



Соколов, О. Д. Довговічність поршневих кілець ДВЗ [Текст]: монографія / Соколов Олександр Дмитрович, Маннапова Оксана Володимирівна ; Одес. нац. акад. харч. технологій. - Одеса : ТЕС, 2014. - 147 с. : табл., рис. - Бібліогр.: с. 124-146.

В монографії розглянуто результати багаторічних досліджень авторів, присвячених підвищенню довговічності поршневих кілець двигунів внутрішнього згоряння сільськогосподарської техніки - тракторів, комбайнів тощо. Проаналізовано сучасні тенденції форсування двигунів - підвищення їх потужності, економічності та моторесурсу і досліджено вплив цих чинників на поршневі кільця двигунів та їх спроможність відповідати новим тенденціям. Досліджено також запропоновані методи підвищення довговічності поршневих кілець для їх відповідності сучасним та майбутнім форсованим двигунам.

Монографія призначена для спеціалістів, працюючих у галузі агропромислового комплексу та машинобудування. Вона також може бути корисною для студентів і аспірантів, що спеціалізуються у галузі матеріалознавства та триботехніки.

ВСТУП

Поршневі ДВЗ являються сьогодні основою мобільної енергетики всіх галузей господарства, тому питанню підвищення працездатності, надійності і довговічності ДВЗ, а особливо їх головного, найбільш напруженого органу — ЦПГ, у машинознавстві приділяється велика увага.

У рішенні цих задач досягнуто певних успіхів. Довговічність ЦПГ ДВЗ суттєво підвищена за останні сорок років застосуванням гальванічного зносостійкого хромування робочої поверхні компресійних поршневих кілець, яке постійно вдосконалюється як по конструктивним, так по технологічним і матеріалознавчим параметрам на основі наукових досліджень. Проведена робота по дослідженню режимів нанесення і зносостійкості для застосування на поршневих кільцях газотермічних покриттів різноманітного складу й інших методів зміцнення поверхні.

При достатньо великій кількості робіт, присвячених дослідженню зносостійкості нанесених покриттів, у даний час не вирішена задача по забезпеченню експлуатаційної надійності покриттів, тобто по запобіганню

їхньої руйнації, що пояснюється складністю експериментального дослідження багатофакторного процесу в закритому вузлі тертя. Для ЦПГ недостатньо проведені систематизація й аналіз даних про вплив експлуатаційних і конструкційних чинників на довговічність зміцненого кільця і надійність покриття.

Невпинне форсування двигунів по потужності, яке почалося в останні двадцять років, і застосування важких сірчаних палив на сьогоднішньому етапі призводять до руйнації серійних хромових покриттів на робочій поверхні і підвищенню рівня зношування торцевої поверхні кільця, що перешкоджає збільшенню довговічності і надійності ЦПГ ДВЗ. На жаль, вітчизняне двигунобудування по цим показникам відстає від розвинутих країн, тому проблема розробки науково обґрунтованих технологій зміцнення поршневих кілець, спроможних забезпечити підвищений ресурс ЦПГ ДВЗ в умовах спільного впливу агресивного середовища, підвищених термічних і силових навантажень, має велике науково-практичне й економічне значення для України.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ДОСЛІДЖЕНЬ ТЕРТЯ І ЗНОШУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ЦИЛІНДРОПОРШНЕВОЇ ГРУПИ ДВИГУНІВ І ТРИБОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ, ВИНΙΚАЮЧИХ ПРИ ЇХ ФОРСУВАННІ	9
1.1. Основні чинники зношування деталей циліндро-поршневої групи (ЦПГ) двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ).....	9
1.2. Зношування сполучень “поршень-кільце-циліндр” та допустимі значення їх зносу.....	12
1.3. Вплив форсування ДВЗ на зношування деталей ЦПГ.....	16
1.4. Сучасний стан досліджень механізму тертя та зношування в умовах високих контактних навантажень.....	17
1.5. Зміцнювальні технології та покриття для підвищення зносостійкості деталей ЦПГ.....	22
Висновки та задачі досліджень.....	24
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ. ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ВПЛИВУ ПРОЦЕСІВ ЗМІЦНЕННЯ ТОРЦЕВОЇ І РОБОЧОЇ ПОВЕРХНІ НА СЛУЖБОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОРШНЕВИХ КІЛЕЦЬ	25
2.1. Матеріали та методи плазмового напилення покриттів на	

