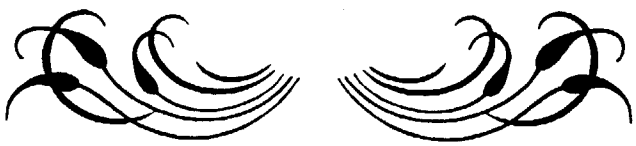
بسم الله الرحمن الرحيم



٢٩٥٩١

۱۳۸۰/۴/۲۰

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تقدیم به مدارک

دانشگاه شهید باهنر کرمان

دانشکده فنی - بخش مهندسی معدن

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی معدن

تحت عنوان:

شستشوی کف در سلولهای مرحله نهائی فلوتاسیون کارخانه پرعیارکنی مجتمع مس سرچشمه

استاد راهنما:

دکتر صمد بنیسی

استاد مشاور صنعتی:

مهندس علی کارگر

پژوهش و نگارش:

علی فاضلی پیرجل

تیر ماه ۷۹

013366

۳۶۵۶۱

به نام خدا

این پایان نامه

به عنوان یکی از شرایط احراز درجه کارشناسی ارشد

به

بخش مهندسی معدن دانشکده فنی دانشگاه شهید باهنر کرمان

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

نام و نام خانوادگی : **امضا:**

دانشجو: علی فاضلی پیرجل

استاد راهنما : دکتر صمد بنیسی

داور ۱: دکتر عباس سام (دانشگاه شهید باهنر کرمان)

داور ۲ : دکترحسن حاجی امین شیرازی (دانشگاه شهید باهنر کرمان)

داور ۳ دکترمحمد رنجبر (دانشگاه شهید باهنر کرمان)

حق چاپ محفوظ و مخصوص مولف است.

دانشگاه شهید باهنر
کرمان
اداره تحصیلات تکمیلی

امام علی (ع)

از دانش هنگامی بهرمند می‌شویم که آن را بکار بندیم.

تقدیم به روح مرحوم پدرم

و

تقدیم به مادر عزیزم که فرشتهٔ محبت و ایثار است، او که با تلاشی خستگی ناپذیر مشکلات زندگی را هموار ساخت و موجبات ادامه تحصیل مرا فراهم نمود.

تشکر و قدردانی

منت خدای را عز و جل که طاعتش موجب قربت است و به شکر اندرش مزید نعمت.
استاد سخن سعدی

منت و سپاس شایسته پروردگاریست که بشر را قدرت تفکر و تحصیل علم بخشید. خداوندی که در سایهٔ رحمت بی‌پایانش توانستم گامی دیگر در عرصه حیات بردارم و وجود خویش را به زینت علم بیارایم.
باشد که به خود آیم، شاکر باشم، اندیشه‌ای کنم و طریقی گزینم و ستایش هم او را که تجلی وجودش در گوهر پر تلالو زندگیم براستی ستودنی است، مادری که دستانش جایگاه هزاران بوسه است و با تشکر از سایر اعضاء خانواده‌ام و همسر مهربانم که هر کدام بنحوی مشوق و زمینه‌ساز تحصیل من تا به اینجا بوده‌اند. امیدوارم که خداوند توفیق خدمت به آنها و کشورم را به من عطا فرماید.
اکنون در پایان تدوین این رساله برخود لازم می‌دانم که از مدیریت محترم مرکز تحقیقات و مطالعات مجتمع مس سرچشمه آقای مهندس نوبری تشکر و قدردانی نمایم.
از مدیریت محترم امور تغلیظ آقای مهندس محمد کارگر که در انجام این پروژه در آن واحد حمایتهای لازم را از اینجانب بعمل آوردند و با درایت خویش راهی تازه در ایجاد ارتباط میان صنعت و تحقیقات گشوده‌اند کمال تشکر و قدردانی را دارم.
از سرکار خانم مهندس پرتوآذر ریاست محترم تحقیقات معدنی و فرآوری مواد معدنی که در طول انجام این پروژه با ما همکاری صمیمانه‌ای داشتند نهایت تشکر را دارم.
از آقای مهندس نگارستانی سرپرست محترم عملیات پرعیارکنی و همکاران ایشان در این واحد خصوصاً آقای سرداری که در مدت انجام این پروژه همکاری لازم را با اینجانب داشتند تشکر و قدردانی می‌کنم.
از ریاست محترم مهندسی امور تغلیظ جناب مهندس پورکانی و آقایان مهندس لنگری‌زاده، مهندس حبیبیان و آقای مهندس فاتحی بواسطه رهنمودهای کارساز در طول پروژه تشکر می‌کنم.
از ریاست محترم تعمیرات امور تغلیظ مهندس سلطانی و آقایان مهندس ترابی سرپرست تعمیرات مکانیک، مهندس علی محمدی و مهندس شیخ‌الاسلام که در کار نصب و راه‌اندازی سیستم شستشو با اینجانب همکاری نزدیک داشتند تشکر و قدردانی می‌کنم.
همچنین از آقای نبت‌الهدایی مسئول روابط صنعتی مرکز تحقیقات به خاطر فراهم نمودن امکانات لازم در انجام پروژه تشکر می‌کنم.
از آقای مهندس شکرچیان و همکاران ایشان که بررسی کانی‌شناسی نمونه‌ها را بعهده داشتند تشکر و قدردانی می‌کنم.
از آقای امینائی مسئول آزمایشگاه X-RAY که زحمت آنالیز شیمیایی نمونه‌ها را کشیدند کمال تشکر و قدردانی را دارم.
همچنین از آقایان حسن منگلیان، داراب حیدری، ملکشاهی، حصیبی، اسدی، پاقلعه‌زاده و دیگر عزیزان که در طول این پروژه با اینجانب همکاری داشتند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

