جهت تهیه فایل WORD این مقاله به سایت DaneshResan.com مراجعه نمایید و عنوان مقاله را جستجو کنید
بیش از ۲ میلیون مقاله فارسی در این سایت موجود میباشد

کد مقاله: CCI2008

دومین کنفرانس احتراق ایران
بهمن ماه 1386 - مشهد- دانشگاه آزاد اسلامی مشهد

انجمن احتراق ایران

شبیه سازی عددی بخش تشعشعی کوره شکست حرارتی

مجید عمید پور[1]، غلامرضا صالحی[2]، محمدحسن خوشگفتار منش[3] ، حسین خوشنظر شورابسری[4]

تهران میدان ونک خیابان ملاصدرا کوچه پردیس دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیر

Salehi_kntu@yahoo.com

چکیده

به علت پیچیدگی طبیعت فرایند شکست حرارتی شبیه سازی دقیق برای رسیدن به طراحی محفظه احتراق و راکتور مورد نیاز است. شبیه سازی عددی کوره و راکتور کوپل شده به آن می تواند به عنوان ابزای مهم در جهت طراحی و بهینه سازی کوره شکست حرارتی به کار رود. برای کوره هایی که احتراق در آنها درخود کوره انجام می شود، مساله CFD علاوه بر معادله پیوستگی ممنتم و انرژی شامل احتراق تشعشع و مدلسازی توربولانسی می باشد. در مقاله حاضر ازشبکه بی سازمان برای حل استفاده شده، معادلات متوسط گیری شده رینولدز استفاده شده و از مدل توربولانسی $k-\varepsilon$ و مدل تشعشعی DO استفاده شده است. و با در نظر گرفتن شبیه سازی سه بعدی از جریان غلظت و دما برای بخش تشعشعی یک کوره شکست حرارتی بیان شده است. ونتایج به صورت پروفیل دما درون کوره و همچنین پروفیل دما روی راکتور های درون کوره بدست آمده است. نتایج به دست آمده با نتایج مدلهای مشابه مطابقت دارد. همچنین نقاط داغ در روی لوله ها شناسایی شده و امکان بهینه سازی کوره با قرار دادن برنر بررسی شده است.

واژه‌های کلیدی: کوره-راکتور لوله ای- شکست حرارتی- CFD - تشعشع

1- مقدمه

روشهای مختلفی برای تولید الفینها شناخته شده است. اما بهترین فرایند تولید این محصولات، شکست حرارتی هیدروکربنها در مجاورت بخار آب می باشد. شکست حرارتی در دمای بالا($900\text{-}800\,^{\circ}c$)و در داخل راکتور شکست حرارتی درون کوره انجام می شود. کوره های شکست حرارتی قلب مجتمع پتروشیمی محسوب می شوند.

مدلهایی که برای شبیه سازی بخش تشعشعی کوره ها موجود می باشد، به دو دسته تقسیم می شوند. 1-مدلهایی بر مبنای مدل ناحیه ای 2- مدلهایی بر مبنای حل عددی معادلات ناویر استوکس .

مدلهای ریاضی که بر مبنای مدل ناحیه ای می باشند. به سه دسته تقسیم می شوند. 1- مدل کوره با جریان اختلاط کامل 2-مدل کوره با جریان پیستونی 3- مدل کوره چند ناحیه ای. در این مدلها پدیده احتراق تعادلی فرض می شود که در نتیجه ، تحلیل درستی از عمل احتراق داده نمی شود. به عنوان مثال حرارت تولیدی ناشی از عمل احتراق را به طور یکنواخت بین نواحی حجمی گاز توزیع می کنند که با توجه به درجه حرارت نواحی و توزیع این گونها این فرض درست نمی باشد. لذا وارد نمودن احتراق در شبیه سازی کوره ها توسط این مدل با تقریب زیادی همراه است. جهت آنالیز دقیق کوره باید از

1- دانشیار- مهندسی مکانیک گروه سیستم انرژی
2- دانشجوی دکتری - مهندسی مکانیک
3- دانشجوی کارشناسی ارشد - مهندسی مکانیک
4- دانشجوی کارشناسی ارشد - مهندسی مکانیک

جهت تهیه فایل WORD این مقاله به سایت DaneshResan.com مراجعه نمایید و عنوان مقاله را جستجو کنید
بیش از ۲ میلیون مقاله فارسی در این سایت موجود میباشد

روشهای عددی استفاده نمود. اکثر تحقیقاتی که در مورد شبیه سازی کوره شکست حرارتی توسط مدلهای ناحیه ای یا عددی انجام شده در آزمایشگاه تحقیقاتی Gent در کشور بلژیک بوده است.

