انواع گریس، کاربردها و روش‌های آزمون آن با نگاهی به آینده‌ی پیش روی این روان‌کار پرمصرف

دکتر آرش یزدانی جانشین مدیر کیفیت مجموعه مشاوران آزمای نفت ایرانیان

چکیده:

گریس ماده‌ای اســـت جامد یا نیمه جامد که از ترکیب یک ماده پرکننده و صـــابون (Thickener) ، در داخل روغن به همراه مواد افزودنی به‌دســـت‌آمده و به‌عنوان روان‌کار در صنایع استفاده گسترده و متفاوت با انواع روغن‌ها دارد. روغن‌های معدنی (مشتقات نفتی) و یا سنتتیک ماده اصلی تشکیل‌دهنده گریس است که در حدود ۸۰ درصد آن را تشکیل می‌دهند و نقش مهمی در قوام آن دارند. در صورتی‌که این ماده با کیفیت نامنا سب مورد ا ستفاده قرار گیرد ساختار گریس بسیار ضعیف و ناپایدار شده و در شرایط سخت به‌صورت دو فاز (روغن و صـابون) درآمده و به قطعات و یا ماشـین‌آلات صـدمه بسـیار وارد خواهد کرد. برای بررسـی کیفیت گریس آزمون‌های متعددی بر ا ساس ا ستانداردهای ملی و بین‌المللی الزام شده ا ست که از مهم‌ترین آنها علاوه بر رنگ و شـــکل طاهری گریس می‌توان به نفوذ، مقاومت در برابر شستشو، نقطه قطره‌ای شدن گریس اشاره کرد. با توجه به مصارف گسترده گریس در صنایع و همچنین فراگیر شدن نانوفناوری و گ سترش آن از مقیاس آزمای شگاهی و پایلوت به صنعت، پیش‌بینی می‌گردد در آینده‌ای نه‌چندان دور استفاده از نانوافزودنی ها در گریس شاهد تحولی عظیم در تولید این ماده پرکاربرد باشیم.

واژگان کلیدی: گریس، نانوفناوری، روان‌کار، روغن، صابون، مواد افزودنی

۱- مقدمه

تاریخچهٔ اســـتفاده از گریس[۱] برای روان کاری به دوران مصر باستان و حتی فراتر از آن برمی‌گردد. تا پیش از کشف نفت خام در قرن نوزدهم، پیشرفت‌ها و تحولات مربوط بـه انواع گریس‌هـا بـه‌خوبی مســـتنـدســـازی نمی‌شد[۱].

تا قبل ازســـال ۱۸۶۵ روغن موردنیاز، برای روان کاری چرخ های ارابه ها و... از منابع روغن های حیوانی مثل روغن نهنگ، گاو، خوک و همچنین روغن های گیاهی به‌دســـت می‌آمد ولی به دلیل این‌که مقاومت آنها پایین بود و سریعاً تجزیه و فاسد می شدند موارد استفاده آنها محدود بود. هر چه کارها سنگین‌تر شد صنعت نیاز بیشـــتری به مواد جدیدتر پیدا می‌کرد تا قادر باشـــند اصطکاک بین سطوح متحرک را کاهش دهند. ولی پس از استخراج نفت و پیشرفت سریع صنعت نفت در سال ۱۸۸۳ و بهبود فرایندهای تقطیر و تصـــفیه نفت خام روغن های نفتی تولیدشـــده جایگزین روغن های چرب گردید و امکان اســـتفاده از روغن های صـــنعتی در روغن‌کاری مقدور شـــد و روغن‌های نفتی خیلی ســـریع برتری خود را نســـبت به انواع دیگر روغن ثابت نمودند و در نتیجه اســـتفاده از روغن های حیوانی نباتی ماهی و برای روغن‌کاری به‌تدریج منسوخ شد. همگام با پیشرفت صـــنایع نیاز به روغن‌های باکیفیت بالاتر بیشـــتر شـــد. در ابتدا ســـعی گردید با تصـــفیه بهتر روغن و افزودن مواد افزودنی جدیدتر و با کیفیت بالاتر، روغن منا سب با طول عمر بیشـــتر تولید شـــود ولی با افزایش نیازهای زندگی و پیشـــرفت علم و فناوری و دســـتیابی بشـــر به فناوری‌های جدید و تسخیر فضا و کرات دیگر نیاز به تولید روغن‌های متعدد گردید که با تهیه و ساخت روغن‌های مصنوعی که ازطریق فعل و انفعالات شـــیمیائی پیچیده‌ای بدســـت می‌آیند روغن‌هایی ســـاخته شـــده که قادر به تحمل رنج وســـیعی از فشـــارها و درجه حرارت‌ها برای کاربردهای خاص خود باشند[۱].

