نشریه علوم و مهندسی جداسازی
دوره نهم، شماره دوم، سال ۱۳۹۶، صفحه ۹۵-۱۰۴

Journal of Separation Science and Engineering
Vol. 9, No.2, (2017), pp. 95-104

تاثیر اندازه ذرات و دانسیته پالپ بر سینتیک بیولیچینگ کنسانتره کالکوپیریتی

محمدرضا اسمعیل بگی کرمانی[۱،۲]، عطاا... کامیابی[۳]، مهین شفیعی[۴،۳]، محمد رنجبر[۴،۱*]

۱- بخش مهندسی معدن، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
۲- انجمن پژوهشگران جوان، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
۳- بخش مهندسی شیمی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
۴- پژوهشکده صنایع معدنی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

مشخصات مقاله

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۱۱ خرداد ۱۳۹۶
دریافت پس از اصلاح: ۲۰ آذر ۱۳۹۶
پذیرش نهایی: ۲۷ دی ۱۳۹۶

کلمات کلیدی:
بیولیچینگ،
کنسانتره کالکوپیریتی،
درصد جامد،
اندازه ذرات،
سینتیک

چکیده

مشکل عمده و محدود کننده فرآیندهای بیولیچینگ سرعت نسبتاً کم انحلال کانی های سولفیدی مس بویژه کالکوپیریت است. پارامتر های عملیاتی متعددی از جمله اندازه ذرات و درصد جامد بر سرعت انحلال کالکوپیریت در عملیات بیولیچینگ مخزنی موثر می‌باشند. هدف اصلی این تحقیق ارزیابی تاثیر اندازه ذرات و درصد جامد بر کارایی باکتری‌های ترموفیل معتدل و سینتیک فرآیند در عملیات بیولیچینگ مخزنی کنسانتره کالکوپیریتی می‌باشد. در این راستا باکتری‌های ترموفیل معتدل جداسازی شده از مجتمع مس سرچشمه با کنسانتره کالکوپیریتی این مجموعه در درصد جامدهای مختلف سازگار و آزمایش‌ها در یک رآکتور همزن‌دار آزمایشگاهی برای بررسی تأثیر درصد جامد و اندازه ذرات طراحی و اجرا شد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که با افزایش دانسیته پالپ و کاهش اندازه ذرات ویسکوزیته پالپ افزایش می‌یابد. در محدوده بررسی شده با افزایش درصد جامد سرعت انحلال کاهش می یابد در حالی که کاهش اندازه ذرات تا میزان مشخصی(۱۶ میکرومتر) باعث افزایش سرعت انحلال و بازیابی مس می‌شود. تحت شرایط بهینه مربوط به این تحقیق(درصد جامد ۱۰ و اندازه ذرات ۱۶میکرومتر) بیش از ۸۸ درصد مس از کنسانتره کالکوپیریتی بازیابی می‌شود.

* عهده دار مکاتبات

آدرس پست الکترونیک
m.ranjbar@uk.ac.ir

حقوق ناشر محفوظ است.

Archive of SID

www.SID.ir

۱- مقدمه

توسعه بیوفناوری به عنوان یک تکنولوژی سازگارتر با محیط زیست، تحقیقات در صنایع معدنی را به سوی کاربرد از این روش ها برای استحصال فلزات از منابع معدنی سوق داده است[۱, ۲]. کالکوپیریت مهمترین کانی سولفیدی مس موجود در جهان است. یکی از مشکلات عمده فرآیند بیولیچینگ کنسانتره کالکوپیریتی مس بویژه با باکتری های مزوفیل سرعت پایین واکنش انحلال و بازیابی کم مس ذکر شده است[۳, ۴]. به نظر می رسد با استفاده از باکتری‌های ترموفیل بتوان به دلیل دمای بالاتر، ظرفیت تحمل بیشتر به فلز و ویژگی‌های متابولیکی مناسبتر به نتایج مناسبتری دست یافت[۵, ۶]. سازگارکردن باکتری‌ها با درصد جامد بالا مرحله مهمی در بهینه‌سازی بیولیچینگ کنسانتره‌های سولفیدی مس محسوب می‌گردد[۷]. در این صورت مقاومت باکتری به غلظت‌های بالای فلزی نیز افزایش می‌یابد.

عوامل مختلفی بر فعالیت باکتری‌ها و کارائی عملیات بیولیچینگ برای انحلال کانی های سولفیدی بویژه کنسانتره های کالکوپیریتی مس موثر هستند که مهمترین آنها، نوع باکتری، ترکیب محیط کشت، دما، اسیدیته (pH)، پتانسیل اکسیداسیون و احیا، میزان انحلال اکسیژن و گاز کربنیک در محلول، نرخ انتقال جرم، هوادهی و نرخ همزنی و ویژگی های مینرالوژیکی، فیزیکی و شیمیائی فاز جامد می باشند. در ارتباط با نقش درصد جامد و اندازه ذرات می توان به موارد زیر اشاره نمود.

