



Źródło: Iigus

## Druk 3D w prototypowaniu i produkcji

Wytworzenie „od ręki” fizycznego obiektu z przygotowanego w komputerze modelu trójwymiarowego jeszcze do niedawna stanowiło obszar, w którym poruszali się autorzy literatury science fiction. Dziś wykorzystując druk przyrostowy, można wytwarzać w pełni użyteczne produkty, a kolejne bariery techniczne są pokonywane.

W procesie prototypowania możliwość szybkiego uzyskania przestrzennego obiektu na podstawie przygotowanego w programie komputerowym modelu jest spełnieniem marzeń projektantów. W wielu przypadkach materiał, z którego został wykonany, może mieć drugorzędne znaczenie. Podaje się, że pierwsze próby opracowania odpowiedniego sprzętu i materiałów do tworzenia w ten sposób modeli przestrzennych sięgają lat 80. ubiegłego wieku. W 1981 roku Hideo Kodama z Nagoya Municipal Industrial Research Institute opracował między innymi metodę tworzenia trójwymiarowych modeli z wykorzystaniem polimerów utwardzanych przez światło UV. Za początek druku 3D uznaje się opracowaną w 1984 roku przez Charlesa Hulla i opatentowaną w 1986 roku stereolitografię (SLA). W tym też roku założył on firmę 3D Systems, która wyproduk-

owała pierwsze drukarki 3D. Druk poprzez osadzenie topionego materiału (FDM) opracował w 1988 roku przez Scott Crump (założył firmę Stratasys). W 1992 roku pojawiły się drukarki wykorzystujące technikę selective laser sintering o większych możliwościach.

Wśród najpopularniejszych dziś rodzajów druku 3D wymienia się:

- FDM (ang. Fused Deposition Modelling) – termoplastyczny materiał wyciskany przez dysze,
- MJP (ang. Multi Jet Printing) – napylany cienkimi warstwami fotopolimer utwardzany światłem UV,
- CJP (ang. Color Jet Printing) – gipsowy proszek barwiony tuszem (druk 3D w kolorach),
- SLS (ang. Selective Laser Sintering) – cienkie warstwy proszku budulcowego stapiane laserem,
- DMLS (ang. Direct Metal Laser Sintering) – proszki metali topione laserem dużej mocy.

Bohdan Szafrąński

Każda z tych metod druku przestrzennego ma zalety i ograniczenia. Zaletą (i wadą) druku 3D jest możliwość uzyskania pojedynczego, nawet bardzo złożonego, obiektu bez dodatkowych czynności potrzebnych na wytworzenie jego elementów składowych. Jeśli zastosuje się odpowiednie materiały i technologie, można uzyskać endoprotezę dopasowaną dla konkretnego pacjenta. W przemyśle, nie mówiąc tylko o prototypowaniu, atrakcyjna wydaje się perspektywa „wydrukowania” np. części zamiennej.



**Andrzej Burgs**  
dyrektor generalny,  
Sygnis New Technologies

Technologia druku przestrzennego dobrze też pasuje do koncepcji przemysłu 4.0 i produkcji bardzo krótkich serii, a nawet pojedynczych egzemplarzy na żądanie. Dziś podstawowe ograniczenia wynikają ze stosowanych materiałów wykorzystywanych do wydruków (choć notuje się tu bardzo szybki postęp) oraz stosunkowo długi czas, w tym obsługi, kalibrowania itp. drukarki i wynikające z tego wysokie koszty uzyskania wydruku. Już dziś można, korzystając z tej technologii i produkować bardzo wiele różnych rzeczy, ale nie wszystko się opłaca.

Jak mówi Piotr Mikulski z firmy Bibus Menos, zajmującej się rozwiązaniami nie tylko stosowanymi w szybkim prototypowaniu, ale również w produkcji krótkoseryjnej czy też produkcji finalnych detali lub narzędzi produkcyjnych, obecnie znanych jest ponad 30 technologii druku 3D: LOM, SLA, TPS, SGC, SLS, SHS, DLP, FDM/FFF/PJP, MJM, EBM, LC, SLM, DMLS, MLS, PJ, PJM, TJP, LCM, HSS, SHS, 3DP/CJP/BJM, DMP, SMS, MJF, 3SP, SCP, EBAM/EBFFF, UAM, MPA itp. z tego ponad 20 z nich to rozwiązania unikatowe.

