

DRUKOWANIE PRZESTRZENNE I OBRÓBKA PRZYROSTOWA – WPŁYW NA KWESTIE ZWIĄZANE Z BEZPIECZEŃSTWEM PRACY

Wprowadzenie

Niniejszy artykuł poświęcony drukowaniu przestrzennemu został przygotowany na zlecenie Europejskiej Agencji Bezpieczeństwa i Zdrowia w Pracy (EU-OSHA). Przedstawia kluczowe kwestie dotyczące możliwości i wyzwań, jakie rozwijający się przemysł drukowania przestrzennego stwarza dla pracodawców, pracowników i nowej kategorii przedsiębiorców pracujących w domu lub w nieformalnych miejscach pracy. Celem niniejszego dokumentu, który otwiera debatę jest przedstawienie koncepcji drukowania przestrzennego i zbadanie jej potencjalnego wpływu zarówno na istniejące, jak i na nowe środowiska pracy. W artykule zawarte zostaną również pewne zalecenia dotyczące tego, jakie środki można podjąć na szczeblu europejskim, aby zagwarantować, że technologia drukowania przestrzennego przyczyni się do tworzenia bezpieczniejszego, zdrowszego i bardziej satysfakcjonującego środowiska pracy, uwzględniając zarówno istniejące relacje pracodawca–pracownik, jak i nową, nieformalną kategorię osoby pracującej bez nawiązania stosunku pracy.

Czym jest drukowanie przestrzenne?

Drukowanie przestrzenne jest popularnym ostatnio pojęciem, które pojawiło się w przemyśle innowacyjnym i kreatywnym. Przedstawiciele opinii publicznej nie wiedzą jednak, co dokładnie ono oznacza. Obróbka przyrostowa, produkcja na stacjach roboczych, szybkie prototypowanie, wytwarzanie cyfrowe – wszystkie te terminy to alternatywne nazwy tej nowej technologii.¹ Z uwagi na pełną komputeryzację procesu projektowania i wytwarzania produktów, drukowanie przestrzenne stanowi jeden z elementów szerszej zakrojonej rozwoju procesu wytwarzania cyfrowego.² Jednak stosowanie pojęcia „drukowanie przestrzenne” jako zbiorczego terminu dla szerokiego spektrum nowych metod produkcji cyfrowej – takich jak wykorzystywanie technologii CNC (komputerowego sterowania numerycznego) w odniesieniu do frezarek, urządzeń do cięcia laserowego i sterowanych komputerowo ploterów do obróbki stali – jest mylące. Przykładowo, frezowanie z wykorzystaniem technologii CNC stanowi tradycyjną metodę frezowania, mimo że w ramach tej metody ruchami maszyny steruje się cyfrowo. Choć wszystkie metody wytwarzania cyfrowego zapewniają taki sam zakres swobody, jeżeli chodzi o formy i unikalny charakter wyrobów, większość z nich bazuje na koncepcji usuwania materiału z substancji stałej poprzez frezowanie, piłowanie lub cięcie. W przypadku drukowania przestrzennego produkt tworzy się od zera poprzez kumulowanie materiału. Terminem, który w najbardziej zwięzły sposób oddaje istotę tej koncepcji, byłaby zatem „obróbka przyrostowa”.³ W przyszłości te dwie technologie cyfrowe (bazujące na usuwaniu i kumulowaniu materiału) będą wykorzystywane w elastyczny sposób: maszyny i roboty CNC można będzie w łatwy sposób przestawiać z trybu obróbki skrawaniem na tryb obróbki przyrostowej poprzez zmianę głowicy.

W niniejszym artykule zakres znaczeniowy pojęcia „drukowanie przestrzenne” będzie ograniczał się do różnych technik wykorzystywanych w procesie wytwarzania produktów, które istnieją wyłącznie w postaci pliku komputerowego, przy wykorzystaniu maszyny nakładającej kolejne warstwy surowców do momentu uzyskania produktu końcowego.⁴ Proces ten rozpoczyna się od zaprojektowania produktu na

1 <https://3dprint.com/82272/what-3d-printing-works/>

2 <http://www.wired.co.uk/article/digital-fabrication>

3 <https://3dprint.com/82272/what-3d-printing-works/>

4 <http://additivemanufacturing.com/basics/>

komputerze. Dokument zawierający rezultat procesu projektowania wspomaganego komputerowo (plik CAD) to w gruncie rzeczy nic więcej, niż złożone polecenie wydruku.

Jak działa drukowanie przestrzenne?

Wygenerowany komputerowo projekt dzieli się cyfrowo na tysiące warstw; to dzielenie na warstwy odbywa się za pomocą oprogramowania przygotowującego projekt do wydruku. Inna metoda tworzenia cyfrowego pliku produktu do wydruku polega na wykonaniu trójwymiarowego skanu istniejącego obiektu. Dane uzyskane w procesie skanowania można następnie przekształcić w polecenie wydruku za pomocą specjalnego oprogramowania. Koszt takich skanerów waha się od 50 EUR do 50 000 EUR. Biurowa drukarka 3D kosztuje około 1000 EUR.

Koszt profesjonalnej drukarki 3D służącej do prototypowania i produkcji serii limitowanych będzie wahał się od 2000 EUR do 20 000 EUR. Jeżeli technologia drukowania przestrzennego faktycznie miałaby zastąpić istniejące technologie produkcji na dużą skalę, wymagałoby to przeprowadzenia inwestycji w wysokości co najmniej 1 mln EUR.

Samą technikę drukowania przestrzennego można podzielić na dwa odrębne procesy techniczne. Każdy z tych procesów wywiera również inny wpływ na przyszłość sektora projektowania, wytwarzania i dystrybucji towarów: technika stapiania jest wykorzystywana w wysoce zaawansowanym przemyśle profesjonalnym, natomiast technika wyciskania jest mniej wyrafinowana i wykorzystuje się ją na rynku konsumenckim oraz w ramach oddolnych eksperymentów w dziedzinie drukowania przestrzennego.⁵

Stapianie

W technice stapiania wykorzystuje się głowicę drukującą (wyposażoną w laser, miotacz wiązek ultrafioletowych (UV), element grzejny itd.) w celu spojenia rozpylanego materiału syntetycznego. Zastosowanie tej techniki pozwala uzyskać lepszej jakości produkt końcowy i umożliwia wykorzystanie szerszego spektrum materiałów. Technika ta wymaga jednocześnie większej wiedzy i większego poziomu precyzji; co więcej, jest ona bardziej kosztowna. Drukarki 3D wykorzystujące tę technikę są droższe, podobnie jak wykorzystywane materiały. Z tego względu technika stapiania jest wykorzystywana głównie w wysoce zaawansowanych i (pół-)przemysłowych procesach.

Wyciskanie

Technika wyciskania polega na spajaniu materiałów wyciskanych w precyzyjnie określonym układzie czasoprzestrzennym. Technika ta jest najpowszechniej wykorzystywana w bazujących na otwartym oprogramowaniu, przyjaznych konsumentowi drukarkach 3D, które zazwyczaj sprzedaje się jako element zestawu do wytwarzania obiektów ze sklejk (na przykład Makerbot, Ultimaker, Airwolf). Wyciskany materiał może być płynem, proszkiem, włóknem syntetycznym lub materiałem organicznym, takim jak włókno ceramiczne lub guma. Wiele tego rodzaju drukarek sprzedaje się jako zestaw typu „zrób to sam”. Produkcja jest szybsza i tańsza, ale produkt końcowy jest mniej wyrafinowany.

