٣٠٨٥١

بسمه‌تعالی

۱۳۷۹ /۵/ ۲۵

دانشکدهٔ فنی دانشگاه تهران
گروه مهندسی معدن

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تهیه مدارک

پایان نامهٔ کارشناسی ارشد

موضوع: «بهینه سازی خط تولید کارخانهٔ پودر سیلیس البرز»

استاتید راهنما:

دکتر منوچهر اولیازاده دکتر میرمحمدعلی میرمحمدی

استاد مشاور:

دکتر محمد نوعپرست

7037

تهیه کننده:

مرتضی محسنی

۳۰۵۸۱

بهار ۱۳۷۸

موضوع

بهینه سازی خط تولید کارخانهٔ سیلیس البرز

توسط

مرتضی محسنی

رساله

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

رشته مهندسی معدن - اکتشاف

از این رساله در تاریخ ۷۸/۱/۳۱ در مقابل هیئت داوران دفاع بعمل آمده و مورد تصویب قرار گرفت.

مدیر گروه آموزشی: آقای دکتر فاروق حسینی .....

نماینده کمیته تحصیلات تکمیلی گروه: آقای دکتر معماریان .....

استاد راهنما: آقای دکتر اولیاءزاده .....

استاد راهنما: آقای دکتر میرمحمدی .....

استاد مشاور: آقای دکتر نوعپرست .....

چکیدهٔ فارسی

با توجه به اهمیت بهینه‌سازی خط تولید یک کارخانه در بالا بردن کیفیت و کمیت محصول، کاهش هزینهٔ تولید و قیمت تمام شدهٔ تولیدات که نهایتاً منجر به افزایش سودآوری کارخانه می‌شود، کارخانهٔ سیلیس البرز بهینه‌سازی خط تولید خود را مورد توجه قرار داده است. در این خصوص مطالعاتی صورت گرفت که در زیر بطور خلاصه دسته‌بندی شده است.

الف - مطالعات مقدماتی :

در این مطالعات ابتدا کانی‌شناسی و ژنز کانی‌های گروه SiO_2 به عنوان راهنمایی برای تخمین و تشخیص نوع کانی‌های همراه و ناخالصی‌های سیلیس، نحوهٔ درگیری کانی‌ها و درجهٔ آنها، سختی و اندیس کار کانسنگ‌های سیلیسی مختلف و ... مورد بررسی قرار گرفت. بر روی کاربرد کانی‌های گروه SiO_2 نیز مطالعاتی صورت گرفت که می‌توان از آن به عنوان راهنمایی برای بازاریابی محصول کارخانه و بررسی توانایی تولید محصولات جدید استفاده کرد. به منظور شناسائی نقاط ضعف خط تولید کارخانه و راهنمایی برای تکمیل و تجهیز آن نیز، فلوشیت ۱۵ کارخانهٔ کانه‌آرائی سیلیس تجزیه و تحلیل گردید. در این مطالعات بهترین و مؤثرترین روش‌های فرآوری سیلیس قابل مصرف در صنعت شیشه که در جهان متداول است، مورد بررسی قرار گرفت.

ب - مطالعهٔ خوراک کارخانهٔ سیلیس البرز (سنگ سیلیس معدن کیسه‌جین)

به منظور بهینه‌سازی، تجهیز و تکمیل خط تولید کارخانه سیلیس البرز، خوراک آن مورد مطالعه قرار گرفت. در مطالعه ماکروسکوپی که بر روی سنگ‌های دپوی اصلی خوراک کارخانه انجام گردید. ماسه سنگ سیلیسی معدن کیسه جین برای انجام مطالعات بعدی با استفاده از مشخصات ماکروسکوپی، در سه دسته طبقه‌بندی گردید. در مطالعات کانی‌شناسی نوری، کانی‌ها و ناخالصی‌های همراه سیلیس، توزیع دانه‌بندی ذرات تشکیل دهندهٔ سنگ، میزان گردشدگی و کرویت، نحوهٔ درگیری کانی‌ها، درجهٔ آزادی و برخی دیگر از پارامترهای مؤثر در روند کانه‌آرائی خوراک تعیین گردید. در مطالعهٔ ترکیب شیمیائی، مقادیر ناخالصی‌ها و عناصر مزاحم همراه سیلیس تعیین گردید. و با مشخص شدن ترکیب شیمیائی سه نوع ماسه سنگ تشکیل دهندهٔ خوراک در این مطالعات، ایده‌ای از نحوهٔ استخراج، باطله‌برداری و اختلاط افق‌های مختلف کوارتزیت فوقانی برای تشکیل خوراک کارخانه بدست آمد. مطالعات دیگری نیز انجام گردید که در طی آنها توزیع دانه‌بندی و جرم مخصوص ظاهری خوراک کارخانه که از پارامترهای مؤثر در طراحی و بهینه‌سازی خط تولید است، مشخص گردید. در مطالعاتی که به منظور بررسی قابلیت خردایش ماسه‌سنگ مورد مطالعه صورت گرفت، اندیس کار (باند) این ماسه‌سنگ با استفاده از یک آسیای گلوله‌ای کالیبره شده تعیین گردید. همچنین در مطالعاتی تأثیر میزان رقت خوراک آسیای میله‌ای بر روی قابلیت خردایش ماسه‌سنگ مذکور بررسی گردید و مطالعاتی نیز به منظور بررسی تأثیر رقت خوراک بر روی میزان سایش بار خردکننده و جدار داخلی آسیای میله‌ای صورت گرفت و شرایط بهینه‌ای برای آسیا کردن کانسنگ سیلیسی مذکور بدست آمد. در مطالعات دیگری نیز با انجام آزمایش‌های سختی‌سنجی و متالوگرافی بر روی مقاطع فلزی تهیه شده از میله‌های مورد استفاده در آسیاهای میله‌ای کارخانهٔ سیلیس البرز، نحوه و فرآیند سایش این میله‌ها در حین خردایش سیلیس مورد مطالعه قرار گرفت.

ج - مطالعات انجام شده بر روی محصول کارخانهٔ سیلیس البرز

به منظور بررسی امکان تجهیز و تکمیل واحد تر کارخانه برای تولید محصولی با کیفیت بالاتر، ماسهٔ سیلیسی تولید شده در واحد تر این کارخانه مورد مطالعه قرار گرفت. بخشی از این مطالعات شامل مطالعات ماکروسکوپی، میکروسکوپی، ترکیب شیمیائی، تعیین توزیع دانه‌بندی، وزن مخصوص ظاهری و حقیقی بود که به منظور شناسائی کامل این ماسهٔ سیلیسی صورت گرفت. بخشی دیگر از این مطالعات مربوط به قابلیت کاهش اکسید آهن و تصحیح ترکیب شیمیائی این ماسه با استفاده از روش‌های معمول فرآوری سیلیس

