

إرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة الخاصة بتصنيع الأسمدة الفوسفاتية

مقدمة

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

وحيث تختلف اللوائح التنظيمية المعتمدة في البلد المضيف عن المستويات والإجراءات التي تنص عليها هذه الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة، فمن المتوقع من المشروعات تطبيق أيهما 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 ومُفصل بشأن أية بدائل مُقترحة في إطار التقييم البيئي للموقع المحدد. وينبغي أن يُبين ذلك التبرير أن اختيار أي من مستويات الأداء البديلة يؤمن حماية صحة البشر والبيئة.

الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة (EHS) هي وثائق مرجعية فنية تتضمن أمثلة عامة وأمثلة من صناعات محددة على الممارسات الدولية الجيدة في قطاع الصناعة (GIIP).¹ وحين تشارك مؤسسة واحدة أو أكثر من المؤسسات الأعضاء في مجموعة البنك الدولي في أحد المشروعات ينبغي تطبيق الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة هذه حسب مقتضيات السياسات والمعايير التي تعتمد عليها تلك المؤسسة. وتستهدف هذه الإرشادات بشأن قطاع الصناعة أن يتم استخدامها جنباً إلى جنب مع وثيقة الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة، التي تتيح الإرشادات لمن يستخدمونها فيما يتعلق بالقضايا المشتركة في هذا المجال والممكن تطبيقها في جميع قطاعات الصناعة. وبالنسبة للمشروعات المُعدّة، قد يلزم استخدام إرشادات متعددة حسب تعدد قطاعات الصناعة المعنية. ويمكن الاطلاع على القائمة الكاملة للإرشادات الخاصة بالقطاعات الصناعية على شبكة الإنترنت على الموقع:

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

¹ هي من حيث تعريفها ممارسة المهارات والاجتهاد والحصافة والتبصر 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 المهنيون من ذوي المهارات والخبرة العملية عند قيامهم بتقييم مجموعة أساليب منع ومكافحة التلوث المُتاحة لأحد المشروعات – على سبيل المثال لا الحصر – مستويات مختلفة من تدهور البيئة ومن الطاقة الاستيعابية البيئية، مع مستويات مختلفة من الجدوى المالية والفنية.

التطبيق

- النفايات
- الضوضاء

الانبعاثات الهوائية

الانبعاثات من مصادر الاحتراق

تعتبر انبعاثات غازات العادم الناتجة من احتراق الغاز أو الديزل في التربينات، والغلايات، وضواغط الهواء، والمضخات، والمحركات الأخرى المستخدمة لأغراض توليد الطاقة والحرارة مصدراً خطيراً للانبعاثات الهوائية من منشآت تصنيع الأسمدة الفوسفاتية. وتتاح المبادئ التوجيهية المتعلقة بكيفية التعامل مع الانبعاثات الناتجة عن مصادر الاحتراق الصغيرة التي لها قدرة حرارية تصل حتى 50 ميغاواط، بما في ذلك معايير الانبعاثات الهوائية المعنية بانبعاث غازات العادم ضمن الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة. هذا وتتضمن الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة كذلك المبادئ التوجيهية المتعلقة بكيفية التعامل مع الحفاظ على الطاقة بما يسهم إلى حد بعيد في الحد من الانبعاثات المرتبطة بإنتاج الطاقة. ويعتبر إنتاج المخصلات الفوسفاتية عملية شديدة الاستهلاك للطاقة تتطلب في العادة استخدام طاقة الوقود الأحفوري بشكل واسع وينتج عنها قدر كبير من غازات الدفيئة. وتتطلب مراحل إنتاج النيتروفوسفات استخدام ثاني أكسيد الكربون. وقد تم تقديم عدد من التوصيات حول كيفية التعامل مع غازات الدفيئة إلى جانب كفاءة الطاقة والحفاظ عليها في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

الانبعاثات الناتجة عن العمليات - إنتاج حامض الفوسفوريك
يمكن استخدام عمليتي إنتاج مختلفتين من أجل تصنيع لحامض الفوسفوريك:

تتضمن الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة حول تصنيع الأسمدة الفوسفاتية معلومات ذات أهمية بالنسبة للمنشآت التي تقوم بإنتاج حامض الفوسفوريك والسوبرفوسفات الأحادي (SSP) والسوبرفوسفات الثلاثي (TSP) والأسمدة المركبة (النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم). ويقدم "الملحق (أ)" وصفاً لأنشطة ذلك القطاع من الصناعة. وقد تم تنظيم هذه الوثيقة وفق الأقسام التالية:

- القسم 1.0: الآثار المرتبطة تحديداً بالصناعة وكيفية التعامل معها
- القسم 2.0: مؤشرات الأداء ورصده
- القسم 3.0: ثبت المراجع والمصادر الإضافية الملحق(أ): وصف عام لأنشطة الصناعة

1.0 الآثار المرتبطة تحديداً بالصناعة وكيفية التعامل معها

يعرض القسم التالي ملخصاً للقضايا ذات الصلة بالبيئة والصحة والسلامة فيما يتعلق بمصانع الأسمدة الفوسفاتية، تلك القضايا التي تحدث خلال مرحلة التشغيل، هذا إلى جانب التوصيات المتعلقة بكيفية التعامل معها. وتجدر الإشارة إلى أن التوصيات المتعلقة بالتعامل مع قضايا البيئة والصحة والسلامة المشتركة في غالبية المنشآت الصناعية الكبرى خلال مرحلتي الإنشاء والإنهاء واردة في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

1.1 البيئة

تتضمن القضايا البيئية المرتبطة بمصانع الأسمدة الفوسفاتية بصورة أساسية ما يلي:

- الانبعاثات الهوائية
- المياه المستعملة
- المواد الخطرة

وتتضمن التدابير الموصى بها لمنع انبعاث الملوثات والسيطرة عليها ما يلي:

- الاختيار المناسب لصخر الفوسفات (من حيث محتوى خامس أكسيد الفوسفور P_2O_5 ، ومحتوى الفلورين، ونسبة أكسيد الكالسيوم إلى خامس أكسيد الفوسفور CaO/P_2O_5 ، والجودة المادية) وذلك لخفض مقدار الحامض المطلوب في عملية الإنتاج الرطبة، والحد من الانبعاثات إلى البيئة، وزيادة إمكانية إعادة استخدام جبس الفوسفات؛
- اختيار المصافي والطواحين ذات الحجم الملائم (مثل الطواحين الدوارة أو السلسلية)؛
- استخدام السيور الناقلة المغطاة والتخزين الداخلي؛
- تطبيق التدابير الجيدة فيما يتعلق بالنظافة (مثل تنظيف / كنس أسطح المنشأة والرصيف على نحو متكرر)؛
- استعادة الغبار الناتج من عملية طحن صخر الفوسفات باستخدام المرشحات القماشية والمرشحات الخزفية و/أو أجهزة الفصل الدوامية التي يتم تشغيلها وصيانتها على نحو سليم؛
- معالجة انبعاثات الفلوريد الغازية باستخدام أنظمة الغسل (مثل أبراج التريذ الخوائية، والقواعد المحشوة، وأنظمة التدفق المتقاطع، وأنظمة الغسل ذات الأعمدة الدوامية). ويتم استعادة الفلورين في صورة حامض الفلوسيليسيك حيث تزال السيليكا منه بالترشيح. ويمكن استخدام محلول مخفف من حامض الفلوسيليسيك (H_2SiF_6) كسائل في عملية الغسل. وتمثل استعادة H_2SiF_6 طريقة أخرى للحد من انبعاثات الفلوريد.

- العملية الرطبة، وهي الأكثر شيوعاً في مصانع الأسمدة، حيث يتم تفتيت صخور الفوسفات باستخدام أحد الأحماض (الكبريتيك أو النيتريك أو الهيدروكلوريك). ويتفاعل الفوسفات ثلاثي الكالسيوم الناتج من صخر الفوسفات مع حامض الكبريتيك المركز مؤدياً إلى إنتاج حامض الفوسفوريك وكبريتات الكالسيوم (وهي من الأملاح غير المذابة)؛ و
- العملية الحرارية، حيث يتم إنتاج الفوسفور الأولي من صخر الفوسفات والكوك والسيليكا في فرن يعمل بالمقاومة الكهربائية ثم يتم أكسدته ودرجته لتكوين الحامض. ويتسم الحامض المنتج بالعملية الحرارية بأنه نقي للغاية، ولكنه مكلف في الوقت نفسه، ومن ثم يُنتج بكميات صغيرة، من أجل تصنيع الأسمدة الفوسفاتية الصناعية بالأخص.

وتشمل الانبعاثات من عمليات التصنيع الفلوريدات الغازية في صورة حامض الهيدروفلوريك (HF) ورابع فلوريد السيليكون (SiF_4) والتي تتحرر أثناء تفتيت صخر الفوسفات، والتي يحتوي عادة على 2-4 في المائة فلورين.

وتشمل الانبعاثات المقترنة بعملية الإنتاج الحراري لحامض الفوسفوريك في العادة كلا من الفوسفات والفلوريد والغبار والكاديوم (Cd) والرصاص (Pb) والزنك (Zn) والنويدات المشعة ($Po-210$ و $Pb-210$). وقد تحدث انبعاثات الغبار، التي تحتوي على الفلوريد غير القابل للذوبان في الماء، أثناء تفرغ صخر الفوسفات وتخزينه ومناولته وطحنه، والذي يتم نقله إلى قطاعات التخزين والطحن بواسطة السيور الناقلة والشاحنات².

² IPPC BREF (2006) and EFMA (2000a)

بدلاً من أنظمة الغسل الرطبة لمعالجة هواء العادم من عمليات المعالجة والتجفيف والتغليظ وفتحات الأجهزة ومبردات المنتج بما يمكن من تفادي طرح المزيد من المياه المستعملة. وينبغي إعادة تدوير الهواء المرشح في صورة هواء تخفيف يتم ضخه إلى نظام الاحتراق الخاص بجهاز التجفيف؛

- ينبغي الحد من الانبعاثات الناتجة عن عملية التجفيف باستخدام قواديس احتواء الجيثان مع أنظمة قياس التوزيع وفقاً لحجم المنتج للتحكم في إعادة التدوير بقسم التجفيف.

