

ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ 3D-ДРУКУ ПІЩАНИХ ЛИВАРНИХ ФОРМ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто характеристики матеріалів для 3D-друку піщаних ливарних. Визначено основні напрямки дослідження взаємозв'язку між характеристиками піску та зв'язуючої речовини.

Ключові слова: адитивні технології, 3D-друк, піщана ливарна форма, формувальний пісок, зв'язувальна речовина.

Abstract

The characteristics of materials for 3D printing of sand foundries are considered. The main directions of research on the relationship between the characteristics of sand and the binder are determined.

Keywords: additive technologies, 3D printing, sand casting mold, molding sand, binder.

Сучасний розвиток адитивних технологій відкриває нові можливості для виготовлення ливарних форм складної конфігурації без застосування традиційної модельної оснастки. Одним із перспективних напрямів створення ливарного оснащення є пошарове формування піщаних ливарних форм, за якого геометрія форми створюється безпосередньо за цифровою 3D-моделлю. Такий підхід дозволяє виготовляти внутрішні порожнини, канали та інші складні елементи форми, які важко або неможливо реалізувати традиційними методами формування.

На відміну від поширених способів 3D-друку полімерними або металевими матеріалами, під час адитивного виготовлення піщаних ливарних форм кінцевим виробом є пориста піщана структура, здатна безпосередньо контактувати з розплавом. Тому властивості матеріалу форми визначаються не тільки характеристиками піску, але й типом зв'язувальної речовини та параметрами її нанесення [1].

Основу матеріалу для 3D-друку піщаних форм становить формувальний пісок, який виконує роль наповнювача. Для 3D-друку піщаних форм найчастіше застосовують кварцові піски, завдяки їх доступності, вогнетривкості, термічній стабільності та можливості отримання необхідної гранулометричної структури. Для підвищення експлуатаційних характеристик форм використовують синтетичні та спеціальні мінеральні піски, зокрема цирконові, хромітові та олівінові.

Одним із найбільш важливих параметрів піску для адитивного формування є гранулометричний склад. Розмір і форма зерен визначають щільність укладання частинок, проникність форми для газів, шорсткість поверхні виливка та витрату зв'язувального матеріалу. Дрібнозернистий пісок дозволяє отримувати поверхні з меншою шорсткістю та краще відтворювати дрібні елементи геометрії, однак при цьому зменшується газопроникність форми. Використання крупнішого піску підвищує проникність, але може погіршувати якість поверхні та точність відтворення дрібних деталей [2].

Принциповою відмінністю адитивного виготовлення піщаних форм є застосування зв'язувальної речовини, яка локально наноситься на шар піску відповідно до цифрової моделі. Після затвердіння зв'язувального матеріалу окремі зерна піску об'єднуються у міцну просторову структуру. Пошарове повторення операцій нанесення піску та зв'язувального компонента забезпечує формування всієї ливарної форми [3].

Важливою характеристикою матеріалу для 3D-друку є міцність форми у сирому та затверділому стані. Під час виготовлення форма повинна витримувати механічні навантаження, що виникають при її переміщенні та складанні. Після заливання вона повинна протистояти тиску розплаву та термічному впливу. Водночас надмірна міцність небажана, оскільки може ускладнювати вибивання виливка та регенерацію піску [4].

Не менш важливою характеристикою є газопроникність. Під час заливання внаслідок нагрівання зв'язувальної системи та взаємодії розплаву з формою утворюються гази. Пориста структура піщаної форми повинна забезпечувати їх відведення. Зниження газопроникності може спричинити утворення

газових раковин, пористості та інших дефектів виливка. Тому при виборі гранулометричного складу піску необхідно враховувати компроміс між міцністю, якістю поверхні та проникністю [5].

Окрему увагу необхідно приділяти термостійкості та термохімічній стабільності матеріалу. Під дією високої температури піщана форма повинна зберігати геометричну стабільність протягом часу, необхідного для заповнення форми та кристалізації виливка. Властивості піску та зв'язувальної системи безпосередньо впливають на ймовірність виникнення таких дефектів, як пригар, тріщини, газові дефекти та порушення геометрії.

Висновки

Застосування 3D-друку для виготовлення піщаних ливарних форм є перспективним напрямом розвитку ливарного виробництва, особливо для одиничного та дрібносерійного виготовлення складних виливків. Ключовим фактором ефективності технології є правильний вибір піщано-зв'язувальної композиції. Перспективним напрямом подальших досліджень є встановлення взаємозв'язку між гранулометричними характеристиками піску, типом і кількістю зв'язувального матеріалу, параметрами 3D-друку та експлуатаційними властивостями отриманих форм

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Sivarupan T., Balasubramani N., Saxena P., Nagarajan D., El Mansori M., Salonitis K., Jolly M., Dargusch M.S. A review on the progress and challenges of binder jet 3D printing of sand moulds for advanced casting. *Additive Manufacturing*. 2021. Vol. 40. 101889. DOI: 10.1016/j.addma.2021.101889
2. Le Néel T.A., Mognol P., Hascoët J.-Y. A review on additive manufacturing of sand molds by binder jetting and selective laser sintering. *Rapid Prototyping Journal*. 2018. Vol. 24, No. 8. P. 1325–1336. DOI: 10.1108/RPJ-10-2016-0161
3. Upadhyay M., Sivarupan T., El Mansori M. 3D printing for rapid sand casting—A review. *Journal of Manufacturing Processes*. 2017. Vol. 29. P. 211–220. DOI: 10.1016/j.jmapro.2017.07.017
4. Snelling D.A., Williams C.B., Druschitz A.P. Mechanical and material properties of castings produced via 3D printed molds. *Additive Manufacturing*. 2019. Vol. 27. P. 199–207. DOI: 10.1016/j.addma.2019.03.004
5. Rybak A., Javora R., Sekula R., Kmita G. The Influence of Polymer Impregnating Materials on Structural Strengthening of 3D Printed Sand Molds Produced by Binder Jetting Method. *Polymers*. 2024. Vol. 16, No. 21. 2978. DOI: 10.3390/polym16212978

Олексюк Андрій Юрійович — аспірант, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця

Сухоруков Сергій Іванович — канд. технічних наук, доцент, доцент кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет

CHARACTERISTICS OF MATERIALS FOR 3D PRINTING SAND CASTING MOLDS

Oleksiuk Andriy Y. – PHD student of the Department of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Sukhorukov Serhii I. – Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor, Assistant Professor of the Department of Technology and Automation of Mechanical Engineer, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia