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

تحلیل تجربی و عددی احتراق و انتقال حرارت جابجایی در 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. . در بخاری های گازی دمنده چون از انتقال حرارت جابجایی برای گرم کردن محیط استفاده می شود ، سعی شده در کنار احتراق بهتر و کاهش آلاینده ها با ایجاد تغییراتی در سیستم انتقال حرارت جابجایی این بخاری باعث کاهش دمای خروجی دودکش و در جهت افزایش بازده گام برداریم.

در قسمت انتقال حرارت جابجایی به این نتیجه رسیدیم که با قرار دادن فین در بین صفحات رادیاتور و تغییر جنس صفحات رادیاتور تا ۱۷ درصد افزایش بازده داریم. 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: فین، رادیاتور، احتراق،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 رادیاتور و قرار دادن فین در بین صفحات رادیاتور در جهت کاهش دمای خروجی دودکش گام بر می داریم. تحلیل عددی با استفاده از نرم افزار گمبیت و فلوئنت 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

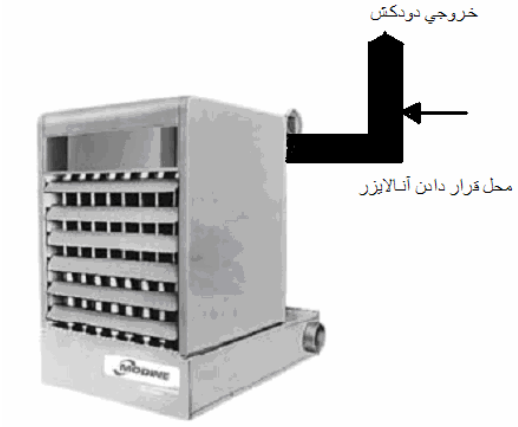
در شرکت انرژی کنتور گازی وجود دارد که دبی گاز ورودی به مشعل را اندازه گیری می کند.در شکل (۱) این کنتور نشان داده شده است.

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 مقاله احتراق در مشعل بررسی شده است. در این آزمایش برای اندازه گیری آنالیز محصولات دودکش و مقیسه آن با نتایج عددی انجام شده است. شکل (۲) موقعیت آنالایزر را برای این آزمایش نشان می دهد.



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

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

چنان چه درصد مولی O_2 که آنالایزر در این ناحیه اندازه گیری می کند برابر k_2 باشد. آنگاه :

$$...+Y(O_2+3.76N_2)\rightarrow CO_2+2H_2O+(X+Y-2)O_2+3.76(X+Y)N_2 \qquad (۱)$$

که پارامتر $(X+Y-2)O_2$ در طرف دوم هوای اضافه می باشد.

درصد مولی اکسیژن درمحصولات احتراق برابر است با:

$$k_2=\frac{(X+Y-2)}{1+2+X+Y-2+3.76(X+Y)} \qquad (۲)$$

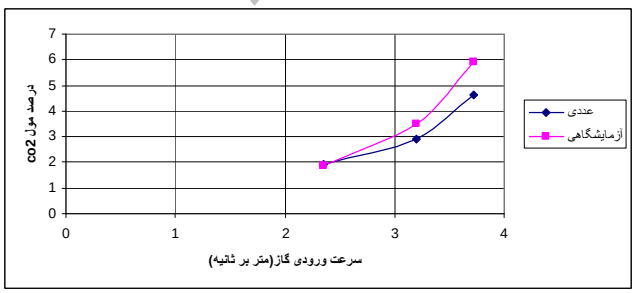
باتوجه به این که در مرحله قبل مقدار X به دست آمده بود باداشتن ضریب k_2 می توان Y را به دست آورد که مقدار هوای ثانویه را نشان می دهد[۴].

در جدول (۱) نتایج آزمایشگاهی بدست آمده از دستگاه آنالایزر که در خروجی دودکش اندازه گیری شده است نشان داده شده است. که درصد مول O_2 و CO_2 در خروجی دودکش با حل عددی مقایسه شده است. و همچنین دمای هوای فن خروجی نیز با حل عددی مقایسه شده است. دبی بر حسب سرعت ورودی گاز در سطح مقطع لوله ورودی گاز ۲۱/۵ میلیمتر حساب شده است.

