

РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 678.01:531.43

АНАЛІЗ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ЯВИЩ У ПРОЦЕСІ СТАРІННЯ ТА ЗАБРУДНЕННЯ ОЛИВ В ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ УМОВАХ (огляд)

Кандидат технічних наук Білякович О.М.

Розглянуто аспекти певних інтенсивностях адсорбції і хемосорбції активних компонентів моторних та трансмісійних олив, аа також концентрація продуктів окислювання в рідкій фазі.

Aspects of certain intensities of adsorption and chemisorption of active components and motor transmission oils, aa well as the concentration of oxidative products in the liquid phase.

Як відомо, при певних інтенсивностях адсорбції і хемосорбції активних компонентів моторних та трансмісійних олив може виникнути режим із саморегулюванням, при якому регульованими є властивості рідкої фази (РФ), регулятором — активаційні процеси, роль зворотного зв'язку в цих умовах виконує поверхня і її властивості, а також концентрація продуктів окислювання в РФ.

Фізико-хімічні властивості РФ є, у свою чергу, регулятором властивостей поверхні, роль зворотного зв'язку в цьому механізмі регулювання виконує потік енергії активації. Зазначені механізми регулювання фізико-хімічних властивостей середовища і поверхні тертя не суперечать один одному і діють спільно.

Дисипативний процес, каталіз, обумовлюючи протікання хімічних реакцій, що активуються, ведуть до незворотних змін властивостей РФ. У силу зазначених процесів РФ повинна еволюціонувати у бік підвищення стабільності за рахунок зниження концентрації малостабільних компонентів.

Через зниження концентрації малостабільних компонентів і зростання концентрації продуктів окислювання (антиокислювачів) інтенсивність хімічних реакцій поступово повинна зменшуватись [1].

Встановлено, що перед окислюванням оліви відбувається деструкція її молекул, яка виявляється не тільки в експлуатації, але і при збереженні мастильних матеріалів. Процес розкладання здатний спричинити зміну фізико-хімічних властивостей мастильного середовища. Деструкція є кінетичним процесом і, отже, може відбуватися по термофлуктуаційному механізму при термічній, механічній і термомеханічній дії. Схильність рідких компонентів мастильних матеріалів до механічної та термічної деструкції визначається їх середньою молекулярною масою і хімічною структурою. Крім того, деструкція мастильних матеріалів при терпі стимулюється каталітичною дією води і металів, з якими стикається оліва, і швидко прогресує з підвищением температури [2, 3].

Наслідком деструкції молекул мастильних матеріалів є утворення вільних радикалів, що можуть вступати в хімічну взаємодію з металевою поверхнею і киснем, розчиненим у мастильному середовищі. Останнє призводить до окислювання оліви.

Вуглеводні оліви можуть окислюватись за рахунок взаємодії оліви з киснем повітря, а також з киснемісткими з'єднаннями, що знаходяться безпосередньо в мастильному середовищі. Причому, окислювання олів у лабораторних умовах і в умовах експлуатації має істотні розходження в структурі і властивостях [4].

При звичайних температурах і атмосферному тиску мінеральні оліви в об'ємі майже не окислюються, при підвищених температурах окислювання значно прискорюється і при 100° С вираховується годинами, а при 250° С — хвилинами [5, 6].

Автор роботи [7] вказує також, що залізо є сильним каталізатором окислювання оліви. Основне окислювання відбувається у тонкому мастильному шарі, де оліва піддається високим тискам і температурам та сильніше виявляється каталітичний вплив металу. Інтенсивне окислювання має місце, зокрема, при мащенні зануренням, тому що при цьому у наявності велика поверхня стикання оліви з повітрям [8, 9].

У початковий період несталої стадії роботи нагромадження в оліві продуктів старіння відбувається найбільш бурхливо, потім поступово сповільнюється і, нарешті стабілізується при деякому постійному значенні швидкості їх утворення.

Отже, основною закономірністю старіння оліви в трибосполученнях є стабілізація концентрації продуктів окислювання оліви, неорганічних і органічних компонентів механічних домішок в оліві, її кислотності, лужності, вмісту присадок та ін. Це є результатом динамічної рівноваги між надходженням і зменшенням компонентів, рівноваги, заснованої на єдиній закономірності — прагненні до мінімуму енерговитрат (рис.3.1) [10].

