إرشادات البيئة والصحة والسلامة الخاصة بتصنيع المنتجات المعدنية والبلاستيكية والمطاطية

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

[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.

أي من مستويات الأداء البديلة يؤمّن حماية صحة البشر والبيئة.

التطبيق

تتناول إرشادات مؤسسة التمويل الدولية الخاصة بالبيئة والصحة والسلامة المعنية بتصنيع المنتجات المعدنية والبلاستيكية والمطاطية عمليات معالجة المواد المشتركة في العديد من الصناعات المشتركة في تصنيع المنتجات المعدنية والبلاستيكية والمطاطية. ولا تتضمن هذه الإرشادات عمليات استخراج أو إنتاج هذه المواد الخام (المعادن، والبلاستيك، والمطاط)، أو صب المعادن، أو خلط مركبات (بولمرات) اللدائن الحرارية أو الإضافات. ويقدم "الملحق ألف" وصفاً لأنشطة قطاع الصناعة.

تم إعداد وتنظيم هذه الوثيقة وفق الأقسام التالية:

القسم 1 ـ الآثار المرتبطة تحديداً بالصناعة وكيفية التعامل معها

القسم 2ـ مؤشرات الأداء ورصده

القسم 3- ثبت المراجع والمصادر الإضافية

الملحق ألف - وصف عام لأنشطة الصناعة

1.0 الآثار المرتبطة تحديداً بالصناعة وكيفية التعامل معها

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

1.1 البيئة

1.1.1 المعادن

تتضمن القضايا البيئية الخاصة بتصنيع المنتجات المعدنية، بصورة أساسية، ما يلي:

- الانبعاثات الهوائية
- مياه الصرف (الفضلات السائلة) والمخلفات (النفايات) السائلة
- النفايات الصلبة

الانبعاثات الهوائية

يعرض الجدول 1 قائمة بأكثر الانبعاثات الهوائية شيوعاً الناتجة عن العمليات المعتادة لتصنيع المعادن. وقد تؤدي عملية تسخين المعادن لتشكيلها (التكلس) إلى انبعاث مواد مشتقة مشتعلة وانبعاث غازات الاحتباس الحراري بسبب الطاقة اللازمة لذلك. ومن الممكن أن تتولد المركبات المتطايرة العضوية وغير العضوية من الأكاسيد والأتربة و زيوت التشحيم (على سبيل المثال، الشمع والجرافيت) المستخدمة في الشحنات قبل الارتصاص (الدك) بالضغط. كما أن التعامل مع الجزيئات (الجسيمات) المعدنية المتناهية الحجم (يبلغ قطرها حوالي 1 ميكروميتر تقريباً) قد يؤدي إلى توليد غبار معدني. وتتم تغطية الانبعاثات المتأتية من صب وقولبة المعادن في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة الخاصة بالمسابك.**

وقد تتضمن الانبعاثات الهوائية المتأتية من عمليات تشكيل المعادن مذيبات ومحاليل تبريد/تزييت تستخدم في المعدات، أو أبخرة تأتي من عمليات التسقية (على سبيل المثال، بعد تشكيل المعادن وهي ساخنة أو بعد التلدين). وقد تنبعث أبخرة ورذاذ من الزيوت والشحوم بسبب استخدام الأدوات الميكانيكية الآلية.

جدول 1 – الانبعاثات في الهواء من تصنيع المنتجات المعدنية

العملية	الانبعاثات الهوائية
تسخين المواد لتشكيلها (التكلس)	غبار متطاير، وجزيئات (جسيمات)، وأول أكسيد الكربون، وثاني أكسيد الكبريت، وأكاسيد النيتروجين، ومركبات الكلوريدات والفلوريدات، والمركبات العضوية المتطايرة (على سبيل المثال، أبخرة البوليستيرين، والهيدروكربونات)، والأدخنة الفلزية (والفلزات المتطايرة والأكاسيد الفلزية)
تشكيل المعادن	
قطع المعادن وتجليخها و/أو تشكيلها (ويتضمن ذلك على سبيل المثال وليس الحصر، سبك المعادن وسحب الأسلاك والضغط والكبس)	أدخنة ورذاذ سائل ناتج عن القطع [أثناء عملية تسخين سوائل التبريد/التزييت/ القطع (على سبيل المثال، سحب الأسلاك) في حالة أعمال التسخين أو وجود آثار تآكل كبيرة، قد تتحلل بعد زيوت التشحيم والتزييت وتولد مركبات عضوية متطايرة.
المعالجات الحرارية	
التسقية والتلدين والمعالجات العامة الأخرى	الرذاذ، والمركبات العضوية المتطايرة/المذيبات، والأدخنة والجزيئات (الجسيمات) (على سبيل المثال أدخنة النيكل أو الكروم المتأكسدة)
تجهيز السطح	

جدول 1 – الانبعاثات في الهواء من تصنيع المنتجات المعدنية

العملية	الانبعاثات الهوائية
تسخين المواد لتشكيلها (التكلس)	غبار متطاير، وجزيئات (جسيمات)، وأول أكسيد الكربون، وثاني أكسيد الكبريت، وأكاسيد النيتروجين، ومركبات الكلوريدات والفلوريدات، والمركبات العضوية المتطايرة (على سبيل المثال، أبخرة البوليستيرين، والهيدروكربونات)، والأدخنة الفلزية (والفلزات المتطايرة والأكاسيد الفلزية)
المعالجات بالسحج (على سبيل المثال، السفع "التنظيف" بالرمل والسفع بالخردق)	الغبار الذي يحوي جزيئات (جسيمات) ومعادن وأكاسيد فلزية ناتجة عن السحج
إزالة الشحوم والزيوت باستخدام المذيبات، والتنظيف باستخدام المستحلبات والقلويات والأحماض	المذيبات (المرتبطة بإزالة الشحوم والزيوت باستخدام المذيبات، والتنظيف باستخدام المستحلبات فقط)، أو المركبات العضوية المتطايرة، أو الأدخنة، أو الغازات القلوية التي تحوي الأمونيا وكلوريد الأمونيا.
اللحام	الجزيئات (الجسيمات)، والأبخرة المتأكسدة للنيكل والكروم (الخماسي)، والأوزون، وأبخرة (مثل الفلزات أو الأكاسيد) الرصاص، والكادميوم، والزنك، والقصدير، والحديد، والموليبيدنوم، والمنجنيز، والكوبالت، والفاناديوم، والسيليكا، والسيليكات، والفلوريدات، وأكاسيد النيتروجين، وأول أكسيد الكربون، وثاني أكسيد الكربون، والفوسجين(كلوريد الكربونيل)، والفُسْفين.
الانتهاء من السطح (التشطيب)	
المعالجة الأنودية، والطلاء بالتحول الكيميائي، والطلاء الكهربائي.	الرذاذ المحمل بأيونات فلزية والرذاذ الحمضي، وحمض الهيدروكلوريك، وحمض الكبريتيك، والأمونيا، وكلوريد الأمونيا، وأكسيد الزنك،

جدول 1 – الانبعاثات في الهواء من تصنيع المنتجات المعدنية

العملية	الانبعاثات الهوائية
تسخين المواد لتشكيلها (التكلس)	غبار متطاير، وجزيئات (جسيمات)، وأول أكسيد الكربون، وثاني أكسيد الكبريت، وأكاسيد النيتروجين، ومركبات الكلوريدات والفلوريدات، والمركبات العضوية المتطايرة (على سبيل المثال، أبخرة البوليستيرين، والهيدروكربونات)، والأدخنة الفلزية (والفلزات المتطايرة والأكاسيد الفلزية)
	والجسيمات، والرصاص، والنحاس، والكلورين.
الطلاء (الدهان)	المذيبات
أساليب تشطيب المواد المعدنية الأخرى (منها التلميع، والطلاء بالغمس الساخن، والحفر)	الأبخرة الفلزية والأبخرة الحمضية، وأكسد الزنك (من التسقية بالماء)، والمركبات العضوية المتطايرة، وأكاسيد النيتروجين، والجسيمات، وأكسيد الكبريت (من تسخين مغطس الجلفنة بالزنك).

ينتج عن المعالجات الحرارية أثناء عمليات التلدين والتسقية انبعاثات في الهواء من الأفران العالية (على سبيل المثال، المشتقات المتأتية من احتراق وقود الأفران العالية، والانبعاثات المتأتية من احتراق الزيوت الشحوم والموجودة على سطح المعادن)، وانبعاثات مغطس التسقية (على سبيل المثال، المياه المختلطة بالإضافات الكيميائية أو الزيوت المختلطة) مثل الأبخرة أو الرذاذ.

وأثناء عملية اللحام، ترتبط الانبعاثات في الهواء بالمادة الأساسية المراد لحامها وبطريقة اللحام التي يتم اختيارها. وعلى وجه الخصوص، يمكن أن تنتج الانبعاثات من المنصهرات، وحجب الغازات، وتفاعل الجزء الخارجي لقضبان اللحام (الإلكترودات) ذات القلب الصهور مع الغلاف الجوي، أو عن طريق حرق الزيوت/الشحوم الموجودة على المنتج الخام. ولا بد من الانتباه بصورة خاصة للانبعاثات المتأتية من الطلاء التي تغطي في النهاية الفلزات القاعدية (المعادن الأساسية).

وترتبط انبعاثات الهواء المتأتية من تنظيف الأسطح بتبخير المواد الكيميائية من عملية التشحيم والتنظيف والشطف. وقد تأتي انبعاثات الجسيمات من السفع بالرمل أو تجليخ الأسطح الجافة. وهذه الانبعاثات قد تحتوي على جسيمات معدنية وأكاسيد معدنية.

ويتأتى من المعالجة الكهروكيميائية للأسطح انبعاثات في الهواء ورذاذ وفقاعات غازية تنشأ من تسخين السوائل التي قد تحتوي على معادن أو مواد أخرى موجودة في المغطس. وأثناء عملية الطلاء، تتضمن الانبعاثات في الغلاف الجوي بصورة أساسية مذيبات عضوية تستخدم كطبقة حاملة للدهان. وتتأتى الانبعاثات أيضاً من تخزين الدهانات، وخلطها، واستخدامها، وتجفيفها.

المركبات العضوية المتطايرة

تتضمن الاستراتيجيات الموصى بها للتعامل مع انبعاثات المركبات العضوية المتطايرة:

- تركيب ملفات (كويل) الثلاجات (أو الملفات الإضافية) فوق منطقة البخار الخاصة بمزيل الشحم؛
- استخدام تيار هواء من أعلى مزيل الشحم بسرعة لا تتجاوز 40 متر/دقيقة؛

- تبديل الأجزاء قبل فكها من مزيل الشحم بالبخار، ويتضمن ذلك:
  - o تركيب وحدات تحكم في الحرارة (ترموستات) على خزانات وصهاريج المذيبات
  - o تركيب فلاتر (مرشحات) داخلية لمنع تكوين الجسيمات
  - o استخدام عملية استعادة المذيبات لتقليل انبعاثات المواد العضوية المتطايرة من أفران الإنضاج
  - o استخدام الكربون المنشط لاستعادة أبخرة المذيبات
- لتقليل الانبعاثات أثناء اللحام والطلاء، يتعين تنظيف أسطح المعادن بعناية.
- ويتعين إزالة الطلاء من الفلزات القاعدية قبل اللحام ويفضل استخدام التنظيف الميكانيكي (على سبيل المثال السفح باستخدام كريات ثاني أكسيد الكربون) بدلاً من المذيبات.

الغبار

تتضمن الاستراتيجيات الموصى بها للتعامل مع الغبار:

- تركيب شفاطات داخلية بفلاتر مع أجهزة تنظيف. يمكن استخدام مرسبات كهروستاتية أيضاً.
- إن أمكن، الحفاظ على رطوبة سطح المعدن لمنع أو تقيل الغبار.

المحتوى الحمضي/المعدني في الرذاذ والأدخنة

تتضمن الاستراتيجيات الموصى بها للتعامل مع المحتوى الحمضي/المعدني في انبعاثات الرذاذ والأدخنة:

- استخدام أجهزة منع الأبخرة كإضافات لمغطس اللحام الكهربائي لتقليل انبعاثات المعادن التي تم طلاؤها بالكهرباء في الهواء (على سبيل المثال، الكروم)؛
- تركيب شفاطات داخلية بفلاتر للتخلص من مركبات الأحماض.
- لتقليل المعادن أو أكاسيد المعادن، يتم تركيب فلاتر تستطيع التعامل مع المعادن المعقدة؛
- يجب التحكم في الأدخنة الناتجة عن عملية اللحام (خليط من المعادن، والأكاسيد، والدخان الناتج عن حرق الزيوت) وذلك بإزالة الطلاء من الفلزات القاعدية (المعادن الأساسية). ويجب عدم استخدام مذيبات الهيدروكربون المعالجة بالكلور لهذا الغرض لمنع خطر تولد الفوسجين (ثنائي كلوريد الكربونيك).

مياه الصرف والمخلفات السائلة

تتضمن المصادر المعتادة لتفريغ مياه الصرف الناتجة من تصنيع المنتجات المعدنية التيارات المتأتية من النظافة باستخدام المياه،والشطف؛ ومياه التبريد، والمنظفات البديلة، ومياه الصرف المتأتية من أعمال القطع والسفع وإزالة البروزات وعمليات التشطيب على نطاق واسع؛ وعمليات السوائل الخاصة بالأشغال المعدنية المعتمدة على استخدام المياه. ويحصر جدول 2 أنواع مياه الصرف الخاصة بالعمليات المتأتية من تصنيع المنتجات المعدنية.

جدول 2 – المخلفات السائلة من تصنيع المنتجات المعدنية	
العملية	**مياه الصرف المتأتية من العملية**
تسخين المواد لتشكيلها (التكلس)	الأكاسيد الفلزية، والفينولات، والشحم، والزيوت المسكوبة، والمواد الصلبة المعلقة والمذابة والمعادن (الأوحال التي تحتوي على معادن)
تشكيل المعادن	
قطع المعادن وتجليخها و/أو تشكيلها	المخلفات السائلة الناتجة عن استخدام الآلات (على سبيل المثال، جليكول الإثيلين، والسوائل الناتجة بسبب الزيوت؛ ومستحلبات الزيوت-المياه، والمستحلبات المركبة) والمخلفات الحمضية(على سبيل المثال، مركبات أحماض الهيدروكلوريك والكبريتيك والنيتريك)، والمخلفات القاعدية، ومخلفات المذيبات.
تجهيز السطح	
إزالة الشحوم والزيوت باستخدام المذيبات، والتنظيف باستخدام المستحلبات والقلويات والأحماض	مخلفات المواد المتفاعلة مع الأسطح، أو المستحلبات، أو المنظفات، أو التيربين، أو المخلفات القلوية أو الحمضية، أو الأملاح المعدنية أو المواد القاعدية المذابة.
اللحام	مغطس تبريد ملوث يُستخدم للتسقية بعد اللحام
الانتهاء من السطح وتشطيبه	
المعالجة الأنودية، والطلاء بالتحول الكيميائي، والطلاء الكهربائي.	المخلفات الحمضية/القلوية، والمعادن، والأملاح المعدنية، والزنك، والكروم الخماسي، والسيانيد
الطلاء (الدهان)	مخلفات المذيبات، والكميات المنسكبة، وأسفل وحدات التقطير
أساليب تشطيب المواد	المخلفات المعدنية (على سبيل المثال، الزنك

جدول 2 – المخلفات السائلة من تصنيع المنتجات المعدنية	
العملية	**مياه الصرف المتأتية من العملية**
المعدنية الأخرى (منها التلميع، والطلاء بالغمس الساخن، والحفر)	والكروم الخماسي) والمخلفات الحمضية أو القلوية.

