

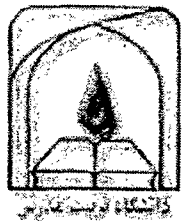
۲۰۹۳

۱۱۱۱
۰۳



۱۱۰۰۵۹

۸۷۲۱ / ۱ / ۱۰ / ۸۷۲۱
۸۸ / ۲ / ۲



دانشکده فنی و مهندسی
گروه مهندسی فراوری مواد معدنی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی فراوری مواد معدنی
تعیین جایگزین مناسب برای سولفید سدیم جهت مصرف در کارخانه
پرعیارکنی مولیبدن مجتمع مس سرچشمه

نگارش:

بیژن طاهری

استاد راهنما:

دکتر محمود عبدالمهی

استاد مشاور:

دکتر احمد خدادادی

پاییز ۱۳۸۷

۱۳۸۸ / ۱ / ۱۸

۱۱۰۰۵۹



بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه

آقای بیژن طاهری پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان تعیین جایگزین مناسب برای سولفور سدیم جهت مصرف در کارخانه پرعیار کنی مولیبدن مجتمع مس سرچشمه در تاریخ ۱۳۸۷/۱۰/۲ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد مهندسی معدن - فرآوری مواد معدنی پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر محمود عبدالمی	دانشیار	
استاد مشاور	دکتر احمد خدادادی	استادیار	
استاد ناظر	دکتر سید محمد جواد کلینی	استادیار	
استاد ناظر	دکتر محمد نوع پرست	دانشیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر سید محمد جواد کلینی	استادیار	

این نسخه به عنوان نسخه نهایی پایان نامه / رساله مورد تایید است.

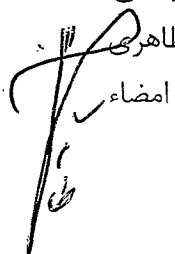
استاد دانشیار

دستورالعمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

- مقدمه:** با عنایت به سیاست‌های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیات علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:
- ماده ۱-** حقوق مادی و معنوی پایان‌نامه‌ها / رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.
- ماده ۲-** انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه / رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشد.
- تبصره:** در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه / رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.
- ماده ۳-** انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان‌نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آیین‌نامه‌های مصوب انجام می‌شود.
- ماده ۴-** ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.
- ماده ۵-** این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸۴/۴/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم‌الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری می‌شود.

نام و نام خانوادگی:

بیژن طاهری
امضاء



آیین نامه چاپ پایان نامه (رساله) های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله) ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد/ رساله دکتری نگارنده در رشته مهندسی فراوری مواد معدنی است که در سال ۱۳۸۷ در دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر محمود عبدالمهی و مشاوره جناب آقای دکتر احمد خدادادی از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

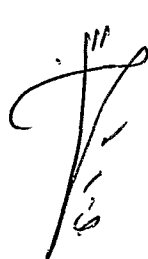
ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده رابه عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب بیژن طاهری دانشجوی رشته مهندسی فراوری مواد معدنی مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی:

بیژن طاهری
تاریخ و امضا:
۱۳۸۷/۱۱/۰۳



تقدیم به

پدر عزیز و بزرگوار

و

مادر دلسوز و مهربانم

تقدیر و تشکر

با سپاس و ستایش خداوند تبارک و تعالی، مراتب تشکر و قدردانی خود را نسبت افراد ذیل ابراز می‌نمایم:

