نانو صنعت

مجموعه گزارش‌های صنعتی فناوری نانو • گزارش شماره ۲۲۵

صنعت خودرو

روغن موتورها و نانومکمل‌های افزودنی

سال انتشار: ۱۴۰۰

ستاد ویژه توسعه فناوری نانو • www.nano.ir

INDnano.ir

شناسنامه

ستاد ویژه توسعه فناوری نانو
گروه رصد و تولید محتوای بخش ترویج صنعتی

طراحی و اجرا: توسعه فناوری مهرویژن
نظارت: داود قرایلو
report@nano.ir
صندوق پستی: ۳۴۴-۱۴۵۶۵
نویسنده: امید الهی

تلفن: ۶۳۱۰۰-۰۲۱
نمابر: ۶۳۱۰۶۳۱۰-۰۲۱
پایگاه اینترنتی: www.nano.ir
www.INDnano.ir
اینستاگرام نانو و صنعت: @INDnano.ir
پست الکترونیک: IND@nano.ir

فهرست مطالب

مقدمه ۳
عملکرد روغن در موتور ۴
بازار روغن‌موتور و مکمل‌ها ۴
فناوری‌نانو در روغن‌موتور ۵
افزودنی‌های روغن‌موتور در بازار داخل و خارج کشور ۷
خلاصه ۸

مقدمه

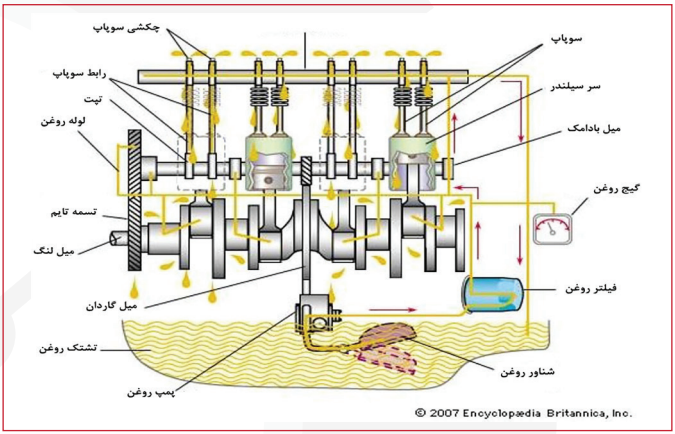
یکی از مهم‌ترین اجزای خودرو که در واقع عامل پیش‌برنده آن است، موتور آن است. موتور خودروها ممکن است ساختارهای مختلفی داشته باشند اما تقریباً تمامی آن‌ها برای عملکرد صحیح، نیاز به روغن دارند. روغن در داخل موتور، به عملکرد و بازدهی بیشتر خودرو کمک کرده و باعث روان‌تر کارکردن خودرو می‌شود. شاید اغراق نباشد اگر گفته شود ارزان‌ترین تغییری که می‌توان در خودرو ایجاد کرد تا بیش‌ترین افزایش بازدهی را داشته باشد، تعویض روغن‌موتور و استفاده از روغن‌موتور مناسب است.

هدف این گزارش معرفی تأثیر فناوری‌نانو در بهبود عملکرد روغن‌های موتور و همچنین معرفی آخرین فناوری‌ها و تولیدکننده‌های این حوزه است؛ اما پیش از هرچیز لازم است که تا حدودی عملکرد روغن در موتور خودرو شرح داده شود:

در ساختار موتور، قطعات فلزی مختلفی از قبیل پیستون، میل‌لنگ و... روی یکدیگر حرکت کرده و به‌همراه احتراقی که صورت می‌گیرد، نیروی محرکه خودرو را تأمین می‌کنند. این قطعات از جنس فلزی بوده که حرکت و تماس آن‌ها با یکدیگر، منجر به ایجاد حرارت و همچنین سایش می‌شود. جدای از این، بخش زیادی از انرژی تولیدی توسط موتور، به‌دلیل اصطکاک ناشی از سایش این قطعات فلزی تلف می‌شود.

