بررسی عددی بویلرهای نیروگاهی با هدف تعیین بهترین شرایط کارکردی

جمشید خورشیدی مال احمدی- استادیار گروه مکانیک دانشگاه هرمزگان -jkhorshidi@yahoo.com حسن داوری-مربی گروه مکانیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودان-hdavari90@gmail.com سهیل سراجی- کارشناس ارشد مکانیک- دانشگاه هرمزگان شرکت مدیریت تولید برق هرمزگان

چکیدہ

یکی از مشکلاتی که هنگام راهاندازی بویلرها بوجود می آید احتراق ناقص بویلر است که سبب می شود مقدار قابل توجهی سوخت سوخته نشده از بویلر خارج شود. در این صورت بازده بویلر به شدت پایین آمده و آلودگی محیط زیستی را در پی خواهد داشت. یکی دیگر از مشکلات بویلر شکستن لولههای درونی بویلر به سبب حرارت بیش از اندازه است که سبب از کار افتادن بویلر می شود. اگر بخار از حالت اشباع خارج شود به بخار مافوق گرم تبدیل گردد سبب وارد شدن آسیب جدی به بویلر می گردد. اضافه کردن مواد خاص و طراحی مناسب لولههای درونی بویلر سرعت و دمای بخار در بویلر را کنترل می کنند. در این تحقیق با استفاده از دینامیک سیالات محاسباتی رژیم جریان و انتقال حرارت در یک بویلر صنعتی نحوه عملکرد بویلر و پارامترهای موثر مورد مطالعه قرار گرفته است.

1 مقدمه

نیازروزافزون جهان وبه خصوص کشورهای درحال توسعه به انرژی برق سبب توسعه روزافزون نیروگاههاگردیده است . باافزایش تعدادنیروگاههاکه بخش عمده آن نیروگاههای حرارتی بوده،میزان مصرف سوختهای فسیلی به خصوص نفت کوره،که جزءسوختهای سنگین میباشند،درنیروگاه-هابسیارمورداستفاده قرارمیگیرد . باتوجه به بالابودن نسبت کربن به هیدروژن درسوخت نفت کوره نسبت به سوخت سبک مانندگازطبیعی، بخش مهم دیگری ازآلاینده های اسبک مونوکسیدکربن و دوده میباشندکه انتشاراینگونه

هاعلاوه براثرات مضرزیست محیطی سبب کاهش راندمان احتراق نیزمیگردند[1].از مهمترین پارامترهای احتراقی موثر بر میزان تشکیل و انتشار آلاینده های احتراق می توان به دما و میزان اختلاط سوخت و هوا اشاره نمود[2] اختلاط بهتر سوخت و هوا سبب کاهش تشکیل آلاینده های کربنی (مونوکسید کربن و دوده)، افزایش دما و راندمان احتراق می گردد .از طرفی افزایش دما در نواحی داغ شعله، سبب افزایش چشمگیر میزان تشکیل اکسیدهای ازت و گوگرد می گردد.[3] از جمله عوامل مهم دیگر در کنترل میزان آلاینده های اکسیدهای ازت و گوگرد میزان تابش می باشد .با افزایش میزان تابش، دمای ماکزیمم شعله کاهش

یافته و در نتیجه میزان تشکیل این آلاینده ها کاهش چشمگیری می یابد.

زینگ و همکارانش[2] در سال 2005 برای بررسی اثر اکسیداسیون CO در احتراق ذرات کربن از یک روش Flam (10] اکسیداسیون CO در احتراق ذرات کربن از یک روش sheet جدید استفاده کرده است. استرادا و همکاراش 2006 نیز جهت آنالیز ایزومریزاسیون هیدروکربن های نفت از روش تعادل شیمیایی استفاده کرده است، به علت اهمیت تمام گونهها این روش نتایج بسیار خوبی را در تطابق با داده های آزمایشگاهی برای محقق ایجاد کرده است.ابراهیمی و آقانجفی[11]در سال 2004 تحقیقاتی در مورد کاهش xOرابه روش باز سوزش در بویلرهای نیروگاهی پرداخته و در نهایت به این نتیجه رسیدهاند که با درنظر پرداخته و در نهایت به این نتیجه رسیدهاند که با درنظر مورد کاهش xOراب روش باز سوزش در بویلرهای نیروگاهی مورد کاهش میران 2003 تحقیقای در مورد اثر نوع همکاران[21] در سال 2006 تحقیقی در مورد اثر نوع سوخت بر عملکرد و میزان xOر تولیدی توربینهای گازی سوخت بر عملکرد و میزان xOر

