

УДК 621.664: 621.777

МЕТОДИ ЗМІЦНЕННЯ І ВІДНОВЛЕННЯ ПОРШНІВ ДВЗ

Солових Є.К., проф., д.т.н.,

Катеринич С.Є., доц., к.т.н.,

Шамсудінов В.Ф.,

Центральноукраїнський національний технічний університет

Abstract

In the article the designer-technological methods of strengthening and renewal of pistons of combustion engines are explored, in particular ditches of pistons, their advantages and failing are exposed. It is shown, that one of perspective methods of rise of wear proof of pistons DVZ is the electro-spark alloying (EIL) which on comparison with other processes owns the row of substantial advantages: good the zcheplyoemistyio inflicted layer with a parent metal, by possibility of the use in quality of electrodes of materials with high mechanical descriptions (hard alloys, refractory materials).

Keywords: pistons, ditch, strengthening, electro-spark alloying

Вступ

В практиці відновлення та зміцнення існує не один десяток методів підвищення експлуатаційних характеристик поршнів двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ). Проведений аналіз умов експлуатації поршнів ДВЗ свідчить, що основну увагу потрібно приділити надійності та довговічності канавок поршнів, і зокрема верхній кільцевій канавці, на яку припадає близько 60% теплових навантажень. Тому наведена стаття спрямована на дослідження конструкторсько - технологічних методів зміцнення та відновлення поршнів ДВЗ, виявлення їх переваг та недоліків, і зокрема канавок поршнів.

Аналіз попередніх досліджень

При роботі двигуна тепловий потік від газів, які мають температуру 1800...2000°C, нагріває днище поршня. При цьому велика кількість тепловиділень відразу ж надходить до стінок циліндру через поршневі кільця, внаслідок чого температура стінки поршня у бік юбки зменшується. Частина тепла передається вниз – в юбку і бобишки. При цьому відведення тепла від бобишок поршня обмежене, у той час як юбка охолоджується інтенсивніше, контактуючи зі стінками циліндру. В результаті круглий поршень стає овальним – по вісі пальця він розширюється значно більше, ніж по юбці [1]. Таким чином, для забезпечення працездатності поршня в реальних умовах нерівномірного нагріву-охолодження необхідно, щоб у холодному стані перерізи, які піддаються інтенсивному температурному впливу мали розмір менший, ніж більш охолоджувані. Виходячи з цієї умови, поршень приймає ступінчасту, але круглу форму верхньої частини при овальній юбці рис.1.

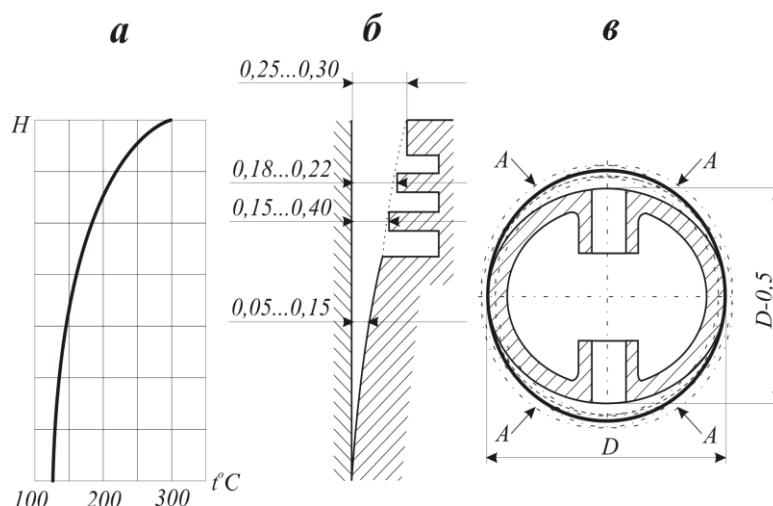


Рисунок 1 Компенсація теплового розширення по довжині і колу поршня: а – зміна температури по висоті поршня; б – зміна зазорів між поршнем і циліндром по довжині; в – зміна профілю поперечного перерізу юбки; (—) – коло циліндру; (- - - -) – профіль холодного поршня; (- . - .) – робочий режим; А – місця заклинювання юбки в циліндрі при перегріві

