بسم الله الرحمن الرحيم

١١٩١٥

۸۷/۱/۱۰۴۹۵۵
۸۸/۱/۱۸

دانشگاه شهید باهنر کرمان
دانشکده فنی و مهندسی
بخش مهندسی معدن

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد - فرآوری مواد معدنی

بررسی امکان افزایش بازیابی مس از هیپ شماره۳ مجتمع مس سرچشمه به روش بیو لیچینگ

اساتید راهنما :
دکتر محمد رنجبر
دکتر مهین شفیعی

مشاورین صنعتی:
سید علی سید باقری
زهرا منافی

مولف :
اسماعیل دره‌زرشکی

۱۳۸۷/۱۲/۲۷

تابستان ۱۳۸۷

۱۱۰۹۱۵

دانشگاه شهید باهنر کرمان

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

گروه مهندسی معدن

دانشکده فنی ومهندسی

دانشگاه شهید باهنر کرمان

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

دانشجو: **اسماعیل دره زرشکی**

استادان راهنما : **دکتر محمد رنجبر**

خانم دکتر مهین شفیعی

داور ۱: دکترحسن حاجی امین شیرازی

داور۲: دکتر عباس سام

داور ۳:

تحصیلات تکمیلی یا نماینده دانشکده: **دکتر غلامرضا کمالی**

دانشگاه شهید باهنر کرمان
اداره تحصیلات تکمیلی

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه است.

تقدیم به:

پدر صبور

و

مادر مهربانم

تقدیر و تشکر

از زحمات عزیزانی که در این پروژه مرایاری نمودند تشکر و قدردانی می‌نمایم. از استاد راهنمای این پروژه جناب آقای دکترمحمد رنجبروخانم دکترمهین شفیعی و مُشاوران صنعتی جناب آقای سید علی سیدباقری و خانم زهرا منافی به خاطر حمایت‌ها و راهنمایی‌های ارزنده‌شان صمیمانه سپاسگذاری می‌کنم. همچنین مدیریت محترم تحقیقات، مهندس قاسمی و مهندس آتش‌دهقان ریاست محترم تحقیقات هیدرومتالورژی کمال تشکر و قدردانی را لازم می‌دانم. ازپرسنل آزمایشگاه مرکزی سرکار خانم جهان شاهزاده وخانم سلطانی و آزمایشگاه هیدرومتالورژی آقای مغویی‌نژاد، محمودی و محمدی و مخصوصا خانم دکتر بختیاری ومهندس مجید لطفعلیان که در طول این تحقیق مرا یاری نمودند تشکر و قدردانی نموده، توفیق و مسئلت همه عزیزان را از خداوند متعال خواستارم.

چکیده

در این تحقیق امکان افزایش بازیابی مس از هیپ شماره ۳ مجتمع مس سرچشمه به روش لیچینگ باکتریایی مورد بررسی قرار گرفته است. آزمایش‌های ظروف لرزان، بطری غلتان و ستونی با استفاده از نمونه‌های گرفته شده از هیپ و دو نمونه باکتری(مزوفیل و ترموفیل معتدل) انجام شدند. نتایج بدست آمده نشان داد، در شرایط بهینه بازیابی مس در لیچینگ باکتریایی و با استفاده از باکتری‌های ترموفیل معتدل بعد از ۲۵ روز به ۸۹ درصد رسید، که در مقایسه با لیچینگ شیمیایی ۱۰درصد افزایش نشان داد. نتایج حاصل از آزمایش‌های ستونی نشان داد در لیچینگ باکتریایی و با استفاده از مخلوط باکتری‌های مزوفیل بازیابی مس ۳۲٪ و با استفاده از باکتری‌های ترموفیل معتدل ٤١٪ در مدت ۹۰ روز در مقایسه با لیچینگ شیمیایی افزایش نشان داد. آگلومره کردن نمونه‌ها باعث توزیع یکنواخت جریان و بهبود فرایند شد.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول: مقدمه	۱
۱- مقدمه	۲
فصل دوم : مبانی نظری تحقیق	٤
۲-۱- هیپ لیچینگ	٥
۲-۲- لیچینگ شیمیایی	۸
۲-۲-۱ - آگلومراسیون	۱۰
۲-۳- لیچینگ باکتریایی	۱۳
۲-٤- لیچینگ و بیولیچینگ کانسنگ‌های مس	۲۰
۲-٤-۱- بیولیچینگ کانی‌های سولفیدی مس	۲٥
۲-٥- مکانیزم‌های بیولیچینگ	۲٦
۲-٦- واکنشهای مربوط به بیولیچینگ کانی‌های سولفیدی مس	۳۳
فصل سوم: مروری بر تحقیقات گذشته	۳۹
سابقه تحقیقات	٤۰
فصل چهارم: مواد، روش و مراحل تحقیق	٤۳
٤-۱- تهیه و آماده سازی نمونه	٤٤
٤-۲- آزمایش ظروف لرزان	٤٤
٤-۳-آزمایش بطری غلتان	٤۷
٤-٤- آزمایش آگلومراسیون	٤۹
٤-٥- بررسی نفوذپذیری	٥۰
٤-٦- آزمایش‌های ستونی	٥۱
فصل پنجم: ارائه نتایج وتحلیل یافته‌ها	٥٤
٥-۱- نتایج حاصل از بررسی کانسنگ	٥٥
٥-۲- نتایج آزمایش‌های ظروف لرزان	٥۸
لیچینگ شیمیایی	٥۸
٥-۲-۱- تاثیر pH	٥۹
٥-۲-۲- تاثیر دما	٦۰
٥-۲-۳- تاثیر Fe^{+3}	٦۱
٥-۲-۳-۱- تاثیر متقابل pH و Fe^{+3}	٦۱
لیچینگ باکتریایی	٦۲
٥-۲-٤-تاثیر pH	٦۲

