

Perspektywy rozwoju druku 3D po pandemii

Helena Dodziuk

O druku 3D było ostatnio głośno w związku z jego aktywnym udziałem w walce z epidemią koronawirusa. Pisałam o tym m.in. na portalu Puls Medycyny (<https://pulsmedycyny.pl/jak-druk-3d-pomaga-w-walce-z-koronawirusem-997100>). Na razie ta metoda wytwarzania ma niewielki udział w gospodarce światowej, ok. 1%, ale burzliwie się rozwija i ma liczne zastosowania, które pokrótce omówię poniżej. Okazuje się, że co prawda wybuch pandemii zahamował rozwój wielu firm zajmujących się drukiem 3D, jednak pozwolił on na prezentację jego zalet i wzrost zainteresowania przedsiębiorców i inwestorów tą metodą wytwarzania. Warto podkreślić, że wraz ze sztuczną inteligencją, nano- i biotechnologią, robotyzacją i kilkoma innymi dziedzinami Druk 3D jest częścią Trzeciej (niektórzy mówią, że Czwartej) Rewolucji Przemysłowej.

Druk 3D (ang. *3D printing*, 3DP), zwany inaczej wytwarzaniem addytywnym (ang. *Additive Manufacturing*, AM), to, mówiąc z grubsza, tworzenie obiektu poprzez nakładanie kolejnych warstw na podstawie modelu cyfrowego. Jest to na ogół metoda bardzo ekologiczna, bo wytwarza mało odpadów, w odróżnieniu od wytwarzania subtraktywnego, polegającego na usuwaniu kolejnych warstw materiału z bloku wyjściowego, np. przy skrawaniu lub rzeźbieniu. Obecnie termin wytwarzanie addytywne (*additive manufacturing*, AM) stosuje się na ogół do zastosowań przemysłowych, a o druku 3D mówimy albo gdy mamy na myśli całą dziedzinę albo gdy chodzi o wszystkie poza przemysłowymi zastosowania druku 3D. Ta metoda wytwarzania znalazła liczne zastosowania dzięki swoim zaletom, takim jak:

- Możliwość otrzymywania obiektów o bardzo skomplikowanych kształtach, również z dziurami w środku lub takich, których fragmenty mogą poruszać się względem siebie. Dzięki temu

w przemyśle lotniczym czy motoryzacyjnym można z jednej strony używać dużo lżejsze części, a z drugiej scalać różne części. Najbardziej chyba znanym przypadkiem wykorzystania takich możliwości była opracowana przez GE dysza silnika odrzutowca wydrukowana w 3D. Składała się ona z jednej zamiast 19 części o bardzo skomplikowanych kształtach. Powyższy przykład pokazuje ogromną zaletę 3DP: skomplikowany kształt obiektu nie jest w tym przypadku żadnym ograniczeniem, nie wiąże się z wyższym kosztem jego wytworzenia.

- Zaletą 3DP jest również „produkcja bez narzędzi”, co doceni inżynier, który miał do czynienia z uruchamianiem nowej produkcji przemysłowej.
- Niższa cena wykonanych metodą 3DP przedmiotów, zwłaszcza jeśli są zaprojektowane z wykorzystaniem jej specyfiki. Wykorzystuje się przy tym wysoko wyspecjalizowane metody designu, takie jak generatywny design czy też design optymalizowany ze względu na wagę obiektu.
- Niska cena produkcji nisko- i średnioseryjnej.
- Efektywne użycie drogich materiałów: zamiast usuwać je jak rzeźbiarz z bloku marmuru, stosujemy ich tylko tyle, ile jest naprawdę potrzebne.
- Ogromną zaletą 3DP, o czym już wspomniano, jest również jego ekologiczny charakter, ponieważ wytwarza się w nim dużo mniej odpadów niż przy tradycyjnych metodach produkcji.
- Przewidziana już w 1970 roku przez Alvina Tofflera w *Szoku przyszłości* personalizacja produktu jest bardzo korzystna nie tylko w medycynie, ponieważ pozwala na jego niedrogi dopasowanie do wymagań/życzeń klienta.

