Generated by Foxit PDF Creator © Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

Generated by Foxit PDF Creator © Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

دانشکده فنی و مهندسی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیک

گرایش تبدیل انرژی

عنوان پایان نامه :
انتقال حرارت جابجایی توام نانوسیال در یک محفظه باز با مانع

استاد راهنما
دکتر بهزاد قاسمی

استادمشاور
دکتر افراسیاب رئیسی

پژوهشگر
مجتبی مراد زاده

اسفند ماه ۱۳۹۰

Generated by Foxit PDF Creator © Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی مکانیک

پایان‌نامه آقای مجتبی مرادزاده جهت اخذدرجه کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی با عنوان:

«انتقال حرارت جابجایی توام نانوسیال در یک محفظه باز با مانع»

در تاریخ..... با حضور هیات داوران زیر بررسی و با نمره.....مورد تصویب نهایی قرار گرفت.

۱. استاد راهنمای پایان نامه‌دکتر بهزاد قاسمی	**با مرتبه علمی دانشیار**	**امضاء**
۲. استاد مشاور پایان نامه دکتر افراسیاب رئیسی	**با مرتبه علمی استادیار**	**امضاء**
۳. استاد داور داخلی گروه دکترعلیرضا شاطری	**با مرتبه‌علمی استادیار**	**امضاء**
۴. استاد داور داخلی گروه‌دکتر مسعود ضیائی راد	**با مرتبه‌علمی استادیار**	**امضاء**

دکتر بهزاد قاسمی

رئیس تحصیلات تکمیلی دانشکده فنی ومهندسی

Generated by Foxit PDF Creator © Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات

و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه

متعلق به دانشگاه شهرکرد است.

Generated by Foxit PDF Creator © Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

تقدیر و تشکر

سپاس و ستایش خداوندی را سزاست که جهان بیکران را آفرید و به انسان عقل و دانش عطا فرمود تا با شناخت خویش آفریدگار خود را بشناسد و با این شناخت به کشف و شهود برسد و به هدف خلقت که اقامه عدل و داد است برسد.

این پایان نامه تحت راهنمائی های ارزنده ی علمی و صبورانه اساتید بزرگوار و گرامی جناب آقای دکتر بهزاد قاسمی و جناب آقای دکتر افراسیاب رئیسی به عنوان اساتید راهنما و مشاور بنده صورت گرفت و در این جا بر خود لازم می دانم از همکاری و مساعدت بزرگوارانه ی آنها کمال تشکر و سپاس را نمایم.

از جناب آقای دکتر علیرضا شاطری و جناب آقای مسعود ضیائی راد که زحمت داوری و باز خوانی پایان نامه را بر عهده گرفته اند صمیمانه تشکر می نمایم.

سپاس و تشکر ویژه از:

- کلیه اساتید گروه مکانیک دانشگاه شهرکرد که در دوران تحصیل در مقطع کارشناسی ارشد افتخار شاگردیشان را داشته ام.

- همکلاسی ها و دوستان خوب دوران تحصیل

Generated by Foxit PDF Creator © Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

تقدیم به:

پدر و مادرم

و

پویندگان راه تعلیم و تربیت که فرش راهشان بال فرشتگان است.

Generated by Foxit PDF Creator © Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

چکیده

جریان جابه‌جایی توأم آزاد و اجباری توسط نانوسیال و سیال خالص در یک محفظه باز دارای بافل به روش عددی در این پروژه بررسی می‌گردد. جریان به صورت یکنواخت در دمای سرد وارد محفظه شده و با سطح پایینی و بافل که در دمای گرم قرار دارند، تبادل حرارت می‌کند. معادلات مومنتوم و انرژی حاکم به روش حجم کنترل جبری شده و به کمک الگوریتم سیمپل به صورت همزمان حل می‌شوند. در ابتدا اثر پارامتر های حاکم مانند سرعت جریان ورودی، نسبت حجمی نانوذرات، اندازه نانوذرات و نانوذرات متفاوت را به طور جداگانه روی میدان جریان و انتقال حرارت برای نانوسیال و سیال خالص بررسی می کنیم. در ادامه به بررسی و مقایسه دو مدل مختلف پیش بینی ضریب هدایت حرارتی نانوسیال می پردازیم. سپس به بررسی اثر افزایش فاصله بافل از دهانه ورودی و افزایش ارتفاع بافل بر انتقال حرارت می پردازیم. در پایان با اضافه کردن یک بافل هدایت کننده بر روی سطح بالایی به بررسی اثر آن بر افزایش انتقال حرارت از محفظه می پردازیم.

