود وتصميم المحطة وظروف التشغيل أن يكون لها تأثير كبير على تشكيل الديوكسينات/الفيورانات. لقد بين (Williams 1994; Eduljee and Cains 1996) أنه بتحسين شروط الاحتراق يمكن تخفيض انبعاثات الديوكسينات. كما لخص العمل الذي تم في وكالة حماية البيئة الأمريكية والذي بين أن المتحولات التي تتحكم بتخفيض انبعاثات الديوكسينات/الفيورانات هي على الترتيب التالي من حيث الأهمية:

1. نوعية وجودة الاحتراق مدلولاً عليها بالمؤشرات التالية:
 - أول أكسيد الكربون (CO)، الهيدروكربونات الكلية، تشكل السخام
 - وجود الجسيمات والاهتراء
2. درجة حرارة أجهزة التحكم بتلوث الهواء
3. متحولات الوقود/النفائيات:
 - الكبريت
 - المعادن
 - الكلور

يمكن تحقيق ذلك من خلال الشروط التالية (Lemieux 1998):

- المحافظة على درجة حرارة عالية ومتجانسة في الحراق
- مزج جيد مع كمية كافية من الهواء
- التقليل من دخول الجسيمات غير المحترقة
- الثباتية في معدل تغذية مواد الاحتراق
- مراقبة وتحكم فعال لأول أكسيد الفحم و الهيدروكربونات الكلية

أخيراً ، هناك عدد من معايير التشغيل لأجهزة التحكم بتلوث الهواء قد تم تحديدها لتؤدي إلى تخفيض انبعاثات الديوكسين / الفيوران ، و

- درجة حرارة منخفضة عند مدخل أجهزة التحكم بتلوث الهواء
- التقليل إلى الحدود الدنيا من زمن بقاء الغازات أو الجسيمات في النافذة الحرارية 200-400 درجة مئوية

كما ذكرنا سابقاً ، فقد تبين أيضاً أن وجود الكبريت يثبط من تشكيل الديوكسينات، وذلك استناداً إلى الانبعاثات المنخفضة

(Tsai et al. 2002).

Luthe, Karidid and Uloth 1997

2.2

ثانويات الفينيل متعددة الكلور وسداسي كلورو البنزين

انبعاثات ثنائي الفينيل متعدد الكلور قد تنشأ عن إعادة استخدام الزيوت المستعملة و أنواع الوقود الأخرى المشتقة من احتراق الفحم هو ثالث أكبر مصدر عالمي لانبعاثات سداسي كلورو البنزين (Bailey 2001). الـ

III.C (i)

3.

تأثير أنواع الوقود على توليد الانبعاثات

تستخدم أنواع الوقود الأحفوري -- الفحم والنفط والغاز -- لتوليد البخار في المراجل، سواء بمفردها أو بالاشتراك مع ونوع الوقود المستخدم يعتمد على توافر الوقود و على اقتصاديات العملية.

3.1

زيت الوقود الخفيف و الغاز الطبيعي

يتم عادة حرق زيت الوقود الخفيف والغاز الطبيعي في حراقات مصممة خصيصاً وعموماً من غير المحتمل أن تولد هذه

UNECE 1998

3.2

زيت الوقود الثقيل

يتم حرق زيت الوقود الثقيل على حد سواء لأغراض توليد البخار و توليد الطاقة الكهربائية ، و عادة ما يتم حرقه في

3.3

الفحم

إن تأمين كفاءة احتراق جيدة للفحم في المحطات الكبيرة لتوليد الطاقة الكهربائية العاملة على الفحم سيؤدي إلى مستويات

Rentz, Gütling and Karl 2002

Sloss 2001

UNECE 1998

3.4 الليغيت

تتواجد و تعمل عادة محطات توليد الكهرباء العاملة على الليغيت (الفحم البني) بالقرب من منطقة مناجم الفحم. و نظرا

لذلك ، فإنها عادة لا

تستخدم حفازات الإرجاع الانتقائية لتحقيق هذا التخفيض.

لقد سجلت انبعاثات الديوكسين/ الفيوران من محطات توليد الطاقة التي تحرق الليغيت ضمن المجال 0.04 – 0.0002 نانوغرام مكافئ سمية دولي/م³ نظامي². (Detzel et al. 1998).

3.5 الحرق المشترك مع أنواع وقود أخرى

معظم محطات توليد الكهرباء تستخدم نوع واحد من الوقود ، ولكن من الممكن تعديل المراجل ومعدات تجهيز الوقود لمزج هذه العملية للحرق المشترك تعني أنه يمكن استخدام أكثر من نوع من الوقود في

آن واحد.

ومع ذلك ، فغالبا ما تكون المراجل محدودة في قدرتها على استخدام النفايات أو أنواع الوقود المشتقة من النفايات بسبب

النفايات (المعروفة أيضا باسم أنواع الوقود المشتقة من النفايات) هي المواد الغنية بالطاقة ، مثل الزيوت المستعملة

V.A, V.B, VI.E and VI.M

يبدو أن إدارة نوعية الوقود و ظروف الاحتراق مع وجود أجهزة المعالجة الفعالة قد تكون من أكثر الاستراتيجيات نجاحاً في التقليل إلى الحد الأدنى من انبعاثات الملوثات العضوية الثابتة عند استخدام مواد النفايات كوقود في الحرق المشترك. و من أجل تحقيق أفضل العمليات فعالية، يجب استثناء استخدام وقود النفايات على الخصوص عند إقلاع أو توقيف المنشأة حينها تكون ظروف الاحتراق غير مستقرة و يصعب التحكم بها.

² 1 نانوغرام = $10^{-12} \times 1$ كيلوغرام (10^{-9} من الغرام) ، م³ نظامي = متر مكعب نظامي لحجم الغاز الجاف المقاس عند درجة حرارة صفر درجة مئوية و ضغط 101.3 كيلوباسكال. لمزيد من المعلومات راجع القسم I.C ، القسم الفرعي 3 من التوجيه الحالي.

إن الحرق المشترك للنفايات يجب أن يتم بطريقة لا تؤثر سلباً على خيارات التخلص من البقايا الصلبة الناتجة عن الحرق المشترك (مثل: الرماد المتطاير و الرماد الخشن و البقايا الناتجة عن معالجة غازات الاحتراق) – أنظر إلى القسم V.A (مرممات النفايات) من التوجيه الحالي.

إذا لم يتم تحقيق قيمة انبعاثات 0.1 نانو غرام/م³ النظامي، فيجب تطبيق التدابير الثانوية و هي متوفرة.

4. تقدير انبعاثات الملوثات العضوية الثابتة من المراحل

إن قياس المستويات المنخفضة من الديوكسينات و الفيورانات و ثنائي الفينيل متعدد الكلور و سداسي كلور البنزن من احتراق الوقود الأحفوري في المراحل هو تحدٍ تقني و مكلف بالمقارنة مع قياس الملوثات الأولية مثل ثاني أكسيد الكبريت و أكاسيد الأزوت و الجسيمات. مع ذلك، فالقياس المباشر للملوثات العضوية الثابتة من منشآت محددة هو أمر يشجع عليه لتحسين القاعدة المعرفية عن انبعاث هذه المكونات السامة. من المعترف به طبعاً أنه في بعض الحالات قد لا يكون القياس المباشر ممكناً باستثناء في تلك المنشآت الكبيرة و المتقدمة تقنياً.

إذا كانت كفاءة عملية الاحتراق جيدة فقد تصل مستويات الملوثات إلى عدة مراتب دون مستوى المعايير السائدة (Brain et al., cited in Sloss 2001

و كبديل للقياس المباشر يمكن حساب الانبعاثات بمعرفتنا بعض المعلومات عن نوع الوقود و الطاقة الإنتاجية و ظروف العملية. ي

UNEP 2005 I

الجدول (1): معاملات الانبعاث لمحطات توليد الطاقة و الحرارة في الصناعة تعمل على الوقود الأحفوري

معاملات الانبعاث			التصنيف
ميكرو غرام مكافئ سمية/تيراجول من الوقود الأحفوري المحترق			
البقايا	المياه	الهواء	
لم يحدد	لم يحدد	35	1. مراحل توليد الطاقة بحرق الوقود المشترك – وقود أحفوري/نفايات
14	لم يحدد	10	2. مراحل توليد الطاقة التي تحرق الفحم
لم يحدد	لم يحدد	2.5	3. مراحل توليد الطاقة التي تحرق الوقود الثقيل
*	لم يحدد	1.5	4. محطات توليد الطاقة التي تحرق نפט الطفلة
لم يحدد	لم يحدد	0.5	5. مراحل توليد الطاقة التي تحرق زيت الوقود الخفيف/الغاز الطبيعي

* الإطلاقات من البقايا يمكن أن تحسب على أساس الكتلة (المصدر: UNEP 2005)

أ. إن معاملات الانبعاث الافتراضية هذه مبنية على أساس الفرضية أن الوقود المحترق يؤدي إلى إطلاق الديوكسينات و الفيورانات المترافقة مع الرماد المتطاير. بينما تعتبر الانبعاثات مع الرماد السفلي مهملة. تنزايد كفاءة الإزالة للجسيمات أيضاً مع نوعية نظام التحكم بتلوث الهواء المستخدم في المحطة (UNEP 2003).

ب. أساس الإنتاج بوحدة الطاقة: ميكرو غرام مكافئ سمي/تيراجول من الوقود المستهلك.

تتوفر معلومات أكثر عن انبعاثات الديوكسين / الفيوران من تلك المتوفرة عنثنائي الفينيل متعدد الكلور و سداسي كلور البنزين.

UNEP 2003

5. أفضل الممارسات البيئية

إن أفضل الممارسات البيئية الموصوفة في هذا المقطع تشكل توجيهات عامة تنطبق على أي نوع من المراحل ، وبغض

- تحديد المتحولات الأساسية للعملية ، سواء من حيث التحريات عن الموقع أو البحوث التي أجريت على
- اتخاذ التدابير اللازمة التي تمكن من التحكم بالمتحولات الرئيسية للعملية
- تطبيق بروتوكولات المراقبة والإبلاغ بالمتحولات الرئيسية للعملية
- تقديم و متابعة دورات التخطيط ، وتنفيذ دوريات التفريش والصيانة المناسبة
- استحداث نظام للإدارة البيئية الذي يحدد بوضوح المسؤوليات على جميع المستويات
- ضمان توفر ما يكفي من الموارد لتنفيذ ومتابعة أفضل الممارسات البيئية
- إدخال تحسينات على العملية لتقليل من الاختناقات الفنية والتأخير
- التأكد من أن جميع الموظفين قد تلقوا تدريباً ملائماً على تطبيق أفضل الممارسات البيئية ذات الصلة بواجباتهم
- تحديد مواصفات الوقود للمتحولات الأساسية وإدخال بروتوكول المراقبة والإبلاغ
- ضمان الإدارة السليمة بيئياً للرماد المتطاير ، الرماد الخشنه والبقايا الناتجة عن معالجة غاز المداخن
- ضمان أنه عند استخدام الكتلة الحيوية أو النفايات في الحرق المشترك مع الوقود، فيجب ألا يتم إضافتهم إلا عند شارك في إطلاق النار أو الكتلة الحيوية للنفايات ، لا ينبغي أن يضاف إلى المرجل فرن الاحتراق ظروف مستقرة وأنها قد وصلت إلى درجة حرارة التشغيل

6. أفضل التقنيات المتاحة

من أجل الحد من انبعاث الملوثات العضوية الثابتة من مراحل المرافق والمنشآت الصناعية العاملة على الوقود الأحفوري، فيجب أن نقلل من مسارات توليد وإطلاق مثل هذه الملوثات وذلك من خلال تصميم العملية وتشغيلها.

- نوعية الوقود
- ظروف الاحتراق
- تركيب الأجهزة الأكثر ملائمة للتحكم بتلوث الهواء

6.1 التدابير الأولية

6.1.1 مواصفات الوقود و المراقبة

في حين أن انخفاض مستويات البادئات اللازمة لتشجيع تشكيل المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم لاتفاقية استكهولم عن طريق الطور الغازي فوق 500 درجة مئوية تحدث في معظم أنواع الوقود ، يجب اتخاذ التدابير اللازمة للحد ، إلى أقصى حد ممكن ، من الإدخال غير للوقود الملوث ، والتي قد تشجع على تشكيل الملوثات العضوية الثابتة. هذا صحيح خصوصاً عندما نستخدم الحرق المشترك للوقود الأحفوري مع أنواع الوقود الأخرى. لذلك ينبغي إدخال

6.1.2 ظروف الاحتراق

لتحقيق الاحتراق الكامل للملوثات العضوية الثابتة الموجودة في الوقود ، يجب إيلاء اهتماماً خاصاً بالأركان الأربعة للوصول إلى كفاءة عالية في التحطيم و هي : درجة الحرارة و وزمن البقاء و المزج والأكسجين الفائض (McKay 2002). هذا يعني أيضاً ضمان تحطيم البادئات التي تساعد على تشكيل الملوثات العضوية الثابتة والحد من تشكيل السخام ، وبالتالي توفير عدد أقل من المواقع الصلبة المحتملة لتحفيز تفاعلات تشكيل لملوثات العضوية الثابتة أثناء تبريد تيار غازات العادم. و يوضح الجدول 2 تأثير ظروف الاحتراق على انبعاث الملوثات من الوقود المشتق من النفايات. في حين أن القيم الواردة في الجدول 2 هي أعلى مما يمكن توقعه من الاحتراق الناتج عن استخدام الوقود الأحفوري ، تشير القيم إلى التأثير الكبير لظروف الاحتراق على الانبعاثات (Environment Canada, cited in Dyke 2004).

الجدول (2): تراكيز أثار المركبات العضوية الناتجة عن احتراق الوقود المشتق من النفايات (نانوغرام/م³ قياسي عند 12% أوكسجين فائض) أ

المركب	احتراق جيد	احتراق سيء
الديوكسينات (الإجمالي)	70-230	200-600
الفيورانات (الإجمالي)	220-600	700-1,300
كلوريدات البنزن ^ب	4,000-6,000	7,000-16,000

أ: م³ قياسي = متر مكعب قياسي لحجم الغاز الجاف المقاس عند درجة حرارة 15 درجة مئوية و ضغط 101.3 كيلوباسكال (قارن مع م³ النظامي = متر مكعب نظامي لحجم الغاز الجاف المقاس عند درجة حرارة 0 مئوية و ضغط 101.3 كيلوباسكال)

ب: تتضمن جميع مأكبات ثلاثي و رباعي و خماسي و حتى سداسي كلور البنزن

من المقبول عموماً أن ارتفاع درجة الحرارة عن 900 درجة مئوية (McKay 2002) و زمن بقاء الغاز أكثر من 2 ثانية ما يكفيان لتحقيق أكسدة كاملة للديوكسينات ، طالما أن تدفق الغاز يضمن مزج جيد مع وجود فائض من الأوكسجين O₂. تقترح دراسة مكاي (McKay 2002) أن المحافظة على درجة حرارة الفرن أعلى من 1000 درجة مئوية تضمن أن تكون جميع الملوثات العضوية الثابتة قد تأكسدت.

من العوامل الأخرى الهامة هي وجود فائض من الأوكسجين الهواء و المزج الجيد لتيار الهواء في الفرن. إن وجود درجة عالية من المزج و الاضطراب سوف تجنب تشكيل جيوب باردة حيث لاتصل الحرارة إلى الدرجة اللازمة للأكسدة. إن ارتفاع المزج و الاضطراب سوف يؤديان أيضاً إلى توزيع متساوي للأوكسجين لضمان الاحتراق الكلي ، وتجنب المناطق التي لا يكون فيها مزيج الاحتراق بالنسبة المطلوبة ، شريطة أن يكون هناك فائض من الهواء. و لتقييم كفاءة الاحتراق، قد يكون من المفيد وجود مراقبة مستمرة لأول أوكسيد الكربون (CO). يترافق الاحتراق الجيد بإنخفاض انبعاثات أول أوكسيد الكربون CO (أي بين 30-50 ملغ/م³ نظامي عند 6 ٪ من الأوكسجين الفائض لاحتراق الفحم المسحوق ؛ و دون 100 ملغ/م³ النظامي لاحتراق الفحم في فرن السرير المميع) (European Commission 2003). ارتفاع مستويات أول أوكسيد الكربون CO تشير إلى احتراق غير كامل و ظروف يمكن بموجبها للملوثات العضوية الثابتة أن تنجو من عملية الاحتراق أو أن تتشكل من جديد.

عندما يستخدم الوقود الصلب ، و من أجل تحقيق شروط عظمى من المزج و الاحتراق فيفضل استخدام الفحم المطحون قليل الرطوبة بدلاً من الفحم المقطع أو كتل الفحم. التبخر هو عملية ماصة للحرارة و وبالتالي عندما تدخل الرطوبة إلى الفرن تنخفض حرارة الاحتراق. إن استخدام الفحم المطحون سوف يسمح ، في ظل ظروف مزج و اضطراب جيدة، بالوصول إلى تساوي درجة الحرارة في جميع أنحاء الفرن بأكمله و المزج الأمثل مع الأوكسجين.

6.2 تدابير ثانوية: أجهزة التحكم بتلوث الهواء

يمكن تركيب أجهزة التحكم بتلوث الهواء من أجل تحقيق المزيد من السيطرة والحد من الانبعاثات ، مع أنه في حالة مرآجل المرافق و الصناعة التي تحرق الوقود الأحفوري ، تعتبر هذه الأجهزة هي تدابير إضافية أو ثانوية. المزيد من التفاصيل حول أجهزة مراقبة تلوث الهواء متوفرة في القسم الثالث (iv) III.C من هذه المبادئ التوجيهية.

6.3 اعتبارات أخرى

وتجدر الإشارة إلى أن تشكيل الديوكسينات و الفورانات و ثنائي الفينيل متعدد الكلور و سداسي كلور البنزين هي عملية معقدة وإزالة الجسيمات من غازات المداخن لا يعني أن الملوثات العضوية الثابتة لن تنبعث. بالرغم من أن تقنيات المعالجة هذه لا تزال ذات أهمية كبيرة لبيئتنا ، ينبغي ألا تُعتبر أنها الحل الوحيد. كما ذكر أنفا ، فإن نوعية الوقود و مراقبة جودة الاحتراق هي أيضاً من أهم الخطوات في التقليل من انبعاثات الملوثات العضوية الثابتة.

إن ترشيح و التقاط الجسيمات و الدقائق من غازات الاحتراق قد ينتج كمية من نفايات الأغبرة الملوثة ، والتي ينبغي التعامل معها بحذر باعتبارها ناتجاً ممكن أن يحتوي على الملوثات العضوية الثابتة (UNECE 1998). عموماً ، النواتج الصلبة مثل الرماد المتطاير و الرماد السفلي الناتجة عن احتراق الفحم المسحوق تحتوي على مستويات منخفضة جداً من الملوثات العضوية الثابتة ، فتركيز الديوكسين فيها دون 1 بيكوغرام مكافئ سمية دولي/غرام من الرماد (Meij and te Winkel 2001). بالتالي فمن المرجح أن تكون طرائق التخلص منها محكومة بمنع إطلاق الملوثات الأخرى المحتملة بدلاً أي من الملوثات العضوية الثابتة التي قد تكون موجودة. ومن أجل البقايا الصلبة الحاوية على مستويات عالية ينصح بعدد من التقنيات لتخفيض الملوثات العضوية قبل التخلص منها. وتشمل هذه التقنيات المعالجة بالحفازات في درجات الحرارة المنخفضة و بوجود تراكيز منخفضة من الأوكسجين و تقنية استخلاص المعادن الثقيلة و الحرق لتطهير المواد العضوية ، وطريقة التزجيج و تكنولوجيا البلازما (UNECE 1998).

الجدول 3 يعرض موجزاً عن التدابير التي تشكل أفضل الممارسات البيئية و أفضل التقنيات المتاحة

الجدول (3): موجز لبعض التدابير المنصوح بها لمرآجل المرافق و الصناعة التي تحرق الوقود الأحفوري

الموضوع	أفضل الممارسات البيئية	أفضل التقنيات المتاحة	العائد/الفائدة البيئية
الوقود	مصدر الوقود مراقبة نوعية الوقود مواصفات الوقود	مراقبة الوقود الداخل لتحقيق مواصفات الوقود و ذلك برفض النوعيات السيئة أو استبدال الوقود أو تنقيته أو المزج	التقليل قدر الإمكان من الملوثات العضوية الثابتة الداخلة إلى نظام الاحتراق
ظروف الاحتراق	صمم المفاعل المناسب لاستخدام الوقود المحدد مراقبة ظروف عملية الاحتراق و على الأخص: • درجة (أعلى من 900 درجة مئوية) • زمن البقاء (أكبر من 1 ثانية) • الاضطراب (عالي) • الأوكسجين (زيادة) التشغيل و المحافظة على الشروط التصميمية تطوير ظروف و إجراءات معينة للحرق المشترك و على الأخص خلال مراحل الإقلاع و الإيقاف	نظام تحكم آلي و بالحاسوب للحفاظ على ظروف احتراق مثالية أكسدة عظمى بالحفاظ على مزيج مثالي من الوقود /الأوكسجين	تطهير الملوثات العضوية الثابتة الموجودة في الوقود التقليل إلى الحد الأدنى من تشكيل الملوثات العضوية الثابتة خلال عملية الاحتراق
التجميع	التشغيل و الصيانة لأجهزة التحكم بتلوث الهواء	تقييم إمكانية التحسينات البيئية عن طريق تركيب أجهزة التحكم بتلوث الهواء عندما تتضح المنافع البيئية	التقليل من الملوثات العضوية الثابتة في غازات الاحتراق
التخلص من النفايات	جمع النفايات الصلبة و السائلة الناتجة من عملية الاحتراق و من أجهزة التحكم	تقييم إمكانية تخفيض حجم النفايات و	التحكم و التقليل إلى الحد الأدنى

الموضوع	أفضل الممارسات البيئية	أفضل التقنيات المتاحة	العائد/الفائدة البيئية
	التعامل و التخزين المناسب للتقليل من الإطلاق إلى البيئة	التخلص الآمن	

7. مستويات الأداء المترافقة مع أفضل التقنيات المتاحة

وتشير البيانات المتاحة إلى أن أنظمة المراجل الفعالة التي تستخدم فقط الفحم أو النفط أو الغاز كوقود يمكن أن تحقق مستويات أداء لتخفيض حجم الانبعاثات من الديوكسينات/الفيورانات دون 0.1 نانوغرام مكافئ سمية دولي/م³ النظامي (عند محتوى أكسجين 6% للوقود الصلب و 3% للوقود السائل).

المرفق 1 . معاملات انبعاث الديوكسينات/الفيورانات^أ من الاحتراق المتحكم به لفحم البيتومين و تحت البيتومين (نانوغرام مكافئ/سمي/كغ^ب)

المركبات	وحدات نزع الكبريت من غازات الاحتراق أبراج الامتصاص بالترذيذ و التجفيف المرشحات النسيجية ^ت	المرسبات الكهربائية أو المرشحات النسيجية ^ث
8,7,3,2- رباعي كلورثنائي بنزو الديوكسين 2,3,7,8-TCDD	لم يتم تحديده	0.0072
إجمالي مركبات رباعي كلورثنائي بنزو الديوكسين Total TCDD	0.19	0.046
إجمالي مركبات خماسي كلورثنائي بنزو الديوكسين Total PeCDD	0.353	0.022
إجمالي مركبات سداسي كلورثنائي بنزو الديوكسين Total HxCDD	1.50	0.014
إجمالي مركبات سباعي كلورثنائي بنزو الديوكسين Total HpCDD	5.00	0.042
إجمالي مركبات ثماني كلورثنائي بنزو الديوكسين Total OCDD	14.4	0.208
إجمالي مركبات الديوكسينات ^ج Total PCDD	21.4	0.333
8,7,3,2- رباعي كلورثنائي بنزو الفيوران 2,3,7,8-TCDF	لم يتم تحديده	0.026
إجمالي مركبات رباعي كلورثنائي بنزو الفيوران Total TCDF	1.25	0.202
إجمالي مركبات خماسي كلورثنائي بنزو الفيوران Total PeCDF	2.42	0.177
إجمالي مركبات سداسي كلورثنائي بنزو الفيوران Total HxCDF	6.35	0.096
إجمالي مركبات سباعي كلورثنائي بنزو الفيوران Total HpCDF	22.0	0.038
إجمالي مركبات ثماني كلورثنائي بنزو الفيوران Total OCDF	68.5	0.033
إجمالي مركبات الفيوران ^ح Total PCDF	101	0.545
إجمالي الديوكسينات و الفيورانات	122	0.880

^أ . معطيات وكالة حماية البيئة الأمريكية (1988) تم تحويلها من ليبرة/طن من الفحم المحترق إلى نانو غرام/كغ من الفحم المحترق.

^ب . معاملات الانبعاث يجب أن تطبق على الفحم الذي يتم حرقه. الانبعاثات معبر عنها بوحدة النانو غرام من الملوثات لكل كغ من الفحم المحترق.

ت. معاملات الانبعاث تنطبق على المراجل المزودة بوحدات نزع الكبريت من غازات المدخنة و بالمرشحات النسيجية pulverized SCCs = coal-fired, dry bottom boilers, 1-01-002-02/22, 1-02-002-02/22, and 1-03-002-06/22.

ث. معاملات الانبعاث تنطبق على المراجل المزودة بمرسبات كهربائية و المرشحات النسيجية. SCCs = pulverized coal-fired, dry bottom boilers, 1-01-002-02/22, 1-02-002-02/22, and 1-03-002-06/22; and cyclone boilers, 1-01-002-03/23, 1-02-002-03/23, and 1-03-002-03/23.

ج. إجمالي الديوكسينات هو مجموع إجمالي مماكبات رباعي كلور ثنائي بنزو الديوكسين و حتى مماكبات ثماني كلور ثنائي بنزو الديوكسين. إجمالي الفيورانات هو مجموع إجمالي مماكبات رباعي كلور ثنائي بنزو الفيوران و حتى مماكبات ثماني كلور ثنائي بنزو الفيوران.

المراجع:

- Bailey R.E. 2001. "Global Hexachlorobenzene Emissions." *Chemosphere* 43:2.
- CIBO (Council of Industrial Boiler Owners). 2002. *Submission to USEPA by Council of Industrial Boiler Owners*. www.epa.gov/airmarkets/fednox/mar99/bessette.pdf.
- Detzel A., Patyk A., Fehrenbach H., Franke B., Gingrich J., Lell M. and Vogt R. 1998. *Investigation of Emissions and Abatement Measures for Persistent Organic Pollutants in the Federal Republic of Germany*. UBA-Texte 75/98. IFEU, Heidelberg.
- Dyke P. 2004. *PCB and PAH Releases from Incineration and Power Generation Processes*. R&D Technical Report P4-052. Environment Agency, Bristol, UK. www.pops.int/documents/implementation/nips/guidance/en/techrep.pdf.
- Eduljee G.H. and Cains P. 1996. "Control of PCDD and PCDF Emissions from Waste Combustors." In: *Chlorinated Organic Micropollutants* (eds. Hester R.E. and Harrison R.M.) Royal Society of Chemistry, Cambridge.
- Environment Canada. 2004. *Controlling PCBs: The Options Available*. Canadian Council of Resource and Environment Ministers. www.ec.gc.ca/pcb/ccme_fs4/eng/pcb33_e.htm.
- EPA (United States Environmental Protection Agency). 1998. *External Combustion Sources: Bituminous and Subbituminous Coal Combustion*. Background Report AP-42, 5th Edition, Vol. I.
- European Commission. 2003. *Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants*. Draft BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain.
- Griffin R.D. 1986. "A New Theory of Dioxin Formation in Municipal Solid Waste Combustion." *Chemosphere* 15:1987-1990.
- Lemieux P.M. 1998. *Polychlorinated Dioxins and Furans: Sources, Emissions, Formation and Control*. Presented at UNEP Regional Awareness Raising Workshop on POPs, Puerto Iguazu, Argentina, 1-3 April 1998.
- Luthe C., Karidio I. and Uloth V. 1997. "Towards Controlling Dioxins Emissions from Power Boilers Fuelled with Salt-Laden Wood Waste." *Chemosphere* 35:3.
- McKay G. 2002. "Dioxin Characterization, Formation and Minimization during Municipal Solid Waste (MSW) Incineration: Review." *Chemical Engineering Journal* 86:343-368.
- Meij R. and te Winkel H. 2001. *Health Aspects of Coal Fly Ash*. Paper No. 21, 2001 International Ash Utilization Symposium, Kentucky, USA.
- Oland C.B. 2002. *Guide to Low-Emission Boiler and Combustion Equipment Selection*. Report No. ORNL/TM-2002/19. United States Department of Energy, Office of Industrial Technologies. www.oit.doe.gov/cfm/fullarticle.cfm?id=653.
- Rentz O., Gütlting K. and Karl U. 2002. *Exemplary Investigation into the State of Practical Realization of Integrated Environmental Protection with Regard to Large Combustion Plants in Germany*. Project 200 46 317. German Federal Environment Agency. www.umweltdaten.de/nfp-bat-e/feuerungsanlagen-e.pdf.
- Richards J. 2004. *Basic Concepts in Environmental Sciences*. www.epin.ncsu.edu/apti/ol_2000/module6/dioxins/control/contfram1.htm.
- Sloss L.L. 2001. *Organic Compounds from Coal Utilisation*. International Energy Agency Coal Research, London. www.enel.it/ambiente/directory/iea_VOC_pf01-08.pdf.
- Sloss L.L. and Smith I.M. 1993. *Organic Compounds from Coal Utilization*. International Energy Agency Coal Resources Report IEACR/63. London.
- Tsai M.-Y., Wu K.-T., Huang C.-C. and Lee H.-T. 2002. "Co-firing of Paper Mill Sludge and Coal in an Industrial Circulating Fluidized Bed Boiler." *Waste Management* 22:4.

UNECE (United Nations Economic Commission for Europe). 1998. *Protocol to the 1979 Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution on Persistent Organic Pollutants*. New York and Geneva. www.unece.org/env/lrtap/full%20text/1998.POPs.e.pdf.

UNEP (United Nations Environment Programme). 2003. *Guidelines on BAT and BEP for Municipal Waste Incineration*. Draft. UNEP, Geneva.
www.pops.int/documents/meetings/bat_bep/2nd_session/inf10/EGB2_INF10_munwaste_incineration.pdf.

UNEP (United Nations Environment Programme). 2005. *Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases Edition 2.1*. UNEP, Geneva.
www.chem.unep.ch/pops/pcdd_activities/toolkit/Toolkit%20-%20version/Toolkit-2005_2-1_en.pdf.

Van Remmen T. 1998. "Evaluation of the Available Air Pollution Control Technologies for the Achievement of the MACT Requirements in the Newly Implemented New Source Performance Standards (NSPS) and Emission Guidelines (EG) for Hospital and Medical/Infectious Waste Incinerators." *Waste Management* 18:393–402.

Williams P.T. 1994. "Pollutants from Incineration: An Overview." In: *Waste Incineration and the Environment* (eds. Hester R.E. and Harrison R.M.) Royal Society of Chemistry, Cambridge.

مصادر أخرى:

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). 2004. www.atsdr.cdc.gov/.

BREDL (Blue Ridge Environmental Defence League). 2000. *Clean Air Campaign*.
www.bredl.org/air/riverbend-danriver.htm.

Buekens A. and Huang H. 1998. "Comparative Evaluation of Techniques for Controlling the Formation and Emission of Chlorinated Dioxins/Furans in Municipal Waste Incineration." *Journal of Hazardous Materials* 62:1–33.

Eduljee G.H. 1994. "Organic Micropollutant Emissions from Waste." In: *Waste Incineration and the Environment* (eds. Hester R.E. and Harrison R.M.) Royal Society of Chemistry, Cambridge.

Egyptian Environmental Affairs Agency. 2004. *National Implementation Plan Project of POPs Convention*. www.eea.gov.eg/English/NIPP/NIPP_conv.asp.

EPA (United States Environmental Protection Agency). 1997. *Locating and Estimating Air Emissions from Sources of Dioxins and Furans*. EPA-454/R-97-003. EPA, Office of Air Quality Planning and Standards, Office of Air and Radiation, Washington, D.C.

EPA (United States Environmental Protection Agency). 1998. *The Inventory of Sources of Dioxin in the United States*. EPA, Washington, D.C. www.epa.gov/ttnchie1/le/dioxin.pdf.

EPA (United States Environmental Protection Agency). 2000. *Exposure and Health Assessment for 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD) and Related Compounds*. Draft. EPA, Washington, D.C.
www.epa.gov/ncea/pdfs/dioxin/part2/fm-chap9.pdf.

EPA (United States Environmental Protection Agency). 2003. *PCDD and PCDF: Sources and Regulations Addendum*. EPA, Washington, D.C. epa.gov/bns/dioxin/PCDD_DF_regs.PDF.

EPRI (Electric Power Research Institute). 1994. *Electric Utility Trace Substances Synthesis Report*. TR-104614. EPRI, Palo Alto, California.

Hagenmaier H., Kraft M., Haag R. and Brunner H. 1988. In: *Energy Recovery through Waste Combustion* (eds. Brown A., Evemy P. and Ferrero G.L.) Elsevier Applied Science.

Harrad S. 1996. "Sources and Fates of Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins, Dibenzofurans and Biphenyls: The Budget and Source Inventory Approach." In: *Chlorinated Organic Micropollutants* (eds. Hester R.E. and Harrison R.M.) Royal Society of Chemistry, Cambridge.

IPEN (International POPs Elimination Network). 2003. *Information Relevant to the Basel Convention's Hazardous Characteristic H11*. www.ciel.org/Publications/POPs_Basel_Sep03.pdf.

- Kreis S., Hunsinger H. and Seifert H. 2000. "Polypropylene as Regenerable Absorber for PCDD/F Emission Control." *Chemosphere* 40:1029–1031.
- Lohmann R. and Jones K.C. 1998. "Dioxins and Furans in Air and Deposition: A Review of Levels, Behaviour and Processes." *The Science of the Total Environment* 219:53–81.
- Magasiner N. 1996. "Bagasse-Fired Boiler Design with Reference to Co-generation." *International Sugar Journal* 98:100.
- Magasiner N., van Alphen C., Inkson M.B. et al. 2002. "Characterising Fuels for Biomass: Coal-Fired Cogeneration." *International Sugar Journal* 104:251.
- Manno J., Riedel D. and Trembley N. 1995. *Effects of Great Lakes Basin Environmental Contaminants on Human Health*. SOLEC Working Paper presented at State of the Great Lakes Ecosystem Conference. EPA, Washington, D.C. www.epa.gov/grtlakes/solec/94/health.
- New Zealand Ministry for the Environment. 2000. *New Zealand Inventory of Dioxin Emissions to Air, Land and Water, and Reservoir Sources*. www.mfe.govt.nz/publications/hazardous/dioxin-emissions-inventory-mar00.pdf.
- Oberg T. and Bergstrom J. 1985. "Hexachlorobenzene as an Indicator of Dioxin Production from Combustion." *Chemosphere* 14:1081–1086.
- Olsen A. 2001. *Co-burning Biomass Opportunities in Wisconsin: A Strategic Assessment*. Final Report. Contract No. 80081, Division of Energy. www.doa.state.wi.us/docs_view2.asp?docid=56.
- Rigo H.G., Chandler A.J. and Lanier W.S. 1995. *The Relationship between Chlorine in Waste Streams and Dioxin Emissions from Waste Combustor Stacks*. American Society of Mechanical Engineers. www.heartland.org/pdf/23143b.pdf.
- Ruuskanen J., Vartiainen T. et al. 1994. "Formation of Polychlorinated Dibenzo-*p*-dioxins and Dibenzofurans in Co-combustion of Mixed Plastics with Coal: Exploratory Principal Component Analysis." *Chemosphere* 28:11.
- Tillman D.A. 2000. "Biomass Co-firing: The Technology, the Experience, the Combustion Consequences." *Biomass and Bioenergy* 19:6.
- Van den Berg M., Birnbaum L., Bosveld B.T.C., Brunstrom B., Cook P., Feeley M., Giesy J.P., Hanberg A., Hasegawa R., Kennedy S.W., Kubiak T., Larsen J.C., van Leeuwen F.X.R., Liem A.K.D., Nolt C., Peterson R.E., Poellinger L., Safe S., Schrenk D., Tillitt D., Tysklind M., Younes M., Waern F. and Zacharewski T. 1998. "Toxic Equivalency Factors (TEFs) for PCBs, PCDDs, PCDFs for Humans and Wildlife." *Environmental Health Perspectives* 106:775–792.
- WHO (World Health Organization). 1998. *Assessment of the Health Risks of Dioxins: Re-evaluation of the Tolerable Daily Intake (TDI)*. Executive Summary of the WHO Consultation, 25–29 May 1998. WHO, Geneva.
- Yan J.Y., Alvfors P., Eidensten L. and Svedberg G. 1997. "A Future for Biomass." *Mechanical Engineering* 119:10.
- Zevehoven R. and Kilpinen P. 2001. *Control of Pollutants in Flue Gases and Fuel Gases*. www.hut.fi/~rzevenho/gasbook.

القسم VI

التوجيه/المباديء التوجيهية وفق فئة المصدر:
فئات المصدر في الجزء III من الملحق C

الجزء III فئة المصدر (e):
منشآت حرق الخشب و وقود الكتلة الحيوية الأخرى

جدول المحتويات

ii	قائمة الجداول
ii	قائمة الأشكال
1	الجزء VI.E: منشآت حرق الخشب ووقود الكتلة الحيوية الأخرى
1	1. مقدمة
2	2. تكنولوجيات احتراق الكتلة الحيوية
2	2.1. اختيار التكنولوجيا وأنواع الفرن
3	2.2. الأفران ذات المناصب الحديدية
4	2.3. الأفران ذات السرير المحرك
4	2.4. تكنولوجيات احتراق أخرى للخشب
5	2.5. تقنيات تحويل الطاقة
5	2.6. الاحتراق المشترك للخشب (غير المعالج) و الكتلة الحيوية المتعلقة بالخشب
5	2.7. تحويل الخشب إلى غاز
6	2.8. احتراق الكتل الحيوية الأخرى
6	2.9. غلايات الاسترداد في صناعة اللب و الورق
6	2.10. احتراق بقايا النبات نصف المتفحم (ألخث)
7	3. إجراءات التحكم بالانبعاث
7	3.1. الإجراءات الأولية و الثانوية ذات العلاقة
8	3.2. مواصفات الوقود
8	4. مخرجات العملية
8	4.1. تشكل الديوكسينات و الفيورانات في عمليات الاحتراق
8	4.2. انبعاثات مركبات الديوكسينات و الفيورانات
11	5. أفضل التقنيات المتاحة و أفضل الممارسات البيئية
11	5.1. الإجراءات الوقائية الأولية و أمثلة العمليات لخفض انبعاثات الديوكسينات و الفيورانات
11	5.2. الإجراءات الوقائية الثانوية
11	6. مستويات الأداء المرافقة لأفضل التقنيات المتاحة
11	7. مراقبة الأداء و التقارير

قائمة الجداول

- الجدول 1. أنواع وقود الكتلة الحيوية المستخدم 2
- الجدول 2. أنواع أفران الكتل الحيوية و التطبيقات النموذجية و الوقود 3
- الجدول 3. إجراءات التحكم بانبعثات الديوكسينات و الفيورانات من أجل منشآت حرق الكتل الحيوية 9
- الجدول 4. تراكيز مركبات الديوكسينات و الفيورانات من أجل أنواع مختلفة من وقود الأخشاب 10
- الجدول 5. تراكيز مركبات الديوكسينات و الفيورانات من أنواع مختلفة من الكتلة الحيوية 11
- الجدول 6. تراكيز مركبات الديوكسينات و الفيورانات من غلايات استرداد زيت الكرافت الأسود 12

قائمة الأشكال

- الشكل 1. شكل عام لفرن منصّب معدني هزاز 4
- الشكل 2. شكل عام لفرن يستخدم احتراق سرير متحرك دائري 5

الجزء VI.E: منشآت حرق الخشب ووقود الكتلة الحيوية الأخرى

خلاصة

إن الغاية الرئيسية لمنشآت حرق الأخشاب ووقود الكتلة الحيوية الأخرى هي تحويل الطاقة. تستخدم المنشآت الكبيرة من أجل حرق الأخشاب ووقود الكتلة الحيوية الأخرى بشكل أساسي أفران الاحتراق ذات السرير المتحرك و المناصب الحديدية. تشمل التكنولوجيات من أجل المحطات صغيرة الحجم، الأفران التي تغذى من الأسفل و أفران التعليق الحلزونية. تطبق غلايات الاسترداد في صناعة اللب و الورق شروط احتراق خاصة. تتعلق عملية اختيار التكنولوجيا بخواص الوقود والاستطاعة الحرارية المطلوبة.

يمكن أن تنتج الكيماويات المدرجة في الملحق C من اتفاقية استوكهولم من حرق الأخشاب ووقود الكتلة الحيوية الأخرى و بشكل خاص في حال تلوث الوقود. فمن أجل المحطات التي تحرق الكتلة الحيوية، و خاصة المنشآت التي تحرق الأخشاب، تكون عموماً مستويات الانبعاث المرافقة لأفضل التقنيات المتاحة أقل من 0.1 نانوغرام مكافئ سمي/م³ نظامي. و من بين الإجراءات الوقائية الأولية، يعد التحكم بجودة الوقود الأمر الأساسي (بما في ذلك استبعاد الأخشاب المعالجة). تشمل إجراءات التحكم من أجل الكتلة الحيوية غير الملوثة، تقنيات الاحتراق المثلى و إزالة الغبار. يزيد احتراق القش تلوث السطوح و يتطلب تقنيات احتراق غير حساسة لعملية إزاحة الرماد.

يجب تجنب احتراق الكتل الحيوية الملوثة مثل نفايات الأخشاب في مثل هذه المنشآت. يجب طمر الرماد المتطاير (و خاصة الجزء الناعم) و الناتج عن احتراق الكتل الحيوية لارتفاع محتوى المعادن الثقيلة. في الكثير من البلدان (بما في ذلك، الاتحاد الأوروبي)، تعتبر الأخشاب المعالجة بالمركبات الكلورية أو المعادن الثقيلة، كنافية و تندرج ضمن مجال تعليمات أو قوانين حرق النفايات.

تشمل الفوائد البيئية الأخرى و التي تنتج عن تطبيق أفضل التقنيات المتاحة و أفضل الممارسات البيئية الاحتفاظ بالموارد و تجنب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتج عن الوقود الأحفوري (في حالة الاستبدال).

1. مقدمة

في الوقت الحالي، ينتج قرابة 12% من احتياجات الطاقة العالمي عن احتراق ووقود الكتلة الحيوية الذي يتراوح بين الأخشاب و نفايات الأخشاب و المواد الناجمة عن المحاصيل الزراعية و الزيت الأسود من مطاحن اللب. يبين الجدول 1 بعض أنواع المواد المستخدمة. تستخدم وسائل متنوعة و شاسعة لتحويل هذه الكتلة الحيوية إلى طاقة مفيدة. ففي البلدان النامية، ينتج قرابة 35% من الطاقة المستخدمة من الكتلة الحيوية و لكن معظم هذه التطبيقات غير تجارية و تستخدم في تطبيقات تقليدية كالطهي (أنظر الجزء VI.C من هذا التوجيه). و في بلد مثل نيبال، ينتج أكثر من 90% من الطاقة الأولية باستخدام ووقود الكتلة الحيوية التقليدية و بشكل رئيسي أخشاب الغابات.

يعرض الجزء الحالي أفضل التقنيات المتاحة و أفضل الممارسات البيئية من أجل التطبيقات الكبيرة مثل الصناعة و توليد الطاقة و تدفئة المنازل التي تحرق الكتلة الحيوية كمصدر للطاقة.

