

Хороші поршневі кільця – основа успішної роботи двигуна

Макаренко Микола Григорович, сільськогосподарський дорадник, доцент кафедри «Трактори і автомобілі» Харківського національного технічного університету сільськогосподарства ім. Петра Василенка

Поршневі кільця відносяться до деталей, які в першу чергу визначають показники двигунів. Від їх стану напряму залежить працездатність трактора чи автомобіля - його розгінна динаміка, витрата масла і палива, пускові властивості двигуна, токсичність вихлопних газів і багато інших експлуатаційних показників.

На поршневі кільця в двигуні покладено три основні задачі.

1. Газове ущільнення камери згоряння, тобто зведення до мінімуму проникнення газів з циліндра в картер і назад.

2. Відведення теплоти від нагрітого гарячими газами поршня в більш холодну стінку циліндра, яка охолоджується рідиною або потоком повітря. Погана теплопередача веде до перегріву поршня, задирав, прогоряння і заклинюванню його в циліндрі.

3. Управління змащуванням сполучних деталей. Його мета в тому, щоб кільця, поршні і циліндри не відчували масляного голодування, але надходження масла з картера в камеру згоряння при цьому повинно бути якщо не виключено, то, принаймні, сильно обмежено.

Всі ці функції виконує, як правило, комплект з трьох поршневих кілець: двох компресійних і нижнього маслосз'ємного. При цьому важливо, щоб кільця повноцінно працювали при будь-якому швидкісному і навантажувальному режимі двигуна. А умови у них дуже нелегкі: тут і змінні сили тиску і тертя, і великі теплові потоки, і дія агресивних хімічних з'єднань.

Особливо важкі умови роботи припадають верхньому компресійному кільцю. Саме воно сприймає основну частину тиску газу, що досягає при згорянні 5,5-6,0 МПа (в дизелях - до 15 МПа). Висока і температура верхнього кільця (200-250 °C), оскільки воно передає від поршня до стінки циліндра до двох третин тієї теплоти, що надходить до поршня при згорянні палива.

Крім того поблизу верхньої мертвої точки (ВМТ) це кільце неминуче відчуває нестачу масла. Коли тиск в циліндрі зростає, то збільшується і притиснення кільця до стінки циліндра. Але у міру наближення до ВМТ зменшується швидкість ковзання кільця по стінці циліндра, тому плівка масла між кільцем і циліндром легше продавлюється, а при зупинці кільця і зовсім розривається. Виникає режим напівсухого тертя, який викликає прискорений знос деталей. Саме тому у двигунів з великим пробігом ця зона циліндра виявляється найбільш зношеною.

Специфіка роботи верхнього кільця визначає його конструктивні відмінності. Щоб протистояти великим температурним і силовим діям, застосовують спеціальні матеріали, частіше всього - легований нікелем, хромом і молібденом високоміцний чавун з кулястим графітом. На відміну від звичайних сірих чавунів він має всі властивості сталі. Його межа міцності 1100-1300 МПа відповідає рівню конструкційної сталі, і він не крихкий, тобто при високих навантаженнях пластично деформується без поломи. Це дуже важливо в нештатних умовах, коли кільця сприймають пікові ударні навантаження (детонація у бензинових двигунів або «жорстке згоряння» у дизелів).

Високоміцний чавун перевершує багато марок сталі по зносостійкості, оскільки містить у багато разів більше вуглецю. Щоб добитися тих же протизносних властивостей у сталі, її треба легувати великою кількістю хрому, при цьому виробі виходять помітно дорожчими за чавунні. Застосовуються вони рідко, як правило в високофорсованих двигунах.

Із зростанням форсування, теплових і силових навантажень, а також із зменшенням висоти кілець, що характерне для сучасних двигунів, сталеві кільця використовуються все більш широко, і ця тенденція в майбутньому збережеться.

Проте яке кільце не ставити у верхню канавку - сталеве або чавунне - воно добре працює тільки в канавці поршня в парі з алюмінієвим сплавом. Поєднання ж з чавунним циліндром, навпаки, виявляється невдалим. Якщо не застосувати особливі заходи, то в сучасних високооборотних двигунах ресурс таких кілець був би всього декілька тисяч кілометрів, та і циліндр отримав би знос не менше ніж кільце.

