دانشکده مهندسی

گروه مهندسی معدن

پایان نامه

جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد

در رشته فرآوری مواد معدنی

عنوان:

بررسی امکان پرعیارسازی محصول معدن منگنز ونارچ قم جهت حصول مشخصات مورد استفاده در کارخانه‌های فرومنگنز

استاد راهنما:

دکتر علی‌اکبر عبدالله‌زاده

استاد مشاور:

دکتر بهزاد مهرابی

به وسیله:

محمدجواد آخوندی

تیرماه ۱۳۸۹

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی
گروه مهندسی معدن

پایان نامه

جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد
در رشته فرآوری مواد معدنی

عنوان:

بررسی امکان پرعیارسازی محصول معدن منگنز ونارچ قم جهت حصول مشخصات مورد استفاده در کارخانجات فرومنگنز

استاد راهنما:
دکتر علی‌اکبر عبدالله‌زاده

استاد مشاور:
دکتر بهزاد مهرابی

به وسیله:
محمدجواد آخوندی

تیرماه ۱۳۸۹

بسمه تعالی

تاریخ:
شماره:
پیوست:

دانشگاه کاشان
دانشکده مهندسی

مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه

صورتجلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

نام و نام خانوادگی دانشجو: محمد جواد آخوندی شماره دانشجویی: ۸۶۳۳۵۱۰۱۹۹

رشته : مهندسی معدن دانشکده : مهندسی

عنوان پایان نامه : بررسی امکان پرعیار سازی محصول معدن منگنز و نارج قم جهت حصول مشخصات مورد استفاده در کارخانجات فرو منگنز

تعداد واحد پایان نامه : ۶ واحد تاریخ دفاع : ۸۹/۴/۱۴

این پایان‌نامه به مدیریت تحصیلات تکمیلی به منظور بخشی از فعالیتهای تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد ارایه می‌گردد. دفاع از پایان نامه در تاریخ ۸۹/۴/۱۴ مورد تأیید و ارزیابی هیات داوران قرار گرفت و با نمره ۱۹/۵ و درجه عالی به تصویب رسید.

اعضاء هیات داوران

عنوان	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱. استاد راهنما	دکتر علی اکبر عبدالله زاده	استادیار	
۱. استاد مشاور	دکتر یهزاد مهرابی	استادیار	
۳. متخصص و صاحب نظر از داخل دانشگاه	دکتر اکبر فرزانگان	استادیار	
٤. متخصص و صاحب نظر از خارج دانشگاه	دکتر سید ضیاءالدین شفایی	استاد	
۵. استاد ناظر	دکتر حسین خراسانی زاده	استادیار	

آدرس: کاشان- بلوار قطب راوندی
کدپستی ۸۷۳۱۷ - ۵۱۱۶۷
تلفن ۵۵۵۹۹۳۰-دورنگار ۵۵۵۹۹۳۰
http: www.kashanu.ac.ir

تقدیم به

پدر

مادر

و

همسرم

تشکر و قدردانی

حمد و سپاس خدای را که توفیق کسب دانش و معرفت را به ما عطا فرمود. در اینجا بر خود لازم می‌دانم از تمامی اساتید بزرگوار بویژه اساتید دوره کارشناسی ارشد که در طول سالیان گذشته مرا در تحصیل علم و معرفت و فضائل اخلاقی یاری نموده‌اند تقدیر و تشکر نمایم.

از استاد گرامی و بزرگوار جناب آقای دکتر عبدالله‌زاده که راهنمایی اینجانب را در انجام تحقیق، پژوهش و نگارش این پایان‌نامه تقبل نموده‌اند نهایت تشکر و سپاسگزاری را دارم.

از جناب آقای دکتر مهرابی بعنوان مشاور، که با راهنمایی خود مرا مورد لطف قرار داده‌اند کمال تشکر را دارم.

همچنین از تشریک مساعی آقای دکتر اکبر فرزانگان بعنوان استاد داور داخل دانشگاه و آقای دکتر سید ضیاءالدین شفائی تنکابنی به عنوان استاد داور خارج از دانشگاه که این پایان‌نامه را مورد مطالعه قرار داده و در جلسه دفاعیه شرکت نموده‌اند، تشکر می‌نمایم.

