سومین کنفرانس سوخت و احتراق ایران
تهران - دانشگاه صنعتی امیرکبیر - اسفند ماه ۱۳۸۸
انجمن احتراق ایران
دانشگاه صنعتی امیرکبیر
دانشکده مهندسی هوافضا
FCCI2010-2131

بررسی تجربی اثر پایاکننده شعله و قطر اوریفیس نازل سوخت بر ظرفیت حرارتی مشعل گازسوز با توجه به میزان تولید آلایندگی مشعل

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

افزایش ظرفیت مشعل‌ها می‌تواند از طریق تغییرات در اجزای مختلف مشعل صورت گیرد. در این مقاله از دو نوع پایاکننده شعله تخت فابریک و تخت با زاویه های بازتر استفاده شده و برای هرکدام با چهار نازل با قطرهای اوریفیس ۲/۵، ۳، ۳/۵ و ۴ میلیمتر به بررسی پارامترهای احتراقی در ظرفیت حداقل و حداکثر مشعل گازسوز (پروپان) با توجه به میزان تولید آلایندگی آن پرداخته شده است. از آنجا که تست مورد نظر جهت بهبود عملکرد مشعل انجام شد، در نتیجه پایاکننده شعله مناسب و قطر اوریفیس نازل سوخت بهینه برای ظرفیت حداقل و حداکثر مشعل به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: پایاکننده شعله- قطر اوریفیس نازل- مشعل گازسوز- بهینه‌سازی

۱- مقدمه

در جهت بهبود بازده مشعل‌ها مطالعه و بررسی وسیعی صورت گرفته است و اغلب بررسی‌ها به جت جریان متحدالمرکز مضاعف منجر شده است. در چنین آرایشی یک نگهدارنده شعله مثل پایا کننده شعله، به منظور تولید منطقه دوباره گردش که باعث می‌شود دو جریان کاملا مخلوط شوند و واکنش دهند، نیاز است. پس از ایجاد منطقه دوباره گردش، جریان حلقوی یا wake زمان رزیدنس کافی برای گازهای سوخت فراهم می‌کند تا باعث پایداری شعله شود[۱].

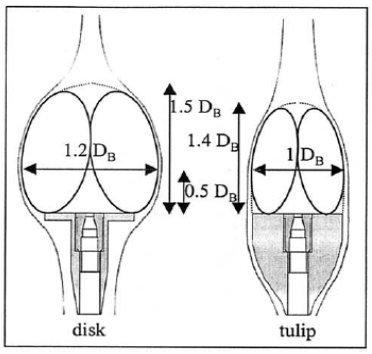
پایا کننده شعله در محفظه های احتراق به کار می‌رود. نگهدارنده‌های شعله اختلاط بهتر بین سوخت و هوارا فراهم می کند و به این وسیله زمان رزیدنس گازهای مخلوط را افزایش می‌دهد که از این طریق باعث افزایش پایداری شعله می‌شود[۲].

تلاش‌های اولیه به منظور بهبود نقش هندسه پایا کننده شعله بر روی منطقه دوباره گردش بر روی شعله های پیش آمیخته بوسیله کوندو در سال ۱۹۸۰ صورت گرفت. او سه نگهدارنده شعله را در آزمایش‌های خود به کار برد: صفحه، گوه و استوانه. نتایج نشان داد که کشش منطقه دوباره گردش که به صورت ماکزیمم مقدار دبی جریان معکوس تعریف شد، بیشترین مقدار را در نمونه صفحه تخت و کمترین مقدار را در نمونه استوانه داشت[۳].

آقای اسکویوا اثر شکل پایا کننده شعله بر روی ساختار شعله‌های غیر پیش آمیخته را بررسی کرد و فرایند پایا سازی را برای دو نوع هندسه نگهدارنده شعله به کار برد. اولین هندسه تخت و دومی لاله‌ای شکل بود.

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

اثر شکل پایا کننده شعله برروی مشخصه جریان حلقوی(wake) در شکل ۱ آمده است[۱].



شکل۱- اثر شکل پایا کننده شعله برروی مشخصه جریان حلقوی[۱].

آقای بوی و همکارش اثر قطر و مکان پایا کننده شعله را در یک مشعل از پیش آمیخته گازسوز بررسی کردند. ماکزیمم دمای شعله زمانی حاصل شد که پایا کننده شعله در نزدیکی سر شعله قرار گرفت[۴].

