بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه هرمزگان

پردیس دانشگاهی قشم

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد (M. Sc)

در رشته مهندسی مکانیک، گرایش تبدیل انرژی

عنوان:

شبیه سازی عددی انتقال حرارت جابه جایی اجباری نانوسیال در داخل رادیاتورماشین

استاد راهنما:

جناب آقای دکتر یونس بخشان

استاد مشاور:

جناب آقای دکتر جمشید خورشیدی

نگارش:

سینا موفق

تابستان ۱۳۹۳

تقدیم به

خانواده‌ام که در تمامی مراحل زندگی همواره حامی من بوده‌اند.

چکیده

انتقال گرما در همرفت جابجایی، به دلیل استفاده‌های گسترده در خنک کننده های الکترونیکی، مبدل‌های حرارتی و سیستم های حرارتی، یک پدیده ی بسیار مهم در سیستم های مهندسی است.
تقویت انتقال گرما در این سیستم‌ها از لحاظ صنعتی و ذخیره‌ی انرژی بسیار ضروری است. قابلیت انتقال حرارت پایین در سیال‌های انتقال گرمای سنتی مانند آب و هوا یکی از محدودیت‌های اصلی در تقویت عملکرد و تراکم این سیستم های حرارتی است. یکی از تکنیک‌های جدید بهبود انتقال گرما، استفاده از ذرات در مقیاس نانو است که در یک سیال مبنا پاشیده می‌شوند و آن را نانوسیال می نامند.
در دهه‌ی گذشته توجه ویژه‌ای به مطالعه و بررسی رژیم جریان و انتقال حرارت نانوسیالات صورت گرفته است. صنعت خودروسازی به صورت پیوسته در صدد دست‌یابی به بهترین طراحی ممکن از تمامی جنبه‌ها است (عملکرد، مصرف سوخت، زیبایی، امنیت و ...). مبدل‌های حرارتی که از سیال هوا استفاده می‌کنند نظیر رادیاتور، کندانسور AC و اواپراتور نقش مهمی در وزن و همچنین طراحی خودرو دارند. توسعه و پیشرفت در زمینه طراحی این نوع مبدل‌ها به منظور بهبود عملکرد آنها اجتناب ناپذیر است. بالاخص استفاده از نانوسیالات سبب کوچک شدن ابعاد و عملکرد رادیاتور خودرو می‌شود. از جمله علل این امر کاهش مصرف سیال عامل به خاطر افزایش بازدهی، کاهش توان لازم برای پمپاژ و افزایش دمای کاری موتور که باعث افزایش قدرت خروجی موتور می‌شود، اشاره کرد.
در این تحقیق می خواهیم انتقال حرارت در یک رادیاتور ماشین را با نانو سیالات بررسی و با آب مقایسه کنیم. برای اینکار رادیاتور ماشین را در نرم افزار فلوئنت شبیه‌سازی کرده ایم. برای نشان دادن صحت شبیه سازی، این نتایج را با نتایج آزمایشگاهی آب مقایسه می‌کنیم.

واژگان کلیدی: نانوسیال، رادیاتور خودرو، شبیه‌سازی عددی، دینامیک سیالات محاسباتی

تقدیر و تشکر

با تشکر از استاد دانشمند و پر مایه‌ام جناب آقای دکتر یونس بخشان استاد راهنما که از محضر پرفیض تدریسشان، بهره‌ها برده‌ام و با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این رساله را بر عهده گرفتند و با امتنان بیکران از مساعدت‌های بی‌شائبه‌ی جناب آقای دکتر جمشید خورشیدی استاد مشاور که مرا صمیمانه و مشفقانه یاری داده‌اند و زحمت مشاوره این رساله را در حالی متقبل شدند که بدون مساعدت ایشان، این پروژه به نتیجه مطلوب نمی‌رسید و با سپاس بی‌دریغ و با تشکر خالصانه خدمت اساتید محترمی که نظارت بر دفاع از این پایان‌نامه را پذیرا شدند.

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه..... ۱
۱-۱. مقدمه..... ۲
۱-۲. نقش نانو سیالات در انتقال حرارت..... ۷
۱-۳. اجزای سیستم خنک کننده خودرو..... ۸
۱-۳-۱. مجاری آب..... ۱۳
۱-۳-۲. پمپ آب..... ۱۴
۱-۳-۳. ترموستات..... ۱۶
۱-۳-۴. رادیاتور..... ۱۷
۱-۳-۵. پروانه..... ۱۹
۱-۳-۶. درب رادیاتور..... ۲۱
۱-۴. نانوسیالات و وسایل نقلیه..... ۲۴
۱-۵. نانوسیالات فلزی و موتورهای خنک‌کننده..... ۲۶
فصل دوم: مروری بر مطالعات پیشین..... ۲۹
فصل سوم: معادلات حاکم و روش حل عددی..... ۳۹
۳-۱. خواص فیزیکی نانوسیال..... ۴۰
۳-۲. معادلات حاکم برای جریان..... ۴۲
۳-۳. هندسه مسئله..... ۴۴
۳-۴. شرایط مرزی..... ۴۷
فصل چهارم: بحث و نتیجه‌گیری..... ۴۸
۴-۱. بررسی اثر دمای ورودی نانوسیال..... ۵۰
۴-۲. بررسی اثر غلظت نانوسیال..... ۶۰
۴-۳. بررسی اثر دبی ورودی نانوسیال..... ۷۲
فصل پنجم: نتایج و ارائه پیشنهادات..... ۸۲
مراجع..... ۸۵
پیوست..... ۹۰

