

Б.А. Ляшенко, проф., д.-р. техн. наук, В.М. Лопата, канд. техн. наук,
Т.М. Туник, доц., канд. техн. наук, А.М. Безрукавий, асп.

Кіровоградський національний технічний університет

Аналіз умов експлуатації та причин втрати працездатності поршнів ДВЗ

В статті проведений аналіз умов експлуатації поршнів ДВЗ. Визначені причини втрати працездатності і встановлений характер і особливості зношування.

поршень, кільце, юбка, зношення

З початком розвитку двигунобудування велику увагу приділяли надійності та довговічності роботи двигунів, показники яких визначаються робочим станом таких основних деталей як: поршні, колінчастий і розподільний вали та ін. Поршень який фактично визначає технічний рівень двигуна являє собою достатньо складну по відношенню до конструкції, технології і матеріалів деталь.

Основні функції, які виконує поршень – ущільнення внутрішньо циліндрового простору за допомогою днища і канавок з поршневыми кільцями і передача сил тиску в циліндрі на кривошипно шатунний механізм (КШМ). Бокові зусилля сприймаються направляючою частиною поршня – юбкою. Ці функції повинні виконуватися на проміжку усього ресурсу двигуна в широкому діапазоні режимів за частотою обертання і навантаженнях в умовах високої температурної напруженості. Останні умови визначають ступінь форсування двигуна – чим вище ступінь стиску, максимальна частота обертання, краще наповнення циліндрів, тим більша потужність, тим вище рівень теплової напруженості поршня і вимоги до його конструкції, технології виробництва і матеріалам [1].

Для виявлення основних пошкоджень поршня при експлуатації розглянемо процеси, які визивають ці пошкодження.

При положенні поршня в верхній мертвій точці (ВМТ) починається такт всмоктування (або впуску). Колінчастий вал обертається (під дією стартера або за інерцією від маховика і утворюючих крутний момент інших циліндрів), в результаті поршень рухається вниз, а розподільний вал, обертається і натискаючи кулачком на штовхач, відкриває впускний клапан (випускний клапан у цей час закритий).

При русі поршня вниз поршневі кільця силою тертя притискаються до верхніх країв канавок на поршні (рис. 1.). За рахунок прискорення поршня шатун і поршень випробовують навантаження розтягу, які діють на стержень, верхню і нижню голівку шатуна, шатунні болти, поршневі палець і бобишки поршня. Навантаження від шатуна і поршня під час руху з ВМТ передаються на шатунний підшипник.

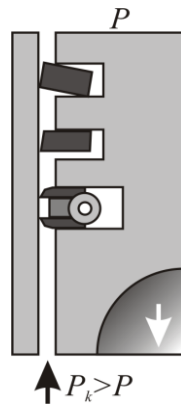
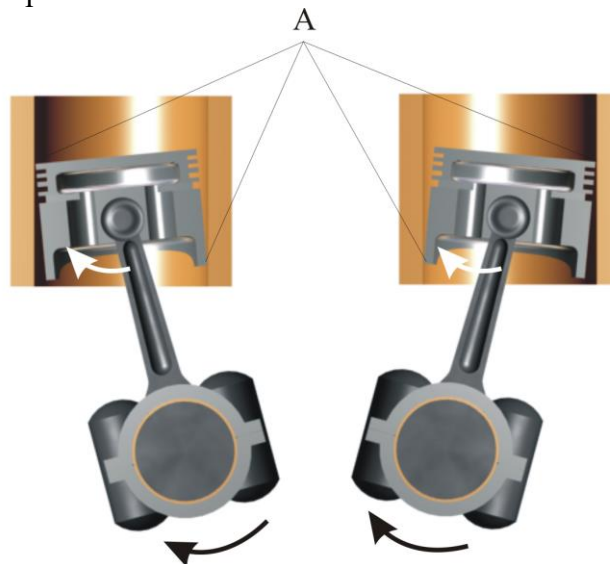


Рисунок 1 – Схема роботи поршневих кілець на такті впуску

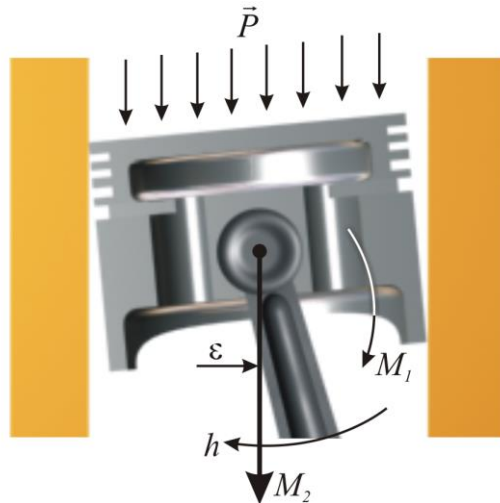
В нижній мертвій точці (НМТ) у поршня відбувається «перекладання» (рис.2.), тобто зміна опори поршня на циліндр з лівого боку юбки на праву. Чим більше зазор між юбкою поршня і циліндром, тим інтенсивніше перекладання, а тому і шумність двигуна, подальший знос юбки поршня і нижньої частини циліндру, по якій ударяє права сторона юбки поршня.



