

електроліту. У технології МДО широко використовуються електроліти на основі водних розчинів луги (KOH) та рідкого скла ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ). Однак до теперішнього часу не сформовані для практики рекомендації щодо оптимізації складу електроліту, що забезпечує необхідну товщину, фазовий склад і властивості покриттів.

Базовим матеріалом, який використовується при МДО обробці, є алюміній і сплави на його основі, для яких МДО дозволяє досягти найбільш високі функціональні властивості. Дослідження покриттів на чистому алюмінії показали, що зміна складу електроліту дає змогу суттєво впливати на товщину МДО-покриття. Це вказує на те, що компоненти електроліту беруть участь у формуванні покриттів. Склад електроліту забезпечує різний фазовий склад покриття. Збільшення в електроліті вмісту рідкого скла сприяє утворенню алюмосилікатної фази у вигляді муліту  $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ .

Твердість покриття визначається фазовим складом: максимальна твердість досліджуваного покриття досягається при фазовому складі  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  і  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ . Показано, що варіюючи складом електроліту можна забезпечувати різну товщину покриття.

**УДК 629-02.09**

## **АНАЛІЗ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПЛУНЖЕРНИХ ПАР ПАЛИВНИХ НАСОСІВ ВИСОКОГО ТИСКУ**

### **ANALYSIS OF OPERATION OF PLUNGER PAIRS OF HIGH PRESSURE FUEL PUMPS**

***А.С. Рожковий, доктор технічних наук О.І. Тришевський**  
Державний біотехнологічний університет (м. Харків)*

***A.S. Rozhovi, O.Y. Trishevskiy, Doctor of Technical Sciences**  
State Biotechnological University (Kharkiv)*

Плунжерні пари експлуатуються в умовах підвищеного тиску робочого середовища, високої її швидкості протікання, а також наявності механічних домішок у переміщуваних середовищах.

Основним фактором, яке викликає зношування елементів плунжерної пари, є наявність механічних домішок у паливі, що перекачується. Детальне вивчення складу дизельного палива показало, що 90% забруднення складається із кварцу й оксидів металів ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZnO}$  тощо). Як відомо мікротвердість таких включень дуже висока й становить для кварцу  $10300 \div 11000$  МПа, для оксиду алюмінію  $10000 \div 12000$  МПа [1]. Для порівняння, мікротвердість робочих поверхонь плунжерних пар ПНВТ коливається в межах  $9000 \div 10500$  МПа. Порівнюючи ці дані, стає очевидною причина абразивного зношування контактних поверхонь.

Слід зазначити, що в процесі експлуатації плунжерних пар відбувається абразивне стирання робочих поверхонь внаслідок влучення твердих часток у робочий зазор між поршнем і втулкою й гідроабразивне зношування, викликане впливом часток домішки палива при їхньому швидкісному русі щодо робочих поверхонь.

Гідроабразивне зношування викликане спільною дією палива й твердих часток, що перебувають у ньому. Механізм зношування полягає в зрізанні мікрошарів, вимивання порушених шарів матеріалу й впровадження рідини в дефектні осередки на поверхні деталі.

Абразивне зношування має місце в тому випадку, коли розмір твердих часток у паливі, що перекачується, перевищує зазор у плунжерній парі. У цьому випадку частки не тільки виступають у ролі різців, що зрізують стружку з робочих поверхонь, але можуть і перекочуватися в зазорі між поршнем і втулкою тим самим пластично-деформуючі робочі поверхні плунжерної пари. При цьому відзначемо, що більшою мірою абразивному зношуванню, як правило зазнають поверхні, що сполучаються, а гідроабразивному зношуванню тільки ділянки, які стикаються з паливом, що рухається.

Особливість зношування плунжерних пар проявляється в утворенні зон підвищеного зношування, що одержали назву місцевих зносів, які не охоплюють усю поверхню плунжерної пари. Так, у гільзи найбільше зношування спостерігається вище впускного й нижче пропускного вікна, а в плунжера в зонах безпосередньо у впускного вікна й у відсічної крайки.

Розташування цих зон зношування не випадкове й пояснюється найбільш інтенсивним протіканням палива в моменти нагнітання й перетікання його в кінцевому моменті нагнітання.

