

**POLITECHNIKA KOSZALIŃSKA**

**Wydział Mechaniczny**

**STRATEGIA ROZWOJU  
DYSCYPLINY NAUKOWEJ**

**„Inżynieria Mechaniczna”**

**w Politechnice Koszalińskiej**

**2020 – 2028**



## Wprowadzenie

Dyscyplina naukowa Inżynieria Mechaniczna została wprowadzona ustawowo Rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 20 września 2018 r. w sprawie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych oraz dyscyplin artystycznych opublikowanym w Dzienniku Ustaw 2018 r. poz. 1818 i ogłoszonym 25.09.2018 r.

Nowo powstała dyscyplina naukowa objęła swoim zasięgiem kilka wcześniejszych, niezależnych dyscyplin naukowych takich jak: mechanika, budowa i eksploatacja maszyn, inżynieria produkcji, mechanika, włókiennictwo (w zakresie urządzeń), inżynieria rolnicza. Należy zaznaczyć, że nie określono definitywnie nowej dyscypliny jaką jest inżynieria mechaniczna.

Zgodnie z Zarządzeniem nr 39/2019 Rektora Politechniki Koszalińskiej z dnia 13 września 2019 r. w sprawie określenia dyscyplin naukowych jako dyscyplin wiodących w Politechnice Koszalińskiej oraz powołania Rad Naukowych Dyscyplin wiodących, inżynieria mechaniczna została zaliczona do wskazanej grupy. W przypadku Politechniki Koszalińskiej dyscyplina ta bezpośrednio związana jest z Wydziałem Mechanicznym. Na dzień 31.12.2021 roku pracownicy badawczo-dydaktyczni Wydziału zadeklarowali dobrowolnie swoją aktywność naukową w inżynierii mechanicznej w 100% w liczbie 12 pracowników, 75% - 9, 50% - 13 i 25% - 22 osób. Łącznie jest to 56 osób na 86 zatrudnionych, pozostałe wybrały inne dyscypliny lub są zatrudnione na stanowiskach dydaktycznych.

Zmiany strukturalne jakie miały miejsce w Szkolnictwie Wyższym w wyniku wprowadzenia reformy, której założenia określono Ustawą z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce opublikowanej w Dzienniku Ustaw w Warszawie w dniu 30 sierpnia 2018 r. poz. 1668 wymusiły konieczność przededefiniowania funkcjonowania uczelni wyższych w obszarze naukowo-badawczym. Koniecznym stało się określenie na nowo kierunków rozwoju obszaru badawczego oraz związanych z tym działań.

Kierunki rozwoju wiedzy i jej zastosowań w zakresie inżynierii mechanicznej, są obecnie w znacznym stopniu wyznaczone, przez zapoczątkowaną światową transformację metod organizacji, tworzenia i wdrażania innowacji oraz nowych technologii przemysłowych, nazywanych umownie „czwartą rewolucją przemysłową”, oznaczoną nazwą „Przemysł 4.0”. Proces tych zmian jest opisywany przez zbiór przedsięwzięć dotyczących globalnej digitalizacji procesów i obiektów w inteligentnych systemach przemysłowych. Dąży się do budowy takich układów, które będą się charakteryzowały: zdolnością komunikowania systemów cybernetycznych i ludzi, globalną digitalizacją i wirtualizacją, następującą z wykorzystaniem wielkiej liczby modeli obiektów i procesów, decentralizacją podejmowania decyzji, przetwarzaniem w czasie rzeczywistym oraz elastycznym dostosowywaniem „inteligentnych fabryk” do zmieniających się wymagań i preferencji odbiorców.

Środowiska naukowe ukierunkowują się na tworzenie rozwiązań o wysokim stopniu nieoczywistości w stosunku do stanu wiedzy i jej zastosowań oraz aktywnym wykorzystywaniu kreatywności i nieznanych dotąd metod tworzenia. Dla odbiorców innowacji bardzo istotne jest znaczenie aplikacyjne opracowanych innowacji, zasięg możliwych zastosowań, a także możliwość dalszego rozwoju wdrażanych rozwiązań.

Na obecnym etapie rozwoju wiedzy, wraz z upowszechnianiem zaawansowanych metod analizy i przetwarzania wiedzy, dąży do zbudowania modeli, stanowiących podstawę do prognozowania wyników określonych realizacji zadań przemysłowych.

Dla konstruktorów i technologów możliwość otrzymania wyników z wykorzystaniem modelu, oznacza znaczne obniżenie kosztów i przyspieszenie procesu decyzyjnego oraz zmniejszenie niepewności wnioskowania na podstawie surowych zbiorów danych, będących wynikami z innych realizacji.

Badania i zastosowania wyników w zakresie obszarów przypisywanych czwartej rewolucji przemysłowej, poza mnogością metod stosowanych do rozwiązywania problemów technicznych, wymagają uwzględnienia, że najczęściej występować będą następujące czynniki:

- Znaczna różnorodność produktów wytwarzanych jednostkowo lub seryjnie.
- Odmienność cech produktów wynikająca w wielkiego obszaru zastosowań w różnych dziedzinach na przykład: w budowie urządzeń do produkcji aparatury badawczej, aparatury medycznej, do wytwarzania leków, do produkcji sprzętu elektronicznego, samochodów, robotów, sprzętu ratowniczego, urządzeń dla sportu, rehabilitacji, ochrony środowiska, wytwarzania i przetwarzania energii.
- Rosnące zapotrzebowanie na prace wdrożeniowe z zakresu inżynierii mechanicznej jest tym większe, im więcej jest wdrożeń w innych dziedzinach nauki i techniki, bo efekty rozwoju dowolnej dziedziny materializują się poprzez powstanie produktu, do czego zazwyczaj potrzebne są nowsze technologie i nowe urządzenia produkcyjne.
- Rosnące znaczenie mikroinżynierii oraz integracji funkcjonalnej ludzi i systemów technicznych, medycznych, informacyjnych i komunikacyjnych.
- W inżynierii mechanicznej dominują jednostkowe, unikatowe wdrożenia o wysokim nakładzie pracy twórczej, co wynika z wielkiej różnorodności oczekiwanych cech i różnych wymagań odbiorców oraz odmienności i zróżnicowania opracowywanych konstrukcji i technologii.

Wskazane powyżej informacje wytyczają zakres tematyczny możliwy do zrealizowania w zakresie dyscypliny inżynieria mechaniczna w Politechnice Koszalińskiej.

