

## الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة الخاصة بالمسابك

### مقدمة

وتتضمن الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة مستويات الأداء والإجراءات التي يمكن للتكنولوجيا الحالية أن تتحققها 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 المحددة في كل مشروع، استناداً إلى نتائج التقييم البيئي الذي يأخذ في الاعتبار متغيرات كل موقع على حدة ومنها: الوضع في البلد المضييف، والطاقة الاستيعابية في البيئة المعنية، والعوامل الأخرى الخاصة بالمشروع. كما يجب أن تستند تطبيق التوصيات الفنية المحددة إلى الرأي المهني المتخصص الذي يصدر عن أشخاص مؤهلين من ذوي الخبرة العملية.

وحين تختلف اللوائح التنظيمية المعتمدة في البلد المضييف 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 المعنى – يحتاج الأمر إلى تبرير كامل ومتفصّل بشأن أية بدائل مُقترحّة في إطار التقييم البيئي للموقع المحدد. وينبغي أن يُبيّن ذلك التبرير أن اختيار أي من مستويات الأداء البديلة يؤمّن حماية صحة البشر والبيئة.

الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة (EHS) هي وثائق مرجعية فنية تتضمن أمثلة عامة وأمثلة من صناعات محددة على الممارسات الدولية الحيدة في قطاع الصناعة (GIIP). <sup>1</sup> 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 تعتمدتها 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 المعقّدة، 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>

<sup>1</sup> هي من حيث تعرّيفها ممارسة المهارات والاجتهد والحسافة 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 بتنقييم مجموعة أساليب منع ومكافحة التلوّث المتأحة لأحد المشروعات – على سبيل المثال لا الحصر – من مستويات مختلفة من تدهور البيئة ومن الطاقة الاستيعابية البيئية، مع مستويات مختلفة من الجدوى المالية والفنية.

## التطبيق

### إيقاف 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) والكيمائية/الفيزيائية (مثل الصب وصنع القوالب) والأعمال الميكانيكية (مثل التعامل مع المواد الخام، غالباً الرمال، وعمليات الاهتززة والتشطيف).

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

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

تحتوي الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة الخاصة بالمسابك على معلومات تتعلق بمشاريع المسابك ومنتجاتها التي تعمل في سبك الفلزات الحديدية (الحديد والصلب) وغير الحديدية ( غالباً الألمنيوم والنحاس والزنك والرصاص والقصدير والنikel والمغنيسيوم والتيتانيوم). ويتم سبك الفلزات غير الحديدية مخلوطة بعضها ببعض أو مخلوطة مع أكثر من أربعين عنصراً آخر لإنتاج طائفة كبيرة من السبائك غير الحديدية. وتنتقل هذه الإرشادات صب قوالب الرمال، بما في ذلك تجهيز وتجديد رمال الصب، وسبك قوالب الألمنيوم والزنك والمغنيسيوم 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

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:
  - استخدام الحقن بالاكسجين أو تعزيز لفح الهواء
  - التسخين الشديد لهواء اللفح في الأفران العالية
  - 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 موافق تعمل بالوقود المخلوط بالاكسجين، أو أسلوب رش الخبث بمادة رغوية في الأفران العالية، أو الحقن بالاكسجين، متى كان ذلك ممكناً)؛
- تركيب أغطية لتجمیع 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

• 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 والتاثير والانسكاب في أقل مستوى.

في عمليات الصهر، تتفاوت انبعاثات الجسيمات، في شكل غبار وذرات معدنية وأبخرة من أكسيد 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 والصدا والحجر الجيري). وتقرز 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.<sup>2</sup> ويتراوح معدل الانبعاثات الناجمة عن صهر المعادن تبعاً للحمولة من مقادير لا تكاد تذكر بالنسبة لمعدن غير حديدي معينة إلى ما يتجاوز عشرة كيلوغرامات

<sup>2</sup> المفوضية الأوروبية. مكتب الوقاية والسيطرة المتكاملة على التلوث (IPPC). وثيقة مرجعية لأفضل تقنية متاحة في صناعة الحادة والمسابك

- استخدام مكابس شفط الهواء في ورش القولبة والصب؛
  - تركيب وحدات إزالة غبار مغلقة في أماكن العمل.
- أكاسيد النيتروجين**

تنتج ابتعاثات أكاسيد النيتروجين عن حرارة الأفران الشديدة وتأكسد النيتروجين. وتنتقل الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة أساليب منع تكون أكاسيد النيتروجين والسيطرة عليها. ويمكن تحقيق هدف الحد من الابتعاثات من خلال إجراءات أولية لتعديل طريقة العمل بدأية وأساليب ثانوية لتخفييف الأثر في النهاية. وتتضمن أساليب منع التلوث والحد منه ما يلي:

- تقليل نسبة الهواء إلى الوقود في عملية الاحتراق؛
  - استخدام تخصيب الأكسجين في عملية الاحتراق؛
  - استخدام مواد منخفضة لـأكاسيد النيتروجين في أفران إطلاق الوقود، ما أمكن ذلك؛
  - تركيب ضوابط تحكم ثانوية (أساساً في أفران القبة والأفران الكهربائية والأفران الدوارة) مثل مواد الحفز، مالزم الأمر.<sup>5</sup>
- الأكاسيد الكبريتية**

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

الفرن في امتصاص ما يصل إلى 98 في المائة من غبار الفرن؛<sup>3</sup>

- استخدام تقنيات الحد من الغبار، وهو ما يشمل عادة تركيب مرشحات كيسية ومراوح للحد من الانبعاثات الناجمة عن عمليات الصهر. ويمكن استخدام مغاسل التقية لامتصاص المركبات التي تذوب في الماء (مثل ثاني أكسيد الكبريت والكلوريدات). وعادةً ما يتبع استخدام المراوح الدوامية كمعالجات مسبقة واستخدام المرشحات الكيسية تخفيض مستوى الانبعاثات إلى 10 مليغرام لكل متر مكعب أو أقل.<sup>4</sup>

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

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

- استخدام تقنيات امتصاص الغبار (المرشحات الكيسية والمراوح الدوامية) بدلاً من المغاسل، وخاصة في محطات تجهيز الرمل الأخضر اللازم للصب. وتتيح الأساليب الجافة امتصاص الغبار بسهولة ونقله وإعادة تدويره في عملية خلط الرمال، وبذلك تتفادي تكون المخلفات السائلة الناتجة عن استخدام المغاسل.
- استخدام مرشحات العادم، وخاصة في ورش الصب والتشطيب؛

<sup>3</sup> (2005)EC BREF

<sup>4</sup> المصدر السابق.

