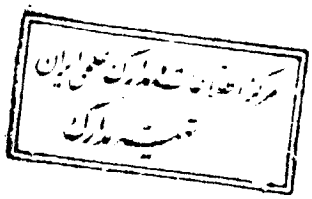
بسم الله الرحمن الرحيم

٢٦٩٩ ل

۱۳۷۸ /۷/ ۱۲



دانشگاه علم و صنعت ایران
دانشکده مهندسی شیمی

بهینه‌سازی انرژی و افزایش ظرفیت سیستم پخت، واحد هفتم سیمان تهران

سید احمد حسینی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
در رشته مهندسی شیمی

4219

استاد راهنما : دکترعباس طائب
استاد مشاور : تورج محمدی

آبان ۱۳۷۷

۱۴۹۹۵

تقدیم به :

برادران و خواهرانم که همواره مشوق من

در راه علم و ادب هستند.

چکیده

به علت کاهش منابع فسیلی و به تبع آن بالا رفتن هزینه‌های انرژی در دهه‌های اخیر، صاحبان صنایع سیمان به فکر کاهش مصرف انرژی افتادند و مسئله بهینه‌سازی انرژی، از مباحث عمده محافل علمی و صنعتی گردید. پروژه بهینه‌سازی مصرف انرژی و افزایش ظرفیت سیستم پخت واحد هفتم در همین راستا است.

در این پروژه سعی شده روشهای بهینه‌سازی انرژی مشخص شود که در این راستا مطالعات و تحقیقات زیادی انجام شد. در ابتدا، مطالعات کتابخانه‌ای وسیعی جهت شناخت سیستم پخت، روشهای مختلف افزایش ظرفیت و بهینه‌سازی انرژی انجام شد در ادامهٔ مطالعات گسترده‌ای در مورد پیش‌گرمکنها شفتی به خصوص پیش‌گرمکن شفتی پری‌روف (Prerov) انجام پذیرفت که اطلاعات مفیدی در این زمینه حاصل شد. پس از آن دستگاههای سیستم پخت بررسی شدند و تغییرات مختلفی که در سیستم پخت از زمان راه‌اندازی تاکنون وارد آمده مشخص شدند. سپس به مطالعه پیشینه تولید و روند کاری سیستم پخت در سالهای قبل پرداخته شد و پارامترهای مختلف بهره‌برداری و آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفتند.
پس از آن، اندازه‌گیری‌های مختلفی از جمله اندازه‌گیری دما، فشار، آنالیز گازها و ... انجام گرفت و میزان و حدود این پارامترها بررسی و تحلیل شد. در پی این کارها، موازنه‌های جرم و انرژی متعددی بر روی سیستم پخت انجام پذیرفت و در مورد قسمتهایی که امکان کاهش کیلوکالری در آنها وجود دارد، مطالعه شد. سپس گلوگاهها و در پی آنها پیشنهادات متعددی که با امکانات موجود در کارخانه قابل اجرا هستند ارائه شد. در انتها، ارزیابی اقتصادی پیشنهادات اجرایی فوق آورده شده تا میزان قابل توجیه بودن سرمایه‌گذاری، مشخص گردد.

تقدیر و تشکر

سپاس و ستایش ذات بی‌همتای حق را که به ما توفیق علم‌آموزی ارزانی داشت و کمک کرد تا گامی هرچند کوچک، در راه کسب علم و دانش برداریم.

در این‌جا از استاد ارجمندم آقای دکتر عباس طائب به خاطر راهنمایی‌های ارزنده‌شان و همینطور ایجاد محیطی مناسب برای مطالعه و تحقیق سپاسگزارم.

از مدیریت محترم واحد هفتم سیمان تهران و ریاست محترم بهره‌برداری، مهندس آقاابراهیم و همکاران خوبشان به خاطر راهنمایی‌های مفیدشان کمال تشکر را دارم.

