

7. Вихрові струми. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B8%D1%85%D1%80%D0%BE%D0%B2%D1%96\\_%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BC%D0%B8](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B8%D1%85%D1%80%D0%BE%D0%B2%D1%96_%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BC%D0%B8) (дата звернення 08.05.2023).

8. Березін Л. М. До розрахунків деталей на міцність, довговічність та надійність / Л. М. Березін // Наукові нотатки: міжвуз. зб. (за галузями знань "Технічні науки"). – 2018. – Вип. 63. – С. 22-26.

УДК 621.9.048

**Кондрашев П.В., канд. техн. наук, доцент**  
 Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,  
 kondrashev@ukr.net

## ВПЛИВ МАГНІТНОГО ПОЛЯ НА ЯКІСТЬ ВНУТРІШНЬОЇ МІКРОСТРУКТУРИ ПРИ ЛАЗЕРНОМУ СПЛАВЛЕННІ ПОРОШКУ

В даній роботі представлені результати дослідження впливу статичного магнітного поля як додаткового джерела енергії для підвищення ефективності реалізації технології DMLS [1]. Для цього було запропоновано схему розташування 4-ох магнітів по периметру фокусу газопорошкового струменю що дає можливість керувати рівнем дисперсної фази порошкової композиції в зоні лазерної обробки. Ця схема є більш простою в реалізації що значно збільшує гнучкість та ефективність технологічного процесу. Враховуючі високу складність протікання фізичних процесів при реалізації технології DMLS а також спираючись на досвід апріорної інформації було використано активну стратегію проведення експерименту [2] яка дозволяє ефективно оцінити вплив одразу декількох технологічних факторів на реалізацію даної технології. В якості матеріалу для досліджень було обрано порошкову композицію на основі алюмінію AlSi10Mg [3] дисперсністю 60 мкм. Це один з найпоширеніших порошків для технологій 3D-прототипування.

В якості одного з основних показників якості внутрішньої мікроструктури сплавлених зразків було обрано дослідження пористості внутрішньої мікроструктури (тобто наявності таких дефектів як: пор, тріщин та інших порожнин) при реалізації процесу лазерного сплавлення порошкового матеріалу AlSi10Mg як відмічалось вище були застосовані методи математичної статистики. Для практичної реалізації активної стратегії проведення експерименту було застосовано не композиційний план Бокса-Бенкена для 4-х технологічних факторів, у вигляді полінома (1) другого порядку [1].

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^{i=k} b_i x_i + \sum_{i \leq j}^{i=k} b_{ij} x_i x_j + \sum_{ii=1}^{i=k} b_{ii} x_i^2, \quad (1)$$

де  $k$  – кількість технологічних факторів;

$b_0, b_i, b_{ij}, b_{ii}$  – коефіцієнти полінома;

$i, j$  – індекси.

В якості функції відгуку була використана величина пористості внутрішньої мікроструктури сплавлених примітивів (P). В якості технологічних факторів впливу на функцію відгуку при реалізації технології DMLS (визначених раніше), за умови стабілізації факторів діаметра лазерного променя, щільності та потужності лазерного випромінювання були використані величина статичного магнітного поля ( $x_1$ ), масова витрата порошку ( $x_2$ ), швидкість переміщення підложки ( $x_3$ ), положення підложки відносно вихідного отвору сопла ( $x_4$ ). Коефіцієнти полінома  $b_0, b_i, b_{ij}, b_{ii}$  моделі (1) розраховувалися за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення з використанням математичного апарату лінійної алгебри [2], залежність (3). Матриця умов експерименту X була згенерована за допомогою збалансованої блок-схеми для 4-х незалежних змінних ( $x_1, x_2, x_3, x_4$ ), яка складається з 6-ти блоків (повно факторний експеримент 22) [2], варіювання технологічних факторів проводилося на трьох рівнях (мінімум, центр, максимум). Аналіз результатів

експериментальних досліджень показав, що найкращі показники якості тобто найнижча пористість була досягнута при інтенсивності магнітного поля 0,12 Тл, масовій витраті порошкової композиції 0,2 г/с, швидкості переміщення підложки 1 мм/с (рис. 1, а). Це пояснюється ефективністю дії статичного магнітного поля у зоні лазерної обробки, а саме збільшується кількість дисперсної складової у фокальній площі газопорошкового струменя. В той же час найгірші показники якості внутрішньої структури сплавлених примітивних зразків спостерігаються при наступних параметрах керування це: масова витрата порошку 0,4 г/с, швидкість переміщення підложки 3 мм/с це пояснюється перш за все великою швидкістю переміщення підложки що в свою чергу продукує невеликий час дії лазерного опромінення на порошкову композицію (рис. 1, в). Дещо кращі результати спостерігаються на рис. 1, б при масовій витраті 0,3 г/с та швидкості переміщення підложки 2 мм/с.

