УДК 621.785.539

О. І. ДУХОТА, М. В. КІНДРАЧУК, Н. О. НАУМЕНКО, Л. Р. КІНДРАЧУК, В. В. ХАРЧЕНКО

Національний авіаційний університет, Україна

КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ВИБОРУ МАТЕРІАЛІВ ПАР ТЕРТЯ, ЩО ПІДДАЮТЬСЯ ФРЕТИНГ-КОРОЗІЙНОМУ ЗНОШУВАННЮ

З урахуванням різних форм прояву фретинг-корозії, на прикладі контакту титанового сплаву ВТ8 із конструкційними сплавами на основі Al, Cu, Mg, Fe та в однойменній парі, здійснена спроба комплексного підходу до вибору сумісних матеріалів пар тертя. За результатами досліджень визначені кількісні показники фретинг-зносу матеріалів пар тертя, проаналізовано закономірності взаємного впливу природи і властивостей матеріалів на фрикційно-зношувальні параметри трибосистеми. Для трибосистем, в яких втрата працездатності пов'язана з накопиченням продуктів зносу, запропоновано розрахунковий метод визначення сумісності матеріалів за коефіцієнтом прирощення об'єму матеріалу в зоні трибоконтакту.

Ключові слова: *трибомеханічна система, пари тертя, фретинг-корозія, зносостійкість, продукти зносу.*

Вступ. За загальної тенденції до зниження матеріаломісткості, зменшення жорсткості конструкції, зростання робочих навантажень та вимог до економічної ефективності використання машин, питання підвищення їх надійності і довговічності набувають виключно важливого значення. У вирішенні цієї фундаментальної проблеми одне із ключових місць належить забезпеченню високо рівня зносостійкості і тривалості терміну безвідмовного функціонування деталей і вузлів трибомеханічних систем. В авіаційних конструкціях, а також в конструкціях інших динамічно навантажених машин, серед трибомеханічних систем найбільш обмеженої довговічності виділяють трибосистеми малорухомих і номінально-нерухомих вузлів і з'єднань, деталі яких пошкоджуються фретинг-корозією.

В інженерній практиці і практиці трибологічних досліджень фретинг-корозія розглядається як один із найбільш руйнівних, важкопередбачуваних і небезпечних видів зношування [1-3]. Причому, негативні наслідки від розвитку фретинг-корозії можуть бути викликані не тільки фізичним зносом деталей, але і розклинюючою дією продуктів зносу, які через малі амплітуди взаємних переміщень залишаються переважно в області контакту. Очевидно, що за таких умов вибір матеріалів пар тертя необхідно здійснювати на основі комплексної оцінки їх сумісності з урахуванням особливостей зміни стану трибосистеми за кожної із зазначених форм прояву фретинг-корозії. Спроба здійснення такого підходу на прикладі вибору сприятливого поєднання матеріалів у парі тертя з титановим сплавом ВТ8 була задачею даного дослідження.

Результати досліджень та їх аналіз. Для вирішення поставленої задачі були проведені порівняльні випробування на зношування в умовах фретинг-корозії при поєднанні сплаву ВТ8 в однойменній парі, в парі з бронзою БрАЖ9-4, сталлю Х18Н10Т, сталлю 45 загартованою, алюмінієвим сплавом Д16Т, магнієвим сплавом МЛ5. Обрані для дослідження матеріали являють собою сплави на основі різних металів, мають різні хімічні і фізико-механічні властивості, а також

відрізняються властивостями їх окисів. Вцілому, такий підбір матеріалів пар тертя дає можливість проаналізувати взаємозв'язок параметрів фретингостійкості трибосистеми як із природою і властивостями самих поєднаних у парі тертя матеріалів, так і з властивостями продуктів їх зносу.

Випробування проводились на установці МФК-1 [2] згідно ГОСТ 23.211-80 у повітрі при кімнатній температурі за наступних параметрів фретинга: питоме нормальне навантаження зразків $P = 19{,}6$ МПа, повна амплітуда відносного переміщення $A = 125$ мкм, частота коливань $f = 25…30$ Гц, база випробувань $N = 5\cdot 10^5$ циклів. У кожній парі тертя нерухомими були зразки сплаву ВТ8, рухомими – контрзразки із зазначених вище матеріалів контртіл. Після випробування визначався середній лінійний знос зразків та втрата маси контрзразків за якими з урахуванням площі контакту та питомої маси матеріалу розраховувався їх об'ємний та сумарний об'ємні зноси матеріалів пари тертя. Одночасно в процесі випробування реєструвались момент тертя, визначались коефіцієнти тертя, а також за допомогою растрового електронного мікроскопа-мікроаналізатора РЕМ-200 проводились дослідження топографії поверхні доріжок тертя і розподілу хімічних елементів на доріжках тертя.