بود. در این مطالعات ابتدا تأثیر شستشوی ساده بر روی ترکیب شیمیائی و توزیع دانه‌بندی ماسهٔ مذکور از طریق مدل‌سازی فرآیند تولید در کارخانهٔ سیلیس البرز مشخص گردید. در بخش دیگری از این مطالعات که بیشتر جنبهٔ تئوری و محاسبه‌ای داشت، تأثیر جدایش ابعادی ذرات ماسه بر روی ترکیب شیمیائی آن در ماسه‌هایی که ناخالصی‌های آهن آن بصورت پوشش‌های سطحی ذرات است، مشخص گردید. همچنین مطالعاتی برای تعیین تأثیر سایش ذرات ماسه به منظور جداکردن پوشش‌های سطحی روی ذرات صورت گرفت و شرایط بهینهٔ سایش ذرات ماسه در یک پالپ غلیظ و متلاطم بصورت آزمایشگاهی تعیین گردید. مطالعات گستردهٔ تئوری و آزمایشگاهی دیگری نیز برای بررسی قابلیت جداکردن ناخالصی‌های سیلیس با استفاده از فلوتاسیون صورت گرفت. در این مطالعات علاوه بر بررسی تئوری فرآیند، مشخصات داروهای فلوتاسیون و مکانیسم جذب آنها بر روی سیلیس و کانی‌های همراه آن، آزمایش‌هایی نیز به منظور یافتن شرایط بهینه فلوتاسیون ماسهٔ مذکور صورت گرفت. در آزمایش‌های فلوتاسیون معکوس موفقیت چندانی بدست نیامد، ولی نتایج فلوتاسیون مستقیم سیلیس بسیار رضایت‌بخش بود و با آزمایش‌های مختلف شرایط بهینه فلوتاسیون مستقیم کوارتز توسط آمین‌ها بصورت آزمایشگاهی بدست آمد. در بخش دیگری از این مطالعات قابلیت استفاده از جداکننده‌های مغناطیسی شدت بالا به منظور کاهش اکسید آهن ماسهٔ مذکور مورد آزمایش قرار گرفت و شرایط بهینهٔ استفاده از این جداکننده‌ها در آزمایشگاه تعیین گردید. در مطالعات دیگری نیز کارآئی استفاده از اسید سولفوریک در اسیدشوئی ماسهٔ سیلیسی مذکور مورد آزمایش قرار گرفت. در این مطالعات اسید سولفوریک علاوه بر کاهش ناخالصی آهن ماسهٔ مورد مطالعه مقدار ناخالصی‌های دیگر، بخصوص کربنات‌ها را بطور چشمگیری کاهش داد.

در پایان این بخش با توجه به نتایج بدست آمده از این مطالعات و تجزیه و تحلیل ۱۵ فلوشیت کانه‌آرائی سیلیس و با توجه به امکانات موجود و مسائل اقتصادی به منظور تکمیل و تجهیز خط تولید کارخانه سیلیس البرز فلوشیتی پیشنهاد گردید.

د - مطالعات مربوط به بهینه‌سازی خط تولید کارخانهٔ سیلیس البرز

در این مطالعات، بعد از شناسائی خط تولید کارخانه و رسم فلوشیت واحدهای مختلف آن (واحد سنگ‌شکنی، واحد خردایش و دانه‌بندی سیلیس به روش خشک، واحد خردایش و دانه‌بندی سیلیس به روش تر)، مطالعاتی صورت گرفت تا چگونگی و میزان تغییر مشخصات خوراک در حین فرآیند تولید در نقاط مختلف خط تولید مشخص گردد. در این مطالعات ابتدا یک عملیات نمونه‌برداری از نوع ردیفی تصادفی طراحی گردید و وزن و تعداد جزء نمونه‌های مورد نیاز در هر نقطه مشخص شد. بعد از اجرای عملیات نمونه‌برداری، هر نمونه با توجه به اطلاعات مورد نیاز آماده‌سازی گردید. برای آماده‌ازی نمونه‌هایی که به منظور تعیین ترکیب شیمیائی خوراک، آنالیز می‌شدند، یک روش آماده‌سازی طراحی گردید که در آن نقطهٔ بهینه‌ای بین حفظ ویژگی معرف بودن نمونه و هزینهٔ آماده‌سازی آن انتخاب گردید. بعد از آماده‌سازی نمونه‌ها زیر نمونه‌های تجزیه‌ای حاصل، آنالیز گردید و از پردازش اطلاعات بدست آمده مشخصاتی نظیر دبی، رقت یا درصد رطوبت، جرم مخصوص، توزیع ابعادی و ترکیب شیمیائی خوراک در هر نقطه مشخص گردید. در مرحلهٔ بعد مشخصات مؤثر در طراحی و بهینه‌سازی تجهیزات خط تولید با استفاده از اندازه‌گیری‌های مستقیم و غیرمستقیم یا با استفاده از کاتالوگ‌های موجود تعیین گردید. نهایتاً با استفاده از مشخصات تجهیزات کانه‌آرائی نصب شده در خط تولید و مشخصات خوراک ورودی و خروجی آنها، علاوه بر تعیین کارآئی و راندمان این تجهیزات، نقاط ضعف آنها نیز مشخص گردید. سپس با توجه به امکانات و توانائی‌های موجود و به منظور رفع این معایب و نواقص پیشنهادهایی ارائه گردید. با انجام این پیشنهادها دستگاه‌ها و تجهیزات خط تولید برای دستیابی به حداکثر راندمان و کارآئی خط تولید تجهیز و تنظیم می‌شوند، کیفیت و کمیت محصول تا حد امکان افزایش می‌یابد، انرژی مصرفی و زمان توقف خط تولید کاهش می‌یابد و علاوه بر کاهش هزینهٔ تعمیر و نگهداری تجهیزات، عمر مفید آنها نیز افزایش می‌یابد و ... که نهایتاً افزایش سودآوری کارخانه به همراه دارد.

«معلمی را می‌ستایم که به جای آموختن اندیشه‌ها، اندیشیدن را به من آموخت»

«از سخنان مولای متقیان علی علیه‌السلام»

تقدیر و تشکر

قبل از هر چیز برخود لازم می‌دانم از زحمات بی‌دریغ اساتید ارجمندم جناب آقای دکتر میرمحمدی، جناب آقای دکتر اولیاء زاده و جناب آقای دکتر محمد نوعپرست که همواره با صبر و شکیبائی جوابگوی سوال‌هایم بوده‌اند و راهنمایی‌هایشان همچون مشعلی فروزان تاریکی‌های شک و تردید را برایم به روشنائی یقین تبدیل کرده است، کمال تشکر و قدردانی را نمایم. همچنین از استاد ارجمندم جناب آقای مهندس روح شهباز که در مطالعات میکروسکوپی نمونه‌ها از هیچ کمکی فروگذاری ننموده و با حوصلهٔ فراوان، مشکلات و سوال‌های اینجانب را پاسخگو بوده‌اند بسیار سپاسگزارم. از استاد گرامیم جناب آقای دکتر حسنی‌پاک نیز که من را در طراحی عملیات نمونه‌برداری، آماده‌سازی، محاسبهٔ خطای مراحل مختلف عملیات و رفع مشکلات تئوریک اینجانب با علاقهٔ فراوان راهنمایی کرده‌اند، بسیار سپاسگزارم. از جناب آقای مهندس رضایی مدیریت محترم شرکت سیلیس البرز که با توجه به مشغلهٔ زیاد با علاقه و محبت خاصی، سعی در رفع مشکلات موجود و ایجاد هماهنگی‌های لازم نموده و در این راه از هیچ کمکی فروگذاری نکرده‌اند صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایم. از آقای مهندس امین‌فرد، آقای مهندس عاقلی، آقای مهندس مجابی، آقای مهندس جارچی کارشناسان شرکت سیلیس البرز که در جلسات پرسش و پاسخ متعدد پاسخگوی سوالاتم بوده‌اند و در رفع مشکلات و ایجاد هماهنگی‌های لازم مرا یاری نموده‌اند، بسیار سپاسگزارم. از جناب آقای علی قربانی مسئول محترم آزمایشگاه کانه‌آرائی دانشکدهٔ فنی دانشگاه تهران که در انجام آزمایش‌های کانه‌آرائی مرا یاری نموده‌اند و در این راه از هیچ کمکی دریغ نکرده‌اند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایم. از جناب آقای دکتر آماده مدیریت محترم گروه مهندسی مواد دانشکده فنی دانشگاه تهران که در ایجاد هماهنگی‌های لازم برای مطالعات متالوگرافی و سختی سنجی میله‌های آسیا همکاریهای لازم را مبذول فرمودند، بسیار سپاسگزارم. از سرکار خانم مهندس ملک‌التجار مسئول محترم بخش آنالیز XRF گروه مهندسی معدن دانشکدهٔ فنی دانشگاه تهران، سرکار خانم محسنی مسئول محترم بخش آنالیز شیمیائی XRF سازمان زمین‌شناسی کشور و مسئولان محترم آزمایشگاه شیمی تجزیه شرکت شیشه و گاز که زحمت آنالیز شیمیائی نمونه‌های مورد مطالعه را تقبل نمودند، بسیار سپاسگزارم. از مسئول محترم واحدها و قسمت‌های مختلف شرکت سیلیس البرز آقایان جرنده‌ای، قناعت، رفیعی، آقاجانی، شهبازی، حسین‌خواه، کاکاوند و مسئول محترم معدن سیلیس کیسه‌جین جناب آقای آدمی‌نژاد که هر کدام به نوبهٔ خود بخشی از مشکلات اینجانب را حل نموده و در ایجاد هماهنگی‌های لازم از هیچ کمکی فروگذاری نکرده‌اند، سپاسگزارم.