## **2. Zakres tematyczny identyfikowany z dyscypliną inżynieria mechaniczna w Politechnice Koszalińskiej**

### **PODZIAŁ TEMATÓW WEDŁUG KRYTERIUM - ETAP W CYKLU ROZWOJU TECHNOLOGII:**

- 2.1. Podstawy technologii nowych metod kształtowania właściwości elementów technicznych w wyniku procesów modyfikacji właściwości materiałów**, z których są wykonane - procesy obróbki cieplnej i chemicznej oraz metody modyfikacji właściwości warstwy wierzchniej - posiadamy kadre i możliwości realizacji takich zadań.
- 2.2. Podstawy kształtowania i oceny właściwości warstwy wierzchniej oraz struktury geometrycznej powierzchni.** Nowe metody kształtowania właściwości, podstawy wytwarzania struktur chemicznych, fizycznych oraz rozwój metod opisu i oceny właściwości eksploatacyjnych.
- 2.3. Podstawy kształtowania funkcjonalnych struktur wewnętrznych i powierzchniowych elementów technicznych, które posiadają cechy, umożliwiające lokalne wewnętrzne i powierzchniowe różnicowanie ich budowy**, i jako skutków różnicowania właściwości mechanicznych i eksploatacyjnych - etap o dużym znaczeniu i potrzebie jego rozwijania w Politechnice Koszalińskiej. Jest to nowy etap rozwoju wiedzy i techniki, ukierunkowany na wytwarzanie funkcjonalnych struktur o lokalnym zróżnicowaniu wypełnienia przestrzeni, bardzo dużym zróżnicowaniu podatności i o zdolnościach adaptacyjnych do warunków pracy. Droga do tego celu prowadzi przez wykorzystanie zarówno nowych osiągnięć inżynierii materiałowej, jak i poprzez nowe rozwiązania, dotyczące postaci elementów oraz ich struktury wewnętrznej i powierzchniowej. To również nowe problemy naukowe dotyczące mikroinżynierii układów wykorzystujących przepływ masy i energii.
- 2.4. Podstawy projektowania i wytwarzania ultra lekkich konstrukcji, jak również w przypadkach wymagań dotyczących zapewnienia właściwości adaptacyjnych elementów do zmiennych warunków eksploatacji**, w tym wymagań dotyczących bez-

luzowej pracy, powtarzalnego działania i samoczynnej kompensacji niedokładności oraz skutków różnorodnych zakłóceń.

- 2.5. Podstawy procesów kształtowania elementów z wykorzystaniem różnych technologii, w tym coraz częściej metod przyrostowych.** W niektórych metodach przyrostowych występuje specyficzna integracja kreowania właściwości materiału i właściwości wytwarzanego elementu w jednym procesie.
- 2.6. Badania mikro i nanosystemów.** Badania z zakresu nano - mikrorobotyki mają zastosowanie w takich dziedzinach jak: metrologia, monitoring, produkcja urządzeń do automatyzacji procesów w elektronice i mechanice precyzyjnej, biotechnologia, precyzyjna chirurgia małoinwazyjna, mikroenergetyka, a także technika wojskowa.
- 2.7. Podstawy budowy mikro układów technicznych z wykorzystaniem analizy efektów samoczynnych i autonomicznych ulepszeń, jakie przez długi czas lub wielką liczbę zdarzeń kształtowały się w otoczeniu człowieka, w odniesieniu do świata ożywionego i nieożywionego.** Do najważniejszych cech organizmów żywych, które nie zostały dotąd, w większości tych cech, zaadaptowane w zastosowaniach technicznych, na niewielkim choćby poziomie, należą:
- możliwość zmiany wielkości, masy, aktywności i cech funkcjonalnych układów,
  - autonomiczne cechy kinematyczne i zdolności adaptacyjne,
  - stosunek pobieranych zasobów energetycznych do zakresu funkcji,
  - stosunek masy niektórych elementów do ich wytrzymałości i trwałości,
  - samoorganizacja na poziomie komórkowym,
  - możliwość samopowielania i reprodukcji, z dziedziczeniem cech i ewolucją,
  - reakcja na bardzo niskie zmiany wartości bodźców,
  - zdolność do wchłaniania różnych rodzajów zasobów energetycznych,
  - zdolność do regeneracji,
  - zdolność do samoorganizacji zbiorowej, konsensusu i optymalizacji organizacyjnej,
  - wielka różnorodność typów i liczność sensorów reagujących na różne bodźce zewnętrzne i wewnętrzne,
  - zmienne mechanizmy różnicowania, kumulacji i transformacji bodźców,
  - bardzo wysoka sprawność kinematyczna w stosunku do bardzo małej masy (owady),
  - złożoność układów biologicznych, z wyjątkiem cech zewnętrznych (np. niektóre rośliny) nie posiada cech fraktalnych, co oznacza, że poznanie fragmentu nie pozwala na definiowanie całości,
  - w systemach biologicznych występuje wiele wieloetapowo i wielofunkcyjnie porządkowanych procesów probabilistycznych oraz stan zrównoważonego i stabilizowanego chaosu, zapewniających poprawiający się poziom stabilności zachowań i decyzji.
- 2.8. Podstawy konstrukcji i technologii nowych narzędzi** - posiadamy dobre doświadczenie w tym zakresie, prace te są często podstawą do opracowania nowych metod technologicznych).
- 2.9. Podstawy optymalizacji konstrukcji mechanicznych, zwłaszcza precyzyjnych układów kinematycznych, przekładni oraz zespołów do zastosowań w mikromechanizmach, mechatronice i mikroinżynierii** - posiadamy liczny zbiór innowacyjnych rozwiązań i dużą liczbę patentów oraz nowych zgłoszeń patentowych, najnowsze kierunki badawcze obejmują integrację wiedzy naukowej z zakresu projektowania z elementami bioniki.

- 2.10. **Podstawy nowych metod technologicznych precyzyjnej obróbki elementów zwłaszcza z materiałów kompozytowych oraz stopów metali przeznaczonych do zastosowań w ekstremalnych warunkach** – prace dość liczne, znaczne zróżnicowanie znaczenia aplikacyjnego.
- 2.11. **Podstawy budowy nowych urządzeń technologicznych** - wiele prac dotyczy optymalizacji wybranych zespołów.
- 2.12. **Podstawy nowych metod sterowania procesami** - wyróżniają się dwie grupy: jedna dotyczy sterowania urządzeniami technologicznymi, druga grupa dotyczy nadzorowania i sterowania systemami produkcyjnymi.
- 2.13. **Optymalizacja i doskonalenie procesów** - wyróżniają się dwie grupy: jedna dotyczy optymalizacji operacji technologicznych, druga grupa dotyczy nadzorowania i zarządzania w procesach produkcyjnych.
- 2.14. **Podstawy zastosowań produkcyjnych nowych technologii** - dość liczne prace, jednak często w warunkach utrudnionych relacji z potencjalnymi odbiorcami, ze względu na długotrwałe prace przygotowawcze i słabe przełożenie na formalną (punktową) ocenę wyników tych prac.

### **3. Proponowany zakres tematyczny możliwy do rozwoju w dyscyplinie inżynieria mechaniczna w Politechnice Koszalińskiej**

- 3.1. Nanometrologia, metrologia powierzchni, metrologia topografii nanoelementów, zaawansowane technologie optyczne w metrologii.
- 3.2. Nowe zaawansowane metody badania właściwości eksploatacyjnych elementów technicznych, zwłaszcza wykonanych z zastosowaniem nowych materiałów i nowych technologii ich wytwarzania.
- 3.3. Technologie wytwarzania przyrostowego, hybrydyzacja procesów przyrostowych i addytywnych strumieni energii oraz dodatków modyfikujących, integracja technologii przyrostowych, z procesami obróbki powierzchniowej.
- 3.4. Mikro- i nanourządzenia technologiczne, układy do zastosowań w budowie systemów współdziałania ludzi i systemów technicznych.
- 3.5. Elastyczne i inteligentne systemy wytwarzania. Integracja wiedzy i komunikacja operatorów i zautomatyzowanych urządzeń technologicznych
- 3.6. Inteligentne, otwarte systemy nadzorowania i kontroli procesów, nanosensory, narzędzia zintegrowane z sensorami stanu i cech procesu.
- 3.7. Automatyzacja i wyższy poziom elastyczności systemów produkcyjnych, kompensacja niedokładności w procesach technologicznych, symulacja i wizualizacja procesów produkcji.
- 3.8. Systemy mobilne i zarządzanie zdalne procesami oraz ich nadzorowanie.
- 3.9. Automatyzacja realizacji zadań badawczych i przetwarzania danych, systemy automatycznego wnioskowania, ewolucyjne systemy rozwoju i zastosowań baz wiedzy.

