بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکده مهندسی معدن و متالورژی

گروه استخراج

پایان‌نامه

برای دریافت درجه کارشناسی‌ارشد

فرآوری مواد معدنی

ارزیابی عملکرد مدار جدایش واسطه سنگین کارخانه زغال‌شویی پروده طبس

استاد راهنما: دکتر رضا دهقان سیمکانی

استاد مشاور: دکتر علی دهقانی

مشاور صنعتی: مهندس مسعود نوری

پژوهش و نگارش: محسن آقایی میبدی

اسفند ۱۳۹۱

دانشکده مهندسی معدن و متالورژی

گروه استخراج

پایان‌نامه

برای دریافت درجه کارشناسی‌ارشد

فرآوری مواد معدنی

ارزیابی عملکرد مدار جدایش واسطه سنگین کارخانه زغال‌شویی پروده طبس

استاد راهنما: دکتر رضا دهقان سیمکانی

استاد مشاور: دکتر علی دهقانی

مشاور صنعتی: مهندس مسعود نوری

پژوهش و نگارش: محسن آقایی میبدی

اسفند ۱۳۹۱

تعهد

اینجانب محسن آقایی میبدی دانشجوی کارشناسی‌ارشد فرآوری مواد معدنی دانشگاه یزد تعهد می‌نمایم که تمامی مطالب و موضوعات مطرح شده در این پایان‌نامه توسط اینجانب صورت گرفته و مسئولیت صحت آن‌ها را بر عهده می‌گیرم. در ذکر مطالب از منابع و مراجع دیگر، منبع مورد استفاده عیناً در متن و در قسمت منابع و مآخذ آورده شده است. همچنین گواهی می‌نمایم که این پایان‌نامه برای دریافت مدرک دیگر در جای دیگری ارائه نشده است. در تدوین پایان‌نامه چارچوب مصوب دانشکده را به طور کامل رعایت نموده‌ام.

امضاء دانشجو:

تاریخ: ۱۳۹۱/۱۱/۲۳

کلیه حقوق مادی و معنوی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این پایان‌نامه متعلق به دانشگاه یزد است و هرگونه استفاده از نتایج علمی و عملی از این پایان‌نامه برای تولید دانش فنی، ثبت اختراع، ثبت اثر بدیع هنری، همچنین چاپ و تکثیر، نسخه‌برداری، ترجمه و اقتباس و ارائه مقاله در سمینارها و مجلات علمی از این پایان‌نامه منوط به موافقت کتبی دانشگاه یزد است.

دانشکده مهندسی معدن و متالورژی

گروه استخراج

پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد فرآوری مواد معدنی آقای محسن آقایی میبدی

تحت عنوان

ارزیابی عملکرد مدار جدایش واسطه سنگین کارخانه زغال‌شویی پروده طبس

در تاریخ ۱۳۹۱/۱۱/۱۲ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با نمره ____ (_____) و درجه ____ به تصویب نهایی رسید.

• استاد راهنما پایان‌نامه	جناب آقای دکتر رضا دهقان سیمکانی	امضاء
• استاد مشاور پایان‌نامه	جناب آقای دکتر علی دهقانی	امضاء
• مشاور صنعتی پایان‌نامه	جناب آقای مهندس مسعود نوری	امضاء
• استاد داور خارجی پایان‌نامه	جناب آقای دکتر عباس سام	امضاء
• استاد داور داخلی پایان‌نامه	جناب آقای دکتر حجت نادری	امضاء

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم

که وجودشان برایم همه مهر است

تشکر و قدردانی

بر خود لازم می‌دانم از زحمات تمامی کسانی که بنده را در مسیر انجام این پژوهش یاری رسانده‌اند، تشکر و قدردانی نمایم. این پژوهش مرهون زحمات استاد ارجمند، جناب آقای دکتر رضا دهقان سیمکانی و مشاوره‌های ارزشمند جناب آقای دکتر علی دهقانی و جناب آقای مهندس مسعود نوری می‌باشد که در مسیر انجام این مهم، هیچ کوششی را از بنده دریغ ننموده‌اند. اینجانب تمامی نقاط قوت این کار را به آنان تقدیم می‌نمایم.

