

dr inż. Tomasz Boratyński, mgr Maria Rosienkiewicz, Michał Olejarczyk

Koło Naukowe Technologii Innowacyjnych Rapid Troopers

Politechnika Wrocławska

Wydział Mechaniczny

Tel. 604 075 366; email: maria.rosienkiewicz@pwr.wroc.pl

Tytuł: Budowa drukarki 3D RepRap

Idea maszyn zdolnych do samoreplikacji obecna jest w myśli technicznej od wielu lat. Od dawna naukowcy tworzyli hipotetyczne koncepcje budowy maszyn potrafiących zbudować własną kopię. Jedną z takich koncepcji narodziła się na Uniwersytecie w Bath w Wielkiej Brytanii. W 2004 roku dr Adrian Bowyer, brytyjski inżynier i matematyk, wykładowca na Uniwersytecie w Bath, opracował projekt samopowielającej się drukarki 3D RepRap. RepRap jest skrótem od angielskich słów *Replicating Rapid-prototyper* [1].

Stosowanie technologii rapid prototyping jest z reguły bardzo kosztowne ze względu na wysokie ceny materiałów, maszyn i ich pracy. Dlatego też, opracowując koncepcję projektu RepRap, Adrian Bowyer miał na celu zbudowanie drukarki możliwie najtańszej. Uwzględniając aspekt ekonomiczny, dr Bowyer skonstruował maszynę tak, aby składała się z jak najprostszych, standardowych i łatwo dostępnych komponentów. Poza tym, dzięki możliwości samopowielania się drukarki, każdy kolejny wydrukowany element można sprzedać i tym samym przyczynić się do powstania następnej. Powtarzając ten schemat za każdym razem obniżają się koszty własne budowy RepRapa. Pod wieloma względami przypomina to marketing wielopoziomowy (sieciowy, MLM).

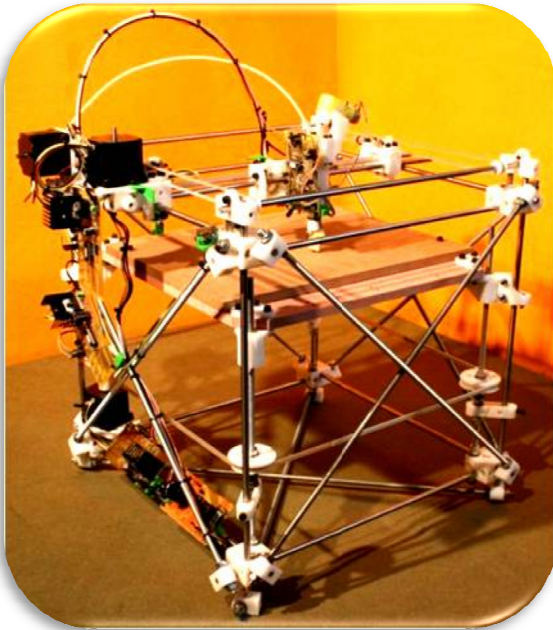
Warto zauważyć, że RepRap jest projektem typu *open source*. Zarówno dokumentację techniczną, jak i korespondujący z drukarką software można pobrać ze strony www.reprap.org. Funkcjonowanie projektu na licencji GNU (*General Public Licence*) dodatkowo obniża koszty drukarki, między innymi poprzez eliminację opłat autorskich.

Ideą Adriana Bowyera jest upowszechnienie drukarki RepRap do takiego stopnia, aby stała się ona „domową fabryką”. Każdy użytkownik w zależności od potrzeb mógłby samodzielnie wytworzyć przedmioty, ponosząc jedynie koszty materiału i energii z pominięciem łańcucha logistycznego. Sensem tej koncepcji jest modyfikacja paradygmatu produkcji, przez co wiele firm miałyby zmienić obecny status producentów w projektantów i wyeliminować konieczność inwestycji w magazyny, transport czy linie produkcyjne.

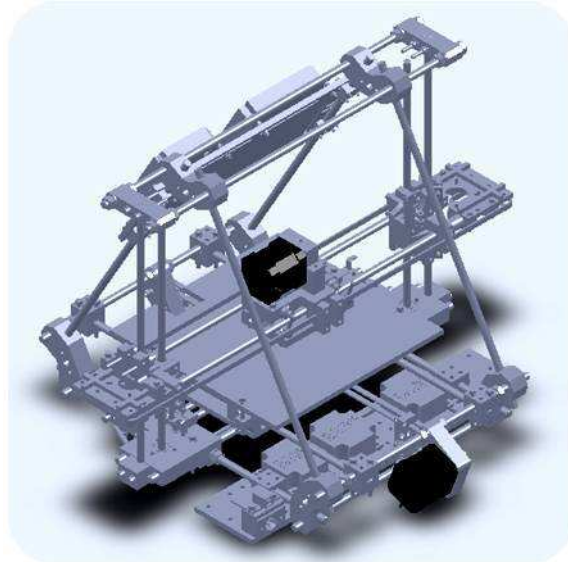
Pierwszym modelem RepRap opracowanym przez Adriana Bowyera jest model Darwin (rys.1) [2], drugim – charakteryzującym się szeregiem ulepszeń – model Mendel. Do kluczowych udoskonaleń modelu Mendel w stosunku do poprzedniego należą między innymi:

