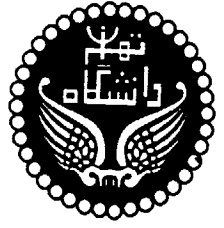
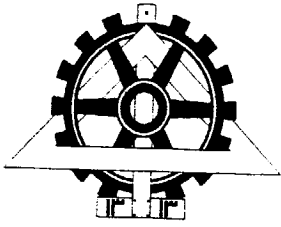
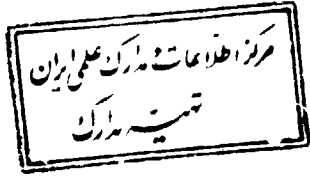


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه تهران  
دانشکده فنی  
گروه مهندسی معدن



پایان نامه

جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد  
مهندسی معدن - فرآوری مواد معدنی

۱۳۸۰ / ۴ / ۲۸

# فرآوری ذخیره کم عیار معدن منگنز ونارج قم

012883

۳۶-۸

تهیه کننده:

رضا دهقان سیمکانی

استادان راهنما:

آقای دکتر منوچهر اولیازاده

آقای دکتر محمد نوع پرست

بهمن ۱۳۷۹

دانشگاه تهران  
دانشکده فنی  
گروه مهندسی معدن

پایان نامه  
جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد  
مهندسی معدن - فرآوری مواد معدنی

توسط :  
رضا دهقان سیمکانی

عنوان:  
**فرآوری ذخیره کم عیار معدن منگنز و نارچ قم**

از این پایان نامه در تاریخ ۱۳۷۹/۱۱/۱۹ در مقابل هیئت داوران دفاع به عمل آمد و مورد تصویب قرار گرفت.

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده : ..... دکتر محمد علی بنی هاشمی

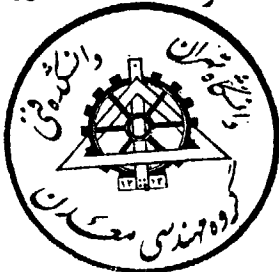
مدیر گروه آموزشی : ..... دکتر محمد نوع پرست

سرپرست کمیته تحصیلات تکمیلی گروه : ..... دکتر غلامحسین نوروزی

استادان راهنما : ..... دکتر منوچهر اولیازاده

..... دکتر محمد نوع پرست

استاد مدعو : ..... دکتر محمد کلاهدوزان



## تقدیم به :

\* شهیدانی که آزادی آفریدند و به انسانها درس آزادگی آموختند.

\* پدر بزرگوار ، مادر فداکار ، خانواده گرامی و همسر مهربانم که شمع وجودشان همواره روشنی بخش راه سعادتیم بوده است.

\* تمامی کسانی که قلبشان برای آبادانی ، سرافرازی و پیشرفت ایران می تپد.

## تقدیر و تشکر :

« من لم یشکر المخلوق ، لم یشکر الخالق »

حمد و سپاس بیکران خداوند بزرگ را که زبان از بیان شکرش قاصر و قلم در نگارش مدحش ناتوان و عاجز است، و شکر و امتنان یگانه هستی بخش را که هر چه هست از اوست و بی لطف و یاری او هیچ تلاشی را آغاز و انجام نیست. خدا را شاکرم که در تمام مراحل زندگی بویژه در موقعیتهای حساس مرا یاری کرده و توفیق و توانایی خاصی عنایت فرمود تا در امر تحصیل به این درجه از موفقیت نائل شوم.

