

Шимчук Ю.П., Селезньов Е.Л., Клименко О.Д., Муравинець Ю.В.
Луцький національний технічний університет

АНАЛІЗ УМОВ РОБОТИ ТА ДЕФЕКТІВ ВНУТРІШНІХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ

Встановлено, що найбільш відповідальним механізмом сучасних автомобілів та сільськогосподарських машин є двигун.

Визначено, що основним дефектом гільз циліндрів, які відпрацювали міжремонтний ресурс, є зношування внутрішньої поверхні, який є наслідком комплексного впливу на стінки гільзи численних фізичних та хімічних швидкоплинних процесів.

Ключові слова: дефект, тиск, мастило, тертя, гільза циліндра, поршневе кільце, покриття, зношування.

Постановка проблеми. Актуальним завданням сучасного машино- та автомобілебудування є забезпечення довговічності та надійності машин і механізмів. В умовах експлуатації переважна більшість виходу з ладу усіх рухомих деталей та механізмів спричиняються внаслідок процесу руйнування поверхонь тертя.

Вивченням даного питання займаються вчені багатьох країн, оскільки затрати на відновлення машин є досить великі і з кожним роком усе збільшуються.

Сучасне машинобудування висуває нові завдання для забезпечення працездатності приладів механізмів і машин, які працюють в широкому інтервалі температур, навантажень, швидкостей, в різних газових, рідких, агресивних середовищах і т.п. Їх вирішення найчастіше пов'язані з удосконаленням технологічних методів і засобів фінішної обробки деталей, тобто з технологічним забезпеченням високої точності їх геометричної форми, шорсткості поверхні і кращого фізичного стану поверхневих шарів.

Це відноситься, зокрема, до численних деталей, які працюють в сполученні «циліндр-поршень».

Найбільш відповідальним механізмом сучасних автомобілів та сільськогосподарських машин є двигун, на який припадає 36-52% від загальної кількості відмов. Ресурс роботи двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ) в більшій мірі залежить від зношування деталей циліндро – поршневої групи (ЦПГ), і в першу чергу це стосується гільз циліндрів. Недостатня надійність та довговічність деталей ЦПГ, а також недостатній міжремонтний ресурс потребують досить частої заміни в процесі експлуатації.

Формулювання цілей статті. Метою даної роботи є встановлення дефектів внутрішніх циліндричних поверхонь (гільз циліндрів ДВЗ) та видів зношування в залежності від умов їх роботи.

Виклад основного матеріалу статті.

Виходячи з функціонального призначення, гільзи циліндрів є найбільш відповідальною деталлю циліндропоршневої групи. Сполучення "гільза - поршневе кільце" працює у важких умовах. Максимальний питомий тиск верхнього компресійного кільця на поверхню гільзи може досягати 8-9 МПа [1], максимальна температура цього сполучення - 230 ... 240 °С, а середня швидкість поршня, наприклад для двигунів сімейства 14СМД, дорівнює 7 ... 8 м / с, на частку сполучення припадає 45% втрат двигуна на тертя [2].

Встановлено, що основним дефектом гільз циліндрів, які відпрацювали міжремонтний ресурс, є зношування внутрішньої поверхні, яке є наслідком комплексного впливу на стінки гільзи численних фізичних та хімічних швидкоплинних процесів. За характером прояву розрізняють: ерозійне, корозійне та абразивне зношування. Корозійне зношування пов'язане з руйнуванням поверхневого шару металу, що викликається хімічними і електрохімічними процесами. Хімічна корозія є наслідком впливу на стінку гільзи сухих газів (сірчистого, кисню і його з'єднань). Електрохімічна корозія пов'язана з впливом на стінку гільзи електролітів сірчаної, вугільної та інших кислот, які утворюються при зниженому тепловому стані двигуна в результаті послідовного контактування з конденсатом води і киснем сірчистого ангідриду і вуглекислого газу, що є складовою частиною продуктів згоряння палива [3]. Корозійне зношування інтенсифікується при появі на деталі ЦПГ конденсату водяної пари, подальшим попаданням води в картер і розрідженням масла, яке спостерігається при холодному запуску двигуна і триває до нормалізації робочого процесу і прогрівання двигуна, попаданням солей, що призводять до інтенсифікації зношування на 15...25%. При великих перервах в роботі двигуна також спостерігається пряме ржавіння деталей ЦПГ. За