Отримані за результатами проведених експериментів значення величин об'ємного зносу зразків, контрзразків і сумарного об'ємного зносу матеріалів пар тертя співставлені на діаграмі, наведеній на рис. 1. Як видно з рис. 1, за прийнятих умов фретинга найменш інтенсивне зношування сплаву ВТ8 відбувається під час тертя у парі з магнієвим сплавом і бронзою. При цьому, магнієвий сплав у парі з титановим зношується набагато інтенсивніше ніж бронза.

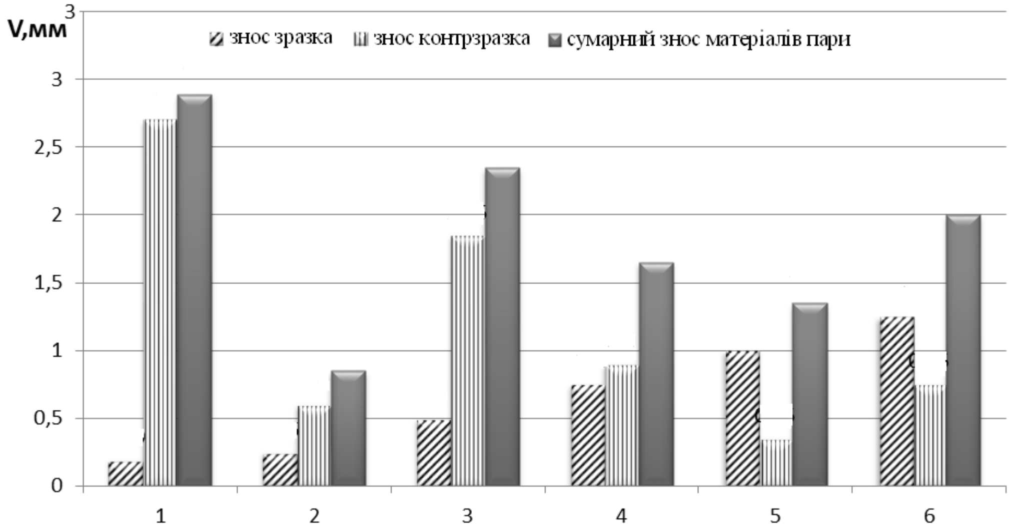
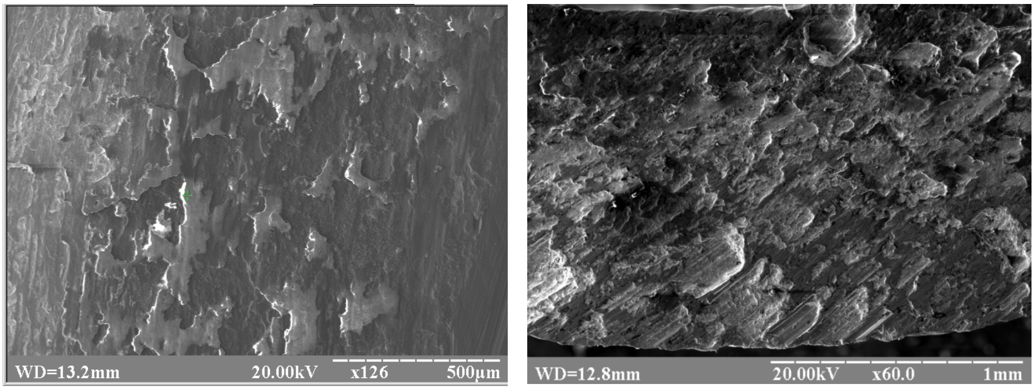


Рис. 1. Діаграма величин об'ємного зносу зразків, контрзразків і сумарного зносу металів пар тертя при випробуванні на зношування в умовах фретинг-корозії. Пари тертя зразок –контрзразок: *1* – ВТ8 – МЛ5; *2* – ВТ8 – БрАЖ9-4; *3* – ВТ8 – Д16Т; *4* – ВТ8 – ВТ8; *5* – ВТ8 – сталь Х18Н10Т; *6* – ВТ8 – сталь 45

Електронномікроскопічними дослідженнями поверхні доріжок тертя зразків пари ВТ8 – БрАЖ9-4 виявлені ознаки схоплення з перенесенням матеріалу бронзи на поверхню титанового сплаву (рис. 2 *а*, *б*, рис. 3).



