الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة الخاصة بالمسابك

مقدّمة

الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة (**EHS**) هي وثائق مرجعية فنّية تتضمن أمثلة عامة وأمثلة من صناعات محددة على الممارسات الدولية الجيدة في قطاع الصناعة (**GIIP**).[1] وحين تشارك مؤسسة واحدة أو أكثر من المؤسسات الأعضاء في مجموعة البنك الدولي في أحد المشروعات ينبغي تطبيق الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة هذه حسب مقتضيات السياسات والمعايير التي تعتمدها 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 المُعقّدة، قد يلزم استخدام إرشادات متعددة حسب تعدد قطاعات الصناعة المعنيّة. ويمكن الاطلاع على القائمة الكاملة للإرشادات الخاصة بالقطاعات الصناعية على شبكة الإنترنت على الموقع:

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

وتتضمّن 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.

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

وحين 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 أكثر صرامة. وإذا كانت المستويات أو الإجراءات الأقل صرامة من المنصوص عليه في هذه الإرشادات هي الملائمة – في ضوء أوضاع المشروع المعني – يحتاج الأمر إلى تبرير كامل ومُفصّل بشأن أية بدائل مُقترحة في إطار التقييم البيئي للموقع المحدد. وينبغي أن يُبيّن ذلك التبرير أن اختيار أي من مستويات الأداء البديلة يؤمّن حماية صحة البشر والبيئة.

[1] هي من حيث تعريفها ممارسة المهارات والاجتهاد والحصافة والتبصّر المُتوقعة 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 المهنيّون من ذوي المهارات والخبرة العملية عند قيامهم بتقييم مجموعة أساليب منع ومكافحة التلوّث المُتاحة لأحد المشروعات – على سبيل المثال لا الحصر – مستويات مختلفة من تدهور البيئة ومن الطاقة الاستيعابية البيئية، مع مستويات مختلفة من الجدوى المالية والفنّية.

التطبيق

تحتوي الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة الخاصة بالمسابك على معلومات تتعلق بمشاريع المسابك ومنشآتها التي تعمل في سبك الفلزات الحديدية (الحديد والصلب) وغير الحديدية (غالباً الألمنيوم والنحاس والزنك والرصاص والقصدير والنيكل والمغنسيوم والتيتانيوم). ويتم سبك الفلزات غير الحديدية مخلوطة بعضها ببعض أو مخلوطة مع أكثر من أربعين عنصراً آخر لإنتاج طائفة كبيرة من السبائك غير الحديدية. وتتناول هذه الإرشادات صب قوالب الرمال، بما في ذلك تجهيز وتجديد رمال الصب، وسبك قوالب الألمنيوم والزنك والمغنسيوم تحت الضغط العالي أو المنخفض. وبالإضافة إلى تلك العمليات فإن هذه الوثيقة تتضمن بحث تقنية الديزاماتيك (DISA). وهي لا تشمل المعالجة اللاحقة للمنتجات شبه النهائية. وهذه الوثيقة تم تنظيمها وفق الأقسام التالية:

القسم 1.0 - الآثار المرتبطة تحديداً بالصناعة وكيفية التعامل معها

القسم 2.0 رصد الأداء ومؤشراته

القسم 3.0 – ثبت المراجع ومصادر إضافية

1.0 الآثار المرتبطة تحديداً بالصناعة وكيفية التعامل معها

يعرض القسم التالي موجزاً لقضايا البيئة والصحة والسلامة ذات الصلة بالمسابك، والتي تحدث خلال مرحلة التشغيل، مع تقديم توصيات بشأن كيفية التعامل معها. وتتوفر التوصيات المتعلقة بالتعامل مع قضايا البيئة والصحة والسلامة المشتركة في معظم المنشآت الصناعية الكبرى أثناء مرحلتي الإنشاء وإيقاف التشغيل في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**.

1.1 القضايا البيئية

تشتمل القضايا البيئية المرتبطة بهذا القطاع الصناعي أساساً على ما يلي:

- الانبعاثات الهوائية
- الفضلات الصلبة
- المياه المستعملة
- الضوضاء

الانبعاثات الهوائية

الغبار والجسيمات

يتولد الغبار والجسيمات عن كل خطوة من خطوات العمل، مع درجات متفاوتة من أكاسيد المعادن والفلزات (غالباً المنجنيز والرصاص) وأكاسيد الفلزات. وتنشأ انبعاثات الغبار عن العمليات الحرارية (مثل أفران الصهر) والكيماوية/الفيزيائية (مثل الصب وصنع القوالب) والأعمال الميكانيكية (مثل التعامل مع المواد الخام، غالباً الرمال، وعمليات الهزهزة والتشطيب).

وتشتمل توصيات المنع والسيطرة للحد من الانبعاثات المتفلتة على ما يلي:

- استخدام نُظم نقل هوائية، وخاصة في توصيل وتغذية المضافات إلى منطقة التجهيز والمعالجة؛

- استخدام ناقلات مغطاة مزودة بنقاط توصيل محكمة ضد الغبار، وخاصة عند إدخال الرمال إلى ورشة الصب؛

- تنظيف سيور الرجع بأنظمة سيور النقل لإزالة الغبار العالق بها؛

- استخدام مخازن داخلية أو مغطاة، أو، في حال ما إذا تعذر التخزين إلا في العراء، استخدام أنظمة رش المياه، أو مواد إخماد الغبار، أو حواجز الريح، أو غيرها من أساليب التخزين السليم؛

- استخدام صوامع مغلقة لتخزين الكميات الكبيرة من المساحيق؛

- الصيانة الدورية وتنظيف المكان باستمرار للحد من التسرب والتناثر والانسكاب في أقل مستوى.

في عمليات الصهر، تتفاوت انبعاثات الجسيمات، في شكل غبار وذرات معدنية وأبخرة من أكاسيد المعادن، تبعاً لنوع الفرن المستخدم والوقود والمعدن المراد صهره وخصائص الصهر. وتخرج أفران القبة (الدست) أكبر كمية من الجسيمات (مثل فحم الكوك والرماد المتطاير والسليكا والصدأ والحجر الجيري). وتفرز الأفران الكهربائية هي الأخرى الكثير من الجسيمات أثناء الشحن، وعند بداية الصهر، وعند الحقن بالاكسجين، وأثناء مراحل التنظيف وإزالة الرواسب الكربونية. وتقل معدلات الانبعاث في غيرها من أنواع أفران الصهر، وخاصة أفران الحث. [2] ويتراوح معدل الانبعاثات الناجمة عن صهر المعادن تبعاً للحمولة من مقادير لاتكاد تذكر بالنسبة لمعادن غير حديدية معينة إلى ما يتجاوز عشرة كيلوغرامات لكل طن في حالة صهر الحديد الزهر باستخدام فرن القبة (الدست).

وتشتمل التوصيات بشأن ما ينبغي اتباعه من أساليب الوقاية من التلوث على ما يلي:

- استخدام أفران الحث ما أمكن؛

- ضرورة تفادي استخدام أفران القلب المفتوح التي لم تعد تعتبر من الممارسات الجيدة في صهر الصلب؛

- تفادي استخدام تقنية أفران القبة التقليدية. وفي حال استخدام أفران القبة ينبغي الاستعانة بالتقنيات الحديثة لزيادة فعالية طاقة الفرن وتقليل الشحن بفحم الكوك، بما في ذلك:
  - o استخدام الحقن بالاكسجين أو تعزيز لفح الهواء
  - o التسخين الشديد لهواء اللفح في الأفران العالية
  - o استخدام أفران قبة لاتحتاج لفحم الكوك حيث يتم تسخين شحنة المعدن بواسطة احتراق الغاز الطبيعي

- تنفيذ تقنيات بأفران الصهر تتيح تقليل استهلاك الطاقة (مثل تركيب مواقد تعمل بالوقود المخلوط بالاكسجين، أو أسلوب رش الخبث بمادة رغوية في الأفران العالية، أو الحقن بالاكسجين، متى كان ذلك ممكناً)؛

- تركيب أغطية لتجميع الغاز المنبعث بالنسبة لأفران القبة، أو محابس غطاء سقفية بالنسبة للأفران الكهربائية، أو تغطية نواتج الصهر بالنسبة لأفران الحث من أجل تقليل الانبعاثات الشاردة؛ وقد يفيد تركيب غطاء مناسب لسقف

[2] المفوضية الأوروبية. مكتب الوقاية والسيطرة المتكاملة على التلوث (IPPC). وثيقة مرجعية لأساليب أفضل تقنية متاحة في صناعة الحدادة والمسابك

الفرن في امتصاص ما يصل إلى 98 في المائة من غبار الفرن؛ [3]

- استخدام تقنيات الحد من الغبار، وهو ما يشمل عادةً تركيب مرشحات كيسية ومراوح للحد من الانبعاثات الناجمة عن عمليات الصهر. ويمكن استخدام مغاسل التنقية لامتصاص المركبات التي تذوب في الماء (مثل ثاني أكسيد الكبريت والكلوريدات). وعادةً ما يتيح استخدام المراوح الدوامية كمعالجات مسبقة واستخدام المرشحات الكيسية تخفيض مستوى الانبعاثات إلى 10 ملليغرام لكل متر مكعب أو أقل. [4]

وتولد الكميات الكبيرة من الرمال التي تُستخدم في صب القوالب انبعاثات غبارية أثناء مختلف مراحل الصب، وتنتج جسيمات لا فلزية وجسيمات أكاسيد معدنية وحديد فلزي. وتنبعث الجسيمات غير المعدنية عن عمليات الصب والهزهزة والتشطيب.

وتشتمل توصيات الوقاية والسيطرة على الجسيمات الناشئة عن الصب والقولبة على ما يلي:

- استخدام تقنيات امتصاص الغبار (المرشحات الكيسية والمراوح الدوامية) بدلا من المغاسل، وخاصة في محطات تجهيز الرمل الأخضر اللازم للصب. وتتيح الأساليب الجافة امتصاص الغبار بسهولة ونقله وإعادة تدويره في عملية خلط الرمال، وبذلك نتفادى تكوّن المخلفات السائلة الناتجة عن استخدام المغاسل.
- استخدام مرشحات العادم، وخاصة في ورش الصب والتشطيب؛
- استخدام مكانس شفط الهواء في ورش القولبة والصب؛
- تركيب وحدات إزالة غبار مغلقة في أماكن العمل.

أكاسيد النيتروجين

تنتج انبعاثات أكاسيد النيتروجين عن حرارة الأفران الشديدة وتأكسد النيتروجين. وتتناول **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** أساليب منع تكون أكاسيد النيتروجين والسيطرة عليها. ويمكن تحقيق هدف الحد من الانبعاثات من خلال إجراءات أولية لتعديل طريقة العمل بداية وأساليب ثانوية لتخفيف الأثر في النهاية. وتتضمن أساليب منع التلوث والحد منه ما يلي:

- تقليل نسبة الهواء إلى الوقود في عملية الاحتراق؛
- استخدام تخصيب الاكسجين في عملية الاحتراق؛
- استخدام مواقد منخفضة لآكاسيد النيتروجين في أفران إطلاق الوقود، ما أمكن ذلك؛
- تركيب ضوابط تحكم ثانوية (أساساً في أفران القبة والأفران الكهربائية والأفران الدوارة) مثل مواقد الحفز، مالزم الأمر. [5]

الأكاسيد الكبريتية

يتوقف وجود الأكاسيد الكبريتية في غازات العادم المنبعثة من أفران الصهر على المحتوى الكبريتي بالوقود وفحم الكوك. وتنتج انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت عن غازات عادم أفران القبة والأفران الدوارة. ومن مصادر الانبعاثات الأخرى عملية

[3] (2005)EC BREF
[4] المصدر السابق.
[5] المصدر السابق.

التقسية بالغاز التي تُستخدم في صنع القوالب وقلوب السبك باستخدام الرمل المتماسك كيماوياً، وفي صهر المغنسيوم.