بی شک پیمودن این راه پرنشیب و فراز، علاوه بر لطف پروردگار، مرهون تلاشها و زحمات عزیزانی است که همچون چراغی پرفروغ روشنگر این مسیر بوده‌اند و در مراحل مختلف به یاری ام شتافته‌اند؛ اساتید محترمی که در گشودن افقی تازه در برابر دیدگانم نقشی بسزا داشته و در طول دوره‌های تحصیلی کارشناسی و کارشناسی ارشد مرا یاری فرمودند. با گرمی داشتن یاد همه آن عزیزان، سپاس بیکران خود را نثار آقایان دکتر منوچهر اولیازاده و دکتر محمد نوع پرست که مشترکاً راهنمایی این پایان نامه را عهده‌دار بوده‌اند می‌نمایم و از آقای دکتر محمد کلاهدوزان که به عنوان داور کلیه مطالب این پایان نامه را به دقت مطالعه و از راهنماییهای ارزنده خویش بهره‌مندم ساخته‌اند تقدیر و تشکر می‌کنم. همچنین از آقای مهندس سید شمس‌الدین وهابی (مدیرعامل وقت مؤسسه تحقیقات و کاربرد مواد معدنی ایران) و کارکنان محترم بخش آزمایشگاه آن مؤسسه (خانم مینا ملک و آقای محمد اردستانی) صمیمانه سپاسگزاری می‌نمایم.

رضا دهقان سیمکانی

بهمن ماه ۱۳۷۹

## چکیده:

تاکنون روشهای پرعیارسازی مختلفی، از قبیل روشهای ثقلی و در مواردی فلوتاسیون و هیدرومتالورژی و سایر روشهای فیزیکی و حرارتی برای فرآوری کانسنگهای منگنز در جهان استفاده شده‌اند اما بدلیل تنوع کانسارها و نیز رفتار متفاوت کانیهای مختلف منگنز، همزمان با کاهش عیار ذخایر موجود، بکارگیری روشهای فرآوری پیچیده‌تر بخصوص برای بخشهای کم عیار اجتناب‌ناپذیر بوده و از ترکیب سایر روشهای فرآوری بدین منظور استفاده می‌شود.

معدن منگنز ونارج قم با ذخیره‌ای بالغ بر ۵/۷ میلیون تن، بزرگترین معدن منگنز ایران از نظر ذخیره می‌باشد. جهت دستیابی به کنسانتره مورد نیاز صنایع مختلف از این معدن، بخش قابل توجهی از ذخیره مذکور به عملیات پرعیارسازی نیاز دارد.

تحقیق حاضر با اهداف امکان‌سنجی پرعیارسازی بخش کم عیار کانسنگ منگنز ونارج، ارائه و بررسی نتایج حاصل از روشهای مختلف پرعیارسازی و در نهایت معرفی راهکار مناسب برای استفاده از این بخش ذخیره به انجام رسیده است. برای دسترسی به این اهداف، پس از مطالعات کانی‌شناسی، درجه آزادی، آنالیز شیمیایی و رفتار خردایش نمونه متوسط با عیار منگنز ۱۵/۱۸٪، آزمایشهای پرعیارسازی به روشهای ثقلی (مایعات سنگین، جیگ، میز لرزان، اسپیرال)، جدایش‌های مغناطیسی، الکترواستاتیکی و فلوتاسیون با استفاده از ۰/۵ تن از این نمونه انجام شد و در پایان ضمن مقایسه نتایج حاصل از روشهای مختلف، نمای جریان مناسب برای این فرآیند ارائه گردید.

اندیس کار نمونه متوسط طبق آزمایش استاندارد باند و با استفاده از آسیای گلوله‌ای طی دو آزمایش تعیین گردید. آزمایشهای خردایش نیز با استفاده از آسیاهای گلوله‌ای و میله‌ای آزمایشگاهی به دو روش خشک و تر و در زمانهای ماند مختلف انجام شد و پس از مقایسه نتایج بدست آمده، روش آسیاکردن مناسب انتخاب گردید. بر مبنای نتایج بدست آمده، استفاده از جیگ در سه محدوده ابعادی  $۱۲/۷+۴/۷۵$ ،  $۳/۳۵+۴/۷۵$  و  $۳/۳۵+۲$  میلی‌متر و با استفاده از میز لرزان در محدوده‌های  $۲۰۰۰+۶۰۰$  و  $۶۰۰+۲۵۰$  میکرون همراه با روشهای جدایش مغناطیسی خشک، دسترسی به کنسانتره‌های منگنز مورد نیاز صنایع مختلف را با مقادیر بازیابی قابل قبول فراهم نموده است.

نتایج آزمایشهای پرعیارسازی با استفاده از اسپیرال و جدایش الکترواستاتیکی، در مقایسه با سایر روشها قابل قبول نبوده و این روشها در نمای جریان پیشنهاد شده قرار ندارند.