جدول (۱) مقایسه نتایج عددی و آزمایشگاهی بعد از احتراق

دبی $\frac{m}{s}$	مول O_2 تجربی	مول O_2 عددی	مول CO_2 تجربی	مول CO_2 عددی	$T_{fan}c^\circ$ تجربی	$T_{fan}c^\circ$ عددی
۲/۳۵	۰/۱۷۷	۰/۱۶۵۳	۰/۰۱۸۸	۰/۰۱۹۴	———	———
۳/۲	۰/۱۴۸	۰/۱۴۴۴	۰/۰۳۵۱	۰/۰۲۹۲	———	———
۳/۷۲	۰/۱۰۵	۰/۱۰۸۲	۰/۰۵۹۳	۰/۰۴۶۱	۹۲	۹۴

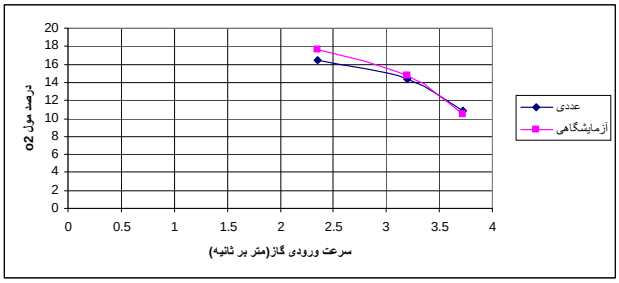
در نمودار(۱) و (۲) مقایسه بین نتایج عددی و آزمایشگاهی در محاسبه درصد O_2 و CO_2 نشان داده شده است.



نمودار (۱) مقایسه نتایج عددی و آزمایشگاهی درصد مول CO_2 بعد از احتراق

Archive of SID

www.SID.ir



نمودار (۲) مقایسه نتایج عددی و آزمایشگاهی درصد مول O_2 بعد از احتراق

باتوجه به نمودار به این نتیجه می رسیم که نتایج حل عددی و نتایج تجربی به هم نزدیک بوده و خطای کمی دارد در نتیجه می توانیم به نتایج بدست آمده از حل عددی اطمینان کنیم.

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]

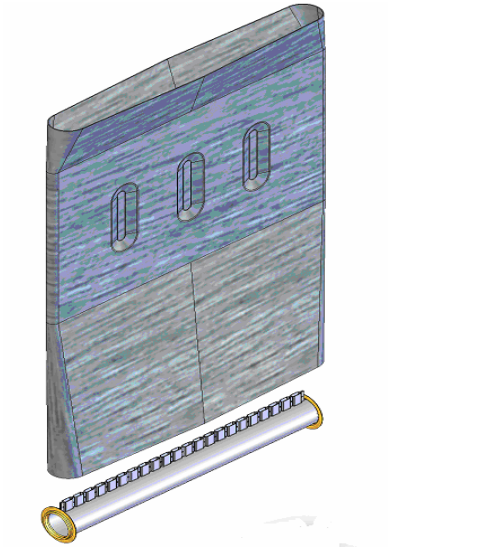
انتخاب یک مدل مشعل

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.

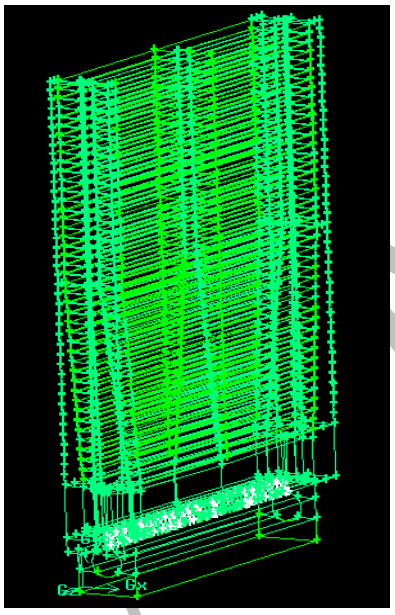
مدل مورد نظر کاملاً مشابه با مدل واقعی و بدون هیچ گونه ساده سازی و یا تغییر ، موردنظر قرار گرفت تا آن چه که در واقعیت پیش می آید را بتوان مدل سازی و مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. با توجه به این که در مدل سازی پارامترهایی تغییر می نمایند و نیاز به تعداد زیادی (بالغ برصدها) حل عددی است لذا ساده سازی کار 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 درنرم افزار Solid Work نشان داده شده است. و در شکل(۴) مشعل شبیه سازی شده در نرم افزار گمبیت نشان داده شده است که پره های فین عمود بر صفحه رادیاتور در نرم افزار گمبیت با فاصله ۱ سانتیمتر از یکدیگر طراحی شده است.