### Technologie i materiały

Co w praktyce wpływa na możliwości wykorzystania druku przestrzennego? Można powiedzieć, że metoda wytwarzania, dostępne materiały i rozmiar przestrzeni roboczej urządzenia. W przypadku najpopularniejszej technologii druku, jaką jest dziś FDM, szczególne znaczenie ma temperatura, w jakiej może pracować wylączarka i wnętrze urządzenia.

Źródło: Sygnis



Wśród użytkowników drukarek wspomina się o rozklejaniu się warstw i problemach, jakie się z tym wiążą przy standardowych badaniach wytrzymałościowych prototypów. Z kolei w metodzie SLA i SLS ograniczeniem jest np. brak możliwości tworzenia zamkniętych przestrzeni z pustym wnętrzem. Oczywiście w każdej metodzie druku liczy się dokładność pracy i materiał (materiały), z którego wykonywany jest przedmiot. Jak mówi Kamil Brzózy z firmy 3Dream, jeżeli chodzi o materiały, to mamy do wyboru większość materiałów (plastików) powszechnie używanych w przemyśle oraz takich, które otaczają nas w życiu codziennym. Problemy z dostępnością zaczynają się, gdy potrzebujemy bardzo specjalistycznych materiałów, czyli takich, które są np. biokompatybilne, samogasnące, odporne na wysokie temperatury (np. powyżej 130°C) lub dopuszczone do kontaktu z żywnością. Natomiast jak dodaje Kamil Brzózy, w przypadku prototypów funkcyjnych kluczowe jest zachowanie odpowiednich (stabilnych) warunków druku (takich jak np. stała temperatura druku, zamknięta komora grzewcza, odpowiednio czysty i odtłuszczony stół roboczy, dobranie odpowiednich parametrów druku itd.) oraz odpowiednie ustawienie modelu względem stołu, ponieważ to ono decyduje o tym, czy model będzie wytrzymały przy nacisku w danym kierunku oraz o rozkładzie sił. Jego zdaniem zapewnienie odpowiednich warunków zmniejsza ryzyko pęknięć, rozwarstwień oraz skurczu modelu w trakcie druku. Oczywiście modele po wydruku można wzmacniać, na przykład pokrywając je dodatkowo żywicą epoksydową lub innymi klejami, ale wtedy trzeba pamiętać, że model będzie większy o grubość warstwy żywicy (czyli zazwyczaj od ok. 0,1 do ok. 0,3 mm) lub odpowiednio mniejszy, jeżeli poddamy model obróbce chemicznej (np. kąpiele acetonowe, które z kolei kurczą model) co może stanowić problem, jeżeli potrzebujemy rygorystycznej tolerancji wymiarowej, uzupełnia Kamil Brzózy.

Milena Czajkowska z firmy 3D Master jest przekonana, że obecnie można dobrać drukarkę do potrzeb, są drukarki drukujące w metalu, z domieszką drewna, lub takie by powstały z nich elementy rozciągliwe. By zapobiec rozklejaniu się warstw, radzi na przykład w przypadku druku w technologii SLS ustawić w programie model w odpowiedniej pozycji do druku co w dużej mierze przekłada się na jego jakość.

Andrzej Burgs – dyrektor generalny w firmie Sygnis New Technologies, zwraca uwagę, że technologie FDM lub FFF, czyli roztapiania tworzyw sztucznych i nakładania ich warstwa po warstwie (najpowszechniejsza technologia druku 3D, przede wszystkim ze względów budżetowych) z technologiami takimi jak fotopolimeryzacja żywic DLD/SLA/3SP, spiekanie proszku poliamidowego laserem SLS, czy też spiek metalu DMLS łączy w zasadzie tylko nazwa – druk 3D, określająca metody addytywne. Cała reszta, czyli proces, materiały, sprzęt jest