а *б*

Рис. 2. Топографія поверхні доріжок тертя зразка (*а*, сплав ВТ8) і контрзразка (*б*, бронза БрАЖ9-4) після випробувань на зношування в умовах фретинг-корозії

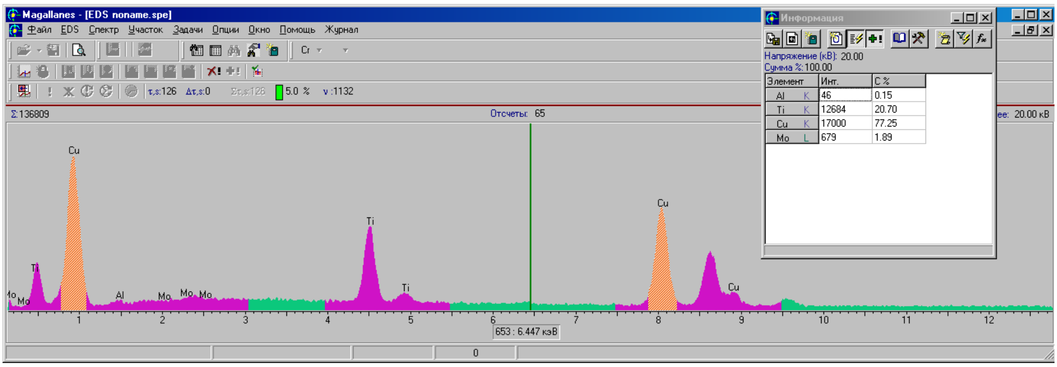


Рис. 3. Результати аналізу відсоткового вмісту хімічних елементів на мікроділянці поверхні тертя сплаву ВТ8 після випробувань на зношування в умовах фретинг-корозії у парі з бронзою БрАЖ9-4

На підставі аналізу зміни коефіцієнта тертя даної пари (рис. 4, крива *2*) можна сказати, що процес інтенсивного схоплення, який характеризується високим коефіцієнтом тертя, розвивається в період від $10 \cdot 10^3$ до $70 \cdot 10^3$ циклів фретинга. При цьому, руйнування вузлів схоплення не супроводжується утворенням глибинних пошкоджень, що свідчить про невелику глибину розповсюдження деформаційного зміцнення бронзи під дією циклічних контактних навантажень на ділянках фактичного контакту. Порівняно невеликий знос матеріалів цієї пари можна пояснити формуванням на поверхнях тертя своєрідного захисного шару із спресованих високодисперсних продуктів зносу у складі якого, враховуючи значно більший об’ємний знос бронзи, очевидно, переважать відносно м’які оксиди міді. Утворення таких захисних структур, по перше, буде запобігати подальшому розвитку схоплення, по друге, знижує інтенсивність руйнування контактних поверхонь за механізмами корозійно-втомного і абразивного зношування.

У парі тертя ВТ8 – МЛ5 характерних ознак інтенсивного схоплення не виявляється. Уже після $10^3 \ldots 15^3$ циклів фретинга коефіцієнт тертя різко зменшується і швидко набуває стабільного і відносно низького значення (рис 4, крива *1*).

Результати електронномікроскопічного дослідження поверхні доріжок тертя показали, що подібно тертю у парі з бронзою при терті у парі з магнієвим сплавом на поверхні титанового сплаву також спостерігається утворення своєрідних тонкоплівочних захисних структур із спресованих продуктів зносу,

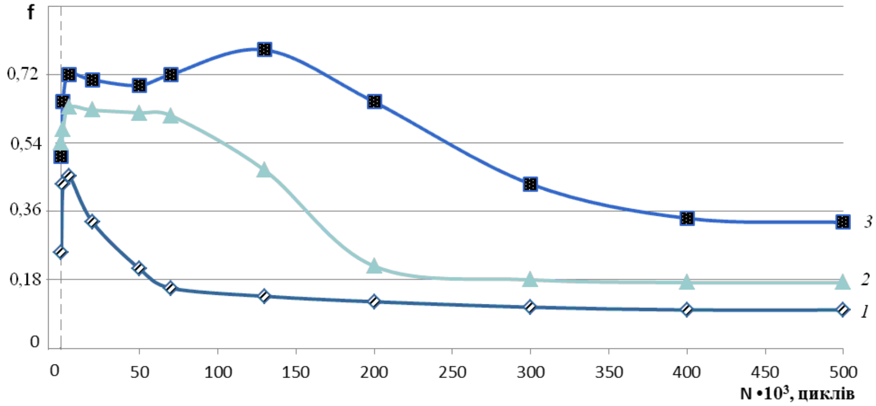
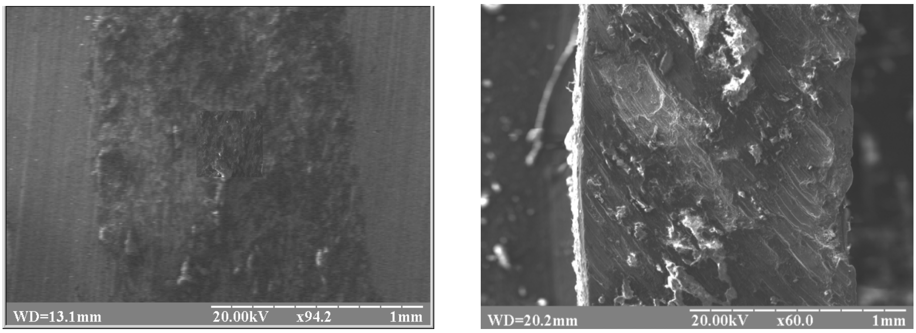


