

**Opis poszczególnych przedmiotów lub grup przedmiotów dla studiów podyplomowych
pn. *Kształtowanie przyrostowe 3D w technologiach przemysłowych*” prowadzonych
na Wydziale Mechanicznym Technologicznym i Wydziale Inżynierii Materiałowej**

1.	Nazwa przedmiotu lub grupy przedmiotu	Aspekty technologiczne druku 3D
2.	Tryb prowadzenia zajęć (zdalny/stacjonarny)	stacjonarny
3.	Liczba punktów ECTS przypisana do przedmiotu lub grupy przedmiotów	2 ECTS
4.	Formy prowadzenia zajęć dla przedmiotu lub grupy przedmiotu z przypisaną liczbą godzin	Wykład (17 godz.)
5.	Treści programowe dla przedmiotu lub grupy przedmiotów	

Wykład 1
Wytwarzanie przyrostowe – 4 godz.

1) Charakterystyka koncepcji wytwarzania przyrostowego (opis procesu budowania obiektów przez nakładanie warstw materiału z omówieniem metod łączenia i analizą zjawisk fizyko-chemicznych towarzyszących powstaniu trwałych połączeń) – **2 godz.**

2) Kluczowe podziały procesów wytwarzania przyrostowego ze względu na stosowane technologie (zgodnie z ISO/ASTM 52900) – z uwzględnieniem rodzaju wykorzystywanych materiałów (metali, polimerów, kompozytów, ceramiki) i procesów towarzyszących osadzaniu warstw: termicznych (topienie, spiekanie), adhezyjnych i chemicznych (reakcje polimeryzacji) – **2 godz.**

Wykład 2
Urządzenia technologiczne w wytwarzaniu przyrostowym (charakterystyka, warunki doboru i eksploatacji urządzeń SLA, DLP, SLS/DMLS {Selective Laser Melting / Direct Metal Laser Sintering}, EBM {Electron Beam Melting}, WAAM {Wire Arc Additive Manufacturing} i innych z przykładem urządzeń do kierunkowej dystrybucji energii w osadzonym materiale {Directed Energy Deposition}; charakterystyka i dobór przewodników i głowic drukujących) – **2 godz.**

Wykład 3
Tworzywa polimerowe w wytwarzaniu przyrostowym – 4 godz.

1) Charakterystyka materiałowo-technologiczna oraz podział tworzyw polimerowych stosowanych w procesach druku 3D – aspekty funkcjonalne w procesie technologicznym wytwarzania addytywnego – **2 godz.**

2) Kompatybilność między technologią przyrostową i funkcjonalnością polimerów z uwzględnieniem specyfiki procesu wytwarzania addytywnego – analiza powiązań między charakterystykami materiałów a wymaganiami technologii – **2 godz.**

Wykład 4
Lasery w wytwarzaniu przyrostowym (charakterystyka promieniowania laserowego i klasyfikacja laserów wykorzystywanych w technologiach addytywnych z uwzględnieniem metod i rozwiązań konstrukcyjnych ogniskowania wiązki laserowej) – **2 godz.**

Wykład 5
Projektowanie technologiczne (analiza uwarunkowań i kluczowych zmian w filozofii projektowania i konstruowania zorientowanego w wytwarzaniu przyrostowym) – **2 godz.**

Wykład 6
Struktura WW i post-procesing powierzchni (techniki modyfikacji powierzchni, np. polerowanie, anodowanie i powłoki ochronne oraz ich zastosowanie w przemyśle; analiza właściwości struktury geometrycznej powierzchni (SGP) – **2 godz.**

Kolokwium – 1 godz.

6.	Formy weryfikacji i oceny osiąganych efektów kształcenia (warunki i sposób zaliczenia).	
----	---	--

Kolokwium. Osiągnięcie efektów weryfikowane jest podczas kolokwium pisemnego i wykonanego przez każdego uczestnika indywidualnie – opracowania rozwiązań materiałowo-technologicznych (na bazie materiałów z wykładu i przeglądu literatury). Sprawdzian pisemny (na ostatnim wykładzie) jest z zagadnień prezentowanych na zajęciach, związanych z tematyką przedmiotu zawartą w Sylabusie, przy następującej skali ocen:

ocena 2 – poniżej 50% poprawnych odpowiedzi;

ocena 3 – 50 ÷ 60% poprawnych odpowiedzi;

ocena 3,5 – 61 ÷ 70% poprawnych odpowiedzi; ocena 4 – 71 ÷ 80% poprawnych odpowiedzi; ocena 4,5 – 81 ÷ 90% poprawnych odpowiedzi; ocena 5 – powyżej 91% poprawnych odpowiedzi. Ocenę bardzo dobrą otrzymuje uczestnik, który posiadał wiedzę, umiejętności i kompetencje przewidziane efektami kształcenia, a ponadto wykazuje zainteresowanie przedmiotem, w sposób twórczy podchodzi do powierzonych zadań i wykazuje się samodzielnością w zdobywaniu wiedzy, jest wytrwały w pokonywaniu trudności oraz systematyczny w pracy. Ocenę dobrą otrzymuje uczestnik, który posiadał wiedzę i umiejętności przewidziane programem nauczania w stopniu dobrym. Potrafi rozwiązywać zadania i problemy o średnim stopniu trudności. Ocenę dostateczną otrzymuje uczestnik, który posiadał wiedzę i umiejętności przewidziane programem nauczania w stopniu dostatecznym. Samodzielnie rozwiązuje zadania i problemy o niskim stopniu trudności. W jego wiedzy i umiejętnościach zauważalne są luki, które potrafi jednak uzupełnić pod kierunkiem nauczyciela. Ocenę niedostateczną otrzymuje uczestnik, który nie posiadał wiedzy, umiejętności i kompetencji w zakresie koniecznych wymagań.		
7.	Efekty uczenia się przypisane do tych przedmiotów lub grup przedmiotów i ich odniesienie do efektów uczenia się dla programu studiów podyplomowych.	
Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu lub grupy przedmiotów	Opis efektu uczenia się dla przedmiotu lub grupy przedmiotów	Symbol efektu uczenia się dla programu studiów podyplomowych
Wiedza		
01	Zna podstawowe procesy i zjawiska towarzyszące budowaniu obiektów przez nakładanie warstw.	KP_W01
02	Ma wiedzę dotyczącą maszyn stosowanych w technologiach przyrostowych.	KP_W02
03	Ma wiedzę dotyczącą uwarunkowań materiałowo-technologicznych stosowanych w technologiach przyrostowych wytwarzania polimerów.	KP_W03
04	Ma wiedzę z zakresu podstaw technologii laserowych w druku 3D	KP_W04
05	Ma wiedzę dotyczącą uwarunkowań przy projektowaniu i konstruowaniu zorientowanym na wytwarzanie przyrostowe.	KP_W05
06	Rozumie znaczenie post-processingu – zna metody obróbki cieplnej i powierzchniowej oraz ich wpływ na właściwości mechaniczne i użytkowe materiałów.	KP_W06
Umiejętności		
01	Potrafi zaprojektować proces technologiczny wyrobów o różnym stopniu złożoności wytwarzanych w technologii 3D.	KP_U01
02	Potrafi zastosować właściwą technologię przyrostową do wytworzenia wyrobu o określonych właściwościach.	KP_U02
03	Potrafi przygotować, przetestować i uruchomić na maszynie 3D proces technologiczny.	KP_U03
04	Potrafi opracować konstrukcję typowej części wytwarzanej w technologii druku 3D z uwzględnieniem specyfikacji technologii 3D.	KP_U04
Kompetencje społeczne		

01	Potrafi krytycznie ocenić swoją wiedzę i umiejętności.	KP_K01
02	Ma świadomość roli inżyniera w społeczeństwie oraz potrafi przekazać społeczeństwu wiedzę dotyczącą aktualnych osiągnięć techniki i działalności inżynierskiej.	KP_K02
03	Ma świadomość skutków działalności inżynierskiej. Ma świadomość odpowiedzialności za podejmowane decyzje.	KP_K03

1.	Nazwa przedmiotu lub grupy przedmiotu	Aspekty materiałowe druku 3D
2.	Tryb prowadzenia zajęć (zdalny/stacjonarny)	stacjonarny
3.	Liczba punktów ECTS przypisana do przedmiotu lub grupy przedmiotów	2 ECTS
4.	Formy prowadzenia zajęć dla przedmiotu lub grupy przedmiotu z przypisaną liczbą godzin	Wykład (17 godz.)
5.	Treści programowe dla przedmiotu lub grupy przedmiotów	

Wykład 1
Materiały w druku 3D – 4 godz.