يمكن أن يتبع المعالجات الحرارية والأعمال التي تتم على الساخن، ومنها اللحام، عملية تسقية باستخدام سائل. وتعتبر عملية التسقية مهمة أيضاً في الصب والتكلس. وتتضمن **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة الخاصة بالمسابك المزيد من التفاصيل عن الصب.** وفي العادة يكون مغطس الصب به ماء أو محاط بالماء وقد يتضمن إضافات كيميائية (على سبيل المثال مذيبات عضوية، وفينولات، وزيت وشحم). وقد يتضمن مغطس التسقية الذي تم استخدامه ترسيبات المواد المضافة ومنتجاتها الثانوية، والمواد الصلبة العالقة، وخبث المعادن (على سبيل المثال، الأكاسيد التي تكونت أثناء عملية التجمد).

وقد ينتج عن أجهزة التنظيف الرطبة المستخدمة للتحكم في الأدخنة مياه صرف تحتوي على معادن وفينولات وفي العادة ترتفع نسبة الأحماض والقلويات في هذه المياه ويتعين معادلتها قبل صرفها. ويتعين تجنب حدوث التلوث الذي ينشأ عن تصريف مياه التبريد غير المتماسة باستخدام أنظمة تبريد استرجاعية، على سبيل المثال، استخدام أبراج التبريد.

وفي العادة تتلوث السوائل الناتجة عن قطع المعادن وتجليخها وتشكيلها بسبب الاستخدام المتكرر لها وإعادة استخدامها. وقد تكون السوائل الخاصة بتجهيز المعادن معتمدة على منتجات بترولية أو مستحلبات مياه- زيوت ومستحلبات مركبة. وقد تتحلل السوائل إلى مكوناتها الأولية بسبب الاستخدام أو إعادة الاستخدام، ومن الممكن أن تحتوي السوائل التي تم الانتهاء من استخدامها على العديد من المركبات المختلفة، ويتضمن ذلك بعض المركبات المشتقة من خلط المعادن وأكاسيد المعادن مع مكونات السوائل التي تحللت. وقد تتضمن أيضاً السوائل التي تم الانتهاء من استخدامها كميات كبيرة من المعادن (على سبيل المثال، حديد وألومونيوم ونحاس) وأحماض وقلويات (على سبيل المثال (هيدروكلوريك وكبريتيك ونيتريك)، ومواد عضوية (على سبيل المثال، جليكول الإثيلين، والألديهيد الخلي، والفورمالديهايد، والزيوت المستقطرة المباشرة، والزيوت القابلة للإذابة، والسوائل شبه المركبة، والسوائل المركبة، ومخلفات المذيبات).

ومن الممكن أن ينتج عن تجهيز السطح مياه صرف (بصفة رئيسية من عملية الشطف) وذلك بسبب أعمال النظافة. وتعتمد المنظفات المائية على المواد الكيميائية التي يمكن تصنيفها إلى مجموعتين رئيسيتين، هي المنتجات المستندة إلى أحماض والمنتجات المستندة إلى قلويات. ويحتوي كلا النوعين من المنظفات المائية على مواد متفاعلة مع الأسطح، ومستحلبات (لإزالة الزيوت)، **ومنظفات، وتيربين (في حالة المنظفات الشبه مائية).** ومن الممكن معالجة مخلفات المنظفات المتأتية من مركبات المنظفات القلوية والحمضية، التي لا تحتوي على مذيبات، في الموقع.

ويتم استخدام المياه للشطف بعد التنظيف المبدئي وفي عملية التسقية بعد الطلاء وذلك في الطلاء بالغمس الساخن (على سبيل المثال، الجلفنة). ويؤدي الطلاء بالغمس الساخن إلى وجود مخلفات صلبة، وخبث أكاسيد يتم إزالتهما بصورة دورية من الخزان المسخن. وقد تؤدي هذه العمليات إلى خروج مخلفات تحتوي على فلزات. وتتكون محاليل الحفر من أحماض قوية (على سبيل المثال، حمض النيتريك)، أو قواعد. وتستخدم الأملاح (على سبيل المثال، فوق كبريتيك الأمونيوم، وكلوريد الحديديك) لإنتاج محاليل الحفر. وقد تحتوي محاليل الحفر التي تم استخدامها على فلزات وأحماض. وتعتبر عمليات الطلاء المعدني والمخلفات الناشئة عنها مسؤولة عن أكبر حجم من المخلفات التي تحتوي على فلزات (على سبيل المثال، الكادميوم، والكروم، والنحاس، والرصاص، والنيكل) والمخلفات التي تحتوي على مادة السيانيد السامة.

أما عمليات الطلاء (الدهان) فتؤدي إلى مخلفات تحتوي على مذيبات وانبعاث مباشر للمذيبات (ويتضمن ذلك البنزين، والميثيل إثيل كيتون، والميثيل إيسوبوتي كيتون، والتولوين، والزايلين كما أن عمليات الدهان يمكن أن ينتج عنها أيضاً مخلفات من المواد التي يتم التخلص منها المستخدمة كحاويات للدهانات ومواد الرش، ومن الدهانات الزائدة عن الحد و/أو التي انتهت صلاحيتها.

وقد تؤدي عمليات المعالجة الأنودية إلى مياه صرف تحتوي على أسيتات (خلات) النيكل ومواد مانعة للتسرب من غير النيكل. وتتضمن الملوثات الممكنة الأخرى مركبات معقدة وفلزات، يمكن أن تتحد مع مياه صرف ناتجة عن تشطيب المعادن، ومعالجتها في الموقع بالترسيب التقليدي للهيدروكسيد. ويتعين إجراء معالجة مسبقة لمياه الصرف التي تحتوي على كروم (على سبيل المثال، مياه الصرف من الطلاء عن طريق التحول الكيميائي) وذلك لتقليل الكروم السداسي التكافؤ إلى أقصى معدل له. وتؤدي عملية المعالجة التقليدية إلى ظهور أوحال يتم إزالتها، في العادة، بعيداً عن الموقع لإصلاح المعادن و/أو التخلص منها.

وفي العادة تحتوي المخلفات السائلة على ملوثات كبيرة، ومن الممكن أن يتم تمييزها إلى تيارات منفصلة، وهي تتضمن مياه صرف تأثرت بفعل الزيوت والمذيبات، ومياه صرف نتجت عن معالجة الأسطح/عمليات التشطيب، ومياه صرف تحتوي على معادن. وتتضمن التدابير ذات الصلة لمنع ومكافحة التلوث ما يلي:

المخلفات السائلة الزيتية القاعدة:

- فصل المخلفات السائلة عن مياه الصرف، والتخلص منها بصورة خاصة إذا كان من غير الممكن إعادة تدويرها؛
- توحيد أساليب استخدام أنواع الزيوت، ووضع جدول للعمليات يتسم بالكفاءة وذلك بالنسبة للعمليات التي تتطلب استخدام أنواع مختلفة من الزيوت؛
- إطالة عمر سائل التبريد من خلال استخدام الطاردات المركزية، وإدخال التحليل الدوري، واستخدام المبيدات الحيوية والترشيح المستدق، والتخلص من الزيوت من خلال المصافي التي تعمل بسير أو باسطوانة. واستخدام أساليب الإشراف الداخلي المناسبة لمنع تلوث زيت التبريد في عمليات القطع بالمذيبات؛
- إعادة تدوير مغطس التسقية بالزيت من خلال فلترة المعادن وإخراجها؛
- يتعين استعادة السوائل المستخدمة في الأشغال المعدنية باستخدام حاويات توضع تحت الآلات.
- في عمليات التشكيل على البارد أو في العمليات الأخرى التي يتم استخدام الزيت فيها، يتعين استخدام مزيتة آلية لتقليل تراكم الشحوم. ويتعين أن يؤخذ في الاعتبار استخدام زيت تشحيم في عملية الكبس بحث يكون مناسباً لظروف استخدام عمليات المعالجة الحرارية.

المذيبات والمخلفات السائلة المستندة إلى مياه:

- يجب التعامل مع المذيبات بعناية وحرص لمنع الانسكاب والانبعاثات المنفلتة. وتحتوي **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** على إرشادات بشأن تخزين المذيبات والتعامل معها؛
- يتعين أن يؤخذ في الاعتبار المواد المزيلة للشحوم الأقل خطورة (على سبيل المثال، المذيبات المصنعة من البترول، ومواد التنظيف المستخرجة من النباتات، وأساليب الغسيل باستخدام ثاني أكسيد الكربون الانشطاري أو القلويات، بالإضافة إلى استخدام التنظيف بالمذيبات باتجاه معاكس (على مرحلتين: أولاً التنظيف بمادة مذيبة متسخة، وبعدها بمادة مذيبة نظيفة)؛ ويجب استخدام غسل مائي قلوي بمادة لا تحتوي على مركبات عضوية متطايرة لتنظيف المعادن عندما يكون ذلك ممكناً. ويمكن استرجاع بعض هذه المواد من خلال الترشيح بالانتشار الغشائي؛
- يتعين إعادة تدوير مذيبات إزالة الشحوم التي تم استخدامها في الموقع، بإعادة استخدام التقطير الدفعي (لمجموعة المواد) ومخلفات المذيبات؛
- يتعين القيام بتنظيف على البارد باستخدام تربنتين معدني قبل إزالة الشحوم نهائياً بالبخار.
- يتعين استخلاص الأحماض الموجودة في مياه الصرف من خلال التبخير؛

- الحد من التلوث أثناء الشطف باستخدام الإزالة النهائية عن طريق الاستخدام الأمثل للجزء الذي يجري العمل عليه باستخدام المواد المتفاعلة مع الأسطح وغيرها من مواد الترطيب.

- استخدام أساليب التنظيف الميكانيكية بدلاً من المواد الكيميائية إن أمكن (على سبيل المثال، جهاز السحج الهزاز للنحاس الأصفر بدلاً من الجلي باستخدام المواد الحمضية؛ والكشط الميكانيكي بدلاً من المحاليل الحمضية لإزالة أكاسيد التيتانيوم، والآلات التي بها فرش دوارة مع حَجَر الخَفَّاف لتنظيف ألواح النحاس).

- يتعين التحكم في مركزات الأيونات الفلزية المذابة وتقليلها (على سبيل المثال، تقليل تركيز المولبيدنم من خلال التناضح العكسي/أنظمة الترسيب؛ واستخدام المحاليل التي لا تحتوي على أحماض كرومية في أعمال التنظيف باستخدام محلول الحفر القلوي للمصنوعات الألومونيوم؛ واستخدام حامض الكبريتيك/استخدام الغمس في ماء أوكسجيني بدلاً من السيانيد والغمس في حامض كرومي بالنسبة لعملية تبييض النحاس من خلال الغمس.

- يتعين استبدال محاليل الجلي الحمضية أو القلوية، إن أمكن، بمواد تنظيف بديلة (على سبيل المثال، استخدام التنظيف بالأسلاك والمواد الكاوية مع المنظفات التي تتحلل بالبكتريا واستخدام الكحوليات الخطية بدلاً من حامض الكبريتيك لجلي أسلاك النحاس، بشرط توفير عناصر الأمان الكافية والوقاية من الحرائق)؛

- يتعين تركيب عدادات قياس لمقيد/مضبط التدفق واستخدام مضخة قدم (أو محساس ضوئي للخطوط الآلية) لتنشيط عملية الشطف؛

- يتعين معالجة مياه الصرف المتأتية من العمليات وإعادة تدويرها، باستخدام تبادل الأيونات، والتناضح العكسي، والتحليل الكهربائي، والديلزة الكهربائية (الفصل الغشائي بالكهرباء) مع تبادل الأيونات.

<u>مياه الصرف المتأتية من معالجة/تشطيب الأسطح</u>

- يتعين استبدال المواد القوية المعقدة مثل الإيديتات (EDTA) والمواد السامة المتفاعلة مع الأسطح مثل (NPE) وحمض (PFOS) ببدائل أقل خطورة منها.

- يتعين تجديد مغطس المعالجة الأنودية الذي يحوي مواد قلوية (Anodizing and alkaline silking baths) بتجديد الأملاح المعدنية (على سبيل المثال الألمونيوم) من خلال التحليل المائي لألومينات الصوديوم.

- الحد من كميات مواد التشطيب ذات الأعمار الافتراضية القصيرة.

- يتعين أن تؤدي أعمال الدهانات (من اللون الفاتح إلى الغامق) واختيار أساليب الرش إلى الحد من مياه الصرف (على سبيل المثال، استخدام مسدس رش لأعمال معينة، واستخدام نظام تشطيب كهروستاتي بدلاً من طريقة الرش بالهواء التقليدية).

- تجنب واستبدال استخدام المذيبات الكلورية (ويتضمن ذلك رابع كلوريد الكربون، وكلوريد الميثيلين، وتريكلورويثان (1,1,1-trichloroethane)، والبركلوروإثيلين) بمذيبات غير سامة أو أقل سمية كمواد تنظيف.

- يتعين استبدال الأحماض الكرومية وفوسفات الصوديوم الثلاثي بمواد تنظيف أقل سمية ولا تولد أدخنة (على سبيل

المثال، حمض الكبريتيك، والماء الأوكسجيني)، واستبدال مواد التنظيف التي تحتوي على السيانيد بالأمونيا؛

- يتعين استخدام مكونات أقل سمية في المغاطس (على سبيل المثال، الزنك بدلاً من الكادميوم في المحاليل القلوية/الملحية؛ وحمض النيتريك وحمض الهيدروكلوريك بدلاً من السيانيد في بعض مغاطس الطلاء؛ وكلوريد الزنك بدلاً من سيانيد الزنك)؛

- يتعين تركيب لوحات صرف، وصمامات حماية للقطر (القطرات التي تقع)، وسدادات للقطر، وخزانات مخصصة لعمليات الإزالة بعد المغاطس الخاصة بالعمليات.

المعادن في مياه الصرف

- تعتبر عملية إدارة استهلاك المياه في غاية الأهمية، حيث من شأنها الحد من استخدام المواد الخام وما تسببه من خسائر بيئية. ويعتبر كل من التحكم الجيد في العمليات والحد من عمليات الإزالة عناصر أساسية في الحد من استهلاك المواد الخام الخطرة.

- يتعين فصل مياه الصرف التي تحتوي على معادن يمكن استخراجها عن تيارات مياه الصرف الأخرى. ويتعين استخلاص المعادن من المحلول (على سبيل المثال، استخدام الخلايا المحللة كهربائياً أو الترسيب الهيدروكسيدي)؛

- يتعين إحالة المغاطس المستخدمة لجلي المعادن لعملية تحليل كهربائي مستمرة لتجديدها واستخلاص المعادن التي بها.

- يتعين استخلاص المعادن من محاليل الغمس الخاصة بالتبييض باستخدام العمليات المناسبة (على سبيل المثال، نظام تبادل الأيونات للنحاس، أو فصل مركبات الفوسفات عن عملية معالجة السبائك التي يدخل الألومونيوم في تركيبها)؛

- يتعين استبدال المحاليل التي تحتوي على أملاح السيانيد (على سبيل المثال، بالنسبة لعملية التقسية) بمحاليل باستخدام مغطس مميع من النيتروجين وأكسيد الألمونيوم؛

- يتعين استبدال الكروم السداسي التكافؤ لعملية الطلاء، وإن لم يكن ذلك ممكناً، يمكن استخدام الحلقات المغلقة والأحواض المغطاة لتقليل الانبعاثات.