فهرست جدول‌ها

جدول (۱-۱): خلاصه‌ای از کارهای گذشته در رابطه با رسانش حرارتی نانوسیال (Wen, D., Ding Y., 2004)..... ۵
جدول (۱-۲): فزایش مقدار انتقال حرارت نانو ذره Al_2O_3 (Wen, D., Ding Y., 2004)..... ۶
جدول (۳-۱): خواص فیزیکی نانوذرات Al_2O_3 (Bejan, A., 2004)..... ۴۰
جدول (۴-۱) مقادیر ثابت برای معادله ۴-۷..... ۵۰
جدول (۴-۲) میزان افزایش نرخ انتقال حرارت را برای غلظت‌های مختلف نانوذره..... ۸۱

فهرست شکل‌ها

شکل (۱-۱) بازه‌ی تغییرات حجمی را برای نانو مواد، ابزار آلات و دستگاه‌ها..... ۴
شکل (۱-۲) مقایسه‌ای بین رسانش حرارتی سیالات و نانوسیالات (Eastman et al., 2001)..... ۴
شکل (۱-۳) تغییرات پایداری نانوذره Al_2O_3 (بدون پایدارکننده) در طول زمان (Shen, B., 2006)..... ۶
شکل (۱-۴): سیستم خودرو واجزای آن..... ۹
شکل (۱-۵): مجاری آب..... ۱۳
شکل (۱-۶): پمپ آب..... ۱۴
شکل (۱-۷): عمل آب پخش کن در پمپ آب..... ۱۵
شکل (۱-۸): ترموستات..... ۱۶
شکل (۱-۹): طرز کار ترموستات با ساچمه‌ی مومی..... ۱۷
شکل (۱-۱۰): رادیاتور..... ۱۸
شکل (۱-۱۱): پروانه ماشین..... ۲۰
شکل (۱-۱۲): بادگیر رادیاتور متصل می شود و بازده پروانه را افزایش می دهد..... ۲۱
شکل (۱-۱۳): درب رادیاتور..... ۲۲
شکل (۱-۱۴): درب رادیاتور..... ۲۳
شکل (۱-۱۵): منبع انبساط رادیاتور خودرو..... ۲۴
شکل (۱-۱۶) شماتیک یک رادیاتور..... ۲۵
شکل (۳-۱) خواص فیزیکی بی بعد نانوسیال در مقایسه با آب خالص..... ۴۲
شکل (۳-۲) شماتیک دستگاه آزمایش اثر استفاده از نانوسیال بر عملکرد رادیاتور..... ۴۴
شکل (۳-۳) شماتیک هندسه لوله رادیاتور..... ۴۵
شکل (۳-۴) هندسه لوله‌ی رادیاتور شبیه‌سازی شده در نرم‌افزار GAMBIT..... ۴۶
شکل (۴-۱) تغییرات (a) افت فشار و (b) دمای خروجی نانوسیال در دماهای مختلف ورودی..... ۵۱
شکل (۴-۲) کانتور دمای نانوسیال در رادیاتور برای دماهای مختلف ورودی نانوسیال: (a) Tin=34 C، (b) Tin=44 C، (c) Tin=54 C، (d) Tin=64 C..... ۵۴
شکل (۴-۳) کانتور فشار نانوسیال در رادیاتور برای دماهای مختلف ورودی نانوسیال: (a) Tin=34 C، (b) Tin=44 C، (c) Tin=54 C، (d) Tin=64 C..... ۵۷
شکل (۴-۴) کانتور سرعت نانوسیال در رادیاتور برای دماهای مختلف ورودی نانوسیال: (a) Tin=34 C، (b) Tin=44 C، (c) Tin=54 C، (d) Tin=64 C..... ۵۹
شکل (۴-۵) تغییرات (a) دمای خروجی و (b) افت فشار نانوسیال در رادیاتور را برای غلظت‌های مختلف نانو ذرات..... ۶۱
شکل (۴-۶) کانتور دمای نانوسیال در رادیاتور برای غلظت‌های مختلف ورودی نانوسیال: (a) C=0%، (b) C=1%، (c) C=3%، (d) C=4%، (e) C=5%..... ۶۴
شکل (۴-۷) کانتور فشار نانوسیال در رادیاتور برای غلظت‌های مختلف ورودی نانوسیال: (a) C=0%، (b) C=1%، (c) C=3%، (d) C=4%، (e) C=5%..... ۶۸
شکل (۴-۸) کانتور سرعت نانوسیال در رادیاتور برای غلظت‌های مختلف ورودی نانوسیال: (a) C=0%، (b) C=1%، (c) C=3%، (d) C=4%، (e) C=5%..... ۷۱

شکل (۴-۹) تغییرات (a) دمای خروجی و (b) افت فشار نانوسیال در رادیاتور را برای دبی‌های مختلف نانوسیال..... ۷۳
شکل (۴-۱۰) کانتور دمای نانوسیال در رادیاتور برای دبی‌های مختلف ورودی نانوسیال: (a) Q=2 LPM، (b) Q=4 LPM، (c) Q=6 LPM، (d) Q=8 LPM ۷۵
شکل (۴-۱۱) کانتور سرعت نانوسیال در رادیاتور برای دبی‌های مختلف ورودی نانوسیال: (a) Q=2 LPM، (b) Q=4 LPM، (c) Q=6 LPM، (d) Q=8 LPM ۷۸
شکل (۴-۱۲) کانتور فشار نانوسیال در رادیاتور برای دبی‌های مختلف ورودی نانوسیال: (a) Q=2 LPM، (b) Q=4 LPM، (c) Q=6 LPM، (d) Q=8 LPM ۸۰
شکل (۴-۱۳) مقایسه تغییرات عدد ناسلت رادیاتور نسبت به عدد رینولدز نانوسیال ورودی با نتایج تجربی (Peyghambarzadeh et al., 2011) ۸۱

