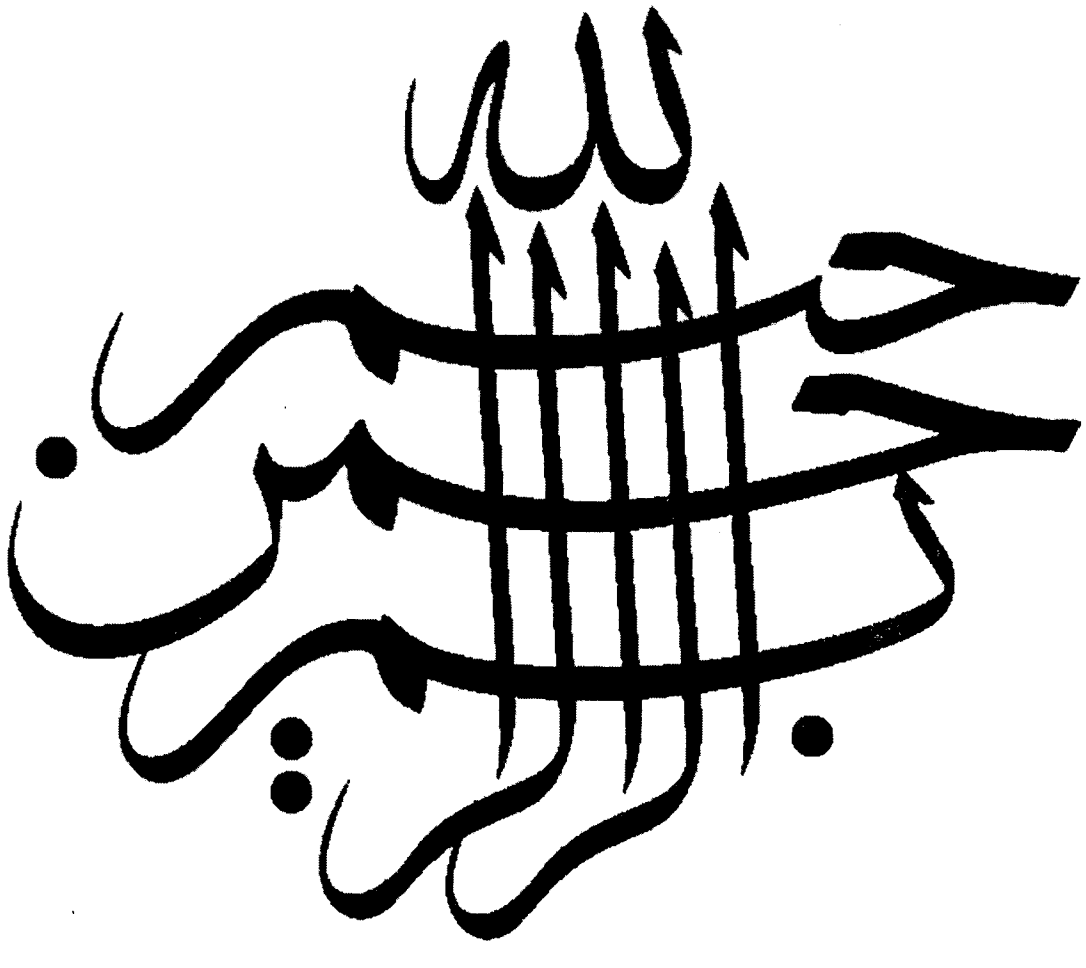

١٤٩٦١٩

دانشگاه آزاد اسلامی

واحد شاهرود

دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی شیمی

پایان نامه جهت دریافت کارشناسی ارشد «M.Sc»

گرایش: مهندسی شیمی

عنوان:

مدل سازی مبدلهای حرارتی توسعه یافته از نوع صفحه ای چین دار به منظور کاهش رسوب

استاد راهنما:

دکتر ناصر ثقه الاسلامی

استاد مشاور:

دکتر حسن زارع

۳۸۹/۱۰/ ۵

نگارش:

ملیحه تربتی

پاییز ۱۳۸۹

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران
مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
IRANDOC

۱۴۹۶۱۹

دانشگاه آزاد اسلامی

واحد شاهرود

دانشکده فنی و مهندسی ، گروه مهندسی شیمی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد«M.SC.»

