

Program studiów

Kierunek studiów:	mechanika i budowa maszyn
Poziom studiów:	studia drugiego stopnia
Profil studiów:	ogólnoakademicki
Formy studiów:	studia stacjonarne studia niestacjonarne
Liczba semestrów:	3
Liczba punktów ECTS konieczna do ukończenia studiów:	90
Tytuł zawodowy nadawany absolwentom:	magister inżynier
Kierunek studiów jest przyporządkowany do dyscyplin:	inżynieria mechaniczna: 80% - dyscyplina wiodąca inżynieria materiałowa: 20%
Łączna liczba godzin zajęć:	studia stacjonarne: 960 studia niestacjonarne: 576
Łączna liczba punktów ECTS, jaką student musi uzyskać w ramach zajęć prowadzonych z bezpośrednim udziałem nauczycieli akademickich lub innych osób prowadzących zajęcia:	studia stacjonarne: 45 studia niestacjonarne: 23
Liczba punktów ECTS, jaką student musi uzyskać w ramach zajęć z dziedziny nauk humanistycznych lub nauk społecznych – w przypadku kierunków studiów przyporządkowanych do dyscyplin w ramach dziedzin innych niż odpowiednio nauki humanistyczne lub nauki społeczne:	5
Wymiar oraz liczba punktów ECTS, jaką student musi uzyskać w ramach praktyk zawodowych:	nie dotyczy
Zasady i forma odbywania praktyk zawodowych:	nie dotyczy

Efekty uczenia się

Symbol	Zakładane efekty uczenia się	Odniesienie do charakterystyk drugiego stopnia efektów uczenia się Polskiej Ramy Kwalifikacji
Wiedza: zna i rozumie		
K2A_W1	w pogłębionym stopniu - zagadnienia w zakresie matematyki i innych obszarów nauki oraz dyscyplin inżynieryjno-technicznych, a także konieczność zrównoważonego, ekologicznego rozwoju (zielona transformacja) i wdrażania technologii cyfrowych w życiu społeczno-gospodarczym, do których przyporządkowano studiowany kierunek, przydatne do formułowania i rozwiązywania złożonych zadań inżynierskich	P7S_WG
K2A_W2	podstawowe, podbudowane teoretycznie procesy zachodzące w cyklu życia urządzeń, obiektów i systemów technicznych oraz metody, techniki, narzędzia i materiały stosowane przy rozwiązywaniu złożonych zadań inżynierskich związanych z kierunkiem studiów, w tym również obejmujące stosowanie technologii wspierających proces zielonej transformacji i technologii cyfrowych	P7S_WG inż. P7S_WK inż.
K2A_W3	zasady tworzenia i rozwoju różnych form indywidualnej przedsiębiorczości, w tym implementację technologii cyfrowych do różnych aspektów życia społecznego i gospodarczego oraz w zakresie zielonej transformacji	P7S_WK
K2A_W4	społeczne, ekonomiczne, prawne, etyczne i inne pozatechniczne uwarunkowania działalności inżynierskiej, w tym zasady ochrony własności przemysłowej i prawa autorskiego	P7S_WK
K2A_W5	problemy współczesnej cywilizacji w odniesieniu do osiągnięć nauki i techniki	P7S_WK
K2A_W6	główne tendencje rozwojowe dyscyplin naukowych, do których przyporządkowany jest kierunek, a także ich zastosowanie w kontekście technologii cyfrowych i zielonej transformacji	P7S_WG
K2A_W7	potrzebę prowadzenia badań umożliwiających rozwój, weryfikację i optymalizację konstrukcji maszyn lub procesów technologicznych, w tym metod opartych na sztucznej inteligencji	P7S_WG
K2A_W8	zagadnienia związane z wirtualnym modelowaniem i prowadzeniem symulacji dotyczących działania maszyn lub przebiegu wybranych procesów technologicznych, technik digitalizacji i zielonej transformacji	P7S_WG inż.

Umiejętności: potrafi		
K2A_U1	identyfikować, formułować i rozwiązywać złożone i nietypowe problemy inżynierskie związane ze studiowanym kierunkiem poprzez zastosowanie zasad inżynierii, nauki i matematyki, a także innowacyjnie wykonywać zadania w nieprzewidywalnych warunkach z zastosowaniem narzędzi opartych na sztucznej inteligencji i cyfrowej analizie danych, przystosowując istniejące lub opracowane nowe metody i narzędzia	P7S_UW
K2A_U2	formułować i testować hipotezy związane z prostymi problemami badawczymi, biorąc pod uwagę aspekty zrównoważonego rozwoju	P7S_UW
K2A_U3	planować i przeprowadzać eksperymenty, w tym pomiary i symulacje komputerowe z zastosowaniem narzędzi cyfrowych lub metod opartych na sztucznej inteligencji, interpretować uzyskane wyniki i wyciągać wnioski zgodne z szeroko pojętym zrównoważonym rozwojem	P7S_UW inż.
K2A_U4	przy identyfikacji i formułowaniu specyfikacji zadań inżynierskich oraz ich rozwiązywaniu: – wykorzystywać metody analityczne, symulacyjne i eksperymentalne, – dostrzegać ich aspekty systemowe i pozatechniczne, w tym aspekty etyczne, – dokonywać wstępnej oceny ekonomicznej proponowanych rozwiązań i podejmowanych działań inżynierskich, – uwzględniać aspekty zrównoważonego rozwoju i zielonej transformacji w procesach inżynierskich; potrafi dokonywać krytycznej analizy sposobu funkcjonowania istniejących rozwiązań technicznych i oceniać te rozwiązania	P7S_UW inż.
K2A_U5	zaprojektować – zgodnie z zadaną specyfikacją z uwzględnieniem aspektów zielonej transformacji i jej wpływu na społeczeństwo i środowisko – oraz wykonać typowe dla studiowanego kierunku złożone urządzenie, obiekt, system lub zrealizować proces, używając właściwych metod, technik, narzędzi i materiałów	P7S_UW inż.
K2A_U6	pracować indywidualnie i w zespole, przyjmując w nim różne role, w tym rolę wiodącą; potrafi kierować pracą zespołu z uwzględnieniem aspektów zielonej transformacji i jej wpływu na społeczeństwo i środowisko	P7S_U0
K2A_U7	właściwie dobierać źródła i informacje z nich pochodzące, dokonywać oceny, krytycznej analizy, syntezy, twórczej interpretacji i prezentacji tych informacji; potrafi komunikować się na tematy specjalistyczne ze zróżnicowanymi kręgami odbiorców, z użyciem specjalistycznej terminologii i nowoczesnych technologii informacyjno-komunikacyjnych, prowadzić debatę; potrafi posługiwać się językiem obcym na poziomie B2+ oraz specjalistyczną terminologią, a także posługiwać się drugim językiem obcym na poziomie A1 lub wyższym Europejskiego Systemu Opisu Kształcenia Językowego Europejskiego Systemu Opisu Kształcenia Językowego z uwzględnieniem terminologii charakterystycznej dla dziedziny inżynieria mechaniczna i materiałowa. Ponadto potrafi stosować cyfrowe narzędzia analizy danych lub algorytmy sztucznej inteligencji do przetwarzania i interpretacji informacji w kontekście inżynierskim	P7S_UK
K2A_U8	dobierać i korzystać z właściwych, zaawansowanych technik, umiejętności i nowoczesnych narzędzi inżynierskich w tym narzędzi cyfrowych lub metod opartych na sztucznej inteligencji	P7S_UW P7S_UW inż.
K2A_U9	samodzielnie planować i realizować własne uczenie się przez całe życie	P7S_UU
K2A_U10	stosować zaawansowane systemy CAx do modelowania i optymalizacji elementów maszyn ze szczególnym uwzględnieniem metod symulacyjnych, metod opartych na sztucznej inteligencji, analitycznych oraz numerycznych	P7S_UW P7S_UW inż.
K2A_U11	dokonać wyboru optymalnego materiału oraz technologii wytwarzania elementów maszyn z uwzględnieniem aspektów zrównoważonego rozwoju i zielonej transformacji	P7S_UW inż.
Kompetencje społeczne: jest gotów do		
K2A_K1	krytycznej oceny posiadanej wiedzy i odbieranych treści, uznawania znaczenia wiedzy w rozwiązywaniu problemów poznawczych i praktycznych oraz zasięgania opinii ekspertów w przypadku trudności z samodzielnym rozwiązaniem problemu	P7S_KK
K2A_K2	jest gotów do wypełniania zobowiązań społecznych zgodnie z aspektami zrównoważonego rozwoju i zielonej transformacji, inspirowania i organizowania działalności na rzecz środowiska społecznego, inicjowania działań na rzecz interesu publicznego, myślenia i działania w sposób kreatywny i przedsiębiorczy	P7S_K0
K2A_K3	jest gotów do odpowiedzialnego pełnienia ról zawodowych, z uwzględnieniem zmieniających się potrzeb społecznych, jak również zielonej i cyfrowej transformacji, rozwijania dorobku zawodu, podtrzymywania etosu zawodu, przestrzegania i rozwijania etyki zawodowej oraz działania na rzecz przestrzegania tych zasad; ma świadomość ważności i zrozumienie pozatechnicznych aspektów i skutków działalności inżynierskiej na społeczeństwo i środowisko	P7S_KR

Zajęcia i grupy zajęć

Nazwa zajęć lub grupy zajęć	Liczba punktów ECTS	Efekty uczenia się (symbol) przypisane do zajęć lub grupy zajęć	Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się
Język obcy	4	K2A_W5 K2A_U9 K2A_U9 K2A_K1	Tematyka/słownictwo, funkcje komunikacyjne i struktury gramatyczne na wybranym poziomie biegłości językowej.
Grupa zajęć z dziedziny nauk humanistycznych, ekonomicznych i społecznych (HES)	5	K2A_W3 K2A_W4 K2A_W5 K2A_U6	Elementy prawa pracy i ochrona własności intelektualnej. Ochrona własności przemysłowej w zakresie: wynalazków, wzorów użytkowych i przemysłowych, znaków towarowych itd. Charakterystyka prawa pracy i jego zakres. Zasady

		K2A_U7 K2A_U9 K2A_K2 K2A_K3	i funkcje prawa pracy. Źródła prawa pracy. Podstawowe pojęcia z zakresu prawa pracy. Nadzór nad przestrzeganiem prawa pracy. Podstawy przedsiębiorczości gospodarczej. Zasady tworzenia spółek handlowych oraz własnej działalności gospodarczej. Pojęcie infrastruktury. Metodologia opracowania celu i misji przedsiębiorstwa o profilu technicznym. Formy i regulacje prawne prowadzenia działalności gospodarczej. Wymagania prawne i ekonomiczne. Koszty funkcjonowania i analiza finansowa przedsiębiorstwa. Analiza ryzyka. Zarządzanie procesami oraz kadrą w firmach o profilu technicznym. Zrównoważony i ekologiczny model rozwoju gospodarczego oraz szeroko pojęte wdrażanie i wykorzystanie technologii cyfrowych w celu usprawnienia procesów biznesowych. Europejski system zapewnienia bezpieczeństwa maszyn i dźwigów. Europejski system prawny regulujący zieloną i cyfrową transformację. Prawo cyfrowe UE, w tym regulacje dotyczące ochrony danych (RODO), sztucznej inteligencji (AI Act), cyberbezpieczeństwa (NIS2) i usług cyfrowych (DSA, DMA). Podstawy komunikacji społecznej. Podstawy negocjacji. Potrzeby komunikacyjne w środowisku uczelni wyższej. Komunikacja werbalna i niewerbalna. Komunikacja formalna i nieformalna. Komunikacja bezpośrednia oraz zdalna. Systemy informatyczne a komunikacja. Informatyczne środki przekazu wykorzystujące narzędzia sztucznej inteligencji. Cyfrowe narzędzia analizy danych i algorytmy sztucznej inteligencji do przetwarzania i interpretacji informacji w kontekście inżynierskim. Systemy komunikacyjne. Obieg dokumentów, w tym elektronicznych. Zarządzenia procedury i instrukcje. Praktyczne aspekty tworzenia podań i odwołań.
Grupa zajęć kierunkowych	16	K2A_W2 K2A_W3 K2A_W5 K2A_W6 K2A_U4 K2A_U8 K2A_K1 K2A_K2	Technologie proekologiczne oraz przemysł 4.0 jako elementy czwartej rewolucji przemysłowej. Fabryki 4.0 jako efekt czwartej rewolucji przemysłowej; Cyfrowy bliźniak w kontekście zasad Przemysłu 4.0. Cyfrowa kopia bliźniacza fizycznego procesu. Opracowanie wirtualnego modelu dla cyfrowego bliźniaka. Układy sensoryczne na potrzeby cyfrowego bliźniaka. Symulacja procesów produkcyjnych. Integracja układów sensorycznych z wirtualnym modelem. Narzędzia analityczne dla cyfrowego bliźniaka. Uproszczenia procesów i obiektów w ramach cyfrowego bliźniaka. Planowanie procesu produkcyjnego z użyciem cyfrowych bliźniaków. Inteligentne algorytmy sterowania produkcją. Technologie proekologiczne. Podstawy ochrony zasobów naturalnych i ekologii człowieka. Dostępność surowców i główne źródła zanieczyszczeń antropogennych. Zagrożenia środowiskowe jako skutek działalności przemysłowej. Prewencyjna strategia zarządzania środowiskiem i procesami technologicznymi na podstawie strategii rozwoju zrównoważonego i zasady czystszej produkcji. Proekologiczne standardy prawne w Unii Europejskiej. Zintegrowane zapobieganie zanieczyszczeniom. Środowiskowy cykl życia produktu. Techniki minimalizacji odpadów: redukcja u źródła i recykulacja. Ocena możliwości minimalizacji odpadów w procesach technologicznych. Procedura minimalizacji odpadów. Przykłady wybranych technologii proekologicznych, ekologicznie czyste technologie i procesy produkcyjne. Technologie mające na celu redukcję emisji CO₂, poprawę efektywności energetycznej i wdrażanie odnawialnych źródeł energii. Technologie magazynowania energii. Gospodarka o obiegu zamkniętym. Techniki i technologie stosowane w ochronie powietrza. Wybór optymalnej technologii w aspekcie ekologicznym. Zagadnienia budowy i eksploatacji maszyn. Wybór zagadnień komputerowego wspomaganie w procesach projektowo-technologicznych. Metodyka komputerowego wspomaganie przemysłu i wytworów technicznych (CAI – Computer Aided Industry). Przegląd inżynierskich systemów wspomaganie procesów konstruowania, wytwarzania, kontroli produkcji, kontroli jakości, testowania i badań uwzględniających nowoczesne narzędzia oparte na sztucznej inteligencji oraz metody cyfrowej transformacji. Wprowadzenie do metod numerycznych w weryfikacji konstrukcji mechanicznych. Podstawy numerycznych metod: różnic skończonych, elementów brzegowych, sztywnych elementów skończonych. Wprowadzenie do metody elementów skończonych (MES):

			etapy modelowania, pojęcia modelu fizycznego i matematycznego. Aplikacje MES w programach komercyjnych, wprowadzenie do wybranego programu metody elementów skończonych, omówienie jego podstawowych funkcji. Koncepcja metody elementów skończonych (funkcje kształtu, macierze sztywności elementów skończonych, klasyfikacja elementów skończonych). Analiza elementów skończonych (prętowy, belkowy, tarczowy, płytowy, czworościenny). Podział konstrukcji na elementy skończone, budowa globalnej macierzy sztywności układu, wyznaczenie obciążeń ekwiwalentnych. Warunki brzegowe, metody rozwiązywania układów równań, błędy metody. Wprowadzenie do diagnostyki i eksploatacji maszyn. Nowoczesne metody zarządzania produkcją bazujące na filozofii Lean Management. Zagadnienia cyfrowej transformacji, w tym integracja systemów IT i OT (Operational Technology), Internet Rzeczy (IoT) Big Data i analityki danych, sztucznej inteligencji, uczenia maszynowego i cyfrowych bliźniaków – które wspierają monitorowanie, optymalizację i automatyzację procesów produkcyjnych. Rola utrzymania ruchu w nowoczesnej organizacji. Metody globalnego zarządzania utrzymaniem ruchu (TPM). Analiza krytyczności maszyn i instalacji. Strategie utrzymania ruchu. Priorytetyzacja prac w systemie produkcyjnym. Wskaźniki oceny działań służb utrzymania ruchu (MTBF, MTTR OEE, OCE). Eksploatacja bazująca na niezawodności (RCM). Podstawowe pojęcia teorii niezawodności. Modele niezawodnościowe obiektów eksploatacji. Obiekty naprawialne i nienaprawialne. Niezawodność układu elementów. Rezerwowanie. Zużycie maszyn i jego identyfikacja. Metody diagnozowania stanu maszyn. Analiza przyczyn źródłowych problemów i uszkodzeń (RCFA). Gospodarka elementami zamiennymi. Komputerowe systemy wspomagania eksploatacją obiektów technicznych (CMMS). Zagadnienia inżynierii materiałowej. Kształtowanie struktury i własności materiałów inżynierskich. Ogólne zagadnienia dotyczące związku pomiędzy strukturą, własnościami i procesem wytwarzania materiałów inżynierskich. Kształtowanie struktury i własności materiałów z wykorzystaniem technologii obróbki cieplnej, metalurgii proszków, odkształcenia plastycznego, odlewania, nowoczesne technologie przyrostowe. Wytwarzanie materiałów kompozytowych. Technologie przetwórstwa tworzyw sztucznych. Technologie warstw powierzchniowych. Rentgenowskie metody badań materiałów. Badania struktury i własności materiałów z wykorzystaniem promieniowania rentgenowskiego. Ekologiczna transformacja technologii materiałowych. Gospodarka obiegu zamkniętego w technologii materiałów. Ekologiczne materiały inżynierskie. Zielone technologie w produkcji materiałów. Nowoczesne metody przetwarzania materiałów. Redukcja emisji i zanieczyszczeń. Legislacja i normy ekologiczne. Technologie cyfrowe w ekologicznej transformacji. Automatyzacja procesów wytwarzania i przetwórstwa materiałów. Świadomość wpływu automatyzacji na jakość i powtarzalność wytwarzania i przetwórstwa materiałów inżynierskich. Wzrost jakości i bezpieczeństwa pracy dzięki automatyzacji procesów technologicznych. Przesłanki ekonomiczne i ekologiczne wprowadzenia automatyzacji w przetwórstwie materiałów inżynierskich. Wytwarzanie warstw wierzchnich i powłok w zrobotyzowanych procesach technologicznych.
Grupa zajęć prowadzonych w języku angielskim (grupa zajęć wybieralnych, realizowanych w ramach specjalności)	4	K2A_W1 K2A_W2 K2A_W6 K2A_W8 K2A_U3 K2A_U4 K2A_U7 K2A_U10 K2A_U11 K2A_K1	W ramach zajęć studentom przekazywana jest wiedza z zakresu mechaniki i budowy maszyn w języku angielskim na poziomie B2+ Europejskiego Systemu Opisu Kształcenia Językowego materiału. Classification of lightweight designs. Examples of lightweight construction applications in road transport, aviation, robotics and aerospace. Methods of selecting lightweight concepts. Principles of building bar, shell and sandwich structures. Material selection criteria for lightweight structures, including strength-to-weight ratio, fatigue resistance, and environmental impact. The principles of designing lightweight structures specific for selected technology of metallic materials and plastics including composites.

