

## Druk 3D jako technologia przyszłości – część 2

### 3D printing as a technology of the future – part 2

Chrystian Fiał\*, Marcin Pieknik

Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Przemysłu Skórzanego

---

#### **Streszczenie**

Obecnie technologia druku 3D znajduje zastosowanie w wielu obszarach życia codziennego i jest wykorzystywana w wielu gałęziach przemysłu. W publikacji skupiono się na omówieniu wykorzystania technologii druku 3D w przemyśle, zarówno przy projektowaniu samego wyrobu czy elementu, jak i do produkcji konkretnych części m.in. w motoryzacji, w budownictwie czy w przemyśle lotniczym. Technika druku 3D rozszerza swoje wykorzystanie na coraz to nowe obszary, z założenia nieoczywiste, takie jak przemysł spożywczy czy tekstylny. Technologia druku 3D zyskuje na popularności, ze względu na łatwy dostęp do drukarek oraz samych materiałów, a na przestrzeni lat kolejne gałęzie przemysłu zaczynają korzystać z ogromnych możliwości tej technologii.

#### **Abstract**

Currently, 3D printing technology is used in many ways and is practiced in many industries. The publication focuses on the summary of the use of 3D printing technology in many different industries, during the design of the product or element itself, as well in production of parts results in automotive, construction and aviation. The 3D printing technique is expanding its use to newer and non-obvious areas, such as the food or textile industry. The technology of 3D is going more popular due to the easy access to printers and the materials themselves, and over the years, subsequent branches of industry benefit from the huge possibilities of this technology.

*Słowa kluczowe:* druk 3D, wytwarzanie przyrostowe, przemysł motoryzacyjny, przemysł lotniczy budownictwo, technologia

*Keywords:* 3D printing, additive manufacturing, automotive industry, aviation industry, construction

## **1. Wprowadzenie**

Od momentu, gdy druk 3D stał się coraz bardziej dostępny dla naukowców i przedsiębiorców, producenci zaczęli dostrzegać możliwości jego wykorzystania w różnych produktach. W ostatnich latach wachlarz produktów wytwarzanych technologią druku 3D znacznie się rozszerzył [1–4]. Technologia druku 3D jest wszechstronna i może być bardzo pomocna na każdym etapie technologicznym.

---

\* autor korespondencyjny: dr inż. Chrystian Fiał: [chrystian.fial@ips.lukasiewicz.gov.pl](mailto:chrystian.fial@ips.lukasiewicz.gov.pl)

Obecnie druk 3D jest stosowany do produkcji szerokiej gamy produktów m.in. biżuterii, części silników raketowych, pomp sztucznego serca, części w przemyśle lotniczym czy motoryzacyjnym, a nawet rogówki oka [5]. Wykorzystywany jest nawet w przemyśle spożywczym. Otwiera to nowe możliwości i może doprowadzić do poprawy wydajności produkcji. Druk 3D ma potencjał, aby zrewolucjonizować przemysł i zmienić linię produkcyjną – może zwiększyć szybkość produkcji przy jednoczesnym obniżeniu kosztów. Proces wydruku 3D może w dużym stopniu spowodować zmniejszenie liczby zatrudnienia pracowników poprzez zwiększenie zmechanizowania linii produkcyjnej. Dzięki tym zaletom technologia druku 3D jest chętnie wykorzystywana w przemyśle, co potwierdzi niniejszy przegląd.

## **2. Zastosowanie technologii druku 3D w przemyśle**

### **2.1. Przemysł lotniczy i kosmiczny**

Technologia druku 3D zapewnia nieporównywalną do innych technik wytwarzania swobodę projektowania komponentów i ich produkcji. W przemyśle lotniczym ma potencjał do wytwarzania lekkich części, ulepszonych i o złożonej geometrii, co może prowadzić do zmniejszenia zapotrzebowania na energię i zasoby [6]. Druk 3D jest szeroko stosowany do produkcji części zamiennych niektórych komponentów lotniczych, takich jak silniki. Niektóre części silnika łatwo i szybko ulegają uszkodzeniu i wymagają regularnych wymian. Dlatego technologia druku 3D jest dobrym rozwiązaniem do wytwarzania tego typu części [7]. Najczęściej w przemyśle lotniczym znajdują zastosowanie stopy na bazie niklu, ze względu na odporność na utlenianie/korozję, tolerancję uszkodzeń oraz swoje dobre właściwości przy rozciąganiu [8].

## **2.2. Przemysł motoryzacyjny**

Na przestrzeni ostatnich lat technologia druku 3D w krótkim czasie zmieniała nasze przyzwyczajenia względem projektowania oraz opracowywania nowych elementów. Dla branży motoryzacyjnej okazała się niezwykle pomocna i opłacalna, dzięki możliwości produkcji lżejszych i bardziej złożonych konstrukcji w krótszym czasie. Przykładowo firma Local Motors wydrukowała pierwszy samochód elektryczny w 3D w 2014 roku. Później ta sama firma rozszerzyła wykorzystanie druku 3D do budowy kolejnego pojazdu – autobusu OLLI. Ten niewymagający kierowcy, inteligentny pojazd elektryczny, nadający się do recyklingu wydrukowano również w technologii druku 3D. Co jest warte podkreślenia – Ford, jeden z największych koncernów motoryzacyjnych na świecie – również korzysta z druku 3D. Jest liderem w stosowaniu tej techniki do produkcji prototypów i części do silników [9]. Z kolei BMW wykorzystuje technologię druku 3D do produkcji narzędzi manualnych ręcznych do testowania i montażu samochodów. Kolejny niemiecki producent samochodów – Audi – współpracował w 2017 roku z SLM Solution Group AG przy produkcji części zamiennych i prototypów [10]. Konsekwencją wykorzystania technologii 3D w przemyśle motoryzacyjnym jest to, że firma może wypróbować różne pomysły i wprowadzać ewentualne ich zmiany już na etapie doskonalenia, co w efekcie prowadzi do tworzenia najlepszych rozwiązań i efektywnego projektowania samochodów. Przy tego typu postępowaniu możliwe jest zmniejszenie zużycia materiałów, redukcja kosztów, oszczędność czasu, co daje większe możliwości testowania nowych projektów w bardzo krótkim czasie [11].

## **2.3. Opieka zdrowotna i przemysł medyczny**

Technologię druku 3D można stosować w medycynie. Za pomocą niej można drukować skórę 3D [12], można prowadzić badania dotyczące produkcji oraz wykorzystania leków i farmaceutyków [13], badania kości i chrząstek [14], tkanek zastępczych [15], narządów [16].

Dzięki tej technologii możliwa jest produkcja modeli edukacyjnych. Istnieje szereg zalet technologii druku 3D dla produktów biomedycznych, m.in.:

- technologia druku 3D może odtworzyć naturalną strukturę skóry przy niższych kosztach niż ma to miejsce za pomocą innych metod. Wydrukowana skóra w technologii 3D może być używana do testowania produktów farmaceutycznych, kosmetycznych i chemicznych. Dzięki temu do testowania produktów nie jest konieczne używanie skóry zwierzęcej. W konsekwencji umożliwia badaczowi uzyskanie dokładnego wyniku przy użyciu replikacji skóry [17];
- drukując leki, możliwe jest zwiększenie wydajności oraz kontroli wielkości kropli i dawki oraz można zapewnić wysoką powtarzalność produkcji, dając możliwość wytworzenia postaci dawkowania o złożonych profilach uwalniania leku [16];
- korzystając z technologii druku 3D, możliwe jest drukowanie chrząstek i kości w celu zastąpienia pustek kostnych w chrząstce lub kości, które powstały w wyniku urazu lub choroby [18];
- technologia druku 3D może również służyć do wymiany, przywracania, konserwacji lub poprawy funkcji tkanek. Tkanki zastępcze produkowane w technologii druku 3D mają wzajemnie połączoną sieć porów, są biokompatybilne i mają dobre właściwości mechaniczne [15];
- druk 3D można również wykorzystać do odtworzenia uszkodzeń narządów spowodowanych różnymi przyczynami jak choroby, wypadki, czy wady wrodzone, które później mogą zostać wyleczone;
- wykorzystując druk 3D dzięki stworzeniu wysoce kontrolowanego modelu tkanki nowotworowej, możliwe jest przyspieszenie badań nad rakiem – pacjenci mogą uzyskać bardziej wiarygodne i dokładne dane;

- drukując modele 3D, można pomóc neurochirurgom w procesie uczenia się technik chirurgicznych – daje to możliwość praktycznego przeszkolenia chirurgów, prowadzi do polepszenia ich umiejętności, a sama nauka może okazać się szybsza, niż w warunkach rzeczywistych.