**3.10.** Zastosowania biomechaniki i biomimetyki (bioniki) w tworzeniu innowacyjnych rozwiązań dotyczących struktury elementów, układów przenoszenia ruchu oraz właściwości powierzchni.

**3.11.** Wirtualizacja i modelowanie złożonych procesów dynamicznych w warunkach przetwarzania informacji niepełnych, niepewnych i nieściśłych, w środowiskach wieloagentowych, złożonych relacji w określaniu konsensusu i wnioskowania heurystycznego.

#### **4. Obecnie realizowany zakres tematyczny w dyscyplinie inżynieria mechaniczna w Politechnice Koszalińskiej w poszczególnych jednostkach Wydziału Mechanicznego**

##### **4.1. Katedra Agrobiotechnologii**

Realizacja badań z zakresu projektowania procesów produkcji biopaliw płynnych, stałych i gazowych II generacji ze szczególnym naciskiem na opracowywanie metod obróbki wstępnej, dzięki którym biomasa ligninocelulozowa i odpady przemysłu rolno-spożywczego będą mogły być wykorzystywane do otrzymywania bioetanolu jako paliwa odnawialnego II generacji – **obecnie zakres ten wpisuje się w działania związane z Energetyką oraz Biotechnologią.**

##### **4.2. Katedra Energetyki**

Realizacja badań z zakresu identyfikacji parametrów nowych proekologicznych czynników chłodniczych w minikanalach rurowych. Obszar ten jest ciągle powiększany ze względu na nowe uregulowania prawne wymuszające wycofanie z użytkowania stosowanych do tej pory związków chemicznych wykorzystywanych w chłodnictwie oraz pompach ciepła. Obecne działania w Katedrze są kontynuacją badań prowadzonych na przestrzeni ostatnich 20 lat w oparciu o projekty finansowane ze źródeł zewnętrznych przyznanych przez Komitet Badań Naukowych, Narodowe Centrum Badań oraz NCBiR we współpracy z partnerami biznesowymi. W najbliższej perspektywie czasowej planuje się rozszerzyć działania o modelowanie, projektowanie i konstruowanie tzw. kompaktowych wymienników ciepła wykonanych w oparciu o minikanaly metodą wydruku 3D z proszków metali. Obszar ten stwarza możliwość współpracy z innymi jednostkami/katedrami na Wydziale Mechanicznym

Kolejny obszar realizowanych w Katedrze Energetyki badań obejmuje zagadnienia wykorzystania nanopłynów w różnej postaci w celu magazynowania energii cieplnej. W tym celu wymagane jest stworzenie wymienników ciepła o nowej unikatowej konstrukcji. Obecnie realizowany będzie w tym zakresie projekt badawczy wraz z partnerem przemysłowym finansowany ze środków NCBiR. Tematyka ta jest nowa i wskazuje na konieczność realizacji wieloletnich badań oraz dużych możliwości publikacyjnych oraz patentowych.

### 4.3. Katedra Techniki Fizycznej i Nanotechnologii

Prace badawcze prowadzone przez zespoły naukowe koncentrują się wokół zagadnień obróbki powierzchni metali i stopów z wykorzystaniem technik i technologii próżniowo-plazmowych. Prace te obejmują:

- badania procesów nakładania powłok przeciwzużyciowych na bazie wieloskładnikowych azotków, węglików oraz węgloazotków metali przejściowych metodami reaktywnego odparowania w łuku próżniowym (Vacuum Arc Evaporation), rozpylania magnetronowego stałoprądowego (DC), impulsowego oraz HiPIMS (High Power Impulse Magnetron Sputtering),
- badania procesu azotowania plazmowego metali i stopów metodami stałoprądowego oraz impulsowego metodą ASPN (Active Screen Plasma Nitriding),
- rozwój nowoczesnych technologii hybrydowych obróbek powierzchni, prowadzonych w plazmowych procesach wieloetapowych, prowadzonych w sposób ciągły, bez przerywania próżni.

Prowadzenie tych prac na wysokim poziomie umożliwia zaplecze sprzętowe Centrum Badawczo-Wdrożeniowego Inżynierii Powierzchni, Projektowania i Symulacji Procesów oraz Badań Wibroakustycznych, poszerzone ostatnio o zaprojektowane przez zespół Katedry wielofunkcyjne urządzenie PVD przeznaczone do prowadzenia próżniowo-plazmowych obróbek hybrydowych wyposażone w aktualnie najnowocześniejszą technologię HiPIMS. W badaniach plazmowych procesów technologicznych wykorzystywane są stale rozwijane techniki emisyjnej analizy plazmy procesowej.

Prace prowadzone w zakresie nowych technologii PVD wspiera silne zaplecze aparaturowe do badań materiałów, umożliwiające prowadzenie analiz składu chemicznego, struktury oraz składu fazowego, a także właściwości mechanicznych, tribologicznych oraz korozyjnych i tribo-korozyjnych materiałów litych i powłok.

W polu zainteresowania zespołów badawczych Katedry są nowe powłoki nanokompozytowe na bazie amorficznego węgla oraz wytwarzane technikami przyrostowymi materiały metalowe do zastosowań technicznych i biomedycznych.

### 4.4. Katedra Inżynierii Biomedycznej

#### 1. Wielokryterialne projektowanie powłok wielowarstwowych oraz gradientowych cechujących się zwiększoną odpornością na zużycie na narzędzia, części maszyn oraz instrumentarium medyczne.

W ramach tego tematu badawczego został zrealizowany w latach 2017-2020 projekt badawczy Opus z NCN pt. "Optymalizacja wielokryterialna powłok gradientowych ze względu na właściwości przeciwzużyciowe".

Obecnie z tego zakresu jest opracowywany nowy wniosek projektu do NCN (czerwiec 2021).

#### 2. Projektowanie hybrydowych układów warstwowych złożonych z warstwy azotowej oraz wielowarstwowej/gradientowej powłoki PVD lub powłoki galwanicznej (Co-Mo-P) na części maszyn oraz narzędzi wytwarzane technologią tradycyjną oraz części wytwarzane technologią przyrostową, pracujące w warunkach wysokich obciążeń.



Z tego obszaru tematycznego został złożony międzynarodowy projekt CORNET - CAMELOT.

**3. Badanie wpływu struktury geometrycznej w skali mikro- i nanometrycznej powierzchni implantów metalowych na adhezję i trwałość oraz biointegrację powłok uszlachetniających osadzanych technikami PVD.**

Z tego zakresu tematycznego jest opracowywany wniosek projektu do NCN (czerwiec 2021).

**4. Koncepcja wysokowydajnych wymienników ciepła wytwarzanych technologią przyrostową.**

Z tego zakresu tematycznego jest opracowywany wniosek projektu międzynarodowego w ramach inicjatywy CORNET - COPHEAM (wrzesień 2021r).

**5. Opracowanie alternatywnego procesu wytwarzania proszków do produkcji wysokiej jakości proszków dla technologii przyrostowej,**

- proszki metalowe (stale, stopy na bazie Ti, CoCr, stopy o wysokiej entropii - HEA),

- proszki hybrydowe: metal/węgiel, metal/tlenek, metal/azotek.

