

بررسی تجربی اثر تغییر فشارمحفظة احتراق روی پارامترهای احتراقی در مشعل‌های سوخت مایع و گاز و مقایسه آن‌ها

عباسعلی فرداد^۱، محمد صدیقی^۲، سید مهدی حسینی بغدادآبادی^{۳*}، سهیلا خوشنویسان^۴

سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران
mehdi_hosseini@mecheng.iust.ac.ir *

چکیده

در این مقاله به بررسی اثر تغییر سوخت بر مشخصه‌های احتراقی در دو نوع مشعل‌خانگی در دو حالت گازسوز (پروپان) و گازوییل‌سوز (گازوییل سبک) پرداخته شده است. با تغییر فشارمحفظة احتراق، پارامترهایی نظیر آلاینده‌های احتراقی، دمای دودکش و بازده احتراقی مشعل درگازهای خروجی قسمت دودکش اندازه‌گیری شده‌اند. نتایج به دست آمده از این آزمایش‌ها برای آلاینده‌ها و فاکتورهای دیگر برای دو مشعل گازسوز و گازوییل‌سوز با توان اسمی برابر با یکدیگر مقایسه شده‌اند. با بررسی نتایج به دست آمده مشخص می‌شود با افزایش فشار محفظه احتراق، دمای دودکش و میزان CO کاهش و NO_x و بازده خالص افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: مشعل‌های گازسوز و گازوییل‌سوز - آلاینده‌های احتراقی - فشار محفظه احتراق - گازهای دودکش

۱- مقدمه

مشعل‌های گازسوز و گازوییل‌سوز وسایلی برای سوزاندن گاز یا گازوییل جهت ایجاد حرارت، نور یا هر دوی آن‌ها می‌باشد. در مشعل مخلوط سوخت و هوای وارد شده به محفظه احتراق می‌سوزند [۱]. یکی از مهمترین فاکتورهای مهم موثر بر طراحی مشعل، خصوصیات سوخت است. انتخاب سوخت به مطالبات خاص تکنولوژی و همچنین در دسترس بودن، محدودیت‌های قانونی و ارزیابی اقتصادی وابسته است [۲].

انتخاب سوخت اثر مهمی بر روی انتقال حرارت از یک شعله دارد. به طور عمومی سوخت‌های جامد (مثل زغال‌سنگ) و سوخت‌های مایع (گازوییل) شعله‌های خیلی درخشانی را تولید می‌کنند که شامل ذرات دودی است که مانند اجسام سیاه به بارحرارتی می‌تابد. سوخت‌های گازی نظیر گازطبیعی اغلب به خاطر اینکه خیلی تمییز و کامل بدون تولید ذرات دوده می‌سوزند، شعله‌های غیردرخشان تولید می‌کنند. به طورعمومی، گاز طبیعی بیشتر به خاطر قیمت کم و در دسترس بودنش به عنوان سوخت گازی به کار می‌رود. به هر حال دامنه وسیعی از سوخت‌های گازی به عنوان مثال در صنایع شیمیایی استفاده می‌شود. این سوخت‌ها شامل چندین جز نظیر متان، هیدروژن، پروپان و ... هستند و گاهی اوقات به عنوان سوخت‌های گازی پالایشگاه مصرف می‌شوند [۳].

۱- دکترای مکانیک، استادیار، دانشگاه علم و صنعت ایران

۲- دکترای مکانیک، استادیار، دانشگاه هوایی شهید ستاری

۳- فارغ التحصیل رشته مهندسی هوا فضا گرایش آیرودینامیک، کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت ایران

۴- کارشناس ارشد مهندسی مکانیک، مدیر آزمایشگاه سوخت و احتراق سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران

یک اشکال بزرگ همه سوخت‌های مایع و خصوصاً سوخت‌های نفتی سنگین، حضور بنیان شیمیایی سولفور و نیتروژن است که باعث تشکیل اکسیدهای سولفور و اکسیدهای نیتروژن می‌شود. تشکیل اکسیدهای نیتروژن در سوخت‌های مایع در مقایسه با سوخت‌های گازی در دمای شعله بالاتر بیشتر می‌شود [۲].

