دانشکده مهندسی مکانیک

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

گرایش سیستم محرکه خودرو

عنوان:

بررسی شاخصه‌های انتقال حرارت در نانوسیالات در موتورهای احتراق داخلی

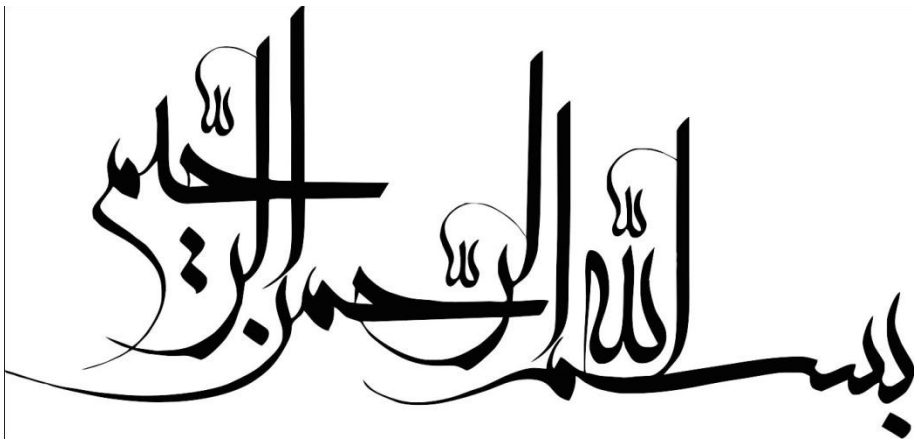
اساتید راهنما:

دکتر علی کشاورز ولیان دکتر مسعود ضیاءبشرحق

نگارنده:

آذین شکوهی

شهریور ۱۳۹۰


بسم الله الرحمن الرحيم

تقدیم به:

مادر و پدرم به‌خاطر زحمات بی‌دریغشان و همسرم که با صبر و تحمل و کمک‌های بی‌دریغش، مشکلات مسیر را برایم هموار نمود.

تائیدیه هیئت داوران

هیئت داوران پس از مطالعه پایان نامه و شرکت در جلسه دفاع از پایان نامه تهیه شده تحت عنوان :

«بررسی شاخصه‌های انتقال حرارت در نانوسیالات در موتورهای احتراق داخلی»

توسط آذین شکوهی صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی مکانیک مورد تایید قرار می دهد.

۱-استاد راهنما:	آقای دکتر علی کشاورز ولیان
۲- استاد راهنما:	آقای دکتر مسعود ضیاء بشرحق
۳- ممتحن:	آقای دکتر سید علی جزایری
۴- ممتحن:	آقای دکتر مجید بازارگان

اظهارنامه دانشجو

موضوع پایان نامه: بررسی شاخصه‌های انتقال حرارت در نانوسیالات در موتورهای احتراق داخلی

استاد راهنما : آقایان دکتر علی کشاورز ولیان و دکتر مسعود ضیاء بشرحق

دانشجو : آذین شکوهی

شماره دانشجویی: ۸۷۰۲۲۸۴

اینجانب آذین شکوهی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک گرایش سیستم محرکه خودرو دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در این پایان نامه توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده مورد تایید می‌باشد و در موارد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. بهعلاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون برای دریافت هیچ مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان‌نامه چارچوب مصوب دانشگاه بطور کامل رعایت شده است.

تاریخ: ۱۳۹۰/۶/۳۰

حق نشر و مالکیت نتایج

۱- حق چاپ و تکثیر این پایان نامه متعلق به نویسنده آن می‌باشد. هر گونه کپی برداری بصورت کل پایان نامه یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی مجاز می‌باشد. ضمناً متن این صفحه نیز باید در نسخه تکثیر وجود داشته باشد.

۲- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی می‌باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.

همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع، مجاز نمی باشد.