از جناب آقای دکتر خراسانی که به عنوان نماینده تحصیلات تکمیلی دانشگاه قبول زحمت نموده‌اند سپاسگزاری می‌نمایم.

در پایان از جناب آقای مهندس دره‌بیدی مدیر عامل موسسه تحقیقات پیشرفته فرآوری مواد معدنی و همچنین مهندس رحمان احمدی، کارشناس محترم این موسسه که کمک شایانی در انجام این تحقیق مبذول داشته اند، کمال تشکر را دارم.

چکیده

تهیه کنسانتره منگنز با عیار بالا در تولید آهن و فولاد نقش عمده‌ای دارد. معدن منگنز ونارچ قم بزرگترین تولید کننده سنگ منگنز در کشور است. در این تحقیق پرعیارسازی سنگ منگنز استخراجی این معدن، در مقیاس آزمایشگاهی، با هدف تولید محصولی با مشخصات مورد نیاز کارخانه‌های فرومنگنز از قبیل دستیابی به عیار منگنز بالای ۴۰ درصد و نسبت فلز منگنز به آهن بالای ۶، انجام شد. براساس مطالعات کانی‌شناسی مشخص شد که توزیع منگنز بیشتر در ذرات درشت بوده و تجمع کمتری در ابعاد کوچک دارد؛ از این رو سه بازه دانه‌بندی، به منظور استفاده از جداکننده‌های ثقلی متناسب برای پرعیارسازی کانسنگ منگنز ونارچ، انتخاب شد. با استفاده از دستگاه جیگ در محدوده ابعاد ۲۰۰۰+ میکرون کنسانتره‌ای با عیار ۴۲/۰۸ و با بازیابی ۳۸/۳۴ درصد منگنز بدست آمد. در بازه۳۰۰+۲۰۰۰- میکرون با استفاده از میز لرزان کنسانتره منگنز با عیار ۳۷/۲ و بازیابی ۲/۶۵ درصد حاصل شد. همچنین در محدوده ابعادی۳۰۰- میکرون توسط میز لرزان محصولی با عیار ۲۳/۰۹ و بازیابی ۴/۱۷ درصد بدست آمد. به منظور افزایش بازیابی منگنز، از جداکننده مغناطیسی خشک شدت بالا برای پرعیارسازی محصول میانی میز لرزان و جیگ (پس از خردایش مجدد توسط آسیای میله‌ای) و همچنین محصول میز لرزان (خوراک ۳۰۰- میکرون)، استفاده شد که در نتیجه آن، کنسانتره منگنز با عیار و بازیابی به ترتیب ۴۰/۸۵ و ۲۴ درصد بدست آمد. در نهایت با تلفیق جریان‌های کنسانتره بخش‌های جیگ، میز لرزان و مغناطیسی خشک شدت بالا، محصولی با عیار ۴۱/۴۴ و بازیابی بیش از ۶۵ درصد منگنز حاصل شد. به منظور بررسی فلوشیت بدست آمده در مرحله قبل در حالت پیوسته، شبیه‌سازی این فلوشیت با استفاده از نرم‌افزار MODSIM انجام شد. در نتیجه این شبیه‌سازی مشخص شد می‌توان کنسانتره منگنز را با عیار و بازیابی به ترتیب ۴۱/۱۲ و ۶۱/۷۳ درصد بدست آورد.