يمكن أن تؤدي الأخشاب الملوثة و الكتل الحيوية الأخرى من العديد من الأنشطة الصناعية و خاصة صناعات معالجة الأخشاب (مثلاً مواد البناء و الأثاث و مواد التغليف و الألعاب و بناء السفن و البناء العام). يمكن أن تحتوي نفايات الأخشاب/الكتلة الحيوية الدهانات و الطلاء و المبيدات و المواد الحافظة و مواد مضادات التعفن و العديد من الملوثات الأخرى. يمكن أن تركز هذه المواد تشكل مركبات الديوكسينات و الفيورانات أثناء الاحتراق. و لهذا فإنه يجب تجنب استخدامها في منشآت الاحتراق من أجل تحويل الطاقة، و كما يجب حرقها فقط في محارق النفايات الخطرة مخصصة لذلك. و لمزيد من المعلومات يمكن العودة إلى الجزء V.A من هذه الإرشادات.

الجدول 1. أنواع ووقود الكتلة الحيوية المستخدم

الأخشاب: النشارة و قشر الشجر و رقائق الخشب و القطع الناتجة عن تقشير الخشب
خشب البناء و زند الخشب

القش
قطع الليمون
قشور جوز الهند
قشور الجوز (مثلا اللوز و فول السوداني)
قشور بزر القهوة
قشور الرز
النبات نصف المتفحم
قشور قصب السكر
روث الحيوانات
الزيت الأسود في مطاحن اللب

في البلدان الصناعية، تبلغ المساهمة الكلية للكتلة الحيوية إلى مزيج الطاقة الرئيسية فقط 3% و لكن يتوقع أن تزداد هذه الكمية أن تزداد حيث يسعى العديد من الدول إلى استعمال وقود الكتلة الحيوية لتقليل انبعاثات الغازات الدفيئة عوضا عن حرق الوقود الأحفوري. و تشمل هذه بشكل رئيسي حرق وقود الكتل الحيوية التجارية في أجهزة حديثة (مثل محطات التوليد التي تعمل على رقائق الخشب من أجل إنتاج الحرارة و الطاقة). و تشمل الاستخدامات الأخرى تسخين الجو المنزلي و طهي الطعام و تزويد الحرارة الصناعية و على نطاق أوسع توليد الطاقة في المحطات التي تعمل على الفحم الحجري (IEA Bioenergy 2004).

2. تكنولوجيا احتراق الكتلة الحيوية

2.1. اختيار التكنولوجيا و أنواع الفرن

من أجل اختيار التكنولوجيا، فإن دخل الحرارة الكلي و جودة الوقود الخشبي هي أكثر الأمور أهمية. و من أجل المحطات كبيرة الحجم، تكون أفران الاحتراق ذات السرير المتحرك و ذات المناصب الحديدية أكثر ملائمة. تشمل التكنولوجيا من أجل المحطات صغيرة الحجم، الأفران ذات التغذية السفلية و الأفران المعلقة الحلزونية. يبين الجدول 2 طاقات الإنتاج الحرارية النموذجية و خصائص الوقود المطلوب من أجل أنواع مختلفة من تقنيات احتراق الأخشاب.

الجدول 2. أنواع أفران الكتل الحيوية و التطبيقات النموذجية و الوقود

التطبيق	النوع	مجال الحجم النموذجي ^a	الوقود	الرماد	محتوى الماء	
يدوي	غلايات زبد الخشب	5 kW–50 kW	زند خشبي و بقايا أخشاب لاصقة	< 2%	5–30%	
	أفران الوقود السفلية	20 kW–2.5 MW	رقائق خشبية و بقايا أخشاب	< 2%	5–50%	
	أفران المناصب المتحركة	150 kW–15 MW	كل أنواع وقود الأخشاب و معظم الكتلة الحيوية	< 50%	5–60%	
	فرن قبلي مع فرن منصب	20 kW–1.5 MW	خشب جاف (البقايا)	< 5%	5–35%	
	فرن وقاد و منصب دوار	2 MW–5 MW	رقائق خشبية ذات محتوى مرتفع من الماء	< 50%	40–65%	
	حراق سيجار	3 MW–5 MW	أوساخ القش	< 5%	20%	
	أفران كبيرة	3 MW–5 MW	أوساخ زراعية	< 5%	20%	
	أفران التبن	100 kW–5 MW	أوساخ القش و نواتج قطع	< 5%	20%	
	سرير متحرك ثابت	5 MW–15 MW	كتل حيوية متنوعة d < 10 mm	< 50%	5–60%	
	سرير متحرك دائري	15 MW–100 MW	كتل حيوية متنوعة d < 10 mm	< 50%	5–60%	
آلي	حراق غبار مجرور	5 MW–10 MW	كتل حيوية متنوعة d < 5 mm	< 5%	< 20%	
	سرير متحرك ثابت	Total 50 MW–150 MW	كتل حيوية متنوعة d < 10 mm	< 50%	5–60%	
	سرير متحرك دائري	Total 100 MW–300 MW	كتل حيوية متنوعة d < 10 mm	< 50%	5–60%	
	حراق سيجار	Straw 5 MW–20 MW	قش	< 5%	20%	
	حراق غبار في غلاية فحم حجري	Total 100 MW–1 GW	كتل حيوية متنوعة d < 2–5 mm	< 5%	< 20%	
	حرق مشترك ^b	حراق سيجار	5 MW–20 MW	قش	< 5%	20%
		سرير متحرك ثابت	Total 50 MW–150 MW	كتل حيوية متنوعة d < 10 mm	< 50%	5–60%
		سرير متحرك دائري	Total 100 MW–300 MW	كتل حيوية متنوعة d < 10 mm	< 50%	5–60%
حراق غبار في غلاية فحم حجري		Total 100 MW–1 GW	كتل حيوية متنوعة d < 2–5 mm	< 5%	< 20%	

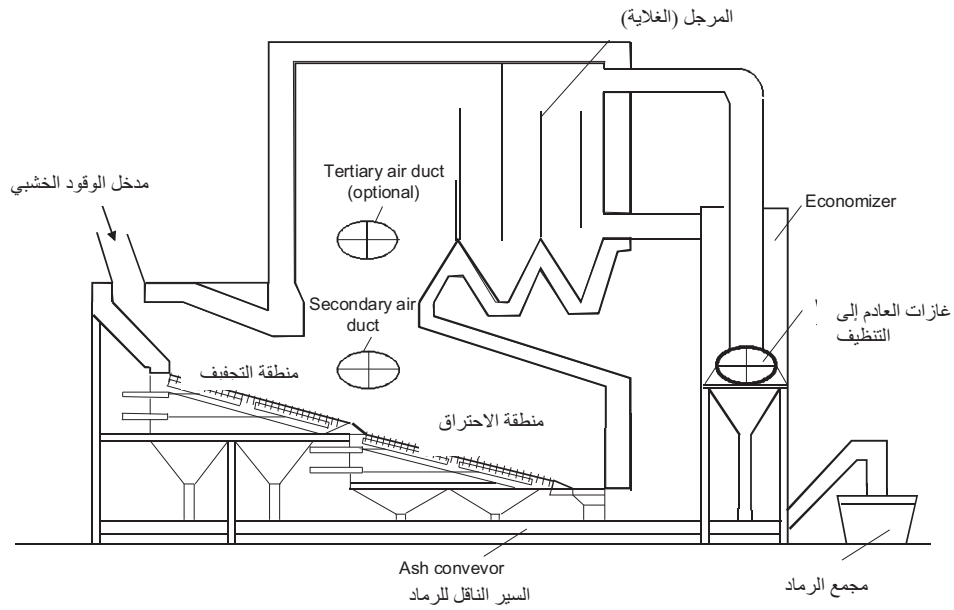
a. kW = kilowatt; MW = megawatt; GW = gigawatt. b. Biomass covers typically less than 10% of the total fuel input. Source: Nussbaumer 2003.

تحوي الكتلة الحيوية النموذجية التي تعتمد على الأخشاب على أقل من 5% من الرماد في يكون محتوى الرماد أعلى في الكتل الحيوية الأخرى مثل الحمأة. يعتبر التخلص من محتوى الرماد أمر هام إذ يمكن أن يحوي على المركبات العضوية الثابتة بشكل غير مقصود بالإضافة إلى عناصر سامة أخرى تبعا لمصدر المواد المحترقة (و لمزيد من المعلومات يمكن العودة إلى الجزء III.C, iv و الجزء الفرعي 2.1 من هذه الإرشادات).

2.2. الأفران ذات المناصب الحديدية

تعتبر أنظمة فرن المناصب الحديدية في يومنا الحاضر أكثر تكنولوجيات الاحتراق الشائعة من أجل النفايات الخشبية و بقايا الأخشاب. وفقا لهذه التقنية، ينقل الوقود الخشبي عبر حجرة الاحتراق باستخدام مناصب حديدية مائلة و ثابتة و مناصب متحركة ز مناصب هزازة (الشكل 1) أو مناصب متحركة. تعتبر أنظمة حرق المناصب ملائمة لكافة أنواع بقايا الأخشاب و نفايات الأخشاب ذات حجوم جزيئات بين 20 و 300 ملم. على أية حال، يمكن حقن الجزيئات الناعمة مثل الخشب المسحوق من خلال أنبوبة بحارق إضافي. أما العامل الرئيسي والمؤثر في كفاءة الاحتراق لكل من المناصب المتحركة و المناصب الهزازة فهو توجيه الوقود و الهواء. و فيما يخص إنتاج البخار، يقدم تصميم الفرن لأنظمة الحرق على المنصب اختيارات عديدة من أجل تقليل الانبعاثات الأولية بما في ذلك الاحتراق على مراحل و إعادة تدوير الغازات المنطلقة. يعتمد استثمار أنظمة الحرق على المنصب بشكل كبير على تكنولوجيا المناصب و تكنولوجيا تنظيف الغازات المنطلقة. و بالمقارنة مع محطات احتراق السرير المتحرك و خاصة لطاقت إنتاجية أصغر، يكون الاستثمار النوعي بالنسبة لدخل الحرارة أقل بشكل كبير (CSTB 2000).

الشكل 1. شكل عام لفرن منصّب معدني هزاز



2.3. الأفران ذات السرير المحرك

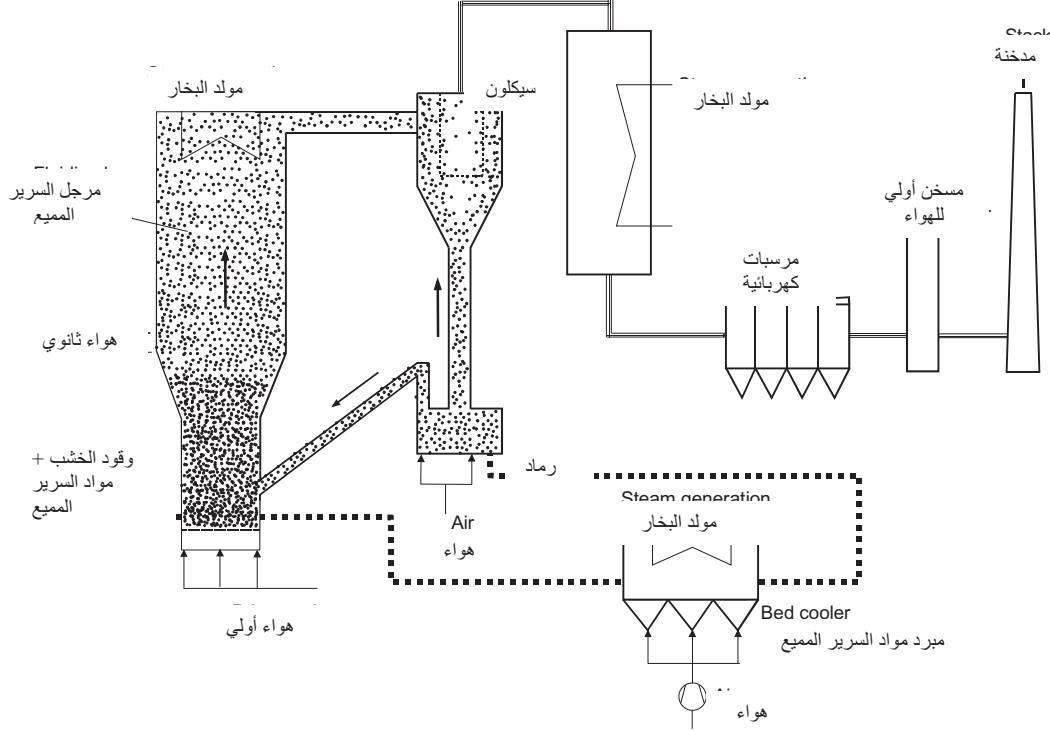
يستخدم الاحتراق باستخدام السرير المتحرك من أجل أنواع متعددة من الوقود الصلب. ففي وحدة احتراق السرير المتحرك، يبقى الوقود الصلب متحركاً بحقن الهواء و مادة سرير خاملة مكونة بشكل رئيسي من الجير أو الرمل و رماد الوقود. يستخدم نوعين من تكنولوجيا احتراق السرير المتحرك بشكل رئيسي من أجل حرق الأخشاب. و هي احتراق السرير المتحرك ذي الفقاعات الجوية (atmospheric bubbling fluidized bed combustion) و احتراق السرير المتحرك الدائر الجوي (atmospheric circulating fluidized bed combustion) (الشكل 2). إن نظام الاحتراق بالسرير المتحرك ملائم من أجل الوقود ذي النوعية المنخفضة و من أجل مجموعة كبيرة متنوعة من الوقود. فمن أجل احتراق الأخشاب، يمكن استخدام كافة أنواع نفايات الأخشاب و بقايا الأخشاب تقريباً، و تقبل وقوداً بمحتوى من الماء حتى 60%. و تكون أنظمة الاحتراق بالسرير المتحرك قابلة للتكيف حتى من أجل حمولات التشغيل المنخفضة. و تكون الدورة بين الحمولات الكبيرة و الصغيرة ممكنة بشكل عام دون إضافة أي وقود داعم و بسرعة أعلى من تكنولوجيا الاحتراق الأخرى.

يمكن إخماد تآكل درجات الحرارة المرتفعة الناجم عن الكلور بوضع وحدة فائقة التسخين في السرير. تقدم درجات الاحتراق المنخفضة في السرير المتحرك بالمقارنة مع العديد من تكنولوجيات الاحتراق الأخرى ميزات تشغيلية عديدة من أجل التحكم بالانبعاثات. يتأثر استثمار محطات الاحتراق بالسرير المتحرك بشكل رئيسي بالتكنولوجيا المستخدمة و نوع نظام تنظيف الغازات المنطلقة المركب في المحطة. يستلزم احتراق بالسرير المتحرك الدائري استثمار نوعي أكبر من احتراق السرير المتحرك ذي الفقاعات من أجل محطات بقياس أقل من 30 ميغاواط (CSTB 2000).

2.4. تكنولوجيات احتراق أخرى للخشب

تشمل تكنولوجيات الاحتراق إضافية من أجل الأخشاب أفران التغذية السفلية و الأفران التعليق الحلزونية (أفران التعليق الكتيمة) و الأفران الدوارة و الأفران السفلية الهانجة و أفران المرحلة النافخة و حراقات الغبار. إن الأفران ذات التغذية السفلية أو أفران الوقادة ذات التغذية السفلية ملائمة بشكل خاص من أجل الاحتراق الجاف و جسيمات الخشب الخشنة بمحتوى رماد منخفضة. تستخدم هذه التقنية من أجل إدخال حرارة كلية حتى 5 ميغاواط. و بالمقارنة مع أفران المنصب العادية، يكون الاستثمار بشكل عام أقل. تتطلب أفران التعليق الحلزونية محتوى غبار أقل 50% في حين يكون تطبيقها محصور بشكل رئيسي في صناعة معالجة الأخشاب. يستخدم حراق الغبار من أجل غبار الأخشاب ذات حجوم جزيئات حتى 1 ملم. تشمل تطبيقات هذا النوع من الحراقات مجففات رقائق الخشب و حقن غبار الأخشاب في أفران الإسمنت (CSTB 2000).

الشكل 2. شكل عام لفرن يستخدم احتراق سرير متحرك دائري



2.5. تقنيات تحويل الطاقة

من أجل أفران احتراق الأخشاب في اتجاه تحويل الطاقة، يجب إبراز أنظمة المبادلات الحرارية (الغلايات) و الأنظمة اللاحقة من أجل إنتاج الحرارة و الطاقة (توربينات البخار و محركات البخار). يعتمد نوع الغلاية المستخدمة على وسط ناقل الحرارة ز حجم المحطة و جودة الطاقة المطلوبة. تستخدم غلايات التي تعمل على حراقات شعيرية من أجل الماء الساخن أو إنتاج البخار لأفران الأخشاب صغيرة و متوسطة الحجم. في حين تستخدم غلايات الماء الشعيرية من أجل محطات احتراق الأخشاب كبيرة و متوسطة الحجم. يبخر الماء و يمرر عبر أنابيب شعيرية محاطة بغازات المدخن الحارة. يحدث نقل الحرارة بالإشعاع غالباً. و بالمقارنة مع الغلايات التي تعمل على حراقات شعيرية، يكون الضغط التشغيلي بشكل كبير أعلى حتى 100 بار. تنتج عموم أفران الأخشاب النهائية الحرارة أو حرارة مشتركة مع الطاقة. و من أجل هذا السبب، يمكن إهمال تكثيف إنتاج الطاقة. و مع ذلك، يمكن أن تحتاج محطات الحرارة و الطاقة إلى تكثيف الساعات في حالة عدم استخدام الحرارة المنتجة (CSTB 2000).

2.6. الاحتراق المشترك للخشب (غير المعالج) و الكتلة الحيوية المتعلقة بالخشب

يعني الاحتراق المشترك حرق نفايات الأخشاب و بقايا الأخشاب مع مواد النفايات الأخرى أو مع الوقود الأحفوري. و الهدف من ذلك تحقيق تأثيرات synergy بين عمليتي احتراق. تشمل الفوائد من ذلك توفير في تكاليف التشغيل من خلال استخدام وقود ثانوي رخيص و كفاءة احتراق أكبر للعملية المشتركة بالمقارنة مع تشغيل العمليتين كل على حدا. فمن أجل نفايات الأخشاب و بقايا الأخشاب، تشكل الممارسات ذات العلاقة الاحتراق المشترك في أفران الاسمنت و الاحتراق المشترك في محطات التي تحرق الفحم الحجري و التحويل إلى غاز مع الوقود الأحفوري و النفايات و الترميد في محطات ترميد النفايات (CSTB 2000). و لمزيد من المعلومات يمكن العودة إلى الأجزاء V.A, V.B و VI.D من هذه الإرشادات.

2.7. تحويل الخشب إلى غاز

تعرف عملية التحويل إلى غاز للأخشاب و نفايات الأخشاب بأنها عملية تحويل البقايا الصلبة و السائلة المشتقة من التحلل الحراري الكيميائي للمركبات العضوية في الأخشاب بدرجات حرارة مرتفعة إلى وقود غازي بإضافة مفاعلات مؤكسدة.

ترتبط تقنية التحويل إلى غاز بشكل عام بنوع المفاعل. أما تقنيتي التحويل إلى غاز الرئيسيتين المتوفرتين فهما التحويل إلى غاز بالسرير الثابت وبالسرير المتحرك. و يعتبر من أجل تحويل الأخشاب إلى غاز السرير الثابت المفضل عموما من أجل مدخلات حرارة كلية أصغر من 5 ميغاواط. في حين من أجل ساعات أكبر يستخدم بشكل رئيسي محولات إلى غاز ذات السرير المتحرك.

يمكن استخدام محتوى الطاقة من الغاز المنتج عن عملية التحويل إلى غاز إما حراريا من أجل تسخين غلاية أو من أجل عملية حرارية أخرى (إما بشكل منفصل أو باستخدام احتراق مشترك، على سبيل المثال في غلايات المنازل الحالية أو في أفران الاسمنت) أو ميكانيكيا من أجل إنتاج الطاقة في محركات الغاز أو توربينات الغاز. و من الاحتمالات الأخرى استخدام الغاز المنتج في اصطناع الميثانول أو في خلايا الوقود.

إن النظام المطلوب لتنظيف الغاز المنتج محدد بتركيز الشوائب و متطلبات تقنية الإفادة من الغاز المستخدمة. بالاعتماد على تقنية الإفادة من الغاز، تكون تقنية تنظيف الغاز مطلوبة من أجل منع التعرية و التآكل و الترسبات غير المرغوب بها و من أجل التأكد من تحقيق حدود الانبعاثات. يمكن التمييز بين مفهومين مختلفين لتنظيف الغاز و هما تنظيف غاز بارد (أو رطب) و تنظيف غاز ساخن. يعتبر تنظيف الغاز الساخن مميزا من أجل أنظمة متقدمة و ذات كفاءة عالية بسبب كفاءات كهربائية و كلية عالية قابلة للانجاز و بسبب عدم تشكل مياه صرف أو نواتج تكثيف ملوثة. و على الرغم من كون تقنية التحويل إلى غاز طريقة موثوقة، فمن أجل كافة محطات توليد الطاقة الكهربائية إما عن طريق توربينات الغاز أو محركات الغاز، فإن تنظيف الغاز مازال أمرا مقيدا بشكل كبير. تشمل المشاكل المرافقة لعملية تنظيف الغاز ضبط العملية و تكلفة التخلص من بقايا عملية التحويل إلى غاز و الاستثمار المرتفع و تكاليف التشغيل لوحدة تنظيف الغاز نفسها (CSTB 2000).

2.8. احتراق الكتلة الحيوية الأخرى

تشمل الأنواع الأخرى من وقود الكتلة الحيوية الوقود الحيوي الصلب مثل القش و المحاصيل و الوقود السائل مثل زيت الكانولا. يزيد احتراق القش تلوث السطوح و يتطلب تقنيات احتراق غير حساسة لتراكم الرماد. و بسبب مدخلات المواد غير العضوية و الكلور بالمقارنة مع احتراق الأخشاب، يوجد أيضا زيادة في انبعاثات الغبار و كلور الهيدروجين و مركبات الديوكسينات و الفيورانانات (LfU 2002). أعطيت أمثلة نموذجية من تجارب انبعاثات في الفقرة الفرعية رقم 4 أدناه.

2.9. غلايات الاسترداد في صناعة اللب و الورق

تستخدم صناعة اللب الطرائق الميكانيكية و الميكانيكية الحرارية و الميكانيكية الكيميائية و الكيميائية (أنظر الجزء V.C من هذه الإرشادات). ففي المعالجة الكيميائية لللب الشجر، تحطم الألياف كيميائيا. تستخدم الكيمياويات في عملية الطهي لتدخل في لومن اللب و يذيب اللغنين في جدران الخلايا للوصول إلى القشرة الوسطى للمعقد. يجب إزاحة اللغنين من القشرة لتحرير الألياف. ينقل اللغنين و المواد العضوية الأخرى إلى المحلول. تسترد الكيمياويات المستخدمة في معالجة لب الشجر الكبريتاتي (الكرافت) و الكبريتي من المحلول من خلال الاحتراق في الغلايات التي تسمح باسترداد الطاقة.

تعمل غلايات الاسترداد في معالجة اللب الكبريتاتي (الكرافت) في مرحل أولى تحت شروط مرجعة مؤدية إلى تشكل سلفيد الصوديوم. يتألف المتبقي المصهور من سلفيد الصوديوم و كربونات الصوديوم. و في المرحلة الثانية و الثالثة من عملية الاحتراق، يحدث تزويد لهواء الاحتراق على مراحل من أجل التأكد من الاحتراق التام. و هنا يمكن توفير جمع للغازات كريمة الرائحة.

لا تعمل غلايات الاسترداد في معالجة اللب الكبريتي بالاحتراق على مراحل. يحرق محلول القلي في شروط مؤكسدة و بوجود كمية هواء إضافية قليلة.

2.10. احتراق بقايا النبات نصف المتفحم (الخث)

في الاتحاد الأوروبي، يعتبر الخث وقود هام (و يعتبر كوقود أحفوري) في أيرلندا و فنلندا. إن تكنولوجيات الاحتراق للخث مشابهة لاحتراق الفحم الحجري (الجزء VI.D من الإرشادات الحالية). في هذه الأيام، يحرق الخث بشكل رئيسي في غلايات سرير متحرك (احتراق سرير دائري و فقاعي). تتميز هذه الغلايات بدخل وقود ليس أقل من 200 ميغاواط، و

و بسبب خصائص الخبث، يكون الخبث ملائماً للحرق مع الخشب. تقنياً، يكون أكثر صعوبة استخدام وقود الأخشاب في المحطات القائمة بسبب مشاكل التآكل و التلوث. تدعم القدرة على حرق الخبث التزويد المستمر للوقود في مناطق لا تكون الأخشاب متوفرة بكميات تلبى احتياجات الوقود (European Commission 2006).

3. إجراءات التحكم بالانبعاث

3.1. الإجراءات الأولية و الثانوية ذات العلاقة

تشمل إجراءات تخفيض انبعاثات مركبات الديوكسينات و الفيورانات الإجراءات الوقائية الأولية و الثانوية الملخصة في الجدول 3 (Baumbach and Zuberbühler 2002; CSTB 2000; LfU 2002).

إن الإجراءات الأولية ذات العلاقة مشابهة لتلك المستخدمة في قطاع حرق النفايات. في حالة الكتلة الحيوية غير المعالجة، تكون الإجراءات الثانوية محدودة لتخفيف الغبار. يمكن أن تستخدم الأفران الصغيرة حلزونات متعددة لتحقيق تراكيز غبار في الغازات المنطلقة و المنظفة بين 100-150 ملغ/م³ نظامي. تحقق المرشحات اللبيفية أو مرسبات الكهرباء الساكنة تركيز غبار في المجال أقل من 5-25 ملغ/م³ نظامي (أنظر الجزء III.C (iv) من الإرشادات الحالية كدليل عام حول تنظيف الغازات المنطلقة).

و من اجل نهاية احتراق نفايات الأخشاب، يجب إجراء تنظيف إضافي للغازات المنطلقة بعمليات امتصاص و امتزاز. عموماً يمكن استخدام فقط عملياً الامتزاز لانخفاض تكاليفها. إن حقن المادة الماصة الجاف (مفاعل تدفق مجرور) أكثر أهمية لاحتراق الأخشاب النهائي بسبب البساطة التقنية و التكاليف المنخفضة. تستخدم عموماً كمواد ماصة مزائج من مواد الكلسية و الحديدية و الكربون الفعال و الكربون اللبيني (كربون فعال منتج من اللبغيت). و من المواد الكلسية الحديدية الممكنة كربونات الكالسيوم و الكلس الحي و الكلس المطفأ. تزيل مواد الكلس الحديدية ثاني أكسيد الكبريت و كلور الهيدروجين و فلور الهيدروجين في حين تقلل الأنواع المختلفة من الفحم الفعال انبعاثات المعادن الثقيلة (الزئبق و الكاديوم و الزرنيخ) و انبعاثات مركبات الديوكسينات و الفيورانات و انبعاثات مركبات الهيدروكربونية العطرية متعددة الحلقات. يتلف المزيج النموذجي و المستخدم في مفاعل التدفق المجرور من 85-95% من المواد الكلسية الحديدية و 5-15% من الكربون الفعال. و كإجراء ثانوي لتخفيض انبعاثات أكاسيد الأزوت و بشكل خاص في نهاية منشآت احتراق نفايات الأخشاب كبيرة الحجم، تطبق تقنية الإرجاع المحفز الانتقائي. تم تطبيق الإرجاع المحفز الانتقائي لحرق الكتلة الحيوية ذات السرير المتحرك. أما المشكلة الوحيدة بهذه التقنية فهي إعادة تنشيط المحفز الذي يكون سريعاً عند حرق الكتلة الحيوية بالمقارنة مع الفحم الحجري و خاصة في حالة الأفران ذات المناصب الحديدية و في حالة القش.

الجدول 3. إجراءات التحكم بانبعثات الديوكسينات و الفيورانات من أجل منشآت حرق الكتل الحيوية

إدارة المخاطر	التكاليف التقديرية	مستوى الانبعاث (%)	بدائل الإدارة
الإجراءات الأولية			
محتوى مرتفع من الماء يزيد من تشكل مركبات PCDD/PCDF	سعر وقود مرتفع	مستوى الانبعاثات الناتجة غير محددة	ضبط جودة الوقود (مثلاً القيمة الحرارية و محتوى الماء و الملوثات)
	لا توجد تكاليف إضافية من أجل المنشآت الجديدة		حرق أمثل (مثلاً خفض الهواء الزائد)
			زمن بقاء كاف للغازات المنطلقة في المنطقة الحارة من الفرن
الإجراءات الثانوية			

إدارة المخاطر	التكاليف التقديرية	مستوى الانبعاث (%)	بدائل الإدارة
درجة حرارة المرشح < 200 °C		كفاءة متوسطة	إخماد فعال للغبار
التخلص من المواد الماصة المستخدمة و هي ليست شائعة في محطات احتراق الكتلة الحيوية	^a : استثمار إضافي إرجاع محفز انتقائي -110 180%	كفاءة عالية	حقن مادة ماصة جافة و إرجاع محفز انتقائي

a. النسبة المئوية للاستثمار في الأفران و المراجل و أجهزة جمع الغبار في محطات حرق الأخشاب ذات الطاقة الحرارية 1- 10 ميغاوات

3.2. مواصفات الوقود

تلعب جودة الوقود دورا هاما في تشكل مركبات الديوكسينات و الفيورانات أثناء احتراق الكتلة الحيوية. تشكل مركبات الديوكسينات و الفيورانات عادة أثناء احتراق الأخشاب عن طريق أسلافها مثل الفينولات و اللغنين أو من خلال تفاعلات de novo بوجود عوالم الكربون و الكلور. يمكن توقع مستويات مرتفعة من الانبعاثات من حرق الخشب غير المعالج (نفايات الأخشاب). تحتوي غالبا بقايا الأخشاب أنواع مختلفة من الملوثات (زرنخات النحاس الكرومية و خماسي كلور الفينول و كير وست و المواد اللاصقة و الريزينات و الدهانات و الأغلفة السطحية الأخرى). يمكن أن يكون المصدر الرئيسي الآخر الفيورانات نفايات الأخشاب المحملة بالملح و المحترقة في خشب غلايات الطاقة في مطاحن الورق و اللب (Lavric, Konnov and De Ruyck 2004).

يجب تقييد حرق الأخشاب الملوثة مثل نفايات الأخشاب المدنية و الأخشاب الناجمة عن عمليات تحطيم تدمير الأبنية في منشآت مزودة بأنظمة ضبط انبعاثات فعالة مثل محطات حرق النفايات (أنظر الجزء V.A من هذه الإرشادات) (Nussbaumer 2003).

يمكن أن يكون محتوى الرطوبة في الكتلة الحيوية مرتفعا و بالتالي، يمكن أن تستخدم المجففات قبل الاحتراق. تعتبر المجففات التي تعمل بالبخار آمنة و ذات أثر بيئي منخفض. تعتمد طريقة أخرى على التجفيف باستخدام غازات المدخنة و التي تدخل فيما بعد في المدخنة. في هذه الحالة، تكون انبعاثات المركبات العضوية مثل الشموع أو المركبات العطرية ممكنا (European Commission 2006).

4. مخرجات العملية

4.1. تشكل الديوكسينات و الفيورانات في عمليات الاحتراق

إن التفاعل المهيمن و المؤدي إلى تشكل مركبات الديوكسينات و الفيورانات في عمليات الاحتراق هو اصطناع de novo. يعطي الجزء III.C (i) من هذه الإرشادات معلومات عامة حول آليات تشكل مركبات الديوكسينات و الفيورانات. أعطيت اعتبارات خاصة من أجل احتراق الكتلة الحيوية أدناه.

يمكن أن تتشكل مركبات الديوكسينات بغياب المركبات العضوية المكلورة. إن وجود هباب الفحم و مصدر الكلور كاف. أظهرت التحريات على حراق منصب حديدي ثابت بأن الكمية الكلية لمركبات الديوكسينات و الفيورانات و في مستوى واحد مع مركب ثنائي فينول متعدد الكلور (PCB) المتشكل كانت متناسبة مع محتوى الكلور لعينات الاحتراق عندما كانت درجة حرارة حجرة الاحتراق أقل من 700 درجة مئوية. و من جهة أخرى، عندما كانت درجة حرارة حجرة المنصب أعلى من 800 مئوية، كان هناك فقط تشكل طفيف من مركبات الديوكسينات و الفيورانات و مستوى واحد مع مركب ثنائي فينول متعدد الكلور (PCB) مهما كان محتوى الكلور في الوقود (Yasuhara, Katami and Shibamoto 2003).

تتجه أفضل شروط الاحتراق في المنشآت الكبيرة بأن لها تأثير على تركيز مركبات الديوكسينات و الفيورانات. أظهرت الاختبارات بأنه حتى عندما تستخدم مواد معالجة حاوية على كميات مرتفعة من الهالوجين، فإن التركيب تبقى أقل من تلك التي تم الحصول عليها من منشآت صغيرة تستخدم خشب طبيعي. عندما تضاف مواد تغذية مهلجنة، لوحظت علاقة واضحة جدا بين أول أكسيد الكربون و تراكيز مركبات الديوكسينات و الفيورانات. إن التأثير المهيمن لجودة الاحتراق على تراكيز انبعاثات مركبات الديوكسينات و الفيورانات يمكن أن يشاهد من زيادة تراكيز CO و بشكل أي انخفاض درجة حرارة الغازات المنطلقة.

4.2. انبعاثات مركبات الديوكسينات و الفيورانات

4.2.1. احتراق الخشب و نفايات الأخشاب

جرى إيضاح تأثير جودة الوقود و شروط الاحتراق على انبعاثات مركبات الديوكسينات و الفيورانات في الجدول 4.

الجدول 4. تراكيز مركبات الديوكسينات و الفيورانات من أجل أنواع مختلفة من وقود الأخشاب

PCDD/PCDF max. ng I-TEQ/m ³ (at 11% O ₂)	PCDD/PCDF min. ng I-TEQ/m ³ (at 11% O ₂) ^a	نوع الخشب
0.13	0.02	أكوام خشب (طبيعية)
0.88	0.004	رقائق خشبية (طبيعية)
18.0	0.03	نفايات أخشاب
0.10	0.03	ألواح خشبية حيوية خالصة من المعادن الثقيلة/الكلور
12.28	0.05	ألواح خشبية حيوية مع كلور الأمونيوم و PVC
5.14	0.21	ألواح خشبية حيوية مع خماسي كلور الفينول

^a 1 نانوغرام = $10^{-12} \times 1$ كيلوغرام (10^{-9} من الغرام) ، م3 نظامي = متر مكعب نظامي لحجم الغاز الجاف المقاس عند درجة حرارة صفر درجة مئوية و ضغط 101.3 كيلوباسكال. لمزيد من المعلومات راجع القسم I.C ، القسم الفرعي 3 من التوجيه الحالي

المصدر: Nussbaumer 2004.

يمكن العودة إلى مراجعة شاملة لنتائج اختبار مركبات الديوكسينات و الفيورانات من منشآت التي تحرق الأخشاب في
. Lavric, Konnov and De Ruyck 2004

4.2.2. احتراق الكتلة الحيوية الأخرى

أختبر كل من Thoma و Launhardt العديد من الوقود الحيوي العشبي (قش و نباتات كاملة من الحبوب والتبن) و خشب الصنوبر حول إمكانيةهم على تشكيل مركبات الديوكسينات و الفيورانات و فينولات متعددة الكلور و بنزن متعدد الكلور و والهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقة أثناء الاحتراق. أجريت التجارب في فرن متعدد الوقود يشحن آليا من أجل التطبيقات المنزلية باستطاعة 50 كيلو واط. تم التحقق من شروط الاحتراق المتجانسة نسبيا من نتائج انبعاث أول أكسيد الكربون. حلتت الغازات المنطلقة و أجزاء الرماد المختلفة. كانت تراكيز مركبات الديوكسينات في المجال 0.052 = 0.891 نانوغرام مكافئ سمي/م3 نظامي عند 13% أكسجين (الجدول 5). كانت كافة الانبعاثات من نفايات الأخشاب بمستوى منخفض نسبيا. جرى الكشف عن انبعاثات زائدة بين 10 و 25 مرة أعلى من مركبات الديوكسينات و الفيورانات و فينولات متعددة الكلور و بنزن متعدد الكلور عندما استخدم وقود عشبي (Lavric, Konnov and De Ruyck) (2004).

الجدول 5. تراكيز مركبات الديوكسينات و الفيورانات من أنواع مختلفة من الكتلة الحيوية

PCDD/PCDF ng I-TEQ/m ³	نوع الوقود
0.052	الخشب الصنوبري
0.656	القش (القمح)
0.891	التبن
0.052	Triticale
0.245	كرات الكانولا

Source: Lfu 2002.

إن بيانات انبعاثات مركبات الديوكسينات و الفيورانات من احتراق الكتلة الحيوية السائلة نادرة. أظهرت الاختبارات على محرك زيت الكانولا من أجل إنتاج الطاقة و الحرارة (90 كيلو واط) تراكيز بين 4-7 بيكو غرام مكافئ سمي/م3. فقي حين بلغت تراكيز PCB 4-81 نانوغرام/م3 (Lfu 2002).

4.2.3. احتراق الزيت الأسود

يبين الجدول 6 معاملات انبعاث مختارة من غلايات استرداد زيت الكرافت الأسود. السود إن إجراءات التحكم الثانوية

الجدول 6. تراكيز مركبات الديوكسينات و الفيورانات من غلايات استرداد زيت الكرافت الأسود

المرجع	مكافئ الانبعاث (مكافئ سمي) (WHO مكافئ سمي)	معمل الانبعاث (مكافئ سمي)	الوقود
EPA 2000	0.10–0.16 ng/kg	0.10–0.15 ng/kg	مواد الزيت الأسود الصلبة ^{هـ}
EPA 2000	0.028–0.072 ng/kg	0.029–0.065 ng/kg	
UNEP 2005		0.07 ng/kg	

a. بشكل عام، 1 كيلو غرام من السائل الأسود (عند محتوى من الماء 70%) يقابل حجم 5-8 م3 من غاز المدخنة (عند محتوى من الأوكسجين بين 5 و 8%)

4.2.4. احتراق النبات نصف المتفحم

في المفوضية الأوروبية 2006، بلغت انبعاثات مركبات الديوكسينات في الهواء من غلاية سرير متحرك مزودة بمرشح نسيجي و يحرق 50% من الخث و 50% من لحاء الشجر، حوالي 0.008 نانو غرام مكافئ سمي/ م3 نظامي (مستوى انبعاث الغبار 10 ملغ/م3 نظامي).

4.2.5. اطلاق مركبات الديوكسينات و الفيورانات من احتراق الكتلة الحيوية

تطرح مركبات الديوكسينات و الفيورانات مع بقايا الاحتراق مثل الرماد المتبقي و الرماد المتطاير. بشكل عام، تزداد تراكيز مركبات الديوكسينات و الفيورانات بنقصان الحجم الحبي (LfU 2002). و بالتالي، تميل تراكيز الملوثات في الرماد المتطاير بأن تكون أعلى من الرماد المتبقي.

حلل كل من Pohlandt و Marutzky الفرن و الغلاية و الرماد المتطاير. جمعت العينات من محطات مختلفة في الصناعة التي تعمل على الخشب و من بيوت التدخين و من احتراق الخشب المشرب بالمواد الحافظة اللاعضوية و المكونة من البور و النحاس و الكروم في فرن مخبري بمرحلتين. ولقد وجد بأن الرماد المتطاير قد احتوى على أعلى المستويات من مركبات الديوكسينات و الفيورانات. كانت تراكيز الديوكسينات و الفيورانات المتشكلة من الأخشاب المتشربة أعلى من ذلك الرماد الناتج عن احتراق الأخشاب المتشربة الممددة، و لكن أقل من تلك المحددة في الرماد المتطاير من المحطات الصناعية التي تحرق الخشب. كان تركيز مركبات الديوكسينات و الفيورانات في الرماد المتطاير أعلى من الرماد المتبقي. جرى تأكيد هذه المشاهدة من قبل Wunderli et al. and Yamamura et al. (Lavric, Konnov and De Ruyck 2004).

بوضوح في حالة احتراق نفايات الأخشاب، يجب التخلص من الرماد المتطاير المجموع بطريقة بيئية (أنظر الجزء III.C (iv) و الجزء الفرعي 2.1 من هذه الإرشادات).

يجب التخلص من الرماد المتطاير من وحدات احتراق القش في مطمر صحي بسبب المحتوى المرتفع من الكاديوم بشكل رئيسي. أما الرماد المتبقي، فيعاد عادة إلى الحقل أو يستخدم كمادة في بناء الطرق عندما تتحقق بعض المتطلبات المحددة فيما يخص الخواص الفيزيائية و الكيميائية (European Commission 2006).

يجب أن يرسل الجزء الأنعم من الرماد المتطاير إلى المطامر بسبب المحتوى المرتفع من المعادن الثقيلة و الملوثات العضوية الثابتة، يجب أيضا إرسال المواد الماصة إلى المطامر لطمرها.

5. أفضل التقنيات المتاحة و أفضل الممارسات البيئية

5.1. الإجراءات الوقائية الأولية و أمثلة العمليات لخفض انبعاثات الديوكسينات و الفيورانات

تشمل أفضل التقنيات المتاحة لتقليل انبعاثات مركبات الديوكسينات و الفيورانات الإجراءات التالي (Nussbaumer and Hasler 1998):

1. منع الحرق غير القانوني للنفايات
2. احتراق الأخشاب الملوثة مثل النفايات الخشبية المدنية و أخشاب التدمير، يجب أن تكون محدودة لمنشآت ذات تحكم فعال للانبعاثات- و يفضل عدم استخدام هذه المواد في الغلايات و يجب بدلا عن ذلك معالجتها كنفائية
3. التحكم بجودة الوقود (مثلا القيمة الحرارية و محتوى الماء و الملوثات)
4. تكنولوجيا احتراق مثلى: احتراق غازات منطلقة و رماد متطاير محسن و انخفاض محتوى الغبار
 - أمثلة نسبة الهواء الزائدة إلى أقل من 1.5 – 2 و بالتالي يجب أخذ الحيطة لأن أي تغيير في نسبة الهواء يمكن أن تثر في كمية الانبعاثات الأخرى
 - جودة مزج جيدة للغاز و الهواء (اضطراب عال)
 - زمن بقاء كاف في النطاق الحار
 - اضطراب أجنى لسرير التوهج و توزع متجانس للهواء الرئيسي
 - تكامل أمثل للإرجاع الانتقائي غير التحفيزي من أجل إرجاع NO_x
5. إجراءات في الغلاية:

- زمن بقاء أدنى في درجة الحرارة في المجال 180 – 500 درجة مئوية و قدرة ترسب غبار دنيا
- 6. تشغيل محطة أمثل:

- تطبيق تقنيات تحكم احتراق متقدمة للتأكد من الاحتراق الأمثل في الممارسة
- تشغيل ثابت، تشغيل مستمر و منع التغيرات السريعة في الحرارة و الطلب
- تنظيف الغازات المنطلقة في المنطقة الحارة في فترات منتظمة.