در پایان از دوستان عزیزم آقای مهندس محسن عبدالغفوریان، آقای مهندسی عباسعلی حیدری، آقای مهندس سیدحسن طباطبائی و آقای مهندس حمید گرانیان که هر کدام سهمی در انجام مطالعات، گردآوری اطلاعات، مطالعه و نمونه‌برداری از خط تولید و ... داشته‌اند بسیار سپاسگزارم.

مرتضی محسنی - بهار ۱۳۷۸

مقدمه ۲

فصل اول : کلیاتی در مورد سیلیس

۱-۱- سیلیسیم ۶
۱-۲- کانی‌شناسی کانی‌های گروه SiO_2 ..... ۹
۱-۲-۱- مقدمه ۹
۱-۲-۲- کوارتز ۱۲
۱-۲-۲-۱- کوارتز درشت بلورین ۱۲
۱-۲-۲-۲- کوارتز ریز بلورین ۱۴
الف - کوارتز ریز بلورین نوع الیافی ۱۴
ب - کوارتز ریز بلورین نوع دانه دانه‌ای ۱۵
۱-۲-۳- تریدیمیت ۱۵
۱-۲-۴- کریستوبالیت ۱۶
۱-۲-۵- اوپال ۱۶
۱-۳- شرایط تشکیل کانی‌های گروه SiO_2 ..... ۱۸
۱-۳-۱- مقدمه ۱۸
۱-۳-۲- تشکیل سیلیس در سنگ‌های آذرین ۱۹
۱-۳-۲-۱- تشکیل سیلیس در سنگ‌های آذرین درونی ۱۹
۱-۳-۲-۲- تشکیل سیلیس در سنگ‌های آذرین بیرونی ۲۰
۱-۳-۳- تشکیل سیلیس در کانسارهای پگماتیتی ۲۲
۱-۳-۴- تشکیل سیلیس در کانسارهای متعاقب ماگمائی «پس‌ماگمائی» ۲۲
۱-۳-۴-۱- مقدمه ۲۲
۱-۳-۴-۲- تشکیل سیلیس در شرایط پنویماتولیتی و گرمابی حرارت بالا (هیپوترمال) ۲۴
الف - تشکیل سیلیس در کانسارهای گرایزنی ۲۴
ب - تشکیل سیلیس در کانسارهای اسکارنی (دگرسانی مجاورتی) ۲۴
۱-۳-۴-۳- تشکیل سیلیس در شرایط گرمابی حرارت متوسط (مزوترمال) ۲۵
۱-۳-۴-۴- تشکیل سیلیس در شرایط گرمابی حرارت پایین (اپی‌ترمال) ۲۵
۱-۳-۴-۵- تشکیل سیلیس در شرایط تله‌ترمال ۲۵
۱-۳-۴-۶- تشکیل سیلیس در شرایط زینوترمال ۲۶
۱-۳-۵- تشکیل سیلیس در شرایط دگرگونی ۲۶
۱-۳-۶- کانسارهای رسوبی سیلیس ۲۷
۱-۳-۶-۱- کانسارهای رسوبی شیمیایی ۲۷
۱-۳-۶-۲- کانسارهای رسوبی بیوشیمیایی ۲۸
۱-۳-۶-۳- تشکیل سیلیس در شرایط رسوبی آتشفشانی ۲۹
۱-۳-۶-۴- کانسارهای رسوبی مکانیکی سیلیس ۳۰
۱-۳-۷- کانسارهای هوازدهٔ سیلیس ۳۰
۱-۴- کانسارهای کانی‌های گروه SiO_2 در جهان ۳۳
۱-۴-۱- کانسارهای مهم کوارتز بلوری ۳۳
۱-۴-۲- کانسارهای مهم تریدیمیت ۳۴
۱-۴-۳- کانسارهای مهم کریستوبالیت ۳۴
۱-۴-۴- کانسارهای مهم فیلینت ۳۴
۱-۴-۵- کانسارهای مهم اوپال ۳۴
۱-۴-۶- کانسارهای مهم آگات ۳۵
۱-۵- زمین‌شناسی سیلیس در ایران ۳۶
۱-۵-۱- دوارنزیت قوقانی ۳۶
۱-۵-۲- ماسه سنگ‌های دوران اول و دوم ۳۷
۱-۵-۳- کانسارهای سیلیس دوران سوم تا کنون ۳۸

۱-۵-۴- منابع متفرقهٔ سیلیس ۳۸
۱-۶- معادن سیلیس ایران ۴۰
۱-۷- کاربرد کانی‌های گروه SiO_2 ..... ۴۲
۱-۷-۱- مقدمه ۴۲
۱-۷-۲- کاربرد سیلیس در صنایع شیشه ۴۴
۱-۷-۲-۱- مقدمه ۴۴
۱-۷-۲-۲- استاندارد ماسهٔ سیلیسی مورد مصرف در صنعت شیشه ۴۵
۱-۷-۲-۲-۱- استاندارد ترکیب شمیائی ۴۶
۱-۷-۲-۲-۲- استاندارد توزیع دانه‌بندی ۴۷
۱-۷-۲-۲-۳- استاندارد رطوبت ۴۹
۱-۷-۳- کاربرد سیلیس در صنایع ریخته‌گری ۵۰
۱-۷-۴- کاربرد سیلیس در صنایع متالورژی ۵۲
۱-۷-۴-۱- کاربرد سیلیس در تهیهٔ فرو سیلیس ۵۲
۱-۷-۵- کاربرد سیلیس در صنایع ساختمان ۵۴
۱-۷-۵-۱- مقدمه ۵۴
۱-۷-۵-۲- کاربرد سیلیس در تولید آجر ماسه آهکی ۵۵
۱-۷-۵-۳- کاربرد سیلیس در تولید آجرهای سیلیسی و ماسه خاکی ۵۶
۱-۷-۵-۴- کاربرد سیلیس در تولید سیمان ۵۷
۱-۷-۶- کاربرد سیلیس در تولید دیرگدازها ۵۸
۱-۷-۷- کاربرد سیلیس در تولید سیلیکات سدیم ۶۰
۱-۷-۸- کاربرد سیلیس در صنایع سرامیک و لعاب ۶۲
۱-۷-۹- کاربرد سیلیس در تولید اورگانومتال‌های سیلیسی ۶۲
۱-۷-۱۰- کاربرد SiO_2 در صنایع عایق و تولید پشم شیشه ۶۳
۱-۷-۱۱- کاربرد SiO_2 در جواهرسازی و سنگ‌های تزئینی ۶۴
۱-۷-۱۲- کاربرد SiO_2 در صنایع و تجهیزات نوری ۶۴
۱-۷-۱۳- کاربرد SiO_2 در صنایع الکترونیک ۶۵
۱-۷-۱۴- کاربرد SiO_2 در تصفیهٔ آب ۶۷
۱-۷-۱۵- کاربرد SiO_2 در صنایع ساینده و پولیش ۶۸
۱-۷-۱۶- کاربرد SiO_2 در پاک‌کننده‌ها و مواد شوینده ۶۹
۱-۷-۱۷- کاربرد SiO_2 در فیلتراسیون و تصفیهٔ مواد ۶۹
۱-۷-۱۸- کاربرد SiO_2 در پرورش کوارتز مصنوعی و تهیهٔ ژل‌های سیلیسی ۶۹
۱-۷-۱۹- کاربردهای متفرقه SiO_2 ..... ۷۰
۱-۸- وضعیت تولید و مصرف سیلیس در ایران ۷۱
۱-۹- روش‌های فرآوری سیلیس ۷۲
۱-۹-۱- مقدمه ۷۲
۱-۹-۲- فلوشیت ساده شده‌ای برای شستشو و دانه‌بندی ماسه‌های سیلیسی ۷۳
۱-۹-۳- فلوشیت خط تولید کارخانهٔ پودر سیلیس ایران سیلکو ۷۴
۱-۹-۴- فلوشیت خط تولید واحد تر کارخانهٔ سیلیس البرز ۷۴
۱-۹-۵- فلوشیت پیشنهادی شرکت سالا برای تولید ماسهٔ سیلیسی قابل مصرف در صنایع شیشه ۷۵
۱-۹-۶- فلوشیت پیشنهادی دنور برای بازیابی ماسهٔ ریخته‌گری ۷۵
۱-۹-۷- فلوشیت‌های آرایش ماسه‌های ساحلی در نیوکاسل استرالیا و خلیج ریچارد آفریقای جنوبی ۷۸
۱-۹-۸- فلوشیت پیشنهادی شرکت دنور برای تولید ماسهٔ سیلیسی قابل مصرف در صنعت شیشه از ماسه‌های سیلیسی ۸۲
۱-۹-۹- فلوشیت یک کارخانهٔ کانه‌آرائی در حال کار تولید ماسهٔ سیلیسی قابل مصرف در صنعت شیشه از سنگ سیلیس ۸۲
۱-۹-۱۰- فلوشیت یک کارخانه کانه‌آرائی سیلیس در کانادا ۸۵
۱-۹-۱۱- فلوشیت پیشنهادی شرکت دنور برای تولید ماسهٔ سیلیسی قابل مصرف در صنعت شیشه از ماسه‌های سیلیس ۸۷
۱-۹-۱۲- فلوشیت عمومی پیشنهاد شده توسط شرکت دنور برای تولید ماسهٔ سیلیسی قابل مصرف در صنعت شیشه ۸۹
۱-۹-۱۳- پیشنهادهایی برای فلوتاسیون اکسیدهای آهن و کوارتز ۹۳
۱-۹-۱۳-۱- فلوتاسیون مستقیم کوارتز ۹۳