فصل اول

کلیات تحقیق

۱-۱. مقدمه

۱-۲. نقش نانو سیالات در انتقال حرارت

۱-۳. اجزای سیستم خنک کننده خودرو

۱-۴. نانوسیالات و وسایل نقلیه

۱-۵. نانوسیالات فلزی و موتورهای خنک‌کننده

۱-۱. مقدمه

نانوسیال یک مخلوط جامد- مایع است که شامل تعدادی از نانوذرات و یک مایع مبناست. نانوذرات اساساً فلز (Cu،Ni ،Al و ...)، اکسید (Al_2O_3،TiO_2، CuO، SiO_2، Fe_2O_3، Fe_3O_4، $BaTiO_3$ ، و ...) هستند و مایعات مبنا معمولا شامل آب، اتیلین گلیکول، پروپیلین گلیکول، روغن موتور و ... هستند. به دلیل اندازه‌ی بسیار کوچک و مساحت سطحی بزرگ و ویژه‌ی نانوذرات، نانوسیال‌ها دارای قابلیت فوق العاده‌ای مانند هدایت حرارتی، حداقل مسدودی در مسیرهای جریان، ثبات طولانی مدت و همگنی هستند. سیالات سنتی مانند اتیلین گلیکول (EG)، آب و روغن از قابلیت انتقال حرارتی ضعیفی برخوردارند؛ و با توجه به کاربرد گسترده‌ی آنها در تولید نیرو، فرایندهای شیمیایی، گرمادهی و خنک‌کنندگی، حمل و نقل، الکترونیک، ماشین آلات و دیگر کاربردهای میکرونی، افزایش قابلیت‌های انتقال حرارت برای این گونه سیالات ضروری می‌باشد.

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:

۱- تطابق نداشتن نتایج تجربی در آزمایشگاه‌های مختلف.

۲- ضعف در تعیین مشخصات سوسپانسیون نانوذرات.

۳- نبود مدل‌ها و تئوری‌های مناسب برای بررسی تغییر خواص نانوسیال.

نانوسیالات به‌وسیله پخش و منتشر کردن ذرات در اندازه‌های نانومتری در سیالات متداول منتقل کننده گرما، به‌منظور افزایش هدایت گرمایی و بهبود عملکرد انتقال حرارت، ساخته می‌شوند.

نتایج آزمایش‌هایی که در رابطه با نحوه‌ی انتقال حرارت بر روی چندین نمونه‌ی نانوسیال انجام شده است، نشان می‌دهد که عملکرد نانوسیالات در انتقال حرارت عموماً بیشتر از آن چیزی است که به صورت نظری پیش‌بینی شده است. این واقعیت یک کشف اساسی در مسئله‌ی انتقال حرارت می‌باشد.

از نانوسیالات می‌توان به‌منظور توسعه‌ی سیستم‌های کنترل حرارت در بسیاری کاربردها از جمله وسایل نقلیه‌ی سنگین استفاده نمود. کنترل حرارت یکی از عوامل کلیدی در فناوری‌های مربوط به محصولاتی مانند پیل سوختی و وسایل نقلیه‌ی دوگانه سوز- الکتریکی می‌باشد که بیشتر آنها تحت دماهای عمدتاً کمتر از دمای موتورهای احتراقی داخلی متداول، عمل می‌کنند.

بنابراین نیاز مبرمی به توسعه‌ی سیالات انتقال‌دهنده‌ی حرارت با هدایت گرمایی خیلی بالا و نیز انتقال این فناوری به صنایع خودرو وجود دارد.

اخیراً پژوهش‌هایی در مورد نانوسیالات فلزی حاوی نانوذراتِ مسِ با قطرِ کمتر از ۱۰ نانومتر که در اتیلن گلیکول پخش شده بودند انجام شده است. این پژوهش‌ها نشان می‌دهد که در جزء حجمی بسیار اندکی از نانوذرات، رسانایی گرمایی می‌تواند بیشتر از قابلیت رسانایی صرفا خود سیال و یا نانوسیالات اکسیدی (مانند اکسید مس و اکسید آلومنیوم با قطر متوسط ذرات ۳۵ نانومتر) باشد. به علت اینکه تاکنون هیچ-کدام از نظریه‌های معمول اثرات ناشی از قطر ذرات و یا هدایت آنها بر روی میزان هدایت نانوسیالات را پیش‌بینی نکرده‌اند، این نتایج غیر منتظره است.

نانوسیالاتی حاوی نانولوله کربنی ساخته شده‌اند و نتایج آزمایش‌های انجام شده بر روی این نانوسیالات نشان داده است که وجود نانولوله‌ها در یک سیال، هدایت گرمایی آن را به‌طور چشمگیری افزایش می‌دهد.

