شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو

فصلنامه

دانش آزمایشگاهی ایران

سال دوازدهم ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۴۰۳ ■ شماره پیاپی ۴۶

ISSN 2538-3450

اثر افزودنی‌ها بر خواص اصطکاکی گریس‌های مختلف

استمرار توسعه شبکه‌سازی و هم‌افزایی مراکز آزمایشگاهی کشور

آشنایی با طیف‌سنجی رزونانس مغناطیسی هسته

اندازه‌گیری چگالی، چگالی نسبی یا گراویتی API نفت‌خام و فرآورده‌های نفتی مایع با روش هیدرومتر براساس استاندارد INSO 197

اندازه‌گیری مستقیم سلنیوم و دیگر عناصر ناچیز در نمونه‌های سرم با ICP-MS

هیدروکسی آپاتیت به‌عنوان ماده استحکام بخش جدید در استحکام‌بخشی استخوان‌های باستانی

آزمون استاندارد اودی: روشی برای ارزیابی مواد و مصالح بکار رفته در مخازن و ویترین‌های نمایش آثار تاریخی و فرهنگی

www.IJLK.ir
info@ijlk.ir

نویسنده
فرشاد جعفری[1]*
۱. کارشناس آزمایشگاه شرکت فنی مهندسی و آزمایشگاهی، پارس‌لیان اروند شعبه تهران
*Farshadjafary1269@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۱۵

اثر افزودنی‌ها بر خواص اصطکاکی گریس‌های مختلف

واژه‌های کلیدی
آزمون چهارگلوله، اصطکاک ،گریس، افزودنی‌ها، رئولوژی.

چکیده

اثر ترکیبات گریس مانند روغن پایه، غلیظ کننده و اثر متقابل آنها بر ضخامت فیلم روان کننده در سرعت‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. خواص رئولوژیکی گریس‌ها و تاثیر غلیظ کننده، انواع پلیمرهای محلول در روغن و وزن مولکولی آنها بر این خواص، مورد بررسی قرار می‌گیرد. گریس‌ها، هنگامی که در دما و فشار بالا مورد استفاده قرار می‌گیرند، موجب اصطکاک و سایش بالا می‌شوند؛ بنابراین، با توجه به عوامل ذکر شده، چگونگی بهبود خواص ضد سایش و فشار شدید آنها بررسی شده‌است. همچنین، اثر افزودنی‌های مختلف به‌عنوان مثال، بنزوئیک اسید، پُلی تترافلوئورو اتیلن[1]، نانو دی‌اکسید تیتانیوم، اکسید سریم[2]، ایزوبوتن سولفوره شده، نانولوله‌های کربنی، نانوورق‌های گرافن بر خواص تریبولوژیکی گریس‌های مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرد. این مقاله مروری با هدف نقش روغن پایه، غلیظ کننده، اصلاح کننده‌های ویسکوزیته و افزودنی‌های مختلف در روان کنندگی گریس و افزایش خواص تریبولوژیکی گریس‌ها ارائه شده‌است.

مقدمه

گریس، کلمه‌ای لاتین (کراسوس[3]) و به معنای چربی است که از یک مایع حامل (روغن معدنی یا روغن مصنوعی) تشکیل شده و در آن یک عامل غلیظ کننده که به‌طور عمده صابون فلزی است، پخش می‌شود و سوسپانسیون کلوئیدی ایجاد می‌کند [۱]. گریس‌های روان کننده، اصطکاک و سایش بین سطوح تماس را کاهش می‌دهد و در نتیجه از خرابی اولیه ماشین‌ها جلوگیری می‌کند. گریس، به دلیل ماهیت نیمه جامد خود و عمل آب‌بندی، از ورود آلاینده‌ها (جامد و مایع) به سیستم جلوگیری می‌کند [۲]. گریس‌ها در سرعت‌های پایین، لایه‌های ضخیم‌تری نسبت به روغن‌های پایه تشکیل می‌دهند. در مدل سرعت کم، اصطکاک و ضخامت لایه به ترکیب گریس بستگی دارد. در این مدل، ضخامت فیلم به‌صورت کامل به نوع غلیظ کننده مورد استفاده بستگی دارد که با تغییر ویسکوزیته روغن پایه و دما ثابت می‌ماند. در مدل سرعت بالا، ضخامت لایه، تابعی از خواص روغن پایه به تنهایی است که با نظریه هیدرو دینامیک الاستو برآورد شده‌است [۳]. روغن پایه انتخاب شده برای فرمولاسیون گریس به‌منظور استفاده در دمای بالا باید ویسکوزیته بالایی داشته باشد. روغن پایه و مواد افزودنی دو عامل کنترل کننده روانکاری گریس‌ها هستند. ضخیم کننده پایداری برشی، خواص رئولوژیکی گریس را کنترل می‌کند و تأثیر قابل توجهی بر خواص مختلف مانند ضریب اصطکاک و ضخامت فیلم روانکاری دارد. خواص روغن پایه و تعامل آن با غلیظ کننده،