کلمات کلیدی: منگنز، ونارچ، پرعیارسازی، شبیه‌سازی، MODSIM

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول : کلیات و مفاهیم..... ۱

۱- مقدمه..... ۱

۱-۱- آشنایی با منگنز و کانی‌های آن ۲

۱-۱-۱- منگنز ۲

۱-۱-۲- کانی‌های منگنزدار ۳

۱-۱-۳- ذخایر منگنز..... ۵

۱-۱-۴- مصارف منگنز ۵

۱-۱-۵- میزان تولید و مصرف منگنز در ایران و جهان ۷

۱-۲- آشنایی با معدن منگنز ونارچ قم ۸

۱-۲-۱- موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی معدن ۹

۱-۲-۲- زمین‌شناسی محدوده کانسار ونارچ ۹

۱-۲-۳- مورفولوژی و ساختار کانسار در معدن پیروزی ۱۰

۱-۲-۴- میزان ذخیره ۱۱

۱-۲-۵- عملیات استخراج در معدن منگنز ونارچ قم ۱۱

۱-۲-۶- سیستم کانه‌آرایی فعلی معدن منگنز ونارچ ۱۲

۱-۳- روش‌های متداول پرعیارسازی منگنز ۱۴

۱-۳-۱- سنگجوری ۱۵

۱-۳-۲- پرعیارسازی ثقلی..... ۱۵

۱-۳-۳- پرعیارسازی مغناطیسی ۱۶

۱-۳-۴- فلوتاسیون ۱۷

۱-۳-۵- روش‌های هیدرومتالورژی ۱۷

۱-۴- نتیجه‌گیری ۱۸
فصل دوم : نمونه برداری و شناسایی کانسنگ منگنز ۱۹
۲-۱- نمونه‌برداری ۱۹
۲-۱-۱- تهیه نمونه توده‌ای ۱۹
۲-۱-۲- شناسایی نمونه و انجام تست‌های آزمایشگاهی ۲۰
۲-۲- شناسایی نمونه ۲۳
۲-۲-۱- تعیین دانه‌بندی و عیار سنگ منگنز دریافتی از معدن ونارچ ۲۳
۲-۲-۲- تجزیه شیمیایی نمونه ۲۶
۲-۲-۳- مطالعات پراش پرتو ایکس (XRD) ۲۶
۲-۲-۴- مطالعات میکروسکوپی ۲۷
۲-۲-۵- مطالعات درجه آزادی ۲۸
۲-۳- مطالعات جدایش مایع سنگین (آزمایشات غرق و شناور سازی) ۲۹
۲-۳-۱- نتیجه‌گیری از آزمایش مایع سنگین و پیشنهاد استفاده از روش های ثقلی ۲۹
۲-۴- تعیین اندیس کار باند گلوله‌ای، میله‌ای و ضربه‌ای کانسنگ ونارچ ۳۰
۲-۵- نتیجه‌گیری ۳۰
فصل سوم: پرعیارسازی منگنز در مقیاس آزمایشگاهی ۳۲
۳-۱- کلیات ۳۲
۳-۲- پرعیارسازی ثقلی منگنز ۳۲
۳-۲-۱- آزمایش‌های پرعیارسازی توسط دستگاه جیگ ۳۳
۳-۲-۱-۱- آزمایش جیگ روی محدوده‌های ابعادی مختلف ۳۴
۳-۲-۱-۲- آزمایش جیگ روی محدوده ابعادی ۲۰۰۰+ میکرون ۳۶
۳-۲-۱-۳- تکرار آزمایش جیگ روی محدوده ابعادی ۲۰۰۰+ میکرون ۳۷
۳-۲-۲- آزمایش‌های پرعیارسازی با میز لرزان ۳۹
۳-۲-۲-۱- آزمایش میز بر روی نمونه با دانه‌بندی ۳۰۰+۲۰۰۰- میکرون ۳۹

۳-۲-۲-۲- آزمایش میز روی محدوده ابعادی ۳۰۰- میکرون ۴۴
۳-۲-۲-۳- آزمایش میز روی محدوده ابعادی ۲۰۰۰- میکرون ۴۵
۳-۲-۳- نتیجه‌گیری کلی از آزمایش های جیگ و میز لرزان ۴۵
۳-۲-۴- آزمایش‌های پرعیارسازی توسط جداکننده نلسون.....۴۶
۳-۲-۴-۱- آزمایش‌های اولیه توسط جدا کننده نلسون ۴۶
۳-۲-۴-۲- آزمایش‌های تکمیلی نلسون ۵۰
۳-۲-۴-۳- نتیجه‌گیری از آزمایشات با دستگاه نلسون ۵۲
۳-۲-۵- آزمایش پرعیارسازی با استفاده از مارپیچ همفری (اسپیرال) ۵۲
۳-۳- آزمایش‌های پرعیارسازی به روش فلوتاسیون..... ۵۴
۳-۳-۱- شناورسازی سیلیس (فلوتاسیون معکوس)..... ۵۵
۳-۳-۲- شناورسازی مستقیم منگنز ۵۵
۳-۳-۳- نتیجه‌گیری از آزمایشات فلوتاسیون ۵۸
۳-۴- آزمایش‌های پرعیارسازی مغناطیسی ۵۸
۳-۴-۱- پرعیارسازی نمونه حاصل از مخلوط محصولات جیگ و میز لرزان ۵۹
۳-۴-۲- پرعیارسازی مغناطیسی خشک نمونه مخلوط سایر محصولات جدایش با میز لرزان ۶۱
۳-۴-۳- روش مغناطیسی خشک روی محصول پرعیار میز محدوده ابعادی زیر ۳۰۰ میکرون ۶۱
۳-۴-۴- پرعیارسازی به روش مغناطیسی تر.....۶۲
۳-۴-۵- روش مغناطیسی خشک روی کنسانتره میز، محدوده ابعادی زیر ۲۰۰۰ میکرون.....۶۶
۳-۴-۶- پرعیارسازی نمونه ابعاد ۲۰۰۰- میکرون مستقیماً به روش مغناطیسی خشک.....۶۷
۳-۵- جمع بندی نتایج واحدهای مختلف پرعیارسازی و موازنه جرم مدار ۶۸
۳-۶- نتیجه‌گیری ۷۱
فصل چهارم: شبیه‌سازی مدار پرعیارسازی کانسنگ منگنز ونارچ ۷۳
۴-۱- مقدمه ۷۳
۴-۲- مفاهیم ۷۳
۴-۲-۱- تعریف شبیه‌سازی ۷۳

