

Erwin GARBARCZYK\*\*  
Karol JÓZEFOWICZ\*\*  
Andrzej RYBARCZYK\*

## TECHNOLOGIA DRUKU 3D NA ZAJĘCIACH LABORATORYJNYCH

Technologia drukowania przestrzennego FDM umożliwia zobrazowanie wielu zagadnień technicznych przez wytworzenie modelu analizowanego obiektu bezpośrednio na zajęciach dydaktycznych. Drukarkę trójwymiarową może wykorzystać każda dziedzina wiedzy: od biologii (drukowanie modeli narządów), po architekturę (tworzenie skomplikowanych makiet). Już sama drukarka jest świetnym narzędziem, które samo w sobie jest ciekawe dla wielu kierunków. Studenci mogą nauczyć się dzięki niej programowania procesorów opartych na ATMEDZE, mogą przygotowywać nowe programy sterujące drukarką, projektować grafikę 3D na komputerach a uzyskane rezultaty drukować na zestawach drukarek. Ponadto każdą drukarkę można dowolnie ulepszać wg. własnych potrzeb - od zmiany czy przeniesienia napędu po wymienne ekstrudery – mechanizmy tłoczące tworzywa [1, 4].

SŁOWA KLUCZOWE: drukarka 3D FDM, ekstruder, rapidprototyping

### 1. TECHNOLOGIA 3D

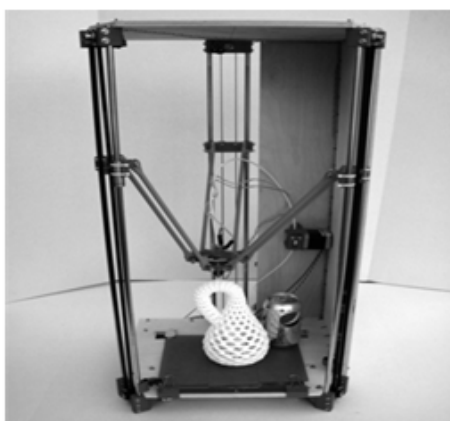
Niniejsza praca dotyczy jednej z metod Rapidprototypingu, czyli szybkiego prototypowania, jaką jest druk 3D FDM. Rapidprototyping jest określeniem metod, które służą do powtarzalnej, precyzyjnej oraz przede wszystkim szybkiej produkcji elementów przy użyciu technologii addytywnej – najczęściej przy sterowaniu komputerowym. Druk 3D FDM (fused deposition modeling), czyli technologia osadzania topionego materiału jest jedną z metod szybkiego prototypowania oraz druku przestrzennego. Polega ona na nanoszeniu materiału termoplastycznego (najczęściej tworzyw sztucznych) przez przeciskanie go przez dyszę. Dysza podgrzewana jest do temperatury uplastycznienia zadanego materiału. Przepływ materiału kontrolowany jest przez dyszę, która jest przemieszczana automatycznie według instrukcji zadanej przez program CAD. W tej technologii model wytwarzany jest warstwa po warstwie [7, 9, 11].

\* Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Lesznie.

\*\* Politechnika Poznańska.

## 2. DRUKARKA 3D

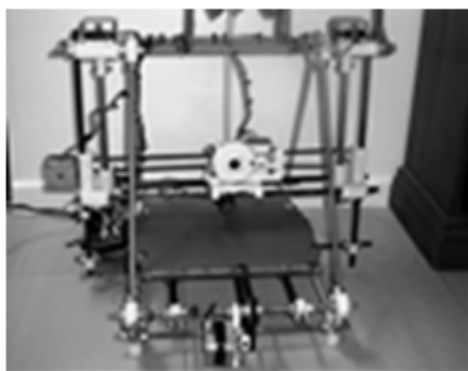
Drukarka 3D FDM należy do grupy maszyn CNC, choć coraz częściej jest traktowana jako urządzenie peryferyjne komputera dzięki temu, że jej użycie jest coraz powszechniejsze wśród użytkowników domowych. Drukarki 3D FDM występują w kilku rodzajach – np. różnią się stosowanym napędem - (rys. 1, 2, 3, 4).