از جمله اینکه 1000 واکنش با 128 جزء و انواع خوراک مورد مطالعه قرار گرفته است. G.B. Marin, Detemerman,Froment در این زمینه نرم افزارها یی به نام FLOWSIMو CRACKSIM ارائه کرده اند. شبیه سازی همزمان کوره و راکتور نیاز به محاسبات شار حرارتی دارد که برپایه معادلات ناحیه بندی Hottel و Sarofim انجام شده است. Rao وPlehiers نتایج شبیه سازی همزمان کوره و راکتور را که در آن از معادلات ناحیه بندی استفاده نمودند ارائه کردند.

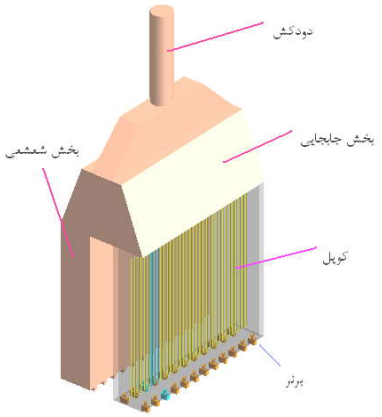
از دیگرتحقیقاتی که در سال2007 بر روی کوره انجام شده است Habibiو همکاران بر روی تاثیر و مقایسه انواع مدلهای تشعشعی در شبیه سازی عددی تشعشع درون کوره الفین می باشد. محققان با استفاده از مدل احتراقی سه مرحله ای برای سوخت که شامل متان و هیدروژن است و همچنین مدل توربولانسی $k-\varepsilon$، مدلهای تشعشعی DO،Rosseland،P-1 به تحلیل انتقال حرارت و انتقال اجزاء در کوره پرداخته و نتایج آن برای مدلهای مختلف مقایسه شده و مدل بهینه مدل DO انتخاب شده است. [5]

Marin و همکاران در سال 2006با استفاده ازجزئیات مکانیزم احتراق به شبیه سازی کوره شکست حرارتی پرداخته اند. مدل آنها شامل مبتنی بر انهدام ادی ها و سنتیک واکنشها همراه با تمامی اجزاء احتراقی بوده است. مکانیزم مورد نظر شامل 35 واکنش بین 16 جزء HCO, CH_2O,$CH3O$, CH_3, H_2O_2, O_2, OH, H, N_2O, O_2, CO, H_2, CO_2, H_2O, CH_4, برای مدلسازی مدلسازی احتراق می باشد. [4]

در این پژوهش کوره شکست حرارتی واحد الفین به صورت سه بعدی مدل شده است. شبکه بی سازمان برای تحلیل به کار رفته است. استقلال حل از شبکه چک شده، از معادلات متوسط گیری شده ناویر استوکس برای حل میدان سیال استفاده شده است. برای شبیه سازی تنشهای رینولزی مدل $k-\varepsilon$ به کار رفته است. نتایج طراحی حاصل از این روش با نتایج مقالات مشابه مقایسه شده و نشان از قابل قبول بودن جوابها دارد.

2- مدلسازی و شبیه سازی

همانطور که در شکل (1) مشخص است. کوره ها دارای سه قسمت تشعشعی ، جابجایی و دودکش می باشند. در قسمت جابجایی خوراک پیش گرم شده و به بخش تشعشعی فرستاده می شود. برنر ها با توجه به شرکت سازنده و مقدار حرارت لازم در کف یا دیواره یا هر دو واقع می شوند. سیال در قسمت تشعشعی درون کویلها قرار داردو واکنشها درون کویل انجام می شود. معادلات حاکم بر مدل شامل معادلات پیوستگی و ممنتم و انرژی و معادلات تشعشع و همچنین معادلات واکنشهای اجزاء احتراقی و سیال فرایندی می باشند. برای مدلسازی جریان توربولانسی از مدل $k-\varepsilon$ استفاده شده است. در زیر معادلات حاکم بر جریان به آورده شده است.



شکل (1) نمای کلی کوره شکست حرارتی

جهت تهیه فایل WORD این مقاله به سایت DaneshResan.com مراجعه نمایید و عنوان مقاله را جستجو کنید
بیش از ۲ میلیون مقاله فارسی در این سایت موجود میباشد

2-1- معادلات حاکم بر جریان

(1) معادله پیوستگی

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i)=0$$

(2) معادله ممنتم

$$\frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_i u_j)=\frac{\partial p_{eff}}{\partial x_j}+\frac{\partial}{\partial x_j}\left[\mu_{eff}\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j}+\frac{\partial u_j}{\partial x_i}-\frac{2}{3}\delta_{ij}\frac{\partial u_i}{\partial x_i}\right)\right]$$

(3) معادله k

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k u_i)=\frac{\partial}{\partial x_j}\left(\alpha_k \mu_{eff}\frac{\partial k}{\partial x_j}\right)+G_k+G_b-\rho\varepsilon$$

(4) معادله e

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho a u_i)=\frac{\partial}{\partial x_j}\left(\alpha_k \mu_{eff}\frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j}\right)+C_{1\varepsilon}\frac{\varepsilon}{k}(G_k+C_{3\varepsilon}G_b)-C^*_{2\varepsilon}\rho\frac{\varepsilon^2}{k}$$

(5) معادله انرژی

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(u_i(\rho E+\rho))=\frac{\partial}{\partial x_j}\left(\lambda_{eff}\frac{\partial T}{\partial x_j}+\sum_{i=1}^{N}h_i J_{i,j}+u_i\mu_{eff}\left[\left(\frac{\partial u_j}{\partial x_i}+\frac{\partial u_i}{\partial x_j}\right)-\frac{2}{3}\frac{\partial u_l}{\partial x_l}\delta_{ij}\right]\right)+S_{chem}+S_{rad}$$

(6) معادله انتقال اجزاء

$$\frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_j Y_i)=\frac{\partial}{\partial x_j}\left((\rho D_{i,m}+\frac{\mu_t}{Sc_t})\frac{\partial Y_i}{\partial x_j}\right)+R_i;i=1,2,\ldots,N-1$$

در معادلات بالا

$$C_\mu=0.09\ ;\ \sigma_k=1.00\ ;\ \sigma_\varepsilon=1.30\ ;\ C_{1\varepsilon}=1.44\ ;\ C_{2\varepsilon}=1.92$$

2-2- مدلسازی تشعشع

مهمترین مدلهای مورد استفاده برای مدلسازی تشعشع در کوره هاکه در نرم افزارهای متداول مورد استفاده قرار می گیرند عبارتند از مدل DO,P1,Rosseland انتخاب مدل مناسب در کوره ها به پارامترهای متعددی ازجمله ضخامت نوری و نوع گازهای موجود در محیط و ... وابسته است. پس از بررسی و شبیه سازی مدلهای مختلف مدل DO به عنوان مدل مناسب انتخاب گردید و در زیر به بیان معادلات موجود در این مدل می پردازیم. [3]

(7) معادله کلی تشعشع

$$\frac{dI(r,s)}{ds}+(a+\sigma_s)I(r,s)=an^2\frac{\sigma T^4}{\pi}+\frac{\sigma_s}{4\pi}\int_0^{4\pi}I(r,s')\Phi(s\cdot s')d\Omega'$$

که در آن :

بردار مکان : r، بردار جهت : s، بردار جهت بازتاب: s'، ضریب جذب : a، ضریب شکست : n

ضریب بازتابش : σ_s، ثابت استفان- بولتزمن : $\sigma=5.672\times10^{-8}\ \ W/m^2K^4$

شدت تشعشع (که به مکان(r)وجهت(s) بستگی دارد) : I، دمای موضعی : T

تابع فاز : Φ، زاویه تابش : Ω'

ضریب شکست n در مواقعی که محیط نیمه شفاف باشد، اهمیت زیادی دارد.