۱-۹-۱۳-۲- فلوتاسیون معکوس کوارتز ۹۵
۱-۹-۱۴- فلوشیت پیشنهادی برای فلوتاسیون کانی‌های پگماتیتی ۹۷
۱-۹-۱۵- نتیجه‌گیری ۱۰۱
۱-۹-۱۵-۱- خردایش کانسنگ سیلیس ۱۰۲
۱-۹-۱۵-۲- شستشو و دانه‌بندی سیلیس ۱۰۳
الف - شستشوی سیلیس ۱۰۳
ب - دانه‌بندی سیلیس ۱۰۴
۱-۹-۱۵-۳- جداکردن ناخالصی‌ها از سیلیس ۱۰۵
الف - استفاده از شستشوی ساده در فرآوری سیلیس ۱۰۶
ب - استفاده از سایش ذرات ماسه در فرآوری سیلیس ۱۰۷
ج - استفاده از جداکننده‌های مغناطیسی در فرآوری سیلیس ۱۰۸
د - استفاده از فلوتاسیون در فرآوری سیلیس ۱۰۹
ه - استفاده از لیچینگ با اسید (اسیدشوئی) در فرآوری سیلیس ۱۱۱
۱-۹-۱۵-۴- آبگیری و خشک کردن ۱۱۱
۱-۱۰- کارخانه‌های فرآوری سیلیس در ایران ۱۱۴
۱-۱۰-۱- شرکت تولید پودر سیلیس در ایران ۱۱۵
۱-۱۰-۲- شرکت تأمین ماسهٔ ریخته‌گری ۱۱۵
۱-۱۰-۳- شرکت تاوان سیلیس ۱۱۵
۱-۱۰-۴- شرکت استخراج و تهیهٔ مواد اولیهٔ شیشه ۱۱۵
۱-۱۰-۵- شرکت کانی‌کاران لیاء ۱۱۵

فصل دوم : مطالعات انجام شده بر روی خوراک و محصول کارخانهٔ سیلیس البرز

۲ ۱ مقدمه ۱۱۸
۲-۲- مطالعات انجام شده بر روی خوراک کارخانهٔ سیلیس البرز (سنگ سیلیس معدن کیسه جین) ۱۲۰
۲-۲-۱- مطالعات زمین‌شناسی و ژنز سنگ معدن سیلیس کیسه جین ۱۲۰
۲-۲-۲- مطالعات ماکروسکوپی بر روی خوراک کارخانهٔ سیلیس البرز ۱۲۱
۲-۲-۲-۱- مقدمه ۱۲۱
۲-۲-۲-۲- معیارهای تقسیم‌بندی خوراک کارخانه ۱۲۱
۲-۲-۲-۳- طراحی و اجرای عملیات نمونه‌برداری ۱۲۳
۲-۲-۲-۴- پردازش اطلاعات بدست آمده از مشاهدات ماکروسکوپی ۱۲۴
۲-۲-۲-۵- نتیجه‌گیری از مطالعات ماکروسکوپی ۱۲۶
۲-۲-۳- مطالعات میکروسکوپی بر روی خوراک کارخانهٔ سیلیس البرز ۱۲۷
۲-۲-۳-۱- مقدمه ۱۲۷
۲-۲-۳-۲- مطالعات میکروسکوپی بر روی سنگ‌های گروه اول ۱۲۸
الف - مشخصات کانی‌شناسی سنگ‌های گروه اول ۱۲۸
ب - مشخصات بافتی و هندسی سنگ‌های گروه اول ۱۲۹
۲-۲-۳-۳- مطالعات میکروسکوپی بر روی سنگ‌های گروه دوم ۱۳۸
الف - مشخصات کانی‌شناسی سنگ‌های گروه دوم ۱۳۸
ب - مشخصات بافتی و هندسی سنگ‌های گروه دوم ۱۴۰
۲-۲-۳-۴- مطالعات میکروسکوپی بر روی سنگ‌های گروه سوم ۱۴۸
الف - مشخصات کانی‌شناسی سنگ‌های گروه سوم ۱۴۸
ب - مشخصات بافتی و هندسی سنگ‌های گروه سوم ۱۴۹
۲-۲-۳-۵- نتیجه‌گیری از مطالعات میکروسکوپی ۱۵۳
۲-۲-۳-۵-۱- نتایج حاصل از مطالعات کانی‌شناسی نوری نمونه‌ها ۱۵۳
۲-۲-۳-۵-۲- نتایج حاصل از مطالعات میکروسکوپی مشخصات بافتی و هندسی نمونه‌ها ۱۵۴
۲ ۲ ۴ مطالعهٔ درجه آزادی کانی‌ها در سنگ معدن سیلیس کیسه جین (خوراک کارخانهٔ سیلیس البرز) ۱۵۹
۲-۲-۴-۱- نتیجه‌گیری ۱۶۰
۲-۲-۵- مطالعه ترکیب شیمیائی خوراک کارخانهٔ سیلیس البرز ۱۶۱

