

УДК 620.178.162

ВПЛИВ ФУЛЕРЕНОВІСНИХ ОЛИВ НА ФРИКЦІЙНУ ВЗАЄМОДІЮ МЕТАЛЕВИХ ТРИБОСПРЯЖЕНЬ

Деркач О.Д., к.т.н., доц.,

Кабат О.С., к.т.н., доц.,

Владімеров О.О., маг.

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Abstract

The influence of fullerenes' soot concentration, which added to oil M10Г2к on few tribotechnical characteristics «steel-steel» was investigated. It was found, that optimal volume of fullerene soot in the oil was 0,1% of the weight. At this level of concentration can be seen the lowest values of coefficient of friction – 0,045, and intense of linear wearing - $2,7 \times 10^{-9}$. Through optical investigation the participation of fullerene soot in surface forming mechanism and saturated with carbon was confirmed, it provided an increase in tribotechnical characteristics of the samples.

Keywords: fullerene soot, oil, concentration, tribotechnical characteristics.

Вступ

Підвищення надійності та довговічності роботи вузлів тертя машин і механізмів, які працюють за умови високих навантажень, швидкостей та температур, є актуальним завданням і вирішується воно різними методами [1-2]. Почасти, його можна вирішити за рахунок підвищення змащувальних якостей мастильних матеріалів. Це значно зменшить температурне навантаження, силу тертя та величину зношування робочих поверхонь деталей, що труться. Як відомо, до олив пред'являються ряд вимог, серед яких виділимо наступні: високі мийні та протизносні властивості, здатність виводити продукти зносу із зони тертя, зниження температурного навантаження і коефіцієнта тертя. Ще ряд інших вимог забезпечують багаточисленні присадки, що додаються до олив. Проте, сьогодні створилися передумови до створення змащувальних матеріалів з високими змащувальними якостями, що вирішують проблеми безрозбірного відновлення робочих поверхонь трибосистем. Одним із шляхів підвищення змащувальних якостей олив є використання модифікуючих присадок, зокрема, фулеренів.

Аналіз попередніх досліджень

Ефективним є застосування фулеренів в якості модифікаторів пластичних мастил і олив [3]. Також, досліджувалося використання карбонових мікросфер у якості наповнювачів олив [4]. В обох випадках, додавання фулеренових матеріалів призводило до зниження коефіцієнта тертя і зносу. Очевидно, що застосування фулеренів у оливах забезпечує зміну характеру тертя при

фрикційній взаємодії сталевих деталей за рахунок трибохімічних реакцій у зоні контакту [5]. Це дозволяє значно зменшити тертя та зношування деталей у вузлах машин і механізмів, що сприяє підвищенню їх надійності та довговічності. Отримані залежності змащувальних властивостей олив, наповнених фулеренами C_{60} від в'язкості мінеральної основи [6]. Встановлено, що застосування фулеренів дозволяє не тільки зменшити тертя та зношування деталей, що знаходяться у фрикційній взаємодії, а і відновлювати пошкоджені поверхні тертя. Виявлено, що низькі коефіцієнт тертя та знос забезпечуються за рахунок прокатки сферичних наночастинок [7]. Тобто, зниження коефіцієнта тертя забезпечується не стільки ефектом ковзання, скільки ефектом перекочування молекул та їх груп по поверхнях тертя робочих тіл. Таким чином, можна стверджувати, що завдяки своїм фізико-хімічним властивостям фулерени можуть впливати на зменшення тертя та зношування деталей при фрикційній взаємодії і у середовищі модифікованих ними олив [8 – 11].

Постановка проблеми

Однак застосування фулеренів в оливах сьогодні є надто дорогим і економічно не виправданим процесом при застосуванні, наприклад, у сільськогосподарському машинобудуванні. Проте, при отриманні фулеренів утворюються побічні продукти, серед яких науковий інтерес представляє фулеренова сажа (ФС), яка у своїй структурі може містити до 10 % мас. фулеренів. Описані вище результати створюють передумови для досліджень впливу ФС і на трибосистеми типу «сталь-сталь». Передбачається, що ці матеріали також можуть бути ефективним модифікатором олив. Особливо це стосується модифікації недорогих широкоживаних олив, таких як, наприклад, M10G2k. Тому актуальним завданням є визначення впливу ФС на змащувальні властивості олив при фрикційній взаємодії металевих трибоспряжень.

Мета і завдання

Мета роботи полягала у визначенні впливу фулереновмісної оливи шляхом дослідження трибологічних властивостей пари тертя «сталь-сталь» при використанні ФС.

Для досягнення мети досліджували фрикційну взаємодію пари тертя «сталь-сталь» при змащуванні модифікованою ФС оливою.

Результати вирішення основних завдань

Для проведення досліджень були підготовлені оливи, модифіковані 0,1; 0,3 та 0,5% мас. ФС. Такий діапазон концентрації модифікатора було вибрано відповідно і до власних попередніх робіт [12, 13].