فصلنامه دانش آزمایشگاهی ایران
سال دوازدهم ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۴۰۳ ■ شماره پیاپی ۴۶

عملکرد گریس را تعیین می‌کند. در سرعت‌های پایین مشاهده شده‌است ضریب اصطکاک، زمانی که از صابون لیتیوم به‌عنوان غلیظ کننده مورد استفاده قرار می‌گرفت، پایین می‌آمد و زمانی که از سولفونات کلسیم به‌عنوان قوام دهنده استفاده می‌شد، ضریب اصطکاک بالا می‌رفت. استحکام گریس از ترشح آن از یاتاقان‌ها جلوگیری می‌کند که به نوع غلیظ کننده و غلظت آن بستگی دارد. به‌طور معمول گریس‌ها بین محدوده دمایی ۲۰- تا ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد کار می‌کنند. حد پایین را می‌توان با استفاده از روغن با ویسکوزیته سبک‌تر به ۳۰- تا ۴۰- درجه سانتی‌گراد کاهش داد. با استفاده از پایه صابون غیر فلزی مانند خاک رس یا با استفاده از روغن با ویسکوزیته سنگین‌تر، حد دمای بالا را می‌توان به ۱۷۵ تا ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد افزایش داد. عملیات روان کردن در گریس‌ها نسبت به روغن‌ها پیچیده است. سازوکار روانکاری گریس را می‌توان به دو فاز مجزا تقسیم نمود: مرحله چرنینگ[۴] و مرحله بلیندینگ[۵]. مرحله چرنینگ به معنای غوطه‌ور کردن قطعه در گریس است، یعنی به قدری گریس زده می‌شود تا سطح کاملا پوشانده شود و مرحله بلیندینگ به معنای جدا شدن روغن و گریس بوده به‌طوری که روغن در سطح قرار گیرد.

پس از آن، فرآیندی به نام بلیدینگ[۶] و یا سینرسیس[۷] انجام می‌شود که در آن روغن توسط گریس با جداسازی فاز، آزاد شده و به تماس‌ها[۸] عرضه می‌شود. سازوکار روانکاری با استارویشن[۹] نشان داده می‌شود و ضخامت لایه روانکاری هیدرودینامیکی الاستو[۱۰] با تعادل بین سازوکارهای عرضه و تلفات تعیین می‌شود. این ضخامت لایه EHL و روانکاری گریس است که عملکرد گریس خاص را کنترل می‌کند. برای اولین بار، ویلسون [۴] پدیده استارویشن را پیدا کرد و بعدها توسط بارز [۵] حمایت شد. استارویشن شدید منجر به تماس فلز با فلز و باعث تولید گرما و در نهایت، شکست یاتاقان می‌شود [۶]. ضخامت فیلم روانکاری به سرعت بستگی داشته و رابطه‌ای معکوس بین این دو وجود دارد. رابطه بین ضخامت فیلم و سرعت یاتاقان در یک یاتاقان تراست محاسبه شده بود و ضخامت فیلم بزرگتر در سرعت پایین‌تر یافت شد [۵]. مایعات یونی با پایداری حرارتی خوب، رسانایی بالا و خاصیت روان‌کاری عالی می‌توانند به‌عنوان روغن پایه در گریس استفاده شوند. مایعات یونی با افزودن نمک‌های لیتیوم (LiBF4، LiPF6) به پلی آلکیلن گلیکول[۱۱] تهیه می‌شوند. ژو و همکاران [۷ و ۸] نشان دادند که کاهش اصطکاک و سایش زمانی اتفاق می‌افتد که جفت سه‌گانه فولاد/فولاد با مایعات یونی روغن‌کاری شوند. شیاکیانگ[۱۲]، یانکوشیا[۱۳] و همکاران [۹] پیشنهاد کردند که گریس‌های روان کننده یونی (Thickener PTFE, Base oil=Li (PAG) BF4) رسانایی خوب و خواص تریبولوژیکی استثنایی از خود نشان می‌دهند. برای مطالعه خواص تریبولوژیکی گریس‌ها از کمپرسور رفت و برگشتی روی دیسک تریبومتر استفاده و مشخص شد که به ماهیت مایعات یونی وابسته است. مواد فلزی توسط مایعات یونی خورده می‌شوند و کاربرد وسیع آنها را مختل می‌کند.