چکیده

در کارخانه زغال‌شویی پروده طبس با ظرفیت خوراک ۳۰۰ تن در ساعت، مواد در محدوده ابعادی ۵۰+۰/۵- میلی‌متر در سه جداکننده تری فلو (یک دستگاه با قطر ۷۰۰ mm و دو دستگاه با قطر ۵۰۰ mm) شستشو می‌شوند. کارخانه دارای دو نوع خوراک متفاوت است که از معادن مکانیزه و سنتی تامین می‌شوند. در این تحقیق با هدف شناسایی تاثیر پارامترها و بهینه‌سازی عملیات، ابتدا عملکرد تری فلوها تحت شرایط موجود و با نمونه‌های مختلف خوراک بررسی شد و پس از انجام آزمایش‌های شستشوپذیری بر نمونه‌های معرف، رفتار تری فلو بر اساس ویژگی‌های خوراک تفسیر گردید. در تجزیه و تحلیل نتایج تری فلوها از شاخص‌های مختلفی شامل کارایی جدایش، خطای احتمال، ضریب نقص، اندیس مواد با چگالی نزدیک به چگالی جدایش (NGMI)، اندیس شستشوپذیری گویندراجان (GWI) و قرارگیری اشتباه استفاده شد. در ادامه تاثیر دو پارامتر چگالی جدایش و فشار واسطه ورودی در مراحل رافر و کلینر هریک از تری فلوها با طراحی آماری آزمایش‌های صنعتی بررسی گردید و شرایط بهینه تعیین شد. در بخش پایانی تحقیق آزمایش‌های خواص‌سنجی مگنتیت مصرفی انجام شد و عملکرد مدار جداکننده مغناطیسی و هیدروسیکلون بررسی و تحلیل گردید. با توجه به مقادیر شاخص شستشوپذیری بدست آمده، نمونه معادن مکانیزه قابلیت شستشوپذیری پایین‌تری نسبت به نمونه معادن سنتی دارد. در انطباق ویژگی‌های زغال با نتایج تری فلو مشخص شد که این نوع جداکننده حساسیت چندانی به مقدار مواد دارای چگالی نزدیک به چگالی جدایش (NGM) ندارد. مقادیر خطای احتمال تری فلوهای ۷۰۰، ۵۰۰ جنوبی و ۵۰۰ شمالی در شرایط فعلی با نمونه خوراک معادن مکانیزه به ترتیب ۰/۰۶۵ ، ۰/۰۴، ۰/۰۳ به دست آمد که در مقایسه با ارقام طراحی اولیه عملکرد تری فلو ۷۰۰ پایین‌تر از حد انتظار و عملکرد تری فلو ۵۰۰ بهتر از شرایط مورد انتظار می‌باشد. میانگین راندمان تری فلو ۵۰۰ جنوبی حدود ۸٪ بالاتر از ۵۰۰ شمالی به دست آمد که این عملکرد متفاوت دو تری فلو علی‌رغم استفاده از پارامترهای عملیاتی یکسان بر اساس نتایج طراحی آماری آزمایش‌ها تفسیر گردید. در تری فلو ۷۰۰، چگالی واسطه و فشار واسطه مرحله رافر بیشترین تاثیر را بر خاکستر و راندمان داشته است. همچنین مدل‌های آماری مناسبی برای پیش‌بینی راندمان و درصد خاکستر تری فلوها توسعه یافت و اعتبار این مدل‌ها بر اساس نتایج آزمایش‌های اعتبارسنجی تائید گردید. با اعمال تغییرات در چگالی و فشار ورودی واسطه جداکننده تری فلو ۷۰۰ mm بر اساس نتایج بهینه پیشنهاد شده توسط مدل آماری، راندمان آن با حفظ کیفیت محصول حداقل ۴/۵٪ می‌توان افزایش داد. خلوص نمونه مگنتیت مصرفی ۸۹٪ تعیین شد که در مقایسه با نمونه استاندارد (با خلوص حداقل ۹۵٪)، از کیفیت پایین‌تر و دانه‌بندی درشت‌تری برخوردار بود و برخی از مشکلات تنظیم شرایط عملیاتی کارخانه با این موضوع ارتباط دارد.