وتشتمل توصيات أساليب منع التلوث والحد منه لتقليل انبعاثات الأكاسيد الكبريتية على ما يلي:

- اختيار خامات وخردة تحتوي على نسبة كبريت منخفضة؛
- استخدام وقود به نسبة كبريت منخفضة، مثل الغاز الطبيعي؛
- تركيب أنظمة غسيل للغاز قبل المغاسل الجافة كجزء من النظام المخصص لتجميع وإزالة الغبار.

أول أكسيد الكربون

أبرز مصادر أول أكسيد الكربون هي غازات العادم المنبعثة من أفران القبة والأفران الكهربائية. ويرجع وجود أول أكسيد الكربون في غازات العادم المنبعثة من أفران القبة إلى عمل القبة نفسها. وفي الأفران الكهربائية يتولد أول أكسيد الكربون عن تأكسد الأقطاب الجرافيتية والكربون الناتج عن الحمّام الفلزي أثناء مراحل الصهر والتنقية. كما ينبعث أول أكسيد الكربون عندما تتلامس القوالب الرملية مع المعدن المنصهر أثناء عملية صب المعدن.

وتشتمل توصيات أساليب منع التلوث والحد منه لتقليل انبعاثات أول أكسيد الكربون على ما يلي:

- استخدام أفران الحث؛
- تحسين الكفاءة الحرارية للعملية (مثل انتهاج أسلوب حقن الأكسجين أو مواقد الوقود المختلط بالأكسجين في أفران القبة)؛
- انتهاج أسلوب تغطية الخبث بمادة رغوية في الأفران الكهربائية؛
- تركيب غرفة لما بعد الاحتراق بوحدات إزالة الغبار بغازات العادم المنبعثة من أفران القبة والأفران الكهربائية؛
- إحاطة خطوط صب المعدن بشفاطات مجهزة.

الكلوريدات والفلوريدات

توجد الكلوريدات والفلوريدات بكميات صغيرة في غازات العادم المنبعثة من أفران الصهر وتتولد عن الدفق الحراري. وينبغي أخذ احتياطات منع انبعاثات الكلوريدات والفلوريدات والسيطرة عليها كجزء من تقنيات إزالة الغبار والمغاسل المركبة للحد من انبعاثات الجسيمات وأكاسيد الكبريت.

المركبات العضوية المتطايرة وغيرها من ملوثات الهواء الضارة

تنبعث المركبات العضوية المتطايرة، التي تتألف في الغالب الأعم من مذيبات (مثل البنزين والطولوين والبنزين الإيثيلي والزايلين) ومواد عضوية أخرى (مثل الفينولات والفورمالديهايد) بالدرجة الأولى عن استخدام الراتينجات والمذيبات العضوية، أو البطائن ذات الأساس العضوي في صنع القوالب. وقد تنطلق أيضا انبعاثات ملوثات الهواء العضوية الضارة أثناء صب وتبريد وهزهزة رمال الصب الخضراء أو قوالب الصب على البارد، وذلك نتيجة لتحلل المركبات العضوية بتأثير الحرارة (المضافات الكربونية

الداخلة في تركيب قوالب الصب الرملية ومختلف مواد الربط اللازمة لتماسك القلوب) أثناء صب المعدن. [6]

وقد تتولد أيضاً عن أنظمة الصندوق البارد التي تستخدم مذيبات عضوية انبعاثات من المركبات العضوية المتطايرة أثناء إنتاج القلوب وتخزينها. والنشادر هي أبرز هذه الانبعاثات، وقد تشكل خطراً محتملاً بسبب تدني عتبة رصد رائحتها والتدني النسبي لحد التعرض المسموح به. وتنبعث ملوثات الهواء التي قد تكون خطرة عند استخدام مواد ربط كيماوية أثناء التقسية (التصليد) والتبطين والتجفيف، بما في ذلك الفورمالديهايد، وأيزوسيانات ديفينيل الميثيلين (MDI)، وكحول الأيزوبروبيل، والفينول، والنشادريات (مثل ثلاثي إيثيل النشادر)، والميثانول، والبنزين العطري، والطولوين، وحمض الكريسول، والنفتالين وغيره من المواد العضوية عديدة الحلقات، ومركبات السيانيد.

وتشتمل توصيات الوقاية والحد من التلوث بالنسبة لانبعاثات المركبات العضوية المتطايرة وغيرها من ملوثات الهواء الضارة على ما يلي: [7]

- تقليل استخدام مواد الربط والراتنجات من خلال تحسين ضوابط العمل والتعامل مع المواد في عمليات الخلط، ومن خلال التحكم في الحرارة؛
- تحسين التحكم في درجة الحرارة أثناء صنع قلوب السبك؛
- إحلال التبطين الكحولي محل التبطين المائي؛
- استخدام مذيبات غير عطرية (مثل أملاح الميثيل أو السليكات العضوية المصنوعة من الزيوت النباتية) في إنتاج صندوق القلب؛
- التقليل من غاز التقديد المستخدم في "مواد ربط الصندوق البارد"؛
- تغليف آلات صنع القوالب والقلوب وكذلك مناطق تخزين القلوب؛
- استخدام أنظمة الصندوق البارد (مثل تنشيط امتزاز الكربون، والحرق، والغسيل الكيماوي أو الترشيح البيولوجي) من أجل معالجة النشادريات المستنفدة؛
- استخدام أنظمة تجميع (مثل الأغطية السقفية) لامتصاص المركبات العضوية المتطايرة الناجمة عن تجهيز الرمل المتماسك كيماوياً، بالإضافة إلى الصب والتبريد والهزهزة. واستخدام الامتزاز لمعالجة الكربون المنشط، أو الأكسدة المحفزة، أو الترشيح البيولوجي، حسب الضرورة.

الديوكسين والفوران [8]

- قد تنطلق انبعاثات الديوكسين أو الفوران ثنائي البنزين ذي الروابط الكلورية المتعددة (PCDD/F) أثناء عمليات الصهر. وفي مسابك الحديد قد يتولد الديوكسين في أفران القبة والأفران الكهربائية والدوارة. وقد يتولد الديوكسين والفوران إذا ما وُجدت أيونات الكلور، والمركبات الكلورية، والكربون العضوي، والمحفزات الوسيطة، والأكسجين، ومستويات حرارة معينة في نفس الوقت أثناء

[6] EC BREF (2005)
[7] المصدر السابق.
[8] EC BREF (2005)

العملية التعدينية. وتتضاءل بشدة مخاطر تكون الديوكسين في مسابك المعادن غير الحديدية.

ويتمثل الأسلوب الرئيسي لمنع انبعاثات الديوكسين أثناء مرحلة الصهر في الإحراق اللاحق لعادم غازات الفرن عند درجة حرارة تتجاوز 1200 درجة مئوية وإطالة أمد بقائها في هذه الحرارة لأقصى حد. وتكتمل العملية بسرعة الإطفاء كي يقل إلى أقصى حد الزمن اللازم لإعادة تكون الديوكسين. ومن بين التوصيات الأخرى:

- استخدام خردة نظيفة في الصهر؛
- حقن مساحيق إضافية (مثل الكربون المنشط) في تيار الغاز لامتزاز الديوكسين وإزالة الغبار بواسطة الترشيح بمصفاة نسيجية؛
- تركيب مرشحات نسيجية مزودة بنظام أكسدة تحفيزية.

الفلزات

ينبغي الحد من الانبعاثات الفلزية أثناء عمليات الصهر والسبك. وقد تنتج الانبعاثات الفلزية عن تكثف المعدن أثناء صب المعدن المنصهر في القوالب. وقد تحتوي الجسيمات في مسابك الحديد على معادن ثقيلة مثل الزنك (غالباً في حال استخدام خردة صلب مجلفن)، والكادميوم، والرصاص (من الخردة المطلية على سبيل المثال)، والنيكل، والكروم (هذان الأخيران في إنتاج سبائك الصلب) حسب درجة الصلب المنتَج والخردة المستخدَمة.

وقد تحتوي الجسيمات في حال إنتاج المعادن غير الحديدية على نحاس وألمنيوم ورصاص وقصدير وزنك. ويمكن أن يكون وجود المعادن في انبعاثات الجسيمات ملحوظاً بصفة خاصة أثناء أنشطة صنع السبائك وأثناء إدخال المضافات. فعلى سبيل المثال قد تؤدي إضافة المغنسيوم إلى المعدن المنصهر لإنتاج حديد مطواع إلى ردة فعل تطلق أكاسيد المغنسيوم والأبخرة المعدنية.

وينبغي استخدام أساليب الحد من الغبار (التي سبق شرحها في قسم الغبار والجسيمات بهذه الإرشادات) في الحد من انبعاث الجسيمات المعدنية. وينبغي الحد من الانبعاثات المعدنية الغازية من خلال تركيب مغاسل جافة وشبه جافة، بالاشتراك مع أساليب الحد من الغبار.

غازات الدفيئة (الاحتباس الحراري)

تعتبر عملية السبك كثيفة الاستهلاك للطاقة ومن أهم مصادر انبعاث ثاني أكسيد الكربون، الذي يرتبط في المقام الأول باحتراق الوقود. ويمكن أن نعزو استهلاك الجزء الأكبر من الطاقة إلى عملية الصهر (ما بين 40 و 60 في المائة من إجمالي الطاقة المستخدمة). وتتراوح كمية الطاقة اللازمة للصهر بين 500 و 1200 كيلووات/ساعة لكل طن من شحنة المعدن بالنسبة للفلزات الحديدية وبين 400 و 1200 كيلووات/ساعة للطن بالنسبة للألمنيوم.

وتشتمل توصيات منع انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والحد منها على ما يلي: [9]

- إحلال أفران حث، أو أفران قبة لا تستخدم فحم الكوك، أو أفران قبة تعمل بحقن الأكسجين، محل أفران القبة التقليدية. استخدام كهرباء متوسطة التردد في أفران الحث؛
- الحد من استهلاك الطاقة وزيادة كفاءتها من خلال إجراءات أساسية تشمل على سبيل المثال لا الحصر:

[9] المصدر السابق.

- العزل الكافي للأسطح للحد من تشتت الحرارة؛
- التحكم في النسبة الصحيحة لخلط الوقود بالهواء لتقليل الأكسجين الزائد؛
- تنفيذ أنظمة لاسترداد الحرارة.
- استغلال الخواص الحرارية للغاز المستعمل، من خلال محول حراري مناسب، في إنتاج ماء ساخن وهواء ساخن و/أو بخار.

- تطبيق أفضل تقنيات الاحتراق المتاحة (مثل تخصيب أكسجين هواء العصف، والتسخين المسبق للشحنة، والتحكم الآلي في خواص الاحتراق)؛
- تطبيق ممارسات تشغيل المعدات وصيانتها، واجتناب التحميل الجزئي للمعدات.
- التسخين المسبق للخردة قبل استعمالها؛
- تقليل استهلاك الوقود في تسخين المغارف والمعالجة الحرارية للمعدن المنصهر باتباع ضوابط لاسترداد الغاز و/أو الاحتراق؛
- اختيار وقود تقل به نسبة المحتوى الكربوني إلى القيمة الحرارية (مثل الغاز الطبيعي). وتقل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن احتراق الغاز الطبيعي بنسبة 60 في المائة تقريباً عنها في الفحم أو فحم الكوك.
- وتتوفر معلومات إضافية عن التعامل مع غازات الدفيئة في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.**

الفضلات الصلبة

تشمل الفضلات الصلبة الرمال المستعملة، والخبث الناتج عن نزع الكبريت وعن الصهر، والغبار المتجمع من خلال أنظمة الحد من الانبعاثات، ومخلفات مقاومات الانصهار، والسوائل الكحولية للمغاسل والحمأة (أنظر قسم المياه المستعملة بهذه الإرشادات).

