



بررسی تأثیر پارامترهای pH، درصد تلقیح و دانسیته پالپ بر تولید یون فریک از پیریت با استفاده از مخلوط باکتری های مزوفیل

هادی هانی^{۱*}، بهمن نظری^۱، اسماعیل جرجانی^۲، علی ریاحی^۳

^۱ کارشناس ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، گروه مهندسی معدن
^۲ دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، گروه مهندسی معدن، آکارشناس، واحد تحقیق و توسعه، مجتمع مس سرچشمه

چکیده

سابقه و هدف: انحلال بیولوژیک پیریت باعث ایجاد یون فریک و اسید سولفوریک می شود. یون فریک یک عامل اکساینده قوی بوده که منجر به انحلال سولفیدهای فلزی مختلف می گردد. این مطالعه با هدف ارزیابی تأثیر pH، دانسیته پالپ و درصد تلقیح باکتری بر میزان استخراج یون آهن فریک از پیریت با استفاده از مخلوط باکتری های مزوفیل انجام شده است.
مواد و روش ها: نمونه پیریت از یک رگه پیریتی واقع در معدن مس میدوک تهیه گردید. در تمامی آزمایش های بیولیچینگ از مخلوط باکتری های مزوفیل شامل ۴۰ درصد تیوباسیلوس فرواکسیدانس، ۴۰ درصد تیوباسیلوس تیواکسیدانس و ۲۰ درصد لپتوسپریلیوم فرواکسیدانس استفاده گردید.
یافته ها: با توجه به نتایج به دست آمده مشخص گردید که تأثیر pH در بیولیچینگ پیریت و تولید یون فریک شاخص تر از سایر پارامترها بوده است. بیشترین میزان فریک تولیدی (۱/۹۳ گرم بر لیتر) در pH ۲، دانسیته پالپ ۲۵ گرم بر لیتر و درصد تلقیح ۱۵ به دست آمد.

نتیجه گیری: با کنترل پارامترهای عملیاتی چون pH، دانسیته پالپ و درصد تلقیح در بیولیچینگ پیریت می توان به مقادیر مورد نظر از محصولات جانبی تجزیه پیریت دست یافت. بنابراین با در نظر گرفتن شرایط بهینه پارامترهای یاد شده می توان راندمان تولید فلزات با ارزش را در فرآیندهای هیدرومتالورژی با استفاده از یون فریک افزایش داد.

واژگان کلیدی: بیولیچینگ، پیریت، بهینه سازی تولید، باکتری های مزوفیل.

پذیرش برای چاپ: مرداد ماه ۹۱

دریافت مقاله: خرداد ماه ۹۱

مقدمه

و مسائل زیست محیطی دارد (۲). باکتری های اسیدی تیوباسیلوس تیواکسیدانس (*Thiobacillus thiooxidans*) و تیوباسیلوس فرواکسیدانس (*Thiobacillus ferrooxidans*) با اکسیداسیون پیریت و مارکاسیت، باعث تولید اسید می گردند (۳-۵). جذب و رشد باکتری لپتوسپریلیوم فرواکسیدانس (*Leptospirillum ferrooxidans*) بر روی پیریت نسبت به یون فرو محلول بهتر می باشد (۶). اکسیداسیون پیریت به وسیله باکتری لپتوسپریلیوم فرواکسیدانس شامل دو فرآیند

پیریت یکی از سولفیدهای معدنی رایج در سطح زمین می باشد (۱). از آنجایی که انحلال پیریت موجب ایجاد ترکیباتی چون اسید سولفوریک و یون فریک (سازنده اصلی زهاب های اسیدی) می گردد، مطالعه بر روی حلالیت پیریت در فرآیند بیولیچینگ، اهمیت قابل توجهی در هیدرومتالورژی

* آدرس برای مکاتبه: تهران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، گروه مهندسی معدن