از نتایج مشاهده می شود که استفاده از نانوسیال موجب پخش بهتر حرارت و بالا رفتن دمای میانگین سطوح گرم می شود. این امر باعث کاهش گرادیان دما در اطراف منبع شده، ولی اثر بالا بودن ضریب هدایت حرارتی نانوسیال بر این کاهش گرادیان غلبه کرده و در کل موجب افزایش انتقال حرارت می شود. این افزایش در رینولدزهای بالا به دلیل حرکت سریع توده سیال، چشمگیرتر می باشد. در بررسی اثر سرعت جریان ورودی مشاهده شد که سیستم انتقال حرارت محفظه از جابجایی آزاد به جابجایی اجباری تبدیل شده و باعث افزایش انتقال حرارت محفظه می گردد. افزایش نسبت حجمی نانو ذرات باعث افزایش انتقال حرارت از محفظه می شود. از بررسی اثر اندازه نانوذرات مشاهده شد که با افزایش قطر نانو ذره انتقال حرارت کاهش می یابد. همچنین در بررسی نوع نانوسیال مشاهده کردیم که افزایش انتقال حرارت در اثر افزودن ذرات نانو بستگی زیادی به نوع آنها دارد. بالاخره از بررسی انجام شده بر روی مدل های ضریب هدایت حرارتی نانوسیال مشاهده شد که مدل انتخابی تاثیر زیادی بر پیش بینی نرخ انتقال حرارت از محفظه دارد. افزایش فاصله بافل از ورودی و افزایش ارتفاع بافل باعث افزایش انتقال حرارت از محفظه می شود. همچنین افزودن بافل هدایت کننده باعث افزایش چشمگیر انتقال حرارت می گردد.

کلمات کلیدی: انتقال حرارت، جابه‌جایی توأم، نانوسیال ،محفظه باز، بافل

Generated by Foxit PDF Creator © Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

فهرست مطالب

عنوان **شماره صفحه**

فصل اول: مقدمه

۱-۱انتقال حرارت جابجایی توام ۹

۱-۲نانو تکنولوژی ۱۱

۱-۳ نانوسیال ۱۱

۱-۴ مزایای استفاده از نانوسیال ۱۱

۱-۵عوامل مؤثر بر ضریب هدایت حرارتی نانوسیال ۱۳

۱-۵-۱اثر غلظت نانوذرات بر ضریب هدایت حرارتی نانوسیال ۱۳

۱-۵-۲اثر PH بر ضریب هدایت حرارتی نانوسیال ۱۵

۱-۵-۳ اثر دما بر ضریب هدایت حرارتی نانوسیال ۱۶

۱-۶ مدلهای ریاضی تخمین ضریب هدایت حرارتی نانو سیالات ۱۷

۱-۶ بررسی کارهای انجام شده ۱۷

۱-۷ جایگاه طرح حاضر ۲۱

فصل دوم: فرمول بندی

۲-۱ بیان مسئله ۲۲

۲-۲ معادلات حاکم بر جریان سیال ۲۳

۲-۳ معادلات حاکم بر جریان نانوسیال ۲۶

۲-۴ بی بعد کردن معادلات ۲۶

۲-۵ شرایط اولیه و شرایط مرزی ۲۸

۲-۶ روابط مربوط به خواص نانوسیال ۲۹

۲-۷ سایر معادلات ۳۰

فصل سوم: گسسته سازی معادلات

۳-۱گسسته سازی معادلات ۳۲

۳-۲ جبری سازی معادلات در شبکه عادی ۳۳

۳-۳ شبکه جابجا شده ۳۷

۳-۳-۱ تصحیح فشار و سرعت ۳۸

۳-۳-۲ استخراج معادله تصحیح فشار ۳۹

۳-۳-۳ جدا سازی معادله انرژی ۴۰

۳-۴ روند حل معادلات ۴۱

فصل چهارم ارائه نتایج و نتیجه گیری

۴-۱ استقلال حل از شبکه ۴۳

۴-۲ کنترل صحت کد کامپیوتری ۴۵

۴-۲-۱ جابجایی آزاد هوا در یک محفظه مربعی ۴۵

Generated by Foxit PDF Creator © Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

۴-۲-۲ جابجایی توام هوا در یک محفظه مستطیلی ۴۶
۴-۲-۳ جابجایی توام نانوسیال در یک محفظه مربعی ۴۶
۴-۳ بررسی شرط توسعه یافتگی در خروجی محفظه ۴۸
۴- ۴ بررسی عوامل موثر بر انتقال حرارت محفظه باز ۵۰
۴-۴-۱ اثر تغییر سرعت ورودی بر انتقال حرارت از محفظه اعداد Re، R_a ۵۱
۴-۴-۲ اثر نسبت حجمی و جنس نانو ذرات ۵۴
۴-۴-۳ اثر اندازه نانوذرات ۵۷
۴-۴-۴ مقایسه مدلهای پیش بینی ضریب هدایت حرارتی نانوسیال ۵۹
۴-۴-۵ اثر موقعیت بافل ۶۰
۴-۴-۶ اثر ارتفاع بر انتقال حرارت از محفظه بافل ۶۳
۴-۴-۷ اثر موقعیت دریچه خروجی ۶۵
۴-۴-۸ اثر افزون بافل هدایت کننده در دیواره بالایی ۶۷
۴-۵ نتیجه گیری ۶۹
منابع ۷۱

Generated by Foxit PDF Creator © Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