معالجة المياه المستعملة الناتجة عن العمليات

نظراً لأن عمليات التصنيع العامة، بما فيها المنتجات المعدنية البلاستيكية والمطاطية تستخدم عدداً كبيراً من المواد الخام والمواد الكيميائية وعمليات المعالجة، فإن معالجة مياه الصرف قد تتطلب استخدام عملية مفردة محددة لعملية التصنيع المستخدمة.

تتضمن تقنيات معالجة المياه المستعملة (مياه الصرف) الناتجة عن العمليات الصناعية الواردة في هذا القسم الفصل عند المصدر والمعالجة المسبقة لتيار المياه المركزة.و تتضمن الخطوات المعتادة لمعالجة المياه المستعملة (مياه الصرف) ما يلي: مصافي شحوم، أو كاشطات، أو التعويم بالهواء المذاب أو أجهزة فصل الزيت والماء لفصل الزيوت والمواد الصلبة القابلة للطفو؛ والترشيح لفصل المواد الصلبة القابلة للترشيح؛ مساواة التدفق والحمل؛ والترسيب لتقليل المواد الصلبة المعلقة باستخدام المروّقات؛ والمعالجة البيولوجية، عادة المعالجة الهوائية، لتقليل المادة العضوية القابلة للذوبان (BOD)؛

وإزالة المواد الغذائية البيولوجية لتقليل النيتروجين والفسفور؛ و كلورة النفايات السائلة في حالة الحاجة إلى التطهير؛ وإزالة الماء والتخلص من البقايا في مواقع دفن معينة للنفايات الخطرة.و ربما تكون هناك حاجة إلى ضوابط (عناصر تحكم) هندسية لما يلي (1) احتواء ومعالجة المواد العضوية المتطايرة المنسلة من العمليات المختلفة للوحدات في نظام معالجة المياه المستعملة (مياه الصرف)، (2) الإزالة المتقدمة للمعادن باستخدام الترشيح الغشائي أو أي تقنيات معالجة فيزيائية/كيميائية أخرى، (3) إزالة المواد العضوية العنيدة باستخدام الكربون المنشط أو الأكسدة الكيميائية المتقدمة، (4) إزالة لون المترسبات باستخدام الامتزاز أو الأكسدة الكيميائية؛ (5) خفض سمية النفايات السائلة باستخدام التقنيات المناسبة (مثل التناضح العكسي، التبادل الأيوني، الكربون المنشط، إلى غير ذلك)، و(6) احتواء الروائح المزعجة ومعادلتها.

وتناقش **وثيقة الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** إدارة المياه المستعملة الصناعية وأمثلة لأساليب المعالجة. وبمقدور المرافق من خلال استخدامها لهذه التكنولوجيات وأساليب الممارسة الجيدة المتعلقة بكيفية التعامل مع المياه المستعملة أن تستوفي القيم الإرشادية المعنية بتصريف المياه المستعملة والمبينة بالجدول ذي الصلة بالقسم 2 من وثيقة قطاع الصناعة هذه.

تيارات المياه المستعملة الأخرى واستهلاك المياه

تقدم **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** إرشاداً حول إدارة المياه المستعملة غير الملوثة الناتجة عن عمليات المرافق ومياه العواصف غير الملوثة والصرف الصحي.و يتعين توجيه التيارات الملوثة (على سبيل المثال مياه العواصف المتأتية من مناطق المخلفات الصلبة المعرضة مثل قطع المعادن) لنظام المعالجة الخاص بمياه الصرف المتأتية من عمليات المعالجة الصناعية. وتقدم **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** توصيات لخفض استهلاك المياه، وخاصة في الأماكن التي تكون فيها المصادر الطبيعية محدودة.

النفايات (المخلفات) الصلبة

من الممكن أن ينتج عن تصنيع المعادن أو العمليات ذات الصلة (على سبيل المثال معالجات مياه الصرف أو تقليل الأدخنة) مخلفات صلبة.و يحصر جدول 3 المخلفات الصلبة الرئيسية من تصنيع المنتجات المعدنية عند مصدرها.

وينتج عن تسخين المعادن بغرض تشكيلها (التكلس) كمية محدودة من المخلفات الصلبة، ترتبط بصورة رئيسية بتخزين وتناول المواد الخام (على سبيل المثال، جسيمات، ومساحيق، وتلوث تربة من كميات الزيوت المنسكبة). وأثناء المعالجات الحرارية (على سبيل المثال، التلدين)، يتم تكوين كميات كبيرة من الأكاسيد. وعند تصفية وتنظيف مغاطس التسقية أو التبريد، يمكن أن تتوالد أوساخ تحتوي على معادن.

وينتج عن تشكيل المعادن كميات كبيرة من الرقائق المعدنية (البرادة- الخردة)، وأوساخ سائلة تحتوي على معادن نتيجة عمليات القطع، ومخلفات مذابة مترسبة في القاع. وتحتوي الرقائق المعدنية (الخردة) بصورة رئيسية على معادن تمت إزالتها من القطعة الوسيطة (على سبيل المثال، صلب)، ويمكن أن تكون ممزوجة بكميات قليلة من السوائل الناتجة عن الأشغال المعدنية (على سبيل المثال، سوائل التبريد أو التزييت) المستخدمة قبل وأثناء عملية تشكيل المعادن التي أدت إلى هذه الرقائق. وفي العادة يُعاد استخدام هذه النوعية من الرقائق (الخردة) كمواد أولية. وقد يحتوي خبث (رايش)،

وغبار، ومسحوق اللحام على العديد من الأكاسيد الفلزية حسب الفلزات القاعدية (المعادن الأساسية) وحسب عملية طلائها.

جدول 3 – المخلفات (النفايات) الصلبة من تصنيع المنتجات المعدنية

العملية	النفايات (المخلفات) الصلبة
تسخين المعادن لتشكيلها (التكلس)	جسيمات، ومساحيق من
تشكيل المعادن	
قطع المعادن وتجليخها و/أو تشكيلها	جسيمات معدنية (مثلاً، برادة حديد، ورقائق معدنية أو جزيئات معدنية من عمليات الآلات)، وأوساخ سائلة من الآلات تحتوي على معادن، ومخلفات مذابة مترسبة في القاع
تجهيز السطح	
إزالة الشحوم والزيوت باستخدام المذيبات، والتنظيف باستخدام المستحلبات والقلويات والأحماض	الأوساخ المتأتية من العمليات
اللحام (يتضمن ذلك أسلوب متعدد الممرات)	الأكاسيد الفلزية (على سبيل المثال، أكاسيد التيتانيوم، أو الألومونيوم، أو الحديد، أو النيتروجين، أو الكروم، أو النحاس، أو الزنك، والقصدير) وقطرات الخبث
الانتهاء من السطح وتشطيبه	
المعالجة الأنودية، والطلاء بالتحول الكيميائي، والطلاء الكهربائي	الأوساخ المعدنية، والمعادن الأساسية، والمركبات المتفاعلة
الطلاء (الدهان)	ترسيبات القاع، والأوساخ (الجافة)، والدهانات،

جدول 3 – المخلفات (النفايات) الصلبة من تصنيع المنتجات المعدنية

العملية	النفايات (المخلفات) الصلبة
	والمعادن
أساليب تشطيب المواد المعدنية الأخرى (منها التلميع، والطلاء بالغطس في محاليل ساخنة، والحفر)	الأوساخ الناتجة عن عملية التلميع، والنفايات المعدنية (مثلا، الزنك، والكروم)، والأوساخ الناتجة عن عملية الحفر، ونفايات الأكاسيد، والأوساخ المعدنية.

ينشأ عن أعمال تجهيز السطح مخلفات صلبة (على سبيل المثال، أوساخ ناشئة عن معالجة مياه الصرف، وترسيبات في القاع، وبقايا في خزانات التنظيف، وبقايا سوائل من الآلات). وقد ينتج عن المعالجة الأنودية، والطلاء بالتحول الكيميائي، والطلاء الكهربائي، والدهان عدداً من المحاليل المستهلكة ومياه صرف قد تؤدي معالجتها إلى أوساخ، وفلزات قاعدية، وأكاسيد فلزية، وأنواع عديدة من المركبات المتفاعلة. وينتج عن التلميع والطلاء بالغمس في محاليل ساخنة، والحفر، والأساليب الأخرى لتشطيب المعادن نفس المخلفات التي تنشأ عن المعالجة الأنودية، ولكن يُضاف إلى ذلك الأوساخ الناتجة عن عملية التلميع، ونفايات خزانات الغمس على الساخن، والأوساخ الناشئة عن الحفر.

وتتضمن تدابير منع التلوث ومكافحته ما يلي:

- فصل غبار ورقائق المعادن (الخردة) حسب نوعها لزيادة عملية الاستعادة والتدوير؛
- تقليل الرايش والخبث المتأتي من اللحام أو الصب أو الآلات أو التشطيبات الميكانيكية، والتي قد تحتوي على أيونات فلزية.

- التعامل بصورة صحيحة مع المعادن التي تمت إزالتها من مياه الصرف لاستعادتها أو التخلص منها؛
- التخلص من الأوساخ المتأتية من عمليات تشطيبات الأسطح (على سبيل المثال، الجلفنة، والدهان، والغمس على الساخن).
- إذا كان التدوير أو إعادة الاستخدام غير ممكن، يتعين التخلص من المخلفات وفقاً لتوصيات إدارة المخلفات الصناعية الواردة في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

1.1.2 البلاستيك (اللدائن) والمطاط

تتضمن القضايا البيئية المثيرة للقلق المتأتية من تصنيع المنتجات البلاستيكية والمطاطية، بصورة أساسية، ما يلي:

- الانبعاثات الهوائية
- المياه المستعملة (مياه الصرف)
- النفايات (المخلفات) الصلبة

تتضمن أنشطة العمليات التي قد ينشأ عنها آثار بيئية سلبية عمليات التحبيب، والتركيب (الخلط)/صياغة الراتينج، والتشكيل، والتشطيب. ونظراً لاختلاف عمليات تصنيع المنتجات البلاستيكية والمطاطية بصورة رئيسية، في العمليات المرتبطة بالتركيب/الصياغة، والتشكيل، فقد تم عرضها بصورة منفصلة كجزء من هذه الإرشادات. واعترافاً بالتشابه بين العمليات التي تنطوي على التحبيب والتشطيب أثناء تصنيع اللدائن الحرارية، واللدائن الصلدة بالحرارة والمنتجات المطاطية، تُناقش هذه القضايا معاً في إطار من هذه الإرشادات.

الانبعاثات الهوائية

اللدائن (البلاستيكات)

قد تحتوي الانبعاثات في الهواء على جسيمات ومركبات عضوية متطايرة. ويمكن أن تنبعث جسيمات أثناء التعامل مع الإضافات الجافة وعملية تحبيب اللدائن (البولمرات). إضافة إلى ذلك، فإن تسخين اللدائن الحرارية أثناء التركيب والتشكيل قد ينتج عنه تكوين وانبعاث ضباب رقيق.

وتتضمن الأساليب الموصى بها لمنع التلوث ومكافحته بالنسبة لانبعاثات الجسيمات ما يلي:

- تهيئة الظروف المثالية للعمليات الخاصة بخلط الإضافات الجافة، ودرجة الحرارة المناسبة، وتحبيب البولمرات؛
- فلترة (ترشيح) عادم الهواء الناتج من التعامل مع المواد، ومناطق التحبيب باستخدام النفخ الحلزوني و/أو مرشح جرابي؛
- تجميع الانبعاثات المنفلتة والسيطرة عليها المتأتية من أجهزة الإنتاج، ويتم ذلك بصورة معتادة من خلال تيار هواء (نفخ) أولي ومرشح جرابي ثانوي أو مكثف إلكتروستاتي.

وقد تنبعث مركبات عضوية متطاير، تتضمن إضافات ذات أوزان جزيئية قليلة ومذيبات، أثناء عمليات التركيب (الخلط) والتشكيل، خاصة بالتسخين. وأثناء عمليات التشكيل الخاصة باللدائن غير المتفاعلة، تتسم البولمرات الأساسية بأنها مستقرة بصورة جيدة بعد درجات حرارة المعالجة المطلوبة مع استثناءات بسيطة. غير أنه من الممكن أيضاً أثناء عمليات التشكيل أن ينبعث بخار ماء، وإضافات ذات نقطة غليان منخفضة، ومونمرات تكون موجودة مع بولمرات، خاصة في

الجزء الأكثر حرارة في عملية المعالجة. يقدم جدول 4 أمثلة عن اللدائن الأكثر شيوعاً من حيث المعالجة، وبعض المكونات التي يتم اكتشافها في الأدخنة عند معالجة اللدائن أو تسخينها فوق درجات حرارة المعالجة الموصى بها. وعلى خلاف عمليات معالجة الدائن الأخرى، فإن تصنيع منتجات البوليسترين القابل للتمدد يتطلب تجهيز المواد الخام قبل عملية الصب النهائية. وفي عملية التحول، يتم استخدام كمية قليلة من سائل ذي نقطة غليان منخفضة، عادة خليط مصاوغ البنتان (في العادة من 3 إلى 8% حسب الوزن) وذلك كمادة نفخ.[2]

جدول 4 – المواد التي يمكن أن تنبعث عند المعالجة باستخدام درجات حرارة عالية

البلاستيك	أمثلة عن العناصر التي يمكن اكتشافها
كلوريد البوليفينيل – **PVC**	كلوريد الهيدروجين، ومونمرات كلوريد الفينيل
بوليمر الأكريلونتريل – البيوتاديين – الستايرين الذي يتكوّن من أكثر من مونمر – **ABS**	الستايرين، والفينول، والبيوتاديين
البوليبروبيلين	ألدَهيد، والبيوتاديين، وألكان (اسم عام للهيدروكربونيات المشبعة اللاحلقية) والكين (مركب هيدروكربوني لامشبع ذو رابط مزدوج)
الأسيتال – **POM**	الفورمالدهايد

جدول 4 – المواد التي يمكن أن تنبعث عند المعالجة باستخدام درجات حرارة عالية

البلاستيك	أمثلة عن العناصر التي يمكن اكتشافها
بولي إثيلين منخفض الكثافة، وبولي إثيلين متوسط الكثافة، وبولي إثيلين مرتفع الكثافة	ألدَهيد، والبيوتاديين، وألكان (اسم عام للهيدروكربونيات المشبعة اللاحلقية) والكين (مركب هيدروكربوني لامشبع ذو رابط مزدوج)
البوليسترين	الستايرين ، وألدَهيد
تيريفثاليت البولي إيثيلين – **PET**	الفورمالدهايد، وميثُوكسي بنزين، وبنزالدهيد، والعديد من المركبات العضوية المتطايرة

وتتضمن الأنظمة الموصى بها لمنع ومكافحة التلوث بالنسبة لانبعاثات المركبات العضوية المتطايرة ما يلي:

- استخدام طرق تخزين مغلقة للمذيبات وسوائل التنظيف، ولكافة الكواشف ذات نقطة الغليان المنخفضة
- تركيب أنظمة تحكم في التهوية، خاصة عند نقاط أعلى درجات حرارة في عملية المعالجة مع خط الإنتاج؛
- تركيب أنظمة استخلاص عوادم داخلية وأجهزة امتصاص الكربون المنشط
- وضع عوامل مؤكسدة حرارية يمكن استعادتها/متجددة، أو عوامل مؤكسدة مساعدة/متجددة، أو مكثفات، أو فلاتر(مرشحات) بيولوجية.