Результати досліджень зміни коефіцієнта тертя пари тертя «сталь-сталь» при фрикційній взаємодії у середовищі вихідного та модифікованого мастила наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Деякі властивості зразків змащувальних композицій

	Контроль	ФС, % мас.		
		0,1	0,3	0,5
Коефіцієнт тертя f_{mp}	0,052	0,045	0,052	0,057
Температура в зоні контакту T , °C	95	85	89	101
Інтенсивність зносу, $I \times 10^{-9}$	3,2	2,8	3,2	5,2
Шорсткість поверхні R_a , мкм	0,39	0,25	0,23	0,21

Відповідно до результатів досліджень отримані концентраційні залежності мають системно зростаючий характер. Виявлено, що в області концентрацій модифікатора ФС 0,1 % спостерігається зниження значення коефіцієнту тертя, температури та значне – інтенсивності лінійного зношування (табл.1). Причому зменшення цих параметрів коливається в межах 10-20% менше, ніж при терті у не модифікованій оливі. Із зростанням масової долі ФС у оливі, усі вказані параметри стабільно зростають. Вже при масовій долі ФС у оливі 0,5 % значення коефіцієнта тертя f_{mp} перевищило значення у базовому варіанті. Це пов'язано з тим, що негативна дія відходів, як основи ФС, проявляється у вигляді абразивного зношування, а позитивна дія фулеренів, недостатня і не компенсує зношування елементів трибоспряження.

Відомо [14, 15], що фулерени, навіть у малих кількостях здатні активно формувати структури на поверхнях тертя. Це призводить до утворення твердої і пружної антифрикційної плівки, яка підвищує трибологічні властивостей пари тертя, що ми і виявили.

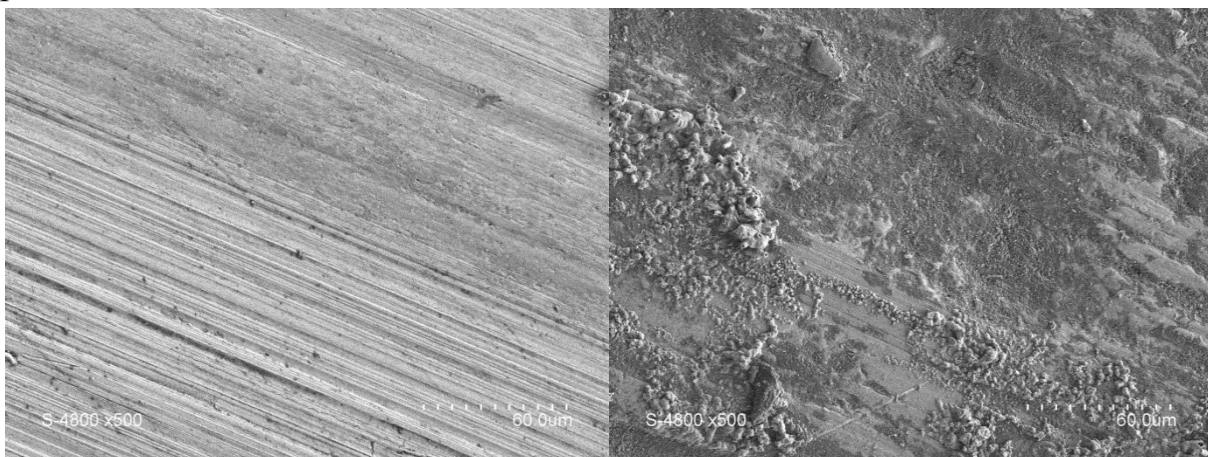


Рисунок 1 - Мікрометричні знімки поверхонь тертя після фрикційній взаємодії у середовищі оливи: (а) - контроль та (б) модифікованої 0,1 % ФС оливи. Зображення $\times 500$ разів.

Так, на поверхні, зображеній на рис. 1, а, спостерігаються мікронерівності рельєфу без яких-небудь суттєвих включень і домішок. А поверхня (рис. 1, б) вкрита дискретною плівкою, що і є основним чинником, який впливає на зменшення тертя та зношування фрикційної пари при терті у модифікованій оливі. Поверхня має різну структуру, присутні нашарування і, очевидно, візуально видно концентровані ФС ділянки.

Висновки

Встановлено, що введення фулеренової сажі у оливу у оптимальній кількості 0,1 % мас. забезпечує зниження: коефіцієнта тертя – на 19 %; температури в зоні контакту – на 11 %; інтенсивності лінійного зносу – на 13 %; шорсткість робочої поверхні тертя – на 36 %.

Виявлено, що на поверхнях тертя при фрикційній взаємодії в середовищі модифікованої фулереновою сажею оливи, відбувається процес утворення плівки, яка змінює характер тертя, сприяючи при цьому покращенню триботехнічних характеристик металевих зразків, виготовлених із Сталь 45.

Рекомендовано до використання оливу M10G2k, з додаванням 0,1 % мас. фулеренової сажі.