результатами досліджень, наявність 2-3% води в маслі збільшує зношування гільз і кілець у декілька разів [3,4].

Абразивне зношування пов'язане із попаданням повітря разом з пилом через масляний фільтр і становить 35 ... 78% від загального зносу в залежності від погодних умов, району експлуатації, стану доріг і виду ґрунту, складу палива і мастильних матеріалів, що викликає утворення нагару, наявністю в маслі продуктів зношування як наслідок ерозії і корозії стінок гільзи [3,4].

Ерозійне зношування спостерігається при безпосередньому контакті кілець зі стінкою гільзи і проявляється в утворенні металевих зв'язків між ними. Тут важливим фактором є тиск верхнього компресійного кільця, яке сприймає основне навантаження від потоку гарячих газів, притискаючи його до стінки гільзи. Цей вид зношування пов'язаний з відсутністю мастила між поверхнями, що труться, особливо у ВМТ, внаслідок видавлювання її кільцями. У зоні дії потоку стінки промиваються рідкофазним бензином, обезжирюються, внаслідок чого утворення вогнищ схоплювання полегшується [3, 5]. При швидкостях близьких до нуля спостерігаються місцеві миттєві розриви масляного шару і напівсухе тертя [2].

Також слід зазначити взаємний вплив видів зношування один на одного [3]. Встановити який з видів зношування є основним неможливо, оскільки вони протікають одночасно, а не окремо, і отримують більший або менший розвиток в залежності від умов експлуатації двигуна.

Всі перераховані вище явища викликають появу рисок на поверхні гільз. Глибина окремих рисок може досягати 0,8 ... 1,3 мм, що згодом викликає задир поршневих кілець і поршнів. Також, слід зазначити зворотне - поява тріщин і відколів хрому на поршневих кільцях викликає згодом задири на поверхні гільз [6]. З практики відомо, що нанесення пористого хромового покриття на верхнє компресійне кільце товщиною до 200 мкм в 1,5 рази збільшує зносостійкість гільзи і в 2...3 рази кільця. З вищезазначеного випливає, що для підвищення ресурсу ЦПГ слід розглядати пару тертя «гільза - поршневе кільце» в цілому, а не її елементи окремо.

Дослідження показали, що у гільзах в процесі експлуатації спостерігається підвищення мікротвердості робочої поверхні на 10...15% у порівнянні з початковою, і подальше її зменшення, яке на думку автора [7], відбувається внаслідок виникнення знакозмінних навантажень при русі поршневих кілець. Це відбувається в період приробки, а також за наявності розтягуючих залишкових напружень, що змінюють свій знак на стискання до кінця періоду приробки, викликане накопиченням пластичних деформацій в поверхневому шарі.

Підвищене зношування деталей спостерігається під час пуску і прогріву двигуна на холостому ході. Воно становить 26...30% влітку і 45...65% взимку. При цьому, 80% зношування доводиться на період з початку пуску до встановлення частоти обертання колінчастого вала, що відповідає холостому ході. Наприклад, сто холодних запусків двигуна Д-54А з подальшим прогріванням за зношуванням відповідають 800...1000 годинам звичайної його роботи. При настанні граничних зношень деталей ЦПГ спостерігається збільшення прориву газів в картер, підвищена витрата масла на чад, зростання токсичності відпрацьованих газів, зниження потужності двигуна на 5%, збільшення на 4...5% питомої витрати палива [4].