Rys. 1. Drukarka typu ROSTOCK – Napęd przenoszony na 3 ramiona pracujące niezależnie względem siebie za pomocą silników krokowych



Rys. 2. Drukarka typu H-BOT - Oś Z porusza się w kierunku ku dołowi wraz z postępem druku, osie X oraz Y połączone jednym paskiem napędowym pracujące w poziomych płaszczyznach



Rys. 3. Drukarka typu Basic System - W tym układzie ruchomy jest stolik, który porusza się w płaszczyźnie poziomej Y, natomiast oś X, zawieszona na dwóch silnikach krokowych, porusza się poziomo



Rys. 4. Drukarka typu GUS - Żyłka owinięta wokół ramion i zaciskana lub popuszczana przez ruch silników krokowych porusza każdym z trzech, niezależnych od siebie ramion

## 2.1. Ogólna budowa

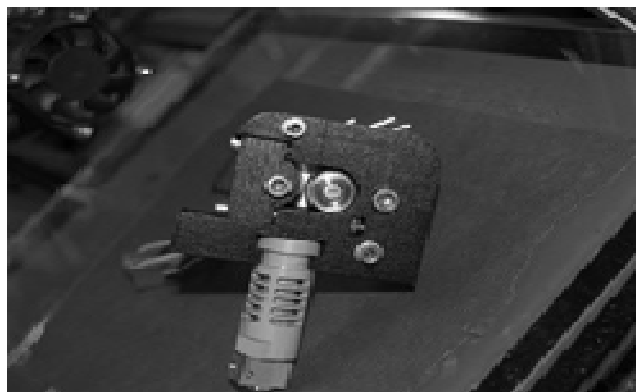
Drukarki 3D FDM mogą różnić się napędem czy budową – mają jednak wspólne cechy, dzięki którym należą do jednej grupy drukarek. Oprócz ramy (każda posiada innego rodzaju ramę ) posiada stół, czyli powierzchnię roboczą. Stół może być podgrzewany lub nie, w zależności od potrzeb oraz używanych docelowo materiałów.

Drugim elementem charakterystycznym jest ekstruder – czyli nasz „pędzel” drukarki 3D. To on wytłacza tworzywo poprzez popychanie drutu drukarki do hotenda – czyli części ekstrudera, która topi materiał oraz wylewa go warstwa po warstwie tworząc pożądaną kształt.

Oprócz tego drukarki najczęściej posiadają napęd z silnikami krokowymi, który jest przenoszony na paski napędowe, a sama karetką drukarki (wózek, na której zamontowany jest ekstruder) przesuwa się na prowadnicach liniowych przy pomocy łożysk kulkowych lub rzadziej tulejek [2, 5, 8].

## 2.2. Głowice drukarskie (przykłady)

Głowic drukarskich czyli ekstruderów jest na chwilę obecną kilka rodzajów. Najczęstszym przypadkiem są to standardowe ekstrudery z napędem bezpośrednim oraz zębatką, która wrzynając się w drut (tworzywo) przesuwa go do hotenda gdzie jest ono topione do postaci płynnej – rys. 5.



Rys. 5. Extruder z napędem bezpośrednim. Drut wciskany pomiędzy radełko oraz łożysko poprzez sekwencje silnika krokowego wciska lub cofa go

Drugim typem głowic są głowice wylewające masy ciasta, gipsu czy innych materiałów podobnej konsystencji. W tym przypadku materiał zawarty w podajniku (np. strzykawce) jest popychany za pomocą paska napędzanego przez

silnik krokowy, który zaciskając popychacz podaje dalej masę, która jest wylewana na podłoże tworząc dany model [8, 10] – rys. 6.

