

NOZZLE MOVING SPEED INFLUENCE ON ACCURACY OF ELECTROCHEMICAL 3D-PRINTING

Babchuk R., Uschapovskiy D., Vorobyova V., Vasyliiev G.

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

The local deposition process from copper sulfate electrolyte was investigated depending on nozzle moving speed in the electrolyte. A 2×2 cm square model was created and sliced in Ultimaker Cura software, uploaded in a 3D printer, and printed from the copper electrolyte on the stainless-steel surface. Nozzle movement speed was found to influence the deposition area and the thickness of the metal. The lowest tested nozzle movement speed of 5 s /voxel increased the deposition area by nearly 40 % in horizontal direction compared to 2,5 s /voxel. Further increase of nozzle movement speed to 1,6 s /voxel does not change the deposition area. The thickness in the corners increases by 2,5 times compared to the straight section of the square when the nozzle movement speed increases from 5 to 1,6 s / voxel. The non-uniform thickness of the deposited metal is caused by a considerable reduction of nozzle movement speed when it moves through the corner. The results obtained in this work can be further used to develop electrochemical 3D printing technology.

Keywords: Additive manufacturing; copper electroplating; slicing; profilometry

ВПЛИВ ШВИДКОСТІ РУХУ РОБОЧОГО ЕЛЕКТРОДА НА ТОЧНІСТЬ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО ЗД-ДРУКУ

Бабчук Р. В., Ущачовський Д. Ю., Воробйова В. І., Васильєв Г. С.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
e-mail: babchuk.roman@iit.kpi.ua

Адитивне виробництво металевих деталей є новою технологією, що швидко розвивається, яка базується на осадженні металу шар за шаром [1, 2]. Електрохімічне адитивне виробництво, коли металеві деталі формуються шляхом осадження металу з іонів у розчині електроліту, не вимагає великих витрат енергії та попередньої підготовки витратних матеріалів, з яких виконається друк.

Метою даної роботи є дослідження швидкості руху сопла 3D-принтера на площу осадження та розподіл товщини надрукованого шару міді.

Процес локального електрохімічного осадження досліджувався на квадратній моделі. Зовнішній вигляд моделі в програмному забезпеченні UltiMaker Cura наведено на рисунку 1. Розмір об'єкта становив 20x20 мм, а висота – 2 мм. Об'єкт нарізали в G-code з такими параметрами: швидкість руху сопла - F1200, координати напрямку руху сопла - X60.178, Y60.179, висота шару -Z0.001, що відповідає 1 мкм у слайсері. G-code був завантажений у 3D-принтер.

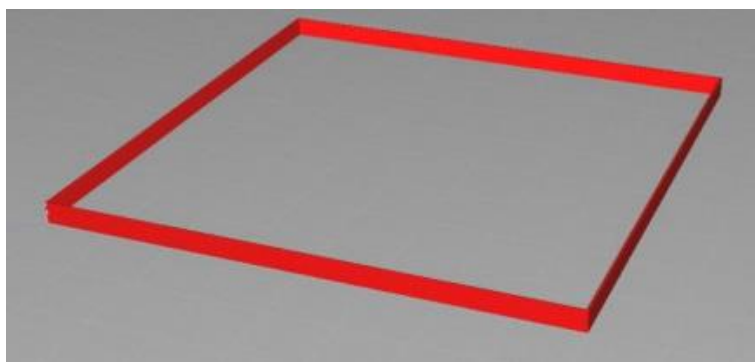


Рисунок 1 – Зовнішній вигляд квадратної моделі, яка використовується при 3D-друку в програмному забезпеченні UltiMaker Cura

Склад електроліту наведено в таблиці 1, умови осадження представлені в таблиці 2. Об'єкти були надруковані при 3 різних швидкостях руху сопла.

Таблиця 1– Склад електролітів

Компонент	Вміст, г/л
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	200
H_2SO_4	75
KCl	0,3
Добавка RUBIN T-200*	2 мл/л RUBIN T-200-A 8 мл/л RUBIN T-200-G 2 мл/л RUBIN T-200-E

* Добавка для вирівнювання та освітлення, KIESOW OBERFLÄCHENCHEMIE GmbH & Co. KG

Таблиця 2 – Умови осадження, які використовуються для дослідження локального осадження міді

№	Швидкість руху аноду, с/voxel	Густина струму, А/см ²	Тривалість осадження, год
1	5,0	4	6
2	2,5	4	6
3	1,6	4	6

Фотографії надрукованих об'єктів наведено на рисунку 2. Усі надруковані об'єкти мають квадратну форму.