робочу поверхню поршневих кілець.....	25
2.1.1. Порошкові матеріали для напилення.....	25
2.1.2. Обладнання і методика підготовки матеріалів для напилення.....	26
2.1.3. Обладнання і методика підготовки поверхні поршневих кілець.....	27
2.1.4. Обладнання для напилення поршневих кілець.....	27
2.1.5. Методика визначення структури та мікротвердість покриттів.....	28
2.1.6. Методика і прилади для визначення адгезії покриттів.....	28
2.2. Визначення впливу технології нанесення плазмових покриттів на епюру радіальних тисків поршневих кілець та корегування розрахунку форми поршневих кілець з плазмовим покриттям у порівнянні із серійними хромованими кільцями.....	30
2.2.1. Обґрунтування розрахунків.....	30
2.2.2. Визначення впливу процесу нанесення покриття.....	34
2.2.3. Урахування впливу покриття на форму заготовки кільця.....	37
2.3. Матеріали та методи зміцнення поверхні поршневих кілець іонним бомбардуванням. Оптимізація режимів обробки за критерієм недопущення температурних змін поршневих кілець.....	39
2.3.1. Обладнання для іонного азотування та іонного оксидування поршневих кілець.....	39
2.3.2. Методика визначення температурного впливу процесу на характеристики поршневих кілець.....	40
2.3.3. Методика визначення структури і мікротвердості зміцнених шарів.....	41
2.3.4. Методика визначення захисних властивостей зміцнених шарів.....	41
2.4. Матеріали та методи зміцнення поверхні поршневих кілець лазерним опроміненням.....	42
2.4.1. Обладнання для лазерного опромінення поршневих кілець.....	42
2.4.2. Методика визначення температурного впливу процесу на характеристики поршневих кілець.....	42
2.4.3. Методика визначення структури і мікротвердості зміцнених шарів.....	42
2.5. Методика дослідження тертя та зношування матеріалів і покриттів, та також визначення зносостійкості зміцнених поршневих кілець у лабораторних та у стендових випробуваннях.....	43
2.5.1. Методика проведення досліджень молекулярного зношування на машині тертя.....	43
2.5.2. Методика проведення досліджень на абразивне зношування.....	44
2.5.3. Методика проведення досліджень на захоплювання та задир.....	44

РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕРМОСИЛОВИХ

НАВАНТАЖЕНЬ НА ПРОЦЕСИ ТЕРТЯ ТА ЗНОШУВАННЯ СЕРІЙНИХ ГАЛЬВАНІЧНИХ ХРОМОВИХ ПОКРИТТІВ.....45

3.1. Дослідження структури гальванічних хромових покриттів поршневих кілець.....	45
3.2. Особливості зношування хромових покриттів у термонапружених двигунах.....	49
3.3. Дослідження зносостійкості хромових покриттів на машині тертя.....	54
3.4. Дослідження термостійкості хромових покриттів у процесі тертя та зношування.....	56
Висновки до розділу 3.....	58

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЙ НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТІВ І ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХНІ ПОРШНЕВИХ КІЛЕЦЬ ФОРСОВАНИХ ДВИГУНІВ ТА ПОРІВНЯННЯ ЇХ ІЗ СЕРІЙНИМИ КІЛЬЦЯМИ.....59

4.1. Розробка технології нанесення металевих та метало-оксидних покриттів плазмовим напиленням робочої поверхні поршневих кілець та дослідження властивостей плазмових покриттів у порівнянні із гальванічними хромовими.....	59
4.1.1. Підготовка матеріалів до напилення.....	60
4.1.2. Підготовка поверхні поршневих кілець.....	61
4.1.3. Міцність зчеплення та структура покриттів.....	62
4.1.4. Застосування підшару.....	63
4.1.5. Дисперсне армування покриттів.....	64
4.1.6. Порівняння із гальванічними покриттями за міцністю зчеплення.....	67
4.1.7. Технологія напилення покриттів на поршневі кільця.....	68
4.2. Розробка технології зміцнювання чавунних поршневих кілець іонним азотуванням та дослідження захисних властивостей зміцненої поверхні.....	68
4.2.1. Технологія азотування поршневих кілець у тліючому розряді.....	69
4.2.2. Захисні властивості азотованої поверхні поршневих кілець.....	71
4.3. Підвищення захисних властивостей сталевих поршневих кілець оксидуванням у тліючому розряді в залишковій атмосфері повітря.....	74
4.3.1. Отримання оксидних плівок.....	75
4.3.2. Електрохімічні дослідження.....	77
4.4. Дослідження особливостей технології зміцнення торцевої поверхні поршневих кілець лазерним опроміненням.....	82
Висновки до розділу 4.....	84

РОЗДІЛ 5. ТРИБОТЕХНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОКРИТТІВ ТА ЗМІЦНЕНОЇ ПОВЕРХНІ ПОРШНЕВИХ КІЛЕЦЬ ДЛЯ ФОРСОВАНИХ ДВИГУНІВ.....85

5.1. Структурно-енергетична модель зношування плазмових покриттів та	
--	--

трибологічна оптимізація складу металевих та металооксидних плазмових покриттів на робочій поверхні поршневих кілець.....	85
5.1.1. Структурно-енергетична модель зношування плазмових покриттів та визначення критичних значень їх термічного і силового навантаження.....	85
5.1.2. Вплив структури і твердості покриттів на їх зносостійкість.....	91
5.1.3. Трибологічна оптимізація складу металевих плазмових покриттів....	96
5.1.4. Зносостійкість дисперсно-армованих покриттів.....	101
5.1.5. Вплив епюри радіальних тисків поршневого кільця на зносостійкість вузла тертя «кільце-циліндр».....	104
5.2. Дослідження зносостійкості поршневих кілець з плазмовим покриттям після іонного азотування.....	105
5.2.1. Дослідження зношування азотованого чавуну і покриття на машині тертя.....	105
5.2.2. Абразивне зношування азотованих поршневих кілець у двигуні.....	107
5.3. Триботехнічні властивості опромінених лазером поршневих кілець з плазмовими покриттями.....	109
5.4. Екологічна і техніко-економічна оцінка способів триботехнічного зміцнення поршневих кілець в умовах діючого серійного виробництва.....	113
5.4.1. Матеріали, обладнання та методика обліку технологій.....	113
5.4.2. Порівняльний аналіз витрат на триботехнічні технології.....	115
Висновки до розділу 5.....	119
ВИСНОВКИ	121
ЛІТЕРАТУРА	124