Stare i nowe materiały

Pierwszymi materiałami wykorzystywanymi w procesie drukowania przestrzennego były syntetyczne tworzywa sztuczne. Liczba materiałów, które drukarki 3D mogą wykorzystywać w charakterze surowca, istotnie wzrosła na przestrzeni ostatnich 10 lat. Obecnie powszechnie wykorzystuje się również „tradycyjne” materiały, takie jak włókna ceramiczne, stal, szkło, a nawet drewno. Badania wykazały, że biurowe drukarki 3D mogą stwarzać zagrożenie z uwagi na fakt, że emitują duże ilości cząstek ultradrobnych (cząstki mniejsze niż 100 nm) oraz pewne niebezpieczne lotne związki organiczne (LZO)

⁵ <http://3dprinting.com/what-is-3d-printing/>

podczas drukowania, choć jak dotąd przetestowano bardzo niewielką liczbę drukarek 3D wykorzystujących włókna ciągłe.⁶

Materiały wykorzystywane w ramach technologii drukowania przestrzennego wykorzystywanej w kontekście przemysłowym różnią się od tych wykorzystywanych w środowisku domowym. W tym drugim przypadku do najpowszechniej wykorzystywanych materiałów zalicza się biodegradowalny polilaktyd (PLA) oraz akrylonitrylo-butadieno-styren (ABS), tworzywo sztuczne na bazie ropy naftowej, które jest z tego względu bardziej toksyczne. Zapewnienie odpowiedniej wentylacji pomieszczenia jest zalecane w przypadku drukowania przy wykorzystaniu PLA i konieczne w przypadku drukowania przy wykorzystaniu ABS.⁷

Jeżeli chodzi o proces przemysłowego drukowania przestrzennego, najpowszechniej wykorzystywanym materiałem jest poliamid (np. nylon) w postaci ciekłej lub sproszkowanej; jest to tworzywo sztuczne na bazie ropy naftowej. W trakcie ogrzewania tworzywo to generuje toksyczne opary, dlatego też należy zapewnić odpowiednią wentylację. Jeszcze lepszym rozwiązaniem jest umieszczenie drukarki w zamkniętej przestrzeni, aby nie dopuścić do przedostawania się emisji do powietrza w miejscu pracy.

W procesie stereolitografii, a także przy obróbce powierzchni wydrukowanych przedmiotów, wykorzystuje się substancje chemiczne do wytwarzania tworzyw sztucznych, takie jak żywice epoksydowe. Substancje te mogą wywoływać reakcje alergiczne prowadzące do kontaktowego zapalenia skóry. Nie należy dotykać nieutwardzonych substancji chemicznych do wytwarzania tworzyw sztucznych; ponadto należy unikać zanieczyszczenia powierzchni i elementów odzieży takimi substancjami. Inne substancje chemiczne wykorzystywane w procesach następujących po przetworzeniu oraz przy obróbce powierzchni również mogą być niebezpieczne, dlatego też przy obchodzeniu się z nimi należy zachować ostrożność.

W procesie drukowania przestrzennego wykorzystuje się niekiedy mieszkankę sproszkowanego poliamidu z aluminium (alumid); choć taka mieszanka jest mniej toksyczna, stosując ją należy mimo to pamiętać o stosowaniu specjalnych środków prewencyjnych w obszarze zdrowia i bezpieczeństwa. Wśród innych materiałów wykorzystywanych w procesie drukowania przestrzennego na skalę przemysłową należy wymienić polisulfon (PSU) i polifenilosulfon (PPSU) – obydwa te związki są syntetycznymi tworzywami sztucznymi, których obróbka wymaga stosowania środków bezpieczeństwa, takich jak odpowiednia wentylacja pomieszczeń i właściwe obchodzenie się z tymi substancjami.⁸ Najszybciej rozwijającym się segmentem przemysłu drukowania przestrzennego jest segment związany z wykorzystaniem metali w ramach tego procesu.⁹ Wymaga to podjęcia odpowiednich środków w zakresie wentylacji pomieszczeń, ponieważ w procesie drukowania przestrzennego dochodzi do łączenia metali z materiałami syntetycznymi na bazie ropy naftowej. Wysokie temperatury, w jakich odbywa się to łączenie, również wymagają stosowania odpowiednich środków w zakresie bezpieczeństwa i obchodzenia się z materiałami. Jeżeli chodzi o drukowanie przedmiotów z metalu, należy mieć na uwadze fakt, że metale mogą być rakotwórcze, dlatego też przy wykorzystywaniu metali w sproszkowanej formie należy pamiętać o konieczności korzystania ze środków ochrony dróg oddechowych.

Materiały inteligentne to nowy rodzaj materiałów reagujących na różnice temperatury, ciśnienia lub intensywność oświetlenia po zakończeniu produkcji. Nowością są również nanowłókna węglowe; przewiduje się, że w niedalekiej przyszłości będą one powszechnie wykorzystywane na skalę przemysłową. Należy ściśle monitorować proces wprowadzania tych zaawansowanych technologicznie materiałów i zadbać o kwestie związane z bezpieczeństwem, ponieważ większość z nich w dalszym ciągu znajduje się na etapie eksperymentalnym.¹⁰

Inną istotną kwestią, na którą należy zwrócić uwagę, jest obchodzenie się z materiałami wykorzystywanymi w procesie drukowania i z drukowanymi przedmiotami przed zakończeniem procesu

6 <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.est.5b04983>

7 <https://all3dp.com/pla-abs-3d-printer-filaments-compared/>

8 <http://www.stratasys.com/materials/material-safety-data-sheets/fdm>

9 <https://www.3dprintingmaterialsconference.com/3d-printing-materials/metals-are-the-fastest-growing-segment-of-3d-printing-metal-sales-growing-by-32/>

10 <https://www.sculpteo.com/blog/2016/09/28/top-10-future-3d-printing-materials-that-exist-in-the-present/>

drukowania i po jego zakończeniu. Jeżeli materiał wykorzystywany w procesie drukowania ma formę sproszkowaną, należy pamiętać o przeciwdziałaniu rozprzestrzenianiu się tego materiału poprzez korzystanie np. z miejscowej wentylacji wywiewnej oraz o dbaniu o stosowanie odpowiednich metod pracy. W przypadku (metalowych) materiałów sproszkowanych istnieje również ryzyko samozapłonu, któremu należy przeciwdziałać, stosując np. urządzenia do wykrywania zagrożenia wybuchem (detektory instalowane w miejscach, w których może dojść do wybuchu).

Obietnica nowej rewolucji przemysłowej

Żyjemy w epoce cyfrowej. Media społecznościowe wypierają tradycyjnie rozumiane dziennikarstwo.¹¹ Popularność zakupów przez Internet doprowadza właścicieli tradycyjnych sklepów do bankructwa i skutkuje rozpadaniem się tętniących życiem centrów naszych miast. Nawet środowisko pracy w sektorze zakupów przez Internet zmienia się, ewoluując w kierunku coraz większej automatyzacji. Robotyka zmieni sposób, w jaki prowadzimy nasze samochody i zajmujemy się naszymi gospodarstwami domowymi. Z kolei wprowadzenie drukarki 3D zmieni sposób, w jaki projektujemy, wytwarzamy i dystrybuujemy towary konsumpcyjne w epoce cyfrowej. Oczekiwania wobec technologii drukowania przestrzennego były w ostatnich latach na tyle wysokie, że należy się spodziewać, iż jej wprowadzenie doprowadzi co najmniej do nowej rewolucji przemysłowej - takie przynajmniej wnioski można wyciągnąć z lektury poważnego, liczącego 12 stron raportu opublikowanego w 2012 r. w *The Economist*.



