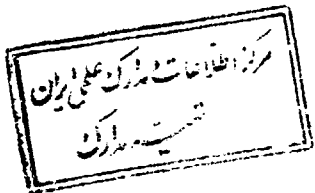


۳۲. ۹۴



دانشگاه علم و صنعت ایران  
دانشکده مهندسی شیمی

# رفع گرفتگی پیش گرمکن عمودی واحد هفتم سیمان تهران

حسینقلی شفیعی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد  
در رشته مهندسی شیمی

۹۶۶۱۱

استاد راهنما: دکتر عباس طائب  
استاد مشاور: دکتر محمد تقی صادقی

شهریور ۱۳۷۹

۲۲۰۹۴

تقديم به :

**بِسْمِ رَادِرْم**

## چکیده:

در این پایان نامه ضمن معرفی انواع پیش گرمکن‌های عمودی و مقایسه عملکرد آنها، آنالیز شیمیایی و در برخی موارد آنالیز مینرالی کوتینگ‌های نقاط مختلف پیش گرمکن و رایزر پایپ برای تعیین درصد مواد چرخشی (قلیایی‌ها، سولفور و کلر) آمده است. با معرفی ضریب سولفات (A.S.R)، محدوده مطلوب آن برای رفع مشکلات گرفتگی و پدیده چرخشی آمده است.

با انجام آنالیز شیمیایی و در برخی موارد آنالیز مینرالی کوتینگ نقاط مختلف پیش گرمکن و رایزر پایپ معلوم گردید، مواقع مصرف گاز، درصد قلیایی‌ها و در موقع مصرف مازوت، درصد سولفور در کوتینگ‌ها بیشتر از درصد سایر مواد چرخشی است. از طرفی تأثیر برگشت غبارالکتروفیلتر و برج خنک کن به مواد ورودی کوره و همچنین آب مصرفی برج خنک کن به لحاظ درصد مواد چرخشی بررسی شد.

با انجام موازنه جرم و انرژی در موقع مصرف گاز و مازوت، اعداد حرارت ویژه، دورفن‌های دو پل، مقدار سوخت مصرفی و مواد ورودی به پیش گرمکن از هر دو توزین کننده برای تولید ظرفیت اسمی (۲۰۰۰ تن کلینکر در روز) با هوا بندی (Seal) نمودن سیستم پیش گرمکن، آمده است. همچنین درصد هوای کاذب ورودی به پیش گرمکن در مواقع مصرف گاز یا مازوت محاسبه گردیده است.

سرانجام با بررسی ضریب A.S.R و محاسبه هوای کاذب پیش گرمکن و مقایسه سوخت مازوت با گاز، بالانس نمودن مجموع قلیایی‌ها با مجموع سولفور سوخت و خوراک و هوا بندی نبودن سیستم پیش گرمکن که افزایش دور فن‌های دوپل را موجب می‌شود، به عنوان عوامل اصلی گرفتگی پیش گرمکن شناخته شده است. نهایتاً برای جلوگیری از گرفتگی‌های آتی پیشنهادهایی ارائه گردیده است.

## قدردانی

برای انجام این پروژه از آقای مهندس عزیز حبیبی خامنه، مجری پروژه و ریاست محترم آزمایشگاه واحد هفتم کارخانه سیمان تهران که بزرگوارانه زحمات و پشتیبانی‌های مداوم ایشان شامل حال اینجانب بود، نهایت سپاسگزاری را می‌کنم. از خانم الهام دی البرزی کارشناس و مسئول ارجمند آزمایشگاه شیمی تر و بخش آنالیز پرتوایکس کارخانه به خاطر مساعدت‌ها و همکاری پایان‌ناپذیر ایشان که با روح بزرگ خود، زحمات اینجانب را متحمل می‌شدند، کمال تشکر را می‌نمایم. از استاد راهنمای پروژه جناب آقای دکتر طائب، مدیر طرح و توسعه پتروشیمی تهران و رئیس مرکز تحقیقات سیمان دانشگاه علم و صنعت ایران و مشاور کارخانه واحد هفتم سیمان تهران، به خاطر قبول زحمت برای انجام پروژه، قدردانی می‌نمایم. از خانم‌ها روزا راسخ قائم مقامی و افسانه غلامی به ترتیب، ویراستار و تایپیست گرامی پایان‌نامه که بدون هیچ چشمداشتی قبول زحمت فرمودند، قدردانی می‌نمایم. همچنین از همکاران ایشان، خانم‌ها آتش زبان، رسولی، احمدی، رهنما و آقای کرمی پرسنل محترم ساختمان مرکز تحقیقات سیمان دانشگاه علم و صنعت ایران تشکر می‌کنم. از جناب مهندس عرفی، مسئول بخت کارخانه و آقای مهدی صادق بحرینی خدمتگزار زحمتکش آزمایشگاه کارخانه تشکر می‌کنم. در پایان از خانواده‌گرانقدرم که صبورانه منتظر اتمام پروژه بودند، نهایت سپاسگزاری را می‌نمایم.

## فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
	<b>فصل اول - پیش گرمکن های عمودی</b>
۱	۱-۱ - مقدمه
۱	۲-۱ - پیش گرمکن زاب
۳	۳-۱ - پیش گرمکن ژپول
۵	۴-۱ - پیش گرمکن عمودی پری روو
۷	۵-۱ - پیش گرمکن شفتی کامبای
۱۱	۶-۱ - پیش گرمکن عمودی واحد هفتم سیمان
۱۱	۱-۶-۱ - کلیات
۱۲	۲-۶-۱ - اصطلاحات فنی و مشخصات مکانیکی
۱۲	۱-۲-۶-۱ - هوپر (Hopper)
۱۳	۲-۲-۶-۱ - بین ها (Bin)
۱۴	۳-۲-۶-۱ - شنک (Schenk)
۱۴	۴-۲-۶-۱ - پیش گرمکن
۱۵	۵-۲-۶-۱ - فن پیش گرمکن
۱۵	۳-۶-۱ - مشخصات بهره برداری
۱۵	۱-۳-۶-۱ - خوراک
۱۶	۲-۳-۶-۱ - دماها و فشارها
۱۶	۴-۶-۱ - تجهیزات
۱۷	۵-۶-۱ - ملاحظات ویژه
۱۸	۷-۱ - طراحی پیش گرمکنهای شافتی

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱۸	۱-۷-۱- کلیات
۲۳	۲-۷-۱- محاسبات شافت پیش گرمکن
	<b>فصل دوم - پوششها</b>
۲۶	۱-۲- کلیات
۲۷	۲-۲- کوتینگ های پیش گرمکن و اتاقت ورود مواد به کوره
۲۸	۳-۲- علل تشکیل کوتینگ پیش گرمکنها
۲۸	۴-۲- ویژگیهای شیمیایی و مینرالی رسوب پیش گرمکنها
۳۱	۵-۲- عوامل مؤثر در تشکیل کوتینگ
۳۱	۱-۵-۲- کلیات
۳۲	۲-۵-۲- ترکیب شیمیایی
۳۵	۳-۵-۲- ترکیب مینرالوژیکی
۳۵	۴-۵-۲- یکنواختی مخلوط مواد خام
۳۶	۵-۵-۲- سیکل مواد فرار
۳۷	۶-۵-۲- فازهای بلوری
۳۷	۶-۲- پیشگیری از تشکیل کوتینگ های مزاحم
۳۷	۱-۶-۲- کلیات
۳۷	۲-۶-۲- کوتینگ های دیر گداز
۳۷	۱-۲-۶-۲- مواد داخل کوره
۳۸	۲-۲-۶-۲- شعله
۳۸	۳-۲-۶-۲- بهره برداری از کوره
۳۸	۴-۲-۶-۲- سیکل ها
۳۹	۳-۶-۲- کوتینگ گداز
۳۹	۱-۳-۶-۲- مواد کوره

