

УДК 669.13:621.431

Л.П. КЛИМЕНКО¹, В.І. АНДРЕЄВ¹, П.В. ПОЛІЩУК²¹Чорноморський державний університет ім. Петра Могили, Миколаїв, Україна²Міністерство промислової політики України, Київ, Україна

МАТЕРАЛІ ЛИВАРНИХ ФОРМ ДЛЯ ЛИТТЯ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ ДВЗ

Для впливу на процес кристалізації в евтектичному інтервалі температур та усунення поверхневого і торцевого вибілювання вперше запропоновано використовувати композиційний матеріал на основі спресованих порошків губчастого титану з певною пористістю і хімічним складом як облицювання ливарної форми. За математичною інтерпретацією процесу кристалізації й охолодження порожнього циліндричного виливка, яка заснована на концепції калориметричної температури й методі еквівалентного виливка, визначені параметри пористості облицювального матеріалу. За математичною обробкою процесу кристалізації виливка розраховано пористість облицювального матеріалу та визначено товщину шару.

Ключові слова: гільза циліндру, чавун, відцентрове лиття, виливниця, пористий титан, розподіл графіту, кероване охолодження, високодисперсний перліт, зносостійкість.

Введення

Сьогодні кілька десятків підприємств України серійно випускають чавунне відцентрове лиття різного призначення. Проблеми усунення торцевого й поверхневого відбілів, удосконалювання технології лиття, поліпшення структури виливків, стабілізації твердості виникають у виробника різного рівня технічної оснащеності. Найбільше гостро ці проблеми встають при виготовленні гільз циліндрів двигунів. Детальний аналіз теплових процесів дозволив знайти технологічний резерв для підвищення якості лиття.

1. Формування проблеми

За твердженнями А.Й. Вейника та Г.Ф. Баландіна [1, 2], все різноманіття способів лиття зводиться до двох видів: лиття в піщані форми та лиття в металеві форми. Ідея, що закладена в керування процесом структуроутворення при кристалізації чавуну в постійній ливарній формі, повинна наблизити теплофізичні параметри металевої форми до неметалевої. Від її теплофізичних властивостей та якості виготовлення багато в чому залежать механічні й трибологічні характеристики виливка. Варіюючи товщиною, пористістю й властивостями облицювального теплоізолюючого шару кокілю, можна в широких межах управляти структурою чавунної заготовки розташуванням й розмірами включень графіту, утвореннями міждендритного графіту, розмірами евтектичних зерен й впливати на тепловий стан кокілю, що є вирішальним чинником його довговічності.

Весь комплекс позитивних теплофізичних характеристик зберігають виробу, отримані з порош-

ків титана методом високошвидкісної кристалізації металів – порошкової металургії. Дана технологія дозволяє пресувати виробу з низькосортних дешевих порошків у композиції з різними металевими й неметалічними з'єднаннями, з мінімальними припусками на механічну обробку. Як вихідний матеріал доцільно використати здрібнену титанову губку, що є вихідною сировиною для одержання титанових сплавів.

2. Вирішення проблеми

Облицювання з теплоізолюючої речовини на основі губчастого титану спресовують до необхідної пористості. Залежно від хімічного складу й механічних властивостей використовуються сім марок губчастого титану: ТГ-90, ТГ-100, ТГ-110, ТГ-120, ТГ-130, ТГ-160 і ТГ-ТВ, який поставляється у вигляді шматків певної фракційної сполуки.

Для розрахунку необхідної пористості матеріалу авторами створено математичну модель процесів кристалізації та охолодження порожнинного циліндричного виливка при відцентровому литті в масивний металевий кокіль, яка зводиться до знаходження розв'язку однієї задачі Коші та низки нестационарних крайових задач теорії теплопровідності.

Встановили формули для u_0 і u_1 – швидкісне переміщення фронтів кристалізації від внутрішньої і зовнішньої поверхонь форми шляхом диференціювання за часом τ ; координат ξ_0 і ξ_1 фронтів кристалізації та наводимо загальну формулу для u – швидкості переміщення фронтів кристалізації:

$$u = \frac{1 + Bi\xi}{A_1 + A_3Bi + (A_1Bi + 2A_2)\xi + 2A_2Bi\xi^2};$$

$$A_1 = B_i \left(L + \frac{1}{2} \right), \quad A_2 = \frac{1}{2} A_1 B_i, \quad A_3 = -\frac{1}{2} \frac{1}{B_i^2},$$

де L – питома теплота кристалізації розплаву.

Отримано дані щодо температурних полів термодинамічної системи “виливок – форма” при нескінченному охолодженні затверділого вилівка в формі, а також для варіанта вилучення затверділого вилівка з виливниці за технологічним циклом відцентрової карусельної установки [3].

Потенційні можливості запропонованої математичної моделі продемонстровано на прикладі вибору термодинамічних параметрів з метою вдосконалення технологічного процесу при серійному виготовленні виливків на установці роторного типу. Отримані в роботі за допомогою моделі результати розрахункового характеру в цілому не суперечать як сучасним уявленням теорії формування вилівка при відцентровому способі лиття, так і експериментальним даним, накопиченим виробничою практикою.