The Economist, kwiecień 2012 r.

W chwili opublikowania tego raportu przewidywano, że drukarka 3D będzie stanowiła nowe narzędzie cyfrowe, które wkrótce znajdzie się w każdym gospodarstwie domowym. Oznaczałoby to koniec produkcji masowej. Ściślej rzecz ujmując, dziennikarze *The Economist* przewidywali nadejście rewolucji post-przemysłowej. Rewolucja ta doprowadziłaby do sytuacji, w której każdy mógłby pobrać cyfrowy wzorzec określonego produktu z Internetu i wydrukować go w domu za pomocą jednego wciśnięcia przycisku. Dany produkt mógłby być poddawany modyfikacjom: na przykład osoby o szerokich stopach mogłyby z łatwością wydrukować but, który byłby nieco szerszy od standardowego. Wytwarzanie tego specyficznego, dostosowanego do indywidualnych potrzeb produktu przy wykorzystaniu tradycyjnych metod byłoby równie kosztowne jak jego masowe produkowanie w chińskiej fabryce i zaburzyłoby status quo istniejące obecnie w procesie produkcji. Upowszechnienie się technik drukowania przestrzennego doprowadziłoby do zmniejszenia popytu na nowe produkty; naprawa wyrobów wreszcie stałaby się powszechna z uwagi na łatwość, z jaką można byłoby odtworzyć części zamienne zepsutych urządzeń za pomocą domowej drukarki 3D. Przeniesienie procesu produkcji do domów konsumentów pozwoliłoby ograniczyć czas i energię przeznaczane na proces dystrybucji towarów. Masowe korzystanie z technik drukowania przestrzennego pozwoliłoby ponadto kontrolować poziom podaży i

¹¹ <http://reutersinstitute.politics.ox.ac.uk/news/how-journalism-faces-second-wave-disruption-technology-and-changing-audience-behaviour-0>

popytu, ponieważ konsumenci drukowaliby wyłącznie wyroby, które są im potrzebne. Oznacza to wyeliminowanie konieczności utrzymywania zapasów towarów i rozwiązanie problemu nadprodukcji; co więcej, ta nowa rewolucja przemysłowa mogłaby również okazać się przyjazna dla środowiska.¹²

Moment publikacji wspomnianego artykułu w *The Economist* nie był przypadkowy. Technika drukowania przestrzennego istniała już w połowie lat 80. XX w. Francuski naukowiec Alain Le Mehaute opatentował stereolitografię w 1984 r. Termin „drukowanie przestrzenne” przyjął się jednak dopiero 10 lat później. W omawianym okresie zaawansowane technologicznie drukarki 3D wykorzystywano do prowadzenia eksperymentów w obszarze prototypowania i produkcji elastycznej wyłącznie w wysoce specjalistycznych sektorach, takich jak sektor opieki medycznej, sektor produkcji samochodów oraz sektor inżynierii lotniczej i kosmicznej. W pierwszym dziesięcioleciu XXI w. udało się jednak wreszcie poczynić istotne postępy w tym obszarze. Obecnie drukowanie przestrzenne na dużą skalę jest możliwe nie tylko w przypadku wykorzystywania tworzyw sztucznych jako surowca, ale również w przypadku, gdy surowcem tym jest metal, materiały przewodzące, szkło, włókna ceramiczne, a nawet tkanki organiczne. Duże przedsiębiorstwa, takie jak Canon i Siemens, rozpoczęły badania rynku służące zmierzeniu popytu na przyjazne użytkownikowi drukarki 3D. W 2008 r. amerykańskie przedsiębiorstwo Makerbot sprzedało pierwszą biurkową drukarkę 3D za nieco ponad 1000 EUR – był to moment, w którym technologia drukowania przestrzennego stała się dostępna dla ogółu społeczeństwa. Mniej więcej w tym samym czasie w ramach projektu badawczego mającego na celu stworzenie urządzenia RepRap (ang. replicating rapid prototyper) opracowano projekt podstawowej drukarki biurkowej, składającej się głównie z części wykonanych z tworzyw sztucznych, które można wydrukować za pomocą drukarki biurkowej. Mechaniczne części urządzenia RepRap można zamówić przez Internet. Innymi słowy, RepRap jest pierwszą drukarką 3D, które może się samodzielnie powielać, przy czym jej koszt to zaledwie nieco ponad 200 EUR. Oprogramowanie wykorzystywane do obsługi drukarki RepRap jest oprogramowaniem typu open source, które można nieodpłatnie pobrać z Internetu.

Podsumowując, w ciągu dekady technologia drukowania przestrzennego przeszła drogę od futurystycznej metody produkcji stosowanej wyłącznie przez pasjonatów komputerów, nowatorskich projektantów i pracowników sektora zaawansowanych technologii do powszechnie wykorzystywanego, przyjaznego użytkownikowi narzędzia elastycznej produkcji domowej. Można również stwierdzić – posługując się słowami *The Economist* – że w ciągu tej dekady „rozpoczęła się nowa rewolucja przemysłowa”. Drukowanie przestrzenne wywiera wpływ na gospodarkę, na sposób funkcjonowania społeczeństwa i na życie poszczególnych ludzi. Wśród najistotniejszych skutków upowszechnienia tej techniki należy wymienić wzrost dobrobytu i postęp, jaki można będzie osiągnąć dzięki korzystaniu z tej wydajnej, dostosowanej do indywidualnych potrzeb metody produkcji. Upowszechnienie techniki drukowania przestrzennego doprowadzi do powstania lokalnej i zorientowanej na popyt – a przez to bardziej zrównoważonej – metody produkcji. Ponieważ technika drukowania przestrzennego opiera się na oprogramowaniu typu open source, jest bardziej otwarta na nowe przedsiębiorstwa i innowacje wprowadzane na niewielką skalę niż tradycyjny przemysł wytwórczy. Dlatego też doprowadzi ona do rewolucji przemysłowej, która nie tylko będzie bardziej przyjazna dla środowiska, ale która przyczyni się również do wzmocnienia pozycji konsumenta.

Skutki upowszechnienia techniki drukowania przestrzennego można podzielić na dwie kategorie :

▪ Społeczną

Drukowanie przestrzenne przyczyni się do poprawy włączenia społecznego. Przy minimalnych nakładach inwestycyjnych każdy będzie mógł stworzyć własną małą firmę w piwnicy swojego domu. Aby to zrobić, potrzebny będzie tylko komputer, drukarka 3D i szybkie połączenie z Internetem. Osoby interesujące się techniką druku przestrzennego swobodnie wymieniają się niezbędną wiedzą, pomysłami oraz – w przeważającej większości przypadków – oprogramowaniem. Techniki wytwarzania cyfrowego doprowadziły do powstania „ruchu makerów”, tj. konsumentów, którzy samodzielnie wytwarzają produkty. Choć ruch makerów przeplata się ze środowiskami hakerskimi, środowiskami skupiającymi osoby zajmujące się tradycyjnym rzemiosłem oraz osobami prowadzącymi eksperymenty naukowe, drukarka 3D jest uznawana za jeden z symboli tego ogólnosiwiatowego ruchu. Trudno jest

¹² <https://3dprint.com/144928/3d-printing-environmental/>

przecenić wpływ ruchu makerów na sytuację gospodarczą i społeczną. Drukowanie przestrzenne jest dla produkcji przemysłowej tym, czym Airbnb był dla branży hotelarskiej: wprowadzenie tej techniki doprowadzi do radykalnej demokratyzacji procesu projektowania, wytwarzania i dystrybucji produktów. Będzie się to również wiązało z analogicznymi konsekwencjami w postaci utraty kontroli nad warunkami, w jakich prowadzona jest działalność w tym zakresie.

