

Романюк О.Н., Романюк С. О. , Чорний В. М.

Вінницький національний технічний університет

Використання 3D принтерів у медичній практиці

3D-принтер [1] – це пристрій, який створює реальний об'ємний предмет на основі 3D-моделі. 3D-друк може здійснюватися різними способами і з використанням різних матеріалів, але в основі будь-якого з них лежить принцип пошарового створення (вирощування) твердого об'єкта.

Основні технології 3D-друку [2, 3]: екструзійний друк [2]; плавка спікання або склеювання; стереолітографія [3]; ламінування; друк методом пошарового плавлення.

В основі екструзійний друку лежить видавлювання витратного матеріалу з послідовним формуванням готового виробу. Витратні матеріали складаються з термопластиків, або композитних матеріалів на їх основі.

Плавке спікання або склеювання ґрунтується на поєднанні порошкового матеріалу в єдине ціле. Подібні принтери наносять на робочу платформу тонкі шари порошку, які потім вибірково склеюються матеріалом. Порошок складається з будь-якого матеріалу, який можна подрібнити до стану пудри – пластика, деревини, металу.

Стереолітографічні принтери використовують полімерні смоли. Смола заливається в спеціальний контейнер з рухомою платформою, яка встановлюється в позиції біля поверхні рідини. Шар смоли, що покриває платформу, відповідає одному шару цифрової моделі. Потім тонкий шар смоли обробляється лазерним променем, твердіючи в точках дотику. Після закінчення

засвічення платформа разом з готовим шаром занурюються на товщину наступного шару, і засвічення проводиться знову.

В процесі ламінування 3D-принтери використовують листові матеріали – папір, фольгу, пластикову плівку. Шари матеріалу наклеюються один на одного і обрізаються по контурах цифрової моделі.

Друк методом пошарового плавлення створює тривимірні об'єкти за рахунок нанесення послідовних шарів матеріалу, які повторюють контури цифрової моделі. В якості матеріалів для друку виступають термопластики, що поставляються у вигляді катушок ниток або прутків.

Принцип роботи принтера по пластику [4] такий. Друкуюча головка сильно нагрівається та плавить пластик, який подається у вигляді литої трубки. Далі розплавлений матеріал подається з нижньої частини голівки і поміщається в потрібних місцях.

Принцип роботи 3D-принтера по металу такий. Друкуюча головка наносить спеціальну речовину (клей) в місцях, зазначених комп'ютером. Після цього вал наносить найтонший шар металевої пудри на всю робочу площу. У місцях, де завдано «клей» металева пудра склеюється і твердне. Далі друкуюча головка знову завдає «клей», після чого вал насипає ще один найтонший шар металевого порошку і так далі.

Принцип роботи принтера за допомогою стероїдів [5] здійснюється за принципом екструзії, коли в'язка консистенція продавлюється через формуючий отвір. При цьому в момент екструзії гідрогель повинен бути рідким. Після того, як всі тонкощі дотримані, принтер друкує один шар органу, потім інший, і так поступово пошарово виходить цілий органний конструкт.

На рисунку 1 зображено процес друку процес друку 3D-принтера. Порошкоподібний матеріал поширюється тонким шаром по платформі за допомогою ролика. Після цього по форсунках надходить сполучний елемент і відбувається затвердіння. Поршень платформи знижується з кожним новим шаром і в результаті формується кольорова 3D-модель.

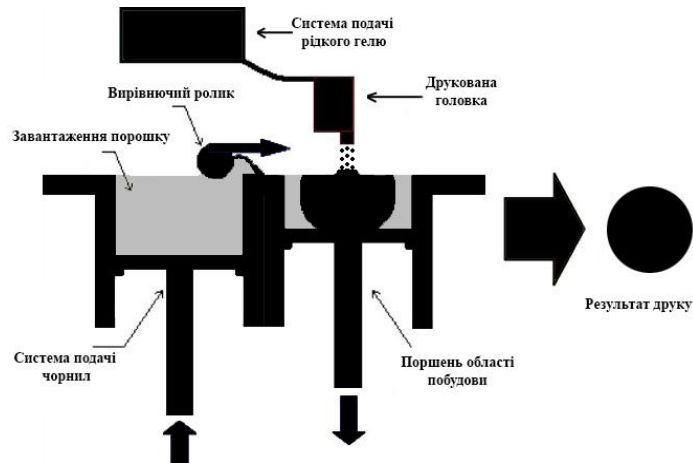


Рис. 1 – Процес 3D-друку

Підставою для кожного нового шару виступає невикористаний матеріал, він залишається всередині ємності з моделлю до кінця процесу. Така технологія дозволяє створювати об'єкти зі складною геометрією. Після завершення циклу друку залишковий порошок легко видаляється з виробу пензлем або стисненим повітрям.