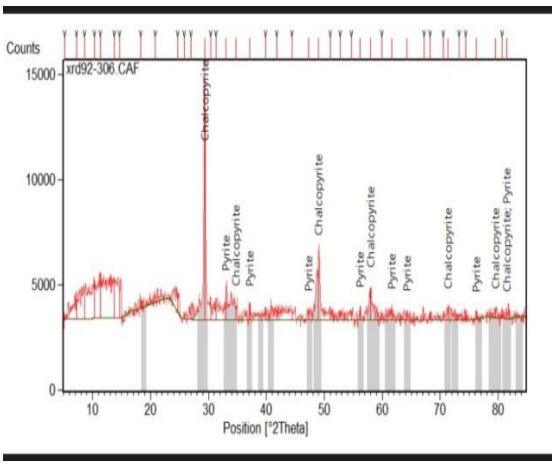
احمدی و همکاران به بررسی بیولیچینگ کنسانتره کالکوپیریتی در دانسیته پالپ‌های بالا پرداخته و نشان دادند که در مقایسه با باکتریهای مزوفیل کارایی باکتری‌های ترموفیل معتدل در دانسیته پالپ‌های بالا بهتر می‌باشد[۸] و همچنین حضور پیریت در کنسانتره کالکوپیریتی باعث ایجاد سلول گالوانیکی شده که با افزایش انتقال الکترون توسط باکتری‌ها نرخ انحلال را بهبود می‌بخشد[۹]. بهراد در سال ۲۰۱۱ به بررسی بیولیچینگ کنسانتره‌های کالکوپیریتی و غبارهای حاصل از ذوب با استفاده از باکتری‌های مزوفیل و ترموفیل معتدل پرداخت و نشان داد که کارایی باکتری‌های ترموفیل نسبت به مزوفیل بالاتر بوده و بیولیچینگ کنسانتره بسیار متاثر از مینرالوژی آن می‌باشد و همچنین میکروارگانیزم‌ها توانایی سازگاری با شرایط سخت را دارا می‌باشند[۱۰]. در حالی که در خصوص نقش درصد جامد در عملیات بیولیچینگ اطلاعاتی منتشر شده است[۹, ۱۱]، کمتر به تاثیر اندازه ذرات پرداخته شده است. دلیل اصلی این موضوع می تواند به پیچیده بودن نقش اندازه ذرات مرتبط باشد[۱۲, ۱۳]. بررسی ها در زمینه نقش درصد جامد در سیستم نشان می دهد که در دانسیته های بالای جامد در اثر وجود نیروهای برشی مخرب در سیستم سلول های باکتریایی از بین می‌روند[۱۴, ۱۵] و همچنین با افزایش درصد جامد در انتقال جرم و نرخ انجام فرآیند محدودیت ایجاد می‌شود [۶, ۱۶, ۱۷]. نتایج تحقیقات اخیر حاکی از آن است که اندازه ذرات به دلیل تاثیر چند گانه بر فرایند نقش قابل توجهی در فعالیت باکتریائی وکارائی فرآیند دارد از جمله می‌توان به این مسئله اشاره کرد که در سیستم های همزن دار اندازه ذرات وابسته به اندازه گرداب های ایجاد شده در سیستم می‌تواند نقش مخربی بر فعالیت باکتریایی داشته باشد[۱۸] و از دیدگاهی دیگر با کاهش ابعاد ذرات، سطح واکنش افزایش یافته و باعث نسریع واکنش‌های شیمیایی می‌شود. در این ارتباط مکانیسم و مدت زمان خردایش ذرات نقش موثری بر تولید گونه‌های سمی (گونه‌های اکسیژن فعال) و کاهش کارایی فرایند دارد[۱۹, ۲۰]. لطفعلیان و همکاران نشان دادند که کاهش اندازه یک مقدار بحرانی داشته که با گذشت از این مقدار، کارایی فرآیند کاهش می‌یابد[۲۱]. اندازه ذرات و دانسیته پالپ تاثیر قابل توجهی بر رئولوژی پالپ دارد که رئولوژی پالپ به عنوان پارامتر موثری بر انتقال جرم در فرآیندهای باکتریایی ارزیابی می شود. با افزایش درصد جامد پالپ و کاهش اندازه ذرات تعداد برخوردها در واحد حجم پالپ و تجمع یون‌ها افزایش یافته، و ویسکوزیته پالپ افزایش می یابد که می تواند تحت شرایط مشخص کاهش نرخ انتقال جرم بویژه انتقال اکسیژن و گاز کربنیک به عنوان پارامتر های موثر بر فعالیت باکتریهای ترموفیل هوازی را بهمراه داشته باشد[۲۲-۲۴]. با توجه به موارد ذکر شده و نتایج حاصل از تحقیقات مرتبط با بیولیچینگ الکتروشیمیائی کنسانتره کالکوپیریتی، نتایج حاکی از ضرورت بررسی جامع‌تر نقش اندازه ذرات بر کارائی عملیات بیولیچینگ مخزنی کنسانتره مجتمع مس سرچشمه برای بهینه سازی پارامتر های عملیاتی می‌باشد. در این راستا در تحقیق حاضر تاثیر اندازه ذرات و درصد جامد بر سینتیک فرآیند با استفاده از باکتری‌های ترموفیل معتدل بررسی می‌شود.

Archive of SID
www.SID.ir

۲- مواد و روش تحقیق

۲-۱ مواد و تجهیزات

در این تحقیق از کنسانتره مس مجتمع مس سرچشمه استفاده شد. با انجام آنالیز شیمیائی و مینرالوژی نمونه شاخص مشخص گردید که کالکوپیریت و پیریت به ترتیب با ۶۶/۵ و ۳۰/۸ درصد، فازهای اصلی نمونه و کالکوسیت و کانی‌های اکسیدی به عنوان کانی‌های فرعی در مجموع کمتر از ۳درصد کنسانتره را تشکیل می‌دهند. میزان کلی مس و آهن در کنسانتره به ترتیب برابر ۲۵/۴۸ و ۲۷/۱۱ درصد تعیین شد(شکل ۱ وجدول۱).



