بسم الله الرحمن الرحيم

پژوهشگاه مواد و انرژی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی انرژی های نو و تجدید پذیر

موضوع

بررسی تجربی انتقال حرارت جابجایی در جریان آرام نانوسیال CuO

استادان راهنما:

دکتر سید امیرحسین زمزمیان

دکتر کمال عباسپور ثانی

نگارنده:

نرگس آئینی

کد شناسه پروژه:

۵۷۸۸۵۲

سال تحصیلی۱۳۹۰ -۱۳۸۹

تأییدیّه هیات داوران

(برای پایان نامه)

اعضای هیئت داوران، نسخه نهائی پایان نامه خانم / آقای:

را با عنوان:

از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آن را برای تکمیل درجه کارشناسی/ کارشناسی ارشد تأیید می‌کند.

اعضای هیئت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنما	۱- دکتر سیدامیر حسین زمزمیان ۲- دکتر کمال عباسپورثانی	استادیار استادیار	
۲- استاد مشاور			
۳- استاد مشاور			
۴- استاد ممتحن			
۵- استاد ممتحن			
۶- نماینده تحصیلات تکمیلی			

تقدیم به پدر و مادر عزیز و مهربانم که همیشه حامی و پشتیبان من درتمام لحظات زندگی بوده اند و با تشکر از همسر مهربانم که صبورانه مرا همراهی کرد.

تشکر و قدردانی

با تشکر و سپاس فراوان از اساتید محترم جناب آقایان دکتر زمزمیان و دکتر عباسپور بخاطر راهنمایی ها و کمک های بی شاعبه ایشان و همچنین تشکر از دوستان و دانشجویان آزمایشگاه فن آوری های نوین خورشیدی واقع در پژوهشکده انرژی.

حق تالیف/گردآوری و تحقیق

این پروژه تحقیقاتی به شماره شناسه .....۵۷۸۸۵۲..... در پژوهشگاه مواد و انرژی به ثبت رسیده است و کلیه دستاوردهای تحقیقاتی شامل نتایج نظری، نتایج علمی و عملی، دانش فنی و سایر موارد مربوط به این پروژه متعلق به پژوهشگاه مواد و انرژی می باشد. بهره برداری از نتایج پروژه برای موسسات دولتی و غیر دولتی با مجوز پژوهشگاه مواد و انرژی و درج نام پژوهشگاه مواد و انرژی امکان پذیر است.

چکیده

نانوسیال ها در واقع سوسپانسیون هایی هستند که با ایجاد ترکیب پایداری از نانوذرات فلزی و یا غیر فلزی در سیال های رایج انتقال حرارت بدست می آیند. این سوسپانسیون ها رفتارهای مؤثری در زمینه انتقال حرارت در کاربردهای مختلف از خود نشان می دهند. در پژوهش حاضر، تأثیر استفاده از نانوسیال اکسید مس (CuO) بر پایه آب، درون یک مبدل حرارتی دولوله ای به شکل تجربی بررسی شده است. ابتدا نمونه هایی از نانوسیال اکسید مس و آب در غلظت های مختلف وزنی ۱، ۲ و ۴ درصد تهیه شد و سپس به منظور تخمین ضرایب انتقال حرارت آنها در رژیم جریان جابجایی اجباری درون لوله یک مبدل حرارتی دولوله ای به عنوان سیال گرم به کار گرفته شد. سیال سرد که درون پوسته مبدل حرارتی در جریان بوده آب می باشد که در طی مسیر حرارت را از جداره لوله (نانوسیال گرم) دریافت می کند. در طی عملکرد مبدل داده های مورد نیاز مانند دماهای ورودی و خروجی سیال گرم و سرد، ثبت شد. این آزمایش برای غلظت های مختلفی از سوسپانسیون، در دبی های متفاوت و دماهای متفاوت نانوسیال ورودی انجام شد.