در فضای ارزیابی و آزمایش، گریس‌های روان کاری بر مبنای زبری، نرمی و ... مورد قضـــاوت قرار می‌گرفتند. در دو قرن گذشـــته و به‌ویژه در قرن اخیر، پیشـــرفت‌های چشـــمگیری در زمینهٔ توســـعه و تحول انواع مختلف گریس‌ها مانند گریس‌های پایه لیتیوم یا گریس لیتیوم کمپلکس، گریس آلومینیوم کمپلکس، گریس کلســـیم ســـولفونات، گریس باریم کمپلکس، گریس پلی اوره و ... حاصل گردید. شگفت آن که گریس‌های روان کاری هنوز هم بر مبنای ظاهر، زبری و نرمی و یا بوی خود مورد قضـــاوت قرار می‌گیرند، هرچند این عوامل تأثیر اندکی بر ســـرویس‌دهی و کیفیت گریس‌ها دارند. از طرف دیگر؛ خصوصیاتی مانند قوام و دوام مکانیکی، توان تحمل فشار، مقاومت در برابر آب، پایداری در مقابل اکســـیداســـیون و ماندگاری در دماهای بالا که عملاً بر کاربرد گریس‌ها تأثیر می‌گذارند، غالباً نادیده گرفته می‌شوند[۲].

همچنین ظهور انرژی هســـته‌ای نیز بعد دیگری به نیازهای روان‌کننده‌ها و دیگر محصـــولات نفتی افزوده است. وسایل موجود درصنایع هسته‌ای اعم از راکتورهای تحقیقاتی و تولید نیرو، ماشـــین‌آلات فرآیندســـوخت، حمل‌کننده‌ها، جرثقیل‌های تاسیسات تولید تشعشع و... به روغن‌ها و گریس‌ها و مایعات آلی خاصـــی برای انجام روان‌کاری دارند و از آنجایی که صنعت نیروگاه هسته‌ای هنوز درحال توسعه می‌باشند و نمونه‌های طراحی شده و شرایط عملیاتی درحال تغییرهستند. راه طولانی درپیش روی مهندســـین و محققین شـــاغل درســـاخت روان‌کارها قرارداده است[۱, ۲].

[۱] Grease

در این مقاله ابتدا مواد تشکیل‌دهنده گریس بررسی و کاربردهای آن شـــرح داده شـــده، ســـپس به بررســـی آزمون‌های متداول گریس پرداخته می‌شود.

۲- مواد تشکیل‌دهنده گریس

در این قسمت از مقاله به بررسی مواد تشکیل‌دهنده گریس می‌پردازیم، ولی در ابتدا می‌بایست تعریفی جامع از اینکه گریس چیست ارائه گردد. طبق ASTM D۲۸۸، گریس به‌عنوان یک محصول شبه سیال جامد از پراکنده شدن یک ماده تغلیظ کننده در یک روان‌کننده مایع تعریف شده است. با توجه به تعریف فوق می‌توان دریافت اساسا یک گریس از سه قسمت روغن‌پایه، تغلیظ کننده و افزودنی‌ها تشکیل شده است[۳].

گریس ممکن است بین ۷۰ تا ۹۵ درصد از روغن‌پایه تشکیل داده باشد. این درصد ویسکوزیته و غلظت فیلم را ایجاد می‌کند و قسمت اصلی گریس ساخته شده است. نوع روغن بر اساس خواص مورد نیاز و کاربرد مورد نیاز انتخاب می‌شود، لذا یک روغن مبتنی بر مواد معدنی، سنتزی یا گیاهی می‌تواند در یک گریس استفاده شود[٤].

تغلیظ کننده یک جز ضروری است، زیرا مجرای است که روغن‌پایه و مواد افزودنی را به تجهیزات می‌رساند. این می‌تواند بین ۳ تا ۳۰ درصد از گریس را تشکیل بدهد. انواع مختلف تغلیظ کننده‌ها وجود دارد، اما بیشتر به دو دسته صابون[۲] ساده و یا صابون پیچیده تقسیم می‌شوند. دیگر تغلیظ کننده‌ها، از قبیل پلیورا، خاک رس و سیلیکا، جز این دسته‌ها قرار نمی-گیرند اما به‌عنوان عوامل تغلیظ کننده در فرمولاسیون‌های گریس-های مخصوص عمل می‌کنند[٥, ٤] .

