دوازدهمین کنگره ملی سراسری
فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران
12th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran
senaconf.ir

مروری بر تاثیر نانو ذرات هیبریدی بر ویسکوزیته روغن توربین

رشید پوررجب[۱]، محمد کریم رضایی اصل [۲]

[۱] پردیس صنعتی شهدای هویزه، انشگاه شهید چمران اهواز، سوسنگرد r.pourrajab@gmail.com

[۲] پردیس صنعتی شهدای هویزه، انشگاه شهید چمران اهواز، سوسنگرد m.rezaiesrd40@gmail.com

چکیده

سطوح فلزات صرف نظر از اینکه صاف به نظر می رسند، دارای منافذی هستند که هنگام حرکت روی یکدیگر باعث ساییدگی و اصطکاک می شوند. به همین دلیل روانکاری و استفاده از روان کننده ها در فرآیندهای مختلف صنعتی به منظور کاهش اصطکاک یکی از چالش‌هایی است که محققان را به استفاده از روان کننده های با کارایی بالا تشویق می کند. موضوع ویسکوزیته و افزایش آن با غلظت نانوذرات همواره مورد توجه محققان بوده است و محققان به دنبال ابزاری برای افزایش خواص حرارتی سیالات و کنترل ویسکوزیته آنها هستند. یکی از موضوعات مهم در زمینه مکانیک استفاده از نانوساختارها برای بهبود خواص ترموفیزیکی روغن ها است. نانوسیالات با تزریق ذرات در مقیاس نانو به سیالات پایه تولید می‌شوند. این نانوسیالات دارای خواص ترموفیزیکی و رئولوژیکی بهتری در مقایسه با سیالات پایه هستند. در تهیه نانوسیالات از اکسیدهای فلزی مانند گرافن، آاهن، کربن ، مس، اکسید آلومینا ، نقره، طلا، اکسید مس، دی اکسید تیتانیوم و دیگر نانوذراتی که خواص حرارتی مطلوبی دارند استفاده می‌شود و سیالاتی مثل آب، اتیلن گلیکول وانواع روغن‌های صنعتی، گازوئیل، متانول نیز به عنوان سیال پایه کاربرد دارند. مزیت استفاده از نانوسیال، دربرابر با سیال با ذرات بزرگتر، بالابودن انتقال حرارات و عدم گرفتگی ومسدود شدن مجراها می‌توان اشاره کرد. با توجه به توضیحات گذشته در این مقاله به بررسی تاثیر نانو ذرات هیبریدی بر ویسکوزیته در سیال پایه روغن و امکان سنجی استفاده در روغن توربین پرداخته خواهد شد.

واژه‌های کلیدی

نانوسیالات هیبریدی، روغن توربین، ویسکوزیته، نانوذرات.

۱. مقدمه

سالهای اخیر ، نانوسیال های هیبریدی به عنوان جایگزینی برای خنک کننده های سنتی به ویژه آنهایی که در دمای بسیار بالا کار می کند مورد توجه قرار گرفتند. رفتار رئولوژکی این نانو سیالات تاثیر بسزایی بر قدرت پمپاژ مورد نیاز ضریب وظرفیت حرارتی سیال وهمچنین انتقال حرارت دارد [1]. به دلیل جریان پیچیده ویژگی های نانو سیال های هیبریدی بیشتر تحقیقات به صورت تجربی انجام شده است. تجزیه و تحلیل رفتار رئولوژی نانو سیالات هیبریدی با در نظر گرفتن تاثیر غلظت نانوذرات ، دما، وتنش برشی ونرخ برش برای ویسکوزیته نانو سیالات هیبریدی ضروری هستند و در چندین تحقیق مورد مطالعه قرار گرفتند.

