

Шепеленко І.В., професор кафедри  
експлуатації та ремонту машин, д.т.н., проф.  
Красота А.М., аспірант

*Центральноукраїнський національний технічний університет*

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ФАБО ДЛЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ

Постановка проблеми. Фінішна антифрикційна безабразивна обробка (ФАБО) є перспективним методом обробки поверхонь автомобільних деталей.

ФАБО дозволяє вирішувати дві ключові задачі:

- зменшення тертя між контактуючими поверхнями деталей, що призводить до підвищення ефективності роботи вузлів та агрегатів автомобіля;
- підвищення зносостійкості поверхонь деталей, що збільшує їх довговічність та надійність.

На сьогоднішній день всі провідні автовиробники прагнуть підвищити експлуатаційні характеристики своєї продукції, зокрема, шляхом оптимізації триботехнічних властивостей контактуючих поверхонь. Однак, при цьому виникають специфічні проблеми, пов'язані з обмеженнями можливостей традиційних методів обробки поверхонь. Зокрема, механічна та абразивна обробка часто призводять до небажаних змін у структурі поверхневого шару, що може негативно впливати на експлуатаційні характеристики деталей. Багато в чому ці проблеми і визначають необхідність пошуку та впровадження нових методів обробки поверхонь, таких як ФАБО.

Традиційні методи обробки поверхонь, такі як механічна, хіміко-термічна та абразивна, часто не забезпечують бажаного рівня зниження тертя та підвищення зносостійкості. Більше того, ці методи можуть призводити до небажаної деформації та пошкодження поверхневого шару, що негативно впливає на експлуатаційні характеристики деталей. Зокрема, абразивна обробка, хоча і забезпечує високу якість поверхні, може створювати мікронерівності, які в подальшому стають осередками підвищеного зносу.

Недостатнє застосування сучасних методів обробки поверхонь, включаючи ФАБО, неминуче призводить до підвищеного зносу деталей, зниження ККД механізмів, збільшення витрат палива, а також до підвищення рівня шуму та вібрацій під час роботи автомобіля.

Для підвищення ефективності застосування ФАБО та розширення сфер її використання в автомобільній промисловості слід приділяти особливу увагу дослідженню механізмів формування антифрикційних покриттів, оптимізації технологічних параметрів процесу та розробці нових матеріалів для ФАБО. [5]

Результати дослідження. З аналізу наукових джерел інформації встановлено, що сутність ФАБО полягає в тому, що поверхню тертя деталей покривають тонким шаром латуні, міді або бронзи. Антифрикційне покриття наносять шляхом тертя латунного, мідного або бронзового прутка (інструменту) по поверхні заготовки, змащуючи при цьому поверхню тертя технологічною рідиною. При терті матеріал прутка (інструменту) переноситься на поверхню заготовки, внаслідок чого вона набуває високих антифрикційних властивостей. [3]

Значною перевагою фінішної антифрикційної безабразивної обробки (ФАБО) порівняно з іншими операціями обробки є те, що цей метод досить простий і не потребує складного обладнання. [6]

ФАБО включає ряд методів, які можна застосувати для покращення характеристик автомобільних деталей:

- фрикційне латунювання;
- міднення тертям;
- бронзування поверхонь;
- нанесення полімерних покриттів методом тертя.

Матеріал робочого елемента при ФАБО наноситься на поверхню, може бути виготовлений у вигляді прутка, ролика та дроту [1].

Серед методів ФАБО найбільшого розповсюдження отримали технології фрикційного латунювання.

Фрикційне латунювання - це процес переносу латуні на поверхню деталі, що обробляється, під впливом сил тертя. Латунне покриття отримують шляхом тертя латунного прутка (інструмента) по поверхні деталі, змащуючи при цьому контактну поверхню гліцерином чи іншою спеціальною рідиною.

Як приклад застосування ФАБО на автомобільних деталях можливо привести технологію нанесення латуні на поверхню гільзи циліндрів. В результаті такої обробки при функціонуванні двигуна відбувається зворотно-поступальний рух поршня з кільцями, при цьому рухаючись по поверхні гільзи, під дією пластичного деформування знімається шар кольорового металу (мідь, олово, латунь і ін.) з канавок і наноситься по всій поверхні гільзи між нижньою та верхньою мертвими точками, що призводить до утворення на робочій поверхні тертя гільзи антифрикційної плівки, яка знижує коефіцієнт тертя поршневих кілець при контакті із стінкою гільзи циліндра [4].

Однією з ключових особливостей ФАБО є можливість оптимізації мікрогеометрії поверхні без застосування абразивних матеріалів. На відміну від традиційних методів механічної обробки, ФАБО не

приводить до утворення мікроподряпин, які могли б стати осередками підвищеного зносу. Це досягається завдяки безабразивному характеру процесу, що також мінімізує ризик механічного пошкодження деталей під час обробки. Така особливість робить ФАБО особливо привабливим методом для обробки високоточних та відповідальних компонентів автомобілів [7].

