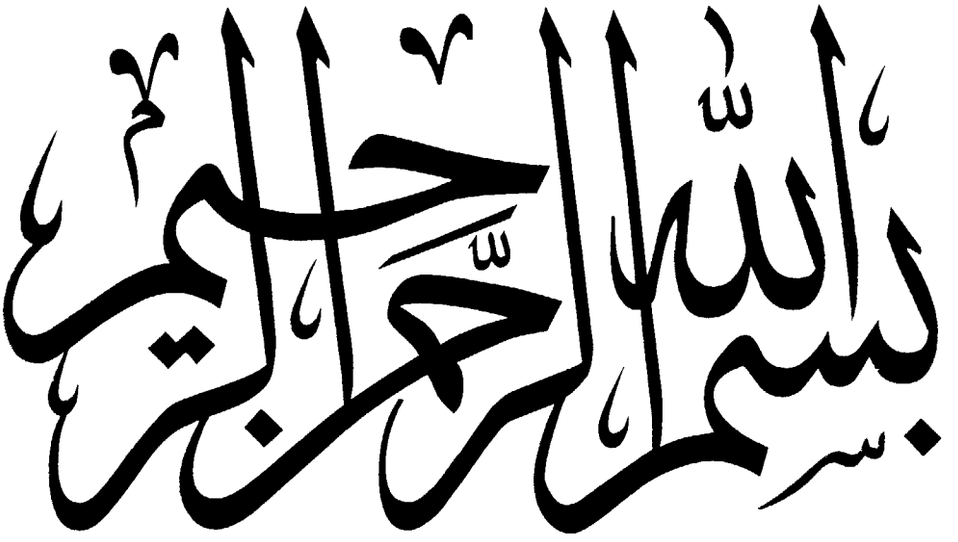


٤٩٠٦١

۱۳۸۲ /۵/ ۳۰
۱۳۸۲ /۵/ ۳۰
مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تهیه مدارک

دانشگاه شهید باهنر کرمان
**دانشکده فنی و مهندسی**
**بخش مهندسی معدن**

پایان نامه برای تکمیل دوره کارشناسی ارشد مهندسی معدن

*گرایش فرآوری مواد معدنی*

**عنوان پایان نامه:**

# افزایش کارایی مدار فلوتاسیون کارخانه زغالشویی زرند

**نگارش: محمود اسکندری سیاه کوهی**

**اساتید راهنما: دکتر صمد بنیسی، دکتر عباس سام**

**مشاور صنعتی: مهندس عباس کاشیگر**

**آبان ۱۳۸۱**



۴۹۰۶۱

دانشگاه شهید باهنر کرمان
دانشکده فنی

جمهوری اسلامی ایران

بسمه تعالی

شماره .....
تاریخ .....
پیوست .....

به نام خدا

**این پایان نامه**

به عنوان یکی از شرایط احراز درجه کارشناسی ارشد

به

بخش مهندسی معدن دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره

مربوطه شناخته نمی شود.

**نام و نام خانوادگی:** بهرام رضایی

دانشجو: محمود اسکندری

**امضا:**

**استادان راهنما:**

دکتر صمد بنیسی

دکتر عباس سلام

**داور ۱: دکتر بهرام رضایی**

**داور ۲: دکتر حسن حاج امین شیرازی**

حق چاپ محفوظ و مخصوص مولف است.

دانشگاه شهید باهنر
کرمان
تحصیلات تکمیلی

# تقدیم به پیشگامان سازندگی



مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تهیه مدارک

## تقدیرنامه

بدینوسیله از آقایان دکتر صمد بنیسی و دکتر عباس سام به خاطر راهنمایی های ارزنده ایشان و از جناب آقای مهندس عباس کاشیگر، مدیریت محترم عامل شرکت زغالسنگ کرمان به خاطر توصیه های ارزشمندشان تشکر می شود. از آقای مهندس حسین ستاریان، مدیر مرکز تحقیق و توسعه به خاطر پشتیبانی از این پروژه و آقای مهندس مهدی یوسف الهی به خاطر هماهنگی لازم در تدارکات کار و از تمامی پرسنل کارخانه زغالشویی زرند، خصوصاً ریاست محترم کارخانه، کارکنان محترم بخش فلوتاسیون و تکنولوژی که برای اعمال نتایج حاصله حداکثر تلاش ممکن را انجام دادند، قدردانی می شود. همکاری تیم فرآوری مرکز تحقیق و توسعه قابل تقدیر است. در آخر از همه عزیزانی که به نحوی در انجام این پروژه سهیم بوده اند، تشکر و قدردانی بعمل می آید.

