

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛
شبکه های توجه گرافی
(Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین آموزش استفاده از
وب آو ساینس



کارگاه آنلاین مقاله روزمره انگلیسی

مدلسازی و تحلیل کوره های واحد ریفرمینگ شرکت پتروشیمی نوری جهت تعیین راههای مختلف کاهش تلفات حرارتی و بهینه سازی مصرف انرژی

مهدی حمزه ای^۱، ناهید طاهریان^۲

^۱شرکت ملی صنایع پتروشیمی، شرکت پژوهش و فناوری پتروشیمی mahdi_hamzei@yahoo.com
^۲دانشکده ریاضی و علوم کامپیوتر دانشگاه خوارزمی nahid.taherian@gmail.com

چکیده

کوره به عنوان یکی از اجزای مهم و پر کاربرد در صنایع مختلف می باشد. با نظر به اهمیت بهینه سازی و کاهش مصرف انرژی در تجهیزات مختلف صنعتی، هدف از انجام این پژوهش بررسی راههای مختلف کاهش تلفات حرارتی، افزایش راندمان و بهینه سازی مصرف انرژی در کوره های واحد ریفرمینگ شرکت پتروشیمی نوری می باشد لذا برای این منظور اقدام به مدلسازی و شبیه سازی نرم افزاری کوره های سری ۳۰۰۰ واحد ریفرمینگ پرداخته و با تحلیل های متعدد CFD و انتقال حرارت، توزیع دما در سطوح مختلف کوره و لوله های آن در شرایط مختلف بهره برداری و عملیاتی بدست آمده است. از طرفی با انجام اندازه گیری دما از سطوح مختلف کوره و کویل های حرارتی، نتایج حل عددی و اندازه گیری ها مقایسه شده است. سپس با بررسی انواع عایق های صنعتی، تاثیر افزایش عایق و یا ضخامت آن بر اتلاف حرارتی و راندمان هر کوره به طور جداگانه بررسی گردید. در ادامه تحقیق با بررسی احتراق در مشعل ها در شرایط مختلف بهره برداری (نظیر تغییر ترکیبات سوخت، دما، فشار و دبی سوخت ورودی) و تغییر شرایط محیطی (رطوبت هوا، دما و فشار هوا و ...) به روش باندگراف، اقدام به تعیین شرایط بهینه کارکرد مشعلها در وضعیتهای مختلف شده است و با اندازه گیری و آنالیز گازهای خروجی از هر کوره، نتایج نهایی و راه کارهایی جهت بهبود کارایی مشعل ها ارائه شده است. ضمناً در انتهای تحقیق بر اساس نتایج متعدد حاصله جهت کاهش تلفات حرارتی از کوره ها، بازیافت حرارت از گازهای خروجی، امکان افزایش ظرفیت تولید و رسیدن به شرایط استاندارد عملیاتی، راهکارهای عملی و اقتصادی ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی: مدلسازی نرم افزاری، کوره، تلفات حرارتی، بهینه سازی انرژی

۱- مقدمه

شرکت سهامی پتروشیمی برزویه بعنوان یکی از بزرگترین مجتمع‌های پتروشیمی تولید کننده مواد آروماتیک در جهان از جمله طرح‌های استراتژیک شرکت ملی صنایع پتروشیمی ایران بوده است که در منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس واقع در بندر عسلویه استان بوشهر در حاشیه شمالی خلیج فارس احداث شده است. یکی از واحدهای مهم این مجموعه، واحد ریفرمینگ می باشد که شامل کوره‌های مختلفی می باشد که در این مقاله به بررسی انتقال حرارت و تلفات حرارتی از کوره‌های سری ۳۰۰۰ پرداخته می شود.

۲- ضرورت و هدف از انجام پژوهش

- با توجه به اهمیت مصرف بهینه انرژی و از طرفی تلفات بسیار بالای انرژی از بخشهای مختلف کوره‌های واحد ریفرمینگ پتروشیمی نوری (برزویه) به منظور کاهش مصرف انرژی و در نتیجه کاهش قیمت تمام شده محصول
- بررسی وضعیت عایق کاری سطوح و نیز کارکرد مشعل‌ها، استاندارد و بهینه سازی عملکرد آنها
- کاهش تلفات انرژی، افزایش راندمان حرارتی و بهینه سازی مصرف انرژی در کوره‌های ریفرمینگ پتروشیمی نوری (برزویه)
- کاهش دمای هیترها و لذا بهبود مسئله HSE برای کارکرد پرسنل در اطراف آن
- حذف تلفات حرارتی در نتیجه کاهش قیمت تمام شده محصول و سودآوری

۳- مراحل انجام کار و اقدامات انجام شده

- مدلسازی نرم افزاری و انجام تحلیل‌های حرارتی جهت تعیین اتلاف انرژی از بخش‌های مختلف کوره‌ها و هیترها
- بهینه سازی و کاهش مصرف انرژی و ارائه راه کارهای عملی جهت کاهش تلفات حرارتی و استانداردسازی
- مناسب سازی عایق‌های حرارتی در سطوح مختلف هیترها جهت کاهش تلفات حرارتی و کاهش مصرف سوخت و انرژی
- بررسی وضعیت عایق کاری سطوح و بروز رسانی کارکرد کوره‌ها و هیترها از نظر انرژی و حرارت
- بررسی کارکرد مشعل‌ها، استاندارد و بهینه سازی عملکرد آنها و در صورت لزوم ارائه جدول جدید نحوه بهره برداری
- اندازه گیری و آنالیز گازهای خروجی از کوره و اندازه گیری دما در سطوح مختلف کوره، ارزیابی و مقایسه با نتایج حل عددی
- بررسی راه‌های مختلف کاهش تلفات حرارتی، افزایش راندمان و بهینه سازی مصرف انرژی در کوره‌های واحد ریفرمینگ
- مدلسازی نرم افزاری و انجام تحلیل‌های حرارتی جهت تعیین اتلاف انرژی از بخش‌های کوره‌های واحد ریفرمینگ پتروشیمی نوری، استانداردسازی و ارائه پیشنهادات کاربردی

