УДК 621.763:621.74.043

В.Ю. ГОЛДУН Л.П. КЛИМЕНКО, В.І. АНДРЄЄВ, О.Ф. ПРИЩЕПОВ

Чорноморський державний університет імені Петра Могили, Миколаїв, Україна

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЧАВУНУ КОМПРЕСІЙНИХ ПОРШНЕВИХ КІЛЕЦЬ ТРАНСПОРТНИХ ДВИГУНІВ

В статті авторами запропоновано принципово нову технологію отримання індивідуальних виливків чавунних поршневих кілець у кокіль виготовлений з композиційного пористого матеріалу на основі губчатого титану. За результатами металографічних досліджень серійних та експериментальних зразків поршневих кілець встановлено, що частка перліту в металевій основі матеріалу відповідно складає 84% в серійних поршневих кільцях та 94,9% в дослідних зразках поршневих кілець. Серійний зразок поршневого кільця має структура чавуну з нерівномірно розподіленим пластинчатим графітом гніздоподібної форми довжиною 120-250 мкм. Дослідний зразок поршневого кільця має структуру чавуну з нерівномірно розподіленим пластинчатим графітом гніздоподібної форми довжиною 30-60 мкм.

Ключові слова: *поршневе кільце, композиційний пористий матеріал, кокіль, чавун, графіт, перліт, ферит.*

Вступ

Тенденція сучасного транспортного двигунобудування характеризується збільшенням швидкохідності, потужності та надійності двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ). Не останню роль у забезпеченні зазначених характеристик двигуна відіграє якість матеріалів з яких виготовлені його деталі. Особливо це стосується відповідальних деталей, які працюють під дією великих навантажень. Одними з найбільш відповідальних та навантажених деталей двигуна є верхні компресійні поршневі кільця. Сучасні технології отримання чавунних заготовок поршневих кілець передбачають підвищення якості чавуну модифікуванням або термічною обробкою, що досить дорого. Одним із альтернативних шляхів підвищення якості чавуну компресійних поршневих кілець транспортних двигунів є покращення структури матеріалу на стадії формування заготовки.

1. Формулювання проблеми

Робота пари тертя гільза циліндру-поршневе кільце супроводжується постійним зношенням. Поршневе кільце має зберігати контакт з дзеркалом циліндру протягом усього часу роботи двигуна. Але щільність прилягання робочої поверхні поршневого кільця до дзеркала циліндру поступово зменшується і величина зносу гільзи циліндра в районі верхньої мертвої точки поступово досягає значення при якому верхнє поршневе кільце не забезпечує необхідну герметичність камери згорання. Вирішення даної проблеми можливе за рахунок підвищення механічних властивостей компресійних поршневих кілець. Одним із методів впливу на майбутні механічні властивості поршневих кілець є формування відповідної структури матеріалу на стадії отримання заготовки.

2. Технології виготовлення заготовок чавунних поршневих кілець

В зарубіжній та вітчизняній практиці масового виробництва поршневих кілець використовуються дві загальновідомі технології отримання заготовок чавунних поршневих кілець. За технологією індивідуального лиття поршневих кілець у піщано-глинясті форми методом стопкової формовки виготовляють поршневі кільця на вітчизняному заводі ВАТ «Одеський завод поршневих кілець». Також дана технологія використовується концернами Federal Mogul, Apex International, Perfect Circle польською компанією Prima, російським виробником ВАТ «СТАПРИ» та іншими. Технологія отримання маслотних заготовок поршневих кілець використовується концерном Kolbenschmidt, польською компанією Prima, російськими виробниками ВАТ «СТАПРИ», ВАТ «Клінцовський завод поршневих кілець», ЗАТ «Мічурінський завод поршневих кілець. До недоліків технології індивідуального лиття в піщано-глинясті форми належать: неоднорідність структури матеріалу заготовки, великі початкові витрати на складне формування піщано-глиняної суміші, високий відсоток браку внаслідок обсипання формувальної суміші, значна запиленість та загазованість виробництва та інше. До недоліків маслотного способу отримання заготовок відносять високий коефіцієнт використання матеріалу, наявність

© В.Ю. Голдун Л.П. Клименко, В.І. Андрєєв, О.Ф. Прищепов

відбіленого поверхневого шару на заготовці, необхідність у додаткових операціях термічної обробки та інше.

Автори пропонують створити ливарну форму, яка б поєднувала в собі переваги кокільного лиття та лиття в піщано-глинясті форми і відповідала б поняттю «кокіль».