شکل (۳) مدل بخاری درنرم افزار Solid Work با شرط تقارن



شکل (۴) بخاری شبیه سازی شده در نرم افزار گمبیت با شرط تقارن

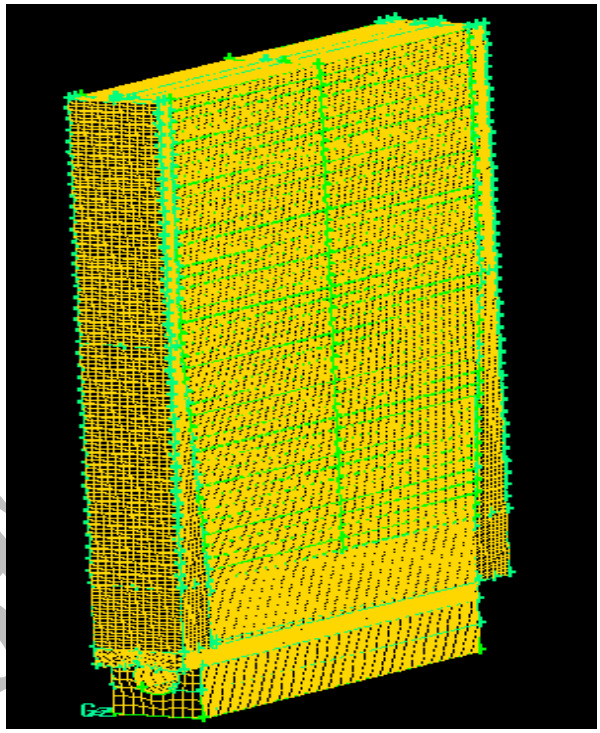
مش بندی طرح مدل شده

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.

Archive of SID

www.SID.ir

مش بندی حجم ها دارای مشکلات زیادی بود که بـا تقـسیم بنـدی حجمها به حجمهای کوچکتر که در هر مرحله با بـه کـارگیری روش های مختلف به حل آن ها پرداخته شد تما حجم های موردنظر مـش بندی گشت. لذا در شکل(۵) مش ایجاد شـده در نـرم افـزار گمبیـت نشان داده شده است.



شکل(۵) مدل سه بعدی مشعل همراه مش رسم شده در نرم افزار گمبیت

مدل احتراق

در بخاری های گازی ابتدا گـاز و هـوای اولیـه مخلـوط مـی شـوند و سپس این مخلوط سوخت و هوا در خـروج از مـشعل بـاهوای ثانویـه مخلوط می شود و احتراق صورت می گیـرد. در فلوئنـت چنـد مـدل بـرای مـدل سـازی احتـراق وجـود دارد کـه عبارتنـد از ؛ NON PREMIXED ، PARTIALY PREMIXED ، PREMIXED .

