



دانشگاه آزاد اسلامی
واحد علوم و تحقیقات (تهران)
دانشکده مکانیک ؛ برق و کامپیوتر ؛ 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 ۱۴۰۳

فهرست مطالب

فهرست جدول ها.....	۱
فهرست اشکال ها.....	۲
فهرست علائم.....	۳
چکیده.....	۴
فصل اول.....	۵
۱-۱- مقدمه.....	۶
۲-۱- مبدل حرارتی صفحه ای پره دار.....	۷
۱-۲-۱- ساختار مبدل حرارتی صفحه ای پره دار.....	۸
۲-۲-۱- اهمیت و ضرورت بهینه سازی مبدل حرارتی صفحه ای پره دار.....	۹
۳-۱- مروری بر معادلات میانگین ناویر استوکس رینولدز (RANS).....	۱۰
۱-۳-۱- اهمیت معادلات میانگین ناویر استوکس رینولدز در بهینه سازی مبدل حرارتی صفحه ای پره دار.....	۱۱
۴-۱- نقش دینامیک سیالات محاسباتی در بهینه سازی مبدل حرارتی.....	۱۲
۵-۱- روشهای تقویت انتقال حرارت.....	۱۳
۱-۵-۱- سطوح زبر و فین دار.....	۱۴
۲-۵-۱- افزودنی به سیالات.....	۱۵
۶-۱- مزایا و دلایل انتخاب مبدل حرارتی صفحه ای پره دار.....	۱۶
۷-۱- مروری بر فصول پایان نامه.....	۱۷
فصل دوم.....	۱۸
۱-۲- مقدمه.....	۱۹

۲-۲- طراحی مبدل حرارتی.....	۱۵
۳-۲- بهینه سازی ساختار مبدل حرارتی صفحه ای پره دار.....	۱۶
۴-۲- استخراج روابط تجربی برای مدل سازی ریاضی رفتار سیالات در مبدل حرارتی.....	۱۸
۵-۲- بهینه سازی ساختار عملی مبدل حرارتی صفحه ای پره دار.....	۲۰
۶-۲- جمع اوری و نواوری پژوهش.....	۲۶
فصل سوم	۳۰
۱-۳- مقدمه.....	۳۲
۲-۳- تحلیل رفتار هیدرودینامیکی جریان چندفازی در مبدل حرارتی صفحه ای پره دار	۳۲
۳-۳- معرفی اجمالی مساله مورد بررسی	۳۳
۴-۳- فرضیه ها.....	۳۷
۵-۳- مدلسازی ترمودینامیکی مبدل حرارتی صفحه ای پره دار.....	۳۸
۱-۵-۳- مبدل حرارتی صفحه ای پره دار با دو جریان تک فاز.....	۴۰
۲-۵-۳- مبدل حرارتی صفحه ای پره دار با جریان دوفاز.....	۴۸
۶-۳- بهینه سازی بر اساس الگوریتم ژنتیک.....	۵۱
۷-۳- چالش بهینه سازی مبدل حرارتی چندفاز با چند هندسه پره متفاوت.....	۵۲
۸-۳- روش حل عددی.....	۵۲
۹-۳- شرایط مرزی حاکم..... و.....	۵۳
فصل چهارم	۵۵
۱-۴- مقدمه.....	۵۶
۲-۴- ارزیابی دقیق مدل عددی.....	۵۶
۱-۲-۴- صحت سنجی مدل.....	۵۷

۵۸.....	۴-۲-۲- اعتبار سنجی مدل.....
۵۹.....	۴-۳- انتخاب دامنه همگرایی
۶۱	۴-۴- استقلال از شبکه و مش بندی.....
۶۳.....	۴-۵- نتایج حاصل از شبیه سازی عددی.....
۶۵.....	۴-۶- عدد ناسلت متوسط.....
۶۷.....	۴-۷- بررسی اثرافزایش انتقال حرارت و افت فشار نانو سیال
۶۹.....	۴-۸- بررسی اثر عدد رینولدز در افزایش انتقال حرارت و افت فشار
۷۱.....	۴-۹- ضریب اصطکاک.....
۷۳.....	۴-۱۰- ضریب کالبرن.....
۷۶.....	فصل پنجم
۷۷.....	۴-۱- مقدمه.....
۷۸.....	۴-۲- ارزیابی دقیق مدل عددی.....

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۲	خصوصیات فیزیکی مایع و جامد	۱۷
جدول ۲-۲	خلاصه فعالیت‌ها و پژوهش‌های صورت گرفته برای بهینه‌سازی مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای پره‌دار	۲۸
جدول ۱-۳	ابعاد خاص فین‌ها و قطر هیدرولیک در هر مورد	۳۵
جدول ۱-۴	جدول پیشنهادی برای صحت سنجی مبدل حرارتی	۵۸
جدول ۲-۴	مشخصات ترمودینامیکی اب و اکسید المینیوم	۶۴