۵-۲-۵- تاثیر دما ٦٤
۵-۲-٦- تاثیر متقابل دما وpH ٦٥
۵-۲-۷- تاثیر Eh ٦٦
۵-۲-۸- تاثیر آهن ٦٨
۵-۲-۸-۱- تاثیر Fe^{+3} ۷۰
۵-۲-۸-۲- تاثیر متقابل pH و Fe^{+3} ۷۱
۵-۲-۸-۳- تاثیر Fe^{+2} و اثر متقابل با pH ۷۲
۵-۲-۹- تاثیر نسبت تلقیح ۷۳
۵-۳- نتایج آزمایش بطری غلتان ۷٤
۵-٤- نتایج آزمایش آگلومراسیون ۷۵
۵-۵- نتایج آزمایش نفوذپذیری ۷۵
۵-٦- نتایج آزمایش ستونی ۷٦
فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات ۸۱
٦-۱- نتیجه گیری ۸۲
٦-۲- پیشنهادات ۸۳
منابع و ماخذ ۸٤
پیوست ۸۸

فهرست شکل‌ها

عنوان — صفحه

شکل(۲-۱) فلوشیت کلی ازعملیات هیپ لیچینگ ۵
شکل(۲-۲) مقطع عرضی ازهیپ بیو لیچینگ ۷
شکل (۲-۳) بستر ایده ال برای کانه ی داخل هیپ ۱۱
شکل(۲-٤) مقطع عرضی از آگلومراتور ۱۲
شکل(۲-۵) نمایی از هوادهی در بیو هیپ ۱٦
شکل(۲-٦) تأثیر هوادهی هیپ روی استخراج مس ۱٦
شکل (۲-۷) فلوشیت فرآیند هیدرومتالوژی کالکوپیریت ۲٤
شکل (۲-۸)شمای کلی دو مکانیزم تیوسولفات و پلی سولفید ۲۸
شکل (۲-۹) مکانیزم برخورد باکتریایی *A. ferrooxidans* با پیریت ۲۹
شکل (۲-۱۰) مکانیزم بیولیچینگ کانه‌های سولفوری ۳۱
شکل (۲-۱۱) وضعیت پتانسیل الکتروشیمیایی وانتقال الکترون مربوط به بیولیچینگ ۳۲
شکل (۲-۱۲) اثر متقابل مستقیم و غیر مستقیم باکتریایی ۳٦
شکل(۳-۱) تأثیر pH برروی استخراج مس ٤۰
شکل(۳-۲) تأثیر دما بروی استخراج مس ٤۱
شکل(۳-۳) تأثیر غلظت آهن فریک بروی استخراج مس ٤۱
شکل(۳-٤) مقایسه استفاده از باکتری‌های مزوفیل و ترموفیل معتدل برروی استخراج مس ٤۲
شکل (٤-۱) شمایی از تفکیک نمونه‌ها ٤٤
شکل (٤-۲) نمایی از دستگاه انکوباتور ٤۷
شکل (٤-۳) نمایی از دستگاه غلتان ٤۸
شکل (٤-٤) نمایی از دستگاه آگلومراتور ٤۹
شکل (٤-۵) نمایی از ستون‌های تحت پاشش ۵۰
شکل (٤-٦) نمایی از ستون‌های مربوط به لیچینگ شیمیایی و باکتریایی ۵۲
شکل (٤-۷) نمایی از پمپ پریستالتیک ۵۳
شکل (۵-۱) نمودار تغییرات pH در دمای ۳۵درجه سانتی گراد ۵۸
شکل (۵-۲) نمودار تغییرات pH در دمای ۵۰درجه سانتی گراد ۵۹
شکل (۵-۳) نمودار تاثیر pH در استحصال مس ۵۹
شکل (۵-٤) نمودار تاثیر دما در استحصال مس ٦۰
شکل (۵-۵) نمودار تاثیر آهن فریک در استحصال مس ٦۱
شکل (۵-٦) نمودار تاثیرمتقابل pH و آهن فریک ٦۲

