



دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران جنوب

دانشکده تحصیلات تکمیلی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد “M.Sc”

مهندسی معدن - استخراج

عنوان :

طراحی و بهینه سازی پارامترهای خردایش مواد اولیه در

معادن و کارخانجات صنایع سیمان فیروزکوه

استاد راهنما :

استاد مشاور :

نگارش:

فهرست مطالب

شماره صفحه

عنوان مطالب

۱ چکیده

۲ مقدمه

فصل اول : کلیات

۴ (۱-۱) هدف

۴ (۲-۱) پیشینه تحقیق

۵ (۳-۱) روش کار و تحقیق

فصل دوم : نگاهی اجمالی به صنعت سیمان

۷ (۱-۲) مقدمه فصل دوم

۷ (۲-۲) پیدایش سیمان

۷ (۱-۲-۲) پیدایش اولیه ملات

۸ (۲-۲-۲) معنای سیمان و منشأ اولیه آن

۸ (۳-۲-۲) پیدایش سیمانهای امروزی

۹ (۴-۲-۲) مسیر تکامل کوره های سیمان

۱۰ (۵-۲-۲) سابقه ملاتهای آهکی در ایران

۱۰ (۶-۲-۲) پیشینه سیمان پرتلند در ایران

۱۱ (۳-۲) مواد اولیه سیمان

۱۱ (۱-۳-۲) خاصیت سیمانی

۱۱ (۲-۳-۲) سیمان پرتلند

۱۱ (۳-۳-۲) اجزای مهم سیمان

۱۴ (۴-۳-۲) علائم مواد اولیه و فازهای سیمانی

۱۵ (۵-۳-۲) مواد اولیه سیمان در طبیعت

فهرست مطالب

شماره صفحه

عنوان مطالب

۱۶	..... ( ۴-۲) تولید سیمان پرتلند.....
۱۶	..... ( ۱-۴-۲) نحوه سیر مواد در فرآیند سیمان سازی.....
۱۶	..... ( ۲-۴-۲) مناطق مختلف کوره و واکنشهای مواد در کوره و پیش گرمکن.....
۱۷	..... ( ۳-۴-۲) سیستمهای پری کلساینر.....
۱۸	..... ( ۴-۴-۲) تولید نهایی سیمان.....
۱۸	..... ( ۵-۲) روش محاسبه کریستالهای تشکیل دهنده کلینگر.....
۲۲	..... ( ۶-۲) روشهای تولید سیمان.....
۲۲	..... ( ۱-۶-۲) تولید سیمان به روش تر.....
۲۲	..... ( ۲-۶-۲) تولید سیمان به روش نیمه تر.....
۲۲	..... ( ۳-۶-۲) تولید سیمان به روش نیمه خشک.....
۲۲	..... ( ۴-۶-۲) تولید سیمان به روش خشک.....
۲۳	..... ( ۷-۲) خصایص کیفی سیمان.....
۲۳	..... ( ۱-۷-۲) خواص شیمیایی.....
۲۳	..... ( ۲-۷-۲) تجزیه اجزای اصلی.....
۲۳	..... ( ۳-۷-۲) تجزیه اجزای فرعی.....
۲۳	..... ( ۳-۷-۲-الف) انیدرید سولفوریک یا تری اکسید گوگرد.....
۲۴	..... ( ۳-۷-۲-ب) درصد منیزی یا MgO.....
۲۴	..... ( ۳-۷-۲-پ) افت وزنی در اثر حرارت.....
۲۴	..... ( ۳-۷-۲-ت) باقیمانده نامحلول.....
۲۴	..... ( ۳-۷-۲-ث) مقدار قلیایی ها.....
۲۴	..... ( ۳-۷-۲-ج) آهک آزاد.....
۲۵	..... ( ۸-۲) خواص فیزیکی.....

