

۱۷۱۱/۱۰۷۷۹۱
۱۷۱۲/۲۴

الرشید
الرحمن

۱۰۸۶۷۳

۸۷/۱/۱۰۹۹۹۱
۸۷-۱۲-۲۴



دانشکده فنی مهندسی
گروه مکانیک

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
گرایش تبدیل انرژی

بررسی عددی ضریب انتقال حرارت جابجایی خارجی لوله های مارپیچ (هلیکال)

اساتید راهنما

دکتر سید مهدی پسته ای

دکتر ایرج میرزایی

دانشجو

فرخ خالدی

تابستان ۸۷

وزارت اطلاعات استان قم
شعبه امنیتی استان قم

۱۳۸۷ / ۱۲ / ۲۱

۱۰۸۶۷۳

پایان نامه **فرزانه خردی** به تاریخ ۱۷/۲/۳۱ شماره ۱۸۱۸۱۸ کف مورد پذیرش هیات محترم

داوران با رتبه **ب** و نمره ۱۷/۱ هفدهم آقرار گرفت.

۱- استاد راهنما و رئیس هیئت داوران: ~~دکتر سید سید~~

۲- استاد مشاور: **دکتر ابراهیم میرزایی**

۳- داور خارجی: **دکتر شهرام خدایی**

۴- داور داخلی: **دکتر محمد جعفری**

۵- نماینده تحصیلات تکمیلی: **دکتر حسن شکرانی**

حق طبع و نشر مطالب این پایان نامه
در انجمن دانشگاه ارومیه محفوظ است.

تقدیم به همسر

که بزرگترین تکیه گاه و مشوق من در دوران
تحصیل بود.

تقدیر و تشکر

با تشکر خالصانه از جناب آقای دکتر پسته ای استاد راهنمای اول پروژه که بیشترین زحمت راهنمایی پایان نامه حاضر بر عهده ایشان بود، و همواره در کمال درایت بهترین راهنما و پشتیبان من بودند، و با توجه به شرایط متفاوت اینجانب ایشان در کمال ادب همواره باعث ایجاد انگیزه در جهت پیشبرد و ادامه کار حاضر بودند. توفیق روز افزون ایشان را از خداوند بزرگ خواهانم. باتشکر از جناب آقای دکتر میرزایی بعنوان استاد راهنمای دوم پروژه، که از هیچگونه کمکی برای پیشبرد کار حاضر دریغ نمودند.

از تمامی اساتید گروه مهندسی مکانیک دانشکده فنی کمال تشکر را دارم. همچنین از آقای مهندس حیدرپور دانشجوی دکترای مکانیک دانشکده فنی دانشگاه ارومیه و تمامی دانشجویان مرکز تحقیقات CFD که مرا در این راه یاری داده اند کمال تشکر را دارم.

از جناب آقای دکتر خلیل آریا ریاست محترم دانشکده که جهت رفع مشکلات تکمیل پرونده و اداری اینجانب از هیچ کمکی دریغ نمودند،

از هیات محترم داوران جناب آقای دکتر جعفر مدار داور خارجی، جناب آقای دکتر خلیل آریا بعنوان داور داخلی و جناب آقای دکتر شوکتی داور و نماینده تحصیلات تکمیلی دانشگاه ارومیه که با دقت نظر خویش در دفاعیه پایان نامه، نکات با ارزشی را جهت ویرایش نهایی کار حاضر به بنده تذکر دادند که طبعاً نظراتی استادانه بود و مورد توجه قرار گرفت، تشکر می کنم در نهایت از تمامی کسانی که من را در این مدت یاری نمودند کمال تشکر را دارم.

