



بررسی تاثیر یون نقره بر انحلال کانسنگ کم عیار مجموع مس سرچشمه به کمک مخلوط باکتری‌های مزوفیل

مهدی یعقوبی مقدم^{۱*}، حمد ریجر^۱، مهین شفیعی^۲، زهرا
مناقی^۳، اسماعیل دره زرشکی^۴

چکیده

در این تحقیق، تاثیر یون نقره بر روی بیولجیچنگ خاک کم عیار سولفیدی مس با استفاده از مخلوط باکتری‌های مزوفیل در ظروف لرزان مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به آنالیز مینرالوژی، کالکوپریت کانی سولفیدی غالب در کانسنگ بود (85 درصد) و همچنین میزان پیریت کانسنگ بسیار قابل توجه بوده است (13%). تلفیح باکتریایی مورد استفاده در این تحقیق شامل تیوباسیلوس فرو اکسیدانس، تیوباسیلوس تیو اکسیدانس و لپتوسپریوم فرو اکسیدانس بودند. یون نقره در دو سطح یعنی صفر و 31/06 گرم نقره بر کیلو گرم مس به ظروف لرزان در انکوباتور شیکردار اضافه شد. سنتیک و بازیابی نهایی لیجینگ باکتریایی کانسنگ کالکوپریتی به کمک کاتالیزور نقره به طور عمده نسبت به ظروف بدون کاتالیزور بیشتر بود. نتایج حاصل از این آزمایش‌ها نشان داد میزان استحصال مس با استفاده از یون نقره و باکتری‌های مزوفیل بیشتر بوده است. حداکثر بازیابی مس در حضور یون نقره، 96/32% بدست آمد که در مقایسه با عدم حضور این کاتالیزور 19/36% افزایش نشان داد.

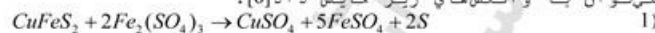
1. * دانشگاه شهید باهنر کرمان، دانشکده فنی، گروه مهندسی معدن، m.yaghobi@gmail.com
2. دانشگاه شهید باهنر کرمان، دانشکده فنی، گروه مهندسی شیمی
3. دانشگاه شهید باهنر کرمان، پژوهشکده صنایع معدنی
4. دانشگاه شهید باهنر کرمان، پژوهشکده انرژی و محیط زیست
5. شرکت ملی مس ایران، مجتمع مس سرچشمه، امور تحقیق و توسعه، واحد تحقیقات بیو هیدرومتالورژی



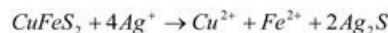
واژه های کلیدی: لیجینگ باکتریایی، استحصال مس، مخلوط باکتری
های مزوفیل، یون نقره، کاتالیزور، سنتیک واکنش.

۱- مقدمه

کالکوپریت (CuFeS₂) مهم‌ترین کانی مس در صنایع معدنی است که بیش از 70٪ مس تولید شده در دنیا به این کانی اختصاص دارد [1]. روش متداول فرآوری کالکوپریت پروسه فلوتاسیون-ذوب است که این روش علاوه بر مصرف زیاد انرژی، آلودگی محیط زیست را نیز به همراه دارد [2]. افزایش نقش هیدرومتالورژی در صنایع معدنی مدرن، که نتیجه عوامل اقتصادی و زیست محیطی است، باعث شده تا فرآیندهای بیولیجینگ در عمل آوری کانی - های مس مورد توجه قرار گیرد [3]. لیجینگ باکتریایی در مقایسه با سایر تکنولوژی‌های حاضر از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه بوده و به طور گسترده‌ای برای استخراج فلزات به کار برده می‌شود [4]. از آنجا که کالکوپریت در مقادیر کم اکسیداسیون در واسطه اسیدی از خود مقاومت نشان می‌دهد، استفاده از این تکنولوژی برای استحصال مس محدود است [5]. اکسیداسیون کامل کالکوپریت را می‌توان با واکنش‌های زیر نمایش داد [6]:

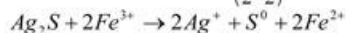


نقش باکتری‌ها در این واکنش‌ها تبدیل آهن فرو به فریک و تولید دوباره عامل اکسید کننده برای ادامه واکنش است، علاوه بر این، باکتری‌ها به صورت مستقیم گوگرد عنصری را اکسید می‌کنند [7]. کاربرد بعضی از یونها مانند Ag(I)، Sn(II)، Bi(III)، Co(II) و Hg(II) بعنوان کاتالیزور جهت تسریع در انحلال مس کالکوپریت در حضور اسیدی تیوباسیلوسفر و اکسیدان‌س گزارش شده اند که از بین آنها یون نقره بهترین تاثیر را دارد [3،8]. مکانیسم عملکرد کاتالیزی نقره که توسط میلر (Miller) و همکارانش ارائه شده، نشان داد که Ag⁺ طبق واکنش زیر باعث تسریع انحلال کالکوپریت می‌گردد [3]:



Ag⁺ مجدداً با اکسیداسیون Ag₂S توسط Fe³⁺ تولید می‌گردد:

(2-2)



محاسبات ترمودینامیکی و نتایج تجزیه XRD نشان داد که افزایش فروشویی کالکوپریت در حضور یون نقره به دلیل تشکیل Ag₂S روی سطح کانی است که مجدداً اکسید شده و Ag⁺ تولید می‌کند. سپس Ag⁺ به سرعت با کالکوپریت واکنش داده و جایگزین



مس می‌شود و دوباره Ag_2S به صورت فیلم تازه ای روی سطح تشکیل می‌شود. انجام این چرخه باعث افزایش سرعت انحلال کالکوپریت می‌گردد [3].

سرعت آهسته انحلال کالکوپریت به تشکیل لایه بازدارنده جامد بر روی سطح کانی نسبت داده می‌شود که نفوذ و تماس واکنشگر با سطح را محدود می‌کند [9]. یک گزینه موثر برای حذف لایه غیر فعال کننده، استفاده از یون نقره است [3].

کانسنگ کم عیار مجتمع مس سرچشمه دارای 0/31 درصد مس می‌باشد که از این میزان 55 درصد در بخش سولفیدی و مابقی اکسیدی می‌باشد. در بخش سولفیدی این کانسنگ، 85 درصد کانی کالکوپریت تشکیل می‌دهد. در این تحقیق، بررسی تاثیر یون نقره در افزایش بازیابی از کانسنگ مذکور به روش بیولیچینگ به کمک مخلوط پاکتری های مزوفیل مورد بررسی قرار گرفته است. هدف از این تحقیق، بررسی و انجام آزمایشات لیچینگ باکتریایی بر روی کانسنگ موجود و تعیین تاثیر یون نقره در افزایش بازیابی می‌باشد.

2- مواد و روش‌ها

2-1- تهیه و آماده سازی نمونه:

حدود 100 تن نمونه از کانسنگ دامپ 5 و 15 (خوراک دهنده های هیپ 3) و پله معدنی برداشته شد که پس از اختلاط کامل توسط سنگ شکن فکی تا زیر 2 اینچ خرد شد. سپس توسط سرتدهای ASTM به پنج بخش ابعادی 25400، 12700، 6730، 2000 و -2000 میلیمتر تفکیک گردید. سپس آنالیز شیمیایی و مینرالوژی از نمونه کمپوزیت بعمل آمد که در جدول 1 آورده شده است. با توجه به نتایج آنالیز شیمیایی مشخص گردید که کانسنگ به کار رفته در هیپ 3 مخلوطی از کانه های اکسیدی (45%) و سولفیدی (55%) است. مطابق نتایج حاصل از آنالیز مینرالوژی، کانه های سولفیدی، غالباً سولفیدی اولیه (کالکوپریت) بوده و همچنین میزان پیریت (13%) نیز قابل ملاحظه می‌باشد که برای فرآیند لیچینگ میکروبی مناسب می‌باشد.

