

# Zastosowanie oraz perspektywy rozwoju druku 3D

## Application and development prospects for 3D printing

Michał Powroźnik<sup>1</sup>

<sup>1</sup> student, członek koła naukowego "Promotor Jakości", Wydział Zarządzania, Politechnika Częstochowska, Al. Armii Krajowej 19b, 42-200 Częstochowa, e-mail: michal8942@op.pl

**Streszczenie:** Na przestrzeni lat technologia druku 3D rozwinęła się na tyle, że coraz częściej wykorzystywana jest w przedsiębiorstwach produkcyjnych, inżynierii biomedycznej oraz gospodarstwach domowych. W artykule przedstawiono najważniejsze zagadnienia związane z drukarkami i technologią druku 3D. Przedstawiono sposób powstawania przedmiotów metodą przyrostową oraz jej zalety i wady. Wymieniono i opisano zastosowania druku 3D, a także jego perspektywy i kierunek rozwoju.

**Abstract:** Over the years, 3D printing technology has developed to such an extent that it is increasingly used in manufacturing companies, biomedical engineering and households. The article presents the most important issues related to printers and 3D printing technology. The method of creating items with the incremental method as well as its advantages and disadvantages is presented. The application of 3D printing was mentioned and described, as well as its prospects and direction of development.

**Słowa kluczowe:** druk 3D, technologia, zalety, wady, perspektywy rozwoju

**Key words:** 3D printing, technique, advantages, disadvantages, development prospects

### 1. Wstęp

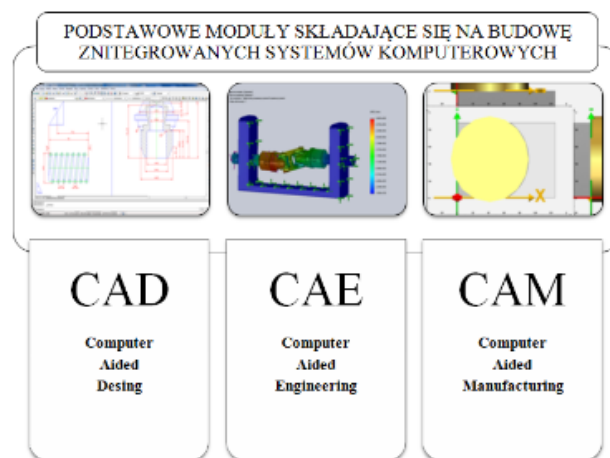
Druk 3D (drukowanie 3D) to proces wytwarzania elementów o dowolnym kształcie i zastosowaniu polegający na dodawaniu warstwy po warstwie materiału budulcowego. Drukowanie 3D nazywane jest również technologią addytywną lub generatywną. W przeciwieństwie do obróbki CNC, produkcja w technologiach przyrostowych jest bezstratna (materiał jest dodawany, a nie obrabiany). Druk 3D wymaga 4 kluczowych elementów: trójwymiarowego modelu komputerowego, programu do obróbki modelu czyli tzw. slicera, maszyny czyli drukarki 3D oraz materiału do druku np. plastikowej żyłki, żywicy czy proszku w zależności od technologii [1].

Technologia druku 3D swoimi korzeniami sięga do lat osiemdziesiątych, kiedy to została opracowana i opatentowana pierwsza technika drukowania przestrzennego przez Charles'a Hull'a [2]. Od tego czasu bardzo się rozwinęła, zwłaszcza w ciągu ostatnich kilkunastu lat, co spowodowało zwiększenie jej możliwości i obniżenie cen. Dzięki temu w ostatnich latach zaczęła być postrzegana jako elastyczna i potężna technika, która może znaleźć zastosowanie zarówno w zaawansowanym przemyśle wytwórczym, jak i dla użytku domowego [2]. Z tego powodu wiele firm zdecydowało się na wdrożenie i zastosowanie drukarek 3D we własnych halach produkcyjnych.

Chociaż druk 3D z pewnością nie zastąpi całkowicie tradycyjnych metod produkcji, wykazuje on wiele mocnych stron i rewolucjonizuje obecnie wiele branż przemysłu. Celem artykułu jest przybliżenie zakresu zastosowania druku 3D, wykazanie mocnych i słabych stron tej technologii oraz wskazanie na jej perspektywy rozwoju.