A – місця можливого зносу при великому зазорі між поршнем і циліндром

Рисунок 2 – Перекладання поршня в нижній мертвій точці

При підході поршня до ВМТ на поршень діє сильний тиск газів. Поршень опирається на поршневий палець, і чим більша сила тиску поршня на палець, тим вище тертя в отворі бобишок поршня і тим важче поршню обернутися на нерухомому пальці. На практиці це виглядає так – обертання поршня разом із шатуном поблизу ВМТ. Для зменшення цих зусиль і зниження можливого стукоту поршня при підвищеному зазорі в циліндрі вісь пальця на поршні зміщують на 0,5...1,5 мм вліво, якщо дивитися на поршень попереду. Тоді, як видно з (рис.3.), момент сил, що обертає поршень поблизу ВМТ, компенсується моментом від сил тиску газів на поршень.



M_1 – розвертальний момент від тертя пальця в бобишці поршня при повороті шатуну;
 M_2 – компенсуючий момент проти зміщення пальця

Рисунок 3 – Зусилля і моменти, які діють на поршень поблизу ВМТ

Сили тиску газів і сили інерції, що діють на поршень, передаються через поршневий палець і шатун на шийку колінчатого валу.

Коли поршень знаходиться поблизу ВМТ, не доходячи до неї $5...30^\circ$ за кутом повороту колінчастого валу (ПКВ), відбувається іскровий розряд на свічці запалювання.

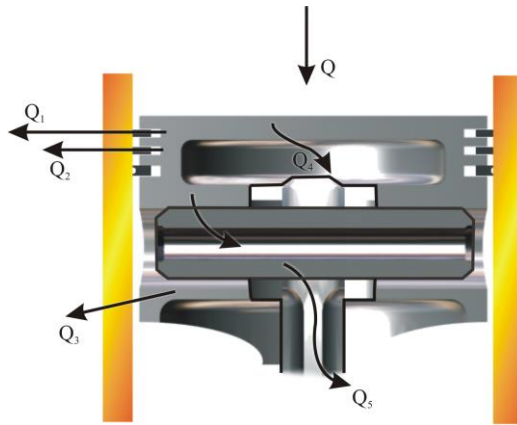
Під час переходу поршня в ВМТ на поршень діє сильні тиски газів. Поршень спирається на поршневий палець – чим більше сила тиску поршня на палець, тим вище тертя в отворі бобишок поршня і тим важче поршню обернутися на нерухомому пальці. Сили тиску газів і сили інерції, які діють на поршень, передаються через поршневий палець і шатун на шийку колінчастого валу.

Поблизу ВМТ сумарні сили від тиску газів і інерції викликають великі напруження в шатуні і бобишках поршня.

У бензинових двигунів після проходження поршнем ВМТ тиск і температура в циліндрі за рахунок згорання паливно-повітряної суміші досягають максимуму – тиск близько $3...6$ МПа і температура вище 2500 К. Увесь процес згорання відбувається поблизу ВМТ, триває $40...60^\circ$ кута повороту колінчатого валу (ПКВ), об'єм камери згорання при цьому змінюється мало [2].

При згоранні в циліндрі виділяється велика кількість тепла. Частина його відходить з відпрацьованими газами, інша частина передається на стінки головки і гільзу циліндру, в поршень (рис. 4.).

Тепловий стан (тобто розподіл температур) поршня в значній мірі залежить від його конструкції і матеріалу. Ці фактори впливають на такі параметри, як зазор між поршнем і циліндром, зношення юбки та інше. Чим гірше відведення тепла, тим більше температура поршня, тим більше його теплове розширення і тим більше необхідний зазор. Якщо зазор між поршнем і циліндром виявиться менше, ніж потрібно, поршень в циліндрі може заклинювати. При дуже малому зазорі збільшується тертя юбки поршня о стінки циліндру, завдяки чому замість відводу тепла може відбуватися його підвід (розігрівання юбки через тертя). Після заклинювання і наступному охолодженні поршень деформується (стискається по юбці), а на поверхні циліндру з'являються глибокі подряпини (задири), іноді зі слідами алюмінію, перенесеного з поршня на матеріал гільзи [4].



Q – тепловий потік від гарячого газу до поршня; Q_1 – тепловий потік з поршня через верхнє кільце до циліндру (50...60% Q); Q_2 – те ж саме, через середнє кільце (15...20% Q);
 Q_3 – тепловий потік з юбки поршня до циліндру (10...15% Q);
 Q_4, Q_5 – тепло, яке розсіюється у картері (10...20% Q)

Рисунок 4 – Тепловий стан поршня

При визначених умовах в експлуатації бензинових двигунів можуть виникати порушення процесу згорання. До них відносяться детонація і передчасне займання.

Результати тривалої роботи двигуна з детонацією досить важкі. По перше – це поламка поршня і поршневих кілець через ударні навантаження. Найбільш схильні до поламок перемички поршнів між канавками кілець. Ударна хвиля, викликаючи підвищення тиску в зазорі між днищем поршня і циліндром, ударяє по верхньому поршневому кільцю. Удар передається на перемичку поршня, причому одночасно не по всій окружності кільця, в визначеній достатньо вузькій області, що полегшує поламку деталі.