Złożenie wniosku do NCN 06/2021

#### **4.5. Katedra Inżynierii Produkcji**

##### **1. W zakresie technologia wytwarzania – obróbka ubytkowa i spajanie metali**

- Przyjazne środowisku metody obróbki ścierniej przy zminimalizowanym wydatku czynników chłodząco-smarujących lub w warunkach braku podawania takich czynników w stanie ciekłym do strefy obróbki:
  - smarowanie ze zminimalizowanym wydatkiem płynu chłodząco-smarującego metodą MQL (ang. *Minimum Quantity Lubrication*),
  - chłodzenie ze zminimalizowanym wydatkiem płynu chłodząco-smarującego metodą MQC (ang. *Minimum Quantity Cooling*),
  - szlifowanie z użyciem dysz CAG (ang. *Cold Air Gun*),
  - szlifowanie z użyciem ściernic impregnowanych substancjami smarnymi i antyadhezyjnymi w stanie stałym,
  - szlifowanie z użyciem metod hybrydowych dostarczania czynników chłodzących, smarujących i antyadhezyjnych do strefy obróbki,
  - szlifowanie „na sucho” (ang. *Dry Grinding*).
- Opracowanie i rozwój innowacyjnych metod obróbki ubytkowej materiałów trudno skrawalnych i tworzyw sztucznych:
  - obróbki ścierniej narzędziami spojonymi,
  - obróbki ścierniej w wygładzarkach pojemnikowych,
  - obróbki polerskiej w polu magnetycznym,
  - obróbki ścierno-polerskiej z zastosowaniem robotów przemysłowych,
  - optymalizacji sekwencji następujących po sobie operacji obróbkowych.
- Rozwój metod spajania metali (w szczególności: opracowanie podstaw metody sterowania procesem spawania przy zastosowaniu energii liniowej).

##### **2. Monitorowanie, diagnostyka i ocena jakości**

- Rozwój metod monitorowania i diagnostyki procesów technologicznych metodami akustycznymi z wykorzystaniem zaawansowanych metod przetwarzania i analizy sygnału (w tym metod sztucznej inteligencji).
  - Doskonalenie stykowych i bezstykowych metod oceny jakości elementów wytwarzanych metodami obróbki ubytkowej, przyrostowej i spajania metali oraz oceny jakości narzędzi obróbkowych (w tym w szczególności komputerowego przetwarzania i analizy obrazu oraz pomiarów pól temperatury metodą termowizji w podczerwieni).
- 3. Zarządzanie produkcją**
- Doskonalenie metod i narzędzi sterowania procesami produkcyjnymi i logistycznymi.
  - Badania w zakresie modelowania i symulacji procesów produkcyjnych w odniesieniu do struktury zasobów produkcyjnych i przepływu produkcji.

#### **4.6. Katedra Inżynierii Systemów Technicznych i Informatycznych**

Głównymi kierunkami badań:

- Badania eksperymentalne i symulacyjne zjawisk zachodzących w strefie kontaktu narzędzia z materiałem obrabianym.
- Badania i rozwój systemów monitorowania stanu procesu szlifowania z zastosowaniem narzędzi ze zintegrowanymi układami pomiarowymi.
- Badania dokładności wykonania wielkości geometrycznych, w tym struktury geometrycznej powierzchni, obiektów wytwarzanych metodami precyzyjnej obróbki ubytkowej i metodami przyrostowymi.
- Doskonalenie stykowych i bezstykowych metod oceny jakości elementów wytwarzanych metodami obróbki ubytkowej, przyrostowej i spajania metali oraz oceny jakości narzędzi obróbkowych (w tym w szczególności komputerowego przetwarzania i analizy obrazu oraz pomiarów pól temperatury metodą termowizji w podczerwieni).
- Rozwój systemów monitorowania i diagnostyki procesów technologicznych z wykorzystaniem zaawansowanych metod przetwarzania i analizy sygnału (w tym metod sztucznej inteligencji).
- Rozwój metod analizy i przetwarzania danych pomiarowych w celu obrazowania właściwości oraz charakterystyki narzędzi obróbkowych, zjawisk zachodzących w strefie obróbki, właściwości i charakterystyki warstwy wierzchniej materiałów obrabianych oraz struktury geometrycznej powierzchni elementów wytworzonych metodami obróbki ubytkowej i przyrostowej.

#### **4.7. Katedra Inżynierii Transportu**

Głównymi kierunkami badań realizowanych w Katedrze są zagadnienia dotyczące;

- badań nad metodami wzrostu efektywności silników spalinowych oraz wykorzystaniu paliw odnawialnych ze szczególnym uwzględnieniem oddziaływania środowiskowego,
- badań i oceny hybrydowych i elektrycznych zespołów napędowych w zastosowaniach transportowych,
- badań i oceny wpływu pojazdów autonomicznych na efektywność procesów przewozowych oraz ich bezpieczeństwo,

- badań w zakresie optymalizacji systemów zarządzania ruchem oraz nadzoru i kontroli przewozów szczególnie niebezpiecznych,
- projektowania, optymalizacji i automatyzacji procesów transportowych, modelowanie i optymalizacja systemów transportowych oraz badania nad oddziaływaniem środowiskowym transportu,
- modelowanie i ocena skutków implementacji systemów i technologii SMART w systemach transportowych z wykorzystaniem sieci 5G i przyszłych,
- modelowanie i ocena skutków integracji gałęziowych transportu w systemach transportowych w zakresie ich dostępności,
- badania i rozwój technologii i organizacji procesów naprawczych i obsługowych środków transportu,
- modelowanie i rekonstrukcje zdarzeń i wypadków komunikacyjnych z wykorzystaniem numerycznych metod przetwarzania informacji oraz obrazów,
- diagnostyka i prognozowanie diagnostyczne z zastosowaniem metod cyfrowego przetwarzania obrazów w zakresie oceny skutków uszkodzeń pojazdów i ich zespołów oraz skuteczności napraw pokolizyjnych i powypadkowych,
- opracowaniu metod regeneracji części i zespołów środków transportu. Ze szczególnym uwzględnieniem par precyzyjnych jako elementów szczególnie kosztownych ekonomicznie i środowiskowo,
- opracowywania metod wytwarzania warstw odpornych na zużycie w zastosowaniu do różnych urządzeń i maszyn transportowych.

#### **4.8. Katedra Mechaniki Konstrukcji**

##### **1. Rozwój technologii tzw. Przemysłu 4.0 w procesach produkcyjnych i przetwórczych**

- Rozwijanie technologii precyzyjnej obróbki plastycznej (walcowanie, cięcie plastyczne, wytłaczanie, przetłaczanie, wykrawanie, nagniatanie) części wykonanych z różnych materiałów konstrukcyjnych, w tym trudnoskrawalnych i odpornych na korozję.
- Opracowanie nowych technologii wieloetapowej obróbki plastycznej (duplex, triplex) umożliwiających świadome kształtowanie właściwości warstwy wierzchniej wyrobów, wykonanych z różnych materiałów metalowych.
- Badania zjawisk zachodzących w materiałach magnetycznie miękkich podczas procesów obróbki plastycznej i w procesie eksploatacji (analizy zmęczeniowe).
- Modelowanie i eksperymentalne badania procesu nagniatania części ze stopu tytanu TiAl4V z uwzględnieniem stanu warstwy wierzchniej po obróbkach poprzedzających.
- Wytłaczanie elementów sklejonych z dwóch lub więcej rodzajów blach z uwzględnieniem płaskiej anizotropii.
- Opracowanie metod numerycznego określania parametrów mechanicznych materiałów metalowych z uwzględnieniem anizotropii na potrzeby symulacji numerycznych procesów obróbki plastycznej (wytłaczanie, przetłaczanie, walcowanie, wygniatanie).
- Modelowanie i symulacja zjawisk termo-mechanicznych występujących w procesach technologicznych obróbki plastycznej z wykorzystaniem metody elementu skończonego (MES) oraz metody bezsiatkowej (SPH - Smoothed Particle Hydrodynamics) oraz optymalizacja ze względu na przyjęte kryteria jakościowe.
- Określenie sposobu docisku w formie progów ciągowych w celu minimalizacji powstawania naddatków spowodowanych płaską anizotropią blachy.
- Opracowanie modelu numerycznego i symulacji procesu przetłaczania wytłoczek kołowo-symetrycznych z uwzględnieniem anizotropii płaskiej blachy.

