**Маннапова Оксана Володимирівна. Підвищення зносостійкості трибосполучення "циліндр-кільце-поршень" форсованих двигунів електрофізичними методами зміцнення поверхні : Дис... канд. наук: 05.02.04 - 2009.**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | **Маннапова О.В. Підвищення зносостійкості трибосполучення «циліндр-кільце-поршнень» форсованих двигунів електрофізичними методами зміцнення поверхні.** **– Рукопис.**  Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.04 – тертя та зношування в машинах. – Національний авіаційний університет, Київ, 2009.  Дисертацію присвячено питанню підвищення зносостійкості трибосполучення «циліндр-кільце-поршень» форсованих двигунів електрофізичними методами зміцненняповерхонь тертя – шляхом встановлення закономірностей впливу структурно-фазового складу, напруженого стану та термостійкості зміцнених шарів на їх триботехнічні характеристики.  Проаналізовано причини випадків катастрофічного зношування поршневих кілець форсованих двигунів та встановлено межі застосування серійних хромових покриттів. Вивчено вплив процесу нанесення гальванічних та газотермічних покриттів на епюру радіальних тисків кільця. Проведено оптимізацію складу плазмового покриття за твердістю та когезійною міцністю. Аналітично обґрунтовано з позицій напруженого стану параметри застосування підшару і дисперсного армування металевих покриттів частинками оксиду алюмінію. Розроблено покриття складу 25...35 % Fe + 25 % Ni + 40...50 % Cr та Мо + 10...30% Al2O3, які за своїми триботехнічними властивостями перевершують гальванічний хром в умовах термосилового навантаження. Показано, що фінішна обробка готового поршневого кільця з плазмовим покриттям на робочій поверхні іонним азотуванням або лазерним опроміненням дозволяє підвищити зносостійкість як робочої, так і торцевих поверхонь. Розроблено практичні рекомендації щодо впровадження та проведено виробничі випробування. | |
| |  | | --- | | 1. Проаналізовано вплив форсування двигунів на зносостійкість ЦПГ. Форсування ДВЗ приводить до зростання температури верхнього кільця (зі 150...200 до 250...300 оС), його мастильного голодування і збільшення швидкості його зносу (з 15...20 до 40...50 мкм/тис. мотогодин), підвищення зносу кільця по торцях, канавки поршня і гільзи циліндра, а також до випадків руйнування хромових покриттів. Дослідженнями встановлено, що причинами випадків виходу з ладу трибосполучення циліндр-кільце-поршнень є різке підвищення швидкості зношування і припалювання серійних хромових покриттів при підвищенні температури і тиску. Доведено необхідність підвищення зносостійкості цього трибосполучення форсованих двигунів розробленням комплексного способу формування модифікованих шарів шляхом нанесення зносостійких плазмових мастилоємних покриттів на робочу поверхню і фінішним зміцненням усіх поверхонь кільця іонним азотуванням або лазерним опроміненням.  2. Досліджено структуру, напружений стан, зносостійкість і термостійкість гальванічних хромових покриттів і ступінь їх впливу на процеси тертя та зношування. У форсованих двигунах виявлено утворення між поверхневим шаром аморфного хрому і глибинним шаром полікристалічного хрому нових фаз вторинних структур тертя – карбіду хрому Cr7C3 і оксиду хрому Cr2O3, які є причиною виникнення внутрішніх напружень і мікророзтріскування хромового покриття. Виявлено припалювання покриття під дією термічних навантажень, обумовлених підвищенням температури у камері згоряння, що супроводжується макророзтріскуванням хрому і зниженням його твердості на певну глибину. Проведені дослідження дозволили визначити такі причини зниження зносостійкості деталей ЦПГ при форсуванні двигунів: силові і дифузійні навантаження викликають у хромових покриттях високий рівень напружень, які перевершують межу міцності хрому і зумовлюють зміну механізму тертя на фрагментарне викришування; низька здатність хрому акумулювати мастило і високі термічні навантаження перевищують термостійкість хромового покриття і знижують його твердість. Альтернативою хромовим покриттям у форсованих двигунах можуть стати пористі мастилоємні плазмові покриття, позбавлені цих недоліків.  