



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **37750** (13) **U**
(51) МПК (2006)
F02F 5/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ**ОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**видається під
відповідальність
власника
патенту**(54) ПОРШНЕВЕ КІЛЬЦЕ**

1

2

(21) u200807726

(22) 06.06.2008

(24) 10.12.2008

(46) 10.12.2008, Бюл.№ 23, 2008 р.

(72) СОКОЛОВ ОЛЕКСАНДР ДМИТРОВИЧ, UA,
МАННАПОВА ОКСАНА ВОЛОДИМИРІВНА, UA,
МОЛДАВАНОВ ВІКТОР ПЕТРОВИЧ, UA, ТВЕР-
ДОХЛІБ ВАСИЛЬ ІВАНОВИЧ, UA(73) ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАР-
ЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ, UA(57) Поршневе кільце двигуна внутрішнього зго-
рання, виконане із чавуну з розніманням по окруж-

ності - замком кільця, яке для збереження ущільнюючих властивостей у процесі зношування виготовляється із розрахованою епюрою радіальних тисків по периметру кільця при застосуванні параметра А, який характеризує інтенсивність зміни модуля пружності по периметру кільця, і для підвищення довговічності має зносостійке покриття на зовнішній циліндричній робочій поверхні, яке газотермічно напилене у канавку на робочій поверхні кільця, яке **відрізняється** тим, що величина параметра А дорівнює - 0,10.

Корисна модель відноситься до конструкцій ущільнювальних елементів циліндро-поршневої групи (ЦПГ), зокрема, до конструкцій поршневих кілець, переважно компресійних, виготовлених з чавуну, для двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ).

Відомі конструкції компресійних поршневих кілець, виконаних із чавуну з розніманням по окружності - замком кільця, які для збереження ущільнюючих властивостей у процесі зношування виготовляються із розрахованою епюрою радіальних тисків по периметру кільця і для підвищення довговічності мають зносостійке покриття на зовнішній циліндричній робочій поверхні. Найбільш суттєвою частиною розрахунку поршневого кільця є розрахунок його форми у вільному стані, по якому виготовляють ливарну модель і копір копіювального верстата для виготовлення заготовки кільця. Ця задача зводиться до визначення форми осової лінії плоскої криволінійної пружини, яка у робочому стані приймає форму розрізаного кільця із заданим

Методами опору матеріалів радіус кривизни у будь-якому перетині кільця у вільному стані визначається як:

$$\rho_{\psi} = \frac{r}{1 - \frac{br^3}{E_{\psi} J_{\psi}} \int_{\psi}^{\pi} q_{\phi} \sin(\phi - \psi) d\phi},$$

де: r - радіус середньої лінії кільця у робочому

стані, $r = \text{const}$; b - висота кільця; E_{ψ} - умовний модуль пружності матеріалу кільця; J - момент інерції перетину кільця відносно нейтральної осі; ϕ - кут визначення точки прикладення сили; ψ - кут визначення точки, де виникає момент від прикладеної сили; q_{ϕ} - навантаження по периметру кільця на одиницю висоти кільця.

Розрахунок кільця ведуть з урахуванням розподілення по периметру радіальних тисків, задаючи потрібну епюру через ψ , і розподілення по периметру модуля пружності, задаючи залишкові деформації, які набуває заготовка у процесі виробництва, через коефіцієнт А у функції розподілу модуля пружності по периметру:

$$E_{\psi} = E \left[1 + \frac{A\psi}{2\pi} (1 - \cos \psi + \sin \psi) \right], \quad (1)$$

де А - коефіцієнт, який характеризує інтенсивність зміни E_{ψ} по периметру від спинки ($E_{\psi} = E$) до замка кільця. Для сірого спеціального чавуну поршневих кілець він визначений ($A = +0,08 \dots 0,12$) і застосовується у розрахунках при виготовленні серійних компресійних поршневих кілець [Див. Гинцбург Б.Я. Теория поршневого кольца. - М: Машиностроение. - 1979. - 271 с; Молдаванов В.П., Пикман А.Р., Авербух В.Х. Производство поршневых колец двигателей внутреннего сгорания. - М.: Машиностроение. - 1980. - 199 с].