در این مقاله عملکرد یک مشعل گاز سوز برای دو نوع پایا کننده شعله، تخت فابریک و تخت جدید(با زاویه بازتر)، در قطرهای مختلف نازل اوریفیس سوخت با توجه به میزان استاندارد تولید آلایندگی مورد بررسی قرار گرفته است.

۲- تست تجربی

بویلر مساله حاضر، محفظه استوانه‌ای دو جداره است که در پوسته بیرونی آن آب جریان داشته و باعث خنک‌کاری می-شود و قسمت داخلی آن را محفظه‌احتراق تشکیل می‌دهد. شکل (۲- الف) تجهیزات تست و شکل (۲- ب) مشعل با پایاکننده شعله تخت فابریک را نشان می‌دهد.

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 عمده این مشعل‌ها این است که دامنه وسیعی از ظرفیت‌های حرارتی را پوشش می‌دهند و کنترل آن‌ها دقیق‌تر و سریع‌تر است.

همانطر که در شکل(۲- ب) دیده می‌شود، نازل سوخت مشعل شامل ۸ سوراخ دایروی است که با تغییر نازل به قطرهای اوریفیس ۲/۵، ۳، ۳/۵ و ۴ میلیمتر به بررسی عملکرد مشعل پرداخته می‌شود. همچنین از دو نوع پایا کننده سوخت تخت فابریک با زاویه پره حدود ۱۵ درجه و پایاکننده تختی که پره های آن حدود ۴۵ درجه باز است در تست‌ها استفاده شده است.

سپس از ۴ نازل با قطرهای مختلف اوریفیس استفاده کرده و بالاترین و پایین‌ترین ظرفیت آن را محاسبه کردیم و نحوه عملکرد مشعل و محصولات احتراق مورد بررسی قرار دادیم. ظرفیت حداقل مشعل کمترین دبی سوخت ورودی به مشعل است که میزان آلاینده‌ها از حالت استاندارد بالاتر نرود. ظرفیت حداکثر نیز بالاترین دبی سوخت است که در آن انتشارات آلاینده‌ها از میزان استاندارد تعیین شده برای مشعل بالاتر نرود.

برای هر نازل تنظیمات برای بهترین کیفیت احتراق انجام شد. در ضمن در این مراحل تغییراتی در شعله پخش‌کن ایجاد شد و بهترین حالت احتراق با استفاده از شعله پخش‌کن پره‌های با زاویه بازتر حدود ۴۵ درجه به دست آمد. با نازل با اوریفیس۲/۵ میلیمتر و شعله پخش‌کن جدید بیشترین ظرفیت یعنی ۹۷۰۰۰ کیلوکالری بر ساعت حاصل شد در حالی که حداقل ظرفیت ان نیز از بقیه حالات کمتر بود.

(ب) (الف)

شکل۲- الف:تجهیزات تست ب: مشعل با پایاکننده تخت فابریک

۳- دستگاه تست

دستگاه اندازه‌گیری پارامترهای آزمایش‌ها دستگاه *Testo350XL* ساخت آلمان می‌باشد. سنسور دستگاه در قسمت دودکش قرار می‌گیرد.

دستگاه از قسمت های زیر تشکیل شده است:

۱) واحدکنترل (control unit)

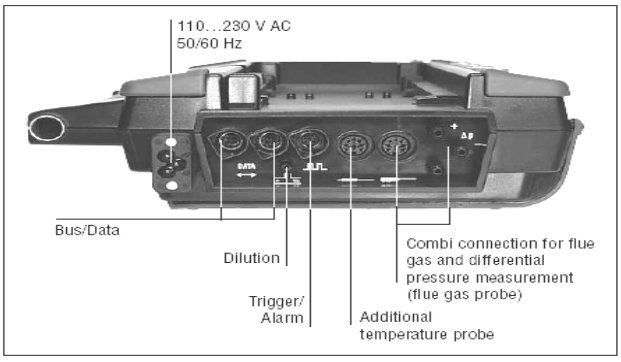
واحد کنترل یک وسیله اندازه‌گیری سبک برای بررسی‌های نقطه‌ای و اندازه گیری‌های در محل می‌باشد. این دستگاه به یک فیش و میله فشار تشخیص‌دهنده مجهز شده است. دامنه وسیعی از میله‌های اندازه‌گیری برای فیش میله جهت اندازه-گیری دما، رطوبت، سرعت، آشفتگی، فشار، دور، جریان و ولتاژ در دسترس هستند.