			Advanced lightweight materials: aluminum and titanium alloys, high-strength steels, carbon fiber-reinforced polymers, glass fiber-reinforced polymers, natural fiber composites, and high-performance thermoplastics. Influence of nanomaterials and hybrid composites on weight reduction and mechanical performance. Additive manufacturing and its role in optimizing lightweight material usage. Sustainable design. Sustainable materials classification, life cycle assessment (LCA), biodegradable and recycled materials, low-carbon and renewable resources, energy-efficient processing, biomaterials, smart eco-materials, circular economy principles, non-toxic coatings, waste reduction, sustainable packaging, green manufacturing, 3D printing, nanotechnology, sustainable textiles, regulatory standards. Concurrent Engineering. Terminology and perspectives for the application and development of Concurrent Engineering methods. Review and classification of Concurrent Engineering methods and tools. Systematic, interdisciplinary, multidisciplinary, transdisciplinary engineering. Selection of methods and tools for Concurrent Engineering in the design process. Practical use of concurrent design methods and tools. Computational Materials Science. Computer methods for nonlinear and time-dependent problems. Inelastic and nonlinear materials. Non-homogenous and anisotropic materials. Materials with defects. Dynamic behavior of materials. Representative volume element. Effective properties of materials. Multiscale modeling. Computational intelligence methods. Search problem and search methods. Artificial neural networks. Deep learning. Evolutionary computations. Computational swarm intelligence. Artificial immune systems. Fuzzy sets and fuzzy logic. Fuzzy controllers. Hybrid systems. Other CI methods. CNC machine tools - drives and control. Introduction to machine tool drives. Requirements for machine tool drives. AC and DC drives. Step drives. Electric linear drives. Hydraulic drives. AC and DC drive systems. Thyristor drives. Inverter drives. NC machine tool servo drives. Fundamentals of automatic position control in NC machine tools. Digital servo drives. Designing conventional drives and servo drives. Advanced CAM methods. Designing technological processes for cuboidal and surface models, milling and turning processes, 3 + 2 and 5-axis machining. Advanced path control, input of complex information. Simulation and analysis, export of the resulting geometry. Collision analysis. Advanced postprocessing and program analysis. Building postprocessors. Automated manufacturing systems. Automation of industrial processes, basic elements of an industrial automated manufacturing systems, measures of automation of the production process, structure and functions of automated manufacturing systems, principles of designing automated workstations, information exchange in automated manufacturing systems. Virtual simulation of manufacturing processes. Computer simulation models. The integration of simulation tools with real-time data, use of digital twins for dynamic process control, application of AI and machine learning in model calibration and predictive analytics, and the implementation of cloud-based simulation platforms to support collaborative, data-driven decision-making in smart manufacturing environments. Managing the simulation project. Simulation software. Types and parameters of objects in the production system model. Visualization of manufacturing processes. Applications of simulation and optimization techniques in the design of machines and vehicles. Computational Mechanics: Finite Difference Method, Finite Element Method, Finite Volume Method, Spectral Method, Boundary Element Method, Meshfree Methods. The Finite Element Modelling Principles; Static and dynamic analysis, Constitutive Material models, topology optimization, parametric optimization and response surface optimization, coupling analysis - direct and load transfer method. Vehicle Dynamics Simulation, Control and Design Safety Systems. Active and passive safety, dynamic models of autonomous vehicles and mobile robots including control and safety systems, advanced simulation environments, autonomous control systems and modern
--	--	--	---

			safety systems including applicable standards, practical application of design systems in an industrial environment with use available on market systems. Optional author's lecture part I- Materials science. Structure of crystalline solids. Diffusion mechanism. Mechanical properties of materials. Plastic deformation. Strengthening mechanisms. Recovery. Recrystallization. Failure. Application and processing of metal alloys, ceramics, polymers and composites. Corrosion and degradation of materials. Green transformation in materials engineering (eco-design of materials, low-carbon footprint technologies, LCA in materials development, eco-material). Digital transformation in materials science including AI-driven materials discovery and property prediction, data-enhanced modelling of microstructure evolution, materials informatics: big data in materials research and development. Optional author's lecture part II- Materials science. Introduction to functional materials. Advanced aluminum alloys. Polymer composites. Metal matrix composites. Titanium alloys. Nickel alloys. Functionally graded materials. Intermetallics. Advanced biomaterials. Nanomaterials. Advanced film and coatings material. High entropy alloys and metallic glasses. Quality control with elements of exploitation diagnostics. Assessment criteria. Diagnostic research methods. Theoretical foundations of non-destructive material testing methods - research devices, instrumentation. Detection of defects by non-destructive methods from the production process to the destruction of the material. Rules for the selection of quality assessment methods. Principles of building diagnostic relationships. Computer-Aided Design of tools for processing engineering materials. Integration with CAM/CAE systems, use of AI-driven generative design, and topology optimization. Key elements of digital transformation include cloud-based collaboration, additive manufacturing of tools, and the application of digital twins and IoT for tool monitoring and lifecycle management. Benefits of CAE as fast, cost-effective and reliable methods to design tools for plastics manufacturing, visualization of the design for molding, product design, design procedure, gate and runner system design, cooling system design, shrinkage and warpage, part defects. Surface modification by welding methods. The purposes of surface treatment application. Selection of chemical composition of manufactured coatings. Surface modification technologies: manual metal arc cladding, submerged arc cladding, TIG, MIG/MAG cladding, flux and metal- cored arc cladding, plasma transferred arc surface modification, laser surface modification (laser hardening, melting, alloying, cladding), gas, arc and plasma spraying processes. Laser techniques in welding. Basics of generation of laser light. Construction of commercial lasers. Laser beam interaction with solids. Theoretical basics of laser keyhole welding mode. Conduction laser welding process. Classification of laser surface treatment processes. Laser surface hardening process. Laser surface melting process. Laser surface alloying process. Laser cladding process. Designing of foundry production. Designing of the sand and die castings manufacturing processes. Molding materials selection for the various casting technologies. Designing of the gating and feeding systems for various castings. Automation and robotization of foundry processes. Automatic flask and flaskless foundry lines. Automatic pouring devices. Sensors in the castings production. Robots in high pressure die casting. Automation of the finishing processes. Investment casting robotization. Automatic molding sand preparation. Melting processes automation. Numerical modeling of plastic forming processes. The theory and application of the finite element method in linear and nonlinear problems of continua. Concepts and fundamentals of the finite element formulation, spatial discretisation and time integration strategies. Theory and applications in large deformations, plasticity and contact problems. The simulations will be aimed at understanding the fundamentals of mechanics of the forming processes. Automation and robotization of plastic forming processes. Functional blocks of machines including their control. Methods of monitoring
--	--	--	--

			and controlling the course of the process. Integration and configuration of technological lines in the aspect of "Industry 4.0". Transport systems. Quality control systems. Robotization of selected plastic forming processes. Includes elements of digital transformation such as digital twins, AI, IoT monitoring, and cloud data integration for smart manufacturing.
Grupa zajęć wybieralnych realizowanych w ramach specjalności MB2 - PROJEKTOWANIE i EKSPLOATACJA MASZYN	29	K2A_W1 K2A_W2 K2A_W6 K2A_W7 K2A_W8 K2A_U1 K2A_U2 K2A_U3 K2A_U4 K2A_U5 K2A_U8 K2A_U9 K2A_U10 K2A_U11 K2A_K1 K2A_K2 K2A_K3	Zagadnienia metodologii projektowania i badań. Metodologia projektowania. Pojęcia podstawowe. Wytwór, wytwarzanie, konstrukcja, jej reprezentowanie i odtwarzanie. Projektowanie i konstruowanie w ujęciu systemowym. Identyfikacja potrzeb. Metody koncipowania w procesie projektowo-konstrukcyjnym. Pojęcie modelu. Działania podstawowe w procesie projektowo-konstrukcyjnym. Projektowanie integralne. Optymalizacja i kryteria w procesie projektowo-konstrukcyjnym. Racje istnienia wytworu. Zastosowanie sztucznej inteligencji w procesach projektowania i optymalizacji konstrukcji. Algorytmy AI w analizie wariantów projektowych. Opracowanie środków technicznych na podstawie reprezentacji cyfrowych – Model-Based Definition (MBD). Wybrane zagadnienia metodologii badań. Wprowadzenie do problematyki badań. Cele badań. Metodologia i metodyka badań. Rodzaje i sposoby realizacji badań. Planowanie badań. Problemy badawcze i formułowanie hipotez. Techniki badawcze. Prowadzenie badań. Sposoby gromadzenia wyników. Błędy pomiarowe. Analiza wyników. Weryfikacja hipotez. Opracowywanie i prezentacja wyników badań. Etyczne problemy badań. Zastosowanie metod cyfrowych w analizie danych badawczych. AI w interpretacji wyników eksperymentalnych. Automatyczna analiza danych pomiarowych z wykorzystaniem uczenia maszynowego. Konstrukcyjne techniki łączenia elementów. Technologie spajania elementów. Informacje wprowadzające. Połączenia konstrukcyjne rozłączne i nierozłączne. Konstrukcyjne metody łączenia materiałów metalowych oraz tworzyw sztucznych. Charakterystyka połączeń rozłącznych. Połączenia kształtowe: klinowe, wpustowe, wielowypustowe. Połączenia gwintowe, sworzniowe, kołkowe. Charakterystyka połączeń nierozłącznych. Połączenia nitowe. Charakterystyka rodzajów połączeń nitowych. Charakterystyka połączeń wciskowych (wtłaczanych i skurczowych) oraz uzyskanych przez obróbkę plastyczną. Połączenia spajane. Technologia wykonywania wybranych typów połączeń. Technologiczność w procesie montażu. Ekologiczne technologie łączenia materiałów. Zastosowanie klejów biodegradowalnych. Minimalizacja odpadów technologicznych w procesach łączenia. Systemy CAx w projektowaniu i weryfikacji obiektów technicznych. Modułowość oraz integracja systemów klasy CAx. Modelowanie bryłowe, powierzchniowe i hybrydowe. Symulacje i analizy z użyciem modeli klasy DMU (Digital MockUp). Projektowanie oparte na modelach (ang. Model-Based Definition, MBD). Symulacje wybranych procesów obróbki ubytkowej. Zastosowania w projektowaniu ergonomicznym. Zastosowania w optymalizacji topologicznej oraz topograficznej. Komputerowe zarządzanie danymi projektowymi. Wspomaganie planowania projektu z zastosowaniem narzędzi systemów CAx. Wspomaganie zarządzania projektem z zastosowaniem zintegrowanego środowiska CAx. Zastosowanie chmurowych rozwiązań w cyfrowym zarządzaniu cyklem życia produktu (ang. Product Lifecycle Management, PLM). Digital Twins w projektowaniu i testowaniu prototypów. Automatyczne generowanie i modyfikacja modeli CAD m.in. za pomocą sztucznej inteligencji. Gromadzenie i przepływ danych w systemach CAx. Zarządzanie zmianą inżynierską i cyklem życia plików. Tworzenie i stosowanie szablonów projektowych. Techniki pracy na dużych modelach złożeniowych. Metody weryfikacji i optymalizacji konstrukcji. Weryfikacja i optymalizacja konstrukcji. Pojęcia podstawowe z zakresu zagadnień optymalizacji. Klasyfikacja metod optymalizacji. Optymalizacja topologiczna, parametryczna i probabilistyczna konstrukcji. Projektowanie optymalne. Współczesne narzędzia dedykowane do weryfikacji i optymalizacji

			konstrukcji. Pojęcia konstrukcji optymalnej i zbioru optymalnych rozwiązań konstrukcyjnych. Ogólny model matematyczny konstrukcji. Kryteria i ograniczenia oraz funkcje celu w optymalizacji. Optymalizacja jedno- i wielokryterialna. Optimum w sensie Pareto i rozwiązania Pareto-optymalne. Globalne metody optymalizacji. AI w automatycznej analizie i doskonaleniu konstrukcji. Zagadnienia nieliniowe wytrzymałości materiałów. Podstawy teoretyczne mechaniki układów odkształcalnych. Podstawy formułowania równań konstytutywnych w ośrodkach sprężystych i niesprężystych. Wprowadzenie do opisu Eulera i Lagrange'a, podstawy teorii sprężystości, plastyczności i reologii. Podstawy mechaniki ośrodków ciągłych, definicje, podstawowe założenia, podstawowe twierdzenia. Podstawy rachunku tensorowego. Stan odkształcenia i naprężenia. Opis Eulera i Lagrange'a. Tensory naprężeń Pioli-Kirchhoffa. Klasyfikacja ośrodków. Ciało stałe sprężyste, sprężysto plastyczne i lepkosprężyste. Zagadnienia brzegowe teorii sprężystości. Nieliniowości geometryczne i fizyczne. Zagadnienie stateczności w układach prętowych. Konstruowanie obiektów cienkościennych. Pojęcia podstawowe z zakresu konstruowania obiektów cienkościennych wraz z klasyfikacją. Podstawy wytrzymałości obiektów cienkościennych metalowych i niemetalowych. Wprowadzenie do teorii powłok sprężystych. Modelowanie obiektów cienkościennych. Połączenia w obiektach cienkościennych: spawane, nitowe, śrubowe, klejone. Analiza połączeń w obiektach cienkościennych. Podstawy wytwarzania obiektów cienkościennych metalowych i niemetalowych: gięcie blach, formowanie powłok laminatowych i technologia rovingu. Zagadnienia dynamiki i stateczności obiektów cienkościennych. Analiza dynamiki i stateczności obiektów cienkościennych. Obiekty cienkościenne o złożonych postaciach geometrycznych. Diagnostyka i bezpieczeństwo maszyn. Diagnostyka techniczna. Rola i miejsce diagnostyki we współczesnym utrzymaniu ruchu. Degradacja obiektów technicznych i symptomy uszkodzeń. Typowe uszkodzenia maszyn wirnikowych. Metodyka diagnozowania obiektów technicznych. Podstawy pomiarów i analizy sygnałów diagnostycznych. Podstawy diagnostyki drganiowej, ultradźwiękowej, termicznej, trybologicznej i wizyjnej. Diagnostyka bazująca na parametrach elektrycznych. Predykcja stanu maszyn. Sztuczna inteligencja w diagnostyce maszyn. Predykcyjne systemy utrzymania ruchu oparte na AI. Cyfrowe bliźniaki do analizy stanu technicznego urządzeń. Analiza modalna. Podstawy drgań mechanicznych. Analiza układów mechanicznych o jednym i wielu stopniach swobody. Podstawy pomiarów i aparatura pomiarowa. Przetwarzanie i analiza sygnałów. Estymacja funkcji przejścia. Metodyka badań eksperymentalnych. Test impulsowy. Test z zastosowaniem wzbudnika elektrodynamicznego. Wybrane metody estymacji parametrów modalnych układów liniowych. Identyfikacja modeli modalnych nieliniowych układów mechanicznych. Weryfikacja modeli modalnych analitycznych i problem doskonalenia modelu. Modyfikacja własności dynamicznych układów mechanicznych. Metodyka eksploatacyjnej analizy modalnej. Wybrane praktyczne zastosowania analizy modalnej. Bezpieczeństwo maszyn i analiza ryzyka. Dyrektywy: narzędziowe i maszynowa. Deklaracja zgodności WE. Znak CE. Normy zharmonizowane. Dokumentacja wytwórcy maszyny oraz instrukcja użytkownika. Wymagania prawne prowadzenia oceny ryzyka przy projektowaniu maszyn. Proces i metody oceny ryzyka. Funkcje bezpieczeństwa maszyny. Ryzyko resztkowe i jego redukcja. Środki redukcji ryzyka na etapie projektowania maszyny. Dobór, instalowanie i eksploatacja technicznych środków bezpieczeństwa. Walidacja środków redukcji ryzyka. Zapobieganie nieoczekiwanemu uruchomieniu maszyny. Funkcje bezpieczeństwa maszyny. Projektowanie systemu bezpieczeństwa maszyny. Struktury obwodów bezpieczeństwa maszyny. Niezawodność systemów bezpieczeństwa. Bezpieczeństwo w strefach zagrożonych wybuchem (ATEX). Inżynieria formy. Inżynieria odwrotna. Zagadnienia inżynierii odwrotnej. Techniki digitalizacji.
--	--	--	---