Основні матеріали [6] для 3D-принтерів: ABS пластик. Використовується для виготовлення функціональних деталей, сувенірів, посуду, дитячих іграшок; PLA пластик (використовується для виробництва виробів з коротким терміном служби: харчова упаковка, одноразовий посуд, пакети, різна тара) ; LAYWOOD композитний матеріал, на 40% складається з натурального дерева і безпечного сполучного полімеру; PET. (Використовується для створення унікальних моделей прозорих, як скло); Laybrick (Використовується для друку кам'яних поверхонь); людські клітини або полісахариди агарози (Використовуються в біомедицині для друку живими клітинами).

Призначення [7] 3D-принтерів: швидке виготовлення прототипів моделей і об'єктів; виготовлення моделей і форм для ливарного виробництва; при протезуванні та виробництві імплантатів; друку донорських органів; виробництва медикаментів; для будівництва будівель і споруд; виробництво корпусів експериментальної техніки; харчове виробництво.

За 2015 рік світові поставки 3D-принтерів зросли на 35% [8]. При цьому більша частина угод (95% від 173 962 поставлених пристроїв) припала на недорогі персональні 3D-принтери, середня ціна яких склала менше 5000 доларів. Світовий лідер в сфері персональних 3D-принтерів - тайванська компанія XYZPrinting (частка 17%). 3D-принтерами компанії MakerBot розпорядженні понад 5000 шкіл в США. Згідно з прогнозами виручка від продажу 3D-принтерів складе 1,5 мільярда доларів до 2019 року.

У медицині 3D-принтери почали використовувати в основному в ортопедії. За допомогою МРТ-знімків із пластику друкували точні копії переломів, а пізніше моделі органів.

За допомогою 3D-принтерів вже друкують протези[9], з урахуванням індивідуальних особливостей людини. Для підвищення міцності, в протезах залишають спеціальні мікропорожнини для міграції власних клітин кісткової тканини пацієнта.

Для відновлення пошкоджених міжхребетних дисків за допомогою 3D-принтера використовується спеціальний матеріал з високим вмістом стовбурових клітин. З цим матеріалом працює 3D принтер. Як тільки стовбурові клітини починають контактувати з «рідними» клітинами міжхребцевого диска, вони трансформуються у відповідні тканини, відновлюючи, пошкоджені місця.

Вухо надруковане на 3D-принтері, містить чутливу до радіохвиль антену і живі клітини. Основним завданням цього вуха стало відпрацювання технології суміщення електричних і біологічних компонентів в єдиній живій тканині. Потенційно такі пристрої можна використовувати не тільки для «розширення слухового діапазону в область радіочастот», а й, наприклад, для дистанційного контролю за станом протезів.

Процес 3D-друку кровоносних судин [10] використовує полісахарид агарози для друку форми для відливання судин необхідної міцності. Форма покривається в'язкою речовиною «гідрогелем» і посилюється за допомогою спеціальної обробки світлом. Отриманий агарозний каркас досить гладкий і

міцний. При цьому виключається можливість попадання в судини частинок каркаса. Причому, використовувати їх можна практично у всіх сферах медицини, в тому числі і в стоматології при лікуванні ясен.

Використовуючи 3D-принтер можна створювати внутрішні органи. Принтер створює пластикову модель органу, яка покривається людськими клітинами, або принтер випускає клітини в спеціальний гель на основі колагену, які скріплює все воедино. Протягом декількох тижнів клітини виростають в пластикових чи колагенових формах перш, ніж отримати з них функціональний орган. Після впровадження в тіло, форми руйнуються, залишаючи після себе лише людську тканину.

Співробітники американської компанії Organovo навчилися створювати невеликі штучні фрагменти печінки, використовуючи 3D-принтер. Тканина створюється на 3D принтері аналогічно звичайному друку, однак замість різних фарб використовуються різні типи клітин. Для створення прототипу штучної печінки фахівці компанії використовували три типи клітин: гепатоцити, зірчасті клітини і клітини епітелію, що вистилає кровоносні судини. Отримані штучні тканини зараз застосовуються для випробувань і тестування ліків.