۴-۲-۲- تعریف مدل ۷۳
۴-۳- شبیه‌سازی در سیستم‌های فرآوری مواد معدنی ۷۴
۴-۴- کلیاتی در مورد شبیه‌ساز MODSIM ۷۵
۴-۵- شبیه‌سازی خط پرعیارسازی ۷۸
۴-۵-۱- ورودی‌های نرمافزار ۷۸
۴-۵-۱-۱- تعیین شمای عملیات یا فلوشیت ۷۹
۴-۵-۱-۲- داده‌های مربوط به نوع کانی‌ها، درجه آزادی، توزیع دانه‌بندی و عیار ۷۹
۴-۶- تعیین پارامترهای لازم برای شبیه‌سازی عملکرد دستگاه‌ها ۸۳
۴-۶-۱- پارامترهای لازم برای شبیه‌سازی عملکرد سرند ۸۳
۴-۶-۲- پارامترهای لازم برای شبیه‌سازی جیگ و میز لرزان ۸۵
۴-۶-۳- پارامترهای لازم برای شبیه‌سازی عملکرد آسیای میله‌ای ۸۶
۴-۶-۴- پارامترهای مورد نیاز برای شبیه‌سازی عملکرد جدا کننده مغناطیسی ۸۷
۴-۷- تعیین تابع شکست و تابع انتخاب جهت شبیه‌سازی آسیای میله‌ای ۸۷
۴-۷-۱- تعریف تابع شکست ۸۷
۴-۷-۲- تعریف تابع انتخاب ۸۸
۴-۷-۳- مواد، تجهیزات و نرمافزار مورد استفاده ۸۹
۴-۷-۳-۱- سرند ۸۹
۴-۷-۳-۲- آسیای میله‌ای آزمایشگاهی ۸۹
۴-۷-۳-۳- نرم افزار مورد استفاده ۹۰
۴-۷-۴- محاسبه توابع شکست و انتخاب نمونه منگنز ونارچ در آسیای میله‌ای ۹۰
۴-۷-۴-۱- آماده‌سازی نمونه جهت انجام آزمایش ۹۰
۴-۷-۴-۲- انجام آزمایش ۹۰
۴-۷-۵- خروجی نرم افزار BFDS ۹۲
۴-۷-۶- تعیین مشخصات آسیای میله‌ای مورد نیاز در خردایش مجدد کانسنگ منگنز ۹۵
۴-۷-۷- رابطه آستین برای بزرگ مقیاس کردن تابع انتخاب آسیای میله‌ای ۹۶

۴-۸- نتایج شبیه‌سازی ۹۷
۴-۹- نتیجه‌گیری ۹۹
فصل ۵ : نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۱۰۱
۵-۱- بحث و نتیجه‌گیری از تحقیق ۱۰۱
۵-۲- پیشنهادات ۱۰۲
منابع و مآخذ ۱۰۴
پیوست ها ۱۰۷
پیوست ۱: گراف مربوط به تجزیه XRD و شناخت کانی‌های نمونه ۱۰۷
پیوست ۲ : تصاویر مقاطع مینرالوژیکی ۱۰۸

