بررسی تاثیر استفاده از نانوالماس واره پایه‌کربنی به عنوان نانوافزودنی در روغن موتور تراکتور مسی فرگوسن 399

سید مرتضی صداقت حسینی [1]، مسعود رستمی [2] ، فرهاد نرجسپور [1] و احمد محمدی [3]

1 - مربی مرکز آموزش عالی امام خمینی (ره) کرج

2 - موسسه علمی تحقیقاتی محور نانوکاوان نباء

3 - عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک

Morteza.s.hosseini@gmail.com

چکیده

یکی از مهمترین بخش های مدیریت ماشین های کشاورزی، مدیریت هزینه های تعمیرات و نگهداری می باشد . امروزه تراکتورها یکی از منابع مهم توان در کشاورزی می باشند. هزینه تعمیرات کلی موتور بیشترین مقدار هزینه های تعمیرات و نگهداری را شامل می شود. مصرف روغن مناسب و با کیفیت در موتور یکی از مهمترین عوامل افزایش طول عمر موتور است. یکی از روش های مدرن افزایش کیفیت روغن موتور و کنترل کردن هزینه ها، علم نانو می باشد. در این تحقیق اثر نانو الماس واره به عنوان ماده افزودنی روغن موتور روی افزایش کیفیت روغن و کاهش سایش در ترکیبات روغن موتور بررسی شد . از این رو 10 دستگاه تراکتور مسی فرگوسن 399 در شهرستان کرج انتخاب شدند. این تراکتورها به دو گروه تقسیم شدند. در روغن موتور تراکتورهای یکی از گروه ها نانو الماس واره افزوده شد و در موتور تراکتورهای گروه دیگر از روغن موتور بدون افزودنی استفاده گردید. سپس از روغن موتور همه تراکتورها در فواصل زمانی 50، 100 و 120 ساعت کاری نمونه گیری شد. داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS تجزیه و تحلیل شدند. نتایج، اختلاف معنی دار در سطح 5٪ در طول عمر مواد افزودنی روغن و کمیت ذرات فرساشی بین دو گروه نشان داد. نتایج آزمایشات نشان دادند که این ماده افزودنی برای افزایش کیفیت روغن همچنین کاهش تعداد ذرات فرسایشی موثر می باشد، وقتیکه این ماده افزودنی با غلظت 1٪ در روغن موتور تراکتور MF399 استفاده می شود. افزون بر آن به دلیل ساختار سخت نانو افزودنی، مقداری ذرات بزرگ آهنی در نمونه ها مشاهده شد که مقدارشان به تدریج کاهش یافت.

کلمات کلیدی: اصطکاک، تعمیر و نگهداری، سایش، نانوافزودنی‌ها، نانوالماس‌واره‌ی پایه‌کربنی

مقدمه

بخش بزرگی از هزینه های ماشین های کشاورزی، هزینه های تراکتورها به عنوان منابع اصلی توان می باشد. هزینه های ماشین های کشاورزی را می توان به دو گروه تقسیم نمود : هزینه های سالیانه مالکیت که با مقدار استفاده از ماشین ها، ارتباطی نداشته و هزینه های عملیاتی که مستقیماً با مقدار استفاده از آنها تغییر می کنند . هزینه های عملیاتی شامل هزینه های تعمیرات و نگهداری، سوخت، روغن ها و کارگری می باشد. با افزایش عمر کاری قطعات موتور و کاهش فرسایش آنها می توان هزینه ها ی تعمیرات و نگهداری را کاهش داد [الماسی و همکاران ، 1382]. یکی از عواملی که مستقیماً بر روی عمر اجزاء موتور تاثیر می گذارد، کیفیت روغن موتور است . روغن های امروزی

به دلیل افزایش کیفیت مواد افزودنی آنها، دارای کیفیت مناسبی برای کاهش هزینه های تعمیرات و نگهداری می باشند.