می باشد (۷): (۱) اکسیداسیون شیمیایی پیریت با یون فریک و تبدیل شدن فریک به فرو و (۲) تولید مجدد یون فریک با اکسیداسیون میکروبی یون فرو در حضور اکسیژن. سیلورمن (Silverman) و ارلیخ (Ehrlich) در سال ۱۹۶۴ به منظور توضیح مکانیسم بیولیچینگ، دو مکانیسم مستقیم (معادله ۱) و غیر مستقیم (معادله ۲) را پیشنهاد نمودند (۸). با وجود شواهد متعددی مبنی بر اهمیت اکسیداسیون مستقیم پیریت توسط میکروارگانیسم ها در طول مراحل اولیه لیچینگ و اتصال باکتری به سطح پیریت، اما هنوز ابهامات مستندی در ارتباط با نقش مکانیسم مستقیم در فرآیند انحلال پیریت وجود دارد (۹ و ۱۰). با این وجود مطالعات زیادی نشان می دهد که سینتیک بیولیچینگ پیریت، با بهبود تماس بین میکروارگانیسم و سطح کانه افزایش می یابد (۱۱-۱۳).

معادله ۱ (۱۴):

$$\text{FeS}_2 + 3/5 \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$$

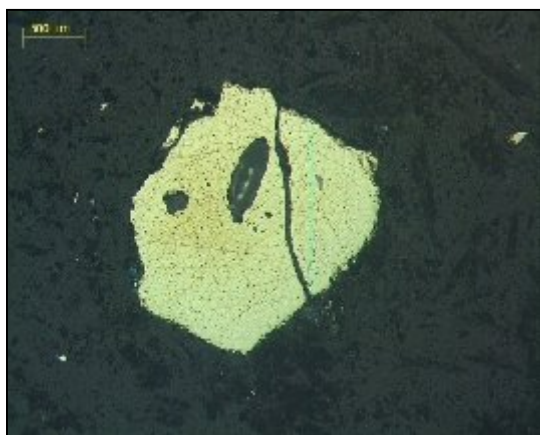
معادله ۲ (۱۴):

$$\text{FeS}_2 + 8\text{H}_2\text{O} + 14\text{Fe}^{3+} \leftrightarrow 15\text{Fe}^{2+} + 2\text{SO}_4^{2-} + 16\text{H}^+$$

بررسی ها نشان می دهد که بیولیچینگ پیریت به طور مشخص متأثر از نرخ اکسیداسیون آهن محلول بوده و نسبت فریک/فرو کنترل کننده نرخ اکسیداسیون در واکنش های انحلال پیریت می باشد. این عمل در نتیجه جذب شیمیایی رقابتی بین آهن فرو و فریک بر روی سطح کانه ایجاد می گردد (۱۵). هدف از این پژوهش، ارزیابی تأثیر pH، دانسیته پالپ و درصد تلقیح باکتری بر میزان استخراج یون آهن فریک از پیریت با استفاده از مخلوط باکتری های مزوفیل (اسیدی تیوباسیلوس تیواکسیدانس، اسیدی تیوباسیلوس فرواکسیدانس و لپتوسپریلیوم فرواکسیدانس) بود.

مواد و روش ها

در پژوهش حاضر نمونه مورد بررسی از یک رگه پیریتی واقع در معدن مس میدوک تهیه گردید. آنالیز شیمیایی نمونه پیریت

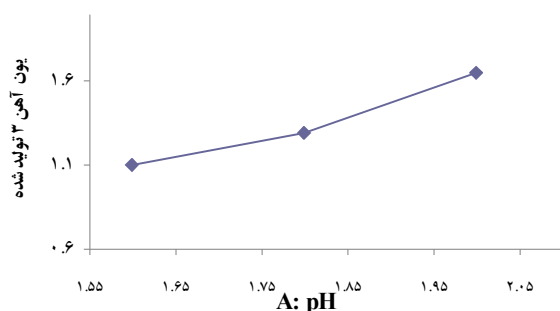


شکل ۱: مقطع صیقلی نمونه پیریت.