واژگان کلیدی: جداکننده تری فلو، کارآیی جدایش، غرق و شناورسازی، زغال‌شویی، مگنتیت

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

پیشگفتار ۱

فصل اول: کلیات جدایش واسطه سنگین ۵

۱-۱- تاریخچه ۷

۱-۲- فرآوری مواد به روش واسطه سنگین ۸

۱-۳- جداکننده‌های واسطه سنگین ۹

۱-۴- اصول جدایش در روش واسطه سنگین ۱۱

۱-۵- مشخصات واسطه‌های رایج ۱۲

۱-۶- جداکننده تری فلو ۱۳

۱-۶-۱- مزایای تری فلو ۱۹

۱-۶-۲- نکات برجسته تری فلو ۱۹

۱-۶-۳- مقایسه تری فلو با روش‌های مرسوم ۲۰

۱-۶-۴- تحلیل مدار جدایش واسطه سنگین چند مرحله‌ای ۲۱

۱-۶-۵- بررسی عملکرد مراحل در جدایش واسطه سنگین چند مرحله‌ای ۲۲

۱-۷- عوامل موثر بر عملیات جدایش در تری فلو ۲۵

۱-۷-۱- ایجاد فشار معکوس ۲۵

۱-۷-۲- تأثیر چگالی عملیاتی بر دبی جریان‌های ته‌ریز و سرریز ۲۷

۱-۷-۳- سرعت مماسی جریان ۲۷

۱-۷-۴- شکل گرداب ۲۸

۱-۷-۵- نحوه خوراک‌دهی ۲۸
۱-۷-۶- درصد مواد غوطه‌ور ۲۹
۱-۷-۷- نسبت طول به قطر ۲۹
۱-۷-۸- وضعیت قرار گرفتن لوله خوراک داخل بدنه ۲۹
۱-۸- عوامل مؤثر بر ناحیه جدایش ۲۹
۱-۸-۱- ایجاد فشار معکوس بر دهانه ته‌ریز ۲۹
۱-۸-۲- دهانه سرریز ۳۰
۱-۸-۳- ابعاد سیلندر جداکننده ۳۰
۱-۹- نمونه‌برداری ۳۲
۱-۹-۱- حداقل مقدار نمونه ۳۴
۱-۱۰- ماهیت و رئولوژی واسطه ۳۵
فصل دوم: مروری مختصر بر روش‌های ارزیابی فرآیند جدایش ثقلی ۳۹
۲-۱- مقدمه ۴۱
۲-۲- شستشوپذیری زغال‌سنگ ۴۲
۲-۲-۱- آزمایش غرق و شناورسازی ۴۲
۲-۲-۱-۱- وسایل مورد نیاز ۴۴
۲-۲-۱-۲- آماده‌سازی محیط‌های سنگین ۴۴
۲-۲-۱-۳- روش انجام آزمایش ۴۵
۲-۲-۲- شاخص‌های شستشوپذیری ۴۷
۲-۲-۲-۱- شاخص بازدهی جدایش ۴۷