Детонація викликає не тільки поламку перемичок, але й перегрів і руйнування країв днища поршня, поламку поршневих кілець. Наступний перегрів поршня настільки великий (через зменшення теплового відводу через кільця), що вигорає вогненний пояс від днища до верхнього і навіть нижнього поршневого кільця.

Результатом тривалої роботи двигуна з детонацією може бути також зношення по торцю верхньої канавки поршня і верхнього кільця, зношення поверхонь спряження поршня і поршневого пальця. Ці випадки трапляються достатньо часто, але прискорення зношення не завжди вдається пов'язати з детонацією.

Знижує вірогідність виникнення детонації більш низька температура поверхонь камери згорання і днища поршня.

Окрім детонації, на практиці зустрічається явище передчасного займання, зване також гартівним запаленням.

Небезпека передчасного займання полягає в тому, що на початковій стадії його практично неможливо відлічити «на слух» від звичайного згорання, у той час коли у двигуна виявляється сторонній звук і він починає втрачати потужність, деталі поршневої групи уже можуть бути пошкоджені.

Після проходження поршнем ВМТ починається такт робочого ходу. Цей такт суттєво відрізняється від інших. Тут поршень здійснює корисну роботу, яка витрачається безпосередньо на розгін автомобіля або на підтримання його постійної швидкості, у той час як на усіх інших тактах, навпаки, необхідні витрати енергії на обертання колінчатого валу [2].

На такті робочого ходу деталі КШМ переносять достатньо високі навантаження. Величина цих навантажень досить сильно залежить від ступеня відкриття дросельної заслінки. Це збільшує теплоту, яка виділяється при згоранні і, відповідно, тиск і температуру газів в циліндрі.

Зусилля, діючі на шатун з боку поршня, сприймається шатунними підшипниками і передається на колінчатий вал.

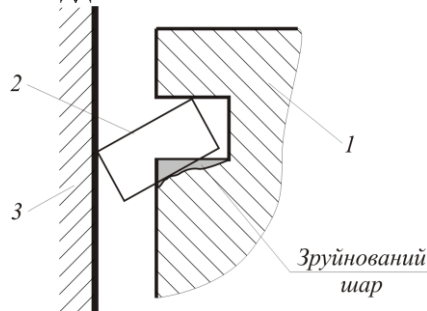
Таким чином, виходячи із вище розглянутого, можна зробити висновок, що поршні під час експлуатації можуть отримувати різноманітні пошкодження, більшість яких вимагає їх безумовної заміни. Однак у деяких випадках несправні поршні можуть бути відновлені, з наданням первинних властивостей.

До таких випадків відносяться:

1. зношення отвору під палець або задири в отворі у наслідок заклинювання пальця;
2. локальна пробоїна невеликих розмірів в днищі поршня (наприклад, при обриві клапану або потраплянні сторонніх предметів до циліндру), при якій не пошкодженні вогневий пояс і перемички між канавками кілець;
3. деформація юбки поршня у наслідок перегріву двигуна;
4. зношення канавок кілець.

Можливість ремонту поршнів в другому і четвертому випадках в значній мірі умовна і є досить крайньою мірою. Не піддаються ремонту поршні з різноманітними тріщинами, прогарамі і полумками, у тому числі вогненного поясу, юбки і бобишок.

З розглянутих випадків особливу зацікавленість викликає зношення верхньої кільцевої канавки поршнів ДВЗ, які піддаються більш інтенсивному зношуванню (рис. 5).



1 – поршень; 2 – кільце; 3 – гільза циліндру

Рисунок 5 – Зношення канавки поршня ДВЗ

Під дією циклічних навантажень, температур, характер спрацювання верхньої кільцевої канавки приймає вигляд, нерівномірного зношування, яке в свою чергу призводить до перекошування кільця і, як слід, зношуванню поверхні гільзи циліндра.

Проведений аналіз умов експлуатації, показав основні причини втрати працездатності поршнів ДВЗ, що в свою чергу потребують більш детальних досліджень, за рахунок досягнення більш високих конструкційних та технологічних властивостей, що в свою чергу дозволить підвищити експлуатаційні показники.

Список літератури

1. Архангельський В.М., Вихерт М. М., Воинов А.Н. и др. Автомобильные двигатели. М.: Машиностроение, 1977. – 591 с.
2. Брюзе Д.Д. Сгорание в поршневых двигателях. М.: Машиностроение, 1969. – 347 с.
3. Устройство контроля детонации для ДВС: Заявка 63-227954 Япония. Опубл. 22.09.88.
4. Гречихин Л.И. Двигатели внутреннего сгорания. Минск: Наука і тэхніка, 1995. – 270 с.

В статье проведен анализ условий эксплуатации поршней ДВЗ. Определены причины потери работоспособности и установлен характер и особенности изнашивания.

In the article the analysis of external environments of pistons engine is conducted. The reasons of loss of capacity and set character and features of wear are definite.

Одержано 25.09.05