

بررسی و مقایسه روشهای نوین و سازگار با محیط زیست استخراج مس از کانسنگ

نرگس اعتمادی فرا

Email: narges.etemadifar@gmail.com

۱. کارشناس محیط زیست - دانشگاه یزد

سارا دبیریان ۲، پونه شینی دشتگل ۳

Email: Sara.Dabirian@gmail.com, Pooneh.sheini@gmail.com

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد آلودگیهای محیط زیست- علوم و تحقیقات اهواز

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد آلودگیهای محیط زیست- علوم و تحقیقات اهواز

چکیده:

بررسی اثرات زیست محیطی اکتشاف و استخراج منابع معدنی، امروزه به عنوان بخش جدایی ناپذیر پروژه‌های معدنی در کشورهای توسعه یافته می‌باشد. در اقتصاد معدنی نوین، فعالیت‌های اکتشافی و استخراجی، تا بدانجا توجیه اقتصادی می‌یابد که موجودیت بشر را به خطر نیندازد. بدین ترتیب درک صحیح از ابعاد زیست محیطی یک مساله سبب می‌گردد تا فعالیت‌های اقتصادی، اندیشمندانه هدایت شود. اثرات زیست محیطی مرحله‌ی استخراج معادن، به مفهوم جابجایی سنگ‌ها و مواد تشکیل دهنده‌ی زمین برای دستیابی به ماده‌ی معدنی، مهم‌ترین بخش آلودگی‌های زیست محیطی معدن‌کاری را به خود اختصاص داده است. بهم ریختگی و جابجایی زمین به‌ویژه در معادن روباز همچون میراثی جاودان بر پیکره‌ی زمین باقی خواهد ماند تا در ترکیب با فرایندهای سطحی منجر به واکنش‌هایی گردد که مهم‌ترین محصول این واکنش‌ها، تولید آلودگی است. وفور عنصر مس در طبیعت و تمرکز آن در کانسارهای سولفیدی، سبب می‌شود تا در اثر اکسایش کانی‌های سولفیدی به ویژه پیریت در حضور هوا، آب و باکتری‌ها، پدیده‌ای به نام نشت اسیدی معادن (AMD) بوجود آید. این پدیده مهم‌ترین و شایع‌ترین مسئله‌ی آلودگی زیست محیطی معدن‌کاری سولفیدی در جهان محسوب می‌شود. استفاده از بیوتکنولوژی و بیولیچینگ در استحصال مس به خصوص تولید مس از کانسنگ‌های کم عیار مس به جای روش‌های متداول و مرسوم، از جمله پیرومتالورژی (ذوب) نه تنها باعث کاهش تبعات زیست محیطی تولید مس می‌شود، بلکه افزایش تولید، کاهش زمان تولید، کاهش هزینه عملیاتی و سرمایه‌گذاری در استحصال آن را نیز در پی خواهد داشت. در این مقاله با توجه به مطالب گفته شده، به بررسی روشهای نوین و سازگار با محیط زیست استحصال مس از کنسانتره (بیولیچینگ مس و هیدرومتالورژی) و مقایسه آن با روش متداول پیرومتالورژی (ذوب) پرداخته خواهد شد.

کلمات کلیدی: مس، بیولیچینگ، آلودگی، محیط زیست، بیوتکنولوژی

مقدمه:

مس یکی از پرمصرف ترین و مفیدترین عناصر فلزی است که از دیر باز در زندگی بشر مورد استفاده قرار گرفته است. تاریخچه احداث اولین کارخانه ذوب مس به ۶۰۰ سال قبل در ایران (تل ابلیس کوههای اطراف کرمان) باز می گردد. مینرال غالب کانسارهای مس سولفیدی است و نوع مینرال موجود در سنگ مس تعیین کننده روش استحصال از معادن مس است. استحصال مس از کنستانتره سولفیدی که شامل سولفید مس و سولفید آهن است با روش حرارتی (ذوب یا پیرومتالورژی) و از خاکهای اسیدی به روش هیدرومتالورژی (لیچینگ) صورت می گیرد. هم اکنون از ۱۵ میلیون تن مس تولیدی در جهان ۸۰٪ به روش حرارتی و ۲۰٪ با روش غیر حرارتی (لیچینگ) تولید می شود. تولید سالانه ۴۰۰ هزار تن SO_2 در جریان فرآیند استحصال مس به روش حرارتی، و سهمی که SO_2 وارد شده به فضا در آلودگی محیط زیست ایفا می کند ضرورت بکارگیری روشهای سازگار با محیط زیست را بیشتر آشکار می کند. استفاده از روش هیدرومتالورژی به عنوان جایگزین ذوب از دیر باز مورد مطالعه قرار گرفته است و موفقیت هایی هم در این زمینه به دست آمده است. استخراج مس از طریق هر کدام از روشهای پیرومتالورژی-هیدرومتالورژی و یا پروسه های مرکب از هر دو دارای ویژگیهای خاص خود می باشد. اما هیچ کدام از این پروسه های توسعه یافته به طور کامل رضایت بخش نبوده و لذا روشها و تکنولوژیهای جدید در این زمینه همچنان در حال ابداع می باشد. بهره گیری از تکنولوژی و فن آوری های جدید مانند بیولیچینگ و بیواکسیداسیون راهی بسیار موثر به منظور استحصال مس از کانی های کم عیار مس، طلای مقاوم و دیگر منابع فلزی است که علاوه بر سادگی عملیات، کاهش هزینه عملیاتی و تأثیرات مخرب زیست محیطی کمتری به دنبال دارد.

انحلال مستقیم کانه های سولفیدی مس به ویژه کالکوپیریت با استفاده از باکتریهای اسید دوست و تبدیل SO_2 تولید شده به اسیدسولفوریک و تبدیل آن به کود شیمیایی از جمله مزایای استفاده از روش بیولیچینگ و هیدروکوپر در استحصال از منابع مس در مقایسه یا سایر روشهای استخراج مس است.

چگونگی تولید کنسانتره مس:

برای تولید کنسانتره مس^[1]، سنگ معدن استخراج شده از معدن پس از خردایش و آسیاب به ذرات ریزی تبدیل می شوند. در کارخانه تغلیظ نرمه ها با آب و مواد شیمیایی مخلوط شده، وارد سلول های تغلیظ می شوند و با دمش هوا به درون سلول ها، کف ایجاد شده به همراه خود ترکیبات مس را به سطح سلول می آورد و در نهایت کنسانتره ای با عیار بیش از ۲۰ درصد به دست می آید.

۲: روشهای استحصال مس

۲_۱: استحصال مس به روش حرارتی:

در روش حرارتی کنسانتره سولفیدی خشک شده و در کوره ذوب می شود. در این مرحله لایه مات که شامل سولفید آهن و مس است در زیر لایه سرپاره تشکیل می شود؛ دمای کوره حدود ۱۳۰۰_۱۲۰۰ درجه سانتی گراد است. معمولاً عیار مس در مات بیش از ۳۰ درصد است. در صورتی که مس موجود در سرپاره قابل ملاحظه باشد با استفاده از کوره الکتریکی بازیابی می شود و در غیر این صورت دورریز می شود. مات مس مذاب به کنورتور منتقل شده و با استفاده از دمش هوا طی دو مرحله ناخالصی های آن که آهن و گوگرد می باشد حذف می گردد و مس بلیستر^۱ تولید می شود. آهن را در مرحله

¹ Blister copper

اول دمش با افزودن سیلیس خارج می کنند. در روش های حرارتی گوگرد موجود در کنسانتره که حدود دوبرابر مس است به دی اکسید گوگرد SO_2 تبدیل می شود، لذا سالانه حدود ۴۰۰ هزار تن SO_2 در فضا پراکنده می شود. جهت جلوگیری از آلودگی محیط زیست، بایستی به نحوی از پراکنده شدن آن در فضا جلوگیری شود؛ به عنوان مثال SO_2 به اسید سولفوریک تبدیل واز آن کود شیمیایی تولید شود. مس بلیستر با عیار ۹۸/۵ درصد در کوره های تصفیه حرارتی طی دو مرحله با هوا و گاز طبیعی، گوگردزدایی و اکسیژن زدایی می شود. سپس به صورت آند جهت پالایش الکتریکی ریخته گری می گردد. پس از پالایش، مس کاتد با عیار ۹۹/۹۹ درصد به دست می آید که به صورت ورق کاتد و یا با ذوب مجدد به صورت اسلب، بیلت و مفتول به بازار عرضه می شود.

