به نام یگانه نگارنده هستی

۲۷۸۹۶

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تقدیم مدارک

دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی شیمی - فرایند

مدلسازی و شبیه‌سازی راکتورهای شکست حرارتی با سطح مقطع بیضوی جهت بهینه‌سازی انتقال حرارت

پروین شکوهی

استاد راهنما

دکتر جعفر توفیقی داریان

استاد مشاور

دکتر مجتبی صدرعاملی

پائیز ۱۳۷۷

۴۸۴۲

۲۷۸۹۶

دانشگاه تربیت مدرس

تاییدیه هیات داوران

خانم پروین شکوهی پایان‌نامه ۶ واحدی خود را با عنوان مدلسازی و شبیه‌سازی راکتورهای شکست حرارتی با سطح مقطع بیضوی جهت بهینه‌سازی انتقال حرارت در تاریخ ۷۷/۹/۲ ارائه کردند. اعضای هیات داوران نسخه نهائی این پایان‌نامه را از نظر فرم و محتوی تایید و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی شیمی با گرایش فرآیند پیشنهاد می‌کنند. ۱۷ب۸

اعضای هیات داوران	نام و نام خانوادگی	امضاء
۱ـ استاد راهنما :	آقای دکتر توفیقی	
۲ـ استاد مشاور :	آقای دکتر صدرعاملی	
۳ـ استادان ممتحن :	آقای دکتر میلانی	
	آقای دکتر کاظمینی	
۴ـ مدیر گروه :	آقای دکتر پهلوانزاده	

(یا نمایندهٔ گروه تخصصی)

این نسخه به عنوان نسخه نهایی پایان‌نامه/رساله مورد تایید است.

امضای استاد راهنما

شماره:.....

تاریخ:.....

پیوست:.....

آیین‌نامهٔ چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرّس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان‌نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرّس مبیّن بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش‌آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

مادّهٔ ۱ در صورت اقدام به چاپ پایان‌نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به مرکز نشر دانشگاه اطلاع دهد.

مادّهٔ ۲ در صفحهٔ سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه)، عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد/رسالهٔ دکتری نگارنده در رشتهٔ مهندسی شیمی-مرامیست که در سال ۱۳۷۷ در دانشکدهٔ فنی مهندسی شیمی دانشگاه تربیت مدرّس به راهنمایی سرکار خانم/جناب آقای دکتر توسلی‌فرد و مشاورهٔ سرکار خانم/جناب آقای دکتر صدرائی از آن دفاع شده است.»

مادّهٔ ۳ به منظور جبران بخشی از هزینه‌های نشریات دانشگاه تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به مرکز نشر دانشگاه اهدا کند دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

مادّهٔ ۴ در صورت عدم رعایت مادّهٔ ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ‌شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرّس، تأدیه کند.

مادّهٔ ۵ دانشجو تعهد و قبول می‌کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در مادّهٔ ۴ را از محلّ توقیف کتابهای عرضه‌شدهٔ نگارنده برای فروش، تأمین نماید.

مادّهٔ ۶ اینجانب پروین گلوی دانشجوی رشته مهندسی شیمی-مرامیت مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می‌شوم.

تقـــدیم به

آنانکـــه همـــواره صمیـــمانه یاری‌ام داده‌اند.

تشکر وقدردانی

سپاس خداوند بزرگ را که کمال را غایت زندگی انسان قرار داد و علم‌آموزی را وسیله‌ای برای دستیابی به کمال. در پرتو عنایت او بود که قدم در راه دانش اندوزی نهادم و مسیر جستجوهایم را به یاری او تا به اینجا پیمودم.

و با تشکر فراوان از آقای دکتر توفیقی داریان و آقای دکتر صدر عاملی که در تمام مراحل این پایان نامه با راهنمایی‌های سودمندشان یاریگرم بودند.