در انتها بر خود واجب می‌دانم که از همکاران بزرگوارم در مرکز تحقیقات سیمان،دانشگاه علم و صنعت تشکر و قدردانی نمایم و از خداوند متعال توفیق همه این عزیزان را آرزو می‌کنم.

سید احمد حسینی

آبان ۱۳۷۷

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل ۱: بهینه‌سازی فرآیندهای پخت	
۱-۱- مقدمه	۱
۱-۲- روشهای بهینه‌سازی و افزایش ظرفیت سیستمهای مختلف پخت	۱
۱-۲-۱- فرآیند مرطوب	۱
۱-۲-۲- فرآیندهای نیمه‌تر و نیمه خشک	۳
۱-۲-۳- بهسازی فرآیند خشک	٤
۱-۲-٤- مقایسه روشهای مختلف پخت	٥
۱-۳- کوره	۶
۱-۳-۱- انواع کوره‌ها	۶
۱-۳-۲- بهینه سازی در کوره‌ها	۷
۱-۳-۳- بهینه سازی مشعل در کوره	۱۷
۱-۳-٤- روشهای دیگر برای صرفه‌جویی در انرژی حرارتی کوره دوار	۲۹
۱-۳-٥- امکانات صرفه‌جویی انرژی در فن‌ها و کمپرسور	۳٥
۱-٤- پیش گرمکن‌ها	۳۶
۱-٤-۱- مقدمه	۳۶
۱-٤-۲- انواع پیش گرمکنها	۳۷
۱-٤-۳- بهینه‌سازی در پیش گرمکن‌ها	۳۷
۱-٤-٤- مقایسه انواع پیش گرمکن‌ها	٤٤
۱-٤-٥- انتخاب پیش گرمکن مناسب	٤٥
۱-٥- سیستمهای پیش کلسیناتور	٤٥
۱-٥-۱- مقدمه	٤٥
۱-٥-۲- انواع کلسیناتور	٤۶
۱-٥-۳- روشهای بهینه‌سازی و اصلاح در سیستم‌های پیش کلسیناتور	٤۷

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل ۲: پیش‌گرمکن‌های عمودی	
۲-۱- مقدمه	۵۵
۲-۲- انواع پیش‌گرمکن‌ها	۵۵
۲-۳- پیش‌گرمکنهای عمودی	۵۶
۲-۳-۱- پیش‌گرمکن زاب (ZAB Preheater)	۵۶
۲-۳-۲- پیش‌گرمکن ژپول (Gepol Preheater)	۵۸
۲-۳-۳- پیش‌گرمکن عمودی پری‌روو (Prerov)	۶۱
۲-۳-۳-۱- مشخصات فرآیندی گرم شدن در پیش‌گرمکن عمودی پری‌روو	۶۳
۲-۳-۳-۲- تشریح ساده شده تبادل حرارتی در پیش‌گرمکن عمودی پری‌روو	۶۴
۲-۳-۳-۳- آنالیز ساده شدهٔ تبادل حرارتی در پیش‌گرمکن	۷۱
۲-۳-۳-۴- درجه تأثیر گرمایی (بازدهی) پیش‌گرمکن	۷۱
۲-۳-۳-۵- انجام کارهای عملی تحقیق و توسعه	۷۵
۲-۳-۳-۶- پیش‌کلسیناتور در سیستم پری‌روو	۸۱
۲-۳-۳-۷- بهینه‌سازی در پیش‌گرمکن عمودی پری‌روو	۸۲
۲-۳-۴- پیش‌گرمکن شفتی کامبای (COMBI)	۸۳
فصل ۳: بررسی اسناد فنی	
۳-۱- مقدمه	۸۷
۳-۲- اطلاعات عملیاتی دستگاههای سیستم پخت	۸۷
۳-۲-۱- سیلوی مواد	۸۸
۳-۲-۲- هوپر (hooper)	۸۸
۳-۲-۳- بین‌ها (bin)	۸۸
۳-۲-۴- شنک (Shenk)	۸۹
۳-۲-۵- پیش‌گرمکن	۸۹
۳-۲-۶- کوره و کولر	۹۰

