

هذه الوثيقة لم تعد قيد الاستخدام من قبل مجموعة البنك الدولي. الإصدارات الجديدة من دليل مجموعة البنك الدولي للبيئة والصحة والسلامة متاحة في الرابط التالي

<http://www.ifc.org/ehsguidelines>.

إرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة الخاصة بتصنيع الأسمنت والجير

مقدمة

وتتضمن الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة مستويات الأداء والإجراءات التي يمكن للتكنولوجيا الحالية أن تحققها في المنشآت الجديدة بتكلفة معقولة. وقد يشمل تطبيق هذه الإرشادات في المنشآت القائمة وضع أهداف وغايات خاصة بكل موقع على حدة، مع اعتماد جدول زمني مناسب لتحقيقها.

الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة (EHS) هي وثائق مرجعية فنية تتضمن أمثلة عامة وأمثلة من صناعات محددة على الممارسات الدولية الجيدة في قطاع الصناعة

(GIIP).¹ وحين تشارك مؤسسة واحدة أو أكثر من

وينبغي أن يكون تطبيق الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة بما يتناسب مع المخاطر والتهديدات المحددة في آل مشروع، استناداً إلى نتائج التقييم البيئي الذي يأخذ في الاعتبار متغيرات آل موقع على حدة ومنها: الوضع في البلد المضيف، والطاقة الاستيعابية في البيئة المعنية، والعوامل الأخرى الخاصة بالمشروع. أما يجب أن تستند تطبيق التوصيات الفنية المحددة إلى الرأي المهني المتخصص الذي يصدر عن أشخاص مؤهلين من ذوي الخبرة العملية.

وحيث تختلف اللوائح التنظيمية المعتمدة في البلد المضيف عن المستويات والإجراءات التي تنص عليها هذه الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة، فمن المتوقع من المشروعات تطبيق أيهما أثار صرامة. وإذا آانت المستويات أو الإجراءات الأقل صرامة من المنصوص عليه في هذه الإرشادات مي الملائمة – في ضوء أوضاع المشروع المعني – يحتاج الأمر إلى تبرير آامل ومفصل بشأن أية بدائل مقترحة في إطار التقييم البيئي للموقع المحدد. وينبغي أن يُبين ذلك التبرير أن اختيار أي من مستويات الأداء البديلة يؤمن حماية صحة البشر والبيئة.

المؤسسات الأعضاء في مجموعة البنك الدولي في أحد المشروعات ينبغي تطبيق الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة هذه حسب مقتضيات السياسات والمعايير التي تعتمد تلك المؤسسة. وتستهدف هذه الإرشادات بشأن قطاع الصناعة أن يتم استخدامها جنباً إلى جنب مع وثيقة الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة، التي تتيح الإرشادات لمن يستخدمونها فيما يتعلق بالقضايا المشتركة في هذا المجال والممكن تطبيقها في جميع قطاعات الصناعة. وبالنسبة للمشروعات المُعدّة، قد يلزم استخدام إرشادات متعددة حسب تعدد قطاعات الصناعة المعنية. ويمكن الاطلاع على القائمة الكاملة للإرشادات الخاصة بالقطاعات الصناعية على شبكة الإنترنت على الموقع:

<http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/Content/EnvironmentalGuidelines>

¹ هي من حيث تعريفها ممارسة المهارات والاجتهاد والحصافة والتبصر المتوقعة على نحو معقول من المهنيين ذوي المهارات والخبرة العملية في النوع نفسه من العمل وفي الأوضاع نفسها أو المماثلة بشكل عام. وقد تشمل الأوضاع التي يمكن أن يجدها المهنيون من ذوي المهارات والخبرة العملية عند قيامهم بتقييم مجموعة أساليب منع ومكافحة التلوث المُتاحة لأحد

هذه الوثيقة لم تعد قيد الاستخدام من قبل مجموعة البنك الدولي. الإصدارات الجديدة من دليل مجموعة البنك الدولي للبيئة والصحة والسلامة متاحة في الرابط التالي

<http://www.ifc.org/ehsguidelines>.

المشروعات – على سبيل المثال لا الحصر – مستويات مختلفة من تدمير البيئة ومن الطاقة الاستيعابية البيئية، مع مستويات مختلفة من الجدوى المالية والفنية.



التطبيق

تشتمل إرشادات البيئة والصحة والسلامة الخاصة بتصنيع الأسمنت والجير على المعلومات المتعلقة بمشروعات تصنيع الأسمنت والجير. تتم مناقشة عملية استخراج المواد الخام والتي تعتبر نشاطاً شائع الارتباط بمشروعات تصنيع الأسمنت في إرشادات البيئة والصحة والسلامة المتعلقة باستخراج مواد التشييد، ويحتوي الملحق (أ) على وصف آمل لأنشطة الصناعة في هذا القطاع. وهذه الوثيقة يتم تنظيمها وفق الأقسام التالية:

- القسم 1: الآثار المرتبطة تحديداً بالصناعة وآيفية التعامل معها القسم
- 2: مؤشرات الأداء ورصده
- القسم 3: ثبت المراجع ومصادر إضافية
- الملحق (أ): وصف عام لأنشطة الصناعة

1.0 الآثار المرتبطة تحديداً بالصناعة وآيفية التعامل معها

يعرض القسم التالي ملخصاً للقضايا ذات الصلة بالبيئة والصحة والسلامة المرتبطة بتصنيع الأسمنت والجير والتي تحدث خلال مرحلة التشغيل، هذا فضلاً عن التوصيات المتعلقة بكيفية التعامل معها، وتجدر الإشارة إلى أن التوصيات المتعلقة بالتعامل مع قضايا البيئة والصحة والسلامة المشتركة في غالبية المرافق الصناعية الكبرى خلال مرحلة الإنشاء وإيقاف التشغيل واردة في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

والسلامة الإرشادات حول آيفية التعامل مع الانبعاثات الناتجة

- الانبعاثات الهوائية
- استهلاك الطاقة وأنواع الوقود
- المياه المستعملة
- إنتاج النفايات الصلبة
- الضوضاء

الانبعاثات الهوائية

يتم إنتاج الانبعاثات الهوائية في عملية تصنيع الأسمنت والجير خلال عمليتي معالجة وتخزين المواد الوسيطة والنهائية ومن خلال تشغيل أنظمة الأفران ومبردات الأحجار الأسمنتية الصغيرة والطواحين، ويتم الآن استخدام أنواع عديدة من الأفران في تصنيع الأسمنت (أفران التسخين المسبق-الكلسنة المسبقة (يرمز إليها بالرمز PHP) وأفران التسخين المسبق (PH) وأفران المعالجة الجافة الطويلة (LD) وأفران المعالجة شبه الجافة وأفران المعالجة شبه الرطبة وأفران المعالجة

الرطبة)، وعادة ما تستحوذ أفران PHP بالأفضلية عندما يتعلق الأمر بالأداء البيئي. على الرغم من أن الأفران المزودة

بقائم لا تزال مستخدمة في التشغيل، إلا أنها عادة ما تكون غير مقبولة إلا من الناحية الاقتصادية في المصانع الصغيرة وبدأت تتلاشى تدريجياً عن طريق تجديد التجهيزات.

يتم استخدام أربعة أنواع رئيسة من الأفران في تصنيع الجير لإنتاج الأنواع المختلفة من الجير الحي (تفاعلية) وهي: الدوارة والرأسية المزودة بقائم (ما يزيد عن 10 أنواع) وأفران الهيكل المصنعي المتحرك وأفران الكلسنة بتعليق الغاز.

غازات العادم

يشيع في ذلك القطاع الصناعي استخدام مصادر الاحتراق في

توليد الطاقة وتنتج الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة



تشتمل القضايا البيئية ذات الصلة بمشروعات تصنيع الأسمنت والجير على ما يلي في المقام الأول:



- تخزين أنواع الوقود التي يتم الحصول عليها من النفايات في مناطق محمية من الرياح وعوامل الطقس الأخرى؛
- تخزين الأحجار الأسمنتية الصغيرة في حجيرات أو صوامع مغطاة/مغلقة مزودة بآليات استخراج الغبار أوتوماتيكيًا؛
- تخزين الأسمنت في صوامع مزودة بآليات أوتوماتيكية لإصلاح وتحميل صهاريج الكميات الكبيرة؛
- تخزين الأحجام التي تمت غربلتها من أسيد الكالسيوم في عنابر أو صوامع وتخزين الدرجات الدقيقة من الجير المطفأ في صوامع مغلقة؛
- إجراء أعمال الصيانة الروتينية داخل المصنع والتنظيف الجيد للإقلال من تسربات الهواء والانسكابات إلى أدنى حد؛
- معالجة المواد (مثل عمليات السحق والطحن الجاف وطحن الأحجار الأسمنتية الصغيرة) في أنظمة مغلقة يتم الحفاظ على الضغط السلبي فيها باستخدام مراوح العادم. تجميع هواء التهوية والتخلص من الغبار باستخدام الحلزونات والمرشحات الكيسية؛
- تشغيل أنظمة أوتوماتيكية لتعبئة الأياس ومناولتها إلى

أقصى حد ممكن ويشمل ذلك:

- استخدام آلة دوارة لتعبئة الأياس بالإضافة إلى ملقم أياس ورقية أوتوماتيكية ووحدة تحكم في الانبعاثات المنفلتة
- استخدم وحدة تحكم أوتوماتيكية في الوزن لكل آيس أثناء التفريغ
- استخدام السيور الناقلة لنقل الأياس إلى مآينة التحميل
- تخزين البالات التي تم الانتهاء منها في حجيرات مغطاة من أجل شحنها بعد ذلك

عن مصادر الاحتراق الصغيرة التي لها قدرة تصل حتى 50 ميغاواط ساعة حرارية، بما في ذلك معايير الانبعاثات الهوائية المعنية بانبعاث غازات العادم. أما الإرشادات المنطبقة على مصادر الانبعاثات الأبر من 50 ميغاواط حراري في الساعة فتتناولها الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة من أجل الطاقة الحرارية.