فهرست جدول ها

عنوان **شماره صفحه**

جدول۱-۱: مدل های پیش بینی ضریب هدایت حرارتی نانوسیال[۱۳] ۱۸
جدول۲-۱ جملات معادلات حاصل از معادله۲-۳۴ ..... ۲۸
جدول ۴-۱ :مقادیر ماکزیمم تابع جریان و نوسلت متوسط سطوح گرم $\mathrm{Re}=100$ و $Ra=10^5$ ۴۴
جدول ۴-۲ :اعتبار سنجی با مرجع [۴۱] ۴۶
جدول ۴-۳ : مقایسه درصد خطای نوسلت متوسط برای محفظه همراه کانال و بدون کانال در اعداد رینولدز متفاوت ۵۰
جدول۴-۴: خواص ترموفیزیکی آب و نانوذرات مختلف [۳۸] ۵۱
جدول۴-۵: میزان افزایش نسبی عدد نوسلت متوسط بر حسب افزایش درصد حجمی نانوذرات مختلف در $\mathrm{Re}=1$ ۵۵
جدول۴-۶: میزان افزایش نسبی عدد نوسلت متوسط بر حسب افزایش درصد حجمی نانوذرات مختلف در $\mathrm{Re}=100$ ۵۵
جدول۴-۷: میزان افزایش نسبی عدد نوسلت متوسط بر حسب افزایش درصد حجمی نانوذرات مختلف در $\mathrm{Re}=1000$ ۵۶
جدول۴-۸: مقایسه میزان درصد افزایش نسبی عدد نوسلت متوسط بر حسب افزایش درصد حجمی نانوذرات در $\mathrm{Re}=1$ و $\mathrm{Re}=100$ و $\mathrm{Re}=1000$ ۶۸

Generated by Foxit PDF Creator © Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

فهرست شکل ها

عنوان شماره صفحه

شکل ۱-۱: تصویر نانوذرات الف)مس ، ب)نقره و ج)اکسید تیتانیوم[۳] ۱۲
شکل ۱-۲: اثر غلظت نانوذرات بر ضریب هدایت حرارتی سیال [۵] ۱۳
شکل ۱-۳: نتایج تجربی و براوردهای حاصل از مدل سازی برای تاثیر غلظت نانو ذره بر ضریب هدایت حرارتی سیال[۶] ۱۴
شکل ۱-۴: تاثیر سیال پایه بر ضریب هدایت حرارتی نانوسیال[۷] ۱۴
شکل ۱-۵: وابستگی میزان افزایش ضریب هدایت حرارتی نانو سیال به نوع ذره افزوده شده به سیال پایه[۹] ۱۵
شکل ۱-۶: اثر PH بر مقدار افزایش ضریب هدایت حرارتی نانوسیال برای سیستم آب- Al_2O_3 [۸] ۱۵
شکل ۱-۷ : افزایش ضریب هدایت حرارتی سیستم آب-اکسید آلومینیوم و مقایسه آن با مدل هامیلتون-کروسر[۱۱] ۱۶
شکل ۱-۸ : اثر درجه حرارت بر درصد افزایش ضریب هدایت حرارتی سیال برای سیستمهای الف) تیولات طلا در تولوئن و ب) سیترات طلا و سیترات نقره در آب [۱۲] ۱۷
شکل (۲-۱): محفظه همراه با بافل و جریان نانوسیال ۲۲
شکل (۲-۲): محفظه همراه با بافل هدایت کننده جریان نانوسیال ۲۳
شکل ۳-۱: دامنه حل مسئله، نقاط شبکه و دامنه حل یک نقطه مشخص. ۳۲
شکل ۳-۲: حجم کنترل در حالت دو بعدی ۳۴
شکل۳-۳: : شار کلی J بین دو نقطه شبکه ۳۵
شکل ۳-۴: شبکه جابجا شده ۳۹
(الف) حجم کنترل جابجا شده در جهت x. (ب) حجم کنترل جابجا شده در جهت y. ۳۹
شکل ۳-۵: حجم کنترل برای معادله پیوستگی ۴۰
شکل۳-۶: نقاط درگیر با حل معادلات در هر مرحله از روش خط به خط(در امتداد y). ۴۲
شکل ۴-۱ :تاثیر تعداد نقاط شبکه روی مقادیر نوسلت متوسط سطوح گرم در $\mathrm{Re}=100$ و $Ra=10^5$ و $\phi=0.03$ ۴۴
شکل ۴-۲ :شماتیک شبکه بندی دامنه حل ۴۴
شکل ۴-۳ : شکل شماتیک هندسه مرجع [۴۱] ۴۵
شکل۴-۴: خطوط جریان (سمت راست) و همدما (سمت چپ) مطابق با شرایط مرجع [۴۱] ۴۵
شکل ۴-۵ : شکل شماتیک هندسه مرجع [۱۸] ۴۶
شکل ۴-۶ : مقایسه نوسلت متوسط برحسب افزایش موقعیت بافل بدست آمده ازمطالعه حاضر با مرجع [۱۸] ۴۷
شکل ۴-۷ : مقایسه نوسلت متوسط برحسب عدد رینولدز بدست آمده ازمطالعه حاضر با مرجع [۱۸] ۴۷
شکل ۴-۸: شکل شماتیک هندسه مرجع [۳۴] ۴۸

Generated by Foxit PDF Creator © Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

