



УДК 631.3–192:662.63

DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-9

РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ОЛИВ ДЛЯ МОБІЛЬНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ

Журавель Д. П., д. т. н.

ORCID: 0000-0002-6100-895X

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного*e-mail: dmytro.zhuravel@tsatu.edu.ua

Постановка проблеми. Рослинні оливи містять накопичену рослинами сонячну енергію. Рівень їх значущості полягає в головній відмінності від інших видів поновлюваних джерел енергії вітру, сонця і річок.

Рослинні оливи (РО) є екологічно чистим джерелом, яке дає можливість зберігати викопні види палива, проте, енергія РО може накопичуватися і використовуватися у будь-який час в області енергетичного використання. Вони придатні для виробництва теплової і електричної енергії, а також застосовуються як автомобільне паливо для двигунів внутрішнього згорання. Порівняно з іншими поновлюваними видами палива, РО вимагають менше енергії для виробництва і мають велику енергетичну цінність на одиницю об'єму [1-4].

РО характеризуються значною в'язкістю і практично не випаровуються. Ця особливість в сукупності з високою температурою займання ($> 300^{\circ}\text{C}$) є чинниками, які роблять їх абсолютно вибухобезпечними. Значення цього факту важко переоцінити в автомобільному транспорті. Більш того, використання РО не призводить до забруднення води, ґрунту і повітря.

Використовувати їх для мобільних енергетичних засобів з такими особливостями приваблива перспектива.

Аналіз останніх досліджень. В даний час обсяг виробництва продуктів на базі рослинних олив істотно зростає - тракторні оливи, олії для харчової промисловості, індустриальні гідравлічні оливи, оливи для ланцюгових пил, редукторні оливи, різні змащувально-охолоджувальні рідини для металообробки, гартівні оливи, оливи для процесів формування металу, охолоджуючі оливи в трансформаторах та інші. Принципово новий напрямок - це виробництво олив, в яких дисперсійним середовищем служать рослинна олива, її суміш з нафтовою або синтетичною. Основна екологічна перевага таких продуктів - біорозклад. Біорозкладаємі оливи почали застосовувати в



останній час, в основному в Європі. Їх структура практично не відрізняється від структури мастил на базі нафтових олив.

За кордоном давно ведуться роботи з підбору дисперсійного середовища мильних мастил, в основному літєвих, на основі рослинних олив і їхніх сумішей з нафтовими, в тому числі з регенерованих. І в нашій країні зроблено спробу оцінити можливість застосування в літєвих мастилах рослинних олив в якості омилюємої сировини і дисперсійного середовища. Показано, що найкращою омилюємою рослинною сировиною при готуванні літєвих мастил виявилася рапсова олива і недистильовані рослинні кислоти ріпакової оливи. Доцільно використовувати в якості дисперсійного середовища літєвих мастил нафтові оливи І-40А в суміші з рослинними олівами [4]. Мастильні властивості оливи на основі рослинної сировини при введенні товарних присадок майже такі ж, як у нафтових. Однак полярність рослинних олив може призвести до протікання побічних реакцій на поверхні металу. Тому присадки в такі мастила потрібно вводити у великих кількостях. Однак, за винятком типових Рівень їх значущості відмінні змащувальні властивості рослинних олив достатні для захисту від зносу. Аналогічна картина має місце по антикорозійним властивостям. Рослинні оливи забезпечують певний рівень захисту від корозії без введення присадок, тому необхідність в них часто взагалі відпадає. Для забезпечення рівня захисту, аналогічного нафтовій оливі достатньо вводити незначну кількість інгібіторів корозії. Однак, весь спектр проблем пов'язаних із забезпеченням надійності вузлів і агрегатів функціональних систем мобільної техніки ще остається актуальним, тому необхідні подальші дослідження в цьому напрямку [5-8].

Формулювання цілей статті. В роботі приведено обґрунтування доцільності використання біологічних олив для мобільних енергетичних засобів.

Основна частина. Застосування рослинних олив в різних галузях народного господарства продовжує розширюватися. Крім використання продуктів олеохімії в якості мастильних матеріалів, їх застосовують при отриманні поверхнево-активних речовин (ПАР), в якості інгібіторів корозії та інші. За допомогою методів генної інженерії - зміна хімічного складу в бажаному напрямку, здійснюється зміна спадкових ознак. Основна мета тут - підвищити вміст олеїнової і мононенасичених кислот і знизити вміст ліноленової кислоти, що сприяє протіканню полімеризації, зростанню в'язкості і прискореного старіння масла, а також екологічно безпечної ерукової кислоти [1-4]. Хроматограма метилових ефірів рапсової оливи наведена на рис.1.

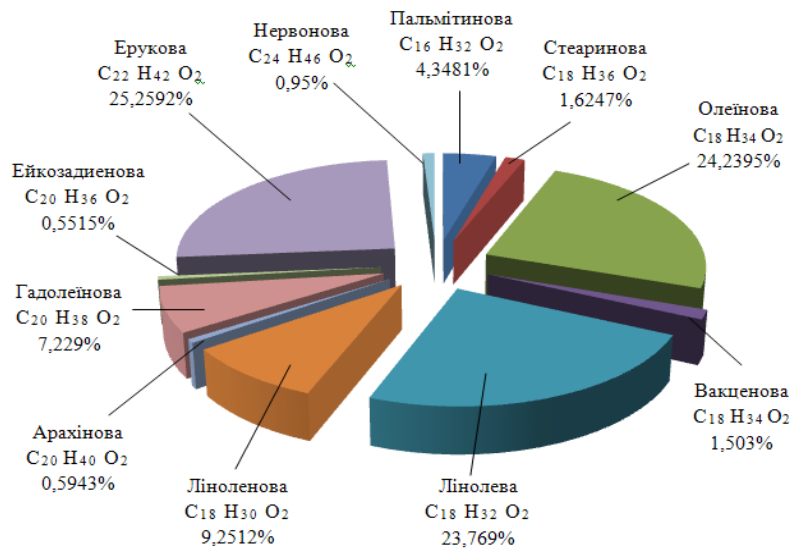


Рис.1 Хроматограма метилових ефірів ріпакової оливи

Високий вміст в них олеїнової кислоти дозволяє забезпечити високий рівень змащувальних властивостей [2]. Зниження вмісту лінолевої кислоти більше ніж на 20%, та зростання одночасно вмісту олеїнової кислоти дасть змогу підвищити антиокислювальну стабільність. Збільшення вмісту олеїнової кислоти до 85% в ріпаковій товарній оливі «Канола» дозволить розширити спектр використання для більш жорстких умов експлуатації. Однак немаловажним аспектом при цьому є техніко-економічне обґрунтування прийнятих технічних рішень [1].

До теперішнього часу продукти на базі рослинних олив міцно займають невелику нішу на світовому ринку. Переваги рослинних олив близькі до синтетичних, ряд синтетичних продуктів виробляють на основі «біосировини» для забезпечення добрих екологічних властивостей. Компанія Uniqema в даний час пропонує синтетичні складні ефіри Priolube, одержувані як на базі тваринних, так і рослинних жирів. Такі ефіри використовують як базові оливи для мастильних матеріалів, застосовуваних в екологічно уразливих областях (гідравлічні оливи, пластичні мастила, моторні оливи для двотактних двигунів). Жирні кислоти (пальмітинова, стеаринова, олеїнова та ін.) і їхні похідні є важливою складовою рослинних олив. Вони утворюються також у процесі старіння нафтових мастил у складі інших продуктів окислювання. Деякі жирні кислоти і їхні похідні (мила) застосовуються як присадки до нафтових мастил. Мила (солі жирних кислот) утворюються при взаємодії жирних кислот з металами.

Жирні кислоти – це органічні сполуки загальної формули $RCOOH$, де R – жирний радикал (CH_3 , C_2H_5 і т. д.) [2,9]. Кислотні властивості жирних кислот залежать від наявності в молекулі одноатомного радикала карбоксилу.

За кількістю карбоксилів у молекулі розрізняють одноосновні, двоосновні і багатоосновні кислоти.

Насичені жирні кислоти, тобто карбонові кислоти жирного (парафінового) ряду, за своєю структурою аналогічні парафіновим вуглеводням; вони являють собою метиленові ланцюги, у яких на відміну від молекули парафінового вуглеводню одна або обидві метильні групи CH_3 замінені відповідно на одну або дві карбоксильні групи $COOH$. Ненасичені жирні кислоти відрізняються від насичених тим, що одна або дві метиленові групи CH_2 у них замінені ненасиченими групами CH . На рис. 2 наведена схема будови нормальної жирної кислоти [9].

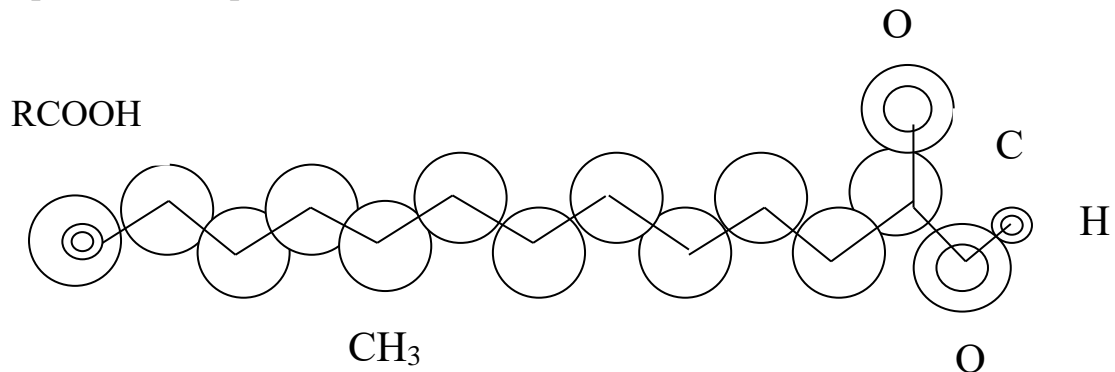


Рис. 2 Схема будови нормальної жирної кислоти

Процес тертя в трибосистемі в присутності поверхнево-активних речовин (ПАР) біологічних рідин характеризується наявністю граничного шару, що складається з просторово-орієнтованих молекул. Цей шар може бути як мономолекулярним, так і полімолекулярним. Виникнення даного шару обумовлене особливостями будови молекул ПАР. На рис. 3 наведено схему триботехнічних процесів в прецизійних з'єднаннях за наявності ПАР в середовищі біологічних рідин.

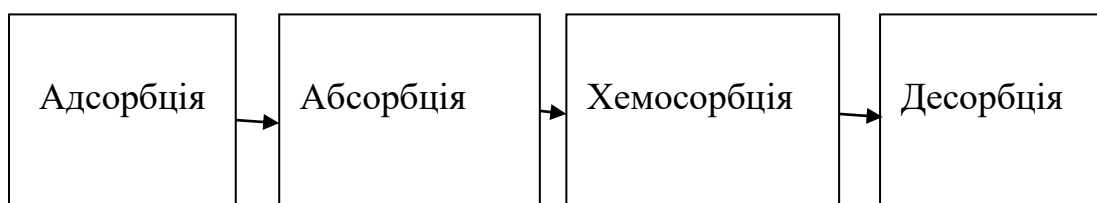


Рис. 3 Схема триботехнічних процесів в прецизійних з'єднаннях за наявності ПАР в середовищі біологічних рідин



Металеve тіло руйнується тоді, коли щільність внутрішньої енергії в об'ємі, що деформується, досягає граничної (критичної) величини. При цьому критична щільність внутрішньої енергії (термодинамічний критерій руйнування) не залежить від умов, в яких протікає процес, а є фізичною константою матеріалу.

Не вивчаючи детально структуру і складну природу механізмів і елементарних актів фізико-математичних явищ, що протікають в реальних матеріалах, і розглядаючи процеси деформації і руйнування твердого тіла з енергетичної точки зору, термодинамічний підхід до оцінки і опису стану твердого тіла дозволяє робити такі ж достовірні висновки, як і фундаментальні закони, що лежать в основі термодинаміки.

Досліджуючи об'ємну міцність матеріалів, вчені висувають гіпотезу руйнування, згідно якої руйнування відбувається тоді, коли внутрішня енергія матеріалу досягає критичної енергоємності [10].

Такий підхід дає можливість скористатися даними фізико-механічних властивостей конструкційних матеріалів.

$$E^* = N_{пл}, \quad (1)$$

де E^* - критична щільність внутрішньої енергії; $N_{пл}$ - прихована теплота плавлення матеріалу.

Якщо відомі зміни ентальпії при плавленні $\Delta N_{пл}$ і щільність D , то критична енергоємність може бути знайдена по формулі:

$$E^* = \Delta N_{пл} D. \quad (2)$$

Для розрахунку критичної енергоємності може бути використана також інша формула:

$$E^* = T_{пл} M D, \quad (3)$$

де $T_{пл}$ – теплота плавлення, M - молекулярна маса, D – щільність матеріалу.

Розрізняють дві основні групи енергетичних критеріїв, які засновані :

- на вимірі або математичному описі роботи пластичної деформації (накопичена матеріалом загальна енергія пластичної деформації залежить від діючої напруги і механічних властивостей матеріалу);

- з врахуванням термодинамічних властивостей матеріалу.



Передбачається аналогічність процесів руйнування і плавлення. При цьому відзначається, що для порушення зв'язку атомів твердого тіла потрібна цілком певна кількість енергії, незалежно від того як вона підводиться до тіла: механічно або у вигляді тепла.

Серед численних методів, запропонованих дослідниками, на наш погляд, енергетична теорія тертя і зносу якнайповніше може описати реальну картину цього явища. Такий підхід сформульований і застосований Г. Фляйшером [10] і удосконалювався в працях його колег. Основним в цій теорії є те, що для відділення часток зносу необхідно щоб деякий об'єм матеріалу накопив певний критичний запас внутрішньої енергії. По Г.Фляйшеру уявна щільність енергії ($e_{ТВ}^*$) характеризується як функція:

- дійсної щільності енергії розриву ($e_{ТВ}$);
- критичного числа імпульсів енергії, що визначається величиною навантаження і акумулюючою здатністю робочого матеріалу (n_k);
- коефіцієнта накопичення енергії (X), що визначається структурою, складом і типом робочого матеріалу (K);

$$e_{ТВ}^* = e_{ТВ} n_k / X [K(n_k - 1) + 1]. \quad (4)$$

Точне аналітичне визначення уявної щільності енергії тертя на основі рівняння (4) в даний час ще неможливо, тому що не з'ясований взаємозв'язок між окремими розрахунковими величинами і заданими фізико-технічними характеристиками робочого матеріалу.

Г. М. Сорокін і Б. П. Сафонов [10] вважають, що енергоємність матеріалу залежить від твердості і температури відпуску, а також від структури матеріалу. Оскільки тертя супроводжується тепловими процесами, то таке твердження, ймовірно правильне. Слід очікувати, що зі зміною температури енергоємність також повинна змінитися. Однак, при незначних змінах температури в стаціонарних процесах, можна допустити, що критична енергоємність є фізичною константою матеріалу.

Зміна властивостей деформованих поверхонь обумовлено самою природою тертя, особливостями перетворення механічної енергії в теплову. Процес пристосування пар, що труться в період припрацювання є енергетичним, оскільки він протікає з поглинанням або виділенням енергії контактуючими поверхнями. В цьому плані зміцнення можна уявити як процес енергонасичення деформуємих об'єктів в результаті підвищення їх щільності дислокації або інших недосконалостей кристалічної будови.

Енергетична концепція базується на умові Гріффітса [10], згідно з яким існуюча мікротріщина буде інтенсивно розповсюджуватися, якщо швидкість звільнення енергії пружною деформацією



перевищить приріст поверхневої енергії тріщини в одиницю часу. Для деформованої плоскої пластини ця умова виражається в наступній залежності:

$$\frac{\sigma \pi l^2}{E} \geq 4l(W_H + W_n), \quad (5)$$

де σ - напруга на пластині; E - модуль пружності; $2l$ - довжина тріщини, що йде під прямим кутом до напрямку напруги σ ; W_H - енергія поверхневого натягу тріщини; W_n - робота пластичної деформації.

Критичне напруження, при якому починається інтенсивний розвиток тріщини з наступним руйнуванням поверхні:

$$|\sigma| > 2 \sqrt{\frac{E(W_H + W_n)}{\pi l}}. \quad (6)$$

Мінімальна нормальна напруга, при якій виникає граничне прослизання зерен і утворення субмікротріщини:

$$\sigma_{\min} = \sqrt{\frac{12WG}{\pi d}}, \quad (7)$$

де W - поверхнева енергія пластичної деформації, пов'язана з виникненням тріщини в сусідньому зерні; d - середній діаметр зерна; G - модуль пружності другого роду.