			Metody przetwarzania efektów digitalizacji: chmur punktów, siatek trójkątów. Transformacje strukturalne i postaciowe modeli. Projektowanie form przemysłowych. Historia dizajnu. Wzornictwo przemysłowe w rozwoju produktu. Metody syntezy formy. Czynniki formy. Zagadnienia pojęcia wyglądu. Poszerzona i wirtualna rzeczywistość w kontekście Przemysłu 4.0. Opracowanie modeli wirtualnych na potrzeby systemów AR i VR. Modelowanie złożonych form 3D w wirtualnej glinie. Opracowanie animacji i symulacji AR i VR. Narzędzia interakcji człowiek-maszyna (HMI). Fotorealistyczna wizualizacja. Komponenty sprzętowe i programowe do budowy systemu AR. Komponenty sprzętowe i programowe do budowy systemu VR. Systemy śledzące stosowane w systemach AR i VR. Opracowanie sceny AR i VR. Systemy AR i VR mobilne oraz stacjonarne.
Grupa zajęć wybieralnych realizowanych w ramach specjalności MB4: MODELOWANIE I OPTIMALIZACJA UKŁADÓW MECHANICZNYCH - specjalność zgodna z 12 celem Zrównoważonego Rozwoju: Zrównoważona konsumpcja i produkcja	29	K2A_W1 K2A_W2 K2A_W6 K2A_W7 K2A_W8 K2A_U1 K2A_U2 K2A_U3 K2A_U4 K2A_U5 K2A_U8 K2A_U9 K2A_U10 K2A_U11 K2A_K1 K2A_K2 K2A_K3	Oprogramowanie inżynierskie. Oprogramowanie inżynierskie z zakresu wspomagania prac inżynierskich, systemy CAE, rodzaje, zastosowanie, możliwości, analizy i symulacje numeryczne, oprogramowanie typu open source, moduły obliczeniowe w systemach CAD. Metodologia tworzenia modeli numerycznych i obliczeń inżynierskich w systemach CAD i CAE. Zastosowanie sztucznej inteligencji w analizie numerycznej i symulacjach. Generowanie i walidacja modeli inżynierskich za pomocą metod sztucznej inteligencji. Metody eksperymentalne. Metody badań eksperymentalnych, uniwersalne maszyny wytrzymałościowe, stanowiska i urządzenia do badań, metody pomiaru podstawowych wielkości mechanicznych, przyrządy pomiarowe, techniki optyczne, tensometria, badania zmęczenia, oprogramowanie z zakresu badań eksperymentalnych. Prowadzenie eksperymentu. Badania statyczne, badania dynamiczne. AI w automatycznej analizie wyników badań eksperymentalnych. Inteligentne systemy wykrywania anomalii w danych pomiarowych. Algorytmy sztucznej inteligencji w identyfikacji uszkodzeń materiałów. Fizyka materiałów. Zagadnienia ciepło-przepływowe; Równania Laplace'a, Poissona, Fouriera, Fouriera-Kirchhoffa, równania Naviera-Stokesa. Metoda różnic skończonych. Metoda elementów skończonych. Metoda elementów brzegowych. Przykłady zastosowań. AI w modelowaniu zagadnień transportu ciepła. Mechanika materiałów. Metody analityczne i doświadczalne badania pęknięć. Uplastycznienie materiału z pęknięciami. Zmęczeniuowy wzrost pęknięć. Warunki plastyczności. Zastępcze własności sprężyste i wytrzymałość kompozytów. Przewidywanie właściwości mechanicznych materiałów za pomocą metod sztucznej inteligencji. Metody obliczeniowe. Metoda elementów skończonych; Równania metody elementów skończonych (MES). Macierz sztywności elementu i układu. Modelowanie w MES. Dyskretyzacja. Transformacja układu współrzędnych. Zagadnienia dynamiczne w MES. Elementy MPC. Metoda elementów brzegowych. Zalety i wady metody elementów brzegowych (MEB). Równanie całkowe Somigliany. Rozwiązania podstawowe elastostatyki. Realizacja numeryczna MEB. Analiza obszarów nieograniczonych. Łączenie MEB i MES. Sztuczna inteligencja w automatycznej dyskretyzacji i adaptacji siatek MES. AI w generowaniu zoptymalizowanych modeli numerycznych. Modelowanie numeryczne. Podstawy modelowania; Równania różniczkowe cząstkowe liniowe z dwoma zmiennymi. Modele matematyczne. Etapy modelowania. Kategorie modeli matematycznych. Systemy i ich struktura. Przykłady modeli matematycznych. Zastosowanie metod sztucznej inteligencji do tworzenia modelu matematycznego procesu fizycznego. Zaawansowane metody programowania. Paradygmaty programowania. Inżynieria programowania. Zastosowanie technik programistycznych w rozbudowie i automatyzacji zadań w oprogramowaniu inżynierskim. Programowanie równoległe. Chmury obliczeniowe. Wykorzystanie GPGPU w obliczeniach inżynierskich. Zastosowanie AI w optymalizacji kodu i automatyzacji procesów programistycznych. Systemy komputerowego wspomagania w modelowaniu i optymalizacji. Zintegrowane systemy CAD; Modelowanie pól

			sprężonych; Metody optymalizacji. Zintegrowane systemy komputerowe CAE w modelowaniu i symulacji zagadnień mechaniki oraz przepływu ciepła. Modelowanie pól sprężonych. Problemy proste i odwrotne. Analiza wrażliwości. Algorytmy gradientowe i bezgradientowe. Algorytmy metaheurystyczne, w tym genetyczne i ewolucyjne. Metody optymalizacji z ograniczeniami. Hybrydowe metody optymalizacji. Metody optymalizacji wielokryterialnej. Sztuczna inteligencja w automatycznej optymalizacji konstrukcji. Inteligentne algorytmy AI do generowania i testowania wariantów projektowych.
Grupa zajęć wybieralnych realizowanych w ramach specjalności MB5: OBRABIARKI, NARZĘDZIA I TECHNOLOGIA BUDOWY MASZYN	29	K2A_W1 K2A_W2 K2A_W6 K2A_W7 K2A_W8 K2A_U1 K2A_U2 K2A_U3 K2A_U4 K2A_U5 K2A_U8 K2A_U9 K2A_U10 K2A_U11 K2A_K1 K2A_K2 K2A_K3	Konwencjonalne i niekonwencjonalne metody obróbki. Poznanie konwencjonalnych i niekonwencjonalnych metod obróbki ubytkowej oraz nagniataniem, jako sposobów kształtowania własności warstwy wierzchniej. Poznanie metod obróbki wykończeniowej powierzchni oraz gładkościowych a także elektroerozyjnych, elektrochemicznych i strumieniowo - erozyjnych. Charakterystyka metod, narzędzia, przykłady zastosowania. Przedstawienie nowych rozwiązań w zakresie narzędzi do obróbki ubytkowej. Zielone technologie obróbki: ekologiczne chłodziwa, smary biodegradowalne, minimalizacja odpadów produkcyjnych. Komputerowe wspomaganie projektowania CAD. Kinematyka, dynamika i modelowanie obrabiarek. Kinematyka obrabiarek: Synteza kinematyczna obrabiarek. Budowa schematów kinematycznych. Schemat strukturalny. Równania łańcuchów kinematycznych. Analiza i synteza kinematyczna różnych rodzajów obrabiarek: tokarek, frezarek, obrabiarek do obróbki kół zębatych. Realizacja posuwów zależnych i niezależnych. Czytanie schematów kinematycznych obrabiarek. Dobór gitar do łańcuchów kinematycznych skojarzonych. Zastosowanie cyfrowych bliźniaków w projektowaniu i optymalizacji procesów obróbczych. Dynamika obrabiarek i obróbki skrawaniem: Zakres dynamiki obrabiarek. Procesy dynamiczne w układzie Obrabiarka - Uchwyt - Przedmiot - Narzędzie /Proces Skrawania (OUPN-PS). Charakterystyki dynamiczne układu OUPN-PS. Stabilność i kryteria stabilności układu OUPN-PS. Modele dynamiczne procesu skrawania. Równanie Lagrange'a i równania ruchu układów masowo - sprężystych z tłumieniem. Modele tarcia. Strefa nieczułości i drgania relaksacyjne - stick-slip. Redukcja obciążeń i masowych momentów bezwładności. Wybrane zagadnienia analizy modalnej Cyfrowe modele MES do optymalizacji właściwości dynamicznych obrabiarek. Modelowanie obrabiarek: Analizy numeryczne konstrukcji obrabiarek. Analizy MES: strukturalna, modalna, termiczna i wpływ temperatury na odkształcenia cieplne. Symulacje MES konstrukcji nośnych obrabiarek, napędów posuwowych, układów wrzecionowych, optymalizacja korpusów obrabiarkowych. Wpływ rodzaju korpusu na własności statyczne i dynamiczne konstrukcji - korpusy żeliwne, stalowe, hybrydowe, korpusy składane i monolityczne. Konstruowanie maszyn technologicznych. Podstawy projektowania obrabiarek: Metodyka projektowania i konstruowania obrabiarek. Materiały konstrukcyjne i narzędziowe. Projektowanie układu konstrukcyjnego obrabiarki. Projektowanie układu kinematycznego. Dobór silnika napędowego. Projektowanie podstawowych zespołów: wałków, kół zębatych, łożyskowań, sprzęgieł, wrzecion, prowadnic, śrub pociągowych, korpusów. Obliczenia śrub pociągowych, wrzecion, sprzęgieł, łożyskowań. Napędy i sterownie obrabiarek. Definicja i podstawowe pojęcia opisujące układ napędowy. Omówienie wymagań stawianym układom napędowym. Cechy konstrukcyjne maszyn technologicznych w kontekście projektowania układów napędowych. Charakterystyka elektrycznych silników napędowych stosowanych w maszynach technologicznych. Charakterystyka napędów hydraulicznych. Tyristorowe i tranzystorowe układy sterowania. Napędy falownikowe. Serwonapędy obrabiarek NC. Układy pomiarowe i diagnostyczne w obrabiarkach. Struktura układów. Czujniki pomiarowe - charakterystyki statyczne i dynamiczne. Istota działania i konstrukcji czujników, w tym czujników przemieszczeń, sił i momentów, temperatury,

			prądu, drgań i emisji akustycznej. Układy pomiarowe położenia zespołów obrabiarek, kąta obrotu oraz prędkości liniowej i kątowej. Aparatura rejestrująca i wzmacniająca. Rejestracja i przetwarzanie sygnałów pomiarowych w dziedzinie czasu i częstotliwości. Diagnostyka stanu narzędzia, procesu obróbki, obrabiarki oraz przedmiotu obrabianego. Diagnostyka stanu narzędzi w czasie rzeczywistym za pomocą AI. Programowanie CNC i automatyzacja maszyn technologicznych. Programowanie obrabiarek sterowanych numerycznie: Metodyka programowania OSN. Programowanie z wykorzystaniem funkcji sterowania przebiegiem programu, zmiennymi, parametryzacją, cyklami maszynowymi, makrami własnymi, funkcjami specjalnymi. Aktywne sterowanie procesami. Współpraca z PLC i układami zewnętrznymi. Funkcje pomiarowe. Sztuczna inteligencja w automatycznym generowaniu kodu CNC. Algorytmy AI do optymalizacji trajektorii narzędzi. Adaptacyjne sterowanie procesami CNC na podstawie analizy danych w czasie rzeczywistym. Programowanie centrów obróbkowych z wykorzystaniem osi skrętnych. Programowanie zabiegów przyrostowych i ubytkowych. Automatyzacja obrabiarek i obróbki skrawaniem. Metody automatyzacji w obróbce skrawaniem w produkcji jednostkowej, średnioseryjnej, masowej. Sterowanie złożonymi cyklami. Sterowanie w funkcji czasu i drogi. Automaty tokarskie krzywkowe. Elastyczne systemy produkcji oparte na AI i analizie Big Data Wdrożenie cyfrowych bliźniaków w procesach automatycznej obróbki. Podstawy sterowania numerycznego obrabiarek. Sterowania programowe: numeryczne, sekwencyjne. Struktura sterowania numerycznego obrabiarki NC. Sterowanie NC, CNC, DNC, PLC. Centra obróbkowe. Obrabiarki sterowane numerycznie. Elastyczna automatyzacja w wytwarzaniu. Systemy ASO i ESO. Komputerowe wspomaganie CAx w projektowaniu obrabiarek, narzędzi oraz procesów technologicznych. Projektowanie narzędzi i przyrządów. Zasady konstrukcji narzędzi skrawających oraz przyrządów i uchwytów obrabiarkowych. Wiedza teoretyczna o zasadach konstrukcji oprzyrządowania technologicznego oraz umiejętności praktyczne w konstruowaniu typowych narzędzi i przyrządów. Algorytmy optymalizacyjne do doboru geometrii narzędzi. Inteligentne systemy wspomagania decyzji do doborze parametrów obróbki. Przygotowanie do podejmowania decyzji konstrukcyjnych z uwzględnieniem kryteriów optymalizacyjnych oraz uwzględniających zasady bezpiecznego eksploataowania skonstruowanych narzędzi i przyrządów. Komputerowe wspomaganie projektowania procesów technologicznych CAM. Modelowanie kinematyki obrabiarek. Zespołowa praca na opracowaniu geometrii CAD. Weryfikacja wytrzymałościowa MES, Planowanie, symulacja procesów CAM.
Grupa zajęć wybieralnych realizowanych w ramach specjalności MB6: PROJEKTOWANIE, AUTOMATYZACJA I ROBOTYZACJA PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH - specjalność zgodna z 12 celem Zrównoważonego Rozwoju: Zrównoważona konsumpcja i produkcja	29	K2A_W1 K2A_W2 K2A_W6 K2A_W7 K2A_W8 K2A_U1 K2A_U2 K2A_U3 K2A_U4 K2A_U5 K2A_U8 K2A_U9 K2A_U10 K2A_U11 K2A_K1 K2A_K2 K2A_K3	Układy sensoryczne, sterowanie robotów i systemy pomiarowe. Systemy pomiarowe. Układy sterowania robotów przemysłowych: klasy układów sterowania, model i prawo sterowania robotem, kinematyka i dynamika prosta i odwrotna jako podstawa zadania sterowania, algorytmy sterowania napędami robota dla układów liniowych i nieliniowych oraz realizacją przemieszczenia (przestawianie, nadążanie i interpolacja), zasada sterowania adaptacyjnego robotami. Układy sensorowe, pojęcia podstawowe z zakresu sensoryki robotowej, cele i zadania układów sensorowych w robotyce, rodzaje sensorów i układów sensorowych budowa typowych układów sensorowych robotów przemysłowych i miejsca ich rozlokowania w otoczeniu robota; geometria układów współrzędnych sensorowych. Sztuczna inteligencja w analizie danych z sensorów. Algorytmy uczenia maszynowego do analizy obrazu i rozpoznawania obiektów w robotyce. Inteligentne systemy czujników do wykrywania uszkodzeń i anomalii w pracy robotów. Ogólne zasady działania układów regulacji automatycznej i elementów pomiarowych, ogólna identyfikacja wybranego układu regulacji automatycznej. Propozycja oprzyrządowania stanowiska doświadczalnego do badań danego układu