۲) واقعه نگار (logger)

واقعه نگار مقادیر را حتی وقتی که به واحد کنترل متصل نیست اندازه‌گیری و ذخیره می‌کند. واقعه‌نگار به چهار فیش میله مدرج مجهز شده است. میله‌هایی که می‌تواند با واقعه‌نگار کار کنند عبارتند از: میله‌های دما، سرعت جریان، فشار، رطوبت، مونوکسیدکربن، دی‌اکسیدکربن، کابل های ولتاژ، جریان و دور.

۳) جعبه تحلیل‌کننده (analyser box 350M/XL)

جعبه تحلیل‌کننده شامل سنسورهای گاز، پمپ‌های پاک‌سازی وگاز اندازه‌گیری شده، آماده‌سازی گاز پلتیر، مسیرهای گاز، فیلترها، آدابتور و باتری است. واحد آنالیزور به وسیله واحد کنترل دردسترس است و کنترل می‌شود و از نرم افزار COMFORT3 استفاده می‌کند. این واحد قادر است برنامه‌های اندازه‌گیری را بعد از برنامه‌ریزی توسط واحد کنترل به طور مستقل تحلیل کند.



شکل۳-جعبه تحلیل کننده[۵].

۴) جعبه خروجی آنالوگ (analog output box)

این جعبه برای توزیع سیگنال‌های آنالوگ تا شش کانال اندازه‌گیری در سیستم‌های اندازه‌گیری پیچیده شامل واقعه‌نگارها و جعبه‌های آنالیزگر استفاده می‌شود. برای این، اجزای مختلف باید به خطوط گذر متصل شوند.

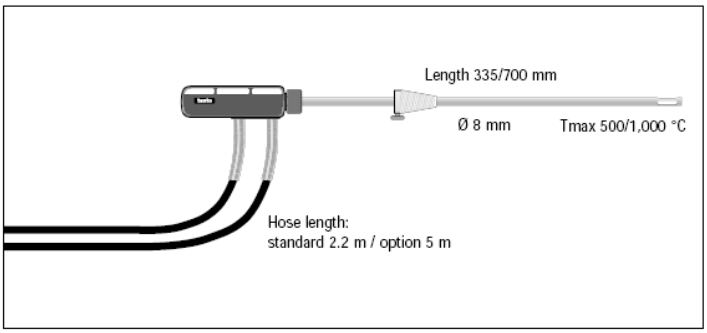
۵) جعبه توان (power box)

در یک ترکیب‌بندی ساده دستگاه شامل واحد کنترل و واقعه‌نگار با میله‌های مختلف، جعبه توان می‌تواند به عنوان یک وسیله ساده توسعه عمر باتری به کار رود.

۶) میله‌های بازرسی HVAC

۷) میله‌های نمونه‌گیری ازگازهای دودکش (flue gas sampling probes)

میله‌ها مجهز به ترموکوپل برای اندازه‌گیری دما هستند. لوله‌های اندازه‌گیری اکسیدهای نیتروژن و دی‌اکسیدگوگرد نیز در این قسمت قرار دارد.



شکل۴- میله نمونه گیری از گازهای دودکش[۵].

۸) متعلقات فرعی دستگاه[۵].

در آزمایش‌های ما این دستگاه موارد زیر رادر گازهای خروجی اندازه‌گیری می‌کند:

اکسیژن به درصد(٪)، دمای دودکش به درجه سانتیگراد (C^0)، مقدار CO به ppm ، مقدار CO_2 به ppm ، هوای اضافه به درصد (٪)، هیدروژن به ppm ، بازده کلی به درصد (EffG٪)، NO_x به ppm ، SO_2 به ppm

دقت دستگاه برای اجزای مختلف در جدول ۱ آمده است.

