اولین کنفرانس بین‌المللی گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع
ایران، تهران، خرداد ۱۳۸۸

تحلیل تجربی و عددی جریان سیال مشعل بخاری گازی دمنده

مهدی بیدآبادی[۱]، محمد صدیقی[۲]، کامران مبینی[۳] ، احمد حسین پور[۴]

[۱]استاد یار، دانشگاه علم وصنعت؛ bidabadi@iust.ac.ir
[۲]استادیار، دانشگاه شهید ستاری؛ m_sedighi@iust.ac.ir
[۳] استادیار، دانشگاه شهید رجایی؛ kamobini@yahoo.com
[۴] کارشناسی ارشد، دانشگاه علم وصنعت hoseinpoornodeh@mecheng.iust.ac.ir

چکیده

با توجه به اهمیت بهینه سازی در مصرف سوخت در این پروژه سعی شده روشهایی برای احتراق بهتر همراه با تولید آلاینده های کمتر و بازدهی بهتر بخاری های گازی دمنده ارائه گردد. برای این منظور سعی شده با تغییر در ساختار مشعل از جمله تغییر در قطر پولکی واقع در انتهای اوریفیس و همچنین تغییر فاصله خروجی اوریفیس تا ورودی ونتوری ، میزان کشش هوای اولیه را در بازه ۴۵ تا ۵۵ درصد نگه داریم.که به این نتیجه رسیدیم که با فاصله خروجی اوریفیس تا ورودی ونتوری ۲۰/۹ میلیمتر و قطر پولکی ۸۵ میلیمتر و با تنظیم شیر ورودی گاز در بازه ۲/۸ تا ۴/۹۷ متر بر ثانیه مقدار کشش هوای اولیه در بازه ۴۵ تا ۵۵ درصد باقی می ماند. . این پروژه بصورت عددی و به کمک نرم افزار گمبیت و فلوئنت انجام شده و جهت صحه گذاری بر نتایج عددی از آزمایشات تجربی کمک گرفته شده است.

کلمات کلیدی: پولکی، اوریفیس، ونتوری،گمبیت،فلوئنت

مقدمه

امروزه با توجه به نیاز مبرم بشر به بهره گیری از انرژی های 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[۱]. امروزه از انرژی به عنوان یک پارامتر استراتژیک در عرصه روابط جهانی نام برده می شود و همان طور 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 پرهزینه سایر صورت های انرژی ، عدم دسترسی فراگیر به انرژی اتمی و رویکرد صنعتی کشورهای در حال توسعه ، هرروز براهمیت 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 موردنیاز خود را تولید 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 ی 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 بستر سازی مناسب در عرصه ی فرهنگ عامه می توان به رشد بالایی در نرخ بهینه سازی مصرف انرژی دست یافت[۲].در این مقاله با تغییر در ساختار مشعل سعی شده اختلاط گاز و هوا قبل از احتراق در محدوده ۴۵ تا ۵۵ درصد باقی بماند که در این حالت مورد نظر بهترین احتراق و کمترین تولید آلاینده ها را داریم. تحلیل عددی با استفاده از نرم افزار گمبیت و فلوئنت انجام شده و تحلیل نتایج عددی با استفاده از نرم افزار spss انجام شده است.

آزمایشات انجام شده

در این پروژه علاوه بر تحلیل بخاری ، آزمایشات تجربی نیز انجام گرفته تا صحت نتایج عددی بررسی شود. آزمایشات تجربی در آزمایشگاه شرکت انرژی و به وسیله دستگاه آنالایزر گاز مدل ۳۵۰XL شرکت تستوآلمان انجام گرفته است.

با توجه به این که بعضی از آزمایشات تجربی نیازمند کارسخت و تغییر ساختار بخاری بود از آن ها صرف نظر شد.درآزمایشات تجربی میزان هوای اولیه و دبی گاز تغییر داده شده و تاثیر آن بر عملکرد بخاری و نیز مطابقت آن با تحلیل عددی بررسی شده است. تغییر هوای اولیه نیازمند تغییر در مشعل بخاری بود که از آن صرف نظر شد.برای تغییر در هوای ثانویه از آن جا وارد می شود به مقداری بسته یا باز شود که در نتیجه مقدار هوای ثانویه کم یا زیاد می شود و بنابراین هوای اضافه تغییر می کند. آزمایشات تجربی دقیقا با همان بخاری انجام گرفته که در تحلیل عددی مدل سازی شده و هدف از آن بررسی صحت مدل سازی در فلوئنت بوده است.

آزمایشات انجام گرفته در آزمایشگاه شرکت انرژی شامل اندازه گیری میزان اختلاط گاز و اکسیژن قبل از احتراق است که به وسیله دستگاه آنالایزر گاز انجام گرفته است.

