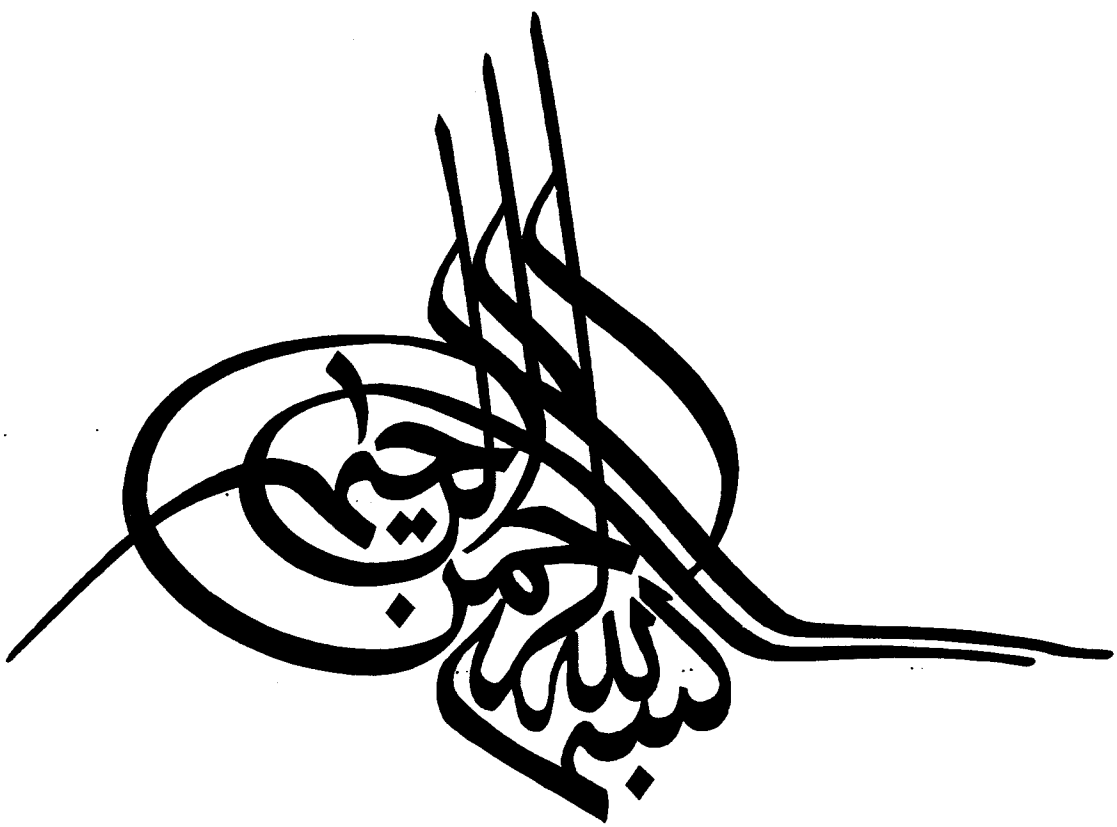

٤٦٤١٤

بسمه تعالی

مجتمع فنی و مهندسی

دانشکده مهندسی معدن و متالورژی

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

(فرآوری مواد معدنی)

بهینه سازی خردایش آسیای نیمه خودشکن کارخانهٔ فرآوری طلای آق دره

استاد راهنما :

دکتر علی دهقانی

استاد مشاور :

مهندس عطاا.. بهرامی

تهیه و تنظیم :

حجت حسین زاده قره قشلاق

خرداد ماه ۱۳۸۶

۱۳۸۶ /۱۱/ ۲۸

٤٦٤١٤

تقدیم به مثلث عشق و زندگی

عزیزم

۲۸ /۱۱/ ۱۳۸۶

تشکر و قدردانی

سپاس خداوند تبارک و تعالی را که نفسی برای حیات بر ما عطا کرده و در هر صحنه و مکانی و در هر جار و زمانی حافظ و پشتیبان ماست (یا خیرا الحافظا) . سپاس خدایی را که تمامی انعام و برکات خود را به ما بندگان گناهکار عطا کرده و می کند (یا خیرا الرازقین) . حمد خدایی را که بندگان حقیر خود را بر تمامی مشکلات پیروز و مظفر می گرداند (یا خیرا الناصرین) . سپاس و حمد خدا و الله و تانری را که دوستی و مودت و مهربانی و رحمت را بر تمامی بندگان خود از هر رنگ و قبیله ای عطا کرده است (یا الرحم الراحمین) .