Одним із ефективних заходів по зменшенню теплового розширення поршня є створення термічного опору між юбкою і рештою поршня. Якщо в юбці прорізати пази, то тепловий потік від днища піде в бобишки і тільки потім в юбку. Таким чином розширення поршня по бобишках збільшується, а в перпендикулярному напрямі зменшується у відповідності з перерозподілом теплових потоків і зміною температури. Недоліком цього методу є послаблення конструкції на 25÷40%, що не дозволяє використовувати його на високонавантажених двигунах [2-4].

Більш розповсюдженим і ефективним способом є заливка в поршень сталевих терморелюючих вставок [2]. Вставки, що розташовані в середині юбки, при нагріванні працюють як біметал (на різниці коефіцієнтів розширення сталі і алюмінію) створюючи згинаючий момент, який чинить опір збільшенню розширення юбки поршня. Поршні з терморегульованими вставками краще переносять перегрів двигуна, менш схильні до деформації (стисканню по юбці) і забезпечують менший зазор з циліндром. На розширення поршня також впливають «ребра», які виникають на бобишках в результаті підрізу їх із зовні – так звані «холодильники». Тепловий потік розповсюджується від бобишок у напрямках, перпендикулярних вісі пальця, по «ребрах». Це призводить до збільшення розширення поршня у порівнянні з конструкцією без «холодильників». До переваг поршнів з «холодильниками» слід віднести їх підвищену жорсткість і міцність, що досить важливо для сучасних високооборотних двигунів, особливо з турбонадувом.

В останні роки спостерігається тенденція відмови від терморегулюючих вставок. Це визване застосуванням штампованих заготовок, в тому числі „рідких”, які виготовляються при високій температурі в вакуумі замість традиційного лиття, з використанням заевтектичних матеріалів, точної обробки та доводки профілю, а також застосування спеціальних покриттів [2-4]. Штампований поршень, зовнішньо, суттєво відрізняється від литого

більш простою внутрішньою конфігурацією і відсутністю терморегулюючих вставок. Окрім того, на штампованих поршнях дизелів відсутня чавунна вставка в ущільнюючому поясі, яка замінена зносостійким покриттям. Зносостійке покриття наноситься на днище і верхню канавку до середини перемички між верхньою та середньою канавками. Покриття являє собою так зване «тверде» анодування, тобто перетворення тонкого поверхневого шару алюмінію в кераміку Al_2O_3 . Товщина покриття складає 0,008...0,012мм – при великій товщині можливе погіршення відводу тепла від верхнього кільця і перегрів поршня, оскільки окис алюмінію є тепловим ізолятором. Анодування підвищує вогнестійкість днища поршня – воно стає менш піддаваним перегріву і прогоряння. Аналогічні покриття мають поршні сучасних двигунів з наддувом (MITSUBISHI, GM, FORD та інші).

При зношенні канавок поршню вони можуть бути розточені під ремонтні, більш високі кільця. Така операція виконується на токарному верстаті і не вимагає великих витрат. Необхідно лише, певним чином, встановити поршень, для того щоб виключити перекошування канавки відносно вісі поршня. Розточування верхньої канавки виконується по нижній торцьовій поверхні, а потім по верхній поверхні до заданого розміру. Якщо зробити навпаки, буде послаблена перемичка між кільцями, яка в подальшому може швидко зламатися навіть при невеликих навантаженнях в роботі систем живлення і запалення. З цієї ж причини розширювати середню канавку завжди небезпечно незалежно від того, яка поверхня обробляється більше. У будь-якому випадку при розточуванні канавок необхідно забезпечувати радіус переходу від внутрішньої циліндричної до торцьових поверхонь канавок, щоб не зменшити втомлену міцність поршня.