تحلیل نتایج آزمایش و محاسبه ضریب انتقال حرارت جابجایی برای نانوسیال مورد مطالعه نشانگر افزایشی بیش از ۳۰٪ نسبت به آب خالص است. همچنین نتایج نشان می دهد که با افزایش دبی، ضریب انتقال حرارت جابجایی افزایش می یابد. این امر به دلیل حرکت سریعتر مولکولهای آب و نانو پودر است که منجر به انتقال سریعتر حرارت از جداره لوله به محیط سیال می شود. اما نکته قابل توجه این است که میزان درصد افزایش نسبی ضریب انتقال حرارت جابجایی و عدد ناسلت نانوسیال، با افزایش عدد رینولدز و نزدیک شدن رژیم جریان به حالت درهم کاهش می یابد. علاوه بر این، نتایج نشان می دهد که شار انتقال حرارت جابجایی نانوسیال ارتباط مستقیم با غلظت دارد. این پدیده شاید ناشی از این واقعیت باشد که سوسپانسیون نانوسیال ها در غلظت های بالاتر ضریب هدایت حرارت بالاتری را نشان می دهند. از دیگر یافته های این پژوهش می توان به تأثیر دما بر عملکرد نانوسیال اشاره کرد. از تحلیل داده های تجربی نتیجه می شود که نانوسیال مورد مطالعه در دماهای پایین راندمان بهتری از خود نشان می دهد و نقش بیشتری را در افزایش انتقال حرارت جابجایی به عهده می گیرد.

کلید واژه: نانوسیال، مبدل حرارتی دولوله ای، انتقال حرارت جابجایی، اکسیدمس، نانو پودر.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست شکل‌ها ..... ک

فهرست علایم و نشانه‌ها ..... م

فصل ۱- مقدمه ۱

۱-۱- پیشگفتار ۱

۱-۲- تاریخچه ۲

۱-۳- هدف از پژوهش حاضر ۳

۱-۴- مراحل اجرای پروژه ۴

۱-۵- ساختار رساله ۵

فصل ۲- پیشینه پژوهش ۶

۲-۱- مقدمه ۶

۲-۲- نانوسیال و کابرد های آن ۷

۲-۲-۱- فواید و مزایای نانوسیال ۸

۲-۲-۲- کاربرد های مهندسی نانوسیال ۹

۲-۳- روش تهیه نانوسیال ۱۰

۲-۳-۱- روش تک مرحله ای ۱۱

۲-۳-۲- روش دومرحله ای ۱۲

۲-۴- روش های سنجش میزان پایداری نانوسیال ۱۵

۲-۴-۱- اندازه گیری pH ۱۵

۲-۴-۲- تست اشعه UV ۱۶

۲-۵- لزجت نانوسیال ها ۱۶

۲-۵-۱- مطالعات تجربی در رابطه با لزجت نانوسیال ۱۷

۲-۵-۲- مطالعات نظری و عددی بر روی لزجت نانوسیال ۱۸

۲-۶- رسانش حرارتی نانوسیال ها ۲۱

۲-۶-۱- روش های اندازه گیری رسانش حرارتی نانوسیلات ۲۲

۲-۶-۲- مطالعات تجربی رسانش حرارتی نانوسیال ها ۲۳

۲-۶-۳- مطالعات نظری رسانش حرارتی نانوسیال ها ۳۰
۲-۷- بررسی تجربی انتقال حرارت جابجایی اجباری درنانوسیال ها ۳۶
فصل ۳- بخش تجربی پژوهش ۴۵
۳-۱- مقدمه ۴۵
۳-۲- آماده سازی نانوسیال ۴۵
۳-۲-۱- انتخاب مواد ۴۵
۳-۲-۲- پایدارسازی نانوسیال ۴۶
۳-۲-۳- بررسی میزان پایداری نانوسیال ۴۸
۳-۳- اندازه گیری ضریب رسانش حرارتی ۴۹
۳-۴- اندازه گیری ضرایب انتقال حرارت جابجایی اجباری ۵۰
۳-۴-۱- شرح دستگاه ۵۰
۳-۴-۲- نحوه عملکرد سامانه حرارتی ۵۴
۳-۵- تئوری ۵۶
فصل ۴- بحث و بررسی نتایج ۵۹
۴-۱- مقدمه ۵۹
۴-۲- پایدار سازی نانوسیال ۵۹
۴-۲-۱- سوسپانسیون های اکسید مس و روغن ۵۹
۴-۳- ضریب رسانش حرارتی (k_{nf}) : ۶۳
۴-۴- انتقال حرارت جابجایی ۶۶
۴-۵- شار انتقال حرارت جابجایی ۷۱
۴-۶- ضریب کلی انتقال حرارت U_{nf} ۷۲
۴-۷- ضریب انتقال حرارت جابجایی h_{nf} و عدد ناسلت Nu_{nf} ۷۳
۴-۷-۱- تأثیر دما ۷۵
فصل ۵- جمع بندی و نتیجه گیری ۷۸
۵-۱- پیشنهادات ۷۹
فهرست مراجع ۸۴