دبی گازمصرفی

Archive of SID
www.SID.ir

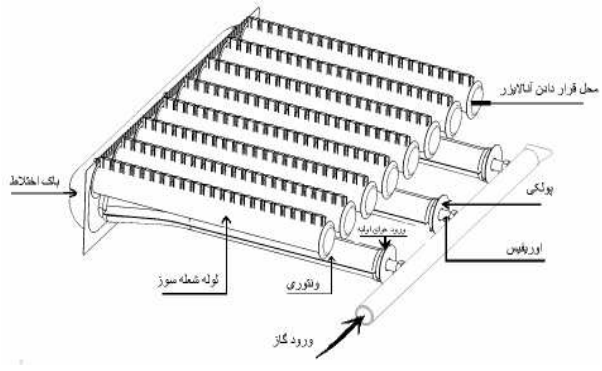
در شرکت انرژی کنتور گازی وجود دارد که دبی گاز ورودی به مشعل را اندازه گیری می کند.در شکل (۱) این کنتور نشان داده شده است.

شکل (۱)کنتور اندازه گیری گاز مصرفی

این کنتور حجم گاز ورودی به بخاری را با دقت زیاد اندازه گیری می کند. با داشتن حجم گاز ورودی به بخاری و مدت زمان می توان دبی گاز را به دست آورد.

آزمایش انجام شده قبل از احتراق و میزان هوای اولیه کشیده شده توسط برنر بخاری

باتوجه به این که درصد هوای اولیه تاثیراساسی برآلاینده ها دارد[۳] و در این پروژه جریان سیال قبل از خروج از برنر مدل سازی شده است ، بنابراین داشتن درصد هوای اولیه برای مدل سازی لازم است. برای این که بتوان درصد هوای اولیه کشیده شده توسط برنر را اندازه گیری کرد باید آنالایزر را داخل مشعل درحال کار قرار داد. شکل (۲) موقعیت آنالایزر را برای این آزمایش نشان می دهد.



شکل (۲)محل قرار گیری آنالایزر برای اندازه گیری درصد هوای اولیه

باتوجه به این که آنالایزر قادر به اندازه گیری درصد مولی اکسیژن مخلوط است مقدار هوای اولیه را می توان از روش زیر به دست آورد.

باتوجه به این که درون برنر هنوز احتراق صورت نگرفته برای مخلوط سوخت و هوا داریم؛

$$CH_4 + X\left(O_2 + 3.76N_2\right) \qquad (۱)$$

درصد مولی اکسیژن در مخلوط سوخت و هوا برابر است با ؛

$$\frac{X}{1+4.76X} \qquad (۲)$$

چنان چه آنالایزر درصد مولی O_2 رابرابر k_1 نشان دهد آن گاه ؛

$$k_1 = \frac{X}{1+4.76X} \qquad (۳)$$

$$X = k_1 + 4.76(k_1)X \qquad (۴)$$

$$X = \frac{k_1}{1-4.76k_1} \qquad (۵)$$

[۴] که مقدار X نشان دهنده میزان هوای اولیه کشیده شده توسط برنر است. باتوجه به این که در معادله استکیومتری ضریب هوا برابر ۲ است چنان چه X برابر ۲ باشد یعنی ۱۰۰٪ هوای اولیه و اگر برابر ۱ باشد به معنی ۵۰٪ هوای اولیه است. بدین صورت میزان هوای اولیه کشیده شده توسط برنر مشخص می شود.

در جدول (۱) نتایج آزمایشگاهی بدست آمده از دستگاه آنالایزر نشان داده شده است.و در نمودار(۱) مقایسه بین نتایج عددی و آزمایشگاهی نشان داده شده است.

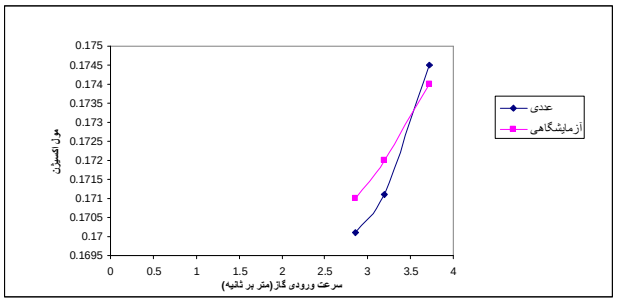
جدول (۱). مقایسه نتایج تست بخاری در شرکت انرژی قبل از احتراق با نتایج عددی

دبی $(\frac{m}{s})$	مول O_2 (تجربی)	مول O_2 (عددی)	درصد خطا
۲/۸۶	۰/۱۷۱	۰/۱۷۱۱	۰/۵
۳/۲	۰/۱۷۲	۰/۱۷۱۱	۳
۳/۷۲	۰/۱۷۴	۰/۱۷۴۵	۰/۳

و در نمودار(۱) مقایسه بین نتایج عددی و آزمایشگاهی نشان داده شده است.

