Archive of SID

مجموعه مقالات هشتمین همایش ملی مبدل گرمایی
دوم دی ماه ۱۳۹۵، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
۰۹۱۹۷۵۵۶۴۲۴ - (۰۲۱) ۸۸۶۷۱۶۷۶
مجریان: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران و هم اندیشان انرژی کیمیا
ثبت شده در پایگاه استنادی جهان اسلام ISC
www.Mobadel.ir

بهینه‌سازی مصرف انرژی و کاهش اتلاف حرارت با استفاده از پنل تشعشعی در گرمایش محیط‌های عمومی و خانگی

اسماعیل خسروآبادی: کارشناس ارشد مهندسی مکانیک، مدرس دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق، دانشکده فنی مهندسی
علیرضا خسروآبادی: کارشناس مهندسی مکانیک، مدرس دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق، دانشکده فنی مهندسی
Asmaeil1368k@yahoo.com

چکیده

احتراق ناقص سوخت اغلب به نقص تکاملی زنجیره فعل و انفعالات شیمیایی عناصر واکنش‌دهنده در محفظه‌های احتراقی بر می‌گردد. در این مسیر، مقدار معتنابهی از مواد تولید شده در واکنش‌های زنجیره‌ای میانی، مسیر تکوین و تکمیل فرایند را طی نمی‌کنند و در قالب همان صورت اولیه در سیستم واکنشی باقی می‌مانند. با عنایت به بدیهی بودن نقش مخاطره‌آمیز اکسیدهای ازت در آلودگی‌های زیست‌محیطی، روش‌های کاهش گازهای مضر مورد توجه طراحان دستگاه‌های مولد انرژی است و اغلب در تلاش‌اند که با شناسایی نقاط نامطلوب داخل محفظه احتراق و کنترل شرایط دمایی هر منطقه، شیوه‌های مختلفی را به کار گیرند و افزونگی تولید گازهای سمی را مهار نمایند. عدم وجود ثبات در قیمت سوخت و افزایش شدید آن طی سه دهه اخیر و سیاست‌های جدید در زمینه‌های زیست‌محیطی ازجمله تولید گازهای آلاینده باعث شده است که هرساله تحقیقات بسیاری در زمینه پیشرفت و بهبود تکنولوژی به کار رفته در مشعل‌ها و کنترل آنها انجام شود. سیستم‌های گرمایش برای تأمین گرما، متحمل صرف زمان بالا و مصرف بالای سوخت می‌باشند که سبب کاهش راندمان تولید و بهره‌وری کار می‌شود. در این مقاله با استفاده از پنل‌های تشعشعی راهکار جدید و بهینه‌ای با توجه به مصرف بهینه سوخت و بهره‌وری بالا و در جهت تأمین گرما ارائه می‌شود.

واژگان کلیدی: سیستم‌های گرمایشی، مصرف انرژی، پنل‌های تشعشعی، بهینه‌سازی، بهره‌وری

www.SID.ir

Archive of SID

مجموعه مقالات هشتمین همایش ملی مبدل گرمایی
دوم دی ماه ۱۳۹۵، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
۰۹۱۹۷۵۵۶۴۲۴ - (۰۲۱) ۸۸۶۷۱۶۷۶
مجریان: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران و هم اندیشان انرژی کیمیا
ثبت شده در پایگاه استنادی جهان اسلام ISC
www.Mobadel.ir

۱- مقدمه

سیستم‌های سنتی در فرآیندهای گرمایش از مهمترین مصرف‌کننده‌های انرژی هستند. سیر صعودی قیمت انرژی در اواخر قرن بیستم باعث بوجود آمدن روش‌های بهینه‌سازی انرژی و صرفه‌جویی در مصرف سوخت شده است و به‌ویژه سیر صعودی قیمت نفت که کنترل‌کننده بازار انرژی است از اوایل دهه هشتاد میلادی باعث بوجود آمدن روند بهینه‌سازی انرژی و اصلاح فرایندهای صنعتی برای کاهش هزینه‌های تولید در کشورهای صنعتی شد و این روند با تأخیر به کشورهای نیمه‌صنعتی انتقال یافت. همزمان با این روند موج حفاظت از محیط‌زیست نیز به وجود آمد که باعث ارائه راهکارهای متفاوت زیست‌محیطی برای صنایع و محدودیت‌های جدید شد.