رجهی [13]با استفاده از دینامیک سیالات محاسباتی یک بویلر صنعتی را که شبیه سازی کرده است. آنها مدل های مختلف احتراق را برای شبیه سازی مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد مدل احتراقی EWBM دقیق ترین مدل است. طاها [3] یک بویلر را که از ذغال به عنوان سوخت است. طاها [3] یک بویلر را که از ذغال به عنوان سوخت استفاده می کرد را مورد مطالعه قرار دادند. آنها رابطه تجزیه و تولید خاکستر را بر عملکرد بویلر بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد با افزایش نرخ co-firing سرعت گازهای خروجی و ته نشین شدن خاکستر را افزایش می دهد.

کنگ [14]از دیمتیل اتر برای سوخت بویلر استفاده کردند. آنها میزان نشر NO و CO و همچنین اثر نسبت سوخت به هوای اضافی را بر روی فرآیند احتراق مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آنها نشان داد دیمتیل اتر از سوختهای دیگر پاکتر است.

بررسى تحليلى بويلر

بررسی جریان سیال

معادلات جهت تحلیل و بررسی بویلر، برای جریان سه بعدی، پایا، تراکم پذیر و با به کار بردن خواص متوسط زمانی برای جریان آشفته بیان میشوند.

در بررسی عددی جریان، از فرم سه بعدی معادلات پایستگی جرم و مومنتوم با تعریف مدل لزجت s-الستفاده می شود که معادله (1) فرم معادله مومنتوم مورد استفاده است. جهت

www.SID.ir

ارتباط لزجت اغتشاش و انرژی جنبشی از معادله (2) استفاده شده است. روابط (3) تا (5) جهت محاسبه انرژی کینتیک و نرخ پراگندگی اغتشاش استفاده میشوند. ضرایب ثابت تجربی بکار رفته نیز به صورت زیر خواهند بود: $f_{\mu} = 0.09 \quad C_{e1} = 1.44 \quad C_{e2} = 1.92 \quad \sigma_{k} = 1.0 \quad \sigma_{e} = 1.3$ بعلاوه معادله انرژی در فرم (6) مورد استفاده قرار می گیرد.

احتراق را می توان به صورت انجام یک سری واکنشهای شیمیایی که در آن اکسیداسیون سوخت هیدروکربنی اتفاق مىافتد تعريف كرد. به طور خلاصه احتراق يک هيدروكربن با فرمول شیمیایی C_xHy با فرم معادله (7) انجام می گیرد. اکسیدهای نیتروژن شامل اکسید نیتروژن و مقدار کمی دی اکسید نیتروژن میباشند. دی اکسید نیتروژن از اکسید نيتروژن حاصل مي شود. منابع اصلي شكل گيري آلايندهٔ NO به سه دسته تقسیم میشوند. الف. اکسید نیتروژن گرمایی، که به واسطهی تجزیه مولکولهای هوا و نیتروژن شکل می-گیرد. ب. اکسید نیتروژن سریع، که بر اثر هجوم هیدروکربن-ها به نیتروژن موجود در هوا شکل می گیرد. ج. اکسید نیتروژن سوخت، که بر اثر نیتروژن موجود در سوخت شکل می گیرد. نرخ شکل گیری NO سریع در مقایسه با NO گرمایی بسیار کوچک است. فشار در خلال فرآیند احتراق افزایش مییابد و به دنبال آن گازهای سوخته شده در دمای بسيار گرم متراكم مىشوند و تمام اين اتفاقات دقيقاً پس از احتراق رخ میدهد. به همین دلیل نرخ شکل گیری NO گرمایی در مقایسه با انواع دیگر چشم گیر است. [14]

معادله (8) تا (10) نشان دهنده فرایند شکل گیری اکسید نیتروژن از مولکول های نیتروژن هوا میباشند. ثابتهای نرخ واکنش در جهت رفت و برگشت برای واکنشهای این معادلات به طور تجربی اندازه گیری شده است.