ومن بين الأساليب العامة للتعامل مع مخلفات المسابك اختيار وتصميم وبناء مناطق لتخزين المعادن والغبار المتجمع بالمرشحات ومخلفات مقاومات الانصهار والخبث والرمال المستعملة، مع المراعاة الواجبة للأوضاع الجيولوجية والجيومائية للموقع لمنع التلوث المحتمل نتيجة لغسل المعادن الثقيلة. وينبغي تصميم نقاط النقل ومناطق تخزين الكيماويات (مثل الراتنجات ومواد الربط) بحيث تقلل من خطر الانسكاب. وتتوفر إرشادات إضافية بشأن التعامل مع الفضلات الصلبة والخطرة والمواد الضارة بدليل **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.**

الرمال المستعملة

تُعد الرمال المستعملة المتخلفة عن المسابك التي تستخدم القوالب الرملية من أبرز المخلفات من حيث الكمية. [10] وتشكل رمال القولبة وصنع قلوب السبك ما يتراوح بين 65 و 80 في المائة من إجمالي مخلفات مسابك الحديد. والرمل المتماسك كيماوياً من أجل صنع قلوب السبك أو قوالب الصب أشد صعوبة في إعادة استخدامه بكفاءة وربما نُبذ كمخلفات بعد استعماله لمرة واحدة. وكثيرا ما ينطوي الرمل المتخلف عن مسابك النحاس والبرونز على خطر وينبغي التخلص منه باعتباره مادة خطرة.

[10] مكتب الامتثال في الوكالة الأمريكية لحماية البيئة. مشروع مفكرة القطاع موجز لصناعة سبك المعادن.

وتشتمل توصيات المنع والسيطرة الخاصة بالرمال المستعملة على ما يلي: [11]

- إعادة استخدام الرمل لأقصى درجة ممكنة داخل المنشأة
  - وينبغي التفكير في إعادة الاستخدام الخارجي للرمل المستعمل (على سبيل المثال كمادة خرسانية أو في رصف الطرق، وفي صناعة الطوب، والردم الخرساني، والردم الإنشائي)
  - وينبغي إعادة استخدام رمل المسابك الأخضر فور إزالته عن القطعة المعدنية وإعادة تشكيله. وتتألف أساليب استعادة الرمل من إعادة تشكيل ابتدائية (مثل الهز أو التدوير أو الاسطوانة الدوارة أو اللفح بالهواء الساخن) وثانوية (مثل معالجة الرمل لإزالة مواد الربط الكيماوية، فضلاً عن المعالجات المكيانيكية والحرارية الباردة، أو الغسيل السائل. وتُستخدم وحدات المعالجة الحرارية لإصلاح الرمل المتماسك كيماوياً).

الغبار المتجمع من معدات التخفيف

قد يحتوي الغبار المتجمع من معدات الحد من الانبعاثات على زنك ورصاص ونيكل وكادميوم ونحاس وألمنيوم وقصدير وكروم ومعادن أخرى، ويمكن تصنيفه كمخلفات خطرة. وعادةً ما يحتوي الغبار المتجمع في معدات الحد من الانبعاثات في مسابك المعادن غير الحديدية على مستويات من المعادن تكفي لجعل استخلاصها أمراً له جدواه الاقتصادية. وينبغي إعادة تدوير غبار المرشحات في الأفران إلى الحد الممكن عملياً. ويتيح ذلك استرداد المعادن عبر إعادة معالجة الغبار، ويقلل من ثَم من المخلفات التي ستذهب للردم.

[11] المصدر السابق.

مخلفات الخبث

عادةً ما يكون لمخلفات الخبث تركيب كيماوي معقد وتحتوي على طائفة متنوعة من ملوثات المعادن الخردة. وربما تشكل نحو 25 في المائة من الفضلات الصلبة التي تخرجها المسابك. وعادةً ما يشتمل الخبث على أكاسيد معدنية ومقاومات انصهار منصهرة ورمال ورماد فحم الكوك (إذا تم استعمال الفحم). وربما تضاف أيضاً صهورات (مواد مساعدة على الانصهار) لإزالة الخبث من الأفران. وقد يكون الخبث مادة خطرة إذا احتوى على رصاص أو كادميوم أو كروم من الصلب أو المعادن غير الحديدية المصهورة. [12]

وتشتمل توصيات المنع والسيطرة الخاصة بالخبث على ما يلي:

- ينبغي تقليل الخبث الناتج إلى أدنى حد من خلال إجراءات لتحقيق التشغيل الأمثل، من بينها:
  - فرز الخردة لتحسين جودة المعدن وتقليل احتمال خروج الانبعاثات وتكون الخبث الملوث. وتمثل خردة المنتجات الإلكترونية والخردة المطلية وخردة السيارات المستعملة مصدراً محتملاً للتلوث وينبغي فحصها بعناية وفرزها.
  - خفض درجة حرارة صهر المعادن
  - الاستخدام الأمثل للصهورات والبطائن المقاومة للانصهار
- ينبغي إعادة استخدام الخبث، وينبغي استخلاص المعادن ذات القيمة. وقد تشتمل بدائل إعادة الاستخدام، حسب

[12] مكتب الامتثال في الوكالة الأمريكية لحماية البيئة. مشروع مفكرة القطاع موجز لصناعة سبك المعادن.

خصائص الخبث، على صناعة الطوب وطبقة الأساس لرصف الطرق والكتل الخشنة.

معالجة الحمأة

قد تحتوي الحمأة الناتجة عن معالجة المياه المستعملة على معادن ثقيلة (مثل الكروم والرصاص والزنك والنيكل) وزيوت وشحوم. ويمكن إجراء إعادة تدوير داخلي لجزء صغير من الحمأة الناتجة عن معالجة المياه المستعملة، غير أن الجزء الأكبر منها يستعمل كردم. وتعد إمكانية استخلاص المعادن منها أمراً جديرا بالنظر وينبغي تقييمها إما لإثبات إمكانية إعادة استخدامها أو لاستخدامها كبطائن أو جوانب للردم. وقد تتطلب إعادة استخدام الحمأة المرور بمرحلة سابقة على المعالجة، تتألف عادةً من الكبس والتجفيف والتفتيت. وتتوفر توصيات التعامل مع الحمأة الخطرة في دليل **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**.

التخلص من النفايات

من بين القضايا البيئية المتعلقة بصناعة المسابك التي تثور عند وقف النشاط كيفية التخلص من المواد العازلة التي تحتوي على أسبستوس وتلويث التربة/المياه الجوفية في مناطق مثل مخازن الفحم والمواد الخام. وينبغي منع تأثير هذه الملوثات من خلال تطبيق ممارسات بيئية سليمة كما هو وارد في هذه الإرشادات. وللحصول على المشورة بشأن كيفية التعامل مع مثل هذه القضايا المتبقية التي ربما تسببت في تلوث الأرض والمياه الجوفية، يمكن الرجوع إلى **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.**

المياه المستعملة

المياه المستعملة المتخلفة عن الاستخدامات الصناعية

أبرز استخدام للمياه في المسابك هو استخدامها في أنظمة تبريد الأفران الكهربائية (الحث والقوس الكهربائي) وأفران القبة، وفي أنظمة إزالة الغبار باستخدام المياه. وفي معظم المسابك يشتمل استعمال المياه على عملية إعادة تدوير داخلية للماء تؤدي لتقليل كمية المخلفات إلى أدنى حد. وقد يؤدي استخدام أساليب إزالة الغبار باستعمال المياه إلى زيادة كمية المياه المستخدمة وما يستتبع ذلك من مخلفات يتعين التخلص منها. وفي صنع القلوب، حيث تُستخدم المغاسل، تحتوي سوائل الغسيل الناتجة عن صنع القلوب بطريقة الصندوق البارد أو الصندوق الساخن على نشادريات قابلة للتحلل بسهولة. وفي عملية سبك القوالب تحت ضغط عال يتكون تيار من المياه المستعملة التي تحتاج إلى معالجة لإزالة ما بها من مركبات عضوية (مثل الفينول والزيوت) قبل التخلص منها. وقد تنتج مياه مستعملة تحتوي على معادن وشوائب عالقة إذا ما تم تبريد القالب بالمياه. كما قد تنتج أيضاً مياه مستعملة تحتوي على شوائب عالقة أو ذائبة وشيء من الحموضة إذا ما استُخدمت قلوب ملحية قابلة للذوبان. وقد تنتج المياه المستعملة عن عمليات تشطيب معينة كالتسقية والصنفرة، وقد تحتوي على مستويات مرتفعة من الزيت والشوائب العالقة. [13]

وتشتمل توصيات المنع بالنسبة لتيارات نفايات المسابك على ما يلي:

- تركيب دورات مغلقة لمياه التبريد من أجل تقليل استهلاك المياه وتصريفها؛

[13] مكتب الامتثال في الوكالة الأمريكية لحماية البيئة. مشروع مفكرة القطاع موجز لصناعة سبك المعادن.

- إعادة تدوير المياه الساقطة بالترسيب أو الطرد المركزي ثم الترشيح؛

- تخزين الخردة وغيرها من المواد (مثل الفحم وفحم الكوك) بأماكن مسقوفة و/أو محاطة بحواجز واقية للحد من تلوث المياه المستعملة وتسهيل تجميع مياه الصرف.

معالجة المياه المستخدمة في الصناعة

تشتمل أساليب معالجة المياه المستعملة الناشئة عن الاستخدام الصناعي في هذا القطاع على عزل المصدر والمعالجة المسبقة لتيارات المياه المستعملة لتقليل ما بها من معادن ثقيلة باستخدام الترسيب الكيماوي والتخثر والتلبد إلخ...، وعادةً ما تشتمل معالجة المياه المستعملة على ما يلي: مصائد الشحوم، وأدوات كشط أو فصل الزيوت عن المياه لفصل الزيوت والشوائب الطافية؛ والترشيح لفصل الشوائب القابلة للتصفية؛ ومعادلة الدفق والحمل؛ والترسيب لتقليل الشوائب العالقة باستخدام المصافي؛ ونزح الماء والتخلص من الفضلات في مقالب النفايات المخصصة للنفايات الخطرة. وقد يلزم وضع ضوابط هندسية إضافية من أجل (أ) الإزالة المتطورة للمعادن باستخدام الترشيح الغشائي أو غيره من تقنيات المعالجة الفيزيقية/الكيماوية، (ب) إزالة المواد العضوية المستعصية باستخدام الكربون المنشط أو الأكسدة الكيماوية المتطورة، (ج) الإزالة الكيماوية أو البيولوجية للمغذيات من أجل تقليل النيتروجين، و (د) تقليل درجة سمية المخلفات باستخدام التقنية الملائمة (مثل التناضح العكسي وتبادل الأيونات والكربون المنشط ...إلخ.).

وتحتوي **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** على شرح لسبل التعامل مع المياه المستعملة في الصناعة وأمثلة على طرق المعالجة. ومن خلال استخدام هذه التقنيات وأساليب الممارسة السليمة في التعامل مع المياه المستعملة يمكن للمنشآت أن تلبي المعايير الإرشادية للتخلص من المياه المستعملة كما هو مبين بالجدول الوارد بالقسم الثاني من هذه الوثيقة الخاصة بهذا القطاع الصناعي.

التيارات الأخرى للمياه المستعملة واستهلاك المياه

تحتوي **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** على المشورة الملائمة للتعامل مع المياه المستعملة غير الملوثة الناتجة عن أعمال المرافق، ومياه العواصف غير الملوثة ومياه الصرف الصحي. وينبغي توجيه مجاري المياه الملوثة إلى شبكة معالجة المياه المستعملة في الأغراض الصناعية. وتحتوي **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** على توصيات لتقليل استهلاك المياه، وخاصةً عندما تكون من مصادر طبيعية محدودة.