برای جلوگیری از این اتلاف انرژی و حرکت بهتر این قطعات روی یکدیگر، از روغن‌موتور استفاده می‌شود. روغن‌موتور با کاهش اصطکاک بین اجزای موتور، عملکرد موتور را بهبود بخشیده و جلوی خوردگی و سایش اجزای آن را می‌گیرد. [۲]

در شکل زیر ساختار عمومی یک موتور درون‌سوز نشان داده شده است. بخش‌های طلایی‌رنگ روغن هستند که در داخل موتور جریان دارند. همان طور که در شکل دیده می‌شود، روغن ابتدا در یک مخزن روغن است و توسط پمپ روغن به بالا کشیده شده و بعد از عبور از یک فیلتر (برای حذف آلودگی‌های موجود) به‌سمت موتور و اجزای آن هدایت می‌شود. در نهایت نیز مجدداً در مخزن تخلیه می‌شود. این چرخه به‌صورت مداوم در داخل موتور ادامه پیدا می‌کند.



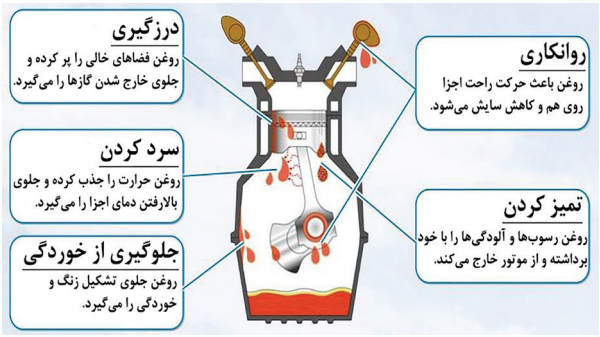
شکل ۱- ساختار موتور و نحوه توزیع روغن‌موتور بین اجزای آن [۱]

عملکرد روغن در موتور

به‌طور کلی روغن‌موتور کارکردهای مختلفی دارد که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- کاهش اصطکاک فلز با فلز؛
- جلوگیری از خوردگی؛
- کاهش سایش اجزا؛
- کمک به کاهش حرارت اجزای موتور.
- حذف آلودگی‌ها از داخل موتور؛

هدف اصلی و اولیه، کاهش اصطکاک موجود در داخل موتور است. با این کار موتور عملاً قدرت کارکردن و فعالیت را بدون اتلاف انرژی زیاد خواهد داشت. به همین دلیل هم هست که با بهبود کیفیت روغن، می‌تواند توان موتور را تا حدود زیادی افزایش داد. روغن‌موتور یکی از پارامترهای کلیدی است که می‌تواند تأثیر بسیار زیادی روی عملکرد خودرو داشته باشد و با توجه به هزینه کمی که دارد، تأثیر زیادی روی سلامت خودرو خواهد داشت. شاید با نگاه از دور، اجزای داخل موتور به‌صورت صیقلی و صاف به نظر برسند؛ اما در ابعاد میکروسکوپی، پستی‌وبلندی‌هایی دارند که در صورت حرکت اجزا روی یکدیگر، این پستی‌وبلندی‌ها می‌توانند کنده شده و موجب سایش اجزا شوند. یکی دیگر از وظایف روغن‌موتور، کاهش این سایش است. وظیفه سوم روغن نیز حذف هرگونه آلودگی ایجاد شده در داخل فضای موتور است. روغن با خارج‌شدن از این فضا، آلودگی را با خود حمل کرده و در زمان عبور از فیلتر، آن‌ها را پشت سر می‌گذارد. به این صورت است که می‌تواند آلودگی‌های داخل ساختار را به‌خوبی خارج کند. در شکل ۲ عملکرد روغن‌موتور و وظایف آن به‌صورت شماتیک نشان داده شده است.



شکل ۲- وظایف و عملکرد روغن‌موتور

بازار روغن‌موتور و مکمل‌ها

بر اساس آخرین آمارها، چیزی حدود ۳۷ میلیون وسیله نقلیه موتوری در داخل کشور موجود است. همچنین روغن‌موتور باید به‌صورت دوره‌ای تعویض شوند تا آسیبی به موتور (مهم‌ترین بخش وسیله نقلیه) وارد نشود و بتواند بهترین عملکرد را داشته باشد. در سال‌های گذشته محصولات مختلفی با عنوان افزودنی روغن‌موتور نانویی به بازار معرفی شده‌اند. [۱] طبق محاسبات، تقریباً بازار روغن‌موتور در داخل ایران حدود ۲۰,۰۰۰ میلیارد تومان است. (بر اساس آمارهای سال ۹۸ از میزان مصرف و قیمت فعلی روغن خودرو) [۲] فروش جهانی روغن‌موتور نیز در سال