Źródło: Sygnis

zupełnie inna i są to technologie uzupełniające się, a nie wykluczające. Jak dodaje dostępne są materiały ESD, materiały gumowe o wartościach Shore'a 40, materiały nieścierliwe jak Nylon 645, POM. Szerokość oferty filamentowej różnych producentów to już kilkaset pozycji. Jednakże jeszcze więcej interesujących materiałów znajduje się w innych technologiach – między innymi dysponujemy obecnie żywicami niskopylowymi do tworzenia form metodą wosku traconego, żywicami wysokotemperaturowymi do procesów wulkanizacji i tworzenia form jubilerskich, domieszkowanymi proszkami poliamidowymi z aluminium, tytanem, chromem, kobaltem, stalą 416 i wieloma innymi. Dlatego, jak mówi Andrzej Burgs, można tylko powiedzieć, że obecnie pewne problemy są z materiałami bardzo miękkimi (np. silikonami), szkłem oraz ceramikami (zadawanie dowolnego kształtu jest problemem, nie sam wydruk np. kielicha). Natomiast jeśli chodzi o druk FDM, w którym modele są termozgrzewane warstwa po warstwie, rozwarstwienie może wystąpić przy bardzo dużych wydrukach (powierzchniowo) oraz braku podwyższonej temperatury wewnątrz komory roboczej. Wówczas termozgrzanie jest słabe i prowadzi do rozwarstwiania się wydruków. Również operator drukarki 3D, chcąc uzyskać efekt wytrzymałości w określonych miejscach wydruku, wybiera najlepszą do tego orientację. W przypadku druku 3D, na przykład z SLS, wydruki są jednorodne i nie podlegają rozwarstwieniu. Jedynie w wyniku błędu operatora, proszek może być nie w pełni spieczony, co oczywiście wpływa negatywnie na wytrzymałość. Większość wydruków 3D z powodzeniem zastępuje części na linii produkcyjnej. – *Mówimy tu oczywiście o niewielkich elementach jak chwytaki, manipulatory, zębaki itp.* – dodaje Andrzej Burgs i choć ich wytrzymałość jest niższa niż standardowych części, to są one gotowe czasem nawet w 20 minut, co dla służb utrzymania ruchu jest wartością kluczową.

Piotr Mikulski z firmy Bibus Menos uzupełnia, że filamenty są stosowane w technologii FDM oraz

jej pokrewnych typu FFF i ich zastosowanie jest w znacznym stopniu ograniczone możliwościami technicznymi urządzeń przetwórczych. Oryginalna technologia FDM firmy Stratasys oferuje sprawdzone rozwiązania dla takich grup materiałowych jak ABS i odmiany, ASA, PC, PC-ABS, PPSE, PA, PEEK/PAEK, PEI (Ultem 9085 i 1010). Większość tanich urządzeń bez ogrzewanej, termostatowanej komory roboczej jest w stanie przetworzyć biodegradowalny polilaktyd (PLA), natomiast z tworzywami bardziej wymagającymi mają olbrzymie trudności i znaczne ograniczenia budowanych geometrii. Jak mówi, trudności te objawiają się niemożliwością wybudowania w pełni gęstych detali (95–99% gęstości – wypełnienia materiałem) i konieczne jest budowanie detali odciążonych z wypełnieniem na poziomie 10–30% co znacznie obniża ich wytrzymałość mechaniczną. Bardzo dobrze ma się natomiast rynek materiałów dla technologii SLS i DMLS jednak w tej dziedzinie znacznie trudniej jest wytworzyć wysokiej jakości proszki tworzyw sztucznych i metali, przez co jest tutaj znacznie mniej producentów komercyjnych materiałów. – *Również specjalistyczny rynek żywic fotopolimerowych ma się dobrze i widać stabilny wzrost zapotrzebowania szczególnie do aplikacji medycznych i dentystycznych* – dodaje Andrzej Burgs. Natomiast anizotropia własności mechanicznych jest mniej lub bardziej widocznym zjawiskiem w prawie każdej technologii druku 3D. Jednak w przypadku sprawdzonych rozwiązań profesjonalnych efekt delaminacji (rozklejania się warstw) jest objawem wyłącznie awarii urządzenia i nie ma prawa pojawić się podczas normalnej pracy maszyny niezależnie od geometrii budowanego detalu. Wszyscy uznani producenci urządzeń do szybkiego prototypowania poza samą maszyną dostarczają sprawdzone materiały wraz z deklaracjami własności mechanicznych i fizykochemicznych biorąc za te informacje odpowiedzialność. Zwraca jednak uwagę, że w ciągu ostatnich lat pojawiło się wielu producentów nisko-