Література

1. Миронова, Д.Ю. Современные тенденции развития науки и техники и маркетинг инноваций [Текст] / Д.Ю. Миронова. – СПб.: Университет ИТМО, 2005. – 83 с.
2. Боголюбов, А. Н. Теория механизмов и машин в историческом развитии ее идей [Текст] / А. Н. Боголюбов. – М.: ЛЕНАНД, 2017 – 466 с.
3. Wu, Y.Y. Experimental analysis of tribological properties of lubricating oils with nanoparticle additives [Text] / Y.Y. Wu, W.C. Tsui, T.C. Liu // Wear. 2007 - Vol. 262(7-8). - P. 819-825.
<https://doi.org/10.1016/j.wear.2006.08.021>.
4. Alazemi, A. A. Ultrasmooth Submicrometer Carbon Spheres as Lubricant Additives for Friction and Wear Reduction [Text] / A. A. Alazemi, V. Etacheri, A. D. Dysart, L.-E. Stacke, V. G. Pol, F. Sadeghi // ACS Appl. Mater. Interfaces. 2015 – Vol. 7(9). - P. 5514-5521. DOI: 10.1021/acsami.5b00099.
5. Erdemir, A. Superlubricity [Text] / A. Erdemir, J.-M. Martin. – Am.: Elsevier, 2007 – 499 p.
6. Ku, B.-C. Tribological effects of fullerene (C60) nanoparticles added in mineral lubricants according to its viscosity [Text] / B.-C. Ku, Y.-C. Han, J.-E. Lee, J.-K. Lee, S.-H. Park, Y.-J. Hwang // International Journal of Precision Engineering and Manufacturing. 2010 – Vol. 11(4). – P. 607-611.
DOI 10.1007/s12541-010-0070-8
7. Rapoport, L. Polymer Nanocomposites with Fullerene-like Solid Lubricant [Text] / L. Rapoport, O. Nepomnyashchy, A. Verdyan, R. Popovitz-Biro, Y. Volovik,

B. Ittah // *Advanced Engineering Materials*. 2004 – Vol. 6 (1-2). – P. 44-48. DOI 10.1002/adem.200300512.

8. Yoshimoto, S. Synthesis of a fullerene/expanded graphite composite and its lubricating properties [Text] / S. Yoshimoto, J. Amano, K. Miura // *Journal of Materials Science*. 2010 – Vol. 45(7). – P. 1955-1962. DOI 10.1007/s10853-009-4187-z.

9. Грузинская, Е.А. Фуллереновая сажа электродугового синтеза [Текст] / Е.А. Грузинская, В.А. Кескинов, М.В. Кескинова, К.Н. Селинов, Н.А. Чариков // *Наносистемы: физика, химия, математика*. 2012 - № 3(6). – С. 83-90.

10. Kireyenko, O.F. Fullerene black as an antifriction and antiwear additive to lubricating oils [Text] / O.F. Kireyenko, Boris M. Ginzburg, V.P. Bulatov // *Journal of Friction and Wear*. 2002 – Vol. 23(3). – P. 64-68.

11. Rapoport, L. Slow Release of Fullerene-like WS₂ Nanoparticles from Fe-Ni Graphite Matrix: A Self-Lubricating Nanocomposite [Text] / L. Rapoport, M. Lvovsky, I. Lapsker, V. Leshchinsky Y. Volovik, Y. Feldman, A. Margolin, R. Rosentsveig, R. Tenne // *Nano Letters*. 2001 – Vol. 1(3). – P. 137-140.

DOI: 10.1021/nl005516v.

12. Деркач, О.Д. Застосування геомодифікаторів для поверхонь тертя при технічній експлуатації сільськогосподарської техніки [Текст] / О.Д. Деркач, О.І. Буря, Б.Г. Харченко // *Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка*. 2011 - № 109. - С. 199-203.

13. Деркач, О.Д. Обґрунтування параметрів фуллереновмісних олів [Текст] / Деркач О.Д., Губа М.І., Кабат О.С. // *Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка*. 2013 - № 134. – С. 172-179.

14. Kumar, N. Improving the lubricating properties of 10W40 oil using oxidized graphite additives [Text] / N. Kumar, A. T. Kozakov, V. I. Kolesnikov, A. V. Sidashov // *Journal of Friction and Wear*. 2017 – Vol.38. – P. 349-354. <https://doi.org/10.3103/S1068366617050051>.

15. Shakirullah, M. Spent Lubricating Oil Residues as New Precursors for Carbon [Text] / M. Shakirullah, Im. Ahmad, M. A. Khan, M. Ishaq, M. Saeed // *Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures*. 2006 – Vol. 14. P. 39-48. <https://doi.org/10.1080/15363830500538615>.

16. Aulin V., Hrynkiv A., Lysenko S., Rohovskii I., Chernovol M., Lyashuk O., Zamota T. Studying truck transmission oils using the method of thermal-oxidative stability during vehicle operation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. Vol. 1 (6 - 97). P. 7-12.