وقد تصبح مياه العواصف الآتية من مناطق تخزين الفحم في العراء ملوثة بنضاض عالي الحموضة يحتوي على هيدروكربونات عطرية متعددة الحلقات(PAHs) ومعادن ثقيلة. ومن بين التوصيات الخاصة بهذه الصناعة:

- تعبيد مناطق العمل، والفصل ما بين مياه العواصف الملوثة وغير الملوثة، وتنفيذ خطط للحد من الانسكاب والتناثر؛ وتوجيه مياه العواصف الآتية من مناطق العمل إلى وحدة معالجة المياه المستعملة؛

- وضع نظام لتجميع النضاض وموقع منشآت تخزين الفحم لمنع التأثير على التربة ومصادر المياه. وينبغي أن تكون أماكن تخزين الفحم معبدة لعزل مياه العواصف المحتمل تلوثها من أجل إخضاعها للمعالجة المسبقة والمعالجة في وحدة معالجة المياه المستعملة.

الضوضاء

يُحدث عمل المسابك ضوضاء من مصادر متعددة، منها تجهيز الخردة، وشحن الأفران، والصهر بالأفران الكهربائية، ومواقد الوقود، والهزهزة وقذف القوالب والقلوب، وأنظمة النقل والتهوية. وتشتمل توصيات ما ينبغي اتباعه من أساليب لمعالجة الضوضاء على ما يلي:

- تقفيل مباني العمل و/أو عزلها؛
- تغطية وتقفيل أماكن تخزين وتجهيز الخردة، وكذلك الهزهزة والترشيح؛
- تقفيل المراوح وعزل أنابيب التهوية واستخدام كواتم الصوت؛
- تطبيق الضوابط الإدارية، بما في ذلك تقييد تجهيز الخردة ونقلها أثناء الليل.

وينبغي لإجراءات تقليل الضوضاء أن تلبي معايير الضوضاء على البيئة المحيطة الواردة في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**.

1.2 الصحة والسلامة المهنية

قضايا الصحة والسلامة المهنية أثناء إنشاء وتشغيل وصيانة وإنهاء نشاط منشآت المسابك تماثل تلك المتعلقة بغيرها من المنشآت الصناعية الضخمة، ومنعها والحد منها من الأمور التي يتناولها دليل **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**.

وفضلاً عن ذلك، فقد تثور قضايا الصحة والسلامة المهنية التالية أثناء العمل بالمسابك:

- الأخطار الجسدية
- الإشعاع
- أخطار الجهاز التنفسي
- الأخطار الكهربائية
- الضوضاء
- أخطار الدفن
- الحرائق والانفجارات

الأخطار الجسدية

توصيات منع المخاطر الجسدية والحد منها واردة في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**. وفيما يلي نعرض للمخاطر الجسدية الخاصة بصناعة المسابك.

قد ترجع الأخطار الجسدية في أعمال المسابك إلى مناولة خامات أو منتجات ضخمة أو ثقيلة أو ساخنة (مثل شحن الأفران)؛ أو الحوادث ذات الصلة بالنقل الميكانيكي الثقيل (مثل القطارات والشاحنات والرافعات الشوكية)؛ أو الإصابات الناجمة عن أنشطة الطحن والتقطيع (مثل التعرض لمواد الخردة التي تلفظها الآلات-الأدوات)؛ والإصابات الناجمة عن السقوط من مكان مرتفع (مثل المنصات العالية والسلالم والدرج).

رفع/تحريك أحمال ثقيلة

يمثل رفع وتحريك الأحمال الثقيلة باستخدام منصات هيدروليكية أو روافع خطراً كبيراً على السلامة المهنية في

المسابك. ومن الإجراءات التي يوصى بها لمنع أو الحد من احتمال إصابة العمال ما يلي:

- وضع لافتات واضحة في كل ممرات النقل وأماكن العمل؛
- التصميم والتخطيط الملائم للمنشآت من أجل تفادي تقاطع مسارات الأنشطة المختلفة وتدفق العمليات؛
- تطبيق إجراءات محددة لمناولة ورفع الأحمال، ومن بينها:
- وصف الحمل المراد رفعه (أبعاده ووزنه وموضع مركز الجاذبية)؛
- تحديد ضوابط الرفع بالحبال والقوة اللازمة؛
- تدريب العاملين على التعامل مع آلات الرفع وقيادة معدات النقل الميكانيكي.
- مراعاة ألا يمر نطاق تشغيل معدات المناولة الثابتة (مثل الروافع والمنصات العالية) فوق أماكن العمل والتجمع؛
- الحرص في نقل السوائل الساخنة وتحصينها، وكذلك أجزاء المعادن الصلبة؛
- ضرورة إبقاء مناولة الخامات والمنتجات محصورة داخل مناطق محظورة تحت المراقبة، مع الانتباه بوجه خاص إلى قرب الكابلات والمعدات الكهربائية؛
- ضرورة إجراء الصيانة الدورية والإصلاح لمعدات الرفع والنقل والمعدات الكهربائية.

مناولة المنتجات

تشتمل توصيات الوقاية والحد من الإصابات ذات الصلة بأنشطة المناولة والطحن والقطع، واستخدام الخردة، على ما يلي:

- وضع الآلات والمعدات على مسافة آمنة من مناطق العمل الأخرى ومن أي ممشى؛ ضرورة توفير أماكن عمل خاصة ومنفصلة لمنع الحوادث الناجمة عن فرش أرضية الأفران بالرمال أو استخدام المطاحن؛
- إجراء تفتيش دوري وإصلاح الآلات والمعدات، وخاصة الواقيات وأدوات أو معدات السلامة.
- توفير سياج بامتداد صفيحة النقل له بوابات موصدة لا تفتح إلا عندما تكون الآلة متوقفة عن العمل؛
- تدريب العاملين على حسن استخدام الآلات أو المعدات، وعلى استخدام أدوات الحماية الشخصية المناسبة.

تطاير الحرارة والسوائل الساخنة

تُعد الحرارة الشديدة والتعرض المباشر للأشعة تحت الحمراء من الأخطار المشتركة في المسابك. ويمكن أن تتسبب الحرارة الشديدة في حدوث الإجهاد والجفاف. كما يشكل التعرض المباشر للأشعة تحت الحمراء خطراً على البصر. وقد يؤدي التلامس مع المواد الساخنة أو المياه الساخنة إلى حروق شديدة. وتشتمل الإجراءات التي يوصى بها للوقاية والحد من التعرض للحرارة والسوائل أو المواد الساخنة على ما يلي:

- العزل الحراري للأسطح التي يتوقع عندها حدوث تلامس مع معدات ساخنة أو تطاير لمواد ساخنة (مثل أفران القبة والأفران الكهربائية وأفران الحث ومغارف الصهر والصب)؛

- فرض مناطق أمان عازلة لفصل المناطق التي تتم بها مناولة المواد والأصناف الساخنة أو تخزينها مؤقتاً.

- استخدام أدوات الحماية الشخصية الملائمة (مثل القفازات والأحذية المعزولة، والنظارات الواقية للحماية من الأشعة تحت الحمراء والأشعة فوق البنفسجية، والملابس الواقية للحماية من الحرارة المنبعثة)؛ ضرورة وضع سياج حماية حول تلك المناطق به بوابات موصدة للتحكم في الدخول إلى تلك المناطث أثناء العمل؛

- تطبيق نوبات أقصر للعمل بالأماكن التي ترتفع بها درجة الحرارة. توفير فترات راحة منتظمة من العمل ومياه شرب للعاملين بالأماكن الحارة؛

- تركيب تهوية باردة للحد من الارتفاع الشديد في درجة الحرارة.

التعرض للإشعاع

قد يتعرض العمال لأشعة غاما وما يتصل بها من أخطار التعرض للإشعاعات المؤينة. ويمكن استخدام الأساليب التالية للحد من خطر تعرض العمال لها:

- يجب إجراء اختبارات أشعة غاما داخل مكان محكم محظور باستخدام ميزاء (مسددة) معزولة. وينبغي عدم القيام بأي أنشطة أخرى داخل منطقة الاختبار؛

- يجب فحص كل مواد الخردة الواردة لاكتشاف أي نشاط إشعاعي قبل استخدامها في تغذية المسبك؛

- إذا كانت منطقة الاختبار قريبة من الحدود الخارجية للمصنع، فينبغي النظر في استخدام الموجات فوق الصوتية كبديل لأسلوب كشف أشعة غاما.

- يجب إجراء صيانة وإصلاحات دورية منتظمة لأجهزة الفحص، بما في ذلك الدروع الواقية.

التعرض لأخطار الجهاز التنفسي

مواد العزل

يشيع استخدام مواد العزل في المسابك، وقد يؤدي التعامل مع هذه المواد أثناء التركيب أو الصيانة إلى تطاير أنسجة تشكل خطراً على الصحة المهنية. وقد يؤدي استعمال الأسبستوس وغيره من الأنسجة المعدنية المستخدمة على نطاق واسع في المصانع القديمة إلى تعرض البشر لخطر استنشاق مواد مسببة للسرطان. ومن أجل الحد من هذه المخاطر ينبغي تطبيق ممارسات عمل ومواد ملائمة.

الغبار والغازات

يحتوي الغبار المتطاير بالمسابك على حديد وأتربة معدنية من ورش الصهر والصب والتشطيب، وعلى أتربة خشبية ورملية مما يوجد في ورشة القولبة. وفي أولاهما، يتعرض العمال لأكسيد الحديد وغبار السليكا الذي قد يكون ملوثاً بمعادن ثقيلة، مثل الكروم والنيكل والرصاص والمنجنيز. ويتولد الغبار في ورش الصهر والصب عن استعمال الحرارة الشديدة، ويشكل صغر حجم الجزيئات واحتمال وجود أبخرة معدنية خطراً مهنياً شديداً من جراء الاستنشاق. وفي ورشة القولبة، يتعرض العمال للغبار الرملي الذي قد يحتوي على معادن ثقيلة،

وللأتربة الخشبية التي قد تكون لها خواص مسرطنة، وخاصة في حالة استخدام أخشاب صلدة قاسية.

ومن بين ما يوصى به لمنع التعرض للغازات والغبار ما يلي:

- يجب فصل مصادر الغبار والغازات وتقفيلها؛
- تصميم تهوية للمنشأة من أجل تعظيم دوران الهواء. ويجب تنقية الهواء الخارج قبل إطلاقه في الجو؛
- يجب تركيب تهوية للعادم عند النقاط الهامة التي ينبعث منها الغبار والغاز، وخاصة ورشة الصهر؛
- استخدام معدات تعمل آلياً، وخاصة في عملية فرش أرضية الفرن بالرمال؛
- توفير غرفة محصنة بها تكييف هواء إذا ما تطلب الأمر الاستعانة بعامل لتشغيلها؛
- توفير قاعات طعام منفصلة تتيح الاغتسال قبل الأكل؛
- توفير أماكن تتيح فصل ملابس العمل عن الملابس الشخصية، وتتيح الاستحمام والاغتسال بعد انتهاء العمل وقبل الأكل؛
- تطبيق سياسة للفحوص الطبية الشخصية دورياً.
- وينبغي استخدام التقنيات اللازمة للحد من الأخطار على الجهاز التنفسي عندما يكون التعرض لها أمراً لا يمكن اجتنابه بوسائل أخرى، مثل الأعمال اللازمة لنصع قوالب الرمال والأعمال اليدوية مثل الطحن أو استخدام معدات غير مغلفة، وأثناء أعمال صيانة وإصلاح معينة.
- ومما يوصى به لحماية الجهاز التنفسي ما يلي:
  - استخدام كمامات التنفس عند التعرض لغبار شديد (مثل فرش أرضية الفرن بالرمال)؛
  - بالنسبة للغبار والغازات الخفيفة والمعدنية يجب استخدام أجهزة تنفس تزود العامل بالهواء النقي. ويمكن بدلاً من ذلك استخدام أقنعة غاز كاملة (أو خوذة مضغوطة الهواء) مزودة بتهوية كهربائية.
  - بالنسبة للتعرض لأول أكسيد الكربون، يجب تركيب أجهزة رصد لتنبيه غرف التحكم والعاملين. وفي حالة التدخل الاضطراري في أماكن يرتفع بها مستوى أول أكسيد الكربون يجب تزويد العمال بأجهزة رصد محمولة وأجهزة تنفس مزودة بالهواء النقي.