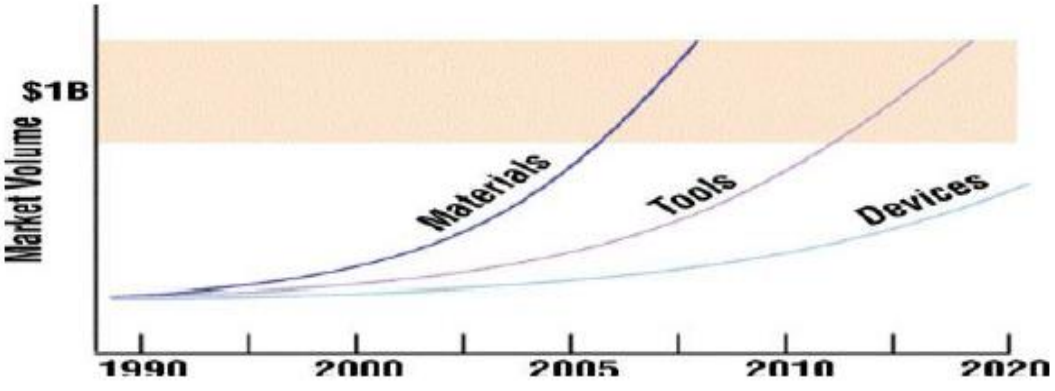
جالب‌تر آنکه افزایش هدایت گرمایی مربوط به نانولوله یک گام از پیش‌بینی های انجام شده به وسیله‌ی نظریه‌های موجود فراتر است. از این گذشته نمودار هدایت گرمایی اندازه‌گیری شده بر حسب حجم‌های جزئی، به‌صورت غیرخطی می‌باشد حال آنکه تئوری‌های رایج به وضوح وجود یک نسبت خطی را میان این دو پارامتر نشان داده بودند. از ویژگی‌های کلیدی نانوسیالات که تاکنون کشف شده‌اند می‌توان هدایت‌های گرمایی بسیار بالاتر از آنچه که سوسپانسیون‌های مرسوم از خود نشان داده بودند، وجود نسبت غیر خطی میان هدایت گرمایی و غلظت نانولوله‌های کربنی در نانوسیالات و نیز وابستگی شدید هدایت گرمایی به دما و افزایش چشمگیر در شار حرارتی بحرانی را نام برد. هر کدام از این ویژگی‌ها در جای خود برای سیستم‌های حرارتی بسیار مطلوب می‌باشند و در کنار هم، نانوسیالات را بهترین کاندیدا برای تولید سردکننده‌های مبتنی بر مایع می‌نمایند. این یافته‌ها همچنین وجود محدودیت‌های اساسی در مدل‌های انتقال گرمایی متداول برای سوسپانسیون‌های جامد/ مایع را به وضوح نشان می‌دهد.

از جمله عوامل انتقال حرارت در نانوسیالات، عبارتند از: حرکت نانوذرات، سطح مولکولی لایه‌ای مایع در سطح مشترک مایع با ذرات، انتقال حرارت پرتابه‌ای در نانوذرات و تأثیر خوشه‌ای شدن نانوذرات از جمله عوامل انتقال حرارت در نانوسیالات می‌باشند.

ساختار نانوذرات در نانوسیالات در حال بررسی و آزمایش به وسیله‌ی منبع فوتونی پیشرفته‌ی آزمایشگاه ملی آرگون می‌باشد. بر طبق نتایج گزارش شده از دانشگاه A&M تگزاس، این دانشگاه در حال مطالعه بر روی ارتباط بین جنبش نانوذرات و افزایش انتقال حرارت در آنها می‌باشد. با استفاده از نتایج جمع‌آوری شده، توسعه‌ی یک مدل جدید انتقال انرژی در نانوسیالات که وابسته به اندازه نانوذره، ساختار و تأثیر پویایی بر روی خصوصیات حرارتی نانوسیالات می‌باشد، امکان پذیر شده است.

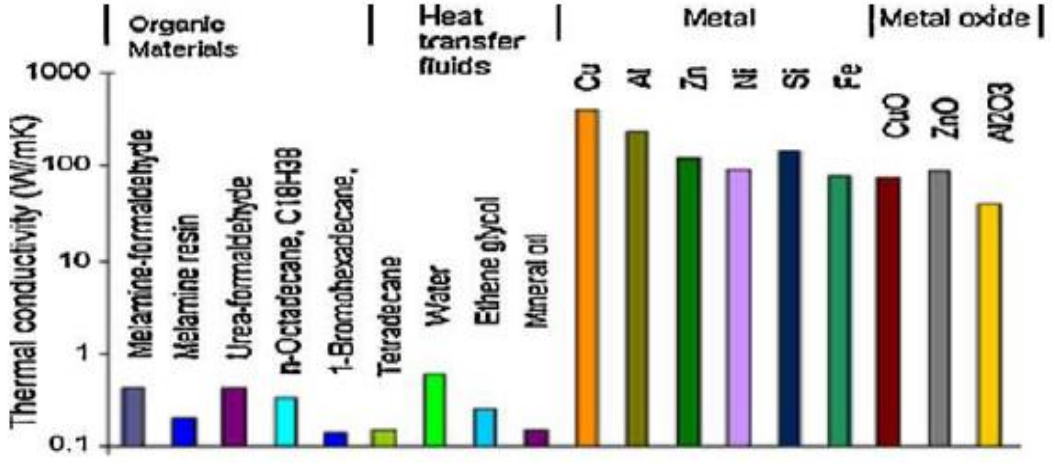
این نحوه‌ی ارتباط رشته‌های مختلف علمی و پروژه‌های مشترک منجر به کشف مرزهای جدیدی در تحقیقات ترموفیزیک برای طراحی و مهندسی در زمینه‌ی تولید خنک‌کننده‌ها خواهد گردید. تحقیق در

مورد نانوسیالات می‌تواند به یک پیشرفت غیر منتظره در زمینه‌ی سیستم‌های ترکیبی مایع/ جامد، برای کاربردهای بی‌شمار مهندسی از جمله خنک‌کننده‌های اتومبیل‌ها و کامیون‌های سنگین بیانجامد.
از عمده‌ترین تأثیرات این تحقیقات می‌توان به بیشتر شدن کارایی انرژی، کوچک‌تر و سبک‌تر شدن سیستم‌های حرارتی، کمتر شدن هزینه‌های عملیاتی و پاک‌سازی محیط زیست اشاره نمود. شکل ۱-۱ بازه‌ی تغییرات حجمی را برای نانو مواد، ابزار آلات و دستگاه‌ها نشان می‌دهد.



