

Jakie są rodzaje drukarek 3D pracujących w technologii FDM na rynku?

W artykule przedstawię pokrótce rynek drukarek FDM. Dlaczego FMD? Ponieważ ta technologia jest dostępna w zasięgu ręki każdego czytelnika. Daje przy tym duże możliwości, nawet bez specjalistycznej wiedzy i zaplecza finansowego. Drukarki tego typu nie wymagają również specjalnie przystosowanych pomieszczeń. Taki sprzęt może być używany nawet w biurze lub w domu.

Drukarki typu FDM mogą kosztować od tysiąca do setek tysięcy, a nawet milionów złotych. Skąd taki rozrzut cen? Na to nie da się jednoznacznie odpowiedzieć. Maszyny wypadaloby podzielić na niskobudżetowe i wysokobudżetowe. Do niskobudżetowych można zaliczyć maszyny w cenie do 100 tys. złotych. Urządzenia z tego segmentu zamierzam opisać w tym artykule. Zapytacie pewnie, czy wyższa cena oznacza lepszą jakość? Niekoniecznie... Niejednokrotnie zdarzą się, że kupując drukarkę, płacimy po prostu za markę i nie ma to wcale związku z jej lepszą jakością tworzonych wydruków.

Gotowa czy w zestawie?

Po pierwsze, drukarkę 3D można kupić gotową (zmontowaną) lub w zestawie do samodzielnego montażu (DIY). Drukarki DIY, czyli kity do samodzielnego montażu, są najtańsze – taki zestaw można nabyć w cenie około tysiąca złotych, a niekiedy nawet taniej. Nie da się ich jednak porównać z profesjonalnymi maszynami oferowanymi przez producentów. Są to drukarki stricte dla hobbystów. Jeśli ktoś lubi majsterkować i ma sporo czasu, może wybrać tego typu urządzenie do zastosowań

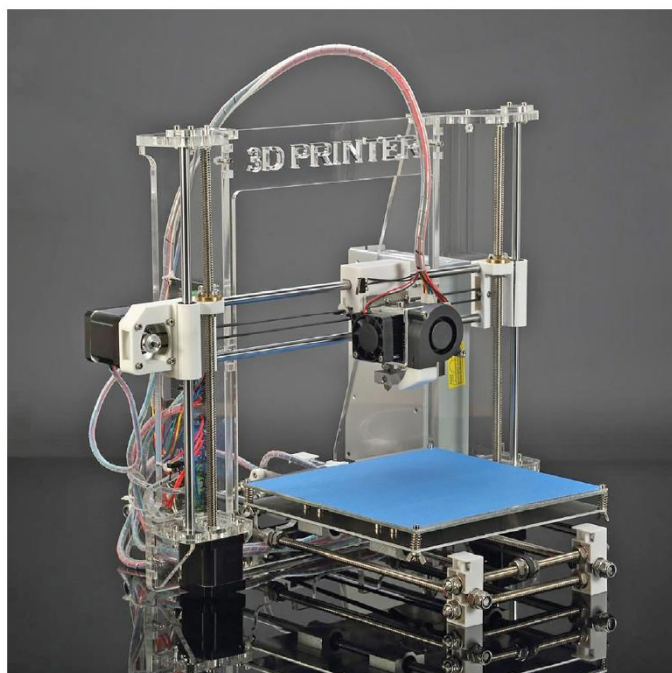
amatorskich. Budowa takiej drukarki będzie na pewno ciekawym wyzwaniem, więc warto uzbroić się w dużą dawkę cierpliwości i czasu. Drukarki tego typu to pełny *open source*, dozwolone (a nawet wskazane) jest ich modyfikowanie i ulepszanie. W tym może pomóc np. społeczność RepRap. Najpopularniejszym i najczęściej modyfikowanym zestawem jest na pewno Prusa i3. Znane są również modele i2 oraz Mendel. Przykładową drukarkę *open source* pokazano na **fotografii 1**.

