دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده فنی مهندسی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد
مهندسی معدن (فرآوری مواد معدنی)

تعیین پارامترهای موثر بر فیلترشوندگی باطله کارخانه‌های فرآوری گل‌گهر

دانشجو

نادر اسمعیلی

استاد راهنما

دکتر محمدرضا خالصی

استاد مشاور

دکتر احمد خدادادی دربان

مشاور صنعتی

مهندس ابراهیم پناهی

دی ۱۳۹۳

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه

آقای نادر اسمعیلی پایان نامه ٦ واحدی خود را **با عنوان تعیین پارامترهای مؤثر بر فیلتر شوندگی باطله کارخانه های فرآوری گل گهر** در تاریخ ۱۳۹۳/۱۰/۱۷ 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 موادمعدنی پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر محمدرضا خالصی	استادیار	
استاد مشاور	دکتر احمد خدادادی	دانشیار	
استاد مشاور	ابراهیم پناهی	مربی	
استاد ناظر	دکتر محمود عبدالهی	استاد	
استاد ناظر	دکتر علی اکبر عبداله زاده	استادیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر محمود عبدالهی	استاد	

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

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری 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 هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهش‌های علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرح‌های تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

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 با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجو مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می 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، نرم افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین نامه های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته ها 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 معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ۸۷/۴/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

«اینجانب **نادر اسمعیلی** دانشجوی رشته **مهندسی معدن – فرآوری مواد معدنی** ورودی سال تحصیلی**۹۲-۹۱** مقطع **کارشناسی ارشد** دانشکده **فنی و مهندسی** متعهد می شوم کلیه نکات مندرج در آئین نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته های علمی مستخرج از پایان نامه / رساله تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آئین نامه فوق الاشعار به دانشگاه وکالت و نمایندگی می دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع بنام بنده و یا هر گونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نماید. ضمناً نسبت به جبران فوری ضرر و زیان حاصله بر اساس برآورد دانشگاه اقدام خواهم نمود و بدینوسیله حق هر گونه اعتراض را از خود سلب نمودم»

تاریخ و امضاء : ۱۳۹۳/۱۱/۱۳

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (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 می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» 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 معدن- فرآوری مواد معدنی** است که در سال ۱۳۹۳ در دانشکده **فنی ومهندسی** دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر **محمدرضا خالصی**، مشاوره جناب آقای دکتر **احمد خدادادی دربان** و مشاوره جناب آقای مهندس **ابراهیم پناهی** از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

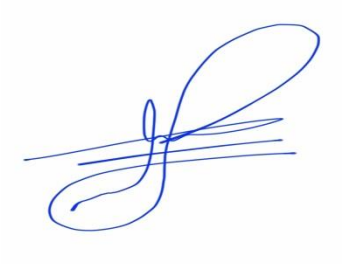
ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد 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 نادر اسمعیلی دانشجوی رشته **مهندسی معدن - فرآوری مواد معدنی** مقطع **کارشناسی ارشد** تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: **نادر اسمعیلی**

تاریخ و امضا: ۱۳۹۳/۱۱/۱۳



تقدیم به:

خدایی که آفرید

جهان را، انسان را، عقل را، علم را، معرفت را، عشق را

و به کسانی که عشقشان را در وجودم دمید.

به روح پاک پدرم:

" که عالمانه به من آموخت تا چگونه در عرصه زندگی، ایستادگی را تجربه نمایم."

به مادرم:

"دریای بی‌کران فداکاری و عشق که وجودم برایش همه رنج بود و وجودش برایم همه مهر."

به همسرم:

" که سایه مهربانیش سایه سار زندگیم شده است."

به برادر بزرگم:

" که همواره در طول تحصیل متحمل زحماتم بود و تکیه گاه من در مواجهه با مشکلات."

به خانواده عزیزم:

" که وجودشان شادی بخش و صفایشان مایه آرامش من است."

به آموزگاران و اساتیدم:

" که نیک می اندیشند و عقل و منطق را پیشه خود نموده و جز رضای الهی و پیشرفت و سعادت جامعه، هدفی ندارند. "

و تقدیم به مهربان فرشتگانی که:

" لحظات ناب باور بودن، لذت و غرور دانستن، جسارت خواستن، عظمت رسیدن و تمام تجربه‌های یکتا و زیبای زندگیم، مدیون حضور سبز آنهاست. "

تشکر و قدردانی

حمد و سپاس خدای را که توفیق کسب دانش و معرفت را به ما عطا فرمود. اینجانب بر خود لازم می‌دانم از تمامی اساتید بزرگوار به ویژه اساتید دوره کارشناسی ارشد، آقایان دکتر خالصی، دکتر عبدالهی، دکتر کلینی، دکتر خدادادی و دکتر شهبازی که همواره از ایشان ادب و آداب و علم آموخته‌ام، تقدیر و تشکر نمایم.