شکل۱- آنالیز XRD کنسانتره مجتمع سرچشمه (ترکیب فازی نمونه)

جدول ۱- آنالیز شیمیائی کنسانتره

عنصر(ترکیب)	درصد	عنصر(ترکیب)	درصد
Cu	۲۵/۴۸	Al_2O_3	۲/۰
Fe	۲۷/۱۱	K_2O	۰/۴۶
CaO	۰/۲۶	PbO	۰/۲۶
SiO_2	۴/۶۷	TiO_2	۰/۱۳
SO_3	۴۱/۸۰	ZnO	۰/۸۴

جدول ۲- توزیع وزنی اندازه گلوله‌های آسیا

درصد وزنی(٪)	اندازه گلوله (میلی متر)
۳۰	۱۲
۵/۶	۱۰
۱۴/۱	۹
۱۰/۷	۸
۷/۷	۷
۴/۳	۶
۰/۵	۵
۰/۳	۴

باکتری‌های ترموفیل معتدل بومی مجتمع مس سرچشمه در محیط کشت 9k[۲۰] و ۰/۰۲ درصد مخمر با مقادیر مختلف کنسانتره سازگار شدند و چگونگی رشد باکتری‌ها و جمعیت باکتریایی توسط میکروسکوپ نوری Nikon و اندازه کیری پتانسیل اکسیداسیون و احیا ORP و pH بررسی شد.

به منظور بررسی تاثیر خردایش بر روی بیولیچینگ کنسانتره کالکوپیریتی، خردایش نمونه‌ها بوسیله آسیای گلوله-ای آزمایشگاهی Denver (۳۰۵*۲۰۳ میلیمتر) انجام گردید. در این راستا از گلوله‌های فولادی با ابعاد مختلف به منظور واسطه خردایش استفاده شد(جدول۲). در این نوع آسیای آزمایشگاهی ذرات در اثر سایش بین گلوله‌ها خرد می شوند.

برای اندازه گیری ویسکوزیته پالپ از دستگاه رئومتر BROOKFIELD استفاده شد. اندازه گیری کشش سطحی با استفاده از دستگاه(K12) KRUSS و روش صفحه ویلهلملی انجام شد.

۲-۲- طراحی آزمایش

برای بررسی تاثیر اندازه ذرات(d_{80}) و دانسیته پالپ بر بیولیچینگ کنسانتره‌های کالکوپیریتی با استفاده از نرم افزار Design Expert7 و طرح آزمایشی فاکتوریل کامل D-Optimal، آزمایشها طراحی وطرح پیشنهادی ارائه شد(جدول ۵). اندازه ذرات کنسانتره و درصد جامد پالپ به عنوان متغیر های طرح آزمایشی انتخاب شدند. اندازه ذرات کنسانتره در سه سطح ۴۵، ۳۲ و ۱۶ میکرومتر و با توجه به

Archive of SID
www.SID.ir

نتایج تحقیقات مقدماتی درصد جامد در دو سطح ۱۰ و ۱۵ درصد بررسی شد. تست‌های بیولیچینگ در راکتور همزن‌دار مکانیکی به حجم تقریبی ۵ لیتر در شرایط ثابت ۴۰۰ دور بر دقیقه، تلقیح ۱۰درصد، ۱/۵ لیتر بر دقیقه هوادهی، دمای ۵۰ °C و مدت زمان ۱۰ روز انجام شدند.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تاثیر غربالگری برسازگاری و جمعیت باکتریای

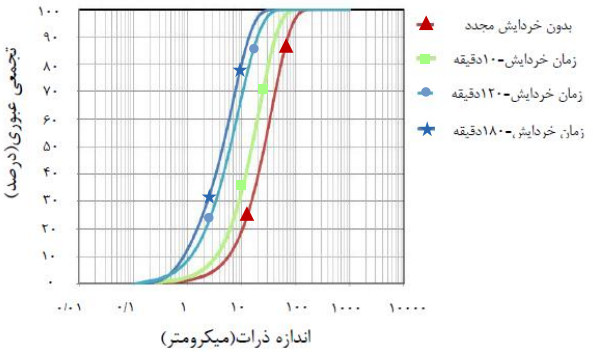
سازگاری مجموعه باکتریایی با شرایط پیش بینی شده برای تست های بیولیچینگ همراه با سه مرحله غربالگری انجام شد. نتایج حاصل از این مرحله نشان می دهد که وابسته به درصد جامد مدت زمان سازگاری با افزایش مراحل غربالگری از حدود ۲۰ روز به کمتر از ۲ روز کاهش می یابد. همچنین غربالگری تاثیر بارزی بر جمعیت باکتریایی به عنوان شاخص عملیات دارد به نحوی که جمعیت باکتریائی پس از سه مرحله غربالگری رشد قابل توجه داشته است و به عنوان مثال هنگام استفاده از ۹ درصد جامد تعداد سلول‌های زنده از $۱/۲\times۱۰^{۸}$ به $۳/۴\times۱۰^{۸}$ سلول بر میلی لیتر افزایش نشان می‌دهد(جدول۳).