۲-۲-۵-۱- مقدمه ۱۶۱
۲-۲-۵-۲- طراحی نمونه‌برداری ۱۶۱
۲-۲-۵-۳- اجرای عملیات نمونه‌برداری ۱۶۲
۲-۲-۵-۴- آماده‌سازی نمونه‌ها ۱۶۳
۲-۲-۵-۵- آنالیز شیمیائی نمونه‌ها ۱۶۵
۲-۲-۵-۶- نتیجه‌گیری از مطالعهٔ ترکیب شیمیائی ۱۶۵
الف - مقایسهٔ ترکیب شیمیائی سنگ‌های گروه اول، دوم و سوم ۱۶۵
ب - بررسی صحت انتخاب شبکهٔ نمونه‌برداری مطالعهٔ دپو ۱۶۶
ج - محاسبهٔ ترکیب شیمیائی سنگ‌های دپو ۱۶۸
د - تشکیل ماتریس همبستگی و تعبیر و تفسیر آن ۱۶۸
۲-۲-۶- مطالعهٔ توزیع ابعادی خوراک کارخانهٔ سیلیس البرز ۱۷۴
۲-۲-۷- مالعهٔ وزن مخصوص ظاهری خوراک کارخانهٔ سیلیس البرز ۱۷۸
۲-۲-۸- مطالعهٔ قابلیت خردایش (تعیین اندیس باند) سنگ معدن کیسه جین (خوراک کارخانهٔ سیلیس البرز) ۱۷۸
۲-۲-۹- مطالعهٔ تأثیر رقت خوراک در میزان سایش بار خردکننده آسیا و قابلیت خردایش خوراک ۱۸۶
۲-۲-۹-۱- مقدمه ۱۸۶
۲-۲-۹-۲- مطالعهٔ تأثیر رقت خوراک در میزان سایش بار خردکننده و جدار داخلی آسیا (آزمایش اول) ۱۸۹
۲-۲-۹-۲-۱- نتیجه‌گیری از آزمایش اول ۱۹۱
۲-۲-۹-۳- مطالعهٔ تأثیر رقت خوراک در قابلیت خردایش سنگ معدن سیلیس کیسه جین (آزمایش دوم) ۱۹۲
۲-۲-۹-۳-۱- نتیجه‌گیری از آزمایش دوم ۱۹۴
۲-۳- مطالعات انجام شده بر روی ماسهٔ سیلیسی آرایش شده در کارخانهٔ سیلیس البرز ۲۰۰
۲-۳-۱- تهیهٔ نمونه‌های مورد نیاز برای انجام مطالعات کانی‌آرائی ۲۰۰
۲-۳-۲- مطالعات میکروسکوپی و ماکروسکوپی محصول کارخانهٔ سیلیس البرز ۲۰۱
۲-۳-۲-۱- نتیجه‌گیری ۲۰۱
۲-۳-۳- مطالعهٔ ترکیب شیمیائی محصول کارخانه سیلیس البرز ۲۰۳
۲-۳-۴- مطالعهٔ توزیع دانه‌های بندی محصول کارخانه سیلیس البرز ۲۰۴
۲-۳-۵- مطالعهٔ جرم مخصوص ظاهری و حقیقی محصول کارخانه سیلیس البرز ۲۰۵
۲-۳-۵-۱- جرم مخصوص ظاهری محصول کارخانهٔ سیلیس البرز ۲۰۵
۲-۳-۵-۲- جرم مخصوص حقیقی محصول کارخانهٔ سیلیس البرز ۲۰۶
۲-۳-۷- مطالعهٔ قابلیت کاهش اکسید آهن ماسهٔ سیلیسی با استفاده از جدایش ابعادی ذرات ماسه ۲۱۰
۲-۳-۷-۱- مقدمه ۲۱۰
۲-۳-۷-۲- تعیین حد جدایش فراکسیون‌های دارای درصد اکسید آهن مجاز در ماسه به روش محاسبه ۲۱۴
۲-۳-۷-۲-۱- روش محاسباتی اول: استفاده از منحنی توزیع ابعادی رسم شده براساس تعداد ذرات هر فراکسیون ۲۱۵
۲-۳-۷-۲-۲- روش محاسباتی دوم: استفاده از منحنی توزیع ابعادی رسم شده براساس وزن هر فراکسیون ۲۲۰
۲-۳-۷-۳- تعیین حد جدایش فراکسیون‌های دارای درصد اکسیدآهن مجاز در ماسه به روش آنالیز شیمیائی ۲۲۳
۲-۳-۷-۳-۱- روش کاربردی اول: مشخص کردن درصد اکسیدآهن هر فراکسیون به طور جداگانه ۲۲۳
۲-۳-۷-۳-۲- روش کاربردی دوم: مشخص کردن درصد اکسیدآهن فراکسیون‌ها به صورت تجمعی ۲۲۵
۲-۳-۷-۴- بحث و بررسی ۲۲۶
۲-۳-۸- مطالعهٔ قابلیت کاهش اکسیدآهن ماسهٔ سیلیسی با استفاده از سایش ذرات ماسه ۲۲۸
۲-۳-۸-۱- روش‌های جداسازی پوشش‌های سطحی از ذرات سیلیس ۲۲۸
۲-۳-۸-۱-۱- روش‌های مکانیکی ۲۲۸
۲-۳-۸-۱-۲- روش‌های شیمیائی ۲۲۸
۲-۳-۸-۱-۳- روش‌های مرکب (مکانیکی - شیمیائی) ۲۲۹
۲-۳-۸-۲- مطالعه قابلیت کاهش اکسیدآهن سیلیس به روش سایش ۲۲۹
۲-۳-۸-۲-۱- مقدمه ۲۲۹
۲-۳-۸-۲-۲- عوامل مؤثر در سایش ذرات ماسه ۲۳۰
۲-۳-۸-۲-۳- تعیین عوامل مؤثر در سایش ذرات ماسه در آزمایشگاه ۲۳۰
۲-۳-۸-۲-۳-۱- مقدمه ۲۳۰
۲-۳-۸-۲-۳-۲- تهیهٔ نمونه‌های مورد نیاز برای مطالعات سایش ۲۳۲

۲-۳-۸-۲-۳-۳- تعیین درصد جامد بهینه پالپ در سایش ذرات ماسه ۲۳۳
۲-۳-۸-۲-۳-۴- تعیین حداقل زمان لازم برای سایش ذرات ماسه ۲۳۴
۲-۳-۸-۲-۳-۵- تعیین سرعت بهینه روتور اسکرابر در سایش ذرات ماسه ۲۳۷
۲-۳-۸-۲-۳-۶- تعیین مدت زمان بهینه در سایش ذرات ماسه ۲۴۰
۲-۳-۸-۲-۳-۷- مطالعهٔ تأثیر pH پالپ بر روی بازدهی سایش ذرات ماسه ۲۴۱
۲-۳-۸-۲-۴- بحث و بررسی ۲۴۲
۲-۳-۹- مطالعهٔ قابلیت کاهش اکسیدآهن ماسه سیلیسی با استفاده از فلوتاسیون ۲۴۳
۲-۳-۹-۱- مقدمه ۲۴۳
۲-۳-۹-۲- عوامل مؤثر در فلوتاسیون ۲۵۰
۲-۳-۹-۳- استفاده از فلوتاسیون معکوس برای جداکردن ناخالصی‌ها از سیلیس ۲۵۲
۲-۳-۹-۳-۱- مقدمه ۲۵۲
۲-۳-۹-۳-۲- شرایط عمومی برای فلوتاسیون معکوس سیلیس ۲۵۲
۲-۳-۹-۳-۲-۱- سایش ذرات ماسه ۲۵۲
۲-۳-۹-۳-۲-۲- شستشو و نرمه‌گیری ۲۵۳
۲-۳-۹-۳-۲-۳- آماده‌سازی ۲۵۴
الف - تنظیم کنندهٔ pH ۲۵۵
ب - کلکتور ۲۵۵
ج - روغن‌های خنثی ۲۵۹
د - کف‌ساز ۲۶۰
۲-۳-۹-۳-۲-۴- فلوتاسیون ۲۶۱
الف - فلوتاسیون انتخابی فلدسپات‌ها از سیلیس ۲۶۱
۲-۳-۹-۳-۳- مطالعات فلوتاسیون معکوس بر روی ماسهٔ سیلیسی تولیدی کارخانهٔ سیلیس البرز ۲۶۳
۲-۳-۹-۳-۳-۱- تهیهٔ نمونه‌های مورد نیاز ۲۶۳
۲-۳-۹-۳-۳-۲- سایش ذرات ماسه ۲۶۴
۲-۳-۹-۳-۳-۳- تعیین پارامترهای مؤثر در فلوتاسیون معکوس کوارتز در آزمایشگاه ۲۶۵
الف - تعیین بهترین کلکتور ۲۶۵
الف - ۱ - آماده‌سازی ۲۶۵
الف - ۲ - آزمایش فلوتاسیون ۲۶۶
الف - ۳ - نتیجه‌گیری ۲۶۸
۲-۳-۹-۴- استفاده از فلوتاسیون مستقیم برای جداسازی ناخالصی‌ها از سیلیس ۲۷۱
۲-۳-۹-۴-۱- مقدمه ۲۷۱
۲-۳-۹-۴-۲- شرایط عمومی برای فلوتاسیون مستقیم کوارتز ۲۷۱
۲-۳-۹-۴-۲-۱- سایش ذرات ماسه ۲۷۱
۲-۳-۹-۴-۲-۲- شستشو و نرمه‌گیری ۲۷۱
۲-۳-۹-۴-۲-۳- آماده‌سازی ۲۷۲
الف - تنظیم‌کنندهٔ pH ۲۷۲
ب - کلکتور ۲۷۴
ب - ۱ - استفاده از کلکتور کاتیونی ۲۷۴
ب - ۱-۱- مطالعهٔ ایزوترم جذب ۲۷۶
ب - ۱-۲- بررسی سینتیک الکتریکی ۲۷۶
ب - ۱-۳- اندازه‌گیری زاویهٔ تماس ۲۷۸
ب - ۲- استفاده از کلکتور آنیونی ۲۸۴
ج - بازداشت‌کننده‌ها ۲۹۱
ج - ۱ - نشاسته‌ها و دکسترین ۲۹۱
د - کف‌ساز ۲۹۴
۲-۳-۹-۴-۲-۴- فلوتاسیون ۲۹۴
۲-۳-۹-۴-۳- مطالعات فلوتاسیون مستقیم بر روی ماسهٔ سیلیسی تولیدی کارخانهٔ سیلیس البرز ۲۹۵
۲-۳-۹-۴-۳-۱- تهیهٔ نمونه‌های لازم ۲۹۵