# چکیده

مهمترین گام در بهبود عملکرد هر فرآیند، ارزیابی کارایی فعلی آن می باشد. روش ارزیابی کارایی فرآیند فلوتاسیون، تعیین کارایی آن در حالت عملیاتی و مقایسه با یک حالت استاندارد می باشد. شاخص های قابلیت شستشو که قابلیت پرعیار شوندگی زغالسنگ را نشان می دهند، به عنوان استانداردی جهت ارزیابی کارایی فرآیند مورد استفاده قرار می گیرند.

با نمونه گیری ازخوراک، کنسانتره و باطله تمامی ردیف ها و سپس با انجام آزمایش رهایی بر روی نمونه های معرف تهیه شده از خوراک فلوتاسیون، به ترتیب کارایی عملیات فلوتاسیون صنعتی و ایده‌آل بصورت منحنی های راندمان وکارایی جدایش برحسب نسبت غنی شوندگی تعیین و با هم مقایسه شد. نتایج نشان از پایین بودن راندمان عملیاتی در حدود ۱۰تا۵۰ درصد نسبت به حالت ایده‌آل برای مدار های مختلف بود. بطور متوسط راندمان کل مدار ۳۶ درصد بدست آمد. به همین دلیل ضمن بررسی پارامترهای مهم موثر بر فلوتاسیون مشخص شد که درصد جامد بار ورودی بطور نسبی ٤٠ ٪ کمتر و زمان ماند ۳۰ ٪ بیشتر از مقادیر پیش بینی شده در طرح اولیه است که دارای نوسان شدیدی نیز می باشند. بررسی مواد شیمیایی مصرفی درکارخانه نشان داد میزان مصرف کلکتور (نفت سفید) و کف ساز (روغن کاج) به ترتیب ۵۰درصد و ۱۰ درصد مقادیر بهینه می باشند. بررسی کارایی مدار برای بخش های مختلف ابعادی نشان داد کارایی مدار برای بخش ۱۵۰ تا ۳۰۰ میکرون دارای بیشترین مقدار و برای بخش بزرگتر از ۵۰۰ میکرون بسیار پایین است و مشخص گردید که کارایی بخش پرعیارکنی اولیه بسیار پایین تر از بخش پرعیارکنی ثانویه است.

کم بودن مقدار مواد شیمیایی مصرفی عامل اصلی کارایی پایین مدار فلوتاسیون تشخیص داده شد و بر همین مبنا یک سری آزمایشهای صنعتی بهینه سازی مواد شیمیایی مصرفی انجام شد. در نتیجه افزایش مواد شیمیایی راندمان مدار فلوتاسیون به اندازه ۱۵ درصد افزایش یافت و با اعمال تغییرات فوق راندمان کل کارخانه به میزان ۵ درصد افزایش یافت.با توجه به هزینه بالای کلکتور قبلی (نفت سفید ) یک سری آزمایش بهینه سازی صنعتی در جهت استفاده از گازوئیل به جای نفت سفید انجام شد. مشخص شد کارایی مدار در حالتی که گازوئیل در نقطه بهینه خود که حدود ۱ کیلوگرم بر تن بیشتر از نقطه بهینه نفت می باشد، استفاده شود با کارایی نفت تقریباً مشابه است. به دلیل ارزان بودن گازوئیل و راحتی تهیه آن، گازوئیل جایگزین نفت گردید.