۲. مروری بر پژوهش های پیشین

سالهای اخیر پورپاشا و همکاران [2] در سال ۲۰۱۹ به بررسی اثر افزودن نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم به روغن خالص بر روی خواصی مانند ویسکوزیته، شاخص ویسکوزیته، نقطه اشتعال، چگالی، ضریب اصطکاک و نیروی اصطکاک در سیستم پین روی دیسک پرداخته اند. نانوسیالات با استفاده از روغن توربین به عنوان روغن پایه و افزودنی TiO_2 با ۰،۰۵، ۰،۱، ۰،۲، ۰،۳، ۰،۴ و ۱ درصد جرم و سورفکتانت اسید اولئیک سنتز شدند و سپس خواص ذکر شده مورد آزمایش قرار گرفتند. نتایج نشان می دهد که ویسکوزیته سینماتیکی روغن با افزایش نانوذرات و کاهش دما افزایش می یابد. شاخص ویسکوزیته و دمای نقطه اشتعال در ۰،۴ درصد جرمی به ترتیب ۶،۶۵ درصد و ۱،۷۷ درصد افزایش یافتند. دمای نقطه ریزش در ۰،۰۵–۰،۲ درصد جرمی ۳٪ افزایش یافت. یک سیستم پین روی دیسک برای اندازه گیری ضریب اصطکاک و نیروی اصطکاک بین پین و دیسک در حضور روغن خالص و نانوسیال پس از ۲ ساعت سایش استفاده شد. نتایج نشان داد که ضریب اصطکاک و نیروی اصطکاک با افزودن ۰،۱ درصد جرم TiO_2 به ترتیب ۳۷/۱ و ۳۷/۱ درصد کاهش یافت.

هیندبو و همکاران [3] در سال ۲۰۲۲ به تجزیه و تحلیل رفتارهای هیدرودینامیکی و حرارتی جریان همرفتی مخلوط ناپایدار نانوسیال در یک میکرو کانال پر شده با یک محیط متخلخل اشباع شده پرداخته اند. معادلات دیفرانسیل جزئی حاکم غیرخطی مربوط به تکانه، انرژی و غلظت با استفاده از روش تفاضل محدود نیمه گسسته سازی فرموله و حل عددی شدند. نتایج عددی نشان می‌دهد که پروفیل‌های سرعت و دما با پارامتر گرادیان فشار، پارامتر ویسکوزیته متغیر، عدد اکرت، عدد گراشف حرارتی، عدد گراشف حلی و پارامتر حرارتی رفتار فزاینده‌ای نشان می‌دهند، در حالی که پروفیل غلظت با افزایش مقادیر رینولدز مکش/تزریق افزایش می‌یابد.

همت اسفه و همکاران [4] در سال ۲۰۲۲ ویسکوزیته HNF با روغن ۴۰۱۰ Wبه عنوان سیال پایه، در محدوده دمایی 55-5 T درجه سانتیگراد و با کسرهای حجمی جامد از ٪1-0.5 SVF را مورد مطالعه و مدل سازی قرار داده اند. ویسکوزیته نانوسیال در شرایط مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. داده های آزمایشگاهی برای مدل‌سازی ویسکوزیته دینامیکی HNF با استفاده از روش سطح پاسخ (RSM)مورد استفاده قرار گرفته اند که افزایش دما تأثیر زیادی بر ویسکوزیته دارد و همچنین تأثیر آن مهمتر از تغییرات نرخ برش (SR)و SVF است. ویسکوزیته بهینه نیز در٪0.05 SVF ، 11997 SR s-1و ۱۴،۹۷ =Tدرجه سانتی گراد برابر با mPa.sec 158.1می باشد.

همت اسفه و همکاران [5] در سال ۲۰۲۲ پس از بررسی رفتار رئولوژیکی و ویسکوزیته اکسید سیلیسیم و نانولوله‌های کربنی چند جداره نانوروانکار هیبریدی مبتنی بر روغن، نظریه با روش سطح پاسخ (RSM) را مورد مطالعه قرار داده اند. نتایج تجربی نشان می دهد که بهبود ویسکوزیته به طور قابل توجهی در غلظت ۰،۰۶۲۵٪ تا ۹،۲۲٪ کاهش می یابد و در غلظت ۱٪ با + ۴۸،۲۳٪ بهترین افزایش ویسکوزیته مشاهده می شود.