			regulacji automatycznej, badanie wybranego układu regulacji automatycznej, szczegółowa identyfikacja badanego układu i utworzenie modelu matematycznego, przeniesienie utworzonego modelu matematycznego do komputerowego programu symulacyjnego, dobór parametrów modelu na podstawie wyników pomiarów układu rzeczywistego, przeprowadzenie eksperymentu na układzie wirtualnym. Zastosowanie cyfrowych bliźniaków w modelowaniu i testowaniu układów sterowania. AI w automatycznym doborze parametrów sterowania na podstawie analizy eksperymentalnej. Komputerowe wspomaganie projektowania procesów technologicznych. Identyfikacja relacji pomiędzy postacią konstrukcyjną a przebiegiem procesu wytwarzania. Podstawowe metody opisu i reprezentacji konstrukcji w zaawansowanych systemach CAD. Języki opisu postaci konstrukcyjnej. Sposoby, metody oraz formaty wymiany danych pomiędzy systemami CAD oraz CAPP. Architektura systemów komputerowego wspomagania projektowania procesów technologicznych. Inteligentne systemy CAD z funkcjami AI wspomagające automatyczne projektowanie konstrukcji. Automatyczna generacja optymalnych geometrii przy użyciu algorytmów AI. Omówienie systemu NX praca z modułami modelowania, toczenia, frezowania. Zapis postaci konstrukcyjnej elementu w postaci makr programowych w systemie NX. Opracowanie biblioteki obiektów elementarnych w systemie NX. Zastosowanie metod i technik sztucznej inteligencji w komputerowym wspomaganiu projektowania procesów technologicznych. Metody projektowania procesów technologicznych z zastosowaniem technik sztucznej inteligencji. Symboliczna i obiektowa metody opisu danych wejściowych. Metody reprezentacji struktury procesu technologicznego oraz wiedzy technologicznej. Wnioskowanie w systemach CAPP. Programowanie maszyn technologicznych i robotów. Programowanie robotów. Programowanie maszyn technologicznych. Podstawy teoretyczne programowania robotów przemysłowych z układami sterowania analogowego (układy sekwencyjne) i numerycznego (układy klasy NC i CNC). System operacyjny układów sterowania, jego zadania, poszczególne moduły. Podstawowe algorytmy pracy układu sterowania ruchem robota (PTP, CP) i współpracy robota z otoczeniem technologicznym i związek między klasą układu sterowania, a techniką programowania. Metody programowania robotów przemysłowych sekwencyjne-kolejnościowe, przez uczenie oraz metoda programowania komputerowego offline. Techniki programowania obrabiarek numerycznych i robotów przemysłowych zadanie programowania, normy związane, budowa programu sterującego; geometria przestrzeni programowej; układy współrzędnych obrabiarki, przedmiotu i narzędzia, układy współrzędnych programowych robota, funkcje programowe obrabiarek numerycznych, blok danych, format danych; zadanie interpolacji i ekwidystanta. Projektowanie i robotyzacja procesów obróbki i montażu. Robotyzacja procesów obróbki i montażu. Projektowanie elastycznych systemów wytwarzania. Roboty przemysłowe i ich charakterystyki. Wymagania stawiane zrobotyzowanym stanowiskom produkcyjnym. Przykładowe rozwiązania układów sterująco-monitorujących gniazd produkcyjnych. Tworzenie cyklogramów pracy stanowiska zrobotyzowanego. Zastosowanie robotów usługowych i inspekcyjnych. Oprzyrządowanie technologiczne stosowane na stanowiskach zrobotyzowanych. Problemy kontroli jakości wyrobów w systemach zrobotyzowanych. Bezpieczeństwo pracy na stanowiskach zrobotyzowanych. Środki techniczne bezpieczeństwa. Badania i certyfikacja bezpieczeństwa. Metody oceny ryzyka. Zabezpieczenie operatora w typowym gnieździe z robotem. Zagadnienia ekonomiczno-socjalne związane z robotyzacją, składniki kosztów produkcji zrobotyzowanej, wpływ robotyzacji na koszty inwestycyjne, rachunek efektywności ekonomicznej. Wpływ robotyzacji na zatrudnienie. Definicja ogólna systemu oraz systemu produkcyjnego. Elastyczność i jej rodzaje. Wskaźniki jakości systemów technicznych. Etapy procesu projektowania
--	--	--	--

			elastycznych systemów wytwarzania. Struktura ESW. Projektowanie podsystemu urządzeń podstawowych i pomocniczych ESW. Planowanie rozmieszczenia stanowisk produkcyjnych w ESW. Harmonogramowanie produkcji w ESW. Komputerowe modelowanie ESW. Metody modelowania i symulacji komputerowej w odniesieniu do ESW. Budowa i konstruowanie automatów i robotów i oprzyrządowania. Budowa i konstruowanie automatów i robotów przemysłowych. Projektowanie narzędzi i oprzyrządowania ze wspomaganie komputerowym. Proces projektowo - konstrukcyjny robotów i urządzeń automatyki. Liczba stopni swobody. Struktury kinematyczne, typy przestrzeni roboczej, wymiary przestrzeni roboczej, parametry kinematyczne, parametry dynamiczne. Koncepcje układów ruchu liniowego oraz obrotowego, układy krzywkowe, układy mechaniczne, układy pneumatyczne i hydrauliczne, układy napędowe robotów. Systemy chwytaków, układy kinematyczne. Systemy modułowe robotów i urządzeń automatyki. Standardowe rozwiązania konstrukcyjne, prowadnice i łożyska, konstrukcje ruchu liniowego, konstrukcje ruchu obrotowego, konstrukcje chwytaków. Dokładność obróbki w uchwytach i metody ich obliczania. Błędy elementarne występujące podczas obróbki w uchwytach. Zasady ustalania przedmiotów w uchwytach, obliczanie błędów ustalenia oraz błędów sposobu bazowania. Ustalanie narzędzi skrawających względem uchwytu i obliczanie błędów ustalenia narzędzia. Korpusy uchwytów. Zamocowanie przedmiotu w uchwycie. Sprawdziany specjalne i przyrządy kontrolno-pomiarowe, rodzaje i zasady projektowania. Konstrukcja narzędzi, rodzaje części chwytowych. Narzędzia dla obróbki na obrabiarkach sterowanych numerycznych. Zastosowanie systemów komputerowych do wspomaganie projektowania narzędzi i oprzyrządowania. Zastosowanie sztucznej inteligencji w planowaniu i optymalizacji procesów montażu. Predykcyjne utrzymanie ruchu robotów i systemów produkcyjnych oparte na AI. Komputerowo zintegrowane wytwarzanie. Komputerowo zintegrowane wytwarzanie. Komputerowo zintegrowane wytwarzanie w zakresie metod i technik przygotowania produkcji i wytwarzania. Integracja działań technicznych i organizacyjnych, w zakresie przygotowania produkcji i wytwarzania Zakres komputerowej integracji wytwarzania. Planowanie w systemach zintegrowanych, wybór metody wytwarzania. Planowanie i sterowanie produkcją w systemach zintegrowanych (MRPI/II, ERP). Projektowanie współbieżne, wytwarzanie wyrobów metodą RP. Zastosowanie metod sztucznej inteligencji. Systemy wieloagentowe i organizacje wirtualne. Logistyka jako element integrujący. Komputerowe modelowanie procesów wytwórczych. Zaawansowane systemy CAM. Systematyka modeli systemów produkcyjnych. aparat matematyczny w modelowaniu. Modele sieci Petriego, klasa systemów miejsce/przejście, funkcje przejścia, przykładowe modele sieciowe. Modele teorii masowej obsługi, zamknięte i otwarte sieci kolejek. Modele symulacyjne, budowa modelu komputerowego, modelowanie symulacyjne dyskretne i ciągłe, zastosowanie rozkładów statystycznych stosowane w programach symulacyjnych, reguły priorytetu. Algorytm przygotowywania modelu symulacyjnego, etapy stosowane w metodach modelowania i symulacji. Symulacja komputerowa. Podział danych wejściowych do modelu. Rodzaje oraz parametry elementów występujących w modelu systemu produkcyjnego. Proces projektowo - konstrukcyjny i przygotowanie wytwarzania, Proces technologiczny, Formy zapisu technologii. Charakterystyki systemów CAM. Programowanie wybranych operacji obróbki ubytkowej. Cykle obróbkowe. G-kod maszynowy. Podstawy tworzenia postprocesorów obrabiarkowych w środowisku systemów CAM.
Grupa zajęć wybieralnych realizowanych w ramach specjalności MB7: PROJEKTOWANIE I MODELOWANIE INŻYNIERSKIE	29	K2A_W1 K2A_W2 K2A_W6 K2A_W7 K2A_W8	Modelowanie i symulacja ruchu pojazdu oraz jego mechanizmów obejmuje analizę i syntezę modeli, określenie torów, prędkości i przyspieszeń elementów pojazdu oraz sił działających w parach kinematycznych. Obejmuje również budowę nowych mechanizmów realizujących z góry określony

		K2A_U1 K2A_U2 K2A_U3 K2A_U4 K2A_U5 K2A_U8 K2A_U9 K2A_U10 K2A_U11 K2A_K1 K2A_K2 K2A_K3	ruch. Modelowanie dynamiki układów napędowych uwzględnia modele SES i MES oraz modele sprzężone układu napędowego i korpusu. Sztuczna inteligencja w automatycznej adaptacji siatek MES. Przegląd zadań optymalizacji i metod ich rozwiązywania obejmuje przedstawienie metod optymalizacji a priori, a posteriori oraz mieszanych optymalizacji wielokryterialnej. Omawiane są również algorytmy i heurystyki, w tym wybrane metaheurystyki, takie jak symulowane wyżarzanie oraz systemy rojowe (mrówkowy, pszczele, PSO). Metaheurystyki są stosowane w zadaniach wielokryterialnych z wykorzystaniem środowiska MATLAB, obejmując funkcje wbudowane oraz programowanie własnych algorytmów optymalizacji. Zrównoważony design i ekoprojektowanie. Optymalizacja formy pod kątem minimalizacji zużycia surowców i energii. Przykłady przemysłowego zastosowania zaawansowanych metod obliczeń numerycznych obejmują analizę stereomechaniczną, modalną i harmoniczną, analizę stanu nieustalonego, parametryzację konstrukcji oraz ich optymalizację. Wykorzystywane są symulacje z dynamiki brył sztywnych, dynamiczne symulacje jawne i niejawne oraz obliczenia z SMP i MPI. Analizowane są również testy zderzeniowe ciał o kształtach FSI, z podziałem na sprzężenie jedno- i dwukierunkowe oraz sprzężenie słabe i mocne. Obejmuje to także analizę pływalności pojazdów oraz symulacje numeryczne. Wirtualne prototypowanie pojazdów specjalnych uwzględnia metody budowy i oceny modeli obliczeniowych, metody weryfikacji i walidacji prototypów oraz analizę geometrii i kolizji. Zastosowanie cyfrowych bliźniaków do analizy dynamicznych właściwości pojazdów. AI w automatycznym generowaniu i testowaniu wariantów konstrukcyjnych. Dynamika pojazdów lądowych (kołowych i gąsienicowych) oraz maszyn roboczych obejmuje metody modelowania dynamiki, obliczanie obciążeń statycznych i dynamicznych na osiach pojazdu, wyznaczanie charakterystyk przyspieszania i hamowania oraz oporów ruchu. Analiza dynamiki ruchu pojazdu po prostej i w skrócie obejmuje siły wymuszające, charakterystyki dynamiczne, komfort jazdy oraz układy kierownicze i mechanizmy skrętu. Modelowanie kół, gąsienic, układów zawieszenia oraz ich dynamicznych parametrów stanowi istotny element analizy. Sztuczna inteligencja w predykcji trajektorii pojazdów autonomicznych. Modelowanie układów napędowych obejmuje definicję klasyfikację układów, charakterystyki napędów oraz źródła energii. Uwzględniono silniki spalinowe, elektryczne, hybrydowe i wodorowe oraz sposoby sterowania i modelowania ich dynamiki. W ramach modelowania układów napędowych analizowane są także napędy hybrydowe pojazdów specjalnych, magistrale CAN oraz mechanizmy skrętu. Badania symulacyjne obejmują projektowanie struktur nośnych, układów napędowych, skrętu i zawieszenia pojazdów oraz dobór komponentów układu napędowego i zasobnika energii. Symulacje dynamiczne ruchu pojazdu po prostej (Simulink) są wykorzystywane do optymalizacji układu napędowego oraz wyznaczania energochłonności dla cykli jazdy (NEDC, WLTP, SORT). Modelowanie dynamiki układów mechanicznych obejmuje symulacyjne badania stabilności, podstawy automatyki i algorytmów sterowania, budowę i zastosowanie sterowników PLC i RCP, transmisję danych oraz sieci przemysłowe, a także systemy czasu rzeczywistego. Algorytmy uczenia maszynowego w adaptacyjnym sterowaniu procesami przemysłowymi. Badania eksperymentalne obejmują projektowanie toru pomiarowego, analizę modalną, tensometrię elektrooporową oraz metody fotogrametryczne. Uwzględniają także analizę wyników badań wytrzymałościowych (rozciąganie, ściskanie, zginanie, uderzenie) oraz określanie własności mechanicznych materiałów. Modelowanie fizyczne w oprogramowaniu CAD oraz symulacje numeryczne z wykorzystaniem metody elementów skończonych obejmują znajomość modeli materiałowych, dyskretyzację, warunki brzegowe oraz analizę wyników. Analiza wyników badań eksperymentalnych pozwala na dostrojenie modeli numerycznych i ocenę ich
--	--	--	---

			jakości. Uwzględniono także nowoczesne technologie wytwarzania elementów konstrukcyjnych, w tym technologie przyrostowe, oraz narzędzia inżynierskie do oceny stanu obciążenia elementów. Algorytmy AI w przewidywaniu trwałości zmęczeniowej i analizie naprężeń.
Grupa zajęć wybieralnych realizowanych w ramach specjalności MB9: AIRCRAFT DESIGN	29	K2A_W1 K2A_W2 K2A_W6 K2A_W7 K2A_W8 K2A_U1 K2A_U2 K2A_U3 K2A_U4 K2A_U5 K2A_U6 K2A_U8 K2A_U9 K2A_U10 K2A_U11 K2A_K1 K2A_K2 K2A_K3	Stateczność konstrukcji lekkich. Teoretyczne podstawy złożonych zagadnień wytrzymałości materiałów ze szczególnym uwzględnieniem stateczności konstrukcji lekkich. Podstawowe problemy mechaniki układów odkształcalnych. Równania konstytutywne ciała sprężystego i nieelastycznego oraz brzegowa teoria sprężystości. Problemy z nieliniowością geometryczną i fizyczną. Stateczność systemów prętowych. Problemy ze statecznością belek, płyt i powłok. Modele predykcyjne oparte na sztucznej inteligencji do analizy stateczności konstrukcji. Uczenie maszynowe w wykrywaniu ryzyka niestabilności w lekkich konstrukcjach. Cyfrowy bliźniak do monitorowania w czasie rzeczywistym i adaptacyjnej kontroli odkształceń. Optymalizacja multidyscyplinarna. Wprowadzenie do optymalizacji projektowania systemów multidyscyplinarnych. Przykłady w praktyce inżynierskiej. Techniki wizualizacji. Modelowanie matematyczne i numeryczne oraz optymalizacja konstrukcji z zastosowaniem symulacji. Planowanie eksploracji kosmosu: planowanie eksperymentów do eksperymentów komputerowych, macierze ortogonalne, Latin Hypercubes. Optymalizacja numeryczna - metody klasyczne. Analiza wrażliwości Metody obliczeń miękkich Optymalizacja wielokryterialna. Analiza postoptymalizacyjna. Metody aproksymacyjne, modelowanie zastępcze. Wytrzymałość konstrukcji. Algorytmy optymalizacji wydajności strukturalnej oparte na sztucznej inteligencji. Zielone podejścia do optymalizacji w celu zmniejszenia zużycia materiałów i wpływu na środowisko. Projektowanie konstrukcji lekkich. Podstawy inżynierii lotniczej - część 1. Wprowadzenie do inżynierii lotniczej. Charakterystyka głównych typów pojazdów powietrznych (aerodyny: szybowce, samoloty, śmigłowce, wiatrakowce; aerostaty: balony, sterowce) i ich zasada działania. Struktury typów pojazdów powietrznych: definicje, budowa kadłuba, skrzydła i ich części, sterowce, wirniki, śmigła i inne. Mechanizacja skrzydeł - podstawowe mechanizmy. Rodzaje i budowa podwozi. Układy napędowe: podstawy budowy i zasady działania silników tłokowych, turbodrzutowych, turbośmigłowych i turbowentylatorowych. Układy sterowania samolotu, ich budowa i zasada działania: sterowanie ręczne, półautomatyczne i automatyczne. Podstawowe instalacje i zasady ich działania: hydrauliczne, elektryczne, paliwowe. Awionika współczesnego statku powietrznego i zasady działania podstawowych przyrządów kontrolnych. Systemy kontroli lotu i autopilota oparte na sztucznej inteligencji. Inteligentna awionika usprawniająca optymalizację lotu w czasie rzeczywistym. Inicjatywy na rzecz ekologicznego lotnictwa: lekkie materiały kompozytowe i konstrukcje zmniejszające zużycie paliwa. Produkcja konstrukcji lotniczych. Przegląd elementów konstrukcyjnych statku powietrznego. Materiały konstrukcyjne samolotów. Formowanie elementów konstrukcyjnych. Produkcja struktur kompozytowych. Technologia obróbki materiałów kompozytowych. Odlewanie elementów konstrukcyjnych. Łączenie elementów konstrukcyjnych statków powietrznych. Naprawa kompozytów. Czynniki wpływające na koszt produkcji. Zrównoważone techniki produkcji w lotnictwie. Sztuczna inteligencja w kontroli jakości i konserwacji predykcyjnej komponentów lotniczych. Ekologiczne materiały kompozytowe i przyrostowe metody produkcji w celu zmniejszenia ilości odpadów. Elementy systemów latających. Mechanika lotu. Podstawy mechaniki lotu. Układy współrzędnych, zmienne stanu, równania ruchu, parametry Eulera, względne kąty wiatru. Siły lotnicze, siły i momenty zewnętrzne. Osiągi samolotu. Zasady stateczności i sterowania. Układ napędowy i osiągi w locie. Monitorowanie wydajności lotu i wykrywanie awarii z wykorzystaniem sztucznej inteligencji. Cyfrowe bliźniaki do ciągłego monitorowania bezpieczeństwa lotu. Energooszczędne systemy napędowe. Konstrukcje i komponenty nowoczesnych