روانکارهای مایع که بیشتر آنها از برش‌های نفتی تشکیل شده‌اند، نمی توانند تمامی ویژگی‌های مورد نیاز یعنی کاهش اصطکاک، فشارپذیری بالا، ایجاد مقاومت به خوردگی، خنک‌کاری و ضدفرسایش بودن در موتور یا ماشین را داشته باشند. این موضوع تولیدکنندگان را وادار کرده است تا به منظور اصلاح خواص آنها، افزودنی‌هایی به آنها بیفزایند. با حضور و پیشرفت نانوفناوری، این روند شتاب بیشتری به خود گرفت. در این راستا نانوافزودنی‌هایی مانند بورات‌تیتانیوم، اکسیدتیتانیوم، بورات روی، اکسید آهن، کربنات‌کلسیم، بورات منزیم، نانوذرات آلومینیوم /قلع، مواد پلیمری، سیلیکاتهای معدنی و ... مورد بررسی و آزمایش قرار گرفته ان [Hu & Dong, 1998][Zhang et al., 2008].

به هرحال سازوکار تریبولوژیکی که این ذرات عمل می‌کنند بسیار پیچیده است اما به طور کلی سه سازوکار را می توان بیان کرد:

تشکیل لایه انتقال، عملکرد بلبرینگی و تبدیل اصطکاک لغزشی به اصطکاک غلتشی و ساز وکار ترمیم با وارد شدن نانو ذرات به خلل و فرج به وجود آمده بر سطح اجزای درگیر و ایجاد سطحی صاف و صیقلی‌تر [Sunqing et al., 1999] [Bakunin et al., 2005].

بررسی آنچه در این مقاله بیشتر مورد تأکید می باشد، نانوالماس‌واره‌های پایه‌کربنی است. تحقیقات فراوانی بر روی عملکرد نانوذرات الماس واره پایه‌کربنی انجام شده است [Chou et al., 2008] [Gubarevich et al., 2004]. Hsiao Yeh Chu و همکاران از نانوالماس واره‌های پایه‌کربنی به میزان 1٪ ، 2٪ و 3٪ وزنی که در داخل روغن پایه و بر روی دستگاه دیسک در دمای 60 درجه استفاده نمودند؛ مقدار بهینه، 3٪ درصد وزنی از این نانوذرات بود که موجب بهبود خاصیت ضد خراشی نمونه‌ی دیسک شد [Hsiao et al., 2010].

همچنین آقای Y.Y. Wu و همکاران در آزمایشی دیگر با بررسی این نانوذرات، به این نتیجه رسیدند که ضریب اصطکاک با وجود این نانوذرات و افزایش درجه حرارت، به حدود 0/09 رسیده است و قطر خراش ناشی از سایش در ازای بار 25 N و 100 N به ترتیب 25 و 34 میکرومتر بوده است [Wu et al., 2007].

D.X. Peng و همکاران نیز از نانوذرات الماس‌واره‌ی پایه‌کربنی 110 نانومتری اصلاح شده استفاده کرده بودند. آنها به این نتیجه رسیده بودند که بهترین درصد وزنی از این نانوذرات که کمترین قطر خراش ناشی از س ایش را ایجاد خواهد نمود، 0/2-0/5درصد وزنی است که بدین ترتیب لایه‌ای محافظ را بر روی سطح مورد نظر ایجاد خواهد کرد [Peng et al., 2009].

همچنین Chau-Chang Chou و همکارانش که بر روی رفتار توزیعی نانوذرات الماس واره‌ی پایه‌کربنی بر روی کربن استیل و آلیاژ آلومین‌یوم کار می کردند، به این نتیجه کلی رسیدند که این نانوذرات قابلیت بخش شوندگی بهتر، با گرانروی بالاتر در روغن پایه، نسبت به روغن تجاری دارند؛ همچنین این نانوذرات به عنوان افزودنی جامد در داخل روانکار روغن، رفتار وابسته به سطح کربن استیل را به اندازه ی آلیاژ استیل ارتقاء و بهبود داده‌اند [Chau & Lee, 2010]..

