

являється оригінальною системою з високими боевими характеристиками. Більш висока технологічність пулемета досягнута завдяки використанню штамповки і точечної сварки, а також скороченням числа деталей до 200.



Рис.3. Пулемет MG-42



Рис. 4. Пистолет-пулемет MP-40

Масове виготовлення нових пистолетів-пулеметів, отримавши назву MP 40 (рис.4), було розкрито завдяки впровадженню передових технологій того часу, в ньому широко використана штамповка з тонкої листової сталі (гнбка без витяжки металу) з рифленням і використанням накладок для забезпечення жорсткості конструкції і точечна зварка. Їх конструкція в невеликій мірі вплинула на створення багатьох пистолетів-пулеметів.

Висновки

1. В період другої світової війни в Німеччині переважає ручна дугова і точечна зварка.
2. Використання зварки в виробництві військових кораблів об'ємом до 10 000 т дозволило не тільки обійти обмеження, установлені Версальським договором, але і розмістити на крейсерах потужне озброєння — завдяки тому, що маса зварного корпусу стала на 15% менше клепаного.
3. Використання точечної зварки і штамповки в військовій промисловості дозволило масово виготовляти не тільки автоматичне стрілецьке озброєння (автомати і пулемети), але і літаки і ракети ФАУ-1 (прототиби крилатих ракет).

Література

1. Корниєнко А.Н. Історія зварки. XV – середина XX вв. / Корниєнко А.Н. – К. : Фенікс. – 2004. – 212 с.
2. Behni.ch H. 100 Jahre Qualitat.sicherung in der SchweiBtechnik // 100 Jahre DVS. – Berlin. – 1997. – P. 38–55.
3. Neuenkirchen H. Zur Geschichte der Schweisstechnik // Schweissen und Schneiden. – 1962. – № 12. – P. 552–553.
4. Mercer J. F. Trends in welding consumables: a preliminary centurial assessment // Trend, steel consum. Weld. Int. conl. London. – Vol.1, paps. 5. – 1978. – P. 69–74.
5. Jefferson T. B. Robot bombs by welding // Welding Engineer – 1945 – № 1. – P. 54–58.

Надійшла 21.5.2012 р.
Рецензент: д.т.н. Ковтун В.В.

УДК 621.899.094: 892.099.6

В.І. КИРИЧЕНКО, Л.М. КИРИЧЕНКО
Хмельницький національний університет

КОМПОЗИЦІЙНІ МАСТИЛЬНІ БІОМАТЕРІАЛИ ІЗ ТЕХНІЧНИХ ОЛІЙ: ТРИБОХІМІЧНІ АСПЕКТИ ЇХ ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ

Розглядаються процеси контакту, тертя і зношування в трибосистемах залежно від режимів змащування традиційними і новими біопаливами із технічних олій. Пояснено вплив трибохімічних факторів будови і властивостей змащувальної середовища на формування стійких за умов межового мащення міжповерхневих наноплівки, а отже і на протизношувальну стійкість поверхонь вузлів тертя. Представлені трибологічні моделі змащування поверхонь двома типами олів.

The processes of contact, friction and wear in tribosystems depending on models of lubrication by traditional and new biofuels from technical oils are considered. The effect of tribochemical factors of structure and properties of lubricating materials on the formation of intersurface nanofilms which are stable in the conditions of boundary lubrication, and, consequently, on antiwear stability of friction unit surfaces is explained. The tribological models of surface lubrication by two types of oils are presented

Ключові слова: біосинтетичні і традиційні оливи Трибо системи, тертя, зношування, змащувальні наноплівки, трибохімічні процеси.

Вступ

Практика виробництва більш-менш якісних за трибо технічними вимогами (відповідно до

стандартів ISO) *мастильних композицій* на основі трибо хімічно досить інертних базових мінеральних олив передбачає внесення до їх складу цілого комплексу (так званого «пакету») спеціальних хімічних сполук-присадок різного призначення, як правило складної структури, синтетичного походження, досить вартісних і екологічно небезпечних, які мають за мету підвищення до необхідного рівня трибохімічної активності композиційних мастильних матеріалів (ММ). Мінеральні оливи, хоча і є відносно дешевими, проте характеризуються низкою суттєвих недоліків, зокрема: вичерпування сировини, низьким їх біорозкладанням та незадовільною їх трибо хімічною активністю на контактуючих поверхнях вузлів тертя, яка обумовлює досить помірні експлуатаційні показники композицій на їх основі [1, 2, 3].

Все зростаючі вимоги до експлуатаційних показників якості ММ спонукали науковців і практиків галузі ММ створити цілий клас більш досконалих за трибо хімічною активністю базових олив специфічної структури – синтетичних. Хоча синтетичні ММ у порівнянні із мінеральними і є більш вартісними та екологічно ще небезпечнішими, все ж вони завдяки своїм якісним, інколи і визначальним експлуатаційним властивостям, набули найбільшого поширення в т.ч. і у формі мінерально-синтетичних композицій, в яких компромісно оптимізується весь комплекс економічних, екологічних та експлуатаційних вимог. До сих пір більш-менш розробленими питаннями даної проблеми є перероблення ріполу на дизельне біопаливо. До речі, в Україні його виробництво ще не налагоджене, тоді як в розвинутих країнах це питання не лише вирішене, а і знаходить свій подальший розвиток. Дослідження напряму перероблення базових ТО-ріпакової і соєвої генетично модифікованої (скорочено відповідно ріполу і соєолу-2М) на біосинтетичні ММ проводяться в Україні в основному авторами даної роботи та широким колом дослідників за рубежом, в основному на замовлення таких відомих у світі корпорацій як Shell, Mobil, Lubrizol, Chevron, Ninas Naftenics тощо [4, 5, 8].