لذا بطور مختصر می توان گفت که تولید حجم زیادی گاز SO_2 و لزوم هدایت این گاز برای تولید اسید سولفوریک و در نتیجه افزایش انرژی مورد نیاز در این فرایند، افزایش هزینه و اتلاف زمان برای استخراج مس، از محدودیت های استحصال مس به این روش است.

۲_۲: استحصال مس به روش هیدرومتالورژی:

استخراج مس از خاک های اکسیدی به روش هیدرومتالورژی^[7] نیز امکان پذیر می باشد. بدین صورت که باطله های اکسیدی تولید شده در معادن مس و نیز کانی های اکسیدی مس، با اسید سولفوریک لیچ شده و از محلول مس دار بدست آمده با استفاده از روش استخراج انحلالی و الکترودینینگ، مس کاتدی تولید می شود. در این روش، کنسانتره مس در راکتورهای دارای هم زن و در شرایط اکسیدی تجزیه و حل می شود. اما کالکوپیریت که مینرال غالب مس است در حضور اسیدسولفوریک به راحتی حل نمی شود لذا برای حل آن شرایط قلیایی و اتوکلاوهای دما و فشار بالا نیاز است و این امر خود به عنوان محدودیتی برای این روش تلقی می شود.

۲_۳: روش Hydro Copper

اساس کار در این روش مبتنی بر روش هیدرومتالورژی است؛ با این تفاوت که در این روش لیچینگ با استفاده از محلولهای کلریدی صورت می پذیرد. در تحقیقات آزمایشگاهی انحلال کالکوپیریت زیر نقطه جوش آب با استفاده از یون مس دو ظرفیتی (اکسیدان) به اثبات رسیده است. مزیت دیگر محلول های کلریدی، پایداری مس یک ظرفیتی و گوگرد خالص (S) است که در اثر تجزیه و انحلال مینرال سولفیدی (کالکوپیریت) به دست می آید. در لیچینگ با اسید سولفوریک انرژی بیشتری صرفه جویی می شود زیرا در لیچینگ با اسیدسولفوریک، مس و گوگرد به مراتب بالاتری اکسید می شوند، مس به ظرفیت ۲ و گوگرد به ظرفیت ۶ می رسد.

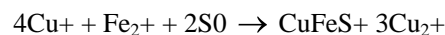
فرآیند هیدروکوپر شامل سه بخش است :

۱. لیچینگ کنسانتره مس (لیچینگ، خالص سازی محلول و رسوب Cu_2O)
۲. تولید مس (احیاء Cu_2O ، ذوب و ریخته گری)
۳. تولید مواد شیمیایی (الکترولیز قلیائی_ کلر)

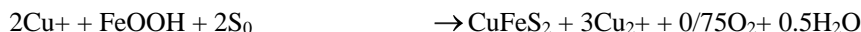
۲_۳_۱: لیچینگ کنسانتره مس

۲_۳_۱_۱: لیچینگ

کنسانتره مس (به ویژه کالکوپیریت) با استفاده از مس دوظرفیتی^[6] در محیط کلریدی لیچ می شود. عمل لیچینگ در فشار معمولی در سه مرحله انجام شده و مس دو ظرفیتی (کلر مس) باعث انحلال مس و دیگر سولفیدها می شود :



آهن فرو با هوا به مرتبه بالاتر یعنی آهن فریک اکسید شده و به شکل گوتیت یا هماتیت رسوب می کند :



سولفیدهای دیگر موجود در کنسانتره هم تجزیه می شوند ، برای مثال :



