

مشکلات آلودگی در صنایع معدنی و استخراج فلزات

نوشته فتحی حبشی

ترجمه مهدی بنی اسدی، شهرام دانش پڑوه، دکتر علی محبی

سرشناسه: حبشی، فتحی، ۱۹۲۸ - م. Habashj Fathi
 عنوان و نام پدیدآور: مشکلات آلودگی در صنایع معدنی و استخراج فلزات / نوشته فتحی حبشی؛ ترجمه مهدی بنی‌اسدی، شهرام دانش‌پژوه، علی محبی.
 مشخصات نشر: کرمان: دانشگاه شهید باهنر (کرمان)، ۱۳۹۰.
 مشخصات ظاهری: ۱۴۴ ص.: مصور، جدول، نمودار.
 فروست: انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان؛ ۳۲۷.
 شابک: 978-600-201-013-1

وضعیت فهرست نویسی: فیپا
 یادداشت: Mineral and Metallurgical Pollution Problems
 عنوان اصلی: In the Industries, c1996,
 یادداشت: کتابنامه: ص. ۱۳۷ - ۱۴۴.

موضوع: معدن و ذخایر معدنی -- صنعت و تجارت -- تاثیر بر محیط زیست
 موضوع: معدن و ذخایر معدنی -- صنعت و تجارت -- زیاله‌زدایی
 موضوع: آلودگی -- تجهیزات کنترل
 شناسه افزوده: بنی‌اسدی، مهدی - ۱۳۶۴ - ، مترجم
 شناسه افزوده: دانش‌پژوه، شهرام، ۱۳۴۹ - ، مترجم
 شناسه افزوده: محبی، علی، ۱۳۳۵ - ، مترجم
 شناسه افزوده: دانشگاه شهید باهنر کرمان
 رده بندی کنگره: TD ۱۹۵ / م ۶ ج ۲ ۱۳۹۰
 رده بندی دیویی: ۶۲۲/۰۲۸۶
 شماره کتابشناسی ملی: ۲۴۵۷۶۴۴

مشکلات آلودگی در صنایع معدنی و استخراج فلزات

تألیف: فتحی حبشی

ترجمه: مهندس مهدی بنی‌اسدی، مهندس شهرام دانش‌پژوه، دکتر علی محبی

ناشر: انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان

طراح جلد: زهرا آقاعباسی

نوبت چاپ: اول، ۱۳۹۰

تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه

لیتوگرافی و چاپ: چاپخانه کرمان ترسیم

قیمت: ۳۰۰۰۰ ریال

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۲۰۱-۰۱۳-۱

ISBN: 978-600-201-013-1

کلیه حقوق برای دانشگاه شهید باهنر کرمان محفوظ است.

فهرست مطالب

پیشگفتار.....	۹-۱۰
فصل اول: مقدمه	۱۱-۳۸
جنبه‌های اجتماعی و تاریخی.....	۱۱
منابع آلودگی.....	۱۴
استخراج معادن.....	۱۵
غنی‌سازی کانه.....	۱۶
متالورژی استخراجی.....	۱۸
خطرات سمیت.....	۲۶
فروبری و استنشاق (دم و بازدم).....	۲۶
گازهای محرک و خفه‌کننده.....	۲۷
نقش میکروارگانیزم.....	۲۸
حد آستانه.....	۲۸
سمیت فلزات.....	۳۳
غبار، فیوم، دود و ذرات معلق در هوا.....	۳۵
غلظت یک آلاینده در هوا.....	۳۶
خطرات آتش‌سوزی و انفجار.....	۳۷
بازیافت و حفظ منابع طبیعی.....	۳۸
فصل دوم: جداسازی غبار	۳۹-۴۶
مقدمه.....	۳۹
روش‌های خشک.....	۴۱
محفظه‌های ثقلی و بافلی.....	۴۱
سیکلون‌ها.....	۴۲
فیلترها.....	۴۲
فیلترهای الکتریکی.....	۴۳
روش‌های تر.....	۴۵
برج‌های پاششی.....	۴۵
شوینده‌های ونتوری.....	۴۵
فصل سوم: صنعت فولاد و آهن	۴۷-۵۶
مقدمه.....	۴۷

۴۷	تولید کک
۵۱	تولید آهن
۵۲	فولادسازی
۵۲	فرآیند کوره باز
۵۳	فرایندهای اکسیژن دار
۵۳	فرایندهای کوره الکتریکی
۵۳	اسیدشویی
۵۴	آلیاژهای آهن دار
۵۴	ذرات سیلیکا
۵۵	آرسین و فسفین
۵۵	خلاصه
۵۷-۶۹	فصل چهارم: صنعت آلومینیوم
۵۷	مقدمه
۵۸	تولید آلومینا
۵۸	آماده سازی معرف لیچینگ
۵۹	لیچینگ بوکسیت
۶۰	تولید ترکیبات فلونور
۶۱	تولید آلومینیوم
۶۴	انتشار فلونور
۶۶	انتشار ذره و گاز
۶۸	مواد باطله جامد زدوده شده از سلول های الکترولیت
۶۹	تفاله
۷۱-۸۹	فصل پنجم: فرآوری سنگ های معدنی سولفید
۷۱	مقدمه
۷۲	بازیابی یا دفع SO_2
۷۲	بهبود تکنولوژی موجود
۷۲	اصلاح تکنولوژی موجود
۷۳	دفع بدون آلودگی محیط
۷۳	مصارف
۷۶	جیوه در گازهای خروجی از ذوب
۷۷	نحوه عمل در کارخانجات H_2SO_4
۷۹	زدودن از گازها
۸۵	زدودن از اسید
۸۸	مشکلات متفرقه

۸۸	ذوب سرب
۸۸	ذوب مس
۸۹	خلاصه

فصل ششم: فرایندهای هیدرومتالورژیکی: طلا، مس و روی

۹۱	مقدمه
۹۲	طلا
۹۲	ملقمه‌سازی
۹۲	سیانیداسیون
۹۳	سنگ‌های معدنی دیرگداز
۹۴	مس و روی
۹۴	سمت کاری
۹۴	الکترووینینگ
۹۵	خلاصه

فصل هفتم: سنگ‌های معدنی رادیواکتیو

۹۷	مقدمه
۹۸	رادیواکتیو به طبیعی
۹۹	رادیوم و رادون
۱۰۰	رادیواکتیو به ناشی از پتاسیم
۱۰۰	قانون واپاشی
۱۰۱	فعالیت
۱۰۲	واپاشی کامل
۱۰۴	تعادل رادیواکتیو
۱۰۵	واپاشی سنگ‌های معدنی اورانیوم
۱۰۶	باطله‌ها
۱۰۷	خلاصه

فصل هشتم: کانی‌های صنعتی

۱۰۹-۱۲۸	زغال سنگ
۱۱۰	مشکل سولفور
۱۱۱	خاکستر
۱۱۱	مقادیر کم فلزات
۱۱۲	تولید اکسیدهای نیتروژن
۱۱۳	گازسازی و مایع‌سازی
۱۱۴	زدودن هم زمان NO_x , SO_2

۱۱۵	سنگ فسفات.....
۱۱۵	تولید اسید فسفریک به روش تر.....
۱۱۶	تولید اسید فسفریک به روش حرارتی.....
۱۱۷	مشکلات و راهکارهای امکان پذیر.....
۱۱۹	ایلمنایت.....
۱۲۱	روش پیرومیتالورژی.....
۱۲۴	روش هیدرومیتالورژی.....
۱۲۴	آزبست.....
۱۲۹-۱۳۱	فصل نهم: صنعت آب کاری الکتریکی.....
۱۲۹	مقدمه.....
۱۲۹	کروم.....
۱۳۰	مس.....
۱۳۰	نیکل.....
۱۳۰	طلا، نقره، کادمیم.....
۱۳۰	روی، قلع، سرب.....
۱۳۰	کاهش آلودگی.....
۱۳۱	روش هیدرومیتالورژی.....
۱۳۱	روش پیرومیتالورژی.....
۱۳۳-۱۳۵	سؤالات.....
۱۳۷-۱۴۴	منابع.....

پیشگفتار مؤلف

آلودگی و حفظ محیط زیست دو موضوعی هستند که هر کسی آن‌ها را حس می‌کند. با توسعه صنایع، مطالعه بر روی این مشکلات و یافتن راه حل‌های مناسب الزامی است. این کتاب نکات درسی ارائه شده در یک دوره ۸ ساعته در طی ۱۰ سال گذشته را برای دانشجویان بین رشته‌ای مقطع لیسانس ارائه می‌کند. نام واحد درسی "کاهش آلودگی صنعتی" است که توسط بخش مهندسی شیمی دانشکده علوم و مهندسی، دانشگاه لاوال ارائه می‌شود. نکات درسی به صنایع استخراج فلزات و معادن محدود می‌شود. تلاش شده تا در این کتاب نشان داده شود که چگونه تکنولوژی تغییر کند تا یک محیط کار قابل قبول وجود داشته باشد و میزان آلاینده‌های صنایع کم‌ترین باشد. در تکمیل این دروس، به دانشجویان فیلم‌های زیر نشان داده می‌شود.