سپهرنیا و همکاران [6] ۲۰۲۲ رفتار رئولوژیکی و ویسکوزیته دینامیکی نانوسیال هیبریدی روغن موتور ۳۰ W5مبتنی بر اکسید روی و افزودن نانولوله‌های کربنی چند جداره (۳۰:۷۰) با کسرهای حجمی مختلف (VFs) از ۰،۰۵ تا ۱ حجمی، دما در محدوده ۵-۵۵ درجه سانتیگراد، و نرخ برش متغییر از ۵۰ تا ۱۰۰۰ دور در دقیقه را به صورت تجربی مورد بررسی قرار داده اند. مقادیر ویسکوزیته اندازه گیری شده در نرخ‌های برشی و دماهای مختلف نشان داد که نانوسیال هیبریدی مورد مطالعه دارای رفتاری غیرنیوتنی است. نتایج تجربی نشان می دهد که افزایش نانوذرات منجر به افزایش ویسکوزیته می شود. با افزایش دمای نانوسیال، ویسکوزیته نانوسیال هیبریدی کاهش می یابد، در حالی که روغن موتور بدون مواد افزودنی در دماهای بالا ویسکوزیته بالایی دارد.

پروار و همکاران [7] در سال ۲۰۲۰ به بررسی اثر نانوذرات ZnO در روغن ترانسفورماتور بر ویژگی های رسانایی حرارت و ویسکوزیته دینامیکی آن پرداخته اند. برای این منظور، پیامد تغییرات دما و غلظت نانوسیال به عنوان پارامترهای مهم تاثیرگذار بر هدایت حرارتی و ویسکوزیته نمونه ها مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان داد که هدایت حرارتی نانوسیال بالاتر از روغن ترانسفورماتور خالص در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد است. همچنین مشاهده شد که افزایش غلظت نانوذرات در روغن ترانسفورماتور هدایت حرارتی نانوسیال را افزایش داده است. علاوه بر این، رسانایی حرارتی در کسرهای حجمی ۰٫۰۵٪ و ۱٪ تقریباً ۴٫۶۱ و ۱۱٫۵۳ درصد افزایش یافته است.

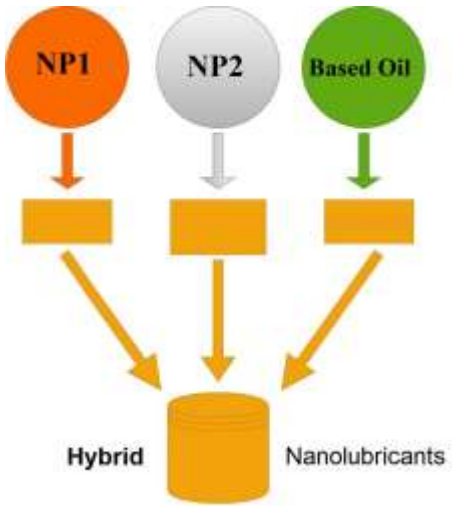
پورپاشا و همکاران [8] در سال ۲۰۲۰ به ارزیابی اثر غلظت نانولوله‌های کربنی چند جداره در سیال پایه روغن توربین و تاثیر آن بر ویژگی‌های ترموفیزیکی روان‌کننده‌ها، از جمله شاخص ویسکوزیته، ویسکوزیته سینماتیک، نقطه اشتعال، افت فشار و ضریب اصطکاک پرداخته اند. نتایج نشان داد که ویسکوزیته روان کننده خالص با افزودن نانولوله‌های کربنی چند جداره ها افزایش یافته و با کاهش دما افزایش می یابد. شاخص ویسکوزیته در غلظت ۰٫۳ درصد وزنی ۲٫۴۳ درصد افزایش یافت و همچنین دمای نقطه اشتعال در غلظت های ۰٫۳ درصد وزنی و ۰٫۴ درصد وزنی ۴٫۴ درصد افزایش یافت.