## 2.4. Przemysł elektroniczny

Obecnie różne technologie druku 3D są szeroko stosowane w konstrukcyjnych urządzeniach elektronicznych, takich jak elementy elektroniczne czynne, elektrody i urządzenia z masowym dostosowywaniem i projektowaniem adaptacyjnym poprzez osadzanie przewodników w drukowanych urządzeniach 3D [19]. Dzięki zastosowaniu do produkcji elektrody 3D techniki FDM (*Fused Deposition Modeling*), możliwa jest tania i efektywna czasowo produkcja materiałów elektrod. W porównaniu z elektrodami dostępnymi w handlu (elektrody aluminiowe, miedziane, czy węglowe), projekt i pole powierzchni elektrody 3D można łatwo zaadaptować do konkretnego zastosowania. Druk elektrod 3D jest w pełni zautomatyzowany oraz charakteryzuje się dużą precyzją, dzięki czemu możliwe jest wykonanie procesu drukowania ośmiu elektrod w zaledwie 30 minut [20].

Produkcja takich elementów, jak tranzystory, diody wzmacniacze operacyjne, diody LED, czy baterie, jest wysoce wymagająca i skomplikowana, ze względu na ich złożone funkcje [21]. Technologia druku 3D zapewnia korzyści w przetwarzaniu produktu wraz z jego elektroniką. Dzięki technologii druku wielomateriałowego wydajność systemu elektronicznego może zostać przyjęta w rewolucji przemysłowej 4.0, umożliwiając tworzenie bardziej innowacyjnych projektów w jednym procesie [22]. Przy obecnym stanie zanieczyszczenia środowiska, pilnie potrzebna jest szybka i tanie produkcja bezpiecznych urządzeń elektronicznych o wysokiej niezawodności [20]. Opracowanie takiego urządzenia jest obecnie jednym z ważniejszych zadań przed projektantami i uczonymi.

## **2.5. Architektura i przemysł budowlany**

Technologia druku 3D daje nieograniczone możliwości realizacji obiektów złożonych geometrycznie. W branży budowlanej technologię druku 3D można wykorzystać do wydrukowania całego budynku lub do stworzenia elementów konstrukcyjnych. Pojawienie się technologii BIM (*Building Information Modelling*) powinno z czasem ułatwić lepsze wykorzystanie technologii druku 3D w tym obszarze. BIM może stanowić wiarygodne źródło informacji na temat budynku podczas całego jego cyklu życia oraz pomagać w późniejszych decyzjach, począwszy od projektu do wstępnej koncepcji rozbiórki budynku [23]. Ta innowacyjna technologia będzie prowadzić do bardziej wydajnego projektowania, tworzenia i późniejszego utrzymania budynku.

Korzystając z technologii druku 3D firmy mogą szybko i niedrogo zaprojektować i stworzyć wizualizację budynku, a także uniknąć opóźnień i pomóc wskazać ewentualne problematyczne obszary. Dodatkowo dzięki możliwości druku 3D modeli, architekt i jego klienci mogą wydajniej i w lepszy sposób komunikować się, ograniczając nieporozumienia. Klient mając nowe pomysły może je przekazać konstruktorowi, a ten w prosty sposób może je włączyć do wydruku 3D – sprawia to, że obaj mogą szybciej i łatwiej dostrzec wady i zalety danego pomysłu [24]. Wśród przykładów budynków wydrukowanych za pomocą technologii 3D są Apis Cor Printed House w Rosji [23] oraz 3D Canal House w Amsterdamie [24].

## **2.6. Moda i przemysł tekstylny**

Odkąd technologia druku 3D pojawiła się na rynku detalicznym, zaczęto sprzedawać buty drukowane w 3D, biżuterię [5], czy odzież [25]. Połączenie mody i druku 3D może nie wydawać się naturalne, ale zaczyna być codziennością na całym świecie. Duże firmy takie, jak Nike, Adidas, czy New Balance, rozwijają swoją działalność i dążą do rozwoju masowej produkcji butów otrzymywanych za pomocą technologii druku 3D.

Obuwie typu trampki, buty na zamówienie, czy obuwie sportowe jest obecnie z sukcesem drukowane w 3D [26].

Technologia druku 3D może mieć wpływ na kreatywność projektantów – umożliwia tworzenie kształtów bez form. W branży odzieżowej, wykorzystując technologię druku 3D, można projektować i produkować odzież przy użyciu systemu siatkowego, a także drukować ozdoby na tradycyjnych tekstyliach i drukować galanterię skórzaną. Druk 3D można wykorzystać do otrzymywania różnego rodzaju biżuterii, akcesoriów czy wyrobów zegarmistrzowskich [25].

Projektanci i sprzedawcy uważają, że celem tworzenia produktów modowych za pomocą technologii druku 3D nie jest powielanie obecnych produktów, a ulepszenie projektu wyrobu poprzez oferowanie klientom spersonalizowanych i unikalnych produktów [27]. Dzięki temu do klienta trafia dopasowany i stylizowany na zamówienie produkt, który można produkować w małych ilościach w krótkim czasie. Wpływa to na obniżenie jego kosztów, co sprawia, że projektowanie przy technologii druku 3D jest opłacalne [28].

