

## بررسی تأثیر تغییر پارامترهای برنر بر روی عملکرد بخاری‌های دودکشدار

مهدی بیدآبادی<sup>۱</sup>، محمد صدیقی<sup>۲</sup>، مهرداد شیرازی<sup>۳</sup>

دانشگاه علم و صنعت تهران، دانشکده مکانیک، آزمایشگاه تحقیقاتی سوخت و احتراق  
bidabadi@iust.ac.ir

### چکیده

این تحقیق بر پایه استخراج نتایج عددی که به کمک نرم افزار و مقایسه با نتایج تجربی که براساس آزمایش های ذکر شده صورت پذیرفت بدست آمده که در آن میزان درصد اکسیژن در مخلوط و در نتیجه هوای اولیه را هدف قرار داده و تأثیر پارامترهایی از قبیل تغییر قطر سوراخ اریفیس از 0/5 میلی متر تا 3 میلی متر جمعاً 4 اریفیس با قطرهای مختلف و نیز تغییر محل اریفیس که در 6 صفحه موازی با فواصل یک میلیمتر طراحی شده بودند و تغییر سرعت ورودی سوخت از اریفیس به داخل برنر انجام شد که نتایج عددی و تجربی حاصل نشان داد که تغییر طولی محل اریفیس تأثیر چندانی در درصد اکسیژن در مخلوط سوخت و هوا ندارد ولی با افزایش سرعت تا حدود 85 متر برثانیه، میزان درصد اکسیژن افزایش یافته و در اثر افزایش قطر اریفیس درصد اکسیژن کاهش می یابد و این دو پارامتر با هم نسبت عکس دارند.

واژه‌های کلیدی: برنر- ونتوری- اریفیس - کشک - هوای اولیه

### 1- مقدمه

امروزه با توجه به نیاز مبرم بشر به بهره گیری از انرژیهای حاصل از مصرف سوخت و در نظر گرفتن محدودیت منابع تأمین کننده این سوخت ها در سرتاسر دنیا به اهمیت درست استفاده کردن از این منابع ارزشمند می توان پی برد [1]. امروزه از انرژی به عنوان یک پارامتر استراتژیک در عرصه روابط جهانی نام برده می شود و همانطور که اشاره شد محدودیت منابع سوخت های فسیلی به عنوان اصلی ترین ذخایر مصرف انرژی، تجمع این منابع در نقاط خاصی از جهان، زیر ساخت های پر هزینه سایر صورتهای انرژی، عدم دسترسی فراگیر به انرژی اتمی و رویکرد صنعتی کشورهای در حال توسعه، هر روز بر اهمیت این پارامتر می افزاید. کشورها می کوشند با مطالعه و تحقیق در بخش های تبدیل و مصرف انرژی، با افزایش راندمان تبدیل انرژی، حداکثر میزان انرژی مورد نیاز خود را تولید نمایند و با بهینه نمودن مصرف انرژی در کاهش هزینه های استخراج و تبدیل نیز صرفه جویی نمایند. در کشور ما بهینه نمودن مصرف انرژی می تواند ضمن حفظ ذخایر عظیم برای نسل های بعد، میزان آلودگی محیط زیست را که نتیجه عملکرد نسل حاضر می باشد را کاهش دهد. در سال های اخیر با واقعی شدن نرخ سوخت های فسیلی اهمیت اقتصادی این مسئله نمود بیشتری یافته و به نظر می رسد با بسترسازی مناسب در عرصه فرهنگ عامه می توان به رشد بالایی در نرخ بهینه سازی مصرف انرژی دست یافت [2]

در حال حاضر بخاری ها و شومینه های گازسوز بخش عمده ای از نیازهای حرارتی فضاهای بسته ای از قبیل اتاق ها و سالن ها را تأمین می نمایند. با دقت در آمار و ارقام تولید بخاری و شومینه و همچنین میزان مصرف خانگی سوخت گاز طبیعی در ایران

<sup>1</sup> - استادیار دانشکده مکانیک

<sup>2</sup> - استادیار دانشکده هوافضا

<sup>3</sup> - دانشجوی ارشد مکانیک

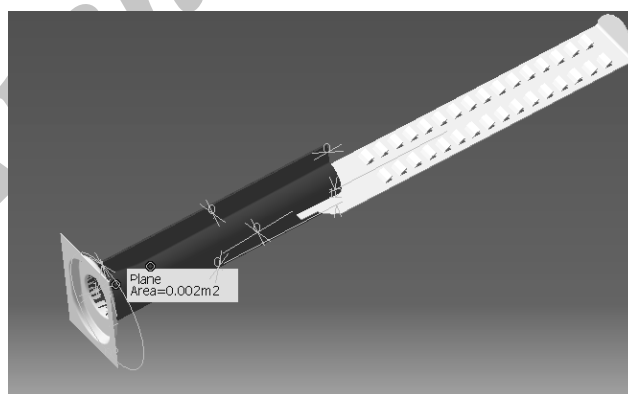
می توان بخوبی دریافت که بهینه نمودن مصرف سوخت در این قبیل وسایل هر چند به میزان اندک به دلیل تعداد بسیار استفاده کنندگان از این گونه وسایل می تواند به درصد قابل توجهی صرفه جویی هزینه و سوخت منجر گردد در حال حاضر یکی از مباحثی که بسیار مدنظر کارشناسان و مهندسان قرار گرفته ایجاد تغییراتی در ساختار بخاری ها است تا در نتیجه هم در مصرف انرژی صرفه جویی انجام پذیرد و راندمان دستگاه نیز افزایش یابد [3]. خوشبختانه کشور ایران با در دست داشتن منابع فراوان گازی از این امکان برخوردار است [4]. که از این منابع گازی به عنوان مهم ترین و پرکاربردترین سوخت مورد نیاز وسایل بهره گیری نموده ولی در ضمن استفاده درست و بهینه از این منابع محدود امری امکان ناپذیر است که می بایست با ارائه راهکارهایی در زمینه بهینه سازی مصرف سوخت مدنظر قرار گیرد از آنجا که آلودگیهای حاصل از احتراق سوختها موجب آلودگی محیط زیست و در نتیجه ضرر و زیان به انسانهایی که از این محیط بهره می گیرند نتیجتاً کاهش آلایندههای حاصل از این سوختها نیز امری مهم و حیاتی محسوب می گردد. از آنجا که بخاریهای دودکش دار گازی یکی از وسایلی است که در منازل کاربرد فراوانی دارد اگر بتوان سوخت بخاری را به مقدار کمی کاهش داد (یا راندمان آن را بالا برد) با توجه به تعداد بسیار زیاد این وسایل در سطح کشور می توان انتظار داشت که میزان زیادی در سال، در مصرف گاز صرفه جویی شود.