Dokładność takich urządzeń w głównej mierze zależy od tego, jak się udało ją złożyć i z jakich komponentów (często sprzedawcy oferując tani zestaw, dokładają do niego np. używane silniki, prowadnice, śruby kiepskiej jakości itp.). Należy jednak pamiętać, że nawet niezłe urządzenie tej klasy nie może równać się z profesjonalną drukarką. Musimy mieć na względzie, że kupując zestaw DIY, jesteśmy zdani na siebie. Nie ma tutaj mowy ani o gwarancji, ani o serwisie. Podsumowując – aby nie wyrzucić pieniędzy w przysłowiowe błoto, warto zastanowić się wcześniej, czego oczekujemy od drukarki 3D oraz nie przecenić swoich możliwości. Jeśli planujemy zakup drukarki do użytku profesjonalnego, warto wybrać jakieś urządzenie z bogatej oferty producentów (w tym również rodzimych).

Na co zwrócić uwagę, kupując drukarkę 3D? Wymienilbym przede wszystkim następujące cechy: gwarancja, przestrzeń robocza, parametry druku, rodzaj konstrukcji, otwartość systemu, możliwości druku z różnych materiałów, elementy eksploatacyjne.

Otwarta czy zamknięta?

Ze względu na budowę drukarki 3D można podzielić na drukarki otwarte (**fotografia 2**) i zamknięte (**fotografia 3**). Drukarki o zamkniętej



Fotografia 1. Przykład drukarki *open source* (źródło: www.bestprintersforhomeuse.com)



Fotografia 2. Drukarka UBOT 3D o zamkniętej konstrukcji

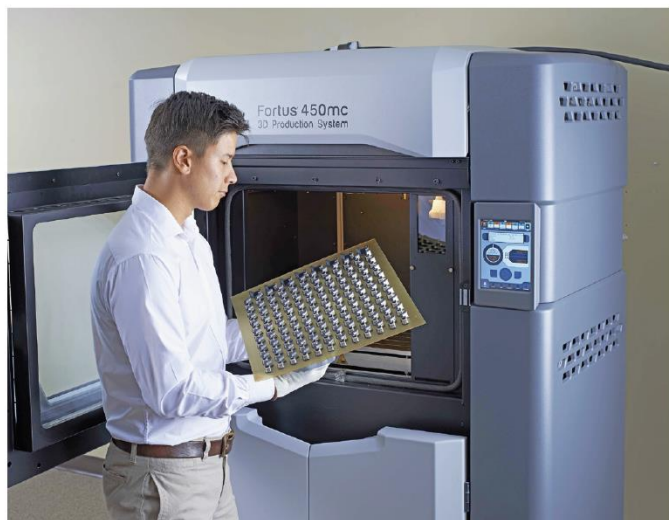


Fotografia 3. Drukarka ROBO 3D o otwartej konstrukcji
(źródło: www.robo3d.com)

budowie to takie, w których obszar roboczy jest osłonięty, obudowany i zamknięty. Analogicznie, w drukarce otwartej przestrzeń robocza jest niesłonięta. Tutaj wybór powinien być prosty. Zamknięcie komory ogranicza ruchy powietrza i pozwala na utrzymanie w miarę stałej temperatury. Dzięki temu podczas nakładania roztopionego materiału nie następuje bardzo szybkie wychłodzenie i zostaje zminimalizowany skurcz materiałowy. Niektóre drukarki przemysłowe (od 50 tysięcy wzwyż) wyposażone są także w podgrzewaną komorę roboczą (fotografia 4). Jest to bardzo polecane, jeśli chcemy drukować duże obiekty z materiałów o dużym współczynniku rozszerzalności termicznej.

Kolejnym ważnym aspektem konstrukcyjnym, na który warto zwrócić uwagę, jest układ osi w drukarce. Najbardziej znane układy to kartezyjski oraz delta. Układ delta zawsze ma stół roboczy o kształcie koła. Przestrzeń robocza, którą uzyskujemy, podaje się jako średnicę stolika i maksymalną wysokość wydruku. W praktyce zwykle mamy do dyspozycji obszar o kształcie zbliżonym do stożka, a nie, jakby się mogło wydawać, o objętości walca.

