

## ЛИВАРНЕ ВИРОБНИЦТВО МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ ЗА ПОЛІМЕРНИМИ МОДЕЛЯМИ, ЩО ВАКУУМУЮТЬСЯ

<sup>1</sup>Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України,

<sup>2</sup>Вінницький національний технічний університет

### Анотація

*Описано метод вакуумування робочої порожнини ливарної форми крізь вентканал у піно-полімерній моделі, що газифікується. Цим досягають ефекту вакуумного всмоктування металу у ливарній формі.*

**Ключові слова:** виливки, ливарна форма, ливарні моделі, Lost Foam casting, вакуум, вентканал.

При литті металу за моделями, що газифікуються (метод ЛГМ або Lost Foam casting), у робочій порожнині форми під час заливання розплавом металу виникає підвищений газовий тиск, який може сягати до 25 % вище атмосферного за рахунок випаровування моделі теплом металу. Для традиційних моделей з пінополістиролу (ППС) цей тиск тримають невисоким завдяки підтриманню густини ППС на рівні 25...28 кг/м<sup>3</sup>, що дозволяє уникати забруднення металу продуктами газифікації та запобігати дефектам литва, таких як недоливи чи спай. Проте використання 3D-принтерів або фрезерів для виготовлення моделей (або їх частин) нерідко призводить до підвищення густини полімеру, що збільшує ризик виникнення цих дефектів.

Традиційні методи ЛГМ за моделями з ППС (рис. 1, а) передбачають відведення газових продуктів 2 крізь пори протипригарної фарби 5 та пісок 8 вакуумованої форми.

Для друкованих чи фрезерованих моделей з більшою газотвірністю стала необхідністю розробка нових способів видалення газів 2 із робочої порожнини форми та забезпечення стабільної якості виливків [1, 2]. Перехід від методів відведення газу з протитиском (вище атмосферного тиску) на метал 1 у порожнині форми (рис. 1, а) до методу (рис. 1, б) вакуумного впливу (нижче атмосферного тиску) на гази над рівнем металу 1 (який заливається у форму та газифікує – заміщає модель) та на сам метал 1 став ключовим рішенням у застосуванні моделей підвищеної густини для ЛГМ [1].

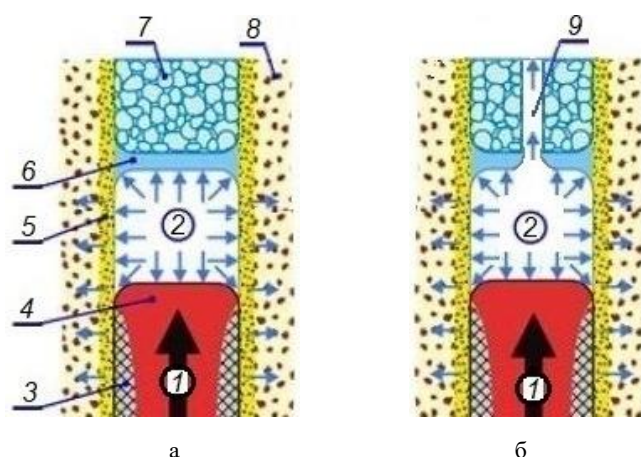


Рисунок 1 – Схема заповнення розплавом металу форми при газифікації моделі: а – за традиційним способом, б – з вентиляцією; 1 – напрям заповнення форми металом; 2 – тиск газу; 3 – плівка (кірка) металу; 4 – розплав металу; 5 – протипригарна фарба; 6 – розплав ППС; 7 – ППС; 8 – сухий вакуумований пісок; 9 – газовідвідний (вент-) канал

Зниження високого тиску газів створювали за допомогою вентканалів 9 у ливарній моделі, які проектуються на її цифровому кресленні, пролягають у напрямку заміщення моделі розплавом металу та продовжуються полімерними трубками-випорами в місцях, де закінчується газифікація моделі, для виводу газів у вакуумований пісок форми крізь газопроникні вентри на вихідних кінцях цих трубок.

