

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛ شبکه های توجه گرافی (Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین مقاله نویسی IEEE و ISI ویژه فنی و مهندسی



بهینه سازی میزان مصرف حجمی اسید در فرآیند لیچینگ کانه اکسیدی روی با استفاده از اسید سولفوریک



چکیده :

روش‌های هیدرومتالورژی که بر پایه معادلات ریاضی استوار است، برای استحصال ماده با ارزش به ویژه برای کانی‌ها و ذخایر کربناته کار آبی بالایی دارد. در این مقاله سعی شده است میزان مصرف حجمی اسید در لیچینگ کانه اکسیدی روی بر مبنای معادلات ریاضی، بهینه سازی و تعیین شود. کانسنگ مورد مطالعه از بخش اکسیده معدن روی مهدی آباد یزد تهیه شد. درصد عیار روی در آن ۵/۶ درصد و عیار آهن و منگنز به ترتیب ۲۸/۱۲ و ۶/۵۴ درصد بود. میزان مصرف اسید را می‌توان یکی از مهم‌ترین پارامترهای موثر بر فرآیند لیچینگ نام برد که در این تحقیق این پارامتر با استفاده از ستون و با روش نیمه پیوسته تعیین شد. در این تحقیق این پارامتر به وسیله اندازه گیری میزان انحلال روی، آهن و منگنز در اسید سولفوریک با دستگاه جذب اتمی و مقایسه آن با حجم اسید استفاده شده به دست آمد. میزان ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ گرم اسید ۵۰ گرم بر لیتر به ازای هر کیلو خاک استفاده شد. در نهایت با به دست آوردن معادله ریاضی حاکم بر مدل و مقایسه آنها، میزان مصرف اسید ۱۰۰ گرم به ازای هر کیلوگرم خاک به عنوان حالت بهینه انتخاب شد که در این حالت بازیابی روی ۳۳/۴۵٪ و انحلال منگنز ۵/۲۸٪ و انحلال آهن ۰/۰۷٪ بود.

کلید واژه‌ها:

لیچینگ، بهینه سازی، معادلات ریاضی، کانه روی، اسید سولفوریک، بازیابی، انحلال

Abstract:

A hydrometallurgical method that is based on mathematical equations has a high efficiency for the extraction of valuable minerals and resources, especially for carbonate resources. This paper has to be determined consumption in the volume of acid leaching of zinc oxide and optimization zinc oxide by using mathematical equations. Ore that studied the oxidation of zinc ore were taken from Mehdi Abad of Yazd. The rate of Acid consumption is one of important parameters of leaching which in this study this parameter determined by zinc, iron and manganese Dissolution in Sulfuric acid with using atomic absorption spectrometry and comparison with acid used volume. Of the 50 grams and 100, 200 and 300 grams per kilogram of soil were used. Finally by using mathematical equations 100 gram per kilogram of soil was chose as optimize recovery of zinc. Recovery of zinc was 34.45% and the recovery of manganese was 5.287% and dissolution of iron was 0.07%.

Keywords: leaching, optimization, mathematical equations, Zinc oxide ore, Sulfuric acid, Dissolution, Recovery

مقدمه :

روش‌های هیدرومتالورژی برای استحصال ماده با ارزش از بسیاری از کانی‌ها و ذخایر معدنی به کاررفته به ویژه برای کانی‌ها و ذخایر کربناته کار آبی بالایی دارد. هیدرومتالورژی علم استخراج فلزات از محلول آبی می‌باشد و عملیات فروشویی آن قسمت از هیدرومتالورژی است که عنصر با ارزش توسط یک محلول شستشو دهنده از فاز جامد به فاز مایع منتقل می‌شود این فلز در مراحل بعد توسط مکانیسم‌هایی از فاز مایع جدا می‌گردد. عوامل بسیاری در کیفیت

