

Opracowanie metody wytwarzania przyrostowego cienkościennych metalowych elementów o ażurowej budowie

Magdalena Dziużańska, Alicja Jankiewicz, Emil Pająk

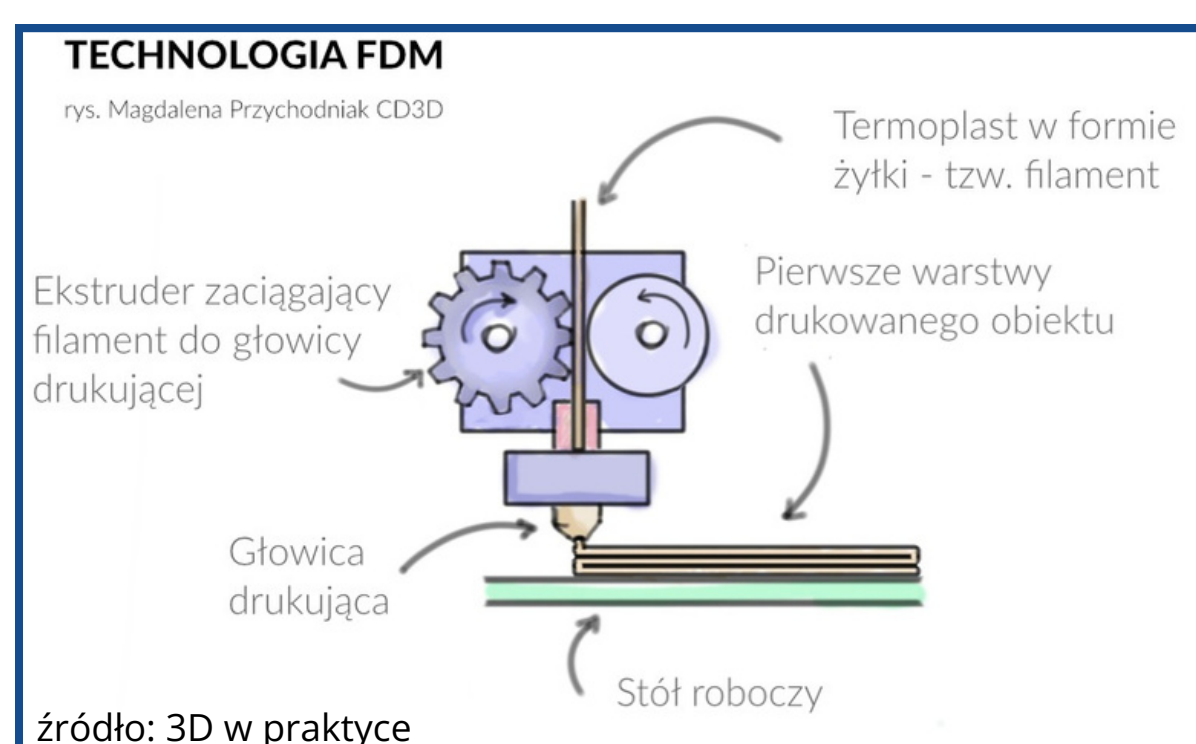
V Liceum Ogólnokształcącego z oddziałami dwujęzycznymi im A.Struga w Gliwicach

Opiekun: dr inż. Błażej Tomiczek, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska



Cel pracy

Celem projektu było opracowanie metodyki wytwarzania cienkościennych, ażurowych, przestrzennych materiałów metalowych w formie **szkieletów o zróżnicowanej geometrii**, które mogą znaleźć zastosowanie jako elementy lekkich konstrukcji o podwyższonej wytrzymałości. Główne prace badawcze polegały na porównaniu dostępnych materiałów bazowych w postaci wysokonapełnionych filamentów, w kontekście otrzymania pożądanych własności użytkowych wytwarzanych przyrostowo szkieletów metalowych. Kolejne zadania dotyczyły zaproponowania i zaprojektowania przestrzennych struktur przy użyciu oprogramowania CAD z uwzględnieniem ich geometrii początkowej, a także jej zmian w trakcie procesu wytwarzania. Następnie wykonano dobór warunków degradacji i spiekania w celu otrzymania cienkościennych metalowych szkieletów o ażurowej budowie. Końcowym etapem pracy była realizacja badań otrzymanych materiałów przy pomocy zaawansowanych badań strukturalnych.