Вентканалы в тілі моделі покращують газодинаміку процесу ЛГМ, за рахунок відведення газів протягом усього циклу газифікації моделі металом. Рівень вакууму (розрідження) на виході з трубчастих випорів в піску слід підтримувати (ступенем газопроникності вент та трубок) нижчим від його рівня на поверхні моделі для створення задовільних умов статичної стабільності стінок форми при заливанні металу, уникнення осипання піску та якісному заповненні форми металом при газифікації моделі. Це обґрунтовано таким розрахунком балансу тисків. Якщо типові для ЛГМ водо-кільцеві насоси здатні створювати вакуум в порах піску форми з найменшим залишковим тиском до  $P_{\phi} = 20$  кПа, то у робочій порожнині форми з вентканалом в моделі слід підтримувати залишковий тиск газів не нижче  $P_r = 30$  кПа. Різниця цих тисків 10 кПа буде достатньо для утримання непорушними стінок форми з сухого піску. При цьому вакуум у порах піску форми виконує роль своєрідного насоса, який видаляє гази крізь вентканал моделі.

Наслідком вакуумного відкачування газу крізь вентканал в моделі, що газифікується, є створення аналогічного впливу на метал, як у способі лиття вакуумним всмоктуванням. Це забезпечує кращі умови заміщення моделі, порівняно з традиційним методом, в якому поверхня металу контактує з газами під тиском вище атмосферного. Канали для виведення газів у товщу піску форми проектується за принципом «чим більше газів, тим інтенсивніше слід видаляти їх з піщаної форми за умов непорушності її стінок», що є важливим для стабільної якості виливків при переході до моделей з підвищеною газотвірністю, зокрема до друкованих. Додатково разом з газами з порожнини форми виводяться дрібні частинки сажі та коксового залишку, що запобігає їх негативному впливу на якість вилівка та особливо важливо для сплавів, що можуть насичуватись вуглецем з продуктів термодеструкції полімерів. При цьому вакуумуванням порожнини форми крізь вентканал моделі за рахунок всмоктування розплавленого металу уникають недоливів, та підвищують якість поверхні готових виливків.

Загалом, технологія ЛГМ за моделями, що вакуумуються крізь вентканалы з виходом у вакуумованій пісок форми, відкриває можливості для виробництва широкої номенклатури тонкостінних виливків, яке раніше було проблематичним з використанням 3D-друкованих моделей та моделей підвищеною густиною ППС. А застосування 3D-фрезерів та -принтерів для виготовлення моделей з цифрових файлів дозволяє швидко змінювати дизайн металовиробу, скорочує тривалість підготовки виробництва нової продукції та не потребує складного та дорогого металевого оснащення для спікання моделей з ППС. Впровадження цієї технології в ливарних цехах сприятиме підвищенню конкурентоспроможності вітчизняного ливарництва.

Дослідження виконано згідно договору 226 (166/24) від 22.02.2024 про наукове співробітництво між ФГІМС НАН України та ВНТУ.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Патент 157522 Україна. МПК: B22C 7/02, B22C 9/04. Спосіб лиття металу за 3D-друкованими моделями, що газифікуються у вакуумованих формах з сипкого піску / П.Б. Калюжний, І.А. Шалевська, О.В. Нейма, С.О. Кротюк, В.С. Дорошенко, В.О. Шинський, С.І. Клименко. Опубл. 30.10.2024, Бюл. № 44.

2. Патент 154450 Україна. МПК: B22 C7/02, B22C 9/04. Спосіб лиття металу / В.С. Дорошенко, О. Б. Янченко, Опубл. 15.11.2023, Бюл. 46.

*Дорошенко Володимир Степанович*, доктор техн. наук, ст. наук. співр., пров. наук. співр., Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, м. Київ, doros55v@gmail.com.

*Янченко Олександр Борисович*, канд. техн. наук, доц., Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, 1961yab@gmail.com

#### Foundry production of metal structures using vacuum-collected polymer patterns

##### Abstract

*A method of vacuuming the working cavity of a casting mold through vent channels in a gasifying foam-polymer pattern is described. This achieves the effect of vacuum suction of metal in the casting mold.*

**Keywords:** castings, casting mold, vacuuming, casting patterns, Lost Foam casting, ventchannel.

*Doroshenko Volodymyr Stepanovych*, Dr. Sci. (Engin.), Senior Research Scientist, Leading Researcher, Physico-technological Institute of Metals and Alloys of the NAS of Ukraine, Kyiv, doros55v@gmail.com.

*Yanchenko Oleksandr Borisovych*, PhD (Engin.), Associate Professor, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, 1961yab@gmail.com.