۲۰۲۰، چیزی حدود ۲۲,۰۰۰ کیلوتن بود. البته این موضوع لازم به اشاره است که فروش محصولات مرتبط با خودرو در این سال تحت تأثیری همه‌گیری بیماری کرونا قرار گرفت. به‌دلیل قرنطینه مربوط به بیماری کرونا، استفاده از وسایل حمل‌ونقل عمومی به‌شدت کاهش یافت. [۳] پیش‌بینی می‌شود که بازار این محصول در طی ۵ سال آینده، به‌طور متوسط ۲ درصد افزایش داشته باشد. [۳] نکته‌ای که درباره این بازار وجود دارد، این است که بیشتر تولید روغن‌موتور توسط شرکت‌های بزرگ است و شاید جایی برای ورود شرکت‌های جدید به این حوزه وجود نداشته باشد؛ اما در زمینه مکمل‌ها، این بازار وجود دارد. مکمل‌ها می‌توانند به دو صورت و تولید و به فروش رسانده شوند. یکی از راه‌ها فروش مستقیم این مکمل‌ها به مصرف‌کننده است تا خود مصرف‌کننده در هنگام استفاده آن را به موتور اضافه کند. روش دیگر فروش مکمل به شرکت‌های بزرگ تولیدکننده روغن‌موتور است.

فناوری‌نانو در روغن‌موتور

در طی سال‌های اخیر، افزودنی‌هایی برای روغن‌های موتور به بازار وارد شده است که از فناوری‌نانو استفاده می‌کنند. در بیشتر این مکمل‌ها از نانوالماس استفاده می‌شود. البته نانوساختارهای دیگری نیز در این مکمل‌ها استفاده می‌شوند اما از آنجایی که عمده کاربردها مربوط به خاصیت ایجاد لغزش و استفاده از نانوالماس‌ها هستند، در ادامه تنها به نانوالماس‌ها پرداخته خواهد شد. با استفاده از این نانوالماس‌ها و کاهش سایش در موتور، می‌توان توقع کاهش مصرف سوخت را نیز داشت که یکی از تأثیرهای مستقیم استفاده از روغن‌موتورهای بهتر است. کاهش مصرف سوخت منجر به کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای می‌شود و همین موضوع نیز استفاده از فناوری‌نانو در خودروها را از نظر زیست‌محیطی بسیار مطلوب می‌کند.

نانوالماس

نانوالماس‌ها در واقع همان ذرات الماس هستند که در ابعاد نانومتر قرار دارند. از آنجایی که الماس ماده‌ای بسیار سخت است، نانوالماس‌ها معمولاً از روش‌هایی مانند انفجار تولید می‌شوند. این ذرات همان استحکام و سختی الماس واقعی را داشته، اما ابعاد آن‌ها بسیار کوچک‌تر است. [۴] با اینکه الماس بیشتر به‌عنوان یک سنگ زینتی شناخته می‌شود، اما حدود ۸۰ درصد کاربردهای آن در صنعت است. بیشتر کاربردهای صنعتی آن‌ها جهت برش مواد سخت، حفاری یا به‌عنوان افزودنی در روان کارهاست. نانوالماس‌ها از دسته مواد بسیار سخت (SuperHard) هستند. این پودر قابلیت تحمل حرارت تا دمای ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد را دارد و در برابر سایش، نیروهای مکانیکی و مواد شیمیایی مختلف بسیار مقاوم است. به همین دلیل نیز گزینه بسیار مناسبی برای افزودن به روغن‌موتور و کار در شرایط دمایی و فیزیکی شدید موتور است. [۵] عمدتاً کربن‌های شبیه به الماس یا DLC (Diamond Like Carbons) موادی هستند که به‌عنوان پوشش و در این کاربردها استفاده می‌شوند.