۲-۲-۲-۲- شاخص شستشوپذیری گویندراجان ۴۷
۲-۲-۲-۳- شاخص مقدار مواد با چگالی نزدیک به چگالی جدایش ۵۱
۲-۳- ارزیابی کارآیی جدایش ۵۲
۲-۳-۱- ضرورت ارزیابی فرآیند جدایش ثقلی ۵۲
۲-۳-۲- روش‌های محاسباتی ۵۲
۲-۳-۲-۱- راندمان و بازیابی ۵۲
۲-۳-۲-۲- روش پیشنهادی موخرجه ۵۳
۲-۳-۲-۳- بازدهی تشکیلاتی ۵۴
۲-۳-۲-۴- شاخص کارآیی جدایش ۵۴
۲-۳-۳- روش‌های ترسیمی و محاسباتی ۵۶
۲-۳-۳-۱- منحنی توزیع ۵۶
۲-۳-۳-۲- اندیس قرارگیری اشتباه ۶۲
فصل سوم: ارزیابی شرایط مدار واسطه سنگین کارخانه و مطالعات شستشوپذیری.....۷۱
۳-۱- کارخانه زغال‌شویی طبس ۷۳
۳-۲- ابعاد جداکننده تری فلو مدار فرآوری واسطه سنگین ۷۴
۳-۳- مدار واسطه سنگین کارخانه زغال‌شویی طبس ۷۷
۳-۳-۱- واحد طبقه‌بندی و آماده‌سازی خوراک ۷۷
۳-۳-۲- فرآوری زغال‌سنگ درشت ۷۹
۳-۳-۳- فرآوری زغال‌سنگ متوسط دانه ۸۵
۳-۴- بررسی وضعیت موجود مدار واسطه سنگین کارخانه زغال‌شویی طبس ۸۸

۳-۴-۱- پایش جداکننده تری فلو ۷۰۰ mm ۸۸
۳-۴-۲- پایش جداکننده تری فلو ۵۰۰ mm ۸۹
۳-۵- بررسی عملکرد مدار واسطه سنگین نسبت به مقادیر طراحی کارخانه ۹۰
۳-۶- تعیین خصوصیات خوراک ورودی و محصولات جداکننده تری فلو ۹۲
۳-۶-۱- تعیین توزیع راندمان، دانه‌بندی و درصد خاکستر بخش تری فلو ۷۰۰ mm ۹۲
۳-۶-۲- تعیین توزیع دانه‌بندی بخش تری فلو ۵۰۰ mm ۹۵
۳-۷- تعیین قابلیت شستشوی خوراک ۹۶
۳-۷-۱- قابلیت شستشوی زغال معدن نگین و معدن‌جو ۹۶
۳-۷-۱-۱- تری فلو ۷۰۰ mm ۹۶
۳-۷-۱-۲- تری فلو ۵۰۰ mm ۹۸
۳-۷-۲- قابلیت شستشوی زغال معدن یک و مرکزی ۱۰۰
۳-۷-۲-۱- تری فلو ۷۰۰ mm ۱۰۰
۳-۷-۲-۲- تری فلو ۵۰۰ mm ۱۰۱
۳-۸- موازنه داخلی جداکننده تری فلو ۷۰۰ mm ۱۰۳
۳-۸-۱- تعیین راندمان تری فلو ۱۰۳
۳-۸-۲- تعیین شاخصی برای کارآیی مراحل دوگانه تری فلو ۱۰۵
۳-۸-۲-۱- شاخص کارآیی مرحله اول تری فلو (E_1) ۱۰۵
۳-۸-۲-۲- تعیین شاخص کارآیی مرحله دوم تری فلو (E_2) ۱۰۶
۳-۸-۲-۳- موارد استفاده شاخص‌های E_1 و E_2 ..... ۱۰۶
۳-۹- تعیین راندمان و کارآیی مراحل دوگانه تری فلو ۱۰۸

