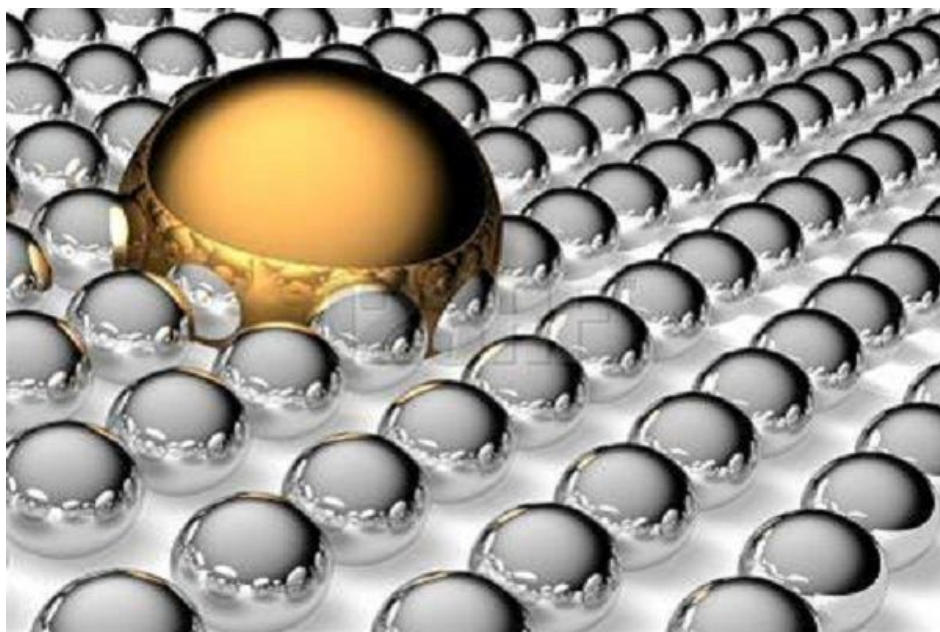


نانو روانکارها

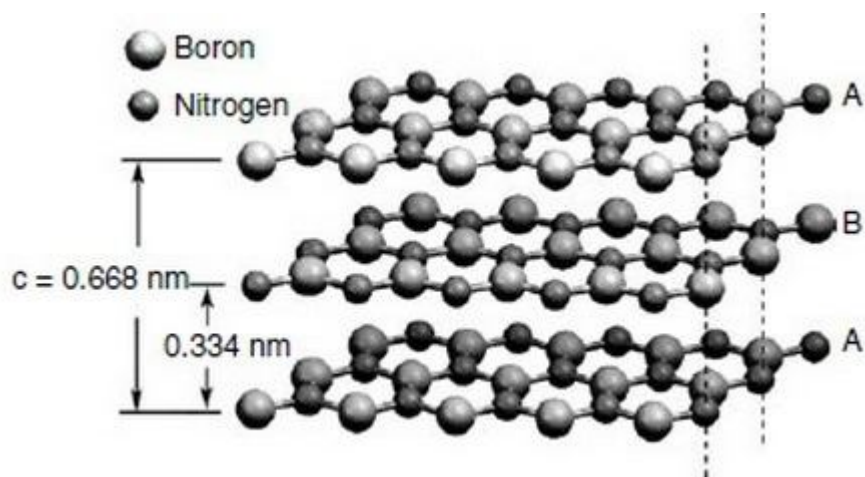


نانو روان کننده ها

نانو تکنولوژی یا آرایش اتم‌ها در مقیاس نانومتری، همان کنار هم قرار گرفتن صدها اتم در ابعاد چند نانومتر است که خصوصیات جدید و متمایزی را نتیجه می‌دهد. این تکنولوژی در زمینه‌های مختلف علم وارد شده و در صنایع مختلف نیز محصولاتی بر این پایه ایجاد شده است. در این میان، افزودنی‌های روغن موتور و سوخت نیز تحت تاثیر نانو تکنولوژی قرار گرفته و محصولات مربوطه وارد بازار شده است. نانو افزودنی‌های روغن به طور اساسی بر صرفه‌جویی سوخت و بازدهی موتور تاثیر دارند. به طور کلی، خواصی که برای این افزودنی‌ها ذکر شده است عبارتند از: کاهش ضریب اصطکاک، کاهش میزان ساییدگی در اجزاء موتور، ترمیم سطوح در گیر و بهبود خواص سطحی، افزایش بازده موتور در اثر افزایش فشار در سیلندر، کاهش هزینه تعمیرات و نگهداری، کاهش صدای موتور و گازهای آلاینده، جلوگیری از اکسیداسیون روغن، تمیز کردن سیستم سوخت رسانی و افزایش قدرت خروجی موتور و غیره.