			układów napędowych zoptymalizowanych pod kątem energooszczędności. Metody projektowania, analizowania, optymalizacji i badania takich systemów. Różne aspekty głównych podzespołów układów napędowych, takich jak źródło energii, przenoszenie mocy, silniki, układy sterowania. Różne typy układów elektrycznych. Wybrane metody i narzędzia komputerowe do projektowania, modelowania, analizowania i optymalizacji energooszczędnych układów napędowych oraz zdobywania praktycznych umiejętności ich wykorzystania w projektowaniu, zwłaszcza w kontekście układów napędowych współczesnych układów hybrydowych i elektrycznych. Ekologiczne technologie napędowe w zastosowaniach lotniczych. Wstępny projekt systemu płatowca. Metody rozwiązywania złożonych problemów projektowych dotyczących technologii lotniczej w formie pracy zespołowej i rozwijania praktycznych zdolności i umiejętności. Tworzenie środowiska projektowego wykorzystującego profesjonalne narzędzia, zgodne z międzynarodowymi normami i przepisami oraz zapewniającego jakość wymaganą przez przepisy lotnicze. Organizacja zespołu zapewniająca precyzyjnie określone indywidualne zadania i obowiązki każdego członka zespołu. Publiczne prezentowanie częściowych i końcowych wyników pracy, w tym profesjonalistom z branży lotniczej. Wspierane przez sztuczną inteligencję środowiska do wspólnego projektowania samolotów. Zrównoważone materiały i analiza cyklu życia w projektowaniu samolotów. Elementy prawa lotniczego. Niezawodność, obsługa i serwis, elementy prawa lotniczego i certyfikacja. Prawo lotnicze. Plan programu przeglądów i obsługi. Programy certyfikacji i obsługi statków powietrznych. Opracowanie programu obsługi technicznej. Wymagania dotyczące utrzymania certyfikatu. Ograniczenia zdolności do lotu. Program obsługi statku powietrznego. Kontrole serwisowe. Przechowywanie zapisów programów obsługowych. Podstawy inżynierii lotniczej. Dynamika lotu i aeroelastyczność. Geometria skrzydeł, geometria płata, środek aerodynamiczny. Aerodynamika płata, modele dwu i trójwymiarowe. Dynamika strukturalna: drgania, reprezentacja modalna, dynamiczna odpowiedź elementów samolotu. Zjawiska aeroelastyczne: rozbieżność skrętna, odwrotne działanie sterów (rewers), flutter lotek i powierzchni sterowych, trzepotanie, dobór parametrów podatności. Mechanika pęknięć zmęczeniowych i tolerancja uszkodzeń. Wprowadzenie do mechaniki pękania. Zmęczenie materiałów jednorodnych i niejednorodnych. Klasyfikacja uszkodzeń strukturalnych. Kryteria uszkodzeń dla materiałów jednorodnych i niejednorodnych. Podstawy mechaniki pękania: podstawowe pojęcia oparte na energii. Szybkość uwalniania energii, współczynnik intensywności naprężenia i koncepcja Całki J. Filozofia odporności na uszkodzenia w utrzymaniu konstrukcji lotniczych. Wczesne wykrywanie i identyfikacja uszkodzeń. Badania nieniszczące konstrukcji lotniczych. Uczenie maszynowe we wczesnym wykrywaniu uszkodzeń i przewidywaniu żywotności.
Grupa zajęć wybieralnych realizowanych w ramach specjalności MC1: TECHNOLOGIE MATERIAŁÓW KONSTRUKCYJNYCH	29	K2A_W1 K2A_W2 K2A_W6 K2A_W7 K2A_W8 K2A_U1 K2A_U2 K2A_U3 K2A_U4 K2A_U5 K2A_U8 K2A_U9 K2A_U10 K2A_U11 K2A_K1 K2A_K2 K2A_K3	Inżynieria materiałów konstrukcyjnych i specjalnych. Własności mechaniczne i technologiczne charakteryzujące materiały konstrukcyjne. Stale konstrukcyjne niestopowe i mikrostopowe. Stale stopowe do ulepszania cieplnego, sprężynowe, na łożyska toczne oraz do obróbki cieplno-chemicznej. Stale odporne na korozję. Stale na blachy tłoczne. Stale wielofazowe dla motoryzacji. Stopy aluminium i tworzywa sztuczne dla motoryzacji. Projektowanie wytwarzania taśm, prętów i walcówki. Zastosowanie algorytmów AI w optymalizacji doboru materiałów konstrukcyjnych. Inteligentne bazy danych materiałowych z możliwością predykcji właściwości mechanicznych. Zielone technologie w obróbce i recyklingu materiałów inżynierskich. Automatyzacja procesów wytwarzania i przetwórstwa materiałów. Minimalizacja strat surowcowych w procesach zrobotyzowanych. Automatyzacja i robotyzacja technologii procesów materiałowych; Zdefiniowanie pojęć mechanizacja, automatyzacja i robotyzacja. Robotyzacja procesów odlewania. Automatyzacja procesów obróbki cieplnej. Automatyzacja procesu walcowania ze sterowaną rekryształizacją. Zintegrowane linie wytwarzania blach

			i taśm. Automatyzacja i robotyzacji stanowisk spawalniczych i zgrzewalniczych. Automatyzacja i robotyzacji linii tłoczenia. Automatyzacja i robotyzacja stanowisk montażowych. Zastosowanie sztucznej inteligencji w monitorowaniu i sterowaniu procesami materiałowymi. Inteligentne systemy kontroli jakości w czasie rzeczywistym. Zarządzanie procesami technologicznymi i czystsza produkcja w inżynierii materiałowej. Uporządkowana wiedza w zakresie wdrażania i utrzymania mechanizmów zarządczych dotyczących procesów technologicznych. Podejścia, metody i narzędzia zarządzania procesami technologicznymi. Wiedza w zakresie czystszej produkcji, w tym oceny cyklu życia produktu i technologii, prowadzenia analiz. Umiejętność zastosowania metod i narzędzi projektowania i zarządzania procesami technologicznymi na podstawie zasad czystszej produkcji i ekoprojektowania. Analiza śladu węglowego materiałów i procesów produkcyjnych. Inteligentne algorytmy AI wspierające zarządzanie zużyciem energii i surowców. Zastosowanie blockchain do śledzenia pochodzenia i wpływu materiałów na środowisko. Systemy zarządzania wytwarzaniem; Uporządkowana wiedza w zakresie systemowego podejścia do zarządzania wytwarzaniem, w tym zarządzania jakością, środowiskowego, bezpieczeństwem, energią, jakością w branży motoryzacyjnej. Wiedza w zakresie zastosowania wymagań systemów zarządzania dotyczących planowania, projektowania, nadzorowania i doskonalenia wytwarzania. Zastosowanie koncepcji Agile i Lean w zarządzaniu wytwarzaniem, zarządzanie projektem, zarządzanie zmianą i zarządzanie wiedzą. Sztuczna inteligencja w optymalizacji procesów zarządzania produkcją. Systemy ERP z modułami AI do analizy i predykcji efektywności produkcji. Inteligentne systemy monitorowania zużycia energii w zakładach produkcyjnych. Zintegrowane technologie procesów materiałowych; Znajomość technologii wytwarzania elementów metodami near-net-shape. Umiejętność zastosowania techniki przyrostowej do wytwarzania odpowiednio materiałów metalowych, ceramicznych, polimerowych i kompozytowych. Projektowanie zintegrowanych procesów technologicznych spiekania i obróbki cieplnej lub cieplno-chemicznej. Korzyści wynikające z łączenia technologii procesów materiałowych. Technologie przetwórstwa materiałów metalowych, polimerowych i kompozytowych. AI w projektowaniu procesów technologicznych i optymalizacji zużycia surowców. Automatyczne dostosowywanie parametrów procesów w czasie rzeczywistym. Inteligentne systemy sterowania w technologii druku 3D i metalurgii proszków. Technologie przetwarzania metali i ich stopów oraz materiałów polimerowych i kompozytowych. Technologie przetwórstwa materiałów konstrukcyjnych, funkcjonalnych i materiałów o projektowanych właściwościach. Technologie recyklingu. Technologie przetwórstwa materiałów biodegradowalnych oraz materiałów mikro- i nanostrukturalnych. Technologiczne, ekonomiczne, prawne, środowiskowe i społeczne aspekty doboru technologii przetwórstwa materiałów. Zielone technologie w przetwórstwie materiałów: recykling odpadów produkcyjnych, ekologiczne techniki przetwarzania. Inteligentne systemy AI w segregacji i obróbce materiałów z recyklingu. Minimalizacja zużycia wody i energii w procesach przetwórczych. Wielofunkcyjne materiały i kompozyty o zaawansowanych właściwościach; Kształtowanie pojęć, poznawanie prawidłowości i systematyzowanie wiedzy z zakresu technik wytwarzania i kształtowania struktury i własności, a także zastosowań zaawansowanych materiałów inżynierskich. Wykorzystanie metalurgii proszków, technologii odlewniczych, przyrostowych i obróbki powierzchniowej w wytwarzaniu wielofunkcyjnych materiałów metalowych, ceramicznych, polimerowych i kompozytowych. Komputerowe wspomaganie w inżynierii materiałów. AI w projektowaniu materiałów o zoptymalizowanych właściwościach mechanicznych i termicznych. Inteligentne modelowanie i predykcja zachowań materiałów
--	--	--	---

			kompozytowych. Zielone alternatywy dla materiałów o wysokim śladzie węglowym. Komputerowe wspomaganie projektowania i wytwarzania; Pojęcia ogólne, zastosowanie, oprogramowanie, systemy CAD/CAM. Tworzenie geometrii konstrukcji. Analiza statyczna. Metoda elementów skończonych. Dyskretyzacja geometrii. Warunki brzegowe i obciążenia. Hipotezy wytrzymałościowe, naprężenia zredukowane, warunki plastyczności. Symulacja komputerowa. Prezentacja wyników. Projektowanie inżynierskie i grafika inżynierska; Projektowanie i zapis konstrukcji części. Zastosowanie normalizacji, projektowania i optymalizacji topologii modeli parametrycznych typowych części maszyn. Zastosowanie modelowania powierzchniowego i bryłowego w projektowaniu części/ wyrobów złożonych geometrycznie i materiałowo. Badania symulacyjne doboru materiałów w kryteriach wytrzymałościowych. Zastosowanie cyfrowych bliźniaków w modelowaniu procesów materiałowych. Sztuczna inteligencja w analizie numerycznej materiałów i ich właściwości. Inteligentne algorytmy w optymalizacji geometrii konstrukcji. Statystyczne metody kontroli jakości; Statystyka opisowa, narzędzia statystyczne stosowane w kontroli jakości procesów, karty kontrolne cech przy liczbowej i alternatywnej ocenie właściwości, ocena zdolności procesu i maszyny, analiza wymagań i satysfakcji klienta z wykorzystaniem SSP, procedury wyrzutowej kontroli odbiorczej, implementacja w procesach elementów Six Sigma. Automatyczna analiza obrazu i wizyjne systemy kontroli jakości. Inteligentne algorytmy wykrywania defektów materiałowych oraz predykcji awarii w systemach Six Sigma. Nowoczesne metody badań materiałów inżynierskich (XRD, SEM, TEM, AFM). Budowa i zasada działania dyfraktometru rentgenowskiego i mikroskopów elektronowych. Obrazowanie i analiza składu chemicznego w mikroobszarach. Prawo Bragga. Identyfikacja fazowa (dyfrakcja rentgenowska, dyfrakcja elektronowa). Przykłady wykorzystania w badaniach stopów, materiałów ceramicznych, kompozytowych i funkcjonalnych. Zaawansowane technologie procesów materiałowych. Kształtowanie pojęć, poznawanie prawidłowości i poszerzenie wiedzy z zakresu zaawansowanych technologii procesów materiałowych, w tym obróbki cieplnej, cieplno-chemicznej i cieplno-plastycznej; przyrostowych technik wytwarzania, technologii warstw wierzchnich, laserowej obróbki powierzchniowej; metalurgii proszków, metod wytwarzania materiałów kompozytowych i przetwarzania materiałów polimerowych.
Grupa zajęć wybieralnych realizowanych w ramach specjalności MC2: MATERIAŁY DLA MOTORYZACJI I LOTNICTWA	29	K2A_W1 K2A_W2 K2A_W6 K2A_W7 K2A_W8 K2A_U1 K2A_U2 K2A_U3 K2A_U4 K2A_U5 K2A_U8 K2A_U9 K2A_U10 K2A_U11 K2A_K1 K2A_K2 K2A_K3	Komputerowe wspomaganie w inżynierii materiałowej. Elementy komputerowej nauki o materiałach. Systemy komputerowego wspomagania badań w technice. Systemy komputerowego wspomagania doboru materiałów CAMS oraz komputerowego wspomagania projektowania materiałowego CAMD. Podstawowa wiedza z zakresu metodologii komputerowego wspomagania wytwarzania. Rozwijanie umiejętności wykorzystania metod analitycznych, symulacyjnych oraz eksperymentalnych do formułowania i rozwiązywania problemów w trakcie wytwarzania materiałów inżynierskich. Sztuczna inteligencja w predykcji właściwości materiałów i optymalizacji ich doboru. Algorytmy AI wspierające proces projektowania nowych stopów i kompozytów. Zastosowanie cyfrowych bliźniaków w badaniach materiałów inżynierskich. Stosowanie narzędzi sztucznej inteligencji oraz oprogramowania sieciowego do komputerowego wspomagania w inżynierii materiałowej i w badaniach materiałów inżynierskich. Sztuczne sieci neuronowe. Zasada działania algorytmów genetycznych. Automatyczne modelowanie właściwości materiałów za pomocą AI. Inteligentne systemy predykcji zmęczenia materiałowego. Machine learning w analizie wyników badań laboratoryjnych. Metalurgia proszków w zastosowaniach motoryzacyjnych. Kształtowanie pojęć i poszerzenie wiedzy z zakresu metalurgii proszków jako metody wytwarzania materiałów stosowanych w motoryzacji. Technologie: wytwarzania proszków; formowania proszków przez prasowanie, formowanie wtryskowe oraz przy użyciu metod przyrostowych; spiekania i obróbki cieplnej. Metodyka badań

			proszków i materiałów spiekanych oraz zasady projektowania i doboru materiałów spiekanych. Zrównoważone technologie produkcji materiałów spiekanych z recyklingu. Wysokowytrzymałe materiały inżynierskie. Własności mechaniczne i technologiczne charakteryzujące materiały dla lotnictwa i motoryzacji. Wysokowytrzymałe stale konstrukcyjne. Stale na blachy tłoczne. Stale wielofazowe na konstrukcje nośne pojazdów. Stale odporne na korozję, żaroodporne i żarowytrzymałe. Wysokowytrzymałe stopy niklu i kobaltu. Wysokowytrzymałe stopy aluminium. Wysokowytrzymałe stopy tytanu. Tworzywa sztuczne dla lotnictwa i motoryzacji. Al w optymalizacji składu stopów pod kątem wytrzymałości i odporności na zmęczenie. Zielone technologie w produkcji materiałów o wysokiej wytrzymałości mechanicznej. Materiały kompozytowe aplikowane w branży automotiv i lotnictwie. Kształtowanie pojęć i poszerzenie wiedzy z zakresu materiałów kompozytowych stosowanych w motoryzacji i lotnictwie. Przegląd technologii wytwarzania kompozytów uwzględniając dobraną osnowę i wzmocnienie, własności oraz zastosowania tj: formowanie wtryskowe, wytłaczanie, prasowanie, spiekanie, nasycanie, laminowanie i formowanie przyrostowe. Metodyka badań, projektowania i recyklingu kompozytów. Inteligentne algorytmy sterujące procesami wytwarzania kompozytów. Zielone technologie recyklingu kompozytowych materiałów lotniczych i motoryzacyjnych. Technologie wytwarzania i metody oceny zabezpieczeń antykorozyjnych. Metody przygotowania powierzchni materiałów dla zabezpieczeń i systemów antykorozyjnych. Rodzaje powłok antykorozyjnych i ich możliwości zastosowań. Technologie nanoszenia powłok antykorozyjnych. Nieniszczące metody badań zabezpieczeń antykorozyjnych. Normy przedmiotowe w zakresie zabezpieczeń antykorozyjnych. Kontrola jakości wyrobów zabezpieczanych antykorozyjnie. Klasyfikacja materiałów o dużej odporności na korozję. Stale odporne na korozję, stopy niklu, tytanu, miedzi i aluminium – kształtowanie struktury i własności dla zwiększenia odporności korozyjnej. Materiały ceramiczne i tworzywa sztuczne o dużej odporności korozyjnej. Zalecenia do projektowania konstrukcji i produktów z użyciem stali i stopów odpornych na korozję. Zasady doboru materiałów ze względu na kryterium odporności korozyjnej. Wybrane rodzaje korozji i metody ich zapobiegania. Powłoki metalowe, powłoki konwersyjne, powłoki nieorganiczne, powłoki organiczne oraz metody ich wytwarzania. Ochrona elektrochemiczna: ochrona katodowa, ochrona anodowa, ochrona protektorowa. Charakterystyka badań korozyjnych: badania laboratoryjne (immersyjne, elektrochemiczne) i badania w warunkach naturalnych. Zrównoważone technologie ochrony antykorozyjnej minimalizujące wpływ na ekosystem. Badania nieniszczące materiałów i wyrobów. Metodyka badań nieniszczących. Badania ultradźwiękowe. Analizy radiograficzne z wykorzystaniem promieniowania RTG (badania nieciągłości napoń, wad odlewniczych, pęcherzy gazowych). Badania strukturalne. Badania naprężeń, wyznaczanie tensora i rozkłady naprężeń. Badania tekstury krystalizacji. Badania tekstury wyrobów walcowanych.
Grupa zajęć wybieralnych realizowanych w ramach specjalności MC4: PRZETWÓRSTWO METALI I TWORZYW SZTUCZNYCH - specjalność zgodna z 12 celem Zrównoważonego Rozwoju: Zrównoważona konsumpcja i produkcja	29	K2A_W1 K2A_W2 K2A_W6 K2A_W7 K2A_W8 K2A_U1 K2A_U2 K2A_U3 K2A_U4 K2A_U5 K2A_U8 K2A_U9 K2A_U10 K2A_U11 K2A_K1 K2A_K2 K2A_K3	Podstawy mechaniki i reologii polimerów. Podstawowe wiadomości dotyczące termodynamicznych i reologicznych właściwości materiałów polimerowych. Lepkość. Analiza stanu naprężenia i odkształcenia. Przemiany fazowe. Modele reologiczne. Pelzanie i relaksacja. Dynamiczne efekty czasowe. Zmęczenie i starzenie. Równowaga termodynamiczna. Równoważność i zasada superpozycji temperaturowo – czasowej. Mechanika pękania. Elementy teorii plastyczności. Stan naprężenia i odkształcenia. Hipotezy wyężeniowe; Charakterystyki rozciągania. Schematyzacje układów problemów warunkach uplastycznienia. Sprężysto-plastyczne zginanie i skręcanie prętów pryzmatycznych. Nośność graniczna układów hiperstatycznych. Warunki idealnej plastyczności. Prawa plastycznego płynięcia. Stateczność materiału; nośność graniczna płyt, teoria linii załamania. Technologie tworzyw sztucznych. Metody modyfikacji własności materiałów polimerowych (MP). Technologie przetwórstwa – wtryskiwanie, wytłaczanie,