W drukarkach 3D układ delta ma więcej wad niż zalet. Zazwyczaj delty są konstrukcjami otwartymi. Jakość druku i szybkość też ustępuje większości standardowych drukarek w układzie kartezyjskim. Okrągły stół przy większości wydruków również powoduje utratę pola roboczego. Delty mają też problem ze sztywnością konstrukcji. Jedynym plusem, jaki przemawia za tym układem, jest to, że drukarka może tworzyć wysokie wydruki. Podstawa delty jest zazwyczaj



Fotografia 4. Drukarka Fortus z podgrzewaną komorą roboczą
(źródło: www.businesswire.com)

mniejsza niż typowych drukarek – będzie więc zajmowała mniej miejsca na biurku. Przykładową drukarkę pracującą w układzie delty pokazano na **fotografii 5**.

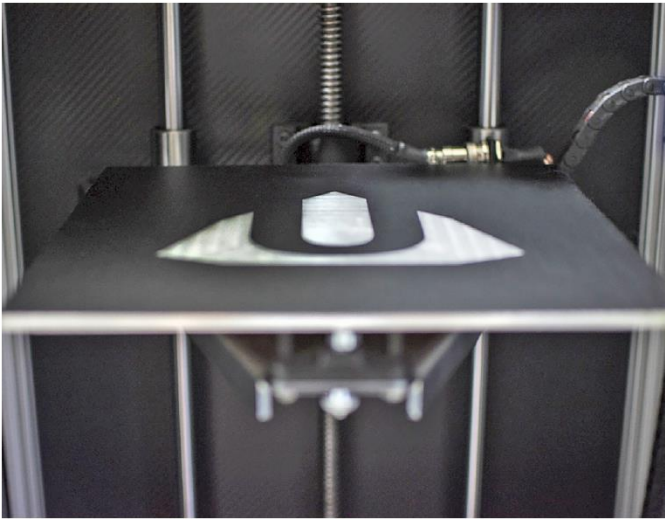
Typowo drukarki 3D są budowane w układzie kartezyjskim. Są one oferowane w kilku wariantach, a najbardziej popularne z nich to układy o stoliku ruchomym w osi Z lub o stoliku ruchomym w osi X lub Y. Czym one się różnią?

Stolik ruchomy w osi Z obniża się jedynie wraz z kolejną warstwą drukowanego modelu o dziesiąte lub setne części milimetra (w zależności od tego, w jakiej rozdzielczości drukujemy obiekt – **fotografia 6**). Natomiast stół ruchomy w osi X lub Y porusza się z każdą ścieżką kładzoną przez dyszę drukarki (**fotografia 7**). Wykonuje wtedy o wiele więcej ruchów o wyższych prędkościach, co generuje spore siły bezwładności. Finalnie wpływa to na stosunek jakości do szybkości wydruku. Drukarki z ruchomym stolikiem w osiach X/Y, aby osiągnąć taką samą precyzję drukowanego obiektu, muszą pracować z mniejszymi prędkościami. Oczywiście, w drukarkach ze stolikiem pracującym w osi Z to karetki z hotendem poruszają się w osiach X/Y i ona również generuje siłę inercyjną, jednak masa, która się porusza, jest znacznie mniejsza niż masa stolika i występujące siły są mniejsze. Lepszym wyborem wobec tego wydaje się drukarka w układzie kartezyjskim ze stolikiem poruszającym się w osi Z.

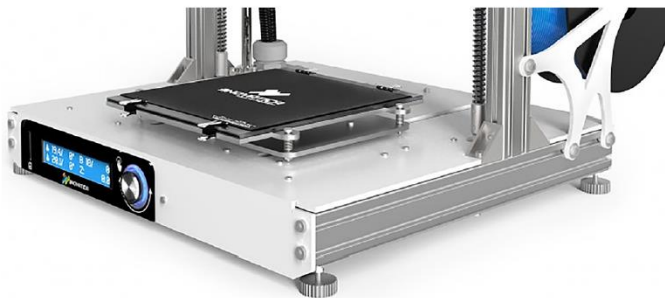
Pole robocze drukarki daje nam informacje o tym, jak duże obiekty będziemy w stanie tworzyć. Oczywiście, czym większy jest obszar roboczy drukarki, tym lepiej, ponieważ będziemy mieli więcej



