

УДК 681. 625. 924:001.12/.18:681.6-633(045)

Гнатюк Лілія Романівна<sup>1</sup>

*канд. арх., доцент*

Саулко Альона Володимирівна<sup>2</sup>

*Національний авіаційний університет, м. Київ*

*E-mail: 7991alonchik@gmail.com*

## **ВИЗНАЧЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ 3D - ДРУКУ ПРИ СТВОРЕННІ РІЗНОМАНІТНИХ ОБ'ЄКТІВ ДИЗАЙНУ**

*Анотація:* у статті розглянуто адитивні технології XXI століття, їх використання в промисловому виробництві. Представлено технологічний процес створення об'єктів та предметів на 3D-принтері. З'ясовано значення матеріалів і особливостей для 3D-моделювання та друку різноманітних об'єктів дизайну. Виявлено основні технології адитивного виробництва, а саме робота з різними матеріалами, які відкривають перспективи в мистецтві, нові можливості для художників, скульпторів, дизайнерів висловлювати свої ідеї в оригінальній формі. Представлено матеріали, які використовуються при створенні скульптур, ювелірних виробів, а також при виробництві окремих об'єктів в аерокосмічній галузі. Проаналізовано перспективи доступного 3D-друку.

*Ключові слова:* проектування, 3D-друк, 3D-принтер, 3D-сканування, адитивні технології, метали, металоглина, технологія DMLS, технологія SLS, прототипування, промисловість, виробництво.

**Постановка проблеми.** Адитивні технології відносяться до передових розробок XXI століття, серед яких особливу роль відіграє 3D-моделювання. Вони створюють умови переходу промисловості до виробничих технологій нового покоління, які змінюють весь технологічний уклад і обумовлюють зміну всього виробничого циклу. Ступінь їх використання в промисловому виробництві є вірним індикатором індустріальної могутності та інноваційного розвитку держави.

---

<sup>1</sup> © Гнатюк Л.Р.

<sup>2</sup> © Саулко А.В.

В цілому, адитивне виробництво сприяє появі нових підходів в рамках традиційного виробництва. Передові технології спонукають мислити і творити по-новому, без обмежень і стереотипів. За адитивним виробництвом майбутнє, що стрімко змінюється.

Вже зараз на 3D-принтерах друкують практично все: дитячі іграшки та твори мистецтва, одяг і запчастини літаків, предмети інтер'єру, ювелірні прикраси та безліч іншого.

Адитивні технології в мистецтві відкривають сучасні можливості цієї сфери. Це новий етап свободи для конструкторів, художників, скульпторів, дизайнерів висловлювати свої ідеї в оригінальній формі та величезна перевага для медичної індустрії і винахідників.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Передісторія 3D-друку, різновиди принтерів, програми 3D-моделювання, способи друку досліджені в [1; 3; 6; 7]. Праці Гібсон Я., Розен Д., Стакер Б. [3] присвячені новітнім технологіям, що дають можливість на основі даних віртуальних моделей твердих тіл виготовляти фізичні моделі в результаті швидких і легких промислових процесів. Розглядається виготовлення виробів на машинах АВ як процес по принципу «будуєш те, що бачиш» (WYSIWYB - What You See Is What You Build), котрий має особливо високу цінність при виготовленні виробів важкої геометричної форми.

Основна увага технологіям і машинам друку різними металами присвячена в роботі Довбиша В.М., Забеднова П.В., Зленко М.А [2]. Сфери промислового застосування, перспективи друку та виробництво нових матеріалів з точки зору промислової революції досліджені в [5].

Конспективні особливості використання 3D-друку в дизайні інтер'єру описано в [4].

Фундаментальні дослідження відсутні, переважають публікації рекламного характеру. На сьогодні важливими є наукові узагальнюючі дослідження.

**Мета** – визначення особливостей 3D - друку при створенні різноманітних об'єктів дизайну.

**Основна частина.** Адитивне виробництво (AB) - це офіційний термін для позначення процесів, що раніше визначалися як швидке прототипування або 3D-друк. Ключом до розуміння AB є принцип виготовлення товару пошаровим додаванням матеріалу, причому кожний шар представляє собою тонкий поперечний перетин продукту.

На фізичному рівні кожний шар має кінцеву товщину тому, що отриманий в результаті продукт приближений до вихідного 3D-моделі. Чим тонший кожний шар, тим ближче кінцева деталь до оригіналу. Друк на 3D-принтерах може здійснюватися різними способами в залежності від використовуваного матеріалу.