Зв'язок енергоємності матеріалу зі структурно-міцністними властивостями вивчав В.С. Попов [10]. Використовуючи дислокаційно-енергетичний аналіз чинників зношування, він робив спробу розрахувати критичну енергоємність матеріалу при абразивному зношуванні.

Процес зношування представляється в такий спосіб: зношування підкоряється закону збереження енергії. Відповідно до першого закону термодинаміки його можна уявити співвідношенням:

$$A = Q + \Delta E, \quad (8)$$

де ΔE - зміна внутрішньої енергії матеріалу; Q - тепловий ефект при зношуванні; A - робота тертя, еквівалентна витраченої механічної енергії.

Зміна внутрішньої енергії матеріалу, що зношується дорівнює величині енергії нових поверхонь, що утворюються при руйнуванні, і енергії акумульованої в металі при взаємодії поверхонь у вигляді прихованої енергії деформації.

Енергетичний баланс процесу зношування показаний на рис.4.

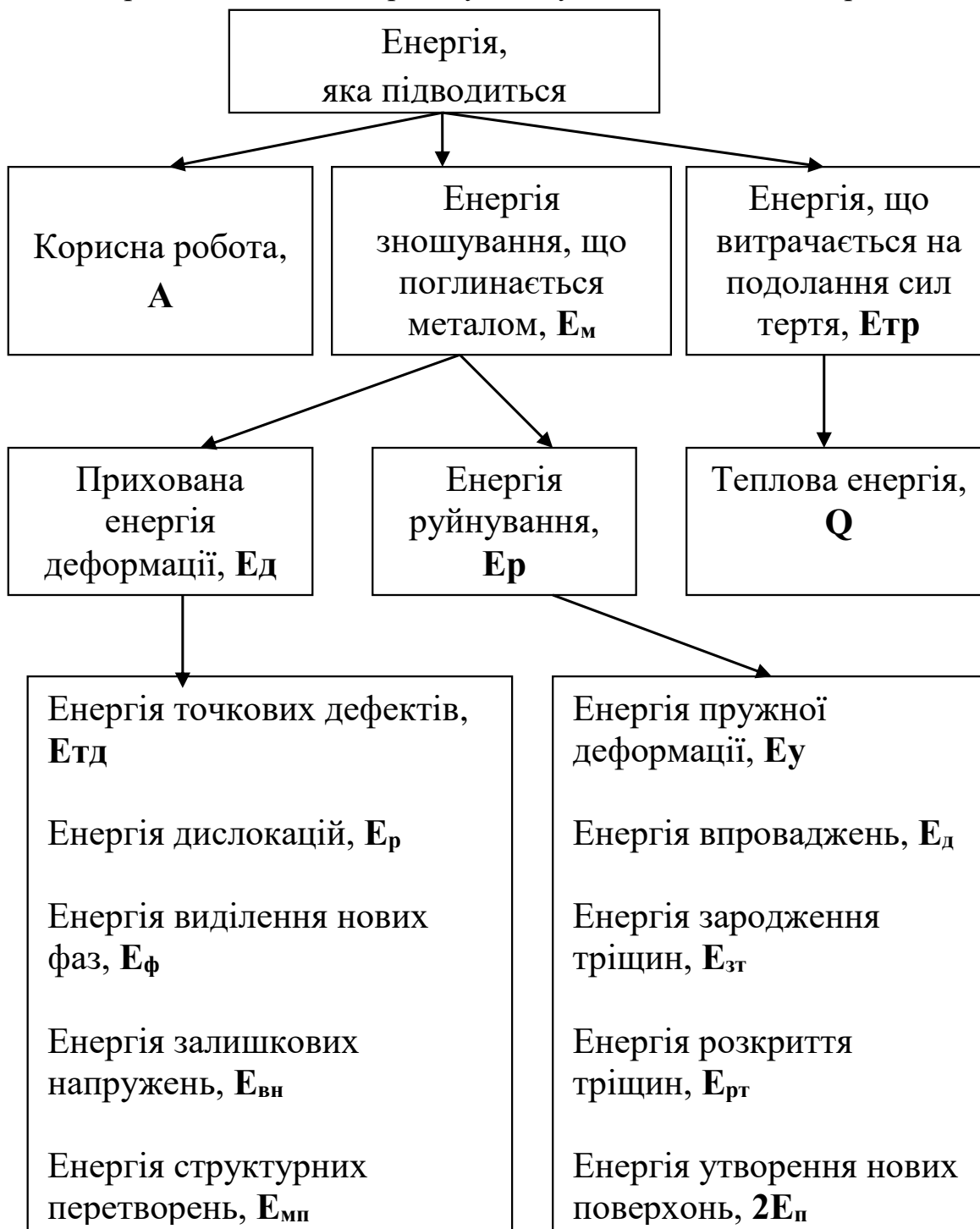


Рис. 4 Схема енергетичного балансу процесу зношування

В процесі зношування акумулювання енергії пружною деформації граничної величини призводить до порушення суцільності, тобто відділенню однієї частини кристалічної решітки від іншої. При цьому відбувається розрив міжатомних зв'язків і утворення нових поверхонь. Ці явища вимагають для свого здійснення певних



витрат енергії і можуть відбуватися тільки в тому випадку, якщо метал має необхідний її запас. Запас енергії збільшується за рахунок її передачі контртілами від зовнішнього джерела енергії.