طراحی و تغییر مدارها با هدف دستیابی به بیشترین راندمان و محصول با کیفیت مطلوب از نظر مشتری و کاهش هزینه های عملیاتی از مهمترین اهداف مهندسین فرآیند است. مدار فلوتاسیون کارخانه زغالشویی زرند از دو خط با ٤ ردیف و هر ردیف با دوبخش شامل یک بخش پرعیارکنی اولیه (رافر) با ۶ سلول و یک بخش پرعیارکنی ثانویه (کلینر) با ٤ سلول تشکیل شده است. با انجام تغییراتی در طرح مدار، مدار از حالت رافر- کلینر به حالت رافر - کلینر- رمق گیر تبدیل شد. طرح جدید از دو خط با ٤ ردیف در هر خط که هر ردیف شامل یک بخش رافر با سه سلول و یک بخش رمق گیر با ۳ سلول و فقط یک بخش کلینر رمق گیر برای کل ردیف ها است، تشکیل شده است. انجام این طرح منجر به افزایش ۲/۵ درصدی راندمان فلوتاسیون و کاهش شدید هزینه ها به دلیل خارج شدن ۳۰٪ سلول ها از مدار شد . مرحله دوم تغییر طرح مدار شامل رمق گیری مجدد از باطله رافر می باشد که با انجام این مدار به حالت رافر -رمق گیر ۱- کلینر رمق گیر۱- رمق گیر ۲ تبدیل شد و به مدار قبلی در هر خط یک ردیف ٤ سلولی اضافه شد. انجام این طرح منجر به افزایش ۵ تا ۱۰درصدی راندمان فلوتاسیون شد . در مجموع در نتیجه انجام این پروژه درآمد کارخانه زغالشویی زرند به میزان ٤۲۰ میلیون تومان در هر ماه افزایش یافت و هزینه های واحد فلوتاسیون نیز به میزان ۲۵ میلیون تومان در هر ماه کاهش یافت.

# فهرست مطالب

**فصل اول: مقدمه**


۱-۱-تاریخچه ..... ۲
۱-۲-مدار فلوتاسیون کارخانه زغالشویی زرند ..... ۳
۱-۳- مشخصات کلی ماشین های فلوتاسیون کارخانه زغالشویی زرند ..... ۵
۱-٤- اصول فلوتاسیون زغال ..... ۵
۱-۵-عوامل موثر بر فلوتاسیون زغال ..... ۸
۱-۵-۱- پارامترهای شیمیایی ..... ۸
۱-۵-۱-۱- کلکتور ..... ۸
۱-۵-۱-۲- کف ساز ..... ۹
۱-۵-۱-۳- بازدارنده ها، تنظیم کننده های pH ، متفرق کننده ها و فعال کننده ها ..... ۹
۱ -۵-۲- پارامتر های عملیاتی ..... ۱۰
۱-۵-۲-۱- دبی خوراک ورودی ..... ۱۱
۱-۵-۲-۲- درصد جامد پالپ ورودی ..... ۱۱
۱-۵-۲-۳- دانه بندی خوراک ورودی ..... ۱۱
۱-۵-۳- اجزاء دستگاهی ..... ۱۲
۱-۵-۳-۱- مخلوط شدن ..... ۱۲
۱-۵-۳-۲- دبی هوا ..... ۱۳
۱-۵-٤- سینتیک فلوتاسیون ..... ۱۳
۱-۵-۵- زمان ماند ذرات در فلوتاسیون ..... ۱۶
۱-۶- ارزیابی کارایی مدارهای فلوتاسیون ..... ۱۹
۱-۶-۱- قابلیت شستشوی زغالسنگ ..... ۲۰
۱-۶-۲- شاخص‌های قابلیت شستشو ..... ۲۱
۱-۶-۲-۱- شاخص کارایی جدایش ( SE) ..... ۲۲
۱-۶-۲-۲- منحنی های راندمان- بازیابی ..... ۲۲
۱-۶-۲-۳- شاخص کارایی جدایش (TE ) ..... ۲۳
۱-۶-۲-٤- شاخص قابلیت شستشوی GOVINDARAJAN ..... ۲٤
۱-۷- مدارهای فلوتاسیون ..... ۲۶
۱-۷-۱- اصول طراحی مدارهای فلوتاسیون زغال ..... ۲۶
۱-۷-۲-انواع مدارهای فلوتاسیون زغال ..... ۲۷
۱-۸- اصول بهینه سازی مدار های فلوتاسیون زغال ..... ۳۱