[2] تم استخدام مركبات الفلوروكربون بصورة كبيرة في هذه العمليات، لكن يجب عدم استخدامها كجزء من الممارسات الجيدة الخاصة بالصناعة بسبب أثرها المرتبط بتأثير غازات الدفيئة ونفاد طبقة الأوزون.

- إعداد وتنفيذ خطة للتعامل مع المذيبات

المنتجات المطاطية

يمكن أن تنطلق الانبعاثات المنفلتة الخاصة بالإضافات الكيميائية من منطقة التركيب (الخلط). حيث يتم القيام بعملية وزن مسبق للإضافات، وهناك إمكانية أن تنبعث كميات كبيرة من الغبار المنفلت من المواد الكيميائية الموجودة في مخزن مفتوح. كما قد تأتي الانبعاثات المنفلتة عند تحميل المواد الكيميائية في الخلاط. وقد تأتي انبعاثات الجسيمات من أعمال تجليخ الأسطح.

وتتضمن الأساليب الموصى بها لمنع التلوث ومكافحته بالنسبة لانبعاثات الغبار/ الجسيمات ما يلي:

- استخدام المواد الكيمائية في حقائب صغيرة سابقة الوزن ومحكمة الغلق لعمل الإضافات المباشرة إلى الخلاط وذلك للحد من تولد الغبار.

- يتعين التحكم في الانبعاثات المتأتية من الخلاطات الداخلية باستخدام الفلاتر الجرابية. ويتعين نقل العادم المتأتي من أغطية التجميع إلى الفلاتر الجرابية للتحكم في الجسيمات، والمواد شبه المتطايرة العالقة بالجزيئات، [3] والأمونيا، والمعادن (على سبيل المثال، الزنك، والنيكل، والسيلينيوم، والرصاص، والكادميوم، ومركبات الأنتيمونيا، وأكسيد التيتانيوم).

- يتعين التحكم في الغبار وجزيئات المطاط الدقيقة الناتجة عن تجليخ السطح بواسطة النفخ الأولي والفلاتر الجرابية أو المكثفات الإلكتروستاتية ثنائية المراحل.

[3] ثيوبوريا الإيثيلين، والديثانولامين، والهيدروكوينون، والفينولات، ونافثيلامين ألفا، والبيفينيليندياميين، وبيروكسيد البينزول، وفثاليت ثنائي البوتيل، وفثاليت الديوكتيل، وثنائي الأديبات (ثنائي الإيثلهيكسيل).

ويمكن أن ينتج أيضاً انبعاثات مركبات عضوية متطايرة وملوثات هواء خطيرة. وتستخدم المذيبات لأغراض عديدة أثناء عملية تصنيع المنتجات المطاطية. وتتضمن الأساليب الموصى بها لمنع ومكافحة التلوث بالنسبة لانبعاثات المركبات العضوية المتطايرة ما يلي:

- يجب التعامل مع المذيبات بعناية وحرص لمنع الانسكاب والانبعاثات المنفلتة. وتحتوي **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** على إرشادات بشأن تخزين المذيبات والمواد الخطيرة الأخرى والتعامل معها.

- يتعين الحد من استخدام المذيبات، ويتعين استخدام المياه، والسيليكون، والمركبات المنطلقة التي لا تحتوي على مذيبات، إن أمكن.

وقد تكون هناك ضرورة لمعدات تخفيف الانبعاثات في حالة وجود انبعاثات كبيرة من المركبات العضوية المتطايرة. وفي حالة ضرورة القيام بفلكنة (تقسية المطاط) مكثفة لإضافة الخواص المرغوبة إلى المطاط، فإن الانبعاثات المرتبطة بمعالجة(إنضاج) المطاط قد تحتوي على ثاني أكسد الكبريت. ويمكن التحكم في هذه الانبعاثات من خلال استخدام أجهزة التنظيف.

المياه المستعملة (مياه الصرف)

قد تحتوي الفضلات السائلة على مذيبات، ومركبات عضوية قابلة وغير قابلة للإذابة في الماء يتم إطلاقها في مياه التماس والمعالجة والتنظيف، وجسيمات صلبة تبلغ أحجامها أقل من ميكرون وتصل إلى العديد من المليمترات.

اللدائن (البلاستيك)

يمكن تقسيم مياه عمليات المعالجة المستخدمة في صب البلاستيك وعملية التشكيل، بصورة جزئية، إلى ثلاثة فئات: (1) مياه التبريد (أو التسخين) لإنتاج البلاستيك؛ (2) ومياه تنظيف وغسل السطح المستخدمة في تنظيف أسطح المنتجات البلاستيكية وغسل المعدات؛ و(3) ومياه عمليات التشطيب لإزالة الفضلات البلاستيكية أو تزييت المنتج.

وقد تكون مياه التبريد (أو التسخين) مصدراً للتلوث الحراري إذا تم تصريفها. وتحتوي الملوثات السامة، التي من الممكن اكتشافها في مياه عمليات المعالجة التي يتم صرفها من خلال عمليات تبريد متماس وتسخين، على فثالات (على سبيل المثال، مادة: (bis[2-ethylhexyl] phthalat)

وقد تتميز مياه التنظيف بارتفاع مستويات استهلاك الأوكسجين في العمليات الحيوية الكيميائية (BOD_5)، ومستويات استهلاك الأوكسجين في العمليات الكيميائية (COD)، وإجمالي المواد الصلبة العالقة (TSS)، وإجمالي الكربون الحيوي (TOC)، والزيوت والشحوم، وإجمالي كمية الفينول، والزنك. وقد تحتوي مياه التشطيب على مستويات كبيرة من المواد الصلبة العالقة، وإضافات قابلة للإذابة في الماء (على سبيل المثال، فثالات).

وتتضمن الخيارات الموصى بها للوقاية من التلوث بالنسبة لمياه الصرف المتماسة والخاصة بالتنظيف والتشطيب ما يلي:

- اعتماد ممارسات جيدة للإشراف الداخلي؛
- بالنسبة للمياه المتماسة ومياه التشطيب، عمل التجهيزات اللازمة لعملية الكربون المنشط لإزالة المواد الحيوية القابلة للإذابة، ومنها الفثالات (التي تمثل أهمية خاصة في تصنيع كلوريد البوليفينيلPVC المغلف بالبلاستيك)؛
- وجوب استخدام الملدنات القابلة للتحلل البيولوجي، إن أمكن؛
- بالنسبة لمياه التنظيف والتشطيب، القيام بإعادة تدوير المياه المستخدمة في عمليات المعالجة من خلال الترسيب/وحدات الترسيب، وإزالة المواد الصلبة العالقة، والزيوت والشحوم.

وقد ينتج عن استخدام مياه التبريد معدلات مرتفعة من استهلاك المياه، وكذلك من الممكن إطلاق مياه عالية الحرارة، وفضلات من المبيدات الحيوية وفضلات من المواد الأخرى المضادة للتلوث المستخدمة في نظام التبريد. وتناقش ا **لإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** الإستراتيجيات الموصى بها للتعامل مع مياه التبريد.

المنتجات المطاطية

من الممكن أن تنتج مياه الصرف عن عمليات التبريد والتسخين والفلكنة (تقسية المطاط) والتنظيف. وتعتبر المواد الصلبة العالقة والزيوت والشحوم من الملوثات التي تثير القلق، أضف إلى ذلك الفلزات اللازمة للتفاعلات- أو ما يُطلق عليها الفلزات النزرة (على سبيل المثال، الزنك). وتنتج مياه الصرف عن العديد من عمليات الإنتاج (على سبيل المثال وليس الحصر، تنظيف الأحواض التي يوضع فيها المطاط الجديد، والطاردات المركزية). وقد تتأثر الفضلات السائلة الناشئة عن غمس المنتجات المطاطية اللثية بالإضافات التي يتم استخدامها لمعالجة المطاط على نحو سليم. وقد تنشأ رائحة كريهة بسبب عدم كفاءة التعامل مع مياه الصرف.

وتتضمن المعالجات الموصى بها ترسيب المواد الصلبة، أو تعديل درجة تركيز الحموضة، أو أنظمة إزالة الزيوت حسب المطلوب.و يتعين حجز مياه الصرف باستخدام محبس

مطاطي، وذلك للسماح بطفو المطاط إلى أعلى بغرض إعادة التدوير/أو إعادة الاستخدام. بعد ذلك يتعين نقل مياه الصرف لمحطة المعالجة. كما يتعين أيضاً أن يُؤخذ في الاعتبار أيضاً أنظمة تبريد أو تسخين المياه ذات الحلقات المغلقة.

المخلفات (الفضلات) الصلبة

من غير المعتاد أن ينتج عن تصنيع البلاستيك والمطاط كميات كبيرة من المخلفات الصلبة نظراً لأنه من الممكن إعادة تدوير الرقائق المتأتية (الخردة) من عمليات التشكيل والتشطيب. كما أن المطاط المسفوع من عمليات الخلط، والتفريز، والصقل، والدفع من الممكن أن يكون مصدراً كبيراً للمخلفات الصلبة، إضافة إلى مخلفات المطاط التي تنشأ أثناء عمليات صب المطاط، والجسيمات المتأتية من الفلاتر الجرابية في مناطق التركيب (الخلط)- خلاطات بانبري، ومن المجلخات، الخ.

وإضافة إلى الإرشادات الخاصة بالتعامل مع المخلفات الصناعية والتخلص منها التي وردت في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**، يُوصى بما يلي كتدابير للتعامل:

- يتعين فصل تيارات المخلفات بصورة سليمة (على سبيل المثال، مطاط غير معالج، مطاط معالج، ومنتجات غير مستوفية المواصفات)؛
- يتعين إعادة تدوير المطاط غير المعالج، وكذلك مخلفات المطاط المعالجة بصورة بسيطة في خلاطات بانبري؛
- يتعين إما إعادة تدوير منتجات المطاط المعالجة أو غير المستوفية المواصفات في المنشأة أو إعادة استخدامها (من خلال التقطيع) لعمل منتجات أخرى؛
- يتعين إعادة طحن الرقائق (الخردة) الناتجة من اللدائن الحرارية وخلطها بمواد بكر؛
- إذا كان التدوير أو إعادة الاستخدام غير ممكن، يتعين التخلص من مخلفات المطاط (ويتضمن ذلك رقائق اللدائن "الخردة" التي تم تسخينها أكثر من اللازم) وفقاً لتوصيات إدارة المخلفات الصناعية الواردة في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.**

1.2 الصحة والسلامة المهنية

تعتبر الآثار الخاصة بالصحة والسلامة المهنية أثناء بناء مصانع المنتجات المعدنية والبلاستيكية والمطاطية شائعة بالنسبة لمعظم المنشآت الصناعية وقد تمت مناقشة سبل تجنب هذه الآثار ومكافحتها في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.**

1.2.1 المعادن (الفلزات)

تتضمن القضايا الخاصة بالصحة والسلامة المهنية المرتبطة بتصنيع المنتجات المعدنية، بصورة أساسية، ما يلي:

- المخاطر الكيميائية
- المخاطر الجسمانية
- الضوضاء
- الإشعاع

المخاطر الكيميائية

قد يتعرض العمال لاستنشاق مواد كيميائية خطرة أو قد يتعرضون لإصابات جلدية من جراء هذه المواد المستخدمة

أثناء تصنيع المنتجات المعدنية، وخاصة أثناء عمليات التكلس، وتجهيز الأسطح، والتشطيب.وقد تتضمن هذه المواد التي يتم استنشاقها أدخنة تحتوي على معادن وأكاسيد فلزية ومركبات عضوية وغير عضوية وجسيمات وغبار ومركبات عضوية متطايرة. وقد تتضمن المواد الخطرة على الجلد مواد مثيرة للحساسية (على سبيل المثال، الكروم والنيكل والرصاص والبريليوم).ويتعين التعامل مع المواد الكيميائية الخطرة بناءً على نتائج تحاليل السلامة المهنية، والاستقصاء الخاص بالوقاية الصحية الصناعية، ووفقاً لإرشادات الصحة والسلامة المهنية الواردة ضمن **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** وتتضمن تدابير الحماية تدريب العمال، ونظام تصاريح العمل، واستخدام معدات الحماية الشخصية (*PPE*). وتتضمن إجراءات الوقاية من مخاطر التعرض لالانبعاثات الهوائية ومكافحتها أثناء تصنيع المنتجات المعدنية.

- استخدام المعدات الآلية. وفي حالة الحاجة إلى مشغل، يمكن توفير كابينة مغلقة مزودة بوسيلة تهوية.
- استخدام الأغطية والكمامات المتحركة أثناء العمليات حيث يتعرض العامل لانبعاثات قد تكون ضارة (على سبيل المثال، اللحام).
- استخدام أنظمة سحب وإعادة تدوير الانبعاثات الهوائية (على سبيل المثال، أثناء التسقية، وتشطيب الأسطح).

المخاطر الجسمانية

تتضمن المخاطر الجسمانية التعرض لمخاطر استخدام أدوات وآلات قطع المعادن وتشكيلها التي تتعرض لها أيدي العمال، وكذلك التعرض لمخاطر الجزيئات المعدنية المتطايرة (على سبيل المثال، الرقائق المعدنية المتأتية من عمليات الآلات) التي من الممكن أن تؤذي العين. كما أن الحرارة والبرودة والضغوط الناشئة عن تنظيم بيئة ظروف العمل قد تؤدي إلى أضرار جسمانية. وفي الغالب يتعين نقل المواد الثقيلة أو البراميل التي تحوي مثل هذه المواد بواسطة ونش أو لودر شوكة. وتحتوي **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** على إرشادات بشأن التعامل مع المخاطر الجسمانية.

الضوضاء

تتميز عمليات تصنيع المنتجات المعدنية في الأساس بأنها تسبب ضوضاء بسبب العدد الكبير من المعدات الميكانيكية المستخدمة والأعمال الكثيرة التي يتم القيام بها. و تحتوي **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** على إرشادات بشأن التعامل مع الضوضاء.

الإشعاع

قد يتعرض المشغلون لمخاطر إشعاع أثناء اللحام. وهناك بعض طرق اللحام (تتضمن أساليب اللحام باستخدام قوس اللحام، والبلازما "غاز متأين"، والليزر، وشعاع الإلكترون) التي من خلالها يتم استخدام كميات هائلة من الطاقة تؤدي إلى تولد إشعاع قد يكون خطراً على المشغل. ولا بد من استخدام الأساليب الآلية، إن أمكن، أو معدات الحماية الشخصية الكافية لحماية المشغل من الإشعاع. ويتضمن أحد مصادر الإشعاع الأخرى المحطات التي تصدر عنها الأشعة السينية للرصد المستمر لجودة المنتج. وتتضمن **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** الأساليب الموصى بها للتعامل مع مخاطر الإشعاع المؤين.

