

دانشگاه یزد
دانشکده فنی و مهندسی
گروه مهندسی مکانیک

پایان نامه
برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
مهندسی مکانیک - تبدیل انرژی

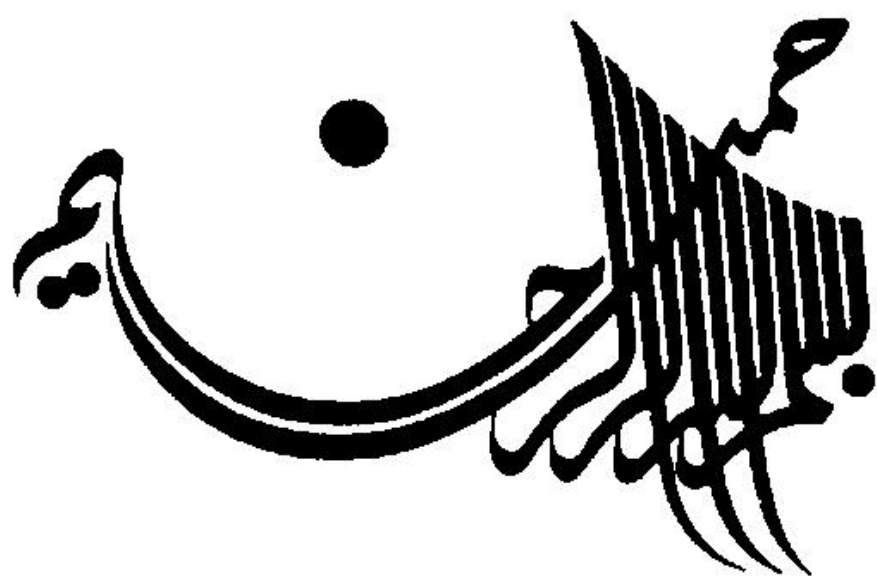
بررسی عددی جریان و انتقال حرارت جابجایی مخلوط
نانوسیال در محفظه تهویه شده حاوی چشمه حرارتی فین دار

استاد راهنما: دکتر محمد سفید

استاد مشاور: دکتر علی اکبر دهقان

پژوهش و نگارش: امیر حسین نگهی

شهریور ۹۳



تقدیر و تشکر

خدای را سپاس که به من توان داد تا مراحل نگارش این پایان نامه را نیز به پایان برسانم. حال، در پایان مراحل انجام این پایان نامه، لازم می‌دانم تا از زحمات تمامی افرادی که به هر نحوی در انجام این کار یاری رسان من بوده اند تشکر نمایم. پیش از همه، بر خود لازم می‌دانم تا با نهایت ادب و فروتنی از زحمات استاد کرامتقدر، جناب آقای دکتر محمد سفید که استاد راهنمای اینجانب در طول دوره‌ی کارشناسی ارشد بوده اند، تقدیر و سپاسگزاری نمایم. هم‌چنین از زحمات جناب آقای دکتر علی اکبر دهقان که به عنوان استاد مشاور، یاری‌گر من در طی مراحل مختلف انجام این پایان نامه بودند، نهایت سپاس‌گزاری را دارم.

تقدیم بہ
آئینہ سی افتادگی و صلابت

پدرم

و تندیں سادگی و نجات

مادرم.

چکیده

سیالاتی از قبیل آب و اتیلن گلیکول یا پروپیلن گلیکول به عنوان سیال عامل انتقال حرارت نقش مهمی در بسیاری از کاربردهای صنعتی ایفا می‌کنند. مشکل عمده‌ی این نوع سیالات، رسانش حرارتی کم آن‌ها می‌باشد که منجر به پایین ماندن نرخ انتقال حرارت آن‌ها می‌گردد. یکی از روش‌های جدید برای افزایش رسانش حرارتی این قبیل سیالات افزودن ذرات فلزی در سایز نانو به سیال است. استفاده از نانوذرات فلزی به همراه هدایت حرارتی بالا، هدایت حرارتی موثر این دسته از سیالات را به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌دهد. در سال‌های اخیر نانوسیالات توجه زیادی را در زمینه‌ی خنک سازی در کاربردهای صنعتی گوناگون به خود جلب کرده است.

انتقال حرارت جابجایی در نانوسیالات را می‌توان با دو روش تک فاز و دو فاز مدل کرد. در تحقیق حاضر انتقال حرارت جابجایی مخلوط (آرام) در محفظه در حال تهویه با حضور مانع داخلی به صورت مدل دو فازی اویلری- اویلری (مخلوط) بررسی شده است. دیواره‌های محفظه آدیباتیک و سیال ورودی در دمای سرد فرض شده است. پارامترهای مورد بررسی عبارتند از: شدت سیال ورودی ($100 \leq Re \leq 500$)، اثرات توان تولیدی یا شار حرارتی (عدد گراشف $(10^3 \leq Gr \leq 10^5)$)، غلظت نانوسیال ($0 \leq \Phi \leq 0.05$) و تغییر موقعیت چشمه حرارتی. چشمه‌ی داخلی دارای شار حرارتی ثابت می‌باشد و همچنین بر روی چشمه دو فین تعبیه شده است. در این تحقیق از یک روش عددی حجم محدود استفاده شده است. تاثیر عدد گراشف، کسر حجمی نانوذرات، عدد رینولدز، موقعیت‌های مختلف چشمه و نوع نانوسیال مورد مطالعه قرار گرفته است و نتایج به صورت نمودارهای خط جریان، هم دما و عدد ناسلت ارائه شده‌اند.