- większy obszar wydruku, przy mniejszych gabarytach drukarki i niższej masie,

- ulepszone mocowanie osi Z, umożliwiające eliminację jej zacinań,
- zwiększona wydajność osi,
- uproszczony montaż.



Rys. 1 Drukarka 3D RepRap, model Darwin



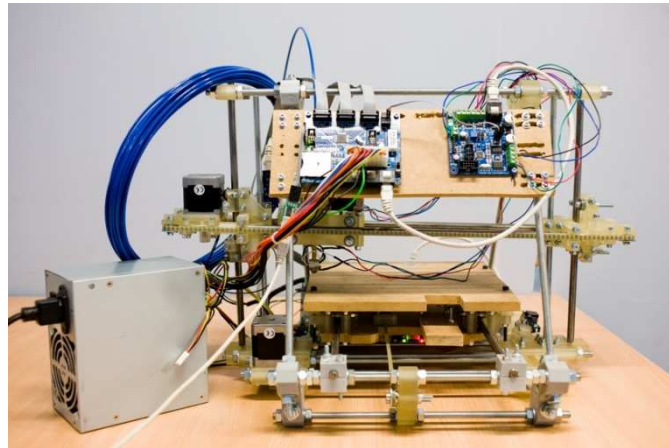
Rys. 2 Model drukarki 3D w programie SolidWorks

RepRap drukuje części w technologii FDM (*Fused Deposition Modeling*), czyli osadzaniu topionego materiału z tworzywa sztucznego. Metoda ta polega na nakładaniu warstwa po warstwie roztopionego materiału. Głowica, stanowiąca najważniejszy podzespół, podgrzewa materiał doprowadzając go do stanu płynnego. Mechanizm działający na zasadzie typowej drukarki atramentowej pozwala na nałożenie materiału w żądane miejsce. Po wykonaniu zadania w jednej płaszczyźnie roboczej, następuje jej przesunięcie o grubość warstwy w kierunku normalnym. Kolejna warstwa nakładana jest bezpośrednio na warstwę poprzednią, gdzie stygnąc trwale się łączy. Powtarzanie niniejszego cyklu doprowadza do zbudowania kompletnego modelu.

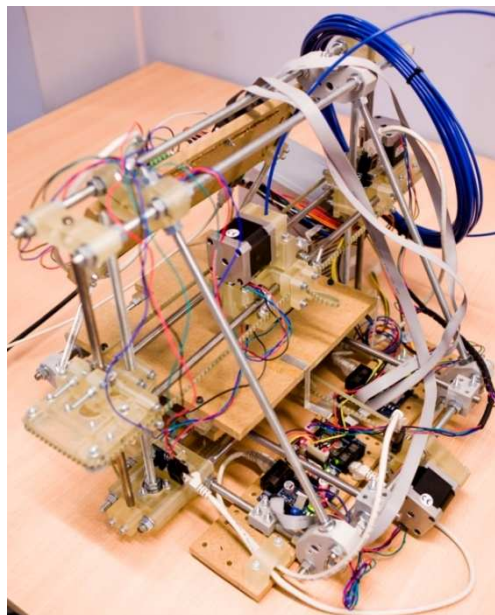
Idea drukarki RepRap dość szybko rozpowszechniła się na świecie. W różnych krajach realizowano i rozwijano projekt. Jednakże dotąd nikt nie podjął się budowy drukarki w Polsce. Członkowie Koła Naukowego Technologii Innowacyjnych Rapid Troopers, działającego na Wydziale Mechanicznym Politechniki Wrocławskiej pod opieką dr. inż. Tomasza Boratyńskiego, jako pierwsi w Polsce zbudowali drukarkę 3D RepRap, model Mendel. Prace nad projektem rozpoczęły się w marcu 2010 roku. Skompletowano dokumentację techniczną i przeanalizowano konstrukcję drukarki zamodelowaną w przestrzeni 3D (rys. 2). W celu uproszczenia montażu niektóre części zostały przemodelowane w programie SolidWorks 2009. Następnie zakupiono niezbędne elementy łączne, łożyska oraz pręty gładkie i gwintowane. Firma Funam Sp. z o.o. zasponsorowała dedykowany drukarce zestaw elektroniki wraz z silnikami i zespół głowicy. Wszystkie elementy, które drukarka RepRap jest w stanie sama powielić z prototypowej pierwszej wersji, zostały wytworzone w laboratorium Centrum

Zaawansowanych Systemów Produkcyjnych CAMT na Politechnice Wrocławskiej. Większość tych elementów została wytworzona na maszynie Objet Geometries Eden 350 w technologii PolyJet, a na pozostałe, powtarzające się części, przygotowano formy silikonowe.