1.2.2 اللدائن (البلاستيك) والمطاط

تتضمن القضايا الخاصة بالصحة والسلامة المهنية المرتبطة بتصنيع

المنتجات البلاستيكية والمطاطية، بصورة أساسية، ما يلي:

- المخاطر الجسمانية
- المخاطر الكيميائية

المخاطر الجسمانية

تتشابه العديد من المخاطر الجسمانية في عمليات معالجة البلاستيك والمطاط مع تلك المخاطر الموجودة في عمليات تصنيع المنتجات المعدنية، لذا يتعين التعامل معها بالأسلوب الذي تم تحديده في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.**

غير أنه قد يتم التعامل مع بعض المخاطر الجسمانية الخاصة بهذه الصناعة على وجه التحديد كما سيرد أدناه:

- استخدام نظم فصل التيار الكهربائي والكوابح الميكانيكية لوقف دوران النصل عندما يقترب العامل من النصل/الأجزاء الدوارة؛
- تركيب مفاتيح توقف أثناء حالات الطوارئ يسهل الوصول إليها في محطات التشغيل؛
- استخدام الحرس لمنع الوصول إلى الفتحات المغذية بالمواد ونقاط الصرف القريبة من الأجزاء الدوارة من الآلات، والقواطع، والأنصال، والقلاووظ/المنجنيق. ولتسهيل عملية الصيانة، يمكن استخدام مشابك معوقة لمنع الوصول إلى معدات التحبيب والتكبيب والصب.
- استخدام الحواجز أو البوابات للحماية من المواد المتطايرة من فتحات تغذية الآلات.
- استخدام الإجراءات واللافتات التحذيرية، بالإضافة إلى إرشادات أخرى لمنع حدوث المخاطر الجسمانية والتحكم فيها كما ورد في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.**

المخاطر الكيميائية

الحرائق والانفجارات

قد تؤدي الحرائق في منشآت تصنيع البلاستيك إلى أدخنة سوداء خطيرة وغازات سامة تتضمن ثاني أكسيد الكربون. وقد تنتشر الحرائق بسرعة ويكون من الصعب إطفاؤها. ويتعين التحكم في مصدر الاشتعال من خلال منع الأدخنة والأعمال التي تؤدي إلى حرائق في المناطق العالية المخاطر. وتحتوي **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** على مزيد من المعلومات بشأن التخطيط للطوارئ والاستجابة لها في حالة الحريق وعمليات الإخلاء.

غبار البولمرات (اللدائن): ينتج عن معدات التحبيب غبار دقيق غالباً ما يكون قابلاً للاشتعال. فإذا علق هذا البخار في الهواء بتركيز عال وأشعل، فمن المحتمل أن يؤدي إلى انفجار ومن الممكن أن تتولد تركيزات عالية من غبار البولمرات بالقرب من معدات التحبيب عند معالجة اللدائن الصلبة الرغوية (المعالجة بالفوم)، وعند فصل الحبيبات الخشنة والناعمة بصورة ميكانيكية بالغربلة. وقد تتجمع مساحيق ناعمة على الجدران الرأسية، وعلى الأسطح الأفقية ولا يستطيع عمال الإشراف الداخلي الوصول إليها بصورة تقليدية. وعلى الرغم من أن بعضاً من غبار البولمرات يتكون بصورة دائمة، فإن ذلك يصبح خطراً إذا كانت المادة صلبة (على سبيل المثال، إذا كانت درجة الحرارة اللازمة لتحولها إلى مادة زجاجية أعلى

من درجة حرارة الغرفة). وتزداد حدة الخطر بالنسبة للمواد الرغوية (المعالجة بالفوم) بسبب ضعف مقاومتها للتهشم.

وتتضمن التدابير ذات الصلة لمنع ومكافحة هذا الخطر ما يلي:

- يتعين تصميم المنشآت بما يسمح تجنب تكوين أو الحد من تكوين أسطح يتجمع عليها أو يلتصق بها غبار البولمرات (على سبيل المثال، بسبب القوى الكهروستاتية)؛
- يتعين الحد من تكوين الغبار من خلال الصيانة السليمة لسكاكين القواطع وبيئة العمل.
- التخلص من مصادر الاشتعال. أي يتعين توصيل الأجزاء المعدنية أرضياً لتقليل الشرار الذي يتكون بسبب الكهربة الساكنة. كذلك يتعين منع استخدام مصادر الاشتعال المفتوحة والأدخنة. ويتعين تركيب جهاز فصل مغناطيسي لتقليل مخاطر دخول القطع المعدنية إلى جهاز التحبيب.

<u>البنتان</u>: من المعتاد أن تحتوي كرية البوليسترين الخام القابلة للتمدد على البنتان، وهو غاز شديد الاشتعال. وينطلق البنتان أثناء تخزين ونقل البوليسترين القابل للتمدد ومن المنتجات التامة الصنع لمدة قصيرة بعد التصنيع. وتتضمن التدابير ذات الصلة لمنع ومكافحة هذا الخطر ما يلي:

- وجود نظام لتصاريح العمل في مناطق تخزين البولي سترين القابل للتمدد؛
- منع التدخين في أي مكان يتم فيه تصنيع أو استخدام أو تخزين كريات البولي سترين القابل للتمدد؛
- أثناء مرحلة ما قبل التمدد، يُخلط غاز البنتان مع بخار يقلل من قابليته للاشتعال؛ ويتعين عمل تهوية للبنتان/ للبخار؛
- يتعين توصيل قنوات (دكتات) التوصيل أرضياً، ويتعين نقل المنتج بسرعة بطيئة، لتقليل توليد الكهربة الساكنة؛
- يتعين تخزين الكريات القابلة للتمدد والأشكال التي لم يتم تصنيعها في مكان جيد التهوية. وفي شوّن الإنضاج، قد تتولد خلطات قابلة للانفجار في المنطقة الأعلى. لذا يتعين أن تكون الشونة موصلة أرضياً ويتعين أن تكون جيدة التهوية لجعل مستوى غاز البنتان أقل من حد الانفجار الأدنى. ويتعين أن تُوضع البضاعة التامة الصنع في مكان جيد التهوية وآمن ضد الحريق بعد عملية الصب؛
- يتعين أن تكون المفاتيح الكهربائية، وأجهزة الإضاءة، والمحركات، ومراوح التهوية، والأجهزة الكهربائية المحمولة مناسبة في الأماكن التي قد يكون فيها أبخرة قابلة للاشتعال؛
- قد يؤدي قطع الأسلاك الساخنة إلى اندلاع حرائق. لذلك يتعين أن يكون نظام النقل باستخدام البكرة متشابك، وبالتالي إذا توقف السير، ينقطع التيار الكهربائي عن السلك؛
- يتعين استخدام شاشة لمراقبة الغاز لتحديد أماكن غاز البنتان الخطرة، ومراقبة التركيزات.
- يتعين أن يوجد نظام إطفاء حريق في أماكن مناولة البولي سترين القابل للتمدد بحيث يتم تصميم هذا النظام بناءً على نتائج تحليل المخاطر.

جودة الهواء والتعرض للمخاطر الجلدية

قد يتولد الغبار أثناء استخدام الآلات في الأجزاء الخام وتشطيبها، وكذلك أثناء إصلاح الأجزاء التي بها تلف. كما أن

عملية التركيب (الخلط) في درجة حرارة الغرفة بالنسبة للعمليات غير التفاعلية قد تؤدي إلى انبعاث غبار. وقد يكون الغبار دقيق للغاية، ومن المرجح أنه قابل للاستنشاق. أما وجود المونمرات غير المتفاعلة فقد يثير القلق، خاصة بالنسبة للراتنج المستند إلى الستايرين.

وتتضمن المصادر الرئيسية لانبعاثات المركبات العضوية المتطايرة المكونات ذات درجات الغليان المنخفضة (على سبيل المثال، المذيبات، والمونمرات المنحبسة)، والتحلل الحراري لمعظم المركبات المتغيرة. وتزداد كميات انبعاثات المركبات العضوية المتطايرة مع زيادة درجة الحرارة.

لا تعتبر البولمرات (اللدائن) الحرارية بصورة عامة ضارة بصحة العمال. غير أن تراكيب الراتنج في العمليات المتفاعلة لمنتجات اللدائن الصلبة بالحرارة من الممكن أن تحتوي على مواد خطرة. كما أن مادة الإيبوكسي أو المواد المعالجة (مواد الإنضاج) أو المثبتات تتسم بأن ضغط البخار فيها منخفض، وعادة لا ينتج عنها مواد خطرة محمولة في الهواء ما لم تكن في خليط يتم رشه أو معالجته عند درجات حرارة مرتفعة. ومع ذلك فإمكانية التعرض لمخاطر جلدية مرتفعة، خاصة بالنسبة للأمينات العطرية، التي قد تخترق العديد من قفازات الحماية شائعة الاستخدام.

كما أن الأيزوسيانات الموجودة في البولي ريثان من الممكن أن تمثل مخاطر كبيرة على التنفس، وكذلك مخاطر جلدية. وبالنسبة للراتنجات الفينولية والأمينية، فإن كل من الفينول والفورمالديهد يمثلان مخاطر. كما أن راتنجات فورمالديهد اليوريا والميلامين تمثل مخاطر مماثلة. وبالتالي يتعين الانتباه بصورة خاصة في عمليات المعالجة عندما يحدث تحلل بالحرارة لمنتجات البولي ريثان، مثل اللحام، وإزالة الورنيش العازل للكهرباء بالحرارة، وقطع الفوم (الإسفنج الصناعي) بالسلك الساخن.

وقد يكون هناك عدد من المذيبات في عملية المعالجة التفاعلية للدائن الصلبة بالحرارة. وقد يتم إدخالها في مكان العمل كجزء من الراتنج أو المادة المعالجة (مادة الإنضاج) أثناء عملية التصنيع، أو كجزء من عملية التنظيف.

وتتضمن التدابير ذات الصلة لمنع ومكافحة التعرض للمخاطر المهنية ما يلي:

- يتعين القيام بعملية العزل (على سبيل المثال، عزل المخازن، وفصل مناطق المعالجة، والإغلاق، والأنظمة المغلقة)، وكذلك ضمان التهوية للعوادم الداخلية كأدوات رقابة هندسية أولية في عمليات تصنيع البلاستيك المطاط. ويتعين تنفيذ إجراءات الرقابة في مناطق التركيب والخلط؛ ومناطق الإنضاج بالحرارة ويتضمن ذلك أوعية التعقيم؛ ومناطق التشطيب والإصلاح؛ والتحكم في الغازات المنبعثة من الوحدات الحرارية (الثيرمات) الخارجية.
- يتعين تركيب أنظمة كافية لرقابة التهوية، وأجهزة لامتصاص العوادم والكربون المنشط لمنع تعرض المشغل للسميات، والغبار والألياف. يتعين توفير التهوية الكافية ويتعين تغيير الهواء 6 مرات في الساعة على الأقل.
- يتعين استخدام تهوية جيدة في أماكن العمل للحفاظ على معدل تركيز الإيزوسيانات عند أقل من 25% من التركيز الذي من الممكن أن يؤدي إلى آثار ضارة.

- يتعين ضبط وقت بقاء تركيبة البولمرات المستخدمة في البراميل ودرجة حرارة معالجتها لتقليل تسخين اللدائن أكثر من اللازم ومنع تولد الأدخنة.

- يتعين القيام "بإطفاء توهج" الفوهات، والقوالب المجمعة، وأدوات الحقن، وصمامات نقل المواد، وألواح فواصل فلاتر الأغطية، وكذلك إطفاء المواد المتصلبة أثناء عملية الاستخراج باستخدام وحدات التحلل الحراري، أو بأي وسيلة أخرى تمنع التعرض للأدخنة.

- عند القيام بمعالجة مواد حساسة للحرارة (على سبيل المثال، الأسيتال، وكلوريد البوليفينيل PVC)، يتعين وضع إجراءات طوارئ واضحة تتضمن إمكانية القيام بإخلاء المناطق المتأثرة. وقد ينطلق الفورمالديهد أو كلوريد الهيدروجين من التحلل السريع للبولمرات في البرميل.

- يتعين رصد ومراقبة درجات الحرارة في جميع أقسام خط الإنتاج. ويتعين تركيب مزدوجات حرارية كافية ويُعتمد عليها للتحقق من معالجة المواد عند درجات الحرارة الصحيحة. ويُوصى بأدوات تحكم للتفاضل والتكامل النسبي أو أنظمة حرارة تتم مراقبتها باستخدام الكومبيوتر لتقليل التقلبات الحرارية الدوارة المسؤولة عن عدم الاستقرار وإطلاق الأدخنة.

- يتعين ارتداء قفازات، وملابس واقية، كما يتعين حماية العين، وارتداء غير ذلك من معدات الحماية الشخصية، خاصة عند العمل مع الراتنجات، ومواد المعالجة (الإنضاج)، والمذيبات.

- اختيار واستخدام وصيانة وتنظيف معدات الحماية الشخصية بصورة صحيحة. ويعتبر توفير القفازات الكافية في غاية الأهمية بسبب خواص الاختراق التي تتمتع بها المواد الكيمائية الصناعية.

- يتعين استخدام الكمامات عند احتمال ارتفاع مستويات المذيبات والغبار المحمول في الهواء (على سبيل المثال، أثناء خلط الراتنج، وأعمال التشطيب/الإصلاح)، حيث تكون هناك أعمال يدوية كثيرة وأعمال على مساحات سطحية كبيرة، وكذلك عند وجود وحدات حرارية (ثرمات) خارجية، وعند تولد أو مناولة المواد المستندة إلى البولي ريثان عند درجة حرارة قد تؤدي إلى تحلل البولمرات؛

- يتعين أن يقوم مورد/موزع المركبات بتوفير بيان للمشغلين يتضمن معلومات عن الحماية من المواد المستخدمة.

1.3 صحة وسلامة المجتمعات المحلية

تعتبر الآثار الخاصة بصحة وسلامة المجتمعات المحلية أثناء بناء وتشغيل وتوقف مصانع المنتجات المعدنية والبلاستيكية والمطاطية شائعة بالنسبة لمعظم المنشآت الصناعية وقد تمت مناقشتها في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.**

2.0 مؤشرات الأداء ورصده

2.1 البيئة

إرشادات بشأن الانبعاثات والنفايات السائلة

يقدم جدولي 5، و6 إرشادات بشأن الانبعاثات والنفايات السائلة الخاصة بعمليات تصنيع المنتجات المعدنية والبلاستيكية

والمطاطية. وتعتبر القيم الإرشادية بالنسبة للانبعاثات والنفايات السائلة المتأتية من عمليات المعالجة مؤشرات ذات دلالة توضيحية للممارسات الدولية لهذه الصناعة كما يتضح من المعايير ذات الصلة الخاصة بالبلدان التي لديها أطر تنظيمية معترف بها. ويمكن الالتزام بهذه الإرشادات في ظروف التشغيل المعتادة في المنشآت التي يتم تصميمها وتشغيلها بصورة صحيحة من خلال تطبيق أساليب الوقاية من التلوث ومكافحته التي تمت مناقشتها في الأقسام السابقة من هذه الوثيقة. ويتعين تحقيق هذه المستويات، دون أي خلل فيها، بواقع 95 % على الأقل من وقت تشغيل المصنع أو الوحدة، على أن يُحتسب هذا المعدل كنسبة من ساعات التشغيل السنوية. ويتعين تبرير الانحراف عن هذه المعايير بسبب ظروف محددة خاصة بالمشروعات المحلية في تقرير التقييم البيئي.

وتنطبق الإرشادات الخاصة بالنفايات السائلة بالنسبة للصرف المباشر للنفايات السائلة المعالجة على المياه السطحية للاستخدام العام. ويجوز تحديد مستويات للصرف خاصة بالموقع بصورة محددة بناءً على توافر النظم العامة لمعالجة وتجميع مياه الصرف ووجود ظروف مواتية لاستخدامها أو، في حالة التصريف مباشرة إلى المياه السطحية، يكون تحديد هذه المستويات بناءً على تصنيف استخدام المياه المستلمة كما ورد في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**.