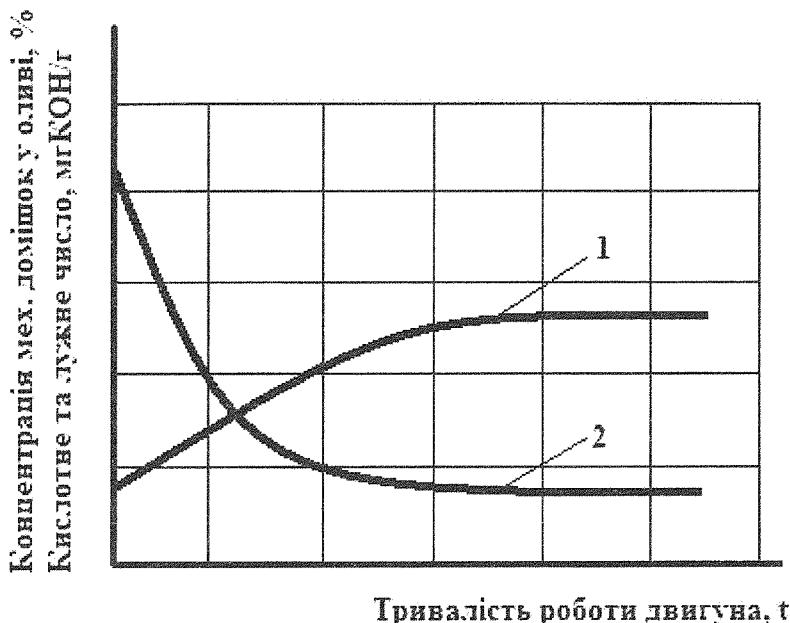


Рис. 3.1. Принциповий характер закономірностей старіння оліви від тривалості роботи в двигунах внутрішнього згоряння [10]: 1 — зміна концентрації органічних і неорганічних компонентів механічних домішок в оліві, зміна кислотного числа; 2 — зміна лужності оліви

Зокрема, наявність плівок, виявленіх М.В.Райко на поверхнях тертя зубчастих передач, підтверджує тенденцію продуктів окислювання оліви самоорганізовуватись у структури, що забезпечують мінімізацію зношування [11].

Особливістю старіння легованих олів, за свідченням Ю.О.Розенберга [12], є поступове погіршення властивостей присадок, що утримуються в оліві, із причин спрацьовування у результаті витрачення їх активних компонентів, розкладання присадок в об'ємі оліви під дією високих температур, контактних тисків, деструкції полімерних присадок, випадання в осад, що може відбуватися при їх поганому розчиненні й у результаті деяких специфічних явищ, наприклад, при потраплянні в оліву води.

В основному, спрацьовування присадок, на думку автора роботи [13], пов'язано з протіканням хімічних процесів нейтралізації.

Зміни в хімічному складі оліви в результаті окислювання можуть здійснювати і позитивний вплив, поліпшуючи її мастильні властивості. Виникнення в останній продуктів окислювання і полімеризації, що є полярними з'єднаннями, здатне деякою мірою поліпшити її протизношувальні й антифрикційні властивості в умовах граничного тертя [10, 12].

Іншими словами, при розгляді впливу процесу старіння оліви на ефективність мастильної дії, утворення відкладень і можливість виникнення корозії важливо враховувати дію двох протилежних факторів — спрацьовування присадок і підвищення стабільності базової частини оліви. При оптимальному співвідношенні зазначених факторів представляється можливим довгостроково застосовувати оліву при збереженні її експлуатаційних якостей іноді навіть кращих, ніж у стані постачання [13].

За свідченням автора роботи [14] процеси старіння протикають по-різному для різних мастильних середовищ, тому одержати загальні рекомендації щодо протікання даних процесів практично неможливо.

Корисність продуктів окислювання оліви не означає відмови від боротьби за її високу стабільність. При надмірній окислюваності оліви підвищується в'язкість, утворюються консистентні згустки, унаслідок чого протизношувальні властивості оліви погіршуються.

За твердженням С.В.Венцеля варто розрізняти процеси старіння оліви і її зовнішнє механічне забруднення, однак вищезгадані процеси протікають в умовах взаємного зв'язку і впливу, тому розглядати їх окремо не варто [10].

Наночастинки, що потрапили до складу мастильного середовища в результаті забруднення і ті, що утворилися в результаті зношування контактних поверхонь пари тертя, впливають на трибосистему, у якій протікають різні фізико-хімічні процеси. До числа сприятливих процесів, що збільшують довговічність трибосполучень, відносяться зміцнення поверхневих шарів, вигладжування поверхні з утворенням малокутової шорсткості, формування стійких розділових шарів, утворення трибохімічних продуктів із властивостями мастильних матеріалів типу «полімерів тертя», солей жирних кислот, збільшення стабільноті реологічних характеристик мастильного шару при підвищених температурах [15, 16].

Одним з найважливіших параметрів зважених у масляному обсязі частинок є їх розмір, оскільки він у значній мірі визначає абразивні та інші властивості частинок, а також дозволяє аналізувати режими зношування.