گرایش : مهندسی شیمی

عنوان :

مدل سازی مبدلهای حرارتی توسعه یافته از نوع صفحه ای چین دار به منظور کاهش رسوب

نگارش :

ملیحه تربتی

پاییز ۱۳۸۹

هیأت داوران :

۱- دکتر ناصر ثقه الاسلامی

۲- دکتر حسن زارع علی آبادی

۳- دکتر محمد حسین غضنفری

٤- دکتر مهدی پور افشاری چنار

شکر و سپاس خدای را که بـا آفـرینش گیتـی گوشـه ای از عظمـت و کرامت خویش را نمایان ساخت. اکنون که به یاری خداوند متعـال ایـن مجموعه به پایان رسیده است، لازم می دانـم سـپاس خـود را خـدمت عزیزانی که در به ثمر رسیدن آن سهیم بوده اند ابراز دارم

با کمال سپاسگزاری از اساتید ارجمند؛

جناب آقای دکتر ثقه الاسلامی و جناب آقای دکتر زارع

که مایه ی دلگرمی بنده بودند هر چند که نمی توانم سپاس و قـدردانی خود را بجا آورم، برای ایشان و خانواده شان آرزوی سلامتی و بهـروزی دارم.

آنان که کلامشان آرامش می دهد، گفتارشان عشق می آموزد و وقارشان تحسین برانگیز است، آنان که پروانه وار اوج فـداکاری آفـرینش را بـه نمایش می گذارند.

تقدیم به پدر پر مهر و بزرگوارم:

که در تمامی لحظات زندگیش ایثار و تلاش خستگی ناپذیر را به من آموخت اسطوره ی استواری و صبر که همه هستی ام از سایه پر مهر اوست.

حضورت تا ابد سبز و جاودانه باد

و تقدیم به مادر مهربانتر از جانم:

با سپاس فراوان به ملکه ی مهربانی هایم، کسی که دلشوره های بی پایانش اشک های دلسوزانه اش، تبسم شکیبانه اش و عشق ناب و خالصانه اش بدرقه ی راهم نه تنها در امر تحصیل بلکه در تمام طول زندگی ام بود و هست. ای عاشق ترین مخلوق، این فداکارترین اسوه ی زندگی، ای الهه ی گذشت و ایثار و ای عارف ترین مهرورز.