المواد الجسيمية

تعتبر إنبعاثات المواد الجسيمية أحد التأثيرات الواضحة لعملية تصنيع الأسمنت والجير، وأما هو وارد أدناه، فإن الموارد الأساسية لإنبعاثات المواد الجسيمية والطرق الموصى بها لمنعها والتحكم فيها تشتمل على مايلي:

بالنسبة لإنبعاثات المواد الجسيمية المرتبطة بمعالجة وتخزين المواد الوسيطة والمواد النهائية (بما في ذلك سحق المواد الخام وطحنها)، ومعالجة أنواع الوقود السائلة وتخزينها، ونقل المواد (باستخدام الشاحنات وسيور النقل مثلًا)، وأنشطة التعبئة، فإن الأساليب الموصى بها لمنع التحكم ومكافحته تشتمل على ما يلي:

- استخدام مخطط بسيط وطولي لعمليات تداول المواد لخفض الحاجة إلى تعدد نقاط النقل؛
- استخدام سيور النقل المغلقة لنقل المواد وأبح الإنبعاثات في نقاط النقل؛
- تنظيف سيور الإرجاع في أنظمة سيور النقل؛
- تخزين المواد الخام المسحوقة والممزوجة مسبقًا في حجيرات مغطاة ومغلقة؛
- تخزين الفحم المسحوق وأوك البترول (الفحم البترولي) في صوامع؛



بالنسبة لإنبعاثات المواد الجسيمية المتعلقة بتشغيل أنظمة الأفران ومبردات الأحجار الأسمنتية الصغيرة والطواحين بما في ذلك حرق الأحجار الأسمنتية الصغيرة والحجر الجيري، فيوصى باتباع أساليب منع ومكافحة التلوث التالية وذلك بالإضافة إلى تيسير عمليات تشغيل الفرن² بالشكل المناسب:

- الإبقاء على تدفق الهواء الثانوي منخفضاً قدر الإمكان (بمعنى أن يتم تقليل الآسجين).
- استخدام تبريد اللهب عن طريق إضافة الماء إلى الوقود أو إضافته مباشرة إلى اللهب (بمعنى أن تنخفض درجة

- احتجاز الأتربة المتصاعدة من الفرن والمبرد باستخدام المرشحات وإعادة تدوير الجسيمات المستعادة في مواد تلقيح الفرن وفي الأحجار الأسمنتية الصغيرة على التوالي؛
- استخدام المرسبات الالكتروستاتيكية أو أنظمة الترشيح القماشية (مرشحات آيسية) لتجميع انبعاثات المواد الجسيمية في الغازات المتصاعدة من الفرن والتحكم فيها؛³

- الحرارة ويزداد التآكل الأصلي للهيدروكسيد)، وقد يكون هناك تأثير سلبي لاستخدام تبريد اللهب على استهلاك الوقود ومن المحتمل أن تكون هناك زيادة بنسبة 2-3 في المائة في الاستهلاك ومن ثم زيادة تناسبية معها في انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون (CO₂):
- استخدام المحارق التي تنخفض فيها أكاسيد النيتروجين NO_x لتجنب وجود بقع انبعاث موضعية ساخنة ؛

- استخدام الحلزونات لفصل الجسيمات الكبيرة في غازات المبرد ويتبعها استخدام المرشحات القماشية؛
- احتجاز تراب الطاحونة باستخدام المرشحات القماشية⁴ وإعادة تدويره داخل الطاحونة.

- إنشاء عملية احتراق تتم على مراحل⁶، ويمكن تطبيقها في أفران التسخين المسبق-الكلسنة المسبقة (PHP) وأفران التسخين المسبق (PH).
- تصنيع الجير: ينخفض إنتاج أكسيد النيتروجين (NO_x) عادةً في عملية تصنيع الجير عنه في عملية تصنيع

الأسمنت، وبما أن حرق الحجر الجيري يتم عادةً في درجات حرارة منخفضة، فإن انبعاثات أكاسيد النيتروجين NO_x الناتجة من المصدر تكون منخفضة ويمكن التحكم

أكاسيد النيتروجين

تنتج أكاسيد النيتروجين (NO_x) في عمليات الاحتراق⁵ التي تحدث في فرن الأسمنت عند درجات حرارة مرتفعة.

فيها باستخدام المحارق التي تنخفض فيها أكاسيد النيتروجين NO_x.

أكاسيد الكبريت

ترتبط انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت (SO₂) في تصنيع الأسمنت في المقام الأول بمحتوى الكبريت المتطاير أو التفاعلي الموجود في المواد الخام⁷ وترتبط بجودة أنواع

⁶ تنتج الانبعاثات المتصاعدة لغاز ثاني أكسيد الكبريت SO₂ من المواد الخام التي يوجد بها محتوى عالٍ من الكبريت العضوي أو بيبريت الحديد (FeS).



- ² يشير تيسير عمليات تشغيل الفرن إلى الحفاظ على وجود الفرن في أفضل حالات التشغيل.
- ³ على الرغم من أن المرسبات الالكتروستاتية يمكن الاعتماد عليها في ظروف التشغيل العادية، إلا أن مخاطر الانفجار تكون قائمة عندما تتجاوز تراكيزات أول أكسيد الكربون (CO) في عادم الفرن عن نسبة 0.5 في المائة. ولمنع هذه المخاطر، ينبغي أن يتأاد المشغلون من خضوع عمليات الاحتراق للإدارة والتحكم المناسبين والمستمرين بما في ذلك الرصد المستمر لمستويات أول أكسيد الكربون وخاصة أثناء بدء تشغيل الفرن أي يتم أوتوماتيكياً إيقاف تشغيل الفرن إذا لزم الأمر.
- ⁴ لا يصلح استخدام المرسبات الالكتروستاتية في إزالة الغبار من الطاحونة.
- ⁵ يمثل غاز أول أكسيد النيتروجين ما يزيد عن 90 في المائة من أكاسيد النيتروجين NO_x المنبعثة.



غازات الدفيئة

ترتبط الغازات الدفيئة وبخاصة غاز ثاني أكسيد الكربون

(CO₂)،⁹ في المقام الأول باستهلاك الوقود وبإزالة

الكربون من الحجر الجيري والذي يشكل ثاني أكسيد الكربون CO₂ نسبة 44 في المائة من وزنه الصافي. بالإضافة إلى

تيسير عمليات تشغيل الفرن بالشكل المناسب، فإن الأساليب الموصى بها لمنع ومكافحة انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون CO₂ تشتمل على ما يلي:

- إنتاج مواد الأسمنت المخلوطة والتي قد يكون لها تأثير في الانخفاض الواضح في استهلاك الوقود وانبعاثات غاز CO₂ المترتبة عليه في آل طن من المنتج النهائي؛
- اختيار وتشغيل عملية المعالجة لتعزيز آفاءة الطاقة (الأفران الجافة/أفران التسخين المسبق/أفران الكلجنة المسبقة)؛
- اختيار نوع الوقود الذي تنخفض فيه نسبة محتوى الكربون إلى القيمة السعيرية (مثل الغاز الطبيعي أو الزيوت الوقود أو بعض أنواع الوقود المستعمل)؛
- اختيار المواد الخام التي ينخفض فيها محتوى المواد العضوية.

يسهم غاز أول أكسيد الكربون (CO) مساهمة قليلة في انبعاثات غاز الدفيئة (أقل من 0.5-1 في المائة من إجمالي الغازات المنبعثة)،¹⁰ وعادة ما ترتبط هذه الانبعاثات

الوقود المستخدم لتوليد الطاقة. بالإضافة إلى تيسير عمليات تشغيل الفرن بالشكل المناسب، فإن أساليب مكافحة التلوث

الموصى بها من أجل تقليل غاز ثاني أكسيد الكبريت SO₂

تشتمل على ما يلي:

- استخدام طاحونة رأسية وتمرير الغازات عبر الطاحونة لاستعادة الطاقة وتقليل محتوى الكبريت في الغاز. يختلط الغاز الذي يحتوي على الكبريت في الطاحونة مع أربونات الكالسيوم (CaCO₃) الموجودة في المواد الخام وينتج أبريتات الكالسيوم (الجبس).
- اختيار مصدر الوقود الذي ينخفض فيه محتوى الكبريت؛
- حقن مواد ماصة مثل الجير المطفأ (Ca(OH)₂)، أو أكسيد الكالسيوم (CaO)، أو الرماد المتطاير الذي يرتفع فيه محتوى أكسيد الكالسيوم في الغاز العادم قبل مروره بالمرشحات؛
- استخدام أجهزة الغسل الرطب أو الجاف.⁸

عادةً ما تكون انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكبريت SO₂ منخفضة في تصنيع الجير عنها في تصنيع الأسمنت بسبب انخفاض مستوى الكبريت في المواد الخام. تشتمل أساليب الحد من انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكبريت SO₂ على ما يلي:

N₂O في الانبعاثات المباشرة الصادرة من المواد الخام في طاحونة المواد الخام.¹⁰ يعتبر غاز أول أكسيد الكربون مؤشرًا على الظروف المحيطة بالمعالجة، وعادة ما تكون قراءات أول أكسيد الكربون المرتفعة علامة تحذير من أن عملية التصنيع لا تسير كما ينبغي (ومن المحتمل أن يكون

⁸ يعتبر الغسل الجاف أعلى في التكلفة ولذلك فهو أسلوب يقل انتشارًا عن أسلوب الغسل الرطب ويستخدم في العادة عندما ترتفع انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت SO₂ عن 1500 مليغرام/نانومتر 3

⁹ لا ينبعث غاز الدفيئة N₂O من مصانع الأسمنت والجير بسبب درجات الحرارة المرتفعة وظروف الأصدقاء، ويتمثل المصدر الوحيد المحتمل لغاز



- اختيار المواد المحتجرة التي ينخفض فيها محتوى الكبريت المتطاير؛
- حقن الجير المطفأ أو البيكربونات في مجرى غاز العادم قبل استخدام المرشحات ؛
- حقن الجير المطفأ أو الجير الحي المنقسم إلى ذرات دقيقة في قبو الاحتراق بالفرن.