جدول 1- ترکیب شیمیایی و مینرالوژی کانسنگ کم عیار

Component	Content (wt %)	mineral	Content (wt %)
Cu	0.31	$CuFeS_2$	0.366
Fe	8.22	CuS	0.033
S	1.729	FeS_2	12.95
SiO_2	51.36	TiO_2	0.72
Al_2O_3	15.21	Non-Metallic minerals	86.071



2-2- باکتری و محیط کشت

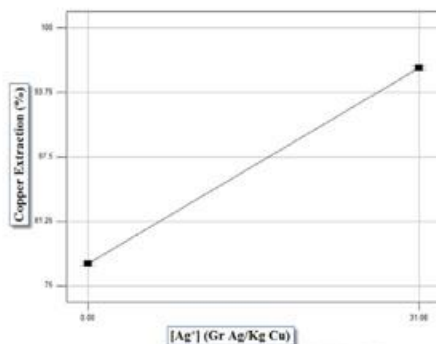
باکتری های مزفیل به کار رفته در این تحقیق شامل تیوباسیلوس فرواکسی دانس و تیوباسیلوس لپتوسپیریوم فرواکسی دانس بود. این سویه ها از آبهای اسیدی جاری معدن مس سرچشمه جداسازی و شناسایی شده بود [10]. از محیط کشت 9K برای انجام آزمایشات بیولیچینگ کانی های کم عیار مس استفاده گردید [6].

2-3- مواد و روش تحقیق

در این تحقیق، آزمایش های بیولیچینگ در ارلن های 500ml که حاوی 173/28ml محیط کشت 9K، 20ml تلقیح باکتری و 21/26 گرم خاک کم عیار پودر شده (10% w/w) انجام شد. آزمایشات در انکوباتور شیکر دار و با سرعت ثابت 140 rpm انجام شد. مدت زمان انجام هر آزمایش 30 روز و دما 32 درجه سانتیگراد در نظر گرفته شد. در این تحقیق تست های بیولیچینگ شامل دو سطح برای یون نقره بررسی گردید. پارامتر وابسته میزان بازیابی مس در انتهای آزم ایشات بود. شرایط مربوط به آزمایش ها اعمال و ارلن ها داخل انکوباتور گذاشته شدند. به منظور بررسی روند پیشرفت فرآیند بیولیچینگ، در فواصل زمانی مشخص pH ثبت می گردید، در صورتی که pH پالپ بیش از مقدار لازم بود با اضافه کردن اسید سولفوریک دقیق مقدار آن مجدداً بر ر و مقدار اولیه تنظیم می گردید. میزان آب تبخیر شده توسط آب مقطر جبران می گردید و نمونه ای از محلول جهت تعیین میزان فلز حل شده گرفته می شد و به آزمایشگاه ارسال می گردید.

3- نلیج و بحث

پس از انجام آزمایش ها، بازیابی مس با سطح اطمینان 95% با آنالیز واریانس مع سبه گردید که برای بدون و با اضافه کردن یون نقره به ترتیب 76/96 و 96/32 درصد بدست آمدند. میزان بازیابی مس حاصله در شکل 2 آورده شده است.