Рис. 4. Залежність коефіцієнта тертя від кількості циклів фретинга. Пари тертя: *1* – ВТ8 – МЛ5; *2* – ВТ8 – БрАЖ9-4; *3* – ВТ8 – Д16Т

до складу яких переважно входить монооксид магнію (рис. 5 *а*, рис. 6). На поверхні тертя магнієвого сплаву виявляються характерні ознаки ямкового корозійно-втомного і бороздкового абразивного зношування (рис. 5 *б*).



а *б*

Рис. 5. Топографія поверхні доріжок тертя зразка (*а*, сплав ВТ8) і контрзразка (*б*, магнієвий сплав МЛ5) після випробувань на зношування в умовах фретинг-корозії

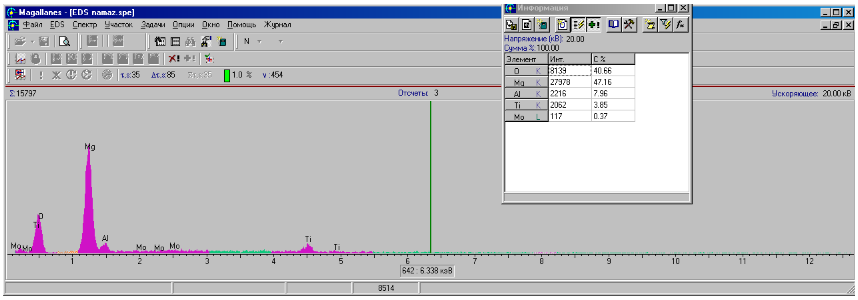
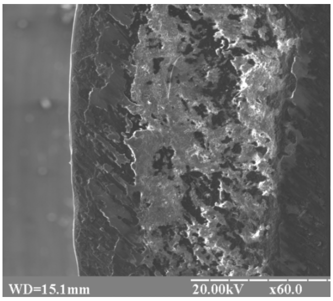


Рис. 6. Результати аналізу відсоткового вмісту хімічних елементів на мікроділянці поверхні тертя сплаву ВТ8 після випробувань на зношування в умовах фретинг-корозії у парі з магнієвим сплавом МЛ5

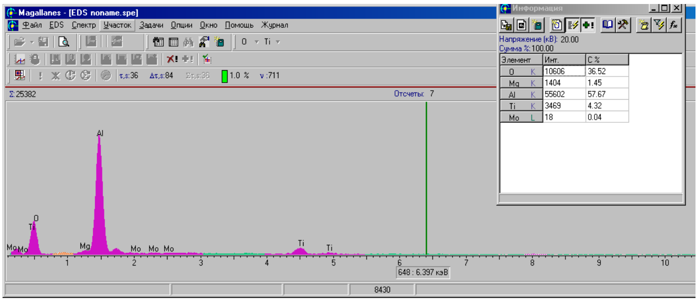
Низьку схильність до схоплення матеріалів пари ВТ8 – МЛ5 можна пояснити тим, що в системі Ti – Mg взаємна розчинність металів практично відсутня [5]. Згідно уявлень про дифузійну природу схоплення [1; 6; 7], відсутність взаємної розчинності і здатності металів утворювати тверді розчини вважається одним із основних факторів, який перешкоджає утворенню в парі тертя міцних металевих зв’язків і запобігає схопленню. Крім того, наявність у

кристалічній гратці магнію небагатьох систем (площин) ковзання перешкоджає утворенню в місцях фактичного контакту активних дислокаційних центрів з підвищеною концентрацією точкових дефектів та створенню за рахунок пластичної деформації сприятливого для схоплення кристалографічного розташування площин зсуву. За умов провідної ролі у розвитку фретинг-корозії корозійно-втомних і абразивних процесів, аномально низьку фретингостійкість магнієвого сплаву у порівнянні з іншими досліджуваними сплавами можна пояснити його низькою механічною міцністю і низькою корозійною стійкістю. Враховуючи суттєву роль електрохімічних процесів у розвитку фретинг-корозії [2; 8], висока в електрохімічному відношенні корозійна активність магнію і його сплавів може бути вагомим фактором, що обумовлює у парі ВТ8 – МЛ5 високу інтенсивність зношування магнієвого сплаву і низьку інтенсивність зношування титанового сплаву.