Źródło: Sygnis



**Występowanie  
różnego rodzaju  
problemów  
technicz-  
jakościowych  
wynika ze specyfiki  
poszczególnych  
technologii druku 3D.**

budżetowych drukarek 3D bazujących na projekcie Open Source – RepRap oraz dokonaniach społeczności entuzjastów druku 3D, którzy starają się zrobić tańszą drukarkę 3D. Tego typu firmy najczęściej oferują urządzenia, na których teoretycznie można stosować dowolny materiał, ale w praktyce bez gwarancji efektu ze względu na rozwiązania techniczne omijające kluczowe ograniczenia patentowe pierwotnych twórców poszczególnych technologii szybkiego prototypowania.

Jak mówi Janusz Paliga – wspólnik w firmie I.J.PALIGA dostępność filamentu jest dość duża, natomiast oczekiwania z rynku jeszcze większe i najczęściej słabym punktem w technologiach druku 3D (również profesjonalnych) jest dostępność różnorodnych materiałów budulcowych. W przypadku zastosowań profesjonalnych klienci oczekują własności fizyko mechanicznych prototypów takich samych jak wyrobu finalnego. Bez względu czy to wyrób z tworzywa sztucznego, czy z metalu. Jego zdaniem rozklejanie się warstw pojawia się w technologii FDM w drukarkach bez stabilizacji temperatury w komorze roboczej (najtańsze drukarki do domowych zastosowań). W innych technologiach problemy tego typu nie występują. Należy zwrócić uwagę na występowanie różnego rodzaju innych problemów techniczno-jakościowych wynikające ze specyfiki poszczególnych technologii druku 3D.

Jak mówi Paweł Ślusarczyk, Business Development Manager z firmy Centrum Druku 3D działającej w Łódzkim Parku Technologicznym, rynek filamentów, czyli materiałów eksploatacyjnych do drukarek 3D drukujących w technologii FDM, jest jednym z najdynamiczniej rozwijających się obszarów branży druku 3D. Oprócz standardowych filamentów takich jak: ABS, PLA czy nylon, pojawia się wiele materiałów specjalistycznych, wśród których można wymienić między innymi ASA (materiał o podobnych właściwościach jak ABS, ale o dużej odporności na promieniowanie UV oraz zmienne warunki pogodowe), POM, TPU, PETG i inne. Bardzo ciekawie rozwija się segment materiałów kompozytowych opartych o PLA, np. PLA domieszkowane drewnem, miedzią, brązem lub mosiądzem. Jego zdaniem warto wyróżnić amerykańską firmę Markforged, która jako jedyna oferuje technologię druku 3D z wykorzystaniem takich materiałów jak włókno węglowe, włókno szklane czy Kevlar.

Na rynku cały czas powstają nowe materiały do druku, mówi Jakub Piekacz z firmy Proto3D. Na każdym targach druku 3D, na jakich jest obecny, producenci chwalać się coraz to nowymi materiałami do druku i szeroką gamą modyfikacji popularnych tworzyw używanych w tej technologii. W 2016 roku pojawiło się wiele materiałów o wysokiej odporności mechanicznej, takie jak Carbon, czy techniczny ABS, materiały zawierające specjalne dodatki w postaci masy mineralnej ułatwiającej obróbkę mechaniczną, materiały z dodatkiem drewna, brązu, miedzi, które

po szlifowaniu przypominają powierzchnie metalowe. Jak dodaje, wie, że jeden z polskich producentów pracuje nad materiałami aromatyzowanymi do druku przestrzennego. Na rynku pojawiły się też materiały przewodzące, które dają niezwykle możliwości szczególnie drukarkom wielogłowicowym. Jakub Piekacz jest zdania, że przy profesjonalnych drukarkach, zasilanych dobrej jakości materiałem, rozklejanie się warstw nie jest problemem. Dużo większą bolączką dla każdej drukarni 3D są skurcze termiczne, które przy niektórych kształtach drukowanych prototypów bywają uciążliwe. Oczywiście przy odrobinie doświadczenia i stabilnych warunkach termicznych w polu roboczym drukarki można sobie z tym poradzić.