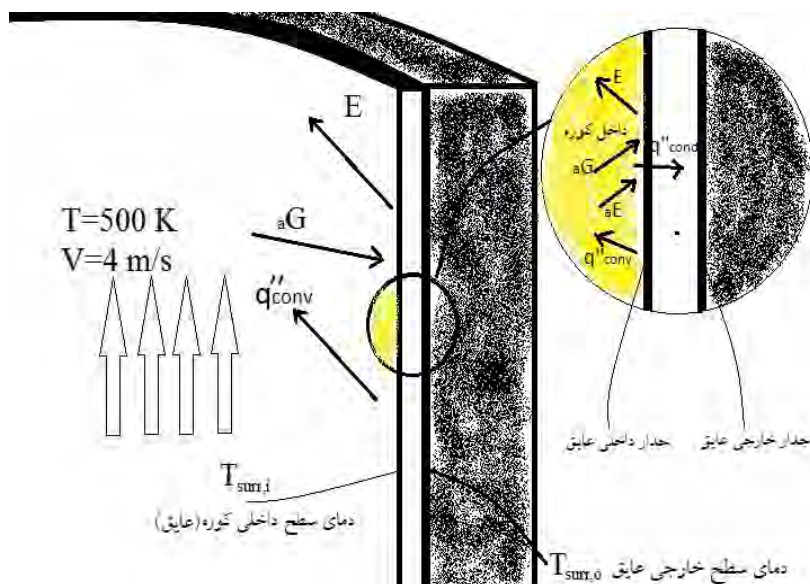
۳- مدلسازی و تحلیل نتایج

اتلاف حرارت از دیواره کوره حتی با وجود عایق بودن وجود دارد و برای محاسبه میزان اتلاف حرارت درون عایق جداره کوره در قسمت تشعشعی، با بازنویسی معادله انرژی روی سطح کنترل مطابق شکل ۱ این مهم حاصل می شود:

روی دیواره عایق چون هوا به موازات سطح کوره بالا خواهد رفت (بواسطه وجود مکش هوا به سمت بالای کوره از ضریب جابجایی طولی استفاده می شود) لذا در این حالت باید ضریب جابجایی به موازات سطح محاسبه شود که برای این امر اقدام به محاسبه عدد رینولدز و نوسلت بصورت ذیل شده است:

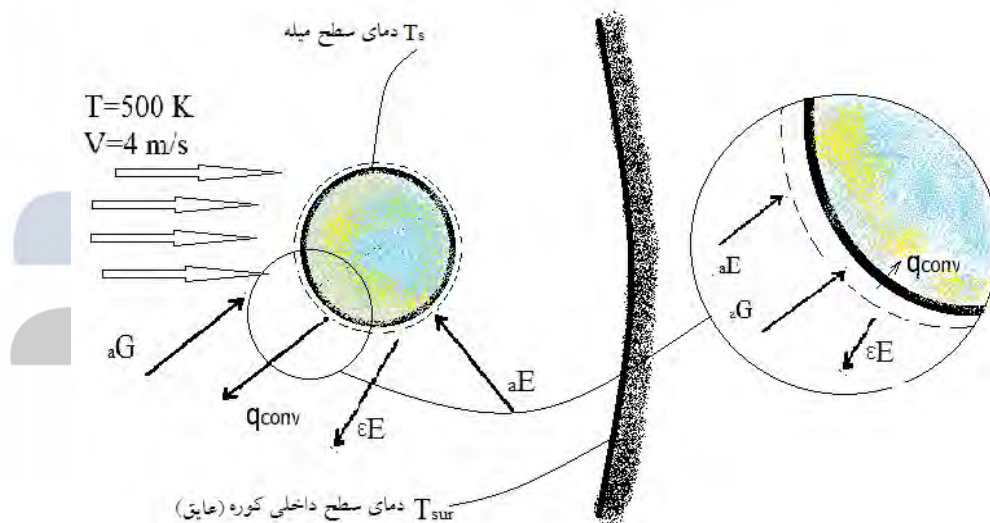
$$\overline{Nu} = 0.023 \times Re_D^{0.8} Pr^{0.4} \quad (1)$$

$$\bar{h} = \frac{NuK}{D} = 38/0.02 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \quad (2)$$