جدول۱- دقت پارامترهای احتراقی اندازه‌گیری شده توسط دستگاه تست

پارامتر احتراقی	دقت دستگاه
دما	$\pm 0.5\ ^0C$
CO	$\pm 2\,ppm$
CO_2	$\pm 0.8\%$
اکسیژن	$\pm 0.8\%$
NO_x	$\pm 2\,ppm$
SO_2	$\pm 5\,ppm$

مقدار دی‌اکسیدکربن در هر لحظه با رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\text{مقدار } CO_2 : \quad CO_2 = \frac{CO_{2\max} \times (21\% - O_2)}{21\%} \qquad (۱)$$

افت گازهای دودکش بوسیله رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$qA = \left[(FT - AT)\left[\frac{A_2}{(21 - O_2)} + B \right] \right] - KK \quad (۲)$$

21: مقدار اکسیژن هوا

O_2: مقدار اکسیژن اندازه گیری شده

KK: فاکتوری است که مقدارفرمول را در کسرهای دمایی به مقدار منفی تبدیل می کند

اگر فاکتورهای مخصوص سوخت صفر باشند، معادله چنین می‌شود:

$$qA = f \times \frac{(FT - AT)}{CO_2} \quad (۳)$$

CO_2: مقدار دی اکسیدکربن اندازه‌گیری شده

فاکتور هوای اضافه نیز از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$\lambda = \frac{CO_{2\max}}{CO_2} \quad (۴)$$

NO_{surp}: فاکتور اضافی دی اکسید نیتروژن

$CO_{undiluted}$: $CO_{undiluted} = CO \times \lambda$

CO: خوانده می شود

سرعت جریان به دمای دودکش و اختلاف فشار وابسته است:

$$V(m/s) = \frac{575 \times \Delta P \times (FT + 273.15)}{PAbs} \times \alpha \quad (۵)$$

محاسبه دمای نقطه شبنم دود:

$$DpFG = -\frac{Ln[\frac{F_{H20} \times PAbs}{610.78}] \times 234.175}{Ln[\frac{F_{H20} \times PAbs}{610.78}] - 17.08085} \quad (۶)$$

F_{H20}: فاکتور بخار وابسته به سوخت

بازده خالص افت‌های آب سوخت را در نظر نمی‌گیرد و بنابراین مقادیر آن همواره بزرگتر از بازده ناخالص است[۵].

Eff.net.:

$$Effn = 100 - [[\frac{K_{net} \times (FT - AT)}{CO_2}] + [\frac{X \times (210 + 2.1 \times FT - 4.2 \times AT)}{Q_{gr} \times 1000}] + [\frac{K_1 \times Q_{gr} \times CO}{Q_{net} \times CO_2 + CO}]] \quad (۷)$$

$X = MH_2O + 9 \times H$

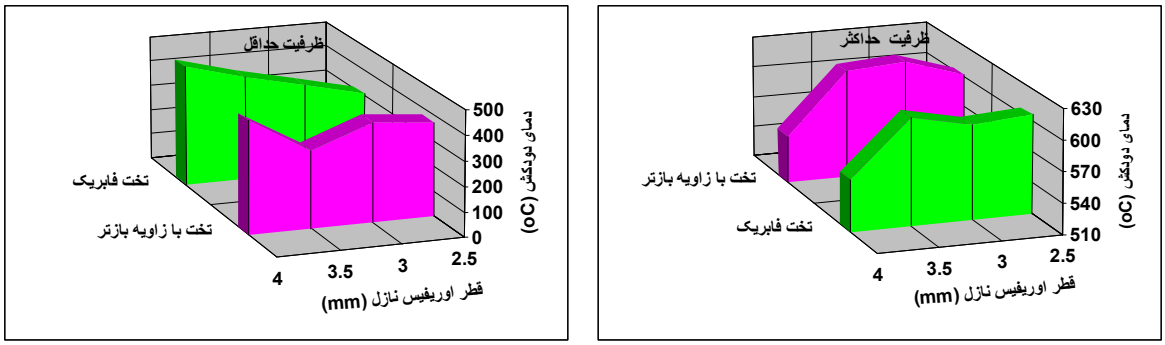
$K_{gr}, K_{net}, K_1, Q_{net}, Q_{gr}$: فاکتورهای مخصوص سوخت

۴- نتایج و توضیح

با توجه به نمودار مربوط به دمای دودکش مشخص می‌شود در ظرفیت حداکثر قطر ۳/۵ میلیمتر بیشترین مقدار را داشت. اگر به میزان انتشارات آلاینده ها در قطر ۴ میلیمتر اوریفیس نازل نگاه کنیم می‌بینیم این قطر با توجه به اینکه بالاترین دمای گازهای خروجی را دارد می تواند قطر بهینه ای در ظرفیت حداکثر باشد. در این ظرفیت پخش کننده شعله فابریک و