فاکتورهای نشر به عنوان ابزار اساسی جهت مدیریت کیفیت هوا استفاده می‌شود. یک فاکتور نشر مقداری معرف است که تلاش می‌کند تا کمیت آلودگی آزاد شده در جو را شرح دهد و بنابراین وسیله‌ای برای تخمین انتشارات آلودگی هوا به اتمسفر می‌باشد. فاکتورهای نشر معمولاً به صورت وزن آلودگی منتشر شده به یک واحد وزن، حجم، فاصله یا مدت انتشار آلودگی بیان می‌شوند. تخمین‌های نشر برای بهبود استراتژی‌های کنترل نشر، تعیین کاربرد برنامه‌های کنترل و جواز دادن، تعیین اثرات منابع و استراتژی‌های کاهش مناسب، پیش‌بینی غلظت‌های آلودگی در هوای مسیر باد با استفاده از مدل‌های انتشار و... به کار می‌روند. داده‌های نشر از منابع خاص تست‌ها یا نمایشگرهای نشر دایمی معمولاً مقدم بر تخمین انتشارات یک منبع هستند. فاکتورهای نشر با وجود محدودیت‌هایش بهترین و یا تنها روش در دسترس برای تخمین انتشارات است. فاکتورهای نشر مورد مطالعه در این مقاله برای آلودگی‌های محیطی مونوکسیدکربن (CO)، دی اکسیدکربن (CO_2)، اکسیدهای نیتروژن (NO_x) و دی اکسیدگوگرد (SO_2) هستند [۴]. افزایش میزان انتشارات گازهای گلخانه‌ای جو که به طور وسیعی منجر به تغییر شرایط آب‌وهوایی می‌شود، بحث‌ها درباره احتراق سوخت‌ها را تشدید کرده است. کاهش انتشارات CO_2 تولید شده توسط احتراق که چیزی حدود ۸۰٪ گازهای گلخانه‌ای را در بر می‌گیرد، امری حیاتی است [۵]. محصولات کمتر آشکار احتراق، اکسیدهای ازت می‌باشند. در نیمه آخر قرن بیستم، آشکار شده است که NO_x ، یک کمک‌کننده مهم مه دود فتوشیمیایی و ازن در هوای شهری و کلیتروپوسفر است. به علاوه NO_x ، در واکنش زنجیره‌ای حذف ازن از استراتوسفر، که منجر به افزایش تابش اشعه فرا بنفش رسیده به سطح زمین می‌شود، شرکت می‌کند [۶]. میزان آلاینده‌های حاصل از احتراق مشعل‌ها (خصوصاً انتشارات NO_x) و بازده احتراقی آن‌ها از مهمترین موارد مورد توجه محققان در بررسی عملکرد مشعل‌ها می‌باشد [۱]. بسیاری از محققان مانند کاروالیو، آزودو، گارگ، تامس، گلسمن، کونز و اسموت علاقمند به آنالیز شرایط تشکیل اکسیدهای نیتروژن، دی-اکسیدکربن و مونوکسیدکربن در طول احتراق نمونه‌های مختلف سوخت بوده‌اند [۷].

کوره یا محفظه احتراق قسمتی است که شعله را در بر می‌گیرد. مشعل نیز در داخل کوره قرار دارد. گازهای داغ حاصل از احتراق در داخل کوره حرکت کرده و در اثر این حرکت انرژی خود را به دیواره‌های کوره منتقل می‌کنند. معمولاً محفظه خروجی دود یعنی دودکش در بالاترین فاصله ارتفاعی کوره نصب می‌شود که وظیفه خارج نمودن دود را بر عهده دارد. بیشترین و مهمترین تلفات محفظه احتراق مربوط به گازهای خروجی از آن است. هر چه انرژی این گازها کمتر باشد، راندمان محفظه احتراق افزایش می‌یابد [۸].

در این مقاله اثرات تغییر فشار محفظه احتراق بر روی میزان تشکیل آلاینده‌ها و دیگر پارامترهای احتراقی بررسی می‌شود.

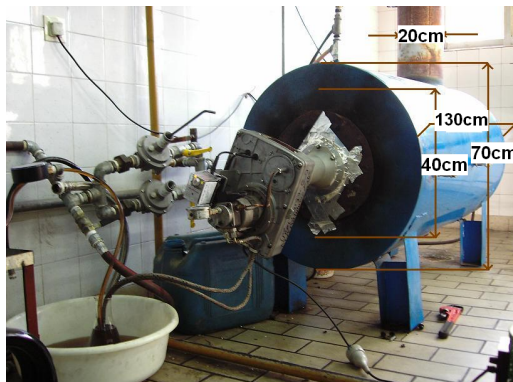
۲- تجهیزات و انجام آزمایش‌ها

مجموعه شامل یک کوره یا محفظه احتراق است که برای تست مشعل‌ها با ظرفیت‌های کمتر از $\frac{180000 \text{ kcal}}{h}$ استفاده می‌شود. محفظه احتراق به شکل استوانه است.

شکل ۱ محفظه احتراق و مشعل نصب شده روی آن را نشان می‌دهد.

محفظه به وسیله آب خنک می‌شود که در فضای بین قسمت داخلی و خارجی محفظه قرار دارد. داخل محفظه نیز بوسیله لایه‌هایی از آجر نسوز پوشیده شده که در مجموع ضخامت 15 cm از محفظه را در بر می‌گیرد. طول قسمت عمودی دودکش 95 cm است که فاصله سنسور دستگاه اندازه‌گیری از محفظه احتراق 43 cm است. قطر دودکش نیز 20 cm می‌-

باشد. گاز مورد استفاده شده برای مشعل‌های گازوییلی پروپان می‌باشد که دبی ورودی آن به مشعل و فشار آن از روی کنتور گاز خوانده می‌شود.