Fotografia 5. Drukarka ATOM 3D w układzie delta
(źródło: www.atom3dp.com)



Fotografia 6. Stolik ruchomy w osi Z

Fotografia 7. Stolik ruchomy w osi X
(źródło: www.3novatica.com)

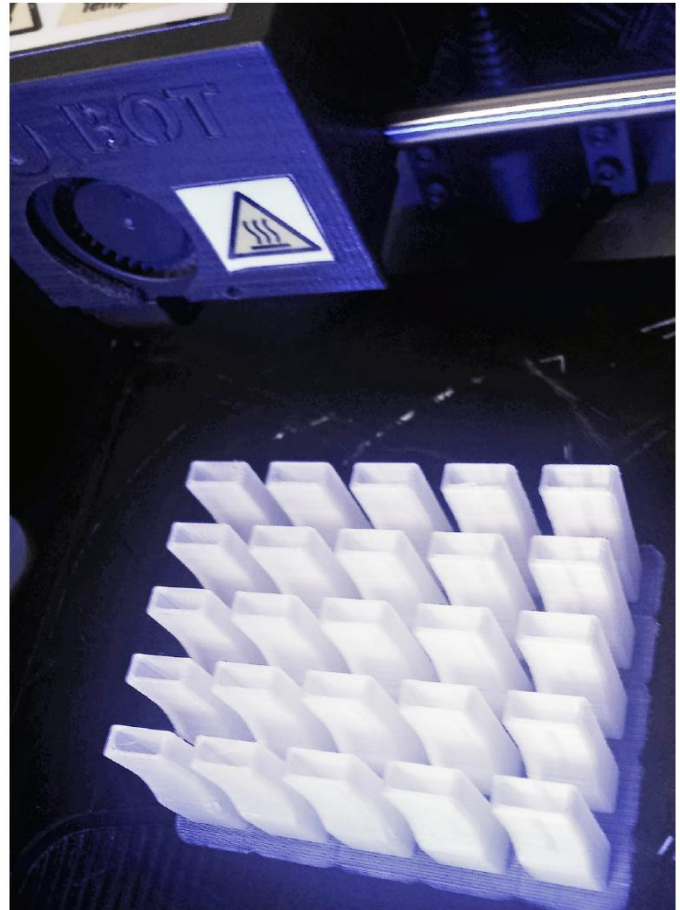
możliwości. Zwykle wiąże się to jednak z wyższymi kosztami zakupu drukarki. Technologia FDM pozwala nawet na produkcję drukarek wielkogabarytowych o przestrzeni roboczej rzędu 1 m³ lub więcej. W standardowych urządzeniach desktopowych obszar roboczy ma wymiary około 20 cm×20 cm×20 cm. Warto wyposażać się w jak największą konstrukcję, nawet jeśli mamy w planach druk mniejszych przedmiotów. Drukarki 3D pozwalają na wydruk wielu elementów jednocześnie – przykład pokazano na **fotografii 8**.

Parametry druku

Podstawowymi parametrami, którymi należy się kierować przy wyborze drukarki są: dokładność (pozycjonowanie), rozdzielczość warstw, szybkość druku oraz temperatury grzania stołu i głowicy.

Dokładność pozycjonowania mówi nam o maksymalnej precyzji (mechanicznej), którą jest w stanie osiągnąć drukarka. Oczywiście, czym drobniejsze „ziarno”, tym lepiej – drukarka będzie dokładniejsza. Trzeba jednak pamiętać, że te wartości są teoretyczne i nie przekładają się w stu procentach na rzeczywistą precyzję drukarki. Bardzo dużo zależy od sztywności konstrukcji oraz od materiału, który będzie używany. Rozdzielczość warstw informuje o grubości najcieńszej warstwy, którą będziemy w stanie wydrukować. Z reguły maksimum możliwości technologii FDM to 50 mikronów. Standardowa rozdzielczość, z którą drukuje się znaczną większość modeli, to 150...250 mikronów. Dobrze jednak mieć możliwość druku w 50 mikronach – być może zajdzie potrzeba wydrukowania czegoś aż tak precyzyjnego. Pamiętajmy jednak, że im cieńsza jest nakładana warstwa, tym dłuższy czas wydruku.