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که افزایش کسر حجمی نانوذرات سبب افزایش ناسلت جریان شده ولی افزایش گراشف بسته به رینولدز جریان موجب افزایش یا کاهش ناسلت جریان می‌شود.

به عنوان مثال در رینولدز ۱۰۰ و در گراشف 10^3 در حالت آب خالص ناسلت متوسط برابر $84/16$ و در غلظت $0.05/0$ به عدد $96/17$ رسیده است. ($6/65/6$ ٪ افزایش). در رینولدز ۵۰۰ و در گراشف 10^4 در حالت آب خالص ناسلت برابر $39/17$ و در حالت غلظت $0.05/0$ برابر $35/18$ می‌باشد ($5/52/5$ ٪ افزایش).

فین‌ها به دلیل اینکه سبب افزایش سطح انتقال حرارت می‌شوند، خود عامل مناسبی برای بهبود در انتقال حرارت می‌باشند. در اینجا با توجه به بررسی ناسلت متوسط چشمه در مرکز حفره، با افزودن فین‌ها در دو طرف چشمه، سبب بهبود در انتقال حرارت نسبت به حالت بدون فین شده است. به عنوان مثال در رینولدز ۱۰۰ و در گراشف 10^4 برای آب خالص ناسلت متوسط در حالت بدون فین برابر با $14/8$ و در حالت با فین برابر با $17/01$ که $14/93$ درصد افزایش ناسلت قابل مشاهده است.

موقعیت مناسب چشمه‌ی حرارتی براساس کمترین مقدار دمای بیشینه‌ی محفظه، گوشه‌ی سمت راست و بالای محفظه می‌باشد. با مقایسه‌ی بین نانوسیالات به کار رفته شده، نانوسیال آب - اکسید مس نسبت به نانوسیال آب - آلومینا نتایج بهتری از لحاظ حرارتی به همراه داشت. با توجه به بررسی‌های انجام شده پیرامون مدل تک فاز و دو فاز، نتایج بیان گر نزدیکی جواب‌های این دو روش بوده و این اختلافی که در نتایج تک فاز و دو فاز مشاهده می‌شود ناشی از نوع مدل سازی می‌باشد.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول: مقدمه‌های بر نانوسیال	۱
۱-۱- مقدمه.....	۲
۱-۲- روش‌های تهیه نانوسیال.....	۲
۱-۲-۱- روش دو مرحله‌ای.....	۲
۱-۲-۲- روش تک مرحله‌ای.....	۳
۱-۳- عوامل مؤثر بر ضریب هدایت حرارتی.....	۳
۱-۴- روش‌های اندازه‌گیری آزمایشگاهی ضریب هدایت حرارتی.....	۵
۱-۴-۱- روش سیم داغ گذرا (THW).....	۵
۱-۴-۲- روش سطوح موازی پایدار.....	۶
۱-۴-۳- روش نوسان دمایی.....	۶
۱-۵- کاربرد نانوسیالات.....	۶
۱-۵-۱- صنعت.....	۷
۱-۵-۲- الکترونیک.....	۷
۱-۵-۳- خودرو.....	۷
۱-۵-۴- هوافضا.....	۷
۱-۵-۵- زیست داروها.....	۸
۱-۵-۶- خنک‌کنندگی.....	۸
۱-۵-۷- سایر کاربردها.....	۸
فصل دوم: روابط حاکم بر جریان نانوسیال	۹
۲-۱- انتقال حرارت به وسیله نانوسیالات.....	۱۰
۲-۱-۱- انتقال حرارت هدایتی.....	۱۱
۲-۱-۲- انتقال حرارت جابجایی.....	۱۲
۲-۱-۳- انتقال حرارت تشعشعی.....	۱۳
۲-۲- معادلات حاکم بر جریان سیال و انتقال حرارت.....	۱۳
۲-۳- هیدرودینامیک سوسپانسیون‌ها.....	۱۵
۲-۴- تعریف عدد ناسلت.....	۱۸
فصل سوم: مروری بر تحقیقات گذشته	۱۹
۳-۱- رسانش گرمایی نانوسیال.....	۲۰
۳-۱-۱- کاربردهای مدل‌های ماکرو در زمینه‌ی رسانش گرمایی نانوسیال.....	۲۰
۳-۱-۱-۱- رسانش ناشی از حرکت براونی.....	۲۱
۳-۱-۱-۲- لایه‌سازی مایع در سطح مشترک آن با ذره جامد.....	۲۱

۲۲	انتقال گرما توسط فونونها.....
۲۶	۳-۲- بررسی عددی جریان نانوسیالات در محفظه‌ها.....
۳۰	۳-۳- شرح مسئله.....
۳۲	فصل چهارم: حل مسئله و بررسی نتایج.....
۳۳	۴-۱- مقدمه.....
۳۴	۴-۲- خواص معادل نانوسیال.....
۳۶	۴-۳- اعتبار سنجی.....
۳۶	۴-۳-۱- مقایسه با دی وال دیویس [۶۶].....
۳۷	۴-۳-۲- مقایسه با رحمان و همکاران [۶۷].....
۳۸	۴-۳-۳- مقایسه با علیزاده و همکاران [۶۰].....
۳۹	۴-۴- حل مستقل از شبکه.....
۴۲	۴-۵- بررسی نتایج.....
۵۰	۴-۵-۱- بررسی موقعیت‌های مختلف چشمه.....
۵۵	۴-۵-۲- تاثیرات نوع نانوسیال.....
۵۸	۴-۵-۳- بررسی نتایج تک فاز.....
۶۳	فصل پنجم: جمع‌بندی نتایج و پیشنهادها.....
۶۴	۵-۱- جمع‌بندی نتایج.....
۶۵	۵-۲- پیشنهادها.....
۶۶	پیوست ۱: تنظیمات نرم‌افزار فلونت.....
۶۸	منابع.....
۷۲	Abstract.....

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱- تاثیر قطر ذرات نانو در افزایش ضریب هدایت حرارتی نانوسیال [۱۱].....	۴
شکل ۱-۲- نسبت ضریب هدایت حرارتی نانوسیال‌های مختلف نسبت به سیال خالص بر حسب غلظت حجمی نانوذرات [۱۲].....	۴
شکل ۱-۳- اندازه‌گیری ضریب هدایت حرارتی مایع با روش THW.....	۶
شکل ۲-۱- نمایش روش‌های انتقال حرارت.....	۱۰
شکل ۲-۲- جریان حرارت در امتداد یک صفحه جامد از طریق هدایت.....	۱۱
شکل ۳-۲- انواع انتقال حرارت جابجایی.....	۱۳
شکل ۳-۱- رسانش گرمایی به صورت تابعی از قطر d و ضخامت سطح مشترک h [۳۱].....	۲۲
شکل ۲-۳- فاصله بین سطح مولکول‌ها با تغییر قطر و در صد حجمی ذره [۳۱].....	۲۳
شکل ۳-۳- نتایج کو و کلینستر در مقایسه حرکت براونی و نیروهای اسمتیک و ترموپورسیس [۳۲].....	۲۴
شکل ۳-۴- نتایج مدل هیو و لی برای نانوسیال (مس/آب) [۳۵].....	۲۵
شکل ۴-۱- هندسه مساله مورد بررسی.....	۳۳
شکل ۲-۴- مقایسه‌ی مدل‌های مختلف تخمین لزجت با داده‌های تجربی (آب-آلومینا).....	۳۵
شکل ۳-۴- محفظه‌ی مورد بررسی توسط رحمان [۶۷].....	۳۷
شکل ۴-۴- مقایسه‌ی خطوط جریان و دما ثابت تحقیق حاضر (شکل پایین) با نتایج رحمان و همکاران [۶۷].....	۳۸
شکل ۴-۵- مقایسه‌ی ناسلت متوسط چشمه حرارتی تحقیق حاضر با نتایج علیزاده و همکاران برای نانوسیال آب - آلومینا ($Re = 100, Gr = 10^4$).....	۳۸
شکل ۴-۶- مقایسه‌ی ناسلت متوسط چشمه حرارتی تحقیق حاضر با نتایج علیزاده و همکاران برای نانوسیال آب - آلومینا ($Re = 500, Gr = 10^5$).....	۳۹
شکل ۴-۷- توزیع سرعت افقی در مقطع میانی محفظه برای شبکه‌بندی‌های مختلف (آب - آلومینا، $\Phi = 0.05, Gr = 10^5, Re = 100$).....	۴۰
شکل ۴-۸- توزیع دما در مقطع میانی محفظه برای شبکه‌بندی‌های مختلف (آب - آلومینا، $Re = 100, \Phi = 0.05, Gr = 10^5$).....	۴۱
شکل ۴-۹- نمایی از شبکه حل.....	۴۱
شکل ۴-۱۰- مقایسه خطوط جریان بین سال خالص و نانوسیال آلومینا در اعداد رینولدز مختلف ($Gr = 10^5$).....	۴۳
شکل ۴-۱۱- مقایسه خطوط دما ثابت بین سیال خالص و نانوسیال آلومینا در اعداد رینولدز مختلف ($Gr = 10^5$).....	۴۴
شکل ۴-۱۲- تغییرات ناسلت متوسط چشمه در رینولدز ۱۰۰.....	۴۵
شکل ۴-۱۳- تغییرات ناسلت متوسط چشمه در رینولدز ۵۰۰.....	۴۵