▪ Indywidualną

Krótko rzecz ujmując, dzięki drukowaniu przestrzennemu poszczególne osoby będą mogły uzyskać dostęp do lepszej jakości produktów. Upowszechnienie tej techniki pozwoli łatwiej zaspokajać indywidualne pragnienia i potrzeby. Ponadto produkty będą wytwarzane z wymiennych elementów, które można będzie pobrać z Internetu, co sprawi, że będą one łatwe do naprawy. Doprowadzi to do wzmocnienia pozycji produkującego konsumenta, lub *prosumenta*, który uzyska narzędzia pozwalające mu poprawić jakość swojego codziennego funkcjonowania. Technika drukowania przestrzennego wywrze prawdopodobnie największy wpływ na indywidualnego konsumenta na poziomie psychologicznym. Jak stwierdził socjolog Richard Sennett w swojej książce pt. *Etyka dobrej roboty*, potrzeba wytwarzania dóbr jest jedną z głęboko zakorzenionych potrzeb istot ludzkich. Zapewnia ona możliwość rozwoju własnego, podnoszenia własnej samooceny i samorealizacji. Można zatem stwierdzić, że jesteśmy tym, co wytwarzamy. Działający współcześnie ruch makerów, który powstał dzięki upowszechnieniu przystępnych metod wytwarzania cyfrowego, takich jak drukowanie przestrzenne, zapewnia jednostce autonomię i oferuje poszczególnym osobom możliwość kształtowania swojego życia zarówno na płaszczyźnie psychologicznej, jak i pod względem materialnym. Ruch makerów sprzyja również tworzeniu nowych sieci społecznych i przyczynia się do poprawy spójności dzięki swobodnej wymianie informacji i wiedzy. Ogólnoswiatowe targi Maker Faire zapewniają producentom wyznającym filozofię „zrób to sam” możliwość spotkania się ze sobą. Można zatem stwierdzić, że drukowanie przestrzenne doprowadziło do powstania ruchu *zrób to sam*.



Targi Maker Faire

Ewolucja zamiast rewolucji

Jednak obecnie, pięć lat po opublikowaniu artykułu w *The Economist*, opisana w nim rewolucja jeszcze się nie rozpoczęła. Mało tego – póki co nie widać symptomów świadczących o tym, że wkrótce mogłaby się rozpocząć. Drukowanie przestrzenne nie weszło jeszcze nawet do powszechnego użycia.¹³ W 2015 r. Makerbot był bliski ogłoszenia upadłości, a w drukarce RepRap nie dokonano niemal żadnych udoskonaleń od chwili jej wprowadzenia na rynek. Z uwagi na nieorganizowany i rozdrobniony charakter sektora drukowania przestrzennego nie istnieją praktycznie żadne dane liczbowe dotyczące wkładu gospodarczego tego sektora w skali europejskiej. Istnieją jednak wiarygodne szacunki, z których wynika, że w lepiej rozwiniętych państwach europejskich drukarkę 3D posiada najwyżej 1% populacji. Niemniej większość produktów powstających dzięki stosowaniu techniki drukowania przestrzennego jest wytwarzanych w domach i dystrybuowanych w ramach gospodarki dzielenia się. Skala wykorzystania techniki drukowania przestrzennego w przemyśle jest nadal mniejsza niż skala

¹³ <http://www.techrepublic.com/article/why-desktop-3d-printing-still-sucks/>

wykorzystania tej techniki w gospodarstwach domowych. Na przykład oszacowano, że wkład gospodarczy całego sektora przemysłowego drukowania przestrzennego w Niderlandach w 2015 r. wyniósł około 45 mln EUR; odpowiadało to 0,005% całkowitego produktu narodowego brutto (PNB) wynoszącego 888 mld EUR. Nie istnieją żadne dowody świadczące o tym, że wartość ta mogłaby być istotnie wyższa w innych państwach Unii Europejskiej (UE). Na przestrzeni ostatnich pięciu lat średni roczny wskaźnik wzrostu sektora drukowania przestrzennego wynosił 30%. Nawet w przypadku, gdyby doszło do podwojenia tej wartości, oznaczałoby to, że sektor drukowania przestrzennego stałby się konkurencyjny wobec sektorów gospodarki takich jak sektor muzyki pop dopiero za kolejne pięć lat. Wpływ techniki drukowania przestrzennego jest trudny do przewidzenia. Jedno jest jednak pewne: technika ta nie zastąpi istniejącego sektora przemysłu, ale będzie stanowiła jego uzupełnienie.

Obecnie dochodzi do coraz poważniejszego rozłamu, jeżeli chodzi o sposób korzystania z techniki drukowania przestrzennego. Z jednej strony, można zaobserwować rozwój nowego, wysoce zaawansowanego i elastycznego sektora. Przedsiębiorstwa należące do tego sektora prowadzą działalność w dziedzinach takich jak opieka medyczna i przemysł motoryzacyjny, ale również moda i przemysł produktów codziennego użytku przeznaczonych dla konsumentów. Z drugiej strony, można również zaobserwować rozwój sektora produkcji prowadzonej na niewielką skalę, niekiedy wręcz przy zastosowaniu prymitywnych rozwiązań, zgodnie z filozofią „zrób to sam”. Tego rodzaju mikrofabryki i przedsiębiorstwa typu start-up są zakładane przez projektantów, spółdzielnie, niewielkie przedsiębiorstwa i sieci nieformalne. Technika drukowania przestrzennego w dalszym ciągu nie jest jednak powszechnie wykorzystywana w szerszym zakresie przez konsumentów. Ruch makerów zrzesza uzdolnionych amatorów i pionierskich użytkowników.

Nowy przemysł bazujący na drukarkach 3D

Szanse i zagrożenia dla pracodawców

Drukowanie przestrzenne stwarza pole dla rozwoju nowych modeli biznesowych. Platforma internetowa Open Desk, której siedziba znajduje się w Londynie, nie posiada nawet działu produkcji. Platforma oferuje klientom możliwość zakupu mebli ze zbioru, w którego skład wchodzi meble zaprojektowane przez projektantów z całego świata. Wszystkie meble są produkowane z drewnianych desek. Po złożeniu zamówienia przez klienta Open Desk wyszukuje zakład zajmujący się wytwarzaniem cyfrowym położony najbliżej tego klienta. Po opłaceniu kosztów produkcji tego zakładu Open Desk dzieli się zyskami ze sprzedaży mebli z ich projektantem. To przedsiębiorstwo zajmujące się sprzedażą mebli na skalę międzynarodową na dobrą sprawę mogłoby składać się wyłącznie z działu obsługi klienta. Shapeways to globalne przedsiębiorstwo, które oferuje klientom możliwość wydrukowania ich własnych projektów. Na portalu prowadzonym przez Shapeways swoje projekty mogą również zamieszczać zawodowi projektanci, aby zapewnić konsumentom możliwość zamówienia ich wydruku. Po złożeniu zamówienia Shapeways wypłaca projektantowi tantiemy. Obecnie jedyna siedziba tego zakładu produkcyjnego działającego na żądanie mieści się w Nowym Jorku, ale wkrótce jego kolejne oddziały mają pojawić się również w innych miejscach na całym świecie.