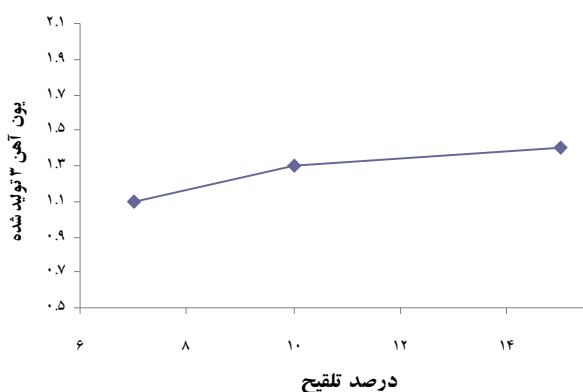
جدول ۳: پارامترها و سطوح مورد استفاده جهت طراحی آزمایش.

پارامتر	واحد	سطح ۱	سطح ۲	سطح ۳
pH	-	۱/۶	۱/۸	۲
نسبت تلقیح	درصد	۷	۱۰	۱۵
دانسیته پالپ	گرم بر لیتر	۲/۵	۱۰	۲۵

فریک تولیدی (۱/۹۳ گرم بر لیتر) در pH ۲ به دست آمد. در شکل ۳ تأثیر درصد تلقیح باکتری بر میزان یون فریک تولیدی در مقدار pH ۲ و میانگین دانسیته پالپ نشان داده شده است. همان گونه که مشخص است با افزایش درصد تلقیح باکتری، یون فریک بیشتری تولید می گردد. همچنین نتایج نشان داد که در درصد جامد پالپ پایین تر، میزان فریک تولیدی بیشتر می باشد. به طوری که این میزان با افزایش دانسیته پالپ تا ۱۰ گرم بر لیتر افزایش و در ادامه تقریباً ثابت باقی می ماند



شکل ۲: میزان یون فریک تولیدی نسبت به pH در آزمایش های بیولیچینگ پیریت.



شکل ۳: یون فریک تولیدی نسبت به درصد تلقیح.

تنظیم اسیدیته با استفاده از اسید سولفوریک انجام شد. پس از اتمام آزمایش ها، نمونه ها فیلتر شده و مواد جامد و محلول روماند به منظور تعیین میزان آهن کل، آهن فرو و فریک مورد بررسی قرار گرفتند. آنالیزهای آهن کل و آهن فرو به ترتیب با استفاده از روش جذب اتمی و روش تیتراسیون با استفاده از الکترودهای پلاتینی مدل Metrohm انجام گرفت. همچنین میزان آهن فریک از تفاضل بین میزان آهن کل و آهن فرو به دست آمد.

جدول ۱: ترکیب نمک های مورد استفاده در محیط کشت ۹K (۱۶).

نمک ها	مقدار (گرم بر لیتر)
$(NH_4)_2SO_4$	۳
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	۰/۵
K_2HPO_4	۰/۶۳
KCl	۰/۱
$Ca(NO_3)_2 \cdot H_2O$	۰/۰۱۴

جدول ۲: شرایط مورد استفاده جهت کشت باکتری.

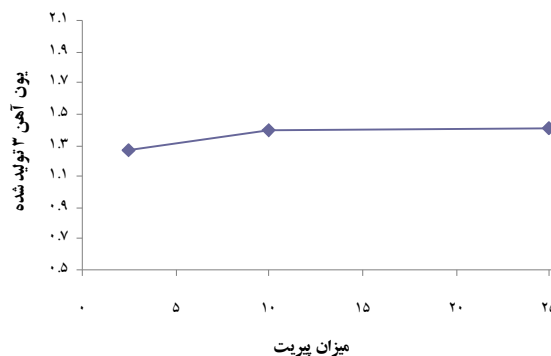
لیتوسپرلیوم فرواکسیدانس	اسیدی تیوباسیلوس تیواکسیدانس	اسیدی تیوباسیلوس فرواکسیدانس	میکروارگانیزم
۱/۶	۲	۱/۸	pH محیط کشت
۴۵	۳۲	۳۲	دما (درجه سانتی گراد)
۴۵	-	۷۵	سولفات آهن فرو (گرم بر لیتر)
-	۱۰	-	گوگرد (گرم بر لیتر)