در این روش کنسانتره در جریان متقابل محلول و فشار معمولی در دمای ۱۰۰-۸۰ درجه سانتی گراد با استفاده از مخازن و تیکنرهای هم زن دار لیچ می شود. در هر مرحله از لیچ برای جداسازی مایع و جامد از تیکنر استفاده می شود. محلول زیر تیکنر مرحله سوم باطله نهایی لیچینگ است که در یک فیلترتسمه ای خلأ صافی و شسته می شود. فیلترکیک ابتدا با محلول کلرید سدیم و مجدداً با آب شسته شده و فیلتر می شود. فیلترکیک در آب قرار داده می شود تا ترکیبات کلریدی آن به حداقل ممکن برسد و سپس دورریز می گردد . زمان لیچینگ کنسانتره ۲۰-۱۰ ساعت و راندمان انحلال ۹۸ درصد است. عمده گوگرد به صورت خالص درآمده اما مقدار اندکی از آن اکسید و به سولفیت تبدیل می شود محلول حاصل از لیچینگ ۸۰-۶۰ گرم بر لیتر مس یک ظرفیتی (کاپروس) و ۱۰ گرم بر لیتر مس دو ظرفیتی (کاپریک) دارد . با دمیدن هوا به راکتورها، PH بین ۲/۵-۱/۵ کنترل می شود و از هیچ اسید و بازی استفاده نمی شود . فرآیند لیچینگ با PH و موازنه اکسیداسیون احیاء (Redox) کنترل می شود .

در مرحله اول لیچینگ یون های کاپریک تا حد ممکن با کنسانتره تازه احیاء می شوند در این مرحله از هوا استفاده نشده و یا بسیار کم استفاده می شود.

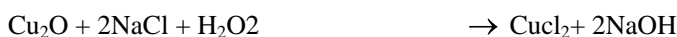
در مرحله دوم میزان هوای اکسیدان و سرعت لیچینگ به بالاترین میزان خود می رسد. اگر سرعت هوای اکسیدان بسیار زیاد شود باعث افزایش PH شده و مس به صورت هیدرواکسی کلرید مس رسوب می کند که باید از این امر جلوگیری شود. در مرحله سوم لیچینگ، پتانسیل اکسیداسیون_ احیاء زیادی برقرار می شود .

۲_۳_۱_۲: خالص سازی محلول

برای اینکه اکسید مس رسوب کند می بایست محلول آن دارای خلوص زیادی باشد، لذا خالص سازی محلول بسیار اهمیت دارد. این بخش شامل چهار مرحله است: حذف مس دوظرفیتی، رسوب نقره و روی، سرب و... و پالایش محلول با استفاده از تبادل یونی که به ترتیب انجام می شود .

۲_۳_۱_۳: رسوب اکسید مس

مس موجود در محلول با استفاده از محلول هیدرواکسید سدیم (که از بخش الکترولیز قلیایی _ کلر) به دست آمده به صورت اکسید مس رسوب می کند :

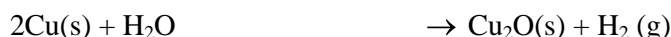


اکسید مس در دوسری از راکتورها، به شکل بلور با اندازه متوسط ۲۰-۱۰ میکرومتر رسوب می کند. اکسید مس بعد از رسوب با فیلترتسمه ایی خلا فیلتر می شود. فیلتر کیک روی تسمه با آب شسته می شود، محلول آبی NaCl حاصل از فیلتر به بخش الکترولیز قلیایی _ کلر برمی گردد .

۲_۳_۲: تولید مس

۲_۳_۲_۱: احیاء اکسید مس

اکسید مس مرطوب، از فیلتر به مخزن مربوطه برای تغذیه به کوره دوار منتقل شده و با استفاده از سیستم تغذیه به کوره به طور پیوسته شارژ می شود. در مجاور جریان هیدروژن_ نیتروژن در دمای ۴۰۰-۵۰۰ درجه سانتی گراد اکسید مس به پودر مس فلزی تبدیل می شود .



۲_۳_۲_۲: ذوب پودر مس و ریخته گری

پودر مس^[2] در کوره القایی ذوب شده و مذاب مس اکسیژن زدایی می گردد . سطح مذاب با لایه ای از پودر گرافیت پوشیده شده و حفاظت می شود. یک سیستم خاص پودر مس را به زیر این لایه جهت ذوب می فرستد . کیفیت مس به دست آمده درحد درجه یک¹ LME است و قابل ریخته گری به شکل دلخواه می باشد که با استفاده از واحد ریخته گری امکان تولید مفتول میسر می شود .

