

Литература

1. ДСТУ Б В.2.7-37-95. Строительные материалы. Плиты и изделия из природного камня. Технические условия. – Введ. 01.01.96.
2. ТУ У 26.7-23504418-001:2007. Изделия камнерезные. – Введ. 01.05.07.
3. ДСТУ Б В.2.7-16-95. Строительные материалы. Материалы стеновые каменные. Номенклатура показателей качества. – Введ. 01.07.95.
4. Китайгородский И. И., Сильвестрович С. И. Справочник по производству стекла. Т. 1. – М.: ГИЛПСАЙСМ, 1963. – 1026 с.
5. Рогов В. В. Финишная алмазно-абразивная обработка неметаллических деталей. – К.: Наук. думка. – 1985. – 264 с.
6. Сидорко В. И., Пегловский В. В., Ляхов В. Н. Влияние содержания оксида кремния в природных камнях на их прочностные свойства, производительность алмазного шлифования и потребляемую мощность // Сверхтвердые матер. – 2008. – № 5. – С. 64–71.
7. Связки металлические СТП 90.502-85. – Введ. 01.09.85.
8. Пат. 33227, Украина, МПК (2006). В28D 1/00. Способ определения обрабатываемости камня / В. И. Сидорко, В. В. Пегловский, В. Н. Ляхов, Е. М. Поталько. – Заявл. 21.02.08; Оpubл. 10.06.08; Бюл. № 11.
9. Кудрявцев Е. М. Mathcad 2000 Pro. – М.: АМК, 2001. – 572 с.

Поступила 26.02.10

УДК 621.892.8(045)

В. В. Бурикин¹, І. Л. Трофімов², канд. техн. наук, В. П. Захарчук²

¹Институт надтвердых материалов ім В. М. Бакуля НАН України

²Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОТИЗНОСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПАЛИВ ОБРОБЛЕНИХ ЕЛЕКТРИЧНИМ ПОЛЕМ ЗА СХЕМОЮ ТРИБОКОНТАКТУ «ЦИЛІНДР – ПЛОЩИНА»

Розроблено методику випробувань протизносних властивостей палив та малов'язких рідин, оброблених електричним полем за схемою трибоконтакту «циліндр – площина». За розробленою методикою досліджено вплив електричного поля на протизносні властивості малов'язких мастильних середовищ.

Ключові слова: протизносні властивості, мастильне середовище, електричне поле.

Вступ

Проблема тертя та зношування деталей машин і механізмів належить до числа найбільш складних проблем сучасної техніки. Постійне удосконалення машин і механізмів безпосередньо пов'язане з підвищенням якості паливно-мастильних матеріалів (ПММ). Поліпшення якості мастильних середовищ (МС) у більшості випадків дозволяє підвищити надійність та економічність механічної техніки. Сучасна техніка, як правило, відповідає вимогам надійності, але не дивлячись на це, потрібно враховувати, що вона оснащена складними гідроагрегатами, виконуваними важливі функції, наприклад, у системах керування літальними апаратами і паливною автоматикою авіаційних двигунів, в паливних системах двигунів внутрішнього згорання та в системах керування наземної техніки.

Специфічність цих пар тертя потребує критичного підходу в питанні застосування до них існуючих уявлень відносно впливу МС, механічних властивостей матеріалів, міцності, шорсткості спряжених поверхонь, швидкості їх відносного переміщення.

Підвищення протизносних властивостей ПММ та розробка методик для їх здійснення є одним з пріоритетних напрямів підвищення надійності роботи машин і механізмів.

Питання щодо впливу електричного поля на протизносні властивості ПММ залишається відкритим. Саме тому було прийнято рішення оцінити ступінь впливу електричного поля на вуглеводневі рідини, випробовуючи протизносні властивості деяких ПММ.

Мета цієї роботи полягає у розробленні методу випробувань протизносних властивостей ПММ, оброблених електричним полем за схемою трибоконтакту «циліндр – площина».

Аналіз досліджень та публікацій

Аналіз робіт [1–3] показує, що проблема підвищення протизносних властивостей палив і олив розглядалася неодноразово. У вказаних роботах за основу відновлення відпрацьованих ММ брались різноманітні технологічні операції, засновані на фізичних, фізико-хімічних і хімічних процесах з метою видалення з нього продуктів старіння і забруднення. У праці [2] особливу увагу звернуто на рішення таких важливих проблем, як захист від корозійно-механічного зношування, корозії і окислення, опір ММ до виникнення піни, збереження експлуатаційних характеристик в широкому діапазоні температур.