شکل ۱- تجهیزات آزمایش

شرایط ورودی گاز به مشعل در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- شرایط تست برای مشعل‌های گازسوز

نوع مشعل	مشعل گازسوز	فشار بارومتریک (mbar)	دمای گاز (oC)	فشار گاز (mbar)
A	PDG	۸۹۸	۲۵	۲۹
B	GSB8	۸۹۵	۲۳	۲۹

دبی گازوییل ورودی به مشعل گازوییلی در یک بازه زمانی معین از روی ارلن مدرج حاوی گازوییل که ورودی مشعل است، به دست می‌آید. شرایط ورودی گازوییل نیز در جدول ۲ مشاهده می‌شود.

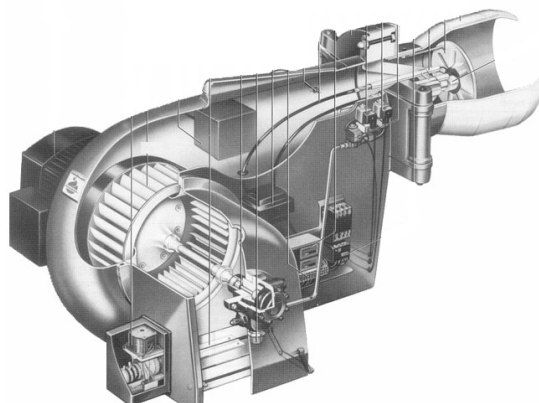
جدول ۲- شرایط تست برای مشعل‌های گازوییل سوز

نوع مشعل	مشعل گازوییل سوز	فشار بارومتریک (mbar)	فشار پمپ گازوییل (bar)
A	PDS	۸۹۸	۱۰
B	OLB8	۹۰۲/۸	۱۷

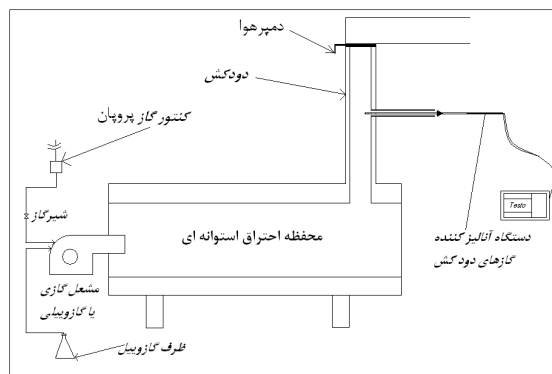
دو راه اساسی برای فراهم کردن هوا برای مشعل وجود دارد، مکش آزاد بر پایه جریان طبیعی و فراهم کردن هوای اجباری با استفاده از فن.

این مشعل‌ها جز دسته مشعل‌های با فراهم کردن هوای اجباری با استفاده از فن هستند. مشعل‌های با فراهم کننده هوای اجباری در بیشتر کاربردهای صنعتی رایج شده است. سود عمده‌شان دامنه وسیعی از ظرفیت‌های حرارتی و این که منجر به فعالیت‌های کنترلی دقیق و سریع می‌شوند، می‌باشد. این مشعل‌ها ممکن است به دو دسته ساختاری تقسیم شوند: مشعل‌های با فن مجتمع که با یک فن، سیستم فراهم‌کننده سوخت و سیستم کنترل‌کننده مجتمع در بدنه مشعل مشخص می‌شوند و مشعل‌های توانی که یک فن و یک واحد کنترل برای هر چندین مشعل را داراست [۲].

شکل ۲ طرح شماتیکی از تجهیزات آزمایش و نمایی از مشعل‌های تست شده و اجزای مختلف را نشان می‌دهد.



(ب)



(الف)

شکل ۲- الف: طرح شماتیک تجهیزات آزمایش ب: شمایی از مشعل و اجزای آن [۹].

مشعل‌های انتخاب شده برای تست، برای گرم کردن آب شوفاژ در موتورخانه‌های منازل استفاده می‌شوند. از آنجا که وظیفه اصلی این مشعل‌ها انتقال حرارت به آب در بویلرهاست، مطمئناً عملکرد این مشعل‌ها در کوره تست ما با عملکرد آنها در جایگاه اصلی خود متفاوت است ولی ما در اینجا قصد مقایسه عملکرد مشعل‌های گازسوز و مایع سوز را داریم که در نتیجه پارامترهای احتراقی آنها را در کوره تست با هم ارزیابی و مقایسه می‌نماییم.