امروزه روان کننده ها (lubricants) کارایی زیادی در صنایع مختلف دارند. به هر حال استفاده از روان کننده های مایع یا گریسی به دلیل مشکلاتی که ایجاد می کنند بویژه مشکلات زیست محیطی، محدود شده است. گزینه بسیار مطلوب در این زمینه این است که پوشش ها و روان کننده ها با هم سازگار شده و مکمل نقش یکدیگر باشند. برای مثال در یک پوشش نانوکامپوزیتی با طراحی ویژه، در حالیکه یک فاز مقاومت بسیاری در برابر سایش و تغییر شکل ایجاد می کند، فاز دوم یا سوم می تواند بصورت ترجیحی با افزایه های موجود واکنش داده و روان کننده ی بالایی جهت محافظت در برابر سایش ایجاد نماید. همچنین امکان طراحی پوشش های نانوکامپوزیتی که بتواند عملکرد روان کننده های مایع موجود را بهبود بخشد وجود دارد. روش دیگر افزودن نانو ذرات به روان کننده ها (نانو روان کننده ها) می باشد. نانو روان کننده ها دارای میلیاردها نانو ذره کروی شکل هستند که بصورت قابل توجهی میزان اصطکاک و سایش و نیز خواص فشاری ماده روان کننده را بهبود می بخشد. از مزایای استفاده از این مواد بسته به نوع عملیات می توان به افزایش سرعت و کاهش انرژی مورد نیاز، افزایش طول عمر مواد و کاهش مضرات زیست محیطی با توجه به غیر خورنده بودن مواد اشاره نمود. روان کننده های جامد در حالت بالک یا توده ای طی سالیان متمادی در صنایع مختلف به منظور کاهش اصطکاک و افزایش مقاومت سایشی در شرایط سخت مانند خلا بالا، فشار و دمای زیاد بکار رفته اند. امروزه چندین نمونه از روان کننده های جامد (هم به شکل بالک و هم به شکل فیلم نازک) مانند مولیبدن دی سولفید، بوریک اسید، گرافیت و غیره موجود است که می توان جهت کنترل اصطکاک و مقاومت سایشی در سطوح لغزنده استفاده نمود. امروزه محققان توانسته اند روان کننده های جامد را بر روی انواع سطوح مختلف با ضخامتی در محدوده چندین نانومتر تا چندین میکرومتر ایجاد نمایند. در این حالت فیلم روان کننده جامد تشکیل شده بر روی سطح می تواند ظرفیت تحمل بار و روان بودن سطح را بهبود داده و بعنوان یک پشتیبان، بخصوص در شرایط سخت سطوح لغزنده عمل نماید. روان کننده های جامد و لایه لایه از قبیل مولیبدن دی سولفید، گرافیت، هگزاگونال بورون نیتريد در گذشته جهت ایجاد لغزش مناسب بر روی سطوح بکار رفته اند و امروزه تلاش محققان بر استفاده از نانو پودرهای مولیبدن دی سولفید، تنگستن دی سولفید و گرافیت می باشد. زمانیکه از این مواد در روغن یا گریس روان کننده استفاده می شود، کاهش شدیدی در اصطکاک و مقاومت سایشی سطوح لغزنده مشاهده می شود. در حالت کلی مواد

دارای ساختار لایه لایه مانند گرافیت، مولیبدن دی سولفید و تنگستن دی سولفید می توانند هم بعنوان روان کننده جامد و هم بعنوان افزایه در ساختار روان کننده های مایع بکار برده شوند. مهمترین مزایای استفاده از نانوذرات تنگستن دی سولفید را می توان به کاهش اصطکاک در فرآیند نورد (rolling) و استفاده از این ذرات بعنوان جداساز (spacer) که سبب برطرف نمودن تماس سطحی بین دو فلز می گردد برشمرد.