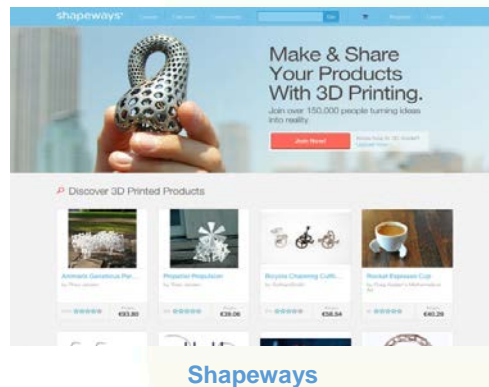
Przedsiębiorstwa wykorzystujące drukarki 3D na tak dużą skalę muszą stawić czoła nowym wyzwaniom w obszarze zdrowia i bezpieczeństwa w miejscu pracy.¹⁴ Wyzwania te są związane z zagrożeniami takimi jak narażenie na oddziaływanie gazów i innych materiałów, elektryczność statyczna, ruchome elementy i ciśnienie.¹⁵

Konieczne jest również rygorystyczne monitorowanie pracowników ze względu na prawa autorskie i nielegalną produkcję. Produkcja np. repliki figurki z uniwersum Gwiezdnych Wojen może naruszać prawa autorskie. Kto ponosi za to odpowiedzialność: projektant, Shapeways czy nabywca? Ponieważ drukowanie przestrzenne jest precyzyjnym procesem, miejsce pracy musi być czyste i zorganizowane, a interfejs użytkownika musi zawierać jasne i zrozumiałe polecenia. Łatwo popełnić błędy w programowaniu lub dostosowywaniu i konfigurowaniu drukarki. Co więcej, wadliwe funkcjonowanie

¹⁴ <http://www.cmu.edu/ehs/fact-sheets/3D-Printing-Safety.pdf>

¹⁵ <http://www.additivemanufacturing.media/articles/changing-the-rules>

produktu końcowego może spowodować, że jego użytkownik podejmie w związku z nim działania prawne, ponieważ współczesny konsument jest wysoce wyceniany.



Podczas wprowadzania nowych produktów należy również zwrócić szczególną uwagę na bezpieczeństwo. Przykładem jest urządzenie De Kameraker, które jest drukarką 3D stworzoną do celów architektonicznych przez niderlandzkie biuro architektoniczne DUS Architects. Ta ogromna drukarka może drukować elementy konstrukcyjne o wymiarach 50x50 cm. Co to oznacza jednak dla bezpieczeństwa robotników budowlanych? W Massachusetts Institute of Technology (MIT) w Bostonie grupa badawcza „Mediated Matters” pod przewodnictwem Neri Oxman eksperymentuje z konstrukcjami drukowanymi w technologii drukowania przestrzennego, które są oparte na naturalnych kształtach i konfiguracjach. Ponadto coraz powszechniejsza staje się produkcja hybrydowa, w ramach której drukuje się tylko niektóre części produktów.

W sektorze drukowania przestrzennego brakuje m.in. uniwersalnego systemu norm, który mogłyby stosować zarówno osoby prywatne, jak i nowo powstający sektor. Umożliwi to wymianę części, co przyczyni się do zwiększenia trwałości i bezpieczeństwa.

Włosko-japońskie studio projektowe Minale Maeda produkuje Keystones, łączniki wytwarzane w technologii drukowania przestrzennego, które umożliwiają tworzenie własnych mebli przy wykorzystaniu standardowych paneli drewnianych. Wytrzymałość tych części i ich odporność na rozciąganie musi być zatwierdzona i poświadczona. Często takie nowe produkty i techniki są opracowywane przez specjalnie wyszkolonych pracowników danego przedsiębiorstwa. Kto jednak kontroluje kwestie dotyczące autorstwa tych innowacji? Brak odpowiedniego uregulowania takich kwestii może doprowadzić do napiętych stosunków między pracodawcą a pracownikiem.

Wprowadzenie w istniejącym zakładzie produkcyjnym innowacji z wykorzystaniem technologii drukowania przestrzennego wymaga dużych inwestycji. Zaletą jest to, że nie trzeba inwestować w formy lub specjalne urządzenia, aby przetestować prototypy. Nowe produkty można wprowadzać na rynek niemal natychmiastowo i przy stosunkowo niskich kosztach. Nowe techniki oferują również nowe możliwości. Przykładowo długopis 3D jest drukarką, która wygląda jak długopis i umożliwia rysowanie w 3D. Z uwagi na zdrowie i bezpieczeństwo takie nowe ręczne drukarki 3D muszą zostać dokładnie przetestowane i dobrze skonfigurowane, ponieważ wydzielana przez nie energia cieplna może stanowić zagrożenie dla zdrowia. Coraz więcej takich urządzeń wykorzystuje światło UV.

Innowacyjne i cyfrowe sektory gospodarki, takie jak drukowanie przestrzenne, są atrakcyjne dla istniejącego pokolenia tzw. milenialsów, którzy mają różne wymagania dotyczące jakości pracy. W ogólnym ujęciu oznacza to, że wystąpi coraz większe zapotrzebowanie na młodszych pracowników o innym spojrzeniu na pracę: czas wolny i rozwój osobisty są stawiane wyżej niż pieniądze i pewne zatrudnienie. Praca w oparciu o umowy krótkoterminowe jest nową normą. W zamian za to młodzi pracownicy wymagają (kreatywnego) uczestnictwa i dynamicznego otoczenia.

Takie bezustanne innowacje i zmiany sytuacji wymagają ciągłych badań i rozwoju, a także inwestycji w wysoce wykwalifikowany personel oraz dbania o aktualność ich wiedzy poprzez szkolenia i kształcenie.¹⁶

W poniższej tabeli przedstawiono zmieniające się warunki pracy, uwzględniające zarówno elastyczną produkcję na żądanie z wykorzystaniem technologii drukowania przestrzennego, jak i tradycyjną produkcję przemysłową.

Tabela 1: Zmieniające się warunki pracy

| Przemysł tradycyjny | Wytwarzanie cyfrowe |
|---------------------------------------|-------------------------------|
| Hierarchia | Demokratyzacja |
| Centralizacja | Otwartość |
| Regulacje | Odpowiedzialność |
| Ukierunkowanie na produkcję | Ukierunkowanie na komunikację |
| Promocja | Szkolenia |
| Bezpieczeństwo finansowe/zatrudnienia | Swoboda i elastyczność |

Skutki dla pracowników i ich zatrudnienia

Jeżeli chodzi o przyszłość zatrudnienia, najważniejsze pytanie dotyczące drukowania przestrzennego (tak jak w przypadku robotyki lub innych rodzajów produkcji zautomatyzowanej) jest następujące: czy zastąpi lub zmieni ono istniejące warunki zatrudnienia? Na to pytanie można odpowiedzieć zarówno twierdząco, jak i przecząco.¹⁷

Odpowiedź jest twierdząca, jeżeli wziąć pod uwagę fakt, że produkcja maszynowa zastąpi elastyczną produkcję ręczną. Rzemiosło staje się coraz bardziej zdigitalizowane. Dzięki drukarkom 3D można tworzyć przedmioty o skomplikowanych i wyrafinowanych kształtach, które wcześniej mogli wykonać tylko zdolni rzemieślnicy. Wprowadzenie drukowania przestrzennego z użyciem takich materiałów jak metal i drewno sprawia, że tradycyjne rzemiosło staje się przestarzałe.