5.2. الإجراءات الوقائية الثانوية

إن إجراءات التحكم الثانوية هي تقنيات ضبط التلوث و تشمل الإجراءات التالية:

1. التنظيف الأمثل للغاز:
 - إخماد سريع لغازات الاحتراق (أقل من 200 درجة مئوية) قبل عبورها المرشحات من أجل تجنب نافذة تشكل de novo (أو الاصطناع) من أجل محطات حرق الكتل الحيوية
 - فصل مركبات الديوكسينات و الفيورانات في فواصل الغبار (مرسبات كهرباء ساكنة و مرشحات نسيجية) بالتوافق مع حقن المادة الماصة (إذ كان ذلك ضروريا)
 - تحطيم أمثل لمركبات الديوكسينات و الفيورانات بالأكسدة بالمحفزات، و هذا يعني بالتوافق مع إرجاع محفز من أجل إرجاع NO_x

6. مستويات الأداء المرافقة لأفضل التقنيات المتاحة

من أجل محطات حرق الكتل الحيوية و خاصة المنشآت التي تعمل على حرق الأخشاب، تكون مستويات الانبعاثات المرافقة لأفضل التقنيات المتاحة أقل من 0.1 نانو غرام مكافئ سمي/م³.

7. مراقبة الأداء و التقارير

يجب مراقبة انبعاثات مركبات الديوكسينات و الفيورانات وفقا للطرائق القياسية العالمية. و من أجل التأكد من إتمام الاحتراق، يجب تزويد الأفران بأدوات قياس تحدد باستمرار تراكيز كتلة انبعاثات أحادي أكسيد الكربون.

و من أجل التأكد من أداء معدات ضبط الانبعاثات، يجب تزويد الأفران بأدوات قياس تحدد باستمرار تراكيز كتلة انبعاثات الغبار كميًا و كيميًا (وفقًا لمتطلبات حجوم محطات مختلفة). و لمزيد من المعلومات يمكن العودة إلى الجزء (vi) من III من هذه الإرشادات. و علاوة على ذلك، يجب تطبيق إجراءات ضبط الجودة فيما يتعلق بتركيب الوقود.

المراجع

Baumbach G. and Zuberbühler U. 2002. *Entwicklung eines Feuerungskonzeptes zur Verbesserung des Ausbrandes bei gleichzeitiger NO_x-Minderung bei der Holzverbrennung im gewerblichen Bereich*. Report BWPLUS 3 96 007. Institut für Verfahrenstechnik und Dampfkesselwesen, University of Stuttgart.

CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment). 2000. *Energy-Efficient Technologies from Demolition, Packaging and Industrial Wood Waste*. Final Report. Programme THERMIE, Type B Action (STR-1965-98-FR), Phase I. CSTB with Quasco, CTBA, La Calade and DFIU/IFARE.

EPA (United States Environmental Protection Agency). 2000. *Exposure and Human Health Reassessment of 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD) and Related Compounds, Part I: Estimating Exposure to Dioxin-Like Compounds Vol. 2: Sources of Dioxin-Like Compounds in the United States*. Draft Final Report. EPA, Washington, D.C. www.epa.gov/ncea/pdfs/dioxin/part1/volume2/volume2.pdf.

European Commission. 2006. *Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants*. Formally adopted BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. <http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>.

IEA Bioenergy. 2004. *Biomass Combustion and Co-firing: An Overview*. IEA Bioenergy Task 32. www.ieabioenergy-task32.com.

Lavric E.D., Konnov A.A. and De Ruyck J. 2004. "Dioxin Levels in Wood Combustion: A Review." *Biomass and Bioenergy* 26:115–145.

LfU (Bayerisches Landesamt für Umweltschutz). 2002. *Energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe*. Zusammenfassender Bericht zu 15 Teilprojekten.

Nussbaumer T. 2003. "Combustion and Co-combustion of Biomass: Fundamentals, Technologies, and Primary Measures for Emission Reduction." *Energy and Fuels* 17:1510–1521.

Nussbaumer T. 2004. *Dioxin- und PAK-Emissionen der privaten Abfallverbrennung*. Umwelt-Materialien Nr. 172. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern.

Nussbaumer T. and Hasler P. 1998. *Emissions of PCDD/F from Biomass Combustion*. Biomass for Energy and Industry, 10th European Conference and Technology Exhibition, 8–11 June 1998, Würzburg (Germany).

UNEP (United Nations Environment Programme). 2005. *Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases*. UNEP, Geneva. www.pops.int/documents/guidance/Toolkit_2005.pdf.

Yasuhara A., Katami T. and Shibamoto T. 2003. "Formation of PCDDs, PCDFs, and Coplanar PCBs from Incineration of Various Woods in the Presence of Chlorides." *Environ. Sci. Technol.* 37:1563–1567.

القسم السادس (VI)

فئات المصدر في الجزء الثالث من المرفق جيم

الجزء الثالث المصدر الفئة (و) :

تطلق مواد كيميائية مدرجة في المرفق جيم

جدول المحتويات

ii	قائمة المرفقات
ii	قائمة الرسوم التوضيحية
1	VI.F عمليات إنتاج كيميائية معينة تطلق مواد كيميائية مدرجة في المرفق جيم
1	1. وصف العملية
1	1.1 مقدمة إلى العمليات الكيميائية العضوية
2	1.2 كلور الهيدروجين كمنتج ثانوي
3	1.3 الكلورة المباشرة
3	1.4 الكلورة المؤكسدة
6	1.5 عزل المنتجات الرئيسية
6	1.6 تحطيم النواتج الثانوية
7	1.7 خلاصة: بماذا تشترك العمليات العضوية؟
8	1.8 العمليات الكيميائية اللاعضوية
12	2. المصادر المحتملة للكيميائيات المدرجة في المرفق "جيم"
14	2.1 عملية الكلورة المؤكسدة
15	2.2 العمليات الأخرى التي على تماس مع الكلور العنصري
15	2.3 ثنائي أكسيد التيتانوم ، عملية الكلورة
15	2.4 تحطيم النواتج الثانوية
16	2.5 المنتجات
16	3. العمليات البديلة التي تتجنب تشكيل المواد الكيميائية المدرجة في المرفق جيم
16	3.1 اعتبارات عامة
16	3.2 ثنائي أكسيد التيتانوم ، عملية الكبريتات
18	4. التدابير الأولية و الثانوية
18	4.1 منهجيات الانتاج التي تعمل على تخفيض انبعاث الكيميائيات المدرجة في المرفق جيم
19	4.2 التدابير الأولية
21	4.3 التدابير الثانوية : أفضل التقنيات المتاحة للممارسات في معالجة النفايات
21	5. خلاصة التدابير
21	6. معايير الأداء و التدابير
22	6.1 معايير الأداء
23	6.2 تدابير الأداء
28	المراجع

قائمة المرافق

المرفق 1 اصطناع السلع الكيميائية 24

قائمة الرسومات التوضيحية

- الشكل 1. نظرة عامة عن العملية 2
- الشكل 2. العمليات C1 و C2 5
- الشكل 3. مخطط تدفقي للكلورة المؤكسدة 6
- الشكل 4. تحطيم النواتج الثانوية 9
- الشكل 5. مخطط صندوقي لعملية التصنيع العضوية 10
- الشكل الرقم 6. طريقة الكلورة لتصنيع ثاني أكسيد التيتانيوم 12

عمليات إنتاج مواد كيميائية معينة تعمل على إطلاق الكيماويات المدرجة في المرفق جيم

VI.F

خلاصة

هذا القسم يركز على عمليات تصنيع الكيماويات الصناعية التي يمكن أن تولد نظرياً الملوثات العضوية الثابتة (على وجه الخصوص تلك الكيماويات المدرجة في المرفق جيم من اتفاقية استوكهولم). تتشارك معظم العمليات الموصوفة هنا بخطوات عامة بما في ذلك كلورة المواد الخام العضوية واللاعضوية، وتنقية المنتجات وفصل المنتج من موارد المنتج (عادة بالتقطير) وتحطيم المنتجات الجانبية ذات الوزن الجزيئي المرتفع وإعادة تدوير أو بيع كلور الهيدروجين. يعد الفصل والتحطيم الفعال للمنتجات الجانبية العضوية المكثورة، والتي يمكن أن تشمل الملوثات العضوية الثابتة، الأساس لأفضل التقنيات المتاحة والقبلة للتطبيق لهذه العمليات، وكدليل مرافق لأية عملية حرق مدمجة. ومن أجل منتجات عرضية معينة، جرى عرض عمليات تصنيع حديثة تخفض تشكل الملوثات العضوية الثابتة. وهناك مجموعة من معايير الأداء المرتبطة أفضل التقنيات المتاحة وتقدم العمليات الفردية ذات الصلة

1. وصف العملية

1.1 مقدمة إلى العمليات الكيميائية العضوية

يركز هذا القسم على عمليات تصنيع المواد الكيميائية الصناعية التي يمكن نظرياً أن تولد المواد الكيميائية المدرجة في

2000Wiley Interscience 2000; World Chlorine Council

(.

ان العديد من المبادئ العامة التي المطورة هنا، بما في ذلك الاستخدام الأكثر فعالية للمواد الأولية وتخفيض حد المنتجات

مجال واسع من الكيماويات الدقيق (خاصة ذات الحجم الصغيرة) بما في ذلك المبيدات و الصيدلانيات. يعتمد إنتاج مثل

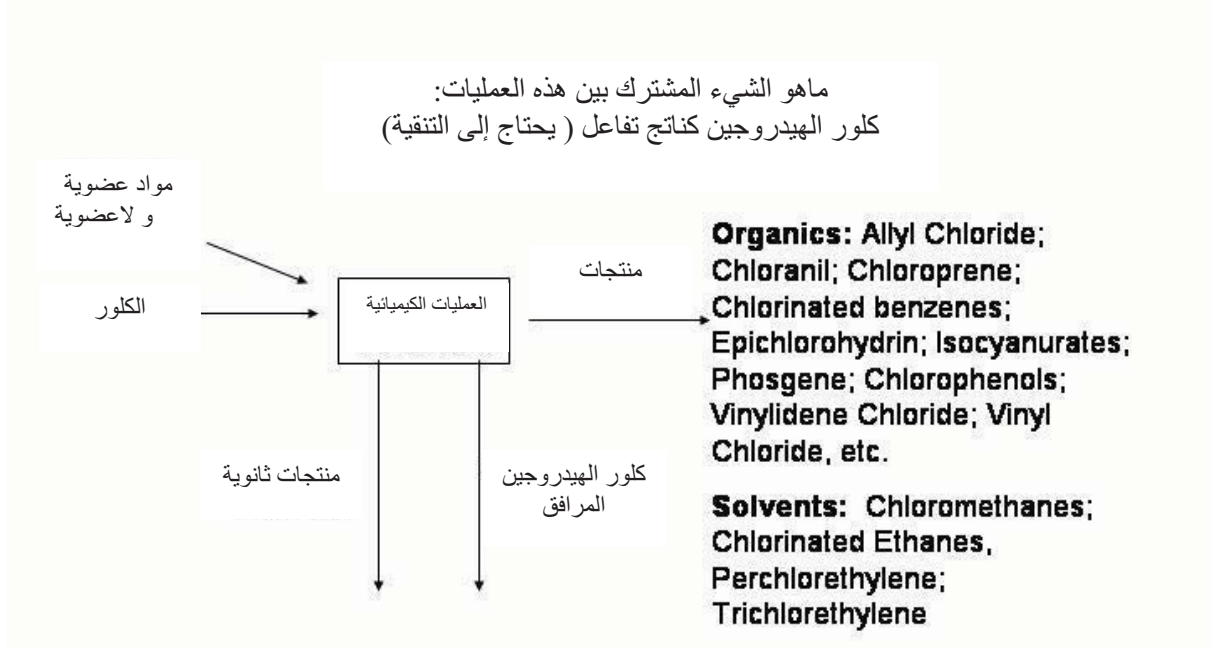
جرى عرض قائمة لبعض المواد المؤدية للكيماويات الصناعية في الملحق I من هذا القسم (Wiley Interscience 2000). وانه من خارج نطاق هذا القسم محاولة تعريف أفضل التقنيات المتاحة و افضل الممارسات البيئية لكل من هذه العمليات بشكل إفرادي، مفضلاً ذلك على أن العمليات ستدرس من حيث بماذا تشترك وكيف توجه هذه الممارسات المشتركة لخفض تشكل، وخاصة إطلاق الكيماويات المدرجة في المرفق جيم من اتفاقية استوكهولم.

تشمل معظم العمليات هيدروكربون، مشبع أو غير مشبع، معالج بالكلور العنصري وفي معظم العمليات أيضاً محفز. يمكن أن تكون التفاعلات إضافات الكروتوفيلية للأوليفينات، وكلورة العطريات أو الانقسام المتناظر للروابط هيدروجين-كربون مع تشكل لاحق لكلور دهني (أليفاتي). في الكثير من من الحالات تكون ذرات الكلور موجودة في المنتج النهائي، ومن جهة أخرى، في بعض العمليات (إضافة الى الكحول أو الأمين للفوسجين لإنتاج مثلاً بلاستيك متعدد الكربونات أو متعدد اليوريثان)، تكون ذرات الكلور موجودة في المنتج النهائي. بالإضافة الى ذلك، تشمل معظم العمليات إنتاج كلور الهيدروجين (HCl) كمنتج ثانوي أثناء نزع الهالوجين أو تفاعل الجذر الحر للكلور مع هيدروجين أليفاتي (الشكلين 1 و 2).

تتفاوت المنتجات الخام لهذه التفاعلات في المردود الكلي و النقاوة وكما هو الحال فعلياً مع كافة العمليات الكيماوية الصناعية، فإن تنقية المنتج النهائي مطلوب قبل بيعه أو استخدامه داخلياً. يمكن أن تشمل عملية التنقية فصل مزيج من المنتجات القابلة للبيع - في كثير من الحالات، و ينتج مجال من المنتجات المفيدة من معالجة تفاعل وحيد- أو فصل المنتجات القليلة للبيع من التشكل غير المتعذر اجتنابه للمنتجات الجانبية ذات الوزن الجزيئي المرتفع. ومن أجل معظم المركبات العضوية و اللاعضوية، تشمل مرحلة التنقية التقطير.

وبشكل عام، فإن المنتجات الجانبية ذات الوزن الجزيئي المرتفع غير قابلة للبيع في بعض الحالات، فهي تؤكسد حرارياً حيث يتشكل HCl و CO و CO₂ كمنتجات لهذه الأكسدة. يسترد كلور الهيدروجين HCl ويعاد استخدامه كجزء متمم

الشكل رقم 1 نظرة شاملة و عامة للعملية



1.2 كلور الهيدروجين كمنتج ثانوي

يعامل كلور الهيدروجين (HCl) بوحدة أو أكثر من الطرائق التالية ببساطة تعديله وطرحه على هيئة ملح (كلور الصوديوم). على أية حال، في بعض العمليات يمكن أن يؤلف HCl كمية كبيرة من الاستخدام الفعال للكلور المدخل، وبالتالي فإن التعديل و الطرح يرافقه تكلفة كبيرة في فقدان المواد الخام.

يمكن استرداد HCl، وإضافة الماء إليه ومن ثم بيعه كمنتج (مورياتيك) تجاري من حمض كلور الماء أو يستخدم كمعدل لدرجة الحموضة في خلايا التحليل الكهربائي للكلور القلوي. وهكذا، فإنه يوجد بعض إعادة تدوير HCl الكتروليتياً إلى الكلور. في الولايات المتحدة الأمريكية حمض كلور الماء الناتج عن صناعة كلور الفينيل، حلل من أجل ثنائي بنزو متعدد الكلور الديوكسين (PCDD) و ثنائي بنزو متعدد الفلور (PCDF) ووجد بأنه يحتوي على حوالي 20 بيكوغرام مكافئ سمي/لتر و سطياً (0.004 غرام مكافئ سمي/سنة من أجل إنتاج الولايات المتحدة) (Carroll et al. 1997)¹

يمكن أن يجفف HCl أيضاً ويؤكسد تحفيزياً وبوجود المواد العضوية الخام، يتفاعل عنصر الكلور لينتج أكثر من المنتج المطلوب. تدعى العملية التي تنتج بهذه الأليات بالكلورة المؤكسدة وتشكل غالباً وسيلة قيمة لاسترداد الكلور ضمن العملية.

¹ لمزيد من المعلومات عن اختبارات السمية أنظر للقسم I.C، القسم الفرعي 3 من التوجيهات الحالية.

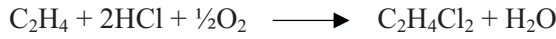
1.3 الكلورة المباشرة

إن إضافة الجذر الحر للكلور الى الهيدوكربونات الاليفاتية، وخاصة الميثان، و إضافة المباشرة الى الالكتروفيلية للهالوجين القلوي، معروفة جداً في الكيمياء العضوية الأساسية. وكما هو مستخدم في الصناعة، يحفز الاول بواسطة الضوء ويحفز الأخير عموماً بعملية عند درجة حرارة منخفضة بواسطة كلور الحديد (FeCl₃) (Oxy Vinyls website). ففي الاول، يكون آلية الجذر الحر هي المرغوبة. ومن جهة أخرى، في الأخير تؤدي تفاعلات جانبية غير منتجة من الجذور الحرة التي يمكن أن تثبط بتراكيز منخفضة الأوكسجين.

يوجد احتمالية ضئيلة من أجل تشكل الملوثات العضوية الثابتة الثانوية في عمليات الكلورة المباشرة للهيدروكربونات الاليفاتية. يمكن أيضاً كلورة مخزون تغذية عطري، مباشرة بوجود حمض لويس كمحفز. يترك متوفراً وجود الكلوريدات العطرية كمنتجات للعملية، إمكانية إنتاج الملوثات العضوية الثابتة تحت الشروط نفسها.

1.4 الكلورة المؤكسدة

في الكلورة المؤكسدة، تتفاعل المادة العضوية مثل الايتلين مع HCL الجاف اما في الهواء أو بوجود الأوكسجين النقي في تفاعل وسيطي غير متجانس (الشكل رقم 3). كمثل على هذا التفاعل المتضمن HCL، و الأوكسجين و الايتلين لتشكيل ثنائي كلور الايتلين و الماء .



أيضا وجدت العديد من عمليات الكلورة المؤكسدة المختلفة، في كل حالة يجري التفاعل في الطور البخاري فو محفز (وسيط) ويكون المعدل. وعلى خلاف عملية ديكون (التي تستخدم الهواء و الأوكسجين لأكسدة HCl الى CL₂ و H₂O تحت الحرارة و التحفيز) تحدث الكلورة المؤكسدة للايتلين بسهولة عند درجات حرارة أقل بكثير من تلك اللازمة لاكسدة HCL. يحتوي المحفز (الوسيط) بشكل نموذجي على كلور النحاس (Cu Cl₂) كمكون فعال أساسي مشرب على دعامة مسامية مثل الالومينا ويمكن أيضاً أن تحوي الكثير من الإضافات الأخرى.

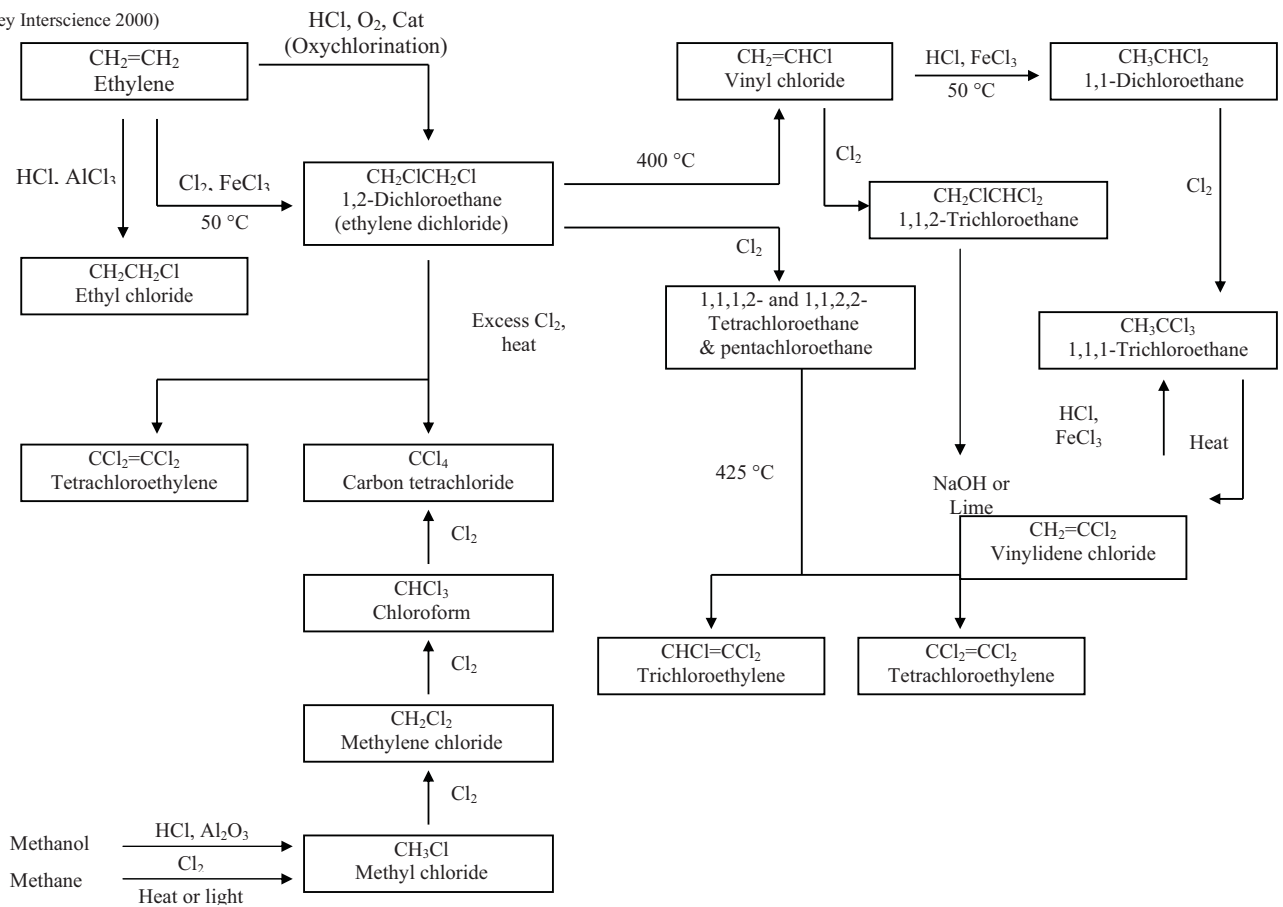
ينتج تفاعل الكلورة المؤكسدة الحرارة وبالتالي يحتاج التفاعل الى تبريد لضبط الحرارة التي هي ضرورية من اجل إنتاج فعال لثنائي كلور الايتلين. على الرغم من أنه بوجود درجة حرارة أخفض ما يمكن فعالة من اجل التفاعلات، تؤدي درجات حرارة المفاعل المرتفعة الى حد بعيد الى منتجات ثانوية أكثر، و بشكل رئيسي من خلال أكسدة الايتلين المتزايدة ولاكاسيد الكربون وتكسر ثنائي كلور الايتلين المتزايد. يعطي تكسر ثنائي كلور الايتلين، كلور الفينيل غير المتبلر (مونومير) ويمكن أن تؤدي مراحل التكسر و الكلورة المؤكسدة اللاحقة تدريجياً الى منتجات ثانوية بوزن جزئي اعلى ومستويات أعلى من تبادل الكلور. يمكن أن يؤدي درجات الحرارة المفرطة (> 300 درجة مئوية) الى تخميد المحفز خلال التبادل المتزايد لكلور النحاس Cu Cl₂. يوجد حافز تجاري قوي لتفادي شروط التفاعل هذه (الحرارة المفرطة) التي تحتوي الإمكانية إنتاج منتجات متعددة الكلور الثانوية.

يوجد نوعان من انظمة المحفز مستخدمان في الكلورة المؤكسدة: سرير ثابت سرير مميح. وكلاهما يمكن أن يعتبر كأفضل التقنيات المتاحة (European commission 2003b).

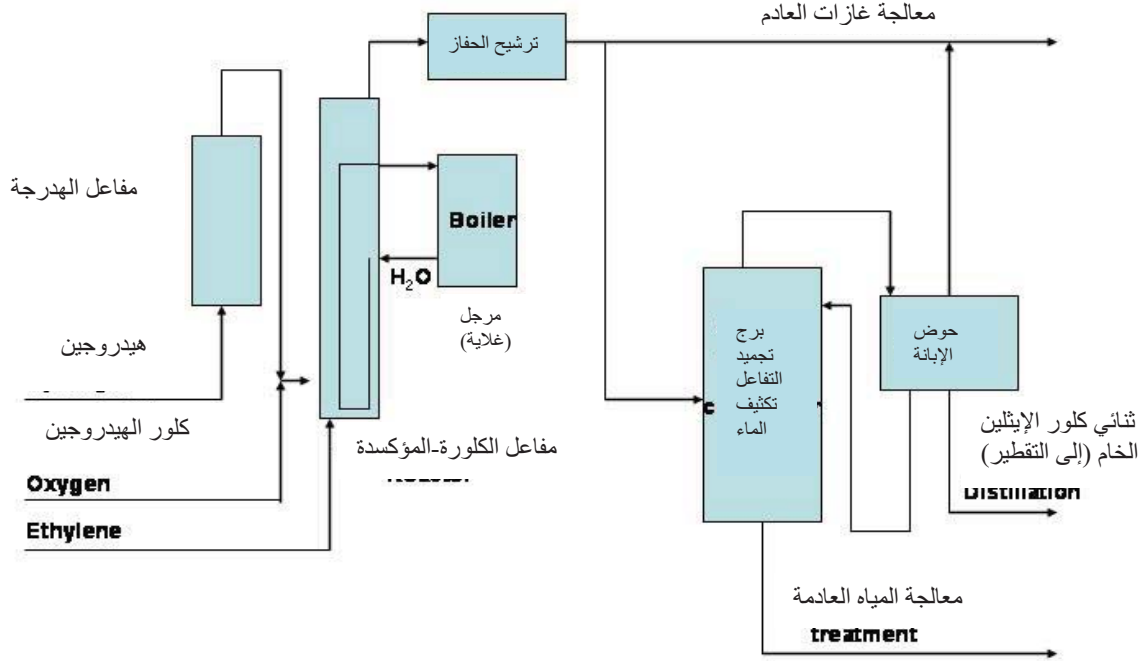
يمكن أن يؤدي استخدام مواد تغذية معينة في عملية الكلورة المؤكسدة الى تشكل الملوثات العضوية الثابتة بشكل كبير. على سبيل المثال، تعطي الكلورة المؤكسدة في تصنيع كلور الفينيل معدل جيد من الديوكسينات و الفيورونات (UK Environment Agency 1997)

الشكل 2 : عمليات الكربون C1 و C2

(Wiley Interscience 2000)



الشكل رقم 3 مخطط تمثيلي للكلورة المؤكسدة



المصدر : Vinnolit website

1.4.1 الكلورة المؤكسدة بالسرير الثابت

تشبه مفاعلات السرير الثابت المبادلات الحرارية ذات الأنابيب المتعددة، بمحفز مشحون في الأنابيب العمودية المثبتة في لوح الأنبوب من الأعلى والأسفل. إن حشو المحفز المتجانس في الأنابيب هام للتأكد من هبوط متجانس للضغط والتدفق وزمن البقاء عبر كل أنبوب. تزال حرارة التفاعل بتوليد البخار على الغلاف الجانبي للمفاعل أو بواسطة إمرار بعض سوائل نقل الحرارة الأخرى من خلاله.

إن ضبط درجة الحرارة في هذه التفاعلات هام. يمكن خفض إمكانية تطوير بقع حارة في السرير الثابت إلى حد أدنى بواسطة حشو أنابيب المفاعل بمحفز فعال ومزائج محددة خاملة بنسب تتغير على طول الأنابيب وبالتالي يوجد نشاط منخفض محفز عند المدخل ولكن يزداد النشاط تدريجياً إلى حد أعظمي عند المخرج.

وكبدل ، يمكن حشو الأنابيب بمحفز محضر لصيغة لها مكون ناشط على طول الأنابيب. يمكن أيضاً استخدام مفاعلات متعددة على هيئة سلسلة، في كلورة مؤكسدة بسرير ثابت، مزودة بمكون ناشط مشابه. يسمح استخدام الأوكسجين النقي كمادة تغذية عوضاً عن الهواء بدرجات حرارة أخفض وبالتالي خفض تشكل المنتجات الثانوية المكلورة. على أية حال، يجب توازن هذا الاستخدام تجاه كلفة الطاقة المستهلكة في إنتاج الأوكسجين النقي تؤدي تغذية الهواء أو الأوكسجين تدريجياً وتدرج نشاط المحفز إلى تعديل بروفيل درجة الحرارة والسماح بضبط درجة الحرارة محسن (OxyVinyls website)

1.4.2 الكلورة المؤكسدة بالسرير المميع

إن مفاعلات الكلورة المؤكسدة بسرير مميع هي عبارة عن أوعية اسطوانية عمودية مزودة بشبكة داعمة ونظام تغذية بالرش مصمم ليوفر تمييع جيد وتوزيع جيد للتغذية. تحوي هذه المفاعلات انابيب تبريد داخلية من أجل إزالة الحرارة وتستخدم حلزونات إما داخلية أو خارجية لخفض حمل المحفز إلى الجانب الآخر. يؤمن تمييع المحفز تماس

تتراوح درجة حرارة التشغيل بين 220 – 240 درجة مئوية ومقياس الضغط بين 120 – 500 Kpa (73-22 psig) وهي نموذجية من أجل الكلورة المؤكسدة بمفاعل سرير مميع. تعمل عموماً الكلورة المؤكسدة بسرير مميع بدرجات حرارة مرتفعة (230 – 300 درجة مئوية) وضغوط مقاسة من (1400-150) Kpa (230-22 psig). تشمل المنتجات الكلورة الثانوية للكلورة المؤكسدة للإيثيلين بشكل نموذجي المركبات (1,1,2-trichloroethane, chloroform, carbon tetrachloride, ethyl chloride, chloral, 2-chloroethanol)، جميع مماكبات كلور الإيثيلين، والمركبات ذات درجة الغليان العالية (OxyVinyls website)

1.5 عزل المنتج الرئيسي

إن المظهر المشترك الآخر لهذه العمليات هو الحاجة إلى تنقية المنتج والذي إما سيباع أو يستخدم في خطوات عملية تالية. في كافة الحالات عملياً، ستقطر منتجات التفاعل العضوية. يفصل التقطير التجزيئي سوائل المنتجات المطلوبة ويفصل أيضاً المنتجات المطلوبة عن المواد ذات الوزن الجزيئي المرتفع غير المرغوب بها والتي تسمى البقايا الثقيلة أو القطران.

في الاتحاد الأوروبي، تفرض توجيهات المراقبة والوقاية المتكاملة للتلوث (IPPC) استخدام أفضل التقنيات المتاحة لدى منح إجازة لمحطة. ولتسهيل ذلك، جرى إعداد وثائق مرجعية لأفضل التقنيات المتاحة (BREFs) تحت توجيهات المكتب الأوروبي. العديد منها ذو صلة بتطبيق أفضل التقنيات المتاحة لعمليات تستخدم الكلورة: وكمثال، تحوي الوثائق المتعلقة بالعمليات الكيماوية العضوية ذات الحجم الكبيرة والمعدة تحت توجيهات IPPC، مناقشة التقطير (European Commission 2003).

إن التقطير هي عملية وحدة هندسية قياسية. تعتمد على تبخير متعاقب وتكثيف السائل في عمود، يحوي عموماً حشوة أو صوان بهدف زيادة مساحة سطحها الداخلي إلى حد أعظمي. يجري إغناء البخار الذي يصل إلى أعلى العمود في المادة الأقل غلياناً والموجودة في مزيج التقطير.

إن تصميم وتشغيل وحدات التقطير معروفة بشكل جيد، كلاً من الناحية النظرية والعملية. فمن أجل المواد غير الأيزوتروبية بدرجات غليان منفصلة بشكل واسع مثلاً كلور الفينيل وPCDD/PCDF، تمكن عملياً تحقيق فصل تام في عمود جيد التصميم والتشغيل (ChEResources website).

تفصل المواد المطلوبة وتنقل على هيئة سوائل. فمن أجل المواد ذات نقاط غليان أعلى من درجة حرارة الجو المحيط (مثلاً ثنائي كلور الإيثيلين) تستخدم حاويات مغلقة ولكن غير مضغوطة. ومن أجل مواد بدرجات غليان أقل من درجة حرارة الجو المحيط (مثلاً كلور الفينيل – الكلور)، تستخدم حاويات مضغوطة.

لا توجه بعض عوازل المنتج نفسها إلى التقطير. من حيث المبدأ، يمكن ابتكار تقانات مشابهة ومفيدة وصارمة (مثلاً إعادة البلورة) من أجل مواد خاصة. إلى حد ما، يمكن أن تبين هذه الممارسات نتيجة مشابهة مثل عزل المنتجات الثانوية في سائل منفصل، يمكن أن تعتبر هذه في بعض الحالات أفضل التقنيات المتاحة.

1.6 تحطيم المنتج الثانوي

تحطم عادة المواد غير المرغوب بها بما في ذلك النفايات الثقيلة في العمليات الحرارية مع أو بدون الأوكسجين. يظهر الشكل 4 شكل نموذجي بدائي لتخريب النفايات الثقيلة مع استرداد لكلور الهيدروجين HCl.

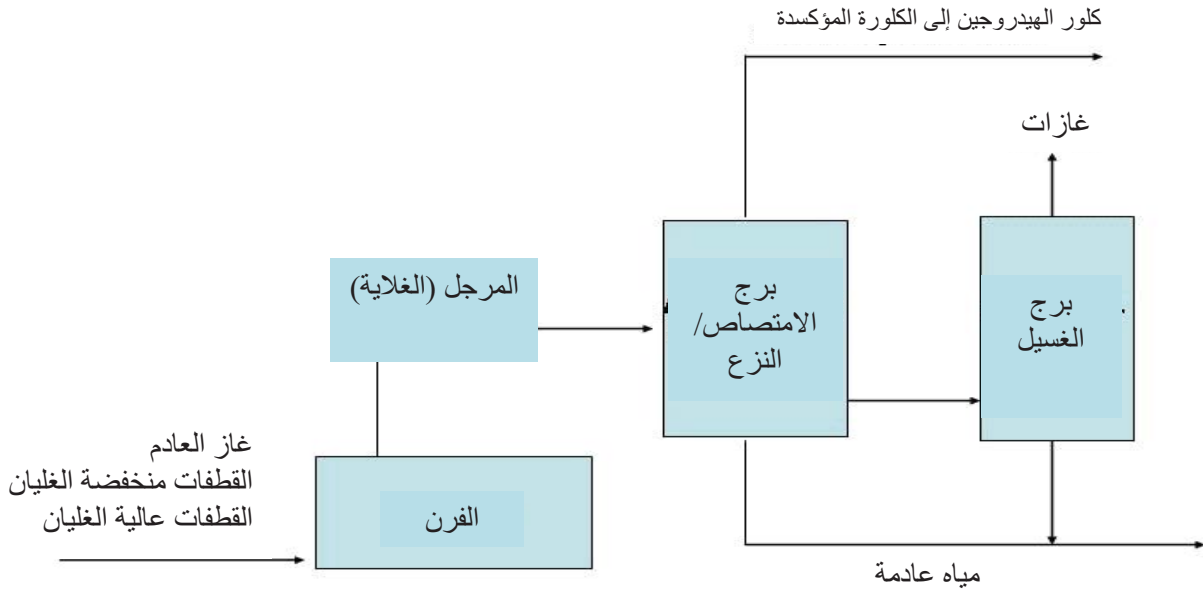
تعد الإدارة البيئية السليمة للمنتجات الثانوية و تيار النفايات الناجمة عن العمليات الكيماوية عنصر هام لتفادي انبعاث المواد الكيماوية المدرجة في المرفق "جيم" إلى البيئة. هذه الإدارة تتضمن كل من الفعالية و الأداء العالي في تحطيم النفايات داخل العملية و فعالية تقنية أخر الأنبوب لمنع التحرير. هذا التحطيم و نظام نهاية الأنبوب للمواد الكيماوية و بعض الصناعات توجد عادة في التشريعات، و يجب ان يتم مراقبتها داخلياً بواسطة المشغلين و السلطات المختصة.

يمكن تحليل انبعاثات المواد الكيماوية المدرجة في المرفق "جيم" الى الهواء و الماء و التربة ومعالجتها بشكل مناسب. معلومات اضافية متوفرة في الاتحاد الأوروبي BREFs في عمليات المواد الكيماوية العضوية كبيرة الحجم و في معالجة المياه و الغازات الناجمة عن قطاع الكيماويات. مراجعة اساسية لتقنيات معالجة الهواء و الماء و التربة موجودة في قسم المواضيع المتداخلة في القسم (III.C) من الدليل الحالي.

عموماً يمكن ان تتضمن افضل التقنيات المتاحة لسوائل الهواء استرداد وإعادة تدوير لكلور الهيدروجين HCl، واحتراق المواد المتطايرة النذرة وغسل سوائل الخرج المحترقة بواسطة الماء، والمحاليل القلوية أو القلويات الجافة وإضافة الكربون الفعال وغرفة المرشحات من أجل إزالة العوالق. يمكن أن تستخدم هذه التقانات وحيدة أو مجتمعة. تشمل معالجة سوائل الماء نزع واسترداد (التكتيف والامتصاص) المواد المتطايرة من الماء.

تجرى التنقية البيولوجية اللاحقة لسوائل الماء مع إزالة المواد الصلبة، في نظام خاص لمعالجة الماء. ستؤخذ في الاعتبار افضل التقنيات المتاحة من أجل كل من السوائل في منح التراخيص لمنشآت احتراق النفايات الثقيلة.

الشكل رقم 4 تخريب المنتج الثانوي



1.7 خلاصة: بماذا تشترك العمليات العضوية؟ Summary: What organic processes have in common

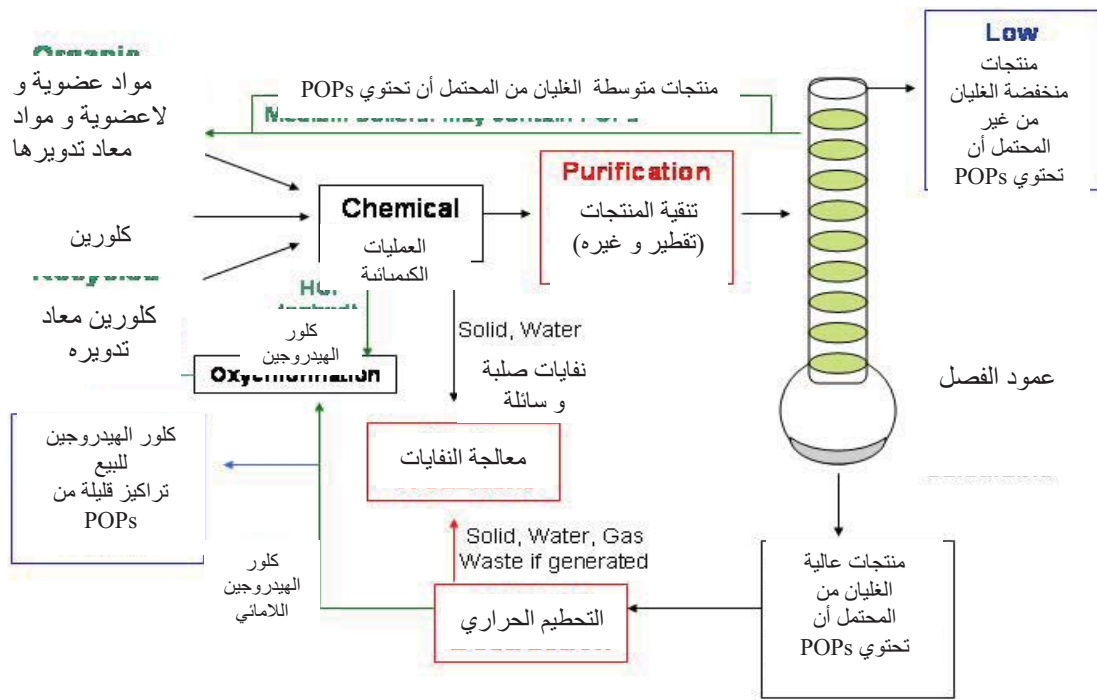
يلخص الشكل 5 بشكل عام العديد من العمليات الموصوفة ، بما في ذلك كلورة المواد الخام العضوية واللاعضوية وتنقية المنتجات وفصل السوائل من أجل التدوير (HCl مراحل متوسطة) وتخريب المنتجات الجانبية (مراحل مرتفعة العضوية) وبيع المنتجات (مراحل منخفضة، HCl، منتجات متبقية).

أشارت وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة : " جرى افتراض 4 آليات رئيسية من أجل تشكل الديوكسينات والفيورونات المهلجنة في صناعة الكيماويات العضوية المهلجنة. 1- هلجنة مباشرة للديوكسينات والفيورانات؛ 2- تفاعل الهالوجين الحمضي مع فنتا، 3- خسارة الهالوجين (مثل الكلور أو البروم) من الفنتا إلى الفيورانات المهلجنة..... 4- تفاعلات تبادل هالوجين بين اورثو وميتا " (EPA 1997).

تفرض الآلية 1 تشكل سبقي للديوكسينات الـ PCDD او الفيورونات الـ PCDF حلقة البنية ، ربما غير مهلجنة. تصف الآليتان 2 و4 تفاعلات الهاليدات العطرية أو الفينولات المهلجنة. تؤثر عوامل عديدة على كمية لـ PCDD او PCDF التي يمكن أن تتشكل في عملية صناعية معينة ، بما في ذلك درجة الحرارة و درجة الحموضة والمحفز (الوسيط) وحركيات

بشكل مماثل، لاحظت Friedler ورفاقها (2000) بأن هناك احتمال قوي تناقص تشكل مركبات الديوكسينات/الفيورونات في العمليات الكيماوية لصناعة مواد حاوية على الكلور وفق الترتيب ($\text{chlorophenols} > \text{chlorobenzenes} > \text{aliphatic chlorides} > \text{inorganic chlorides}$). يمكن تعديل هذا أيضاً بشروط تفاعل أخرى. الإنتاج الكلي سوف يتأثر بكل الميل للتشكيل وحجم المدخلات وبالتالي عمليات ذات الحجم الكبير كعملية إنتاج الكلور يمكن أن تعطي أكبر كتلة تدفق.

سيتأثر الإنتاج الكلي بكل من الميل إلى (سهولة) التشكيل و حجم الإنتاج، بالتالي فالعمليات الكبيرة مثل إنتاج الكلورين



الشكل رقم 5 رسم تخطيطي صندوقي لعملية عضوية عامة

1.8 العمليات الكيماوية اللاعضوية

يستخدم الكلور في تشكيل المركبات اللاعضوية سواء بقي في المنتج النهائي (NaOCl , ClO_2 , FeCl_3 , AlCl_3) أو استخدم ببساطة في العملية (TiO_2 , Si). يمكن أن تستخدم هذه المركبات اللاعضوية إما بشكل متكافئ (ZnCl_2) أو كمحفزات (وسائط) (FeCl_3 , AlCl_3 , ZnCl_2). يوجد عمليتا تصنيع كيميائي لعضوي معروفتان مع بعض إنتاج للكيماويات المدرجة في المرفق "جيم": تصنيع عملية الكلور لثنائي أوكسيد التيتانيوم (TiO_2) بواسطة صناعات معينة وإنتاج كلور المغنزيوم اللاماني (MgCl_2) كمركب وسيط في صناعة معدن المغنزيوم. وتشمل عمليات كلورة كربونية أخرى للمعدن من أجل تنقية الخام، شروطاً مشابهة.

