

*М.М. Свирид, к.т.н., О.Ю. Сидоренко, к.т.н., С.В. Хижняк к.т.н., І.Г. Бабічев
(Національний авіаційний університет, Україна)*

Вплив екологічного електроліту на інтенсивність зношування вуглецевої сталі і латунного сплаву

Запропоновано сучасний підхід до електрохімічних технологій на базі досліджень впливу поверхнево активного розчину та інтенсивності зношування вуглецевої сталі і латуні в умовах трибологічного моделювання.

В машинобудуванні широкого використовуються шестерінчасті насоси робочим тілом яких є зуби шестерень і торцеві поверхні між корпусом насоса або латунною шайбою. Напрацьовані дрібнодисперсні частки продуктів зносу в вузлах тертя потрапляють на зуби шестерень та між корпусом і торцем шестерні, виносяться за межі зони взаємодії робочих поверхонь, що призводить до зносу робочих частин насоса. І як наслідок – вихід технічних параметрів за межі конструкторських розрахунків.

Мета статті – визначити трибологічні параметри вуглецевої сталі і латуні в екологічно чистому електроліті поліетиленгліколя-400 (ПЕГ-400) в умовах модельного вузла тертя.

В шестерінчастих насосах використовуються сплави трибологічного призначення, так як латунні вставки в алюмінієвому корпусі (рис.1,а), бронзові втулки в шестерні з конструкційної сталі (рис.1,б), вісь – сталь 40Х.

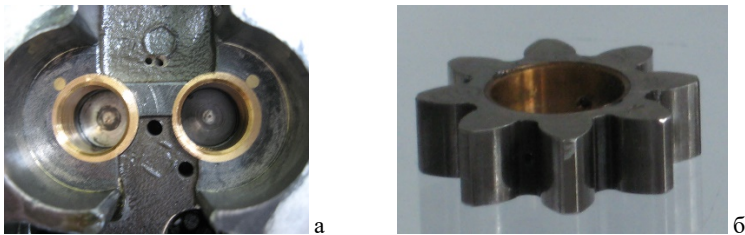


Рис. 1. Поверхні тертя робочих деталей НШ (виріб 623АНМ).

Відновлення шестерень насосу є складним процесом, що вміщує в себе кілька технологічних операцій. Знос поверхня зуба шестерні насоса може досягати 20 мкм, хоча допустимий складальний зазор 5...6 мкм. На даному етапі розвитку технологічних методів відновлення існує декілька напрямлень поновлення поверхонь тертя шестерінчастих насосів (НШ): виготовлення ремонтної партії деталей, або шляхом нанесення покриттів.

Запропонована нами ремонтна репарація, ґрунтується на використанні трибоелектрохімічних методик від електроду донора при нерозбірних технологіях. Для цього необхідно скористатися реагентом, який здатний здійснювати перенесення матеріалу донора безпосередньо в зони взаємодії на

поверхнях ФПК. Робочим реагентом для відновлення визначено поверхнево активну рідину (ПАР) з мастильними властивостями для трибологічних вузлів тертя ПЕГ-400, яка також є пожегобезпечною. Найбільш технологічно доступна змащувальна рідина ПЕГ-400 з молекулярною масою 385-400 одиниць, яка розчиняється в воді, а її молекули не дисоціюють на іони. Основними вихідними параметрами трибологічної системи є знос, коефіцієнт тертя та акустична вібрація, відтворена змінами в об'ємі поверхневої шорсткості. Визначення механізму утворення трибологічних плівок (ТП), їх вплив на зміну похідних від тертя проводили на трибологічному комплексі [1]. Для дослідження нами використовувався ПЕГ-400 з концентрацією 25%, 50%, 75% і 95% у воді. При швидкості переміщення 0,2 м/с та нормальним навантаженням 1...9 МПа.

Логіка дослідження була спрямована на визначення інтенсивності зношування в контактних зонах матеріалів в середовищі ПЕГ-400 по модельному контр-тілу скла, яке має властивості значної твердості, хімічно нейтральне і практично має «нульову» шорсткість. Зміна індивідуальних властивостей матеріалів в умовах тертя ковзання ускладнює процес вивчення їх взаємодії з іншими поверхнями. Використовуючи якості скла можливо провести моніторинг підбору необхідних трибологічних плівок на поверхні зразка в середовищі ПЕГ-400 в процесі напрацювання.

Визначення трибологічних параметрів сталі 20 по склу в середовищі ПЕГ-400 від навантаження показали, що в залежності від вмісту ПЕГ в воді змінюються змащувальні властивості. При концентрації 25%...50% спостерігається окислювальний знос (рис. 2. Площина 1). Подальше підвищення концентрації ПЕГ утворює щільний шар густого змащувального розчину - конгломератів. Реологія ПЕГ-400 змінюється від концентрації в ньому воді і природно інших складових, найбільш дієвим може бути кисень повітря.