از اساتید گرامی و بزرگوار جناب آقای دکتر خالصی که راهنمایی اینجانب را در طول انجام تحقیق، پژوهش و نگارش این پایان‌نامه تقبل نموده‌اند و جناب آقای دکتر خدادادی که مشاور اینجانب بوده‌اند، نهایت تشکر و سپاسگزاری را دارم.

از جناب آقای مهندس پناهی که به عنوان مشاور صنعتی با راهنمایی‌های ارزشمند خود مرا مورد لطف قرار داده‌اند، نهایت سپاسگزاری و قدردانی را دارم.

این پایان‌نامه با حمایت‌های ارزشمند مدیر محترم مرکز تحقیقات سنگ آهن و فولاد گل‌گهر جناب آقای دکتر سام، مدیریت محترم پروژه بازیابی آب جناب آقای مهندس فتحی، معاونین محترم مرکز تحقیقات سنگ آهن و فولاد گل‌گهر جناب آقایان مهندس قربان نژاد و مهندس حاجی زاده به انجام رسیده است. در پایان از تمامی این عزیزان و همچنین پرسنل مجرب و متعهد این مرکز و پروژه بازیابی آب کمال تشکر و قدردانی را دارم.

نادر اسمعیلی

دی ۱۳۹۳

چکیده

صنایع فرآوری مواد معدنی به دلیل نیاز به استفاده از روش‌های تر برای فرآوری اکثر کانی‌ها، از جمله صنایعی است که بسیار وابسته به آب می‌باشد. مشکلات کمبود آب در کشور علی‌الخصوص در مناطق کویری و خشک، تهدید بزرگی برای آینده این صنعت به شمار می‌آید. به همین جهت نیاز به جلوگیری از هدرروی آب در سدهای باطله و بازیافت آن بیش از پیش احساس شده و مورد توجه مسئولین قرار گرفته است. شرکت معدنی و صنعتی گل‌گهر در راستای تحقق این هدف با تعریف پروژه بازیابی آب، از جمله شرکت‌های پیشرو و فعال در این زمینه به شمار می‌رود. در تحقیق حاضر، به بررسی عوامل موثر بر فیلتر شوندگی باطله‌های تر دو کارخانه فرآوری تغلیظ مگنتیت و بازیابی هماتیت این شرکت، با استفاده از فیلترپرس محفظه‌ای غشایی پرداخته شده است. با توجه به میزان آبی که از طریق این دو کارخانه وارد سد باطله می‌شود (حدود ۴۰۰ متر مکعب بر ساعت) که مقدار قابل توجهی است، بازیابی این مقدار آب علاوه بر کمک به تأمین آب مصرفی کارخانه‌ها، از مشکلات زیست محیطی سدهای باطله نیز جلوگیری می‌نماید. پس از انجام مطالعات کتابخانه‌ای ۱۰ فاکتور pH پالپ، افزودن کمک فیلتر، افزودن فلوکولانت، درصد جامد پالپ، پارچه فیلتر، زمان و فشار مرحله فشرده سازی، زمان و فشار مرحله دمیدن هوا و ضخامت صفحه فیلتر به عنوان عوامل تأثیر گذار بر فرآیند فیلتراسیون شناخته شد و طی آزمایش‌های اولیه، آزمایش‌های یک عامل در زمان و آزمایش‌های طراحی شده مورد بررسی قرار گرفت. پس از انجام آزمایش‌ها تأثیر ۴ عامل فشار و زمان مرحله دمیدن هوا، درصد جامد پالپ و ضخامت صفحه فیلتر بر رطوبت نهایی کیک فیلتر و تأثیر عواملی چون زمان مرحله دمیدن هوا، ضخامت صفحه فیلتر، زمان مرحله فشرده سازی، درصد جامد پالپ و اثر متقابل زمان مرحله دمیدن هوا- زمان مرحله فشرده سازی و اثر متقابل زمان مرحله دمیدن هوا- درصد جامد پالپ بر توان عملیاتی فیلتراسیون، بارز شناخته شد. در نهایت بهینه‌سازی هر یک از این عوامل با سه هدف، کمینه شدن رطوبت که نتیجه آن بدست آمدن رطوبت ۱۴/۳۲ درصدی بود، بیشینه شدن توان عملیاتی، که نتیجه آن توان عملیاتی ۰/۴۵ تن بر ساعت بر متر مربعی بود و بهینه شدن همزمان هر دو پارامتر که برای آن رطوبت ۱۷ درصد و توان عملیاتی ۰/۲۱ تن بر ساعت بر متر مربع حاصل شد، صورت پذیرفت. همچنین جهت بزرگ مقیاس کردن این نتایج آزمایش تکمیلی دیگری در شرایط بهینه رطوبت و توان عملیاتی در مقیاس نیمه صنعتی اجرا شد.