به منظور شبیه سازی احتراق از مدل انتقال گونه های شرکت کننده در واکنش استفاده شده است. در این مدل یک معادله انتقال برای تک تک گونه ها (در اینجا چهار معادله برای متان، اکسیژن، اب و دی اکسید کربن) حل شده و در هر دور محاسبات کسر جرمی آن ها محاسبه می شود. این روش از بررسی واکنش های میانی و رادیکال ها و دیگر محصولات اضافی احتراق صرف نظر می کند؛ بنابراین با داشتن دقت قابل قبول از نظر هزینه محاسباتی مقرون به صرفه است. معادله انتقال برای کسر جرمی m_1 بصورت رابطه (11)نوشته شده است.

گرمای تولید شده بر اثر واکنش احتراق از این معادله محاسبه شده و در عبارت چشمه معادله انرژی قرار می گیرد.

مدلسازی تشعشع

تشعشع بعنوان مهم ترین روش انتقال حرارت از شعله به محيط اطراف به دليل دماى بسيار بالاى ان مطرح است. رابطه حاکم بر تشعشع شعله بر محیط اطراف و فضای درون محفظه احتراق از نوع حجمی است. در حالت کلی مدلسازی تشعشع حجمی در یک فضای سه بعدی مستلزم هزينه محاسباتي بسيار بالايي است و مي بايست معادله انتقال تشعشع به ازای تکتک سلول ها و در کلیه جهات سه بعدی (زوایای یک کره) در نظر گرفته شود. از اینرو به منظور كاهش حجم محاسبات و قابل استفاده بودن آنها مدل های مختلفی ارائه شده است که هر یک مناسب شرایطی از دامنه حل است. حل معادله انتقال تشعشع (RTE) برای یک محیط جاذب، ساطع کننده و پراکندگی متوسط در موقعیت \vec{r} و جهت \vec{s} به کمک رابطه (15) انجام می شود. با توجه به ضخامت نوری نسبتاً بالا، سادگی، هزینه محاسباتی پایین و دقت قابل قبول، مدل P1 برای مدل سازی تشعشع انتخاب شده است. [15]

۲- نحوه انجام شبیهسازی عددی

الف. هندسه مسئله

هندسه بویلر مورد مطالعه در این پژوهش در شکل (1) نشان داده شده است. هوای داخل محفظه احتراق توسط مشعل گرم شده و بعد از عبور از قسمت انتهایی بویلر و عبور از روی لولههای آب از طریق دودکش از بویلر خارج میشود. برای شبیهسازی فرآیند احتراق در بویلر از هندسهی تقریبی برای مشعل استفاده شده است. (شکل(2)). بر اساس شکل (3)، برای ورود هوا و سوخت به محفظه احتراق سه ناحیه ورود سوخت، هوای اولیه و هوای ثانویه در نظر گرفته شده است.

ب. شرایط مرزی ناحیه محاسباتی

شرایط مرزی در سه ناحیه ورودی مشعل، خروجی دودکش، دیوارههای بویلر و فضای داخلی آن مورد بررسی قرار گرفتهاند. در مشعل، سوخت از گاز متان با دبی 7 کیلوگرم کیلوگرم بر ثانیه و هوا در دو حالت اولیه با دبی 7 کیلوگرم بر ثانیه و ثانویه با دبی 13 کیلوگرم بر ثانیه با در نظر گرفتن نسبت مخلوط 23٪ اکسیژن و 77٪ نیتروژن در نظر گرفته شدهاند.خروجی دودکش هوای اتمسفریک در نظر گرفته شده است و شرط عدم لغزش برای تمامی دیوارهها و عایق بودن برای دیوارههای خارجی بویلر در نظر گرفته شدهاست. SID.ir

یک سمت از بویلر دارای لولههای آب اشباع و سمت دیگر آن دارای بخار مافوق گرم است.