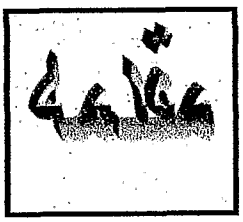
شکل (۵-۷) نمودار تغییرات pH در دمای ۳۲ درجه سانتی گراد ۶۳
شکل (۵-۸) نمودار تغییرات pH در دمای ٤۰درجه سانتی گراد ۶۳
شکل (۵-۹) نمودار تغییرات pH در دمای ۵۰درجه سانتیگراد ۶۳
شکل (۵-۱۰) نمودار تاثیر pH و دما در استحصال مس ۶۵
شکل (۵-۱۱) نمودار تاثیر متقابل pH و دما در استحصال مس ۶۶
شکل (۵-۱۲) نمودار تغییرات Eh در دمای ۳۲ درجه با استفاده از باکتری‌های مزوفیل ۶۷
شکل (۵-۱۳) نمودار تغییرات Eh در دمای ٤۰ درجه با استفاده از باکتری‌های مزوفیل ۶۷
شکل (۵-۱٤) نمودار تغییرات Eh در دمای ۵۰ درجه با استفاده از باکتری‌های مزوفیل معتدل ۶۸
شکل (۵-۱۵) نمودار تغییرات آهن در دمای ۳۲ درجه ۶۹
شکل (۵-۱۶) نمودار تغییرات آهن در دمای ٤۰ درجه ۶۹
شکل (۵-۱۷) نمودار تغییرات آهن در دمای ۵۰ درجه ۷۰
شکل (۵-۱۸) نمودار تاثیر Fe^{+3} در استحصال مس ۷۱
شکل (۵-۱۹) نمودار تاثیرمتقابل pH و آهن فریک ۷۲
شکل (۵-۲۰) نمودار تاثیرآهن فرو در استحصال مس ۷۲
شکل (۵-۲۱) نمودار تاثیرمتقابل pH و آهن فرو ۷۳
شکل (۵-۲۲) تاثیر نسبت تلقیح ۷٤
شکل (۵-۲۳) نمودار تغییرات pH مربوط به بطری غلتان ۷٤
شکل (۵-۲٤) نمودار تغیرات دبی پاشش درآزمایش نفوذ پذیری ۷۵
شکل(۵-۲۵)تغییرات pH محلول خروجی از ستون ۷۶
شکل(۵-۲۶)تغییراتEh محلول خروجی از ستون ۷۷
شکل (۵-۲۷) نمودار بازیابی مس مربوط به ستون‌های لیچینگ شیمیایی وباکتریایی ۷۸
شکل (۵-۲۸) نمودار بازیابی نهایی مس ۷۹
شکل (۵-۲۹) نمودار استخراج آهن مربوط به ستون‌های لیچینگ شیمیایی وباکتریایی ۸۰