- Zastosowanie wysokociśnieniowej strugi wody do cięcia, odłuszczenia i oczyszczenia powierzchni użytkowych w przemyśle spożywczym.

## 2. Projektowanie, symulacja i optymalizacja urządzeń i systemów technicznych.

Główne kierunki badań:

- Badania doświadczalne i symulacyjne generatorów drgań mechanicznych w celu określenia ich parametrów użytkowych, takich jak: amplituda i częstotliwości drgań generatora, wymiary geometryczne konstrukcji, parametry elementów podatnych układu regulacji napięcia sprężyn. (współpraca z Katedrą Inżynierii Systemów Technicznych i Informatycznych).
- Badania symulacyjne innowacyjnych rozwiązań konstrukcyjnych przegubów stosowanych w układach napędowych robotów przemysłowych (współpraca z Katedrą Inżynierii Systemów Technicznych i Informatycznych).
- Badania doświadczalne luzu bocznego oraz dokładności kinematycznej opatentowanej przekładni ślimakowej (współpraca z Katedrą Inżynierii Systemów Technicznych i Informatycznych).
- Projektowanie, modelowanie, symulacja i optymalizacja cienkościennych konstrukcji spawanych, np. zbiorniki, cysterny ciśnieniowe.

### 4.9. Katedra Mechatroniki i Automatyki

Mechatronika jako jedna z najprężniej rozwijających się dziedzin nauki i techniki, umieszczona w dyscyplinie: inżynierii mechanicznej, bazuje na wykorzystaniu wiedzy i umiejętności z zakresu mechaniki, elektroniki, informatyki, automatyki i sterowania, modelowania i projektowania urządzeń. Dodatkowo jest to najszybciej rozwijająca się dziedzina ze współczesnych dziedzin techniki, która nieustannie ewoluje. Przewidywane kierunki rozwoju obejmują następujące problemy badawcze.

1. Rozwój metod wspomagających projektowanie aktywnych układów redukcji drgań mechanicznych. Kształtowanie nieliniowych charakterystyk lepko-sprężystych układów wibroizolacji wraz ze zintegrowaną procedurą syntezy systemu sterowania drganiami.
2. Badania symulacyjne oraz eksperymentalne prototypowych rozwiązań generatorów drgań do zastosowań w procesach technologicznych.
3. Badanie częstotliwości rezonansowych obiektów technicznych z wykorzystaniem analizy modalnej w celu poznania ich właściwości wytrzymałościowych.
4. Projektowanie mechatronicznych protez kończyn górnych wspomagających osoby z niepełnosprawnościami. Metody sterowania protezami bionicznymi na podstawie sygnałów elektromiograficznych (EMG).
5. Badania właściwości mechanicznych, części maszyn wytworzonych metodami produkcji przyrostowej. Zastosowania materiałów kompozytowych w mechanice. Rozwój systemów inżynierii odwrotnej i szybkiego prototypowania.
6. Modelowanie egzoskieletów pasywnych do wspomagania siły mięśni w warunkach obciążających układ kostny człowieka. Badania parametrów kinematycznych i dynamicznych ruchu człowieka.
7. Badania i analiza sygnałów charakteryzujących właściwości i działanie systemów, układów i urządzeń mechatronicznych wykorzystując zaawansowane metody czasowo-częstotliwościowe. Zastosowanie wyników tych analiz w zakresie sterowania i kształto-

- wania pożądaných właściwości systemów mechatronicznych w procesie projektowania, prototypowania i rozwoju urządzeń w obszarze inżynierii mechanicznej.
8. Zaawansowane systemy monitorowania i sterowania procesami produkcyjnymi z wykorzystaniem robotów przemysłowych oraz systemów wizyjnych.
  9. Wykształcona kadra naukowa Katedry Mechatroniki i Automatyki tworzy interdyscyplinarny zespół naukowo-badawczy publikujący oryginalne prace badawcze w uznanych czasopismach międzynarodowych.

#### **4.10. Katedra Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego**

W Katedrze Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego pracuje naukowo ośmiu pracowników zatrudnionych na stanowiskach badawczo-dydaktycznych. Prace w KPiUPS skupiają się wokół czterech głównych obszarów badawczych, a mianowicie:

- Obszar 1 – Technologie przetwórstwa tworzyw polimerowych pierwotnych i pochodzących
- z recyklingu, kompozytów i biopolimerów,
- Obszar 2 – Modelowanie, symulacja i układów przepływowych w inżynierii żywności,
- Obszar 3 – Higiena i procesy mycia,
- Obszar 4 – Technologie przetwórstwa surowców przemysłu spożywczego. Z tego wyniki badań z dwóch obszarów (1 i 2) w pełni można zaliczyć do dyscypliny Inżynieria mechaniczna, natomiast wyniki badań z obszaru 3 i 4 w części.

Działalność badawcza realizowana w obszarze 1, który w pełni możemy zaliczyć do dyscypliny Inżynieria mechaniczna to zagadnienia związane z technologią przetwórstwa tworzyw polimerowych pierwotnych i pochodzących z recyklingu, kompozytów i biopolimerów. Badanie tworzyw polimerowych w tym: identyfikacja tworzyw polimerowych, badanie właściwości mechanicznych, fizykochemicznych i reologicznych tworzyw polimerowych, badanie budowy strukturalnej materiałów polimerowych, badanie kompatybilizacji materiałów niemieszalnych. Obecnie w tym obszarze w ramach Katedry rozwijane są zagadnienia wpływu dodatku recyklatów, różnych materiałów, w tym biologicznych oraz nanocząstek, na właściwości kompozytów. Ponadto rozpoczęto pracę nad wyznaczeniem charakterystyk pracy i wpływu na właściwości uzyskiwanych elementów z tworzyw polimerowych i kompozytów zmodyfikowanej konstrukcji wyciarki z ślimakowo-tarczowym układem uplastyczniającym. Dodatkowym obszarem jest analiza numeryczna zjawisk zachodzących w ślimakowo-tarczowym układzie uplastyczniającym, w tym wyznaczanie charakterystyki toru ruchu cząsteczki w układach uplastyczniających wyciarek (określenie stopnia porządkowania łańcuchów polimerowych oraz stopnia degradacji struktury materiałów polimerowych). Ponadto rozwijane są metody analizy obrazu pozwalające na ocenę rozprządzenia napełniacza w polimerowej osnowie, a także określenie zmiany wymiarów zastosowanego napełniacza po procesie wytórczym. Pokrewną tematyką z tym obszarem jest ocena i recykling opakowań. Ponadto wpływ technik pakowania na jakość produktów spożywczych.