***فصل دوم: مروری بر تحقیقات گذشته***


۲-۱ مروری بر تحقیقات گذشته ..... ۳٤


***فصل سوم: روش تحقیق***


۳-۱- آشنایی ..... ۳۶
۳-۲- ارزیابی کارایی مدار فلوتاسیون ..... ۳۶
۳-۲-۱- تعیین قابلیت شستشوی خوراک ..... ۳۶
۳-۲-۱-۱- تهیه خوراک معرف فلوتاسیون جهت انجام آنالیز رهایی ..... ۳۶
۳-۲-۱-۲- آنالیز رهایی ..... ۳۷
۳-۲-۲- تعیین کارایی عملیاتی مدارها ..... ۳۹
۳-۲-۲-۱- تعیین کارایی عملیاتی مدارها با استفاده از مدل کارایی جدایش ..... ۳۹
۳-۲-۲-۲- ارزیابی کارایی مدار فلوتاسیون کارخانه با استفاده از مدل های سینتیکی ..... ٤۰
۳-۳- بررسی پارمترهای موثر بر فلوتاسیون ..... ٤۲
۳-۳-۱- بررسی و بهبود درصد جامد بار ورودی ..... ٤۲
۳-۳-۲- بررسی کارایی عملیات فلوتاسیون برای بخش های مختلف ابعادی ..... ٤۳
۳-۳-۳- بررسی و بهبود مواد شیمیایی مصرفی ..... ٤۳
۳-۳-۳-۱- بررسی مواد شیمیایی مصرفی ..... ٤۳
۳-۳-۳-۲- بهبود مدار فلوتاسیون ..... ٤٤
۳-۳-۳-۳- بررسی استفاده از گازوئیل به جای نفت در مدار فلوتاسیون ..... ٤۶
۳-٤- تغییر طرح مدار فلوتاسیون کارخانه زغالشویی زرند ..... ٤۷
۳-٤-۱- تغییر طرح مدار از رافر- کلینر به رافر - رمق گیر- کلینر رمق گیر ..... ٤۷
۳-٤-۱-۱- بررسی امکان تغییر طرح مدار ..... ٤۸
۳-٤-۱-۲- بررسی عملی تغییر طرح مدار ..... ٤۹
۳-٤-۱-۳- طراحی مجدد مدار ..... ٤۹
۳-٤-۱-٤- اجرای طرح فوق در مدار فلوتاسیون کارخانه زغالشویی زرند ..... ٤۹
۳-٤-۲- رمق گیر مجدد از باطله بخش پرعیارکنی اولیه ..... ۵۰


***فصل چهارم: ارایه یافته ها و تحلیل نتایج***


٤-۱- ارزیابی کارایی مدار ..... ۵۲
٤-۱-۱- مقایسه کارایی عملیات صنعتی با ایده‌آل ..... ۵۳
٤-۱-۲- ارزیابی سینتیکی کارایی مدار ..... ۵٤
٤-۲- بررسی پارامترهای مهم موثر بر فلوتاسیون ..... ۵۵
٤-۲-۱- بررسی درصد جامد ..... ۵۵
٤-۲-۱-۱- بررسی و بهبود درصد جامد بار ورودی ..... ۵۵
٤-۲-۱-۲- بررسی و بهبود درصد جامد بخش های مختلف مدار ..... ۵۷