شکل1: شماتیک هندسه بویلر شبیهسازی شده به همراه

قسمتهای مختلف





شکل 3: مدلسازی مشعل بویلر

ج. فرضيات شبيهسازى

برای شبیه سازی فرآیند احتراق در بویلر، رژیم جریان سه-بعدی، مغشوش و پایدار در نظر گرفته شده است. بعلاوه فرآیند احتراق به صورت کامل انجام می شود، از تولید دوده در بویلر صرفنظر شده است، اما تولید NO_X لحاظ شده است. از طرف دیگر خواص مخلوط سوخت و هوا با دما تغییر می کنند.

د. صحتسنجی

برای صحتسنجی نحوهی شبیه سازی و تنظیمات مسئله، از آنجا که نتایج تجربی برای مسئله بویلر حاضر موجود نیست، لذا واکنش احتراق را در یک مشعل شبیه سازی کرده و نتایج آنرا با دیگر نتایج تجربی مقایسه میکنیم. شکل (4) هندسه ی مشعل شبیه سازی شده و مقایسه نتایج، با محاسبات دیگر محققین[16]و[17]را نشان می دهد. باتوجه به شکل، توزیع دما در محور مرکزی مشعل با نتایج تجربی و عددی گذشته مطابقت قابل قبولی دارد. از آنجا که نحوهی تنظیمات مسئله برای واکنش احتراق در بویلر نیز همانند این شبیه سازی است می توان از صحت تنظیمات و روند حل مسئله اطمینان داشت.

ه. بررسی کیفیت شبکه

برای بررسی استقلال جواب از شبکه سه شبکه درشت، معمولی و ریز مورد بررسی قرار گرفته است. برای شبکه درشت 452424 گره، برای شبکه معمولی 1752459 گره و برای شبکه ریز 3592342 گره استفاده شده است. شکل (5) به ترتیب تغییرات کسر جرمی CH₄، کسر جرمی دCO₂، سرعت سیال را در خط مرکزی بویلر و0=y نشان میدهند. همان طور که مشخص است میزان اختلاف تغییرات پارامترهای نشان داده شده در هر شبکهبندی نسبت به یکدیگر اندک است. با وجود اینکه بین شبکههای نسبت به یکدیگر اندک است. با وجود اینکه بین شبکههای برای انجام محاسبات در زمان معقول، از شبکه با تعداد برای شبکه ریز تقریبا 3 برابر بیشتر از شبکه معمولی است.





شکل4: هندسهی مشعل شبیهسازی شده و مقایسه نتایج شبیه سازی شده با دیگر مطالعات انجام شده

۳- بررسی نتایج

فرایند انجام محاسبات با توجه به شکل (6) انجام می شود. در ابتدای حل خواص سیال کاری را با توجه به دما و فشار موجود در هر سلول محاسبه می شود.در مرحله بعدی معادله مومنتوم برای تعیین سرعتها حل شده و در مرحله بعدی میدان فشار اصلاح می گردد. در مرحله آخر دیگر معادلات حاکم شامل انرژی، گونههای شیمیایی و اغتشاش حل خواهند شد. یرای حل معادلات حاکم از روش حجم محدود خواهند شد. یرای حل معادلات حاکم از روش حجم محدود و الگوریتم SIMPLE استفاده شده است. این روش ساده-ترین و البته از کاراترین روش ها برای حل معادلات ناویر-استوکس است. استفاده از این روش برای جریانهای تکفاز و همچنین جریانهایی که کوپلینگ بین سرعت و فشار شدید نیست توصیه می شود.