۲_۳_۳: تولید مواد شیمیایی

در بخش الکترولیز قلیایی _ کلر، مواد شیمیایی، در یک چرخه وارد و خارج می شوند. با استفاده از محلول NaCl که از مرحله رسوب اکسید مس وارد شده، مواد قلیایی و کلریدی مورد نیاز تولید می شود .

۲_۳_۳_۱: الکترولیز قلیایی _ کلر

در اثر محلول کلرید سدیم این واکنش انجام می شود :



محلول استفاده شده جهت الکترولیز باید دارای ناخالصی های بسیار کمی به ویژه منیزیم باشد . لذا در مرحله تصفیه محلول از روش تبادل یونی استفاده می شود. هیدرواکسید سدیم تولید شده به بخش رسوب اکسید مس ارسال می شود. از گاز کلر برای اکسیداسیون یون مس دوظرفیتی (کاپریک) و از هیدروژن برای احیاء اکسید مس استفاده می شود .

۲_۳_۲: اکسیداسیون محلول مس

نیمی از محلول لیچینگ کنسانتره به راکتور اکسیداسیون وارد شده و در اینجا با استفاده از گاز کلر، مس یک ظرفیتی به مس دوظرفیتی تبدیل می شود .



این واکنش در دو راکتور دارای همزن بسیار سریع انجام می شود و محلول مجدداً به بخش لیچینگ برمی گردد. از جمله مزایای استفاده از روش هیدروکوپر می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- واحد به صورت مجتمع بوده و از اتوماسیون بالایی برخوردار است .
- ملاحظات زیست محیطی و ایمنی رعایت شده است .
- گوگرد به صورت خالص (S_0)ست و گاز SO_2 متصاعد نمی شود .
- هر نوع کنسانتره مس قابل پذیرش است .
- فلزات قیمتی به ویژه طلا قابل بازیابی و استحصال است.

۲_۴: استفاده از روش بیولیچینگ

۲_۴_۱: اصول کلی بیولیچینگ مس:

. روش بیولیچینگ شیوه ای نوین^[3]، اقتصادی و البته زیست محیطی برای استحصال مس بخصوص از معادن کم عیار مس به شمار می رود که طی دو دهه اخیر افزایش بسیار یافته است، تحقیقات پراکنده بسیاری برای ترکیب فرآیند بیولیچینگ _ بیواکسیدانت برای استحصال از هر دو کنسانتره مس و طلا انجام گرفته ولی تا امروزه به مرحله ی کاربرد عملی نرسیده. اساس کار در این روش مشابه روش لیچینگ است اما تفاوت های عمده آن این است که امکان انحلال مستقیم کانه های سولفیدی مس به ویژه کالکوپیریت با اسید سولفوریک میسر نمی باشد، لذا در روش بیولیچینگ از^[8] باکتری (باکتری های سرما دوست مانند *Thiobacillus ferrooxidans*) در مرحله لیچینگ استفاده می کنند تا امکان انحلال کالکوپیریت میسر شود، سپس با استخراج انحلالی و الکترووینینگ مشابه روش معمولی لیچینگ، مس کاتدی تولید می شود. برای رسیدن به این منظور ماده معدنی مس استخراج شده تا ابعاد مورد نظر خرد شده و به منظور آگلومره شدن ذرات ریز با ذرات درشت و کار با باکتری ها، با اسید سولفوریک در دستگاههای آگلومراسیون مخلوط می شوند. به منظور کاهش میزان رطوبت موجود برای خوب آگلومره شدن آب یا رافینت (محلولی که از مسیر بازگشتی جدایش محلول الکترووینینگ به دست می آید) اضافه می شود. اگر ماده معدنی از نوع مصرف کننده شدید اسید نباشد میزان اسید مصرفی برای آماده سازی ماده معدنی می تواند از محلول رافینت تامین شود. رافینت معمولاً شامل میزان کمی باکتری است که منجر به اکسید شدن مس می شود. باکتری ابتدا توسط لوله هایی بر روی کپه های ماده معدنی ریخته می شود تا سنگ سولفوری به اکسیدی تبدیل شود. سنگ آگلومره و آماده شده برای اسید شویی به محوطه ای فرستاده می شود که در محلی به ارتفاع ۱۰_۶ متر بر روی زمینی که قبلاً مسطح شده یا بر بالای ماده معدنی که قبلاً اسید شویی شده ریخته می شود. هوای مورد نظر برای عملیات باکتریایی توسط لوله های پلاستیکی با سوراخ های مخصوص هوادهی که بر روی پد قرار گرفته است تامین می شود و هوای مورد نیاز برای سیستم تهویه زیر ماده معدنی توسط بادبزن های فشار تامین می گردد. بر روی پدها میزان مشخصی از محلول که شامل باکتری نیز می باشد ریخته می شود و این باکتری ها سنگ سولفوری را به سنگ اکسیدی تبدیل می کنند و در اسید حل می شوند، محلول باردار شده (pls) در زیر توده جمع می شود و بعضاً دوباره به بالای هیپ عملیات برگردانده می شود و یا اگر میزان مس در حد مورد نظر باشد مستقیماً به مرحله EW/SX (جدایش محلول / الکترووینینگ) برای بازیابی مس فرستاده می شوند. محلول رافینت برای بار دوم به توده های اسید