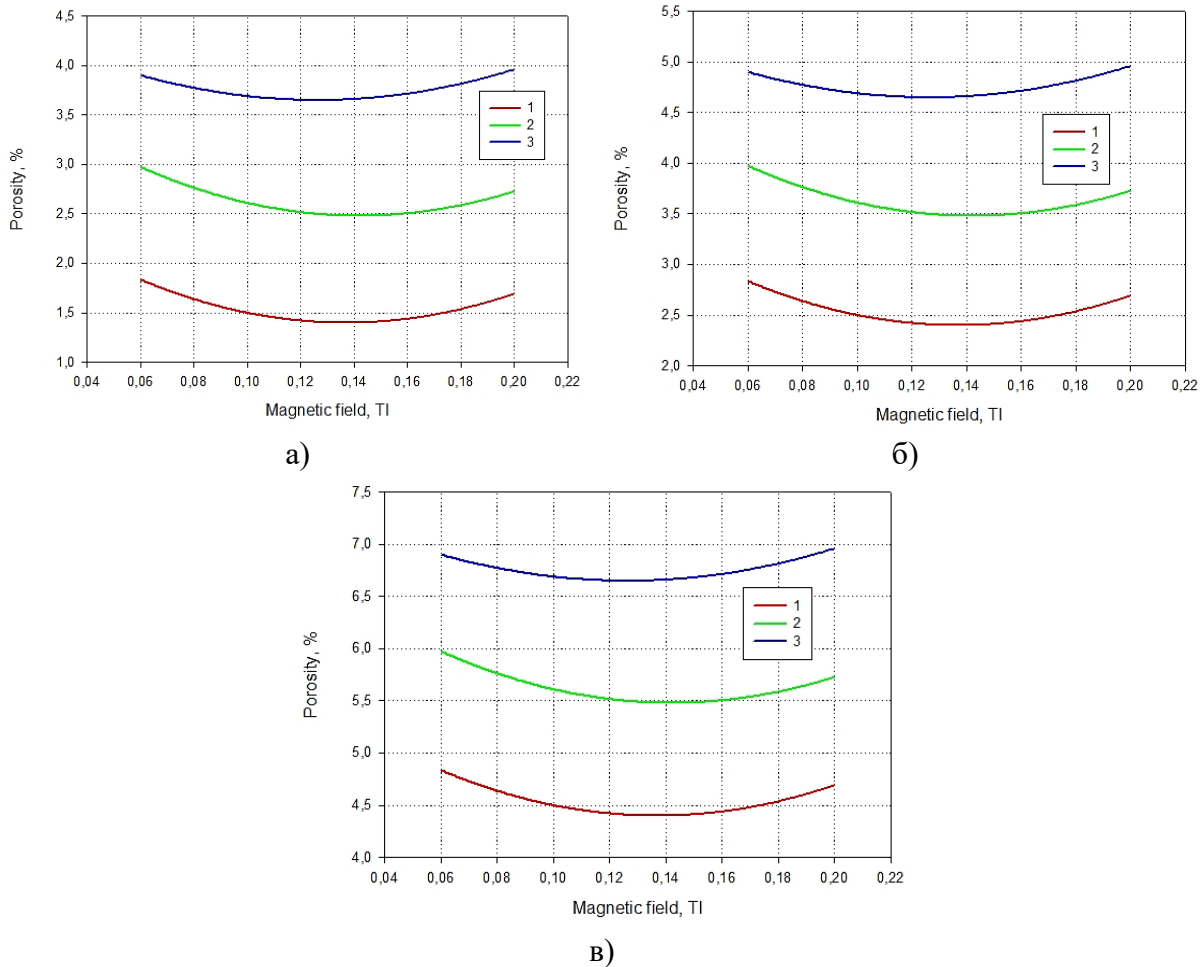


Рис. 1 – Залежність пористості від величини інтенсивності магнітного поля:  
 а) масова витрата порошкової композиції 0,2 г/с, швидкість переміщення підложки 1 мм/с;  
 б) масова витрата порошкової композиції 0,3 г/с, швидкість переміщення підложки 2 мм/с;  
 в) масова витрата порошкової композиції 0,4 г/с, швидкість переміщення підложки 3 мм/с.

#### Список посилань

1. D. Du, L. Hou, A. Gagnoud, Z. Ren, Y. Fautrelle, G. Cao, X. Li Effect of an axial high magnetic field on Sn dendrite morphology of Pb-Sn alloys during directional solidification // J. Alloy. Compd., 588 (2014), pp. 190-198.
2. Новик Ф.С. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов / Ф.С. Новик, Я.Б. Арсов. – М.: Наука, 1980. – 304 с.
3. P. Wei, Z. Wei, Z. Chen, J. Li, S. Zhang, J. Du Numerical simulation and parametric analysis of selective laser melting process of AlSi10Mg powder // Appl. Phys. A Mater. Sci. Process., 123 (2017) p. 540.