- قبل از همه لازم است از زحمات و راهنمایی‌های ارزنده استاد فرزانه و دلسوزم، جناب آقای دکتر محمود عبدالهی که از ابتدا تا انتهای این پایان‌نامه راهگشای مشکلات بنده بوده نهایت قدردانی و سپاس‌گزاری را ابراز نمایم.
- از استاد بزرگوار دیگر جناب آقای دکتر احمد خدادادی که استاد مشاور بنده بودند نیز کمال تشکر و قدردانی را دارم.
- همچنین از اساتید بزرگوار، جناب آقای دکتر نوعپرست و دکتر کلینی که داوری این پایان‌نامه را بر عهده گرفتند و در رفع نواقص و اشکالات، بنده را یاری نمودند نهایت قدردانی بعمل می‌آید.
- از همکاری صمیمانه و کارساز کارشناسان و متخصصان مجتمع مس سرچشمه از جمله سرکار خانم زیدآبادی و سرکار خانم اسلامی و همچنین جناب آقای مهندس زینعلی و مهندس یاراحمدی و مهندس جباری سپاس‌گزارم.
- از زحمات و همکاری دوستان عزیز از جمله آقای رامین گلشائی، امین جودکی، سپیده جوانشیر، محسن هاشمی، محمود باردل، اکبر نصیری، بهزاد شهبازی، مهدی مرزبان، سعید رواج، حسین مهرپویا و حجت نادری که هر کدام به نحوی در انجام این پایان‌نامه بنده را یاری نموده‌اند کمال تشکر و قدردانی را دارم.
- در پایان از زحمات و همکاری‌های همه عزیزانی که در انجام و به نتیجه رسیدن این تحقیق چه بصورت مستقیم و چه غیر مستقیم سهیم بوده‌اند و اشاره به اسامی تمامی آنان از توان بنده خارج است، نهایت سپاس‌گزاری و تشکر را دارم.

چکیده

در این تحقیق امکان جایگزین نمودن ماده شیمیایی جدید بجای سولفید سدیم بعنوان بازدارنده سولفیدهای مس و آهن در کارخانه پرعیارکنی مولیبدن مجتمع مس سرچشمه مورد مطالعه قرار گرفته است. کانسار پرفیری مس سرچشمه حاوی حدود 0.25% مولیبدن است. مولیبدن بعنوان یک محصول جانبی بعلت خاصیت آبرانی طبیعی، در طی فرایندهای فلوتاسیون به همراه سولفیدهای مس و آهن فلوته شده و در کنسانتره تجمع می‌یابد. در کارخانه پرعیارکنی مولیبدن، برای جداسازی مولیبدن از کانی‌های سولفیدی، این کانی‌ها توسط سولفید سدیم بازداشت گردیده و کانی مولیبدنیت فلوته می‌شود. میزان مصرف سولفید سدیم برای این هدف، بسیار زیاد بوده و هزینه نسبتاً زیادی را سبب می‌شود. از طرفی بدلیل خطرات زیست محیطی و اثرات جانبی دیگر آن از جمله ایجاد محیط قلیایی و تولید کف غیرقابل کنترل و... لزوم بررسی به‌منظور تعیین یک جایگزین مناسب برای سولفید سدیم را ایجاد می‌کند که هم از لحاظ مسائل فنی و اقتصادی و هم از لحاظ مسائل زیست محیطی مناسب‌تر باشد. برای این هدف دو ماده شیمیایی تیوگلیکولیک اسید (TGA) و سیتریک اسید (CA) جهت مطالعه انتخاب گردید. پس از آزمایش‌های اولیه اسید سیتریک بدلیل نداشتن اثر قابل قبول بر نتایج، حذف گردید و تیوگلیکولیک اسید مورد مطالعات بیشتر قرار گرفت. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که میزان مصرف این ماده (TGA) بسیار کم و منجر به بازداشت موثر مس و آهن گردیده و بازیابی بالای مولیبدن را سبب می‌شود. در این تحقیق با استفاده از ماده مذکور، عیار نهایی مولیبدن بیش از 56% و بازیابی تجمعی نهایی مولیبدن بالاتر از 96% بدست آمده است. عیار مس و آهن در کنسانتره نهایی به ترتیب حدود 0.26% و 0.56% می‌باشد. در آزمایش‌های مربوط به سولفید سدیم عیار نهایی مولیبدن بیش از 55% و بازیابی تجمعی نهایی بالای 93% و عیار مس و آهن در کنسانتره نهایی به ترتیب حدود 0.37% و 0.74% بدست آمده است. این ماده هم از لحاظ عملیاتی و متالورژیکی و هم از لحاظ مسائل زیست‌محیطی، نسبت به سولفید سدیم مناسب‌تر شناخته شد. از نظر مسائل اقتصادی، هزینه‌های مربوط به TGA در مقایسه با سولفید سدیم با توجه به نتایج آزمایشگاهی در شرایط فعلی بازار کمتر و لذا اقتصادی‌تر می‌باشد.