نقش مواد افزودنی

کاهش اصطکاک و سایش در ماشین‌هایی مانند سیستم‌های چرخ دنده‌ای[۱۴] که در شرایط فشار شدید قرار دارند، بر رشد روان‌کننده‌های استثنایی تاکید دارد. شرایط (دمای بالا، فشار بالا) منجر به روانکاری مرزی می‌شود و جفت‌های تریبو در معرض سایش شدید قرار می‌گیرند. افزودنی‌های مختلفی برای افزایش خواص تریبولوژیکی گریس‌ها استفاده می‌شود [۱۰]. نسبت‌های مختلف فلز مایع مبتنی بر گالیوم به گریس لیتیوم اضافه شد. افزودن فلز مایع مبتنی بر گالیم[۱۵] به گریس لیتیوم منجر به افزایش عملکرد ضد فشار و فشار شدید شد. خواص تریبولوژیکی گریس‌های لیتیوم با اضافه شدن ۵ درصد وزنی گالیوم بر پایه فلز مایع بهبود پیدا کرد [۱۱]. چانگ و همکاران بیان نمودند [۱۲]، هنگامی که از روانکار گالیوم بر پایه فلز مایع استفاده می‌شود، یک خاصیت روانکاری عالی توسط جفت کاربید فولاد/سیلیکون آشکار می‌شود. در دماهای پایین‌تر لایه نازک اصطکاکی به شکل اکسید گالیوم، اکسید ایندیم، اکسید قلع و در دماهای بالاتر، لایه نازک اصطکاکی در ترکیب آهن-گالیوم زمانی که از فلز مایع مبتنی بر گالیم به‌عنوان افزودنی در گریس‌های لیتیومی استفاده می‌شود، تشکیل می‌شود [۱۳]. همچنین چن و همکاران [۱۴ و ۱۵] اشاره نمودند که خواص ضد سایش و ظرفیت تحمل بار گریس تیتانیوم را می‌توان با افزودن اسید بنزوئیک بهبود بخشید. خواص تریبولوژیکی گریس تیتانیوم را می‌توان با فشرده کردن پلی ترا فلورو اتیلن، نانو دی اکسید تیتانیوم تقویت کرد. دلیل بهبود خواص، تشکیل لایه‌های شیمیایی تایتانیک