Зношування пари тертя «гільза - поршневе кільце» проявляється в складному різноманітті форм і залежить від великої кількості одночасно діючих факторів. Тому, гільзи циліндрів повинні володіти великою механічною міцністю, підвищеною жорсткістю, а їх контактна поверхня добре протистояти різним видам зношування.

Найбільше зношування спостерігається на відстані 22...25 мм від верхньої кромки в зоні зупинки кільця у верхній мертвій точці і коливається в широких межах від 0,005 мм до 0,5 мм. Гільзи циліндрів двигуна СМД-14, Д-50, КамАЗ-740, СМД-60, які відпрацювали міжремонтний ресурс, мають середнє зношування внутрішньої поверхні 0,14...0,22 мм, максимальний знос не перевищує 0,33...0,51 мм. При цьому, 4...7% гільз підлягають вибракуванню через тріщини та відколи; 83...86% гільз вимагають відновлення до номінального або ремонтного розміру. Вибракуванню підлягають гільзи із зношенням внутрішньої робочої поверхні більше 0,4 мм (для двигунів типу ЯМЗ-0,35 мм). Овальність і конусність внутрішньої поверхні не повинні перевищувати 0,02 мм, шорсткість повинна бути не більше $Ra = 0,32...0,16$ мкм [8].

Висновки. Таким чином, встановлено що найбільш відповідальним механізмом сучасних автомобілів та сільськогосподарських машин є двигун.

Визначено, що основним дефектом гільз циліндрів, які відпрацювали міжремонтний ресурс, є зношування внутрішньої поверхні, який є наслідком комплексного впливу на стінки гільзи численних фізичних та хімічних швидкоплинних процесів.

Тому, виходячи з вищесказаного, для кращого протистояння контактної поверхні різним видам зношування необхідно розробляти нові методи обробки внутрішніх циліндричних поверхонь.

1. Аждер В. В. Исследование работоспособности железных покрытий применительно к восстановлению гильз цилиндров автотракторных двигателей: [Текст] дис. канд. техн. наук: 05.20.03 / Аждер Владимир Владимирович, Кишинев, 1979. - 132с.
2. Бурштейн Л.М. Трение и смазывание пары «поршневое кольцо-цилиндр» ДВС [Текст]/ Л.М. Бурштейн // Проблемы и перспективы. Автомобильная промышленность.-1987.-№4.- С. 6-8.
3. Райков И.Я. К обсуждению проблемы износа цилиндров автомобильных двигателей [Текст]/ И.Я. Райков // Автомобильная промышленность.-1967.-№7. - С.7-10.
4. Работа дизелей в условиях эксплуатации [Текст]: Справочник / А.К. Костин, Б.П. Пугачев, Ю.Ю. Кочинев; Под общ. ред. А.К. Костина. - Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1989. - 284 с.: ил.
5. ДСТУ 2823-94 Зносостійкість виробів. Тертя. зношування та мащення.Терміни та визначення. Київ: Держстандарт.-33
6. Марченко Е.А. О природе разрушения поверхности металлов при трении – М., «Наука», 1979. – 120с.
7. Исаев А.В. Пути повышения долговечности цилиндров двигателей [Текст]/ А.В.Исаев // Автомобильный транспорт. - 1985.-№6.- С.46-48.
8. Черноиванов В.И. Восстановление деталей сельскохозяйственных машин [Текст] / В.И. Черноиванов, В.П. Андреев. - М.: Колос, 1983. – 238 с.