- **تولید فولاد و نگهداری پاک آن:** یک فیلم ۲۵ دقیقه‌ای که تولید آهن و فولاد همراه با توصیه‌های محیط زیستی را نشان می‌دهد که توسط شرکت فولاد بتلهم (Bethlehem) تولید شده است.
- **آلومینیوم:** این یک فیلم ۳۰ دقیقه‌ای است که توسط یک شرکت کانادایی آلومینیوم تولید شده و درباره تولید آلومینیوم و مشکلات محیط زیستی مربوط به آن است.
- **انرژی:** این یک فیلم ۱۴ دقیقه‌ای است که توسط ریو آلگوم، کانادا، تولید شده و روش‌های مختلف تولید انرژی و جایگاه انرژی هسته‌ای را نشان می‌دهد.
- **باریک گولد استریک (Barrick Goldstrike):** یک فیلم ۱۰ دقیقه‌ای که توسط شرکت باریک گولد تولید شده و نشان می‌دهد که چگونه مشکلات محیط زیستی یک صنعت هیدرومتالورژی قابل حل است.
- **استخراج معادن و محیط زیست:** یک فیلم ۱۲ دقیقه‌ای ارائه شده توسط کانمت (CANMET) در اتاوا که مشکلات زهکشی اسید معدنی را مورد بحث قرار می‌دهد.

- آزیست: یک فیلم ۲۰ دقیقه‌ای ارائه شده توسط جان مانویل که تولید آزیست را از معدن و کاربردهای آن نشان می‌دهد و این که چگونه محیط کار پاک نگه داشته شود. امید است که این کتاب برای مهندسين معدن، متالورژی و شیمی و تمام کسانی که به حفظ محیط زیست علاقه دارند، مفید واقع شود.

فصل اول

مقدمه

جنبه‌های اجتماعی و تاریخی

صنایع متالورژی و معدنی از زمان باستان به عنوان منبع مواد سمی شناخته شده‌اند. برای مثال رومی‌ها برای کار در معدن جیوه از زندانی‌های جانی استفاده می‌کردند زیرا واضح بود که آن‌ها به دلیل هوای آلوده خواهند مرد. گریگوس اگریکولا (۱۴۹۴-۱۵۵۵) پزشک دوره رنسانس در کتابش که در سال ۱۵۵۶ انتشار یافته بود (De Re Metallica)^۱، تصاویر متعددی از ذوب مواد معدنی همراه با گازهای منتشر شده از آن را، نشان می‌دهد (شکل ۱-۱). اگریکولا سفرهای متعددی را برای دیدن معادن و کارخانه‌های ذوب، به ساکسونی و اطراف آن داشت.

در واقع تا زمانی که اولین قانون برای کنترل انتشارات مواد مضر در انگلستان در سال ۱۷۸۹ در ارتباط با صنایع شیمیایی (معروف به Alkali Act) تصویب شد، هیچ کاری در عمل انجام نشد. تا قبل از آن زمان، صنایع قلیایی برای به دست آوردن نمک، از H_2SO_4 استفاده می‌کردند و به این ترتیب مقدار زیادی گاز HCl در اتمسفر منتشر می‌شد که تخریب محیط زیست را به همراه داشت. از این رو یک روش برای جمع‌آوری این گاز و تبدیل آن به محصولی مفید اختراع شد. فرآیند شامل اکسیداسیون HCl به وسیله هوا در دمای $300^{\circ}C$ و در حضور کاتالیست برای تبدیل آن به کلرین می‌باشد.

۱- معادل لاتین آن Of Things Metallic است که به چند زبان ترجمه شده. ترجمه انگلیسی آن در ۱۹۱۲ توسط Herbert H. Hoover (۱۸۷۴-۱۹۶۴) انجام شد. مهندس معدنی که از ۱۹۲۹ تا ۱۹۳۹ رییس جمهور آمریکا بود. کتاب برای دو قرن مرجع دانشجویان معدن و متالورژی بود.



شکل ۱-۱ قسمتی از کتاب اگریکولا (De Re Metallica) انتشار یافته در سال ۱۵۵۶ که دودهای منتشر شده در محیط کار را نشان می‌دهد.

کلرین به‌عنوان سفید کننده در صنایع نساجی به‌کار می‌رفت (فرایند دیکن^۱). در آغاز این قرن صنایع استخراج فلزات گازهای رانند خود را به‌طور مستقیم در سطح زمین منتشر می‌کردند، که در این رابطه می‌توان به تشویه (خارج کردن کربن یا رطوبت از سنگ معدنی) سنگ‌های سولفیدی یا تولید کک به روش کربنایز کردن زغال‌سنگ اشاره کرد. بعدها دودکش‌هایی ساخته شد که به اندازه کافی بلند بودند تا مکش مورد نیاز را برای کوره‌ها تأمین کنند. معمولاً عملیات در نواحی جدا شده انجام می‌شد. به طوری که مقیاس عملیات افزایش پیدا کرد و زمین‌های نزدیک صنایع، مسکونی یا زراعی شدند ولی دود دودکش‌ها همچنان مشکلاتی را ایجاد می‌کرد. گازهای سمی و محرک، به همراه ذرات ریزی که توسط این دودکش‌ها منتشر می‌شد برای حیات گیاهی و جانوری مجاور صنایع خطرات جدی را به‌وجود می‌آورد. دستور حاکمان محلی تعطیلی کارخانه‌ها و جبران خسارت کشاورزان را به همراه داشت.

در دهه ۱۹۵۰ ساکنین شهر صنعتی میناماتا در ژاپن به واسطه خوردن ماهی‌های آلوده به جیوه دچار بیماری یا مرگ شدند، این جیوه از کارخانجات شیمیایی مجاور منتشر شده بود (شکل ۲-۱). این اتفاق افکار عمومی را راجع به نیاز به تنظیم انتشارات صنعتی برانگیخت. در دهه ۱۹۶۰ صنایع استخراج فلزات، به خاطر انتشار SO_2 به شدت مورد نگرانی قرار گرفتند. وضعیت دشواری به وجود آمده بود و دولت‌ها با مشکل بزرگی روبرو شدند، چرا که مجبور بودند کارخانجات را تعطیل کنند. حفاظت محیط زیست یا پرداخت حقوق کارگران بی‌کار نتیجه تعطیلی کارخانجات بود. در واقع برخی از کارخانجات دولت را به خاطر قوانین شدید تهدید به تعطیلی کردند. در برخی موارد کارگران در اعتراض به شرایط غیرقابل قبول زیست محیطی محیط کار تصمیم به اعتصاب گرفتند. به هر حال بعضی از کارخانجات از مشکلات زیست محیطی آگاه بودند و آن‌ها بهترین کار را برای کاهش آلودگی حتی با هزینه‌های بالا انجام دادند. کشورهای اسکندیناوی از این دسته بودند.

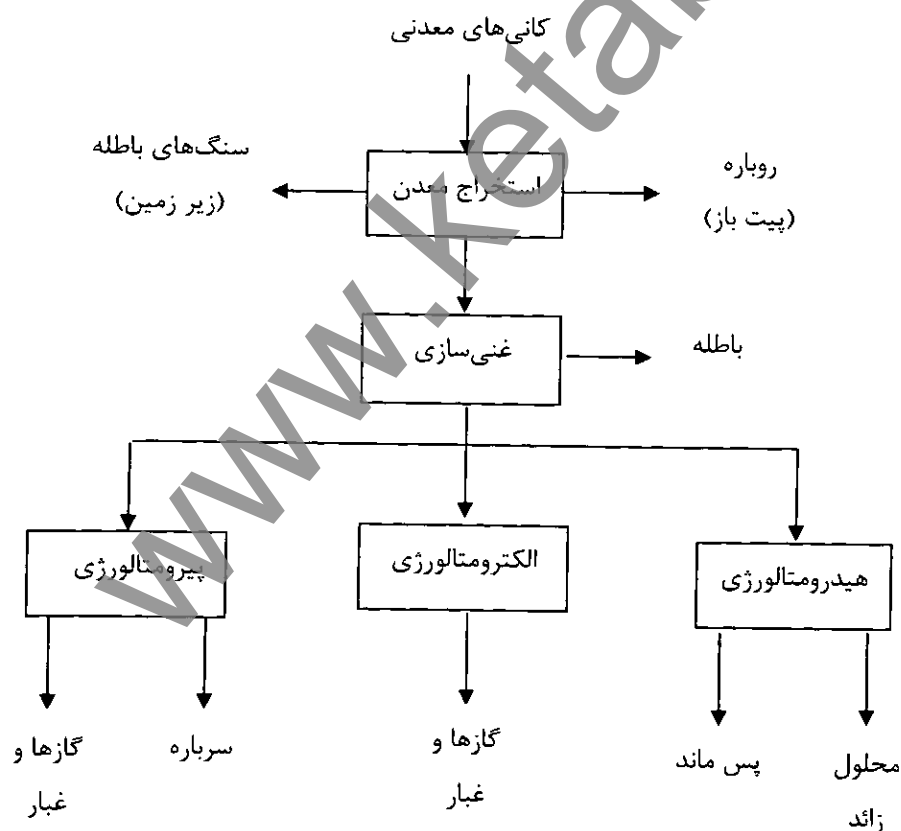
علاوه بر قوانین دولتی بر ضد آلودگی، ساکنین بسیاری از کشورها نیز، به احداث کارخانجات صنعتی در سرزمین‌هایشان اعتراض کردند. زمانی دود دودکش‌ها نشانه خوشایندی از موفقیت و اعتبار کشور بود، اما امروزه به عنوان یک منطقه بلادیده در نظر گرفته می‌شوند. مشکلات آلودگی در برخی موارد از قبیل انتشار دوده‌های سمی یا تجمع توده‌های پسماند آشکارتر است. در اکثر موارد مشکلات پنهان است و این مشکلات تنها برای متخصصین آشکار است که این ایجاد مشکلات جدی می‌کند.