<sup>5</sup> المصدر السابق.

- 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 وأكسيد الكبريت.

**المركبات العضوية المتطريرة** وغيرها من ملوثات الهواء **الضارة**

تبعد المركبات العضوية المتطريرة، التي تتالف في الغالب الأعم من مذيبات (مثل البنزين والطلولين والبنزين الإيثيلي والزايلين) ومواد عضوية أخرى (مثل الفينولات والفورمالديهايد) بالدرجة الأولى عن استخدام الراتنجات والمذيبات العضوية، أو البطائن ذات الأساس العضوي في صنع القوالب. وقد تنطلق أيضاً 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

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

وتشتمل توصيات أساليب منع التلوث والحد منه لقليل انبعاثات الأكسيد الكربونية 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 لتجمیع 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 الحمام الفلزي أثناء مراحل الصهر والتتفقة. كما ينبع أول أكسيد الكربون عندما تتلامس القوالب الرملية مع المعدن المنصهر أثناء عملية صب المعدن.

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

- استخدام أفران الحث؛
- تحسين الكفاءة الحرارية للعملية (مثل انتهاج أسلوب حقن الأكسجين أو مواد الوقود المختلط بالأكسجين في أفران القبة)؛

- استخدام مذيبات غير عطرية (مثل أملاح الميثيل أو السليكات العضوية المصنوعة من الزيوت النباتية) في إنتاج صندوق القلب؛
- التقليل من غاز التبريد المستخدم في "مواد ربط الصندوق البارد"؛
- تغليف آلات صنع القوالب والقلوب وكذلك مناطق تخزين القلوب؛
- استخدام أنظمة الصندوق البارد (مثل تنشيط امترار الكربون، والحرق، والغسيل الكيماوي أو الترشيح البيولوجي) من أجل معالجة النشادرات المستنفدة؛
- استخدام أنظمة تجميع (مثل الأغطية السقفية) لامتصاص المركبات العضوية المتطايرة الناجمة عن تجهيز الرمل المتماسك كيماوياً، بالإضافة إلى الصب والتبريد والهززة. واستخدام الامترار لمعالجة الكربون المنشط، أو الأكسدة المحفزة، أو الترشيح البيولوجي، حسب الضرورة.

#### الديوكسين والفوران<sup>8</sup>

- قد تطلق أنبعاثات 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 والدوارية. وقد يتولد الديوكسين والفوران إذا ما وُجدت أيونات الكلور، والمركبات الكلورية، والكربون العضوي، والمحفزات الوسيطة، والأكسجين، ومستويات حرارة معينة في نفس الوقت أثناء

الداخلة في تركيب قوالب الصب الرملية ومختلف مواد الربط اللازمة لتماسك القلوب) أثناء صب المعدن.<sup>6</sup>

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. وتتبعه ملوثات الهواء التي قد تكون خطرة عند استخدام مواد ربط كيماوية أثناء التقسيمة (التصليد) والتبطين والتغليف، بما في ذلك الفورمالديهايد، وأيزوسيلانات ديفينيل الميثيلين (MDI)، وكحول الأيزوبروبيل، والفينول، والنشادرات (مثل ثلاثي إيثيل النشادر)، والميثانول، والبنزين العطري، والطلولين، ومحض الكريسول، والفتالين وغيره من المواد العضوية عديدة الحلقات، ومركبات السيانيد.

وتشتمل توصيات الوقاية والحد من التلوث بالنسبة لأنبعاثات المركبات العضوية المتطايرة وغيرها من ملوثات الهواء الضارة على ما يلي:<sup>7</sup>

- تقليل استخدام مواد الربط والرانتجات 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؛

6 EC BREF (2005)

7 المصدر السابق.

فعلى سبيل المثال قد تؤدي إضافة المغنيسيوم إلى المعدن المنصهر لإنتاج حديد مطواع إلى ردة فعل تطلق أكاسيد المغنيسيوم 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 وشيه جافة، بالإضافة إلى اشتراك 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 نعزّز استهلاك الجزء الأكبر من الطاقة إلى عملية الصهر (ما بين 40 و 60 في المائة من إجمالي الطاقة المستخدمة). وتتراوح كمية الطاقة الازمة للصهر بين 500 و 1200 كيلووات/ساعة لكل طن من شحنة المعدن بالنسبة للفلزات الحديدية وبين 400 و 1200 كيلووات/ساعة للطن بالنسبة للألمينيوم.

وتشتمل توصيات منع انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والحد منها على ما يلي:<sup>9</sup>

- إحلال أفران حث، أو أفران قبة لا تستخدم فحم الكوك، أو أفران قبة تعمل بحقن الأكسجين، محل أفران القبة التقليدية. استخدام كهرباء متعددة التردد في أفران الحث؛

- الحد من استهلاك الطاقة وزيادة كفاءتها من خلال إجراءات أساسية تشمل على سبيل المثال لا الحصر:

العملية التعدينية. وتتضاعل بشدة مخاطر تكون الديوكسجين في مسابك المعادن غير الحديدية.

ويتمثل الأسلوب الرئيسي لمنع انبعاثات الديوكسجين أثناء مرحلة الصهر في الإحراق اللاحق لعائم 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 الديوكسجين. ومن بين التوصيات الأخرى:

- استخدام خردة نظيفة في الصهر؛
- حقن مساحيق إضافية (مثل الكربون المنشط) في تيار الغاز لامتزاز الديوكسجين 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 مجلف)، والكادميوم، والرصاص (من الخردة المطلية على سبيل المثال)، والنحاس، والكروم (هذان الأخيران في إنتاج سبائك الصلب) حسب درجة الصلب المنتج والخردة المستخدمة.