٤-٢-٢- بررسی زمان ماند مواد در سلول های فلوتاسیون ..... ٥٨
٤-٢-٣- بررسی کارایی عملیات فلوتاسیون برای بخش های مختلف ابعادی ..... ٦٠
٤-٢-٣-١- بررسی کارایی کل مدار ..... ٦١
٤-٢-٣-٢- بررسی کارایی بخش های مختلف مدار ..... ٦٢
٤-٣- بررسی و بهبود مواد شیمیایی مصرفی ..... ٦٤
٤-٣-١- بررسی مواد شیمیایی مصرفی ..... ٦٤
٤-٣-٢- بهبود کارایی مدار فلوتاسیون ..... ٦٤
٤-٣-٢-١- آزمایش های بهینه سازی تک پارامتری ..... ٦٥
٤-٣-٢-٢- آزمایش های بهینه سازی چند پارامتری ..... ٦٧
٤-٣-٣- بررسی تأثیر افزایش مواد شیمیایی بر راندمان کارخانه ..... ٧٠
٤-٣-٤- جایگزینی کلکتور گازوئیل به جای نفت سفید درکارخانه ..... ٧٢
٤-٣-٥- مقدار بهینه مواد شیمیایی در بخش فلوتاسیون کارخانه ..... ٧٣
٤-٤- تغییر طرح مدار فلوتاسیون کارخانه زغالشویی زرند ..... ٧٣
٤-٤-١- تغییر طرح مدار از رافر- کلینر به رافر - رمق گیر- کلینر رمق گیر ..... ٧٤
٤-٤-١-١- بررسی امکان تغییر طرح مدار ..... ٧٤
٤-٤-١-٢- بررسی عملی تغییر طرح مدار ..... ٧٥
٤-٤-١-٣- طراحی مجدد مدار ..... ٧٥
٤-٤-١-٤- اجرای طرح فوق در مدار فلوتاسیون کارخانه زغالشویی زرند ..... ٧٧
٤-٤-١-٥ - تأثیر اقتصادی تغییر طرح مدار ..... ٧٧
٤-٤-٢- رمق گیر مجدد از باطله بخش پرعیارکنی اولیه ..... ٧٨
٤-٥-تاثیر اقتصادی انجام ای پروژه بر کارخانه زغالشویی زرند ..... ٧٩

***فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات***

نتیجه گیری ..... ٨١
پیشنهادها ..... ٨٣
**منابع** ..... ٨٤

***پیوست***

**پیوست١** ..... ٨٦
کارایی مدار فلوتاسیون قبل و بعد از بهینه سازی مدار ..... ٨٧
کارایی مدار فلوتاسیون بعد از جایگزینی گازوئیل به جای نفت ..... ١٠٠
**پیوست٢** ..... ١٠٤
کارایی مدار فلوتاسیون برای بخش های مختلف ابعادی ..... ١٠٥

**پیوست۳** ..... ۱۰۸
ارائه روش میانبر برای محاسبه راندمان در مدار فلوتاسیون ..... ۱۰۹
**پیوست٤** ..... ۱۱٤
نتایج تغییر طرح مدار از حالت رافر کلینر به رافر-رمق گیر-کلینر رمق گیر ..... ۱۱۵
**پیوست۵** ..... ۱۱۸
نتایج تغییر طرح مدار به حالت رافر-رمق گیر۱-کلینر رمق گیر۱-رمق گیر۲ ..... ۱۱۹