مواد افزودنی به‌منظور وارد کردن خواص جدید یا کم کردن (فرونشاندن) یا افزایش خواص موجود روغن‌پایه مورداستفاده قرار می-گیرد. آنها می‌توانند بین ۰ تا ۱۰ درصد از گریس را تشکیل دهند و به طور معمول در هنگام راه اندازی و خاموش شدن تجهیزات چرخشی یک نقش محافظتی را ایفا می‌کنند. همچنین مواد افزودنی می‌توانند در مقابل زنگ و خوردگی محافظت کنند.

گریس را با پایه صابونی آن نام‌گذاری می‌کنند. در زمان پخت، الیاف و یا رشته‌های صابونی در داخل روغن تشکیل‌یافته و حالت ژلاتینی به آن می‌دهد. این الیاف به چند گروه طبقه‌بندی شده‌اند که عبارت‌اند از: الیاف کوتاه، الیاف بلند، الیاف کره‌ای و الیاف ریش‌ریش. طول این الیاف بسته به ساختار رشته‌ای از یک تا صد میکرون تغییر می‌کنند. در نوع بافت کره‌ای قطر آنها از ۰/۶۱ تا ۰/۵ میکرون اندازه‌گیری شده‌اند. برای مطالعه بر روی ساختار گریس از میکروسکوپ الکترون روبشی[۳] (SEM) و فیلم‌برداری اشعهX و نور پلاریزه استفاده می‌شود. هر چه نسبت طول الیاف به قطر آن بیشتر باشد، گریس قوام بهتری دارد. ساختار این الیاف یکی از عوامل عمده اختلاف میان انواع گریس‌هاست. در میان انواع مختلف پرکننده‌های گریس صابون کلسیم (گریس‌های کاپ و شاسی) صابون سدیم، RBB صابون لیتیوم (مالتی و ماهان) صابون غیرآلی (گریس نسوز و بنتون) و صابون آلومینیوم از مهم‌ترین پرکننده‌های گریس محسوب می‌شوند [٥] .

صابون سدیم دارای الیاف بلند و درهم است. آب، صابون گریس کلسیم را ثابت کرده و نوع الیاف آن کوتاه و پیچشی است. الیاف صابون گریس‌های پایه لیتیومی کمی بلندتر با پیچش بیشتر بوده ولی آن‌قدر کوتاه است که ساختار نرمی را به‌وجود می‌آورد. آنها دارای شکل

[۲] Thickener

[۳] scanning electron microscope

مارپیچ بوده به‌خوبی در داخل یکدیگر پیچیده اند. این الیاف بسیار کوتاه‌تر از صابون گریس پایه سدیم هستند. ساختار برخی گریس‌ها به‌صورت دانه‌ای بوده و این عامل باعث نرمی بسیار آن می‌شود. قوام گریس بستگی به نوع کریستال‌ها دارد، پس از انجام عمل پخت، تشکیل کریستال‌ها متوقف و یا برای مدتی ادامه خواهد یافت. در هر دو مورد کنترل حرارت عامل بسیار موثری در تشکیل آن است. اگر کریستال‌ها به‌صورت‌های فشرده، متفرق، گسترده و یا چسبیده به‌هم باشند، ساختارهای متفاوتی را به وجود می‌آورند. برخی از گریس‌ها به علت ریز بودن کریستال‌های آن بسیار شفاف هستند[٦] .

۳- کاربردهای ویژه گریس در صنعت

بسیاری از نیروهای محرکه بدون استفاده از گریس قابل‌استفاده نیستند. هرچند گریس در مقابل سایر روان‌کارها از مقدار مصرف کمتری برخوردار است ولی جایگاه آن دارای اهمیت بالایی است و قابل جایگزینی با مواد دیگر نیست. مهم‌ترین موارد مصرف گریس به شرح زیر است[٤, ١] :

۱- تعداد دفعات روان‌کاری با گریس در مقایسه با روغن کمتر بوده و این امر باعث کاهش هزینه و تعمیرات می‌شود. این مسئله در شرایطی که دسترسی به ماشین‌آلات سخت یا شد یک مزیت محسوب می شود مانند موتورهای نصب شده بر روی سقف‌ها، خطوط محرکه، بلبرینگ‌های غیرقابل دسترس و نظایر آن.

۲- گریس به‌عنوان یک مانع برای ورود گرد و خاک و یا خروج برخی مواد از ماشین‌آلات عمل می‌کند.