REFERENCES

1. Azhder, V. (1979) Iron coatings health study with regard to the recovery of automotive engine cylinder liners: [Text] dis. kand. tekhn. nauk: 05.20.03. Kishinev. - 132s.
2. Burstein, L. (1987)Friction and lubrication pair "piston ring-cylinder" ICE [Text]. Problemy i perspektivy. Avtomobil'naya promyshlennost'.-№4.- S. 6-8.
3. Raykov, I. (1967) To discuss the automobile engine cylinder wear problems [Text]. Avtomobil'naya promyshlennost'.-№7. - S.7-10.
4. Kostin, A. Pugachev, B. Cochin; Y. (1989) Work diesel engines under operating conditions. L.: Mashinostroyeniye. Leningr. Otdeleniye. - 284 s.: il.
5. GOST 2823-94 Durability of products. Friction. wear and maschennya.Terminy and determination. Kuiv: Derzhstandart.-33
6. Marchenko, E. (1979) On the nature of the destruction of the surface of metals by friction. М., «Nauka». 120s.
7. Isaev, A. Ways to improve the durability of engine cylinders [Text]. Avtomobil'nyy transport. №6.- S.46-48.
8. Chernoiivanov, V., Andreev, V. (1983) Restoration of parts of agricultural machines [Text]. М.: Kolos. – 238 s.

Шимчук Ю.П., Селезнев Е.Л., Клименко А.Д., Муравинець Ю.В. Анализ условий работы и дефектов внутренних цилиндрических поверхностей.

Установлено, что наиболее ответственным механизмом современных автомобилей и сельскохозяйственных машин является двигатель.

Определено, что основным дефектом гильз цилиндров, которые отработали межремонтный ресурс, является износ внутренней поверхности, который является следствием комплексного воздействия на стенки гильзы многочисленных физических и химических быстропротекающих процессов.

Ключевые слова: дефект, давление, масло, трение, гильза цилиндра, поршневое кольцо, покрытия, износ.

Shumchuk Y. P., Seleznev E. L., Klumenko A.D., Muravinets Y. V. Analysis of operating conditions and defects of the internal cylindrical surfaces.

It was found that the most responsible mechanism of modern cars and agricultural vehicles is the engine.

It is determined that the basic defect in the cylinder liners that are worked TBO is wear of the inner surface, which is the result of complex impact on the liner wall of numerous physical and chemical processes fast.

Keywords: the defect, the pressure oil, friction, cylinder liner, piston ring, coating wear.

АВТОРИ:

ШИМЧУК Юрій Петрович, аспірант кафедри «Машини легкої промисловості», Луцький НТУ e-mail: yuriy.shumchuk@lntu.edu.ua

СЕЛЕЗНЬОВ Едуард Леонідович, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри «Машини легкої промисловості», Луцький НТУ, e-mail: kafedra_MLP@i.ua

КЛИМЕНКО Олександр Дмитрович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Машини легкої промисловості», Луцький НТУ, e-mail: kafedra_MLP@i.ua

МУРАВИНЕЦЬ Юлія Вікторівна, кандидат технічних наук, старший викладач кафедри «Машини легкої промисловості», Луцький НТУ, e-mail: kafedra_MLP@i.ua

АВТОРЫ:

ШИМЧУК Юрий Петрович, аспирант кафедры «Машины легкой промышленности», Луцкий НТУ e-mail:

СЕЛЕЗНЕВ Эдуард Леонидович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Машины легкой промышленности», Луцкий НТУ,

КЛИМЕНКО Александр Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Машины легкой промышленности», Луцкий НТУ

МУРАВИНЕЦЬ Юлия Викторовна, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Машины легкой промышленности», Луцкий НТУ

AUTHORS:

Yuriy SHYMCHUK aspyrant the department "mild Mashiny industry," Luck NTU e-mail:

Edward Seleznev, Ph.D., associate professor, zaveduyuschyy kafedroy "mild Mashiny industry," Luck NTU,

Alexander KLIMENKO, Ph.D., associate professor of the department "mild Mashiny industry," NTU Luck

Yulia MURAVYNETS, Ph.D., Senior Lecturer of the department "mild Mashiny industry," NTU Luck

Стаття надійшла в редакцію 15.10.2016 р.