فرخ خالدی

شهریور ۱۳۸۷

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
I	فهرست مطالب
V	فهرست اشکال
VII	فهرست جداول
VIII	علائم
X	چکیده
۱	فصل اول - مقدمه
۱	۱-۱ مقدمه
۴	۲-۱ مبدل های حرارتی لوله ای
۵	۱-۲-۱ مبدل های حرارتی لوله ماریچی
۵	۱-۲-۱-۱ مزایای مبدل های حرارتی لوله ماریچ
۶	۲-۱-۲-۱ معایب مبدل های حرارتی لوله ماریچ
۶	۱-۲-۲ پارامترهای هندسی لوله هلیکال
۷	۳-۱ هدف تحقیق
۸	۴-۱ ساختار تحقیق
۹	فصل دوم - مروری بر کارهای قبلی
۹	۱-۲ مقدمه
۱۰	۲-۲ مطالعات انتقال حرارت
۳۱	۳-۲ جریان ورودی و مطالعات سیالاتی
۳۶	۴-۲ نتیجه گیری فصل
۳۷	فصل سوم - روش های عددی
۳۷	۱-۳ مقدمه
۳۷	۲-۳ روش های پیشگویی عملی و محاسبات تئوری
۳۸	۳-۳ امتیازات یک محاسبه تئوری
۳۸	۱-۳-۳ هزینه کم
۳۸	۲-۳-۳ گستردگی اطلاعات
۳۹	۳-۳-۳ توانایی مدل کردن شرایط واقعی

۳۹	۴-۳-۳ توانایی شبیه سازی شرایط ایده آل
۳۹	۴-۳-۴ نارسایی های محاسبه تئوری
۴۰	۵-۳-۵ انتخاب روش پیشگویی
۴۰	۶-۳-۶ معرفی CFD بعنوان سومین روش پیشگویی
۴۱	۷-۳-۷ برنامه CFD چگونه کار می کند؟
۴۲	۸-۳-۸ شرط کارا بودن یک الگوریتم CFD
۴۳	۹-۳-۹ روش های عددی
۴۳	۱-۹-۳ روش تفاضل های محدود
۴۳	۲-۹-۳ روش المانهای محدود
۴۴	۳-۹-۳ روش حجم محدود
۴۷	۱۰-۳-۱۰ معادلات حاکم جریان سیال و انتقال گرما
۴۷	۱-۱۰-۳ معادله بقای جرم
۴۸	۲-۱۰-۳ معادله های بقای اندازه حرکت
۴۹	۳-۱۰-۳ معادله انرژی
۵۰	۱۱-۳-۱۱ روش های محاسبه جمله جابجایی معادلات حاکم
۵۰	۱-۱۱-۳ روش بالا دست مرتبه اول
۵۱	۲-۱۱-۳ روش بالا دست مرتبه دوم
۵۲	۳-۱۱-۳ روش قاعده توانی
۵۴	۴-۱۱-۳ روش مرتبه سوم
۵۵	۱۲-۳-۱۲ خلاصه ای از حل کننده ها
۵۵	۱-۱۲-۳ حل کننده تفکیکی
۵۶	۲-۱۲-۳ حل کننده پیوسته
۵۷	۱۳-۳-۱۳ خطی سازی: روش ضمنی و روش صریح
۵۹	۱۴-۳-۱۴ مجزا سازی
۶۰	۱۵-۳-۱۵ زیر تخفیف ها
۶۱	۱۶-۳-۱۶ محاسبات مربوط به توزیع فشار (وابستگی سرعت- فشار)
۶۲	۱-۱۶-۳ الگوریتم SIMPLE
۶۲	۲-۱۶-۳ الگوریتم SIMPLER
۶۳	۳-۱۶-۳ الگوریتم SIMPLEC
۶۳	۴-۱۶-۳ الگوریتم PISO
۶۳	۱-۴-۱۶-۳ اصلاح همجوار NEIGHBOR
۶۴	۲-۴-۱۶-۳ اصلاح انحراف SKEWNESS