Archive of SID

www.SID.ir



نمودار (۱) . مقایسه نتایج عددی و آزمایشگاهی مول اکسیژن قبل از احتراق

مراحل انجام کار در نرم افزار

مراحل انجام کار عبارتند از : ۱- انتخاب یک مدل مشعل ، ۲- مدل سازی به کمک نرم افزار گمبیت ، ۳- مش بندی طرح مدل شده ، ۴- قرار دادن شرایط مناسب برای قسمت های مختلف شکل ، ۵- حل مدل مورد نظر در نرم افزار فلوئنت ، ۶- ایجاد تغییرات در پارامترهای مدل ، ۷- مقایسه نتایج و ۸- نتیجه گیری.[۵]و[۶]

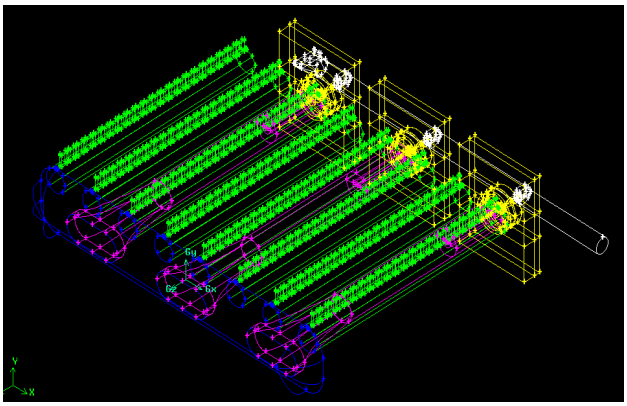
انتخاب یک مدل مشعل

در ابتدا می بایست یک مدل بخاری به عنوان مرجع در نظر گرفته شود که در این تحقیق بخاری گازی دمنده تولید شده در شرکت انرژی مدل H0660 انتخاب گردید.

مدل مورد نظر کاملاً مشابه با مدل واقعی و بدون هیچ گونه ساده سازی و یا تغییر ، موردنظر قرار گرفت تا آن چه که در واقعیت پیش می آید را بتوان مدل سازی و مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. با توجه به این که در مدل سازی پارامترهایی تغییر می نمایند و نیاز به تعداد زیادی (بالغ برصدها) حل عددی است لذا ساده سازی کار را ساده تر می کند و لیکن با توجه به کاهش دقت و ایجاد عوامل تاثیرگذاری ناشی از ساده سازی ، عمل ساده سازی انجام نگرفت و شکل مطابق با اندازه واقعی ساخته شد.

مدل سازی به کمک نرم افزار گمبیت

بسته نرم افزاری گمبیت به منظور تولید هندسه و سپس تولید مش و شبکه مورد استفاده قرار گرفته است ، در واقع این نرم افزار به عنوان یک پیش پردازنده برای نرم افزارهای دینامیک سیالات محاسباتی نظیر فلوئنت می باشد. در شکل (۳) هندسه ی اولیه مشعل نشان داده شده است.

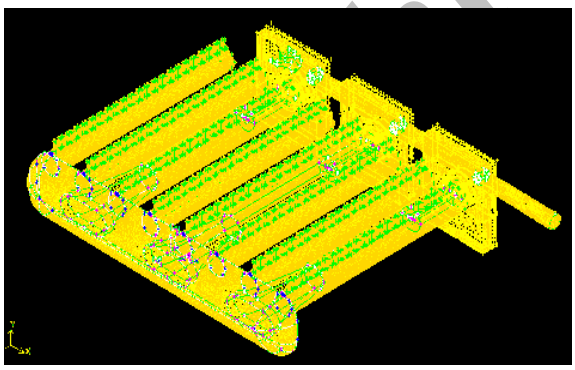


شکل (۳) مدل سه بعدی بدون مش مشعل رسم شده در نرم افزار گمبیت

مش بندی طرح مدل شده

بعد از ایجاد هندسه نوبت به ایجاد شبکه های مناسب بر روی این هندسه می باشد.برای ایجاد شبکه می توان از هر دونوع شبکه سازمان یافته و یاغیرسازمان یافته استفاده کرد. مدل سه بعدی بعد از مش کردن خطوط به تعداد موردنظر بر روی هرخط مش ها را به صورت مش صفحه درآورده و بعد حجم های مذکور مش بندی می گردد.

مش بندی حجم ها دارای مشکلات زیادی بود که با تقسیم بندی حجمها به حجمهای کوچکتر که در هر مرحله با به کارگیری روش های مختلف به حل آن ها پرداخته شد تما حجم های موردنظر مش بندی گشت. لذا در شکل(۴) مش ایجاد شده در نرم افزار گمبیت نشان داده شده است.



شکل(۴) مدل سه بعدی مشعل همراه مش رسم شده در نرم افزار گمبیت

معادلات حاکم بر جریان

معادلات حاکم به جریان سیال قبل از احتراق شامل معادلات پیوستگی و ممنتوم می باشد در حالیکه معادله بقاء انرژی برای حالت قبل از احتراق در این نرم افزار غیر فعال گردیده است. این معادلات بصورت زیر می باشند:

معادله پیوستگی : $$\frac{\partial \rho}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x_j}\left(\rho \, u_j\right)=0 \qquad (۶)$$

Archive of SID

www.SID.ir

u_j : امین سرعت در مختصات کارتزین j

ρ : چگالی سیال

معادله ممنتوم:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho u_j)+\frac{\partial}{\partial x}(\rho u_i u_j)=-\frac{\partial P}{\partial x_j}+\frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_i}+\rho f_j \qquad (۷)$$

P : فشار استاتیک

τ_{ij} : تانسور تنش ویسکوز

f_j : نیروی خارجی

که برای سیال نیوتنی τ_{ij} بصورت زیر تعریف می شود:

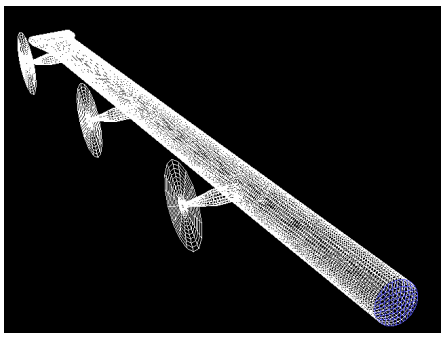
$$\tau_{ij}=\mu\left[\frac{\partial u_i}{\partial x_j}+\frac{\partial u_j}{\partial x_j}\right]-\frac{2}{3}\mu\left[\frac{\partial u_k}{\partial x_k}\right]\delta_{ij} \qquad (۸)$$

μ : ویسکوزیته دینامیکی سیال

δ_{ij} : دلتا کرونکر

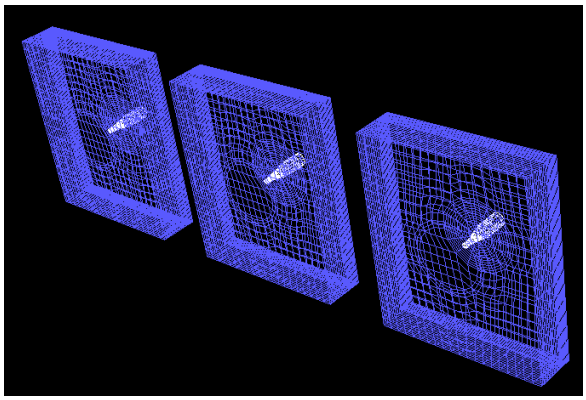
قرار دادن شرایط مناسب برای قسمت های مختلف شکل

در این مرحله با قرار دادن شرایط مرزی مناسب برای قسمت های مختلف و در نظر گرفتن دیوار برای سایر قسمت ها به حل و تحلیل آن در نرم افزار فلوئنت پرداخته شده است. برای لوله ورودی گاز و در واقع سطح ورودی گاز به مشعل مفروض از شرط مرزی سرعت ورودی استفاده کرده و جهت سرعت ورودی را عمود بر مرز ورودی تعریف می کنیم. این شرط در شکل (۵) نشان داده شده است.



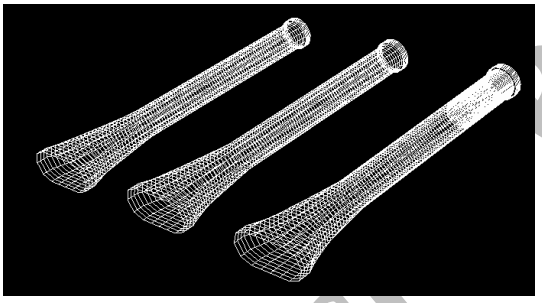
شکل(۵) لوله ورودی گاز با شرط مرزی سرعت ورودی به همراه پولکی با شرط مرزی دیوار

بر روی سطح مکعب بنا شده اطراف اوریفیس با توجه به ابعاد بزرگ آن نسبت به دهانه ی ورودی می توان شرط مرزی فشارورودی را قرار داد. این شرط عموماً زمانی به کار می رود که فشار ورودی معلوم باشد اما میزان جریان یا سرعت آن معلوم نیست. در این مورد باتوجه به نکته ی مذکور می توان فشار ورودی را فشار هوای اطراف در نظر گرفت.در شکل (۶) این شرط مرزی نشان داده شده است.



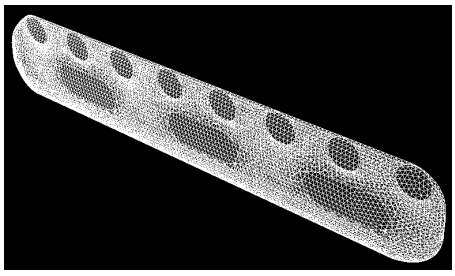
شکل(۶) ناحیه فشارورودی اطراف اوریفیسبر روی سطح مکعب بنا شده اطراف اوریفیس با توجه به ابعاد

ونتوری نیز در این نرم افزار بصورت دیوار تعریف شد که در شکل(۷) این ناحیه نشان داده شده است.



شکل(۷) ونتوری با شرط مرزی دیوار

بعد از ونتوری باک اختلاط قرار دارد که در آن گاز و هوای اولیه به طور کامل با هم مخلوط می شوند و از آن جا وارد لوله های مشعل می شوند. در شکل(۸) باک اختلاط نشان داده شده است که باک اختلاط با شرط مرزی دیوار تعریف می شود.

