



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

پذیرش: ۱۳۹۶/۰۶/۲۵

دریافت: ۱۳۹۶/۰۲/۰۵

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 فريت، ۳,۵۷۷,۰۰۰,۰۰۰ ریال می‌باشد.

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

Potential of Energy Saving in The Furnaces

Ashgar Lashanizadegan¹, Mahmoodreza Rahimi¹, 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

۱- مقدمه

امروزه انرژي به‌عنوان يكي از اصلي‌ترين منابع براي شكل‌گيري و پيشرفت جوامع صنعتي شناخته شده است. به‌طوري كه ميزان دسترسي كشورها به منابع گوناگون انرژي نشانگر پيشرفت و قدرت سياسي و اقتصادي آنان مي‌باشد [۱]. سير صعودي قيمت انرژي در اواخر قرن بيستم باعث به‌وجود آمدن روش‌هاي بهينه‌سازي مصرف انرژي در بخش سوخت شده است. نوسانات و به‌ويژه سير صعودي قيمت نفت كه كنترل‌كننده بازار انرژي است، از اوایل دهه هشتاد ميلادي باعث به‌وجود آمدن روند بهينه‌سازي مصرف انرژي و اصلاح فرايندهاي صنعتي براي کاهش هزينه‌هاي توليد در كشورهاي صنعتي شد و اين روند با تاخير به كشورهاي نيمه‌صنعتي و در حال رشد انتقال يافت [۲].

محدوديت منابع فسيلي، رشد بالاي مصرف سالانه انواع انرژي در ايران، باعث مي‌شود كه در صورت عدم برنامه‌ريزي و پيش‌بيني‌هاي لازم روند توسعه كشور به‌طور جدی تحت تاثير قرار بگيرد. عدم كارايي فني و اقتصادي مصرف انرژي و هدر رفتن قريب به يك سوم از كل انرژي در فرايندهاي مصرف و مشكلات فزاينده زيست‌محيطي ناشي از آن، ضرورت مديريت مصرف انرژي و بالا بردن بازده و بهره‌وري انرژي را در كشورمان بيش از پيش آشكار مي‌سازد [۳].

اعمال مديريت انرژي در يك سيستم با هدف مصرف صحيح انرژي و حداقل‌سازي هزينه، بدون کاهش كيفيت محصولات انجام مي‌شود كه اين امر باعث صرفه‌جويي‌هاي مؤثر و درازمدت در انرژي شده و همچنين هزينه‌هاي توليد را به ميزان قابل‌ملاحظه‌اي کاهش مي‌دهد.

۲۴٪ از كل مصارف انرژي نهائي به بخش صنعت و معدن اختصاص يافته است. صنايعي كه سهم مصرف سوخت و يا برق آن‌ها بالا (بيش از ۳٪ از كل بخش صنعت و معدن) باشد، پرمصرف محسوب مي‌شوند [۴]. صنعت كاشي و سراميك جزء دسته كاني‌هاي غيرفلزي است و در حال حاضر يكي از فعال‌ترين صنايع كشور و به‌تبع آن جزء پرمصرف‌ترين صنايع از نقطه‌نظر انرژي مي‌باشند كه ۱/۸۳ درصد از مصرف انرژي كل صنعت كشور و حدود ۸/۳۶ درصد از مصرف انرژي‌بخش كاني‌هاي غيرفلزي را در اختيار دارد [۵].

در صنعت لعاب، كوره‌ها بيش از ۶۰ درصد انرژي كارخانه را مصرف مي‌كنند كه از اين مقدار ۸۹ درصد آن مربوط به انرژي فسيلي و ۱۱ درصد آن مربوط به انرژي الكتريكي مي‌باشد [۶]. از اين ميزان انرژي مصرفي، ميزان قابل‌توجهي از آن قابل

بازيافت و مقداري از آن نيز قابل بهينه‌سازي و صرفه‌جويي مي‌باشد كه با اقدامات بهينه‌سازي در كوره‌ها مي‌توان تا حدود زيادي صرفه‌جويي و بازيافت انرژي انجام داد. هم‌چنين از انتشار گازهاي آلاينده كه در اثر احتراق سوخت‌هاي هيدروكربني به وجود مي‌آيند جلوگيري نمود [۷].