وتنطبق الإرشادات الخاصة بالانبعاثات على الانبعاثات المتأتية من عمليات المعالجة. وتتناول **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة الإرشادات الخاصة بانبعاثات مصادر الاحتراق المرتبطة بأعمال توليد الحرارة والطاقة من مصادر بها قدرة على توليد مدخلات حرارية تعادل أو أقل من 50 ميغاوات حراري (MWth) مع تناول الانبعاثات المتأتية من مصادر الطاقة الأكبر في هذه الإرشادات الخاصة بالطاقة الحرارية**. وتحتوي **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** على إرشادات بشأن الاعتبارات ذات الصلة بناءً على إجمالي حمل الانبعاثات.

الجدول 5: مستويات الانبعاثات الهوائية أثناء عملية تصنيع المنتجات المعدنية والبلاستيكية والمطاطية

الملوثات	الوحدات	القيمة الإرشادية
المركبات العضوية المتطايرة ـ تنظيف السطح	مجم/متر مكعب معتاد	20-75[1]
المركبات العضوية المتطايرة ـ طلاء المعادن والبلاستيك	مجم/متر مكعب معتاد	100 (حتى 15 طن/سنة من استهلاك المذيبات)، 75 (أكثر من 15 طن/سنة من استهلاك المذيبات)، 50 (عمليات التجفيف)
المركبات العضوية المتطايرة ـ تحوّل المطاط	مجم/متر مكعب معتاد	20[2]
إجمالي الكربون الحيوي ـ فلكنة المطاط	مجم/متر مكعب معتاد	80
هيدروكربون مهلجن متطاير معالجات الأسطح المعدنية	مجم/متر مكعب معتاد	20
جسيمات معالجات الأسطح المعدنية	مجم/متر مكعب معتاد	5
جسيمات ـ معالجة البلاستيك	مجم/متر مكعب معتاد	3

كلوريد الهيدروجين	مجم/متر مكعب معتاد	10
أكاسيد النيتروجين (^{3})	مجم/متر مكعب معتاد	350
الأمونيا	مجم/متر مكعب معتاد	50

ملاحظات:

1. كوسيط مدته 30 دقيقة للمصادر المحتواة. 20 مج/متر مكعب معتاد بالنسبة للنفايات الغازية من تنظيف السطح باستخدام المركبات العضوية المتطايرة المصنفة على أنها مسرطنة، أو مُطفِّرة، أو سامة بالنسبة للتكاثر (عبارات الخطر: R45, R 46, R 49, R 60, R 61) مع تدفق كتلة أكبر من أو تساوي 10 جرام/ساعة، أو المواد العضوية المتطاير المهلجنة المصنفة بعبارة خطر R 40، وبها تدفق كتلة أكبر من أو يساوي 100 جرام/ساعة)؛ و 75 مجم/متر مكعب معتاد بالنسبة للنفايات الغازية من عمليات تنظيف السطح الأخرى.

2. منشآت تستهلك مذيبات تزيد على 15 طن/سنة

3. هواء جاف عند 11% أكسجين

الجدول رقم 6: مستويات الانبعاثات الهوائية أثناء عملية تصنيع المنتجات المعدنية والبلاستيكية والمطاطية

الملوثات	الوحدات	القيمة الإرشادية
درجة الحموضة	وحدات الامتصاص	6 – 9
أكاسيد الكربون	مجم/لتر	250
مواد صلبة عالقة	مجم/لتر	50 (طلاء بالكهرباء)
زيوت وشحوم	مجم/لتر	10
ألومونيوم	مجم/لتر	3
الزرنيخ	مجم/لتر	0.1
الكادميوم	مجم/لتر	0.1
الكروم (إجمالي)	مجم/لتر	0.5
الكروم (سداسي التكافؤ)	مجم/لتر	0.1
النحاس	مجم/لتر	0.5
حديد	مجم/لتر	3
رصاص	مجم/لتر	0.2
زئبق	مجم/لتر	0.01
نيكل	مجم/لتر	0.5
فضة	مجم/لتر	0.2
قصدير	مجم/لتر	2
زنك (خارصين)	مجم/لتر	2
سيانيد (المجموع)	مجم/لتر	1
سيانيد (حر)	مجم/لتر	0.2

الجدول رقم 6: مستويات الانبعاثات الهوائية أثناء عملية تصنيع المنتجات المعدنية والبلاستيكية والمطاطية

الملوثات	الوحدات	القيمة الإرشادية
الأمونيا	مجم/لتر	10 20(طلاء بالكهرباء)
فلوريدات (الفحم الحجري الفلوريدي)	مجم/لتر	20
فينولات	مجم/لتر	0.5
مجموع النيتروجين	مجم/لتر	15
مجموع الفوسفور	مجم/لتر	5
الكبريتات	مجم/لتر	1
الهالوجينات العضوية المتطايرة	مجم/لتر	0.1
درجة السمية	تُحدد على أساس كل حالة	
زيادة درجة الحرارة	درجة مئوية	< 3[1]

[1] على حافة منطقة الخلط المحددة بصورة علمية التي تأخذ في الاعتبار نوعية المياه المحيطة، واستخدام المياه التي يتم الحصول عليها، والمستقبلات الممكنة، والطاقة الاستيعابية (القدرة على التطهير).

استخدام الموارد

يقدم جدول 7 أمثلة عن مؤشرات استهلاك الموارد بالنسبة للطاقة والمياه في هذا القطاع. و يتم تقديم القيم الاسترشادية في قطاع الصناعة لأغراض المقارنة فقط، ويتعين أن يستهدف كل مشروع على حدة تحسيناً مستمراً في هذه المجالات.

الجدول رقم 7 – استهلاك الموارد والطاقة		
المدخلات حسب وحدة المنتج	الكمية الموجودة في وحدة الكتلة	المؤشرات الاسترشادية في الصناعة
الطاقة (المعادن المصنعة)		
علم تعدين المساحيق	الجزء التام الصنع غ ج /ط (GJ/t)	28-30
الإخراج البارد/ الساخن	الجزء التام الصنع (GJ/t)	40-42
تشكيل المعادن على الساخن	الجزء التام الصنع (GJ/t)	50
تشغيل آلي	الجزء التام الصنع (GJ/t)	80
الاستخدام المحدد للحرارة – تشكيل الصلب	م ج / ط K/ton/MJ	7
استهلاك الطاقة – تسخين المعادن	جم/ك.و.س	2.7 – 3.5
(لحام لوح صلب 4 مم)	(كيلوجول/متر)	500 – 2,500
الطاقة استهلاك طاقة محددة (منتجات بلاستيك)	و.س/كجم	2.8 – 3.0
التركيب (الخلط)	و.س/كجم	0.6-1.0
الدفع والغشاء الأنبوبي	و.س/كجم	1.0
الحقن والصب الأنبوبي	و.س/كجم	3.0
التشكيل الحراري بالشفط	و.س/كجم	6.0 – 6.5
دفع الفوم	و.س/كجم	0.3
مطاط استهلاك طاقة محددة		
كهربائية	و.س/طن	750
حرارية (وقود)	م. كال/طن Mcals/*ton*	1.25
مياه استهلاك المياه (المتوسط حسب المحطة)	مليون/يوم*Ml/day*	2 - 3
المصادر: وزارة الطاقة الأمريكية؛ الرابطة الكندية لصناعات المطاط، 2003 1997 ؛ والوكالة الأمريكية لحماية البيئة 2005؛ والمكتب الأوروبي المتكامل لمنع ومكافحة التلوث (EIPPCB)2006		

الرصد البيئي

يتعين تنفيذ برامج الرصد البيئي الخاصة بهذا القطاع لتتناول كافة الأنشطة التي تم حصرها والتي من الممكن أن يكون لها أثار هامة على البيئة أثناء العمليات المعتادة والظروف غير المواتية. ويتعين أن تستند أنشطة الرصد البيئي على المؤشرات المباشرة أو غير المباشرة للانبعاثات والنفايات السائلة واستخدام الموارد المطبقة على المشروع المحدد.

ويتعين أن يتم الرصد بصورة دورية تكفي لتقديم بيانات تأكيدية بشأن المحددات التي يتم رصدها. ويتعين القيام بالرصد من خلال أفراد مدربين وبإتباع إجراءات الرصد وحفظ السجلات واستخدام معدات تتم معايرتها وصيانتها بصورة سليمة. كما يجب تحليل بيانات الرصد ومراجعتها على فترات دورية

ومقارنتها مع معايير التشغيل حتى يتسنى اتخاذ أي إجراءات تصحيحية ضرورية. وتحتوي **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** على إرشادات إضافية بشأن الطرق المعمول بها الخاصة بأخذ العينات والأساليب التحليلية بشأن الانبعاثات والنفايات السائلة.

2.1 الصحة والسلامة المهنية

إرشادات بشأن الصحة والسلامة المهنية

يتعين تقييم أداء الصحة والسلامة المهنية مقابل معايير التعرض للمخاطر المنشورة دولياً، التي تتضمن أمثلة عنها إرشادات عن قيمة الحد الأقصى المقبول للتعرض للمخاطر المهنية (*TLV*®)، أو مؤشرات التعرض البيولوجية (*BEIs*®) التي قام بنشرها المؤتمر الأمريكي لخبراء الصحة المهنية الحكوميين (*ACGIH*) [4] أو الدليل الجيبي للمخاطر الكيميائية الذي قام بنشره المعهد الوطني الأمريكي للصحة السلامة والمهنية (*NIOSH*) [5] ، أو حدود التعرض المسموح بها (*PELs*) التي قامت بنشرها إدارة الصحة والسلامة المهنية الأمريكية (*OSHA*) [6] ، أو القيم الإيضاحية لحدود التعرض للمخاطر المهنية التي قامت بنشرها الدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي [7] ، أو مصادر أخرى.

معدلات الإصابات والوفيات

يتعين أن تعمل المشروعات على تقليل عدد الإصابات بين العاملين فيها (سواء كانت عمالة مباشرة أو عن طريق عقود من الباطن) إلى صفر، خاصة الحوادث التي يمكن أن تؤدي إلى عدم القدرة على العمل، أو مستويات مختلفة من العجز، أو حتى الوفاة وقد يتم قياس معدلات المنشآت قياساً ترتيبياً مقابل أداء المنشآت في هذا القطاع في البلدان المتقدمة من خلال الرجوع إلى المصادر المنشورة (على سبيل المثال، مكتب إحصاءات العمل الأمريكي، وإدارة الصحة والسلامة في المملكة المتحدة) [8] .

رصد الصحة والسلامة المهنية

يتعين أن تكون بيئة العمل في المشروع المحدد مناسبة للحد من المخاطر المهنية. ويتعين تصميم عملية الرصد وتنفيذها من خلال مهنيين معتمدين [9] في إطار برنامج رصد الصحة والسلامة المهنية. كما يجب على المنشآت الاحتفاظ بسجل للحوادث والأمراض المهنية والحالات والحوادث المهنية الخطيرة. و تحتوي **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** على إرشادات إضافية بشأن برامج رصد الصحة والسلامة المهنية.

[4] متاح على: http://www.acgih.org/store/ and http://www.acgih.org/TLV/

[5] متاح على: http://www.cdc.gov/niosh/npg/

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

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

[8] متاح على: http://www.bls.gov/iif/ and http://www.hse.gov.uk/statistics/index.htm

[9] قد تضم مظلة المهنيين المعتمدين خبراء معتمدين في الصحة الصناعية، أو خبراء صحة مهنية مسجلين، أو مهنيين معتمدين متخصصين في السلامة أو ما شابه ذلك.

3.0 ثبت المراجع ومصادر إضافية

Environment Australia. 1999. National Pollution Inventory. Emission Estimation Technique Manual for Galvanizing, Version 1.1, 8 February 2001. Canberra: Commonwealth of Australia. Available at http://www.npi.gov.au/handbooks/approved_handbooks/pubs/galvanising.pdf

Environment Australia. 1999. National Pollution Inventory. Emission Estimation Technique Manual for Electroplating and Anodising. Canberra: Commonwealth of Australia. Available at http://www.npi.gov.au/handbooks/approved_handbooks/pubs/electro.pdf

European Commission. 1999. European Union Council Directive 1999/13/EC of 11 March 1999 on the Limitation of Emissions of Volatile Organic Compounds due to the Use of Organic Solvents in Certain Activities and Installations. Brussels: European Commission. Available at http://europa.eu/scadplus/leg/en/lvb/l28029b.htm

Environment Australia. 1999. National Pollution Inventory. Emission Estimation Technique Manual for Surface Coating. Canberra: Commonwealth of Australia. Available at http://www.npi.gov.au/handbooks/approved_handbooks/pubs/fsurfc.pdf

European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau (EIPPCB). 2001. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Best Available Techniques in the Ferrous Metal Processing Industry. Seville: EIPPCB. Available at http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm

European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau (EIPPCB). 2001. IPPC Reference Document on Best Available Techniques in the Non-Ferrous Metals Processes. Seville: EIPPCB. Available at http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm

European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau (EIPPCB). 2006. IPPC Reference Document on Best Available Techniques (BAT) in the Surface Treatment of Metals and Plastics. Seville: EIPPCB. Available at http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm

European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau (EIPPCB). 2007. IPPC Reference Document on Best Available Techniques (BAT) on Surface Treatment using Organic Solvents. Seville: EIPPCB. Available at http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm

Helsinki Commission (HELCOM). 2002. Reduction of Discharges and Emissions from Metal Surface Treatment. Recommendation 23/7. Helsinki: HELCOM. Available at http://www.helcom.fi/Recommendations/en_GB/rec23_7/

Industrial Accident Prevention Association (IAPA). An Industry Analysis by Firm Size (2002 versus 2001), EIW Snapshot Data as of 12/2002 and 12/2001. Mississauga, ON: IAPA. Available at http://www.iapa.ca/business/sb_industry_stats.asp#industry

NorthEast Waste Management Officials Association (NEWMOA). 1998. Pollution Prevention in Metal Painting and Coating Operations. Boston, MA: NEWMOA. Available at http://www.newmoa.org/publications/#hw

NorthEast Waste Management Officials Association (NEWMOA). 1998. Pollution Prevention in Metal Finishing. Boston, MA: NEWMOA. Available at http://www.newmoa.org/publications/#hw

NorthEast Waste Management Officials Association (NEWMOA). 1998. Pollution Prevention in the Primary Metals Industry. Boston, MA: NEWMOA. Available at http://www.newmoa.org/publications/#hw

The Rubber Association of Canada. 1997. Energy Efficiency Opportunities in the Canadian Rubber Industry. In collaboration with Natural Resources Canada. Mississauga, Canada. Available at http://oee.nrcan.gc.ca/infosource/pdfs/M92-137-1997E.pdfUnited Kingdom Health and Safety Executive (HSE). 2005. Table 1: List of approved workplace exposure limits. EH40/2005 Workplace exposure limits. London: HSE. Available at http://www.hse.gov.uk/coshh/

United States (US) Department of Energy. 2003. Supporting Industries Energy and Environmental Profile. Prepared for Oak Ridge National Laboratory and US Department of Energy,

Industrial Technologies Program. Available at http://www.eere.energy.gov/industry/energy_systems/pdfs/si_profile.pdf

US EPA. 1974. Code of Federal Regulations, Title 40: Protection of Environment. Part 428 – Rubber Manufacturing Point Source Category. Washington, DC. Office of the Federal Register. Available at http://www.epa.gov/epacfr40/chapt-I.info/