یافته ها

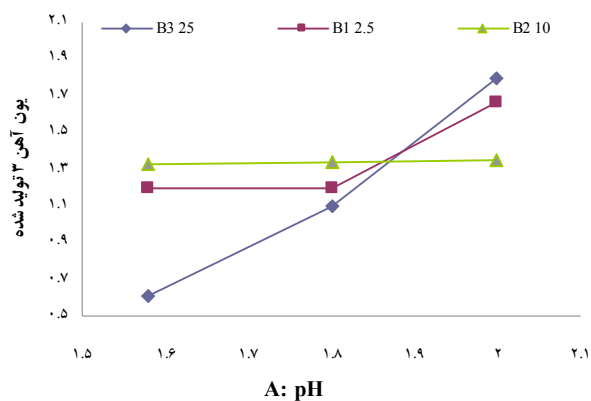
نتایج به دست آمده در این مطالعه نشان می دهد که فاکتورهای pH و درصد تلقیح باکتری تأثیر چشمگیری بر روی میزان تولید آهن فریک در فرآیند بیولیچینگ پیریت دارند. به طوری که در دامنه ۱/۶ تا pH ۲، با افزایش pH تولید یون فریک نیز افزایش می یابد (شکل ۲). بیشترین میزان

(شکل ۴). در این مطالعه بیشترین میزان فریک تولیدی در دانسیته پالپ ۲۵ گرم بر لیتر و درصد تلقیح ۱۵ گزارش گردید. در جدول ۴ آنالیز واریانس مربوط به پارامترهای موثر در بیولیچینگ پیریت نشان داده شده است. با توجه به پارامترهای انتخاب شده، مدل به دست آمده به منظور بررسی نشان می‌دهد. همان طور که در شکل مشخص است میزان pH در دو روز اول افزایش می‌یابد. اما پس از روز دوم این میزان روال نزولی را طی می‌نماید.

متقابل دانسیته پالپ (B) و pH (A) را بر میزان فریک تولیدی نشان می‌دهد. بر اساس شکل، با افزایش pH در دانسیته پالپ ۲/۵، ۱۰ و ۲۵ گرم بر لیتر میزان فریک تولیدی نیز افزایش می‌یابد. شکل ۶ نمودار تغییرات pH را نسبت به زمان در آزمایش های بیولیچینگ پیریت با حداکثر و حداقل میزان یون فریک نشان می‌دهد. همان طور که در شکل مشخص است میزان pH



شکل ۴: میزان یون فریک تولیدی نسبت به دانسیته پالپ در آزمایش های بیولیچینگ پیریت.



شکل ۵: تأثیر متقابل میزان پیریت و pH بر میزان فریک تولیدی.

تأثیر پارامترهای یاد شده معنی دار بود. همان گونه که در این جدول مشاهده می‌گردد در فرآیند بیولیچینگ پیریت، فاکتورهای pH و درصد تلقیح باکتری تأثیر چشمگیری بر روی میزان تولید آهن فریک داشته است. شکل ۵ نمودار تأثیر

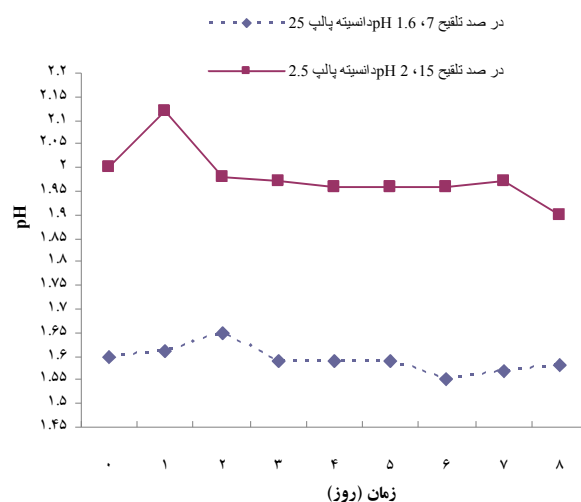
جدول ۴: آنالیز واریانس مربوط به طراحی آزمایش بیولیچینگ پیریت جهت تعیین میزان یون فریک تولیدی.