بنابراین در این تحقیق سعی بر این است که با کمک نرم افزار فلونت<sup>1</sup> و گمبیت<sup>2</sup>، مدلی از مشعل های اتمسفریک را ارائه دهیم تا ضمن مشخص نمودن معایب مشعلها با ارائه راهکارهایی این معایب را کم کنیم. برای این منظور ابتدا توسط نرم افزار گمبیت مدلی از مشعل را ایجاد کرده و با سلول بندی مناسبی، مدل را در فلونت باز خوانی کرده. با توجه به نتایج تجربی در مورد مدل فوق و پس از مطابقت مدل اولیه با نمونه واقعی به تغییر پارامترها و اثرات هر یک از این تغییرات پرداخته می شود.

## 2- مراحل انجام کار

### 2-1- انتخاب برنر مدل

برنر یک مدل بخاری پر کاربرد به عنوان مدل اصلی انتخاب گردید ابعاد دقیق هر قسمت از آن به تفکیک مشخص گردید و اجزای درونی آن که در شکل (1) مشاهده می شوند از طریق نرم افزار Catia طراحی گردید.

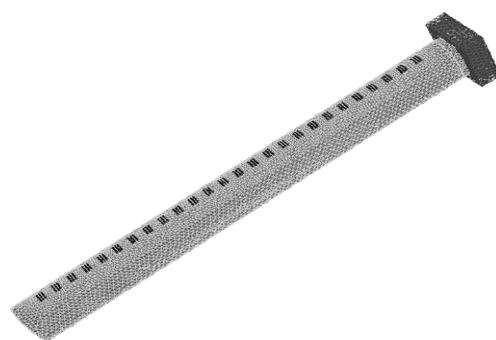


شکل 1- اجزای درونی برنر شامل ونتوری و کفشک

بدنه خارجی برنر نیز همانگونه که در شکل (2) مشاهده می گردد توسط نرم افزار Gambit طراحی گردید.

<sup>1</sup>.Fluent

<sup>2</sup>.Gambit



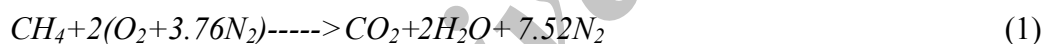
شکل 2 - بدنه خارجی برنر

### 3- آزمایشات انجام گرفته بر روی برنر

جهت بدست آوردن معیاری برای مقایسه نتایج عددی نیاز به آزمایش تجربی و نتایج حاصل از آن بود لذا آزمایشهایی در 3 بخش انجام گرفت.

#### 1-3- تست اختلاط هوای اولیه و سوخت در قسمت انتهایی و میانی و ابتدایی برنر

برای انجام آزمایش مذکور از یک دستگاه آنالایزر گاز مدل 350X ساخت شرکت فستو آلمان در آزمایشگاه تحقیقات سوخت و احتراق دانشگاه علم و صنعت استفاده کردیم برای این منظور به وسیله قرار دادن لوله ای نازک در داخل برنر در این سه منطقه و قرار دادن دستگاه آنالیزور در انتهای لوله و اندازه گیری در صد هریک از گازها در اختلاط مزبور و تعیین میزان اکسیژن و در نتیجه درصد هوای اولیه انجام گرفت .



$$\text{درصد اکسیژن} = \frac{X}{1+4.76X} \quad (3)$$

$$\text{درصد هوای اولیه} = \frac{X}{2} \quad (4)$$

با توجه به روابط فوق همانگونه که مشخص است با اندازه گیری درصد اکسیژن می توان میزان هوای اولیه را مشخص نمود در نتیجه درصد اکسیژن می تواند معیار مناسبی برای بررسی نتایج باشد [5]

#### 3-1-1- تست انجام شده در انتهای برنر

این آزمایش با قراردادن دستگاه اندازه گیری در انتهای لوله برنر و در مجاورت و نتوری انجام پذیرفت و نتایج زیر حاصل گردید.

جدول 1 - نتایج بدست آمده از میانمایی اعداد حاصل از تست در انتهای برنر

SO2	NOx	T	NO2	NO	CO2	CO	O2	
ppm	ppm	c	Ppm	ppm	%	ppm	%	واحد
0	0	20/9	0	0	1/83	0	17/77	میانگین

#### 3-1-2- تست انجام شده در وسط برنر

این آزمایش با قراردادن دستگاه اندازه گیری در قسمت میانی لوله برنر انجام پذیرفت و نتایج زیر حاصل گردید.

جدول 2 - نتایج بدست آمده از میانبایی اعداد حاصل از تست در وسط برنر

SO2	NOx	T	NO2	NO	CO2	CO	O2	
ppm	ppm	c	Ppm	ppm	%	ppm	%	واحد
0	0	21/3	0	0	1/68	1	18/04	میانگین

### 3-1-3- تست انجام شده در ابتدای برنر

این آزمایش با قراردادن دستگاه اندازه گیری در ابتدای لوله برنر انجام پذیرفت و نتایج زیر حاصل گردید.