در این مقاله، به بررسی استفاده از نانوالماس‌واره‌ی پایه‌کربنی در روغن موتور کشنده‌ی MF 399 و مقایسه با حالت بدون استفاده از آن پرداخته شده است. پرداختن به استفاده از نانومواد و سازوکارهای آنها از آن جهت بیشتر اهمیت پیدا می‌کند که نتایج خوب استفاده از نانوافزودنی‌ها، به ویژه نانوالماس‌واره‌ی پایه کربنی، در عمل حاصل شده است.

مواد و روشها

ویژگی نانو افزودنی مورد استفاده

نانوذرات مورد استفاده در این تحقیق، از نوع الماس واره‌ی پایه‌کربنی بوده‌اند که به شکل کروی، با متوسط اندازه‌ی 4 تا 6 نانومتر و با غلظت 1٪ وزنی مورد استفاده قرار گرفتند.

آزمون های مزرعه ای

در این تحقیق 10 دستگاه تراکتور مسی فرگوسن مدل MF399 از میان تراکتورهای کشاورزی موجود در شهرستان کرج انتخاب شدند . این 10 دستگاه تراکتور به دو گروه مساو ی تقسیم شدند. درون موتور تراکتورهای گروه اول از روغن رایج بدون افزودن هیچ ماده ای دیگر استفاده شد (روش اول). در بررسی آمار توصیفی، این روش (روش اول) به عنوان مرحله اول در نظر گرفته شد . در روغن موتور مصرفی برای تراکتورهای گروه دوم، در دو مرحله مواد نانو افزودنی الماس واره، اضافه شد (روش دوم). پس از تخلیه روغن موتور تراکتورها، روغن جدید همراه با ماده نانو افزودنی ریخته شد (مرحله دوم). پس از اتمام عمر کاری روغن ها (120 ساعت کاری) مجدداً مشابه مرحله قبل، روغن موتور تراکتورها تعویض گردید (مرحله سوم).

در هر مرحلهٔ فوق الذکر و پس از 50، 100 و 120 ساعت کاری همه تراکتورها از روغن موتور آنها نمونه گیری بعمل آمد. این نمونه ها برای تجزیه و تحلیل به آزمایشگاه مراقبت وضعیت ارسال گردیدند.

آزمون های آزمایشگاهی

آزمایش هایی که بر روی نمونه روغن های گرفته شده در مرحله قبل، صو رت گرفت عبارت بودند از تعیین ذرات فرسایشی، کمیت مواد افزودنی، PQ، ویسکوزیته و آلودگی روغن. تجزیه و تحلیل آمار توصیفی نیز به طور جداگانه روی داده های سه مرحله فوق الذکر انجام شد . میانگین داده های بین دو روش فوق (روش های با مواد افزودنی و بدون مواد افزودنی) با استفاده از روش آزمون F به کمک نرم افزار SPSS مورد مقایسه قرار گرفتند.