۶۴	۵-۱۶-۳ انتخاب روش وابستگی فشار و سرعت در Fluent
۶۵	۶-۱۶-۳ روش درون یابی فشار
۶۶	۱-۶-۱۶-۳ انتخاب روش درون یابی فشار در Fluent
۶۷	۷-۱۶-۳ باقیمانده ها و همگرایی حل
۶۷	۱-۷-۱۶-۳ تعریف مانده ها در حل کننده تفکیکی
۶۸	۲-۷-۱۶-۳ تعریف مانده ها در حل کننده پیوسته
۷۰	فصل چهارم - میدان محاسباتی
۷۰	۱-۴ مقدمه
۷۰	۲-۴ ایجاد هندسه و محدوده جریان
۷۴	۳-۴ شبکه بندی محدوده جریان
۷۸	۴-۴ انتخاب شبکه بندی مناسب
۷۸	۱-۴-۴ زمان کار گزاری شبکه
۷۸	۲-۴-۴ هزینه محاسباتی
۷۹	۳-۴-۴ پخش عددی
۸۰	۵-۴ کیفیت شبکه
۸۰	۱-۵-۴ پراکندگی گره ها
۸۰	۲-۵-۴ یکنواختی و یکدستی شبکه
۸۱	۳-۵-۴ کشیدگی المانها
۸۱	۶-۴ خلاصه ای از مراحل ایجاد هندسه و شبکه مسئله در پیش پردازنده
۸۳	۱-۶-۴ ایجاد مقاطع و گام لوله
۸۴	۲-۶-۴ ایجاد محیط اطراف و شعاع لوله هلیکال
۸۶	۳-۶-۴ ایجاد صفحه نهایی و قایم کمکی
۸۷	۴-۶-۴ ایجاد نقاط کمکی برای تولید شبکه
۸۸	۵-۶-۴ Split نمودن هندسه توسط تک تک نقاط کمکی
۸۸	۶-۶-۴ مش بندی خطوط شبکه و تغییر دادن نوع نقاط
۹۰	۷-۶-۴ مش بندی صفحات هندسه و لایه مرزی
۹۱	۷-۴ تعیین شرایط مرزی
۹۲	۱-۷-۴ شرط مرزی دیواره
۹۲	۲-۷-۴ شرط مرزی سرعت ورودی
۹۲	۷-۳-۴ شرط مرزی فشار خروجی
۹۳	۸-۴ نکات قابل توجه قبل از Run کردن مسئله
۹۴	فصل پنجم - اعتبار دهی و نتایج

۹۴	۱-۵ بررسی اعتبار کد (Code validation)
۹۶	۲-۵ بررسی نتایج مسئله
۹۷	۱-۲-۵ تاثیر نحوه قرار گیری کویل در مقال جریان هوا بر انتقال حرارت
۹۹	۲-۲-۵ تاثیر تغییر شکل سطح مقطع لوله بر انتقال حرارت
۱۰۰	۳-۲-۵ مقایسه تاثیر افزایش گام هلیکال بر انتقال حرارت در لوله های قائم و افقی
۱۱۰	۳-۵ نتیجه گیری کلی
۱۱۰	۴-۵ پیشنهادات برای تحقیقات بعدی
۱۱۲	منابع و مراجع

فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۲	شکل (۱-۱) انواع طبقه بندی های موجود برای مبدل های حرارتی
۷	شکل (۲-۱) معرفی پارامترهای هندسی لوله هلیکال
۲۰	شکل (۱-۲) نمای یک لوله خمیده تو در تو (Double pipe)
۲۷	شکل (۲-۲) شماتیک سیستم حرارتی شامل لوله هلیکال
۲۸	شکل (۳-۲) شماتیک هندسه دو بعدی و متقارن سیستم حرارتی با لوله هلیکال
۲۸	شکل (۴-۲) نمونه ای از میدان دما در سیستم حرارتی با لوله هلیکال
۲۹	شکل (۵-۲) شماتیک آزمایش تجربی سیستم های حرارتی در حمام مایع
۳۰	شکل (۶-۲) کویل فشرده مستطیلی a: مبدل حرارتی و b: شبکه محاسباتی ایجاد شده
۴۵	شکل (۱-۳) حجم کنترل سیال در نمای دو بعدی
۵۱	شکل (۲-۳) حجم کنترل در فضای یک بعدی
۵۲	شکل (۳-۳) المان های مجاور در روش بالادست مرتبه دوم
۵۳	شکل (۴-۳) نمودار جواب معادله جابجایی - پخش برای اعداد پکله مختلف
۵۴	شکل (۵-۳) حجم کنترل یک بعدی
۵۶	شکل (۶-۳) الگوریتم روش حل تفکیکی
۵۷	شکل (۷-۳) الگوریتم روش حل پیوسته
۷۱	شکل (۱-۴) نمای سه بعدی هندسه هلیکال در محیطی از هوا
۷۱	شکل (۲-۴) نمای دو بعدی برش قائم لوله هلیکال داخل محیطی از سیال
۷۲	شکل (۳-۴) مدل متقارن و دو بعدی یک سیستم شامل لوله های هلیکال (Nakayama et. al ۲۰۰۲)
۷۲	شکل (۴-۴) شماتیک ساده مدل هندسی بکار گرفته شده
۷۳	شکل (۵-۴) نمای یک لوله در شرط تقارن محوری پس از اعمال چرخش
۷۴	شکل (۶-۴) هندسه محدوده جریان هوای گذرا بر کویل هلیکال
۷۵	شکل (۷-۴) انواع سلول های پذیرفته شده در نرم افزار
۷۶	شکل (۸-۴) شبکه با سازمان چهار ضلعی برای Air foil
۷۶	شکل (۹-۴) شبکه بی سازمان چهار ضلعی
۷۶	شکل (۱۰-۴) شبکه با سازمان بلوک ترکیبی چهار وجهی
۷۷	شکل (۱۱-۴) شبکه از نوع O با المانهای چهار وجهی
۷۷	شکل (۱۲-۴) شبکه از نوع C با المانهای چهار وجهی
۷۷	شکل (۱۳-۴) شبکه مثلثی، چهار ضلعی با سلول های ترکیبی