مدل DO معادلات انتقال تشعشعی را برای تعداد محدودی از زوایای گسسته حل میکند که این زوایای گسسته، هر کدام داری جهت برداری مشخصی در مختصات کارتزین هستند که میزان ریز بودن زوایا در گسسته سازی زاویه ای تحت کنترل ما می باشد.

تابع فلاکس حرارتی تشعشعی بر روی دیواره ها بصورت زیر است:

$$q_{in} = \int_{s.n\phi 0} I_{in} s.nd\Phi \tag{8}$$

فلاکس خاص حرارتی که دیواره را ترک می کند برابر است با:

$$q_{out} = (1-\varepsilon_{\omega})q_{in} + n^2\varepsilon_w \sigma T_w^4 \tag{9}$$

که n شاخص انکساری محیطی است که در مقابل دیواره قرار دارد، شرایط مرزی شدتی برای تمامی بردارهای خروجی s از دیواره بصورت زیر است::

$$I_0 = \frac{q_{out}}{\pi}$$

2-3- مدلسازی واکنشها

در مدلسازی احتراق از واکنش تک مرحله ای برای سوختن متان خالص استفاده شده و از خوراک پروپان خالص به عنوان ماده اولیه استفاده شده است. واکنش شکست پروپان به صورت مولکولی فرض شده و در آن از مولکولهای C3H8, C2H6, CH4, C3H6, C2H4, استفاده شده است.

در یک سیستم احتراق علاوه بر کلیه معادلات جریان، باید معادلات انتقال کسر جرمی هر یک از اجزاء نیز حل گردد. کسر جرمی هر جز (m_i) از طریق حل معادله نفوذ- جابجایی برای جزء iام بدست می آید. فرم عمومی این معادله بقاء بصورت زیر می باشد:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho m_i) + \nabla\cdot(\rho U m_i) = -\nabla\cdot\vec{J}_i + R_i + S_i \tag{10}$$

که در معادله فوق، R_i نرخ خالص تولید جزء i به وسیله واکنش شیمیایی و S_i نرخ تولید جزء i از طریق منابع دیگر مانند user-defined می باشد. یک معادله به فرم بالا می تواند برای حل $N-1$ جزء بکار رود که در آن N تعداد کل اجزای شیمیایی در سیستم می باشد.

اغلب سوختها سریع می سوزند و سرعت کلی واکنش توسط اختلاط آشفته[1] کنترل می شود. در این موارد کنترل کننده واکنش، اختلاط و آشفتگی می باشد. تأثیر آشفتگی بر روی سرعت واکنش در این موارد توسط مدلی که Magnussen و Hjertager ارائه داده اند، مشخص می شود. این مدل، مدل اتلاف ادی نام دارد. نرخ خالص تولید جزء i توسط واکنش r ($R_{i,r}$) بوسیله کوچکترین مقدار از بین دو معادله زیر محاسبه می شود: [3]

$$R_{i,r} = \nu'_{i,r} M_{w,i} A\rho \frac{\varepsilon}{k} \frac{m_R}{\nu'_{R,r} M_{w,R}} \tag{11}$$

$$R_{i,r} = \nu'_{i,r} M_{w,i} AB\rho \frac{\varepsilon}{k} \frac{\sum_P m_P}{\sum_j^N \nu''_{j,r} M_{w,j}} \tag{12}$$

3- مورد مطالعاتی

کوره مورد مطالعه دارای دو سل می باشد. و هر سل دارای 24 کویل و 24 برنر می باشد که دو به دو در مقابل هم قرار دارند و ما با تقسیم کوره به قسمتهای متقارن درشبیه سازی از 2 برنر و دو کویل استفاده نمودیم و ابعاد مطالعه در عمق و

