

روشی جدید

برای استخراج مس

چکیده

در صنایع استخراج فلزهای گوناگون همواره پویایی و تلاش برای جست‌وجوی روش‌های جدید و نوآوری در جهت بهبود روش‌های قبلی به منظور کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری در جریان است. در این مقاله، دو روش جدید که در مجتمع مس سرچشمه برای استخراج مس به کار گرفته شده است معرفی می‌شود. امروزه، در پی کاهش ذخایر پرعیار مس و افزایش تقاضای جهانی آن، روش‌های استخراج با حلال و باکتری در حال طراحی و استفاده است. این روش‌ها گذشته از آن‌که آلودگی کم‌تری را برای محیط‌زیست دربردارند، امکان استخراج مس را از سنگ معدن‌های اکسید و سولفید آن با عیار پایین فراهم می‌کنند.

کلیدواژه‌ها: استخراج، تلقیح باکتری، انحلال توده‌ای

آغاز سخن

مس فلزی پایه با کاربردهایی گسترده در صنعت است که سابقه شناسایی و کاربرد آن به گذشته‌های بسیار دور می‌رسد. در آغاز قرن نوزدهم معدن‌های مس در شیلی - که از جمله مهم‌ترین معدن‌های این فلز در جهان به‌شمار می‌روند - مورد بهره‌برداری قرار گرفتند و از آغاز قرن بیستم تولید مس در نقاط دیگر جهان رونق یافت.

تولید مس از رگه‌های مس خالص یا سنگ‌های معدن آن با عیار بالا، در گذشته به کمک روش گرمایی متداول بود. اما امروزه با کاهش عیار این فلز از یک‌سو، و افزایش تقاضای آن در جهان از سوی دیگر، ذخایر کم عیار مس که از دیدگاه سنگ‌شناسی و کانی‌شناسی از پیچیدگی‌های بیش‌تر برخوردارند نیز

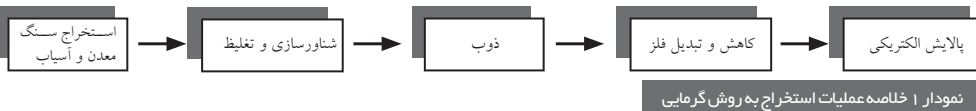
مورد توجه و بهره‌برداری قرار گرفته‌اند. به این ترتیب استخراج از این منابع جدید، استفاده از روش‌هایی جدید و متفاوت از گذشته را یادآور می‌شود.

روش‌های استخراج آ) استخراج گرمایی

برای سنگ معدن سولفیدی مس یعنی کالکوسیت، Cu_2S ، عملیات استخراج مس به این قرار است: در آغاز آسیاب کردن سنگ معدن انجام می‌گیرد. سپس با روش شناورسازی، فراوری و تغلیظ آن انجام می‌شود تا مس با عیار ۳۲ درصد به دست آید. این فراورده در کوره‌های ذوب و مبدل مراحل تشکیل مات مس^۱ و پالایش گرمایی را پشت‌سر می‌گذارد و تبدیل به مس آندی می‌شود. در پایان به روش برقکافت، پالایش الکتروشیمیایی آن انجام گرفته، مس کاتدی با خلوص بالا به دست می‌آید.

امروزه، در پی کاهش ذخایر پرعیار مس و افزایش تقاضای جهانی آن، روش‌های استخراج با حلال و باکتری در حال طراحی و استفاده است





نمودار ۱ خلاصه عملیات استخراج به روش گرمایی

استخراج گرمایی که هزینه‌های سنگین مواد اولیه، نیاز به سرمایه‌گذاری‌های بالا، به‌کارگیری نیروی انسانی زیاد، مصرف بالای انرژی و عدم امکان استفاده دوباره از مواد مصرفی در آن، از جمله نارسایی‌های آن به‌شمار می‌رود، رفته‌رفته کارایی خود را از دست داده است.

