بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فنی و مهندسی

گروه فراوری مواد معدنی

پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد رشته فراوری مواد معدنی گرایش مهندسی معدن.

امکان سنجی بیولیچینگ مخلوط غبار و کنسانتره مجتمع مس سرچشمه

استادان راهنما :

دکتر محمد رنجبر

دکتر مهین شفیعی

مشاور صنعتی :

مهندس زهرا منافی

مؤلف :

علی بهزاد وکیل آباد

اسفند ماه ۱۳۸۸

این پایان نامه به عنوان یکی از شرایط درجه کارشناسی ارشد به

گروه فراوری مواد معدنی

دانشکده فنی و مهندسی

دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی شود.

دانشجو :

استاد راهنما ۱ :

استاد راهنما ۲ :

داور ۱ :

داور۲ :

معاونت پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده :

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه شهید باهنر کرمان است.

تقدیم به :

مادرم به خاطر گذشتش

و به پدرم به خاطر بزرگواری‌اش

تشکر و قدردانی :

این پایان‌نامه با همکاری شرکت ملی صنایع مس ایران در مجتمع مس سرچشمه اجرا شد. لذا، در انجام این پایان-نامه همه واحدهای مجتمع مس سرچشمه همکاری لازم را به نحو احسن داشتند که لیست اسامی آنها از حوصله چند خط خارج است. با این وجود، بر خود لازم می دانم از راهنمایی‌های ارزنده دکتر محمد رنجبر و دکتر مهین شفیعی به عنوان استادان راهنما و همچنین تلاش‌های بی‌شائبه مهندس زهرا منافی به عنوان مشاور صنعتی و در نهایت همکاری‌های صمیمانه دکتر فرشته بختیاری تشکر و قدردانی ویژه داشته باشم. از مدیریت محترم تحقیقات مهندس سعید قاسمی و ریاست محترم واحد هیدرومتالورژی مهندس رضا آتش دهقان کمال تشکر را دارم. همه آزمایشگاه‌های واحد تحقیقات کمال همکاری را با اینجانب به عمل آوردند، ضمن تشکر از همه آنها تشکر ویژه‌ای از احمد مغویی نژاد، کارشناس آزمایشگاه بیوهیدرومتالورژی دارم. همچنین بخش عمده‌ای از زحمات این پایان‌نامه برعهده واحدهای آنالیز کننده آزمایشگاه‌های مرکزی مجتمع مس سرچشمه بود. لذا از زحمات خانم‌ها جهانشاهزاده و سلطانی برای آنالیزهای شیمیایی و نیز دکتر مرتضوی و همکارانشان جهت آنالیزهای کانی شناسی تقدیر می کنم. در نهایت از همه دانشجویان عزیز به ویژه مهندس علی احمدی به خاطر همکاری‌هایش و مهندس محمد جهانی به خاطر آموزش‌های ارزنده‌اش تشکر و قدردانی می‌کنم. در نهایت از خداوند منان برای همه کسانی که با کوچکترین یا بزرگترین کمک در کنار ما بودند آرزوی طول عمر همراه با سلامتی و عزت را دارم.

چکیده :

به طور متوسط روزانه ۵۰ تن غبار با عیار حدود ۳۶ درصد مس در کوره‌های ریورب و کنورتور مجتمع مس سرچشمه تولید می شود. کاربرد بیولیچینگ در مورد غبار با توجه به مصرف بالای اسید و عدم سازگاری و رشد و فعالیت مناسب باکتری‌ها در دانسیته پالپ‌های بالا با محدودیت‌های جدی رو برو است. از طرفی بیولیچینگ کنسانتره واحد تغلیظ مجتمع حاکی از تولید اسید طی این فرآیند در اثر رشد و فعالیت مناسب باکتری‌ها و سازگاری سریع آنها است. لذا، هدف اصلی این تحقیق بررسی امکان استفاده از مزایای بیولیچینگ کنسانتره برای غلبه بر مشکلات لیچینگ باکتریایی غبار تعیین شده است. در این راستا، بیولیچینگ مس از مخلوط غبار کوره‌ها و کنسانتره مجتمع مس سرچشمه با استفاده از باکتری‌های ترموفیل معتدل و مزوفیل بررسی گردید. در ابتدا، طی آزمایش‌های ظروف لرزان در انکوباتور شیکردار پارامترهای موثر در بیولیچینگ مخلوط غبار و کنسانتره از جمله نسبت اختلاط غبار و کنسانتره و دانسیته پالپ با استفاده از دو گونه باکتریایی بهینه سازی گردید. در ادامه، بیولیچینگ مخلوط ذکر شده در راکتورهای همزن‌دار و هوابالابر بررسی شد. در بخش پایانی تحقیق، پارامترهای سینتیکی فرآیند بیولیچینگ مخلوط و مدل سینتیکی مربوطه تعیین گردید. نتایج این تحقیق نشان می دهد که با استفاده از باکتری‌های ترموفیل معتدل تحت شرایط بهینه امکان بازیابی بیش از ۸۴ درصد مس از مخلوط غبار/کنسانتره(نسبت ۱:۱) طی مدت ۱۹ روز وجود دارد.