فهرست جداول

عنوان صفحه

جدول (۲-۱) فاکتورها و پارامترهای موثر باکتریایی اکسیداسیون مواد و فلزات ۱٤
جدول(۲-۲)تقسیم بندی کانی‌های اکسیدی و سولفیدی اولیه و ثانویه ۲۰
جدول (٤-۱) شرایط آزمایش لیچینگ شیمیایی ٤٥
جدول (٤-۲) شرایط آزمایش لیچینگ باکتریایی ٤٦
جدول (٤-۳)محیط کشت 9 k ٤۷
جدول (٤-٤) شرایط آزمایش ستونی لیچینگ شیمیایی و باکتریایی ٥۱
جدول (٥-۱) مشخصات بخش‌های مختلف ابعادی و درصد وزنی هر بخش ٥٦
جدول (٥-۲) آنالیز شیمیایی بخش‌های مختلف ابعادی ٥٦
جدول (٥-۳) آنالیز شیمیایی نمونه ترکیبی ٥۷
جدول (٥-٤) آنالیز کانی شناسی کانسنگ بکار رفته در هیپ شماره ۳ ..... ٥۷

فصل اول



مقدمه

ذخایرجهانی کانه‌های با عیار بالا به علت نیاز روز افزون به مواد اولیه رو به نقصان است. یکی‌از مشکلات بازیابی مواد از کانه‌های کم عیار با تکنیک‌های معمول گران قیمت بودن به دلیل مصرف انرژی بالا و نیاز به هزینه‌های سرمایه‌ای بالا می‌باشد از مشکلات دیگر هزینه‌های محیط‌زیستی به سبب بالا بودن آلودگی با استفاده از این تکنولوژی‌ها می‌باشد بیوتکنولوژی یکی از امیدبخش‌ترین راه حل این مشکلات در مقایسه با پیرومتالوژی می‌باشد کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری و همچنین کاهش آلودگی از پی‌آمدهای فرآیندهای بیولوژیکی می‌باشد[۱]. بیواکسیداسیون مینرال‌ها هم اکنون به عنوان یک تکنولوژی برتر برای غلبه بر کانه‌های سخت طلا و کنسانتره‌ها و همچنین برای لیچینگ فلزات پایه از دیگر کانه‌ها و کنسانتره‌ها پذیرفته شده است[۲] بیولیچینگ مخزنی یا بیوراکتورها، در بدست آوردن بازیابی بالا موفقیت خوبی کسب نموده‌اند اما به دلیل مشکلاتی از قبیل، خوردگی، مقاومت برشی پایین باکتری‌ها، احتیاج به هوای زیاد، متحمل هزینه‌های سرمایه گذاری و عملیاتی بسیار بالایی است[۳]

بیواکسیداسیون به روش هیپ هزینه‌های کمتر، اما نرخ سرعت استخراج پایین‌تر و بازیابی نهایی پایین‌تری را دارا می‌باشد اما این مشکل مهمتر از هزینه‌های سرمایه‌ای و عملیاتی بالا نیست[۲]. به دنبال افزایش میزان کانی‌های سولفیدی مس در کانسنگ اکسیدی، محققان درصدد استحصال مس از بخش سولفیدی موجود در باطله‌های حاصل از لیچینگ شیمیایی بر آمدند در کشورهایی چون شیلی و هندوستان روش‌های هیپ لیچینگ به طریقه شیمیایی بیولوژیکی انجام گردیده اند طی این فرآیندها ابتدا کانی‌های اکسیدی تحت لیچینگ اولیه شیمیایی قرار گرفتند در هنگام ساخت هیپ نصب لوله‌های سوراخدارجهت هوادهی‌در مرحله لیچینگ ثانویه بیولیچینگ اندیشده شد پس از

اتمام لیچینگ شیمیایی، با پاشش اسید و باکتری روی هیپ وهوادهی از پایین، لیچینگ ثانویه کانی‌های سولفیدی که از مرحله قبل دست نخورده باقی مانده بود، آغاز گردید[٤]