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۳-۲-۷- سیلوی کلینکر	۹۱
۳-۲-۸- مشعل	۹۲
۳-۲-۹- فن‌های اولیه	۹۲
۳-۲-۱۰- فن پیش گرمکن	۹۲
۳-۲-۱۱- الکتروفیلتر	۹٤
۳-۲-۱۲- فن الکتروفیلتر	۹٤
۳-۲-۱۳- برج خنک کن	۹۵
۳-۳- تغییرات وارد شده به سیستم پخت واحد هفتم	۹۵
۳-۳-۱- اضافه کردن لوله ارتباطی بین فن شفت یک پیش گرمکن(سمت‌شهر) و فیلتر کیسه‌ای	۹۵
۳-۳-۲- نصب شوت در زیر لوله‌های هوای گرم بعد از فن‌های پیش گرمکن	۹۶
۳-۳-۳- نصب مسیرهای هوازنی به داخل داکتها و مارپیچ‌ها	۹۶
۳-۳-٤- ایجاد شیب در یکی از داکتها	۹۸
۳-۳-۵- تغییر در دهانه کانال هوای گرم ورودی به پیش گرمکن	۹۹
۳-۳-۶- استفاده از بتن به جای آجر در پیش گرمکن	۹۹
۳-۳-۷- تغییر شکل پیدا کردن کف اتاق دود و تاجی	۹۹
۳-۳-۸- تغییر درزگیر رینگ کوره	۱۰۰
۳-۳-۹- تغییر در اندازه دریچه‌های هوازنی در بدنه کانالها	۱۰۱
۳-۳-۱۰- نصب فن خنک کننده بدنه کوره	۱۰۱
۳-٤- بررسی آزمایشهای انجام شده برای تعیین ظرفیت اولیه	۱۰۱
۳-٤-۱- آزمایش انجام شده با سوخت مازوت	۱۰۱
۳-٤-۱-۱- مخلوط مواد خام	۱۰۱
۳-٤-۱-۲- کلینکر	۱۰۲
۳-٤-۱-۳- سوخت	۱۰۳
۳-٤-۱-٤- محاسبه حرارت مصرف شده	۱۰۳
۳-٤-۱-۵- خلاصه آزمایش	۱۰۳

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۳-٤-۲- آزمایش انجام شده با سوخت گاز	۱۰٤
۳-٤-۲-۱- روش ارزیابی	۱۰٤
۳-٤-۲-۲- مخلوط مواد خام	۱۰٤
۳-٤-۲-۳- کلینکر	۱۰۵
۳-٤-۲-٤- سوخت	۱۰۶
۳-٤-۲-۵- محاسبه گرمای مورد مصرف	۱۰۶
۳-٤-۲-۶- خلاصه آزمایش انجام شده	۱۰۶
فصل ٤: بررسی پیشینه تولید	
٤-۱- مقدمه	۱۰۸
٤-۲- بررسی و تحلیل اطلاعات	۱۰۸
٤-۲-۱- بررسی کلی	۱۰۹
٤-۲-۲- بررسی جزئی	۱۱۲
٤-۲-۳- جمع‌بندی و تحلیل داده‌ها	۱۲۵
فصل ۵: اندازه‌گیری پارامترها	
۵-۱- مقدمه	۱۲۷
۵-۲- اندازه‌گیری آنالیز گازهای خروجی	۱۲۸
۵-۳- اندازه‌گیری دما	۱۳۵
۵-٤- اندازه‌گیری فشار ودمای سیستم داخلی پیش‌گرمکن	۱۳۸
۵-۵- آنالیزهای مواد و سوخت	۱٤۲
فصل ۶: موازنه جرم و انرژی	
۶-۱- مقدمه	۱٤۵
۶-۲- مرحله اول موازنه جرم وانرژی بر روی سیستم پخت (آسیاب مواد خام در مدار نباشد)	۱٤۵