- ۸۱ شکل (۴-۱۴) نمونه شبکه بندی محدوده جریان هوای گذرا از روی هلیکال
- ۸۲ شکل (۴-۱۵) قسمتی از ساختار لایه مرزی دیواره کوئل ها
- ۸۳ شکل (۴-۱۶) ایجاد دایره مبنا به شعاع مقطع لوله
- ۸۴ شکل (۴-۱۷) ایجاد مقاطع لوله با گام مشخص در راستای محور X
- ۸۵ شکل (۴-۱۸) ایجاد محیط اطراف لوله هلیکال
- ۸۵ شکل (۴-۱۹) ایجاد شعاع هلیکال با جابجایی محیط در راستای Y
- ۸۶ شکل (۴-۲۰) تبدیل صفحات به یک صفحه واحد
- ۸۷ شکل (۴-۲۱) صفحه قائم کمکی برای مرحله Split
- ۸۷ شکل (۴-۲۲) ایجاد نقاط کمکی برای سهولت شبکه بندی
- ۸۸ شکل (۴-۲۳) split نمودن هندسه توسط تک تک نقاط کمکی
- ۸۹ شکل (۴-۲۴) مش بندی خطوط شبکه با تعداد گره های محاسبه شده
- ۹۰ شکل (۴-۲۵) نقاطی از شبکه که باید به نوع Side تغییر یابند
- ۹۱ شکل (۴-۲۶) شبکه بندی نهایی هندسه به روش Quad map
- ۹۵ شکل (۵-۱) تغییرات نوسلت با عدد رینولدز برای لوله هلیکال با سبت گام به قطر $1/30.63$ (لوله ۱)
- ۹۶ شکل (۵-۲) تغییرات نوسلت با عدد رینولدز برای لوله هلیکال با سبت گام به قطر $1/52.75$ (لوله ۲)
- ۹۷ شکل (۵-۳) مقایسه تغییرات نوسلت با تغییر وضعیت عمودی و افقی در ماریج با نسبت گام به قطر $1/30.63$ (لوله ۱) و $1/52.75$ (لوله ۲)
- ۹۸ شکل (۵-۴) میدان دمای لوله (۱) برای مقایسه حالت قائم و افقی در $Re = 15000$
- ۹۸ شکل (۵-۵) میدان دمای لوله (۲) برای مقایسه حالت افقی و قائم در $Re = 22500$
- ۹۹ شکل (۵-۶) مقایسه تغییرات نوسلت با تغییر وضعیت عمودی و افقی در ماریج با نسبت گام به قطر $1/30.63$ (لوله ۱) و $1/52.75$ (لوله ۲)
- ۱۰۰ شکل (۵-۷) میدان دمای لوله (۱) برای مقایسه تاثیر شکل مقطع لوله در انتقال حرارت برای $Re = 30000$
- ۱۰۰ شکل (۵-۸) میدان دمای لوله (۲) برای مقایسه تاثیر شکل مقطع لوله در انتقال حرارت برای $Re = 45000$
- ۱۰۱ شکل (۵-۹) تغییرات میدان دما برای دو لوله با گامهای متفاوت در حالت قائم و $Re = 7500$
- ۱۰۱ شکل (۵-۱۰) تغییرات میدان دما برای دو لوله با گامهای متفاوت در حالت افقی و $Re = 7500$
- ۱۰۳ شکل (۵-۱۱) مقایسه درصد تغییرات نوسلت با افزایش گام هلیکال
- ۱۰۴ شکل (۵-۱۲) میدان دمای لوله هلیکال افقی شماره (۱) برای رینولدزهای متفاوت
- ۱۰۵ شکل (۵-۱۳) میدان دمای لوله هلیکال افقی شماره (۲) برای رینولدزهای متفاوت
- ۱۰۶ شکل (۵-۱۴) میدان دمای لوله هلیکال قائم شماره (۱) برای رینولدزهای متفاوت
- ۱۰۷ شکل (۵-۱۵) میدان دمای لوله هلیکال قائم شماره (۲) برای رینولدزهای متفاوت
- ۱۰۸ شکل (۵-۱۶) میدان دمای لوله هلیکال مربعی شماره (۱) برای رینولدزهای متفاوت
- ۱۰۹ شکل (۵-۱۷) میدان دمای لوله هلیکال مربعی شماره (۲) برای رینولدزهای متفاوت