انبعاثات العمليات - إنتاج الأسمدة المركبة

تنتج أسمدة النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم عادة من أحماض مختلطة أو من النيتروفسفات. وتشمل الملوثات المنبعثة إلى الهواء من الأسمدة المركبة المنتجة بواسطة المزارع الحامضية كلا من انبعاثات الأمونيا من مفاعلات النشدة؛ وأكاسيد النيتروجين (NO_x)، وبالأخص أكسيد النيتروجين وأكسيد النيتروز إلى جانب مقدار محدود من حامض النيتريك، من تفتيت صخر الفوسفات باستخدام حامض النيتريك؛ والفلوريدات من تفاعلات صخر الفوسفات؛ وانبعاثات الأيروسولات، بما في ذلك نترات الأمونيوم (NH_4NO_3)، وفلوريد الأمونيوم (NH_4F)، وكلوريد الأمونيوم (NH_4Cl)، التي تتشكل في تفاعل عملية المعادلة في المرحلة الغازية بين الأمونيا والمكونات الحامضية، وكذلك عن طريق التصعيد من خليط التفاعل أثناء الغليان وغبار الأسمدة الناتج من أسطوانات التجفيف والتبريد، ومن مصادر أخرى (مثل الغرابيل والكسارات والناقلات).

وتكون الانبعاثات الهوائية الصادرة عن الأسمدة المركبة المنتجة من خلال مسار النيتروفسفات مماثلة لتلك التي تمت مناقشتها فيما يتعلق بعملية الأحماض المختلطة، لكنها تشمل على انبعاثات الأيروسولات (مثل تلك الانبعاثات الصادرة عن

انبعاثات العمليات - إنتاج الأسمدة الفوسفاتية من السوبر فوسفات

قد تنتج انبعاثات الغبار أثناء عمليات تفريغ صخر الفوسفات ومناولته وطحنه وتصليبه، وكذا أثناء تحبيب السوبر فوسفات وطحنه. كما تصدر كذلك انبعاثات حامض الهيدروفلوريك في الصورة الغازية (HF)، ورابع فلوريد السليكون (SiF_4)، والكلوريدات من عمليات التحميض والتجفيف والتجفيف. وقد تنبعث الأمونيا (NH_3) وأكاسيد النيتروجين (NO_x) أثناء مرحلتي تجفيف ومعادلة أسمدة نترات الأمونيوم. كما تتحرر كميات محدودة من المركبات العضوية (من بينها المركبات)، والتي تكون موجودة في الصخر، أثناء تفاعل صخر الفوسفات مع الحامض وقد تسبب انبعاث روائح غير مرغوبة.³

وينبغي منع انبعاثات الغبار من صخر الفوسفات والسيطرة عليها من خلال تدابير مماثلة لتلك التي تمت مناقشتها في قسم إنتاج حامض الفوسفوريك. وتتضمن التدابير الإضافية لمنع الانبعاثات والسيطرة عليها ما يلي:

- استخدام التجفيف المباشر الذي يعمل على الحد من مستويات الانبعاثات المنفلتة مقارنة بالانبعاثات المقترنة بالتشيف والتي تنتج عن التجفيف غير المباشر. وفي حالة استخدام التجفيف غير المباشر، ينبغي أن يكون قسم التشيف نظاماً داخلياً مزوداً بفتحات تنفيس متصلة بنظام غسل أو بقسم التجفيف؛
- استخدام أنظمة التبريد المولفة من أصف لوحية للحد من متطلبات تدفق الهواء (بدلاً من الاسطوانات الدوارة أو المبردات ذات الطبقات السائلة على سبيل المثال)؛
- دراسة إمكانية استخدام المرشحات القماشية أو أجهزة الفصل الدوامية عالية الكفاءة و/أو المرشحات القماشية

³ IPCC BREF. October 2006

- جهاز التجفيف والتحييب) لكوريد الأمونيوم (NH_4Cl)، الناتج من تفاعل الأمونيا وكوريد الهيدروجين (HCl) عند إضافة كلوريد البوتاسيوم (KCl) إلى المسحوق. ⁴ وتشمل الانبعاثات الهوائية الأخرى الأمونيا من عملية معادلة حامض النيتروفسفوريك. علاوة على ذلك فقد تنتج انبعاثات الأمونيا من رباعي هيدرات نترات الكالسيوم ($CNTH$)، الصيغة التجريبية: $(Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O)$ في قسم التحويل، ونترات الأمونيوم (AN)، الصيغة التجريبية: (NH_4NO_3) في قسم التبخير، وأقسام التحييب أو تكوين الكريات. وقد تتكون أيروسولات نترات الأمونيوم أثناء خطوات الإنتاج المختلفة، وقد تكون انبعاثات كلوريد الهيدروجين (HCl) موجودة في غازات العادم المنبعثة من المحببات الاسطوانية وأجهزة الفصل الدوامية وأنظمة الغسل. ⁵
- تتضمن التدابير الموصى بها لمنع الانبعاثات إلى الهواء والتحكم فيها ما يلي:
 - الحد من انبعاثات أكاسيد النيتروجين نتيجة استخدام حامض النيتريك في تقنيت صخر الفوسفات وذلك بالتحكم في درجة حرارة المفاعل، ⁶ وتحسين نسبة الصخر إلى الحامض، وإضافة محلول اليوريا؛
 - معالجة الغازات الصادرة من مفاعل التقنيت في نظام الغسل المؤلف من أبراج التريذيد بهدف استعادة أكاسيد النيتروجين ومركبات الفلورين. ويمكن ضبط الأس الهيدروجيني pH بإضافة الأمونيا؛
 - الحد من انبعاثات أكاسيد النيتروجين والروائح عن طريق اختيار صخر فوسفات عالي الدرجة تنخفض به مكونات المركبات العضوية والأملاح الحديدية؛
- التحكم في انبعاثات المواد الجسيمية، على النحو الذي تمت مناقشته في قسم إنتاج حامض الفوسفوريك؛
- وتشمل تدابير منع الانبعاثات من عمليتي التحييب وتبريد المنتج والسيطرة عليها ما يلي:
 - غسل الغازات الصادرة من المحبب والمجفف في أجهزة الغسل الفنتورية باستخدام فوسفات الأمونيوم المعاد تدويره أو محلول فوسفات الأمونيوم والكبريت؛
 - التخلص من الغازات المغسولة عبر أعمدة الفصل الدوامية التي يتم إشباعها بمحلول حامضي؛
 - استخدام أجهزة الفصل الدوامية عالية الكفاءة لإزالة الجسيمات من غازات المجفف قبل الغسل؛
 - إعادة تدوير الهواء الصادر من معدات التبريد كهواء ثانوي إلى المجفف بعد نزع الغبار؛
 - معالجة انبعاثات الأمونيا عن طريق الغسل باستخدام المحاليل الحامضية؛
- ينبغي التحكم في انبعاثات الفلوريد باستخدام أنظمة الغسل، على النحو الذي تمت مناقشته فيما يتعلق بإنتاج حامض الفوسفوريك؛
- ينبغي الحد من الغازات المنبعثة إلى الهواء من عملية تقنيت صخر الفوسفات وغسل الرمل وترشيح رباعي هيدرات نترات الكالسيوم من خلال تطبيق الضوابط الملائمة (مثل الغسل متعدد المراحل، والتحويل إلى سيانيد)؛
- ينبغي إزالة الأمونيا الموجود في الغازات المنبعثة من معادلة النترات والفوسفور عبر أجهزة الغسل التي تعمل عكس التيار، مع ضبط الأس الهيدروجيني pH على أكثر ظروف الغسل كفاءة (3-4 pH)، واستخدام خليط من حامض النيتريك و/أو حامض الكبريتيك؛

⁴ وهذه الانبعاثات يمكنها أن تتسبب فيما يطلق عليه "تأثير تندال" والذي يؤدي إلى ظهور سديم أزرق اللون على المداخل.

⁵ EIPPCB BREF (2006) and EFMA (2000b,c)

⁶ تؤدي درجات الحرارة المرتفعة إلى تكون أكاسيد النيتروجين بشكل زائد.

- تجنب استخدام فتحات التنفيس المفتوحة في أسقف الصهاريج/ الخزانات بتركيب صمامات تنفيس الضغط. ويجب تزويد كافة محطات التخزين والتفريغ بوحدات استرداد الأبخرة. ويمكن أن تعمل أنظمة معالجة الأبخرة بطرق مختلفة كامتزاز الكربون، والتبريد، وإعادة التدوير، والتجميع، والتحريك.

المياه المستعملة

النفائيات السائلة - إنتاج حامض الفوسفوريك

تتكون النفائيات السائلة لمصانع حامض الفوسفوريك من عمليات التصريف الناتجة من مكثفات المبردات التي تعمل بخلخلة الهواء وأنظمة غسل الغازات المستخدمة في تكثيف وتنظيف الأبخرة المنبعثة من عمليات المعالجة. وقد تحتوي هذه الأبخرة الحامضية المتكثفة على الفلورين ومقادير صغيرة من حامض الفوسفوريك. وقد يتحرر الماء الناتج من الردغة المستخدمة في نقل جيبس الفوسفات، وهو منتج ثانوي من عملية إنتاج حامض الفوسفوريك الرطبة، كأحد أنواع النفائيات السائلة إذا لم يتم إعادة تدويره وضخه من جديد في العملية. وتحتوي الانبعاثات التي تصرف إلى المياه للتخلص من الجيبس على كميات كبيرة من الشوائب، مثل مركبات الفوسفور والفلورين والكاميوم والمعادن الأخرى الثقيلة والنويدات المشعة. وقد يحتوي الارتشاح من أكذاس المواد على معادن ثقيلة (كالكاميوم والزنبق والرصاص)، والفلوريدات، وحامض الفوسفوريك. وقد تشمل بعض النفائيات التي تصرف إلى المياه من العملية الحرارية لإنتاج حامض الفوسفوريك على مركبات الفوسفور والفلورين والغبار والمعادن الثقيلة والنويدات المشعة (مثل Po-210 و Pb-210). وتشمل التدابير الموصى بها للتعامل مع النفائيات السائلة ما يلي:⁷

- ينبغي معالجة انبعاثات الأمونيا من أقسام التحبيب/التجفيف عن طريق الغسل بالمحاليل الحامضية؛
- الحد من الاتصال بين المخلفات التي تحتوي على أكاسيد الهيدروجين والأمونيا لمنع تكون الأيروسولات في تصنيع الأسمدة المركبة من النيتروفوسفات؛
- الحد من انبعاثات الأيروسول بتركيب أجهزة الفصل الدوامية وأنظمة الغسل؛
- الحد من انبعاثات الفلوريدات بإعادة تدوير الهواء الدافئ.

انبعاث الملوثات المنفلتة

يرتبط انبعاث الملوثات المنفلتة بالتسرب أثناء التشغيل من المواسير، والصمامات، والتوصيلات، والفلاتشات، وحلقات منع التسرب، والخطوط ذات النهايات المفتوحة، ومانعات التسرب في الصهاريج ذات الأسقف العائمة والمضخات، وأنظمة نقل الغازات، وموانع التسرب في ضواغط الهواء، وصمامات تنفيس الضغط، والصهاريج/ الخزانات أو الحفر المفتوحة / وسائل الاحتواء، وعمليات تحميل وتفريغ المنتجات.

