Archive of SID

مدلسازی دینامیکی توزیع دما در کوره محفظه دار با نرم افزار ComsolMultiphysics

احمدرضاحضرتی[1]،نسرین قنبری[2]،ابراهیم حضرتی یادکوری[3]

دانشگاه یاسوج،دانشکده فنی و مهندسی،بخش مهندسی شیمی

hazratiahmadreza@gmail.com

چکیده

کوره های محفظه دار به صورت گسترده در عملیات حرارتی به کار می روند.پیش بینی صحیح تغییرات و توزیع دما در محفظه اهمیت بالایی در به دست آوردن کیفیت مناسب محصولات احتراق و کاهش مصرف انرژی دارد.نرم افزار ComsolMultiphysicsبرای مدلینگ و شبیه سازی توزیع دما در این نوع از کوره ها با روش المان محدود (FEM) به کار رفته است،تا بتوان چگونگی افزایش دما در بخش های مختلف از کوره محفظه دار را نسبت به زمان بررسی نمود.حرارت در کوره های محفظه دار به صورت تشعشع و هدایت انتقال می یابد.شرایط مرزی و شرایط اولیه با توجه به شرایط حاکم بر مسئله انتخاب شده اند.حل معادلات نیز به صورت خطیو در حالت ناپایدار در ۱۲۰دقیقه فرض گردیده است.گره بندی نیزبه صورت Extra Fineدر نظرگرفته شده است.نتایج حاصل از شبیه سازی با ComsolMultiphysics با دماهای اندازه گیری شده توسط ترموکوپل های موجود در کوره محفظه دار آزمایشگاهی مقایسه گردیدند که بین مقادیر آزمایشگاهی و شبیه سازی اختلاف بسیاری بود که به علتخرابی و ناخالص بودن پوشش نسوزکه ناشی از کاهش و اکسایش مجدد سیلیس موجود در ماده نسوز بعداز به طول انجامیدن گرمایش کوره محفظه دار و هم چنین اتلاف حرارتی از کوره محفظه دار و بازده کم کوره محفظه دار است.

واژه های کلیدی:توزیع دما،کوره محفظه دار،مدلسازی،ComsolMultiphysics

---

[1]-کارشناسی مهندسی شیمی

[2]-دانشجوی کارشناسی مهندسی شیمی،دانشجوی کاردانی شیمی پالایش وگاز

www.SID.ir

Archive of SID

۱-مقدمه

کوره دستگاهی است که برای گرما دادن به کار می رود .انرژی گرمایی برای سوخت کوره ممکن است از طریق احتراق سوختهایفسیلی یا المنت های گرمایی الکتریکی تامین گردد.درطراحی یک کوره شعله ای سوخت فسیلی ،به عنوان مثال بخش تشعشعی ،بخش جابه جایی ،مشعل،دمنده دوده و دودکش دارای اهمیت بسیاری هستند.[1]

مدلسازی ریاضی یک نقش مهم در مهندسی شیمی را ایفا می کند.هم اکنون در بسیاری از موارد امکان حل و گسترش در سطح بالا و تعریف ریاضی دقیق فرآیند های مهندسی شیمی وجود دارد.[2]

یک کوره صنعتی یا هیتر شعله ای مستقیم تجهیزی است که برای تولید گرمای یک فرآیند یا به عنوان راکتور برای تولید گرمای واکنش به کار می رود.طراحی کوره با توجه به کارکردهای مقدارگرما،نوع سوخت و روش احتراق هوا تغییر می کند.

کاربردهای کوره محفظه دار در صنایع متالورژیکی،تقطیر جز به جز نفت خام،گرمایش مواد سرامیکی می باشد.

۲-مدلسازی کوره محفظه دار

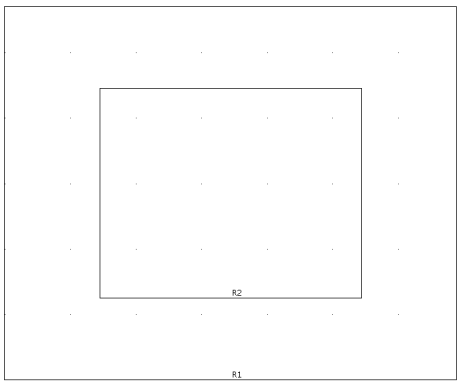
معادلات مورد استفاده در این سیستم شامل معادله کلی انتقال حرارت می باشد.معادله ۱ بیانگر معادله کلی انتقال حرارت است.[3]

$$\delta_{ts}\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} + \nabla.(-k\nabla T) = Q - \rho C_p u.\nabla T \qquad (1)$$

مدل سیستم مدنظر یک مدل دوبعدی است،که در جدول 1 ابعاد آن مشخص شده است.به طوری که بخش بیرونی شامل آجرنسوزوبخش درونی شامل المنت گرمایی می باشد.در شکل می توان این بخش ها را مشاهده نمود ،که R1 بخش بیرونی و R2 بخش درونی است.

جدول ۱ -ابعاد سیستم[4]

ابعاد بیرونی	ابعاد درونی	
0.69 m	0.4 m	عرض
0.57 m	.32 m	طول



شکل 1 -مدل دوبعدی کوره محفظه دار

شرایط مرزی و اولیه معادلات انرژی برای ابعادمختلف و پارامترهای مسئله به ترتیب در جداول ۲،۳و۴داده شده است.

www.Koureh.ir

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۲–شرایط مرزی و اولیه ابعاد بیرونی

Initial conditions
Boundry 1: Thermal Insulation $n.(k\nabla T) = 0$ Boundry2: Thermal Insulation $n.(k\nabla T) = 0$ Boundry3: Thermal Insulation $n.(k\nabla T) = 0$ Boundry4: Thermal Insulation $n.(k\nabla T) = 0$

جدول۳–شرایط مرزی و اولیه ابعاد درونی

Initial conditions $T_{t0} = 298K$
Boundry 1: Heat source/sink $-n.(-k_u\nabla T_u) - n.(-k_d\nabla T_d) = q_0 + h(T_{inf} - T) + \varepsilon\sigma(T_{amb}^4 - T^4)$ Boundry2: Heat source/sink $-n.(-k_u\nabla T_u) - n.(-k_d\nabla T_d) = q_0 + h(T_{inf} - T) + \varepsilon\sigma(T_{amb}^4 - T^4)$ Boundry3: Heat source/sink $-n.(-k_u\nabla T_u) - n.(-k_d\nabla T_d) - q_0 + h(T_{inf} - T) + \varepsilon\sigma(T_{amb}^4 - T^4)$ Boundry4: Heat source/sink $-n.(-k_u\nabla T_u) - n.(-k_d\nabla T_d) = q_0 + h(T_{inf} - T) + \varepsilon\sigma(T_{amb}^4 - T^4)$

جدول۴-پارامترهای فیزیکی موردنیاز[5]

المنت گرمایی	آجرنسوز	پارامترها
135	815	ظرفیت گرمایی ویژه j/kg/k
121	0.4	ضریب هدایت گرمایی w/m.k
18700	1300	دانسیته Kg/m3
0.9	0.68	قابلیت انتشار

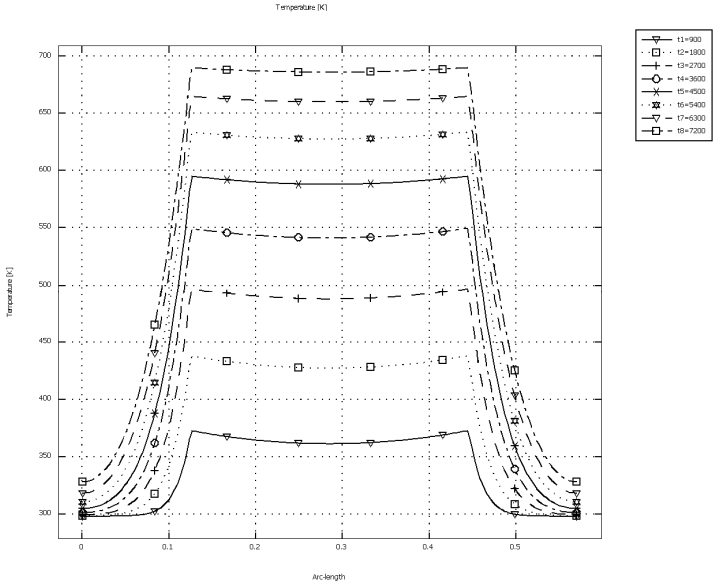
۳-نتایج

مشاهدات بیان می کند که با افزایش زمان روتد افزایش دما در کوره با شیب کمتری انجام می گیرد و بالاخره پایدار خواهدشد به گونه ای که دیگر افزایش دما رخ نخواهد داد و دمای کوره ثابت خواهد ماند.در شکل 2 می توان این تغییرات دمایی با زمان را نشان داد.هم چنین می توان دید که اگر از پایین محفظه به طرف بالا رویم تا رسیدن به مرز المنت گرمایی دما در حال صعود و در محدوده المنت گرمایی تقریبا خطی و پس از گذشتن از محدوده المنت گرمایی دما در حال نزول است.صعود دما در زمان های

www.SID.ir

Archive of SID

بالاتر بیشتر و به همین ترتیب نزول دما در زمان های بالاتر بیشتر می باشد.میل خطی بودن دما در محدوده ی المنت گرمایی در زمان های بالاتر بیشتر است بطوری که در پایدارشدن دما در این محدوده با افزایش زمان رخ خواهد داد.