تقدیر و تشکر

بر خود لازم می‌دانم کمال تشکر و قدردانی را از راهنمایی‌های دلسوزانه اساتید فـرزانه، جناب آقای دکتر علی کشاورز ولیان و جناب آقای دکتر مسعود ضیاء بشرحق داشته باشم. شاگردی ایشان را افتخاری برای خود می‌دانم. بی‌شک رهنمودهای ایشان، چراغ راه زندگیم خواهد بود.

همچنین از آقای مهندس محمد سالمی مجرد که مرا در انجام این پروژه بسیار یاری نمودند کمال تشکر را دارم. از آقایان محمدرضا روشی و علی قاسمیان که کمک شایانی در پیشبرد این پروژه نمودند نیز سپاسگزارم.

چکیده

طی سال‌های گذشته از روش‌های متعددی جهت افزایش نرخ انتقال حرارت برای دستیابی به بازده حرارتی مطلوب استفاده شده است. نرخ انتقال حرارت را با تغییر در هندسه جریان، شرایط مرزی یا بهبود در خواص ترموفیزیکی سیال از قبیل افزایش ضریب هدایت حرارتی می‌توان بهبود بخشید. در تحقیق حاضر اثر افزودن نانوذرات جامد آلومینا به آب بر روی انتقال حرارت جابه‌جایی اجباری در داخل یک لوله دایره‌ای به طور تجربی و عددی مورد بررسی قرار گرفته است. برای انجام این کار، ابتدا نانوسیال آب – آلومینا توسط یک دستگاه فراصوت با غلظت‌های حجمی مختلف از نانوذرات آلومینا تهیه شده است. سپس انتقال حرارت جابه‌جایی اجباری این نانوسیال در داخل یک لوله مسی با شرط مرزی دمای دیواره ثابت، تحت شرایط رژیم آرام که تنها به توسعه‌یافتگی هیدرودینامیکی خواهد رسید، به طور تجربی مورد مطالعه قرار گرفته است. بررسی‌ها شامل اثر حضور نانوذرات، غلظت‌های مختلف آن‌ها و عدد رینولدز بوده است.

در مرحله بعد جهت صحه گذاری بر نتایج آزمایش، هندسه آزمایش با روش عددی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. جهت شبیه سازی عددی از نرم افزار ANSYS FLUENT استفاده شده است. جهت تحلیل حرارتی و جریانی نانوسیال از روش دو فاز استفاده شده است. نتایج به دست آمده از تحلیل عددی انطباق خوبی با نتایج آزمایشگاهی داشته است.

نتایج به دست آمده از آزمایش‌های تجربی و تحلیل حرارتی نانوسیال آلومینا – آب نشان می‌دهد که افزودن نانوذرات آلومینا به آب با غلظت‌های ٪۰/۵ و ٪۱ در محدوده اعداد رینولدز بین ۶۵۰ تا ۲۳۰۰، ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی را به اندازه ٪۱۰ تا ٪۲۳ نسبت به سیال پایه (آب) افزایش خواهد داد.

فهرست مطالب:

فصل اول- مروری بر مطالعات انجام شده	۱
۱-۱- مقدمه	۲
۱-۲- پیشینه	۲
۱-۳- اثرات و سودمندی‌های نانوسیالات	۴
۱-۴- مطالعات تجربی روی هدایت حرارتی نانوسیالات	۵
۱-۴-۱- روش اندازه‌گیری	۵
۱-۴-۲- اثر سایز و کسر حجمی ذرات	۶
۱-۴-۳- اثر دمای سیال	۱۱
۱-۵- مطالعات انجام شده روی پخش حرارتی نانوسیالات	۱۳
۱-۶- مطالعات انجام شده روی ویسکوزیته نانوسیالات	۱۴
۱-۷- مطالعات تئوری روی نانوسیالات	۱۹
۱-۷-۱- مکانیزم مؤثر در افزایش رسانایی حرارتی نانوسیالات	۱۹
۱-۷-۲- مدل‌ها جهت تعیین رسانایی حرارتی	۲۰
۱-۸- مطالعات انجام شده روی انتقال حرارت جابه‌جایی در نانوسیالات	۲۳
۱-۹- مطالعات عددی انجام شده روی انتقال حرارت نانوسیالات	۲۵
فصل دوم- روش‌های تولید نانوسیالات	۲۷
۲-۱- مقدمه	۲۸
۲-۲- مواد مورد استفاده به عنوان نانوذرات و سیال پایه	۲۸
۲-۲-۱- مواد مورد استفاده به عنوان نانوذرات	۲۸
۲-۲-۲- مواد مورد استفاده به عنوان سیال پایه	۲۸
۲-۳- روش‌های ساخت نانوذرات	۲۹
۲-۳-۱- چگالش بخار	۲۹
۲-۳-۲- سنتز شیمیایی	۳۰
۲-۳-۳- فرآیندهای حالت جامد	۳۰
۲-۴- تهیه نانوسیال	۳۰
۲-۴-۱- روش یک مرحله ای	۳۰
۲-۴-۲- روش دو مرحله ای	۳۲

۳-۱- جریان داخلی ۳۵
۳-۱-۱- مقدمه ۳۵
۳-۱-۲- ملاحظات هیدرودینامیکی ۳۵
۳-۱-۲-۱- شرایط جریان ۳۵
۳-۱-۲-۲- سرعت میانگین ۳۶
۳-۱-۳- ملاحظات گرمایی ۳۷
۳-۱-۳-۱- دمای میانگین ۳۸
۳-۱-۴- موازنه انرژی ۳۸
۳-۲- روش تحلیل حرارتی و جریانی نانوسیال ۴۰
۳-۲-۱- روش تک فازی ۴۰
۳-۲-۲- روش چند فازی ۴۲
۳-۲-۲-۱- مدل اویلر-اویلر ۴۲
۳-۲-۲-۲- مدل انتقالی ذرات یا لاگرانژی ۴۳
۳-۳- مدل مخلوط ۴۵
۳-۳-۱-معادلات حاکم ۴۶
۳-۳-۱-۱-معادله‌ی پیوستگی برای مخلوط ۴۶
۳-۳-۱-۲- معادله‌ی بقای مومنتوم برای مخلوط ۴۷
۳-۳-۱-۳- معادله‌ی انرژی برای مخلوط ۴۷
۳-۳-۱-۴- معادله‌ی کسر حجمی برای فازهای دوم ۴۹
فصل چهارم- تعیین ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی میانگین و افت فشار در نانوسیالات به روش تجربی ۵۰
۴-۱- مقدمه ۵۱
۴-۲- سیستم آزمایش ۵۱
۴-۳- نحوه تولید نانوسیال ۵۳
۴-۴- نحوه انجام آزمایش ۵۴
۴-۵- نتایج آزمایش‌های تجربی ۵۴
۴-۵-۱- محاسبه ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی میانگین ۵۴
۴-۵-۲- محاسبه عدد ناسلت میانگین ۵۷
۴-۵-۳- محاسبه افت فشار ۶۰

فصل پنجم- تحلیل حرارتی و جریانی نانوسیال به روش عددی ۶۱
۵-۱- مراحل شبیه‌سازی عددی ۶۲
۵-۱-۱- مشخصات هندسه مدل‌سازی شده ۶۲
۵-۱-۲- مشخصات شبکه‌ی حل ۶۲
۵-۱-۳- تعریف مسئله در مدل مخلوط ۶۳
۵-۲- نتایج شبیه‌سازی عددی ۶۶
۵-۲-۱- ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی میانگین ۶۶
۵-۲-۲- عدد ناسلت میانگین ۶۷
۵-۲-۳- افت فشار در طول لوله ۷۰
فصل ششم- نتیجه‌گیری و پیشنهاد برای تحقیقات آتی ۷۱
۶-۱- مقایسه نتایج آزمایش‌های تجربی و شبیه‌سازی عددی ۷۲
۶-۱- ۱- مقدمه ۷۲
۶-۱- ۲- توزیع دما در سطح مقطع‌هایی خاص از لوله ۷۲
۶-۱-۳- ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی میانگین ۷۵
۶-۱-۴- افت فشار در طول لوله ۷۸
۶-۲- جمع‌بندی نتایج ۷۹
۶-۳-پیشنهاد برای تحقیقات آتی ۸۰
پیوست الف- استخراج روابط جریان داخلی ۸۱
الف-۱- موازنه انرژی ۸۲