			termoformowanie, rotoformaowanie, spienianie. Wytwarzanie kompozytów. Recykling. Zielone alternatywy dla tradycyjnych polimerów – biodegradowalne i kompostowalne tworzywa. Dobór i zasady konfiguracji elementów linii technologicznych. Maszyny, urządzenia i narzędzia do przetwórstwa MP. Wpływ parametrów procesów na jakość wyrobu. Metody eliminowania wad. Sztuczna inteligencja w wykrywaniu defektów wyrobów polimerowych. Automatyczne systemy kontroli jakości z wykorzystaniem technologii wizyjnej i AI. Technologie obróbki plastycznej. Aspekty techniczno-ekonomiczne wytwarzania wyrobów metodami obróbki plastycznej. Wpływ odkształcenia na własności wyrobu. Walcowanie, kucie, tłoczenie, wyciskanie, gięcie, ciągnięcia. Wskaźniki odkształcenia. Wyroby specjalne. Maszyny i narzędzia. Nowoczesne technologie obróbki plastycznej. Obróbka cieplno-plastyczna odkuwek. Optymalizacja procesów przeróbki plastycznej. Materiały polimerowe i ich zastosowania. Rekcjach syntezy podstawowych polimerów. Podział ze względu na strukturę wewnętrzną i przemiany stanu struktury wewnętrznej. Własności mechaniczne, cieplne elektryczne i fizykochemiczne. Zastosowanie tworzyw sztucznych. Aspekty ekonomiczne i ekologiczne zastosowań produktów z tworzyw sztucznych. Zasady projektowania detali z materiałów polimerowych. Analiza śladu węglowego produktów polimerowych z wykorzystaniem metod AI. Inteligentne algorytmy wspomagające wybór najbardziej ekologicznych wariantów produkcji. Technologie obiegu zamkniętego i recyklingu polimerów w kontekście zrównoważonego rozwoju. Automatyzacja i robotyzacja procesów przetwórstwa tworzyw sztucznych. Cyklogramy podstawowych procesów przetwarzania tworzyw. Bloki funkcjonalne maszyn z uwzględnieniem ich sterowania. Sposoby monitorowania i kontroli przebiegu procesu. Cyfrowa transformacja w przetwórstwie polimerów – integracja systemów IoT i big data w zarządzaniu procesami produkcyjnymi. Konfiguracja linii technologicznych w aspekcie „Przemysłu 4.0”. Zasady projektowania podstawowych układów formy wtryskowej. Dobór materiałów na elementy formy wtryskowej. Komputerowe wspomaganie procesu projektowania narzędzi.
Grupa zajęć wybieralnych realizowanych w ramach specjalności MC6: TECHNOLOGIE SPAWALNICZE	29	K2A_W1 K2A_W2 K2A_W6 K2A_W7 K2A_W8 K2A_U1 K2A_U2 K2A_U3 K2A_U5 K2A_U8 K2A_U9 K2A_U10 K2A_U11 K2A_K1 K2A_K2 K2A_K3	Materiały w spawalnictwie. Cykl cieplny spawania. Struktura złącza spawanego. Wykresy przemian strukturalnych CTPc-S. Mechanizmy umocnienia metali i stopów metali. Nowoczesne metody wytwarzania stali i przetwórstwa hutniczego. Zielone technologie w produkcji stali – redukcja emisji CO₂ w hutnictwie. Pojęcie spawalności. Wpływ składników stopowych na spawalność stali, wskaźniki spawalności. Pękanie złącza spawanego w procesie spawania i eksploatacji konstrukcji spawanej. Obróbka cieplna połączeń spawanych. Spawalność stali konstrukcyjnych niestopowych i stopowych, stali odpornych na korozję, żaroodpornych. Spawalność stali i żeliwa, stopów aluminium, miedzi, tytanu, niklu i kobaltu. Charakterystyka materiałów polimerowych, kompozytowych i ceramicznych z punktu widzenia ich łączenia metodami spawalniczymi. Spawalnicze źródła ciepła. Zjawiska cieplne i metalurgiczne w procesach spawalniczych. Podstawy metalurgii procesów spawalniczych. Procesy metalurgiczne zachodzące w czasie spawania, rola żużla i osłon gazowych w procesach spawania. Reakcje utleniania, odazotowania, odtleniania i odsiarczania spoin. Wtrącenia niemetaliczne i metaliczne w spoinach. Reakcje gaz – metal, wodór i azot w metalurgii spawania. Krystalizacja spoin. Charakterystyka metalurgiczna głównych procesów spawania. Metalurgia spawania, zgrzewania i lutowania stali i metali nieżelaznych stosowanych na konstrukcje wytwarzane metodami spawalniczymi. Metody sztucznej inteligencji w analizie parametrów procesów spawalniczych oraz doborze materiałów dodatkowych do spawania. Technologie łączenia materiałów. Podstawy fizyczne procesów spawalniczych. Spawanie łukowe elektrodami otulonymi. Spawanie łukiem krytym, elektrogazowe i elektrożużlowe. Spawanie GTA i GMA. Spawanie łukowe drutem proszkowym samoosłonowym. Spawanie plazmowe, elektronowe i laserowe. Napawanie: łukowe, gazowe, plazmowe, laserowe. Natryskiwanie: łukowe,

			gazowe, plazmowe, naddźwiękowe, laserowe. Technologia spawania typowych rozwiązań złączy konstrukcji. Technologia spawania stali C-Mn, stali niskostopowych o podwyższonej wytrzymałości, stali chromowych, stali austenitycznych i nadstopów. Technologia spawania staliwa i żeliwa, aluminium i stopów aluminium, miedzi i stopów miedzi, stopów tytanu i tworzyw termoplastycznych. Zielone alternatywy dla konwencjonalnych metod spawalniczych. Zasady doboru materiałów dodatkowych do spawania, lutowania, napawania i natryskiwania ciepłego, w tym zastosowanie nowoczesnych metod cyfrowych. Zastosowanie nowoczesnych metod cyfrowych w optymalizacji technologii łączenia materiałów. Minimalizacja odpadów technologicznych w procesach spawalniczych. Podstawy fizyczne procesów cięcia i złożenia. Metody cięcia: tlenem, plazmą, laserem, strumieniem wody. Metody złożenia: tlenem, plazmą, elektrodą otuloną, elektropowietrzne. Dobór parametrów poszczególnych procesów cięcia i złożenia. Technologia cięcia i złożenia: przykłady zastosowań w przemyśle. Technologia zgrzewania typowych rozwiązań złączy konstrukcji. Technologia cięcia stali C-Mn, stali niskostopowych o podwyższonej wytrzymałości, stali chromowych, stali austenitycznych i nadstopów. Technologia cięcia aluminium i stopów aluminium, miedzi i stopów miedzi, stopów tytanu i tworzyw termoplastycznych. Spawalnicze technologie łączenia i cięcia materiałów. Podstawy fizyczne procesów cięcia i złożenia. Technologia zgrzewania zwarcowego, iskrowego, punktowego, garbowego, liniowego, łukiem wirującym, prądami wielkiej częstotliwości i udarowego. Przykłady zastosowań przemysłowych technologii zgrzewania elektrycznego oporowego. Podstawy fizyczne zgrzewania w stanie stałym. Technologia zgrzewania tarcowego, ultradźwiękowego, dyfuzyjnego, wybuchowego i zgniotowego. Przykłady zastosowań przemysłowych technologii zgrzewania w stanie stałym. Zalecenia konstrukcyjne i technologiczne zgrzewania. Zastosowanie zgrzewarek oporowych do lutozgrzewania, spęczania i nitowania. Zastosowanie zgrzewarek tarcowych do kształtowania części maszyn. Technologie zgrzewania tworzyw termoplastycznych i przykłady zastosowań. Technologie napawania i natryskiwania oraz lutowania i klejenia. Przyczyny zużycia części maszyn i urządzeń. Materiały stosowane na powłoki napawane i natryskiwane cieplnie. Zasady doboru składu chemicznego materiału powłok w zależności od warunków eksploatacji i stosowanej technologii napawania lub natryskiwania ciepłego. Napawanie gazowe, łukowe elektrodami otulonymi, łukiem krytym, elektrożużlowe, TIG i MIG/MAG. Napawanie łukowe drutem proszkowym samoosłonowym, plazmowe i laserowe. Napawanie tarcowe i wybuchowe. Natryskiwanie płomieniowe, łukowe i plazmowe. Wybrane przykłady części maszyn i urządzeń regenerowanych metodami spawalniczymi. Wybrane przykłady produkcji części maszyn z zastosowaniem napawania lub natryskiwania ciepłego. Podstawy fizyczne i chemiczne procesu lutowania miękkiego i twardego. Zjawiska kapilarne, wnikanie kapilarne, zwilżalność, rozplýwność. Luty miękkie i luty twarde. Metody lutowania oraz ocena własności technologicznych lutów. Topniki do lutowania. Podstawowe metody lutowania twardego i miękkiego. Niskoenergetyczne technologie lutowania: ColdArc, CMT i STT. Nowoczesne kleje i metody klejenia stosowane w przemyśle. Technologia lutowania, lutowania i klejenia wybranych materiałów konstrukcyjnych. Wytyczne projektowania złączy lutowanych, lutowanych i klejowych. Urządzenia i osprzęt spawalniczy. Budowa zrobotyzowanego stanowiska spawalniczego. Programowanie robota spawalniczego na przykładzie robota SRV6. Metody programowania robotów. Przykłady programów do programowania robotów off-line. Zasady i warunki techniczne i ekonomiczne mechanizacji, automatyzacji i robotyzacji procesów spawalniczych. Wyposażenie zrobotyzowanych stanowisk spawalniczych. Pozycjonery, obrotniki, manipulatory. Budowa spawalniczych robotów przemysłowych i zrobotyzowanych stanowisk spawalniczych.
--	--	--	--

			Oprządkowanie zrobotyzowanych stanowisk spawalniczych. Zasady konstrukcji oprządkowania. Podzespoły przyrządów spawalniczych. Przykłady przyrządów stosowanych na zmechanizowanych i zrobotyzowanych stanowiskach do spawania i zgrzewania. Zestawy elementów do budowy oprządkowania stanowisk spawalniczych. Systemy bezpieczeństwa zrobotyzowanych stanowisk spawalniczych. Modułowe stanowiska do mechanizacji prac spawalniczych. Układy odszukiwania i śledzenia osi złącza w zmechanizowanych i zrobotyzowanych stanowiskach spawalniczych. Spawalniczy łuk elektryczny, zjawiska fizyczne i własności energetyczne łuku. Źródła prądu do spawania łukowego ręcznego elektrodami otulonymi, TIG oraz do spawania zmechanizowanego. Urządzenia do półautomatycznego i automatycznego spawania metodami MIG/MAG, TIG, łukiem krytym, elektrodużłowego, plazmowego, elektronowego i laserowego. Urządzenia do zgrzewania elektrycznego oporowego i zgrzewania w stanie stałym. Urządzenia do spawania i cięcia gazowego. Urządzenia do lutowania twardego i miękkiego. Urządzenia do cięcia i żłobienia termicznego. Układy sterowania. Wyposażenie dodatkowe stanowisk spawalniczych. Odciągi dymów spawalniczych. Projektowanie konstrukcji spawanych, zgrzewanych i lutowanych. Stałe na konstrukcje spawane i zasady ich doboru. Warunki pracy złączy w warunkach obciążenia statycznego i zmiennego. Projektowanie złączy spawanych pracujących przy obciążeniach statycznych i zmiennych. Metody podwyższania wytrzymałości zmęczeniowej złączy spawanych. Naprężenia własne i odkształcenia konstrukcji spawanych i zgrzewanych. Obliczenia nośności złączy spawanych i zgrzewanych. Zastosowanie metod mechaniki pęknięcia do oceny wielkości dopuszczalnych wad w złączach spawanych. Normy i przepisy z zakresu obliczeń konstrukcji spawanych. Przykłady i analiza rozwiązań konstrukcyjnych typowych węzłów konstrukcji spawanych i zgrzewanych. Technologiczność konstrukcji spawanych. Awaryjność konstrukcji wytwarzanych metodami spawalniczymi. Podstawowe definicje i problemy modelowania komputerowego procesów technologicznych z uwzględnieniem nowoczesnych metod obliczeniowych oraz algorytmów AI. Metoda elementów skończonych – ogólne reguły, przebieg obliczeń, interpolacja, funkcje kształtu, klasyfikacja elementów skończonych, warunki brzegowe, wybór rodzaju analizy, podział na elementy skończone, kryteria wyboru elementów skończonych. Termiczna ocena procesu spajania. Modelowanie spoiny, SWC. Charakterystyka modeli źródeł ciepła – punktowe, liniowe, kołowo-normalne, płasko-kołowo-normalne źródło ciepła, cylindryczno-potęgowo-normalny, półkolisty, półelipsoidalny model źródła ciepła. Oddziaływanie źródła ciepła. MES – wizualizacja. Symulacje wybranych procesów spawalniczych. Programy obliczeniowe – ANSYS, LS DYNA, SYSWELD. SYSWELD – modelowanie procesów spawania, obróbka cieplna, konstrukcje spawane. Organizacja i zarządzanie kontrolą jakości i zapewnienie jakości w spawalnictwie. Wady i niezgodności złączy wytwarzanych metodami spawalniczymi. Metody zapobiegania tworzeniu się wad. Nieniszczące metody badań jakości złączy (badania wizualne, badania penetracyjne, badania magnetyczne, badania prądami wirowymi, badania ultradźwiękowe, badania radiograficzne, badania termowizyjne). Niszczące metody badań jakości złączy (rozciąganie, zginanie, udarność, badania makro i mikroskopowe, pomiar twardości). Dopuszczalność wad złączy spawanych, zgrzewanych i lutowanych według kryterium przydatności użytkowej konstrukcji. Przykłady obliczeń dopuszczalnych wielkości wad w złączach wykonanych metodami spawalniczymi.
Grupa zajęć wybieralnych realizowanych w ramach specjalności MC8: TECHNOLOGIE ODLEWNICZE	29	K2A_W1 K2A_W2 K2A_W6 K2A_W7 K2A_W8 K2A_U1 K2A_U2 K2A_U3	Technologia modelu i formy odlewniczej. Materiały i techniki wytwarzania mas formierskich, rdzeniowych i modeli odlewniczych. Własności cieplne materiałów formierskich. Projektowanie układów wlewowych w seryjnych formach jednorazowych. Zasilanie odlewów; zasady doboru nadlewów i zasilaczy oraz ochładzalników. Kinetyka ruchu ciepła w układzie „odlew-forma-otoczenie”. Fizyko-chemiczne metody kształtowania mikrostruktury odlewów. Uruchomienie

