

مزایای اقتصادی استفاده از روغن موتورهای نانو در خودروهای سواری



شناسنامه

ستاد توسعه فناوری‌های نانو و میکرو

گروه رصد و تولید محتوای بخش ترویج صنعتی

طراحی و اجرا:	توسعه فناوری مهرویژن	تلفن:	۰۲۱-۶۳۱۰۰
نظارت:	داود قرایلو	نمابر:	۰۲۱-۶۳۱۰۶۳۱۰
سندوق پستی:	۱۴۵۶۵-۳۴۴	پایگاه اینترنتی:	www.nano.ir
پست الکترونیک:	IND@nano.ir	سال انتشار:	۱۴۰۳
تهیه کننده:	سروش صحرائیان	ارسال کننده:	www.INDnano.ir
اینستاگرام نانو و صنعت: @INDnano.ir			

محتوای صنعتی و فناوری خود را از طریق پست الکترونیک و پایگاه اینترنتی نانو و صنعت (INDnano.ir) ارسال نمایید.

فهرست مطالب

۳	مقدمه
۳	نقش روغن موتورها در خودرو
۵	فناوری نانو در عرصه پژوهش و صنعت تولید روغن موتورها
۷	مقایسه اقتصادی روغن موتورهای معمولی و نانویی
۱۰	شرکت‌های ایرانی تولیدکننده روغن موتورهای نانویی خودرویی و صنعتی
۱۱	پی‌نوشت‌ها
۱۱	منابع



مقدمه

در سال ۱۴۰۰ روزانه ۸۵ میلیون لیتر بنزین توسط خودروهای سواری در ایران مصرف شده است. اگر متوسط بنزین مصرف شده برای ۱۰۰ کیلومتر توسط هر خودرو ۱۰ لیتر باشد، روزانه ۸۵۰ میلیون کیلومتر طی شده است. با فرض اینکه متوسط کارکرد روغن موتورهای موجود در کشور ۷۰۰۰ کیلومتر باشد، روزانه ۱۲۱،۴۲۸ بار روغن موتور یک خودرو تعویض می‌شود. اگر متوسط حجم روغن موتور لازم را برای هر خودرو ۴ لیتر در نظر بگیریم، مقدار ۴۸۵،۷۱۴ لیتر روغن موتور روزانه توسط خودروهای شخصی تعویض می‌شود [۱]. بازار روغن موتور در ایران بیش از ۲۰ هزار میلیارد تومان است [۲].

نقش روغن موتورها در خودرو

روغن موتور نوعی روانکار است که با قرار گرفتن بین سطوح در تماس فلزی، باعث کاهش اصطکاک شده و نیروی لازم برای شروع و تداوم حرکت سطوح بر روی یکدیگر را کاهش می‌دهد. اگرچه وظیفه اصلی روغن موتور کاهش اصطکاک است، خنک‌سازی موتور، گرفتن ضربه، انتقال ذرات ریز فلزات و گردو خاک از داخل موتور به فیلتر روغن و جلوگیری از رسوب دوده در رینگ‌ها، سوپاپ‌ها و تمیز نگاه داشتن قطعات موتور نیز از سایر مزایای استفاده از روغن موتور است. استفاده از روانکار مناسب در موتور خودرو باعث افزایش راندمان خودرو، افزایش سرعت و شتاب، کاهش مصرف سوخت، کاهش فرسایش و از کارافتادگی قطعات و تعمیرات خودرو می‌شود [۳]. تولیدکنندگان روغن موتور از روغن پایه استفاده کرده و با افزودن انواع افزودنی‌های لازم گران‌زوی، روانکاری، خواص ضد خوردگی، ضد اکسیداسیون، پاک‌کنندگی و... را تغییر داده تا برای خودروهای متفاوت در شرایط جوی متفاوت، مناسب‌سازی شوند [۴].