Стан дослідженості проблеми. Техніко-економічний аналіз стану традиційного і досить консервативного матеріалознавства (від сировинного – до товарної продукції) переконує в нагальній необхідності пошуку альтернативних матеріалів, починаючи від поновлювальної і екобезпечної сировини, а потім до розроблення методів і технологій її перероблення на матеріали нового типу на засадах ресурсо- і енергозбереження та екологічної безпеки. Саме такою альтернативною сировиною є технічні олії (ТО), зокрема такі базові як «ріпол» і «соєол-2М». За умов еколого-економічної кризи саме вони повинні слугувати поновлювальною сировиною для створення матеріалів нового типу – біосинтетичних з низкою визначальних властивостей, широкого асортименту та різногалузевих призначень, але в першу чергу паливно-мастильних матеріалів (ПММ), зокрема: біопалив (в т.ч. і дизельного), базових біоолив, біо-присадок, технічних рідин, мономерів, засобів для обробки металів тощо. Серед визначальних їх властивостей провідною є висока поверхнева, а отже і трибо-хімічна активність за показниками дипольних моментів (μ) та діелектричної проникності (ϵ) молекул біоолив, які забезпечують здатність їх до хемisorбції наночастинами поверхонь тертя та хімічних взаємодій в змащувальному середовищі на межі «тверда поверхня – мастильна композиція – тверда поверхня» [2, 5, 6, 7].

В контексті дослідження цього напряму, нами запропонований основоположний за техніко-економічною доцільністю проект хіміко-технологічного перероблення ріполу і соєолу-2М та їх оптимізованих композицій із такими функціонально досконалішими доступними на сировинному ринку і досить дешевими допоміжними ТО як рицинова (рипол) та пальмова (палол) за принципом суттєвого хімічного модифікування недосконалих з трибологічної і трибохімічної точок зору молекулярних структур олій. До цих пір відомим є лише напрям використання ТО (зокрема ріполу) без попереднього їх хімічного модифікування в якості технологічних і технічних рідин як таких, що характеризуються помірною вартістю, доступністю, ресурсною поновлюваністю та екологічною безпечністю. Виходячи саме з цього напряму було запропоновано багато досить якісних композиційних матеріалів з використанням ТО (ріполу) як основи, або як додатків для виготовлення зокрема гідравлічних та технічних рідин, індустріальних олив. Зокрема нами запропонований напрямок хіміко-технологічного перероблення ріполу та соєолу-2М та їх оптимізованих композицій на мастильно-холодильні засоби (МХЗ) для обробки металів тощо. Аналіз опублікованої інформації із розроблення та практичного використання таких та інших композицій з використанням ТО показує, що вони є результатами лише фрагментарних вітчизняних досліджень та більш обширних зарубіжних [2, 5, 6, 7].

Актуальність і нагальність проблеми хімічного модифікування структури ТО з перетворенням їх на нові, якісні за функціональними показниками біосинтетичні матеріали галузі ММ обумовлено не лише факторами ресурсо- і енергозбереження та екологічної безпеки, а в першу чергу можливістю розширення асортимента таких базових ММ, які здатні виявляти певні визначальні властивості, зокрема: а) значно більшу у порівнянні з мінеральними, низькоякісними ММ трибохімічну активність в трибологічних процесах у вузлах тертя з формуванням енергетично стабільних змащувальних плівок між контактуючими поверхнями; б) досягнення за рахунок таких наноплівок якісних триботехнічних показників, а саме: сприятливих в'язкісно-температурних властивостей та високого індексу в'язкості олив; достатніх антифрикційних властивостей, високого рівня зносостійкості та протизадирності, корозійної стійкості; в) високої суміщуваності біосинтетичних олив із олій із традиційними ММ як мінеральними, так і синтетичними, а також присадками, що надзвичайно важливо з точки зору перспектив створення мастильних композицій на їх основі з достатніми показниками трибо хімічної активності та екологічної безпеки [2, 5, 6, 7, 9].