شکل (۱-۱): بازه‌ی تغییرات حجمی را برای نانومواد، ابزار آلات و دستگاه‌ها

شکل ۱-۲ مقایسه‌ای بین رسانش حرارتی سیالات و نانوسیالات را نشان می‌دهد.



شکل (۱-۲): مقایسه‌ای بین رسانش حرارتی سیالات و نانوسیالات (Eastman et al., 2001)

جدول ۱-۱ رسانش حرارتی افزایشی نانوسیالات فلزی و غیرفلزی را نشان می‌دهد (Wen et al., 2009).

جدول ۱-۱) خلاصه‌ای از کارهای گذشته در رابطه با رسانش حرارتی نانوسیال(Wen et al., 2009)

	Particle	Base fluid	Average particle size	Volume fraction	Thermal conductivity enhancement
Metallic nanofluids	Cu	Ethylene glycol	10 nm	0.3%	40%
				7.5%	78%
	Cu	Water	100nm	0.55%	21%
	Fe	Water		0.001%	17%
	Au	Ethylene glycol	10-20 nm		
	Ag	Water	60-80 nm		
		Water			
Non-metallic nanofluids	Al_2O_3	Water	13 nm	4.3%	30%
	Al_2O_3	Water	33nm	4.3%	15%
	Al_2O_3	Water	68nm	5%	21%
	CuO	Water	36nm	3.4%	12%
	CuO	Water	50 nm	0.4%	17%
	SiC	Water	26 nm	4.2%	16%

جدول ۱-۲ عملکرد نانوذره Al_2O_3 را برای غلظت‌های مختلف در نانوسیال ارائه می‌دهد. اخیراً بررسی‌ها نشان می‌دهد که ترکیب روغن‌های روان کننده با افزودنی‌های نانوذره‌هایی نظیر MoS_2، CuO، TiO_2 و غیره سبب بهبود ظرفیت حمل سیال و کاهش اثرات اصطکاک می‌شود. این مشخصه‌ها سبب می‌شود که نانوسیالات جذابیت زیادی برای کاربردهای خنک‌کاری در بسیاری صنایع شده است.

جدول ۱-۲) افزایش مقدار انتقال حرارت نانو ذره Al_2O_3 (Wen et al., 2009)

Practical Material	Particle size (nm)	Base Fluid Material	α_{cond}
Al_2O_3	33	Water	6
Al_2O_3	24.4	Water	2.5
Al_2O_3	28	Water	4
Al_2O_3	38.4	Water	2.5
Al_2O_3	36	Water	6
Al_2O_3	47	Water	5
Al_2O_3	20	Water	1.3
Al_2O_3	11	Water	12
Al_2O_3	47	Water	6
Al_2O_3	150	Water	3
Al_2O_3	Not reported	Water	4.6
Al_2O_3	24.4	Ethylene Glycol	3
Al_2O_3	28	Ethylene Glycol	3.4
Al_2O_3	Not reported	Ethylene Glycol	6
Al_2O_3	28	Pump Fluid	2.4
Al_2O_3	Not reported	Engine oil	7.6
Al_2O_3	Not reported	Glycerol	5.4

یکی از مسائل بسیار مهم در رابطه با نانوذرات برای کاربرد در نانوسیالات پایداری طولانی مدت آنها است. اصولا پایداری نانوسیالات رابطه‌ی مستقیمی با رسانش حرارتی افزایشی آنها دارد. پایدارای بیشتر منجر به بهتر پخش شدن نانوذرات شده و سبب افزایش رسانش حرارتی نانوسیال می‌گردد(Shen, B., 2006). شکل ۱-۳ پایداری نانوذره Al_2O_3 را در طول زمان نشان می‌دهد.

شکل (۱-۳): تغییرات پایداری نانوذره Al_2O_3 (بدون پایدارکننده) در طول زمان (Shen, B., 2006)

تفاوت اساسی نانوسیالات با سوسپانسیون‌های معمولی از اندازه بسیار ریز ذرات پراکنده نشأت می‌گیرد. بسیاری از نیروهای موثر در بعد ماکرو، باکوچک شدن ذرات و سطح بسیار بالای آنها، تأثیر خود را از دست می‌دهند وجای خود را به نیروهای بین مولکولی می دهند .در مقیاس نانو نیروهای بین مولکولی تاثیر بیشتری نسبت به نیروهای هیدرودینامیکی دارند و با توجه به اینکه خواص موجی شکل (مکانیک کوانتوم) الکترونهای داخل ماده و اثر متقابل آنها روی یکدیگر از جابجایی مواد در مقیاس نانو تأثیر می پذیرد، امکان کنترل و تغییر در خواص ذاتی مواد از جمله خواص گرمایی، الکتریکی، نوری ، مغناطیسی و بار هسته و غیره بدون تغییر در خواص شیمیایی وجود دارد . از دید مولکولی، فرضیات جریان ماکرو زیر سوال می‌رود زیرا رفتار سیال درمقیاس کوچک تغییر می کند و مقیاس طولا همیت پیدا می کند . فرضیه پیوستگی، در ابعاد مولکولی، به علت وجود فواصل بین مولکولی صدق نمی‌کند. بنابراین برای توجیه رفتارسیالات در این بعد، یا مدل ها یا تمیومولکولی که فرضیه پیوستگی در آن نقشی ندارد را در نظر می گیرند و یا فرضیه پیوستگی را با در نظر گرفتن محدودیت هایی استفاده می کنند.