ساختار کریستالی نیتريد بور هگزاگونال

روان کننده های جامد معمولی، ترکیبات لایه ای مانند گرافیت، سولفید مولیبدن (MoS_2) و سولفید تنگستن (WS_2) هستند که لغزش لایه های آنها روی یکدیگر موجب کاهش اصطکاک می شود. اما لایه ها به تدریج تجزیه شده و در نتیجه باعث چسبیدن آنها به سطح فلز می شود. اندازه نسبتاً بزرگ این پولک های لایه ای، مانع از ورود آنها به حفره های سطح فلز شده و لذا این مواد روی سطح فلز انباشته شده و به سطح می چسبند و کارایی روان کنندگی خود را از دست می دهند. این کار در نهایت موجب فشرده شدن قطعه های فلزی به یکدیگر و فرسودگی آنها می شود. بنابراین لازم است تا از روان کننده های جامد کوچکتر و محکم تری استفاده شود. روانکارهای مایع نمی توانند تمامی ویژگی های مورد نیاز یعنی کاهش اصطکاک، فشارپذیری بالا، ایجاد مقاومت به خوردگی، خنک کاری و ضد فرسایش بودن در موتور یا ماشین را داشته باشند. این موضوع تولید کنندگان را مجبور کرده تا برای اصلاح خواص از دیرباز افزودنی هایی به آنها بیافزایند. از سوی دیگر، نانوفناوری در زمینه های مختلف افق های جدیدی را پیش روی پژوهشگران باز کرده است. از این منظر، نانو افزودنی ها چنان خواص نوید بخشی نشان داده اند که منجر به تجاری شدن آنها شده است. داشتن سطح فعال نانومواد چالش هایی را هم به وجود می آورد که تمایل به تجمع ذرات مهمترین آنها است که برای برطرف کردن آن راهکارهایی اندیشیده شده است. پرداختن به استفاده از نانو مواد و ساز و کارهای آنها از آن جهت بیشتر اهمیت پیدا می کند که در حال حاضر نتایج خوبی از نانو افزودنی ها در عمل حاصل شده است. پر مصرف ترین و معروف ترین روغن های روانکار، روغن های موتور هستند که علاوه بر کاهش اصطکاک بین قطعات و جلوگیری از سائیدگی قطعات موتور، وظایف دیگری چون خنک کردن موتور، گرفتن ضربه، انتقال ذرات ریز فلزات و گرد و خاک از داخل موتور به فیلتر روغن و جلوگیری از رسوب دوده در رینگ ها، سوپاپ ها و غیره و تمیز

نگاه داشتن قطعات موتور را نیز به عهده دارند. به منظور حصول به روانکار با خصوصیات مطلوب و مناسب برای هر کاربرد مشخص، امروزه انواع افزودنی‌ها با عملکردهای مختلف، به روغن پایه افزوده می‌شوند. این افزودنی‌ها می‌توانند هر یک از وظایف بهبود روانکاری، خواص ضد خوردگی و ضد اکسیداسیون، گرانروی، پاک کنندگی و غیره را در ترکیب، به عهده داشته باشند.

امروزه کلیه روانکارها با پایه معدنی و یا با پایه سنتزی، برای داشتن کارایی مناسب و مطلوب، نیازمند مواد شیمیایی دیگر یا در واقع افزودنی‌هایی هستند که بتواند خواص مورد نظر را در آنها ایجاد نماید. این مواد شیمیایی سنتزی، ضمن این که خواص جدیدی به روانکار می‌دهند می‌توانند برخی ویژگی‌های موجود در روانکار را تقویت و از بروز برخی پدیده‌های نامطلوب در سیستم روانکاری جلوگیری کنند.