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۶-۳- تحلیلی بر موازنه جرم و انرژی انجام شده فوق	۱۵۸
۶-٤- مرحله دوم موازنه جرم و انرژی بر روی سیستم پخت (آسیاب مواد خام در مدار باشد)	۱۷۰
۶-۵- تحلیلی بر موازنه جرم و انرژی انجام شده	۱۷۷
۶-۶- موازنه جرم و انرژی بر روی سیستم پخت با ظرفیت تولید t/d ۲۰۰۰	۱۸٤
فصل ۷ : شناسایی گلوگاهها و ارائه پیشنهادات اجرایی	
۷-۱- مقدمه	۱۹۳
۷-۲- پیشنهادات کوتاه مدت	۱۹۳
۷-۳- پیشنهادات دراز مدت	۲۰٤
فصل ۸ : توجیه اقتصادی اجرای پیشنهادات تا ظرفیت ۲۰۰۰ تن در روز	
۸-۱- مقدمه	۲۰۶
۸-۲- برآورد هزینه پیشنهادات اجرائی	۲۰۶
۸-۲-۱- هزینه خرید و نصب فیلتر کیسه‌ای	۲۰۶
۸-۲-۲- هزینه خرید بیگ‌بلاستر و کمپرسور مرکزی	۲۰۷
۸-۲-۳- هزینه اکسیژن سنج دائمی انتهای کوره	۲۰۷
۸-۲-٤- هزینه ساخت دو عدد مخروط پخش کننده خوراک در شفتها	۲۰۸
۸-۲-۵- هزینه تغییر داکتهای بالای سیکلونهای موشکی	۲۰۸
۸-۲-۶- هزینه تعویض پارچه اکسپنشن‌ها	۲۰۸
۸-۲-۷- هزینه تعمیر و نوسازی قسمت‌های داخلی کولر گوشواره‌ای	۲۰۹
۸-۳- کاهش هزینه‌های جاری و افزایش درآمد	۲۰۹
۸-۳-۱- کاهش هزینه‌های حرارتی	۲۱۰
۸-۳-۲- کاهش هزینه‌های الکتریکی	۲۱۱
۸-۳-۳- درآمد حاصل از افزایش تولید کلینکر	۲۱۳
۸-٤- ارزیابی اقتصادی پروژه	۲۱٤
منابع و مراجع	۲۱۸
ضمیمه	

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱- مقایسه کوره‌های تر طویل، خشک طویل، نیمه خشک و با پیش‌گرمکن مشبک و نیمه تر با پیش‌گرمکن مشبک ۵

جدول ۱-۲- مقایسه بین افت فشارهای دو مشعل M.A.S و مشعل معمولی (uniko-KOEGSO) ۲۱

جدول ۱-۳- نتایج آزمایش بر روی پمپ مازوت ۲۹

جدول ۱-٤- مقایسه انواع پیش‌گرمکن‌ها ٤٤

جدول ۱-۵- مقایسه دو سیستم عملیاتی NSP با پیش‌گرمکن های ٤ مرحله‌ای و ۵ مرحله‌ای ۵۰

جدول ۲-۱- اطلاعات عملیاتی کوره‌ها با پیش‌گرمکن ژپول به صورت متقابل ۶۰

جدول ۲-۲- اندازه‌های ساختمان پیش‌گرمکن‌های عمودی پری‌روو ۶۳

جدول ۲-۳- مقایسه دو پیش‌گرمکن کامبای تک شفتی و دو شفتی ۸۶

جدول ۳-۱- ارتباط دور کوره با شدت خوراک و مقدار مصرف سوخت و تولید کلینکر ۹۱

جدول ۵-۱- سری اول اندازه‌گیری آنالیز گازها در قسمت‌های مختلف خط تولید در ۷۷/٤/۲۵ ۱۳۰

جدول ۵-۲- سری دوم اندازه‌گیری آنالیز گازها در قسمت‌های مختلف خط تولید در ۷۷/٤/۲۹ ۱۳۱