## **2.7. Przemysł spożywczy**

Technologia druku 3D otwiera się również na przemysł spożywczy. Obecnie rośnie zapotrzebowanie na opracowywanie żywności dostosowanej do specjalistycznych potrzeb żywieniowych, dla takich osób jak sportowcy, dzieci, kobiety w ciąży, czy pacjenci szpitali. Podyktowane jest to ich odmiennymi wymaganiami dotyczącymi ilości składników odżywczych, co wiąże się ze zmniejszeniem ilości zbędnych składników i zwiększeniem obecności zdrowych składników [29]. Rozwój tak dostosowywanej żywności musi być prowadzony w bardzo szczegółowy i nowatorski sposób. Tutaj swoje „5 minut” może wykorzystać technologia druku 3D żywności. Możliwe będzie wytwarzanie warstw żywności, znane jako drukowanie 3D żywności, poprzez osadzanie kolejnych warstw po warstwie, których parametry będą pochodzić z danych projektowych wspomaganym komputerowo [30].

Dzięki zastosowaniu technologii druku 3D określone materiały można mieszać i przetwarzać w różne skomplikowane struktury i kształty [31].

Takie wyroby jak cukier, czekolada, przeciery, makarony, pizza, czy krakersy, można wykorzystać do tworzenia nowych artykułów spożywczych o złożonych i interesujących wzorach oraz kształtach.

Druk 3D, jako technologia do produkcji żywności, charakteryzuje się wysoką wydajnością energetyczną, jest przyjazny dla środowiska, koszt produkcji jest niski, a kontrola jakości dobra. Dodatkowo druk 3D żywności może przynosić korzyści człowiekowi, ponieważ tworzy nowe możliwości dostosowywania żywności do indywidualnych preferencji i potrzeb konsumenta. Idealnym uzupełnieniem tego rozwiązania byłoby uzyskanie diety, która pomaga użytkownikowi bez konieczności wykonywania przez niego ćwiczeń [30].

### **3. Podsumowanie**

W powyższym przeglądzie przedstawiono różne obszary zastosowania technologii druku 3D w przemyśle. Druk 3D oferuje wiele korzyści przedsiębiorstwom oraz klientom ich firm.

Pomimo zalet wytwarzania przyrostowego istnieje kilka wad, które wymagałyby dalszych badań i rozwoju w celu zastosowania tej technologii w różnych gałęziach przemysłu.

Technologia druku 3D jest rewolucyjną metodą dla niestandardowych produktów i zastosowań niszowych. Mimo to, druk 3D wymaga większego rozwoju, aby konkurować z tradycyjnymi metodami w masowej produkcji zwykłych towarów ze względu na wyższy koszt i niższą prędkość. Niemniej jednak ewolucja technologii druku 3D w ostatnich latach jest ogromna. Zwiększone finansowanie, badania i rozwój na całym świecie spowodowałyby szybkie przejście od tradycyjnych metod produkcji do druku 3D w najbliższej przyszłości i z tego powodu należy nadal dążyć do rozwijania tej technologii i rozszerzać zakres jej zastosowania oraz samych odbiorców.



Czy technologia druku 3D ma szansę zrewolucjonizować przemysł? Ogromny rozwój tej technologii na przestrzeni ostatnich kilkunastu lat, może być prognostykiem właśnie takiego obrotu sprawy.