У праці [4] показано, що одним із способів підвищення експлуатаційних властивостей ПММ виступає їх електрофізична обробка, яка відбувається при пропусканні палива через магнітне поле при одночасному накладенні високочастотного електромагнітного поля з частотою, рівною частоті прецесії протонів в даному магнітному полі. Авторами цієї праці встановлено, що електрофізична обробка дизельного палива зменшує часову та питому витрати палива на 2–4 % при всіх частотах обертання колінчатого валу, хоча найбільший ефект спостерігався в режимі холостого ходу (часова витрата палива зменшилась на 8–12 %). При дослідженні протизносних властивостей дизельних палив Л-0,2-40 і Л-0,5-40 було встановлено, що електрофізична обробка приводить до зменшення зношування пари тертя сталі ШХ 15 при терті ковзання на 40–45 % і 33–38 % відповідно.

Багатьма дослідниками доведено, що при обробці палива електричним полем на його краплі, окрім молекулярних сил, що визначають їх міцність, діють також аеродинамічні та електричні сили, направлені в протилежну сторону і умовно понижуючі поверхневий натяг краплі, що приводить до більш тонкого розпилення палива, кращого згорання і, як наслідок, пониженню токсичності відпрацьованих газів [4; 5]. Доведено, що вплив електромагнітного поля на воду, моторні оливи і робочі рідини викликає зміни їх поверхневого натягу, в'язкості та густини [5]. Значна зміна режиму течії (збільшення числа кількості крапель і зменшення їх розмірів) відбувається за рахунок пониження поверхневого натягу в результаті накладення на ПММ зовнішнього електричного поля високої напруженості.

Авторами [6] було сконструйовано, виготовлено та апробовано пристрій для підвищення протизносних властивостей ПММ, який характеризується компактністю, простотою застосування та низькою вартістю виготовлення. Для правильної реалізації пристрою розробили принципово новий метод підвищення протизносних властивостей ПММ, який дозволяє швидко, на якісно новому рівні підвищувати протизносні властивості палив та олив [7; 8]. Проведені експерименти, щодо впливу електричного поля на протизносні властивості палив і олив показали задовільні результати, які детально викладено у праці [8]. У даному випадку випробування протизносних властивостей ПММ проводили на машині тертя за схемою лінійний контакт «диск – площина» (матеріал зразків ШХ15 – ШХ15).

На сьогодні широко використовують такі відомі та сертифіковані методи випробувань протизносних властивостей ПММ: визначення протизносних характеристик ПММ на чотирикульковій машині тертя (ГОСТ 9490) [9] та визначення протизносних характеристик ММ на машині тертя SRV (ASTM D 5706-97) [10]. Також поширені методи визначення трибологічних характеристик ПММ за триетапною методикою та схемою «ролик-диск».

Методика і результати експерименту

З метою дослідження протизносних властивостей ПММ, оброблених електричним полем, розробили методику дослідження протизносних властивостей палив та малов'язких рідин за схемою «циліндр – площина» з трибоконтрактом по твірній циліндра; матеріал зразків – сталь 9ХС – латунь ЛС59-1. Вибір пари тертя зумовлений тим, що у сучасній техніці, зокрема у гідравлічних системах з плунжерними та пластинчастими парами, в основному працюють пари тертя зі сталі та мідного сплаву у трибоконтакті.

Випробування протизносних властивостей ПММ проводили за розробленою методикою в лабораторії триботехнічних випробувань і досліджень авіаційної техніки Національного авіаційного університету. Методику досліджень реалізовано на приладі тертя типу «ПТ-4Ц» та пояснено схемою випробувань палив і малов'язких мастильних середовищ, яку подано на рис. 1.

Прилад призначений для визначення триботехнічних властивостей матеріалів, покриттів та малов'язких рідких середовищ. До обертально рухомого контрзразка-циліндра прижимається плоский зразок з заданим нормальним навантаженням у визначеному рідкому середовищі. У результаті тертя робоча поверхня зразка зношується і утворюється вироблення у вигляді сегментної лунки (рис. 2). Після випробування на зразку вимірюються геометричні розміри вироблення і розраховуються параметри лінійної та об'ємної інтенсивності зношування. Технічні характеристики приладу тертя типу «ПТ-4Ц» наведено в табл. 1.