- شکل ۱۴-۴- تغییرات دمای بیشینه‌ی محفظه به ازای غلظت‌های مختلف آب-آلومینا در رینولدز 100 . ۴۶
- شکل ۱۵-۴- تغییرات دمای بیشینه‌ی محفظه به ازای غلظت‌های مختلف آب-آلومینا در رینولدز 500 . ۴۷
- شکل ۱۶-۴- توزیع ناسلت روی دیواره‌های افقی چشمه‌ی حرارتی در رینولدز 100 و گراشف 10^5 . ۴۸
- شکل ۱۷-۴- توزیع ناسلت روی دیواره‌های عمودی چشمه‌ی حرارتی در رینولدز 100 و گراشف 10^5 . ۴۸
- شکل ۱۸-۴- توزیع ناسلت روی دیواره‌های افقی چشمه‌ی حرارتی در رینولدز 500 و گراشف 10^5 . ۴۹
- شکل ۱۹-۴- توزیع ناسلت روی دیواره‌های عمودی چشمه‌ی حرارتی در رینولدز 500 و گراشف 10^5 . ۵۰
- شکل ۲۰-۴- مقایسه خطوط دما ثابت و جریان سیال خالص و نانو سیال در رینولدز 100 و گراشف 10^5 برای موقعیت‌های مختلف چشمه حرارتی. ۵۲
- شکل ۲۱-۴- مقایسه خطوط دما ثابت و جریان سیال خالص و نانو سیال در رینولدز 500 و گراشف 10^5 برای موقعیت‌های مختلف چشمه حرارتی. ۵۴
- شکل ۲۲-۴- مقایسه‌ی ناسلت متوسط چشمه حرارتی برای نانوسیالات آب-آلومینا و آب-اکسید مس در رینولدز 100 . ۵۶
- شکل ۲۳-۴- مقایسه‌ی خطوط جریان سیال خالص و نانوسیال آب - اکسید مس ($Re=100$) و $Gr=10^5$. ۵۶
- شکل ۲۴-۴- مقایسه‌ی خطوط دما ثابت سیال خالص و نانوسیال آب - اکسید مس ($Re=100$) و $Gr=10^5$. ۵۷
- شکل ۲۵-۴- مقایسه‌ی دمای بیشینه‌ی محفظه برای نانو سیال آب آلومینا و نانوسیال آب - اکسید مس ($Re=100$). ۵۷
- شکل ۲۶-۴- مقایسه نتایج تک فاز و دوفاز نانوسیال آب-آلومینا ($Re = 100$). ۵۸
- شکل ۲۷-۴- مقایسه نتایج تک فاز و دوفاز نانوسیال آب-آلومینا ($Re = 500$). ۵۹
- شکل ۲۸-۴- مقایسه خطوط جریان بین سیال خالص و نانوسیال آلومینا در اعداد رینولدز مختلف ($Gr = 10^5$). ۶۰
- شکل ۲۹-۴- مقایسه خطوط دما ثابت بین سیال خالص و نانوسیال آلومینا در اعداد رینولدز مختلف ($Gr = 10^5$). ۶۱
- شکل ۳۰-۴- توزیع سرعت عمودی در مقطع $y=2/0$ محفظه (آب -آلومینا، $Re=500$ ، $Gr = 10^5$ ، $\Phi = 0,05$). ۶۲
- شکل ۳۱-۴- توزیع دما در مقطع $y=2/0$ محفظه (آب -آلومینا، $Re=500$ ، $Gr = 10^5$ ، $\Phi = 0,05$). ۶۲

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۴-۱- خواص ترموفیزیکی آب خالص و نانوذرات.....	۳۶
جدول ۴-۲- مقایسه ناسلت متوسط تحقیق حاضر با نتایج دیویس.....	۳۶
جدول ۴-۳- ارزیابی استقلال از شبکه.....	۴۰
جدول ۴-۴- مقایسه‌ی داده‌های مربوط به دمای ماکزیمم محفظه در رینولدز ۱۰۰.....	۵۳
جدول ۴-۵- مقایسه‌ی داده‌های مربوط به دمای ماکزیمم محفظه در رینولدز ۵۰۰.....	۵۵

فهرست علائم

مساحت (m^2)	A
شتاب (m/s^2)	a
طول چشمه (m)	b
طول فین (m)	C
گرمای ویژه ($J/Kg.K$)	Cp
قطر (m)	d
ضریب درگ	f_{drag}
عدد گرافش	Gr
شتاب گرانش (m/s^2)	g
ارتفاع دیواره عمودی (m)	H
ضریب جابه‌جایی حرارتی ($W/m^2.K$)	h
ضریب هدایت حرارتی ($W/m.k$)	K
ثابت بولتزمن ($1.38066 \times 10^{-23} JK^{-1}$)	K_B
طول افقی حفره (m)	L
جرم مولکولی سیال پایه	M
عدد آووگادرو ($6.022 \times 10^{23} mol^{-1}$)	N
عدد ناسلت	Nu
فشار (N/m^2)	
عدد پکلت	Pe
عدد پرانتل	Pr
عدد رایلی	Ra
عدد رینولدز	Re
عدد ریچاردسون	
دما (k)	T
سرعت (m/s)	V
مولفه‌های مختصات بی بعد (x/L, y/L)	X,Y
حروف یونانی	
چگالی (Kg/m^3)	
لزجت ($Kg/m.s$)	