Karolina Furyk-Grabowska z firmy 3D FLY zwraca uwagę, że choć ze względu na cenę i dostępność najczęściej wykorzystywany jest materiał PLA oraz ABS to jednak w związku z rozwojem metody FDM/



Źródło: Sygnis

FFF zauważa się również rozszerzenie zakresu stosowanych materiałów obejmujący różnego rodzaju polimery, wśród których coraz większe zastosowanie zyskują materiały „kompozytowe”, w których oprócz polimerów stosowane są dodatki w postaci ziaren ceramiki, metali, włókien czy domieszki naturalnego drewna. Dzięki temu można dobrać materiał i metodę FDM wykorzystać nie tylko do wykonania prototypów, ale i użytkowych części maszyn.

Adrianna Kania specjalista ds. technicznych oprogramowania CAD w firmie Datacomp: – Na rynku można zauważyć coraz większą ilość firm, produkujących filamenty. Cały czas prowadzone są badania nad ich nowymi rodzajami. Aktualnie najwięcej mamy do czynienia z PLA i ABS ze względu na ich popularność w przypadku usług drukowania 3D.

Filamenty muszą cechować się stałą średnicą i owalnością oraz czystością materiałową. W przypadku wcześniej wymienionych materiałów jest wiele firm, które potrafią spełnić te warunki. Jednak w przypadku filamentów innych typów pozostaje jeszcze wiele do zrobienia. Wciąż zdarzają się zapytania o materiały, które nie są dostępne na rynku

albo dla danej drukarki. Rozklejanie się warstw istnieje w przypadku technologii FDM, jednak zazwyczaj wynika z błędów w projektowaniu, nieprześlanej orientacji modelu lub złych ustawień druku 3D. Zdarzają się modele, w których jest niemożliwe lub trudne uzyskanie takich parametrów, które pozwoliłyby na spełnianie ich funkcji bez rozklejenia warstw. Jednak, jak mówi Adrianna Kania, w tym przypadku należy polecić inną technologię lub rozważenie przebudowania modelu CAD.

Marek Starow, Key Account Manager w firmie OMNI3D Industrial 3D Printing dodaje, że na rynku dostępne są materiały spełniające kryteria firm przemysłowych, takie jak odpowiednia wytrzymałość termiczna czy mechaniczna. Takie filamenty to między innymi: ABS, ASA, PET-G, PC-ABS. Przy czym w zastosowaniach przemysłowych przeważa ABS. Pamiętajmy, że ten materiał do poprawnego druku dużych obiektów wymaga przemysłowej maszyny – z zamkniętą i grzaną komorą. Jak mówi, niestety druk 3D nadal jest utożsamiany z problemami drukarek desktopowych z otwartą przestrzenią roboczą. Rozklejanie się warstw czy podwijanie narożników, to problemy, które dzięki zastosowaniu między innymi zamkniętej i grzanej komory oraz napędu śrubowego i nie dotyczą przemysłowych maszyn do druku 3D.

Jak mówi Marcin Niedzielski z firmy Zortrax, użytkownicy drukarek 3D Zortrax mogą wybierać spośród materiałów o odmiennej charakterystyce. Cechują się one różną sprężystością, odpornością na działania substancji takich jak sole czy kwasy, a także łatwością dalszej obróbki. Dobrym przykładem tego zróżnicowania jest opracowany ostatnio przez firmę redesign motocykla – dzięki materiałowi Z-GLASS (przepuszcza on światło) można było wydrukować nowe oświetlenie, a przy użyciu Z-HIPS wymienić bak paliwa. W ofercie firmy dostępne są także Z-ABS (doskonały do modeli koncepcyjnych), Z-PCABS (czyli wzmocniona wersja Z-ABS, która może służyć do produkcji obudów), Z-PETG (odporny na sole, kwasy i zasady) oraz Z-ULTRAT (o zwiększonej wytrzymałości). Stale opracowuje się nowe materiały do druku. Znaczna część oferty firmy dostępna jest w wielu wariantach kolorystycznych. Jak mówią, w przypadku Zortrax można mówić o wydrukach najwyższej jakości, nawet przy użyciu materiałów, które służą głównie do prototypowania. Mogą zagwarantować taką jakość dzięki zintegrowanemu środowisku druku 3D. Mimo to, ważne jest, by zadbać o odpowiednie otoczenie, które nie będzie negatywnie oddziaływać na drukujący się model, dodaje Marcin Niedzielski.