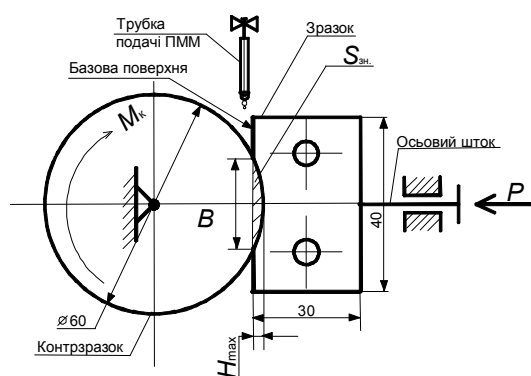


Рис. 1. Схема випробувань протизносних властивостей ПММ, реалізована на приладі тертя «ПТ-4Ц»

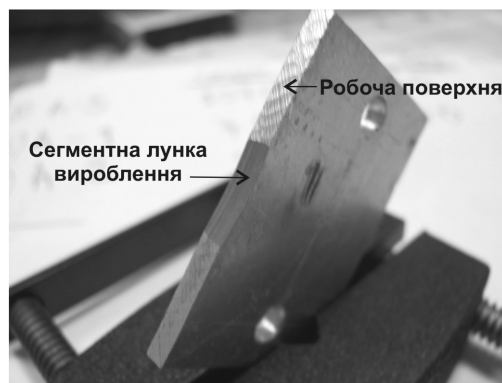


Рис. 2. Загальний вигляд зразка після випробування

Технічні характеристики приладу тертя типу «ПТ-4Ц»

Найменування характеристик та їх позначення	Значення показників
Базовий розмір контрзразка циліндра D , мм	60
Базовий розмір плоского зразка $a \times b \times c$, мм	30x40x3
Швидкість відносного переміщення зразка в контакті v , м/с	0,35; 0,58; 0,85; 1,31; 2,19; 3,7
Найбільше биття циліндричної поверхні зразка – контртіла при обертанні від руки i , мм	0,03
Нормальне навантаження P , кг	0,25–100
Робоче середовище	рідина
Частота обертання валу приводного електродвигуна n , об/хв	1400
Потужність приводного електродвигуна N , кВт	1,5

Робочу поверхню контрзразка, який виконує відносний обертальний рух, діаметром 60 мм і шириною 10 мм виготовленого із сталі 9ХС та загартовано до твердості HRC 62. Робочу поверхню нерухомого плоского зразка, довжиною 40 мм, шириною 30 мм та товщиною 3 мм виготовлено із латуні ЛС59-1. У разі потреби можна використовувати зразки і з сталі, загартованої від мінімальної твердості до твердості контрзразка. Зразок, контрзразок, місткість для досліджуваного та всі деталі кріплення перед початком проведення випробувань для очистки поверхонь від залишків продуктів механічної обробки та ПММ промивалися ацетоном і сушилися.

Розроблена методика включає три етапи випробування ПММ. Перший етап – припрацювання пар тертя, шлях тертя – 1000 м. З метою постійної відтворюваності процесу, припрацювання проводили тільки у базових ПММ. Другий та третій етапи – напрацювання пар тертя у встановленому режимі, необхідні для дослідження протизносних властивостей мастильних середовищ, шлях тертя становить відповідно 2000 м та 4000 м після процесу припрацювання. Пристрій для обробки ПММ електричним полем розміщується на машині тертя з виводом вихідного трубопроводу безпосередньо до місткості з досліджуваною рідиною. Це дозволяє не затрачати час на заміну досліджуваних ПММ в машині тертя та досліджувати протизносні властивості у процесі їх оброблення електричним полем, що в сукупності запобігає швидкій релаксації заряду в них. З метою відтворюваності умов проведення експериментів, запобігання додатковим вібраціям та підвищеному крутячому моменту під час запуску приладу тертя у разі переходу від режиму припрацювання пар тертя до етапів їх напрацювання у встановленому режимі, прийнято рішення не зупиняти прилад тертя на заміну базових ПММ обробленими електричним полем. Місткість з досліджуваною рідиною містить кран, через який швидко зливається об'єм досліджуваного середовища. Потім до місткості подається ПММ від пристрою для оброблення палив і олів електричним полем. Після завершення проведення випробувань, зливаемо досліджувану рідину з місткості, протираємо сухою ганчіркою контрзразок та знімаємо досліджуваний зразок для подальшого вимірювання величини зношування.