۳- روان کاری با گریس در آب‌بندی قطعات و کاربرد کاسه نمدها و نظایر آن با هزینه کمتری انجام می‌شود. کاسه نمدهای آب بندی شده به وسیله روغن به دلیل تولید اصطکاک بیشتر با قطعات، نیروی بیشتری را به هدر می‌دهند.

۴- در مقایسه با روغن، گریس برای مدت بیشتری روان‌کاری را ادامه می‌دهد. برخی گریس‌ها طوری ساخته شده‌اند که به صورت آب‌بندی در قطعه باقی‌مانده و طول عمر آن با قطعه یکی است.

۵- زمانی که از قطعه‌ای استفاده نشود و روان‌کار آن خارج شود، برای پیشگیری از زنگ‌زدگی قطعه، از گریس استفاده می‌شود.

۶- برخی از گریس‌ها مشکل روان‌کاری در مجاورت با آب را حل کرده‌اند.

۷- تعدادی از گریس‌ها اصطکاک کمتری را در زمان شروع دستگاه ایجاد می‌کنند.

۸- گریس مانند یک لایه نرم بین قطعات قرار گرفته و باعث کاهش صدا و ارتعاش و کارکرد روان در برخی دستگاه‌ها مانند چرخ دنده‌های بزرگ می‌شود.

۹- گریس در دستگاه‌هایی که در فشار زیاد، دمای بالا، شرایط سخت عملیات، سرعت پایین و شوک‌های مداوم کار می‌کنند و یاتاقان‌هایی که گردش محوری آنها به طور مرتب معکوس می‌شود بهتر عمل می‌کند.

۱۰- در جایی که ماشین‌آلات به شدت خوردگی و سایش داشته باشند، گریس در بیشتر موارد کاربرد بهتری دارد.

۱۱- بیشتر گریس‌ها در دماهای متغیر کاربرد وسیعی دارند ولی بیشتر روغن‌ها دارای دمای کارکرد معینی هستند.

۱۲- در طراحی بوش‌ها و یاتاقان‌های ماشین‌آلات، گریس نسبت به روغن نقش موثرتری داشته و عناصر تشکیل‌دهنده آن را ساده می‌کند. به طور کلی استفاده از

روغن برای این منظور هزینه بالایی را به خود اختصـــاص می‌دهد.

لازم به ذکر است گریس‌ها دستگاه‌ها را در زمان کارکرد برخلاف روغن‌ها خنک نمی‌کنند و برخلاف روغن‌ها که به‌سهولت در مجاری دستگاه‌ها نفوذ پیدا می‌کنند گریس‌ها به این صورت عمل نمی‌کنند همچنین روغن‌ها از نظر نگهداری در انبارها مزایای بهتری دارند.

سه د سته ا صلی و پرم صرف آنها شامل موارد زیر هستند[۳] :

۱- گریس‌های پایه لیتیوم

۲- گریس‌های پایه کلسیم

۳- گریس‌های پایه سدیم

البته انواع ویژه از گریس‌ها نیز می‌توانند با پایه‌های صـــابونی از ترکیب مواد فوق مانند لیتیوم/کلســـیم و ... تولیدشوند.

حال باید برر سی کرد از نظر کاربردی این گریس‌ها چه تفاوتی با هم دارند. در گریس‌ها دو خا صیت پایداری حرارتی و پایداری در برابر آب از اهمیت ویژه ای برخودار هستند. در واقع نوع صابون پایه‌ای که در گریس استفاده می‌شـــود، می‌تواند بر دو خاصـــیت بالا تاثیرگذار باشـــد. ازاین‌رو می‌توان این خواص را در گریس‌هـای مختلف به‌صورت زیر مقایسه نمود.

پایداری حرارتی:

گریس پایه لیتیوم> گریس پایه ســـدیم> گریس پایه کلسیم

پایداری در برابر آب:

گریس پایه کلســـیم> گریس پایه لیتیوم>گریس پایه سدیم

همان‌طور که در بالا دیده می‌شـــود گریس‌های با پایه لیتیوم پایداری حرارتی ب سیار خوبی دارند، همچنین دارای پایداری در برابر آب نسبتاً مناسبی نیز هستند. این ویژگی در این نوع گریس ها با عث می‌شـــود که در کاربردهای مختلف مورد اســـتفاده قرار گیرند. به این نوع گریس‌ها، گریس چندمنظوره یا Multi-purpose گفته می شود. لازم به ذکر ا ست این گریس‌ها به‌خاطر پایداری حرارتی خوبشـــان به گریس نســـوز معروف هســـتند. همچنین با توجه به کاربرد بسیار و سیع این گریس‌ها در چرخ خودروها و ما شین‌آلات سنگین به نام گریس چرخ نیز شناخته می‌شوند. این نوع گریس با وجود گران‌تر بود نســـبت به دو دســـته دیگر، به دلیل تنوع بالای کاربرد، پرمصرف‌ترین نوع گریس صنعت هست.