Суть удосконалення полягає в тому, що замість ливарної форми виготовленої з піщано-глиняної суміші пропонується використовувати роз'ємний кокіль виготовлений з пористого композиційного матеріалу на основі губчатого титану.

Конструкція кокілю забезпечує відливання кілець у вигляді багаторядних стопок та їх вільне вилучення з форми, а використання в якості матеріалу для виготовлення кокілю губчатого титану наближає теплофізичні параметри лиття у кокіль до умов піщано-глиняної форми. Окрім того, пористість та теплофізика матеріалу дозволяє керувати тепловими процесами охолодження виливка, які інтенсивно впливають на структуру чавуну: розташування і розмір включень графіту, розмір міждендритних зерен та інші характеристики структури. Індивідуальне відливання поршневих кілець запропонованим способом дозволить знизити відсоток браку, отримати відливки з однорідною структурою та високою якістю зовнішньої поверхні, підвищити механічні властивості відливок без зміни хімічного складу, підвищити продуктивність праці, відмовитись від формувальних операцій та підвищити екологічність виробництва.

На рис. 1 зображено поперечний перетин тривимірної моделі роз'ємного кокілю для відливання поршневих кілець.

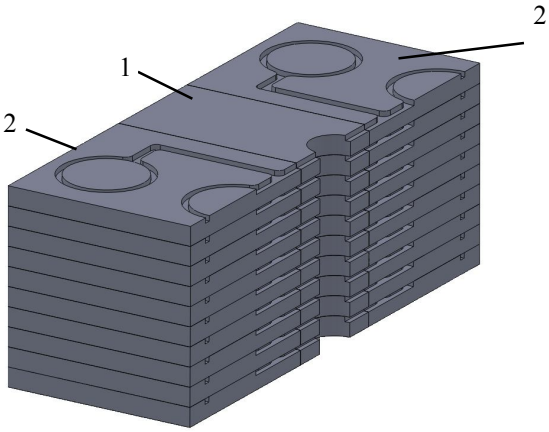


Рис. 1. Поперечний перетин тривимірної моделі роз'ємного кокілю

Кокіль складається з набору центральних прямокутних пластин 1, які формують центральний стояк. Від нього рідкий метал по виготовленим ливниковим ходам потрапляє до прямокутних пластин-форм 2, в яких виготовлено усі необхідні елементи ливникової системи. Всі пластини виготовлені з металевого порошку методами порошкової металургії та мають рівномірну об'ємну пористість. Після кристалізації рідкого металу, кокіль розбирається для виймання відливок. Спочатку відділяються центральні пластини, площиною рознімання яких є центральна площина центрального стояка. Потім від центрального стояка відрізаються відгалуження, які утворилися внаслідок кристалізації металу в ливникових ходах, що з'єднують стояк з елементами ливникової системи пластин-форм. Після цього з кожної пластини-форми виймаються відливки поршневих кілець. Кількість та розміри пластин-форм та центральних пластин визначаються кількістю відливок, які необхідно отримати за одне заливання, та їх геометричними розмірами [4].

3. Результати досліджень

Сірий чавун, який широко використовується для виготовлення поршневих кілець є досить крихким матеріалом з невисокими механічними властивостями. Як стверджує Гіршович Н. Г. [5] ці властивості залежать від структури чавуну: чим менше графіту, мілкіше та сприятливіше за розташуванням його включення, дисперсніше перліт, мілкіше евтектичне зерно та розгалуженіший передевтектичний аустеніт, тим вище зазначені властивості. Але необхідно мати на увазі, що $\sigma_{в,}$ $\sigma_{и}$, залежать як від графіту, так і від матриці, E – головним чином від графіту. При цьому якість чавуну зростає із зменшенням кількості та розмірів включень графіту. Щільність сірого чавуну зростає зі зменшенням вмісту графіту. Подрібнення та зменшення кількості графіту та розміру евтектичного зерна, заміна перліту феритом в структурі підвищують механічні властивості чавуну. Таким чином для підвищення $\sigma_{в,}$ $\sigma_{и}$ та E матеріалу серійних поршневих кілець необхідно отримати структуру матеріалу зі зменшеною кількістю та розмірами включень графіту та зі збільшеним вмістом перліту у металевій матриці.

Враховуючи невеликі лінійні розміри поршневих кілець можна зробити припущення, що кристалізація та охолодження металу виливка відбувається майже одночасно в усьому його об'ємі. Тому покращити структуру сірого чавуну, який використовується для виготовлення виливків поршневих кілець, без зміни його хімічного складу можна шляхом керування швидкістю охолодження металу в інтервалі температур евтектоїдного перетворення.