شکل 1: نمایی از جداره کوره برای بررسی اتلاف حرارت در عایق آن

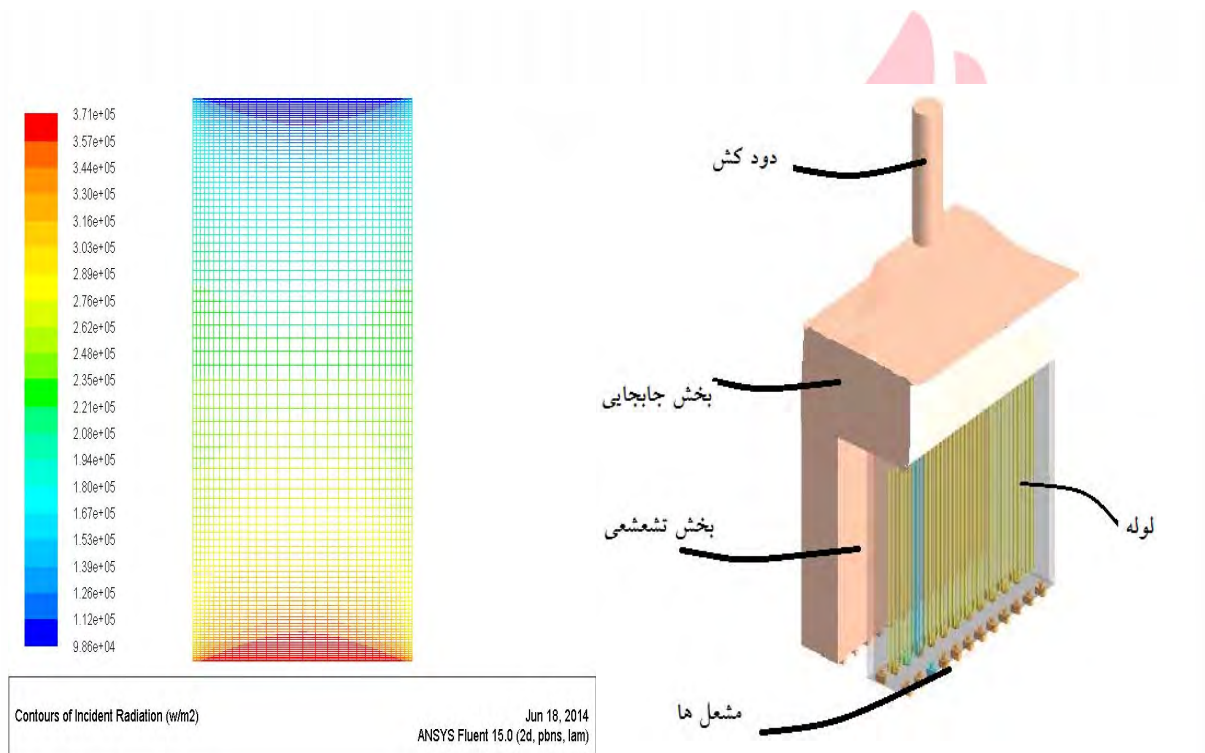
جهت محاسبه انتقال حرارت درون لوله در قسمت تشعشعی همانند قبل با نوشتن معادله انرژی مطابق شکل 2 اقدام به محاسبه دمای سطح داخلی لوله (جاییکه در تماس مستقیم با سیال خنک کننده داخل لوله قرار دارد با مشخصات $D_o = 178/3 \text{ mm}$ و $D_i = 161/3 \text{ mm}$ و با مشخصات $K = 13 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ شده است:



شکل 2: نمایی از کوره با انرژی های وارد به سطح لوله با مقاومت هدایت حرارتی لوله

$$q'_{rad} + q'_{conv} = q'_{cond} \quad (3)$$

$$\left(\alpha \cdot G_s + \alpha \cdot \sigma \cdot T_{SUR}^4 - \sigma \cdot T_s^4 - \bar{h}(T_s - T_{\infty}) \right) \pi D_o = \pi K \frac{(T_{s,o} - T_{s,i})}{\ln(D_o/D_i)} \quad (4)$$



شکل ۳: نمای کلی از کوره های سری ۳۰۰۰ (راست) و توزیع شار حرارتی در کوره (چپ)

نحوه مدل کردن کوره به این صورت است که مجموع شار حرارتی ناشی از مشعل‌ها همانگونه که در شرایط طراحی کوره مشخص است، به عنوان شار حرارتی تولید شده از کف در ارتفاعی نزدیک به کف، به کوره وارد می‌شود سپس دیواره کوره با توجه به ضرایب جذب و گسیلمندی، حرارت را جذب یا گسیل خواهد داد که نهایتاً این توزیع دما در بالای کوره، کاهش شار حرارتی را در بر خواهد داشت. با مدل‌سازی و اعمال کلیه شرایط مرزی و داده‌های استخراج شده از اسناد و مدارک که در جدول ۱ تعدادی از نتایج ارائه شده است نتایج توزیع دمایی در کوره‌های مختلف و میزان تلفات حرارتی حاصل می‌گردد.

جدول ۱: مشخصات و اطلاعات کوره ۳۰۰۱

مشخصات عایق	قسمت (تشعشی)	قسمت (جابجایی)	مشخصات لوله‌ها	لوله (تشعشی)	لوله (جابجایی)
سرعت سیال اطراف عایق	۴ متر بر ثانیه	۴ متر بر ثانیه	سرعت سیال اطراف لوله	۴ متر بر ثانیه	۴ متر بر ثانیه
جنس عایق	Ceramic Fiber Blanket	سیمان نسوز	قطر خارجی لوله	۱۴۱/۳ میلی‌متر	۱۴۱/۳ میلی‌متر
ضخامت عایق	۱۰۵/۰ متر	۱۹/۰ متر	ضخامت لوله	۷ میلی‌متر	۷ میلی‌متر
دمای سطح داخلی عایق	۹۹۵ کلوین	۵۵۳ کلوین	دمای سطح خارجی لوله	۹۳۴ کلوین	۴۶۰ کلوین

مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس ملی مهندسی فرآیند، پالایش و پتروشیمی
 ۷ خرداد ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
 مجری: اهم اندیشان انرژی کیمیا ۸۸۶۷۱۶۷۶ - ۰۲۱
 www.Processconf.ir

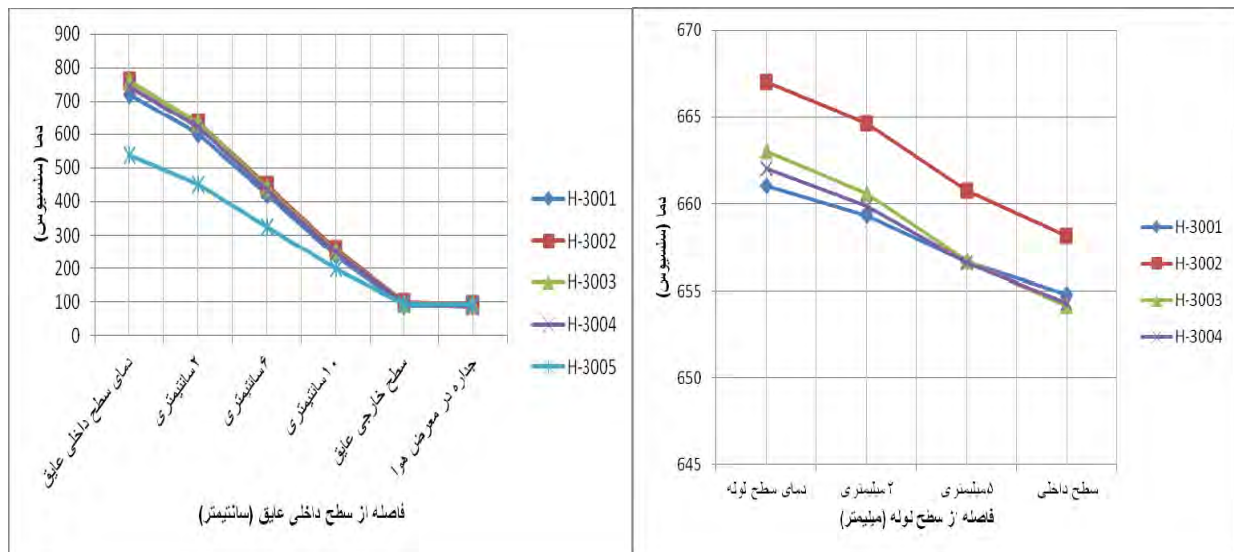
شار حرارتی	50571 وات بر مترمربع	49213	شار حرارتی	50571 وات بر مترمربع	49213
ضریب جابجایی حرارتی	32/98 (طولی)	313/21 (طولی)	ضریب جابجایی حرارتی	32/98 (طولی)	243/7 (عرضی)
طول کوره	28/05 متر		طول لوله	11/7 متر	13/7 متر
مقطع کوره	۳ متر × 13/7 متر		تعداد لوله ها	۴۵	64
ضریب جذب عایق سرامیکی	0/49	-	ضریب گسیلمندی عایق سرامیکی	0/5 فرض جسم خاکستری	-
ضریب جذب لوله	0/8	-	ضریب گسیلمندی لوله	0/8	-

جدول ۲: توزیع دمایی در کوره 3001 (در ظرفیت ۷۷٪ و در فاصله ۴ متر از کف کوره)

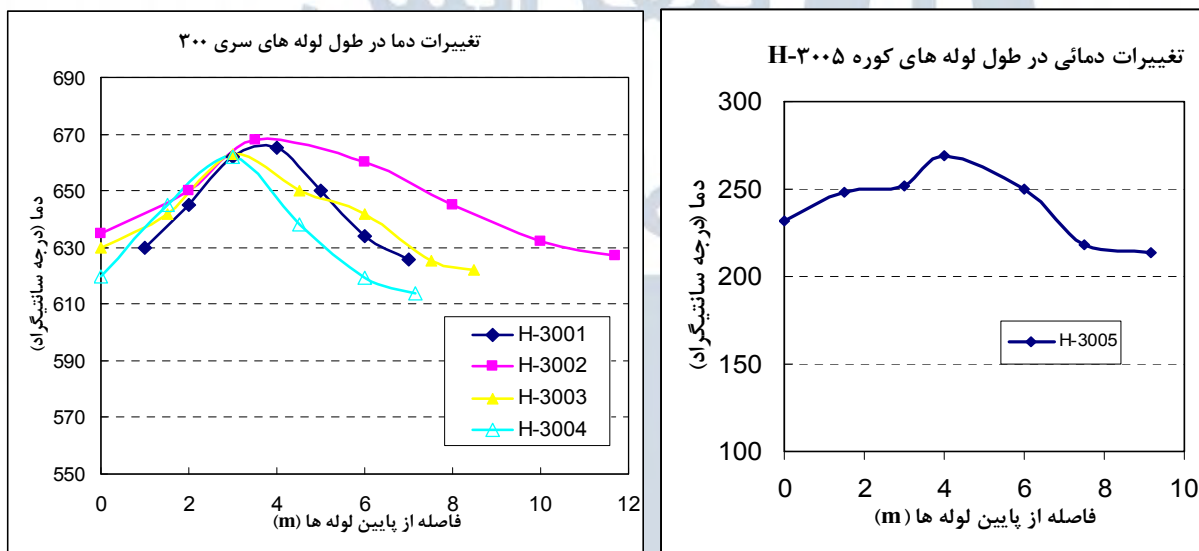
عایق جداره تشمعی	دمای سطح داخلی عایق (کلوین)	دمای در ۲ ساتیمتری از سطح داخلی کوره (کلوین)	دمای در ۵ ساتیمتری از سطح داخلی کوره (کلوین)	دمای در ۸ ساتیمتری از سطح داخلی کوره (کلوین)	دمای سطح خارجی عایق (کلوین)	دمای جداره خارجی کوره اندازه گیری با حل معادله انرژی-دما با حل عددی (کلوین)	دمای جداره خارجی کوره اندازه گیری شده در سایت (کلوین)	موقعیت نقطه اندازه گیری شده در سایت	اتلاف حرارت در عایق (مگاوات)		
									A	B	
Ceramic Fiber Blanket	۹۹۵	۸۷۴/۱۶	۶۹۲/۹۱	۵۱۱/۶۵	۳۶۰/۶۱	۳۶۰	۳۵۳	شمال شرقی	A	۰/۷۷۵	
									B		
								۳۵۳	شمال غربی	A	
										B	
لوله (تشمعی)	۹۲۳	۸۶۳	۹۳۴	۹۳۴	۹۳۲/۳	دما در ۵ میلیتری از سطح لوله (کلوین)	دمای سطح داخلی لوله (کلوین)	انتقال گرما به تمام لوله ها (مگاوات)	A	۲۰/۲۲	
									B		
		۹۴۳	۹۴۳					۹۲۷/۸۱		A	
										B	