کانسنگ به کار رفته در فرآیند هیپ لیچینگ شماره ۳ مجتمع سرچشمه را نیز می‌توان یک کانی مخلوط دانست که دارای۲ ۰ مس در بخش سولفیدی و۱۸ ۰ مس در قسمت اکسیدی می‌باشد طبق آنالیزهای انجام شده در طی این تحقیق مشخص گردید که کانی‌های سولفیدی عمده مس در هیپ ابتدا کوولیت CuS وسپس کالکوپیریت $CuFeS_2$ می‌باشد این کانی‌ها در عملیات لیچینگ اسیدی به کندی و میزان کم حل می گردند در این پروژه مقایسه بین لیچینگ شیمیایی و لیچینگ باکتریایی بر روی خاک به‌کار رفته‌در هیپ شماره۳ مس سرچشمه مورد بررسی قرار گرفت باکتری‌های به‌کار رفته در این تحقیق از دو گروه متفاوت: باکتری‌های مزوفیل[۱] که شامل مخلوطی از گونه‌های اسیدی‌تیوباسیلوس فرواکسیدانس[۲]، تیوباسیلوس‌تیواکسیدانس[۳] و لپتوسپریلیم فرواکسیدانس[٤] و باکتری‌های ترموفیل معتدل[٥] که شامل مخلوطی از گونه‌های سولفوباسیلوس[٦] و اسیدی تیوباسیلوس‌ها، بودند

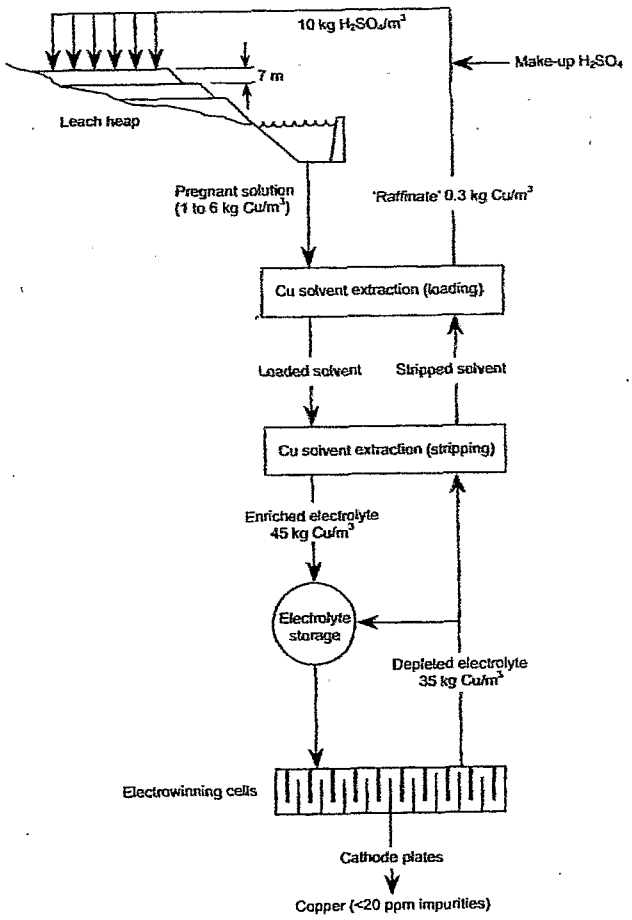
۱=Mesophile
۲=*Acidy Thiobacillus ferrooxidans*
۲= *Acidy Thiobacillus thiooxidans*
٤= *Leptospirillum ferrooxidans*
٥=Moderate thermophile
٦= *Sulfobacillus*

فصل دوم

مبانی نظری تحقیق

۲-۱- هیپ‌لیچینگ[۱]

لیچینگ عبارت است از، استحصال یک جزء از یک ماده جامد، توسط یک مایع. در موردکانی‌های مس، مهمترین مایع استخراج کننده، محلول اسید سولفوریک است که علاوه بر قدرت انحلال خوب، مقرون به صرفه نیز می‌باشد. با کاربرد روش استخراج با حلال و الکترووینینگ، لیچینگ به روش هیپ گسترش زیادی پیدا کرده است[۵].شکل(۲-۱) شمای کلی از عملیات هیپ لیچینگ را نشان می‌دهد[۸].



شکل (۲-۱) فلوشیت کلی از عملیات هیپ لیچینگ[۸]