الضوضاء

قد تتولد الضوضاء عن عمليات مناولة المواد الخام والمنتجات (مثل المعادن المستعملة والصفائح والقضبان)، وضغط الرمال، وتصنيع النماذج الخشبية، وفرش أرضية الأفران بالرمال، والتشطيب. والإجراءات التي يوصى بها لمنع انبعاثات الضوضاء والحد منها واردة في دليل **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**.

الأخطار الكهربائية

قد يتعرض العمال لأخطار كهربائية نتيجة لوجود معدات كهربائية قوية في أنحاء المسابك. وتوصيات الوقاية والحد من التعرض للأخطار الكهربائية متوفرة في دليل **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**.

الاندفان

يتعرض العمال الذين يصنعون قوالب الرمال لخطر الاندفان نتيجة لانهيار الرمال في أماكن التخزين وأثناء عمليات الصيانة. ومن بين إجراءات تفادي الاندفان تحت الرمال تطبيق معايير تخزين المواد حسبما وردت بدليل **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**.

أخطار الانفجارات والحرائق

قد تنطوي مناولة المعادن السائلة على خطر الانفجار أو فوران المادة المنصهرة أو الحروق، وخاصة إذا حُصرت الرطوبة في أماكن مغلقة وتعرضت للمعدن المنصهر. ومن الأخطار الأخرى احتمال اندلاع حرائق من جراء المعدن المنصهر، وفي حالة وجود وقود سائل وغيره من الكيماويات القابلة للاشتعال. وفضلاً عن ذلك، فقد يكون خبث حديد المسابك قابلاً بشدة للتفاعل إذا ما استُخدم كربيد الكالسيوم في نزع الكبريت من الحديد.

ومن الأساليب التي يوصى باتباعها للوقاية والحد من أخطار الانفجارات والحرائق:

- تخطيط المنشأة بشكل يضمن الفصل التام لخطوط أنابيب وخزانات الغاز والأكسجين القابلة للاشتعال، بعيدة عن مصادر الحرارة؛
- فصل المواد والسوائل القابلة للاحتراق عن الأماكن الساخنة ومصادر الاشتعال (مثل اللوحات الكهربائية)؛
- حماية خطوط أنابيب وخزانات الغاز والأكسجين القابلة للاشتعال أثناء أعمال الصيانة "الساخنة"؛
- وتتوفر إرشادات استعدادات الطوارئ ومواجهتها في دليل **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**.

1.3 صحة وسلامة المجتمع المحلي

تتشابه آثار إنشاء وتشغيل وإنهاء نشاط المسابك على صحة وسلامة المجتمع مع مثيلاتها بمعظم المنشآت الصناعية الأخرى، وهي مشروحة بالتفصيل، مع ما يُنصح به من إجراءات للوقاية والحد منها، في دليل **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**.

2.0 مؤشرات الأداء والرصد

2.1 البيئة

الإرشادات بشأن الانبعاثات والنفايات السائلة

يحتوي الجدولان 1 و 2 على الأرشادات الخاصة بالانبعاثات والنفايات السائلة لهذا القطاع. والقيم الاسترشادية للانبعاثات والنفايات السائلة الناجمة عن العمليات في هذا القطاع مأخوذة عن الممارسات الدولية الجيدة في هذه الصناعة كما تنعكس على المعايير ذات الصلة بالبلدان ذات الأطر التنظيمية المعترف بها. وهذه الإرشادات قابلة للتحقق في ظل ظروف التشغيل الطبيعية بالمنشآت التي تتمتع بتصميم وتشغيل ملائمين من خلال تطبيق أساليب الوقاية والحد من التلوث الواردة بالقسم السابق من هذه الوثيقة. وتنطبق الإرشادات الخاصة بالانبعاثات على الانبعاثات الناتجة عن عمل المسابك. وتتناول **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** انبعاثات مصادر الاحتراق المرتبطة بأنشطة توليد الطاقة والبخار من مصادر ذات طاقة تساوي أو تقل عن 50 ميغاوات من المدخلات الحرارية، اما انبعاثات مصادر الطاقة الأكبر من ذلك فتتناولها **الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة**

الخاصة بالطاقة الحرارية. وتتوافر الإرشادات المتعلقة باعتبارات البيئة المحيطة على أساس إجمالي كمية الانبعاثات في دليل **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.**

وتنطبق الإرشادات الخاصة بالنفايات السائلة على التخلص المباشر من النفايات المعالجة بصرفها في المياه السطحية للاستخدامات العامة. ويمكن تحديد مستويات الصرف الخاصة بكل موقع على أساس توفر وظروف استخدام شبكات تجميع مياه الصرف العامة، أو على أساس تصنيف استخدام المياه المتلقاة كما هو وارد في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** في حالة الصرف المباشر في المياه السطحية. وينبغي تحقيق هذه المستويات، دونما تهاون، في 95 في المائة على الأقل من وقت تشغيل المحطة أو الوحدة، محسوباً كنسبة من ساعات التشغيل السنوية. ويجب تبرير أي انحراف عن هذه المستويات في التقييم البيئي عند النظر في ظروف أي مشروع محلي معين.

الجدول الأول: مستوى النفايات السائلة للمسابك

الملوثات	الوحدة	القيمة الاسترشادية
درجة الحموضة	-	6-9
مجموع الجوامد المعلقة	ملليغرام/لتر	35
الزيوت والشحوم	ملليغرام/لتر	10
ارتفاع درجة الحرارة	درجة مئوية	3°
أكاسيد الكربون	ملليغرام/لتر	125
فينول	ملليغرام/لتر	1
كادميوم	ملليغرام/لتر	0.01
كروم (إجمالي)	ملليغرام/لتر	0.5
نحاس	ملليغرام/لتر	0.5
رصاص	ملليغرام/لتر	0.2
نيكل	ملليغرام/لتر	0.5
زنك	ملليغرام/لتر	0.5
قصدير	ملليغرام/لتر	2
غاز نشادر	ملليغرام/لتر (كمعيار)	5
فلوريد	ملليغرام/لتر (كتشكيل)	5
حديد	ملليغرام/لتر	5
ألمنيوم	كيلوغرام/طن	0.02[b]

ملاحظات:

على حافة منطقة الخلط الثابتة علمياً التي تأخذ في الاعتبار جودة المياه بالبيئة المحيطة، واستخدام المياه المتلقاة، والمتلقين المحتملين، والطاقة الاستيعابية.

صهر وسبك الألمنيوم

الجدول الثاني: مستويات الانبعاثات في الهواء من المسابك		
الملوثات	الوحدة	القيمة الاسترشادية
جسيمات	ملليغرام/متر عادي مكعب	20[2] 50[3]
رذاذ زيتي/بخار	ملليغرام/متر عادي مكعب	5
أكاسيد نيتروجينية	ملليغرام/متر عادي مكعب	400[4] 120[5] 150[6]
أكاسيد كبريتية	ملليغرام/متر عادي مكعب	400[8] 50[9] 120[7]
مركبات عضوية متطايرة	ملليغرام/متر عادي مكعب	20[10] 30 150[11]
ديوكسين أو فوران ثنائي البنزين ذو روابط كلورية متعددة	ملليغرام مكافيء سمي/متر عادي مكعب	0.1
أولّ أكْسيدِ الكَرْبون	ملليغرام/متر عادي مكعب	200[12] 150[13]
نشادريات	ملليغرام/متر	5[14]
	عادي مكعب	
كلور	ملليغرام/متر عادي مكعب	5[15]
رصاص وكادميوم ومركباتهما	ملليغرام/متر عادي مكعب	1-2[16]
نيكل وكوبالت وكروم وقصدير ومركباتها	ملليغرام/متر عادي مكعب	5
نحاس ومركباته	ملليغرام/متر عادي مكعب	5-20[17]
كلوريد	ملليغرام/متر عادي مكعب	5[18]
فلوريد	ملليغرام/متر عادي مكعب	5[19]
كبريتيد الهيدروجين	جزء في المليون حجم/حجم	5

ملاحظات:

1. الشروط المرجعية للحدود: لغازات الاحتراق: جافة، درجة حرارة 273 بمقياس كلفن (صفر مئوية)، ضغط 101.3 كيلو باسكال (1 ضغط جوي)، محتوى أكسجيني 3% جاف للوقود السائل والغازي، 6% جاف للوقود الصلب. لغير غازات الاحتراق: لا يوجد تصحيح لبخار الماء أو المحتوى الأكسجيني، درجة الحرارة 273 كلفن (صفر مئوية)، ضغط 101.3 كيلو باسكال (1 ضغط جوي).

2. انبعاثات الجسيمات في وجود معادن سامة

3. انبعاثات الجسيمات في غير وجود معادن سامة

4. صهر الفلزات الحديدية مستوى أقصى انبعاثات محسوباً على أساس أفضل تقنية متاحة وعلى أساس استخدام فرن قبة بغير فحم الكوك

5. صهر الفلزات غير الحديدية (الأفران العمودية)

6. من أنظمة استرداد الرمل الحراري/وحدات إعادة التشكيل

7. مستوى أقصى انبعاثات محسوباً على أساس أفضل تقنية متاحة وعلى أساس استخدام فرن قبة بالدفق البارد

8. صهر الفلزات غير الحديدية (الأفران العمودية)

9. صهر الفلزات الحديدية (أفران القبة)

10. صهر الفلزات غير الحديدية (الأفران العمودية)

11. صهر الفلزات الحديدية (أفران القوس الكهربائي) قد تنتج أفران القبة مستويات انبعاث أعلى (تصل إلى 1000 مليغرام/آزيد أنيون)

12. صهر الفلزات غير الحديدية (الأفران العمودية)

13. ورشة صنع القوالب والقلوب بالصندوق البارد

14. صهر الفلزات غير الحديدية (الألمنيوم)

15. أنظمة استرداد الرمل الحراري والتبطين بالتكسية بالمذيبات وعمليات صنع الأصداف والقواعد

16. القيمة الأعلى تنطبق على مسابك الفلزات غير الحديدية باستخدام الخردة.

17. القيمة الأعلى تنطبق على عمليات صنع النحاس وسبائكه

18. انبعاثات الأفران حيث يستخدم دفق الكلوريد

19. انبعاثات الأفران حيث يستخدم دفق الفلوريد

الرصد البيئي

يجب تطبيق برامج الرصد البيئي الخاصة بهذا القطاع للتعامل مع جميع الأنشطة التي تم تحديد أنها قد تحدث آثاراً كبيرة على البيئة، أثناء العمليات العادية وفي الظروف المضطربة. ويجب أن تستند أنشطة الرصد البيئي إلى المؤشرات المباشرة وغير المباشرة المطبقة على مشروع بعينه للانبعاثات والنفايات السائلة واستخدام الموارد.

وينبغي أن يكون معدل تكرار الرصد بالقدر الكافي لتوفير بيانات تمثيلية للمعايير الجاري رصدها. ويجب أن يقوم بعمليات الرصد أفراد مدربون وفقاً لإجراءات الرصد والاحتفاظ بالسجلات مع استخدام معدات تجري معايرتها وصيانتها على نحو سليم. كما ينبغي تحليل بيانات الرصد ومراجعتها على فترات منتظمة ومقارنتها بالمعايير التشغيلية حتى يتسنى اتخاذ أي إجراءات تصحيحية لازمة. وتتوفر إرشادات إضافية عن الطرق المطبقة لأخذ العينات وتحليل الانبعاثات والنفايات السائلة في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**.

2.2 الصحة والسلامة المهنية

ارشادات بشأن 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)، [14] ودليل الجيب للمخاطر الكيميائية المنشورة من قبل المعهد الوطني الأمريكي للصحة والسلامة المهنية (NIOSH)، [15] وحدود التعرض المسموح بها (PELs) المنشورة من قبل الإدارة الأمريكية للصحة والسلامة المهنية (OSHA)، [16] والقيم الإرشادية لحدود التعرض المهني المنشورة من قبل الدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي، [17] أو ما يشابهها من مصادر.

