

Л.К. Шеневідько, Н.П. Ісайчева, М.В. Кошелєв, А.Г. Вернидуб // Процеси лиття. – 2022. – № 2 (148). – С.3–11.

3. Бєлік В.І. Фізико-хімічні методи підвищення тріщиностійкості сплаву АМ4,5Кд (ВАЛ10). Повідомлення 3: Вплив водневої обробки на тріщиностійкість // Процеси лиття. – 2023. – № 4 (154). – С. 3–24.

**Бродовий О.В., Дорошенко В.С.
(ФТІМС НАН України, Київ)**

**ТЕСТУВАННЯ 3D-ПРИНТЕРА ДЛЯ ДРУКУ ЛИВАРНИХ МОДЕЛЕЙ ЗІ
СПРЯМОВАНОЮ ПОРИСТІСТЮ**

E-mail: doro55v@gmail.com

Цифровізація та автоматизація сьогодні стали вже не просто основою конкурентної переваги при виробництві товарів (робіт, послуг), у багатьох сферах вони сприймаються як необхідна умова організації виробничих процесів [1]. Зокрема, завдяки цифровізації та автоматизації ливарного виробництва в Україні є можливість створення потужного потенціалу, що сприятиме відновленню країни.

3D-друк з цифрових креслень ливарних моделей для лиття металу за моделями, що газифікуються (ЛГМ-процес), проектували в концепції [2] друку моделей з серцевиною їх стінок у вигляді суцільних сот-вентканалів, що проходять по всьому тілу моделі по ходу поступової газифікації моделі металом, що заповнює форму. Верхня частина моделей друкується у вигляді трубчастих випорів чи надливів, які повністю знаходяться в вакуумованому піску форми і в які бажано виводити гази з усіх вентканалів. Зверху ці випори чи надливи накриваються газопроникним матеріалом, що не пропускає пісок. Таким чином отримується вакуумована піщана форма з друкованою моделлю, вентканали якої створюють суцільну спрямовану пористість (переважно знизу вгору) по ходу течії металу, а до верхніх отворів цих каналів у вигляді випорів чи надливів підведено вакуум з піску ливарної форми. Якщо традиційна модель з пінополістиролу газонепроникна, має закриті пори і метал випаровує хаотично орієнтовані стінки-оболонки цих пор, то друком отримують відкриті пори заданої орієнтації для суцільної вентиляції і

відкачування вакуумом газів разом з засмокуванням металу від дії на нього зниженого газового тиску.

В плані оцінки наявності в Україні принтерів для реалізації описаної концепції провели тестування 3D-принтера Bambu Lab A1 mini BL0007U (виробництва США) з габаритами 347×315×365 мм, масою 5,5 кг, який придбано на порталі <https://rozetka.com.ua/> за 24 250 грн. Принтер друкує методом FDM ниткою $\varnothing 1,17$ мм з пластиків PLA, PET, PETG, PPSU, PVA виробами габаритами 180×180×180 мм і оснащений змінними соплами діаметрами (мм): 0,2; 0,4; 0,6; 0,8. Максимальна швидкість друку 500 мм/с. Принтер має сенсорний екран, контролер руху: двоядерний Cortex M4, інтерфейс: Wi-Fi, SD card, температура сопла екструдера до 300 °С, товщина друкованого шару 0,1-0,4 мм (100-400 мкм). Виконали тестовий друк моделі Benchy (кораблик), надану Bambu Lab на SD-карті, філаментом PLA при 220 °С у вибраному на екрані режимі Ludicrous. Принтер надрукував модель Benchy за 12 хв і 57 с (рис. 1).



Рис. 1. Зовнішній вигляд принтера, друкування тестової моделі Benchy, вибір режимів друку на сенсорному екрані

Також було віддруковано (рис. 2) вазу комірчастої структури, тримач телефона (зображено частково в перерізі), а також показано модель складної геометрії, що вказана компанією Bambu Lab при виборі кольору PLA. Приклади (рис.1, 2) свідчать про високу швидкість друку, якісну чистоту поверхні, можливість відтворення складних геометричних поверхонь та комірчастих структур. З високою якістю друкуються деталі з горизонтальними поверхнями. З огляду на вельми

помірну вартість принтера, він є достатньо доступним для вітчизняних лабораторій та ливарних дільниць, на яких виготовляють моделі для ЛГМ.



Рис. 2. Приклади моделей комірчастої структури та складної геометрії

Для друкування моделей зі спрямованими каналами при нанесенні ливарної технології на цифрове креслення металовиробу зображення ливарної моделі розташовують в тому положенні, як її буде розміщено в ливарній формі. Після імітації потоків металу при заміщенні моделі слід накреслити вентканали по ходу цих потоків з виводом каналів в товщу форми для доступу вакууму [2], або на зовнішню поверхню форми на повітря під атмосферним тиском [3] для знешкодження газів спалюванням. На тонких стінках моделі канали можливо друкувати як борозенки на зовнішній поверхні, наклеївши зверху тонку стрічку.

Література:

1. Nina Dybdal Rasmussen. A Digital Revolution is Transforming Foundries Worldwide // Foundry Management & Technology. Jan./Feb. 2024. P. 27-28.
2. Заявка u202305216 Україна, МПК8 В22 С7/02, В22С 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. Заявл. 3.11.2023.
3. Патент 154450 Україна, МПК В22 С7/02, В22С 9/04. Спосіб лиття металу за моделями, що газифікуються / В.С. Дорошенко, О.Б. Янченко. Опубл. 15.11.2023, Бюл. № 46.