کلمات کلیدی: فلوتاسیون، مولیبدن، سولفیدهای مس و آهن، تیوگلیکولیک اسید، اسید سیتریک، بازدارنده، مجتمع مس سرچشمه

فهرست مطالب

صفحه	عنوان مطالب
۱	پیش‌گفتار
۳	فصل ۱: مقدمه و کلیات تحقیق
۳	۱-۱ مقدمه
۸	۲-۱ مختصری راجع به مجتمع مس سرچشمه
۱۳	۳-۱ بیان مسأله و هدف تحقیق
۱۶	فصل ۲: مروری بر مطالعات گذشته
۱۶	۱-۲ مولیبدن و مولیبدنیت
۱۸	۲-۲ فراوری مولیبدنیت
۲۱	۳-۲ فاکتورهای تاثیرگذار بر فلوتاسیون مولیبدنیت
۲۱	۱-۳-۲ اندازه ذرات
۲۱	۲-۳-۲ خردایش طولانی مدت
۲۲	۳-۳-۲ اکسیداسیون سطح
۲۲	۴-۳-۲ اثر pH
۲۲	۵-۳-۲ اثر واکنش‌گرها
۲۴	۶-۳-۲ کانی‌های همراه و مشکل نرمه
۲۵	۷-۳-۲ اثر گازهای خنثی به‌جای هوا
۲۵	۸-۳-۲ تاثیر هوموس‌های آلی
۲۶	۹-۳-۲ آماده‌سازی فراصوتی
۲۶	۴-۲ فرایندهای جدایش مولیبدن از کانی‌های سولفیدی مس و آهن
۲۸	۵-۲ کانی‌های همراه مولیبدنیت

۲۸	۱-۵-۲ پیریت
۳۲	۲-۵-۲ کالکوپیریت
۳۴	۳-۵-۲ کالکوسیت
۳۶	۶-۲ بازداشت سولفیدهای مس و آهن
۳۶	۱-۶-۲ بازداشت با یون هیدروکسیل
۳۸	۲-۶-۲ بازداشت با استفاده از فرایند سیانوری (سیانید و فروسیانید)
۴۲	۳-۶-۲ بازداشت با استفاده از فرایند سولفیدی
۴۲	۱-۳-۶-۲ بازداشت با سولفید و سولفیت
۴۴	۲-۳-۶-۲ بازداشت با هیدروسولفید
۴۵	۴-۶-۲ بازداشت با استفاده از فرایند نوکس (فسفاتی و آرسنیک)
۴۵	۱-۴-۶-۲ بازداشت با نوکس فسفاتی
۴۶	۲-۴-۶-۲ بازداشت با نوکس آرسنیک
۴۶	۵-۶-۲ بازداشت با اسید تیوگلیکولیک (TGA) و تیوگلیکولات
۴۹	۶-۶-۲ بازداشت با تری تیوکربنات
۵۰	۷-۶-۲ بازداشت با اسید سیتریک (CA)
۵۱	۷-۲ مباحث دیگر مرتبط با موضوع
۵۳	۸-۲ روش‌های بازداشت مولیبدنیت
۵۶	فصل ۳: مطالعات آزمایشگاهی (روش تحقیق، مواد و تجهیزات)
۵۶	۱-۳ نمونه گیری
۵۷	۲-۳ تعیین وزن مخصوص نمونه
۵۸	۳-۳ آنالیزهای XRD و XRF
۵۹	۴-۳ آنالیزهای جذب اتمی و ICP