جدول۳- تاثیر غربالگری بر تغییرات جمعیت باکتریایی

درصد جامد(٪)	مرتبه تکرار سازگاری	زمان رسیدن به پتانسیل ۵۰۰ میلی ولت(روز)	جمعیت باکتریایی (Cell/ml)
۹	۱	۲۳	$۱/۲\times۱۰^{۸}$
	۲	۲۲	$۱/۵\times۱۰^{۸}$
	۳	۳	$۳/۴\times۱۰^{۸}$
۱۲	۱	۳۳	$۱/۵\times۱۰^{۸}$
	۲	۲۵	$۲/۱\times۱۰^{۸}$
	۳	۳	$۳/۲\times۱۰^{۸}$
۱۵	۱	۴۵	$۲/۲\times۱۰^{۸}$
	۲	۳۶	$۳/۳\times۱۰^{۸}$
	۳	۱	۴×۱۰^{۸}

۳-۲- خردایش کنسانتره

نتایج آنالیز لیزری کنسانتره سرچشمه، حاکی از آن است که ۸۰ درصد ذرات آن زیر ۴۵ میکرومتر می‌باشند. برای بررسی نقش اندازه ذرات بر کارائی عملیات بیولیچینگ خردایش کنسانتره در آسیای گلوله ای بصورت خشک انجام و تاثیر زمان خردایش (۱۰ ، ۱۲۰ و ۱۸۰ دقیقه) بررسی شد. نتایج آنالیز لیزری نشان می‌دهند که با افزایش زمان خردایش D_{80} نمونه ها از ۴۵ میکرون به ترتیب به زیر ۳۲ و ۱۶ و ۹ میکرومتر کاهش می یابد(شکل۲). با توجه به اطلاعات منتشر شده در خصوص نقش مدت زمان خردایش بر تولید گونه‌های سمی(گونه‌های اکسیژن فعال) و کاهش کارایی فرایند[۱۹, ۲۰] و همچنین نتایج آزمایش های مقدماتی مدت زمان ۱۰ و ۱۲۰ دقیقه برای خردایش و همگن سازی نمونه ها انتخاب شد.



شکل۲- دانه بندی کنسانتره قبل و بعد از خردایش

۳-۳- تاثیر اندازه ذرات بر ویسکوزیته و کشش سطحی

نتایج ارائه شده در شکل۴ نشان می‌دهند که افزایش درصد جامد از ۵ به ۲۰ و همچنین کاهش اندازه ذرات از ۴۵ به ۱۶ میکرون باعث تغییرات معنا داری در مقدار ویسکوزیته پالپ می‌شود. در روش ویسکوزیته نسبی در اندازه گیری سرعت حرکت سیال در لوله موئین علاوه بر ویسکوزیته، کشش سطحی نیز موثر می‌باشد و به همین دلیل تغییرات ویسکوزیته نسبی با تغییر اندازه ذرات و درصد جامد از تئوری‌های موجود پیروی نمی‌کند، برای بررسی تایید صحت داده‌های گرانروی نسبی، یک سری تست‌های کشش سطحی انجام شد و نشان داده شد که با افزایش درصد جامد کشش سطحی نیز افزایش می‌یابد(شکل۳ الف). فعالیت‌های باکتریائی هنگام اضافه نمودن باکتری به سیستم که می تواند شامل انحلال فاز جامد و در

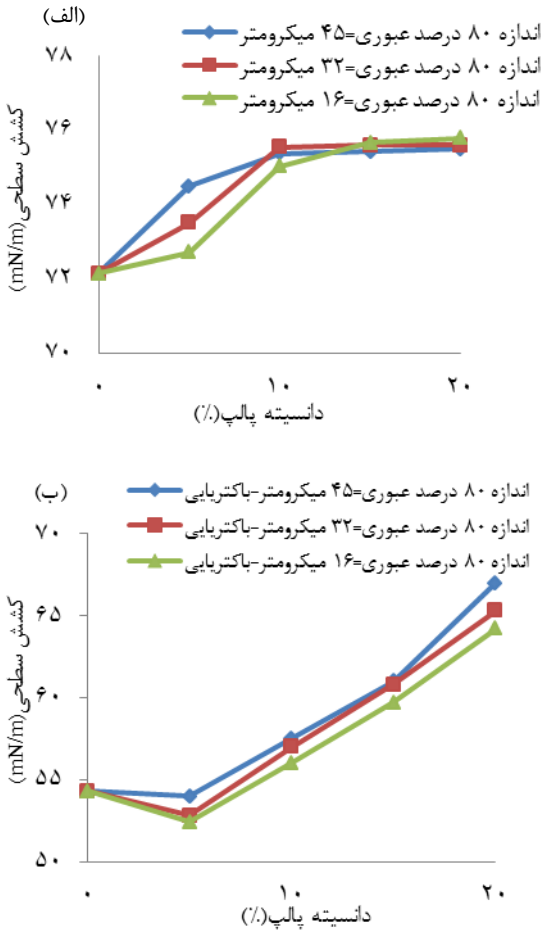
Archive of SID
www.SID.ir

نتیجه کاهش درصد جامد موثر و یا تولید مواد فعال سطح باشد، باعث می شود که تحت شرایط یکسان کشش سطح پالپ هنگام اضافه نمودن باکتری در مقایسه با نمونه های بدون باکتری کاهش محسوسی داشته باشد(شکل۳ ب).

در نتیجه نقش درصد جامد در رفتار پالپ در ویسکوزیته نسبی در اثر افزایش چسبندگی سیال به لوله موئین و افزایش تعداد برخوردها در واحد حجم سیال می‌باشد. کاهش اندازه ذرات باعث کاهش کشش سطحی پالپ در درصد جامدهای مختلف می‌شود در نتیجه کاهش غیر متعارف ویسکوزیته نسبی پالپ با کاهش اندازه ذرات در اثر کاهش کشش سطحی پالپ و چسبندگی سطح پالپ به دیواره لوله موئین است. بر این اساس می توان نتیجه گرفت که روش ویسکوزیته نسبی برای اندازه-گیری گرانروی سوسپانسون‌ها در اندازه ذرات و درصد جامدهای مختلف مناسب نمی باشد. لذا در ادامه از دستگاه ویسکومتر(BROOKFIELD) استفاده شد. نتایج تست های مقدماتی نشان داد که از این روش می توان با دقت کافی برای اندازه گیری ویسکوزیته پالپ تا درصد جامد حدود ۵ درصد استفاده نمود. لذا با استفاده از داده‌های گرانروی تا ۳درصد جامد و اندازه ذرات مختلف به تخمین ضریبی برای پیش بینی گرانروی در شرایط مختلف پرداخته شد و معین گردید که هر یک درصد افزایش جامد به طور متوسط باعث افزایش ۱/۰۵ برابری ویسکوزیته می‌شود (شکل۴). کاهش اندازه ذرات علاوه بر افزایش تعداد برخوردها در واحد حجم سیال، بر خواص دیگری چون کشش سطحی تاثیری بارزی دارد.