US EPA. 1981. Code of Federal Regulations, Title 40: Protection of Environment. Part 413 – Electroplating Point Source Category. Washington, DC. Office of the Federal Register. Available at http://www.epa.gov/epacfr40/chapt-I.info/

US EPA. 1983. Code of Federal Regulations, Title 40: Protection of Environment. Part 433 – Metal Finishing Point Source Category. Washington, DC. Office of the Federal Register. Available at http://www.epa.gov/epacfr40/chapt-I.info/

US EPA. 1984. Code of Federal Regulations, Title 40: Protection of Environment. Part 463 – Plastics Molding and Forming Point Source Category. Washington, DC. Office of the Federal Register. Available at http://www.epa.gov/epacfr40/chapt-I.info/

US EPA. 1993. Code of Federal Regulations. Title 40: Protection of Environment. Part 60 - Standards of Performance for New Stationary Sources. July 1, 1993. Washington, DC. Office of the Federal Register. Available at http://www.epa.gov/epacfr40/chapt-I.info/

US EPA. 1994. Code of Federal Regulations, Title 40: Protection of Environment. Part 63 – National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Source Categories. Washington, DC. Office of the Federal Register. Available at http://www.epa.gov/epacfr40/chapt-I.info/

US EPA. 1995. Profile of the Fabricated Metal Products Industry. EPA Office of Compliance Sector Notebook Project. EPA/310-R-95-007. Washington, DC: US EPA. Available at http://www.epa.gov/compliance/resources/publications/assistance/sectors/notebooks/fabmetsnpt1.pdf

United States (US) Environmental Protection Agency (EPA). 2005. Profile of the Rubber and Plastics Industry. 2nd Edition. EPA Office of Compliance Sector Notebook Project. Profile EPA/310-R-05-003. Washington, DC: US EPA. Available at http://www.epa.gov/compliance/resources/publications/assistance/sectors/notebooks/rubplasn.pdf

الملحق ألف: وصف عام لأنشطة الصناعة

تصنيع المنتجات المعدنية

يمكن تجميع عمليات تصنيع المعادن التي تم تناولها في هذه الإرشادات في مرحلتين رئيسيتين، هما التشكيل (ويتضمن ذلك المعالجات الحرارية)، والتشطيب (ويتضمن ذلك معالجات الأسطح، وتنظيف وطلاء المعادن). وتتم تغطية عمليات صب وقولبة المعادن في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة الخاصة بالمسابك.**

المعالجات الحرارية وتشكيل المعادن

تنطوي عملية المعالجة بالحرارة على تغيير الخواص الطبيعية للمنتج المعدني من خلال استخدام دورات تسخين وتبريد مراقبة (على سبيل المثال، التسقية، والتطويع، والتطبيع). ويمكن العمل على المعدن على الساخن أو البارد أو الاثنين معاً للوصول إلى شكل محدد. وأثناء تشوه المنتج على الوضع البارد، يمكن استخدام معالجة متوسطة بالحرارة (على سبيل المثال، تلدين) للتخلص من حالة الصلابة والحفاظ على ليونة المادة المعدنية وقابليتها للطرق، ويمكن تكرار هذه الخطوة عدة مرات حسب الخواص المحددة للسبيكة. وبعد المعالجة بالحرارة، يتم تنظيف السطح من الصدأ والقشور المعدنية والصفائح الرقيقة (الخردة). وفي العادة يتم استخدام سوائل قطع (تبريد) في عمليات تصنيع المعادن (على سبيل المثال، جليكول الإيثيلين)، ومذيبات وأحماض وقلويات ومعادن ثقيلة لإزالة الشحوم والتنظيف. وفي العادة تُستخدم الزيوت عند تشكيل وقطع المعادن.

اللحام

اللحام هو الطريقة الرئيسية لوصل أجزاء معدنية منفصلة. وهناك أكثر من 20 طريقة للحام، لكن أهم تقنيتين رئيسيتين تغطيان حوالي 70 % تقريباً من جميع أعمال اللحام هما اللحام اليدوي المعدني بالقوس الكهربائي (باستخدام إلكترود "قضيب لحام" مغطى بمادة اللحام القابلة للانصهار) واللحام الغازي باستخدام القوس (على سبيل المثال،اللحام باستخدام التنجستين أو اللحام في جو من الغاز الخامل، أو الماغنسيوم) حيث يكون قضيب اللحام السلكي محمي من الغازات من الهواء الخارجي. وتتضمن تقنيات اللحام الأخرى استخدام لهب أكسي، ومشعل البلازما، والليزر، والحزمة الإلكترونية.

تجهيز السطح

قبل معالجات التشطيب، (على سبيل المثال، الطلاء، أو الترسيب الكيميائي)، يتم تجهيز سطح المعدن من خلال التنظيف أو الأساليب الأخرى لتهيئة الظروف الكيميائية المناسبة للمعالجة النهائية والتشطيب. و قد تتضمن عملية تجهيز السطح السحج (السنفرة) باستخدام مادة كاشطة ومياه مضغوطة بصورة عالية (باستخدام مسحوق سحج مثل الأولومينا أو السيليكا، أو السفع بالهواء و/أو ورق السنفرة (باستخدام المياه أو بدونها للتبريد أو التزلق).

وتتألف محاليل التنظيف من ثلاثة مكونات رئيسية: (1) عوامل بناء (على سبيل المثال، هيدروكسيدات قلوية وكربونات)، تمثل الجزء الأكبر من المادة المنظفة، (2) وإضافات عضوية وغير عضوية تساعد على التنظيف بصورة أفضل أو تؤثر على السطح المعدني بصورة ما، و(3) المواد المتفاعلة مع الأسطح. وفي الغالب تتم الاستعانة بالطرق الميكانيكية والموجات فوق

الصوتية والجهد الكهربائي (على سبيل المثال، التنظيف الكهرلي). كما يمكن الاستعانة بالتنظيف باستخدام المواد القلوية لإزالة الملوثات العضوية.

ويمكن استخدام التنظيف بالأحماض أو الجلي لتجهيز أسطح المنتجات المعدنية بإزالة الأكاسيد والقشور المعدنية من على سطح المعدن بصورة كيميائية. وتتضمن الأحماض المستخدمة أحماض الهيدروكلوريك أو الكبريتيك أو الهيدورفلوريك أو النيتريك. فعلى سبيل المثال، يتم جلي معظم صلب الكربون باستخدام حمض الكبريتيك أو حمض الهيدروكلوريك بينما يتم جلي الستانلس ستيل باستخدام حمض الهيدروكلوريك أو الهيدروفلوريك. وعلى الرغم من استخدام الجلي باستخدام أحماض بصورة شائعة لإزالة القشور المعدنية من منتجات الدلفنة شبه الجاهزة، نجد أن التنظيف باستخدام الأحماض يُستخدم للتجهيز شبه النهائي لأسطح المعادن قبل الطلاء بالكهرباء أو الدهان أو عمليات التشطيب الأخرى.

وفي النهاية، تتضمن عمليات التنظيف الكيميائية المعقدة المتعددة المراحل استخدام مذيبات عضوية لإزالة الشحوم من على أسطح المعادن. أما في عملية التنظيف باستخدام المستحلبات، على سبيل المثال، نلاحظ استخدام المذيبات العضوية المشتركة (على سبيل المثال، الكيروسين، والزيوت المعدنية، والجليكول) مع وسيلة مائية.

تشطيب المعادن

المعالجة الأنودية

المعالجة الأنودية هي عملية تحليل كهربائي من خلالها يتم تحويل سطح المعدن إلى طلاء أوكسيدي قابل للإذابة. ويعتبر الألومونيوم هو أكثر المعادن المستخدمة كمادة أنودية. وتتضمن عملية الأنودة (الطلاء) المشتركة باستخدام الألومونيوم حمض الكروميك وحمض الكبريتيك والأنودة باستخدام حمضي البوريك والكبريتيك. وتعتبر الطريقة التي يتم فيها استخدام حمض الكبريتيك هي الأكثر شيوعاً. وبعد عملية الأنودة، يتم شطف الأجزاء المعدنية في العادة ثم تشميعها. وتتضمن مواد التشميع المشتركة حمض الكروميك، وأسيتات النيكل، وأسيتات نيكل الكوبالت، والمياه الساخنة.

الطلاء بالتحول الكهربائي

تتضمن عملية الطلاء بالتحول الكهربائي استخدام الكرومات والفسفور وتلوين المعادن وعمليات كبت الفاعلية. وتتم عمليات الطلاء بتحول الكرومات على أسطح عديدة من خلال معالجة كيمائية أو كهروكيميائية. وتتفاعل المحاليل، عادة الخطرة، التي تحتوي على الكروم السداسي التكافؤ والمركبات الأخرى مع سطح المعدن لتكون طبقة تحتوي على خليط معقد من المركبات التي تحتوي على الكروم ومكونات أخرى وفلزات قاعدية. أما الطلاء باستخدام الفوسفات، فيمكن أن يتكون من خلال غمس الصلب أو الحديد أو الصلب المطلي بالزنك في سائل مخفف من أملاح الفوسفات، وحامض الفوسفوريك، والكواشف الأخرى لتهيئة السطح لمزيد من المعالجة.

الطلاء بالكهرباء

الطلاء بالكهرباء هو طلاء سطح معدن باستخدام معدن أخر من خلال الترسيب الكهربائي. و تتضمن أعمال الطلاء بالكهرباء استخدام مواد طلاء غير عضوية على الأسطح بصورة رئيسية. أما المعادن والسبائك الأكثر طلاءً بالكهرباء فتتضمن النحاس الأصفر (النحاس- الزنك)، والكادميوم، والكروم، والنحاس، والذهب، والنيكل، والفضة، والقصدير، والزنك. وأثناء عملية الطلاء، تتحول الأيونات الفلزية في المحلول المائي على الأجزاء التي يجري طلاؤها. وفي العادة

يتم تعويض الأيونات الفلزية بإذابة المعدن من خلال الأنودات الصلبة، أو بالتعويض المباشر من المحلول الذي يحتوي على الأملاح أو الأكاسيد الفلزية. وفي الغالب يتم استخدام السيانيد في صورة سيانيد الصوديوم أو البوتاسيوم كعامل مركب بالنسبة لطلاء الكادميوم والمعادن الثمينة، وبدرجة أقل، للمحاليل الأخرى مثل مغاطس النحاس والزنك.

الطلاء (الدهان)

تتضمن عملية الدهان استخدام مواد طلاء عضوية بصورة كبيرة على الجزء المراد طلاؤه لأغراض الحماية و/ أو الديكور. ويتم استخدام الدهان في أشكال عديدة، منها المسحوق الجاف، وتركيبات في محاليل مخففة، وتركيبات محمولة بالماء. وهناك طرق عديدة للاستخدام (على سبيل المثال، الرش أو الترسيب الكهربائي).

الأساليب الأخرى لتشطيب المعادن

التلميع هو عملية سحج تُستخدم لإزالة المواد العالقة على السطح التي تؤثر بالسلب على مظهره أو أدائه. وبعد عمليات التلميع، فإن عملية التنظيف وغسل السطح قد ينتج عنها مياه صرف تحتوي على فلزات. ونلاحظ أن عملية الطلاء بالغمس في مغطس ساخن هي عبارة عن طلاء قطعة معدنية بمعدن آخر بوضع غشاء حماية وذلك من خلال الغمس في مغطس يحتوي على سائل متوهج (مسبوك). وتعتبر الجلفنة (الغمس في زنك ساخن) من الأشكال المشتركة للطلاء بالغمس في سائل ساخن. وتستخدم المياه للشطف بعد التنظيف المسبق، وكذلك للتسقية بعد الطلاء. وفي الغالب تحتوي مياه الصرف الناتجة عن هذه العمليات على فلزات.

تصنيع المواد البلاستيكية والمطاطية

اللدائن (البلاستيك)

قد تتضمن أو لا تتضمن عملية تصنيع المواد البلاستيكية تفاعلات كيميائية بين المكونات. وترتبط العمليات غير التفاعلية ببولمرات اللدائن الحرارية حيث يتم الحصول منها على المنتج من خلال سلسلة من المراحل التي تتضمن تسخين المواد الخام حتى الانصهار؛ ثم التشكيل في قوالب، وبعد ذلك التبريد في درجة حرارة الغرفة للحصول على الشكل الصلب المتماسك.

وتتضمن *العمليات التفاعلية* تفاعل االبولمرات في القالب بين المركبات المنخفضة الوزن الجزيئي (المونمرات أو البولمرات المتقدمة في وجود عوامل مساعدة أو إضافات مناسبة.) وتعتبر العمليات التفاعلية ضرورية لتصنيع المنتجات التي تتضمن بولمرات (لدائن) صلدة بالحرارة. وتعتبر عملية تصنيع بوليمدات اللدائن الحرارية عن طريق البلمرة الأنيونية السريعة لمادة اللكتام باستخدام تكنولوجيا الصب بالحقن لنواتج المواد المتفاعلة من ضمن العمليات التفاعلية.

تتضمن الأمثلة النمطية للفصيلتين المذكورتين أعلاه الخاصتين بالمواد البولمرية ما يلي:

- <u>الدائن الحرارية</u>: الأولفينات المتعددة (Polyolefins): البولي إيثيلين (HDPE, LDPE, LLDPE)، والبولي بروبيلين، و الستايرين (HIPS, ABS) ، والفينيل (PVC)، والأكليريك (PMMA)، والسيليولوز، واللدائن الفلورية (التيفلون، PVDF **ثنائي فلوريد متعدد الفينيليدين**)، والبوليستر (PET, PBT)، والبوليكربونات، والبوليثيرس، والأميدات المتعددة (نيلون

6، ونيلون 6.6)، والبولي أسيتال، ومطاط اللدائن الحرارية (SBS, SIS)، والبوليمدات؛

- اللدائن الصلدة بالحرارة: البولي يورثيان، والبوليستر غير المشبع، والإيبوكسيدات، والفينولات.

عمليات تصنيع البلاستيك (اللدائن) غير التفاعلية

تعتبر هذه العمليات هي الأكثر شيوعاً بالنسبة لتصنيع البولمرات (الدائن) وتتضمن كافة أنواع عمليات المعالجة التي يتم فيها الحصول على المنتجات من خلال عمليات غير تفاعلية. ويتم التزويد بالمادة الخام الرئيسية (البولمرات) في صورة كريات أو مسحوق يتم الحصول عليها من تفاعلات البلمرة التي تتم كعملية كيميائية منفصلة، عادة في منشآت الإنتاج على نطاق واسع. فإذا كانت البولمرات لا تحتوي بالفعل على الإضافات المطلوبة، يتم القيام بخلط البولمرات مع المركبات المناسبة قبل الصب ويتم ذلك في الغالب في موقع مختلف.