(13) **U**(11) **37750**(19) **UA**

Відомі конструкції компресійних поршневих кілець, виконаних із сірого чавуну з розніманням по окружності - замком кільця, які для збереження ущільнюючих властивостей у процесі зношування виготовляються із розрахованою епюрою радіальних тисків по периметру кільця при застосуванні параметру $A = +0,10$, який характеризує інтенсивність зміни модуля пружності по периметру кільця, і для підвищення довговічності мають зносостійке покриття на зовнішній циліндричній робочій поверхні, переважно із гальванічно осадженого хрому [Авторське свідоцтво 1294436 СРСР М.Кл.⁴ В22F3/00. Заявлене 03.10.85. Опубліковане 07.03.87; Патент 2021553 Російської федерації. МКІ⁶ F16J9/02. Заявлений 08.07.91. Опублікований 15.10.94]. При роботі у двигунах середнього навантаження недоліком таких кілець є їх низька довговічність і надійність при застосуванні у термонапружених форсованих дизельних двигунах із-за низької термостійкості, високого рівня внутрішніх напруг і низької мастилоємності гальванічних хромових покриттів, що призводить до їх швидкого зносу і викришування.

Відомі конструкції компресійних поршневих кілець, виконаних із чавуну з розніманням по окружності - замком кільця, які для збереження ущільнюючих властивостей у процесі зношування виготовляються із розрахованою епюрою радіальних тисків по периметру кільця при застосуванні параметру $A = +0,10$, який характеризує інтенсивність зміни модуля пружності по периметру кільця, і для підвищення довговічності мають зносостійке покриття на зовнішній циліндричній робочій поверхні, яке газотермічно напиляне у канавку на робочій поверхні кільця замість гальванічного хрому, причому для підвищення довговічності контакт основного матеріалу кільця і канавки з покриттям виконаний по кривій або ламаній лінії з кроком по

периметру кільця $\ell \leq \sqrt{\pi^2 h^2 E / 3\sigma}$, де h - товщина покриття, E - модуль пружності покриття, а σ - внутрішні напруги в покритті. Термічно стійкі газотермічно напилені пористі мастилоємні покриття дозволяють витримати найбільш термічно напружений практично незмашений відрізок свого шляху по циліндру термонапруженого двигуна поблизу верхньої мертвої точки при спалаху горючої суміші без руйнування [Авторське свідоцтво 846773 СРСР М.Кл.³ F02F5/00, F16J9/00. Заявлене 09.01.78. Опубліковане 15.07.81. Автори Пікман А.Р., Соколов О.Д., Молдаванов В.П. і інші]. Недоліком цієї конструкції є невисока міцність покриття і нерівномірність зношування робочої поверхні поршневого кільця.

Найбільш близьким за технічною суттю до корисної моделі, що заявляється, є вибране як прототип компресійне поршневе кільце, виконане із чавуну з розніманням по окружності - замком кільця, яке для збереження ущільнюючих властивостей у процесі зношування виготовляється із розрахованою епюрою радіальних тисків по периметру кільця при застосуванні параметру $A = +0,10$, який характеризує інтенсивність зміни модуля пружності по периметру кільця, і для підвищення довговічності має зносостійке покриття на

зовнішній циліндричній робочій поверхні, яке газотермічно напиляне у канавку на робочій поверхні кільця, причому для підвищення довговічності і міцності бокова стінка канавки по перерізу кільця

виконана за співвідношенням $\ell = 3h \frac{\sigma}{\tau} + 1$, де h - абсциса, а ℓ - ордината точки, що утворює профіль канавки, мм; σ - міцність зчеплення покриття з чавуном кільця на відривання, а τ - на зрушування, МПа [Авторське свідоцтво 1636583 СРСР М.Кл.⁵ F02F5/00. Заявлене 04.04.89. Опубліковане 23.03.91. Автори Соколов О.Д., Єлісєєва С.Г.].

Відоме кільце, яке вибране як прототип, дозволяє підвищити довговічність і надійність ЦПГ при застосуванні у термонапружених форсованих дизельних двигунах. Проте, вказане кільце не дає можливості збавитися нерівномірності зношування робочої поверхні поршневого кільця по периметру, що свідчить про нерівномірність епюри радіальних тисків при приляганні до гільзи циліндру.