حضورت تا ابد سبز و جاودانه باد

فهرست مطالب

عنوان صفحه

چکیده ۱

مقدمه ۲

فصل اول – معیارهای طراحی مبدل حرارتی

۱-۱. معیارهای طراحی یک مبدل حرارتی ۵

۱-۲. انتخاب، پیش بینی عملکرد و طراحی ۷

فصل دوم – دسته بندی مبدلهای حرارتی

۲-۱. دسته بندی کلی مبدلهای حرارتی ۱۴

۲-۲. مبدلهای حرارتی صفحه ای ۱۷

۲-۲-۱. مبدلهای صفحه حلزونی ۱۷

۲-۲-۲. مبدلهای لاملا ۱۹

۲-۲-۳. مبدلهای صفحه کویل ۲۰

۲-۲-۴. مبدلهای حرارتی صفحه و قاب ۲۲

فصل سوم- مبدل حرارتی صفحه و قاب

۳-۱. تاریخچه ۲۴

۳-۲. اجزاء مبدل گرمایی صفحه و قاب ۲۵

۳-۳. ساخت ۲۶

۳-۴. شیارهای صفحات ۲۸

۳-۵. واشرها ۳۰
۳-۶. چهارچوب (قاب) ۳۲
۳-۷. ورودی ها و خروجی ها ۳۲
۳-۸. پیچهای مبدل ۳۳
۳-۹. تعمیر و نگهداری ۳۴
۳-۱۰. انواع جریان سیال ۳۵
۳-۱۱. گذرها ۳۵
۳-۱۲. آرایش جریان ۳۶
۳-۱۲-۱. آرایش (۱/۱) ۳۶
۳-۱۲-۲. آرایش (۲/۲) ۳۶
۳-۱۲-۳. آرایش (۲/۱) ۳۷
۳-۱۳. تعداد صفحات ۳۷
۳-۱۴. خصوصیات و امتیازات مبدلهای حرارتی صفحه ای ۳۷
۳-۱۴-۱. امتیازات ۳۸
۳-۱۴-۲. معایب ۴۱
۳-۱۵. کاربرد ۴۲
۳-۱۶. مشخصات شیارها و کانالهای جریان و سطح مورد نیاز برای یک فرآیند مشخص ۴۳
۳-۱۶-۱. زاویه چورون ۴۳
۳-۱۶-۲. طول موثر صفحه ۴۳
۳-۱۶-۳. شکاف متوسط کانال جریان ۴۴
۳-۱۶-۴. ساخت کانال جریان ۴۴
۳-۱۶-۵. قطر معادل کانال جریان ۴۵

۳-۱۶-۶ سطح انتقال حرارت ۴۵
۳-۱۶-۷. ضریب کلی انتقال حرارت ۴۶
۳-۱۶-۸ ضریب انتقال حرارت جابجایی ۴۶
۳-۱۶-۹. افت فشار کانال ۴۸
۳-۱۷. جرم گرفتگی ۵۲
۳-۱۸. طراحی مبدل حرارتی ۵۳

فصل چهارم – رسوب در مبدلهای حرارتی

۴-۱. تعریف عبارت های معمول در بررسی جرم گرفتگی مبدل های گرمایی ۵۷
۴-۱-۱. جرم گرفتگی ۵۷
۴-۱-۲. سیالات بدون جرم گذاری ۵۷
۴-۱-۳. جرم گذارهای بدون علامت ۵۷
۴-۱-۴. سیالات با جرم گذاری خطی ۵۷
۴-۲. اشکال مختلف جرم گرفتگی در مبدل های گرمایی ۵۸
۴-۲-۱. رسوب گذاری تعلیقی یا جرم گرفتگی رسوبی ۵۸
۴-۲-۲. جرم گرفتگی ذره ای ۵۸
۴-۲-۳. جرم گرفتگی در اثر واکنش های شیمیایی ۵۹
۴-۲-۴. جرم گرفتگی ناشی از خوردگی ۵۹
۴-۲-۵. جرم گرفتگی بیولوژیکی ۵۹
۴-۲-۶ جرم گرفتگی ناشی از جامدسازی ۵۹
۴-۳. عوامل تاثیرگذار بر جرم گرفتگی یک مبدل گرمایی ۵۹
۴-۳-۱. طبیعت سیال ۵۹
۴-۳-۲. سرعت جریان ۶۰

۴-۳-۳. دما ۶۰
۴-۳-۴. مواد سازنده سطح و پرداخت آن ۶۱
۴-۴. جرم گرفتگی و نوع مبدل گرمایی ۶۱
۴-۵. تعیین حدی برای جرم گرفتگی یک مبدل گرمایی ۶۲
۴-۶. توضیحاتی در مورد انتخاب مقاومت جرم گرفتگی برای یک مبدل گرمایی ۶۳

فصل پنجم- آشنایی با نرم افزار FEMLAB

۵-۱. مقدمه ۶۶
۵-۲. تاریخچه ۶۷
۵-۳. محیط نرم افزار COMSOL Multiphysics ۷۰
۵-۳-۱. صفحه Model Navigator ۷۱
۵-۳-۲. مدول های COMSOL Multiphysics ۷۳
۵-۳-۲-۱. مدول AC/DC ۷۴
۵-۳-۲-۲. مدول صوت ۷۴
۵-۳-۲-۳. مدول مهندسی شیمی ۷۵
۵-۳-۲-۴. مدول Earth Science ۷۷
۵-۳-۲-۵. مدول انتقال حرارت ۷۸
۵-۳-۲-۶. مدول MEMS ۷۸
۵-۳-۲-۷. مدول RF ۷۹
۵-۳-۲-۸. مدول ساختار مکانیکی ۸۰
۵-۳-۳. واسط گرافیکی کاربر (GUI) در COMSOL Multiphysics ۸۰
۵-۳-۳-۱. اجزای اصلی واسط گرافیکی کاربر ۸۲
۵-۳-۳-۱-۱. زبانه های موجود در نوار فهرست ۸۴