1) Charakterystyka materiałów w druku 3D (polimery, metale, ceramika, kompozyty) – podział, metody otrzymywania, właściwości (lepkość, gęstość, temperatura topnienia, itp.) – **2 godz.**

2) Zastosowanie materiałów w technologii przyrostowej – omówienie przykładów aplikacji – **2 godz.**

Wykład 2
Zjawiska i procesy zachodzące podczas druku 3D – 4 godz.

1) Mechanizmy topnienia, wiązania i konsolidacji materiałów w drukarkach 3D (procesy termiczne, mechaniczne i chemiczne w LPBF, SLS, SLA i innych technologiach) – **2 godz.**

2) Procesy mikrostrukturalne podczas chłodzenia i krystalizacji (metale i ceramika) oraz wpływ parametrów druku na ostateczną strukturę materiału – **2 godz.**

Wykład 3
Charakteryzacja struktury i właściwości materiałów po druku 3D – 4 godz.

1) Analiza mikrostruktury materiałów po druku 3D – techniki badawcze (SEM, EDS, XRD, CT) – **2 godz.**

2) Właściwości mechaniczne, termiczne i elektryczne materiałów po druku 3D – metody badań i interpretacja wyników – **2 godz.**

Wykład 4
Obróbka cieplna i inne metody poprawy właściwości mechanicznych materiałów po druku 3D (przykłady dla LPBF i SLS) – 2 godz.

Wykład 5
Perspektywy oraz trendy rozwoju materiałów dla określonych technologii druku 3D: synergia innowacji w produkcji addytywnej – 2 godz.

Kolokwium – 1 godz.

6.	Formy weryfikacji i oceny osiąganych efektów kształcenia (warunki i sposób zaliczenia)	
----	--	--

Kolokwium. Osiągnięcie efektów weryfikowane jest podczas kolokwium pisemnego i wykonanego przez każdego uczestnika indywidualnie – opracowania rozwiązań materiałowo-technologicznych (na bazie materiałów z wykładu i przeglądu literatury). Sprawdzian pisemny (na ostatnim wykładzie) jest z zagadnień prezentowanych na zajęciach, związanych z tematyką przedmiotu zawartą w Sylabusie, przy następującej skali ocen:

ocena 2 – poniżej 50% poprawnych odpowiedzi;

ocena 3 – 50 ÷ 60% poprawnych odpowiedzi;

ocena 3,5 – 61 ÷ 70% poprawnych odpowiedzi;

ocena 4 – 71 ÷ 80% poprawnych odpowiedzi;

ocena 4,5 – 81 ÷ 90% poprawnych odpowiedzi;

ocena 5 – powyżej 91% poprawnych odpowiedzi.

Ocenę **bardzo dobrą** otrzymuje uczestnik, który posiadał wiedzę, umiejętności i kompetencje przewidziane efektami kształcenia, a ponadto wykazuje zainteresowanie przedmiotem, w sposób twórczy podchodzi do powierzonych zadań i wykazuje się samodzielnością w zdobywaniu wiedzy, jest wytrwały w pokonywaniu trudności oraz systematyczny w pracy.

Ocenę dobrą otrzymuje uczestnik, który posiadał wiedzę i umiejętności przewidziane programem nauczania w stopniu dobrym. Potrafi rozwiązywać zadania i problemy o średnim stopniu trudności. Ocenę dostateczną otrzymuje uczestnik, który posiadał wiedzę i umiejętności przewidziane programem nauczania w stopniu dostatecznym. Samodzielnie rozwiązuje zadania i problemy o niskim stopniu trudności. W jego wiedzy i umiejętnościach zauważalne są luki, które potrafi jednak uzupełnić pod kierunkiem nauczyciela. Ocenę niedostateczną otrzymuje uczestnik, który nie posiadał wiedzy, umiejętności i kompetencji w zakresie koniecznych wymagań.		
7. Efekty uczenia się przypisane do tych przedmiotów lub grup przedmiotów i ich odniesienie do efektów uczenia się dla programu studiów podyplomowych		
Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu lub grupy przedmiotów	Opis efektu uczenia się dla przedmiotu lub grupy przedmiotów	Symbol efektu uczenia się dla programu studiów podyplomowych
Wiedza		
01	Zna rodzaje materiałów stosowanych w druku 3D – potrafi scharakteryzować polimery, metale, ceramikę i kompozyty, ich właściwości oraz metody ich otrzymywania.	KP_W01
02	Rozumie procesy zachodzące podczas druku 3D – zna mechanizmy topnienia, wiązania i konsolidacji materiałów oraz wpływ parametrów druku na mikro i makro strukturę materiałów.	KP_W02
03	Posiada wiedzę na temat technik badawczych – zna metody analizy mikrostruktury i właściwości materiałów, takie jak SEM, EDS, XRD i CT	KP_W03
04	Rozumie znaczenie post-processingu – zna metody obróbki cieplnej i powierzchniowej oraz ich wpływ na właściwości mechaniczne i użytkowe materiałów.	KP_W04
05	Zna zastosowania technologii przyrostowych – potrafi omówić przykłady aplikacji druku 3D oraz perspektywy rozwoju technologii i materiałów.	KP_W05
Umiejętności		
01	Potrafi dobrać materiały do technologii druku 3D – umie ocenić właściwości materiałów w kontekście konkretnej aplikacji.	KP_U01
02	Potrafi analizować procesy zachodzące podczas druku 3D – potrafi interpretować wpływ parametrów druku na mikrostrukturę i właściwości materiałów.	KP_U02
03	Potrafi zaprojektować procesy post-processingu – potrafi zaproponować odpowiednie metody obróbki cieplnej lub powierzchniowej w celu optymalizacji właściwości materiałów	KP_U03
Kompetencje społeczne		
01	Rozumie znaczenie etyczne i środowiskowe technologii przyrostowych – potrafi ocenić wpływ druku 3D na środowisko i zrównoważony rozwój.	KP_K01
02	Jest otwarty na innowacje – rozwija zdolność krytycznego myślenia i poszukiwania nowych rozwiązań technologicznych	KP_K02
03	Komunikuje się efektywnie – umie przedstawiać wyniki analiz i badań w sposób jasny i zrozumiały, zarówno w formie pisemnej, jak i ustnej.	KP_K03