۵۹	۵-۳ مواد شیمیایی
۶۰	۶-۳ طراحی آزمایش
۶۱	۷-۳ آزمایش‌های فلوتاسیون
۶۳	۸-۳ آنالیز نمونه‌ها
۶۵	فصل ۴: ارائه داده‌ها و تحلیل نتایج
۶۵	۱-۴ آزمایش‌های اولیه جهت تعیین نوع بازداشت کننده
۶۹	۲-۴ طراحی آزمایش‌ها
۷۱	۳-۴ تحلیل نتایج آزمایش‌ها توسط نرم‌افزار
۷۱	۱-۳-۴ بررسی تاثیر پارامترها بر بازیابی مولیبدن
۷۴	۲-۳-۴ بررسی تاثیر پارامترها بر بازداشت مس
۷۶	۴-۴ بهینه سازی پارامترهای موثر
۷۶	۱-۴-۴ میزان مصرف بهینه TGA در مرحله رافر
۷۷	۲-۴-۴ مقدار بهینه pH در مرحله رافر
۷۸	۳-۴-۴ تعیین مقادیر بهینه میزان مصرف TGA و pH در مراحل کلینر
۷۸	۱-۳-۴-۴ مراحل کلینر قبل از خردایش اول (کلینرهای ۱ و ۲)
۷۹	۲-۳-۴-۴ مراحل کلینر بعد از خردایش اول و قبل از خردایش دوم (کلینرهای ۳ و ۴)
۸۰	۳-۳-۴-۴ مراحل کلینر بعد از خردایش دوم (کلینرهای ۵ و ۶ و ۷)
۸۱	۴-۳-۴-۴ تعیین pH بهینه در مراحل کلینر بعد از خردایش
۸۲	۵-۴ روند تغییرات عیار مس و مولیبدن در مراحل مختلف فلوتاسیون
۸۵	۶-۴ تعیین مقدار کل مصرف TGA
۸۶	۷-۴ محاسبه و مقایسه هزینه‌ها
۸۶	۱-۷-۴ محاسبه هزینه سولفید سدیم

صفحه	عنوان مطالب
۸۷	۲-۷-۴ محاسبه هزینه سیانید سدیم
۸۷	۳-۷-۴ محاسبه مصرف گاز نیتروژن
۸۸	۴-۷-۴ محاسبه هزینه TGA
۸۹	۵-۷-۴ محاسبه هزینه میزان آهک مورد نیاز
۸۹	۶-۷-۴ محاسبه ارزش افزوده
۹۱	۷-۷-۴ نتیجه محاسبه هزینه‌ها و مقایسه دو ماده شیمیایی
۹۳	فصل ۵: نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها
۹۳	۱-۵ نتیجه‌گیری
۹۷	۲-۵ پیشنهادها
۹۸	منابع

فهرست اشکال و نمودارها

صفحه	عنوان
۱۰	شکل ۱-۱: فلوشیت کارخانه تغلیظ مجتمع مس سرچشمه
۱۲	شکل ۱-۲: فلوشیت کارخانه پرعیارکنی مولیبدن
۱۷	شکل ۱-۲: ساختارهای کریستالی مولیبدن
۲۹	شکل ۲-۲: پتانسیل زتای پیریت نسبت به pH در غیاب و حضور اتیل گزنتات در حضور هوا
۳۰	شکل ۳-۲: پتانسیل زتای پیریت نسبت به pH در غیاب و حضور اولئات پتاسیم
۳۱	شکل ۴-۲: بازیابی پیریت نسبت به pH با مقادیر مختلف اتیل گزنتات پتاسیم
۳۱	شکل ۵-۲: منحنی‌های تماس برای چندین کانی سولفیدی نسبت به غلظت دی اتیل دی تیوفسفات و pH
۳۲	شکل ۶-۲: بازیابی کالکوپیریت نسبت به pH در دو مقدار مختلف اتیل گزنتات
۳۳	شکل ۷-۲: قابلیت فلوتاسیون کالکوپیریت در حضور اتیل گزنتات در محلول بورات
۳۴	شکل ۸-۲: بازیابی کالکوسیت نسبت به pH با مقادیر مختلف اتیل گزنتات، دی اتیل دی تیوفسفات و دی اتیل دی تیوفسفاتوزن
۳۵	شکل ۹-۲: بازیابی کالکوسیت نسبت به pH در حضور $5 \times 10^{-5} M$ دی اتیل دی گزنتون
۳۵	شکل ۱۰-۲: دیاگرام Eh-pH برای سیستم $Cu-H_2O$
۳۷	شکل ۱۱-۲: بازیابی پیریت نسبت به pH با 2×10^{-4} مول اتیل گزنتات
۳۹	شکل ۱۲-۲: بازیابی پیریت نسبت به pH با 5×10^{-4} مول اتیل گزنتات در غیاب و حضور سیانید
۴۰	شکل ۱۳-۲: بازیابی پیریت نسبت به pH با 5×10^{-4} مول اتیل گزنتات در غیاب و حضور فروسیانید
۴۰	شکل ۱۴-۲: پتانسیل زتای پیریت نسبت به pH در غیاب و حضور سیانید