تشتمل خيارات الضبط على أجهزة الغسل الرطبة والامتصاص باستخدام الكربون المنشط ويتوقف ذلك على نوع المعادن المتطايرة الموجود في غاز الوقود.

- تشغيل الفرن بطريقة منظمة وثابتة لتجنب حالات إيقاف التشغيل الطارئة للمرسبات الإلكترونية (إذا آانت موجودة في الفرن).
- لا ينبغي استخدام الوقود المستعمل أثناء بدء التشغيل أو إيقاف التشغيل.

الوقود المستعمل

تتمكن أفران الأسمنت نظراً لأوساطها القلوية الشديدة وارتفاع درجة حرارة اللهب فيها (2000 درجة مئوية) من استخدام أنواع الوقود المستعملة ذات القيمة السعريّة المرتفعة (مثل المذيبات المستهلكة والزيت المستعمل والإطارات المستعملة ونفايات المواد البلاستيكية ونفايات المواد العضوية الكيميائية بما فيها المرآبات ثنائية الفينيل المتعدد الكلور [PCB])

ومبيدات الآفات المتقدمة الكلور عضوية والمواد المكورة (الأخرى)، وقد يؤدي استخدام الوقود المستعمل إلى انبعاث المرآبات العضوية المتطايرة (VOC) ومرآبات ثنائي بنزوديوآسين متعدد الكلور (PCDD) وثنائي البنزوفورين (PCDF) وفلوريد الهيدروجين (HF) والوريد الهيدروجين (HCl) والمعادن السامة ومكوناتها إذا لم يتم السيطرة عليها وتشغيلها بالشكل الصحيح.

يتطلب استخدام الوقود المستعمل أو المواد الخام التالفة في عملية تصنيع الأسمنت الحصول على إذن خاص من السلطة

المحلية، وينبغي أن يحدد هذا الإذن مقادير وأنواع النفايات التي يجوز استخدامها سواء في صورة وقود أو مواد خام

بمحتوى المواد العضوية في المادة الخام، وقد تم إبراد توصيات إضافية معنية بكيفية التعامل مع غازات الدفينة في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

المعادن الثقيلة وملوثات الهواء الأخرى

قد تكون المعادن الثقيلة (مثل الرصاص والكاديوم والزنك) من الانبعاثات الخطيرة الصادرة من عملية تصنيع الأسمنت وتنشأ نتيجة استخدام المواد الخام وأنواع الوقود الأحفوري والوقود المستعمل. ترتبط المعادن غير المتطايرة في أغلب الأحيان بالجسيمات الجزيئية. وعادة ما تتولد انبعاثات المعادن المتطايرة مثل الزنك¹¹ من المواد الخام وأنواع الوقود المستعمل على حد سواء ولا يتم أبجها من خلال استخدام المرشحات.

تشتمل الأساليب الموصى بها للحد من انبعاثات المعادن الثقيلة على ما يلي:

- تنفيذ إجراءات فعالة لخفض الغبار/المواد الجسيمية أما وردت مناقشته أعلاه لاحتجاز المعادن الموجودة. استعن بالامتصاص باستخدام الكربون المنشط إذا لزم الأمر في حالة التراكيزات العالية من المعادن الثقيلة المتطايرة (وبخاصة الزنك) وينبغي التعامل مع النفايات الصلبة الناتجة على أنها نفايات صلبة أما تم التعرض لذلك في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة
- رصد وضبط محتوى المعادن الثقيلة المتطايرة في مواد الإدخال والوقود المستعمل من خلال اختيار المواد. وقد

وينبغي أن يشتمل أيضاً على معايير الجودة مثل الحد الأدنى للقيمة السعريّة والحد الأقصى لمستويات التراكيز في الملوثات

مناك استهلاك أعلى للوقود). ينبغي رصد نسبة أول أكسيد الكربون بشكل مستمر. بالإضافة إلى ذلك، يوجد خطر حدوث الانفجارات المتعلقة بتريزات غاز أول أكسيد الكربون التي تزيد عن 10.5 في المائة عند استخدام المرسبات الإلكترونية. ¹¹ يتم إدخال الزئبق في الفرن مع المواد الخام (90 في المائة تقريباً) بينما يأتي مقدار صغير منه (10 في المائة تقريباً) مع الوقود.

إرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة
الخاصة بتصنيع الأسمنت والجير





- تنفيذ إجراءات التخزين والمناولة الملائمة للنفايات الخطرة وغير الخطرة التي سيتم استخدامها أوقود أو مواد خام مستعمل، وذلك أما هو وارد في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.
- يندر استخدام الوقود المستعمل أو نفايات المواد الخام في

النوعية مثل مرآبات ثنائية الفينيل المتعدد الكلور والهيدروأربونات العظمية متعددة الحلقات والزنابق والمعادن الثقيلة الأخرى.

تشتمل أساليب المنع والمكافحة الخاصة بهذه الأنواع من

الملوثات الهوائية على ما يلي:

تصنيع الجير بسبب متطلبات جودة المنتج. 15

استهلاك الطاقة وأنواع الوقود

يعتبر تصنيع الأسمنت والجير من الصناعات التي تستهلك أميات مائلة من الطاقة، وتمثل تكاليف الطاقة الكهربائية والوقود نسبة 40-50 في المائة من تكاليف الإنتاج الكلية. بالإضافة إلى توصيات الحفاظ على الطاقة الواردة في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة، فهناك قسم مخصص يشتمل على ما يلي.

- تنفيذ أساليب خفض المواد الجسيمية لتقليل إنبعاثات المعادن الثقيلة غير المتطايرة والتحكم في مواد النفايات المحتجزة على أنها نفايات خطرة أما هو وارد في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة
- رصد وضبط محتوى المعادن الثقيلة المتطايرة في مواد الإدخال والوقود المستعمل من خلال اختيار المواد، وقد تشتمل خيارات الضبط على أجهزة الغسل الرطبة والامتصاص باستخدام الكربون المنشط ويتوقف ذلك على نوع المعادن المتطايرة الموجود في غاز الوقود.
- الحقن المباشر لأنواع الوقود التي تحتوي على معادن متطايرة أو ترأيزات مرتفعة من المرآبات العضوية المتطايرة في المحرقة الرئيسة بدلاً من حقنها المحارق الثانوية؛
- تجنب استخدام أنواع الوقود التي بها محتوى عالٍ من الهالوجينات أثناء عملية الاحتراق الثانوي وأثناء مرحلتها بدء وإيقاف التشغيل؛
- خفض فترات تبريد غاز الفرن (من 500 إلى 200 درجة مئوية) إلى الحد الأدنى لتجنب إعادة تكوين الديوآسينات والفيورانات ثنائية البنزين متعددة الروابط الكلورية التي تحطمت من قبل 12، 13، 14؛

إلى ما هو أقل من 200 درجة مئوية في أفران التسخين المسبق-الكلنسة المسبقة وأفران التسخين المسبق حيث يكون التدفق في الحزونات سريعاً ولكن من الصعب أن يتوفر ذلك في أنواع الأفران الأخرى. 13 لا يزال استخدام الكربون المنشط في صناعة الأسمنت لامتصاص المقادير البسيطة من المعادن المتطايرة (مثل الزنابق) أو المرآبات العضوية المتطايرة أو مرآبات ثنائي بنزو بارا ديواسين متعدد الكلور- ثنائي بنزو الفيوران متعدد الكلور مرحلة تجريبية ويرجع السبب في الرئيس في ذلك إلى اختلاف ترأبيات الوقود. قد تؤدي حالات التشغيل الجيد والاختيار الدقيق لمواد الإدخال إلى تجنب الحاجة إلى استخدام الكربون المنشط. 14 تتوافر معلومات إضافية عن منع وأبح انبعاثات مرآبات ثنائي بنزو بارا ديواسين متعدد الكلور وثنائي بنزو الفيوران متعدد الكلور في تقرير مجلس البحوث العلمية والصناعية، 2006

15 يؤثر مصدر الوقود المستخدم في تصنيع الجير تأثيراً واضحاً على جودة الجير الذي يتم إنتاجه ويرجع السبب الرئيس لهذا التأثير إلى محتوى الكبريت الذي يتم احتجازه في المنتج ويؤدي إلى خفض قيمته، وقد تؤثر أنواع الوقود المختلفة في جودة المنتج إذا لم يكتمل احتراقها ومن ثم يأتي الغاز الطبيعي والزيت كأثر أنواع الوقود شيوغاً في تصنيع الجير نظراً



مثل الهواء الذي يتصاعد من قناة الهواء الثلاثية المستخدمة في الكلسنة المسبقة.