3. На підставі експериментальних досліджень і стендових випробувань двигунів установлено взаємозв**’**язок структури, фізико-механічних властивостей і напруженого стану із зносостійкістю плазмових покриттів. Для досліджень застосовано структурно-енергетичну модель зношування за критерієм схоплювання покриття. Показано перевагу процесу зношування кілець незакріпленими твердими частинками, що призводить до кореляції із *Р*сх–1/2, і проведено експериментальне визначення тиску схоплювання для серійних гальванічних хромових та дослідних плазмових покриттів. Дослідженнями підтверджено положення структурно-енергетичної моделі – зносостійкість покриттів за однакового виду зносу залежить не тільки від твердості матеріалу, але й від структури покриття. Установлено, що тільки для покриттів одного типу структури спостерігається кореляція між величиною зносу і твердістю. Зносостійкість покриттів збільшується із збільшенням їхньої твердості *Н*n, але показник ступеню при цьому різний для різних діапазонів твердості.  4. За результатами проведених досліджень розроблено плазмові покриття складу Fe–Ni–Cr, які забезпечують рівень зносостійкості, вищий за рівень гальванічного хрому при неперевершеності рівня зносу гільзи циліндра. Експериментальними дослідженнями підтверджено правильність структурно-енергетичного підходу до оптимізації складу молібденового дисперсно-армованого покриття як за термічними внутрішніми напруженнями, так і за законом Халла–Петча, а випробуваннями у двигуні при абразивному зношуванні доведено працездатність розроблених плазмових покриттів складу Mo–Al2O3.  5. Розроблено технології триботехнічного зміцнення поверхні компре-сійних поршневих кілець, здатних працювати у термонапружених фор-сованих двигунах: технологію плазмового напилення зносостійких покриттів на робочу поверхню кільця і фінішні технології зміцнення та захисту торцевих поверхонь кільця іонним бомбардуванням і лазерним гартуванням. Теоретичними і експериментальними дослідженнями встановлено вплив плазмових покриттів і способів зміцнення поверхні поршневих кілець на їх експлуатаційні характеристики і розроблено спосіб корекції епюри радіальних тисків при виготовленні кілець для урахування цього впливу (пат. № 37750). Розроблені технології дозволяють впровадити їх у виробництво поршневих кілець без погіршання закріплених документацією експлуатаційних властивостей кілець.  6. Установлено, що розроблена технологія іонного азотування молібденового покриття збільшує його зносостійкість до рівня гальванічного хрому і дозволяє одночасно зміцнювати чавунні торцеві поверхні кільця. Результати досліджень на машині тертя і у двигуні показують, що фінішне іонне азотування кільця з молібденовим покриттям за рахунок підвищення твердості робочої і торцевих поверхонь збільшує зносостійкість трибосполучення «циліндр-кільце-поршень» на 25…30 %. Випробуваннями двигунів установлено, що застосування лазерного опромінювання чавунних кілець за розробленою технологією зменшує зношування цього трибосполучення на 22…37 %, а лазерне опромінювання молібденового покриття верхнього компресійного кільця зменшує його зношування на 30 % і доводить його до рівня зношування гальванічного хрому.  7. Узагальнено результати досліджень та розроблено практичні рекомендації щодо формування зносостійких поверхневих шарів поршневих кілець ЦПГ форсованих двигунів електрофізичними методами. Екологічна і техніко-економічна оцінка описаних у дисертації технологій триботехнічного зміцнення поршневих кілець проведена в умовах діючого серійного виробництва поршневих кілець. Оптимальною за собівартістю для поршневих кілець термонапружених форсованих двигунів можна вважати технологію плазмового напилення молібденового покриття на робочу поверхню кільця і фінішного іонного азотування всього кільця, яку впроваджено у виробництво поршневих кілець на підприємстві НВП “Проммаштранс”. Розроблені технології зміцнення кілець лазерним опромінюванням і технології підвищення корозійної стійкості сталевих кілець електрофізичним оксидуванням прийняті для подальшого впровадження. За результатами досліджень отримано патент України і випущено методичні вказівки для курсу “Триботехніка” в Одеській національній академії харчових технологій. | |