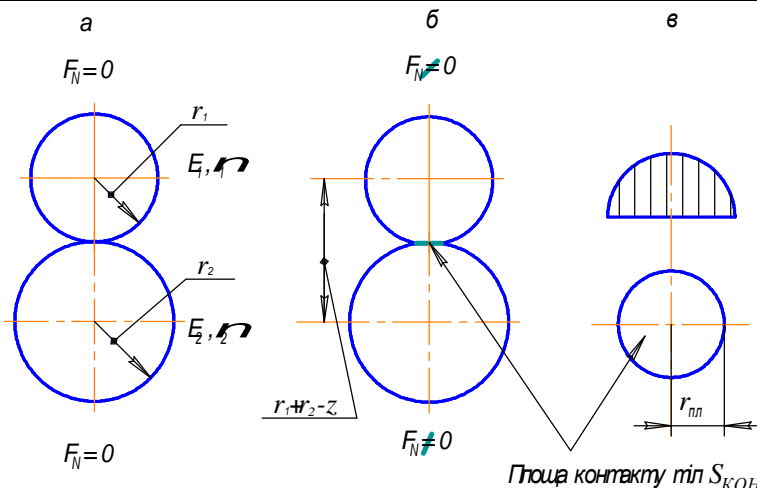


Рис. 1 Модельні уявлення про динаміку контакту двох сферичних тіл відповідно до теорії Герца: а) за умови відсутності нормального навантаження F_N між ними; б) за умови прикладеного до них навантаження F_N ; в) діаграма розподілу тиску за Герцем P_z в межах площі контакту $S_{\text{конт}}$, де: r_1 і r_2 – радіуси тіл; E_1 і E_2 – модулі їх пружності; ν_1 і ν_2 – їх коефіцієнти Пуассона; z – показник зближення тіл в результаті їх пружної деформації під дією навантаження F_N

Результати дослідження

Місце і значення біосинтетичних олиव із ТО в структурі і системі матеріалів в галузі ММ в контексті порівняння функціональних властивостей провідних традиційних олив з новими біоматеріалами показано в таблиці. Аналіз таблиці переконує в тому, що з урахуванням комплексу факторів ресурсо- і енергозбереження та біорозкладання, які позитивно вирішуються в процесах одержання із олив біосинтетичних матеріалів, вони за показниками низки функціональних властивостей не поступаються кращим зразкам синтетичних олив, а за деякими з них і перевершують їх [6– 8].

Трибологічні, а отже і триботехнічні дослідження нових мастильних матеріалів (і в першу чергу таких як біосинтетичні) спираються на певні базові поняття, уявлення і закономірності механіки контакту тіл, які знаходяться під навантаженням і в динаміці їх взаємного руху (ковзання чи кочення). Відомо, що механіка контакту тіл описується в триботехніці теорією Герца, основні положення якої відображаються низкою математичних залежностей та ілюструються наочно-графічною моделлю контакту (рис. 1) [1, 3, 9].

Таблиця 1

Порівняння головних функціональних властивостей основних типів традиційних та нових біосинтетичних (із олив) базових олив галузі мастильних матеріалів.

Властивості	Базові мінеральні оливи	Базові синтетичні оливи			Біосинтетичні оливи (із олив)
		Естери двоосновних карбонових кислот	Поліалкілен-гліколи	Сілоксани	
1	2	3	4	5	6
1. Текучість	помірна	дуже добра	добра	відмінна	добра
2. В'язкісно-температурна характеристика	задовільна	відмінна	добра	–	добра
3. Температура кристалізації (замерзання), низько-температурні властивості	незадовільні	добрі	добрі	відмінна	добрі
4. Стійкість до окиснення (з інгібіторами)	помірна	дуже добра	незадовільна	дуже добра	добра
5. Сумісність з мінеральними оливами	–	добра	незадовільна	незадовільна	добра
6. Трибохімічна активність (без присадок)	низька	дуже добра	добра	добра	відмінна
7. Зносостійкість у вузлах тертя	помірна	дуже добра	добра	помірна	дуже добра
8. Гідролітична стабільність	відмінна	помірна	добра	добра	помірна

1	2	3	4	5	6
9. Антикorozійність	відмінна	помірна	добра	добра	добра
10. Розчинність присадок	відмінна	дуже добра	помірна	незадовільна	добра
11. Набрякання еластомерів	часткове	помірне	часткове	часткове	помірне
12. Антифрикційні властивості	добрі	дуже добрі	добрі	помірні	відмінні
13. Термостабільність	помірна	добра	добра	дуже добра	добра
14. Вогнестійкість	незадовільна	помірна	помірна	помірна	помірна
15. Біорозкладання	низька 20– 25 %	низька 30– 40 %	номірна 40– 50 %	низька 35– 40 %	висока 80– 90 %
16. Вартість	низька	висока	висока	висока	помірна

Тиск в місці контакту Герца (**1**) в середній його площині визначається за формулою (рис. 1):

$$P_z = \frac{3F_N}{2p \cdot r_{nl}^2} \left[1 - \left(\frac{1}{r_{nl}} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (1)$$

Розрахунок радіуса плями контакту (r_{nl}) під дією нормального навантаження F_N виконують за формулою:

$$r_{nl} = \left(\frac{3r}{2E} \right)^{1/3} \cdot F_N^{1/3} \quad (2)$$

Підставляючи значення r_{nl} (2) у формулу (1), одержимо кінцеву формулу для розрахунку максимального тиску P_{max} в ділянці контакту тіл:

$$P_{max} = 0,418 \sqrt{F_N \cdot \frac{E}{br}}, \quad (3)$$

де F_N – нормальне навантаження; E – приведений модуль пружності матеріалів тіл; b – ширина циліндрів; r – приведений радіус кривизни контактуючих поверхонь (рис. 1):

$$r = (r_1 \cdot r_2 / (r_1 \pm r_2)), \text{ знак (-) для випадку внутрішнього контакту.}$$

