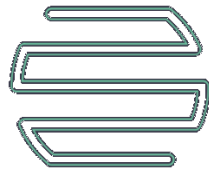




**Rada Kół  
Naukowych**

POLITECHNIKA WARSZAWSKA



**Koło Naukowe  
Druku 3D**

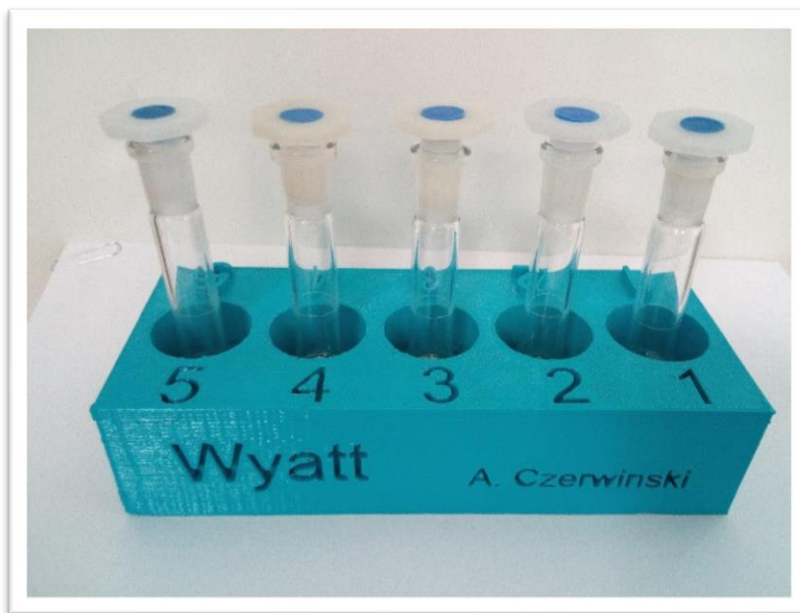
POLITECHNIKA WARSZAWSKA

Opis projektu Koła Naukowego Druku 3D w ramach  
Rezerwowej Puli na Projekty Naukowe 2019

**Eksperyment naukowy - Hybryda CAD/CAM/CNC/3D, czyli  
projektowanie i budowa drukarko-frezarki numerycznej 3D przez  
studentów PW.**

Druk 3D i wszelkiego rodzaju urządzenia sterowane numerycznie są niepodważalnie istotnymi dziedzinami wpływającymi na szybki rozwój i postęp cywilizacyjny [1][2]. Proces CAD/CAM/CNC (Computer Aided Design/ Computer Aided Manufacturing/ Computerized Numerical Control) to powszechna metoda stosowana przy produkcji produktów dotyczących wszystkich dziedzin ludzkiego życia, wypierająca pracę rąk ludzkich i zakłady rzemieślnicze. Druk 3D natomiast na stałe zadomowił się już w użyciu amatorskim, a jego gwałtowny rozwój dąży do zastosowania go na szeroką skalę zarówno w przemyśle jak i np. wysoce zaawansowanej medycynie [3]. Częścią wspólną obu metod jest tak naprawdę cały człon CAD/CAM/CNC. Zarówno przy programowaniu obrabiarki CNC jak i drukarki 3D potrzebny jest nam model w postaci wektorowej (CAD). Następnie trójwymiarowy model musi zostać przekształcony na język zrozumiały dla maszyny. W przypadku obrabiarek CNC odpowiedzialne są za to programy CAM. W przypadku drukarek 3D są to tzw. slicery. Różnicą jest kierunek działania – obrabiarki CNC programuje się w ten sposób, aby nadmiar materiału został usuwany, natomiast drukarki 3D są metodami addytywnymi – materiał jest nakładany/dodawany w określonych miejscach. Samo sterowanie maszyną (CNC) jest w obu przypadkach bardzo podobne. Najczęściej stosowanym językiem zrozumiałym zarówno dla drukarek jak i frezarek jest tzw. G-code.

