

УДК 621.763:621.74.043

Л.П. КЛИМЕНКО, В.І. АНДРЕЄВ, Л.М. ДИХТА, О.Ф. ПРИЩЕПОВ

Чорноморський державний університет ім. Петра Могили, Миколаїв, Україна

ТЕРМОІЗОЛЯЦІЙНІ ПОКРИТТЯ РОБОЧОЇ ПОВЕРХНІ ПОРИСТИХ ЛИВАРНИХ КОКІЛІВ ДЛЯ ЛИТТЯ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ ДВЗ

В роботі досліджувались технологічні варіанти отримання покриттів (теплоізолюючого матеріалу) методом іонно-плазмового запилення і нанесенням карбідотитанового покриття TiC, та проводиться оцінка властивостей покриттів в залежності від режимів. В роботі відпрацьовано технологію нанесення та вивчено властивості карбідотитанового покриття TiC. Авторами проведено оцінку впливу карбідотитанового покриття TiC, нанесеного методом газозфазного осадження на знос та стійкість робочої поверхні пористих вставок комбінованих ливарних кокілів. Карбідотитанове покриття TiC наносилось на зразки пористих вставок комбінованих ливарних кокілів газозфазним осадженням на спеціальній установці. Отримання карбідотитанового покриття, нанесеного методом газозфазного осадження проводиться при пониженому тиску (10^{-1} Па) і температурі близько 1000°C титанового порошку з парами чотирихлорного вуглецю.

Ключові слова: *двигун внутрішнього згорання, гільза циліндру, відцентрове литво, виливниця відцентрового лиття, теплоізолюючі матеріали, іонно-плазмове напилення, карбідотитанове покриття.*

Вступ

У ливарному комплексі двигунобудівних заводів більшість гільз циліндрів отримують відцентровим литвом, а як матеріал виливниці використовується сірий чавун марок СЧ20, СЧ25. Він має задовільні теплофізичні властивості, що зберігаються при підвищених температурах, але параметри теплопровідності, теплоємності і умови змочування чавуну розплавом не дозволяють використовувати ці форми без коштовного теплоізоляційного покриття [1].

1. Формулювання проблеми

Робоча поверхня відцентрового ливарного кокілю та торцева чавунна кришка підлягають інтенсивному, переважно конвективному, нагріванню й пасивному природному охолодженню. Періодичність термічних циклів – 9...11 хвилин. Температура металу, що заливається, становить $1320...1350^{\circ}\text{C}$, заготівля витягається при $520...620^{\circ}\text{C}$.

Для стабілізації металеві структури майбутньої гільзи циліндра авторами запропонована виливниця відцентрового лиття, яка має двошарову футерівку з теплоізолюючих матеріалів, причому перший шар, виконаний зі спресованого губчатого титану, який зменшує швидкість охолодження виливка, а другий – з теплоізолюючого матеріалу [2, 3]. Сплави на основі титану мають в 4...6 разів меншу теплопровідність у порівнянні із чавунами, а спресована титанова губка ще менш теплопровідна. Створюючи різну пористість губчатого титану ви-

ливниці (торцевої кришки) й регулюючи її теплопровідність, можна управляти усередненою швидкістю затвердіння розплаву при формуванні затвердлого виливка й, відповідно, процесами структуроутворення: впливати на розташування й розмір включень графіту, організовувати утворення міждендритного графіту, управляти розміром евтектичних зерен., Пористе облицювання може забезпечувати поверхневе модифікування, мікролегування деталей й істотно впливати на їхні службові властивості [4].

2. Дослідна частина

Дослідна партія задніх кришок виготовлялася на пресі Р-50 з 70% мас. відсіву губчатого титану марки ТГ-ТВ (ГОСТ 17746-79) і 30% мас. порошку титану марок ТГ-90 фракційної сполуки – 630...+500 мкм. Безпосереднім об'єктом досліджень були задні торцеві кришки (\varnothing 110 мм) горизонтальних відцентрових виливниць, які використовувалися для лиття гільз циліндрів двигунів ІЖЮ, К-125. Розміри виливків: довжина 310 мм, зовнішній \varnothing 85 мм, внутрішній \varnothing 48 мм. Кришки були отримані шляхом механічної обробки циліндричних заготівель, які, у свою чергу, пресувалися гідродинамічним способом з наступним спіканням у середовищі аргону при температурі 800°C протягом 1,5 години. Одержувані заготівлі мали пористість 27...29% ($P=0,27...0,29$).