مشعل‌های مورد تست در این مطالعه مشعل‌های ساخت دو شرکت هستند که در اینجا با نام‌های A و B شناخته می‌شوند. از هر شرکت دو مشعل گازسوز و گازوئیل سوز برای تست انتخاب شده است که دارای ظرفیت حرارتی اسمی برابر هستند، مشخصات هر کدام از این مشعل‌ها در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳- مشخصات مشعل‌های تست شده

نوع مشعل	مشعل گازسوز	مشعل مایع سوز	حداقل ظرفیت (kcal/h)	حداکثر ظرفیت (kcal/h)
A	PDG	PDS	۴۸۰۰۰	۱۰۰۰۰۰
B	GSB8	OLB8	۳۵۰۰۰	۱۰۰۰۰۰

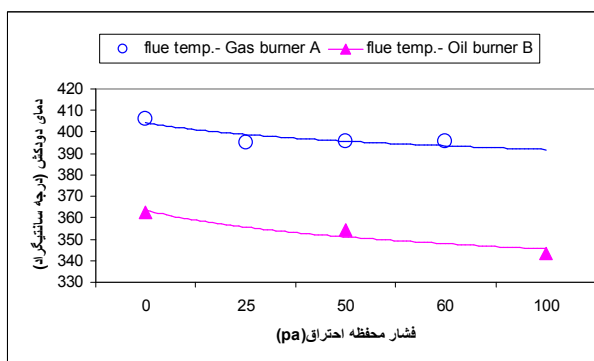
پس از بستن مشعل بر روی کوره مدت تقریبی ۲۰ تا ۳۰ دقیقه کار می‌کند تا به توزیع حرارتی مناسب برسد. تنظیم میزان فشار محفظه از طریق دمپر هوایی که در انتهای قسمت عمودی دودکش واقع است، صورت می‌گیرد و توسط فشارسنجی که فشار داخل محفظه را نشان می‌دهد، خوانده می‌شود. با بازتر شدن دریچه توسط دمپر هوا سطح مقطع خروجی دود زیاد و به تبع آن فشار محفظه احتراق کاهش و با بسته شدن آن گازها در داخل محفظه احتراق محبوس و در نتیجه فشار محفظه احتراق افزایش می‌یابد. فشارسنج فشار داخل محفظه نسبت به فشار محیط را نشان می‌دهد. با تنظیم مشعل بر روی ظرفیت-های حداقل و حداکثر، با تغییر میزان دبی ورودی، اندازه‌گیری داده‌های مورد نیاز در دودکش توسط دستگاه تست در فشارهای مختلف محفظه احتراق صورت گرفتند.

۳- نتایج و توضیح

۳-۱- تغییرات دمای دودکش

در این قسمت اثرات تغییر فشار محفظه احتراق بر روی پارامترهای خروجی در دود که در بالا ذکر شد، با یکدیگر مقایسه می‌شود.

در اینجا مشاهده می‌شود که با افزایش فشار محفظه احتراق دمای دود تقریباً روال کاهش را دارد و برای مشعل گازوییل - سوز دمای دود در حالت کلی کمتر از مشعل گازسوز است، به طوری که دامنه تغییرات دمای دود در مشعل گازوییل سوز از ۳۳۵ تا ۳۵۵ درجه سانتیگراد است که برای مشعل گازسوز از ۳۸۰ تا ۴۰۵ درجه سانتیگراد می‌باشد.



شکل ۳- تغییرات دمای دودکش با فشار محفظه احتراق (مشعل A)

در حالت کلی دمای حاصل از احتراق سوخت مایع در مقایسه با سوخت گازی شکل بالاتر است ولی به دلیل اینکه در محفظه احتراق سوخت‌های مایع نسبت به سوخت‌های گازی انرژی بیشتری از طریق تشعشع در طول محفظه احتراق آزاد می‌گردد، بنابراین دمای گازهای خروجی آنها در دودکش نسبت به سوخت‌های گازی پایین‌تر است و چون در احتراق سوخت گاز تشعشع نقش بسزایی ندارد بنابراین دمای گازهای خروجی در دودکش بالاست. روند کاهش در هر دو در اثر افزایش فشار به خاطر این است که خروج گاز محدود شده و محصولات احتراق توانسته‌اند حرارت خود را در طول محفظه آزاد کنند. باید گفته شود که فشار محفظه احتراق در اینجا نسبت به فشار اتمسفر سنجیده شده است و فشار مطلق نیست. جهت اندازه‌گیری دمای گازهای خروجی دودکش، میله شاخص دستگاه تست در محل دودکش قرار گرفته و کلیه نتایج در این قسمت توسط دستگاه خوانده و ارزیابی می‌شود.