۱ = Heap leaching

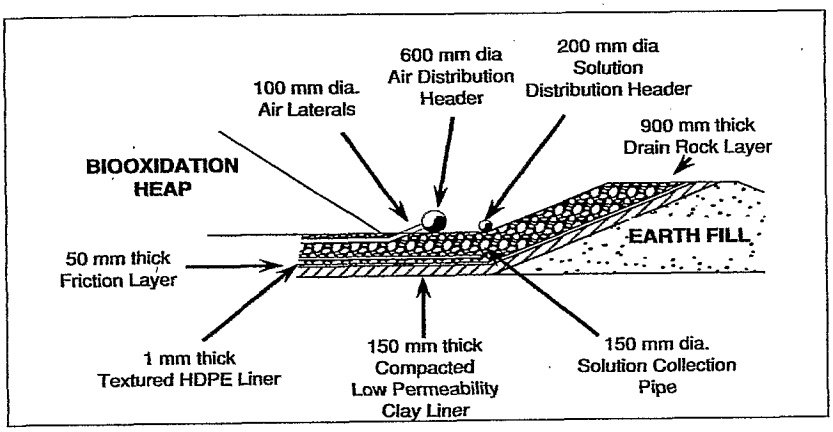
پارامترهایی که در تشخیص تأثیرپذیری سنگ معدن نسبت به لیچینگ باکتریایی (بیولیچینگ) کمک می‌کند عبارتند از[٦]:

- میزان درصد مس سولفیدی موجود در سنگ معدن که هر چه گوگرد محتوی بیشتر باشد اثر لیچینگ میکروبی (بیولیچینگ) بیشتر می‌شود.
- افزایش سریع و ناگهانی مقدار یون Fe^{+3} در محلول باردار که نشان دهنده آغاز فعالیت میکروبی در توده سنگ می‌باشد.
- در انجام عملیات لیچینگ ابتدا مصرف اسید بالا خواهد بود اما با شروع لیچینگ باکتریایی اسید تولید می‌شود و کم‌کم مصرف اسید کاهش می‌یابد. از نظر تئوری حضور هر ۱ الی ۱/۵ درصد پیریت در سنگ معدن باعث تولید ٤٥ کیلوگرم بر تن اسید می‌گردد.

با توجه به واکنش‌های شیمیایی لیچینگ میکروبی حضور هر ۰/۱ درصد گوگرد از نظر استوکیومتری معادل تولید ۳ کیلوگرم بر تن اسید می‌باشد[٦]. برای ساخت بستر بیوهیپ ابتدا سطح بستر را با شیب مناسبی مسطح نموده(اغلب شیب ٥ درجه)و سپس روی بستر را با ماشین آلات راهسازی کوبیده و روی آن به ضخامت ۱۵۰میلی‌متر با یک لایه از خاک رس با نفوذپذیری پایین پوشانده می‌شود، سپس لاینر(HDPE[1]) به ضخامت ۱ میلی‌متر وبرای حفاظت از سطح لاینر به ضخامت ۵۰میلی‌متر مخلوط رس و ماسه نرم روی آن ریخته و سپس برروی آن لایه‌ای از سنگهای خرد شده با ابعاد تقریبا یکسان یا ریجکت کارخانه تغلیظ با ضخامت ۹۰۰میلی‌متر به منظور تسهیل در هدایت و جمع‌آوری محلول به حوضچه جمع‌آوری، ریخته می‌شود. لازم به ذکر است در بین این لایه سیستم توزیع هوادهی به منظور فعالیت و رشد باکتری وهمچنین در زیر و مابین این لایه نیز لوله‌های جمع آوری کننده محلول‌تغییه

۱= High density polyethylene

می‌شود[۲]. در مورد هیپ سیستم هوادهی تعبیه نمی‌شود مگر اینکه عملیات بیولوژیکی بعد از عملیات لیچینگ شیمیایی مد نظر باشد. شکل(۲-۲) مقطع عرضی از بیو هیپ را نشان می‌دهد[۲].



شکل(۲-۲) مقطع عرضی از هیپ بیو لیچینگ[۲]

یکی از پارامترهای مهم در طراحی هیپ ارتفاع مناسب است. ارتفاع کم نیاز به بستر با مساحت زیاد دارد که این عمل باعث افزایش هزینه‌های سرمایه‌ای می‌شود[۷]. در هیپ لیچینگ کانسنگ‌های مس‌دار معمولا ارتفاع هر لیفت در هیپ ٦ تا ۱۰ مترمی‌باشد که کانسنگ‌ها بوسیله کامیون پس از اتمام بسترسازی روی آن ریخته می‌شوند. البته در برخی موارد از نوار نقاله‌های متحرک نیز استفاده می‌شود[۸]. مشکلات ناشی از افزایش ارتفاع لیفت عبارتند از[۸] :

- کاهش اسیدیته محلول در قسمت‌های پایین هیپ و رسوبات ترکیبات آهن‌دار
- افزایش زمان بازیابی بهینه
- عدم دسترسی اکسیژن به قسمت‌های مختلف هیپ