Мета та завдання

Пошук і вибір оптимального, найбільш ефективного методу виготовлення і відновлення поршнів ДВЗ.

Результати вирішення основних завдань

З метою вибору оптимального і найбільш ефективного методу виготовлення і відновлення поршнів необхідно враховувати особливості зміцнення алюмінієвих сплавів з яких вони виготовлені [4].

Використання означених способів зміцнення припускає вирішення проблеми підвищення зносостійкості поршнів ДВЗ, як конструктивними та і технологічними методами, але пріоритет безумовно залишається за створенням на робочих поверхнях зносостійких плівок і покриттів [4-6]. Поряд з анодуванням, яке дає ефект до тих пір, поки оксидна плівка не зруйнована, досить широке розповсюдження в промисловості знайшли такі технологічні процеси, як оксидування, тверде хромування, плазмове напилення та інші [7, 8]. Застосовуються комбіновані способи зміцнення, наприклад, нанесення гальванічних покриттів з подальшим дифузійним насиченням ними основи. Розроблені сучасні технологічні процеси хімічного і електрохімічного нікелювання і хромування які дозволяють наносити покриття високої твердості і зносостійкості товщиною до 0,3 мм.

Відомі способи застосування вакуумно-гальванічних покриттів хромом; зміцнення поверхонь електронно-променевим переплавом; відомі результати досліджень щодо можливості зміцнення алюмінієвих поверхонь за допомогою промінню лазера і ударних хвиль, а також результати експериментів по зміцненню алюмінієвих сплавів алмазним вигладжуванням [7, 8].

Напрямом, що розвивається, у вирішенні проблеми підвищення зносостійкості поверхонь алюмінієвих сплавів, зокрема, канавок алюмінієвих поршнів, є наплавлення зносостійкого матеріалу на алюмінієвій основі, що знайшов застосування при виконанні ремонтних робіт. Відомий ряд зарубіжних патентів [9, 10] по застосуванню наплавлення зносостійкої вставки в місцях підвищеного зносу. Нові високопродуктивні процеси наплавлення дозволили отримати позитивні результати (плазмове, електронно-променеве), проте існуючий принцип подачі зносостійких порошків у зварювальну ванну не забезпечує достатню стабільність властивостей зміцненої поверхні через нерівномірність розподілу порошків і високу їх дисперсність. Сучасні установки плазмового наплавлення дозволяють усунути цей недолік шляхом подачі, замість порошку, в зону розплаву легуючого дроту. Вважається перспективним підвищення зносостійкості канавок алюмінієвих поршнів наплавленням з отриманням в зоні зміцнення зносостійкого гетерогенного сплаву на алюмінієвій основі за рахунок плазмових процесів наплавлення. Розглянуті методи нанесення захисних покриттів на нижню полицю канавки все ж не дали результатів, через складність доступу до кільцевих канавок поршнів ДВЗ. До того ж методи нанесення покриттів лазерними і променевими методами є досить дорогими.

В зарубіжному двигунобудуванні [11, 12] ряд фірм віддає перевагу способу установа вставок із зносостійких матеріалів, що заливаються в конструкцію поршня або кріпляться до неї механічним шляхом. Проте у вітчизняному двигунобудуванні, через складну технологію для масового і серійного виробництва, підвищення ваги поршнів, а також труднощів, пов'язаних з відділенням металевої стружки і утилізації бракованих і відпрацьованих ресурс поршнів, він знайшов досить обмежене розповсюдження. Аналіз перелічених способів зміцнення показує, що вони мають високу енергоємність і складність в реалізації на практиці.

Висновки

Огляд проблеми зміцнення та відновлення верхньої кільцевої канавки поршнів ДВЗ показує, що складності конструктивного і технологічного характеру, недостатня міцність, невідповідність експлуатаційним показникам та ін., об'єктивно призводить до пошуку більш доцільного методу підвищення їх експлуатаційних властивостей.