У якості досліджуваного ПММ було вибрано авіапаливо ТС-1, як таке, що володіє низькими протизносними та реологічними властивостями і напевне дозволяє забезпечити граничне змащення. Оброблення авіапалива ТС-1 електричним полем проводили протягом 1 години за напруги $U = 2000$ В та напруженості поля $E = 1,1 \cdot 10^6$ В/м. Методику оброблення ПММ електричним полем детально викладено у праці [7].

Кожну експериментальну точку отримано як середнє значення від трьох випробувань зразків на тертя та зношування за однакових умов проведення експерименту з подальшим заміром величини зношування. Критерієм зношення було прийнято величину об'ємного зношування дослідного зразка, яку отримували за рахунок добутку площі зношування на товщину зразка (0,003 м). Для розрахунку площі зношування, на яку контртіло заглиблювалося в досліджуваний зразок відносно базової поверхні у процесі спрацювання матеріалу, знаходили глибини доріжок тертя на нерухомому зразку шляхом їх вимірювання на профілографі-профілометрі ПП-1К. Даний прилад дозволяє вимірювати глибини спрацювання матеріалу вздовж доріжки ковзання через кожен міліметр поверхні, а отже дозволяє вимірювати і довжину доріжки ковзання.

З метою спрощення розрахунку площі зношування розробили комп'ютерну програму. У інтерфейсі розробленої програми вводили значення попередньо заміряних глибин через кожен міліметр доріжки ковзання. Після натиснення кнопки «розрахувати», отримували розраховане значення площі виробленої лунки та графічне зображення профілограми. Для зменшення похибки вимірювань та розрахунків, знімали профілограми за глибиною спрацьованого матеріалу вздовж доріжки ковзання трьох зразків напрацьованих за абсолютно однакових умов. За результатами розрахунку трьох площ визначали середнє арифметичне значення площі зношування матеріалу за яким розраховувався об'єм зношування.

Встановлено, що характер залежностей об'ємного зношування від шляху тертя при різних швидкостях ковзання та різних нормальних навантаженнях для зразків напрацьованих в базовому авіапаліві ТС-1 та обробленому електричним полем є подібним, однак є і суттєві відмінності (рис. 3, 4)

По-перше, за однакових значень швидкостей ковзання величини об'ємного зношування зразків, напрацьованих у обробленому електричним полем авіапаліві ТС-1, є у 1,2–1,4 разів меншими ніж для зразків, напрацьованих у базовому авіапаліві. А за однакових значень нормальних навантажень об'ємне зношування зразків, напрацьованих у обробленому електричним полем авіапаліві ТС-1 є при $P = 10; 15; 25; 30$ кг відповідно у 1,2; 1,1; 1,3; 1,15 разів меншим та при $P = 20$ кг відповідно у 1,25 разу більшим ніж для зразків, напрацьованих у базовому авіа паліві.

По-друге, підвищене зношування для зразків, напрацьованих у базовому авіапаліві ТС-1, розпочинається при значеннях швидкості ковзання 0,55–1,38 м/с за сталого нормального навантаження, для зразків, напрацьованих у обробленому електричними полями авіапаліві – при 0,84–1,38 м/с. Відбувається збільшення зони сталої зносостійкості, яке призводить до розширення діапазону нормальної роботи деталей при підвищенні швидкостей ковзання.

По-третє, зі зростанням нормального навантаження значення величин об'ємного зношування поступово збільшуються та при $P = 20$ кг стрімко зменшуються. При зростанні нормального навантаження до 25 та 30 кг, величини об'ємного зношування суттєво зростають. Таким чином, оптимальним нормальним навантаженням для латуні ЛС59-1 у даному трибосполученні є 20 кг.