اثرات مستقیم بهینه‌سازی انرژی برای صنایع کاربردی‌تر از تأثیرات غیرمستقیم رعایت فاکتورهای محیط زیستی است، درنتیجه، استقبال بیشتری از طرف صاحبان صنایع از این راهکارها نسبت به رعایت فاکتورهای محیط زیستی ارائه شد.

برای تأمین گرمایش در محیط‌های عمومی و خانگی به‌طور مرسوم از روش شعله مستقیم استفاده می‌شود.

مطالعه روی کیفیت شعله و سامانه‌های احتراقی بهینه، بررسی مشکلات موجود در این سامانه‌ها ایجاد امکانات آزمایشگاهی مناسب جهت ارزیابی عملکرد مشعل‌ها و تحقیق پیرامون موضوعات مرتبط از جایگاه ویژه‌ای در این مسیر برخوردار است که بطور مستقیم منجر به بهینه‌سازی مصرف سوخت، کاهش گازهای آلاینده خروجی از دودکش و افزایش راندمان مشعل‌ها می‌شود [۱].

روش‌های متعددی برای بهینه‌سازی انرژی وجود دارد که دو روش کاهش هوای اضافی و پیش گرم کردن هوای احتراق بیشتر مورد توجه قرارگرفته است. تکنیک‌های متفاوتی برای اجرای روش‌های بهینه‌سازی انرژی موجود است. این روش‌ها را می‌توان به دو گروه تقسیم‌بندی کرد. گروه اول که با پیروی از تکنولوژی پینچ عمل می‌کنند و گروه دوم که بر اساس روش‌های تجربی برای طراحان کوره بدست آمده است [۲].

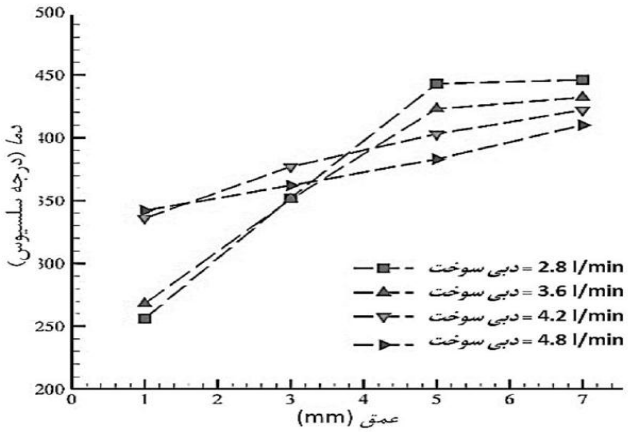
در جهت کاهش انتشار گازهای آلاینده نیتروژنی، امروزه تلاش‌های زیادی صورت گرفته است. حجم انتشاریافته گازهای آلاینده نیتروژنی به‌شدت به دمای شعله وابسته است. تزریق بخارآب یا آب به‌تنهایی دمای پیک را کاهش می‌دهد و متعاقباً از نشر گازهای آلاینده نیتروژنی هم کاسته می‌شود. مقالات زیادی ازجمله لویر (Liever) [۳] با استفاده CFD کاهش NOx را با استفاده از پاشش آب بررسی کرده و نشان داده است، که با افزایش پاشش آب یا بخار، NOx را تا ۹۴ درصد می‌توان کاهش داد، ولی نشرCO به‌شدت افزایش می‌یابد [۳]. همچنین می‌توان به روش باز سوزش سوخت جهت کاهش Nox اشاره کرد [۴].