وتشمل التدابير الموصى بها للحد من الانبعاثات المنفلتة:

- انتقاء الصمامات والفلاتشات والوصلات الملائمة أثناء التصميم والتشغيل والصيانة؛
- تنفيذ برامج المراقبة والصيانة والإصلاح، لاسيما في علب منع التسرب المركبة حول سيقان ومقاعد الصمامات في صمامات التنفيس، للحد من الانبعاثات العارضة أو منعها بالكليّة؛
- تركيب وسائل كشف التسرب والرصد الدائمة في جميع المناطق الحساسة؛

⁷ IPCC BREF (2006) and EFMA (2000a)



النفايات السائلة - إنتاج أسمدة السوبر فوسفات

تعد أنظمة الغسل الرطبة المستخدمة لمعالجة الغازات المنبعثة المصدر الرئيسي للمياه المستعملة في إنتاج المخصبات الفوسفاتية. وقد تشمل الملوثات المواد الصلبة القابلة للترشيح، والفوسفور الكلي، والأمونيا، والفلوريدات، والمعادن الثقيلة (كالكاديوم والزنك والرصاص)، والحاجة الكيميائية للأكسجين (COD). وينبغي تحسين عملية إعادة تدوير سائل نظام الغسل واستعمالها مجددا في عملية الإنتاج. ويمكن الحد من كميات المياه المستعملة المصروفة بإنتاج صخر الفوسفات المحامض (PAPR)، وهو منتج سمادي يتألف من خليط من السوبر فوسفات وصخر الفوسفات، إلى جانب السوبر فوسفات، والسوبر فوسفات الثلاثي⁸.

النفايات السائلة - إنتاج الأسمدة المركبة

تكون النفايات السائلة التي تصرف من منشآت تصنيع الأسمدة المركبة باستخدام الأحماض المختلطة محدودة عادة، وتتألف بصفة أساسية من المياه المستعملة الناتجة من التحبيب، وغسل غازات العادم.

وتحتوي النفايات السائلة الناتجة من منشآت تصنيع الأسمدة المركبة باستخدام النيترو فوسفات على الأمونيا، والنترات، والفلوريد، والفوسفات. ويوجد الأمونيا في النفايات السائلة من نواتج التكثيف في عملية تبخير نترات الأمونيوم أو معادلة محلول حامض النيترو فوسفوريك. ويجب ضخ المحاليل التي تحتوي نترات الأمونيوم بحرص للحد من مخاطر الانفجار. وتتمثل المصادر الرئيسية لمستويات النترات والفلوريد في النفايات السائلة في سائل أنظمة الغسل الناتجة من تفتيت الفوسفات وغسيل الرمل (الذي يُزال من الرذغة). ويؤدي غسيل الرمل كذلك إلى وجود محتوى فوسفاتي في النفايات السائلة.

- اختيار صخر الفوسفات الذي يحتوي على مستويات منخفضة من الشوائب لإنتاج الجبس النقي والحد من التأثيرات المحتملة المقترنة بالتخلص من الجبس؛
- دراسة إمكانية استخدام الأنظمة الجافة لخفض تلوّث الهواء (في مقابل الغسل الرطب) للحد من توليد المياه المستعملة. وللحد من انبعاثات الفلوريد، قد يلزم تركيب أنظمة غسل مزودة بسوائل ملائمة؛
- استعادة الفلورين المتحرر من المفاعلات والمبخرات كمنتج ثانوي تجاري (حامض الفلوسيليسيك)؛
- التخلص من سائل أنظمة الغسل بعد عملية المعادلة بالجير أو الحجر الجيري لترسيب الفلورين في صورة فلوريد كالسيوم صلب، إذا لم تتم استعادة الفلورين؛
- إعادة تدوير المياه المستخدمة في نقل جبس الفوسفات واستعمالها مرة أخرى في عملية الإنتاج بعد خطوة الترسيب؛
- مراعاة، ما أمكن، استخدام مياه البحر كسائل غسل، ولذلك لتسهيل تفاعل الفلورين مع فلوريد الكالسيوم غير الضار؛
- الحد من تلوّث سائل نظام الغسل بمادة خامس أكسيد الفوسفور وذلك بنقل الأبخرة من مبردات الشفط والمبخرات التي تعمل بخلخلة الهواء إلى جهاز فصل لإزالة قطرات حامض الفوسفوريك؛
- الحد من تلوّث سائل نظام الغسل بمادة خامس أكسيد الفوسفور وذلك باستخدام أجهزة فصل تقوم باحتجازها. وبالإمكان إزالة الفوسفات بشكل أكبر عن طريق إضافة فوسفات الأمونيوم والمغنسيوم (الستروفايت) أو ترسيب فوسفات الكالسيوم؛
- دراسة إمكانية إزالة الكاديوم من H_3PO_4 حتى نسبة 95% عن طريق الاستخلاص النشط باستخدام مذيب عضوي.

⁸ IPPC BREF (2006)

الأمونيا والنيتروجين باستخدام طرق المعالجة الفيزيائية-الكيميائية؛ ونزع المياه والتخلص من البقايا في المدافن المخصصة للنفايات. وقد يتطلب الأمر استخدام ضوابط هندسية إضافية من أجل (1) إزالة الفلوريد و(2) الإزالة المتقدمة للمعادن باستخدام الترشيح الغشائي أو تقنيات المعالجة الفيزيائية/الكيميائية الأخرى.

وتناقش الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة كيفية التعامل مع المياه المستعملة الناتجة عن العمليات الصناعية وأمثلة لأساليب المعالجة. ويتعين على المنشآت، من خلال استخدامها لهذه التكنولوجيات وأساليب الممارسة الصحيحة المتعلقة بكيفية التعامل مع المياه المستعملة، أن تقيم بالإمكانيات الإرشادية المعنية بتصريف المياه المستعملة والمبينة بالجدول ذي الصلة بالقسم 2 من وثيقة قطاع الصناعة هذا.

المجاري الأخرى للمياه المستعملة واستهلاك المياه
تقدم الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة إرشاداً حول كيفية التعامل مع المياه المستعملة غير الملوثة الناتجة عن العمليات التي تتم في المنشآت الصناعية، ومياه العواصف غير الملوثة، ومياه الصرف الصحي. ويجب توجيه مجاري المياه المستعملة الملوثة إلى نظام معالجة المياه المستعملة الناتجة عن العمليات الصناعية. وتقدم الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة توصيات لخفض استهلاك المياه، لا سيما في الأماكن التي تكون فيها المصادر الطبيعية محدودة.

المواد الخطرة

يتم في منشآت تصنيع الأسمدة الفوسفاتية استخدام وتخزين وتوزيع كميات كبيرة من المواد الخطرة (مثل الأحماض والأمونيا). وتتضمن الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة الممارسات الموصى بها لإدارة المواد الخطرة، بما

وتشمل التدابير الموصى بها للتعامل مع النفايات السائلة ما يلي⁹ :

- إعادة تدوير السائل الناتج من عملية غسل الرمل للحد من مستويات الفوسفات في المياه المستعملة المصروفة؛
- تقادي التكاليف المشترك للأبخرة الناتجة من عملية تبخير نترات الأمونيوم؛
- إعادة تدوير سائل نظام غسل أكاسيد النيتروجين لخفض مستويات الأمونيا والنترات والفلوريد والفوسفات؛
- إعادة تدوير السوائل الناتجة عن غسل غازات العادم في عملية المعادلة؛
- دراسة إمكانية إعادة استخدام النفايات السائلة كوسيط في أنظمة الغسل؛
- معالجة سائل الغسل متعدد المراحل، بعد التدوير، من خلال الترسيب (فصل المواد الصلبة)، وإعادة تدوير الجزء السميكة مرة أخرى إلى المفاعلات.
- دراسة إمكانية إجراء معالجة مجمعة لغازات العادم الناتجة من عمليات المعادلة والتبخير والتحبیب. يتيح ذلك إعادة تدوير كافة سائل نظام الغسل واستعمالها في عملية الإنتاج مجدداً للحد من المياه المستعملة المصروفة؛
- معالجة المياه المستعملة بيولوجياً مع نترنة/إزالة نترنة مركبات الفوسفور وترسيبها.

معالجة المياه المستعملة الناتجة عن العمليات

تشمل الأساليب المتبعة في معالجة المياه المستعملة الناتجة عن العمليات الصناعية في هذا القطاع الترشيح لفصل المواد الصلبة القابلة للترشيح؛ ومعادلة التدفق والحمل؛ والترسيب للحد من المواد الصلبة العالقة باستخدام أجهزة تنقية؛ وإزالة الفوسفات باستخدام طرق المعالجة الفيزيائية-الكيميائية؛ وإزالة

⁹ IPCC BREF (2006) and EFMA (2000b,c)

والسطحية). وتشمل ممارسات منع التلوث والسيطرة عليه المرتبطة تحديدا بالصناعة ما يلي¹³ :

- استنادا إلى الخطورة المحتملة له (مثل ما إذا كان مشعا للرادون)، يمكن معالجة جبس الفوسفات لتحسين جودته وإعادة استخدامه (على سبيل المثال كمادة بناء). وتشمل الخيارات الممكنة:
 - إنتاج جبس فوسفات أكثر نقاءً من المواد الخام (صخر الفوسفات) وذو مستويات منخفضة من الشوائب
 - استخدام تقنية التحويل إلى عجبن
- استخدام عملية إعادة بلورة ثنائي نصف الهيدرات من خلال الترشيح مزدوج المرحلة؛
- إذا تعذر إعادة تدوير جبس الفوسفات نتيجة عدم التوافر التجاري أو الفني للبدائل الملائمة، فإنه ينبغي إدارته كمخلفات صناعية خطيرة أو غير خطيرة استنادا إلى خصائصه وفقا للتوصيات المقدمة في الإرشادات العاملة بشأن البيئة والصحة والسلامة.¹⁴ وقد تشمل بدائل الإدارة الأخرى ردمه في حفر المناجم والتكديس الجاف¹⁵ والرطب.