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱- رسانش حرارتی تعدادی از مایعات و جامدات ۷

جدول ۲-۲- پارامترهای رابطه لزجت باسکار، برای شرایط دما پایین و بالا[۴۷] ۱۹

جدول ۲-۳- مدلهای لزجت نانوسیال ها ۲۰

جدول ۲-۴- خلاصه‌ای از نتایج مربوط به ضریب رسانش حرارتی نانوسیال ها مختلف ۲۹

جدول ۲-۵- خلاصه‌ای از نتایج تجربی صورت گرفته بر روی ضریب انتقال حرارت جابجایی نانوسیالهای مختلف ۴۳

جدول ۳-۱-الف- خواص فیزیکی نانوذرات CuO ۴۶

جدول ۳-۲- مشخصات هندسی مبدل دو لوله ای ۵۱

جدول ۳-۳- مشخصات پمپ جریان نانوسیال ۵۲

جدول ۴-۱:میزان جذب اشعه UV توسط نانوسیال در غلظت های مختلف ۶۰

جدول ۴-۲: غلظت جرمی پیش بینی شده برای نانوسیال بر اساس میزان جذب UV در زمان های مختلف پس از ساخت نانوسیال ۶۱

جدول ۴-۳ :رسانش حرارتی نانوسیال های اکسید مس به طور تجربی و یا تخمین زده شده در مدل های مختلف ۶۴

جدول ۴-۴ : داده های تجربی بدست آمده و پارامتر های حرارتی محاسبه شده با استفاده از آن برای نانوسیال های مختلف در دمای ورودی ۳۵ درجه سانتی گراد ۶۸

جدول۴-۵ : داده های تجربی بدست آمده و پارامتر های حرارتی محاسبه شده با استفاده از آن برای نانوسیال های مختلف در دمای ورودی ۴۰ درجه سانتی گراد ۶۹

جدول ۴-۵ : داده های تجربی بدست آمده و پارامتر های حرارتی محاسبه شده با استفاده از آن برای نانوسیال های مختلف در دمای ورودی ۴۵ درجه سانتی گراد ۷۰