۵-۳-۱-۳-۲. قسمت های مختلف نوار ابزار اصلی ۸۶
۵-۳-۱-۳-۳. کلیدهای نوار ابزار رسم در طراحی دو بعدی و سه بعدی ۸۹
۵-۳-۴. ایجاد هندسه فرایند ۹۱
۵-۳-۴-۱. مدول های هندسی و ابزارهای طراحی به کمک کامپیوتر (CAD)..... ۹۲
۵-۳-۴-۲. تنظیم محورها و مختصات..... ۹۲
۵-۳-۴-۲-۱. تنظیم محورها..... ۹۲
۵-۳-۴-۲-۱-۱. تنظیمات محورها در فضای یک بعدی..... ۹۳
۵-۳-۴-۲-۱-۲. تنظیمات محورها در فضای دو بعدی ۹۳
۵-۳-۴-۲-۱-۳. تنظیمات محورها در فضای سه بعدی..... ۹۴
۵-۳-۴-۲-۲. تنظیمات مختصات..... ۹۵
۵-۳-۴-۲-۲-۱. فاصله گذاری خودکار..... ۹۵
۵-۳-۴-۲-۲-۲. فاصله گذاری دستی..... ۹۵
۵-۳-۴-۳. ابزار نمایش هندسه در COMSOL Multiphysics..... ۹۶
۵-۳-۴-۳-۱. نوار ابزار نمایش مدل ۹۶
۵-۳-۴-۳-۲. بزرگ و کوچک کردن تصویر..... ۹۶
۵-۳-۵. تعیین خصوصیات فیزیک مورد بررسی ۹۸
۵-۳-۵-۱. Subdomain Setting ۹۹
۵-۳-۵-۲. استفاده از کتابخانه های مواد در مدل سازی..... ۱۰۰
۵-۳-۵-۳. نحوه استفاده از متغیرها و عبارات ۱۰۲
۵-۳-۵-۳-۱. طبقه بندی متغیرها..... ۱۰۲
۵-۳-۵-۴. دستگاه های ابعادی در COMSOL Multiphysics..... ۱۰۶
۵-۳-۵-۴-۱. نحوه انتخاب سیستم ابعادی..... ۱۰۶

۵-۳-۶ ساخت شبکه ۱۰۷
۵-۳-۶-۱. المان های شبکه ۱۰۸
۵-۳-۶-۲. چرخش و کشش و meshهای دوبعدی ۱۰۹
۵-۳-۶-۳. تصحیح المان ها ۱۰۹
۵-۳-۶-۴. کیفیت المان ها ۱۱۱
۵-۳-۷. تعیین Solver ۱۱۲
۵-۳-۸. پس پردازش ۱۱۵

فصل ششم- مدل سازی مبدل حرارتی صفحه ای چین دار به منظور کاهش رسوب

۶-۱. اساس انتخاب سیال ۱۱۷
۶-۲. توضیح حجم کنترل ۱۱۸
۶-۳. فرضیات مسئله ۱۱۹
۶-۴. معادلات حاکم بر مسئله ۱۲۱
۶-۵. شبیه سازی عددی ۱۲۲
۶-۵-۱. معادلات جریان ۱۲۲
۶-۵-۲. معادلات انتقال انرژی ناپایا برای سیال تراکم ناپذیر ۱۲۳
۶-۵-۳. معادلات انتقال جرم برای هر سه پروتئین ۱۲۳
۶-۵-۳-۱. در بالک سیال ۱۲۳
۶-۵-۳-۲. در لایه مرزی حرارتی ۱۲۴
۶-۶ مدل های مورد بررسی ۱۲۸
۶-۷. شرایط اولیه ۱۳۰
۶-۸. شرایط مرزی ۱۳۰
۶-۹. اجرای مدل ۱۳۱