الضوضاء

تنشأ الضوضاء من الآلات الدوارة الضخمة، والتي تشمل ضواغط الهواء، والتريينات، والمضخات، والمحركات الكهربائية، ومبردات الهواء، والاسطوانات الدوارة، وأجهزة التكوير، والسيور الناقلة، والرافعات، والسخانات النارية، وكذلك من تفريغ الضغط في حالات الطوارئ. وقد تم تقديم

في ذلك المناولة والتخزين والنقل. وينبغي إجراء تصنيع المواد وتوزيعها بما يتفق مع المتطلبات الدولية المعمول بها.¹⁰

النفائيات

قد تنتج النفائيات الصلبة غير الخطرة عن بعض عمليات تصنيع الأسمدة الفوسفاتية، ومن بين هذه النفائيات جبس الفوسفات الذي يتخلف من العملية الرطبة لإنتاج حامض الفوسفوريك، ورمال الكوارتز المتخلفة من إنتاج الأسمدة المركبة باستخدام مسار النيتروفوسفات. وينبغي فصل رمال الكوارتز وغسلها وإعادة استعمالها كمادة بناء. وتعد المخلفات الخطرة التي تنتج عن عمليات تصنيع الأسمدة الفوسفاتية محدودة. وعلاوة على المعلومات المرتبطة تحديدا بالصناعة المقدمة فيما يلي، يمكن الحصول على الإرشادات المتعلقة بإدارة المخلفات الخطرة وغير الخطرة في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

جبس الفوسفات

يعد جبس الفوسفات أهم المنتجات الثانوية لعملية إنتاج حامض الفوسفوريك بالطريقة الرطبة (ينتج حوالي 4 - 5 أطنان من جبس الفوسفات لكل طن يتم إنتاجه من حامض الفوسفوريك، في صورة خامس أكسيد الفوسفور¹¹). وهو يحتوي على مجموعة كبيرة متنوعة من الشوائب (أحماض متبقية، مركبات فلورين، عناصر نادرة كالمغنسيوم والرصاص والمكونات الإشعاعية¹²). وقد تنحدر هذه الشوائب إلى جانب مقدار كبير من الفوسفات إلى البيئة (التربة والمياه الجوفية

¹⁰ ومثال ذلك اتفاقية روتردام بشأن إجراء الموافقة المسبقة عن علم على مواد كيميائية ومبيدات آفات خطيرة معينة.

¹¹ يحتوي جبس الفوسفات على مجموعة كبيرة متنوعة من الشوائب (أحماض متبقية، مركبات فلورين، عناصر نادرة كالمغنسيوم والرصاص ومكونات إشعاعية). (IPPC BREF (2006)

¹² يكون لصخر الفوسفات، وحبس الفوسفات، والنفائيات السائلة التي ينتجها منشأة تصنيع حامض الفوسفوريك بوجه عام نشاط إشعاعي أقل من قيم الاستثناء الواردة في اللوائح التنظيمية والإرشادات الدولية ذات الصلة (على سبيل المثال: توجيه الاتحاد الأوروبي رقم 96/26/EURATOM)

¹³ IPPC BREF (2006) and EFMA (2000a,b,c)
¹⁴ يعتمد تصنيف جبس الفوسفات كخطرة أو غير خطرة على مستوى انبعاث الرادون منه. وقد يخضع إزالة هذه المادة من التكديس ثم التخلص منها إلى متطلبات تنظيمية معينة تختلف من بلد لآخر.
¹⁵ ينبغي ملاحظة أن التكديس الجاف لا يؤدي إلى التخلص من ارتشاح المياه الحامضية في المناخات شديدة الجفاف.

سلامة العمليات التصنيعية

يجب تطبيق برامج سلامة العمليات، نظراً للخصائص المرتبطة بتلك الصناعة تحديداً والتي تشمل على التفاعلات الكيميائية المعقدة، واستخدام المواد الخطرة (مثل المركبات السامة، أو المتفاعلة، أو سريعة الالتهاب، أو المتفجرة)، والتفاعلات متعددة الخطوات.

تشتمل إدارة سلامة العمليات على الإجراءات التالية:

- اختبار المخاطر البدنية للمواد والتفاعلات؛
- دراسات تحليل المخاطر لمراجعة الممارسات الكيميائية والهندسية في العمليات التصنيعية، بما في ذلك الديناميكيات الحرارية والحركية؛
- مراجعة الصيانة الوقائية والسلامة الميكانيكية للمعدات والمنشآت المستخدمة في عملية التصنيع؛
- تدريب العمال؛
- وضع تعليمات للتشغيل وإجراءات الاستجابة في حالات الطوارئ.

المخاطر الكيماوية

تعد الأمونيا والأبخرة الحامضية، وبالأخص فلوريد الهيدروجين، من الكيماويات السامة الشائعة المقترنة بمصانع الأسمدة الفوسفاتية. ويمكن الحصول على القيم الحدية لبعض التأثيرات الصحية في المبادئ التوجيهية المنشورة دولياً بشأن التعرض (راجع القسم المعني بالرصد فيما يلي). وإضافة إلى التوصيات الواردة في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة فيما يتعلق بالتعرض للكيماويات، نعرض في القسم التالي التوصيات المتعلقة بمنع التعرض للكيماويات والسيطرة عليه:

التوصيات المتعلقة بالتعامل مع الضوضاء في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

1.2 الصحة والسلامة المهنية

تتمثل قضايا الصحة والسلامة المهنية التي تحدث أثناء إنشاء وإيقاف تشغيل منشآت تصنيع الأسمدة الفوسفاتية مع تلك التي تحدث في المنشآت الصناعية الأخرى، وقد تمت مناقشة كيفية التعامل معها في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

ويجب تحديد قضايا الصحة والسلامة المهنية المرتبطة تحديداً بمنشأة معين استناداً إلى "تحليل سلامة العمل" أو "التقييم الشامل للخطر أو المخاطرة"، وذلك باستخدام المنهجيات المقررة مثل "دراسة تعريف المخاطر (HAZID)"، و"دراسة الأخطار وقابلية التشغيل" (HAZOP)، و"التقييم الكمي للمخاطر" (QRA). وكنهج عام، يجب أن تشمل عملية تخطيط كيفية التعامل مع قضايا الصحة والسلامة اعتماد نهج منظم وهيكل للوقاية والسيطرة على المخاطر البدنية والكيماوية والبيولوجية والإشعاعية على الصحة والسلامة، كما هو مبين في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

وتحدث أكبر المخاطر المتعلقة بالصحة والسلامة المهنية أثناء مرحلة التشغيل لمنشآت تصنيع الأسمدة الفوسفاتية، وتشمل بصفة أساسية ما يلي:

- سلامة العمليات التصنيعية
- المخاطر الكيماوية
- التحلل والحرائق والانفجارات

- تجنب حدوث تلامس بين الأحماض والمواد الكاوية القوية. يكون التفاعل الناتج مطلقاً للحرارة وقد يسبب تناثر للمواد؛
- التحكم في تراكم غاز الفلوريد في صهاريج تخزين حامض الفوسفوريك؛
- تركيب أجهزة كشف الغاز في المناطق الخطرة؛
- توفير التهوية الكافية (مثل أنظمة استخلاص وترشيح الهواء) في كافة أماكن إنتاج وتخزين ومناولة المنتجات؛
- إتاحة التدريب ومعدات الحماية الشخصية للأفراد على النحو المفصل في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.
- منع مخاطر تحلل الأسمدة المركبة من خلال التحكم في درجة الحرارة أثناء الإنتاج، وضبط التركيبات، والحد من الشوائب. العمل على تفادي تراكم المركبات في فتحات المداخل بالمجفف والحفاظ على نظام متنسق لحرارة مدخل الهواء؛
- الفصل بين مناطق التصنيع، ومناطق التخزين، ومناطق المنشآت، والمناطق الآمنة، واعتماد مسافات الأمان.
- تطبيق عملية تشغيل وإجراءات تخضع لمراقبة جيدة لتفادي تكون مزائج خطيرة من الغاز والردغة؛
- تصميم مخزن الأسمدة المركبة وفقاً للمتطلبات والتوجيهات المتعارف عليها دولياً¹⁸. ينبغي تركيب نظام يتمتع بالكفاءة لاكتشاف ومكافحة الحريق.
- تنظيف مناطق التخزين قبل إدخال الأسمدة. وينبغي إزالة الانسكاب في أقرب وقت ممكن، والحيلولة دون تلوث الأسمدة بالمواد العضوية أثناء التخزين؛
- عدم تخزين الأسمدة على مقربة من مصادر الحرارة، أو في أشعة الشمس المباشرة، أو في ظروف قد يحدث بها دوران حراري.
- منع حدوث تلامس بين حامض الفوسفوريك والمكونات المعدنية الحديدية. ويجب أن تكون المكونات التي يحتمل أن تلامس الحامض من الاستنلس ستيل.

التحلل والحرائق والانفجارات

قد تنشأ مخاطر التحلل¹⁶ والحرائق والانفجارات من تفجر مضخة الردغة بسبب التدفق غير الكافي عبر المضخة أو التصميم غير الصحيح؛ وكذلك من تحلل الردغة نتيجة انخفاض الأس الهيدروجيني، وارتفاع درجة الحرارة وتلوث المواد الخام، وتولد غاز الهيدروجين نتيجة ملامسة حامض الفوسفوريك للمعادن الحديدية.

ويمكن الحد من مخاطر التحلل والحرائق والانفجارات باعتماد تدابير مثل¹⁷ :

- الإبقاء على مخزون أحماض الأمونيا والنتريك والكبريتيك عند مستويات منخفضة إلى أبعد حد ممكن. ويوصى بأن يتم الإمداد عبر خط أنابيب في مجمعات الكيماويات المتكاملة؛

1.3 صحة المجتمعات المحلية وسلامتها

تمت مناقشة التوجيهات المتعلقة بالتعامل مع الآثار التي تهدد صحة المجتمعات المحلية وسلامتها والتي تحدث أثناء مرحلتي الإنشاء ووقف التشغيل وتقترن بغالبية المنشآت الصناعية

¹⁶ قد ينشأ عن تصنيع الأسمدة المركبة وتخزينها ونقلها مخاطر ترتبط بالتحلل ذاتي المداومة لمركبات السمد في وجود نترات الأمونيوم وفي درجات حرارة تزيد عن 130 درجة مئوية¹⁷. ويتوقف التحلل على درجات وتركيب المنتجات وقد يتحرر منه كميات كبيرة من الأبخرة السامة.
EFMA. 2000b,c¹⁷

¹⁸ راجع على سبيل المثال توجيهات المفوضية الأوروبية رقمي EC 76/116 و EC 80/876 بشأن الأسمدة وتوجيه COMAH رقم 96/82/EC.

تتناقش الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة الإرشادات بشأن نقل المواد الخطرة، ووضع خطط الاستعداد والاستجابة للطوارئ، وقضايا أخرى ذات الصلة بالمجتمع المحلي وسلامته.