با استفاده از ترکیب روشهای فلوتاسیون مستقیم جدایش مغناطیسی تر از مواد محدوده ۱۵۰- میکرون با کیفیت  $\text{SiO}_2=۳۴/۱۱\%$ ،  $\text{Mn}=۸/۳۶\%$  و  $\text{Fe}_2\text{O}_3=۲۳/۰۵\%$ ، نیز محصولی با  $۲۶/۷۸$  درصد منگنز،  $۱۱/۶۴$  درصد سیلیس و  $۲۰/۳۷$  درصد اکسید آهن و بازیابی حدود ۵۶ درصد بدست آمده است.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
------	-------

### فصل اول: کلیات

۱	۱-۱- مقدمه
۲	۲-۱- کانی شناسی منگنز
۴	۳-۱- انواع کانسارهای منگنز
۵	۴-۱- کانسارهای منگنز ایران و جهان
۱۱	۵-۱- کاربردهای عمده منگنز در ایران و جهان

### فصل دوم: روشهای فرآوری کانسنگهای منگنز

۱۴	۱-۲- مقدمه
۱۴	۲-۲- روشهای پرعبارسازی سنگ منگنز
۱۵	۲-۲-۱- سنگ جوری، شستشو و خردایش
۱۶	۲-۲-۲- روشهای جدایش ثقلی
۱۸	۳-۲-۲- روشهای هیدرومتالورژی پرعبارکردن کانههای منگنز
۲۲	۴-۲-۲- روشهای حرارتی فرآوری منگنز
۲۳	۵-۲-۲- فلوتاسیون کانیهای منگنز

### فصل سوم: شناسایی کانسار منگنز و نارج قم

۲۷	۱-۳- مقدمه
۲۷	۲-۳- آشنایی با کانسار منگنز و نارج
۲۷	۳-۲-۱- موقعیت جغرافیایی و شرایط آب و هوایی منطقه معدن
۲۷	۳-۲-۲- زمین شناسی منطقه

صفحه	عنوان
۲۸	۳-۲-۳- وضعیت زمین شناسی ماده معدنی
۲۹	۳-۲-۴- بررسی ژنز کانسار منگنز و نارچ
۳۰	۳-۲-۵- خلاصه عملیات اکتشافی و میزان ذخایر معدن و نارچ
۳۱	۳-۲-۶- مروری بر عملیات استخراج در معدن و نارچ
۳۳	۳-۳- شناسایی نمونه های مورد استفاده در عملیات پرعیارسازی
۳۳	۳-۳-۱- تجزیه شیمیایی کامل و پراش اشعه ایکس نمونه متوسط
۳۳	۳-۳-۲- مطالعات میکروسکوپی کانی شناسی و تعیین درجه آزادی

### فصل چهارم: شرح آزمایشهای پرعیارسازی

۵۱	۴-۱- هدف از اجرای طرح
۵۱	۴-۲- انتخاب سیستم بهینه خردایش
۵۴	۴-۲-۱- آسیا کردن و تجزیه سرنندی
۵۴	۴-۲-۲- آسیا کردن بروش خشک
۵۷	۴-۲-۳- آسیا کردن بروش تر
۶۰	۴-۲-۴- مقایسه عملکرد سیستم های مختلف آسیا
۶۱	۴-۳- بررسی قابلیت کاربرد روشهای جدایش ثقلی
۶۲	۴-۳-۱- آزمایشهای پرعیارسازی بکمک مایعات سنگین
۶۸	۴-۳-۲- آزمایشهای پرعیارسازی به وسیله جیگ
۸۰	۴-۳-۳- آزمایشهای پرعیارسازی بوسیله میز لرزان
۹۱	۴-۳-۴- آزمایشهای پرعیارسازی ماریچ همفری (اسپیرال)
۹۳	۴-۴- شستشو و سایش ماده معدنی
۹۴	۴-۵- پرعیارسازی بروش جدایش مغناطیسی
۹۵	۴-۵-۱- جدایش مغناطیسی خشک