موسوی و همکاران [9] در سال ۲۰۱۹ به ارزیابی خواص تریبولوژیکی و ترموفیزیکی روغن دیزل حاوی نانوذرات دی سولفید مولیبدن پرداخته اند. نانوذرات در غلظت های ۰٫۱، ۰٫۴ و ۰٫۷ درصد وزنی در روغن دیزل خالص پراکنده شده اند. مشاهده شد که ترکیب نانوذرات دی سولفید مولیبدن در روغن دیزل باعث افزایش ویسکوزیته نانوسیالات و شاخص ویسکوزیته می شود. بالاترین ویسکوزیته و شاخص ویسکوزیته در ۰٫۷ درصد جرمی یافت شد. همچنین یافته‌ها نشان می دهد که افزودن این نانوذرات در غلظت‌های مختلف اثر ضد اصطکاک و ضد سایش در مقایسه با روغن دیزل خالص ندارند.

ویگنش و همکاران [10] در سال ۲۰۲۰ در مطالعه ای کسرهای وزنی مختلف نانوسیالات نانولوله‌های کربنی چند جداره - روغن خردل فرموله کرده و اثرات احتمالی آنها بر پایداری پراکندگی و ویسکوزیته دینامیکی به صورت تجربی در دماهای بین ۴۰ تا ۱۰۰ درجه سانتیگراد را مورد بررسی قرار داده اند. مشاهده شده است که ویسکوزیته دینامیکی و شاخص ویسکوزیته نانوسیالات با گاهش دماافزایش می یابد، با بالا بردن غلظت نانولوله‌های کربنی چند جداره به طور تصاعدی افزایش می یابد. حداکثر افزایش ویسکوزیته ۱۰۱٫۳٪ در مقایسه با سیال پایه در ۱۰۰ درجه سانتیگراد به دست می آید.

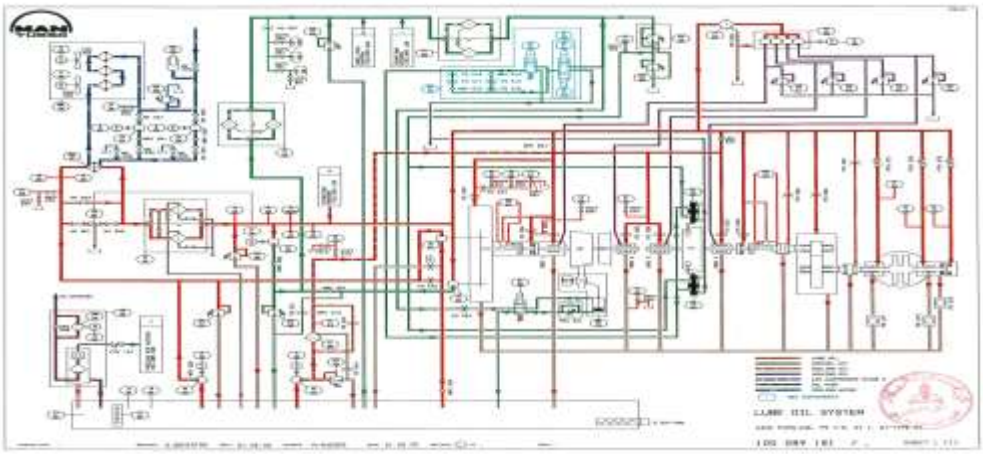
۲. مروری بر نتایج

برای تهیه نانوسیالات هیبریدی بر پایخه روغن روش های متعددی است. یکی از روش‌های متداول آن استفاده از روش چند مرحله ای است. در شکل ۱ نمونه ای از شماتیک روش تهیه این نانوسیالات هیبریدی را نشان می‌دهد.