شکل ۴-۹: مقایسه نوسلت متوسط بدست آمده ازمطالعه حاضر با مرجع [۳۴] ۴۸
شکل ۴-۱۰ : خطوط جریان (سمت چپ) و خطوط همدما (سمت راست) ۴۹
در اعداد رینولدز متفاوت برای محفظه همراه با کانال خروجی $Ra = 10^5, \phi = 0.03$ ۴۹
شکل ۴-۱۱ : مقایسه نوسلت متوسط برای محفظه همراه کانال و بدون کانال در اعداد رینولدز متفاوت در $Ra = 10^5$ ۵۰
شکل۴-۱۲: تغییرات عدد نوسلت متوسط محفظه برای سیال خالص و نانو سیال $\phi = 0.03$ در اعداد رینولدز مختلف و $Ra = 10^5$ ۵۲
شکل ۴-۱۳: خطوط جریان (سمت راست) ودما (سمت چپ)برای سیال خالص (-) و نانوسیال(---) $\phi = 0.03$ و $\mathrm{Re} = 100$ در اعداد ریلی متفاوت ۵۳
شکل۴-۱۴: تغییرات عدد نوسلت متوسط محفظه برای نانو سیال $\phi = 0.03$ بر حسب افزایش عدد ریلی در رینولدز های مختلف و $Ra = 10^5$ ۵۳
شکل۴-۱۵: تغییرات عدد نوسلت متوسط محفظه برحسب افزایش نسبت حجمی نانو ذره برای نانو مواد مختلف در $\mathrm{Re} = 1$ و $\mathrm{Re} = 100$ و $Ra = 10^5, \mathrm{Re} = 1000$ ۵۴
شکل۴-۱۶: خطوط جریان (سمت راست) و دما(سمت چپ) برای سیال خالص(-) و نانوسیال(- - -) $\phi = 0.03$ برای نانو مواد مختلف در $\mathrm{Re} = 100$ و $Ra = 10^5$ ۵۴
شکل۴-۱۷: تغییرات عدد نوسلت متوسط محفظه برحسب افزایش نسبت حجمی نانو ذره برای نانو مواد مختلف در $\mathrm{Re} = 100$ و $Ra = 10^5$ ۵۷
شکل۴-۱۸: تغییرات عدد نوسلت متوسط محفظه برحسب افزایش قطر نانوذرات برای نانو ذرات مختلف ۵۸
$\mathrm{Re} = 100$ ، $Ra = 10^5, \phi = 100nm$ ۵۸
شکل ۴-۱۹: وابستگی ضریب هدایت حرارتی نانوسیال به اندازه نانوذرات الف) اعداد تجربی و مطابقت مدل ریاضی برای سیستم آب-اکسید آلومینیوم برای نانوذرات با غلظت ۳ درصد حجمی ب) عدد تجربی و مطابقت مدل ریاضی پیش بینی ضریب هدایت حرارتی نانوسیال اتیلن گلایکول-CuO با غلظت ۳ درصد حجمی ج) پیش بینی مدل ریاضی برای نانوسیال اتیلن گلایکول-Cu با غلظت ۳ درصد حجمی[۵]. ۵۹
شکل۴-۲۰: مقایسه نوسلت متوسط محفظه بر حسب افزایش نسبت حجمی جامد در $\mathrm{Re} = 100$ و $Ra = 10^5$ برای دو مدل مختلف از ضریب هدایت حرارتی : مدل ۱: پاتل و همکاران[۳۰] مدل۲: ماکسول[۲۵] ۶۰
شکل ۴-۲۱ : خطوط جریان (سمت چپ) و خطوط همدما (سمت راست) برای نانوسیال $\phi = 0.03$ برحسب افزایش پارامتر Lb در $\mathrm{Re} = 100$ ، $Ra = 10^5$ ۶۱
شکل۴-۲۲: تغییرات عدد نوسلت متوسط محفظه برحسب افزایش پارامتر Lb در $\mathrm{Re} = 1$ و $\mathrm{Re} = 100$ و $Ra = 10^5, \mathrm{Re} = 1000$ ۶۲
شکل۴-۲۳: تغییرات دمای متوسط محفظه برحسب افزایش برحسب افزایش پارامتر Lb در $\mathrm{Re} = 1$ و $\mathrm{Re} = 100$ و $Ra = 10^5, \mathrm{Re} = 1000$ ۶۳
شکل ۴-۲۴ : خطوط جریان (سمت چپ) و خطوط همدما (سمت راست) برای نانو سیال $\phi = 0.03$ برحسب افزایش ارتفاع بافل در $\mathrm{Re} = 100, Ra = 10^5$ ۶۴

Generated by Foxit PDF Creator © Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

شکل۴-۲۵: تغییرات دمای متوسط محفظه برحسب افزایش پارامتر Lb در $Re = 1$و $Re = 100$ و $Re = 1000, Ra = 10^5$ ۶۵
شکل ۴-۲۶ : خطوط جریان (سمت چپ) و خطوط همدما (سمت راست) برای نانو سیال $\phi = 0.03$ برحسب افزایش ارتفاع دهانه خروجی از کف محفظه در $Re = 100, Ra = 10^5$ ۶۶
شکل۴-۲۷: تغییرات عدد نوسلت متوسط محفظه برحسب افزایش ارتفاع دهانه خروجی از کف محفظه در $Re = 1$و $Re = 100$ و $Re = 1000, Ra = 10^5$ ۶۷
شکل ۴-۲۸: خطوط جریان (سمت چپ) و خطوط همدما (سمت راست) نانو سیال $\phi = 0.03$ برای محفظه با بافل هدایت کننده در $Re = 1$ و $Re = 100$و $Re = 1000, Ra = 10^5$ ۶۸