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱- درصد اکسیدهای براونیت ۴

جدول ۱-۲- ذخایر قطعی باقی مانده ۱۱

جدول ۲-۱- تجزیه عیار و دانه‌بندی سنگ منگنز ونارچ قم ۲۴

جدول ۲- ۲- آنالیز شیمیایی کامل نمونه متوسط ۲۶

جدول ۲- ۳- مقادیر کمی کانی‌های تشکیل دهنده نمونه معرف ۲۷

جدول۲-۴- نتایج تعیین درجه آزادی کانی ها در محدوده‌های ابعادی مختلف بر حسب درصد(٪) ۲۸

جدول ۲-۵- جداسازی با مایع سنگین دیدومتان با وزن مخصوص ۳/۳ گرم بر سانتی متر مکعب ۳۱

جدول ۳-۱- نتایج پرعیارسازی با استفاده از جیگ در محدوده ابعادی ۷۹۳۷/۵+ میکرون ۳۴

جدول۳-۲- نتایج پرعیارسازی با استفاده از جیگ در محدوده ابعادی ۷۹۳۷-۴۷۵۰+ میکرون ۳۴

جدول۳-۳- نتایج پرعیارسازی با استفاده از جیگ در محدوده ابعادی ۴۷۵۰-۲۰۰۰+ میکرون ۳۵

جدول۳-۴- اختلاط محصولات حاصل از سری اول آزمایش های پر عیار سازی توسط جیگ.....۳۶

جدول ۳- ۵- نتایج آزمایش پرعیارسازی با استفاده از جیگ در محدوده ابعادی ۲۰۰۰+ میکرون.....۳۶

جدول ۳-۶- نتایج پرعیارسازی جیگ در محدوده ابعادی۲۰۰۰+ میکرون نسبت به کل نمونه..... ۳۷

جدول ۳-۷- نتایج آزمایش تکمیلی جیگ، محدوده ابعادی ۲۰۰۰+ میکرون ۳۸

جدول۳-۸- نتایج پرعیارسازی مجدد روی محصولات جیگ اولیه، محدوده ابعادی۲۰۰۰+ میکرون..... ۳۸

جدول ۳-۹- نتایج پرعیارسازی با استفاده از میز لرزان در محدوده ابعادی ۶۰۰+۲۰۰۰- میکرون ۴۰

جدول۳-۱۰- نتایج پرعیارسازی با استفاده از میز لرزان در محدوده ابعادی ۳۰۰+ ۶۰۰- میکرون ۴۱

جدول ۳-۱۱- تلفیق محصول های ناشی از پرعیارسازی با میز ۴۱

جدول ۳-۱۲- نتایج پرعیارسازی با استفاده از میز لرزان، محدوده ابعادی ۳۰۰+۲۰۰۰- میکرون ۴۲

جدول ۳-۱۳- پرعیارسازی مجدد محصولات میز لرزان، محدوده ابعادی ۳۰۰+ ۲۰۰۰- میکرون..... ۴۳

جدول ۳-۱۴- نتایج پرعیارسازی با استفاده از میز لرزان، محدوده ابعادی ۳۰۰- میکرون ۴۴

