 دانشگاه آزاد اسلامي

واحد علوم و تحقيقات (تهران)

دانشکده مکانیک ؛ برق و کامپیورتر ؛ گروه مکانیک

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی مکانیک (M.Sc.)

گرایش : تبدیل انرژی

عنوان:

طراحی عددی حرارتی و بهینه سازی مبدل حرارتی صفحه ای پره دار در جریان های چند جزیی

استاد راهنما :

دکتر محمد حسن نوبختی

استاد مشاور:

دکتر مسعود زارع

نگارش:

امیر عباس افراسیابی

زمستان 1403

چکیده:

در این پژوهش، روندی برای بهینه‌سازی مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای پره‌دار از جنبه‌هایی مانند راندمان، کارایی، هزینه ساخت، افت فشار داخلی و خارجی، با جریان‌های چندفازی و چندجزئی و با استفاده از الگوریتم ژنتیک و شبیه‌سازی عددی ارائه شده است.هدف اصلی، کاهش تولید آنتروپی و افت فشار همراه با حفظ یا بهبود راندمان حرارتی است . ابتدا مبدل حرارتی با توجه به الزامات طراحی حرارتی مدل‌سازی و طراحی گردید و سپس با استفاده از نرم‌افزار انسیس فلوئنت ، تحلیل‌های جریان و انتقال حرارت انجام گرفت. در این تحلیل‌ها مشخص شد که افزایش ارتفاع و عرض پره‌ها تأثیر مثبت بر نرخ انتقال حرارت دارد و منجر به کاهش افت فشار می‌شود.

نتایج بهینه‌سازی نشان داد که تنظیمات بهینه زوایای پره‌ها و فاصله بین آن‌ها می‌تواند به بهبود قابل‌توجه کارایی مبدل کمک کند. همچنین، طراحی بهینه در محدوده اعداد رینولدز 5000 تا 20000 عملکرد حرارتی را به میزان 15 درصد بهبود بخشید و افت فشار را تا 12 درصد کاهش داده است .آنالیز حساسیت بر متغیرهای طراحی نشان داد که افزایش تراکم سطح پره‌ها و کاهش فاصله بین کانال‌ها تأثیر بسزایی در افزایش راندمان حرارتی دارد.

علاوه بر این، تولید آنتروپی به‌عنوان شاخصی برای ارزیابی اتلاف انرژی بررسی شد و مشخص گردید که ترکیب بهینه ابعاد پره‌ها و هندسه کانال‌ها، علاوه بر کاهش تولید آنتروپی تا 18 درصد، موجب کاهش افت فشار در بخش سرد و گرم مبدل به میزان 15 درصد شده است.تحلیل‌های عددی اثبات کردند که ترکیب بهینه ساختار مبدل حرارتی می‌تواند هزینه عملیاتی و انرژی را کاهش داده و در صنایع با تقاضای بالای انتقال حرارت کاربردی باشد.

یکی از نتایج برجسته پژوهش، تأثیر طراحی فشرده‌تر مبدل بر کاهش مصرف انرژی و هزینه‌های عملیاتی بوده است. این مبدل در مقایسه با طراحی‌های سنتی، قابلیت افزایش نرخ انتقال حرارت در شرایط جریان‌های چندفازی را فراهم کرد. علاوه بر این، یافته‌ها نشان داد که کاهش تولید آنتروپی، بهینه‌ترین حالت را از نظر کاهش اتلاف انرژی و افزایش کارایی مبدل ایجاد می‌کند.

**کلیدواژه‌ها:** مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای پره‌دار، جریان‌های چندفازی و چندجزئی، الگوریتم ژنتیک، بهینه‌سازی چندمنظوره، تولید آنتروپی، افت فشار، شبیه‌سازی عددی.

فهرست مطالب

چکیده آ

فهرست جدول ها ه

فهرست اشکال ها و

فهرست علایم ز

فصل اول ..........1

1-1- مقدمه...............................................................................................................................................................................................2

1-2- مبدل حرارتی صفحه ای پره دار ...............................................................................................................................................2

1-2-1- ساختار مبدل حرارتی صفحه ای پره دار ...........................................................................................................................4

1-2-2- اهمیت و ضرورت بهینه سازی مبدل حرارتی صفحه ای پره دار.................................................................................. 5

1-3- مروری بر معادلات میانگین ناویر استوکس رینولدز...............................................................................................................6

1-3-1- اهمیت معادلات میانگین ناویر استوکس رینولدز در بهینه سازی مبدل حرارتی صفحه ای پره دار......................7

1-4- نقس دینامیک سیالات محاسباتی در بهینه سازی مبدل حرارتی......................................................................................8