فهرست مطالب

شماره صفحه

عنوان مطالب

۲۵	..... ۱-۸-۲) نرمی سیمان
۲۵	..... ۲-۸-۲) زمان گیرش
۲۵	..... ۳-۸-۲) ثبات حجم
۲۵	..... ۴-۸-۲) مقاومت فشاری
۲۵	..... ۵-۸-۲) حرارت هیدراتاسیون
۲۶	..... ۹-۲) انواع سیمانهای پرتلند
۲۶	..... ۱-۹-۲) سیمانهای پرتلند پنجگانه
۲۶	..... ۱-۹-۲-الف) سیمان پرتلند معمولی یا نوع I
۲۶	..... ۱-۹-۲-ب) سیمان پرتلند اصلاح شده یا نوع II
۲۶	..... ۱-۹-۲-پ) سیمان پرتلند زود سخت شونده یا نوع III
۲۷	..... ۱-۹-۲-ت) سیمان پرتلند با حرارت هیدراتاسیون کم یا نوع IV
۲۷	..... ۱-۹-۲-ث) سیمان پرتلند ضد سولفات یا نوع V
۲۷	..... ۲-۹-۲) سیمان پرتلند سفید و رنگی
۲۸	..... ۳-۹-۲) سیمان پرتلند هوازا
۲۸	..... ۴-۹-۲) سیمان چاه نفت
۲۸	..... ۵-۹-۲) سیمانهای مخلوط
۲۸	..... ۵-۹-۲-الف) سیمان پرتلند پوزولانی
۲۹	..... ۵-۹-۲-ب) سیمان روباره ای
۲۹	..... ۵-۹-۲-پ) سایر سیمانهای پرتلند و مخلوط
۳۰	..... ۱۰-۲) نتیجه گیری فصل دوم

فهرست مطالب

شماره صفحه

عنوان مطالب

فصل سوم : بررسی کمی و کیفی مواد اولیه شامل آهک و آلومینیم جهت استفاده در کارخانجات سیمان فیروزکوه

- ۳۲ (۱-۳) مقدمه فصل سوم.....
- ۳۲ (۲-۳) ویژگیهای استراتژیکی ، جغرافیایی ، آب و هوایی و پوشش گیاهی.....
- ۳۴ (۳-۳) مطالعات مواد اولیه.....
- ۳۴ (۱-۳-۳) سنگ آهک.....
- ۳۸ (۲-۳-۳) آلومینوم.....
- ۳۸ (۲-۳-۳-الف) منطقه دره قزبر و دشت خداوردی لات (شرق روستای کتالان).....
- ۳۹ (۲-۳-۳-ب) منطقه دشت جنوب معدن آهک و غرب سایت.....
- ۴۰ (۲-۳-۳-پ) منطقه جنوب سایت.....
- ۴۲ (۲-۳-۳-ت) منطقه پادگان شهید بهشتی.....
- ۴۲ (۲-۳-۳-ث) منطقه حاشیه ریل آهن.....
- ۴۴ (۲-۳-۳-ج) منطقه شمال شهرک صنعتی سه راه امیریه.....
- ۴۶ (۴-۳) ظرفیت سازی تجهیزات یک خط تولید سیمان فیروزکوه.....
- ۴۹ (۵-۳) نتیجه گیری فصل سوم.....

فصل چهارم : اصول و مبانی خردایش در کارخانجات سیمان با نگاهی بر معادن ،

واحدهای خردایش و سایش خطوط تولید سیمان فیروزکوه

- ۵۲ (۱-۴) مقدمه فصل چهارم.....
- ۵۲ (۲-۴) ماهیت کانیها در خردایش.....
- ۵۳ (۳-۴) آماده سازی مواد خام در یک کارخانه سیمان.....
- ۵۴ (۴-۴) خردایش اولیه در معدن.....