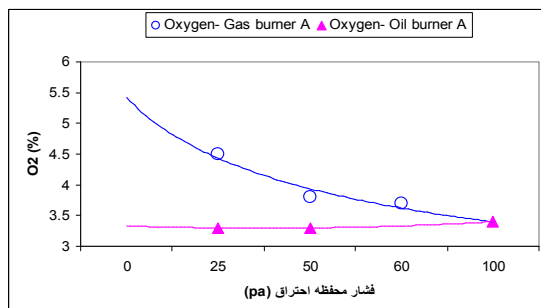
۳-۲- تغییرات اکسیژن

تغییرات میزان اکسیژن در گازهای خروجی در این بخش آمده است. برای مشعل A با سوخت گازوییل در حداقل ظرفیت یعنی ۴۸۰۰۰ کیلوکالری بر ساعت درصد اکسیژن با تغییر فشار محفظه بین ۳/۲٪ تا ۳/۴٪ تغییر کرده است که در فشار حدود ۴۰ پاسکال به کمترین مقدار خود رسیده است. نمودار این تغییرات در شکل ۴ آمده است. برای مشعل گازسوز A مقدار اکسیژن در گازهای خروجی نسبت به مشعل گازوییلی بیشتر است که تغییرات آن نسبت به فشار محفظه در شکل نشان داده شده است. مقدار اکسیژن در فشار حدود ۲۵ پاسکال بیشترین مقدار را دارد و در فشارهای دیگر روالی کاهشی دارد.

مشعل گازوییل سوز A با تغییرات فشار محفظه احتراق روند متفاوتی را نسبت به نوع گازوییل سوز دارد به طوری که مشعل گازوییل سوز در مقایسه با نوع گازسوز بیشتر اکسیژن را مصرف کرده است.

در حالت گازی نسبت به حالت مایع امکان واکنش مولکول‌های اکسیژن با مولکول‌های سوخت بیشتر است و اکسیژن کمتری به صورت واکنش ن داده از محفظه احتراق خارج می‌شود. با افزایش فشار به دلیل محدود کردن جریان خروجی، نسبت

هوا به سوخت دچار کاهش گردیده (در اصل مقدار هوا کاهش می‌یابد) و همین امر باعث می‌شود که تاثیر میزان نقصان اکسیژن در گازهای خروجی در سوخت‌های گازی کاملاً مشهود گردد.



شکل ۴ - تغییرات اکسیژن با فشار محفظه احتراق (مشعل A)

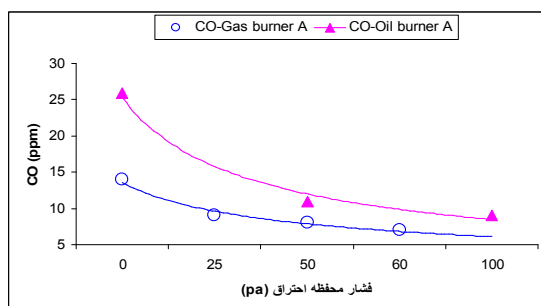
۳-۳- تغییرات مونوکسید کربن و اکسیدهای نیتروژن

در ادامه به بررسی چگونگی تغییرات میزان آلاینده‌ها در گازهای خروجی می‌پردازیم. باید گفته شود که میزان مونوکسید کربن و اکسیدهای نیتروژن در گازهای خروجی نسبت عکس دارند و انتظار می‌رود که در جاهایی که NO_x افزایش می‌یابد مقدار مونوکسید کربن کاهش یابد و بالعکس، اما در بعضی جاها به دلیل خطاهای اندازه‌گیری مقادیر این دو آلاینده با هم کم یا زیاد شده است.

برای مشعل گازوییل سوز A در حداقل ظرفیت با افزایش فشار محفظه احتراق مقدار CO کاهش یافته است. اما مقدار NO_x روندی افزایشی دارد. مقادیر CO با افزایش فشار از $27 ppm$ تا $9 ppm$ کاهش یافت ولی مقدار NO_x از حدود $100 ppm$ تا $112 ppm$ افزایش یافت. نمودارهای تغییر این دو آلاینده در شکل‌های ۵ و ۶ نشان داده شده است. مشعل گازسوز A که در حداقل ظرفیت مورد تست قرار گرفته است، در مقدار CO روایی کاهشی دارد که البته تغییرات CO و NO_x در بعضی جاها مخالف هم است و جایی که یکی کم شده دیگری زیاد شده است. کاهش CO در نمودار نیز به دلیل افزایش دمای محفظه احتراق با افزایش فشار داخل محفظه است. نمودار شکل ۵ تغییرات را برای این مشعل نشان می‌دهد. برای بررسی دلیل نحوه تغییرات CO و CO_2 واکنش زیر را در نظر می‌گیریم:

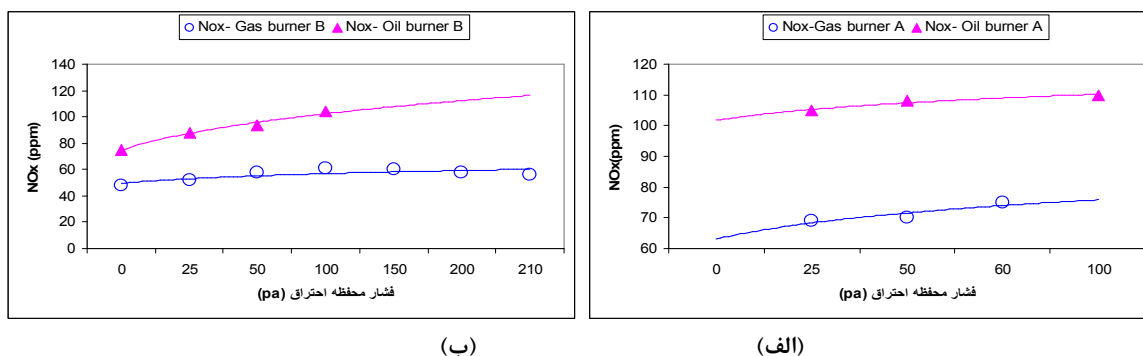


در دمای ثابت، افزایش فشار تجزیه CO_2 به سمت CO و O_2 را متوقف می‌کند. از طرف دیگر افزایش دما در فشار ثابت تجزیه را توسعه می‌دهد. این رویدادها از اصل لی چاتلیر منتج می‌شود که بیان می‌کند هر سیستم وقتی تحت تاثیر تغییر قرار می‌گیرد به سمتی جابجا می‌شود که تغییر را مینیمم کند.



شکل ۵ - تغییرات مونوکسید کربن با فشار محفظه احتراق (مشعل A)

با مقایسه این دو مشعل می‌بینیم که مشعل گازوییل‌سوز A دارای مقدار NO_x و CO تولیدی بیشتری نسبت به نوع گازی خود می‌باشد. در حالی که مشعل گازسوز دارای میزان NO_x 74 ppm و CO 14 ppm در بیشترین مقدار خود است، مشعل گازوییل‌سوز دارای حداقل NO_x تولیدی 100 ppm و حداکثر CO تولید شده 27 ppm می‌باشد که این پیش بینی را ایجاد می‌کند که مشعل‌های گازوییل‌سوز میزان آلاینده بیشتری را در مقایسه با نوع گازسوز خود ایجاد می‌کنند. افزایش NO_x در نمودار ۶-الف به دلیل افزایش دمای محفظه احتراق است. زمانی که دمای محفظه افزایش می‌یابد میزان تولید اکسیدهای نیتروژن حرارتی نیز بیشتر می‌شود. در مورد مشعل‌های B نیز نتایج را تجزیه و تحلیل می‌کنیم. این نتایج بر خلاف مشعل A که در حداقل ظرفیت به دست آمده بود در حداکثر ظرفیت کاری مشعل‌ها که حدود 100000 کیلوکالری بر ساعت است به دست آمده است.



شکل ۶- تغییر اکسیدهای نیتروژن با فشار محفظه احتراق الف: مشعل A ب: مشعل B

مشعل گازوییل‌سوز در مورد مقدار NO_x روند کاملاً افزایشی دارد. میزان NO_x بین 75 ppm تا 108 ppm تغییر می‌کند. نمودارهای مربوط به تغییر مقادیر NO_x با فشار محفظه احتراق در شکل ۶-ب آمده است. مشعل گازسوز B در مقدار NO_x دارای افزایش ولی معکوس بودن نمودارها کاملاً مشخص است، به طوریکه هنگامی که NO_x شروع به کاهش نموده میزان CO افزایش یافته و در ادامه با افزایش NO_x مقدار CO کاهش یافته است. اگر این دو نمودار برای فشارهای بین ۰ تا 100 پاسکال باهم مقایسه شوند عملکرد بهتر مشعل گازسوز را می‌توان مشاهده کرد. با مقایسه نمودار مشعل گازسوز با مشعل گازوییل‌سوز در اینجا نیز می‌بینیم، مانند مشعل A، مقادیر میانگین NO_x ایجاد شده در مشعل گازسوز به مراتب کمتر است.

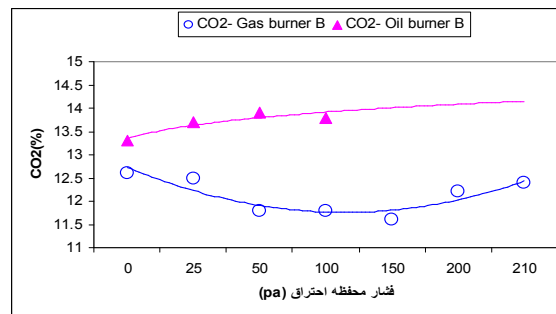
۳-۴- تغییرات دی اکسید کربن و دی اکسید گوگرد

بررسی روند تغییرات دی اکسید کربن و دی اکسید گوگرد در اینجا ارایه می‌شود. برای مشعل گازوییل‌سوز B در حداکثر ظرفیت مشعل‌ها نمودار تغییرات دی اکسید کربن را با فشار محفظه احتراق در شکل ۷ آورده‌ایم. مشاهده می‌شود که با افزایش فشار محفظه احتراق مقدار CO_2 تولیدی نیز افزایش می‌یابد ولی مقدار آن بین $13/2\%$ تا 14% تغییر می‌کند که نشان می‌دهد این تغییر چندان محسوس نیست.