فهرست شکل‌ها

شکل ۱- ۱- رسانایی حرارتی مواد متداول (جامد و مایع) در دمای ۳۰۰ درجه کلوین ۳
شکل ۲- ۱- روش یک مرحله‌ای- کاتدپرانی ماگنترون فشار بالا ۳۱
شکل ۲- ۲- روش دو مرحله‌ای تهیه نانوسیال ۳۳
شکل ۳- ۱- رشد لایه مرزی هیدرودینامیکی آرام در یک لوله دایره‌ای ۳۵
شکل ۳- ۲- رشد لایه مرزی گرمایی در یک لوله دایره‌ای گرم شده ۳۷
شکل ۴- ۱- طرح کلی سیکل آزمایش ۵۲
شکل ۴- ۲- نمونه‌هایی از نانوسیال تولیدی پس از سه روز ۵۳
شکل ۴- ۳- ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی میانگین تجربی برای آب و نانوسیال آب – آلومینا با غلظت‌های حجمی مختلف در برابر عدد رینولدز. ۵۶
شکل ۴- ۴- نسبت ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی میانگین نانوسیال آب - آلومینا به آب مقطر ۵۷
شکل ۴- ۵- عدد ناسلت میانگین تجربی برای آب مقطر و نانوسیال آب – آلومینا ۵۸
شکل ۴- ۶- مقایسه عدد ناسلت میانگین تجربی با رابطه هاوزن برای نانوسیال آب-آلومینا با غلظت حجمی٪۰/۵ ۵۹
شکل ۴- ۷- مقایسه عدد ناسلت میانگین تجربی با رابطه هاوزن برای نانوسیال آب-آلومینا با غلظت حجمی٪۱ ۵۹
شکل ۴- ۸- نسبت افت فشار در نانوسیال آب – آلومینا به افت فشار در آب مقطر ۶۰
شکل ۵- ۱- شماتیک هندسه مش زده شده ۶۳
شکل ۵- ۲- ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی میانگین آب و نانوسیال آب – آلومینا در برابر عدد رینولدز ۶۶
شکل ۵- ۳- نسبت ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی میانگین نانوسیال به آب در برابر عدد رینولدز ۶۷
شکل ۵- ۴- عدد ناسلت میانگین برای آب مقطر و نانوسیال آب – آلومینا ۶۸
شکل ۵- ۵- نسبت عدد ناسلت نانوسیال آب – آلومینا به آب مقطر ۶۸
شکل ۵- ۶- توزیع دمای توده آب و نانوسیال آب – آلومینا در طول لوله در عدد رینولدز ۸۷۰ ۶۹
شکل ۵- ۷- توزیع دمای توده آب و نانوسیال آب – آلومینا در طول لوله در عدد رینولدز ۲۰۰۰ ۶۹
شکل ۵- ۸- نسبت افت فشار در نانوسیال آب – آلومینا به افت فشار در آب مقطر ۷۰
شکل ۶- ۱- مقایسه توزیع دما در حل عددی با دماهای اندازه‌گیری شده توسط ترموکوپل‌ها در آزمایش‌های تجربی- عدد رینولدز۶۵۷ ۷۲
شکل ۶- ۲- مقایسه توزیع دما در حل عددی با دماهای اندازه‌گیری شده توسط ترموکوپل‌ها در آزمایش‌های تجربی- عدد رینولدز۸۷۰ ۷۳