فهرست مطالب

شماره صفحه

عنوان مطالب

۵۴	..... ۱-۴-۴) قطر چال
۵۷	..... ۲-۴-۴) شیب چال
۵۷	..... ۳-۴-۴) الگو و ابعاد شبکه چالها
۵۸	..... ۵-۴) پیش بینی متوسط سائز (ابعاد) سنگ آهک خرد شده جهت خوراک سنگ شکن
۵۹	..... ۶-۴) تئوریهای خردایش
۶۰	..... ۱-۶-۴) تئوری ریتینگر
۶۱	..... ۲-۶-۴) تئوری کیک
۶۲	..... ۳-۶-۴) تئوری باند
۶۳	..... ۴-۶-۴) قابلیت خردایش و نرم شوندگی
۶۳	..... ۷-۴) سنگ شکن ها (Crushers)
۶۵	..... ۱-۷-۴) سنگ شکن های فکی
۶۶	..... ۲-۷-۴) سنگ شکن های ژیراتوری
۶۷	..... ۳-۷-۴) سنگ شکن های استوانه ای
۶۹	..... ۴-۷-۴) سنگ شکن های ضربه ای و چکشی
۶۹	..... ۴-۷-۴) الف) مشخصات سنگ شکن های ضربه ای
۷۰	..... ۴-۷-۴) ب) مشخصات سنگ شکن های چکشی
۷۰	..... ۵-۷-۴) محاسبه بار در گردش در مدارهای سنگ شکن
۷۱	..... ۸-۴) عملیات آسیا کردن (آسیاهای مواد خام و سیمان)
۷۲	..... ۱-۸-۴) آسیاهای استوانه ای
۷۳	..... ۲-۸-۴) تقسیم بندی آسیاهای استوانه ای
۷۴	..... ۲-۸-۴) الف) تقسیم بندی بر اساس شکل فیزیکی خوراک ورودی

فهرست مطالب

شماره صفحه

عنوان مطالب

۷۴	۴-۸-۲-ب (تقسیم بندی بر اساس نوع فرآیند.....
۷۴	۴-۸-۲-پ (تقسیم بندی بر اساس تعداد اطاقچه ها.....
۷۵	۴-۸-۲-ت (تقسیم بندی بر اساس محل خروج مواد.....
۷۵	۴-۸-۲-ث (تقسیم بندی بر اساس نحوه انتقال مواد.....
۷۵	۴-۸-۲-ج (تقسیم بندی بر اساس محرکه آسیا.....
۷۵	۴-۸-۲-چ (تقسیم بندی بر اساس دارا بودن سیستم پیش خرد کننده.....
۷۶	۴-۸-۳ (پارامترهای مورد نظر در طراحی و بهره برداری آسیاهای استوانه ای.....
۷۷	۴-۸-۳-الف (صفحات بدنه.....
۷۷	۴-۸-۳-ب (گلوله ها.....
۷۹	۴-۸-۳-پ (درجه پر بودن آسیا (Degree Of Filling).....
۸۲	۴-۸-۳-ت (محاسبه وزن شارژ داخل آسیا.....
۸۳	۴-۸-۳-ث (سرعت چرخش آسیا.....
۸۴	۴-۸-۳-ج (نسبت طول به قطر آسیا.....
۸۴	۴-۸-۳-چ (طول اطاقچه ها.....
۸۴	۴-۸-۳-ح (کیلو وات مصرفی آسیا.....
۸۵	۴-۸-۴ (آسیاهای غلطکی عمودی (Vertical Roller Mills).....
۸۷	۴-۸-۴-الف (سپراتورها در آسیاهای غلطکی.....
۸۸	۴-۸-۴-ب (سپراتورهای استاتیک (ساکن).....
۸۸	۴-۸-۴-ج (سپراتورهای هوایی (Air Separator).....

فهرست مطالب

عنوان مطالب

شماره صفحه

فصل پنجم: بهینه سازی پارامترهای خردایش و سایش در واحدهای معدن ،
سنگ شکنی ، آسیای مواد خام و آسیای سیمان کارخانه سیمان فیروزکوه