Характеристика зносостійкості матеріалів, що є функцією процесів деформації і руйнування, може базуватися на аналізі середньої величини енергії, яка поглинається в процесі тертя. Величина цієї енергії залежить від зовнішніх факторів і вихідного стану металу.

У загальному вигляді при терті робота витрачається на руйнування E і збільшення запасу енергії в поверхневому шарі металу у вигляді скритої енергії деформації E , перетворюючись у тепло, розсіюється в навколишнє середовище:

$$E_{\text{тр}} = E_p + E_{\text{сд}} + q, \quad (9)$$

де $E_{\text{тр}}$ - енергія тертя.

Енергія, що витрачається на руйнування, складається з енергії, необхідної на пружну деформацію E_y , енергії зближення поверхонь E_B , зародження тріщин $E_{\text{зт}}$ і енергії, відповідної роботі прикладеної напруги при розкритті тріщини $E_{\text{рт}}$ і ефективної енергії утворення нових поверхонь $2 E_n$:

$$E_p = E_y + E_B + E_{\text{зт}} + E_{\text{рт}} + 2 E_n. \quad (10)$$

В процесі відносного переміщення поверхонь метал деформується і утворює мікротріщини, які, розвиваючись, призводять до руйнування поверхонь мікрооб'ємів. У поверхневих ділянках, розміри яких залежать від складу і структури сплаву, відбуваються незворотні процеси зміни його вихідного стану, що включають приріст щільності дислокацій, утворення мартенситу деформації, зміна параметрів кристалічної решітки аустеніту і ступеня тетрагональності мартенситу, виділення дисперсних фаз, утворення залишкових напружень. Робота, витрачена на здійснення зазначених змін, призводить до збільшення запасу внутрішньої енергії поверхневих шарів металу.

Прихована енергія деформації є енергією, яка зосереджена в дислокаціях E_p , точкових дефектах $E_{\text{тд}}$, що утворилися в процесі тертя і залишкових напружень $E_{\text{вн}}$, а також енергію структурних перетворень $E_{\text{мп}}$ і виділення нових фаз $E_{\text{ф}}$:

$$E_{\text{сд}} = E_p + E_{\text{тд}} + E_{\text{вн}} + E_{\text{мп}} + E_{\text{ф}} \quad (11)$$



З підвищенням ступеня деформації кількість енергії, що акумулюється в металі, збільшується і може коливатися в широких межах від декількох до сотень джоулів на 1 моль.

При зіткненні твердих тіл із зовнішнім середовищем (газоподібною або рідкою) в результаті взаємодії поля твердої фази з полями атомів і молекул середовища, на поверхні твердого тіла спостерігається поступове скупчення молекул газу або рідини, що зростає з часом, тобто їх адсорбція на поверхнях тертя [9].

Поступове збільшення поверхневої концентрації адсорбованих молекул призводить до насичення адсорбційного шару, який може бути моно- або мультимолекулярним. Властивості молекул змінюються - відбувається адаптація молекул до нових умов її двовимірного (граничного існування). Властивості адсорбційного шару як колективу молекул змінюється в порівнянні з властивостями тієї ж речовини в об'ємних умовах. Адсорбція не обмежується зовнішньою поверхнею твердого тіла, а внаслідок поверхневої рухливості молекул (двовимірній міграції) за наявності пористості або дефектів будови твердих тіл (наприклад, через гирла мікротріщин) поширюється і на «внутрішню» його поверхню. Такий процес називається абсорбцією.

Якщо адсорбція відбувається під дією сил Ван-дер-Ваальса і характеризується відносно низькою енергією зв'язку, то таку адсорбцію називають фізичною, або вандерваальсовою. Якщо ж при абсорбції відбувається хімічна реакція між адсорбентом і твердою поверхнею, то говорять про хімічну адсорбцію, або хемосорбцію.

Граничні шари атомів і молекул на поверхні твердих тіл (металів), здатні впливати на величину сил тертя, є по їх походженню і властивостям адсорбційними шарами.

Лише в разі сповна симетричних молекул не виникає питання про їх просторові розташування при адсорбції на твердій поверхні. Такі симетричні молекулярні структури, проте, відносно рідкі, а крім того, в полі адсорбтиву, володіючи здібністю до поляризації, і ці молекули нерідко набувають асиметрії в розподілі зарядів. Що ж стосується молекул компонентів мастил, то у них переважає ланцюгова форма структури.

Характер адсорбції і орієнтації ланцюгових молекул визначається взаємодією адсорбційних центрів поверхні з активними центрами молекул.

Адсорбційна орієнтація полярних ланцюгових молекул з одним активним центром, розташованим на кінці молекули, представляє найбільший інтерес з точки зору теорії граничного шару.

Порівняно простий спосіб орієнтації при адсорбції спостерігається для насичених жирних кислот, молекули яких містять



два активні центри: один в кінці, а інший де-небудь по довжині вуглецевого ланцюга. Прикладом таких молекул може служити олеїнова кислота, значна кількість якої міститься в ріпаковій оліві.

Явище орієнтації – загальна властивість асиметричних молекул, що входять до складу змащувальних матеріалів, незалежно від їх полярності. Наявність полярних молекул інтенсифікує ці процеси.

У випадку складних змащувальних сумішей, прикладом яких є сумішеве мінерально-рослинне пальне, перш за все селективно адсорбуються і орієнтуються полярні молекули.