1.	Nazwa przedmiotu lub grupy przedmiotu	Metody sterowania i programowanie urządzeń do druku 3D
2.	Tryb prowadzenia zajęć (zdalny/stacjonarny)	stacjonarny
3.	Liczba punktów ECTS przypisana do przedmiotu lub grupy przedmiotów	2 ECTS
4.	Formy prowadzenia zajęć dla przedmiotu lub grupy przedmiotu z przypisaną liczbą godzin	Laboratorium (17 godz.)
5.	Treści programowe dla przedmiotu lub grupy przedmiotów	
Laboratorium		
1) Sygnały cyfrowe i analogowe stosowane w urządzeniach drukujących (implementacja różnych typów sygnałów sterujących w urządzeniach) – 2x2 godz.		
1a. Zadawanie wartości cyfrowych oraz ich skalowanie na odpowiedniki analogowe – 2 godz. WMT		
1b. Typy zmiennych stosowane w zarządzaniu układami do druku 3D – 2 godz.		
2) Protokoły komunikacyjne do wymiany danych w urządzeniach drukujących – 2x2 godz.		
2a. Konfiguracja urządzeń poprzez różne protokoły komunikacyjne – 2 godz.		
2b. Parametryzacja komunikacji poprzez MODBUS RTU, MODBUS ASCII, PROFINET, PROFIBUS, IO-LINK, CANopen i inne – 2 godz.		
3) Kinematyka układów drukujących – 2x2 godz.		
3a. Metody zarządzania typowymi układami kinematycznymi – 2 godz.		
3b. Ograniczenia układów napędowych urządzeń drukujących opartych o silniki krokowe, BLDC, serwo i inne – 2 godz.		
4) Języki programowania maszyn do druku 3D (metody zarządzania układami kinematycznymi w oparciu o języki maszynowe G-code, GST, M-funkcje i inne – 2 godz.		
5) Zarządzanie ekstruzją (doświadczalne dobieranie parametrów ekstruzji w sprzężeniu zwrotnym; przemiany fazowe i inne efekty fizykochemiczne zachodzące podczas procesu ekstruzji; metody szacowania wydajności cieplnej układu ekstrudera) – 3 godz.		
6.	Formy weryfikacji i oceny osiągniętych efektów kształcenia (warunki i sposób zaliczenia)	
Raporty/sprawozdania. Osiągnięcie efektów weryfikowane jest na podstawie pisemnych sprawozdań z zakresu realizowanych ćwiczeń laboratoryjnych, weryfikowanych indywidualnie na podstawie zadań sprecyzowanych do rozwiązania w ramach określonych tematów zajęć laboratoryjnych – z obliczeniami, analizą analityczną i wnioskami z uzyskanych wyników badań. Przy ocenie końcowej dla każdej jednostki lekcyjnej uwzględnia się również stopień przygotowania do ćwiczeń laboratoryjnych (ocenę wejściową), jako wartość średnią do oceny końcowej z laboratorium (przy co najmniej 51% poprawnych odpowiedzi z wejściówki dopuszczającej do ćwiczeń laboratoryjnych). Ocenę końcową z przedmiotu stanowi wartość średnia z ocen wszystkich tematów ćwiczeń laboratoryjnych, przy następującej skali ocen (z uwzględnieniem uzyskania oceny pozytywnej ze sprawozdania z każdego ćwiczenia laboratoryjnego): ocena 2 – poniżej 50% z ocen cząstkowych; ocena 3 – 50 ÷ 60% z ocen cząstkowych; ocena 3,5 – 61 ÷ 70% z ocen cząstkowych; ocena 4 – 71 ÷ 80% z ocen cząstkowych; ocena 4,5 – 81 ÷ 90% z ocen cząstkowych; ocena 5 – powyżej 91% z ocen cząstkowych.		
7.	Efekty uczenia się przypisane do tych przedmiotów lub grup przedmiotów i ich odniesienie do efektów uczenia się dla programu studiów podyplomowych	
Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu lub grupy przedmiotów		Symbol efektu uczenia się dla programu studiów podyplomowych
Opis efektu uczenia się dla przedmiotu lub grupy przedmiotów		
Wiedza		

01	Ma uporządkowaną wiedzę na temat sygnałów cyfrowych i analogowych oraz ich implementacji w systemach sterowania urządzeń drukujących, w tym drukarek 3D.	KP_W01
02	Zna zasady działania i ograniczenia typowych układów kinematycznych oraz rodzajów napędów stosowanych w urządzeniach drukujących, w tym silników krokowych, BLDC i serwo.	KP_W02
03	Zna podstawowe protokoły komunikacyjne stosowane w urządzeniach przemysłowych (m.in. MODBUS, PROFINET, CANopen) oraz ich zastosowanie w konfiguracji i parametryzacji urządzeń drukujących.	KP_W03
Umiejętności		
01	Potrafi zaprojektować układ sterowania wykorzystujący zarówno sygnały cyfrowe, jak i analogowe, z uwzględnieniem skalowania i konwersji wartości.	KP_U01
02	Potrafi konfigurować komunikację między urządzeniami drukującymi przy użyciu różnych protokołów przemysłowych oraz analizować parametry tej komunikacji.	KP_U02
03	Potrafi wykorzystać języki maszynowe (np. G-code, M-funkcje) do sterowania ruchem oraz ekstruzją w systemach druku 3D, uwzględniając ograniczenia kinematyczne i termiczne.	KP_U03
Kompetencje społeczne		
01	Potrafi efektywnie współpracować w zespole przy realizacji złożonych zadań projektowych związanych z konfiguracją i sterowaniem urządzeń drukujących.	KP_K01

1.	Nazwa przedmiotu lub grupy przedmiotu	Praktyczne aspekty druku 3D: materiały, projektowanie i wytwarzanie
2.	Tryb prowadzenia zajęć (zdalny/stacjonarny)	stacjonarny
3.	Liczba punktów ECTS przypisana do przedmiotu lub grupy przedmiotów	5 ECTS
4.	Formy prowadzenia zajęć dla przedmiotu lub grupy przedmiotu z przypisaną liczbą godzin	Laboratorium (47 godz.)
5.	Treści programowe dla przedmiotu lub grupy przedmiotów	
Laboratorium		
1) <i>Bezpieczeństwo, recykling i ekonomia metod proszkowych</i> (charakterystyka wyposażenia laboratorium charakteryzacji proszków i zasad bezpieczeństwa pracy z proszkami stosowanymi w procesach wytwarzania przyrostowego oraz zapoznanie z metodami recyklingu materiałów i aspektami ekonomicznego ich wykorzystania w procesach LPBF i SLS; analiza potencjalnych strat materiału i metod ich minimalizacji) – 3 godz. WIM; 2) <i>Charakterystyka proszków i analiza ich parametrów</i> (badania właściwości proszków metali, stopów metali i polimerowych stosowanych w druku LPBF i SLS, morfologia i rozkład wielkości cząstek proszku, gęstość i gęstość z usadem – oraz ich wpływ na procesy drukowania addytywnego) – 3 godz. WIM; 3) <i>Dobór i wpływ parametrów w druku LPBF i SLS</i> (analiza wpływu parametrów procesowych na jakość wydruków w technologiach LPBF i SLS; moc lasera i szybkość skanowania oraz ich wpływ grubość warstwy, jakość i właściwości mechaniczne wytwarzanych elementów) – 2x2 godz. WIM; 4) <i>Przygotowanie modeli 3D do druku</i> (optymalizacja modeli CAD pod kątem druku przyrostowego w LPBF i SLS, przygotowanie modeli 3D z uwzględnieniem wymagań technologicznych, jak między innymi minimalna grubość ścianek, struktury podporowe, tolerancje wymiarowe; pipeline projektowania procesu wydruku w tym eksport i import modeli z różnych rodzajów oprogramowania z uwzględnieniem specyfiki LPBF i SLS; tworzenie struktur podporowych i optymalizacja geometrii dla minimalizacji naprężeń; optymalizacja rozkładu i orientacji części; praktyczne ćwiczenia z oprogramowaniem do przygotowania plików do druku) – 2x2 godz. WIM; 5) <i>Przygotowanie urządzeń do druku LPBF i SLS</i> (przygotowanie sprzętu i systemów wspomagających do procesu druku LPBF i SLS; procedury przygotowania urządzeń do druku: konfiguracja sprzętu – w tym komory roboczej z odpowiednią atmosferą gazową {np. argon, azot}, kontrola parametrów procesowych, kalibracja urządzeń) – 2x3 godz. WIM; 6) <i>Właściwości reologiczne tworzyw polimerowych stosowanych w technologiach przyrostowych</i> (badania wskaźnika szybkości płynięcia; analiza właściwości użytkowych tworzyw polimerowych stosowanych w technologii druku 3D) – 2 godz. WMT; 7) <i>Analiza spęczenia strugi tworzyw polimerowych dla zastosowań w technologiach przyrostowych – efekt Barusa</i> (badania pęczenia strugi tworzywa wpływającego z dyszy o przekroju kołowym w procesie wytłaczania; analiza wydajności w odniesieniu do druku 3D) – 2 godz. WMT; 8) <i>Analiza płynności i lepkości tworzyw i kompozytów polimerowych dla zastosowań w technologiach przyrostowych</i> (technologiczna próba płynności w procesie wtrysku na formie z otwartym kanałem – spirala Archimedesesa – z uwzględnieniem parametrów procesu) – 2 godz. WMT; 9) <i>Ocena właściwości materiałów polimerowych przeznaczonych do druku 3D pochodzących z recyklingu</i> (badania właściwości materiałów polimerowych pochodzących z wielokrotnego przetwórstwa w procesach druku 3D) – 2 godz. WMT; 10) <i>Przygotowanie urządzeń do druku SLM–ACONITY</i> (przygotowanie sprzętu i systemów wspomagających w procesie technologicznym druku SLM–ACONITY; procedury przygotowania urządzenia do druku: konfiguracja sprzętu, kalibracja urządzenia, ustawienie zera, napełnienie komory roboczej z atmosferą gazową materiałem wsadu proszkowego, kontrola parametrów procesowych) – 4 godz. WMT;		