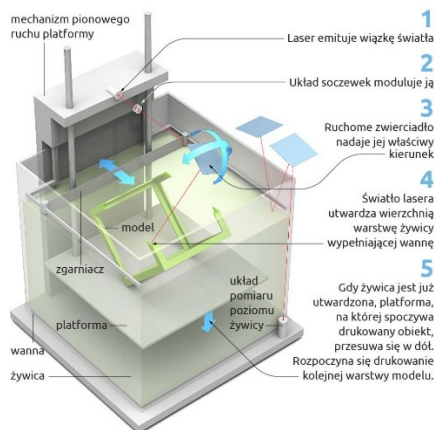
### 2. Technologia druku 3D i obszar zastosowania

Druk 3D na przestrzeni lat stał się terminem obecnym w każdej dziedzinie związanej z projektowaniem i wytwarzaniem [3]. Cały proces wytwarzania trójwymiarowych, fizycznych obiektów opiera się na wirtualnych modelach 3D, które tworzone są w systemach komputerowych. Do grupy programów umożliwiających tworzenie modeli trójwymiarowych, znanych pod nazwą zintegrowanych systemów komputerowych, należą CAD, CAM i CAE (rys. 1) [5].



Rys. 1. Moduły zintegrowanego systemu komputerowego [4]

Przykładowym programem pozwalającym stworzyć model 3D jest AutoCAD. Etap tworzenia wirtualnej geometrii obiektu jest niezbędny do zrealizowania wydruku. Najbardziej popularnym, mającym już swoje lata, formatem zapisu plików dla drukarek 3D jest STL [6]. Aby drukarka rozumiała polecenia, plik musi zostać skonwertowany do zrozumiałego dla drukarki formatu, np. G-Code, który jest niczym innym jak listą wszystkich informacji (grubość warstwy, prędkość i kolejność ruchów oraz temperatura głowicy) potrzebnych do otrzymania fizycznego przedmiotu. Druk przestrzenny pomimo wielu rozwiązań realizacji druku 3D sprowadza się do nakładania kolejnych warstw materiału tworzących razem spójną konstrukcję. Możliwe jest to poprzez, np. nakładanie warstw stopionego materiału (FFF/FDM), spiekanie proszku (SLS) lub utwardzanie żywicy światłem lasera (SLA). Działanie drukarki SLA przedstawia rys. 2.



Rys. 2. Działanie drukarki SLA [7]

Różnica pomiędzy poszczególnymi metodami tkwi w realizacji wytwarzania warstw. Do najbardziej popularnych metod druku 3D należą [6, 8]:

- Metoda FFF/FDM.
- Metoda SLA.
- Metoda SLS.
- Metoda CJP.
- Metoda JS.
- Metoda 3DP.
- Metoda LOM.

Każda z metod posiada swoje zalety i wady, dlatego wybór jednej z nich zależy od potrzeb użytkownika i charakteru drukowanego przedmiotu, przy czym warto zaznaczyć, że najczęściej spotykaną metodą jest FFF/FDM. To samo dotyczy materiałów wykorzystywanych do druku, które różnią się od siebie pod względem cech takich jak temperatura topnienia, elastyczność, twardość czy wytrzymałość. Najczęściej stosowanym tworzywem jest PLA (Polilaktyd), który cechuje się stosunkowo niską temperaturą topnienia (190-220°C), dzięki czemu chętnie stosowany jest w domowych drukarkach 3D. Jego wielkim atutem jest całkowita biodegradowalność, ponieważ jego pochodzenie jest naturalne (mączka kukurydziana lub trzcina), a mikroorganizmy mogą się nim żywić i przetwarzać w kompost. Równie popularnym tworzywem jest ABS, cechujący się trochę wyższą temperaturą topnienia (230-270°C) oraz większą odpornością na pęknięcie przy obciążeniu. Najczęściej przetwarzane materiały do druku 3D to [3]:

- PLA (polilaktyd).
- ABS (akrylonitrylo-butadieno-styren).
- TPU (termoplastyczny poliuretan).
- PP (polipropylen).

- PE (polietylen).
- PEEK (polieteroketon).
- PMMA (polimetakrylan metylu).