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 المضادات.

<sup>9</sup> المصدر السابق.

## 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 وال浣مة (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 المراقبة 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 المختلفة عن المسابك التي تستخدم القوالب الرملية من أبرز المخلفات من حيث الكمية.<sup>10</sup> وتشكل رمال القولبة وصنع قلوب السبك ما يترواح 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 تُبذл كمخلفات بعد استعماله لمرة واحدة. وكثيراً ما ينطوي الرمل المختلف عن مسابك النحاس والبرونز على خطر وينبغي التخلص منه باعتباره مادة خطرة.

<sup>10</sup> مكتب الامتثال في الوكالة الأمريكية لحماية البيئة. مشروع مفكرة القطاع موجز لصناعة سبك المعادن.

## ○ العزل الكافي للأسطح للحد من تشتت الحرارة؛

- التحكم في النسبة الصحيحة لخلط الوقود بالهواء لتقليل الأكسجين الزائد؛
- تنفيذ أنظمة لاسترداد الحرارة.
- استغلال خواص الحرارية للغاز المستعمل، من خلال محول حراري مناسب، في إنتاج ماء ساخن وهواء ساخن وأو بخار.
- تطبيق أفضل تقييمات الاحتراق المتاحة (مثل تخصيب أكسجين هواء العصف، والت BX السباق للشحنة، والتحكم الآلي في خواص الاحتراق)؛
- تطبيق ممارسات تشغيل المعدات وصيانتها، واجتناب التحميل الجزئي للمعدات.
- الت BX السباق للخردة قبل استعمالها؛
- تقليل استهلاك الوقود في تسخين المغارف والمعالجة الحرارية للمعدن المنصهر باتباع ضوابط لاسترداد الغاز وأو الاحتراق؛
- اختيار وقود تقل به نسبة المحتوى الكربوني إلى القيمة الحرارية (مثل الغاز الطبيعي). وتنقى 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.

## 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 خطيرة إذا احتوى على رصاص أو كadmium أو كروم من الصلب أو المعادن غير الحديدية المصهرة.<sup>12</sup>

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 المعادن 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 تشمل بدائل إعادة الاستخدام، حسب

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 الإنساني)
- وينبغي إعادة استخدام رمل المسابك الأخضر فور إزالته عن القطعة المعدنية وإعادة تشكيله. وتتألف أساليب استعادة الرمل من إعادة تشكيل ابتدائية (مثل الهرز أو التدوير أو الأسطوانة الدوارة أو اللفح بالهواء الساخن) وثانوية (مثل معالجة الرمل لإزالة مواد الرابط الكيماوية، فضلاً عن المعالجات المكيانيكية والحرارية الباردة، أو الغسيل السائل. وينبغي 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 وكadmium ونحاس وألمانيوم وقصدير وكروم ومعادن أخرى، ويمكن تصنيفه كمخلفات خطيرة. 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 الاقتصادي. وينبغي إعادة تدوير غبار المرشحات في الأفران إلى الحد الممكن عملياً. ويتبع ذلك استرداد المعادن عبر إعادة معالجة الغبار، ويقلل من ظهور المخلفات التي ستذهب للردم.

<sup>12</sup> مكتب الامتثال في الوكالة الأمريكية لحماية البيئة. مشروع مفكرة القطاع موجز لصناعة سبك المعادن.

11 المصدر السابق.

## المياه المستعملة

### المياه المستعملة المختلفة 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 يتبعن التخلص منها. وفي صنع القلوب، حيث تُستخدم المغاسل، تحتوي سوائل الغسيل الناتجة عن صنع القلوب بطريقة الصندوق البارد أو الصندوق الساخن على نشادرات قابلة التحلل بسهولة. وفي عملية سبك القوالب تحت ضغط عال يتكون تيار من المياه المستعملة التي تحتاج إلى معالجة لإزالة ما بها من مرകبات 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 تشطيط معينة كالتسقية والصنفرة، وقد تحتوي على مستويات مرتفعة من الزيت والشوائب العالقة.<sup>13</sup>

وتشتمل توصيات المنع بالنسبة لتيارات نفاثات المسابك على ما يلي:

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

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 والنikel) 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 جديراً 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 والتفتت. 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 وتلوث التربة/المياه الجوفية في مناطق مثل مخازن الفحم والمواد الخام. وينبغي منع تأثير هذه الملوثات من خلال تطبيق ممارسات بيئية سلية 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.

<sup>13</sup> مكتب الامتثال في الوكالة الأمريكية لحماية البيئة. مشروع مفكرة القطاع موجز لصناعة سبك المعادن.

وأساليب الممارسة السليمة في التعامل مع المياه المستعملة يمكن للمنشآت أن تبني المعايير الإرشادية للتخلص من المياه المستعملة كما هو مبين بالجدول الوارد بالقسم الثاني من هذه الوثيقة الخاصة بهذا القطاع الصناعي.

**التغيرات 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 مجرى المياه الملوثة إلى شبكة معالجة المياه المستعملة في الأغراض الصناعية. وتحتوي الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة على توصيات لتنقیل استهلاك المياه، وخاصة 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:

- تعييد مناطق العمل، والفصل ما بين مياه العواصف الملوثة وغير الملوثة، وتنفيذ خطط لحد من الانسكاب والتاثير؛ وتوجيه مياه العواصف الآتية من مناطق العمل إلى وحدة معالجة المياه المستعملة؛

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

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

- تخزين الخردة وغيرها من المواد (مثل الفحم وفحm الكوك) بأماكن مسقوفة وأو محاطة بحواجز واقية للحد من تلوث المياه المستعملة وتسهيل تجمیع مياه الصرف.