بالنسبة لتصنيع الجير، فإن الأفران الحلقية العالية المزودة بقائم والأفران التجديدية ذات التدفق المتوازي وباقي أنواع الأفران المزودة بقائم تتميز بانخفاض استهلاك الوقود وارتفاع مرونة الوقود، وقد تم الإشارة إلى متوسط استهلاك الحرارة والكهرباء في أنواع الأفران المختلفة في قسم "استخدام الموارد والنفائات" الوارد أدناه.

المبردات

يعتبر "مبرد الهيكل المصبعي" هو النوع الوحيد من مبردات الأحجار الأسمنتية الصغيرة الذي يتم الآن استخدامه والذي يتم إنتاجه في إصدارات عديدة، ويتمثل الهدف من المبرد في خفض درجة حرارة الأحجار الأسمنتية بأسرع ما يمكن وتسخين الهواء الثانوي إلى أعلى درجة حرارة ممكنة أي يتم تقليل استهلاك الوقود.

أنواع الوقود

يعتبر الفحم المسحوق (الفحم الأسود والليجيت) هو أكثر أنواع الوقود استخداماً في صناعة الأسمنت ومن ناحية ثانية فقد أدت التكلفة المنخفضة لكوك البترول (الفحم البترولي) إلى زيادة استخدام هذا النوع من الوقود، وتتولد من الفحم والفحم البترولي انبعاثات من غازات الدفيئة (GHG) أكثر من تلك التي تتولد من غاز الوقود والغاز الطبيعي (ما يقرب من 65

في المائة زيادة في الانبعاثات عن الانبعاثات في الغاز)،¹⁷

أما أن محتوى الكبريت المرتفع في الوقود (من خصائص

الفحم البترولي) قد يؤدي إلى حدوث مشال تشتمل في المقام

الأفران

بالنسبة للمصانع الجديدة والتحديثات الكبرى، فإن الممارسة الدولية الجيدة لإنتاج الأحجار الأسمنتية الصغيرة تشتمل على استخدام أفران المعالجة الجافة التي تتبع مراحل متعددة من التسخين المسبق والكلسنة المسبقة (أفران التسخين المسبق-الكلسنة المسبقة). تعتبر أفران التسخين المسبق-الكلسنة المسبقة من أفران شائعة الاستخدام في تصنيع الأسمنت، فهي تتميز باستهلاك أقل في الحرارة (بسبب استعادة أميات أبيرة من الحرارة من غاز الفرن في الحلزونات وبسبب انخفاض حالات فقدان الحرارة من الفرن) وبدعم تبخر المياه (مقارنةً بأفران المعالجة الرطبة التي تستخدم الردغة) وفي نفس الوقت توفر أعلى سعة إنتاجية. يتم أيضاً استخدام أفران التسخين المسبق على نطاق واسع بسبب سهولة تشغيلها، ويرتفع استهلاك الحرارة في أفران التسخين المسبق ارتفاعاً طفيفاً عنه في أفران التسخين المسبق-الكلسنة المسبقة إلا أن سعتها الإنتاجية تنخفض بشكل ملحوظ عنها في أفران التسخين

المسبق-الكلسنة المسبقة.¹⁶ وتعتبر أنواع الأفران الأخرى

(مثل أفران المعالجة الجافة الطويلة [LD] وأفران المعالجة شبه الجافة وأفران المعالجة شبه الرطبة وأفران المعالجة الرطبة) أنواعاً مهجورة. لتحسين آفاء الطاقة بشكل أكبر، ينبغي استخدام الحرارة الناتجة من المبرد آهواء معالجة ساخن

¹⁶ تنتج أفران المعالجة الجافة ما يقرب من 80 في المائة من الأسمنت في

أوروبا، وينبغي تحويل الأفران التي لا تستخدم المعالجة الجافة إلى المعالجة الجافة عند تحسينها أو توسيعها، حيث أن أفران المعالجة الجافة الطويلة

¹⁷ يمثل زيت الوقود والغاز الطبيعي نسبة أقل من 6 في المائة من إجمالي استهلاك الوقود في أوروبا ويرجع ذلك إلى ارتفاع تكلفتها عن تكلفة الكوك

يرتفع استهلاك الحرارة بشكل أكبر وعادةً ما تلاحقها مشال خطيرة في التكاليف المتعلقة بالاحتراق. يتمثل أحد الأسباب الرئيسية لارتفاع استهلاك الحرارة في الرطوبة (Leptol) بالاستهلاك المتسلسل للحرارة. يسبب هذا الرطوبة الموجودة في مواد تلقيم الفرن التي تأخذ شكل أرات. يرتفع استهلاك الكهرباء وتكاليف الصيانة في أفران المعالجة شبه الرطبة بسبب مكابس المرشحات. تعتبر أفران المعالجة الجافة (المهجورة الآن بشكل أكبر) هي أقدم تقنيات الأفران الرأسية التي تسجل أعلى مستويات في استهلاك الحرارة وأقل سعة إنتاجية. لم يعد ينظر إلى الأفران العالية المزودة بقائم على أنها تقنية تصلح لإنتاج الأسمنت.





التقنيات وأساليب الممارسة الصحية المتعلقة بكيفية التعامل مع المياه المستعملة، أن تفي بالقيم الإرشادية المعنية بتصريف المياه المستعملة والمبينة بالجدول ذي الصلة بالقسم 2 من وثيقة قطاع الصناعة هذا.

المجاري الأخرى للمياه المستعملة واستهلاك المياه
تقدم الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة
توجيهات حول آفية التعامل مع المياه المستعملة غير الملوثة
الناتجة عن العمليات التي تتم في المرافق الصناعية، ومياه
العواصف غير الملوثة، ومياه الصرف الصحي. ويجب توجيه
مجاري المياه المستعملة الملوثة إلى نظام معالجة المياه
المستعملة الناتجة عن العمليات الصناعية.

قد تتلوث مياه العواصف التي تتدفق عبر الكوك البترولي
والفحم وأوام مواد النفايات المعرضة للهواء الطلق، وينبغي
منع مياه العواصف من ملامسة أوام مواد النفايات عن طريق
تغطية أو تطويل هذه الأوام وعن طريق ترأيب وحدات
التحكم المستمرة، أما أن أساليب منع التلوث الموصى بها في
حالة انبعاثات الغبار من أوام مواد النفايات ومن الأحجار
الأسمنتية الصغيرة والفحم والنفايات (أما هو وارد أعلاه) قد
تساعد في الحد من تعرض مياه العواصف للتلوث. في حالة
عدم ملامسة مياه العواصف لأوام المواد، ينبغي حماية التربة
والمياه الجوفية من التلوث المحتمل عن طريق رصف قاعدة
هذه الأوام أو تبطينها بدلاً من ذلك، وعن طريق تثبيت
وحدات التحكم المستمرة حولها، وتجميع مياه العواصف في
حوض مبطن للسماح بالمواد الجسيمية بالاستقرار قبل أن يتم
العزل والتحكم وإعادة التدوير أو التصريف. تشمل الإرشادات
العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة على مزيد من
التوصيات حول التعامل مع مياه العواصف الملوثة.

الأول على ترآم الكبريت في حلقات الفرن. يشيع بشكل
متزايد استخدام الوقود المستعمل أبدل للوقود التقليدي في
صناعة الأسمنت ورغم ذلك ينبغي مراعاة مخاطر انبعاثات
الهواء المتعلقة به أما تم تناولها بالشرح أعلاه.¹⁸

قد يكون من الضروري إتباع إجراءات خفض التلوث لضمان
عدم توليد الانبعاثات السامة من احتراق النفايات في أفران
الأسمنت، وينبغي القيام بالرصد الملائم (أما تمت مناقشته في
القسم رقم 2) عند القيام بحرق الوقود المستهلك في مصانع
الأسمنت.

المياه المستعملة

معالجة المياه المستعملة الناتجة عن العمليات الصناعية
تعتبر العمليات التي تتم في المرافق لإنجاز أغراض التبريد في
المراحل المختلفة من عملية التصنيع (المحامل وحلقات الفرن)
مي المصدر الرئيس لتوليد المياه المستعملة وقد تنتج من بعض
العمليات مياه مستعملة يرتفع فيها الأس الهيدروجيني والمواد
الصلبة المعلقة. وتشتمل أساليب معالجة المياه المستعملة في
العملية الصناعية الواردة في هذا القسم على معادلة التدفق
والحمولة بالإضافة إلى ضبط الأس الهيدروجيني، والحد من
ترسيب المواد الصلبة المعلقة باستخدام أحواض التصفية
وأجهزة التنقية، واستخدام الترشيح متعدد الأوساط للتقليل من
المواد الصلبة المعلقة غير المستقرة. وتناقش الإرشادات العامة
بشأن البيئة والصحة والسلامة آفية التعامل مع المياه
المستعملة الناتجة عن العمليات الصناعية وأمثلة لطرق
المعالجة. ويتعين على المرافق، من خلال استخدامها لهذه

¹⁸ لقد أصبح استخدام الوقود المستعمل أوقود بديل إجراءً متبعًا في الدول الصناعية، حيث وصل المعدل المتوسط لاستخدامه في الاتحاد الأوروبي إلى 12 في المائة، وتشتمل أنواع الوقود البديلة على بقايا الوقود والمواد الممتصة والبقايا الممزقة (مثل المواد البلاستيكية والمطاط) والمواد البلاستيكية التي ينخفض فيها عنصر الكلور والإطارات والمنسوجات وحماة الصرف الصحي والمرشحات المستعملة.



باستخراج مواد التشييد)، والطحن والتخزين، ومناولة ونقل المواد الخام والمنتجات الوسيطة والنهائية، وتشغيل مراوح العادم. تقدم الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة المستويات الموصى بها لإجراءات خفض الضوضاء ومستويات الضوضاء المحيطة.