شکل ۲-۱ کارخانه شیمیایی در میناماتا ژاپن ساخته شده در سال ۱۹۵۱. مرگ افراد ساکن در اطراف آن به دلیل سمیت جیوه منتشر یافته از آن چند سال بعد رخ داد. این اتفاق افکار عمومی را راجع به نیاز به تنظیم انتشارات صنعتی برانگیخت.

منابع آلودگی

فرآوری کانی‌ها و تولید فلزات در سال‌های اخیر به شدت افزایش یافته است و به طبع آن مقادیر مواد پسماند و آلاینده‌ها نیز افزایش یافته است. مشکلات عمومی در صنایع فلزی و معدنی به طور خلاصه در زیر بیان شده است: در ادامه جزئیات مشکلات آلودگی هر صنعت را مورد بحث قرار خواهیم داد شکل (۱-۳). منابع اصلی آلودگی در صنعت فرآوری کانی را نشان می‌دهد. هیچ شکی نیست که در خیلی موارد تکنولوژی بر مشکلات آلودگی می‌تواند فائق آید. یک فرایند آلاینده یا باید برای کاهش آلودگی اصلاح شود یا باید با یک فرایند با آلاینده‌گی کمتر حتی با هزینه بالاتر جایگزین شود. در ادامه مثال‌هایی را بیان خواهیم کرد.



شکل ۱-۳ مشکلات ضایعات و انتشارات مضر از صنایع معدنی

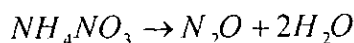
استخراج معدن

اساساً آلودگی در استخراج معدن مربوط به سنگ‌های باطله‌ای است که از زیرزمین به سطح آورده می‌شوند و روباره‌ای که باید از پیت (دهانه معدن) بر طرف شود. همچنان که مواد جاد جمع می‌شوند انباشتی از آن‌ها که مساحت زیادی را اشغال می‌کند، تشکیل می‌شود (شکل ۴-۱). سطح خشک باطله‌ها و بادهای شدید ممکن است منجر به طوفان‌های خاک . . . لی شود. یک راه مؤثر جلوگیری از این طوفان‌ها مرطوب نگه داشتن سطح باطله‌هاست. امروزه نهال کاری و کاشت بوته‌ها و درختان به منظور باد شکن رایج شده است (شکل ۵-۱).



شکل ۴-۱ تجمع ضایعات یک عملیات معدن کاری

مواد انفجاری به کار رفته در استخراج معدن گازهای NO و NO_2 را تولید می‌کنند که معمولاً به صورت NO_x علامت‌گذاری می‌شوند. معمولاً مواد منفجره به کار رفته برای ایجاد شکاف نیترات آمونیوم است که به صورت زیر تجزیه می‌شود:



N_2O تولید شده با هوا اکسید می‌شود و تولید NO_2 می‌کند. این ماده عامل اصلی ایجاد باران‌های اسیدی می‌باشد. سنگ‌های معدنی رادیواکتیو به‌خاطر آزاد کردن

گازهای رادیواکتیو در حین خرد کردن سنگ‌ها، فوق‌العاده مضرند. تهویه معدن کاری زیرزمینی ضروری است. آب‌های معدنی محتوی یون آمونیوم باقی مانده از مواد منفجره مصرفی است، که این یون با کمک میکروارگانیزم‌ها به NH_3 تبدیل می‌شود. هر دوی این مواد سمی هستند.



شکل ۵-۱ رشد چمن بر روی سنگ باطله معدن طلا در آفریقای جنوبی.
آزمایش‌ها بر روی انبار باطله‌ها انجام شد.

غنی‌سازی کانه

سنگ‌های معدنی معمولاً از کانه‌های غنی شده، تهیه می‌شوند. این غنی‌سازی با حذف ترکیبات نامطلوبی که به‌عنوان ناخالصی کانی^۱ شناخته می‌شوند، صورت می‌گیرد. این عملیات از جهت کاهش هزینه حمل و افزایش ارزش کنسانتره به‌دست آمده، اهمیت دارد. کانه‌ها باید در ابتدا به‌وسیله خرد کردن و آسیاب کردن سنگ‌های بزرگ و سپس انجام فرآیند جداسازی از سنگ جدا شوند. فرآیند جداسازی براساس اختلاف خواص فیزیکی و یا خواص شیمی - فیزیکی صورت می‌گیرد. پسماند این فرایند به مواد زائد^۲ معروف است.

1- mineral gangue

2- Tailings

شناورسازی^۱ یک روش غنی‌سازی مهم است که اساس کار آن اختلاف در ویژگی‌های سطح کانه‌های معدنی است. واکنشگرهای آلی که کلکتور نامیده می‌شوند به دوغاب مواد معدنی اضافه می‌شوند، کلکتورها به حباب‌های هوایی که در محلول شناورند می‌چسبند و می‌توانند به‌طور انتخابی مواد آب‌گریز را از محلول خارج کنند. کلکتورها ترکیبات آلی، شامل سولفور، فسفر، نیتروژن یا آرسنیک هستند. اگرچه غلظت این کلکتورها در دوغاب در حد قسمت در میلیون (ppm) هستند اما به‌خاطر طبیعت سمی آن‌ها باید با دقت جابه‌جا شوند. برخی از واکنشگرهای معمول در شناورسازی در جدول ۱-۱ ارائه شده است.

جدول ۱-۱ واکنشگرهای رایج فلوتاسیون

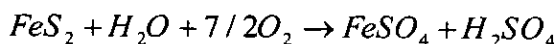
R O C	S	زانتات‌ها
	$S^{-} H^{+}$	
R N - - C	S	تیوکربامات‌ها
R' S	$S^{-} H^{+}$	
RO P	S	دی‌تیوفسفات‌ها
RO S	$S^{-} H^{+}$	
R O	O	ترکیبات آلی آرسنیک
As	$O^{-} H^{+}$	
$H^{+} O$		

پس مانده‌های فرآیندهای غنی‌سازی یک مشکل بزرگ موجود در معدن کاری است، که در زیر دلایل آن آورده می‌شود:

- حضور سولفید آهن^۲: این ماده زمانی که دستخوش اکسیداسیون آبی شود و در جایی که در معرض شرایط جوی قرار داشته باشد، اسید سولفوریک تولید می‌کند:

1- Flotation

2- Pyrite



اسید تولید شده مواد معدنی دیگر را در خود حل می‌کند و یون‌های فلز در محلول آزاد می‌شوند.

- وجود مقادیر کم واکنشگرهای شناورسازی
- صدها هکتار زمین برای نگهداری تر یا خشک توده مواد باید آماده شود. برای جلوگیری از شکستگی سدها، نشت و نفوذ به آب‌های زیرزمینی و غیره باید پیشگیری‌های لازم انجام شود.
- طراحی‌های گوناگونی برای حوضچه‌های باطله وجود دارد که به ناهمواری زمین بستگی دارد (شکل ۶-۱).
- زمین صاف
- موقعیت زمین دره‌ای باشد
- چاله حفر شده
- دره وسیع شده
- دفن زیر آب (کناره‌ای یا مرکزی)
- دفن خشک

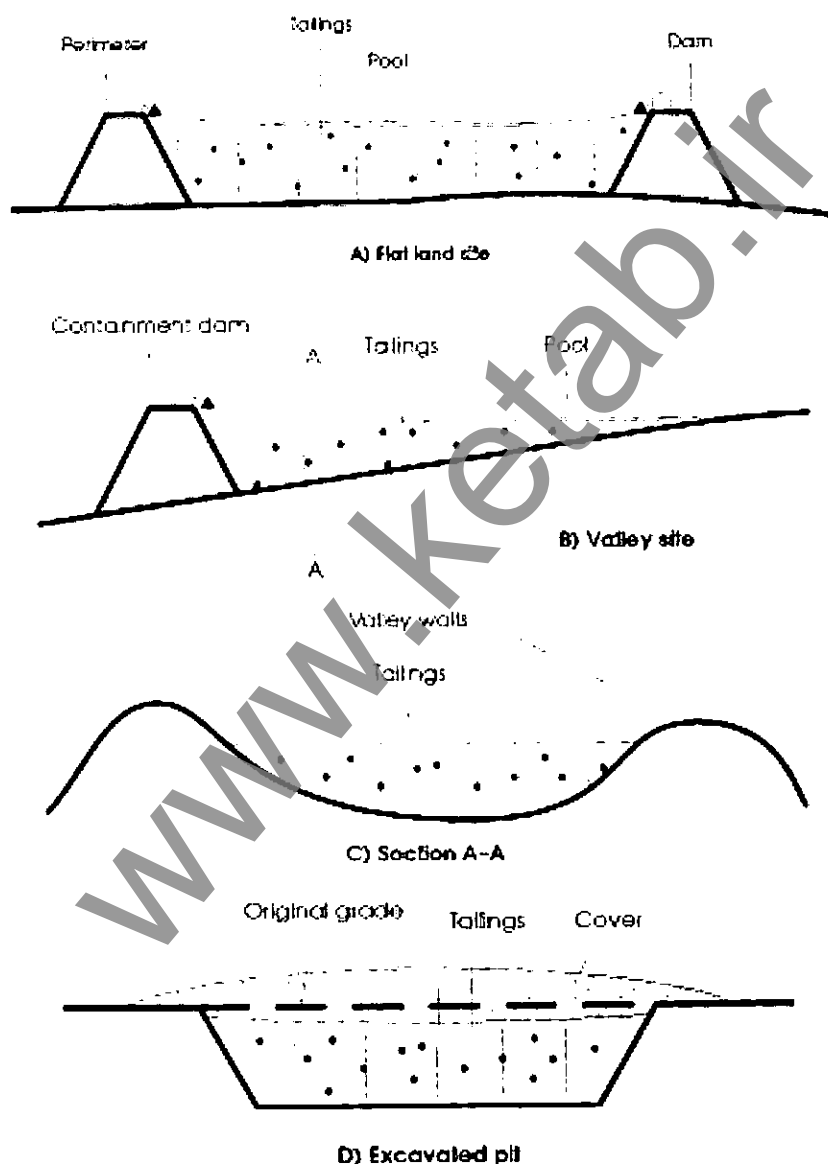
شکل (۷-۱) نمایی از انواع حوضچه‌های باطله را نشان می‌دهد. کشت باطله‌های معدنی و زباله‌های پس مانده برای بهبود مناظر یک روش معمول است.