Щоб уникнути цього, на верхні кільця наносять зносостійкі покриття. Найбільш поширене електrolітичне хромування - покриття шаром твердого хрому завтовшки 0,1-0,15 мм. Рідше зустрічаються кільця покриті молібденом. Таке покриття дорожче, хоча молібден перевершує хром по зносостійкості і має кращі протизадірні властивості, особливо при первинному приробленні. Покриті молібденом верхні кільця частіше застосовуються на дизелях, але у деяких видних фірм є така традиція і для бензинових моторів. Існують також кільця з твердими покриттями, що наносяться плазмовим напиленням, але вони поки не отримали широкого розповсюдження через високу вартість.

Покриття кілець для конкретних моделей двигунів ретельно пов'язують з матеріалом самого циліндра. Тому при ремонті не можна довільно замінювати кільця з покриттями різного типу - іноді це може привести до негативного результату.

Щоб підвищити зносостійкість кілець і циліндрів, особливо в період прироблення, верхнім кільцям додають спеціальний бочкоподібний профіль зовнішньої поверхні. Це важливо для того, щоб відразу наблизитися до форми деталі, що вже приробилася, для забезпечення скорочення періоду обкатки, а також зменшення небезпеки виникнення задирав і припалів.

Симетрична «бочка» на верхньому кільці застосовувалася протягом багатьох років всіма відомими виробниками поршневих кілець. Вона прийшла на зміну верхнім кільцям прямого профілю. Подальшим вдосконаленням ідеї стала несиметрична «бочка» - вона практично повністю відповідає формі деталі «із стажем». При установці в зношені циліндри такі кільця не викликають їх прискореного зносу, що завжди було перешкодою до використання кілець прямого профілю.

«Бочка» виглядає несиметричною після спеціальної обробки зовнішньої поверхні або, частіше, за допомогою фаски на верхній частині внутрішньої поверхні кільця. Тоді в стисненому стані кільце закручується і зовнішня поверхня набуває необхідну форму. Несиметрична «бочка» висуває певні вимоги до установки кілець на поршень. Щоб не переплутати верх і низ кільця (помилка обернеться прискореним зносом вузла), на верхній торцевій поверхні кільця у замка ставлять мітку. У кільцях американських фірм це звичайно невелика сферична лунка, а європейські виробники віддають перевагу буквам «TOP» (верх).

Дуже важливі і механічні характеристики верхнього кільця - пружність, прилягання до циліндра, характер розподілу (епюра) тиску на стінку циліндра, а також пристосованість, тобто здатність приймати форму циліндра при її відхиленні від ідеальної.

Пружність кільця характеризується силою, необхідною для стиснення замка. Чим вона більше, тим краще ущільнюючі властивості кільця і його пристосованість, швидше прироблення. З другого боку, при цьому зростає знос циліндра, канавки поршня і самого кільця, збільшуються втрати потужності на тертя в двигуні. Але сильно зменшувати пружність не можна - можуть не тільки порушитися ущільнюючі властивості кільця, але і з'явиться небезпека небажаних коливань - «флаттера» кільця. Тому конструктори шукають тут прийнятний компроміс.

Працездатність і ресурс верхнього кільця визначаються багатьма аспектами, але по важливості на перший план слід поставити епюру тиску на стінки циліндра. Розглянемо це більш детально.

При установці кільця в ідеально круглий циліндр ніяких просвітів в їх сполученні бути не може. Це значить, що в кожній точці кола кільце тисне на стінку циліндра з якоюсь певною силою. У міру зносу кільця ця сила зменшується перш за все біля замка, причому тим швидше, чим вище тиск газів в циліндрі. Приходить час, коли між зовнішньою поверхнею кільця поблизу замка і стінкою циліндра з'являються просвіти, внаслідок чого різко зростає прорив газів в картер, зменшується компресія, погіршується теплопередача від поршня.

Збільшити термін роботи кільця можна, якщо у нового кільця поблизу замка забезпечити підвищений тиск на стінку циліндра. Так і роблять. Відповідно епюра тиску буде мати характерну грушоподібну або каплеподібну форму, коли максимальний тиск у замка в 1,4-1,6 рази вищий, ніж в середньому по колу. Але виготовити таке кільце складно, оскільки у вільному стані воно повинно бути не круглим із змінним радіусом. Тут не обійтися без спеціальних технологій і дорогого устаткування, що під силу тільки спеціалізованим виробництвам.