Z drugiej strony można odpowiedzieć na to pytanie przecząco, ponieważ taki stan rzeczy nie musi doprowadzić do spadku zatrudnienia. Po pierwsze wprowadzenie drukowania przestrzennego przyczyni się do powstania nowych miejsc pracy, na przykład w obszarze projektowania i produkcji sprzętu (np. drukarek 3D) oraz, co ważniejsze, w obszarze tworzenia oprogramowania, które umożliwia urządzeniom wykonywanie różnych zadań.¹⁸ Ponadto drukowanie przestrzenne może umożliwić łatwy dostęp do światowego rynku. Jednocześnie produkcja coraz częściej odbywa się w kontekście lokalnym. W związku z tym praca, którą wcześniej zlecano w krajach o niskich płacach, może powrócić do Europy. Oznacza to, że pojawi się zapotrzebowanie na wyszkolonych pracowników, ale zapotrzebowanie na pracowników wytwarzających proste przedmioty spadnie. W związku z tym zwiększy się przepaść między mniej i bardziej wykształconymi pracownikami.

¹⁶ <http://www.pwc.com/us/en/technology-forecast/2014/3d-printing/features/future-3d-printing.html>

¹⁷ <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.5437/08956308X5606193>

¹⁸ <http://www.forbes.com/forbes/welcome/?toURL=http://www.forbes.com/sites/louiscolombus/2014/09/15/demand-for-3d-printing-skills-is-accelerating-globally/&refURL=https://www.google.nl/&referrer=https://www.google.nl/>

Do istotnej zmiany w rzeczywistych warunkach pracy przyczyni się dominujące wykorzystywanie tworzyw sztucznych w drukowaniu przestrzennym. Konieczne jest wprowadzenie odpowiednich przepisów i właściwa certyfikacja tych materiałów. Produkcja z wykorzystaniem technologii drukowania przestrzennego jest kosztowna i czasochłonna.

Tak jak w przypadku innych technologii cyfrowych (robotów, sztucznej inteligencji itd.) konsekwencje dla osób wykonujących swoje rutynowe zadania mogą być poważne. Praca może być nudna i mało kreatywna, porównywalnie do patrzenia, jak rośnie trawa. Jednocześnie technologia drukowania przestrzennego jest wciąż stosunkowo skomplikowana i wymaga wysokiej koncentracji. Łatwo jest popełnić błąd, a najmniejsze niedociągnięcia spowodują istotne wady produktu końcowego.

Drukowanie przestrzenne jest atrakcyjną technologią, która staje się modna ze względu na swoją innowacyjność. Podobnie jak w przypadku wielu przedsiębiorstw typu start-up, pracownicy często stoją przed pokusą poświęcania pracy wielu godzin, a granica między pracą a czasem wolnym może zanikać. Większość przedsiębiorstw działających w sektorze drukowania przestrzennego powstało niedawno i szybko się rozwija, w związku z czym ich stopień organizacji jest niższy. Personel często się zmienia, przez co trudno jest zorganizować pracowników. To budzi obawy o właściwe wynagrodzenie, godziny pracy oraz bezpieczne i czyste warunki pracy.

Założenie własnej działalności w domu

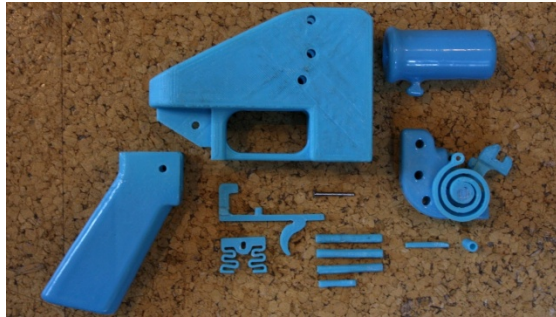
Drukowanie przestrzenne wprowadza nowy, nieformalny łańcuch produkcji. Ten demokratyczny „ruch makerów” umożliwia założenie własnej działalności w domu. Większość małych przedsiębiorstw i start-upów działających w sektorze drukowania przestrzennego prowadzą półprofesjonaliści, tacy jak Steve Jobs, który był doświadczonym przedsiębiorcą informatycznym, kiedy założył swoją firmę w garażu. Tacy przedsiębiorcy tworzą bardzo zdezorganizowany sektor, który ciężko jest uregulować. Samodzielny przedsiębiorca działający w sektorze drukowania przestrzennego może pracować w domu lub w nieformalnej przestrzeni biurowej (np. w garażu), która nie jest dostosowana do potrzeb otoczenia pracy. Trudno jest zachować ergonomię, czystość powietrza, godziny pracy i zdrową równowagę między domem a miejscem pracy.

Największym jak dotąd wyzwaniem dla osób samozatrudnionych, jakie pociąga za sobą drukowanie przestrzenne, jest brak pewności. Ponieważ każdy może zostać producentem wytwarzającym w technologii drukowania przestrzennego, konkurencja między takimi przedsiębiorcami pracującymi w ramach *crowdworkingu* może wywierać dużą presję. Odnotowano, że rynek ma istotne trudności w uregulowaniu ceny takich usług drukowania przestrzennego. To napięcie gospodarcze jest jeszcze większe ze względu na brak praw społecznych i regulacji finansowych. Grupa, która dzisiaj tworzy awangardę kreatywności, może w rzeczywistości przekształcić się w nowy, cyfrowy proletariat. W gospodarce opartej na elastycznych zleceniach (zwanej w Stanach Zjednoczonych *gig economy*) osoby samozatrudnione pracujące w technologii drukowania przestrzennego biorą jedno zlecenie po drugim. Istnieje ryzyko, że powstanie nowa klasa współczesnych czeladników. Nawet osoby prowadzące produkcję w domu, które kontrolują sprzedaż i dystrybucję, oferując produkt na stronach internetowych takich jak Etsy lub eBay, nie mogą czuć się bezpiecznie. Tradycyjny czas pracy zanika pod presją, którą wywierają oceny wystawiane w Internecie. Obietnica gospodarki postkapitalistycznej może przybrać formę hiperkapitalizmu, w ramach którego produkcja jest kontrolowana przez wiele osób, ale nikt nie kontroluje minimalnego poziomu bezpieczeństwa społecznego i gospodarczego.

Takie nowe rodzaje małych przedsiębiorstw oferują dynamiczne, ale bardzo niepewne możliwości zatrudnienia. W tym szybko rozwijającym się sektorze to, co dziś jest innowacją, jutro może okazać się przestarzałe. W przedsiębiorstwach, w których granice prawne między projektantem, producentem a przedsiębiorcom są nieostre, nie jest jasne, kto ponosi odpowiedzialność za wadliwe działanie produktu lub jego niską jakość. To prowadzi do niepewności co do odpowiedzialności. Obecnie wiele rodzajów produktów można uzyskać za darmo, pobierając je (nielegalnie) z Internetu, co upowszechnia piractwo i naruszenia praw autorskich.¹⁹ Niezbędne jest wprowadzenie regulacji i zawieranie rzetelnych umów z pracownikami. Kwestia ta stwarza nie tylko problemy natury prawnej, lecz również dylematy etyczne.