### Czy się opłaca?

Producenci zastanawiają się dziś nad możliwością zastosowania drukarek 3D do produkcji niskoseryjnej. Kamil Brzózy jest przekonany, że bardziej opłaca się produkować niskoseryjnie za pomocą druku 3D,

niż zamawiać formę wtryskową za kilkanaście lub kilkadziesiąt tysięcy złotych wykorzystując do tego specjalistyczne, wieloosiowe maszyny CNC. Wszystko zależy od liczby produktów, jakiej potrzebujemy oraz wielkości i stopnia ich skomplikowania. Milena Czajkowska z firmy 3D Master też jest zdania, że jeżeli produkt ma być wyprodukowany w kilku, kilkunastu sztukach, to nie opłaca się programować maszyny, tym bardziej projektować formy do tak krótkich serii. Andrzej Burgs dodaje, że każdy model musi być indywidualnie analizowany. Kluczową rolę odgrywają w tym jego rozmiary. Druk 3D pozwala w krótkiej serii zaoszczędzić przede wszystkim czas. Wydrukowanie w technologii SLS np. kilku tysięcy pudełeczek, zajmie dwa, trzy tygodnie. W takim przypadku stworzenie odpowiedniej formy to czas pomiędzy od dwóch do trzech miesięcy. Może być już wówczas za późno na wprowadzenie nowego produktu. Janusz Paliga dodaje, że jego firma dodatkowo oferuje wykonywanie krótkich serii produkcyjnych (do kilkuset sztuk), wykorzystując formy wtryskowe wykonane w technologii druku 3D.

Jak mówi Piotr Mikulski, jest kilka technologii przyrostowych, które są obecnie coraz częściej wykorzystywane do bezpośredniej produkcji krótkoseryjnej (od kilku do paru tysięcy sztuk). Najczęściej do tego celu jest wykorzystywana technologia SLS oraz DMLS oraz niektóre technologie fotopolimerowe w medycynie. Głównym powodem korzystania z technologii przyrostowych w produkcji jest obniżenie kosztów zmiany projektu w dowolnym momencie produkcji oraz możliwość tworzenia detali o geometriach, które przy klasycznych metodach wytwarzania wymagałyby wielu części do złożenia i bardzo drogich narzędzi wytwórczych. Jak dodaje, szczególnie jest to widoczne przy produkcji komponentów lotniczych z żaroodpornych stopów niklu, oraz kobaltu i chromu, które przy klasycznej obróbce skrawaniem pochłaniają ogromne koszty narzędzi skrawających ze względu na swoją twardość i trudną obróbkę. Dzięki technologii DMLS można



**Marek Starow**  
Key Account Manager,  
OMNI3D Industrial 3D  
Printing



Źródło: Zortrax

je wykonywać znacznie taniej, jedynie z minimalną obróbką skrawaniem na powierzchniach gdzie jest to niezbędne. Takie firmy jak MTU czy GE Aviation już od kilku lat stosują tę metodę do produkcji finalnych komponentów silników lotniczych, twierdzi Piotr Mikulski.

Paweł Ślusarczyk uważa, że niskie serie można realizować zarówno na niskobudżetowych drukarkach 3D typu FDM, jak i wysokobudżetowych, profesjonalnych systemach drukujących w technologii SLS (selektywne spiekanie laserem sproszkowanego tworzywa sztucznego). Pamiętajmy również o dużym rynku, jakim jest druk 3D z metalu. Przemysł ciężki, lotnictwo czy automotive wykorzystują coraz powszechniej tę technologię do druku finalnych elementów. Jak dodaje, najczęściej do produkcji niskoseryjnej najlepiej sprawdzają się technologie spieku proszków – SLS i DMLS / SLM / EBM.

Zdaniem Adrianny Kani z firmy Datacomp, druk 3D przede wszystkim dedykowany jest krótkim seriom. Biorąc pod uwagę czas produkcji, brak konieczności zakupu oprzyrządowania (np. formy wtryskowej), jest to jednorazowych krótkich serii bardzo opłacalne. Marek Starow radzi też poradzić się profesjonalnego dostawcy, który pomoże przeprowadzić audyt potrzeb i możliwości użytkownika i na tej podstawie ocenić zasadność implementacji druku 3D i jej opłacalność.