چکیده:

راهیابی گانگ به کنسانتره که از طرق مختلف صورت می‌گیرد، عامل اصلی عدم دستیابی به عیار بالا در یک مرحله عملیات فلوتاسیون می‌باشد. شستشوی کف که امروزه در سلولهای ستونی جهت افزایش عیار به کار برده می‌شود، در سلولهای مکانیکی فلوتاسیون نیز قابل استفاده است. در این پروژه برای کارخانه پرعیارکنی مجتمع مس سرچشمه سیستم شستشوی کف برای سلولهای پرعیارکنی نهایی مجدد طراحی، ساخته و نصب گردید. سیستم به کار گرفته شده از نوع افشانه‌ای بوده که در ۵۰ سانتی‌متری بالای کف بین پارو و همزن نصب شد. دبی بهینه آب شستشو ۰/۱۲ سانتی‌متر بر ثانیه به دست آمد، که در آن‌سطحی معادل ۱۴۵×۱۸۵ سانتی‌متر مربع پوشش داده شد. در مرحله اول در یک ضلع کارخانه سیستم شستشو نصب گردید و بررسی نمونه‌های گرفته شده در طول شش ماه نشان داد که با بازیابی ثابت عیار کنسانتره نهایی ۷ درصد (به طور نسبی) قابل افزایش است. بررسیهای میکروسکوپی مشخص کرد که افزایش عیار بدلیل حذف نرمه‌های آلومینوسیلیکاتی بود که در فرآیند ذوب نیز اختلال ایجاد می‌نمایند. بعد از موفق بودن این سیستم در حذف گانگ از کنسانتره در یک ضلع کارخانه، کل سلولهای کارخانه پرعیار کنی با این سیستم تحت شستشو قرار داده شد. مقایسه نتایج بدست آمده از نمونه برداری کل کارخانه در زمان استفاده از سیستم شستشو و علمیات معمول (بدون شستشو) حاکی از بهبود حداقل ۴/۵ درصدی (نسبی) عیار کنسانتره نهایی در اثر استفاده از این سیستم می‌باشد.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول: کلیات