عملکرد نانوالماس‌ها به‌عنوان روان‌کننده در روغن‌موتور

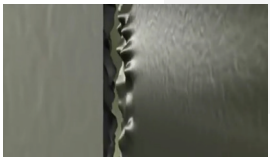
در حالت عادی شاید به نظر برسد که سطوح فلزی داخل موتور کاملاً صیقلی باشند؛ اما در ابعاد میکروسکوپی، زبری و خلل و فرجی روی سطح آن‌ها وجود دارد. این خلل و فرج اصطکاک را بیشتر کرده و در اثر سایش، امکان کنده‌شدن ذرات ریز از سطح آن‌ها وجود دارد. کنده‌شدن این ذرات به‌مرور زمان باعث ضعیف‌ترشدن موتور خودرو و آسیب به آن می‌شود. با اضافه‌کردن نانوالماس‌ها به روغن‌موتور، این ذرات در داخل روغن یک سوسپانسیون تشکیل می‌دهند. نانوالماس‌ها در سطح بین دو قطعه قرار گرفته، خلل و فرج آن را پر کرده و سطح کاملاً صافی را تشکیل

می‌دهند. همچنین به‌دلیل شکل و ساختار کروی که دارند، نوع اصطکاک بین دو سطح را از اصطکاک لغزشی به اصطکاک غلتشی تغییر می‌دهند. به نوعی می‌توان گفت که عملکردی مانند بلبرینگ خواهند داشت. این موضوع منجر به کاهش حرارت تولیدشده (از طریق اصطکاک اجزا) و کاهش فرسایش موتور می‌شود. در شکل ۳ خلل و فرج میان اجزای موتور که در درازمدت باعث آسیب به موتور همچنین کاهش راندمان آن می‌شوند، نشان داده شده است. همان طور که در شکل ۴ نیز دیده می‌شود، با سایش این اجزا روی یکدیگر، حرارت موضعی ایجاد شده که می‌تواند منجر به خوردگی و سایش بیشتر این اجزا شود.

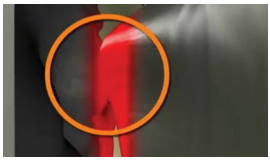
شکل ۵ به شکلی کلی نحوه حضور نانوالماس‌ها را در داخل این خلل و فرج نشان می‌دهد. همان طور که پیشتر هم اشاره شد، حضور این کره‌های نانومتری جلوی بخش زیادی از سایش موجود در داخل موتورها را گرفته که در نهایت منجر به افزایش راندمان و طول عمر موتور می‌شود.

این نانوساختارها این قابلیت را دارند که به‌صورت یک فیلم نازک، لایه‌ای روی سطح تشکیل دهند. این لایه در مناطقی تشکیل می‌شود که بیشترین سایش و اصطکاک را دارند. تشکیل این لایه نیز خودش می‌تواند از خوردگی بیشتر جلوگیری کند. تشکیل این لایه در شکل ۶ قابل مشاهده است. این نانوذرات در ذات موادی ساینده هستند؛ اما زمانی که به‌شکل کره هستند، می‌توانند اصطکاک را به غلتشی تغییر داده و نقش بالبرینگ را بازی کنند. همچنین می‌توانند سطح را صیقل داده و در نهایت با تشکیل یک لایه قدرتمند روی سطح، از تخریب آن محافظت کنند. نتایج تست‌ها نشان داده است که این مواد توانسته‌اند سایش را ۳۰-۲۰ درصد در روان‌سازها، نسبت به دیگر افزودنی‌ها کاهش دهند. این موضوع می‌تواند سالانه بخش زیادی از هزینه‌های مربوط به سوخت را کاهش دهد. همچنین با کاهش مصرف سوخت، تولید گازهای گلخانه‌ای نیز کاهش پیدا کرده و از منظر محیط زیستی نیز مطلوب هستند.

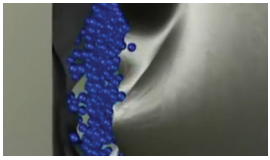
البته یکی از موارد دیگری که می‌توان به آن اشاره کرد، این است که استفاده از این افزودنی‌ها، آلودگی صوتی ایجادشده توسط موتور را نیز کاهش خواهد داد؛ زیرا بخشی از آلودگی صوتی ایجادشده در خودرو، به‌دلیل سایش اجزا روی یکدیگر است؛ هرچه حرکت اجزا روی یکدیگر روان‌تر باشد، صدای تولیدی توسط موتور نیز کمتر است.[۸]



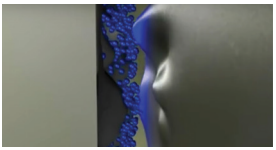
شکل ۳- سطح میکروسکوپی اجزای موتور که زبری آن در ابعاد میکروسکوپی در شکل دیده می‌شود.



شکل۴- سایش برآمدگی‌های کوچک روی سطح که منجر به ایجاد حرارت بالا و شکسته‌شدن و جداشدن ذرات ریز فلزی از سطح می‌شود.