۲-۳-۹-۴-۳-۲- سایش نمونه‌ها ۲۹۶
۲-۳-۹-۴-۳-۳- تعیین پارامترهای مؤثر در فلوتاسیون مستقیم کوارتز در آزمایشگاه ۲۹۶
الف - مقدمه ۲۹۶
ب - تعیین بهترین کلکتور ۲۹۷
ج - تعیین بهترین pH ۲۹۷
د - تعیین مقدار مصرف کلکتور ۳۰۱
۲-۳-۱۰- مطالعهٔ قابلیت کاهش اکسیدآهن ماسهٔ سیلیسی با استفاده از جداکنندهٔ مغناطیسی شدت بالا ۳۰۹
۲-۳-۱۰-۱- تعیین شدت جریان بهینه برای کاهش میزان اکسیدآهن محصول کارخانهٔ سیلیس البرز توسط جداکنندهٔ مغناطیسی شدت بالا ۳۱۰
۲-۳-۱۱- مطالعهٔ قابلیت کاهش اکسیدآهن ماسهٔ سیلیسی با استفاده از اسیدشوئی ۳۱۳
۲-۳-۱۱-۱- پارامترهای مؤثر در اسیدشوئی ماسهٔ سیلیسی ۳۱۳
۲-۳-۱۱-۲- تعیین غلظت بهینهٔ اسید سولفوریک مورد استفاده در اسیدشوئی محصول کارخانهٔ سیلیس البرز ۳۱۴
۲-۳-۱۱-۳- نتیجه‌گیری از آزمایش اسیدشوئی ۳۱۵
۲-۴- نتیجه‌گیری از مطالعات انجام شده بر روی خوراک و محصول کارخانهٔ سیلیس البرز ۳۱۷

فصل سوم : بهینه‌سازی کارخانهٔ سیلیس البرز

۳-۱- معرفی کارخانهٔ سیلیس البرز ۳۲۱
۳-۱-۱- مقدمه ۳۲۱
۳-۱-۲- معرفی دپوی اصلی کارخانه ۳۲۳
۳-۱-۳- معرفی واحد سنگ‌شکنی ۳۲۶
۳-۱-۴- معرفی واحد خردایش و دانه‌بندی سیلیس به روش خشک (سالن تولید) ۳۲۷
۳-۱-۴-۱- معرفی سیستم تهویه و گردگیر هوای سالن تولید ۳۳۱
۳-۱-۴-۲- معرفی سیستم نرمه‌گیری سالن تولید ۳۳۳
۳-۱-۵- معرفی واحد خردایش و دانه‌بندی سیلیس به روش تر (سالن آرایش) ۳۳۸
۳-۲- شناسائی، مطالعه و بهینه‌سازی خط تولید کارخانهٔ سیلیس البرز ۳۴۱
۳-۲-۱- مقدمه ۳۴۱
۳-۲-۲- مطالعهٔ تغییرات ایجاد شده بر روی مشخصات خوراک در طول فرآیند تولید ۳۴۲
۳-۲-۲-۱- مقدمه ۳۴۲
۳-۲-۲-۲- طراحی عملیات نمونه‌برداری ۳۴۳
۳-۲-۲-۲-۱- مقدمه ۳۴۳
الف - انتخاب جزء نمونه‌های مورد نیاز از فضای نمونه‌برداری یک بعدی ۳۵۳
الف - ۱- نمونه‌برداری کاملاً تصادفی از فضای یک بعدی ۳۵۳
الف - ۲- نمونه‌برداری ردیفی تصادفی از فضای یک بعدی ۳۵۳
الف - ۳- نمونه‌برداری ردیفی سیستماتیک از فضای یک بعدی ۳۵۳
ب - بحث و بررسی ۳۵۵
۳-۲-۲-۲-۲- طراحی نمونه‌برداری از خوراک در واحد سنگ‌شکنی ۳۶۰
الف - نمونه‌برداری به منظور مطالعهٔ دبی و جرم مخصوص ظاهری خوراک ۳۶۰
ب - نمونه‌برداری به منظور مطالعهٔ توزیع دانه‌بندی خوراک ۳۶۴
۳-۲-۲-۲-۳- طراحی نمونه‌برداری از خوراک در واحد خردایش و دانه‌بندی سیلیس به روش خشک ۳۶۵
الف - نمونه‌برداری به منظور مطالعهٔ دبی و جرم مخصوص ظاهری خوراک ۳۶۵
ب - نمونه‌برداری به منظور مطالعهٔ توزیع ابعادی و ترکیب شیمیایی خوراک ۳۶۶
۳-۲-۲-۲-۴- طراحی نمونه‌برداری از خوراک در واحد خردایش و دانه‌بندی سیلیس به روش تر ۳۶۸
الف - نمونه‌برداری به منظور مطالعهٔ دبی، جرم مخصوص ظاهری، درصد رطوبت یا رقت خوراک ۳۶۸
ب - نمونه‌برداری به منظور تعیین ترکیب شیمیائی و توزیع ابعادی ذرات خوراک ۳۷۳
۳-۲-۲-۳- اجرای عملیات نمونه‌برداری ۳۷۴
۳-۲-۲-۴- آماده‌سازی نمونه‌ها ۳۷۵
۳-۲-۲-۴-۱- مقدمه ۳۷۵
۳-۲-۲-۴-۲- تجهیزات آماده‌سازی ۳۸۰