# فهرست شکل ها


شکل۱-۱-مدار فلوتاسیون کارخانه زغالشویی زرند ..... ٤
شکل۱-۲- مقطع عرضی سلول فلوتاسیون مورد استفاده در کارخانه زغالشویی زرند ..... ٥
شکل۱-۳- تغییرات زاویه تماس نسبت به درصد کربن موجود در زغال ..... ۷
شکل۱-٤- پارامترهای موثر بر فلوتاسیون ..... ۸
شکل۱-٥- تغییرات pH روی بازیابی زغال ..... ۱۰
شکل۱-۶- تاثیر ابعاد ذرات بر سرعت فلوتاسیون زغال ..... ۱۲
شکل۱-۷- مناطق هیدرودینامیکی داخل سلول فلوتاسیون ..... ۱۳
شکل۱-۸- رابطه بین فاکتور کف و عمق کف ..... ۱٥
شکل۱-۹- تاثیر فاکتور کف بر منحنی سینتیک ..... ۱۶
شکل۱-۱۰- تغییرات غلظت ردیاب در خروجی رآکتور با جریان پیستونی ..... ۱۷
شکل۱-۱۱- تغییرات غلظت ماده ردیاب در خروجی رآکتورهای با جریان کاملا مخلوط ..... ۱۸
شکل۱-۱۲- دو ترکیب متداول از الگوهای ایده‌آل برای مدلسازی رآکتورهای واقعی ..... ۱۸
شکل۱-۱۳- تاثیر دنباله روی هیدرولیکی بر کیفیت کنسانتره ..... ۲۱
شکل۱-۱٤- منحنی بازیابی بر حسب راندمان جهت تعیین کارایی جدایش ..... ۲۳
شکل۱-۱٥- منحنی بازیابی بر حسب راندمان و شاخصGWI برای خوراک فلوتاسیون ..... ۲٥
شکل۱-۱۶- مدار فلوتاسیون با آماده سازی مجزا ..... ۲۷
شکل۱-۱۷- مدار فلوتاسیون با شرایط آماده سازی مجزا برای هر دو بخش ..... ۲۸
شکل۱-۱۸- مدار فلوتاسیون با فرآوری خوراک به صورت مجزا ..... ۲۸
شکل۱-۱۹- مدار فلوتاسیون رافر- کلینر ..... ۲۹
شکل۱-۲۰- مدار فلوتاسیون رافر- رمق گیر ..... ۲۹
شکل ۱-۲۱-مدار فلوتاسیون رافر- هیدروسیکلون- رمق گیر ..... ۳۰
شکل ۱-۲۲- مدار فلوتاسیون رافر- رمق گیر-کلینر رمق گیر ..... ۳۱
شکل۳-۱- مراحل اجرای آزمایش رهایی ..... ۳۹
شکل۳-۲- مدار فلوتاسیون زغالسنگ کارخانه زغالشویی زرند ..... ۳۹
شکل ۳-۳- تغییر طرح مدار فلوتاسیون از حالت رافر - کلینر قبلی (i) به حالت رافر- رمق گیر- کلینر رمق گیر(ii) فعلی ..... ٤۸
شکل ۳-٤- مدار نهایی فلوتاسیون کارخانه زغالشویی زرند ..... ٥۰
شکل٤-۱- وضعیت کارایی مدار فلوتاسیون کارخانه زغالشویی زرند ..... ٥۳
شکل٤-۲- تاثیر افزایش فلوکولانت بر بازیابی به روش فلوتاسیون ..... ٥٥
شکل٤-۳ - تاثیر افزایش فلوکولانت بر بازیابی زغال به روش فلوتاسیون ..... ٥۶
شکل٤-٤- توزیع زمان ماند در بخش پرعیارکنی اولیه مدارهای پابدانا و باب نیزو مطابق الگوی N-Mixers ..... ٥۹
شکل٤-٥- راندمان مدار فلوتاسیون پابدانا برای بخش های مختلف ابعادی ..... ۶۱

شکل٤-٦- راندمان بخش های مختلف مدار فلوتاسیون پابدانا برای بخش های مختلف ابعادی ..... ٦٢
شکل٤-٧- کارایی بخش های مختلف مدار فلوتاسیون پابدانا برای بخش های مختلف ابعادی..... ٦٣
شکل٤-٨- تاثیر افزایش کف ساز بر کارایی عملیات فلوتاسیون ردیف ١ باب نیزو ..... ٦٥
شکل٤-٩- تاثیر افزایش کف ساز بر کارایی جدایش فلوتاسیون در بخش های ردیف باب نیزو (مصرف نفت سفید ٨٠ لیتر بر ساعت(٣/٣ کیلوگرم بر تن)) ... ..... ٦٦
شکل٤-١٠- تاثیر افزایش مواد شیمیایی بر کارایی فلوتاسیون مدار ١ باب نیزو در آزمایشات بهینه سازی چندپارامتری درمقایسه با بهینه سازی تک پارامتری..... ٦٨
شکل٤-١١- نتایج آزمایش های بهینه سازی روی کل مدار پابدانا و مقایسه با نتایج حاصله از بهینه سازی مدار ١ باب نیزو ..... ٧٠
شکل٤-١٢- تاثیر افزایش راندمان فلوتاسیون بر راندمان کارخانه زغالشویی زرند..... ٧١
شکل٤-١٣- مقایسه عملکرد نفت و گازوئیل در مدار پابدانا در حالت بهینه (کف ساز مصرفی روغن کاج)..... ٧٢
شکل ٤-١٤- طراحی مجدد مدار فلوتاسیون کارخانه زغالشویی زرند..... ٧٦
شکل ٤-١٥ - مقایسه نتایج طرح قدیم(رافر- کلینر) با طرح جدید ( رافر- رمق گیر - کلینر رمق گیر ) ..... ٧٧
شکل ٤-١٦- مقایسه راندمان مدار فلوتاسیون با و بدون مدار رمق گیر باطله در آزما یش های مختلف..... ٧٨
شکل ٤-١٧- مقایسه بین راندمان کل مدار فلوتاسیون و مدار رمق گیر باطله برای بخش های مختلف ابعادی ..... ٧٩