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱: تصویر TEM نانوذرات: Al_2O_3(a) , TiO_2(b) ۱۴
شکل ۲-۲: نمودار تغییرات رسانش حرارت نسبی بر حسب pH. ۲۵
شکل ۲-۳: تفاوت رسانش حرارت نسبی بین نانوسیال حاوی نانولوله های کربنی با نانوسیال ها دیگر با غلظت ۱٪ وزنی..... ۲۶
شکل ۲-۴: مقایسه دادههای تجربی در آزمایش ها مختلف برای رسانش حرارتی..... ۲۸
شکل ۲-۵: مقایسهای بین نتایج مدلهای نظری و دادههای تجربی مربوط به ضریب رسانش حرارتی نانوسیال آب-آلومینا. ۳۶
شکل ۳-۱: دستگاه اندازه گیری رسانش حرارتی ۵۰
شکل ۳-۲: تصویر شماتیک دستگاه ساخته شده جهت انجام آزمایش. ۵۱
شکل ۳-۳: دستگاه ساخته شده جهت انجام آزمایش. ۵۴
شکل ۴-۱: مقایسه بین رسانش حرارتی اندازه گیری شده برای نانوسیال آب و اکسیدمس با مدل های تجربی در غلظت های حجمی مختلف. ۶۰
شکل ۴-۲: تغییرات عدد ناسلت تجربی در جریان آرام درون لوله آب در مقایسه با نتایج رابطه سیدر-تیت..... ۶۱
شکل ۴-۳: تأثیر غلظت نانوسیال بر افزایش نرخ انتقال حرارت در اعداد رینولدز متفاوت. ۶۳
شکل ۴-۴: تأثیر غلظت نانوسیال بر افزایش ضریب کلی انتقال حرارت در رینولدزهای مختلف. ۶۵
شکل ۴-۵: تأثیر غلظت نانوسیال و عدد رینولدز روی ضریب انتقال حرارت جابجایی. ۶۵
شکل ۴-۶: اثر تغییرات دبی و غلظت های مختلف نانوسیال روی افزایش عدد ناسلت. ۶۷
شکل ۴-۷: اثر دمای نانوسیال ورودی روی نرخ انتقال حرارت در رژیم جریان آرام. ۷۲
شکل ۴-۸: اثر دمای نانوسیال ورودی روی ضریب انتقال حرارت جابجایی در رژیم جریان آرام. ۷۳
شکل ۴-۹: اثر دمای نانوسیال ورودی روی عدد ناسلت در رژیم جریان آرام. ۷۴
شکل ۱-۱۰: نمودار تأثیر غلظت نانوسیال در تغییرات عدد ناسلت جریان جابجایی اجباری نانوسیال آب/اکسید مس در اعداد رینولدز مختلف..... ۷۵
شکل ۱-۱۱: نمودار تاثر دمای ورودی نانوسیال بر روند تغییرات نرخ انتقال حرارت جابجایی آرام در اعداد رینولدز مختلف ۷۶

شکل ۱-۱۲: نمودار تاثر دمای ورودی نانوسیال بر روند تغییرات ضریب انتقال حرارت جابجایی آرام در اعداد رینولدز مختلف.....۷۷
شکل ۱-۱۳: نمودار تاثر دمای ورودی نانوسیال بر روند تغییرات عدد ناسلت جابجایی آرام در اعداد رینولدز مختلف.....۷۷

فهرست علایم و نشانه‌ها

عنوان	علامت اختصاری
سطح تبادل حرارت (m^2)	A
قطر، (m)	D
پارامتر طول، (m)	L
دما، (°C)	T
گرمای ویژه، (J/kg K)	C_P
ضریب هدایت حرارتی ویژه،(W/mK)	k
ضریب انتقال حرارت جابجایی ($W/m^2 K$)	h
ضریب کلی انتقال حرارت جابجایی ($W/m^2 K$)	U
ضریب تصحیح	F
اختلاف دمای متوسط لگاریتمی	$LMTD$
شار انتقال حرارت(W)	Q
دبی جرمی(Kg/s)	$\dot{m}$
عدد رینولدز	Re
عدد ناسلت	Nu
عدد پرانتل	Pr
ویسکوزیته دینامیکی(Pa.s)	μ
غلظت حجمی ذرات	φ
دانسیته(Kg/m^3)	ρ
زیرنویس ها	*Subscripts*
سرد	c
گرم	h
بیرونی	o
درونی	i
آب	w