جدول ۵-۳- سری سوم اندازه‌گیری آنالیز گازها در قسمت‌های مختلف خط تولید در ۷۷/٤/۳۰ ۱۳۲

جدول ۵-٤- سری چهارم اندازه‌گیری آنالیز گازها در قسمت‌های مختلف خط تولید در ۷۷/۵/۱۸ ۱۳۳

جدول ۵-۵- اندازه‌گیری دمای بدنه کولر در ۷۷/٤/۲۹ ۱۳۵

اجدول ۵-۶- اندازه‌گیری دمای بدنه کوره در ۷۷/٤/۲۹ ۱۳۶

جدول ۵-۷- اندازه‌گیری دمای بدنه کولر در ۷۷/۵/۱۸ ۱۳۷

جدول ۵-۸- اندازه‌گیری دمای بدنه کوره در ۷۷/۵/۱۸ ۱۳۷

جدول ۵-۹- آنالیز مواد ورودی و کلینکر خروجی از سیستم پخت،ارسالی انجمن کارفرمایان سیمان ۱٤۳

جدول ۵-۱۰- آنالیز سوخت گازی ارسالی از شرکت ملی گاز ایران ۱٤٤

جدول ۶-۱- آنالیز مواد خام مورد مصرف توسط آزمایشگاه واحد هفتم ۱٤۵

جدول ۶-۲- آنالیز کلینکر تولیدی توسط آزمایشگاه واحد هفتم ۱٤۸

جدول ۶-۳- آنالیز گاز مصرفی در واحد هفتم، ارسالی از شرکت ملی گاز ایران ۱٤۹

جدول ۶-٤- مقادیر محاسبه شده بار حرارتی، میزان انباشتگی و کارائی پیش‌گرمکن ۱۷۰

جدول ۶-۵- خلاصه موازنه جرم و انرژی انجام شده (آسیاب مواد خام در مدار نباشد) ۱۶۹

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۶-۶- بار حرارتی میزان انباشتگی و کارائی پیش گرمکن ۱۸۱

جدول ۶-۷- خلاصه موازنه جرم و انرژی انجام شده (آسیاب مواد خام در مدار باشد) ۱۸۲

جدول ۶-۸- خلاصه موازنه جرم و انرژی انجام شده برای حالتی که ظرفیت تولید t/d ۲۰۰۰ باشد ۱۹۲

جدول ۸-۱- کل هزینه پیشنهادات اجرایی سیستم پخت ۲۰۹

جدول ۸-۲- سود حاصل از کاهش انرژی مصرفی و افزایش تولید ۲۱۳

جدول ۸-۳- خلاصه ارزیابی اقتصادی پروژه ۲۱۵

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱- میزان مصرف انرژی در مقابل درصد رطوبت ۲