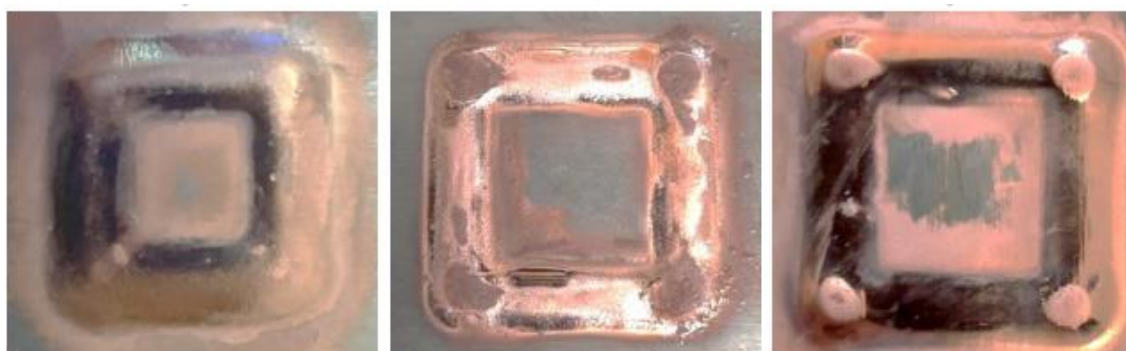


Рисунок 2 – Фотографії надрукованих на 3D-принтері квадратних об'єктів: від 1 до 3 – відповідають номерам експериментів у таблиці 2

Встановлено, що швидкість руху сопла впливає на процес друку як на кутових, так і на прямих ділянках. Дуже низька швидкість сопла збільшила площу надрукованого металу. Поперечний переріз осаду показує на 40 % більшу площу осадження. Збільшення швидкості руху сопла з 2,5 до 1,6 с/voxel не призводить до подальшого зменшення зони осадження.

У кутовій секції для найнижчої швидкості 5 с/voxel осаджувався найбільш рівномірний шар металу. Товщина надрукованого металу у кутовій зоні лише на 15 % більша, ніж на ребрі. Наступна швидкість 2,5 с/voxel збільшила товщину у кутовій зоні в 1,5 рази, а коли швидкість сопла досягла 1,6 с/voxel, товщина у кутовій зоні була майже в 2,5 рази більшою, ніж ребрі.

Зміна товщини надрукованого металу в кутовому перерізі зумовлена зменшенням швидкості руху сопла (рис. 3). При найменшій швидкості 5 с/voxel сопло рухається через кутову ділянку майже з тією ж швидкістю,

що й через пряму ділянку. Таким чином, кількість нанесеного металу залишається незмінною. При збільшенні швидкості до 2,5-1,6 с/voxel сопло проходить пряму ділянку швидше, ніж кутову. Відповідно, товщина надрукованого металу на прямій ділянці стає меншою, а на кутовій – більшою.

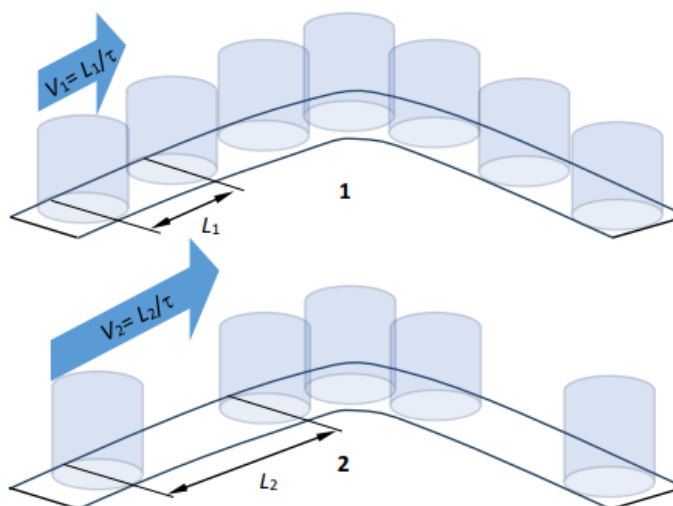


Рисунок 3 – Схематичне пояснення впливу швидкості руху сопла на товщину надрукованого металу: 1 - мала швидкість руху сопла; 2 - висока швидкість руху сопла

Висновок

Швидкість руху сопла впливає на площу надрукованого металу і його товщину. Найнижча швидкість руху сопла 5с/voxel збільшила площу осадження майже на 40 % порівняно з 2,5 с/voxel. Подальше збільшення швидкості руху сопла до 1,6 с/voxel не змінює площі осадження.

Збільшення швидкості руху сопла впливає на товщину надрукованого металу в кутових перерізах. Товщина в кутах збільшується в 2,5 рази порівняно з краями квадрата при збільшенні швидкості руху сопла від 5 до 1,6 с/voxel.

Література

1. I. Gibson, D. Rosen, B. Stucker, Additive Manufacturing Technologies, Springer, New York, USA, 2010, p. 472. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1120-9>
2. A. Serajuddin, Challenges, current status and emerging strategies in the development of rapidly dissolving FDM 3D-printed tablets: An overview and commentary, ADMET and DMPK 11 (2023) 33-55. <https://doi.org/10.5599/admet.1622>