

УДК 621. 793

Діана Глушкова¹, д.т.н., проф.; Володимир Большаков², д.т.н., проф., Валерій Лазарюк³, к.т.н., доц.

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

²Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, Україна

³Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

СТАЛЕМОЛІБДЕНОВЕ ПОКРИТТЯ, НАНЕСЕНЕ ГАЗОТЕРМІЧНИМ СПОСОБОМ

Анотація. Досліджене покриття, нанесене на поршневі кільця з високоміцного чавуну, забезпечує відмінну припрацьовуваність, низьку інтенсивність зношування та малий коефіцієнт тертя.

Ключові слова: покриття, припрацьовуваність, зношування

Diana Hlushkova, Ph.D., Prof.; Volodymyr Bolshakov, Ph.D., Prof.

STEEL-MOLYBDENUM COATING DEPOSITED BY THE GAS-THERMAL METHOD

Annotation. The investigated coating applied to the piston rings made of high-strength cast iron provides excellent conformability, low wear rate, and a low coefficient of friction.

Keywords: coating, workability, wear

Підвищення надійності та довговічності деталей машин є головною проблемою сучасного машинобудування. Відомі технології зміцнення мають недоліки, такі як зміна мікрогеометрії деталей, утворення напружень та екологічні проблеми.

Молібден, обраний як матеріал, має високу жаростійкість, корозійну стійкість, низький коефіцієнт теплового розширення, високу твердість і міцність при підвищених температурах. Це покращує якість покриття.

Метод дводрової металізації створює складну структуру покриття, де частинки сталі та молібдену розподіляються у шари з різною твердістю, що забезпечує високі антифрикційні властивості.

Поршневі кільця з сталєво-молібденовим покриттям групували в двадцять позицій і збирали в пристрої, що імітує втулку робочого циліндра, щоб уникнути розкриття замків. Робочі поверхні кілець мали канавки для покращення адгезії покриття.

Процес нанесення покриття включав попереднє очищення, дробеструйну обробку та напилення. Дробеструйна обробка збільшувала шорсткість основи, покращуючи адгезію покриття.

Молібденовий і сталевий дріт подавали з певною швидкістю. Покриття наносили електродуговим напиленням при температурі 150°C і товщині 0,8 мм. Після механічної обробки товщина покриття на готовому кільці становила $0,5 \pm 0,1$ мм.

Структуру сталєво-молібденового покриття досліджували за допомогою металографічного мікроскопа зі збільшенням 100-300 разів. Мікроструктура покриття типова для газотермічних шаруватих покриттів з рівномірно розташованими порами.

Промислове травлення зразків проводили реактивом Муракама, який виявляє структуру молібдену та інших тугоплавких матеріалів. Після травлення структура покриття складається з темних (молібден) і світлих (сталь) ділянок. Великодисперсна складова молібдену з'являється при більшому збільшенні через високі швидкості кристалізації в процесі нанесення. Крім основних фаз, в покритті є інші структурні компоненти, що утворюються від взаємодії матеріалів з киснем і азотом під час

плазмового напилення. Розмір пор покриття становить 5-10 мкм, що оптимально для поршневих кілець при значних силових і температурних навантаженнях. Пористість до 12% забезпечує підвищену витрату масла, що покращує припрацювання і роботу групи поршневих кілець.

Контроль міцності зчеплення покриття з підкладкою здійснювався на спеціальному приладі шляхом скручування групи кілець до моменту відшарування покриття при куті не менше 35°, що свідчить про задовільну адгезію. Вимірювання мікротвердості показало значення Н 550-590 для молібдену і Н 460-560 для сталі. Після випробувань на зношувальність мікротвердість молібдену підвищилася до Н 720-760, а сталі до Н 520-580.

Випробування антифрикційних властивостей показали, що сталєво-молібденове покриття не має адгезії до чавунної гільзи і забезпечує низький коефіцієнт тертя при високих навантаженнях. Зразки хромованих кілець витримували менші навантаження в жорстких умовах. У порівнянні з хромованими кільцями, сталєво-молібденове покриття має вищу стійкість до корозії та кращі антифрикційні характеристики. Випробування на довговічність показали, що сталєво-молібденове покриття є більш зносостійким і має менший коефіцієнт тертя.

Гістограми інтенсивності зношування за масою диска (вкладиша) і колодки (кільця) (рис.1) показують, що сталєво-молібденове покриття більш зносостійке, ніж електролітично хромоване. Аналіз результатів свідчить про кращу оброблюваність і меншу швидкість зношування сталєво-молібденових поршневих кілець, що підтверджує їхні хороші антифрикційні властивості.

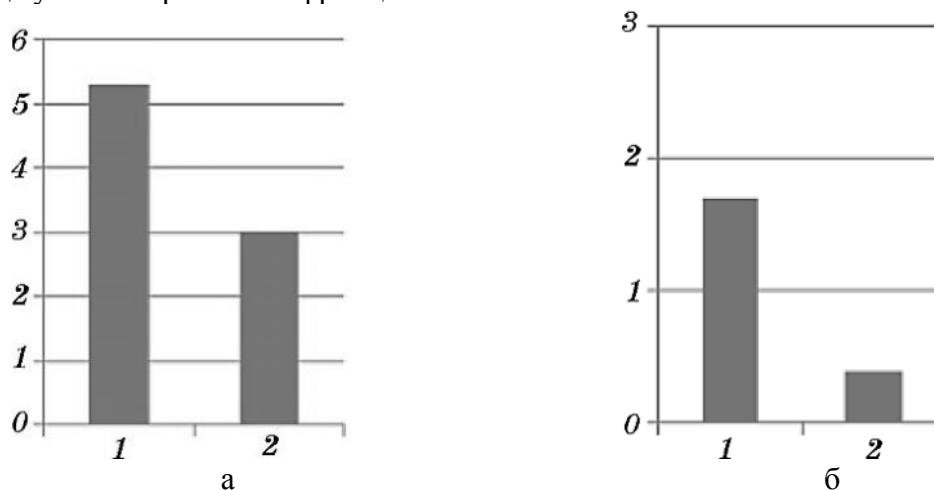


Рис. 1 – Гістограма інтенсивності зношуваності за масою колодок (кільця) (а) і диска (втулок) (б); 1—хромоване покриття; 2—сталемолібденове покриття.

На основі проведених досліджень можна зробити висновок про переваги сталєво-молібденового покриття поршневих кілець у порівнянні з хромованими. Структурний аналіз показав, що це покриття має гетерофазну структуру з рівномірно розташованими порами, що сприяє підвищеній витраті масла й позитивно впливає на процес припрацювання робочої пари. Крім того, сталєво-молібденове покриття демонструє менший коефіцієнт тертя на 20%, а також виявляється більш зносостійким, адже швидкість його зношування вдвічі нижча, ніж у випадку хромованих кілець. Покращена оброблюваність також є перевагою сталєво-молібденового покриття, що дозволяє ефективніше виготовляти та експлуатувати поршневі кільця. Цей комплекс властивостей свідчить про вищу стійкість до корозії та кращі антифрикційні характеристики сталєво-молібденових поршневих кілець у порівнянні з хромованими, роблячи їх більш ефективними у різноманітних умовах використання.