Одним з перспективних методів підвищення зносостійкості поршнів ДВЗ є електроіскрове легування (ЕІЛ) яке в порівнянні з іншими технологічними процесами забезпечує ряд істотних переваг: високу зчеплюваність нанесеного шару з основним металом, можливість використання в якості електродів матеріалів з підвищеними механічними

характеристиками (тверді сплави, тугоплавкі матеріали тощо). Спосіб ЕІЛ забезпечує можливість нанесення покриттів заданої товщини в суворо обмежених по розмірах місцях без розігрівання деталі, із застосуванням для цього простого в експлуатації устаткування. Спосіб ЕІЛ на практиці знаходить використання для зміцнення ріжучих кромek робочих органів сільськогосподарських машин, відновлення і зміцнення поверхонь валів і вісей під підшипники ковзання та кочення. В сучасній практиці електроіскровому зміцненню переважно піддаються конструкційні сталі, чавуни, бронзи і титанові сплави. Запропонований метод може бути альтернативним при зміцненні та відновленні алюмінієвих сплавів, зокрема верхньої кільцевої канавки поршнів ДВЗ і таким чином потребує більш глибокого вивчення та удосконалення.

Література

1. Гречихин Л.И. Двигатели внутреннего сгорания. /Л.И.Гречихин. -Минск: Наука і тэхніка. -1995.- 270 с.
2. Шалай А.Н. Как повысить долговечность поршня? /А.Н.Шалай //Двигателестроение. - 1996. - №2.- С. 42-51.
3. Харламов Ю.А. Основы технологии восстановления и упрочнения деталей машин. / Ю.А.Харламов, М.А.Будагьянц. –Луганск: СУНУ им. В.Даля. -2003, Т.1. -495с, Т.2. -479с.
4. Посвятенко Э.К. Тенденции повышения износостойкости поршней ДВС. /Э.К.Посвятенко, Е.К.Соловых, Б.А.Ляшенко и др.//Вісник Національного транспортного університету. –К.: НТУ. -2006. –Ч.1, Вип. 13. –С.13-21.
5. Соловых Е.К. Износостойкость алюминиевого сплава с дискретными электроискровыми покрытиями. /Е.К.Соловых, Б.А.Ляшенко, Э.К.Посвятенко и др.// Проблемы трения та зношування: наук.-техн. зб. –К.: НАУ, 2006. –Т.46. – С.160-168.
6. Ляшенко Б.А. Упрочняющие покрытия дискретной структуры. /Б.А.Ляшенко, А.Я.Мовшович, А.И.Долматов// Технологические системы. -2001. -№4(10). – С.17-25.
7. Патент 61442А. Спосіб відновлення поршнів і антифрикційна композиція для його здійснення. Дудчак В.П. Опуб. 17.11.2003 Бюл. № 11.
8. Дудчак В.П. Відновлення поршнів полімерною композицією на основі фторопласту. /В.П.Дудчак // Підвищення надійності відновлюємих деталей: - Вісник ХДТУСГ. - вип. 15.-2003.-С. 157-160.
9. Surface hardened aluminium part and method of produsing same. Пат. 5352538 США, МКИ В22Р7/04. Опубл. 04.10.94.
10. Поршень. Заявка 19954334 Німеччина МПК F 02 F 3/02. Federal-Modul Nürnberg GmbH, Linz Roland (HOFFMANN-EITL, 81925 München). № 19954334,8; Заявл. 1 1.1 1.1999; Опубл. 23.05.2001.
11. Поршень. Пат. 5901678 США, МПК F17J1/04/Bielaga Steven C.: Navistar Inemational Transportation Corp./№08/967480; Заявл. 11.11.97; Опубл. 11.05.1999.
12. Method manufacturing a piston. Пат. 5150517 США, МКИ В23Р 15/10. Опубл. 29.09.92.