

УДК 621.891:631.31



С. О. Якушенко
викладач,
Херсонський політехнічний
коледж Одеського
національного політехнічного
університету
e-mail:
Yakushenkosa82@mail.ru



І. В. Федіна
викладач,
Херсонський
політехнічний коледж
Одеського
національного
політехнічного
університету

ВПЛИВ РЕЖИМІВ РОБОТИ ДВИГУНА НА ЗМІНУ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОРШНІВ

С.О. Якушенко, І.В. Федіна.
Вплив режимів роботи двигуна на зміну механічних властивостей поршнів. Розглянуто питання зміни механічних властивостей поршнів при роботі двигуна на різних експлуатаційних режимах.

S. Yakushenko, I. Fedina. Effect of the engine modes on the pistons mechanical properties changes. The question of the pistons mechanical properties changing under the engine's different operating conditions.

Вступ. Поршень – деталь циліндричної форми, яка здійснює зворотно – поступальний рух всередині циліндра і призначена для перетворення зміни тиску газу, пари або рідини в механічну роботу, або навпаки – зворотно – поступального руху в зміну тиску. Поршень – найбільш відповідальна і специфічна деталь в сучасному двигуні. Він повинен бути легким і міцним, здатним витримувати значні механічні навантаження і теплові удари, а крім того, володіти високою зносостійкістю робочих поверхонь, низьким тертям при мінімально можливому зазорі в циліндрі. Остання вимога особливо важлива для доброї герметичності, можливості уникнути прориву газів з камери згоряння в картер і надходження масла в зворотному напрямку.

Основний матеріал дослідження. Зміна робочих процесів пов'язана зі зміною параметрів тиску та температури в циліндрі двигуна під час його роботи.

До матеріалів, що застосовуються для виготовлення поршнів автотракторних двигунів, висуваються такі вимоги:

- висока механічна міцність;
- мала щільність;

Технології, матеріали, транспорт і логістика

- добра теплопровідність;
- малий коефіцієнт лінійного розширення;
- висока корозійна стійкість;
- добрі антифрикційні властивості.

Для виготовлення поршнів застосовуються сірі чавуни і алюмінієві сплави.

Чавуні поршні мають наступні переваги:

- поршні з чавуну міцні і зносостійкі.
- завдяки невеликому коефіцієнту лінійного розширення вони можуть працювати з відносно малими зазорами, забезпечуючи гарне ущільнення циліндра.

Недоліками чавунних поршнів є:

- чавун має досить велику питому вагу. У зв'язку з цим сфера застосування чавунних поршнів обмежується порівняно тихохідними двигунами, в яких сили інерції зворотно рухомих мас не перевищують однієї шостої від сили тиску газів на днище поршня.

- чавун має низьку теплопровідність, тому нагрів днища у чавунних поршнів досягає 350 – 400°C. Такий нагрів небажаний особливо в карбюраторних двигунах, так як він служить причиною виникнення калійного запалювання.

Переважна більшість сучасних автомобільних двигунів мають поршні з алюмінієвих сплавів.

Поршні з алюмінієвих сплавів мають такі переваги:

- мала маса (як мінімум на 30% менше в порівнянні з чавунними);
- висока теплопровідність (в 3 – 4 рази вище теплопровідності чавуну), що забезпечує нагрів днища поршня не більше 250 – 260°C (рисунок1), та сприяє кращому наповненню циліндрів і дозволяє підвищити ступінь стиснення в бензинових двигунах;
- хороші антифрикційні властивості.

Побудовані криві температур вказують на те, що основна маса теплоти передається через поршневі кільця, так як значно більш різка зміна температурного градієнта виявляється завжди в районі пояса поршневих кілець, тоді як по довжині направляючої частини він змінюється незначно. На рисунку 2 показано типове протікання температурних кривих для неохолоджуваного поршня, які можуть короткочасно досягати значень до 320°C.

Недоліками поршнів з алюмінієвих сплавів є:

- великий коефіцієнт лінійного розширення (приблизно в 2 рази більше, ніж у чавуну);
- значне зниження механічної міцності при нагріванні (підвищення температури до 300°C призводить до зниження механічної міцності алюмінію на 50 – 55% проти 10% у чавуну).

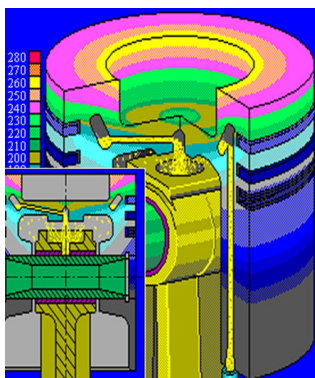


Рисунок 1 – Температурне поле охолоджуваного алюмінієвого поршня

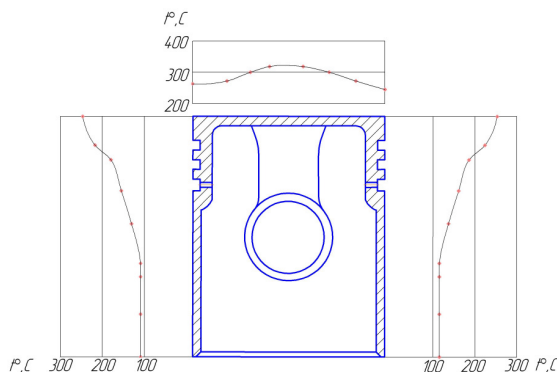


Рисунок 2 – Температурне поле неохолоджуваного алюмінієвого поршня

Неприпустимі для нормальної роботи двигуна зазори між стінками циліндрів і поршнями з алюмінієвих сплавів усуваються конструктивними заходами, основними з яких є:

- надання юбки поршня овальної або овально – конусної форми;
- ізоляція тронкової (направляючої) частини поршня від найбільш нагрітої його частини (головки);
- косий розріз юбки по всій довжині, що забезпечує пружні властивості стінок;
- Т- та П-подібні прорізи в юбці поршня не на повну її довжину в поєднанні з її овальністю;

Режими роботи двигунів внутрішнього згоряння змінюється в залежності від багатьох чинників, а саме: навантаження; частота обертання колінчастого валу; умови експлуатації автомобіля та інші, тому під час вибору матеріалу для виготовлення поршнів автомобільних двигунів (з алюмінієвого ливарного сплаву) необхідно врахувати зміну їх механічних властивостей в залежності від температурних режимів роботи двигуна та тиску який змінюється дуже суттєво.

Технології, матеріали, транспорт і логістика

Під час пуску двигуна температура та тиск у циліндрі двигуна дорівнює 293К та 0,10 МПа, як для бензинових так і для дизельних двигунів (без наддуву), а потім різко змінюється у широкому інтервалі (до 2800К і 8 МПа– для бензинових двигунів та 2300К і 10 МПа – для дизелів (12 МПа – з наддувом)). Тому під час вибору матеріалів поршнів необхідно виконати їх розрахунок на міцність, для визначення сили на розрив, а потім табличним методом обрати з відповідними параметрами.

Алюмінієві сплави для фасонного лиття повинні володіти високою рідкоплінністю, невеликою усадкою, малою схильністю до утворення гарячих тріщин і пористістю в поєднанні з добрими механічними властивостями, опором корозії та ін. Усі ливарні алюмінієві сплави, зазначені в ГОСТ 1583-93, в залежності від хімічного складу поділяють на п'ять груп. Термічну обробку ливарних алюмінієвих сплавів проводять за режимами: Т1 - штучне старіння без попереднього нагрівання під загартування, Т2 - відпал, Т4 - загартування, Т5 - неповне штучне старіння, Т6 - повне штучне старіння, Т7 - стабілізуючий старіння.

Найбільше застосування отримали жароміцні сплави АК4-1, АК4 та ін. системи (алюміній – магній – мідь – нікель з добавками хрому), з яких виготовляють поршні, головки циліндрів і інші деталі, що працюють при температурі 275 – 300°С. Виливки використовують після гартування і короткочасного старіння при 175°С (Т5), поршні піддають гартуванню і старіння при 290°С (Т7). Легуючі елементи утворюють з алюмінієм тверді розчини змінної розчинності і ряд хімічних сполук (CuAl_2 ; Al_2CuMg ; Mg_2Si та ін.).

Висновок. Сучасні двигуни внутрішнього згорання стають все більш швидкохідними (швидкість поршня 12 – 15 м/с), це зумовлює ретельний підбір матеріалу для виготовлення поршнів, але крім правильного вибору матеріалу існують конструктивні та експлуатаційні заходи по підвищенні міцності та довговічності поршнів.

Конструкційні:

– компенсаційні вставки (інвар, нирезист), що обмежують теплове розширення юбки в площині переміщення шатуна, даний метод дозволяє збільшити зносостійкість поршня у 3 – 4 рази, але при цьому збільшується собівартість виготовлення та підвищується на 7...10% його маса;

– посилення верхньої канавки та камери згорання поршня введенням до його структури керамічних волокон з оксиду алюмінію, нітрида та карбїду кремнію;

Технології, матеріали, транспорт і логістика

– під час виготовлення додавати легуючі елементи (нікель, хром, залізо), які підвищують твердість та жароміцність;

Експлуатаційні заходи пов'язані з покриттям поршнів спеціальним захисним покриттям, яке зберігає свої властивості навіть через 40 тис. км. Однією з головних переваг цих покриттів є діапазон робочих температур від – 70 до + 3800°C.

Література

1. С. О. Якушенко, П. С. Носов. Проектні розрахунки та 3D моделювання двигунів внутрішнього згоряння у САПР Delcam PowerShape 2013 // Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві: збірник наукових праць [Текст]. – Вип. 4(5) – О.: АО Бахва, 2013. – С. 165 – 179
2. Лахтин Ю. М. Металловедение и термическая обработка металлов: [Текст] учебник для вузов – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1983. – 360с.
3. <http://www.splav-kharkov.com/main.php>
4. <http://gutom.ru/regulirovanie-i-raspredelenie-temperatury-porshnej-v-dvigatele-chast-5-tipichnye-temperaturnye-krivye/>
5. Попович В.В., Попович В.В. «Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство»: [Текст] Підручник. - Львів: Світ, 2006.- 624с.: Іл.
6. <http://www.spbmotor.ru/about/64/porshni-sovremennykh-motorov>

Надійшла до редакції 22.12.2014