1.8.1 الكلور والصوديوم/هيدروكسيد البوتاسيوم

ينتج الكلور و كل من هيدروكسيد الصوديوم او البوتاسيوم بالتحليل الكهربائي للمحلول المائي للصوديوم أو كلور البوتاسيوم على التوالي . هناك العديد من التقنيات المرافقة لهذه العملية، وفي حين أن المعالجة التامة للعملية خارج نطاق

من المعروف (و تم تأكيد من خلال التقارير) انبعاث الملوثات العضوية الثابتة من منشآت الكلورة القلوية الحديثة، و ذلك يقود إلى إمكانية تولد الديوكسينات و الفيورونات عند بعض النقاط في عملة الكلورة القلوية.

استخدام اقطاب الغارفيت في هذه العملية يعرف كمصدر للمواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم". وهذه العملية عموماً مستحثة الحصول في المنشآت الحديثة (انظر الفقرة الفرعية 4.2.2 ادناه). وفيما يتعلق فيما يتعلق بالمصادر الأخرى في العملية، والفهم الكامل لآلية التشكيل غير موجودة، إلا أنه يعتقد أن التفاعل مع عنصر الكلور الفيوران المتشكل سابقاً في بنية المرساة العضوية و الأختام يمكن أن تكون مصدراً (أنظر القسم الفرعي 2.2). حتى مع العمليات الحديثة الديوكسين / الفيوران التي تم قياسها في الانبعاثات وتتشكل في العملية.

1.8.2 ثنائي أكسيد التيتانيوم Titanium dioxide

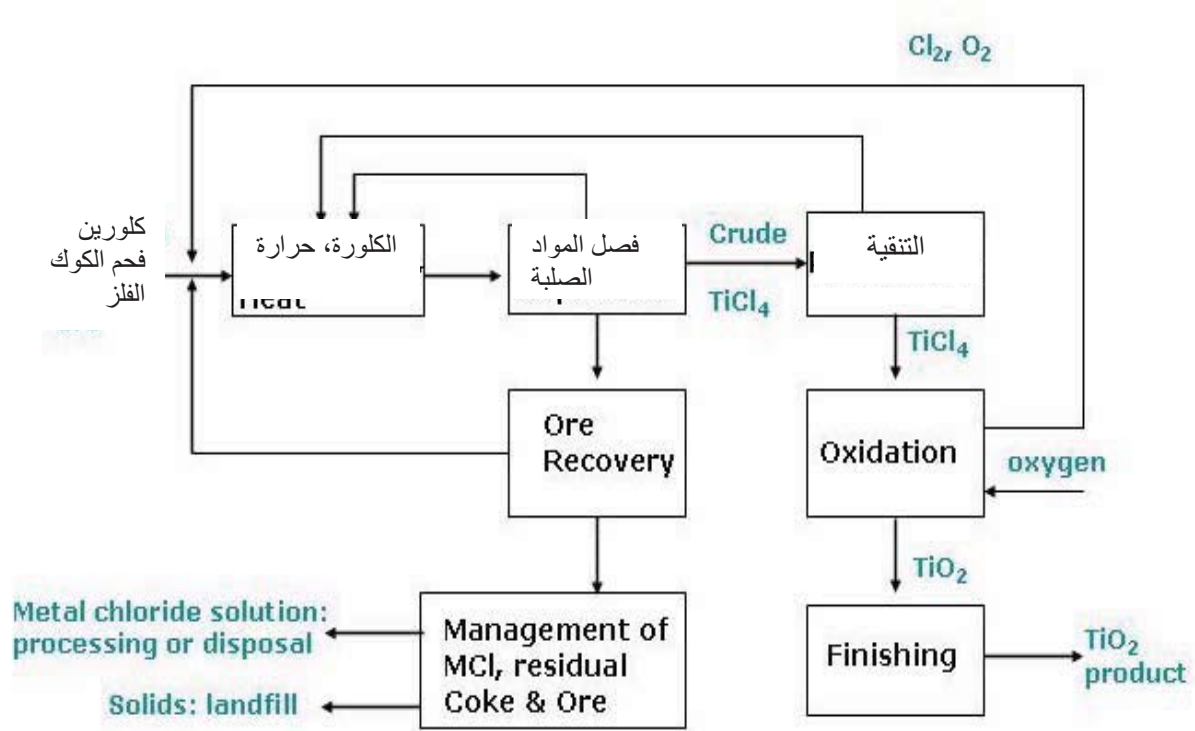
توجد عمليتان لتصنيع ثنائي أكسيد التيتانيوم (TiO_2): عملية الكلور وعملية الكبريتات. وتمثلان دراسة حالة ممتعة: تنتج عملية الكلورة نفايات أقل ولكنها يمكن ان تكون مصدر للملوثات العضوية الثابتة. اما عملية الكبريتات فهي تشمل نفايات أكثر بكثير من فئات اخرى، حيث تكمن المشكلة في وجود أكسيد التيتانيوم الذي يزيد حجم الكيماويات.

ان إنتاج أكسيد التيتانيوم بالاعتماد على عملية الكبريتات يعطي كميات كبيرة من المواد الملوثة بالحموض وبتراكيز مختلفة. في الماضي هذه الحموض المصروفة لم تسترد و تستخدم في عمليات أخرى. لذا طورت آلية لإعادة تدوير و استخدام الحموض المصروفة خلال العقود الماضية و حالياً هناك معايير تشغيل قاسية لإنتاج أكسيد التيتانيوم في البلدان الصناعية.

تزايد استخدام عملية الكلور خلال الثلاثين سنة الماضية كطريقة بديلة عن الكبريتات ذات الكميات الكبيرة من الحموض المصروفة. طريقة الكلورة و بإحكامها النسبي، تعطي إمكانية لإعادة تدوير مواد العملية مباشرة من دون منتجات جانبية و مواصفات منتج أفضل و إنتاج نفايات أقل. ومن فلزات TiO_2 ، مثل الروتيل أو الإليمينات الحاوية على أكاسيد معدنية أخرى- مكلورة تحت درجة حرارة مرتفعة لنتج رباعي كلور التيتانيوم ($TiCl_4$). سائل قابل للتقطير. تزال بعض هاليدات المعادن الأخرى بعد التبريد. ينقى () و يؤكسد بواسطة الأوكسجين محمراً الكلور، الذي يعاد تدويره في العملية. عملية الأكسدة هذه أكثر حدوثاً من الناحية الترموديناميكية عند درجات حرارة أعلى من 600 درجة مئوية. عرضت نظرة شاملة وعامة لعملية الكلورة في الشكل رقم 6. ويمكن إيجاد وصف أكثر اكتمالاً لعملية الكبريتات المنافسة في الفقرة 3.1 أدناه.

• رواسب صلبة (إلى المطامر)

الشكل رقم 6 عملية الكلور من أجل تصنيع ثنائي أكسيد التيتانيوم



كلور المغنيز اللاماني

1.8.3

يمكن إنتاج كلور المغنيزيوم ($MgCl_2$) بتفاعل أكسيد المغنيزيوم (MgO) مع الفحم الحجري بحضور الكلور عند درجة حرارة 700-800 درجة مئوية. تفاصيل هذه العملية و الانبعاثات الناجمة عنها معروضة في القسم VI.B(iii) من الدليل الحالي (إنتاج المغنيزيوم)

المصادر المحتملة للمواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم" C

2.

يعد الوسط الأساسي لتشكيل بنية الديوكسين و الفيوران، وثنائي الفينيل متعدد الكلور (PCB)، و سداسي كلور البنزن (HCB) وجود أو تولد المواد العطرية. هذه المواد يجب و عند نقطة معينة، أن يتم كلورتها. لاحظ برنامج الأمم المتحدة للبيئة UNEP2003 فيما يخص العمليات الكيميائية، تولد مركبات الديوكسين/الفيوران قد يكون محبذ في العمليات التي تستخدم، بشكل فرادي أو مجموع، عنصر الكلور، ودرجة حرارة مرتفعة، وظروف قلووية ومصدر للجذور الحرة.

لتشكيل مركبات الديوكسين/الفيوران يجب توفر مصدر للأوكسجين أو مركبات الديوكسين/الفيوران غير المكورة أو هياكل ذات صلة. في حين أنه من الصعب تصور الحالات التي يكون فيها تولد الديوكسين/الفيوران من دون إمكانية تولد ثنائي الفينيل متعدد الكلور (PCB) أو سداسي كلور البنزن (HCB)، الديوكسين/الفيوران يفضل كمنتج ثانوي في العمليات حيث الفينولات المكورة هي الركيزة الأساسية أو الفينولات تتفاعل مع الكلور، خصوصاً إذا ماتمت المعالجة مع القويات (انظر الفقرات الفرعية 4.2.3، 4.2.4، و 4.2.5 أدناه). الاحتراق هو المصدر المحتمل لجميع هذه المواد؛ يعتمد تشكل المنتجات الثانوية بالضبط على التكنولوجيا المستخدمة في عمليات الاحتراق، ولاسيما تلك التي تنطوي على الاحتراق غير المنضبط. تفاعلات كلورة الكربون (مثال MgO إلى $MgCl_2$) يمكن أن تكون مصدر (انظر القسم الفرعي 1.8 اعلاه).

قد يتشكل سداسي كلور البنزن (HCB) بشكل تفضيلي في أنواع مماثلة من التفاعلات التي وردت أسماؤها أعلاه إذا استبعد الأوكسجين أو المواد المؤكسدة. تقع تفاعلات التحليل الكهربائي مع اقطاب من الغرافيت ضمن هذه الفئة. وكنتيجة

في بعض الحالات ، قد يكون مصدر الكربون العطري عرضياً. البنزن كمادة شائبة في المواد الخام تقريباً أي تفاعل كلورة سوف يظهر في سداسي كلور البنزن كمنتج ثانوي حيث أن لن يكون من المتوقع من الناحية الكيميائية للتفاعل المطلوب. تشير بعض براءات الاختراع إلى أن تخفيض المركبات العطرية في تيار التغذية في تصنيع بعض الكيماويات كوسيلة للحد من الإنتاج العرضي للملوثات العضوية الثابتة كمنتجات ثانوية (انظر الفقرة الفرعية 4.2.8) . أخيراً ، إذا كان سداسي كلور البنزن (HCB) المادة الأولية للعملية، نقل هذه المواد الى المنتج النهائي سوف يسبب تلوثه (انظر الفقرة الفرعية 4.2.5) .

توجد العديد من قوائم الجرد الوطنية لانبعاثات الديوكسين/الفيوران (PCDD/PCDF) وثنائي الفينيل متعدد الكلور (PCB). فيما يخص الديوكسين /الفيوران ، تضمنت قوائم الجرد الانبعاثات غير المقصودة. وقد تم تشميلها في وسيلة الادوات التي تم اعدادها من قبل برنامج الامم المتحدة للبيئة (2003 UNEP Toolkit). فيما يخص ثنائي الفينيل متعدد الكلور PCB، قوائم الجرد ، اذا كانت موجودة بين بان العديد المنتجات القديمة لازالت في الاستخدام، نفايات في المخزن أو منتجات حديثة. توجد بعض البيانات القليلة للغاية حول الاصدار العرضي لـ PCB .

من المهم أن نلاحظ بأن هناك مصادر لجميع هذه المنتجات الثانوية لاصلة لها بالعمليات الكيميائية، ولكن يمكن منع إطلاقها وتحررها باستخدام تقنيات عالية الاداء، إغلاق الدارات و تحكم داخلي وخارجي للسيطرة على المنتجات الثانوية و تدفق النفايات و الانبعاثات المرتبطة التي يتم تدميرها.

فيما يخص سداسي كلور البنزن ، كلاهما المنتجات و المنتجات الثانوية ، فان الحالة مشابهة لتلك لثنائي الفينيل متعدد الكلور PCB، ولكن توجد في بعض الجرودات لسداسي كلور البنزن كمنتج ثانوي. بلغت ذروة الانتاج في جميع انحاء العالم و انبعاثات سداسي كلور البنزن في نهاية عام 1970 و بداية 1980. بلغ الانتاج حوالي 10000 طن بالسنة منذ عام 1978 الى عام 1981 (Rippen and Frank 1986) حيث كان يعتقد بان نسبة 80% من النجاج من اوروبا. كان الطريق الرئيسي لإدخالها الى البيئة هو استخدامه كمبيد للافات. وبشكل اساسي كمبيد للفطريات لبذور البصل و الذرة و المحاصيل مثل القمح و الشعير و الشوفان، وكمبيد للفطريات لمكافحة التفحم النتن في القمح.

ومنذ ذلك الحين، ونظراً لعدة لوائح و قوائم حظر، انخفض الإنتاج و الانبعاث بشكل ملحوظ. (2001 Bailey) نشرت استعراضاً لمصادر سداسي كلور البنزن ومصادر الانبعاثات في جميع أنحاء العالم في منتصف عام 1990. بلغ اجمالي انبعاثات العالم في تلك الفترة بنحو 10-90 طن بالسنة. في عام 1990 مساهمة المصادر المختلفة الى اجمالي الانبعاثات في جميع أنحاء العالم على النحو التالي: احتراق الوقود بنسبة 3.7%، وصناعة الحديد والصلب بنسبة 0.3%، وصناعة المعادن غير الحديدية 36%، وصناعة الكيماويات العضوية بنسبة 5.8%، واستخدام المذيبات الاخرى 0.004%، وحرق النفايات بنسبة 26%، واستخدام المبيدات الحشرية بنسبة 28%. أظهر التوزع في اوروبا و الولايات المتحدة الامريكية وكندا اختلافات كبيرة.

استعراضاً حديثاً من المنشورات حول انبعاثات سداسي كلور البنزن جمعت كملف علوم الكلور أوروبا (Barber, Sweetman and Jones 2005). الملف يوفر تماماً نظرة عامة شاملة لجميع المعلومات ذات الصلة المنشورة حتى عام 2004. انه يعطي تفاصيل عن الإنتاج و الانبعاثات في فترات مختلفة، وفي مناطق جغرافية مختلفة، ولاستخدامات مختلفة، ويتعامل ايضاً مع المصادر الثانوية والتاريخية. نسخة مختصرة من هذا الملف تم نشرها في النشرات التي راجعها الكتاب (Barber et al. 2005) .

2.1 عملية الكلورة المؤكسدة

يجعل وجود الحرارة، وعنصر الكلور، ووسيط كلور النحاس و المواد العضوية عملية الكلورة المؤكسدة مصدراً للمواد الكيماوية المدرجة في المرفق "جيم" ، وخصوصاً الديوكسينات/الفيورانات (PCDD/PCDF) و سداسي كلور البنزن. تتولد المركبات العطرية في عمليات الحرارة العالية و يمكن ان تكون موجودة في مواد التغذية، بما في ذلك حمض كلور الماء HCL او الهواء. تشبه الظروف الموجودة في مفاعل الكلورة المؤكسدة تلك الموجودة في منطقة التيار السفلي للمرممات في منطقة الاحتراق، ولكن قد تحتوي أو لا تحتوي على كميات مماثلة السخام مثل عنصر الكربون أو الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات، والتي يمكن ان تسهم في تشكيل الفيورونات (Lenoir et al. 2001; OxyVinyls website). المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم" خلقت في هذه العملية، ومع ذلك، يمكن أن يكون عملياً إزالتها من المنتج و عزلها في مواد ذات درجات غليان مرتفعة (نفايات ثقيلة) كنتيجة لعملية التقطير.

ستلتحم بعض المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم" بجزيئات الوسيط (الحفاز) في حالة نظم السرير الثابت، انها يمكن أن تكون جزء من الوسائط المستهلكة التي تخرج من الخدمة. يمكن التخلص من هذه المواد اما بمعالجتها حرارياً لتمتاز المركبات العضوية أو دفنها في مدافن آمنة. في المفاعلات، الحفازات ذات السري المميع يمكن ان تستنزف عن طريق التآكل بالاحتكاك ويمكن أن تحمل في تيار البخار. تظهر هذه الجسيمات في النهاية في النفايات الصلبة أو إزالة المواد البيولوجية الصلبة في نهاية معالجة المياه.

2.1.1 عملية الاستيلين من اجل كلور الفينيل

إن استخدام عملية متوازنة لإنتاج ثنائي كلور الأيتلين، ومن ثم تحطيم كلور الفينيل ، نسخت خلال السنوات الخمسين الماضية ولكن ليس كليا إنتاج كلور الفينيل بطريق الاستيلين. في عملية الاستيلين يسخن اوكسيد الكالسيوم وفحم الكوك أو الكربون معاً عند درجة حرارة 2000 درجة مئوية لإنتاج كربيد الكالسيوم (CaC₂). وعندما يتفاعل CaC₂ مع الماء، ينتج الاستيلين ينتج كلور الفينيل من الزئبق كوسط محفز لـ HCL إلى الاستيلين. اختبارات محدودة للنفايات السائلة الناجمة عن عمليات تصنيع كلور الفينيل أظهرت فيا اذا كانت أي من المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم" . عملية إنتاج كربيد الكالسيوم غير مصنفة ؛ ولكن ، الزيادات الأخيرة في كفاءة هذه العملية تستدعي مزيداً من الدراسة.

2.1.2 المذيبات الكلورة

لأن العملية تولد ثلاثي كلور الأيتلين، و perchloroethylene، و رابع كلور الكربون وتشمل الكلورة، والكلورة المؤكسدة والانحلال الحراري، ستشمل المنتجات الثانوية المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم". يمكن فصل هذه المواد من المنتج النهائي بالتقطير وعزلها في جزء صغير يعرف بالنفايات الثقيلة. منذ عدة سنوات ، المواد في النفايات الثقيلة تنتهي الى المطمر؛ ولكن ، منذ عام 1970 ، ترميد النفايات الخطرة، التحطيم الحراري مع استرداد او اعادة استخدام حمض كلور الماء، حتى الآن طريقة المعالجة الأكثر شيوعاً.

هناك بضعة أمثلة على مخزونات كبيرة من سداسي كلور البنزن تحتوي على مواد ناتجة عن تصنيع المذيبات في وقت مبكر أو أكثر الممارسات المتواضعة الحديثة. المرفق الثاني من هذا الفرع هو عبارة عن دراسة حالة لأحد المصانع التشيكية (IPEN 2006a). متضمنة في ملف الكلور في أوربا، الذي هو وصف لحالة طويلة الأمد في استراليا (Barber, Sweetman and Jones 2005). وتجدر الإشارة الى أنه يجب الانتباه الى ان أياً من هذه الدراسات لا تمثل أي من أفضل التقنيات المتاحة أو الممارسات البيئية، في الحقيقة، هم أمثلة متعكسة.

2.2 عمليات أخرى متصلة بالكلور العنصري

يوجد برهان قصصي بان تماس الكلور العنصري مع معدات العملية العضوية (موانع التسرب، المرسة ومعدات الألياف الزجاجية) التي يمكن أن تحتوي على العطريات، والهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات أو الكربون العنصري يمكن أن يؤدي إلى تشكل الكيماويات المدرجة في المرفق "جيم" ، وعادة PCDF. وفي عمليات معينة حيث تفصل المواد ذات درجات الغليان المرتفعة أو المادة المكثفة عن الكلور العنصري المصنع ولا يعاد تدويرها في العملية، يمكن أن توجد الكيماويات المدرجة في المرفق "جيم" في المخرجات الصلبة أو السائلة.

2.3 ثنائي اوكسيد التيتانيوم ، عملية الكلورة

يمكن أن يؤدي وجود الفحم الحجري، والكلور والمعادن ودرجات الحرارة المرتفعة إلى تشكل مركبات الديوكسينات والفيورانات PCDF/ PCDD المشابهة لتلك المركبات المتشكلة في الكلورة المؤكسدة. يتوقع أن تجزئ PCDD/PCDF إذا تشكلت في التيارات الحاوية على الفحم الحجري المتبقي. إذا استخدم فحم الكوك المتبقي لإنتاج الطاقة، المحتوى الممكن لمركبات PCDD/PCDF يجب أن يؤخذ بالحسبان.

تحتوي الانبعاثات الناجمة عن عملية الكلورة الى الغلاف الجوي على آثار من (TiCl₄, Cl₂, HCl, CO and COS) ، وحتى بعد تكثيف رباعي كلور التيتانيوم (TiCl₄) . رباعي كلور التيتانيوم TiCl₄، و Cl₂، و HCl يتم التخلص منها بالغسيل بالحمض على عدة مراحل. سوائل الغسيل يعاد تدويرها في العملية أو تسترد أو بشكل جزئي تباع كحمض كلور الماء نقي بنسبة 28%.

2.4 تحطيم المنتجات الثانوية

توجد ثلاث أنماط لمعالجة النفايات: احتراق النفايات الضارة، والأكسدة الحرارية والأكسدة بوجود محفز. عرضت بعض التفاصيل على كل منها في الفصل المتعلق بثنائي كلور الأيتلين وكلور الفينيل (المفوضية الأوروبية 2003b). وعندما

تعد عملية Catoxid عملية محفز سرير مميح من أجل أكسدة المركبات العضوية. تتشكل سوائل من HCL و CO2 والتي ترسل كلية إلى مفاعل الكلورة المؤكسدة من أجل إعادة تدويرها داخليا. بدائل الحرق وصفت في هذه الوثيقة التوجيهية يمكن أن تكون ذات فائدة لتدمير أنواع معينة من المنتجات الثانوية

2.5 المنتجات

جرى تحليل العديد من المنتجات من أجل المواد الكيماوية المدرجة في المرفق " جيم " وعلى وجه الخصوص الديوكسينات/الفيورانات PCDD\PCDF. وبشكل عام، تعد منتجات سلسلة الكلور القلوية عبر كلور الفينيل منخفضة جداً في مثل هذا التلوث؛ على الرغم من أن هذه المنتجات والمنتجات الأخرى يمكن أن تكون تراكيز الملوثات العضوية الثابتة تابعة لكفاءة التقطير أو طرائق التنقية الأخرى.

تحتوي (IPEN 2006b) و المراجع على تقارير لمتبقيات الديوكسين والفيوران في مختلف المنتجات. كما اكتشف مركبات الديوكسين/الفيوران في خمس مركبات كيميائية مكلورة، بما في ذلك triclosan، بواسطة الليثيوم (2005). سداسي كلور البنزن المحوى في المبيدات موصوف في Barber، Sweetman and Jones 2005 و المراجع. أعدت المذيبات المكلورة باستخدام تقنيات التنقية الحديثة قد تم اختبارها لسداسي كلور البنزن و وجد انخفاض ميكروغرام/كغ (جزء في البليون) معدل (> 20 لثلاثي كلور الأتيلين و < 10). بعض المعلومات الواردة مماثلة أيضاً في (UNEP 2003). بوضوح، التشغيل الفعال لخطوات التنقية تساعد على ضمان مستويات منخفضة من بقايا الملوثات في المنتج.

3. عمليات بديلة تمنع تشكل المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم"

3.1 اعتبارات عامة

في كثير من الحالات يوجد عمليات بديلة يمكن بواسطتها إنتاج الكيماويات المطلوبة. ومن أجل العمليات حيث تنتج الكيماويات المدرجة في المرفق "جيم"، يمكن أن يوجد عمليات بديلة لاتحوي على إنتاج لمثل هذه الكيماويات. وتماشياً مع الاتفاقية يجب تطبيق الدليل حول البدائل في مثل هذه الوثيقة وممارسات عمل جيدة ومراجعة شاملة للعمليات والتكنولوجيات البديلة وذلك قبل إنشاء أو تعديل منشآت الإنتاج كلياً.

3.2 ثاني أكسيد التيتانيوم، عملية الكبريتات

من أجل TIO2 يوجد عملية اقتصادية بديلة تستخدم حمض الكبريت بدلاً عن الكلور ففي عملية الكبريتات من أجل TIO2 تجفف المادة الخام وتطحن وتصنف للتأكد من حدوث تفاعل السلفنة فعال بواسطة التحريك مع حمض الكبريت المركز إما في تفاعل هضم حراري بواسطة الدفعة أو بشكل مستمر. تزيد الشروط المضبوطة تحويل TIO2 إلى كبريتات التيتانيول (titanyl sulphate) الحلول في الماء على أعظم حد ممكن لاستخدام أقل كمية ممكنة من الحمض تحل الكعكة البنية الخضراء الناتجة والجافة من كبريتات المعدن في الماء أو حمض ضعيف ومن ثم يعالج المحلول للتأكد من انه الحديد موجود فقط بحالته الحديدي. تخفض درجة حرارة المحلول لتفادي الحلمهة السابقة للأوان وينقى بالترقيد والتعويم الكيميائي يبرد المحلول الواضح أكثر لبلورة كبريتات الحديدي سباعية الماء الخشنة (المعروفة بكوبيرين، FeSO4.7H2O) والتي تفصل من العملية وتباع كمنتج ثانوي.

يغسل الوحل غير الحلول لاسترداد سائل كبريتات التيتانيول (titanyl sulphate)، يرشح السائل لإزالة الشوائب النهائية غير الحلولة ومن ثم يبخر إلى تركيب محدد تتألف الحلمهة لإنتاج المعدن (اللب) بشكل رئيسي من عناقيد أكسيد التيتانيوم المائي الغروي.

يُضبط الترسيب بحرص لضمان الحجم الحبي المناسب ، عادة بتطبيق تقانة البذرة والنواة يفصل بعد ذلك اللب من السائل الأم ويغسل بشكل كبير لإزالة الآثار المتبقية من الشوائب المعدنية باستخدام وسائط مخلبية إذا كان ذلك ضرورياً. يعالج اللب المغسول بالكيمائيات التي تعدل قوامه الفيزيائي وتعمل كمحفزات في مرحلة التكليل يمكن أن تنتج هذه العملية إما أشكال بلورة (rutile) أو (anatase) اعتماداً على الإضافات المستخدمة قبل التكليل (Millennium Chemical Corporation website)

عملية الكبريتات تتطلب 2.4 – 3.5 طن من حمض الكبريت المركز (H₂SO₄) لكل طن من ثاني أكسيد التيتانيوم (TiO₂). اعتماداً على المواد الخام المستخدمة. ينصرف حمض الكبريت من هذه العملية على شكل كبريتات، وخاصة كبريتات الحديد، أو كحمض كبريت حر في الحمض المستهلك. الحجم الكلي للحمض المصروف في هذه العملية يصل حوالي 6-9 طن لكل طن من الاصبغة. استرجاع حمض الكبريت من الحمض المستخدم يقسم إلى عمليتين اثنتين:

- استرداد الحمض الحر عن طريق التبخير؛
- التحلل الحراري للكبريتات وإنتاج حمض الكبريت على أساس ثاني أكسيد الكبريت؛

يتم تركيز الحمض المصروف بتبخيره بنسبة حوالي 70% ، حيث كبريتات الحديد لديها قابلية للذوبان في حدها الأدنى. ثم يتم تبريد الحمض . بعد بلورة أملاح تفصل عن الحمض عن طريق الترشيح. يمكن إعادة تدوير الأملاح الحرة الخالية من المواد الحمضية مباشرة أو بعد مزيد من التركيز. بدلاً من ذلك فإنه يمكن استخدامها لعمليات كيميائية أخرى أو تتحلل إلى SO₂.

الكبريتات المنفصلة، المملة بقوة بحمض الكبريت، تتفكك حرارياً في المفاعلات ذات السرير المميع عند درجة حرارة 800 درجة مئوية إلى 1000 درجة مئوية (تحت إضافة الكبريت، الفحم أو النفط كوقود) إلى ثاني أكسيد الكبريت و أكسيد الحديد. بعد التنظيف، الحصول على ثاني أكسيد الكبريت المعد للحصول على حمض الكبريت النقي، بقايا أكاسيد الحديد يمكن استخدامها في صناعة الأسمنت.

عملية الكلورة لا تولد حمض مصروف، وهذا يعني توليد اخف بكثير للنفايات. هناك، مع ذلك، إمكانية لتوليد بعض المواد المدرجة في المرفق "جيم" ، وخاصة مركبات الفيوران (EPA 2006). النفايات المتولدة من عمليات الكبريتات، بما فيها حمض الكبريت و النفايات المعدنية الأخرى، هو أعلى بكثير و لكن لا يعرف إلى إدخال المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم" . وربما لا يكون تسويق خفض كميات قليلة من هذه المواد الكيميائية من أجل توليد كميات كبيرة من النفايات و المواد الأخرى ، النهج البيئي الأمثل. يمكن أن تكون أضل التقنيات المتاحة خاصة بالمنشأة وتراجع على أساس حالة بحالة.

4. التدابير الأولية و الثانوية

4.1 منهجيات الإنتاج التي تعمل على تخفيض انبعاث الكيمائيات المدرجة في المرفق جيم

انه خارج نطاق هذه التوجيهات الأساسية لتقديم تفاصيل حول مصانع المواد الكيميائية وعمليات التصميم. ، و ان كانت ضرورية للحياة الحديثة، وتحمل المخاطر. للتخفيف من تلك المخاطر إلى أقصى حد، يجب تصميم العمليات لتتوافق مع معايير السلامة و المعايير البيئية على النحو المبين، على سبيل المثال ، في الاتحاد الأوروبي BREFs و الأنظمة المماثلة في الولايات المتحدة و اليابان. يجب ان يشارك ذوي الخبرة من المهندسين في تصميم العمليات الكيميائية المحددة.

يجب ان يأخذ التصميم المقبول بعين الاعتبار الجوانب المحتملة للمنتجات و النفايات، ووضع احكام تتعلق بالامان في مناولتها أو تدميرها. يجب التعرف فيما اذا كانت العملية تحمل في طياتها امكانية تولد المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم"، الاربعة تيارات للانبعاث من المنشأة – الهواء، و الماء، و التربة، و المنتجات. أيضاً تحمل هذه الامكانية تصميم العمليات الحديثة تاخذ بعين الاعتبار الامكانيات المحتملة، و اتخاذ تدابير حقيقية، و الضوابط لذلك و تشمل عمليات لتخفيض أو القضاء على الانبعاثات لهذه المواد ، بما يتناسب مع متطلبات الاتفاقية. إدارة السلامة الحديثة تحتوي على تدريب واسع النطاق ليشمل المشغلين و تحليلات كافية و أجهزة تحكم بحيث تعمل المنشأة ككل على معايير المسؤولية.

يمكن القول بأن المطالب الحديثة و الأمانة لإنتاج المواد الكيميائية :

- تطبيق أفضل التقنيات المتاحة، بما في ذلك التكنولوجيا فائقة الأداء، في تصميم و تشييد المنشآت؛
- كفاءة الدارات المغلقة لمراقبة المنتجات الثانوية و تدمير النفايات و الانبعاثات؛
- الإدارة الفعالة للمنتجات الجانبية و تداول النفايات؛

- مرافق مخصصة لتحطيم و تدمير النفايات و الانبعاثات تحت مسؤولية الشركة نفسها مع مراقبة خارجية؛
- الالتزام بمعيار 0.1 نانوغرام مكافئ سمي /م³ نظامي للانبعاثات الى الجو عند تدمير أي من المنتجات الثانوية و النفايات و الانبعاثات؛¹
- وضع نظام واضح المعالم للرصد الداخلي و الخارجي لمفاتيح مؤشرات التشغيل

4.2 التدابير الأولية

4.2.1 تقطير و إعادة تدوير داخلية للمنتجات الثانوية

يستخدم التقطير بشكل رئيسي إلى إنتاج منتج ذي نقاوة مناسبة للعمليات اللاحقة، وكمثال على ذلك يصنع كلور الفينيل بواسطة الكلورة المؤكسدة وينقى بالتقطير ويستخدم التقطير الدقيق جداً نظراً لاحتمال تخريب عملية البلمرة اللاحقة بواسطة الشوائب. يمكن ان تؤثر المواد غير المشبعة بشكل سلبي والتي يمكن أن تعمل كجزيئات غير متبلرة مشتركة ومنافسة في البلمرة وكذلك المواد العطرية والمشبعة الحساسة لتفاعلات الجذور الحرة غير المتبلرة على حركيات تفاعل البلمرة .

يعد التقطير والنقاوة المرتفعة هامتين من أجل الإنتاج الجيد. يمكن ان تصمم أنظمة التقطير لتؤثر في فصل المواد ذات نقاط درجات الغليان القريبة أو البعيدة. وتسمح نقاط الغليان للمنتجات الكيماوية للكلورة المباشرة ونقاط غليان الشوائب المنافسة من أجل فصلها عملياً وتكون أيضاً نقاط غليانها مختلفة بشكل كاف من تلك الكيماويات المدرجة في المرفق "ج" حيث ممكن تحقيق فصل كامل افتراضياً ولقد أوضح (European Commission 2003b) بأن ثنائي كلور الايتيلين النقي لا يحتوي على كميات محسوسة من PCDD\PCDF

يسمح تحطيم المواد الثانوية الكلورة على استرداد HCL وإعادة استخدامه (Vinnolit website) وهذا معروف بأن له أثر أكبر ويعود ذلك إلى أن التغيرات الصغيرة في إنتاج الملوثات العضوية الثابتة في بداية التقطير لا تؤثر في جودة المنتجات المطلوبة بعد التقطير.

إن التقطير هي وسيلة لفصل المنتج المطلوب عن المنتجات الجانبية المهملة والمستخدمه عبر صناعة الإنتاج الكيماوية من السلع على المبيدات . إن تطبيق تصميم وتشغيل جهاز التقطير من حيث المبدأ واضح المعالم نسبياً ويمكن خفض المنتجات الجانبية المتبقية في المنتج التجاري إلى حد أدنى باستخدام التصميم والتشغيل الملائمين لجهاز التقطير يؤدي ذلك إلى فصل أكثر اكتمالاً من أجل المواد ذات نقاط غليان ليست منفصلة بشكل كبير مثل منتجات كلور الفينيل والمنتجات الثانوية منخفضة الوزن الجزيئي المتعددة وهي من أجل الأجهزة ذلك التصميم والبناء الصحيحين وتكلفة التشغيل ويمكن أن تعزى الاختلافات في تركيز الكيماويات المتبقية والمدرجة في المرفق "ج" في المنتج التجاري إلى الاختلافات في القانون المحلي للمنتج.

4.2.2 حذف الكبريتات الكربون من أجل إنتاج الكلور القلوي

استخدمت التكنولوجيا القديمة في صناعة الكلور والصودا الكاوية الكبريتات من الغرافيت احتوت البقايا التي وجدت في الخلايا كميات كبيرة من PCDD وخاصة PCDF (UNEP 2003) حذفت هذه المشكلة بشكل كبير في العالم بعد اكتشاف الأنود المطلي بالتيتانيوم من قبل H.B.BEER في عام 1965 ولاستبداله لاحقاً بالغرافيت في هذه العمليات (European Commission 2001) وعلى الرغم من أن هذه التكنولوجيا مازالت مطبقة فإن استخدام الكبريتات الكبريت لا تعتبر أفضل تقنية متاحة.

4.2.3 حذف المعالجة القلوية لـ 1,2,4,5-tetrachlorophenol لانتاج 2,4,5-trichlorophenol

جرى تصنيع (2,4,5، ثلاثي كلورو فينول) بواسطة المعالجة القلوية لمركب (1,2,4,5، تيترا كلورو البنزن) . ان هذا الفينول الكلور بوجود زيادة من القلوي ، يمكن أن يشكل كميات هامة من المنتج الثانوي (tetrachlorodibenzo-p-) (dioxins (TCDD)). وهذه العملية ليست أفضل تقنية متاحة.

4.2.4 طريقة حذف الفينول الى الكلورنيل chloranil

وصفت هذه العملية في 2003 UNEP. يعد الكلورونيل (-1,4-cyclohexadiene-2,3,5,6-tetrachloro-2,5-dione). السلف لإنتاج أصباغ (dioxazine). عندما يحضر بكلورة الفينول أو الايتيلين من خلال الكلور العنصري فإنه تتشكل كميات هامة من الديوكسينات/ الفيورونات PCDD\PCDF كمنتجات ثانوية وهذه العملية ليست أفضل تقنية متاحة تنتج كلورة الهيدروكينون بواسطة HCL منتجاً أكثر نظافة.

4.2.5 الطريقة المعدلة لإنتاج خماسي كلور الفينول و خماسي كلور فينولات الصوديوم

وصفت العمليات التالية أيضاً في 2003 UNEP تعرف ثلاثة طرق لتصنيع (pentachlorophenol) تجارياً ، كلورة الفينول بواسطة CL2 فوق حفاز وحلمهة (HCB) سداسي كلور البنزن بواسطة ماءات الصوديوم، والتحليل الحراري لـ HCB. إن أكثر الطرق شيوعاً اليوم هو الطريق الأول. يمكن إنتاج (sodium pentachlorophenolate) عبر حلمهة HCB أو الأكثر انتشاراً بواسطة معالجة (pentachlorophenol) بواسطة ماءات الصوديوم.

ومن أجل كلا المنتجين يؤدي الضبط الدقيق لشروط التفاعل (مثلاً درجة الحرارة معدل تغذية الكلور ونقاوة الوسيط) إلى تخفيضات معنوية لملوثات الديوكسين الميكروية ففي الولايات المتحدة الأمريكية جرى خفض انبعاث هذه المواد من حوالي 3-4 ملغ مكافئ سمي/كغ في منتصف إلى أواخر الثمانينات إلى حوالي 1 مكافئ سمي \ كغ في السنوات منذ 1988 (EPA 2001)

يجب أن تفحص المنشآت المستخدمة لمنتجات مصنعة في العمليات المذكورة أعلاه الحاجة من أجل تدابير ثانوية لمصلحتها وخاصة ممارسات التخلص من النفايات باستخدام أفضل التقنيات المتاحة.

4.2.6 استخدام الهيدروجين في الكلورة المؤكسدة

يمكن أن تسهم نقاوة مادة تغذية عملية الكلورة المؤكسدة في تشكل المنتج الثانوي، على الرغم من أن المشكلة تظهر فقط مع المستويات المنخفضة من الاستيلين، والتي تكون عادة موجودة HCL الناجم عن عملية تحطيم ثنائي كلور الايتيلين، يمكن من حيث المبدأ تحويل الاستيلين المدخل إلى تفاعل الكلورة المؤكسدة إلى منتجات C2 شديدة الكلورة ويمكن أن تؤدي منتجات C2 المكثورة إلى عطريات مكثورة من خلال (OxyVinyls website, Oxychlorination Technology and Hydrogenation Technology pages). تستخدم بشكل واسع الهدرجة الانتقائية لهذا الاستيلين إلى الايتيلين والايتان في تفاعل يوضع قبل تفاعل الكلورة المؤكسدة كوسيلة لتجنب اصطناع المنتج الثانوي وخاصة (polychlorinated aliphatics) (انظر الشكل 2).

4.2.7 صيانة الحفاز (الوسيط) وضبط تجانس الحرارة

تتميز مفاعلات السرير المميع بأن لها تحكم أفضل بدرجات الحرارة و اكثر انتظاماً في الأداء، على الرغم من أن احتكاك جسيمات الحفاز المذكورة سابقاً يمكن ان يسمح بالنقل عبر تيارات أخرى ضمن المنشأة.

ومن أجل حفازات الكلورة المؤكسدة ذات السرير الثابت، يمكن ان تنقص التعبئة الملائمة و الصيانة، النقاط الحارة و يمكن خفض تلوث طبقة الوسيط(الحفاز) وضياع الإنتاجية و احتمال إنتاج المنتجات ذات الوزن الجزيئي المرتفع. تغير طبقات الحفاز بشكل منتظم للمحافظة على الكفاءة.

4.2.8 التخفيض في الهيدروكربونات العطرية في المغذيات إلى عمليات الكلورة المؤكسدة

خصصت براءتا اختراع للمعالجة بالهواء او بوسائط HCL المستخدم في الكلورة المؤكسدة لازالة العطريات و السلانف المحتملة للعديد من الملوثات العضوية الثابتة (Cowfer, Johnston and Popiel 1998, 2001).وان هذه التكنولوجيا المحفوظة ببراءة ملكية ولا يمكن أن تكون ملائمة كأداة مطلوبة لأفضل التقنيات المتاحة، و لكن تشير الى طريق رئيسي آخر

يجب التحكم بتيار التغذية في عملية الكلورة المؤكسدة للتقليل او الحد من التدفق الكبير للمواد العضوية و المواد العطرية التي يمكن أن تقود لإمكانية تشكيل عالية لمركبات المرفق "جيم". بسبب تدفق تيار ثقيل بمتبقيات كلور الايتيلين أو تيارات المذيبات قد تحتوي على هذه المركبات، و المتبقيات الثقيلة يجب ان تكون مناسبة قبل المعالجة لاستخدامها في إنتاج المذيبات.

4.3 التدابير الثانوية : أفضل التقنيات المتاحة في معالجة النفايات

ان الغاية من التقطير أو مراحل التنقية الأخرى هي فصل المنتج المرغوب به عن المنتجات الثانوية و تركيز المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم" في تيارات المنتجات الثانوية. يوجد العديد من العمليات القادرة على معالجة تيارات المنتجات الثانوية و التي تم شرح الكثير منها في القسم V.A من الدليل الحالي. يمكن أن تكون البدائل للاحتراق و المشروحة في هذا القسم لتحطيم المواد الكيماوية المدرجة في المرفق "جيم" في هذا المجال.

5. خلاصة التدابير

يمكن تلخيص التدابير للحد من المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم" من الاتفاقية الناجمة عن عمليات معينة لإنتاج المواد الكيميائية بمايلي:

- تعديل العمليات لخفض انتاج المواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم"
- دمج مراحل معالجة الشوائب في المواد الخام، و استخدام صيانة عملياتية دقيقة؛
- تنقية المنتجات بواسطة التقطير حيثما تسمح الخواص الفيزيائية؛
- إعادة التدوير داخليا للمنتجات الثانوية ذات الوزن الجزيئي المرتفع و الناتجة بشكل غير مقصود كجزء مكمل للعملية؛
- ادارة النفايات بشكل مناسب مع المراعاة الكاملة لتحرر و انطلاق محتمل للمواد الكيميائية المدرجة في المرفق "جيم" الى الهواء و الماء و التربة، وتجنب أي تشكيل سهوا.

6. معايير الأداء و التدابير

6.1 معايير الاداء

يمكن تحديد معايير الأداء محليا عبر تصاريح فردية، وهي سوف تتغير . وفقاً للمنتج انبعاثات الديوكسين/ الفيوران كمنتج ثانوي تم ذكره في دستور المجلس الأوروبي لصناع الفينيل، وظهرت في عملية (OSPAR) (معاهدة أوسلو وباريس لحماية البيئة البحرية في شمال و شرق الأطلسي) من خلال القرار 4/98 و اعتماد أفضل التقنيات المتاحة من خلال توصيات (PARCOM Paris Commission) 2/96. أما هذا المعيار فهو اطلاق 1 ميكروغرام مكافئ سمي/طن سعة كلورة مؤكسدة الى الماء. أما حدود انبعاث الهواء في دستور المجلس الأوروبي لصناع الفينيل فهي 0.1 نانوغرام مكافئ سمي/3م (ECVM website). تقابل هذه القيمة حد تنظيم الاتحاد الأوروبي من اجل انبعاثات الديوكسينات/الفيورونات (PCDD/PCDF) إلى الهواء من المحارق.

في الاتحاد الأوروبي، تعتمد احتياجات اللازمة لصناعة المواد الكيميائية على توجيهات المجلس (69/61/EC) بشأن الوقاية المتكاملة ومكافحة التلوث. اربعة BREFs بشأن أفضل التقنيات المتاحة في الحجم الكبير وخصوصاً الصناعات الكيميائية العضوية وغير العضوية تصف بشكل شامل متطلبات عملية الادارة السليمة بيئياً لجميع منشآت الصناعات الكيميائية، بما في ذلك معايير لانبعاثات مركبات الديوكسينات و الفيورونات (PCDD/PCDF) (European Commission 2001, 2003, 2006a, 2006b). أي تجهيزات احتراق أو جزء منها في مجال الصناعات الكيميائية داخل الاتحاد الأوروبي القيمة الحدية المطلوبة 0.1 نانوغرام مكافئ سمي/3م نظامي هو أساس العملية.