۳-۲-۲-۴-۳- طراحی مراحل آماده‌سازی ۳۸۰
۳-۲-۲-۴-۳-۱- آبگیری و خشک کردن نمونه ۳۸۱
۳-۲-۲-۴-۳-۲- همگن‌سازی و تقسیم نمونه تا رسیدن به حداقل وزن مجاز (مرتبهٔ اول) ۳۸۳
۳-۲-۲-۴-۳-۳- جداکردن براده‌های آهن همراه نمونه ۳۸۵
۳-۲-۲-۴-۳-۴- خردایش نمونه با استفاده از سنگ‌شکن فکی ۳۸۶
۳-۲-۲-۴-۳-۵- همگن‌سازی و تقسیم نمونه تا رسیدن به حداقل وزن مجاز (مرتبهٔ دوم) ۳۸۷
۳-۲-۲-۴-۳-۶- جداکردن براده‌های آهن احتمالی اضافه شده بر اثر سایش سنگ‌شکن فکی ۳۸۷
۳-۲-۲-۴-۳-۷- خرد کردن نمونه با استفاده از سنگ‌شکن مخروطی ۳۸۸
۳-۲-۲-۴-۳-۸- همگن‌سازی و تقسیم نمونه تا رسیدن به حداقل وزن مجاز (مرتبهٔ سوم) ۳۸۸
۳-۲-۲-۴-۳-۹- جداکردن براده‌های آهن احتمالی اضافه شده براثر سایش سنگ‌شکن مخروطی ۳۹۰
۳-۲-۲-۴-۳-۱۰- خردایش مرحلهٔ سوم ۳۹۰
۳-۲-۲-۴-۳-۱۱- خردایش نهایی نمونه‌ها (مرحلهٔ پودر کردن) ۳۹۲
۳-۲-۲-۴-۳-۱۲- همگن‌سازی و انتخاب زیرنمونه‌های تجزیه‌ای ۳۹۳
۳-۲-۲-۴-۴- دستور کار بهینه برای آماده‌سازی نمونه‌ها ۳۹۳
۳-۲-۲-۴-۵- اجرای عملیات آماده‌سازی ۴۰۳
۳-۲-۴-۵- مطالعه و آنالیز زیرنمونه‌های تجزیه‌ای و تخمین مشخصات خوراک در نقاط مختلف خط تولید ۴۰۳
۳-۲-۴-۵-۱- تعیین توزیع دانه‌بندی نمونه‌های برداشته شده از خط تولید کارخانهٔ سیلیس البرز ۴۰۳
الف - تعیین دقت عملیات تجزیهٔ سرندی ۴۰۴
الف - ۱- بحث و بررسی بر روی فرمول گیلی و خطای مجاز توزیع دانه‌بندی ۴۰۸
الف - ۱-۱- محاسبه کران بالای حداکثر خطای مجاز ۴۰۸
الف - ۱-۲- محاسبه کران پایین حداکثر خطای مجاز ۴۰۹
الف - ۱-۳- تعیین مقدار حداکثر خطای مجاز ۴۰۹
ب - رسم منحنی‌های توزیع دانه‌بندی خوراک در نقاط مختلف خط تولید کارخانهٔ سیلیس البرز ۴۱۳
ب - ۱- توزیع دانه‌بندی خوراک در نقاط مختلف خط تولید واحد سنگ‌شکنی ۴۱۳
ب - ۱-۱- تعیین توزیع دانه‌بندی خوراک اولیه واحد سنگ‌شکنی ۴۱۳
ب - ۱-۲- تعیین توزیع دانه‌بندی تهریز سرند ۴ سانتی‌متر ۴۱۴
ب - ۱-۳- تعیین توزیع دانه‌بندی سرریز سرند ۴ سانتی‌متر ۴۱۵
ب - ۱-۴- تعیین توزیع دانه‌بندی محصول سنگ‌شکن فکی و خوراک ورودی به مخزن A ۴۱۶
ب - ۱-۵- تعیین توزیع دانه‌بندی خوراک در نقاط A_8 A_9 A_{10} A_{11} A_{12} A_{13} A_{14} ۴۱۷
ب - ۱-۶- تعیین توزیع دانه‌بندی محصول سنگ‌شکن مخروطی B ۴۲۰
ب - ۲- توزیع دانه‌بندی خوراک در نقاط مختلف خط تولید واحد خردایش و دانه‌بندی سیلیس به روش خشک (سالن تولید) ۴۲۷
ب - ۳- توزیع دانه‌بندی خوراک در نقاط مختلف خط تولید واحد خردایش و دانه‌بندی سیلیس به روش تر (سالن آرایش) ۴۳۳
۳-۲-۴-۵-۲- آنالیز و مطالعه نمونه‌های برداشته شده به منظور تعیین دبی و جرم مخصوص خوراک در نقاط مختلف خط تولید کارخانهٔ سیلیس البرز ۴۴۴
الف - تعیین دبی و جرم مخصوص ظاهری خوراک در واحد سنگ‌شکنی ۴۴۴
ب - تعیین دبی و جرم مخصوص ظاهری خوراک در سالن تولید ۴۵۴
ج - تعیین دبی، جرم مخصوص و درصد رطوبت یا رقت خوراک در سالن آرایش ۴۵۶
۳-۲-۴-۵-۳- آنالیز شیمیائی نمونه‌های برداشته شده از نقاط مختلف خط تولید کارخانهٔ سیلیس البرز ۴۵۹
۳-۳- مشخصات تجهیزات نصب شده در خط تولید کارخانهٔ سیلیس البرز و بهینه‌سازی آنها ۴۶۵
۳-۳-۷- بهینه‌سازی دپوی مواد اولیه کارخانهٔ سیلیس البرز ۵۰۵
۳-۳-۸- فهرست پیشنهادها ۵۱۱
فهرست الفبائی منابع فارسی و لاتین .....
چکیدهٔ لاتین .....

فهرست شکل‌ها

شکل (۱-۱) : ساختمان سه بعدی شبکهٔ سیلیسیم (الف) و شکل ابتدائی آن (ب) ۷
شکل (۱-۲) : ساختار چهار وجهی منتظم SiO_2 و نحوهٔ برقراری پیوند بین اتم‌های تشکیل دهندهٔ آن ۹
شکل (۱-۳) : الف - ساختار بلوری کوارتز β و ب - ساختار بلوری کوارتز α ۱۰
شکل (۱-۴) : نمودار پایداری کانی‌های گروه SiO_2 ..... ۱۱
شکل (۱-۵) : چند فرم بلوری از بلورهای کوارتز ۱۳
شکل (۱-۶) : شکل بلور سادهٔ تریدیمیت (الف) و شکل ماکل سه‌تائی تریمیت (ب) ۱۶
شکل (۱-۷) : نمایشی از سری بوون که نشان دهندهٔ ترتیب جدا شدن کانی‌های مختلف از یک ماگمای واحد است ۱۹
شکل (۱-۸) : نمودار کرانروی ماگما نسبت به درصد SiO_2 موجود در آن ۲۱
شکل (۱-۹) : منحنی‌های حل شدن سیلیس آمورف و بلوری در pH های مختلف در دمای ۲۵°c ۲۷
شکل (۱-۱۰) : اسکلت چند نوع رادیولاریت که توسط میکروسکوپ الکترونی تهیه شده است ۲۸
شکل (۱-۱۱) : سری گلدیک که در آن ترتیب مقاومت و پایداری کانی‌ها در برابر عوامل هوازدگی نشان داده شده است ۳۰
شکل (۱-۱۲) : شکل کورهٔ لوله‌ای و نحوهٔ خالص‌سازی میلهٔ سیلیسیم ۶۷
شکل (۱-۱۳) : فلوشیت ساده شده‌ای برای شستشو و طبقه‌بندی ماسه‌های سیلیسی ۷۳
شکل (۱-۱۴) : فلوشیت خط تولید کارخانهٔ پودر سیلیس ایران سیلکو ۷۴
شکل (۱-۱۵) : فلوشیت خط تولید واحد ترکارخانهٔ سیلیس البرز ۷۵
شکل (۱-۱۶) : فلوشیت پیشنهادی شرکت سالا برای تولید ماسهٔ سیلیسی قابل مصرف در صنایع شیشه ۷۶
شکل (۱-۱۷) : فلوشیت پیشنهادی شرکت دنور برای بازیابی ماسهٔ ریخته‌گری ۷۷
شکل (۱-۱۸) : فلوشیت ساده شدهٔ آرایش ماسهٔ ساحلی مربوط به خلیج ریچاردز آفریقای جنوبی ۸۰
شکل (۱-۱۹) : فلوشیت ساده شدهٔ آرایش ماسهٔ ساحلی مربوط به نیوکاسل استرالیا ۸۱
شکل (۱-۲۰) : فلوشیت پیشنهادی شرکت دنور برای تولید ماسهٔ سیلیسی قابل مصرف در صنعت شیشه از ماسه‌های سیلیسی ۸۳
شکل (۱-۲۱) : فلوشیت یک کارخانهٔ کانه‌آرائی در حال کار تولید ماسهٔ سیلیسی قابل مصرف در صنعت شیشه از سنگ سیلیس ۸۴
شکل (۱-۲۲) : فلوشیت یک کارخانهٔ کانه‌آرائی سیلیس در کانادا ۸۶
شکل (۱-۲۳) : فلوشیت پیشنهادی شرکت دنور برای تولید ماسهٔ سیلیسی قابل مصرف در صنعت شیشه از ماسه‌های سیلیسی ۸۷
شکل (۱-۲۴) : فلوشیت عمومی پیشنهادی شرکت دنور برای تولید ماسهٔ سیلیسی قابل مصرف در صنعت شیشه ۹۰
شکل (۱-۲۵) : فلوشیت عمومی فلوتاسیون معکوس کوارتز ۹۶
شکل (۱-۲۶) : فلوشیت عمومی فلوتاسیون مستقیم کوارتز ۹۶
شکل (۱-۲۷) : فلوشیت عمومی برای فلوتاسیون کانی‌های پگماتیتی از یکدیگر ۹۸
شکل (۲-۱) : نمودار فرآوانی امتیازهای اختصاص داده شده به نمونه‌های برداشته شده از دپوی کارخانهٔ سیلیس البرز ۱۲۵
شکل (۲-۲) : منحنی توزیع دانه‌بندی ذرات سیلیس در سنگ‌های گروه اول ۱۳۳
شکل (۲-۳) : نمودار درصد فرآوانی گردشدگی دانه‌های سیلیس تشکیل دهندهٔ سنگ‌های گروه اول ۱۳۳
شکل (۲-۴) : نمودار درصد فرآوانی کرویت دانه‌های سیلیس تشکیل دهندهٔ سنگ‌های گروه اول ۱۳۳
شکل (۲-۵) : تصویری از کانی‌های فلدسپات در زمینهٔ کوارتز (نور عادی) ۱۳۴
شکل (۲-۶) : تصویری از کانی‌های فلدسپات در زمینهٔ کوارتز (نور پولاریزه) ۱۳۴
شکل (۲-۷) : تصویری از کانی‌های رسی از نوع ایلیت بصورت خمیره در زمینه کوارتز ۱۳۵
شکل (۲-۸) : تصویری از فضاهای خالی و کانی‌های کدر در زمینهٔ کوارتز ۱۳۵
شکل (۲-۹) : تصویری از کربنات‌ها در زمینهٔ کوارتز ۱۳۶