ساز و کارهای عملکرد نانوافزودنی‌ها در روانکارهای مایع

افزودنی‌هایی که در قدیم برای روانکارهای مایع به کار می‌رفت، موادی محلول در آن بود که تحت شرایط کاری در دما و فشار بالا دچار تخریب شده و لایه‌ای از فیلم ضد فرسایش بر روی سطوح درگیر به وجود می‌آورد. این مواد دارای عناصر فعالی (از نظر تریبولوژیکی) بوده که در آنها عناصری مانند P ، S ، Cl ، Zn و N وجود دارد و می‌توانند در سطوح درگیر در اثر واکنش با ماده سازنده آن، لایه‌ای محافظ تشکیل دهند. نخستین مرحله عملکرد آنها با جذب فیزیکی و یا شیمیایی در سرتاسر سطح فلز آغاز می‌شود و واکنش‌های شیمیایی تنها هنگامی که فرایند فرسایش رخ می‌دهد آغاز می‌شود. افزودنی‌های مونومری فشارپذیر معمولاً یک تا پنج جزء از عناصری که ذکر شد را دارند و تا ۵ درصد وزنی اضافه می‌شوند. می‌توان با افزودن ذرات ریز جامد و بهره‌گیری از موادی چون گرافیت، مولیبدن دی‌سولفاید (MoS_2)، پلی‌تترافلوئورو اتیلن (PTFE)، الماس، فولرین (C_{60})، بورون نیتريد (BN) و سایر فلزات، اکسیدها و آلیاژهای آنها، کاستی‌های روانکاری را برطرف کرد.

به طور کلی سه ساز و کار را می‌توان بیان کرد:

تشکیل لایه انتقال، عملکرد بلبرینگ و تبدیل اصطکاک لغزشی به اصطکاک غلتشی و ساز و کار ترمیم با وارد شدن نانو ذرات به خلل و فرج به وجود آمده بر سطح اجزای درگیر و ایجاد سطحی صاف و صیقلی.

سازوکار تشکیل لایه روانکار

با حضور و پیشرفت نانوفناوری، روانسازی شتاب بیشتری گرفت. در این راستا نانوافزودنی‌هایی مانند بورات تیتانیوم، اکسید تیتانیوم، بورات روی، اکسید آهن، کربنات کلسیم، بورات منیزیم، نفتانات‌های زمین، نانوذرات آلومینیوم قلع، مواد پلیمری، سیلیکات‌های معدنی و ... نیز مورد استفاده قرار گرفتند. سنتز نانو ذرات برای استفاده به عنوان افزودنی در روانکارهای مایع به تنهایی کافی نیست زیرا نانو ذرات دارای سطح فعال بسیار زیادی هستند که در آنها تمایل به تجمع ایجاد می‌کند. برای جلوگیری از تجمع، آماده و پایدارسازی نانو ذرات، روش‌های گوناگونی وجود دارد. این کار با

اصلاح و پوشش دهی سطحی و یا قرار گرفتن در یک بستر خنثی انجام می شود. در یک محیط مایع، پایداری سازی دشوارتر است و این کار با کمک واکنشگرهای الکترون دهنده یا الکترون گیرنده انجام می شود. در بستر مایع حرکات نامنظم مولکول ها و کوچک بودن ذرات به پایداری آنها کمک می کند اما این مستلزم آن است که پوسته خارجی که سطح با آن اصلاح یا پوشش دهی شده است در مایع محلول باشد و بنابراین باید در یک محیط آبی از مواد آبدوست و در یک محیط آلی از مواد آبگریز استفاده کرد. نانو ذره جامد در هیچ کدام از این مایعات قابل حل نیست و به همین دلیل به جای استفاده از واژه هایی همچون محلول یا پراکنش، از عبارت "سامانه نانوکامپوزیتی مایع" در مورد آنها استفاده می شود.