Drugi obszar badawczy realizowany w KPiUPS, którego wyniki w całości można zaliczyć do dyscypliny Inżynieria mechaniczna to zagadnienia związane z Modelowanie, symulacja i układów przepływowych. Analizy symulacyjne CFD (Computational Fluid Dynamics), pomiary eksperymentalne PIV (Particle Image Velocimetry) oraz pomiary tekstury i reologii surowców i produktów spożywczych stanowią istotny obszar badań z zakresu Inżynierii Żywności. W obszarze operacji przetwórstwa żywności dotyczą zagadnień bezpośrednio związanych z analizą wielkości fizycznych (w tym reologicznych i mechanicznych) przetwarzanych surowców. Analizy symulacyjne dostarczają informacji o zamianach zachodzących w przetwarzanych i transportowanych surowcach. Pomiary eksperymentalne z zakresu cyfrowej

anemometrii obrazowej dostarczają informacji w zakresie zachowania układów płynnych podczas ich przepompowywania, czy też bezpośrednio zmian podczas samego przetwarzania. Najistotniejszymi obszarami, stanowiącymi trendy rozwoju metod numerycznej mechaniki płynów jest symulacja układów wielkofazowych z wykorzystaniem podejścia VOF (Volume of Fluid) i DPM (Discrete Phase Model). Pierwszym z nich jest modelowanie metodą Eulera i służy do analizy dwufazowych przepływów płynów (najczęściej faz ciągłych). Drugie podejście bazuje na obliczeniach fazy dyskretnej metodą wędrowną Lagrange'a, dla której modeluje się zderzenia cząstek i nieskorelowane translacje przy użyciu kinetycznej teorii przepływów ziarnistych. Oba podejścia wywodzą się bezpośrednio z numerycznej mechaniki płynów, choć ich zastosowanie znacznie wykracza poza obszar czysto mechaniczny. Wyniki analiz symulacyjnych wymagają zawsze weryfikacji eksperymentalnej. Wiodącą metodą pomiaru bezkontaktowego jest PIV. Wykorzystuje się w niej komputerowe przetwarzanie obrazu położenia i przemieszczenia cząstek wskaźnikowych, które rozpraszają światło laserowe o długości fali 532 nm. Pomiary PIV stanowią element eksperymentalnej mechaniki płynów, która w sposób naturalny wpisuje się w obszar mechaniki stosowanej i zagadnień inżynierskich z nią związanych.

Kolejnym trzecim obszarem badawczym działalności KPiUPS są zagadnienia związane z higieną i procesami mycia. Realizowana w tym obszarze działalność naukowa obejmuje zagadnienia znajdujące się w budowy i eksploatacji maszyn przemysłu spożywczego oraz inżynierii przemysłu spożywczego, i koncentruje się głównie na modelowaniu procesów zapewniających zakładom przetwórstwa spożywczego utrzymanie higieny i bezpieczeństwa produkcji żywności. Z uwagi na to, że zagadnienia te do roku 2018 wpisywały się w obszar Inżynierii Rolniczej wchłoniętej obecnie przez dyscyplinę Inżynieria Mechaniczna (dziedzina nauk inżynieryjno-technicznych) na mocy Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 20 września 2018 roku w sprawie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych oraz dyscyplin artystycznych, uważam, że moja działalność naukowa jak najbardziej wpisuje się w inżynierię mechaniczną, o czym świadczą również moje publikacje. Realizowane w tym obszarze badania ukierunkowane są na zwiększenie efektywności procesu mycia w systemie CIP (Clean In Place) z uwzględnieniem ekonomiczno-ekologicznych uwarunkowań, co w połączeniu ze znanymi rozwiązaniami systemowymi (monitorowanie w ramach programów wstępnych GMP i GHP oraz systemu HACCP) wspomaga obniżenie ryzyka występowania zagrożeń fizyko-chemicznych i mikrobiologicznych w produkcji żywności. Głównym obszarem działań są analizy czynnikowo-procesowe warunkujące skuteczne mycie w systemie CIP, minimalizację energochłonności procesu mycia oraz zużycia środków chemicznych. Badania w tym zakresie obejmują poszukiwanie zależności pomiędzy powyższymi aspektami badań a istniejącymi rozwiązaniami konstrukcyjno-technologicznymi. Ostatnie związane z tym obszarem prace badawcze realizowane przez pracowników KPiUPS (dr hab. inż. Joanna Piepiórka-Stepuk) dotyczyły określenia matematycznej zależności efektu usuwania zanieczyszczeń mlekowych z płytowego wymiennika ciepła od przyjętych parametrów w procedurze Cleaning in Place (artykuł aktualnie przyjęty do Journal of Cleaner Production, 140 pkt) i optymalizacji warunków procesu regeneracji roztworów myjących po myciu w systemie CIP (publikacja Journal of Cleaner Production 2019 rok, 140 pkt). Obecnie kontynuowane są również badania związane z fizykochemiczną stabilnością chemicznych roztworów myjących (publikacja The Journal of The Textile Institute 2020 rok, 100 pkt), a przede wszystkim z ich zwilżającymi właściwościami (praca przygotowywana do publikacji). Rozpoczęto również badania konstrukcyjno-eksploatacyjne uwzględniające rozbudowywanie istniejącej laboratoryjnej już stacji CIP o hybrydowy układ wspomagający proces mycia w przepływie. Z pewnością w przyszłości badania te zaowocują kolejnymi publikacjami.

Pobocznym kierunkiem badań jest wpływ różnych czynników wynikających z realizacji procesu technologicznego na jakość produktów spożywczych wyrażoną m.in. ich właściwościami odżywczymi ale również fizykochemicznymi.

Obszar czwarty, który w części wpisuje się do działań w Inżynierii Mechanicznej to obszar związany z technologią przetwórstwa surowców przemysłu spożywczego. Realizowane w tym obszarze badania naukowe łączą w sobie elementy technologii żywności (chemiczne i fizyczne właściwości żywności, w tym surowców, produktów, surowców wtórnych, a także odpadów) z budową i eksploatacją maszyn przemysłu spożywczego oraz aspektami procesowymi. Ponadto badanie właściwości fizycznych surowców i produktów spożywczych. Wykorzystywane są do tego metody niszczące i nieniszczące bazujące na pomiarze wielkości fizycznych, w tym siły i zmian lepkości i szybkości ścinania. Ten obszar również bezpośrednio wpisuje się w zagadnienia z obszaru mechaniki stosowanej. Zagadnienia te wpisują się w dyscyplinę Inżynieria Mechaniczna (dziedzina nauk inżynieryjno-technicznych). Obszar działalności naukowej do tej pory był ukierunkowany na przemysł browarniczy, w tym głównie na aspekt klarowania brzeczki piwnej i piwa. Dotychczas zrealizowano badania pod kątem wpływu warunków procesowych na technologię produkcji, budowę aparatury oraz samego powstawania osadów. W badaniach wykorzystuje się specjalistyczne metody pomiarowe m.in. Shadow Sizing z oprogramowaniem DynamicStudio Shadow Sizing, które mierzy rozmiar, kształt i prędkość cząstek przy użyciu podświetlenia i oprogramowania do analizy obrazu. Może mierzyć także szeroki zakres typów cząstek, w tym pęcherzyki, kropelki cieczy, cząstki stałe i każdy obiekt o dobrze określonym konturze. Do analiz przepływu turbulентnego w kadzi wirowej wykorzystuję metodę pomiaru bezkontaktowego PIV, w której stosuje się komputerowe przetwarzanie obrazu położenia i przemieszczenia cząstek wskaźnikowych rozpraszające światło laserowe o długości fali 532 nm. Stanowisko jest z roku na rok rozbudowywane i w planach jest realizacja pomiarów na stereo PIV. Natomiast do analizy stężeń jonów wybranych metali w surowcach, produktach i odpadach przeprowadzono pomiary metodami instrumentalnymi na przykładzie Atomowej Spektroskopii Absorpcyjnej (ASA).

