УДК 621.74.045:621.785:669.13

В. С. Дорошенко, О. Б. Янченко

СПОСОБИ ЗМІЦНЕННЯ МЕТАЛУ У ПІЩАНІЙ ЛИВАРНІЙ ФОРМІ ПРИ ЛИТТІ ЗА МОДЕЛЯМИ, ЩО ГАЗИФІКУЮТЬСЯ

Анотація. *Запропоновано енергозберігаючі способи отримання високоміцних виливків із бейнітного або аусферитного чавуну та ущільнення алюмінієвих сплавів безпосередньо в ливарній формі при литті за моделями, що газифікуються (ЛГМ). Способи базуються на дозованій внутрішньоформовій подачі води у сипкий пісок з використанням прихованої теплоти пароутворення для гартування та створення газопарового тиску без зовнішніх компресорних станцій.*

Ключові слова*: лиття за моделями що газифікуються, бейнітний чавун, аусферит, ізотермічне гартування, парогенерація.*

Abstract*. Energy-saving methods for producing high-strength castings from bainitic or ausferritic cast iron and compacting aluminum alloys directly in the mold during Lost Foam Casting (LFC) are proposed. The methods are based on controlled in-mold water injection into unbonded sand, utilizing latent heat of vaporization for quenching (austempering) and generating gas-steam pressure without external compressor stations.*

Keywords: *Lost Foam Casting, bainitic cast iron, ausferrite, isothermal quenching, steam generation.*

Вступ. Виробництво високонавантажених деталей машинобудування та озброєння з високим рівнем механічних властивостей традиційно вимагає складного легування та енергоємної термічної обробки виливків після їх вибивання з піщаної форми. Зміцнення високоміцного чавуну (ВЧ) шляхом отримання бейнітної або аусферитної структури металевої матриці виконують ізотермічним гартуванням (austempering) виливків, як правило, в нагрітих соляних або оливних ваннах. Це супроводжується ризиками деформації, окиснення поверхонь та значними витратами електроенергії. Актуальним завданням є суміщення процесів кристалізації, прискореного охолодження та ізотермічної витримки безпосередньо в ливарній контейнерній піщаній формі, типовій для лиття за моделями, що газифікуються (ЛГМ), з використанням плинності та теплофізичних властивостей сухого формувального піску.

Відомий спосіб ізотермічної обробки виливків, як спосіб виготовлення виливків з бейнітного або аусферитного ВЧ, передбачає затвердіння розплаву в піщаній формі з сипкого піску, витягання з форми гарячого виливка при температурі 850…1000 °С, його швидке спрейерне охолодження (душування) водоповітряною сумішшю до 300…350 °С та наступну ізотермічну витримку у контейнері з попередньо нагрітим піском протягом 30…60 хв. [1]. Такий підхід забезпечує формування бейнітної чи аусферитної структури без утворення перліту, проте вимагає трудомісткої операції видалення розпеченого виливка з піску, що підвищує ризик його короблення, утворення гарячого пилу.

Ізотермічне гартування у ливарній формі. Для усунення операції видалення з форми виливка запропоновано спосіб внутрішньоформового гартування виливка поданням холодоагенту в піщаний масив. Навколо моделі, що газифікується, при її формуванні у сипкому піску заздалегідь розміщують каркас з вертикальних перфорованих трубок (діаметром 5…8 мм). Після затвердіння залізовуглецевого виливка та досягнення ним температури близько 950 °С у піщану форму через трубки під тиском дозовано подають воду або водоповітряний аерозоль. Вода, стикаючись із гарячим піском навколо виливка, миттєво випаровується, поглинаючи приховану теплоту пароутворення (r = 2256 кДж/кг).

Це забезпечує високошвидкісне охолодження виливка в інтервалі 600…500 °С (найбільш вірогідної для утворення перліту) до досягнення температури близько 300 °С. Утворена перегріта

пара видаляється через вакуумну систему контейнера, а пісок за рахунок тепла виливка висихає та стабілізується при температурі ~300 °С, створюючи сухе ізотермічне середовище для подальшої бейнітизації металу протягом 30…60 хв безпосередньо у формі. Жорстке піщане ложе упереджує деформацію виливків складного профілю.

Газове пресування парами води під час лиття алюмінієвих сплавів. Іншим напрямом зміцнювального підходу є підвищення щільності алюмінієвих виливків. У світовій практиці для усунення газової та усадочної пористості застосовують кристалізацію під ізостатичним тиском газу до 1,0 МПа у герметичних автоклавах [2]. Запропоновано спосіб «термодинамічного самонаддуву», при якому після заливання алюмінієвого сплаву у ЛГМ-форму її герметичний контейнер закривають кришкою із запобіжним клапаном.

У гарячий піщаний масив та на відкриту поверхню металу через систему трубок (аналогічно першому способу) подають розраховану кількість води. За рахунок акумульованого тепла форми вода миттєво перетворюється на пару з величезним об'ємним розширенням. У замкненому об'ємі контейнера (попередньо закривши патрубки для вакуумування) створюється регульований газопаровий тиск (до 1,0 МПа), який здійснює ізостатичне ущільнення рідко-твердої фази виливка в період кристалізації. Спосіб усуває потребу у зовнішніх компресорних станціях та ресиверах, використовуючи накопичене тепло ливарного процесу.

Висновки. Запропоновані ресурсозберігаючі способи дозволяють сумістити лиття за моделями, що газифікуються, із високоефективною термічною та баротермічною обробкою металу безпосередньо в контейнерній ливарній формі. Це забезпечує одержання виливків із бейнітного ВЧ (чи іншого залізовуглецевого сплаву) та безпористих алюмінієвих сплавів із мінімальною собівартістю та зменшеною енергоємністю виробництва.

Список використаних джерел:

1. Пат. 123731 Україна, МПК B22 D7/00, B22 D23/00, C21D5/02, C21D1/20, B22 D27/04.
Спосіб виготовлення виливків з бейнітного або аусферитного чавуну з кулястим графітом / Дорошенко В.С., Шинський В. О. // № u201708132; заявл. 04.08.2017, опубл. 12.03.2018, Бюл. № 5.
2. Дорошенко В. С. Автоматизація ізостатичного пресування виливка, який твердне при литті за моделями, що газифікуються // Процеси лиття. – 2016.- №1. – С. 33 – 37.

Дорошенко Володимир Степанович *– доктор технічних наук, провідний науковий співробітник відділу фізико-хімії ливарних процесів Фізико-технологічного інституту металів та сплавів НАН України, м. Київ, вул. Акад. Вернадського, буд. 34/1, інд. 03142, e-mail: doro55v@gmail.com, ORCID https://orcid.org/0000-0002-0070-5663*

Янченко Олександр Борисович *– кандидат технічних наук, доцент кафедри військової підготовки Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, буд. 95, інд. 21021, e-mail: 1961yab@gmail.com, ORCID https://orcid.org/0000-0002-3888-3772*

Volodymyr Stepanovych Doroshenko *– Doctor of Sciences (Engineering), Lead Researcher, Department of Physical Chemistry of Casting Processes, Physico-Technological Institute of Metals and Alloys of the National Academy of Sciences of Ukraine, 34/1 Acad. Vernadsky Ave., Kyiv, 03142, e-mail: doro55v@gmail.com, ORCID https://orcid.org/0000-0002-0070-5663*

Oleksandr Borysovych Yanchenko *– Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Military Training, Vinnytsia National Technical University (95Khmelnytske Shosse, Vinnytsia, 21000, Ukraine, e-mail: 1961yab@gmail.com,*

ORCID https://orcid.org/0000-0002-3888