در جدول ۲ نتایج نمودار توزیع دما از حل عددی و اندازه گیری با ترمومتر در عایق و همچنین در لوله برای کوره ۳۰۰۱ نشان داده شده است. در شکل های ۴ نیز نحوه تغییرات دما در ضخامت عایق و همچنین در دیواره لوله و در شکلهای ۵ نحوه تغییرات دمایی در طول لوله های کوره های مختلف آورده شده است. نتایج نمودارهای ۵ نشان می دهند که دمای ماکزیمم در ارتفاعهای ۳ تا ۴ متر بدست می آید که ترموکوپلها نیز در این مکانها نصب شده اند. داده های حاصل از شرایط سایت با خواندن اعداد ترموکوپل برای جداره عایق و دمای روی سطح لوله ها برای کوره های ۳۰۰۰ در شکل های ۶ با هم مقایسه شده است.

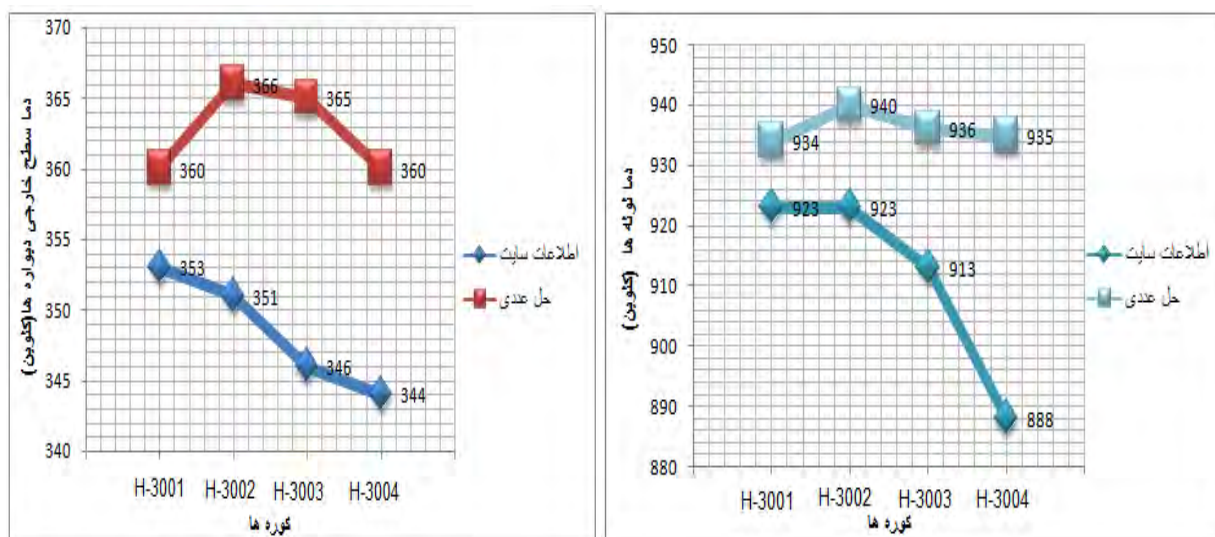
مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس ملی مهندسی فرآیند، پالایش و پتروشیمی
 ۷ خرداد ۱۳۹۴، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
 مجری: هم اندیشان انرژی کیمیا ۸۸۶۷۱۶۷۶ - ۰۲۱
 www.Processconf.ir