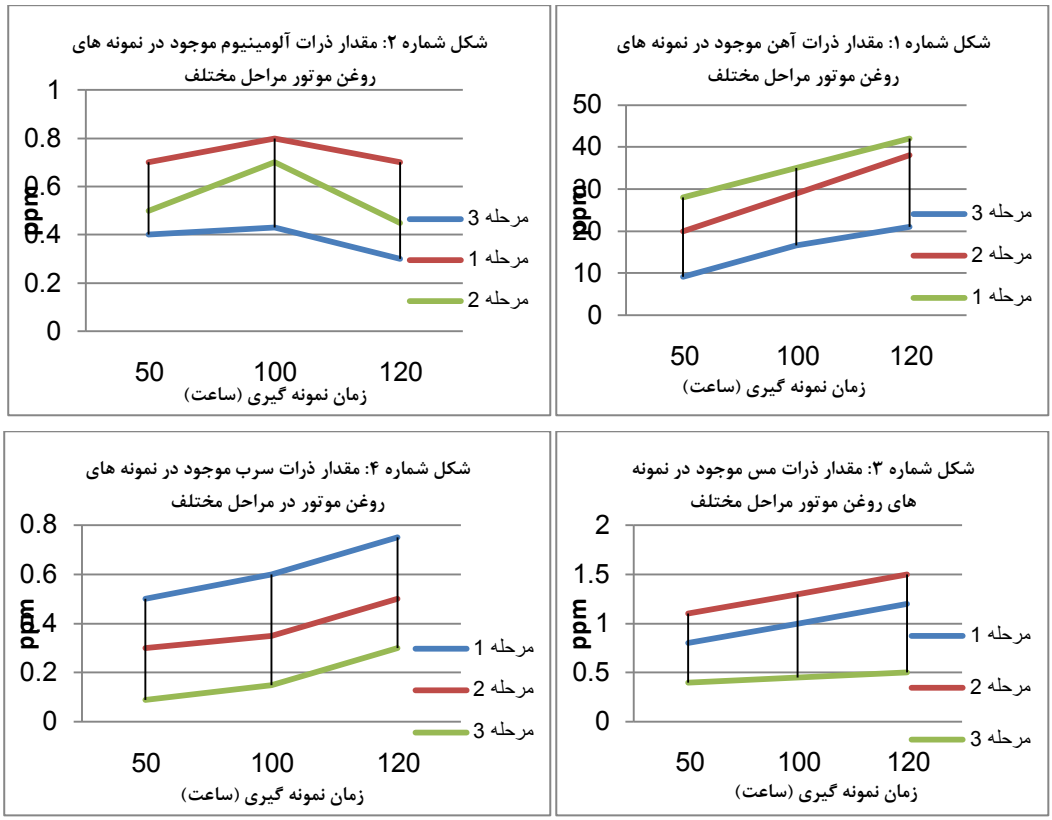
نتایج و بحث

آمار توصیفی

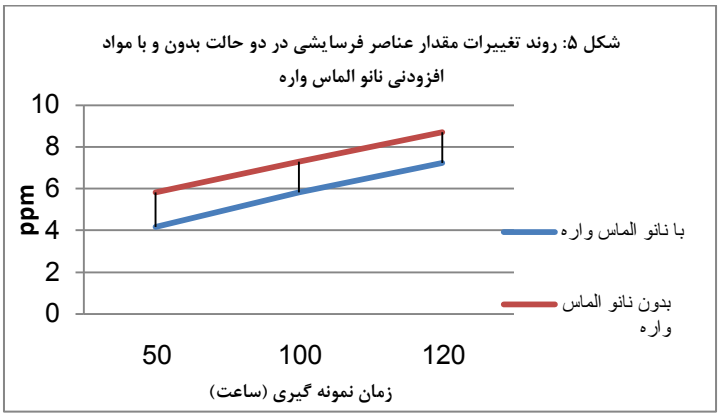
عناصر فرسایشی

مقدار آهن، آلومینیوم و سرب موجود در روغن در روش بدون نا نو مقدار بیشتری را نشان می دهد . روند افزایش مقدار این عناصر در این روش با شیب تندتری نسبت به روش استفاده از نانو اتفاق می افتد . افزایش مقدار عناصر مذکور در زمانی که از نانو الماس استفاده شده به خاطر ساختار سخت این نوع نانو الماس می باشد اما این افزایش نسبت به زمانی که از این ماده استفاده نشده است بسیار کمتر است . همچنین این میزان در نمونه برداریهای بعدی با مقدار کمتری مشاهده شده است . این موضوع نشان دهنده این است که به مرور زمان تاثیرات مثبت استفاده از این نوع ماده با وضوح بیشتری قابل مشاهده است (اشکل1، 2 و 4).

مقدار مس در روش بد ون نانو مقدار کمتری رانشان داده و در مرحله اول استفاده از نانو الماس واره مقدار آن افزایش یافته که به دلیل ساختار این نوع ماده می باشد و به دلیل خاصیت ترمیمی آن در مرحله دوم استفاده از نانو الماس واره مقدار ذرات این عنصر کمتر از روش بدون نانو می باشد . روند افزایشی این عنصر در ساعات مختلف کاری تراکتور کنترل و کاهش یافته است. روند افزایشی این نوع عنصر در روش استفاده از نانو ناشی از ساختار این نوع ماده بوده اما این روند به مرور زمان با شیب بسیار کمی ادامه می یابد (شکل3).