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ مکانیزم فلوتاسیون ۴

۱-۳ مدار فلوتاسیون ۵

فصل دوم: مبانی نظری و مروری بر پیشنیه شستشوی کف

۲-۱ مروری بر پیشینه شستشوی کف ۷

۲-۱-۱ توزیع کننده‌های آب ۷

۲-۱-۲ نوع کانه ۹

۲-۲ تحقیقات انجام شده در کارخانه نیمه صنعتی مجتمع مس سرچشمه ۱۱

۲-۳ تحقیقات انجام شده در کارخانهٔ پر عیار کنی مجتمع سرچشمه ۱۳

۲-۴ پر عیار سازی ثانویه کانیها در فاز کف ۱۴

۲-۴-۱ بررسی نحوهٔ راهیابی ذرات باطله به کنسانتره از دیدگاه نظری ۱۵

۲-۴-۲ مکانیزمهای بازیافت گانگ در فلوتاسیون ۱۶

۲-۴-۳ راه حلهای پدیدهٔ دنباله روی ۱۸

۲-۴-۴ استفاده از شستشوی کف برای رفع مشکل دنباله روی ۱۹

۲-۴-۵ نحوه توزیع آب شستشو در بالای سلول ۲۰

۲-۴-۶ اثر محل افزودن آب شستشو ۲۱

عنوان | صفحه

۲-۴-۷اثر دما بر فرایند شستشوی کف ۲۲

۲-۴-۸مقدار بهینه نظری آب شستشو ۲۳

۲-۴-۹اثر متغیرهای عملیات اصلی بر پدیده دنباله روی ۲۴

۲-۵ مطالعهٔ هیدرو دینامیکی سلولهای مکانیکی در حالت دو فازی (آب و هوا) با و بدون پآب شستشو دهنده (Washwater) ۲۵

۲-۵-۱ مدل هیدرولیکی در سلول فلوتاسیون (موازنه آب) ۲۶

۲-۵-۱-۱ بررسی نحوه انتقال آب از پالپ به کف ۳۱

۲-۵-۱-۲ آب برگشتی از کف به داخل پالپ ۳۲

۲-۵-۱-۳ ساختمان کف ۳۳

۲-۵-۱-۴ نحوه تقسیم آب شستشو دهنده در سلول فلوتاسیون ۳۷

فصل سوم: نحوه انجام تحقیق

۳-۱ روش تحقیق ۴۰

۳-۲ انتخاب توزیع کننده‌های آب شستشو ۴۰

۳-۳ طراحی و ساخت توزیع کننده آب شستشو ۴۲

۳-۴ نصب توزیع کننده‌ها بر روی سلولهای پرعیارکنی نهایی مجدد (ری کلینر) ۴۳

۳-۵ وسایل و مکان نمونه گیری ۴۶

۳-۶ معیار ارزیابی آزمایش‌ها ۴۷

۳-۷انتخاب دبی آب شستشو ۴۸

۳-۸ انتخاب مکان و ارتفاع سیستم شستشو ۴۹

عنوان	صفحه

۳-۹ اطمینان از صحت عملکرد سیستم طراحی شده ۵۱

۳-۱۰ تعیین شرایط بهینه ۵۱

۳-۱۱ انتخاب دبی بهینه ۵۲

۳-۱۲ مقایسه ضلع شمال و جنوب کارخانه پرعیار کنی از نظر عیار خوراک ورودی، کنسانتره نهائی وبازیابی کلی ۵۷

۳-۱۲-۱ روش تحقیق ۵۸

۳-۱۲-۲ مقایسه ضلع شمال و جنوب در حالت کارکرد عادی ۵۹

۳-۱۲-۳ مقایسه ضلع شمال و جنوب در حالت شستشوی ضلع جنوب ۶۱

۳-۱۳ مقایسه نتایج نمونه گیری یکماهه از ضلع شمال و جنوب کارخانه پرعیارکنی .. ۶۴

۳-۱۴ بررسی وضعیت کانی‌شناسی نمونه‌های کنسانتره نهایی در حالت شستشو و بدون شستشو ۶۵

۳-۱۵ بکارگیری سیستم شستشو در کارخانه پر عیارکنی ۶۷

فصل چهارم: نتایج

نتیجه‌گیری ۷۰

منابع و مأخذ ۷۱

پیوست ۷۳

بالاتر از هر عبادتی بکار انداختن نیروی تفکر و تعقل است.

امام علی (ع)

فصل اول

کلیات

۱-۱ مقدمه

معدن مس سرچشمه در ۱۶۰ کیلومتری جنوب غربی کرمان و ۵۰ کیلومتری جنوب رفسنجان قرار دارد که با ذخیره اسمی ۱۲۳۳ میلیون تن با عیار متوسط ۰/۶۹ درصد از بزرگترین ذخایر مسی پورفیری دنیا می‌باشد.[۱]

روش فراوری مس از سنگ معدن باتوجه به خصوصیات کانسار (سولفوری و کم عیار) روش فلوتاسیون می‌باشد که پس از خردایش و رسیدن به اندازه مطلوب صورت می‌گیرد سنگهای اکسیدی این معدن توسط روش لیچینگ (شستشوی با اسید) فراوری میشوند.