تخت با زاویه باز عملکرد تقریبا مشابهی دارند ولی با دقت در میزان آلایندگی آن‌ها ، شعله پخش کن تخت فابریک مناسب‌تر به نظر می‌رسد. در ظرفیت حداقل بالاترین دما برای قطر اوریفیس نازل ۴ میلیمتر به دست آمد و برای شعله پخش کن تخت فابریک بیشتر بود.

در ظرفیت حداقل میزان آلاینده‌ها در قطر ۳/۵ میلیمتر به طور کلی کمترین مقدار را دارد و به نظر می‌رسد قطری بهینه است. شعله پخش کن مناسب این ظرفیت نیز همان شعله پخش کن تخت فابریک است که میزان آلایندگی کلی آن کمتر است. اما ما روشی را برای تعیین شعله پخش کن و قطر اوریفیس نازل سوخت بهینه ارایه می‌کنیم و با توجه به آن ، انتخاب بهینه را صورت می‌دهیم.

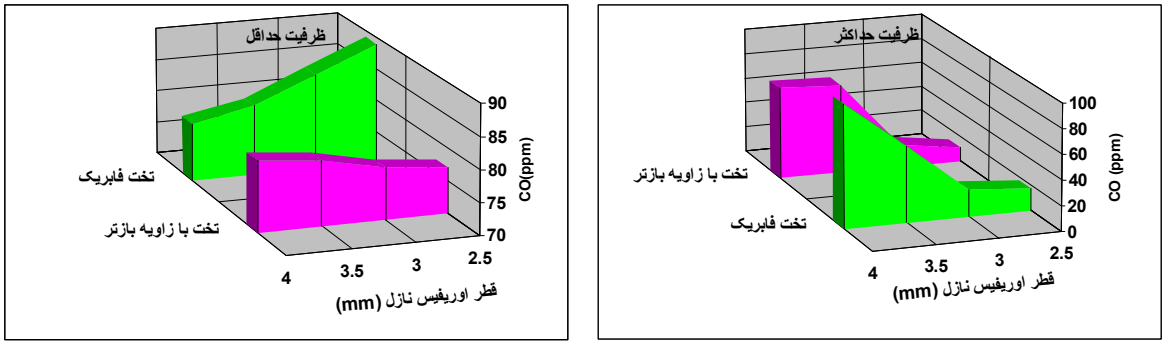


(الف) (ب)

شکل۵- تغییرات دمای دودکش با تغییر قطر اوریفیس نازل سوخت و نوع پایا کننده شعله الف:ظرفیت حداکثر ب:ظرفیت حداقل

مقدار CO در ظرفیت حداکثر برای هر دو نوع پایا کننده با افزایش قطر اوریفیس نازل سوخت افزایش می‌یابد. در ظرفیت حداقل، زمانی که پایاکننده شعله تخت به کار رفته با افزایش قطر اوریفیس نازل سوخت، میزان نشر CO کاهش می‌یابد ولی هنگامی که پایاکننده شعله تخت با زاویه باز استفاده می‌شود، روال افزایشی است.

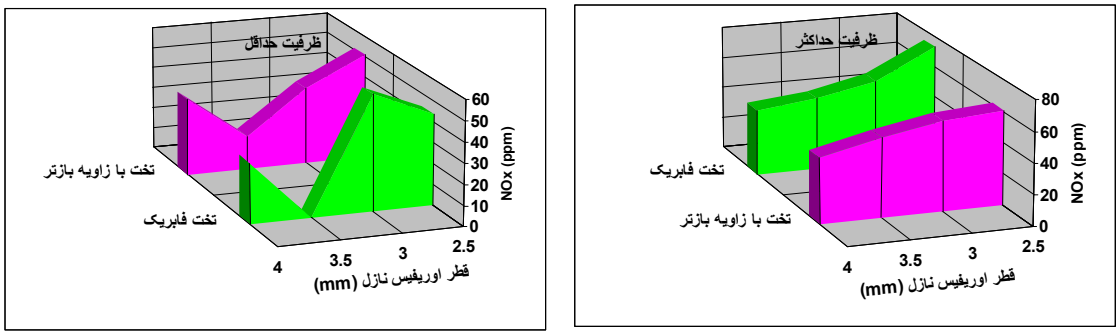
در بیان علت نحوه تغییرات به طور کلی، باید گفته شود که در قطرهای مختلف نازل سوخت، اختلاط سوخت و هوا دستخوش تغییر می شود و در نتیجه نتایج متفاوتی را در حالت‌هی مختلف، رقم می‌زند. در مشعل مورد تست، سوخت به صورت شعاعی و هوا در جهت عمود بر آن (محوری) با هم برخورد و مخلوط می‌شوند. بزرگتر شدن نازل سوخت باعث احتراق ناقص در ظرفیت حداکثر مشعل شده و با افزایش قطر اوریفیس نازل مقدار CO افزایش یافته است.