۳۹	۲-۳-۶-۲ - شعله
۴۰	۲-۳-۶-۳ - بهره‌برداری
۴۰	۲-۷ - حذف کوتینگهای مزاحم و رینگها

**فصل سوم - پدیده های چرخشی**

۴۲	۳-۱ - مقدمه
۴۲	۳-۲ - مواد چرخشی
۴۲	۳-۲-۱ - کلیات
۴۴	۳-۲-۲ - تأثیرات مدار فرعی (Bypass)
۴۴	۳-۲-۳ - نقش گوگرد در کوره‌های دوار
۴۶	۳-۲-۴ - ضریب مواد چرخشی جهت رفع مشکلات گرفتگی
۴۶	۳-۲-۴-۱ - ضریب K و N
۴۶	۳-۲-۴-۲ - ضریب سولفات
۴۷	۳-۳ - گرفتگی عقب کوره
۴۷	۳-۳-۱ - مقدمه
۴۸	۳-۳-۲ - ماهیت جرم گرفتگی عقب کوره
۴۸	۳-۳-۲-۱ - مشخصات ظاهری
۴۸	۳-۳-۲-۲ - ترکیب شیمیایی
۵۲	۳-۳-۲-۳ - ترکیب مینرالی
۵۳	۳-۳-۳ - عوارض گرفتگی عقب کوره
۵۳	۳-۳-۳-۱ - مقدمه
۵۴	۳-۳-۳-۲ - عوارض گرفتگی



فصل چهارم - خوراک و بهره‌برداری

۵۷	۱-۴ - مقدمه
۵۷	۲-۴ - توقفات کوره
۵۹	۳-۴ - راهبری سیستم پخت
۵۹	۱-۳-۴ - مقدمه
۵۹	۲-۳-۴ - کوره
۶۳	۳-۳-۴ - پیش‌گرمکن
۶۸	۴-۳-۴ - فن‌های دوپل
۷۰	۴-۴ - خوراک
۷۰	۱-۴-۴ - مقدمه
۷۱	۲-۴-۴ - کنترل کیفی سیمانهای تولیدی تیپ ۲ و ۵
۷۱	۱-۲-۴-۴ - سیمان تیپ ۲ و T <sub>2</sub>
۷۴	۲-۲-۴-۴ - سیمان تیپ ۵، T <sub>5</sub>
۷۷	۳-۴-۴ - تنظیم پایل تحویلی از معدن
۸۲	۴-۴-۴ - تنظیم سیلوهای مواد
۸۲	۵-۴-۴ - خوراک کوره
۸۹	۵-۴ - غبار اشتاپ سیلو
۸۹	۱-۵-۴ - مقدمه
۸۹	۲-۵-۴ - غبار ریز پایپ، الکتروفیلتر و کولینگ تاور
۹۶	۳-۵-۴ - آب کولینگ تاور

**فصل پنجم - موازنه جرم و انرژی و بررسی سوختهای مصرفی**

۹۸	۱-۵ - مقدمه
۹۸	۲-۵ - موازنه جرم در تاریخ ۱۳۷۸/۹/۲۸
۱۰۸	۳-۵ - موازنه انرژی در تاریخ ۱۳۷۸/۹/۲۸
۱۱۶	۴-۵ - موازنه جرم در تاریخ ۱۳۷۸/۱۲/۱۵
۱۲۱	۵-۵ - مقایسه سوخت گازی با مازوت
۱۲۱	۱-۵-۵ - حجم گازهای حاصل از احتراق استوکیومتری
۱۲۴	۲-۵-۵ - مقدار سوخت برای تولید ظرفیت اسمی ۲۰۰۰ تن در روز
۱۲۷	۳-۵-۵ - ارتباط هوای کاذب پیش گرمکن با دور فن های دوپل

**فصل ششم - تجزیه و تحلیل نتایج و ارائه**

**راه حل‌های مناسب جهت گرفتگی های آتی**

**۱-۶ - بررسی ضریب A.S.R**

۱۲۹	۱-۱-۶ - بررسی ضریب A.S.R زمان مصرف گاز
۱۳۱	۲-۱-۶ - بررسی ضریب A.S.R زمان مصرف مازوت
۱۳۲	۲-۶ - محاسبه حداکثر SO <sub>3</sub> به همراه کلینکر خروجی
۱۳۴	۳-۶ - کنترل قلیایی سیمان تولیدی
۱۳۴	۴-۶ - مقدار سوخت مصرفی
۱۳۵	۵-۶ - دور فن های دوپل
۱۳۶	۶-۶ - غبار
۱۳۶	۱-۶-۶ - زمانی که آسیاب مواد خام در مدار باشد
۱۳۸	۲-۶-۶ - زمانی که آسیاب مواد خام در مدار نباشد