Generated by Foxit PDF Creator © Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

فهرست نمادها

علائم لاتین

g	شتاب جاذبه زمین، ms^{-2}
h	عرض دریچه خروجی محفظه ، m
hb	ارتفاع بافل، m
H	ارتفاع محفظه، m
L	طول محفظه، m
Lb	فاصله بافل از دهانه ورودی، m
P	فشار، Pa
S	فاصله خط مرکزی دریچه خروجی از کف محفظه، m
t	زمان، s
T	دما، K
ΔT	اختلاف دما، $\Delta T = (T_h - T_c)$
u	سرعت در جهت x ، ms^{-1}
U	سرعت بی بعد در جهت x ، $U = u/u_c$
v	سرعت در جهت y ، ms^{-1}
V	سرعت بی بعد در جهت y ، $V = v/u_c$
x	مختصه افقی ، m
X	مختصه افقی بدون بعد، $X = x/H$
y	مختصه عمودی ، m
Y	مختصه عمودی بدون بعد، $Y = y/H$
Gr	عدد گراشهف، $Gr = g\,\beta\,H^3\,\Delta T/v^2$
Nu	نوسلت، $Nu = hH/k$
Pe	عدد پکله، $Pe = \rho u\delta/\Gamma$
Pr	عدد پرانتل، $\Pr = \upsilon/\alpha$
q''	نرخ انتقال حرارت سطح گرم، Wm^{-2}
Ra	عدد ریلی، $Ra = Gr.\Pr$
Re	عدد رینولدز، $\mathrm{Re} = u_c H/v$
Ri	عدد ریچاردسون ، $Ri = Gr/\mathrm{Re}^2$
α	ضریب پخش حرارتی، $m^2 s^{-1}$
β	ضریب انبساط گرمایی

Generated by Foxit PDF Creator © Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

علائم یونانی

B	نسبت طول به ارتفاع منابع حرارتی، $B = w / a$
θ	دمای بی بعد، $\theta = (T - T_c)/(T_h - T_c)$
δ	فاصله دو گره متوالی شبکه در یک جهت
μ	لزجت دینامیکی، $Pa.s$
υ	لزجت سینماتیکی، $m^2 s^{-1}$
ρ	دانسیته، $kg.m^{-3}$
ρ^0	دانسیته از گام زمانی قبل و معلوم در زمان τ
Γ	ضریب پخش
φ	متغیر عمومی
φ^0	متغیر عمومی گام قبل و معلوم در زمان τ
τ	زمان بی بعد، $\tau = tu_c / H$
ϕ	نسبت حجمی ذرات جامد
ψ	تابع جریان

زیر نویس ها

c	سیال سرد ورودی(cold)
e	خروجی(exit)
f	سیال خالص(fluid)
h	گرم(hot)
i	ورودی(inlet)
m	متوسط(mean)
nf	نانوسیال(nanofluid)
s	نانوذرات(solid)

Generated by Foxit PDF Creator © Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

فصل اول

مقدمه

۱-۱انتقال حرارت جابجایی توام

به طور کلی حرارت یا گرما در اثر اختلاف دما می تواند منتقل شود و همواره از سمت گرم تر به سمت سردتر حرکت می کند. این انتقال حرارت به سه روش هدایت، جابجائی و تشعشع انجام می گیرد. انتقال حرارت هدایتی وقتی خواهیم داشت که در یک محیط ساکن گرادیان دما وجود داشته باشد. جابجائی هنگام حرکت یک سیال از مجاور یک سطح با دمای متفاوت مطرح می شود و بالاخره کلیه سطوح با توجه به دمایی که دارند از خود انرژی صادر می کنند که اگر دو جسم با دمای متفاوت بتوانند با یکدیگر تشعشع مبادله کنند انتقال حرارت تشعشعی خواهیم داشت. انتقال حرارت جابجایی در واقع شامل دو مکانیزم است. به عبارتی علاوه بر پخش انرژی در اثر حرکت راندم مولکولها، در اینجا حرارت از طریق حرکت کلی سیال نیز منتقل می شود. می توان گفت که حرکت کل سیال با دمای متفاوت با دمای سطح باعث انتقال حرارت می شود، که این انتقال حرارت شامل هر دو مکانیزم فوق است [۱و۲].

بر اساس طبیعت جریان سیال می توان انتقال حرارت جابجائی را به جابجائی اجباری و جابجائی آزاد تقسیم بندی کرد. در جابجائی اجباری عامل حرکت سیال یک عامل خارجی، مانند پمپ، فن و یا وزش باد است. ولی در جابجائی آزاد (طبیعی) حرکت سیال در اثر نیروهای غوطه وری است که در نتیجه تغییرات جرم حجمی در اثر گرادیان دما در سیال به وجود می آید. مواقعی که جریان جابجایی اجباری در اثر جریان سیال با سرعت کم داشته باشیم، جابجائی آزاد نیز می تواند در رفتار سیال اثر بگذارد و به عبارتی جابجائی توأم آزاد و اجباری داریم.