چکیده

در این پایان‌نامه مدلسازی و شبیه‌سازی راکتورهای شکست حرارتی با سطح مقطع بیضوی در واحدهای اولفین توسط یک نرم‌افزار کامپیوتری ارائه گردیده است. راکتورهای شکست حرارتی داخل قسمت تشعشعی کوره‌ها قرار دارند ، مناطقی از دیواره راکتور که روبروی مشعلها قرار دارند و تشعشع را از دیواره‌های کوره و مشعلها دریافت می‌کنند، دارای بیشترین درجه حرارت و مناطقی که در معرض تاثیر سایه ناشی از همسایگی سایر لوله‌ها قرار گرفته‌اند دارای کمترین درجه حرارت می‌باشند. اختلاف درجه حرارت این دو نقطه تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

در پایان‌نامه حاضر، راکتورهای با سطح مقطع مدور بوسیله راکتورهای با سطح مقطع بیضوی جایگزین شده‌اند. راکتورهای با سطح مقطع بیضوی که محور اصلی آنها موازی با ردیف لوله‌هاست، موجب افزایش سطح قسمت «جلو» وکاهش سطح قسمت «سایه» آنها می‌گردد.این امر باعث یکنواخت‌تر شدن توزیع درجه حرارت وفلاکس حرارتی روی پوسته لوله راکتورها با سطح مقطع بیضوی می‌شود.

علاوه بر واکنش مطلوب تشکیل اولفین، واکنشهای نامطلوب تشکیل کک نیز در راکتور صورت می‌گیرد. در راکتورهای با سطح مقطع بیضوی به علت یکنواخت‌تر شدن توزیع درجه حرارت و فلاکس حرارتی روی پوسته لوله آنها لایه کک تشکیل شده، روی سطح داخلی راکتور، نازکتر و یکنواخت‌تر می‌گردد و در نتیجه میزان افزایش افت فشار بازمان به مراتب کمتر از راکتورهای با سطح مقطع مدور می‌گردد.

این پایان‌نامه نتایج مدلسازی برای یک ردیف راکتورهای لوله‌ای شکست حرارتی با سطح مقطع بیضوی بانسبت قطرهای مختلف رانشان میدهد، که نتایج حاصل از آن با نتایج بدست آمده برای راکتورهای شکست حرارتی با سطح مقطع مدور مقایسه شده است. نتایج حاصل از این شبیه‌سازی نشان میدهد که توزیع درجه حرارت و فلاکس حرارتی در چنین راکتورهایی یکنواخت‌تر از راکتورهای با سطح مقطع مدور است.

کلمات کلیدی - راکتور با سطح مقطع بیضوی ، راکتور شکست حرارتی ، کوره حرارتی ، اولفین.

فهرست مطالب

عنوان **شماره صفحه**

مقدمه ۱
فصل اول - کلیات ۴
۱-۱) کوره‌های حرارتی ۵
۱-۱-۱) منبع حرارتی در کوره‌های حرارتی ۵
۱-۱-۲) دریافت کننده‌های حرارت در کوره‌های حرارتی ۵
۱-۱-۳) مکانیزم انتقال حرارت در کوره‌ها ۷
۱-۲) مشخصات کوره حرارتی موردنظر دراین پایان نامه ۱۰
۱-۳) راکتورهای شکست حرارتی باسطح مقطع بیضوی ، با قطر ثابت و متغیر ۱۱

فصل دوم - مدلهای ریاضی جهت شبیه سازی راکتورهای شکست حرارتی با سطح مقطع بیضوی ۱۴
۲-۱) فرضیات مدل کوره ناحیه‌ای اصلاح شده ۱۶
۲-۲) موازنه‌های کلی حرارتی ۱۹
۲-۳) نحوه حل معادلات موازنه حرارتی ۲۳
۲-۴) معادلات مدل و روند مدلسازی ۲۵
۲-۴-۱) مدل راکتور ۲۵
۲-۴-۲) مدل کوره ۳۰