نتایج بدست آمده نشان می هد که استفاده از این نوع نانو الماس واره می تواند مقدار عناصر فرسایشی را بطور قابل ملاحظه ای کاهش داده و در بهبود قطعات داخلی موتور نقش موثری داشته باشد . همانگونه که در نمودار مشخص شده است مقدار این عناصر در ساعات مختلف کاری تراکتور نسبت به زمانی که از این نوع ماده استفاده نشده باشد میزان کم‌تری را نشان می دهد (شکل5).



مواد افزودنی

مقدار مواد افزودنی در طول کارکرد دستگاه در حالت طبیعی به علت شرایط موجود در داخل موتور روند کاه ش دارد. این روند هنگامی که از نانو الماس واره استفاده شده است میزان کاهش آ ن در ساعات مختلف کاری دستگاه کنترل شده و روند کاهش آن تقریبا به حالت ثابت درآ مده است. یعنی مقدار این مواد در طول کارکرد دستگاه تقریبا ثابت مانده و خصوصیات روغن تا حد بالایی حفظ می گردد حفظ خصوصیات مواد افزودنی باعث حفظ خصوصیات روغن شده و طول عمر مفید آن را افزایش می دهد . از طرف دیگر حفظ خصوصیات روغن باعث عملکرد بهتر آن در طول استفاده آ ن می گردد که نهایتا باعث دوام عمر مفید موتور میشود . روند تغییرات در دو حالت بدون نانو و استفاده از نانو در شکل شماره 6 نشان داده شده است.

مقدار PQ

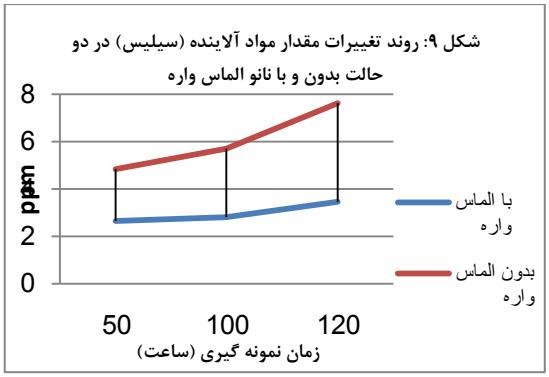
با توجه به اینکه سخت بودن ساختار نانو الماس واره باعث افزایش مقدار pq می گردد اما این افزایش در تکرارهای بعدی نمونه برداری با شیب کمتری اتفاق افتاده وحالت نرمالی پیدا کرده است . شکل شماره 7 این مقدار در روش بدون نانو مقدار بالاتری را نشان داده و با استفاده بیشتر از دستگاه روند اقزایشی آن با شیب تندتری اتفاق می افتد (شکل 7).

ویسکوزیته

مهم ترین پارامتر و مشخصه هر روغن، ویسکوزیته یا گرانروی آن است . کارآیی دستگاه به واسطه مقاومت لایه های سیال کاهش و دمای سیستم افزایش می یابد، در نتیجه از عمر روانکار و دستگاه کاسته خواهد شد. عکس این موضوع نیز صادق است، یعنی در صورت کاهش غ یر استاندارد ویسکوزیته، امکان تشکیل فیلم پایدار روانکار به حداقل می رسد و بر اثر تماس فلز با فلز، سایش شدیدی ایجاد می شود که نتیجه مستقیم آن، عمر کمتر دستگاه خواهد بود. تغییرات ویسکوزیته متاثر از عواملی مانند میزان کارکرد روغن، محتویات روغن، آلودگی، ترکیب با مواد و ناهنجاری های دیگر بوده که بر ساعات سرویس روغن تاثیر می گذارد . با توجه به تاثیرات نانو الماس واره بر میزان مواد افزودنی که به عنوان محتویات روغن می باشد نقش مثبتی در کنترل ویسکوزیته روغن ایفا می کند . نتایج بدست آ مده نشان می دهد که در استفاده ا ز این ماده میزان کاهش ویسکوزیته در دامنه بالاتری از حد طبیعی اتفاق می افتد و تا حدودی ویسکوزیته روغن در ساعات مختلف کاری خاصیت خود را حفظ می کند (شکل8).