کلید واژه‌ها: فیلتراسیون باطله، فیلترپرس، فیلترشوندگی، بهینه‌سازی عوامل موثر، گل‌گهر، رطوبت نهایی کیک، توان عملیاتی.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل ۱: مقدمه و کلیات

۱-۱ مقدمه ۱
۱-۲ بازیابی آب در شرکت معدنی و صنعتی گل‌گهر ۲
۱-۳ هدف تحقیق ۳

فصل ۲: مرور بر منابع

۲-۱ فیلتراسیون ۴
۲-۲ تئوری فیلتراسیون ۵
۲-۲-۱ تشکیل کیک ۶
۲-۲-۲ آبگیری ۶
۲-۲-۳ شستشوی کیک ۷
۲-۲-۴ تخلیه کیک ۷
۲-۳ انواع فیلترها ۸
۲-۳-۱ فیلتر خلأ ۹
۲-۳-۲ فیلترهای فشاری ۱۰
۲-۳-۲-۱ انواع متداول فیلترپرس‌ها و نحوه عملکرد آن‌ها ۱۱
الف) فیلترهای محفظه‌ای دارای قاب و صفحه ۱۱
ب) فیلترهای محفظه‌ای دارای گودی ۱۲
ج) فیلترپرس‌های محفظه‌ای غشایی ۱۳
د) فیلترپرس‌های محفظه‌ای غشایی قائم ۱۵
ه) فیلترپرس‌های لوله‌ای یا استوانه‌ای ۱۶
و) فیلترپرس نواری ۱۷
۲-۳-۲-۲ مراحل فیلترپرس ۱۸
الف) مرحله خوراک‌دهی ۱۸
ب) مرحله فشرده سازی ۱۸
ج) شستشوی کیک ۱۹

د) مرحله فشرده سازی ثانویه ۲۰
ه) مرحله خشک کردن (دمیدن هوا) ۲۰
و) تخلیه کیک و شستشوی پارچه فیلتر ۲۰
۲-۳-۲-۳ مزایای استفاده از فیلتراسیون فشاری اتوماتیک ۲۱
الف) امکان کار با ذرات ریز ۲۱
ب) امکان حذف یا کاهش زیاد رطوبت ۲۱
ج) امکان افزایش ظرفیت مدار ۲۱
د) امکان کنترل اتوماتیک ۲۲
ه) مدیریت پارچه فیلتر ۲۳
و) امکان شستشوی کیک فیلتر ۲۴
۲-۳-۲-۴ ارزیابی، آزمایش و انتخاب فیلتر ۲۴
الف) اهداف پروژه فیلتر ۲۴
ب) فلسفه فیلتراسیون ۲۵
ج) عملکرد کارخانه فیلتر ۲۵
د) توصیف خوراک فیلتر ۲۵
ه) طرح مفهومی کارخانه فیلتر ۲۶
۲-۳-۲-۵ طراحی مراحل مختلف فیلترپرس ۲۶
الف) آماده سازی خوراک ۲۶
ب) پمپ کردن خوراک ۲۷
ج) شستشوی شبکه‌های ورودی خوراک و لوله‌ها ۲۷
د) هوای فشرده برای فشرده سازی کیک و دمیدن هوا ۲۷
ه) انتقال فیلتریت ۲۸
و) تخلیه کیک فیلتر ۲۹
ز) شستشوی پارچه ۲۹
۲-۳-۲-۶ کارایی فیلتراسیون ۲۹
۲-۳-۲-۷ مدل‌های فرآیند فیلتراسیون ۳۰
۲-۳-۲-۸ سیستم نگهداری ۳۲
۲-۴ عوامل موثر بر فرآیند فیلتراسیون ۳۳
۲-۴-۱ خصوصیات پالپ ۳۳
۲-۴-۱-۱ درصد جامد پالپ ۳۳
۲-۴-۱-۲ pH پالپ ۳۴

۲-۴-۱-۳ دمای پالپ ۳۴
۲-۴-۱-۴ ویسکوزیته و دانسیته پالپ..... ۳۴
۲-۴-۲ خصوصیات ذرات جامد ۳۵
۲-۴-۲-۱ اندازه ذرات و توزیع دانه‌بندی آن‌ها در پالپ ۳۵
۲-۴-۲-۲ شکل ذرات ۳۶
۲-۴-۲-۳ خواص شیمیایی سطحی ذرات ۳۶
۲-۴-۲-۴ تراکم‌پذیری کیک ۳۷
۲-۴-۳ مشخصات مکانیکی دستگاه ۳۸
۲-۴-۳-۱ فشار فیلتراسیون ۳۸
۲-۴-۳-۲ پارچه فیلتر ۳۹
الف) نوع و ساختار الیاف و نخ..... ۳۹
ب) بافت پارچه فیلتر..... ۴۰
۲-۵ فیلتراسیون باطله‌ها ۴۲
۲-۶ مطالعات پیشین ۴۵