کسر حجمی ذره	
ضریب انبساط حرارتی ($1/k$)	β
دمای بی بعد $(T - T_c)/\Delta T$	θ
تنش برشی (Pa)	
زیر نویس ها	
رانشی	dr
موثر یا معادل	eff
معادل	eq
سیال	f
مخلوط، متوسط	m
ماکسول	m
ماکزیمم	max
نانوسیال	nf
ذره و فاز ثانویه	p
فاز اولیه	q
ناحیه‌ی جامد	s

فصل اول

مقدمه ای بر نانوسیال

۱-۱- مقدمه

به مخلوطی از ذرات نانو فلزی یا غیر فلزی که در یک سیال پایه معلق شده باشند، نانو سیال اطلاق می شود. نمونه های فراوانی از نانو سیال ها در طبیعت وجود دارند. به عنوان مثال خون یک نانو سیال زیستی پیچیده است که نانوذرات مختلف در ابعاد مولکولی نقش های متفاوتی را ایفا می کنند. با توجه به نوع سیال پایه مورد استفاده (آلی یا غیر آلی) و همچنین نوع نانوذرات مورد نظر، انواع مختلفی از نانوسیال ها به وجود می آیند که می توان به نانو سیال های استخراجی، زیست محیطی (کنترل گر آلودگی محیط زیست)، زیستی و دارویی اشاره کرد. نانو سیال ها جنبه های ویژه ای دارند که آنها را کاملاً از مخلوط سیالات دو فازی که در آنها ذرات در ابعاد میکرو یا میلی متر هستند، متمایز می کنند [۱]. ذرات معلق فوق ریز، خواص انتقالی و عملکرد انتقال حرارت نانو سیال ها را تغییر می دهد، به طوریکه پتانسیل بالایی در بهبود انتقال حرارت نشان می دهند. [۲] مهم ترین اثر مشاهده شده در نانوسیال ها افزایش قابل توجه هدایت گرمایی بوده است. به طوریکه این افزایش قابل توجه حتی در غلظت های پایین نانو سیال نیز مشاهده می شود. غلظت پایین نانو سیال باعث می شود که سیال رفتار نیوتنی خود را حفظ کند. به علاوه نانو سیال ها پایداری بالاتری از خود نشان می دهند. مخلوط سیالات دو فازی مرسوم به دلیل درشت تر بودن ذرات، باعث انسداد کانال های جریان می شوند. علاوه بر آن سرعت ته نشینی ذرات در آنها بالاتر بوده و افت فشار بیشتری را ایجاد می کنند.

خوردگی خطوط لوله نیز در این موارد بسیار مشاهده می شود. قدرت مورد نیاز برای پمپ کردن این سیالات بیشتر است. حال آنکه در نانو سیال ها به دلیل حرکت برونی و نیز برهم کنش های بین ذرات و سطح بالا این آثار کاهش می یابد. [۳] مهم ترین کاربرد نانو سیال ها به عنوان خنک کننده است. سه فاکتوری که باعث می شود تا نانو سیال ها خنک کننده های مناسبی باشند عبارتند از: بالا بودن هدایت حرارتی، بالا بودن انتقال حرارت در یک فاز و بالا بودن شار حرارتی بحرانی. [۱]

۱-۲- روش های تهیه نانوسیال

مطالعات زیادی روی چگونگی تهیه نانوذرات و روش های پراکنده سازی آنها در سیال پایه انجام شده است که در اینجا به طور مختصر چند روش متداول را که برای تهیه نانوسیال وجود دارد ذکر می شود.

۱-۲-۱- روش دو مرحله ای

یکی از روش های متداول تهیه نانوسیال، روش دو مرحله ای است [۴]. مرحله نخست این روش شامل تولید نانو ذرات به صورت یک پودر خشک بوده که اغلب توسط کندانس نمودن با یک گاز بی اثر انجام می شود. در مرحله بعد نانو ذرات تولید شده در سیال پخش می گردند. نکته

اساسی در این روش تجمع نانو ذرات بر اثر چسبندگی آنها به همدیگر است که از معایب این روش به شمار می‌آید.

در روش دو مرحله ایی ابتدا نانوذره یا نانولوله معمولاً به وسیله روش رسوب بخار شیمیایی در فضای گاز بی‌اثر به صورت پودرهای خشک [۵] تهیه می‌شود.

در مرحله بعد نانوذره یا نانولوله در داخل سیال پراکنده می‌شود. برای این کار از روش‌هایی مانند لرزاننده‌های مافوق صوت و یا از سورفکتانت‌ها استفاده می‌شود تا توده‌های نانوذره‌ای به حداقل رسیده و باعث بهبود رفتار پراکندگی شود. روش دو مرحله‌ای برای بعضی موارد مانند اکسید فلزات در آب، دیونیزه شده بسیار مناسب است [۴] و برای نانوسیالات شامل نانوذرات فلزی سنگینی، کمتر موفق بوده است [۶].