شکل ۶ -۳- مقایسه توزیع دما در حل عددی با دماهای اندازه‌گیری شده توسط ترموکوپل‌ها در آزمایش‌های تجربی- عدد رینولدز ۱۲۰۰ ۷۳
شکل ۶- ۴- مقایسه توزیع دما در حل عددی با دماهای اندازه‌گیری شده توسط ترموکوپل‌ها در آزمایش‌های تجربی- عدد رینولدز ۱۷۰۰ ۷۴
شکل ۶- ۵- مقایسه توزیع دما در حل عددی با دماهای اندازه‌گیری شده توسط ترموکوپل‌ها در آزمایش‌های تجربی- عدد رینولدز ۲۰۰۰ ۷۴
شکل ۶- ۶- مقایسه توزیع دما در حل عددی با دماهای اندازه‌گیری شده توسط ترموکوپل‌ها در آزمایش‌های تجربی- عدد رینولدز ۲۳۰۰ ۷۵
شکل ۶- ۷- مقایسه نتایج نسبت ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی میانگین نانوسیال آب - آلومینا به آب برای دو روش تجربی و عددی ۷۶
شکل ۶- ۸- مقایسه نسبت عدد ناسلت میانگین نانوسیال آب – آلومینا به آب برای دو روش تجربی و عددی ۷۶
شکل ۶- ۹- عدد ناسلت میانگین بی‌بعد شده نانوسیال آب - آلومینا بر حسب رینولدز ۷۷
شکل ۶- ۱۰- مقایسه نسبت افت فشار در نانوسیال آب - آلومینا نسبت به آب برای دو روش تجربی و عددی ۷۸
شکل الف- ۱- حجم کنترل برای جریان داخلی در لوله ۸۲
شکل الف- ۲- تغییرات محوری دما برای انتقال گرما در داخل لوله با دمای ثابت سطح ۸۵

فهرست جداول

جدول ۱- ۱- خلاصه‌ای از نتایج هدایت حرارتی نانوسیالات ۷
جدول ۱-۲- خلاصه‌ای از روابط ارائه شده برای ویسکوزیته نانوسیالات ۱۶
جدول ۱-۳- خلاصه‌ای از مدل‌های کلاسیک ارائه شده برای ضریب هدایت حرارتی نانوسیالات ۲۲
جدول ۱-۴- خلاصه‌ای از نتایج مطالعات تجربی انجام شده روی انتقال حرارت جابه‌جایی اجباری در نانوسیالات ۲۴
جدول ۴- ۱- خواص ترموفیزیکی نانوذرات آلومینا ۵۴
جدول ۵- ۱- شرایط مرزی برای مخلوط و هر یک از فازها ۶۵

علائم:

شتاب	a
گرمای ویژه در فشار ثابت	c_p
گرمای ویژه در حجم ثابت	c_v
قطر لوله	D
قطر نانوذرات	d
نرخ انتقال انرژی گرمایی	
ضریب اصطکاک	f
تابع درگ	f_{drag}
شتاب گرانش	g
آنتالپی محسوس	h
ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی میانگین	
ضریب هدایت حرارتی	K
طول لوله	L
دبی جرمی	
عدد ناسلت میانگین	
عدد پرانتل	Pr
شعاع لوله	r
عدد رینولدز	Re
دما	T
سرعت میانگین	u_m
فاصله محوری	x
زیربندها:	
سیال پایه	bf
سطح مقطع	c
تجربی	exp
فاز اول- سیال	f
کاملاً توسعه‌یافته	fd
هیدرودینامیکی	h
ورودی	i
شماره فاز	k
جریان آرام	lam
مخلوط	m
نانوسیال	nf