Серед низки послідовних процесів, які мають місце в перебігу контакту поверхонь тіл, слід особливо виділити процес їх пластичного деформування за підвищених навантажень. Причому, ефект пластичного деформування поверхонь виявляється не лише під дією високих навантажень (вторинний процес), а в першу чергу під впливом трибо-хімічно активного мастильного середовища, яке під дією поверхнево активних молекул ММ визиває фізико-хімічну перебудову наношарів поверхонь тіл (сталей, інших сплавів чи металів) з пониженням їх твердості. Саме цей процес визначає межі застосування теорії Герца, які пов'язані з критерієм пружнопластичного переходу, що оцінюється показником пластичності ψ [1, 3, 9].

$$y = (E/H) \cdot (s^* / b)^2, \quad (4)$$

де E – приведений модуль пружності; H – твердість; s^* – середнє відхилення висот шорсткості поверхні; β – середня висота нерівностей.

Якщо значення $\psi < 0,6$, то контакт повинен бути пружним практично за будь яких навантажень. За умови ж коли для більшості поверхонь $\psi > 1$, то на частині площі контакту буде відбуватись пластична плинність, яка обумовлена тим, що майже за будь-якого контакту має місце певна пластична контактна деформація нерівностей. Оскільки поверхні мають нерівності малого радіуса кривизни, пластична плинність виникає на реальних площадках контакту (A_r) навіть за малих навантажень, причому значення A_r прийнято визначати за формулою:

$$A_r = F_N / p_y, \quad (5)$$

де p_y – межа текучості більш м'якого матеріалу.

Отже, майже в будь-якому трибохімічно активізованому контакті має місце одночасні: перенесення маси поверхневого шару матеріалу та розсіювання механічної енергії внаслідок пластичного деформування нерівностей. З точки зору фізики і хімії поверхонь кристалічних тіл, вони характеризуються досить різким порушенням періодичності їх кристалічних решіток у порівнянні з об'ємними властивостями таких тіл. Така різна деформованість поверхневих кристалів обумовлює певні особливості поверхонь: а) здатність їх до структурної переорієнтованості на рівнях кристалічності і енергетики; б) взаємодію поверхонь із навколишнім середовищем (зокрема змащувальним) за рахунок адсорбції, хемосорбції чи хімічних реакцій, зокрема окиснення, комплексоутворення тощо з утворенням формуванням між ним наноплівки специфічної структури; в) змінення функціональних властивостей поверхонь як результат впливу процесів оброблення поверхонь, зокрема: утворення механічно ущільненого шару, текстурування поверхонь, виникнення полів

внутрішніх напруг тощо [1, 4, 5, 9].

В трибологічних процесах значну роль відіграє адгезія поверхонь, яка обумовлена дією між ними вандерваальсових сил і металічних зв'язків – основних причин адгезії полімерів і металів. Якщо вандерваальсові поверхневі сили виразити через поверхневу енергію γ , то її значення складають від 0,02 до 0,04 Дж/м². Такі сили діють між всіма матеріалами, які можна зблизити на відстань порядку нанометрів. Але завдання змащувальних середовищ (олив, мастильних композицій) – всіляко зменшувати адгезійні взаємодії поверхонь вузла тертя. Сумарний же ефект адгезії залежить певною мірою від таких важливих факторів: а) пружно-пластичної поведінки контактуючих тіл, яка визначає розмір реальної площі контакту A_r і на якій діють фактичні поверхневі сили; б) впливу пружних напруг на ефективність розділення контакту (для тіл із слабкою пластичністю); в) наявності між поверхнями, змащеними мастильними матеріалами, і поверхневих нерівностей, які за умови пластичного диформування понижують адгезійну взаємодію з формуванням між ними енергетично стійких змащувальних наноплівочок [1, 3, 8, 9].

Оскільки два контактуючих тіла вузла тертя "вносять" певний внесок в адгезійний зв'язок, то його міцність, по суті, є характеристикою поверхневої взаємодії. Отже, міру адгезії слід розглядати в трибології не як властивість матеріалу (подібно, наприклад, модулю пружності як системно незалежного параметру), а як величину притаманну цілісній трибосистемі. Тобто, адгезійну поведінку матеріалів пари тертя розглядають як явно "системно залежну характеристику". Тобто адгезійну поведінку матеріалів пари тертя розглядають як явно «системно залежну характеристику». При заміні двох поверхонь однією поверхнею розділу між тілами, саме ця поверхня має меншу поверхневу енергію, тобто має місце вивільнення енергії при такій заміні. Змінення енергії на одиницю площі контакту $\Delta\gamma$ відображають формулою: $\Delta\gamma = \gamma_1 + \gamma_2 - \gamma_{12}$, де буква « γ » – відображає різні форми поверхневої енергії, а саме: γ_1 – сфери, γ_2 – площини, γ_{12} – поверхні розділу між ними. Аналіз показує, що необхідно прикласти кінцеву розтягуючу силу F_N^* , щоб відірвати сферу від площини. Значення F_N^* не залежить від того, притиснуті тіла одне до одного зовнішньою силою, чи ні і розраховуються за формулою: [1, 8, 9].