گریس‌های پایه کل سیم به دلیل پایداری بی سار خوبشان در برابر آب به گریس شـاسـی یا گریس ضـد آب معروف شده‌اند. البته فراموش نشود که منظور از ضد آب، توانایی کارکرد در زیر آب نیســـت و فقط نشـــان‌دهنده پایداری منا سبشان در برابر شستشو با آب ا ست. حال که با دو دسته اصلی گریس‌ها آشنا شدیم بهتر است که به نکاتی در مورد مصـــرف آنها توجه کنیم درصـــورتی‌که در انبار، روغن از گریس جدا شود نباید از آن ا ستفاده کرد چراکه با هم زدن نمی‌توان روغن جدا شده را به ساختار گریس بازگرداند.

۴- آزمون‌های متداول جهت بررســـی کیفیت گریس

۴-۱- گرید گریس

گریس از نظر طبقه‌بندی به ۹ گروه تقسیم شده است. در هر طبقه حدفاصل کوچک‌ترین تا بزرگترین مقدار، ۳۰ و بین هر گروه ۱۵ واحد فاصله وجود دارد. حداقل این مقدار، ۸۵ و حداکثر آن ۴۷۵ است. برای

تعیین گرید گریس آن را به دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد می‌رسانند. سپس دستگاه نفوذپذیری را که دارای مخروط استانداردی است، از ارتفاع معین با استفاده از نیروی طبیعی ثقل بر روی سطح گریس گرم شده می‌اندازند. آنگاه مقدار نفوذ این مخروط را در داخل گریس اندازه‌گیری کرده و آن را به‌عنوان شاخص در نظر می‌گیرند[۷].

هر قدر نفوذ این مخروط در داخل گریس بیشتر باشد نشانگر نرمی بیشتر گریس و اعداد کوچک‌تر نشان‌دهنده ساختار سفت گریس است.

به طور مثال گرید ۶ (حد ۱۱۵-۸۵) جامد و به‌صورت بلوک و گرید سه صفر (حد ۴۷۵-۴۴۵) به شکل مایع و روان است. این آزمایش مطابق با استاندارد (ASTM D۲۱۷) در دو مرحله و به منظور مشخص کردن قوام گریس انجام می‌گیرد. در مرحله اول گریس به‌صورت «کارنکرد» (بدون هیچ گونه کار فیزیکی) و در مرحله دوم به‌صورت «کارکرد» (با انجام کار فیزیکی) با روش اشاره شده آزمایش می‌شود. در مرحله دوم گریس را وارد دستگاهی می‌کنند که صفحه مشبک استانداردی در داخل آن ارتفاعی معین در حدود ۶۰ بار به‌صورت رفت و برگشت حرکت می‌کند. چون محفظه گریس بسته است درنتیجه صفحه مشبک از درون حفره‌های داخل صفحه عبور می‌کند و این عامل، باعث گسستگی رشته‌های صابونی (کریستال‌ها) خواهد شد. عدد حاصل از این آزمایش را عدد کارکرد می‌نامند و مبنای استاندارد تعیین گرید گریس است. گریس‌های خوب برگشت پذیرند یعنی رشته‌های گسسته شده دوباره ترمیم می‌شوند. این خاصیت گریس را خاصیت برگشت پذیری می‌نامند. این خاصیت در عامه گریس‌ها وجود ندارد و به طور معمول این نوع گریس‌ها پس از کارکرد به علت گسستگی کریستال‌ها، نرم‌تر می‌شوند[۸] . شکل ۱- الف دستگاه نفوذ، شکل ۱- ب کاپ گریس قبل از نفوذ، شکل ۱- پ کاپ گریس بعد از نفوذ و شکل ا – ت دستگاه ضربه زن گریس را نمایش می‌دهد.