11) <i>Proces technologiczny wytwarzania przyrostowego elementu metodą SLM–ACONITY</i> (analiza oddziaływania wiązki laserowej z obrabianą powierzchnią w zależności od wybranych parametrów obróbki {mod, moc, prędkość skanowania} – z oceną wizualną makroskopowo i pomiarem szerokości ściegu) – 6 godz. WMT ;																				
12) <i>Projektowanie zorientowane na docelową technologię wytwarzania SLS</i> (projektowanie elementu typu multibody dla wytwarzania w technologii SLS; parametry procesu, projektowanie w środowisku Solid Works i wizualizacja procesu w środowisku MAGICS-SLS, PSW-SLS, wydruk i ocena funkcjonalna) – 3 godz. WMT ;																				
13) <i>Projektowanie i wytwarzanie elementu cienkościennego, ocena zgodności z dokumentacją CAD</i> (projektowanie elementów uwzględniających specyficzne uwarunkowania procesu przyrostowego wytwarzania; zapoznanie z możliwościami technologicznymi technologii SLS i FDM (FFF) oraz sposobami oceny zgodności wydruku z dokumentacją CAD) – 2 godz. WMT ;																				
14) <i>Projektowanie nieparametryczne i parametryczne na podstawie danych nieparametrycznych</i> (możliwości projektowania na podstawie niekompletnych danych pochodzących, np. ze skanera 3D; import danych nieparametrycznych do środowiska GOM Inspect, SolidWorks, Autodesk Fusion, DesignX; obróbka danych nieparametrycznych opcją szybkiego druku 3D; obróbka i parametryzacja danych do projektowania parametrycznego w systemach CAD; przygotowanie i konwersja plików do docelowej technologii wytwarzania) – 2x2 godz. WMT .																				
6.	Formy weryfikacji i oceny osiąganych efektów kształcenia (warunki i sposób zaliczenia).																			
Raporty/sprawozdania. Osiągnięcie efektów weryfikowane jest na podstawie pisemnych sprawozdań z zakresu realizowanych ćwiczeń laboratoryjnych, weryfikowanych indywidualnie na podstawie zadań sprecyzowanych do rozwiązania w ramach określonych tematów zajęć laboratoryjnych – z obliczeniami, analizą analityczną i wnioskami z uzyskanych wyników badań. Przy ocenie końcowej dla każdej jednostki lekcyjnej uwzględnia się również stopień przygotowania do ćwiczeń laboratoryjnych (ocenę wejściową), jako wartość średnią do oceny końcowej z laboratorium (przy co najmniej 51% poprawnych odpowiedzi z wejściówki dopuszczającej do ćwiczeń laboratoryjnych). Ocenę końcową z przedmiotu stanowi wartość średnia z ocen wszystkich tematów ćwiczeń laboratoryjnych, przy następującej skali ocen (z uwzględnieniem uzyskania oceny ze sprawozdania z każdego ćwiczenia laboratoryjnego): ocena 2 – poniżej 50% z ocen cząstkowych; ocena 3 – 50 ÷ 60% z ocen cząstkowych; ocena 3,5 – 61 ÷ 70% z ocen cząstkowych; ocena 4 – 71 ÷ 80% z ocen cząstkowych; ocena 4,5 – 81 ÷ 90% z ocen cząstkowych; ocena 5 – powyżej 91% z ocen cząstkowych.																				
7.	Efekty uczenia się przypisane do tych przedmiotów lub grup przedmiotów i ich odniesienie do efektów uczenia się dla programu studiów podyplomowych.																			
<table><tr><td>Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu lub grupy przedmiotów</td><td>Opis efektu uczenia się dla przedmiotu lub grupy przedmiotów</td><td>Symbol efektu uczenia się dla programu studiów podyplomowych</td></tr><tr><td colspan="3">Wiedza</td></tr><tr><td>01</td><td>Zna podstawowe właściwości fizykochemiczne proszków stosowanych w technologiach LPBF i SLS oraz ich wpływ na jakość procesu i wydruku.</td><td>KP_W01</td></tr><tr><td>02</td><td>Posiada wiedzę na temat parametrów procesowych druku 3D (np. moc lasera, prędkość skanowania, atmosfera ochronna) i ich wpływu na jakość oraz właściwości mechaniczne wytwarzanych elementów.</td><td>KP_W02</td></tr><tr><td>03</td><td>Zna metody projektowania komponentów zorientowanych na technologie przyrostowe (SLS, LPBF, FDM), w tym przygotowania danych CAD, struktur podporowych i ograniczeń technologicznych.</td><td>KP_W03</td></tr><tr><td colspan="3">Umiejętności</td></tr></table>			Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu lub grupy przedmiotów	Opis efektu uczenia się dla przedmiotu lub grupy przedmiotów	Symbol efektu uczenia się dla programu studiów podyplomowych	Wiedza			01	Zna podstawowe właściwości fizykochemiczne proszków stosowanych w technologiach LPBF i SLS oraz ich wpływ na jakość procesu i wydruku.	KP_W01	02	Posiada wiedzę na temat parametrów procesowych druku 3D (np. moc lasera, prędkość skanowania, atmosfera ochronna) i ich wpływu na jakość oraz właściwości mechaniczne wytwarzanych elementów.	KP_W02	03	Zna metody projektowania komponentów zorientowanych na technologie przyrostowe (SLS, LPBF, FDM), w tym przygotowania danych CAD, struktur podporowych i ograniczeń technologicznych.	KP_W03	Umiejętności		
Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu lub grupy przedmiotów	Opis efektu uczenia się dla przedmiotu lub grupy przedmiotów	Symbol efektu uczenia się dla programu studiów podyplomowych																		
Wiedza																				
01	Zna podstawowe właściwości fizykochemiczne proszków stosowanych w technologiach LPBF i SLS oraz ich wpływ na jakość procesu i wydruku.	KP_W01																		
02	Posiada wiedzę na temat parametrów procesowych druku 3D (np. moc lasera, prędkość skanowania, atmosfera ochronna) i ich wpływu na jakość oraz właściwości mechaniczne wytwarzanych elementów.	KP_W02																		
03	Zna metody projektowania komponentów zorientowanych na technologie przyrostowe (SLS, LPBF, FDM), w tym przygotowania danych CAD, struktur podporowych i ograniczeń technologicznych.	KP_W03																		
Umiejętności																				

01	Potrafi przygotować proszki metaliczne i polimerowe do procesu przyrostowego oraz ocenić ich parametry przy użyciu odpowiednich metod (np. analiza morfologii, gęstości, właściwości reologicznych).	KP_U01
02	Potrafi przeprowadzić cały proces przygotowania urządzenia do druku 3D (SLM–ACONITY, LPBF, SLS), w tym konfigurację, kalibrację i kontrolę warunków procesowych.	KP_U02
03	Potrafi zaprojektować i przygotować model 3D do druku w technologii LPBF lub SLS, z uwzględnieniem specyfiki materiału i procesu, oraz ocenić jakość i zgodność wydruku z dokumentacją.	KP_U03
Kompetencje społeczne		
01	Potrafi współdziałać w zespole podczas realizacji zadań laboratoryjnych i projektowych w zakresie technologii przyrostowych.	KP_K01