Od 2018 roku rozpoczęto badania nad właściwościami reologicznymi produktów i odpadów przemysłu spożywczego (zmian lepkości i szybkości ścinania, tiksotropii) wykorzystując Thermo Scientific HAAKE iQ Air. Dodatkowym problemem badawczym jest zagospodarowanie osadów chmielowych. Obecnie trwa również rozbudowa półprzemysłowej instalacji browarniczej. Kontynuowane są badania dotyczące wpływu realizacji procesów technologicznych oraz dodatku piw czy brzeczki piwnej na właściwości fizyko-chemiczne, cechy sensoryczne oraz jakość chleba. Zagadnienia te dotyczą technologii żywności w połączeniu z inżynierią mechaniczną.

#### **4.11. Centrum badawczo-wdrożeniowe inżynierii powierzchni, projektowania i symulacji procesów oraz badań wibroakustycznych**

Centrum Badawczo-Wdrożeniowe Inżynierii Powierzchni, Projektowania i Symulacji Procesów oraz Badań Wibroakustycznych oferuje usługi badawczo-rozwojowe w zakresie próżniowo-plazmowej obróbki powierzchni metali i stopów, a także badań wibroakustycznych oraz symulacji i modelowania procesów. Oferta usług komercyjnych Centrum obejmuje:

- konsultacje i opiekę technologiczną dla przedsiębiorców wdrażających i wykorzystujących technologie PVD do nanoszenia powłok przeciwzużyciowych, ochronnych i dekoracyjnych,
- optymalizację i rozwój technologii PVD pod potrzeby ich użytkowników,
- badania struktury, składu chemicznego i fazowego oraz właściwości mechanicznych i tribologicznych materiałów i powłok,
- usługowe nanoszenie powłok przeciwzużyciowych na narzędzia i części maszyn,

- analizy wibroakustyczne pomieszczeń, maszyn i urządzeń,
- symulacje i modelowanie procesów z wykorzystaniem pakietu COMSOL Multi-physics,
- wynajem aparatury badawczej i oprogramowania.

#### 4.12. Centrum Szybkiego Prototypowania

##### 1. Wskazania do celów i założeń strategii rozwoju:

- realizacja tematyki prac badawczych i badań rozwojowych w obszarze nowych wyzwań dla Przemysłu 4.0 (smart, intelligent and sustainable manufacturing);
- wsparcie integracji i zwiększenie interdyscyplinarności obszarów badawczych zapewniające pełniejsze wykorzystanie potencjałów dotychczasowych zespołów badawczych;
- rozwój zespołów badawczych przez zwiększenie umiędzynarodowienia oraz wykorzystanie potencjału osób rozpoczynających prace naukowe (ukierunkowanie tematyki badawczej kierowanej do Szkoły Doktorskiej na realizację strategii rozwoju Wydziału).

##### 2. Drogi realizacji potrzeb Przemysłu 4.0 w aspekcie inżynierii wytwarzania:

- Wzrost digitalizacji i automatyzacji procesu wytwarzania oraz wykorzystanie możliwości technologii informatycznych do gromadzenia, przetwarzania i analizowania danych pochodzących z tych procesów;
- Wykorzystanie metod modelowania, symulacji i optymalizacji (z uwzględnieniem kryteriów technologicznych, ekonomicznych i ekologicznych) do projektowania i intensyfikacji procesów technologicznych;
- Integracja metod wnioskowania na podstawie danych (również z uwzględnieniem metod sztucznej inteligencji i uczenia maszynowego) oraz systemów komunikacji w zadaniach monitorowania, diagnostyki oraz sterowania procesami wytwarzania;
- Wykorzystanie możliwości nowych metod wytwarzania (wytwarzanie przyrostowe, obróbka hybrydowa) i związanych z nimi nowych możliwości w zakresie projektowania wyrobów i kształtowania ich cech użytkowych.

##### 3. Realizowane obecnie tematyki prac badawczych i badań rozwojowych (uogólnienie):

- Podstawy kształtowania i oceny stanu warstwy wierzchniej powierzchni technicznych (ze szczególnym uwzględnieniem cech struktury geometrycznej powierzchni) oraz analiza wpływu tego stanu na właściwości eksploatacyjne wytwarzanych elementów;
- Podstawy analizy i intensyfikacji procesów wytwarzania (poprzez zastosowanie nowych/zmodyfikowanych narzędzi, dobór parametrów i warunków realizacji procesu) z uwzględnieniem kryteriów technologicznych, ekonomicznych oraz ekologicznych;
- Podstawy modelowania i analizy zjawisk związanych z realizacją procesów wytwarzania (z wykorzystaniem metod elementów skończonych, metod bezsiatkowych).

##### 4. Możliwe obszary prac badawczych i badań rozwojowych wynikające z integracji zespołów badawczych:

- Analiza i modelowanie zjawisk fizycznych, mechanicznych i cieplnych w procesach wytwarzania celem pozyskania nowej wiedzy umożliwiającej projektowanie i kształtowanie cech wyrobów technicznych (z uwzględnieniem ich lokalnie zmiennych właściwości mikro- i makrostrukturalnych), intensyfikację procesów wytwarzania, projektowanie nowych narzędzi oraz innowacyjnych procesów technologicznych (połączenie potencjału zespołów z zakresu inżynierii wytwarzania, inżynierii materiałowej, termodynamiki oraz modelowania i analizy drgań).



- Projektowanie i kształtowanie cech wyrobów technicznych, z uwzględnieniem ich właściwości fizycznych i mechanicznych, cech mikro- i makrostrukturalnych oraz kryteriów ekonomicznych i ekologicznych, realizowanych w cyklu operacji technologicznych, w wyniku obróbek hybrydowych oraz metod wytwarzania przyrostowego (połączenie potencjału zespołów z zakresu inżynierii wytwarzania oraz inżynierii materiałowej).
- Monitorowanie stanu procesu, diagnostyka przyczyn i skutków niedokładności oraz sterowanie procesami technologicznymi z wykorzystaniem systemów automatycznego wnioskowania oraz komunikacji człowiek-maszyna (połączenie potencjału zespołów z zakresu inżynierii wytwarzania, elektrotechniki i elektroniki oraz automatyki).

#### **4.13. Centrum Wydruku 3D**

Zespół trzech laboratoriów wykonuje zlecenia od jednostek z całej uczelni, w zakresie badawczym wykorzystuje produkcję przyrostową do poszukiwania nowych materiałów z różnymi właściwościami mechanicznymi. Poprzez zmianę struktury wewnętrznej drukowanych części maszyn zmieniamy ich własności mechaniczne. Porowate struktury są szeroko rozpowszechnione w inżynierii biomedycznej jak również mechanicznej (powszechnie występują w naturalnym środowisku). Pozyskiwanie materiałów o strukturach porowatych coraz częściej jest realizowana poprzez produkcję przyrostową. Porównania z izotropowymi strukturami porowatymi pokazują, że struktury anizotropowe mają lepszą adaptację do pola tensora naprężeń, a tym samym zyskują lepszy stosunek wytrzymałości do masy dla modelu drukowanego 3D. Porowate materiały lub struktury komórkowe są powszechne w naturalnych materiałach, takich jak kości beleczkowe, koralowce, gąbki, korek itp. Również takie struktury są często stosowane przy badaniach w dziedzinie inżynierii materiałowej, np. Piankach metalowych, które składają się z litego metalu z wypełnionymi gazem porami stanowiącymi dużą część objętości. Materiały te często wykazują pożądane właściwości fizyczne, takie jak lekkość lub wysoka absorpcja uderzeń. Istnieją różne metody wytwarzania, w zależności od tego, czy komórki mają regularny wzór plastra miodu, czy pianek stochastycznych, czy różnych materiałów, takich jak metale, materiały ceramiczne, szkła czy polimerów. Nadal jednak trudno jest wytwarzać porowate struktury o ogólnych kształtach i nierównomiernych rozkładach, co w pewnym stopniu utrudnia jego głębsze i dalsze zastosowania, takie jak projektowanie struktur wypełniających.

