

## Szczegółowy opis zajęć (KARTA PRZEDMIOTU)

**Nazwa zajęć:** Mechanizmy zużycia i niszczenia w lotnictwie

**Kod zajęć:** B3

**Przynależność do grupy zajęć:** grupa przedmiotów

**Rodzaj zajęć:** specjalnościowy  
obowiązkowy

**Kierunek studiów:** Inżynieria Materiałowa

**Poziom studiów:** studia drugiego stopnia

**Profil studiów:** ogólnoakademicki

**Forma studiów:** stacjonarne

**Specjalność (specjalizacja):** Nowoczesne materiały i technologie (Materiały i technologie w lotnictwie)

**Rok studiów:** I

**Semestr studiów:** II

**Formy prowadzenia zajęć, wraz z liczbą godzin dydaktycznych:**

wykłady – 15

laboratorium – 15

projekt – 15

**Język/i, w którym/ch prowadzone są zajęcia:** język polski

**Liczba punktów ECTS (zgodnie z programem studiów):** 3

\* – pozostawić właściwe

### 1. Założenia przedmiotu:

Wprowadzenie studentów w problematykę niszczenia elementów konstrukcji lotniczych, a zwłaszcza zużycia elementów silników lotniczych, spowodowanego warunkami eksploatacyjnymi i niekorzystnymi czynnikami zewnętrznymi.

2. Odniesienie kierunkowych efektów uczenia się do form prowadzenia zajęć oraz sposobów weryfikacji i oceny efektów uczenia się osiągniętych przez studenta:

symbol	zakładane efekty uczenia się student, który zaliczył zajęcia:	formy prowadzenia zajęć	sposoby weryfikacji i oceny efektu uczenia się
Wiedza: zna i rozumie			
K2A_W09	Ma poszerzoną i pogłębioną wiedzę o cyklach życia urządzeń, elementów konstrukcyjnych i materiałów stosowanych w przemyśle lotniczym.	Wykład	Kolokwium zaliczeniowe
K2A_W03	Ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie i praktycznie wiedzę obejmującą zagadnienia związane przebiegiem zjawisk zużycia materiałów i powłok ochronnych, w tym korozji chemicznej i elektrochemicznej oraz zużycia erozyjnego i tribologicznego.	Wykład Laboratorium	Kolokwium zaliczeniowe
K2A_W07	Ma ugruntowaną wiedzę o nowoczesnych metodach badań, technikach pomiarowych i diagnostyce wykorzystywanych do oceny zużycie elementów silników lotniczych	Wykład	Kolokwium zaliczeniowe
Umiejętności: potrafi			
K2A_U01 K2A_U05	Potrafi przygotować i przedstawić prezentację dotyczącą przyczyn uszkodzeń i zużycia zachodzących w lotnictwie. Potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych i innych źródeł.	Projekt	Prezentacja
K2A_U9	Potrafi planować badania i przeprowadzać eksperymenty badawcze, potrafi określić priorytety, zaproponować nowe rozwiązania, interpretować uzyskane wyniki badań i wyciągać wnioski	Laboratorium	Sprawozdanie z laboratorium
K2A_U11 K2A_K02	Potrafi ocenić zagrożenie dla środowiska wynikające ze stosowania nowych materiałów, powłok ochronnych i technologii, potrafi przeciwdziałać tym skutkom. Rozumie potrzebę uczenia się przez całe życie.	Laboratorium	Sprawozdanie z laboratorium

### 3. Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się (zgodnie z programem studiów):

Student będzie posiadał umiejętności i wiedzę w zakresie zagadnień teoretycznych i praktycznych związanych z niszczeniem materiałów w wyniku zużycia: erozyjnego, tribologicznego, korozyjnego, zachodzącego w wysokiej temperaturze, podczas eksploatacji statków powietrznych. Zdobędzie umiejętność określania rodzaju i przyczyn zużycia materiałów wykorzystywanych w przemyśle lotniczym.