۳-۱۰- پارامترهای کارآیی منحنی توزیع در جداکننده تری فلو ۱۱۰
۳-۱۰-۱- مقادیر خطای احتمال طراحی ۱۱۰
۳-۱۰-۲- منحنی توزیع زغال معدن یک و مرکزی ۱۱۱
۳-۱۰-۲-۱- تری فلو ۷۰۰ mm ۱۱۱
۳-۱۰-۲-۲- تری فلو ۵۰۰ mm ۱۱۳
۳-۱۰-۳- منحنی توزیع زغال معدن نگین و معدن‌جو ۱۱۵
۳-۱۰-۳-۱- تری فلو ۷۰۰ mm ۱۱۵
۳-۱۰-۳-۲- تری فلو ۵۰۰ mm ۱۱۶
۳-۱۱- شاخص‌های شستشوپذیری ۱۱۸
۳-۱۱-۱- شاخص کارآیی جدایش شستشوپذیری ۱۱۹
۳-۱۱-۲- شاخص گویندراجان ۱۲۱
۳-۱۱-۳- شاخص مواد نزدیک به چگالی جدایش ۱۲۳
۳-۱۱-۳-۱- تری فلو ۷۰۰ mm ۱۲۳
۳-۱۱-۳-۲- تری فلو ۵۰۰ mm ۱۲۷
۳-۱۲- ارزیابی عملکرد جداکننده‌های تری فلو ۱۳۰
۳-۱۲-۱- شاخص کارآیی موخراجه ۱۳۰
۳-۱۲-۲- شاخص قرارگیری اشتباه ذرات ۱۳۲
فصل چهارم: بهینه‌سازی پارامترهای عملیاتی تری فلو با استفاده از طراحی آماری ...۱۳۵
۴-۱- مقدمه ۱۳۷
۴-۲- طراحی آزمایش‌ها ۱۳۷

۴-۳- روش فاکتوریل کامل ۱۳۸
۴-۴- طراحی آزمایش برای بررسی پارامترهای موثر بر عملکرد تری فلو ۱۳۹
۴-۵- انجام آزمایش‌ها و ارائه نتایج ۱۴۰
۴-۵-۱- روش انجام آزمایش‌ها ۱۴۰
۴-۵-۲- بررسی پارامترهای موثر بر عملکرد تری فلو ۱۴۴
۴-۵-۲-۱- پارامتر چگالی جدایش بر عملکرد تری فلو ۵۰۰ mm ۱۴۵
۴-۵-۲-۲- پارامتر چگالی جدایش بر عملکرد تری فلو ۷۰۰ mm ۱۴۷
۴-۵-۲-۳- پارامتر فشار واسطه ورودی بر عملکرد تری فلو ۵۰۰ mm ۱۵۳
۴-۵-۲-۴- پارامتر فشار واسطه ورودی بر عملکرد تری فلو ۷۰۰ mm ۱۶۴
۴-۶- آزمایش‌های تایید ۱۶۹
۴-۶-۱- تری فلو ۷۰۰ mm ۱۶۹
۴-۶-۲- تری فلو ۵۰۰ mm ۱۷۰
فصل پنجم: خواص‌سنجی مگنتیت وارزیابی جداکننده مغناطیسی و هیدروسیکلون . ۱۷۲
۵-۱- مقدمه ۱۷۴
۵-۲- بازیابی، کنترل و گردش مگنتیت ۱۷۴
۵-۳- هدرروی مگنتیت ۱۷۶
۵-۴- مشخصات مگنتیت واسطه سنگین ۱۷۷
۵-۵- روش‌های مورد استفاده در تعیین خصوصیات فیزیکی مگنتیت ۱۸۱
۵-۵-۱- ابعاد ذره ۱۸۱
۵-۵-۲- آنالیز مقدار مگنتیت ۱۸۳

۵-۵-۳- اندازه‌گیری چگالی ۱۸۴
۵-۶- جداکننده مغناطیس استوانه‌ای واسطه سنگین، عملیات و کارآیی ۱۸۴
۵-۶-۲- پارامترهای جداکننده مغناطیسی استوانه‌ای تر ۱۸۵
۵-۶-۲-۱- فاکتورهای خوراک موثر بر کارآیی استوانه ۱۸۶
۵-۶-۳- مقدار هدررری واسطه توسط جداکننده مغناطیسی ۱۸۸
۵-۶-۴- معیارهای عملکرد جداکننده مغناطیسی ۱۸۹
۵-۷- بررسی خصوصیات مگنتیت مصرفی در کارخانه زغال‌شویی پروده طبس ۱۹۰
۵-۸- بررسی عملکرد جداکننده‌های مغناطیسی ۱۹۲
۵-۹- بررسی هیدروسیکلون‌های موجود در مدار واسطه سنگین ۱۹۴
فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۲۰۲
۵-۱- نتیجه‌گیری ۲۰۴
۵-۲- پیشنهادها ۲۰۹
پیوست ۲۱۱
منابع و مآخذ ۲۲۳