متالورژی استخراجی

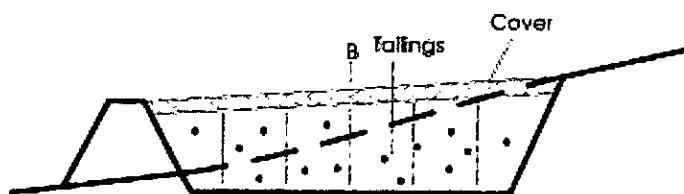
همان‌طور که در جدول ۱-۲ نشان داده شده است عمده آلودگی در کارخانجات استخراج فلزات، در آهن و فولادسازی، صنایع آلومینیوم، فرآوری سنگ‌های سولفیدی غیرآهنی، در برخی از فرایندهای هیدرومتالورژی، در فرآوری سنگ‌های معدنی حاوی عناصر رادیواکتیو، در تهیه کانی‌های صنعتی مشخص و در صنعت آبکاری به وجود می‌آید. اکثر این مشکلات قابل حل بوده و یا با صرف هزینه بالایی حل می‌شوند.

- **پیرو متالورژی:** در فرآیند پیرومتالورژیکی مواد معدنی، غبار، سرباره و گاز تولید می‌شود. انتشار غبار در کارخانه به دلیل اتلاف ذرات با ارزش، هزینه قابل توجهی را به خود اختصاص می‌دهد. عملاً این مشکل توسط به کارگیری تجهیزات غبارزدا^۱

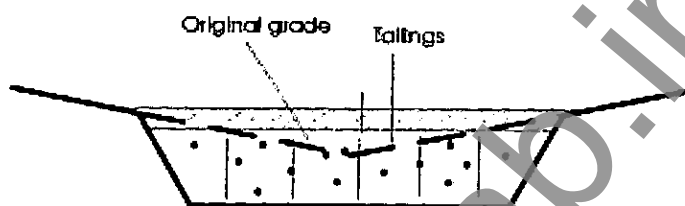
حل شده است. سیکلون‌ها، شوینده‌ها و فیلترهای الکتریکی از این قبیل وسایل هستند (به فصل ۲ مراجعه شود). مقدار تولید سرباره‌ها زیاد است (شکل ۸-۱) و تنها یک جزئی از آن در ساخت جاده و تولید سیمان به کار می‌رود.



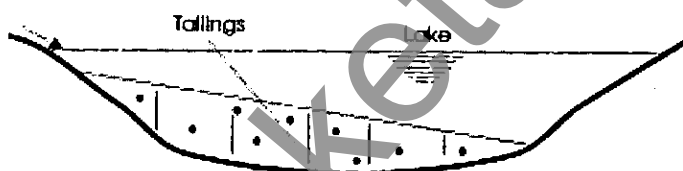
شکل ۸-۱ دورریز باطله‌ها



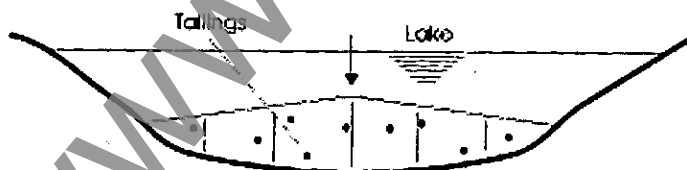
E) Enlarged valley



F) Section B-B

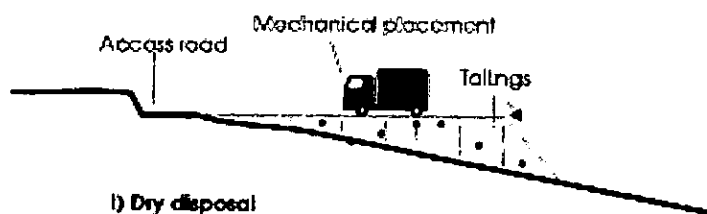


G) Edge discharge



H) Central discharge

ادامه شکل ۶-۱



I) Dry disposal

ادامه شکل ۶-۱



شکل ۷-۱ نمایی از یک حوضچه باطله

جدول ۷-۱ مشکلات آلودگی در صنایع استخراج فلزات

مشکلات	صنعت
گازها در تولید کک، سرباره‌ها، کوره دمشی، سیانیدها، گردوغبار کوره الکتریکی، محلول اسیدشویی	آهن و فولادسازی
ارسین و فسفین، ذرات سیلیکا	تولید آلیاژهای آهن
جیوه، ملاط فرمز، ترکیبات فلورین، ترکیب آلی سمی، سیانیدها	صنعت آلومینیوم
SO_2 ، جیوه، سلنیوم، آرسنیک	کانه‌های سولفید
ارسین، فسفین، سیانیدها	مس، سرب، روی و نیکل
گاز رادون (رادیواکتیو)	فرآیندهای هیدرومتالورژیکی
سولفور، خاکستر، اثر فلزات، اکسیدهای نیتروژن	طلا، نقره، مس و روی
فسفوژنیسوم	کانه‌های رادیواکتیو
اسید زائد	اورانیوم و توریم
سمیت فیبرها، باطله‌ها	کانی‌های صنعتی
کرومیم، مس، نیکل	زغال سنگ
	سنگ فسفات
	ایلمنایت
	آزبست
	صنعت آبکاری

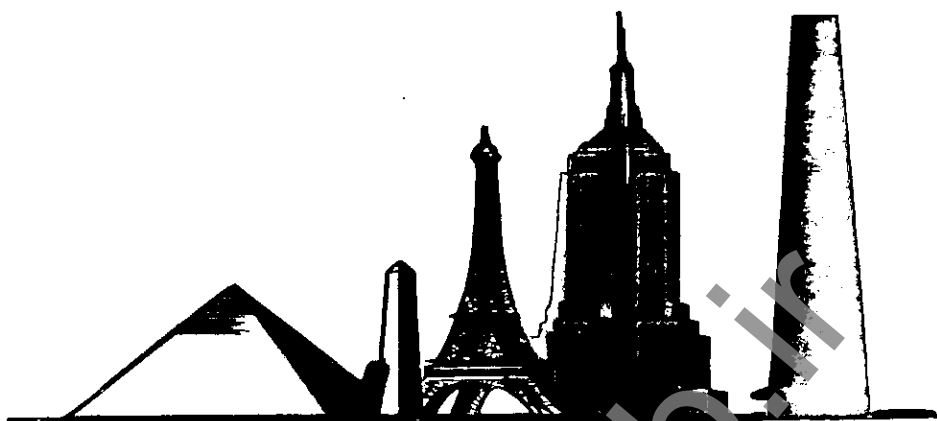


شکل ۸-۱ نمایی از یک کارخانه پیر و متالورژیکی که حجم عظیمی از سرباره‌ها را نشان می‌دهد.

نصب دودکش‌های بلند برای کم کردن اثر گازهای سمی و تحریک کننده در سطح زمین مورد توجه قرار گرفته است. دودکش‌هایی به بلندی ساختمان امپایراستیت^۱ که ۱۰۲ طبقه می‌باشد (به ارتفاع ۳۸۱ متر) ساخته شده است (شکل ۱-۹). یکی از این دودکش‌ها در یک کارخانه متالورژیکی در کانادا است که روزانه ۲۵۰۰ تن سولفور را به شکل دی اکسید سولفور پراکنده می‌سازد. یک تصویر از مرحله ساخت این دودکش در شکل‌های (۱-۱۰) و (۱-۱۱) نشان داده شده در حالی که نمای تمام شده آن در شکل (۱-۱۲) نشان داده شده است. دودکشی به این ارتفاع قطری حدود ۳۶ متر در پایین دارد، که از بتون مسلح با ضخامت ۱ متر در پایه و ۲۶cm در بالا ساخته شده است. در ساخت این دودکش ۱۰۵۰ تن فولاد و ۱۳۰۰۰ تن بتون استفاده شده بود. مقایسه همین دودکش اما اندکی کوتاه‌تر (۳۶۰ متر) در کارخانه دیگری در یوتا^۲ ساخته شده بود (شکل ۱-۱۳). هزینه ساخت این دودکش‌ها بسیار بالا می‌باشد (جدول ۱-۳). این دودکش‌ها شامل یک کانال پشم شیشه داخلی، یک آسانسور برای سرویس و سیستم‌های کنترل حریق و پاشش آب می‌باشند. ساختن دودکش‌های بلند نمی‌تواند متضمن پراکنده‌سازی کامل گازهای سمی و عدم وجود آن‌ها در سطح زمین باشد و این راه حل واقعی مشکل آلودگی نیست چرا که این گازها دیر یا زود توسط باران به سمت پایین شسته می‌شوند.