سیال پایه	f
نانوسیال	nf

فصل ۱– مقدمه

۱-۱- پیشگفتار

یکی از راه های صرفه جویی در مصرف انرژی فرایندهای حرارتی در صنایع مختلفی مانند صنایع حمل و نقل، کارخانجات و صنایع میکروالکترونیک، بهبود کارایی و ماندگاری تجهیزات می باشد. از سوی دیگر افزایش بار حرارتی در این فرایندها مستلزم افزایش ابعاد تجهیزات می باشد. روش رایج برای افزایش نرخ انتقال حرارت، استفاده از سطوح توسعه یافته برای تبادل حرارت بیشتر توسط یک سیال حامل حرارت است. دستیابی به این هدف نیازمند یک افزایش نا مطلوب در ابعاد تجهیزات حرارتی می باشد. به علاوه استفاده از سیال های عامل حرارتی رایج با خواص ترموفیزیکی ضعیف مانند آب، اتیلن گلایکول یا روغن، معمولا کارایی حرارتی را محدود می کند. بنابراین روش های رایج افزایش نرخ انتقال حرارت، برای تامین نیاز صنایع مدرن مناسب و جوابگو نیست. به همین دلیل لزوم بکارگیری تکنیک ها ی خنک کنندگی و گرمایشی پیشرفته تری مانند استفاده از سیالات حامل انرژی بهبود یافته و نو که خواص انتقال حرارت بهتری داشته باشند، به شدت احساس می شود.

می دانیم که در دمای معمولی اتاق مواد جامد، مرتبه بزرگتری از هدایت حرارتی را نسبت به سیالات از خود نشان می دهند. برای مثال هدایت حرارتی مس در دمای اتاق حدود ۷۰۰ برابر بزرگتر از آب و تقریبا ۳۰۰ برابر بزرگتر از روغن موتور است. بنابراین از سیالاتی که شامل سوسپانسیونی از ذرات جامد فلزی یا غیر فلزی (اکسید فلزی) باشند انتظار می رود که به طور قابل توجهی هدایت حرارتی بیشتری نسبت به سیال معمولی داشته باشند. از آنجا که هدایت حرارتی سیال نقش اساسی در توسعه راندمان انرژی تجهیزات انتقال حرارت به عهده دارد، مطالعات تئوری بیشماری روی افزایش هدایت حرارتی نانوسیال ها از زمان مقاله ماکسول بیش از یک قرن پیش انجام شده است [۱]. اگرچه بیشتر این مطالعات روی هدایت حرارتی سوسپانسیون هایی با ذرات میلیمتری یا میکرومتری بوده است. مشکل اصلی استفاده از سوسپانسیون هایی از ذرات جامد میکرومتری ته نشینی سریع ذرات، انسداد کانال جریان و افزایش افت فشار در سیال است. اگر سیال به سرعت و به مقدار کافی به منظور جلوگیری از ته نشینی سیرکوله شود، ذرات میکرو ممکن است به دیواره های تجهیزات حرارت (لوله ها و کانال ها) آسیب برسانند. بهترین جایگزین به جای میکروذرات ، نانوذرات هستند که در مقایسه نانوذرات به دلیل دارا بودن نسبت سطح به حجم بالا می توانند مدت زمان بیشتری را در سوسپانسیون باقی بمانند و از طرف دیگر خوردگی و انسداد را کاهش می دهند. ذرات نانو همچنین برای استفاده در میکروسیستم ها،

کوچکتر و در نتیجه مناسب ترهستند. در طی چندین دهه گذشته دانشمندان و مهندسان کوشش کرده اند که سیالات را به منظور کارایی گرمایشی یا سرمایشی بالاتر برای یک تنوعی از سیستم های حرارتی در مقایسه با سیالات معمولی توسعه دهند. به دلیل استفاده از تکنولوژی نانو در مهندسی حرارت جایزه نوبل "نانوسیال" در ایالات آرگون امریکا به چویی در سال ۱۹۹۵ اهدا شد [۲]. این کلاس جدید از سیالات انتقال حرارت (نانوسیال) با پراکنده کردن ذرات جامد کروی یا تیوپی با اندازه های در حد نانو در سیالات انتقال حرارت ایجاد می شود. با توجه به بررسی های دهه های گذشته می توان گفت که نانوسیال به طور قابل ملاحظه ای دارای خواص هدایت حرارتی بالاتری نسبت به سیالات پایه شناخته شده است. در نتیجه مبحث نانوسیال از طرف گروه های پژوهشی به دلیل منافع و پتانسیل های بالای آن مورد توجه قرار گرفت و تحقیقاتی چند در راستای بررسی استفاده از نانوسیال در زمینه های مهم بیشماری مثل میکروالکترونیک ها ، حمل و نقل، ساخت و صنعت، بهداشتی و سیستم های تهویه مطبوع صورت گرفت.