۱-۲-۲- روش تک مرحله‌ای

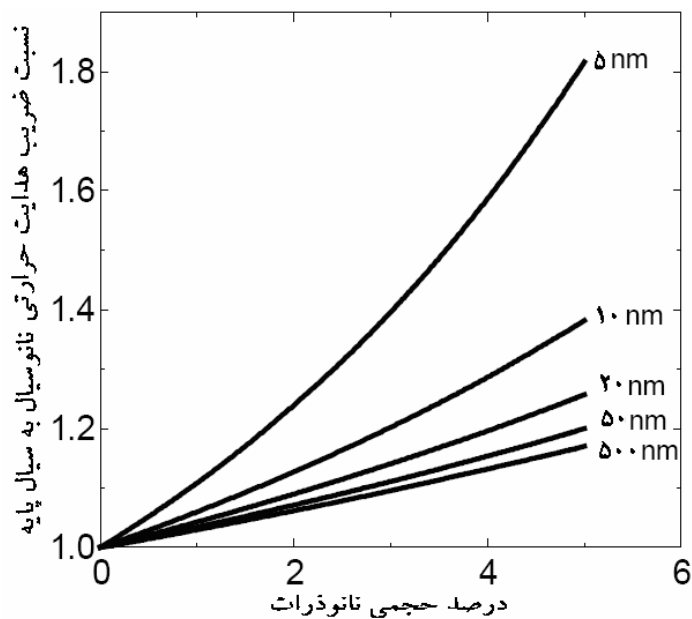
در این روش از یک مرحله که تبخیر مستقیم [۶] است استفاده می‌گردد. مزیت استفاده از این روش آن است که تجمع ذرات بر اثر چسبندگی آنها به یکدیگر به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته و به حداقل می‌رسد.

اما فشار بخار پایین سیال یکی از معایب این فرایند محسوب می‌شود؛ ولی با این حال روش‌های شیمیایی تک مرحله‌ای مختلفی برای تهیه نانوسیال به وجود آمده است که از آن جمله می‌توان به روش احیای نمک فلزات و تهیه سوسپانسیون آن در حلال‌های مختلف برای تهیه نانوسیال فلزات اشاره کرد [۷].

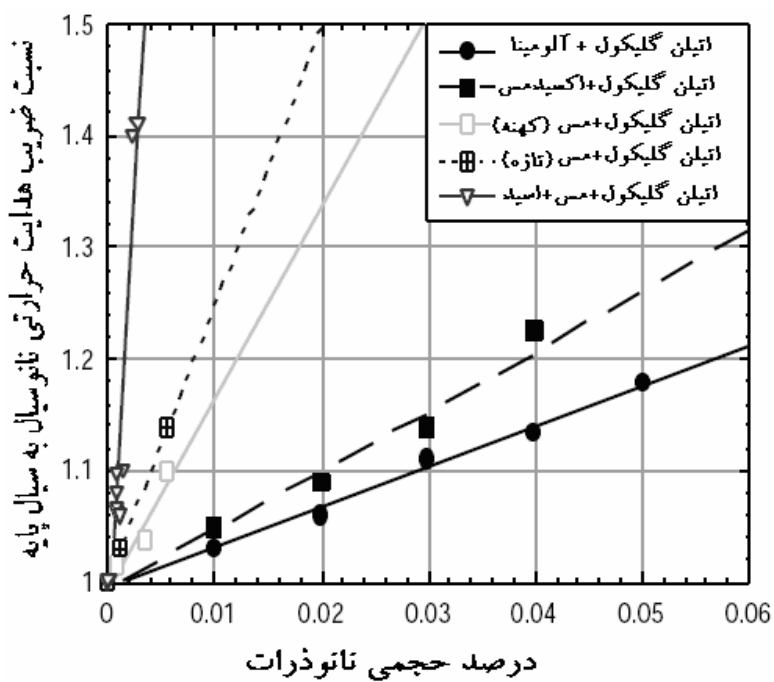
مزیت اصلی روش یک مرحله‌ای، کنترل بسیار مناسب روی اندازه و توزیع اندازه ذرات است.

۱-۳- عوامل مؤثر بر ضریب هدایت حرارتی

همان طور که اشاره شد، نتایج تحقیقاتی متعددی نشان داده اند که در غلظت‌های پایین نانوذرات (۱-۵ درصد حجمی) نیز هدایت گرمایی می‌تواند تا بیشتر از ۲۰٪ نیز افزایش یابد. [۸-۹-۱۰] این افزایش عمدتاً بستگی به فاکتورهایی مانند: شکل ذرات، ابعاد ذرات، درصد حجمی ذرات در محلول و ویژگی‌های حرارتی نانوذرات و سیال پایه دارد. [۲] در شکل ۱-۱ به تاثیر قطر ذرات نانو در افزایش ضریب هدایت حرارتی نانوسیال و در شکل ۱-۲ به نسبت ضریب هدایت حرارتی نانوسیال‌های مختلف نسبت به سیال خالص بر حسب غلظت حجمی نانوذرات اشاره شده است.