۲-۲- لیچینگ شیمیایی

پارامترهای بسیاری در نرخ لیچینگ و بازیابی با روش‌های مختلف لیچینگ از قبیل هیپ، دامپ و لیچینگ درجا رایج است. این پارامترها را می‌توان به دو دسته تقسیم نمود[۷] :

- پارامترهای موثر بر لیچینگ شیمیایی
- پارامترهای موثر بر لیچینگ باکتریایی

پارامترهای موثر بر لیچینگ شیمیایی عبارتند از:

- **سطح ویژه**[۱]

ابعاد و اندازه سنگ استفاده شده در فرآیند لیچینگ تأثیر مستقیمی روی سرعت لیچ[۲] دارد. تأثیر ابعاد ذرات برای هر نوع کانه باید آزمایش شود. درکل، ذرات ریز دارای بازیابی نهایی بهتری است. البته توجه به این نکته که غالبا بازیابی اولیه با کانه با ابعاد بزرگتر به علت سطح ویژه کم سریعتر است در صورتی که بازیابی نهایی تأثیر مخالفی دارد[۷].

در لیچینگ درجا ساختار مینرال و اندازه ترک از جمله عوامل موثراولیه می‌باشند. در لیچینگ شیمیایی توانایی تماس محلول با کانه مس و عبور مس حل شده و خروج از ترک‌های سنگ، عامل تأثیرگذاری است. عامل‌های فعال‌کننده‌سطح که کشش سطحی محلول را کاهش می‌دهند، اجازه می‌دهند نفوذ داخل ترک بهتر اتفاق بیافتد. البته در کل عوامل فعال‌کننده‌سطح یا سورفکتانت‌ها[۳] برای باکتری‌ها به دلیل اینکه پتانسیل این عوامل باعث گسیختگی سلول‌های باکتری می‌شود، مضر هستند[۷].

---

۱ = Surface area
۲ = Leach rate
۳ = Surfactants

➢ **سطح اسید**[1]

در دامپ لیچینگ مرحله پیش‌پردازی[2] با غلظت‌های بالای اسید غالبا به‌کارگرفته می‌شود. به سبب وجود گانگ، مقدار بیشتری اسید از مقدار معمول مصرفی، مصرف می‌شود. معمولادر هیپ لیچینگ، پیش پردازی اسید در مرحله آگلومراسیون انجام می‌شود[۷].

➢ **اکسید کننده‌ها :**

آهن سه ظرفیتی(Fe^{+3}) به عنوان اکسید کننده اولیه در انحلال مس و همچنین تولیدآهن سه ظرفیتی موثرترین عامل در بیولیچینگ می‌باشد. یکی از راه‌های ممکن در لیچینگ اضافه کردن فیزیکی Fe^{+3} می‌باشد. البته این راه، بسیار پرهزینه است مگر اینکه توانایی احیاء Fe^{+3}موجود باشد[۷]. عمده ترین روش‌های شیمیایی متداول، استفاده از اکسیژن مایع، پراکسید ئیدروژن (آب اکسیژنه) و مخلوط هوا و گاز SO_2 می‌باشدکه البته روش‌های پرهزینه‌ای است[۱۱و۱۰].

■ **روش افزودن اکسیژن مایع**

در این روش، رافینت، قبل از پاشش به روی کانسنگ، تحت عملیات تزریق اکسیژن مایع قرارگرفته و از اکسیژن اشباع می‌شود. در این عمل علاوه بر اینکه تقریبا تمامی یون‌های فرو به فریک اکسید می‌شوند، مقداری اکسیژن نیز در رافینت باقی مانده و اکسایش کانی‌های سولفیدی را تسریع می‌کند[۱۰].

$$4Fe^{+2}+4H^{+}+O_2 \rightarrow 4Fe^{+3}+2H_2O \qquad (۱-۲)$$

■ **روش افزودن پراکسید ئیدروژن (آب اکسیژنه)**

همانند روش قبل بجای اکسیژن مایع، پراکسید ئیدروژن در رافینت تزریق می‌شود. طبق واکنش زیر یون‌های فرو به فریک اکسید می‌شوند[۱۰].

$$Fe^{+2}+H_2O_2+2H^{+} \rightarrow 2Fe^{+3}+2H_2O \qquad (۲-۲)$$

۱= Acid Levels
۲ = Preconditioning