- مهم‌ترین موادی که به منظور تأمین ویژگی‌های مناسب به روغن پایه افزوده می‌شود عبارت‌اند از:
- **پاک‌کننده‌ها و معلق‌کننده‌ها:** افزودن این مواد به روغن پایه باعث تمیز شدن قطعات موتور از آلودگی‌ها و نگه داشتن ذرات حاصل از احتراق به صورت معلق در روغن می‌شود. عدم تشکیل لجن و ایجاد رسوب روی قطعات مختلف موتور از مزایای این افزودنی است. ترکیبات آلی - فلزی (کلسیم، باریم، منیزیم) برای پاک‌کننده‌ها و مواد پلیمری بدون خاکستر برای مواد معلق‌کننده استفاده می‌شود.
 - **مواد افزودنی ضدسایش:** این مواد افزودنی از سایش قطعات موتور که در اثر تماس فلز با فلز رخ می‌دهد، جلوگیری می‌کنند.
 - **مواد افزودنی ضداکسیداسیون:** این مواد به روغن پایه اضافه شده و از اکسید شدن آن که باعث افزایش گران‌زوی می‌شود، جلوگیری می‌کنند. اکسید شدن روغن باعث تولید اسیدهای آلی و در نتیجه ایجاد خوردگی در یاتاقان‌های از جنس مس-سرب می‌شود.
 - **مواد افزودنی بهبوددهنده شاخص گران‌زوی:** این دسته مواد باعث کم شدن تغییرات گران‌زوی در برابر تغییرات درجه حرارت می‌شوند. این مواد در کاهش مصرف سوخت، بهبود خواص در درجه حرارت‌های پایین و جلوگیری از تشکیل کریستال‌های ناخواسته در روغن نقش دارند.
 - **مواد افزودنی ضدزنگ‌زدگی و ضد خوردگی:** این مواد با خنثی کردن اسیدهای آلی و جلوگیری از رسیدن رطوبت به سطوح فلزی باعث کاهش زنگ‌زدگی قطعات می‌شوند.
 - **مواد ضدکف:** این مواد افزودنی کشش سطحی روغن را کم کرده و اجازه می‌دهند هوای حبس شده در روغن خارج شود.
 - **مواد افزودنی بهبوددهنده اصطکاک:** این مواد باعث کاهش اصطکاک داخلی روغن شده تا مصرف سوخت کاهش یابد.
 - **مواد افزودنی پایین‌آورنده نقطه ریزش:** این مواد از تشکیل کریستال در روغن جلوگیری کرده و باعث عدم انجماد روغن در دماهای پایین و جریان مناسب آن می‌شود.

اگرچه افزودنی‌های متفاوتی با اهداف متفاوت به روغن موتور اضافه می‌شود اما هدف اصلی و اولیه در افزودن مواد در روغن موتور کاهش اصطکاک، افزایش انتقال حرارت، کاهش دمای موتور و افزایش طول عمر آن است. اجزای داخلی درون محفظه موتور در اولین نگاه به صورت کاملاً صیقلی و صاف به نظر می‌رسند اما در ابعاد میکروسکوپی، پستی و بلندی‌های دارند که بسیار ریز و در ابعاد یک میلیاردمتر هستند و در دور موتورهای بالا و



شکل ۱- برخی از برندهای بین‌المللی استفاده‌کننده از فناوری نانو در ساخت مکمل و روغن موتور نانو ساختار [۶].

کارکردهای طولانی مدت این پستی و بلندی‌های ریز می‌توانند اثرگذار بوده و در اثر افزایش نیروی اصطکاک کنده شده و موجب افزایش سایش شوند. افزایش سایش باعث آلوده شدن روغن موتور و کاهش راندمان آن، افزایش صدا و لرزه‌های ریز در موتور و همچنین افزایش دمای روغن موتور و کاهش طول عمر آن شود [۲].

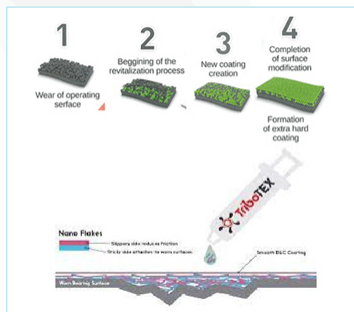
فناوری نانو در عرصه پژوهش و صنعت تولید روغن موتورها

فناوری نانو توانایی کار کردن در ابعاد ۱ تا ۱۰۰ نانومتر (میلیاردم متر) است. با استفاده از این فناوری می‌توان فرایند کاری روغن موتور را در ابعاد بسیار ریز بررسی کرد و در جهت بهبود خواص آن گام برداشت. با استفاده از ذرات و ساختارهایی که در ابعاد یک میلیاردم متر هستند و افزودن آن‌ها به روغن موتور می‌توان ویژگی‌های مختلف آن را کنترل کرد. انواع متنوعی از نانوذرات برای کاهش اصطکاک و افزایش انتقال حرارت مورد استفاده قرار گرفته است. هر کدام از شرکت‌های فعال در زمینه روغن موتور خودرو از یکی از این روش‌ها استفاده می‌کنند. بعضی از شرکت‌های بزرگ که تولیدکننده روغن موتور هستند، از این افزودنی‌ها در روغن‌های خود استفاده می‌کنند و شرکت‌های کوچکی که توانایی فروش روغن موتور در حجم وسیع را ندارند و یا برند معتبری در تولید روغن موتور ندارند، ترجیح می‌دهند با تولید افزودنی و مکمل وارد بازار بزرگ روغن موتور شوند. از شرکت‌های بین‌المللی که وارد حوزه تولید مکمل شده‌اند می‌توان به برندهای زیر اشاره کرد:

Archoil oil additive, REV X oil additive, TriboTex Oil additive, Lucas Oil additive, Xado Oil additive, COMP Cams oil additive, ZDDP oil additive, Risione Oil additive, BG oil additive, Aircraft specialties oil additive.

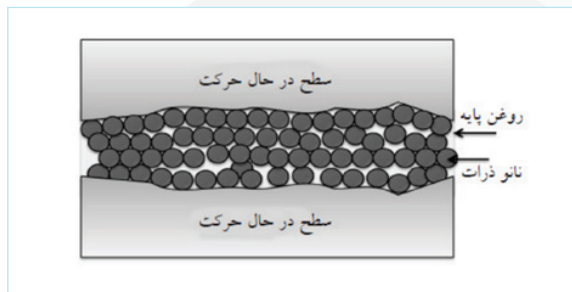
البته بعضی از این شرکت‌ها در حوزه تولید روغن موتور نیز وارد شده‌اند و از مکمل‌های خود در روغن پایه استفاده کرده تا علاوه بر مزیت اقتصادی بیشتر، عملکرد مکمل در روغن موتور را نیز بهبود بخشند. برندهای Xado و Lique moli از جمله شرکت‌های تولیدکننده روغن موتور با استفاده از مکمل‌های نانو ساختار هستند. در برند Lique Moli استفاده از نانوذرات MoS_2 گزارش شده است [۵].

جهت کاهش اصطکاک درون موتور شرکت‌های مختلف از روش متنوعی استفاده می‌کنند. شکل ۲ نشان‌دهنده فناوری نانو ساخت شرکت زادو^۷ و تریبو تکس^۸ است که با ترمیم قسمت‌های ساییده شده داخل محفظه سیلندر سطحی صاف در ابعاد نانومتری ایجاد کرده تا اصطکاک به حداقل خود برسد [۷-۸].



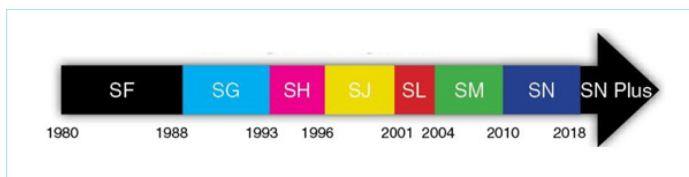
شکل ۲- پوشش‌دهی قسمت‌های دارای پستی و بلندی‌های ریز توسط لایه سرامیکی نانو ساختار باعث ترمیم قسمت‌های ساییده شده فلزی درون موتور و ایجاد صافی سطح در ابعاد نانومتری می‌شود [۷-۸].

استفاده از انواع مختلفی از نانوذرات در روغن موتور و اثرات مثبت آن گزارش شده است. نانوذرات اکسید تیتانیوم، اکسید مس، سولفید مولیبدن، سولفید تنگستن، نانوذرات الماس، اکسیدهای آهن و اکسید نیکل گزارش شده‌اند [۲-۴]. ژاوو تیان^۹ از نانوذرات اکسید آلومینیوم و نانولوله‌های کربنی استفاده کردند و انتقال حرارت روغن موتور را تا ۳۰ درصد افزایش دادند [۹]. ابراهیم دردان و همکاران با اضافه کردن ۱٪ از نانوذرات مختلف توانستند ویسکوزیته روغن را دست کاری و تنظیم کنند [۱۰]. اضافه کردن نانولوله‌های تک دیواره در روغن موتور باعث کاهش ۳۰ درصدی نرخ سایش شده است [۱۱]. یکی از مشهورترین نانوذرات، نانوذرات الماس است که با اضافه شدن به روغن موتور در سطح بین دو قطعه قرار گرفته و با پرکردن خلل و فرج نانومتری، سطحی کاملاً صاف ایجاد می‌کنند. شکل نانوذرات در این حالت تأثیر زیادی بر میزان کاهش اصطکاک دارد. قزوینی و همکارانش در دانشگاه اورگان آمریکا افزایش انتقال حرارت روغن موتور حاوی افزودنی نانوالماس را بررسی و اثر مثبت آن را گزارش کردند [۱۲]. استفاده از ساختار کروی می‌تواند اصطکاک بین دو سطح را از اصطکاک لغزشی به اصطکاک غلتشی تغییر داده تا همانند بلبرینگ قطعات بر روی یکدیگر بلغزند [۴].