شکل (7) کانتورهای دما را در دو صفحه دلخواه در بویلر نشان میدهد. هنگامی که محصولات از مشعل وارد بویلر میشوند دارای دمای محیط بوده و سپس ناگهان با ایجاد شعله دمای آنها به مقداری در حدود 2200 کلوین میرسد. در محفظه احتراق میانی دمای سیال بسیار بالاست و در هنگام عبور از روی لولهها حرارت خود را از دست میدهند. از جمله نکات قابل توجه دیگر طول تقریبی شعله است که در حدود 60٪ طول بویلر را در بر میگیرد. داد. همچنین با استفاده از دینامیک سیالات محاسباتی می-توان به مطالعه پارامتریک یک بویلر به منظور یافتن بهترین شرایط کارکردی پرداخت و از انجام آزمایشات ضروری که پر هزینه و زمانبر است اجتناب کرد.



شکل5: مقایسه نتایج محاسبات بالا. کسر جرمی متان وسط. کسر جرمی دی اکسید کربن پایین. سرعت سیال برای شبکه سه بعدی



شکل6:فلوچارت شبیهسازی انجام شده

در شکل (8) کانتورهای کسر جرمی اکسید نیتروژن در دو صفحه دلخواه در بویلر نشان داده شده است. حداکثر مقدار NO_x تولید شده تقریبا برابر 0.00129 است و همانطور که انتظار می رفت در مرکز مشعل و محفظه احتراق اتفاق می افتد (به علت وجود حداکثر دمای سیال در این منطقه). همان طور که از شکل مشخص است مقدار NOX در نزدیکی ورودی مشعل اندک است و در نوک شعله به حداکثر مقدار خود میرسد. بعد از این ناحیه با کاهش دمای سیال مقدار آلایندهی NOX نیز کاهش می یابد. شکل های (9) تا(12) تغییرات کسر جرمی گونههای مختلف شیمیایی دخیل در واکنش احتراق را در محور مرکزی مشعل تا انتهای بویلر نشان میدهند. هنگامی احتراق صورت می پذیرد کسر جرمی متان به صورت سریع کاهش می یابد. مقدار کسر جرمی اکسیژن نیز بعد از احتراق به مقدار ثابتی میرسد. میزان آلایندهی NO_x وابسته به دمای محصولات احتراق و نسبت سوخت به هوا است. هنگامی که نسبت هوا به سوخت از مقدار استوکیومتریک بیشتر باشد تولید آلاینده NO_X کاهش مییابد. با افزایش نسبت سوخت به هوا نرخ انجام فرآیند احتراق کاهش می یابد و به تبع آن دمای شعله نیز پایین میآید. جدول (1) غلظت آلاینده NO_X را برای نسبت هوا به سوختهای مختلف نشان میدهد. همان طور که ملاحظه می شود حداکثر مقدار آلایندهی NO_X در نسبت هوا به سوخت استوكيومتريك اتفاق مىافتد.

جدول ۱: مقادیر حداکثر و خروجی NOX در بویلر

حداکثر مقدار کسر جرمی NO _X
0/00125
0/00069
0/000082

در نهایت با توجه به تحلیل عددی موجود، میتوان غلظت NO_x, سرعت و میزان سوخت و NO_x فوای ورودی، حداکثر دمای شعله و در مجموع بهینه بودن فرایند را مورد پایش نمود.

دینامیک سیالات محاسباتی سرعت، فشار و دمای سیال درون ناحیه محاسباتی که هندسه پیچیده و شرایط مرزی مختلفی را دارد تحلیل میکند. در حین تحلیل هندسه سیستم یا شرایط مرزی نظیر سرعت و دبی ورودی به راحتی قابل تغییر هستند تا بتوان اثرات آنرا بر روی الگوی جریان و انتقال حرارت یا توزیع گونههای شیمیایی مورد بررسی قرار www.SID.ir





شکل 7: کانتورهای دما در بویلر (a) خط مرکزی، (b)



شکل8: کانتورهای کسر جرمی اکسید نیتروژن در بویلر (a) خط مرکزی، (b) (y=0.3 (b)