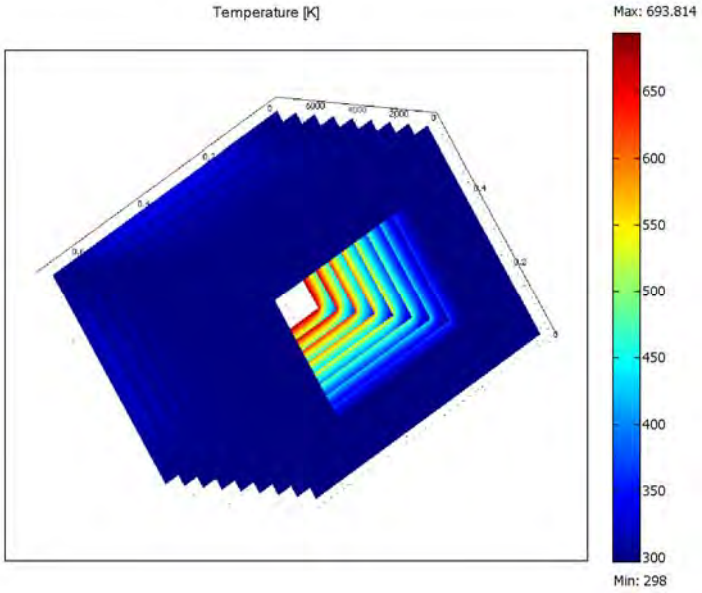


شکل 2–تغییرات دما در زمان های مختلف

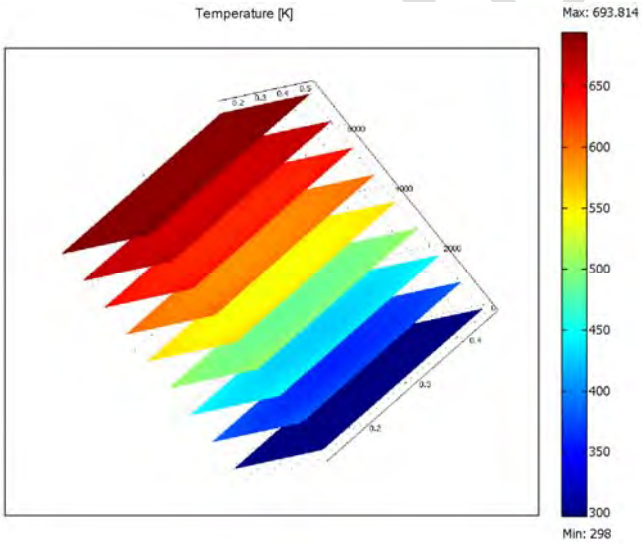
در بخش های آجرنسوز و المنت گرمایی نیز تغییرات دمایی را جداگانه می توان مشاهده نمود.قابل ذکر است که در این دو بخش نیز با زمان ،افزایش دما با شیب کمتری انجام می گیرد.در شکل های 3 و 4می توان این تغییرات را به ترتیب برای بخش اطراف المنت گرمایی و خود المنت گرمایی مشاهده نمود.که به علت تفاوت افزایش شار حرارتی با زمان در این بخش ها می باشد.به صورت کلی پروفایل دما در کوره محفظه دار را نیز می توان در زمان های مختلف نشان داد که در شکلهای 5 و6 قابل مشاهده است.در بررسی مشاهدات و نتایج بین دماهای اندازه گیری شده آزمایشگاهی وشبیه سازی اختلاف بین این مقادیر وجود داشت به عنوان مثال در موقعیت (0.1,0.2) و(0.3,0.5)و(0.4,0.3) دمای اندازه گیری شده به ترتیب 442Kو395Kو676K و دمای بدست آمده از شبیه ساز نیز در این موقعیت ها به ترتیب452Kو420Kو687K می باشد.

