

Лебедев // Актуальні проблеми науково-технічного прогресу в АПК: збірка наукових статей по матеріалах V Міжнародної науково-практичної конференції. - Ставрополь: АГРУС, 2010. - С. 150-154.

*Повышение долговечности топливных насосов высокого давления путем нанесения покрытия и их модернизации С.М. Бурик, С.М. Воробйов, А.П. Галеева, Д. Д. Марченко*

*В статье приведены результаты исследования долговечности распределительных ТНВД из имеющегося ремонтного фонда. Теоретически и экспериментально обоснована способ восстановления работоспособности ТНВД модернизации и нанесения покрытий для продолжения их ресурса.*

*Increased durability of the fuel injection pump by coating and modernization S.M. Burik, S.M. Vorobyov, A.P. Galeeva, D.D. Marchenko*

*The article presents the results of a study of the durability of the existing distribution pump repair fund. Theoretically and experimentally substantiated method of restoring pump efficiency upgrades and application of coatings to extend their life.*

**УДК 621.793.1**

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЙ  
НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТІВ НА ДЕТАЛІ МАШИН З  
МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ НАДІЙНОСТІ**

***В.О. Дейнега, студент групи ЗМ 6/1 маг***

***Д.С. Ужва, студент групи ЗМ 6/1 маг***

***Д.Д. Марченко, кандидат технічних наук, асистент***

***Миколаївський національний аграрний університет***

*В статті запропоновані комбіновані технології, що включають відновлення робочих поверхонь, МДО, як зміцнюючу обробку, і технологічні прийоми, що дозволяють підвищити довговічність рухливих з'єднань і деталей машин з покриттями, мають істотне значення для різних галузей машинобудування.*

**Ключові слова:** покриття, деталі, зміцнення поверхонь, антифрикційні властивості

Надійність роботи машин і механізмів визначається в першу чергу якісним станом робочих поверхонь деталей, що входять, цілеспрямовано формуються на фінішних операціях технологічних процесів (геометрична точність, макро - і мікрогеометрія, фізико-механічні властивості матеріалу, напружено-деформований стан поверхневого шару). Створення на робочих поверхнях композиційних покриттів на металевій матриці дозволяє успішно вирішити завдання створення поверхонь тертя з певним комплексом необхідних експлуатаційних параметрів по надійності, зносостійкості, контактній витривалості і втомній міцності, а застосування тонких покриттів є дуже перспективним напрямом, що відкриває широкі можливості управління фізико-механічними властивостями контактуючих поверхонь.

В зв'язку з цим важливими і актуальними для технології машинобудування являються вдосконалення відомих і розробка нових, науково обґрунтованих, технічно доступних і економічно доцільних технологічних процесів обробки робочих поверхонь деталей для підвищення їх експлуатаційних характеристик. Незважаючи на успіхи в цих областях низька важливих теоретичних і практичних запитань не знайшла своє віддзеркалення в технологічних процесах отримання біметалічних шарів і композиційних покриттів.

Завдання визначення оптимальної товщини покриття і тисків в зоні контакту вирішується з наступних передумов:

- твердість основи в 2...3 рази перевищує твердість покриття;
- контакт твердих тіл при малих навантаженнях визначається шорсткістю поверхонь (радіусом виступів  $r$ , максимальною величиною мікронерівностей  $R_{max}$ ), завтовшки покриття  $\Delta$ , завглибшки впровадження мікронерівностей  $h_s$ , при цьому вводяться обмеження: відносне проникнення  $h_s/\Delta < 1$ , відносне впровадження  $h_s/r \ll 1$ , відносний радіус мікронерівностей по відношенню до товщини покриття  $r/\Delta < 40$ ;
- фізико-механічні властивості покриття по товщині однакові;

- впровадження максимальних виступів за межі середньої лінії профілю приймається критичним;

- тиск в області контакту мікровиступів з покриттям залежно від глибини впровадження визначається наступними співвідношеннями:  $p_{rk} = 3,4\sigma_m$ ,  $p_{rp} = 0,5(p_{rk} + p_{rp \max})$ , де  $p_{rk}$  и  $p_{rp}$  - відповідно тиску менше і більше критичного значення;  $p_{rp \max}$  - тиск, що створюється найбільшою мікронерівністю.

На рис. 1 представлені результати розрахунків і експериментальних досліджень кривих "напруження - деформація" для мідьвмісних покриттів приповерхневих шарів залежно від концентрації компонентів (розрахунок проводився на ЕОМ).

Аналіз моделі показав можливість оптимізації фізико-механічних властивостей біметалічного шару за рахунок зміни концентрації різних добавок в основному складі спецрідини.