1.	Nazwa przedmiotu lub grupy przedmiotu	Modelowanie w procesie wytwarzania przyrostowego						
2.	Tryb prowadzenia zajęć (zdalny/stacjonarny)	stacjonarny						
3.	Liczba punktów ECTS przypisana do przedmiotu lub grupy przedmiotów	2 ECTS						
4.	Formy prowadzenia zajęć dla przedmiotu lub grupy przedmiotu z przypisaną liczbą godzin	Laboratorium (12 godz.)						
5.	Treści programowe dla przedmiotu lub grupy przedmiotów							
Laboratorium								
1) Modelowanie rozkładu temperatury i naprężeń własnych w strukturze materiału wytwarzanego technikami przyrostowymi (wykorzystanie narzędzi symulacyjnych ANSYS Additive do optymalizacji procesu druku z analizą modelowania stopnia nagrzania i rozkładu temperatury oraz naprężeń własnych kształtowanych wyrobów) – 2x3 godz. WIM;								
2) Digitalizacja cech geometrycznych i ocena zgodności z dokumentacją CAD (zapoznanie z możliwościami i ograniczeniami możliwości digitalizacji obiektów fizycznych; skanowanie 3D wytworzonych elementów z wykorzystaniem skanera strukturalnego światła niebieskiego GOM; obróbka danych nieparametrycznych – siatki trójkątów STL; zasady inspekcji w oprogramowaniu GOM Inspect; wnioski dotyczące korekty geometrycznej i procesowej) – 2 godz. WMT;								
3) Modelowanie poprawy jakości wydruków 3D w technologii SLS i FDM(FFF) – korekta geometryczna i procesowa (analiza wad przyrostowego wytwarzania i możliwości ich korekty na bazie skanu 3D modelu ze wskazaniem ograniczeń; wyznaczenie obszarów/płaszczyzn do korekcji; opracowanie i konwersja skorygowanej dokumentacji do druku 3D; zasady analizy i akceptacja błędu korekty procesowej z ustawieniem w przestrzeni roboczej) – 2x2 godz. WMT.								
6.	Formy weryfikacji i oceny osiąganych efektów kształcenia (warunki i sposób zaliczenia)							
Osiągnięcie efektów weryfikowane jest na podstawie pisemnych sprawozdań z zakresu realizowanych ćwiczeń laboratoryjnych, weryfikowanych indywidualnie na podstawie zadań sprecyzowanych do rozwiązania w ramach określonych tematów zajęć laboratoryjnych – z obliczeniami, analizą analityczną i wnioskami z uzyskanych wyników badań. Przy ocenie końcowej dla każdej jednostki lekcyjnej uwzględnia się również stopień przygotowania do ćwiczeń laboratoryjnych (ocenę wejściową), jako wartość średnią do oceny końcowej z laboratorium (przy co najmniej 51% poprawnych odpowiedzi z wejściówki dopuszczającej do ćwiczeń laboratoryjnych). Ocenę końcową z przedmiotu stanowi wartość średnia z ocen wszystkich tematów ćwiczeń laboratoryjnych, przy następującej skali ocen (z uwzględnieniem uzyskania oceny ze sprawozdania z każdego ćwiczenia laboratoryjnego): ocena 2 – poniżej 50% z ocen cząstkowych; ocena 3 – 50 ÷ 60% z ocen cząstkowych; ocena 3,5 – 61 ÷ 70% z ocen cząstkowych; ocena 4 – 71 ÷ 80% z ocen cząstkowych; ocena 4,5 – 81 ÷ 90% z ocen cząstkowych; ocena 5 – powyżej 91% z ocen cząstkowych.								
7.	Efekty uczenia się przypisane do tych przedmiotów lub grup przedmiotów i ich odniesienie do efektów uczenia się dla programu studiów podyplomowych							
<table><tr><td>Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu lub grupy przedmiotów</td><td>Opis efektu uczenia się dla przedmiotu lub grupy przedmiotów</td><td>Symbol efektu uczenia się dla programu studiów podyplomowych</td></tr><tr><td colspan="3">Wiedza</td></tr></table>			Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu lub grupy przedmiotów	Opis efektu uczenia się dla przedmiotu lub grupy przedmiotów	Symbol efektu uczenia się dla programu studiów podyplomowych	Wiedza		
Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu lub grupy przedmiotów	Opis efektu uczenia się dla przedmiotu lub grupy przedmiotów	Symbol efektu uczenia się dla programu studiów podyplomowych						
Wiedza								

01	Zna zasady modelowania zjawisk cieplnych i mechanicznych w procesach przyrostowych oraz wpływu rozkładu temperatury i naprężeń własnych na jakość wytworzonych elementów.	KP_W01
02	Zna metody digitalizacji geometrii elementów (np. skanowanie 3D, obróbka siatek STL) oraz możliwości i ograniczenia stosowanych narzędzi inspekcyjnych (np. GOM Inspect).	KP_W02
03	Rozumie zależności między błędami wytwarzania a korektami geometrycznymi i procesowymi w technologii FDM i SLS oraz wpływem tych działań na jakość finalnego wydruku.	KP_W03
Umiejętności		
01	Potrafi wykorzystać oprogramowanie symulacyjne (np. ANSYS Additive) do analizy i optymalizacji parametrów procesu druku z uwzględnieniem rozkładu temperatury i naprężeń własnych.	KP_U01
02	Potrafi przeprowadzić skanowanie 3D elementu oraz przeanalizować dane geometryczne w celu oceny zgodności z dokumentacją CAD i identyfikacji odchyleń.	KP_U02
03	Potrafi przygotować poprawioną dokumentację techniczną (CAD/STL) na podstawie wyników analizy skanu oraz wdrożyć korekty procesowe w technologii druku 3D.	KP_U03
Kompetencje społeczne		
01	Potrafi pracować zespołowo przy realizacji zadań związanych z analizą błędów produkcyjnych i przygotowaniem korekt w procesach druku 3D.	KP_K01
02	Wykazuje gotowość do podejmowania decyzji inżynierskich w oparciu o wyniki symulacji, digitalizacji i analizy danych, z uwzględnieniem ograniczeń technologicznych.	KP_K02

1.	Nazwa przedmiotu lub grupy przedmiotu	Projekt badawczy																					
2.	Tryb prowadzenia zajęć (zdalny/stacjonarny)	stacjonarny																					
3.	Liczba punktów ECTS przypisana do przedmiotu lub grupy przedmiotów	5 ECTS																					
4.	Formy prowadzenia zajęć dla przedmiotu lub grupy przedmiotu z przypisaną liczbą godzin	Projekt (20 godz.)																					
5.	Treści programowe dla przedmiotu lub grupy przedmiotów																						
Projekt badawczy stanowi syntezę i praktyczne wykorzystanie wiedzy poprzez przeprowadzenie badań, m.in. mikrostruktury i określonych właściwości materiałów wytworzonych w ramach projektu (lub pozyskanych we współpracy z otoczeniem społeczno-gospodarczym). Uczestnik nabywa umiejętności kreatywnego rozwiązywania problemów badawczych, doskonali umiejętności wykonywania ekspertyz materiałowych oraz umiejętności planowania badań i pracy w zespole. W ramach projektu projektuje zadany element odpowiednio dobierając materiał, metodę wytwarzania i obróbki wykończeniowe, a następnie przeprowadza badania struktury i właściwości dokonując analizy uzyskanych wyników badań. Szczegółowe treści kształcenia zależą od badanej grupy materiałów oraz metody wytwarzania oraz obróbek wykończeniowych. Zajęcia są prowadzone metodą projektową w małych grupach do 4 osób, co daje możliwość przydzielenia zadań indywidualnych w ramach pracy zespołowej. Uczestnicy wykonują samodzielnie zadania badawcze. Wykorzystują sprzęt laboratoryjny i aparaturę pomiarową, korzystają z artykułów naukowych i źródeł internetowych. Pojawiające się różne aspekty wynikające z prowadzonych prac poddane są dyskusji w grupie i z prowadzącym.																							
6.	Formy weryfikacji i oceny osiąganych efektów kształcenia (warunki i sposób zaliczenia)																						
Weryfikacja efektów uczenia się przebiega poprzez ocenę prezentacji oraz raportu z wykonanych badań. Warunkiem zaliczenia jest pozytywna ocena pisemnego raportu z przeprowadzonych prac studialnych i badań eksperymentalnych oraz ocena prezentacji multimedialnej przed komisją.																							
7.	Efekty uczenia się przypisane do tych przedmiotów lub grup przedmiotów i ich odniesienie do efektów uczenia się dla programu studiów podyplomowych																						
<table><tr><td>Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu lub grupy przedmiotów</td><td>Opis efektu uczenia się dla przedmiotu lub grupy przedmiotów</td><td>Symbol efektu uczenia się dla programu studiów podyplomowych</td></tr><tr><td colspan="3">Wiedza</td></tr><tr><td>01</td><td>Posiada wiedzę na temat wytwarzania oraz badania struktury i właściwości materiałów.</td><td>KP_W01</td></tr><tr><td colspan="3">Umiejętności</td></tr><tr><td>01</td><td>Potrafi pozyskać informacje z różnych źródeł, dobrać podstawowe techniki i metody badawcze do badania struktury i właściwości materiałów oraz przygotować raport z badań i prezentację multimedialną.</td><td>KP_U01</td></tr><tr><td colspan="3">Kompetencje społeczne</td></tr><tr><td>01</td><td>Jest gotów do pracy indywidualnej oraz pracy w zespole przy przeprowadzaniu badań i opracowywaniu wyników</td><td>KP_K01</td></tr></table>			Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu lub grupy przedmiotów	Opis efektu uczenia się dla przedmiotu lub grupy przedmiotów	Symbol efektu uczenia się dla programu studiów podyplomowych	Wiedza			01	Posiada wiedzę na temat wytwarzania oraz badania struktury i właściwości materiałów.	KP_W01	Umiejętności			01	Potrafi pozyskać informacje z różnych źródeł, dobrać podstawowe techniki i metody badawcze do badania struktury i właściwości materiałów oraz przygotować raport z badań i prezentację multimedialną.	KP_U01	Kompetencje społeczne			01	Jest gotów do pracy indywidualnej oraz pracy w zespole przy przeprowadzaniu badań i opracowywaniu wyników	KP_K01
Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu lub grupy przedmiotów	Opis efektu uczenia się dla przedmiotu lub grupy przedmiotów	Symbol efektu uczenia się dla programu studiów podyplomowych																					
Wiedza																							
01	Posiada wiedzę na temat wytwarzania oraz badania struktury i właściwości materiałów.	KP_W01																					
Umiejętności																							
01	Potrafi pozyskać informacje z różnych źródeł, dobrać podstawowe techniki i metody badawcze do badania struktury i właściwości materiałów oraz przygotować raport z badań i prezentację multimedialną.	KP_U01																					
Kompetencje społeczne																							
01	Jest gotów do pracy indywidualnej oraz pracy w zespole przy przeprowadzaniu badań i opracowywaniu wyników	KP_K01																					