Останні декілька років 3D-друк металом набував активного поширення. Причина полягає в тому, що надруковані об'єкти можна випускати серійно. Надруковані деталі мають конкурентні переваги над тими, що виготовлені традиційними способами.

Найпопулярнішим матеріалом є алюміній. Дешевий та легкий, він добре підходить майже для будь-яких конструкцій. Титан - міцний і легкий метал, з якого можна надрукувати майже будь-яку деталь. Будучи вибухонебезпечною у формі порошку, сировина поміщається в герметичну камеру, наповнену аргоном.

Залізо і сплави міді майже не використовуються для друку металом, проте їх додають в філаменти на основі пластика. Використовуються такі метали: сталь, латунь, бронза, стерлінгове срібло, золото і платина (рис. 1).

На практиці метал міцніше, ніж скло, він не розіб'ється і не трісне від нагрівання. Щодо негативних сторін процесу, то він має схильність до корозії і гнеться прямо під час друку, так як при нагріванні розширюється. Цей матеріал відмінно поєднується з іншими речовинами. Існує всього декілька технологій, що використовуються для друку металом: лазерні 3D-принтери та струменеві (рис.2). Технологія SLS (вибіркове лазерне спікання), також відома під назвою Direct metal laser sintering, дозволяє створювати металеві об'єкти з плавкого порошку - металоглини. Вперше даний матеріал був показаний в

1990 році в Японії. Тоді його використовували для ліплення примітивних форм. У промисловості застосовувати його стали лише через десять років після відкриття.



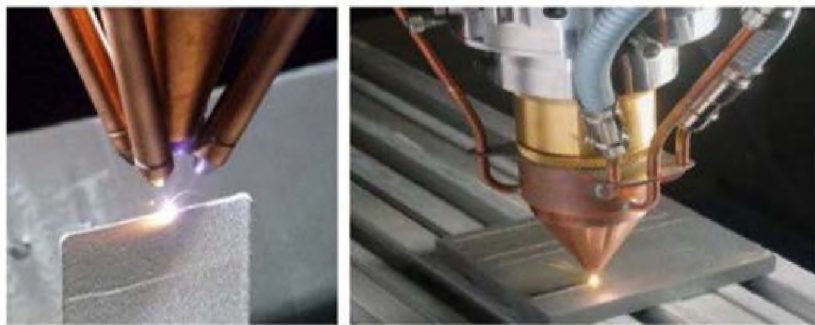
*Рис. 1. Котушки філаменту для металевого 3D-друку*



*Рис. 2. Металевий 3D-принтер Concept Laser XLine 1000*

У цьому матеріалі гармонійно поєднуються найдрібніші частинки металу, вода та органічне сполучення. Виріб формується, після чого обпалюється. Застосовується даний матеріал, наприклад, при створенні скульптур чи ювелірних виробів. При обпаленні сполучна речовина і вода вигорають, що перетворює металевий порошок в монолітний об'єкт.

Для обробки металоглини SLS-принтери використовують лазер (рис. 3). Порошок наноситься на поверхню платформи рівним шаром, після чого розгладжується спеціальним валиком, потім лазерне випромінювання коригує шар металоглини так, як це запрограмоване у шаблоні. Процес повторюється раз за разом, поки фігура не матиме потрібних розмірів. Друк проходить в спеціальній камері з безкисневому середовищі, в якому постійно підтримується висока температура.



*Рис. 3. Системи подачі матеріалу*

В технології прямого лазерного спікання (DMLS) у якості витратних матеріалів можуть використовуватися практично будь-які метали і сплави в порошкової формі. На сьогоднішній день успішно застосовується нержавіюча сталь, кобальт-хромові сплави, титан і інші матеріали.

Прогрес в області 3D-друку металевих деталей просувається дуже швидко. Переваги перед застарілими методами колосальні: математичне моделювання заданих характеристик, створення форм, раніше недоступних для машинного виконання і т.д. Найбільші світові виробники зацікавлені в розвитку нових технологій. 3D-технології в авіакосмічній галузі особливо затребувані, адже тут кількість одиничних деталей вимірюється десятками і сотнями.

Безперечним лідером як у виробництві 3D-друку, так і в їх використанні є США. На них припадає майже 40% світового виробництва 3D-принтерів. Близько 10% - частка Японії.

Практично стільки ж припадає на Німеччину і Китай. П'ятірку лідерів з 6% замикає Великобританія.

Революційний прорив зроблений в області лазерного спікання металів. Новий метод, при якому металевий порошок змішується в 3D-принтері з полімером, на порядок підвищує міцність підсумкових металевих деталей.