شکل 9: تغییرات کسر جرمی متان از محور مرکزی مشعل تا انتهای بویلر

www.SID.ir



شکل 10: تغییرات کسر جرمی اکسیژن از محور مرکزی مشعل تا انتهای بویلر



شکل 11: تغییرات کسر جرمی دیاکسیدکربن از محور مرکزی مشعل تا انتهای بویلر



انتهای بویلر انتهای بویلر

جدول روابط

توضيحات	معادله	شماره
k-arepsilonمعادله مومنتوم با تحليل لزجت	$-\rho \overline{u_{i}u_{j}} = \mu_{i} (\frac{\partial \overline{\rho u_{i}}}{\partial x_{j}} + \frac{\partial \overline{\rho u_{j}}}{\partial x_{i}}) - \frac{2}{3}\rho k \delta_{ij}$	1
معادله لزجت اغتشاش	$\mu_t = C_\mu \frac{f_\mu \rho k^2}{\varepsilon}$	2
معادله انرژی جنبشی	$\frac{\partial \rho k}{\partial t} + \frac{\partial \rho \overline{u_i} k}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_i} + P_k - \rho \varepsilon$	3
معادله نرخ پراکندگی اغتشاش	$\frac{\partial \rho \varepsilon}{\partial t} + \frac{\partial \rho \overline{u_i} \varepsilon}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \frac{\mu_t}{\sigma_{\varepsilon}} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_i} + C_{\varepsilon 1} \frac{\varepsilon}{k} P_k - \rho C_{\varepsilon 2} \frac{\varepsilon^2}{k}$	4
معادله کمکی جهت حل معادله انرژی جنبشی	$P_{k} = \rho \overline{u_{i}'u_{j}'} \frac{\partial \overline{u_{i}}}{\partial x_{j}} = -\mu_{t} \left(\frac{\partial \overline{u_{i}}}{\partial x_{j}} + \frac{\partial \overline{u_{j}}}{\partial x_{i}} \right) \frac{\partial \overline{u_{i}}}{\partial x_{j}}$	5
معادله انرژی	$(\alpha_p \rho_p h_p) + \nabla . (\alpha_p \rho_p \vec{v}_p . h_p) = -\alpha_p \frac{\partial P_p}{\partial t} + \tau_p : \nabla \vec{v}_p - \nabla . \vec{q}_p + SE_p$	6
معادله احتراق هيدروكربنها	$C_{x}H_{y} + \left(x + \frac{y}{4}\right)O_{2} = xCO_{2} + \frac{y}{2}H_{2}O$	7
معادلههای واکنش اکسیژن نیتروژن		8 9 10
معادله انتقال برای کسر جرمی	$\frac{\partial}{\partial t}(\rho m_{l}) + \frac{\partial}{\partial x_{i}}(\rho m_{l} u_{i}) = \frac{\partial}{\partial x_{i}} \left[\left(\rho D + \frac{\mu_{t}}{\partial_{m}} \right) \frac{\partial m_{l}}{\partial x_{i}} \right] + R_{l}$	11
معادله نرخ محدود کننده واکنش آشفتگی جریان بر اساس دادههای واکنش دهندهها	$R_{l,r} = v_{l,r}' M_l A \rho \frac{\varepsilon}{k} \min_{R} \left(\frac{m_r}{v_{R,r}' M_R} \right)$	12
معادله نرخ محدود کننده واکنش آشفتگی جریان بر اساس دادههای محصولات	$R_{l,r} = v_{l,r}' M_l A B \rho \frac{\varepsilon}{k} \frac{\sum_p m_p}{\sum_j^N v_{j,r}'' M_j}$	13
نرخ خالص انجام واكنش	$R_l = M_l \sum_{r=1}^{N_R} R_{l,r}$	14
معادله تشعشع	$\frac{dI(\vec{r},\vec{s})}{ds} + (a+\sigma_s)I(\vec{r},\vec{s}) = an^2 \frac{\sigma T^4}{\pi} + \frac{\sigma_s}{4\pi} \int_0^{4\pi} I(\vec{r},\vec{s})\Phi(\vec{r},\vec{s})d\Omega'$	15

نیتروژن دوازدهمین کنفرانس بین المللی مهندسی مکانیک، دانشگاه تربیت مدرس ، ۱۳۸۳. [12] عامری م.،" اثر نوع سوخت بر عملکرد و میزان تولیدی توربین گاز "اولین کنفرانس احتراق ایران، دانشگاه

تربیت مدرس،۱۳۸۴.