Poza wymienionymi powyżej materiałami technologia druku 3D jest na tyle rozwinięta, że jest w stanie wyprodukować części przy zastosowaniu takich materiałów, jak: metale, ceramika, kompozyty, materiały hybrydowe oraz tworzywa gradientowe [3, 9].

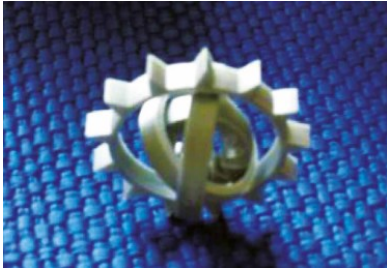
Współcześnie technologia druku 3D znajduje zastosowanie zarówno w przemyśle produkcyjnym jak i w prywatnych domostwach oraz w branży medycznej i inżynierii biomedycznej. W przemyśle technika przyrostowa swoje zastosowanie znajduje szczególnie w etapie tworzenia wyrobu, a mianowicie przy tworzeniu prototypu. Pozwala to w najszybszy sposób stworzyć prototyp. Czas ten liczony jest w godzinach, jeśli chodzi o sam proces drukowania, ale nadal pozostaje stosunkowo krótki. W dzisiejszych czasach, kiedy to omawiana technologia została w dużej mierze udoskonalona, zaczęto stosować druk 3D do tworzenia gotowych części, a nawet całych wyrobów. W branży motoryzacyjnej drukuje się prototypy części samochodowych, ale dzięki możliwości wykorzystania m.in. proszków metali można także wytwarzać w ten sposób gotowe podzespoły [8]. Wraz z ulepszeniem teje technologii stała się ona nie tylko dokładniejsza, ale także tańsza. Wizja tworzenia części i przedmiotów oraz stosunkowo niska cena przykuły uwagę zwykłych ludzi, którzy coraz częściej decydują się na zakup drukarki 3D. Na stronach internetowych jest mnóstwo ogólnie dostępnych modeli drukarek w formacie STL, a opanowanie samej obsługi drukarki jest w zasięgu praktycznie każdej osoby. W ten sposób można we własnym domu wytwarzać przydatne przedmioty oraz części zamienne. W branży medycznej druk 3D wykorzystywany jest do tworzenia protez takich jak, np. protezy rąk i nóg. Oprócz tego wykorzystuje się go również do tworzenia fizycznych modeli kości, bądź innych części ciała, co pomaga przygotować się do przeprowadzenia operacji, a także czyni je prostszymi i szybszymi. Kolejnymi przykładami w których wykorzystuje się druk 3D w medycynie jest wytwarzanie bioimplantów dla medycyny regeneracyjnej oraz protez rehabilitacyjnych [10].

Na bardziej zaawansowanym poziomie druk 3D jest także wykorzystywany w medycynie w postaci biodrukowania, w którym jako materiał wykorzystuje się komórki, a wydrukami są: tkanka naczyń, kości, skóry, tkanka nerwowa, mięśni. Biodrukarki pozwalają na zmniejszenie użycia narządów od ludzkich dawców [10].

### 3. Zalety i wady druku 3D - przegląd

Technika druku 3D staje się coraz bardziej popularna ze względu na swoje liczne zalety, do których zaliczyć można niski koszt oraz krótki czas wytwarzania modelu w porównaniu do innych technik, co przekłada się na szybkie tempo tworzenia prototypów. Dodatkowo gotowe trójwymiarowe modele pozwalają na wychwycenie niedoskonałości w prototypie i pomagają w ich wyeliminowaniu, co przekłada się na kolejne oszczędności. Druk 3D umożliwia także drukowanie obiektów o bardzo skomplikowanych kształtach, których wytworzenie inną metodą jest trudne i drogie. Drukowanie części z niepełnym wypełnieniem pozwala ograniczyć zużycie materiału i zmniejszyć wagę przedmiotu przy równoczesnym zachowaniu optymalnej wytrzymałości konstrukcji. Druk 3D pozwala również na drukowanie części ruchomych, co jest dużym atutem (rys. 3). Ceną i wartością osobnej uwagi zaletą jest stosowanie druku 3D w medycynie, obszarze w którym technologia ta przynosi duże zmiany. Jednym z najbardziej atrakcyjnych sposobów wykorzystania jest personalizacja, która pozwala na drukowanie w 3D narzędzi chirurgicznych do specjalistycznych operacji, np. na niemowlętach. Jednakże stwierdzić można, iż druk 3D największy wpływ wywiera na protetykę i implantologię. Dzięki technice przyrostowej protezy