Skoro są to tak bardzo podobne metody, to od razu nasuwa się pytanie dlaczego mimo wszystko są one tak różne od siebie i nie są powszechnie stosowane zamiennie. Każda z tych metod ma swoje zalety i wady. Rysunek nr 1 przedstawia statyw do kolbek miarowych wydrukowany przez KND3D metodą FDM. Czas wydruku to 19 godzin. Identyczny statyw moglibyśmy wykonać za pomocą frezarki CNC w około 1-5 min w zależności od możliwości maszyny i materiału jakim dysponujemy. Jednak w przypadku gdyby otwory nie były cylindryczne, a stożkowe, zwiężające się u góry – frezarka CNC miałaby ogromne problemy. Wymagałoby to co najmniej 5 osiowej maszyny i bardzo zaawansowanych umiejętności programatora/operatora. Czas całego procesu programowanie-wykonanie byłby bardzo długi. Dla drukarki 3D natomiast byłaby to żadna różnica. To samo dotyczy napisów. Naturą narzędzi obrotowych, które stosowane są we frezarkach jest to, że nie możliwe jest zrobienie idealnie ostrych krawędzi, zwłaszcza przy kątach poniżej 90 °. Naroża zawsze będą owalne (pomijam zaawansowane metody wieloosiowych maszyn obróbczych z możliwością wiercenia i frezowania mimośrodowo „nie w osi”, ponieważ są one nieliczne, skomplikowane i nieproporcjonalnie drogie). Drukarka 3D natomiast ma możliwość wykonania dowolnego kształtu.



Rysunek 1 Statyw do kolbek miarowych wydrukowany przez Koło Naukowe Druku 3D metodą FDM.

Czas wydruku w przypadku tego statywu był znacznie wydłużony ze względu na napisy boczne ustawione w pionie, co dla tego rodzaju metod jest sporym wyzwaniem. Gdyby nie to możliwe byłoby zredukowanie czasu wydruku nawet do 3 godzin. Gdybym dysponował proponowanym przez nas urządzeniem, czyli hybrydą frezarki CNC z drukarką 3D wydrukowałbym statyw bez napisów bocznych, o dowolnym kształcie otworów (cylindryczne/stożkowe) następnie wyfrezował napisy. W przypadku tak prostego i niewymagającego kształtu jak powyższy statyw jest możliwe wykonanie tego na dwóch maszynach – najpierw drukarka, później frezarka. Niestety w przypadku skomplikowanych, nieregularnych kształtów i przedmiotów wymagających wysokiej precyzji nie jest możliwe ponowne zamocowanie materiału. Raz zdjęty materiał bardzo ciężko założyć na maszynę zachowując wszelkie osie symetrii i wymiary. W przypadku obrabiarek CNC bardzo istotne jest zatem takie zaplanowanie kolejności prac, aby cały przedmiot wykonać na jednym mocowaniu elementu. Jeśli konieczne jest zdjęcie materiału, jego ponowne założenie trwa godzinami, a pomiary wymagają zaawansowanych technologicznie mierników np. laserów.

### **Wartość naukowo-dydaktyczna projektu i liczba beneficjentów**

Nasze koło wyróżnia się wysoką interdyscyplinarnością jej członków. Do koła należą studenci różnych wydziałów zarówno z dziedzin mechanicznych, elektrycznych, elektronicznych, chemicznych i matematycznych. Projekt wymaga od uczestników podjęcia wielu wyzwań:

- Konstrukcyjne (np. jak rozwiązać problem – frezarka CNC wymaga dużej stabilności mechanicznej, mocy i wytrzymałości, nie musi natomiast poruszać się z dużymi prędkościami. Drukarka 3D nie wytwarza natomiast dużych oporów podczas pracy. Konstrukcja powinna być lekka, a szybkość jak największa. Co zatem wybrać – wolne, ale dokładne i bardzo silne śruby kulowe/trapezowe? A może paski i koła zębate – mało dokładne, ale za to bardzo szybkie. A sama konstrukcja – aluminiowa z kątownikami (nie wierzcie, że są one stabilne), a może stalowa, spawana, solidna ale ciężka.)
- Elektryczno/elektroniczne (np. jak rozwiązać problem – serwa czy silniki krokowe. Pierwsze bardzo szybkie i zwrotne, ale o małym momencie obrotowym w stosunku do ceny oraz o dużej wadze. Drugie mocne, lżejsze, tańsze, ale wolne.)
- Chemiczne/materiałowe (np. jak rozwiązać problem ścierających się zębatek ekstrudera? Anodowanie aluminium, a może tytanu?)