باید توجه داشت نحوه تزریق گاز در مدخل ورودی احتراق از اهمیت بالای در احتراق کامل و انتشار گازها دارد [۵]. در مطالعه‌ای که جدیری و همکاران انجام دادند، اثر تغییرات دبی گاز طبیعی به‌عنوان سوخت روی بازدهی واکنش بررسی شد، نشان داده شد که با افزایش نرخ تغذیه، به دلیل نبود اکسیژن موردنیاز احتراق، نرخ واکنش کاهش می‌یابد، همچنین با بالا بردن غلظت هیدروکربن‌های دیگر در کنار گاز طبیعی در جریان تغذیه سوخت، بازدهی واکنش کاهش‌یافته و در صورت دمیدن اکسیژن لازم به سطح، می‌توان میزان بازدهی را حفظ کرد [۶].

در سیستم های کاتالیستی برای بررسی اثر تغییر دبی گاز بر توزیع دما در عمق پد کاتالیستی، دماها در چند عمق به کمک ترموکوپل ثبت می‌شود. نتایج این تغییرات در شکل (۱) نشان داده‌شده است[۷-۹].

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- توزیع دما در عمق پد ساخته‌شده به ازای دبی‌های مختلف گاز ورودی در شرایط محیطی استاندارد دمای $25^{\circ}C$ و رطوبت 50% [۹-۷]

همانطور که ملاحظه می‌شود، با افزایش دبی گاز، دما افزایش‌یافته و ماکزیمم آن به سمت سطح پنل متمایل می‌گردد و این امر همانطور که ذکر شد به دلیل متمایل شدن واکنش احتراق به سمت سطح کاتالیست به دلیل محدودیت نفوذ اکسیژن به درون ساختار پد است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت در این مطالعات اصلی‌ترین عامل کنترل‌کننده ظرفیت پنل های تشعشعی، نفوذ اکسیژن به درون ساختار متخلخل لایه کاتالیستی است [۹-۷].

۲- شرح سیستم پیشنهادی

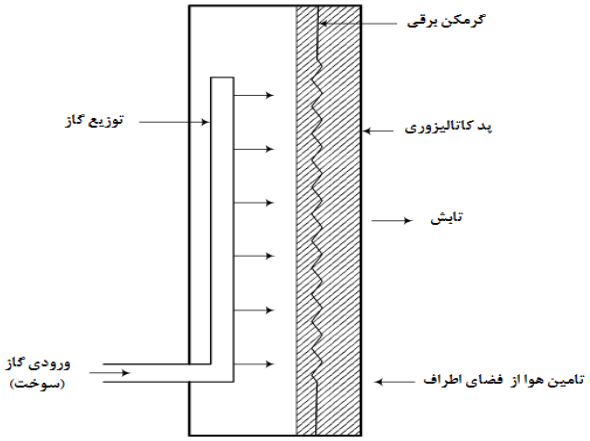
امروزه برای تأمین گرمایش محیط‌های عمومی از شعله مستقیم استفاده می‌شود که زمان گرم کردن محیط طولانی و همراه با انتشار گازهای آلاینده می‌باشد. در روش‌های سنتی باید در نظر داشت جهت تأمین گرما، نیاز به مصرف بالای گاز می‌باشد.

سیستم‌های استفاده شده، جهت تأمین گرمای موردنیاز در اماکن عمومی و خانگی عموماً مبتنی بر دو روش هوای گرم گازی و القایی می‌باشد؛ که در گرمکن های هوای گرم از مشعل و در روش القایی از المنت برقی جهت تولید گرما استفاده می‌شود. این دو روش مستلزم هزینه بالای انرژی و همچنین اتلاف حرارت می‌باشد.

پیشنهاد ما برای تأمین گرمای مورد نیاز استفاده از هیتر های تشعشعی می‌باشد (شکل ۲) که با توجه به احتراق کامل سوخت و تشعشعی بودن حرارت، باعث کاهش انتشار گاز های آلاینده و عدم اتلاف حرارت و افزایش بهره‌وری می‌شود.