همچنین مدلSpecies Transport نیز وجـود دارد کـه مـی تـوان سرعت واکنش ذرات را به نرم افزارداد و احتراق را مدل سـازی کـرد. در ۳ مدل اول برای بعضی از گازهای خاص سرعت سوزش ، چگـالی برحسب دما ، حرارت مخصوص ، سرعت شعله و ... به صـورت دقیـق درخود نرم افزار وجود دارد. برای گاز متان ، اتان ، بوتان و چندمـدل گاز دیگر این اطلاعات در نرم افزار موجود هستند. بنابراین نرم افـزار قادر است که احتراق این گازها را به طور خیلی خـوب مـدل سـازی کند . برای این کار از مـدل PARTIALY PREMIXED اسـتفاده شده است. زیرا همان گونه که گفته شد در بخاری مقـداری از هـوای لازم به صورت هوای اولیه و مقداری به صورت هوای ثانویـه وارد مـی شود.[۶]

مدل تشعشع

برای انتخاب مدل تشعـشع دریـک مـسئله ابتـدا بایـد مقـدار αl را حساب شود که α ضریب جذب سیال وl طول موثر درمسئله است. چنان چه $\alpha l \prec 1$ مدل DTRM و چنان چـه $\alpha l \succ 1$ باشـد مـدل P1یا Roseland راانتخاب می شوند. درمورد بخاری برای مخلوط گاز هوا $\alpha \prec\prec 1$و l نیز در حدود ۰/۶ متر است که در نتیجه $\alpha l \prec\prec 1$ می باشدو بنابراین از روش DTRM استفاده شد.

شرایط کارکرد

باتوجه به این که در فشار معمول و ۱ اتمسفر کار می کنـد فـشار Pa ۱۰۱۳۲۵ که همان یک اتمسفر است انتخاب شد. عـلاوه بـراین بایـد گزینه شتاب گرانش نیز فعال شود.در بخاری گاز و هوا پس از احتراق به محصولات احتراق تبدیل می شوند که دمای بالایی دارند. با توجـه به این که در گازها در فشارثابت ، چگـالی و دمارابطـه عکـس دارنـد بنابراین دمای بالایی محـصولات احتـراق بـه معنـی چگـالی کـم آن هاست. چون چگالی محصولات ازچگالی هـوای محـیط کمتـر اسـت بنابراین از طرف هوای محیط نیروی برگازهای گرم وارد می شود کـه آن ها را به سمت بالا می راند. برای این که این نیرو را در نظر گرفته شود باید شتاب جاذبه رافعال گردد.

شرایط مرزی

سوراخ های مشعل

شرط مرزی روی سـوراخ هـای مـشعل بـه صـورت Velocity Inlet تعریف شده تا بتوان سرعت مخلوط خروجی هـوا و گـاز را از سـوراخ های مشعل تعیین نمود.در حقیقت آن چه که در مـورد یـک بخـاری واقعی مشخص است دبی گاز است که بـا توجـه بـه مـشخص بـودن مساحت سوراخ های سرمشعل می توان سرعت مخلوط گـاز و هـوا را محاسبه کرد. علاوه برسرعت روی سوراخ مشعل درصد ترکیب هوا و گاز نیز لازم است مشخص شود. همان گونه که گفته شد مقدار هوای اولیه ای که کشیده می شود به طراحی برنر بستگی دارد. چون دراین مدل سازی به جزئیات برنر و نحوه ساخت آن پرداخته شده بنـابراین میزان هوای اولیه به صورت یک ورودی به نرم افزار داده می شـود.در فلوئنت با یک عدد که نسبت جرمی سـوخت بـه کـل مخلـوط اسـت نسبت گازو هوای اولیه مشخص می شود. سرعت خروجی مخلوط گاز

Archive of SID

www.SID.ir

و هوا از سوراخهای مشعل و درصد اختلاط گـاز و هـوا را بـه عنـوان ورودی در قسمت احتراق مدل شده استفاده می کنیم.

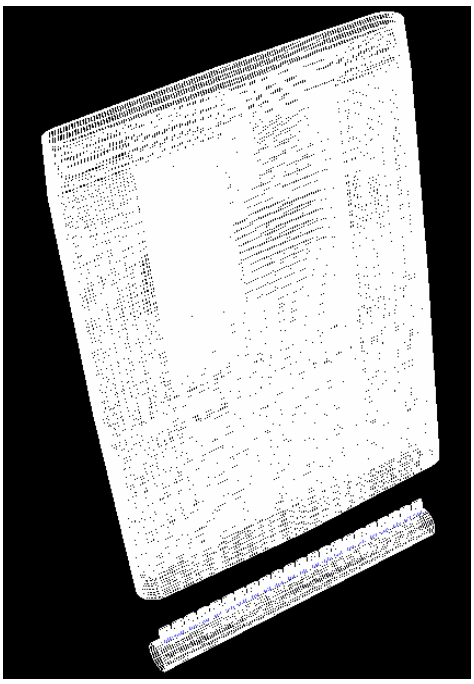
$$\Phi = \frac{m_{fule}}{m_{fule} + m_{oxid}} \quad (۳)$$