شکل (۲-۱۰) : تصویری از قطعات چرت در زمینهٔ کوارتز ۱۳۶
شکل (۲-۱۱) : تصویری از قطعات چرت در زمینهٔ کوارتز ۱۳۷
شکل (۲-۱۲) : منحنی توزیع دانه‌بندی ذرات سیلیس در سنگ‌های گروه دوم ۱۴۱
شکل (۲-۱۳) : نمودار درصد فرآوانی گردشدگی دانه‌های سیلیس تشکیل دهندهٔ سنگ‌های گروه دوم ۱۴۱
شکل (۲-۱۴) : نمودار درصد فرآوانی کرویت دانه‌های سیلیس تشکیل دهندهٔ سنگ‌های گروه دوم ۱۴۱
شکل (۲-۱۵) : تصویری از فضاهای خالی و کانی‌های کدر پراکنده در زمینهٔ کوارتز (نور پلاریزه) ۱۴۲
شکل (۲-۱۶) : تصویری از فضاهای خالی و کانی‌های کدر پراکنده در زمینهٔ کوارتز (نور عادی) ۱۴۲
شکل (۲-۱۷) : تصویری از یک شکاف کوچک که کانی‌های محلول به همراه آب از طریق آن به داخل سنگ تزریق شده‌اند (نور پلاریزه) ۱۴۳
شکل (۲-۱۸) : تصویری از یک شکاف کوچک که کانی‌های محلول به همراه آب از طریق آن به داخل سنگ تزریق شده‌اند (نور عادی) ۱۴۳
شکل (۲-۱۹) : تصویری از کانی کدر و فضاهای خالی در زمینهٔ کوارتز ۱۴۴
شکل (۲-۲۰) : تصویری از قطعات چرت در زمینهٔ کوارتز ۱۴۴
شکل (۲-۲۱) : تصویری از ترکیبات آهنی هوازده نشده در مرز بین دانه‌های کوارتز ۱۴۵
شکل (۲-۲۲) : تصویری از اکسیدها و ئیدرواکسیدهای آهن هوازده شده در مرز بین دانه‌های کوارتز ۱۴۵
شکل (۲-۲۳) : تصویری از بلورهای شکل‌دار گوتیت با اشکال کاذب (احتمالاً منیتیت؟ یا پیریت؟) ۱۴۶
شکل (۲-۲۴) : تصویری از یک منظرهٔ عمومی از سیمان کوارتزی و کوارتز با ادخال‌های کربناته ۱۴۶
شکل (۲-۲۵) : تصویری از اکسیدها و ئیدرواکسیدهای آهن که به صورت پوشش نازکی به سطح ذرات کوارتز چسبیده است و نمایی از انکلوزیون‌های داخل کوارتز که بعضی از آنها در حین صیقل زدن مقطع از اکسیدوئید رواکسیدهای آهن پر شده است ۱۴۷
شکل (۲-۲۶) : تصویری از ادخال‌های کانی‌های کدر در داخل کوارتز ۱۴۷
شکل (۲-۲۷) : منحنی توزیع دانه‌بندی ذرات سیلیس در سنگ‌های گروه سوم ۱۵۰
شکل (۲-۲۸) : نمودار درصد فرآوانی گردشدگی دانه‌های سیلیس تشکیل دهندهٔ سنگ‌های گروه سوم ۱۵۰
شکل (۲-۲۹) : نمودار درصد فرآوانی کرویت دانه‌های سیلیس تشکیل دهندهٔ سنگ‌های گروه سوم ۱۵۰
شکل (۲-۳۰) : تصویری از کانی‌های کدر در زمینهٔ کوارتز ۱۵۱
شکل (۲-۳۱) : تصویری از کربنات‌ها و کانی‌های رسی در زمینهٔ کوارتز ۱۵۱
شکل (۲-۳۲) : تصویری از قطعات کانی‌های آهندار هوازده نشده در بین دانه‌های کوارتز ۱۵۲
شکل (۲-۳۳) : منحنی توزیع دانه‌بندی ذرات سیلیس تشکیل دهندهٔ سنگ‌های دپو اصلی کارخانهٔ سیلیس البرز ۱۵۷
شکل (۲-۳۴) : نمودار درصد فرآوانی گردشدگی دانه‌های سیلیس تشکیل دهندهٔ سنگ‌های دپو اصلی کارخانهٔ سیلیس البرز . ۱۵۷
شکل (۲-۳۵) : نمودار درصد فرآوانی کرویت دانه‌های سیلیس تشکیل دهندهٔ سنگ‌های دپو اصلی کارخانهٔ سیلیس البرز ... ۱۵۷
شکل (۲-۳۶) : فلوشیت آماده‌سازی نمونه‌هایی که به منظور آنالیز شیمیائی از دپوی اصلی خوراک کارخانهٔ سیلیس البرز برداشته شده است ۱۶۴
شکل (۲-۳۷) : منحنی توزیع دانه‌بندی سنگ سیلیس ارسال شده از معدن سیلیس کیسه جین به کارخانهٔ سیلیس البرز ۱۷۷
شکل (۲-۳۸) : فلوشیت مراحل آماده‌سازی نمونهٔ تهیه شده برای اندازه‌گیری اندیس باند ۱۸۰
شکل (۲-۳۹) : منحنی توزیع دانه‌بندی نمونهٔ مورد مطالعه برای اندازه‌گیری اندیس باند (a) و نرمه‌های حاصل از انجام سه مرحلهٔ آخر آزمایش (b) ۱۸۵
شکل (۲-۴۰) : نمودار متدار آهن سائیده شده از بار خرد کننده و جدار داخلی آسیا (به صورت اکسید) برحسب رقت خوراک ۱۹۱