(الف) (ب)

شکل۶- تغییرات CO با تغییر قطر اوریفیس نازل سوخت و نوع پایا کننده شعله الف:ظرفیت حداکثر ب:ظرفیت حداقل

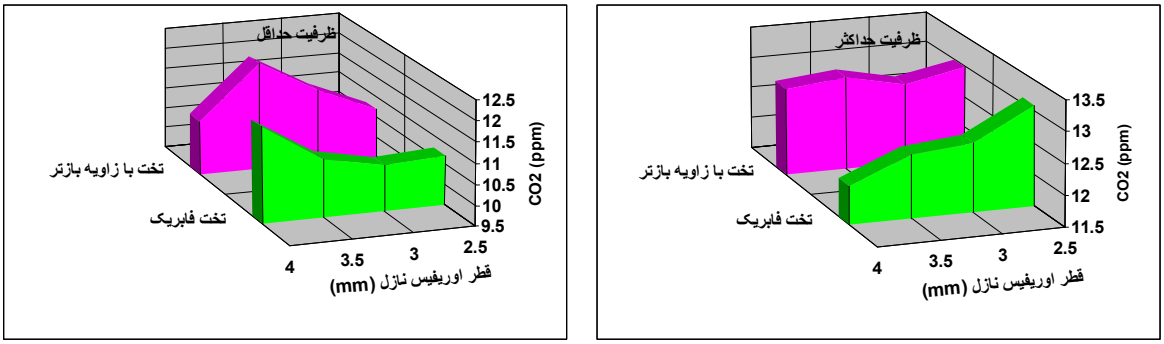
اکسیدهای نیتروژن در ظرفیت حداقل و برای هر دو نوع پایاکننده در قطر ۳/۵ میلیمتر کمترین مقدار را دارد و بیشترین میزان نشر نیز در ظرفیت حداکثر و قطر اوریفیس نازل سوخت ۲/۵ میلیمتر به دست آمد. در بیان دلایل چگونگی تغییرات NO_x به چند نکته دقت شود. ۱- در نقاط داغ (Hot spot) مولکول نیتروژن به اتم نیتروژن تجزیه می‌شود. ۲- در صورت وجود رادیکال N و O و زمان کافی، NO و بعد از آن NO_2 بوجود می‌اید که جمع آنها را NO_x می‌گوییم. ۳- افزایش هوای اضافی اگر به معنای اضافه آمدن هوا در واکنش باشد باعث کاهش NO_x می شود چون باعث کاهش میزان نقاط داغ می‌شود.



(ب) (الف)

شکل۷- تغییرات NO_x با تغییر قطر اوریفیس نازل سوخت و نوع پایا کننده شعله الف:ظرفیت حداکثر ب:ظرفیت حداقل

کمترین میزان دی‌اکسید کربن مربوط به ظرفیت حداقل و قطر اوریفیس نازل سوخت ۲/۵ میلیمتر و بیشترین مقدار آن مربوط به ظرفیت حداکثر و همان قطر ۲/۵ میلیمتر است. هرچه احتراق کاملتر صورت گیرد میزان CO_2 بیشتر و مقدار CO کاهش می‌یابد و یکی از مهمترین عوامل موثر بر کاملتر شدن احتراق، اختلاط بهتر سوخت و هواست. پایاکننده سوخت نیز ضمن تاثیر بر اختلاط سوخت و هوا ، زمان رزیدنس مخلوط را تغییر می‌دهد.