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۸۲	جدول (۱-۴) مشخصات لایه مرزی اعمال شده در دیواره لوله
۹۲	جدول (۲-۴) مشخصات بکار رفته در مرز خروجی فشار
۹۵	جدول (۱-۵) مشخصات لوله های مورد آزمایش
۱۰۱	جدول (۲-۵) میزان تغییرات عددی نوسلت به ازای افزایش گام هلیکال در حالت قائم
۱۰۲	جدول (۳-۵) میزان تغییرات عددی نوسلت به ازای افزایش گام هلیکال در حالت افقی

علائم

ضریب ثابت	a
مساحت (m^2)	A
ضریب ثابت	b
ضریب ثابت	B
ضریب ثابت	c
گرمای ویژه ($J.Kg^{-1}.K^{-1}$)	c_p
دینامیک سیال محاسباتی	CFD
قطر لوله هلیکال (m)	d
قطر کویل هلیکال (m)	D
عدد بی بعد دین $De = Re(d/D)^{1/2}$	De
فاکتور اصطکاک	f
عدد گریتز	Gz
ضریب انتقال حرارت ($W.m^{-2}.K^{-1}$)	h
هدایت حرارتی ($W.m^{-1}.K^{-1}$)	k
نرخ جریان جرمی ($Kg.S^{-1}$)	m
عدد نوسلت $Nu = (hd/k)$	Nu
عدد پراتل $Pr = (c_p \mu / k)$	Pr
نرخ انتقال حرارت ($J.S^{-1}$)	q
شعاع لوله هلیکال (m)	r
شعاع کویل هلیکال (m)	R
عدد بی بعد رینولدز $Re = \rho v D / \mu$	Re
زمان (S)	t
دما (K)	T
سرعت محوری متوسط ($m.S^{-1}$)	v

علائم یونانی

دانشسته ($Kg.m^{-3}$)	ρ
لزجت دینامیکی ($Kg.m^{-1}.S^{-1}$)	μ

تنش های برشی ($Kg.m^{-1}.S^{-2}$)