وتُخلط الإضافات مع المواد البلاستيكية في خطوة التركيب/الخلط الخاصة بسلسلة الإنتاج لإعطاء المنتج النهائي الخواص المطلوبة (بعض هذه الإضافات قد يُستخدم أيضاً مع المنتج الذي تم تشكيله أثناء عملية التشطيب). فيما يلي حصر للإضافات البلاستيكية (اللدائنية) ووظائفها، فيما يتعلق بأثرها على المنتج النهائي:

- تساعد مواد التزلق في تسهيل تدفق اللدائن أثناء الصب وعمليات الدفع؛
- تعوق المواد المضادة للأكسدة أكسدة المواد البلاستيكية.
- تضيف موانع تراكم الكهرباء الساكنة درجة من التوصيل الكهربائي للمركب اللدائني، مما يمنع تراكم شحنات الكهرباء الساكنة على المنتج النهائي.
- عناصر النفخ (عوامل الإرغاء ـ الفوم) تساعد على تكوين بناء خلوي داخل كتلة اللدائن؛
- تضيف عوامل التلوين ألوان إلى الراتنج اللدائني؛
- تساعد عوامل التنو (عوامل تكوين النواة) والمروِّقات (مواد التصفية) على تسريع عملية التجمد أثناء تبريد البولمرات المنصهرة وزيادة شفافية المنتج إذا كانت البولمرات قابلة للتبلور.
- تقلل مثبطات اللهب مخاطر التعرض للاشتعال؛
- تساعد مثبتات الحرارة على الحفاظ على الخواص الكيميائية والطبيعية للبلاستيك بحمايته من أثار الحرارة؛
- تمنع المحولات الصدمية هشاشة البلاستيك وتزيد من مقاومته للانكسار والتفتت؛
- تبدأ البيروكسيدات العضوية أو تتحكم في معدل البلمرة في اللدائن الصلبة بالحرارة واللدائن الحرارية؛
- تزيد الملدنات (حافظات اللدونة) من مرونة المنتج البلاستيكي وقابليته للتشكيل؛
- تمتص المثبتات فوق البنفسجية (أجهزة امتصاص الأشعة فوق البنفسجية) الأشعة فوق البنفسجية أو تحمي منها، مما يمنع تآكل المنتجات البلاستيكية.

تتضمن العمليات الرئيسية المستخدمة في تصنيع منتجات اللدائن الحرارية ما يلي: (1) إضفاء السمات المناسبة على راتنج اللدائن بإضافات كيميائية؛ (2) تحويل المواد البلاستيكية التي في صورة كريات أو حبيبات أو مسحوق أو ألواح أو سوائل أو أشكال سابقة التجهيز إلى إما أشكال أو أجزاء بلاستيكية وسيطة أو نهائية من خلال عمليات الصب؛ و(3) تطبيق معالجات التشطيب على هذا المنتج. وتستخدم أجهزة التحبيب لتحويل الأجزاء غير المستخدمة السليمة وغير الملوثة والخردة إلى رقائق أو كريات بأبعاد مناسبة لاستعادتها إلى جهاز الدفع (القاذف) (مع خلطها بمواد تغذية بكر لم تستخدم من قبل)

بعد إضافة الإضافات الضرورية، يتم تشكيل خليط البلاستيك في شكل منتجات وسيطة أو نهائية. وحتى يتم تشكيل مواد بلاستيكية صلبة، يتم استخدام مجموعة من عمليات الصب، كما هو مبين فيما يلي:

الصب بالحقن: يتم تسخين حبيبات أو كريات البلاستيك وجعلها متجانسة باستخدام لولب أرخميدس ، ثم يتم تدويرها في اسطوانة تحتها حرارة (برميل) حيث يتم ضخ البولمرات المنصهرة بنهاية اللولب. وبعد الحصول على كمية كافية من السائل، يتم الحقن باستخدام منجنيق هيدروليكي في قالب بارد حيث يأخذ البلاستيك شكل القالب عندما يتجمد.

الدفع: يتم تحويل وتجانس كريات أو حبيبات البلاستيك، وبعد ذلك يتم تشكيلها باستمرار حيث تقوم آلة الدفع بعملية التغذية من خلال القالب. وفي الغالب يُصاحب عملية الدفع عمليات تتم بعد الدفع (النفخ، أو التشكيل الحراري أو الضغط).

الصب بالنفخ: في عملية الصب بالنفخ، يتم وضع أنبوب من البلاستيك المنصهر الذي يتم دفعه في قالب مجوف، ثم يتم إدخال الهواء المضغوط لتشكيل البلاستيك المنصهر في القالب. وبعد عملية التشكيل، يتم إخراج المنتجات التي تجمدت من القالب.

ويتم تشكيل الطبقات الرقيقة بدفع الأنبوب، الذي يتم ملئه بالهواء بعد ذلك ليشكل غشاء رأسي في صورة فقاعة، ثم يتم بعد ذلك التبريد والترقيق للعمليات التالية.

التشكيل الحراري: يتم استخدام الحرارة والضغط (أو الشفط) في ألواح البلاستيك الموضوعة على قوالب حتى يأخذ اللوح شكل القالب.

الصب الدوراني: يتم تسخين مسحوق اللدائن الناعم في قالب دوراني للحصول على منصهر منخفض اللزوجة. وعندما يتغطي السطح الداخلي للقالب الدوار بصورة متساوية بالراتنج المنصهر، يتم تبريد القالب ثم يتم الحصول على منتج مجوف خال من الشوائب.

الصب بالضغط والتحويل: يتم وضع مسحوق من اللدائن أو أجزاء من اللدائن التي تم تشكيلها من قبل وسده في قالب مجوف ثم يتم الضغط وتسليط الحرارة عليه حتى يأخذ شكل التجويف. ويتماثل مع ذلك الصب بالتحويل، فيما عدا أن البلاستيك يكون مسيلاً في أحد الغرف ثم يتم حقنه في قالب مجوف مغلق باستخدام مكبس هيدروكلوريكي.

الصقل: يتم عصر أجزاء اللدائن بين لفافتين لتشكيل غشاء رقيق ومتصل.

عمليات تصنيع البلاستيك (اللدائن) التفاعلية

حتى يتسنى إنتاج مادة اللدائن الصلدة (الصلبة) بالحرارة، يتم خلط الراتنجات السائلة مع عامل مساعد. ويتم اتباع عملية خلط المكونات بخطوة معالجة (إنضاج) لإنتاج الجزء النهائي

المعالج. وبمجرد أن تتم معالجة هذا الجزء، لا يمكن بعد ذلك تغيير أو إعادة تشكيله، فيما عدا المعالجات النهائية للتشطيب. وتتضمن الراتنجات المستخدمة لمنتجات اللدائن الصلدة بالحرارة اليوريثان، والإيبوكسي، والبوليستر، والأكليريك، والفينولات والراتنجات الأمينية. وتتم إضافة الحشو والإضافات إلى خليط الراتنجات ـ العامل المساعد ـ قبل الصب لزيادة قوة المنتج وأدائه وخفض تكاليفه. وتحتوي معظم منتجات اللدائن الصلدة بالحرارة على كميات كبيرة من الحشو (حتى 70 % من الوزن). ويتضمن الحشو الشائع الاستخدام الألياف المعدنية، والصلصال، والألياف الزجاجية، والألياف الخشبية، وأسود الكربون. ويتم استخدام مكونات أخرى عديدة منها المواد المعالجة (مواد الإنضاج)، ومسرعات التفاعل، ومخففات التفاعل، والأصباغ.

ويمكن استخدام العديد من خيارات الصب لتهيئة المنتج الوسيط أو المنتج النهائي الصلد بالحرارة، ويتضمن ذلك الشفط والضغط والصب الدوراني والترقيق اليدوي والصب والحفظ في كبسولات والترقيق بالرش، والصب لتحويل الراتنجات ولف الخيوط والصب بالحقن والصب بالحقن التفاعلي والشد في قوالب (*pultrusion*).

اللدائن الرغوية (المعالجة بالفوم)

تتضمن عملية تصنيع المنتجات البلاستيكية الرغوية عمليات تشكيل تختلف اختلافاً بسيطاً عما تم وصفه أعلاه. أما الأنواع الثلاثة للدائن الرغوية (المعالجة بالفوم) فهي المنفوخة والمركبة والهيكلية. ويعتبر الفوم المنفوخ قالب متمدد يشبه الإسفنج الطبيعي. أما الفوم المركب فهو حفظ في كبسولات للأجسام الكروية المتناهية الصغر في قالب بلاستيك، ونلاحظ أن الفوم الهيكلي هو لب من الفوم محاط بسطح خارجي صلب.

ويمكن إنتاج كافة الأنواع الثلاثة من اللدائن الرغوية باستخدام عمليات مثل الحقن والدفع والصب بالضغط لتهيئة منتجات فوم بكثير من الأشكال المماثلة لمنتجات اللدائن الصلبة. ويتم تصنيع اللدائن الرغوية الهيكلية بحقن الراتنجات السائلة في قوالب تحتوي على مواد نفخ كيميائية. وبعد تكوين الشكل الصلب للدائن الرغوية، يتم استخدام عمليات بعد التشكيل مثل اللحام والربط اللاصق والتشغيل الآلي والقيام بأعمال التزيين (على سبيل المثال، الطلاء) لتشطيب المنتج.

المنتجات المطاطية

على الرغم من وجود تنوع كبير للغاية في عملية تصنيع المنتجات المطاطية، إلا أن هناك عمليات شائعة أساسية كما هو موضح أدناه.

الخلط: تبدأ عملية تصنيع المنتجات المطاطية بإنتاج خلطة المطاط من البولمرات (على سبيل المثال، المطاط الطبيعي أو المركب)، وأسود الكربون (الحشو الأولي المستخدم في عمل خلطة المطاط)، والزيوت، والمواد الكيميائية المتنوعة. وتتضمن المواد الكيميائية المتنوعة معينات المعالجة، ومواد الفلكنة، والمواد المنشطة، ومسرعات التفاعل، ومقاومات التغيرات التي تحدث مع مرور الوقت، والحشو، والمواد المنقية التي تضفي نعومة، والمواد ذات الخصائص الفريدة (التي تتضمن على سبيل المثال وليس الحصر، معوقات التفاعل الكيميائي، وعوامل التلوين، ومواد النفخ، ومواد إزالة الأتربة، والمواد المضادة للروائح الكريهة).

وتختلف خلطات المطاط حسب الخواص المطلوبة للمنتج. ويتم وزن المكونات المناسبة ووضعها في خلاط داخلي يُعرف بخلاط "بانبري". وتسمى المنطقة التي يتم فيها وزن وإضافة المواد الكيميائية إلى الخلاط بمنطقة التركيب (الخلط). ويتم

إدخال البولمرات والمواد الكيميائية الأخرى يدوياً إلى قادوس الخلاط، بينما يتم حقن أسود الكربون والزيوت في الغالب بصورة مباشرة في غرفة الخلط من أنظمة التخزين الرئيسية. وبعد الخلط يتم تبريد المطاط.

التفريز: يتم تصريف كتلة المطاط المختلطة إلى المفرزة أو أي آلة أخرى تقوم بتشكيلها إلى شريط أو لوح طويل. ثم يمر المطاط الساخن واللزج من خلال محلول مائي مضاد للزوجة يمنع التصاق ألواح المطاط معاً في مرحلة التبريد في درجة حرارة الجو المحيط. و يتم وضع ألواح المطاط مباشرة على سير طويل حيث يتم خفض درجة حرارة ألواح المطاط من خلال استخدام هواء بارد أو مياه باردة. وبعد التبريد، يتم إرسال ألواح المطاط من خلال مفرزة أخرى. وتقوم هذه المفارز بتدفئة المطاط لمزيد من المعالجة على أجهزة الدفع (الصب) أو أجهزة الصقل (المصاقل). وبعض أجهزة الدفع قد تكون مغذاة بألواح مطاط باردة، مما يجعل خطوة التفريز هذه غير ضرورية.

الدفع (الصب باستخدام القانف): تحوّل القواذف المطاط إلى أشكال عديدة بدفعه من خلال قوالب صب باستخدام لولب دوار. وأثناء عملية الدفع (الصب) يتم تسخين المطاط، ويظل ساخناً حتى يدخل مغطس مياه أو سير رش حيث تتم عملية التبريد.

الصقل: تتلقى المصاقل أشرطة المطاط الساخنة من المفارز وتقوم بعصرها حتى تكون ألياف مقواة أو مصفوفات من الألياف على شكل قماش، وبالتالي يتم تشكيل الألواح الرقيقة من المواد المغلفة بالمطاط. وتُستخدم المصاقل أيضاً لإنتاج ألواح من المطاط غير مقواة ويمكن التحكم في سمكها.

التجميع في طبقات: يتم تجميع مكونات المطاط المصبوبة والمصقولة (في صورة طبقات) مع السلك والبوليستر والأراميد وغير ذلك من المواد المقوية لإنتاج منتجات متنوعة من المطاط. وأحياناً يتم استخدام مواد لاصقة لتقوية عملية تجميع طبقات مختلفة من المنتج، أو يتم الحفر على سطح المطاط باستخدام مذيبات لتحسين الالتصاق. ويتم تجميع المنتجات المعدنية/المطاطية المجمعة (على سبيل المثال المكونات التي تدخل في صناعة إطارات السيارات، وركائز المحركات) أثناء هذه المرحلة أيضاً.

الفلكنة: تتطلب معظم المنتجات المطاطية فلكنة (معالجة- إنضاج) أو ارتباط متصالب. وتحدث هذه العملية في قوالب الضغط بالحرارة، أو الغلايات البخارية (الأوتوكلاف)، أو أفران الهواء الساخن أو الميكروويف، أو العديد من وحدات مزودة بطبقات منصهرة أو سائلة. ويتم الاحتفاظ بالمنتج المجمع (على سبيل المثال إطار السيارة) في درجة حرارة عالية في قالب للسماح بعملية الفلكنة بعد أخذ شكل القالب. وأثناء عملية المعالجة (الإنضاج)، يتم تسلسل البولمرات في ارتباط متصالب لمصفوفة المطاط لتشكيل المنتج النهائي من المطاط المرن الصلد بالحرارة الذي يتمتع بقوة تحمل. ومن خلال الارتباطات المتصالبة في مصفوفة المطاط يكتسب المنتج صفة المطاطية والرجوع إلى الشكل الأصلي.

التشطيب: تستخدم عمليات التشطيب لتجهيز المنتج لتسليمه للمستخدم النهائي. وتتضمن عمليات التشطيب الخاصة بتصنيع إطارات السيارات: ضبط الاتزان، والتجليخ، والطباعة، والغسل، والشطف، والجلي.

تكنولوجيا غمس المطاط في سائل لثي (Latex)

يتم تصنيع منتجات المطاط (على سبيل المثال، قفازات المطاط، والقسطرات، وغيرها من أجهزة الجراحة) باستخدام تكنولوجيا غمس المطاط في سائل لثي باستخدام أنسجة شبكية من المطاط الطبيعي المحتوي على مادة الأيسوبرين. ويتم الحصول على السائل اللثي المركز بأربعة طرق هي: الطرد المركزي، والتبخير، والإرغاء، والتصفيق (الترويق) الكهربائي. وقد تم تطوير بدائل ناعمة ومطاطية لمادة المطاط الطبيعي (اللثي) ويجري استخدامها خاصة في القفازات. ويتضمن ذلك المطاط النيتريلي، واللثي الاصطناعي (الذي لا يحتوي على أي بروتينات)، وكلوريد البوليفينيل (PVC)، واللدينات المرنة المحتوية على الستايرين (styrenic elastomers)، والبولي يوريثان، والسيليكون.

وبالنسبة للمطاط الطبيعي (اللثي) والمطاط الصناعي، هناك حاجة لمكونات مساعدة (على سبيل المثال، مواد الفلكنة، ومسرعات الفلكنة، ومنشطات التفاعل، ومعوقات التفاعل، والمؤكسدات الذاتية ومثبتات، ومثخنات، ومخثرات) ليتم خلطها مع اللثي لتحقيق الجودة والخواص المطلوبة للمنتج.