ضمن تقدیر و تشکر از تمامی اساتید و دوستان عزیز که اینجانب را در شروع کار ، تحقیق و نگارش و انجام کلیهٔ آزمایشها و ارزیابی نتایج یاری رسانده و با کمال خلوص تجربیات خود را در طبق اخلاص قرار داده اند ، رعایت ادب را به جا آورده و سپاس خود را به جا می آورم .

تشکر خاص خود را نسبت به خانوادهٔ عزیزم ، اساتید گرامی جناب آقایان دکتر دهقانی ، دکتر فرزانگان ، دکتر نوع پرست ، مهندس بهرامی و ریاست محترم دانشکدهٔ معدن و متالورژی جناب آقای دکتر یاراحمدی و دوستان عزیزم مهندس اصغر عزیزی ، مصطفی دهقانی ، فرهنگ سلیمانی و آقای حق مرادی (آق دره) و کلیهٔ دوستان و بزرگوارانی که مرا در این امر یاری رسانیده اند ، تقدیم می نمایم .

بسمه تعالی

مدیریت تحصیلات تکمیلی

صورتجلسه دفاعیه پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

جلسه دفاعیه پایان نامه تحصیلی خانم/ آقای حجت حسین زاده قره قشلاق دانشجوی کارشناسی ارشد مجتمع فنی و مهندسی دانشگاه یزد ، در رشته/ گرایش فرآوری مواد معدنی

تحت عنوان: «بهینه سازی خردایش آسیای نیمه خود شکن کارخانه فرآوری طلای آق دره»

و تعداد واحد: ۶ **در تاریخ:** ۱۳۸۶/۳/۱۹

با حضور اعضای هیات داوران متشکل از	**نام و نام خانوادگی**	**امضاء**
۱-استاد راهنمای اول	**دکتر علی دهقانی**	
۲- استاد راهنمای دوم :		
:		
۳-استاد مشاور اول:	**مهندس عطا ا.. بهرامی**	
۴- استاد مشاور دوم:	-	
۵-داور خارج از گروه	**دکتر محمد نوع پرست**	
۶-داور داخل از گروه	**دکترجواد غلام نژاد**	

تشکیل گردید و پس از ارزیابی پایان نامه توسط هیات داوران ، با درجه عالی **و نمره به عدد** ۱۹/- **به حروف** نوزده **مورد تصویب قرار گرفت.**

نماینده تحصیلات تکمیلی دانشگاه(ناظر)

نام و نام خانوادگی: دکتر سفید

امضاء:

فهرست مطالب

صفحه

فصل اول

۱ — ۱ . تعریف آسیاهای خودشکن و نیمه خودشکن ۱
۱ — ۲ . سیر تکاملی آسیاهای خودشکن و نیمه خودشکن ۲
۱ — ۳ . تولد آسیاهای نیمه خودشکن ۱۴
۱ — ۴ . نتایج سرشماری آسیاهای خودشکن و نیمه خودشکن ۱۵
۱ - ۵ . کارکرد آسیاهای نیمه خودشکن و عوامل مؤثر بر کارائی آنها ۱۹
۱ - ۵ - ۱ . انتقال مواد در آسیاهای نیمه خودشکن ۱۹
۱ - ۵ - ۲ . سایز خوراک ۳۰
۱ - ۵ - ۳ . سختی ماده معدنی ۳۲
۱ - ۵ - ۴ . حجم بار گلوله ای و اندازه گلوله ها ۳۴
۱ - ۵ - ۵ . سرعت آسیا ۳۶
۱ - ۶ . چگونگی جریان مواد ۳۷
۱ - ۶ - ۱ . نحوه ورود مواد ۳۸
۱ - ۶ - ۲ . نحوه حرکت مواد در داخل آسیا ۳۹
۱ - ۶ - ۳ . نحوه تخلیه ۴۱
۱ - ۶ - ۳ - ۱ . عوامل مکانیکی مؤثر بر تخلیه مواد ۴۱
۱ - ۶ - ۳ - ۲ . انواع تخلیه در شبکه دیافراگمی ۴۲
۱ - ۶ - ۴ . جریان مواد و رفتار آسیا ۴۳
۱ - ۷ . بهینه سازی آسیا ۴۶

فصل دوم

۲ - ۱ . مقدمه ۵۱
۲ - ۲ . مشخصات کلی مدلها ۵۱
۲ - ۲ - ۱ . مشخصات ۵۱
۲ - ۲ - ۱ - ۱ . مدل استاستیک ۵۱
۲ - ۲ - ۱ - ۲ . مدل دینامیکی ۵۲