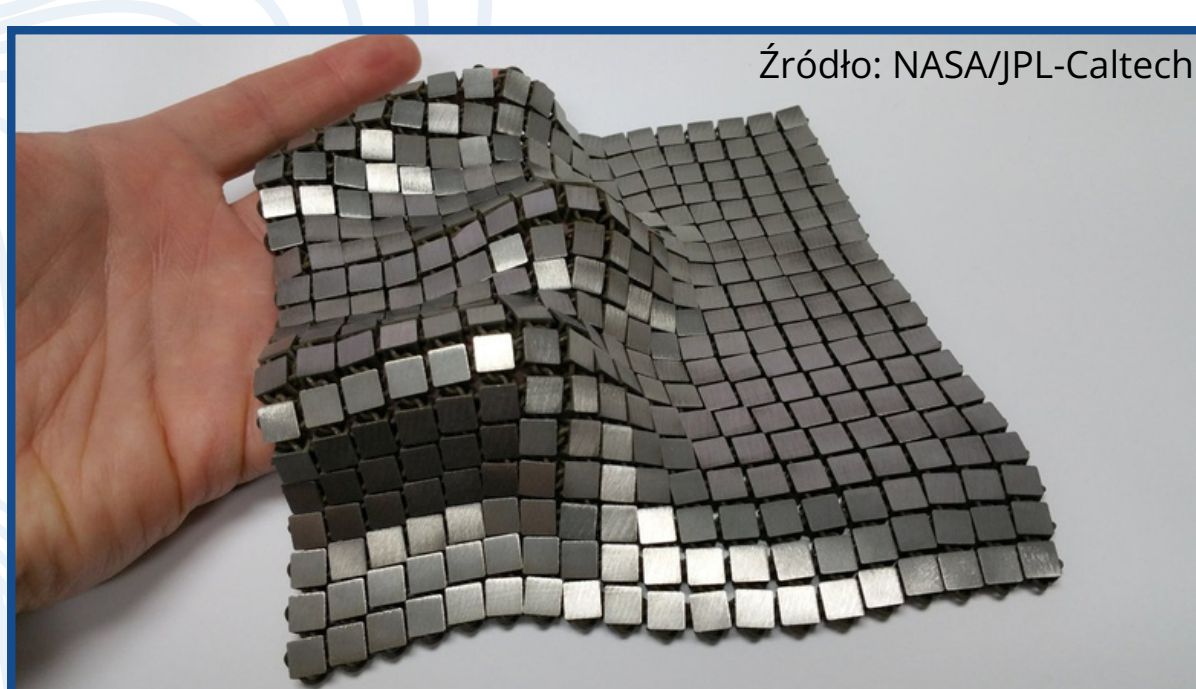


Rys. 1. Schemat technologii FDM

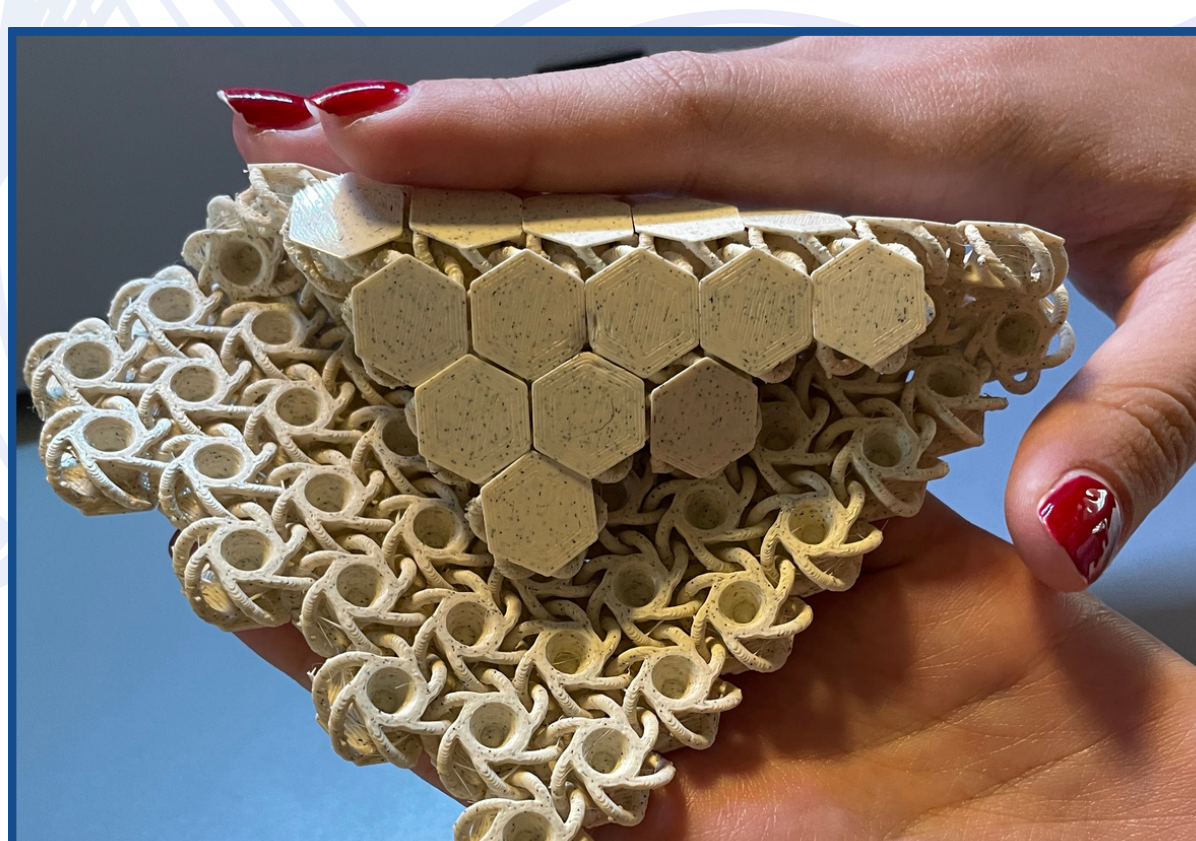
Inspiracja

W trakcie realizacji projektu analizowano różne przykłady elementów możliwych do wytworzenia przy użyciu druku 3D. Zdecydowano podjąć się wytworzenia elementów połączonych ze sobą w sposób nierozłączny, a równocześnie umożliwiający wzajemnych ruch. Inspiracją był otrzymany przez NASA **"kosmiczny materiał"** (ang. Space Fabric) zaprezentowany na rys. 2.

Nie wszystko co jest wydrukowane musi mieć sztywny, nieelastyczny kształt. Metoda druku addytywnego pozwala na otrzymanie **skomplikowanych geometrii**, których uzyskanie metodą ubytkową byłoby bardzo trudne i kosztowne. Najlepszym przykładem są tkaniny drukowane 3D. Są one bardzo wytrzymałe, lekkie i umożliwiają wyginanie się materiału.