فهرست جداول

عنوان ..... صفحه

جدول ۱- ۱- درصد خاکستر در آزمایش‌های شستشوی مجدد باطله‌های زغال سنگ ۱۵

جدول ۱- ۲- لیست کارخانه‌های فرآوری مواد معدنی دارای جداکننده تری فلو ۱۶

جدول ۱- ۳- وزن نمونه لازم جهت آنالیز غرق و شناورسازی در چهار تا شش محیط سنگین ۳۵

جدول ۲- ۱- درجه سختی جدایش بر اساس طبقه‌بندی برد ۵۱

جدول ۲- ۲- برخی از روابط مربوط به کارایی جدایش ۵۵

جدول ۲- ۳- ارزیابی جدایش زغال‌سنگ به کمک محلول‌های سنگین ۶۰

جدول ۲- ۴- آنالیز غرق و شناورسازی یک نمونه زغال‌سنگ ۶۳

جدول ۲- ۵- آنالیز غرق و شناورسازی زغال تمیز ۶۵

جدول ۳- ۱- راندمان طراحی مدار واسطه سنگین و کارخانه با خوراک خاکستر بالا ۹۱

جدول ۳- ۲- محاسبه راندمان و کارآیی جدایش برای مراحل دوگانه تری فلو ۱۰۹

جدول ۳- ۳- مقادیر خطای احتمالی تضمینی ۱۱۱

جدول ۳- ۴- معیارهای عملیاتی هر سه جداکننده تری فلو ۱۳۴

جدول ۴- ۱- آزمایش‌های بررسی تاثیر چگالی واسطه بر تری فلو ۵۰۰mm (شمالی و جنوبی) ۱۴۲

جدول ۴- ۲- آزمایش‌های بررسی تاثیر چگالی واسطه بر عملکرد تری فلو ۷۰۰ mm ۱۴۲

جدول ۴- ۳- آزمایش‌های بررسی تاثیر پارامتر فشار ورودی واسطه بر عملکرد تری فلو ۵۰۰ mm ۱۴۳

جدول ۴- ۴- آزمایش‌های بررسی تاثیر پارامتر فشار ورودی واسطه بر عملکرد تری فلو ۷۰۰ mm ۱۴۴

جدول ۴- ۵- نتایج آزمایش‌های چگالی جدایش در تری فلو ۵۰۰ میلی‌متری شمالی ۱۴۵

جدول ۴- ۶- نتایج آزمایش‌های چگالی جدایش در تری فلو ۵۰۰ میلی‌متری جنوبی ۱۴۶

جدول ۴- ۷- نتایج آزمایش‌های بررسی تاثیر چگالی واسطه در تری فلو ۷۰۰ میلی‌متری ۱۴۸

جدول ۴- ۸- آنالیز واریانس خاکستر در آزمایش‌های تاثیر چگالی جدایش در تری فلو ۷۰۰ mm ۱۵۱

جدول ۴- ۹- آنالیز واریانس راندمان عملیات در آزمایش‌های تاثیر چگالی در تری فلو ۷۰۰ mm ۱۵۲