است که از تماس مستقیم سطوح مالشی جلوگیری می‌کند. قطر اسکار سایش از ۰/۵۸۴ میلی‌متر به ۰/۴۳ میلی‌متر و ضریب اصطکاک از ۰/۰۹۷ به ۰/۰۷۳ و با افزودن ۰/۲ درصد وزنی اکسید سلنیوم به گریس تیتانیوم کاهش می‌یابد. اضافه نمودن ۲ درصد وزنی سولفور ایزو بوتیل منجر به افزایش قطر اسکار سایش (۰/۵۸۴ mm تا ۰/۵۸۷ mm) و ضریب اصطکاک (۰/۰۹۷ تا ۰/۱۰۳) می‌شود. با این حال زمانی که ۲ درصد وزنی اکسید سلنیوم و سولفور ایزو بوتیل با یکدیگر به گریس تیتانیوم افزوده شود، موجب کاهش قطر اسکار سایش (۰/۰۵۸۴ mm تا ۰/۴۱۲ mm) و ضریب عملکرد نتیجه (۰/۰۹۷ – ۰/۰۶۸) می‌شود. به‌منظور کاهش گریس تیتانیوم در نتایج قطر اسکار سایش، ۲ درصد وزنی اکسید سلنیوم و SIB اضافه شد. غلظت اکسید سلنیوم بیشتر از ۲ درصد وزنی منجر به افزایش قطر[16] اسکار سایش و ضریب اصطکاک می‌شود؛ زیرا جذب سایر مواد به شدت تحت تأثیر غلظت بالای اکسید سلنیوم قرار می‌گیرد و یک لایه مرزی ناپایدار ایجاد می‌شود. گریس‌های لیتیوم، کلسیم، آلومینیوم هدایت حرارتی پایینی [۱۷] دارندکه اثر روان کنندگی را کاهش می‌دهد. نانولوله‌های کربنی (با قطر ۱/۴ نانومتر، رسانایی حرارتی ۳۵ وات بر میلی‌کیلومتر در دمای اتاق) با خواص استثنایی مانند هدایت حرارتی بالا، استحکام کششی بالا به روغن‌های پایه اضافه می‌شوند تا گریس‌های نانولوله کربنی را تشکیل دهند. این گریس‌ها خاصیت رسانایی و روان کنندگی عالی دارند. به دلیل ساختار شش ضلعی و سفتی بهتر، نانولوله‌های کربنی دارای خواص روانکاری بسیار خوبی هستند [۱۸]. ضریب اصطکاک بین جفت‌های تریبو روغن‌کاری شده با گریس نانولوله کربنی[17]، با افزایش دمای آزمایشی کاهش می‌یابد. افزایش سرعت لغزش منجر به افزایش دما و در نتیجه، کاهش ضریب اصطکاک می‌شود [۱۹]. نتایج نشان می‌دهد که اثر روانکاری به‌طور قابل توجهی توسط نانولوله‌های کربنی به‌عنوان افزودنی‌های گریس تقویت می‌شود. نانوورق‌های گرافن به دلیل خواص مکانیکی برجسته، رسانایی حرارتی بالا، مقاومت در برابر سایش و ظرفیت حمل بار ماشین‌ها را هنگام افزودن به روغن‌های روان‌کار افزایش می‌دهند [۲۰]. خواص تریبولوژیکی گریس‌های بنتون[18] با افزودن گرافن چند لایه به‌عنوان افزودنی گریس بهبود یافت [۲۱]. برای جفت‌های تریبو فولاد/فولاد، گرافن چند لایه منجر به ضریب اصطکاک کمتر و اتلاف سایش کمتر در ترکیب با مایعات یونی و گرافیت می‌شود. پایداری حرارتی، نقطه ریزش گریس بنتون با استفاده از گرافن چند لایه به دلیل ظرفیت حرارتی بالای آن بهبود می‌یابد. ساختار لاستیکی زمانی به‌دست می‌آید که گریس‌های مبتنی بر آلومینیوم در دماهای بالاتر از ۹۰ درجه سانتی‌گراد گرم شوند که پایداری آنها را کاهش می‌دهد. جداول (۱) و (۲) نشان می‌دهند که گریس‌های مبتنی بر سدیم نسبت به گریس‌های مبتنی بر آلومینیوم پایداری بهتری دارند.

جدول (۱): خلاصه‌ای از اثر افزودنی‌های مختلف بر خواص تریبولوژیکی گریس‌های مختلف [۱۱، ۱۶، ۱۹، ۲۱ و ۲۸ تا ۳۲].