#### معالجة المياه المستخدمة في الصناعة

تشتمل أساليب معالجة المياه المستعملة الناشئة عن الاستخدام الصناعي في هذا القطاع على عزل المصدر والمعالجة المسبقة لتغيرات المياه المستعملة لتنقیل ما بها من معادن ثقيلة باستخدام الترسيب الكيماوي والتختثر 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 لتنقیل الشوائب العالقة باستخدام المصافي؛ ونزح الماء والتخلص من الفضلات في مقابل النفايات المخصصة للنفايات الخطيرة. وقد يلزم وضع ضوابط هندسية إضافية من أجل (أ) الإزالة المتطرفة للمعادن باستخدام الترشيج العشائي أو غيره من تقنيات المعالجة الفيزيقية/الكيماوية، (ب) إزالة المواد العضوية المستعصية باستخدام الكربون المنشط أو الأكسدة الكيماوية المتطرفة، (ج) الإزالة الكيماوية أو البيولوجية للمغذيات من أجل تنقیل النيتروجين، و (د) تنقیل 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

## الصوابع

- الأخطار الجسدية
  - الإشعاع
  - أخطار الجهاز التنفسى
  - الأخطار الكهربائية
  - الصوابع
  - أخطار الدفن
  - الحرائق والانفجارات
- الأخطار الجسدية**
- يحدث عمل المسابك صوابع من مصادر متعددة، منها تجهيز الخردة، وشحن الأفران، والصهر بالأفران الكهربائية، ومواقد الوقود، والهزارة وقذف القوالب والقلوب، وأنظمة النقل والتهوية. وتشتمل توصيات ما ينبغي اتباعه من أساليب لمعالجة الصوابع على ما يلي:
  - تغليف مباني العمل و/أو عزلها؛
  - تغطية وتغليف أماكن تخزين وتجهيز الخردة، وكذلك الهزارة والترشيح؛
  - تغليف المراوح وعزل أنابيب التهوية واستخدام كواتم الصوت؛
  - تطبيق الضوابط الإدارية، بما في ذلك تقييد تجهيز الخردة ونقلها أثناء الليل.

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 التقليل (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 والسلام والدرج).

### رفع/تحريك أحمال ثقيلة

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

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 يتتناولها دليل الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

## 1.2 الصحة والسلامة المهنية

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

#### 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 بالرماد 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 والposure 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:

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

- وضع لافتات واضحة في كل مرات 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 وزنه 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.

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

#### مواد العزل

يشيع استخدام مواد العزل في المسابك، وقد يؤدي التعامل مع هذه المواد أثناء التركيب أو الصيانة إلى تطوير 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 ينبعي تطبيق ممارسات عمل ومواد ملائمة.

#### الغبار والغازات

يحتوي الغبار المتطاير بالمسابك على حديد وأتربة معدنية من ورش الصهر والصب والتشطيب، وعلىأتربة خشبية ورملية مما يوجد في ورشة القولبة. وفي أعلاهـما، يتعرض العمال لأكسيد الحديد وغبار السليكا الذي قد يكون ملوثاً بمعادن ثقيلة، مثل الكروم والنحيل والرصاص والمنجنيز. وبينما يتولد 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،

- العزل الحراري للأسطح التي يتوقع عندها حدوث تلامس مع معدات ساخنة أو تطوير 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 المبنعة)؛ ضرورة وضع سياج حماية حول تلك المناطق به بوابات موصدة للتحكم في الدخول إلى تلك المناطق 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 (مسدبة) معزولة. وينبغي عدم القيام بأي أنشطة أخرى داخل منطقة الاختبار؛

- استخدام كمامات التنفس عند التعرض لغبار شديد (مثل فرش أرضية الفرن بالرماء) وللأربطة الخشبية التي قد تكون لها خواص مسرطنة، وخاصة في حالة استخدام أخشاب صلدة قاسية.
- 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 لتتبّيه غرف التحكم والعاملين. وفي حالة التدخل الاضطراري في أماكن يرتفع بها مستوى أول أكسيد الكربون يجب تزويد العامل بأجهزة رصد محمولة وأجهزة تنفس مزودة بالهواء النقي.
- ومن بين ما يوصى به لمنع التعرض للغازات والغبار ما يلي:
  - يجب فصل مصادر الغبار والغازات وتقفيتها؛
  - تصميم تهوية للمنشأة من أجل تعظيم دوران الهواء.
  - ويجب تنقية الهواء الخارج قبل إطلاقه في الجو؛
  - يجب تركيب تهوية للعادم عند النقاط الهامة التي ينبع منها الغبار والغاز، وخاصة ورشة الصراف؛
  - استخدام معدات تعمل آلياً، وخاصة في عملية فرش أرضية الفرن بالرماء؛
  - توفير غرفة محسنة بها تكييف هواء إذا ما تطلب الأمر الاستعانة بعامل لتشغيلها؛
  - توفير قاعات طعام منفصلة تتبع الاغتسال قبل الأكل؛
  - توفير أماكن تتبع فصل ملابس العمل عن الملابس الشخصية، وتتبع الاستحمام والاغتسال بعد انتهاء العمل وقبل الأكل؛
  - تطبيق سياسة للفحوص الطبية الشخصية دوريًا.
  - وينبغي استخدام التقنيات الالزمة للحد من الأخطار على الجهاز التنفسي عندما يكون التعرض لها أمراً لا يمكن اجتنابه بوسائل أخرى، مثل الأعمال الالزمة لنصع قوالب الرمال والأعمال اليدوية مثل الطحن أو استخدام معدات غير مغلفة، وأثناء أعمال صيانة وإصلاح معينة.
  - وما يوصى به لحماية الجهاز التنفسي ما يلي:

### الضوابط

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

### الأخطار الكهربائية

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

- وينبغي استخدام التقنيات الالزمة للحد من الأخطار على الجهاز التنفسي عندما يكون التعرض لها أمراً لا يمكن اجتنابه بوسائل أخرى، مثل الأعمال الالزمة لنصع قوالب الرمال والأعمال اليدوية مثل الطحن أو استخدام معدات غير مغلفة، وأثناء أعمال صيانة وإصلاح معينة.
- وما يوصى به لحماية الجهاز التنفسي ما يلي:

## الاندفان

- وتتوفر إرشادات استعدادات الطواريء ومواجهتها في دليل الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

### 1.3 صحة وسلامة المجتمع المحلي

تشابه 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 الإرشادات 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 تتعكس 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 ميجاوات من المدخلات الحرارية، أما انبعاثات مصادر الطاقة الأكبر من ذلك فتتناولها الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة.

