پتانسیل‌های صرفه‌جویی انرژی حرارتی کوره‌ها

اصغر لشنی‌زادگان [۱]، محمودرضا رحیمی [۲]، هادیه مظلومی [۳*]

۱-استادیار مهندسی شیمی، دانشگاه یاسوج
۲-دانشیار مهندسی شیمی، دانشگاه یاسوج
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی، دانشگاه یاسوج
*پست الکترونیک نویسنده مسئول: hadie.mazlumi@yahoo.com

دریافت: ۱۳۹۶/۰۲/۰۵ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۶/۲۵

چکیده

کوره‌ها در فرآیندهای پتروشیمی و پالایشگاهی از مهم‌ترین مصرف‌کننده‌های انرژی هستند. مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کنترل میزان مصرف انرژی در کوره‌ها را می‌توان به سه گروه عمده شامل پتانسیل‌های صرفه‌جویی بدون هزینه و یا با هزینه جزئی؛ پتانسیل‌های صرفه‌جویی با سرمایه‌گذاری متوسط مانند عایق‌کاری بدنه و پتانسیل‌های صرفه‌جویی با سرمایه‌گذاری زیاد تقسیم کرد. در این مقاله پتانسیل صرفه‌جویی انرژی حرارتی روی ۴ کوره ثابت شرکت لعابیران بررسی و محاسبه گردیده است که پتانسیل صرفه‌جویی تنظیم نسبت هوای مشعل‌ها ۱۶۵,۹۷۳,۵۰۰ ریال در سال، کنترل فشار داخل کوره‌ها ۹۵,۸۲۲,۳۰۰ ریال در سال، عایق‌کاری بدنه ۶۲۲,۱۶۷,۷۰۰ ریال در سال و بازیافت حرارت گازهای دودکش ۹۲۹,۷۶۲,۴۰۰ ریال در سال است. همچنین شرکت لعابیران از ریژنراتور که یک سیستم بازیافت حرارت تناوبی است، جهت پیش‌گرم کردن هوای ورودی استفاده می‌کند با این کار میزان صرفه‌جویی سالانه برای تولید روزانه ۲۰ تن فریت، ۳,۵۷۷,۰۰۰,۰۰۰ ریال می‌باشد.

کلید واژگان: بهینه‌سازی انرژی، کوره، بازیافت حرارت، ریژنراتور، عایق

Potential of Energy Saving in The Furnaces

Asghar Lashanizadegan[1], Mahmoodreza Rahimi[1], Hadie Mazlumi[1*]

1-Assistant Professor of Chemical Engineering, Yasouj University, Yasouj, Iran
2-Associate Professor of Chemical Engineering, Yasouj University, Yasouj, Iran
3-M.Sc. Student in Chemical Engineering, Yasouj University, Yasouj, Iran
*Corresponding author, E-mail address: hadie.mazlumi@yahoo.com

Received: 25.04.2017 Accepted: 16.09.2017

Abstract

Furnaces in refinery and petrochemical processes are major consumers of energy. The most important factors for the controlling the energy consumption of the furnace can be divided into three main groups The first group includes the potential savings without cost or low cost, such as adjusting air – fuel ratio in the burner and pressure control into the furnace, The second group includes the potential savings with medium cost such as insulating body, and the third group includes the potential savings with high investment such as heat recovery from the exhaust flue. In this paper, the thermal energy savings potential on the 4 fixed- furnaces in the Loabiran companies are investigated and calculated that savings potential of adjusting air – fuel ratio in the burner is 165,973,500 Rials in the year, controlling pressure inside the furnace 95,822,300 Rials in the year, body insulation 622,167,700 Rials and recycled flue gases 929,762,400 Rials in the year. Also Loabiran companies uses regenerator that is a periodic heat recovery system to preheat the incoming air. This will result in annual savings for the daily production of 20 tons of frit, are 3,577,000,000 Rials.