Найбільшому зношуванню зазнає частина плунжера, яка примикає до впускного вікна гільзи. Величина зношування безпосередньо у крайки досягає  $30\div 35$  мкм, а на відстані 1 мм від крайки  $20\div 25$  мкм. По ширині зношування досягає 7,5 мм по окружності плунжера симетрично щодо впускного вікна, а по довжині зношування досягає  $9\div 10$  мм від верхньої крайки.

Особливістю виникнення місцевих зносів можна назвати утворення западин, які збільшуються по глибині до крайок у плунжера і у гільзи. Це свідчить про наявність процесу гідроабразивного зношування.

Необхідно відзначити, що за інших рівних умов швидкість зношування плунжерної пари ПНВТ зростає при збільшенні протікання палива через зазори.

Представлений механізм зношування плунжерної пари ПНВТ пояснює всі розглянуті вище особливості зношування.

Однак, до всього вищесказаного необхідно додати, що крім абразивних часток, які виявляють негативний вплив на довговічність плунжерної пари в паливі ще перебуває вода, присутність якої сприяє утворенню електролітів водорозчинних кислот, які викликають активну корозію сталевих деталей [2].

Підводячи підсумки сказаному видно, що зношування деталей носить складний гідроабразивний характер. По статистиці плунжер зношується в 1,5-2 рази більше, ніж втулка, і величина його зношування не перевищує 40 мкм.

Таким чином, технологія відновлення плунжерних пар ПНВТ повинна

забезпечувати одержання поверхневого шару з високою корозійною стійкістю, товщиною не менше 40 мкм і мікротвердістю не менше 12000 МПа, щоб перевершити мікротвердість домішок палива.

[1] Погорелов В.О. Дослідження технічного стану плунжерних пар паливних насосів високого тиску / Погорелов В.О. Матеріали науково-практичної конференції. ДДАЕУ. Дніпро. 2021. 32 – 34 с.

[2] Анісімов В. Ф. Шляхи і методи підвищення довговічності і надійності роботи паливної апаратури автотракторних двигунів / Анісімов В. Ф., Музичук В. І., П'ясецький А. А., Рябошапка В. Б. Вінниця: ВНАУ, 2012. 142 с.

**УДК 629.02**

## **ОСНОВНІ ДЕФЕКТИ ШЛІЦЕВИХ ДЕТАЛЕЙ КАРДАННИХ ПЕРЕДАЧ**

### **MAIN DEFECTS OF SPLINED PARTS OF CARDAN GEARS**

***О.Я. Гребенніков, доктор технічних наук О.І. Тришевський**  
Державний біотехнологічний університет (м. Харків)*

***O.Ya. Hrebennikov, O.Y. Trishevskiy, Doctor of Technical Sciences**  
State Biotechnological University (Kharkiv)*

Карданні передачі автомобілів і більшості марок тракторів і сільськогосподарських машин являють собою порожній шліцьовий вал з вилкою і шліцьову втулку.

Залежно від конструкції і призначення транспортного засобу на них може встановлюватися від однієї до п'яти карданних передач. Карданні передачі мають дуже тривалу історію використання і, це говорить про те, що більш досконалої і доступної в технічному плані системи в даний період немає. Перевагою цієї передачі є те, що великий поверхневий шліцьовий контакт втулки який сполучається з валом і, з можливістю рівномірного розподілу навантаження і точного взаємного центрування забезпечує значні конструктивні переваги перед іншими з погляду компонування, полегшення і надійності привода.

При роботі зміна положення осей передачі здійснюється за рахунок карданного шарніра 1, а довжина шліцьового зчеплення змінюється ходом ковзного шліцьового валу 2 у шліцьовій втулці 3 чим і забезпечується жорсткість і сталість сполучення в русі.

Дефектний стан деталей карданних передач обумовлюється значними напругами контакту і вигину. Поряд з ними нерівномірне зношування по довжині шліца викликається зміною місця сполучення деталей.

При тривалій експлуатації в сполученні і профілі шліців, ці дефекти мають тенденцію до постійного наростання. І в якийсь період виникають перекося, що змінюють просторове розташування елементів конструкції і у підсумку до відмов і ушкоджень.

У цілому, усі види напруг і просторового розташування шліцьових деталей