روان کننده استفاده شده	افزودنی استفاده شده	دستگاه مورد استفاده	نتایج کلیدی
گریس بر پایه کلسیم سدیم	نانولوله‌های کربنی	دستگاه آزمون سایش و اصطکاک عمومی عمودی MM-W1A[19]	اثر روان کننده گریس بهبود یافته، سایش قطعه کار، کاهش می‌یابد.
گریس بر پایه کلسیم	نانوصفحات گرافن	میکروسکوپ الکترونی انتقال ترابومتر چهار توپی	کاهش در اصطکاک سطحی رخ می‌دهد. افزایش خاصیت ضدسایش نتایج گریس، موجب کاهش ۴۵ درصدی قطر اسکار سایش یافته شده‌است.
گریس بر پایه لیتیوم	دی سولفید مولیبدن	پلینت چهار توپ[20] پوشیده از تستر	انتقال حرارت اصطکاکی، کاهش اصطکاک و سایش، کمک به عمر فرسودگی رخ می‌دهد.
گریس پلی اوره	بیسفنول ای‌اف بیس (دی فنیل فسفات)[21]	آزمونگر اصطکاک و سایش متقابل نوسانی SRV-1V	کاهش اصطکاک و سایش جفت‌های لغزشی[22].
گریس کمپلکس تیتانیوم مبتنی بر اسید ترفتالیک	اکسید سریم، ایزوبوتن سولفوره شده	تریبومتر چهار توپ[23]	بهبود خواص تریبولوژیکی گریس به دلیل اثر هم‌افزایی اکسید سریم و ایزوبوتن سولفوره شده
گریس سیلیکونی	نانولوله‌های کربنی کربوکسیله	دستگاه اندازه‌گیری امپدانس[24] حرارتی و رسانایی LW-9091IR	افزودن نانولوله‌های کربنی کربوکسیله باعث کاهش امپدانس حرارتی گریس می‌شود و گریس حاصل، عملکرد دیودهای[25] ساطع نور را افزایش می‌دهد.
گریس لیتیوم	نانواکسید سریم	آزمونگر اصطکاک و سایش	غنی‌سازی در عملکرد ضد سایش گریس رخ می‌دهد. کاهش ۲۸ درصدی اصطکاک زمانی رخ می‌دهد که ۶/۰ درصد وزنی نانواکسید سریم اضافه شود.
گریس بنتون	گرافن چند لایه	آزمونگر اصطکاک رفت و برگشتی بهینه SRV-I–	بهبود پایداری حرارتی و ظرفیت تحمل بار گریس بنتون رخ می‌دهد. ضریب اصطکاک کاهش و مقاومت به سایش افزایش می‌یابد.
گریس لیتیوم	فلز مایع گالینستان[26]	آزمونگر چهار توپ[27]	ادغام فلز مایع گالینستان به گریس لیتیوم منجر به افزایش ظرفیت روانکاری حداکثر فشار آن.

جدول (۲): ویژگی‌های گریس‌های مختلف در رابطه با تنش برشی [۲۲ تا ۲۵].

شماره	نوع گریس	ویژگی‌های گریس
۱	گریس صابون آلومینیوم	دارای خواص ویسکوالاستیک مشابه پلیمرهای rphous
۲	گریس صابون کلسیم	جامدات الاستیک در تنش برشی کمتر و تنش برشی بالاتر هستند.
۳	گریس صابون لیتیوم سدیم	هم خاصیت کشسانی و هم خاصیت چسبناکی دارند.
۴	صابون مخلوط و گریس‌های پیچیده	ویسکوالاستیک، تیکسوتروپیک (وابسته به زمان تنش) در طبیعت

رئولوژی[۲۸] گریس (تغییر ماده)