## فهرست اشکال

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۲	شکل ۱-۱: طرح پیش گرمکن زاب
۴	شکل ۲-۱: طرح پیش گرمکن ژپول
۷	شکل ۳-۱: قسمتهای مختلف پیش گرمکن عمودی پری روو
۹	شکل ۴-۱: طرح پیش گرمکن کامبای
۱۰	شکل ۵-۱: طرح پیش گرمکن شفتی کامبای با دو شفت
۱۳	شکل ۶-۱: شمای روبرو و جانبی پیش گرمکن واحد هفتم سیمان تهران
۱۷	شکل ۷-۱: دماها و فشارهای نقاط مختلف پیش گرمکن واحد هفتم سیمان تهران
۱۹	شکل ۸-۱: نیروهای وارد بر یک ذره و ابر غبار در شفت پیش گرمکن بدون در نظر گرفتن نیروهای شناوری ذرات
۲۵	شکل ۹-۱: انواع اساسی پیش گرمکن های عمودی
۳۲	شکل ۱-۲: ارتباط تشکیل کوتینگ با سیستم $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$
۳۴	شکل ۲-۲: نمایش چگونگی تغییر ترکیب کلینکر و تشکیل کوتینگ با تغییر نسبت های $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe, Mn}_2\text{O}_3$
۳۵	شکل ۳-۲: نمایش ارتباط تصویری بین دمای کلینکر کوره و خصلت های مواد خام
۴۵	شکل ۱-۳: تأثیرات بکارگیری مدار فرعی در مواد ورودی کوره و کلینکر
۵۳	شکل ۲-۳: محل تشکیل رینگ در نقاط مختلف سیکلون و کانال گاز
۵۸	شکل ۱-۴: نمودار تعداد دفعات توقف کوره طی سالهای ۶۹ تا ۷۶
۶۲	شکل ۲-۴: نمودار اختلاف فشار دو سر کوره بر حسب زمان برای موارد A و B
۶۲	شکل ۳-۴: مقایسه اختلاف فشار دو سر کوره برای وضعیت C با موارد A و B
۶۴	شکل ۴-۴: طبقات مختلف پیش گرمکن و مناطق مشکوک به تشکیل رینگ

عنوان

صفحه

۱۳۸

۶-۷- پیشنهادها و راه حل

۱۳۸

۶-۷-۱- مواد خام

۱۳۹

۶-۷-۲- غبار

۱۳۹

۶-۷-۳- بهره‌برداری

۱۴۱

۶-۷-۴- محصول

۱۴۱

۶-۸- نتایج

۱۴۲

مراجع

- شکل ۴-۵: محدوده سیکل قلیایی ها و سولفات درون کوره و پیش گرمکن ۶۸
- شکل ۴-۶: نمودار مقدار مکش فن های دو پل متناسب با سوخت ۷۰
- مصرفی بر حسب دور فن
- شکل ۴-۷: پایل تحویلی از معدن ۷۷
- شکل ۴-۸: مقایسه ضرایب سیلیس برای پایل دو و خروجی از آسیاب مواد ۸۳
- شکل ۴-۹: مقایسه ضرایب سیلیس برای پایل یک و خروجی از آسیاب مواد ۸۳
- شکل ۶-۱: دور فن دو پل بر حسب حجم گازهای خروجی از ۱۳۶
- ساختمان پیش گرمکن برای یک فن