1.2 الصحة والسلامة المهنية

تتضمن أخطر التأثيرات المتعلقة بالصحة والسلامة المهنية والتي تبرز أثناء مرحلة تشغيل مشروعات تصنيع الأسمنت والجير على ما يلي:

- الغبار
- الحرارة
- الضوضاء والامتزازات
- المخاطر البدنية
- الإشعاع
- المخاطر الكيميائية وقضايا الصحة الصناعية

الغبار

يرتبط التعرض للجسيمات الدقيقة بالعمل في معظم مراحل تصنيع الأسمنت والجير التي ينتج الغبار فيها إلا أنه ينتج بشكل ملحوظ من تشغيل المحاجر (انظر إرشادات البيئة والصحة والسلامة المتعلقة باستخراج مواد التشييد) ومناولة المواد

الخام وطحن الأحجار الأسمنتية/الأسمنت. 20 يتعلق

وتقدم الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة توصيات لخفض استهلاك المياه، لا سيما في الأمان التي تكون فيها المصادر الطبيعية محدودة.

النفائات الصلبة

تشتمل مصادر النفائات الصلبة في عملية تصنيع الأسمنت والجير على النفائات المتخلفة عن إنتاج الأحجار الأسمنتية والتي تتكون بشكل أساسي من الصخور التالفة التي يتم

التخلص منها من المواد الخام أثناء إعداد المواد الخام، ويشتمل مجرى النفائات المحتملة على غبار الفرن الذي تتم إزالته من مجرى التحويل أو مدخنة العادم إذا لم يتم إعادة تدويره في

العملية.

تنتج أميات صغيرة من النفائات من صيانة المصنع (مثل الزيت المستخدم ومعادن الخردة)، 19 بينما قد تشتمل مواد

النفائات الأخرى على ترآمات الغبار المتصاعدة من الفرن والتي تحتوي على الكلوريد/الفلوريد. في عملية إنتاج الجير، تتم إعادة استخدام/إعادة تدوير الغبار والجير الحالي غير المطابق للمواصفات والجير المطفأ في منتجات تجارية محددة (مثل الجير المستخدم في عمليات التشييد والجير المستخدم لتثبيت التربة والجير الحي ومنتجات البالات).

وتقدم الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة الإرشادات حول التعامل مع النفائات الخطرة وغير الخطرة.

الضوضاء

يرتبط التلوث الضوضائي بالمرحل المتعددة في عملية تصنيع

19 قد تتولد الرشاحات القلوية الناتجة من مكابس الترشيج في المرافق القديمة التي لازالت عاقفة على استخدام عمليات المعالجة شبه الرطبة المتقطعة بشكل أثير.

20 ينظر المؤتمر الأمريكي لإخصائي الصحة الصناعية العالمية (ACGIH) لأسمنت البورتلاند على أنه "غبار ضار" ويخاطر العمال الذين يتعرضون لفترة طويلة للغبار المحمل بالجسيمات الدقيقة بإمكانية إصابتهم بأمراض السُحار (تَغَيُّر الرُّئَة) الحميد، والنفاخ الرئوي، والتهاب الشعب الهوائية، والتليف.

الأسس الحديثة بما في ذلك استخراجه المياه والخام (خضوع السلامة للمناقشة في القناعات الخاصة بالتصنيع والسلامة المتعلقة





- حجب أسطح المعدات الساخنة حيثما يُتوقع وجود العمال بجوارها أو ملامستهم لها واستخدام معدات الوقاية الشخصية، حسب الحاجة (مثل القفازات والأحذية

المعزولة).

- تقليل وقت التشغيل اللازم في الأوساط التي ترتفع فيها

درجة الحرارة عن طريق تنفيذ ورديات عمل أقصر طولاً في هذه المواقع؛

- توفير واستخدام أمامات مزودة بهواء أو آسجين، حسب الحاجة؛

- تنفيذ إجراءات دقيقة للسلامة والحماية الشخصية في عملية إطفاء الجير لتجنب التعرض المحتمل للتفاعلات الطاردة للحرارة.

الضوضاء والاهتزازات

تعتبر مراوح العادم وطواحين السحق من المصادر الرئيسية للضوضاء والاهتزازات في مصانع الأسمنت والجير، وقد يشتمل التحكم في انبعاثات الضوضاء على استخدام آتومات صوت المراوح وحواجز الغرف لمشغلي الطواحين وحواجز الضوضاء ووسائل حماية الجهاز السمعي في حالة تعذر خفض الضوضاء إلى مستويات مقبولة وذلك أما تمت مناقشته في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

المخاطر البدنية

ترتبط الإصابات التي تحدث أثناء عمليات تصنيع الأسمنت والجير في العادة بحالات الانزلاق والانحشار والسقوط والاحتكاك بالأشياء الساقطة/المتحررة والرفع وفرط الإجهاد، بينما قد تحدث الإصابات الأخرى بسبب الاحتكاك بالآلات المتحررة أو الاحتجاز فيها (مثل الشاحنات القلابة والمحملات

التعرض لغبار السيليكا(المتبلر) النشط (SiO_2) عندما يكون موجوداً في المواد الخام بالمخاطر المحتملة في قسم تصنيع الأسمنت والجير. وتتضمن طرق منع التعرض للغبار

والسيطرة عليه ما يلي: 21

- مكافحة الغبار عن طريق عمليات التنظيف والصيانة الجيدة؛
- استخدام الحجيرات المغلقة مكيفة الهواء؛
- استخدام أنظمة استخلاص الغبار وإعادة تدويره للتخلص من الغبار في مناطق العمل وبخاصة طواحين السحق؛
- استخدام امتصاص الهواء (الشفط) في مناطق تعبئة آياس الأسمنت؛
- استخدام معدات الوقاية الشخصية (مثل الكمادات الأمامية والرافعات الشواية. تمثل الأنشطة المتعلقة بصيانة المعدات بما فيها معدات السحق والطواحين وأجهزة فرز



- استخدام أنظمة التنظيف الخوائي المتنقلة لمنع تراكم
الغبار في المناطق المرصوفة؛

ال ر ة

تحدث حالات التعرض الرئيسية للحرارة في هذا القسم
أثناء تشغيل وصيانة الأفران أو المعدات الساخنة
الأخرى ومن خلال التفاعلات الطاردة للحرارة التي تحدث
في عملية إطفاء الجير. وتتضمن أساليب المنع والسيطرة
الموصى بها ما يلي:

²¹ يتوافر مزيد من المعلومات عن منع مخاطر استنشاق السيليكا
والسيطرة عليه لدى وزارة العمل الأمريكية، إدارة الصحة
والسلامة المهنية (OSHA)، القسم الإلكتروني للتعامل مع السيليكا
المتاح على العنوان التالي :
<http://www.osha.gov/SLTC/etools/silica/index.html>



الجير والتي لا بد من تقييمها ومنعها وتخفيفها من خلال إجراءات ومعدات الطوارئ. قد تتسبب الرطوبة في الإصابة بالحروق، وينبغي أن تتوفر مرافق الغسل الفوري لمناطق

الجسم المصابة بما في ذلك مرافق غسل العيون في المكان الذي تتم فيه مناولة الجير الحي، وينبغي تغطية وتطويق مناطق المعالجة إذا آن ذلك ممكناً لتجنب تولد خطر الغبار. وتقدم الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة إرشادات إضافية حول أساليب التعامل مع المخاطر الكيميائية.

1.3 صحة المجتمعات المحلية وسلامتها

تتمثل التأثيرات الواقعة على صحة المجتمع وسلامته أثناء إنشاء وتشغيل وإيقاف تشغيل مصانع تصنيع الأسمنت والجير مع التأثيرات الحادثة أثناء إنشاء وتشغيل وإيقاف تشغيل معظم المرافق الصناعية، وقد تم تناولها بالمناقشة في الإرشادات

العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

2.0 مؤشرات الأداء والرصد

2.1 البيئة

إرشادات بشأن الانبعاثات والنفايات السائلة
تقدم الجداول 1 و2 و3 إرشادات بشأن الانبعاثات والنفايات السائلة لهذا القطاع. وتشرح القيم الإرشادية الخاصة بالانبعاثات والنفايات السائلة الناتجة عن العمليات في هذا القطاع الممارسة الصناعية الدولية الجيدة أما مي واردة في المعايير ذات الصلة للبلدان التي لديها أطر تنظيمية معترف بها. أما يمكن تطبيق هذه الإرشادات في ظروف التشغيل

الطحين والمراوح والمبردات والسيور الناقلة مصدرًا مأمًا في التعرض للمخاطر البدنية، وقد تمت مناقشة التعامل مع هذه الأنواع من المخاطر في الإرشادات العامة بشأن البيئة

22 والصحة والسلامة.