مقدار SO_2 نیز روندی صعودی دارد و با زیاد شدن فشار محفظه افزایش می‌یابد. مقدار آن نیز قابل توجه است و از 310 ppm تا 360 ppm تغییر می‌کند. علت مشعل گازسوز B در مورد این دو پارامتر نتایج کاملاً متفاوتی دارد به طوری که مقدار SO_2 در تست‌های مربوط به این مشعل برابر صفر بود و مقدار CO_2 نیز با افزایش فشار محفظه تا فشار 100 پاسکال روایی کاهشی و پس از آن افزایشی است. دی اکسید سولفور گاز بی رنگ و سمی با بویی تند و زننده است و از طریق سولفور موجود در سوخت به وجود می‌آید. اسید سولفور نیز در واکنش این محصول با آب بوجود می‌آید. SO_2 برای مشعل‌های گازی بسیار پایین و اثرات آن در نظر گرفته نمی‌شود ولی در مشعل‌های گازوییلی به دلیل وجود عنصر گوگرد در گازوییل،

مقدار آن قابل ملاحظه است.

CO_2 در مشعل گازی بین ۱۱/۳٪ تا ۱۲/۵٪ تغییر کرد که نسبت به مشعل گازوییل سوز کمتر است. دیاگرام مربوط به این تغییرات در شکل ۷ آمده است.



شکل ۷- تغییرات دی اکسیدکربن با فشار محفظه احتراق (مشعل B)

۳-۵- تغییرات بازده خالص

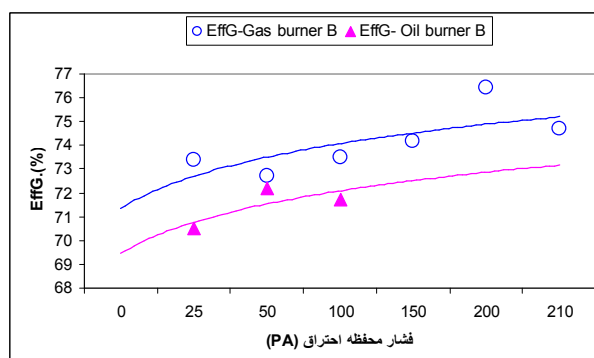
برای قسمت پایانی بازده خالص مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای مشعل گازوییل سوز B در حداکثر ظرفیت بازده احتراقی از ۷۰٪ تا ۷۲٪ تغییر کرد که این تغییرات برای مشعل گاز سوز بین ۷۲٪ تا ۷۷٪ بود. در کل بازده مشعل گازسوز از گازوییل سوز بیشتر بود. نتایج در شکل ۸ آمده است. بازده خالص از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Effn = 100 - \left[\frac{K_{net} \times (FT - AT)}{CO_2} \right] + \left[\frac{X \times (210 + 2.1 \times FT - 4.2 \times AT)}{Q_{gr} \times 1000} \right] + \left[\frac{K_1 \times Q_{gr} \times CO}{Q_{net} \times CO_2 + CO} \right] \quad (2)$$

$$X = MH_2O + 9 \times H \quad (3)$$

فاکتورهای مخصوص سوخت: K_{gr} , K_{net} , K_1 , Q_{net} , Q_{gr}

همانطور که از رابطه بر می‌آید، بازده خالص به دما و اجزای حاصل از احتراق وابسته است و با افزایش فشار محفظه احتراق تغییرات دما و اجزا منجر به افزایش بازده شده است. کمتر بودن نشر دی‌اکسید کربن و بالاتر بودن دمای دودکش مشعل گازی نسبت به مشعل گازوییلی، باعث شده تا بازده خالص مشعل گازی بیشتر باشد.



شکل ۸- تغییرات بازده خالص با فشار محفظه احتراق (مشعل B)

۴- آنالیز خطا

همه داده‌های تجربی و نتایج مدل‌سازی محاسباتی همیشه شامل بعضی خطاهای تصادفی یا اصولی یا هردو باهم

بنابراین تحلیل خطای آزمایشی مستلزم بررسی جزئی دقت همه وسایل، روش‌های اندازه‌گیری و روش‌های اصلاح داده‌ها می‌باشد. خطاهای تجربی همچنین ممکن است به وسیله فاکتورهای شخصی و کاری تجهیزات آزمایشی حاصل شود. درباره روش‌های مدل سازی عددی بر پایه روش‌های شبه تجربی یا عمومی، لازم است تا داده‌های ورودی محاسبات به خوبی همه اجزای مدل عددی تحلیل شوند.