۴۰	شکل ۲-۱۵: پتانسیل زتای پیریت نسبت به pH در غیاب و حضور فروسیانید
۴۱	شکل ۲-۱۶: منحنیهای تماس برای چندین کانی سولفیدی
۴۳	شکل ۲-۱۷: منحنیهای تماس برای چندین کانی سولفیدی
۴۴	شکل ۲-۱۸: قابلیت فلوتاسیون کالکوپیریت در حضور اتیل گزنات پس از افزودن NaHS
۴۸	شکل ۲-۱۹: مدل شماتیک جذب اسید تیوگلیکولیک بر روی سطح کالکوپیریت
۵۱	شکل ۲-۲۰: اثر اسید تیوگلیکولیک و اسید سیتریک در بازداشت پیریت و کالکوپیریت
۵۷	شکل ۳-۱: نقاط نمونه‌گیری از فرایند فلوتاسیون کارخانه مولیبدن
۷۰	نمودار ۴-۱: نتایج محاسبات متالورژیکی آزمایش‌های غربال
۷۲	نمودار ۴-۲: تغییرات بازیابی مولیبدن نسبت به تغییرات pH
۷۳	نمودار ۴-۳: تغییرات بازیابی مولیبدن نسبت به تغییرات TGA
۷۳	نمودار ۴-۴: اثر متقابل pH و TGA بر روی بازیابی مولیبدن
۷۳	نمودار ۴-۵: نمایش سه بعدی اثر متقابل pH و TGA بر روی بازیابی مولیبدن
۷۴	نمودار ۴-۶: تغییرات بازداشت مس نسبت به تغییرات TGA
۷۵	نمودار ۴-۷: تغییرات بازداشت مس نسبت به تغییرات CA
۷۵	نمودار ۴-۸: تغییرات بازداشت مس نسبت به تغییرات زمان آماده سازی
۷۷	نمودار ۴-۹: تغییرات بازیابی مولیبدن نسبت به تغییرات TGA
۷۷	نمودار ۴-۱۰: تغییرات بازداشت مس نسبت به تغییرات TGA
۷۷	نمودار ۴-۱۱: تغییرات بازیابی مولیبدن نسبت به تغییرات pH
۷۷	نمودار ۴-۱۲: تغییرات بازداشت مس نسبت به تغییرات pH
۷۸	نمودار ۴-۱۳: تغییرات عیار مس در کلینر اول و دوم نسبت به تغییرات میزان TGA
۸۰	نمودار ۴-۱۴: تغییرات عیار مس در کلینر سوم و چهارم نسبت به تغییرات میزان TGA
۸۱	نمودار ۴-۱۵: تغییرات عیار مس در کلینرهای ۵، ۶ و ۷ نسبت به تغییرات میزان TGA
۸۳	نمودار ۴-۱۶: بازیابی تجمعی مولیبدن در آزمایش‌های آزمایشگاهی و کارخانه

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۵	جدول ۱-۱: طرح مواد شیمیایی و شرایط عملیاتی کارخانه‌ها
۷	جدول ۲-۱: طرح مواد شیمیایی مس - مولیبدن
۲۳	جدول ۱-۲: اثر نوع روغن بر عیار و بازیابی کنسانتره رافر مولیبدن
۵۸	جدول ۱-۳: نتایج آنالیز XRF جهت تعیین میزان عناصر و ترکیبات موجود در نمونه
۶۶	جدول ۱-۴: شرایط آزمایش فلوتاسیون با استفاده از سولفید سدیم طبق شرایط فعلی کارخانه
۶۶	جدول ۲-۴: نتایج آزمایش فلوتاسیون با استفاده از سولفید سدیم طبق شرایط فعلی کارخانه
۶۶	جدول ۳-۴: شرایط آزمایش فلوتاسیون با استفاده از تیوگلیکولیک اسید
۶۷	جدول ۴-۴: نتایج آزمایش فلوتاسیون با استفاده از تیوگلیکولیک اسید
۶۷	جدول ۵-۴: شرایط آزمایش فلوتاسیون با استفاده از سیتریک اسید
۶۷	جدول ۶-۴: نتایج آزمایش فلوتاسیون با استفاده از سیتریک اسید
۶۸	جدول ۷-۴: شرایط آزمایش فلوتاسیون با استفاده از تیوگلیکولیک اسید و سیتریک اسید
۶۸	جدول ۸-۴: نتایج آزمایش فلوتاسیون با استفاده از تیوگلیکولیک اسید و سیتریک اسید
۷۰	جدول ۹-۴: طراحی آزمایش‌های غربال با استفاده از نرم‌افزار DX.۷
۸۲	جدول ۱۰-۴: نتایج تغییرات عیار مس و مولیبدن نسبت به تغییرات pH
۸۲	جدول ۱۱-۴: روند تغییرات عیار مولیبدن در مراحل مختلف فلوتاسیون
۸۴	جدول ۱۲-۴: روند تغییرات عیار مس در مراحل مختلف فلوتاسیون
۸۵	جدول ۱۳-۴: مقادیر مصرف TGA در مراحل مختلف فلوتاسیون کارخانه