شکل ۲- نانوذرات سخت در فصل مشترک سطوح همانند بلبرینگ عمل کرده و باعث کاهش اصطکاک می‌شوند [۴].

انجمن نفت آمریکا^{۱۱} (API) طبقه‌بندی مخصوص روغن موتور خودروهای سواری را معرفی کرده است. در این طبقه‌بندی کیفیت روغن موتور به این صورت است: $SF < SG < SH < SJ < SL < SM < SN < SN-PLUS$. هر روغن با گذراندن آزمایش‌های کیفی ویژه (آزمایش‌های سلسله‌مراتبی API)^{۱۲} در بخشی از این طبقه‌بندی قرار می‌گیرد [۱۳]. طبق این طبقه‌بندی بالاترین کیفیت روغن مربوط به رده کیفی SN-plus یا SP است. روغن موتورهایی که در این رده کیفی هستند مقاومت حرارتی بالا در سرعت کم خودرو، محافظت از سایش زنجیر تایم، محافظت در برابر رسوب تشکیل شده بر روی پیستون‌ها، بهبود کاهش مصرف سوخت و... را دارا هستند [۱۳].



شکل ۴- رده مختلف کیفی در روغن موتور خودرو سواری طبق انجمن نفت آمریکا (API) [۱۳].

مقایسه اقتصادی روغن موتورهای معمولی و نانویی

برای مقایسه کاربرد روغن موتورهای معمول و روغن موتورهای نانو ساختار می توان شرایط کاری این دو را با یکدیگر مقایسه کرد و فواید اقتصادی آن را بررسی کرد. مبنای و مفروضات این تحلیل در جدول ۱ ذکر شده است. در این بررسی روغن موتور با گرانروی 10w40 که در اکثر خودروهای ساخت ایران خودرو مورد استفاده قرار می گیرد، بررسی شده است. روغن موتور نانو ساختار 10w40 ساخت شرکت پردیس شیمی باختر با برند اولکا نانو در نظر گرفته شده است. روغن موتور ساده نیز روغن 10w40 ساخت شرکت بهران بوده و هر دو دارای درجه کیفی SL هستند.

جدول ۱- مفروضات تحلیل هزینه فایده (قیمت مطابق با آذرماه ۱۴۰۱)

کیلومتر قابل مصرف	قیمت (تومان)	نوع روغن
۵۰۰۰	۳۳۰,۰۰۰	روغن موتور بهران سوپر پیشناز 10w40 SL (۴ لیتر)
۱۵۰۰۰	۴۴۰,۰۰۰	روغن موتور اولکا نانو 10w40 SL (۴ لیتر)
-	۸۰,۰۰۰	اجرت تعویض روغن
-	۷۰,۰۰۰	فیلتر روغن (سرکان)

طبق جدول ۲ می توان دریافت که هزینه صرفه جویی شده در صورت استفاده از روغن موتور نانویی قابل ملاحظه بوده و بنابراین استفاده از این روغن موتورها توجیه اقتصادی دارد.

$$P_i = \frac{\sum C_w - \sum C_n}{\sum C_n} \times 100$$

فرمول محاسبه درصد حجمی بهینه شده برابر است با:

P_i : درصد حجمی بهینه شده در استفاده از روغن موتور نانویی،

C_w : هزینه موارد با فناوری نانو،

C_n : هزینه موارد بدون فناوری نانو.