خطاهای وابسته به تجهیزات آزمایشی به چند دسته تقسیم می‌شوند:

- خطاهای کاربرد وسایل سنجش - خطاهای ناشی از نقص وسایل اندازه‌گیری که به خاطر انحرافات وسیله ساخته شده و مونتاژ شده از پارامترهای طراحی است. رفع چنین خطاهایی بر اساس نوع وسیله، استفاده از فاکتورهای اصلاح می‌باشد. تولیدکننده‌ها معمولاً دامنه‌های خطایی برای پارامترهای اندازه‌گیری شده در نظر می‌گیرند.
- خطاهای نصب - خطاهایی که به خاطر نصب نامناسب وسیله اندازه‌گیری، مطابقت نداشتن رویه‌های داده شده بوسیله فروشنده‌ها (مثلاً یک جور کردن طول‌ها قبل و بعد از بررسی‌ها)، انتخاب مکان اندازه‌گیری، عمل متقابل وسیله‌های اندازه‌گیری، همچنین خطاهای ایجاد شده در مسیرهای انتقال داده.
- خطاهای روش اندازه‌گیری - خطاهایی که به خاطر بی‌دقتی در روش‌شناسی اندازه‌گیری کاربردی و گرد کردن مقادیر خصوصیات فیزیکی روی می‌دهد.

خطاهای به خاطر کاربرها به خطاهای مشاهده و خطاهای مربوط به مدل‌سازی آماری تقسیم می‌شود که به کیفیت داده‌های ورودی که ممکن است تحت تاثیر نقص‌های مختلف باشد، بسیار حساس است. اولین خطا ممکن است در طول طرح‌ریزی تدارک آزمایش رخ دهد. این خطا می‌تواند به خاطر انتخاب نامناسب هدف آزمایش و انتخاب نایجابی متغیرهای مستقل و وابسته باشد. یک آزمایش طراحی شده بد ممکن است مقداری ناکافی داده برای ارزیابی آماری بعدی فراهم کند. همه خطاها در طراحی آزمایش منجر به افزایش زمان کل مورد نیاز برای انجام شدن می‌شود و در نتیجه افزایش قیمت‌ها را به دنبال دارد [۲]. آزمایشات ما نیز تمامی خطاهای ذکر شده را شامل می‌شد ولی حداکثر تلاش ممکن برای کمینه کردن آن صورت گرفت.

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله اثر تغییر فشار محفظه احتراق بر روی پارامترهای احتراقی و آلاینده‌ها بررسی شد. دمای دود با افزایش فشار محفظه کاهش می‌یابد و برای مشعل گازوییلی دمای دود در حالت کلی کمتر از مشعل گازی است. مقدار اکسیژن در دو مشعل حول و حوش ۲٪ تا ۴/۵٪ تغییر می‌کند ولی در اکثر جاها برای مشعل گازی بیشتر است. از لحاظ آلاینده‌ها خصوصاً NO_x و SO_2 مشعل‌های گازوییل‌سوز بیشترین مقدار را ایجاد می‌کنند و از لحاظ تولید آلاینده مشعل‌های گازسوز عملکرد بهتری دارند. با افزایش فشار محفظه احتراق CO کاهش و NO_x افزایش می‌یابد. بازده خالص برای مشعل گازسوز و گازوییل‌سوز با افزایش فشار محفظه افزایش می‌یابد و در حالت کلی هم مشعل گازوییل‌سوز بازده خالص کمتری نسبت به نوع گازسوز دارد.

مراجع

۱- مستوفی زاده، محمدعلی، مترجم، "مشعل‌های گازسوز و چگونگی کار آنها"، ۱۳۷۶.

2- Vít Kermes, Petr Beřlhradský, Jaroslav Oral, Petr Stehlík, "Testing of gas and liquid fuel burners for power and process industries", Institute of Process and Environmental Engineering, Faculty of Mechanical Engineering, Brno University of Technology (UPEI VUT), Technická 2, 616 69 Brno, Czech Republic, 2008.

3- Charles E. Baukal, Jr., Ph.D., P.E., "Industrial Burners Handbook", chapter 1, 2003.



FCCI2010-2129

4- Aykan Karademir, "Evaluation of the potential air pollution from fuel combustion in industrial boilers in Kocaeli", Turkey, 2006.

5- G.G. Szegö, B.B. Dally, G.J. Nathan, "Scaling of Nox emissions from a laboratory-scale mild combustion furnace", 2008.

۶- ج. وارناتز، یو. ماس، ر. دلیو دیبل، احتراق، مترجم محمد مقیمان، دانشگاه فردوسی مشهد.

7- Ladislav Bebara, Vit Kermesa, Petr Stehlika, Josef Canekb, Jaroslav Oralc, "Low Nox burners-prediction of emissions concentration based on design, measurements and modeling", 2002

۸- استاندارد ملی شماره ۱-۱۲۲۰، «بخاری گازسوز دودکش دار» مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۷۰.

9- <http://burner.blogfa.com/8705.aspx,8700-8710>