جدول 3 - نتایج بدست آمده از میانبایی اعداد حاصل از تست در ابتدای برنر

SO2	NOx	T	NO2	NO	CO2	CO	O2	
ppm	ppm	c	Ppm	ppm	%	ppm	%	واحد
0	0	21/4	0	0	1/74	0	17/93	میانگین

با مشاهده میزان درصدهای O<sub>2</sub> در ترکیبها و درصد هوای اولیه و نزدیکی این اعداد 17/77 و 18/04 و 17/93 درصد اکسیژن می توان نتیجه گیری کرد که میزان اختلاط در تمام نقاط برنر تقریباً یکسان انجام می گیرد.

### 3-2- تست انجام گرفته در اداره استاندارد بر روی برنر مورد نظر

در نتیجه آزمایشی که در اداره استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران بر روی برنر مورد تحقیق صورت پذیرفت میزان فشار گاز و درجه حرارت گاز و حداقل دبی مصرفی و حداکثر دبی در حالت شیر کاملاً باز در برنر مذکور توسط دستگاههای اندازه گیری و کنتور مخصوص بدست آمد.

جدول 4 - نتایج بدست آمده از تست انجام گرفته در اداره استاندارد

حالت حد اکثر	حالت حد اقل	واحد	
212	186	mmWG	فشار گاز در کنتور
21	30/5	C	درجه حرارت گاز در کنتور
87/6	86/7	KPa	فشار بارومتریک
964/11	314/09	Lit / h	دبی گاز مصرفی
178	178	mmWG	فشار تزریق
25/75	25/2	C	متوسط درجه حرارت محیط

### 3-3- تست درصد هوای اولیه در حالت حداقل و حداکثر دبی

تست مزبور بدین دلیل صورت گرفت تا که با مشخص بودن دبی و سطح مقطع اوریفیس مورد آزمایش که قطر آن 2 میلیمتر است و در نتیجه مشخص بودن سرعت ورودی گاز از اوریفیس به برنر بتوان به معیار مناسبی جهت مقایسه نتایج عددی و تجربی و مشخص نمودن میزان درصد اکسیژن و در نتیجه هوای اولیه مختلط با گاز رسید. نتایج مذکور در حالت حداقل و حداکثر دبی انجام گرفت در این حالت وسیله اندازه گیری در داخل برنر قرار گرفته و مستقیماً نتایج برداشت شد.

### 3-3-1- در حالت حد اقل دبی (314/09 لیتر بر ساعت)

در تست مورد نظر نتایج ذیل حاصل گردید.

جدول 5 - نتایج بدست آمده از تست برنر در حالت حداقل دبی

SO2	NOx	T	NO2	NO	CO2	CO	O2	
ppm	ppm	c	Ppm	ppm	%	ppm	%	واحد
0	0	96/6	0/3	0	2/20	0	17/11	میانگین

### 3-3-2 - در حالت حد اکثر دبی (964/11 لیتر بر ساعت)

در تست مورد نظر نتایج ذیل حاصل گردید.

جدول 6 - نتایج بدست آمده از تست برنر در حالت حداکثر دبی

SO2	NOx	T	NO2	NO	CO2	CO	O2	
ppm	ppm	c	Ppm	ppm	%	ppm	%	واحد
0	0	95/1	0/2	0	1/97	0	17/52	میانگین

میانگین درصد اکسیژن در حالت مینیمم دبی 17/11 درصد و در حالت ماکزیمم دبی 17/52 به دست آمد.

### 4 - مدل سازی برنر و حل عددی

با انتخاب یک مدل برنر، مدل سازی به کمک نرم افزار GAMBIT (شکل 3)، مش بندی طرح مدل شده (شکل 4)، قرارداد شرایط برای این نرم افزار، تحلیل صورت گرفت که مراحل انجام گرفته به اختصار توضیح داده می شود. در نرم افزار GAMBIT با ابعاد برداری دقیقی که از برنر مذکور و اجزای داخلی آن صورت گرفت، مدل مورد نظر ساخته شده و سپس با دقت بالا قسمتهای مختلف مش بندی گردید به شکلی که نسبت بین اضلاع از 8 تجاوز نکرد بعد از این مرحله می بایست شرایط مرزی مناسب و نوع حل و مدل توربولانسی را برای قسمتهای مختلف در نظر گرفت و با توجه به این که بررسی های انجام گرفته قبل از انجام عمل احتراق است تعیین مدل احتراقی و تشعشعی ضرورتی ندارد.

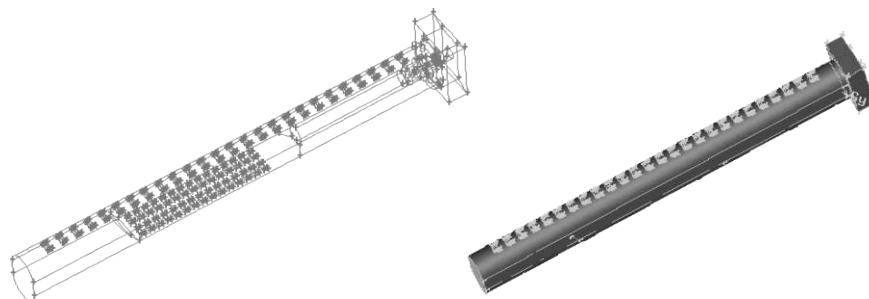
#### 4-1- تنظیم شرایط مرزی

- 1- برای سطح خروجی اوریفیس و در واقع سطح ورودی گاز به حجم کنترل مفروض از شرط مرزی Velocity inlet استفاده می شود.
- 2- قسمتهای اطراف سوراخ اوریفیس را با توجه به ابعاد بزرگ آن نسبت به دهانه ورودی می توان شرط مرزی فشار ورودی Pressure Inlet قرار داد. این شرط عموماً زمانی بکار می رود که فشار ورودی معلوم باشد اما میزان جریان یا سرعت آن معلوم نیست. در این مورد با توجه به نکته مذکور می توان فشار ورودی را فشار هوای اطراف در نظر گرفت.
- 3- بر روی دهانه خروجی و نتوری هم می توان از شرط مرزی Pressure outlet استفاده کرد.
- 4- سایر مرزهای حجم کنترل تحت عنوان شرط مرزی wall با فرض عدم لغزش تعریف شده اند.
- 5- صفحه میانی که به وسیله آن کل حجم به دو بخش به منظور تحلیل آسانتر تقسیم گردید، به عنوان سیمتری در نظر گرفته می شود.

