

Ю. СТОЯН

Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України, Харків, Україна, e-mail: yustoyan19@gmail.com.

О. ПАНКРАТОВ

Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України, Харків, Україна, e-mail: pankratov2001@yahoo.com.

І. ЛЕМІШКА

Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна, e-mail: mzihor@ukr.net.

З. ДУРЯГІНА

Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна, e-mail: zduriagina@gmail.com.

Дж. БЕННЕЛЛ

Університет Лідса, Лідс, Англія, e-mail: J.Bennell@leeds.ac.uk.

Т. РОМАНОВА

Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України; Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна; Університет Лідса, Лідс, Англія, e-mail: tarom27@yahoo.com.

П. СТЕЦЮК

Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, Київ, Україна, e-mail: stetsyukp@gmail.com.

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАПОВНЕННЯ 3D-ОБ'ЄМУ НЕСФЕРИЧНИМИ ТА СФЕРИЧНИМИ ЧАСТИНКАМИ ПОРОШКУ ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ ДЛЯ АДИТИВНОГО ВИРОБНИЦТВА¹

Анотація. Розроблено підхід до моделювання пошарового заповнення певного 3D-об'єму з комбінуванням несферичних та сферичних частинок порошку різного фракційного складу. Побудовано математичну модель задачі пакування регулярних та нерегулярних об'єктів, що вільно рухаються, із застосуванням методу *phi*-функцій. Запропоновано евристичний алгоритм, який використовує нелінійну оптимізацію для обчислення коефіцієнта щільності пакування/поруватості. Виконано порівняння результатів числового моделювання з експериментальними даними, отриманими для суміші сферичних та полідральних порошків титанових сплавів. Встановлено, що відсоткове співвідношення частинок порошку в межах досліджуваної фракції, отримане за допомогою розробленого алгоритму, з високою точністю відповідає експериментальним результатам. Це дає змогу використовувати результати числового моделювання замість дорогих експериментальних досліджень. Застосування математичних моделей в адитивному виробництві дає можливість підвищити ефективність кожного етапу технологічного процесу, зменшити кількість бракованих виробів, раціонально планувати розхід енергетичних і матеріальних ресурсів.

Ключові слова: пакування, сферичні та несферичні частинки, 3D-об'єм, математичне моделювання, нелінійна оптимізація, адитивне виробництво.

ВСТУП

Адитивне виробництво, відоме також як 3D-друк, має величезний потенціал у галузі виготовлення різноманітних виробів та розроблення нових матеріалів. Ця технологія має надзвичайно великий вплив на всі галузі науки, техніки та економіки, відкриваючи нові перспективи для вже наявних технологій [1]. Вона забезпечує безліч можливостей для розв'язання складних проблем, пов'язаних з енергозаощадженням, матеріалозаощадженням та екологічними викликами.

За допомогою 3D-принтерів можна створювати фізичні об'єкти, виходячи з їхніх тривимірних моделей. Це особливо важливо для аерокосмічної галузі,

¹ Робота підтримана Національним фондом фундаментальних досліджень України (грант #02.2020/167), Volkswagen Foundation (грант #97775) та British Academy (грант #100072).