۶-۱۰. نتیجه گیری ۱۴۷
۶-۱۱.پیشنهادت ۱۴۸

پیوست ها

پ – ۱. فهرست علائم و نشانه ها ۱۴۹

منابع و ماخذ

فهرست منابع غیرفارسی ۱۵۱
چکیده انگلیسی ۱۵۲

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

۳-۱. جدول : پارامترهای هندسی و عملیاتی مبدلهای حرارتی صفحه ای ۲۸

۳-۲. جدول : برخی از انواع واشرها و حداکثر دمای تقریبی کارکرد و موارد کاربرد آنها ۳۱

۳-۳. جدول : ثابت هایی برای محاسبه انتقال حرارت و افت فشار در حالت تک فاز ۵۰

۵-۱. جدول : توابع ریاضی و ثوابت. ۱۰۳

۵-۲. جدول : Solverهای نرم افزار COMSOL Multiphysics ۱۱۲

۵-۳. جدول : Solverهای خطی نرم افزار COMSOL Multiphysics ۱۱۴

۶-۱. جدول : پارامترهای کینماتیکی برای واکنش رسوب ۱۲۰

۶-۲. جدول : خواص فیزیکی، شیمیایی شیر ۱۲۰

۶-۳. جدول : مشخصات اجزاء واکنش ۱۲۱

۶-۴. جدول : شرایط مرزی اعمال شده در همه مدل ها ۱۳۰

۶-۵. جدول : تعداد مش، درجه آزادی و زمان حل برای مدل های مورد بررسی ۱۳۱

فهرست نمودارها

عنوان **صفحه**

۳-۱. نمودار : محدوده Re در مبدل حرارتی صفحه ای با زاویه چورون ۳۸

۳-۲. نمودار : ضریب تصحیح اختلاف دما برای مبدل حرارتی صفحه ای ۵۲

۴-۱. نمودار : مقایسه موارد جرم گرفتگی و عدم جرم گرفتگی در انواع مبدل حرارتی ۶۲

۶-۱. نمودار : توزیع غلظت برحسب زمان در مدت یک ساعت شبیه سازی ۱۳۲

۶-۲. نمودار : توزیع غلظت در طول کانال مبدل در چین مثلثی با زوایای ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درجه ۱۳۴

۶-۳. نمودار : توزیع غلظت در طول کانال مبدل در چین مثلثی با زوایای ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درجه ۱۳۵

۶-۴. نمودار : توزیع فشار در طول کانال مبدل در چین مثلثی با زویای ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درجه ۱۳۶

۶-۵. نمودار : توزیع غلظت در طول کانال مبدل در چین مثلثی با زوایای ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درجه ۱۳۸

۶-۶ نمودار : توزیع غلظت در طول کانال مبدل با چین بیضوی در ۳ ارایش مختلف ۱۳۹

۶-۷. نمودار : مقایسه توزیع غلظت در طول کانال در دو چین مثلثی با زوایای ۲۰ درجه و چین بیضوی ۱۴۰

۶-۸. نمودار : توزیع غلظت در طول کانال با چین مثلثی ۲۰ درجه و ۳ ارتفاع ۲، ۴ و ۸ میلیمتری ۱۴۱

۶-۹. نمودار : توزیع فشار در طول کانال با چین مثلثی ۲۰ درجه در ارتفاع ۲، ۴ و ۸ میلیمتری ۱۴۲

۶-۱۰. نمودار : توزیع فشار در طول کانال با چین مثلثی ۲۰ درجه و ارتفاع ۸mm در ke =۹ و Re =۳۰۰ و Re =۱۷۰۰ ..... ۱۴۵