У парі тертя ВТ8 – Д16Т розвиток фретинг-корозії характеризується сильно вираженими ознаками схоплення. Відносно велика тривалість періоду інтенсивного схоплення і відповідний цьому періоду високий коефіцієнт тертя (рис. 4, крива *3*) свідчить про високу міцність адгезійних фрикційних зв'язків. Схопленню, очевидно, сприяє низька твердість алюмінієвого сплаву, висока здатність металів даної пари до утворення ювенільних поверхонь та здатність титану утворювати з алюмінієм тверді розчини. Як результат виникнення і руйнування осередків схоплення на поверхні алюмінієвого сплаву утворюються глибинні локальні пошкодження (рис. 7 *а*), а на поверхні титанового – виявляються ділянки, сформовані із відокремленого і перенесеного з контртіла металу (рис. 7 *б*).



а



б

Рис. 7. Топографія поверхні доріжки тертя контрзразка (*а*, сплав Д16Т) і результати аналізу відсоткового розподілу хімічних елементів на мікроділянці зразка (*б*, сплав ВТ8) після випробувань на зношування в умовах фретинг-корозії

Одночасно поверхні тертя як сплаву Д16Т, так і сплаву ВТ8, що лежить поза ділянками схоплення, зазнають корозійно-втомного і абразивного зношування. При цьому знос титанового сплаву вищий ніж у парі з магнієвим сплавом МЛ5 і бронзою БрАЖ9-4, а в сумарний знос пари ВТ8 – Д16Т основний внесок дає алюмінієвий сплав.

Глибинне руйнування сплаву Д16Т при схопленні у парі зі сплавом ВТ8 можна пояснити його більш низькою втомною міцністю і схильністю до деформаційного зміцнення. Оскільки діючі в зоні контакту циклічні контактні напруження мають спадаючий за величиною характер, найбільшого зміцнення будуть зазнавати об'єми металу наближені до площини містків зварювання. Відповідно, руйнування відбувається в більш віддалених від поверхні місцях,

де циклічні напруження перевищують втомну міцність матеріалу.

У парах тертя ВТ8 – сталь Х18Н10Т, ВТ8 – сталь 45 більш інтенсивно зношується титановий сплав. При цьому величина зносу сплаву ВТ8 більша ніж у однойменній парі, а у парі із сплавом ВТ8 менше зношується відносно м'яка маломіцна сталь Х18Н10Т ніж тверда заготована сталь 45.

При аналізі доріжок тертя зразків і контрзразків в парах тертя ВТ8 – ВТ8, ВТ8 – сталь Х18Н10Т, ВТ8 – сталь 45 виявляється ідентичність характеру руйнування їх поверхні, що відповідає ознакам переважно корозійно-втомного та абразивного зношування. Очевидно, що за таких умов фретингостійкість матеріалів пар тертя буде визначатися конкуренцію таких чинників, як твердість, циклічна міцність, корозійна стійкість. В цьому випадку більш низьку фретингостійкість сплаву ВТ8 у парі зі сталями можна пояснити високою схильністю титану і його сплавів до хімічної взаємодії з киснем, низькою міцністю вторинних оксидних плівок та схильністю до наводнення в процесі фретинг-корозії [9], а більш високу фретингостійкість в однойменній парі – менш інтенсивним розвитком електрохімічних корозійних процесів. Враховуючи, що в процесі фретинг-корозії в результаті передеформування і трибохімічних реакцій поверхневі шари металу зазнають суттєвих змін як на структурному, так на субструктурному рівнях [2; 8], корозійна активність титанового сплаву у гальванічних парах буде визначатись не початковим значенням його стандартного електродного потенціалу, а значеннями набутими під дією фретингу.