Keywords: Energy optimization, Furnaces, Heat recovery, Regenerator, Insulation

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-07-19]

۱- مقدمه

امروزه انرژی به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین منابع برای شکل‌گیری و پیشرفت جوامع صنعتی شناخته شده است. به‌طوری‌که میزان دسترسی کشورها به منابع گوناگون انرژی نشانگر پیشرفت و قدرت سیاسی و اقتصادی آنان می‌باشد [۱]. سیر صعودی قیمت انرژی در اواخر قرن بیستم باعث به‌وجود آمدن روش‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در بخش سوخت شده است. نوسانات و به‌ویژه سیر صعودی قیمت نفت که کنترل‌کننده بازار انرژی است، از اوایل دهه هشتاد میلادی باعث به‌وجود آمدن روند بهینه‌سازی مصرف انرژی و اصلاح فرایندهای صنعتی برای کاهش هزینه‌های تولید در کشورهای صنعتی شد و این روند با تأخیر به کشورهای نیمه‌صنعتی و در حال رشد انتقال یافت [۲].

محدودیت منابع فسیلی، رشد بالای مصرف سالانه انواع انرژی در ایران، باعث می‌شود که در صورت عدم برنامه‌ریزی و پیش‌بینی‌های لازم روند توسعه کشور به‌طور جدی تحت تأثیر قرار بگیرد. عدم کارایی فنی و اقتصادی مصرف انرژی و هدر رفتن قریب به یک سوم از کل انرژی در فرایندهای مصرف و مشکلات فزاینده زیست‌محیطی ناشی از آن، ضرورت مدیریت مصرف انرژی و بالا بردن بازده و بهره‌وری انرژی را در کشورمان بیش از پیش آشکار می‌سازد [۳].

اعمال مدیریت انرژی در یک سیستم با هدف مصرف صحیح انرژی و حداقل‌سازی هزینه، بدون کاهش کیفیت محصولات انجام می‌شود که این امر باعث صرفه‌جویی‌های مؤثر و درازمدت در انرژی شده و همچنین هزینه‌های تولید را به میزان قابل‌ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد.

۲۴٪ از کل مصارف انرژی نهائی به بخش صنعت و معدن اختصاص یافته است. صنایعی که سهم مصرف سوخت و یا برق آن‌ها بالا (بیش از ۳٪ از کل بخش صنعت و معدن) باشد، پرمصرف محسوب می‌شوند [۴]. صنعت کاشی و سرامیک جزء دسته کانی‌های غیرفلزی است و در حال حاضر یکی از فعال‌ترین صنایع کشور و به‌تبع آن جزء پرمصرف‌ترین صنایع از نقطه‌نظر انرژی می‌باشند که ۱/۸۳ درصد از مصرف انرژی کل صنعت کشور و حدود ۸/۳۶ درصد از مصرف انرژی‌بخش کانی‌های غیرفلزی را در اختیار دارد [۵].

در صنعت لعاب، کوره‌ها بیش از ۶۰ درصد انرژی کارخانه را مصرف می‌کنند که از این مقدار ۸۹ درصد آن مربوط به انرژی فسیلی و ۱۱ درصد آن مربوط به انرژی الکتریکی می‌باشد [۶]. از این میزان انرژی مصرفی، میزان قابل‌توجهی از آن قابل بازیافت و مقداری از آن نیز قابل بهینه‌سازی و صرفه‌جویی می‌باشد که با اقدامات بهینه‌سازی در کوره‌ها می‌توان تا حدود زیادی صرفه‌جویی و بازیافت انرژی انجام داد. هم‌چنین از انتشار گازهای آلاینده که در اثر احتراق سوخت‌های هیدروکربنی به وجود می‌آیند جلوگیری نمود [۷].

۲- دسته‌بندی راهکارهای صرفه‌جویی انرژی

۲-۱- گروه اول (A): راهکارهای صرفه‌جویی بدون هزینه و یا با هزینه جزئی

۲-۱-۱- تنظیم نسبت هوا و گاز در مشعل‌ها

احتراق کامل سوخت نیاز به اکسیژن کافی و اختلاط مناسب سوخت و هوا در محفظه احتراق دارد. در صورتی که میزان هوای اضافی کمتر از میزان مجاز باشد (به‌طور مثال برای گاز طبیعی ۳۰-۱۵ درصد)، احتراق به‌صورت ناقص خواهد بود و راندمان احتراق کاهش می‌یابد. از طرف دیگر، افزایش هوای اضافی به بیش از مقدار مجاز، به شکل معکوس موجب افزایش منوکسیدکربن می‌گردد. این حالت نتیجه عدم اختلاط مناسب هوا و سوخت است که شانس برخورد بین مولکول‌های اکسیژن و سوخت را کاهش داده و مانع انجام یک واکنش کامل می‌گردد. همچنین این امر موجب افزایش اتلاف انرژی حرارتی گازهای خروجی واکنش نکرده از طریق دودکش می‌شود. با افزایش نسبت هوا به سوخت، انرژی خروجی در درجه حرارت کمتر از دودکش خارج می‌شود و احتمال رسیدن به نقطه شبنم و تولید آب را افزایش می‌دهد که مسائل زنگ‌زدگی و گرفتگی مسیر دودکش را به همراه دارد. از این‌رو تنظیم نسبت میزان هوا به سوخت در مشعل‌ها یکی از مهم‌ترین راهکارهای سریع کاهش مصرف سوخت می‌باشد [۷]. برای این منظور از رابطه نسبت میزان هوای ورودی به مشعل به میزان سوخت مصرفی استفاده می‌گردد که در رابطه ۱ نشان داده شده است. این رابطه برای گاز طبیعی مورداستفاده قرار می‌گیرد.