۲- دسته‌بندي راهكارهاي صرفه‌جويي انرژي

۲-۱- گروه اول (A): راهكارهاي صرفه‌جويي بدون هزينه و يا با هزينه جزئي

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

احتراق كامل سوخت نياز به اكسيژن كافي و اختلاط مناسب سوخت و هوا در محفظه احتراق دارد. در صورتي كه ميزان هوای اضافي کمتر از ميزان مجاز باشد (به‌طور مثال براي گاز طبيعي ۳۰-۱۵ درصد)، احتراق به‌صورت ناقص خواهد بود و راندمان احتراق کاهش مي‌يابد. از طرف ديگر، افزايش هوای اضافي به بيش از مقدار مجاز، به شكل معكوس موجب افزايش منوكسيدكربن مي‌گردد. اين حالت نتيجه عدم اختلاط مناسب هوا و سوخت است كه شانس برخورد بين مولكول‌هاي اكسيژن و سوخت را کاهش داده و مانع انجام يك واكنش كامل مي‌گردد. همچنين اين امر موجب افزايش اتلاف انرژي حرارتي گازهاي خروجي واكنش نكرده از طريق دودكش مي‌شود. با افزايش نسبت هوا به سوخت، انرژي خروجي در درجه حرارت کمتر از دودكش خارج مي‌شود و احتمال رسيدن به نقطه شبنم و توليد آب را افزايش مي‌دهد كه مسائل زنگ‌زدگي و گرفتگي مسير دودكش را به همراه دارد. از اين‌رو تنظيم نسبت ميزان هوا به سوخت در مشعل‌ها يكي از مهم‌ترين راهكارهاي سريع کاهش مصرف سوخت مي‌باشد [۷]. براي اين منظور از رابطه نسبت ميزان هوای ورودی به مشعل به ميزان سوخت مصرفي استفاده مي‌گردد كه در رابطه ۱ نشان داده شده است. اين رابطه براي گاز طبيعي مورداستفاده قرار مي‌گيرد.

$$m = A / (F \times 10 / 8) \quad (1)$$

در اين رابطه A مقدار دبي حتمي هوای اندازه‌گيري شده (مترمكعب بر ساعت)، F دبي جرمي سوخت مصرفي (كيلوگرم بر ساعت) در مشعل و ۱۰/۸، حجم هوای تئوريك موردنياز براي احتراق كامل يك كيلوگرم گاز طبيعي مي‌باشد [۹].

با افزايش ميزان m، تلفات ناشي از احتراق ناقص کاهش اما دمای بي‌دررو شعله نيز كاسته مي‌شود. بهترين مقدار براي m جهت مشعل با سوخت گاز طبيعي بين ۱/۱۰ تا ۱/۳۰

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 به مراتب 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 تغییر یافته 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 مورد استفاده 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].

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

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	عایق کاری بدنه کوره، کوره ۱	حرارت	۲۶۸,۴۵۸	۱۸۷,۹۲۰,۶۰۰	متوسط
۱۰	B	عایق کاری بدنه کوره، کوره ۲	حرارت	۲۵۷,۹۱۹	۱۸۰,۵۴۳,۳۰۰	متوسط
۱۱	B	عایق کاری بدنه کوره، کوره ۳	حرارت	۲۴۶,۴۸۶	۱۷۲,۵۴۰,۲۰۰	متوسط
۱۲	B	عایق کاری 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

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 (m ³ /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 ریالی به ازای ۱ کیلوگرم فریت
کوره‌های قبلی	۰/۸-۱/۲	۲۰,۰۰۰	۱۴,۰۰۰,۰۰۰	۹,۸۰۰,۰۰۰	۳,۵۷۷,۰۰۰,۰۰۰
کوره مجهز به سیستم ریژنراتور	۰/۳	۶,۰۰۰	۴,۲۰۰,۰۰۰	۴۹۰	

۴- نتیجه‌گیری

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 m³/kg می‌باشد). استفاده از این کوره موجب ۳,۵۷۷,۰۰۰,۰۰۰ ریال صرفه‌جویی سالانه برای تولید روزانه ۲۰ تن فریت می‌باشد.

کوره‌ها از مهم‌ترین وسایل مصرف انرژی هستند و قسمت عمده هزینه تولید محصولات را انرژی حرارتی مصرفی در کوره‌ها در برمی‌گیرد. حفظ بازدهی مطلوب نه تنها 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 جمع‌آوری شده 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

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).

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*