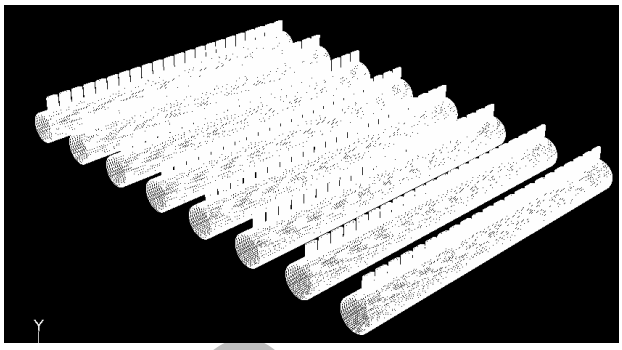


شکل(۸) . باک اختلاط با شرط مرزی دیوار

Archive of SID

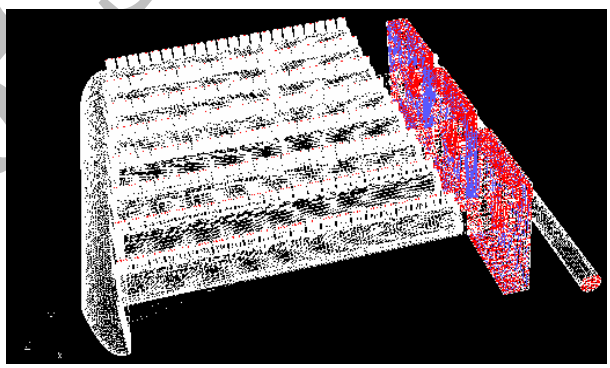
www.SID.ir

شرایط خروجی سوراخ های مشعل به صورت فشار خروجی تعریف می شود. در شکل(۹) این ناحیه نشان داده شده است.



شکل(۹).هشت ردیف سوراخهای مشعل با سوراخ های خروجی مشعل

در شکل(۱۰) مشعل فراخوانی شده در نرم افزار فلوئنت همراه با شرایط مرزی تنظیم شده نشان داده شده است.



شکل(۱۰) مشعل بازخوانی شده در نرم افزار فلوئنت

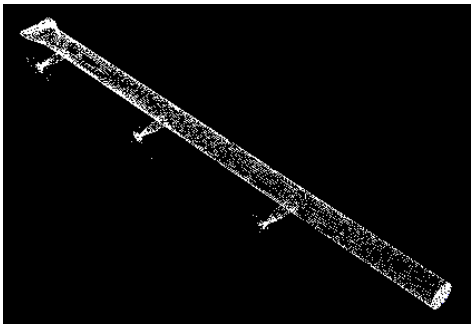
روش حل معادلات

در این مسئله از مدل توربولانسی K-epsilon و نوع استاندارد استفاده می گردد دو روش برای حل معادلات وجود دارد : روشSegregatedو روش Coupled .برای حل معادلات از روش Segregatedاستفاده شده است در روش Segregated معادلات موجود به صورت مجزا در ناحیه جریان حل می شوند این شیوه محاسباتی به طور معمول برای جریان هایی که سرعت سیال درآن کمتر از ۰/۳ ماخ است و اثرتغییرات سرعت برچگالی و دما را می توان صرف نظر کرد و جریان سیال را تراکم ناپذیر فرض کرد به کاربرده می شود.

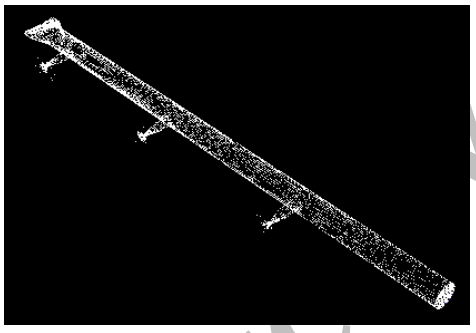
بهینه سازی مشعل

برای بهینه کردن مقدار کشش هوای اولیه پولکی موجود در انتهای اوریفیسها که دارای قطر ۵۰ میلیمتر می باشد در قطر های مختلف پولکی از جمله ۱۳ ، ۲۲ ،۳۱ ، ۴۱ میلیمتر نیزبررسی شده است . همچنین فاصله خروجی اوریفیس تا ورودی ونتوری در حالتهای مختلف ۲۱ ، ۱۶ ، ۹ ، ۰،۹- میلیمتر با تغییر شرایط مرزی برای بررسی مقدار کشش هوای اولیه در نظر گرفته شده است.

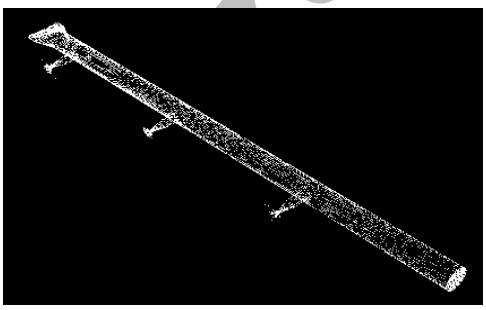
در شکل(۱۱) تا شکل (۱۶) حالتهای مختلف قطر پولکی در فاصله خروجی اوریفیس تا ورودی ونتوری X=۷ میلیمتر و d قطر پولکی متغیر بدست آمده از فلوئنت بررسی شده نشان داده شده است.