1- Empire state

2- Utah



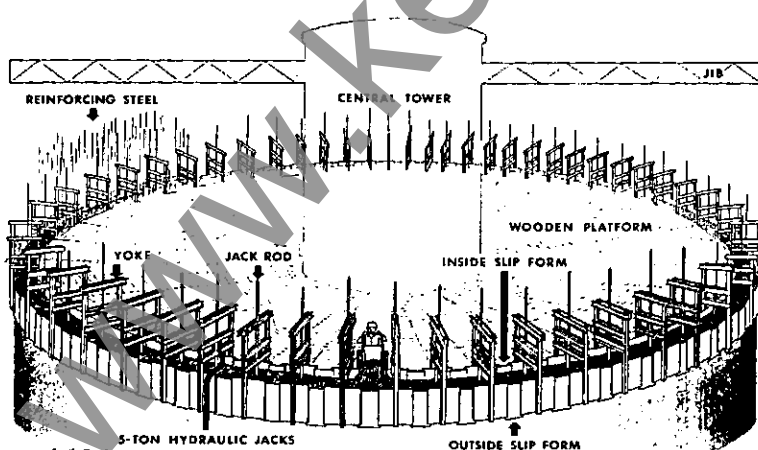
شکل ۹-۱ دودکش INCO به بلندی ساختمان امپایر استیت.

جدول ۳-۱ دودکش‌های کارخانجات استخراج فلزات

Kennecott	INCO	موقعیت
Bingham Canyon, Utah	Copper Cliff, Ontario	سال ساخت
۱۹۷۴	۱۹۷۲	ارتفاع، m
۳۶۶	۳۸۱	قطر، m
۴۷	۳۶	در پایه
۱۲	۱۶	در بالا
		ضخامت، cm
۷۶.۳	۱۰۰.۵	در پایه
۳۰.۰	۲۵.۶	در بالا
۵۳.۹ (شش ضلعی)		فنداسیون، m
۳.۶		قطر
		ضخامت
۱۶۰۰۰	۱۳۰۰۰	ستون، تن
	۱۰۵۰	فولاد، تن
۱۶.۳	۲۵	هزینه $\times 10^6$ دلار



شکل ۱۰-۱ دودکش INCO در مرحله ساخت.



شکل ۱۱-۱ جزئیات ساخت دودکش بتون مسلح INCO

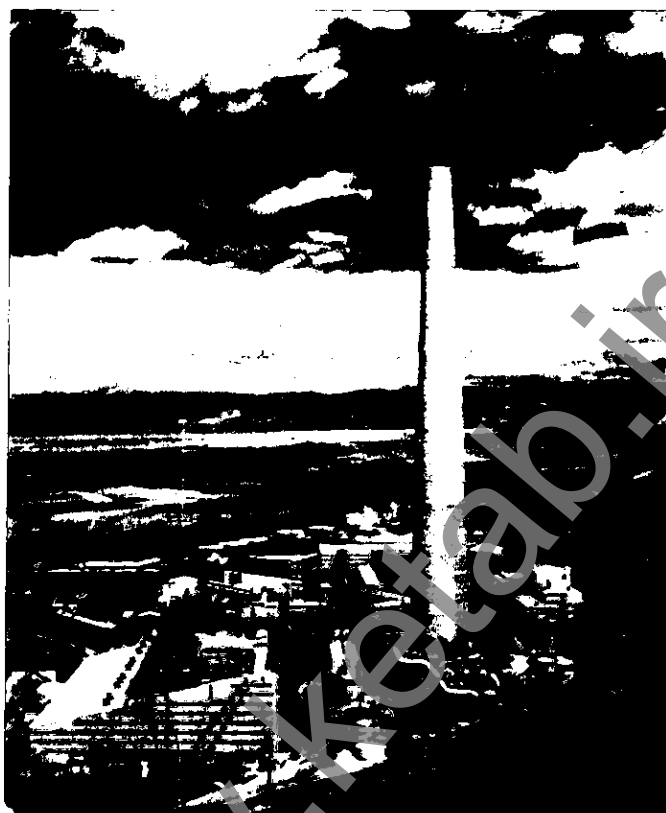
- **هیدرومتالورژی:** فرآوری سنگ‌های معدنی با روش‌های تر، تولید محلول‌های زائد و پسماند می‌کند. در حالی که سرباره‌ها در بیرون انبار نسبتاً پایدارند ولی پساب‌های فیلتر شده از محلول‌های آبی پایدار نیستند چون آن‌ها شامل اجزا قابل حل‌اند. بنابراین دفع این مواد در حوضچه‌ها به دلیل خطر آلودگی آب‌های سطحی خطرناک است مگر آن‌که

این حوضچه‌ها به‌طور مناسب ساخته شوند. هم‌چنین فاضلاب‌های مایع حاوی عوامل سمی می‌باشند باید قبل از ریختن آن‌ها درون جریان‌های مایع، تصفیه شوند.

- **الکترومتالورژی:** مهم‌ترین عملیات مربوط به صنایع الکترومتالورژی صنعت آلومینیوم است، که گازها و غبار منتشر می‌کند و امروزه این بخش از صنعت آلومینیوم دستخوش اصلاحات می‌شود. پالایش الکترولیتی مس و الکترووینینگ روی، نیز مشکلات آلودگی دارند، اما این مشکلات قابل کنترل‌اند.



شکل ۱-۱۲ دودکش INCO در سادباری، آنتاریو^۱



شکل ۱-۱۳ دودکش Kennecott در مجاورت شهر سالت لیک، یوتا^۱

خطرات سمیت

مقدار زیاد هر چیزی سم است. در کارخانجات استخراج فلزات، فلزات گوناگون، محلول‌های آبی، گازها، غبار، سرباره‌های ذوب شده و ... تولید می‌شوند. داشتن اطلاعاتی راجع به خطرات موجود و حد آستانه این خطرات ضروری است.

فروبری و استنشاق (دم و بازدم)

مسمومیت می‌تواند با فروبری یا دم و بازدم اتفاق بیفتد. در فرآیندهای صنعتی مشخص مقررات بهداشتی سخت‌گیرانه، قابل دفاع و مقبول، برای جلوگیری از ورود سم‌های صنعتی از طریق دهان وجود دارد. این تدابیر عبارتند از: تعویض لباس در هر

1- Salt Lake

2- Uah

شیفت کاری، شست و شوی دقیق دست‌ها و صورت قبل از غذا خوردن و شستشوی کامل و دوش گرفتن در پایان کار. عمل دم یکی از خطرناک‌ترین مسیرهای ورود سم‌های صنعتی است با توجه به این که بسیاری از این گازها بی‌رنگ و بی‌بو هستند. تنفس گازهای معینی به‌طور دائم و یا تنفس در غلظت‌های بالای این گازها خطرناک است. علاوه بر این، گازها ممکن شامل بخارات مضر یا ذرات سمی، از فرآورده‌های مشخصی باشند.

گازهای محرک و خفه کننده

برخی از گازها مثل SO_2 ایجاد سوزش می‌کنند، این گاز موجب ترشح بیش از اندازه بزاق شده و تحریک دستگاه تنفسی و چشم را به همراه دارد. برخی دیگر از گازها ایجاد خفگی می‌کنند یعنی وجود غلظت‌های بالا این گازها در هوا، بدون این که بر اعضاء دیگر اثری بگذارند، باعث مرگ می‌شود مثل استیلن. بنابراین محدوده قابل قبول براساس میزان اکسیژن موجود است. مونوکسید کربن یک حالت خاص از خفگی، تحت عنوان خفگی شیمیایی را ایجاد می‌کند چرا که به عروق انتقال اکسیژن آسیب می‌زند. میل ترکیبی CO با هموگلوبین در حدود ۲۰۰ برابر میل ترکیبی CO با اکسیژن است. پس وجود ۰/۱ درصد CO در هوا برای کشتن (خفگی) یک فرد در عرض چند دقیقه، کافی است. فردی که برای یک مدت کوتاه در معرض خفگی قرار گرفته است با قرار دادن فوری او در هوای تازه، ممکن است نجات پیدا کند.