مثلاً در بررسی درصد حجمی بهینه شده برای تعویض فیلتر روغن و اجرت تعویض خواهیم داشت:

(جمع هزینه های تعویض فیلتر روغن و اجرت در صورت استفاده از روغن نانویی - جمع هزینه های تعویض فیلتر روغن و اجرت تعویض در صورت استفاده از روغن غیر نانویی) ÷ جمع کل هزینه ها در صورت استفاده از فیلتر غیر نانویی:

$$P_i = ((210,000 + 240,000) - (70,000 + 80,000)) / (440,000 + 70,000 + 80,000) \times 100$$

$$P_i = (300,000 / 590,000) \times 100 = 50.8\%$$

و در بررسی درصد حجمی بهینه شده برای خرید روغن موتور خواهیم داشت:

هزینه روغن نانویی - هزینه روغن غیر نانویی در ۱۵۰۰۰ کیلومتر ÷ جمع هزینه استفاده از روغن غیر نانویی:

$$P_i = ((990,000 - 440,000) / 590,000) \times 100 = (550,000 / 590,000) \times 100 = 93.2\%$$

جدول ۲- هزینه-فایده استفاده از روغن موتور نانویی و غیرنانویی در ۱۵۰۰۰ کیلومتر طی شده توسط خودروی سواری

جمع (تومان)	جمع هزینه کرد (تومان)	قیمت هر واحد (تومان)	تعداد لازم		
۱,۳۴۰,۰۰۰	۹۹۰,۰۰۰	۳۳۰,۰۰۰	۳	روغن موتور ۴ لیتری مورد نیاز در ۱۵۰۰۰ کیلومتر	استفاده از روغن موتور ساده
	۲۱۰,۰۰۰	۷۰,۰۰۰	۳	فیلتر روغن مورد نیاز در ۱۵۰۰۰ کیلومتر	
	۲۴۰,۰۰۰	۸۰,۰۰۰	۳	اجرت تعویض روغن و فیلتر روغن	
۵۹۰,۰۰۰	۴۴۰,۰۰۰	۴۴۰,۰۰۰	۱	روغن موتور ۴ لیتری مورد نیاز در ۱۵۰۰۰ کیلومتر	استفاده از روغن موتور نانوساختار
	۷۰,۰۰۰	۷۰,۰۰۰	۱	فیلتر روغن مورد نیاز در ۱۵۰۰۰ کیلومتر	
	۸۰,۰۰۰	۸۰,۰۰۰	۱	اجرت تعویض روغن و فیلتر روغن	
۹۳,۲٪	در خرید روغن موتور			درصد حجمی بهینه شده	
۵۰,۸٪	در خرید فیلتر روغن و اجرت تعویض				
۸۵۰,۰۰۰ تومان	اختلاف قیمت در استفاده از روغن موتور نانویی در ۱۵۰۰۰ کیلومتر طی مسافت				



مطابق جدول ۲ مشاهده می‌شود علی‌رغم افزایش قیمت روغن موتور نانویی نسبت به روغن موتور غیرنانویی، به دلیل افزایش کارکرد سه برابری مبلغ $440,000 - 550,000 = 990,000$ صرفه اقتصادی تنها در خرید روغن ایجاد می‌شود. به دلیل عدم نیاز به تعویض فیلتر روغن و صرفه جویی در ۲ بار اجرت تعویض روغن و فیلتر روغن، مبلغ ۳۰۰ هزار تومان صرفه جویی می‌شود. بنابراین برای هر خودروی سواری طی ۱۵ هزار کیلومتر مسافت مبلغ ۸۵۰ هزار تومان صرفه جویی می‌شود. اگر فرض کنیم مسافت طی شده توسط خودروهای شخصی کشور روزانه ۸۵۰ میلیون کیلومتر باشد و به ازای هر ۱۵ هزار کیلومتر ۸۵۰ هزار تومان صرفه جویی شود، بنابراین در صورت استفاده خودروهای شخصی کل کشور از روغن‌های نانویی، روزانه $850,000,000 / 15,000 = 56,666,666$ تومان صرفه جویی می‌شود. اگر هر بار مبلغ ۸۵۰ هزار تومان و در کل مبلغ ۴۸,۱۶۶,۶۶۶ تومان صرفه جویی انجام می‌شود. اگر هر خودروی سواری (شامل تاکسی و شخصی) در ایران متوسط سالیانه ۳۰ هزار کیلومتر مسافت طی کنند، دوبرابر این مقدار، بیشتر از ۹۶ میلیارد تومان سالیانه صرفه جویی می‌شود.

اگر تنها یک سال تمامی خودروهای سواری کشور از روغن موتورهای نانویی استفاده کنند و هزینه ۴ لیتر روغن بهران سوپر پیش‌تاز ۳۳۰ هزار تومان باشد، (هر لیتر ۸۲۵۰۰ تومان) در هزینه خرید ۱,۱ میلیون لیتر روغن موتور بهران صرفه جویی می‌شود. اگر کارخانجات بزرگ ساخت روغن نظیر بهران، ایرانول و... در ساخت روغن‌های خود از این فناوری استفاده کنند، فقط از محل صرفه جویی در مصرف روغن موتور داخل کشور، امکان صادرات ۱,۱ میلیون لیتر روغن موتور نانویی مازاد بر بازار ایجاد شده که با فرض هر لیتر ۱۰ دلار، مبلغ ۱۱ میلیون دلار سالانه ارزآوری به همراه خواهد داشت.