شکل ۱- نمایی از دستگاه نفوذ و ضربه زن گریس

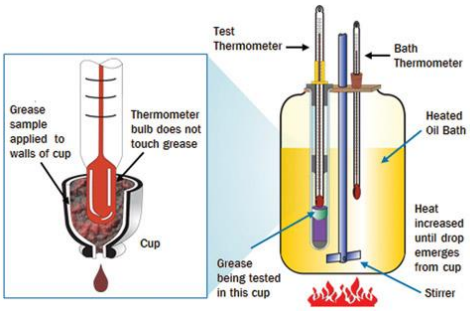
۴-۲- مقاومت در برابر شستشو

این روش جهت تعیین پایداری گریس‌های روان‌کننده در روی بلبرینگ در برابر شستشو با آب می‌باشد. این آزمون در دمای ۳۸ درجه سلسیوس و ۷۹ درجه سلسیوس در شرایط مشخص آزمایشگاهی انجام می‌گیرد. در این روش آزمون، گریس در یک بلبرینگ پر می‌شود و سپس بلبرینگ در محفظه‌ای که فاصله و فضای معینی دارد جای داده می‌شود و با سرعت (۳ ±۶۳) دور بر ثانیه به گردش در می‌آید. در این هنگام آب که در دمای ۳۸ درجه سلسیوس یا ۷۹ درجه سلسیوس کنترل می‌شود به مقدار (۵±۰/۵) میلی لیتر بر ثانیه روی محفظه بلبرینگ پاشیده می‌شود. مقدار گریس شسته شده در

مدت ۶۰ دقیقه معیاری جهت نشان دادن مقاومت گریس در مقابل شستشوی با آب می‌باشد[۹]. شکل ۲ دستگاه مقاومت در برابر شستشو به همراه اجزای آن را نشان می‌دهد.

شکل ۲- نمایی از بیرون و داخل دستگاه مقاومت در برابر شستشوی گریس

۴-۳- نقطه قطره‌ای شدن



شکل ۱- شکل شماتیک و روش آزمون نقطه قطره‌ای شدن

نقطه قطره‌ای شدن نشانگر پایداری حرارتی گریس می‌باشد. هنگامی‌که دمای گریس افزایش می‌یابد، نفوذپذیری افزایش می‌یابد تا اینکه تبدیل به مایع شده و قوام خود را از دست می‌دهد؛ بنابراین نقطه قطره‌ای شدن دمایی است که در آن گریس به حد کافی مایع شده و چکه می‌کند و نشانگر بالاترین حد دماست که در آن گریس ساختار خود را حفظ می‌کند نه بالاترین دمایی که در آن گریس قابل‌استفاده است[۱۰] (شکل ۳).

۴-۴- رنگ

رنگ گریس به‌صورت ظاهری قابل تشخیص بوده و وابسته به روغن‌پایه و صابونی است که با آن ساخته شده باشد. این ویژگی نقشی در مرغوبیت گریس ندارد. ممکن است برخی تصور کنند که رنگ روشن‌تر نشانه مرغوبیت گریس است، این مساله از نظر علمی صحیح نیست. رایج‌ترین سفید کننده‌هایی که برای سفید کردن رنگ گریس صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرند، دی اکسید تیتانیوم (TiO_2) و اکسید روی (ZnO) هستند که عموماً به شکل پودرهای جامد به کار می‌روند. میزان این ترکیبات در گریس‌های روان کاری می‌تواند از نیم تا ۱۰ درصد و حتی بیشتر، متغیر باشد، و این میزان به‌اندازه و نوع سایر مواد اولیه مورد استفاده در ترکیب پایهٔ گریس بستگی دارد[۱۱, ۱۲] .

در پژوهشی که به تازگی انجام‌گرفته است، درصدهای مختلفی از دی اکسید تیتانیوم و اکسید روی در گریس‌های پایه لیتیوم، لیتیوم کمپلکس و کلسیم سولفونات مورد استفاده قرار گرفت، و سپس تأثیر این سفید کننده‌ها بر برخی از ویژگی‌های گریس مانند نقطهٔ ریزش، قدرت نفوذ، پایداری مکانیکی، خصوصیات ضد فرسایشی، سفت شدن در انبار و میزان جداسازی روغن بررسی گردید. افزودن دی اکسید تیتانیوم و اکسید روی، تأثیر چندانی بر نقطهٔ ریزش نداشت. با این وجود، با مقدار ۵ درصد، افزایش قدرت نفوذ آن مشاهده شد. از نظر پایداری مکانیکی که به‌صورت آزمون قدرت نفوذ