فصل سوم - برنامه کامپیوتری ۳۸
۳-۱) برنامه اصلی ۳۸
۳-۲) برنامه فرعی *FUEL* ۴۰
۳-۳) برنامه فرعی *FLUE* ۴۲
۳-۴) برنامه‌های فرعی *HFLUE, COND . VISC , CP* ۴۲
۳-۵) برنامه فرعی *WFACT* ۴۵
۳-۶) برنامه‌های فرعی *Vfss , Vfgs , Vfgg , DIGS , FIREBOX* ۴۵
۳-۷) برنامه‌های فرعی *TEA , DEAS , DEAG* ۴۸
۳-۸) برنامه‌های فرعی *WPTRG , FCN , NLS2 , NLS1 , NLS* ۵۰

۳-۹) برنامه‌های فرعی *ETUBE , TWQ* ۵۲
۳-۱۰) برنامه فرعی *TUBSKIN* ۵۴

فصل چهارم - نتایج مدلسازی و شبیه سازی ۵۶
۴-۱) مشخصات کوره ۵۶
۴-۲) نتایج و بحث ۵۹
۴-۳) مقایسه نتایج حاصل از مدلسازی با نتایج مراجع ۷۸
۴-۴) مقایسه شدت تشکیل کک ۸۳
۴-۵) نتیجه گیری ۸۵

مراجع ۸۶
ضمیمه الف - حل دستگاه معادلات خطی ۸۸
ضمیمه ب - حل دستگاه معادلات غیر خطی ۹۲
ضمیمه ج - حل عددی معادلات دیفرانسیل ۹۵

چکیده انگلیسی ۱۰۱

علائم ونشانه‌ها

A: سطح هر ناحیه (m^2)

C: غلظت مولی (mol/m^3)

C_p: گرمای ویژه $(J/mol.K)$

D: قطر لوله (m)

d_t: قطر لوله (m)

d_e: قطر معادل لوله بیضوی (m)

E: فلاکس حرارتی تشعشعی (W/m^2)

F: شدت جریان مولی (mol/s)

ss,sg,gg: مساحتهای تبادل (m^2)

G: فلاکس جرمی $(kg/m^2.s)$

h: ضریب انتقال حرارت جابجایی $(W/m^2.k)$

ΔH -: حرارت واکنش (J/mol)

K: ضریب هدایت حرارتی $(W/m.k)$

k: ثابت سرعت واکنش $((s^{-1})(mol/m^3)^{1-nj})$

M_m: جرم مولکولی متوسط $(Kg/Kgmol)$

M: المان‌های حجمی

N: المان‌های سطحی

O: محیط مؤثر (m)

P: فشار کل (atm)

Q: فلاکس حرارتی (W/m^2)

q: فلاکس حرارتی (W/m^2)

R: سرعت کل تولید یا مصرف در واکنش $(mol/m^3.s)$

R: ثابت گازها ($0/08206\ atm.m^3/Kgmol.K$)

R_b: شعاع زانویی (m)

r: شعاع (m)

r_r: سرعت واکنش $(mol/m^3.s)$

S: سطح مؤثر (m^2)

T: درجه حرارت (K)

t_r: ضخامت دیواره لوله (m)

U: ضریب کلی انتقال حرارت $(W/m^2.k)$

V: حجم المان (m^3)

z: جهت محور راکتور (m)

z: منطقه سطحی یا حجمی

z_iz_j: سطح تبادل کلی بین مناطق z_i و z_j (m^2)

حروف یونانی

μ: ویسکوزیته $(Kg/m.sec)$

α: ضریب جذب

ε: ضریب صدور

ε_t: ضریب صدور واقعی

ε_{eff}: ضریب صدور موثر

ϕ: ضریب صدور هندسی لوله

ρ: ضریب انعکاس

ρ: دانسیته مخلوط گازی (Kg/m^3)

τ: ضریب انتقال

δ: ضریب استفان - بولتزمن$(5/7\times10^{-8}\ W/m^2.K^4)$

Λ: زاویه زانوئی (درجه)

θ: زاویه در مختصات استوانه‌ای (رادیان)

زیرنویسها

g: گاز حاصل از احتراق

p: فرآیند

r: دیرگداز

w: دیواره راکتور

مقدمه

در سالهای اخیر توسعه صنایع پتروشیمی به دلیل تولید مواد با ارزش و مواد اولیه صنایع دیگر مورد توجه اکثر کشورها قرار گرفته است. دراین صنایع از نفت وگاز طبیعی، محصولات با ارزشی همچون اولفین‌ها (پروپیلن، اتیلن و بوتادین)، وینیل استات، اکسید اتیلن و هزاران ماده ارزشمند دیگر تولید می‌شود، که هر کدام به نوبه خود ماده اولیه برای سایر قسمتها و واحدهای صنعتی پائین دستی می‌باشند.