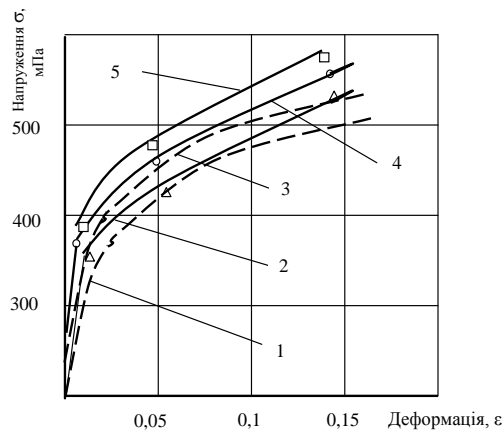


Рис. 1. Залежність «напруження - деформація» для двоконцентного приповерхневого шару мідьвмісного покриття при різній концентрації компонентів (одноосне розтягнення):

- 1 - розрахункова крива при  $c_1 = 98\%$ ,  $c_2 = 2\%$ ; 2 - експериментальна крива;
- 3 - теоретична крива; 4 - експериментальна крива при  $c_1 = 75\%$ ,  $c_2 = 25\%$ ;
- 5 - експериментальна крива (срібне покриття)

Основний напружено-деформований стан поверхневого шару формується на першому переході. На першому переході, при попередній

зміцнюючій обробці відбуваються зміцнення поверхні (перехід "а"), процес активізації поверхні і формування в поверхневому шарі сприятливої залишкової напруги, яка чинить істотний вплив на експлуатаційні властивості робочих поверхонь.

Модель напружено-деформованого стану поверхні деталі дозволяє оптимізувати механічні властивості поверхневого шару основи. Рішення задачі про напружено-деформований стан поверхневого шару розглядалося на прикладі впровадження сферичного індентора в напівпростір пружнопластичності, в припущенні, що дотична напруга, діюча на майданчику контакту, паралельна координатним площинам і дорівнюють нулю, при цьому нормальна напруга в контакті є головною (рішення зводиться до плоского завдання).

При рішенні задачі про напружено-деформований стан поверхневого шару основи використовувалися: принцип незалежності дії сил, основні закономірності механіки суцільних середовищ і принцип прямої нормалі. Повна деформація в зоні контакту представлена у вигляді лінійної залежності від глибини її поширення  $\varepsilon_n = e_n + d_n z$ . Застосовуючи теорію течії, приріст повної деформації складався як сума приростів пружної і пластичної деформацій  $\Delta\varepsilon = \Delta\varepsilon^e + \Delta\varepsilon^p$ . На підставі вищесказаного, отримана залежність для визначення напруги в поверхневому шарі на n-му кроці вантаження :

$$\sigma_n = \frac{E_n}{(1-\mu)} \left\{ C_n + d_n z - \frac{1}{2} \sum_{j=1}^{n-1} \left[ \text{sign}(\sigma_j) \Delta\varepsilon_{i(j)}^p \right] - 0,5 \text{sign}(\sigma_n) \Delta\varepsilon_{i(j)}^p \right\}.$$

З умов рівноваги напруги на оброблюваній поверхні

$$\int_0^h \sigma(z) dz = 0, \quad \int_0^h \sigma(z) z dz = 0,$$

визначаємо значення  $C_n$  і  $d_n$ .

Розподіл залишкової напруги показаний на рис. 2, з якого видно, що розрахункові епюри якісно відповідають експериментальним кривим, а максимум напруги розташований у поверхні.

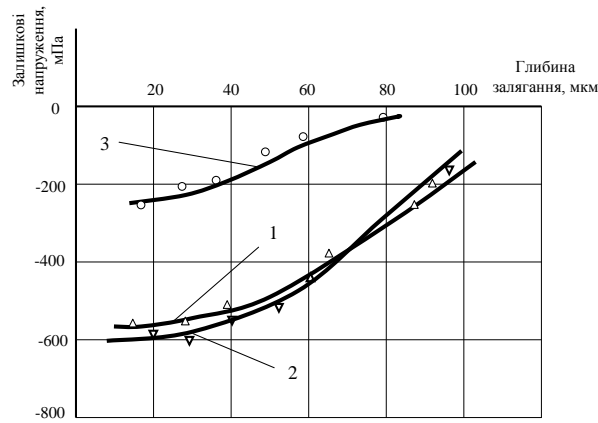


Рис. 2. Епюри залишкових напружень, розраховані з використанням програмного комплексу ANSYS для інструментів:  
 1 - ролик (зосереджене навантаження) - один прохід;  
 2 - ролик (зосереджене навантаження) - три проходи;  
 3 - щітка (розподілене навантаження)

Запропонована методика розрахунку залишкової напруги з використанням програми ANSYS дозволяє визначити параметри і динаміку формування напружено-деформованого стану біметалічного матеріалу після зміцнюючої обробки.

Утворення і збільшення кількості нерозчинних продуктів корозії під покриттям призводить до виникнення розтягуючої напруги в стінках опуклості (рис. 3), що утворюється.