صفحه	عنوان
۱۱۱	۴-۵-۲- جدایش مغناطیسی تر
۱۱۵	۴-۵-۳- مقایسه روشهای مغناطیسی تر و خشک
۱۱۷	۴-۶- آزمایشهای پرعیارسازی الکترواستاتیک
۱۱۹	۴-۷- مطالعه روش فلوتاسیون کانسنگ کم عیار منگنز
۱۲۰	۴-۷-۱- بررسیهای مقدماتی و انتخاب مواد شیمیایی
۱۲۲	۴-۷-۲- شرح آزمایشهای فلوتاسیون
	۴-۷-۳- استفاده از ترکیب روشهای مغناطیسی تر و فلوتاسیون برای پرعیارسازی نرمه‌های کم
۱۳۱	عیارمنگنز

### فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۱۳۵	۵-۱- نتیجه‌گیری نهایی
۱۳۹	۵-۲- پیشنهادها
۱۴۱	مراجع مورد استفاده

## فهرست جداول

صفحه	عنوان
۳	جدول ۱-۱: بعضی از کانیهای مهم منگنز با فرمول شیمیایی و درصد منگنز
۵	جدول ۱-۲: مشخصات کانسارهای عمده منگنز
۶	جدول ۱-۳: معادن منگنز ایران
۷	جدول ۱-۴: ذخایر پایه منگنز در جهان
۸	جدول ۱-۵: تولید جهانی کانه منگنز
۹	جدول ۱-۶: تولید جهانی فروآلیاژهای منگنز
۱۰	جدول ۱-۷: میزان واردات ترکیبات مختلف منگنز در سال ۱۳۷۷
۱۷	جدول ۱-۲: نتایج پرعبارسازی نوعی کانه منگنز با سیکلون واسطه سنگین
۱۸	جدول ۲-۲: آنالیز شیمیایی کانه‌های کم عیار، پرعبار و ندولهای منگنز
۲۴	جدول ۲-۳: نقطه بار صفر بعضی از کانیهای منگنز
۳۱	جدول ۱-۳: توزیع عیار ذخیره در بخشهای مختلف معدن منگنز و نارچ قم
۳۳	جدول ۲-۳: آنالیز شیمیایی کامل نمونه متوسط سنگ منگنز کم عیار و نارچ
۴۰	جدول ۳-۳: نتیجه تجزیه نیمه کمی نقطه‌ای از کانی براونیت
۴۳	جدول ۳-۴: تجزیه نیمه کمی نقطه‌ای از کانی کریپتوملان
۴۵	جدول ۳-۵: درجه آزادی کانیهای منگنز در دانه‌بندیهای مختلف نمونه متوسط
۵۳	جدول ۱-۴: توزیع ابعادی و توزیع و عیار ترکیبات مختلف در محدوده‌های ابعادی نمونه متوسط
۵۵	جدول ۲-۴: توزیع ابعادی مواد خرد شده با آسیای میله‌ای بروش خشک در زمانهای ماند مختلف
۵۶	جدول ۳-۴: توزیع ابعادی محصول آسیای گلوله‌ای خشک در زمانهای ماند
۵۸	جدول ۴-۴: توزیع ابعادی محصول گلوله‌ای بروش‌تر در زمانهای ماند
۵۹	جدول ۵-۴: توزیع ابعادی محصول آسیای میله‌ای‌تر در زمانهای ماند مختلف
۶۰	جدول ۶-۴: مقایسه توزیع ابعادی محصولات آسیای میله‌ای‌تر و خشک در زمانهای ماند مختلف
۶۳	جدول ۷-۴: نتایج مایع سنگین با وزن مخصوص ۳/۱ گرم بر سانتیمتر مکعب
۶۶	جدول ۸-۴: نتایج مایع سنگین با وزن مخصوص ۳/۱ گرم بر سانتی متر مکعب
۶۹	جدول ۹-۴: نتایج اولیه جیگ در محدوده ۱۲/۷+۴/۷۵- میلیمتر
۷۰	جدول ۱۰-۴: نتایج اولیه جیگ در محدوده ۴/۷۵+۳/۳۵- میلیمتر