τ

زیرنویس ها

مطلق	abs
بحرانی	crit
موضعی	loc
متوسط	m
حداکثر	max
حداقل	min
مرجع	ref
مستقیم	s

چکیده

در پژوهش حاضر ضریب انتقال حرارت جابجایی از سطح خارجی لوله های هلیکال بصورت عددی و به روش حجم محدود مورد بررسی قرار گرفته است. نخست با مدل کردن یکی از کارهای تجربی و معتبر انجام شده در گذشته، در محیط Fluent یکی از نرم افزارهای موجود دینامیک سیال محاسباتی و مقایسه داده های حاصل از این مدل با نتایج تجربی مذکور، کار حاضر اعتبار دهی شده است. سپس با ارایه پیشنهادهایی سعی در بسط مطالعات در زمینه مذکور شده، که برای این هدف با تغییر دادن شکل سطح مقطع لوله و همچنین وضعیت قرارگیری لوله در مقابل جریان آرام هوای گذرا (از نظر افقی یا قائم بودن لوله)، در اعداد رینولدز مختلف بین ۷۵۰۰ تا ۵۵۰۰۰، تاثیر دو نوع پیشنهاد فوق بر روی ضریب انتقال حرارت جابجایی خارجی برای دو لوله مختلف مورد مطالعه با نسبت گام به قطرهای متفاوت (۱/۳۰۶۳ و ۱/۵۲۷۵) که انتقال حرارت داخل لوله ها با شرط مرزی شارحرارتی ثابت تقریب زده شده، بررسی شده است. نتایج بطور قابل ملاحظه ای دلالت بر بالا بودن ضریب انتقال حرارت جابجایی از لوله های مارپیچ با سطح مقطع دایروی در مقایسه با همان لوله ها با سطح مقطع مربعی شکل، همچنین وضعیت قرار گیری قائم لوله ها نسبت به وضعیت افقی آنها در مقابل جریان هوای عبوری دارد. نتیجه بعدی که با بررسی داده های حاصله بدست آمد این بود که با افزایش گام هلیکال کویل ها در لوله های قائم ضریب انتقال حرارت بطور چشمگیری با درصد بالاتری نسبت به لوله های افقی افزایش نشان می دهد.

کلمات کلیدی: لوله های هلیکال - شکل سطح مقطع - عدد نوسلت - وضعیت قرارگیری - گام هلیکال

فصل اول

مقدمه

۱-۱ مقدمه

مبدل های حرارتی در تمامی زمینه های صنعتی، تجاری و زندگی روزمره که به نحوی با تبادل انرژی سر و کار دارند مورد استفاده قرار می گیرند. هر موجودی به طریقی به مبدل حرارتی مجهز می باشد، پستانداران نیز مبدل های حرارتی پیچیده ای دارند که مهمترین آنها شش ها هستند که با اشباع هوای بازدم از بخار آب بعنوان یک مبدل حرارتی فشرده بدن را خنک می کنند [۱]. البته شش ها مضافاً بعنوان یک مبدل جرمی نیز عمل می کنند که اکسیژن را از هوا گرفته و گاز کربنیک را به آن پس می دهند.

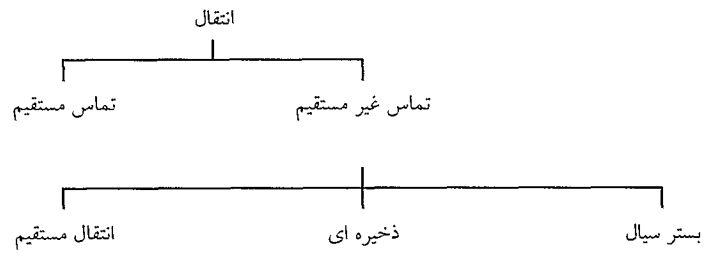
کاربرد مبدل های حرارتی در صنعت نیز بسیار وسیع و کاملاً ضروری می باشد. از آن جمله می توان به کاربرد مبدل های حرارتی در صنایع غذایی، نیروگاه های تولید برق، پالایشگاه ها، صنایع ذوب فلزات، شیشه سازی، داروسازی، کاغذسازی، صنایع پتروشیمی، سردخانه ها، سیستم گرمایش و سرمایش ساختمان ها، صنایع میعان گاز، وسایل نقلیه زمینی، دریایی، هوایی و حتی صنایع الکترونیک اشاره کرد.

بنا به اهمیت و کاربردهای وسیعی که مبدل های حرارتی را بعنوان نبض صنعت قرار داده است، این وسایل تاکنون در انواع مختلفی به بازار صنعت ارائه و عرضه گردیده اند. طراحی و یا انتخاب صحیح یک مبدل حرارتی مستلزم آشنائی کامل با انواع آن و خصوصیات هرکدام از آنها می باشد. بدلیل تنوع مبدل های حرارتی موجود و ورود انواع جدید آنها به بازار تا کنون یک دسته بندی استاندارد و جهانی از آن که مورد قبول همه طراحان و سازندگان و مصرف کنندگان باشد، صورت نگرفته است. ولی تلاش های زیادی در این زمینه انجام شده و شاید بهترین و مناسب ترین آنها دسته بندی ارائه شده زیر باشد.