1.	Nazwa przedmiotu lub grupy przedmiotu	Laboratorium analiz optymalizacji i procesów druku 3D
2.	Tryb prowadzenia zajęć (zdalny/stacjonarny)	stacjonarny
3.	Liczba punktów ECTS przypisana do przedmiotu lub grupy przedmiotów	4 ECTS
4.	Formy prowadzenia zajęć dla przedmiotu lub grupy przedmiotu z przypisaną liczbą godzin	Laboratorium (27 godz.)
5.	Treści programowe dla przedmiotu lub grupy przedmiotów	
Laboratorium		
1) Użytkowanie narzędzi symulacyjnych do optymalizacji procesu druku 3D (nauka wykorzystania oprogramowania symulacyjnego do przewidywania zachowań materiałów wsadu proszkowego i geometrii struktury w procesach addytywnego wytwarzania – z użyciem ANSYS Additive, wytworzenie elementów do optymalizacji) – 3x2 godz. WIM; 2) Symulacja właściwości technologicznych i użytkowych materiału wsadu proszkowego i wytwarzanych elementów (analiza danych materiałowych, pomiary elementów do optymalizacji za pomocą skanera 3D) – 3x2 godz. WIM; 3) Analiza symulacji odkształceń geometrycznych w procesach addytywnego wytwarzania – 3x2 godz. WIM; 4) Analiza symulacji porowatości w procesach addytywnego wytwarzania – 3 godz. WIM; 5) Weryfikacja wyników symulacji na podstawie rzeczywistych wydruków – 3 godz. WIM; 6) Odtwarzanie utraconej geometrii części na podstawie danych szczątkowych (analiza metod odtwarzania elementów i części maszyn z wykorzystaniem skanera 3D i drukarki 3D; skan uszkodzonego elementu typu koło zębate, mechanizm napędowy; obróbka danych w celu odzyskania geometrii; przygotowanie i konwersja pliku; wybór technologii wytwarzania dla uzyskania zbliżonych cech wytrzymałościowych; przygotowanie procesu wytwarzania z uwzględnieniem funkcjonalności elementu; ustawienie wydruku w przestrzeni, parametry procesu) – 3 godz. WMT.		
6.	Formy weryfikacji i oceny osiąganych efektów kształcenia (warunki i sposób zaliczenia)	
Osiągnięcie efektów weryfikowane jest na podstawie pisemnych sprawozdań z zakresu realizowanych ćwiczeń laboratoryjnych, weryfikowanych indywidualnie na podstawie zadań sprecyzowanych do rozwiązania w ramach określonych tematów zajęć laboratoryjnych – z obliczeniami, analizą analityczną i wnioskami z uzyskanych wyników badań. Przy ocenie końcowej dla każdej jednostki lekcyjnej uwzględnia się również stopień przygotowania do ćwiczeń laboratoryjnych (ocenę wejściową), jako wartość średnią do oceny końcowej z laboratorium (przy co najmniej 51% poprawnych odpowiedzi z wejściówki dopuszczającej do ćwiczeń laboratoryjnych). Ocenę końcową z przedmiotu stanowi wartość średnia z ocen wszystkich tematów ćwiczeń laboratoryjnych, przy następującej skali ocen (z uwzględnieniem uzyskania oceny ze sprawozdania z każdego ćwiczenia laboratoryjnego): ocena 2 – poniżej 50% z ocen cząstkowych; ocena 3 – 50 ÷ 60% z ocen cząstkowych; ocena 3,5 – 61 ÷ 70% z ocen cząstkowych; ocena 4 – 71 ÷ 80% z ocen cząstkowych; ocena 4,5 – 81 ÷ 90% z ocen cząstkowych; ocena 5 – powyżej 91% z ocen cząstkowych.		
7.	Efekty uczenia się przypisane do tych przedmiotów lub grup przedmiotów i ich odniesienie do efektów uczenia się dla programu studiów podyplomowych	
Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu lub grupy przedmiotów		Symbol efektu uczenia się dla programu studiów podyplomowych
Opis efektu uczenia się dla przedmiotu lub grupy przedmiotów		

Wiedza		
01	Posiada wiedzę na temat procesów symulacyjnych stosowanych w technologiach przyrostowych, w tym analizy odkształceń geometrycznych, porowatości i rozkładu naprężeń.	KP_W01
02	Zna metody analizy danych materiałowych oraz techniki oceny właściwości technologicznych i użytkowych materiałów proszkowych oraz wytworzonych elementów.	KP_W02
03	Zna podstawowe metody inżynierii odwrotnej umożliwiające odtworzenie utraconej geometrii na podstawie danych szczątkowych.	KP_W03
Umiejętności		
01	Potrafi wykorzystać narzędzia symulacyjne (np. ANSYS Additive) do prognozowania i optymalizacji przebiegu procesu druku 3D oraz właściwości końcowych wyrobu.	KP_U01
02	Potrafi przeprowadzić weryfikację wyników symulacji na podstawie rzeczywistych danych pomiarowych uzyskanych z wydrukowanych próbek (np. za pomocą skanera 3D).	KP_U02
03	Potrafi odtworzyć geometrię uszkodzonego elementu na podstawie danych niekompletnych oraz przygotować proces druku przyrostowego z uwzględnieniem wymagań funkcjonalnych.	KP_U03
Kompetencje społeczne		
01	Potrafi współpracować w zespole projektowym podczas analiz symulacyjnych oraz inżynierii odwrotnej, dzieląc się zadaniami i odpowiedzialnością.	KP_K01