## فهرست جداول

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱۰	جدول ۱-۱: مقایسه پیش گرمکن کامبای تک شفתי و دو شفתי
۲۱	جدول ۲-۱: مشخصات پارامترهای فرآیندی پیش گرمکن های عمودی
۲۶	جدول ۱-۲: طبقه بندی کوتینگ ها به لحاظ ضخامت
۲۷	جدول ۲-۲: اطلاعات کلی درباره کوتینگ ها
۲۷	جدول ۳-۲: مشخصات کوتینگ های پیش گرمکن سیکلونی و مشبک
۲۹	جدول ۴-۲: آنالیز شیمیایی رسوبهای پیش گرمکن سیکلونی
۳۰	جدول ۵-۲: ویژگی رینگها
۳۱	جدول ۶-۲: مینرالهای اصلی رسوب پیش گرمکن ها
۴۱	جدول ۷-۲: روشهای مختلف از بین بردن کوتینگ های مزاحم
۴۳	جدول ۱-۳: نقاط ذوب ترکیبات شرکت کننده در پدیده های سیکلی
۴۵	جدول ۲-۳: منشاء تأثیرات عواملی سیکلی
۵۰	جدول ۳-۳: آنالیز شیمیایی نمونه هایی از رسوبات سیکلون
۵۱	جدول ۴-۳: آنالیز شیمیایی نمونه هایی از کوتینگ های مزاحم
	رایزر پایپ ورودی کوره
۵۸	جدول ۱-۴: مدت زمان گرفتگی لوله ورودی مواد طی سالهای ۷۶ تا ۷۸
۶۰	جدول ۲-۴: گزارش روزانه کوره
۶۱	جدول ۳-۴: شرح وضعیت C که کوره به دلیل گرفتگی پیش گرمکن متوقف شد
۶۶	جدول ۴-۴: دمای طبقه چهارم شفت، دما و فشار اینلت برای موارد A و B
۶۶	جدول ۵-۴: دمای طبقه چهارم شفت، دما و فشار اینلت برای وضعیت C
۷۵	جدول ۶-۴: تفاوت سیمان تیپ ۲ و ۵

۷۹	جدول ۴-۷: آنالیز شیمیایی سینه‌های مختلف معادن واحد هفتم سیمان تهران
۸۴	جدول ۴-۸: مشخصات خوراک کوره برای تولید سیمان تیپ ۲
۸۵	جدول ۴-۹: مشخصات خوراک کوره برای تولید سیمان تیپ ۵
۸۶	جدول ۴-۱۰: دانه‌بندی خوراک کوره
۸۸	جدول ۴-۱۱: درصد مواد چرخشی در شفت ۱ و ۲، الکتروفیلتر، کولینگ تاور و خوراک در تاریخ ۷۸/۹/۲۸
۹۱	جدول ۴-۱۲: آنالیز شیمیایی غبار رایزر پایپ از تاریخ ۷۷/۲/۲۳ تا ۷۷/۲/۲۴
۹۲	جدول ۴-۱۳: آنالیز شیمیایی نمونه‌های شفت ۱ از تاریخ ۷۷/۲/۲۳ تا ۷۷/۲/۲۴
۹۳	جدول ۴-۱۴: آنالیز شیمیایی نمونه‌های شفت ۲ از تاریخ ۷۷/۲/۲۳ تا ۷۷/۲/۲۴
۹۴	جدول ۴-۱۵: بررسی XRF نمونه‌های رایزر پایپ و شفت
۹۶	جدول ۴-۱۶: بررسی XRD کلینکر، آسیاب مواد، نمونه‌های شفت و رایزر پایپ
۹۹	جدول ۵-۱: آنالیز شیمیایی خوراک کوره در تاریخ ۷۸/۹/۲۸
۱۰۰	جدول ۵-۲: آنالیز شیمیایی کلینکر
۱۰۱	جدول ۵-۳: مشخصات گاز مصرفی کارخانه
۱۰۷	جدول ۵-۴: نتایج موازنه جرم در تاریخ ۷۸/۹/۲۸
۱۱۵	جدول ۵-۵: نتایج موازنه انرژی در تاریخ ۷۸/۹/۲۸
۱۱۷	جدول ۵-۶: آنالیز شیمیایی خوراک کوره در تاریخ ۷۸/۱۲/۱۵
۱۱۸	جدول ۵-۷: آنالیز مازوت مصرفی کارخانه
۱۲۲	جدول ۵-۸: نتایج موازنه جرم در تاریخ ۷۸/۱۲/۱۵
۱۲۵	جدول ۵-۹: مقایسه کلینکر تولید شده با کلینکری که می‌بایست تولید می‌شد
۱۲۸	جدول ۵-۱۰: ارتباط دور فن‌های دو پل با درصد هوای کاذب پیش‌گرم‌کن
۱۳۴	جدول ۶-۱: کنترل قلیایی سیمان تولیدی