#### 4. Opis sposobu wyznaczania punktów ECTS:

Forma aktywności	Liczba godzin / punktów ECTS
Liczba godzin zajęć, niezależnie od formy ich prowadzenia	45/2
Praca własna studenta: przygotowanie do kolokwium zaliczeniowych, zapoznanie z literaturą	10/0
Praca własna studenta: przygotowanie projektu	25/1
Praca własna studenta: przygotowanie sprawozdań z zajęć laboratoryjnych	5/0
Inne: konsultacje i zaliczenia	5/0
<b>Suma godzin</b>	<b>90</b>
<b>Liczba punktów ECTS przypisana do zajęć</b>	<b>3</b>

Objaśnienia:

\* – praca własna studenta, należy wymienić formy aktywności, np. *przygotowanie do zajęć, interpretacja wyników, opracowanie raportu z zajęć, przygotowanie do egzaminu, zapoznanie się z literaturą, przygotowanie projektu, prezentacji, pracy pisemnej, sprawozdania itp.*

\*\* – inne np. *dotatkowe godziny zajęć*

#### 5. Wskaźniki sumaryczne:

- liczba godzin zajęć oraz liczba punktów ECTS na zajęciach z bezpośrednim udziałem nauczycieli akademickich lub innych osób prowadzących zajęcia i studentów: 50 / 2 ECTS
- liczba godzin zajęć oraz liczba punktów ECTS na zajęciach związanych z prowadzoną w Politechnice Śląskiej działalnością naukową w dyscyplinie lub dyscyplinach, do których przyporządkowany jest kierunek studiów – w przypadku studiów o profilu ogólnoakademickim: 45 / 2 ECTS
- liczba godzin zajęć oraz liczba punktów ECTS na zajęciach kształtujących umiejętności praktyczne – w przypadku studiów o profilu praktycznym: 0
- liczba godzin zajęć prowadzonych przez nauczycieli akademickich zatrudnionych w Politechnice Śląskiej jako podstawowym miejscu pracy: 45

#### 6. Osoby prowadzące poszczególne formy zajęć (*imię, nazwisko, stopień naukowy lub stopień w zakresie sztuki, tytuł profesora, służbowy adres e-mail*):

- 1) Dr hab. inż. Bogusław Mendala, prof. PŚ, boguslaw.mendala@polsl.pl
- 2) Dr hab. inż. Henryk Kania, henryk.kania@polsl.pl
- 3) Dr inż. Bartosz Witala, bartosz.witala@polsl.pl
- 4) Dr inż. Aleksander Iwaniak, aleksander.iwaniak@polsl.pl
- 5) Dr hab. inż. Tomasz Rzychoń prof. PŚ, tomarz.rzychon@polsl.pl

#### 7. Szczegółowy opis form prowadzenia zajęć:

##### 1) wykłady:

- szczegółowe treści programowe:

1. Warunki eksploatacyjne statków powietrznych, klasyfikacja środowisk i czynników sprzyjających degradacji elementów silników lotniczych.
2. Klasyfikacja zużycia konstrukcji lotniczych, definicje, modele, przyczyny uszkodzeń i rodzaje zużycia powstające podczas eksploatacji silników lotniczych.
3. Zużycie korozyjne, erozyjne i erozyjno-korozyjne, uszkodzenia spowodowane przez ciała obce FOD, „Bird Strike” – zderzenie z ptakiem, zużycie i uszkodzenia elementów sprzężarek silników lotniczych, korozja pittingowi.
4. Zużycie zachodzące w wysokiej temperaturze, korozja chemiczna, korozja w środowisku siarki, chlorków – (hot corrosion), uszkodzenia spowodowane przez CMAS, uszkodzenia łopatek turbin silników lotniczych - pękanie materiałów.
5. Zużycie i uszkodzenia spowodowane przez przegrzanie, uszkodzenia spowodowane przez obciążenia mechaniczne TMF (Thermo-Mechanical Fatigue), uszkodzenia łopatek turbinowych, komór spalania i rur żarowych silników lotniczych.
6. Metody oceny podatności na zużycie i weryfikacji konstrukcji i rozwiązań konstrukcyjno-materiałowych w lotnictwie, próby stoiskowe (próba przydatności, próba długotrwała), eksploatacja nadzorowana.
7. Tendencje rozwojowe w konstrukcji silników lotniczych, mające na celu ograniczenie awaryjności, zużycia i emisji czynników szkodliwych do środowiska „green engine”.