شکل ۱-۱- تاثیر قطر ذرات نانو در افزایش ضریب هدایت حرارتی نانوسیال [۱۱]



شکل ۱-۲- نسبت ضریب هدایت حرارتی نانوسیال‌های مختلف نسبت به سیال خالص بر حسب غلظت حجمی نانوذرات [۱۲]

۱-۴-۲- روش‌های اندازه‌گیری آزمایشگاهی ضریب هدایت حرارتی

سه روش عمده برای اندازه‌گیری ضریب هدایت حرارتی به روش آزمایشگاهی وجود دارد: روش THW^۱ روش سطوح موازی پایدار^۲ و روش نوسان دمایی^۳. شواهد نشان می‌دهند که هدایت گرمایی، گذرا در سوسپانسیون‌ها تطابق خوبی با روش‌های کلاسیک در تخمین ضریب هدایت گرمایی مؤثر دارد و می‌تواند افزایش قابل توجه انتقال گرما را توجیه کند. این روش اساساً گونه‌ای از روش کلاسیک است که برای هدایت گرمایی در محیط‌های متخلخل کاربرد دارد. [۱۳] در فرمولاسیون مربوطه ثابت شده است که هدایت گرمایی گذرا در سوسپانسیون‌ها نه تنها به وسیله هدایت گرمایی مؤثر کنترل می‌شود، بلکه ضریب انتقال گرمای جامد-سیال نیز بر آن اثر گذار است.

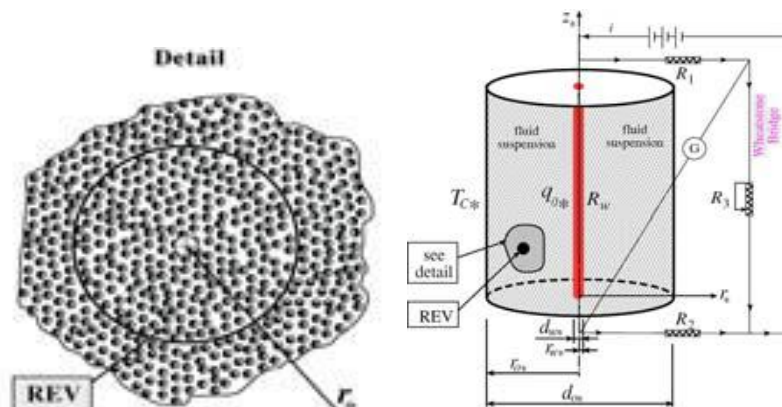
۱-۴-۱- روش سیم داغ گذرا (THW)

این روش، یک روش دقیق، قابل اعتماد و محکم برای به دست آوردن هدایت گرمایی سیال است [۱۴-۱۵-۱۶]. روش THW بر این اساس استوار است که هدایت حرارتی یک نانو سیال با اندازه‌گیری سرعتی که در آن دمای یک سیم نازک پلاتینی (یا تانتالیوم با قطر 5-80 μm) پس از تغییر یک واحدی در ولتاژی که بر آن اعمال می‌شود، با زمان افزایش می‌یابد. سیم پلاتینی (یا تانتالیوم) به صورت عمودی در نانو سیال مورد نظر قرار داده می‌شود و مانند یک منبع حرارتی مثل ترمومتر عمل می‌کند. دمای سیم با اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی آنکه با دما ارتباط دارد، تعیین می‌شود. برای اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی سیم R_w از یک پل وتستون استفاده می‌شود. مقاومت الکتریکی پتانسیومتر R_3 زمانی که گالوانومتر G جریان صفر را نشان دهد، تنظیم می‌شود. از آنجایی که نانو سیال‌ها هادی جریان الکتریکی هستند، اگر از یک لایه عایق الکتریکی نازک برای پوشاندن سیم پلاتینی استفاده شود، از مشکلاتی مانند ایجاد جریان الکتریکی در سیال که باعث مبهم شدن تولید گرما در سیم می‌شود، جلوگیری می‌شود. این تکنیک که به روش THW اصلاح شده موسوم است، به وسیله‌ی ناگاساکا و ناگاشیما توسعه داده شد. به طوریکه از یک لایه چسبنده اپوکسی برای پوشش سیم استفاده کردند. [۱۷] شکل ۳-۱ وسیله‌ی اندازه‌گیری ضریب هدایت حرارتی مایع با روش THW نشان می‌دهد.

¹ Transient Hot Wire method

² Steady State Parallel Plate Method

³ Temperature Oscillation Method



شکل ۱-۳- اندازه‌گیری ضریب هدایت حرارتی مایع با روش THW

۱-۴-۲- روش سطوح موازی پایدار

ونگ [۱۸] هدایت گرمایی مؤثر را با استفاده از روش s-s اندازه گرفته است. سیال پایه مورد استفاده، آب، اتیلن می باشد.