Значна площа контакту поверхні торцевих кришок з навколишнім повітрям і розплавленим металом інтенсифікує високотемпературні фізико-хімічні взаємодії повітря й спресованого титану. На

зламів кришки, яка відстояла на ливарному конвеєрі понад 500 заливань можливо розгледіти температурні перетворення в структурі пористого спресованого титану у вигляді різнокольорових смуг, що представляють окисні шари різної концентрації та різного вмісту нітридів або оксидів титану (рис. 1).

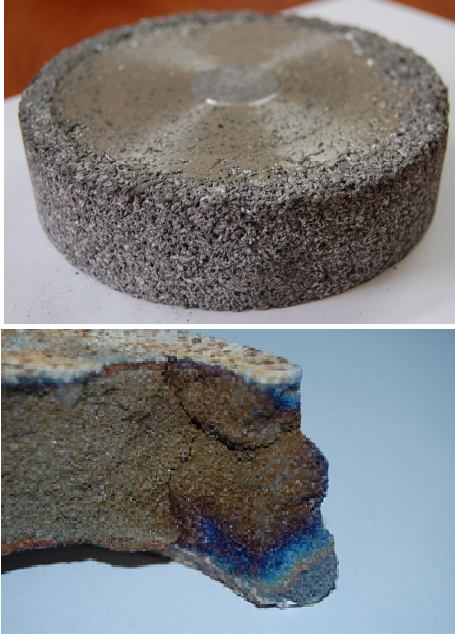


Рис. 1. Торцева кришка та злам задньої торцевої кришки \varnothing 110 мм. відцентрового кокілю після 500 заливань чавуну СЧ 20

3. Аналіз отриманих результатів

В роботі досліджувались два технологічні варіанти отримання покриттів.

Метод іонно-плазмового напылення та оцінка властивостей покриттів в залежності від режимів конденсації [5, 6]. Покриття (Ti - Zr) N наносились на зразки пористих вставок комбінованих ливарних кокілів на установці «Булат-3Т». Випарювання матеріалів проводили в середовищі очищеного азоту одночасно з двох катодів: перший – титан 1-0, другий – цирконій Е-110П. Пластини розміщувались на барабані, що обертається перпендикулярно іонно-плазмовому потоку на відстані 240 мм від поверхні випарників.

Постійні параметри режиму іонно-плазмового нанесення покриттів: напруга на підшарку – 1100 В; тиск газу при очистці у тліючому розряді – 1 Па; струм дуги випарника матеріалу катоду (ВТ-1-0) – 90 А; струм дуги випарника матеріалу катоду (Е-110П) – 130 А; температура нагріву підшарку – 300°C; час осадження – 45 хв. Змінними параметрами режиму були опорна напруга підшарку та тиск азоту в камері при осадженні. Кількість можливих варіантів конденсації складала 9.

Оцінку властивостей покриттів виконували по величині мікротвердості, виміряної в перетині косо-го шліфа при навантаженні на індентор 1Н. Додаткова інформація про мікроструктуру шару та стан поверхні отримана за допомогою оптичного мікроскопу «Неофот - 21» і електронного мікроскопу Stereoscan. Мікротвердість шару конденсату (Ti - Zr) N в залежності від величини опорної напруги і тиску азоту представлена в табл. 1.