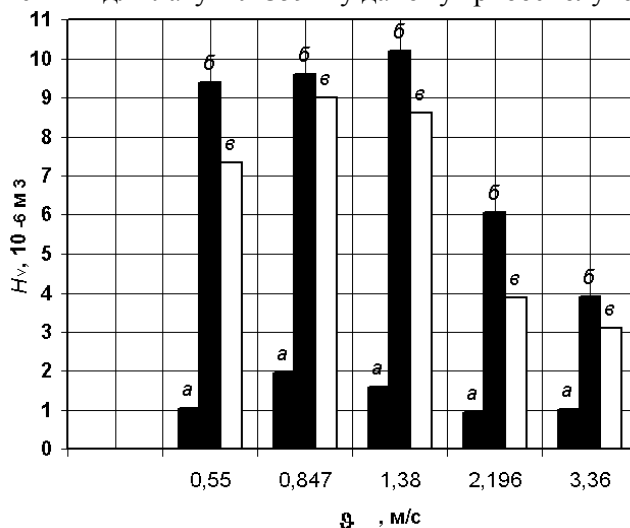


Рис. 3. Залежність величини об'ємного зношування зразків від швидкості ковзання при нормальному навантаженні $P = 10$ кг: а – базове (у стані поставки) авіапаливо марки ТС-1 через 1000 м шляху; б – базове (у стані поставки) авіапаливо марки ТС-1 через 5000 м шляху; в – авіапаливо ТС-1, оброблене електричним полем через 5000 м шляху

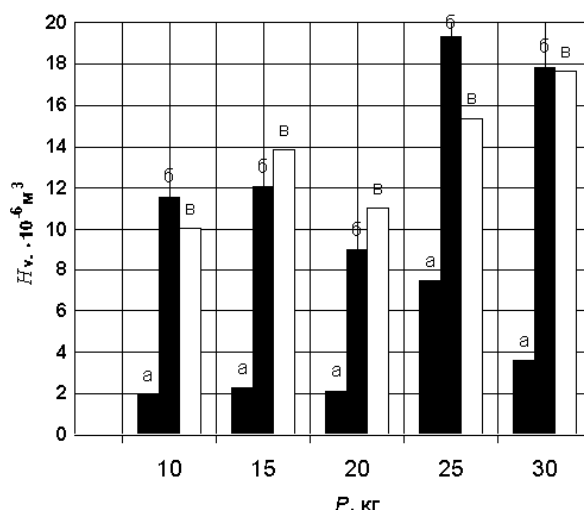


Рис. 4. Залежність величини об'ємного зношування зразків від нормального навантаження при швидкості ковзання $v = 0,847$ м/с: а – базове (у стані поставки) авіапаливо марки ТС-1 через 1000 м шляху; б – базове (у стані поставки) авіапаливо марки ТС-1 через 5000 м шляху; в – авіапаливо ТС-1, оброблене електричним полем через 5000 м шляху

Результати аналізу залежностей інтенсивності об'ємного зношування зразків від швидкості ковзання (рис. 5) показав, що з підвищенням швидкості від 0,55 м/с інтенсивність об'ємного зношування поступово збільшується, досягаючи максимуму при 1,38 м/с, далі вона зменшується, досягаючи мінімуму при 3,36 м/с. Таким чином, оптимальними швидкостями ковзання у даному трибосполученні є 0,55 та 3,36 м/с.

Також ці залежності показують, що за однакових значень швидкостей ковзання інтенсивність об'ємного зношення на 1000 м шляху зразків, напрацьованих у авіапаливі ТС-1, обробленому електричним полем, є в 1,3–2,3 разів меншою ніж для зразків напрацьованих у базовому авіапаливі.

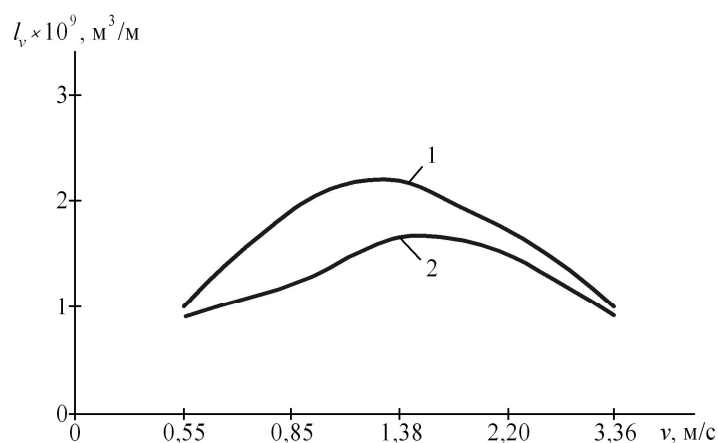


Рис. 5. Залежність інтенсивності об'ємного зношування зразків від швидкості ковзання при нормальному навантаженні $P = 10$ кг: 1 – базове (у стані поставки) авіапаливо марки ТС-1; 2 – авіапаливо ТС-1, оброблене електричним полем, через 5000 м шляху

Результати аналізу залежності інтенсивності об'ємного зношування зразків від нормального навантаження (рис. 6) показують, що за однакових значень нормального навантаження інтенсивність об'ємного зношування на 1000 м шляху тертя зразків, напрацьованих у авіапаливі ТС-1, обробленому електричним полем є при $P = 10; 15; 25; 30$ кг відповідно у 1,9; 1,1; 1,7; 1,6 разів меншою та при $P = 20$ кг у 1,9 разу більшою ніж для зразків, напрацьованих у базовому авіапаливі.