نانوسیال به علت قابلیت بالای خواص گرمایی، توجه بسیاری از دانشمندان را در سالهای اخیر به خود جلب کرده است. به عنوان مثال در غلظت‌های پایینی از نانوذرات(کمتر از ۵ درصد حجمی) افزایش هدایت حرارتی نانوسیال محسوس خواهد بود، در حالی که برای رسیدن به همان میزان هدایت حرارتی در سوسپانسیون‌های معمولی و یا میکرو، به غلظت‌های بالاتر از ده درصد از ذرات احتیاج است . ضمن اینکه مشکلات رئولوژیکی و پایداری سوسپانسیون‌های میکرو در غلظتهای بالا، مانع از استفاده گسترده آنها در انتقال حرارت می‌شود.

۱-۲- تاریخچه

تا کنون اغلب مطالعات ارائه شده در مورد نانوسیال ها به بررسی تجربی تغییرات ضریب رسانش حرارتی در آنها پرداخته اند[۳، ۴، ۵، ۶]. برخی دیگر نیز تلاش نموده اند که مدل هایی برای تخمین ضریب رسانش حرارتی مؤثر نانوسیال ارائه دهند[۷، ۸، ۹]. در این مطالعات همچنین تأثیر برخی شرایط عملیاتی را مانند دما، نوع، اندازه ، شکل و غلظت نانوذرات بر رسانش حرارتی نانوسیال ها بررسی کرده اند. نتایج عموم این پژوهش ها حاکی از افزایش ضریب رسانش حرارتی نانوسیال در مقایسه با سیال پایه است. افزودن نانوذرات به سیال های حرارتی نه تنها رسانش حرارتی سیال پایه را تغییر می دهد، بلکه موجب تغییر در سایر پارامترهای ترموفیزیکی مانند لزجت، گرمای ویژه، چگالی و در نهایت تغییر در ضرایب انتقال حرارت می شود. در دهه های گذشته پژوهش هایی نیز روی لزجت، انتقال حرارت

جابجایی اجباری و یا انتقال حرارت جابجایی آزاد نانوسیال ها صورت گرفته است. در پژوهش حاضر تلاش شده است تا به نوعی خواص ویژه نانوسیال ها در کاربردهای حرارتی، مورد ارزیابی قرار گیرد. ضریب انتقال حرارت جابجایی از جمله مهم‌ترین پارامترهایی است که کارامدی نانوسیال ها را در بحث-های حرارتی نشان می‌دهد.

این تغییرات در خواص گرمایی نانوسیال ها فقط مورد توجه دانشگاهیان نبوده است، بلکه مدیریت صنعتی کشور نیز می‌تواند از نتایج موفقیت‌آمیز کاربرد وسیع نانوسیال ها استفاده مطلوبی برده و آینده امیدوارکننده‌ای را رقم زند. به هر حال پژوهش در زمینه نانوذرات، بسیار گسترده است و مورد توجه محققین می‌باشد. بنابراین برای کاربردی کردن این نوع از سیال ها در آینده و در سامانه های جدید، باید اقدام به طراحی و ایجاد مدل‌ها و تئوری‌هایی نمود که بتواند خواص حرارتی و فیزیکی نانوسیال را در شرایط مختلف ترموفیزیکی پیش بینی کند و یا تصحیحاتی در مدل‌های قبلی اعمال نمود.