فصل ۳: مواد و روش کار

۳-۱ شناخت نمونه‌ها ۴۶
۳-۱-۱ باطله کارخانه تغلیظ مگنتیت..... ۴۶
۳-۱-۲ باطله کارخانه بازیابی هماتیت ۴۷
۳-۲ روش انجام نمونه‌برداری و نگهداری از نمونه‌ها..... ۴۹
۳-۳ مطالعات آنالیز اندازه ذرات هر یک از نمونه‌ها ۵۰
۳-۴ مطالعات XRD..... ۵۰
۳-۵ مطالعات تعیین ضریب تراکم‌پذیری ۵۱
۳-۶ آزمایش‌های فیلتراسیون..... ۵۲
۳-۶-۱ آزمایش‌های اولیه ۵۲
۳-۶-۲ آزمایش‌های یک عامل در زمان..... ۵۲
۳-۶-۳ آزمایش‌های طراحی شده..... ۵۳
۳-۷ انجام آزمایش‌های تکمیلی در شرایط بهینه ۵۳
۳-۸ محاسبه سطح فیلتر..... ۵۴

فصل ۴: ارائه یافته‌ها و نتایج

۴-۱ نتایج مطالعات دانه‌بندی..... ۵۵
۴-۲ نتایج مطالعات XRD..... ۵۶
۴-۳ نتایج آزمایش‌های تعیین ضریب تراکم‌پذیری ۵۷

۴-۴ نتایج آزمایش‌های اولیه ۶۰
۴-۴-۱ تغییرات اعمال شده ۶۱
۴-۴-۲ تعیین زمان مرحله خوراک‌دهی ۶۱
۴-۵ نتایج آزمایش‌های یک عامل در زمان ۶۲
۴-۵-۱ pH پالپ ۶۲
۴-۵-۲ استفاده از کمک فیلتر ۶۳
۴-۵-۳ غلظت فلوکولانت ۶۵
۴-۵-۴ پارچه فیلتر ۶۶
۴-۶ نتایج آزمایش‌های طراحی شده ۶۸
۴-۶-۱ بررسی عوامل موثر بر رطوبت نهایی کیک فیلتر ۷۲
۴-۶-۱-۱ تأثیر فشار مرحله دمیدن هوا ۷۴
۴-۶-۱-۲ تأثیر زمان مرحله دمیدن هوا ۷۵
۴-۶-۱-۳ تأثیر ضخامت صفحه فیلتر ۷۵
۴-۶-۱-۴ تأثیر درصد جامد پالپ ۷۶
۴-۶-۱-۵ اثرات متقابل ۷۶
۴-۶-۲ بررسی عوامل موثر بر توان عملیاتی فیلتراسیون ۷۷
۴-۶-۲-۱ تأثیر درصد جامد پالپ ۸۰
۴-۶-۲-۲ تأثیر زمان مرحله فشرده سازی ۸۰
۴-۶-۲-۳ تأثیر زمان مرحله دمیدن هوا ۸۱
۴-۶-۲-۴ تأثیر ضخامت صفحه فیلتر ۸۲
۴-۶-۲-۵ تأثیر متقابل زمان مرحله فشرده سازی- زمان مرحله دمیدن هوا ۸۲
۴-۶-۲-۶ تأثیر متقابل زمان مرحله دمیدن هوا- درصد جامد پالپ ۸۳
۴-۶-۳ بهینه سازی نتایج ۸۴
۴-۶-۳-۱ کمینه شدن رطوبت نهایی کیک فیلتر ۸۴
الف) بهینه کردن رطوبت نهایی کیک فیلتر بدون ایجاد تغییر در سطوح فاکتورهای مختلف ۸۴
ب) بهینه کردن رطوبت نهایی کیک فیلتر همراه با کاهش هزینه‌های اضافی ۸۵
ج) بهینه کردن رطوبت نهایی کیک فیلتر پس از حذف فاکتورهای pH و غلظت کمک فیلتر ۸۶
د) آزمایش‌های تکمیلی در شرایط بهینه رطوبت نهایی ۸۶
۴-۶-۳-۲ بیشینه شدن توان عملیاتی ۸۷
۴-۶-۳-۳ کمینه شدن رطوبت و بیشینه شدن توان عملیاتی ۸۹
۴-۶-۳-۴ بزرگ مقیاس کردن نتایج ۹۰

۴-۷ محاسبه سطح فیلتر ۹۲
۴-۸ بررسی توزیع رطوبت نهایی در کیک فیلتر ۹۳
۴-۹ بررسی امکان حذف غشاها ۹۸
فصل ۵: نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها
۵-۱ نتیجه‌گیری ۱۰۰
۵-۲ پیشنهادها ۱۰۲
مراجع ۱۰۳

