

УДК 57.089

Марія ГОНЧАРЕНКО, студент,

Ельвіра ШЕМЕНА, студент

Валентина МОТРОНЕНКО, доцент, доктор філософії

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,  
м. Київ, Україна, e-mail: maria.goncharenko03@gmail.com, elvirchess@gmail.com, motronenko.valentyana@iill.kpi.ua

## МЕТОДИ ВИГОТОВЛЕННЯ СТОМАТОЛОГІЧНИХ ІМПЛАНТІВ

**Анотація.** Виробництво адитивних імплантів з кожним роком набуває все більшої популярності при використанні в стоматології. Це зумовлено рядом переваг в порівнянні з іншими імплантатами, основною з яких є гнучкість та свобода в дизайні імплантів, а також можливість змінювати фізичні й хімічні властивості, що забезпечує їх високу ефективність. Тому, проведення досліджень в напрямку виготовлення адитивних імплантів є перспективним завданням біомедичної інженерії.

**Ключові слова:** імпланти, стоматологічні біоматеріали, адитивні технології, виробництво, лазер, 3D-друк.

Адитивне виробництво (АВ) – це нова технологія, де компоненти виготовляються шляхом додавання матеріалу шар за шаром для досягнення необхідної форми та розміру. Останнім часом він набув популярності завдяки наступним перевагам: вироби на замовлення та швидке створення прототипів, незалежність у дизайні та незначна кількість відходів.

АВ зменшує витрати матеріалу та часу в порівнянні з технікою фрезерування і є економічним методом виробництва. Металеві імплантати зазвичай виготовляються методом електронно-променевого плавлення (ЕПП) або селективного лазерного плавлення (СЛП) [1].

ЕПП і СЛП створюють тверді компоненти шар за шаром, розплавляючи металевий порошок і дотримуючись файлу 3D комп'ютерного проектування (САПР). Процес плавлення металу цих двох методів відрізняється; ЕПП використовує електронний промінь, тоді як СЛП використовує високоенергетичний лазер [2]. Лазерна техніка може забезпечити повне (у СЛП) або часткове розплавлення частинок (при селективному лазерному спіканні).

Методи обробки називають процесами лазерного плавлення (ПЛП) або селективного лазерного плавлення (СЛП); або процеси електронно-променевого плавлення (ЕПП). Процес ПЛП також зазвичай називають селективним лазерним плавленням (СЛП). Спочатку цей метод був розроблений для виробництва промислових деталей, а тепер розглядався як економічний процес для виготовлення медичних і зубних протезів [3].

### Селективне лазерне плавлення

Селективне лазерне плавлення (СЛП) є перспективною технологією для використання в «негайній імплантації» для швидкого виготовлення індивідуальних зубних імплантів. Однак поверхня імплантату, виготовлена за допомогою СЛП, має високу та непостійну шорсткість поверхні, що сильно впливає на ранню поведінку клітин та остеоінтеграцію. У цій роботі були виготовлені зразки з різними параметрами процесу межі та кутами нахилу [4].

СЛП – це додатковий виробничий процес для створення 3 D металевих деталей шляхом плавлення порошкоподібних металів в одну частину з 3 D-даних як цифрового джерела інформації та потужного лазерного променя як джерела енергії. СЛП виявився потужним інструментом для виробництва біомедичних імплантів, особливо для промислового виробництва ортопедичних і зубних імплантів на замовлення. Метод СЛП також передбачає використання ґратчастих структур, контрольованої та взаємопов'язаної пористості та тонкої мікроструктури, які потенційно корисні для адаптації властивостей біомедичного імплантату [5].

Зразки, виготовлені методом СЛП, завдяки принципам процесу та властивості процесу, які включають плавлення та подальше охолодження порошку, мають більш високу твердість, ніж деталі, виготовлені методом механічної обробки [6].

### Електронно-променеє плавлення та процес лазерного плавлення

На рис. 1 показані порівняльні схематичні зображення для систем ЕПП та ПЛП.