Для дослідження впливу кисню через зону тертя продували повітря. При цьому знос збільшився майже вдвічі (рис. 2. Площина 2) на всьому діапазоні дослідження. Що пояснюється збільшенням швидкості утворення ТП

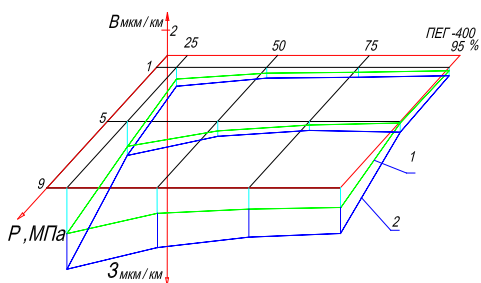


Рис. 2. Інтенсивність зношування Ст. 20 по склу від навантаження і концентрації ПЕГ-400 на швидкості 0,2 м/с: 1 – у відкритій системі; 2 – з примусовим прокачуванням повітря.

і їх механічною заміною. Процес тертя в умовах окислювального зносу визначається умовами припрацювання (рис. 3а) кількісними параметрами доступу кисню (рис. 3б) який спостерігається у вигляді дрібних бульбашок (рис. 3в) з активним утворенням поверхневих плівок на сталі 20 (рис. 3г) з подальшим їх винесенням з зони тертя.

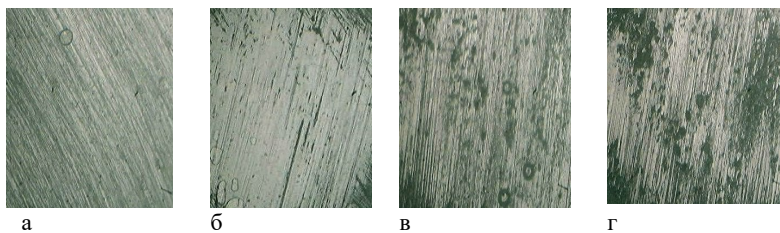


Рис. 3. Моніторинг топографії поверхні тертя сталі 20 по склу в середовищі ПЕГ при прокачуванні повітря (фотографії зроблені в динамічному режимі тертя через скло).

Паралельний трибостатний моніторинг роботи трибопари проведено за допомогою аналізатора спектрів (SpektraLab) в діапазоні звукового сигналу (рис. 4.), параметри якого характеризуються зміною сигналу від «шуму», крива №1, тарування машини тертя до режиму припрацювання поверхні сталі 20, крива №2, що вказує на підвищення низькочастотної складової до -80 Дб. Криві №4, №5 – стабільний характер тертя при навантаженні 9 МПа. Добавка кисню в зону тертя при навантаженні 9 МПа, провокує на зразку утворення щільних ТП, які займають до 80% поверхні тертя, крива №3, з активним зривом, що супроводжується на частоті 14000 Гц з вібраційного сигналу.

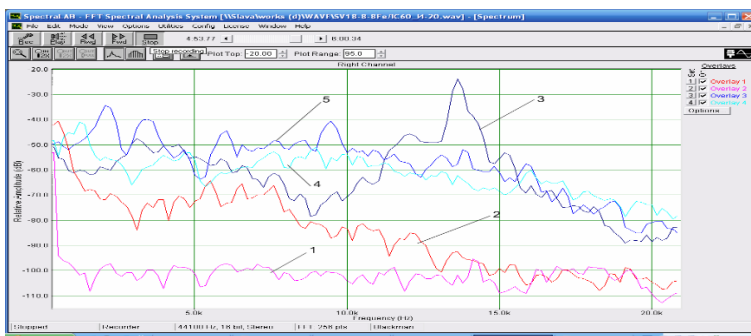


Рис. 4. Спектральні характеристики пари тертя Ст. 20 по склу в ПЕГ-400.

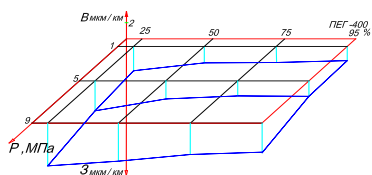
Таким чином, спектральним аналізом можливо аналізувати структурні і топографічні зміни поверхні тертя.

Конструктивно контактна зона насосів виготовляється з мідних сплавів, які прациують в парі зі сталлю, тому є підстави дослідити процеси

плівкоутворення латуні на модельному контакті ЛС59-1 – скло в середовищі ПЕГ-400. Аналізуючи характеристики напрацювання латунного зразка по склу в середовищі ПЕГ необхідно засвідчити, що зразок ЛС59-1 володіє кращими трибологічними параметрами, ніж сталь 20 (рис. 2). Коефіцієнт тертя знижується до 0,04, інтенсивність зношування зменшується в усьому діапазоні дослідження, а спектральні криві моніторингу акустичної емісії знижуються до рівня -80....-90 Дб.