خروجی دودکش

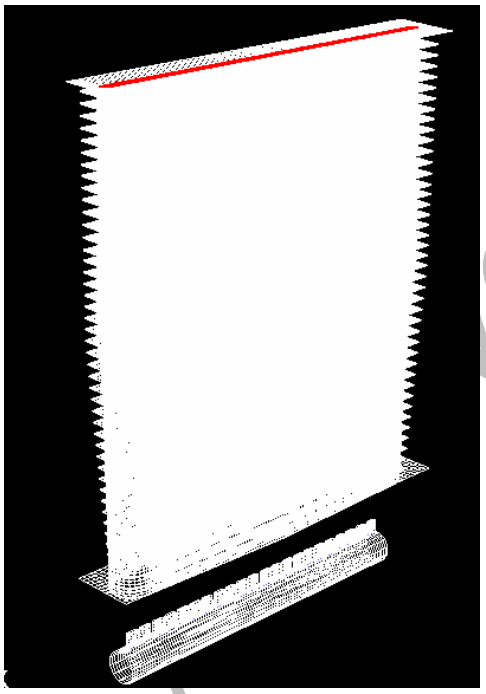
این خروجی بـه محـیط بیـرون متـصل اسـت. بنـابراین فـشار آن در خروجی برابر ۱ اتمسفر اسـت. ایـن خروجـی بـه صـورت Pressure Outlet تعریف شده و فشارنسبی آن صفر تعریف گردیده است.

بدنه رادیاتور

روی سطح بدنه رادیاتور دیوار تعریف شده که جنس آن فـولاد اسـت ودارای ضخامت ۰/۹ میلی متر می باشد.با توجه بـه ایـن کـه انتقـال حرارت از دیواره رادیاتور به محیط به صورت جا به جـایی اجبـاری و تشعشع صورت می گیـرد ، بنـابراین دیـواره بـه صـورت مخلـوطی از تشعشع و جابه جایی اجباری تعریف شده است. با توجه بـه ایـن کـه محیط بیرون رادیاتور مدل سازی شده است. بنابراین خود نـرم افـزار قادر به محاسبه ضریب جا به جایی برای سیال اطراف رادیاتور اسـت. برای کاهش دمای خروجی دودکش پره های فـین بـه ضـخامت ۰/۹ میلیمتر و با فاصله ۱ سانتیمتر از یکدیگر در بـین صـفحات رادیـاتور طراحی شده است که در این پروژه در مـورد تـاثیر فـین بـر بـازده و کاهش دمای خروجی بحث شده است. در شکل (۶) مشعل فراخـونی شده در نرم افزار فلوئنت بدون فین و در شکل (۷) همراه فین نـشان داده شده است.



شکل (۶) مشعل فراخونی شده در نرم افزار فلوئنت بدون فین



شکل (۷) مشعل فراخونی شده در نرم افزار فلوئنت همراه فین

بررسی مش بندی

برای بررسی صحت مش بندی باید به ۲ نکته توجه کـرد ، نکتـه اول عدم وابستگی جواب به مش بندی و نکته دوم میزان y^+ اسـت. بـه طور کلی هنگامی که یک مسئله در فلوئنت بررسـی مـی شـود بایـد مطمئن بود که جواب مسئله به نوع مش بندی بستگی ندارد ، بـرای این کار ابتدا شکل اصلی با تعداد مناسب مش بندی می شود، پس از حل مسئله با این مش بندی تعداد مـش هـا ۲ برابـر شـده و دوبـاره مسئله را حل می شود ، چنان چه جواب ها یکسان باشد بدین معنی