۲ - ۲ - ۲ . روش ۵۲
۲ - ۲ - ۲ - ۱ . مدل Heuristic ۵۲
۲ - ۲ - ۲ - ۲ . مدل ریاضی ۵۳
۲ - ۲ - ۲ - ۲ - ۱ . مدل تئوریکی ۵۳
۲ - ۲ - ۲ - ۲ - ۲ . مدل تجربی ۵۴
۲ - ۲ - ۲ - ۲ - ۳ . مدل پدیده ای ۵۴
۲ - ۳ . مدل های ریاضی مورد استفاده در شبیه سازی آسیاها ۵۵
۲ - ۳ - ۱ . مدل های تابع توزیع زمان ماند ۵۵
۲ - ۳ - ۲ . مدل تابع شکست ۵۵
۲ - ۳ - ۳ . مدل تابع انتخاب ۵۵
۲ - ۴ . مکانیزم فرآیندخردایش ۵۶
۲ - ۴ - ۱ . پارامترهای اصلی فرآیند خردایش ۵۷
۲ - ۴ - ۲ . مدل فرایند ۵۷
۲ - ۵ . تابع شکست ۶۰
۲ - ۵ - ۱ . تعریف تابع شکست ۶۱
۲ - ۵ - ۲ . انواع تابع شکست ۶۴
۲ - ۵ - ۲ - ۱ . تابع شکست نرمال ۶۴
۲ - ۵ - ۲ - ۲ . تابع شکست غیر نرمال ۶۵
۲ - ۵ - ۳ . تعیین تابع شکست ۶۶
۲ - ۵ - ۴ . روشهای تعیین تابع شکست ۶۷
۲ - ۵ - ۴ - ۱ . محاسبه با استفاده از یک ذره ۶۷
۲ - ۵ - ۴ - ۱ - ۱ . روش آزمایش سقوط وزنه ۶۸
۲ - ۵ - ۴ - ۱ - ۲ . روش آزمایش آونگ دو قلو ۶۹
۲ - ۵ - ۴ - ۲ . محاسبات با استفاده از آزمایشات آسیا کردن ۷۰
۲ - ۵ - ۴ - ۲ - ۱ . آستین و لوکی ۷۰
۲ - ۵ - ۴ - ۲ - ۲ . روش هربست و فورستینا ۷۱
۲ - ۵ - ۴ - ۲ - ۳ . روش بقوبه ۷۲
۲ - ۵ - ۴ - ۲ - ۴ . روش دوم آستین ولوکی ۷۳
۲ - ۵ - ۴ - ۳ . محاسبات برگشتی ۷۴

۲ - ۶ . تابع انتخاب ۷۴
۲ - ۷ . کاربرد توابع شکست و انتخاب ۷۸
۲ - ۸ . مکانیزمها و نحوهٔ شکست در آسیاهای خود شکن و نیمه خودشکن ۷۹

فصل سوم

3 – ۱ . موقعیت جغرافیائی ۸۳
3 – ۲ . مطالعات اکتشافی معدن ۸۴
3 – ۳ . استخراج معدن ۸۵
3 – ۴ . تاریخچهٔ راه اندازی کارخانه ۸۵
3 – ۵ . مشخصات خوراک و محصولات کارخانه ۸۶
3 – ۶ . توصیف فرآیند کارخانهٔ فرآوری طلای آق دره ۸۶

فصل چهارم

۴ - ۱ . تعریف طراحی آزمایشها ۸۹
۴ - ۲ . طراحی آزمایشهای واحد آسیای نیمه خودشکن کارخانه طلای آق دره ۹۰

فصل پنجم

۵ - ۱ . عملیات آزمایشگاهی ۱۰۲
۵ - ۱ - ۱ . تجهیزات مورد نیاز جهت انجام عملیات آزمایشگاهی ۱۰۲
۵ - ۱ - ۱ - ۱ . سرند با ابعاد مختلف ۱۰۳
۵ - ۱ - ۱ - ۲ . آسیای گلوله ای آزمایشگاهی ۱۰۵
۵ - ۱ - ۱ - ۳ . ترازوی دیجیتال ۱۰۶
۵ - ۱ - ۱ - ۴ . لرزاننده سرند ۱۰۷
۵ - ۱ - ۱ - ۵ . نمونه معدنی ۱۰۷
۵ - ۱ - ۱ - ۶ . گلوله های فولادی با ابعاد مختلف ۱۰۸
۵ - ۱ - ۱ - ۷ . نرم افزار محاسباتی : ۱۰۹
۵ - ۱ - ۱ - ۷ - ۱ . صفحه ورود اصلی ۱۱۱
۵ - ۱ - ۱ - ۷ - ۲ . صفحه ورود اطلاعات مربوط به نتایج آنالیز سرندی ۱۱۳
۵ - ۱ - ۱ - ۷ - ۳ . صفحه نتایج و گرافها ۱۱۸