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 في دليل الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

## أخطار الانفجارات والحرائق

قد تتطوّي مناولة المعادن السائلة على خطير الانفجار أو فوران المادة المنصهرة أو الحروق، وخاصة إذا حُصرت الرطوبة في أماكن مغلقة وتعرضت للمعدن المنصهر. ومن الأخطار الأخرى احتمال اندلاع حريق من جراء المعدن المنصهر، وفي حالة وجود وقود سائل وغيرها 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"؛

0.01	مليغرام/لتر	كادميوم
0.5	مليغرام/لتر	كروم (اجمالي)
0.5	مليغرام/لتر	نحاس
0.2	مليغرام/لتر	رصاص
0.5	مليغرام/لتر	نيكل
0.5	مليغرام/لتر	زنك
2	مليغرام/لتر	قصدير
5	مليغرام/لتر (كمعيار)	غاز نشادر
5	مليغرام/لتر (كتشكيل)	فلوريد
5	مليغرام/لتر	حديد
0.02 <sup>b</sup>	كيلوغرام/طن	المنيوم

ملاحظات:

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

صهر وسبك الألمنيوم

**ال الخاصة بالطاقة الحرارية.** وتتوافق 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 لاستخدامات العامة. ويمكن تحديد مستويات الصرف الخاصة بكل موقع على أساس توفر وظروف استخدام شبكات تجميع المياه الصرف العامة، أو على أساس تصنيف استخدام المياه المتلقاء 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 الحرارة	-	6-9
مجموع الجوامد المعلقة	مليغرام/لتر	35
الزيوت والشحوم	مليغرام/لتر	10
ارتفاع درجة الحرارة	درجة مئوية	3 <sup>c</sup>
أكسيد الكربون	مليغرام/لتر	125
فينول	مليغرام/لتر	1

	عادي مكعب	
5 <sup>(15)</sup>	مليغرام/متر عادي مكعب	كلور
1-2 <sup>(16)</sup>	مليغرام/متر عادي مكعب	رصاص وكادميوم ومركباتهما
5	مليغرام/متر عادي مكعب	نيكل وكوبالت وكروم وقصدير ومركباتها
5-20 <sup>(17)</sup>	مليغرام/متر عادي مكعب	نحاس ومركباته
5 <sup>(18)</sup>	مليغرام/متر عادي مكعب	كلوريد
5 <sup>(19)</sup>	مليغرام/متر عادي مكعب	فلوريد
5	جزء في المليون حجم/حجم	كبريتيد الهيدروجين

القيمة الاسترشادية	الوحدة	الملوثات
20 <sup>(2)</sup>	مليغرام/متر عادي مكعب	جسيمات
50 <sup>(3)</sup>		
5	مليغرام/متر عادي مكعب	رذاذ زيتى/بخار
400 <sup>(4)</sup>	مليغرام/متر عادي مكعب	أكسيد نيتروجينية
120 <sup>(5)</sup>		
150 <sup>(6)</sup>		
400 <sup>(8)</sup>	مليغرام/متر عادي مكعب	أكسيد كبريتية
50 <sup>(9)</sup>		
120 <sup>(7)</sup>		
20 <sup>(10)</sup>	مليغرام/متر عادي مكعب	مركبات عضوية متطربة
30		
150 <sup>(11)</sup>		
0.1	مليغرام مكافئ سمى/متر عادي مكعب	ديوكسين أو فوران ثانى البنزين ذو روابط كلورية متعددة
200 <sup>(12)</sup>	مليغرام/متر عادي مكعب	أول أكسيد الكربون
150 <sup>(13)</sup>		
5 <sup>(14)</sup>	مليغرام/متر	نشادريات

صنع الأصداف والقواعد

16. القيمة الأعلى تتطبق على مسابك الفلزات غير الحديدية باستخدام الخردة.
17. القيمة الأعلى تتطبق على عمليات صنع النحاس وسبائكه
18. انبعاثات الأفران حيث يستخدم دفق الكلوريد
19. انبعاثات الأفران حيث يستخدم دفق الفلوريد

ملاحظات:

1. الشروط المرجعية للحدود: لغازات الاحتراق: جافة، درجة حرارة 273 بمقاييس كلفن (صفر مئوية)، ضغط 101.3 كيلو باسكال (1 ضغط جوي)، محتوى أكسجيني 3% جاف للوقود السائل والغاز، 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 والتطهير بالنكسيه بالمخبرات وعمليات

## الرصد البيئي

من قبل المعهد الوطني الأمريكي للصحة والسلامة المهنية (PELs)<sup>15</sup>، وحدود التعرض المسموح بها (NIOSH)<sup>16</sup> المنصورة من قبل الإدارة الأمريكية للصحة والسلامة المهنية (OSHA)<sup>17</sup>، والقيم الإرشادية لحدود التعرض المهني المنصورة من قبل الدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي، 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 المنصورة (مثل مكتب إحصاءات العمل الأمريكي وإدارة الصحة والسلامة بالمملكة المتحدة)<sup>18</sup>

### رصد الصحة والسلامة المهنية

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

يجب تطبيق برامج الرصد البيئي الخاصة بهذا القطاع للتعامل مع جميع الأنشطة التي تم تحديد أنها قد تحدث آثاراً كبيرة على البيئة، أثناء العمليات العادلة وفي الظروف المضطربة. ويجب أن تستند أنشطة الرصد البيئي إلى المؤشرات المباشرة وغير المباشرة المطبقة على مشروع معينه 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 ومراجعةها على فترات منتظمة ومقارنتها بالمعايير التشغيلية حتى يتسعى 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

### إرشادات بشأن الصحة والسلامة المهنية

يجب تقييم أداء الصحة والسلامة المهنية بالمقارنة مع إرشادات التعرض المنصورة دولياً، والتي تشمل على سبيل المثال، قيمة الحد الأقصى المقبول للتعرض (TLV®) وإرشادات التعرض المهني ومؤشرات التعرض البيولوجي (BEIs®) المنصورة من قبل المؤتمر الأمريكي لخبراء الصحة المهنية الحكوميين (ACGIH)<sup>14</sup>، ودليل الجيد للمخاطر الكيميائية المنصورة