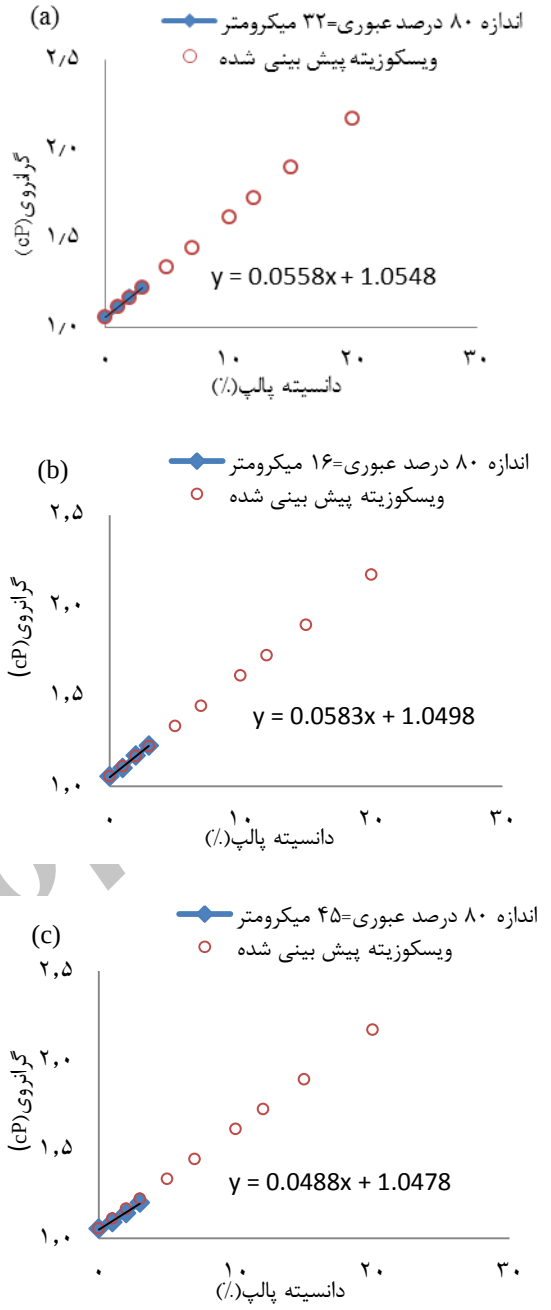
۳-۴- ارزیابی آماری نتایج

با توجه به نتایج بدست آمده از آنالیز واریانس مشخص شد که پارامترهای درصد جامد و اندازه ذرات در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارای تاثیر بارزی بر بازیابی مس از کنسانتره می‌باشد(جدول۴). اما همانطور که مشخص است تاثیر متقابل دو پارامتر مورد نظر دارای تاثیر بارزی نمی‌باشد یعنی اینکه تغییر همزمان دو پارامتر با هم باعث ایجاد هم‌افزایی در تغییرات بازیابی مس نمی‌شود و یا اینکه تحت شرایط عملیاتی این تحقیق اختلاف سطوح انتخابی به اندازه ای نبوده است که بتواند به خوبی تاثیر متقابل پارامترها را نشان دهد. با ارزیابی نتایج تست های طراحی شده با استفاده از نرم افزار DesignExpert7 و طرح آزمایشی فاکتوریل کامل(D-Optimal) مشخص شد که با افزایش درصد جامد از ۱۰ به ۱۵ درصد جامد بازیابی مس از کنسانتره بدلیل افزایش ویسکوزیته (شکل۳) و در نتیجه مشکلات انتقال جرم و کاهش فعالیت باکتریایی [۶, ۱۶] کاهش می‌یابد. کاهش اندازه ذرات تا ۱۶ میکرومتر باعث افزایش حدود ۲۰ درصدی بازیابی مس از کنسانتره تحت شرایط مشابه می شود، که عامل اصلی آن افزایش سطح واکنش می‌باشد (جدول۵).



شکل ۳- تغییرات کشش سطحی الف) بدون حضور باکتری ب) در حضور باکتری

www.SID.ir



شکل ۴- تاثیر درصد جامد بر ویسکوزیته پالپ در اندازه ذرات مختلف (a) ۳۲، (b) ۱۶، (c) ۴۵ میکرومتر

جدول ۴- آنالیز واریانس، بررسی تاثیر درصد جامد و d_{80} برروی بازیابی مس

آنالیز واریانس برای مدل فاکتوریل کامل			
منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	مقدارp
مدل	۴۷۶/۱۱	۵	۰/۰۳۲۲
دانسیته پالپ	۱۸۰/۹۷	۱	۰/۰۱۶۹
اندازه ذرات	۳۹۷/۳	۲	۰/۰۱۵۵
تاثیر متقابل	۱۳/۰۸	۲	۰/۳۲۴۱