Oczywiście 3DP ma również wady. Jedną z najważniejszych jest to, że prowadzi on do likwidacji miejsc pracy, głównie przez wprowadzanie do produkcji



Rys. 1. Audi RSQ wyprodukowano, wykorzystując przemysłowy robot KUKA do szybkiego prototypowania

Eirik Newth - Flickr, CC BY 2.0.
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4261039>

wydrukowanych w 3D robotów (rys. 1). Szczególnie interesujący jest niszczący (ang. *disruptive*) charakter 3DP, który zresztą posiada każda naprawdę nowatorska technologia. Charakter ten najlepiej ilustruje upadek firmy Kodak po wprowadzeniu możliwości robienia zdjęć przez smartfony. Bardzo ciekawe są implikacje 3DP dla prawa. Możliwość łatwego skopiowania luksusowego towaru i jego podrobienia przy użyciu 3DP niewątpliwie utrudni działalność tego fragmentu rynku. Zdefiniowanie, co w przypadku wydrukowanych w 3D obiektów jest dziełem sztuki i jaki jest zakres prawa własności intelektualnej takich obiektów, jest trudne. Problemy prawne związane z 3DP dobrze ilustruje problem figurek pokémonów firmy Nintendo. Zmodyfikował je argentyński artysta Flowalistik i umieszczał na swoim portalu wraz z pozwoleniem ich kopiowania w ramach licencji Creative Commons (rys. 2). Znaczyło to, że można te figurki kopiować i zmieniać, ale nie wolno ich sprzedawać. Firma Nintendo nie protestowała, może uważając działalność artysty za rodzaj bezpłatnej reklamy. Problem pojawił się, gdy zmienione figurki Flowalistika były sprzedawane np. w New Delhi. Jak w tej sytuacji wyglądają prawa autorskie Flowalistika? Co na to Nintendo? Wszystko



Rys. 2. Figurki pokemonów zmodyfikowane przez artystę Flowalistika

<https://www.thingiverse.com/thing:376601>

to stanowi bardzo skomplikowany problem prawny.

Na początku (od końca lat osiemdziesiątych ub.w. do pierwszych lat XX wieku) drukarki 3D były bardzo drogie i ta metoda wytwarzania stosowana była głównie do projektowania i budowy prototypów (ang. *rapid prototyping*). W przypadku stosowania 3DP do prototypowania w przemyśle kosmicznym, lotniczym lub motoryzacyjnym wysoka cena drukarek 3D nie stanowiła istotnego ograniczenia, ponieważ w istotny sposób usprawniała ona wprowadzanie nowych modeli. Następnym etapem było zastosowanie 3DP do wytwarzania narzędzi (ang. *rapid tooling*), co pozwala na znaczne przyspieszenie wprowadzania do produkcji nowego asortymentu. Obecnie mamy do czynienia z kolejnym etapem rozwoju 3DP – szybkim wytwarzaniem (ang. *rapid manufacturing*), czyli wprowadzaniem 3DP do produkcji wielkoseryjnej. Dzisiaj 3DP to nie jedna metoda produkcji, a ogromna ilość technologii wytwarzania, materiałów do drukowania oraz oprogramowania do designu, produkcji i jej organizacji, wykańczania (ang. *postprocessing*) itd.

Można spojrzeć na tę dziedzinę jako na pole walki między zwolennikami dzielenia się wiedzą bez ograniczeń, jak robili to np. twórcy Linuxa, a przedsiębiorcami, np. rozwijający Windows Microsoft, którzy chcą na tej wiedzy zarabiać. W dziedzinie komputerów osobistych ilustruje to opisany w fascynującej biografii założyciela firmy Apple autorstwa Waltera Isaacsona konflikt między Stevem Jobsem a Stevem Wozniakiem. Ten drugi, genialny inżynier polskiego pochodzenia, chciał swoje schematy układów elektronicznych rozdáwać, podczas gdy Steve