<sup>14</sup> متاح على الموقعين التاليين:

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

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

<sup>15</sup> متاح على الموقع التالي: <http://www.cdc.gov/niosh/npg/>

<sup>16</sup> متاح على الموقع التالي:

[http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?p\\_table=STANDAR](http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDAR)

DS&p\_id=9992

<sup>17</sup> متاح على الموقع التالي:

[http://europe.osha.eu.int/good\\_practice/risks/ds/oel/](http://europe.osha.eu.int/good_practice/risks/ds/oel/)

<sup>18</sup> متاح على الموقعين التاليين:

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

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

متخصصين معتمدين<sup>19</sup> 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.

<sup>19</sup> 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/f2fer\\_r.html](http://www.npi.gov.au/handbooks/approved_handbooks/f2fer_r.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 Smelters 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](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](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](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/complete.pdf>

## الملحق (أ): وصف عام لأنشطة المسابك

النحاس، والزنك وسبائك الزنك، والمغنسيوم وسبائك المغنسيوم، وسبائك الكوبالت الفاعدية، والنikel وسبائك النikel، والتيتانيوم وسبائك التيتانيوم، والزركونيوم وسبائك الزركونيوم، ومركبات المصفوفات المعدنية.

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

### عمل المسابك

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 (القالب المسبوك). ويتم فصل القوالب الهالكة عن المسابوكات ثم هدمها أثناء مرحلة الهززة، 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 المتبعة.

تنتج المسابوكات مسبوكات معدنية حديدية وغير حديدية. وتتألف المسبوكات الحديدية من الحديد والصلب، في حين تضم المسبوكات غير الحديدية في الغالب الأعم المغنيسيوم والنحاس والزنك والرصاص والقصدير والنikel والمغنسيوم والتيتانيوم. ويتم إنتاج المسبوكات بصهر الفلزات الحديدية أو غير الحديدية وصبهما وسبكها. والكثير من المسابوك يقوم بسبك كلا النوعين.

وتشمل المسبوكات الحديدية عادةً:

- الحديد الـزـهـرـ الرـمـادـيـ، وله خواص جيدة من حيث التـخـمـيدـ وإـمـكـانـيـةـ الـمـيـكـنـةـ، لكنـهـ لاـ يـعـمـرـ طـوـيـلـاـ؛
- الحديد الـزـهـرـ القـابـلـ لـلـطـرـقـ، ويـحـتـوـيـ عـلـىـ نـسـبـةـ بـسـيـطـةـ منـ الـكـرـبـوـنـ وـالـسـلـيـكـوـنـ وـالـمـنـجـنـيـزـ وـالـفـوـسـفـوـرـ وـالـكـرـبـيـتـ وـالـسـبـائـكـ الـمـعـدـنـيـةـ.
- الحديد الـزـهـرـ الـمـحـتـوـيـ عـلـىـ гـرـافـيـتـ الـمـكـورـ، ويـتـمـ الـحـصـوـلـ عـلـىـ بـنـزـعـ الـكـرـبـيـتـ منـ الـحـدـيدـ الـزـهـرـ الـمـصـهـوـرـ؛
- الـصـلـبـ الـكـرـبـوـنـيـ الـمـسـبـوـكـ (ـقـلـيلـ وـمـتـرـسـطـ وـعـالـيـ الـكـرـبـوـنـ) وـيـتـفـوـقـ عـلـىـ الـحـدـيدـ الـزـهـرـ فـيـ الـقـوـةـ وـقـابـلـيـةـ الـسـحـبـ وـمـقـاـوـمـةـ الـحـرـارـةـ، وـقـابـلـيـةـ الـلـامـ.

ويتم إنتاج الفلزات غير الحديدية لتلبية خواص مثل الخصائص الميكانيكية ومقاومة التآكل وإمكانية الميكنة وخففة الوزن والتوصيل الحراري والكهربائي.

ويشمل سبك الفلزات غير الحديدية العديد من المركبات غير الحديدية مثل: الألمنيوم وسبائك الألمنيوم، والنحاس وسبائك

### أفران القبة (الدست)

فرن القبة هو أكثر الأفران شيوعاً في صهر الحديد الزهر وأقمن أنواع 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. وبهبط 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. وتتحدد الصهورات المضافة مع الشوائب غير المعدنية الموجودة بالحديد ليكون 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 معرفة 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 مترياً في الساعة.

وتحتاج أفران القبة إلى عوامل احتزاز لمنع تأكسد الحديد عند انصهاره. ويتم تقليل التأكسد إلى أدنى حد بفضل وجود أول أكسيد الكربون في غاز الاحتراق (بنسبة تترواح 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

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 لإضعاف الصلابة؛ وإخراج المسبوكة من القالب في ورشة السبك، ثم تشطيط المسبوكة الخام في ورشة التشطيط.

### ورشة الصهر

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

وعادةً ما يتم صهر الحديد الزهر في أفران قبة (دست)، أو أفران حث، أو أفران كهربائية، أو أفران دوارة. ويفضل 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 المسبوكة في أفران قوس كهربائي أو أفران حث عديمة القلب. وتتألف عملية معالجة الصلب المسبوكة من التتفيقية (نزع الكربون والسليكون والكبريت وأو الفوسفور) وإزالة الأكسدة حسب نوع المعدن المستخدم والجودة المطلوبة للمنتج.

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. وتتحدد الصهورات مع الشوائب لتكون منها رغوة معدنية أو خبث يتم إزالتها قبل الصب.