جدول ۳-۱۵- نتایج پرعیارسازی نمونه زیر ۲۰۰۰ میکرون توسط میز لرزان ۴۵

جدول ۳-۱۶- درصد وزنی بخش های دانه بندی و محصولات مختلف نسبت به کل نمونه ۴۶

جدول ۳-۱۷- پرعیارسازی توسط جداکننده نلسون محدوده ابعادی ۳۰۰+۲۰۰۰- میکرون ۴۷
جدول ۳-۱۸- پرعیارسازی توسط جداکننده نلسون محدوده ابعادی ۳۰۰+۲۰۰۰- میکرون ۴۸
جدول ۳-۱۹- پرعیارسازی توسط جداکننده نلسون محدوده ابعادی ۳۰۰+۲۰۰۰- میکرون ۴۸
جدول ۳-۲۰- پرعیارسازی توسط جداکننده نلسون محدوده ابعادی ۳۰۰+۲۰۰۰- میکرون ۴۹
جدول ۳-۲۱- پرعیارسازی توسط جداکننده نلسون محدوده ابعادی ۳۰۰+ ۲۰۰۰- میکرون ۴۹
جدول ۳-۲۲- پرعیارسازی توسط جداکننده نلسون محدوده ابعادی ۳۰۰+۲۰۰۰- میکرون ۵۰
جدول ۳-۲۳- پرعیارسازی مجدد توسط جداکننده نلسون برروی محصول پرعیار آزمایش شماره ۴..... ۵۱
جدول ۳-۲۴- پرعیارسازی مجدد توسط جداکننده نلسون بر روی محصول پرعیار آزمایش شماره ۵..... ۵۱
جدول ۳-۲۵- پرعیارسازی مجدد توسط جداکننده نلسون بر روی محصول پرعیار آزمایش شماره ۶..... ۵۲
جدول ۳-۲۶- نتایج تجزیه محصولات بدست آمده از آزمایش پرعیارسازی توسط مارپیچ همفری ۵۴
جدول ۳-۲۷- پرعیارسازی توسط فلوتاسیون معکوس ۵۵
جدول ۳-۲۸- پرعیارسازی توسط فلوتاسیون مستقیم منگنز ۵۶
جدول۳-۲۹- پرعیارسازی توسط فلوتاسیون مستقیم منگنز در شرایط اسیدی ۵۷
جدول ۳-۳۰- پرعیارسازی توسط فلوتاسیون مستقیم منگنز با کلکتور آئروفلوت ۸۴۵ ..... ۵۷
جدول ۳-۳۱- پرعیارسازی توسط فلوتاسیون مستقیم منگنز در دو مرحله ۵۸
جدول ۳-۳۲- نتایج پر عیار سازی مغناطیسی خشک – مخلوط محصولات جیگ ومیز ۵۹
جدول۳-۳۳- نتایج پرعیارسازی مغناطیسی خشک (خردایش تا ابعاد ریزتر از ۸۵۰ میکرون) ۶۰
جدول ۳-۳۴- نتایج پرعیارسازی مغناطیسی خشک (یک مرحله خردایش تا ابعاد زیر ۶۰۰ میکرون) ۶۱
جدول ۳-۳۵- نتایج پرعیارسازی مغناطیسی خشک – مخلوط محصولات میز لرزان ۶۱
جدول ۳-۳۶- نتایج پرعیارسازی مغناطیسی خشک روی کنسانتره میز زیر ۳۰۰ میکرون ۶۲
جدول ۳-۳۷- نتایج پرعیارسازی مغناطیسی تر، مخلوط محصولات جیگ ومیز.....۶۳
جدول ۳-۳۸- نتایج پرعیارسازی مغناطیسی تر، مخلوط محصولات جیگ و میز.....۶۴
جدول ۳-۳۹- نتایج پرعیارسازی مغناطیسی تر، مخلوط محصولات جیگ و میز.....۶۴
جدول ۳-۴۰- نتایج پرعیارسازی مغناطیسی تر، مخلوط محصولات جیگ و میز.....۶۵
جدول ۳-۴۱- نتایج پرعیارسازی مغناطیسی تر، مخلوط محصولات جیگ و میز.....۶۶

جدول ۳-۴۲- پرعیارسازی محصولات میز ۲۰۰۰- میکرون توسط جداکننده مغناطیسی خشک ۶۶
جدول ۳-۴۳- نتایج پرعیارسازی نمونه زیر ۲۰۰۰ میکرون توسط جداکننده مغناطیسی خشک ۶۷
جدول ۳- ۴۴- مشخصات حاصل از تلفیق محصولات مدارهای جیگ و میز به همراه جدایش مغناطیسی ۷۰
جدول ۴-۱- فهرست مدل‌های موجود درMODSIM ۷۷
جدول ۴-۲- مقادیر فاکتورهای تصحیح سرند ۸۵
جدول ۴-۳- ابعاد سرندهای مورد استفاده ۸۹
جدول ۴-۴- مشخصات آسیای میله‌ای مورد استفاده در خردایش ۸۹
جدول ۴-۵- مقادیر تابع شکست تجمعی محاسبه شده به روش هربست- فیوئرستنا ۹۳
جدول ۴-۶ تابع انتخاب برای ابعاد مختلف ۹۴
جدول ۴-۷- ضرایب حاصل از برازش منحنی..... ۹۴
جدول ۴-۸- ضرایت تصحیح توان آسیای میله‌ای ۹۶