(۱۱) قطر پولکی ۵۰ میلیمتر



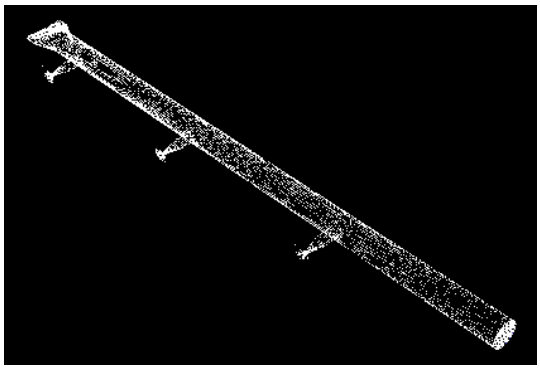
(۱۲) قطر پولکی ۴۱ میلیمتر



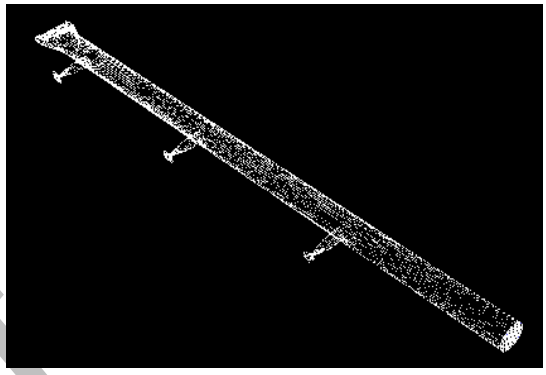
(۱۳) قطر پولکی ۳۱ میلیمتر

Archive of SID

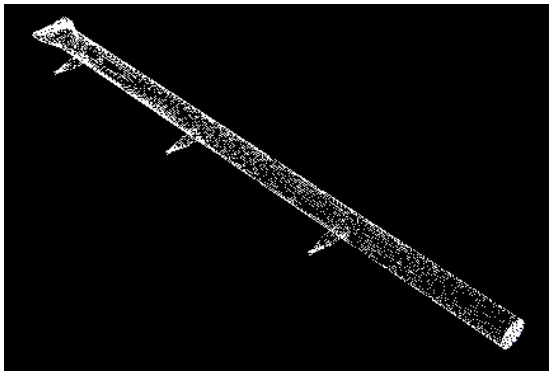
www.SID.ir



(۱۴) قطر پولکی ۲۲ میلیمتر

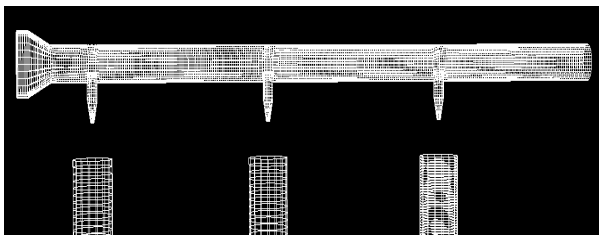


(۱۵) قطر پولکی ۱۳ میلیمتر

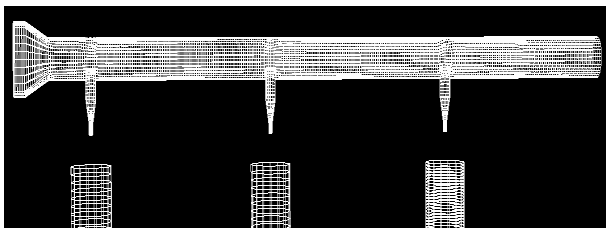


(۱۶) قطر پولکی ۰ میلیمتر

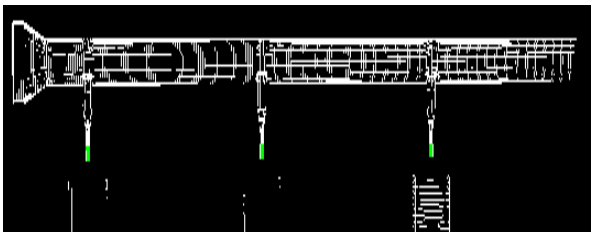
در حالت بعدی در قطر پولکی d=۰ میلیمتر و X متغیر در دبی ورودی گاز ۰/۳ تا ۴/۹۷ متر بر ثانیه بر حسب سرعت ورودی گاز در سطح مقطع ورودی لوله گاز با قطر ۲۱/۵ میلیمتر بررسی شده و میزان درصد هوای اولیه قبل از احتراق در هر حالت از نرم افزار فلوئنت بدست آمده است. چون کمترین و بیشترین دبی عبوری گاز شیر استفاده شده در مشعل ۰/۳ و۴/۹۷ متر بر ثانیه است لذا در این بازه بررسی شده است.در شکل (۱۷) تا (۲۱) تغییر فاصله خروجی اوریفیس تا ورودی ونتوری نشان داده شده است.