شکل ۴: توزیع دما در کوره‌ها برای عایق و لوله کوره‌های مختلف

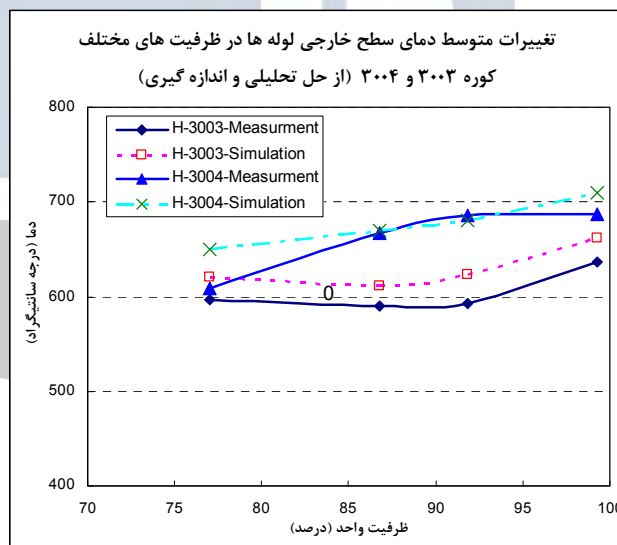
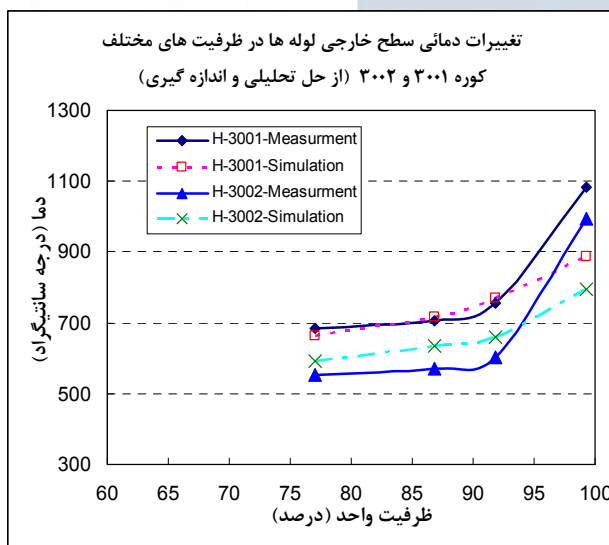


شکل ۵: توزیع دما در طول لوله‌های کوره‌های مختلف



شکل ۶: مقایسه دمای سطح خارجی دیواره کوره ها و لوله ها از داده های سایت و حل عددی

همانگونه که از شکل 6 مشخص است اختلاف دمای بالای حاصل از حل عددی و شرایط کارگاهی در کوره ۳۰۰۴ نسبت به سایر کوره های سری ۳۰۰۰ نشان دهنده آن است که کوره ۳۰۰۴ در شرایط طراحی کار نمی کند و لذا بازدهی کوره طبق نتایج بدست آمده از سایت، پایین تر از شرایط طراحی می باشد. دلایل اختلاف دمایی حل عددی و اندازه گیری ها: - مقاومت حرارتی در محل تماس عایق ها - رسوب روی سطح لوله ها و عایق ها - کارکرد نامناسب مشعل ها به علت مشخص نبودن میزان دقیق شار حرارتی وارده به لوله ها در حالت کارگاهی نسبت به حالت طراحی، اختلافی بین این دو بوجود آمده است، علت دیگر در بوجود آمدن این اختلاف دما، می تواند ناشی از تغییر ضریب جذب و گسیلمندی لوله ها و عایق ها، (متناسب با میزان حرارت دریافتی از مشعل ها) در نقاط متفاوت کوره باشد. از مهمترین راه های کاهش اتلاف حرارت در کوره بر طبق تمامی نتایج بالا، می توان به تمیز و پختی بودن سطح لوله ها اشاره کرد، همانگونه که مشخص است وجود رسوب ناشی از گازهای احتراق روی سطح لوله ها و عایق جداره اتلاف حرارت را افزایش خواهد داد و این عاملی در جهت کاهش بازده کوره خواهد بود تا آنجا که مهمترین پارامتر اتلاف حرارت در کوره را می توان مربوط تمیز و پختی بودن سطح کوره ها دانست.



شکل ۷: نتایج تاثیر ظرفیت کوره بر متوسط دمای سطح لوله ها

نمودارهای شکل ۷ نشان می دهد که با افزایش ظرفیت، دمای سطح لوله ها افزایش می یابد. نتایج اندازه گیری و حل تحلیلی نیز همخوانی نسبتاً خوبی دارند ولی اختلاف نتایج و تفاوت رفتارها بیانگر کارکرد نامناسب مشعل ها بویژه در ظرفیتهای بالا می باشد. لذا در صورت اصلاح مشعل ها امکان افزایش ظرفیت تا نزدیک ۱۰۰٪ نیز مهیا می گردد. در جدول ۳ نیز نتایج کلی میزان انرژی سوخت مصرفی و میزان تلفات حرارتی کوره های مختلف با هم مقایسه شده است.

جدول ۳: میزان تلفات حرارتی و انرژی جذب شده در کوره های مختلف

حرارت جذب شده بر طبق اسناد (طراحی) Total Heater Absorbed Duty	مصرف سوخت (طراحی)		جذب حرارت در لوله ها قسمت جابجایی (مگاوات)	اتلاف حرارت در عایق قسمت جابجایی (مگاوات)	جذب حرارت در لوله ها قسمت تشعشعی (مگاوات)	اتلاف حرارت در عایق قسمت تشعشعی (مگاوات)	جنس عایق	شماره کوره
	SOR (مگاوات)	EOR (مگاوات)						
32/3	23/6	23/4	13/5	0/129	20/22	0/775	Ceramic Fiber Blanket	H-۳۰۰۱
36/1	31/4	29/3	13/5	0/129	32/2	0/81	Ceramic Fiber Blanket	H-۳۰۰۲
27/5	23/9	22/4	6/73	0/129	32/2	0/81	Ceramic Fiber Blanket	H-۳۰۰۳
23/1	19/2	17/9	12/62	0/129	26/85	0/79	Ceramic Fiber Blanket	H-۳۰۰۴
17/6	16	14	2/02	0/1	17/5	0/23	Ceramic Fiber Blanket	H-۳۰۰۵