الإشعاع

يتم أحياناً استخدام الأشعة السينية لتحقيق الرصد المستمر لخليط المواد الخام الموجودة في السير الناقل الذي يتم تلقيمه في طاحونة المواد الخام، وينبغي حماية مشغلي هذه المعدات

من خلال إجراءات الحماية من الإشعاع المؤين أما هو وارد في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

المخاطر الكيميائية وقضايا الصحة الصناعية

قد يساهم الكروم في حدوث التهاب الجلد التلامسي التحسسي

بين العمال الذين يتعاملون مع الأسمنت. 23 تشمل أساليب منع ومكافحة هذا الخطر المحتمل على تقليل نسبة الكروم القابل للذوبان في مخلوطات الأسمنت واستخدام معدات الوقاية الشخصية المناسبة لمنع التهاب الجلد التلامسي أما هو وارد

العادية داخل المرافق المصممة والمشغلة على نحو ملائم من خلال تطبيق أساليب منع التلوث والسيطرة عليه والتي تم تناولها بالمناقشة في الأقسام السابقة من هذه الوثيقة. وينبغي

يعتبر التلامس العرضي المحتمل مع أكسيد الكالسيوم (CaO) / وهيدروأكسيد الكالسيوم (CaOH) مع

البشرة / العيون / الأغشية المخاطية في أحد المخاطر
الموجودة في مصانع إنتاج



²² يتوافر مزيد من الإرشادات لدى المجلس العالمي للأعمال
التجارية من أجل التنمية المستدامة (WBCSD)، مبادرة استدامة
الأسمنت (CSI)، الصحة والسلامة في صناعات الأسمنت،
وتتوافر أمثلة على الممارسات السليمة (2004) في :
http://www.wbcscement.org/pdf/tf3/tf3_guidelin

[es.p](#)
[df](#)

²³ أظهرت الفحوصات أن الأسمنت الأمريكي يحتوي على
محتوى أروم يمثل 5-124 جزءاً من المليون بينما يحتوي
الأسمنت الأوروبي على 32-176 جزءاً من المليون، ويضبط
الاتحاد الأوروبي نسبة الكروم القابل للذوبان (Cr VI) في
الأسمنت بحيث يصل الحد الأعلى منه إلى 0.0002 في المائة من
الوزن الإجمالي للجاف من الأسمنت لمنع التهابات الجلد التلامسية
التحسسية.



تتطبق الإرشادات بشأن النفايات السائلة على عمليات التصريف المباشر للنفايات السائلة المعالجة في المياه السطحية من أجل الاستخدام العام. يمكن تحديد مستويات التصريف الخاصة بالموقع بناء على مدى توفر وظروف استخدام الأنظمة العامة لتجميع ومعالجة مياه الصرف الصحي أو، إن آن تصريفها يتم مباشرة على المياه السطحية، عندئذ يتم تحديد المستويات بناء على نظام تصنيف استخدام المياه المستقبلية أما هو موضح في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة. إن الإرشادات المعنية بانبعاث الملوثات تنطبق على الانبعاثات الناتجة عن العمليات. وتتناول الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة بالبحث الإرشادات الخاصة بانبعاث الملوثات من مصادر الاحتراق المرتبطة بأنشطة توليد الطاقة البخارية والكهربائية من مصادر لها قدرة تساوي أو تقل عن 50 ميغاوات؛ أما انبعاثات مصادر الطاقة الأبر فتعالجها الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة من أجل الطاقة الحرارية. أما تقدم الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة إرشاداً حول اعتبارات البيئة المحيطة استناداً إلى إجمالي حمل الانبعاثات.

تطبيق هذه المستويات بدون تخفيف، فيما لا يقل عن 95 في المائة من وقت تشغيل المصنع أو الوحدة، بعد حسابها نسبة من ساعات التشغيل السنوية. ويجب تبرير عدم تطبيق هذه المستويات بالنسبة لأوضاع مشروع محلي محدد في التقييم البيئي.

جدول 1 - مستويات الانبعاثات الهوائية في تصنيع الأسمنت*

الملوثات	الوحدة	القيمة الإرشادية
المواد الجسيمية (نظام الفرز الجديد)	ملليغرام/نانو متر 3	30(أ)
المواد الجسيمية (الأفران الموجودة)	ملليغرام/نانو متر 3	100
الغبار (المصادر المحددة الأخرى بما فيها تبريد الأحجار الأسمنتية وطحن الأسمنت)	ملليغرام/نانو متر 3	50
ثاني أكسيد الكبريت (SO ₂)	ملليغرام/نانو متر 3	400
أكاسيد النيتروجين (NO _x)	ملليغرام/نانو متر 3	600
ألوريد الهيدروجين	ملليغرام/نانو متر 3	10ب
فلوريد الهيدروجين	ملليغرام/نانو متر 3	1ب
إجمالي الكربون العضوي	ملليغرام/نانو متر 3	10
ديوأسينات/فيوراتات	ملليغرام مكافئ/سمي/نانومتر 3	0.1ب
الكاديوم والثاليوم (Cd+Tl)	ملليغرام/نانو متر 3	0.05ب
الزئبق (Hg)	ملليغرام/نانومتر 3	0.05ب
إجمالي المعادن	ملليغرام/نانومتر 3	0.5

ملاحظات:
*الانبعاثات الصادرة من مدخنة الفرن ما لم تتم الإشارة إلى غير ذلك. تم تعديل قيم المعدل اليومي إلى 273 أيلو و101.3 أيلو باسكال ونسبة 10 في المائة من الأاسجين O₂ والغاز الجاف ما لم تتم الإشارة إلى غير ذلك.
10 ملليغرام/نانومتر 3 في حالة انبعاث ما يزيد عن 40 في المائة من الحرارة الناتجة من النفايات الخطرة. في حالة انبعاث ما يزيد عن 40 في المائة من الحرارة المنبعثة من النفايات الخطرة، فإن القيم المتوسطة تتجاوز الفترة التجريبية التي تصل إلى 30 دقيقة أحد أدنى و8 ساعات أحد أقصى.
المعادن الإجمالية = الزرنيخ (As) والرصاص (Pb) والكوبالت (Co) والكروم (Cr) والنحاس (Cu) والمغنسيوم (Mn) والنيكل (Ni) والفانديوم (V) والانتيمون (Sb)

الجدول 2 مستويات الانبعاثات الهوائية تصنيع الجير

الملوثات	الوحدة	القيمة الإرشادية
الغبار	ملليغرام/نانو متر 3	50
ثاني أكسيد الكبريت (SO ₂)	ملليغرام/نانو متر 3	400
أكاسيد النيتروجين (NO _x)	ملليغرام/نانو متر 3	500
ألوريد الهيدروجين	ملليغرام/نانو متر 3	10

ملاحظات:
أ تم تعديل قيم المعدل اليومي إلى 273 الف و101.3 أيلو باسكال ونسبة 2 في المائة من الأاسجين O₂ والغاز الجاف ما لم تتم الإشارة إلى غير ذلك.



جدول 5 الإنبعاثات وإنتاج النفايات.		
معايير الصناعة الإرشادي	الوحدة	الإنتاج لكل وحدة منتج
0.6–0.25 (أ)	أيلو غرام/طن	النفايات
50–20 (أ)	غرام/طن أسمنت مكافئ	الانبعاثات
800–600 ب	غرام/طن من الأسمنت المكافئ	أناسيد النيتروجين (NO _x)
2.0–0.1 ح	أيلو غرام/طن	أناسيد الكبريت (SO _x)
525–400 ل، هـ، و، ح	أيلو غرام/طن	ثاني أكسيد الكربون (CO ₂)
350–150 أ، هـ، و، ح	أيلو غرام/طن من الأسمنت المكافئ	من إزالة الكربون ح من الوقود ط

أ. شراء Buzzi–Unicem (2004)
ب. الاتفاقية الدولية لحماية النبات (2001).
ج. Ernest Orlando، المعمل القومي (2004).
د. NRCan (2001).
هـ. اتحاد شركات صناعة الأسمنت (2003).
و. مجموعة. Italcementi (2005)
ز. البيئة (2004)
ح. شراء Lafarge (2004).
ط. يتأثر بالكميات المتنوعة من الرماد المتطاير وباقي المواد الإضافية المستخدمة.
ك. ينظر إلى إنبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الناتجة من حرق النفايات (على الأقل من تكسير التحلل البيولوجي) على أنها مادة محايدة في العديد من الدول.
ل. المجلس العالمي للأعمال التجارية من أجل التنمية المستدامة، مبادرة استدامة الأسمنت، 2002

الجدول 3 مستويات النفايات السائلة تصنيع الأسمنت والجير

الملوّثات	الوحدة	القيمة الإرشادية
الأس الهيدروجيني	الوحدة المعيارية	6–9
إجمالي المواد الصلبة العالقة	ملليغرام/لتر	50
زيادة درجة الحرارة	درجة مئوية	>3 (أ)

أ. عند حافة منطقة مزج مثبّطة علمياً تأخذ في الاعتبار نوعية المياه المحيطة، واستخدام المياه المستقلة، والمستقبلات المحتملة، والطاقة التمثيلية

استخدام الموارد والنفايات

تقدم الجداول التالية 4-7 أمثلة استخدام الموارد وإنتاج النفايات في هذا القطاع والتي يمكن اعتبارها مؤشرات لكفاءة القطاع والتي يمكن استخدامها لتتبع التغييرات في الأداء بمرور الوقت.

جدول 4 – استهلاك الموارد والطاقة.

المدخلات حسب وحدة المنتج	الوحدة	معايير الصناعة الإرشادي
طاقة الوقود – الأسمنت	غيغا جول/طن من الأحجار الأسمنتية	4.2–3.0 أ، ب، ج، د، هـ
الطاقة الكهربائية – الأسمنت	أيلوواط ساعة/طن من الأسمنت المكافئ	150–90 أ، ب، ج
الطاقة الكهربائية – طحن الأحجار الأسمنتية	أيلوواط ساعة/طن متري	40–45
طاقة الوقود – الجير	غيغا جول/طن من الجير	4.7–4.4 الأفران المزودة بقاتم وتعمل بالتلقم المختلط b 3.6–6 الأفران الحديثة المزودة بقاتم والأفران الدوارة b
الطاقة الكهربائية – الجير	أيلوواط ساعة/طن من الجير المكافئ	15–5 الأفران العالية المزودة بقاتم وتعمل بالتلقم المختلط b 40–20 الأفران الحديثة المزودة بقاتم والأفران الدوارة b
المواد	%	10–2 أ، و، ز
مواد خام بديلة يتم استخدامها في إنتاج الأحجار الأسمنتية	%	80/70–0 في خبث القرن العالي 30–0 في الرماد المتطاير

ملاحظات: برجاء مراجعة الجدول رقم 5 للحصول على الملاحظات والموارد.