۵ - ۱ - ۲ . شرح روش آزمایش ۱۲۳
۵ - ۱ - ۳ . محاسبات آزمایشگاهی ۱۳۸
۵ - ۱ - ۳ - ۱ . ماتریس تابع شکست ۱۳۸
۵ - ۱ - ۳ - ۲ . ماتریس تابع انتخاب ۱۴۰
۵ - ۱ - ۳ - ۳ . ماتریس انتقال ۱۴۱
۵ - ۱ - ۳ - ۴ . معکوس ماتریس انتقال ۱۴۳
۵ - ۱ - ۳ - ۵ . ماتریس توزیع زمان ماند ۱۴۵
۵ - ۱ - ۳ - ۶ . تعیین دانه بندی محصول ۱۴۶

فصل ششم

۶ - ۱ . مقدمه ۱۵۲
۶ - ۲ . بزرگ مقیاس کردن ماتریس تابع شکست ۱۵۳
۶ - ۳ . بزرگ مقیاس کردن تابع انتخاب ۱۵۳
۶ - ۴ . بزرگ مقیاس کردن ماتریس انتقال ۱۶۱
۶ - ۵ . بزرگ مقیاس کردن معکوس ماتریس انتقال ۱۶۲
۶ - ۶ . بزرگ مقیاس کردن ماتریس توزیع زمان ماند ۱۶۴
۶ - ۷ . تعیین دانه بندی محصول آسیای کارخانهٔ فرآوری طلای آق دره ۱۶۸

فصل هفتم

۷ - ۱ . نتیجه گیری ۱۷۵
۷ - ۱ - ۱ . نتایج حاصل از طراحی آزمایشها ۱۷۵
۷ - ۱ - ۲ . نتایج حاصل از بررسیهای آزمایشگاهی ۱۷۶
۷ - ۱ - ۳ . نتایج حاصل از بزرگ مقیاس کردن داده های آزمایشگاهی ۱۷۶
۷ - ۲ . پیشنهادات ۱۷۸

منابع **۱۷۹**

فهرست جداول

صفحه

فصل اول

۱- ۱: مقادیر k_g برای سوراخهای شبکه ۲۷
۱- ۲: انتخاب نسبت ابعادی مناسب ۴۷
۱- ۳: رابطهٔ توان مصرفی با بار در گردش ۴۸

فصل چهارم

۴ - ۱: سطوح پارامترها جهت طراحی آزمایشها ۹۳
۴ - ۲: ترتیب مراحل نمونه گیری در طراحی آزمایشها ۹۵
۴ - ۳: نتایج آزمایشات انجام گرفته شده ۹۶
۴ - ۴ : جدول آنالیز واریانس d80 سرریز هیدروسیکلون ۹۷

فصل پنجم

۵ - ۱: سری سرندهای مورد استفاده قرار گرفته شده در کارخانه فرآوری طلای آق دره ۱۰۴
۵ - ۲: مشخصات آسیای گلوله ای آزمایشگاهی ۱۰۵
۵- ۳: ترکیب گلوله های مورد استفاده ۱۰۸
۵ - ۴: نتایج آنالیز سرندی فراکسیون ۳۸ میکرون ۱۲۴
۵ - ۵: نتایج آنالیز سرندی فراکسیون ۵۳ میکرون ۱۲۵
۵ - ۶: نتایج آنالیز سرندی فراکسیون ۷۵ میکرون ۱۲۵
۵ - ۷: نتایج آنالیز سرندی فراکسیون ۱۰۶ میکرون ۱۲۵
۵ - ۸: نتایج آنالیز سرندی فراکسیون ۱۵۰ میکرون ۱۲۶
۵ - ۹: نتایج آنالیز سرندی فراکسیون ۲۱۲ میکرون ۱۲۶
۵ - ۱۰: نتایج آنالیز سرندی فراکسیون ۳۰۰ میکرون ۱۲۷
۵ - ۱۱: نتایج آنالیز سرندی فراکسیون ۱۰۰۰ میکرون ۱۲۷
۵ - ۱۲: نتایج آنالیز سرندی فراکسیون ۳۳۵۰ میکرون ۱۲۸
۵ - ۱۳: نتایج آنالیز سرندی فراکسیون ۶۷۰۰ میکرون ۱۲۸
۵ - ۱۴: نتایج آنالیز سرندی فراکسیون ۱۲۷۰۰ میکرون ۱۲۹