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱- راه دسترسی به معدن منگنز ۹
شکل ۱-۲- استخراج در معدن منگنز..... ۱۲
شکل ۱-۳- سنگ شکن فکی ۱۳
شکل۱-۴- سنگ شکن مخروطی..... ۱۳
شکل۱-۵- مدار سنگ‌شکنی معدن منگنز ونارچ ۱۴
شکل ۲-۱-برداشت نمونه با استفاده از روش دو بعدی سیستماتیک ۲۱
شکل ۲-۲- دستگاه نمونه تقسیم‌کن..... ۲۱
شکل ۳-۱- جیگ آزمایشگاهی مورد استفاده در پرعیارسازی منگنز ۳۳
شکل ۳-۲- مدار آزمایش جیگ روی بخش درشت تر از ۲۰۰۰ میکرون ۳۹
شکل ۳-۳- میز لرزان مورد استفاده در تست‌های پرعیارسازی..... ۴۰
شکل ۳-۴- مدار آزمایش های پرعیار سازی با میز لرزان بر روی بخش دانه بندی ۳۰۰+۲۰۰۰- میکرون ۴۴
شکل ۳-۵- تصویر جداکننده نلسون مورد استفاده در تست‌های پرعیارسازی ۴۷
شکل ۳-۶- مدار جدایش توسط مارپیچ همفری ۵۳
شکل ۳-۷- جداکننده مغناطیسی شدت بالای دیسکی ۶۰
شکل ۳-۸- جداکننده مغناطیسی تر مورد استفاده در پرعیارسازی منگنز ۶۳
شکل ۳-۹- فلوشیت پیشنهادی به منظور پرعیارسازی منگنز..... ۷۱
شکل ۴-۱- نمایی از شبیه‌ساز MODSIM.....۷۶
شکل ۴-۲- فلوشیت مورد استفاده در شبیه‌سازی خط پرعیارسازی منگنز..... ۷۹
شکل ۴-۳- پنجره مربوط به تعیین مشخصات کانی‌ها، اسامی جریان‌ها و تعداد کلاس‌های عیاری..... ۸۰
شکل ۴-۴- پنجره مربوط به تعیین مشخصات خوراک ورودی مدار..... ۸۱
شکل ۴-۵- ترکیب، وزن مخصوص و تاثیرپذیری مغناطیسی ۱۵ ترکیب (ذره) متفاوت (کلاس‌های عیاری) . ۸۲
شکل ۴-۶- تعیین فراوانی ذرات مختلف در ۹ بازه ابعادی ۸۳

شکل۴-۷- تعیین پارامترهای مربوط به شبیه‌سازی سرند ۸۴
شکل ۴-۸- پنجره مربوط به تعیین پارامترهای مدل BAUJ ۸۶
شکل ۴-۹- پنجره مربوط به تعیین پارامترهای مدل SHAK ۸۶
شکل ۴-۱۰- پنجره مربوط به تعیین پارامترهای جداکننده مغناطیسی ۸۷
شکل ۴-۱۱- پنجره مربوط پنجره مربوط به تعیین زمان‌های خردایش ۹۱
شکل ۴-۱۲- داده‌های مربوط به وزن نمونه‌های باقیمانده روی سرندها در نرم‌افزار BFDS ۹۱
شکل ۴-۱۳- استفاده از روش از روش هربست و فیوئرستنا برای محاسبه تابع شکست ۹۲
شکل ۴-۱۴- ترسیم تابع شکست و بدست آوردن ضرایب آن در نرم‌افزار BFDS ۹۲
شکل ۴-۱۵- بدست آوردن تابع انتخاب در نرم‌افزار BFDS ۹۳
شکل ۴-۱۶- تعیین پارامترهای مدل‌سازی عملکرد آسیای میله‌ای در نرم‌افزار MODSIM ۹۷
شکل۴-۱۷- نتایج شبیه‌سازی شامل درصد وزنی جامد از کل و عیار منگنز هر واحد ۹۸