جدول ۴-۱۱: نتایج اولیه جیگ در محدوده $۲+۳/۳۵$ - میلیمتر	۷۱
جدول ۴-۱۲: توزیع دانه بندی و توزیع منگنز در محدوده‌های ابعادی مورد استفاده در آزمایشهای پرعبارسازی	۷۱
جدول ۴-۱۳: نتایج نهایی جیگ در محدوده $۳/۳۵+۴/۷۵$ - میلیمتر	۷۳
جدول ۴-۱۴: مقایسه نتایج آزمایشهای جیگ در محدوده $۳۵+۴/۷۵$ - میلیمتر	۷۴
جدول ۴-۱۵: نتایج نهایی جیگ در محدوده $۱۲/۷+۴/۷۵$ - میلیمتر	۷۵
جدول ۴-۱۶: نتایج جیگ در محدوده $۲+۳/۳۵$ - میلیمتر	۷۸
جدول ۴-۱۷: نتایج نهایی جیگ در محدوده ابعادی $۲+۳/۳۵$ - میلیمتر	۷۸
جدول ۴-۱۸: محصولات پرعبار نهایی جیگ در محدوده‌های مختلف ابعادی	۷۹
جدول ۴-۱۹: نتایج اولیه میز لرزان در محدوده $۶۰۰+۲۰۰۰$ - میکرون	۸۱
جدول ۴-۲۰: نتایج اولیه میز لرزن در محدوده $۱۵۰+۶۰۰$ - میکرون	۸۲
جدول ۴-۲۱: نتایج نهایی میز لرزان در محدوده $۶۰۰+۲۰۰۰$ - میکرون	۸۵
جدول ۴-۲۲: نتایج میز لرزان در محدوده $۲۵۰+۶۰۰$ - میکرون	۸۷
جدول ۴-۲۳: مقایسه نتایج میز در محدوده‌های $۲۵۰+۶۰۰$ و $۱۵۰+۶۰۰$ - میکرون	۸۸
جدول ۴-۲۴: نتایج ماریپیج همفری	۹۳
جدول ۴-۲۵: نتایج سایش و شستشو در محدوده $۲$ - میلیمتر	۹۴
جدول ۴-۲۶: نتایج اولیه مغناطیسی خشک در محدوده $۱۵۰+۲۰۰۰$ - میکرون	۹۵
جدول ۴-۲۷: نتایج مغناطیسی خشک در محدوده $۷۱۰+۲۰۰۰$ - میکرون	۹۶
جدول ۴-۲۸: نتایج مغناطیسی خشک محدوده $۱۵۰+۷۱۰$ - میکرون	۹۶
جدول ۴-۲۹: نتایج مغناطیسی خشک بر محصول میانی میز لرزان محدوده $۶۰۰+۲۰۰۰$ - میکرون	۹۷
جدول ۴-۳۰: توزیع ابعادی محصول میانی میز $۶۰۰+۲۰۰۰$ - میکرون پس از خردایش مجدد	۹۸
جدول ۴-۳۱: نتایج مغناطیسی خشک میانی میز لرزان $۱۵۰+۶۰۰$ - میکرون	۹۸
جدول ۴-۳۲: نتایج مغناطیسی خشک میانی میز لرزان $۷۵+۱۵۰$ - میکرون	۹۹
جدول ۴-۳۳: نتایج مغناطیسی خشک محصول پرعبار میز لرزان $۱۵۰+۶۰۰$ - میکرون	۱۰۰
جدول ۴-۳۴: نتایج مغناطیسی خشک محصول میانی میز $۱۵۰+۶۰۰$ - میکرون	۱۰۱
جدول ۴-۳۵: نتایج مغناطیسی خشک باطله میز $۱۵۰+۶۰۰$ - میکرون	۱۰۱