Для впливу на розподілення і розмір включень графіту в чавуні, утворення міждендритного графіту, розмір евтектичних зерен за рахунок наближення теплофізичних параметрів лиття у виливницю до

умов піщано-глинястої форми запропоновано вставку, що має двошарову футерівку з теплоізолюючої речовини, причому перший шар, що прилягає до корпусу, виконано з губчастого пористого титану товщиною 10...15 мм, а другий – напилюванням карбіду титану товщиною 0,2...2 мм [4].

Розраховано пористість порошків титану в постійній формі. Критерієм розрахунку була температура виливниці, яка за цикл роботи ливарної каруселі повинна повернутися до початкового значення (рис. 1). У разі пористості лицювання нижче $P \leq 0,15 \dots 0,20$ процес кристалізації чавуну протікає за умов металевої виливниці (рис. 1, а), що не впливає на зносостійкість металу. При збільшенні пористості понад $P \geq 0,23$ температура виливниці не встигає повернутися до початкових значень, а це впливає на вхідні умови кристалізації наступного вилівка; міцність пористого матеріалу знижується й облицювання руйнується. При пористості лицювання $P = 0,20 \dots 0,23$ (рис. 1, б) усереднена швидкість охолодження знижується з 20 °C/с до 10 °C/с, виливниця встигає повернутися до початкових температур.

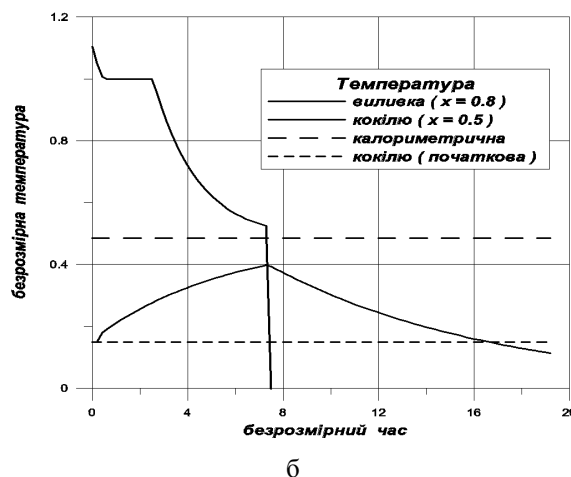
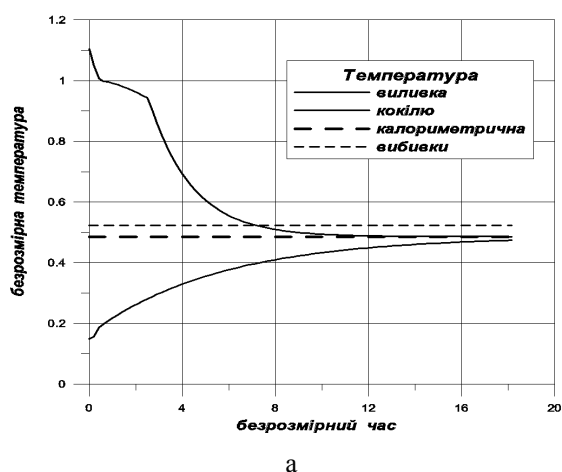


Рис. 1. Температурно-часові залежності процесу кристалізації чавунної заготовки при литті в композиційний титановий кокіль з різною пористістю а) $P \leq 0,15 \dots 0,20$; б) $P = 0,20 \dots 0,23$

Граничним параметром пористості титанового облицювання за розрахунками прийнято 20% (+ 3%), що зменшує теплопровідність форми в 2...4 рази.

Облицювання виливниці зі спресованих порошків губчастого титану отримували динамічним формуванням за рахунок електричного розряду в рідині. У роботі використовувалися гідродинамічні машини рамного типу з тиском пресування 500...1500 МПа і розмірами робочої камери $\varnothing 350 \times 1000$ мм. З порошків титану пресувалися циліндричні вироби розмірами $\varnothing 200 \times 800$ мм та щільністю 60...95 %. Спікання проводили у вакуумній електропечі протягом 4...6 годин при вакуумі 2,67 Па або в середовищі аргону з попереднім вакуумуванням при температурі $T_{сп} = (0,7 \dots 0,9) \cdot T_{пл}$.

Найбільшу стійкість показав матеріал ливарних форм, що має склад компонентів (мас. %): 80% – титановий порошок фракції середньої фракції, 10% – порошок титану дрібної фракції і 10 % рівномірно розподіленого графіту (2...4 мкм). Виливниці, що укомплектовані вставками із такого композиційного складу, не руйнувалися після 1000 заливань чавуну.