منابع	مجموع مربعات خطا	درجه آزادی	میانگین مجموع مربعات خطا	مقدار خطای F	مقدار P-Prob>F	انحراف معیار	ضریب همبستگی
مدل	۴/۱۴	۱۴	۰/۳۰	۲۷/۳۳	معنی دار < ۰/۰۰۰۱	۰/۱۰	۰/۹۶۹۶
A-PH	۱۴۶	۲	۰/۷۳	۶۷/۵۵	< ۰/۰۰۰۱		
B- دانسیته پالپ (g/l)	۰/۲۰	۲	۰/۰۹۹	۹/۱۴	۰/۰۰۳۹		
C- نسبت تلقیح (%)	۱/۲۴	۲	۰/۶۲	۵۷/۲۸	< ۰/۰۰۰۱		
AB	۰/۶۵	۴	۰/۱۶	۱۵/۰۲	< ۰/۰۰۰۱		
AC	۰/۳۹	۴	۰/۰۹۶	۸/۹۱	۰/۰۰۱۴		
باقی مانده	۰/۱۳	۱۲	۰/۰۱۱				
عدم برازش خطا	۰/۱۲	۹	۰/۰۱۳	۴/۶۶	۰/۱۱۶۰ بدون معنی		
خطای خالص	۰/۰۰۸۶۵	۳	۰/۰۰۲۸۸۳				

بحث

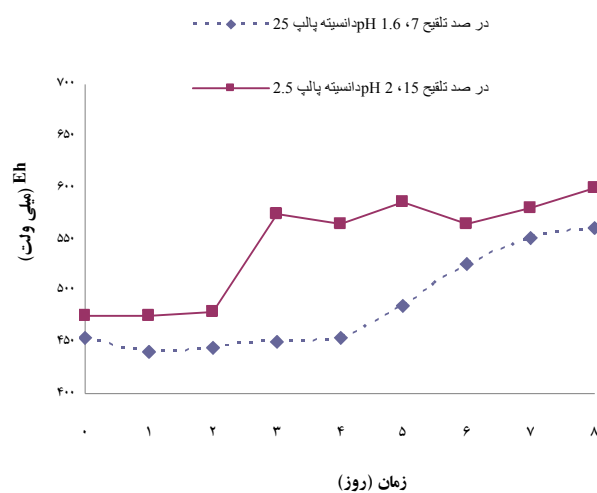
در پژوهش حاضر تأثیر پارامترهای pH در سه سطح (۱/۶، ۱/۸ و ۲)، دانسیته پالپ (۲/۵، ۱۰ و ۲۵ گرم بر لیتر) و درصد تلقیح (۷، ۱۰ و ۱۵ درصد) در بیولیچینگ پیریت و تولید یون فریک مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج به دست آمده در این مطالعه نشان داد که با افزایش pH در مقادیر میانگین دانسیته پالپ و درصد تلقیح، تولید یون فریک افزایش پیدا می کند (شکل ۲). این امر می تواند به دلیل فعالیت بهتر باکتری های مورد استفاده در مقادیر pH بالاتر از ۱/۶ باشد. همچنین بر اساس یافته های ژانگ (Zhang) و همکاران در سال ۲۰۰۸، در بیولیچینگ پیریت به وسیله باکتری های اسیدی تیوباسیلوس فرواکسیدانس و لپتوسپریلیوم فرواکسیدانس، pH اولیه بالا برای لیچینگ پیریت مفید می باشد (۱۷). یافته های تحقیق جاری نشان داد که با افزایش درصد تلقیح باکتری، یون فریک بیشتری تولید می گردد (شکل ۳). این امر می تواند به دلیل جمعیت بالاتر باکتری در مقادیر تلقیح بالاتر باشد که تسریع کننده میزان اکسیداسیون یون فرو به فریک است. در این مطالعه عدم افزایش میزان فریک در مقادیر دانسیته بالای ۱۰ گرم بر لیتر را می توان به کاهش فعالیت باکتری در درصد جامدهای بالاتر نسبت داد (شکل ۴). از طرفی درصد جامدهای بالا می تواند موجب آسیب دیدن دیواره باکتری نیز گردد. نتایج ژانگ و همکاران نشان داد که سرعت لیچینگ در غلظت های پالپ پایین با لپتوسپریلیوم فرواکسیدانس سریع تر بوده است. اما در باکتری اسیدی تیوباسیلوس فرواکسیدانس عکس این مساله مشاهده شد (۱۷). بر اساس شکل ۵ مشخص گردید که با افزایش pH در دانسیته پالپ ۲/۵، ۱۰ و ۲۵ گرم بر لیتر، میزان فریک تولیدی نیز افزایش پیدا می کند. بنابراین هر چه درصد جامد پالپ پایین تر باشد، سرعت انحلال به دلیل در تماس بودن زیادتر محلول و جامد، بالاتر است. نتایج به دست آمده از مقایسه تغییرات pH نسبت به زمان در آزمایش های بیولیچینگ پیریت با حداکثر و حداقل میزان یون فریک، نشان می دهد که افزایش pH در دو روز اول، به دلیل انحلال یون های آهن فرو و تبدیل آن به یون