عددی	Num
خروجی	o
فاز دوم - ذرات	p
سطح	s
حرارتی	t
جریان مغشوش	turb
نمادهای یونانی:	
چگالی	ρ
ویسکوزیته سینماتیکی	μ
ویسکوزیته دینامیکی	υ
غلظت حجمی نانوذرات	φ
افت فشار	ΔP

فصل اول- مروری بر مطالعات انجام شده

۱-۱- مقدمه

طی سال‌های گذشته از روش‌های متعددی جهت افزایش نرخ انتقال حرارت برای دستیابی به بازده حرارتی مطلوب استفاده شده است. نرخ انتقال حرارت را با تغییر در هندسه جریان، شرایط مرزی یا بهبود در خواص ترموفیزیکی سیال از قبیل افزایش ضریب هدایت حرارتی می‌توان بهبود بخشید. پایین بودن ضریب هدایت حرارتی سیال‌های متداول از قبیل آب، روغن و اتیلن‌گلیکول یک عامل بازدارنده در بهبود بازده حرارتی و کوچکتر کردن مبدل‌های حرارتی می‌باشد. رفع این مشکل منوط به دستیابی به سیال با ضریب هدایت حرارتی بالاتر است. راه حلی که برای افزایش هدایت حرارتی سیال به نظر می‌رسد، افزودن ذرات ریز جامد به سیال پایه می‌باشد. این ذرات می‌توانند پودر مواد فلزی، غیرفلزی و یا پلی‌مریک باشند.

ماکسول نخستین کسی بود که امکان افزایش هدایت حرارتی یک مخلوط جامد - مایع را با افزودن درصد حجمی بیشتر از ذرات جامد، نشان داد. او ذرات در ابعاد میکرو و میلی‌متر را مورد بررسی قرار داد. اما آن ذرات منشأ مشکلات متعددی از قبیل خوردگی، مسدود کردن، افت فشار زیاد و پایداری کم بودند. لذا احساس نیاز به نوع جدیدی از سیال با ضریب هدایت حرارتی بهبود یافته در حالی که از اثرات نامطلوب ناشی از حضور ذرات جامد در آن اجتناب شود، افزایش یافت. این نوع جدید سیال که بتواند این نیازهای مهم را برآورده کند، نانوسیال نامیده می‌شود. نانوسیالات، مایعاتی هستند که ذرات با سایز نانو و معمولاً کمتر از ۱۰۰ نانومتر به طور یکنواخت و پایدار در آن‌ها حل شده‌اند. در سال‌های اخیر گزارش‌ها مبنی بر افزایش قابل توجه ضریب هدایت حرارتی سیال با استفاده از غلظت‌های کم از ذرات نانو در داخل سیال، باعث شده است تا توجه شایانی به این نانوذرات در کاربردهای مختلفی از قبیل مبدل‌های حرارتی، نیروگاه‌ها و خنک کاری ماشین‌آلات صورت گیرد.

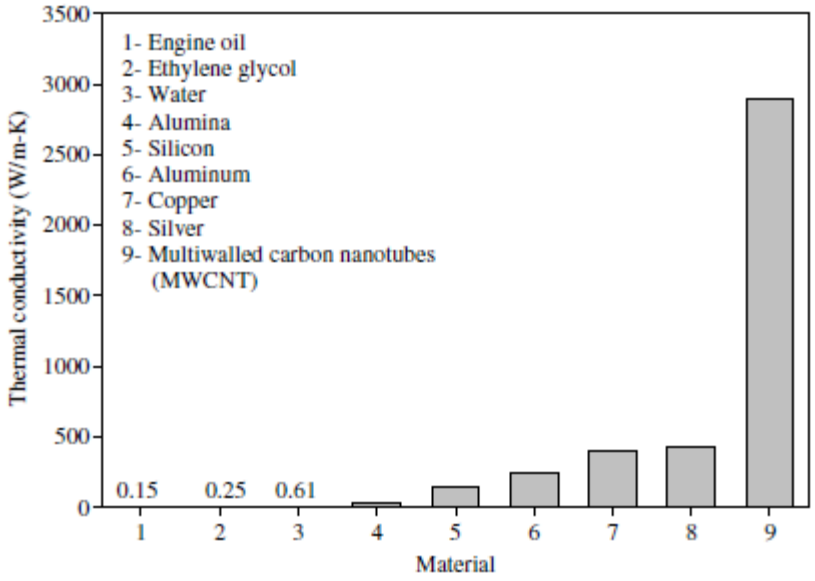
با به کارگیری نانوسیالات و افزایش راندمان حرارتی ناشی از بهبود خواص ترموفیزیکی سیال، امکان کوچک شدن تجهیزات انتقال حرارت فراهم شده است.