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱ ساختار کلی مبدل حرارتی صفحه ای پره دار ۴
- شکل ۱-۲ اجزای اصلی یک مبدل حرارتی صفحه ای پره دار ۵
- شکل ۳-۱ نمایش شماتیک از سلسله مراتب مدل سازی اشفتگی ۸
- شکل ۱-۲ پارامتر های مشخص شده پره ها در پژوهش مانگلیگ و برگلز ۱۸
- شکل ۲-۲ تغییرات هزینه سالانه عملیاتی مبدل در مقابل بازده انتقال حرارت دو مدل مورد بررسی ۲۱
- شکل ۲-۳ تغییرات (a) سطح انتقال حرارت مورد نیاز مبدل و (b) افت فشار در مبدل ها در مقابل بازده انتقال حرارت .. ۲۲
- شکل ۴-۲ حساسیت توابع هدف بررسی شده در پژوهش یانگ و همکاران نسبت به متغیر های بهینه سازی ۲۳
- شکل ۱-۳ شماتیک مبدل حرارتی فین دار نامنظم و ساختار دقیق ۳۴
- شکل ۲-۳ (a) نوع H ؛ (b) نوع Z ؛ (c) نمای مقابل شکل نوع H؛ (d) نمای مقابل شکل نوع Z ۳۷
- شکل ۳-۳ نمودار تغییرات دمای سیال های سرد و گرم در یک مبدل برای جریان های (a) مخالف جهت (b) هم جهت ۴۰
- شکل ۴-۳ المان مورد نظر برای بررسی انتقال حرارت در مبدل حرارتی صفحه ای پره دار ۴۲
- شکل ۵-۳ سطوح انتقال حرارت اولیه و ثانویه ۴۳
- شکل ۶-۳ هندسه و مشخصات انواع پره های به کار رفته در مبدل های حرارتی صفحه ای پره دار ۴۵
- شکل ۷-۳ a یک گرمکن صفحه ای معمولی، c , b یک گرمکن صفحه ای دو جریانه ۴۸
- شکل ۸-۳ نمودار دما در یک گرمکن مبادل حرارت در مراحل مایع، دوفاز و گازی در منطقه فوق بحرانی ۴۸
- شکل ۹-۳ منحنی ترکیب برای یک مبدل ۵ جریانه ۵۰
- شکل ۱۰-۳ حالات مختلف تغییر ضریب انتقال حرارت کلی در طول مبدل ۵۱
- شکل ۱-۴ تأثیر متغیرهای طراحی بر عملکرد انتقال حرارت ۵۹
- شکل ۲-۴ دامنه همگرایی مدل مورد بررسی برای زوایای ۶۰ درجه و ۹۰ درجه ۶۱
- شکل ۳-۴ مقدار ضریب اصطحاک برای زاویه ۶۰ درجه و درصد حجمی ۶ ۶۶
- شکل ۴-۴ مقدار ضریب اصطحاک برای زاویه ۹۰ درجه و درصد حجمی ۶ ۶۶
- شکل ۵-۴ مقدار افت فشار کل در مقادیر مختلف ۶۸
- شکل ۶-۴ مقدار افت فشار کل در سیال پایه و مقادیر مختلف درصد حجمی نانو سیال ۶۹
- شکل ۷-۴ مقادیر ضریب انتقال حرارت کل در مقادیر مختلف عدد رینولدز ۷۰
- شکل ۸-۴ مقدار ضریب انتقال حرارت برای زاویه ۶۰ درجه و درصد حجمی ۶ ۷۲
- شکل ۹-۴ مقدار ضریب انتقال حرارت برای زاویه ۹۰ درجه و درصد حجمی ۶ ۷۲
- شکل ۱۰-۴ مقدار ضریب کالبرن برای زاویه ۶۰ درجه و درصد حجمی ۶ ۷۴
- شکل ۱۱-۴ مقدار ضریب کالبرن برای زاویه ۹۰ درجه و درصد حجمی ۶ ۷۴

فهرست علایم

$\frac{Kg}{m^3}$	(ρ)	چگالی
mm	(L)	طول هر شاخه
mm	(t)	ضخامت هر شاخه
mm	(h)	ارتفاع هر شاخه
mm	(S)	فاصله عرضی
K	(T)	دما
Pa	(P)	فشار
Kg	(m)	جرم
	(Nu)	عدد ناسلت
	(Pr)	عدد پранتل
m^2	(A)	سطح کل انتقال حرارت
	(R)	عدد رینولدز
	(j)	ضریب کالبرن
$\frac{Kg.m}{s^2}$	(f)	ضریب اصطحکاک
$\frac{m^3}{s}$	(\dot{V})	دبی حجمی
m	(D_h)	قطر هیدرولیکی
$\frac{m}{s}$	(U)	سرعت لحظه ای
$\frac{m^2}{s^2}$	(K)	انرژی جنبشی اشفتگی
$\frac{J}{Kg}$	(h)	انتالپی سیال

$\frac{J}{Kg}$	(C_p)	گرمای خاص در فشار ثابت
$\frac{K^2.W}{m}$	(U)	ضریب انتقال حرارت کلی
$\frac{s^2.Kg}{m}$	(G_m)	دبی جرمی سیال

فهرست علائم یونانی

$\frac{m^2}{s}$	(μ)	ویسکوزیته
	(δ_{ij})	نرخ کرنش
$\frac{N^2}{m}$	(τ'_{ij})	تنش رینولدز
	(ε)	بازده انتقال حرارت
	(η)	بازده کلی سطح
$\frac{W}{m}$	(λ)	ضریب هدایت گرمایی
	(η_0)	راندمان سطحی پره
	(γ)	نسبت ضخامت به طول سطح
	(α)	نسبت طول به ارتفاع
	(δ)	نسبت ضخامت به طول