### Wybór drukarki 3D

Dzisiaj mówimy nie o technologii a o technologiach druku 3D. Na rynku jest dostępnych wiele modeli drukarek. Trudno doradzić wybór, który będzie satysfakcjonował każdego i sprawdzi się w różnych zastosowaniach. Dlatego też postanowiliśmy zebrać opinie i rady specjalistów. Kamil Brzózy radzi wybierając drukarkę 3D do różnych zastosowań

zwracać przede wszystkim uwagę na bezobsługowość i bezawaryjność oraz popularność i doświadczenie producenta. Jak mówi, drukarki 3D to bardzo wrażliwe urządzenia i bez specjalistycznej wiedzy na ich temat (doświadczenia i niuansów, o których nikt klientowi nie powie, dopóki sam nie zacznie drukować) dlatego nie warto inwestować w tanie urządzenia. Chyba że ma się czas i nerwy na rozwiązywanie problemów niewystępujących w urządzeniach z górnej półki. Milena Czajkowska stawia przede wszystkim na dokładność wydruku, na obszar roboczy drukarki i materiał, który wykorzystujemy, w zależności co chcemy uzyskać. Andrzej Burgs zwraca uwagę, że zazwyczaj dobrzy dystrybutorzy sprzętu 3D analizują potrzeby klienta i doradzają mu właściwą technologię lub (co bywa najczęściej) wymieszanie dwóch lub trzech technologii generatywnych. Jego zdaniem najistotniejsze w wyborze drukarki 3D, jest wybranie firmy, która nam sprzęt doborze, dostarczy, przeszkoli pracowników, a następnie będzie sprawować opiekę serwisową i techniczną nad dostarczonym sprzętem. Kolejne kroki są już bardziej zróżnicowane. Czasami istotne będzie posiadanie dwóch głowic w drukarce FDM, innym razem konieczność posiadania dużego pola roboczego, innym razem technologie żywic (z powodu np. biokompatybilności) lub duża moc produkcyjna SLS-a. Faktycznie jednak najwszechstronniejsze są drukarki 3D w technologii FDM. Andrzej Burgs, jeśli miałby doradzać „w ciemno”, byłaby to drukarka 3D z dwoma głowicami, średnim polem roboczym, zamkniętą komorą roboczą, otwarta na wszystkie materiały (filamenty), jakie są na rynku (czyli na pewno nie kartridżowa), kompatybilna z Simplify 3D. To jego zdaniem, podstawowe wartości w zakresie sprzętu, jakie można doradzić przy wyborze drukarki 3D, bez znajomości specyfiki danego klienta.

Piotr Mikulski za najważniejsze przy doborze technologii uznaje określenie grupy materiałowej, którą chcemy wykorzystywać: tworzywa sztuczne, ceramika, czy też metale oraz dokładności wymiarowej i rozdzielczości szczegółów (wbrew pozorom dokładność wymiarowa i rozdzielczość szczegółów to nie zawsze to samo). Ważnym aspektem jest również produktywność i koszty w przeliczeniu na wybudowany detal. Najlepszym podejściem jest przygotowanie swojej własnej części referencyjnej, która będzie zawierała większość interesujących nas geometrii. Następnie wybudowanie jej w kilku różnych technologiach oraz sprawdzenie kosztów wytworzenia takiego detalu w najpopularniejszych rozwiązaniach, które spełniają nasze wymagania materiałowe, by ocenić ich stosunek jakości do ceny. Jak dodaje Piotr Mikulski, do celów prototypowania wizualnego nie potrzebujemy drogich rozwiązań i tutaj w zależności od wymaganej szczegółowości detalu możemy rozważyć technologię FDM i jej pokrewne tańsze rozwiązania FFF albo technologie oferujące pełną gamę kolorów, wysoką rozdzielczość i szeroką gamę



Źródło: Paradigm 3D



Źródło: Paradigm 3D

elastyczności materiałów typu PolyJet, czy też równie kolorową technologię ze znacznie słabszych materiałów na bazie gipsu 3DP/CJP/BJM. W przypadku kiedy zależy nam na produkcji w możliwie krótkim czasie kilkunastu lub kilkuset elementów z technicznych tworzyw sztucznych o dużej wytrzymałości, warto rozważyć wysokotemperaturowe technologie FDM lub SLS. W przypadku metali mamy do dyspozycji laserowe przetwarzanie proszków metali np. DMLS oraz elektronowe przetwarzanie metali EBM lub EBAM, a także metody hybrydowe wymagające dodatkowych operacji typu Binder Jetting. W przypadku materiałów ceramicznych a w szczególności wysokotemperaturowej ceramice technicznej doskonale sprawdzi się technologia LCM (Lithography-based Ceramic Manufacturing), uzupełnia Piotr Mikulski.