سازوکار عملکرد نانو ذرات فلزات نرم در روانکارهای مایع

یکی از کارکردهای مایعات روان کننده به ویژه آنها که در موتور خودرو استفاده می شوند خنک کاری است. روان کننده مایعی که حاوی نانو ذرات است یک نانوسیال است. یکی از خواص مهم نانو سیالات، قابلیت انتقال حرارت بسیار بالای آنها است زیرا ذرات جامد، هدایت حرارتی بهتری نسبت به مایعات دارند. برای مثال هدایت حرارتی آب برابر 0.613 Watt/m.K است در صورتی که این مقدار در مورد نانوتیوب کربن در راستای طولی 2000 Watt/m.K است (یعنی 3000 برابر آب و 10000 برابر روغن). پارامتر کلیدی در هدایت حرارتی، نسبت سطح به حجم است بنابراین ذرات نانو بیشتر از ذرات میکرو بر این قابلیت می افزایند. با توجه به قیمت بالا و فزاینده انرژی در جهان، استفاده از نانو افزودنی ها می تواند باعث صرفه جویی زیادی در مصرف انرژی، کاهش آلایندگی ها و حفظ محیط زیست شود. در زمینه روانکارهای مایع که در آن از نانوافزودنی ها استفاده شده، سه ساز و کار ترمیم سطح، ایفای نقش بلبرینگی و تشکیل فیلم پیشنهاد شده است. با این حال در مورد ساز و کارهایی که این مواد عمل می کنند، نیاز به تحقیقات بیشتری است زیرا نتایج بررسی ها نشان می دهد تطابق کاملی بین ساز و کارهای ادعا شده توسط پژوهشگران و تولیدکنندگان وجود ندارد.

برخی از نانوافزودنی های روغن موتور موجود در بازار به شرح زیر می باشند:

افزودنی حاوی نانوالماس، افزودنی حاوی نانو فلوئور، افزودنی حاوی نانو ذرات طلا و افزودنی روغن موتور حاوی فولرین.

افزودنی روغن موتور حاوی فولرین

عنصر کربن دارای ساختارهای گوناگونی از جمله کربن بی شکل، گرافیت و الماس دارد. فولرین ساختاری جدید از کربن می باشد که به اسم Bucky ball نیز نامیده می شود و ساختاری کاملاً شبیه به توپ فوتبال دارد. فولرین ها مولکول های بسیار پایداری بوده و کاملاً کروی شکل می باشند که این امر سبب می شود بتوان از آن ها به عنوان افزودنی در روان کننده ها استفاده نمود.

اندازه مولکول های فولرین بسیار کوچک و در حد چند نانومتر می باشد که سبب می شود آنها بتوانند در منافذ ریز سطح اصطکاکی وارد شده و لایه فلز- سرامیکی تشکیل دهند که سبب بهبود خواص اصطکاکی سطح بشود. مکانیسم عمل بدین صورت است که به علت شکل کروی و پایدار و مقاوم بودن آن، وقتی بین دو سطح درگیر قرار می گیرند به صورت بلبرینگهای کوچک عمل می نمایند و عمل لغزندگی سطح را از حالت لغزیدن دو لایه روان کننده بر روی همدیگر به حالت لغزش چرخشی در می آورند و ضریب اصطکاک را تا حد زیادی بهبود می بخشند.

افزودنی روغن موتور حاوی نانو الماس

نانوالماس نیز به عنوان یکی از جدیدترین و موثرترین این مواد نانوافزودنی روغن مطرح بوده است. ویژگی های منحصر به فرد ذرات نانوالماس، موجب شده است انواع و گریدهای مختلف این ماده، کاربردهای متنوعی را در بخش های مختلف صنعت به خود اختصاص دهند. نانوالماس به عنوان افزودنی در پوشش های کامپوزیتی، مواد ضد ساییدگی و ضد اصطکاک، روغن های روان کننده و پلیمرها (ابر پلاستیک) و همچنین به عنوان ماده کاربردی در عملیات داروسازی، کاتالیستها و غیره استفاده می شود. پودر نانومتری الماس نوع جدیدی از پودرهای سنتزی نانومتری بسیار سخت (SuperHard) محسوب می شود. از بررسی های میکروسکوپی انجام شده بر روی پودر نانومتری الماس مشخص شده است که ذرات پودر نانومتری الماس به صورت یک مجموعه (Cluster) بوده و شکل ذرات نانو الماس کروی است. در واقع، یک ذره الماس از یک هسته فشرده بلورین از جنس الماس و یک لایه سست خارجی حاوی انواع پیوندهای کربن - کربن و Heterobonds تشکیل شده است .