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

فصل ۲: مرور بر منابع

شکل ۲-۱: مکانیزم تشکیل کیک در سیستم‌های فیلتراسیون ۵
شکل ۲-۲: دسته‌بندی فیلترهای مختلف ۹
شکل ۲-۳: تصویر شماتیک فیلتر خلأ استوانه‌ای گردان ۹
شکل ۲-۴: تصویر شماتیک (چپ) و صنعتی (راست) فیلتر خلأ دیسکی سرامیکی ۱۰
شکل ۲-۵: تصویر شماتیک فیلتر خلأ نواری افقی ۱۰
شکل ۲-۶: تصویر فیلترپرس قاب و صفحه ۱۲
شکل ۲-۷: تصویر شماتیک فیلترپرس‌های دارای گودی ۱۲
شکل ۲-۸: تصویر قسمت‌های مختلف فیلترپرس محفظه‌ای ۱۳
شکل ۲-۹: تصویر صفحه فیلترپرس‌های محفظه‌ای غشایی خوراک‌دهی از مرکز، مرحله خوراک دهی (چپ) مرحله فشرده سازی (راست) ۱۴
شکل ۲-۱۰: صفحه غشایی و صفحه‌های دارای گودی فیلترپرس‌های محفظه‌ای غشایی خوراک‌دهی از بالا. ۱۴
شکل ۲-۱۱: تصویر فیلترپرس محفظه‌ای غشایی خوراک دهی از بالا در مقیاس صنعتی ۱۴
شکل ۲-۱۲: تصویر شماتیک (چپ) و صنعتی (راست) فیلترهای برجی ۱۶
شکل ۲-۱۳: تصویر فیلترپرس لوله‌ای ۱۶
شکل ۲-۱۴: تصویر شماتیک فیلترپرس نواری ۱۷
شکل ۲-۱۵: تصویر صنعتی فیلترپرس نواری ۱۷
شکل ۲-۱۶: خوراک‌دهی فیلتر برای تشکیل کیک ۱۸
شکل ۲-۱۷: دیافراگم فشار ۱۹
شکل ۲-۱۸: دمیدن هوا در کیک ۲۰
شکل ۲-۱۹: تخلیه کیک ۲۱
شکل ۲-۲۰: صفحه نمایش نرم افزار سیستم نگهداری ۳۲
شکل ۲-۲۱: نمودار انتخاب روش آبگیری مناسب برای ذراتی با ابعاد مشخص ۳۶
شکل ۲-۲۲: الیاف تک رشته‌ای، چند رشته‌ای و زره‌ای ۴۰
شکل ۲-۲۳: الیاف تک رشته‌ای، چند رشته‌ای و درهم یا زره‌ای ۴۰
شکل ۲-۲۴: (الف) بافت مربعی ساده، (ب) بافت مربعی فشرده ۴۱
شکل ۲-۲۵: (الف) بافت جناغی ساده، (ب) بافت جناغی فشرده، (ج) بافت جناغی چند رشته‌ای ۴۱
شکل ۲-۲۶: بافت اطلسی ۴۲
شکل ۲-۲۷: تصویر ماهواره‌ای (راست) شماتیک (چپ) شکست سد باطله Las Frailes اسپانیا ۴۳

شکل ۲-۲۸: فلوشیت پیشنهادی شرکت اتوتک (Outotec) برای فرآوری سنگ آهن هماتیتی ۴۴
شکل ۲-۲۹: فلوشیت معدن مگنتیتی Tehsil Sihora هندوستان ۴۴

فصل ۳: مواد و روش کار

شکل ۳-۱: فلوشیت کارخانه تغلیظ مگنتیت ۴۷
شکل ۳-۲: منابع تأمین کننده خوراک خط‌های کارخانه بازیابی هماتیت ۴۸
شکل ۳-۳: جریان‌های باطله ورودی به تیکنر ۴۰۱ از هر یک از خطوط کارخانه بازیابی هماتیت ۴۹
شکل ۳-۴: مراحل نمونه‌گیری، فیلتر و خشک کردن باطله کارخانه بازیابی هماتیت ۵۰
شکل ۳-۵: تصویر شماتیک (راست) و آزمایشگاهی (چپ) دستگاه فیلتر خلأ خوراک‌دهی از بالای مورد استفاده برای انجام آزمایش‌های تراکم‌پذیری ۵۱
شکل ۳-۶: تصویر مجموعه دستگاه‌های آزمایشگاهی فیلترپرس ۵۲

فصل ۴: ارائه یافته‌ها و نتایج

شکل ۴-۱: نتایج آنالیز سرندی نمونه‌ها ۵۵
شکل ۴-۲: نمودار آنالیز لیزری (زیر ۳۸ میکرون) و سرندی (بالای ۳۸ میکرون) توزیع دانه‌بندی نمونه کارخانه تغلیظ مگنتیت ۵۶
شکل ۴-۳: توزیع دانه‌بندی نمونه ترکیبی ۵۶
شکل ۴-۴: پراش اشعه ایکس برای نمونه باطله تر کارخانه تغلیظ مگنتیت ۵۷
شکل ۴-۵: پراش اشعه ایکس برای نمونه باطله تر کارخانه بازیابی هماتیت ۵۷
شکل ۴-۶: نمودار t/V نسبت به V حاصل از آزمایش‌های فیلتر خلأ بر روی نمونه باطله کارخانه تغلیظ مگنتیت ۵۸
شکل ۴-۷: نمودار تعیین ضریب تراکم‌پذیری برای نمونه باطله کارخانه مگنتیت ۵۸
شکل ۴-۸: نمودار t/V نسبت به V حاصل از آزمایش‌های فیلتر خلأ بر روی نمونه باطله کارخانه بازیابی هماتیت ۵۸
شکل ۴-۹: نمودار تعیین ضریب تراکم‌پذیری برای نمونه باطله هماتیت ۵۹
شکل ۴-۱۰: نمودار تعیین ضریب تراکم‌پذیری نمونه ترکیبی بر حسب نسبت نمونه باطله هماتیت به نمونه کل ۶۰
شکل ۴-۱۱: پمپ **3/8** اینچی موجود بر روی دستگاه (راست) و پمپ **3/4** اینچی خریداری شده (چپ). ۶۱
شکل ۴-۱۲: تأثیر pH بر رطوبت کیک فیلتر ۶۲
شکل ۴-۱۳: تأثیر pH بر توان عملیاتی فیلتراسیون ۶۳
شکل ۴-۱۴: تأثیر غلظت سطح‌ساز بر رطوبت کیک فیلتر ۶۴
شکل ۴-۱۵: تأثیر غلظت سطح‌ساز بر توان عملیاتی فیلتراسیون ۶۴
شکل ۴-۱۶: تأثیر غلظت فلوکولانت A26 بر رطوبت کیک فیلتر ۶۵
شکل ۴-۱۷: تأثیر غلظت فلوکولانت A26 بر توان عملیاتی فیلتراسیون ۶۵
شکل ۴-۱۸: تصویر میکروسکوپی پارچه فیلترها ۶۷
شکل ۴-۱۹: تأثیر پارچه فیلتر بر رطوبت نهایی فیلتر کیک ۶۷

شکل ۴-۲۰: تأثیر پارچه فیلتر بر توان عملیاتی فیلتراسیون ۶۷
شکل ۴-۲۱: تأثیر پارچه فیلتر بر مجموع ذرات جامد معلق در فیلتریت ۶۸
شکل ۴-۲۲: نمودار Half Normal Plot برای مشخص کردن عوامل موثر بر رطوبت نهایی کیک فیلتر ۷۲
شکل ۴-۲۳: نمودار Pareto Chart برای مشخص کردن عوامل موثر بر رطوبت نهایی کیک فیلتر ۷۲
شکل ۴-۲۴: نمودار آنالیز باقی مانده‌ها برای مشخص شدن داده‌های خارج از ردیف رطوبت نهایی کیک ۷۴
شکل ۴-۲۵: تأثیر عامل فشار مرحله دمیدن هوا بر رطوبت نهایی کیک فیلتر..... ۷۵
شکل ۴-۲۶: تأثیر عامل زمان مرحله دمیدن هوا بر رطوبت نهایی کیک فیلتر..... ۷۵
شکل ۴-۲۷: تأثیر عامل ضخامت صفحه فیلتر بر رطوبت نهایی کیک فیلتر ۷۶
شکل ۴-۲۸: تأثیر عامل درصد جامد پالپ بر رطوبت نهایی کیک فیلتر ۷۶
شکل ۴-۲۹: نمودار Half Normal Plot برای مشخص کردن عوامل موثر بر توان عملیاتی فیلتراسیون..... ۷۸
شکل ۴-۳۰: نمودار Pareto Chart برای مشخص کردن عوامل موثر بر توان عملیاتی فیلتراسیون..... ۷۸
شکل ۴-۳۱: نمودار آنالیز باقی مانده‌ها برای مشخص شدن داده‌های خارج از ردیف توان عملیاتی ۷۹
شکل ۴-۳۲: تأثیر درصد جامد پالپ بر توان عملیاتی فیلتراسیون..... ۸۰
شکل ۴-۳۳: تأثیر زمان مرحله فشرده سازی بر توان عملیاتی فیلتراسیون..... ۸۱
شکل ۴-۳۴: تأثیر زمان مرحله دمیدن هوا بر توان عملیاتی فیلتراسیون ۸۱
شکل ۴-۳۵: تأثیر ضخامت صفحه فیلتر بر توان عملیاتی فیلتراسیون ۸۲
شکل ۴-۳۶: تأثیر متقابل زمان مرحله فشرده سازی- زمان مرحله دمیدن هوا بر توان عملیاتی فیلتراسیون ۸۳
شکل ۴-۳۷: تأثیر متقابل زمان مرحله دمیدن هوا- درصد جامد پالپ بر توان عملیاتی فیلتراسیون ۸۴
شکل ۴-۳۸: تصویر دستگاه فیلترپرس نیمه‌صنعتی ۹۱
شکل ۴-۳۹: مشکل ته‌نشینی ذرات درشت (پدیده تفکیک) در فیلترهای فشاری- غشایی با صفحات قائم .. ۹۲
شکل ۴-۴۰: برش‌های انجام شده بر روی کیک جهت بررسی مشکل ته‌نشینی ذرات درشت ۹۴
شکل ۴-۴۱: رطوبت اندازه‌گیری شده برای قسمت‌های مختلف کیک ۹۴
شکل ۴-۴۲: نمودار توزیع دانه‌بندی ذرات بخش‌های مختلف کیک..... ۹۵
شکل ۴-۴۳: تصویر دستگاه آزمایشگاهی فیلترهای فشاری غشایی با صفحات افقی ۹۶
شکل ۴-۴۴: رطوبت بخش‌های مختلف کیک فیلتر فشاری غشایی با صفحات افقی (فیلتر برجی)..... ۹۶
شکل ۴-۴۵: نمودار توزیع دانه‌بندی ذرات بخش‌های مختلف کیک فیلتر فشاری غشایی با صفحات افقی (فیلتر برجی)..... ۹۷
شکل ۴-۴۶: تصویر مقطعی از کیک فیلتر فشاری غشایی با صفحات افقی (فیلتر برجی)..... ۹۷
شکل ۴-۴۷: تأثیر عمل فشرده سازی کیک با متورم کردن غشاء بر زمان فیلتراسیون ۹۹