Jobs chciał na nich zarabiać. Musieli się więc rozstać. Jak wspomniałam, na początku drukarki 3D były bardzo drogie. Stać na nie było biura projektowe przemysłu motoryzacyjnego i lotniczego oraz bogate instytucje naukowe. Było tak do czasu opracowania tanich drukarek 3D i oprogramowania do nich w ramach projektu RepRap Anglika Dr. Adriana Bowyer. Drukarki te doprowadziły do upowszechnienia druku 3D. Innym motorem rozwoju tej metody wytwarzania były wygaszanie patentów i jej liczne zastosowania oraz w znacznej mierze bezpłatne udostępnianie wzorów na platformach internetowych.

Na początku nie wykorzystywano w pełni wyjątkowych właściwości druku 3D: drukowano głównie z plastiku w najprostszej technologii FDM/FFF, stosowano standardowe programy do projektowania CAD, zaś większość zastosowań, poza prototypowaniem, ograniczała się do wytwarzania gadżetów. Jednak lawinowy wzrost zastosowań w wielu gałęziach przemysłu, medycynie, edukacji i sztuce oraz lepsze zrozumienie specyfiki tej dziedziny w porównaniu z produkcją metodami tradycyjnymi spowodowały:

- rozwój różnorodnych technologii wytwarzania przyrostowego;
- rozwój oprogramowania. Już nie standardowe programy CAD, ale specjalistyczne DfAM (*Design for AM*);
- opracowanie nowatorskich materiałów do drukowania w 3D, używanie nie tylko plastików lecz również metali, materiałów ceramicznych, kompozytowych, hydrożeli oraz reagujących (ang. *responsive*) polimerów;
- w medycynie m.in. wykorzystanie personalizacji produktów oraz drukowanie komórkami, co pozwala żywić nadzieję na zastąpienie w przyszłości tak brakujących organów do transplantacji organami wydrukowanymi w 3D;
- zmianę podejścia do druku 3D i wprowadzanie tej technologii do produkcji średnio- i wielkoseryjnej.

Fascynujące są zastosowania druku 3D w wielu dziedzinach. W przemyśle lotniczym, motoryzacyjnym i kosmicznym ogromnym plusem jest wytwarzanie części, a nawet całych fragmentów,



Rys. 3. Wydrukowany w 3D strój projektu Olega Soroko

np. silników, lżejszych niż w konstrukcjach tradycyjnych, co z jednej strony pozwala zaoszczędzić bardzo drogi tytan i inne materiały, a z drugiej prowadzi do mniejszego zużycia materiałów pędnych i w konsekwencji do mniejszego zanieczyszczenia środowiska. W budownictwie metoda ta pozwala wznosić budynki o nietypowych kształtach i/lub niższej cenie, w przemyśle spożywczym wypiekać pizzę (był to program agencji kosmicznej NASA), robić piękne słodkie lub przygotowywać apetyczne posiłki dla osób mających problemy z połykaniem. W modzie dzięki 3DP kreuje się intrygujące stroje (rys. 3).

Osobne miejsce zajmują zastosowania medyczne 3DP. Obejmują one wiele dziedzin opieki zdrowotnej. Jednym z nich jest planowanie operacji chirurgicznych na podstawie wydrukowanych w 3D modeli miejsca operacji, np. guza na nerce, opracowanych na podstawie tomografii komputerowej lub rezonansu magnetycznego. Pozwala to na znaczne skrócenie czasu operacji i obniżenie jej kosztów oraz skrócenie czasu rekonwalescencji, zwiększenie komfortu pacjenta. Inną dziedziną, w której stosuje się 3DP, jest wytwarzanie implantów i protez. Również w tym przypadku jest to bardzo korzystne, ponieważ implant dopasowany jest do konkretnego pacjenta, na czym bardzo on zyskuje. W konkretnym przypadku przygotowuje się implant na podstawie np. zdjęć rentgenowskich.