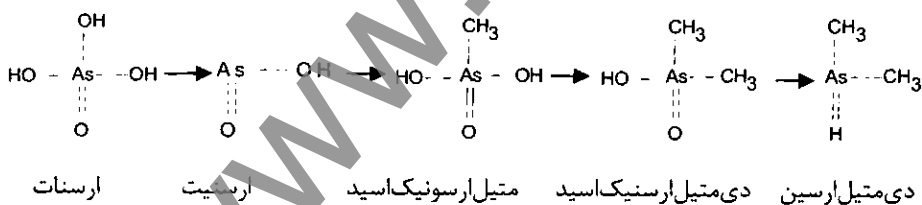
یک عامل خفه کننده ممکن است شامل مقدار ناچیزی ناخالصی از یک گاز سمی باشد که در حین تولید آن تشکیل شده است. برای مثال استیلن (C_2H_2) که از کاربید کلسیم (CaC_2)، تولید می‌شود به دلیل داشتن مقدار کمی گاز خطرناک فسفین (PH_3) سمی است. وجود فسفین می‌تواند به خاطر مقادیر کم فسفر در مواد خام باشد. کاربید کلسیم توسط حرارت دادن سنگ آهک با کک در یک کوره الکتریکی در مقیاس بالایی تولید می‌شود. دو کاربرد مهم این ماده به این قرار است: تولید استیلن که در برش فلزات کاربرد دارد و بالا بردن محتوی کربن^۱ در آهن مذاب. وقتی کاربید کلسیم برای تولید استیلن توسط آب تجزیه می‌شود، فسفین تشکیل می‌شود. بنابراین استیلن صنعتی شامل مقادیری از فسفین است و به این دلیل است که نشت این گاز

می‌تواند مرگ‌زا باشد. مواردی از وجود سمیت این گاز در کارگاه‌ها گزارش شده است. حتی در طی انبار و جابه‌جایی، کاربید می‌تواند با رطوبت هوا واکنش دهد که این منجر به تشکیل فسفین می‌شود.

نقش میکروارگانیسم‌ها

میکروارگانیسم‌های مشخصی مثل قارچ‌ها و خزہ‌های دریایی نقش مهمی در انتقال یک گونه سمی به یک جزء با سمیت بیشتر را ایفا می‌کنند. این ارگانیسم‌ها تولید یدید متیل (CH_3I) به عنوان یک محصول متابولیکی (دگرگون شونده) می‌کنند که با فلزاتی از قبیل جیوه یا شبه فلزاتی از قبیل آرسنیک، سلیوم و تلوریوم واکنش می‌دهد که در نتیجه آن مشتقات متیل این مواد تشکیل می‌شود. فرآیند به متیلاسیون معروف است. برای مثال:

- جیوه فلزی یا ترکیبات جیوه در محلول به آرامی به Hg^{2+} تبدیل می‌شوند و این ماده توسط میکروارگانیسم‌ها به متیل جیوه، CH_3Hg^+ ، تبدیل می‌شود. ماده حاصل در آب قابلیت انحلال پذیری و میل ترکیبی بالایی با آمینو اسیدها دارد. بنابراین آن وارد ترکیب با پروتئین‌ها می‌شود.
- ارسنات طی مراحل زیر به دی‌متیل آرسین تبدیل می‌شود:



حد آستانه

حد آستانه مقدار ماکزیمم مجاز، بدون ایجاد ضرر و زیان است. جدول ۱-۴ حد آستانه برای گازهایی که در یک کارخانه استخراج فلزات ممکن است وجود داشته باشند، را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که اختلاف فاحشی بین مقادیر این گازها وجود دارد. به عنوان مثال، نیکل کربونیل سمیت بالایی دارد در حالی که سمیت منوکسید کربن در مقایسه با آن بسیار پایین است.

- نیکل کربونیل: گازی بی‌رنگ و بی‌بو است که در فرآیند پالایش نیکل تشکیل

می‌شود، در این فرآیند نیکل ناخالص در دما و فشار بالا با CO واکنش می‌دهد. این گاز سپس در دما بالا و فشار اتمسفر تجزیه شده و نیکل خالص تشکیل می‌شود و CO تولید شده نیز مجدد بازیابی می‌شود. این فرآیند بیشتر در سادباری، آنتاریو در مقیاس صنعتی مورد استفاده قرار گرفته است.

- **جیوه:** فشار بخار جیوه در هوای اشباع از جیوه، در $20^{\circ}C$ ، $1/84 \text{ ppm}$ و در $40^{\circ}C$ ، $8/5 \text{ ppm}$ است. درجه اشباع اتمسفریک جیوه به مقدار سطح بی حفاظ وابسته است و وقتی یک قطره جیوه روی کف زمین سقوط کند، تعداد زیادی قطرات ریز جیوه ایجاد می‌شود در این حالت ذرات جیوه فضای کمی را اشغال می‌کنند و در عین حال به دلیل ریزی این قطرات، قطرات جیوه قابل مشاهده نیستند. وقتی آن‌ها خشک شده و دور ریخته می‌شوند به واسطه عمل میکروآرگانیزم‌ها ترکیبات سمی بیشتری را تشکیل می‌دهند. جیوه در صنایع الکتروشیمیایی و در بازیابی طلا با فرآیند ملقمه‌سازی مورد استفاده دارد (البته امروزه این فرآیند منسوخ شده است).
- **آرسین:** همه ترکیبات آرسینک سمی‌اند به خصوص آرسین که به دلیل طبیعت گازی آن، سمی است. این ماده بوی سر می‌دهد. این گاز، در جایی که هیدروژن در حضور محلول حاوی آرسنیک تولید شود، تشکیل می‌شود. مقادیر جزئی آرسنیک را می‌توان در آهن قراضه، سنگ‌های معدنی و در پسماندهای متالورژی تحت شرایط مشخصی به شکل آرسین پیدا کرد.
- **فلوئور:** یک گاز بی‌رنگ با بوی زننده، سنگین‌تر از هوا که در صنعت، توسط الکترولیز مذاب در حمام $HF - KF$ در $100^{\circ}C$ تولید می‌شود. این گاز به شدت خورنده است. عمدتاً برای تولید هگزاfluوراید اورانیوم از تتراfluوراید اورانیوم استفاده می‌شود، که این فرآیند در غنی‌سازی ایزوتوپ اورانیوم برای راکتورهای مشخص هسته‌ای و همچنین اهداف نظامی مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- **فسژن:** به کلرید کربونیل معروف است. فسژن یک مایع فرار بی‌رنگی است که در پایین‌تر از نقطه جوشش ($8/5^{\circ}C$) وجود دارد و به عنوان یک گاز سمی در جنگ جهانی اول مورد استفاده قرار گرفت. این ماده تحت شرایط خاصی در حین کلریناسیون اکسیدهای فلز تشکیل می‌شود.

جدول ۱-۴ مقادیر حد آستانه گازهای سمی در کارخانجات استخراج فلزات
برحسب کاهش درجه سمیت

ملاحظات	مقدار حد آستانه در هوا		فرمول	گاز
	mg/m ³	ppm		
سمی	۰/۰۰۷	۰/۰۰۱	Ni(Co) ₄	نیکل کربونیل
سمی	۰/۱	-	Hg	جیوه
سمی	۰/۲	۰/۰۵	AsH ₃	ارسین
محرک	۰/۲	۰/۱	F ₂	فلورین
سمی	۰/۴	۰/۱	CoCl ₂	فسژن
سمی	۰/۴	۰/۳	O ₃	اوزن
سمی	۰/۲	۰/۱	PH ₃	فسفین
سمی	۰/۵	-	As ₂ O ₃	ارسنیک اسید
سمی	۳	۱	Cl ₂	کلرین
سمی	۶	۱	S ₂ Cl ₂	کلرید سولفور
سمی	۲	۳	HF	فلورید هیدروژن
-	۷	۵	HCl	کلراید هیدروژن
-	۹	۵	NO ₂	دی اکسید نیتروژن
محرک	۱۳	۵	SO ₂	دی اکسید سولفور
سمی	۱۱	۱۰	HCN	سیانید هیدروژن
سمی	۱۵	۱۰	H ₂ S	سولفید هیدروژن
سمی	-	۱۰	C ₂ N ₂	سیانوژن
سمی	۶۰	۲۰	CS ₂	دی سولفید کربن
سمی	۲۰	۲۵	NO	اکسید نیتریک
محرک	۲۵	۵۰	NH ₃	آمونیاک
سمی	۵۵	۵۰	CO	مونوکسید کربن
-	۹۰۰۰	۵۰۰۰	CO ₂	دی اکسید کربن
خفه کننده	-	-	C ₂ H ₂	استیلن
سمی	-	-	UF ₆	هگزا فلورید اورانیوم

- ازن: یک گازی بی‌رنگ با بویی خاص و سنگین‌تر از هوا است، که در بعضی مواقع به عنوان یک عامل اکسیداسیون قوی مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- فسفین: معروف به فسفید هیدروژن، یک گاز بی‌رنگ با یک بوی تند مشابه بوی ماهی

گندیده است. ممکن است در حین انبارسازی آلیاژهای آهن دار، انتقال آهن قراضه در محیط اسیدی به واسطه وجود مقدار کمی فسفر در مواد خام، تشکیل شود.

- اکسید آرسنیک: آرسنیک دو اکسید سه ظرفیتی و پنج ظرفیتی را تشکیل می دهد: البته فقط اکسید سه ظرفیتی، As_2O_3 فرار و خطرناک است. این ماده در اکسیداسیون آرسنیک که در کانه های معدنی سولفیدی وجود دارد با مقدار محدود هوا تشکیل می شود. آن به صورت یک غبار سفید رنگ در سیستم فیلتراسیون گاز جمع آوری می شود و معمولاً این ماده را در بشکه های فولادی نگهداری می کنند. مقدار کمی از این ماده در حشره کش و آفت کش به کار می رود. به خاطر قابلیت انحلال در آب نگهداری این ماده باید با کنترل کامل صورت گیرد.