گریس‌ها رفتار غیر نیوتنی را در نرخ‌های برشی بسیار کم (۰/۲×۱۰۳×۲) و در نرخ‌های برشی بالاتر (بالاتر از ۰/۲×۱۰۳×۲) نشان می‌دهند. مقاومت در برابر تغییر شکل گریس با استفاده از نیروی اعمال شده توسط قوام مشخص می‌شود و نفوذ با استفاده از نفوذسنج مخروطی محاسبه و با عدد موسسه ملی گریس روان کننده[۲۹] بیان می‌شود. رئولوژی به‌طور معمول پس از کار کردن با گریس اندازه‌گیری می‌شود. خواص ویسکو الاستیک گریس‌های صابون آلومینیوم که با استفاده از ویسکومتر متحدالمرکز اندازه‌گیری می‌شوند، مشابه پلیمرهای آمورف خطی که توسط کارور و وانوازر گزارش شده‌اند [۲۲]، یافت شد. وینوگراداو[۳۰] و کیلموف[۳۱] [۲۳] دریافتند که رفتار گریس‌های صابون کلسیم از جامدات الاستیک (در تنش برشی کمتر) به جامدات پلاستیکی برگشت‌ناپذیر، زمانی که در تنش‌های برشی بالاتر کار می‌کنند، تغییر می‌کند. گریس‌های ساده صابون لیتیوم سدیم دارای خواص کشسانی و چسبناکی هستند که توسط هاتون و ماتیوز گزارش شده‌است [۲۴]. فراستر[۳۲] و کوفنبنچ[۳۳] [۲۵] صابون‌های مخلوط و گریس‌های پیچیده را با استفاده از ویسکومتر متحدالمرکز مطالعه و ثابت کردند که گریس‌ها دارای طبیعت ویسکوالاستیک هستند و به تنش‌های برشی پاسخ وابسته به زمان نشان می‌دهند (رفتار تیکسوتروپیک). رئولوژی گریس و روغن پایه با نرخ‌های برش بالاتری که توسط هورلی[۳۴] و کن[۳۵] ایجاد شده‌است، مشابه است [۲۶]. بهبود رفتار ویسکوالاستیک و ویسکوزیته گریس‌ها زمانی که افزودنی‌های پلیمری مختلف اضافه می‌شود، به‌دست می‌آید. برای بهبود ویژگی‌های گریس‌های روان کننده از قبیل ویژگی‌های چسبندگی به‌طور معمول، پلیمرهایی اضافه می‌شود. پایداری مکانیکی و شیمیایی گریس‌ها توسط پلی پروپیلن یا پلی اتیلن در دمای پایین و بالا بسیار افزایش می‌یابد. اثر پلی اتیلن با چگالی کم[۳۶] بر خواص رئولوژیکی گریس‌های لیتیوم، مورد مطالعه قرار گرفته است. عوامل رئولوژیکی، قوام و پایداری مکانیکی گریس‌های لیتیوم زمانی افزایش می‌یابد که پلیمرهایی مانند پلی اتیلن با چگالی بالا، پلی اتیلن با چگالی کم و پلی پروپیلن اضافه شوند [۲۷]. ویسکوزیته گریس‌ها با افزایش دما کاهش می‌یابد. اصلاح کننده‌های ویسکوزیته مانند کوپلیمر پروپیلن، پلیمر پلی بوتادین، وینیل استات، پلی متیل متاکریلات باعث افزایش ویسکوزیته گریس‌ها در دماهای بالا می‌شود. زنجیره پلیمری در دماهای بالا سست می‌شود و افزایش ویسکوزیته رخ می‌دهد.

نتیجه‌گیری

اثر ترکیبات گریس و مواد افزودنی مختلف بر خواص تریبولوژیکی گریس‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است و موارد زیر از مطالعه به‌دست آمد:

۱. در سرعت‌های پایین، ضخامت فیلم به‌طور کامل به نوع غلیظ کننده مورد استفاده بستگی دارد و با تغییر دما و ویسکوزیته روغن پایه تغییر نمی‌کند. در سرعت‌های بالاتر، ضخامت لایه تابعی از خواص روغن پایه است.

۲. عملکرد گریس با استفاده از خواص روغن پایه و تعامل آن با غلیظ کننده تعیین می‌شود.

۳. رابطه‌ای معکوس بین ضخامت فیلم و سرعت یاتاقان مانند یاتاقان‌های رانش وجود دارد.

۴. افزایش خواص تریبولوژیکی گریس‌های مختلف زمانی اتفاق می‌افتد که افزودنی‌هایی مانند بنزوئیک اسید، PTFE، نانودی اکسید تیتانیوم، نانولوله‌های کربنی و غیره اضافه شوند.

۵. رفتار غیر نیوتنی توسط گریس‌ها با نرخ برش کم ($0/2\times10^{3}s^{-1}$) نشان داده می‌شود و در نرخ برش بیشتر از ($0/2\times10^{3}s^{-1}$) رفتار نیوتنی را نشان می‌دهند.