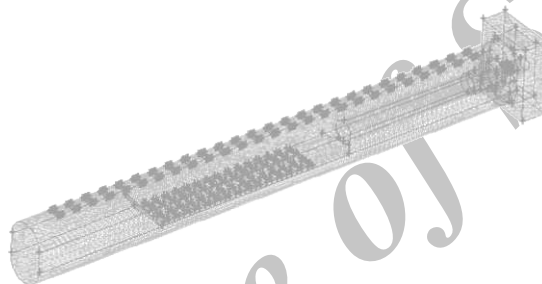
#### 4-2- تعیین مدل توربولانسی

نوع حل را Segregated قرار داده که این روش با توجه به سرعت سیال در داخل سیستم  $Ma < 0/3$  در نظر گرفته می شود زیرا در این روش شبکه ها به صورت مجموعه مجموعه در نظر گرفته شده و به حجم ارتباط داده می شوند و اطلاعات مورد نیاز را هر شبکه، از شبکه های قبلی استخراج می کند.

شرایط را Steady فرض شده و نوع حل  $k-\epsilon$  در نظر گرفته می شود و شرایط استاندارد به خاطر رینولدز بالا مورد نظر قرار می گیرد بعد از کامل کردن شرایط در FLUENT تحلیل مدل فوق صورت می گیرد.



شکل 3- ژئومتری مساله در نرم افزار Gambit



شکل 4- مش بندی کامل برنر

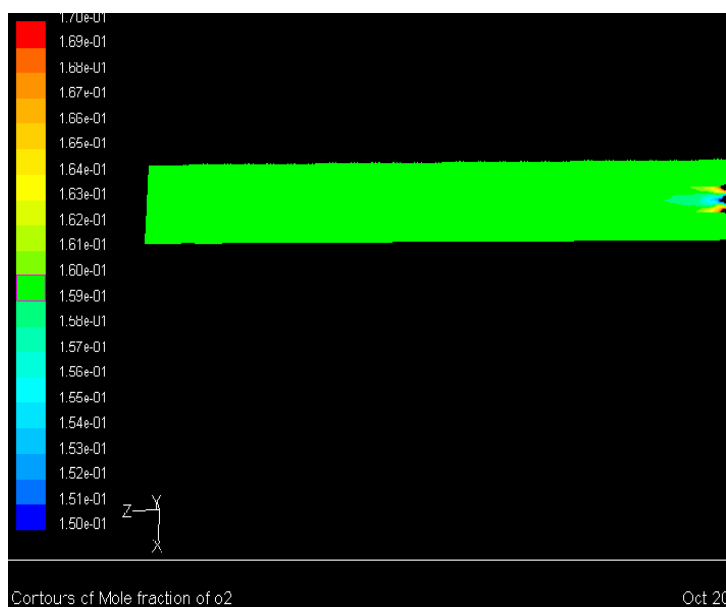
از آنجا که می دانیم برای گاز شهری در اکثر شرایط کاری بهترین رنج هوای اولیه 48 درصد هوای تئوری می باشد [6] و میزان اکسیژن موجود در ترکیب سوخت و هوا قابل اندازه گیری است و درصد اکسیژن مستقیماً با میزان هوای اولیه متناسب است در نتیجه با اندازه گیری میزان اکسیژن معیار مناسبی جهت افزایش یا کاهش راندمان دستگاه حاصل می شود هدف این مقاله تغییر پارامترهای مختلف در اجزای داخلی برنر به منظور افزایش اکسیژن و در نتیجه افزایش هوای اولیه و بدست آمدن اختلاط بهتری بین سوخت و هوای اولیه است.

## 5- ایجاد تغییرات در پارامترهای مدل

در اینجا 3 تغییر در برنر را مورد بررسی قرار می دهیم.

- 1- تغییر قطر سوراخ اریفیس: بدین منظور ما 4 اریفیس با قطرهای 0/5 میلی متر و 1 میلی متر و 2 میلی متر و 3 میلی متر طراحی کردیم .
- 2- تغییر محل سوراخ اریفیس: بدین منظور ما 6 صفحه مختلف را با فواصل 1 میلی متر نسبت به یکدیگر طراحی کرده و در هر صفحه 4 اریفیس با قطرهای مختلف از 0/5 تا 3 میلی متر را ایجاد نمودیم. جمعاً 24 اریفیس با قطرهای مختلف و در فواصل مختلف نسبت به و نتوری ایجاد گردید.
- 3- تغییر سرعت گاز ورودی از سوراخ اریفیس بدین منظور سرعت از سوراخ اریفیس را از 20 متر بر ثانیه تا 120 متر بر ثانیه با افزایش 10 متر بر ثانیه در هر مرتبه مورد تحلیل قرار دادیم.