پس از ۱۰۰۰۰ بار تزریق دوگانه انجام گرفت، وقتی که این سفید کننده‌ها به میزان بیش از دو درصد اضافه شدند، میزان تغییر در قدرت نفوذ پس از ۶۰ بار تزریق دوگانه در مقایسه با میزان این تغییر پس از ۱۰۰۰۰ بار تزریق دوگانه بیشتر بود، به‌ویژه در گریس‌های پایه لیتیوم، لیتیوم کمپلکس و آلومینیوم کمپلکس؛ اما در گریس‌های پایه کلسیم سولفونات تأثیر چندانی مشاهده نگردید. خصوصیات ضد فرسایشی با استفاده از ابزارهای مخصوص مورد سنجش قرار گرفت و مشخص گردید که استفاده از دی اکسید تیتانیوم و اکسید روی، اندکی مساحت ناحیهٔ فرسوده را افزایش داده است. همچنین، در گریس‌های پایه لیتیوم و لیتیوم کمپلکس، استفاده از این سفیدکننده‌ها موجب شد که میزان جداسازی روغن در آن‌ها افزایش یابد[۱۱].

۴-۴-۳- تأثیر رنگ بر عملکرد گریس

انواع مختلفی از گریس‌های رنگی را می‌توان در بازار یافت، از جمله گریس‌های سفید، سیاه، آبی، قرمز، سبز، بنفش، شفاف، زرد، طلایی و ... . دربارهٔ رنگ گریس ها، نظرات و تصورات مختلفی وجود دارد. اگر بخواهیم به طور خاص دربارهٔ رنگ گریس‌ها صحبت کنیم، رنگ سفید نشان دهندهٔ قابل استفاده بودن گریس در ماشین‌آلات صنایع غذایی است، در حالی که گریس‌های سیاه، گریس‌های مولی یا گرافیتی هستند که برای کار در شرایط دشوار مناسبند. رنگ قرمز می‌تواند نشانهٔ آن باشد که آن گریس برای کار در دماهای بالا مناسب است، رنگ آبی بر تناسب گریس با دماهای پایین و رنگ سبز به سازگاری آن با محیط زیست دلالت دارد، هرچند که قانون ثابتی در این باره وجود ندارد. در ادامه، نتایج جالبی دربارهٔ تأثیر رنگ بر خصوصیات گریس‌ها آمده است[۱۳].

۵- گریس و نانوفناوری، نگاهی نوین با رویکردی اقتصادی

انجام روان‌کاری با استفاده از روان‌کارهای پیشرفته، موجب صرفه جویی های قابل توجهی در انرژی مصرفی برای تولید برق، سوخت مصرفی در صنایع، سوخت مصرفی و سایل نقلیه، هزینه روان‌کننده مصرفی و هزینه نگهداری و تعمیرات ماشین‌آلات خواهد شد. از این میان افزودنی های تولید شده بر پایه نانوفناوری از جمله نانوذرات، عملکرد بسیار قابل قبولی در این زمینه داشته اند[۱۱, ۱۳].

پیگیری مداوم برای بازدهی بهتر سوخت، موضوعی است که به‌تازگی باعث شده پیشرفت‌های بسیاری را در فناوری موتور شاهد باشیم. نانوذرات مختلف به‌عنوان مواد افزودنی بر روی خواص روغن‌ها از جمله اصطکاک و سایش رفتار تریبولوژیکی روان‌کار، گرانروی نقطه ریزش اشتعال، قدرت خنک‌کنندگی موتور و توانایی پاک‌کردن سطوح تأثیر می گذارند. این نانوذرات با روش‌های خاصی در آزمایشگاه ساخته شده و در غلظت‌های مشخصی به روغن روان‌کار پایه اضافه می‌شوند و تغییر رفتار روغن روان کار با روش های مختلفی موردبررسی قرار می‌گیرد. در اغلب موارد نتایج نشان داده است که مخلوط روغن‌پایه و مواد افزودنی نانو ساختار عملکرد بهتری نسبت به روغن‌پایه فاقد مواد افزودنی از خود نشان می‌دهد، بنابراین هدف یافتن نانوافزودنی متناسب با روغن‌پایه و غلظتی از آن است که در این شرایط روغن روان‌کار بهترین کارکرد را داشته باشد. سطوح فلزی هرچقدر هم که صاف به نظر برسند دارای دندانه‌ها و پستی و بلندی‌هایی هستند که به هنگام حرکت روی هم موجب سایش و اصطکاک شدید می‌شوند. روان‌کار معمولی به دلیل بزرگ بودن ذرات آن نمی‌تواند این حفره‌های ریز را پر کند بنابراین