В процесі проведення моніторингу трибологічної взаємодії поверхонь тертя по скляному контр-тілу в 95% середовищі ПЕГ-400 і при $P = 1$ МПа інтенсивність зношування мінімальна, приблизно 0,75 мкм/км. При цьому проявляються ознаки гідродинамічних параметрів змащування в трибосистемі, які характеризуються підвищеною зносостійкістю і більш тонкими плівковими утвореннями з відповідними частотними параметрами.

Мінімальне навантаження і концентрація ПЕГ-400 (рис. 5) спрямовує трибологічні параметри до збільшення шорсткості поверхні та підвищення акустичного сигналу. Підвищення навантаження до $P = 9$ МПа приводить поверхню в неврівноважений стан з осадженням міцел у вигляді темних плям на поверхні латуні (рис. 5,б). Під дією сил тертя і навантаження структура ПЕГ-400 зазнає термічної і механічної дії, збираючись при цьому в конгломерати з довгими ланцюгами. Присутність конгломератів з міцел на 20-25% збільшують знос. При цьому акустичний сигнал залишається на рівні середніх значень.



а)

б)

Рис. 5. Інтенсивність зношування модельного вузла тертя ЛС59-1 по склу в середовищі ПЕГ-400.

Умови напрацювання прецизійних пар тертя, виготовлених з мідних сплавів, вимагають кропіткого підходу до вивчення процесів тертя в тонких шарах матеріалу. Електродний потенціал міді ($Cu_1 = +0,52$ В, $Cu_2 = +0,32$ В) провокує активні умови переходу матеріалу від анода – допоміжного електрода до катода – зразком з вуглецевої сталі (-0,44 В). Трибологічні параметри сталі 20 по склу в розчині ПЕГ400 з мідним допоміжним електродом показано на рис. 6. Механізм активного переносу матеріалу допоміжного електрода характеризується різницею електродних потенціалів міді і сталі, а також спрямованим впливом струму на частотах від 1000 Гц до 10000 Гц.

Хімічний аналіз поверхні тертя сталі 20 вказує на вміст міді на ділянках ФПК в кількості більше 25%. Поступове насичення супроводжувалося

утворенням тонких ділянок міді. Режим активної роботи супроводжується зниженням коефіцієнта тертя до 0,05, при цьому підвищується утворення міцел в зоні тертя.

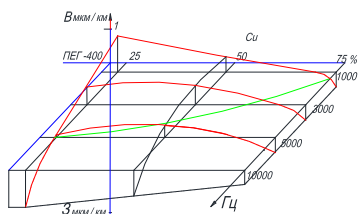


Рис. 6. Трибологічні параметри сталі 20 по склу з допоміжним мідним електродом.

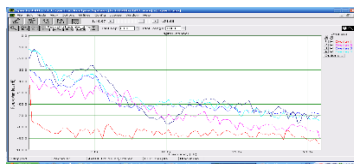


Рис. 7. Частотна характеристика пари сталь 20-скло з мідним допоміжним електродом.

Висновки. Трибоелектрохімічні дослідження з використанням міді як допоміжного електрода дозволяє зробити висновок про вільне її переміщення в електроліті ПЕГ-400. Чим менше його концентрація, тим більше елемента осідає на катод-зразок. Найбільш потужне осадження проходить при низьких частотах і з найменшою концентрації ПЕГ-400 – до 25% в воді.

Параметри частотного сигналу характеризуються активною вібрацією на низьких частотах з більш менш рівномірною густиною при зміні частоти електричного сигналу.

При взаємодії сталі і латуні по скляному контр-тілу для зниження трибологічних навантажень на поверхню тертя необхідно:

- створити енергетичні умови, при яких знижується швидкість утворення і зростання трибологічних плівок, особливо по товщині;
- поверхню тертя забезпечити тонкими еластичними трибологічними плівками;
- використовувати поверхнево-активну рідину з хорошими адгезійними властивостями до поверхонь тертя і когезійно створеної структури плівки.

Процеси механічного перемішування поверхнево-активної рідини сприяють утворенню міцел, в результаті в системі тертя «метал – поверхнево-активна рідина – метал» під дією механічної енергії формуються міцели-асоціати характерної будови, що складаються з десятків дифільних молекул, які мають довголанцюгові гідрофобні радикали і полярні гідрофільні групи, зовнішній вигляд яких може комутуватися в щільні шари.

Список літератури

1. Спосіб оцінки енергоінформаційного стану рідинно-фазних вуглецевих матеріалів у магнітному полі та дослідження робочих поверхонь тертя в постійному рівномірному та нерівномірному магнітному полі (пат. № 36600, Україна).