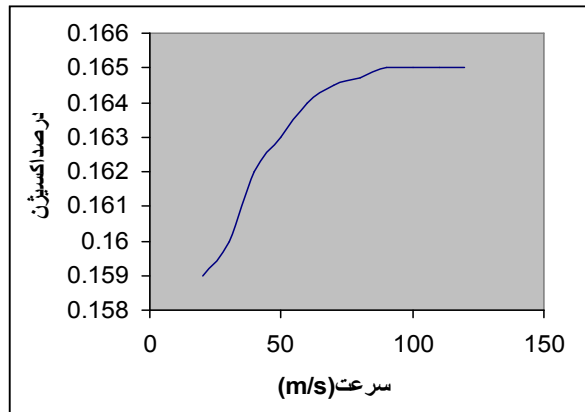
بعد از اعمال تغییرات و حل مدل توسط نرم افزار FLUENT نتایج در این نرم افزار قابل برداشت شد و از آنجا که درصد اکسیژن را بعنوان معیار اصلی بررسی نتایج مورد استفاده قرار می گیرد و میزان اختلاط بین سوخت و هوا در تصاویر این نرم افزار قابل رویت است لذا در شکل (5) یک نمونه از تصاویر میزان همگنی اختلاط سوخت و هوا و درصد اکسیژن در برنر با اریفیس و سرعت مشخص نشان داده شده است.



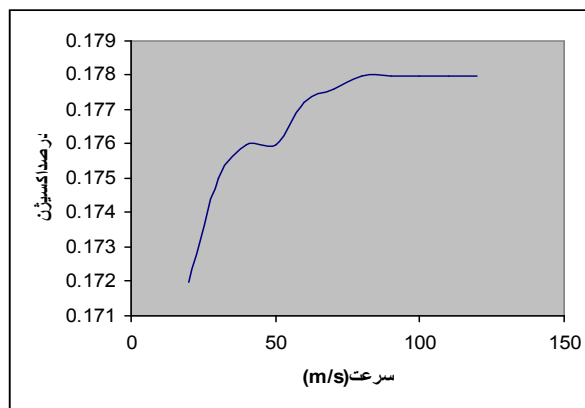
شکل 5- درصد اکسیژن در برنر در سرعت 30 متر بر ثانیه در اریفیس به قطر 3 میلی متر

### 5-1- تغییر قطر سوراخ اریفیس

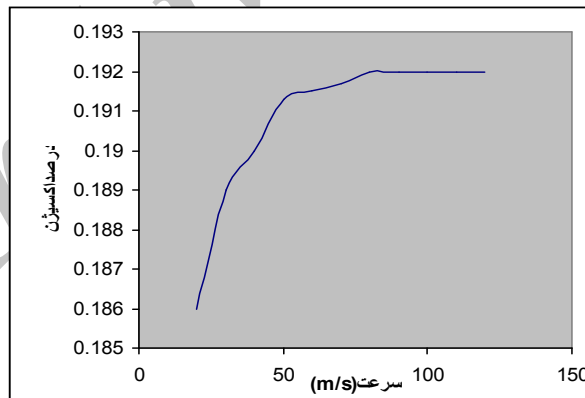
با توجه به هدف این تحقیق که افزایش هوای اولیه و در نتیجه افزایش اکسیژن ورودی به برنر می باشد و همانطور که در نتایج کسب شده که در نمودارهای (1) تا (4) به صورت واضح نشان داده شده است با کاهش قطر اریفیس میزان اکسیژن ورودی از طریق هوای اولیه افزایش می یابد و این مقایسه در سرعتهای مختلف و در صفحات مختلف به روی اریفیس با قطر های مختلف انجام شده که بر اساس نتایج استخراج شده با افزایش قطر سوراخ اریفیس درصد اکسیژن کاهش می یابد و در این رابطه می توان گفت کاهش دبی حجمی سوخت در محدوده نشان داده شده به حدی است که در میزان کشش هوای اولیه تاثیر چندانی نمی گذارد به عبارتی با کاهش میزان سوخت به دلیل ثابت ماندن میزان هوای اولیه درصد اکسیژن و در نتیجه میزان هوای اولیه افزایش می یابد از لحاظ تعبیر فیزیکی نیز می توان این مسئله را مورد بررسی قرار داد که با توجه به افزایش سطح مقطع در سرعتهای ثابت و رابطه مستقیم سطح مقطع اریفیس و دبی گاز ورودی به سیستم، میزان سوخت بیشتری از اریفیس وارد برنر می شود که در نتیجه در اثر خلأیی که در اثر عبور این میزان دبی سوخت بوجود می آید و اختلاف فشار بین دو منطقه و مکشی که ایجاد می گردد مقداری هوای اولیه به داخل سیستم انتقال می یابد ولی با توجه به حجم سوخت درصد مولی اکسیژن کاهش می یابد با تحلیل صورت گرفته با کاهش قطر سوراخ مرتباً درصد اکسیژن افزایش می یابد.