شکل ۶: تغییرات pH نسبت به زمان

شکل ۷ تغییرات Eh را نسبت به زمان در آزمایش های بیولیچینگ پیریت با حداکثر و حداقل یون فریک نشان می دهد. همان گونه که در شکل مشخص است باکتری در دو روز اول در فاز تأخیری بود و افزایش Eh محسوسی مشاهده نمی گردد. در ادامه Eh افزایش داشت. به این ترتیب که در نمونه ای دارای بیشترین یون فریک، در مقایسه با نمونه دارای کمترین یون فریک این پدیده قابل مشاهده تر بود.



شکل ۷: تغییرات Eh نسبت به زمان.

اکسیداسیون آهن محلول است و نسبت فریک/ فرو کنترل کننده نرخ اکسیداسیون در واکنش های انحلال پیریت می باشد. این عمل در نتیجه جذب شیمیایی رقابتی بین آهن فرو و فریک بر روی سطح کانه ایجاد می گردد (۱۵). همچنین یافته های ژانگ (Zhang) و همکاران نیز نشان می دهد که پتانسیل اکسایش بالا برای آبشویی پیریت مفید می باشد (۱۷).

نتیجه گیری

تولید عوامل اکساینده سولفیدهای فلزی با استفاده از بیولیچینگ پیریت از نظر اقتصادی مقرون به صرفه تر از سایر منابع اکساینده است. از این رو بررسی پارامترهای تأثیر گذار بر انحلال پیریت این امکان را فراهم می سازد تا محصولات جانبی در مقادیر بهینه، تولید شده و باعث اکسایش سولفیدهای فلزی گردد. نتایج به دست آمده در پژوهش حاضر نشان می دهد که با کنترل پارامترهای عملیاتی شامل: pH، دانسیته پالپ و درصد تلقیح در بیولیچینگ پیریت می توان به مقادیر مورد نظر از محصولات جانبی تجزیه پیریت دست یافت (۱۵). بنابراین با در نظر گرفتن شرایط بهینه پارامترهای یاد شده می توان راندمان تولید فلزات با ارزش را در فرآیندهای هیدرومتالورژی با استفاده از یون فریک افزایش داد.

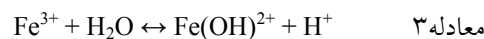
تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله از مرکز تحقیقات مجتمع مس سرچشمه، جناب مهندس شهرام دانش پژوه ریاست واحد هیدرومتالورژی، خانم مهندس منافی و آقای احمد مغویی نژاد به دلیل همکاری صمیمانه در اجرای این پژوهش کمال امتنان را دارند.