Для перевірки даного припущення колективом авторів був сконструйований та виготовлений експериментальний зразок кокілю з композиційного пористого матеріалу на основі губчатого титану рис. 2. Кокіль виготовлений за технологією порош-

кової металургії з крупно дисперсного порошку титанової губки марки Тг-ТВ фракції -3,3+1,3 мм, та дрібнодисперсного титанового порошку фракції -0,4+0 мм. Діаметр кокілю 142 мм, товщина 31 мм, товщина кришки 22 мм.

Для захисту робочих поверхонь кокілю використовувалося двошарове вогнетривке покриття, яке складалося з ґрунтувального покриття ППК-2 – на основі маршалі ту, та з робочого покриття ППГ-1 – на основі графіту. Щільність ґрунтувального покриття в рідкому стані 1,25 г/см^3. Ґрунтувальне покриття наносилося на очищену до блиску металеву поверхню при температурі кокілю 250 °С. Щільність робочого покриття в рідкому стані 1,28 г/см^3. Робоче покриття наносилося поверх ґрунтувального при температурі кокілю 250 °С.

Рис. 2. Експериментальний зразок кокілю

Експериментальне заливання кокілю здійснювалося на ВАТ «Одеський завод поршневих кілець». В експериментальний зразок кокілю були відлиті дослідні зразки заготівок поршневого кільця діаметром 72 мм та товщиною 4 мм. Температура кокілю перед заливанням становила 500 ºС. температура розплаву становила 1470 ºС. хімічній склад чавуну, що заливався відповідав вимогам технологічного процесу (С – 3,6-3,9%; Si – 2,3-2,9%; Mn – 0,5-0,8%; P – 0,3-0,6%; S – 0,1%; Cr – 0,15-0,35%; Mo – 0,25-0,5%; Cu – 0,25-0,5%; Ni – 0,1-0,25; Ti – 0,25%).

На отриманих дослідних зразках поршневих кілець відбілення відсутнє. Твердість зразків складає 95-97 HRB. Мікропористість чавуну відсутня. Пористий кокіль з титанового композиту показав високу стійкість та можливість подальшого використання.

Порівняльне дослідження мікроструктури експериментальних та серійних зразків поршневих кілець здійснювалося методом металографічного аналізу на мікроскопі БИОЛАМ-И. Підготовка мікрошліфів проводилася відповідно до ГОСТ 3443-87 «Виливки з сірого чавуну з різною формою графіту. Методи визначення структури»

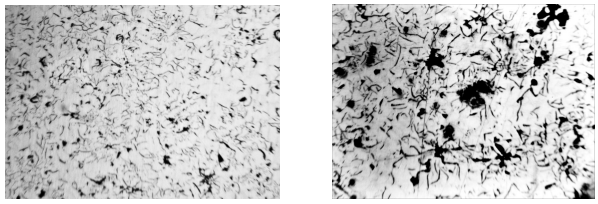
Порівняння структур поршневого кільця масового виробництва та експериментального кільця здійснювалося за допомогою промислової системи аналізу зображень SIAMS 600. Порівняльні результати аналізу структур металевої основи експериментальних та серійних зразків поршневих кілець наведене в таблиці 1

Таблиця 1

Порівняльні результати аналізу структур металевої основи експериментальних та серійних зразків поршневих кілець

Показник	Масове виробництво	Експериментальний зразок
Проаналізована площа, мм^2	0,054	0,054
Частка перліту, %	84,0	94,9
Частка фериту, %	16,0	5,1
Похибка вимірювання перліту, %	2,5	2,4
Похибка вимірювання фериту, %	2,5	2,4

Характер розподілу включень графіту зображено на рис 3.



а б

Рис. 3 Характер включень графіту:
а – експерементальний зразок; б – серійний зразок

Серійний зразок поршневого кільця має структуру чавуну ПГф4, ПГр2, ПГд180. Дослідний зразок поршневого кільця має структуру чавуну ПГф4, ПГр2, ПГд45 [3].

Висновки

1. Використання в якості матеріалу кокілю титанової губки та титанового порошку дозволяє керувати швидкістю охолодження виливка в інтервалі температур евтектоїдного перетворення та призводить до збільшення кількості та дисперсності перліту, до зменшення розмірів включень графіту та евтектичного зерна. Частка перліту в металевій основі матеріалу складає 84% аналізованої площі в серійних поршневих кільцях та 94,9% аналізованої площі в дослідних зразках поршневих кілець. Серійний зразок поршневого кільця має структуру чавуну з нерівномірно

розподіленим пластинчатим графітом гніздободібної форми довжиною 120-250 мкм. Дослідний зразок поршневого кільця має структуру чавуну з нерівномірно розподіленим пластинчатим графітом гніздободібної форми довжиною 30-60 мкм.

