

KARTA MIKROWARSZTATU

Nazwa mikrowarsztatu: Projektowanie i technologie przyrostowe w obiegu zamkniętym: od modelowania CAD i druku 3D do przemysłowego zastosowania laserów i recyklingu tworzyw sztucznych.

Nazwa Wydziału: Wydział Mechaniczny Technologiczny

Prowadzący: dr h.c. dr hab. inż. Mirosław Boniek, prof. PŚ, dr inż. Agnieszka J. Nowak, dr inż. Mariusz Król

Skrócony opis mikrowarsztatu (treści kształcenia):

Kurs obejmuje zagadnienia projektowania i technologii przyrostowych w kontekście gospodarki o obiegu zamkniętym, ze szczególnym uwzględnieniem pełnego cyklu życia produktu – od fazy koncepcyjnej po etap wdrożenia przemysłowego i recyklingu materiałowego. Podczas kursu analizowane są metody modelowania CAD wspierające projektowanie struktur zoptymalizowanych pod kątem wytwarzania addytywnego, w tym redukcji masy, zużycia materiału oraz energochłonności procesu. Szczególną uwagę poświęcono technologiom druku 3D, wraz z ich integracją z przemysłowymi systemami laserowymi stosowanymi w procesach wytwarzania, obróbki i modyfikacji właściwości materiałów inżynierskich. W ramach kursu przedstawiono także rolę technologii laserowych w poprawie wyrobów, zwiększeniu efektywności produkcji oraz zamykaniu obiegu materiałowego oraz gospodarkę o obiegu zamkniętym na rzeczywistym przykładzie - wykorzystanie tworzyw sztucznych pochodzących z recyklingu w technologiach przyrostowych oraz możliwości ich ponownego przetwarzania bez istotnej utraty właściwości użytkowych. Całość treści kursu ujęta jest w perspektywie zrównoważonego rozwoju, wskazując na potencjał technologii przyrostowych jako kluczowego narzędzia transformacji nowoczesnego przemysłu w kierunku efektywności zasobowej i ograniczenia wpływu na środowisko.

Opis mikrowarsztatu:

Mikrokurs realizowany na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej pod merytorycznym kierownictwem dr h.c. dr hab. inż. Mirosława Bonka prof. Pol. Śl. stanowi kompleksową odpowiedź na współczesne wyzwania gospodarki o obiegu zamkniętym w obszarze mechanicznego przetwórstwa polimerów oraz odpadów polimerowych. Program zajęć został skonstruowany w sposób integrujący nowoczesne metody modelowania CAD, ze szczególnym uwzględnieniem optymalizacji topologicznej, która pozwala na matematyczną redukcję masy i objętości materiału przy zachowaniu wymaganej wytrzymałości konstrukcyjnej, z zaawansowanymi technologiami przyrostowymi, takimi jak FDM, SLA oraz laserowe stapianie proszków metali SLM. Takie podejście pozwala uczestnikom na zrozumienie pełnego cyklu życia materiału – od fazy świadomego projektu opartego na algorytmicznym oszczędzaniu surowca, aż do jego ponownego wykorzystania w obiegu zamkniętym. Podczas dziesięciu zaplanowanych spotkań seminaryjnych uczestnicy zgłębiają technologie mechanicznego recyklingu, a kurs kładzie szczególny nacisk na praktyczne aspekty mechanicznego mielenia nieudanych wydruków oraz elementów wsporczych. Proces ten stanowi kluczowy etap recyklingu mechanicznego, pozwalający na przekształcenie odpadów polimerowych w rozdrobniony regranulat lub płatki. Tak przygotowany surowiec wtórny może zostać poddany ponownej ekstruzji, w wyniku której powstaje nowy filament gotowy do wykorzystania w technologii FDM, co bezpośrednio realizuje założenia gospodarki o obiegu zamkniętym. Proces ten umożliwia efektywny upcycling materiałów termoplastycznych, choć wymaga precyzyjnej kontroli czystości frakcji oraz zrozumienia mechanizmów degradacji, aby uniknąć obniżenia właściwości mechanicznych gotowych modeli. Wdrożenie mechanicznego mielenia oraz optymalizacji topologicznej w cykl produkcyjny pozwala na znaczną redukcję ilości generowanych odpadów oraz istotne obniżenie śladu węglowego całego procesu druku 3D. Rozszerzenie kursu o laserowe metody przyrostowe oraz wizyty studyjne w firmach zajmujących się przemysłowym cięciem laserowym pozwala na konfrontację wiedzy teoretycznej z realnymi procesami wytwórczymi, uwzględniającymi analizę strat materiałowych oraz optymalizację rozkładu elementów (nesting) w celu minimalizacji odpadów poprodukcyjnych. Całość zagadnień dopełnia analiza cyklu życia (LCA), ocena śladu węglowego oraz wpływ procesów na emisje i zużycie energii, co jest nierozdzielnie związane z wymogami regulacyjnymi Unii Europejskiej i uwarunkowaniami ekonomicznymi wdrażania nowych technologii. łączny nakład pracy wynosi 30 godzin, obejmując 20 godzin bezpośredniego udziału w zajęciach oraz 10 godzin pracy własnej, co pozwala na uzyskanie 1 punktu ECTS po zaliczeniu kolokwium pisemnego, wymagającego opanowania minimum 51% materiału. Dzięki tak szerokiemu podejściu studenci zdobywają zdolność krytycznej oceny wiedzy i projektowania nowoczesnych, oszczędnych materiałowo procesów w obszarze mechanicznego recyklingu, stając się kompetentnymi ekspertami przygotowanymi do rozwiązywania złożonych problemów praktycznych. Kurs składa się z 10 spotkań seminaryjnych o następującej tematyce.