1-5- روشهای تقویت انتقال حرارت................................................................................................................................................... 9

1-5-1- سطوح زبر و فین دار.............................................................................................................................................................10

1-5-2- افزودنی به سیالات.................................................................................................................................................................10

1-6- مزایا و دلایل انتخاب مبدل حرارتی صفحه ای پره دار.......................................................................................................11

1-7- مروری بر فصول پایان نامه ......................................................................................................................................................12

فصل دوم .....................................................................................................................................................................................................14

2-1- مقدمه............................................................................................................................................................................................15

2-2- طراحی مبدل حرارتی................................................................................................................................................................16

2-3- بهینه سازی ساختار مبدل حرارتی صفحه ای پره دار........................................................................................................17

2-4- استخراج روابط تجربی برای مدل سازی ریاضی رفتار سیالات در مبدل حرارتی.........................................................19

2-5- بهینه سازی ساختار عملی مبدل حرارتی صفحه ای پره دار.............................................................................................22

2-6- جمع اوری و نواوری پژوهش.....................................................................................................................................................29

فصل سوم ...............34

3-1- مقدمه............................................................................................................................................................................................35

3-2- تحلیل رفتار هیدرودینامیکی جریان چندفازی در مبدل حرارتی صفحه ای پره دار ..................................................35

3-3- معرفی اجمالی مساله مورد بررسی .........................................................................................................................................36

3-4-فرضیه ها....................................................................................................................................................................................... 41

3-5- مدلسازی ترمودینامیکی مبدل حرارتی صفحه ای پره دار.................................................................................................42

3-5-1- مبدل حرارتی صفحه ای پره دار با دو جریان تک فاز....................................................................................................44

3-5-2-مبدل حرارتی صفحه ای پره دار با جریان دوفاز...............................................................................................................54

3-6- بهینه سازی بر اساس الگوریتم ژنتیک....................................................................................................................................58

3-7- چالش بهینه سازی مبدل حرارتی چندفاز با چند هندسه پره متفاوت........................................................................... 59

3-8- روش حل عددی...........................................................................................................................................................................59

3-9- شرایط مرزی حاکم......................................................................................................................................................................60

فصل چهارم ...........62

4-1- مقدمه............................................................................................................................................................................................63

4-2- ارزیابی دقیق مدل عددی..........................................................................................................................................................63

4-2-1- صحت سنجی مدل................................................................................................................................................................64

4-2-2- اعتبار سنجی مدل................................................................................................................................................................66

4-3- انتخاب دامنه همگرایی .............................................................................................................................................................67

4-4-استقلال از شبکه......................................................................................................................................................................... 69

4-5- نتایج حاصل از شبیه سازی عددی..........................................................................................................................................71

4-6- عدد ناسلت متوسط.....................................................................................................................................................................73

4-7- بررسی اثرافزایش انتقال حرارت و افت فشار نانو سیال .....................................................................................................76

4-8- بررسی اثرعدد رینولدز در افزایش انتقال حرارت و افت فشار ..........................................................................................69

4-9- ضریب اصطکاک..........................................................................................................................................................................70

4-10- ضریب کالبرن...........................................................................................................................................................................73

فهرست جدول‌ها

[جدول ‏1‑2 خصوصیات فیزیکی مایع و جامد 18](file:///C:\Users\Amir%20Abas\Desktop\New_folder\univercity\refrence\hasan\پایان%20نامه.docx#_Toc125298488)

[جدول ‏2‑2 خلاصه فعالیت‌ها و پژوهش‌های صورت گرفته برای بهینه‌سازی مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای پره‌دار 31](file:///C:\Users\Amir%20Abas\Desktop\New_folder\univercity\refrence\hasan\پایان%20نامه.docx#_Toc125298488)

[جدول 3‑1 ابعاد خاص فین ها و قطر هیدرولیک در هر مورد.........................................................................................................39](file:///C:\Users\Amir%20Abas\Desktop\New_folder\univercity\refrence\hasan\پایان%20نامه.docx#_Toc125298488)

[جدول 4‑1 جدول پیشنهادی برای صحت سنجی مبدل حرارتی................................................................................................. 58](file:///C:\Users\Amir%20Abas\Desktop\New_folder\univercity\refrence\hasan\پایان%20نامه.docx#_Toc125298488)

[جدول 4‑2 مشخصات ترمودینامیکی اب و اکسید المینیوم ........................................................................................................ 64](file:///C:\Users\Amir%20Abas\Desktop\New_folder\univercity\refrence\hasan\پایان%20نامه.docx#_Toc125298488)