$$F_N^* = 3/2\pi \cdot r \cdot \Delta\gamma \tag{6}$$

Отже, в аналітичній оцінці ефективності трибологічних процесів у вузлах тертя слід приймати до уваги синергетичний вплив багатьох факторів контактної взаємодії, а саме: механіки, фізики і хімії контакту, зокрема: 1) *характеристики поверхні*: топографію, шорсткість, кривизну профілю тощо; склад поверхні, зокрема адсорбовані шари; 2) *механізм утворення контакту з точки зору понять механіки, фізики і хімії поверхонь*; 3) *особливості межі розділення контакту*. Доведено [1, 5, 9], що така важлива характеристика роботи вузла тертя як коефіцієнт тертя f залежить від синергетичного впливу в'язкості η , швидкості ковзання v за умов сталої об'ємної температури змащувального середовища та нормального навантаження F_N (або тиску P), тобто від такого функціонального параметру як добуток цих величин ($\eta \cdot v \cdot F_N^{-1}$), рис. 2. Виходячи з даного функціонального параметру та з урахуванням форми контактуючих поверхонь, природи матеріалів, параметрів роботи вузла тертя та товщини h змащувальної плівки між поверхнями виділяють умовно три основних режими змащування (рис. 2): I – *гідродинамічне* або пружно – гідродинамічне (ПГД); II – *часткове ПГД* – або змішане мащення; III – *межове змащування*.

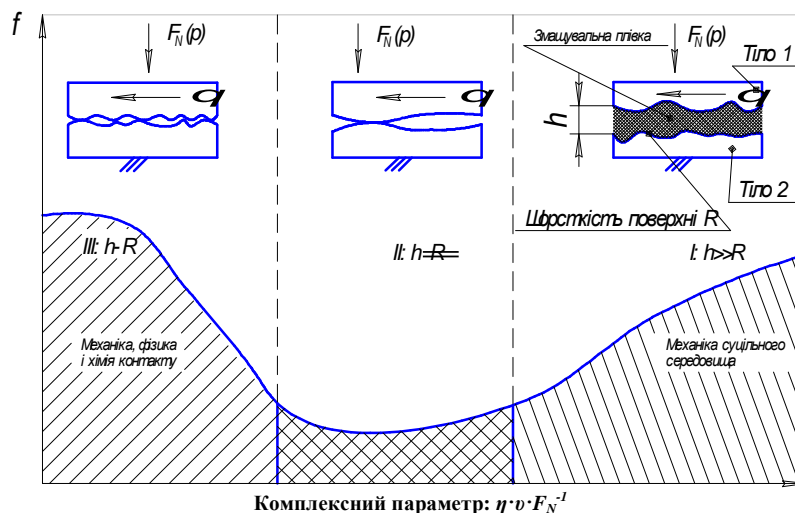


Рис. 2. Схематичні уявлення про режими змащування трибосистем у формі кривої Штрибека: f – коефіцієнт тертя; v – швидкість ковзання; η – в'язкість мастильного матеріалу, F_N – навантаження трибо вузла.

В режимі 1 тверді поверхні розділені неперервною плівкою оливи, товщина якої більше характеристики шорсткості R поверхні. Опір руху обумовлений внутрішнім тертям оливи. Трибологічна поведінка трибосистеми визначається реологією змащувального середовища і може бути розрахована або оцінена методами механіки рідин. Оскільки за цього режиму немає прямих фізичних контактів поверхонь, то процеси зношування практично відсутні.

Якщо ж за умов ПГД – змащування знижується в'язкість чи швидкість, чи зростає

навантаження, то плівка оливи стає все тоншою, а зазор між поверхнями зменшується, при цьому появляються перші контактні взаємодії нерівностей. Тобто виникає режим II часткового ПГД – змащування, за якого навантаження сприймається частково плівкою, а частково контактуючими нерівностями поверхонь. За цього режиму в принципі можливі всі механізми зношування, з урахуванням впливу природи, структури і властивостей плівки.

Якщо умови роботи трибосистеми в режимі II зміщуються вліво за кривою Штрибека (рис. 2), то число взаємодій нерівностей в межах площі контакту зростає, а товщина плівки зменшується до декількох мономолекулярних шарів і менше. Відповідно система переходить в режим III – межове змащування. За цього режиму об'ємні реологічні властивості олив стають менш важливими, а навантаження майже повністю сприймаються деформацією нерівностей. Очевидно, що фізико-хімічні взаємодії в межах поверхонь розділу трибо системи "тверде тіло – олива – тверде тіло" визначають характер тертя і зношування в системі [1, 3, 9].