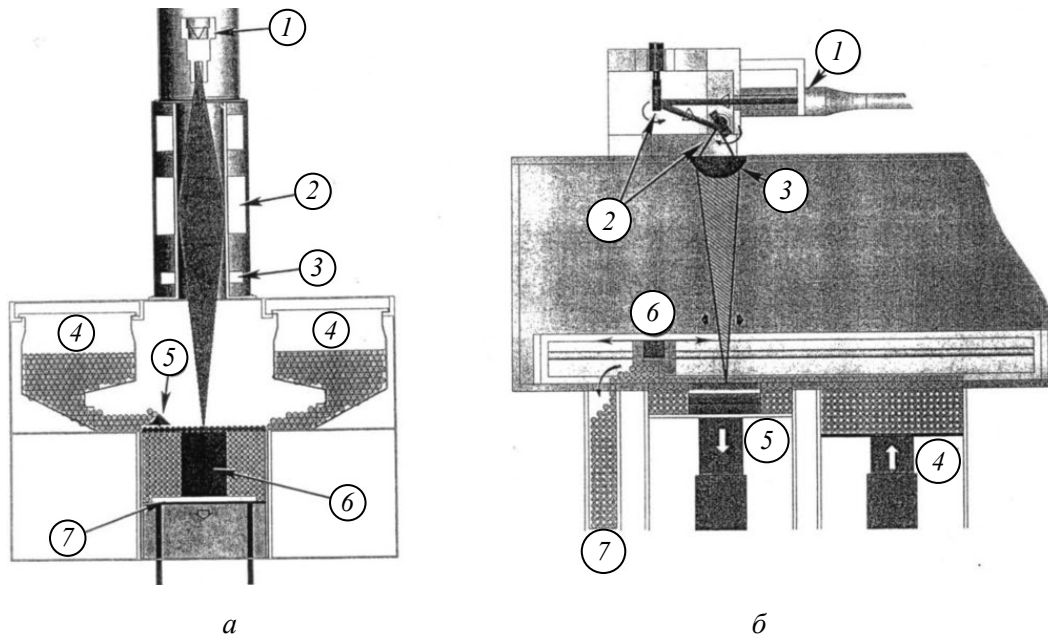


Рис. 1. Схематичний малюнок ЕПП та ПЛП систем

Система ЕПП (рис. 1, а) використовує вакуумне середовище, подібне до інших електронно-оптичних систем. Електрони, що генеруються в пістолеті 1, фокушуються 2 та електромагнітно скануються 3. Порошок подається самопливом з касет 4 і розсипається на шари 5 через будівельний стіл. Будівельний зразок 6 опускається на будівельний стіл 7 з кожним циклом розплавлення шару.

Система ПЛП (рис. 1, б) використовує очищене газове середовище (або аргон, або азот). Лазерний промінь потрапляє в систему в 1, відхиляється дзеркальною системою в 2 і фокусується в лінзі в 3. Порошок у касетній системі в 4 поширюється за допомогою системи згрібання в 6 по будівельній платформі в 5. Надлишок порошку використовується повторно, як показано на 7 [7].

### Висновки:

1. Адитивне виробництво є новою ефективною альтернативою для виготовлення імплантатів на замовлення.

2. Адитивне виготовлення імплантатів має такі переваги, як налаштування, гнучкість і свобода в дизайні імплантатів, а також можливість маніпулювання хімічними та фізичними параметрами.

3. Недоліками адитивного виготовлення зубних імплантатів є отримання якості поверхні та точності розмірів, а також вартість обладнання та матеріалів.

4. Такі властивості, як пористість і шорсткість, крім сприяння утворенню нової кістки, також сприяють розподілу напруги навколо імплантатів, таким чином сприяючи ефективній та швидкій остеоінтеграції.

5. Імпланти, виготовлені шляхом адитивного виробництва, мають такі властивості, як добре контрольована пористість, мікрошорсткість і наношорсткість, які сприяють утворенню нової кістки та покращують процес остеоінтеграції.

6. Перспективними напрямками досліджень являється отримання адитивних імплантів у яких будуть усунені недоліки, які їм присутні на даний момент.

### **Література**

1. Mehdi Mashhadi. In vitro study and mechanical characteristic of dental implants made of various materials and fabrication methods / Mehdi Mashhadi, Reza Hamzeloo, Meghdad Fallah // *Journal of Mechanics in Medicine and Biology* / Mehdi Mashhadi, Reza Hamzeloo, Meghdad Fallah., 2021.

2. Oliveira T.T., Reis A.C. Fabrication of dental implants by the additive manufacturing method: A systematic review. *The Journal of Prosthetic Dentistry*/ Oliveira T. T., 2019.

3. Evaluation of Titanium Alloys Fabricated Using Rapid Prototyping Technologies- Electron Beam Melting and Laser Beam Melting / Mari Koike., 2011.

4. Surface roughness control of root analogue dental implants fabricated using selective laser melting / Jian Li., 2020. – 10 с.

5. Tamimi F, Torres J, Al-Abedalla K, Lopez-Cabarcos E, Alkhraisat MH, Bassett DC, et al. Osseointegration of dental implants in 3D-printed synthetic onlay grafts customized according to bone metabolic activity in recipient site. *Biomaterials* 2014; 35:5436–45.

6. Jamshidinia M, Wang L, Tong W, Ajlouni R, Kovacevic R. Fatigue properties of a dental implant produced by electron beam melting EBM. *J Mater Process Technol* 2015;226:255–63.

7. Barui S, Chatterjee S, Mandal S, Kumar A, Basu B. Microstructure and compression properties of 3D powder printed Ti-6Al-4V scaffolds with designed porosity: Experimental and computational analysis. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl* 2017;70:812–23.