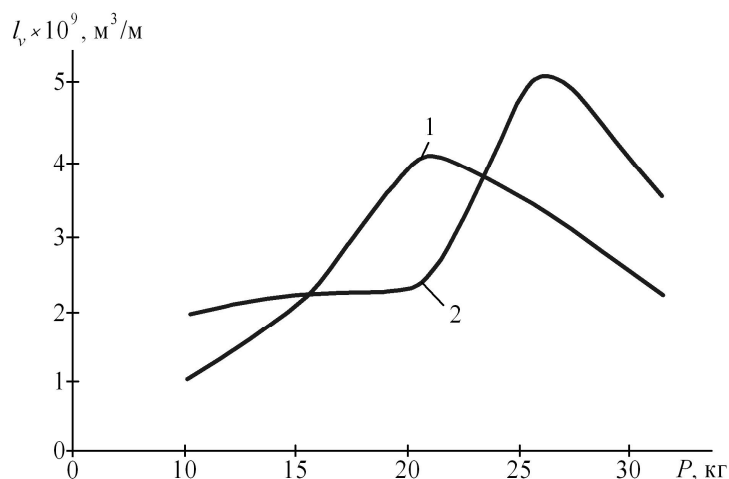


Рис. 6. Залежність інтенсивності об'ємного зношування зразків від нормального навантаження при швидкості ковзання $v = 0,85$ м/с: 1 – авіапаливо ТС-1, оброблене електричним полем, через 5000 м шляху; 2 – базове (у стані поставки) авіапаливо марки ТС-1

Висновки

Розроблено методику дослідження протизносних властивостей палив і малов'язких рідин, оброблених електричним полем, за схемою трибоконтакту «циліндр – площина». Основні результати досліджень такі:

– за однакових значень швидкостей ковзання величини об'ємного зношування зразків напрацьованих у обробленому електричним полем авіапаливі ТС-1, є у 1,2–1,4 разів меншими ніж для зразків напрацьованих у базовому авіапаливі;

– за однакових значень нормальних навантажень об'ємне зношування зразків напрацьованих у обробленому електричним полем авіапаливі ТС-1, є при $P = 10; 15; 25; 30$ кг відповідно у 1,2; 1,1; 1,3; 1,15 разів меншим та при $P = 20$ кг відповідно у 1,25 разу більшим ніж для зразків, напрацьованих у базовому авіапаливі;

– за однакових значень швидкостей ковзання інтенсивність об'ємного зношування на 1000 м шляху зразків напрацьованих у авіапаливі ТС-1 обробленому електричним полем, є у 1,3–2,3 разів меншою ніж для зразків напрацьованих у базовому авіапаливі;

– за однакових значень нормального навантаження інтенсивність об'ємного зношування на 1000 м шляху тертя зразків напрацьованих у авіапаливі ТС-1, обробленому електричним полем, є при $P = 10; 15; 25; 30$ кг відповідно у 1,9; 1,1; 1,7; 1,6 разів меншою та при $P = 20$ кг у 1,9 разу більшою ніж для зразків, напрацьованих у базовому авіапаливі.

The method of tests antiwear properties of fuels and littleviscid liquids is developed treated the electric field after chart tribocontact «cylinder is a plane». After the developed method influence of the electric field is investigational on antiwear properties of littleviscid lubricating environmen.

Key words: antiwear properties, lubrication wednesday, electric field.

Разработана методика испытаний противоизносных свойств топлив и маловязких жидкостей, обработанных электрическим полем за схемой трибоконтакта «цилиндр – плоскость». За разработанной методикой исследовано влияние электрического поля на противоизносные свойства маловязких смазочных сред.

Ключевые слова: противоизносные свойства, смазочная среда, электрическое поле.