مواد آلاینده

افزایش مواد آلاینده از جمله مهمترین آ نها سیلیس به علتهای مختلفی انجام میگیرد که ممکن ا ست به علت ورود ذرات گرد وخاک از طریق هوای ورودی و یا سایش قطعاتی داخلی که ترکیبات سیل یکاتی دارند از جمله کاسه نمدها و.. باشد. با توجه به تاثیرات مثبت نانو الماس واره بر خصوصیات روغن و کاهش سایش قطعات داخلی روغن تا حدودی نیز میزان مواد آ لاینده نیز کاهش یا فته اما این میزان همچنان در طول عمر کارکرد دستگاه روند افزایشی دارد که این روند ممکن است به علت شرایط محیط کار تراکتورها بر اثر وارد شدن ذرات گرد وخاک به داخل روغن موتور باشد (شکل9).



بطور کلی نتایج فوق نشان می دهند که استفاده طولانی مدت از نانو الماس واره مذکور باعث بهبود کارآیی موتور و افزایش کیفیت روغن موتور و کاهش عناصر سایشی موجود در آن می گردد که این موضوع می تواند باعث افزایش عمر قطعات موتور گردیده و هزینه های تعمیر و نگهداری ماشین را در بلند مدت کاهش دهد.

قدردانی

از مؤسسه علمی تحقیقاتی محور نانوکاوان نبـاء به واسطه ی کمکهایشان بسیار سپاسگذاریم . همچنین از مرکز آموزش عالی امام خمینی (ره) به خاطر اماکن استفاده از امکانات و تجهیزات مربوطه تقدیر و تشکر به عمل می آید.

منابع

الماسی، م. کیانی، ش و لویمی، ن (1387). مبانی مکانیزاسیون کشاورزی. انتشارات جنگل.

Q. Sunqing, D. Junxiu, C. Guoxu. (1999). A Review of Ultrafine Particles as Antiwear Additives and Friction Modifiers in Lubricating Oil, Lub. Sci. 11.

V. N. Bakunin, A. Yu. Suslov, G. N. Kuzmina, O. P. Parenago, (2005). Recent Achivements in the Synthsis and Application of Inorganic Nanoparticles as Lubricant Components, Lubrication Sci. 17.

Z. S. Hu, J. X. Dong. (1998). Study on antiwear and reducing friction additive of nanometer titanium borate, Wear, 216.

B. Zhang, B. Xu, Y. Xu, X. Wang, Y. Zhao. (2008). Tribological behavior of nano-silicate mineral powder as lubrication oil additive, Key Eng. Mat. 373-374.

A.V. Gubarevich, S. Usuba, Y. Kakudate, A. Tanaka, O. (2004). Odawara, Diamond powders less than 100nm in diameter as effective solid lubricants in vacuum, Japanese Journal of Applied Physics 43 (7A) L920–L923.
C.C. Chou, S.H. Lee. (2008). Rheological behavior and tribological performance of a nanodiamond-dispersed lubricant, Journal of Materials Processing Technology201 542–547.
Hsiao Yeh Chu, Wen Chen Hsu, Jen Fin Lin. (2010). The anti-scuffing performance of diamond nano-articles as an oil additive. Wear 268 960–967
Y.Y. Wu, W.C. Tsui, T.C. Liu. (2007). Experimental analysis of tribological properties of lubricating oils with anoparticle additives.Wear 262 819–825
D.X. Peng, Y.Kang, R.M.Hwang, S.S.Shyr, Y.P.Chang. (2009). TribologicalpropertiesofdiamondandSiO2 anoparticlesaddedinparaffin.Tribology International 42 911–917
Chau-Chang Chou, Szu-Hsien Lee. (2010). Wear, Volume 269, Issues 11-12, Pages 757-762.