۹۲	..... ( ۱-۵) مقدمه فصل پنجم
۹۳	..... ( ۲-۵) لزوم دانه بندی مواد خام و کلینکر و سیمان
۹۵	..... ( ۳-۵) بررسی ابعاد اولیه حاصل از آتشباری در معادن آهک کارخانه سیمان فیروزکوه ...
۹۹	..... ( ۴-۵) بررسی عملکرد واحد سنگ شکنی کارخانه سیمان فیروزکوه
۱۰۱	..... ( ۵-۵) مقایسه بین سنگ شکن های ضربه ای و چکشی
۱۰۴	..... ( ۶-۵) بررسی عملکرد واحد آسیاب مواد خام کارخانه سیمان فیروزکوه
۱۰۷	..... ( ۱-۶-۵) راهکارهای مناسب جهت بهینه کردن واحد آسیاب مواد خام کارخانه سیمان فیروزکوه
۱۰۸	..... ( ۱-۶-۵-الف) فقط سنگ سیلیس استفاده شود
۱۰۹	..... ( ۱-۶-۵-ب) سنگ سیلیس و سنگ آهن با هم استفاده شود
۱۱۱	..... ( ۷-۵) بررسی عملکرد واحد آسیاب سیمان کارخانه سیمان فیروزکوه
۱۱۲	..... ( ۱-۷-۵) روش نفوذ پذیری هوا برای تعیین سطح مخصوص سیمان
۱۱۳	..... ( ۲-۷-۵) مشخصات فنی آسیاب سیمان کارخانه سیمان فیروزکوه
۱۱۴	..... ( ۳-۷-۵) زره های بدنه داخلی
۱۱۴	..... ( ۴-۷-۵) جبران کمبود شارژ آسیاب سیمان کارخانه سیمان فیروزکوه
۱۱۶	..... ( ۵-۷-۵) مشخصات گلوله های مورد استفاده در آسیاب سیمان کارخانه سیمان فیروزکوه

فهرست مطالب

شماره صفحه

عنوان مطالب

فصل ششم : نتیجه گیری و پیشنهادات

۱۲۲	..... نتیجه گیری (۱-۶)
۱۲۲	..... پیشنهادات (۲-۶)
۱۲۵	..... پیوست ها (۳-۶)

فهرست مطالب

شماره صفحه	عنوان مطالب
۱۲۹	منابع و مآخذ.....
۱۲۹	فهرست منابع فارسی.....
۱۳۱	فهرست منابع لاتین.....
۱۳۱	سایت های اطلاع رسانی.....
۱۳۲	چکیده انگلیسی.....

فهرست جدول ها

شماره صفحه

عنوان

-
- | | |
|----|--|
| ۱۴ | ۱-۲ : نام و علائم اختصاری اکسیدهای متداول در سیمان..... |
| ۱۴ | ۲-۲ : نام و علائم اختصاری ترکیبات فازهای مهم سیمان..... |
| ۱۵ | ۳-۲ : نام و علائم اختصاری مدولهای رایج و ضروری در کارخانجات سیمان..... |
| ۲۱ | ۴-۲ : مدولهای مورد نیاز در صنعت سیمان..... |
| ۲۳ | ۵-۲ : درصد اجزای کلینکر سیمان پرتلند..... |
| ۳۴ | ۱-۳ : آنالیز شیمیایی سازندهای مختلف موجود در منطقه..... |
| ۳۵ | ۲-۳ : آنالیز شیمیایی چند نمونه از بخش دوم سازند الیکا..... |
| ۳۶ | ۳-۳ : آنالیز شیمیایی چند نمونه از بخش سوم سازند الیکا..... |
| ۳۷ | ۴-۳ : مشخصات نمونه های سه پروفیل نمونه برداری در سنگ آهک..... |
| ۳۷ | ۵-۳ : موقعیت پروفیلهای نمونه برداری در سنگ آهک..... |
| ۳۹ | ۶-۳ : نتایج آنالیز شیمیایی نمونه های دره قزبر و دشت خداوردی لات..... |
| ۴۱ | ۷-۳ : نتایج آنالیز شیمیایی نمونه های جنوب معدن آهک البرز و غرب سایت..... |
| ۴۳ | ۸-۳ : نتایج آنالیز شیمیایی جنوب سایت..... |
| ۴۴ | ۹-۳ : نتایج آنالیز شیمیایی نمونه های منطقه پادگان شهید بهشتی..... |
| ۴۴ | ۱۰-۳ : نتایج آنالیز شیمیایی منطقه حاشیه ریل راه آهن..... |
| ۴۵ | ۱۱-۳ : نتایج آنالیز شیمیایی منطقه شمال شهرک سه راه امیریه..... |
| ۵۵ | ۱-۴ : رابطه بین قطر چال و استفاده مناسب پله..... |
| ۵۹ | ۲-۴ : ثابت F_T |
| ۸۲ | ۳-۴ : مقادیر نرمال درصد پر بودن آسیاهای استوانه ای..... |
| ۸۲ | ۴-۴ : دانسیته ظاهری شارژ در آسیاهای استوانه ای..... |
| ۸۳ | ۵-۴ : مقادیر عملی سرعت آسیا به سرعت بحرانی..... |
| ۸۴ | ۶-۴ : طول معمول اطاقچه های مختلف در آسیاهای چند اطاقچه ای..... |