- کلر: یک گاز زرد متمایل به سبز با یک بوی زننده و آزار دهنده و سنگین تر از هوا است. این ماده برای تولید کلریدهای سنگ های معدنی و کنستانتتره ها، مثل تولید $TiCl_4$ از کانه اکسید تیتانیوم و تولید $ZrCl_4$ از زیرکونیوم کاربرد دارد.

- کلریدهای سولفور: مونوکلرید سولفور یک مایع زرد رنگ است که در $138^\circ C$ به جوش می آید در حالیکه دی کلرید سولفور SCl_2 ، یک مایع قهوه ای متمایل به قرمز است که در $59^\circ C$ به جوش می آید. هر دوی این مواد در حین فرآوری کنستانتتره های سولفیدی توسط کلر تشکیل می شوند. هر چند که هیچ فرآیند متالورژیکی از این تکنولوژی استفاده نمی کند.

- فلورید هیدروژن: اسید هیدروفلوریک مایعی است که از آن بخار متصاعد می شود و در $19/5^\circ C$ به جوش می آید و به طور تجاری به واسطه واکنش H_2SO_4 غلیظ بر روی فلوریت (CaF_2) تولید می شود. محصول تجاری، محلول فلورید هیدروژن در آب است. گاز HF گازی، بی رنگ با بوی نافذ و سبک تر از هوا است. گاز در فلئوردار کردن، اکسیدها استفاده می شود مثل BeO و UO_2 برای تولید فلوریدهای مربوط به خودشان.

- کلرید هیدروژن: یک گاز بی رنگ که وقتی که در معرض هوا قرار گیرد به خاطر واکنش با رطوبت هوا دود سفید غلیظی تشکیل می دهد و قطرات اسید هیدروکلریک تشکیل می شوند. کلرید هیدروژن به ندرت در صنعت متالورژی استفاده

- می‌شود اما زمانی که کلریدهای گازی مانند $TiCl_4$ از لوله‌ها و دستگاه‌ها نشت می‌کنند با رطوبت هوا واکنش می‌دهند و تولید کلرید هیدروژن می‌کنند.
- دی اکسید نیتروژن: یک گاز قرمز متمایل به نارنجی است که در اثر واکنش اسید نیتریک با کانه‌های معدنی در دمای اتاق تشکیل می‌شود.
 - دی اکسید سولفور: یک گاز بی‌رنگ با بوی آزار دهنده، که تنفس آن موجب افزایش ترشحات براق می‌شود. این ماده در کارخانجات متالورژیکی در اثر اکسید کردن یا ذوب سنگ‌های معدنی سولفیدی و کنستانتره‌های مس، سرب، روی، نیکل و جیوه یا فراوری کانه‌های سنگ معدن طلا (پیریتیک) با روش حرارتی، تولید می‌شود.
 - سیانید هیدروژن: یک گاز بی‌رنگ، دارای بوی مشابه بادام تلخ و از هوا سبک‌تر است. آن ممکن است در یک کارخانه متالورژیکی در اثر فراوری سنگ‌های معدنی طلا توسط فرایند سیانیداسیون و در اثر غفلت تولید شود. گاز تنها زمانی که pH محلول به کمتر از ۱۰ برسد تشکیل می‌شود. این اتفاق ممکن در اثر جذب CO_2 از هوا توسط محلول قلیایی صورت گیرد.
 - سولفید هیدروژن: یک گاز بی‌رنگ که بوی تخم‌مرغ گندیده می‌دهد. آن در گاز طبیعی وجود دارد، گاهی وقت‌ها در غلظت‌های بالا - پس باید قبل از استفاده گاز زدوده شود. آن در هیدرومتالورژیکی برای ته‌نشین کردن مس، نیکل و کبالت از محلول به کار می‌رود.
 - سیانوزن: یک گاز بی‌رنگ با بویی مشخص که وقتی هوای گرم در تماس با کربن تحت شرایط احیاء قرار گیرد، تشکیل می‌شود. به‌طور مثال در کوره دمشی آهن. در آب قابل حل است در نتیجه زمانی که گازهای کوره دمشی با آب شسته می‌شوند، سیانوزن به‌عنوان آلاینده در آب وجود دارد.
 - دی سولفید کربن: یک مایع بی‌رنگ که در $46/2^\circ C$ می‌جوشد و دارای بویی ناخوشایند است، به‌عنوان حلال برای سولفور عنصری به کار می‌رود. وقتی SO_2 با کربن در دمای بالا کاهیده (احیاء) می‌شود، آن در مقدار کمی تشکیل می‌شود.
 - اکسید نیتریک: یک گاز بی‌رنگ که به آسانی با اکسیژن هوا برای تشکیل NO_2 قرمز قهوه‌ای، واکنش می‌دهد. زمانی که یک سوخت کربن‌دار توسط هوا سوزانده می‌شود، آن در مقادیر کمی تشکیل می‌شود. بنابراین آن در گازهای دودکش وجود خواهد داشت.

- آمونیاک: یک گاز بی‌رنگ با بویی زننده، حلالیت بالا در آب، که می‌تواند محلول‌های آبی شامل بیش از ۲۹ درصد NH_3 تشکیل دهد که این محلول‌ها در هیدرومتالورژی برای لیچینگ سولفیدهای مس، نیکل و کبالت استفاده می‌شود که از آن‌ها کمپلکس‌های آمین تشکیل می‌شوند.
- مونوکسید کربن: یک گاز بی‌رنگ و بی‌بو، کمی سبک‌تر از هوا، به‌عنوان یک عامل احیاء کننده به‌کار می‌رود. یکی از اجزاء اصلی گاز کوره دماشی و گاز تولید کننده است. اثر سمیت CO به این دلیل است که محتوای اکسیژن خون را کاهش می‌دهد چون با هموگلوبین خون ترکیب می‌شود و یک کمپلکس پایدار CO -هموگلوبین تشکیل می‌دهد که از رساندن اکسیژن به اندام‌ها جلوگیری می‌کند جایی که اکسیژن برای عملکرد طبیعی بدن ضروری است. محتوای اکسیژن خون به محض این که هوای تازه تنفس شد به حالت طبیعی برنمی‌گردد اما به آرامی مقدار CO را کاهش می‌دهد تا آن از خون حذف شود. مونوکسید کربن در بدن به CO_2 اکسید نمی‌شود و وقتی هوای تازه تنفس شود تدریجاً از ریه‌ها حذف می‌شود.
- دی اکسید کربن: یک گاز بی‌رنگ و بی‌بو، با یک مزه تیز، سنگین‌تر از هوا. آن محصول زائد احتراق سوخت‌های کربن‌دار است.
- استیلن: یک گاز بی‌رنگ، سبک‌تر از هوا، از مواد نفتی یا از کاربید کلسیم تولید می‌شود. در مورد دوم زمانی که کاربید کلسیم با آب برای تولید استیلن فرآوری شود ممکن است با آرسنیک و ترکیبات فسفر آلوده شود. شعله ترکیب استیلن با اکسیژن برای جوش دادن فلزات به کار می‌رود.

سمیت فلزات

کیمیای معروف، پاراسلسیوس^۱ (۱۵۴۱-۱۴۹۳) پیش از این پی برده بود که بین سم و دارو تفاوت است. بعضی از فلزات به مقدار کم در محلول‌های آبی برای بدن انسان ضروری‌اند، به‌طور مثال مس، کبالت، سلنیوم و منگنز. این عناصر در غذاها به مقدار کم وجود دارند و بعضی‌ها مثل کبالت جزئی از ویتامین B_{12} می‌باشند. بعضی فلزات حتی به عنوان دارو نیز استفاده می‌شوند به‌طور مثال آرسنیک در سالوارسان^۲ و جیوه در داروی

1- Paracelsus

2- Salvarsan

ضد عفونی (مرکور کروم^۱). البته مقدار بیش از حد آن منجر به اختلال و سمیت می شود. جدول (۵-۱). فلزات دیگری مثل فلزات قلیایی، قلیایی خاکی، آلومینیوم و آهن سمی نیستند. اکثر ترکیبات دیگر فلزات سمی هستند و بعضی از آن ها حتی در مقدارهای خیلی کم سمی اند. ترکیبات قابل حل در آب یا در سیالات بدن نسبت به ترکیبات غیر قابل حل سمیت بیش تری ایجاد می کنند.

سمیت به هادگی قابل ارزیابی نیست، چنان چه یک ثابت فیزیکی از قبیل نقطه ذوب یا نقطه جوش ماده ممکن است تعیین شود. فلزات جامد حجیم، سمی نیستند اما بخارات آن ها سمی اند. بخارات ممکن است در هنگام ذوب، تقطیر و جوش تولید شوند. ترکیبات در حالت گازی سمی می باشند و بعضی از آن ها بیش تر از بقیه سمی هستند.