Таким чином, нерівномірність епюри радіальних тисків кільця, прийнятого як прототип, викликає нерівномірність щільного прилягання кільця до гільзи циліндру під час його роботи і зношування у двигуні, що, в кінцевому рахунку, не дає покриттю можливості використати весь свій ресурс зносостійкості і довговічності.

В основу корисної моделі поставлена задача створення верхнього компресійного поршневого кільця, спроможного працювати у термонапружених форсованих дизельних двигунах, і за допомогою зміни конструкції забезпечити рівномірність щільного прилягання кільця до гільзи циліндру під час його роботи і зношування у двигуні.

Технічний результат від використання корисної моделі полягає в можливості підвищення довговічності ЦПГ термонапружених форсованих дизельних двигунів.

Поставлена задача вирішена в конструкції поршневого кільця, яке виконане із чавуну з розніманням по окружності - замком кільця, яке для збереження ущільнюючих властивостей у процесі зношування виготовляється із розрахованою епюрою радіальних тисків по периметру кільця при застосуванні параметру A , який характеризує інтенсивність зміни модуля пружності по периметру кільця, і для підвищення довговічності має зносостійке покриття на зовнішній циліндричній робочій поверхні, газотермічно напиляне у канавку, виготовляється по розрахунку форми кільця, в якому величина коефіцієнту A , який характеризує інтенсивність зміни модуля пружності по периметру кільця (див. вираз 1) і складає для гальванічно хромованих кілець $+0,10$, замінюється на іншу експериментально визначену величину для технології виготовлення газотермічно напиляних кілець з урахуванням впливу газотермічного напилювання покриття, яка дорівнює $-0,10$.

Це забезпечує рівномірність щільного прилягання кільця до гільзи циліндру під час його роботи і зношування у двигуні, дає покриттю можливість використати весь свій ресурс зносостійкості, що підвищує довговічність кільця і всієї ЦПГ термонапруженого двигуна.

Корисна модель пояснюється кресленням, де на Фіг. 1 і 3 зображено компресійне кільце у вільному стані, відповідно, вид у плані і розріз по А-А на Фіг.2 і вид по Б-Б на Фіг.3.

Поршневе кільце являє собою кільцевий елемент 1 з газотермічно нанесеним покриттям 2.

Вирішення поставленої задачі було проведено наступним чином. На базі НВО "Проммаштранс" були проведені дослідження технології виготовлення чавунних поршневих кілець і встановлено, що на відміну від низькотемпературного процесу гальванічного хромування, нанесення покриттів високотемпературним струменем вносить окремий вплив на кільце, формуючи залишкові формозміни і змінюючи модуль пружності чавуну і розподіл умовного модуля пружності кільця по периметру.

Залишкові формозміни обумовлені схильністю чавуну до пластичних деформацій навіть при малих навантаженнях. За три - чотири навантаження, які характерні для технологічного процесу обробки заготовок поршневих кілець, сумарне значення залишкової деформації складає для сірого спеціального чавуну 15 - 18 %, для високоміцного -4-7 %.

Якщо при осаджуванні серійних хромових покриттів сумарна величина залишкової деформації форми поршневих кілець із сірого чавуну складає у виробництві 15... 18 %, то, як показують вимірювання, процес газотермічного напилювання покриттів збільшує залишкову деформацію кілець до 26... 29%.

У нашому випадку після газотермічного напилювання покриття величина умовного модуля пружності E кілець із сірого чавуну знизилася в середньому з 95,6 ГПа до 88,2 ГПа, тобто на 7,7 %, а для високоміцного чавуну на 4,1 %. Для обох матеріалів зменшення умовного модуля пружності

по периметру E_{ψ} від спинки до замка спостерігалось на рівні 8...10%, що дає нам експериментальне визначення коефіцієнту A (коефіцієнт інтенсивності зміни E_{ψ} по периметру) у формулі (1): $A = -0,10$. Це означає, що для виробництва заготовок кілець під нанесення газотермічного покриття підлягають відповідній корекції заданий радіус середньої лінії кільця у робочому стані, прирощення основного радіусу заготовки по периметру і основний радіус заготовки.

Таким чином, особливості виготовлення чавунних поршневих кілець з газотермічними покриттями визначаються експериментальними даними, отриманими у ході дійсних досліджень. Вони полягають у застосуванні величини коефіцієнта A , яка дорівнює -0,10. Це дозволяє забезпечити задану епюру радіальних тисків і компенсувати нерівномірність модуля пружності.