نظمت انبعاثات الهواء من الحراقات في اليابان وفقاً لحجم الحراقات وفيما اذا كانت جديدة أو مجددة. يجب ان تحقق المحارق الجديدة الكبيرة قيمة انبعاث أخفض من 0.1 نانوغرام مكافئ سمي/3م نظامي . ان الانبعاثات الى الماء من هذه العمليات محددة بالقيمة 10 بيكوغرام مكافئ سمي/لتر من الماء العادم. ستكون الحدود في المناطق أو الدول الأخرى منسجمة بشكل نموذجي مع أنظمة حرق النفايات الخطرة في المناطق المحلية.

في الولايات المتحدة كما في أقاليم أخرى، القوانين قائمة على تكنولوجيا لتحقيق أقصى قدر من السيطرة (MACT)

وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة الأمريكية تنظم الحد الاقصى المسموح به لتركيز HCB سداسي كلور البنزن كملوث في بعض المبيدات. ان المستويات الدقيقة لتلوث المبيدات بمركبات سداسي كلور البنزن هي بحدود 40-50 جزء

في كندا، كما هو الحال في كثير من البلدان، يعد سداسي كلور البنزن مادة محظورة. يحظر القانون الكندي تصنيع أو بيع أو استخدام أو استيراد سداسي كلور البنزن. ومع ذلك، هذه القيود لا تطبق على سداسي كلور البنزن في:

- الإنتاج بشكل عرضي في عملية تصنيع المنتج، وأنه موجود في المنتج بتركيز لا يتجاوز 20 جزء بالليون؛ أو
- منتج موجود في السيطرة (مبيدات حشرية، مبيدات أعشاب، الخ) بالمعنى المقصود في المادة 2 من القانون الكندي قانون مكافحة الآفات

6.2 معايير الأداء

يمكن أن تشمل هذه الكيمياء التحليلية حول تيار الانبعاث، وفي بعض المناطق تسجيل الملوثات العضوية الثابتة في سجلات إطلاق وانتقال الملوثات ومثل ذلك جرد إطلاق السميات في الولايات المتحدة (EPA 2006; CCC website).

المحلق (1): اصطناع السلع الكيماوية

المنتجات الثانوية	العملية المستخدمة	العملية الكيماوية	المادة الكيماوية
	الأكثر شيوعاً	$\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{NaOH} + \text{H}_2$ See European Commission 2001, 2003	الكلور ، الصودا الكاوية
المركبات العضوية			
كلور الهيدروجين HCL الفين مكلور، كلور الهيدروجين HCL	أكثر شيوعاً أقل شيوعاً	كلور مباشرة للبروبيلين < 300 درجة مئوية بلمرة 1.2 دي كلور بروبان	كلور الاليل
		See UNEP 2003	صبغة الكلورنيل
NaCl; نواتج فوق مكلورة	أقل شيوعاً أكثر شيوعاً	$\text{C}_2\text{H}_2 + \text{CuCl}/\text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow \text{vinyl acetylene} + \text{HCl} \rightarrow \text{chloroprene}$ الطور الغازي: $\text{butadiene} + \text{Cl}_2 \rightarrow 1,4- \& 3,4\text{-dichloro};$ isomerized (Cu catalyst) to 3,4-dichloro; HCl via NaOH; distilled to separate low-boiling mono-Cl's; 3,4-di; 1,4-di; heavies	كلوروبرين 2-chloro- (1,3-butadiene)
مزيج منتجات حمض كلور الماء	الأكثر شيوعاً الأقل شيوعاً	الطور البخاري: البنزن + الكلور + حمض كلور الماء الحالة السائلة: $\text{Cl}_2/\text{FeCl}_3$ to yield mix; controlled by amount of chlorinating agent (monos); some other specialized processes for certain isomers; high-Cl materials can precipitate. Purified by distillation and crystallization; separations difficult	بنزن مكلور
منتجات محلمة ، بوليمرات	الأكثر شيوعاً	Allyl chloride + HOCl (chlorine water) → glycerol chlorohydrins + NaOH/(CaOH) ₂ → epichlorohydrin Steam stripped then distilled Also: propylene + O ₂ (Pd catalyst) → allyl acetate → allyl alcohol + Cl ₂ → allyl chloride	Epichlorohydrin
		Isocyanuric acid + NaOH + Cl ₂	Isocyanurate disinfectants
	الأكثر شيوعاً	CO + Cl ₂ used virtually immediately to produce polycarbonate and polyurethane	الفوسجين (Phosgene)
	الأكثر شيوعاً	Lesser chlorinated phenols; phenol + Cl ₂ ; various Lewis acid catalysts; FeCl ₃ , ZnCl ₂	الفينولات المكلورة Chlorinated phenols
كلور الهيدروجين كلور الصوديوم	الأكثر شيوعاً الأقل شيوعاً	Phenol + Cl ₂ ; AlCl ₃ as main industrial catalyst; 100 °C – 180 °C hexachlorobenzene (HCB) + NaOH	خماسي كلور الفينول Pentachlorophenol (PCP)
كلور الصوديوم	الأكثر شيوعاً	PCP + NaOH	خماسي كلور فينولات الصوديوم Sodium

كلور الصوديوم	الأقل شيوعاً	HCB + NaOH	pentachlorophenate
كلور الصوديوم أو كلور الكالسيوم	الأكثر شيوعاً	1,1,2-trichloroethane + NaOH or Ca(OH) ₂ ; can also be a co-product of high-temperature chlorination of C ₂ materials	كلور الفينيليدين Vinylidene chloride (ViCl ₂)
	الأقل شيوعاً	Acetylene + HCl → vinyl chloride; Hg catalyst	فينيل كلورايد Vinyl chloride (VCM)
	الأكثر شيوعاً	Ethylene + Cl ₂ → EDC (direct; Fe catalyst); HCl + O ₂ + ethylene → EDC (oxychlor; Cu catalyst) See European Commission 2001, 2003	
C₁ products			
	الأكثر شيوعاً	CH ₄ + Cl ₂ via heat or light	كلور الميثيل Methyl chloride
	الأكثر شيوعاً	CH ₃ OH + HCl → CH ₃ Cl	
	الأكثر شيوعاً	CH ₃ Cl + Cl ₂ heat or light → CH ₂ Cl ₂ , CHCl ₃ , CCl ₄	مركبات أخرى لكلوريدات الميثان Other chlorinated methanes
	أقل شيوعاً	CS ₂ + Cl ₂ → S ₂ Cl ₂ + CCl ₄ CS ₂ + S ₂ Cl ₂ → S + CCl ₄	
C₂ products			
<i>Chlorinated ethanes</i>			
	أكثر شيوعاً	VC + HCl/FeCl ₃	1,1-di
	أكثر شيوعاً	Ethylene + Cl ₂ → EDC (Fe cat) (direct chlorination) Ethylene + HCl + O ₂ (Cu cat) → EDC (oxychlorination)	1,2-di (EDC)
HCl	أكثر شيوعاً	1,1-di + Cl ₂ (photochemical)	1,1,1-tri
	أكثر شيوعاً	1,1,2-tri → 1,1,1-tri	
	أقل شيوعاً	Ethane + Cl ₂	
	أكثر شيوعاً	VC + Cl ₂	1,1,2-tri
HCl	أكثر شيوعاً	EDC + Cl ₂	
HCl	أكثر شيوعاً	EDC + Cl ₂ (can include oxychlor)	1,1,1,2-tetra, 1,1,2,2-tetra
HCl	أكثر شيوعاً	C ₂ H ₂ + Cl ₂ C ₂ H ₄ + Cl ₂	
		TCE + Cl ₂ → penta	1,1,1,2,2-penta
<i>Chlorinated ethylenes</i>			
HCl	أكثر شيوعاً	EDC + Cl ₂ → TCE + PCE	Trichloroethylene (TCE) and perchloroethylene (PCE)
HCl	أكثر شيوعاً	EDC + Cl ₂ → PCE + CCl ₄	
	أكثر شيوعاً	2 CCl ₄ → PCE	
	أكثر شيوعاً	EDC + Cl ₂ + O ₂ → PCE/TCE	

HCl	أكثر شيوعاً	Tetrachloroethanes + heat → TCE	
HCl	أكثر شيوعاً	Pentachloroethane + heat → PCE	
Inorganics			
	أكثر شيوعاً	By-product; salt + sulphuric acid; hydrogen + chlorine; recovery from combustion of chlorinated organics	HCl
Cl ₂ , recycle	أكثر شيوعاً	C, Cl ₂ , TiO ₂ ore → TiCl ₄ + O ₂ → TiO ₂	TiO ₂
sulphates	أقل شيوعاً	TiO ₂ ore + H ₂ SO ₄ → Ti(SO ₄) ₂ → TiO ₂	
		Iron or iron oxide + HCl → FeCl ₃	FeCl ₃
NaCl		Na: 2NaOH + Cl ₂ → NaOCl	Hypochlorites
CaCl ₂		Ca: Ca(OH) ₂ + 2Cl ₂ → Ca(OCl) ₂ also via NaOCl used as aid in chloride removal; recovered, then dried	
		Zn + HCl → ZnCl ₂	ZnCl ₂
		Generated from HClO ₂ or NaClO ₃	ClO ₂

المراجع

- Bailey R.E. 2001. "Global Hexachlorobenzene Emissions." *Chemosphere* 43:2.
- Barber J., Sweetman A. and Jones K. 2005. *Hexachlorobenzene: Sources, Environmental Fate and Risk Characterisation*. Euro Chlor. www.eurochlor.org/upload/documents/document187.pdf; annexes: www.eurochlor.org/upload/documents/document72.pdf
- Barber J., Sweetman A., van Wijk D. and Jones K. 2005. "Hexachlorobenzene in the Global Environment: Emissions, Levels, Distribution, Trends and Processes." *Science of the Total Environment* 349:1–44.
- Carroll W.F., Borrelli F.E., Jacobs R.A., Lewis J.W., McCreedy R.L., Tuhovak D.R. and Weston A.F. 1997. "Characterization of Emissions of Dioxins and Furans from Ethylene Dichloride (EDC), Vinyl Chloride (VCM) and Polyvinyl Chloride (PVC) Facilities in the United States: II, IIA Wastewater Treatment Solids and Aqueous Hydrochloric Acid." *Organohalogen Compd.* 32:447–450.
- CCC (Chlorine Chemistry Council). *Total Releases (of PCDD/F) for 2000 and 2001*. www.trifacts.org/table.html.
- ChEResources. *Distillation: ChE Links*. www.cheresources.com/1_distillation.shtml.
- Cowfer J.A., Johnston V.J. and Popiel L. 1998. *Method for Reducing Formation of Polychlorinated Aromatic Compounds during Air Oxychlorination of C₁-C₃ Hydrocarbons*. US Patent 5,750,812.
- Cowfer J.A., Johnston V.J. and Popiel L. 2001. *Method for Reducing Formation of Polychlorinated Aromatic Compounds during Oxychlorination of C₁-C₃ Hydrocarbons*. US Patent 6,177,599.
- ECVM (European Council of Vinyl Manufacturers). *Industry Charter for the Production of VCM and PVC*. www.ecvm.org/img/db/SPVCcharter.pdf.
- EPA (United States Environmental Protection Agency). 1997. *Locating and Estimating Air Emissions from Sources of Dioxins and Furans*. EPA-454/R-97-003. EPA, Office of Air Quality Planning and Standards, Office of Air and Radiation, Washington, D.C.
- EPA (United States Environmental Protection Agency). 2001. *Database of Sources of Environmental Releases of Dioxin-Like Compounds in the United States*. EPA, Washington, D.C. www.epa.gov/ncea/dioxindb.htm.
- EPA (United States Environmental Protection Agency). 2006. *TRI Explorer*. EPA, Washington, D.C. www.epa.gov/triexplorer/.
- European Commission. 2001. *Reference Document on Best Available Techniques in the Chlor-Alkali Manufacturing Industry*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. eippcb.jrc.es/pages/BActivities.cfm.
- European Commission. 2003. *Reference Document on Best Available Techniques in the Large Volume Organic Chemicals Industry*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. eippcb.jrc.es/pages/BActivities.cfm.
- European Commission. 2006a. *Reference Document on Best Available Techniques for the Manufacture of Large Volume Inorganic Chemicals: Solid and Others*. Draft BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. eippcb.jrc.es/pages/BActivities.cfm.
- European Commission. 2006b. *Reference Document on Best Available Techniques for the Production of Speciality Inorganic Chemicals*. Draft BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. eippcb.jrc.es/pages/BActivities.cfm.
- Fiedler H., Hutzinger O., Welsch-Paulsch K. and Schmiedinger A. 2000. *Evaluation of the Occurrence of PCDD/PCDF and POPs in Wastes and Their Potential to Enter the Foodchain*. Final Report. Study on behalf of the European Commission, DG Environment. University of Bayreuth.

- IPEN (International POPs Elimination Network). 2006a. *The Spolchemie Chlor-Alkali and Chlorine-Based Chemical Production Plant in Usti nad Labem (Czech Republic): Case Study for Hexachlorobenzene Unintentional Production*.
- IPEN (International POPs Elimination Network). 2006b. *Unintentional POPs in Pesticides*. (www.ipen.org)
- Lenoir D., Wehrmeier A., Sidhu S.S. and Taylor P.H. 2001. "Formation and Inhibition of Chloroaromatic Micropollutants Formed in Incineration Processes." *Chemosphere* 43:107–114.
- Millennium Chemical Corporation. *Titanium Dioxide Manufacturing Processes*.
www.millenniumchem.com/.
- Ni Y., Zang Z., Zang Q., Chen J., Wu Y. and Liang X. 2005. Distribution Patterns of PCDD/Fs in Chlorinated Chemicals. *Chemosphere* 60(6):779-84.
- OxyVinyls. *Direct Chlorination*. www.oxyvinyls.com/tech_licensing/DirectChlorination.html.
- OxyVinyls. *Hydrogenation Technology*. www.oxyvinyls.com/tech_licensing/Hydrogenation.html.
- OxyVinyls. *Oxychlorination: Fixed Bed Technology*.
www.oxyvinyls.com/tech_licensing/OxyFixedBed.html.
- OxyVinyls. *Oxychlorination: Fluid Bed Technology*.
www.oxyvinyls.com/tech_licensing/OxyFluidBed.html.
- OxyVinyls. *Oxychlorination Technology*. www.oxyvinyls.com/tech_licensing/Oxychlorination.html.
- Randall P.M. 1994. "Pollution Prevention Strategies for Minimization of Industrial Wastes in the VCM-PVC Industry." *Environmental Progress* 13:269–277.
- Rippen G. and Frank R. 1986. "Estimation of Hexachlorobenzene Pathways from the Technosphere into the Environment." In: *Hexachlorobenzene: Proceedings of an International Symposium, Lyon* (eds. Morris C.R. and Cabral J.R.P.) IARC Scientific Publication No. 77. International Agency for Research on Cancer.
- UK Environment Agency. 1997. *A Review of Dioxin Releases to Land and Water in the UK*. Research and Development Publication 3. Environment Agency, Bristol, United Kingdom.
- UNEP (United Nations Environment Programme). 2005. *Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases*. UNEP, Geneva.
www.pops.int/documents/guidance/Toolkit_2005.pdf.
- Vinnolit. *VinTec By-product Recovery Process*. www.vinnolit.de/lizenz/recover.htm.
- Vinnolit. *VinTec EDC Oxychlorination Process*. www.vinnolit.de/lizenz/oxy.htm.
- Wiley Interscience. 2000. *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. 4th Edition. John Wiley and Sons, New York.
- World Chlorine Council. 2002. *Products of the Chlorine Tree*.
worldchlorine.com/publications/pdf/chlorine.pdf.

القسم VI

التوجيهات/المبادئ التوجيهية وفق فئة المصدر:
فئات المصدر في الجزء الثالث من المرفق "جيم"

الجزء III فئة المصدر (g): حرق الجثث

جدول المحتويات

i	قائمة الجداول
i	قائمة الأشكال
1	VI.G حرق الجثث
1	1. وصف العملية
2	2. مصادر الكيمائيات في الملحق من المرفق "جيم" من اتفاقية استوكهولم
2	2.1. معلومات عامة حول انبعاثات اطلاقات محارق الجثث
3	2.2. انبعاثات الديوكسينات/الفيورانات إلى الهواء
3	2.3. الاطلاقات في الأوساط الأخرى
3	3. العمليات الموصى بها
5	4. إجراءات أولية و ثانوية
5	4.1. الإجراءات الأولية
5	4.1.1. تصميم المحرقة
5	4.1.2. التحضير الأولي للحرق
5	4.1.3. الوقود
5	4.1.4. الضبط الفعال للاحتراق
5	4.1.5. الضبط الفعال للعملية
6	4.1.6. كفاءة المشغل
6	4.2. الإجراءات الثانوية
6	4.2.1. جمع الغازات و الأبخرة
6	4.2.2. معدات ضبط تلوث الهواء
6	5. خلاصة الإجراءات الوقائية
8	6. مستويات الأداء المرافقة لأفضل التقنيات المتاحة و أفضل الممارسات البيئية
8	المراجع

قائمة الجداول

8	الجدول 1. الإجراءات الوقائية للعمليات الموصى بها لحرق الجثث
9	الجدول 2. ملخص الإجراءات الوقائية الأولية و الثانوية لحرق الجثث

قائمة الأشكال

2	الشكل 1. مخطط نموذجي لعملية حرق الجثث
---	---------------------------------------

VI.G حرق الجثث

ملخص

من التاريخ القديم و إلى يومنا الحالي، تعد عملية حرق الجثث (الجثامين) هامة من الناحية الدينية و الثقافية و ممارسة مقبولة من قبل العديد من الثقافات و البلدان كوسيلة للتعامل مع المخلوقات البشرية الميتة. و في كثير من الأحيان، تعد عملية حرق الجثث متممة للممارسات الدينية و الجنائزية في بلد ما أو ثقافة ما، و في بلدان أخرى، يعد حرق الجثث بديل اختياري عن الدفن. لا تعد الإرشادات الحالية وسيلة لإعادة تعريف هذه الممارسات أو تقليل من قدرها للأشخاص ذوي العلاقة بها. فمن أجل تلك الدول التي تمارس حرق الجثث و تعمل وفق اتفاقية استوكهولم، تهدف هذه الإرشادات إلى توفير طرائق لخفض أو التخلص من تشكل و إطلاق الكيماويات المدرجة في المرفق "جيم" من اتفاقية استوكهولم أثناء عملية حرق الجثث.

إن تشكل و إطلاق مركبات الديوكسينات و الفيورانات و ثنائيات الفينيل متعددة الكلورة (PCBs) و مركب سداسي كلور البنزن (HCB) جراء حرق الجثث ممكن و هو ناجم عن وجود هذه المواد الكلورة و أسلافها و الكلور في الجيف و في بعض المواد البلاستيكية المحترقة. يمكن أن تشمل الإجراءات الوقائية لخفض تشكل و إطلاق الكيماويات المدرجة في الملحق C من اتفاقية استوكهولم، تجنب المواد الكلورة و تصميم المحرقة لتعطي درجة دنيا لفرن المحرقة حتى 850 درجة مئوية و زمن بقاء و قدره 2 ثانية من أجل حرق الغازات بالإضافة إلى توفير كمية من الهواء كافية لإتمام عملية الاحتراق. يجب أن تزود المحارق الجديدة و الكبيرة بمعدات ضبط تلوث الهواء لخفض انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت و كلوريد الهيدروجين و أحادي أكسيد الكربون و المركبات العضوية الطيارة و المواد العالقة و الملوثات العضوية الثابتة. يرافق مستويات أداء أقل من 0.1 نانو غرام مكافئ سمي/م³ نظامي للانبعاثات الديوكسينات و الفيورانات في الهواء تطبيق أفضل التقانات المتاحة.

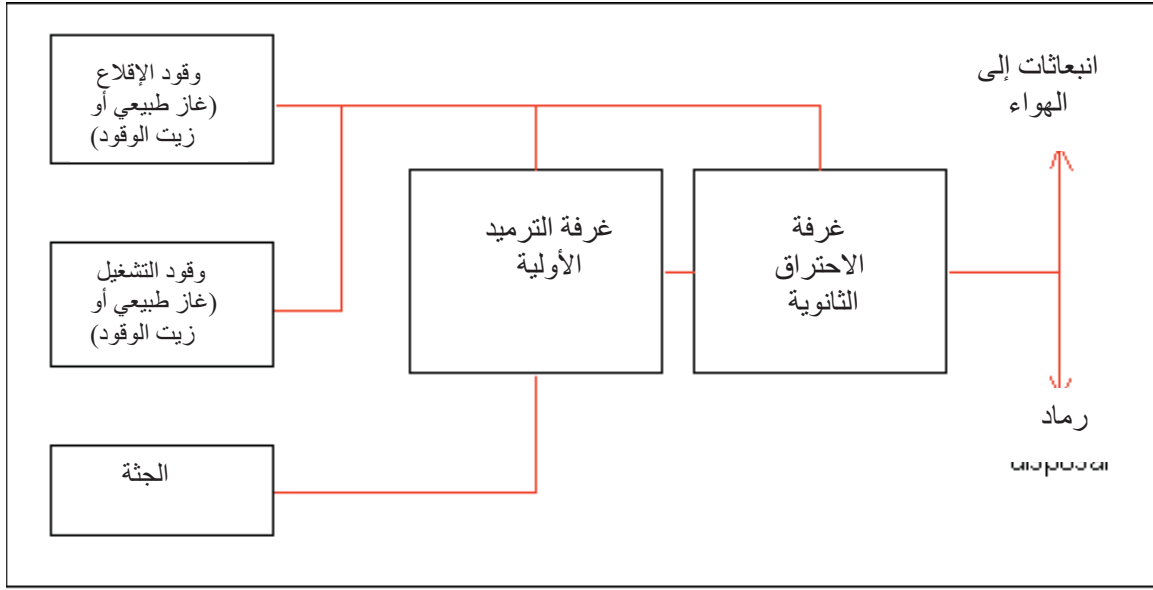
1. وصف العملية

إن عملية حرق الجثث هي طريقة للتخلص من الجثث بعملية الحرق. يمكن أن تجرى عملية الحرق إما بشروط غير مضبوطة وذلك بطرق الجثة بطريقة مكشوفة في محرقة الجنازة أو بطريقة مضبوطة ضمن محرقة منصوبة في محرقة الجثث. و من أجل غايات هذه الوثيقة، جرى مناقشة فقط منشآت محارق الجثث و خاصة لمنع اطلاق الملوثات العضوية الثابتة و ليس الحرق المكشوف أو البدائل التي لا تستخدم الاحتراق. و يمكن الإشارة، على أية حال، إلى أنه في بعض البلدان يمكن أن تفرض أنماط العمليات المتوفرة للتخلص من الجثث مهما كانت الممارسات الحرق المكشوف أم لا و الممارسات الاجتماعية. و لهذا فالأخذ بهذه القضايا في الاعتبار أمر هام.

تتألف محرقة الجثث على نحو نموذجي من حجرتي احتراق رئيسيتين (الشكل 1). تحتوي الحجرة الأولى أو الرئيسية على الموقد يستقبل الكفن. تزود هذه الحجرة بالهواء المدفوع و حراق أو حراقين رئيسيين (باستطاعة 200-300 كيلو واط). تعمل الحراقات على الغاز و في بعض الأماكن على النفط. يوجد أيضا بعض التصاميم حيث تعمل محارق الجثث على التسخين الكهربائي. يتراوح حجم الحجرة الرئيسية بين 1.5 و 2.5 م³. يجري حرق الكفن و الجثة على موقد ثابت و تنقل الغازات المحترقة و المنتجات غير المحترقة و العوالق المنتجة بهذه العملية إلى حجرة الاحتراق الثانوية. و في الحجرة الثانوية، يمكن إضافة مزيد من هواء الاحتراق و يدعم نظام ما بعد الحرق الاحتراق التام. تستخدم أحيانا الحجرة الثانوية لتسخين هواء الاحتراق مقدما لحجرة الاحتراق الرئيسية.

تطرد غازات الاحتراق من المحرقة إما بواسطة مروحة سحب أو نظام قذف. تطلب العديد من البلدان وضع معدات ضبط تلوث الهواء بعد المحرق، و لكن عندما ينصب، يطبق النظام على حد نموذجي نظام الترشيح/الحقن الجاف. يحقن هنا مادة ماصة مثل مزيج من بودرة الجير و الكربون الفعال في مجرى الغاز المبرد و يزيل البودرة و العوالق المنتجة، فلاتر على هيئة أكياس عالية الكفاءة. ففي المملكة المتحدة، كمثال، تزود المحارق الجديدة أو الحالية بأنظمة امتصاص لضبط انبعاثات الزئبق و التي يمكن الاستفادة منها في ضبط انبعاثات الديوكسينات.

الشكل 1. مخطط نموذجي لعملية حرق الجثث



يوجد العديد من المنشآت في العديد من بلدان العالم مزودة بمحارق ذات تصميم قديم بحجرة احتراق ثانوية ذات فترات بقاء للغاز قصيرة و لا تحتوي غالبا على ترتيبات لحراق بعدي. تعتمد غالبا محارق الجثث القديمة على تحكم يدوي حيث يقوم المشغل بتحديد فترة الاحتراق و توزع الهواء.

يعد حرق الجثث هام من الناحية الدينية و الاجتماعية و في بعض البلدان وسيلة للتعامل مع موت الكائنات البشرية. و في العديد من الحالات، تعد عملية حرق الجثث متممة للممارسات الدينية و الجنائزية في بلد ما أو ثقافة ما، و في بلدان أخرى، يعد حرق الجثث بديل اختياري عن الدفن. و من الضروري التذكير بأن المناقشات حول تصميم و تشغيل محارق الجثث يجب أن يأخذ في الاعتبار أن العملية هي للتخلص من جثامين البشر. و من أجل هذا السبب، يجب أن تكون كافة المناقشات على نحو مبجل مع بعض الاعتبارات التي تعارض أحيانا العلاقة بين المتطلبات الاجتماعية و الرغبات البيئية.

2. مصادر الكيماويات في الملحق من المرفق "جيم" من اتفاقية استوكهولم

إن تشكل و إطلاق مركبات الديوكسينات و الفيورانات و ثنائيات الفينيل متعددة الكلورة (PCBs) و مركب سداسي كلور البنزن (HCB) جراء حرق الجثث ممكن و هو ناجم عن وجود هذه المواد المكثورة و أسلافها و الكلور في الجيف و في بعض المواد البلاستيكية المحترقة (مثال، أثاث الكفن التي تكون ممرحلة في بعض البلدان). على أية حال، على الرغم من وجود قياسات لمركبات الديوكسينات و الفيورانات من محارق الجثث، يوجد القليل أو ليست هناك بيانات متناغمة حول انبعاثات ثنائيات الفينيل متعددة الكلورة (PCBs) و مركب سداسي كلور البنزن (HCB). و لهذا تعتبر مستويات انبعاثات ثنائيات الفينيل متعددة الكلورة (PCBs) و مركب سداسي كلور البنزن (HCB) أقل ثقة بكثير من انبعاثات مركبات الديوكسينات و الفيورانات من هذه المصادر.

2.1. معلومات عامة حول انبعاثات اطلاقات محارق الجثث

تتألف انبعاثات الهواء من أكاسيد الأزوت (NO_x) و أحادي أكسيد الكربون (CO) و ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) و المواد العالقة و مركبات المعادن بما في ذلك الزئبق و المركبات العضوية و مركبات الديوكسينات و الفيورانات.

و كما جرى مناقشته آنفا، يمكن أن تكون محطات محارق الجثث مزودة بمعدات ضبط تلوث الهواء، و ذكرنا كمثال نظام حقن بوردرة الجير و الكربون الفعال و ترشيح بالقماش. على أية حال، تزود معظم محارق الجثث بأنظمة ضبط تلوث

2.2. انبعاثات الديوكسينات/الفيورانات إلى الهواء

تتشكل مركبات الديوكسينات و الفيورانات من خلال الاحتراق غير التام أو بواسطة الاصطناع de novo عندما تتواجد المركبات العضوية و الكلورية في المواد الداخلة للمحرقة أو مواد أنبوبة المدخنة.

و على الرغم من اعتبار أن مركبات الديوكسينات و الفيورانات و ثنائيات الفينيل متعددة الكلورة (PCBs) و مركب سداسي كلور البنزن (HCB) ستتخطى في درجات الحرارة المرتفع (الحد الأدنى 850 درجة مئوية) بوجود الأوكسجين، فإن عملية الاصطناع de novo لمركبات الديوكسينات و الفيورانات ممكنة إذا تم تبريد غازات الاحتراق بفترة زمنية ممتدة لنافذة درجة حرارة إعادة التشكيل (بين 200-400 درجة مئوية). توجد هذه النافذة في أنظمة الإخماد و معدات استرداد الطاقة و أجزاء المبرد في الفرن و كمثل في منطقة التغذية. و لهذا يجب أخذ الحذر لدى تصميم أنظمة التبريد لخفض زمن البقاء في نافذة إعادة التشكيل و منع الاصطناع de novo.

في بعض البلدان، تنشأ محارق الجثث في أبنية قديمة و التي أصلا لم تبنى لهذه الغاية. و بالتالي يوجد غالبا تمديدات أفقية طويلة لقناة نقل الغازات و تعمل بدرجات حرارة ضمن نافذة إعادة التشكيل. تعاني أيضا هذه الأنظمة من مشكلة ترسب المواد العالقة، و التي تحتوي غالبا الأسلاف الممتصة و التي تزيد من تفاعلات إعادة التشكيل.

في المملكة المتحدة، كمثل، يطلب من محارق الجثث أن تحقق تراكيز انبعاثات لمركبات الديوكسينات و الفيورانات أقل من 0.1 نانوغرام مكافئ سمي/م³ معايير عند 11% أكسجين جاف و درجة حرارة وضغط قياسيين (0 مئوية و 101.3 كيلو باسكال)¹.

على أية حال، ليست هناك حاجة لبرهان أكثر من تحقيق متطلبات الاحتراق التقنية كزمن بقاء و درجة حرارة و أكسجين أصغري في الحجرة الثانوية.

أجريت مسوحات للانبعاثات من محارق جثث نموذجية أثناء مناقشة دليل التنظيم المراجع. أشارت هذه الاختبارات أن تراكيز مركبات الديوكسينات و الفيورانات تراوحت بين 0.01 و 0.12 نانوغرام مكافئ سمي/م³ و تراكيز ثنائيات الفينيل متعددة الكلورة كانت منخفضة على الرغم من أن حدود الكشف الأدنى تلب دورا هاما في تقدير الاطلاقات.

2.3. الاطلاقات في الأوساط الأخرى

نظرا لطبيعة العملية، فإن الرماد منتج أخلاقي و لا يخضع غالبا إلى أي ضبط حيث مثلا ينشر على الماء و هو طريق إطلاق محتمل. على أية حال، يوجد غالبا بعض الترسبات باقية ضمن حجرات محرقة الجثث و المداخل التي تزال أثناء الصيانة الدورية. ففي المملكة المتحدة، تدفن هذه المواد على عمق ضمن أرض محرقة الجثث (بنفس الطريقة التي تدفن بها المعادن المستردة من الموقد و الرماد المسترد). أجريت دراسة موجزة من أجل السلطات الاتحادية لمحارق الجثث البريطانية و جمعية محارق الجثث لبريطانيا العظمى و التي درست مستويات مركبات الديوكسينات و الفيورانات في الرماد (Edwards 2001). كانت المستويات في الرماد منخفضة إلى حد يمكن اعتبارها غير معنوية من ناحية خطر التعرض المحتمل للخطر.

3. العمليات الموصى بها

1.1. نظرة عامة

يجب تصميم محارق الجثث بحيث تحقق المتطلبات الدنيا لدرجة حرارة الفرن و هي 850 درجة مئوية و 2 ثانية كزمن بقاء للغازات المحترقة و هواء إضافي كاف للتأكد من إتمام الاحتراق. يجب عدم تشجيع استخدام التصاميم التي لا تحقق هذه المعايير ما لم تثبت بأنها قادرة على التشغيل دون انبعاثات معنوية من الملوثات العضوية الثابتة.

أما المنشآت الكبيرة، يمكن أن تخضع إلى شروط الترخيص وفقا لتوجيهات ضبط و منع التلوث المتكامل للاتحاد الأوروبي. و علاوة على ذلك، يمكن أن تحتاج أيضا إلى متطلبات ضبط تلوث هواء حقيقية لتحقيق متطلبات الانبعاث من

¹ 1 نانو غرام = 1×10^{-12} كيلو غرام (1×10^{-9} غرام). من أجل معلومات حول قياس السمية، انظر القسم I.C، القسم الفرعي 3 من الإرشادات الحالية.

1.2. أفضل التقنيات المتاحة

تعرف أفضل التقنيات المتاحة بأنها تلك التقنيات التي تأخذ في الاعتبار التكنولوجيا و الإدارة. يمكن أن تتألف عملية ضبط الملوثات العضوية الثابتة من البنود و الاعتبارات التالية:

- محرقة جثث تحقق درجة الحرارة الدنيا، زمن بقاء و متطلبات أكسجين و تثبت أنها تحقق هذه المتطلبات.
- معدات ملائمة لضبط تلوث الهواء (لضبط الملوثات العضوية الثابتة و يمكن أن تشمل إدارة درجة الحرارة لضبط زمن البقاء في نافذة إعادة التشكيل و حقن الكربون و الترشيح النسيجي أو ما يقابله) بالإضافة إلى دفن مناسب بيئياً و مجتمعياً لأية مواد مجموعة.
- يجب أن تكون حجرات الاحتراق و الأغلفة محكمة الإغلاق قدر الإمكان و تعمل تحت ضغط مخفض لخفض إطلاق غازات الفرن.
- يجب مراقبة درجات حرارة الغاز لتسمح لأنظمة التحكم للمحافظة على معيار درجة الحرارة الدنيا (من خلال استخدام حراقات الوقود الداعمة) و توفير تشابك لإيقاف الحمل عندما تهبط درجة الحرارة إلى أدنى من الحرارة الدنيا.
- يجب مراقبة تدفق غاز الأكسجين و مستويات غاز أول أكسيد الكربون و ربطها بنظام التحكم للتأكد من التحكم الملائم لتزويد الهواء و لعرض أية مشاكل احتراق.
- التحميل الميكانيكي و التعامل مع الكفن بطريقة تخفض من تعرض المشغلين.
- يجب أن تكون منشآت تخزين الكفن مبردة، و قابلة للإغلاق و محكمة ضد القوارض و الطيور و ذات تحكم للروائح.
- يجب أن تصنع مواد الكفن و لوازمه من مواد قابلة للاحتراق. تجنب استخدام، أو تضمين، مواد حاوية على PVC ، المعادن و المواد الكلورة الأخرى.
- تحكم بالتشغيل فعال و صيانة وقائية و فحص كافة المكونات التي يمكن أن تتعطل أو تضعف و لها أثر على البيئة جراء إطلاق الملوثات العضوية الثابتة.
- يجب تحديد أهلية المشغل و أن تتحقق من خلال التدريب الملائم.
- تطبيق قيم حدود الانبعاثات و مراقبة هذه الانبعاثات للتأكد من تحقيق معايير انبعاث الملوثات العضوية الثابتة.

لم يجر اعتبار أفضل التقنيات المتاحة من أجل الملوثات الأخرى حيث يجب الإقرار بأن هناك عوامل أخرى ستؤثر على تعريف أفضل التقنيات المتاحة لمنشأة ما (مثلاً، اعتبارات استخدام الماء و الطاقة).

1.3. أفضل الممارسات البيئية

من أجل أفضل الممارسات البيئية، يجب أن تهدف البلدان في الدرجة الأولى إلى تطوير منشآت قادرة على تحقيق درجة حرارة دنيا و معيار زمن البقاء و الأكسجين. و يجب الإشارة أنه يجب على معدات التحكم بتلوث الهواء أن تحقق قوانين الانبعاثات المحلية و جودة الهواء من أجل الملوثات غير الملوثات العضوية الثابتة.

عندما تتركب معدات التحكم بتلوث الهواء أو استرداد الحرارة، يجب أن يأخذ في الاعتبار تصميم مثل هذه المعدات خطر تشكل مركبات الديوكسينات و الفيورانات بطريقة de novo بخفض زمن بقاء المواد في نافذة درجة حرارة إعادة التشكيل. يجب أن تثبت الانبعاثات من مثل هذه المحطة على أنها خالية من الملوثات العضوية الثابتة بالقياس عند بدء التشغيل.

4. إجراءات أولية و ثانوية

4.1. الإجراءات الأولية

تعد الإجراءات الوقائية الأولية تقنيات لخفض أو التخلص من نشوء و إطلاق الملوثات العضوية الثابتة. تشمل الإجراءات المحتملة:

4.1.1. تصميم المحرقة

يجب أن توفر محرقة الجثث الشروط التي يمكن بواسطتها المحافظة على درجة حرارة دنيا 850 مئوية من خلال التحميل و الحرق و استرداد رماد الكفن و الجثة مع زمن بقاء ثانيتين و كمية كافية من الأكسجين للتأكد من تحطيم أية ملوثات متبقية.

ستكون هناك حاجة لحجرة احتراق ثانوية مع حراقات بعدية لتحقيق تلك المعايير. و كما يجب أخذ الحيطة للتأكد من قياس الحجرة الثانوية الملائم و الحجم المحدد (حجم نهاية المجرى لآخر حاقن و قود أو هواء الاحتراق و مع درجة حرارة دنيا و قدرها 850 درجة مئوية على كامل الحجم). و يجب التأكيد على أهمية تفادي تبريد مجرى الغازات لدرجات حرارة نافذة إعادة التشكيل.

و يجب أن ندرك أنه من الصعب استرداد الرماد عند درجة حرارة 850 مئوية في محارق جثث صغيرة و غير آلية.

4.1.2. التحضير الأولي للحرق

يجب تجنب وجود PVC و المعادن و الملوثات الأخرى (و خاصة مركبات الكلور) في مواد الكفن و لوازمه و ذلك لخفض تشكل الملوثات العضوية الثابتة أثناء الاحتراق غير التام أو بالاصطناع de novo. إن الاختيار الصحيح للمواد يمكن بكفاءة التحكم بانبعثات الملوثات.

و بشكل مشابه، يجب تجنب وضع الأغراض الشخصية في الكفن أو السماح بوضعها و لكن ضمن إرشادات تعيق وضع المواد في الكفن التي تزيد من احتمال تشكل الملوثات العضوية الثابتة. يمكن أن توفر منشأة محارق الجثث إرشادات حول (على سبيل المثال) النسيج الطبية المزروعة و أغراض ذات قيمة عاطفية (Australasian Cemeteries and Crematoria Association 2004).

4.1.3. الوقود

يجب تخفيض استعمال الوقود المشتق من النفايات أو أنواع الوقود الأخرى التي يحتمل تلوثها بالملوثات العضوية الثابتة و يجب عدم استعمالها لبدء التشغيل أو اضطراب العملية عندما تكون درجات الحرارة أقل من 850 مئوية و شروط غير مستقرة. يجب أن تسعى المنشآت الكبيرة من أجل احتراق معزز ذاتي في الفرن لخفض استخدام الوقود.

4.1.4. الضبط الفعال للاحتراق

يوجد ثلاثة مبادئ لضبط الاحتراق الجيد في محارق الجثث:

- المحافظة على درجة حرارة مدخل و مخرج الحجرة الثانوية عند الدرجة الدنيا 850 مئوية.
- المحافظة على تركيز الأكسجين (و بالتالي الهواء الزائد) ضمن الحجرة الثانوية أكبر من 6% حجماً.
- إبقاء غازات الاحتراق ضمن الحجرة الثانوية لفترة زمنية لا تقل عن ثانيتين.

4.1.5. الضبط الفعال للعملية

يجب استخدام أنظمة التحكم بالعملية للمحافظة على استقرار العملية و التشغيل عند مستويات المعاملات التي تسهم في خفض إنتاج الملوثات العضوية الثابتة مثل المحافظة على درجة حرارة الفرن الدنيا 850 مئوية. يجب مراقبة باستمرار و المحافظة على المتغيرات مثل درجة الحرارة و زمن البقاء و مستويات أول أكسيد الكربون و المركبات العضوية الطيارة و المركبات الغازية الأخرى لإثبات شروط التشغيل المثلى.

4.1.6. كفاءة المشغل

إن إدارة المنشأة شيء أساسي للتأكد من التشغيل الآمن و غير الخطر بيئياً. حيث يجب أن يكون كافة عناصر تشغيل المحطة ملمين تماماً بمسؤولياتهم و على وجه الخصوص التشغيل الروتيني و الصيانة و شروط اضطراب العملية و التشریعات البيئية المحلية. و لهذا يجب الاهتمام بكفاءة المشغلين بالتدريب المناسب عند مستوى ملائم للمحطة.

4.2. الإجراءات الوقائية الثانوية

أما الإجراءات الوقائية الثانوية فهي تقنيات التحكم بالتلوث. لا تزيل هذه الطرائق إنتاج الملوثات و لكنها تخدم كوسائل لاحتواء و منع الانبعاثات.

4.2.1. جمع الغازات و الأبخرة

يجب ضبط انبعاثات الهواء في كافة مراحل العملية بما في ذلك التعامل مع المواد و الاحتراق و نقاط نقل المواد لضبط انبعاث الملوثات العضوية الثابتة. إن الأفران المحكمة الإغلاق ضرورية لاحتواء الانبعاثات الهاربة في حين يسمح باسترداد الحرارة و جمع الغازات المنطلقة إما لإخمادها أو طرحها. و يعد التصميم الصحيح للمدخنة و تمديداتها ضروري لخفض الإطراحات الهاربة.

4.2.2. معدات ضبط تلوث الهواء

يجب أن تستخدم المنشآت الكبيرة مجالاً من معدات ضبط التلوث لتوفير التحكم بكافة الانبعاثات المعنوية إلى الجو. و يمكن أن يسهم الحرص في اختيار التصميم و معدات ضبط تلوث الهواء بشكل عام في خفض انبعاثات الملوثات العضوية الثابتة. هذا و يجب أن يلحظ التصميم احتمال تشكل *de novo* لبعض الملوثات العضوية الثابتة المختارة و خفض احتمال هذا التشكل. يجب إزالة المواد العالقة لخفض انبعاثات مركبات الديوكسينات و الفيورانات إلى الجو (على الرغم من أنها ستطرح في مطمر). إن تقانة المرشحات النسيجية تقانة فعالة و لكنها أجهزة منخفضة درجة الحرارة بشكل أساسي (حتى 200 درجة مئوية).

يجب مراقبة عمليات ضبط تلوث الهواء باستمرار بتجهيزات للكشف عن أي عجز في المعدات. وتشمل التطورات الأخرى طرائق التنظيف الفورية و استخدام الأغشية المحفزة لتحطيم مركبات الديوكسينات و الفيورانات.

يجب أيضاً الأخذ في الاعتبار المعالجة بالكربون الفعال لإزالة الملوثات العضوية الثابتة من الغازات المنطلقة. يتميز الكربون الفعال بمساحة سطح فعال كبير حيث تمتص عليه مركبات الديوكسينات و الفيورانات. يمكن معالجة الغازات المنطلقة بالكربون الفعال باستخدام مفاعلات ثابتة أو متحركة أو بحقن بودرة الكربون الفعال في مجرى الغاز متبوعاً بالإزالة على فلتر للغبار باستخدام أنظمة إزالة الغبار عالية الكفاءة مثل الفلاتر النسيجية.

5. خلاصة الإجراءات الوقائية

يبين الجدولان 1 و 2 خلاصة الإجراءات الوقائية التي جرى مناقشتها في الفقرات السابقة

الجدول 1. الإجراءات الوقائية للعمليات الموصى بها لحرق الجثث

الإجراء	الوصف	الاعتبارات	الملاحظات الأخرى
العمليات الموصى بها	منشآت جديدة و كبيرة في البلدان المتطورة	درجة حرارة دنيا 850 مئوية و زمن بقاء 2 ثانية في حجم محدد مع كمية كافية من الهواء للتأكد من تحطيم الملوثات العضوية الثابتة. تركيب معدات ضبط تلوث الهواء لخفض انبعاثات SO_2 , HCl و CO و المركبات العضوية الطيارة و المواد العالقة و الملوثات العضوية الثابتة.	تعتبر هذه أفضل التقنيات المتاحة. و يجب أن يوجد في المحطة نظام إدارة يبرهن بأن المحطة تحقق قيم حدود الانبعاث و المراقبة الدائمة للتأكد من تحقيق المعايير.

الإجراء	الوصف	الاعتبارات	الملاحظات الأخرى
	منشآت صغيرة	درجة حرارة دنيا 850 مئوية و زمن بقاء 2 ثانية في حجم محدد مع كمية كافية من الهواء للتأكد من تحطيم الملوثات العضوية الثابتة	من أجل المحطات الصغيرة، يجب أن تكون الشروط دنيا لمعالجة موضوع الملوثات العضوية الثابتة، حيث يمكن تطبيق نوعا من الآلية الموافق عليها و فحص إدارة المحطة (أكثر من اختبار الانبعاث الغالية)

الجدول 2. خلاصة الإجراءات الوقائية الأولية والثانوية لحرق الجثث

الإجراء	الوصف	الاعتبارات	الملاحظات الأخرى
الإجراءات الوقائية الأولية			
تصميم الفرن			و هو أفضل الأماكن لزيادة تحطيم الملوثات العضوية الثابتة و خفض إنتاجها
التحضير الأولي لحرق الجثث	يجب تجنب وجود المواد البلاستيكية و المعادن و مركبات الكلور في مواد الكفن و مستلزماته من أجل تخفيض نشوء المواد العضوية الثابتة أثناء الاحتراق غير التام أو الاصطناع de novo	إزالة المواد البلاستيكية المكشورة	تكنولوجيا منخفضة تماما و لكن استخدمت بنجاح في المملكة المتحدة
الوقود	وقود نظيف للدعم		
ضبط الاحتراق الفعال	شروط احتراق تقنية لتحقيق المتطلبات الدنيا من درجة الحرارة و الأكسجين و زمن البقاء	يتحقق الاحتراق الجيد في درجة حرارة دنيا 850 مئوية و 6% أكسجين و 2 ثانية زمن بقاء	يتطلب مبادئ تصميم جيد و تقنيات ضبط مباشرة لتحقيق المتطلبات
ضبط العملية الفعال	يجب استخدام أنظمة التحكم بالعملية للمحافظة على استقرار العملية و التشغيل في مستويات المعاملات بحيث تسمح بخفض انبعاث المواد العضوية الثابتة.	يمكن خفض انبعاثات مركبات الديوكسينات و الفيرانات بضبط المتغيرات الأخرى مثل درجة الحرارة و زمن البقاء و المكونات الغازية	إن استخدام درجة الحرارة من معاملات الضبط الأساسية و المباشرة. مراقبة الأكسجين و CO و المواد العضوية الطيارة أكثر تعقيدا و لكنها مباشرة. على أية حال، يعتبر صيانة نظام التحكم الأمر الرئيسي ليكون قادر على استخدام البيانات في الزمن الحقيقي و لتعديل صمامات تزويد هواء الاحتراق و دعم الحراقات و خصائص التحكم الأخرى.
تدريب المشغل	يمكن توفير التدريب العميق للمشغلين من قبل مصنعي محارق الجثث أو مؤسسات التجارة		كمثال برنامج تدريب الفنيين في محارق الجثث في التشغيل في المملكة المتحدة

الإجراء	الوصف	الاعتبارات	الملاحظات الأخرى
الإجراءات الوقائية الثانوية			
جمع الغازات و الأبخرة	احتواء فعال لغازات الفرن في كافة شروط عملية حرق الجثث لمنع الاطلاقات الهاربة	و من العمليات الواجب أخذها في الاعتبار تشمل الأفران محكمة الإغلاق لاحتواء الانبعاثات الهاربة في حين تسمح باسترداد الحرارة و جمع الغازات المنطلقة	
معدات ضبط تلوث الهواء	يمكن أن يساعد حذف المولد العالقة في خفض الانبعاث المحتمل للملوثات العضوية الثابتة. يجب اعتبار المعالجة بالكربون الفعال كونه يتميز بسطح فعال كبير يمتص مركبات الديوكسينات و الفيورانات من الغازات المنطلقة.	يعتبر الترشيح بواسطة المرشحات النسيجية طريقة فعالة للتخلص من المواد العالقة و هي مباشرة باستخدام مواد ماصة جافو أو شبه جافة من أجل ضبط الغاز الحامضي و المعادن. على أية حال، تحتاج إلى خفض في درجات الحرارة. حقن بودرة الكربون الفعال في مجرى الغاز متبوعا بإزالة كمرشح للغبار	يؤدي استخدام أجهزة ضبط تلوث الهواء إلى مورد نفايات إضافية و تحتاج إلى مستهلكات. و على الأرجح تحتاج إلى خفض درجة حرارة مجرى الغاز (لمنع استخدام أوساط ترشيح أكثر غرابة) و بالتالي هناك حاجة للحبطة لخفض البقاء في نافذة إعادة التشكيل. و من المستحسن تفادي نشوء الملوثات العضوية الثابتة في الفرن. على أية حال، يسمح هذا الطريق بعض التأزر لاضطراب شروط العملية و أيضا يعتبر أفضل التقنيات المتوفرة في أوروبا من أجل عمليات الترميد

6. مستويات الأداء المرافقة لأفضل التقنيات المتاحة و أفضل الممارسات البيئية

إن مستويات أداء انبعاثات مركبات الديوكسينات و الفيورانات في الهواء من محارق الجثث هي أقل من 0.1 نانوغرام مكافئ سمي/م³ نظامي. و من أجل محطة احتراق، يعبر عن مستويات الانبعاث كتركيز كتلي عند 11% أكسجين جاف و درجة حرارة و ضغط نظاميين (0 مئوية و 101.3 كيلو باسكال). و نظرا لوجود معلومات متوفرة غير متينة حول انبعاثات PCB و HCB من محارق الجثث، فإنه من غير الواضح وجود أية مستويات انبعاث يمكن تحقيقها لهذه المكونات.

و من بيانات محارق الجثث في المملكة المتحدة (Edwards 2001) تراوحت مركبات الديوكسينات و الفيورانات بين 0.01 و 0.12 نانوغرام مكافئ سمي/م³ نظامي. في حين تراوحت في منشأة حالية في فرنسا بين 0.1 و 4.2 نانوغرام مكافئ سمي/م³ نظامي (Livolsi et al 2006). و كان متوسط نتائج UNEP في محرقة جثث بانكوك (لها مدخنة غازات طويلة من البلوك) لمركبات الديوكسينات و الفيورانات 17.6 نانوغرام مكافئ سمي/م³ نظامي (Fiedler 2001). و لقد ذكرت مسوحات محرقة جثث كورية تراكيز مركبات الديوكسينات و الفيورانات بين 0.46 و 2.1 نانوغرام مكافئ سمي/م³ نظامي (Kim et al 2003).

المراجع

Australasian Cemeteries and Crematoria Association. 2004. *Cemetery Trust Manual*. Victorian Government Department of Human Services, Public Health Division.

Edwards P. 2001. "Review of Emissions from Crematoria in the UK." AEA Technology Report. *Resurgam* 44:81-128 and *Pharos International* 67:3.

Fiedler H. 2001. *Thailand Dioxin Sampling and Analysis Program*. Report by UNEP Chemicals in cooperation with PCD, GTZ, Euro Chlor.

Kim D.H. et al. 2003. "Estimation of PCDDs, PCDFs and PAHs Emission from Crematories in Korea." *Organohalogen Compd.* 63:9-12.

Livolsi B, Labrousse S. Baron P. Fiani E. (2006) "Dioxin emissions from French crematoria and associated health impact" *Organohalogen Compounds* 68. In press.

القسم السادس VI

التوجيهات/المبادئ التوجيهية وفق فئة المصدر:
فئات المصدر في الجزء الثالث من المرفق "جيم"

المرفق "جيم" فئة المصدر (h):
مركبات المحرك، خصوصا تلك التي تحرق البنزين المرصص

جدول المحتويات

قائمة الجداول	i
VI.H. مركبات المحركات خصوصاً تلك التي تحرق البنزين المرصص	1
1. مقدمة	1
1.1. وصف العملية	1
1.2. الوقود، نوع المحرك و الانبعاثات	1
2. تشكل و إطلاق الديوكسينات/الفيورانات	2
2.1. دراسات حول انبعاثات الديوكسينات/الفيورانات	2
2.2. ملخص النتائج	3
3. أفضل التقنيات المتاحة و أفضل الممارسات البيئية	4
4. التنظيمات الموضوعية لخفض انبعاثات الديوكسينات/الفيورانات	4
المراجع	5

قائمة الجداول

الجدول 1. انبعاثات الديوكسينات/الفيورانات من مركبات المحركات	3
--	---

VI.H. مركبات المحركات خصوصا تلك التي تحرق البنزين المرصص

ملخص

إن الوقود الرئيس المستخدم في محركات مركبات النقل هو البنزين و المازوت (الديزل). بدأت الأنواع الأخرى من الوقود أن تأخذ أهمية و هي الغاز المنزلي و الزيت النباتي و الأنواع الأخرى من الوقود الحيوي و مزائج الزيت-كحول.

وجدت مركبات الديوكسينات و الفيورانات في الانبعاثات الناتجة عن مركبات المحركات التي تستخدم البنزين أو الديزل. و لقد كانت أعلى التراكيز المحددة في الانبعاثات الناتجة عن المركبات التي تعمل على البنزين المرصص و يعود ذلك إلى وجود المكاس (Scavengers) الكلورة و المبرومة في الوقود.

و كبداية للبنزين المرصص، يمكن الأخذ في الاعتبار ما يلي: البنزين غير المرصص (و هو أفضل عندما يزود بمحفز)، الديزل (أفضل عندما يزود بمحفز مؤكسد للديزل و مرشح عوالق)، و الغاز المنزلي، و الغاز الطبيعي المضغوط، و غاز البروبان/البوتان، و الوقود الحيوي و مزائج زيوت-كحول.

تشمل أفضل التقنيات المتوفرة حرق المكاس المهلجنة و تزويد محرك المركبة بمحفز أكسدة و مرشح للعوالق.

لا توجد أية بيانات مقاسة من أجل الوقود الحيوي و مزائج زيت-كحول أو الغاز المنزلي و ليس هناك بيانات أيضا لمحركات الشوطين.

1. مقدمة

1.1. وصف العملية

يعتبر وصف العملية من أجل مركبات المحرك مباشر نوعا ما. يستقي محرك البنزين قوته من انفجار مزيج من الهواء و البنزين في حين يحترق الوقود في محرك الديزل أكثر من أن ينفجر. يتمدد مزيج الوقود-هواء، عندما يشعل، بسرعة في الاسطوانة دافعا المكبس من أعلى الاسطوانة إلى الأسفل. يتمدد غاز العادم بعد خروجه من المركبة ألف مرة تقريبا في الثواني الأولى و يبرد بسرعة كبيرة (DEH 2004).

1.2. الوقود، نوع المحرك و الانبعاثات

إن الوقود الرئيس المستخدم في النقل هو البنزين و الديزل و الغاز المنزلي المسال. و معظم المحركات المستخدمة اليوم و تعمل على البنزين بالاحتراق الداخلي في السيارات و السيارات الخفيفة و الدراجات النارية و المركبات الأخرى هي رباعية الشوط. و غيرها من الكثير من عمليات الاحتراق، تنتج عمليات الاحتراق الداخلي مركبات الديوكسينات و الفيورانات كمنتجات ثانوية غير مرغوب بها (UNEP 2005).

في حين معظم المحركات الصغيرة التي تعمل على البنزين و تستخدم في المراكب و الزلاجات النفاثة و الدراجات النارية الصغيرة و مكاس الطرقات و قطاعات الحشائش و محركات المركبات الزراعية الأخرى و الأدوات هي محركات بشوطين. تتبع هذه المحركات نفس دورة الاحتراق الديناميكية الحرارية كالمحركات رباعية الشوط. على أية حال، تتألف فقط من ضربتين و بشكل أساسي ضربة مجتمعة للدخل و العادم و ضربة الضغط و الإشعال و الاحتراق. أما الاختلاف اللافت للنظر عن المحرك رباعي الشوط فهو أن كافة الضربات تحدث فقط أثناء دوران كامل للعمود المرفقي (غرانك). و بالتالي، سينطلق كمية أكبر من الملوثات و ستكون الكفاءة أقل بالمقارنة مع المحركات رباعية الشوط. على أية حال، يجعل من بساطة و انخفاض تكلفة إنتاج محركات الشوطين المحرك المثالي من أجل التطبيقات صغيرة المقياس.

تستخدم محركات الديزل في الشاحنات الثقيلة و الشاحنات الخفيفة و سيارات الركاب و معدات البناء الثقيلة و القوارب و المولدات و المضخات و معدات المزارع بما في ذلك الجرارات و المعدات الثقيلة الأخرى. تستخدم هذه المعدات الديزل (نقط خفيف) و دورة رباعية الشوط. يستخدم الضغط من أجل الاشتعال أكثر من أنه حرارة. يؤخذ الهواء إلى اسطوانة و يضغط. يضاف وقود الديزل عند ضغط مرتفع و يحرق. يؤدي ذلك إلى استخدام أكثر كفاءة للوقود و انبعاثات نوعية أقل. على أية حال، يرافق تشغيل محركات الديزل انبعاثات العوالق على هيئة سخام و هو ناجم عن الاحتراق غير التام

نظراً لكشف مركبات الديوكسينات و الفيورانات لأول مرة في زيت المحركات المستعمل (Ballschmitter et al. 1986)، فإن دليلاً صعد قد تعاضم بأن مركبات الديوكسينات و الفيورانات تتشكل و تصدر من عمليات الاحتراق في محركات وقود البنين و الديزيل. أدى الاحتراق غير التام و وجود الكلور في الوقود و زيوت التزليق و الهواء إلى تشكل مركبات الديوكسينات و الفيورانات، الكيماويات المدرجة في الملحق C من اتفاقية استوكهولم (Marklund et al. 1997; Gullett and Ryan 1997; Hutzinger et al. 1992; Schwind et al. 1991; 1987, 1990). في حين من أجل المحركات التي تعمل على البنزين، تعود مركبة إطلاق مركبات الديوكسينات و الفيورانات إلى الهواء و تنتج محركات الديزيل كميات كبيرة من الترسبات (السخام). على أية حال، لا يتوفر أية بيانات مقاسة من أجل تراكيز مركبات الديوكسينات و الفيورانات في سخام الديزيل (UNEP 2005).

2. تشكل و إطلاق الديوكسينات/الفيورانات

2.1 دراسات حول انبعاثات الديوكسينات/الفيورانات

قدرت دراسات أوروبية عديدة و دراسة واحدة في الولايات المتحدة انبعاثات مركبات الديوكسينات و الفيورانات من المركبات بقياس وجود مركبات الديوكسينات و الفيورانات في هواء النفق. تتميز هذه الطريقة بأنها تسمح بإعتيان عشوائي لعدد كبير من السيارات بما في ذلك مجال من أعمار السيارات و مستويات الصيانة. أما سبب هذه الطريقة فهي أنها تعتمد على قياسات غير مباشرة و التي تدخل ارتيابات غير معلومة و يجعل من تفسير النتائج أمراً صعباً. و علاوة على ذلك، ظهر قلق بأنه في دراسات النفق، يؤدي إعادة تعلق العوالق و مركبات الديوكسينات و الفيورانات و التي تراكمت في النفق على مدار الزمن، إلى تقديرات أعلى للانبعاثات. و لهذا لم يعتبر هذا الأسلوب مناسب و لم تؤخذ نتائج هذه الدراسات في الاعتبار بالتفصيل لدى تأليف هذا الدليل. و من أجل قراءة إضافية يمكن العودة إلى المنشورات حول دراسات النفق و الهواء المحيط في نهاية هذا القسم.

أجريت أول دراسة حول انبعاث ذيل الأنوب من قبل Marklund و زملاؤه (1987) على مركبات سويدية. و بعد ذلك، جرى تنفيذ العديد من الدراسات إما على محركات متحركة (سيارات الركاب أو الشاحنات) أو على محركات ثابتة أو أجهزة قياس القوة. جرى اختبار أنواع مختلفة من الوقود و بشروط متغيرة (محاكي حالات مرورية مختلفة أو حمولات مختلفة). جرى تلخيص نتائج الدراسات التي ذكرت الانبعاثات المعتمدة على استهلاك الوقود في الجدول 1.

الجدول 1. انبعاثات الديوكسينات/الفيورانات من مركبات المحركات

المرجع	الانبعاث بـكـو غرام مكافئ سمي/ل	نوع المركبة	الوقود
Marklund et al. 1990	60/10	سيارة ركاب قديم قبل القناع أو في ذيل الأنوب	البنزين المرصص، رباعي الشوط
Marklund et al. 1990	21/23	سيارة ركاب جديد قبل القناع أو في ذيل الأنوب	
Schwind et al. 1991	0.55–1.66	سيارة ركاب	
Geueke et al. 1999	291	شاحنة	الديزيل
Gullett and Ryan 1997	29.3–47.7	مركبات ثقيلة	
Schwind et al. 1991	2–141	سيارة ركاب	
Schwind et al. 1991	4–88	شاحنة	
Kim et al. 2003	0.5, 0.6, 2.0	لا يوجد معلومات	
Government of Japan 2003	1.20–103	شاحنة	
Government of Japan 2003	1.47–121	سيارة ركاب	

المرجع	الانبعاث بكوغرام مكافئ سمي/ل	نوع المركبة	الوقود
Dyke 2005	3-49	سيارة ركاب الكلور: (12, 131, 259 ppm)	
Marklund et al. 1990	3.5	سيارة ركاب قديم و جديد قبل القناع أو في ذيل الأنبوب	البنزين غير المرصص، رباعي الشوط
Schwind et al. 1991	5-22	سيارة ركاب	
Government of Japan 2003	0.42, 0.99	شاحنة	
Government of Japan 2003	0.34-16.42	سيارة ركاب	
Schwind et al. 1991	2-3	سيارة ركاب	البنزين غير المرصص مع محفز، رباعي الشوط

في عام 1994، حلل Hagenmaier و زملاؤه انبعاثات باص يعمل على وقود الديزيل (Hagenmaier 1994; Hagenmaier et al. 1995). كانت تراكيز مركبات الديوكسينات و الفيورانات حوالي 1 بكوغرام/ل من أجل بدائل الشبيهة 2,3,7,8 مؤدية إلى مكافئ سمي و قدره 0.01 نانوغرام/ل. و بالتالي، كانت نتائج عام 1994 أقل بكثير من تلك التي تم الحصول عليها في عام 1990 (Hagenmaier et al. 1990)، حيث في عام 1990، جرى الكشف عن رباعي بنزو دايوكسين المهلجن (PXDD) و رباعي بنزو فيوران (PXDF) (X = Br, Cl) في حين لم يكشف في انبعاثات عام 1994 أية PXDD/PXDF. و بشكل مشابه، كانت تراكيز مركبات الديوكسينات و الفيورانات أقل من حد التحديد الكمي في مستخلص من مركبة يعمل محركها على البنزين (Hagenmaier et al. 1995). أشارت هذه النتائج بأنه مع حظر استخدام المكانس المهلجنة (في ألماني: أنظر BImSchV 1992)، جرى إزالة المصدر الرئيسي لـ PCDD/PCDF و PXDD/PXDF. و أظهرت أيضا النتائج بأنه حدث تلوث نتيجة استخدام نفس الحاوية في نقل البنزين و الديزيل المرصص و غير المرصص. في برنامج الاختبار لتعيين انبعاث PCDD/PCDF و PCB من محركات الديزيل ذات الاحتراق الداخلي، جرى كشف PCB، في بعض التجارب، بمستويات 3.6 إلى 8.0 بكوغرام WHO مكافئ سمي/ل، و هي منخفضة مقارنة مع مستويات الديوكسين (Dyke 2005). ربما كان هناك بعض التأثيرات غير قابلة للتحكم من التكييف غير الفعال للمحرك التي أثرت على التجارب الأولى.

2.2. ملخص النتائج

أعطت الأدبيات التي وثقت النتائج من أوروبا و اليابان (انظر أيضا Miyabara et al. 1999) و الدراسات الكورية و الأمريكية، الدليل بأن:

- إن انبعاثات PCDD/PCDF من المركبات التي تحرق الوقود غير المرصص أقل من الانبعاثات الناجمة عن المركبات التي تحرق البنزين المرصص.
- كانت أعلى الانبعاثات من المركبات التي تعمل على الوقود المرصص و هي ناجمة عن وجود المكانس الحاوية على البروم و المضافة للوقود.
- تتميز السيارات المزودة بمحفز و التي تعمل على البنزين غير المرصص بأقل انبعاثات.
- أظهرت الاختبارات المحدودة بأن المحفزات المؤكسدة فعالة في خفض انبعاثات PCDD/PCDF.
- إن فلاتر عوالم الديزيل فعالة في خفض انبعاثات PCDD/PCDF من المركبات التي تعمل على وقود الديزيل.
- تتميز المركبات التي تعمل على وقود الديزيل بانبعاثات أقل من المركبات التي تعمل على وقود البنزين المرصص و أعلى بقليل من الانبعاثات الناجمة عن المركبات التي تعمل على البنزين غير المرصص و المزودة بمحولات تحفيز.

- لم يؤدي استخدام زيوت المحركات الحاوية على تراكيز منخفضة من الكلور (في تجارب الديزل) إلى خفض انبعاثات PCDD/PCDF.

لا تعد الحالة واضحة فيما يخص تأثير عمر المركبات، حيث وجد Marklund et al. (1990) انبعاثات أعلى في المركبات القديمة و لم تجد دراسة ألمانية مثل هذه الاستقلالية (Schwind et al. 1991; Hutzinger et al. 1992). لا توجد أية بيانات مقاسة و متوفرة لأنماط محركات المركبات التالية:

- محركات الشوطين
- المستخدمة للغاز النفطي المسيل
- المستخدمة لمزائج نפט-كحول
- المستخدمة للوقود الحيوي (كانولا، ...)

3. أفضل التقنيات المتاحة و أفضل الممارسات البيئية

يمكن أن تشمل أفضل التقنيات المتاحة لخفض انبعاثات الديوكسينات/الفيورانات من مركبات المحركات التالي:

- منع المكانس المهلجنة
 - منع استخدام البنزين المرصص
 - تنصيب محفزات أكسدة الديزل و فلاتر العوالمق و المحولات التحفيزية
 - بدائل لمحركات البنزين (الكهرباء، الضوء الشمسي و خلايا الوقود)
- و تشمل أفضل الممارسات البيئية:
- اجتناب السياسات مثل يجب تشجيع كفاءة مرتفعة للوقود. يجب تشجيع أساليب بديلة للنقل بما في ذلك الدراجات الهوائية و القطارات و وسائل نقل العامة الأخرى.
 - فصل ناقلات الوقود وفقا للوقود (مثلا لا تنقل البنزين المرصص الحاوي على المكانس المهلجنة في حاويات استخدمت في نقل الديزل أو البنزين غير المرصص)
 - منع استخدام البنزين المرصص
 - تشجيع المركبات ذات الاستهلاك الأقل من الوقود
 - التعليم بهدف تحديد شروط القيادة التي تشكل و تطلق ملوثات أقل
 - صيانة جيدة للمركبة

4. التنظيمات الموضوعية لخفض انبعاثات الديوكسينات/الفيورانات

في اليابان، ينظم قانون الإجراءات الوقائية الخاص حول الديوكسينات (و المطبق في عام 1999)، تراكيز انبعاثات PCDD/PCDF من مصادر محددة، حيث لم يجر ذكر انبعاثات الغازات من مركبات المحرك فيها. و فيما يخص وقود مركبات المحرك، تحقق 100% من البنزين خالي الرصاص في الثمانينات و منع بيع البنزين المرصص بالقانون الصادر حول الرصاص و البنزن و الكبريت. في طوكيو، منطقة العاصمة، يجب أن تزود كافة مركبات الديزل بفلاتر عوالمق الديزل.

في ألمانيا، منع 19th BImSchV استخدام المكانس المهلجنة في مركبات المحرك كإجراء وقائي لخفض انبعاثات PCDD/PCDF من مركبات المحرك التي تعمل على وقود البنزين (BImSchV 1992).

المراجع

- Ballschmiter K., Buchert H., Niemczyk R., Munder A. and Swerev M. 1986. "Automobile Exhausts versus Municipal Waste Incineration as Sources of the Polychlorodibenzodioxins (PCDD) and -furans (PCDF) found in the Environment." *Chemosphere* 15:901–915.
- BImSchV. 1992. *19. Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes vom 24.07.1992 (Verordnung über Chlor- und Bromverbindungen als Kraftstoffzusatz - 19. BImSchV)*. Bundesgesetzblatt Teil 1, Jahrgang 1992, 75 (Ordinance on ban of halogenated scavengers, Germany).
- DEH (Department of the Environment and Heritage, Australia). 2004. *Dioxins Emissions from Motor Vehicles in Australia*. Technical Report No. 2, National Dioxins Programme. Australian Government, Department of the Environment and Heritage.
- Dyke P.H., Sutton M. 2005. "The Effect of Lubricating Oil on Diesel Engine PCDD/F and PCB Emissions." *Organohalogen Compd.* 67:2189–2191.
- Dyke P.H., Sutton M., Wood D. 2006. Study on the effect of chlorine in lubricating oil on emissions of PCDD/F from a diesel engine. *Organohalogen Compd* 68.
- Gueke K.-J., Gessner A., Quass U., Bröker G. and Hiester E. 1999. "PCDD/F Emissions from Heavy Duty Vehicle Diesel Engines." *Chemosphere* 38:2791–2806.
- Government of Japan. 2003. *Inventory of PCDDs/DFs Emissions*. Government of Japan, Ministry of the Environment. www.env.go.jp/air/report/h15-05/index.html.
- Gullett B. and Ryan J.V. 1997. "On-Road Sampling of Diesel Engine Emissions of Polychlorinated Dibenzo-*p*-dioxin and Polychlorinated Dibenzofuran." *Organohalogen Compd.* 32:451–456.
- Hagenmaier H. 1994. "Contributions of Diesel-Powered Vehicles and Wood Burning to Overall PCDD/PCDF Emissions." *Organohalogen Compd.* 20:267–270.
- Hagenmaier H., Dawidowsky N., Weberuss U., Hutzinger O., Schwind K.-H., Thoma H., Essers U., Buhler B. and Greiner R. 1990. "Emission of Polyhalogenated Dibenzodioxins and Dibenzofurans from Combustion Engines." *Organohalogen Compd.* 2:329–334.
- Hagenmaier H., Krauss P., Vatter J. and Walczok M. 1995. "Eintrag und Verbleib von PCDD/PCDF: Bedeutung der Einträge durch Automobilabgase und Holzfeuerungen." *Organohalogen Compd.* 22:49–54.
- Hutzinger, O., Hagenmaier H., Essers U., Bessy E., Schwind K.-H., Thoma H., Dawidowsky N., Weberuss U., Betz U., Bühler U. and Greiner R. 1992. "Untersuchungen zur Emission halogenierter Dibenzodioxine und Dibenzofurane aus Verbrennungsmotoren beim Betrieb mit handelsüblichen Betriebsstoffen." GSF-Forschungszentrum, Munich, Germany.
- Kim K.-S., Hong K.-H., Ko Y.-H., Yoon K.-D. and Kim M.-G. 2003. "Emission Characteristics of PCDD/Fs in Diesel Engine with Variable Load Rate." *Chemosphere* 53:601–607.
- Larssen S., Brevik E.M. and Oehme M. 1990. Emission Factors of PCDD and PCDF for Road Vehicles Obtained by Tunnel Experiment. " *Organohalogen Compd.* 1:453-456.
- Marklund S., Andersson R., Tysklind M., Rappe C., Egebäck K.E., Bjorkman E. and Grigoriadis V. 1990. "Emissions of PCDDs and PCDFs in Gasoline and Diesel Fueled Cars." *Chemosphere* 20:553–561.
- Marklund S., Rappe C., Tysklind M. and Egebäck K. 1987. "Identification of Polychlorinated Dibenzofurans and Dioxins in Exhausts from Cars Run on Leaded Gasoline." *Chemosphere* 16:29–36.

- Miyabara Y., Hashimoto S., Sagai M. and Morita M. 1999. "PCDDs and PCDFs in Vehicle Exhaust Particles in Japan." *Chemosphere* 39:143–150.
- Oehme M., Larssen S. and Brevik E.M. 1991. "Emission Factors of PCDD/CDF for Road Vehicles Obtained by a Tunnel Experiment." *Chemosphere* 23:1699–1708.
- Rappe C., Kjeller L.O., Bruckmann P. and Hackhe K.H. 1988. "Identification and Quantification of PCDD/CDFs in Urban Air." *Chemosphere* 17:3–20.
- Wevers M., De Fre R. and Rymen T. 1992. "Dioxins and Dibenzofurans in Tunnel Air." *Organohalogen Compd.* 9:321–324.
- Schwind K.-H., Thoma H., Hutzinger O., Dawidowsky N., Weberuss U., Hagenmaier H., Bühler U., Greiner R., Essers U. and Bessey E. 1991. "Emission halogenerter Dibenzodioxine (PXDD) und Dibenzofurane (PXDF) aus Verbrennungsmotoren beim Betrieb mit handelsüblichen Betriebsstoffen." *UWSF-Z Umweltchem. Oekotox* 3:291–298.
- UNEP (United Nations Environment Programme). 2005. *Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases*. Edition 2.1. UNEP, Geneva..

القسم السادس VI

التوجيهات/المبادئ التوجيهية وفق فئة المصدر:
فئات المصدر في الجزء الثالث من المرفق "جيم"

الجزء الثالث فئة المصدر (i):
تخطيم جيف الحيوانات

جدول المحتويات

1.....	قائمة الجداول
1.....	قائمة الأشكال
2.....	VI.I تحطيم جيف الحيوانات
2.....	1. وصف العملية
3.....	2. مصادر الكيمائيات في الملحق من المرفق "جيم" من اتفاقية استوكهولم
3.....	2.1. انبعاثات الملوثات العضوية الثابتة من حرق جيف الحيوانات
4.....	2.2. معلومات عامة حول انبعاثات حرق جيف الحيوانات
6.....	3. العمليات الموصى بها
6.....	3.1. نظرة عامة حول التخلص
6.....	3.2. أفضل التقنيات المتاحة
7.....	3.3. أفضل الممارسات البيئية
8.....	4. إجراءات وقائية أولية و ثانوية
8.....	4.1. الإجراءات الوقائية الأولية
9.....	4.2. الإجراءات الوقائية الثانوية
10.....	5. ملخص الإجراءات الوقائية
11.....	6. مستويات الأداء المرافقة لأفضل التقنيات المتاحة و أفضل الممارسات البيئية
11.....	المراجع

قائمة الجداول

5.....	الجدول 1. انفجار مرض القدم-الفم في المملكة المتحدة 2001: التخلص من جيف الحيوانات
12.....	الجدول 2. الإجراءات الوقائية للعمليات الموصى بها لمحارق جيف الحيوانات الجديدة
13.....	الجدول 3. ملخص الإجراءات الوقائية الأولية و الثانوية لتحطيم طيف الحيوانات

قائمة الأشكال

3.....	الشكل 1. مخطط أداء العملية التقليدية المستمرة لتحطيم جيف الحيوانات
--------	--

VI.I تحطيم جيف الحيوانات

ملخص

يعود تشكل و انبعاث الديوكسينات و الفيورانات و و ثنائيات الفينيل متعددة الكلورة (PCBs) و مركب سداسي كلور البنزن (HCB) من محارق جثث الحيوانات إلى وجود هذه المواد المكلورة و أسلافها و الكلور في جيف الحيوانات أو في بعض المواد البلاستيكية التي تحرق مع جيف الحيوانات و المنتجات الثانوية. أما الإجراءات الوقائية التي يمكن أن تتبع لخفض تشكل و إطلاق الملوثات العضوية الثابتة فتشمل منع الحرق المشترك مع النفايات الأخرى و مطلب درجة حرارة الفرن الدنيا و هي 850 درجة مئوية و 2 ثانية كزمن بقاء للغازات المحترقة و كمية زائدة من الهواء للتأكد من إتمام عملية الاحتراق. يجب تزويد المنشآت الأكبر (باستطاعة أكبر من 50 كغ/ساعة) بمعدات ضبط تلوث الهواء لخفض انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت و كلوريد الهيدروجين و أحادي أكسيد الكربون و المركبات العضوية الطيارة و المواد العالقة و الملوثات العضوية الثابتة. تبلغ مستويات أداء الديوكسينات/الفيورانات في انبعاثات الهواء و المرافقة لأفضل التقنيات المتوفرة أقل من 0.1 نانو غرام مكافئ سمي/م³ نظامي.

لم تعتبر الطرائق الأخرى للتخلص مثل الدفن أو الطمر أو تحويل إلى كومبوست كمساهم معنوي لانبعثات الكيمائيات المدرجة في الملحق C على الرغم من اعتبار المسائل البيئية و صحة العامة و الأذى و صحة الحيوانات. و من جهة أخرى، يعتبر التحلل القلوي طريقة إضافية لتحطيم جيف الحيوانات.

1. وصف العملية

يتم تحطيم جيف الحيوانات بشكل عام بالترميد و الاستخلاص بالإذابة rendering أو جمع كلا النشاطين.

تشمل تقنيات الترميد و التحلل الحراري و تحويل إلى غاز أو أية أشكال أخرى للمعالجة الحرارية و يمكن أيضا أن تشمل الحرق الكامل لجيفة الحيوان أو جزء منها. في حين تشمل عملية الاستخلاص بالإذابة مجال من الأنشطة لمعالجة جيف الحيوانات لاسترداد المواد.

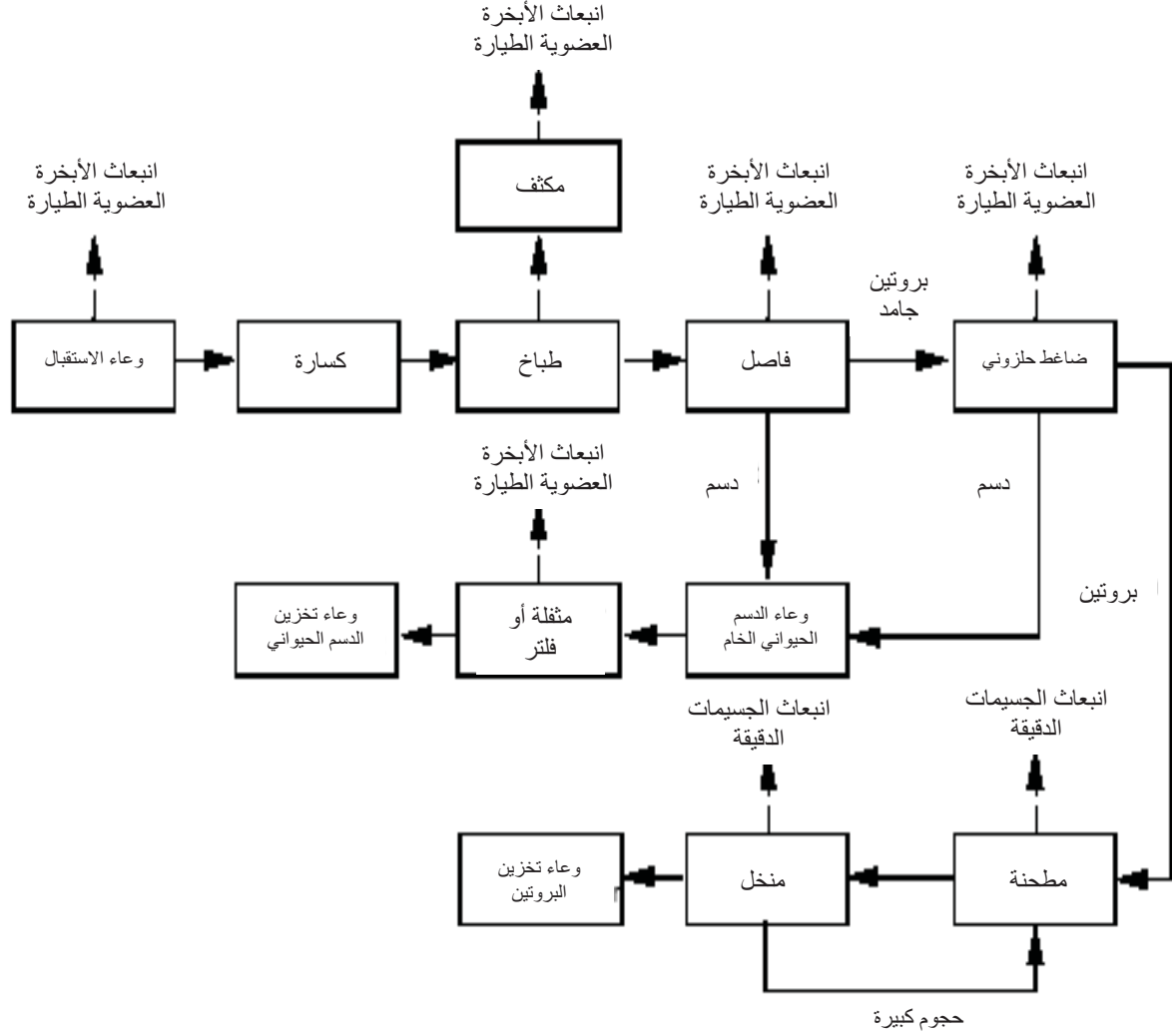
قيدت القوانين الجديدة في أوروبا (EC Directive 1774/2002/EC حول منتجات الحيوانات الثانوية) استخدام المواد المشتقة من عملية الاستخلاص بالإذابة كمواد غذائية للبشر أو للحيوانات للتأكيد على صحة عموم الناس و الحيوانات. مؤخرا، ازداد إنتاج المنتجات الثانوية حيث تغير تعريف السوق لما هو يمكن اعتباره مرغوب من منتجات اللحوم (و هذا يعني الجزء من الحيوان الذي يمكن اعتباره منتج ثانوي قد ازداد).

تشمل عملية استخلاص بالإذابة معالجة جلد الحيوان و ريش الطائر و العظام والقلامات و السوائل و الشحوم. بشكل عام، تشمل عملية الاستخلاص تحطيم و طحن المنتجات الثانوية متبوعة بمعالجة حرارية (الشكل 1). تشمل مثل هذه العمليات ضغط مرتفع و تحلل بدرجات حرارة مرتفعة و عملية الغاز الحيوي و التحلل المائي تحت الضغط العالي و إنتاج الديزيل الحيوي و التحويل إلى غاز. يمكن فصل الشحم المذاب (الشحم الحيواني) عن المواد الصلبة بواسطة التنفيل أو الكبس. يطحن الجزء الصلب عادة إلى وجبات اللحم و العظم.

استخدمت تقليديا وجبات اللحم و العظم كوجبة إضافية للحيوانات و لكن منع مثل هذا الاستخدام في الاتحاد الأوروبي و تحرق حاليا في منشآت ترميد للنفايات مناسبة أو تدفن. و من الخيارات الحالية استخدام اللحم و العظام كوقود بديل في أفران الإسمنت (أنظر القسم V.B من الدليل الإرشادي الحالي).

يستخدم الشحم الحيواني في مجال واسع من الصناعات (بما في ذلك صناعة الطعام)، و خصوصا صناعة السمن الصناعي التي تكرر الشحم الحيواني إلى مجال واسع من المنتجات. في الاتحاد الأوروبي، يعالج بشكل منفصل الشحم الحيواني المشتق من الحيوانات المتقدمة في السن و من المواد الأخرى ذات الخطر المحدد و لا يستخدم في إنتاج الأطعمة و لكن يعالج إلى حد ما كغذائية. و يمكن، على أية حال، استخدامه كوقود (ضمن قوانين احتراق الاتحاد الأوروبي التي تحكمها قوانين محددة و هي تعليمات ترميد النفايات، EC Directive 2000/76/EC).

الشكل 1. مخطط أداء العملية التقليدية المستمرة لتحطيم جيف الحيوانات



المصدر: EPA 1995

يتم ترميد جيف الحيوانات باستخدام أنماط متنوعة من الأفران. يمكن أن تحوي مرمدات جيف الحيوانات الصغيرة حجرة احتراق بسيطة بدون أي تقليب للجيفة. في حين تستخدم المنشآت الكبيرة أفران دوارة لتقليب و تحطيم الجيفة. و بشكل مشابه، يوفر فرن متحرك تقليب مشابه. عموماً، إن احتراق جيفة كاملة صعب التحقيق. و يعتبر الاحتراق في الأفران أكثر تحكماً إذا استخدمت عملية تغذية سهلة باستخدام الطحن و النقع أو تقنيات أخرى.

2. مصادر الكيمائيات في الملحق من المرفق "جيم" من اتفاقية استوكهولم

2.1. انبعاثات الملوثات العضوية الثابتة من حرق جيف الحيوانات

إن تشكل و انبعاث PCDD و PCDF و PCB و HCB من محارق جيف الحيوانات ناجم عن وجود المواد¹ و أسلافها أو الكلور في جيف الحيوانات أو بعض المواد البلاستيكية التي يمكن أن ترمد مع مواد جيف الحيوانات. على أية حال، على الرغم من إجراء قياسات لانبعاثات PCDD و PCDF من محطة ترميد جيف الحيوانات فإنه لا يوجد أو يوجد بعض

¹ الملوثات العضوية الثابتة التي ترسبت في مناطق المراعي و تلك الموجودة في مواقع تحضير وجبات الحيوانات و التي تهضم و تتراكم في الحيوانات أثناء حياتهم.

عموما، لا تعتبر عملية الاستخلاص بالإذابة من مصادر الملوثات العضوية الثابتة. على أية حال، يوجد هناك احتمال لتركيز المواد في بقايا جيف الحيوانات و الإطلاق من أنشطة نهاية العملية.

2.2. معلومات عامة حول انبعاثات حرق جيف الحيوانات

2.2.1. الترميد

تتألف انبعاثات الهواء من أكاسيد الأوزون (NO_x) و أحادي أكسيد الكربون (CO) و ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) و المواد العالقة و مركبات المعادن و المركبات العضوية و مركبات الديوكسينات و الفيورانات.

يمكن أن تحوي المرممات الكبيرة معدات ضبط تلوث الهواء متطورة (كمثال ترشيح نسيجي و حقن الجير و حقن الكربون الفعال). في حين تشمل المرممات الصغيرة من أجل المنتجات الثانوية في المسالخ و من أجل أجهزة البيطرة ، مرممات في المزارع للتخلص من قطع الخشب و جثث الحيوانات الأليفة. يمكن أن تحوي هذه المرممات على إجراءات ضبط التلوث تتراوح كحد أدنى (حجرة احتراق و مدخنة) إلى أنظمة معقدة مزودة بحجرات احتراق ثانوية و حراقات بعدية و فلتره.

تشمل المسالك الأخرى للانبعاثات الرماد و بقايا التحكم بتلوث الهواء و في المقام الأول الانبعاثات إلى الأرض. و تعتبر الاطلاقات إلى الماء بعيدة الاحتمال

2.2.2. الحرق المفتوح

إن حرق جيف الحيوانات ليست غير شائعة. على أية حال، إن حرق حفنة من جيف الحيوانات في وقت واحد غير شائع. استخدمت حكومة المملكة المتحدة الحرق الجماعي في عام 2001 كجزء من الإجراءات الوقائية للتحكم بمرض جنون البقر و لكن من غير المحتمل اعتباره كإجراء ملائم في المستقبل (الجدول 1).