Представлені вище результати дають можливість встановити сприятливе поєднання матеріалів у парі тертя з огляду їх взаємного впливу на фрикційно-зношувальні характеристики. Такий підхід може бути справедливим для трибосистеми, де в результаті зношування деталей втрачається заданий натяг (з'єднання з гарантованим натягом), або працездатність трибосистеми порушується збільшенням між деталями зазору (з'єднання з гарантованим зазором). До таких трибосистем відносяться відносно відкриті трибосистеми, де об'єм продуктів зносу, що утворюється в зоні контакту (V^{I}) може компенсуватись сумарним об'ємним зносом матеріалів трибопари (V^{II}) і об'ємом продуктів зносу, що видаляються із зони контакту (V^{III}):

$$V^{I} \leq V^{II} + V^{III} \tag{1}$$

У закритих трибосистемах, де продукти зносу не мають вільного виходу із зони контакту і не виконуються співвідношення (1), накопичення продуктів зносу може викликати додаткове збільшення у спряженні питомого тиску. Наслідком розвитку фретинг-корозії у таких трибосистемах частіше всього стає втрата рухомості з'єднання (заклинювання) та передчасне втомне руйнування деталі [10 – 12]. В даному випадку критерієм оцінювання при виборі матеріалів пари тертя може бути коефіцієнт прирощення об'єму матеріалу:

$$\Delta = \frac{KV^{I}}{V^{II}}, \tag{2}$$

де K – коефіцієнт, який враховує щільність упакування порошку продуктів зносу.

Враховуючи, що продуктами фретин-корозії металічних сплавів, як правило, є оксиди основного металу, об'єм продуктів зносу, що утворюється кожним із елементів трибосистеми, можна визначити співвідношенням:

$$V^{I}_{Mi} = V^{II}_{Mi} \cdot П, \qquad (3)$$

де V^{II}_{Mi} – об'ємний знос і-го елемента трибосистеми; $П$ – коефіцієнт Піллінга-Бедфорда, який характеризує співвідношення об'єму оксиду утвореного при окисненні до відповідного об'єму металу [13].

Розглядаючи закриту трибосистему як замкнений об'єм в якому продукти зносу піддаються тиску з одночасним накладанням вібрації, за аналогій з вібраційним пресуванням порошкових матеріалів [14] фізичне значення коефіцієнта K в рівнянні (2) можна визначити, як здатність порошку продуктів зносу до ущільнення при вібраційному пресуванні.

Об'єм порошкового тіла при пресуванні під дією тиску змінюється в результаті зміщення окремих часток порошку, чим досягається більш щільне їх укладення, а також за рахунок деформації часток порошкової маси. Здатність порошкових матеріалів до ущільнення визначаються такими фізичними характеристиками, як гранулометричний склад, величина і форма частинок порошку здатність матеріалу порошку до пластичної деформації. Ущільнення при пресуванні порошкових матеріалів можна визначити із рівняння пресування:

$$\gamma = \gamma_{пр} - \frac{K_0}{\alpha} e^{-\alpha \cdot p}, \qquad (4)$$

де γ – щільність спресованої порошкової маси; $\gamma_{пр}$ – умовна гранична щільність матеріалу при досить великому тискові пресування; p – прикладений тиск пресування; K_o – початковий коефіцієнт пресування при $p = 0$; α – коефіцієнт втрати здатності стискання який характеризує відношення зменшення коефіцієнта пресування K при збільшення тису на одиницю.

Константи у рівнянні (4) є характеристиками порошкових матеріалів і можуть бути визначені експериментальним шляхом.

Для крихких, малопластичних порошкових матеріалів таких, як наприклад порошки бориду і карбіду титану, щільність пресовок при вібраційному пресуванні навіть за відносно не високих тисків і малої тривалості вібраційної дії може збільшуватись в 1,4...1,5 рази [14]. Оскільки за звичайних температур оксиди металів також є крихкими малопластичними матеріалами [13], а в результаті багаторазового перетирання в зоні контакту набувають приблизно однакової форми і розмірів коефіцієнт K у рівнянні (2) може бути визначений як величина обернена коефіцієнту збільшення щільності пресовок при вібраційному пресуванні і з деяким наближенням прийнятим рівним $K = 1/1{,}5 = 0{,}66$.

На основі викладеного вище аналітичного дослідження об'ємних змін, що відбуваються у закритих трибосистемах за розвитку фретин-корозії проведено розрахунок коефіцієнта прирощення об'єму матеріалу Δ. Вихідні дані для розрахунків і отримані значення коефіцієнта Δ наведено в таблиці.