شویی شده بازگردانده می شود. زمان اسید شویی برای عملیات های مختلف متفاوت است اما به طور ایده آل در حدود ۲۰۰ روز برای ماده معدنی مس ثانویه به طول می انجامد. میزان بازیابی و استحصال مس در این روش در حدود ۷۵_۸۵ درصد است. درجه حرارت بهینه، ماده غذایی کافی برای تغذیه باکتریها، وجود ذخیره اکسیژن کافی، سنگ معدن با تراکم مناسب، زمان رسوب فاکتورهای اصلی برای رسیدن به نتیجه مطلوب در فرآیند بیولیچینگ به شمار می آیند. نتایج مطالعات [4]

Sadowski (2002) بر فرآیند بیولیچینگ کنسانتره مس و طلا نشان داد که در حضور یون آهن فرآیند بیولیچینگ بهتر صورت می گیرد. در واقع تغییر شکل یون Fe^{+3} به Fe^{+2} بیانگر میزان فعالیت باکتریایی است و وجود انواع مختلفی از سولفید قابل تجزیه در حین عملیات لیچینگ مانند پیریت (به میزان ۳٪) به عنوان عامل محرک در محلول عمل خواهد کرد و باعث افزایش یون Fe^{+3} خواهد شد. طبق این نتایج استحصال مس به صورت مطلوب و در حد ۸۶٪ بعد از ۱۳ روز و با حضور یون Fe و مقدار اندکی پیریت میسر است.

۲_۴_۲: روشهای مختلف بیولیچینگ مس [5]

۲_۴_۲_۱: بیولیچینگ نوده ای:

این مدل در مقیاس های بزرگ روش اسید شویی نوده ای مس برای باطله و یا مواد معدنی مس به عنوان یک طرح کاملا اقتصادی کاربرد ویژه دارد. از جمله ویژگیهای این روش به پایین بودن هزینه عملیاتی و همچنین پایین بودن میزان Ew/Sx (جدایش محلول / الکترووینینگ) می توان اشاره کرد.

۲_۴_۲_۲: بیولیچینگ لایه های نازک:

این روش تنها برای مواد معدنی اکسیدی به کار می رود. روش لایه های نازک شامل خردایش و بیولیچینگ مواد معدنی سولفیدی مس ثانویه در هیپ های کوچک است.

۲_۴_۲_۳: بیولیچینگ مخزنی:

اولین بیولیچینگ مس و کنسانتره آن با استفاده از رآکتورهای مخزنی به منظور دستیابی به سینتیک سریع تر بوده است، از این روش به خاطر بازیابی پایین آن از کالکوپیریت و اقتصادی بودن روش نسبت به روش ذوب پیوسته تنها در مقیاس آزمایشگاهی استفاده شده است. بیولیچینگ کنسانتره کالکوپیریت در حضور یون های کاتیونی مثل نقره منجر به سریع تر شدن سینتیک آزمایش و بازیابی بالای مس در جزئیات آزمایشگاهی می شود.