3D-технології грають велику роль в вирощуванні органів і розробці інноваційних матеріалів, перш за все біоматеріалів, підготовлених і використовуваних для друку тривимірних об'єктів.

Біопрінтинг[11] практично не відрізняється від технології 3D-друку, за винятком того, що тут використовуються живі клітини. Роль біочорнил виконують конгломерати клітин, біопапером є спеціальний гідрогель. Вихідною моделлю для друку є тривимірна модель, наприклад, створена в 3D Max.

У силіконовий штамп, в який заливається агароза [12], застигає та отримується негатив, в якому знаходиться заглиблення, Туди заливається клітинна суспензія – розчин клітин. Під дією сили тяжіння вони осідають на дно осередків і починають взаємодіяти один з одним, утворюючи в результаті одну кульку. В одній кульці в результаті утворюється тканинні сфероїди.

Інший метод передбачає, що клітинну суспензію [13] наливають в спеціальні плашки, вона також осідає, утворюючи в кожному осередку по одному тканинному сфероїду. Так виходять тканинні сфероїди. Після того, як вони дозріють, їх можна завантажувати в біопринтер і використовувати як чорнила.

Тканини, ліки (а в перспективі – і цілі органи), що виготовляються шляхом 3D-біопрінтинга, в майбутньому зможуть виступати в якості заміників «природних» людських органів, в деяких випадках володіючи властивостями, що перевершують природні органи.

Згідно з прогнозами обсяг ринку 3D-біодруку досягне 1,82 мільярда доларів до 2022 року, а обсяг ринку матеріалів для 3D-друку – 8,3 мільярда доларів 2025 році.

Література

1. Кириченко А. Е., Вовк О.Ю. Применение современных технологий 3D печати в медицине [Электронный ресурс] / А.Е. Кириченко, О.Ю. Вовк – Режим доступа: <http://repo.knmu.edu.ua/bitstream/123456789/10032/1/14156.pdf>
2. Слюсар В. І. Фаббер-технологии. Новое средство трехмерного моделирования. [Электронный ресурс] / В.І. Слюсар – Режим доступа: http://www.electronics.ru/files/article_pdf/1/article_1269_632.pdf
3. Слюсар В. І. Фабрика в каждый дом. [Электронный ресурс] / В.І. Слюсар – Режим доступа: <http://www.slyusar.kiev.ua/Yarmarka.pdf>
4. Как работает 3D принтер: принцип работы трехмерной печати [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.techno-guide.ru/informatsionnye-tekhnologii/3d-tekhnologii/kak-rabotaet-3d-printer-printsip-raboty-trekhmernoj-pechati.html>
5. Шевалье Е. Что такое 3D-принтер и что можно на нём напечатать? [Электронный ресурс] / Екатерина Шевалье – Режим доступа: <http://www.aif.ru/dontknows/file/1379601>
6. Расходные материалы для 3D-принтеров [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://3dtoday.ru/wiki/FDM_materials/

7. TEDxOjai - Behrokh Khoshnevis – Contour Crafting: Automated Construction [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://tedxtalks.ted.com/video/TEDxOjai-Behrokh-Khoshnevis-Con/>

8. Мировой рынок 3D-принтеров вырос на 35% в 2015 году. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://3dpulse.ru/analitika/mirovoi-rynok-3d-printerov-vyros-na-35-v-2015-godu>

9. 3d принтеры в медицине, их настоящее и будущее [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://medicena.ru/blogpost/3d-printeryi-v-meditsine-ih-nastoyashhee-i-budushhee/>

10. Медицина получила первые сосуды, напечатанные на 3D-принтере [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://supreme2.ru/5148-3d-sosudy/>

11. Murphy S. V., Skardal A., Atala A. Creating Valve Tissue Using 3-D Bioprinting [Электронный ресурс] / S. V. Murphy, A. Skardal, A. Atala – 2013. Режим доступа: <https://www.asme.org/engineering-topics/articles/bioengineering/creating-valve-tissue-using-3d-bioprinting>

12. Thomas D., Engineering Ourselves – The Future Potential Power of 3D-Bioprinting? [Электронный ресурс] / D. Thomas, March 25, 2014 – Режим доступа: <http://www.engineering.com/3DPrinting/3DPrintingArticles/ArticleID/7379/EngineeringOurselves-The-Future-Potential-Power-of-3D-Bioprinting.aspx>

13. 3D-Биопринтинг: Собрать внутренние органы из клеток, как пазлы [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://rosnauka.ru/publication/730>