$$m=A/(F\times 10/8) \qquad (۱)$$

در این رابطه A مقدار دبی حجمی هوای اندازه‌گیری شده (مترمکعب بر ساعت)، F دبی جرمی سوخت مصرفی (کیلوگرم بر ساعت) در مشعل و ۱۰/۸، حجم هوای تئوریک موردنیاز برای احتراق کامل یک کیلوگرم گاز طبیعی می‌باشد [۹].

با افزایش میزان m، تلفات ناشی از احتراق ناقص کاهش اما دمای بی‌دررو شعله نیز کاسته می‌شود. بهترین مقدار برای m جهت مشعل با سوخت گاز طبیعی بین ۱/۱۰ تا ۱/۳۰

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-07-19]

می‌باشد. با محاسبه مستمر این نسبت می‌توان گاز و هوای مصرفی در مشعل را به صورتی کنترل و تنظیم نمود تا ضمن احتراق کامل و رسیدن دمای بی‌دررو شعله به دمای موردنظر جهت انجام فرایند، کاهش اتلاف انرژی خروجی از طریق دودکش صورت پذیرد.

۲-۱-۲- کنترل فشار داخل کوره

کنترل فشار داخل کوره‌ها یکی از موارد صرفه‌جویی انرژی، بدون نیاز به سرمایه‌گذاری اولیه می‌باشد. فشار کوره در امتداد جریان گازها و در ارتفاع کوره متغیر می‌باشد. افزایش فشار درون کوره نشان‌دهنده عدم تخلیه مناسب گازهای حاصل از احتراق می‌باشد. در این صورت گازهای تولیدشده در فرایند احتراق از سیستم خارج نشده و در محفظه احتراق باقی می‌مانند. در نتیجه، اختلاط مناسب برای احتراق کامل صورت نمی‌گیرد و احتراق به‌صورت ناقص انجام می‌شود که موجب افزایش مصرف سوخت می‌گردد [۱۰].

گرفتگی مسیر دودکش می‌تواند یکی از علل افزایش فشار باشد. به‌طور مثال در بررسی کوره‌ها، مصرف سوخت کوره شماره ۴، ۲۶۰ مترمکعب در ساعت و فشار داخلی آن ۱۰/۴ میلی‌متر آب گزارش شد که موقع اندازه‌گیری گاز دودکش، متوجه گرفتگی مسیر آن با یک ورق فلزی شدند. پس از برداشتن مانع، اندازه‌گیری مجدداً تکرار گردید و سوخت مصرفی به ۲۰۴/۵ مترمکعب در ساعت و فشار داخل کوره به ۴/۴ میلی‌متر آب کاهش یافت.

۲-۱-۳- برنامه‌ریزی تولید بهینه

با برنامه‌ریزی دقیق و حساب‌شده می‌بایستی از حداکثر توان کوره‌ها جهت تولید استفاده نمود. به این معنا که در صورت عدم سفارش جهت یک کوره، کوره خاموش یا دمای کوره پایین آورده شود. کاهش زمان روشن و خاموش کردن کوره‌ها از لحاظ صرفه‌جویی انرژی بسیار مهم است و باعث کاهش سوخت مصرفی می‌گردد.

دستورالعمل مربوط به فرایند گرم کردن کوره‌های نو توسط سازنده ارائه می‌گردد. این زمان از شروع راه‌اندازی تا بارگیری کوره حدود ۹۰ ساعت پیش‌بینی شده است. توجه به این نکته لازم است که زمان روشن و خاموش کردن کوره‌های کارکرده به‌مراتب کمتر از کوره‌های نو می‌باشد. توصیه می‌گردد این مدت زمان از شرکت سازنده استعلام شود [۱۱].