۵ - ۱۵: نتایج آنالیز سرندی فراکسیون ۱۶۰۰۰ میکرون ۱۲۹
۵ - ۱۶: نتایج آنالیز سرندی فراکسیون ۱۹۰۰۰ میکرون ۱۳۰
۵ - ۱۷: نتایج آنالیز سرندی فراکسیون ۵۰۰۰۰ میکرون ۱۳۰
۵ - ۱۸: ماتریس تابع شکست تجمعی به روش هربست و فورستینا اصلاح شده ۱۳۹
۵ - ۱۹: ماتریس تابع شکست به روش هربست و فورستینا اصلاح شده ۱۳۹
۵ - ۲۰: ماتریس تابع انتخاب آزمایشگاهی ۱۴۰
۵ - ۲۱: ماتریس انتقال آزمایشگاهی آق دره ۱۴۳
۵ -۲۲: معکوس ماتریس انتقال آزمایشگاهی آق دره ۱۴۵
۵- ۲۳: ماتریس توزیع زمان ماند آزمایشگاهی کارخانهٔ آق دره ۱۴۶
۵ - ۲۴: توزیع دانه بندی خوراک آسیای آزمایشگاهی ۱۴۸
۵ - ۲۵: ماتریس $T\ R\ T^{-1}$ ۱۴۹
۵ - ۲۶: توزیع دانه بندی محصول آسیای آزمایشگاهی ۱۵۰
۵ - ۲۷: مقایسهٔ توزیع دانه بندی خوراک و محصول آسیای آزمایشگاهی ۱۵۱

فصل ششم

۶ - ۱: ماتریس تابع شکست به روش هربست و فورستینا اصلاح شده ۱۵۳
۶ - ۲: تابع انتخاب صنعتی کارخانهٔ فرآوری طلای آق دره به ازء گلوله های مختلف ۱۵۹
۶ - ۳: توزیع دانه بندی محصول کارخانهٔ طلای آق دره به ازء گلوله های مختلف ۱۶۰
۶ - ۴: ماتریس انتقال صنعتی آق دره ۱۶۲
۶ - ۵: معکوس ماتریس انتقال صنعتی آق دره ۱۶۴
۶ - ۶: ماتریس توزیع زمان ماند صنعتی کارخانهٔ آق دره ۱۶۸
۶ - ۷: توزیع دانه بندی خوراک آسیای نیمه خودشکن ۱۶۹
۶ - ۸: ماتریس $T\ R\ T^{-1}$ ۱۷۱
۶ - ۹: توزیع دانه بندی محصول آسیای نیمه خودشکن ۱۷۱
۶ - ۱۰: مقایسهٔ توزیع دانه بندی خوراک و محصول آسیای نیمه خودشکن نسبت به زمان ماندهای مختلف ۱۷۳

فهرست اشکال

صفحه

فصل اول

۱ – ۱ . آسیای مخروطی بکار گرفته شده در سال ۱۹۰۸ ۴
۱ – ۲ . آسیای هادسل بکار گرفته شده در سال ۱۹۳۲ ۵
۱ – ۳ . آسیای هاردینگ – هادسل ۷
۱ – ۴ . طرح آسیای هادسل خشک در سال ۱۹۳۶ ۸
۱ – ۵ . آسیای آبشاری خشک هاردینگ ۹
۱ – ۶ . نحوهٔ تنظیم خوراک در آسیای آبشاری خشک هاردینگ ۱۱
۱ – ۷ .نحوهٔ قرار گیری آسیای آئروفال در معدن بنسن ۱۲
۱ – ۸ . آسیای آبشاری تر هاردینگ ۱۳

فصل دوم

۲ - ۱: محاسبه تابع شکست تجمعی و منفرد (غیر تجمعی) ۶۳
۲ - ۲: نمایش تابع شکست نرمال ۶۵
۲ - ۳: نمایش تابع شکست غیرنرمال ۶۵
۲ - ۴: وزنهٔ افتان ۶۸
۲ - ۵: شکل شماتیک و اجزاء سیستم آونگ دوقلو ۶۹

فصل سوم

۳ - ۱: موقعیت جغرافیائی کارخانهٔ فرآوری طلای آق دره ۸۴
۳ - ۲: فلوشیت کارخانهٔ فرآوری طلای آق دره ۸۸