کاربرد وسیع انتقال حرارت در صنایع گوناگون سبب گردیده است که افزایش راندمان دستگاههای حرارتی در الویت طراحان واحد های صنعتی قرار گیرد.تلاشهای زیاد محققان در سالهای گذشته جهت افزایش انتقال حرارت به ابداع روشهای مختلف در این راستا منجر شده است. افزایش راندمان و بهبود عملکرد دستگاههای

Generated by Foxit PDF Creator © Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

حرارتی از یک سو سبب صرفه جویی در انرژی شده و از طرف دیگر می تواند کوچک شدن ابعاد دستگاهها و در نتیجه کاهش هزینه مواد و ساخت دستگاه را به دنبال داشته باشد. متاسفانه بسیاری از روشهای مذکور با ازدیاد سطح در واحد حجم دستگاه امکان پذیر است که این مسئله سبب افزایش افت فشار می شود و با توجه به نیاز به پمپ قویتر هزینه لازم جهت انتقال سیال بیشتر می گردد.

بهینه سازی تجهیزات انتقال حرارت جهت رسیدن به راندمان بالاتر انرژی نیازمند تمرکز بر کوچک سازی تجهیزات از یک سو وافزایش انتقال حرارت بازای واحد سطح از سوی دیگرمی باشد. سیالاتی نظیر آب و روغنهای معدنی وگلایکول نقش زیادی در انتقال حرارت در فرایندهای صنعتی مانند فرایندهای تولید نیرو و فرایندهای شمیایی و فرایندهای سرمایش و گرمایش و میکرو الکترونیک بر عهده دارند. خواص ضعیف انتقال حرارت سیالات متداول نظیر سیالات مذکور اولین مانع جدی در فشرده سازی و کارامد کردن مبدل های حرارتی است.

هدایت حرارتی برخی از جامدات نظیر فلزات چند صد برابر مایعات متداول حامل انرژی است[۳]. بر این اساس ایده بهبود وافزایش هدایت حرارتی مایعات با افزودن ذرات جامد بسیار ریز شکل گرفته است.برخی از ذرات جامد مانند ذرات فلزی غیرفلزی و پلیمری را می توان با مایعات مخلوط کرده و از آنها سیال دوغابی شکل تهیه کرد. هرچند سوسپانسیون های حاصل محتوی ذرات با ابعاد میلی متری یا میکرومتر باشند مشکلاتی نظیر گرفتگی مجاری حرکتی سیال ته نشینی سریع و افت فشار بیش از حد ظاهر خواهد شد و در صورتی که ذرات دارای اندازه نانومتری باشد مشکلات فوق بسیار کمرنگ خواهد گردید[۴].

سیالات حامل انرژی در صنایع اغلب با حرکت در مجاری انتقال نظیر لوله ها و مبدلهای حرارتی انرژی را به نقاط مورد نظر منتقل می نماید. در این حالت آنچه برای مهندسین اهمیت دارد برآود میزان انتقال انرژی بواسطه جابه جایی سیال می باشد. برای این منظور باید ضریب انتقال حرارت در فرایند مورد نظر مشخص باشد تا بتوان از طریق آن میزان سطح مورد نیاز برای مبادله انرژی حرارتی را محاسبه کرد. برای سیالات متداول حامل انرژی این مسئله تا حدود زیادی حل شده و روابطی برای این منظور تدوین شده است. لیکن با مطرح شدن نانو سیالات در انتقال انرژی بحث تعیین ضریب انتقال حرارت جابه جایی در این سیالات نیز به وجود آمده است. در بررسی انتقال حرارت جابه جایی هر دو فرایند جابجایی آزاد و جابجایی اجباری نانو سیالات مورد توجه محققین قرار گرفته است. افزودن مقداری نانو ذره به یک سیال پایه علاوه بر اثری که روی ضریب هدایت حرارتی سیال پایه دارد فرایندهای جابجایی آزاد و اجباری را نیز تحت تاثیر قرار می دهد. این تاثیر می تواند به دلیل تغییر ضریب هدایت حرارتیِ، تغییر ظرفیت حرارتی، تغییر ویسکوزیته و نیز پدیده های نظیر حرکت براونی ذرات ایجاد شود. در ده سال گذشته ، خواص جالبی برای نانو سیالات گزارش شده است که در این میان، هدایت گرما بیشترین توجه را به خود جلب کرده است. ولی اخیرا خواص گرمای دیگری نیز مورد پژوهش قرار گرفته است. نانو سیالات را می توان در زمینه های مختلفی به کار برد، اما این کار با موانعی روبرو است، از جمله اینکه درباره نانوسیال چند نکته باید بیشتر مورد توجه قرار گیرد:

*تطابق نداشتن نتایج تجربی در آزمایشگاههای مختلف

*ضعف در تعیین مشخصات سوسپانسیون نانوذرات

*نبود مدلها و تئوریهای مناسب برای بررسی تعیین خواص نانوسیال

Generated by Foxit PDF Creator © Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

۱-۲نانو تکنولوژی

تکنولوژی تولید ذرات در اندازه های نانومتر را نانو تکنولوژی گویند. این ذرات می تواند تا اندازه ۱ نانومتر کوچک باشد. به عبارت دیگر نانو تکنولوژی توانائی بدست گرفتن کنترل ماده در ابعاد نانومتری (ملکولی) و بهره برداری از خواص و پدیده های این بعد در مواد، ابزارها و سیستم های نوین است. این تعریف ساده خود دربرگیرنده معانی زیادی است. به عنوان مثال فناوری نانو با طبیعت فرا رشته ای خود، در آینده در برگیرنده همه ی فناوریهای امروزین خواهد بود و به جای رقابت با فن آوری های موجود، مسیر رشد آنها را در دست گرفته و آنها را به صورت « یک حرف از علم» یکپارچه خواهد کرد. سازندگان تجهیزات صنعتی، علاقه بسیاری به کوچک کردن ابعاد و بالا بردن قدرت و سرعت این تجهیزات دارند. ولی این امر با استفاده از فناوریهای معمولی تقریبا به مرز نهایی خود نزدیک شده است. اما فناوری نانو ، راه دیگری را پیش پا گذاشته و می‌توان گفت دنیای صنعت را دگرگون ساخته است.

۱-۳ نانوسیال

با پخش کردن ذرات با اندازه نانومتر[۱] (نانو مواد) در سیال، نوع جدیدی از سیال بوجود می آید که نانوسیال[۲] نامیده می شود.

فن آوری جدید نانو تکنولوژی این امکان را فراهم آورده تا بتوان ذراتی با اندازه بسیار کوچک نانومتری تولید کرد. نانو سیالات طبقه جدیدی از سیالات انتقال حرارت می باشند که از طریق معلق سازی نانوذرات در درون سیالات معمولی و متداول انتقال حرارت که به عنوان سیال پایه شناخته می شوند به دست می آیند.

امروزه تحقیقات در زمینه نانو سیالات ابعاد بسیار گسترده ای پیدا کرده است. تهیه یک نانو سیال با ضریب هدایت حرارتی بالا برای انتقال حرارت بالاتر و تهیه نانو سیالات جدید با انواع نانوذرات دو مسئله مهمی هستند که ذهن پژوهشگران عرصه نانو تکنولوژی را به خود معطوف کرده اند. در شکل ۱-۱ تصویر نانوذرات مختلف مشاهده می گردد.

۱-۴ مزایای استفاده از نانوسیال

در این قسمت به بررسی مزایای استفاده از نانو سیال در صنایع می پردازیم.مهمترین مزیت های استفاده از نانوسیالات عبارتند از:

۱) بهبود انتقال حرارت

۲) کاهش توان لازم برای پمپاژ سیال

۳) کاهش گرفتگی و انسداد مجاری

۴) کاهش اندازه سیستم های انتقال حرارت

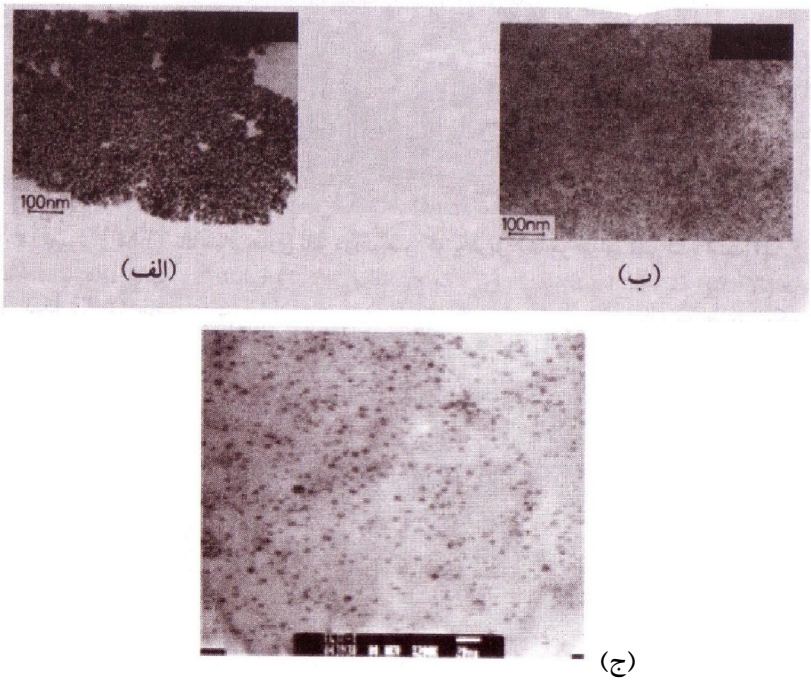
۵) کاهش هزینه ها

---

[1] Nanometer

[2] Nanofluid

Generated by Foxit PDF Creator © Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.