Archive of SID

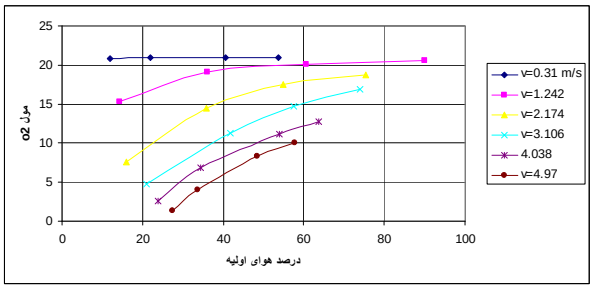
www.SID.ir

است که مسئله را می توان با مش بندی کمتر نیز حل کرد و جـواب به مش بندی مربوط نیست. اگر جواب ها متفاوت باشند یعنـی مـش بندی اولیه کافی نبوده و باید از مش بندی با تعداد بیشتری اسـتفاده شود. افزایش تعداد مش ها باید تا زمانی که جـواب هـا یکـی باشـند ادامه یابد.

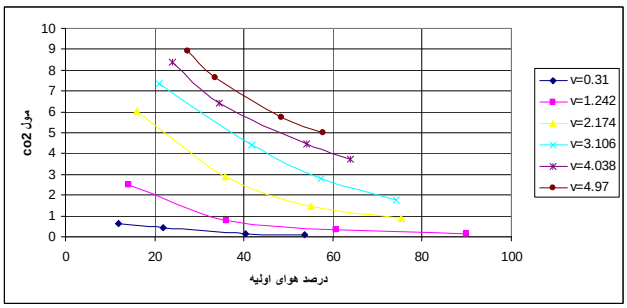
y^+ باید حداقل ۳۰ باشد که در مورد این مسئله ۱۰ بود که در خـود فلوئنت قابلیت تصحیح این مشکل وجود دارد و با اعمـال ایـن تغییـر مشکل y^+ حل شد. تعداد مش برابر ۳۷۰۰۰۰ عـدد مـش سـاختار یافته می باشد.

درصد مولی CO_2 و O_2 در خروجی رادیاتور

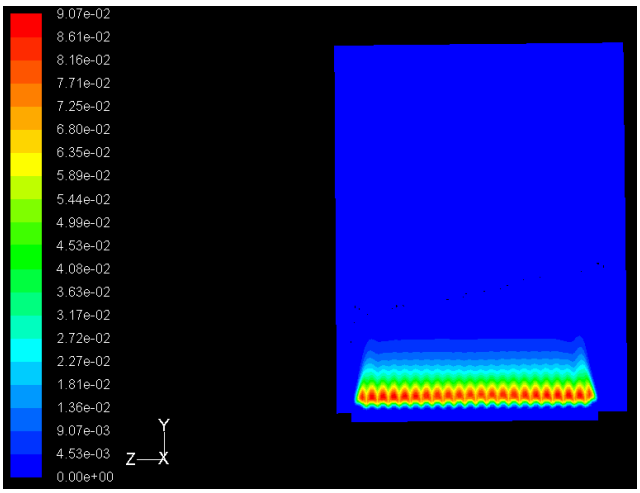
با توجه به اینکه در هر دبی خـاص درصـد هـوای اولیـه در خروجـی مشعل متفاوت است لذا در هر دبی تغییرات درصد مـولی CO_2 و O_2 را نسبت به تغییرات درصـد هـوای اولیـه بررسـی کـرده ایـم. طبـق نمودارهای زیر مشاهده می شود با افزایش درصد هوای اولیـه درصـد مولی CO_2 کاهش و درصد مولی O_2 افزایش می یابد .در نمودارهای (۳) و (۴) تغییرات درصد مولی O_2 و درصد مولی CO_2 را بر حـسب تغییرات درصد هوای اولیه نشان می دهـد.کـانتور CO درشـکل (۸) نشان داده شده است.