References

1. Tupikina O, Kondrateva T, Samorukova V, Rassulov V, Karavaiko G. Phenotypic and genotypic characteristics of *Acidithiobacillus ferrooxidans* strains as affected by physicochemical properties of pyrites. *Hydrometallurgy*. 2006; 83(1-4): 255-262.
2. Wang H, Bigham J, Tuovinen O. Oxidation of marcasite and pyrite by iron oxidizing bacteria and archaea. *Hydrometallurgy*. 2007; 88(1-4): 127-131.

آهن فریک و نیز مصرف اسید توسط گانگ موجود در نمونه بوده است (شکل ۶). افزایش pH در نمونه ای که در آن حداکثر یون فریک تولید شده، در مقایسه با نمونه ای که کمترین یون فریک را تولید نموده، بیشتر است. کاهش pH پس از روز دوم می تواند به دلیل فعالیت مناسب باکتری ها و در نتیجه تولید و هیدرولیز یون های آهن فریک باشد. لیتن (Leathen) و همکاران در سال ۱۹۵۳ و تمپل (Temple) و دلکامپس (Delchamps) در سال ۱۹۵۳ مشاهده نمودند که باکتری های اسیدی تیوباسیلوس تیواکسیدانس و اسیدی تیوباسیلوس فرواکسیدانس با اکسیداسیون پیریت و مارکاسیت قادر به تولید اسید می باشند (۳-۵). یافته های داود (Daoud) و همکاران نیز نشان داد که با هیدرولیز یون فریک، اسید ایجاد می گردد. بر اساس معادلات زیر آهن فریک در محلول آبی هیدرولیز می شود (۱۸):



نتایج به دست آمده در این مطالعه نشان می دهد که باکتری های مورد بررسی در دو روز اول در فاز تأخیری بوده اند. در ادامه Eh روند افزایشی داشته و در نمونه ای که بیشترین یون فریک ایجاد گردیده افزایش Eh در مقایسه با نمونه دارای کمترین تولید یون فریک بارزتر بود. افزایش Eh ناشی از اکسیداسیون خوب یون های آهن فرو و تبدیل آن به یون های آهن فریک می باشد که تا حدود ۶۵۰ میلی ولت نیز می رسد. مطالعات رودریگز (Rodriguez) و همکاران در سال ۲۰۰۳ نشان داد که بیولیچینگ پیریت به طور مشخص متأثر از نرخ