Kolejnym parametrem jest szybkość wydruku. Jest to parametr dość kontrowersyjny. Producenci podają tutaj czasem szybkości wysane z palca, nawet rzędu 300 mm/s. O ile oczywiście drukarka jest w stanie taką prędkość osiągnąć, to przy niej druk nadaje się co najwyżej do kosza. Ograniczenie prędkości wynika tutaj głównie nie z budowy samych urządzeń, a z właściwości materiałów, z których będziemy



Fotografia 8. Jednoczesny wydruk wielu elementów

drukowali. Termoplasty potrzebują czasu na rozgrzanie się i stygnięcie. Realne prędkości wydruku, które można osiągnąć, to około 100 mm/s, a w praktyce większość producentów (pomimo wartości, które widnieją w specyfikacji) zaleca prędkości na poziomie 50 mm/s.

Temperatura grzania stołu (o ile drukarka ma podgrzewany stół) oraz głowicy determinuje zakres materiałów, z których będziemy mogli korzystać. Jeśli stół ma temperaturę maksymalną 100°C, a głowica 250°C, to umożliwia tworzenie wydruków z 90% materiałów dostępnych na rynku.

Otwartość systemu

Kupując drukarkę, warto zwrócić uwagę na otwartość jej systemu. Sporo producentów drukarek implementuje ograniczenia w ich funkcjonalności np. w postaci możliwości wykorzystania do wydruku tylko oferowanych przez nich filamentów. Niektórzy stosują jednorazowe zasobniki, inni grożą utratą gwarancji. Taki system – korzystny dla producenta, ponieważ pozwala mu na dodatkowy zarobek – ma szereg wad dla użytkownika drukarki. Po pierwsze, użytkownik zostaje zmuszony do zakupu materiałów często znacznie droższych niż średnia rynkowa. Po drugie, dostaje do dyspozycji tylko ograniczoną gamę filamentów.

System otwarty pozwala na wybór wielu rodzajów materiałów od różnych producentów. Nie każde PLA czy ABS jest takie samo. Wręcz przeciwnie, czasami różnią się właściwościami. Warto mieć więc wybór i możliwość druku z dowolnych materiałów.

Czy zatem jest jakaś dobra cecha drukarek z zamkniętym systemem filamentów? Tak, jest jeden aspekt, który przemawia na jego korzyść. Jeśli producent dostarcza swoje materiały do tworzenia wydruków, to zwykle udostępnia również użytkownikowi pakiet ustawień dla tych materiałów. Jest to bardzo wygodne, ponieważ nawet niedoświadczony użytkownik drukarki jest w stanie szybko zacząć przysięgę z wydrukiem. Dodatkowo można też oczekiwać, że tworzone wydruki będą miały zbliżoną, powtarzalną jakość.

Wydawałoby się, że to sytuacja patowa. Jest jednak wyjście. Są producenci, którzy mimo, że mają swoje materiały, nie odbierają możliwości używania innych. Inni zaś mają producenta, z którym współpracują, dystrybuując jego materiały i również dostarczają komplet ustawień. Wniosek – warto wybrać producenta, który oferuje drukarkę z otwartym systemem i wsparciem dla innych materiałów, a jednocześnie udostępnia ustawienia dla swoich (bądź też nie) materiałów.

Należy też zwrócić uwagę na oprogramowanie drukarki, tzw. **licer** do plików STL. Oprogramowanie to umożliwi nam wybranie lub ustawienie parametrów druku. No właśnie... tutaj pojawia się problem. Niektóre urządzenia mające swój zamknięty software bardzo mocno ograniczają wybór ustawień dla użytkownika. Często mają ustawienia tylko i wyłącznie dla preferowanych materiałów i wtedy druk z innych staje się praktycznie niemożliwy. Inny przykład to drukarki z perforowanym stołem, które mogą wymagać używania tzw. raftu, czyli podpory pod właściwy wydruk. O ile sam raft zwiększa adhezję i tu się przydaje, to daje niepożądany efekt w postaci nie do końca gładkiej powierzchni wydruku (raft musimy oderwać/odciąć mechanicznie od wydruku właściwego). Używając go, wydłużamy również czas wydruku. Warto więc szukać drukarek, które nie ograniczają użytkownika tylko jednym programem do obróbki plików. Niejednokrotnie zdarza się, że jeden program radzi sobie z jednym modelem 3D lepiej, a inny z drugim. Popularne i darmowe programy to na przykład: Cura, Host-Repetier, Slic3r. Do użytku profesjonalnego wiele osób wybiera płatny program Simplify3D (koszt licencji to około 150 USD). Ma on bardziej zaawansowany algorytm obróbki plików i daje dodatkowe możliwości. Jedną z nich jest na przykład generowanie podpór. Więcej o slicerach opowiem w kolejnym artykule.