بنابراین استفاده از روغن موتورهای نانویی به تمامی رانندگان خودروهای سواری به ویژه تاکسی‌ها و کلیه رانندگان کامیون‌ها، اتوبوس‌های بین‌شهری، مینی‌بوس‌های بین‌شهری و درون‌شهری، دارندگان ماشین‌آلات راه‌سازی و تمام خودروهای سنگین و همچنین استفاده از روغن‌های صنعتی نانویی برای دستگاه‌های مصرف‌کننده روغن نظیر کمپرسورها توصیه می‌شود.

شرکت‌های ایرانی تولیدکننده روغن موتورهای نانویی خودرویی و صنعتی



شرکت پردیس شیمی باختر

نشانی کارخانه: کرمانشاه، صحنه، شهرک صنعتی بیستون (شهر شیمی)

تلفن: ۰۹۳۳۱۰۳۳۳۶۷-۰۲۱۶۶۸۸۶۶۸۰

وب‌سایت: www.olchanano.com



پی‌نوشت‌ها

- | | |
|------------------------------|-------------------------------------|
| ۱ Detergents and dispersants | ۷ Xado |
| ۲ Anti-wear | ۸ TriboTex |
| ۳ VI-improver | ۹ Xiao Tian |
| ۴ Anti-foam | ۱۰ The American petroleum institute |
| ۵ Friction modifiers | ۱۱ API sequence tests |
| ۶ Pour point depressant | |

منابع

- ۱ www.irna.ir/news/84512722
- ۲ امید الهی، روغن موتورهای نانو تکمیل‌های افزودنی، مجموعه گزارش‌های صنعتی فناوری نانو (نانو و صنعت)، گزارش شماره ۲۲۵. www.indnano.ir
- ۳ مرکز نوآوری بهران تک، کاربردهای صنعتی نانو ذرات در بهبود خواص روانکاری، مجموعه گزارش‌های صنعتی فناوری نانو (نانو و صنعت)، گزارش شماره ۲۳۴. www.indnano.ir
- ۴ مرکز نوآوری بهران تک، کاربرد نانوذرات الماس در صنعت روانکارها، مجموعه گزارش‌های صنعتی فناوری نانو (نانو و صنعت) شماره ۲۳۹. www.indnano.ir
- ۵ <https://www.liqui-moly.com>
- ۶ <https://www.electronicshub.org/best-oil-additive>
- ۷ <https://www.tribotex.com>
- ۸ www.xado.co.uk
- ۹ Xiao-XiaoTian, RasoolKalbas, CongQi, ArashKarimipour, Hong-LiHuang "Efficacy of hybrid nano-powder presence on the thermal conductivity of the engine oil: An experimental study" Powder Technology, Volume 369, 1 June 2020, Pages 261-269.
- ۱۰ Ebrahim Dardan, MasoudAfrand, A.H.Meghdadi Isfahani" Effect of suspending hybrid nano-additives on rheological behavior of engine oil and pumping power" Applied Thermal Engineering, Volume 109, Part A, 25 October 2016, Pages 524-534.
- ۱۱ V. Zin, F. Agresti, S. Barison, L. Colla, E. Mercadelli, M. Fabrizio & C. Pagura" Tribological Properties of Engine Oil with Carbon Nano-horns as Nano-additives" Tribology Letters volume 55, pages 45-53 (2014).
- ۱۲ M. GHAZVINI, M. A. AKHAVAN-BEHABADI, E. RASOULI, and M. RAISEE" Heat Transfer Properties of Nanodiamond-Engine Oil Nanofluid in Laminar Flow" Heat Transfer Engineering, 33(6):525-532, 2012.
- ۱۳ www.api.org

از مجموعه گزارش‌های صنعتی فناوری نانو مرتبط با صنعت خودرو منتشر شده است



■ گزارش صنعتی کاربرد نانوسلولز در صنعت خودرو



■ گزارش صنعتی کاربرد نانوکامپوزیت‌های پلیمری در صنعت خودرو



■ گزارش صنعتی روغن موتورها و نانومکمل‌های افزودنی



■ گزارش صنعتی کاربرد فناوری نانو در صنعت تایرسازی