Wykład/Ćwiczenia/Laboratorium/Projekt:

1. Wprowadzenie do druku 3D i Circular Economy. Rola technologii przyrostowych w redukcji odpadów. Porównanie metod recyklingu.
2. Wstęp i Modelowanie CAD. Podstawy projektowania parametrycznego pod technologie przyrostowe i cięcie laserowe (nesting).
3. Modelowanie CAD. Optymalizacja topologiczna i projektowanie struktur generatywnych w celu oszczędności materiału.
4. Technologia FDM (Fused Deposition Modeling). Parametry procesu, dobór materiałów (PLA, PETG, ABS).
5. Technologia FDM i mechaniczny recykling (mielenie, regranulacja, re-ekstruzja filamentu). Charakterystyka odpadów.
6. Technologia SLA (Stereolitografia). Druk z żywic światłoczułych, obróbka post-processingu i wyzwania związane z utylizacją odpadów płynnych. Aspekty środowiskowe.
7. Technologia SLM (Selective Laser Melting). Druk 3D z metali, zarządzanie proszkami metalicznymi i ich regeneracja.



Nowoczesne procesy.

8. Analiza cyklu życia wydruków 3D. Ocena śladu węglowego różnych technologii (FDM vs SLA vs SLM) i analiza ekonomiczna wdrożenia recyklingu. Ocena cyklu życia i wymogi UE.3
9. Wizyta studyjna: Przemysłowe systemy laserowe. Praktyczny pokaz cięcia laserowego CNC. Analiza strat materiałowych, gazów procesowych i BHP w pracy z laserami dużej mocy.
10. Wizyta studyjna: Wysoko energetyczne systemy obróbki materiałów.

Liczba godzin zajęć z bezpośrednim udziałem prowadzącego i studentów:	20
Liczba godzin przeznaczonych na pracę własną studenta:	10
Całkowita liczba godzin:	30
Liczba punktów ECTS:	1
Forma zaliczenia:	<i>kolokwium zaliczeniowe</i>

Literatura:

1. Gibson, I., Rosen, D., Stucker, B. Additive Manufacturing Technologies.
2. Rahimi, A., García, J.M. Chemical Recycling of Plastics by Depolymerization.
3. Ragaert, K. Chemical Recycling of Plastic Waste.
4. Gebhardt A., Understanding Additive Manufacturing, Hanser
5. Bikas H. et al., Design for Additive Manufacturing, Procedia Manufacturing

Efekty uczenia się

Wiedza

Student zna i rozumie:

1. Student zna i rozumie: w zaawansowanym stopniu technologie przyrostowe (FDM, SLA, SLM) oraz zasady projektowania CAD z uwzględnieniem optymalizacji pod cięcie laserowe.
2. Student zna i rozumie: mechaniczne metody recyklingu polimerów wykorzystywanych w druku 3D.
3. Student posiada wiedzę: na temat możliwości przetwarzania odpadów poprodukcyjnych (np. podpór, nieudanych wydruków).

Umiejętności

Student potrafi:

1. Student potrafi: samodzielnie planować proces wytwórczy, dobierając odpowiednią technologię laserową lub przyrostową do postawionego zadania inżynierskiego.
2. Student potrafi: przeprowadzić analizę możliwości recyklingu dla konkretnego materiału polimerowego stosowanego w druku 3D oraz zaplanować ścieżkę jego upcyklingu.
3. Student potrafi: projektować obiekty w środowisku CAD w sposób ograniczający ilość odpadów.

Kompetencje społeczne

Student jest gotów do:

1. Student jest gotów do: krytycznej oceny posiadanej wiedzy oraz zasięgnięcia opinii ekspertów w przypadku napotkania złożonych problemów technologicznych w gospodarce o obiegu zamkniętym.
2. Student posiada zdolność: szerokiego zrozumienia ograniczeń i perspektyw rozwoju recyklingu mechanicznego oraz wpływu technologii laserowych na środowisko.

Metody i kryteria oceniania:

Forma zaliczenia: Kolokwium zaliczeniowe w formie pisemnej (testowej lub opisowej), obejmujące zagadnienia omawiane podczas seminariów oraz obserwacje z wizyty studyjnej.

Uwaga: Obecność na wizycie studyjnej w firmie zajmującej się cięciem laserowym jest obowiązkowa i stanowi warunek dopuszczenia do kolokwium zaliczeniowego.