استخراج با حلال

این فرایند شامل سه مرحله اصلی به این قرار است:

- ◀ واحد انحلال تپه‌ای^۲
- ◀ واحد استخراج با حلال
- ◀ واحد کاهش الکتریکی مس

● واحد انحلال تپه‌ای

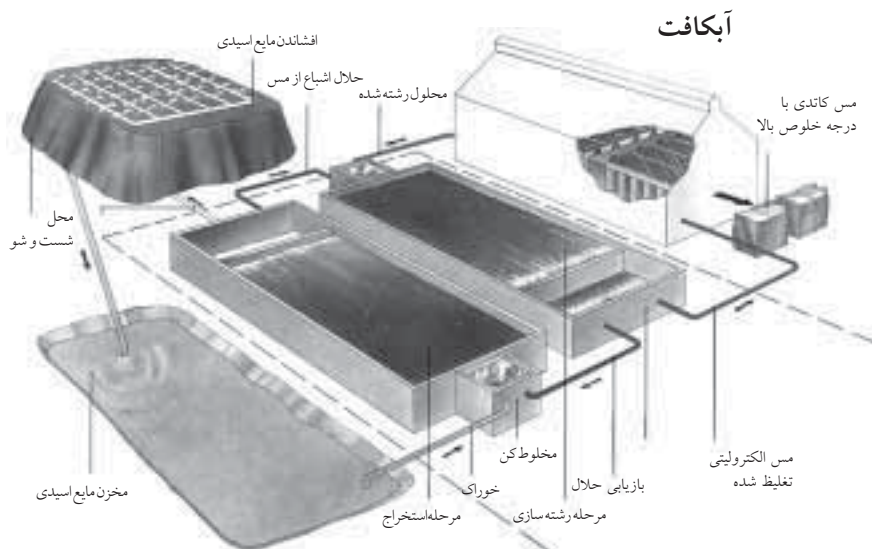
این واحد در شمال شرقی معدن مس سرچشمه قرارداد دارد و مساحت آن به ۲۴۰ هزار مترمربع می‌رسد. در این واحد پس از بارریزی و صاف کردن سنگ‌های مس اکسید، سولفوریک اسید رقیق به روش قطره‌ای روی آن‌ها پاشیده می‌شود. محلول آب و اسید با خیس کردن سنگ معدن، مس موجود در آن را در خود حل می‌کند و محلول حاوی مس پس از جمع‌آوری و جریان در لوله‌ها، به حوضچه‌ای هدایت می‌شود. این محلول را که غلظت مس در آن به ۳/۵ گرم در لیتر می‌رسد، ناخالصی‌هایی از جمله آهن، نیکل، سیلیس، آلومینیم و گوگرد همراهی می‌کنند. این محلول باید به واحد استخراج با حلال منتقل شود.

● واحد استخراج با حلال

پایین بودن غلظت مس در محلول یاد شده و نیز وجود ناخالصی‌ها، پالایش مستقیم مس را در واحد کاهش الکتریکی امکان‌ناپذیر می‌کند. بنابراین در واحد انحلال، محلول مس سولفات به‌طور انتخابی و به‌کمک یک ماده آلی جاذب، جذب می‌شود. در این جریان مس از فاز آبی به فاز آلی وارد می‌شود. سپس با بالا بردن اسیدینگی محیط، بار دیگر مس را به فاز آبی منتقل می‌کنند.

ب) روش‌های استخراج جدید

برای استخراج مس از سنگ معدن‌های اکسیدی آن یا کوپریت، Cu_2O ، و نیز سنگ معدن‌های سولفیدی که عیار مس در آن‌ها پایین است از دو روش جدید می‌توان بهره برد. در این روش‌ها، مس در جریان مراحل استخراج سنگ معدن، آسیاب کردن، تلقیح باکتری، انحلال و پالایش الکتریکی، به کمک حلال مناسب از ناخالصی‌ها جدا



استخراج با حلال

پالایش از راه شست و شو

شده، به روش کاهش الکتریکی به مس خالص تبدیل می‌شود.

روش استخراج با حلال، آینده‌ای روبه



نمودار ۲ خلاصه عملیات استخراج با حلال

رشد دارد. در واقع این روش سازگاری بیش‌تری با محیط زیست دارد و به مصرف انرژی کم‌تری نیازمند است و از این‌رو، در تولید مس و فلزهای دیگر کاربرد چشم‌گیری داشته است چنان‌که سهم تولید مس با این روش از ۱۵ درصد در سال ۱۹۹۸، به حدود ۲۵ درصد در سال ۲۰۰۶ افزایش یافته است. از این‌رو، روش

نمایش مراحل پالایش و استخراج مس

جهان را سنگ معدن‌های سولفیدی آن تشکیل می‌دهند که انحلال کامل مس موجود در آن‌ها در سولفوریک اسید امکان‌پذیر نیست. استفاده از عوامل زیست‌شناختی، راه‌حلی جهت به‌کارگیری سنگ معدن‌های سولفیدی و دسترسی به مس آن‌ها بوده است. استخراج با باکتری به توانایی موجودات زنده ذره‌بینی همراه با دمش هوا در جریان انحلال سولفیدهای فلزی و استخراج فلز از آن‌ها تکیه دارد. در این فرایند، باکتری‌ها جهت تأمین انرژی موردنیاز خود به اکسایش سنگ معدن می‌پردازند و فلز را از سنگ معدن آن جدا کرده، وارد فاز محلول می‌کنند.