تنها یک لایه روی سطح فلز تشکیل می‌شود که نمی‌تواند از ساییدگی جلوگیری کند، درصورتی‌که نانو افزودنی‌های روان‌کار این ویژگی را به روان‌کارها می‌دهند کـــه بتوانند به دلیل ذرات نانویی موجود در آنها به درون ریزحفره ها نفوذ کنند و اثر سایش را تا حد بسیار خوبی پایین آورند. به‌موجب این اتفاق، در هزینه‌های نا شی از پدیده سایش و اصطکاک صرفه‌جویی اقتصادی قابل‌ملاحظه‌ای می‌شود. نانو افزودنی‌ها راه‌های جدیـــــدی را بـــــرای ماکزیمم کردن عملک ـ ـرد روان‌کاری ب ـ ـاز می‌کنند. با این وجود یک شـــــکاف مشخص هم در نگرش و هم در صلاحیت بین محققان دانشگاه و متخصصان صنعت مواد شیمیایی وجود دارد زیرا که همیش ـ ـه نگرانی ریس ـ ـک تولیدات جدید برای آنها وجود دارد. با اینکه فناوری نانو می‌تواند خواص روغن و گریس را بهبود بخشـــد ولی در مقیاس بزرگ در بازار فروش هنوز با مشـــکلات تکنیکی و موانع فروش روبروست[۱۳-۱۱].

سپاسگزاری

از مدیرعامل محترم شرکت مشاوران آزمای نفت ایرانیان، جناب آقای وحید ابراهیمی جهت ارائه نظرهای ساختاری و همین‌طور جناب آقای مهندس حســـین ســـعادت زاده جهت راهنمایی‌های سازنده شان قدردانی می‌شود.

منابع

[۱] K. Holmberg, P. Andersson, and A. Erdemir, “Tribology International Global energyconsumption due to friction in passenger cars,” Tribiology Int., vol. ٤٧, pp. ٢٢١–٢٣٤, ٢٠١٢.

[۲] Bauer, W.H., Finkelstein, A.P., and Wiberley, S.E. (١٩٦٠), “Flow Properties of Lithium Stearate-Oil Model Greases as a Function of Soap Concentration and Temperature,” ASLE Transactions, ٣, pp ٢١٥-٢٢٤.

[۳] Definitions of Terms Relating to Petroleum, ASTM D٢٨٨, ١٩٧٨.

[٤] N. Canter, “Grease additives: Important Contributors not to be overlooked,” Basics of MWFs, pp. ١٩–٢١, ٢٠١٣.

[٥] Couronne, I. and Vergne, P. (٢٠٠٠), “Rheological Behavior of Greases: Part II—Effect of Thermal Aging, Correlation with Physico-Chemical Changes,” Tribology Transactions, ٤٣(٤), pp ٧٨٨-٧٩٤.

[٦] Karis, T.E., Kono, R.-N., and Jhon, M. (٢٠٠٣), “Harmonic Analysis in Grease Rheology,” Journal of Applied Polymer Science, ٩٠, pp ٣٣٤-٣٤٣.

[٧] Petroleum products and Lubricants – Determination of cone penetration of lubricating greases and petrolatum, ISO ٢١٣٧, ٢٠٠٧.

[٨] Standard Test Methods for Cone Penetration of Lubricating Grease, ASTM D٢١٧ - ١٩b, ٢٠١٩.

[٩] Standard Test Method for Determining the Water Washout Characteristics of Lubricating Greases, ASTM D١٢٦٤ - ١٨e١, ٢٠١٨.

[١٠] Standard Test Method for Dropping Point of Lubricating Grease, ASTM D ٥٦٦-٢٠, ٢٠٢٠

[١١] D. P. MacWan, P. N. Dave, and S. Chaturvedi, “A review on nano-TiO_2 sol-gel type syntheses and its applications,” *J. Mater. Sci.*, vol. ٤٦, no. ١١, pp. ٣٦٦٩–٣٦٨٦, ٢٠١١.

[١٢] J. Zhou, J. Yang, Z. Zhang, W. Liu, and Q. Xue, “Study on the structure and tribological properties of surface-modified Cu nanoparticles,” *Mater. Res. Bull.*, vol. ٣٤, no.

[١٣] Hongtao L, Hongmin J, Haiping H, Younes H, Tribological properties of carbon nanotube grease. Ind Lubr Tribol pp. ٥٧٩–٥٨٣, ٢٠١٤.