Насичені жирні кислоти побудовані з координаційних димірів. З іншого боку найближчий до поверхні елементарний адсорбційний шар таких речовин побудований таким чином, що з металом безпосередньо пов'язані полярні групи молекул. Отже, можна стверджувати, що цей шар мономолекулярний. Застосовувати ці два факти, розглядаючи питання про механізм формування первинного адсорбційного шару, можна, прийнявши принаймні одне з трьох наступних допущень:

- розчин в неполярному середовищі полярної речовини поряд з димірами останнього містить і невелику кількість одиночних молекул, які селективно адсорбуються зважаючи на їх вищу в порівнянні з димірами енергією взаємодії з твердою поверхнею. Наявність такої незначної дисоціації димірів в розчині, враховуючи їх теплові зіткнення, представляється вірогідною.

- енергія взаємодії металевої поверхні з карбоксильною групою молекули приблизно удвічі вище за енергію взаємодії карбоксилів в димірах. Тому можна допустити, що в адсорбційному полі квадрупольна група диміра піддається деформації (перерозподілу зарядів), яка приводить до його розділення на дві молекули).

Можна передбачити, що первинний шар формується з димірів, які адсорбуються, розділяючись на молекули, і при цьому деформуються так, що обидва вуглецеві ланцюги розташовуються паралельно один одному і приблизно нормально до поверхні [11-14].

В даний час з цих гіпотез важко виділити переважаючу. Розглянемо процес формування первинного мономолекулярного шару, вважаючи, наприклад, що відбувається адсорбція одиночних молекул. Хай цей процес тече на поверхні одного з кристалічних зерен металу, які є іонними ґратами, зануреними в електронну рідину. Таку поверхню в найпершому наближенні можна моделювати у вигляді плоскості із закономірним правильно розташованими центрами електростатичного тяжіння позитивного і негативного знаку, що чергуються.



Полярні молекули жирної кислоти, здійснюючи тепловий рух в газовому або рідинному середовищі, зустрічаються з поверхнею металу, як з твердою стінкою нескінченно великої маси. Ці теплові удари можуть бути пружними або не пружними. У останньому випадку, коли молекула звернена до поверхні своїм полярним кінцем, вона фіксується одним з центрів тяжіння і при цьому орієнтується приблизно вертикально відносно поверхні.

Наближаючись до поверхні кристалічного зерна, полярна молекула піддається дії його молекулярного поля. При цьому в полярній групі молекули відбувається перерозподіл зарядів. Одночасно дипольні групи молекул піддаються дії обертаючому моменту, і тому молекули повністю або частково орієнтуються у напрямку поля вже на підході до твердої поверхні. Зважаючи на неоднорідність поля і зміни його градієнта по довжині молекули процес, як відомо, не обмежиться лише орієнтацією в полі: молекули знаходяться під безперервною дією атракційних сил і, отже, повинні переміщатися але в напрямку до джерела поля - твердій поверхні.

У подібних умовах молекула наближається до поверхні з прискоренням і завдає їй удару. Такий удар по аналогії з явищами мікроскопічної механіки називається не пружним, якщо молекула віддає поверхні велику частину своєї кінетичної енергії і при цьому фіксується (адсорбується) її центром тяжіння. Якщо ж молекула при ударі звернена до поверхні своїм неполярним кінцем, або ж удару завдається в області відносній низького значення потенціалу поля, то акт взаємодії є пружним. Сили, що виникають при цьому, повідомляють молекулі прискорення протилежного знаку, і вона знов рухається в об'єм. В умовах статистичного переважання не пружних ударів число молекул, фіксованих і стійко орієнтованих поверхнею, з часом зростає.

При цьому молекули, адсорбовані на поверхні твердого тіла, володіють деякою рухливістю:

- у початкових фазах насичення первинного мономолекулярного шару вуглеводневі ланцюги молекул, фіксовані на вільній поверхні металу лише одним своїм полярним кінцем, здійснюють енергетичні теплові коливання, амплітуда яких убиває з пониженням температури і збільшенням насичення шарів;

- окрім цього типу руху атоми і атомні групи молекул, наприклад CH_2 , здійснюють також ротаційні коливання;

- ймовірно, що полярна група молекули не іммобілізована на кристалічній поверхні, а також здібна до невеликих флуктуаційних переміщень в межах мікрообласті максимуму тяжіння;



- адсорбовані молекули здібні до двовимірної міграції на поверхні металу;
- можливе перекидання молекули шляхом повороту її осі на 180° при переході до стійкішого стану орієнтації.

Будь-який даний стан шару треба розглядати з точки зору динамічної адсорбційної рівноваги, тобто звертати увагу на те, що одночасно з адсорбцією тече і процес десорбції. Частину адсорбованих молекул покидає поверхня, що є наслідком теплових флуктуацій як самих молекул, так і поверхні, що адсорбувала їх: поверхня «викидає» в об'єм адсорбовану молекулу, аналогічно тому як вібруюча пружна пластина підкидає, наприклад, частки піску. Таким чином, «час осідлості» адсорбованих молекул обмежений. Шляхом теплових зіткнень і за рахунок передачі енергії з боку твердої поверхні відбувається «випар» (десорбція) молекул. Такий процес молекулярного обміну між адсорбційним шаром і об'ємною (рідкою або газоподібною) фазою, що граничить з ним, тече безперервно при всіх станах насичення моношару і призводить з часом до повної заміни всіх адсорбованих молекул. Кожен даний стан рівноваги настає при рівності числа молекул, що адсорбуються і десорбуються за секунду елементом поверхні. Якщо число адсорбованих поверхнею молекул відповідає їх максимально можливій поверхневій щільності, мономолекулярний шар є насиченим.