۱-۲- پیشینه

با افزایش بارهای حرارتی به جهت استفاده از دستگاه‌های میکروالکترونیک و افزایش توان خروجی، مدیریت حرارتی این دستگاه‌ها جهت حفظ بازده مطلوب و عمر مفید آن‌ها، مهمترین موضوع در صنایع با تکنولوژی پیشرفته مانند میکروالکترونیک، حمل و نقل و ساخت می‌باشد. روش مرسوم افزایش نرخ خنک‌کاری استفاده از سطوح حرارتی گسترش یافته برای تبادل حرارتی با سیال انتقال حرارت می‌باشد. اما این روش نیازمند بزرگ نمودن ابعاد سیستم‌های خنک کاری می‌باشد. علاوه بر این ضعیف بودن خواص ترموفیزیکی سیال‌های انتقال حرارت متداول مانند آب، اتیلن‌گلیکول یا روغن عامل محدودکننده مهم در بازده خنک کاری می‌باشد. بنابراین روش‌های مرسوم نمی‌توانند نیاز به خنک کاری زیاد را در

صنایع با تکنولوژی بالا برآورده کنند. لذا نیاز به روش‌های خنک کاری پیشرفته و سیال‌های جدید با خواص ترموفیزیکی برتر از سیالات متداول وجود دارد.

واضح است که در دمای اتاق جامدات فلزی رسانایی حرارتی بیشتری از سیالات دارند. برای مثال هدایت حرارتی مس در دمای اتاق حدود ۷۰۰ برابر بیشتر از آب و حدود ۳۰۰۰ برابر بیشتر از روغن موتور می‌باشد (شکل۱-۱). لذا انتظار می‌رود که رسانایی حرارتی سیالات شامل ذرات معلق فلزی یا غیر فلزی (اکسید فلزات) به میزان قابل توجهی بیشتر از سیالاتی باشد که در حال حاضر کاربردهای انتقال حرارتی دارند. از آن‌جا که رسانایی حرارتی سیال نقش حیاتی در پیشرفت تجهیزات انتقال حرارتی با بازده بالا دارد، از حدود یک قرن پیش زمانی که ماکسول [۱] برای نخستین بار موضوع تعلیق ذرات کوچک در داخل یک سیال را مطرح کرد، مطالعات تجربی و تئوری فراوانی روی افزایش هدایت حرارتی این نوع سیالات انجام شده است.



شکل ۱- ۱- رسانایی حرارتی مواد متداول (جامد و مایع) در دمای ۳۰۰ درجه کلوین [۲]

با وجود این که همه‌ی این مطالعات راجع به هدایت حرارتی مایعاتی بود که ذرات جامد با سایز میلی و میکرومتر در آن‌ها معلق شده بودند اما مشکل اصلی این سوسپانسیون‌ها ته‌نشینی سریع ذرات، مسدود شدن کانال‌های جریان و افت فشار زیاد در سیال بود. اگر هم سیال به اندازه کافی سریع به چرخش در می‌آمد که ذرات ته‌نشین نشوند، میکروذرات به دیواره‌های دستگاه‌های انتقال حرارت مانند لوله و کانال‌ها آسیب زده و آن‌ها را فرسوده می‌نمودند. در مقابل، نانوذرات به خاطر نسبت سطح به حجم بالایی که دارند، قادرند در سیال معلق مانده و مشکل خوردگی و مسدود شدن را نداشته باشند. نانوذرات هم‌چنین

به دلیل مرتبه کوچکتری که نسبت به میکروسیستم‌ها دارند، جهت استفاده در این سیستم‌ها مناسب هستند.