در این روش سنگ معدن استخراج شده تا اندازه موردنظر خرد می‌شود و در دستگاه انباشتگی با سولفوریک اسید و باکتری‌ها مخلوط می‌شود. به منظور کیفیت‌بخشیدن به انباشتگی و کاهش رطوبت سنگ معدن به آن رافینیت می‌افزایند. رافینیت شامل مقداری باکتری است که اکسیدشدن مس را سبب می‌شود. از راه لوله‌هایی که روی سنگ معدن قرار دارند افزایش باکتری انجام می‌گیرد. سنگ توده شده به محلی با ارتفاع ۶ تا ۱۰ متر بالاتر از سطح زمین انتقال می‌یابد یا روی موادی که قبلاً اسیدشویی شده‌اند ریخته می‌شود. جهت تأمین هوای موردنیاز باکتری‌ها، لوله‌های پلاستیکی ویژه‌ای که در سطح خود حفره دارند روی سطح مواد قرار داده می‌شوند. باکتری‌ها مس سولفید را به مس اکسید تبدیل می‌کنند و خود در اسید حل می‌شوند. محلول

این انتقال از فاز آبی به فاز آلی و عکس هم ادامه می‌یابد تا غلظت مس در محلول به حدود ۴۸ گرم در لیتر برسد و در این حال است که به واحد کاهش الکتریکی راه می‌یابد. بازگرداندن مس از فاز آلی به فاز آبی توسط واحد دفع انجام می‌گیرد. مواد خروجی توسط خط لوله‌ای به طول ۴/۵ کیلومتر به واحد انحلال بازگردانده می‌شوند تا روی سنگ معدن اکسایش یافته پاشیده شوند.

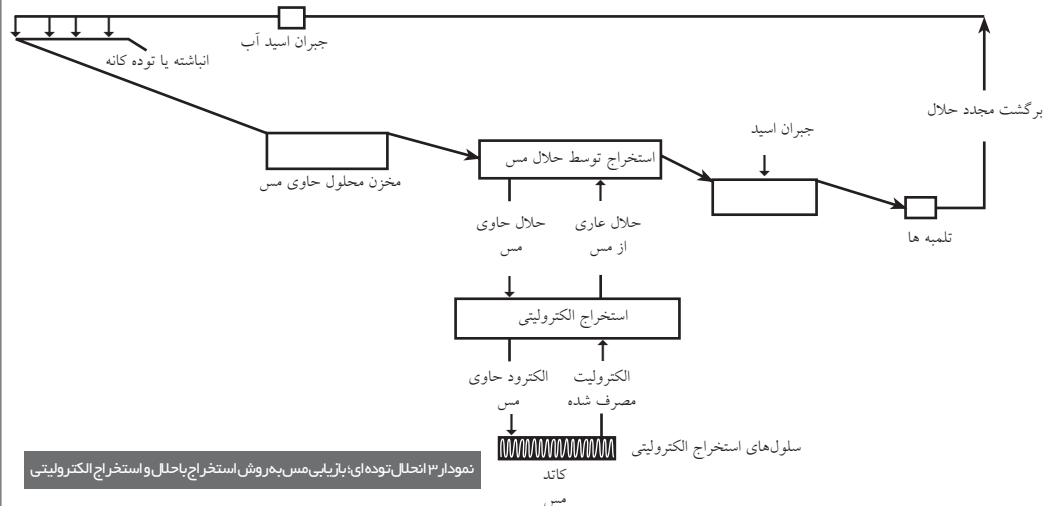
● واحد کاهش الکتریکی

محلول مس سولفات با پمپ‌های مخصوص و در حالی که موادی هم‌چون کبالت سولفات و گوار^۳ به آن افزوده شده است، به واحد کاهش الکتریکی فرستاده شده، وارد سلول‌های کاهش می‌شود که در آن آند سربی و کاتدهایی از جنس فولاد زنگ نزن قرار دارند. در هر سلول، آندها و کاتدها به‌طور موازی نسبت به هم قرار دارند. با انجام واکنش شیمیایی، مس از محلول جدا شده، روی کاتدها را می‌پوشاند. هنگامی که غلظت محلول مس سولفات به ۵ گرم در لیتر رسید، آن را دوباره به واحد استخراج با حلال می‌فرستند.