شکل ۱-۲- رابطه بین تعداد سیلکونها و درصد رطوبت و تعداد مراحل پیش‌گرمکن ٤

شکل ۱-۳- درصد کارکرد کوره نسبت به ظرفیت اسمی و درصد سوخت مصرفی ۱۰

شکل ۱-٤- درصد کارکرد کوره نسبت به ظرفیت اسمی و درصد مصرف انرژی ۱۰

شکل ۱-۵- اتلافات حرارتی پوسته در کوره‌های مختلف در مقابل ظرفیت کوره ۱۱

شکل ۱-۶- تأثیر اندازه کلوخه بر روی شدت گرم شدن خوراک کوره ۱۶

شکل ۱-۷- رابطه بین مقدار زنجیرهای نصب شده در کوره در مقابل حرارت مصرفی ۱۷

شکل ۱-۸- ابعاد متوسط شعله مشعل M.A.S وقتی که با سوخت‌سنگین مازوت کارمی‌کند ۲۲

شکل ۱-۹- رابطه بین درجه حرارت مشعل و مقدار هوای اضافی و راندمان تبادل حرارتی ۳۱

شکل ۱- ۱۰- اثر هوای اضافی بر روی انرژی مصرفی برای کوره با پیش‌گرمکن ۳۲

شکل ۱-۱۱- اثر هوای اضافی بر روی انرژی مصرفی برای کوره با سیستم تر ۳۲

شکل ۱-۱۲- اثر نسبت هوای اولیه بر مصرف انرژی و درجه حرارت گاز خروجی ۳٤

شکل ۱-۱۳- رابطه بین نسبت وزن هوای ثانویه به وزن کلینکر در مقابل درجه‌حرارت ثانویه ۳٤

شکل ۱-۱٤- یک مرحله از پیش‌گرمکن سیلکونی مدرن (Polysius) ۳۹

شکل ۱- ۱۵- تأثیر قطر مجرای بالایی خروجی بر روی کارایی جداسازی و افت فشار در سیلکون آزمایشگاهی ٤۱

شکل ۱-۱۶- تأثیر طول مجرای خروجی بالایی، روی کارایی جداسازی و افت فشار در مدل آزمایشگاهی ٤۱

شکل ۱-۱۷- طرحی از سیلکون اصلاح شده ٤۲

شکل ۱- ۱۸- سیستم‌های پیش‌کلسیناتوری AT ٤۸

شکل ۱-۱۹- پیش‌کلسیناسیون با کانال هوای جداگانه (AS) ٤۸

شکل ۱-۲۰- کانال کلسیناسیون در سیستم با پیش‌گرمکن شفتی پری‌روو ۵۱

شکل ۲- ۱- طرح پیش‌گرمکن ZAB ۵۷

شکل ۲-۲- دیاگرام دما و فشار پیش‌گرمکن ZAB ۵۷

شکل ۲-۳- طرحی از یک پیش‌گرمکن ژپول ۵۸

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۲-٤- قسمتهای مختلف یک پیش گرمکن عمودی پری‌روو ۶۲

شکل ۲-۵- جریان دمای گاز- مواداولیه در امتداد ارتفاع شفت در حالتی که $W_G > W_M$ باشد ۶۶

شکل ۲-۶- جریان دمای گا- مواداولیه در امتداد ارتفاع شفت در حالتی که $W_G < W_M$ باشد ۶۷

شکل ۲-۷- تأثیر مصرف گرمای سیستم کوره (q) بر روی فرایند گرمایی در پیش گرمکن ۷۳

شکل ۲-۸- تأثیر عدد تبادل گرمایی نسبت α بر روی فرایند گرمایی در پیش گرمکن ۷۳

شکل ۲-۹-تأثیر مواد اولیه برگشتی در قسمت بالایی پیش گرمکن بر روی فرایند گرمایی پیش گرمکن (S) ۷٤

شکل ۲-۱۰- تأثیر نسبت H/D بر روی فرایند گرمایی پیش گرمکن ۷٤

شکل ۲-۱۱- تأثیر هوای مکیده شده بر روی فرایند گرمایی پیش گرمکن (Φ) ۷٤

شکل ۲-۱۲- تأثیر افت‌های گرمایی توسط تابش و جابجایی بر روی فرایند گرمایی پیش گرمکن (Ψ) ۷۵

شکل ۲- ۱۳- مدل شفاف جهت آزمایشات تحقیقاتی جریان گاز در محفظه شفت ۷۶

شکل ۲-۱٤- قسمت فوقانی مدل فلزی پیش گرمکن شفتی با ظرفیت ۲۵ t/d ۷۶

شکل ۲-۱۵- قسمت فوقانی محفظه شفت مدل با لوله‌های سیلکونهای تغلیظ کننده ۷۷

شکل ۲-۱۶- کانال ورودی گازها در محفظه شفت مدل ۷۸

شکل ۲-۱۷- قیف خروجی محفظه شفت مدل ۷۸

شکل ۲-۱۸- دماهای گاز در امتداد ارتفاع محفظه ۷۹

شکل ۲-۱۹- جریان دما در مقاطع مشخص محفظه شفت و پیش گرمکن در فاصله‌های مختلف از دیواره ۸۰