فهرست شکلها

عنوان **صفحه**

۱-۱. شکل : برنامه پیش بینی عملکرد جدول حرارتی ۹

۱-۲. شکل : مراحل عملیات پیش بینی عملکرد یک مبدل حرارتی ۱۱

۲-۱. شکل : دسته بندی مبدلهای حرارتی ۱۵

۲-۲. شکل : مسیرهای حرکت سیال در مبدل صفحه ای حلزونی ۱۸

۲-۳. شکل : یک نمونه مبدل حرارتی لاملا و مقاطع لوله های تخت بکار رفته در مبدل ۲۰

۲-۴. شکل : نمونه هایی از مبدل صفحه کویل ۲۱

۳-۱. شکل : قطعات جدا از هم یک مبدل حرارتی صفحه ای ۲۶

۳-۲. شکل : انواع صفحات مبدل حرارتی صفحه ای ۲۹

۳-۳. شکل : توزیع جریان سیال در صفحات و نحوه واشربندی آنها ۳۱

۳-۴. شکل : نحوه عملکرد صفحه رابط ۳۴

۳-۵. شکل : آرایش (۲و۲) که در آن هر دو سیال ۳۵

۳-۶ شکل : آرایش (۲و۱) که در آن یک سیال تک گذری و سیال دیگر دوگذری است ۳۵

۳-۷. شکل : انواع آرایش (۱/۱)، (a) آرایش Z شکل (b) آرایش U شکل ۳۶

۳-۸. شکل : طول افزایش یافته و طول طراحی ۴۴

۳-۹. شکل : شکاف متوسط کانال جریان ۴۴

۳-۱۰. شکل : پارامترهای هندسی مبدل صفحه ای ۴۵

۵-۱. شکل : ترسیم اشکال با هندسه متقارن در GUI ۷۲

۵-۲. شکل : صفحه ی Model Navigator ۷۲
۵-۳. شکل : واسط گرافیکی کاربردی و بعدی ۸۱
۵-۴. شکل : واسط گرافیکی کاربر سه بعدی ۸۲
۵-۵. شکل : نوار ابزار اصلی (Main Toolbar) ۸۶
۵-۶. شکل : کلیدهای میان بر فایل ۸۶
۵-۷. شکل : کلیدهای میان بر ویرایش و انتخاب ۸۷
۵-۸. شکل : کلیدهای میان بر حل – مش و رسم نمودار ۸۷
۵-۹. شکل : کلیدهای میان بر بزرگ نمائی ۸۸
۵-۱۰. شکل : کلیدهای میان بر GUI و Help ۸۹
۵-۱۱. شکل : کلیدهای نوار ابزار رسم در طراحی دوبعدی ۹۰
۵-۱۲. شکل : کلیدهای نوار ابزار رسم در طراحی سه بعدی ۹۱
۵-۱۳. شکل : تنظیم محورها در فضای یک بعدی ۹۳
۵-۱۴. شکل : تنظیمات محورها در فضای دوبعدی ۹۴
۵-۱۵. شکل : تنظیمات محورها در فضای سه بعدی ۹۴
۵-۱۶. شکل : تنظیمات تقسیم بندی محورها ۹۵
۵-۱۷. شکل : نوار ابزار Visual ۹۷
۵-۱۸. شکل : نحوه دسترسی به زبانه Physics ۹۹
۵-۱۹. شکل : تنظیمات Subdomain ۱۰۰
۵-۲۰. شکل : صفحه ی Material/ Coefficient Library ۱۰۱
۵-۲۱. شکل : صفحه تعیین شرایط فردی مدل ۱۰۱
۵-۲۲. شکل : صفحه ی Model Setting و انتخاب سیستم ابعادی ۱۰۷
۵-۲۳. شکل : زبانه Mesh در نرم افزار COMSOL Multiphysics ۱۰۸