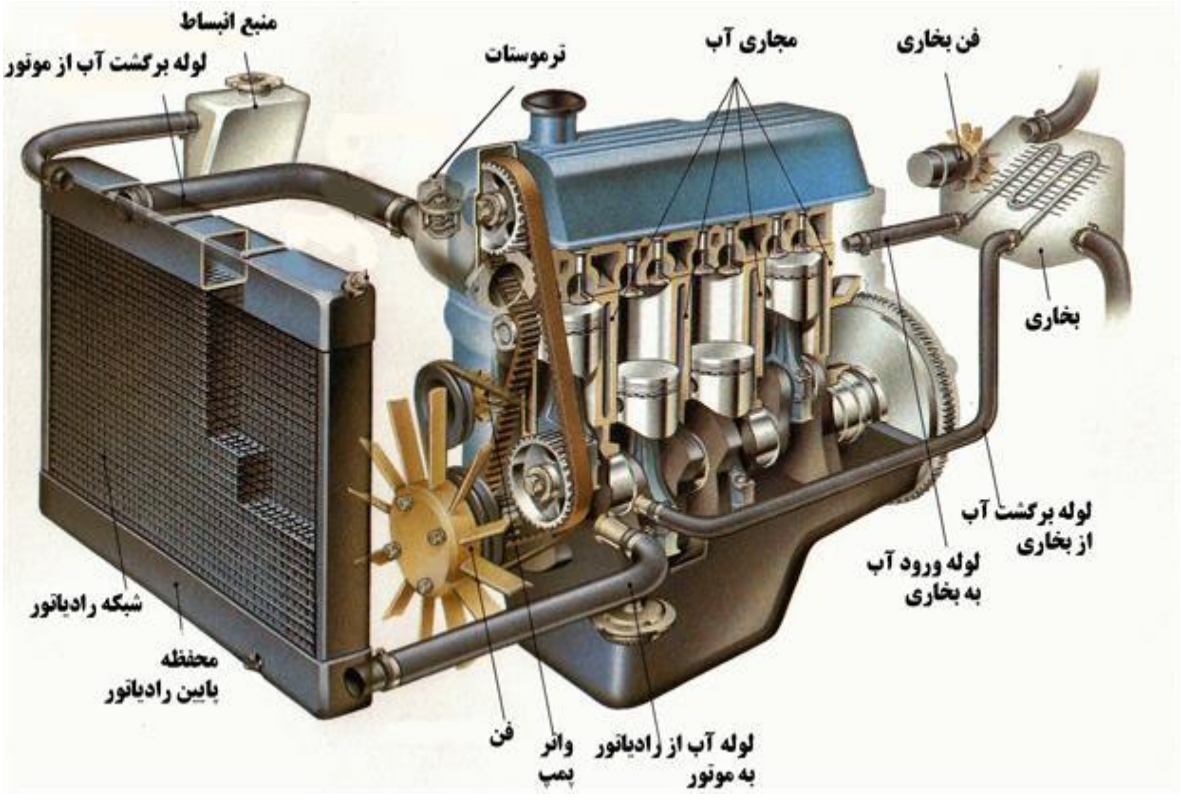
۱-۲. نقش نانو سیالات در انتقال حرارت

نانوسیال عبارتست از نوع جدیدی از سیالات که با پراکندن نانو ذرات در یک سیال پایه ایجاد می شود. ویژگی عمده این سیالات در مقایسه با سیالات معمولی مورد استفاده در کاربردهای حرارتی، خواص حرارتی بهبود یافته آنهاست که باعث می شود حرارت با سرعت بیشتری منتقل شود. یکی از مسائلی که امروزه در فرآیندهای انتقال حرارت مطرح می شود، لزوم افزایش قابل توجه فلاکس حرارتی و کوچک سازی تجهیزات انتقال حرارت است. تاکنون روش های متنوعی جهت افزایش بازدهی مبدل های حرارتی به کار گرفته شده است. بیشتر این روش ها بر مبنای تغییر ساختار تجهیزات نظیر افزایش سطوح حرارتی، لرزش سطوح حرارتی، تزریق یا مکش سیال و کاربرد جریان الکتریکی یا میدان مغناطیسی بوده است. این تکنیک‌ها به سختی از عهده تقاضای روز افزون برای انتقال حرارت در سیستم‌های با لزوم انتقال انرژی بالا بر می‌آیند. در این میان، نقش خواص حرارتی سیالات در انتقال حرارت کمتر مورد توجه قرار گرفته است. سیالات مرسوم برای انتقال حرارت شامل آب، اتیلن گلیکول و روغن موتور ضریب هدایت حرارتی بسیار پایینی در مقایسه با فلزات و حتی اکسیدهای فلزی دارند. به عنوان مثال ضریب هدایت حرارتی مس ۷۰۰ برابر ضریب هدایت حرارتی آب و ۳۰۰۰ برابر ضریب هدایت حرارتی روغن موتور است و ضریب هدایت حرارتی اکسید آلومینیوم نیز ۶۰ برابر ضریب هدایت حرارتی آب است. بنابراین انتظار می رود سیالاتی که حاوی ذرات جامد معلق اکسیدهای فلزی یا فلزات باشند خواص حرارتی بهتری نسبت به سیالات مرسوم از خود نشان دهند. اخیراً استفاده از نانو سیالات که در حقیقت سوسپانسیون پایداری از نانو فیبرها و نانو ذرات جامد هستند، به عنوان راهبردی جدید در عملیات انتقال حرارت مطرح شده است. تحقیقات اخیر روی نانو سیالات افزایش قابل توجه در هدایت حرارتی، جابجایی حرارتی و نیز