شکل۱-۱: تصویر نانوذرات الف)مس ، ب)نقره و ج)اکسید تیتانیوم[۳]

همانطور که می دانیم سطح ذرات در انتقال حرارت مؤثر بوده و استفاده از نانوسیال به افزایش سطح انتقال حرارت منجر می شود. با کاهش ذرات به حدود نانومتر درصد بیشتری از اتمهای آن در نزدیکی سطح مورد انتقال حرارت قرار می گیرند. نانو ذرات به کار گرفته شده یک سطح بسیار زیاد برای موضوع انتقال حرارت ایجاد می کند و همین عامل یک مزیت بالقوه برای نانوسیال می باشد[۵].

یکی دیگر از روش های افزایش انتقال حرارت بالا بردن ضریب انتقال حرارت جابجایی است که از طریق افزایش سرعت سیال برای بالا رفتن عدد رینولدز و به تبع آن عدد نوسلت ایجاد می گردد. این افزایش سرعت در درون تجهیزات به نوبه خود، مستلزم افزایش توان مصرفی پمپ می باشد. اگر نانوسیال برای انتقال حرارت به کار گرفته شود، در یک سرعت مشخص و معین افزایش انتقال حرارت نتیجه افزایش هدایت حرارتی سیال خواهد بود. به این معنی که با استفاده از نانو سیال بدون بالا بردن سرعت سیستم و توان پمپ می توان به مقدار زیادی انتقال حرارت را افزایش داد. بنابراین کاهش هزینه انرژی و کاهش توان مصرفی پمپ ها، از دیگر مزایای نانو سیال است.

می دانیم که افزودن مواد به سیال برای افزایش انتقال حرارت یکی از روش های قدیمی محسوب می شود با این تفاوت که در گذشته مواد با اندازه های میکرو مورد استفاده قرار می گرفت که این مسئله باعث گرفتگی مجاری و ته نشینی مواد می گردید. با استفاده از نانو سیالات این مشکل حل می گردد.

همچنین با توجه به قابلیتی که نانوسیال از خود در افزایش انتقال حرارت نشان داده است، برای انتقال یک مقدار مشخص حرارت، سیستم حرارتی لازم وقتی که از نانوسیال بجای سیال معمولی برای انتقال حرارت استفاده شود، از حجم و اندازه کوچکتری برخوردار خواهند شد. همچنین به دلیل کاهش توان مصرفی پمپ های انتقال سیال از طرفی و کاهش اندازه و وزن تجهیزات انتقال حرارت از طرف دیگر با

Generated by Foxit PDF Creator © Foxit Software
http://www.foxitsoftware.com For evaluation only.

بکارگیری نانوسیال صرفه جویی قابل ملاحظه ای در هزینه های سرمایه گذاری و عملیاتی واحد های صنعتی ایجاد می گردد[۳].

۱-۵عوامل مؤثر بر ضریب هدایت حرارتی نانوسیال

میزان افزایش ضریب هدایت حرارتی نانو سیال نسبت به سیال پایه بستگی به پارامترهای مختلفی دارد که در زیر به تعدادی از آنها اشاره شده است.

۱) غلظت نانوذرات

۲) PH نانو ذره

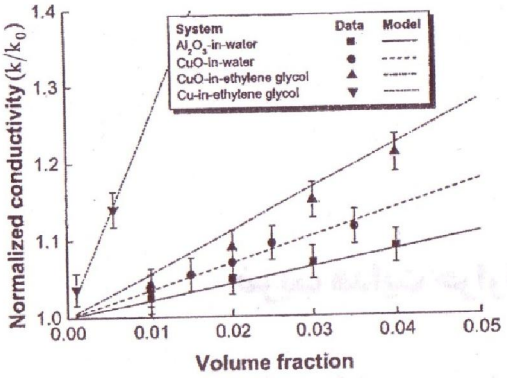
۳) دمای نانوسیال

۴) اندازه نانو ذرات

از این میان در مورد اثر اندازه نانوذرات بر انتقال حرارت نانوسیالات در فصل ۴ به طور مفصل توضیح داده شده است.

۱-۵-۱اثر غلظت نانوذرات بر ضریب هدایت حرارتی نانوسیال

با افزایش غلظت نانو ذرات عموما ضریب هدایت حرارتی نانو سیال افزایش می یابد. در شکل ۱-۲ نسبت ضریب هدایت حرارتی نانو سیال به سیال پایه برای نانو سیالهای آب - اکسید آلومینیوم ،آب-اکسید مس، اتیلن گلایکول-اکسید مس و اتیلن گلایکول-مس بر حسب غلظت نانو سیال رسم شده است. همانگونه که از این شکل پیداست افزایش غلظت نانو ذرات توام با افزایش ضریب هدایت حرارتی سیال است. معادلات ریاضی ارائه شده برای تخمین ضریب هدایت حرارتی نانو سیالات[۵] نیز موید این موضوع است.



شکل۱-۲: اثر غلظت نانوذرات بر ضریب هدایت حرارتی سیال [۵]

در شکل ۱-۳ اثرات غلظت نانو ذرات مس بر ضریب هدایت حرارتی آب نشان داده شده است. این نمودارها بر اساس یافته های حاصل از مدل های ریاضی ارائه شده توسط محققین رسم شده است[۵].