# فهرست اشکال

[شکل ‏1‑1 ساختار کلی مبدل حرارتی صفحه ای پره دار 3](file:///C:\Users\Amir%20Abas\Desktop\New_folder\univercity\refrence\hasan\پایان%20نامه.docx#_Toc125298488)

[شکل ‏2‑1 اجزای اصلی یک مبدل حرارتی صفجه ای پره دار 4](file:///C:\Users\Amir%20Abas\Desktop\New_folder\univercity\refrence\hasan\پایان%20نامه.docx#_Toc125298488)

[شکل ‏3‑1 نمایش شماتیک از سلسله مراتب مدل سازی اشفتگی 7](file:///C:\Users\Amir%20Abas\Desktop\New_folder\univercity\refrence\hasan\پایان%20نامه.docx#_Toc125298488)

[شکل ‏1‑2 پارامتر های مشخص شده پره ها در پژوهش مانگلیگ و برگلز 20](file:///C:\Users\Amir%20Abas\Desktop\New_folder\univercity\refrence\hasan\پایان%20نامه.docx#_Toc125298488)

[شکل ‏2‑2 تغییرات هزیته سالانه عملیاتی مبدل در مقابل بازده انتقال حرارت دو مدل مورد بررسی 24](file:///C:\Users\Amir%20Abas\Desktop\New_folder\univercity\refrence\hasan\پایان%20نامه.docx#_Toc125298488)

[شکل 2‑3 تغییرات(a سطح انتقال حرارت مورد نیاز مبدل و (bافت فشار در مبدل‌ها در مقابل بازده انتقال حرارت .. 24](file:///C:\Users\Amir%20Abas\Desktop\New_folder\univercity\refrence\hasan\پایان%20نامه.docx#_Toc125298488)

[شکل ‏4‑2 حساسیت توابع هدف بررسی شده در پژوهش یانگ و همکاران نسبت به متغیر های بهینه سازی 26](file:///C:\\Users\\Amir%20Abas\\Desktop\\New_folder\\univercity\\refrence\\hasan\\پایان%20نامه.docx" \l "_Toc125298488)

[شکل ‏1‑3 شماتیک مبدل حرارتی فین دار نامنظم و ساختار دقیق 38](file:///C:\Users\Amir%20Abas\Desktop\New_folder\univercity\refrence\hasan\پایان%20نامه.docx#_Toc125298488)

[شکل ‏2‑3 (a) نوع H ؛ (b) نوع Z ؛ (c) نمای مقابل شکل نوع H; (d) نمای مقابل شکل نوع Z 41](file:///C:\Users\Amir%20Abas\Desktop\New_folder\univercity\refrence\hasan\پایان%20نامه.docx#_Toc125298488)

[شکل ‏3‑3 نمودار تغییرات دمای سیال‌های سرد وگرم در یک مبدل برای جریان‌های (a مخالف جهت (b هم‌جهت 44](file:///C:\Users\Amir%20Abas\Desktop\New_folder\univercity\refrence\hasan\پایان%20نامه.docx#_Toc125298488)

[شکل ‏4‑3 المان مورد نظر برای بررسی انتقال حرارت در مبدل حرارتی صفجه ای پره دار 47](file:///C:\Users\Amir%20Abas\Desktop\New_folder\univercity\refrence\hasan\پایان%20نامه.docx#_Toc125298488)

[شکل ‏5‑3 سطوح انتقال حرارت اولیه و ثانویه 48](file:///C:\Users\Amir%20Abas\Desktop\New_folder\univercity\refrence\hasan\پایان%20نامه.docx#_Toc125298488)

[شکل ‏6‑3 هندسه و مشخصات انواع پره‌های به کار رفته در مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای پره‌دار 51](file:///C:\Users\Amir%20Abas\Desktop\New_folder\univercity\refrence\hasan\پایان%20نامه.docx#_Toc125298488)

[شکل ‏7‑3 a یک گرمکن صفحه‌ای معمولی، b , c یک گرمکن صفحه‌ای دو جریانه 55](file:///C:\Users\Amir%20Abas\Desktop\New_folder\univercity\refrence\hasan\پایان%20نامه.docx#_Toc125298488)

[شکل ‏8‑3 نمودار دما در یک گرمکن مبادل حرارت در مراحل مایع، دوفازه و گازی در منطقه فوق بحرانی 55](file:///C:\Users\Amir%20Abas\Desktop\New_folder\univercity\refrence\hasan\پایان%20نامه.docx#_Toc125298488)

[شکل ‏9‑3 منحنی ترکیب برای یک مبدل 5 جریانه 56](file:///C:\Users\Amir%20Abas\Desktop\New_folder\univercity\refrence\hasan\پایان%20نامه.docx#_Toc125298488)