Література

1. Смазочные материалы и проблемы экологии / А. Ю. Евдокимов, И. Г. Фукс, Т. Н. Шабалина, Л. Н. Багдасаров – М.: ГУП Нефть и газ, 2000. – 424 с.
2. Основы трибологии (трение, износ, смазка): Учебник / А. В. Чичинадзе, Э. Д. Браун, Н. А. Буше и др.; Под ред. А.В. Чичинадзе. – М.: Машиностроение, 2001. – 664 с.
3. Кравец И. А. Репаративная регенерация трибосистем. – Т.: Бережанский агротехн ин-т, 2003. – 284 с.

4. Повышение ресурса технических систем путём использования электрических и магнитных полей / Е. Е. Александров, И. А. Кравец, Е. П. Лысыков и др. – Х.: НТУ „ХПИ”, 2006. – 544 с.
5. Баженов Ю. В., Микипорис Ю. А., Павлов А. Н. Трибоэлектризация масла и дизельного топлива // Трение и смазка в машинах и механизмах. – М.: Машиностроение, 2006. – Вып. 10. – С. 24–27.
6. Пат. 31878 Україна МПК (2006) F02M 27/00. Пристрій для обробки діелектричних паливно-мастильних матеріалів / І. Л. Трофімов, О. М. Зубченко, І. А. Кравець. – Заявл. 13.12.2007; Опубл. 25.04.2008; Бюл. № 8.
7. Трофімов І. Л., Захарчук В. П. Розробка пристрою для підвищення експлуатаційних властивостей паливно-мастильних матеріалів // Пробл. тертя та зношування. – К.: НАУ, 2008. – Вип. 49. – Т. 2. – С. 8–17.
8. Трофімов І. Л. Підвищення триботехнічних властивостей палив і олів електричним полем // Вопр. химии и хим. Технологи. – 2010. – № 3. – С. 132–137.
9. ГОСТ 9490. Материалы смазочные жидкие и пластичные. Метод определения трибологических характеристик на четырехшариковой машине.
10. ASTM D 5706-97 Standard Test Method for Determining Extreme Pressure Properties of Lubricating Greases Using A High-Frequency, Linear-Oscillation (SRV) Test Machine.

Надійшла 22.06.11

УДК 621.922.02

Т. М. Дуда, В. В. Шагохин, кандидаты технических наук, **А. О. Куцай**, канд. физ.-мат. наук

Институт сверхтвёрдых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев

ПОВЕРХНОСТНАЯ АКТИВНОСТЬ ПАВ И ЭЛЕКТРОФОРЕТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОНКОДИСПЕРСНЫХ ВОДНЫХ СИСТЕМ

В работе приведены результаты исследований по влиянию природы, зернистости дисперсной фазы, природы дисперсной среды и ПАВ, металлизации частиц алмаза, КНБ и температуры на граничные процессы, включающие такие явления, как поверхностная активность и адсорбция ПАВ, физико-химия поверхности зерен и электрофоретические свойства тонкодисперсных гетерогенных систем.

Показано, что поверхностная активность и адсорбционная способность ПАВ увеличиваются с уменьшением исходной концентрации растворов металлизации и увеличением удельной поверхности порошков дисперсной фазы при наличии на порошках металлического покрытия.

Природа порошков, состояние их поверхности, дисперсионная среда и температура оказывают существенное влияние на электрокинетические свойства дисперсных систем и формирование знака заряда поверхности частиц алмаза и КНБ.

Ключевые слова: металлизация, тонкодисперсные системы, поверхностная активность.

Образование гетерогенной дисперсной системы без и при введении ПАВ сопровождается изменением поверхностного натяжения, граничной адсорбции поверхностной активности частиц, физико-химии поверхности зерен и электрофоретических свойств систем.

От изменения физико-химии поверхности зерен и термодинамических свойств дисперсных систем зависят устойчивость, диспергирование и смачивание частиц дисперсной фазы, технологические особенности получения и свойства осаждаемых химических и электрохимических покрытий.

Целью настоящих исследований является определение влияния природы и зернистости дисперсной фазы, природы дисперсионной среды и ПАВ, металлизации частиц и температуры систем на граничные процессы, включающие такие явления, как поверхностная активность и адсорбция ПАВ, физико-химия поверхности зерен и электрофоретические свойства тонкодисперсных гетерогенных систем.

Методика исследований

Спектры оптического пропускания микropорошков кубического нитрида бора (КМ) регистрировали на ИК-спектрофотометре Спекорд–М80 (Германия). Для исследований в специальном рамном кольце были изготовлены таблетки диаметром 3,0 мм, состоящие из смеси образцов из КМ и