2.0 مؤشرات الأداء ورصده

2.1 البيئة

إرشادات بشأن الانبعاثات والنفائات السائلة

يقدم الجدولان 1 و 2 إرشادات بشأن الانبعاثات والنفائات السائلة لهذا القطاع. وتشرح القيم الإرشادية الخاصة بالانبعاثات والنفائات السائلة الناتجة عن العمليات في هذا القطاع بوضوح الممارسة الصناعية الدولية الجيدة كما هي واردة في المعايير ذات الصلة للبلدان التي لديها أطر تنظيمية معترف بها. ومن المفترض أنه يمكن تطبيق هذه القيم الإرشادية في ظروف التشغيل العادية داخل المنشآت المصممة والمشغلة على نحو ملائم من خلال تطبيق أساليب منع ومكافحة التلوث والتي تم تناولها بالمناقشة في الأقسام السابقة من هذه الوثيقة.

تنطبق الإرشادات بشأن النفائات السائلة على عمليات التصريف المباشر للنفائات السائلة المعالجة في المياه السطحية من أجل الاستخدام العام. ويمكن تحديد مستويات التصريف الخاصة بالموقع بناء على مدى توفر وظروف استخدام الأنظمة العامة لتجميع ومعالجة مياه الصرف الصحي أو، إن كان تصريفها يتم مباشرة على المياه السطحية، عندئذ يتم تحديد المستويات بناء على نظام تصنيف استخدام المياه المستقبلية كما هو موضح في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة. ويجب تحقيق هذه المستويات دون تخفيف في 95 في المائة على الأقل من الوقت الذي يكون فيه المصنع أو

الكبيرة الأخرى في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

ترتبط أكبر المخاطر على صحة المجتمع وسلامته أثناء تشغيل منشآت الأسمدة الفوسفاتية بالتعامل مع المواد والمنتجات الخطرة وتخزينها وشحنها، حيث احتمالات حدوث تسرب/انبعاث الغازات السامة والقابلة للاشتعال، وكذلك التخلص من النفائات (مثل جبس الفوسفات، والمنتجات غير المطابقة للمواصفات، والحماة). يجب أن يتضمن تصميم وحدة التصنيع وإجراءات تشغيلها تدابير وقائية للحد من تعرض المجتمعات المحلية للمخاطر والسيطرة على هذه المخاطر. ومن بين هذه التدابير:

- تحديد سيناريوهات التسرب المعقولة الناتجة عن عيب في التصميم؛
- تقييم تأثيرات التسربات المحتملة على المناطق المحيطة، بما في ذلك المياه الجوفية وتلوث التربة؛
- تقييم المخاطر المحتملة التي قد تنشأ عن نقل المواد الخطرة وتحديد أفضل المسارات لنقلها للحد من المخاطر على المجتمع المحلي والأطراف الأخرى؛
- اختيار موقع المصنع في ضوء اعتبارات قربه من المناطق السكنية، والأحوال الجوية (على سبيل المثال: اتجاهات الرياح السائدة)، والموارد المائية (على سبيل المثال: إمكانية تأثير المياه الجوفية). تحديد المسافات الآمنة بين منطقة المصنع، وبالأخص مزارع صهاريج التخزين، والمناطق المجتمعية؛
- تحديد تدابير الوقاية والتخفيف اللازمة لتجنب المخاطر التي قد يتعرض لها المجتمع أو الحد منها؛
- وضع خطة لإدارة الطوارئ وإعدادها بالاشتراك مع السلطات المحلية والمجتمعات المحلية المحتمل تأثرها.

الوحدة قيد التشغيل، وذلك حتى يمكن حسابها كنسبة من ساعات العمل السنوية. ويجب تبرير عدم تطبيق هذه

المستويات بالنسبة لأوضاع مشروع محلي محدد في التقييم البيئي.

وتتناول الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة الإرشادات الخاصة بانبعاث الملوثات من مصادر الاحتراق المرتبطة بأنشطة توليد الطاقة البخارية والكهربائية من مصادر لها قدرة تساوي 50 ميغاواط أو أقل؛ أما انبعاثات مصادر الطاقة الأكبر فيتم تناولها في الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة الخاصة بالطاقة الحرارية. كما تقدم الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة إرشاداً حول اعتبارات البيئة المحيطة استناداً إلى إجمالي حمل الانبعاثات.

الرصد البيئي

يجب تطبيق برامج الرصد البيئي الخاصة بذلك القطاع للتعامل مع جميع الأنشطة التي تم تحديد أنها تحدث أثراً كبيراً محتملة على البيئة، أثناء العمليات العادية وفي الظروف المضطربة. ويجب أن تستند أنشطة الرصد البيئي إلى المؤشرات المباشرة وغير المباشرة المطبقة على مشروع بعينه للانبعاثات والنفايات السائلة واستخدام الموارد. وينبغي أن يكون معدل تكرار الرصد بالقدر الكافي لتوفير بيانات تمثيلية للمعيار الجاري رسده. ويجب أن يقوم بعمليات الرصد أفراد مدربون وفقاً لإجراءات الرصد والاحتفاظ بالسجلات مع استخدام معدات تجري معايرتها وصيانتها على نحو سليم. كما ينبغي تحليل بيانات الرصد ومراجعتها على فترات منتظمة ومقارنتها بالمعايير التشغيلية حتى يتسنى اتخاذ أية إجراءات تصحيحية لازمة. وتتوفر إرشادات إضافية عن الطرق المطبقة لأخذ العينات وتحليل الانبعاثات في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

الجدول 1: الإرشادات المتعلقة بالانبعاثات الهوائية لمصانع الأسمدة الفوسفاتية		
الملوثات	الوحدة	القيمة الإرشادية
مصانع حامض الفوسفوريك		
الفلوريدات (غازية) كحامض الهيدروفلوريك	ملليغرام/متر مكعب عادي	5
المواد الجسيمية	ملليغرام/متر مكعب عادي	50
مصانع الأسمدة الفوسفاتية		
الفلوريدات (غازية) كحامض الهيدروفلوريك	ملليغرام/متر مكعب عادي	5
المواد الجسيمية	ملليغرام/متر مكعب عادي	50
أمونيا	ملليغرام/متر مكعب عادي	50
كلوريد الهيدروجين	ملليغرام/متر مكعب عادي	30
أكاسيد النيتروجين	ملليغرام/متر مكعب عادي	500 وحدة نيتروفسفات 70 وحدة حامض مختلط

الجدول 2: الإرشادات المتعلقة بالنفايات السائلة لمصانع الأسمدة الفوسفاتية		
الملوثات	الوحدة	القيمة الإرشادية
الأس الهيدروجيني	وحدة معيارية	6-9
فوسفور كلي	ملليغرام/ لتر	5
فلوريدات	ملليغرام/ لتر	20
	كيلو غرام/طن نيتروجين فوسفور بوتاسيوم	0.03
	كيلو غرام/طن أكسيد الفوسفور (P ₂ O ₅)	2
مجموع الجوامد المعلقة	ملليغرام/ لتر	50
كادميوم	ملليغرام/ لتر	0.1
نيتروجين كلي	ملليغرام/ لتر	15
أمونيا	ملليغرام/ لتر	10
إجمالي المعادن	ملليغرام/ لتر	10

جدول 3 - استهلاك الموارد والطاقة

الصناعة النقطة الإرشادية	الوحدة	المنتج
2.6-3.5 ⁽¹⁾	طن صخر فوسفات/طن خامس أكسيد الفوسفور	حامض الفوسفوريك
2.1-2.3 ⁽¹⁾	طن حامض الكبريتيك/طن خامس أكسيد الفوسفور	
120-180 ⁽¹⁾	كيلوواط ساعة/ طن خامس أكسيد الفوسفور	
100-150 ⁽¹⁾	م ³ مياه تبريد/ طن خامس أكسيد الفوسفور	
30-33 ⁽²⁾⁽¹⁾	كيلوواط ساعة/طن نيتروجين فوسفور بوتاسيوم	سماد مركب أ
300-320 ⁽²⁾⁽¹⁾	إجمالي طاقة التجفيف ميغا جول/طن نيتروجين فوسفور بوتاسيوم	
50 ⁽²⁾⁽¹⁾	كيلوواط ساعة/طن نيتروجين فوسفور بوتاسيوم	سماد مركب ب
450 ⁽²⁾⁽¹⁾	إجمالي طاقة التجفيف ميغا جول/طن نيتروجين فوسفور بوتاسيوم	
50-109 ⁽²⁾	كيلوواط ساعة/طن نيتروجين فوسفور بوتاسيوم	سماد مركب ج
17 ⁽²⁾	م ³ مياه تبريد/ طن نيتروجين فوسفور بوتاسيوم	سماد مركب ج
1 ⁽²⁾⁽¹⁾	طن ثاني أكسيد كربون مطلوب/طن خامس أكسيد الفوسفور	سماد مركب ج
19-34 ⁽²⁾	كيلوواط ساعة/طن سوبر فوسفات	سوبر فوسفات
0.1-2 ⁽²⁾	م ³ ماء/طن سوبر فوسفات	سوبر فوسفات
ملاحظات:		
مصانع الأسمدة المركبة أ التحبيب باستخدام مفاعل أنبوبي واسطوانة والمزج بالأمونيا		
مصانع الأسمدة المركبة ب عملية الأحماض المختلطة		
مصانع الأسمدة المركبة ج عملية النيترو فوسفات		
1. الرابطة الأوروبية لصانعي الأسمدة (EFMA) 2000.		
2. الاتحاد الأوروبي. الاتفاقية الدولية لحماية النبات (IPPC). الوثيقة المرجعية حول أفضل		
الأساليب الفنية المتاحة في عمليات تصنيع الكميات الكبيرة من المركبات الكيميائية غير		
العضوية - قطاعات تصنيع الأمونيا، والأحماض، والأسمدة. ديسمبر/ كانون الأول، 2006		

استخدام الموارد واستهلاك الطاقة - توليد الانبعاثات والنفايات

يقدم الجدول 3 أمثلة لمؤشرات استهلاك الموارد للطاقة والمياه في هذا القطاع. ويقدم الجدول 4 أمثلة لمؤشرات توليد الانبعاثات والنفايات في هذا القطاع. ويتم إتاحة القيم المعيارية للصناعة بغرض المقارنة فقط وعلى المشروعات الفردية أن تستهدف التحسين المستمر في هذه المجالات.