Kolejnym etapem pracy był montaż drukarki. Model Mendel składa się z czterech głównych modułów, tj. modułu osi X, osi Y, osi Z oraz ramy. Po złożeniu każdego z tych modułów, połączono je w całość (rys. 3), (rys. 4).



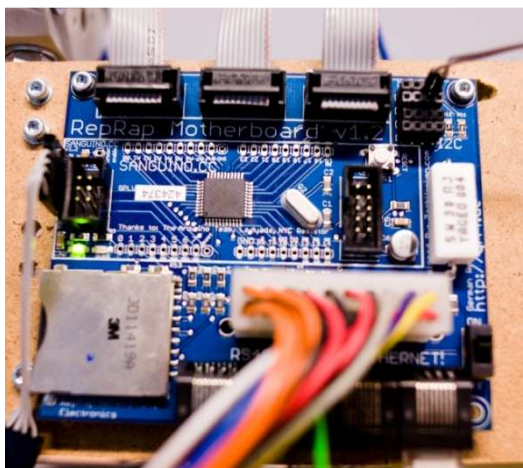
Rys. 3 Drukarka 3D RepRap zbudowana przez Koło Naukowe Technologii Innowacyjnych Rapid Troopers



Rys. 4 Drukarka 3D RepRap, model Mendel

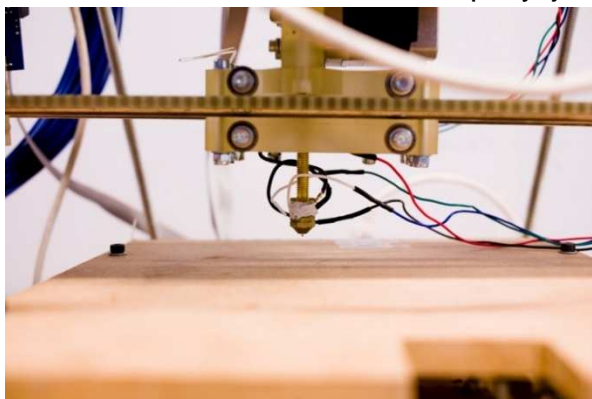
Kolejnym krokiem był montaż napędów i układu sterowania. Za sterowanie kinematyką urządzenia odpowiadają trzy sterowniki silników, natomiast za pracę głowicy odpowiedzialny jest osobny moduł. Całość podłączona jest do płyty głównej i zasilana napięciem 12 V pochodzącym z zasilacza (rys. 5). Ostatnim etapem budowy drukarki 3D RepRap była konfiguracja i kalibracja. Komunikacja z drukarką odbywa się za pomocą komputera klasy PC poprzez złącze USB. Program RepRap Console, na podstawie modelu zapisanego w formacie STL, generuje odpowiednie ścieżki głowicy

oraz cykl jej pracy. Skrypty oprogramowania napisane są w języku Java, co umożliwia jego pracę na platformie Linux, Windows lub Macintosh.



Rys. 5 Widok płyty głównej

Wymiary urządzenia to 500x400x360 mm (długość x szerokość x wysokość), a masa wynosi około 7 kg. Obszar roboczy zamyka się w prostopadłościanie 200x200x140 mm. Praca drukarki odbywa się w trybie automatycznym z prędkością około 15 cm³/h (w zależności od rodzaju materiału). Głowica topi tworzywa sztuczne takie jak ABS (*Acrylonitrile butadiene styrene*), PLA (*Poly lactide*), HDPE (*High-density polyethylene*) (rys. 6). Materiał do głowicy dostarczony jest w postaci szpuli drutu wykonanego z ABS o średnicy 3 mm. Średnica głowicy wynosi 0,5 mm, grubość warstwy drukowanego materiału 0,3 mm, a dokładność pozycjonowania 0,1 mm.