کلمات کلیدی: غبار؛ کنسانتره؛ اختلاط؛ بیولیچینگ

Abstract:

At reverberatory and converter furnaces, averagely 50 tons of dust with about 36 percent copper grade is daily produced. Because of high acid consumption and lack of bacterial adaptation and their adequate growth and activity on high pulp densities of dust, bioleaching application for copper recovering from dust is faced to serious limitations. Additionally, it has been specified that concentrate bioleaching is acid producing process with bacterial adequate growth and activity and their fast adaptation on concentrate. Therefore, the specific objective of this work was to studying the utilizing of concentrate bioleaching advantages for dominance dust bacterial leaching. In this regard, copper bioleaching from smelter dust and concentrate of Sarcheshmeh Copper Complex was investigated using moderate thermophilic and mesophilic bacteria. First during flask tests at shaking incubator, effective parameters of the mixture bioleaching were studied and optimized, the mixing ratio of concentrate to dust, the bacterial inoculation, pH and pulp density, using two bacterial species. More, the mixed bioleaching at the stirred tank and airlift reactors were carried out. Finally, kinetic parameters of the mixture bioleaching process and the relevant kinetic model were determined. The research showed that under optimal conditions recovery of 85.10 percent from the mixture of dust/concentrate (1:1) within 19 days is possible using moderate thermophilic bacteria.

Key words: dust; concentrate; mixing; bioleaching

Shahid Bahonar University of Kerman

Faculty of Engineering

Department of Mining Engineering

Feasibility of the dust and concentrate mix bioleaching of Sarcheshmeh Copper Complex

Supervisor:

Mohammad Ranjbar

Mahin Shaffie

Advisor :

Zahra Manafi

Prepared by :

Ali Behzad Vakilabad

A Thesis Submitted as a Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of science in mining engineering (M. Sc.)