پی‌نوشت

1. Polytetrafluoroethylene (PTFE)
2. Cerium(IV) oxide
3. Crassus
4. churning
5. bleending
6. bleeding
7. Synersis
8. contacts
9. starvation
10. Elastohydrodynamic Lubrication (EHL)
11. Polyalkylene glycol (PAG)
12. Xiaqiang
13. Yanqiu Xia
14. gear
15. Gallium-based liquid metal (GBLM)
16. diameter
17. Carbon nano tubes (CNT)
18. Thickener organo bentone
19. Vertical Universal Friction & Wear Testing Machine (MM-W1A)
20. Plint Four Ball
21. Bisphenol AF bis(diphenyl phosphate)
22. sliding
23. Four ball Tribometer
24. Impedance
25. Diodes
26. Galinstan
27. Four ball tester
28. Rheology
29. National Lubricating Grease Institute (NLGI)
30. Vinogradav
31. Kilmov
32. Froster
33. Kolfenbench
34. Hurly
35. Cann
36. Low-density polyethylene (LDPE)

مراجع

[1] Ishehuk YL (2006). Lubricating grease manufacturing technology. New Age International.

[2] Lugt PM (2013). Grease lubrication in rolling bearings. Chichester, UK: John Wiley and Sons Ltd.

[3] Yuta Kanazawa, Richard S. Sayles, Amir Kadiric (2017). Imperial college London.

[4] Wilson AR (1979) .The relative film thickness of grease and oil films in rolling bearings.Proc Inst Mech Eng.

[5] Barz M.Die Schmier (1996). Film building in fettgeschmierten schnellaufenden Spindellager.[Ph.D.thesis]. Germany:University of Hannover.

[6] Hoshino M (2002).Theory of grease lubrication.Jpn J Tribol 47(1):13–23.

[7] Fan, M., Liang, Y., Zhou, F., Liu, W (2012). Dramatically improved friction reduction and wear resistance by in situ formed ILs. RSC Adv. 2, 6824–6830.

[8] Song, Z., Fan, M., Liang, Y., Zhou, F., Liu, W (2013). Lithium-based ILs: in situ-formed lubricant additive only by blending. Tribol. Lett. 49, 127–133.

[9] Xiaoqiang Fan , Yanqiu Xia, Liping Wang et al (2013) State Key Laboratory of Solid Lubrication, Lanzhou Institute of Chemical Physics, China.

[10] Ji X, Chen Y, ZhaoWang X, Liu W (2011). Tribological properties of CaCO3 nanoparticles as an additive in lithium grease. Tribol Lett 41(1):113–9.

[11] Pengpeng Bai, Shaowei Li, Dashuai Tao et al (2018) , State key Laboratory of Tribology, Tsinghua University, Beijing.

[12] Cheng J, Yu Y, Zhu S, Ye Q, Yang J, Liu W (2017). Study on the lubrication performance of multi-functional room temperature liquid metal under the conditions of different friction pairs. Tribol 37(4):435–41.

[13] Li Y, Zhang S, Ding Q, Feng D, Qin B, Hu L (2018). Liquid metal as novel lubricant in a wide temperature

مراجع

range from - 10 to 800°C. Mater Lett 215:140–3.

[14] Chen JG (2010).Synthesis,characterization,and tribological behavior of neopentyl polyolester-based and mixed oil-based titanium complex grease.Tribol Lett 40:149–54.

[15] Chen JG (2010).Tribological properties of polytetrafluoroethylene,nano-titanium dioxide,and nano-silicon dioxide as additives in mixed oil-based titanium complex grease.Tribol Lett 38:217–24.

[16] Tiejun Shen, Daxi Wang, Jimmy Yun, Qinglian Liu (2015) State key Laboratory of Heavy Oil Processing in China.

[17] Hong, H.P., Thomas, D., Waynick, A. et al. (2010), “Carbon nanotube grease with enhanced thermal and conductivties”, Journal of Nanoparticle Research, Vol. 12, pp. 529-535.

[18] Treacy, M.M., Ebbesen, T.W. and Gbsom, J.M. (1996), “Exceptionally high Young’s modulus observed for individual carbon nanotubes”, Nature, Vol. 381, pp. 6782-680.

[19] Liu, Hongatao et al (2012). School of Material science and Engineering, China University of Mining and Technology China.

[20] Lin, J., Wang, L., Chen, G (2011): Modification of graphene platelets and their tribological properties as a lubricant additive. Tribol. Lett. 41, 209-215.