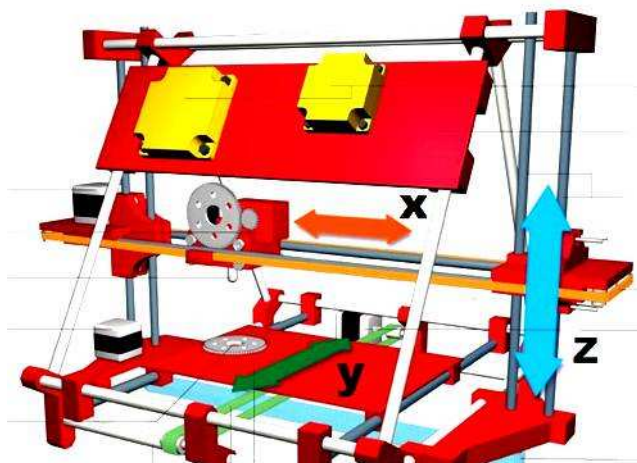


Rys. 6 Zespół głowicy

Drukarka 3D RepRap służy do wytwarzania modeli objętościowych. Jest w stanie wydrukować 60% części (pod względem objętościowym), z których jest zbudowana (rys. 7) [3]. Może także stanowić doskonałe narzędzie dydaktyczne zarówno na wyższych uczelniach technicznych, jak i w technikach.

Jak zostało wspomniane, drukarka RepRap jest otwartym projektem, w ramach którego prowadzi się wiele prac mających w przyszłości uczynić ją sprawniejszą, bardziej funkcjonalną i powszechnie dostępną. Dalszy rozwój projektu RepRap stymulowany jest m.in. przez nagrodę Gada [4] ufundowaną dla pierwszego zespołu, który zbuduje drukarkę charakteryzującą się między innymi możliwością drukowania

układów elektronicznych, zwiększeniem dokładności, szybkości oraz objętości pojedynczego wydruku, rozszerzeniem materiałów używanych do wydruku, uproszczeniem konstrukcji i montażu, dokonaniem wydruku przy zużyciu do 60 W, możliwości drukowania bez użycia komputera, redukcją kosztów drukarki do 200\$, przy jednoczesnym założeniu, że drukarka powieła 90% części, z których jest zbudowana.



Rys. 7 Model drukarki 3D, wersja Mendel. Części oznaczone kolorem czerwonym mogą zostać powielone na drukarce

Otwarta formuła projektu RepRap z jednej strony umożliwia jego ciągły rozwój, z drugiej – niesie ze sobą liczne komplikacje. Podczas realizacji projektu natrafiono na wiele problemów. Z racji bezustannej modyfikacji i wprowadzania nowych rozwiązań w projekcie RepRap, dokumentację techniczną należało uściślić i doprecyzować. Z założenia wszystkie komponenty, z których zbudowana jest drukarka, miały być elementami standardowymi i łatwo dostępnymi, jednakże w trakcie realizacji projektu okazało się, że w kilku przypadkach, zakup części przeznaczonych do budowy drukarki jest utrudniony. Kwestia ta dotyczyła przede wszystkim elektroniki. Zgodnie ze wskazówkami zawartymi w dokumentacji projektu RepRap, komponenty elektroniczne mogą zostać zakupione lub wykonane. Członkowie Koła Rapid Troopers zdecydowali się na zamówienie gotowego zestawu elektroniki z Niemiec. Niestety pojawiły się trudności zaopatrzeniowe, a po otrzymaniu komponentów elektronicznych, okazało się, że płytki drukowane dostarczono z wadami. Liczne problemy pojawiły się także podczas instalacji oprogramowania i nawiązywania połączenia z drukarką.

W celu zrealizowania niniejszego projektu powstał zespół interdyscyplinarny, ponieważ proces budowy drukarki wymaga wiedzy zarówno z dziedziny mechaniki, jak i elektroniki oraz informatyki. Drukarka RepRap, mimo że zmontowana i zaprogramowana, wymaga dalszej pracy, ze względu na potrzebę optymalizacji zarówno wydruków, jak i konstrukcji drukarki. Podczas realizacji projektu pojawiło się wiele pomysłów mogących usprawnić konstrukcję drukarki, dlatego zbudowanie modelu Mendel jest dopiero pierwszym krokiem na drodze kontynuacji projektu RepRap w Polsce.

Drukarka RepRap ze względu na dość niewielką dokładność wydruku nie może konkurować z profesjonalnymi, komercyjnymi drukarkami 3D. Nie jest to więc urządzenie mające być alternatywą dla maszyn stosowanych powszechnie w przemyśle. Drukarki RepRap dedykowane są raczej użytkownikom prywatnym i mają docelowo pełnić rolę analogiczną do używanych powszechnie drukarek

atramentowych. Poza tym realizacja projektu budowy drukarki RepRap może być poświęcona celom dydaktycznym, ze względu na wykorzystanie w jej konstrukcji wielu podstawowych rozwiązań zarówno mechanicznych, jak i elektronicznych.

LITERATURA

1. <http://reprap.org/wiki/RepRapWiki>About>
2. http://en.wikipedia.org/wiki/File:Reprap_Darwin.jpg
3. <http://blog.reprap.org/2010/05/major-new-scientist-reprap-article.html>
4. <http://humanityplus.org/gadaprize/>