

Галузь, до якої належить корисна модель

Корисна модель належить до галузі металургії та машинобудування і стосується технологій поверхневого зміцнення металевих поверхонь.

Зокрема, корисна модель пропонує спосіб нанесення покриття на поршневі кільця, призначений для використання у двигунобудівній промисловості. Суть способу полягає у зміцненні кілець методом електродугової металізації з використанням двох дротів (хромового та титанового) за спеціально підібраних режимів.

Технічне рішення дозволяє одночасно обробляти декілька кілець, що підвищує продуктивність процесу, та формувати покриття з покращеними захисними, зносостійкими та ерозійностійкими властивостями, що є критичним для деталей, які працюють у жорстких умовах експлуатації.

Рівень техніки

У теперішній час для збільшення зносостійкості і зменшення зношування деталей та елементів машин досягається за рахунок застосування різних покриттів і методів модифікування поверхні.

Відомі різні методи зміцнення поверхні поршневих кілець.

Наприклад, відоме застосування іонного азотування, як описано в роботі [1]. Дослідження підтверджують, що цей метод суттєво підвищує зносостійкість чавуну у всьому діапазоні швидкостей ковзання.

Однак, цей спосіб не завжди забезпечує необхідний комплекс властивостей (зокрема, антифрикційних та корозійної стійкості в агресивних середовищах), що стимулює пошук нових композитних покриттів.

Також відоме нанесення багат шарових наноструктурних покриттів TiN/CrN на установках типу "Булат-6" [2].

Недоліком цього методу є те, що технологія нанесення досить складна: вона передбачає додаткове плазмове нанесення хрому, і лише після цього формується фінальне багат шарове покриття. Ця багатоетапність та складність обладнання обмежує його широке застосування.

Найбільш близьким за технічною суттю та результатом, що досягається, є спосіб нанесення покриття на поршневі кільця методом електродугової металізації, вибраний за аналог [3]. Цей спосіб включає нанесення покриття методом електродугової металізації одночасно на декілька поршневих кілець з використанням двох дротів - з хрому та молібдену. Цей метод, порівняно з іншими, має переваги у продуктивності, екологічності та товщині шару.

Недоліком аналога є те, що хоча хромо-молібденове покриття має високу зносостійкість, воно може мати недостатню жароміцність та корозійну стійкість при роботі у жорстких умовах експлуатації та агресивних середовищах камери згоряння.

Суть корисної моделі

В основу корисної моделі поставлено задачу вдосконалення відомого способу нанесення покриття на поршневі кільця методом електродугової металізації, зокрема способу, що використовує дроти з хрому та молібдену.

Проблема, яка вирішується, полягає в тому, що відоме хромо-молібденове покриття, хоча і перевершує звичайне хромування, не завжди забезпечує достатній рівень жароміцності, корозійної стійкості та адгезії при роботі у жорстких умовах сучасних форсованих двигунів.

Задачею, яку вирішує корисна модель, є подальше підвищення експлуатаційних характеристик зносостійкого покриття, а саме - збільшення його зносостійкості, корозійної стійкості та міцності зчеплення (адгезії) з основою.

Ця задача вирішується шляхом зміни композитного складу покриття, а саме заміною молібденового дроту на титановий, та оптимізацією технологічних режимів (сили струму, напруги та швидкості обертання). Таке рішення дозволяє сформувати новий багатокомпонентний хромо-титановий шар, що забезпечує вищу довговічність поршневих кілець.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі нанесення покриття на поршневі кільця, що включає попередню підготовку поверхні та її подальше покриття методом електродугової металізації, згідно з корисною моделлю, здійснюють наступні операції та режими: попередню підготовку поверхні поршневих кілець проводять методом дробоструминної обробки; нанесення покриття здійснюють методом електродугової металізації одночасно на декілька поршневих кілець з використанням двох дротів, виготовлених один з хрому, інший - з титану; процес напilenня проводять при визначених режимах, а саме: сила струму: 250-400 А, напруга: 40-42 В, тривалість: 45-55 хвилин (залежно від кількості кілець), дроти розміщують на відстані 110-120 мм від точки їх перетину до поверхні, що напilenється, осадження речовин проводять при обертанні кілець зі швидкістю 45-55 об/хв.

Внаслідок застосування такої сукупності ознак формують багатокомпонентний хромо-титановий шар зносостійкого покриття складу 50:50, товщиною 0,6-0,8 мм із заданими технічними характеристиками.

Технічний результат

Технічний результат, на досягнення якого спрямована корисна модель, полягає в отриманні нового композитного покриття з покращеним комплексом експлуатаційних властивостей, що

виражається у:

- значному підвищенні зносостійкості;
- підвищенні корозійної стійкості;
- покращенні адгезійних властивостей (міцності зчеплення) покриття з основою.

Супутнім (додатковим) технічним результатом є підвищення ефективності, продуктивності та екологічності самого процесу нанесення покриття.

Висока ефективність хромо-титанових покриттів пояснюється їхньою унікальною структурою, яка включає:

- оптимальну пористість, що сприяє природному змащуванню поверхонь тертя;
- гетерогенність структури (наявність компонентів з різною твердістю);
- утворення пересичених твердих розчинів під час напилення, здатних до зміцнювального старіння в процесі експлуатації;
- чудові антифрикційні властивості титанової складової.

Опис креслення

Суть корисної моделі пояснюється кресленням, на якому схематично представлена установка для реалізації запропонованого способу.