نمودار (۳). تغییرات مول O_2 نسبت به درصد هوای اولیه در خروجی رادیاتور بدست آمده از حل عددی



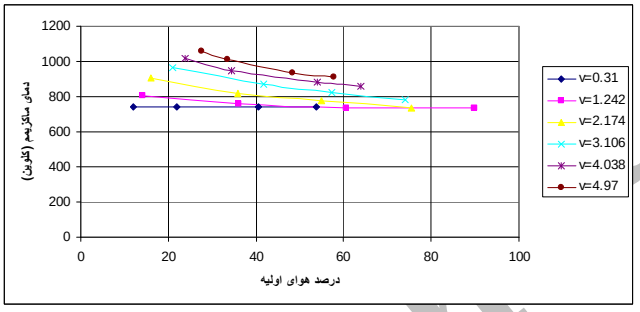
نمودار (۴). تغییرات مول CO_2 نسبت به درصد هوای اولیه در خروجی رادیاتور بدست آمده از حل عددی



شکل(۸) کانتور مول CO در احتراق

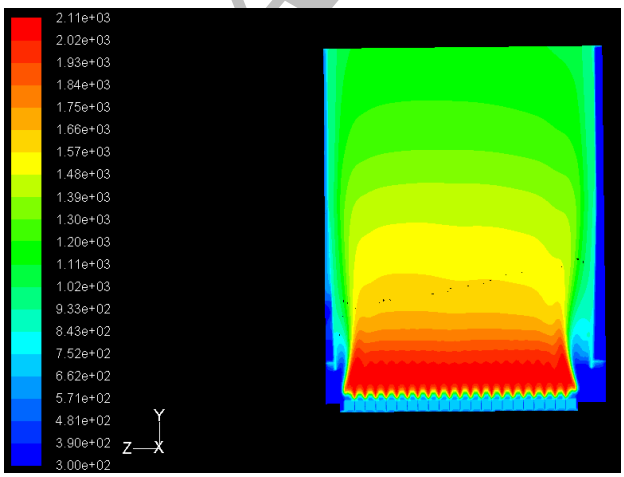
دمای ماکزیمم احتراق

با تغییر درصد هوای اولیه دمای ماکزیمم احتراق افزایش می یابد و هر چه دمای احتراق بیشتر افزایش یابد بازده احتراق افزایش می یابد. طبق نمودار (۵) مشاهده می شود با افزایش دبی گاز و کاهش درصد هوای اولیه مقدار دمای ماکزیمم افزایش می یابد.



نمودار (۵) تغییرات دمای ماکزیمم احتراق بر حسب درصد هوای اولیه بدست آمده از حل عددی

کانتور دما در شکل(۹) نشان داده شده است.