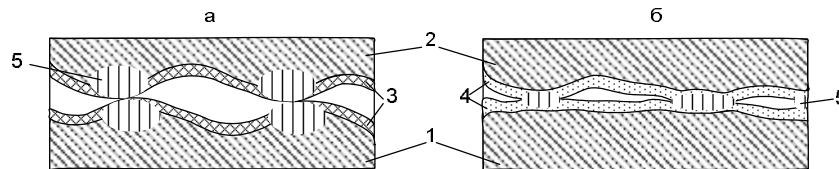
Характерним параметром змішаного режиму є параметр λ як відношення теоретичної (ізотермічної) товщини плівки h_0 для гладких поверхонь до шорсткості R реальних поверхонь [1, 3, 9]:

$$I = h_0 / \bar{R}, \quad (7)$$

де $\bar{R} = (R_{a1}^2 + R_{a2}^2)^{1/2}$ значення \bar{R} розраховують на основі легко вимірюваного середньо квадратичного R_a значення висот піків нерівностей. Відношення λ важливе не лише з точки зору встановлених меж працездатності олив та руйнування плівки в контактах кочення і ковзання і але з точки зору використання в описуванні послідовності зміння режимів змащування: а) якщо $\lambda > 3 \div 5$, то ПГД – плівка повністю розділяє поверхні, тобто має місце ПГД- режим; б) якщо ж $\lambda \approx 3$, то виникають перші контакти нерівностей, тобто досягається ділянка часткового ПГД – змащування – мінімум на кривій Штрибека (рис. 2), тобто має місце режим змішаного мащення; в) якщо λ сягає певного мінімуму, наприклад менше 0,4, то режим змащування змінюється на межовий (рис. 2).

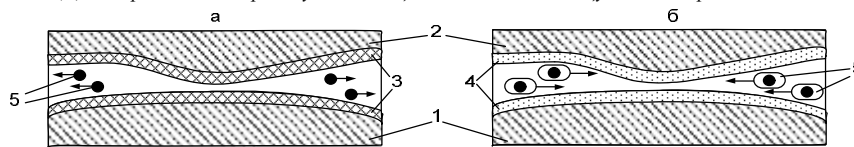
Межовий режим характеризується такими особливостями: 1) тверді поверхні розміщені так близько між собою, що між нерівностями створюється помітний контакт в середовищі наноплівки оливи; 2) гідродинамічні явища і вплив об'ємних реологічних властивостей оливи малі чи несуттєві; 3) трибологія вузла тертя визначається поверхневими взаємодіями між тонкими змащувальними граничними шарами і твердими поверхнями з формуванням між ними змащувальних наноплівок специфічної структури. Внаслідок цих особливостей межового режиму, процеси, що визначають трибологічну поведінку твердих поверхонь, мають місце і за умов межового змащування, а саме: а) механіка контакту, процеси пружного і пластичного деформування нерівностей; б) фізика і хімія контакту, синергетична дія поверхневих сил і трибохімічно активного середовища олив; в) процеси тертя, особливо "зрізання" адгезійних з'єднань і пластичного деформування нерівностей; г) процеси зношування у формі поверхневої втомлюваності, стирання, адгезії і трибохімічних реакцій [1, 3, 5, 8].

1. Поширення деформацій в ділянках контакту поверхонь: а – деформації поширюються в товщу металу поверхні; б – деформації поширюються лише в сервовітній плівці.



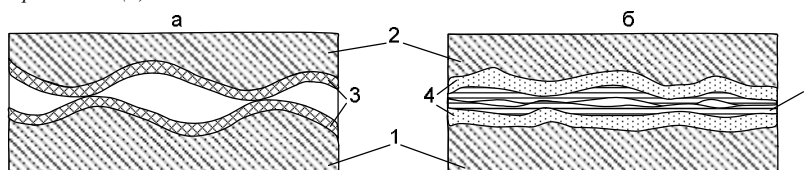
1 – сталь; 2 – бронза; 3 – оксидні плівки; 4 – сервовітна плівка; 5 – ділянка деформації.

2. Динаміка руху частинок зношеного металу (5) в оливному змащувальному середовищі за умов: а – коли незаряджені частинки оксидів (6) оксидної плівки чинять абразивну дію на поверхню; б – коли активовані адсорбованими оливами частинки (6, міцели) сервовітної плівки (4) як заряджені зосереджуються в щілинах і здатні змащувати поверхні.



1 – сталь; 2 – бронза; 3 – оксидні плівки; 4 – сервовітна плівка.

3. Два різних типи наноплівок в ділянці контакту відповідно до двох режимів змащування: а – оксидна плівка (3); б – сервовітна чи трибополімерна плівка (5).



1 – сталь; 2 – бронза; 3 – оксидні плівки; 4 – сервовітна плівка; 7 – трибополімерна плівка.