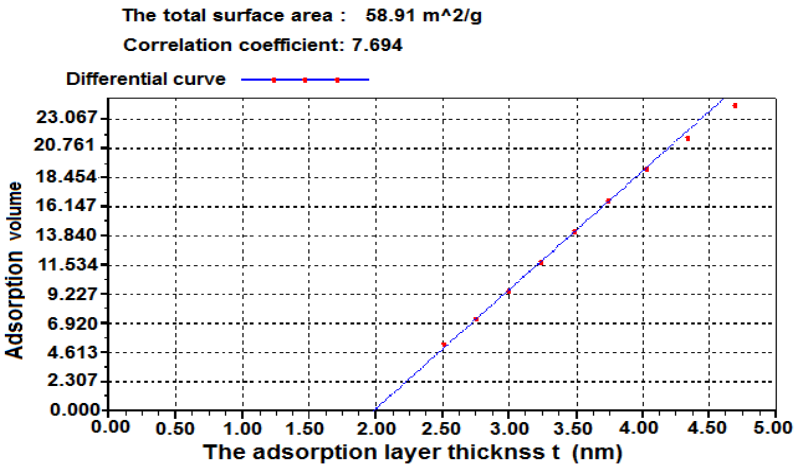
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- شماتیک پنل تشعشعی

در این پنل ها از محیط متخلخل با یک سطح متخلخل مشخص استفاده‌شده است. نتیجه تست BET[1] این پد در شکل (۳) نشان داده‌شده است. تولید حرارت بدین‌صورت می‌باشد که ابتدا یک مرحله پیش‌گرمایشی خیلی کوتاه برای گرم کردن کاتالیست انجام داده تا شرایط واکنش آماده شود، به‌محض اینکه دما به حد مناسب رسید، امکان شروع تغذیه گاز به‌منظور فعال‌سازی احتراق کاتالیتیک فراهم می‌باشد، گاز (قابل اشتعال)درون محیط متخلخل از پیش گرم شده جریان می‌یابد و با طی عبور از میان پد کاتالیتیک از پیش گرم شده باعث اکسیداسیون گاز و تولید انرژی گرمایی در حالت احتراق بدون شعله می‌شود.



شکل ۳- نمودار سطح متخلخل کاتالیست

با توجه به احتراق کامل گاز در تولید حرارت در این روش، گازهای آلاینده مانند CO,Nox به کمترین مقدار ممکن کاهش‌یافته که ازنظر شرایط محیط زیستی نیز قابل‌توجه می‌باشد.

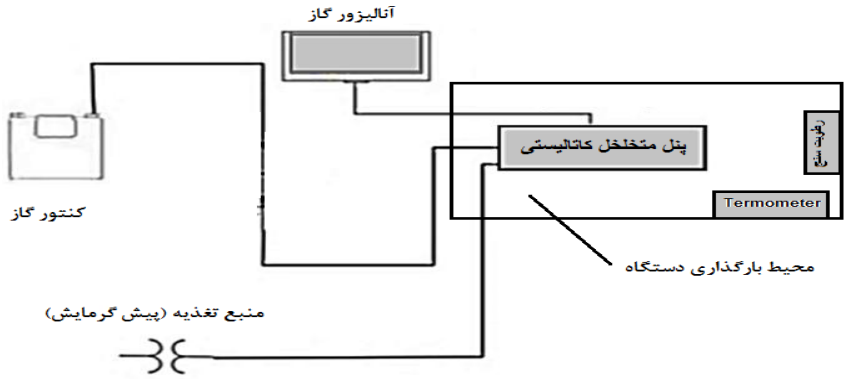
[1] Brunauer Emmett Teller

www.SID.ir

Archive of SID

جهت بررسی عملکرد سیستم ارائه‌شده، یک دستگاه مجهز به ابزارهای اندازه‌گیری طراحی و ساخته شد (شکل ۴). دستگاه‌های تست بکار گرفته‌شده، قابلیت اندازه‌گیری پارامترهایی نظیر دمای سطح پنل، دبی سوخت مصرفی، گازهای آلاینده و رطوبت را دارا می‌باشند.

برای اندازه‌گیری دمای سطح پنل از Thermometer با دقت $0.1^{\circ}c$ استفاده شد که با استفاده از امواج مادون‌قرمز دما را اندازه‌گیری می‌کند. برای ثبت دبی سوخت از یک کنتور G4 و برای اندازه‌گیری محصولات احتراق از یک دستگاه آنالیز گاز (شکل ۵) ساخت شرکت AiRREX استفاده گردید.