الجدول 1. انفجار مرض القدم-الفم (مرض جنون البقر) في المملكة المتحدة 2001: التخلص من جيف الحيوانات

طريقة التخلص	الإحصائيات المؤقتة
حرق (في مزرعة)	> 950 sites
دفن (في مزرعة)	900 sites موقع
دفن جماعي	61,000 طن في 4 مواقع
مطمر تجاري	95,000 طن في 29 موقع
استخلاص بالنقع	131,000 طن في 7 محطات

المصدر: Anderson 2002.

قدر انبعاثات مركبات الديوكسينات و الفيورانات في الجو من محارق التخلص من جيف حيوانات مرض جنون البقر في 2001 بحوالي 0.7 غرام بالمقارنة مع انبعاثات المملكة المتحدة الكلي و المقدر بحوالي 314 غرام (NAEI website). تم أخذ الحرص في إنشاء المحارق باستخدام العوارض الخشبية لسكك الحدي و التي يجري معالجتها بمواد حفظ الأخشاب الحاوية على ثنائي كلور الفينول أو الليندين و التي يخفف من إطلاق مركبات الديوكسينات و الفيورانات. توفر مرممات ستائر الهواء مستوى تكنولوجيا متوسطة بين المحارق المفتوحة و المرممات و لكنها منشآت غير دائمة. أم الوحدات الكبيرة فهي أساسا حفر هندسية مزودة بنافخ للهواء لتسهيل عملية الاحتراق متصل جنبا على جنب مع معدات توجيهه للتحكم بتدفق الهواء. توفر مثل هذه الوحدات احتراق أفضل من الحرق المفتوح و لها تطبيق في التخلص صغير الحجم من الحيوانات

2.2.3. الانبعاثات من الاستخلاص بالإذابة

تشمل عملية استخلاص بالإذابة معالجة جلد الحيوان و ريش الطائر و العظام والقلامات و السوائل و الشحوم. بشكل عام، تشمل عملية الاستخلاص تحطيم و طحن المنتجات الثانوية متبوعة بمعالجة حرارية. يمكن فصل الشحم المذاب (الشحم الحيواني) من المواد الصلبة بواسطة التثقيب أو الكبس. يطحن الجزء الصلب عادة إلى وجبات اللحم و العظم.

عموما، لا تحوي الانبعاثات الناتجة عن عمليات الاحتراق المرافقة لعملية الاستخلاص بالإذابة (الأفران المستخدمة في إنتاج البخار من أجل المعالجة الحرارية) أية ملوثات عضوية ثابتة و لكن يمكن أن تظهر الروائح الكريهة و انبعاثات المركبات العضوية الطيارة من أنشطة الاستخلاص بالإذابة المختلفة.

يمكن أن تعطي وجبات اللحم و العظام التي تحرق انبعاثات من الملوثات العضوية الثابتة. في الاتحاد الأوروبي، تحرق حاليا وجبات اللحوم و العظام في منشآت ترميد مناسبة أو تدفن.

2.2.4. انبعاثات مركبات الديوكسينات و الفيورانات في الهواء

من أجل معلومات عامة حول آليات تشكل مركبات الديوكسينات و الفيورانات يمكن، أنظر القسم (i) III.C من الدليل الإرشادي الحالي.

و كمثال، يتطلب من مرمدات جيف الحيوانات الجديدة في المملكة المتحدة عموما تحقيق تراكيز انبعاث من الديوكسينات و الفيورانات أقل من 0.1 نانوغرام مكافئ سمي/م³ معيارية عند 11% أكسجين جاف و ضغط و درجة حرارة نظاميين (0 مئوية و 101.3 كيلو باسكال)². لا تحتاج المرمدات الجديدة صغيرة السعة (إنتاجها أقل من 50 كغ في الساعة)، أية حدود للانبعاثات و لكنها تحتاج إلى أن تشغل وفق مخطط موافق عليه. و للحصول على مثل هذه الموافقة، يطلب دليل التنظيم من مصنع المرمدة إثبات بأنها تعمل عند درجة حرارة دنيا 850 درجة مئوية و من أجل زمن بقاء و قدره 2 ثانية. ويجب أيضا ملاحظة أن المتطلبات على الأرجح ستتحقق من خلال التصاميم و التي ستشمل حجرة احتراق ثانوية مع حراقات بعدية.

أجري مسح للانبعاثات من المرمدات منخفضة السعة الحالية في المملكة المتحدة من أجل قسم شؤون البيئة و الأطعمة و الريف (DEFRA) قبل إدخال القواعد الجديدة و أشار إلى تراكيز وسطية لمركبات الديوكسينات و الفيورانات و قدرها 0.05 - 0.40 نانوغرام مكافئ سمي/م³ نظامي (AEA Technology 2002). أشارت أيضا نتائج مراقبة الاطلاقات إلى الهواء من وحدتين تجاريتين لحرق جيف الحيوانات في المزارع في أونتاريو، كندا، بأن تراكيز مركبات الديوكسينات و الفيورانات تراوحت تقريبا بين 0.0006 و 0.0044 نانوغرام مكافئ سمي/ م³ نظامي (Environment Canada) (2004).

و يجب أخذ العلم بأنه تم حظر الترميد منخفض السعة في المزرعة في العديد من البلدان.

2.2.5. الاطلاقات في الأوساط الأخرى

يمكن أن يتلوث مياه التبريد و المياه السطحية و العملية بسوائل الجسم و المواد الصلبة العالقة و الشحوم و الزيوت. يجري التخلص من جيف الحيوانات و الرماد و المنتجات الثانوية في الأرض. و لم يسبق أن يؤدي التخلص من النفايات في المطامر على نحو لائق إلى خطر كبير لتعرض عموم الناس و لها يعتبر المسلك الرئيسي، لتعرض عموم الناس، الانبعاث إلى الهواء.

² 1 نانو غرام = 1×10^{-12} كيلوغرام (1×10^{-9} غرام). من أجل معلومات حول قياس السمية، انظر القسم I.C ، القسم الفرعي 3 من الإرشادات الحالية

3. العمليات الموصى بها

3.1. نظرة عامة حول التخلص

طبقت بعض البلدان سياسة عدم دفن الحيوانات و المنتجات الثانوية. في حين طبقت بعض البلدان منشآت مركزية ذات سعات عالية للتخلص من جيف الحيوانات و بعضها الآخر حظر حرق جيف الحيوانات في المزارع. و احتوت بعض البلدان على مزيج من المنشآت الكبيرة و الصغيرة (مثل مرمدات المزارع) و المطامر. يستخدم التحلل و التهضيم القلوي في العديد من البلدان و هي طريقة لا تعتمد على الترميد من أجل التخلص من جيف الحيوانات كما هو الحال في الحفر الجيرية. و يعتبر التهضيم اللاهوائي طريقة إضافية لا تعتمد على الترميد لبعض بقايا الحيوانات. على أية حال، يحتاج التخلص من البقايا إدارة حريصة من أجل غايات ضبط الأمراض. و يمكن الحصول على معلومات إضافية حول التهضيم اللاهوائي في مراجعة حديثة أجريت من قبل جامعة ولاية كنساس الأمريكية (Erickson et al 2004).

لا تزال عملية التخلص في المطامر الملوثات العضوية الثابتة و التي يمكن أن تكون موجودة في جيف الحيوانات و لكنها تزال خطر تعرض الإنسان.

يجب أن تعكس الطريقة المطبقة الطبيعة الخاصة و ظروف إنتاج الأطعمة و أنشطة المسالخ و الاستخلاص بالإذابة في البلد (بما في ذلك البنية التحتية و التقنيات و الممارسات الاجتماعية). و كمثال، تحتاج منشآت ترميد كبيرة الحجم إلى بنية تحتية معقدة للنقل لخفض خطر العدوى نتيجة نقل مواد مصابة بالإضافة إلى بنية تسعيرة قادرة على دعم المنشأة.

لدى تحطيم جيف الحيوانات، يعود المصدر الرئيسي لانبعاثات الكيماويات المدرجة في المرفق C إلى ترميد جيف الحيوانات و المنتجات الثانوية (بما في ذلك المنتجات الثانوية الناجمة عن عمليات الاستخلاص بالإذابة). و بالتالي يجب أن تصميم كافة منشآت الاحتراق من أجل جيف الحيوانات و بقايا الاستخلاص بالإذابة بحيث تحقق متطلبات درجة الحرارة الدنيا للفرن و هي 850 درجة مئوية و 2 ثانية كزمن بقاء الغازات المحترقة و زيادة كافية من الهواء للتأكد من إتمام الاحتراق. يجب عدم استخدام أية تصاميم لا تحقق هذه المعايير ما لم تثبت بأنها قادرة على التشغيل دون انبعاث معنوي للملوثات العضوية الثابتة.

يمكن أن تحتوي منشآت كبيرة و التي يمكن أن ترخص وفقا لتعليمات الاتحاد الأوروبي الخاصة بمنع و ضبط التلوث المتكامل، أو أي قوانين لمنع التلوث مماثلة في بلدان أخرى، متطلبات التحكم بتلوث الهواء أساسية لتحقيق متطلبات الانبعاث من أجل المكونات الأخرى. و تشمل هذه (على سبيل المثال) إرجاع انتقائي غير تحفيزي لضبط NO_x و حقن الجير لضبط الغاز الحمضي (SO₂ و HCl) و حقن الكربون الفعال لضبط الزئبق و PCDD/PCDF و الترشيح النسيجي من أجل ضبط المواد العالقة.

من غير المحتمل أن تؤثر وحدات الترميد صغيرة الحجم بشكل معنوي على جودة الهواء على المستوى المحلي أو الوطني. و في مثل هذه الحالات، من الملائم تطبيق متطلبات درجة حرارة الفرن و زمن البقاء من أجل ضبط انبعاثات الملوثات العضوية الثابتة.

3.2. أفضل التقنيات المتاحة

تعتبر أفضل التقنيات المتوفرة تلك التي تشمل التكنولوجيا و الإدارة و معاملات التشغيل و ضبط انبعاثات الملوثات العضوية الثابتة، و تتألف من الإجراءات الوقائية التالية:

- يجب أن تحقق أفران الاحتراق المتطلبات الدنيا من درجة الحرارة و زمن البقاء و الأكسجين و تثبت أنها تحقق تلك المتطلبات.
- معدات ضبط تلوث الهواء بما في ذلك إدارة درجة الحرارة لضبط زمن البقاء في نافذة إعادة التشكيل، حقن الكربون و ترشيح نسيجي أو ما يكافئ
- تصميم نظام تغذية النفاية لخفض تأثير الشحنات الجديدة (يجب تقطيع و دفع التغذية إلى الفرن ضمن نظام مغلق و كتيم).
- يجب أن تكون حجرات الاحتراق و الأغلفة محكمة الإغلاق قدر الإمكان و تعمل تحت ضغط مخفض لتخفيض إطلاق غازات الفرن.

- يجب مراقبة درجة حرارة الغاز للسماح لأنظمة التحكم للمحافظة على معيار درجة الحرارة الدنيا (من خلال حراقات وقود داعمة) و توفير إقفال ذاتي لإيقاف التغذية في حال انخفاض درجة الحرارة إلى أقل من الحد الأدنى.
 - يجب مراقبة تدفق الأكسجين و مستويات أول أكسيد الكربون و ربطها مع نظام التحكم للتأكد من الضبط الملائم لإمداد الهواء و تحديد أية مشاكل في الاحتراق
 - يجب أن لا يكون الوقود الداعم من الوقود المشتق من النفايات ما لم يثبت بأنه لا يطلق ملوثات عضوية ثابتة إضافية عن الغاز و النفط و أنواع الوقود النظيفة الأخرى
 - تخصيص مناطق قاسية مزودة بمصارف من أجل التحميل و التنزيل و غسيل الحاويات لتسهيل التنظيف و التطهير. خذ في الاعتبار بأن هناك حاجة لترديد البقايا من أجل ضبط العوامل الممرضات
 - تحميل آلي و التعامل مع مواد النفايات لخفض تعرض المشغلين
 - يجب أن تنشأ منشآت الترميد (حيث التشغيل مسموح) على صبات بيتونية و إقامتها على الأقل 100 م بعيدا عن أي بئر أو نبع أو مياه سطحية. و بشكل مشابه، يجب أن تقع هذه المنشآت على بعد 6 م على الأقل من أية أبنية أو مبنى قابل للاشتعال.
 - يجب أن تكون منشآت تخزين النفايات مبردة قابلة للإغلاق و ضد القوارض و الطيور و مزودة بتحكم للروائح الكريهة
 - قلل من استخدام الأكياس البلاستيكية لاحتواء النفايات و ادرس استخدام القفز التي يبطل الحاجة إلى الاتصال مع بقايا الحيوان
 - يجب استرداد الرماد في ناقلات مغطاة و حاويات محكمة الإغلاق لتجنب اطلاقات الغبار الهاربة (خصوصا بقايا ضبط تلوث الهواء). يجب التخلص من الرماد في مطمر ملائم.
 - إدارة النفايات الواردة و حفظ السجلات
 - ضبط علمية فعال، فحص و صيانة وقائية لكافة العناصر الذي يمكن أن يؤثر عطلها على البيئة بإصدار الملوثات البيئية الثابتة
 - يجب تعريف تحديد المشغل و تحقيقها بالتدريب المناسب
 - تطبيق قيم حدود الانبعاث و مراقبة الانبعاثات لإثبات الالتزام
 - التخلص من الرماد و المتبقيات بطريقة الطمر
- لم يجر اعتبار أفضل التقنيات المتاحة من أجل الملوثات الأخرى حيث يجب الإقرار بأن هناك عوامل أخرى ستؤثر على تعريف أفضل التقنيات المتاحة لمنشأة ما (مثلا، اعتبارات استخدام الماء و الطاقة).

3.3. أفضل الممارسات البيئية

- إذا كان الترميد سيتبع، فعلى البلدان، في الدرجة الأولى، أن تسعى إلى تطوير منشآت من أجل حرق جيف الحيوانات و منتجات الحيوان الثانوية التي يمكن أن تحقق معيار درجة الحرارة الدنيا و زمن بقاء و الأكسجين. و يجب الإشارة أنه ربما تكون هناك حاجة لمعدات ضبط تلوث الهواء لتحقيق قوانين جودة الهواء و الانبعاثات المحلية من أجل الملوثات غير الملوثات العضوية الثابتة.
- عندما تتركب معدات ضبط تلوث الهواء و استرداد الحرارة، فإن تصميم مثل هذه المعدات يجب أن تعالج خطر تشكل PCDD/PCDF بطريقة de novo و ذلك بخفض زمن بقاء المواد في نافذة حرارة إعادة التشكيل. يجب أن تثبت الانبعاثات من مثل هكذا محطة بأنها خالية من الملوثات العضوية الثابتة بالقياس عند بدء التشغيل.
- يجب أن تقييم المنشآت المستخدمة في الترميد المشترك لمواد النفايات (مثل حرق الشحم الحيواني أو اللحم و العظام في أفران الإسمنت) للتأكد من أنه يمكن تحقيق معيار درجة الحرارة الدنيا و زمن البقاء و الأكسجين، يجب استخدام مراقبة الانبعاث لتحديد الالتزام بحدود الانبعاث. يجب أن لا تكون الانبعاثات الناجمة عن الترميد المشترك لنفايات الحيوان أكثر من تلك الناجمة عن تشغيل العلمية بدون إحراق النفايات.

من أجل منشآت ترميد صغيرة جدا (اقل من 50كغ/ساعة)، يجب ضبط انبعاثات الملوثات العضوية الثابتة باستخدام أفران (ربما، مثلا، بواسطة مخطط موافق عليه) بأنها قادرة على التشغيل وفقا لمعيار درجة حرارة الفرن الدنيا و زمن البقاء. بالإضافة إلى ذلك، يجب أن تكون العملية بدون دخان و إجراءات التحميل و التشغيل مترابطة للتأكد من أن المواد لا تحرق حتى تصل درجة حرارة الحجرة الثانوية إلى الحرارة الدنيا. و في هذه الحالة، من المستبعد أنه يمكن تبرير تكاليف قياسات الانبعاثات.

يجب أن لا يعتبر استخدام المحارق أفضل الممارسات البيئية. و إذا استخدمت المحارق، فهناك حاجة لأخذ الحيطة لتجنب استخدام الوقود كالحشب المعالج أو أنواع الوقود الأخرى التي تحوي على مواد يمكن أن تطلق الملوثات العضوية الثابتة. أشارت بعض البيانات المحدودة (Sinclair Knight Merz 2005) بأن محارق الستائر يمكن أن تؤدي إلى انبعاثات من كل جيفة مشابهة للمحارق الصغيرة و لكن تكون الكمية الإجمالية للوقود و الجيف (و بالتالي الانبعاثات المحتملة) أعلى بكثير من أجل المحارق الصغيرة. يجب عدم اعتبار استخدامها أفضل الممارسات البيئية، ما عدا ربما إذا كانت هدفا لإستراتيجية ضبط المرض. يمكن أن يكون استخدام تقنيات التهضيم و الطمر المصمم و الذي يدار بشكل ملائم بديلا للترميد.

4. إجراءات وقائية أولية و ثانوية

4.1. الإجراءات الوقائية الأولية

تعد الإجراءات الوقائية الأولية تقنيات لخفض أو التخلص من نشوء و إطلاق الملوثات العضوية الثابتة. تشمل الإجراءات المحتملة:

4.1.1. تصميم الفرن

يجب أن يوفر الفرن شروطا حيث تبقى درجة الحرارة الدنيا 850 درجة مئوية أثناء التحميل و الاحتراق و طرح الجيفة مع زمان بقاء و قدره 2 ثانية و كمية كافية من الأكسجين للتأكد من تحطيم أية ملوثات عضوية باقية.

من المحتمل أن تكون هناك حاجة لحجرة احتراق ثانوية مع حراقات بعدية أو حقن هواء لتحقيق هذه المعايير. يجب بشكل خاص أخذ الحرص للتأكد من الحجم المناسب لحجرة الاحتراق الثانوية و الحجم المحدد (حجم مخرج آخر حقنة من الوقود أو هواء الاحتراق مع 850 درجة مئوية كحرارة دنيا على مدى الحجم).

و كمثال، يجب تصميم الفرن بحيث يسمح تشغيل مستمر (و ذلك بتزويد تغذية آلية مستمرة إلى الفرن و إزالة آلية للرماد مما يساعد في تقليل اضطراب العملية الذي يمكن أن يؤدي إلى انبعاث الملوثات العضوية الثابتة. يتطلب التشغيل المستمر ذبل المواد الصلبة للتأكد من تجانس التغذية. و من المسلم به، فإن العملية المستمرة للوحدات الصغيرة و الوحدات التي تتعامل مع جيف كاملة، ربما تكون غير مناسبة. يحتاج تصميم الفرن إلى تسهيل الاحتراق الجيد للمواد (محتوى الرماد من الكربون منخفض).

و عندما يقترح الترميد المشترك، يجب تطبيق المعيار ذاته لدرجة حرارة الفرن و زمن البقاء.

4.1.2. مواد التغذية

يجب تجنب وجود البلاستيك و الملوثات الأخرى (خصوصا مركبات الكلور) في مواد التغذية لخفض إنتاج الملوثات العضوية الثابتة أثناء الاحتراق غير التام أو بالاصطناع de novo. و من المعروف أن استخدام أكياس البلاستيك و المواد المشابه ضرورة صحية للمشغل و الحيوان. على أية حال، يجب تقليل استخدامها باستخدام أجهزة تغذية ميكانيكية و آلية.

و يجب أن ندرك أنهم ضروري تصنيف الجيف و منتجاتها الثانوية وفقا للمصدر (مثلا مواد خطرة خاصة).

يمكن أن تشمل الطرق المدروسة:

- استخدام حمالات ميكانيكية لتجنب لمس الجيف.
- استخدام تقنيات ذبل و طحن كي تسمح التحميل و التشغيل المستمر
- التقليل من التلوث من التغليف بما في ذلك البلاستيك غير المهلجن.

4.1.3. الوقود

ينصح باستخدام الوقود النظيف من أجل الإقلاع و الحراقات الداعمة و الحراقات البعدية. يجب أن تسعى المنشآت الكبيرة إلى احتراق مستمر ذاتي لتقليل استخدام الوقود. يجب تقليل استخدام الوقود المشتق من النفايات أو أنواع الوقود الأخرى المحتمل تلوثها بالملوثات العضوية الثابتة، و كما يجب عدم استخدامها في الإقلاع أو اضطراب العملية عندما تكون درجة الحرارة أقل من 850 درجة مئوية و شروط غير مستقرة.

4.1.4. ضبط فعال للعملية

يجب استخدام أنظمة تحكم بالعملية للمحافظة على استقرار العملية و تشغيل عند مستويات تسهم في خفض تشكيل الملوثات العضوية الثابتة مثل المحافظة على 850 درجة حرارة الفرن لتحطيم مثل هذه الملوثات. يجب مراقبة انبعاث الملوثات العضوية الثابتة باستمرار للتأكد من خفض الإطلاق. يجب مراقبة و المحافظة على المتغيرات مثل درجة الحرارة و زمن البقاء و مستويات غاز أول أكسيد الكربون و المركبات العضوية الطيارة و المكونات الغازية الأخرى و ذلك لتحقيق شروط التشغيل المثلى.

4.1.5. كفاءة المشغل

إن إدارة المنشأة هي المفتاح للتأكد من التشغيل الآمن بيئياً و السليم. يجب على كافة المشغلين أن يكونوا ملمين بكافة واجباتهم، وخصوصاً تلك المتعلقة بالتشغيل الروتيني و الصيانة و ضبط المرض و شروط اضطراب العملية و القوانين البيئية المحلية. يجب تعريف أداء المشغلين عن طريق التدريب المناسب في مستوى ملائم للمنشأة.

4.2. الإجراءات الوقائية الثانوية

أما الإجراءات الوقائية الثانوية فهي تقنيات التحكم بالتلوث. لا تزيل هذه الطرائق إنتاج الملوثات و لكنها تخدم كوسائل لاحتواء و منع الانبعاثات.

4.2.1. جمع الغازات و الأبخرة

يجب ضبط انبعاثات الهواء في كافة مراحل العملية بما في ذلك التعامل مع المواد و نقاط نقل و احتراق المواد، لضبط انبعاث الملوثات العضوية الثابتة. تعتبر الأفران محكمة الإغلاق ضرورية لاحتواء الانبعاثات الهاربة في حين يسمح باسترداد الحرارة و جمع الغازات الخارجة من أجل إخمادها أو طردها. يعتبر تصميم مجمع الأبخرة و الغازات و قنوات الغاز ضروري لتقليل الطرح الهرب. يمكن أن تستخدم أنظمة تغذية مغلقة أو مقلب مغلق مما يسهم في خفض الانبعاثات الهاربة إلى بشكل كبير من خلال احتواء الانبعاثات أثناء التغذية.

4.2.2. معدات ضبط تلوث الهواء

يجب أن تطبق المنشآت الكبيرة مجالاً من معدات ضبط تلوث الهواء بهدف توفير تحكم لكافة الانبعاثات المعنوية إلى الجو. إ الاهتمام في اختيار، التصميم و الاستخدام لمعدات ضبط تلوث الهواء من أجل الملوثات الأخرى أيضاً، عموماً، يقلل من انبعاثات الملوثات العضوية الثابتة. يجب أن يلحظ التصميم احتمال تشكل *de novo* لبعض الملوثات العضوية المختارة و تقلل احتمال هذا التشكيل. يجب إزالة المواد العالقة لتقليل انبعاثات PCDD/PCDF إلى الجو المحيط (على الرغم من أنها ستطرح في المطر). تعتبر المرشحات النسيجية تقنية فعالة و لكنها أجهزة درجات منخفضة بشكل أساسي (حتى 200 درجة مئوية).

و من أجل عمليات المنشأة الصغيرة، يعد ربما استخدام الحراقات البعدية معالجة كافية للتحكم بانبعاثات الملوثات العضوية الثابتة في حين لا تعتبر معالجة العوالق ضرورية.

يجب مراقبة عمليات مراقبة تلوث الهواء باستمرار بواسطة أجهزة لكشف أي إخفاق. تشمل التطورات الأكثر حداثة طرق التنظيف المستمرة و الأغلفة التحفيزية لتحطيم PCDD/PCDF .

يجب اعتبار المعالجة بالكربون الفعال لإزالة الملوثات العضوية الثابتة من الغازات المنطلقة. تتميز عمليات الكربون الفعال بمساحة سطح فعال كبير حيث يمكن أن تمتص PCDD/PCDF . يمكن معالجة الغازات المنطلقة بالكربون الفعال باستخدام مفاعلات ثابتة أو متحركة، أو بنفث جزيئات الكربون الفعال في مجر الغاز متبوعاً بإزالة على مرشح غبار باستخدام أنظمة إزالة غبار عالي الكفاءة كالفلاتر النسيجية.

5. ملخص الإجراءات الوقائية

يعرض الجدولان 1 و 2 ملخصا عن الإجراءات الوقائية و التي جرى مناقشتها في الفقرات السابقة.

الجدول 2. الإجراءات الوقائية للعمليات الموصى بها لمحارق جيف الحيوانات الجديدة

الإجراء	الوصف	اعتبارات	ملاحظات أخرى
العمليات الموصى بها	منشآت ترميد أو ترميد مشترك كبيرة (أكبر من 50 كغ/ساعة)	درجة حرارة دنيا 850 مئوية و زمن بقاء 2 ثانية في حجم محدد مع كمية كافية من الهواء للتأكد من تحطيم الملوثات العضوية الثابتة. تركيب معدات ضبط تلوث الهواء لخفض انبعاثات SO ₂ و HCl و CO و المركبات العضوية الطيارة و المواد العالقة و الملوثات العضوية الثابتة.	تعتبر هذه أفضل التقنيات المتاحة. و يجب أن يوجد في المحطة نظام إدارة يبرهن بأن المحطة تحقق قيم حدود الانبعاث و المراقبة الدائمة للتأكد من تحقيق المعايير.
	منشآت ترميد صغيرة (أقل من 50 كغ/ساعة)	درجة حرارة دنيا 850 مئوية و زمن بقاء 2 ثانية في حجم محدد مع كمية كافية من الهواء للتأكد من تحطيم الملوثات العضوية الثابتة	من أجل المحطات الصغيرة، يجب أن تكون الشروط دنيا لمعالجة موضوع الملوثات العضوية الثابتة، حيث يمكن تطبيق نوعا من الآلية الموافق عليها و فحص إدارة المحطة (أكثر من اختبار الانبعاث الغالبية)

الجدول 3. ملخص الإجراءات الوقائية الأولية و الثانوية لتحطيم طيف الحيوانات

الإجراء	الوصف	اعتبارات	ملاحظات أخرى
الإجراءات الوقائية الأولية			
تصميم الفرن			و هو أفضل الأماكن لزيادة تحطيم الملوثات العضوية الثابتة و خفض إنتاجها
التحكم بمواد التغذية	يجب تجنب وجود المواد البلاستيكية و المعادن و مركبات الكلور في المواد الداخلة من أجل تخفيض نشوء المواد العضوية الثابتة أثناء الاحتراق غير التام أو الاصطناع de novo	إزالة المواد البلاستيكية المكورة زادة قصوى للتعامل الميكانيكي	تكنولوجيا منخفضة إلى حد ما
الوقود	وقود نظيف للدعم		
تحكم فعال بالعملية	يجب استخدام أنظمة التحكم بالعملية للمحافظة على استقرار العملية و التشغيل في مستويات المعاملات بحيث تسمح بخفض انبعاث المواد العضوية الثابتة.	يمكن خفض انبعاثات مركبات الديوكسينات و الفيورانات بضبط المتغيرات الأخرى مثل درجة الحرارة و زمن البقاء و المكونات الغازية	إن استخدام درجة الحرارة من معاملات الضبط الأساسية و المباشرة. مراقبة الأكسجين و CO و المواد العضوية الطيارة أكثر تعقيدا و لكنها مباشرة. على أية حال، يعتبر صيانة نظام

الإجراء	الوصف	اعتبارات	ملاحظات أخرى
الإجراءات الوقائية الثانوية			
جمع الأبخرة و الغازات	احتواء فعال لغازات الفرن في كافة شروط عملية الترميد لمنع الاطلاقات الهاربة	و من العمليات الواجب أخذها في الاعتبار تشمل الأفران محكمة الإغلاق لاحتواء الانبعاثات الهاربة في حين تسمح باسترداد الحرارة و جمع الغازات المنطلقة	
معدات التحكم بتلوث الهواء	يمكن أن يساعد حذف المولد العالقة في خفض الانبعاث المحتمل للملوثات العضوية الثابتة. يجب اعتبار المعالجة بالكربون الفعال كونه يتميز بسطح فعال كبير يمتص مركبات الديوكسينات و الفيورانات من الغازات المنطلقة.	يعتبر الترشيح بواسطة المرشحات النسيجية طريقة فعالة للتخلص من المواد العالقة و هي مباشرة باستخدام مواد ماصة جافو أو شبه جافة من أجل ضبط الغاز الحامضي و المعادن. على أية حال، تحتاج إلى خفض في درجات الحرارة. حقن بودرة الكربون الفعال في مجرى الغاز متبوعا بإزالة كمرشح للغبار	يؤدي استخدام أجهزة ضبط تلوث الهواء إلى مورد نفايات إضافية و تحتاج إلى مستهلكات. و على الأرجح تحتاج إلى خفض درجة حرارة مجرى الغاز (لمنع استخدام أوساط ترشيح أكثر غرابة) و بالتالي هناك حاجة للحبطة لخفض البقاء في نافذة إعادة التشكيل. و من المستحسن تفادي نشوء الملوثات العضوية الثابتة في الفرن. على أية حال، يسمح هذا الطريق بعض التآزر لاضطراب شروط العملية و أيضا يعتبر أفضل التقنيات المتوفرة في أوروبا من أجل عمليات الترميد إن كافة معدات ضبط تلوث الهواء غالية الثمن لشرائها و تشغيلها بالإضافة إلى غلاء قطع التبديل

6. مستويات الأداء المرافقة لأفضل التقنيات المتاحة و أفضل الممارسات البيئية

تبلغ مستويات الأداء لمركبات الديوكسينات و الفيورانات في انبعاثات الهوائية المرافقة لأفضل التقنيات المتاحة أقل من 0.1 نانوغرام مكافئ سمي عند 11% أكسجين جاف و درجة حرارة و ضغط نظاميين (0 درجة مئوية و 101.3 كيلو باسكال). و من أجل معلومات إضافية أنظر European Commission 2003.

المراجع

AEA Technology. 2002. *Atmospheric Emissions from Small Carcass Incinerators*. Report for the Department for Environment, Food and Rural Affairs, United Kingdom.

Anderson I. 2002. *Foot and Mouth Disease 2001: Lessons to be Learnt Inquiry Report*. Stationery Office, London.

Environment Canada. 2004. *Characterization of emissions from an animal crematorium Burn easy Model 37-1 and EcoWaste CleanAire*. ERMD 2003-04 Unpublished reports. March 2004

EPA (United States Environmental Protection Agency). 1995. *Meat Rendering Plants*. Emission Factor Documentation for Background Report AP-42, Section 9.5.3. EPA, Office of Air Quality Planning and Standards, Emission Factor and Inventory Group, Washington, D.C.

Erickson L. Fayet E. Kakumau B. Davis (2004) Carcass Disposal: A Comprehensive Review, National Agricultural Biosecurity Centre, Kansas State University, Chapter Seven - Anaerobic digestion.

European Commission. 2003. *Reference Document on Best Available Techniques in the Slaughterhouses and Animal By-products Industries*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. Eippcb.jrc.es.

NAEI (National Atmospheric Emissions Inventory). *Emission Factors Database*. DEFRA (Department for Environment, Food and Rural Affairs). www.naei.org.uk/emissions/index.php.

Sinclair Knight Merz. 2005. *Air Curtain Incinerator Trial Report*. Report for New Zealand Ministry of Agriculture and Forestry.

القسم السادس VI

التوجيهات/المبادئ التوجيهية وفق فئة المصدر:
فئات المصدر في الجزء الثالث من المرفق "جيم"

الجزء الثالث فئة المصدر (j):
صبغة النسيج و الجلود (بمادة الكلورونيل)
و الإنهاء (بواسطة الاستخلاص القلوي)

جدول المحتويات

i	قائمة الجداول
1	.VI.J. صباغة النسيج و الجلود (بمادة الكلورونيل) و الإنهاء (بواسطة الاستخلاص القلوي)
1	1. صناعة النسيج
1	1.1. مقدمة
1	1.2. وصف العملية
2	1.3. مصادر الكيمائيات في الملحق من الملحق C من اتفاقية استوكهولم
2	1.3.1. التلوث بمركبات الديوكسينات و الفيورانات من خلال إدخال الكيمائيات الحاوية على الديوكسين
3	1.3.2. تشكل جديد لمركبات الديوكسينات و الفيورانات في عمليات التخلص الحرارية
3	2. تشذيب الجلود
3	2.1. مقدمة
4	2.2. وصف العملية
4	2.3. مصادر الكيمائيات في الملحق من الملحق C من اتفاقية استوكهولم
4	3. تراكيز الديوكسينات/الفيورانات في الكيمائيات المستخدمة في سلسلة إنتاج النسيج و الجلود
5	4. أفضل التقنيات المتاحة و أفضل الممارسات البيئية
5	5. البدائل
5	6. المراقبة

قائمة الجداول

5	الجدول 1. تراكيز الديوكسينات/الفيورانات في الأصبغة و المؤكسدات /مواد الصباغة
---	--

VI.J. صباغة النسيج و الجلود (بمادة الكلورونيل) و الإنهاء (بواسطة الاستخلاص القلوي)

ملخص

وجد التلوث بالديوكسينات و الفيورانات في منتجات كل من الأنسجة و الجلود. يعود وجود الديوكسينات/الفيورانات في صناعات الأنسجة و الجلود إلى الكيماويات المكورة و بخاصة خماسي كلور الفينول و كلور نيتروفين لحماية المادة الأولية (القطن، الصوف و الألياف الأخرى و الجلود) و استخدام الأصبغة الملوثة بالديوكسينات (مثل dioxazines و phthalocyanines). يمكن أن تتشكل كميات أصغر من الديوكسينات/الفيورانات أثناء عمليات الإتمام و أثناء حرق الوحل الناتج عن العملية.

يوجد بدائل الأصبغة المذكورة أعلاه و يجب عدم تطبيقها.

و تشمل البدائل الممكنة لخماسي كلور الفينول و كلورونتروفين مركبات 2-(thiocyanomethylthio) benzothiazole (TCMTB); *o*-phenylphenol (oPP); 4-chloro-3-methylphenol (CMK); and 2-*n*-octyl-4-isothiazolin-3-one (OIT).

و فيما يخص أفضل التقنيات المتوفرة، يمكن أن تكون أكثر الإجراءات الأولية كفاءة لمنع تلوث بضائع الجلود و الأنسجة بالديوكسينات/الفيورانات و هو عدم استخدام المؤكسدات و الأصبغة الحاوية على الديوكسينات في سلاسل الإنتاج. أيضا، إذا استخدمت أي من الكيماويات المذكورة أعلاه، يفضل استخدام دفعات بتركيز منخفضة (كمثال، مقطرة أو كيماويات أنقية). يجب تجنب، إلى حد الإمكان، حرق الأنسجة و صناعة التنجيد و صناعة الجلود لمنع تشكل الديوكسينات/الفيورانات.

و من أجل منع أو تقليل تشكل و إطلاق الديوكسينات/الفيورانات لدى حرق الوحل الناجم عن معالجة مياه الصرف الصحي و التعويم، يجب تطبيق أفضل التقنيات المتوفرة كما جرى شرحه في القسم VI.D من الإرشادات الحالية (الغلايات الصناعية). على أية حال، يجب البحث عن تقنيات ببنية أخرى.

1. صناعة النسيج

1.1. مقدمة

تظهر صناعة النسيج واحدة من أكثر سلاسل التصنيع المعقدة. فهي قطاع مقسم و غير متجانس يسيطر عليه مؤسسات تجارية صغيرة و متوسطة الحجم، فمثلا في عام 2000، في الاتحاد الأوروبي، توظف 114,000 شركة حوالي 2.2 مليون شخص (European Commission 2003b). يعود الطلب بشكل كبير من قبل ثلاثة قطاعات رئيسية هي الألبسة و أثاث المنزل و الاستخدام الصناعي.

تتألف سلسلة النسيج و الألبسة من عدد واسع من القطاعات الفرعية تغطي كامل دورة الإنتاج من إنتاج المواد الخام (النسيج الصناعي) إلى منتجات شبه مصنعة (الغزل، النسيج المحلوج و المخيط مع عمليات الإنهاء) منقسمة و غير و من أجل منع أو تقليل و المنتجات المنتهية أو منتجات المستهلك (السجاد و أنسجة المنزل و الألبسة و الاستخدام الصناعي للأنسجة).

1.2. وصف العملية

لا يمكن معالجة النسيج المحلوج و المتشابك إلى بضاعة منتهية حتى تمر الأنسجة عبر مراحل معالجة عديدة رطبة بالماء مكثفة (تعرف أيضا بالإنهاء) مثل تحضير النسيج و الصباغة و الطباعة و الإنهاء. يحتاج النسيج الطبيعي مراحل أكثر من المعالجة أكثر من النسيج الصناعي. تنتج حجوم كبيرة من مياه الصرف نسبيا و التي تحوي مجالا واسعا من الملوثات و التي تعالج عادة قبل التخلص منها. تستخدم كميات لا بأس بها من الطاقة في تسخين و تبريد الأحواض الكيماوية و صباغة النسيج و الغزل.

يحتاج تحضير النسيج إعادة التقييس و إزالة النفاية و تبيض بالإضافة إلى حرق و صقل. تستخدم عمليات الصباغة في مراحل عديدة من الانتاج لإضافة اللون و التعقيد للنسيج و رفع قيمة المنتج. تكون معظم الأصبغة بشكل كبير صناعية. تشمل عملية الإنهاء المعالجات الميكانيكية و الكيميائية (EPA 1997).

إن أهم الأخطار البيئية المرافقة لصناعة الأنسجة كميات المياه المطروحة و الحمل الكيميائي التي تحمله. أما الأمور الهامة الأخرى فهي استهلاك الطاقة و انبعاثات الهواء و النفايات الصلبة و الروائح الكريهة.

و على الرغم من وجود العديد من المراحل في سلسلة الانتاج و ظهور المشاكل البيئية، فإن تشكل مركبات الديوكسينات و الفيورانات ربما لا تتوافق لمراحل الانتاج الفردية.

عوضاً عن ذلك، يجب تسليط الاهتمام على الحقيقة أن PCDD/PCDF تدخل عملية إنتاج النسيج من خلال تطبيق المبيدات و مواد الأصبغة الملوثة بمركبات الديوكسينات و الفيورانات و هذا التلوث ينقل عبر المراحل المختلفة في سلسلة الإنتاج. و بالاعتماد على المراحل الفردية، المذيبات المطبقة و البيئة الفيزيائية، إما أن تبقى PCDD/PCDF في منتج النسيج أو تطرح كنفائة.

1.3. مصادر الكيمائيات في الملحق من الملحق C من اتفاقية استوكهولم

في سلسلة إنتاج النسيج، لا تعد عملية الإنهاء مصدراً لتشكيل PCDD/PCDF (Horstmann et al. 1993). في حين يعد استخدام الأصبغة الحاوية على PCDD/PCDF و استخدام المبيدات الحاوية على PCDD/PCDF في بعض البلدان لمعالجة المواد الأولية غير المنتهية مثل القطن مصدراً لكثف PCDD/PCDF.

يمكن أن يحدث تشكل جديد PCDD/PCDF في سلسلة إنتاج الأنسجة حيث تعالج التدفقات السائلة و يحرق الوحل الذي يتراكم و يجمع من عملية المعالجة. تعتبر مثل هذه المنشآت حديثة.

و بالتالي، ستركز الإجراءات الوقائية التي تشمل أفضل التقنيات المتوفرة و أفضل الممارسات البيئية:

- التلوث بمركبات الديوكسينات و الفيورانات من خلال إدخال الكيمائيات الحاوية على الديوكسين في سلسلة إنتاج النسيج
- تشكل جديد لمركبات الديوكسينات و الفيورانات في عمليات التخلص الحرارية لنفايات الإنتاج المحددة.

1.3.1. التلوث بمركبات الديوكسينات و الفيورانات من خلال إدخال الكيمائيات الحاوية على الديوكسين

تستخدم المواد الكيميائية و المعروف بأنها ملوثة بمركبات الديوكسينات و الفيورانات لهدفين و تشمل الكيمائيات المدرجة أدناه (European Commission 2003b):

- المبيدات: خماسي كلورو فينول و 2،4،6، ثلاثي كلورو فينول-4 نترو فينول أثير¹ (كلورونيتروفين)
- الأصبغة: ثنائي دايوكسزين كلورانيل (Chloranil-based dioxazine) و صباغ فتالوساينين (phthalocyanine-based dyes).

أعطت نتائج تحليل الأنسجة من مصادر متنوعة و أنسجة مؤشرات قوية بأن خماسي كلورو فينول مازال ربما مستعملاً كمؤكسد للمواد الخام، و خصوصاً على القطن. و لقد أظهر توزع مركبات الديوكسينات و الفيورانات بأن خماسي كلورو فينول كان المصدر الرئيسي لمركبات الديوكسينات و الفيورانات في الأنسجة.

و على الرغم من عدم وجود بيانات منشورة عن تطبيق كلورونيتروفين في صناعة الأنسجة، فإنه لا يمكن استبعاده حيث استبدل عوضاً عن خماسي كلورو فينول في الكثير من التطبيقات (Masunaga, Takasuga and Nakanishi 2001; UNEP 2003).

¹ ليس في European Commission 2003b.

1.3.2. تشكل جديد لمركبات الديوكسينات و الفيورانات في عمليات التخلص الحرارية

يوجد العديد من المراحل في سلسلة صناعة الأنسجة حيث ينتج عن مياه الصرف الصناعي أو المنصرفات الحمأة التي تحرق، فمثلا من المنصرفات التي يجري تبخيرها في عملية إزالة نفاية الصوف أو من مياه الصرف الحاوي على معجونة أصبغة الطباعة أو لبن الشجر من قماش السجاد. و كما هو الحال مع أية عملية حرق، فإنه يمكن ان تتشكل مركبات الديوكسينات و الفيورانات حيث تحوي هذه الحمأة محتوى مرتفع نسبيا من الكلور بالإضافة إلى الكلور المرتبط أساسا في المبيدات مثل γ -hexachlorocyclohexane (γ -HCH, lindane) و dieldrin (DDT) التي جرى تطبيقها للمادة الخام (و خاصة الخشب) (European Commission 2003b; UNEP 2003).

فيما يتعلق باحتمال استخدام الليندين و دايلدريين و د.د.ت، منعت كافة الدول المنتجة الرئيسية استخدام المبيدات العضوية الكلورية من أجل معالجة الخرفان و لكنه يوجد دليل على أن الصوف المنتج في بعض بلدان الاتحاد السوفيتي السابق و بلدان أمريكا الجنوبية يحتوي على تراكيز قابلة للكشف من الليندين (European Commission 2003b).

و أخيرا، تستخدم مثبطات الاشتعال متعددة البروم في صناعة الأنسجة مثل إيثيرات رباعي فينول متعدد البروم و الباريفينات الكلورة (C_{10-13} chloroparaffins). تسهم كافة مثبطات الاشتعال المهلجنة في تشكل PCDD/PCDF عندما تحرق (European Commission 2003b).