1.	Nazwa przedmiotu lub grupy przedmiotu	Charakterystyka właściwości elementów drukowanych			
2.	Tryb prowadzenia zajęć (zdalny/stacjonarny)	stacjonarny			
3.	Liczba punktów ECTS przypisana do przedmiotu lub grupy przedmiotów	4 ECTS			
4.	Formy prowadzenia zajęć dla przedmiotu lub grupy przedmiotu z przypisaną liczbą godzin	Laboratorium (33 godz.)			
5.	Treści programowe dla przedmiotu lub grupy przedmiotów				
Laboratorium					
1) Badania strukturalne (badania mikrostruktury i analiza uzyskanych wyników badań morfologii i wielkości ziaren, stanu granic ziaren i porowatości struktury z użyciem mikroskopii optycznej i skaningowej mikroskopii elektronowej z mikroanalizą składu chemicznego SEM/EDS) – 3x3 godz. WIM 2) Badania właściwości mechanicznych (charakterystyka metod, badania i analiza uzyskanych wyników badań twardości, wytrzymałości na rozciąganie i wytrzymałości zmęczeniowej) – 3x3 godz. WMT; 3) Badania XRD (analiza składu fazowego, parametry sieci, wielkość krystalitów, stan naprężeń własnych – analiza jakościowa i ilościowa materiału w stanie po wytworzeniu technikami przyrostowymi) – 2x3 godz. WIM; 4) Analiza struktury geometrycznej powierzchni „SGP” kształtowanej przyrostowo (metody pomiaru z analizą parametrów 2D i 3D SGP; chropowatość, falistość i odchyłki kształtu w badaniach z użyciem profilometru, mikroskopu optycznego KeyENCE i maszyny współrzędnościowej) – 3x2 godz. WMT; 5) Pomiary i analiza odporności na zużycie ściernie powierzchni kształtowanej przyrostowo (metody pomiaru i ocena właściwości funkcjonalnych powierzchni w badaniach SGP po zużywaniu ściernym materiału kształtowanego technikami przyrostowymi) – 3 godz. WMT.					
6.	Formy weryfikacji i oceny osiąganych efektów kształcenia (warunki i sposób zaliczenia)				
Raporty/sprawozdania. Osiągnięcie efektów weryfikowane jest na podstawie pisemnych sprawozdań z zakresu realizowanych ćwiczeń laboratoryjnych, weryfikowanych indywidualnie na podstawie zadań sprecyzowanych do rozwiązania w ramach określonych tematów zajęć laboratoryjnych – z obliczeniami, analizą analityczną i wnioskami z uzyskanych wyników badań. Przy ocenie końcowej dla każdej jednostki lekcyjnej uwzględnia się również stopień przygotowania do ćwiczeń laboratoryjnych (ocenę wejściową), jako wartość średnią do oceny końcowej z laboratorium (przy co najmniej 51% poprawnych odpowiedzi z wejściówki dopuszczającej do ćwiczeń laboratoryjnych). Ocenę końcową z przedmiotu stanowi wartość średnia z ocen wszystkich tematów ćwiczeń laboratoryjnych, przy następującej skali ocen (z uwzględnieniem uzyskania oceny pozytywnej ze sprawozdania z każdego ćwiczenia laboratoryjnego): ocena 2 – poniżej 50% z ocen cząstkowych; ocena 3 – 50 ÷ 60% z ocen cząstkowych; ocena 3,5 – 61 ÷ 70% z ocen cząstkowych; ocena 4 – 71 ÷ 80% z ocen cząstkowych; ocena 4,5 – 81 ÷ 90% z ocen cząstkowych; ocena 5 – powyżej 91% z ocen cząstkowych.					
7.	Efekty uczenia się przypisane do tych przedmiotów lub grup przedmiotów i ich odniesienie do efektów uczenia się dla programu studiów podyplomowych				
<table><tr><td>Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu lub grupy przedmiotów</td><td>Opis efektu uczenia się dla przedmiotu lub grupy przedmiotów</td><td>Symbol efektu uczenia się dla programu studiów podyplomowych</td></tr></table>			Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu lub grupy przedmiotów	Opis efektu uczenia się dla przedmiotu lub grupy przedmiotów	Symbol efektu uczenia się dla programu studiów podyplomowych
Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu lub grupy przedmiotów	Opis efektu uczenia się dla przedmiotu lub grupy przedmiotów	Symbol efektu uczenia się dla programu studiów podyplomowych			

Wiedza		
01	Zna metody badań strukturalnych materiałów wytworzonych technikami przyrostowymi, w tym mikroskopii optycznej, SEM/EDS i dyfrakcji rentgenowskiej (XRD).	KP_W01
02	Posiada wiedzę na temat metod pomiaru właściwości mechanicznych (twardość, wytrzymałość na rozciąganie, zmęczeniowa) oraz ich interpretacji w kontekście wytwarzania addytywnego.	KP_W02
03	Zna metody oceny struktury geometrycznej powierzchni (SGP) oraz odporności na zużycie ścierne dla materiałów kształtowanych addytywnie.	KP_W03
Umiejętności		
01	Potrafi wykonać badania mikrostrukturalne z użyciem mikroskopii świetlnej i elektronowej oraz zinterpretować uzyskane obrazy i dane (morfologia, wielkość ziaren, porowatość).	KP_U01
02	Potrafi przeprowadzić analizę fazową przy użyciu techniki XRD oraz określić podstawowe parametry krystalograficzne materiałów addytywnych.	KP_U02
03	Potrafi zrealizować pomiary SGP (2D i 3D) oraz odporności na zużycie ścierne, a także wyciągnąć wnioski dotyczące funkcjonalności powierzchni.	KP_U03
Kompetencje społeczne		
01	Potrafi efektywnie współpracować w zespole przy realizacji badań laboratoryjnych i analizie wyników z różnych metod badawczych.	KP_K01
02	Wykazuje odpowiedzialność w zakresie właściwego użytkowania specjalistycznego sprzętu badawczego i przestrzegania zasad BHP.	KP_K02
03	Potrafi krytycznie ocenić jakość wykonanych badań i uzyskanych danych oraz wyciągnąć wnioski dla dalszego rozwoju technologii wytwarzania.	KP_K03

1.	Nazwa przedmiotu lub grupy przedmiotu	Postprocessing gotowego wyrobu
2.	Tryb prowadzenia zajęć (zdalny/stacjonarny)	stacjonarny
3.	Liczba punktów ECTS przypisana do przedmiotu lub grupy przedmiotów	4 ECTS
4.	Formy prowadzenia zajęć dla przedmiotu lub grupy przedmiotu z przypisaną liczbą godzin	Wykład (7 godz.) Laboratorium (25 godz.)
5.	Treści programowe dla przedmiotu lub grupy przedmiotów	
Wykład		
1) <i>Post-procesowe obróbki cieplne elementów drukowanych</i> (wprowadzenie do procesów obróbki cieplnej stosowanych w materiałach metalowych: hartowanie, odpężanie, wyżarzanie; omówienie specyficznych wyzwań dla stopów stosowanych w procesach LPBF, SLS i SLM) – 2 godz. WIM;		
2) <i>Zasady projektowania i optymalizacja procesów post-procesowej obróbki cieplnej elementów drukowanych</i> (analiza przemian strukturalnych w warunkach określonych rodzajów obróbki cieplnej {czas–temperatura–przemiana} – z uwzględnieniem składu chemicznego i właściwości termofizycznych tworzyw metalicznych dla zastosowań w technologiach addytywnych; analiza mikrostruktury w aspekcie właściwości mechanicznych elementów drukowanych po określonym rodzaju obróbki cieplnej) – 2 godz. WIM;		
3) <i>Morfologia i post-processing powierzchni elementów drukowanych</i> (charakterystyka metod poprawy jakości powierzchni i obróbki wykańczającej elementów drukowanych w aspekcie poprawy estetyki, dokładności wymiarowej i właściwości użytkowych; obróbki ścierno-erozyjne i cieplno-chemiczne) – 2 godz. WIM;		
4) <i>Kolokwium</i> – 1 godz. WIM.		
Laboratorium		
1) <i>Projektowanie schematów temperaturowych dla elementów drukowanych z różnych materiałów metalicznych</i> (definicja schematów temperaturowych i ich rola w post-procesowej obróbce cieplnej elementów drukowanych; analiza rozkładu temperatury {z uwzględnieniem przystanków temperaturowych nagrzewania, wygrzewania i chłodzenia} i jej wpływ na kształtowanie struktury i stan naprężeń własnych w aspekcie właściwości mechanicznych różnych materiałów elementów drukowanych – 3 godz. WIM;		
2) <i>Obróbka cieplna próbek testowych drukowanych przyrostowo</i> (praktyczne zastosowanie obróbki cieplnej różnych materiałów wytworzonych przyrostowo zgodnie z zaprojektowanym schematem obróbki cieplnej) – 3 godz. WIM;		
3) <i>Analiza wpływu obróbki cieplnej na mikrostrukturę i właściwości mechaniczne</i> (analiza wyników badań strukturalnych SEM/EDS i XRD oraz mikrotwardości w aspekcie wpływu post-procesowej obróbki cieplnej na poprawę właściwości użytkowych materiałów drukowanych) – 3 godz. WIM;		
4) <i>Analiza wpływu post-procesowej obróbki wykańczającej powierzchni elementów wytworzonych technikami przyrostowymi</i> (analiza wpływu parametrów i warunków obróbki strumieniowo-ścierniej, polerowania i powlekania elektrochemicznego na stan powierzchni elementów wytworzonych technikami przyrostowymi; dokładność geometryczna, chropowatość powierzchni) – 3 godz. WIM;		
5) <i>Analiza wpływu post-procesowej obróbki cieplno-chemicznej na stan powierzchni elementów wytworzonych technikami przyrostowymi</i> (analiza wpływu parametrów i warunków różnych obróbek cieplno-chemicznych na stan powierzchni elementów wytworzonych technikami przyrostowymi; dokładność geometryczna, chropowatość powierzchni; analiza porównawcza różnych obróbek cieplno-chemicznych pod kątem kosztów i efektywności oraz ochrony środowiska) – 3 godz. WIM;		
6) <i>Technologia obróbki wykończeniowej złożonych geometrycznie struktur wewnętrznych</i> (analiza wpływu parametrów i warunków obróbki tłoczono-ścierniej na dokładność geometryczną i chropowatość powierzchni obrabianych struktur; rodzaje past ściernych, parametry i warunki obróbki wykańczającej, dokładność geometryczna, chropowatość powierzchni) – 2 godz. WMT;		