Рис. 3. Моделі трибо логічних і трибо-хімічних процесів тертя і зношування контактуючих поверхонь вузлів тертя за умовно виділеними етапами (1, 2, 3) змащування двома типами олив: а – межового мащення мінеральними оливами; б – мащення новими біо-синтетичними оливами чи біооливами – присадками з ефектом «вибіркового перенесення» (ВП)

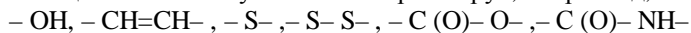
За умов межового змащування велика роль відводиться механізму утворення спеціальних за структурою і енергетичною стійкістю плівок на межі розділення "тверде тіло – олива – тверде тіло", на які суттєво впливає навколишнє середовище. Такі плівки "виконують" специфічну роль, зокрема: створюють умови, що зменшують число прямих взаємодій тіл, а також понижують опір зсуву при взаємному русі поверхонь і плівки. Краще всього ця задача вирішується за умов межової плівки із довгих молекулярних ланцюгів, притаманних новим біооливам або синтетичним оливам, які виявляють певні сприятливі функціональні (інколи визначальні у випадку біоолив) властивості:

- міцне міжланцюгове зчеплення молекул оливоного середовища (високі значення індексу в'язкості) перешкоджає проникненню нерівностей поверхонь і тим самим зменшує зношуваність;
- знижують міцність на зрізання (на зсув), що забезпечує зниження коефіцієнта тертя;
- підвищують точку плавлення сформованої у процесі тертя квазітвердої плівки аж до досягнення належної термостійкості міжповерхневої наноплівки.

Стосовно механізмів межового змащування та формування стійких квазітвердих плівок між поверхнями належної уваги заслуговує трибохімія використання мастильних матеріалів, а отже і розуміння структури та властивостей основних їх типів, а також присадок до базових олив. Враховуючи значення загально визнаного в трибології трибохімічного фактору змащувальних середовищ та його визначальний вплив на механізми змащування, а отже і на показники надійності і ефективності роботи вузлів тертя, розроблені моделі трибологічних процесів тертя і зношування контактуючих поверхонь з урахуванням ролі трибохімічної активності змащувальних середовищ (рис. 3) [4, 5, 7, 9].

Експериментально доведено, що змащування базовими мінеральними оливами без присадок за механізмом межового мащення відповідає критеріям найнижчої трибохімічної активності, яка обумовлює лише фізичну адсорбцію. За умов низької поверхневої активності (за значеннями дипольного моменту μ та діелектричної сталої ϵ ,) такі оливи виявляють досить низькі триботехнічні показники, зокрема: високі значення коефіцієнту тертя та зношуваності, низькі навантажувальні характеристики ($P_{кр}$, $P_{зв}$) тощо (рис. 3,а). Причина таких низьких триботехнічних показників криється у практично повній відсутності трибохімічно активного механізму утворення специфічних за будовою і енергетичною стійкістю наноплівок між контактуючими поверхнями. В даному випадку (рис. 3, а) має місце лише енергетично слабка фізична адсорбція з формуванням так званих оксидних плівок в досить інертному середовищі мінеральних олив [1, 2, 5, 8].

Зовсім іншу змодельовану картину маємо у випадку змащування трибохімічно активними мастильними матеріалами нового типу – біосинтетичними, одержаними на основі хімічно модифікованих технічних олій, зокрема їх оптимізованих композицій. В цьому випадку має місце утворення досить специфічних за структурою і енергетичною стійкістю наноплівок, зокрема: сервовітної, трибополімерної або квазітвердої евтектичної, які здатні створювати ефект «вибіркового перенесення» із забезпеченням високих антифрикційних і протизношувальних показників роботи вузлів тертя (рис. 3,б) [2, 4, 7, 8]. Трибохімічна активність біосинтетичних олив у навантажених (а отже і енергетично збагачених) вузлах тертя обумовлена наявністю в структурі їх довголанцюгових молекул низки полярних груп, наприклад,



тощо, які беруть участь в трибохімічних взаємодіях між оливоним середовищем і поверхнями металів з формуванням нового специфічного міжповерхневого середовища-протизношувальної наноплівки [5– 8].

Висновок

Доведено, що біосинтетичні оливи із технічних олій та мастильні композиції на їх основі виявляють високу трибохімічну активність у вузлах тертя із формуванням між поверхневих стабільних змащувальних наноплівок (типу сервовітних, трибополімерних чи евтектичних квазі-систем) за рахунок низки синергетичних трибохімічних процесів, які мають місце в перебігу експлуатації трибосистем. Нові біоматеріали, утворюючи такої структури наноплівки забезпечують сприятливий режим межового змащування поверхонь вузлів тертя. Протизношувальна стабільність змащених біооливами поверхонь за умов цього режиму є функцією трибохімічної їх активності, яка визначається як фактором їх будови і властивостей (високою полярністю, низькою енергією активації тощо), так і рівнем трибоактивації контактуючих поверхонь. Показано, що провідним процесом межового мащення біооливами є процес пластичного деформування цих поверхонь (ефект П.А.Рабіндера), який зумовлює дію двох факторів: а) з одного боку, пониження зсувних зусиль в пластифікованому шарі поверхонь з наступним формуванням відповідних наноплівок; б) з іншого – збільшує ступінь зміцнення тонкого поверхневого шару, який звільняється після формування наноплівок, а отже і підвищує зносостійкість поверхонь

Література

1. Чихос Х. Системный анализ в трибонике / Х. Чихос; [перевод с англ]. – М.: Изд-во «Мир», 1992. – 351 с.
2. Дмитриева Т.В. Композиции на основе рапсового масла и функциональных добавок / Т.В.Дмитриева, Л.А.Сироватка, В.И. Бортницкий // Трение и износ. – Том22, № 6. – 2001. – С.693– 698.
3. Lubricants and Lubrication. – 2nd Ed/ Edited by T. Mang and W. Dresel – WILEY– VCH Verlag GmbH, Weinheim, 2006. – 586p. – 2nd
4. Mortier R.M. Chemistry and technology of Lubrication/ R.M. Mortier, S.T. Orzulik. – Eds. Blackie and

Son Ltd., Glasgow, 1997. – 610p.