التفاعلات الكيماوية أثناء الحفاظ على تركيب المعدن أو تعديله، وهو ما يطلق أبخرة معدنية.<sup>21</sup>

#### 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 لصهر على شكل مستطيل أو دائرة يتم إشعالها بواسطة موقد مركبة على الجدران أو بالسقف. ويتم نفخ هواء ساخن أو غازات احتراق من الموقد على شحنة المعدن ثم إخراجهما كعادم من الفرن. وبالإضافة إلى موقد الوقود التي تعمل بالنفط أو الغاز، قد تُستخدم أيضاً موقد تعمل بالوقود والأكسجين لزيادة سرعة الصهر. وعادةً ما تُستخدم هذه الأفران للإنتاج على مستوى الصهر. وسيط 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.<sup>22</sup>

#### الأفران الدوار

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

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

<sup>22</sup> EC BREF (2001) بشأن صناعة الحدادة والمسابك

باللح الساخن،<sup>20</sup> وتحصيـب الأكسجين، أو الحقن المباشر بالأكسجين النقي بسرعة تفوق سرعة الصوت. كما تتبـع عن أفران القبة كميات كبيرة من الجسيمات. وتـطلب أنـظمة الحـد من الانبعاثـات عـادةً استـخدام مـغـاـسـل مـائـيـة أو أنـظـمـة تـنـقـيـة كـيـسـيـة جـافـة (مرـشـحـات نـسـيجـيـة).

#### أفران القوس الكهربائي

فرن القوس الكهربائي هو فرن توزيع حراري يستخدم غالباً في مسابك الصلب الضخمة. واستخدامه في إنتاج الحديد الـزـهـر أقل شيئاً. ولفرن القوس الكهربائي شكل المعرفة. ويتم توليد الحرارة الـلاـزـمـة لـصـهـرـ المـعـدـنـ بواسـطـةـ أـقـطـابـ كـهـرـبـائـيـةـ علىـ شـكـلـ القـوـسـ تـوـضـعـ فـيـ الـبـدـاـيـةـ فـوـقـ الشـحـنـةـ. ويـتمـ إـخـرـاجـ المـعـدـنـ المنـصـهـرـ بـإـمـالـةـ الـفـرـنـ لـكـيـ يـنـسـابـ المـعـدـنـ عـبـرـ مـزـرـابـ السـكـبـ. وـعـلـىـ الـجـانـبـ الـمـقـابـلـ لـمـزـرـابـ السـكـبـ يـوـجـدـ بـابـ تـشـغـيلـ يـسـمـحـ بـإـزـالـةـ الـخـبـثـ وـأـخـذـ الـعـيـنـاتـ.

#### أفران الحث

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

وتـرجـعـ أـبـرـزـ الانـبعـاثـاتـ النـاتـجـةـ عـنـ استـخدـامـ أـفـرـانـ الحـثـ إـلـىـ نـظـافـةـ الشـحـنـةـ نـفـسـهـاـ إـذـ تـؤـدـيـ إـلـىـ اـنـبـعـاثـ غـبـارـ وـأـبـخـرـةـ (ـعـضـوـيـةـ أوـ مـعـدـنـيـةـ). وـيـنـتـجـ غـيرـهـاـ مـنـ الانـبعـاثـاتـ عـنـ

<sup>20</sup> EC BREF (2001) بشأن صناعة الحدادة والمسابك

معزول بشدة ذو أرتفع من العناصر المقاومة في سقف معلم معزول. وتتراوح طاقة الأنواع التقليدية منه ما بين 250 كيلوجراماً وحتى 1000 كيلوجرام.<sup>23</sup>

### ورشة القوالب

قبل سبك المعدن يلزم صنع قالب لصب المعدن المنصهر به وتبریده. وعادةً ما يتتألف قالب من غطاء ووعاء يحتوي على تجويف يُصب به المعدن المنصهر لتشكيل المسبوكات. وإحداث أنفاق أو ثقوب في قالب النهائي (أو لتشكيل المسبوكات من الداخل أو تلك الأجزاء منها التي لا يمكن تشكيلها بالقالب) يوضع بداخله جسم رملي أو معدني يسمى "ال قالب". وتعتمد المواد المستخدمة في صنع القوالب على نوع المعدن المراد سبكه، والشكل المرغوب للمنتج النهائي، وأسلوب السبك. ويمكن تصنیف القوالب إلى نوعين رئيسيين:<sup>24</sup>

- **قوالب هالكة** (للاستخدام مرة واحدة): وهذه تُصنع خصيصاً لكل مسبوكة وتهدم بعد ذلك في عملية الهرزهزة. وتُصنع هذه القوالب بشكل عام من الرمل، ويؤمن تماستكها بواسطة الصلصال أو بواسطة مواد ربط كيماوية، وأحياناً تكون بلا رابط. ويمكن إدراج سبك التكسية (بالسمع الهالك) ضمن هذه الفصيلة من القوالب؛
- **قوالب معمرة** (للاستخدام لأكثر من مرة): وتحتاج هذه القوالب في السبك غير المضغوط أو تحت ضغط منخفض، وفي السبك تحت ضغط عال، والسبك بالطرد المركزي. وعادةً ما تكون القوالب المعمرة معدنية.

<sup>23</sup> EC BREF (2001) بشأن صناعة الحادة والمسابك  
<sup>24</sup> المصدر السابق.

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

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

### الأفران العمومية

لا تُستخدم الفرن العمودي إلا في صهر المعادن غير الحديدية، غالباً الألمنيوم. وهو فرن رأسي بسيط به مجمرة تجمع (داخل الفرن أو خارجه) وموقد عند طرفه الأسفل ونظام لتعبئته الشحنة في أعلىه. وعادةً ما يتم إشعال الموقد بالغاز. ويتم عادةً استخلاص غازات الاحتراق وتنظيفها. وأحياناً تُستخدم موقد لما بعد الصهر من أجل معالجة أي نواتج من أول أكسيد الكربون أو الزيوت أو المركبات العضوية المتطرافية أو الديوكسين.