Таблиця 1
Мікротвердість покриття (Ti - Zr) N, ГПа

Тиск азоту, 10^{-1} Па	Опорна напруга, В		
	100	140	180
2-3	Варіант 1 24,0	Варіант 2 22,4	Варіант 3 21,9
4-5	Варіант 4 22,4	Варіант 5 21,8	Варіант 6 21,5
6-7	Варіант 7 21,0	Варіант 8 21,5	Варіант 9 21,8

За експериментальними результатами побудовано графік, що відображає залежність мікротвердості покриттів (Ti - Zr) N від тиску азоту при постійній опорній напрузі та залежності мікротвердості покриття (Ti - Zr) N від опорної напруги при постійному тиску газу (рис. 2).

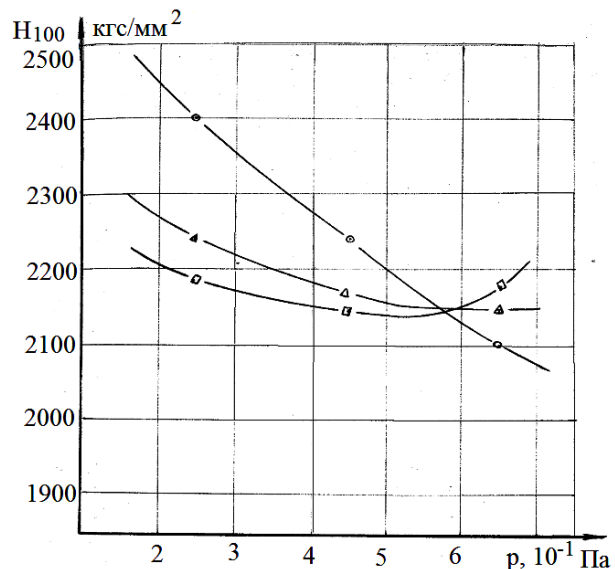


Рис. 2. Залежність мікротвердості покриттів (Ti - Zr) N від тиску азоту при опорній напрузі на підшарку: θ - 100 В; Δ - 140 В; Ξ - 180 В

З цього можна зробити висновок, що мікротвердість композиційного покриття (Ti - Zr) N не однакова в усьому діапазоні досліджуваних режимів конденсації. Вона змінюється від мінімального 21,0 ГПа до максимального 24,0 ГПа. Найбільш круто падає характеристика мікротвердості при

тиску азоту $(2-3) \cdot 10^{-1}$ Па від 24,0 до 21,9 ГПа і при напрузі 100 В від 24,0 до 21,0 ГПа. При середніх значеннях параметрів режиму зниження мікротвердості незначне від 22,4 до 21,5 ГПа, а при максимальних вона може навіть трохи підвищуватись. Максимальному значенню мікротвердості 24,0 ГПа відповідає режим конденсації при напрузі 100 В і тиску азоту $(2-3) \cdot 10^{-1}$ Па. Для всіх варіантів характерним є отримання рівних, достатньо щільних шарів, пори та значні вclusions відсутні.

Вплив карбідотитанового покриття TiC, нанесеного методом газозафазного осадження на стійкість робочої поверхні пористих вставок комбінованих ливарних кокілів. Карбідотитанове покриття TiC наносилося на зразки пористих вставок комбінованих ливарних кокілів газозафазним осадженням на спеціальній установці, що відрізняється простотою та вибухобезпечністю.

Сутність методу полягає у взаємодії при пониженому тиску (10^{-1} Па) і температурі близько 1000°C титанової губки чи титанового порошку з парами чотирихлорного вуглецю, в результаті чого утворюються хлориди титану, які взаємодіють з вуглецем, утворюючи карбід титану. Великий вплив на структуру та властивості покриттів мають азот, водень, кисень, які зазвичай скрихлюють шари, що утворюються, та знижують міцність їх зчеплення з підшарком. Результати дослідів з оцінки залежності стійкості T від швидкості теплового впливу при зустрічному навантаженні термоізоляційних покриттів пористого кокілю V ($20^{\circ}\text{C}/\text{c}$) та V ($40^{\circ}\text{C}/\text{c}$) представлено на рис. 3 та рис. 4. У зв'язку з цим, досить перспективно здійснювати процес в замкнутому реакційному просторі, де практично немає водню, що дозволяє використовувати CCL_4 в якості вуглевмісної речовини.

