

А.О. РЯЗАНЦЕВ, канд. техн. наук, доц., С.В. РЕБРОВА, асистент,
Д.С. КАМІНСЬКИЙ, магістрант
Криворізький національний університет

РОЗРОБКА ЛЕГКИХ ТА МІЦНИХ КОНСТРУКЦІЙ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Аддитивні технології стрімко розвиваються та знаходять широке застосування в авіаційній, медичній, автомобільній та інших високотехнологічних галузях. Лазерне спікання металевих порошків (Selective Laser Sintering, SLS) та селективне лазерне плавлення (Selective Laser Melting, SLM) – ключові технології адитивного виробництва, що дозволяють створювати складні металеві деталі з високою точністю [1,2]. Особливо актуальними є дані технології в контексті: оптимізації виробництва – зниження кількості відходів та економія матеріалу; індивідуалізації продукції – виготовлення деталей на індивідуальне замовлення без необхідності дорогого оснащення; розвитку нових матеріалів – удосконалення порошкових сплавів та впровадження інноваційних покриттів.

Лазерне спікання металевих порошків застосовується для створення деталей зі складною геометрією, високими механічними характеристиками та низькою вагою. Перспективним напрямком застосування SLS/SLM технологій є виробництво радіаторів і теплообмінників, особливо в сферах авіації та космонавтики (радіатори охолодження для двигунів та електроніки), автомобілебудування (охолоджувачі батарей електромобілів, теплообмінники для двигунів), енергетики (охолоджуючі елементи турбін, процесорів та силової електроніки). Це зумовлено такими факторами: 1) виробництво складної геометрії – традиційні методи (лиття, пайка) обмежені у створенні внутрішніх каналів складної форми, а 3D-друк дозволяє формувати оптимізовані теплообмінні структури; 2) тонкостінні деталі – висока точність друку дозволяє робити ультратонкі стінки (до 0,2 мм), що покращує тепловіддачу та знижує вагу конструкції; 3) оптимізація форми – можна розробляти біонічні та ґратчасті структури, що зменшують масу виробу, зберігаючи ефективність охолодження; 4) зменшення числа деталей – традиційні теплообмінники складаються з безлічі спаяних елементів, тоді як адитивне виробництво дозволяє надрукувати цільну конструкцію, крім слабких місць; 5) використання високотемпературних матеріалів – лазерне спікання застосовується для нікелевих, алюмінієвих, титанових сплавів, що забезпечують стійкість до екстремальних температур та тиску.

Під час плавлення відбувається дифузійне з'єднання частинок, утворюються міжзеренні межі, що визначають механічні властивості виробу [2]. Якість кінцевого виробу залежить від властивостей порошку, що використовується, і параметрів процесу. Так недостатня потужність лазера призводить до неповної спайки, надлишок потужності – до пористості та розтріскування, а товщина шару порошку впливає на роздільну здатність та міцність виробу. Тому слід акцентувати увагу на розробці нових порошкових сплавів з покращеними характеристиками, оптимізацію режимів охолодження та термообробку, а також застосування штучного інтелекту для контролю процесу спікання в реальному часі.

Таким чином, лазерне спікання металевих порошків – передова технологія, що дозволяє створювати легкі, міцні та складні за формою металеві деталі, включаючи теплообмінники з покращеною ефективністю охолодження. Оптимізація геометрії теплообмінників, що досягається лише за допомогою адитивного виробництва, дає можливість підвищити теплопередачу, знизити масу виробу та зменшити гідравлічний опір. Використання нових металевих порошків та автоматизація процесів лазерного спікання призведуть до розширення застосування технології в авіації, автомобілебудуванні, електроніці та енергетиці. У майбутньому очікується інтеграція штучного інтелекту для контролю за процесом спікання та оптимізація топологічних структур, що підвищить якість та знизить вартість виробництва.

Список літератури

1. **Gibson I., Rosen D., Stucker B.** Additive Manufacturing Technologies. New York, NY : Springer New York, 2015. URL: <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2113-3>
2. **J. Zhang** et al. A review of selective laser melting of aluminum alloys: processing, microstructure, property and developing trends. Journal of materials science & technology. 2019. Vol. 35, no. 2. P. 270–284.