- Matematyczne/programowe (np. jak rozwiązać problem – hybryda CNC druk 3D wymaga odpowiedniego zaprogramowania, połączenia moduły CAM i slicera. Nie jest to jednak połączenie blokowe, najpierw jedno później drugie. Chcemy stosować te metody naprzemiennie, a nie będziemy przecież siedzieć w notatniku i przeklejać g-code)

Mamy nadzieję opracować nowe techniki i rozwiązania, które mogłyby zostać opublikowane w czasopiśmie naukowych, a być może nawet opatentowane. Hybrydowa frezarka-drukarka 3D mogłaby natomiast służyć do nauki dla studentów zarówno w ramach współpracy jaką oferujemy jako koło naukowe dla wszystkich studentów PW jak i być może przyszłego Parku Maszynowego mającego pojawić się niebawem w CZIiT PW i kursów druku 3D, które będą najprawdopodobniej prowadzone przez członków KND3D.

### **Innowacyjność**

Nie został opracowany do tej pory kompleksowy system łączący druk 3D z CNC. Wszelkie doniesienia o tego typu połączeniach prowadzą jedynie do powstawania dużych centrów obróbczych. Problemem jest zmniejszenie skali dla powszechnego użytku. Drukarki 3D wyposażone w tzw. Moduły CNC mają tak ograniczone możliwości, że można stosować je tylko jako „zabawki”.

### **Potencjał rozwojowy i medialność**

Projekt jest kontynuacją prowadzonych przez nas już wcześniej badań nad metodami CNC w druku 3D. Pierwszą potrzebą takiej maszyny pojawiła się podczas współpracy z Parkiem Naukowo Technologicznym "Świerk", gdzie mogliśmy zaznajomić się z jednymi z najbardziej zaawansowanych metod drukowania z metali w Polsce. Okazuje się, że również w przypadku drukarek kosztujących miliony złotych usuwanie podpór (w tym wypadku z metali, np. tytanu!) nadal musi odbywać się ręcznie. Są to procesy które potrafią trwać nawet kilka dni. Te same problemy mamy przy wydruku z wytrzymałych tworzyw sztucznych np. nylon lub PEEK. Dostaliśmy dofinansowanie z Miasta Stołecznego Warszawy w ramach Polskiej Fundacji Dzieci i Młodzieży na budowę prototypowej frezarki CNC. Otrzymaliśmy 1800 zł i zbudowaliśmy możliwie najlepszą maszynę. Zaprezentowaliśmy ją podczas gali projektów i spotkaliśmy się z ogromnym zainteresowaniem ze strony oglądających (rysunek 2.)[4] Maszyna w tej cenie nie spełnia jednak podstawowych wymagań mechanicznych wymaganych do wykorzystania jej w dalszych pracach z materiałami twardymi. Nauczyliśmy się jednak bardzo wiele, zarówno w kwestii obsługi jak i programowania. Stąd nasza chęć kontynuowania projektu w bardziej zaawansowanej formie.



*Rysunek 2 – Studenci KND 3D i ich frezarka CNC podczas gali projektów Polskiej Fundacji Dzieci i Młodzieży*

Budowa hybrydowej drukarko-frezarki CNC/3D ma opierać się na zdobytym przez nas doświadczeniu w dziedzinach druku 3D i sterowania maszynami numerycznymi. Projekt takiej drukarki udoskonalamy już od dawna i wciąż rozwiązujemy pojawiające się problemy. Pomocna jest w tym wypadku wspomniana wcześniej interdyscyplinarność naszych członków. Każdy z nich dostarcza nowych, wyjątkowych pomysłów i możliwości. Drukarka oprócz połączenia dwóch metod ma wyróżniać się zwiększonym polem roboczym (w zależności od funduszy nawet do 80x60 cm) i czwartą osią obrotową – rzeczą bardzo rzadko spotykaną w drukarkach obecnych na rynku w przedziale cenowym kilkunastu/kilkudziesięciu tysięcy złotych. Konstrukcja maszyny tego typu byłaby innowacją w skali całej uczelni i mogłaby zostać wykorzystywana do nauki przez studentów PW.

## Bibliografia

- [1] Campbell, Thomas, et al. "Could 3D printing change the world." *Technologies, Potential, and Implications of Additive Manufacturing*, Atlantic Council, Washington, DC 3 (2011).
- [2] Heynick, Mitch, and Ivo Stotz. "3D CAD, CAM and rapid prototyping." *LAPA Digital Technology Seminar Workshop*. Vol. 1. 2006.
- [3] Marti, P., et al. "Trends in use of 3D printing in vascular surgery: a survey." *International angiology: a journal of the International Union of Angiology* (2019).
- [4] <https://www.um.warszawa.pl/aktualnosci/warszawska-m-odzie-pe-na-pomys-w>