5. Rudnick L.R. Syntetethics, Mineral oils and Bio-Based Fluids /L.R. Rudnick. – Ed. Marsel Dekker. – New York, 2005. – 680p.

6. Кириченко В.І. Хіміко-технологічні аспекти комплексної переробки технічних рослинних олій на нові екологічно безпечні продукти / Л.М. Кириченко, О.М. Полумбрик В.І. Кириченко // Вопросы химии и химической технологии. – Днепропетровск : УДХТУ, 2008. – № 1. – С. 141– 144.

7. Кириченко В.І. Якісні біоматеріали із технічних олій: стан і перспективи переробки / Л.М. Кириченко, О.М. Полумбрик В.І. Кириченко // Хімічна промисловість України. – К.; 2008,– № 3. – С. 9– 18.

8. Erhan S.Z. Bio-Based Industrial Fluids and Lubricants/ S.Z. Erhan, J.M. Perez. – Eds. AOCs Press. – IL. – 2002. – 385p.

9. Lansdown A.R. Lubrication and Lubricant Selection: A Pructical Guide. / A.R.Lansdown. – Third Edition. – Series Editors: N. – J. Neale, T.A. Polak and Priest. – Professinal Engineering Limited. – London, 2006. – 286p.

Надійшла 3.5.2012 р.

Статтю представляє: д.пед.н. Кириченко В.І.

УДК 519.832.3::621

В.В. РОМАНЮК

Хмельницький національний університет

ПРЕИМУЩЕСТВО УСТРАНЕНИЯ ТРЁХЭЛЕМЕНТНОЙ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ ПО КРИТЕРИЮ МИНИМИЗАЦИИ МАКСИМАЛЬНЫХ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ОТКЛОНЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ НАИБОЛЕЕ ОСТОРОЖНОЙ ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НА ЧАСТНОМ МНОЖЕСТВЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ В СРАВНЕНИИ СО СРЕДНИМ АРИФМЕТИЧЕСКИМ

Рассматривается задача устранения трёхэлементной неопределённости в виде множества с отсортированными положительными значениями в смысле отображения этого множества на одноэлементное множество с требованием по допустимости максимального относительного отклонения. Найдено границу устранения такой неопределённости с применением среднего арифметического. Эта граница оказалась выше границы устранения рассматриваемой трёхэлементной неопределённости по критерию минимизации максимальных относительных отклонений, где использовано ожидаемое значение по наиболее осторожной оценке вероятностного распределения на частном множестве исходных данных. Отмечается то, что это вероятностное распределение содержит только две ненулевых вероятности, а вероятность выбора наибольшего значения равна нулю. Оговаривается возможность дополнительного обоснования выбора квазиметрики для критерия выполнения отображения множества исходных данных на одноэлементное множество и для генерации элементов соответствующей матричной 3×3 -игры.

There is considered a problem of removing the three-element uncertainty as the set with sorted positive values in a sense of mapping this set onto the single-element set upon requirement for tolerance of the maximal relative deviation. There was found the frontier of removing such uncertainty with applying the arithmetic mean. This frontier has appeared beyond the frontier of the being considered three-element uncertainty removal by the criterion of minimizing maximal relative deviations, where used the expected value over the most cautious evaluation of the probabilistic distribution on the partial initial data set. It is noted that this probabilistic distribution contains only two nonzero probabilities, and the probability of selecting the greatest value equals zero. There is mentioned the facility of additional substantiation of the quasimetrics selection for the criterion of performing the mapping of the initial data set onto the single-element set and for generating elements of the corresponding matrix 3×3 -game.

Ключевые слова: неопределённость, трёхэлементная неопределённость, отображение множества данных на одноэлементное множество, устранение неопределённости, среднее арифметическое, наиболее осторожная оценка вероятностного распределения, граница устранения неопределённости, максимально допустимое относительное отклонение.

Вступлення

При проведенні вимірювань або емпіричному оцінюванні параметрів досліджуваних об'єктів в машиностроєнні приходиться стикатися з однотипними даними, характеризуючими один і той же параметр, що породжує первональну неопределённість в оцінюванні його істинного значення [1, 2]. Отображення мноства таких даних на одноэлементное мноство (ОМ) означає усунування неопределённості (УН) в смислі прийемлесті умовий такого отображення [3, 4]. Обоснование этих условий до сих пор является одной из актуальных проблем современной теории принятия решений [5, 6].

Анализ подходов отображения множества исходных данных на одноэлементное множество

Существует два фундаментальных подхода к отображению множества исходных данных (МИД) на ОМ. Один из них оперирует вероятностным распределением на МИД, что позволяет принимать оценку параметра, равную ожидаемому значению [2, 5]. Использование среднего арифметического (СА) здесь