۱-۳- هدف از پژوهش حاضر

در دهه های گذشته عموم پژوهش ها در زمینه بررسی خواص ترموفیزیکی نانوسیال خصوصا رسانش حرارتی نانوسیال بوده است بطوریکه نتایج آنها تأثیر بسزای نانوسیال در افزایش ضریب رسانش حرارتی سیال ها را قریب به یقین نشان می دهد، اما کارامدی آن در سامانه های حرارتی و یا صنعتی هنوز مشخص نیست. بدین منظور اخیرا کارهای پژوهشی زیادی در غالب مقاله و پایان نامه پژوهشی در زمینه انتقال حرارت جابجایی نانوسیال صورت گرفته است. این مطالعات در هندسه های مختلفی همچون لوله ها ، کانالها (با مقاطع مدور و یا غیر مدور) انجام شده است. نکته قابل توجه این است که اکثر این مطالعات یا در شرط مرزی شار حرارتی ثابت و یا شرط مرزی دمای ثابت دیواره انجام شده اند. و این در حالی است که پژوهش ها ی کمی در زمینه کارایی حرارتی نانوسیال در مبدل های حرارتی که اصولا دارای شار مرزی حرارتی متغیر در طول مبدل هستند صورت گرفته است. همچنین تا کنون پژوهش ها ی زیادی نانوسیال را به عنوان سیال خنک کننده مورد بررسی قرار داده اند ولی این سیال کمتر به عنوان سیال حرارتی گرمایشی مورد توجه قرار گرفته است.

در پژوهش حاضر سعی شده است که انتقال حرارت جابجایی نانوسیال درون یک مبدل حرارتی دولوله ای بررسی و ارزیابی شود. مبدل حرارتی مورد نظر از نوع دو لوله ای هم محور می باشد که آرایش جریان در آن به صورت ناهمسو در نظر گرفته شده است. نانوسیال های اکسید مس (CuO) بر پایه آب، در

غلظت های حجمی مختلف و به عنوان سیال گرم، درون این مبدل به کار گرفته شده اند و کارایی حرارتی آن ها مورد مطالعه و مقایسه قرار گرفته است.

۱-۴- مراحل اجرای پروژه

این پروژه در مراحل مختلفی انجام شد که به طور خلاصه مروری بر مراحل اجرای آن خواهیم داشت. این مراحل به تربیت عبارتند از:

۱-بررسی جامع مطالعات کتابخانه ای :

در این مرحله با جستجو در منابع کتابخانه ای و نیز منابع اینترنتی ، مطالب پایه ای و نیز کارهای تحقیقاتی صورت گرفته در رابطه با نانوسیال، جمع آوری شد و مورد مطالعه قرار گرفت.

۲-بررسی الگو های مختلف ارائه شده در انتقال حرارت سامانه های نانوسیال:

در این مرحله الگوهای تجربی و تئوری موجود در انتقال حرارت هدایتی و جابجایی نانوسیالات جمع آوری شده و سعی شد الگوهایی مناسب برای بررسی و محاسبه ضرایب و پارامترهای مربوطه در انتقال حرارت یافت شود.

۳-طراحی سیکل حرارتی:

در این مرحله سیکل حرارتی به منظور بررسی انتقال حرارت جابجایی نانوسیال درون مبدل حرارتی دولوله ای تهیه شد.

۴- مطالعه تجربی رفتار حرارتی در سیکل حرارتی موجود در آزمایشگاه:

این مرحله شامل انجام آزمایشات مربوطه و اندازه گیری پارامترهای مورد نیاز با استفاده از دستگاه های موجود در آزمایشگاه انرژی و همچنین با استفاده از سیستم حرارتی ساخته شده بود.

۵- جمع بندی و تحلیل نتایج آزمایشگاهی بدست آمده .

با توجه به داده های آزمایشگاهی بدست آمده در مرحله چهارم و روابط موجود برای انتقال حرارت سیالات درون مبدل های حرارتی ضرایب انتقال حرارت جابجایی برای غلظت ها، سرعت ها و دماهای مختلفی از نانوسیال محاسبه شد و نتایج بدست آمده مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت.