February 2009

نام مؤلف: علی بهزاد وکیل آباد

نام پایان نامه: بیولیچینگ مخلوط غبار و... خردادماه۸۸

کارشناسی
ارشد

Ali Behzad

Feasibility of the… February **2009**

M.Sc

فهرست مطالب

۱- مقدمه ۱

۲- بررسی و ارزیابی تحقیقات مرتبط ۳

۳- مواد و روش تحقیق ۸

۳-۱- نمونه برداری و آماده‌سازی نمونه ۸

۳-۲- آنالیز دانه بندی ۸

۳-۳- آنالیز شیمیایی و کانی شناسی ۹

۳-۴- آزمایش‌های لیچینگ ۹

۳-۴-۱- آزمایش‌های بطری غلتان ۱۰

۳-۵- آزمایش‌های بیولیچینگ ۱۰

۳-۵-۱- انتخاب و سازگاری باکتری‌ها ۱۱

۳-۵-۲- آزمایش‌های ظروف لرزان ۱۲

۳-۶- بیولیچینگ در بیوراکتور ۱۵

۴- ارائه و تحلیل نتایج ۱۶

۴-۱- آنالیز ابعادی نمونه‌ها ۱۶

۴-۲- آنالیزهای شیمیایی و کانی‌شناختی ۱۷

۴-۳- بیولیچینگ مخلوط غبار و کنسانتره با باکتریهای مزوفیل(ظروف لرزان) ۲۲

۴-۴- بیولیچینگ مخلوط غبار و کنسانتره با باکتریهای ترموفیل معتدل(ظروف لرزان) ۲۸

۴-۵- بیولیچینگ مخلوط غبار و کنسانتره در بیوراکتور همزندار ۳۶

۴-۶- بیولیچینگ مخلوط غبار و کنسانتره در بیوراکتور هوابالابر ۳۸

۴-۷- مطالعات سینتیکی بیولیچینگ در بیوراکتور ۴۲

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۴۸

منابع ۴۹

فهرست جدول‌ها

جدول ۳-۱: عامل‌ها و سطوح مورد بررسی در قالب طرح آزمایشی D-Optimal با استفاده از نرم افزار DX7 ..... ۱۳

جدول۳-۲: شرایط عملیاتی آزمایش‌های بیولیچینگ با باکتری‌های مزوفیل در ظروف لرزان با دانسیته پالپ a) ۵ درصد؛ b) ۷ درصد؛ c) ۱۰ درصد و d) آزمایش‌های لیچینگ ۱۴

جدول ۳-۳ : شرایط عملیاتی آزمایش‌های بیولیچینگ با باکتری‌های ترموفیل معتدل در ظروف لرزان با دانسیته پالپ a) ۳ درصد؛ b) ۵ درصد؛ c) ۷ درصد و d) آزمایش‌های لیچینگ ۱۴

جدول۴-۱: آنالیز شیمیایی نمونه دانه بندی شده و نمونه کلی غبار کنورتور ۱۹

جدول۴-۲: آنالیز شیمیایی نمونه دانه بندی شده و نمونه کلی غبار ریورب ۱۹

جدول۴-۳: آنالیز شیمیایی نمونه دانه بندی شده و نمونه کلی کنسانتره ۱۹

جدول ۴-۴: آنالیز کانی شناختی غبار کنورتور و ریورب و کنسانتره قبل از لیچینگ ۱۹

جدول ۴-۵: آنالیز کانی‌شناختی مخلوط غبار ریورب وکنورتور(نسبت۲:۳) بعد از ۶ ساعت لیچینگ ۲۰

جدول ۴-۶: آنالیز XRF از مخلوط غبار ریورب وکنورتور(نسبت ۲:۳) بعد از ۶ ساعت لیچینگ ۲۰

جدول ۴-۷: آنالیز کانی‌شناختی مخلوط کنسانتره و غبار (نسبت ۱:۱) بعد از عملیات بیولیچینگ در راکتورها ۲۰

جدول ۴-۸: عامل‌ها و برهم‌کنش‌های شاخص با استفاده از تحلیل آماری آزمایش‌های مزوفیلیک با نرم‌افزار DX7 ..... ۲۶

جدول ۴-۹: بهینه‌سازی عامل‌ها با استفاده از تحلیل آماری آزمایش‌های مزوفیلیک با نرم‌افزار DX7 ..... ۲۶

جدول ۴-۱۰: پارامترها و برهم‌کنش‌های شاخص با استفاده از تحلیل آماری آزمایش‌های ترموفیلیک با نرم‌افزار DX7 ..... ۳۴

جدول ۴-۱۱: بهینه‌سازی پارامترها با استفاده از تحلیل آماری آزمایش‌های ترموفیلیک با نرم‌افزار DX7 ..... ۳۴

جدول ۴-۱۲: خلاصه نتایج مطالعات سینتیکی ۴۶

فهرست اشکال و نمودارها

شکل ۳-۱: نمایی از راکتورهای همزن‌دار و هوابالابر ۱۶

نمودار۴-۱: توزیع دانه‌بندی نمونه غبار کنورتور، غبار ریورب و کنسانتره ۱۷

شکل۴-۱: تصویر میکروسکوپی غبار کنورتور قبل از عملیات لیچینگ ۱۸

شکل۴-۲: تصویر میکروسکوپی غبار ریورب قبل از عملیات لیچینگ ۱۸

نمودار ۴-۲: نرخ بازیابی فاز قابل حل در اسید(CuO) موجود در غبار با استفاده از دستگاه بطری غلتان با دانسیته پالپ ۱۰ درصد ۲۰

نمودار ۴-۳: نرخ بازیابی فاز قابل حل در اسید موجود در غبار با دانسیته پالپ ۱۰ درصد با استفاده از لیچینگ همزنی ۲۱