جدول ۵- جمع بندی نتایج تست های بیولیچینگ

اجرا	درصد جامد پالپ	اندازه ذرات (میکرومتر)	پاسخ: درصد بازیابی مس
۱	۱۵	۱۶	۷۶/۳۹
۲	۱۰	۴۵	۶۹/۳۴
۳	۱۵	۱۶	۷۳/۲
۴	۱۰	۴۵	۶۷/۸
۵	۱۵	۳۲	۶۶/۴۵
۶	۱۰	۳۲	۷۳/۷۸
۷	۱۰	۱۶	۸۸/۲۲
۸	۱۵	۴۵	۶۰/۱۷

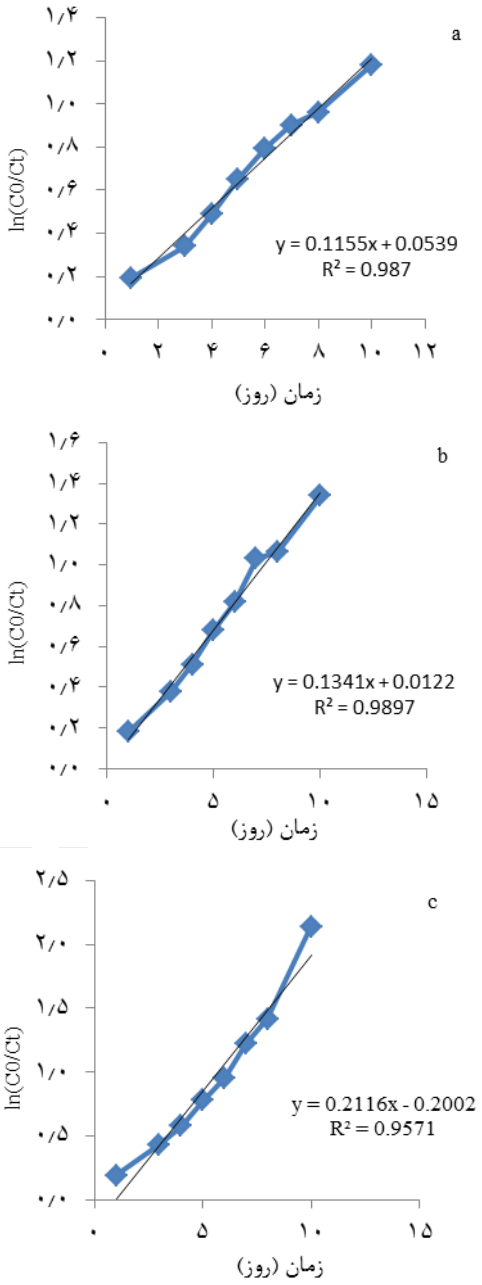
۳-۵- بررسی‌های سینتیکی

با نمونه گیری در بازه های زمانی متفاوت از تست های بیولیچینگ و آنالیز نمونه ها مشخص شد که روند تغییرات غلظت با ضریب قطعیت بیشتر از ۹۵ درصد از سینتیک درجه یک تبعیت می‌کند (معادله۱).

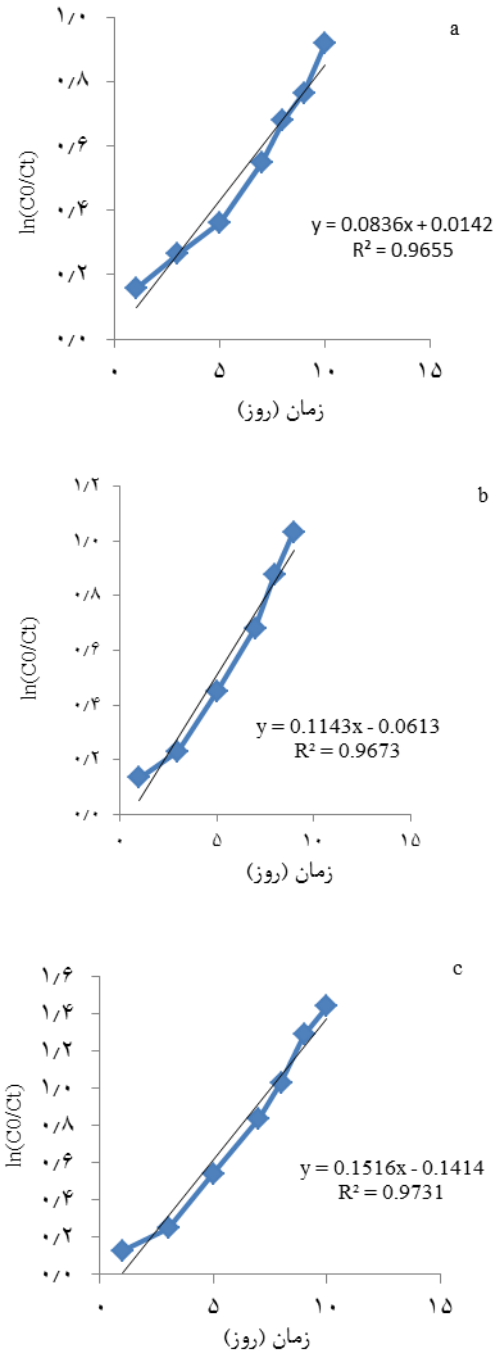
$$n = 1 \rightarrow \quad \frac{dC}{dt} = kC^1 \rightarrow Ln(C_t) = Ln(C_0) - Kt \qquad \text{(معادله ۱)}$$

با رسم نمودارهای سینتیکی (شکل‌های ۵و ۶) نشان داده شد که ثابت سرعت انحلال مس در اندازه ذرات (D_{80}) ۴۵، ۳۲ و ۱۶ میکرومتر و درصد جامد ۱۰ به ترتیب برابر ۰/۱۱، ۰/۱۳ و ۰/۲۱ (day^{-1}) و در درصد جامد ۱۵ به ترتیب برابر۰/۰۸، ۰/۱۱ و ۰/۱۵ (day^{-1}) می‌باشد.