فرایند فروشویی نقش دارند. این عوامل شامل زمان فروشویی، میزان و غلظت اسید یا ماده فروشو و دانه بندی ماده معدنی می باشد. [۱]

در طی فرآیند لیچینگ، کانسنگ حاوی کانی‌های عناصر قابل حل توسط یک عامل شیمیایی (مانند اسید سولفوریک) با قرار گرفتن در مجاورت محلول آبی حاوی این عامل در شرایط شیمیایی و فیزیکی مناسب، دچار انحلال شده و عناصر مورد نظر در اثر این انحلال به صورت یون در آمده و از آن جدا می‌شوند. [۲]

تاکنون مطالعات زیادی در زمینه تغلیظ کانه‌های اکسیدی روی انجام شده است با این وجود پیشرفت‌ها در این زمینه اندک بوده است. معمولاً کانه‌های اکسیدی روی با روش‌های فلوتاسیون و یا تغلیظ می‌شوند. این در حالی است که در این روش‌ها بازیابی فلز پایین و هزینه‌های سرمایه‌گذاری بالاست. [۳]

امروزه فلز روی به هر دو روش پیرومتالورژی و هیدرومتالورژی استحصال می‌شود. در روش هیدرومتالورژی ترکیبات حاوی روی در اسید سولفوریک و یا اسیدهای دیگر حل می‌شود و پس از تصفیه‌های لازم، محلول تقریباً خالصی از سولفات روی وارد سلول‌های الکتروپینینگ می‌شود. اولین کارخانه موفق تولید الکترولیتی روی در مونتانا کانادا آغاز به کار کرد. هم اکنون بیش از ۸۰ درصد فلز روی جهان به روش هیدرومتالورژی تهیه می‌شود. [۴]

به طور کلی کانسنگ‌های اکسیده روی شامل گروه کربناتی، سیلیکاتی و اکسیدی می‌باشد. کانه‌های اکسیدی و سیلیکاتی، بر خلاف کانه‌های سولفور و کربناته که باید مراحل تشویه و تکلیس را بگذرانند، مستقیماً وارد سیستم انحلال می‌شود. [۴]

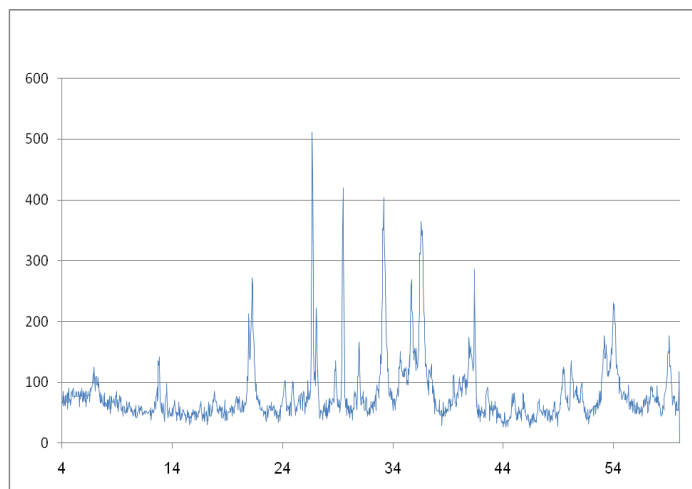
معدن سرب و روی مهدی آباد، در ۱۱۰ کیلومتری جنوب یزد با ذخیره ۳۵۰ میلیون تن و عیار متوسط ۲/۴ درصد روی، ۱/۶ درصد سرب و ۲۵ گرم بر تن نقره از بزرگ‌ترین ذخایر شناخته شده روی در جهان محسوب می‌شود. حدود ۷۵ درصد این ذخیره را کانه سولفیدی و مابقی آن را کانه کربناتی و سیلیکاتی روی تشکیل می‌دهد. [۵]

یکی از پارامترهای مهم برای لیچینگ میزان مصرف اسید می‌باشد که ممکن است باعث اقتصادی یا غیر اقتصادی شدن یک فرآیند گردد. در این تحقیق میزان مصرف حجمی اسید با یک غلظت ثابت بررسی می‌شود. نمونه لازم از بخش اکسیدی معدن گرفته شد و پس از تقسیم و خردایش نمونه، نمونه معرف به دست آمد. همچنین اسید سولفوریک مورد استفاده نوع ۹۵-۹۸ درصدی دکتر مجللی بود.