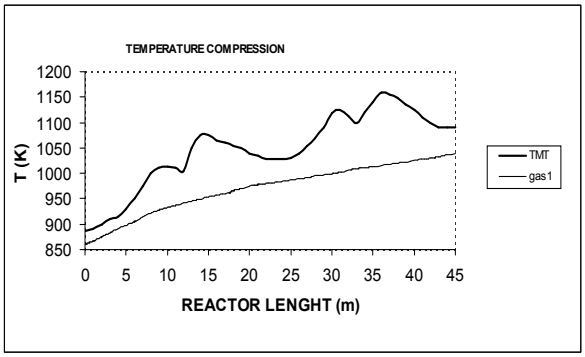
1. Turbulent mixing

عرض و ارتفاع به ترتیب 1/3و3و10/7 می باشد. هندسه مورد نظر دارای دو برنر می باشد که هوا در آنها غیر پیش مخلوط بوده و در دو مرحله وارد می شود. کویلها در وسط کوره واقع شده اند. [1]

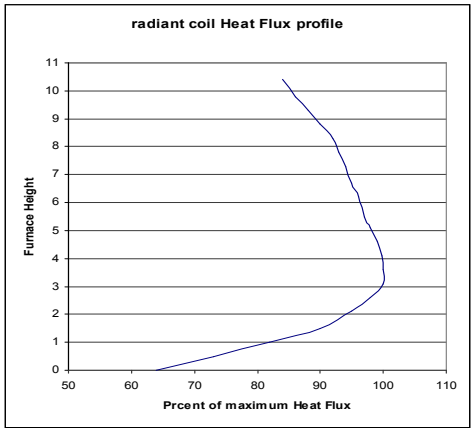
4- نتایج و بحث

پس از مدلسازی و شبکه بندی مدل از نرم افزار فلوئنت برای حل استفاده شده است. و نتایج با نتایج مشابه مقایسه شده و نشان از صحت جواب دارد. نتایج را در زیر بیان نموده ایم.

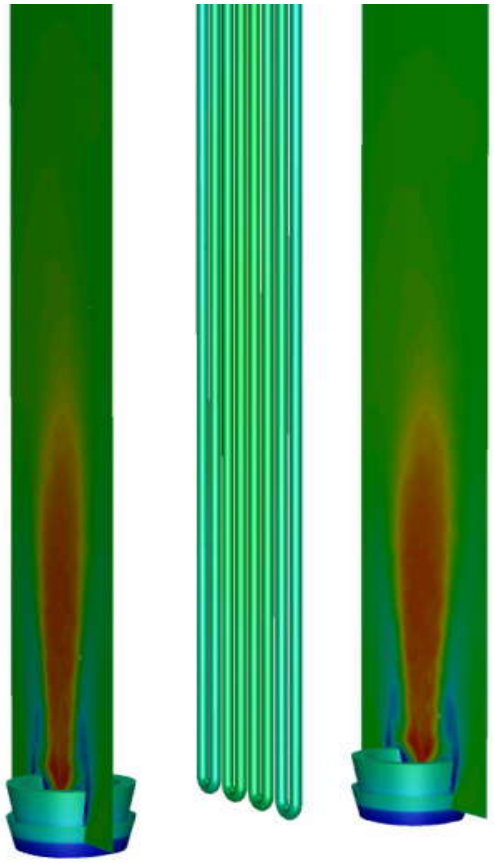
در شکل برشی از مشعل و لوله ها نشان داده شده است. شکل شعله به صورت مناسب بوده و دمای ماکزیمم در ارتفاع حدود 3 متر اتفاق می افتد که موجب ایجاد دمای ماکزیمم در کوره و روی لوله ها می شود. همانطور که در شکل مشخص شده است. شکل شعله بسیار متناسب می باشد. و در ارتفاع حدود 3 متر شعله تمام شده و از آن به بعد به حالت یکنواخت دمایی نزدیک می شویم. ماکزیمم دما در نزدیکی مشعل اتفاق می افتد.