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱: حداقل ضخامت کیک مورد نیاز برای تخلیه در انواع مختلفی از فیلترها ۸
جدول ۲-۲: تعدادی از مطالعات و تحقیقات صورت گرفته در زمینه فیلتراسیون ۴۵
جدول ۴-۱: نقطه بار صفر کانی‌های اصلی تشکیل دهنده نمونه ۵۷
جدول ۴-۲: نتایج حاصل از انجام آزمایش‌های تراکم‌پذیری بر روی نمونه ترکیبی ۵۹
جدول ۴-۳: شرایط ثابت آزمایش‌های تعیین تأثیر pH بر فیلتراسیون باطله‌ها ۶۲
جدول ۴-۴: فهرست پارچه‌های کدگذاری شده ۶۶
جدول ۴-۵: فاکتورهای آزمایش‌های طراحی شده و سطوح بالا و پایین آنها ۶۸
جدول ۴-۶: نتایج آزمایش‌های طراحی شده ۶۹
ادامه جدول ۴-۶: نتایج آزمایش‌های طراحی شده ۷۰
ادامه جدول ۴-۶: نتایج آزمایش‌های طراحی شده ۷۱
جدول ۴-۷: جدول Anova مربوط به مدل رگرسیون رطوبت نهایی کیک ۷۳
جدول ۴-۸: جدول Anova مربوط به مدل رگرسیون رطوبت نهایی کیک پس از حذف دو عامل pH پالپ و غلظت کمک فیلتر ۷۷
جدول ۴-۱۰: شرایط عملیاتی اجرای آزمایش بهینه رطوبت نهایی کیک فیلتر بدون تغییر سطوح فاکتورها. ۸۵
جدول ۴-۱۱: شرایط عملیاتی اجرای آزمایش بهینه رطوبت نهایی کیک فیلتر همراه با کاهش هزینه‌های اضافی ۸۶
جدول ۴-۱۲: نتایج آزمایش‌های اعتبارسنجی رطوبت بهینه با سه تکرار ۸۷
جدول ۴-۱۳: شرایط عملیاتی اجرای آزمایش بهینه توان عملیاتی فیلتراسیون همراه با کاهش هزینه‌های اضافی ۸۸
جدول ۴-۱۴: نتایج آزمایش‌های اعتبارسنجی توان عملیاتی بهینه دو بار تکرار ۸۹
جدول ۴-۱۵: شرایط عملیاتی بهینه اجرای آزمایش رطوبت نهایی کیک و توان عملیاتی فیلتراسیون همراه با کاهش هزینه‌های اضافی ۸۹
جدول ۴-۱۶: نتایج آزمایش‌های تکمیلی رطوبت و توان عملیاتی بهینه به همراه آزمایش تکرار ۹۰

جدول ۴-۱۷: شرایط عملیاتی اجرای آزمایش بهینه رطوبت نهایی کیک و توان عملیاتی فیلتراسیون همراه با کاهش هزینه‌های اضافی و در نظر گرفتن محدودیت‌های دستگاه نیمه صنعتی ۹۱
جدول ۴-۱۸: نتایج آزمایش‌های تکمیلی رطوبت و توان عملیاتی بهینه در مقیاس نیمه صنعتی ۹۲
جدول ۴-۱۹: میزان سطح فیلتراسیون مورد نیاز برای شرایط مختلف بهینه سازی ۹۲
جدول ۴-۲۰: اندازه D_{80} ذرات قسمت‌های مختلف کیک ۹۵