فصل چهارم

۴ - ۱: مدار آسیا - هیدروسیکلون آق دره ۹۱
۴ - ۲: نمودار احتمال نرمال باقیمانده ها ۹۹
۴ - ۳: نمودار اثرات اصلی پارامترها ۱۰۰
۴ - ۴: نمودار اندر کنشهای پارامترها ۱۰۱

فصل پنجم

۵ - ۱: سرندهای مورد استفاده در آزمایشگاه ۱۰۵
۵ - ۲: آسیای گلوله ای آزمایشگاهی ۱۰۶
۵ - ۳: دستگاه لرزاننده ۱۰۷
۵ - ۴: گلولهٔ فولادی بکار رفته در آزمایشها ۱۰۸
۵ - ۵: فلوچارت خلاصه شده نرم افزارBFDS ۱۱۰
۵ - ۶: صفحه خانه نرم افزار BFDS ۱۱۱
۵ - ۷: صفحه ورود اطلاعات مربوط به نتایج آنالیز سرندی ۱۱۶
۵ - ۸: اطلاعات بیشتر در باره توزیع ابعادی مواد ۱۱۷
۵ - ۹: اطلاعات بیشتر در باره توزیع تجمعی مواد روی هر سرند ۱۱۷
۵ - ۱۰: صفحه نتایج و گرافها ۱۱۹
۵ - ۱۱: معادله و نمودار تابع شکست ۱۲۱
۵ - ۱۲: معدله و نمودار تابع انتخاب ۱۲۲
۵ - ۱۳: معادله و نمودار نرخ تولید ذرات ریز ۱۲۲
۵ - ۱۴: داده های تابع شکست منفرد و تجمعی فراکسیون 38 mic ۱۳۱
۵ - ۱۵: داده های تابع شکست منفرد و تجمعی فراکسیون 53 mic ۱۳۲
۵ - ۱۶: داده های تابع شکست منفرد و تجمعی فراکسیون 75 mic ۱۳۲
۵ - ۱۷: داده های تابع شکست منفرد و تجمعی فراکسیون 106 mic ۱۳۳
۵ - ۱۸: داده های تابع شکست منفرد و تجمعی فراکسیون 150 mic ۱۳۳
۵ - ۱۹: داده های تابع شکست منفرد و تجمعی فراکسیون 212 mic ۱۳۴
۵ - ۲۰: داده های تابع شکست منفرد و تجمعی فراکسیون 300 mic ۱۳۴
۵ - ۲۱: داده های تابع شکست منفرد و تجمعی فراکسیون 1000 mic ۱۳۵
۵ - ۲۲: داده های تابع شکست منفرد و تجمعی فراکسیون 3350 mic ۱۳۵
۵ - ۲۳: داده های تابع شکست منفرد و تجمعی فراکسیون 6700 mic ۱۳۶
۵ - ۲۴: داده های تابع شکست منفرد و تجمعی فراکسیون 12700 mic ۱۳۶
۵ - ۲۵: داده های تابع شکست منفرد و تجمعی فراکسیون 16000 mic ۱۳۷
۵ - ۲۶: داده های تابع شکست منفرد و تجمعی فراکسیون 19000 mic ۱۳۷
۵ - ۲۷: داده های تابع شکست منفرد و تجمعی فراکسیون 50000 mic ۱۳۸
۵ - ۲۸: تابع انتخاب آزمایشگاهی خوراک آق دره ۱۴۱

۵ - ۲۹: توزیع دانه بندی خوراک آسیای آزمایشگاهی ۱۴۸
۵ - ۳۰: توزیع دانه بندی محصول آسیای آزمایشگاهی ۱۵۰

فصل ششم

۶ - ۱: صفحه منوی اصلی نرم افزار NGOTC ۱۵۷
۶ - ۲: صفحهٔ مشخصات کلی مدار مورد نظر برای شبیه سازی ۱۵۸
۶ - ۳: صفحه ورود داده های مربوط به نام پروژه ، تعداد سرندها ، اندازهٔ گلولهٔ آزمایشگاهی و اندازهٔ گلولهٔ صنعتی ۱۶۰
۶ - ۴: تابع انتخاب صنعتی کارخانهٔ فرآوری طلای آق دره (گلولهٔ ۸۰ میلی متری) ۱۷۰
۶ - ۵: توزیع دانه بندی خوراک آسیای نیمه خودشکن آق دره ۱۷۲
۶ - ۶: توزیع دانه بندی محصول آسیای نیمه خودشکن ۱۷۳
۶ - ۷: تغییرات d_{80} با تغییر اندازهٔ گلوله ها (زمان ماند ثابت) ۱۷۴
۶ - ۸: تغییرات d_{80} با تغییر زمان ماند (اندازهٔ گلوله ها ثابت) ۱۷۴