Величина коефіцієнта Δ є характеристикою трибосистеми, яка показує у скільки разів об'єм продуктів зносу, що утворюється при фретинг-корозії більший або менший зношеного об'єму матеріалів пари тертя. Очевидно, що за умови мінімалізації у спряженні тиску і одночасного збереження параметрів попереднього наданого натягу значення коефіцієнта Δ в ідеалі повинно бути близьким до 1. Як видно із таблиці, найбільш сприятливим у даному випадку буде поєднання титанового сплаву ВТ8 у парі з алюмінієвим сплавом Д16Т,

Таблиця

Вихідні дані для розрахунку та розрахункові значення коефіцієнта прирощення об'єму матеріалу досліджуваних пар тертя

№ п / п	Пари тертя	Матеріали пари тертя зразок/ контр-зразок	Об'ємний знос матеріалів пари, V_{Mi}^{II}, мм^3	Оксидні фази продуктів зносу	Коефіцієнт Піллінга-Бетфорда, П	Сумарний об'єм продуктів зносу матеріалів пари тертя, V^I, мм^3	Коефіцієнт прирощення об'єму матеріалу, Δ
1	Вт8–МЛ5	ВТ8	0,19	TiO_2	1,76	2,52	0,57
		МЛ5	2,7	MgO	0,81		
2	ВТ8 – БрАЖ9-4	ВТ8	0,25	TiO_2	1,76	1,48	1,15
		БрАЖ 9-4	0,6	CuO	1,74		
3	ВТ8 – Д16Т	ВТ8	0,5	TiO_2	1,76	3,25	0,91
		Д16Т	1,85	α-Al_2O_3	1,28		
				γ-Al_2O_3	1,45	3,56	1,0
4	ВТ8 – ВТ8	ВТ8	0,75	TiO_2	1,76	2,81	1,16
		ВТ8	0,85	TiO_2	1,76		
5	ВТ8 – Х18Н10Т	ВТ8	1	TiO_2	1,76	2,5	1,22
		Х18Н10Т	0,35	Fe_3O_4 магнетит	2,10		
				Fe_2O_3 гематит	2,14	2,51	1,23
				γ-Fe_2O_3	2,45	2,62	1,28
6	ВТ8 – сталь 45 загартована	ВТ8	1,25	TiO_2	1,76	3,77	1,25
		сталь 45 загартована	0,75	Fe_3O_4 магнетит	2,10		
				Fe_2O_3 гематит	2,14	3,81	1,26
				γ-Fe_2O_3	2,45	4,04	1,33

бронзою БрАЖ9-4 та в однойменній парі. У парі зі сталлю Х18Н10Т і сталлю 45 загартованою, не зважаючи на їх відносно більшу зносостійкість, через високий коефіцієнт Піллінга-Бедфорда оксидів заліза можливе суттєве збільшення тиску. Особливо інтенсивного збільшення тиску можна очікувати на ранній стадії фретинг-корозії, коли в продуктах зносу переважно може утворюватись оксид γ-Fe_2O_3 з найбільшим для оксидів заліза коефіцієнтом Пілінга-Бедфорда.

У парі тертя сплаву ВТ8 із магнієвим сплавом МЛ-5 через низький коефіцієнта Піллінга-Бедфорда оксиду магнію і високої інтенсивності зношування магнієвого сплаву розрахункове значення коефіцієнта прирощення об'єму суттєво менше 1. В цьому випадку втрата працездатності трибосистеми може бути обумовлена не збільшенням тиску у спряженні, а інтенсивним зменшенням натягу та збільшенням зазору.

Висновки. З урахуванням особливостей зміни стану трибосистеми за різних форм прояву фретинг-корозії визначена сумісність ряду конструкційних сплавів для поєднання у парі тертя з титановим сплавом ВТ8. Встановлено, що для запобігання глибинних руйнувань від схоплення та мінімального зносу пари тертя найбільш сприятливим є поєднання сплаву ВТ8 у парі з бронзою БрАЖ9-4, а найменш сприятливим – у парі з алюмінієвим сплавом Д16Т. При виборі матеріалів пари тертя титановий сплав – сталь перевагу необхідно віддавати менш твердим нержавіючим сталям ніж високо твердим загартованим не корозійностійким сталям. Для трибосистем, втрата працездатності яких пов'язана з накопиченням у зоні контакту продуктів зносу, визначення сприятливого поєднання матеріалів у парі тертя проводилось з урахуванням запропонованого у роботі коефіцієнт прирощення об'єму матеріалу. Встановлено, що найбільш оптимальним за величиною коефіцієнта прирощення об'єму матеріалу є поєднання титанового сплаву у парі із бронзою, сплавом Д16Т та в однойменній парі.