نمودار 1- درصد اکسیژن در هوای اولیه در اریفیس با قطر 3 میلی متر

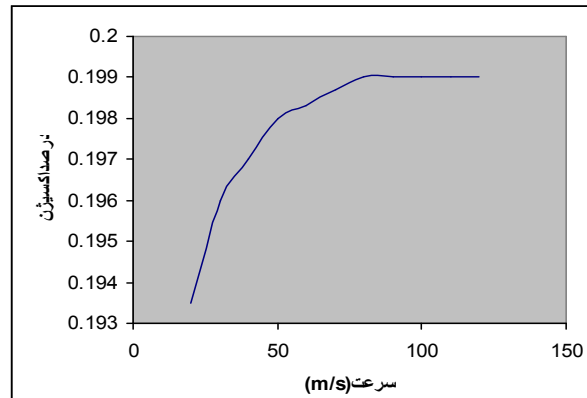


نمودار 2- درصد اکسیژن در هوای اولیه در اریفیس با قطر 2 میلی متر



نمودار 3- درصد اکسیژن در هوای اولیه در اریفیس با قطر 1 میلی متر



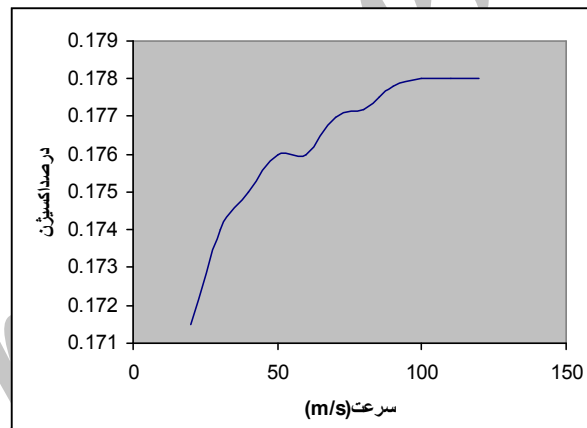


نمودار 4- درصد اکسیژن در هوای اولیه در اریفیس با قطر 0/5 میلی متر

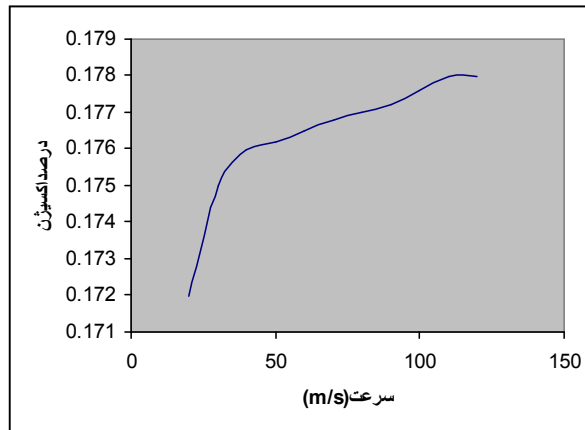
### 5-2- تغییر محل اریفیس

با توجه به نتایج بدست آمده به نظر می رسد که تغییر محل اریفیس که بروی 6 صفحه با فواصل 1 میلی متر صورت گرفت تغییر چندانی در میزان هوای اولیه ندارد و در کل با توجه به جداول و نمودارهای (5) تا (10) و نتایج بدست آمده که برای اریفیس با قطرهای مختلف و سرعتهای مختلف انجام گرفت میزان هوای ورودی تقریباً ثابت است.

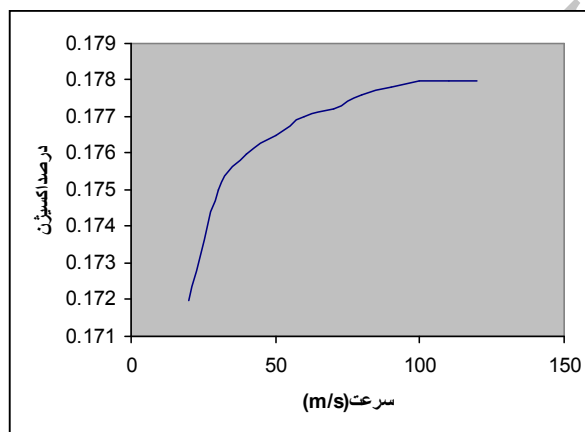
در ادامه این بررسی ها می توان فواصل صفحات را افزایش چشمگیری بدهیم که در این صورت انتظار داریم بر میزان هوای اولیه تاثیر گذاشته باشد [7] ولی برای طراحی برنرها در آینده تغییر محل اریفیس برای افزایش میزان هوای اولیه پیشنهاد نمی گردد.



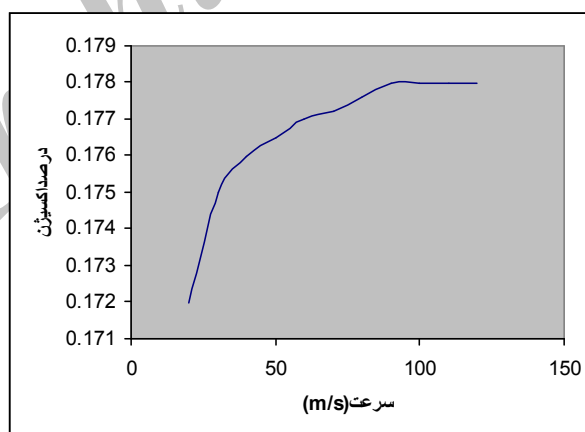
نمودار 5- درصد اکسیژن در هوای اولیه در اریفیس با قطر 2 میلی متر در صفحه اول



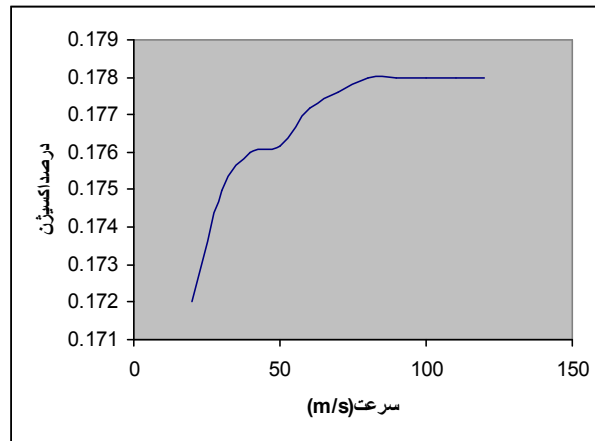
نمودار 6- درصد اکسیژن در هوای اولیه دراریفیس با قطر 2 میلی متر در صفحه دوم



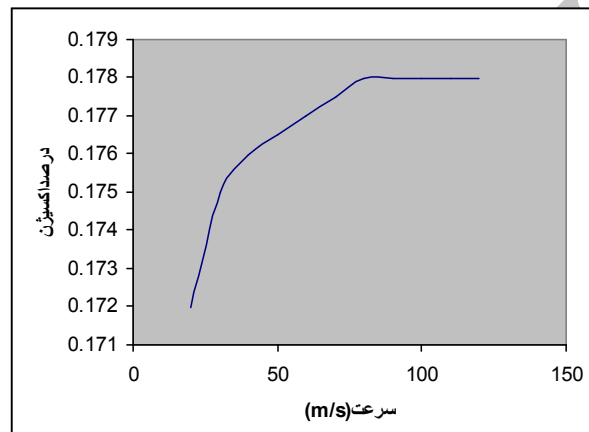
نمودار 7- درصد اکسیژن در هوای اولیه دراریفیس با قطر 2 میلی متر در صفحه سوم