شکل 2: میزان بازیابی مس در دو حالت حضور یا عدم حضور یون نقره

نتایج نشان داد که علاوه بر افزایش بازیابی مس از کانسنگ، سینتیک عملیات نیز نسبت به حالت بدون استفاده از یون نقره بسیار بیشتر بوده است. بارون و همکارانش در سال 1990 و پولی و همکارانش در سال 1996 نشان دادند که نقره، هم می تواند نقش مانع کننده و هم نقش کاتالیزوری در فروشویی داشته باشد. این یون می تواند برای انحلال کالکوپریت توسط میکروارگانیزم های مزوفیل (در دمای 35 درجه سانتیگراد) و حتی ترموفیل (در دمای 65 درجه سانتیگراد) مفید باشد. مقدار 0/3-0/5 گرم نقره در کیلوگرم کانسنگ برای باکتری های مزوفیل نقش کاتالیز کننده ای دارد. این در حالی است که اگر مقدار نقره از 0/1 گرم کمتر باشد، نمی تواند نقشی به عنوان کاتالیزور داشته باشد [10].

4- جمع بندی

نتایج آنالیز شیمیایی و مینرالوژی نشان داد که کانسنگ هیپ 3 حدود 55 درصد سولفید و مابقی اکسید می باشد. بخش سولفیدی نیز عمدتاً سولفیدی اولیه (85 درصد کالکوپریتی) می باشد. علاوه بر این میزان پیریت نیز قابل ملاحظه می باشد. با اضافه کردن یون نقره، میزان بازیابی مس به عنوان پاسخ عملیات (پارامتر وابسته) تا بیش از 96 درصد رسید که سبب افزایش بازیابی با سطح اطمینان 95 درصد به طور معنادار با استفاده از مخلوط باکتری مزوفیل گردید. یون نقره علاوه بر افزایش سینتیک عملیات، بازیابی مس را تا حدود 20 درصد نسبت به حالت فاقد وجود این یون افزایش داده است.



5- تقدیر و تشکر

این تحقیق با همکاری شرکت ملی صنایع مس ایران و در مجتمع مس سرچشمه صورت گرفت.

6- منابع و ماخذ

- [1] A. Akcil. Et al. *Role and contribution of pure and mixed cultures of mesophiles in bioleaching of a pyritic chalcopyrite concentrate*. Minerals Engineering 20 (2007) 310-318
- [2] John Peacey .Et al. *Copper Hydrometallurgy – Current Status, Preliminary Economics, Future Direction and Positioning versus Smelting*. www.sciencedirect.com
- [3] Hu Yuchua. Et al. *The effect of silver-bearing catalysts on bioleaching of chalcopyrite*. Hydrometallurgy 64 (2002) 81-88
- [4] H.R. Watling. *The bioleaching of sulphide minerals with emphasis on copper sulphides – A review*. Hydrometallurgy 84 (2006) 81-108
- [5] A. Ballester. Et al. *Silver-catalysed bioleaching of a chalcopyrite concentrate with mixed cultures of moderately thermophilic microorganisms*. Hydrometallurgy 51_1999:37-46
- [6] D.B. Dreisinger, et al. *Silver-catalyzed bioleaching of low-grade copper ores. Part I: Shake flask tests*. Hydrometallurgy 88 (2007) 3-18
- [7] T. Rohwerder, T. Gehrke, K. Kinzler, W. Sand. *Bioleaching review part A: Progress in bioleaching: fundamentals and mechanisms of bacterial metal sulfide oxidation*. Appl Microbiol Biotechnol (2003) 63: 239-248.
- [8] Romero, R., Palencia, I., and Carranza, F., "Silver Catalyzed IBES Process Application to a Spanish Copper-Zinc Sulphide Concentrate Part 3. Selection of the Operational Parameters for a Continuous Pilot Plant", Hydrometallurgy, Vol.49, pp. 75-86, 1998.
- [9] A. Ballester. et al. *New information on the chalcopyrite bioleaching mechanism at low and high temperature*. Hydrometallurgy 71 (2003) 47 - 56
- [10] منافی، ز.، "بیولیچینگ ستونی کاتسنگ کم عیار آگلومره شده مس توسط تیوباسیلوس فرواکسیدانس و تیوباسیلوس تیواکسیدانس". پایان نامه کارشناسی ارشد (میکروبیولوژی)، دانشگاه آزاد واحد جهرم، 1381.