Archive
www.SID.ir



شکل۵- سینتیک بیولیچینگ درجه یک در درصد جامد ۱۰و اندازه ذرات (a) ۴۵ (b) ۳۲ (c) ۱۶ میکرومتر



شکل۶- نمودارهای سینتیک (درجه یک) برای تست‌های بیولیچینگ در درصد جامد ۱۵و اندازه ذرات (a) ۴۵ (b) ۳۲ (c) ۱۶ میکرومتر

نتایج این بخش نشان می دهد که ثابت سرعت انحلال مس با کاهش اندازه ذرات زیاد و با افزایش درصد جامد کاهش می یابدکه عامل اصلی آن می تواند افزایش گرانروی و محدودیت در نفوذ در اثر افزایش دانسیته پالپ باشد[۶, ۱۶].

www.SID.ir

با افزایش درصد جامد و کاهش اندازه ذرات منابع در دسترس برای آزاد سازی یون ها افزایش می‌یابد در نتیجه دانسیته بار الکتریکی و وسیکوزیته پالپ افزایش، وبا کاهش انتقال جرم بازیابی نیز کم می شود[۲۲, ۲۴]. بر این اساس اندازه ذرات دو تاثیر اساسی بر کارائی فرآیند بیولیچینگ کنسانتره های کالکوپیریتی دارند. از یک طرف کاهش اندازه ذرات و افزایش سطح فاز جامد معمولا سرعت انحلال را افزایش می دهد. از طرفی دیگر کاهش اندازه ذرات افزایش گرانرویی پالپ و در نتیجه کاهش نرخ انتقال جرم اکسیژن و دی اکسید کربن را که تاثیر منفی بر فعالیت باکتریائی دارند می شود و کارایی فرآیند را کاهش می‌دهد. تشریح کامل نقش دو گانه کاهش اندازه ذرات بر سرعت فرآیند بیولیچینگ با در نظر گرفتن امکان بوجود آمدن گونه های سمی (گونه‌های اکسیژن فعال) طی عملیات خردایش (فعالسازی مکانیکی)[۱۹] نیاز به بررسی های سیستماتیک دارد که در برنامه کاری این گروه تحقیقاتی قرار دارد.

۴- نتیجه‌گیری

آنالیز دانه‌بندی کنسانتره نشان داد که D80 کنسانتره با افزایش زمان خردایش تحت مکانیزم سایش به مقادیر حدود ۹میکرون کاهش می یابد. سازگاری مکرر باکتری‌ها و غربالگری آنها باعث کاهش زمان رشد و افزایش جمعیت باکتریایی می‌شود. فرآیند بیولیچینگ در رآکتور همزن دار از سینتیک درجه یک پیروی کرده و ثابت سرعت انحلال در راکتور همزن‌دار تحت شرایط عملیاتی این تحقیق وابسته به اندازه ذرات و در محدوده بین۰/۰۸ و ۰/۲۱ بر روز می باشد. درصد جامد پالپ و اندازه ذرات تاثیر بسزایی در رفتار سیالاتی پالپ و فعالیت باکتریایی دارند. با افزایش درصد جامد و کاهش اندازه ذرات گرانروی پالپ افزایش می یابد. نقش اندازه ذرات در سیستم بسیار پیچیده می‌باشد. از طرفی با کاهش اندازه ذرات، سطح ویژه و در نتیجه راندمان عملیات افزایش می‌یابد. از طرف دیگر کاهش اندازه ذرات می تواند کاهش راندمان بیولیچینگ را بدلیل تولید عوامل مخرب باکتریایی (گونه‌های سمی) را بهمراه داشته باشد. پارامترهای درصد جامد و اندازه ذرات در سطح اطمینان ۹۵ درصد تاثیر بارزی بر بازیابی مس از کنسانتره دارند. نتایج این تحقیق نشان داد که بازیابی بیش از ۸۸درصدی مس از کنسانتره کالکوپیریتی ممکن است. با ادامه بهینه سازی و کنترل بهتر پارامتر های عملیاتی و استفاده از باکتریهای موثر تر، دستیابی به بازیابی بیش از ۹۵ درصد دور از دسترس و انتظار نمی باشد.