### Literatura

- [1] Gibson I., Rosen D. W., Stucker B.: *Additive manufacturing technologies, rapid prototyping to direct digital manufacturing*, Springer, Boston 2010.
- [2] Chua C. K., Leong K. F.: *3D Printing and additive manufacturing, principles and applications*, World Scientific, Singapur 2016.
- [3] Bandyopadhyay A., Bose S.: *Additive manufacturing* - 2<sup>th</sup> edition, CRC Press, Floryda 2019.
- [4] Zhang J., Jung Y-G.: *Additive manufacturing: materials, processes, quantifications and applications* - 1<sup>st</sup> edition, Butterworth-Heinemann, Oksford 2018.
- [5] <http://www.3ders.org> – dostęp dnia 08. 08. 2020.
- [6] Joshi S. C., Sheikh A. A.: *3D-printing in aerospace and its long-term sustainability*, Virtual and Physical Prototyping **10** (4), 2015, str. 175-185.
- [7] Yu-Cheng W., Toly C., Yung-Lan Y.: *Advanced 3D printing technologies for the aircraft industry: a fuzzy systematic approach for assessing the critical factors*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology **3** (3), 2018, str. 1-10.
- [8] Uriondo A., Esperon-Miguez M., Perinpanayagam S.: *The present and future of additive manufacturing in the aerospace sector: A review of important aspects*, Journal of Aerospace Engineering **229** (11), 2015, str. 1-14
- [9] Sreehitha V.: *Impact of 3D printing in automotive industry*, International Journal of Mechanical and Production Engineering **5** (2), 2017, str. 91-94.
- [10] <http://3dprintingindustry.com> – dostęp dnia 08. 08. 2020.
- [11] Maghnani R.: *An exploratory study: the impact of additive manufacturing on the automobile industry*, International Journal of Current Engineering and Technology **5** (5), 2015, str. 1-4.
- [12] <https://www.allure.com> – dostęp dnia 08. 08. 2020.
- [13] Norman J., Madurawe R.D., Moore C. M. V., Khan M. A., Khairuzzaman A.: *A new chapter in pharmaceutical manufacturing: 3D-printed drug products*, Advance Drug Delivery Review **108**, 2018, str. 39-50.
- [14] Mori A. D., Fernández M. P., Blunn G., Tozzi G., Roldo M.: *3D printing and electrospinning of composite hydrogels for cartilage and bone tissue engineering*, Polymers **10** (285), 2018, str. 1-26.
- [15] Yigong L., Hamid Q., Snyder J., Chengyang W., Wei S.: *Evaluating fabrication feasibility and biomedical application potential of in situ 3D printing technology*, Rapid Prototyping Journal **22** (6), 2016, str. 947 – 955.

- [16] Ventola C. L.: *Medical application for 3D printing: current and projected uses*, Medical Devices **39** (10), 2014, str. 1-8.
- [17] Qian Y., Hanhua D., Jin S., Jianhua H., Bo S., Qingsong W., Yusheng S.: *A review of 3D printing technology for medical applications*, Engineering **4** (5), 2018, str. 729-742.
- [18] Bogue R.: *3D printing: the dawn of a new era in manufacturing?*, Assembly Automation **33** (4), 2013, str. 307-311.
- [19] Jeongwoo L., Ho-Chan K., Jae-Won C., In H. L.: *A review on 3D printed smart devices for 4D printing*, International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology **4** (3), 2018, str. 373-383.
- [20] Chuan Y. F., Hong N. L., Mahdi M. A., Wahid M. H., Nay M. H.: *Three-dimensional printed electrode and its novel applications in electronic devices*, Scientific Report **1**, 2018, str. 1-11.
- [21] Saengchairat N., Tran T., Chee-Kai C.: *A review: additive manufacturing for active electronic components*, Virtual and Physical Prototyping **12** (1), 2016, str. 1-16.
- [22] Baldassarre F., Ricciardi F.: *The additive manufacturing in the Industry 4.0 Era: the case of an Italian FabLab*, Journal of Emerging Trends in Marketing and Management **1** (1), 2017, str. 1-11.
- [23] Sakin M., Kiroglu Y. C.: *3D printing of buildinga: construction of the sustainable houses of the future by BIM*, Energy Procedia **134**, 2017, str. 702-711.
- [24] Hager I., Golonka A., Putanowicz R.: *3D printing of building components as the future of sustainable construction?*, Procedia Engineering **151**, 2016, str. 292-299.
- [25] <https://www.sculpteo.com> – dostęp dnia 08. 08. 2020.
- [26] <https://www.popsci.com> – dostęp dnia 08. 08. 2020.
- [27] Vanderploeg A., Lee S.-E., Mamp M.: *The application of 3D printing technology in the fashion industry*, Journal International Journal of Fashion Design, Technology and Education **10** (2), 2017, str. 170-179.
- [28] Attaran M.: *The rise of 3-D printing: the advantages of additive manufacturing over traditional manufacturing*, Business Horizon **1**, 2017, str. 1-12.
- [29] Dankar I., Pujola M., Omar F. E., Sepulcre F., Haddarah A.: *Impact of mechanical and microstructural properties of potato puree-food additive complexes on extrusion-based 3D printing*, Food and Bioprocess Technology **1**, 2018, str. 1-11.
- [30] Lili L., Yuanyuan M., Ke C., Yang Z.: *3D printing complex egg white protein objects: properties and optimization*, Food and Bioprocess Technology **1**, 2018, str. 1-11.
- [31] Liu Z., Zhang M., Bhandari B., Wang Y.: *3D printing: printing precision and application in food sector*, Trends in Food Science and Technology **2** (1), 2017, str. 1-36.