شکل (3) پروفیل دما روی لوله ها و گاز درون لوله



شکل (4) نمایش شار بر حسب شار ماکزیمم در ارتفاع



شکل (2) کانتور دما در مشعل و روی لوله ها

مطلب مهمی که باید به آن پرداخته شود دما در سطح لوله هاست. که به عنوان شرایط مرزی و تعیین مقدار انتقال حرارت به داخل لوله اهمیت بسزایی دارد. در شکل زیر دما در سطح لوله ها نشان داده شده است.اگر دما را بر حسب طول لوله رسم نماییم به شکل زیر می رسیم .

در طول 36 متر از ابتدای لوله ماکزیمم دما قرار دارد. و همانطور که در شکل قبل هم مشخص است در مقاطع داخلی به علت نزدیکی به شعله دما بیشتر می باشد. و طول 36 متر راکتور تقریبا در همان نقطه ماکزیمم دما در نزدیکی مشعل می باشد. کمترین دما مربوط به طول ابتدایی لوله است که هر چه به پایین کوره می رویم دما بیشتر شده و در اطراف اولین زانویی به

اولین مینیمم نسبی رسیده است. که به علت دمای پایین مشعل در آن نقطه می باشد. دومین مینیمم نسبی هم مربوط به دومین زانویی در بالاست.

همانطور که اشاره شد در حدود ارتفاع 3 متر از پایین کوره بیشترین دما و در نتیجه بیشترین مقدار شار حرارتی اعمال شده به لوله ها قرار دارد که در شکل زیر مقدار شار حرارتی اعمال شده بر حسب درصدی از ماکزیمم شار بر حسب ارتفاع کوره نشان داده شده است. اگر در مراجع دیگر هم مطالعه نماییم معمولا در جاهایی که ارتفاع کوره بیشتر از 7 متر می باشد از مشعلهای روی دیواره هم استفاده می شود اما در کوره حاضر این امر صورت نگرفته که باعث شده دما در نقاط مینیمم دما مقدارکمتر از آنچه باید، باشد.

5- نتیجه‌گیری

از آنجاییکه تولید اولفین در ظرفیت های بالا صورت می گیرد، لذا بهبود فرآیند تولید یا افزایش هر چند ناچیز در راندمان محصول منجر به بهره وری اقتصادی قابل توجهی خواهد شد. پارامترهای متعددی در تولید محصولات اولفین مؤثر می باشند که بررسی هر یک از آن ها به طور مستقیم در واحدهای صنعتی امکان پذیر نیست، لذا معمولا با توسعه یک مدل ریاضی و استفاده از شبیه سازی کامپیوتری عملکرد اینگونه واحدها را مورد بررسی قرار گرفته شده است. مدل سازی صورت گرفته در این پایان نامه براساس سینتیک مولکولی برای پروپان می باشد.

از شکلهای بالا این نکته استخراج می شود که در ارتفاع 3 متر به بالا در کوره شار حرارتی رو به کاهش است که می توان برای جبران این مساله در دیواره ها برنر هایی با توان کمتر قرار داد. به این صورت می توان مقدار حرارت یکنواخت تری ایجاد نمود و در نتیجه بازدهی فرایند را بالاتر برد. البته در کوره های دیگر این که در دیواره ها هم مشعل واقع شده باشد یک امر متداول است.

مراجع

1- صالحی ، ر، " شبیه سازی عددی کوره و راکتور شکست حرارتی" پایان نامه کارشناسی ارشد دانگاه صنعتی خواجه نصیر
2- صنیعی نژاد ، م، " مقدمه ای بر مفاهیم جریانهای آشفته و مدلسازی آنها ،" SANIEENEZHAD@MEHR.SHARIF.EDU
3- Fluent 6.2 User's Guide (2005). Lebanon, NH, USA: Fluent Inc
4- G. Stefanidis, G.J. Heynderickx, B. Merci, G.B. Marin "CFD simulations of steam cracking furnaces using detailed combustion mechanisms" Computers and Chemical Engineering 30 (2006) 635
5- A. Habibi a, B. Merci a, b, G.J. Heynderickx c. "Impact of radiation models in CFD simulations of steam cracking furnaces" Computers and Chemical Engineering2007
6- Zdenek Belohlav, Petr Zamostny, Tomas Herink "The kinetic model of thermal cracking for olefins production" Chemical Engineering and Processing 42 (2003) 461- 473