شکل ۵- میلیاردها نانوذره کره‌ای در فضای میان دو سطح قرار گرفته و جلوی برخورد مستقیم دو سطح با یکدیگر را می‌گیرد. در نتیجه حضور این نانوذرات، به‌طور کلی سایش و مشکلاتی که پدید می‌آورد، کاهش پیدا خواهد کرد.



شکل۶- تشکیل یک لایه DLC روی سطح که منجر به کاهش سایش می‌شود. (لایه آبی‌رنگ روی سطح)

افزودنی‌های روغن‌موتور در بازار داخل و خارج کشور

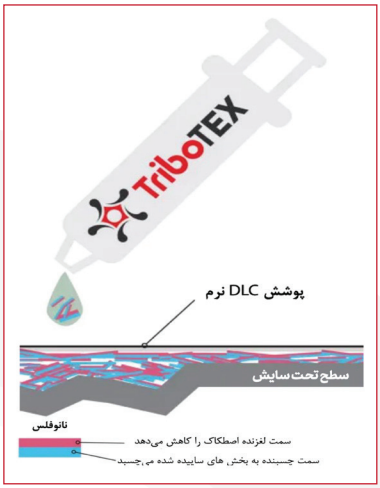
آثار فناوری نانو برای بهبود عملکرد روان‌سازها نزدیک به ۲۰ سال است که شناخته شده است و در حال حاضر نیز محصولاتی که از این فناوری استفاده می‌کنند، هم در داخل و هم در خارج از کشور وجود دارد. به‌طور کلی محصولات این حوزه به دو صورت هستند:

- روغن‌موتورهای ساخته‌شده با فناوری نانو
- افزودنی‌های روغن‌موتور: این افزودنی‌ها به‌صورت جدا فروخته شده و به روغن‌موتور اضافه می‌شوند.

در ادامه به برخی از محصولات داخلی و خارجی این حوزه اشاره خواهد شد.

TriboTEX Original

این محصول ساخت شرکت TriboTEX LLC است. تخصص این شرکت ساخت روان‌ساز برای روغن‌موتور است. این محصول در واقع توسط ناسا[1] توسعه پیدا کرده است. این شرکت ادعا می‌کند که محصول آن می‌تواند عملاً سایش موتور را معکوس کند. به این معنا که قسمت‌های ساییده‌شده می‌توانند با یک پوشش سرامیکی از همین نانوالماس‌ها پر شده و عملاً طول عمر موتور برای مدت بسیار زیادی افزایش پیدا می‌کند. البته این فرایند یک فرایند کوتاه‌مدت نیست و به ادعای شرکت، لازم است که موتور به اندازه ۸۰۰ کیلومتر کار کرده تا رفته‌رفته قسمت‌های ساییده‌شده، با این پوشش اصلاح شده و عملکرد آن بازگردد. [۶] همچنین این محصول به نوعی هوشمند عمل می‌کند. بدین معنا که قسمت‌های ساییده‌شده عمدتاً دچار فرورفتگی هستند و روغن بیشتری وارد این فرورفتگی‌ها می‌شود؛ به‌دلیل همین ورود روغن بیشتر، لایه‌های محافظت‌کننده سرامیکی نیز روی این قسمت‌ها بیشتر تشکیل شده و در نتیجه رفته‌رفته این تورفتگی‌ها را پر می‌کنند. شکل ۷ توسط شرکت TriboTEX LLC برای توضیح روند ترمیم خوردگی در اجزای موتور ارائه شده است. محصولات نانویی که به‌عنوان افزودنی به روغن‌موتور اضافه شوند، بسیار زیاد هستند. ممکن است از جنس‌های مختلفی نیز باشند اما برای کاهش اصطکاک، مهم‌ترین آن‌ها ساختارهایی هستند که از نانوذرات کروی استفاده می‌کنند و همان طور که گفته شد، نانوالماس‌ها از بهترین مواد برای این کار هستند.