۳۰ درصد نانو اتم های الماس روی سطح آن قرار گرفته اند و همین مسئله خواص ویژه ای به آن داده است. حداکثر اندازه تک دانه های نانو الماس ۱۰ نانومتر و متوسط اندازه ذرات بین ۴ تا ۶ نانومتر است. همچنین بررسی های انجام شده با استفاده از اشعه ایکس (XRD) بر روی پودر نانومتری الماس نشان می دهد که ذرات موجود در این پودر از جنس الماس با ساختار مکعبی می باشند. مطالعات مربوط به شناسایی کیفیت سطح پودر نشان می دهند که سطح ذرات با گروه های عامل پوشیده شده است که نوع و مقدار این گروه ها در محصولات مختلف متفاوتند. این گروه ها اغلب از نوع گروه های اکسیژن داری هستند که بر روی سطوح ذرات، بار منفی ایجاد می کنند. پودر نانومتری الماس در هوا تا دمای 500°C و در خلاء یا محیط الکلی تا دمای 1000°C الی 1100°C مقاوم است. دمای 1100°C دمای شروع تبدیل شدن الماس به گرافیت است. این پودر نانومتری الماس از نظر شیمیایی در برابر محیط های اسیدی، قلیایی، مواد اکسیدکننده و حلال های آلی در شرایط محیطی و دمای بالا مقاوم است. نتایج بررسی وضعیت ناخالصی های احتمالی موجود در پودر نانومتری الماس نشان می دهد که میزان ناخالصی موجود در هر پودر نانومتری الماس به نوع آن پودر بستگی دارد و بر اساس شرایط فنی تولید بین ۱ الی ۳ درصد وزنی متغیر است. ناخالصی های غیر کربنی که معمولاً شامل آهن، مس، کلسیم، سیلیکون، کروم، تیتانیوم و همچنین مقادیر جزئی از سایر فلزاتی است که به نحوی در فرآیند تولید و تخلیص نانوالماس حضور دارند، معمولاً بر اساس خاکستر باقی مانده پس از سوزاندن

تعیین می‌شوند. مواد کربنی غیر از الماس، ناخالصی محسوب نشده و ترکیبات مفیدی برای کاربردهای نانوالماس محسوب می‌شوند.

نحوه عملکرد نانو افزودنی الماس در کاربرد بهبود روانکاری

نحوه مصرف و عملکرد نانوالماس در این کاربرد به این صورت است که پودر نانو الماس، به روغن موتور افزوده می‌شود و سوسپانسیون پایداری ایجاد می‌کند. نانوالماس موجود در روغن بر روی سطوح در تماس با روغن، لایه‌ای تشکیل می‌دهد و دانه‌های فوق‌العاده ریز آن در خلل و فرج سطح جای می‌گیرند و سطح کاملاً صافی را تشکیل می‌دهند. با اضافه نمودن پودر سیاه نانوالماس (۰.۵ درصد وزنی) در روغن‌های روان کننده مایع، ضریب اصطکاک روان کننده کاهش می‌یابد. نانوالماس توزیع شده در روان کننده، لایه فیلمی بر روی سطح تماس ایجاد می‌نماید و نانو ذرات، منافذ ریز موجود بر روی سطح را پر می‌نمایند، علاوه بر آن نانوالماس به صورت ذرات کروی شکل و فوق‌العاده سخت می‌باشد که به صورت حرکت چرخشی عمل می‌نمایند. بنابراین با تبدیل حرکت اصطکاکی لایه‌ها بر روی هم به حرکت چرخشی نانو ذرات، سبب کاهش قابل توجه اصطکاک میشوند. با توجه به تاثیر چشمگیر مصرف این افزودنی در بهبود عملکرد روانکار، کاهش اصطکاک، خوردگی و غیره اهمیت این محصول در رابطه با مقوله‌های بحث برانگیزی چون کاهش مصرف سوخت و انرژی، بهبود رانندگی و کاهش هزینه‌های تولید و همچنین مباحث کاهش آلودگی‌های زیست محیطی، امری کاملاً مشخص و انکار ناپذیر می‌باشد. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد با مصرف افزودنی حاوی نانو الماس در روغن موتور می‌توان علیرغم صرف هزینه بسیار کم اولیه، در هزینه‌های جاری مربوط به سوخت و روغن، تعمیرات و نگهداری و تعویض قطعات موتور خودرو صرفه جویی نمود.

اتحادیه صادرکنندگان فراورده‌های نفت،

گاز و پتروشیمی ایران

پژوهش ☒

مقاله —

۱۳۹۴/۰۹/۱۵

پریسا جمشیدی