فهرست جدول ها

شماره صفحه

عنوان

-
- ۱-۵ : آنالیز سرندي 1 mesh و 2 mesh محصول سنگ شکن ۱۰۰
- ۲-۵ : محاسبات مربوط به مصرف انرژی آسیاب مواد خام در حالتی که فقط از سنگ سیلیس به عنوان افزودنی استفاده شود ۱۰۸
- ۳-۵ : محاسبات مربوط به مصرف انرژی آسیاب مواد خام در حالتی که از سنگ سیلیس و سنگ آهن به عنوان افزودنی استفاده شود ۱۰۹
- ۴-۵ : مشخصات سائز گلوله های مورد استفاده در آسیاب سیمان کارخانه سیمان فیروزکوه ۱۱۶
- ۵-۵ : مشخصات کلی اطاقچه های آسیاب سیمان کارخانه سیمان فیروزکوه ۱۱۷
- ۶-۵ : محاسبات مربوط به کمبود شارژ اطاقچه اول ۱۱۸
- ۷-۵ : محاسبات مربوط به کمبود شارژ اطاقچه دوم ۱۲۰

فهرست نمودارها

شماره صفحه

عنوان

-
-
- ۱-۴ : تعیین قطر چال برای ارتفاع مختلف پله ۵۵
- ۲-۴ : نسبت قطر چال با حجم بیل بار کننده ۵۶
- ۳-۴ : تعیین بار سنگ بر اساس قطر چال ۵۸
- ۱-۵ : سطح مخصوص مواد و رطوبت سطحی (%) ۹۷
- ۲-۵ : باقیمانده روی الک ۹۰ میکرون و مدول L.S.F ۱۱۰
- ۳-۵ : مدول اشباع آهک (L.S.F) و وزن لیتری ۱۱۱

فهرست شکل‌ها

شماره صفحه

عنوان

-
- ۲-۳ : نمای کلی از خط تولید یک کارخانه سیمان ۵۰
- ۱-۴ : تأثیر درزه‌ها بر خردشدگی سنگ هنگام استفاده از چالهای با قطر متفاوت ۵۶
- ۲-۴ : مدار باز و دار بسته در عملیات سنگ شکنی ۶۵
- ۳-۴ : مشخصات یک سنگ شکن فکی با دو بازو ۶۶
- ۴-۴ : مشخصات یک سنگ شکن ژیراتوری ۶۷
- ۵-۴ : نیروهای وارد شده بر جسم در یک سنگ شکن استوانه‌ای ۶۷
- ۶-۴ : سنگ شکن‌های ضربه‌ای و چکشی ۷۰
- ۷-۴ : یک نمونه آسیای استوانه‌ای ۷۳
- ۸-۴ : نمونه آسیای Air - Swept و آسیای باکت الواتور ۷۶
- ۹-۴ : انواع صفحات بالابرنده آسیا و برخی از صفحات کلاسه‌کننده آسیا ۷۸
- ۱۰-۴ : مکانیزم عمل صفحات کلاسه‌کننده آسیا ۷۹
- ۱۱-۴ : مقطع یک آسیای استوانه‌ای ۸۰
- ۱۲-۴ : منحنی ارتباط $\frac{H}{D}$ با درصد پرشدگی آسیا ۸۰
- ۱۳-۴ : مسیر حرکت گلوله‌ها در داخل آسیا ۸۱
- ۱۴-۴ : وضعیت گلوله‌ها در سرعت بحرانی آسیا ۸۳
- ۱۵-۴ : آسیای غلطکی عمودی با سپراتور ثابت و متحرک ۸۶
- ۱۶-۴ : منحنی Tromp سپراتورها در دو حالت ایده‌آل و عملکرد نرمال ۸۸
- ۱۷-۴ : نیروهای اصلی وارد بر ذرات در سپراتورهای هوایی ۸۹
- ۱-۵ : نمای چال با قطر ۴ اینچ ۹۸
- ۲-۵ : نمای پله‌های بعد از انفجار ۹۸
- ۳-۵ : خردایش بعد از انفجار چالهای با قطر ۴ اینچ ۹۸
- ۴-۵ : خردایش بعد از انفجار چالهای با قطر ۳ اینچ ۹۸