على البيئة، أثناء العمليات العادية وفي الظروف غير المواتية. ويجب أن تستند أنشطة الرصد البيئي إلى المؤشرات المباشرة وغير المباشرة المطبقة على مشروع بعينه للانبعاثات والنفايات السائلة واستغلال الموارد.

يجب أن يكون معدل تكرار الرصد آفياً لتوفير بيانات تمثيلية للمعيار الجاري رسده. ويجب أن يقوم بعمليات الرصد أفراد مدربون وفقاً لإجراءات الرصد والاحتفاظ بالسجلات مع استخدام معدات تجري معايرتها وصيانتها على نحو سليم. أما ينبغي تحليل بيانات الرصد ومراجعتها على فترات منتظمة ومقارنتها بالمعايير التشغيلية حتى يتسنى اتخاذ أية إجراءات تصحيحية لازمة. وتتوفر إرشادات إضافية عن الطرق المطبقة لأخذ العينات وتحليل الانبعاثات في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

الجدول رقم 6. استهلاك الحرارة والسعة الإنتاجية الخاصة بأفران تصنيع الأسمنت.

نوع الفرن	استهلاك الحرارة (الأحجار الأسمنتية بالميجاجول/طن)	الحد الأقصى للسعة الإنتاجية
التسخين المسبق- الكلسنة المسبقة - 3-6 مراحل	3 000-3 800 (أ)	12 000
التسخين المسبق	4 200-3 100	4 000
المعالجة الجافة الطويلة	≤ 5 000	3 800
المعالجة شبه الجافة-المعالجة شبه الرطبة (Lepol)	4 500-3 300	2 500
المعالجة الرطبة	6 000-5 000	2 000-1 500

ملاحظات:
أ. تتم عمليات التسخين المسبق-الكلسنة المسبقة سداسية المراحل من تحقيق 2900 ميجا جول/طن من الأحجار الأسمنتية في الظروف المثلى.
المصدر: الاتفاقية الدولية لحماية النبات (2001).

2.2 الصحة والسلامة المهنية

إرشادات الصحة والسلامة المهنية

يجب تقييم أداء الصحة والسلامة المهنية بالمقارنة مع إرشادات التعرض المنشورة دولياً، والتي تشمل على سبيل المثال، قيمة الحد الأقصى المقبول للتعرض (TLV®) وإرشادات التعرض المهني ومؤشرات التعرض البيولوجي (BEIs®) المنشورة من قبل المؤتمر الأمريكي لخبراء الصحة المهنية الحكوميين (ACGIH)،²⁵ ودليل الجيب للمخاطر الكيميائية المنشورة

من قبل المعهد الوطني الأمريكي للصحة والسلامة المهنية (NIOSH)،²⁶ وحدود التعرض المسموح بها (PELs) المنشورة من قبل الإدارة الأمريكية للصحة والسلامة المهنية

الجدول رقم 7. معدل استهلاك الحرارة والكهرباء في الأنواع الأربعة من أفران الجير.

نوع الفرن 24	استهلاك الحرارة (الجير بالميجاجول/طن)	استهلاك الكهرباء (الجير بالكيلو واط في الساعة/طن)
الأفران المزودة بقاءم	4500-3600	45-5
الأفران الدوارة	5400-4600	40-18
المصبع المتحرك	4800-3700	38-31
التسخين المسبق لتعليق الغاز	5400-4600	25-20

المصدر: الاتفاقية الدولية لحماية النبات (2001).

الرصد البيئي

يجب تطبيق برامج الرصد البيئي الخاصة بذلك القطاع للتعامل مع جميع الأنشطة التي تم تحديد أنها ذات آثار آتية محتملة

²⁵ متاح على الموقعين التاليين: <http://www.acgih.org/TLV/>

<http://www.acgih.org/store/>

²⁶ متاح على الموقع التالي: <http://www.cdc.gov/niosh/npg/>

²⁴ يتطلب الجير الحي الذي يحتوي على الكالسيوم التفاعلي معدل استهلاك أعلى.

للحوادث والأمراض والأحداث الخطرة المهنية والحوادث

(OSHA)،²⁷ والقيم الإرشادية لحدود التعرض المهني

الأخرى. وتتوفر إرشادات إضافية عن برامج رصد الصحة والسلامة المهنية في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

المنشورة من قبل الدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي،²⁸ أو ما يشابهها من مصادر.

معدلات الحوادث والوفيات

يجب على إدارات المشاريع أن تحاول خفض عدد الحوادث التي تقع بين عمال المشروع (سواء المعينين مباشرة أو المتعاقدين من الباطن) إلى أن يصل إلى مستوى الصفر، لا سيما الحوادث التي يمكن أن تؤدي إلى فقدان وقت العمل، أو إلى مستويات مختلفة من الإعاقة، أو حتى إلى حدوث وفيات. ويجب إجراء مقارنة معيارية بين المعدلات السائدة في المرفق وبين أداء المرافق الأخرى في هذا القطاع في البلدان المتقدمة من خلال الرجوع إلى المصادر المنشورة (مثل مكتب إحصاءات العمل الأمريكي وإدارة الصحة والسلامة بالملكة المتحدة والمجلس العالمي للأعمال التجارية من أجل التنمية المستدامة- مبادرة استدامة الأسمنت)²⁹

رصد الصحة والسلامة المهنية

يجب رصد بيئة العمل بحثاً عن الأخطار المهنية ذات الصلة بالمشروع المحدد. وينبغي تصميم الرصد والقيام به على أيدي متخصصين معتمدين³⁰ أجزاء من برنامج رصد الصحة

والسلامة المهنية. أما يجب أن تقوم المنشآت بالاحتفاظ بسجل

²⁷ متاح على الموقع التالي :

http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9992

²⁸ متاح على الموقع التالي :

http://europe.osha.eu.int/good_practice/risks/ds/oel/

²⁹ متاح على المواقع التالية:

<http://www.bls.gov/iif/>

<http://www.hse.gov.uk/statistics/index.htm>

www.wbcsd.ch

<http://www.wbcsdcement.org/>

30 أبريل/ نيسان، 2007

3.0 ثبت المراجع والمصادر الإضافية

Cembureau (European Cement Association). 1999. Best Available Techniques for the Cement Industry. A Contribution from the European Cement Industry to the Exchange of Information and Preparation of the IPPC BAT Reference for the Cement Industry. Brussels: Cembureau. Available at <http://www.cembureau.be/>

Cement Industry Federation (CIF). 2003. Cement Industry Environment Report. Manuka, ACT: CIF. Available at <http://www.cement.org.au/>

Cement Sustainability Initiative, World Business Council on Sustainable Development (WBCSD). 2002. Our Agenda for Action. Geneva: WBCSD. Available at <http://www.wbcscement.org/agenda.asp>

CSI. 2004. Formation and Release of POPs in the Cement Industry. Second edition 2006. Geneva: WBCSD. Available at http://www.wbcscement.org/pdf/formation_release_pops_second_edition.pdf

CSI. 2005. Progress Report, June 2005. Geneva: WBCSD. Available at http://www.wbcscement.org/pdf/csi_progress_report_2005.pdf

CSI. 2005. CO₂ Accounting and Reporting Standard for the Cement Industry. Cement CO₂ Protocol, July. Geneva: WBCSD. Available at <http://www.wbcscement.org/climate.asp>

CSI. 2005. Environmental and Social Assessment Guidelines. Available at: http://www.wbcd.org/web/publications/cement_esia_guidelines.pdf

CSI. Guidelines on the Responsible Use of Fuel and Materials. 2005. Available at: <http://www.wbcd.org/DocRoot/Vift3qGjo1v6HREH7jM6/tf2-guidelines.pdf>

European Commission. 2000. Directive 2000/76/EC of the European Parliament and of the Council of 4 December 2000 on the incineration of waste. Brussels: EC. Available at http://europa.eu.int/eur-lex/en/consleg/pdf/2000/en_2000L0076_do_001.pdf

European Commission. 2001. European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau (EIPPCB). Reference Document on Best Available Techniques (BREF) for Cement and Lime Production. Seville: EIPPCB. Available at <http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>

European Commission. 2004. Directorate-General Joint Research Centre. Institute for Prospective Technological Studies (IPTS). Promoting Environmental Technologies: Sectoral Analyses, Barriers and Measures. Brussels: EC. Available at <http://www.jrc.es/>

European Environment Agency (EEA). 2005. EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook. Copenhagen: EEA. Available at <http://reports.eea.europa.eu/EMEP-CORINAIR4/en/page002.html>

Environment Canada. 2004. Foundation Report on the Cement Manufacturing Sector. Draft No. 1, June. Gatineau, Quebec: Environment Canada. Available at <http://www.ec.gc.ca/>

GTZ-Holcim Public Private Partnership. Guidelines on co-processing Waste Materials in Cement Production. Available at: http://www.holcim.com/gc/CORP/uploads/GuidelinesCOPROCEM_web.pdf

National Safety Council. Radon Radioactivity and the Fly Ash Market. Itasca, IL: National Safety Council. Available at http://www.nsc.org/ech/radon/rad_faqs.htm