کاهش در ویسکوزیته‌ی آن ها نسبت به سیالات بدون نانو ذرات و یا سیالات همراه با ماکرو ذرات را نشان می‌دهد.
از ویژگی‌های کلیدی نانوسیالات که تاکنون کشف شده است می‌توان هدایت‌های گرمایی بسیار بالاتر از آنچه که سوسپانسیون‌های مرسوم از خود نشان داده بودند، وجود نسبت غیر خطی میان هدایت گرمایی و غلظت نانولوله‌های کربنی در نانوسیالات و نیز وابستگی شدید هدایت گرمایی به دما و افزایش چشمگیر در شار حرارتی بحرانی را نام برد. هر کدام از این ویژگی‌ها در جای خود برای سیستم‌های حرارتی بسیار مطلوب می‌باشند و در کنار هم، نانوسیالات را بهترین کاندیدا برای تولید سردکننده‌های مبتنی بر مایع می‌نمایند. این یافته‌ها همچنین وجود محدودیت‌های اساسی در مدل‌های انتقال گرمایی متداول برای سوسپانسیون‌های جامد/ مایع را به وضوح نشان می‌دهد.از جمله عوامل انتقال حرارت در نانوسیالات، عبارتند از: حرکت نانوذرات، سطح مولکولی لایه‌ای مایع در سطح مشترک مایع با ذرات، انتقال حرارت پرتابه‌ای در نانوذرات و تأثیر خوشه‌ای شدن نانوذرات از جمله عوامل انتقال حرارت در نانوسیالات می‌باشند. یک پروژه‌ی جدید با هدف کشف پارامترهای کلیدی، تئوری‌های موجود و مفاهیم بنیادی در مکانیزم‌های افزایش انتقال حرارت نانوسیالات و نیز کشف مبنایی تئوری برای افزایش غیر عادی هدایت گرمایی نانوسیالات در جولای سال ۲۰۰۰ با حمایت وزارت انرژی آمریکا و مرکز انرژی علوم پایه به تصویب رسید. از عمده‌ترین تأثیرات این تحقیقات می‌توان به بیشتر شدن کارایی انرژی، کوچک‌تر و سبک‌تر شدن سیستم‌های حرارتی، کمتر شدن هزینه‌های عملیاتی و پاک‌سازی محیط زیست اشاره نمود. تحقیقات آینده بیشتر بر روی جنس نانوذرات به کارروند در ساخت نانوسیالات از جمله ذرات آلومینیوم و نانوذرات اکسید فلزی روکش شده متمرکز خواهد شد.

۱-۳- اجزای سیستم خنک کننده

همان طور که می دانید اساس عملکرد موتور اتومبیل بر اساس انفجار سوخت در داخل سیلندرهای موتور است که نیروی حاصل از انفجار، سیلندرها را به عقب رانده و این نیروی رو به جلو و عقب نهایتاً تبدیل به نیروی دورانی می شود. اما این انفجار مسلماً باعث بالا رفتن بیش از حد دمای موتور شده و به موتور آسیب وارد یا حتی منجر به ذوب یا تغییر شکل آن خواهد شد. پس وجود یک سیستم خنک کننده که بتواند دمای موتور را ثابت نگه دارد الزامی است. اما این سیستم خنک کننده موتور چیست و از چه قسمت هایی تشکیل شده است و نحوه عملکرد آن چگونه است؟ در این بخش به این سوالات پاسخ داده و اساس عملکرد رادیاتور اتومبیل را بررسی خواهیم نمود. در (شکل ۱-۴) نمونه ای از این سیستم به همراه اجزای مختلف آن را مشاهده می‌کنید.



شکل (۱-۴): سیستم خودرو واجزای آن

دراتومبیل‌های امروزی دما با استفاده از آب یا مایع خنک کننده ثابت نگه داشته می شود. به این صورت که در اطراف سیلندرهای موتور که محفظه‌های انفجار هستند، آب به وسیله یک پمپ به گردش درآمده و گرمای موتور را به خود جذب می کند. برای حرکت آب در این نواحی، مجاری مخصوصی در اطراف سیلندرها تعبیه شده است. پس از جذب دمای موتور آب داغ شده و به حرکت خود به سوی خارج از موتور ادامه می‌دهد. پس از خروج از موتور وارد محفظه مشبکی به نام رادیاتور می شود. در رادیاتور به دلیل تبادل حرارتی بالای آن با هوا، گرمای آب گرفته شده و آب مجدداً خنک می شود. سپس آب خنک شده مجدداً به سوی موتور حرکت می‌کند و این چرخه از نو آغاز می‌شود. بر اثر احتراق در موتورهای احتراق داخلی گرمای زیادی تولید می‌شودکه حتی می‌تواند فلزات مجموعه سیلندر و پیستون را ذوب کند.

سیستم خنک‌کاری به‌منظور پیشگیری از بالا رفتن دمای موتور به‌کار می‌رود. این سیستم برای مراقبت دربرابر عملکرد مؤثر در تمام سرعت‌های موتور و کنترل شرایط مختلف مورد استفاده است. دما در طول مدت احتراق مخلوط سوخت و هوا در محفظه احتراق موتور بسیار بالا می‌رود و به بیش از ۲۰۰۰ درجه می‌رسد.

میزان قابل توجهی از این حرارت توسط دیواره‌های سیلندر و پیستون‌ها جذب می‌شود بنابراین باید خنک‌کاری به اندازه‌ای صورت پذیرد که دما بیش ازحدود ۲۳۰ درجه نشود. دماهای بالاتر باعث کاهش ضخامت فیلم روغن می‌شود و خواص روغن به شدت افت می‌کند که این مسئله موجب افزایش استهلاک قطعات و ازدیاد دمای آنها خواهد شد.

برای آنکه به اهمیت رادیاتور بیشتر پی ببریم لازم است به این مساله توجه کنیم که از احتراق بنزین در موتور دمایی در حدود ۲۵۰۰-۲۰۰۰ در جه سانتیگراد حرارت تولید می شود و شما فقط با چند لیتر سیال مثل آب و یا ترکیبی از آب و ضد یخ / ضد جوش بایستی موتور را به دمای بین ۹۰ تا ۹۵ درجه برسانید و آن را خنک کنید. موتورهای بنزینی گرچه تا حدزیادی بهبود یافته و اصلاح شده‌اند، اما هنوز بازده بالایی برای تبدیل انرژی شیمیایی به توان مکانیکی ندارند.