Використання пористих вставок та торцевих кришок дозволило усунути поверхневе вибілювання чавунних заготовок. При цьому твердість зовнішньої поверхні гільзи, що обробляється різанням, складає 241...269 НВ. Кількість цементиту незначна (P96–P12). На дослідних зразках спостерігається упорядкованість у розподілі графіту по площі шліфа і відсутність міждендритного графіту (ПГ10–ПГф2–

ПГр2–3–ПГд90–180 (макс. 144 мкм).

Для ливарного комплексу ВО “Київтрактородеталь” розв’язано задачу розробки промислового технологічного процесу штучного керування структуроутворенням чавуну при відцентровому литті гільз у термоізолювану вставками виливницю. У результаті попередніх виконаних робіт, на ливарних карусельних установках ВО “Київтрактородеталь” установлені облицювальні кокілю із внутрішньою вставкою із пресованого губчатого титана, які використовуються при серійному виливці заготівель гільз циліндрів. У експериментальних виливках повністю відсутній поверхневе відбілювання (характерне для серійних заготівель), знижена твердість зовнішньої поверхні виливків на 10...20 НВ (при незмінному хімічному складі). Розроблені технології використовувалися також на ливарних виробництвах Волзького автомобільного заводу (м. Тольятті, Росія) і ВАТ “Мотор деталь” (м. Конотоп, Україна). По ливарному виробництву ВО “Київтрактородеталь” отриманий економічний ефект від впровадження результатів досліджень.

Висновки

1. Запропоновано використовувати композиційний матеріал на основі спресованих порошків губчатого титану з визначеною пористістю і хімічним

складом, як облицювання постійної комбінованої ливарної форми.

2. Облицювання містить двошарову футеровку з теплоізолюючої речовини, причому перший шар, що прилягає до корпусу форми, виконано з губчатого титану, граничним параметром пористості якого на підставі розрахунку за математичною моделлю кристалізації виливка прийнято – 20 % ($\pm 3\%$), а другий, що контактує з рідким металом, – з карбіду титану товщиною 0,2...2 мм.

Література

1. Баландин Г.Ф. Основы теории формирования отливки / Г.Ф. Баландин. – М.: Машиностроение, 1978. – 328 с.
2. Вейник А.И. Кокиль / А.И. Вейник. – Минск: Наука и техника, 1972. – 350 с.
3. Андреев В.І. Розрахунок параметрів пористості облицювальних вставок для виливниць відцентрового лиття / В.І. Андреев, Л.П. Клименко // Тези доповіді II міжнародної науково-технічної конференції “Сучасні проблеми триботехніки”. – Миколаїв: НУК, 2007. – С. 134-136.
4. Пат. 25102 Україна, МКИ В22Д 13/00. Виливниця для відцентрового лиття // Клименко Л.П., Прищепов О.Ф., Андреев В.І. (Україна). – № 2007 03091; Заявл. 23.03.2007; Опубл. 25.07.2007, Бюл. № 11.

Надійшла до редакції 29.05.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф., проф. кафедри прикладної та вищої математики Л.М. Дихта, Чорноморський державний університет ім. Петра Могили, Миколаїв.

МАТЕРИАЛ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ ДЛЯ ОТЛИВКИ ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ ДВС

Л.П. Клименко, В.И. Андреев, П.В. Полищук

Для замедления скорости кристаллизации отливки в эвтектическом интервале температур предложено в качестве облицовки постоянной литейной изложницы использовать композиционный материал на основе спрессованных порошков губчатого титана. Для определения пористости материала выполнено математическое описание процесса кристаллизации полый цилиндрической отливки, основанное на концепции калориметрической температуры и методе эквивалентной отливки.

Ключевые слова: гильза цилиндра, чугун, центробежное литье, изложница, пористый титан, распределение графита, управляемое охлаждение, высокодисперсный перлит, износостойкость.

MATERIAL OF CASTINGS FORMS FOR FOUNDED SHELLS OF ENGINE CYLINDERS

L.P. Klymenko, V.I. Andreev, P.V. Polyschuk

The paper describes the composite material, which is created on the basis of pressed powders of spongy titan and is to be used as revetment of permanent casting mould in order to decrease the speed of crystallization of engine cylinder shells in the eutectic interval of temperatures. The authors suggest measuring the porosity of the material by using mathematical description of process of crystallization of hollow cylinder shell, based on calorimetric temperature concept and on the method of the equivalent founding.

Key words: cylinder sleeve, cast iron, centrifugal casting, mould, division of graphite, guided cooling, fine-grained pearlite, wearing capacity.

Клименко Леонід Павлович – докт. техн. наук, професор, ректор Чорноморського державного університету ім. Петра Могили, Миколаїв, Україна, e-mail: rector@kma.mk.ua.

Андреев Вячеслав Иванович – канд. техн. наук, зав. відділом Чорноморського державного університету ім. Петра Могили, Миколаїв, Україна, e-mail: avi@kma.mk.ua.

Полищук Петро Васильович – заст. директора департаменту ливарного виробництва Мінпрополітики України, Київ, Україна.