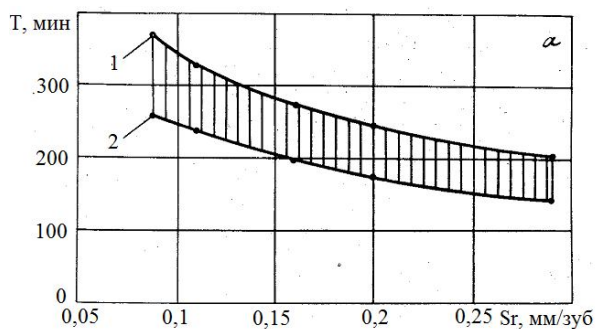


Рис. 3. Залежність стійкості T від швидкості теплового впливу V ($20^{\circ}\text{C}/\text{c}$) при зустрічному навантаженні термоізоляційних покриттів пористого кокілю:

1 – з покриттям TiC-TiN; 2- з покриттям TiC

Вакуумне напилювання - перенос часток речовини, що напилюється від джерела (місця його пе-

рекладу в газову фазу) до поверхні деталі здійснюється по прямолінійних траєкторіях при вакуумі 10^{-2} Па й нижче (вакуумний випар) та шляхом дифузійного й конвективного переносу в плазмі при тисках 1 Па (катодне розпилення) та 10^{-1} Па (магнетронне й іонно-плазмове розпилення). Утворення необхідних для нанесення карбідних покриттів галогенідів відбувається в результаті взаємодії порошку металу з хлором, що виділився при дисоціації CCL_4 .

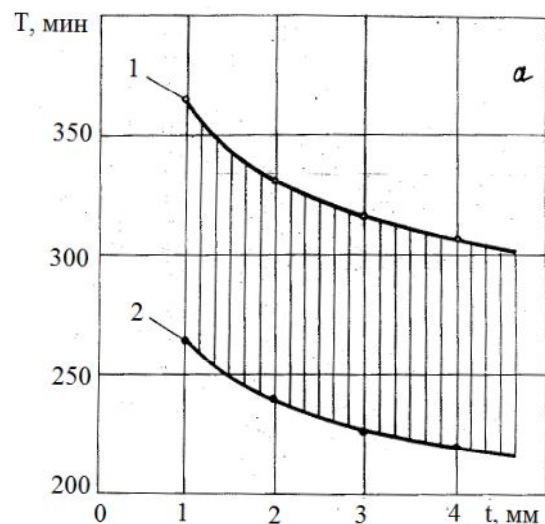


Рис. 4. Залежність стійкості T від швидкості теплового впливу V ($40^{\circ}\text{C}/\text{c}$) при зустрічному навантаженні термоізоляційних покриттів пористого кокілю:

1 – з покриттям TiC-TiN; 2- з покриттям TiC

Висновки

1. Актуальною залишається задача стійкості матеріалу ливарних форм при відцентровому литті чавунних гільз циліндрів.

2. Запропонована виливниця відцентрового лиття з двохшаровою футеровкою з теплоізолюючих матеріалів та розглянуті два технологічні варіанти отримання карбідотитанових та титанонітридних покриттів поверхні.

3. Для отримання покриттів з переважним вмістом фази TiN, осадження необхідно проводити іонно-плазмовим напиленням при тисках $(2-3) \cdot 10^{-1}$ Па і опорній напрузі 140 – 180 В.

4. Отримання карбідотитанового покриття, нанесеного методом газозафазного осадження проводиться при пониженому тиску (10^{-1} Па) і температурі близько 1000°C титанового порошку з парами чотирихлорного вуглецю.

Література

1. Андреев, В.И. Алгоритм технологического процесса литья заготовок гильз цилиндров ДВС с

повышенной озносостойкостью [Текст] / В.И. Андреев // Наукові праці. Серія: Техногенна безпека. – 2007. – Вип. 60, Т. 73. – С. 51–56.

2. Пористые проницаемые материалы: [Текст]: справ. / под ред. С.В. Белова. – М.: Металлургия, 1987. – 332 с.