نمودار 8- درصد اکسیژن در هوای اولیه دراریفیس با قطر 2 میلی متر در صفحه چهارم



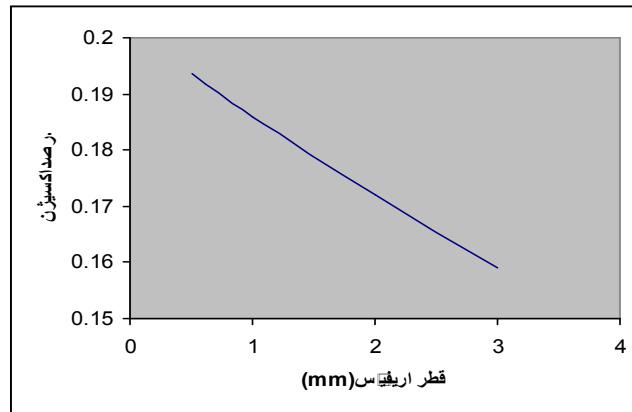
نمودار 9- درصد اکسیژن در هوای اولیه در اریفیس با قطر 2 میلی‌متر در صفحه پنجم



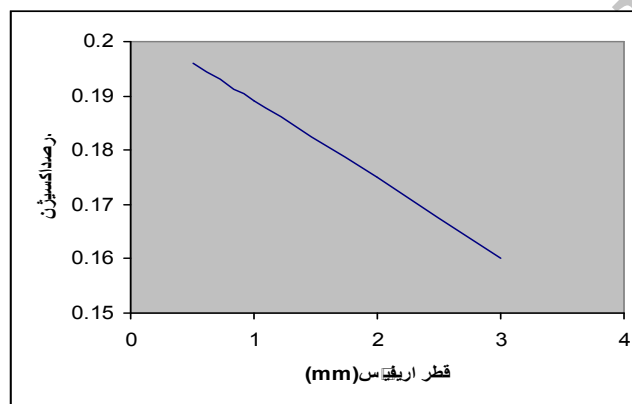
نمودار 10- درصد اکسیژن در هوای اولیه در اریفیس با قطر 2 میلی‌متر در صفحه ششم

### 5-3- تغییر سرعت ورودی سوخت از اریفیس به برنر

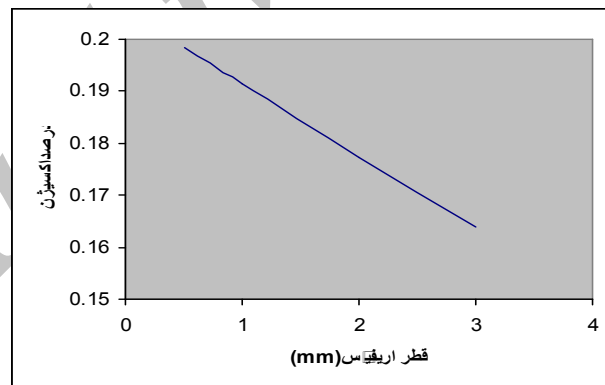
بدین منظور بر روی اریفیس با قطرهای مختلف و در صفحات مختلف این تحلیل صورت گرفت که نتایج بدست آمده بیانگر این مسئله است که با افزایش سرعت، میزان هوای اولیه افزایش می‌یابد البته با توجه به نمودارهای (11 تا 15) بدست آمده در سرعت‌های پایینتر با افزایش سرعت این میزان افزایش چشمگیری می‌یابد ولی در سرعت‌های بالاتر روند افزایش کاهش یافته و تقریباً از سرعت 85 متر بر ثانیه با افزایش سرعت درصد اکسیژن تقریباً افزایش پیدا نمی‌کند و از لحاظ فیزیکی نیز این پدیده قابل بررسی است که با افزایش سرعت مکش بیشتری ایجاد می‌گردد در نتیجه حجم بیشتری هوای اولیه وارد برنر می‌گردد.



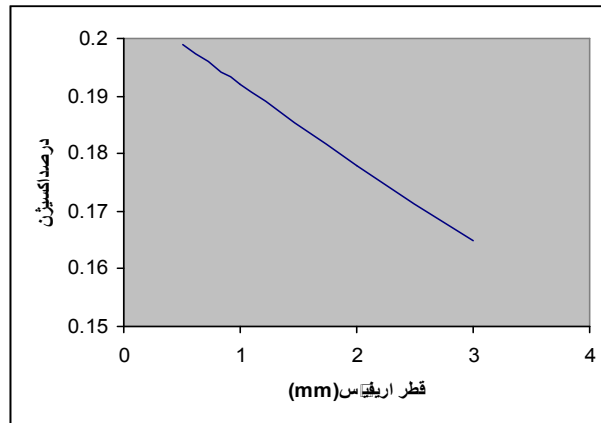
نمودار 11- درصد اکسیژن در هوای اولیه در اریقیاس با سرعت 20 متر بر ثانیه