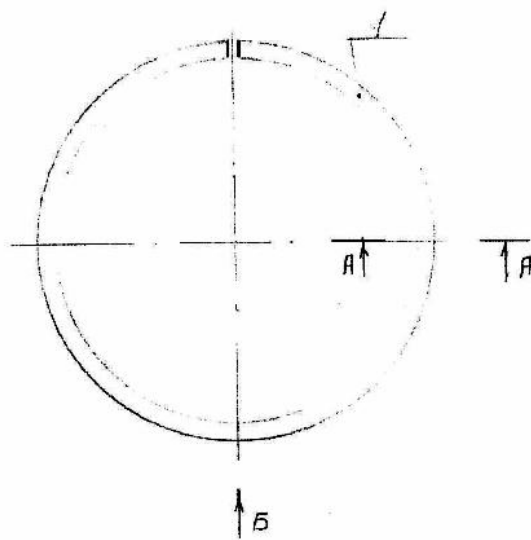
Визначений параметр $A = -0,10$ характеризує такий критерій охороноздатності даної корисної моделі як новизну.

Для визначення другого критерію охороноздатності - промислової придатності на підприємстві НВО "Проммаштранс" були виготовлені відповідно до зазначеного критерію новизни чавунні верхні компресійні кільця з газотермічно нанесеним покриттям і проведені стендові випробування на двигуні у порівнянні із серійними гальванічно хромованими кільцями.

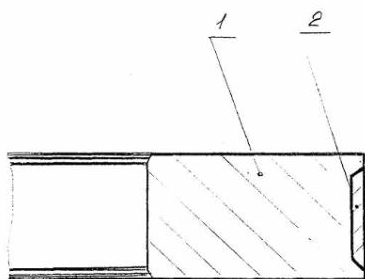
Для досліджень були застосовані серійні і дослідні верхні компресійні поршневі кільця двигуна 4411/12,5, усі інші кільця були серійної комплектації. На робочій циліндричній поверхні верхніх компресійних кілець були серійні гальванічні хромові покриття товщиною 0,15...0,18 мм із загальною поруватістю близько 1%, або дослідні газотермічні покриття з поруватістю 10...11%, розташовані у канавці. Напилення покриттів із молібденового порошку, а також із порошків заліза, нікелю та хрому здійснювали на установці плазмового напилювання УМП-5-68 у азотній плазмі при напрузі 90 В, струмі 300 А, і витраті азоту - 5 м³ у годину. Поршневі кільця збирали на оправки обжатими до круглої форми, проточували на них канавки для покриття, а після газотермічного-го напилювання покриття шліфували на оправках до номінального розміру, при цьому товщина покриття складала 0,25...0,3 мм.

Знос деталей циліндро-поршневої групи визначали у стендових випробуваннях двигунів 4411/12,5, які проводилися впродовж 50 годин з 1,5-годинною обкаткою. Методика передбачала прискорення процесу зношування усіх деталей ЦПГ у 100 разів за рахунок введення у кожний циліндр 0,3 г/час кварцової пилюки, що відповідало роботі двигуна у нормальних умовах впродовж 5000 мотогодин. За час випробувань кільце проходило шлях тертя 1656 км при середньому тиску тертя 0,75 МПа і середній швидкості ковзання 9,2 м/с. При кожному випробуванні дослідні кільця встановлювали у двигуни через циліндр із серійними комплектами кілець. У двигуні були серійні гільзи циліндрів із сірого чавуну і серійні силумінові поршні. Вимірювалися лінійні зноси усіх сполучень ЦПГ.

Результати випробувань показують, що сумарний знос сполучення "дослідне кільце із газотермічно напиляним покриттям - гільза циліндру", який характеризує довговічність циліндро-поршневої групи дизельного двигуна, зменшується при виготовленні кілець із запропонованим параметром $A = -0,10$ на 25 % і досягає рівня зношування серійних кілець із хромовим покриттям, що дає можливість застосовувати газотермічно напиляні кільця у термонапружених форсованих двигунах, не зменшуючи їх моторесурсу, і доводить промислову придатність запропонованої корисної моделі.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3