شکل ۱. شماتیک تهیه نانوسیالات هیبریدی بر پایه روغن

با توجه به نتایجی که از بخش قبل برای ویسکوزیته و همچنین انتقال حرارت نانوسیالات هیبریدی بر پایه روغن بدست آمد می توان امکان استفاده از این نانوذرات هیبریدی را برای روغن توربین های گازی بررسی کرد. توربین گازی، دستگاه مکانیکی دواری که با استفاده انرژی ازاد شده حاصل از احتراق، ترکیب هوای فشرده و سوخت مایع یا گاز به دوران در امده واز ان به عنوان محرک پمپ های اصلی وژنراتورها استفاده می شود. این توربین گازی توربین دو محوری باجریان کمپرسور محوری می باشد. شماتیک مسیر روغن توربین گازی مرکز انتقال نفت شهید ملک (شماره ۳ باغملک) بصورت شکل ۲ و نمای اصلی آن بصورت شکل ۳ می باشد.



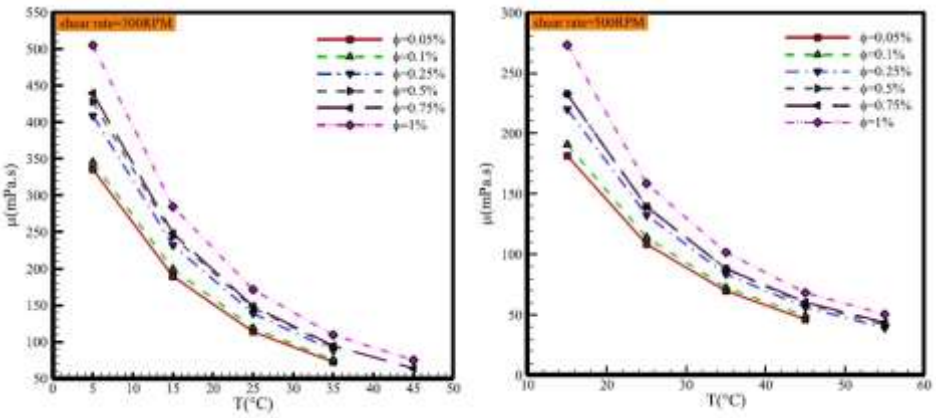
شکل ۲. مسیر روغن کاری توربین گازی

سیستم روغنکاری در توربین های گازی چند وظیفه عمده را بر عهده دارد:۱-روانکاری ۲-انتقال حرارت یا خنکسازی ۳-حفاظت ۴-کنترل.این سیستم عامل بخش های ذیل میباشد. یک پمپ روغن. روغن بوسیله پمپ از مخزن دریافت شده و پس از عبور از رگولاتور به درون فیلتر واحد خنک کاری حرکت داده میشود وسپس وارد قسمت یاتلاق ها شده و پس از روانکاری و گرم شدن، دوباره به مخزن جهت استفاده مجدد باز می گردد. در ادامه، اجزای اصلی سیستم روغن کاری به طور خلاصه شرح داده می شوند.۱-مخزن. وظیفه این مخزن حفظ و نگهداری روغن است. ظرفیت مخزن به اندازه روغن مورد نیاز برای هشت بار چرخش روغن در ساعت میباشد. علاوه بر وظیفه ذخیرهسازی، این مخزن با تجهیزات خاصی عهده دار خارج نمودن گازهای موجود در روغن نیز میباشد. در مناطق سردسیر، از یک گرمکن در درون یا بیرون مخزن روغن جهت رساندن ویسکوزیته روغن به ویسکوزیته مناسب قبل از راهاندازی توربین گاز، استفاده میشود. چنانچه به دلیلی بخواهیم تا امکان راه اندازی سریع توربین گاز همواره فراهم باشد بایستی همیشه ویسکوزیته روغن در حد مناسبی حفظ شود.از آنجاییکه رساندن ویسکوزیته روغن به حد مناسب بوسیله گرمکن نیاز به صرف زمان دارد، در چنین مواردی از یک پمپ جریان ساز جهت مکش و تخلیه مجدد روغن به درون مخزن استفاده میشود. بدین ترتیب در زمانهای خاموشی توربین، بازهم جریان روغن حفظ شده و ویسکوزیته آن در حد مناسب باقی خواهد ماند، در نتیجه امکان راه اندازی سریع توربین همواره فراهم خواهد بود