شکل ۴-۳: آنالیز XRD بعد از عملیات لیچینگ بر روی غبار ۲۱

نمودار ۴-۴: مصرف اسید در آزمایش‌های بیولیچینگ با استفاده از باکتری‌های مزوفیل در دانسیته پالپ ۷ درصد و ۲۰ درصد حجمی تلقیح با pH اولیه برابر ۱/۸ ..... ۲۲

نمودار ۴-۵: تاثیر درصد حجمی تلقیح در بیولیچینگ کنسانتره و غبار با استفاده از باکتری‌های مزوفیل در دانسیته پالپ ۷ درصد و ۲۰ درصد حجمی تلقیح با pH اولیه برابر ۱/۵ ..... ۲۳

نمودار ۴-۶: تاثیر دانسیته پالپ و نسبت اختلاط در بیولیچینگ I) کنسانتره؛ II) نسبت ۱:۱ غبار به کنسانتره و III) غبار، با استفاده از باکتری‌های مزوفیل با pH اولیه برابر ۱/۵ و ۲۰ درصد حجمی تلقیح ۲۴

نمودار ۴-۷: تغییرات پتانسیل اکسیداسیون-احیاء در طول آزمایش‌های بیولیچینگ با باکتری‌های مزوفیل برای دانسیته پالپ‌های مختلف در pH برابر ۱/۸، درصد حجمی تلقیح ۲۰ درصد و نسبت کنسانتره/غبار ۱:۱ ..... ۲۵

نمودار ۴-۸: تغییرات pH در طول آزمایش‌های بیولیچینگ با باکتری‌های مزوفیل برای دانسیته پالپ‌های مختلف در pH برابر ۱/۸، درصد حجمی تلقیح ۲۰ درصد و نسبت کنسانتره/غبار ۱:۱ ..... ۲۵

نمودار ۴-۹: بر هم‌کنش‌های نسبت اختلاط و pH، نسبت اختلاط و درصد حجمی تلقیح، دانسیته پالپ(P.D.) و pH، دانسیته پالپ و نسبت اختلاط و دانسیته پالپ و درصد حجمی تلقیح به ترتیب شکل‌های α، β، γ، θ، ε..... ۲۷

شکل ۴-۴: تصاویر میکروسکوپی از غبار ریورب(I) و کنورتور (II) قبل از عملیات بیولیچینگ ۲۸

شکل ۴-۵: تصاویر میکروسکوپی از کنسانتره(I) مخلوط(نسبت ۱:۱) کنسانتره/ غبار (II) و غبار(III) قبل از عملیات بیولیچینگ ۲۹

شکل ۴-۶: تصاویر میکروسکوپی از جامد باقیمانده عملیات بیولیچینگ مخلوط(نسبت ۱:۱) کنسانتره/ غبار (I) و (II) با استفاده از باکتری‌های ترموفیل معتدل ۳۰

شکل ۴-۷: تصویر میکروسکوپی از جامد باقیمانده عملیات بیولیچینگ مخلوط(نسبت ۱:۱) کنسانتره/ غبار با استفاده از باکتری‌های مزوفیل ۳۰

نمودار ۴-۱۰: مصرف اسید در آزمایش‌های بیولیچینگ با استفاده از باکتری‌های ترموفیل معتدل در دانسیته پالپ ۷ درصد و ۲۰ درصد حجمی تلقیح با pH اولیه برابر ۱/۸ ..... ۳۱

نمودار ۴-۱۱: تاثیر درصد حجمی تلقیح در بیولیچینگ کنسانتره و غبار با استفاده از باکتری‌های ترموفیل معتدل در دانسیته پالپ ۳ درصد و ۲۰ درصد حجمی تلقیح با pH اولیه برابر ۱/۵ ..... ۳۲

نمودار ۴-۱۲: تاثیر دانسیته پالپ و نسبت اختلاط در بیولیچینگ I)کنسانتره؛ II)نسبت ۱:۱ غبار به کنسانتره و III)غبار، با استفاده از باکتری‌های ترموفیل معتدل با pH اولیه برابر ۱/۵ و ۲۰ درصد حجمی تلقیح ۳۲