فهرست نمودارها

صفحه

فصل اول

۱ – ۱ . توان نصب شدهٔ آسیاهای خودشکن و نیمه خودشکن بر اساس توان تجمعی در هر سال ۱۵

۱ – ۲ . بازار فروش آسیاهای خودشکن و نیمه خودشکن در طی ۴۰ سال گذشته ۱۶

۱ – ۳ . توان نصب شدهٔ آسیاهای خودشکن و نیمه خودشکن بر اساس سهم هر کشور ۱۷

۱ – ۴ . توان نصب شدهٔ آسیاهای خودشکن و نیمه خودشکن بر اساس نوع مادهٔ معدنی ۱۸

چکیده :

در کارخانهٔ فرآوری طلای آق دره جهت افزایش بازیابی طلا نیاز به افزایش درجهٔ آزادی کانیهای طلادار می باشد . در این کارخانه استحصال طلا در تانکهای لیچینگ و با استفاده از سیانور انجام می گیرد که خوراک تانکهای لیچینگ از سرریز هیدروسیکلون تامین می شود . هدف از این پروژه کاهش d80 خروجی آسیای نیمه خودشکن و در نتیجه کاهش d80 سرریز هیدروسیکلون برای افزایش درجهٔ آزادی کانیهای طلا جهت افزایش بازیابی طلا در تانکهای لیچینگ می باشد . به همین دلیل و با توجه به محدودیتهای موجود در کارخانه توابع شکست و انتخاب آزمایشگاهی در آزمایشگاه تعیین شدند . با استفاده از مدلهای ریاضی آسیا و محاسبهٔ ماتریسهای شکست ، انتخاب ، انتقال ، معکوس انتقال و زمان ماند و با در دست داشتن توزیع دانه بندی خوراک آسیا ، توزیع دانه بندی خروجی محاسبه شد .

در مقیاس صنعتی بعلت عدم وجود بسیاری از پارامترهای لازمه و نرم افزار مربوطه جهت بزرگ مقیاس کردن تابع انتخاب آزمایشگاهی ، جهت نشان دادن کاربرد اطلاعات بدست آمده در مقیاس صنعتی از نرم افزار مربوط به آسیاهای گلوله ای استفاده شد . نتایج حاصله نشاندهندهٔ کاهش d80 خروجی آسیای نیمه خودشکن با تغییرات اعمالی در پارامترهایی از قبیل اندازهٔ گلوله ، زمان ماند و... می باشد .

فصل اول :

آسیاهای خودشکن و نیمه خودشکن

۱- ۱. تعریف آسیاهای خودشکن ونیمه‌خودشکن

کلمه Auto-genous در فرهنگ لغت به معنی "خودکفا " یا "غیروابسته" می‌باشد. آسیای خودشکن (خودشکن کامل)[1] آسیای گردانی است که از خود ماده معدنی به عنوان واسطه خردایش استفاده می‌کند. به همین علت می‌بایستی موادی که به این طریق خرد می‌شوند دارای قطعاتی باشند که بتوان از آنها به عنوان واسطه خردایش استفاده نمود در بعضی موارد این آسیا با سایر تجهیزات خردایشی نیز همراه می‌گردد.

آسیای نیمه‌خودشکن[2]، آسیای خودشکنی است که علاوه بر ماده معدنی از گلوله های فلزی نیز به عنوان واسطه خردایش استفاده می‌کند. گلوله ها معمولا با ابعاد ۱۲۵-۱۰۰ میلیمتر و به اندازه ۱۲-۶ درصد حجم آسیا به خوراک آن اضافه می‌شوند. گلوله های اضافه شده باعث افزایش توانایی آسیای خودشکن در انجام عملیات بر روی موادی با سختی متفاوت و تطبیق با تغییرات طبیعی سنگ معدن می‌شود. از این آسیا برای نرم کردن مواد درشت و چسبنده جهت خوراک‌دهی به آسیای گلوله‌ای نهایی و همچنین انجام کلیه عملیات نرم‌کنی نهایی در یک مرحله و رساندن ذرات به ریزترین ابعاد مورد نیاز، استفاده می‌شود [16 , 1].

خردایش مواد به روش خودشکن به سه صورت انجام می‌گیرد :

الف- کاملا خودشکن[3] : در این روش مواد خروجی از معدن در یک مرحله توسط آسیای خودشکن و یا نیمه‌خودشکن نرم شده و محصول بدست آمده احتیاجی به خردایش بیشتر ندارد.