فصل ۱

مقدمه و کلیات

۱-۱ مقدمه

آب مهم‌ترین عامل محدود کننده حیات در مناطق خشک و نیمه خشک جهان، از جمله ایران به شمار می‌آید. اگر چه بروز خشک‌سالی باعث شده است که کشور با مشکلات کمبود آب به صورت جدی‌تری مواجه شود اما محدودیت‌های منابع آب از یک سو و برداشت بی رویه از این منابع محدود و تخلیه ضایعات و پسماندها در منابع آبی از سوی دیگر، در حال تضعیف این منبع حیاتی است. جمهوری اسلامی ایران به دلیل قرار گرفتن در کمربند خشک و نیمه خشک جهان در زمره کشورهای با محدودیت منابع آب قلمداد می‌شود و به همین دلیل نیز این ماده حیاتی در ایران، یکی از مهم‌ترین ارکان توسعه کشور است که توسعه سایر بخش‌ها در گروی بهره‌برداری پایدار از آن است. از جمله عواملی که باعث کم آبی در ایران شدند می‌توان به افزایش جمعیت، گسترش شهرنشینی و توسعه صنعت، تغییرات و عدم ثبات شرایط جوی و الگوهای بارندگی، تداوم مدیریت سنتی در بخش کشاورزی، آلودگی‌های زیست محیطی منابع آبی، عدم توسعه فناوری استحصال و بازیافت آب و عدم توسعه فرهنگ عامه در حفاظت، بهره برداری و مصرف بهینه منابع آب را نام برد [۱].

با توجه به لزوم استفاده از روش‌های تر، صنعت فرآوری مواد معدنی از جمله مهم‌ترین صنایع مصرف کننده آب است. خصوصاً با در نظر گرفتن این موضوع که اغلب کارخانه‌های بزرگ فرآوری مواد معدنی در مناطق کویری و کم آب حادث شده‌اند، لزوم و اهمیت استفاده بهینه از آب و بازیافت آن تا حد امکان، دو چندان می‌شود. آب توسط تیکنرها، فیلترها و نیز سدهای باطله بازیابی می‌شود و لذا کارایی هر چه بیشتر هر یک از این فرآیندها، بر بازیابی آب تأثیرگذار است.

۱-۲ بازیابی آب در شرکت معدنی و صنعتی گل‌گهر

مجتمع معدنی سنگ آهن گل‌گهر در استان کرمان و در۵۰ کیلومتری جنوب غربی شهرستان سیرجان در طول و عرض جغرافیایی به ترتیب ۵۶ درجه و۲۰ دقیقه شرقی و ۲۹ درجه و ۶ دقیقه شمالی قرار گرفته و تقریباً در مرکز مثلثی به رئوس شیراز، کرمان و بندرعباس با فاصله تقریبی ۳۰۰ کیلومتر از هر یک از شهرهای مذکور واقع شده است. از نظر مورفولوژی، این منطقه در دشت مرتفعی با ارتفاع متوسط ۱۷۵۰ متر از سطح دریاهای آزاد در دامنه شمال رشته کوه زاگرس در یک ناحیه نیمه کویری واقع شده و شامل بیرون زدگی‌هایی با ارتفاع متوسط ۲۰۰۰ متر است. اکثر بیرون زدگی‌ها در امتداد شمال غرب- جنوب شرق، منطقه مذکور را احاطه کرده و در جنوب شرقی کانسار، رشته کوه بلندی به ارتفاع ۲۹۰۰ متر از سطح دریا قرار گرفته است.

دسترسی به معدن از طریق جاده آسفالته سیرجان به شیراز امکان‌پذیر است. در ۴۲ کیلومتری جنوب غربی سیرجان، جاده‌ای اختصاصی به طول ۸ کیلومتر با توجه به استانداردهای رایج، به سمت جنوب بنا شده است که به دروازه اصلی معدن منتهی می‌شود. در ۸ کیلومتری شرق معدن از محل کارخانه فرآوری، راه آهن بافق- بندرعباس عبور می‌کند که در حال حاضر ارتباط معدن با شبکه سراسری را برقرار می‌نماید. کنسانتره تولید شده، از طریق راه آهن و همین طور کامیون به مجتمع‌های فولاد مبارکه و فولاد خوزستان ارسال می‌گردد.

این شرکت در حال حاضر دارای دو کارخانه فرآوری مگنتیت (کارخانه تغلیظ مگنتیت و کارخانه پلیکام (خط۴)) و یک کارخانه بازیابی هماتیت می‌باشد که جریان‌های باطله خروجی از این کارخانه‌ها وارد سد باطله می‌شوند. با توجه به میزان درصد جامد باطله‌های کارخانه‌های مگنتیت، هماتیت و خط ۴ شرکت صنعتی معدنی گل‌گهر که وارد سد باطله می‌شوند، به ترتیب برابر ۴۵، ۴۰ و ۴۵ درصد می‌باشد و همچنین با توجه به تناژ جامد ورودی به تیکنر هر یک از این کارخانه‌ها که به ترتیب برابر ۱۸۰، ۱۲۰و ۱۹۲ تن بر ساعت است، حدوداً ۶۳۵ متر مکعب در ساعت آب وارد حوضچه‌های باطله می‌شود که مقدار قابل توجهی است. بازیابی این مقدار علاوه بر تأمین بخشی از آب مصرفی کارخانه‌ها، از مشکلات ذخیره سازی آن به صورت پالپ (به دلیل توپوگرافی منطقه) و خسارت‌های زیست محیطی ناشی از مواد همراه آن نیز جلوگیری می‌نماید. از این رو شرکت صنعتی و معدنی گل‌گهر سیرجان در نظر دارد با احداث کارخانه بازیابی آب، ته ریز تیکنر دو