۵-۲۴. شکل : نتایج حاصل از کشش المان های چهارضلعی و ایجاد المان های معکبی ۱۰۹
۵-۲۵. شکل : صفحه ی Free Mesh Parameters و تعیین روش تصحیح ۱۱۰
۵-۲۶. شکل : جنبه ی گفتگوی Solver Parameters..... ۱۱۳
۶-۱. شکل : نمایی از مبدل حرارتی صفحه ای با نشان دادن خطوط جریان ۱۱۸
۶-۲. شکل : یک کانال از مبدل حرارتی صفحه ای ۱۱۸
۶-۳. شکل : شماتیک واکنش پروتئین ۱۱۹
۶-۴. شکل : حجم کنترل از ورودی سیال به کانال دوبعدی ۱۲۲
۶-۵. شکل : انواع مدلهای مورد بررسی ۱۲۸
۶-۶ شکل : توزیع غلظت در طول کانال مبدل در مدلهای ۲، ۹، ۱۳، ۱۴ و ۱۵ ..... ۱۳۳
۶-۷. شکل : توزیع غلظت در طول کانال مبدل و چین مثلثی با زوایای ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درجه..... ۱۳۵
۶-۸. شکل : توزیع فشار در در طول کانال مبدل و چین مثلثی با زوایای ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درجه..... ۱۳۶
۶-۹. شکل : توزیع غلظت در طول کانال مبدل با چین مثلثی در ۴ آرایش مختلف ۱۳۷
۶-۱۰. شکل : توزیع غلظت در طول کانال مبدل با چین بیضوی در ۳ آرایش مختلف ۱۳۹
۶-۱۱. شکل : توزیع غلظت در طول کانال با چین مثلثی ۲۰ درجه در ۳ ارتفاع ۲، ۴ و ۸ میلیمتری ۱۴۱
۶-۱۲. شکل : توزیع فشار و پروفایل سرعت در طول کانال با چین مثلثی ۲۰ درجه ارتفاع ۲، ۴ و ۸ میلیمتری . ۱۴۲
۶-۱۳. شکل : توزیع دما و قطع قبل از چین اول در ۳ ارتفاع مختلف کانال برای چین مثلثی ۱۴۳
۶-۱۴. شکل : توزیع فشار و پروفایل سرعت در طول کانال با چین مثلثی ۲۰ درجه و ارتفاع ۸mm در Re=۹، Re =۳۰۰ و Re= ۱۷۰۰..... ۱۴۴
شکل ۶-۱۵. شکل : توزیع غلظت در طول کانال با چین مثلثی ۲۰ درجه و ارتفاع ۸ mm در Re=۹، Re =۳۰۰ و Re= ۱۷۰۰..... ۱۴۵
شکل ۶-۱۶. شکل : توزیع سرعت در طول کانال با چین مثلثی ۲۰ درجه و ارتفاع ۸mm در Re=۹، Re =۳۰۰ و Re= ۱۷۰۰..... ۱۴۶

چکیده:

محصولات غذایی با توجه به قوانین ایمنی موجوددر حال بهبود کیفیت می باشد. بنابراین تولید کنندگان محصولات غذایی در تلاش هستند تا با شرایط بهینه و اقتصادی خطوط تولید را بهبود بخشند. از این رو تغییرات مواد اولیه از لحاظ بیوشیمیایی و فیزیکی در حین تولید از اهمیت خاصی برخوردار است.

رسوب بر روی مبدلهای حرارتی صفحه ای (PHE) درجریان فرآیند شیر مشکل مهمی است که اثر نامطلوبی بر هزینه تولید و کیفیت محصول دارد. همچنین موجب افزایش افت فشار شده و می تواند به فساد محصول به دلیل نرسیدن دمای کافی برای سیال فرآیند منجر شود. مشکل جدی دیگر که در مورد رسوب مطرح است پاک کردن سطوح می باشد که بسیار پرهزینه و زمان بر می باشد که از نظر زیست محیطی نیز به دلیل افزودن مواد شیمیایی ضرر دارد. وقتی شیر تا دمای بالاتر از $۶۵^{\circ}C$ حرارت داده می شود، پروتئین ناپایدار بتالاکتوگلوبین تغییر ماهیت داده و تبدیل به هسته اولیه برای تشکیل رسوب توسط دو مکانیزم می شود. بر پایه توجهات اقتصادی مدلسازی زیادی برای پدیده رسوب مطرح شده است.