یک وظیفه مهم دیگر مخزن، هوازدایی از روغن است. در حین کار روغن در توربین، حباب های هوا وارد آن میشود، در صورتیکه این حباب ها قبل از ورود مجدد روغن به پمپ، از آن جدا نشوند، پدیده کاویتاسیون بوجود خواهد آمد که بسیار مخرب بوده و ممکن است آسیبهای جدی به پمپ وارد شود. برای جداسازی این حبابهای هوا که به شکل کف بر روی روغن ظاهر میشود سطح مخزن به اندازه کافی وسیع در نظر گرفته شده و با در نظر گرفتن زمان کافی برای توقف روغن در تانک و جدا شدن حباب های هوا توسط فن از تانک خارج خواهد شد. مدت زمانی که طول میکشد تا روغن از مخزن خارج شده و پس از عبور از مراحل مختلف مجدداً وارد مخزن گردد، تقریباً ۷ الی ۸ دقیقه طول میکشد. این زمان برای جداسازی هوای جمع شده و ذرات جامد معلق در روغن، کافی است.۲-پمپ وظیفه اصلی پمپ، فشارسازی و جریاندهی به روغن است. ۳-فیلتر ها وظیفه اصلی فیلترهای روغن جداسازی ذرات ساییده شده در ناحیه پمپ و یا یاتاقان های توربین گاز است.۴-رگولاتورها ظیفه اصلی رگولاتورها تنظیم فشار روغن و حفظ آن در

مقداری از پیش تعیین شده است.. ۵-خنک ساز ها وظیفه اصلی خنکسازها، جذب و دفع گرمای روغن قبل از ورود مجدد به توربین است. درجه حرارت مناسب برای روغن بین ۵۰ تا ۶۰ درجه سانتیگراد میباشد. در واحد خنکساز، روغن وارد قسمتی مانند رادیاتور شده و در مجاورت هوا با مخلوط آب و گلیکول، تبادل گرما صورت میگیرد. گاهی به منظور افزایش سرعت خنککاری از فن هایی در مقابل رادیاتورها نیزاستفاده میشود .مخزن روغن(کارتل) این مخزن در شاسی توربین تعبیه شده که گنجایش آن ۹۰۰۰ لیتر است. در زمانی که توربین در حال کارکرد است مقدار ۱۰۰۰ لیتر روغن جهت خنک کاری قطعات دوار در گردش میباشد. برای آماده بکار نگه داشتن روغن در فصول سرد سال و در زمان توقف توربین از سه دستگاه هیتر المنت برقی قوی در کارتل استفاده میگردد که دمای روغن را همواره در محدوده حدود ۳۵ تا ۴۰ درجه سانتی گراد نگه میدارد. در صورت وجود نشتی و کاهش حجم روغن به ۴۵۰۰ لیتر آلارم کاهش سطح روغن در مانیتور کنترلر توربین ظاهر میگردد که اگر به آن آلارم توجهی نشود و حجم مواد به ۳۰۰۰ لیتر برسد ، آلارم شات دان ظاهر شده و توربین متوقف میگردد. تقریبا ۷ الی ۸ دقیقه طول می کشد تا روغن از مخزن خارج شده و پس از عبور از مراحل مختلف مجددن وارد مخزن می گردد.