stały się nie tylko tańsze, ale także są bardziej spersonalizowane i lepiej dostosowane do potrzeb i komfortu pacjenta. Warto w tym miejscu przywołać również wcześniej wspomniany druk z wykorzystaniem komórek jako materiału budulcowego. Jest to stosunkowo nowa technologia i dopiero się rozwija, jednakże oczekuje się, że w przyszłości przyniesie ogromne korzyści [11, 12].



Rys. 3. Ruchomy model astrolabium wydrukowany „za jednym razem” [10]

Jak prawie wszystko na świecie technika druku 3D nie jest pozbawiona wad. Dla wymagań niektórych konstrukcji wytrzymałość materiałów lub jakość wykonania mogą okazać się niewystarczające. Mimo stosunkowo krótkiego czasu tworzenia modeli trójwymiarowych, dla niektórych może się okazać zbyt długi. Podobnie w przypadku ceny, mimo widocznego trendu spadku cen tej technologii dla wielu wydaje się ona wciąż zbyt droga.

#### 4. Perspektywy rozwoju

Technika druku 3D jest gwałtownie rozwijającym się segmentem światowego rynku. Rozwija się ona w kilku kierunkach. Wykorzystywana jest przez przedsiębiorstwa do tworzenia prototypów i coraz częściej gotowych podzespołów, a nawet całych wyrobów, co w przyszłości może przełożyć się na produkcję w dużej skali. NASA widzi zastosowanie technologii SLM w produkcji części silników rakiet, które muszą wytrzymać ekstremalne (wysokie i niskie) temperatury. To wiąże się z koniecznością zastosowania skomplikowanych kanałów chłodzących wewnątrz ścianek o kształtach dostosowanych do powierzchni gorących. Technologia SLM całkowicie likwiduje dotychczasowe bariery technologiczne wytworzenia kanału o dowolnym (dopasowanym) kształcie [13]. Metody przyrostowe pozwalają nam na niskokosztową produkcję wtryskową indywidualnie zaprojektowanych elementów z form wykonanych metodą druku 3D. Kierunkiem rozwoju jest druk 3D dla Przemysłu 4.0. Pojawiła się technologia wykonywania „inteligentnych” wydruków (3D-isense). Dzięki czujnikom zintegrowanym w budowie zużywającej się części, 3D-isense z wyprzedzeniem informuje użytkownika o konieczności konserwacji, przeciążeniach lub krytycznym zużyciu. Dlatego inteligentne wydruki nadają się do wykonywania łożysk ślizgowych, płyt ślizgowych, nakrętek śrub pociągowych i innych części specjalnych, które są narażone na tarcie i zużycie. Wykorzystanie tej technologii pozwala ograniczyć koszty i przestoje maszyn [14].

Najciekawszym zastosowaniem techniki przyrostowej w medycynie jest biodruk wykorzystujący komórki do wytwarzania np. narządów. Wydaje się być on odległym tematem jednakże cały czas jest rozwijany. Być może kiedyś będzie możliwe drukowanie całych narządów i nie będzie już potrzeby pobierania ich od żywych dawców. Z drukiem 3D wiąże się też wizja, w której to gospodarstwa domowe będą posiadały drukarki 3D i możliwe będzie samodzielne wytwarzanie potrzebnych przedmiotów. Firmy produkcyjne przestaną oferować gotowe wyroby, a w zamian będą tworzyć wir-

tualne trójwymiarowe modele gotowe do wydruku. Obecnie w technice druku 3D wykorzystuje się coraz to więcej rodzajów materiałów, co przekłada się na nowe możliwości i trend rozwoju. Warto również wspomnieć o perspektywie zastosowania druku 3D w budownictwie, już teraz powstają małe pojedyncze budynki m.in w Afryce powstała szkoła wydrukowana w 3D, więc można przypuszczać, że w przyszłości kierunek ten się rozwinie [15].