إذا جمع إزالة الأوساخ و دارة استرداد الشحوم مع منصرفات التبخير و ترميد الحمأة مع إعادة تدوير كامل للماء و الطاقة، يمكن تحقيق فوائد بيئية إضافية فيما يخص توفير الماء و تقليل كمية النفايات الصلبة التي تحتاج إلى التخلص. يجب أن تكون درجة حرارة الترميد حوالي 1,200 درجة مئوية من أجل تحطيم مركبات الديوكسينات و الفيورانات. يمكن إزالة الرماد المتطاير بواسطة مرشحات كيسية. جرى كشف حوالي 0.02 نانوغرام مكافئ سمي/م³ نظامي في الانبعاثات الغازية في محطة إزالة الأوساخ المتكاملة مع دارة استرداد الشحوم (European Commission 2003b, p. 278)². على أية حال، تعتبر هذه التكنولوجيا معقدة و يذكر بأنها تشمل رأس مال كبير و تكاليف تشغيل مرتفعة.

يمكن أن توجد مرمدة أيضا عندما ينزع الماء من الحمأة الناجمة عن التعويم و من ثم يعاد إنتاجها حراريا في موقد دوار. تحرق الغازات المنطلقة في حراق بعدي (حوالي 850 درجة مئوية) و تطلق في الهواء المحيط عند درجة حرارة 120 مئوية. في الغازات المنطلقة من محطة إعادة تجديد فحم الكوك في محطة الحمأة، شوهدت تراكيز مركبات الديوكسينات و الفيورانات حوالي 0.004 نانوغرام مكافئ سمي/م³ نظامي (عند 11% أكسجين) (European Commission 2003b, p. 415–417).

تشمل الخبرات من بعض البلدان من أجل الحمأة الناتجة من معالجة مياه الصرف الناجم عن منصرفات معالجة الصوف:

- استخدام الحمأة في صناعة البلوك (مزجها مع الطين) أو استخدام أي طرق إعادة تدوير مناسبة
 - رمد الحمأة مع استرداد الحرارة مع الأخذ في الاعتبار الإجراءات الوقائية لضبط أو تجنب انبعاثات مركبات الديوكسينات و الفيورانات الناجمة عن الكلور المرتبط عضويا من المبيدات المحتمل وجودها في الحمأة.
- و من أجل معلومات إضافية، يمكن العودة للدليل المتعلق بأفضل التقنيات المتوفرة و أفضل الممارسات البيئية لغلايات الاسترداد في المنشأة الصناعية (القسم VI.D من الدليل الإرشادي الحالي).

2. تشذيب الجلود

2.1. مقدمة

تتألف صناعة الدباغة، خصوصا دباغة الجلود، من تحويل الجلد الخام إلى جلد مدموغ الذي يمكن استخدامه في صناعة مجال واسع من المنتجات. تشمل كامل العملية على تفاعلات كيميائية معقدة متسلسلة و العمليات الكيميائية. و من بين هذه العمليات، تعتبر الدباغة مرحلة أساسية و التي تعطي خاصية الاستقرار و العطرية. تكون معامل الدباغة مؤسسات تجارية صغيرة (European Commission 2003a) بما في ذلك أنشطة حرفية في البلدان النامية.

² 1 نانو غرام = 10^{-12} كيلوغرام (1×10^{-9} غرام). من أجل معلومات حول قياس السمية، انظر القسم I.C، القسم الفرعي 3 من الإرشادات الحالية

2.2. وصف العملية

تعتبر صناعة الدباغة صناعة ملوثة بشكل كبير فيما يخص اطلاقات المياه و تستخدم كيميائيات معينة مثل المؤكسدات و مزيلات التوتر السطحي و المذيبات العضوية.

يمكن أن تقسم عمليات الإنتاج في الدباغة إلى أربع مراحل:

- تخزين الجلود و عمليات النقع
- عمليات الدباغة
- عمليات ما بعد الدباغة
- عمليات الإنهاء

2.3. مصادر الكيمائيات في الملحق من الملحق C من اتفاقية استوكهولم

حتى الآن، لا توجد أية تقارير حول التلوث بمركبات الديوكسينات و الفيورانات في أو حول معامل الدباغة. على أية حال، قدم تقرير حول تلوث منتجات الدباغة التجارية و وفقا لتوزيع مركبات الديوكسينات و الفيورانات فإنه يمكن افتراض بأن العمليات المستخدمة في صناعة الدباغة مسؤولة عن تواجد مركبات الديوكسينات و الفيورانات في منتجات الدباغة و في الانبعاثات (UNEP 2003).

يبدو أن المصدر الرئيسي للتلوث هو خماسي كلور الفينول. و يعود هذه الافتراض إلى الحقيقة بأنه منذ حظر استخدامه في ألمانيا في العام 1989³، انخفضت تراكيز مركبات الديوكسينات و الفيورانات في منتجات الدباغة (European Commission 1996).

3. تراكيز الديوكسينات/الفيورانات في الكيمائيات المستخدمة في سلسلة إنتاج النسيج و الجلود

يلخص الجدول 1 مجال تراكيز مركبات الديوكسينات و الفيورانات المذكورة في المراجع من أجل المؤكسدات و الكيمائيات المستخدمة في إنتاج مواد الأصبغة. و يجب الإشارة هنا إلى أن بعض المعلومات يمكن أن تكون قديمة بعض الشيء و أنها لم تعد تطبق في الوضع الحالي. و مع ذلك، و من أجل التقييم التاريخي و حيث أن وجود بعض الكميات المنتجة قديما مازالت قيد الاستعمال أو مازالت بعض منتجات المستهلك المعالجة بهذه الكيمائيات موجودة في بعض أجزاء من العالم، يمكن أن تكون المعلومات المدرجة هنا قيمة.

الجدول 1. تراكيز الديوكسينات/الفيورانات في الأصبغة و المؤكسدات /مواد الصباغة

ملاحظة	التركيز نانو غرام مكافئ سمي/كغ	البلد أو الاستخدام	المادة الكيميائية
المؤكسدات			
عمليات الإنتاج المختلفة	800,000-4,445,000	الصين، أوروبا، الولايات المتحدة	PCP خماسي كلورو فينول
عمليات الإنتاج المختلفة	500-3,374,000	الصين، أوروبا، الولايات المتحدة	PCP-Na ملح الصوديوم لخماسي كلورو فينول
تكنولوجيا قديمة/حديثة	400/300,000	اليابان	CNP كلورونيتروفين
أصبغة/مواد انطلاق، صباغ			
عمليات الإنتاج المختلفة	100-3,065,000	مادة انطلاق من أجل إنتاج أصبغة ثنائي الأوكسازين	كلورو نيل
	211,000	صباغ	بنفسجي الكاربيزول

³ التي تضع تراكيز عظمى 5 ملغ من خماسي كلورو فينول لكل كغ من المنتج النهائي.

أزرق 106	صباغ دايوكسزين	19,502-56,428
----------	----------------	---------------

4. أفضل التقنيات المتاحة و أفضل الممارسات البيئية

تشمل ممارسات الإدارة الجيدة العامة تعليم الكادر و تدريبه و صيانة المعدات (و وثائقها) و تخزين المواد الكيميائية و التعامل و الجرعة و التوزيع و معرفة متطورة حول مدخلات و مخرجات العملية.

تعتبر معرفة المواد الأولية لصناعة الأنسجة أساسية لإدارة انتقال التلوث. يمكن أن تكون أنسجة الصوف الخام ملوثة بالمبيدات و أحيانا بالمبيدات العضوية الكلورية بما في ذلك خماسي كلورو فينول و كلورونيتروفين. الغسل الفعال و ذبل الصوف مثلا مع بيرو كلورو فينول ستزيل بشكل فعال كافة الشحوم و الشحوم و المبيدات الموجودة أساسا في طور المذيب.

من أجل الأنشطة الفنية، يجب أن تؤيد السلطات المسؤولة تحسين تدبير مكان العمل و السلامة المهنية. و كما يجب إتباع برامج التوعية و توفير المعلومات.

إن المصادر الرئيسية لتلوث مركبات الديوكسينات و الفيورانات في الأنسجة و منتجات الدباغة هي الكيماويات المستخدمة في عمليات الإنتاج الخاصة أو سلسلة الإنهاء مثل المبيدات الفطرية و الأصبغة المعروفة بتلوثها بمركبات الديوكسينات و الفيورانات.

إن أكثر الإجراءات الوقائية الرئيسية لمنع تلوث المنتجات النسيجية و بضائع الجلود بمركبات الديوكسينات و الفيورانات هي أن لا تستخدم هذه الكيماويات في سلاسل الإنتاج. إذا استخدمت أي من المواد الكيميائية المذكورة أعلاه، تعطى الأفضلية للدفعات الحاوية على تراكيز منخفضة (مثلا المواد الكيميائية المقطرة أو النقية).

و من أجل منع أو تخفيف تشكل و انطلاق مركبات الديوكسينات و الفيورانات عندما تحرق الحماة الناجمة عن معالجة مياه الصرف و التعميم، يجب تطبيق أفضل التقنيات المتاحة. على أية حال، يجب التحري عن تقنيات أخرى موثوقة بيئيا.

5. البدائل

نظرا لارتباط، بشكل رئيسي، تواجد مركبات الديوكسينات و الفيورانات في صناعة الأنسجة باستخدام الكيماويات الملوثة بالدايوكسين مثل خماسي كلور فينول و أصبغة محددة، فإن استبدال هذه الكيماويات بمواد كيميائية أخرى خالية من الدايوكسين يعد بديلا. مثلا، في ألماني و بعد منع استخدام خماسي كلور فينول كمادة حافظة، استخدمت الكيماويات التالية:

- 2-(thiocyanomethylthio) benzothiazole (TCMTB; CAS Registry No. 21564-17-0);
- *o*-phenylphenol (oPP; CAS Registry No. 90-43-7);
- 4-chloro-3-methylphenol (CMK; CAS Registry No. 59-50-7);
- 2-*n*-octyl-4-isothiazolin-3-one (OIT; CAS Registry No. 26530-26-1).

تم تقييم الكيماويات المذكورة أعلاه بأنها أقل خطورة على البيئة من خماسي كلورو فينول و لكنها غير آمنة بشكل كلي. يجب التحري عن كيميائيات أكثر أمنا. و يفضل قدر المستطاع، منع حرق الأنسجة و مواد التنجيد و المنتجات الجلدية و السجاد لمنع تشكل مركبات الديوكسينات و الفيورانات.

6. المراقبة

لا يوجد مؤشر بسيط للتعرف على الأنسجة (الصوف أو المنتجات النسيجية) الملوثة بالديوكسينات. أثبتت العديد من التحاليل بعدم وجود علاقة بين خماسي كلورو فينول و تراكيز مركبات الديوكسينات و الفيورانات في المنتجات النسيجية على الرغم من أن توزع الدايوكسين قد أعطى مؤشرات قوية بأن خماسي كلورو فينول هو المصدر. و هذه النتائج منطقية حيث ينحل خماسي كلورو فينول في الماء و يزال في عملية الإنهاء و عمليات الغسيل النهائية، في حين تمتص مركبات الديوكسينات و الفيورانات على النسيج و تبقى في المنتجات النسيجية. و من أجل المنتجات الجلدية، في معظم الحالات، وجد ارتباط كمي بين خماسي كلورو فينول و مركبات الديوكسينات و الفيورانات.

يجب بناء القدرات الوطنية أو تقويتها من أجل مراقبة المصادر المحتملة لمركبات الديوكسينات و الفيورانات من صناعة النسيج و الجلود بما في ذلك المستوردات. هناك حاجة لإرشاد أكثر من أجل مراقبة خماسي كلور فينول في مياه الصرف الصناعي.

EPA (United States Environmental Protection Agency). 1997. *Textile Industry*. Sector Notebook Project EPN3 10-R-97-009. EPA, Office of Compliance Sector Notebook Project, Washington, D.C.

European Commission. 1996. "Commission Decision of 26 February 1996 Concerning the Prohibition of Pentachlorophenol (PCP)." *Official Journal* No. L 068, 19/03/1996 P. 0032-0040. 96/211/EC: Notified by Denmark.

European Commission. 2003a. *Reference Document on Best Available Techniques for the Tanning of Hides and Skins*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. eippcb.jrc.es.

European Commission. 2003b. *Reference Document on Best Available Techniques for the Textiles Industry*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. eippcb.jrc.es.

Horstmann M., McLachlan M.S., Reissinger M. and Morgenroth M. 1993. "An Investigation of PCDD/F Formation during Textile Production and Finishing." *Organohalogen Compd.* 11:417-420.

Masunaga S., Takasuga T. and Nakanishi J. 2001. "Dioxin and Dioxin-Like PCB Impurities in Some Japanese Agrochemical Formulations." *Chemosphere* 44:873-885.

UNEP (United Nations Environment Programme). 2005. *Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases*. UNEP, Geneva. www.pops.int/documents/guidance/Toolkit_2005.pdf.

القسم السادس VI

التوجيهات/المبادئ التوجيهية وفق فئة المصدر:
فئات المصدر في الجزء الثالث من المرفق "جيم"

الجزء الثالث فئة المصدر (I):
حرق أسلاك النحاس في العراق

جدول المحتويات

i	قائمة الجداول
VII.L	حرق أسلاك النحاس في العراق
1	وصف العملية
1	مصادر الكيمياء في الملحق من الملحق C من اتفاقية استوكهولم
1	2.1. معلومات عامة حول انبعاثات حرق النحاس في العراق
2	2.2. انبعاثات الديوكسينات/الفيورانات في الهواء
2	3. عمليات بديلة لحرق أسلاك النحاس
2	3.1. تقطيع الأسلاك
3	3.2. نزع الأسلاك
3	3.3. حرق الأسلاك في درجات حرارة مرتفعة
3	4. ملخص الإجراءات الوقائية
4	المراجع

قائمة الجداول

4	الجدول 1. الإجراءات الوقائية للمحطات الجديدة لاسترداد أسلاك النحاس
---	--

VI.L. حرق أسلاك النحاس في العراق

ملخص

تسترد خردة النحاس غالبا بالحرق في العراق للأغلفة البلاستيكية للكابلات الكهربائية و الأسلاك. يمكن أن تتشكل الكيماويات المدرجة في الملحق C من اتفاقية استوكهولم من البلاستيك و آثار الزيت مع النحاس كمحفز و عند درجة حرارة الإحتراق بين 250 و 500 مئوية.

تشمل أفضل التقنيات المتوفرة تقطيع الكابل و التجريد و الترميد في درجات حرارة مرتفعة > 850 درجة مئوية. و الرأي هو وضع تسعيرة للكابلات و الأسلاك غير المجردة و تشجيع إرسالها إلى معامل صهر النحاس باستخدام أفضل التقنيات المتاحة من أجل المعالجة.

لا تطبق مستويات الأداء المرافقة لأفضل التقنيات المتاحة حيث لا تعد عملية الحرق في العراق أفضل التقنيات المتوفرة أو أفضل الممارسات البيئية و يجب عدم استخدامها.

1. وصف العملية

تشمل عملية حرق كابلات النحاس في العراق حرق المادة العازلة البلاستيكية من الكابلات الكهربائية و الأسلاك لاسترداد النحاس الخردة و مكونات الكابلات الأخرى. تحتاج هذه العملية عمل كثيف و تنفذ عادة من قبل الأشخاص أو منشآت صغيرة دون اتخاذ أية إجراءات وقائية لانبعاثات الهواء. تنفذ عملية الحرق في العراق إما في براميل حرق أو في حفر أرضية. لا تستخدم أية مسائل للتحكم بدرجة الحرارة أو إضافة الأكسجين للتأكد من الإحتراق التام للمكونات البلاستيكية.

أصبحت طريقة حرق كابلات النحاس في العراق سائدة في البلدان النامية بسبب إعادة تدوير خردة الحواسيب باستخدام طرائق يدوية. على أية حال، إن العملية غير محدودة فقط في البلدان النامية و إنما يجب معالجتها على المستوى العالمي. تطبق القوانين لفي العديد من البلدان المتقدمة و النامية لحظر الحرق و لكن تستمر هذه الممارسة.

في الدليل الإرشادي من أجل تحديد و الإدارة البيئية لنفايات البلاستيك و من أجل التخلص منها ضمن اتفاقية بازل حول ضبط حركة النفايات الخطرة و التخلص منها بين الحدود، بين بأن الحرق في العراق ليس حلا مقبولا بيئيا لأي نوع من النفايات (UNEP 2002, p. 43). بالإضافة إلى ذلك، تضمن القرار VII/19 للإجتماع السابع لمؤتمر أطراف اتفاقية بازل داخل جديدة فيما يخص الحرق غير المضبوط لخردة الكابلات المعزولة بالبلاستيك. قرر قانون الهواء النظيف في المملكة المتحدة بأن " أي شخص يحرق مادة عازلة من كابل من أجل استرداد المعدن من الكابل سيكون مجرما و يكون مسؤولا أو يجرم بدفع غرامة " (Government of the United Kingdom 1993).

2. مصادر الكيماويات في الملحق من الملحق C من اتفاقية استوكهولم

يمكن أن يحدث تشكل مركبات الديوكسينات و الفيورانات مع آثار من الزيت و وجود الكلور من البلاستيك في مواد التغذية. و حيث أن النحاس يعد أكثر المعادن كفاءة لتحفيز تشكل PCDD/PCDF، فإن حرق كابلات النحاس يمكن أن يكون مصدرا خطيرا لانبعاثات PCDD/PCDF.

2.1. معلومات عامة حول انبعاثات حرق النحاس في العراق

تطلق عملية حرق كابلات النحاس في العراق ملوات متعددة إلى جانب PCDD/PCDF مثل أول أكسيد الكربون (CO) و ثاني أكسيد الكبريت (SO₂) و الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات و كلوريد الهيدروجيني و المعادن الثقيلة و الرماد. يحدث الإحتراق غير التام نتيجة درجة الإحتراق المنخفضة (250 – 700 درجة مئوية) مؤدية إلى تشكل الهيدروكربونات

2.2. انبعاثات الديوكسينات/الفيورانات في الهواء

يسبب الاحتراق غير التام للمواد البلاستيكية المكورة تشكل PCDD/PCDF. تتألف الأغشية البلاستيكية على كابلات النحاس بشكل رئيسي من كلوريد متعدد الفينيل (PVC).

"أثناء الاحتراق، تتشكل مكونات هيدرومربونية ذات بنية حلقيية (يشار إليها بالأسلاف) كمنتجات تفاعل وسطية. فإذا كان الكلور موجودا فإن هذه المكونات تتفاعل مع بعضها لتشكل PCDD/PCDF. إن أكثر الأسلاف المحددة كثيرا هي كلورو بنزن و كلورو فينول و ثنائي فينول المكور. يمكن أيضا أن تتشكل PCDD/PCDF من تفاعل الجزيئات العضوية المعقدة و الكلور. أشارت العديد من الدراسات إلى وجود علاقة قوية بين محتوى الكلور و انبعاثات PCDD/PCDF أثناء إختبارات الاحتراق (EPA 1997, p. 3-8).

يتطلب تحطيم PCDD/PCDF درجات حرارة أعلى من 850 درجة مئوية و بوجود الأوكسجين (European Commission 2001).

3. عمليات بديلة لحرق أسلاك النحاس

لمنع تشكل PCDD/PCDF، يجب عدم اتباع حرق الكابلات النحاسية في العراق. جرى عرض عمليات معالجة بديلة للحرق في العراق أدناه. يمكن أيضا استرداد مواد العزل، مثلا PVC، باستخدام هذه العمليات.

3.1. تقطيع الأسلاك

يسمح تقطيع الأسلاك إلى فصل الغطاء البلاستيكي دون تشكل PCDD/PCDF من خلال الطرائق الحرارية (UNEP 2001). إن هذه العملية قادرة على معالجة أنواع مختلطة و أحجام مختلفة. تكون المنتجات المستردة نحاس و بلاستيك مطحون.

تشمل علمية تقطيع الأسلاك الخطوات التالية:

3.1.1. فرز أولي

تعتبر عملية فرز الأولية وفقا لنوع الكابلات هامة من أجل عملية فعالة لتقطيع الكابلات و توفير القيمة العظمى من الخردة المستردة مع سهولة فصل البلاستيك. يشمل معيار الفرز خلاط المعدن (فصل كابلات النحاس و الألمنيوم)، قياس الموصل و طول الكابل و طبيعة المادة العازلة. تقطع الأسلاك الطويلة إلى أقل من 1 متر في حين تحطم الكابلات الكثيفة و النخينة إلى أجزاء مهلهلة. تتراوح الكابلات المعالجة بين أسلاك رفيعة إلى أسلاك بقياس 8 سم. يجب إزالة المواد غير المناسبة مثل السلاك الدقيقة و الكابلات المملوءة بالزيت و القطران.

"أضيف في الماضي ال PCB إلى ال PVC لأنظمة محددة من الكابلات من أجل تطبيقات الفولت العالي لتحسين أداء العزل و إلى كابلات الفولت المنخفض كمقاوم للإشتعال. يجب تحديد أنظمة الكابلات هذه قبل البدء بعملية إعادة التدوير" (UNEP 2001).

وقبل لبيانات ال PCB المسجلة في ألمانيا، أظهرت معظم العينات مستويات تلوث حوالي 30 ملغ PCB /كغ مع بعض قيم التلوث التي وصلت إلى مئات الجزء في المليون و أخرى بمستويات تلوث أعلى من 10 جزء في المليون.

3.1.2. تقطيع الأسلاك

يستخدم تقطيع الكابلات لخفض أجزاء الكابلات الطويلة إلى قياسا يمكن تحبيبه. إن هذه العملية اختيارية في المنشآت الصغيرة. ينتج كمية أقل من غبار المرشح من الكمية التي تنتجها عملية التفنيت.

3.1.3. تحبيب

تجرى عملية التحبيب لتحرير المعدن من العازل البلاستيكي و الغلاف الخارجي. إن التحبيب الناعم ضروري لتحقيق تحرير كاف للمعادن من البلاستيك. على اية حال، ستبقى كميات قليلة من المعدن في البلاستيك و تفقد ككفاية.

3.1.4. غربلة

يمكن أن تستخدم الغربلة للتأكد من التحرير المناسب للمعادن باستخدام فصل لحجم الحبيبات. يمكن إعادة معالجة الحبيبات ذات الحجم الأكبر في المحبب. يمكن استرداد حبيبات المعدن من منتج الغربال بإزالة الحبيبات غير المعدنية الأخف باستخدام آلة سحب. يجب تطبيق جمع الغبار و الترشيح اثناء الغربلة.

3.1.5. فصل كثافة

يعتمد استرداد المعادن على كفاءة تقنية الفصل و درجة تحرير المعدن من البلاستيك. يمكن تنفيذ فصل حبيبات المعدن باستخدام تقنيات فصل الكثافة مثل فواصل السرير المانع. يمكن أن توفر فواصل الكهرباء الساكنة الجافة استرداد أكبر بالمقارنة مع تقنيات الكثافة. السير المتحرك.

3.2. نزع الأسلاك

إن طريقة نزع الأسلاك من أجل استرداد كابلات النحاس هي طريقة أرخص من طريقة التقطيع، و لكن بإنتاج أقل. لا يعد انتاج PCDD/PCDF مهما في هذه العملية. و هي تقانة مرغوبة في البلدان النامية لانخفاض تكاليفها. يجب فرز الكابلات قبل عملية نزع الأسلاك وفقا لنوع المعدن و مواد العزل و قياس الموصل و الطول (UNEP 2001, p. 44).

على الرغم من انخفاض معدلات الانتاج، يمكن استرداد النحاس بشكل كامل و لا يبقى أي بقايا منع في العازل البلاستيكي. يمكن أن تنتج عملية الفرز بعناية نفايات مكونة من نوع واحد فقط من البوليمير مما يسمح بسهولة إعادة التدوير لأجزاء المعدن و الببستنيك.

يمكن أن تعالج آلات نزع الأسلاك نوع واحد من الكابلات بمعدل حتى 60 م/دقيقة أو 1,100 كغ/دقيقة لقطر كبلات من 1.6 إلى 150 ملم.

3.3. حرق الأسلاك في درجات حرارة مرتفعة

يجب استخدام الترميد بدرجات حرارة مرتفعة من أجل معالجة الكابلات التي لا يمكن استردادها بالتقطيع أو النزع. تحرق المواد مثل الأسلاك الدقيقة و الكابلات المملوءة بالشحم أو القطران في محارق محكمة الجو للتأكد من الإحتراق الكامل للبلاستيك. يجب استخدام أنظمة تنظيف فعالة للغازات المنطلقة.

تحتوي الغازات المنطلقة الملوثات مثل PCDD/PCDF و ثاني أكسيد الكربون (CO₂) و ثاني أكسيد الكبريت (SO₂) و كلوريد الهيدروجين و الفلور و الغبار. ونظرا لامتناسص PCDD/PCDF على المواد العالقة، يجب جمع الغبار باستخدام طرائق فعالة مثل المرشحات اليفية و تعاد إلى الفرن. يجب إعتبار الحراقات البعدية و الإخماد إذا لم تكن عملية الترميد فعالة في إزالة PCDD/PCDF. يجب أن يزال ثاني أكسيد الكبرين و كلوريد الهيدروجين و الفلوريد بغسل قلوي رطب.

تتميز الخردة المرمدة بقيمة اقل من المعالجة الحرارية بسبب الأكسدة. يوجد احتمال كبير لتشكّل PCDD/PCDF في عملية الترميد.

تعتبر طريقة التقطيع و النزع مرغوبة بالمقارنة مع طريقة الترميد حيث تعتبر هذه الطرائق أكثر اقتصادية و بيئية. يمكن معالجة أنواع الكابلات غير الملائمة للتقطيع و النزع في معامل صهر النحاس الأساسية و الثانوية.

4. ملخص الإجراءات الوقائية

يلخص الجدول 1 الإجراءات الوقائية لمنشآت استرداد كابلات النحاس الجديدة.

الجدول 1. الإجراءات الوقائية للمحطات الجديدة لاسترداد أسلاك النحاس

ملاحظات أخرى	إعتبارات	الوصف	الإجراء
تعتبر طريقة الترميد أفضل التقنيات المتاحة إذا زودت بمعدات جمع الغاز و المعالجة.	تشمل العمليات لأخذها في الاعتبار: <ul style="list-style-type: none"> تقطيع الكابلات نزع الكابلات ترميد في درجات حرارة مرتفعة من أجل المواد التي لا تلائم التقطيع و النزع 	يجب اعتبار عمليات معالجة موصى بها لاستبدال طريقة الحرق في العراق	عمليات بديلة

يجب أن لا تطبق طريقة حرق كابلات النحاس في العراق لأن هذه العملية تولد انبعاثات PCDD/PCDF . يجب مطلقاً عدم اعتبار الحرق في العراق وسيلة مقبولة لمعالجة النفايات. جرى تطبيق الدلائل الإرشادية و القوانين ضد الحرق في العراق لكابلات النحاس على مستويات اتحادية، و وطنية و ريفية و محلية من قبل العديد من البلدان.

تشمل الأمثلة لمثل هذه الإرشادات و القوانين UNEP 2001 و Government of the United Kingdom 1993 و Government of New Zealand 2004 و Government of Hong Kong 1996.

يجب أن يعطى الاهتمام إلى وضع تسعيرة استثنائية من أجل الكابلات غير المنزوعة و السلاك لتشجيع إرسال مادة التغذية من أجل المعالجة في معمل صهر النحاس باستخدام أفضل التقنيات المتاحة.

لا تطبق حدود الأداء المراد تحقيقها هنا، حيث لا تعتبر طريقة حرق الأسلاك في العراق أفضل التقنيات المتاحة أو أفضل الممارسات البيئية و التي يجب عدم ممارستها.

المراجع

EPA (United States Environmental Protection Agency). 1997. *Locating and Estimating Air Emissions from Sources of Dioxins and Furans*. EPA-454/R-97-003. EPA, Office of Air Quality Planning and Standards, Office of Air and Radiation, Washington, D.C.

European Commission. 2001. *Reference Document on Best Available Techniques in the Non-Ferrous Metals Industries*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. eippcb.jrc.es.

Government of Hong Kong. 1996. *Air Pollution Control Ordinance (Open Burning) 1996*. Chapter 3110, Section 4. www.justice.gov.hk/home.htm.

Government of New Zealand. 2004. *Resource Management National Environmental Standards Relating to Certain Air Pollutants, Dioxins, and Other Toxics Regulations*. www.mfe.govt.nz/laws/standards/air-quality-standards.html

Government of the United Kingdom. 1993. *Clean Air Act 1993 (c.11)*. Part IV, No. 33. www.hmso.gov.uk/acts/acts1993/Ukpga_19930011_en_5.htm#mdiv33.

UNEP (United Nations Environment Programme). 2002. *Technical Guidelines for the Identification and Environmentally Sound Management of Plastic Wastes and for Their Disposal*. UNEP, Geneva. www.basel.int/meetings/cop/cop6/cop6_21e.pdf.

القسم السادس VI

التوجيهات/المبادئ التوجيهية وفق فئة المصدر:
فئات المصدر في الجزء الثالث من المرفق "جيم"

الجزء III فئة المصدر (m):
نفايات مصافي النفط

جدول المحتويات

1.....	نفايات مصافي الزيت	VI.M
1.....	مقدمة	1.
1.....	النفايات النفطية	2.
1.....	تواجد الديوكسينات/الفيورانات في الزيوت المستخدمة	3.
2.....	نفايات مصافي النفط	4.
2.....	4.1. التقطير تحت الفراغ – المعالجة بالطين	
2.....	4.2. التقطير تحت الفراغ – المعالجة الكيميائية	
2.....	4.3. المعالجة الأولية بالهيدروجين – تقطير تحت الفراغ	
3.....	4.4. تبخير الأفلام الرقيقة-الاستخلاص	
3.....	4.5. هدرجة بالاتصال المباشر- عملية UOP-DCH	
4.....	5. الإجراءات الوقائية لخفض الديوكسينات/الفيورانات	
4.....	6. الاستنتاجات	
4.....	المراجع	

VI.M نفايات مصافي الزيت

ملخص

أدرجت نفايات مصافي الزيت المدرجة في الملحق C من اتفاقية استوكهولم كمصدر محتمل لتشكيل وإطلاق الكيماويات المدرجة في الملحق C.

من أجل غايات هذا الدليل الإرشادي، النفايات الزيتية (أو الزيت المستعمل) تعرف بأنها أي زيت ذو مصدر نفطي صناعي أو نباتي أو حيواني الذي جرى استخدامه. يمكن أن تتشكل النفايات الزيتية من مصدرين كبيرين و هما نفايات زيتية صناعية و نفايات زيتية نباتية و حيوانية. و من بين النفايات الزيتية الصناعية يعرف ثلاثة سائل و هي الزيت الصناعي (مثل زيت الهيروليك و زيت المحرك و زيت القطع)، الشحم و زيوت ورشات العمل و زيوت المحولات.

وجد بأن النفايات الزيتية ملوثة بمركبات الديوكسينات و الفيورانات و ثنائي فينول متعدد الكلور. لا يوجد دليل متوفر في الوقت الحاضر بأن مركبات الديوكسينات و الفيورانات و ثنائي فينول متعدد الكلور تتشكل من جديد في مصافي النفايات الزيتية. تشير البيانات المتوفرة بأن مركبات الديوكسينات و الفيورانات و ثنائي فينول متعدد الكلور تطلق من مصافي النفايات الزيتية أو من التعامل مع النفايات الزيتية و محطات الإدارة هي من الإنتاج الصناعي المقصود لمركبات كلورو بنزن و ثنائي فينول متعدد الكلور الموجودة في النفايات الزيتية إما بتلوث عملية الاصطناع (لهذه الكيماويات) أو أصبحت ملوثة أثناء استخدام طور الاستخدام أو عمليات إعادة التدوير في مرحلة سابقة. و في هذا السياق، تمثل مصافي النفايات الزيتية مصدر توزيع للكيماويات المدرجة في الملحق C أكثر من أنها مصدر تشكل.

وفقا للمعلومات المتوفرة، تشمل عمليات إدارة النفايات الزيتية إعادة الاستخدام أو إعادة النجاج و التحطيم الحراري و الترميد أو الاستخدام كوقود. و يجب الإشارة هنا بأن كل من الإغراق أو الحرق تمارسان في بعض البلدان.

يجب العودة من أجل التخلص من النفايات الزيتية في المحارق أو استخدامها لوقود، إلى السام ذات العلاقة من هذا الدليل الإرشادي (الأقسام V.A محارق النفايات و V.B مواقد الإسمنت التي تحرق النفايات الخطرة و VI.A الحرق في العراء للنفايات و VI.C مصادر الاحتراق السكنية و VI.D منشآت حرق الوقود الاحفوري و الغلايات الصناعية).

1. مقدمة

أدرجت نفايات مصافي الزيت المدرجة في الملحق C من اتفاقية استوكهولم كمصدر محتمل لتشكيل وإطلاق الكيماويات المدرجة في الملحق C. إن المعلومات المذكورة حول مصافي النفايات الزيتية كمصدر لمركبات الديوكسينات و الفيورانات محدودة جدا و هناك حاجة لمزيد من البحث.

2. النفايات النفطية

تشمل النفايات الزيتية أي زيت اصطناعي ذي مصدر نفطي الذي جرى استخدامه. الماء و الكيماويات و جزيئات المعدن التي تصبح ملوثة بالزيت نتيجة الاستخدام، و الذي تتغير مواصفاته حتى يستبدل بزيت جديد.

إن الزيت الجديد هو مزيج من الزيوت الأساس (معدني أو اصطناعي) و الإضافات (15-25%). تحدد نوعية الزيت المعدني الأساس و الإضافات احتمالية إعادة إنتاجه أو إمكانية إعادة تشكل PCDD/PCDF في مصافي النفايات المعدنية.

3. تواجد الديوكسينات/الفيورانات في الزيوت المستخدمة

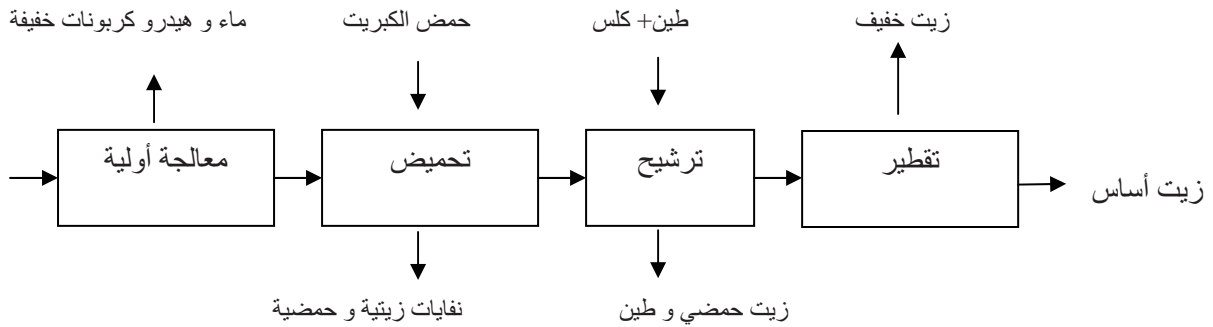
حلل Brunner و Hagenmaier (ذكر من قبل Fiedler) زيوت محرك جديدة و مستعملة (بعد 10,000 كم في سيارات مملوءة بالبنزين المرصص). عند حدود التحليل الكمي و قدرها 0.05 ميكروغرام/كغ لكل مكون، لم يكشف أي من مركبات الديوكسينات و الفيورانات في زيوت المحرك الجديدة و المستعملة. على أية حال، ربما يعود كشف عن مركبات الديوكسينات و الفيورانات في الزيوت المكررة إلى تلوث الزيوت المستعملة بخماسي كلورو فينول و أملاحه الصوديومية، التي استخدمت في أوروبا بصناعة الزيوت المعدنية.

4. نفايات مصافي النفط

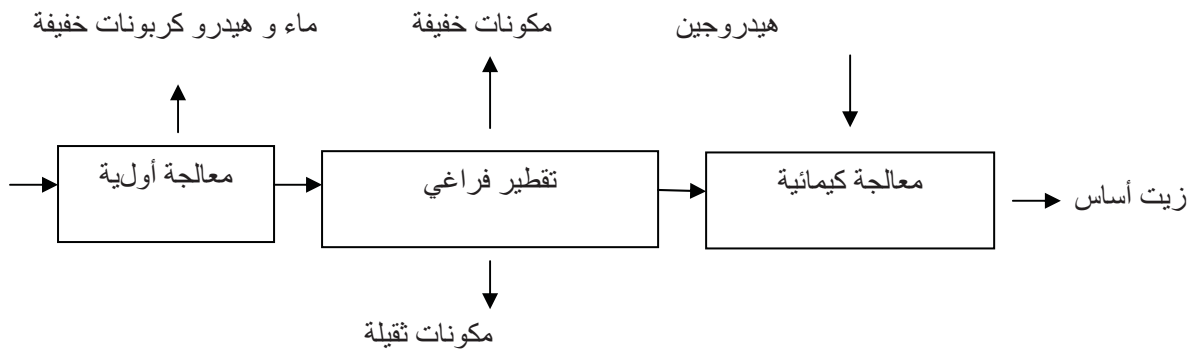
تصمم مصافي النفايات الزيتية لتنتج زيت أساس مركز، بعض المنتجات الثانوية و بعض النفايات. يمكن استخدام الأجزاء الأخف من المنتجات الثانوية كوقود في حين يمكن استخدام الأجزاء الأثقل الحاوية على الإضافات و الهيدروكربونات كمكون في تعبيد الطرقات.

يوجد خمس تكنولوجيات لمصافي النفايات الزيتية:

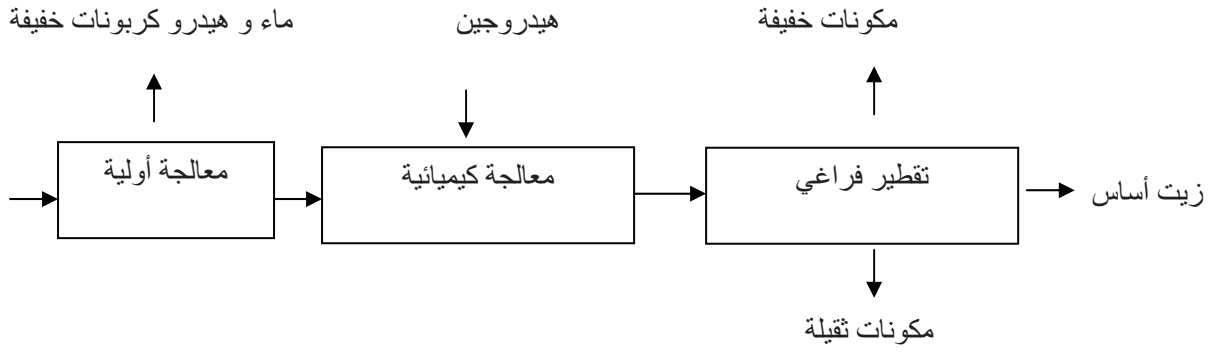
4.1. التقطير تحت الفراغ – المعالجة بالطين



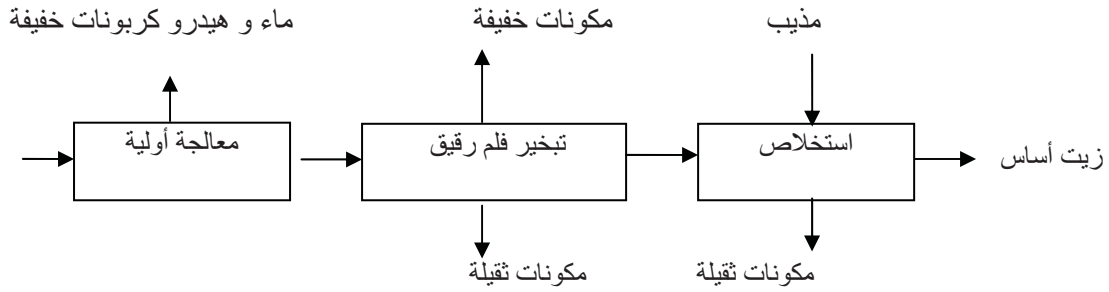
4.2. التقطير تحت الفراغ – المعالجة الكيميائية



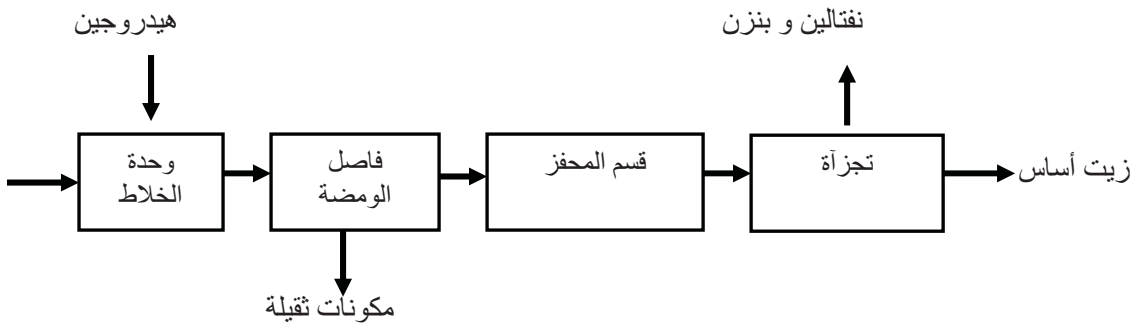
4.3. المعالجة الأولية بالهيدروجين – تقطير تحت الفراغ



4.4. تبخير الأفلام الرقيقة-الاستخلاص



4.5. هدرجة بالاتصال المباشر- عملية UOP-DCH



5. الإجراءات الوقائية لخفض الديوكسينات/الفيورانات

كما أشير سابقاً، تنبثق PCDD/PCDF و PCB في زيت الأساس أو البقايا من مصافي النفايات الزيتية من النفايات الزيتية الملوثة. و بالتالي، فقط إجراء وقائي واحد لخفض انبعاثات PCDD/PCDF و PCB من مثل هذه المصافي و هو حصر معالجة النفايات الزيتية الحاوية على تراكيز منخفضة من PCB و PCDD/PCDF .

نصح اتحاد صناعة إعادة التصفية الأوروبي (Groupement Européen de l'Industrie de la Régénération; GEIR)، بالزيوت التي ينصح بإعادة تصنيعها:

- زيوت المحرك الخالية من الكلور
- زيوت الهيدروليك الخالية من الكلور
- الزيوت المعدنية الحرارية غير المكثورة

6. الاستنتاجات

- وجد بأن النفايات الزيتية ملوثة بالديوكسينات و الفيورانات و ثنائيات الفينيل متعددة الكلورة
- لا يوجد حتى الآن دليل بأن الديوكسينات و الفيورانات و ثنائيات الفينيل متعددة الكلورة تتشكل حديثاً في نفايات مصافي النفط
- تعد نفايات مصافي النفط مصدر توزع للكيمائيات المدرجة في الملحق C أكثر من كونها مصدر تشكيل.
- يجب أن تكون النفايات الزيتية المعالجة في مصافي النفط ذات محتوى منخفض الديوكسينات و الفيورانات و ثنائيات الفينيل متعددة الكلورة و الإضافات المكثورة.

المراجع

Hagenmaier H. and H. Brunner. 1986. Bestimmung polychlorierter Dibenzodioxine und polychlorierter Dibenzofurane in Motorölen, Altölen und Zweittraffinaten. Fresenius Z. Anal.Chem.324, 23-26

Ruiz E. 1991. "Aceites Lubricantes para Motores a Gasolina." In: *Material del Curso de Educación Continuada: Fundamentos Básicos de Lubricantes*. Bogotá, Colombia.