На підставі експериментальних даних і їх математичної обробки автори роботи [17] приходять до висновку, що максимальні розміри частинок природних забруднювачів палив, моторних олів і робочих рідин гіdraulічних систем звичайно не перевищують 30-100 мкм, а переважна більшість частинок має розміри менше 5-10 мкм.

Говорячи про розміри частинок механічних домішок, ряд ученіх відзначають, що частинки 5 мкм і менше є природною протизношувальною присадкою в олівах. Автори роботи [18] позитивний вплив дрібних частинок на властивості олів пояснюють наявністю у даних частинок розвиненої питомої поверхні, яка здатна адсорбувати на собі полярно-активні продукти окислювання оліви, що створюють багатошаровий колоїдний захист, який ізоляє таким чином неорганічну частину механічних домішок від поверхні тертя та попереджує зношування.

Наявність колоїдного захисту на поверхнях зважених частинок, доведена в роботі [4], стосовно до сучасних олів, що містять композиції присадок, вимагає підтвердження, оскільки однією з найважливіших функцій присадок є їх диспергуюча дія на частинки, що знаходяться в оліві або ж здатність перешкоджати їх коагуляції.

Деякі експериментальні дані [19] дають підстави припускати, що дрібнодисперсні частинки в сучасних олівах, що працювали, також являють собою складні структури, які забезпеченні адсорбційним покриттям із продуктів окислювання. Крім того, необхідно враховувати ту обставину, що чим менше розмір частинки, тим більше її питома поверхня і тому вона термодинамічно здатна до ефективної адсорбції активних компонентів мастильного середовища.

Автор роботи [13] відзначає факт погіршення протизношувальних властивостей олів після відділення з останніх дрібнодисперсних зважених частинок, утворених природним шляхом, що пояснюється вищевказаними причинами.

Автори роботи [20] вивчали закономірності протікання електрофізичних процесів у мастильних середовищах у присутності дисперсних частинок. Зокрема, відзначається наявність заряду в даних частинок унаслідок недосконалості їх будови, особливостей одержання або впливу зовнішніх факторів.

Вплив силового поля наночастинок призводить до формування орієнтованого шару діелектричного компонента мастильного матеріалу [21]. Величина цього шару визначається величиною заряду наночастинки й особливостями будови молекул оліви. Іноді вона досягає великих розмірів, порівнянних з товщиною граничного шару [22].

Разом з тим, не можна не відзначити можливість погіршення протизношувальних і антифрикційних показників мастильних середовищ під впливом продуктів зношування і частинок механічного забруднення в результаті трибодеструкції й окислювання, утворення з вищевказаних частинок агрегатованих структур, що збільшують абразивну дію, структурування оліви, що призводить до її загущення, корозійну дію на поверхневі шари трибосполучень [23, 24].

Отже, при дослідженні змін властивостей оліви в процесі експлуатації велике значення має визначення концентрації в ній продуктів зношування, механічних домішок, зміна лужності і кислотності, впливу вищезгаданих характеристик процесу старіння мастильних середовищ на триботехнічні властивості пар тертя вузлів і агрегатів машин [25].

Дослідження процесів старіння та забруднення механічними домішками моторних та трансмісійних олив, їх впливу на ефективність мастильної дії і структурний стан поверхневих шарів трибосполучень дозволять розширити спектр об'єктивних відбраковочних критеріїв мастильних матеріалів, оптимізувати підбір елементів трибосистем, виходячи з конкретних умов їх експлуатації, та строки раціонального використання останніх.