معدلات الحوادث والوفيات

يجب أن تحاول المشروعات تقليل عدد الحوادث التي يتعرض لها العاملون (العاملين المباشرين أو المقاولين من الباطن) إلى حد العدم، خاصة الحوادث التي من شأنها أن تؤدي إلى ضياع وقت العمل، أو مختلف درجات الإعاقة، أو حتى الوفيات. ويجب إجراء مقارنة معيارية بين المعدلات السائدة في المنشأة وبين أداء المنشآت الأخرى في هذا القطاع في البلدان المتقدمة من خلال الرجوع إلى المصادر المنشورة (مثل مكتب إحصاءات العمل الأمريكي وإدارة الصحة والسلامة بالمملكة المتحدة) [18]

رصد الصحة والسلامة المهنية

يجب متابعة بيئة العمل لرصد أي مخاطر مهنية تتعلق بالمشروع المعني. وينبغي تصميم الرصدالقيام به على أيدي

[14] متاح على الموقعين التاليين:
http://www.acgih.org/TLV/
http://www.acgih.org/store/

[15] متاح على الموقع التالي: http://www.cdc.gov/niosh/npg/

[16] متاح على الموقع التالي:
http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9992

[17] متاح على الموقع التالي:
http://europe.osha.eu.int/good_practice/risks/ds/oel/

[18] متاح على الموقعين التاليين:
http://www.bls.gov/iif/
http://www.hse.gov.uk/statistics/index.htm

متخصصين معتمدين [19] كجزء من برنامج رصد الصحة والسلامة المهنية. وينبغي أيضاً للمنشآت أن تحفظ سجلاً للحوادث والأمراض المهنية والأحداث والحوادث الخطيرة. وتتوفر إرشادات إضافية عن برامج رصد الصحة والسلامة المهنية في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.**

[19] يشمل المتخصصون المعتمدون الخبراء الصحيين المعتمدين، أو خبراء الصحة المهنية المسجلين، أو أخصائيي السلامة المعتمدين أو المناظرين لهم

3.0 ثبت المراجع والمصادر الإضافية

Australian Government, Department of the Environment and Heritage. 2004. National Pollutant Inventory (NPI), Emission Estimation Technique Manual for Ferrous Foundries, Version 1.2. 3 September 2004. Canberra: Commonwealth of Australia. Available at **http://www.npi.gov.au/handbooks/approved_handbooks/f2ferr.html**

Government of India Ministry of Environment & Forests, Central Pollution Control Board (CPCB). 2005. Annual Report 2004 - 2005. Delhi: CPCB. Available at http://www.cpcb.nic.in/annualreport04-05/ar2004-ch10.htm

European Commission. European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau (EIPPCB). 2005. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). Best Available Technique Reference (BREF) Document on the Smitheries and Foundries Industry. Seville: EIPPCB. Available at http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm

German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)). 2002. First General Administrative Regulation Pertaining the Federal Immission Control Act (Technical Instructions on Air Quality Control – TA Luft). Berlin: BMU. Available at http://www.bmu.de/english/air_pollution_control/ta_luft/doc/36958.php

Irish Environmental Protection Agency (EPA). 1996. BATNEEC Guidance Note Class 3.3 Ferrous Metals Foundries (Draft 3). Dublin: EPA Ireland. Available at http://www.epa.ie/Licensing/BATGuidanceNotes/

Irish Environmental Protection Agency. 1996. BATNEEC Guidance Note Class 3.4 Recovery or Processing of Non-Ferrous Metals (Draft 3). Dublin: EPA Ireland. Available at http://www.epa.ie/Licensing/BATGuidanceNotes/

North Carolina Department of Environment and Natural Resources (DPPEA). Primary Metals Ferrous and Non-Ferrous Foundry. Available at http://www.p2pays.org/ref/01/text/00778/chapter3.htm

UK Department of Trade and Industry (DTI) and Department of the Environment. Environmental Technology Best Practice Programme. Environmental Management Systems in Foundries. London: UK Government.

UK Department of Trade and Industry (DTI) and Department of the Environment. Environmental Technology Best Practice Programme. 1998. Optimising Sand Use in Foundries. London: UK Government.

United Kingdom (UK) Department for Environmental Food and Rural Affairs (DEFRA). 2004. Secretary's State Guidance for Copper and Copper Alloy Processes. Process Guidance Note 2/8 (04). London: DEFRA. Available at http://www.defra.gov.uk/environment/airquality/LAPC/pgnotes/

UK DEFRA. 2004. Secretary's State Guidance for Electrical, Crucible and Reverberatory Furnaces. Process Guidance Note 2/3 (04). London: DEFRA. Available at http://www.defra.gov.uk/environment/airquality/LAPC/pgnotes/

UK DEFRA. 2004. Secretary's State Guidance for Hot and Cold Blast Cupolas and Rotary Furnaces. Process Guidance Note 2/5 (04). London: DEFRA. Available at http://www.defra.gov.uk/environment/airquality/LAPC/pgnotes/

UK DEFRA. 2004. Secretary's State Guidance for Furnaces for the Extraction of Non-Ferrous Metal from Scrap. Process Guidance Note 2/1 (04). London: DEFRA. Available at http://www.defra.gov.uk/environment/airquality/LAPC/pgnotes/

UK DEFRA. 2004. Secretary's State Guidance for Iron, Steel and Non-Ferrous Metal Process. Process Guidance Note 2/4 (04). London: DEFRA. Available at http://www.defra.gov.uk/environment/airquality/LAPC/pgnotes/

UK DEFRA. 2004. Secretary's State Guidance for Metal Decontamination Processes. Process Guidance Note 2/9 (04). London: DEFRA. Available at http://www.defra.gov.uk/environment/airquality/LAPC/pgnotes/

UK DEFRA. 2004. Secretary's State Guidance for Processes Melting and Producing Aluminium and its Alloys. Process Guidance Note 2/6a (04). London: DEFRA. Available at http://www.defra.gov.uk/environment/airquality/LAPC/pgnotes/

UK DEFRA. 2004. Secretary's State Guidance for Zinc and Zinc Alloy Processes. Process Guidance Note 2/7 (04). London: DEFRA. Available at Available at http://www.defra.gov.uk/environment/airquality/LAPC/pgnotes/

UK Environmental Agency. 2001. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Interim Guidance for the Ferrous Foundries Sector. Sector Guidance Note IPPC S2.03. Bristol: Environment Agency.

UK Environment Agency. 2002. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Technical Guidance for Non-Ferrous Metals and the Production of Carbon and Graphite. Version 1: January 2002. Sector Guidance Note IPPC S2.03. Bristol: Environment Agency. Available at http://www.environment-agency.gov.uk/business/444304/444369/673298/nfm/?version=1&lang=_e

United States (US) Environmental Protection Agency (EPA). 1995. Profile of the Nonferrous Metals Industry. EPA Office of Compliance Sector Note Book Project. EPA/310-R-95-010. Washington, DC: US EPA. Available at http://www.epa.gov/compliance/resources/publications/assistance/sectors/notebooks/nonferrous.html

US EPA. 1998. Profile of the Metal Casting Industry. EPA Office of Compliance Sector Note Book Project. EPA/310-R-97-004. Washington, DC: US EPA. Available at http://www.epa.gov/compliance/resources/publications/assistance/sectors/notebooks/casting.html

US EPA. 1998. Technology Transfer Network Clearinghouse for Inventories and Emissions Factors. AP 42, Fifth Edition, Vol. 1 Chapter 12: Metallurgical Industry. Available at http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch12/index.html

US EPA. 2004. Code of Federal Regulations (CFR) Title 40: Protection of the Environment. Part 63. National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Iron and Steel Foundries. Washington, DC: Office of the Federal Register. Available at http://epa.gov/ttncaaa1/t3/fr_notices/8287founddirfin.pdf

US EPA. 2002. Beneficial Reuse of Foundry Sand: A Review of State Practices and Regulations. Sector Strategies Division, Office of Policy, Economics and Innovation in partnership with the American Foundry Society and the Association of State and Territorial Solid Waste Management Officials. Washington, DC: US EPA. Available at http://www.epa.gov/ispd/metalcasting/reuse.pdf

US EPA. 2004. Environmental Management Systems (EMS) Implementation Guide for the Foundry Industry. Sector Strategies Division, Office of Policy, Economics and Innovation, in partnership with the American Foundry Society and Indiana Cast Metals Association. Washington, DC: US EPA. Available at **http://www.epa.gov/sectors/metalcasting/foundry_complete.pdf**

الملحق(أ): وصف عام لأنشطة المسابك

تنتج المسابك مسبوكات معدنية حديدية وغير حديدية. وتتألف المسبوكات الحديدية من الحديد والصلب، في حين تضم المسبوكات غير الحديدية في الغالب الأعم الألمنيوم والنحاس والزنك والرصاص والقصدير والنيكل والمغنسيوم والتيتانيوم. ويتم انتاج المسبوكات بصهر الفلزات الحديدية أو غير الحديدية وصبها وسبكها. والكثير من المسابك يقوم بسبك كلا النوعين.

وتشمل المسبوكات الحديدية عادةً:

- الحديد الزهر الرمادي، وله خواص جيدة من حيث التخميد وإمكانية الميكنة، لكنه لا يعمر طويلاً؛
- الحديد الزهر القابل للطرق، ويحتوي على نسبة بسيطة من الكربون والسليكون والمنجنيز والفوسفور والكبريت والسبائك المعدنية.
- الحديد الزهر المحتوي على الغرافيت المكور، ويتم الحصول عليه بنزع الكبريت من الحديد الزهر المصهور؛
- الصلب الكربوني المسبوك (قليل ومتوسط وعالي الكربون) ويتفوق على الحديد الزهر في القوة وقابلية السحب ومقاومة الحرارة، والقابلية للحام.

ويتم انتاج الفلزات غير الحديدية لتلبية خواص مثل الخصائص الميكانيكية ومقاومة التآكل وإمكانية الميكنة وخفة الوزن والتوصيل الحراري والكهربي.

ويشمل سبك الفلزات غير الحديدية العديد من المركبات غير الحديدية مثل: الألمنيوم وسبائك الألمنيوم، والنحاس وسبائك النحاس، والزنك وسبائك الزنك، والمغنسيوم وسبائك المغنسيوم، وسبائك الكوبلت القاعدية، والنيكل وسبائك النيكل، والتيتانيوم وسبائك التيتانيوم، والزركونيوم وسبائك الزركونيوم، ومُركّبات المصفوفات المعدنية.

وتشمل السبائك غير الحديدية المشتركة: سبائك نحاس+زنك (النحاس الأصفر)؛ وسبائك نحاس+قصدير (البرونز)؛ وسبائك نيكل+نحاس (كوبرونيكل)؛ وسبائك نيكل+كروم+حديد (صلب لا يصدأ)؛ وسبائك ألمنيوم+نحاس؛ وسبائك ألمنيوم+سليكون؛ وسبائك ألمنيوم+مغنسيوم؛ وسبائك التيتانيوم.

عمل المسبك

هناك أساليب عديدة للسبك. وكلها يشتمل على إنشاء وعاء (قالب) يُصب فيه المعدن المنصهر.

وتنقسم عملية السبك إلى مجموعتين فرعيتين أساسيتين تبعاً لنوع قالب السبك من حيث إمكانية إعادة استخدامه، مستهلك أم غير مستهلك. فالسبك باستخدام القوالب المستهلكة، وهو المعتاد في مسابك الحديد ولو أنه يُستخدم أيضاً في سبك المعادن غير الحديدية، يعتمد على قوالب هالكة (مثل قوالب الرمل). أما السبك باستخدام قوالب غير مستهلكة، وهو الشائع أساساً في مسابك المعادن غير الحديدية، فيعتمد على قوالب معمرة (كالقوالب المسبوكة). ويتم فصل القوالب الهالكة عن المسبوكات ثم هدمها أثناء مرحلة الهزهزة، في حين يُعاد استخدام القوالب المعمرة. وتُستخدم أساليب متنوعة في هذين النوعين من السبك بالقوالب، تبعاً لطريقة الصهر والقولبة وصنع القلوب، وتبعاً لنظام السبك وأساليب التشطيب المتّبعة.