نتایج تجربی نشان داد که هدایت حرارتی نانو سیال ها بیشتر از هدایت حرارتی سیال پایه است. [۱۹]

گرچه این روش از نظرتئوری ساده است ولی از نظر عملی دشوار است. چون نیاز به محافظ گرمایی برای حذف جریان گرمای نهان دارد، سیستم باید از نظر الکتریکی کنترل شود تا شرایط پایدار در طول آزمایش برقرار شود و نیز از انتقال گرما به طریق جابه جایی صرفنظر می‌شود. [۱]

۱-۴-۳- روش نوسان دمایی

این روش نخستین بار به وسیله ی روتزل [۲۰] ارایه شد. سپس به وسیله ی زارنسکی و روتزل گسترش داده شد. [۲۱] این روش صرفاً حرارتی است و اجزای الکتریکی سیستم از نمونه مورد آزمایش زدوده می شوند. بنابراین حرکت یون ها اندازه گیری را تحت تأثیر قرار نمی دهد این روش یک روش مناسب برای بررسی اثر دما بر روی هدایت حرارتی است [۱۹].

۱-۵- کاربرد نانو سیالات

استفاده از خواص ماده در مقیاس نانو دارای فواید و منافع است که موجب تحولات اساسی در زندگی انسان می‌شود.

صرفه‌جویی در مصرف انرژی، صرفه‌جویی اقتصادی، صرفه‌جویی در زمان، تامین محصول بیشتر با هزینه کمتر، افزایش کیفیت محصول و در نتیجه افزایش استانداردهای زندگی، ایجاد زندگی سالم، کاهش وابستگی‌های اقتصادی به سایر تکنولوژی‌های پیشرفته و افزایش درآمدهای ملی از جمله فوایدی است که می‌توان نام برد. بوسیله نانو می‌توان از مواد که در حالت عادی

ممکن است خاصیت خاصی نداشته باشند و فقط یک ماده معمولی باشند، خاصیتی جدید بوجود آورد.

۱-۵-۱- صنعت

امکان سنتز مولکول‌های ساختمانی نانو با اندازه و ترکیب بدقت کنترل شده و سپس چیدن آن‌ها در ساختارهای بزرگتر که دارای خواص و کارکرد منحصر به فرد باشند وجود دارد، این امر انقلابی در مواد و فرایند تولید آن‌ها ایجاد می‌کند.

محققان قادر به ایجاد ساختارهایی از مواد شده‌اند که در طبیعت موجود نیست. بعضی از مزایای نانو در ساختمان عبارتست از ساخت مواد سبک تر، قویتر و قابل برنامه‌ریزی، کاهش هزینه، عمر کاری از طریق کاهش دفعات نقص فنی، ابزارهای نوین برپایه اصول معماری جدید، بکارگیری کارخانجات مولکولی یا خوشه‌ای که مزیت مونتاژ مواد در سطح نانو را دارند.

۱-۵-۲- الکترونیک

می‌توان ظرفیت ذخیره‌سازی اطلاعات را در حد هزار برابر و حتی بیشتر افزایش داد و همچنین می‌توان وسایل ابر محاسباتی را به اندازه یک ساعت مچی کاهش داد. اگر ظرفیت نهایی ذخیره اطلاعات به حدود ۱ TB در هر اینچ مربع برسد، ذخیره‌سازی ۵۰ عدد DVD در یک هارد دیسک به ابعاد یک کارت اعتباری میسر خواهد شد.

۱-۵-۳- خودرو

در زمینه ساخت خودرو نیز، می‌توان به ساخت بدنه سبک تر و مقاوم، لاستیک‌های با مقاومت بیشتر در برابر سایش، قطعات موتور با عمر چند برابر، کاهش مصرف ساخت خودرو، باتری‌های با انرژی و دوام بالا، حسگرهای چند منظوره به منظور کنترل فرایندهای مختلف در خودرو اشاره کرد.

۱-۵-۴- هوافضا

به گفته دانشمندان ناسا، خطر قرار گرفتن در معرض تابش‌های فضایی مهمترین عامل محدودکننده طول مدت سفرهای فضایی است و لذا هم اکنون تحقیقات فراوانی به‌طور خاص در این زمینه در حال انجام است.

طراحان سفینه‌های فضایی به این منظور و نیز رفع مشکلاتی مانند بی‌وزنی و دوام ساختار، به دنبال موادی هستند که بتواند به آنها در توسعه و ساخت روکش چند کاره بدنه سفینه‌های فضایی (نانو حسگرهایی که بتواند حفاظت موثری در برابر تابش‌های فضایی ایجاد کرده و ذخیره انرژی خوبی هم داشته باشد) کمک کند.

به اعتقاد دانشمندان نانو مواد پیشرفته‌ای مانند نانولوله‌های ایزوتوپی غنی شده با بور می‌تواند برای این منظور کاملاً مناسب باشد.