1- (Full) Autogenous Mill
2- Semiautogenous Mill
3- Complete or Fully-autogenous Grinding

ب- خودشکنی جزئی[1] : در این روش مواد در یک مرحله سنگ‌شکنی کاهش ابعاد یافته و در مرحله دوم توسط آسیای خودشکن یا نیمه‌خودشکن به ریزترین ابعاد مورد نیاز رسانده می‌شوند.

ج- خودشکنی اصلاح‌شده[2] : در این روش مواد در آسیای نوع خودشکن نرم شده و برای نرم کردن ذرات با ابعاد بحرانی، از یک سنگ‌شکن (معمولا مخروطی) و یا تجهیزات خردایشی دیگر استفاده می‌شود[۱ و ۱۴].

استفاده از این نوع آسیا ها بدلیل بکارگیری ماده معدنی به عنوان واسطه خردایش و بنابراین افزایش ظرفیت نرم‌کنی و همچنین وارد نشدن مواد خارجی به ماده معدنی و آلوده نشدن آن و بطور کلی کاهش هزینه های سرمایه گذاری و عملیاتی، عمومیت یافته است[۱ و ۱۸].

۱- ۲- سیر تکاملی آسیاهای خودشکن و نیمه‌خودشکن

قدمت آسیاهای خودشکن بیشتر از آسیاهای میله ای بوده و اولین بار در معادن طلا بکار گرفته شده‌اند . بطور کلی ظهور آسیاهای گردان[3] به سال ۱۸۸۰ بر می گردد و از سال ۱۸۹۹ نیز در معادن طلا بکار گرفته شده‌اند. ازهمان اوایل فکر استفاده از سنگ به عنوان واسطه خردایش ماده معدنی مطرح بود و بالاخره در آسیاهای قلوه ای نمود پیدا کرد [18 , 1].

قبل از بکارگیری آسیاهای خودشکن و نیمه‌خودشکن سنگ معدن طلا در تجهیزاتی بنام Stamp battries خرد شده و طلای آن توسط صفحات مسی آغشته به جیوه به روش ملقمه‌سازی، جدا می‌گردید. استفاده از آسیاهای گردان، بخصوص آسیاهای قلوه‌ای در بین سالهای ۱۹۱۳-۱۹۰۷

4- Partial-autogenous Grinding
5- Modified-autogenous Grinding
6- Tumbling Mills

عمومیت یافت و در ابعاد مختلف مورد استفاده قرار گرفت. در این آسیاها از قلوه سنگ هایی از جنس سنگ چرت (Chert) و چخماق (flint) دانمارکی استفاده می‌شد [19 , ۱].

در سال ۱۹۰۷ در کشور آفریقای جنوبی Kenneth L. Graham به منظور استفاده از خود ماده معدنی به عنوان واسطه خردایش، آزمایشی را با دو آسیای قلوه‌ای انجام داد که در یکی از خود ماده معدنی و در دیگری از قلوه‌سنگهای دانمارکی استفاده نمود. بدلیل نتایج موفقیت آمیز در این آزمایش، بتدریج استفاده از آسیاهای قلوه‌ای با واسطه خردایشی از خود ماده معدنی در معادن طلای آفریقای جنوبی عمومیت یافت. به همین علت در آفریقای جنوبی از نام آسیای قلوه‌سنگی[۱] به جای آسیای خودشکن استفاده می‌شود[19 , ۱].

در سال ۱۹۱۲ اولین نوع صنعتی این آسیاها در خارج از آفریقای جنوبی در معدن طلای Santa Gertrudis در شهر Pachuca (۵۵ مایلی شمال شرقی شهر مکزیکوسیتی) در کشور مکزیک و به دنبال آن در سال ۱۹۱۵-۱۹۱۴ در معدن طلای Goldfields ایالت نوادا[۲] نصب گردید[19 , ۱].

در سال ۱۹۰۸ نیز در ایالات متحده، Harlowe Hardinge در نشست انجمن مهندسین معدن و متالورژی آمریکا (ALME)[۳] در شهر بیرمنگهام[۴] ایالت آلاباما[۵]، مقاله‌ای را با عنوان استفاده از تکه‌های سنگ به جای استفاده از سایر واسطه‌های خردایش در عملیات نرم‌کنی ارائه نمود. بر اساس این نظریه با استفاده از قطعات ۲۰۳/۲ میلیمتری مگنتیت به عنوان واسطه

7- Rock Pebble Mill
8- Nevada
9- American Institute of Minning and Metallurgical Engineers
10- Birmingham
11- Alabama