شکل ۴: شماتیک مجموعه تست عملکرد پد متخلخل کاتالیستی

شکل ۵: دستگاه آنالیزور گاز استفاده‌شده در تست

دستگاه فوق قابلیت اندازه‌گیری گازهای انتشاریافته CO، HC و CO2به روش اسپکتومتری مادون‌قرمز و به ترتیب با دقت ۰.۰۰۰۱٪، 1ppm و ۰.۰۰۱٪ و گازهای NOx و O2 به روش الکتروشیمیایی با دقت ۱ppm و ۰.۰۰۱٪ را دارد. این دستگاه دارای فیلترهایی جهت جذب گردوغبار و رطوبت و همچنین سیستم کالیبراسیون خودکار می‌باشد.

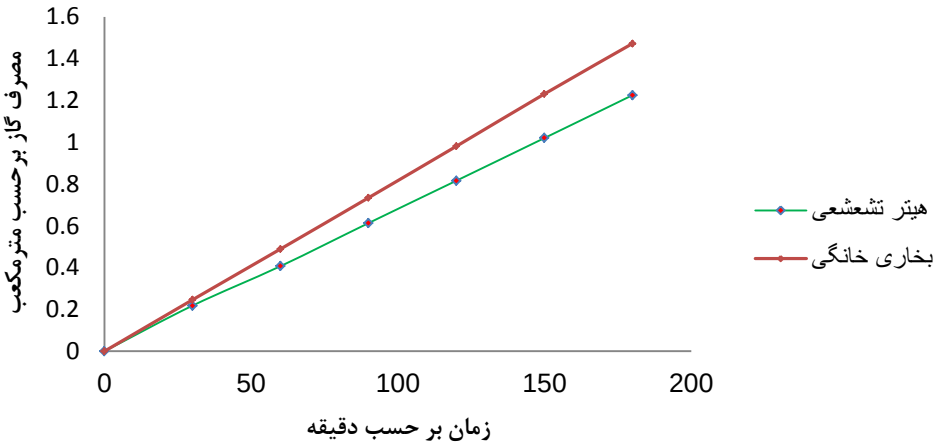
www.SID.ir

Archive of SID

۳- بررسی تجربی

در یک مطالعه تجربی، یک محیط ($50m^3$)در دو حالت تأمین گرما موردبررسی قرار گرفت و پارامترهای آن توسط دستگاه ساخته‌شده در مرحله قبل که مجهز به ابزارهای اندازه‌گیری می‌باشد مورد ارزیابی قرار گرفت. درروش اول از شعله مستقیم(بخاری) با توان ۴kw جهت تأمین گرما و در حالت دوم از سیستم پیشنهادی جدید با توان حرارتی برابر استفاده گردید

شکل (۶) نمودار مصرف گاز برحسب زمان، برای دو روش ذکرشده جهت تأمین گرما برای توان حرارتی یکسان را نشان می‌دهد که بیانگر مصرف بهینه گاز با استفاده از سیستم پیشنهادی و اتلاف انرژی توسط سیستم سنتی دارای شعله می‌باشد.



شکل ۵-۵- نمودار زمان – مصرف گاز $(\frac{m^3}{min})$

جدول (۱) گازهای انتشاریافته پس از عمل احتراق برای دو سیستم تأمین گرما در شرایط یکسان (زمان و توان حرارتی) را نشان می‌دهد که بیانگر شرایط متصاعد آلایندگی زیست‌محیطی احتراق بدون شعله (هیتر کاتالیستی) می‌باشد.

جدول ۱: گازهای انتشاریافته پس ۳ساعت از زمان شروع تست

گازهای انتشار یافته	اولیه	پنل تشعشعی (احتراق بدوت شعله)	بخاری خانگی (شعله مستقیم)
HC(PPM)	۰	۲۸۸	۶۵
CO (%)	۰	۰.۰۰۰۳	۳.۶۹۵۴
CO2 (%)	۰	۱.۶۴۰	۶.۱۸۸

www.SID.ir

Archive of SID

NOX(PPM)	0	0	۳۵
O2 (%)	۲۰.۷۹۱	۲۰.۵۶۴	۲۰.۶۷۷

همانطور که مشخص است درصد گاز NOx با شرایط استفاده از پنل تشعشعی برابر صفر و درصد گاز CO2 به مقدار بسیار ناچیزی کاهش‌یافته است که بیانگر شرایط متصاعد آلایندگی زیست‌محیطی سیستم معرفی‌شده می‌باشد.