0.4-4	مكعب مليغرام/متر عادي	انبعاثات الفلوريدات إلى الهواء
30-50	مكعب مليغرام/متر عادي	انبعاثات الغبار إلى الهواء
19-20	مكعب مليغرام/متر عادي	انبعاثات الكلوريد إلى الهواء

2.2 أداء الصحة والسلامة المهنية

إرشادات الصحة والسلامة المهنية

يجب تقييم أداء الصحة والسلامة المهنية بالمقارنة مع إرشادات التعرض المنشورة دولياً، والتي تشمل على سبيل المثال، قيمة الحد الأقصى المقبول للتعرض (TLV®) وإرشادات التعرض المهني ومؤشرات التعرض البيولوجي (BEIs®) المنشورة من قبل المؤتمر الأمريكي لخبراء الصحة المهنية الحكوميين (ACGIH) ¹⁹ ، ودليل الجيب للمخاطر الكيميائية المنشورة من قبل المعهد الوطني الأمريكي للصحة والسلامة المهنية (NIOSH) ²⁰ ، وحدود التعرض المسموح بها (PELs) المنشورة من قبل الإدارة الأمريكية للصحة والسلامة المهنية (OSHA) ²¹ ، والقيم الإرشادية لحدود التعرض المهني المنشورة من قبل الدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي ²² ، أو ما يشابهها من مصادر.

معدلات الحوادث والوفيات

يجب على إدارات المشاريع أن تحاول خفض عدد الحوادث التي تقع بين عمال المشروع (سواءً المعينين مباشرة أو المتعاقدين من الباطن) إلى أن يصل إلى مستوى الصفر، لا

¹⁹ متاح على الموقعين التاليين:

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

²⁰ متاح على الموقع التالي:

<http://www.cdc.gov/niosh/npg/>

²¹ متاح على الموقع التالي:

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

²² متاح على الموقع التالي:

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

الجدول 4. توليد الانبعاثات، والنفائات السائلة، والنفائات		
الصناعة	الوحدة	المؤشر
مصانع حامض الفوسفوريك		
300.001-5 0.01	مليغرام/متر مكعب عادي كيلوغرام/طن فلوريد الهيدروجين	فلوريد ثاني أكسيد الكبريت
3.2/4-5 ⁽¹⁾	طن/ طن خامس أكسيد الفوسفور	توليد النفائات الصلبة (جيس الفسفات) (العملية الحرارية/الرطبة)
إنتاج الأسمدة المركبة - عملية النيتروفسفات		
0.2	كيلو غرام/ طن خامس أكسيد الفوسفور	انبعاثات الأمونيا إلى الهواء
1.0	كيلو غرام/ طن خامس أكسيد الفوسفور	انبعاثات أكاسيد النيتروجين(في صورة أكسيد نيتروز) إلى الهواء
0.01	كيلو غرام/ طن خامس أكسيد الفوسفور	انبعاثات الفلوريدات إلى الهواء
0.01 – 0.001	كيلو غرام/ طن خامس أكسيد الفوسفور	إجمالي النفائات النيتروجينية السائلة
1.2	كيلو غرام/ طن خامس أكسيد الفوسفور	نفائات خامس أكسيد الفوسفور السائلة
0.7	كيلو غرام/ طن خامس أكسيد الفوسفور	النفائات السائلة من الفلوريدات
إنتاج الأسمدة المركبة - عملية الأحماض المختلطة		
0.2	كيلو غرام/طن نيتروجين فوسفور بوتاسيوم	انبعاثات الأمونيا
0.3	كيلو غرام/طن نيتروجين فوسفور بوتاسيوم	انبعاثات أكاسيد النيتروجين(في صورة أكسيد نيتروز)
0.02	كيلو غرام/طن نيتروجين فوسفور بوتاسيوم	انبعاثات الفلوريدات
0.2	كيلو غرام/طن نيتروجين فوسفور بوتاسيوم	انبعاثات الغبار
0.2	كيلو غرام/طن نيتروجين فوسفور بوتاسيوم	إجمالي النفائات النيتروجينية السائلة
0.03	كيلو غرام/طن نيتروجين فوسفور بوتاسيوم	النفائات السائلة من الفلوريدات



سيما الحوادث التي يمكن أن تؤدي إلى فقدان وقت العمل، أو إلى مستويات مختلفة من الإعاقة، أو حتى إلى حدوث وفيات. ويمكن مقارنة معدلات المنشأة بأداء المنشآت الأخرى في هذا القطاع بالبلدان المتقدمة من خلال استشارة المصادر المنشورة (على سبيل المثال: مكتب الولايات المتحدة لإحصائيات العمل وإدارة الصحة والسلامة بالمملكة المتحدة) ²³.

رصد الصحة والسلامة المهنية

يجب رصد بيئة العمل بحثاً عن الأخطار المهنية ذات الصلة بالمشروع المحدد. وينبغي تصميم الرصد والقيام به على أيدي متخصصين معتمدين ²⁴ كجزء من برنامج رصد الصحة والسلامة المهنية. كما يجب على المنشآت الاحتفاظ بسجلات عن الحوادث والأمراض المهنية والأحداث والحوادث الخطرة. وتتوفر إرشادات إضافية عن برامج رصد الصحة والسلامة المهنية في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

²³ متاح على الموقعين التاليين:

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

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

²⁴ يمكن أن يشتمل المهنيون المعتمدون على أخصائيي الصحة الصناعية المعتمدين، أو أخصائيي الصحة المهنية المسجلين، أو أخصائيي السلامة المعتمدين أو من يكافئهم.

3.0 ثبت المراجع والمصادر الإضافية

European Commission. 2006. European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau (EIPPCB). Reference Document on Best Available Techniques in Large Volume Inorganic Chemicals – Ammonia, Acids and Fertilizers. Seville: EIPPCB. Available at <http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>

European Fertilizer Manufacturer's Association (EFMA). 2000a. Best Available Techniques (BAT) Production of Phosphoric Acid (Booklet No. 4). Brussels: EFMA. Available at <http://www.efma.org/Publications/>

EFMA. 2000b. BAT Production of NPK Fertilizers by the Nitrophosphate Route (Booklet No. 7). Brussels: EFMA. Available at <http://www.efma.org/Publications/>

EFMA. 2000c. BAT Production of NPK Fertilizers by the Mixed Acid Route (Booklet No. 8). Brussels: EFMA. Available at <http://www.efma.org/Publications/>

EFMA and International Fertilizer Industry Association (IFA). 1992. Handbook for the Safe Storage of Ammonium Nitrate Based Fertilizers. Zurich/Paris: EFMA/IFA. Available at <http://www.efma.org/publications/>

German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU). 2004. Waste Water Ordinance – AbwV. (Ordinance on Requirements for the Discharge of Waste Water into Waters). Promulgation of the New Version of the Waste Water Ordinance of 17 June 2004. Berlin: BMU. Available at http://www.bmu.de/english/water_management/downloads/doc/3381.php

German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU). 2002. First General Administrative Regulation Pertaining to the Federal Emission 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

United Kingdom (UK) Environmental Agency. 2002. Sector Guidance Note Integrated Pollution Prevention and Control (IIPC) S4.03. Guidance for the Inorganic Chemicals Sector. Bristol: Environment Agency. Available at <http://www.environment-agency.gov.uk/business/444304/1290036/1290086/1290209/1308462/1245952/>

International Fertilizer Industry Association (IFA) / United Nations Environment Programme (UNEP) / United Nations Industrial Development Organization (UNIDO). 1998. The Fertilizer Industry's Manufacturing Processes and Environmental Issues. (Technical Report No. 26, Part 1). Paris: IFA/UNEP/UNIDO.

United States (US) Environmental Protection Agency (EPA). 1995. Office of Compliance. Sector Notebook Project. Profile of the Inorganic Chemical Industry. Washington, DC: US EPA. Available at <http://www.epa.gov/compliance/resources/publications/assistance/sectors/notebooks/inorganic.html>

US EPA. 40 CFR Part 60, Standards of Performance for New and Existing Stationary Sources: Subpart T—Standards of Performance for the Phosphate Fertilizer Industry: Wet-Process Phosphoric Acid Plants. Washington, DC: US EPA. Available at <http://www.epa.gov/epacfr40/chapt-1.info/>

US EPA. 40 CFR Part 60, Standards of Performance for New and Existing Stationary Sources: Subpart W—Standards of Performance for the Phosphate Fertilizer Industry: Triple Superphosphate Plants. Washington, DC: US EPA. Available at <http://www.epa.gov/epacfr40/chapt-1.info/>

US EPA. 40 CFR Part 63, National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Source Categories: Subpart AA—National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants from Phosphoric Acid Manufacturing Plants. Washington, DC: US EPA. Available at <http://www.epa.gov/epacfr40/chapt-1.info/>

US EPA. 40 CFR Part 418 Fertilizer Manufacturing Point Source Category. Subpart A—Phosphate Subcategory. Washington, DC: US EPA. Available at <http://www.epa.gov/epacfr40/chapt-1.info/>

US EPA. 40 CFR Part 418 Fertilizer Manufacturing Point Source Category. Subpart G—Mixed and Blend Fertilizer Production Subcategory. Washington, DC: US EPA. Available at <http://www.epa.gov/epacfr40/chapt-1.info/>

US EPA. 40 CFR Part 422 Phosphate Manufacturing Point Source Category. Washington, DC: US EPA. Available at <http://www.epa.gov/epacfr40/chapt-1.info/>

الملحق (أ): وصف عام لأنشطة الصناعة

يتم الحصول على حامض الكبريتيك من امتصاص ثالث أكسيد الكبريت والماء لتكوين حامض الكبريتيك (بتركيز يصل إلى 98 في المائة على الأقل) في أجهزة امتصاص التي يتم تثبيتها خلف طبقات تحفيز متعددة. ويتم نشر الحامض الدافئ في الهواء بأحد الأعمدة أو الأبراج لتجميع ما تبقى من ثاني أكسيد الكبريت في الحامض. ويعاد الهواء المحمل بغاز ثاني أكسيد الكبريت إلى العملية.

حامض الفوسفوريك

يستخدم حامض الفوسفوريك (H_3PO_4) بصورة أساسية في تصنيع أملاح الفوسفات (مثل الأسمدة ومكملات العلف الحيواني)، ويمكن استخدام عمليتين مختلفتين لتصنيع حامض الفوسفوريك. ففي الأولى والمعروفة بالعملية الحرارية يتم إنتاج الفوسفات الأولى من صخر الفوسفات والكوك والسيليكا في فرن يعمل بالمقاومة الكهربائية ثم يتم أكسدته ودرجته لتكوين الحامض. ويتسم الحامض المنتج بالعملية الحرارية بأنه نقي للغاية، ولكنه مكلف في الوقت نفسه، ومن ثم يُنتج بكميات صغيرة، خاصة من أجل تصنيع الأسمدة الفوسفاتية الصناعية.