استخراج با باکتری^۴

بخش چشم‌گیری از ذخایر مس

روش استخراج با حلال، آینده‌ای روبه رشد دارد. در واقع این روش سازگاری بیشتری با محیط زیست دارد و به مصرف انرژی کم‌تری نیازمند است



شمال امریکا که هوا سرد است کار با باکتری‌ها دشوار بوده، در این مناطق تنها می‌توان از باکتری‌های سرمادوست استفاده کرد.

از آن‌جا که تولید مس با این روش، در دمای پایین حدود 40°C انجام می‌گیرد، در جریان آن هیچ آلاینده‌ی گازی تولیدی نمی‌شود. هم‌چنین بستر توده‌های سنگ معدن نفوذناپذیر و مجهز به سامانه‌ی نشت‌یاب ساخته شده است و در نتیجه از نفوذ محلول‌های اسیدی به محیط اطراف جلوگیری می‌شود. همه‌ی محلول‌ها در مسیر بسته قرار دارند و دوباره مورد استفاده قرار می‌گیرند. به این ترتیب آلودگی زیست‌محیطی با استفاده از این روش تا حد چشم‌گیری محدود می‌شود.

نتیجه‌گیری

با توجه به کاربردهای روزافزون فلز مس، محدود بودن منابع تجدیدناپذیر و کاهش ذخایر آن دست‌یابی به اطلاعات و دانش فنی روش‌های جدید استخراج، دستاوردهایی به این شرح را دربرخواهد داشت:

- ◀ استخراج مس از ذخایر کم‌عیار آن و افزایش تولید مس در کشور
 - ◀ حذف مشکلات زیست‌محیطی
 - ◀ زمینه‌سازی به‌کارگیری آن در معدن‌های دیگر
- بویژه معدن‌های کوچک که استفاده از روش‌های گرمایی در آن‌ها به صرفه نیست.



1. Copper matte
2. heap leaching
3. guar
4. bio leaching



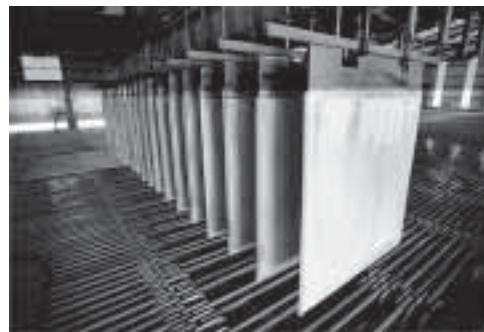
1. www.NICICO.com
2. www.ngdir.net

۳. طرح هیدرومتالورژی (بیولیچینگ)، شرکت ملی صنایع مس ایران - مجتمع مس سرچشمه.
۴. سر رونالد ال. پرین، مس - تشریح یک صنعت، ترجمه محمد شریفی نعمت‌آباد و محمدرضا مرتاض و آزاده نوحی، انتشارات شرکت ملی صنایع مس ایران، مؤسسه مفرغ.

باردار شده از زیر توده دوباره به بالای تپه بازگردانده می‌شود اما اگر مقدار مس موجود در آن به حد موردنظر رسیده باشد برای بازیابی مس به واحدهای استخراج و کاهش الکتریکی راه می‌یابد. رافینیت نیز برای استفاده دوباره به محل سنگ معدن‌های توده شده بازگردانده می‌شود.

ضرورت اجرای طرح استخراج باکتری

یکی از نگرانی‌های کنونی، کاهش تدریجی ذخایر سنگ معدن مس در شکل اکسید آن در معدن مس سرچشمه است. با تمام شدن این ذخایر، مجتمع مس سرچشمه بدون خوراک خواهد ماند. بنابراین جهت جلوگیری از توقف خط تولید این مجتمع - که تنها ۱۳ سال از راه‌اندازی آن می‌گذرد و برای بهره‌برداری از آن ۵۰ میلیون دلار سرمایه‌گذاری شده



است - طرح استفاده از روش استخراج باکتری، با همکاری شرکت متیک آفریقای جنوبی در معدن‌های دیگر کشورمان هم‌چون مس دره‌زار، مس میدوک شهر بابک، زرقان آذربایجان و دره زرشک یزد مورد توجه قرار گرفته است.

بیش‌تر معدن‌هایی که از روش استخراج مس با باکتری بهره گرفته‌اند در نیم‌کره جنوبی زمین قرار دارند. در واقع، شرایط آب و هوایی این مناطق برای رشد و عملکرد باکتری‌ها مناسب است. اما در