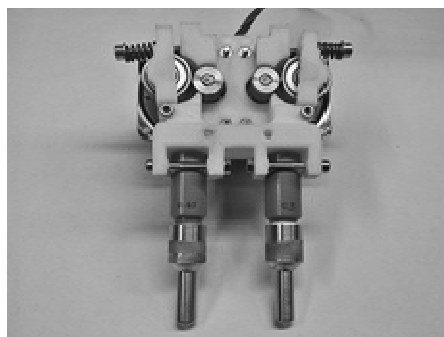


Rys. 6. Ekstruder do materiału w postaci masy. Pasek napędowy za pomocą silnika krokowego zostaje zaciskany wokół strzykawki powodując wyciskanie masy przez dyszę ekstrudera

Trzecim rodzajem ekstruderów są multiekstrudery, czyli kilka głowic na jednym wózku, które mogą wylewać niezależnie od siebie różne rodzaje materiałów. Najczęściej spotykane są głowice bliźniacze, dualne – rys. 8.



Rys. 7. Ekstruder Bowdena. Jest on przymocowany do obudowy drukarki – odciążamy w ten sposób karetkę z hotendem, lecz pojawiają się problemy z retrakcją – cofaniem filamentu



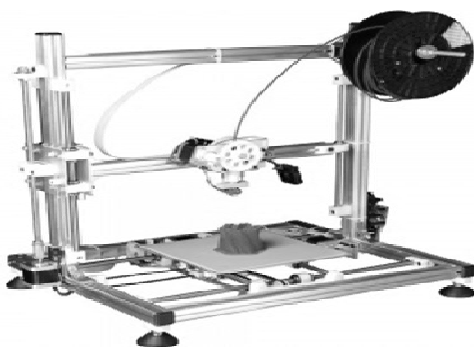
Rys. 8. Dual extruder. Połączenie dwóch ekstruderów odbitych lustrzanie względem siebie – dzięki temu rozwiązaniu mamy możliwość zastosowania tworzyw w różnych kolorach lub różnych gatunków filamentu

Oprócz tych trzech rodzajów głowic istnieją także ich różne warianty: od bezpośredniego napędu po napęd BOWDENA (rys 7) – ekstruder jest odseparowany od ruchomej karetki – jest przytwierdzony do obudowy.

To rozwiązanie daje szybszy druk, lecz dużo trudniej zapanować nad retrakcją czyli grawitacyjnym wypływaniem filamentu [3, 6].

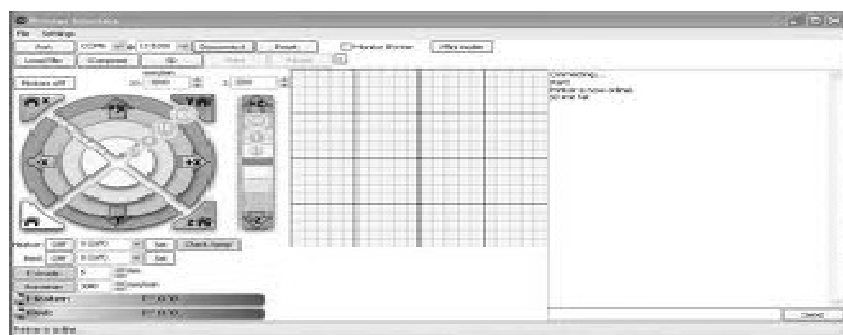
### 3. STANOWISKO LABORATORYJNE

Stanowisko laboratoryjne do obsługi drukarki 3D składa się z samej drukarki, która jest prawie autonomicznym samodzielnym urządzeniem. Po wyposażeniu jej w wyświetlacz oraz odpowiednią elektronikę jedyne do czego potrzebny będzie komputer, to modelowanie na potrzeby druku oraz eksport modeli do formatu akceptowalnego przez drukarkę (\*.gcode) – rys. 9.



Rys. 9. Drukarka z napędem typu Classic – ruchomy stół, wózek jest podnoszony wraz z postępem wydruku

Dodatkowo niezbędny jest w/w komputer do obsługi programów typu 3DSMax Studio, Blender czy Trimble SketchUP oraz zainstalowanym oprogramowaniem do drukowania, hostem – Pronterface (rys 10).



Rys. 10. Okno programu Pronterface. Jest to program typu HOST dla drukarki. Pozwala na operowanie, kalibrację drukarki oraz uruchomienie wydruku z komputera lub karty pamięci

Na komputerze winien zainstalowany być także FLIP – do programowania elektroniki oraz pakiet Arduino – do sporządzania i edycji programu wykonywalnego drukarki. Na wyposażeniu pracowni powinno znajdować się także tworzywo – najlepiej podstawowe rodzaje czyli PLA oraz ABS (rys. 11).