۱-۵- ساختار رساله

بطوریکه اشاره رفت، این پژوهش در مورد انتقال حرارت جابجایی یک نانوسیال درون یک مبدل حرارتی بحث می کند. این پایان نامه مشتمل بر چند فصل می باشد. در فصل اول ضمن مروری بر توسعه بکارگیری نانوسیال به تشریح و بیان مسئله، اهداف و مراحل اجرای پروژه پرداخته می شود. در فصل دوم ضمن معرفی نانوسیال ها ، به بیان پیشینه تهیه آن ها، کاربرد هایی که نانوسیال می تواند داشته باشد و مروری بر انواع کارهای پژوهشی انجام شده توسط سایر پژوهشگران پرداخته می شود. فصل سوم به بیان مراحل و نحوه انجام آزمایشات این پایان نامه و همچنین بررسی تجهیزات و تمهیدات به کار گرفته شده به منظور بررسی تجربی رفتارهای حرارتی نانوسیال های اکسید مس می پردازد. فصل چهارم نتایج تجربی بدست آمده از مجموع آزمایشات را به صورت های مختلف بررسی کرده و مورد ارزیابی و مقایسه قرار داده است. در انتها در فصل پنجم به طور خلاصه به نتایج حاصل از این پژوهش اشاره می شود و پیشنهادهایی به منظور بهبود کارهای تحقیقاتی آینده در زمینه نانوسیال ارائه شده است.

فصل ۲– پیشینه پژوهش

۲–۱– مقدمه

پیشرفت‌های جدید در عرصه های علم و فناوری، هر روز جامعه جهانی را در برابر چالش های جدیدی قرار می‌دهد و لزوم توجه جدی و به موقع در این مورد را در هر کشوری ایجاد می‌کند. بحث نانو یکی از چالش های قرن اخیر می باشد که به سبب پیشرفت فناوری در دهه اخیر بوجود آمده است. اهمیت مهندسی حرارتی در صنعت و لزوم توجه به صرفه جویی در انرژی، سبب شده توجه خاصی به استفاده از نانوفناوری و به ویژه نانوسیال ها در جهت برون رفت از مشکلات پدید آید.

بهبود ضریب انتقال حرارت جابجایی و ضریب رسانش حرارتی مایعات سال‌ها پیش با استفاده از مخلوط ذرات میکرونی به همراه سیال پایه توسط ماکسول امکان پذیر گشت [۱] ولی ته‌نشینی سریع، خوردگی، کلوخه شدن و افت فشار زیاد حاصل از این ذرات، استفاده عملی از این فناوری را تا حدی غیرممکن ساخته بود. هنگامی‌که مقدار بسیار کمی از نانوذرات به طور یکنواخت و پایدار درون سیال پایه پراکنده شود، می‌تواند بهبود خواص حرارتی سیال پایه را به همراه داشته باشد. نانوسیال ها عموما مخلوط هایی کلوئیدی نانوذرات (با قطر ذرات کمتر از ۱۰۰ نانومتر) و سیال پایه هستند و اولین بار در سال ۱۹۹۵ توسط چوی [۲] به عنوان بخش جدیدی از نانوفناوری مطرح شدند که خواص انتقال حرارت بالایی نسبت به سیال پایه دارند.

نانوذرات در مقایسه با ذرات میکرونی، دارای نسبت سطح به حجم بالا، تحرک بیشتر و پایداری سوسپانسیون بهتری هستند و مهم‌تر این‌که ضریب رسانش حرارتی نانوسیال بیشتر از سیال پایه می باشد. این خصوصیت سبب شده که نانوسیال ها در خنک‌کننده‌ها، روان کننده‌ها، سیال ها ی هیدرولیک و سیال های فلزکاری بسیار مفید واقع شوند. علاوه بر این افت فشار ناچیز و ساییدگی کم آن، محققان را به سمت نسل جدید تبادل‌گرهای حرارتی کوچک سوق داده است.

با توجه به کاربرد نانوسیال، نانوذرات از مواد متفاوتی [۱۰-۲۴] از جمله اکسیدهای سرامیکی، نیترید سرامیک، کربید سرامیک، فلزات، نیمه رساناها، نانولوله‌های کربنی و مواد کامپوزیتی ساخته می‌شوند. به طور کلی هدف از بررسی نانوسیال، دستیابی به بهترین خواص حرارتی ممکن در کمترین کسر حجمی ممکن (کمتر از ۱ درصد حجمی) درون سیال پایه است. بنابراین سوسپانسیون‌های حاوی نانوذرات تقریبا غیرکلوخه‌ای شده، کلید اصلی افزایش انتقال حرارت است.