Możliwe jest również inne, tańsze podejście. Już w 2018 roku szwedzka firma Arcam, dziś wykupiona przez koncern GE, chwaliła się 100 000 wstawionych pacjentom wydrukowanych w 3D protez biodrowych (<https://www.ge.com/news/reports/100000-patients-later-3d-printed-hip-decade-old-going-strong>). Było to możliwe, ponieważ protezy te drukowano w bardzo gęstej siatce rozmiarów, dużo gęstszej niż siatka stosowana przy standardowym wykonaniu takich protez. Warto podkreślić, że jedyną jak dotychczas dziedziną całkowicie przejętą przez druk 3D jest wytwarzanie aparatów słuchowych, następna w kolejce do przejęcia przez 3DP jest stomatologia. Nie sposób wymienić tutaj wszystkich zastosowań medycznych druku 3D, warto jednak podkreślić, że nawet jeśli przy wytwarzaniu jakiegoś urządzenia medycznego nie stosowano tej metody, to najprawdopodobniej wykorzystano ją do wykonania jego prototypów.

Jak wspominałam, 3DP szybko się rozwija, ale jeszcze zanim nastąpiła pandemia Covid-19 w czwartym kwartale 2019 r., nastąpiło zahamowanie jego tempa wzrostu. Już nie ponad 20% wzrostu, a tylko 8%, które skądinąd ucieszyłyby wielu menedżerów innych branż.

Wydaje mi się, że ten spadek szybkości tempa wzrostu związany był z bardzo trudnym przejściem druku 3D do następnego etapu: produkcji przemysłowej na średnią i dużą skalę. Wiąże się ono z przekształceniem całej branży. Jak to ujął Andreas Saar z niemieckiej firmy Siemens: *We have to change our minds*, czyli w wolnym tłumaczeniu: „musimy całkowicie zmienić swoje nastawienie”. Należy wymyślić na nowo produkt (ang. *reimagine it*), zmienić sposób produkcji (ang. *retool manufacturing*) oraz całkowicie zmodyfikować sposób prowadzenia biznesu (ang. *rethink how we do business*). Oznacza to np., że aby uzyskać jak największą korzyść z zastosowania druku 3D, nie można po prostu wydrukować w 3D części, którą wcześniej wytwarzano metodą tradycyjną. Część tę należy, po analizie jej funkcji, zaprojektować na nowo, stosując wyrafinowane techniki projektowania, takie jak np. optymalizacja topologiczna i design zorientowany na wydajność, i w nowy sposób zorganizować produkcję. Ten ostatni punkt musi uwzględnić m.in. dużo szybsze cykle innowacji, ograniczenie zapasów, pracownie cyfrowe (ang. *workshop*) wykonujące druk 3D na zamówienie oraz zindywidualizowaną produkcję. Oczekuje się, że 3DP

zrewolucjonizuje rynek części zamiennych, ponieważ zamiast magazynowania ich w warsztatach można je będzie wydrukować na miejscu.

Pandemia ograniczyła rozwój wielu istotnych dla 3DP dziedzin, np. przemysłów motoryzacyjnego i lotniczego. Jednak pokazała ona wiele istotnych zalet tej metody wytwarzania i po chwilowym spadku (zresztą zaobserwowanym nie dla wszystkich firm) wydaje się sprzyjać wzrostowi branży 3DP. Istotny udział tej dziedziny gospodarki w walce z koronawirusem pokazał, że jest ona bardzo elastyczna i potrafi dostosować się do zmiennych potrzeb. Jednocześnie w sytuacji związanych z pandemią braków części zamiennych doceniono zastosowanie 3DP do ich produkcji w celu usprawnienia łańcuchów dostaw. Mówi się nawet o przeciwdziałaniu druku 3D globalizacji. To wszystko doprowadziło do zmiany klimatu wokół tej metody wytwarzania i do zrozumienia przez przedsiębiorców z innych branż, że w druk 3D opłaca się inwestować. ■

 Prof. Helena Dodziuk,
IChF PAN, Warszawa
e-mail: hdodziuk@gmail.com

reklama



Preferujesz internet?

Wypromuj się na www.nis.com.pl