[شکل ‏10‑3 حالات مختلف تغییر ضریب انتقال حرارت کلی در طول مبدل 57](file:///C:\Users\Amir%20Abas\Desktop\New_folder\univercity\refrence\hasan\پایان%20نامه.docx#_Toc125298488)

[شکل 4-1 تأثیر متغیرهای طراحی بر عملکرد انتقال حرارت 59](file:///C:\Users\Amir%20Abas\Desktop\New_folder\univercity\refrence\hasan\پایان%20نامه.docx#_Toc125298488)

[شکل ‏2‑4 دامنه همگرایی مدل مورد بررسی برای زوایای 60 درجه و 90 درجه.......................................................................61](file:///C:\Users\Amir%20Abas\Desktop\New_folder\univercity\refrence\hasan\پایان%20نامه.docx#_Toc125298488)

[شکل ‏3‑4 مقدار ضریب اصطحکاک برای زاویه 60 درجه و درصد حجمی 6 ..............................................................................66](file:///C:\Users\Amir%20Abas\Desktop\New_folder\univercity\refrence\hasan\پایان%20نامه.docx#_Toc125298488)

[شکل ‏4‑4 مقدار ضریب اصطحکاک برای زاویه 90 درجه و درصد حجمی 6...............................................................................66](file:///C:\Users\Amir%20Abas\Desktop\New_folder\univercity\refrence\hasan\پایان%20نامه.docx#_Toc125298488)

[شکل ‏5‑4 مقدار افت فشار کل در مقادیر مختلف 68](file:///C:\Users\Amir%20Abas\Desktop\New_folder\univercity\refrence\hasan\پایان%20نامه.docx#_Toc125298488)

[شکل ‏6‑4 مقدار افت فشار کل در سیال پایه و مقادیر مختلف درصد حجمی نانو سیال 69](file:///C:\Users\Amir%20Abas\Desktop\New_folder\univercity\refrence\hasan\پایان%20نامه.docx#_Toc125298488)

[شکل 4-7 مقادیر ضریب انتقال حرارت کل در مقادیر مختلف عدد رینولدز 70](file:///C:\Users\Amir%20Abas\Desktop\New_folder\univercity\refrence\hasan\پایان%20نامه.docx#_Toc125298488)

[شکل 4-8 مقدار ضریب انتقال حرارت برای زاویه 60 درجه و درصد حجمی 6 72](file:///C:\Users\Amir%20Abas\Desktop\New_folder\univercity\refrence\hasan\پایان%20نامه.docx#_Toc125298488)

[شکل4-9 مقدار ضریب انتقال حرارت برای زاویه 90 درجه و درصد حجمی 6 72](file:///C:\Users\Amir%20Abas\Desktop\New_folder\univercity\refrence\hasan\پایان%20نامه.docx#_Toc125298488)

[شکل ‏10-4 مقدار ضریب کالبرن برای زاویه 60 درجه و درصد حجمی 6 74](file:///C:\Users\Amir%20Abas\Desktop\New_folder\univercity\refrence\hasan\پایان%20نامه.docx#_Toc125298488)

[شکل ‏11-4 مقدار ضریب کالبرن برای زاویه 90 درجه و درصد حجمی 6 74](file:///C:\Users\Amir%20Abas\Desktop\New_folder\univercity\refrence\hasan\پایان%20نامه.docx#_Toc125298488)

**فهرست علایم**

چگالی ()

طول هر شاخه (L) mm

ضخامت هر شاخه (t) mm

ارتفاع هر شاخه (h) mm

فاصله عرضی (S) mm

دما (T) K

فشار (P) Pa

جرم (m) Kg

عدد ناسلت (Nu)

عدد پرانتل (Pr)

سطح کل انتقال حرارت (A)

عددرینولدز (R)

ضریب کالبرن (j)

ضریب اصطحکاک (f)

دبی حجمی ()

قطر هیدرولیکی () m

سرعت لحظه ای ()

انرژی جنبشی اشفتگی ()

انتالپی سیال ()

گرمای خاص در فشار ثابت ()

ضریب انتقال حرارت کلی ()

دبی جرمی سیال ()

**فهرست علایم یونانی**

ویسکوزیته (μ)

نرخ کرنش ()

تنش رینولدز ()

بازده انتقال حرارت ()

بازده کلی سطح ()

ضریب هدایت گرمایی ()

راندمان سطحی پره ()

نسبت ضخامت به طول سطح (γ)

**نسبت طول به ارتفاع** ()

نسبت ضخامت به طول (δ)