¹⁹ <https://www.technologysleagedge.com/2015/09/top-3-legal-issues-of-3d-printing/>

Liberator Gun jest pistoletem, który można wydrukować dzięki domowej drukarce 3D po uprzednim ściągnięciu bezpłatnych instrukcji z Internetu.²⁰



Liberator Gun

Na szczególną wzmiankę zasługują fab laby (skrót od „fabrication laboratory” – laboratorium produkcyjne), które stanowią współdzieloną przestrzeń wyposażoną w sprzęt cyfrowy i analogowy. Fab laby odgrywają istotną rolę w upodmiotowieniu poszczególnych osób, ponieważ umożliwiają im tworzenie inteligentnych urządzeń na własne potrzeby. Można powiedzieć, że stanowią one brakujące ogniwo między drukowaniem przestrzennym w domu do celów prywatnych a nowymi przedsiębiorstwami. Fab laby są otwarte dla wszystkich, pod warunkiem udokumentowania procesu produkcji. Na całym świecie działa ponad 250 fab labów (w tym ponad 100 w Europie), tworzących największą bazę danych typu open source do celów drukowania przestrzennego i innych rodzajów wytwarzania cyfrowego. Liczba fab labów wciąż rośnie. Większość z nich ma charakter niekomercyjny i oferuje bezpłatne usługi dla osób prywatnych, np. kursy i warsztaty; wzrosła również liczba komercyjnych fab labów. Ponieważ takie przestrzenie robocze działają w sposób nieformalny, nie zawsze spełniają one wymagane warunki pracy. Biorąc pod uwagę, że takie miejsca pracy są wyposażone w urządzenia do cięcia laserowego i sterowane komputerowo frezarki, należy zwrócić szczególną uwagę na ich bezpieczeństwo. Trudno również spełnić warunki dotyczące minimalnego wieku i maksymalnych godzin pracy.



Fab lab

²⁰ <http://www.3ders.org/articles/20151130-what-are-the-legal-aspects-of-3d-printing-a-european-law-firm-weighs-in.html>

Prognozy na przyszłość

Innowacje będą miały istotny wpływ na drukowanie przestrzenne i środowisko pracy. Pięć najważniejszych innowacji, które zostaną wprowadzone, dotyczy następujących zagadnień:

Żywność

Elastyczna produkcja i swoboda tworzenia oferują wiele możliwości dla sektora żywnościowego. Obecnie w drukowaniu przestrzennym stosuje się płynne produkty spożywcze, takie jak czekolada i ciasto na naleśniki. W bliskiej przyszłości drukowanie przestrzenne będzie wykorzystywane do produkcji surowej żywności, która następnie zostanie poddana obróbce, np. obróbce cieplnej, lub procesom naturalnym takim jak fermentacja lub kiełkowanie. Takie zastosowanie będzie stanowić nowe wyzwanie pod względem higieny, bezpieczeństwa i ogólnych warunków pracy (czystość powietrza, ergonomia itd.).

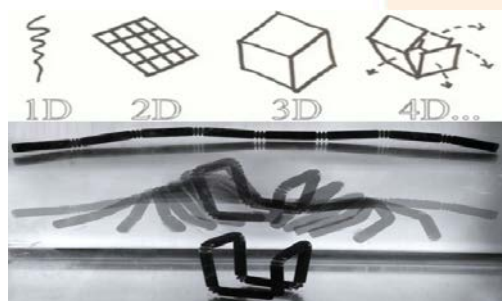


Drukowanie przestrzenne żywności

Drukowanie 4D i materiały inteligentne

Materiały inteligentne posiadają co najmniej jedną właściwość, którą można znacznie i w sposób kontrolowany zmienić poprzez zastosowanie bodźców zewnętrznych, takich jak temperatura, siła, światło, wilgotność, pH oraz poddawanie działaniu pola elektrycznego lub magnetycznego. Jeżeli takie materiały inteligentne produkuje się w technologii drukowania przestrzennego, można z nich stworzyć przedmioty, które reagują na środowisko poprzez zmianę kształtu, wrażeń dotykowych lub twardości. Proces ten określa się jako drukowanie 4D, a przedmioty drukowane w ten sposób zmieniają się w czasie. Zmiany w formie przedmiotów mogą wynikać z wrażliwości na światło, nacisk lub temperaturę. Niektóre z tych materiałów posiadają „pamięć”, co oznacza, że po ponownej zmianie warunków powrócą do swojej pierwotnej formy. Wiele z tych materiałów jest wysoce eksperymentalnych i nie wiadomo, jakie ryzyko stwarzają dla zdrowia i higieny. Pojawiły się głosy dotyczące wprowadzenia regulacji w tym zakresie.²¹

Drukowanie 4D



Drukowanie 4D

21 <http://journal.georgetown.edu/programmable-matter-4d-printings-promises-and-risks/>

Biodrukowanie

Drukowanie przestrzenne organicznych lub żywych tkanek zwane jest biodrukowaniem. Biodrukarki produkują komórki poprzez swoje głowice drukujące, które poruszają się w lewo i w prawo, z tyłu do przodu oraz z góry na dół, aby umieścić komórki dokładnie tam, gdzie zaplanowano. Dzięki temu po upływie pewnego czasu można uzyskać obiekt organiczny zbudowany z wielu bardzo cienkich warstw.²² Poza drukowaniem komórek biodrukarki mogą produkować rozpuszczalny żel, który podtrzymuje i chroni komórki w trakcie drukowania lub po jego zakończeniu. Przeprowadzono wiele udanych eksperymentów, które polegały na drukowaniu „żywych” materiałów zawierających grzyby lub glony. Podobnie jak w przypadku materiałów inteligentnych, ta technologia stwarza ryzyko dla zdrowia i higieny. Wiąże się z nią także problemy natury etycznej.²³



Biodrukowanie

Nanodrukowanie

Dzięki połączeniu drukowania przestrzennego z nanotechnologią można będzie formować przedmioty na poziomie nanocząstek lub cząsteczek. W teorii oznacza to, że będzie można stworzyć obiekt w dowolnej formie, z każdego materiału oraz o dowolnym kształcie i rozmiarze dzięki zastosowaniu obróbki przyrostowej. Technologia ta nadal jednak pozostaje w sferze rozważań teoretycznych; nie można przewidzieć wpływu nanodrukowania na środowisko pracy.

Wnioski

Prawdopodobnie w życiu codziennym wpływ drukarek 3D na fizyczne bezpieczeństwo w miejscu pracy będzie ograniczony. Wprawdzie będą one stwarzać ryzyko, ale trudno jest przewidzieć powstanie nowych zagrożeń dla bezpieczeństwa fizycznego. Ostatecznie drukarki 3D to jedynie maszyny, które wymagają stosunkowo niewielkiego udziału człowieka. Ponadto większość materiałów wykorzystywanych w drukowaniu przestrzennym jest znana, podobnie jak ich skutki dla zdrowia wynikające z emisji gazu, kontaktu z materiałem, obróbki materiału i elektryczności statycznej.