3. Пат. 54016 Україна. МПК (2009) В22D 13/00. Виливниця для відцентрового лиття [Текст]/ Клименко Л.П. (UA); Андреев В.И. (UA); Прищепов О.Ф. (UA); Голдун В.Ю. (UA); Заявник та патентовласник Чорноморський державний університет ім. Петра Могили (UA). – № u201004671; заявл. 20.04.2010; надрук. 25.10.2010, Бюл. 20. – 2 с.

4. On thermodynamic parameters appropriate choice for improvement of hollow cylindrical casting's fabrication practice under centrifugal casting [Text] / V. Andreev, L. Klimenko, Y. Kondratenko, L. Dykhta, O. Pritchepov // Archives of foundry. – Katowice – Gliwice: Foundry Commission Polish Academy of Science. – 2006. – Vol. 6, № 18(2/2). – P. 289-294.

5. X-Ray diffraction data cards. [Text] // Committee of chemical analysis by X-Ray diffraction methods. – Philadelphia: ASTM, 1975. – 120 p.

6. Сплавы Ti с особыми свойствами: сб. статей Института металлургии АН УССР. – М.: Наука, 1982 – 173 с.

Поступила в редакцию 27.05.2013, рассмотрена на редколлегии 13.06.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Ю.П. Кондратенко, Чорноморський державний університет ім. П. Могили, Миколаїв.

ТЕРМОИЗОЛЯЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ПОРИСТЫХ ЛИТЕЙНЫХ КОКИЛЕЙ ДЛЯ ЛИТЬЯ ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ ДВС

Л.П. Клименко, В.И. Андреев, Л.М. Дыхта, О.Ф. Прищепов

В работе исследовались технологические варианты получения покрытий (теплоизолирующего материала) методом ионно-плазменного опыления и нанесением карбидтитанового покрытия TiC, и проводится оценка свойств покрытий в зависимости от режимов. В работе отработана технология нанесения и изучены свойства карбидтитанового покрытия TiC. Авторами проведена оценка влияния карбидтитанового покрытия TiC, нанесенного методом газофазного осаждения на износ и стойкость рабочей поверхности пористых вставок комбинированных литейных кокилей. Карбидтитановое покрытие TiC наносилось на образцы пористых вставок комбинированных литейных кокилей газофазным осаждением на специальной установке. Получение карбидтитанового покрытия, нанесенного методом газофазного осаждения проводится при сниженном давлении (10^{-1} Па) и температуре около 1000°C титанового порошка с парами четыреххлорного углерода.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, гильза цилиндра, центробежное литье, изложница центробежного литья, теплоизолирующие материалы, ионно-плазменное напыление, карбидтитановое покрытие.

THERMO-INSULATION COVERAGES OF WORKING SURFACE OF POROUS CASTING FORMS ARE FOR CASTING OF SHELLS OF CYLINDERS OF ENGINES

L.P. Klymeko, V.I. Andreev, L.M. Dykhta, O.F. Pryshchepov

The technological variants of receipt of coverages (heat-insulating material) the method of ion-plasma pollination and causing of coverage of TiC were in-process investigated, and the estimation of properties of coverages is conducted depending on the modes. Technology of causing is in-process exhaust and properties of coverage of TiC are studied. Authors are conduct the estimation of influence of coverage of TiC, besieging inflicted by a method on a wear and firmness of working surface of porous insertions of combined casting forms. Coverage of TiC was inflicted on the standards of porous insertions of combined casting forms by the besieging on the special setting. Receipt of the coverage inflicted by the method of the besieging conducted at mionectic pressure (10^{-1} Pa) and temperature about 1000°C From titanic powder with the pairs of CCL_4 .

Key words: engine of internal combustion, shell to the cylinder, spun casting, mould of the spun casting, heat-insulating materials, ion-plasma coverage, TiC coverage

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.

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

Дыхта Леонід Михайлович – д-р техн. наук, професор кафедри прикладної та вищої математики Чорноморського державного університету ім. П. Могили, Миколаїв, Україна, e-mail: leonid.dykhta@gmail.com.

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