# فهرست جداول


جدول۱-۱- مشخصات ماشین های فلوتاسیون در کارخانه زغالشویی زرند..... ۵
جدول۱-۲- انواع مختلف زغال ها ..... ۷
جدول ۱-۳- بعضی از مدل های سینتیکی عملیات فلوتاسیون ناپیوسته ..... ۱٤
جدول ۲-۱- قابلیت شتشوی خوراک فلوتاسیون ..... ۳٤
جدول ۳-۱- مراحل انجام آزمایش سینتیک..... ٤۱
جدول ۳-۲- پارامترهای عملیاتی تنظیم شده در آزمایشات بهینه سازی چند پارامتری روی مدار۱
باب نیزو ..... ٤۵
جدول ۳-۳- پارامترهای عملیاتی تنظیم شده در آزمایش های بهینه سازی روی مدار پابدانا ..... ٤۶
جدول ۳-٤- پارامترهای عملیاتی تنظیم شده در جایگزینی گازوئیل به جای نفت در مدار پابدانا ..... ٤۷
جدول ٤-۱- وضعیت کارایی مدار فلوتاسیون..... ۵۲
جدول ٤-۲- وضعیت کارایی مدار فلوتاسیون مطابق طرح اولیه کارخانه ..... ۵۲
جدول٤-۳- تاثیر افزایش فلوکولانت برثابت سینتیک و بازیابی بینهایت برای زغال و خاکستر..... ۵۷
جدول٤-٤- درصد جامد بخش های مختلف مدار فلوتاسیون قبل و بعد از بهینه سازی ..... ۵۷
جدول ٤-۵- زمان ماند در مدار فلوتاسیون کارخانه زغالشویی زرند ..... ۵۹
جدول ٤-۶- وضعیت مصرف کلکتور و کف ساز در کارخانه زغالشویی زرند..... ٦٤
جدول ٤-۷- کارایی کل مدار پابدانا قبل وبعد از بهینه سازی..... ۶۹
جدول ٤-۸- نقاط بهینه صنعتی تعیین شده مصرف کلکتور و کف ساز هی مختلف در کارخانه زغالشویی زرند ..... ۷۳
جدول ٤-۹- وضعیت بخش های مختلف سینتیکی خوراک ..... ۷٤
جدول ٤-۱۰-وضعیت خاکستر سه سلول اول بخش پرعیارکنی اولیه و خاکستر کل مدار ..... ۷۵
جدول ٤-۱۱- راندمان و درصد جامد بخش های مختلف مدار ..... ۷۶

# فهرست علائم اختصاری

| | |
|---|---|
| **Y** | Yield ( Weight Recovery) |
| **R** | Recovery |
| **Rc** | Coal Recovery |
| **Ra** | ash Recovery |
| **P** | Differences of Feed and Tail Solid Percent Divided Feed Solid Percent |
| **c/f** | Concentration Ratio |
| **c** | ash Percent of Concentrate |
| **f** | ash Percent of Feed |
| **t** | ash Percent of Tail |
| $X_S$ | Solid Percent |
| **RTD** | Residence Time Distribution |
| **S.E** | Sepration Efficiency |

# فصل اول

## مقدمه