۲-۲- گروه دوم (B): راهکارهای صرفه‌جویی با سرمایه‌گذاری متوسط

۲-۲-۱- عایق‌کاری بدنه کوره

هر گونه ترک روی دیواره و جدا شدن عایق از بدنه که ناشی از شوک‌های مختلف حرارتی در راه‌اندازی و نصب دستگاه‌های جانبی می‌باشد موجب اتلاف حرارتی در کوره‌ها می‌شود. اصولاً عایق‌کاری و عایق‌های به‌کاررفته در کوره‌ها از نظر سرویس‌دهی مناسب، عمر معینی دارند. به‌مرور زمان، ساختمان آن‌ها تغییریافته و ضخامت آن‌ها کم شده و این تغییرات ساختمانی سبب تغییر در ضریب انتقال حرارت و اتلاف انرژی به بیرون خواهد بود [۷].

ضخامت عایق‌کاری بدنه بایستی طوری محاسبه گردد که دمای سطوح خارجی از ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد برای کوره‌های ثابت بیشتر نشود. با توجه به بالا رفتن قیمت سوخت، پایین آوردن دمای سطوح کوره‌ها از ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد نیز اقتصادی‌تر خواهد بود [۶].

۲-۳- گروه سوم (C): راهکارهای صرفه‌جویی با سرمایه‌گذاری زیاد

۲-۳-۱- بازیافت حرارت گازهای خروجی از دودکش

عمده انرژی حرارتی کوره‌ها از طریق گازهای خروجی دودکش‌ها تلف می‌شوند. استفاده از سیستم‌های بازیافت حرارت زمانی توجیه دارد که بتوان حرارت تلف‌شده را در جایی دیگر و به شکل مفید مورد استفاده قرار داد [۱۲].

درجه حرارت گازهای احتراقی خروجی از یک کوره در حدود ۱۶۰۰-۱۵۰۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. انرژی این گازها می‌تواند برای پیش‌گرم کردن هوای ورودی به محفظه احتراق مورداستفاده قرار گیرد. با پیش‌گرم کردن هوا می‌توان به کاهش مصرف سوخت رسید زیرا درصد کمتری از انرژی حاصل از احتراق در مشعل صرف افزایش دمای هوای ورودی تا دمای گازهای احتراق خواهد شد. همچنین موجب کاهش دمای گازهای داغ دودکش و افت حرارتی از طریق دودکش نیز می‌شود [۱۳].

گرمای گازهای داغ احتراقی در مبدل‌های حرارتی با عملکرد تناوبی (ریژنراتور) یا عملکرد پیوسته (رکوپراتور) می‌توان مجدداً مورد استفاده قرار داد. لذا بازیافت حرارت از گازهای داغ احتراقی باعث کاهش دمای دودکش و افزایش راندمان حرارتی کوره می‌شود [۱۴].

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-07-19]

۳- پتانسیل‌های صرفه‌جویی انرژی حرارتی کوره‌های ثابت

مشخصات عملکرد و شاخص‌های مصرف انرژی ۴ کوره ثابت موجود در شرکت لعابیران در جدول ۱ آمده است.

جمع‌بندی و اولویت‌بندی پتانسیل‌های صرفه‌جویی انرژی حرارتی (گاز طبیعی) نیز در جدول ۲ آورده شده است.

با توجه به جدول ۲، پتانسیل‌های صرفه‌جویی در سه گروه A، B و C طبقه‌بندی شده‌اند که به‌طور خلاصه در جدول ۳ نیز نمایش داده شده است. گروه A شامل تنظیم نسبت هوا به سوخت مشعل‌ها و کنترل فشار داخل کوره‌ها می‌باشند که جزو راهکارهای صرفه‌جویی بدون هزینه و یا با هزینه جزئی هستند. مقدار پتانسیل صرفه‌جویی ناشی از تنظیم نسبت هوای مشعل‌ها ۲۳۷,۱۰۵ مترمکعب گاز در سال خواهد بود و مقدار پتانسیل صرفه‌جویی ناشی از کنترل فشار داخل کوره‌ها ۱۳۶,۸۸۹ مترمکعب در سال می‌باشد. گروه B شامل راهکارهای صرفه‌جویی انرژی عایق‌کاری بدنه کوره‌ها است، بطوریکه دمای متوسط کوره‌های ثابت به ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد کاهش داده شوند، مورد محاسبه قرار گرفته است. مقدار پتانسیل ناشی از این راهکار ۸۸۸,۸۱۱ مترمکعب صرفه‌جویی گاز در سال خواهد بود.