Схему утворення мультимолекулярного граничного шару можна представити, ґрунтуючись на ідеї формування мультимолекулярного граничного шару з димірів. Формування шару спричиняє як накопичення і орієнтація димірів з послідовним утворенням одного ряду димірів за іншими. Ця схема у свою чергу потребує пояснення причин стійкої вертикальної орієнтації димірів в димірних рядах. Дійсно, адже взаємодія метильного радикала ізольованого диміра з метильною поверхнею насиченого шару дуже слабка для того, щоб забезпечити вертикальну орієнтацію диміра, який має всі підстави займати лежаче положення. Відповідь на питання про механізм орієнтації димірів в граничному шарі можливо дати, якщо врахувати яскраво виражену схильність подібних молекулярних утворень, що мають ниткоподібну будову, до асоціації з орієнтацією димірів паралельно один одному. Тенденція до асоціації ниткоподібних молекул стоїть в прямому зв'язку з великою величиною об'єму молекулярної дії, пропорційній другій мірі довжини диміра, а умови кристалізації для подібних речовин особливо сприятливі в обох напрямках: саме тому молекулярні агрегати і кристали виникають у вигляді рядів димірів з паралельним розміщенням їх осей.

Атомні зв'язки двох паралельно розміщених димірів здійснюються по всій їх довжині лондоновськими силами, що діють



між метиленовими групами CH_2 ; кожна з таких груп взаємодіє з сусідніми групами суміжного диміра; ці адитивно посилені сили зв'язку мають місце для кожної даної групи CH_2 по всій довжині обох димірів.

Грунтуючись на цих діях, А. С. Ахматов [10] передбачає, що услід за появою на метильній поверхні окремих димірів в самих різних станах первинної орієнтації повинне відбуватися утворення одиночних «пакетів» димірів. Над насиченим первинним мономолекулярним шаром, що покриває поверхню металевого монокристала, виникне перший насичений вертикально орієнтований ряд димірів. Адсорбційна плівка, що утворилася на поверхні твердого тіла володіє цінними властивостями. За даними [15-21], моношари карбонових кислот володіють дійсною пружністю форми і високою механічною міцністю. Такі шари представляють найбільший технічний інтерес. За даними з того ж джерела, сили граничного тертя і адгезії можуть бути зіставлені як межі міцності граничних шарів на зрушення і розтягіння, як свого роду «подовжній» і «поперечний» ефекти, характеризуючи властивості граничних шарів.

З наведених прикладів видно, що наявність адсорбційної плівки на поверхні тертя робить значний вплив на трибологічні процеси, що мають місце в сполученні. При її наявності знижується шкідлива дія на поверхню металу ударних навантажень і абразивних часток, внаслідок чого зменшується знос сполучення.

Висновки. 1. Залучення рослинних олив, тобто продуктів чисто біосферного походження до складу мастильних матеріалів слід вважати вельми перспективним. Широке застосування їх у виробництві товарних олив, мастил і змащувально-охолоджувальних рідин дозволить вирішити деякі складні екологічні проблеми. При цьому важливий розвиток процесів хімічного модифікування базових змащувальних матеріалів для істотного поліпшення їх експлуатаційних властивостей. Вони спрямовані на більш ефективне використання продуктів рослинного і тваринного походження в різних областях техніки.

2. Триботехнічні процеси взаємодії адсорбційних шарів в сполученні при зрушенні найбільш близькі до умов роботи прецизійних пар функціональних систем енергетичних засобів.

Список використаних джерел.

1. Гавриш В. І. Забезпечення ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів у аграрному секторі економіки: теорія, методологія, практика: монографія. Миколаїв: МДАУ, 2007. 283 с.

2. Девянин С. Н., Марков В. А., Семенов В. Г. Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей. Москва: Издательский центр ФГОУ ВПО МГАУ, 2007. 340 с.



3. Калетник Г. М. Розвиток ринку біопалива в Україні. Київ: Аграрна наука, 2008. 461 с.
4. Остриков В. В., Нагорнов С. А., Клейменов О. А. Топливо смазочные материалы и технические жидкости: учебное пособие. Тамбов: Из-во Тамб. гос. техн. у-та, 2008. 304 с.
5. Журавель Д. П. Особливості використання олив біологічного походження для мобільної техніки. *Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти*. 2014. Вип. 2. С.157-165.
6. Журавель Д. П., Юдовинський В. Б. Триботехнічні властивості олій біологічного походження. *Праці ТДАУ*. Мелітополь. 2011. Вип. 11, т. 4. С. 160-166.
7. Журавель Д. П. Методологія оцінки надійності мобільної сільськогосподарської техніки при експлуатації на різних видах паливо-мастильних матеріалів. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Суми, 2016. Вип. 10/3(31). С. 66-71.
8. Журавель Д. П. Вплив забрудненості абразивом біопаливо-мастильних матеріалів на енергоємність поверхневих шарів металів вузлів і агрегатів мобільної техніки. *Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти*. Херсон, 2017. Вип. 5. С. 56-65.
9. Быченин А. П. Повышение ресурса плунжерных пар топливного насоса высокого давления тракторных дизелей применением смесового минерально-растительного топлива: дис... канд. техн. наук: 05.20.03. Пенза, 2007. 184 с.
10. Махамов К. Х. Расчет износостойкости машин: учебное пособие. Ташкент: ТашГТУ, 2002. 144 с.
11. Understanding the Life-Cycle Costs and Environmental Profile of Biodiesel and Petroleum Diesel Fuel / V. Camobreco et al. SAE Technical Paper Series, 2000. 001487, 1-6.
12. Hyun G., Oguma M., Goto S. Spray and Exhaust Emission Characteristics of a Biodiesel Engine Operating with the Blend of Plant Oil and DME. SAE Technical Paper Series, 2002. 020864, 9.
13. Diagnostics of Engine oil of Internal Combustion Engine by Electrophysical Method of Control / A. G. Vozmilov et al. *Proceedings - 2018 Global Smart Industry Conference (GloSIC 2018)*. 8570137
14. Wolak A., Zając G. Cold cranking viscosity of used synthetic oils originating from vehicles operated under similar driving conditions. *Advances in Mechanical Engineering*. 2018. Vol. 10, № 11. DOI: 10.1177/1687814018808684.
15. Ishizaki K., Nakano M. Reduction of CO₂ emissions and cost analysis of ultra-low viscosity engine oil. *Lubricants*. 2018. Vol. 6, № 4. P. 102. DOI: 10.3390/lubricants6040102.
16. Stan C., Andreescu C., Toma M. Some aspects of the