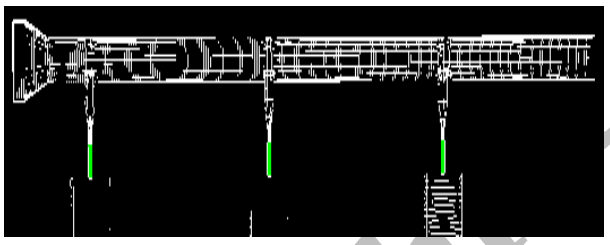
شکل(۱۷) فاصله خروجی اوریفیس تا ورودی ونتوری ۲۱ میلیمتر



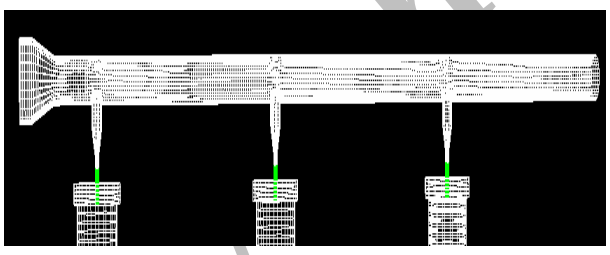
شکل(۱۸) فاصله خروجی اوریفیس تا ورودی ونتوری ۱۶ میلیمتر



شکل (۱۹) فاصله خروجی اوریفیس تا ورودی ونتوری ۹ میلیمتر



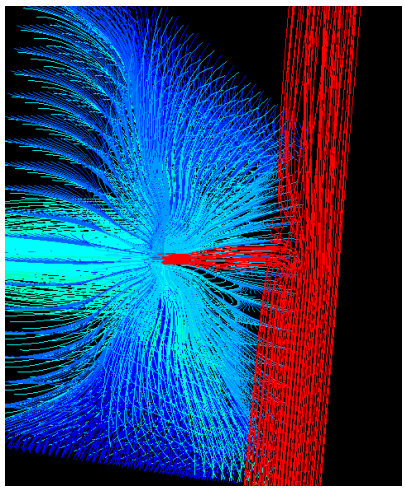
شکل(۲۰) فاصله خروجی اوریفیس تا ورودی ونتوری ۰ میلیمتر



شکل(۲۱) فاصله خروجی اوریفیس تا ورودی ونتوری ۹- میلیمتر

در شکل (۲۲) خطوط جریان هوا هنگام کشش از محل اوریفیس بدست آمده از نرم افزار فلوئنت نشان داده شده است.

www.SID.ir

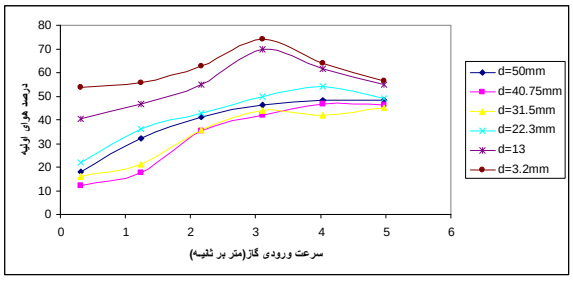


شکل(۲۲) خطوط جریان هنگام کشش هوای اولیه از محل اوریفیس بدست آمده از حل عددی

تغییر قطر پولکی

در مشعل مورد بررسی فاصله خروجی اوریفیس ۷ میلیمتر و قطر پولکی در محل خروجی اوریفیس ۵۰ میلیمتر می باشد . ما در این پروژه با ثابت نگه داشتن فاصله خروجی اوریفیس تا ورودی ونتوری ، قطر پولکی را در اندازه های ۴۰/۷۵ ، ۳۱/۵ ، ۲۲/۳ ، ۱۳، ۳/۲ میلیمتر تغییر داده ایم و مقدار مول اکسیژن قبل از احتراق و درصد هوای اولیه را بررسی کرده ایم.

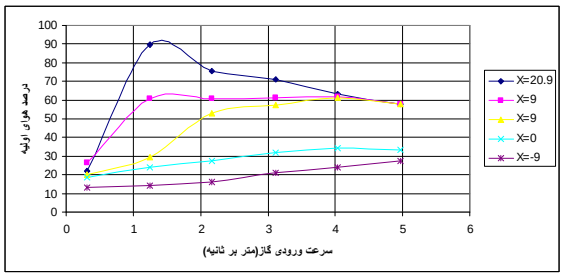
مشاهده می شود با کاهش قطر پولکی فضای بیشتری برای کشش هوا از محل اوریفیس فراهم می شود و در نتیجه درصد هوای اولیه قبل از احتراق افزایش می یابد.و در نمودار(۲) مشاهده می شود با افزایش قطر پولکی مقدار درصد هوای اولیه کاهش می یابد.



نمودار (۲). درصد هوای اولیه بر حسب دبی ورودی گاز در قطر های مختلف پولکی بدست آمده از حل عددی

تغییر فاصله خروجی اوریفیس تا ورودی ونتوری

در مشعل مورد بررسی فاصله خروجی اوریفیس تا ورودی ونتوری ۷ میلیمتر می باشد که ما این فاصله را در حالتهای مختلف ۲۰/۹ ، ۱۵/۹، ۹ ، ۰ ، ۹- (منفی به معنی تو رفتگی اوریفیس و ونتوری می باشد) میلیمتر تغییر داده ایم تا تاثیر تغییر فاصله را بر کشش هوای اولیه بررسی کنیم در نمودار (۳) این تغییرات نشان داده شده است که مشاهده می شود با افزایش فاصله مقدار کشش هوای اولیه افزایش می یابد.