[13]. M.A. Rajhi, R. Ben-Mansour, M.A. Habib, M.A. Nemitallah, K. Andersson, Evaluation of gas radiation models in CFD modeling of oxycombustion, Energy Conversion and Management Volume 81, May 2014, Pages 83–97.

[14] Yinhu Kang, Xiaofeng Lu, Quanhai Wang, Xuanyu Ji, Shanshan Miao, Chen Zong, Guangyu Luo, Hai Liu, An experimental and modeling study of *NOx* and *CO* emission behaviors of dimethyl ether (DME) in a boiler furnace, Fuel Processing Technology Volume 122, June 2014, Pages 129–140 [15]. J. H. Lienhard IV and J. H. Lienhard V, A Heat Transfer Textbook, Third Edition, Cambridge, Massachusetts, Phlogiston Press, 2008.

[16] I. Mohammadi, S. Hossainpour, The effects of chemical kinetics and wall temperature on performance of porous media burners. Heat and Mass Transfer 49 (2013) 869-877.

[17] D. Trimis, F. Durst, Combustion in a porous medium-advances and applications, Combustion Science and Technology, 121 (1996) 153-168.

[1] G. H. Yeoh, R. K. K. Yuen, S. C. P. Chueng and W. K. Kwok, "On Modeling Combustion Radiation and Soot Processes in Compartment Fires," Building and Environment, 38, 2003, pp. 771-785

[2] Zhang M., Yu J., " A new flame sheet model to reflect the influence of the oxidation of CO on the combustion of a carbon particle ", Combustion and Flame, Vol 143, pp 150-158, 2005.

[3] Taha J. Taha, Arthur F. Stam, Kurt Stam, Gerrit Brem, CFD modeling of ash deposition for cocombustion of MBM with coal in a tangentially fired utility boiler, Fuel Processing Technology Volume 114, October 2013, Pages 126–134.

[4].Zahirovic, S., Scharler, R. and Obernberger, I., "Advanced CFD Modelling of Pulverised Biomass Combustion," Institude for Ressource Efficient and Sustainable Systems, Graz University of Technology, Graz, Asturia. BIOS Co,2004.

[5]. ASME Boiler and Pressure Vessel Code, 2013.

[6]. C. R. Choi and C. N. Kim, "Numerical Investigation on the Flow Combustion and NOx Emission Characteristics in a 500 MWe Tangentially Fired Pulverized-Coal Boiler," Fuel, 88, No. 9, 2009, pp. 1720-1731.

[7] M. Rahimi, S. M. Shariati and A. Khoshhal, "Investigation of Combustion and Transport Phenomena in Bistoun Power Plant Using CFD," 10th Congress of Chemical Engineering, Sistan and Baluchestan University, Sistan and Baluchestan, Iran, November 2005, (in Farsi).

[8] S. Falahatkar and H. Ahmadikia, "Developing a New Method for Prevention of Superheater Tubes Destruction in Boiler," Second Conference of Power Plant Industrial, Sharif University, Tehran, November 2010, (in Farsi).

[9] Wojciech P. Adamczyk, Gabriel Węcel, Marcin Klajny, Paweł Kozołub, Adam Klimanek, Ryszard A. Białeckia, Modeling of particle transport and combustion phenomena in a large-scale circulating fluidized bed boiler using a hybrid Euler–Lagrange approach, Particuology Available online 15 January 2014 In Press, Corrected Proof —Note to users

[10] Estrada D.A. ,Paz-Zavala C. D. " Application of chemical equilibrium for hydrocarbon isomerization analysis ", Fuel, 2006.

مراجع

www.SID.ir