نمودار ۴-۱۳: بر هم‌کنش‌های شاخص pH و نسبت اختلاط، pH و درصد حجمی تلقیح، نسبت اختلاط و درصد حجمی تلقیح و دانسیته پالپ و درصد حجمی تلقیح به ترتیب شکل‌های α، β، γ، θ ۳۳

نمودار ۴-۱۴: تغییرات پتانسیل اکسیداسیون-احیاء در طول آزمایش‌های بیولیچینگ با باکتری-های ترموفیل معتدل برای دانسیته پالپ‌های مختلف در pH برابر ۱/۸، درصد حجمی تلقیح ۲۰ درصد و نسبت کنسانتره/غبار ۱:۱..... ۳۵

نمودار ۴-۱۵: تغییرات pH در طول آزمایش‌های بیولیچینگ با باکتری‌های ترموفیل معتدل برای دانسیته پالپ‌های مختلف در pH برابر ۱/۸، درصد حجمی تلقیح ۲۰ درصد و نسبت کنسانتره/غبار ۱:۱ ..... ۳۵

نمودار ۴-۱۶: تغییرات پتانسیل اکسیداسیون-احیاء (I) و تغییرات pH (II) برای عملیات بیولیچنگ با باکتری‌های ترموفیل معتدل در راکتور همزن‌دار در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد ۳۶

نمودار ۴-۱۷: بازیابی مس نسبت به زمان طی عملیات بیولیچینگ با استفاده از باکتری‌های ترموفیل معتدل در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد ۳۷

شکل ۴-۸: تصویر میکروسکوپی نمونه مخلوط قبل از عملیات بیولیچینگ ۳۷

شکل ۴-۹: تصویر میکروسکوپی نمونه مخلوط بعد از عملیات بیولیچینگ با استفاده از باکتری-های ترموفیل معتدل ۳۸

نمودار ۴-۱۸: تغییرات (I)پتانسیل اکسیداسیون-احیاء و pH(II) برای عملیات بیولیچنگ با باکتری‌های ترموفیل معتدل در راکتور هوابالابر با دمای ۵۰ درجه سانتیگراد ۳۹

نمودار ۴-۱۹: بازیابی نسبت به زمان عملیات بیولیچینگ با استفاده از باکتری‌های ترموفیل معتدل در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد در راکتور هوابالابر ۴۰

نمودار ۴-۲۰: تغییرات پتانسیل اکسیداسیون-احیاء(I) و تغییرات pH (II) برای عملیات بیولیچنگ با باکتری‌های مزوفیل در راکتور هوابالابر با دمای ۳۵ درجه سانتیگراد ۴۰

نمودار ۴-۲۱: نمودار بازیابی نسبت به زمان عملیات بیولیچینگ با استفاده از باکتری‌های مزوفیل در دمای ۳۵ درجه سانتیگراد در راکتور هوابالابر ۴۱

شکل ۴-۱۰:آنالیز XRD قبل از عملیات بیولیچینگ بر روی نسبت ۱:۱ کنسانتره به غبار ۴۱

نمودار ۴-۲۲: تعیین درجه و ثابت سینتیک واکنش‌ها در راکتورهای I)هوابالابر با باکتری‌های مزوفیل؛ II) هوابالابر با باکتری‌های ترموفیل معتدل؛ III) همزن‌دار با باکتری‌های ترموفیل معتدل ۴۳

نمودار ۴-۲۳: تعیین مدل واکنش‌ها در راکتورهای I)هوابالابر با باکتری‌های مزوفیل؛ II)هوابالابر با باکتری‌های ترموفیل معتدل؛ III)همزن‌دار با باکتری‌های ترموفیل معتدل ۴۵

شکل ۴-۱۱: آنالیز XRD بعد از عملیات بیولیچینگ با استفاده از باکتری‌های مزوفیل بر روی نسبت ۱:۱ کنسانتره به غبار ۴۶

شکل۴-۱۲: آنالیز XRD بعد از عملیات بیولیچینگ با استفاده از باکتری‌های ترموفیل معتدل بر روی نسبت ۱:۱ کنسانتره به غبار ۴۷

فصل اول

مقدمه

فصل دوم

بررسی و ارزیابی تحقیقات مرتبط

فصل سوم

مواد و روش تحقیق

فصل چهارم

ارائه و تحلیل نتایج