При всій перспективності 3D-технологій в цій сфері є ряд серйозних проблем. З економічної точки зору головний обмежуючий фактор - вартість витратних матеріалів для друку. Властивості існуючих полімерів ще вкрай варіативні і поки що не відповідають вимогам промисловості, в той час як металеві рішення хоча і подолали технологічний поріг потрібної міцності, але дорогі для використання. На рік в світі виробляється всього 40 000 тон порошкової сталі. Ще один фактор - поширеність самих 3D-принтерів. Третя важлива проблема - дефіцит добре підготовлених дизайнерів, відсутність досвіду, знань і розуміння специфічних галузевих потреб, відсутність масового споживчого ринку. Бізнесу, що працює в сфері 3D-друку, належить заміщати цілі сегменти економіки.

В даний час 3D-друк металом розглядається, як одна з найбільш перспективних технологій, яка в недалекому майбутньому може витіснити сучасні методи прототипування. Дослідники ретельно працюють над тим, щоб найближчим часом принтери, які друкують металом, з'явилися на будівельних майданчиках, в металургійній промисловості та інших видах виробництва.

Промисловий лазерний 3D-принтер вже використовуються такими гігантами як General Electric Aviation. Виробник авіаційних двигунів звернув увагу на те, що використання різних сплавів в деталі істотно покращує її фізико-технічні властивості і дає можливість вивести льотні характеристики літака на принципово новий рівень. Впровадження тривимірного друку - важливий етап у розвитку авіабудівної галузі.

3D-надруковані металеві деталі потребують менше енергії, а кількість відходів скорочується до мінімуму. Кінцевий надрукований 3D-продукт виявляється до 60% легше

традиційної деталі. Отже, авіаційна промисловість може заощаджувати за рахунок зниження ваги і економії палива.

Традиційні методи роботи з металами не дозволяють використовувати матеріал з максимальною вигідністю. В процесі лиття, фрезерування, ковальства, пресування та штампування 50-90% від початкової кількості сировини стає непридатним для подальшого застосування, і відправляється в утиль.

У роботі [5] розглядається один із способів отримання друкованих моделей – сканування вже існуючого об'єкта, а потім його відтворення. 3D-сканери отримують геометрію фізичного об'єкта, роблячи сотні тисяч вимірів. Зазвичай результатом 3D-сканування є полігональна сітка. Відомо, що виливання скульптором бюста в бронзі - досить дороге і клопітке заняття. Існує рішення простіше, дешевше і багатого в чому краще. На сьогодні є можливим відсканувати будь-яку поверхню, включаючи людське обличчя (рис.4).



*Рис. 4. Отримані шляхом 3D-сканування бюсти*

Процедура сканування займає до 15 секунд. Це обладнання досить популярно, і є в наявності практично у всіх великих містах східної Європи. Після отримання 3D-моделі, інженери готують файл до друку, і друкується форма, яка буде використовуватися безпосередньо у виливання моделі в бронзі.

На відміну від традиційних методів виготовлення металевих деталей 3D-друк створює об'єкти шар за шаром, сплавляючи металізований матеріал за допомогою лазерного випромінювання, споживає менше енергії та скорочує кількість відходів до мінімуму.

**Висновки.** 3D-друк металом для дизайн –проекування - це спрощений термін для означення процесів виробництва на основі металевих домішок з урахуванням естетичної складової. Особливості 3D-друку визначаються технологією прямого лазерного спікання (DMLS), селективного лазерного плавлення (SLM) та вибіркового лазерного спікання (SLS).

**Перспективи подальшого дослідження:** можливості введення 3D-друку в масовий сегмент та заміни 3D-друком малосерійного виробництва.

#### Література

1. Гібсон Я., Розен Д., Стакер Б. Технологии аддитивного производства ТЕХНОСФЕРА, Москва, 2016. — 656 с.
2. Довбиш В.М., Забеднов П. В., Зленко М.А. Аддитивные технологии и изделия из металла – Москва, 2015.— 219 с.
3. Канеса Е., Фонда К., Зеннаро М. [пер. с итал. Кузнецов А., Соловьева О.] Доступная 3D-печать для науки, образования и устойчивого развития, МЦТФ 2013.— 192 с.
4. Кузнецова І. О. Інноваційні напрями в дизайні інтер'єру / І.О. Кузнецова, І.О. Русаков, О.В. Руденко, К.О. Гербич // Теорія та практика дизайну: Збірник наукових праць/ Мистецтвознавство – К.: «Компрінт», 2017. Вип. 12. – С.142-149.
5. Ларина О., Овчинский В. Кибервойны XXI столетия. О чем умолчал Эдвард Сноуден. М.: Книжный мир, 2014. —352 с.
6. Михайлова А.Е., Дошин А.Д. 3D-принтер - технология майбутнього // Молодий вчений. 2015. №20 – С. 40-44.
7. Стрoганов Р. 3D-печать. Коротко и максимально ясно. Москва, 2016. — 72 с.