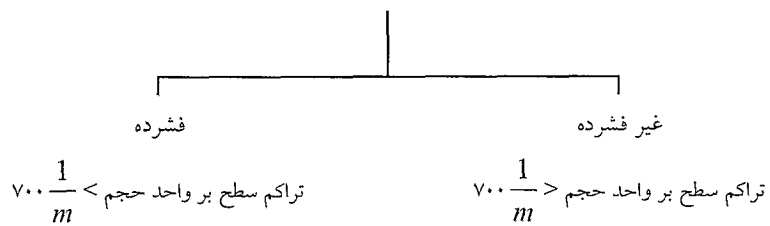
۱. دسته بندی بر مبنای پیوستگی یا
تناوب جریان



۲. دسته بندی بر اساس پدیده



۳. دسته بندی بر مبنای فشردگی

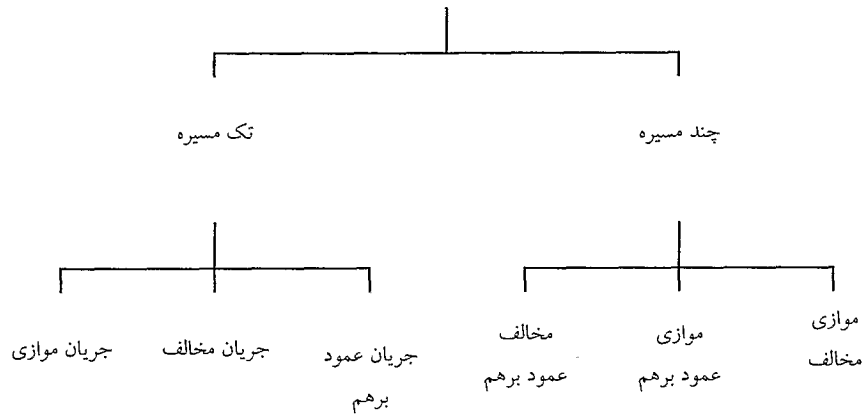


شکل (۱-۱) انواع طبقه بندی های موجود برای مبدل های حرارتی [۲].

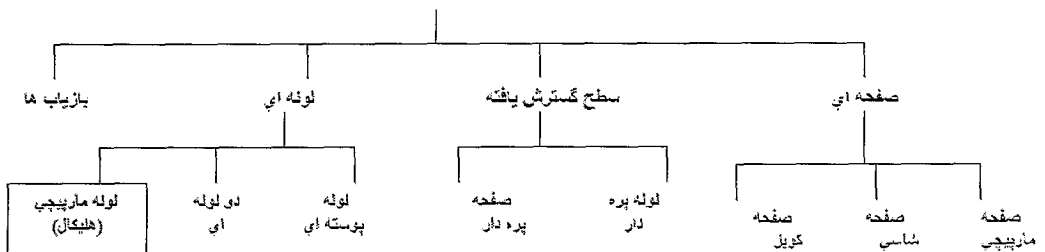
۴. دسته بندی

بر مبنای آرایش

جریان



۵- دسته بندی بر مبنای ساختمان



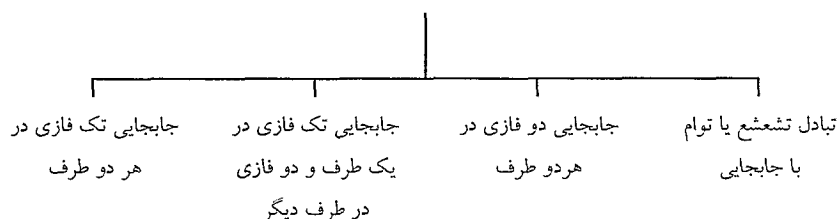
۶- دسته بندی بر مبنای تعداد

سیال

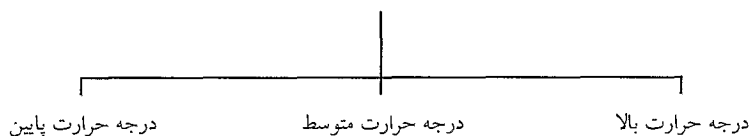


ادامه شکل (۱-۱)