		K2A_U4 K2A_U5 K2A_U8 K2A_U9 K2A_U10 K2A_U11 K2A_K1 K2A_K2 K2A_K3	produkcji, organizacja i zarządzanie małym przedsiębiorstwem odlewniczym. Zakładanie i prowadzenie działalności gospodarczej w Polsce i innych krajach UE. Tworzenie biznes planu. Sposoby pozyskiwania środków na prowadzenie działalności gospodarczej w tym aplikowanie o środki krajowe i unijne. Wybrane zagadnienia prawa pracy, odnoszące się do małych przedsiębiorstw zatrudniających pracowników, ze szczególnych uwzględnieniem zapewnienia BHP w zakładach odlewniczych. Komputerowe wspomaganie w odlewnictwie. Komputerowe projektowanie technologii odlewania z uwzględnieniem nowoczesnych metod obliczeniowych oraz algorytmów sztucznej inteligencji. Zasady poprawnego konstruowania odlewanych elementów maszyn i urządzeń. Projektowanie technologii odlewania. Algorytmy obliczeniowe układów wlewowego i zasilającego. Zasady prawidłowego zapisu konstrukcji odlewu oraz technologii z wykorzystaniem CAD. Wykorzystanie technik rapid prototyping. Komputerowe wspomaganie procesów odlewniczych z uwzględnieniem nowoczesnych metod obliczeniowych oraz algorytmów AI. Istota działania programów symulacyjnych. Definiowanie danych wejściowych do symulacji procesu wypełniania wnęki formy krzepnięcia i stygnięcia odlewu. Definiowanie danych termofizycznych, warunków początkowych i brzegowych. Analiza i interpretacja wyników symulacji komputerowej. Odlewnictwo precyzyjne. Odlewnictwo ciśnieniowe; Ogólna charakterystyka odlewania pod ciśnieniem. Klasyfikacja i charakterystyki konstrukcyjne maszyn do odlewania pod ciśnieniem. Podstawowe zagadnienia technologiczne procesu odlewania ciśnieniowego stopów Al, Zn, Mg i Cu. Teoretyczne podstawy procesu odlewania ciśnieniowego. Specyfika odlewnictwa ciśnieniowego stopów Mg. Specjalne metody odlewania ciśnieniowego. Projektowanie form ciśnieniowych. Tradycyjne odlewnictwo artystyczne. Historia sztuki od czasów prehistorycznych do bieżących w zakresie rzeźby w tworzywach niemetalowych i metalu. Podstawowe metody kształtowania odlewów artystycznych. Proces wykonania odlewu artystycznego w tradycyjnych masach formierskich. Zielone alternatywy dla przygotowania mas formierskich i rdzeniowych. Projektowanie procesu technologicznego wykonania odlewu artystycznego. Odlewnictwo metodą wytapianych modeli. Opis zalet metody i możliwości jej zastosowania. Wytwarzanie modeli jednorazowych (druk 3D, wtrysk masy modelowej, prasowanie, odlewanie grawitacyjne). Materiały formierskie stosowane w metodzie. Technologia formy. Obróbka cieplna form odlewniczych. Sposoby wybijania odlewu z formy. Zielone technologie recyklingu mas formierskich i rdzeniowych. Automatyzacja i robotyzacja metody. Metalurgia stopów odlewniczych. Metalurgia odlewniczych stopów żelaza. Procesy wielkopiecowy i Midrex. Ekologiczne materiały ogniotrwałe i żużłotwórcze. Metalurgia staliw; konwertory i piece elektryczne oraz maszyny i urządzenia. Procesy metalurgiczne żeliwa i staliwa. Obróbka pozapiecowa. Żużło surówkowe, stalownicze. Ciągłe odlewanie; symulacja procesu. Składy, struktury i właściwości odlewniczych stopów żelaza. Stopy Fe o szczególnych właściwościach użytkowych. Odlewnictwo metali nieżelaznych. Procesy wytwarzania odlewniczych i przeznaczonych do przeróbki plastycznej stopów metali nieżelaznych, w tym stopów metali szlachetnych i niskotopliwych. Odlewnictwo stopów Al, Mg, Cu, Zn, Ti. Metody kontroli jakości stopów. Mechanizacja procesów odlewniczych. Maszyny i mechanizacja odlewni. Maszyny i urządzenia stosowane w odlewnictwie w stacjach przerobu mas formierskich. Maszyny do produkcji form odlewniczych i mechanizacja procesu zagęszczania form. Wytwarzanie odlewów na liniach do formowania w skrzynkach i metodą bezskrzynkową. Topienie metali w nowoczesnych piecach odlewniczych. Mechanizacja procesu wybijania odlewów z form i oczyszczania odlewów. Innowacyjne technologie odlewnicze. Technologie odlewania elementów ze stopów na osnowie żelaza oraz metali nieżelaznych zapewniające uzyskanie drobnoziarnistej struktury i wysokich własności mechanicznych. Technologia odlewów o strukturze kierunkowej i monokrystalicznej.
--	--	---	---

			Technologia odlewania w stanie stało-ciekłym. Technologia wysokojakościowego staliwa niestopowego i stopowego. Technologia kompozytów ex-situ i in-situ na osnowie metali i stopów. Technologia odlewów warstwowych z uwzględnieniem problematyki zintegrowania technologii druku 3D materiałów metalowych z technologią odlewania.
Grupa zajęć wybieralnych realizowanych w ramach specjalności MC9: OBRÓBKA PLASTYCZNA METALI I ICH STOPÓW	29	K2A_W1 K2A_W2 K2A_W6 K2A_W7 K2A_W8 K2A_U1 K2A_U2 K2A_U3 K2A_U4 K2A_U5 K2A_U8 K2A_U9 K2A_U10 K2A_U11 K2A_K1 K2A_K2 K2A_K3	Podstawy obróbki plastycznej. Fizykochemiczne podstawy obróbki plastycznej. Teoria plastyczności w zastosowaniu do opisu analizy i projektowania procesów technologicznych obróbki plastycznej metali. Wpływu warunków obróbki na przebieg procesu i wynikowe struktury materiałów. Podstawy modelowania matematycznego procesów deformacji i destrukcji strukturalnej materiałów z uwzględnieniem nowoczesnych metod obliczeniowych oraz algorytmów AI. Zagadnienia tarcia wewnętrznego i pękania. Teoria i technologia wybranych procesów odlewniczych. Zasady konstruowania odlewu, modelu i formy odlewniczej. Teoretyczne podstawy procesów odlewniczych. Zjawisko skurczu odlewniczego i podstawowe wady odlewów, sposoby eliminacji. Zasady organizacji produkcji odlewniczej. Stopy przeznaczone do obróbki plastycznej w tym stopy metali nieżelaznych. Technologie przeróbki plastycznej. Aspekty techniczno-ekonomiczne wytwarzania wyrobów metodami obróbki plastycznej. Wpływ odkształcenia na własności wyrobu. Walcowanie, kucie, tłoczenie, wyciskanie, gięcie, ciągnięcia. Wskaźniki odkształcenia. Wyroby specjalne. Maszyny i narzędzia. Nowoczesne procesy kształtowania plastycznego. Technologie modyfikacji wyrobów. Ocena jakości wyrobu. Obróbka cieplno-plastyczna odkuwek. Projektowanie procesów przeróbki plastycznej. Projektowanie i optymalizacja procesów obróbki plastycznej, szkice 2D, modelowanie części, form i odkuwek, szlak liniowy i po okręgu, operacje przez obrócenie, edytowanie, konfiguracje części i złożeń. Optymalizacja przy użyciu metod klasycznych, algorytmów genetycznych, ewolucyjnych itd. Koncepcje zarządzania jakością. TQM. Standardy ISO 9000, w branży motoryzacyjnej, obronne, SPC, SIX SIGMA. Komputerowe wspomaganie projektowania narzędzi do obróbki plastycznej z uwzględnieniem nowoczesnych metod obliczeniowych oraz algorytmów sztucznej inteligencji. Charakterystyki metali ich stopów istotne w procesie projektowania narzędzi. Narzędzia – rodzaje, zasady projektowania. Budowa tłoczników i wykrojników zintegrowanych z maszynami. Dane wejściowe do projektowania narzędzi do obróbki plastycznej. Dobór materiałów na narzędzia. Zastosowanie technik komputerowych do projektowania wybranych narzędzi z zastosowaniem nowoczesnych metod obliczeniowych. Nowoczesne technologie przeróbki i spajania materiałów metalowych w przemyśle. Konwencjonalne stale miękkie oraz HSLA. Kształtowalne stale niskowęglowe – stale IF, BH. Wysokowytrzymałe stale dwufazowe (DP), z efektem TRIP oraz wielofazowe (CP). Formowanie blach ze stali AHSS. Tłoczenie arkuszy wykonanych w technologii tailored-welded-blanks. Hydroformowanie blach i rur. Niskoenergetyczne metody łączenia materiałów inżynierskich. Materiały inteligentne i ich własności.
Grupa zajęć wybieralnych realizowanych w ramach specjalności AME1: ADVANCED MECHANICAL MANUFACTURING SYSTEM – specjalność zgodna z 12 celem Zrównoważonego Rozwoju: Zrównoważona konsumpcja i produkcja	29	K2A_W1 K2A_W2 K2A_W6 K2A_W7 K2A_W8 K2A_U1 K2A_U2 K2A_U3 K2A_U4 K2A_U5 K2A_U8 K2A_U9 K2A_U10 K2A_U11 K2A_K1 K2A_K2 K2A_K3	Nabycie wiedzy i umiejętności w zakresie zintegrowanych systemów wytwarzania – studia w j. ang. Treści programowe obejmować będą następujące zajęcia lub grupy zajęć: Zaawansowane systemy sterowania, kontrolnopomiarowe i diagnostyczne, w tym inteligentne systemy kontrolno-pomiarowe z wykorzystaniem AI/ML oraz diagnostykę predykcyjną dla efektywności energetycznej; Zrównoważone projektowanie procesów technologicznych uwzględniające eko-projektowanie (ecodesign), analizę LCA i optymalizację zużycia surowców; Projektowanie i modelowanie elastycznych systemów wytwórczych z wykorzystaniem Digital Twins i integracją OZE; Robotyzacja procesów technologicznych i aplikacje czasu rzeczywistego; Sterowniki PLC i systemy SCADA w systemach wytwarzania; Systemy komputerowo zintegrowanego wytwarzania CIM w kontekście gospodarki o obiegu zamkniętym.

Grupa zajęć wybieralnych realizowanych w ramach specjalności AME2: ADVANCED MECHANICAL ENGINEERING II – MECHATRONIC SYSTEMS ENGINEERING	29	K2A_W1 K2A_W2 K2A_W6 K2A_W7 K2A_W8 K2A_U1 K2A_U2 K2A_U3 K2A_U4 K2A_U5 K2A_U8 K2A_U9 K2A_U10 K2A_U11 K2A_K1 K2A_K2 K2A_K3	Zaawansowane obliczeniowe metody rozwiązywania problemów w mechatronice. Kurs obejmuje zarówno teorię metod obliczeniowych, jak i ich praktyczne aspekty. Część praktyczna przedmiotu związana jest z symulacjami obliczeniowymi konstrukcji i układów mechatronicznych z zastosowaniem komputerowego oprogramowania inżynierskiego opartego na metodzie elementów skończonych i brzegowych. Sztuczna inteligencja (AI) w mechatronice: integracja metod uczenia maszynowego, uczenia głębokiego oraz metod inteligencji rozproszonej w projektowaniu, diagnozowaniu i sterowaniu systemami mechatronicznymi. Przetwarzanie danych sensorycznych z wykorzystaniem AI. Systemy predykcyjnej konserwacji (predictive maintenance). Automatyczna identyfikacja anomalii i detekcja uszkodzeń. Sztuczne sieci neuronowe. Głęboka nauka. Algorytmy genetyczne. Algorytmy ewolucyjne. Strategie ewolucyjne. Zbiory rozmyte i logika rozmyta. Rozmyte kontrolery. Metody hybrydowe. Paradygmaty programowania. Metody tworzenia programów. Paradygmaty programowania sterowników PLC. Aspekty programowania mikrokontrolerów. Systemy czasu rzeczywistego. Cyfrowe przetwarzanie i programowanie sygnałów. FPGA w układach mechatronicznych. Matematyczne modele systemów. Dynamika systemu. Systemy zachowawcze i dyssypatywne. Wielopoziomowa struktura przyrody - modelowanie wieloskalowe. Fizyka, sterowanie i cybernetyka. Struktury i hierarchie systemów. Mechatronika jako część teorii i inżynierii systemów. Przegląd wymagań projektowych. Podział ról w projekcie, analiza systemowa projektu. Modelowanie. Architektura symulacji i jej implementacja w wybranym środowisku obliczeniowym. Weryfikacja i walidacja modelu. Testowanie i symulacje. Scenariusze symulacji systemu. Zmiany konstrukcyjne. Próba optymalizacji. Analiza wyników i wnioski. Podstawy zarządzania cyklem życia produktu. Etapy cyklu życia produktu. Metody wprowadzania produktu do obrotu. Metody zarządzania produktem na etapie rozwoju. Metody zarządzania produktem na etapie dojrzałości. Metody zarządzania produktem na etapie starzenia. Najczęstsze problemy. Szybkie prototypowanie. Techniki „w pętli” HIL, SIL, PIL. Mechanika kontinuum i sprzężona teoria pola. Modelowanie konstytutywne. Analityczne, quasi-analityczne i obliczeniowe metody rozwiązywania równań pola sprzężonego. MES do symulacji wielofizycznych. Zastosowania w mechatronice: analiza strukturalna, płynów, akustyczna i termiczna; inteligentne materiały i struktury, interakcja płyn-struktura, sprzężenie termiczno-strukturalne. MEMS i NEMS. Zrównoważony rozwój i zielona transformacja w inżynierii mechatronicznej: projektowanie energooszczędnych systemów, wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w systemach mechatronicznych, analiza śladu węglowego cyklu życia produktu (LCA), recykling materiałów i ekoprojektowanie. Integracja norm środowiskowych i ESG w procesach inżynierskich.
Grupa zajęć wybieralnych realizowanych w ramach specjalności AME3: ADVANCED MECHANICAL ENGINEERING III – WELDING TECHNOLOGIES AND SURFACE ENGINEERING IN MANUFACTURING	29	K2A_W1 K2A_W2 K2A_W6 K2A_W7 K2A_W8 K2A_U1 K2A_U2 K2A_U3 K2A_U4 K2A_U5 K2A_U8 K2A_U9 K2A_U10 K2A_U11 K2A_K1 K2A_K2 K2A_K3	Zaawansowane materiały inżynierskie. Struktura i właściwości materiałów inżynierskich. Wpływ wiązań międzyatomowych na właściwości materiałów. Mechanizmy zużycia materiałów. Zużycie korozyjne i zmęczeniowe, metody zapobiegania zużyciu materiałów. Struktura i własności materiałów niemetalowych. Wytwarzanie polimerów, ceramiki i kompozytów. Struktura i własności materiałów kompozytowych o osnowie polimerowej, metalowej i ceramicznej wzmacnianych włóknami i cząstkami, wpływ rodzaju oraz ilości faz wzmacniających na charakterystyki użytkowe. Zrównoważone podejście do projektowania materiałów: analiza środowiskowa (LCA), strategie minimalizacji zużycia surowców i energii, projektowanie pod kątem recyklingu i odzysku materiałowego, minimalizacja śladu węglowego procesów wytwarzania i przetwarzania, wdrażanie strategii gospodarki o obiegu zamkniętym w technologii materiałowej. Zaawansowane technologie wytwarzania materiałów inżynierskich oraz nowoczesne techniki stosowane w inżynierii powierzchni. Wykorzystanie materiałów odnawialnych i biodegradowalnych w inżynierii materiałowej.