در تحقیقات قبلی پدیده رسوب توسط هیدرودینامیک سیال فرآیند مورد بررسی قرار گرفته، اما هدف از این تحقیق استفاده از مدل واکنش های شیمیایی به همراه معادلات انتقال جرم، انتقال حرارت و انتقال مومنتم است. تا تشکیل رسوب را بر روی صفحات مبدل حرارتی صفحه ای با هندسه های مختلف بررسی کرد، و با توجه به کمترین میزان تشکیل رسوب بهترین هندسه را از بین مدلهای مورد بررسی انتخاب کرد.

صفحاتی با اشکال دایره ای، بیضوی، مثلثی با زوایای مختلف، سینوسی و ذوزنقه ای مورد بررسی قرار گرفت و عواملی همچونRe، ارتفاع کانال، نحوه چینش و آرایش صفحات بر روی آنها اعمال شد و میزان تشکیل رسوب در ۱۵ مدل مورد بررسی قرار گرفت.

ابتدا انجام واکنش های شیمیایی مختلف توسط نرم افزار COMSOL Reaction Engineering Lab صورت گرفت و بعد برای بررسی معادلات سه گانه انتقال حرارت، مومنتم و جرم به نرم افزار COMSOL Multiphysics ارسال

شد و مدت زمان شبیه سازی یک ساعت در نظر گرفته شد. که از بین مدل های مورد بررسی این نتیجه حاصل شد که چین مثلثی با زاویه ۲۰ درجه با طول گام ۲ سانتی متر بین چین ها و آرایش یک در میان وارونه صفحات در شرایط مشابه با دیگر چین ها کمترین میزان تشکیل رسوب را دارد و هرچه ارتفاع کانال بیشتر باشد، جریان توسعه یافته تر، افت فشار کمتر و میزان تشکیل رسوب نیز کمتر است. با این حال باید توجه داشت که ارتفاع زیاد کانال باعث کاهش سطح تماس نشود

اما تغییرات عدد Re در محدوده ۱۰<Re<۱۴۰۰ تاثیر چندانی بر روی میزان تشکیل رسوب نداشته که دلیل آن ممکن است حضور نواحی با سرعت پایین در نزدیکی نقاط تماس بین صفحات مجاور هم باشد. با این حال باید توجه داشت که افزایش بیشتر Re به افزایش افت فشار و افزایش هزینه پمپ کردن خواهد انجامید.

مقدمه

امروزه محدودیت منابع انرژی فسیلی ، همچنین خطرات جدی تاثیرات گلخانه ای بر اب و هوای کره زمین صنایع را با چالش جدی در زمینه صرفه جویی و مصرف بهینه انرژی روبرو کرده است .

امروزه رویکرد به فناوریهای جدید جهت استفاده بهینه و مطلوب تر از منابع انرژی ، مواد اولیه و تجهیزات تولید از اهمیت ویژه ای برخوردار است ، زیرا از این طریق قادر خواهیم بود هزینه های تولید را کاهش داده و موجب افزایش راندمان تولید ، حفاظت محیط زیست ، کاهش مصرف انرژی و سادگی عملکرد گردیم و با تولید محصولی ارزانتر و مرغوب تر ، توان رقابتی واحد تولیدی خود را افزایش داده و متعاقبا سهم بیشتری از بازار را تصاحب نمائیم.

در این زمینه پاکسازی یا رسوب زدائی تجهیزات صنعتی از اهمیت بالائی برخوردار است ، در صنعت کمترین مقدار رسوب قابل تحمل نمی باشد ، وجود رسوب در مبدلهای حرارتی و تجهیزات انتقال حرارت مشکل اقتصادی عمده ای است .

هزینه های مربوط به رسوب گذاری شامل انرژی افزوده ، کاهش میزان تولید ، تجهیزات اضافی ، نیروی انسانی ، مواد شیمیایی و اثرات محیطی است .

به جرات میتوان گفت مبدلهای صفحه ای در صورت استفاده صحیح و بر پایه طراحی مناسب می تواند در امر صرفه جویی و مصرف بهینه انرژی تاثیر بسزایی داشته باشد.