www.SID.ir

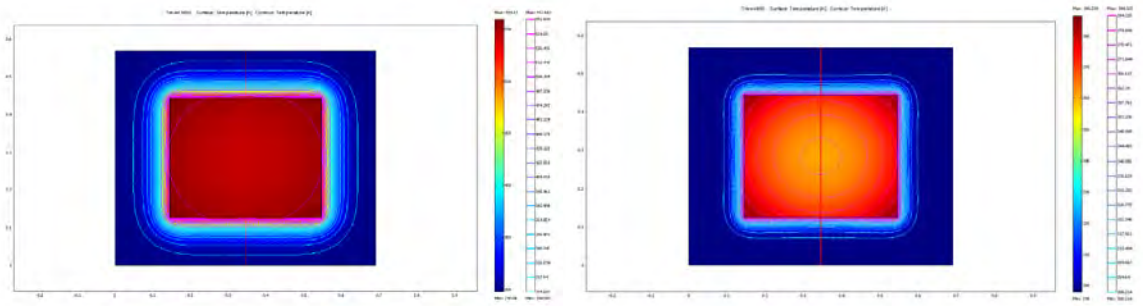
Archive of SID



شکل 3–افزایش دما در اطراف المنت گرمایی



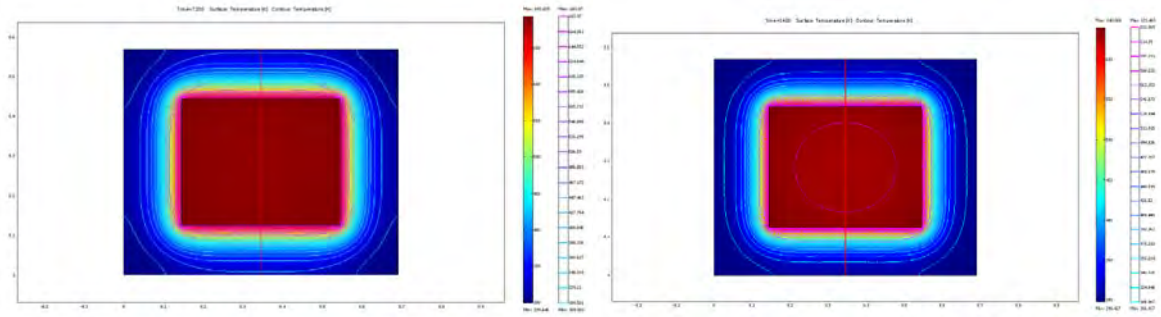
شکل 4–افزایش دما با زمان در المنت گرمایی



شکل 5 –پروفایل دمااز چپ به راست در زمان های ۹۰۰ثانیه و ۳۶۰۰ثانیه

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 6 -پروفایل دمااز چپ به راست در زمان های ۵۴۰۰ثانیه و ۷۲۰۰ثانیه

۴-نتیجه گیری

توزیع و پروفایل دما دریک کوره ی محفظه دار را می توان با نرم افزار ComsolMultiphysicsمدل و شبیه سازی کرد.توزیع دمای بدست آمده از نرم افزار و نتایج بدست آمده از نتایج آزمایشگاهی ، دارای اختلاف قابل توجهی در مقدار دما می باشدکه احتمالا به خاطر خرابی و ناخالص شدن پوشش نسوزکه ناشی از کاهش و اکسایش مجدد سیلیس موجود در ماده نسوز بعدازبه طول انجامیدن گرمایش کوره محفظه دار و هم چنین اتلاف حرارتی از کوره محفظه دار و بازده کم کوره محفظه دار است.نتایج مقاله نشان می دهد که برای طراحی ،به ویژه در جایی که باید به مواد حساس به گرما ،حرارت داده شود ،توزیع دما بایستی داخل یک محدوده باشد در حالی که در یک مکان مشخص در کوره محفظه دار باشد.به کمک این شبیه ساز می توان روند افزایش دما و پایدار شدن دما را مشاهده نمود.هم چنین این امکان را به ما می دهد تا در هر قسمتی از کوره محفظه دار توزیع دما را مشاهده نمود .

مراجع

[1]Chew, J. & Hogg, S.I. (1997) Mathematical Modeling of Temperature Distribution Control in a Reactor pp.345-400, McGraw-Hill, New York

[2]Mcketta J.J (1977), Encyclopedia of Chemical Processing and Design, vol 4. Dekker New York:.

[3]Heat Transfer Module User's Guide© COPYRIGHT 1994–2005 by COMSOL AB

[4][5]Ajibolao.wMathematicalmodelinganddynamicsimulationof temperaturedistributionin a chamber furance" 30-64 ,2007-2008, ZariaNigeria.

www.Kouroh.ir

www.SID.ir