وتشتمل إحدى الطرق المعتادة للسبك، كما هو مبين في الشكل أ 1، على الخطوات الرئيسية التالية: صهر ومعالجة المعدن في ورشة الصهر؛ وتجهيز القوالب والقلوب في ورشة القولبة، وصب المعدن المنصهر في القالب؛ والتبريد لإضفاء الصلابة؛ وإخراج المسبوكة من القالب في ورشة السبك، ثم تشطيب المسبوكة الخام في ورشة التشطيب.

ورشة الصهر

تُستخدم أنواع مختلفة من أفران الصهر وطرق معالجة المعدن من أجل إنتاج مواد حديدية وغير حديدية، تبعاً لنوع المعدن المستخدم.

وعادة ما يتم صهر *الحديد الزهر* في أفران قبة (دست)، أو أفران حث، أو أفران كهربائية، أو أفران دوارة. ويفضّل استخدام أفران الحث (من النوع عديم القلب لغرض الصهر، والنوع ذي القناة للحفظ) على أفران القبة (الدست) بسبب أدائها البيئي المتفوق. واستخدام الأفران الكهربائية أقل شيوعاً.

وعادةً ما يُصهر *الصلب المسبوك* في أفران قوس كهربائي أو أفران حث عديمة القلب. وتتألف عملية معالجة الصلب المسبوك من التنقية (نزع الكربون والسليكون والكبريت و/أو الفوسفور) وإزالة الأكسدة حسب نوع المعدن المستَخدم والجودة المطلوبة للمنتَج.

وقد يتطلب المعدن المنصهر معالجة مثل نزع الكبريت وإزالة الخبث. ولإزالة الشوائب من المعدن المنصهر تُضاف صهورات معدنية إلى شحنة الفرن أو إلى المعدن المنصهر. وتتحد الصهورات مع الشوائب لتتكون منهما رغوة معدنية أو خبث يتم إزالته قبل الصب.

أفران القبة (الدست)

فرن القبة هو أكثر الأفران شيوعاً في صهر الحديد الزهر وأقدم انواع الأفران المستخدمة في المسابك. وهو نوع من الأفران اسطوانية الشكل تُبطن بمادة مقاومة للانصهار (مثل الطوب الحراري). ويستخدم هذا النوع من الأفران فحم الكوك كوقود مع هواء الاحتراق. ويهبط الحديد المنصهر إلى أسفل الفرن في حين تصعد غازات الاحتراق لأعلى وتخرج من الفرن عبر مدخنته. ومع استمرار عملية الصهر تُضاف مواد جديدة من أعلى الفرن عبر باب التعبئة. وتتحد الصهورات المضافة مع الشوائب غير المعدنية الموجودة بالحديد ليتكون الخبث، ولأنه أخف وزناً من الحديد المنصهر فإنه يطفو على سطح المعدن المنصهر ويحميه من التأكسد. ويتم إخراج المعدن السائل عبر فتحة تصريف عند مستوى آرضية الفرن الرملية وتجميعه في مغرفة أو في فرن للحفظ. ويتم إخراج الخبث عبر فتحة موجودة على مستوى أعلى. ويشكل فحم الكوك ما بين 8 و 16 في المائة من إجمالي الشحنة لكي يوفر الحرارة اللازمة لصهر المعدن. وتتراوح طاقة صهر أفران القبة بشكل عام ما بين 3 و 25 طناً متريا في الساعة.

وتحتاج أفران القبة إلى عوامل اختزال لمنع تأكسد الحديد عند انصهاره. ويتم تقليل التأكسد إلى أدنى حد بفضل وجود أول أكسيد الكربون في غاز الاحتراق (بنسبة تتراوح ما بين 11 و 14 في المائة تقريباً). ويؤدي ذلك إلى تقليل كفاءة استخدام الطاقة الكامنة في فحم الكوك، وإلى تلوث البيئة بانبعاثات كبيرة من أول أكسيد الكربون. ويمكن استخدام تقنيات بديلة لرفع كفاءة أفران القبة وخفض انبعاثات أول أكسيد الكربون. ومن بين هذه التقنيات التسخين المسبق لغاز الاحتراق حتى 600 درجة مئوية كما هو الحال في أفران القبة التي تعمل

باللفح الساخن، [20] وتخصيب الأكسجين، أو الحقن المباشر بالأكسجين النقي بسرعة تفوق سرعة الصوت. كما تنبعث عن أفران القبة كميات كبيرة من الجسيمات. وتتطلب أنظمة الحد من الانبعاثات عادةً استخدام مغاسل مائية أو أنظمة تنقية كيسية جافة (مرشحات نسيجية).

أفران القوس الكهربائي

فرن القوس الكهربائي هو فرن توزيع حراري يستخدم غالباً في مسابك الصلب الضخمة. واستخدامه في انتاج الحديد الزهر أقل شيوعاً. ولفرن القوس الكهربائي شكل المغرفة. ويتم توليد الحرارة اللازمة لصهر المعدن بواسطة أقطاب كهربائية على شكل القوس توضع في البداية فوق الشحنة. ويتم إخراج المعدن المنصهر بإمالة الفرن لكي ينساب المعدن عبر مزراب السكب. وعلى الجانب المقابل لمزراب السكب يوجد باب تشغيل يسمح بإزالة الخبث وأخذ العينات.

أفران الحث

تُستخدم أفران الحث في صهر المعادن الحديدية وغير الحديدية. ويحدث الانصهار بواسطة حقل مغناطيسي قوي ينشأ عن تمرير تيار كهربائي متردد عبر ملف كهربي ملتف حول الفرن ليطلق تياراً كهربائياً عبر الفرن. وتؤدي المقاومة الكهربائية للمعدن إلى تولد حرارة هي التي تذيب المعدن نفسه. وتوفر هذه الأفران تحكما ممتازاً في خواص المعدن كما أنها خالية نسبياً من التلوث.

وترجع أبرز الانبعاثات الناتجة عن استخدام أفران الحث إلى نظافة الشحنة نفسها إذ تؤدي إلى انبعاث غبار وأبخرة (عضوية أو معدنية). وينتج غيرها من الانبعاثات عن التفاعلات الكيماوية أثناء الحفاظ على تركيب المعدن أو تعديله، وهو ما يطلق أبخرة معدنية. [21]

الأفران العاكسة أو المجمرة

تُستخدم الأفران العاكسة أو أفران المجمرة لصهر المعادن غير الحديدية بطريقة توزيع الحرارة. وهي أفران ثابتة بها تسخين مباشر وتتألف من أحواض مبطنة بمقاومات للصهر على شكل مستطيل أو دائرة يتم إشعالها بواسطة مواقد مركبة على الجدران أو بالسقف. ويتم نفخ هواء ساخن أو غازات احتراق من المواقد على شحنة المعدن ثم إخراجها كعادم من الفرن. وبالإضافة إلى مواقد الوقود التي تعمل بالنفط أو الغاز، قد تُستخدم أيضا مواقد تعمل بالوقود والأكسجين لزيادة سرعة الصهر. وعادة ما تُستخدم هذه الأفران للإنتاج على مستوى بسيط إذ يصعب التحكم في الانبعاثات الناجمة عنها.

أفران البوتقة

تُستخدم أفران البوتقة في المقام الأول لصهر كميات أصغر من المعادن غير الحديدية. ويتم تسخين البوتقة أو الحاوية المقاومة للانصهار في فرن يتم إشعاله بالغاز الطبيعي أو الوقود السائل (مثل البروبان) أو بواسطة الكهرباء. وتتم إمالة البوتقة إما يدوياً بواسطة رافعة أو آلياً لصب المعدن المنصهر في القالب. [22]

الأفران الدوارة

يتكون الفرن الدوار من وعاء اسطواني أفقي يتم به تسخين الشحنة المعدنية بواسطة موقد موضوع على أحد جانبي الفرن. وتخرج غازات المداخن من الفرن عبر الجانب الآخر. وفور

[20] EC BREF (2001) بشأن صناعة الحدادة والمسابك

[21] EC BREF (2001) بشأن صناعة الحدادة والمسابك ومكتب الامتثال في الوكالة الأمريكية لحماية البيئة. مشروع مفكرة القطاع موجز لصناعة سبك المعادن

[22] EC BREF (2001) بشأن صناعة الحدادة والمسابك

انصهار المعدن، وبعد إجراء فحص لتركيبته وتعديلها، تُفتح كوة في مقدمة الفرن ويتم تفريغ المعدن المنصهر في مغارف. وتُستخدم الأفران الدوارة لصهر كميات تتراوح بين طنين و 20 طناً، وتتراوح طاقتها الإنتاجية عادةً ما بين طن واحد و 16 طناً في الساعة. وغالباً ما يصعب التحكم في الانبعاثات الناتجة عنها.

وتُستخدم الأفران الدوارة في صهر المعادن غير الحديدية منذ سنوات طوال. وفي هذا النوع من الأفران يمكن أن توفر المواقد التقليدية التي تعمل بحرق الزيت المخلوط بالهواء حرارة صهر منخفضة نسبياً. وأتاحت مواقد حرق الهواء بالأكسجين استخدامها في إنتاج الحديد الزهر، باستعمال كمية أكبر من خردة الصلب وإضافة الجرافيت من أجل الكربنة أو التفحم.

الأفران العمودية

لا يُستخدم الفرن العمودي إلا في صهر المعادن غير الحديدية، وغالباً الألمنيوم. وهو فرن رأسي بسيط به مجمرة تجميع (داخل الفرن أو خارجه) ومواقد عند طرفه الأسفل ونظام لتعبئة الشحنة في أعلاه. وعادةً ما يتم إشعال المواقد بالغاز. ويتم عادةً استخلاص غازات الاحتراق وتنظيفها. وأحياناً تُستخدم مواقد لما بعد الصهر من أجل معالجة أي نواتج من أول أكسيد الكربون أو الزيوت أو المركبات العضوية المتطايرة أو الديوكسين.

الأفران العاكسة

تُستخدم الأفران العاكسة (أو أفران السقف المشع) أساساً في ورش سبك القوالب المضغوطة للمعادن غير الحديدية (الألمنيوم) بالمسابك التي يتم بها الصهر مركزياً. والفرن العاكس هو فرن حفظ منخفض الطاقة على شكل صندوق معزول بشدة ذو أرفف من العناصر المقاومة في سقف معلق معزول. وتتراوح طاقة الأنواع التقليدية منه ما بين 250 كيلوجراماً وحتى 1000 كيلوجرام. [23]

ورشة القولبة

قبل سبك المعدن يلزم صنع قالب لصب المعدن المنصهر به وتبريده. وعادةً ما يتألف القالب من غطاء ووعاء يحتوي على تجويف يُصب به المعدن المنصهر لتشكيل المسبوكات. ولإحداث أنفاق أو ثقوب في القالب النهائي (أو لتشكيل المسبوكات من الداخل أو تلك الأجزاء منها التي لا يمكن تشكيلها بالقالب) يوضع بداخله جسم رملي أو معدني يسمى "القلب". وتعتمد المواد المستخدمة في صنع القوالب على نوع المعدن المراد سبكه، والشكل المرغوب للمنتج النهائي، وأسلوب السبك. ويمكن تصنيف القوالب إلى نوعين رئيسيين: [24]

- *قوالب هالكة* (للاستخدام مرة واحدة): وهذه تُصنع خصيصاً لكل مسبوكة وتُهدم بعد ذلك في عملية الهزهزة. وتُصنع هذه القوالب بشكل عام من الرمل، ويؤمَن تماسكها بواسطة الصلصال أو بواسطة مواد ربط كيماوية، وأحياناً تكون بلا رابط. ويمكن إدراج سبك التكسية (بالشمع الهالك) ضمن هذه الفصيلة من القوالب؛

- *قوالب معمرة* (للاستخدام لأكثر من مرة): وتُستخدم هذه القوالب في السبك غير المضغوط أو تحت ضغط منخفض، وفي السبك تحت ضغط عال، والسبك بالطرد المركزي. وعادة ما تكون القوالب المعمرة معدنية.