جدول ۴- ۱۰- نتایج حاصل از آزمایش‌های فشار واسطه ورودی در تری فلو mm ۵۰۰ شمالی ۱۵۴
جدول ۴- ۱۱- آنالیز واریانس خاکستر در آزمایش‌های تاثیر فشار واسطه تری فلو mm ۵۰۰ شمالی... ۱۵۷
جدول ۴- ۱۲- آنالیز واریانس راندمان در آزمایش‌های تاثیر فشار واسطه تری فلو mm ۵۰۰ شمالی.... ۱۵۸
جدول ۴- ۱۳- نتایج حاصل از آزمایش‌های فشار واسطه ورودی در تری فلو mm ۵۰۰ جنوبی ۱۶۰
جدول ۴- ۱۴- آنالیز واریانس خاکستر در آزمایش‌های تاثیر فشار واسطه تری فلو mm ۵۰۰ جنوبی... ۱۶۱
جدول ۴- ۱۵- آنالیز واریانس راندمان در آزمایش‌های تاثیر فشار واسطه تری فلو mm ۵۰۰ جنوبی.... ۱۶۳
جدول ۴- ۱۶- نتایج حاصل از آزمایش‌های فشار واسطه ورودی در تری فلو mm ۷۰۰..... ۱۶۴
جدول ۴- ۱۷- آنالیز واریانس خاکستر در آزمایش‌های تاثیر فشار واسطه در تری فلو mm ۷۰۰ ..... ۱۶۷
جدول ۴- ۱۸- آنالیز واریانس راندمان در آزمایش‌های تاثیر فشار واسطه در تری فلو mm ۷۰۰ ..... ۱۶۸
جدول ۵- ۱- معیارهای عملکرد جداکننده مغناطیسی (جداکننده تری فلو mm ۷۰۰) ۱۹۳
جدول ۵- ۲- معیارهای عملکرد جداکننده مغناطیسی (جداکننده‌های تری فلو mm ۵۰۰)..... ۱۹۳
جدول ۵- ۳- تعیین ضریب توزیع هیدروسیکلون ۱۹۵
جدول ۵- ۴- تعیین ضریب توزیع هیدروسیکلون بخش درشت‌دانه (تری فلو mm ۷۰۰)..... ۱۹۶
جدول ۵- ۵- تعیین ضریب توزیع هیدروسیکلون بخش متوسط‌دانه (تری فلو mm ۵۰۰) ۱۹۷

فهرست اشکال

عنوان ..... صفحه

شکل ۱- ۱- شماتیکی از جداکننده تری فلو ۱۴

شکل ۱- ۲- دو جریان مارپیچی موجود در داخل تری فلو ۱۸

شکل ۱- ۳- طرح شماتیک بعضی از مدارهای چند مرحله‌ای ۲۲

شکل ۱- ۴- منحنی‌های توزیع برای جداکننده تری فلو بدون داینافید ۲۳

شکل ۱- ۵- نمایی از داینافید ۲۴

شکل ۱- ۶- منحنی‌های توزیع برای جداکننده تری فلو با داینافید ۲۴

شکل ۱- ۷- حلقه‌های استوانه‌ای کاشی شده و میله‌های انداخت و برداشت ۲۵

شکل ۱- ۸- ایجاد فشار معکوس در تری فلو ۲۶

شکل ۱- ۹- طرح شماتیکی از دو جعبه تخلیه جداکننده تری فلو و ارتفاع ستون فشار معکوس ۲۶