گروه C راهکارهای صرفه‌جویی انرژی ناشی از بازیافت حرارت گازهای خروجی از دودکش با این فرض که دمای گازهای خروجی از دودکش به ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد در کوره‌های ثابت کاهش یابند، مورد محاسبه قرار گرفته است. کل پتانسیل صرفه‌جویی ناشی از این بند ۱,۳۲۸,۲۳۲ مترمکعب گاز در سال خواهد شد. شماره ۱ که توسط عبور گازهای داغ حاصل از احتراق در سیکل قبل گرم شده‌اند، پیش‌گرم می‌شوند و هوای خروجی از کوره، ریژنراتور شماره ۲ را گرم می‌نماید و این کار به مدت ۲۵-۳۰ دقیقه ادامه می‌یابد و بعد از این محدوده زمانی، دریچه ورودی و خروجی هوا تعویض می‌شود. این عملیات موجب کاهش مصرف انرژی تا یک سوم مقدار مصرف انرژی کوره‌های قبلی می‌شود و اتلاف حرارتی دودکش را به نصف کاهش می‌دهد.

در جدول ۴ مقایسه‌ای بین کوره مذاب دارای ریژنراتور و کوره‌های ثابت قبلی آورده شده است.

جدول ۱- مشخصات عملکرد و شاخص‌های مصرف انرژی

	کوره ۱	کوره ۲	کوره ۳	کوره ۴
فشار داخل کوره (میلی‌متر آب)	۱/۴	۳/۲	۳	۴/۴
	۱/۸۶	۱/۲۹	۱/۴۳	۱/۳۱
دمای متوسط بدنه خارجی کوره ^oC	۳۶۳/۱۷	۳۴۴/۸۳	۳۲۳/۵۰	۲۸۲/۶۷
دمای گاز خروجی از دودکش ^oC	۶۰۰	۵۷۰	۵۳۰	۴۵۰
S.E.C (m^3/Kg) (مترمکعب گاز مصرفی برای تولید یک کیلوگرم لعاب)	۰/۹۳	۰/۶۹	۰/۸۳	۰/۸۶

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-07-19]

جدول ۲- پتانسیل‌های صرفه‌جویی انرژی حرارتی

ردیف	گروه	راهکار	نوع انرژی	صرفه‌جویی سالانه		سرمایه‌گذاری
				میزان سوخت (m^3)	ارزش ریالی	
۱	A	اصلاح نسبت هوا به سوخت مشعل، کوره ۱	حرارت	۲۰۰,۴۶۹	۱۴۰,۳۲۸,۳۰۰	کم یا ناچیز
۲	A	اصلاح نسبت هوا به سوخت مشعل، کوره ۲	حرارت	-	-	کم یا ناچیز
۳	A	اصلاح نسبت هوا به سوخت مشعل، کوره ۳	حرارت	۳۶,۶۳۶	۲۵,۶۴۵,۲۰۰	کم یا ناچیز
۴	A	اصلاح نسبت هوا به سوخت مشعل، کوره ۴	حرارت	-	-	کم یا ناچیز
۵	A	اصلاح فشار داخل کوره، کوره ۱	حرارت	۲,۳۰۴	۱,۶۱۲,۸۰۰	کم یا ناچیز
۶	A	اصلاح فشار داخل کوره، کوره ۲	حرارت	۲۴,۱۴۴	۱۶,۹۰۰,۸۰۰	کم یا ناچیز
۷	A	اصلاح فشار داخل کوره، کوره ۳	حرارت	۵,۷۷۲	۴,۰۴۰,۴۰۰	کم یا ناچیز
۸	A	اصلاح فشار داخل کوره، کوره ۴	حرارت	۱۰۴,۶۶۹	۷۳,۲۶۸,۳۰۰	کم یا ناچیز
۹	B	عایق‌کاری بدنه کوره، کوره ۱	حرارت	۲۶۸,۴۵۸	۱۸۷,۹۲۰,۶۰۰	متوسط
۱۰	B	عایق‌کاری بدنه کوره، کوره ۲	حرارت	۲۵۷,۹۱۹	۱۸۰,۵۴۳,۳۰۰	متوسط
۱۱	B	عایق‌کاری بدنه کوره، کوره ۳	حرارت	۲۴۶,۴۸۶	۱۷۲,۵۴۰,۲۰۰	متوسط
۱۲	B	عایق‌کاری بدنه کوره، کوره ۴	حرارت	۱۱۵,۹۴۸	۸۱,۱۶۳,۶۰۰	متوسط
۱۳	C	بازیافت حرارت دودکش کوره ۱	حرارت	۴۳۹,۱۷۶	۳۰۷,۴۲۳,۲۰۰	زیاد
۱۴	C	بازیافت حرارت دودکش کوره ۲	حرارت	۳۶۶,۳۳۶	۲۵۶,۴۳۵,۲۰۰	زیاد
۱۵	C	بازیافت حرارت دودکش کوره ۳	حرارت	۲۹۸,۰۸۰	۲۰۸,۶۵۶,۰۰۰	زیاد
۱۶	C	بازیافت حرارت دودکش کوره ۴	حرارت	۲۲۴,۶۴۰	۱۵۷,۲۴۸,۰۰۰	زیاد