3. Leathen WW, Braley SA, McIntyre LD. The role of bacteria in the formation of acid from certain sulfuritic constituents associated with bituminous coal. II. *Thiobacillus thiooxidans*. Appl Microbiol. 1953; 1(2): 61-64.
4. Leathen WW, Braley SA, McIntyre LD. The role of bacteria in the formation of acid from certain sulfuritic constituents associated with bituminous coal II. Ferrous iron oxidizing bacteria. Appl Microbiol. 1953; 1(2): 65-68.
5. Temple KL, Delchamps EW. Autotrophic bacteria and the formation of acid in bituminous coal mines. Appl Microbiol. 1953; 1(5): 255-258.
6. Gu G, Su L, Chen M, Sun X, Zhou H. Bioleaching effects of *Leptospirillum ferriphilum* on the surface chemical properties of pyrite. Min Sci Technol. 2010; 20(2): 286-291.
7. Boon M, Heijnen JJ. Chemical oxidation kinetics of pyrite in bioleaching processes. Hydrometallurgy. 1998; 48(1): 27-41.
8. Silverman MP, Ehrlich HL. Microbial formation and degradation of minerals. Adv Appl Microbiol. 1964; 6: 153-206.
9. Brierley CL. Microbiological mining. Sci Am. 1982; 247(2): 44-53.
10. Konishi Y, Asai S, Katoh H. Bacterial dissolution of pyrite by *Thiobacillus ferrooxidans*. Bioprocess Eng. 1990; 5(5): 231-237.
11. Shrihari J, Modak M, Kumar R, Gandhi KS. Dissolution of particles of pyrite mineral by direct attachment of *Thiobacillus ferrooxidans*. Hydrometallurgy 1995; 38(2): 175-187.
12. Fernandez MG, Mustin C, Donato P, Barres O, Marion P, Berthelin J. Occurrences at the mineral– bacteria interface during the oxidation of arsenopyrite by *Thiobacillus ferrooxidans*. Biotechnol Bioeng. 1995; 46(1): 13-21.
13. Savic DS, Veljkovic VB, Lazic ML, Vrvic MM. Effects of aeration intensity on pyrite oxidation by *Thiobacillus ferrooxidans*. Proceedings of the International Biohydrometallurgy Symposium IBS'99. Elsevier, Amsterdam. 1999; pp: 625-630.
14. Sand W, Gehrke T, Jozsa PG, Schippers A. Biochemistry of bacterial leaching direct vs. indirect bioleaching. Hydrometallurgy. 2001; 59(2): 159-175.
15. Rodriguez Y, Ballester A, Blazquez ML, Gonzalez F, Munoz JA. New information on the pyrite bioleaching mechanism at low and high temperature. Hydrometallurgy. 2003; 71 (1-2): 37-46.
16. Nemati M, Harrison STL, Hansford GS, Webb C. Biological oxidation of ferrous sulfate by *Thiobacillus ferrooxidans*: a review on the kinetic aspects. Biochem Eng J. 1998; 1(3): 171-190.
17. Zhang L, Qiu G, Hu Y, Sun X, Li J, Gu G. Bioleaching of pyrite by *A. ferrooxidans* and *L. ferriphilum*. Trans Nonferrous Met Soc China. 2008; 18(6): 1415-1420.
18. Daoud J, Karamanev D. Formation of jarosite during Fe²⁺ oxidation by *Acidithiobacillus ferrooxidation*. Miner Eng. 2006; 19(9): 960-967.



A study to investigate effects of pH, inoculum percentage and pulp density on the ferric ion production from pyrite using mixed mesophilic bacteria

Hadi Hani¹, Bahman Nazari¹, Esmail Jorjani², Ali Riahi³

¹M.Sc., Department of Mining Engineering, Islamic Azad University, Science and Research of Tehran, Iran.

²Associate Professor, Department of Mining Engineering, Islamic Azad University, Science and Research of Tehran, Iran.

³B.Sc., Research and Development State, Sarcheshmeh Copper Mine, Kerman, Iran.

Abstract

Background and Objectives: Biological dissolution of pyrite leads to production of ferric ion and sulfuric acid. The produced ferric ion is a strong oxidant agent, which is able to dissolve different metal sulfides. This study aimed to examine effects of pH, pulp density and inoculation percent of bacteria on extraction rate of ferric iron ions from pyrite using a mixture of mesophilic bacteria.

Material and methods: The pyrite sample was prepared from a pyrite lode in Midok copper mine. A mixture of *mesophilic* bacteria, including 40% *Acidi thiobacillus ferrooxidans*, 40% of *Acidi-thiobacillus thiooxidans* and 20% of *Leptasprillum ferrooxidans*, was used for all leaching tests.

Results: According to results, effect of pH was more significant in bioleaching of pyrite and production of ferric ion than other factors. The maximum amount of produced ferric (1.93 g/l) was earned at pH 2, a pulp density of 25 g/l and inoculation percent of 15%.

Conclusion: The desired amounts of byproducts of pyrite dissolution can be obtained by operational parameters such as pH, pulp density and inoculation percent in bioleaching. Thus, by taking into account the optimal conditions of mentioned parameters, it is possible to increase the production efficiency of valuable metals by hydrometallurgy processes of ferric ions.

Keywords: Bioleaching, Pyrite, Optimization, Mesophilic bacteria.

Correspondance to: Hadi Hani

Tel: +989199125446

E-mail: h_hani2000@yahoo.com

Journal of Microbial World 2013, 6(1): 45-52.