در طول چند دهه اخیر، دانشمندان و مهندسین تلاش زیادی کرده‌اند تا سیالاتی ارائه دهند که در مقایسه با سیال‌های مرسوم بازده حرارتی و خنک کاری بهتری جهت استفاده در سیستم‌های حرارتی مختلف داشته باشند.

کاربرد نانوتکنولوژی در مهندسی حرارت - مفهوم تازه "نانوسیال" که توسط لابراتوار ملی آرگون آمریکا توسط چوی[1] [۳] در سال ۱۹۹۵ ارائه شد - راه حل مقابله با چالش مطرح شده می‌باشد. این کلاس جدید از سیالات (نانو سیالات) که از تحقیقات در ده سال گذشته به دست آمده‌اند با انتشار ذرات، میله و یا لوله‌هایی از مواد جامد با ابعاد نانومتر در سیال‌های عامل متداول بدست می‌آیند. نانوسیالات خواص حرارتی بسیار بالاتری به خصوص در زمینه‌ی هدایت حرارتی نسبت به سیالات پایه دارند[۴-۱۲]. این سیالات توجه زیادی از جامعه‌ی محققین را به جهت پتانسیلی که برای کاربرد در زمینه‌های مهم مانند میکروالکترونیک، حمل و نقل، ساخت، دارویی و تهویه مطبوع دارند، به خود جلب نموده اند.

۱-۳- اثرات و سودمندی‌های نانوسیالات

با در نظر گرفتن این مسئله که بازده حرارتی مبدل‌های حرارتی و یا وسایل خنک کاری در صنایع مختلف، بسیار مهم و حیاتی می‌باشد، استفاده از تکنولوژی نانوسیالات بسیار تأثیرگذار خواهد بود. برای مثال، صنعت حمل و نقل نیاز به کاهش سایز و وزن سیستم مدیریت حرارتی خودرو دارد و نانوسیال می‌تواند میزان انتقال حرارت خنک کننده یا روان کننده را افزایش دهد. هنگامی که نانوذرات به طور مناسب در سیال پراکنده شوند، نانوسیال می‌تواند محاسن زیادی علاوه بر افزایش قابل توجه هدایت حرارتی مؤثر داشته باشد[۲, ۱۳]. این محاسن عبارتند از :

۱- پایداری و انتقال حرارت بهبود یافته: چون انتقال حرارت در سطح ذرات اتفاق می‌افتد، مطلوب است که از ذراتی استفاده شود که سطح جانبی زیادی دارند. سطح جانبی نسبتاً زیاد نانوذرات در مقایسه با میکروذرات قابلیت انتقال حرارت بسیار بهتری را فراهم می‌آورد. به علاوه ذرات ریزتر از ۲۰ نانومتر، ٪۲۰ از اتم‌های خود را روی سطح خود حمل می‌کنند، همین امر باعث می‌شود که برای تعادل حرارتی بسیار سریع عمل کنند[۲]. با این ذرات فوق‌العاده ریز، نانوسیالات می‌توانند به نرمی در ریزترین کانال‌ها مانند میلی و میکرو جریان یابند. چون نانوذرات کوچک هستند، جاذبه در مورد آن‌ها اهمیت کمتری می‌یابد و لذا با کاهش شانس ته‌نشینی آن‌ها یک نانوسیال پایدار خواهیم داشت.

---

[1] Choi