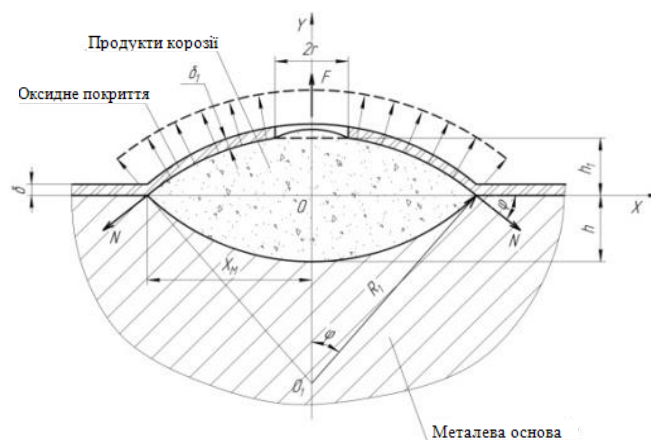


Рис. 3. Схема виникнення опуклості на оксидному покритті під впливом тиску продуктів корозії металевої основи

Рівнодійна сила  $F$  тиску  $P$  урівноважується реакцією  $N$  в контурі загальної зони контакту радіусу  $x_m$ . Коли зусилля  $N$  створюють напругу, що перевищує межу міцності матеріалу покриття, відбувається його руйнування. Як показано в роботі, умову руйнування покриття можна записати у виді:

$$p \geq \frac{\sigma \delta}{R_1},$$

де  $\sigma$  - межа міцності покриття, Па;

$\delta_1$  - товщина стінки опуклості, що утворилася, м;

$R_1$  - радіус опуклості, м.

Теоретичні і експериментальні дослідження дозволили встановити, що корозійна стійкість виробів з алюмінієвих сплавів із захисними покриттями, сформованими МДО, залежатиме від наскрізної пористості останніх. Розміри пір коливаються від 2 до 6 мкм. Руйнування покриття відбувається в місцях його відриву в зоні одиничної пори при висоті «меніска» більше 76...80 мкм і діаметрі від 1,3 до 1,8 мм. Розбіжність розрахункових і експериментальних даних склала не більше 5%.

Показано, що пористість покриття 14...15% збільшує здатність навантаження рухливого з'єднання «сталь - покриття, сформоване МДО» в 1,3 рази, наповнення пір покриття олією веретенним АУ - в 1,8 рази, а фрикційно-механічне нанесення на його поверхню мідного шару - в 2,8 рази.

Дослідженнями встановлено, що наявність в відхиленнях показників твердості і міцності пов'язані зі структурою. Так при мінімальній кількості графіту (< 8%) та наявності цементиту (> 4%), появи нагромаджень неметалевих включень коерцитивна сила зростає > 19 А/см та перевищує вимоги ТУ по твердості (> 269 НВ). Наявність пор та появи фериту знижують твердість (< 217НВ) і цим показникам відповідає коерцитивна сила на рівні < 15,9 А/см.

## Література

1. Коломійченко, А.В. Дослідження міцності зчеплення мідного шару з поверхнею МДО-покриття [Текст]/А.В. Коломійченко, Н.В. Тітов // Збірка мат. міжнародній науково-практичній конференції «Наукові дослідження і їх практичне застосування. Сучасний стан і шляхи розвитку 2010». - Одеса: Видавництво Черномор, 2010.-С.48-50.
2. Коломійченко А.В. Зміцнення мікродуговим оксидуванням деталей з алюмінієвих сплавів, відновлених наплавленням [Текст] / А.В. Коломійченко // Simpozion stiintific jubiliar cu participare internationala. "Lucrari stiintifice" .- Universitatea Agrara de Stat din Moldova, FMAA, Chisinau, 2000.-С.229-232.
3. Пат. 2147323 Російська Федерація, 3 25 D 11/06. Електроліт для мікродугового анодування алюмінію і його сплавів [Текст] / Ю. А. Кузнєцов, А. В. Коломійченко, В. Н. Хромов [та ін.]. - № 99110977/02; заявл. 17.05.1999 ; опубл. 10.04.2000 Бюл. № 10. - 6 с.

*Исследования и разработка технологий нанесений покрытий на детали машин с целью повышения их надежности В.О. Дейнега, Д.С. Ужва, Д.Д. Марченко*

*В статье предложены комбинированные технологии, включающие восстановление рабочих поверхностей, МГО, как упрочняющую обработку, и технологические приемы, позволяющие повысить долговечность подвижных соединений и деталей машин с покрытиями, имеющих существенное значение для различных отраслей машиностроения.*

*Research and development of technology for coating machine parts in order to improve their reliability V.O. Deynega, D.S. Uzhva, D.D. Marchenko*

*In the article, combined technologies, including the restoration of working surfaces, the IHO as hardening treatment and processing methods that improve the durability of mobile connections and machine parts with coatings that are essential for the various branches of engineering.*