Сучасні двигуни мають явну тенденцію до зменшення висоти верхнього компресійного кільця. Якщо до кінця 70-х - початку 80-х років минулого сторіччя у бензинових двигунів ця висота частіше за все складала 1,75-2,0 мм, то десятиріччя пізніше - 1,2-1,5 мм, а у деяких моторів досягла 1,0 мм. Це не примха конструкторів: кільця меншої висоти дозволяють істотно зменшити втрати потужності на тертя, мають збільшений ресурс на великих обертах, а також менш схильні до припалів і задирав, особливо при обкатці (для довідки: у двигунів ВАЗ висота верхнього кільця складає 1,5 мм, а у «волгівських і «москвичевських» моторів» - 2,0 мм).

У дизелів картина інша. Тиск в циліндрі при згорянні набагато більший ніж у бензинового двигуна, тому потрібні верхні кільця збільшеної висоти. В середньому вона складає 2,0 мм, але достатньо поширені і розміри 2,5-3,0 мм, особливо у дизелів з безпосереднім уприскуванням і наддувом. В моторах малого об'єму зустрічаються кільця заввишки 1,75 мм і навіть 1,5 мм. Нерідко у дизелів верхні кільця мають не прямокутний, а трапецеїдальний профіль з однією або двома конічними торцевими поверхнями (кути конусів 6°, 7°, 10° або 14°). Такий профіль робить кільце менш схильним до закоксування в канавці поршня і менш схильним до зносу при високому тиску, але більш дорогим у виробництві.



ВІД ОФІЦІЙНОГО ДИЛЕРА

Perkins®

Ремонт та обслуговування дизельних двигунів
Продаж оригінальних запчастин

(044) 501-91-17

WWW.HITED.COM.UA м. Київ, вул. Новозабарська, буд. 2/6, офіс 315 **HITED** MAXIMUM ENERGY

Висота кільця витримується при виготовленні з великою точністю (до 0,01 мм), інакше неможливо забезпечити необхідний зазор в канавці поршня. Для верхніх кілець він складає в середньому 0,05-0,07 мм, для інших - на 0,02-0,03 мм менше. Дуже важливо також, щоб торцеві поверхні були гладкими (шорсткість не більше 0,63 мкм).

Друге кільце на поршні двигуна працює в набагато менш важких умовах по тиску, температурі і мащенні, тому воно, як правило, не вимагає спеціальних високоміцних матеріалів. Частіше за все для таких кілець використовують сірий легований чавун з пластинчатим графітом. Сірі чавуни, на відміну від високоміцних, досить крихкі, але мають високу зносостійкість і, як правило, без спеціальних покриттів (хоча покриття середніх кілець теж не рідкість).

Крім компресійних функцій середні кільця беруть участь і в управлінні мащенням. Так, при ході поршня вниз кільце повинно знімати масло із стінок циліндра, але пропускати його при ході вгору, щоб не збирати масло в камеру згоряння. Для цього зовнішню поверхню середнього кільця часто роблять конічною. Кут нахилу дотичної, як правило, лежить в межах 0°60' - 0°80', через що такі кільця називають «хвиляними».

Нахил одержують або безпосередньо механічною обробкою, або закручуванням прямого кільця з фаскою на верхній частині його внутрішньої поверхні. Широко поширені в минулі роки «скребокві» середні кільця зараз застосовуються рідше. При тенденції до зменшення висоти кілець скребок важко компонується на тонкій деталі і ослабляє її перетин.

На відміну від бензинових двигунів минулих літ, що мали середні кільця заввишки 2,0-2,5 мм, зараз висота цих кілець звичайно лежить в межах 1,5-1,75 мм. У дизелів вона збереглася на рівні 2,0-2,5 мм, причому середні кільця іноді бувають тоншими верхніх. Перетин їх, як правило, прямокутний.