Technologia ta może mieć jednak istotny wpływ na dobrostan pracownika. Stwarza ona nowe zagrożenia związane z niepewnością zatrudnienia, godzinami pracy, odpowiedzialnością, monotonią i rutyną w pracy oraz aktualizowaniem wiedzy pod kątem nowych osiągnięć poprzez szkolenia i kształcenie, a także zagrożenia dla bezpieczeństwa, które wynikają z wprowadzenia eksperymentalnych urządzeń. Zdecydowanie zaleca się, aby reakcja na te zmiany w środowisku pracy nastąpiła nie na poziomie krajowym, lecz na poziomie europejskim, ponieważ drukowanie przestrzenne stanowi część gospodarki światowej. Działania w ramach tej reakcji należy zrealizować na trzech następujących poziomach:

22 <http://www.explainingthefuture.com/bioprinting.html>

23 <http://www.computerworld.com/article/2486998/emerging-technology/bio-printing-human-parts-will-spark-ethical--regulatory-debate.html>

1. Monitorowanie i weryfikacja

Jakie innowacje wkrótce się pojawią? Jakie jest prawdopodobieństwo wprowadzenia tych innowacji na dużą skalę? Czy dana technika jest opatentowana lub chroniona w inny sposób? Kto ponosi odpowiedzialność za wadliwe działanie produktu? Czy można namierzyć zastosowane materiały?

To jedynie część pytań, na jakie trzeba będzie odpowiedzieć. Monitorowanie zmian w technologii drukowania przestrzennego wymagają stałego dialogu z sektorem. Najłatwiejszym i najtańszym sposobem nawiązania takiego dialogu jest ustanowienie platformy internetowej, w której mogą uczestniczyć zarówno pracownicy, jak i pracodawcy. Aby skontaktować się z prywatnymi osobami, np. prosumentami (konsumentami prowadzącymi własną produkcję), oraz monitorować ich działalność, można skorzystać z rozbudowanej sieci europejskich fab labów.

2. Regulacja i certyfikacja

Dynamiczny, oddolny i niekiedy eksperymentalny charakter drukowania przestrzennego powoduje, że brakuje regulacji w tym zakresie. Certyfikacja może okazać się solidnym instrumentem. Obecnie certyfikację przeprowadzają tylko przedsiębiorstwa wykorzystujące zaawansowane technologie, które skrzętnie chronią techniki produkcyjne opracowane dzięki dużym inwestycjom. Ich dążenie do zachowania poufności i wprowadzanie przez nie patentów zasadniczo nie sprzyja regulacji drukowania przestrzennego. Regulacja drukowania przestrzennego w środowisku pracy jest konieczna z następujących względów:

▪ Kontrola jakości i bezpieczeństwa

Powstawanie nowych technik i materiałów wywiera ciągły wpływ na drukowanie przestrzenne. Pociąga to za sobą ryzyko związane z drukarkami 3D oraz wytwarzanymi produktami.

▪ Odpowiedzialność

Wprowadzenie nowych technik i materiałów może doprowadzić do konfliktów między pracodawcą i pracownikiem, mających związek z własnością intelektualną i własnością treści twórczych. Ponadto projekty są dostępne (w większości) bezpłatnie w Internecie, w związku z czym istnieje nowe zagrożenie dotyczące naruszenia praw autorskich oraz odpowiedzialności w razie wadliwego działania lub niskiej jakości produktu. Być może konieczne będzie stosowanie zestandaryzowanych umów i wprowadzenie porad prawnych.

▪ Dobrostan pracowników

Kontekst drukowania przestrzennego, którego elementami jest światowa gospodarka i dynamicznie rozwijające się przedsiębiorstwa typu start-up, może być stresujący dla pracowników, którzy muszą zmierzyć się z większymi wymaganiami w zakresie godzin pracy, elastyczności i obowiązków. Ponieważ sektor drukowania przestrzennego składa się w większości z przedsiębiorstw typu start-up i nowych rodzajów mikrofabryk, organizacja pracowników w tradycyjnych związkach zawodowych podlega ograniczeniom.

▪ Zdrowie i bezpieczeństwo

Stosowanie materiałów i emisje mogą powodować zagrożenie dla zdrowia.

▪ Niepewność pracy

W sektorze o wysokim stopniu innowacyjności poziom niepewności pracy może być wysoki. Można go ograniczyć, zapewniając pracownikom możliwości szkoleń, aby mogli zaktualizować swoją wiedzę.

▪ Zaangażowanie

Praca na zautomatyzowanych urządzeniach, takich jak drukarki 3D, może być nudna i stresująca. Szkolenia mogą mieć korzystny wpływ na motywację pracowników. Pracownicy sektora drukowania przestrzennego są zwykle stosunkowo młodzi. Pracodawcy powinni podjąć dodatkowe środki, aby utrzymać ich motywację, poprzez współdzielenie odpowiedzialności i oferowanie elastycznych warunków pracy.

3. Szkolenia i kształcenie

Poza wyzwaniem dotyczącym poszczególnych środowisk pracy drukowanie przestrzenne oferuje również wiele możliwości poprawy równości na rynku pracy w ogóle. Żyjemy w społeczeństwie wiedzy, opartym na tworzeniu sieci i technologiach. Zwiększa się przepaść między ludźmi, którzy mają dostęp do technologii i wiedzę na ich temat, a osobami, które ich nie mają. Dzięki drukowaniu przestrzennemu i związanemu z nim ruchowi makerów dostęp do wiedzy jest tani i stosunkowo łatwy (przez Internet). Najważniejszą siecią funkcjonującą w tym ruchu makerów jest sieć fab labów. Współpraca z fab labami w zakresie kształcenia i szkolenia umożliwia wypełnienie coraz większej luki technologicznej, co zwiększyłoby równość na rynku pracy. Jest to szczególnie istotne w europejskim kontekście gospodarczym, w którym głównymi celami są: indywidualność, otwartość i innowacyjność.

Dodatkowe informacje

- *Printing Things. Visions and Essentials for 3D Printing.* Dries Verbruggen (editor). ISBN 9783899555165. Gestalten, 2015
- *Open Design Now: Why Design Cannot Remain Exclusive.* Lucas Evers & Bas van Abel (editors). ISBN 9789063692599. BIS Publishers, 2011
- *The Third Industrial Revolution: How Lateral Power Is Transforming Energy, the Economy, and the World.* Jeremy Rifkin. ISBN 9780230341975. St. Martin's Griffin, 2013
- *Fabricated: The New World of 3D Printing.* Hod Lipson & Melba Kurman. . ISBN 9781118350638. Abe Books, 2013
- *Makers: The New Industrial Revolution.* Chris Anderson. ISBN 9780307720962. Crown Business Publishers, 2012
- *The Maker Movement Manifesto: Rules for Innovation in the New World of Crafters, Hackers, and Tinkerers.* Mark Hatch. . ISBN 9780071821124. MacGraw-Hill Education, 2013
- *3D Printing: The Next Industrial Revolution.* Christopher Barnatt. . ISBN 9781484181768. Create Space Independent Publishers, 2013
- *Postcapitalism: A Guide to our Future.* Paul Mason. ISBN 9781846147388 Allen Lane Publishers, 2011

Niniejszy dokument został opracowany w oparciu o streszczenie dłuższego artykułu autorstwa Jeroena Juntego. Wykorzystano w nim również informacje pochodzące od sieci punktów centralnych agencji.

Artykuł przygotowano na zlecenie Europejskiej Agencji Bezpieczeństwa i Zdrowia w Prawy (EU-OSHA). Za treść tego artykułu, w tym za wszelkie wyrażone w nim opinie lub wnioski, odpowiadają wyłącznie jego autorzy i treść ta niekoniecznie odzwierciedla poglądy EU-OSHA.