پیش‌گفتار

- بی‌شک لازمه پیشرفت و دستیابی به سود بیشتر در صنعت هر کشوری، بکارگیری دانش و تکنولوژی در راستای بهسازی و ایجاد تغییرات هدفمند و کارآمد در آن صنعت است. از طرفی برای بررسی امکان تغییرات جدید و سودمند در هر صنعتی، مطالعات و تحقیقات آزمایشگاهی گام اول در این زمینه می‌باشد. مجموعه حاضر نیز تحقیقی در مقیاس آزمایشگاهی جهت بررسی امکان جاگزینی ماده‌ای جدید بجای سولفید سدیم در کارخانه پرعیارکنی مولیبدن مجتمع مس سرچشمه است. خلاصه فعالیت‌ها و نتایج حاصل از این تحقیق در چند فصل به قرار زیر خدمت خوانندگان عزیز ارائه می‌گردد:
- ❖ در فصل اول به مباحثی در خصوص کلیات تحقیق و معرفی مجتمع مس سرچشمه و همچنین بیان مسئله و هدف تحقیق تحت عنوان مقدمه و کلیات تحقیق پرداخته شده است.
 - ❖ اغلب مطالعات و بررسی‌های انجام شده در ارتباط با این تحقیق اعم از تحقیقات قبلی انجام شده در این زمینه و مباحث تئوری و عملی و مطالب مرتبط منتشر شده در کتب و مجلات و نوشتارهای تحقیقاتی مختلف، بصورت خلاصه تحت عنوان مروری بر مطالعات گذشته در فصل دوم ارائه شده است.
 - ❖ مطالعات و کارهای عملی آزمایشگاهی از جمله روش تحقیق، مواد و تجهیزات بکار برده شده در طول انجام پروژه و خلاصه فعالیت‌های آزمایشگاهی انجام شده در فصل سوم آورده شده است.
 - ❖ مجموعه یافته‌ها و تجزیه و تحلیل نتایج بدست آمده از آزمایش‌های عملی، اعم از تحلیل‌های شخصی و نرم‌افزاری و ارائه نتایج بصورت تصویری و تشریحی در فصل چهارم تحت عنوان ارائه یافته‌ها و تحلیل نتایج از نظر خوانندگان خواهد گذشت.
 - ❖ بالاخره در فصل پنجم نتایج حاصل از تحقیق حاضر و ارائه پیشنهادها برای مطالعات بیشتر بصورت خلاصه آورده شده است.

فصل اول

مقدمه و کلیات تحقیق

فصل ۱

مقدمه و کلیات تحقیق

۱-۱ مقدمه

تقریباً ۵۰٪ از مولیبدن جهان از کانسارهای مس پرفیری به‌عنوان یک محصول جانبی بدست می‌آید. روش مرسوم برای استحصال مولیبدن از این نوع کانسارها اغلب شامل دو مرحله اصلی است که در مرحله اول مولیبدن به همراه کانی‌های مس بصورت تجمعی با روش فلوتاسیون از دیگر ناخالصی‌ها جدا می‌گردد و در مرحله دوم با استفاده از بازدارنده‌های مختلف سولفیدهای مس و آهن، مولیبدن از کانی‌های سولفیدی که اغلب پیریت، کالکوپیریت و کالکوسیت است، جدا می‌شود.