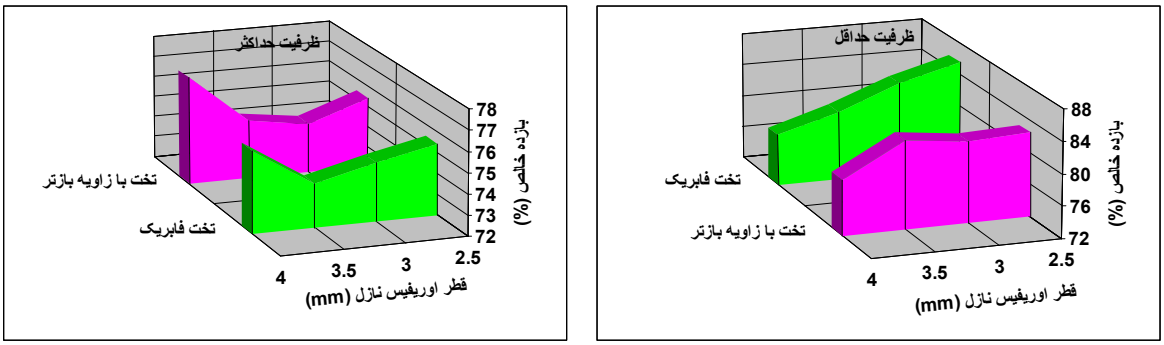


(ب) (الف)

شکل۸- تغییرات CO_2 با تغییر قطر اوریفیس نازل سوخت و نوع پایا کننده شعله الف:ظرفیت حداکثر ب:ظرفیت حداقل

بازده خالص نیز بیشترین مقدار را در قطر اوریفیس نازل ۴ میلیمتر در ظرفیت حداکثر دارد و کمترین مقدار آن در این ظرفیت مربوط به قطر ۳/۵ میلیمتر است. درظرفیت حداقل نیز بیشترین بازده مربوط به پایاکننده شعله تخت فابریک و قطر ۲/۵ میلیمتر اوریفیس نازل سوخت بود.

همانطور که از رابطه مربوط به بازده خالص بر می‌آید، بازده خالص به دما و اجزای حاصل از احتراق وابسته است و تغییرات آن به تغییر دمای دودکش، مقدار CO و CO_2 وابسته است.



(ب) (الف)

شکل۹- تغییرات بازده خالص با تغییر قطر اوریفیس نازل سوخت و نوع پایا کننده شعله الف:ظرفیت حداقل ب:ظرفیت حداکثر

از آنجا که حرارت تولیدی در محفظه احتراق در داخل محفظه مصرف نشده و مستقیما از دودکش خارج می‌شود لذا هرچه میزان دمای خروجی بالاتر باشد بازده احتراقی بالاتر است. اما از آنجا که میزان آلاینده‌ها نیز مهم است، رابطه زیر را برای تعیین نقطه بهینه عملکرد بیان می‌کنیم:

$$\Re = \sum_{i=1}^{n} T_i \times \left[\frac{\alpha}{(CO)_i} + \frac{\beta}{(NO_x)_i} \right] \qquad (۸)$$

در این رابطه مقدار α و β بسته به میزان تاثیر نوع آلاینده تعیین می‌شود. جایی که مقدار $\Re$ ماکزیمم شود به عنوان نقطه بهینه انتخاب می‌شود. اگر مقادیر α و β را برابر ۱ بگیریم، برای ظرفیت حداقل مقادیر $\Re$ در جدول ۲ آمده است.

جدول۲- مقادیر $\Re$ در ظرفیت حداقل

نوع پایا کننده	$\Re$			
	$D_1 = 2.5mm$	$D_2 = 3mm$	$D_3 = 3.5mm$	$D_4 = 4mm$
تخت فابریک	19.705	18.83	54.35	34.34
تخت با زاویه باز	21.02	26.67	43.58	28.37

همانطور که مشاهده می‌شود بیشترین مقدار $\Re$ مربوط به قطر اوریفیس نازل ۳/۵ میلیمتر است و برای پایا کننده شعله تخت فابریک بیشتر است. برای ظرفیت حداکثر نیز نتایج در جدول ۳ آمده است.