#### References

1. Hybson Ya., Rozen D., Staker B. Tekhnolohyy addytyvnoho proyzvodstva TEKHNO SFERA, Moskva, 2016. — 656 s.



2. *Dovbysh V.M., Zabednov P. V., Zlenko M.A. Addytyvnyy tekhnolohyy y yzdeleya yz metalla – Moskva, 2015.— 219 s.*
3. *Kanesa E., Fonda K., Zennaro M. [per. s ytal. Kuznetsov A., Soloveva O.] Dostupnaia 3D-pechat dlia nauky, obrazovaniya y ustoichyvoho razvytyia, MTSTF 2013.— 192 s.*
4. *Kuznetsova I. O. Innovatsiini napriamy v dyzaini ynterieru / I.O. Kuznetsova, I.O. Rusakov, O.V. Rudenko, K.O. Herbych // Teoriia ta praktyka dyzainu: Zbirnyk naukovykh prats/ Mystetstvoznavstvo – K.: «Komprint», 2017. – Vyp. 12. – S.142-149.*
5. *Laryna O., Ovchynskiy V. Kybervoiny KhKhI stoletyia. O chem umolchal Edvard Snouden. M.: Knyzhnyi myr,— 2014. —352 s.*
6. *Mykhailova A.E., Doshyn A.D. 3D-prynter - tekhnolohiia maibutnoho // Molodyi vchenyi. - 2015. — №20 - S. 40-44.*
7. *Strohanov R. 3D-pechat. Korotko y maksimalno yasno. Moskva, 2016. — 72 s.*

Аннотация

**Гнатюк Л.Р., Саулко А.В. Значение методов и материалов в 3D-моделировании.** В статье рассмотрены аддитивные технологии XXI века, их использование в промышленном производстве. Представлен технологический процесс создания объектов на 3D-принтере. Выявлено значение материалов и особенностей для 3D-печати различных объектов дизайна. Обнаружены основные технологии аддитивного производства, а именно работа с различными материалами, которые открывают перспективы в искусстве, новые возможности для художников, скульпторов, дизайнеров выражать свои идеи в оригинальной форме. Представлены различные материалы, которые используются при создании скульптур, ювелирных изделий, а также при производстве отдельных объектов в аэрокосмической отрасли. Проанализированы перспективы доступной 3D-печати.

Ключевые слова: 3D-печать, 3D-принтер, 3D-сканирование, аддитивные технологии, металлы, металоглина, технология DMLS, технология SLS, прототипирование, авиационная промышленность, производство.

Abstract

**Gnatyuk L.R., Saulco A.V. The role of methods and materials in 3D-modeling.** The article deals with additive technologies of the XXI century and their use in industrial production. The technological process of creating objects on a 3D-printer is presented. The role of materials and their features for 3D-printing of various designs is revealed. The basic

*technologies of additive production are revealed, namely the work with various materials that open up perspectives in art, new opportunities for artists, sculptors, and designers to express their ideas in their original form. The features of 3D printing are determined by the technology of direct laser sintering (DMLS), selective laser melting (SLM) and selective laser sintering (SLS). The advantages of 3D printing of metal parts before the outdated methods are defined: mathematical modeling of the given characteristics, creation of forms previously unavailable for machine execution, etc. 3D printed metal parts require less energy, and the amount of waste is reduced to a minimum. It is noted that the introduction of three-dimensional printing - an important stage in the development of the aircraft industry, the use of various alloys in the detail significantly improves its physical and technical properties and gives the opportunity to bring the flight characteristics of the airplane to a fundamentally new level. Different materials used in the creation of sculptures, jewelry, as well as in the production of individual objects in the aerospace industry are presented. The prospects for affordable 3D-printing. 3D-printing is considered as one of the most promising technologies in the world, which in the foreseeable future can supplant modern prototyping techniques.*

*Keywords: 3D-printing, 3D-printer, 3D-scanning, additive technologies, metals, metal clay, DMLS technology, SLS technology, prototyping, aircraft industry, production.*

*Стаття надійшла в редакцію 31.02.2018 р.*

*Стаття прийнята до друку 9.03.2018 р.*