Rys. 11. Filament. Tworzywa do drukowania – oprócz różnych typów tworzyw (od najczęściej używanego ABS, przez kompozyty drewna czy gipsu po Nylon mogący zostać wszczepiony do ludzkiego organizmu jako implant) występują w różnych kolorach

Urządzenia są łatwe oraz tanie w utrzymaniu a przy stosowaniu się do wytycznych są bezpieczne dla użytkownika. Stanowisko laboratoryjne wyposażone jest w stosowne instrukcje do ćwiczeń laboratoryjnych.

## 5. PODSUMOWANIE

Utworzenie stanowiska laboratoryjnego z drukarki 3D ułatwi studentom zrozumienie wielu zagadnień, do których do tej pory trzeba było użyć wyobraźni lub pokazywać je wirtualnie. Drukarki 3D są także niezastąpionym przyrządem do praktycznych eksperymentów dla wielu kierunków ze względu na różne zagadnienia jakie w sobie łączą – począwszy od programowania, kończąc na mechanice urządzenia. Są niezastąpionym urządzeniem dla robotyki, mechatroniki, elektrotechniki samochodowej, ale także dla informatyki i elektroniki.

## LITERATURA

- [1] Fastermann P.: *3D-Druck/Rapid Prototyping*. Springer-Verlag GmbH, Berlin, 2012.
- [2] Chee Kai Chua; Kah Fai Leong, Chu Sing Lim (2003). *Rapid Prototyping*. World Scientific. p. 124. ISBN 9789812381170.
- [3] Czerwiński K., Czerwiński M.: *Drukowanie w 3D*, InfoAudit, 2013.
- [4] Freedman, David H. "Layer By Layer." *Technology Review* 115.1 (2012): 50–53. *Academic Search Premier*. Web. 26 July 2013.
- [5] Hopkinson, N & Dickens, P., 'Emerging Rapid Manufacturing Processes', in *Rapid Manufacturing; An industrial revolution for the digital age*, Wiley & Sons Ltd, Chichester, W. Sussex, 2006.
- [6] Kießling Wolfram, Renner Ronald, Zaunseder Barbara.: *Rapid Prototyping*, VDE Verlag GmbH, 2000.
- [7] Kamrani Ali K. Nasr Emad Abouel.: *Engineering Design and Rapid Prototyping*, Springer-Verlag GmbH, 2010.

- 
- [8] Kreiger, M.; Pearce, J. M., "Environmental Life Cycle Analysis of Distributed Three-Dimensional Printing and Conventional Manufacturing of Polymer Products". *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 2013.
- [9] Pearce, Joshua M.; et al. "3-D Printing of Open Source Appropriate Technologies for Self-Directed Sustainable Development", *Journal of Sustainable Development*, Vol.3, No. 4, 2010, pp. 17–29".
- [10] Symes, M. D.; Kitson, P. J.; Yan, J.; Richmond, C. J.; Cooper, G. J. T.; Bowman, R. W.; Vilbrandt, T.; Cronin, L. (2012). "Integrated 3D-printed reactionware for chemical synthesis and analysis". *Nature Chemistry* **4** (5): 349–354.
- [11] Wittbrodt, B. T.; Glover, A. G.; Laureto, J.; Anzalone, G. C.; Oppliger, D.; Irwin, J. L.; Pearce, J. M. (2013). "Life-cycle economic analysis of distributed manufacturing with open-source 3-D printers". *Mechatronics* **23** (6).

### 3D PRINTING TECHNOLOGY IN LABORATORY

An interesting example of a student's project was presented. Printing technology spatial FDM laboratory classes allows imaging of many technical issues by producing a model of the analyzed object directly in the classroom teaching. Three-dimensional printer can use virtually every branch of science: biology (print models of organs), and architecture (the creation of complex mock-ups). Even the printer is a great tool, which in itself is interesting for a number of directions.