أما النوع الثاني من العمليات والمعروف بالعملية الرطبة، فيتضمن تفتيت صخور الفوسفات باستخدام أحد الأحماض (مثل الكبريتيك أو النيتريك أو الهيدروكلوريك). ويتفاعل الفوسفات ثلاثي الكالسيوم الناتج من صخر الفوسفات مع حامض الكبريتيك المركز مؤدياً إلى إنتاج حامض الفوسفوريك وكبريتات الكالسيوم، وهي من الأملاح غير القابلة للذوبان. وتصمم ظروف التشغيل بوجه عام بما يعمل على ترسيب كبريتات الكالسيوم في صورة أنهيدريت (كبريتات الكالسيوم اللامائية) وشبه هيدرات (HH) وهيدرات ثنائية.

تنتم المصنعات الحديثة لتصنيع الأسمدة الفوسفاتية بضخامة الإنتاج، كما تكون عادة على مستوى عالٍ من الاندماج مع الإنتاج الأولي (مثل الأمونيا والأحماض كحامض النيتريك والكبريتيك والفوسفوريك) والنهائي (مثل نترات الأمونيوم ونترات أمونيوم الكالسيوم) بهدف تحسين تكلفة الإنتاج واللوجيستيات وحماية السلامة والبيئة (الشكل ألف-1). وتقوم مصانع الأسمدة الفوسفاتية بإنتاج أسمدة السوبر فوسفات الأحادي (أو العادي)، والسوبر فوسفات الثلاثي، والأسمدة المختلطة مثل الفوسفات أحادي الأمونيوم (MAP)، والفوسفات ثنائي الأمونيوم (DAP)، وجميع درجات الأسمدة المركبة (النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم) باستخدام مسار النيترو فوسفات / حامض النيتريك ومسار الأحماض المختلطة / حامض الكبريتيك. وتكون المنشآت مجهزة عادة بشبكة متكاملة لتوزيع البخار والطاقة الكهربائية تخدم جميع المصانع وتحصل على إمداداتها بواسطة غلاية بخار مركزية ومحطة طاقة. وغالباً ما تكون هناك وحدة لمعالجة المياه المستعملة.

حامض الكبريتيك

يستخدم حامض الكبريتيك (H_2SO_4) في صناعة الأسمدة الفوسفاتية من أجل إنتاج حامض الفوسفوريك. وهو يصنع بصفة أساسية من ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) الذي يتم إنتاجه عن طريق احتراق الكبريت الأولي. وتعتبر عملية الأكسدة المطلقة للحرارة لثاني أكسيد الكبريت فوق عدة طبقات من محفز مناسب (مثل خامس أكسيد الفاناديوم) لإنتاج ثالث أكسيد الكبريت (SO_3) العملية الأكثر شيوعاً في جميع مصانع إنتاج حامض الكبريتيك.²⁵

الأسمدة الفوسفاتية (السوبرفوسفات الأحادي/ السوبرفوسفات الثلاثي)

تُنتج الأسمدة الفوسفاتية بإضافة الحامض إلى صخر فوسفاتي أرضي أو مسحوق. وفي حالة استخدام حامض الكبريتيك، الأحادي أو العادي، يتم إنتاج السوبرفوسفات بمحتوى فوسفاتي 16-21 في المائة في صورة خامس أكسيد الفوسفور (P_2O_5). ويتضمن إنتاج السوبرفوسفات الأحادي مزج حامض الكبريتيك والصخر في المفاعل. ويتم تصريف خليط التفاعل على سير ناقل بطيء الحركة. وفي حالة إدخال خليط التفاعل مباشرة إلى خط إنتاج المحبيبات، يطلق على هذه العملية تحبيب "مباشر". وفي التحبيب المباشر، يتم تخزين خليط التفاعل بغرض "التنشيف" لمدة تتراوح من 4 إلى 6 أسابيع قبل تعبئة المنتج ثم تحبيبه.²⁸

وإذا استخدم حامض الفوسفوريك في تحميض صخر الفوسفات، فإنه يتم إنتاج السوبرفوسفات الثلاثي بمحتوى فوسفات 43-48 في المائة في صورة خامس أكسيد الفوسفور. وهناك طريقتان تستخدمان في إنتاج أسمدة السوبرفوسفات الثلاثي: السحق والتحبيب. وتكون عملية السحق مماثلة لعملية السوبرفوسفات الأحادي. وتستخدم عملية تحبيب السوبرفوسفات الثلاثي حامض فوسفوريك ذا قوة أقل (40 في المائة، مقابل 50 في المائة في طريقة السحق). ويتم ضخ خليط التفاعل، على هيئة ردة، في جسيمات دقيقة من السماد يتم تدويرها في خط التحبيب. تتشكل الحبيبات، ثم تنقل إلى المجفف، لتغربل بعد ذلك وترسل إلى المخزن.²⁹

وتكون هناك حاجة إلى عمليات مختلفة لاختلاف أنظمة التخلص من الصخور والجبس.²⁶ وتشمل خطوات الإنتاج الرئيسية طحن صخر الفوسفات (إذا كان ذلك ضرورياً)؛ والتفاعل مع حامض الكبريتيك في سلسلة من مفاعلات ارتجاج منفصلة في درجة حرارة 70-80 درجة مئوية؛ والترشيح لفصل حامض الفوسفوريك عن كبريتات الكالسيوم؛ وزيادة التركيز إلى حامض الفوسفوريك التجاري الذي يتركز يتراوح بين 52-54 في المائة خامس أكسيد الفوسفور (P_2O_5).

وفي حالة الربط بين مصنع حامض الفوسفوريك ومصنع حامض الكبريتيك، يتم عادة استخدام البخار عالي الضغط الذي يتم إنتاجه من غلاية استعادة الحرارة المفقودة من حامض الكبريتيك لإنتاج الطاقة الكهربائية، فيما يستخدم بخار العادم منخفض الضغط في ضبط التركيز الخوائي لحامض الفوسفوريك. وتجدر الإشارة إلى أن استهلاك البخار اللازم للتركيز يمكن خفضه باستخدام الحرارة المفقودة التي تنشأ في مصنع حامض الكبريتيك. وقد يتم استعادة ذلك في صورة ماء مسخن واستخدامه في رفع تركيز الحامض الضعيف إلى تركيز متوسط. ويخزن حامض الفوسفوريك بشكل أكثر شيوعاً في صهاريج من الصلب مبطن بالمطاط، كما تُستخدم أيضاً صهاريج مصنوعة من الاستنلس ستيل، والبوليستر وصهاريج من الخرسانة المبطن بالبولي إيثيلين. وتجهز صهاريج التخزين عادة بحيث تحفظ المواد الصلبة (الجوامد) معلقة حتى يمكن تقادي عملية التنظيف المكلفة للصهريج.²⁷

EIPPCB BREF (2006)²⁸
EIPPCB BREF (2006)²⁹

EIPPCB BREF (2006) and EFMA (2000a)²⁶
EFMA (2000a)²⁷

فصل محلول حامض الفوسفوريك وبقايا نترات الكالسيوم وحامض النيتريك، يطلق عليه اسم حامض النيتروفوسفوريك، من بلورات رباعي هيدرات نترات الكالسيوم عن طريق الترشيح. يتم بعد ذلك معادلة حامض النيتروفوسفوريك باستخدام الأمونيا، وخليط من أملاح البوتاسيوم / الماغنسيوم، والكبريت و/أو العناصر الغذائية الصغرى، ثم يتم تحويله إلى أسمدة مركبة في أسطوانة تحبيب دوارة، أو قاعدة مميعة، أو برج تحبيب، أو خلاطة للحصول على أسمدة مركبة صلبة.³¹

وتذاب بلورات نترات الكالسيوم التي يتم فصلها في محلول نترات الأمونيوم وتتم معالجتها باستخدام محلول كربونات الأمونيوم. ويجري ترشيح هذا المحلول للتخلص من بلورات كربونات الكالسيوم واستخدامه في إنتاج أسمدة نترات أمونيوم الكالسيوم (CAN) الحبيبي. ويتم تركيز محلول نترات الأمونيوم المخفف الناتج كما يتم استخدامه لإنتاج أسمدة نترات أمونيوم الكالسيوم أو الأسمدة المركبة. ويمكن معادلة محلول نترات الكالسيوم وتبخيره للحصول على سماد صلب.³²

وتستخدم عادة ثلاثة أنواع من العمليات لإنتاج الأسمدة المركبة من سائل النيتروفوسفات، وهي التحبيب، والاسطوانة أو خلاطة العجن، والتكوير باستخدام جهاز تكوير. وفي عملية التحبيب، يتدفق سائل النيتروفوسفات، الذي يكون مخلوطاً بالأملاح اللازمة والمنتجات المعاد تدويرها، إلى داخل قادوس التحبيب الدوار والذي يتم ضخ الردغة منه إلى برج التحبيب. وتعمل المراوح الموجودة في أعلى البرج على تدفق الهواء

الأسمدة المركبة (النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم)
تشكل الأسمدة المركبة مجموعة كبيرة من المنتجات تتفاوت فيما بينها حسب نسب النيتروجين / الفوسفور / البوتاسيوم (N/P/K) المعينة. وتتعدد كذلك عمليات الإنتاج وتشتمل أنواع المنتج الفوسفور والبوتاسيوم (PK)، والنيتروجين والفوسفور (NP) (مثل الفوسفات ثنائي الأمونيوم)، والنيتروجين والبوتاسيوم (NK)، والنيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم (NPK). يمكن الحصول على ذلك باستخدام مسارين مختلفين، وهما الإنتاج بواسطة مسار النيتروفوسفات، والإنتاج بواسطة مسار الأحماض المختلطة.

مسار النيتروفوسفات

تؤدي عملية النيتروفوسفات المتكاملة إلى إنتاج الأسمدة المركبة (النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم) التي تحتوي على أملاح نترات الأمونيوم والفوسفات والبوتاسيوم (الشكل ألف - 2). وتبدأ العملية المتكاملة بإذابة صخر الفوسفات في حامض النيتريك. وقد تنبعث مقادير متفاوتة من المركبات المتطايرة مثل ثاني أكسيد الكربون (CO₂)، وأكاسيد النيتروجين (NO_x)، وفلوريد الهيدروجين (HF) وذلك حسب خصائص صخر الفوسفات. ويحتوي محلول التفتيت الناتج على مقادير مختلفة من المواد الصلبة المعلقة (مثل رمل الكوارتز) والتي يتم التخلص منها باستخدام أجهزة الطرد المركزي أو أجهزة الفصل الدوامية المائية وأجهزة الفصل الرقائقية.³⁰ ويمكن إعادة استخدام المواد الصلبة بعد غسلها في صناعة البناء.