بحث :

برای انجام مطالعات، نمونه لازم از کانسنگ روی اکسیدی معدن سرب و روی مهدی آباد یزد تهیه گردید. طبق آنالیز جذب اتمی عیار روی، منگنز و آهن به ترتیب ۵/۶، ۶/۵۴ و ۲۸/۱۲ درصد بود. همچنین با استفاده از آنالیز XRD کانی همی‌مرفیت به عنوان کانی غالب روی شناسایی گردید.



شکل ۱: آنالیز XRD کانه اکسیدی روی معدن مهدی آباد

با توجه به شکل ۱ که آنالیز XRD کانه می‌باشد، مشاهده می‌شود که فازهای موجود در ماده معدنی مهدی آباد بیشتر به صورت کوارتز (SiO_2)، هماتیت ($\text{FeO}(\text{OH}, \text{Fe}_2\text{O}_3)$)، همی‌مورفیت $\text{Zn}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ، $\text{K}_2 \cdot \text{xMn}_8\text{O}_{16}$ و کلسیت CaCO_3 می‌باشد.

برای آنالیز XRF (مدل PW2404) نمونه ۱۰۰ گرمی از کانه تهیه و نتایج حاصل از آنالیز نمونه معرف در جدول ۱ نشان داده شده است.

نام ترکیب	درصد	نام ترکیب	درصد
Na ₂ O	۱/۱۸۵	MnO	۶/۰۷۱
MgO	۱/۰۵۷	Fe ₂ O ₃	۳۷/۳۰
Al ₂ O ₃	۵/۳۱۵	CoO	۰/۰۰۰
SiO ₂	۲۲/۵۴	NiO	۰/۰۰۱
SO ₃	۰/۳۱۸	CuO	۰/۰۰۲
Cl	۰/۰۶۳	ZnO	۶/۲۵۳
K ₂ O	۱/۱۷۹	PbO	۰/۹۲۴
CaO	۳/۲۰۳	LOI	۱۴/۵۸۹

در این طرح مقدار انحلال روی، منگنز و آهن به عنوان پاسخ در نظر گرفته شد. جهت بررسی تأثیر میزان مصرف حجمی اسید در فرآیند لیچینگ از ستون‌هایی با قطر ۵۹ میلی متر، ارتفاع ۵۰ سانتی متر و جنس پلکسی گلاس استفاده شد. در مجموع ستون‌ها، اسکلت فلزی، تنظیم کننده محلول، ظرف جمع آوری مایع باردار و صفحه مشبک اجزای سیستم آزمایش این تحقیق را شامل می‌باشد. در انتهای هر ستون یک صفحه مشبک سوراخ دار قرار گرفته است که محلول باردار به راحتی از آن عبور می‌کند و در واقع نقش یک صافی یا فیلتر را دارد. پس از این صفحه مشبک، ستون دارای محفظه ای است تا محلول شستشو بعد از عبور از بستر سنگ بتواند داخل آن قرار گرفته و به وسیله شیر که در پایین ستون نصب شده از آن خارج گردد. طرف‌ها با حجم یک لیتر برای ورود محلول اولیه شستشو در بالای ستون‌ها و سطوح‌هایی برای جمع آوری محلول خروجی در قسمت زیرین هر ستون تعبیه شده بود. نخستین مرحله آزمایش آماده سازی ستون‌ها می‌باشد. بدین ترتیب که در ابتدا به منظور حفظ قابلیت فیلتر کردن محلول خروجی، در انتهای هر ستون لایه ای از ماسه شسته و خشک شده به ضخامت حدود ۳ سانتی متر قرار می‌گیرد. نمونه آماده شده را به تدریج و آهسته بر روی ماسه‌ها ریخته و در قسمت بالایی ستون، توده ای از پشم شیشه به ارتفاع تقریبی ۳ سانتی متر با قرار دادن کاغذ صافی روی آن به منظور کمک به پاشش یکنواخت محلول قرار می‌گیرد. جهت پر کردن ستون ۱۸۰۰ گرم نمونه برداشته شد و در هر چرخه نمونه ای از محلول خروجی جهت آنالیز به آزمایشگاه فرستاده شد. با توجه به حجم محلول درصد حلالیت عناصر محاسبه گشت.