نظر به اینکه کنسانتره نهایی کارخانه پرعیار کنی در حکم گلو گاه برای کارخانه ذوب است، محدوده عیار کنسانتره در کارایی فرایند ذوب موثر است. حتی با تامین عیار مورد نظر در طرح اولیه کارخانه به هر حال مواد مزاحمی (نرمه‌های آلومینوسیلیکاتی) در کنستانتره وجود دارند که فرایند ذوب را دچار مشکل می‌نمایند، لذا بالا بردن عیار با حفظ بازیابی در حد مطلوب همواره مورد نظر متخصصین این شاخه بوده است.

از آغاز دهۀ هشتاد استفاده از فلوتاسیون ستونی بطور قابل ملاحظه‌ای در کانادا و کشورهای دیگر متداول شد [۷]. برتری متالورژیکی فلوتاسیون ستونی نسبت به سلولهای مکانیکی عمدتاً به دلیل شستشوی کف است که باعث جدا شدن ذرات میانی و ذرات موجود در آب پشت حباب و در نتیجه انتخابی‌تر شدن عملیات جدایش می‌شود [۸]. سوال اینجاست که آیا شستشو با آب که تا این اندازه سودمند می‌باشد میتواند در

سلولهای مکانیکی مورد استفاده قرار گیرد؟ اگر چه تکنولوژی کف شویی ۲۵ سال پیش بطور نسبتاً وسیعی در کارخانجات شوروی سابق برای زغال سنگ (قیری)، آندالوزیت، پائولیت، شیلیت، مولیبدنیت و غیره بخدمت گرفته شده است اما در دنیای غرب از این کار استفاده زیادی نشده است. اطلاعات منتشر شده حاکی از ۱۰ تا ۱۵ درصد افزایش نسبی در عیار و یا بازیابی با شستشوی کف در سلولهای مکانیکی است [۸].

کاربرد این روش حداقل در سه کشور زئیر، شیلی و کانادا گزارش شده اما اطلاعات منتشر شده اگر هم موجود باشد کم است استفاده از این روش در کارخانه نیمه صنعتی مجتمع مس‌سرچشمه با بکارگیری توزیع کننده‌های از نوع لوله‌های سوراخ‌دار که در سلولهای پرعیار کننده نهایی گزارش شده است [۳]. در کارخانه پرعیارکنی مجتمع مس سرچشمه نیز از صفحات فلزی مشبک برای شستشوی کف سلولهای پرعیار کننده مجدد (ری کلینر) استفاده شده است [۴].

در این پروژه از سیستم توزیع کننده افشانه‌ای برای شستشوی کف سلولهای پر عیار کننده مجدد (ری‌کلینر) در کارخانهٔ پرعیارکنی مجتمع مس سرچشمه استفاده شد. هدف اصلی بالا بردن عیار کنسانتره نهایی با حذف ذرات باطله (عمدتاً نرمه‌های آلومینوسیلیکاتی که در فرآیند ذوب اختلال ایجاد می‌کنند) بود. نتایج حاصل از این پروژه نشان داد که با بازیابی ثابت امکان افزایش نسبی ۷ درصدی عیار کنسانتره نهائی با بکارگیری شستشوی کف وجود دارد.