На фігурі зображено: поршневі кільця 1, титановий дріт 2, хромовий дріт 3, напрямні для подачі електродних дротів 4, напруга («+»; «-») 5, притискні ролики для подачі дротів 6, система подачі стислого повітря 7, багатокомпонентний шар отриманого покриття 8, оправка 9, на яку монтують кільця 1.

Приклад реалізації способу

Запропонований спосіб нанесення покриття реалізують наступним чином.

Етап 1: Підготовка.

Для нанесення покриття використовують стандартне обладнання, зокрема електродуговий металізатор (наприклад ЕМ-14М), закріплений у різцетримачі станка, та хромовий (3) і титановий (2) дроти (наприклад діаметром 1,8 мм). Групу поршневих кілець (1) (наприклад від 15 до 30 шт.) монтують на спеціальну оправку (9). Попередньо робочі поверхні кілець обов'язково очищують методом дробоструминної обробки для забезпечення високої адгезії.

Етап 2: Напилення.

Оправку (9) з кільцями (1) приводять в обертання зі швидкістю 45-55 об/хв. У робочу зону через напрямні (4) та притискні ролики (6) подають два електроди - хромовий (3) та титановий (2) дроти. Між дротами збуджують електричну дугу від джерела живлення (5.1, 5.2). Дроти плавляться, а розплавлений метал миттєво розпилюється та транспортується до деталей потужним струменем стисненого повітря (7).

Етап 3: Формування покриття.

Розплавлені частинки металу, потрапляючи на оброблювану поверхню кілець (1), міцно зчіплюються з нею. Процес напилення проводять при силі струму 250-400 А і напрузі 40-42 В. Відстань від точки перетину дротів до поверхні напилення підтримують у межах 110-120 мм. Загальна тривалість процесу становить 45-55 хвилин (в залежності від кількості кілець). В результаті формується багатокомпонентне хромо-титанове зносостійке покриття (8) складу 50:50, товщиною 0,6-0,8 мм.

Доведення ефективності

Для підтвердження ефективності способу було проведено випробування зносостійкості покриття. Зношування визначали на машині тертя СМЦ-2 за схемою "ролик-колодка". Випробування проводили при швидкостях ковзання 1,3; 2,13 і 4,16 м/с та навантаженні 1,5 МПа. Знос обчислювався як параметр інтенсивності зношування $SI_{\text{h}}\%$.

Результати порівняльних досліджень представлені в Таблиці 1.

Таблиця 1

Порівняння хромового, хромо-молібденового і хромо-титанового покриття за показниками зносу і тертя

Поршневе кільце	Інтенсивність зносу за масою, г/м		Коефіцієнт тертя	Втрати маси після 48 год у соляному тумані, %
	колодки (кільця) $\times 10$	диски (гільзи) $\times 10$		
хромоване	5,4	1,7	0,13	2,1
із хромо-молібденовим покриттям	3,2	0,82	0,11	1,8
із хромо-	1,9	0,38	0,09	1,5

титановим покриттям				
------------------------	--	--	--	--

Аналіз отриманих даних (Таблиця 1) свідчить, що поршневі кільця з хромо-титановим покриттям демонструють значно нижчий рівень зношуваності (зношуваність кільця менша в 2.8 рази, зношуваність контртіла-диска менша в 4.4 рази) порівняно із серійними кільцями, вкритими хромом. Також зафіксовано суттєве зниження коефіцієнта тертя (з 0,13 до 0,09).

Таким чином, покриття на основі хрому та титану, нанесене запропонованим способом, проявляє високі антифрикційні властивості і підвищену зносостійкість, перевершуючи традиційні хромові покриття. Такі покриття вирізняються гарною припрацьованістю.

Крім того, використання титану та хрому забезпечує високу корозійну стійкість.

Додаткові випробування корозійної стійкості покриттів типу Cr–Ti та Cr–Mo проводили в камері соляного туману відповідно до стандарту ISO 9227. Після 48 годин експозиції площа ураження корозією на зразках із хромо-титановим покриттям становила в середньому на 15–20 % менше, ніж на зразках із хромо-молібденовим шаром. Це підтверджує, що Cr–Ti покриття має вищу корозійну стійкість завдяки утворенню більш щільної пасивної оксидної плівки з оксидів титану, які ефективніше перешкоджають проникненню агресивних компонентів середовища.

Хромо-титанове покриття, нанесене в рекомендованих режимах, також характеризується високою адгезійною міцністю.

Корисна модель забезпечує значне підвищення продуктивності та спрощення технологічного процесу, водночас покращуючи його екологічність. Це дозволяє знизити собівартість та продовжити термін служби поршневих кілець.

Представлений метод нанесення покриття на поршневі кільця може бути ефективно використаний у машинобудуванні для створення зносостійких покриттів на різноманітних деталях.

Джерела інформації:

1. Маннапов О.В., Соколов А.Д. Зношування поверхні поршневих кілець після електрофізичних видів обробки // Проблеми тертя та зношування: наук.-техн. зб. - К.: НАУ, 2012. - Вип. 58. - С. 129-140.

2. Мальцев Т.В. Підвищення триботехнічних властивостей поршневих кілець багат шаровим зміцненням наноструктурним покриттям: автореф. дис. на здобуття наукового ступеня канд. техн. наук: 05.02.04. Харків, 2021.

Спосіб одержання покриття на поршневі кільця: пат. 158714 Україна: МПК C23C 4/12 (2016.01), B05B 7/22 (2006.01) / Глушкова Д.Б., Сумінов А.В., Тарельник В.Б.; володілець Харківський національний автомобільно-дорожній університет. - № u202402557; заявл. 13.05.2024; опубл. 12.03.2025, Бюл. № 11. (Аналог)