برای یافتن تأثیر میزان مصرف حجمی اسید در فرآیند لیچینگ از اسید ۵۰ گرم بر لیتر استفاده شد و برای چرخه های ۳/۶، ۷/۲ و ۱۰/۸ لیتری میزان انحلال بررسی گردید.

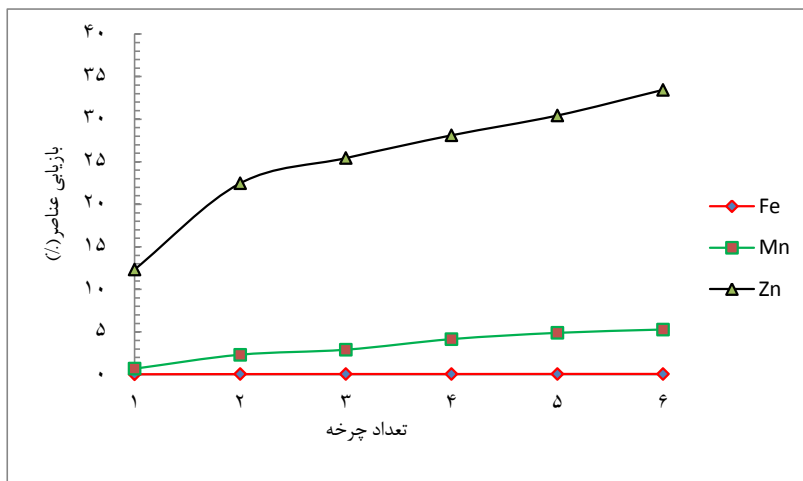
۶ چرخه برای چرخه ۳/۶ لیتری، ۵ چرخه برای چرخه ۷/۲ لیتری و ۴ چرخه برای چرخه ۱۰/۸ لیتری اجرا شد پس از هر چرخه میزان انحلال روی، منگنز و آهن به وسیله آنالیز جذب اتمی به دست آمد.

نمودار انحلال برای چرخه با حجم ۳/۶ لیتر در شکل ۲ قابل مشاهده است که با توجه به آن با افزایش تعداد چرخه، روند انحلال روی بیشترین افزایش را دارد به گونه ای که در چرخه اول میزان انحلال آن ۳/۴۵ گرم بر لیتر و در چرخه ششم ۹/۳۷ گرم بر لیتر گشته و بازیابی آن از ۱۲/۳۲ تا ۳۳/۴۵ درصد تغییر کرده است. میزان انحلال منگنز از ۲۲۲ ppm تا ۱/۷۲۸ گرم بر لیتر و بازیابی آن از ۰/۶۸ تا ۵/۲۸ درصد و روند انحلال آهن کمترین تغییرات را نسبت به انحلال دو عنصر دیگر دارا می‌باشد و میزان انحلال آن از ۴۱/۴۷ تا ۹۳/۲۰ ppm می‌باشد و بازیابی آن از ۰/۰۳ تا ۰/۰۷ درصد تغییر کرده است. مدل برازش داده شده برای انحلال روی، منگنز و آهن در معادلات ۱، ۲ و ۳ قابل مشاهده می‌باشد.