Rys. 2. "Kosmiczny materiał" wydrukowany przez NASA

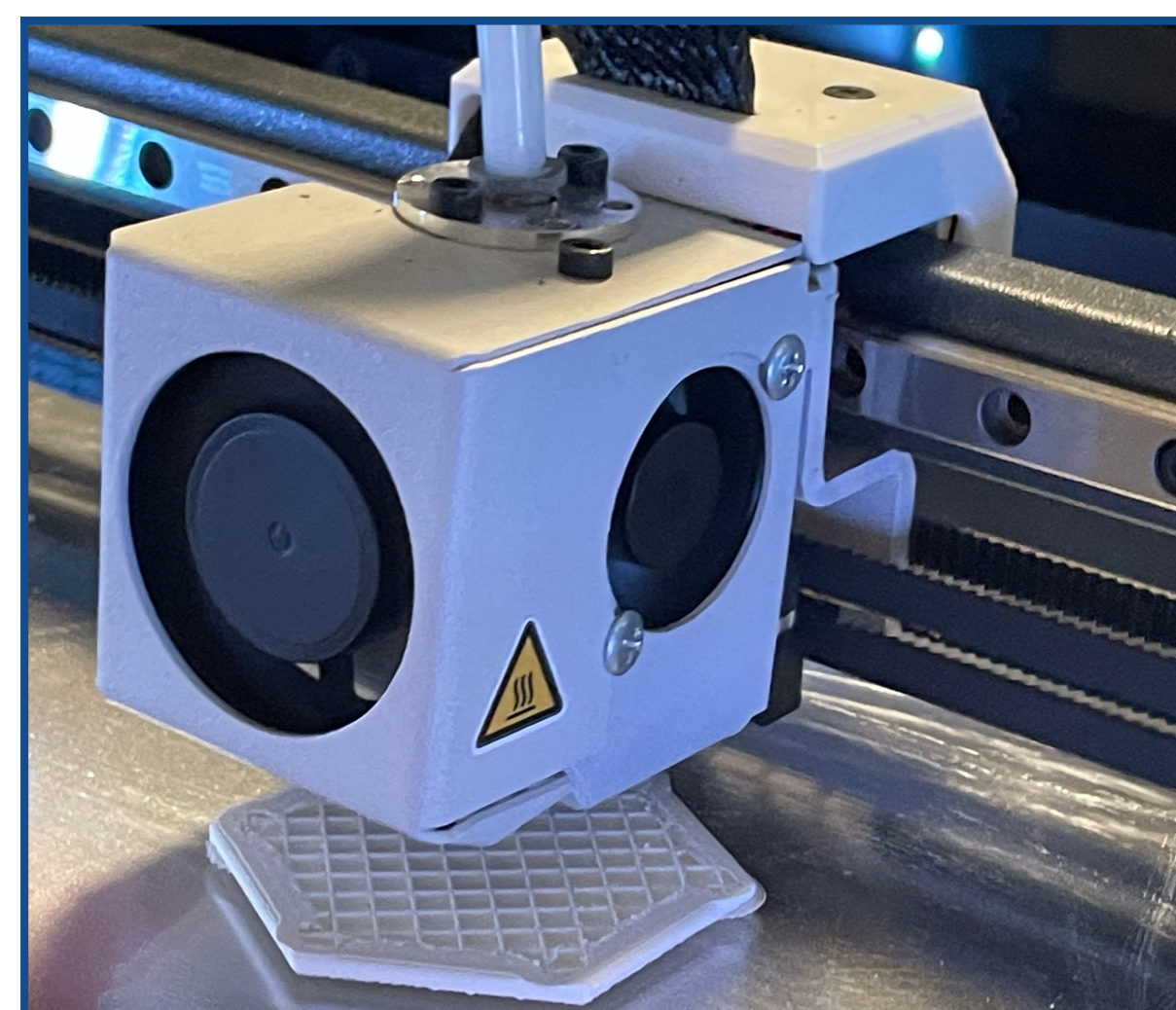


Rys. 3. Widok materiału po wydruku metodą FDM

Nowa technologia

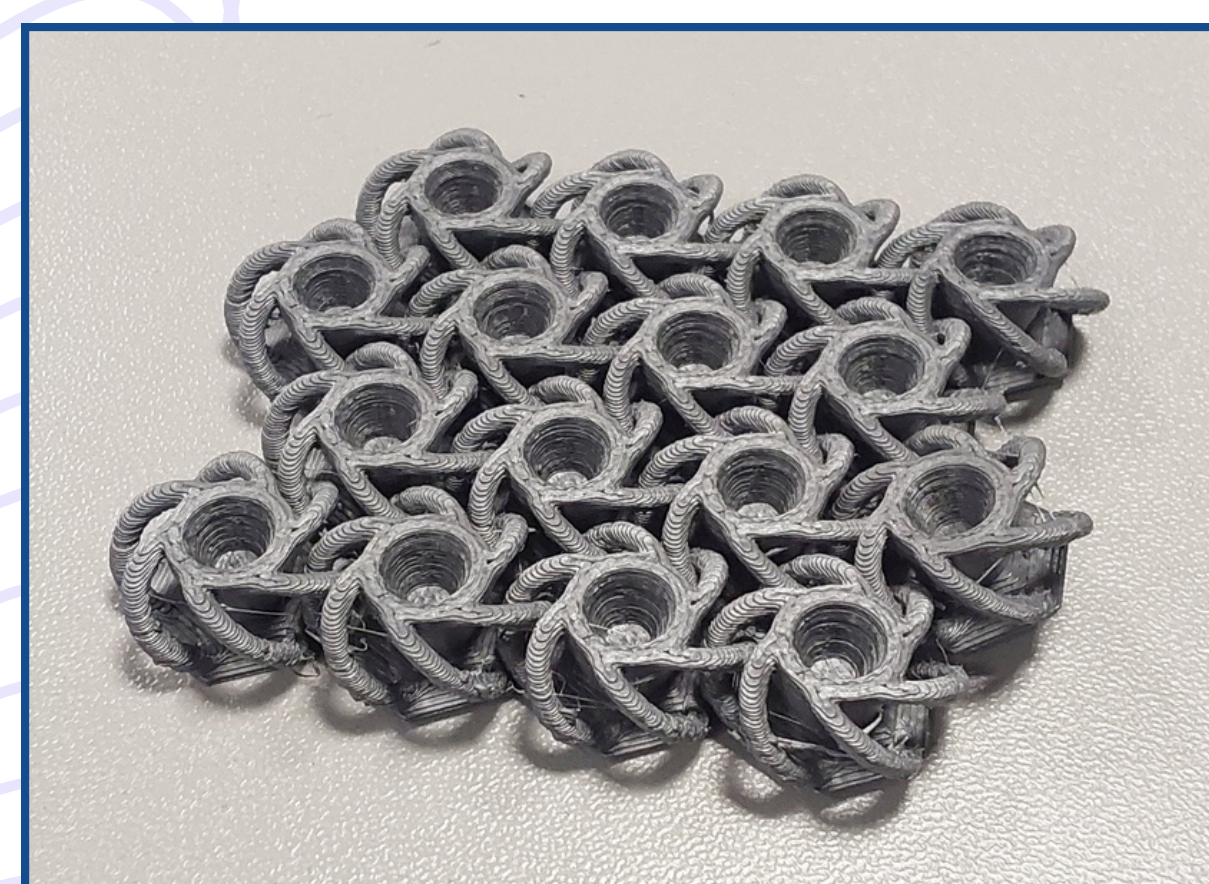
Cała idea polega na wydrukowaniu wielu połączonych ze sobą elementów, przypominających swoją budową kolczugę (ang. chain mail) gdzie każdy z nich nie ma możliwości zginania się, lecz spoglądając na kilka elementów jako zespół jest to jak najbardziej możliwe. Zastosowanie technologii tej dostrzegła NASA, która do ochrony przed pyłem międzyplanetarnym statków kosmicznych i skafandrów astronautów planuje wykorzystać właśnie materiał drukowany 3D. Innym przykładem przyszłego wykorzystania zaproponowanym przez NASA jest pokrycie nóg lądowików, których zadaniem byłoby lądowanie na pokrytych lodem ciałach niebieskich np. na księżycu Jowisza - Europie. Materiał ten byłby w stanie dopasować się do podłoża oraz **izolować** statek kosmiczny w taki sposób, że nie topiłby się pod nim lód. Osiągnięcie to z pewnością byłoby przełomowe, szczególnie w takich dziedzinach jak badanie kosmosu, gdzie dostęp do nowych materiałów jest ograniczony.