Natural Resources Canada (NRC). 2001. Office of Energy Efficiency. Energy Consumption Benchmark Guide: Cement Clinker Production. Available at http://oee.nrcan.gc.ca/publications/industrial/BenchmCement_e.pdf

United States (US) Environmental Protection Agency (EPA). 1999. Code of Federal Regulation Title 40, Part 63. National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Source Categories; Portland Cement Manufacturing Industry. Washington, DC: US EPA. Available at <http://www.epa.gov/EPA-AIR/1999/June/Day-14/a12893.htm>

US EPA. 2003. 40 CFR Part 411. Cement Manufacturing Point Source Category. Effluent Limitations Guidelines, Cement Manufacturing Point Source Category. Washington, DC: US EPA. Available at http://www.access.gpo.gov/nara/cfr/waisidx_03/40cfr411_03.html

US EPA. 2004. Code of Federal Regulation Title 40, Part 63. National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Source Categories; Lime Manufacturing Plants. Washington, DC: US EPA. Available at <http://www.epa.gov/fedrgstr/EPA-AIR/2004/January/Day-05/a23057.htm>

US EPA. 2005. National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants: Final Standards for Hazardous Air Pollutants for Hazardous Waste Combustors (Phase I Final Replacement Standards and Phase II). 40 CFR Parts 9, 63, 260 et al. Washington, DC: US EPA. Available at <http://www.epa.gov/fedrgstr/EPA-AIR/2005/December/Day-19/a24198.htm>

US National Library of Medicine, National Institutes of Health. Haz-Map—Occupational Exposure to Hazardous Agents. Available at <http://hazmap.nlm.nih.gov/index.html>

Marlowe, I., and D. Mansfield. 2002. Substudy 10: Environment, Health and Safety Performance Improvement, Toward a Sustainable Cement Industry. Independent Report commissioned by the World Business Council for Sustainable Development. AEA Technology. Geneva: WBCSD. Available at http://www.wbcscement.org/pdf/final_report10.pdf

World Business Council for Sustainable Development and the Foundation for Industrial and Scientific Research of Norway. 2006. Formation and Release of POPs in the Cement Industry,

Second Edition. Available at
http://www.wbcsdcement.org/pdf/formation_release_pops_second_edition.pdf

Worrell, E and C. Galitsky. 2004. Energy Efficiency Improvement Opportunities for Cement Making. An ENERGY STAR Guide for Energy and Plant Managers. Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory. Sponsored by the US Environmental

Protection Agency. Berkeley, LA: University of California, Berkeley. Available at
http://www.energystar.gov/ia/business/industry/Cement_Energy_Guide.pdf

Wulf-Schnabel, J., and J. Lohse. 1999. Economic Evaluation of Dust Abatement Techniques in the European Cement Industry. Okopol: Institute for Environmental Strategies.

الملحق (أ): وصف عام لأنشطة الصناعة

تعتبر عمليتي إنتاج الأسمنت والحجر الجيري علميتين متشابهتين، حيث أن آتاهما يستلزم استخراج الأحجار والتعدين والطحن ومجانسة المواد الخام أما هو موضح في الشكل رقم أ.1. للتقليل من تكاليف النقل وتوفير الفرصة لاستخدام السيور الناقلة، يتم تصنيع الأسمنت والجير في العادة بجوار موارد المواد الخام وبالقرب من أسواق المنتجات. يتم توزيع الأسمنت بشكل موفر اقتصاديًا باستخدام شاحنات في نطاق دائري صغير نسبيًا (ما يقرب من 100-150 أم من المصنع) ويمكن أن يتم النقل باستخدام الزوارق أو السفن إذا كان المصنع موجودًا في عرض البحر. يحتاج خط الإنتاج الأحادي المدمج (أفران التسخين المسبق-الكلسنة المسبقة [PHP] وأفران التسخين المسبق التي تصل السعة الإنتاجية فيها إلى 3000 طن من الأحجار الأسمنتية/ اليوم) ما يقرب من 400000 م² في منطقة مستوية بالإضافة إلى منطقة إضافية [مثل 250000 م²] للتوسعة الإضافية. يتراوح العمر الافتراضي لمرفق المشروع النموذجي من 40 إلى 50 سنة على الأقل. يعتبر حجم المصنع أحد العوامل الهامة حيث أن الفروق في مقياس الإنتاج يكون لها تأثير واضح على تكاليف الإنتاج وبالتالي على تكاليف الاستثمار الخاصة بأساليب خفض التلوث ومكافحته. يمكن الوصول إلى نفس المستوى البيئي باستخدام مصانع صغيرة بتكلفة أعلى في إنتاج الأسمنت منها في المصانع الكبيرة.

تصنيع الأسمنت

يتم استخدام الطاقة في تصنيع الأسمنت لمعالجة المواد الخام التي تتكون بصفة أساسية من الحجر الجيري (أربونات الكالسيوم $CaCO_3$) والصلصال (سيليكات الألمنيوم) والرمل (أسيد السيليكا) ورآز الحديد لإنتاج الأحجار الأسمنتية التي

يتم طحنها مع الجبس والحجر الجيري ومواد أخرى آي يتم إنتاج الأسمنت.

بعد مرحلة المزج المسبق، يتم خلط المواد الخام معًا ويتم طحنها آي تكون خليط متجانس يأخذ الترابية الكيميائية المطلوبة (وجبة المواد الخام). تعتبر درجة النقاوة وتوزيع حجم الجسيمات في المواد الخام من الخصائص الهامة اللازمة لعملية الاحتراق. يتم استئناف عملية الإنتاج بعد انتهاء الخلط في أحد الأفران الدوارة عن طريق آسنة المواد الخام (مثل تحلل أربونات الكالسيوم $CaCO_3$ عند درجة حرارة تقترب من 900 درجة مئوية) وينبعث غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) ويتم ترسيب أكسيد الكالسيوم، ويأتي بعد ذلك عملية تكوين الأحجار الصغيرة والتي يتفاعل فيها أكسيد الكالسيوم عند درجات حرارة مرتفعة (1400 إلى 1500 درجة مئوية) مع السيليكا وأكسيد الألمنيوم وأكسيد الحديد. من الممكن إضافة مكونات أخرى في خليط المواد الخام للحصول على الترابية المطلوبة (مثل رمل السيليكا أو الرمل السباتكي وبقايا أكسيد الألمنيوم وخبث الفرن العالي وبقايا الجبس). تقترب درجة حرارة اللهب والغازات الناتجة من 2000 درجة مئوية. تسقط الأحجار الساخنة من الفرن إلى المبرد حيث يجب أن يتم تبريدها بأسرع ما يمكن آي يتم تحسين جودة الأحجار والاستعادة الطاقة عن طريق تسخين الهواء الثانوي، وعادةً ما يتم الاستعانة بمبردات بها مصبغات للقيام بهذا الغرض (على العكس من استخدام المبردات المساعدة)، ويتم بعد ذلك طحن الأحجار المبردة مع الجبس والحجر الجيري لإنتاج أسمنت البورتلاند ويتم طحنها مع مكونات أخرى إضافية لإنتاج أنواع الأسمنت المرآبة أو الممزوجة، يتم بعد ذلك تخزين الأسمنت في صوامع أو في آيأس. مكونات الخليط هي عبارة عن مواد لها خصائص ميروليكية (مثل البوتز لان الطبيعي والرماد

المتطاير وخبث الفرن العالي وغبار القاع الذي يتراكم بين الفينة والفينة). ينبغي أن يحتوي الرماد المتطاير وغبار القاع على بقايا الكربون (والتي عادةً ما تنتج من مصانع تتم إدارتها بالفحم). يتم أحياناً إضافة أربونات الكالسيوم CaCO_3 بكميات صغيرة مادة حشو.

تصنيع الجير

يتم إنتاج الجير عن طريق حرق أربونات الكالسيوم CaCO_3 أو الدولوميت (يتكون من الكالسيوم وأربونات الماغنسيوم) (يقل استخدامه) مما يوفر الحرارة الكافية للوصول إلى درجات حرارة تتعدى 800 درجة مئوية وتتسبب في نزع الكربون من المواد الخام لإنتاج أكسيد الكالسيوم (CaO)، المعروف بالجير الحي)، يتم بعد ذلك الاحتفاظ بالجير الحي عند درجات حرارة تتراوح من 1200-1 إلى 1300 درجة مئوية لضبط التفاعل. يمكن تسليم الجير المحروق إلى المستخدم النهائي في صورة جير حي (صلب القوام ومتوسط الحجم ومحروق بشكل بسيط ويتوقف ذلك على تفاعليته). يعتبر الجير المحروق بشكل بسيط من آثار المواد التفاعلية وأشهرها استخداماً بواسطة منتجي الصلب. ويتم بالتناوب نقل الجير الحي إلى مصنع الهيدرات حيث يتفاعل مع الماء في تفاعل قوي طارد للحرارة لإنتاج الجير المطفأ (هيدروأكسيد الكالسيوم، Ca(OH)_2). يوجد شكلان للجير المطفأ: (المسحوق) الجاف أو مستحلب الجير (سائل). تتكون عملية إنتاج الجير المطفأ من عزل المادة وهيدرتها (التميه) وتخزينها في صوامع (المسحوق الجاف) أي يتم بيعه سائلاً أو في أكياس أو عزله وهيدرته (التميه) وتخزينه في خزانات (مستحلب الجير). ينبغي توخي الحذر لضمان طرد الماء من الجير الحي (بالإضافة إلى رطوبة الهواء) حيث أنها قد تتسبب في التمييه الذي يطلق الحرارة ويتسبب في التمدد وهو الأمر الذي قد يشكل خطراً على السلامة.