	7) <i>Technologia obróbek gładkościowych powierzchni swobodnych</i> (analiza wpływu parametrów i warunków obróbki w wygładzarkach pojemnikowych na dokładność geometryczną i chropowatość powierzchni obrabianych struktur; rodzaje i materiały kształtek ściernych, parametry i warunki obróbki, dokładność geometryczna, chropowatość powierzchni) – 2 godz. WMT; 8) <i>Technologia obróbki postprocesorowej na obrabiarkach CNC</i> (opracowanie obróbki wykończeniowej części w systemach CAM dla frezarek sterownych numerycznie; analiza technologiczna części, dobór ścieżek i strategii obróbkowych, parametry obróbki, geometria narzędzi, tolerancje obróbkowe, symulacja i weryfikacja poprawności opracowanej technologii) – 6 godz. WMT.
6.	Formy weryfikacji i oceny osiągniętych efektów kształcenia (warunki i sposób zaliczenia) Wykład: kolokwium. Osiągnięcie efektów weryfikowane jest podczas kolokwium pisemnego i wykonanego przez każdego uczestnika indywidualnie – opracowania rozwiązań materiałowo-technologicznych (na bazie materiałów z wykładu i przeglądu literatury). Sprawdzian pisemny (na ostatnim wykładzie) jest z zagadnień prezentowanych na zajęciach, związanych z tematyką przedmiotu zawartą w Sylabusie, przy następującej skali ocen: ocena 2 – poniżej 50% poprawnych odpowiedzi; ocena 3 – 50 ÷ 60% poprawnych odpowiedzi; ocena 3,5 – 61 ÷ 70% poprawnych odpowiedzi; ocena 4 – 71 ÷ 80% poprawnych odpowiedzi; ocena 4,5 – 81 ÷ 90% poprawnych odpowiedzi; ocena 5 – powyżej 91% poprawnych odpowiedzi. Ocenę bardzo dobrą otrzymuje uczestnik, który posiadał wiedzę, umiejętności i kompetencje przewidziane efektami kształcenia, a ponadto wykazuje zainteresowanie przedmiotem, w sposób twórczy podchodzi do powierzonych zadań i wykazuje się samodzielnością w zdobywaniu wiedzy, jest wytrwały w pokonywaniu trudności oraz systematyczny w pracy. Ocenę dobrą otrzymuje uczestnik, który posiadał wiedzę i umiejętności przewidziane programem nauczania w stopniu dobrym. Potrafi rozwiązywać zadania i problemy o średnim stopniu trudności. Ocenę dostateczną otrzymuje uczestnik, który posiadał wiedzę i umiejętności przewidziane programem nauczania w stopniu dostatecznym. Samodzielnie rozwiązuje zadania i problemy o niskim stopniu trudności. W jego wiedzy i umiejętnościach zauważalne są luki, które potrafi jednak uzupełnić pod kierunkiem nauczyciela. Ocenę niedostateczną otrzymuje uczestnik, który nie posiadał wiedzy, umiejętności i kompetencji w zakresie koniecznych wymagań. Laboratorium: raporty/sprawozdania. Osiągnięcie efektów weryfikowane jest na podstawie pisemnych sprawozdań z zakresu realizowanych ćwiczeń laboratoryjnych, weryfikowanych indywidualnie na podstawie zadań sprecyzowanych do rozwiązania w ramach określonych tematów zajęć laboratoryjnych – z obliczeniami, analizą analityczną i wnioskami z uzyskanych wyników badań. Przy ocenie końcowej dla każdej jednostki lekcyjnej uwzględnia się również stopień przygotowania do ćwiczeń laboratoryjnych (ocenę wejściową), jako wartość średnią do oceny końcowej z laboratorium (przy co najmniej 51% poprawnych odpowiedzi z wejściówki dopuszczającej do ćwiczeń laboratoryjnych). Ocenę końcową z przedmiotu stanowi wartość średnia z ocen wszystkich tematów ćwiczeń laboratoryjnych, przy następującej skali ocen (z uwzględnieniem uzyskania oceny pozytywnej ze sprawozdania z każdego ćwiczenia laboratoryjnego): ocena 2 – poniżej 50% z ocen cząstkowych; ocena 3 – 50 ÷ 60% z ocen cząstkowych; ocena 3,5 – 61 ÷ 70% z ocen cząstkowych; ocena 4 – 71 ÷ 80% z ocen cząstkowych; ocena 4,5 – 81 ÷ 90% z ocen cząstkowych; ocena 5 – powyżej 91% z ocen cząstkowych.
7.	Efekty uczenia się przypisane do tych przedmiotów lub grup przedmiotów i ich odniesienie do efektów uczenia się dla programu studiów podyplomowych

Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu lub grupy przedmiotów	Opis efektu uczenia się dla przedmiotu lub grupy przedmiotów	Symbol efektu uczenia się dla programu studiów podyplomowych
Wiedza		
01	Zna rodzaje i zasady działania procesów post-procesowej obróbki cieplnej (hartowanie, wyżarzanie, odpężanie) stosowanych w materiałach wytwarzanych metodami AM.	KP_W01
02	Zna zależności między strukturą, mikrostrukturą, parametrami obróbki cieplnej a właściwościami mechanicznymi elementów drukowanych (z uwzględnieniem charakterystyki stopów używanych w LPBF, SLM, SLS).	KP_W02
03	Zna metody post-procesowej obróbki powierzchniowej (ścierno-strumieniowe, polerowanie, powlekanie elektrochemiczne, cieplno-chemiczne), ich ograniczenia i wpływ na jakość geometryczną i funkcjonalność elementów.	KP_W03
Umiejętności		
01	Potrafi zaprojektować i zastosować schemat temperaturowy dla wybranych materiałów drukowanych przyrostowo oraz przeanalizować jego wpływ na strukturę i właściwości mechaniczne.	KP_U01
02	Potrafi wykonać post-procesową obróbkę cieplną i wykończeniową oraz przeanalizować jej wpływ na mikrostrukturę i stan powierzchni przy wykorzystaniu metod SEM, XRD, mikrotwardości i SGP.	KP_U02
03	Potrafi opracować strategię obróbki CAM/CNC oraz dobrać parametry technologiczne do końcowego wykończenia elementów o złożonej geometrii z uwzględnieniem tolerancji i chropowatości.	KP_U03
Kompetencje społeczne		
01	Rozumie znaczenie kontroli jakości i optymalizacji procesów post-procesowych w kontekście funkcjonalności i trwałości elementów AM.	KP_K01
02	Wykazuje odpowiedzialność w pracy zespołowej, szczególnie przy korzystaniu z zaawansowanych systemów CAM/CNC, pieców do obróbki cieplnej i urządzeń do obróbek wykańczających.	KP_K02
03	Potrafi analizować efektywność oraz aspekty środowiskowe i ekonomiczne różnych metod post-processingu i zaproponować rozwiązania optymalne dla danego zastosowania.	KP_K03