شکل ۷- نحوه عملکرد محصول TriboTEX در اصلاح و ترمیم سطوح ساییده‌شده موتور

روغن‌موتور اولکا نانو

این محصول تولید شرکت پردیس شیمی باختر است. در این روغن‌موتور نانوالماس‌ها به‌صورت سوسپانسیون شده قرار دارند و به روغن‌موتور، خواص مطرح‌شده در بخش‌های قبلی را خواهند داد. [۷] اولکا نانو اولین روغن‌موتور

استاندارد نانویی ایران است که دارای نشان استاندارد و همچنین گواهی ثبت اختراع است. این شرکت ادعا می‌کند که اضافه‌شدن نانوالماس‌ها به روغن‌موتور، باعث کاهش ۸۰ درصدی ضریب اصطکاک می‌شود که در ادامه منجر به فعالیت روان‌تر موتور، مصرف سوخت کمتر، اتلاف انرژی کمتر و افزایش سرعت و شتاب می‌شود. این خواص زمانی به روغن اضافه می‌شوند که نانوالماس‌ها توانسته باشند به‌خوبی در روغن پخش[۲] شده باشند. این ذرات در داخل روغن‌موتورهای اولکا به‌خوبی پخش شده‌اند که باعث می‌شوند خواص مطرح‌شده به بهترین نحو در عملکرد موتور دیده شوند. محصولات تولیدی این شرکت تنها به روغن‌موتور خلاصه نمی‌شوند و این شرکت انواع روغن‌های صنعتی را نیز تولید می‌کند. از مهم‌ترین روغن‌های صنعتی که در این شرکت تولید می‌شود می‌توان به روغن توربین، روانکارهای دریایی، روغن لوکوموتیو، روغن دنده صنعتی، روغن انتقال حرارت، روغن ترانسفورماتور الکتریکی، روغن کمپرسور، روانکارهای صنایع هوایی و روغن هیدرولیک اشاره کرد.

یکی دیگر از مزایای روغن‌های با فناوری‌نانو این شرکت این است که طول عمر بیشتری نسبت به روغن‌های معمولی موجود در بازار دارند و همین موضوع نیز نیاز به تعویض روغن و در نتیجه هزینه مصرفی نهایی را کاهش می‌دهد.

همچنین این شرکت دارای چندین روغن‌موتور مختلف است که بسته به نیاز، مشتری می‌تواند هرکدام از آن‌ها را که مناسب‌تر است، خریداری کند. همچنین این شرکت توانسته تمامی استانداردهای اجباری لازم، گواهی ایزو سیستم مدیریت محیط زیستی، گواهی ایزو سیستم مدیریت سیستم تولید، گواهی ثبت اختراع و همچنین گواهینامه نانومقیاس (که از طرف ستاد نانو به نشان تأیید نانویی بودن محصول اعطا می‌شود) را دریافت کند.

خلاصه

با توجه به اهمیتی که روغن‌موتور برای صنعت خودرو و به‌ویژه استفاده‌کننده نهایی دارد، بازار بزرگی برای آن موجود است. در حال حاضر شرکت‌های بزرگ در زمینه تولید روغن خودرو فعالیت می‌کنند که شاید هر شرکتی توان رقابت با آن‌ها را نداشته باشد؛ اما در زمینه افزودنی‌های روغن خودرو (مانند افزودنی‌های نانوساختار)، به نظر می‌رسد که همچنان جای کار وجود داشته باشد. مشتری‌های این حوزه می‌توانند شرکت‌های تولیدکننده روغن خودرو یا مصرف‌کننده‌های نهایی باشند.

پی‌نوشت‌ها

۱ NASA

۲ Dispers

مراجع

۱ Yunus, N., Gani, R., Gernaey, K., & Woodley, J. (2014). Systematic Methodology for Design of Tailor-Made Blended Products: Fuels and Other Blended Products.

۲ Heywood, J. B. (2018). Internal combustion engine fundamentals. McGraw-Hill Education.

۳ https://www.mashreghnews.ir/news/405808/تعداد-دقیق-خودروهای-موجود-در-کشور

۴ https://wikishimi.com/news/355/بیشترین-رشد-توزیع-روغن-موتور-سهم-نفت-بهران-شد

۵ https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/engine-oil-market

۶ Ivanov, Michail, and Olga Shenderova. "Nanodiamond-based nanolubricants for motor oils." Current Opinion in Solid State and Materials Science 21.1 (2017): 17-24.

۷ Dolmatov, Valerii Y. "Detonation nanodiamonds in oils and lubricants." Nanodiamonds. Elsevier, 2017. 391-402.

۸ Wu, D. (2019, March). Research and development of energy-saving and noise-reducing engine lubricants. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 493, No. 1, p. 012008). IOP Publishing.

۹ https://www.tribotex.com/

۱۰ https://olckanano.com/

۱۱ https://nanokade.ir/product/energy-oil/