### **5. Program i strategia działania Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna w odniesieniu do zasobów kadrowych**

W zakresie strategii dotyczącej zarządzaniem kadrami badawczo-dydaktyczną zatrudnioną na Wydziale Mechanicznym Politechniki Koszalińskiej działania określono w Strategii Jego Rozwoju. W szczególności dotyczy to:

1. Wspieranie inicjatyw w podejmowaniu badań zespołowych i interdyscyplinarnych finansowanych z programów zewnętrznych.
2. Kontynuacja działań mających na celu współpracę z otoczeniem społeczno-gospodarczym z uwzględnieniem badań i ekspertyz na potrzeby firm i instytucji państwowych.

3. Wspieranie pracowników i doktorantów w pozyskiwaniu grantów, publikowaniu prac w czasopiśmie wysoko punktowanych, a także w zgłaszaniu wniosków patentowych.
4. Zachowanie równowagi między aktywnością dydaktyczną i badawczą pracowników badawczo-dydaktycznych.
5. Dążenie do uzyskania odpowiednio wysokiej w zakresie kategorii dyscypliny inżynieria mechaniczna w ocenie parametrycznej.
6. Dostosowywanie tematyki prac naukowo-badawczych i rozwojowych do potrzeb gospodarki regionu i kraju.
7. Wspieranie organizatorów konferencji naukowych organizowanych przez Wydział.
8. Rozwój potencjału naukowego, aparatury badawczej oraz specjalizacji naukowej zespołów wydziałowych, poprzez koncentrowanie ich działalności na wybranych obszarach badawczych.
9. Zwiększenie aktywności w zakresie pozyskiwania finansowania projektów badawczych finansowanych z Narodowego Centrum Nauki, Narodowego Centrum Badań i Rozwoju, środków celowych w ramach Regionalnych Programów Operacyjnych, w ramach programów międzynarodowych, a także innych np. zasilanych z funduszy UE.

## **Analiza mocnych i słabych stron oraz szans i zagrożeń w rozwoju dyscypliny inżynieria mechaniczna**

### **Mocne strony**

- zasób kadrowy o uznanym, aktualnym dorobku naukowym, często z doświadczeniem w realizacji usług badawczych na rzecz przemysłu,
- dobre wyposażenie w nowoczesną, często unikalną aparaturę badawczą, umożliwiającą prowadzenie badań w obszarach:
  - wytwarzania technikami przyrostowymi (Selective Laser Melting i Binder Jetting) elementów z metali i stopów,
  - modelowania i prowadzenie badań wytrzymałościowych materiałów i konstrukcji,
  - prowadzenia badań procesów wymiany ciepła oraz nowych konstrukcji, w szczególności mikro-wymienników ciepła,
  - obróbki ścierniej i materiałów ściernych,
  - próżniowo-plazmowej obróbki powierzchniowej metali i stopów, a w tym nanoszenia powłok technikami PVD, azotowania plazmowego oraz obróbek hybrydowych wraz z analizą plazmy procesowej,
  - badań materiałowych obejmujących analizy składu chemicznego i fazowego, mikro- i makrostruktury, analiz termicznych w procesach syntezy materiałów, stanów naprężeń, tarcia i zużycia przez tarcie, właściwości korozyjnych,
- dobre warunki lokalowe do prowadzenia badań.

### **Słabe strony**

- część kadry o nadal niskiej aktywności naukowej i/lub uprawiającej badania o przestarzałej i nie mającej potencjału publikacyjnego tematyce. Wyniki tych badań publikowane są niskiej jakości periodykach,
- nadal finansowana część badań o przestarzałej tematyce, która dawno utraciła wysoki potencjał publikacyjny,

- brak korelacji tematycznej między badaniami podejmowanymi przez różne zespoły badawcze co skutkuje brakiem efektów synergicznych będących wynikiem współpracy między zespołami wspólnie formułującymi cele badań,
- brak zwyczajów i mechanizmów zapewnienia jakości badań (oceny wewnętrznej), prowokujących do otwartej dyskusji naukowej o prowadzonych na Wydziale badaniach, a w konsekwencji brak szczegółowej wiedzy o kompetencjach i możliwościach badawczych różnych zespołów oraz jakości naukowej ich pracy,
- deficyt kadrowy w grupie młodych pracowników nauki, a równocześnie niskie/niejasne standardy selekcji/zatrudniania kandydatów.

## **Szanse**

- szansę rozwojową stwarza pilne wypracowanie strategicznych kierunków/zadań badawczych oraz ich podjęcie przez grupy zespołów badawczych Wydziału
  - przykładem może być: Opracowanie nowej klasy mikrowymienników ciepła wytwarzanych metodami przyrostowymi.

Zakres tematyczny badań:

- projektowanie i modelowanie procesów wymiany ciepła w mikro-wymiennikach,
- projektowanie materiałowe i wytwarzanie przyrostowe prototypów mikrowymienników wraz z optymalizacją procesu wspartą badaniami materiałowymi w zakresie: procesów druku i spiekania, mikro- i makrostruktury, porowatości, przewodnictwa cieplnego, odporności korozyjnej.
- wytwarzanie i badania prototypów mikrowymienników oraz optymalizacja ich konstrukcji wg kryteriów właściwości użytkowych.

Takie podejście daje wszystkim zaangażowanym zespołom dobre uzasadnienie podejmowania badań (motivation), cechy nowości oraz wysoki potencjał publikacyjny.

- szansą jest poszerzenie relacji z przemysłem poprzez oferowanie jedynie wysokiej jakości usług badawczych i technologicznych,
- szansa jest odejście od „katedralnego” podziału kompetencji i oferowanie kompleksowych usług obejmujących potencjał całego Wydziału.
- szansą jest zatrudnianie młodych pracowników na etatach badawczych celem intensyfikacji badań i zapewnienia ciągłości pokoleniowej, głównie w obszarach w których dysponujemy znacznym potencjałem aparaturowym i wysokiej jakości dorobkiem naukowym,
- wykorzystanie potencjału trzech nowych Centrów Wydziału, poprzez tworzenie programów kompleksowych/wielowątkowych badań.

## **Zagrożenia**

- w sytuacji w której o statusie Wydziału i Uczelni (subwencja uzależniona od kategorii naukowej) decyduje jakość uprawianej nauki oraz aktywność badawcza (projekty) i usługowa na rzecz przemysłu, podporządkowanie polityki kadrowej ograniczeniom wynikającym z pensum dydaktycznego (proces typowy dla Uczelni regionalnych), jest niebezpieczne i grozi w niedalekiej perspektywie naturalnym wygaszeniem działalności naukowej z powodu braku ciągłości pokoleniowej. To w konsekwencji odetnie Uczelnię/Wydział od finansowania nauki.
- brak wewnętrznej kontroli jakości badań co prowadzi do rozdrobnienia finansowania i nieefektywnego wydatkowania części środków na badania.