بحث و نتیجه گیری:

صنعت فرآوری مواد معدنی به عنوان بخش مکمل در فعالیتهای معدنی به حساب می آید. مهمترین وظیفه این بخش از صنعت تبدیل سنگ معدن استخراج شده به کنسانتره قابل مصرف در کارخانه های ذوب و تولید شمش می باشد. به طور کلی عملیات کانه آرایشی شامل مراحل خردایش، (سنگ شکنی - آسیا)، طبقه بندی (سرد کردن)، جدایش ثقیلی، جدایش مغناطیسی، جدایش الکترواستاتیکی، فیلتراسیون، فلوتاسیون و لیچینگ می باشد. هر یک از مراحل فوق بسته به نوع و حجم عملیات طراحی شده، از تجهیزات مختلف و در حجمهای گوناگون استفاده می شود. اغلب مراحل از سه شاخه جریان خوراک ورودی، کنسانتره و

باطله تشکیل شده است. علاوه بر این هر یک از مراحل عملیات دارای اثرات زیست محیطی خاص خود می باشد که این اثرات اغلب شامل آلودگی آب، آلودگی هوا و در مواردی تولید سر و صدا می باشد.

آلودگی هوا در مراحل مختلف عملیات خردایش شامل سنگ شکنی و آسیا ایجاد می شود و آلودگی آبی نیز بیشتر در مراحل تغلیظ مشاهده می شود. یکی از عمده ترین منابع آلودگی آب معرفهای شیمیایی مصرفی طی عملیات فرآوری و به خصوص فرآیندهای فلوتاسیون و لیچینگ می باشد.

در جدول زیر به بررسی پیامدهای زیست محیطی در مراحل مختلف فرآوری مس و راهکارهایی برای پیشگیری از آنها پرداخته می شود.

جدول ۱: آنالیزگرد و خاک تولیدی در مراحل مختلف فرآوری مس

نام مرحله	آلاینده مرحله	ترکیب شیمیایی	محیط آلوده شونده	راههای پیشگیری
سنگ شکن (فکی_مخروطی)	گرد و غبار			استفاده از سیستمهای Scrubber
آسیا	گردوغبار	منگنز جیوه آنتیموان کرم نیکل آرسنیک سلنیم کادمیم	هوا	استفاده از سیکلون و فیلترهای پارچه ای و آب پاشی خوراک
جدایش مغناطیسی (شدت جریان بالا در مورد هماتیت و شدت جریان پایین در مورد مگنتیت)	نشت اسید از لوله ها ی انتقال اسید و لاینرهای مصرفی در ساختمان هیپ	اسید سولفوریک	آب های سطحی، زیرزمینی و زمینهای اطراف	نصب سیستمهای نمایشگر و

حساس به سیانید در هیپ و مسیرهای انتقالی				
نصب سیستم تهویه بر روی تانکها	هوا	H ₂ S	گاز خروجی از تانکها	فلوتاسیون (اسید چرب: باز داشت کننده، روغن کاج: کف ساز، سیلیکات سدیم: فعالساز، هیدروکسید سدیم: آماده ساز)
استفاده از سیستمهای سانتریفوژ جهت جداسازی ذرات ریز آلی	آب های سطحی و زیرزمینی	فلزات پایه، بارزش و مواد آلی	پسماند (لجن)	آگلومراسیون
نصب فیلترهای مناسب در دهانه دودکش	هوا	So ₂	گازهای خروجی از کوره	تصفیه