مواد شیمیایی مورد استفاده برای عمل‌آوری کانه‌های مس پرفیری در مرحله فلوتاسیون تجمعی مس-مولیبدن، نسبتاً ساده و اغلب شامل آهک بعنوان تنظیم‌کننده، گزنتات بعنوان کلکتور اولیه و ثانویه می‌باشد. البته نوع کلکتور ثانویه از یک عملیات به عملیات دیگر تغییر می‌کند و از کلکتورهای متنوع شامل دی‌تیوفسفات‌ها، مرکاپتان‌ها، تیونوکربامات‌ها و گزنتوژن فرمات‌ها و... استفاده می‌گردد. انتخاب کلکتور ثانویه بستگی به فاکتورهایی دارد که تعدادی از آن‌ها به قرار زیر می‌باشند [۱]:

- نوع کانی مس موجود در کانه
- ترکیب کانی‌های بی‌ارزش در کانه
- حضور و نوع کانی‌های رسی
- نوع کف‌ساز مورد استفاده

در انتخاب نوع کف‌ساز تنوع گسترده‌ای وجود دارد و در بسیاری از کارخانه‌های فراوری ترکیبی از دو یا چند کف‌ساز استفاده می‌شود. مهم‌ترین دلیل برای این عمل دخالت کانی‌های رسی است که در

بعضی موارد منجر به تولید یک کف خشک می‌شود که از بین بردن آن مشکل است. یک ترکیب مناسب از کف‌سازها ممکن است این مسئله را حل کند [۱].

در اکثر کارخانه‌ها، آهک بعنوان تنظیم کننده pH و نیز به عنوان یک بازداشت کننده برای پیریت در طی عملیات شستشو مورد استفاده قرار می‌گیرد. تنها در تعداد کمی از کارخانه‌ها از یک بازدارنده ثانویه برای پیریت استفاده می‌شود. pH فلوتاسیون در اکثر کارخانه‌ها بالای ۱۰ و در اغلب موارد بالای ۱۱ می‌باشد. pH نسبتاً بالای مورد استفاده صرفاً جهت بازداشت پیریت طراحی نمی‌شود، بلکه ترجیحاً به عنوان یک اصلاح کننده کف‌ساز استفاده می‌گردد. در واقع pH بالا تولید یک کف پایدار با قدرت حمل بهتر نسبت به pH پایین تر برای اکثر کانه‌های مس پرفیری ایجاد می‌کند [۱].

تعدادی از فاکتورها، انتخاب طرح مواد شیمیایی و نیز عملکرد کارخانه‌های فراوری را تحت تاثیر قرار می‌دهند که بعضی از آن‌ها در زیر خلاصه می‌شوند [۱]:

۱. خواص کانی‌شناسی و باطله نقش مهمی در انتخاب طرح مواد شیمیایی و پارامترهای عملیاتی کارخانه بازی می‌کنند. کانه‌های معمولی و سوپرژن که حاوی کالکوسیت هستند، ترکیب کلکتورهای مورد نیاز آن‌ها متفاوت از کانه‌های سوپرژن حاوی فقط کالکوپیریت است. کانه‌های حاوی کانی‌های ترکیبی مس (مثل کالکوپیریت، بورنیت و...) بعضاً نیازمند استفاده از چند نوع کلکتور جهت رسیدن به متالورژی بهینه می‌باشند.
۲. زیان‌بخش‌ترین فاکتور برای فلوتاسیون، حضور رس در کانه می‌باشد. حضور رس در کانه‌های پرفیری سبب یک افت در بازیابی می‌شود که احتمالاً بدلیل وجود پوشش نرمه روی سطح کانی‌ها و یا روی سطح حباب‌های هواست. رس‌ها مصرف مواد شیمیایی را افزایش داده و می‌توانند منجر به مشکلات شدید ناشی از کف گردند.
۳. بازداشت پیریت نیز ممکن است یک مشکل اساسی در کارخانه‌های فراوری و هم تدارک یک تحقیق طرح مواد شیمیایی ایجاد نماید. در اکثر کارخانه‌ها پیریت بوسیله آهک در pH بالا بازداشت می‌گردد. البته بازدارنده‌های متعدد دیگری هم وجود دارند که می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند.
۴. در طی مراحل توسعه یک فرایند فراوری برای یک کانه جدید باید توجه ویژه‌ای به توسعه تجهیزات خردایش مجدد مناسب و تعیین اثر مواد شیمیایی مورد استفاده در مراحل رافر و کلینر اعمال گردد.
۵. بین عملیات خردایش آزمایشگاهی و کارخانه تفاوت‌هایی در اندازه ذرات خرد شده اتفاق می‌افتد. در مورد کانه‌های پرفیری، تولید ذرات قابل فلوته (از نظر اندازه) مشکل و بعضاً غیر ممکن است. دلیل اصلی آن این است که یک کانه مس پرفیری حاوی بخش عظیمی باطله سبک (با وزن