Використовуючи ФАБО можливо досягати багатоцільового результату. Зокрема, для поліпшення поверхні деталі найчастіше застосовують функціонально градієнтні, зокрема композиційні та шаруваті, покриття з надтонкими компонентами нано- чи мікроструктури. Прикладом такого мультифункціонального зміцнення є почергове міднення, нікелювання та хромування деталі. Тут кожний шар покриття виконує специфічну функцію:

- внутрішній шар із міді забезпечує добре зчеплення покриття з крицевою основою та катодний захист від корозії;

- проміжний шар із нікелю формує суцільну компоненту гладкого покриття, міцнішу за мідну;

- зовнішній шар із хрому є найбільш корозійностійким за рахунок швидкої пасивації з утворенням оксидної плівки; висока твердість і малий коефіцієнт тертя забезпечують високу зносостійкість покриття, а інколи важливою є і декоративна функція хрому [2].

Технології ФАБО часто виконуються із застосуванням технологічних середовищ різного хімічного складу, які дозволяють активувати процес нанесення покриттів, а також поліпшити їх властивості за рахунок легування або утворення антифрикційних плівок в зоні тертя.

В процесі обробки поверхонь методами ФАБО в середовищі гліцерину відбувається дифузійне проникнення нових легувальних елементів на поверхню, які також переходять у мастило. Тоді, поверхневий шар латуні стає мідним, і в ньому утворюється більше вакансій, деякі з яких об'єднуються, утворюючи пори, які заповнюються молекулами. Оскільки гліцерин є розкладником оксидів міді, такі оксиди не утворюються на поверхні тертя. Мідна плівка дуже активна і здатна зчеплюватися зі сталеву поверхню, тому сталеву поверхню покривається тонкою мідною плівкою. У міру того, як мідний шар стає тоншим, легувальні елементи латуні починають розчинятися. Цей процес триває доти, доки на поверхневих шарах латуні та сталі не утвориться мідна плівка товщиною 1-2 мкм [7].

Важливою перевагою ФАБО є здатність формувати спеціальні антифрикційні та композитні поверхневі шари з унікальними триботехнічними властивостями. Ці шари важко або навіть неможливо отримати іншими методами обробки, що відкриває нові можливості для покращення експлуатаційних характеристик автомобільних деталей. Завдяки формуванню таких оптимізованих поверхневих шарів, ФАБО сприяє значному підвищенню зносостійкості деталей, що в свою чергу збільшує їх ресурс та надійність.

З екологічної точки зору, ФАБО має перевагу перед багатьма іншими методами обробки поверхонь. На відміну від електрохімічної обробки та інших процесів, які часто вимагають використання агресивних хімічних речовин, ФАБО є більш екологічно чистим процесом. Це робить його застосування особливо актуальним в контексті зростаючих вимог до захисту навколишнього середовища у виробничих процесах.

Економічна привабливість ФАБО також заслуговує на увагу. Процес часто може бути інтегрований у існуючі виробничі лінії з мінімальними змінами в технологічному процесі, що робить його впровадження економічно ефективним, особливо для великосерійного виробництва. Крім того, універсальність застосування ФАБО дозволяє використовувати цей метод для широкого спектру матеріалів та типів деталей, що робить його потужним інструментом для покращення характеристик різноманітних автомобільних компонентів.

**Висновки.** Таким чином, сукупність переваг робить методи ФАБО перспективним напрямком у галузі обробки поверхонь. Особливо це актуально для автомобільної промисловості, де вимоги до якості, надійності та ефективності компонентів постійно зростають, а необхідність відповідати стандартам стає більш нагальною.

#### **Література**

1. Дідур В.А., Мушкевич О.І. Технологія фрикційнолатунювання переривчастої поверхні золотника гідророзподільника. Праці ТДАТУ. т.4 № 15. С. 3-10.
2. Шацький І.П., Маковійчук М.В., Роп'як Л. Я. Рівновага шаруватого Cu/Ni/Cr-покриття під локальним навантаженням. Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології 2023, т. 21, № 2, С. 379–389.
3. Косіюк М.М., С.А. Костюк, М.А. Костюк. Технологічне забезпечення нанесення антифрикційного покриття на неповні сферичні поверхні фрикційно-механічним способом. Вісник Хмельницького національного університету. 2018. т. 4. № 268. С. 39-43.
4. Паніна В.В., Дашивець Г.І., Підвищення зносостійкості гільз циліндрів двигунів. Праці ТДАТУ. Т.1 № 4. С. 115-119.
5. Шепеленко І. В. Наукові основи технології нанесення антифрикційних покриттів з використанням пластичного деформування: автореф. дис. док. техн. наук : 05.02.08 / Шепеленко Ігор Віталійович ; Київ нац. техн. ун-т. Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського — Київ, 2021. — 45 с.
6. K. Tiškevičius, J. Padgurskas, I. Prosyčevas. Investigation of Non-abrasive Antifrictional Surface Finishing MATERIALS SCIENCE (MEDŽIAGOTYRA). Vol. 9, No. 1. 2003. P. 62-67.
7. P. Louda. Applications of thin coatings in automotive industry. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering Vol. 24, No. 1. September 2007. P. 51-56.