regeneration of used motor oil. *Procedia Manufacturing*. 2018. Vol. 22. P. 709-713. DOI: 10.1016/j.promfg.2018.03.102.

17. Sigaeva D. M., Akhmetov I. V., Uzyanbaev R. M., Gubaydullin I. M. Mathematical model of the production of highly purified stable oils with ultra-high viscosity index. *Journal of Physics: Conference Series*. 2018. Vol. 1096, № 1. 012195. DOI: 10.1088/1742-6596/1096/1/012195.

18. Gryazin V., Bagautdinov I., Kozlov, K., Belogusev, V. Tool for quality control of lubricants. *Engineering for Rural Development*. 2018. Vol. 17. P. 943-947. DOI: 10.22616/ERDev2018.17.N411.

19. Petukhov S. A., Kurmanova L. S., Erzamaev M. P. Transport diesels oil system operation efficiency increase. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences*. 2019. Vol. 2, № 434. P. 79-85.

20. Wolak A., Zajac G. Changes in the operating characteristics of engine oils: A comparison of the results obtained with the use of two automatic devices. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*. 2018. Vol. 113. P. 53-61.

21. Motamen Salehi. F., Morina A., Neville A. Zinc Dialkyldithiophosphate Additive Adsorption on Carbon Black Particles. *Tribology Letters*. 2018. Vol. 66, № 3. P. 118. DOI: 10.1007/s11249-018-1070-6.

РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ОЛИВ ДЛЯ МОБІЛЬНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ

Д. П. Журавель

Анотація

У статті розглянуто перспективи використання біопально-мастильних матеріалів для мобільних енергетичних засобів та детально наведений механізм триботехнічних процесів поверхнево-активних речовин біоолів в трибосистемах. Залучення рослинних олій і тваринних жирів - продуктів чисто біосферного походження до складу мастильних матеріалів слід вважати вельми перспективним. Вони спрямовані на більш ефективне використання продуктів рослинного і тваринного походження в різних областях техніки. Процеси взаємодії адсорбційних шарів в трибосистемах функціональних систем мобільної техніки характерні для моделювання триботехнічних процесів основних вузлів і агрегатів.

Ключові слова : мобільні енергетичні засоби, адсорбція, триботехнічні процеси, поверхнево-активні речовини, рослинні олії, змащувальні матеріали, енергоємність.

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ МАСЕЛ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Д. П. Журавель

Аннотация



В статье рассмотрены перспективы использования биотопливо-смазочных материалов для мобильных энергетических средств и подробно приведен механизм триботехнических процессов поверхностно-активных веществ биомасел в трибосистемах. Привлечение растительных масел и животных жиров - продуктов чисто биосферного происхождения в состав смазочных материалов следует считать весьма перспективным. Они направлены на более эффективное использование продуктов растительного и животного происхождения в различных областях техники. Процессы взаимодействия адсорбционных слоев в трибосистемах функциональных систем мобильной техники характерны для моделирования триботехнических процессов основных узлов и агрегатов.

Ключевые слова : мобильные энергетические средства, адсорбция, триботехнические процессы, поверхностно-активные вещества, растительные масла, смазочные материалы, энергоёмкость.

RATIONAL USE OF BIOLOGICAL OILS FOR MOBILE POWER ENGINEERING D. Zhuravel

Summary

The article discusses the prospects for the use of biofuels and lubricants for mobile energy resources and details the mechanism of the tribotechnical processes of the surface-active substances of bio-oils in tribosystems. Elimination of deficiencies and a significant improvement in the physicochemical and operational properties of fats as base oils is achieved by appropriate purification or chemical treatment, ensures their structural changes without decomposition of triglycerides. Most of the processes of chemical modification of fats for their use as lubricants, so far mainly implemented in laboratory conditions, have not found large-scale industrial applications, but, undoubtedly, the future lies with them. The chemical processing of the raffinate in order to produce synthetic oils, as a rule, of the group of esters, is called oleochemistry. Oleochemistry processes include hydrogenation of fats, transesterification, dimerization of double bonds, oxidation, sulfonation, and organic synthesis processes. The most widely of the processes of oleochemistry in the scientific literature presents the process of transesterification. It is the main industrial method for obtaining ester-type base oils from fats. It is widespread to obtain methyl, ethyl and butyl esters from vegetable oils by means of alcoholism - the exchange of alcohols in esters. Economically and technically it is advisable to use methanol as a cheap reagent that provides an alcoholysis depth of more than 90% at moderate temperatures significantly increases the yield of esters. Attraction of vegetable oils and animal fats - products of purely biospheric origin in the composition of lubricants should be considered very promising. They are aimed at more efficient use of products of plant and animal origin in various fields of technology. The processes of interaction of the adsorption layers in the tribosystems of functional systems of mobile equipment are typical for modeling the tribotechnical processes of the main components and assemblies.

Keywords - mobile energy, adsorption, tribotechnical processes, surfactants, vegetable oils, lubricants, energy intensity.