#### 5. Podsumowanie

W artykule przedstawiono proces tworzenia trójwymiarowych przedmiotów za pomocą techniki druku 3D. Wymieniono metody druku oraz używane w nim materiały. Przedstawione zostały także rodzaje zastosowań tej techniki addytywnej, jej zalety i wady oraz perspektywy rozwoju.

Technika przyrostowa rozwija się w szybkim tempie, dzięki czemu co jakiś czas osiąga kolejny krok w swoim rozwoju. Przykładem takiego przełomu w przeszłości było wydrukowanie budynku. Wynioskować z tego można, że w przyszłości będzie dochodzić do kolejnych odkryć i ulepszeń w tej dziedzinie. Pozostaje tylko czekać i przyglądać się kolejnym przełomom i czerpać coraz to większe korzyści z tej technologii. Technika ta ma szanse w przyszłości zrewolucjonizować sposób wytwarzania przedmiotów, możliwe, że pozwoli uniezależnić się od przedsiębiorstw produkcyjnych. Podsumowując, rozwojowi techniki druku 3D, w którym drzemie ogromny potencjał, sprzyja obniżenie cen samych urządzeń, zwiększenie jakości druku, stosowanie coraz większej ilości materiałów oraz wrastające zainteresowanie tą technologią.

#### Literatura

- [1] Ciachlewki P., *Drukowanie 3D – wszystko co musisz wiedzieć*. Pobrano z: <https://techtutor.pl/drukowanie-3d-wszystko-co-musisz-wiedziec/> (dostęp: 20.12.2021).
- [2] Whitaker M., *The history of 3D printing in healthcare, The Bulletin of the Royal College of Surgeons of England*, 2014, s. 228-229.
- [3] Fiat, Ch., Pieknik, M., *Druk 3D jako technologia przyszłości – część I, Technologia i Jakość Wyrobów*, 65, 2020.
- [4] Lipson H., Kurman M., *Fabricated: The New World of 3D Printing*, John Wiley & Sons, 2013.
- [5] Kordowska M., Choromańska M., Musiał W., Plichta J., *Druk 3D w przemyśle samochodowym, Autobusy: Technika. Eksploatacja, Systemy transportowe*, 6, 2015, s. 123-128.
- [6] Sasimowski E., *Przyrostowe metody wytwarzania elementów z tworzyw polimerowych*, Czasopismo: Przetwórstwo Tworzyw, 4, 2015, s. 349-354
- [7] Skrzek K., *Druk 3D metodą SLA – wyższa jakość, ale drożej*. Pobrano z: <https://przemyslprzyszlosci.gov.pl/druk-3d-metoda-sla-wyzsza-jakosc-ale-drozej/> (dostęp: 20.12.2021).
- [8] Caban J., Szala M., Kęsik J., Czuba Ł., *Wykorzystanie druku 3D w zastosowaniach automotive*, Czasopismo: Autobusy: technika. Eksploatacja, systemy transportowe, 6, 2017, s. 573-579
- [9] Hylla P., Domin J., *Impact of additive manufacturing temperature on strength of 3D printouts made of PLA and ABS*, Mining Machines, 2020, s. 43-52.
- [10] Wyleżoń M., Ostrowska B., Wróbel E., Muzalewska M., Grabowski M., Wyszynski D., Zubrzycki J., Przech P., Klepka T., *Inżynieria biomedyczna metody przyrostowe w technice medycznej*, Politechnika Lubelska, 2016.
- [11] Dodziuk H., *Drukowanie w 3D i jego unikalne zalety*, Napędy i Sterowanie, 5, 2019, s. 80-84.
- [12] Dodziuk H., *Wpływ druku 3D na gospodarkę i życie społeczne*, Napędy i Sterowanie, 1, 2020, s. 34-36.
- [13] Cadek M., *Druk 3D – nowości i wyzwania*, Automatyka 11/2015.
- [14] Staniszevska A., *Metody wytwarzania przyrostowego*, Automatyka 4/2021.
- [15] Dodziuk H., *Perspektywy rozwoju druku 3D*, Napędy i Sterowanie, 1, 2020, s. 38-44.