فهرست شکل‌ها

شماره صفحه

عنوان

-
- ۵-۵ : نمای کلی از آسیاب مواد خام کارخانه سیمان فیروزکوه ۱۰۴
- ۶-۵ : نمایش کلی دستگاه اندازه‌گیری سطح مخصوص سیمان (Blain) ۱۱۲

فهرست نقشه‌ها

شماره صفحه

عنوان

۱-۳ : موقعیت جغرافیایی شهرستان فیروزکوه و محل احداث کارخانه ۳۳

چکیده

صنعت سیمان یکی از صنایع کلیدی است که نقش مهمی را در رشد و توسعه یک ملت ایفا می کند. از اینرو بررسی و بهینه سازی خطوط تولید این کالای صنعتی می تواند در رشد بیشتر آن موثر باشد. در کشور ما هم اکنون حدود ۳۵ میلیون تن کلینکر در سال تولید می شود، این در حالیست که مصرف سرانه برای هر نفر حدود ۵۰۰ کیلوگرم سیمان می باشد که از نظر تولیدی رقم قابل توجهی است. لذا نگاه علمی و دقیقی را به خود می طلبد.

کارخانجات صنایع سیمان فیروزکوه واقع در ۱۳۰ کیلومتری شمال شرق تهران با تولید ۲ میلیون تن کلینکر در سال حدود ۶ درصد از کل تولید کشور را بر عهده دارند.

از آنجا که یکی از مراحل اساسی در تولید این کالای صنعتی در کارخانجات سیمان کاهش اندازه ابعاد مواد اولیه تحت عنوان خردایش و سایش مطرح می باشد، لذا این پروژه با هدف بهینه سازی پارامترهای مؤثر در خردایش و سایش مواد اولیه در کارخانجات صنایع سیمان فیروزکوه مطرح و انتخاب شده است.

در ابتدا عملکرد کلیه واحدهای خردایش و سایش شامل معدن، سنگ شکن، آسیاهای مواد خام و سیمان مورد بررسی قرار گرفتند و از جنبه های مختلف به خصوص از نظر مصرف انرژی و ابعاد خوراک ورودی و محصول خروجی مورد ارزیابی واقع شدند و نتیجتاً مورد بهینه سازی قرار گرفتند.

در این پروژه با بهینه کردن ابعاد حاصل از مواد آتشیاری شده در معادن سنگ آهک در واقع ابعاد بار ورودی به واحد سنگ شکنی را بهینه کرده ایم و عملاً سائز محصول خروجی واحد سنگ شکنی بهینه شده است، و با این عملیات شرایط لازم جهت تولید محصول یکنواخت از نظر ابعادی و سائز در واحد آسیاب مواد خام را فراهم نموده ایم، چرا که دپارتمان آسیاب مواد خام محصولی را تولید می کند که خوراک ورودی به کوره را تشکیل می دهد. در پایان این پروژه به بررسی واحد سایش کلینکر در واحد آسیاب سیمان پرداخته شده است و راهکارهای مناسب جهت تولید محصول با کیفیت مناسب (سیمان) از نظر دانه بندی و سطح مخصوص در جهت مصرف و عرضه به بازار ارائه گردیده است.