مدلسازی و شبیه‌سازی فرآیند در واحدهای صنعتی از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. بطوریکه با این روش به راحتی میتوان واقعیتهایی را که در واحدهای مختلف صنعتی اتفاق می‌افتد پیش‌بینی نمود. شبیه‌سازی در حال حاضر یک قسمت مهم از فعالیتهای مهندسی شیمی را تشکیل میدهد.

شبیه‌سازی به مفهوم نمایش نمادین عناصر اصلی یک سیستم به منظور بررسی تاثیر پارامترهای مختلف بر روی سیستم قبل و بعد از هر مرحله عملیاتی است. امروزه شبیه‌سازی به معنای استفاده از کامپیوتر در حل مدلهای ریاضی سیستم می‌باشد، که ابزار کار طراح است و طراح را قادر به مطالعه فرآیند میکند، با این روش علاوه بر اینکه سرعت کارهای تحقیقاتی را افزایش میدهیم، براحتی از آن میتوانیم اثر پارامترهای مختلف دخیل در فرآیند را در نتیجه عملکرد آن ببینیم، بدون آنکه در خود واحد صنعتی تغییری ایجاد نمائیم. چنانچه تغییر پارامترهای مختلف در جهت بهبود عملکرد سیستم

نتیجه داد، آنگاه میتوانیم آن را در واحد صنعتی مربوطه پیاده نمائیم.

مزیت اصلی مدلسازی و شبیه‌سازی در این است که با صرف کمترین هزینه و در کوتاهترین مدت زمان، میتوان با دقت بالائی همان نتایج تجربی را بدست آورد، بدون آنکه تغییری در واحد صنعتی داده شود.

در این پایان‌نامه، مدلسازی و شبیه‌سازی راکتورهای شکست حرارتی با سطح مقطع بیضوی به توسط یک نرم‌افزار کامپیوتری ارائه شده است.

ابتدا کلیاتی راجع به کوره‌های حرارتی و نحوه انتقال حرارت در آنها، سپس مطالبی راجع به راکتورهای شکست حرارتی با سطح مقطع بیضوی بیان گردیده است.

جهت مدلسازی لازم است که معادلات موازنه انرژی برای نواحی سطحی راکتور نوشته شوند، تا از حل همزمان آنها توزیع درجه حرارت و فلاکس حرارتی حاصل شوند. موازنه حرارتی شامل انتقال حرارت تشعشعی، جابجایی و هدایت برای سطح و پوسته لوله‌های راکتور می‌باشد.

مدل ریاضی ارائه شده برای کوره مدل منطقه‌ای (*Hottel and Sarofim, 1967*) و برای راکتور مدل (*Froment and Bischoff, 1990*) می‌باشد.

برای مدل کردن راکتور، معادلات موازنه جرم و انرژی و مومنتم نوشته شده و به طور همزمان حل می‌گردند. سپس از حل موازنه‌های انرژی روی پوسته لوله‌های راکتور، توزیع درجه حرارت و فلاکس حرارتی روی پوسته لوله‌ها برای نسبت قطرهای مختلف محاسبه می‌گردد که این موضوع بوسیله (*Heynderickx et al, 1992*) مورد بحث قرار گرفته است.

نتایج حاصل از مدلسازی و نمودارهای مربوطه نیز در انتها ارائه شده است.

در حال حاضر در سه مجتمع بزرگ پتروشیمی اراک، بندر امام و تبریز از این نوع راکتورهای شکست حرارتی استفاده شده است که میتوانند از نتایج این پایان‌نامه استفاده نمایند.