۷. دسته بندی بر مبنای
مکانیزم انتقال حرارت



۸- دسته بندی بر مبنای درجه
حرارت کارکرد



ادامه شکل (۱-۱)

۲-۱ مبدل های حرارتی لوله ای

مبدل های حرارتی لوله ای بیش از هر نوع مبدل حرارتی دیگر مورد استفاده قرار می گیرند. این مبدل ها در اندازه و شکل های مختلفی ساخته می شوند. مثلا در یک کندانسور نیروگاه بخار حدودا دهها هزار شاخه لوله مورد استفاده قرار میگیرد. مبدل های حرارتی لوله ای بر اساس شکل (۱-۱) و دسته بندی درختی شماره (۵) خود دارای انواع مختلفی شامل تک لوله ای، دو لوله ای، چند لوله ای، لوله پوسته ای و لوله ماریچی می باشند. که در این پژوهش بطور اختصاصی در مورد مبدل های حرارتی لوله ماریچی مطالعه و بحث شده است.

۱-۲-۱ مبدل های حرارتی لوله ماریپیچی

بطور کلی این نوع مبدل از یک یا چند لوله ماریپیچی تشکیل می شود که داخل یک محفظه قرار می گیرند. ابتدا و انتهای لوله های ماریپیچی به لوله های اصلی ورود و خروج سیال متصل می شوند. برای اینکه جریان سیال در خارج لوله ها هم یک مسیر ماریپیچی را طی کند فضای خالی بین لوله هایی که زیر هم قرار می گیرند بوسیله ورق هایی مسدود می شود که این عمل برای حلقه های ماریپیچ بطور یکدردمیان صورت می گیرد.

از لحاظ جنس نیز لوله های ماریپیچ را از هر جنسی می توان انتخاب نمود، ولی استفاده از فولاد کربن دار، مس و آلیاژهای مسی، فولاد ضد زنگ و آلیاژهای نیکل از بقیه متداولتر است. در صورتیکه از سیالات لزج داخل لوله ها استفاده شود لوله ها بصورت پره دار نیز ساخته می شوند.

مبدل های حرارتی لوله ماریپیچی با اندازه مساحت سطح تبادل حرارت کمتر از $30m^2$ ساخته می شوند و برای فشارهای کمتر از $40atm$ مناسب هستند هر چند سیال داخل لوله می تواند گاهها فشاری بیشتر از این مقدار نیز داشته باشد.

چون ضریب انتقال حرارت جریان سیال در یک مجرای منحنی به مراتب بیشتر از یک مسیر مستقیم است معمولا ابعاد مبدل های حرارتی لوله ماریپیچ در مقایسه با مبدل های حرارتی لوله پوسته ای مستقیم برای شرایط کارکرد کاملا یکسان کوچکتر خواهد بود. این نوع مبدل های حرارتی برای گرمایش و سرمایش سیالات لزج و دبی کم بسیار مناسب هستند. همچنین هزینه نگهداری و تمیز کردن آنها که بسیار حائز اهمیت است، خیلی کمتر می باشد. بطور کلی می توان گفت، مزایا و معایب مبدل های حرارتی ماریپیچی نسبت به همقطار خود یعنی مبدل های لوله پوسته ای بقرار زیر است:

۱-۲-۱-۱ مزایای مبدل های حرارتی لوله ماریپیچ^۱

- برای دبی های کم و بارهای حرارتی پائین خیلی مناسب اند.
- چون جریان سیال لزج معمولا آرام است و همچنین بعلت اینکه نسبت طول مجرا به قطر هیدرولیکی بسیار کوچک است، جریان معمولا در حالت توسعه و در نتیجه ضریب انتقال حرارت بالا می باشد.

۱-لازم به ذکر است که مبدل های حرارتی ماریپیچ خود شامل دو نوع هندسه اصلی هلیکال و اسپیرال می باشند.