فهرست نمودارها

عنوان **صفحه**

نمودار ۱-۱- مصرف فرومنگنز در صنایع فولاد جهان ۷
نمودار ۱-۲- تولید منگنز جهان در سال‌های اخیر ۷
نمودار ۱-۳- تولید سنگ منگنز به تفکیک کشورها ۸
نمودار ۲-۱- منحنی دانه‌بندی ماده معدنی ۲۳
نمودار ۲-۲- منحنی‌های مربوط به عیار، عیار تجمعی و توزیع تجمعی منگنز، آهن و سیلیس..... ۲۵
نمودار ۴-۱- منحنی مربوط به توزیع ذرات در خوراک ۸۲
نمودار ۴-۲- توزیع دانه‌بندی در خوراک آسیا ۹۵
نمودار ۴-۳- توزیع دانه‌بندی خروجی آسیا ۹۸

فهرست علائم و اختصارات

(Abreviations)

N	North
W	West
CC	Concentration Criterion
m	meter
ppm	Part Per Million
E.R.	Enrichment Ratio
F	Feed
Con	Concentrate
T	Tail
Mid	Middle Concentrate
pH	Potentiol of Hydrogen
C.R.	Concentration Ratio
D_{80}	Dimesion With 80 Percent Passing
BFDS	Breacage Function Determination Software
min	minute

فصل اول : کلیات و مفاهیم

۱- مقدمه

عرضه و تقاضای کانسنگ منگنز ارتباط زیادی با تولید فولاد در کشورها دارد؛ به طوری که کشورهای تولیدکننده فولاد باید برای تأمین منگنز مورد نیاز خود، یا ظرفیت تولید خود را توسعه دهند (سنگ منگنز، فرومنگنز، فروسیلیکو منگنز و فلز منگنز) و یا با واردات نیاز خود را بر طرف کنند. ظرفیت تولید فرومنگنز که سهم عمده‌ای در صنعت تولید فولاد دارد، نیاز صنعت فولاد را در داخل کشور برآورده نمی‌سازد به طوری که واردات فرومنگنز رو به افزایش است. بیشتر معادن داخل کشور دارای عیار منگنز پایین هستند که برای تولید فرومنگنز مناسب نیستند. به همین علت پرعیارسازی منگنز به منظور دستیابی به مشخصات مورد نیاز در کارخانجات تولید فرومنگنز مورد توجه قرار گرفته است.

معدن منگنز ونارچ قم با تولید سالانه نزدیک به ۱۰۰ هزار تن سنگ منگنزدار (۹۵ هزار تن استخراج سنگ منگنز و ۵ هزار تن خرید سنگ منگنز عیار بالا و خردایش آن) با عیار تقریبی ۲۱ درصد، بزرگترین تولیدکننده سنگ منگنز در ایران و خاورمیانه است. سنگ استخراجی از این معدن در حال حاضر به دلیل داشتن عیار پایین، عمدتاً در کارخانجاتی که از سیستم کوره بلند برای تولید فولاد بهره می‌گیرند، مورد استفاده قرار گرفته و قابل استفاده در کارخانجات فرومنگنز نیست. هدف از این تحقیق انجام مطالعات پرعیارسازی بر روی کانسنگ معدن منگنز ونارچ برای دستیابی به مشخصات مورد نیاز کارخانجات تولید فرو منگنز، از قبیل عیار فلز منگنز بالای۴۰ درصد، نسبت $\frac{Mn}{Fe}$ بالای ۶ و عیار SiO_2 کمتر از ۲۰ درصد است. البته با در نظر گرفتن ملاحظات اقتصادی معدن منگنز ونارچ سعی بر این شد که بازیابی فلز منگنز در آزمایشات به بالای ۶۰ درصد برسد.

در اکثر تحقیقاتی که در مورد پرعیارسازی کانه‌های منگنزدار انجام شده است، استفاده از روش‌های ثقلی، مغناطیسی و هیدرومتالورژی پیشنهاد شده است[۲,۱]. به منظور پرعیارسازی و در نتیجه قابل استفاده کردن سنگ استخراجی معدن منگنز ونارچ در صنایع فرومنگنز، تاکنون چندین تحقیق علمی در کشور انجام شده است. در یک نمونه از این تحقیقات که بر روی سنگ کم عیار این معدن (۱۵/۵ درصد منگنز) انجام و دستیابی به عیار ۳۱ درصد با استفاده از روش‌های