۴- نتیجه‌گیری

جایگزینی پنل تشعشعی و استفاده از احتراق بدون شعله به جای سیستم سنتی گرمایش ازاین‌جهت مورد توجه قرار دارد که ضمن احتراق کامل سوخت (۹۸٪) نصبت به احتراق ناقص بخاری(۷۸٪) حذف شعله حاصل از احتراق را به همراه دارد.

این سیستم آلاینده‌هایی نظیر NOx تولید نکرده و میزان CO تولیدی در آنها بسیار کم می‌باشد که نیاز به دودکش را مرتفع می‌نماید. همچنین با احتراق کامل سوخت، مصرف بهینه سوخت را به همراه دارد و با توجه به توزیع تشعشعی حرارت امکان متمرکز نمودن حرارت در یک سطح یا محدوده مورد نظر (گرما در کف اتاق) را امکان‌پذیر و از اتلاف حرارت جلوگیری می نماید.

این سیستم در مقایسه با سیستم‌های سنتی با همان قدرت، $\frac{1}{3}$ فضا را اشغال می‌کند و با تو جه به بهینه‌سازی مصرف سوخت و عدم وجود گازهای سمی با اعمال تمهیدات خاصی می‌تواند جایگزین بسیار مناسبی جهت تأمین گرما در مصارف خانگی بهره جست و سالانه از مرگ تعداد زیادی از هم‌وطنان عزیز جلوگیری بعمل آورد.

مراجع

۱. ع .ا .جمالی، مطالعات تجربی و عددی مبدل‌های گرمایی پیش گرمکن در صنعت .نفت و ارائه شیوه بهبود راندمان آنها، ماهنامه نفت و انرژی، سال اول، اسفندماه1383

2. Z. Jegla, J. Kohoutek, J. Zachoval, P. Stehl_ık,Software supporting efficient retrofit design of furnaces and connected pipes as one integrated system, 14th International Congress of Chemical and Process Engineering CHISA 2000.
3. Mehdizadeh N.S. tabejamaat S. Yashini M. NOx Reduction Analysis in Fuel Gas Combustion Chamber Using Water Injection,Aerospace Eng. Department, Amirkabir Univ. of Technology, MAEJ, 2005.
4. B. E. Launder and D. B. Spalding, “Lectures in Mathematical Models of Turbulence”, Academic Press. Londan, England,1972

www.SID.ir

Archive of SID

۵. مطالعه رفتار هیدرولیکی فاز گاز در راکتورهای بسترسیال، طرح پژوهشی" دولتی "، میزان پیشرفت کار100 % ، وزارت نفت، پژوهشگاه صنعت نفت، تاریخ اجرا 1379 تا1380.

6. N. Jodeiri, L. Wu, J. Mmbaga, R.E. Hayes, S.E. Wanke, Catalytic combustion of VOC in a counter-diffusive reactor, Catalysis Today, Vol. 155, issue 1-2, pp. 147–153, 2010.
7. S.M. Hosseinalipour, A. Behravan, M. Namazi, M. Madaelahi, M. Parvari,2D numerical analysis of radiative catalytic panel by using finite element method, in The 15th International Conference on fluid dynamics, *Bandar Abbas, Iran, 2013. (In Persian)*
8. S.M. Hosseinalipour, M. Madaelahi,A. Behravan, M. Parvari, 2D simulation of catalytic radiant counter diffusive burners, Modares Mechanical Engineering, (accepted), 2014. (In Persian)
9. S.M. Hosseinalipour, M. Madaelahi, A. Behravan, M. Namazi, Kh. Ghadiri, Computer Simulation of Performance of Flameless Catalytic Burners, Jokull Journal, Vol 63, No. 10, 2013

www.Mobadel.ir

www.SID.ir