شکل ۲-۲۰- محفظه کلسیناتور که در انتهای پیش گرمکن متصل می‌شود ۸۲

شکل ۲- ۲۱- طرحی از یک پیش گرمکن کامبای ۸٤

شکل ۲-۲۲- طرحی از پیش گرمکن کامبای با دو شفت ۸۵

شکل ۳-۱- روندحرکت مواد در سیستم پخت ۸۷

شکل ۳-۲- منحنی‌های مشخصات فن پیش گرمکن ۹۳

شکل ۳-۳- رابطه بین مشخصات عملیاتی فن الکتروفیلتر ۹٤

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۳-٤- نمایی از تغیرات ایجاد شده به وسیله نصب ارتباطی بین فیلتر کیسه‌ای و فن شفت ۱ و نصب شوت ۹۷

شکل ۳- ۵- نمایی از داکت که تقسیم‌کننده گاز در سیلکونهای موشکی است ۹۸

شکل ۳-۶- نمایی از داکت از روبرو و تغییر ایجاد شده در آن ۹۸

شکل ۳-۷- نمایی از لوله حمل‌کننده گاز از کوره به شفت پیش‌گرمکن و تغییر ایجاد شده ۹۹

شکل ۳-۸- نمایی از کف اتاق دود و تاجی در ورودی مواد به کوره ۱۰۰

شکل ٤-۱- نمودار تعداد و ساعات توقف ۱۱۰

شکل ٤-۲- نمودار تولید و کیلوکالری از سال ۱۳٦٤ تا ۱۳۷۶ ۱۱۰

شکل ٤-۳- مقادیر متوسط سالیانه دور فن‌ها ۱۱۱

شکل ٤-٤- مقادیر متوسط سالیانه دمای فن‌ها ۱۱۲

شکل ٤-۵- مقادیر متوسط سالیانه الک ٤۹۰۰ ۱۱۲

شکل ٤-۶- مقادیر ماکزیمم سال ۱۳۶۵ ۱۱۳

شکل ٤-۷- مقادیر ماکزیمم سال ۱۳۶۵، تیپ ۱، دور فن‌های دوپل ۱۱۳

شکل ٤-۸- مقادیر ماکزیمم سال ۱۳۶۵، دمای فن‌های دوپل، تیپ ۱ ۱۱٤

شکل ٤-۹-مقادیر ماکزیمم سال ۱۳۶۵، دور کوره، تیپ ۱ ۱۱٤

شکل ٤-۱۰-مقادیر ماکزیمم سال ۱۳۶۵، الک- ٤۹۰۰، تیپ ۱ ۱۱۵

شکل ٤-۱۱-مقادیر ماکزیمم سال ۱۳۶۵، وزن لیتری، تیپ ۱ ۱۱۵

شکل ٤-۱۲- ماکزیمم تولیدهای سال ۱۳۶۸ ۱۱۶

شکل ٤-۱۳- مقادیر ماکزیمم سال ۱۳۶۸، دور فن‌ها ۱۱۶

شکل ٤-۱٤- مقادیر ماکزیمم سال ۱۳۶۸، دمای فن‌ها ۱۱۷

شکل ٤-۱۵- مقادیر ماکزیمم سال ۱۳۶۸، دور کوره ۱۱۷

شکل ٤-۱۶- مقادیر ماکزیمم سال ۱۳۶۸، الک ٤۹۰۰ ۱۱۸

شکل ٤-۱۷- مقادیر ماکزیمم سال ۱۳۶۸، وزن لیتری ۱۱۸

شکل ٤-۱۸- ماکزیمم تولیدهای سال ۱۳۷۳ ۱۱۹

شکل ٤-۱۹- مقادیر ماکزیمم سال ۱۳۷۳، تیپ۵، دور فن‌های دوپل ۱۲۰