$$\text{بازیابی عناصر (\%)} = 0.0674x^5 - 1.3013x^4 + 9.7805x^3 - 35.806x^2 + 66.527x - 26.946 \quad (۱)$$

$$\text{بازیابی منگنز (\%)} = 0.0352x^5 - 0.6487x^4 + 4.4835x^3 - 14.385x^2 + 22.055x - 10.86 \quad (۲)$$

$$\text{بازیابی آهن (\%)} = -0.0004x^5 + 0.0074x^4 - 0.0456x^3 + 0.1242x^2 - 0.1339x + 0.0779 \quad (۳)$$



شکل ۲: نمودار تأثیر تعداد چرخه بر بازیابی انحلال عناصر در چرخه ۳/۶ لیتری. (غلظت اسیدسولفوریک ۵۰ گرم بر لیتر، دانه بندی ۱ - ۲۰ میلی متر)

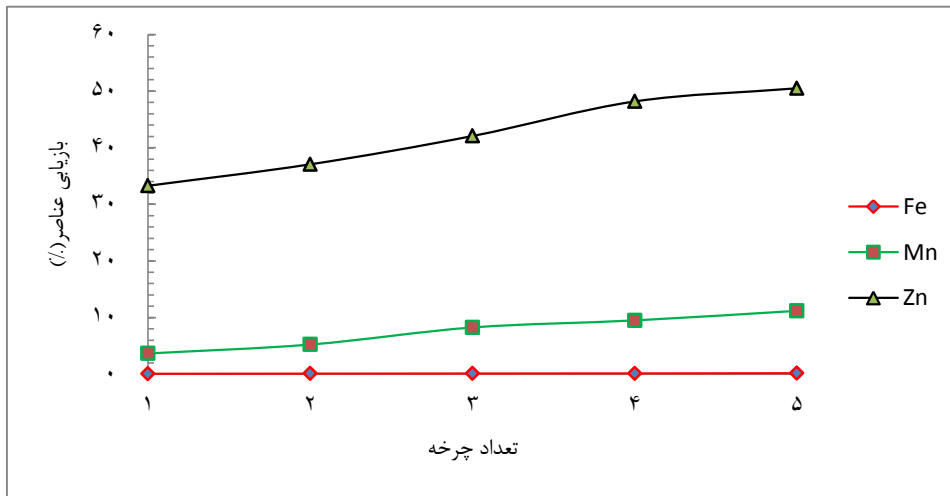
نمودار انحلال برای چرخه با حجم ۷/۲ لیتر در شکل ۳ قابل مشاهده است. با توجه به آن با افزایش تعداد چرخه، روند انحلال روی بیشترین افزایش را دارد به گونه ای که در چرخه اول میزان انحلال آن ۴/۶۶ گرم بر لیتر و در چرخه پنجم

۷/۰۷ گرم بر لیتر گشته و بازیابی آن از ۳۳/۳۹ تا ۵۰/۵۰ درصد تغییر کرده است همچنین با افزایش چرخه میزان انحلال نسبت به چرخه مرحله قبل کاهش می‌یابد و به مرور شیب نمودار کاهش می‌یابد. میزان انحلال منگنز از ۵۹۸ ppm تا ۱/۸۳ گرم بر لیتر و بازیابی آن از ۳/۶۶ تا ۱۱/۱۹ درصد تغییر کرده و انحلال آهن کمترین تغییرات را نسبت به انحلال دو عنصر دیگر دارد و میزان انحلال آن از ۵۳/۶۰ تا ۱۳۲/۴۵ ppm و بازیابی آن از ۰/۰۸ تا ۰/۱۷ درصد تغییر کرده است. مدل برازش داده شده برای انحلال روی، منگنز و آهن در معادلات ۴، ۵ و ۶ قابل مشاهده می‌باشد که در این معادلات x تعداد چرخه می‌باشد.