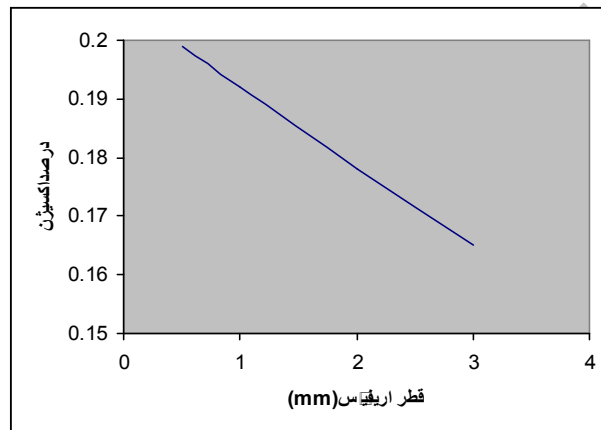
نمودار 12- درصد اکسیژن در هوای اولیه در اریقیاس با سرعت 30 متر بر ثانیه



نمودار 13- درصد اکسیژن در هوای اولیه در اریقیاس با سرعت 60 متر بر ثانیه



نمودار 14- درصد اکسیژن در هوای اولیه در اریفیس با سرعت 85 متر بر ثانیه



نمودار 15- درصد اکسیژن در هوای اولیه در اریفیس با سرعت 120 متر بر ثانیه

## 6- مقایسه نتایج عددی و تجربی

با توجه به تست انجام گرفته در حالت حداقل و حداکثر دبی که دستگاه میزان دبی را 314/9 لیتر بر ساعت و 964/11 لیتر بر ساعت نشان داد و در حالت مینیم، میزان اکسیژن ( $O_2$ ) را دستگاه 17/11 درصد و در حالت ماکزیمم 17/52 درصد اندازه گیری نمود و با توجه به رابطه  $Q=VA$  سرعت در هر حالت به راحتی قابل محاسبه است [8] که سرعت در حالت مینیمم 28 متر بر ثانیه و در حالت ماکزیمم 85 متر بر ثانیه بدست آمد لازم به ذکر است قطر اریفیس در این تست تجربی 2 میلی متر بود.

با توجه به مقایسه انجام گرفته در حالت عددی و تجربی بر روی اریفیس با قطر 2 میلی متر و در سرعت 85 متر بر ثانیه به خوبی به نزدیکی نتایج تئوری و تجربی پی می بریم در تست تجربی در حالت مینیم در سرعت 28 متر بر ثانیه، درصد اکسیژن 17/11 و در حالت تئوری در سرعت مورد نظر با همان اریفیس میزان درصد اکسیژن 17/45 و در حالت ماکزیمم در آزمایش تجربی، درصد اکسیژن 17/52 درصد و در حالت تئوری به عدد 17/77 درصد رسیدیم همانطور که مشاهده می شود نتایج حالت تئوری و تجربی با هم انطباق خوبی دارند با توجه به نزدیکی نتایج تئوری و تجربی میتوان به نتایج حاصله از حالت تئوری صحت گذاشت.

## 7- نتیجه گیری

با توجه به ارزش منابع سوختی و اهمیت آنها و لزوم حفاظت از محیط زیست و کاهش آلاینده‌ها، بهینه سازی وسایل تامین کننده انرژی از جمله بخاری‌ها کاملاً ضروری به نظر می رسد و با توجه به بررسی‌های فوق به این نتیجه می‌رسیم که راههای مختلفی برای افزایش راندمان وجود دارد که می‌تواند جهت بهینه سازی مصرف سوخت و کاهش آلاینده ها مورد استفاده قرار بگیرد و تمام این حالات به تنهایی می‌توانند باعث افزایش راندمان گردند ولی همواره در ترکیب با یکدیگر نمی‌توانند افزایش راندمان را به همراه داشته باشند.

در این مقاله سعی شد اثر تغییر پارامترها در ابتدا با نتایج تجربی مقایسه گردد که صحت آنها مشخص گردید و اثر تغییر 3 پارامتر سرعت ورودی گاز از اریفیس به داخل برنر، قطر سوراخ اریفیس، فاصله اریفیس تا برنر مورد بررسی قرار گرفت که در نتیجه با افزایش قطر اریفیس و افزایش سرعت ورودی گاز از اریفیس به طور مشهودی میزان درصد مولی اکسیژن ورودی به برنر افزایش می‌یابد که در نتیجه تاثیر مستقیمی در اختلاط بهتر و راندمان بالاتر دستگاه دارد. با توجه به اینکه اختلاط در ونتوری به خوبی صورت گرفته و در داخل برنر مخلوط سوخت و هوا دارای اختلاط تقریباً کاملی می‌باشند که این قضیه در آزمایش تجربی که در طول برنر گرفته شده و نتایج آن آورده شده و نیز در تحلیل تئوری کاملاً مشهود است سرعت بهینه تقریباً بین 70 تا 85 متر بر ثانیه است و از آنجا به بعد تغییر محسوسی در میزان هوای اولیه پدید نمی‌آید. در مورد قطر سوراخ اریفیس با کاهش آن بر میزان درصد اکسیژن افزوده می‌گردد که مطلوب است و به نظر می رسد بهترین قطر اریفیس در حدود 0/5 میلیمتر باشد و تغییر صفحه اریفیس تغییر چندانی در میزان هوای اولیه ندارد.

## مراجع

- 1- مستوفی زاده ، محمد علی (مترجم) شناخت سوخت گاز، چاپ اول 1376
- 2- مستوفی زاده ، محمد علی (مترجم) مشعلهای گازسوز و چگونگی کار آنها، چاپ اول 1376
- 3- استاندارد شماره 1-1220 ؛ " بخاریهای گاز سوز دودکش دار" موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، 1370.
- 4- شرکت ملی گاز ایران ؛ "احتراق گاز صنعتی"، اردیبهشت 1365
- 5- www.blesi-evans.com, "Combustion Basics"
- 6- Gary L.Borman, "Combustion Engineering" , McGRAW-HILL , 1993
- 7- www.hp-technic.de, "Monarch Oil burner Nozzles"
- 8- Robert h.perry don w.green Perrys chemical engineers handbook seventh edition 1991
- 9- Internet
- 10- GAMBIT
- 11- FLUENT
- 12- CATIA