جدول ۵-۱ اثر فلزات بر سلامتی

فلز	اثرات بر سلامتی
آنتیموان	کوتاه کردن عمر موش ها
ارسنیک	ممکن است موجب سرطان و مرگ شود
برلیم	سمیت شدید، سرطان
بر	سمیت به جز عنصر آن
کادمیم	بیماری کاردینو و اسکیولار و فشار خون
سرب	آسیب مغزی، تشنج، اختلال در رفتار، مرگ
جیوه	آسیب عصبی و مرگ
نیکل	سرطان ریه
سلنیوم	ممکن است موجب پوسیدگی دندان و سرطان زایی در موش ها شود
وانادیم	آسیب به ریه
یتربوم	سرطان را برای موش ها، وقتی برای مدت طولانی در معرض آن قرار گیرند

الف- مثل کربونیل

برای مثال تکه های برلیم فلزی سمی نیستند، اما بخارات $BeCl_2$ و بخارات فلز برلیم به شدت سمی اند. جیوه در حالت فلزی یک ماده سمی استثنایی است. جیوه در دمای اتاق مایع و دارای کشش سطحی بالایی است و وقتی روی زمین پخش می شود مقدار زیادی قطره کوچک ایجاد می کند، بنابراین سطح تماس زیادی ایجاد می کند

باعث افزایش تبخیر می‌شود. اطلاعات از سمیت موادی که استعمال می‌شوند برای یک متخصص متالورژی لازم است. به‌طور مثال برای انتقال سولفات نیکل یا براکس نیاز به احتیاط شدید نیست، اما انتقال کربونیل نیکل یا برانز (ترکیبات آلی بور) به‌خاطر سمیت بالا نیازمند احتیاط شدید است.

غبار، فیوم^۱، دود و ذرات معلق در هوا

غبارها، ذرات یا توده ذراتی به قطر ۱۵۰-۱ میکرون، فیوم ذراتی به قطر ۰/۲-۱ میکرون و دودها ذراتی با قطر کمتر از ۰/۲ میکرون می‌باشند.

غبار در اثر سایش مکانیکی و فیوم‌ها و دودها در اثر واکنش شیمیایی تشکیل می‌شوند. استنشاق زیاد گردوغبار مواد باعث مشکلات ریوی می‌شود. برای مثال سیلیکا سبب سیلیکوسیس^۲ و فلوراید سبب فلوروزیس^۳ می‌شود. این‌ها باعث سفت شدن قسمت‌هایی از ریه می‌شوند که نیازمند عمل جراحی است. بعضی گردوغبارها مثل آربست ایجاد سرطان می‌کنند. چون خطر به یک ناحیه در ریه محدود نمی‌شود و در دیگر قسمت‌های بدن پخش می‌شود. فیوم‌ها و دودها به دلیل اندازه ریز ذرات‌شان خطرناک‌ترند و می‌توانند به آسانی وارد سیستم تنفسی شوند. جدول (۱-۶) مقدار حد آستانه را برای گردوغبار، فیوم و دود برای بعضی از فلزات را می‌دهد.

ذرات معلق در هوا (ایروسول^۴) در اثر چگالش بخارات تولید می‌شوند یا وقتی یک گاز از یک محلول آبی عبور کند، به‌طور مکانیکی تولید می‌شوند. ترکیدن حباب‌های گاز در زمان ترک محلول، قطرات ریزی در محیط منتشر می‌کند برای مثال در طول عملیات الکترووینینگ روی از محلول سولفات روی، اکسیژن در آند تولید می‌شود. در مدت عبور اکسیژن از محلول در هنگام خارج شدن با قطرات ریز محلول اسید به نام قطرات اسیدی^۵ می‌پیوندد که این باعث می‌شود محل کار طاقت‌فرسا شود و تجهیزات آسیب ببینند. اگرچه این مشکل با قرار دادن توپ‌های پلاستیکی یا یک عامل فعال

۱- توضیح مترجم: فیوم ذرات جامدی هستند که در اثر تراکم حالت گازی و معمولاً بعد از تبخیر مواد ذوب شده و غالباً توام با یک واکنش شیمیایی مانند اکسیداسیون تولید می‌شود.

2- Silicosis

3- Fluorosis

4- Aerosol

5- Acid mist

کننده سطح روی الکترولیت به‌طور کامل حل شده است و اکسیژن می‌تواند بدون قطرات ریز اسید رها شود.

جدول ۶-۱ مقدار حد آستانه برای فیوم، غبار و دود

mg/m^3	mg/m^3	
	۰/۵	آنتیموان
۵	محلول	
۱۵	غیرمحلول	
۰/۱	فسفر (زرد)	آرسنیک
۰/۱	سلنیوم	باریم (محلول)
۲	هیدروکسید سدیم	فیوم کادمیم
۱	اسید سولفوریک	اسید کرومیک (CrO_3)
۰/۱	تلوریوم	فرووانادیم
۱۵	دی‌اکسید تیتانیوم	فلوراید ها
	اورانیوم	فیوم اکسید آهن
۰/۰۵	محلول	
۰/۲۵	غیرمحلول	
	وانادیم	سرب
۰/۵	V_2O_5 غبار	
۰/۱	V_2O_5 فیوم	
۱۵	فیوم اکسید روی	فیوم اکسید منیزیم
۵	زیرکنیم	منگنز
		جیوه
	۰/۰۱	جیوه (آلی)

غلظت یک آلاینده در هوا

غلظت یک آلاینده گازی در هوا به ۲ روش زیر می‌تواند بیان شود:

• قسمت در میلیون (حجمی)، ppm

• میلی‌گرم بر مترمکعب، mg/m^3

برای تبدیل یک سیستم به دیگری از رابطه زیر استفاده می‌کنیم.

یک گرم مول گاز آلاینده در شرایط نرمال دما و فشار (NTP) ۲۲/۴ لیتر را اشغال می‌کند.

حال اگر این یک گرم مول گاز آلاینده که به اندازه جرم ملکولی بر حسب گرم جرم دارد را در هزار ضرب کنیم این مقدار گاز بر حسب میلی گرم به دست می آید که با توجه به فرمول های زیر مقدار میلی گرم گاز در یک لیتر به دست می آید.

$$22.4 \times \frac{298}{273} \text{ liter at } 25^{\circ}\text{C}$$

$$\frac{\text{Molecular weight} \times 10^3}{22.4} \times \frac{273}{298} \text{ mg}$$

مقدار به دست آمده، مقدار جرمی است که یک لیتر گاز آلاینده در 25°C اشغال می کند.

$$1 \text{ ppm (vol.) pollutant gas} = \frac{1 \text{ Liter pollutant}}{10^6 \text{ liter air}} \text{ at } 25^{\circ}\text{C}$$

$$= \frac{\frac{\text{Molecular weight} \times 10^3}{22.4} \times \frac{273}{298}}{10^6} \text{ mg/L}$$

$$= 0.04 \times \text{Molecular weight} \times 10^{-3} \text{ mg/L}$$

$$= 0.04 \times \text{Molecular weight} \text{ mg/m}^3$$

خطرات آتش سوزی و انفجار

در کارخانجات استخراج فلزات ممکن است در هنگام انتقال گازها، بخارات و مواد ذوب شده انفجاراتی رخ دهد. جدول (۷-۱) محدوده انفجار مخلوط های گاز و هوا را نشان می دهد. مواد ذوب شده از قبیل نمک های ذوب شده، سرباره ها و مات ها وقتی که به صورت نامناسب حمل شوند منفجر می شوند. معمولاً تماس با آب منشاء انفجار است. در حالی که ریختن سرباره و فلزات گداخته درون آب برای سرد کردن و یا ایجاد گرانول فلزی بی خطر است ولی عکس آن صحیح نیست. تماس مات های گداخته با آب خطرناک است چون ایجاد H_2S می کند که منفجر شونده است.

متان و گاز طبیعی در معادن زغال سنگ زیرزمینی یک عامل ایجاد انفجار هستند. گاز طبیعی ممکن است در معادن دیگر نیز موجود باشد. ذرات گردوغبار حساس به اکسیداسیون هستند، به طور مثال پودرهای آهن یا آلومینیوم به دلیل تمایل به اکسیداسیون شدید ممکن است آتش گیرند یا منفجر شوند. معدن هایی که در آنها کانی های سولفیدی استخراج می شوند، ممکن است آتش بگیرند وقتی که سولفیدهای

ریز در حضور رطوبت تجمع یابند. میکروارگانیزم‌های مشخصی به واکنش اکسیداسیون سرعت می‌دهند و در نتیجه گرمای کافی تولید می‌شود و بستر ممکن است آتش بگیرد.

بازیافت و حفظ منابع طبیعی

بازیافت فلزات قراضه نه تنها از منابع طبیعی حفاظت می‌کند بلکه آلودگی را نیز کاهش می‌دهد. جدول ۸-۱ ذخیره‌سازی انرژی از بازیابی برخی از فلزات را نشان می‌دهد.

جدول ۷-۱ محدوده انفجار برای مخلوط‌های گاز - هوا

حد بالا، vol%	حد پایین، vol%	
۶/۳	۱/۴	بخار بنزین
۷/۵	۱/۶	بخار اتر
۱۴/۵	۳/۳	اتیلن
۱۲/۷	۶/۰	متان
۱۹/۲	۸/۰	گاز شهری
۶۶/۳	۹/۲	هیدروژن
۶۶/۷	۱۲/۱	گاز آب ^a
۲۷/۰	۱۶/۰	آمونیاک
۷۴/۸	۱۶/۰	مونوکسید کربن

a. Water gas

جدول ۸-۱ ذخیره‌سازی انرژی از بازیابی فلزات

فلز	%
آلومینیوم	۹۵
مس	۸۵
فولاد	۷۴
سرب	۶۵
روی	۶۰