Wyróżnia się wiele metod druku 3D jednak chcielibyśmy się skupić na FDM (ang. Fused Deposition Modeling). Pozwala ona na kreowanie modelu z **filamentu**, czyli materiału w postaci żyłki, który jest wprowadzany do **ekstrudera** - urządzenia mającego za zadanie dozowanie ilości i prędkości z jaką materiał jest przesuwany do **głowicy** (Rys. 4), czyli miejsca, gdzie filament jest podgrzewany i roztopiany. Elementem, który przemieszcza się w przestrzeni jest właśnie głowica, która przetłacza stopiony filament na drukowany model warstwa po warstwie stopniowo się podnosząc.



Rys. 4. Głowica w trakcie druku modelu

Druk 3D jest produkcją addytywną, oznacza to, iż opiera się na nakładaniu i łączeniu kolejnych warstw materiału, w wyniku czego powstają pożądane przedmioty. Po wydruku model zazwyczaj należy poddać **obróbce wykończeniowej**, która opiera się np. na usunięciu podpór i wygładzeniu krawędzi. Techniki addytywne znajdują zastosowanie w przypadku przedmiotów o **skomplikowanym kształcie** geometrycznym, produkcji **małoseryjnej** oraz przy tworzeniu **prototypów**. Wytwarzanie przyrostowe zapewnia dużo mniejsze straty materiałowe niż techniki subtraktywne. Techniki addytywne okazują się niezwykle przydatne w przypadku konieczności wytworzenia brakującego elementu urządzenia, na który normalnie czas oczekiwania byłby znacznie dłuższy.



Rys. 5. Widok materiału po degradacji termicznej

Efekty projektu

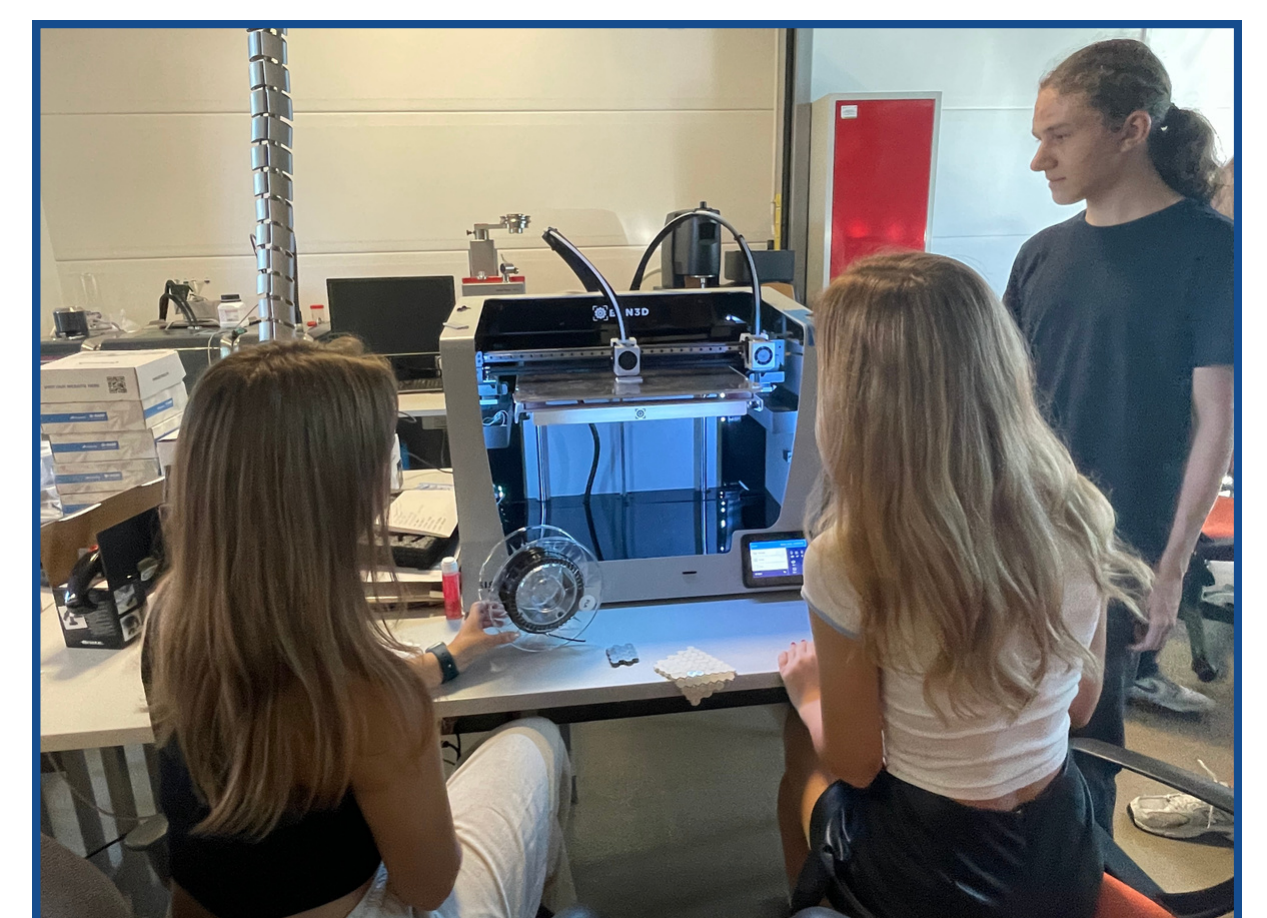
Podczas pracy nad naszym modelem wykorzystaliśmy specjalny wysoko napełniany filament, który jest mieszanką **proszku metalicznego** z **polimerem**, tzw. lepiszczem. Po wykonaniu wydruku, aby otrzymać metal bez zanieczyszczeń należy pozbyć się zawartych w strukturze materiału polimerów. Efekt ten można otrzymać poprzez degradację termiczną. Pod długotrwałym wpływem wysokiej temperatury, polimerowe lepiszcze uległy degradacji i **przemianie w stan gazowy**. Ważne aby pamiętać, że podczas tego procesu należy zachować atmosferę ochronną, gdyż metal pod wpływem wysokiej temperatury ulega kontaminacji i zostałby utleniony.