بیشترین میزان انرژی موجود در بنزین (شاید ۷۰درصد) به گرما تبدیل می‌شود و مهم‌ترین وظیفه سیستم خنک‌کاری خودرو، مراقبت و استفاده صحیح از گرمای ایجاد شده است. در واقع، نخستین وظیفه سیستم خنک‌کاری خودرو، جلوگیری از گرم‌شدن بیش از حد مجاز خودرو ازطریق انتقال گرما به هوای بیرون خودرو است. موتور خودرو، بهترین عملکرد را در دمای مناسب و بهینه بالای خود دارد.

وقتی موتور سرد است، عملکرد اجزای آن با نقصان مواجه می‌شود و بازده موتور کمتر و در نتیجه آلودگی ایجاد شده بیشتر می‌شود. بنابراین، دیگر وظیفه مهم سیستم خنک‌کاری خودرو این است که به موتور اجازه دهد با سرعت ممکن به دمای بالای بهینه و مناسب برسد و گرم شود، سپس موتور را در دمایی ثابت نگه دارد. موتور، زمانی خوب کار می‌کند که دمای مایع سرد کننده، حدود ۹۳ درجه سانتی‌گراد یا حدود ۲۰۰ درجه فارنهایت باشد. (در این دما، موتور هم مصرف بنزین به حد استاندارد می‌رسد، وهم آلودگی خروجی اگزوز به نسب استاندار می باشد).

در این دما:

۱- محفظه احتراق به اندازه کافی گرم می‌شود تا احتراقی بهتر و آلودگی کمترحاصل شود.

۲- لزجت روغن موتور کمتر، و در نتیجه عملکرد اجزای آن روان‌تر و درنهایت میزان اتلاف توان موتورکمتر می شود.

۳- فرسایش قطعات و اجزای فلزی کمتر می‌شود.

خنک‌کاری در موتور دو علت دارد:

۱- نگه داشتن دمای اجزای موتور در دمایی که روغنکاری مؤثر در آن ممکن باشد.

۲- نگه داشتن دمای اجزای مختلف موتور در یک محدوده خاص به‌طوری که به سلامت قطعات موتور صدمه نزند.

سیستم خنک‌کاری موتور برای حداقل کردن حجم و وزن رادیاتور است که در وسایل نقلیه از اهداف مهم تلقی می‌شود. با برای درک نیاز موتور به سیستم خنک‌کاری، اثرات افزایش یا کاهش دمای کارکرد موتور در ذیل آمده است:

●اثرات افزایش دمای کارکرد موتور:

۱- بهره‌برداری در دماهای بالا، بارهای زیاد با سرعت بالا بدون عملیات خنک‌کاری باعث اکسیداسیون روغن روغنکاری می‌شود. در این شرایط ممکن است با بالارفتن دما، لعاب و رسوب شکل گیرد؛ به‌طوری که رینگ پیستون نتواند کار خود را انجام دهد؛ ضمن این که خراش خوردن رینگ نیز باعث اختلال عملکرد آن می‌شود. به همین ترتیب اکسیداسیون روغن می‌تواند باعث خوردگی و سایش بعضی از انواع یاتاقان‌ها شود.

۲- اگر دمای کارکـرد خیلـی زیاد شـود، نقاطی از پیستون‌ها و قسمت‌هایی از میل‌لنگ که در یاتاقان می‌چرخند، منبسط می‌شوند که این موضوع باعث خروج آنها از لقی مجاز می‌شود و این تغییرات صدمات جدی در یاتاقان‌ها و رینگ‌ها به بار می‌آورد.

۳- سطوح داخل محفظه احتراق از قبیل پای سوپاپ خروجی و شمع ممکن است آن قدر گرم شود جرقه زودتر اتفاق بیفتد؛ این شرایط جرقه پیش‌رس نامیده می‌شود که اگر برای مدتی ادامه یابد، خسارت عمده به موتور می‌زند.

۴- اگر مخلوط تازه وارد شده به سیلندر خیلی گرم شود، چگالی کاهش خواهد یافت و در نتیجه قدرت آن کاسته می‌شود؛ به‌خصوص در موتورهای بنزینی.

●اثرات کاهش دمای کارکرد موتور:

۱- افزایش خنک‌کاری باعث کاهش راندمان حرارتی و مانع تبخیر مناسب سوخت می‌شود که موجب رقیق شدن روغن می‌گردد.

۲- تبخیر نا مناسب سوخت ، فیلم روغن بر روی دیواره‌های سیلندر را از بین می‌برد و باعث افزایش فرسایش سطح داخلی سیلندر می‌شود.

✓ به طور کلی خنک‌کاری بیش از حد باعث کاهش قدرت، ضرراقتصادی مصرف بیشتر سوخت و کاهش طول عمر قطعات موتور می‌شود.

برای کاهش اصطکاک و انتقال حرارت ناشی حرکت قطعات گردنده مثل میل لنگ و شاتون‌ها می توان از روغن استفاده کرد ولی خنک کاری به روانکاری با روغن ختم نشده و استفاده از سیال‌های خنک کننده و اجزایی مانند رادیاتور ، شکل تکامل یافته‌تری برای ایفای این مهم به خود می گیرد. خوب است که بدانید قدرت خنک‌کنندگی آب ۲۰ برابر روغن می باشد و وجود سیستم خنک‌کاری متکی به رادیـاتور و سـیال