نمودار (۳). درصد هوای اولیه بر حسب دبی ورودی گاز در فاصله مختلف اوریفیس تا ونتوری بدست آمده از حل عددی

تحلیل نتایج قبل از احتراق با استفاده از نرم افزار SPSS

اگر فاصله خروجی اوریفیس تا ورودی ونتوری راX بنامیم و فاصله عمود بر Xرا که جهت تغییرات قطر پولکی می باشد d بنامیم و تغییرات سرعت ورودی گاز را با پارامتر V نشان دهیم و درصد هوای اولیه را با متغیرair نشان دهیم . طبق تغییرات بالا ابتدا درX ثابت d را تغییر می دهیم و سپس در d ثابت مقدار X را تغییر می دهیم و این تغییرات را در دبی های مختلف گاز بررسی کرده و مقدار کشش هوای اولیه را بدست آوردیم. با استفاده از نرم افزار تحلیل آماری SPSS با تعریف کردن متغیر air به عنوان متغیر وابسته و متغیر های X ، d وV را به عنوان متغیر مستقل تعریف کردیم تا بتوانیم تاثیر هر یک از این متغیر ها را بر روی کشش هوای اولیه تحلیل کنیم. تقریب خطی که این نرم افزار به ما داده است بصورت زیر می باشد:

$$air = 24.772 - 0.237\,d + 1.251\,X + 5.068\,V \qquad (۶)$$

در این معادله ضرایب X ، d وV نشان دهنده میزان وابستگی درصد هوای اولیه به متغیر های X ، d وV می باشد که ضرایب مثبت X و V نشان می دهد که درصد هوای اولیه با این دو پارامتر نسبت مستقیم دارد و ضریب بزرگتر V نشان می دهد که تاثیر پارامتر V بیشتر است.ولی ضریب منفی d نشان می دهد که افزایش قطر پولکی با درصد هوای اولیه نسبت عکس دارد. در جدول (۵-۱) نتایج ندست آمده از نرم افزار SPSS را نشان می دهد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول (۲). نتایج بدست آمده از نرم افزار SPSS

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	24.772	3.857		6.423	.000
	d	-.237	.097	-.218	-2.440	.018
	x	1.251	.222	.503	5.622	.000
	v	5.068	1.016	.446	4.989	.000

در این قسمت، با تغییر قطر پولکی و غاصله خروجی اوریفیس تا ورودی ونتوری و همچنین تغییر دمای هوای اولیه و تغییر دبی ورودی گاز ، پارامتر کشش هوای اولیه را مورد بررسی قرار دادیم و به این نتیجه رسیدیم که تغییر فاصله خروجی اوریفیس نسبت به تغییر قطر پولکی بیشترین تاثیر را بر کشش هوای اولیه دارد و برای اینکه مقدار کشش هوای اولیه در بازه ۴۵ تا ۵۵ درصد که کمترین آلاینده ها را در پی دارد باقی بماند با حل معادله خطی بدست آمده از نرم افزار SPSS که بصورت زیر بدست آمده است.

$$air = 24.772 - 0.237d + 1.251X + 5.068V \qquad (۷)$$

نتیجه گیری

با انتخاب X = ۲۰/۹ ، air = ۵۵ ، V = ۴/۹۷ مقدار d = ۸۵ میلیمتر بدست آمده است که با تنظیم مشعل در فاصله X = ۲۰/۹ و d = ۸۵ میلیمتر در دبی ماکزیمم درصد هوای اولیه air = ۵۵ بدست می آید و بری اینکه در این فاصله تنظیم شده در دبی مینیمم مقدار کشش هوای اولیه از air = ۴۵ کمتر نشود با قرار دادن X = ۲۰/۹ ، d = ۸۵ و air = ۴۵ در معادله خطی بدست آمده مقدار سرعت ورودی گاز در حالت دبی مینیمم بدست می آید که برابر است با V = ۲/۸ متر بر ثانیه ، که به راحتی با تنظیم شیر ورودی گاز در حالت مینیمم V = ۲/۸ و حالت ماکزیمم V = ۴/۹۷ مقدار کشش هوای اولیه در حالت بهینه ۴۵ تا ۵۵ درصد باقی می ماند.

مراجع

[1]. مستوفی زاده ، محمد علی " مترجم "." مشعلهای گازسوز و چگونگی کار آنها"

[2] Burkhardt , “Domestic and commercial oil Burners” , Third Edition , 1969

[۳]. استاندارد ملی شماره ۵۴۴۵ , " گرم کنند ه های غیر مستقیم هوا " موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران , ۱۳۷۰

[4]. Rhine , J.M , Modeling Gas –Fired Furnaces and Boilers and other Industrials Heating , 1996

[۵]. مهندس مهرداد شیرازی ، پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد ، بررسی اختلاط جریان سوخت وهوا در برنر بخاری گاز سوز (مشعلهای اتمسفریک).

[۶]. مهندس پژمان صادقی ، پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد ، بهینه سازی مصرف سوخت و کاهش آلاینده ها در مشعلهای گازسوز.

Archive of SID

www.SID.ir