۱-۲ مکانیزیم فلوتاسیون

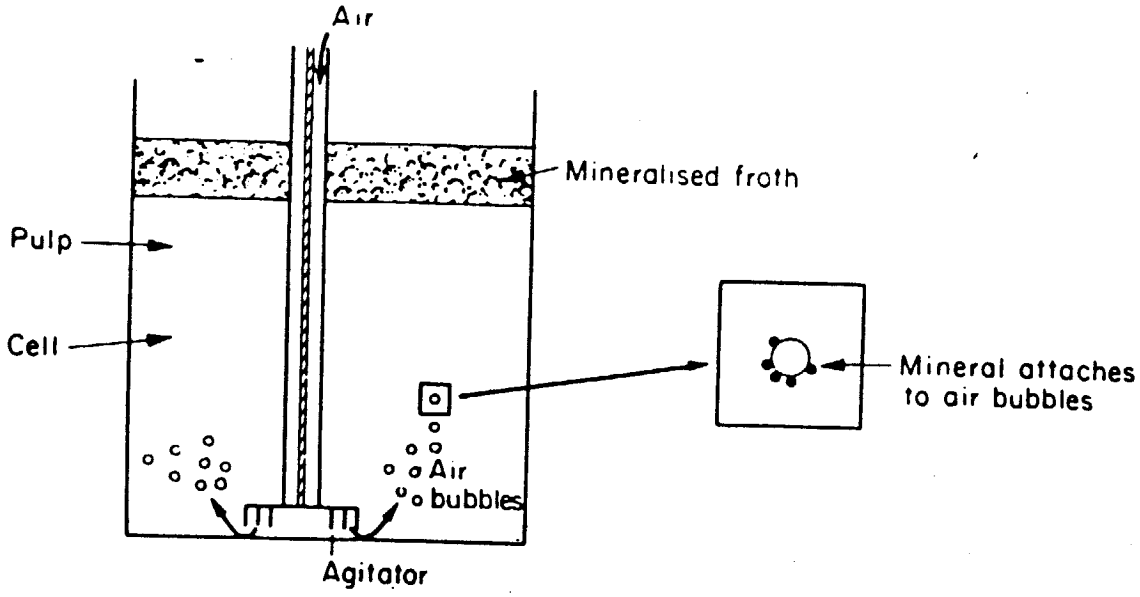
شناورسازی در مقایسه با بسیاری از فرآیندهای مهندسی شیمی، هم ساده و هم مشکل است. از این جهت ساده است که، تعداد واحدهای عملیاتی یا تعداد سلولها و همچنین تعداد جریانها محدود است ولی از نظر خواص مواد و توصیف فازهای جامد، فرآیندی مشکل به شمار می‌آید [۱۱]. فلوتاسیون روشی برای جداسازی کانی‌های با ارزش از باطله در سنگ معدن‌های کم عیار است.

فرایند فلوتاسیون با کمک گرفتن از اختلاف در خواص شیمیایی و فیزیکی سطوح صورت می‌گیرد و ابعاد ذرات شناور شونده باید بسیار کوچک (حدوداً زیر ۱۰۰ میکرون) باشند تا توسط حباب‌های هوا قابل حمل باشند.

برای شکل گرفتن این فرایند نخستین شرط آبران بودن ذره است. فقط برخی از کانی‌ها بصورت طبیعی آبران می‌باشند (الماس، تالک، مولیبدنیت و ...) و برای آبران نمودن بقیه کانی‌ها باید از مواد شیمیایی تحت عنوان جمع کننده استفاده نمود. همچنین برای پایداری کف باید از موادی به نام کف ساز استفاده کرد.

حباب ایجاد شده توسط سیستم حباب ساز باید بتواند ذره با ارزش متصل شده را به طرف بالا به قسمت سطحی (کف) برساند و در آنجا کف به عنوان کنسانتره جمع‌آوری شود.

در مواردی ممکن است کانی گانگ شناور شودو آنچه باقی مانده کانی با ارزش باشد که به این فرایند فلوتاسیون معکوس می‌گویند [۵] (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱: اصول شناور سازی کف [۶]

۳-۱ مدار شناورسازی

شناور سازی یک ماده معدنی معمولاً در چند مرحله صورت می‌گیرد. نخستین مرحله آن به شناور سازی پر عیار کنی اولیه (رافر) معروف است. در بسیاری از مدارها به علت پایین بودن بازیابی، باطله حاصل از مرحله اولیه را یک مرحله دیگر شناور می‌کنند. این مرحله از شناورسازی به رمق‌گیری معروف است. چنانچه محصول پرعیار اولیه (محصول رافر) مشخصات مورد نظر را نداشته باشد مجدداً طی یک یا چند مرحله دیگر شناور می‌شود. به این بخش از عملیات، مرحله پرعیارکنی نهایی (Cleaner) اطلاق می‌شود. در بعضی مواقع جهت دستیابی به خلوص نهایی، ممکن است مرحله پرعیارکنی نهایی چندین بار تکرار گردد. این مرحله به پرعیارکنی نهایی مجدد (Recieaner) معروف است. بطور کلی هدف از مراحل رافر و رمق‌گیر، افزایش بازیابی است. در حالیکه در مدارهای پرعیارکنی نهایی و پرعیارکنی نهایی مجدد، هدف دستیابی به محصولی با عیار زیاد است [۲].