Jak uważa Paweł Ślusarczyk, wszystko zależy od oczekiwań i potrzeb użytkownika. Nie bez powodu rynek drukarek 3D jest tak zróżnicowany. Są klienci zainteresowani urządzeniami kosztującymi poniżej 2000 zł brutto, jak i profesjonalnymi systemami w cenie kilku milionów złotych. Cena ma znaczenie. Nie należy oczekiwać, że urządzenie za 1500 zł kupione na Allegro będzie drukować z taką jakością jak sprzęt za 10 czy 15 tys. złotych. Choć jak mówi, znajdują się osoby, które spędzą przy tanim urządzeniu tak wiele czasu i zmodyfikują je we własnym zakresie do tego stopnia, że będą w stanie drukować na nich porównywalne jakościowo części jak na dziesięciokrotnie droższych drukarkach 3D. Niestety, gdy wyceni się czas pracy takiej osoby, okaże się, że w finalnym rozrachunku koszty są takie same.

Natomiast Karolina Furyk-Grabowska wymienia takie, jej zdaniem, ważne przy wyborze drukarki FFF elementy jak: wielkość drukowanych modeli, rodzaj materiału, z którego chcemy drukować, czy serwis znajduje się w Polsce, liczba głowic, jaką chcemy posiadać i rodzaj ekstrudera (Bowden/Direct).

Marek Starow jest zdania, że wybierając drukarkę do zastosowań profesjonalnych, trzeba zwrócić uwagę na to, na czym zależy nam najbardziej – czyli na jakości oferowanych wydruków. W przypadku

wątpliwości najprostszą weryfikacją możliwości danej drukarki będzie wykonanie na niej dużego druku próbnego. Nie można zapomnieć też o dokładnym oszacowaniu kosztów całej inwestycji, łącznie z materiałami do druku, które w znacznym stopniu wpływają na koszty eksploatacyjne w całym okresie użytkowania. Jego zdaniem, ważna jest także obsługa posprzedażowa, serwis, szkolenia i doradztwo technologiczne. Jak mówi, producentów profesjonalnych urządzeń do druku 3D, spełniających kryteria firm przemysłowych, znajdziemy również w Polsce – na przykład OMNI3D, a rodzime rozwiązania dostępne na rynku już dziś oferują najwyższą jakość wydruków w skali światowej.

Z kolei przedstawiciel firmy Zoltrax radzi zwrócić uwagę na rozmiary drukarki 3D. W tej chwili następuje intensywna miniaturyzacja tego typu rozwiązań. Na przykład Zortrax M200 to model, który spokojnie może stanąć w przestrzeni biurowej – zmieści się na większości standardowych biurkach. Istotna jest też technologia, którą wykorzystuje producent. W tym przypadku jest to LPD.

Można powiedzieć, że dziś mamy prawdziwy boom na wykorzystanie technologii druku 3D. Według raportu firmy Deloitte zleconego przez Zortrax i opublikowanego w listopadzie minionego roku, drukarki desktopowe pod względem funkcjonalności coraz bardziej zbliżają się do urządzeń wykorzystywanych w przemyśle. Polski rynek druku 3D w 2015 r. miał już wartość 40 mln złotych, a większość przychodów pochodziła z eksportu. Deloitte prognozuje w branży druku 3D na świecie szybki wzrost w segmencie urządzeń desktopowych, z szacowanego poziomu 4,8 mld dolarów w 2015 r. do ponad 20 mld dolarów w 2020 r. Według raportu drukarki desktopowe stanowiły 95% wszystkich drukarek 3D sprzedanych w 2015 roku, przy czym przed rokiem 2011 ten segment branży praktycznie nie istniał. Jak podano, rynek druku 3D w Polsce to 97 przedsiębiorstw głównie dostawców usług, a nie producentów. Najlepiej rozpoznawalną polską firmą z branży technologii przyrostowych był Zortrax. ■

Źródło: Paradigm 3D