### الأفران العاكسة

تحتاج الأفران العاكسة (أو أفران السقف المشع) أساساً في ورش سبك القوالب المضغوطة للمعدن غير الحديدية (الألمنيوم) بالمسابك التي يتم بها الصهر مركزاً. والفرن العاكس هو فرن حفظ منخفض الطاقة على شكل صندوق

المستخدمة في العملية، وزيادة صعوبة استرداد الرمال المستعملة، وبواحد الفرق على سلامة البيئة والعمال فيما يتعلق بالانبعاثات الهوائية المرتبطة بالربط الكيماوي أثناء التقديد وصب المعدن.<sup>26</sup>

وتنطوي صناعة القوالب الرملية على استخدام كميات كبيرة من الرمال، إذ تتراوح عادةً نسبة وزن الرمال إلى المعدن المنصهر من 1:1 حتى 1:20. وبعد تصلب المسبوك يتم نزع قالب عن القطعة المعدنية في عملية تسمى "الهزهزة" حيث يؤدي الهز إلى انفصال قالب الرمل 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 مستنداً بعد استخدامه لعدة مرات ويتعين التخلص منه. ولهذا السبب فإن صنع القوالب والقلوب يُعد مصدرًا كبيراً لنفايات المسبوك.

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. وتحصل على قالب التكسية بأن تصب حول نموذج من الشمع أو اللدائن الحرارية (ومن هنا يأتي مصطلح التكسية) ملائماً ينخد شكل النموذج ليصبح بعدها هو قالب التكسية. وبعد أن يجف قالب يتم إحراق النموذج أو تذويبه وإخراجه من تجويف قالب ليصير صالحاً للاستخدام.

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

والرمل هو المادة الأكثر شيوعاً في صنع القوالب. ويتم ربط حبيبات الرمل معًا لتأخذ الشكل المطلوب. ويعتمد اختيار تقنية الربط على عوامل مثل حجم المسبوك، ونوع الرمل المستخدم، ومعدل الإنتاج، والمعدن المصبوب، وخصائص 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.<sup>25</sup> ويُستخدم الرمل الأخضر، وهو مزيج من الرمل والصلصال ومواد كربونية ومياه، ك قالب في 85 في المائة من المسبوك. ويعطي الرمل للقالب شكله، ويحقق له الصلصال التماسك، أما المواد الكربونية فتمنع تكون الصدأ. وُتستخدم 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 قالب. 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 رمل السليكا ومواد ربط كيماوية قوية توضع في صندوق للقالب. وتتأتي تقسية أو تقدير 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 قالب. ومن عيوبها ارتفاع تكلفة مواد الربط الكيماوية والطاقة

<sup>26</sup> مكتب الامتثال في الوكالة الأمريكية لحماية البيئة. مشروع مفكرة القطاع موجز لصناعة سبك المعادن

<sup>25</sup> مكتب الامتثال في الوكالة الأمريكية لحماية البيئة. مشروع مفكرة القطاع موجز لصناعة سبك المعادن

حرارياً لإزالة<sup>28</sup> مواد الربط والشوائب العضوية قبل إعادة تدويرها في منشأة صنع القوالب.

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

### ورشة التشطيب

تتم كل العمليات المتبقية الالزامية للحصول على منتج تام الصنع في ورشة التشطيب. وقد يتطلب الأمر، تبعاً للعملية المستخدمة، اتخاذ خطوات مختلفة كنزع نظام الجريان والأنباب، 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.<sup>29</sup>

وتُنَظَّف القطعة المعدنية باستخدام التجليخ أو الكشط أو غيرها من أدوات التنظيف الآلي لإزالة أية رمال متبقية أو رايش معدني أو أكاسيد. وقد تُستَخدَم أيضاً لهذا الغرض أدوات القطع باللهاج أو بالقوس الكهربائي. وتصقل القطع الصغيرة عادةً بواسطة الخض بالبرميل الدوار أو الهزاز. وعادةً ما تشمل هذه العملية على إضافة المياه، التي قد تحتوي على مواد خاضعة للتوتر السطحي للمعدن. وتنزال عادةً مخلفات المواد المقاومة للانصهار والأكاسيد بواسطة القذف الرمال أو

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

### ورشة السبك

صب المعدن المنصهر هو أهم خطوة في عملية السبك. وتحتاج أنظمة مختلفة للصب تبعاً لنوع القالب والمعدن المستخدمين 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<sup>27</sup> 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 سلية بواسطة مجموعة من الأعمدة والقوافل داخل القالب (بنظام الجريان أو نظام الأنابيب). ويتم تعويض نسبة الانكمash (الفارق في الحجم بين المعدن السائل والصلد) عن طريق خزان تغذية احتياطي مناسب (مزود). وبعد الصب يتم تبريد المسبوكة حتى تتصدَّل (التبريد الأول) ثم تُنزع من القالب لإخضاعها لمزيد من التبريد تحت التحكم (التبريد الثاني). وفي مسابك السبك بالرمال تدخل المسبوكات في عملية الهززة لإزالة القالب الرملي بعد تتصدَّلها. وأثناء الهززة يتم تجميع الغبار والدخان بواسطة معدات امتصاص الغبار. وتتشهَّم قوالب التكسية وقوالب الصدفة أثناء نزعها، فتنتشَّأ عن ذلك مخلفات صلبة. وفي حالة استخدام أسلوب القوالب المعمرة يتم فتح القالب واستخراج المسبوكة بعد تتصدَّلها دون إتلاف القالب. وتعالج بعض المسابك رمال صنع القوالب والقلوب

<sup>28</sup> المصدر السابق.

<sup>29</sup> المصدر السابق

<sup>27</sup> EC BREF (2001) بشأن صناعة الحدادة والمسابك

بالتجليخ، وهو ما قد يستخدم أيضاً لإعطاء المسابوكات مظهراً موحداً ومحسناً. وربما يتطلب الأمر إجراء عملية لحام للحم المسابوكات، وكذلك لإصلاح عيوب السبك. وقد يُجرى تنظيف كيماوي للمسابوكات قبل تطمينها 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 مسابوكات أقرب ما تكون للكمال. وفي هذه العملية تكون غرفة القولبة قابلة للحركة ويتم السبك بواسطة وجهين متقابلين (وجه الارتطام والوجه المتأرجح). وهذا يسمح بعكس 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 مسابوكات 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 احتواها ومعالجتها ضمن النظام الآلي للمعالجة.

الشكل أ1: رسم تخطيطي لطريقة عمل المسابك