جدول۳- مقادیر $\Re$ در ظرفیت حداکثر

نوع پایا کننده	$\Re$			
	$D_1 = 2.5mm$	$D_2 = 3mm$	$D_3 = 3.5mm$	$D_4 = 4mm$
تخت فابریک	63.75	57.86	34.06	28.43
تخت با زاویه باز	93.83	64.98	29.93	31.1

در ظرفیت حداکثر بیشترین مقادیر $\Re$ مربوط به قطر اوریفیس نازل ۲/۵ میلیمتر است و برای پایاکننده تخت با زاویه باز بیشتر است. لذا این قطر و نوع پایاکننده در ظرفیت حداکثر انتخابی بهینه است.

مقدار α و β بر اساس میزان تاثیر آلاینده انتخاب می‌شود به طوریکه اگر اثر نشر NO_x برای ما مهمتر باشد ضریب β را بزرگتر در نظر می‌گیریم و بالعکس.

۵- آنالیز خطا

همه داده‌های تجربی و نتایج مدل‌سازی محاسباتی همیشه شامل بعضی خطاهای تصادفی یا اصولی یا هردو باهم هستند. بنابراین تحلیل خطای آزمایشی مستلزم بررسی جزیی 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.

خطاهای نصب – خطاهایی که به خاطر نصب نامناسب وسیله اندازه‌گیری ، مطابقت نداشتن رویه‌های داده شده بوسیله فروشنده‌ها (مثلا 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 گردکردن مقادیر خصوصیات فیزیکی روی می‌دهد.

خطاهای به خاطرکاربرها به خطاهای مشاهده و خطاهای مربوط به مدل‌سازی آماری تقسیم می‌شود که به کیفیت داده های 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 نابجای 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 قیمت ها را به دنبال دارد [۶]. آزمایشات ما نیز تمامی خطاهای ذکر شده را شامل می‌شد ولی حداکثر تلاش ممکن برای کمینه کردن آن صورت گرفت.

۶- نتیجه‌گیری

اثر هندسه پایاکننده شعله و قطر اوریفیس نازل سوخت روی عملکرد مشعل بررسی شد. قطرهای مختلف اوریفیس نازل سوخت منجر به اختلاطهای متفاوت سوخت و هوا می‌شود و در نتیجه منجر به تولید حرارت و نشر متفاوتی از آلاینده‌ها می‌شود. نوع پایا کننده شعله نیز بر روی خصوصیات شعله نظیر شکل و طول آن تاثیر می‌گذارد و در نتیجه بر کارایی حرارتی مشعل و تولید آلاینده‌ها تاثیر مستقیم می‌گذارد. با توجه به نتایج حاصل از توزیع دما و آلاینده‌ها و نیز بازده‌ها به نظر می‌رسد در ظرفیت حداقل، قطر ۳/۵ میلیمتر قطر بهینه نازل سوخت و پایاکننده تخت فابریک مناسب باشد. در ظرفیت حداکثر مشعل نیز قطر ۲/۵ میلیمتر و پایاکننده تخت با زاویه بازتر به عنوان انتخاب بهینه، مطلوب به نظر می‌رسد.

مراجع

1- I. Esquiva, H. T. Nguyen, and D. Escudie," *Influence of a Bluff-Body's Shape on the Stabilization,Regime of Non-Premixed Flames*",Laboratoire de Me´canique des Fluides et d'Acoustique/UMR CNRS 5509, Ecole Centrale de Lyon ,2004.

2- P. Kumar, D.P. Mishra "*Effects of flame holder shape on LPG–H2 jet diffusion flame*", Combustion Lab, Department of Aerospace Engineering, Indian Institute of Technology, Kanpur 208016, India,2008.

3- Kundu, K. M., Banerjee, D., and Bhaduri ,"*Mathematical modelling of flows in bluff-body flame stabilizers*", Power 102:209–214 , (1980).

4- P.R. Bhoi, S.A. Channiwala, "*Optimization of producer gas fired premixed burner*", Main Plant System, Mechanical Department, Energy Centre India, Department of Mechanical Engineering, Sardar Vallabhbhai National Institute of Technology, Deemed University, Surat 395 007, Gujarat, India,2007

5- testo 350XL catalog.

6- Vı´t Kermes, Petr Be˘lohradsky´, Jaroslav Oral, Petr Stehlı´k , "*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), Technicka´ 2, 616 69 Brno, Czech Republic،2008.