2. Дрібнодисперсна перлітна структура металевої матриці та подрібнення включень графіту підвищують якість чавуну компресійних поршневих кілець: підвищують значення модулю пружності Е та межи міцності $\sigma_в$.

Література

1. Баландин, Г.Ф. Основы теории формирования оливки. [Текст]: учеб. пособие / Г.Ф. Баландин. – М.: Машиностроение, 1976. – 328 с.

2. Вейник, А.И. Теория затвердевания оливки [Текст]: моногр. / А.И. Вейник. - М.: Машиностроение, 1960. – 437 с.

3. ГОСТ 3443-87 Отливки из серого чугуна с различной формой графита. Методы определения структуры [Текст]. – введ. 01.07.88. – М.: Изд-во стандартов, 2005. – 42 с.

4. Пат. 70232 Україна, B22D 23/00. Спосіб індивідуального відливання поршневих кілець у кокіль [Текст] / Клименко Л.П., Андрєєв В.І., Прищепов О.Ф., Голдун В.Ю.; Заявник та патентовласник ЧДУ ім. П. Могили - № а 201109625; заявл. 02.08.2011; опубл. 12.04.2012, Бюл. № 23. – 4 с.:іл.

5. Справочник по чугунному литью [Текст] / Науч. ред. Н.Г. Гиршович. – 3-е изд., перер. и доп. – Л.: Машиностроение, 1978. – 758 с.

Надійшла до редакції 30.05.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. М. Т. Фісун, Чорноморський державний університет ім. П. Могили, Миколаїв, Україна.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЧУГУНА КОМПРЕССИОННЫХ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ ТРАНСПОРТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В.Ю. Голдун, Л.П. Клименко, В.И. Андреев, О.Ф. Прищепов

В статье авторами предложена принципиально новая технология получения индивидуальных отливок чугунных поршневых колец в кокиль изготовленный из композиционного пористого материала на основе губчатого титана. По результатам металлографических исследований серийных и экспериментальных образцов поршневых колец установлено, что часть перлита в металлической основе материала соответственно составляет 84% в серийных поршневых кольцах и 94,9% в опытных образцах поршневых колец. Серийный образец поршневого кольца имеет структуру чугуна с неравномерно распределенным пластинчатым графитом гнездообразной формы длиной 120-250 мкм. Опытный образец поршневого кольца имеет структуру чугуна с неравномерно распределенным пластинчатым графитом гнездообразной формы длиной 30-60 мкм.

Ключевые слова: поршневое кольцо, композиционный пористый материал, кокиль, чугун, графит, перлит, ферит.

UPGRADING CAST-IRON OF COMPRESSION PISTON-RINGS OF TRANSPORT ENGINES

V.Yu. Goldun, L.P. Klymeko, V.I. Andreev, O.F. Pryshchepov

In the article authors are offer on principle new technology of receipt of the individual foundings of cast-iron piston-rings in mold made from composition porous material on the basis of spongy titan. It is set on results metallography researches of serial and experimental standards of piston-rings, that part of pearlite is in metallic basis material accordingly 84% makes in serial piston-rings and 94,9% in the pre-production models of piston-rings. The serial standard of piston-ring has a structure of cast-iron with the unevenly up-diffused flake rosette graphite by length of 120-250 mkm. The pre-production model of piston-ring has a structure of cast-iron with the unevenly up-diffused flake rosette graphite by length of 30-60 mkm.

Key words: a piston-ring, composition porous material, mold, cast-iron, graphite, pearlite, ferit.

Голдун Віктор Юрійович – аспірант кафедри екології та природокористування Чорноморського державного університету ім. П. Могили, Миколаїв, Україна, e-mail: v_goldun@mail.ru.

Клименко Леонід Павлович – д-р техн. наук, професор кафедри екології та природокористування Чорноморського державного університету ім. П. Могили, Миколаїв, Україна, e-mail: rector@kma.mk.ua.

Андрєєв Вячеслав Іванович – канд. техн. наук, доцент, завідувач науково-дослідного відділу Чорноморського державного університету ім. П. Могили, Миколаїв, Україна, e-mail: avi@kma.mk.ua.

Прищепов Олег Федорович – канд. техн. наук, доцент кафедри медичних приладів та систем Чорноморського державного університету ім. П. Могили, Миколаїв, Україна.