Література

1. Литвинов А.А. Физико-химические основы применения смазочных материалов в узлах трения авиационной техники: Учебное пособие/ А.А. Литвинов. — К.: КИИГА, 1985. — 80 с.
2. Мельников В.Г. Работоспособность и кинетические закономерности трибохимических превращений пластичных смазок в зоне трения качения/ В.Г. Мельников // Трение и износ. — 2005. — Т.26. — №1. — С.58-73.
3. Беркович И.И., Громаковский Д.Г. Трибология. Физические основы, механика и технические приложения: Учебник для вузов / Под ред. Д.Г.Громаковского. — Самара: Самар. гос. техн. ун-т., 2000. — 268 с.
4. Венцель С.В. Применение смазочных масел в автомобильных и тракторных двигателях / С.В. Венцель. — М.: Химия, 1969. — 228 с.
5. Рыбакова Л.М., Куксенова Л.И. Структура и износостойкость металла/ Л.М. Рыбакова, Л.И. Куксенова. — М.: Машиностроение, 1982. — 209 с.
6. Старение смазочных материалов /Кимисима Таканао//Пуранто эндзиния = Plant Eng. — 1990. — 22, N 7. — с. 64-68. — Яп.
7. Гаркунов Д.Н. Триботехника / Д.Н. Гаркунов. — М.: Машиностроение, 1985. — 424 с.
8. Богданович П.Н., Прушак В.Я. Трение и износ в машинах: Учеб. для вузов / П.Н.Богданович, В.Я. Прушак. — Мин.: Выш. шк., 1999. — 374 с.
9. Старение смазочных масел. 4.2. /Такаги Макото//Puranto Enjjinia = Plant Eng.- 1992. — 24, N 7. — с. 57-63.- Яп.
10. Венцель С.В. Смазка и долговечность двигателей внутреннего сгорания/ С.В. Венцель. — К.: Техніка, 1977. — 208 с.
11. Райко М.В. Исследование смазочного действия нефтяных масел в условиях работы зубчатых передач / М.В.Райко: Дис. ... докт.техн.на-ук: 05.02.04./ КИИГА. — К., 1974. — 384 с.
12. Розенберг Ю.А. Влияние смазочных масел на долговечность и надежность деталей машин / Ю.А. Розенберг. — М.: Машиностроение, 1970. — 315 с.
13. Венцель С.В. Применение смазочных масел в двигателях внутреннего сгорания / С.В. Венцель. — М.: Химия, 1979. — 240 с.
14. Влияние обусловленных эксплуатацией изменений смазочных масел на максимальную допустимую нагрузку зубьев в цементированных цилиндрических колесах. Einfluss von betriebsbedingten Schmierstoff-veränderungen auf die Flankentragfähigkeit einsatzgehardeter Stirnräder: Diss. Dokt.- Ing. Bayerdorfer Isabel. Techn. Univ. Munchen, 2000, 117 с., Нем.
15. Венцель Е.С. Механизм улучшения противоизносных свойств масел при гидродинамическом диспергировании / Е.С. Венцель // Трение и износ. — 1992. — Т.13. — №5. — С.908-916.
16. Савкин В.Г., Чмыхова Т.Г., Деликатная И.О., Волнянко Е.Н. Влияние внешних воздействий на процессы структурирования в смазочных материалах / В.Г. Савкин, Т.Г.Чмыхова, И.О.Деликатная, Е.Н.Волнянко // Трение и износ. — 2007. — Т.28. — №6. — С.634-639.
17. Григорьев М.А., Пономарев Н.Н. Распределение размеров частиц загрязнений в рабочих жидкостях / М.А.Григорьев, Н.Н.Пономарев //Автомобильная промышленность. — 1981.- N 9. — с. 23-24.
18. Аврунин Г.А., Венцель Е.С., Ливада Г.Ф., Рокшевский В.А. Улучшение эксплуатационных свойств масел для гидравлических приводов путем диспергирования механических примесей / Г.А.Аврунин, Е.С.Венцель, Г.Ф.Ливада, В.А.Рокшевский. //Трение и износ. — 1983. — Т.IV. — N 1. — с.155-159.
19. Венцель Е.С. Исследование гидродинамического диспергирования механических примесей и влияние его на эксплуатационные свойства масел в ДВС / Е.С. Венцель: Дис. ... канд.техн.наук: 05.02.04./ХИЖТ. — Харьков, 1973. — 138 с.
20. Люты М., Скаскевич А.А., Струк В.А., Костюкович Г.А. Смазочные композиционные материалы с наномодификаторами / М.Люты, А.А.Скаскевич, В.А.Струк, Г.А.Костюкович // Вестник Гродненского государственного университета им. Я. Купалы. — 2003. — №2 (22). — С.84-92.
21. Рычков Ю.М. Прикладная электродинамика / Ю.М.Рычков. — Гродно: ГрГУ,1998.—171 с.
22. Березняков А.И. Уравнения интенсивности изнашивания трибоузла при наличии частиц загрязнений в смазочном материале / А.И.Березняков // Трение и износ. — 1996. — Т.17. — №1. — С.43-49.
23. Витязь П.А., Жорник В.И., Кукареко В.А. и др. Влияние материала фрикционной пары на триботехнические свойства консистентной смазки, модифицированной ультрадисперсными алмазами / П.А.Витязь, В.И.Жорник, В.А.-Кукареко // Трение и износ. — 2000. — Т.21. — №5. — С.527-533.
24. Бершадский Л.И. О самоорганизации и концепциях износостойкости трибосистем / Л.И.Бершадский // Трение и износ. — 1992. — Т.13. — №6. — С.1077-1080.
25. Влияние старения масла на фрикционные и износные характеристики синхронизатора. Einfluss der Olalterung auf Reibungs— und Verscheissverhalten von Synchronisierungen: Diss. Dokt.- Ing. Neumuller Martin. Techn. Univ. Munchen, 2001, 180 с., Нем.