

УДК 655.26:004

*М. Т. Лабецька**Українська академія друкарства***АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД  
ТЕХНОЛОГІЙ ТРИВИМІРНОГО ДРУКУВАННЯ**

*Одним із останніх ноу-хау поліграфічної сфери, без сумніву, є 3D-друк, який передбачає створення тривимірного об'єкта шляхом накладання послідовних шарів матеріалу.*

**Ключові слова:** *3D-моделювання, 3D-принтери, технології тривимірного друку, тривимірні моделі.*

3D-моделювання — обов'язковий етап при створенні складних технологічних об'єктів і архітектурних форм. Раніше тривимірна модель першочергово розроблялась в електронному вигляді й лише згодом реалізовувалась у твердій копії. Такий процес був трудомістким і супроводжувався значними часовими затратами, чого вдалося уникнути завдяки технології швидкого прототипування (тривимірного / 3D-друку). Для цього використовується спеціальне устаткування — 3D-принтери, які, на відміну від традиційних аналогів, що виводять інформацію на аркуш паперу виключно в двовимірній площині, дозволяють відтворювати тривимірні дані, тобто створювати конкретний фізичний об'єкт.

На сьогодні розроблено декілька систем 3D-друку, проте в основі кожної з них є пошарове створення (нарощування) твердого об'ємного предмета. Матеріалом для об'ємного друкування може служити гіпсовий порошок, пластик або гума залежно від використовуваної технології. Технологія швидкого прототипування знаходить застосування у виробництві ювелірних виробів, взуття, у промисловому дизайні, архітектурі, проектуванні та будівництві (АЕС), в автомобільній, аерокосмічній, стоматологічній та медичній галузях.

Оскільки принцип тривимірного друку (*англ. 3-dimensional*) полягає в пошаровому формуванні фізичної копії віртуальної моделі предмета, у проведених останніми роками дослідженнях акцентується увага на основних відмінностях відомих на сьогодні конкуруючих технологій 3D-друкування, що стосуються етапу побудови шарів при створенні деталі. В основі деяких технологій плавлення чи розм'якшення матеріалу (SLS, FDM), інші використовують затвердіння рідкого матеріалу для виробництва шарів (LOM, SLA) (рис.) [1–3].

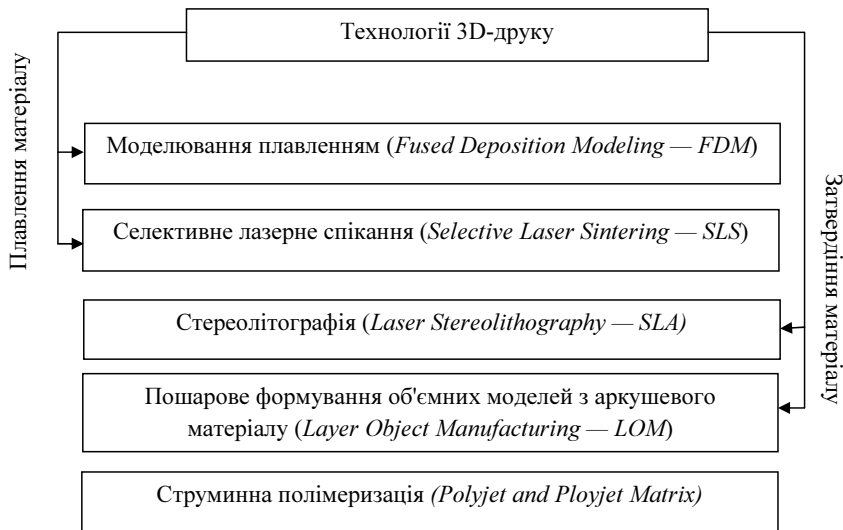


Рис. Класифікація технологій тривимірного друку

Деталізуємо переваги та недоліки кожної з технологій, подавши їх таблицю.

Таблиця

### Характеристика технологій 3D-друку

Технологія 3D друку	Переваги	Недоліки
1	2	3
FDM	+ легкість перебудови з одного нетоксичного матеріалу на інший; + низькі витрати; + висока продуктивність; + малі температури переробки; + мінімальне втручання оператора у функціонування обладнання; + можливість створення кольорових моделей; + відносно точний процес	- між шарами утворюються шви; - головка екструдера повинна постійно рухатися, інакше матеріал застигне і засмітить її; - можливе розшарування при температурних коливаннях протягом циклу обробки; -груба вихідна поверхня
SLS	+ широкий спектр недорогих і нетоксичних матеріалів (порошкові полімери, ливарний віск, нейлон, кераміка, металеві порошки); + низькі деформації та напруги; + можливість одночасно робити відразу кілька моделей в одній камері	-менш точний процес; -груба вихідна поверхня; -неможливість створювати кольорові моделі; -вартість установок становить близько \$400 тис.
SLA	+ відносно точний процес; + хороша деталізація деталей; + гладка поверхня вихідної деталі	-обмежений набір матеріалів; -неможливість створення кольорових моделей

Закінчення табл.