[23] EC BREF (2001) بشأن صناعة الحدادة والمسابك
[24] المصدر السابق.

والرمل هو المادة الأكثر شيوعاً في صنع القوالب. ويتم ربط حبيبات الرمل معاً لتأخذ الشكل المطلوب. ويعتمد اختيار تقنية الربط على عوامل مثل حجم المسبوكة، ونوع الرمل المستخدَم، ومعدل الإنتاج، والمعدن المصبوب، وخواص عملية الهزهزة. وبشكل عام يمكن تصنيف أنظمة الربط إلى: إما رمل متماسك بواسطة الصلصال (رمل أخضر) وإما رمل متماسك كيماوياً. ويمكن أن يكون لاختلاف أنظمة الربط تأثير على كمية ودرجة سمية المخلفات الناتجة والانبعاثات البيئية المحتملة. [25] ويُستخدم الرمل الأخضر، وهو مزيج من الرمل والصلصال ومواد كربونية ومياه، كقالب في 85 في المائة من المسابك. ويعطي الرمل للقالب شكله، ويحقق له الصلصال التماسك، أما المواد الكربونية فتمنع تكون الصدأ. وتُستخدم المياه لتنشيط الصلصال. ويجب أن يكون القالب جافاً وإلا كان مصدر تهديد بالانفجار. ولا يُستخدم الرمل الأخضر في صنع القلوب، التي تتطلب خصائص فيزيقية مختلفة عن القالب. فالقلوب يجب أن تكون قوية بما يكفي لتحمل المعدن المنصهر، ومرنة في الوقت نفسه لكي يمكن نزعها من القطعة المعدنية بعد التبريد. وعادةً ما تُصنع القلوب من رمال السليكا ومواد ربط كيماوية قوية توضع في صندوق للقلب. وتتأتي تقسية أو تقديد نظام الربط الكيماوي من خلال تفاعلات كيماوية أو تحفيزية، أو بواسطة الحرارة. وغالباً ما تعالج القلوب الرملية والقوالب الرملية المتماسكة كيماوياً بدهان أسود أساسه المياه أو الكحوليات لتحسين خصائص سطحها الخارجي. ومن المزايا التي تتفوق بها القوالب المتماسكة كيماوياً على قوالب الرمل الأخضر طول فترة تخزينها، وإمكانية صب معادن ذات درجة حرارة أقل بها، وثبات أبعادها بدرجة أفضل، وإمكانية وضع لمسات أخيرة على سطح القالب. ومن عيوبها ارتفاع تكلفة مواد الربط الكيماوية والطاقة المستخدمة في العملية، وزيادة صعوبة استرداد الرمال المستعملة، وبواعث القلق على سلامة البيئة والعمال فيما يتعلق بالانبعاثات الهوائية المرتبطة بالربط الكيماوي أثناء التقديد وصب المعدن. [26]

وتنطوي صناعة القوالب الرملية على استخدام كميات كبيرة من الرمال، إذ تتراوح عادةً نسبة وزن الرمال إلى المعدن المنصهر من 1:1 وحتى 1:20. وبعد تصلب المسبوكة يتم نزع القالب عن القطعة المعدنية في عملية تسمى "الهزهزة" حيث يؤدي الهز إلى انفصال القالب الرملي عن الأجزاء المعدنية. ومعظم الرمال المستعملة في صنع قوالب الرمل الأخضر يعاد استخدامها في صنع القوالب من جديد. وكذلك يعاد في كثير من الأحيان استخدام خلائط الرمال المستعملة في صنع القلوب. غير أن قسماً من الرمال يصبح مستنفدا بعد استخدامه لعدة مرات ويتعين التخلص منه. ولهذا السبب فإن صنع القوالب والقلوب يُعد مصدراً كبيراً لنفايات المسابك.

وسبك التكسية، الذي يُعرف أيضاً باسم الشمع الهالك، يُعد من أقدم طرق التصنيع. وهو يُستخدم في صنع قطع ذات أشكال معقدة أو في سبك المعادن فائق الدقة. ونحصل على قالب التكسية بأن نصب حول نموذج من الشمع أو اللدائن الحرارية (ومن هنا يأتي مصطلح التكسية) ملاطاً يتخذ شكل النموذج ليصبح بعدها هو قالب التكسية. وبعد أن يجف القالب يتم إحراق النموذج أو تذويبه وإخراجه من تجويف القالب ليصير صالحاً للاستخدام.

وعادةً ما تُستخدم القوالب المعدنية المعمرة في المسابك التي تنتج كميات كبيرة من نفس القطعة. ويمكن استخدامها في سبك كلٍ من المعادن الحديدية وغير الحديدية مادامت درجة انصهار

[25] مكتب الامتثال في الوكالة الأمريكية لحماية البيئة. مشروع مفكرة القطاع موجز لصناعة سبك المعادن

[26] مكتب الامتثال في الوكالة الأمريكية لحماية البيئة. مشروع مفكرة القطاع موجز لصناعة سبك المعادن

معدن القالب أعلى منها بالنسبة لمعدن السبك. وتُستخدم القوالب المعدنية في السبك العادي بقوة الجاذبية، والسبك تحت ضغط عال أو منخفض، والسبك بقوة الطرد المركزي. ويمكن أن تُصنع القلوب المستخدَمة في القوالب المعدنية من الرمال أو الجص أو معدن مرن أو أملاح قابلة للذوبان.

ورشة السبك

صب المعدن المنصهر هو أهم خطوة في عملية السبك. وتُستخدم أنظمة مختلفة للصب تبعاً لنوع القالب والمعدن المستخدَمين في السبك. فيمكن ملء القالب بالمعدن السائل بقوة الجاذبية (قالب هالك)، أو بالحقن تحت ضغط عال أو منخفض، أو بقوة الطرد المركزي. وغالباً ما تُستخدم أفران الصب [27] في خطوط السبك الآلية. وتقوم هذه الأفران بتغذية القوالب في خطوط السبك آلياً، ويعاد ملؤها بالمعدن السائل على فترات زمنية محددة. ويتم إدخال معدن الصب إلى القالب وتوزيعه بطريقة سليمة بواسطة مجموعة من الأعمدة والقنوات داخل القالب (بنظام الجريان أو نظام الأنابيب). ويتم تعويض نسبة الانكماش (الفارق في الحجم بين المعدن السائل والصلد) عن طريق خزان تغذية احتياطي مناسب (مزود). وبعد الصب يتم تبريد المسبوكة حتى تتصلد (التبريد الأول) ثم تُنزع من القالب لإخضاعها لمزيد من التبريد تحت التحكم (التبريد الثاني). وفي مسابك السبك بالرمال تدخل المسبوكات في عملية الهزهزة لإزالة القالب الرملي بعد تصلدها. وأثناء الهزهزة يتم تجميع الغبار والدخان بواسطة معدات امتصاص الغبار. وتتهشم قوالب التكسية وقوالب الصدفة أثناء نزعها، فتنشأ عن ذلك مخلفات صلبة. وفي حالة استخدام أسلوب القوالب المعمرة يتم فتح القالب واستخراج المسبوكة بعد تصلدها دون إتلاف القالب. وتعالج بعض المسابك رمال صنع القوالب والقلوب حرارياً لإزالة [28] مواد الربط والشوائب العضوية قبل إعادة تدويرها في منشأة صنع القوالب.

ونظراً لاستخدام مضافات متنوعة في تصنيع القوالب والقلوب لضمان تماسك الرمال أثناء عملية صب المعدن، تتولد عنها نواتج للتفاعل والتحلل. وتشمل هذه النواتج مركبات عضوية وغير عضوية (نشادر ومركبات عضوية متطايرة). ويستمر تولد نواتج التحلل (وخاصة المركبات العضوية المتطايرة) أثناء عمليات السبك والتبريد والنزع. ونظراً لأن هذه النواتج قد تتسبب في مخاطر صحية وروائح كريهة فإنه ينبغي استخلاصها وتنقية الغاز قبل إطلاقه في الهواء.

ورشة التشطيب

تتم كل العمليات المتبقية اللازمة للحصول على منتج تام الصنع في ورشة التشطيب. وقد يتطلب الأمر، تبعاً للعملية المستخدَمة، اتخاذ خطوات مختلفة كنزع نظام الجريان والأنابيب، وإزالة مخلفات رمال القولبة عن السطح وبقايا القلب من تجاويف المسبوكات، وإزالة الحواف الخشنة، وإصلاح أخطاء السبك، وتجهيز المسبوكات للمعالجة اللاحقة ميكانيكياً، والتجميع والمعالجة الحرارية، والتبطين. [29]

وتنَظف القطعة المعدنية باستخدام التجليخ أو الكشط أو غيرها من أدوات التنظيف الآلي لإزالة أية رمال متبقية أو رايش معدني أو أكاسيد. وقد تُستخدم أيضاً لهذا الغرض أدوات القطع باللهب أو بالقوس الكهربي. وتُصقل القطع الصغيرة عادةً بواسطة الخض بالبرميل الدوار أو الهزاز. وعادةً ما تشتمل هذه العملية على إضافة المياه، التي قد تحتوي على مواد خافضة للتوتر السطحي للمعادن. وتُزال عادةً مخلفات المواد المقاومة للانصهار والأكاسيد بواسطة القذف الرمال أو

[27] EC BREF (2001) بشأن صناعة الحدادة والمسابك

[28] المصدر السابق.
[29] المصدر السابق

بالتجليخ، وهو ما قد يُستخدم أيضاً لإعطاء المسبوكات مظهراً موحداً ومحسناً. وربما يتطلب الأمر إجراء عملية لحام للحم المسبوكات، وكذلك لإصلاح عيوب السبك. وقد يُجرى تنظيف كيماوي للمسبوكات قبل تبطينها بطبقة خارجية لضمان التصاق البطانة بالمعدن.

تقنية الديزاماتيك (DISA)

تقنية الديزاماتيك هي عملية قولبة بالرمل الأخضر مصممة خصيصاً لبناء القوالب وحقنها بالمعدن آلياً. ويستعان في صنع القوالب بهذه الطريقة بمكبس هيدروليكي، لتحسين انتاجية وجودة الرمل المضغوط. وتتيح تقنية الديزاماتيك تشكيل القوالب بطرق متعددة، منها القولبة الرأسية، والقولبة الأفقية، والقولبة بالصفائح المتماثلة. والقولبة الرأسية هي أكثر الأشكال شيوعاً إذ أنها تعطي مسبوكات أقرب ما تكون للكمال. وفي هذه العملية تكون غرفة القولبة قابلة للحركة ويتم السبك بواسطة وجهين متقابلين (وجه الارتطام والوجه المتأرجح). وهذا يسمح بكبس الرمل الذي يُدفع في غرفة القولبة ثم إخراجه من الغرفة.

وتوفر تقنية الديزاماتيك وسيلة فعالة لتصنيع سلسلة من القوالب ناعمة الحواف (بدون حواف معدنية أو خشبية صلبة). وعادة ما تكون هذه هي الطريقة المفضلة لإنتاج مسبوكات الحديد أو الألمنيوم فائقة الدقة. وتشابه تقنية الديزاماتيك في جوانبها البيئية تلك التي يعانيه غيرها من مسابك المنتجات الحديدية في قوالب رملية، ولكن عادةً ما يتم احتواؤها ومعالجتها ضمن النظام الآلي للمعالجة.

الشكل أ 1: رسم تخطيطي لطريقة عمل المسابك