Możliwość druku z różnych materiałów

Jak już wspominałem, możliwości materiałowe mogą być ograniczone przez producenta drukarki. Zakładam jednak, że rozsądny wybór będzie nas skłaniał ku drukarkom bez tych ograniczeń. Jak więc wśród nich znaleźć drukarkę, która pozwoli nam na drukowanie z jak największej gamy materiałów? Jeśli maksymalna temperatura głowicy drukarki będzie wynosiła 250°C, a stolik będzie podgrzewany do temperatury 100°C, to pozwoli nam to na korzystanie z większości materiałów, dla przykładu: ABS, PLA, PET, HIPS, nylon, ASA, PVA i inne kompozyty. Czy aby na pewno? Jest jeszcze jeden haczyk – ekstruder. To dzięki jego specjalistycznej budowie będziemy w stanie drukować (lub nie) również z elastomerów (filamentów elastycznych). Warto dopytać producenta, czy drukarka ma możliwość druku z takich materiałów i jeśli tak, to z jakich.

Gwarancja

Drukarka 3D to urządzenie elektromechaniczne. Jak wiadomo, nic nie jest bezawaryjne i wieczne, więc warto zadbać, aby drukarka miała jak najdłuższy okres gwarancji i możliwość jej odpłatnego przedłużenia.



Fotografia 9. Dysze o różnej średnicy. Standardowo stosujemy od 0,25 do 1 mm

Niektórzy producenci dają 12 miesięcy gwarancji, inni 24 miesiące (nawet dla przedsiębiorców). Należy mieć też na względzie ewentualny serwis pogwarancyjny i dowiedzieć się, przez jaki czas producent będzie wspierał dane urządzenie.

Elementy eksploatacyjne

Trzeba pamiętać, że nie wszystkie elementy drukarki są objęte gwarancją. W większości urządzeń elementami eksploatacyjnymi są dysze, stoliki lub ich powierzchnie, a czasem nawet i całe elementy grzewcze. O ile wymiana dyszy w niektórych urządzeniach to koszt kilkunastu – kilkudziesięciu złotych, to niektóre wymagają wymiany całego bloku albo głowicy. Wtedy koszt sięga setek złotych, a dysza to element, który niestety może dość łatwo ulec zatankaniu. Dyszę wymieniamy nie tylko wtedy, gdy się zatka – warto zaopatrzyć się w dysze o różnej średnicy (**fotografia 9**). Mniejsze do bardzo precyzyjnych wydruków i większe do zgrubnych. Stosując większą dyszę, jak łatwo się domyślić, możemy znacznie skrócić czas wydruku.

Wymiana powierzchni stolika może wiązać się również z niemałym wydatkiem. Dla przykładu, nowy stolik perforowany kosztuje kilkaset złotych, a wymiana nakładki adhezyjnej to kilkadziesiąt złotych. Przed wyborem drukarki 3D warto zastanowić się, co będzie elementem eksploatacyjnym i ile taka maszyna będzie nas rzeczywiście kosztowała w użytkowaniu.

Na koniec

Mam nadzieję, że podane porady umożliwią trafną ocenę rzeczywistych cech użytkowych drukarki i ułatwią wybranie odpowiedniego sprzętu. Pamiętajmy, że każdy ma inne potrzeby i przed zakupem należy się zastanowić, czego będziemy oczekiwali od urządzenia.

Filip Ludwikowski
UBOT 3D
www.ultibot.pl

Najlepszy Mobilny Adres w Sieci

<http://m.ep.com.pl>

