

точно розрахувати критичну швидкість пробиття v_{cr} мішені із заданою товщиною. Відносне відхилення експериментальних значень критичної швидкості пробиття від розрахованих не перевищує 3 %.

Перелік використаних джерел

1. Martell R. Commission de Methodes d'Essai des Materiaux de Construction. Paris, 1895. 261 p.
2. Tabor D. The hardness of metals. Oxford: Clarendon Press, 1951. 130 p.
3. Kohlhöfer W., Penny R. K. Dynamic hardness testing of metals. *International Journal of Pressure Vessels and Piping*. 1995. Vol.61. P. 65–75.
4. Ігнатович С.Р., Закієв І.М. Прилад для дослідження фізико-механічних властивостей поверхневих шарів матеріалів в манометричному діапазоні. *Приладобудування 2005: стан і перспективи*. Збірник доповідей 4-ої наук. техн. конф. (Київ, 26-27 квітня 2005 р.). Київ, НТТУ «КПІ», 2005. С. 225.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-48>

REVIEW OF 3D PRINTING TECHNOLOGIES IN MECHANICAL ENGINEERING

ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ 3D-ДРУКУ В МАШИНОБУДУВАННІ

Gorobets D.S.,

*Student (group PM2211), Ukrainian
State University of Science and
Technology, Dnipro, Ukraine*

Горобець Д.С.,

*студент гр. ПМ2211, Український
державний університет науки
і технологій, м. Дніпро, Україна*

Plitchenko S.O.,

*PhD (Engineering),
Associate Professor, Ukrainian State
University of Science and Technology,
Dnipro, Ukraine*

Плітченко С.О.,

*к.т.н., доцент,
Український державний
університет науки і технологій,
м. Дніпро, Україна*

На сьогоднішній день однією з найперспективніших технологій по створенню елементів деталей у машинобудуванні вважається 3D-друк. Принцип створення тривимірних виробів за цієї технології заснований

на рівномірному пошаровому нанесенні різноманітного матеріалу за цифровими CAD-моделями.

До найбільш поширених технологій 3D-друку відносять *Selective Laser Sintering*, *Electron Beam Melting*, *Stereolithography*, *Rapid Liquid Printing* і термопластиком – *Fused Deposition Modeling*, які можуть створювати вироби з металоглини, світлочутливої смоли, силікону, пінопласту, гуми чи пластиків.

Вибіркове лазерне спікання (SLS) є першою серед адитивних технологій для друку металом, яка була запатентована наприкінці 1980-х. За *SLS* технологією металевий порошок набуває необхідної температури для друку під впливом лазерного променя, а його спікання відбувається в середовищі захисних газів. З часом за допомогою наведеної технології почали виготовляти вироби і з неметалевих матеріалів.

Широкий вибір матеріалів для 3D-друку з різними механічними властивостями, можливість створення складних геометрій, в тому числі і внутрішніх, висока швидкість друку, висока міцність, гнучкість, гарна деталізація забезпечують достатню популярність технології і зараз. До недоліків відносять високу пористість надрукованих поверхонь, усадку та деформацію, значні об'єми відходів порошку, необхідне тривале охолодження виробу та додаткова термічна обробка.

Іншою адитивною технологією є *електронно-променева плавка (EBM)*, яка в якості джерела енергії для вибіркового розплавлення та пошарового сплавлення металевих порошків використовує потужний електронний промінь. Плавлення та друк здійснюються у вакуумі за набагато вищих температур, що дозволяє створити більш щільний матеріал з меншою усадкою і підвищеною міцністю. У порівнянні з іншими методами металевого 3D-друку, вироби, надруковані за допомогою *EBM* характеризуються високою міцністю, а в їхній поверхні відсутні будь-які пори, при цьому деталь не потрібно піддавати додатковій термічній обробці.

За останніми аналітичними дослідженнями, основна більшість металевих деталей, що друкуються на 3D-принтерах, виготовляється зі сталей різного ступеня легування, алюмінієвих сплавів, титану. Ці матеріали забезпечують основні потреби машинобудівної галузі.

Відносно новою технологією вважається *Stereolithography (SLA)*, яка використовує світлочутливу смолу та ультрафіолетовий лазер, який визначає місця затвердіння смоли, дозволяючи створювати деталь пошарово. Наведене дозволяє отримувати вироби високої точності та деталізації, але які обмежені за габаритами.

Інноваційною технологією 3D-друку є *Rapid Liquid Print (RPL)*, технологічний процес якої заснований на пошаровому екструзуванні силікону, пінопласту, пластику, гуми у гелеву суспензію для швидкого та ефективного виготовлення виробів, яка мають поверхню з мінімальною шорсткістю, з розмірами від кількох сантиметрів до кількох метрів.

До найбільш поширених технологій також відносять і *Fused Deposition Modeling (FDM)*, принцип друку якої полягає у пошаровому видавлюванні розплавленої пластикової нитки на робочу поверхню. Основною відзнакою цієї технології є низька вартість отриманих виробів та покращені умови праці.

Металеві деталі, виготовлені за допомогою 3D-друку, в порівнянні з заготівками, виготовленими традиційними технологіями, мають невелику внутрішню пористість й характеризуються вищими механічними властивостями й ізотропією в усіх напрямках та частинах виробу. Проте такі елементи мають менший опір до циклічних навантажень.

Розглянуті технології дозволяють отримувати вироби з складно оброблюваних матеріалів традиційними технологіями, таких як композитні матеріали, вуглеволокна тощо.

Таким чином, використання технологій 3D-друку відкриває перспективи для вирішення широкого кола завдань машинобудівної галузі, до яких, в тому числі, відносять створення прототипів, складних та індивідуальних деталей високої точності, використання для виробництва великого вибору матеріалів, в тому числі композитних, що дає змогу отримувати унікальні механічні властивості, що важко досягти традиційними методами.

Подальший розвиток технологій 3D-друку має потенціал вирішити наведені актуальні проблеми та розширити можливості застосування в машинобудівній промисловості. Однак для більш ширшого застосування технології необхідно підвищувати її економічну ефективність.