Список літератури

1. Костецкий Б. И. Трение, смазка и износ в машинах/ Б. И. Костецкий. – К. : «Техніка», 1970. – 396 с.
2. Голего Н. Л. Фреттинг-коррозия металлов / Н. Л. Голего, А. Я. Алябьев, В. В. Шевеля– К.: Техніка, 1974. – 272с.
3. Шевеля В.В. Фретинг-усталость металлов / В. В. Шевеля, Г. С. Калда. – Хмельницький: Поділля, 1998. – 299с.
4. Уотерхауз Р.Б. Фреттинг-коррозия / Р. Б. Уотерхауз. – Л.: Машиностроение, 1976. – 272с.
5. Колачев Б.А. Металоведение и термическая обработка цветных металов и сплавов / Б. А. Колачев. – М.: Металлургия, 1972. – 480с.
6. Костецький Б.И. Надежность и долговечность машин/ Б. И. Костецький, Л. И. Бершадский, А. К Караулов. – К.: Техника, 1975. – 399 с.
7. Костецкий Б.И. Процес схватывания металлов и критерии оценки его интенсивности / Б. И. Костецкий, И. Г. Носовский // Проблемы трения и изнашивания. – 1972. – Вып. 2. – С. 74 – 77.
8. Шевеля В. В. Олександренко В. П. Трибохимия и реология износостойкости . – Хмельницкий: ХНУ, 2006. – 278с.
9. Аляб'єв А. Я. Поглощение водорода и его влияние на изнашивание титановых сплавов при фретинг-корозии / А. Я. Аляб'єв, А. И. Духота, И. А. Зеленков, В. Г. Костюченко, В. Г. Черепин // Проблемы трения и изнашивания. – 1982. – Вып.22. – С.89 – 93.
10. Bartel A. Passungsrost bzr. Reiboxydation – besondere verschleib problem. Telel / A. Bartel // Der Meschinen schaden 36, – 1963. – Heft 7/8. – S. 105 – 119.
11. Eckert I. Reibkorrosion an einem Abtriebsfeansch. Fretting Corrosion on an Output Shaft Flang / I. Eckert, H. Richter // Prakt. Mettalurg, 1984. – v.21, №3. – S. 140 – 143.
12. Уотерхауз Р. Б. Контактная коррозия / Р. Б. Уотерхауз. – В. кн.: Усталость материалов: М.: Иностранная литература, 1961, С. 109 – 141.
13. Окисление металов. Т.1. Теоретические основы. под. ред. Ж.Бенара. Перевод с франц. – М.: «Металлургия», 1968 – 499с.

14. Кипарисов С. С. Порошковая металлургия / С. С. Кипарисов, Г. А. Либенсон. – М.: «Метталургия», 1980. – 496 с.

Стаття надійшла до редакції 10.10.2014

O. I. DUKHOTA, M. V. KINDRACHUK, N. O. NAUMENKO, L. R. KINDRACHUK, V. V. KHARCHENKO

COMPREHENSIVE APPROACH TO THE SELECTION OF MATERIALS FRICTION PAIRS EXPOSED TO FRETTING CORROSION WEAR

Considering various forms of fretting corrosion, as an example contact BT8 titanium alloy with structural alloys based on Al, Cu, Mg, Fe and homonymous pair, the attempt of integrated approach to the selection of compatible materials of friction pairs has been made. According to the results of studies identify quantitative indicators of fretting wear of friction materials pairs, was analyzed regularities of mutual influence of the nature and properties of materials on the friction-wearing parameters of tribosystem. For tribosystems in which the loss of efficiency associated with the accumulation of wear, it is proposed calculated method for determining materials compatibility according to coefficient of increment of material volume in the zone of tribocontacts.

Keywords: tribomechanical system, friction pairs, fretting corrosion, wearability, wear products.

Духота Олександр Іванович – канд. техн. наук, доцент кафедри технологій виробництва та відновлення авіаційної техніки, Національний авіаційний університет, пр. Космонавта Комарова, 1, м. Київ, Україна, 03058, тел.: +38 044 406 76 70.

Кіндрачук Мирослав Васильович – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри машинознавства, Національний авіаційний університет, пр. Космонавта Комарова, 1, м. Київ, Україна, 03058, тел./факс: +38 044 406 77 73, E-mail: Kindrachuk@ukr.net.

Науменко Ніла Олександрівна – провідний інженер кафедри машинознавства, Національний авіаційний університет, пр. Космонавта Комарова, 1, м. Київ, Україна, 03058, тел.: +38 044 406 74 14.

Кіндрачук Людмила Романівна – аспірантка кафедри технологій виробництва та відновлення авіаційної техніки, Національний авіаційний університет, пр. Космонавта Комарова, 1, м. Київ, Україна, 03058, тел.: +38 044 406 76 70, E-mail: kindrachuk.luda@yandex.ua.

Харченко Володимир Володимирович – студент, Національний авіаційний університет, пр. Космонавта Комарова, 1, м. Київ, Україна, 03058.