[21] Xiaoqiang Fan, Yanqiu Xia, Liping Wang (2014): State Key Laboratory of Solid Lubrication, Lanzhou Institute of Chemical Physics, China.

[22] E. K. Carver and T. R. Van Wazer (1947), sudden application of constant shearing motion to anomalous flow, J. Phys. Colloid Chem., 51 – 571.

[23] G. V. Vinogradov and G. Kilmov (1948), Rheological properties of calcium greases, Zh. Tekh. Fiz., 18 - 355.

[24] J. F. Hutton and J. B. Mathews (1954),Viscoelastic behaviour of lubricating greases. In V. G. H. Harrison (ed.), Proc. 2nd Int. Congr. On Rheology, Academic Press, New York.

[25] E. O. Forster and J. J. Kolfenbach (1958), Viscoelastic behaviour of greases, ASLE Trans., 13 - 24.

[26] Hurley S. and Cann, P. M. (2000), “Starved Lubrication of EHL Contacts-Relationship to Bulk grease properties,”NLGI Spokesman 64(2), pp 15-23.

[27] J,E,Martin-Alfonso, C. Valencia, M.C.Sanchez (2010): Departmento de Ingenieria Quimica, Facultad de Ciencias Expermentales 21071 Huelva, Spain.

[28] Bahaa M. Kamel, Alla Mohamed, M. EI Sherbiny, K. A. Abed & M. Abd-Rabou (2017) Mechanical Engineering Department , National Research Centre, Giza, Egypt.

[29] Gabi N (2017). Nehme University of Balamand, Deir El-Balamand, Lebanon.

[30] Lilli Zhu, Xinhu Wu, Gaiqing Zhao State Key Laboratory of Solid Lubrication, Lanzhou Institute of Chemical Physics, Lanzhou 730000, PR China.

[31] Hongyuan Chen, Hanxing Wei (2013), Suzhou Institute of Nano-tech and Nano-bionics, Chinese Academy of Science, Suzhou 215123 Peoples Republic China.

[32] Qiang He, Anling Li. Yachen Guo (2017), Department of Mechanical Engineering Anyang Institute of Technology Anyang 455000 China.

No.46 ■ Summer 2024 ■ Issue 2 ■ Volume 12
Iranian Journal of Laboratory Knowledge

Author

Farshad Jafari[1*]

*Farshadjafary1269@gmail.com

1. Laboratory expert of technical engineering laboratory company, Parslian Arvand, Tehran branch

Effect of Additives on the Tribological Properties of Various Greases

Abstract

Effect of grease constituents such as base oil, thickener, and their interaction on the lubricating film thickness at various speeds has been studied. The rheological properties of greases and impact of thickener, various oil soluble polymers and their molecular weight on these properties are examined. Greases when used in high temperature and high pressure applications result in high friction and wear, how to improve their anti-wear and extreme pressure properties has been investigated. The effect of various additives such as Benzoic acid, polytetrafluroethylene(PTFE), nano titanium dioxide, cerium oxide (CeO2), sulphurized isobutene, carbon nanotubes, graphene nanosheets, on the tribological properties of various greases is studied. This review article aims to present an overview of the role of base oil, thickener, viscosity modifiers, and various additives in grease lubrication and in enhancement of tribological properties of various greases. © 2019 Elsevier Ltd. All rights reserved. Selection and peer-review under responsibility of the 9th International Conference of Materials Processing and Characterization, ICMPC-2019.

Keywords

Friction, four-ball tester, Wear; Grease, Additives, Rheology.

Iran Nanotechnology Laboratory Network

Iranian Journal of laboratory Knowledge

ISSN 2538-3450

Volume 12 ■ Issue 2 ■ Summer 2024 ■ No.46

Effect of Additives on the Tribological Properties of Various Greases

Introduction to nuclear magnetic resonance spectroscopy

Determination of density, relative density,or API gravity of crude petroleum and liquid petroleum products by hydrometer method.

Direct Determination of Selenium and other Trace Elements in Serum Samples by ICP-MS

Hydroxyapatite as a new strengthening material in the strengthening of ancient bones

Audi standard test: a technique for evaluating the materials and materials used in the reservoirs and display cases of historical and cultural

www.IJLK.ir
info@ijlk.ir