شکل ۱- ۱۰- نمونه‌گیری از خوراک تری فلو ۷۰۰ میلی‌متری ۳۳

شکل ۱- ۱۱- نمونه‌گیری از خوراک تری فلو ۵۰۰ میلی‌متری ۳۳

شکل ۱- ۱۲- نمونه‌گیری از محصولات تری فلو ۷۰۰ و ۵۰۰ میلی‌متری ۳۳

شکل ۱- ۱۳- تأثیر جرم مخصوص واسطه در گرانروی ظاهری و نرخ ته‌نشینی ظاهری ذرات ۳۶

شکل ۲- ۱- تجهیزات مستطیلی مناسب غرق و شناورسازی برای فراکسیون درشت زغال ۴۳

شکل ۲- ۲- تجهیزات استوانه‌ای مناسب غرق و شناورسازی برای فراکسیون درشت زغال ۴۳

شکل ۲- ۳- آزمایش غرق و شناورسازی با محلول واسطه سنگین ۴۶

شکل ۲- ۴- منحنی‌های بازیابی برای سهم تری فلو ۷۰۰ میلی‌متری معدن اصلی ۴۸

شکل ۲- ۵- منحنی ترومپ ایده‌آل و غیر ایده‌آل ۵۷

شکل ۲- ۶- منحنی‌های بازیابی برای یک نمونه زغال‌سنگ ۶۴

شکل ۲- ۷- منحنی‌های بازیابی برای زغال‌سنگ تمیز ۶۶

شکل ۲- ۸- منحنی توزیع رسم شده روی کاغذ نمودار خطی و شبکه احتمالی ۶۸

شکل ۳- ۱- فلوشیت فرآوری کارخانه زغال‌شویی طبس ۷۴
شکل ۳- ۲- طرح کلی جداکننده تری فلو ۵۰۰ میلی‌متری ۷۵
شکل ۳- ۳- طرح کلی جداکننده تری فلو ۷۰۰ میلی‌متری ۷۶
شکل ۳- ۴- مدار واحد طبقه‌بندی کارخانه زغال‌شویی طبس ۷۸
شکل ۳- ۵- نمایی از واحد آماده‌سازی خوراک کارخانه زغال‌شویی طبس ۷۹
شکل ۳- ۶- مدار بخش دانه درشت زغال‌سنگ کارخانه زغال‌شویی طبس ۸۰
شکل ۳- ۷- مدار تنظیم واسطه بخش درشت دانه کارخانه زغال‌شویی طبس ۸۴
شکل ۳- ۸- مدار بخش زغال‌سنگ متوسط دانه کارخانه زغال‌شویی طبس ۸۶
شکل ۳- ۹- مدار تنظیم واسطه بخش زغال‌سنگ متوسط دانه کارخانه زغال‌شویی طبس ۸۷
شکل ۳- ۱۰- جریان‌های اصلی تری فلو ۷۰۰ mm ۱۰۴
شکل ۳- ۱۱- نمایش مکان هندسی زوج مرتب‌های (E1, E2) ۱۰۷
شکل ۴- ۱- شماتیک طرح 3^2 ..... ۱۳۹
شکل ۴- ۲- پارامترهای موثر بر کارآیی واسطه سنگین ۱۴۰
شکل ۴- ۳- تاثیر چگالی واسطه در تری فلو ۵۰۰ mm شمالی بر راندمان و درصد خاکستر ۱۴۶
شکل ۴- ۴- نمودار راندمان- خاکستر در برابر چگالی جدایش برای تری فلو ۵۰۰ mm جنوبی ۱۴۷
شکل ۴- ۵- تاثیر چگالی واسطه مراحل رافر و کلینر بر خاکستر در تری فلو ۷۰۰ میلی‌متری ۱۴۸
شکل ۴- ۶- تاثیر چگالی واسطه مراحل رافر و کلینر بر راندمان در تری فلو ۷۰۰ میلی‌متری ۱۴۹
شکل ۴- ۷- تاثیر چگالی واسطه مراحل رافر و کلینر بر درصد خاکستر در تری فلو ۷۰۰ mm ۱۵۰
شکل ۴- ۸- تاثیر چگالی واسطه مراحل رافر و کلینر بر راندمان در تری فلو ۷۰۰ mm ۱۵۰
شکل ۴- ۹- پیش بینی تاثیر چگالی واسطه مراحل رافر و کلینر بر درصد خاکستر تری فلو ۷۰۰ mm ۱۵۲
شکل ۴- ۱۰- پیش بینی تاثیر چگالی واسطه مراحل رافر و کلینر بر راندمان تری فلو ۷۰۰ mm ۱۵۳
شکل ۴- ۱۱- تاثیر فشار واسطه مراحل رافر و کلینر بر خاکستر در تری فلو ۵۰۰ mm شمالی ۱۵۴
شکل ۴- ۱۲- تاثیر فشار واسطه مراحل رافر و کلینر بر راندمان در تری فلو ۵۰۰ mm شمالی ۱۵۵