ويكون السائل الذي يتم الحصول عليه بهذه العملية محتوياً على أيونات الكالسيوم بنسبة مرتفعة لا تضمن لإنتاج خامس أكسيد الفوسفور المتوافر في المصنع. لذلك يتم تبريد المحلول بحيث يتبلور رباعي هيدرات نترات الكالسيوم (CNTH). ويمكن

³¹ المصدر السابق.
³² المصدر السابق

³⁰ EFMA (2000b)



تحتوي عادةً على الأمونيا. وفي النهاية، يُبرد المنتج ويغلف قبل التخزين للحد من تكتل المادة فيما بعد. وتتم عملية التغليف عن طريق المعالجة بمادة عضوية ومسحوق غير عضوي، يضاف في أسطوانة. ويمكن معالجة بلورات نترات الكالسيوم الناتجة من عملية النيتروفوسفات لتصبح سماد نترات كالسيوم صلب باستخدام تقنية التحييب أو التحييب الوعائي، وذلك كبديل عن الجمع بين تحويل هيدرات نترات الكالسيوم والمعالجة اللاحقة لسماد نترات أمونيوم الكالسيوم.³⁶

مسار الأحماض المختلطة

هناك العديد من العمليات التي يتم تطبيقها في مسار إنتاج الأحماض المختلطة، أكثرها شيوعاً التحبيب بنظام مفاعل أنبوبي؛ والتحييب في أسطوانات مع إضافة الأمونيا؛ وعملية أحماض مختلطة مع تفتيت الصخور الفوسفاتية.³⁷ يقدم الشكل ألف-3 مخططاً انسيابياً مبسطاً يوضح العمليات الثلاث معاً.

يعمل نظام التحبيب بمفاعل أنبوبي بحلقة تحبيب تقليدية مع مفاعل أنبوبي واحد أو مفاعلين. ويتم تثبيت مفاعل أنبوبي في المحبب وقد يتم استخدام مفاعل آخر في المحبب. ويجري معادلة حامض الفوسفوريك أو خليط من الفوسفوريك وأحماض الكبريتيك في المفاعلات الأنبوبية باستخدام أمونيا غازية أو سائلة. ويمكن إنتاج مجموعة كبيرة من الدرجات، بما في ذلك فوسفات الأمونيوم (فوسفات أحادي الأمونيوم – MAP، وفوسفات ثنائي الأمونيوم – DAP).³⁸ ويتم تغذية المحبب بالمواد الخام الصلبة المطلوبة مثل كلوريد البوتاسيوم وكبريتات البوتاسيوم والسوبر فوسفات والمغذيات الثانوية

المحيط في الاتجاه المعاكس للقطيرات التي يتم تكوينها بواسطة عملية التصليب.³³

وفي عملية التحييب باستخدام الأسطوانة أو الخلاطة، يتم ضخ سائل النيتروفوسفات، مع الأملاح اللازمة والمنتجات المعاد تدويرها، إلى داخل المحببات الأسطوانية الدوارة حيث يتم تجفيف الحبيبات المتكونة في أسطوانة دوارة باستخدام هواء ساخن. ويكون الهواء الذي يخرج من الاسطوانات محتويًا على بخار ماء وغبار وأمونيا وغازات احتراق. وتتم معالجة الهواء الخارج من أسطوانات التحييب والتجفيف في أجهزة فصل دوامية مرتفعة الأداء.³⁴

وفي عملية التحويل إلى كريات باستخدام جهاز تكوير، يتم ضخ الرديعة في أسطوانة دوارة خاصة، يطلق عليها جهاز التكوير، حيث يتدفق الهواء الدافئ، الذي تم تسخينه إلى درجة 300-400 مئوية، في اتجاه التيار بما يؤدي إلى تبخير الماء الموجود في الحبيبات.³⁵

وفي جميع العمليات تتم غربلة الحبيبات الجافة للأسمدة المركبة. وتتمر الأجزاء ذات الحجم المناسب إلى عملية التهيئة، فيما يتم عزل الأجزاء ذات الحجم الزائد وطحنها وإعادة تصنيعها مع الأجزاء الأقل حجماً. ويزال الغبار من تصريفات الغربال والكسارة والناقل باستخدام الهواء اللازم للتحييب. ويجري تبريد المنتج التجاري الناتج من عمليتي التجفيف والغربلة في قاعدة مميعة، أو مبادل حراري عالي للتدفق الضخم، أو أسطوانة دوارة. ويتم باستخدام أجهزة الفصل الدوامية إزالة الغبار من الغازات المنبعثة من هذه المراحل الأخيرة والتي تحتوي على مقادير قليلة من الغبار ولا

³⁶ EFMA (2000b)
³⁷ EFMA (2000c)
³⁸ المصدر السابق.

³³ المصدر السابق
³⁴ المصدر السابق
³⁵ المصدر السابق

من الغازات القادمة من المجفف في حلزونات دوامية عالية الكفاءة لإزالة معظم الغبار قبل الغسل. وبشكل عام يُعاد تدوير الهواء القادم من معدات التبريد كهواء ثانوي إلى المجفف بعد إزالة الغبار.⁴¹

تتسم عملية الأحماض المختلطة مع تفتيت صخر الفوسفات بالمرونة الشديدة وتحقق درجات ذات نسب مختلفة من قابلية الذوبان لمياه الفوسفات. وتتمثل الخطوة الأولى من العملية في التفتيت المطلق للحرارة لصخر الفوسفات باستخدام حامض نيتريك وينتج عنها محلول حامض الفوسفوريك ونواتج الكالسيوم. وتتكون الغازات الحامضية مثل أكاسيد النيتروجين ومركبات الفلورين أثناء التفتيت، وفقاً لنوع صخر الفوسفات. وتتم إضافة مواد خام أخرى، مثل الفوسفوريك والكبريتيك وأحماض النيتريك أو محلول نترات الأمونيوم بعد التفتيت. ويتم بعد ذلك تحويل الردغة الحامضية إلى مركب أمونيا باستخدام الأمونيا الغازية بعد المعادلة، وتُضاف مركبات أخرى، مثل فوسفات الأمونيوم وكبريتات الأمونيوم والمركبات التي تحتوي على البوتاسيوم والمغنسيوم. ويمكن أيضاً إضافة معظم هذه المواد قبل المعادلة أو أثناءها، لكن إذا كانت المواد الخام تشمل الكلوريد، ينبغي أن يكون الأس الهيدروجيني للردغة من 5 إلى 6 لتجنب إنتاج كلوريد الهيدروجين. وتجدر الإشارة إلى أن بطارية المفاعل تنتهي بصهرج عازل. ويمكن بعد ذلك تنفيذ تحبيب الردغة بمعدات مختلفة، مثل الاسطوانات والحاويات الكبيرة وأجهزة التكوير.⁴²

ويجري معالجة الغازات الصادرة من مفاعلات التفتيت، حيث يتم تفتيت صخر الفوسفات إلى حامض نيتريك، بشكل منفصل في نظام غسل مؤلف من أبراج ترذيد لاستعادة أكاسيد

والمغذيات الدقيقة والحشو إلى جانب المواد المعاد تدويرها. ويكون المفاعل الأنبوبي المثبت في المحبب مصمماً بما يمكنه من تلقي حامض الفوسفوريك، وجزء من الأمونيا، وكافة التغذيةات السائلة الأخرى، مثل حامض الكبريتيك وسوائل أنظمة الغسل المعاد تدويرها. وقد يضاف محلول نترات الأمونيوم المركز مباشرة إلى المحبب وتختلف معدلات الأمونيا في المفاعل الأنبوبي وفقاً للمنتج. ويمكن تنفيذ مزيد من عمليات تحول الأمونيا داخل المحبب. ويتم تغذية المفاعل الأنبوبي المثبت في المجفف بحامض الفوسفوريك والأمونيا.

تتألف عملية التحبيب في الاسطوانات مع إضافة الأمونيا من حلقة تحبيب تقليدية باستخدام المواد الخام الصلبة بصفة أساسية. تتم تغذية المحبب بمحلول نترات الأمونيوم و/أو البخار. وتتسم هذه العملية بالمرونة الشديدة ويمكنها إنتاج مجموعة عريضة من الدرجات، بما في ذلك المنتجات ذات محتوى النيتروجين المنخفض. ويتم رش محلول نترات الأمونيوم مباشرة داخل المحبب وقد تتم تغذية حامض الفوسفوريك في المحبب عقب تحول الأمونيا³⁹. ويتم تحفيف الحبيبات المتكونة في عمليتي التحبيب كليهما في قسم تحفيف باستخدام تيار هوائي ساخن.⁴⁰ وتدار الحبيبات الجافة على النحو الذي تمت مناقشته في مسار النيتروفوسفات.

ويتم غسل الغازات الصادرة من المحبب والمجفف في أجهزة الغسل الفنتورية باستخدام فوسفات الأمونيوم المعاد تدويره أو محلول أمونيوم الفوسفات الكبريتي؛ ويجري تغذية سوائل أنظمة الغسل التي يتم إعادة تدويرها في المفاعل الأنبوبي بالمحبب. وفي النهاية، يتم التخلص من الغازات عبر أعمدة الفصل الدوامية التي يتم ربيها بمحلول حامضي؛ ويزال الغبار

⁴¹ المصدر السابق.
⁴² المصدر السابق.

³⁹ EFMA (2000c)
⁴⁰ المصدر السابق.



النتروجين ومركبات الفلورين. ويتم ضبط الأس الهيدروجيني pH بإضافة الأمونيا. وتُغسل غازات مفاعل الأمونيا على مراحل عديدة من الغسل في عكس التيار. ويُضبط الأس الهيدروجيني وفقاً لحالة الغسيل الأكثر فعالية، 3-4 pH، باستخدام خليط من حامض النيتريك و/أو حامض الكبريتيك. وتضمن مرحلة الغسل الأولى تشبع الغازات؛ بينما تم تصميم المرحلة الفنتورية الثانية ذات الضغط المرتفع لإزالة الرذاذ. وتعمل المراحل التالية على رفع كفاءة الاستعادة، وتجرى المرحلة الأخيرة بسائل الغسل الأكثر نقاء. ويتم تركيب جهاز فصل القطرات في المدخنة أو بعدها مباشرة. وتوجه الغازات الصادرة من المجفف (المحبب / المجفف) من خلال حلزونات دوامية قبل دخولها جهاز الغسل. ويتكون جهاز الغسل من فنتوري ذي طوق متغير مع الغسيل التالي المكون من مرحلتين. وينبغي تشغيل المرحلة الأخيرة بالسائل الأكثر نقاء. ويذهب جزء من السائل، بعد التدوير، إلى جهاز ترسيب لفصل الشوائب. وتتم تغذية الجزء الأكثر سمكاً في المفاعلات.⁴³

⁴³ EFMA (2000c)



الشكل ألف-1: مصانع الأسمدة الفوسفاتية المتكاملة