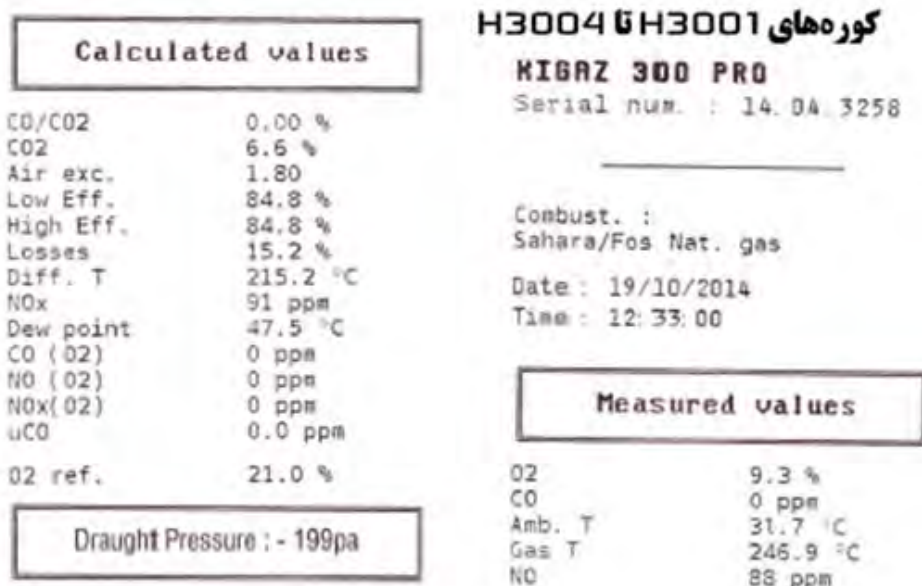
با توجه به نتایج حل عددی و نیز نتایج اندازه گیری مشخص گردید که کارکرد مشعل های این کوره ها مناسب نمی باشد لذا جهت نتیجه نهائی آنالیز گازهای خروجی نیز انجام گردید. که نتایج آن در جدول ۴ آمده است.

بررسی میزان تاثیر هوای اضافی:

بهترین حالت احتراق استفاده از هوای استوکیومتری می باشد اما بدلیل عدم فرصت کافی برای اختلاط سوخت و هوا در مشعل نیاز به هوای اضافی می باشد و افزایش هوای اضافی باعث افزایش طول شعله و اتلاف حرارت و کم شدن دمای شعله و افزایش اختلاف فشار خواهد شد بر طبق استاندارد کوره ها، میزان هوای اضافی برای سوخت گازی ۱۰-۳۰٪، سوخت مایع ۲۰-۴۰٪، سوخت های جامد و سنگین ۵۰-۶۰٪ پیشنهاد می شود. همانگونه که در جداول نیز مشخص است دما و اتلاف حرارت در کوره ها با حل عددی با ۲۰ درصد هوای اضافی در مقایسه با نتایج سایت با ۷۰ درصد هوای اضافی و حتی بیشتر، میزان تاثیر اعمال هوای اضافی به مشعل را نشان داده است.

جدول ۴: آنالیز گازهای خروجی

مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس ملی مهندسی فرآیند، پالایش و پتروشیمی
 ۷ خرداد ۱۳۹۴، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
 مجری: هم اندیشان انرژی کیمیا ۸۸۶۷۱۶۷۶ - ۰۲۱
 www.Processconf.ir



از جدول ۵ و مقایسه میزان مصرف انرژی و سوخت و همچنین تلفات حرارتی در حالت طراحی و حالت بهره برداری فعلی، مشخص می گردد که میزان مصرف سوخت در مشعل ها با وجود اینکه کوره ها با حداکثر ظرفیت در زمان بررسی کار نمی کردند ولی میزان مصرف از حداکثر قابلیت نهایی کارائی کوره ها نیز بیشتر است که این بیانگر کارکرد نامناسب مشعل ها و درصد بسیار زیاد هوای اضافی مصرفی و لذا اتلاف بسیار حرارت می باشد که در نتایج آنالیز گازهای خروجی نیز تایید کننده این مطلب می باشد.

جدول ۵: مقایسه میزان مصرف انرژی و سوخت و همچنین تلفات حرارتی در حالت طراحی و حالت بهره برداری

HEATER	Heat Absorbtion (Radiation)	Heat Absorbtion (Convection)	Heat Loss (Radiation)	Heat Loss (Concection)	Fuel Consumption (Nm ³ /h)	Design Energy Consumption (MW)	Total Heater Capacity (MW)
H-3001	20.22	13.5	0.775	0.129	4206	23.6	32.3
H-3002	32.2	13.5	0.81	0.129	5034	31.4	36.1
H-3003	32.2	6.73	0.81	0.129	33.67	23.9	22.4
H-3004	26.85	12.62	0.79	0.129	2157	19.2	23.1
H-3005	17.5	2	0.23	0.1	1831	16	17.6

۴- نتیجه گیری و ارائه راهکارهای پیشنهادی:

با توجه به اینکه وضعیت عایق کاری تمام کوره های ریفورمینگ مناسب بوده و مشکلی از نظر عایق مشاهده نگردید فقط ایجاد رسوب روی سطح لوله ها باعث افزایش دمای سطوح و کاهش راندمان انتقال حرارت و کارائی کوره ها شده است ولی تنها مشکل اساسی تمام کوره ها کارکرد بسیار نامناسب مشعل ها، خارج از حالت طراحی، درصد بالای هوای اضافی و معیوب شدن آنها می باشد ضمناً قبل ذکر است که افزایش ظرفیت کوره ها به بالای ۹۰٪ به طور کامل کارکرد مشعل ها را از حالات

طراحی و بهینه خارج نموده که نتایج نیز این مطلب را تایید نموده که دمای بسیار بالایی در سطوح لوله ها مشاهده می گردد لذا جهت رفع این مشکل موارد ذیل پیشنهاد می گردد:

- ۱- بررسی دقیق مشعل های هر کوره، تعمیر و اصلاح مشعلهای معیوب (کارکرد مشعل ها بویژه در ظرفیتهای بالا بسیار نامناسب بوده و ضمن اتلاف مقدار زیادی انرژی به دلیل مصرف سوخت زیاد باعث افزایش بسیار زیاد دمای سطح لوله ها شده که ادامه این روند ضمن کاهش شدید عمر لوله ها باعث تخریب زود هنگام آنها و اعمال خسارات بسیار خواهد شد).
- ۲- بهینه سازی احتراق در مشعل ها در شرایط مختلف و رسیدن به درصد هوای اضافی طراحی
- ۳- تمیزکاری سطح کویل ها و حذف رسوبات سطحی جهت بهبود انتقال حرارت

نتیجه انجام موارد پیشنهادی فوق:

کاهش تلفات انرژی، کاهش مصرف سوخت، کاهش دمای سطح لوله ها، افزایش عمر آنها و کاهش هزینه های تعمیرات و نگهداری و نهایتاً امکان و اطمینان از افزایش ظرفیت تولید تا حداکثر و حتی فراتر از طراحی تا حداکثر قابلیت و لذا سودآوری قابل ذکر است که با انجام موارد پیشنهادی فوق، علاوه بر کاهش مصرف سوخت مشعل ها، کاهش تلفات انرژی و استانداردسازی کوره ها و رسیدن به وضعیت طراحی، ضمن افزایش عمر لوله ها و جلوگیری از تخریب زود هنگام، به دلیل کاهش دمای سطح لوله ها، امکان افزایش ظرفیت تولید تا حداکثر قابلیت نهایی و حتی کمی فراتر از طراحی مهیا می شود که درآمد حاصله در مقابل هزینه انجام شده بسیار ناچیز می باشد.

تشکر و قدردانی

این تحقیق با حمایت شرکت پتروشیمی نوری (برزویه) و شرکت پژوهش و فناوری پتروشیمی انجام شده است لذا از زحمات مدیریت محترم و کلیه کارشناسان و مسئولین محترم واحد تحقیق و توسعه، واحد بازرسی فنی، خدمات فنی و تعمیرات، فرایند و همچنین همکاران تیم انرژی و مکانیک گروه پژوهشهای فنی شرکت پژوهش و فناوری پتروشیمی تشکر و قدردانی می شود.

مراجع

- [1] Incropera, Frank P, Dewett, David P (2002). Fundamentals of Heat and Mass Transfer, 4th .
- [2] Fernandes & Francis, "Combined conductive and radiative heat transfer in an absorbing, emitting and scattering cylindrical medium", J. of heat transfer , vol.104, November 1982
- [3] T.F. Smith, Z.F. Shen and A.M. Alturki, "Radiative and convective in cylindrical enclosure for a real gas", J. of heat transfer, vol.107, May 1985
- [4] Chang, S.L., "Computation of Radiation Heat Transfer in Diesel Combustion", SAE, No: ۸۳۱۳۳۲, ۱۹۸۳.
- [5] Collins, M.W., Stasiek, J., "The Application of Transformational Zone Method to The Calculation of Radiation Heat Transfer", INT-J-Heat-Fluid-Flow, Vol. ۱۳, No. ۴, pp. ۳۸۰-۳۸۹, ۱۹۹۲.
- [6] Blunsdon, C.A, Malalasekera, W.M.G, Dent, J.C, "Application of the Discrete Transfer Model of Radiation in a CFD Simulation of Diesel Engine Combustion and Heat Transfer", SAE, No: ۹۲۲۳۰۵, ۱۹۹۲.
- [7] Tsai, J.R., Özisik, M.N., "Transient, Combined Conduction and Radiation in an Absorbing, Emitting and Isotropically Scattering Solid Cylinder, J-Applied Physics", Vol. ۶۴, No. ۸, pp. ۳۸۲۰-۳۸۲۴, ۱۹۸۸ .
- [8] Hottel, H.C, Sarofim, A.F, "Radiation Transfer", McGraw-Hill, ۱۹۶۷.
- [9] Siegel, R, Howell, J.R., "Thermal Radiation Heat Transfer", ۱۹۹۲.

SID



سرویس های
ویژه



سرویس ترجمه
تخصصی



کارگاه های
آموزشی



بلاگ
مرکز اطلاعات علمی

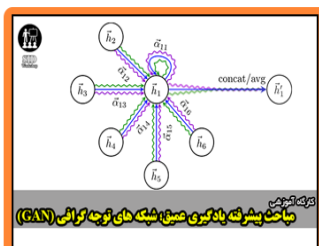


عضویت در
خبرنامه



فیلم های
آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛
شبکه های توجه گرافی
(Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین آموزش استفاده از
وب آوساینس



کارگاه آنلاین مقاله روزمره انگلیسی