Etap ten jest niezwykle trudny do optymalizacji, szczególnie jeżeli chodzi o powolny wzrost temperatury który ma spowodować degradację polimerowego lepiszcza, przy zachowaniu geometrii wydrukowanego elementu. Dystorsja, pęknięcia i nadmierny skurcz mogą zniweczyć starania i doprowadzić do uszkodzenia wytwarzanego elementu. Ze względu na ograniczenia wymiarowe pieca do obróbki cieplnej, wytworzono metalowy element także techniką selektywnego przetapiania laserowego (rys. 6).



Rys. 6. Widok metalowego materiału wytworzonego przyrostowo

Nasz zespół



Rys. 7. Nasz zespół przy pracy w laboratorium Politechniki Śląskiej. Od lewej Alicja Jankiewicz, Magdalena Dziużańska, Emil Pająk

Podziękowania

Prace badawcze zostały zrealizowane w ramach I konkursu finansowania projektów realizowanych z uczniami szkół ponadpodstawowych w ramach programu Inicjatywa Doskonałości - Uczelnia Badawcza

Źródła

- Agnieszka Staniszevska <https://automatykaonline.pl/Artykuly/Druk-3D/Methody-wytwarzania-przyrostowego>
- Elizabeth Landau <https://www.jpl.nasa.gov/news/space-fabric-links-fashion-and-engineering>
- Magdalena Przychodniak <https://centrumdruku3d.pl/technologie-fdm-rozdzial-1-co-to-jest-i-na-czym-polega/>
- Christopher Williams, Negar Kalanatar, Alireza Borhani <https://icat.vt.edu/projects/misc/3d-printing-flexible-textile-structures.html>
- Connor M. <https://www.youtube.com/watch?v=W4bZlf3B3gc>
- Halling Slimta <https://www.printables.com/pl/model/205674-nasa-chainmail-4x4-8x8-12x16-and-32x34>
- Connor M. <https://www.thingiverse.com/thing:2437081>