جدول ۲: مسایل زیست محیطی مراحل عملیات فرآوری مواد معدنی

نام واحد	نام بخش	مسایل زیست محیطی	روشهای کنترل و کاهش آلودگی
لیچینگ مخزنی	لیچینگ مخزنی	انتشار بخارات گازی SO ₂ , HCN از تانکهای لیچینگ	نصب سیستمهای تهویه
		نشست محلول لیچ کننده از بدنه تانک	کنترل تانکهای لیچینگ براساس استانداردهای موجود
		آلوده شدن محیط کار یا انبار مواد شیمیایی در اثر نشست یا ریختن محلول لیچ کننده	نگهداری و انبار مواد شیمیایی براساس استانداردهای موجود
لیچینگ	استخراج با حلال _ الکتروودینگ	تولید پساب (محلول بدون بار)	انتقال پساب به سدباطله
		رزینهای مصرفی	بازیافت رزینهای مصرفی
هیپ لیچینگ	هیپ لیچینگ	نفوذ محلول لیچ کننده به لایه‌های زیرین زمین و آلوده کردن منابع آبی منطقه	نصب سیستمهای نمایشگر و حساس نسبت به نشست محلول لیچ کننده در ساختمان هیپ، زیرسازی مناسب هیپ
		انتشار گرد و خاک بهنگام عملیات احداث هیپ	مرطوب کردن منطقه در حین احداث هیپ
		نشست لوله‌های انتقال محلول لیچ کننده به هیپ و آلوده کردن خاک	کنترل تأسیسات هیپ در زمانهای معین

	تخریب ساختار منطقه در اثر احداث هیپ		
	رهاسازی لوله ها و لاینرهای مستعمل پس از پایان عمر هیپ در منطقه		
کاشت پوشش گیاهی مناسب بر روی هیپ	تولید توده عظیمی از باطله پس از پایان عمر هیپ		

علاوه بر این خطرات زیست محیطی که طی مرحله ی فرآوری سنگ معدن مس می تواند به وجود آید، خطر ناشی از باطله های حاصل از استخراج مواد معدنی و یا مواد باطله تولیدی حاصل از کارخانه های فرآوری که از دیگر مشکلات معدنکاری می باشند را نیز نباید فراموش کرد چرا که انباشت این مواد در محیط سبب اشغال فضای گسترده ای می شود، همچنین با گذشت زمان و فرار گرفتن در معرض هوا پیامدهای بعدی را به همراه دارد. بنابراین بهره گیری از بیوتکنولوژی سازگار با محیط زیست مانند بیولیچینگ در فرآوری نه تنها صرفه جویی در منابع انرژی و اقتصادی را به همراه دارد بلکه پیامدهای سوء بعدی زیست محیطی و اقتصادی در مراحل بعدی تولید را نیز به دنبال نخواهد داشت.

منابع و مراجع:

- [1] رضایی، بهرام، ۱۳۷۱، تکنولوژی فرآوری مواد معدنی، انتشارات موسسه تحقیقاتی و انتشاراتی نور
- [2] L. partman, Howard, ترجمه: یآوری، مهدی: اصول مهندسی معدن، انتشارات دانشگاه صنایع و معادن ایران، ۱۳۸۱
- [3] GERICKE.M and PINCHES.A, BIOLEACHING OF COPPER SULPHIDE CONCENTRATE USING EXTREME THERMOPHILIC BACTERIA ,Minerals Engineering, Vol. 12, No. 8, pp. 893-904, 1999
- [4] Sadowski.Z, E. Jazdyk, Karas.H, Bioleaching of copper ore flotation concentrates, 2002
- [5] Breed, A.W., Dempers, C.J.N., Hansford, G.S., 2000. Studies on the Bioleaching of refractory concentrates. The Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy (November/December), 389-397.
- [6] Lowry, O.H, Rosebrough, N.J., Farr, A.L., Rendall, R.J., 1951. Journal of Biological Chemistry 193, 267-269.
- [7] Polulin, R., Lawrence, R.W., 1996. Economic and environmental niches of biohydrometallurgy. Minerals Engineering 9 (8), 799-810. Rivera-Santillan, R.E., Ballester Perez, A., Izquiedo, M.L, Gonzalez,

[8] F., 1999. *Bioleaching of a copper sulphide flotation concentrate using mesophilic and thermophilic microorganisms*. In: Amils, R., Ballester, A. (Eds.), *Biohydrometallurgy and the Environment Toward the Mining of the 21st Century*. Elsevier, Amsterdam, pp.61–80

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.