Середні кільця часто мають збільшену, в порівнянні з верхніми, радіальну ширину і пружність. Вимоги до епюри тиску на стінку циліндра тут менш суворі, оскільки тиск і тертя менші. Але підвищений тиск у замка, як правило, зберігається, тому в самих форсованих двигунах, включаючи дизелі, все-таки доводиться застосовувати хромове або, рідше, молібденове покриття. Іноді така необхідність диктується специфічним матеріалом гільзи циліндра. Про все це слід пам'ятати при ремонті, особливо, якщо з'явилася ідея застосування

більш дешевих кілець. До речі, при складанні важливо не переплутати верх і низ середнього кільця, інакше можна отримати збільшену у декілька разів витрату масла.

Назва «маслоз'ємне» кільце говорить саме за себе. Основне призначення нижнього кільця - зняття масла з поверхні циліндра і скидання його в картер через отвори або пази в канавці поршня. Специфіка цієї задачі диктує конструктивні відмінності нижнього кільця від компресійних.

Головні вимоги до маслоз'ємного кільця - добра пристосовуваність до стінок циліндра і високий тиск на них, без чого не можна добитися ефективного зняття масла. Після довгого шляху розвитку визнання отримали два технічні виконання: коробчасте з еспандерною пружиною і набірне, що складається з двох дисків і двохфункціонального розширювача. Коробчасте кільце допускає дещо більшу витрату масла, але одночасно забезпечує краще мащення циліндра, поршня і компресійних кілець. У набірних кільцях диски не мають жорсткого зв'язку, а двохфункціональний розширювач утримує їх на певній відстані і притискує до циліндра. При товщині 0,5-0,7 мм диски дуже добре пристосовуються до поверхні циліндра і знімають з неї масло практично повністю. В деяких випадках, наприклад, при високих навантаженнях (дизелі, двигуни з наддувом), ця перевага набірних кілець може перетворитися на недолік - погіршиться мащення вузла, з'явиться небезпека задирів. Тому при ремонті високофорсованих двигунів краще не ризикувати і використовувати тільки ті кільця, які рекомендовані виготовлювачем двигуна.

Прихильність фірм-виробників до маслоз'ємних кілець того або іншого типу нерідко йде від традиції. Так, американські і японські фірми на бензинових двигунах майже завжди застосовують набірні кільця, а європейські фірми, навпаки, частіше використовують коробчаті. За інших рівних умов обидва типи кілець забезпечують приблизно однаковий робочий ресурс, хоча процес йде не зовсім однаково. Він досить звичайний: із зменшенням висоти гребінців збільшується зазор в замку, а це приводить до різкого зростання витрати масла. У набірних кільцях зазор в замках дисків менше впливає на витрату масла, оскільки замки розташовуються в різних місцях по колу поршня. Але у міру зносу дисків пружність розширювача швидко падає і витрата масла збільшується через зниження тиску дисків на поверхню циліндра.

МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВО МОНТАЖ

**ЗЕРНОХРАНИЛИЩА
СКЛАДЫ АНГАРЫ
БЫТОВКИ**

0542-79-32-89 050-302-46-59
097-97-19-110

ПП Моніторинг транспорту 18010 м. Черкаси, вул. Ак. Корольова, 13-205

КОНТРОЛЬ ВИТРАТИ ПАЛИВА
на всіх видах техніки

- Лічильники і датчики палива (Aquametro, Швейцарія)
- Мобільні заправочні станції (Adam Pumps, Італія)

СИСТЕМИ ПАРАЛЕЛЬНОГО ВОДИННЯ
Leica mojoMINI (Leica Geosystems)
GPS Copilot TS, GPS Copilot (CLAAS)

/067/4707036 /099/1664702 факс /0472/663722

ІНТЕРАГРОТЕК

ЗАПАСНІ ЧАСТИНИ

ВІД ПРОВІДНИХ ВИРОБНИКІВ ПРОДАЖ
СЕРВІС • ГАРАНТІЯ

QUIVONGE
LEMKEN
KVERNELAND
Vogel & Noot
Gregoire Besson

**СЕЗОННІ
ЗНИЖКИ**

RABE
KUHN
UNIA
RUSSIAN

тел./факс: 0(44) 206-80-94, 0(44) 206-88-89, 0(44) 259-48-48
моб.: +380 (050) 38-75-600, www.iap.com.ua plug@iap.kiev.ua
03045, Україна, м. Київ, вул. Новопирогівська, 66.