$$\text{بازیابی روی} = -0.1994x^4 + 1.9762x^3 - 6.2649x^2 + 11.738x + 26.036 \quad (۴)$$

$$\text{بازیابی منگنز} = 0.2258x^4 - 2.793x^3 + 11.832x^2 - 17.754x + 12.15 \quad (۵)$$

$$\text{بازیابی آهن} = 0.0015x^4 - 0.0164x^3 + 0.0625x^2 - 0.0711x + 0.0998 \quad (۶)$$



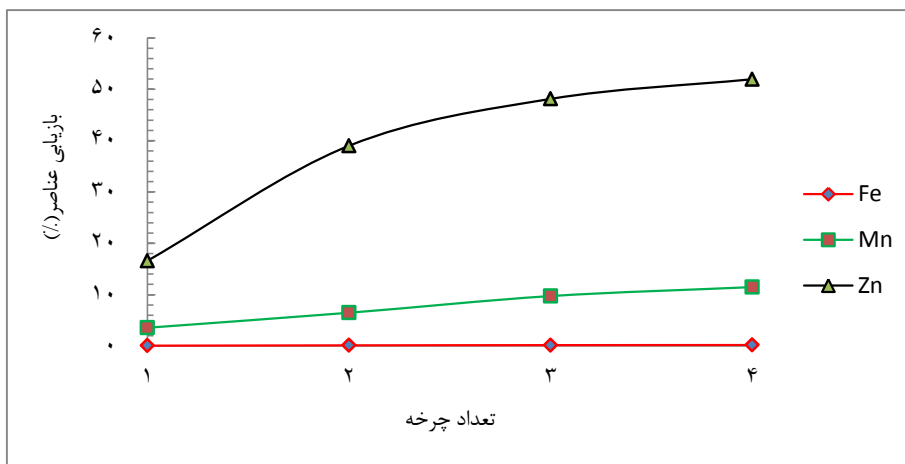
شکل ۳: نمودار تأثیر تعداد چرخه بر بازیابی انحلال عناصر در چرخه ۷/۲ لیتری. (غلظت اسیدسولفوریک ۵۰ گرم بر لیتر، دانه بندی ۱ - ۲۰ میلی متر)

نمودار انحلال برای چرخه با حجم ۱۰/۸ لیتر در شکل ۴ قابل مشاهده است. با توجه به آن با افزایش تعداد چرخه، روند انحلال روی بیشترین افزایش را دارد به گونه ای که در چرخه اول میزان انحلال آن ۱/۵۵ گرم بر لیتر و در چرخه چهارم ۴/۸۵ گرم بر لیتر گشته و بازیابی آن از ۱۶/۶۱ تا ۵۱/۹۶ درصد تغییر کرده است، همچنین با افزایش چرخه میزان انحلال نسبت به چرخه مرحله قبل کاهش می‌یابد و به مرور شیب نمودار کاهش می‌یابد. میزان انحلال منگنز از ۲۸۷ ppm تا ۱/۲۵ گرم بر لیتر و بازیابی آن از ۳/۵۵ تا ۱۱/۴۷ درصد تغییر کرده است. روند انحلال آهن کمترین تغییرات را نسبت به انحلال دو عنصر دیگر دارد و میزان انحلال آن از ۲۷/۷۹ تا ۸۸/۱۰ ppm و بازیابی آن از ۰/۰۶ تا ۰/۱۹ درصد تغییر کرده است. مدل برازش داده شده برای انحلال روی، منگنز و آهن در معادلات ۷، ۸ و ۹ قابل مشاهده می‌باشد که در این معادلات x تعداد چرخه می‌باشد.