جدول ۴-۳۶: نتایج مغناطیس خشک محدوده ۱۵۰+۲۵۰- میکرون	۱۰۲
جدول ۴-۳۷: نتایج مغناطیسی خشک محصولات پرعیار میز ۶۰۰+۲۰۰۰- میکرون با توزیع بر حسب محدوده ابعادی	۱۰۵
جدول ۴-۳۸: نتایج مغناطیسی خشک محصولات پرعیار میز ۶۰۰+۲۰۰۰- میکرون با توزیع بر حسب خوراک	۱۰۶
جدول ۴-۳۹: نتایج مغناطیسی خشک محصولات میز ۲۵۰+۶۰۰- میکرون	۱۰۹
جدول ۴-۴۰: نتایج مغناطیسی تر محدوده ۳۰۰+۶۰۰- میکرون	۱۱۲
جدول ۴-۴۱: نتایج مغناطیسی تر محدوده ۱۵۰+۳۰۰- میکرون	۱۱۳
جدول ۴-۴۲: نتایج مغناطیسی تر محدوده ۷۵+۱۵۰- میکرون	۱۱۳
جدول ۴-۴۳: نتایج مغناطیسی تر محدوده ۳۸+۷۵- میکرون	۱۱۴
جدول ۴-۴۴: نتایج مغناطیسی تر محدوده ۱۵۰- میکرون نرمه گیری شده	۱۱۵
جدول ۴-۴۵: نتایج الکترواستاتیکی ۶۰۰+۲۰۰۰- میکرون	۱۱۷
جدول ۴-۴۶: نتایج الکترواستاتیکی ۱۵۰+۶۰۰- میکرون	۱۱۸
جدول ۴-۴۷: داروهای شیمیایی مناسب برای فلوتاسیون کانیهای منگنز یا کانیهای همراه	۱۲۲
جدول ۴-۴۸: فلوتاسیون کلکتور آرمک - تی	۱۲۳
جدول ۴-۴۹: فلوتاسیون با کلکتور R-۸۲۵	۱۲۴
جدول ۴-۵۰: فلوتاسیون با کلکتور آرمک - تی	۱۲۴
جدول ۴-۵۱: فلوتاسیون با کلکتور Hoef۳۴۶۰	۱۲۵
جدول ۴-۵۲: فلوتاسیون با کلکتور R-۸۲۵	۱۲۶
جدول ۴-۵۳: فلوتاسیون با کلکتور اسید چرب (Emergr۳۰۵)	۱۲۶
جدول ۴-۵۴: فلوتاسیون با امولسیون از کلکتور R-۸۲۵ و نفت و آب گرم	۱۲۷
جدول ۴-۵۵: فلوتاسیون با کلکتور اولئات سدیم	۱۲۸
جدول ۴-۵۶: فلوتاسیون با کلکتور اولئات سدیم	۱۲۹
جدول ۴-۵۷: فلوتاسیون با کلکتور اولئات سدیم	۱۳۰
جدول ۴-۵۸: نتایج نرمه گیری محدوده ۱۵۰- میکرون با هیدروسیکلون	۱۳۱
جدول ۴-۵۹: مغناطیسی تر بر ته ریز هیدروسیکلون	۱۳۲
جدول ۴-۶۰: فلوتاسیون بر محصول مغناطیسی با کلکتور اولئات سدیم	۱۳۲

## فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۱۹	شکل ۱-۲: نمای عمومی فرآیندهای هیدرومتالورژی کانه اکسیدی منگنز
۲۱	شکل ۲-۲: روشهای هیدرومتالورژی پیشنهاد شده برای فرآوری ندولهای منگنز
۳۶	شکل ۱-۳: تصویر شیل کانه دار حاوی کانیههای منگنز
۳۶	شکل ۲-۳: تصویر مرز بین شیل کانه دار و شیل فقیر از کانی سازی
۳۳	شکل ۳-۳: تصویر توفیت حاوی کانی های فلدسپات، کوارتز و پلاژیوکلاز به همراه کانیههای مافیکت آلتیره در نور عادی و پلاریزه
۳۸	شکل ۴-۳: تصویر کانیههای منگنز تقریباً خالص و بدون ادخال
۳۹	شکل ۵-۳: تصویر کانی سازی ضعیف منگنز در داخل شیل
۴۰	شکل ۶-۳: طیف تجزیه کیفی براونیت در میکروسکوپ الکترونی
۴۱	شکل ۷-۳: الف: تصویر درگیری شدید براونیت، کلسیت و کوارتز در میکروسکوپ الکترونی
۴۲	شکل ۷-۳: ب: تصویر درگیری هماتیت، براونیت، کلسیت و کوارتز در میکروسکوپ الکترونی
۴۳	شکل ۸-۳: طیف تجزیه کیفی کریپتوملان در میکروسکوپ الکترونی
۴۴	شکل ۹-۳: تصویر رگچه هایی از کانی پیرولوزیت در داخل زمینه کانی براونیت
۴۵	شکل ۱۰-۳: تصویر درگیری شدید کانه منگنز با تناوبی از کانی های رسی و کربناتها
۴۶	شکل ۱۱-۳: تصویر میکروسکوپی محدوده ابعادی ۱۱۹۰+۲۰۰۰- میکرون
۴۶	شکل ۱۲-۳: تصویر میکروسکوپی محدوده ابعادی ۸۵۰+۱۱۹۰- میکرون
۴۷	شکل ۱۳-۳: تصویر میکروسکوپی محدوده ابعادی ۶۰۰+۸۵۰- میکرون
۴۷	شکل ۱۴-۳: تصویر میکروسکوپی محدوده ابعادی ۴۲۰+۶۰۰- میکرون
۴۸	شکل ۱۵-۳: تصویر میکروسکوپی محدوده ابعادی ۳۰۰+۴۲۰- میکرون
۴۸	شکل ۱۶-۳: تصویر میکروسکوپی محدوده ابعادی ۱۸۰+۳۰۰- میکرون
۴۹	شکل ۱۷-۳: تصویر میکروسکوپی محدوده ابعادی ۱۵۰+۱۸۰- میکرون
۴۹	شکل ۱۸-۳: تصویر میکروسکوپی محدوده ابعادی ۱۵۰- میکرون
۵۳	شکل ۱-۴: تغییر عبارهای ترکیبات مختلف در محدوده های ابعادی مورد استفاده در آزمایشها
۵۵	شکل ۲-۴: توزیع ابعادی محصول آسیای میله ای خشک در زمانهای ماند مختلف
۵۶	شکل ۳-۴: توزیع ابعادی محصول آسیای گلوله ای خشک در زمانهای ماند مختلف

- شکل ۴-۴: توزیع ابعادی محصول آسیای گلوله‌ای تر در زمانهای ماند مختلف ..... ۵۸
- شکل ۵-۴: توزیع ابعادی محصول آسیای میله‌ای تر در زمانهای ماند مختلف ..... ۵۹
- شکل ۶-۴: نمودار رفتار عیار و بازیابی محصول مایع سنگین وزن مخصوص ۳/۱ گرم بر سانتیمتر مکعب ... ۶۵
- شکل ۷-۴: نمودار رفتار عیار و بازیابی محصول مایع سنگین وزن مخصوص ۳/۳ گرم بر سانتیمتر مکعب ... ۶۷
- شکل ۸-۴: نمای عملیات جیگ در محدوده  $۳/۳۵+۴/۷۵$  - میلیمتر ..... ۷۲
- شکل ۹-۴: نمای عملیات جیگ در محدوده  $۳/۳۵+۲$  - میلیمتر ..... ۷۷
- شکل ۱۰-۴: نمای جریان اولیه میز لرزان در محدوده  $۲۰۰۰+۶۰۰$  - میکرون ..... ۸۱
- شکل ۱۱-۴: نمای جریان تکمیلی میز لرزان در محدوده  $۲۰۰۰+۶۰۰$  - میکرون ..... ۸۴
- شکل ۱۲-۴: نمای جریان میز لرزان در محدوده  $۶۰۰+۱۵۰$  - میکرون ..... ۸۷
- شکل ۱۳-۴: نمای جریان نهایی میز لرزان با موازنه وزنی مواد و منگنز محتوی ..... ۹۰
- شکل ۱۴-۴: نمای جریان آزمایش ماریپچ ..... ۹۲
- شکل ۱۵-۴: نمای جریان مغناطیسی خشک محصولات میز  $۲۰۰۰+۶۰۰$  - میکرون ..... ۱۰۴
- شکل ۱۶-۴: نمای جریان مغناطیسی خشک محصولات میز  $۶۰۰+۱۵۰$  - میکرون ..... ۱۰۸

# «فصل اول»

## «کلیات»