1	2	3
LOM	+ орієнтовна вартість коливається в межах \$90–250 тис.; + використання широкого діапазону недорогих аркушевих матеріалів; + синтезування моделі з мінімальними деформаціями завдяки відсутності фізико-хімічних перетворень	-лазер не завжди повністю прорізає аркуш, що ускладнює видалення відходів і не виключає пошкодження деталей, властивості матеріалу ж можуть змінюватися; -складність обробки шорсткої поверхні виробу через можливість розшарування; -необхідність вентиляції в робочому приміщенні
PPM	+ висока деталізація моделей (точність до 0,1 мм) — товщина шару 16 мікрон; + висока гладкість; + роздільна здатність друку 600 dpi; + можливість виготовлення вертикальних перегородок завтовшки до 0,4 мм; + висока швидкість виготовлення моделей	-менш міцний матеріал; -криволінійність поверхонь

Головна перевага принтерів тривимірного друку порівняно з традиційними способами створення макетів полягає у високій швидкості роботи, в результаті чого знижуються затрати на проектування та скорочуються терміни випуску продукції. Відповідно, упродовж останнього десятиріччя спостерігається значне зростання попиту на 3D-принтери, які застосовуються для:

- прототипування, тобто швидкого виготовлення прототипів моделей і різних об'єктів — вже на етапі проектування можна кардинальним чином змінити конструкцію вузла або об'єкта в цілому;
- виготовлення моделей і форм для ливарного виробництва;
- виробництва складних масивних, міцних і, головне, недорогих систем;
- протезування, виготовлення імплантатів і навіть вирощування повноцінних органів (фрагменти скелету, черепа, кісток тощо);
- створення компонентів зброї;
- виготовлення корпусів експериментальної техніки (автомобілі, телефони, радіообладнання) [4–5].

Таким чином, 3D-друкування є однією з найперспективніших технологій для будь-якого виробництва при виготовленні тривимірних моделей. Завдяки їй істотно підвищується ефективність роботи та скорочуються терміни виробництва.

1. Гречко А. М. Технологии быстрого прототипирования — от детской игрушки до мирового господства / А. М. Гречко // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». — Х. : НТУ «ХПІ», 2013. — № 65 (1038). — С. 14–36. — (Серія: Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. Теорія і практика). 2. Свирид А. Печать на 3d-принтере изменит мир [Электронный ресурс] / А. Свирид. — Virtualprint : технологии

3d-печати. — [17.07.2013]. — Режим доступа : <http://virtualprint.ru/stati/638-pechat-na-3d-printere-izmenit-mir.html> 3. Семенов К. SLA или стереолитография: продвинутая технология 3D печати / Константин Семенов. — Virtualprint : технологии 3d-печати. — [02.08.2013]. — Режим доступа : <http://virtualprint.ru/stati/660-sla-ili-stereolitografiya-prodvinutaya-tehnologiya-3d-pechati.html> 4. 3D-друк [Электронный ресурс] : матеріал з Вікіпедії — вільної енциклопедії. — Режим доступа : <http://uk.wikipedia.org/wiki/3D-%D0%B4%D1%80%>. — [23.04.2014]. 5. 3D-принтеры [Электронный ресурс]. — MYGadgetShop : интернет-магазин 3-d принтеров, гаджетов и аксессуаров. — Режим доступа : [http://mygadgetshop.ru/catalog/3D\\_prints](http://mygadgetshop.ru/catalog/3D_prints) — [25.04.2014].

## **АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ ТРЕХМЕРНОЙ ПЕЧАТИ**

*Одним из последних ноу-хау полиграфической сферы является, без сомнения, 3D печать, которая предусматривает создание трехмерного объекта путем наложения последовательных слоев материала. Благодаря технологии существенно повышается эффективность работы и сокращаются сроки производства.*

## **MARKET WATCH TECHNOLOGY THREE-DIMENSIONAL PRINTING**

*3D printing is one of the latest know-how of printing scope, which involves the creation of three-dimensional object by imposing successive layers of material.*

УДК 655+621.795.8

***С. Ф. Гавенко, В. Ц. Жидецький, О. І. Проць***

*Українська академія друкарства*

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ ЗОБРАЖЕННЯ НА МЕТАЛІ ЛАЗЕРНИМ МАРКУВАННЯМ**

*Розглянуто фізико-механічні особливості лазерного маркування на металевих поверхнях.*

***Ключові слова:*** лазерне маркування, гравіювання, обробка металевої поверхні, волоконний лазер

Операції лазерного маркування й гравіювання включають нанесення текстових і графічних зображень на поверхню оброблюваного виробу під впливом високоінтенсивного лазерного випромінювання, яке видаляє частину матеріалу: завтовшки до 100 мкм — при маркуванні; до 0,5 мм — при звичайному гравіюванні; 3,5 мм — при глибокому гравіюванні. Основним призначенням таких операцій є позначення готової продукції для її ідентифікації й захисту від підробок. Крім того, інтерес до лазерного маркування в останні роки пов'язаний із виготовленням різноманітної сувенірної продукції.

З допомогою лазерів можливо маркувати найрізноманітніші матеріали: метал, дерево, оргскло, пластмасу, акрил, скло, гуму, шкіру і т.д. Для маркуван-