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-07-19]

جدول ۳- پتانسیل‌های صرفه‌جویی انرژی حرارتی

ردیف	گروه	راهکار	نوع انرژی	صرفه‌جویی سالانه		سرمایه‌گذاری
				میزان سوخت (m^3)	ارزش ریالی	
۱	A	جمع کل اصلاح نسبت هوا به سوخت مشعل	حرارت	۲۳۷,۱۰۵	۱۶۵,۹۷۳,۵۰۰	کم یا ناچیز
۲	A	جمع کل اصلاح فشار داخل کوره	حرارت	۱۳۶,۸۸۹	۹۵,۸۲۲,۳۰۰	کم یا ناچیز
۳	B	جمع کل اصلاح عایق‌کاری بدنه	حرارت	۸۸۸,۸۱۱	۶۲۲,۱۶۷,۷۰۰	متوسط
۴	C	جمع کل بازیافت حرارت دودکش	حرارت	۱,۳۲۸,۲۳۲	۹۲۹,۷۶۲,۴۰۰	زیاد
		جمع کل پتانسیل‌های صرفه‌جویی حرارتی در سال		۲,۵۹۱,۰۳۷	۱,۸۱۳,۷۲۵,۹۰۰	

جدول ۴- مقایسه‌ای بین کوره مذاب دارای ریژنراتور و کوره‌های ثابت قبلی

تکنولوژی کوره	SEC (m3/Kg)	مترمکعب مصرف گاز به ازای تولید ۲۰ تن فریت	هزینه مصرف گاز (۷۰۰ ریال)	میزان صرفه‌جویی ریالی برای تولید ۲۰ تن فریت	میزان صرفه‌جویی سالانه (ریالی)	میزان صرفه‌جویی ریالی به ازای ۱ کیلوگرم فریت
کوره‌های قبلی	۰/۸-۱/۲	۲۰,۰۰۰	۱۴,۰۰۰,۰۰۰	۹,۸۰۰,۰۰۰	۳,۵۷۷,۰۰۰,۰۰۰	۴۹۰
کوره مجهز به سیستم ریژنراتور	۰/۳	۶,۰۰۰	۴,۲۰۰,۰۰۰			

۴- نتیجه‌گیری

کوره‌ها از مهم‌ترین وسایل مصرف انرژی هستند و قسمت عمده هزینه تولید محصولات را انرژی حرارتی مصرفی در کوره‌ها در برمی‌گیرد. حفظ بازدهی مطلوب نه‌تنها در مصرف انرژی که در عمر کوره‌ها نیز مؤثر می‌باشد. لذا با طراحی کوره مناسب و بالا بردن راندمان حرارتی، می‌توان هزینه تولید را کاهش داد.

جهت بررسی عملکرد و عوامل مؤثر بر کنترل میزان مصرف انرژی در کوره‌ها، ابتدا باید متغیرهای کلیدی فرآیندها و احتراق را شناخت. اطلاعات جمع‌آوری‌شده از هوای اضافی، مقدار و چگونگی مکش در نقاط مختلف، فشار داخل کوره‌ها، دبی سوخت و هوای مصرفی، دمای داخل کوره و سطوح خارجی کوره‌ها، دمای دودکش و وضعیت بازدهی تقریبی نقش مهمی در این راستا ایفا می‌نمایند.