مخصوص ۲/۶-۲/۷) است و در حین عملیات دانه‌بندی بوسیله سیکلون سولفیدهای سنگین تمایل به تمرکز در ته‌ریز سیکلون دارند و در نتیجه یک بخش بیش از اندازه خرد می‌گردد.

جدول (۱-۱) طرح مواد شیمیایی و شرایط عملیاتی (pH در مراحل رافر و کلینر) تعدادی از کارخانه‌های فراوری مس- مولیبدن در کشورهای مختلف جهان را نشان می‌دهد.

جدول ۱-۱: طرح مواد شیمیایی و شرایط عملیاتی کارخانه‌ها (۱)

Plant	Collectors	Frother	pH	
			Ro	Cl
<i>Canada</i>				
Gibraltar	Dithiophosphate, PAX	MIBC	10.5	11.1
Lornex	PAX, dithiophosphate, Fuel oil	Pine Oil	9.5	11.5
Gaspe	PAX, xanthogen formulate, Fuel oil	Pine Oil	10.0	10.5
Island Copper	SIBX	Dow 1012	10.5	11.2
Brenda	SIBX, xanthic ester	MIBC	8.0	8.5
Granisle Copper	PAX, xanthic ester	Dow 250	10.0	10.5
<i>USA</i>				
Utah Copper	Dithiophosphate, Fuel oil	Dow 250/ MIBC	8.5	9.5
Sierrita	SIPX, xanthic ester, Fuel oil	MIBC	11.0	11.5
San Manuel	Xanthogen formulate, thionocarbomate	MIBC	10.5	11.0
Morency	Thionocarbomate	Dow 250/ MIBC	10.5	10.5
Butte	Thionocarbomate	Pine Oil/ MIBC	10.5	11.0
Pima	SAX, Fuel oil	MIBC/Dow 1012	11.5	11.5
Pinto Valley	NIBX, dithiophosphate	MIBC	11.5	11.5
Twin Butte	NIBX, dithiophosphate	X31/ MIBC	11.0	11.5
Mineral Park	Thionocarbomate, xanthic ester	MIBC	11.5	11.5
Baghdad	PAX, Fuel oil	Pine oil/MIBC	11.5	11.5
<i>Peru and chile</i>				
South Copper (P)	SIPX, dithiophosphate	Pine oil	11.5	11.8
El Salvador (C)	PAX, thionocarbomate	Teefroth TB/ Pine oil	10.8	11.5
Escondida (C)	SIPX, mercaptan, xanthic ester	MIBC/ Pine oil	10.5	10.8
Disputada (C)	Dithiophosphate	Dow 250	10.0	10.5
El Cobre (C)	Dithiophosphate, mercaptan, PAX	MIBC/ Dow 250	10.0	10.0
El Teniente (C)				
Sewell	Xanthogen formulate, Fuel oil	Dow 250	4.0	11.5
Colon	xanthic ester, Fuel oil	Dow 250	11.0	11.5
Andina (C)	Thionocarbomate, Fuel oil	MIBC/ Dow 250	9.0	9.5
Chalahuasi (C)	SIPX, thionocarbomate	Pine oil/MIBC	10.5	10.5
<i>Pacific Rim Australia</i>				
Acadia Hills	PAX, dithiophosphate	MIBC	10.0	10.5
Mount Isa Copper	PAX, dithiophosphate	MIBC	10.0	11.2
Dos Altos	KEX, dithiophosphate	41G	9.0	9.5
Philex	PAX, dithiophosphate, thionocarbomate	MIBC	8.5	9.0