مراجع

1. Dreisinger. D.B., Copper .W.C., Young. S.K, ,2007. "Silver-catalyzed bioleaching of low-grade copper ores. Part 1 : Shake flasks tests" . Hydrometallurgy,88: p. 3-18.
2. Devasia, P., Natarajan, K.A,2004. "Bacteria leaching biotechnology in the mining industry".: p. 40-49.
3. Petersen., J., Dixon., D.G,2002. "Thermophilic heap leaching of a chalcopyrite concentrate". Minerals engineering, 15: p. 777-785.
4. Rawlings,.,Dew., Plessis.,2003 Biomineralization of metal-containing ores and concentrates.Trends in biotechnology,vol.21.
5. Dixon., P.a.D.G., 2004, GEOCOAT Heap leaching of copper sulphide concentrates using thermophile bacteria. .
6. Nemati, M., Harrison,S.T.L. 2000, "*Effect of solid loading on thermophilic bioleaching of sulfide minerals*". Journal of Chemical Technology & Biotechnology,. 75(7): p. 526-532.
7. Ayata., S., Yildiran., H., 2001, "A novel technique for silver extraction from silver sulphide ore". Turk JChem, vol.25: p .187-191.
8. Ahmadi.A, Schaffie.M, Petersen.J, Schippers.A, Ranjbar.M, 2011,"Conventional and electrochemical bioleaching of chalcopyrite concentrates by moderately thermophilic bacteria at high pulp density". Hydrometallurgy .,106 :p. 84–92.
9. Ahmadi.A, , Ranjbar.M, Schaffi.M, 2012, "Catalytic effect of pyrite on the leaching of chalcopyrite concentrates in chemical, biological and electrobiochemical systems". Minerals Engineering,. 34: p. 11–18.
10. Vakylabad, A.B., 2011," A comparison of bioleaching ability of mesophilic and moderately thermophilic culture on copper bioleaching from flotation concentrate and smelter dus"t. International Journal of Mineral Processing,. 101: p. 94–99.
11. Astudillo.C, 2008,"Adaptation of Sulfolobus metallicus to high pulp densities in the biooxidation of a flotation gold concentrate". Hydrometallurgy,. 92: p. 11–15.
12. Acevedo.F, 2004 , "Optimization of pulp density and particle size in the biooxidation of a pyritic gold concentrate by Sulfolobus metallicusq". World Journal of Microbiology & Biotechnology,. 20: p. 865–869.
13. Zhaohui Guo , L.Z., Yi Cheng, Xiyuan Xiao, Fengkai Pan, Kaiqi Jiang, 2010, "Effects of pH, pulp density and particle size on solubilization of metals from a Pb/Zn smelting slag using indigenous

Archive of SID
www.SID.ir

moderate thermophilic bacteria". Hydrometallurgy,. 104: p. 25–31.

14. Witne, J.Y. and C.V. Phillips, 2001, "Bioleaching of Ok Tedi copper concentrate in oxygen- and carbon dioxide-enriched air". Minerals Engineering,. 14(1): p. 25-48.
15. Rikmanis, M., Berzinš.A, and Viesturs.U, 2007, "Excess turbulence as a cause of turbohypobiosis in cultivation of microorganisms". Central European Journal of Biology,. 2(4): p. 481-501.
16. Derksen, J.J., 2000, "Oxygen transfer in agitated silica and pyrite slurries". Minerals Engineering,. 13(1): p. 25-36.
17. Morin, D.H.R. , d'Hugues.P, 2007, "Bioleaching of a Cobalt-Containing Pyrite in Stirred Reactors: a Case Study from Laboratory Scale to Industrial Application, in Biomining", D.E. Rawlings and D.B. Johnson, Editors., Springer Berlin Heidelberg: Berlin, Heidelberg. p. 35-55.
18. Deveci, H., 2004, "Effect of particle size and shape of solids on the viability of acidophilic bacteria during mixing in stirred tank reactors". Hydrometallurgy,. 71(3): p. 385-396.
19. Gavin C. Jones , K.C.C., Robert P. van Hille, Susan T.L. Harrison, 2011, "The generation of toxic reactive oxygen species (ROS) from mechanically activated sulphide concentrates and its effect on thermophilic bioleaching". Minerals Engineering,. 24: p. 1198–1208.
20. Acevedo, f., Gentina, J, C., 1989, "process engineering aspect of the bioleaching of copper ores". Bioprocess Engineering,. 4: p. 223-229.
21. Lotfalian.M,. Fazaelipoor.M, Schaffie.M, Manafi.Z, 2015, "Continuous Bioleaching of Chalcopyritic Concentrate at High Pulp Density". Geomicrobiology Journal,. 32: p. 42–49.
22. Liu Meilin, R.R., Wen Jiankang,Wang Dianzuo, 2007, "Effect of Bacteria on Viscosities of Mineral Bio-leaching Solutions ."Chinese Journal of Rare Metals,.
23. DOETSCH, W.R.S.A.R.N., 1974, "Effect of Viscosity on Bacterial Motility". Journal of Bactriology,. 117: p. 696-701.
24. Liu.M.L, Wen. R.M.R., J. K., Wang. D. Z., 2007, "Investigation of Viscosity and Thermodynamic Properties on the Bioleaching Solution with and without Mesophilic Bacteria". Advanced Materials Research,. 20-21: p. 149-151.

Archive of SID

www.SID.ir

Evaluation of the particle size and pulp density on the kinetic of chalcopyrite bioleaching

M. Esmail bagi kermani[1، 2], A. Kamyabi[3], M. Schaffie, [3,4], M. Ranjbar[1،4,*]

1- Department of Mining Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
2- Young Researchers Institute, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
3- Chemistry Engineering Department, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
4- Mineral Industries Research Center, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

ABSTRACT

Low dissolution rate of the chalcopyrite is the main limiting issue to industrialize microbial leaching of such a recalcitrant mineral. In the agitated reactors, the issue could be influenced by the different parameters such as the pulp density and particle size which were studied to determine their range of influence in the kinetics and efficiency of the chalcopyrite bioleaching using moderately thermophilic bacteria isolated from Sarcheshmeh copper complex. From the results of this study, it can be pointed out that the pulp viscosity influenced by the pulp density and particle size could be increased with reduction of the particle size, and the increased pulp density. Both parameters influence the dissolution rate and the copper recovery. Under optimal conditions (10% solid content and average particle size of 16 microns), more than 88% of copper could be bioleached.

ARTICLE INFO

Article history:
Received: June 4, 2017
Received in revised form: December 11, 2017
Accepted: January 17, 2018

Key words:
Bioleaching,
Pulp density,
Particle size,
Chalcopyrite concentrate,
Kinetic,
Viscosity.

All right reserved.

* Corresponding author
Email(m.ranjbar@uk.ac.ir)

Archive of SID

www.SID.ir