پیشنهاد می‌گردد پارامترهای مهم کوره‌ها به‌صورت روزانه اندازه‌گیری و در دفتر اپراتوری ثبت شوند. این امر باعث می‌شود از عیوب احتمالی به وجود آمده در کوره آگاه شد و می‌توان به‌موقع عیوب آن‌ها را برطرف نمود. همچنین عایق‌کاری کامل بدنه کوره‌های در حال کار، نصب سیستم کنترل اتوماتیک که برای تنظیم نسبت هوای مناسب کوره لازم است، نصب دمپر در مکش فن‌ها برای کنترل فشار داخل کوره‌ها، استفاده از سیستم ریژنراتور برای بازیافت حرارت دودکش توصیه می‌شود.

با توجه به بررسی عملکرد ۴ کوره ثابت شرکت لعابیران، پتانسیل صرفه‌جویی تنظیم نسبت هوای مشعل‌ها ۱۶۵,۹۷۳,۵۰۰ ریال در سال، کنترل فشار داخل کوره‌ها ۹۵,۸۲۲,۳۰۰ ریال در سال، عایق‌کاری بدنه ۶۲۲,۱۶۷,۷۰۰ ریال در سال و بازیافت حرارت گازهای دودکش ۹۲۹,۷۶۲,۴۰۰ ریال در سال است. همچنین شرکت لعابیران اخیراً از کوره دارای ریژنراتور که یک سیستم بازیافت حرارت تناوبی است، جهت پیش‌گرم کردن هوای ورودی استفاده می‌کند که موجب کاهش مصرف سوخت تا یک سوم مقدار مصرف انرژی کوره‌های قبلی است (این کوره دارای SEC تقریبی ۰/۳ m^3/kg می‌باشد). استفاده از این کوره موجب ۳,۵۷۷,۰۰۰,۰۰۰ ریال صرفه‌جویی سالانه برای تولید روزانه ۲۰ تن فریت می‌باشد.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-07-19]

منابع

[1] Optimization of energy consumption*, Energy balance sheet of Iran*, chapter 8, pp. 354-374, 2004, (in Persian).

[2] B. Ebrahimi, F. Rahimi Mogoyi, Cut-off economic growth rate effect on the development of renewable energy of energy price changes, *Journal of Economic Research*, 2011, (in Persian).

[3] Ebaeiyan M. Hajmohammadi, *Energy management*, First Petrochemical Conference of Iran, 2008, (in Persian).

[4] Energy program of industries and mines ministry, Committee development of industries and mining*,* 2009, (in Persian).

[5] F. Taheriasl F. Tourki, *Optimization of energy and reduce pollution, results in enhancing the efficiency of Ceramic furnaces*, Sixth National Conference of energy, 2009, (in Persian).

[6] *Energy audit of Loabiran company*, (in Persian).

[7] M. KHakpour A. Momeni, *Investigation of new methods to reduce heat loss and energy optimization in the furnaces*, First Conference of industrial furnaces and burners, 2011, (in Persian).

[8] H. Rastgoftar J. SHayegan, *Improving energy consumption (electrical and thermal) in the ceramic industry,* Ninth Conference on Electrical Engineering, Iran, 2011, (in Persian).

[9] T. Rostami Kia, Fundamentals of combustion and Optimum conditions for burner, (in Persian).

[10] *Potential energy saving in the glass industry*, chapter 10, Organization of optimization of fuel consumption, pp. 157-191, (in Persian).

[11] A. Ahangary S. Agha Najafi, Efficiency of heating furnace and evaluate the potential of energy savings in the refinery heating furnaces (number one in Tehran), *Journal Of Research in Science and Petroleum Engineering*, 54, 2006, (in Persian).

[12] S. Koveiti, *Investigation of the influence of the recuperator in the efficiency and recovery heat loss in the pre-heating steel furnace*, First Conference of burner of industrial furnaces, 2011, (in Persian).

[13] M. Akbarisayar, Dodabinjad, Quantitative and qualitative investigation of the approaches to saving energy consumption in the industrial processes and equipments, *Organization of Energy Efficiency of Iran* (in Persian).

[14] *Glass melting furnaces*, Chapter 5, Organization of optimization of fuel consumption, pp. 54-103, (in Persian).

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-07-19]