$$\text{بازیابی روی} = 1.3286x^3 - 14.604x^2 + 56.904x - 27.021 \quad (۷)$$

$$\text{بازیابی منگنز} = -0.3067x^3 + 2.006x^2 - 0.9497x + 2.8018 \quad (۸)$$

$$\text{بازیابی آهن} = -0.0105x^2 + 0.0952x - 0.0254 \quad (۹)$$



شکل ۴: نمودار تأثیر تعداد چرخه بر بازیابی انحلال عناصر در چرخه ۱۰/۸ لیتری. (غلظت اسیدسولفوریک ۵۰ گرم بر لیتر، دانه بندی ۱ - ۲۰ میلی متر)



نتیجه گیری :

۱. در حالت ۱۰۰ گرم به ازای هر کیلو گرم خاک اکسیدی حداکثر بازیابی روی ۳۳/۴۵ % ، در حالت ۲۰۰ گرم به ازای هر کیلو گرم خاک اکسیدی حداکثر بازیابی روی ۵۰/۵۰ %، بیشترین بازیابی روی در حالت ۳۰۰ گرم به ازای هر کیلو گرم خاک اکسیدی به دست آمد که میزان آن ۵۱/۹۶ % بود.
۲. با توجه به این که هدف ما بازیابی روی، غلظت روی بالاتر و مصرف کمتر اسید بود و همچنین روند انحلال برای چرخه های ۷/۲ لیتر و ۱۰/۸ لیتری به مقدار ثابتی نزدیک می شود ولی چرخه ۳/۶ لیتری هنوز روند افزایشی دارد، گزینه اول یعنی چرخه ۳/۶ لیتری مناسب می باشد که معادله ریاضی آن به شکل زیر بود:

$$0.0674x^5 - 1.3013x^4 + 9.7805x^3 - 35.806x^2 + 66.527x - 26.946$$
میزان مصرف اسید ۱۰۰ گرم به ازای هر کیلوگرم خاک به عنوان حالت بهینه انتخاب شد که در این حالت بازیابی روی ۳۳/۴۵ % و انحلال منگنز ۵/۲۸ % و انحلال آهن ۰/۰۷ % بود.



منابع فارسی :

- [۱] رحمانی، مجید، خدادادی، احمد، «بهینه سازی عوامل موثر بر فروشویی توده ای معدن مس سرچشمه با در نظر گرفتن عامل تراکم خاک»، کنفرانس مهندسی معدن ایران، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۲ تا ۱۴ بهمن ۱۳۸۳
- [۲] آزاد، علی، طراحی واحدهای لیچینگ مس، ۱۳۹۰، چاپ اول، انتشارات نگارنده دانش
- [۳] گنجی، سید محمد سید علیزاده ؛ بارانی بیرانوند، کیانوش « بررسی و بهینه سازی پارامترهای موثر بر لیچینگ کانسنگ اکسیده روی معدن انگوران به روش تاگوچی ». چهارمین همایش انجمن زمین شناسی اقتصادی ایران، دانشگاه بیرجند ، شهریور ۹۱.
- [۴] اولیا زاده، م، ۱۳۸۳، " بهینه سازی و تعیین عوامل مؤثر در لیچینگ کانه سیلیکاته روی در حضور عناصر آهن و منگنز"، کنفرانس مهندسی معدن ایران، دانشگاه تربیت مدرس
- [۵] استحصال روی به روش لیچینگ اتمسفری کنسانتره سولفیدی معدن سرب و روی مهدی آباد در مقیاس آزمایشگاهی، مرکز تحقیقات مواد معدنی ایران- یزد، مجری: دکتر محمد کلاهدوزان

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه

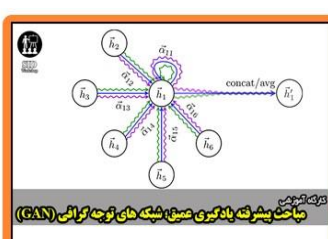


فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛ شبکه های توجه گرافی (Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین مقاله نویسی IEEE و ISI ویژه فنی و مهندسی