			Nowoczesne kompozyty ekologiczne i materiały o niskim śladzie węglowym. Zaawansowane metody badawcze w materiałoznawstwie. Badania własności fizycznych materiałów inżynierskich. Oddziaływanie elektronów, światła i promieniowania rentgenowskiego z materią. Metody rejestracji sygnałów wynikających z oddziaływania elektronów, światła i promieni rentgenowskich z materią. Budowa i działanie zaawansowanej aparatury badawczej wykorzystywanej w badaniach materiałów inżynierskich. Preparatyka badawcza. Jakościowa i ilościowa analiza wyników badań. Zastosowanie algorytmów sztucznej inteligencji i uczenia maszynowego w analizie danych eksperymentalnych – klasyfikacja struktur materiałów, predykcja właściwości na podstawie danych mikroskopowych i spektroskopowych. Materiały inżynierskie, klasyfikacja i charakterystyka materiałów metalowych, ceramicznych, polimerowych i kompozytowych z uwzględnieniem obszarów ich zastosowań. Obróbka cieplna materiałów inżynierskich. Symulacja fizyczna procesów przetwarzania metali i stopów metali. Ogólna charakterystyka badań prowadzonych przy użyciu symulatora Gleeble 3800. Symulacja procesu walcowania na gorąco, kucia na młotach i prasach, wyciskania, dziurowania i cięcia oraz obróbki cieplnoplastycznej. Metodyka określania naprężenia uplastyczniającego podczas symulacji procesu walcowania w plastometrze skrętnym. Numeryczne modelowanie procesów obróbki cieplnej. Obliczanie pola temperatury przy nagrzewaniu i chłodzeniu stali. Wyznaczanie wykresu CTPc na podstawie składu chemicznego stali. Modelowanie hartowności stali. Zastosowanie sztucznej inteligencji do modelowania i optymalizacji parametrów cieplnych oraz mikrostrukturalnych w procesach obróbki cieplnej. Technologie spawalnicze. Ogólna charakterystyka metod spawania i łączenia materiałów inżynierskich ze względu na wymagane właściwości złączy i spoin. Cięcie gazowe, plazmowe, laserowe i wodne. Spawanie elektryczne i spawanie w stanie stałym. Technologia lutowania i klejenia metali. Technologia natryskiwania termicznego. System produkcji konstrukcji spawanych i jego organizacja. Wymagania stawiane procesom spawania. Przykłady wykorzystania wybranych procesów spawalniczych. Metalurgia procesów odlewniczych i spawalniczych. Krzepnięcie metali i stopów. Układy równowagi fazowej. Krzepnięcie spoin. Metalurgia stali. Procesy topienia metali i stopów. Metalurgia i odlewnictwo. Odlewanie ciągle. Procesy odlewnicze i stopy odlewnicze. Przemysłowe piece odlewnicze. Inżynieria powierzchni. Spawanie laserowe i plazmowe oraz obróbka powierzchni. Podstawy generacji światła laserowego. Budowa komercyjnych laserów. Oddziaływanie wiązki laserowej z ciałami stałymi. Teoretyczne podstawy procesu spawania laserowego. Klasyfikacja procesów laserowej obróbki powierzchni. Proces utwardzania powierzchni laserem. Procesy stapienia powierzchni laserem. Proces napawania laserowego. Klasyfikacja powłok gradientowych i wielofazowych, metody wytwarzania powłok gradientowych i wielofazowych, właściwości i zastosowanie powłok gradientowych, rodzaje materiałów powłokowych wielofazowych. Technologie ochrony przed korozją i zużyciem materiałów. Podstawy korozji i zużycia materiałów inżynierskich w praktyce przemysłowej. Systemy powłokowe i podstawowe kryteria doboru powłok. Powłoki funkcjonalne wspierające zielone technologie – np. selektywne powłoki fototermiczne, bariery dla ogniw paliwowych, powłoki katalityczne. Powłoki na bazie żywicy epoksydowej oraz na bazie poliuretanu, odporność na ścieranie i kawitację. Chromowanie, natryskiwanie termiczne, techniki laserowego osadzania materiałów – zastosowania i charakterystyka. Technika ultrazwybnego osadzania laserowego (EHLA). Modelowanie i sterowanie w spawalnictwie i inżynierii powierzchni. Metody CAX w produkcji przemysłowej. Podstawowe zagadnienia z metodologii projektowania technicznego: projektowanie i budowa obiektów, identyfikacja i opis potrzeb, opracowanie projektu produktów. Komputerowe modelowanie procesów spawalniczych. Zastosowanie nowoczesnych metod
--	--	--	---

			cyfrowych w optymalizacji technologii łączenia materiałów. Minimalizacja odpadów technologicznych w procesach spawalniczych. Podstawowe definicje i problemy w symulacji numerycznej procesów spawalniczych. Metoda elementów skończonych (MES) - zasady ogólne, proces obliczeniowy, interpolacja, funkcje kształtu, klasyfikacja elementów skończonych, warunki brzegowe, metody analizy, przygotowanie siatki. Ocena termiczna procesu spawania. Strefa wpływu spoiny i ciepła (HAZ). Charakterystyka modeli źródeł ciepła - punktowe, liniowe, kołowo-normalne, podwójna elipsoida (Goldak), stożek 3D. Wpływ źródła ciepła. Wizualizacja wyników. Symulacja wybranych procesów spawalniczych. Współczesne problemy obejmują integrację sztucznej inteligencji (AI), Internetu Rzeczy (IoT) oraz kryteriów środowiskowych w celu zwiększenia dokładności modeli, automatyzacji kalibracji danych oraz optymalizacji procesów z uwzględnieniem efektywności energetycznej i redukcji emisji. Oprogramowanie: ANSYS, LS DYNA, SYSWELD. SYSWELD - symulacja numeryczna procesów spawania i obróbki cieplnej. Konstrukcje spawane - podstawy projektowania na podstawie MES. Mechanizmy zużycia i dekohezji materiałów. Opis mechanizmów zużycia i dekohezji materiałów, w szczególności: mechanika pękania, zmęczenie materiału, pękanie materiałów, korozja metali, zużycie tribologiczne (zacieranie, fretting, zużycie ściernie, zużycie adhezyjne). Materiały odporne na korozję, zużycie i ich dobór w zależności od środowiska pracy. Ekomateriały i materiały przyjazne środowisku: biopolimery, kompozyty naturalne, materiały odnawialne, biodegradowalne i niskotoksyczne. Kontrola jakości w spawalnictwie i inżynierii powierzchni. Organizacja i zarządzanie kontrolą jakości oraz zapewnianie jakości w spawalnictwie. Wady złączy spawanych. Metody zapobiegania powstawaniu defektów. Metody badań niszczących (próba rozciągania, zginania, udarnościami, badania makro i mikroskopowe, pomiary twardości). Metody badań nieniszczących (badania wizualne, penetracyjne, magnetyczne, wibroprądowe, ultradźwiękowe, radiograficzne i termowizyjne). Dopuszczalne niezgodności spawalnicze w połączeniach spawanych, lutowanych i klejonych. Przykładowe obliczenia dopuszczalnej wielkości defektów w połączeniach spawanych.
Zajęć obieralne, realizowane jako Project/Problem Based Learning (PBL)	6	K2A_W2 K2A_W4 K2A_U4 K2A_U5 K2A_U6 K2A_K2	Elementy sterowania w układach mechanicznych. Opracowanie koncepcji systemu sterowania wybranego obiektu. Projekt systemu sterowania (dobór elementów, zastosowanie formalizmu SysML do opisu systemu). Implementacja systemu. Metodyka testowania (wirtualne uruchomienia, testy jednostkowe, testy funkcjonalne, testy na obiekcie). Zasady organizacji pracy grupowej. Metodyka pracy zdalnej. PBL-MB4: Metody komputerowe w przepływie ciepła z uwzględnieniem nowoczesnych metod obliczeniowych oraz algorytmów AI. Przedstawienie tematyki projektu. Określenie wymagań projektowych. Analiza projektu. Podział ról w projekcie. Przygotowanie modelu matematycznego, wybranie metody rozwiązania oraz implementacja w wybranym środowisku obliczeniowym. Weryfikacja i walidacja modelu. Testowanie i symulacje. Warianty symulacji. Analiza wyników i wnioski. Metody inżynierii odwrotnej. Inżynieria odwrotna - etapy, definicja i obszar zastosowań w budowie maszyn. Istota etapu digitalizacji w kontekście dokładności odwzorowania i możliwych do użycia narzędzi (metody kontaktowe: WMP/RP; metody bezkontaktowe: skanery laserowe, skanery światła strukturalnego). Utworzenie modelu CAD (chmury punktów/modele: STL i powierzchniowe). Wykonanie prototypu (druk 3D/obróbka ubytkowa). Inżynieria współbieżna. Metody inżynierii współbieżnej. Inżynieria współbieżna jako metoda organizacji i realizacji procesu projektowo-produkcyjnego. Systemy zarządzania dokumentacją w procesie projektowo- produkcyjnym. Uczestnicy procesu projektowo- produkcyjnego. Komunikacja w procesie. Organizacja prac. Realizacja zadania grupowego z akcentem na metodologię pracy zespołowej. Układy jezdne pojazdów specjalnych. Rodzaje układów jezdnych w pojazdach specjalnych. Dynamika ruchu pojazdów w różnych warunkach terenowych. Modelowanie i symulacja ruchu pojazdów

			specjalnych w wybranych konfiguracjach. Projekt oraz budowa modelu funkcjonalnego pojazdu w wybranej konfiguracji, w tym układu napędowego i sterowania. Pomiar obciążeń dynamicznych oraz energochłonności ruchu pojazdu w określonych warunkach terenowych. Designing of Unmanned Aerial Vehicle. Mission planning. Defining assumptions and concepts. Identification of loads on the structure. Application of the MBD Model-Based Design) and MDO (Multidisciplinary Design Optimization) methodology to aircraft design. Defining of optimization criteria and objective functions. Practical implementation of the design process using the principles of optimization in the conceptual, preliminary and detailed design phase. Selection of design and computational methods for each phases of the design process. Principles for the organization of group work. Methodology of remote work. Nowoczesne technologie wytwarzania i badania innowacyjnych materiałów i produktów. Wytwarzanie techniką SLM i SLS z proszków ceramicznych i metalowych do zastosowań w przemyśle. Wytwarzanie techniką FDM i SLA z polimerów z optymalizacją procesu w korelacji z własnościami mechanicznymi. Infiltracja porowatych szkieletów metalami dla uzyskania materiałów stanowiących nowoczesne alternatywy do zastosowania w przemyśle. Wytwarzanie nanowłókien polimerowych techniką electrospinningu z implementacją nanocząstek z analizą ich morfologii i własności. Nowoczesne technologie wytwarzania i badania innowacyjnych materiałów i produktów. Wytwarzanie techniką SLM i SLS z proszków ceramicznych i metalowych do zastosowań w przemyśle. Wytwarzanie techniką FDM i SLA z polimerów z optymalizacją procesu w korelacji z własnościami mechanicznymi. Infiltracja porowatych szkieletów metalami dla uzyskania materiałów stanowiących nowoczesne alternatywy do zastosowania w przemyśle. Wytwarzanie nanowłókien polimerowych techniką electrospinningu z implementacją nanocząstek z analizą ich morfologii i własności. Metody numeryczne w projektowaniu i przetwórstwie materiałów metalowych i polimerowych. Przedstawienie tematyki projektu. Określenie wymagań projektowych. Analiza projektu. Podział ról w projekcie. Przygotowanie modelu matematycznego, wybranie metody rozwiązania oraz implementacja w wybranym środowisku obliczeniowym. Weryfikacja i walidacja modelu. Testowanie i symulacje. Warianty symulacji. Analiza wyników i wnioski. Projektowanie produkcji spawalniczej. Opracowanie założeń projektowych dla zakładu produkcji konstrukcji spawanych. Opracowanie założeń projektowych produkcji zakładu regeneracji części maszyn i urządzeń. Analiza porównawcza kosztów produkcji spawalniczej wybranych typów konstrukcji. Analiza porównawcza ekonomiczności mechanizacji, automatyzacji i robotyzacji produkcji spawalniczej. Kontrola i zapewnienie jakości w spawalnictwie. Projektowanie technologii wykonania odlewu maszynowego lub artystycznego. Wykonanie modelu odlewniczego np. metodą drukowania 3D. Wykonanie odlewu w formie piaskowej lub metodą wytapianych modeli ze stopu miedzi lub żeliwa. Rozwój kompetencji w realizacji projektów przemysłowych. Maszyny, urządzeń i narzędzi do procesów przeróbki plastycznej. Modelowanie, projektowanie i optymalizacja narzędzi oraz procesów produkcyjnych. Techniczne aspekty zapewnienia jakości wyrobów w procesach przeróbki plastycznej. Monitorowanie stanu przebiegu procesu obróbki plastycznej i konstrukcji urządzeń technologicznych za pomocą narzędzi zarządzania jakością.
Wstęp do pracy dyplomowej magisterskiej	4	K2A_W1 K2A_W6 K2A_U1 K2A_U2 K2A_U4 K2A_U7 K2A_U8 K2A_K1	Praca przejściowa: samodzielne działania w zakresie przeprowadzania studium literatury, analizy stanu techniki. Zidentyfikowanie problemu do rozwiązania, sformułowanie specyfikacji zadania. Zgromadzenie materiałów i przygotowanie ich na potrzeby pracy dyplomowej magisterskiej. Analiza metod i narzędzi niezbędnych do realizacji pracy dyplomowej magisterskiej. Seminarium dyplomowe: Przedstawienie zagadnień opracowanych w ramach pracy przejściowej (analiza literatury, założenia, opracowane koncepcje). Przypomnienie zasad tworzenia tekstu naukowego oraz prezentacji.

			Omówienie ogólnej struktury pracy oraz indywidualnego harmonogramu. Przedstawienie postępów pracy oraz analiza napotkanych problemów. Ocena konstrukcji i zawartości przygotowanych części pracy dyplomowej. Dyskusja połączona z etyczną analizą zaplanowanych i/lub wykonanych badań. Dyskusja nad wymogami edytorskimi pracy i przebiegiem procesu dyplomowania. Przygotowanie do obrony.
Praca dyplomowa magisterska	20	K2A_W6 K2A_U1 K2A_U4 K2A_U7 K2A_U8 K2A_K1	Zidentyfikowanie, sformułowanie i rozwiązanie złożonego i nietypowego problemu inżynierskiego związanego z mechaniką i budową maszyn poprzez zastosowanie zasad inżynierii mechanicznej i/lub materiałowej, nauki i techniki. Złożenie zadania wymusza zastosowanie innowacyjnego podejścia poprzez przystosowanie istniejących lub opracowanie nowych metod i narzędzi oraz skłonność do szerokiego włączania wątków badawczych w zakresie podjętego tematu.
Zajęcia z uczelnianej bazy zajęć obieralnych	2	K2A_W5 K2A_U9 K2A_K1	Interdyscyplinarne wykłady obejmujące najnowsze osiągnięcia nauki i techniki dotyczące nowoczesnej inżynierii z zakresu różnych dyscyplin naukowych oraz zagadnień humanistyczno-ekonomiczno-społecznych.

Sposoby weryfikacji i oceny efektów uczenia się osiągniętych przez studenta w trakcie całego cyklu kształcenia

Nazwa sposobu weryfikacji i oceny efektów uczenia się	Opis sposobu weryfikacji i oceny efektów uczenia się
Egzamin pisemny	Jako formy egzaminów pisemnych należy stosować eseje, raporty, krótkie ustrukturyzowane pytania lub testy jedno- i/lub wielokrotnego wyboru; wielokrotnej odpowiedzi, wyboru tak/nie i dopasowanie odpowiedzi w formie zadań do rozwiązania. Pytania otwarte, na które student przygotowuje odpowiedź w formie pisemnej, przy zachowaniu określonych rygorów czasowych.
Egzamin ustny	Egzamin ustny jest ukierunkowany na sprawdzenie wiedzy, na poziomie wyższym i nie ogranicza się wyłącznie do znajomości faktów, w szczególności służy sprawdzeniu poziomu zrozumienia, umiejętności przeprowadzania analiz, syntezy i rozwiązywania problemów.
Egzamin dyplomowy	W przypadku drugiego poziomu studiów egzamin dyplomowy składa się z trzech zasadniczych części, tj. przedstawienia komisji pracy dyplomowej w formie prezentacji, dyskusji nad przedstawionymi wynikami pracy i oceny tej dyskusji, a także oceny odpowiedzi na pytania otwarte, zadane przez członków komisji, mieszczące się w tematyce studiów drugiego stopnia.
Praca dyplomowa magisterska	Praca dyplomowa magisterska ma charakter projektu. Oceniana jest przez promotora i recenzenta.
Zaliczenie pisemne	Jako formę zaliczeń pisemnych stosuje się kartkówki i/lub kolokwia, które mogą mieć charakter esejów, raportów, krótkich ustrukturyzowanych pytań lub testów jedno- i/lub wielokrotnego wyboru, wielokrotnej odpowiedzi, wyboru tak/nie i dopasowania odpowiedzi w formie zadań do rozwiązania.
Zaliczenie ustne	Zaliczenie ustne jest ukierunkowane na sprawdzenie wiedzy, na poziomie wyższym i nie ogranicza się wyłącznie do znajomości faktów, w szczególności służy sprawdzeniu poziomu zrozumienia, umiejętności przeprowadzania analiz, syntezy i rozwiązywania problemów.
Prezentacje multimedialne/referat	Prezentacje multimedialne/referaty mogą być indywidualne bądź zespołowe. Są ukierunkowane na przekazanie wiedzy na określony temat.
Aktywność na zajęciach	W ramach aktywności na zajęciach ocenia się przygotowanie studenta do zajęć, prowadzenie dyskusji, odpowiadanie na pytania prowadzącego, zadawanie pytań, wyrażanie własnych poglądów itp.
Udział w dyskusji	W trakcie dyskusji oceniane są: zaangażowanie w dyskusję, umiejętność podsumowania, umiejętność wartościowania. Dyskusje mogą mieć różnorodny charakter: dialog, wywiad, dyskusja obserwowana (panel), okrągły stół, dyskusja typu seminaryjnego.
Projekty	Projekt podlega na rozwiązywaniu przez studentów konkretnych problemów na podstawie posiadanych wiedzy, umiejętności oraz kompetencji społecznych i personalnych. Studenci pracują w małych zespołach projektowych lub indywidualnie.
Raport z badań	Raport z badań może dotyczyć prezentacji założeń pracy dyplomowej, badań dotyczących analizy dokumentów źródłowych, artykułów, książek, aktów prawnych i innych opracowań specjalistycznych, opracowań ilościowych i jakościowych danych zastanych i wywołanych.
Sprawozdanie z laboratorium	Sprawozdania mogą mieć formę papierową bądź elektroniczną. Może mieć formę artykułu lub raportu, w którym należy podać przebieg oraz cel wykonanych pomiarów, badań i obserwacji bądź też rozwiązania badań problemowych z wykorzystaniem specjalistycznego sprzętu/oprogramowania.
Prace domowe	Prace domowe przypadków, kazuś, mogą mieć różnorodną formę: esejów, raportów, opisu studiów, zadań problemowych, prezentacji multimedialnych, analizy opracowań naukowych, prac koncepcyjnych.
Obserwacja	Bezpośrednia obserwacja studenta w czasie wykonywania przez niego działań właściwych dla określonego obszaru zawodowego. Ocena pełnienia nałożonej studentowi funkcji w zespole.
Dokumentacja z praktyk	Dokumentacja z praktyk obejmuje następujące dokumenty: umowa o organizację praktyk, plan praktyk, harmonogram praktyk, sprawozdanie z praktyk, potwierdzenie odbycia praktyk.
Osiągnięcia kół naukowych	Informacja uzyskiwana przez ocenę środowisk zewnętrznych oraz recenzje lub opinie zewnętrzne (konkursy, wystawy, warsztaty wystąpienia na konferencjach, nagrody)