شکل(۹) کانتور دما برحسب درجه کلوین در احتراق

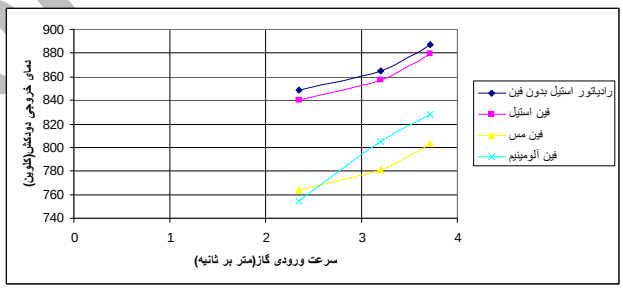
Archive of SID

www.SID.ir

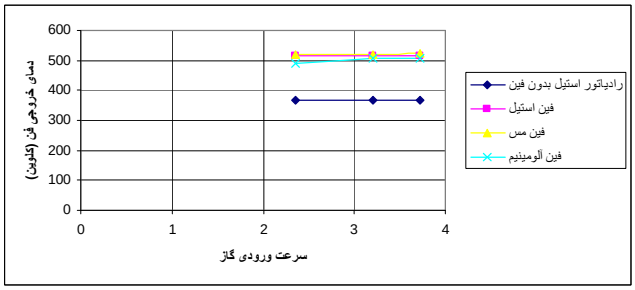
تاثیر فین بر کاهش دمای خروجی دودکش

به علت دمای بالای خروجی رادیـاتور انـرژی زیـادی از دودکـش بـه محیط خارج به هدر می رود برای کاهش این دما و افـزایش بـازده از فین بین صفحات رادیاتور استفاده می کنیم همچنین جنس صفحات رادیاتور و صفحات فین را تغییر می دهیم تا تاثیر آنها را بـر افـزایش بازده بررسی کنیم در بخاری مورد بررسی از جنس صـفحات اسـتیل اسـتفاده مـی شـود و مـا بـرای افـزایش بـازده از صـفحات مـسی و آلومینیمی به علت داشتن ضریب انتقال حرارت هـدایت بـالای آنهـا استفاده می شود و از صفحات فین برای افزایش سطح تبادل حـرارت بین هوای دمیده شده از فن و صفحات داغ استفاده شده است که در نمودارهای زیر مشاهده می کنیم افزایش سطح تبادل حـرارت تـاثیر بیشتری نسبت به جـنس صـفحات رادیـاتور بـر روی کـاهش دمـای خروجی رادیاتور و افزایش بازده دارد .

در نمودار (۶)و(۷) مشاهده می شود استفاده از فین مسی و آلومینیم باعث کاهش شدید دمای خروجی رادیـاتور و افـزایش دمـای هـوای دمیده شده فن می شود.



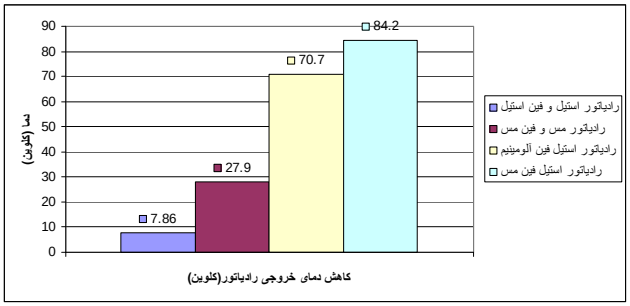
نمودار (۶). تغییر دمای خروجیرادیاتور بر حسب دبی ورودی گاز در رادیاتور استیل بدست آمده از حل عددی



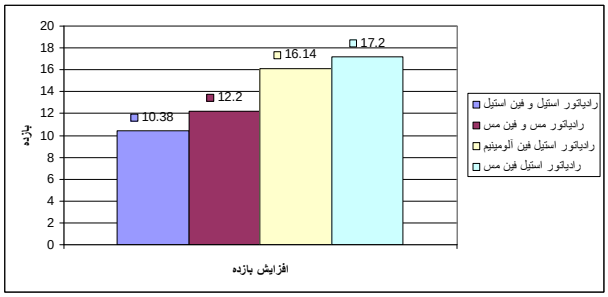
نمودار (۷). تغییر دمای خروجی فن بر حسب دبی ورودی گاز در رادیاتور استیل بدست آمده از حل عددی

افزایش بازده

طبق نمودارهای بالا مشاهده شد که استفاده از فین باعث کاهش دمای خروجی رادیاتور و افزایش بازده می شود. میزان این کاهش دمای خروجی و افزایش بازده را در نمودارهای میله ای(۸)و(۹) که نشان داده ایم که مشاهده می شود کاهش دمای رادیاتور تا ۸۰ درجه کلوین و افزایش بازده تا ۱۷ درصد صورت می گیرد که این افزایش بازده باعث صرفه جویی زیادی در مصرف سوخت می شود.



نمودار (۸) . کاهش دمای خروجی رادیاتور بدست آمده از حل عددی



نمودار (۹) . افزایش بازده بخاری بدست آمده از حل عددی

نتیجه گیری

در قسمت احتراق به منظور افزایش بازده و کـاهش دمـای خروجـی رادیاتور از فین استفاده کردیم و مشاهده شد در حالت قرار دادن فین مسی در بین صفحات رادیاتور در حدود ۸۴ درجه سانتی گراد دمـای خروجی رادیاتور کاهش یافته و در نتیجه حـدود ۱۷ درصـد افـزایش بازده داریم.

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]. مهنـدس پژمـان صـادقی ، پایـان نامـه جهـت دریافـت درجـه کارشناسی ارشد ، بهینه سازی مصرف سوخت و کاهش آلاینده ها در مشعلهای گازسوز.

Archive of SID

www.SID.ir