شکل ۳. تصویر توربین گازی

سیستم روغن کاری در توربین وظایفی همچون روان سازی، انتقال حرارت یا خنک سازی وکنترل وحفاظت توربین را دارد. درجه حرارت مناسب برای این روغن ۵۰ تا۶۰ درجه سانتیگراد می باشد. با توجه به اینکه افزودن نانوذرات باعث افزایش ویسکوزیته روغن پایه می شود و این روغن در دماهای بالاتر می تواند ویسکوزیته لازم را داشته باشد می توان از این روش برای بهبود خواص روغن توربین استفاده کرد. در شکل ۴ نتایج بدست آمده برای نانوسیال هیبریدی MWCNTs و ZnO برای سیال پایه روغن موتور را مشاهده می‌کنید.



شکل ۴. تاثیر دما و غلظت نانوذرات هیبریدی بر ویسکورزیته روغن موتور [11]

منابع

[1] G. Huminic, A. Huminic, Hybrid nanofluids for heat transfer applications–a state-ofthe-art review, Int. J. Heat Mass Transf. 125 (2018) 82–103

[2] Pourpasha H, Zeinali Heris S, Asadi A. Experimental investigation of nano-TiO2/turbine meteroil nanofluid. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 2019 Oct;138(1):57-67.

[3] Hindebu, B., Makinde, O.D. & Guta, L. Unsteady mixed convection flow of variable viscosity nanofluid in a micro-channel filled with a porous medium. Indian J Phys 96, 1749–1766 (2022). https://doi.org/10.1007/s12648-021-02116-y

[4] Esfe MH, Motallebi SM, Toghraie D. Optimal viscosity modelling of 10W40 oil-based MWCNT (40%)-TiO2 (60%) nanofluid using Response Surface Methodology (RSM). Heliyon. 2022 Dec 1;8(12):e11944

[5] Esfe MH, Alidoust S, Ardeshiri EM, Toghraie D. The effect of different parameters on ability of the proposed correlations for the rheological behavior of SiO2-MWCNT (90: 10)/SAE40 oil-based hybrid nano-lubricant and presenting five new correlations. ISA transactions. 2022 Sep 1;128:488-97.

[6] Sepehrnia M, Mohammadzadeh K, Veyseh MM, Agah E, Amani M. Rheological behavior of engine oil-based hybrid nanofluid containing MWCNTs and ZnO nanopowders: Experimental analysis, developing a novel correlation, and neural network modeling. Powder Technology. 2022 May 1; 404:117492.

[7] Parvar M, Saedodin S, Rostamian SH. Experimental study on the thermal conductivity and viscosity of transformer oil-based nanofluid containing ZnO nanoparticles. Journal of Heat and Mass Transfer Research. 2020 May 1;7(1):77-84.

[8] Pourpasha H, Heris SZ, Mahian O, Wongwises S. The effect of multi-wall carbon nanotubes/turbine meter oil nanofluid concentration on the thermophysical properties of lubricants. Powder technology. 2020 May 1;367:133-42.

[9] Mousavi SB, Heris SZ, Hosseini MG. Experimental investigation of MoS2/diesel oil nanofluid thermophysical and rheological properties. International Communications in Heat and Mass Transfer. 2019 Nov 1;108:104298.

[10] Vignesh V, Vijayan S, Selvakumar G. EXPERIMENTAL INVESTIGATION AND MECHANISM ANALYSIS: EFFECT OF CONCENTRATION AND TEMPERATURE ON THE VISCOSITY OF NOVEL MWCNT-MUSTARD OIL NANOFLUID. Journal of the Chilean Chemical Society. 2020 Dec;65(4):4948-52.

[11] M. Sepehrnia, K. Mohammadzadeh, M. M. Veyseh, E. Agah, M. Amani, Rheological behavior of engine oil based hybrid nanofluid containing MWCNTs and ZnO nanopowders: Experimental analysis, developing a novel correlation, and neural network modeling, Powder Technology, Volume 404, 2022,117492, https://doi.org/10.1016/j.powtec.2022.117492