- stosowane metody kształcenia, w tym metody i techniki kształcenia na odległość:

*prezentacja multimedialna, dyskusja*

- forma i kryteria zaliczenia, w tym zasady zaliczeń poprawkowych, a także warunki dopuszczenia do egzaminu:

*uzyskanie pozytywnej oceny z kolokwium zaliczeniowego, dwa terminy poprawkowe,*

- organizacja zajęć oraz zasady udziału w zajęciach, ze wskazaniem czy obecność studenta na zajęciach jest obowiązkowa,  
*prezentacja treści programowych zgodnie z kartą przedmiotu / nieobowiązkowa obecność na zajęciach wykładowych;*

## 2) Laboratoria:

- szczegółowe treści programowe:
  1. Charakterystyka uszkodzeń elementów silników lotniczych podczas eksploatacji.
  2. Analiza uszkodzeń elementów sprzężarek spowodowane przez korozję, zużycie korozyjno-erozyjne, uszkodzenia przez ciała obce.
  3. Uszkodzenia spowodowane przez ciała obce.
  4. Ocena i weryfikacja uszkodzeń łopatek sprzężarki osiowej silnika lotniczego.
  5. Analiza uszkodzeń komór spalania i rur żarowych silników lotniczych po eksploatacji.
  6. Analiza i badanie zużycia łopatek turbiny silnika lotniczego, próby pełzania, metody oceny.
  7. Laboratoryjne metody badań odporności na zużycie, planowanie eksperymentu badawczego.
- stosowane metody kształcenia, w tym metody i techniki kształcenia na odległość:  
*dyskusja, samodzielne wykonywanie ćwiczeń przez studentów*
- forma i kryteria zaliczenia, w tym zasady zaliczeń poprawkowych, a także warunki dopuszczenia do egzaminu:
  - *uzyskanie pozytywnej oceny z kolokwium pisemnego, wykonanie ćwiczenia, oddanie sprawozdania,*
  - *uzyskanie pozytywnej oceny ze wszystkich ćwiczeń laboratoryjnych*
- organizacja zajęć oraz zasady udziału w zajęciach, ze wskazaniem czy obecność studenta na zajęciach jest obowiązkowa,  
*prezentacja treści programowych zgodnie z kartą przedmiotu / wykonanie ćwiczenia zgodnie ze scenariuszem do zajęć / obecność na 100% realizowanych zajęć laboratoryjnych;*

## 3) Projekt:

- szczegółowe treści programowe:  
Metody badań i oceny zużycia elementów silników lotniczych, projektowanie i planowanie eksperymentu w warunkach prób stoiskowych. Dobór metod i warunków oceny zużycia elementów, powłok i warstw ochronnych – warunki odbioru i dopuszczenia do eksploatacji
- stosowane metody kształcenia, w tym metody i techniki kształcenia na odległość:  
*dyskusja, samodzielne wykonywanie projektu oraz prezentacji*
- forma i kryteria zaliczenia, w tym zasady zaliczeń poprawkowych, a także warunki dopuszczenia do egzaminu:
  - *oddanie oraz uzyskanie pozytywnej oceny z projektu oraz jego prezentacji,*
- organizacja zajęć oraz zasady udziału w zajęciach, ze wskazaniem czy obecność studenta na zajęciach jest obowiązkowa,  
*prezentacja treści programowych zgodnie z kartą przedmiotu / wykonanie projektu / obecność na 100% realizowanych zajęć projektowych;*

8. Opis sposobu ustalania oceny końcowej (zasady i kryteria przyznawania oceny, a także sposób obliczania oceny w przypadku zajęć, w skład których wchodzi więcej niż jedna forma prowadzenia zajęć, z uwzględnieniem wszystkich form prowadzenia zajęć oraz wszystkich terminów egzaminów i zaliczeń, w tym także poprawkowych):

*Ocena końcowa jest średnią ważoną z realizowanych form zajęć.*

9. Sposób i tryb uzupełniania zaległości powstałych wskutek:

- nieobecności studenta na zajęciach – *odrabianie nieobecności na laboratoriach – terminy ustalone indywidualnie z prowadzącym zajęcia, odrabianie nieobecności na projekcie – konsultacja projektu w godzinach konsultacji prowadzącego zajęcia*
- różnic w programach studiów osób przenoszących się z innego kierunku studiów, z innej uczelni albo wznawiających studia na Politechnice Śląskiej – *ustalane indywidualnie ze studentem na podstawie karty przedmiotu, zrealizowanych treści kształcenia,*

10. Wymagania wstępne i dodatkowe, z uwzględnieniem sekwencyjności zajęć:

*Fizyka, Chemia, Podstawy nauki o materiałach, Inżynieria powierzchni, Procesy i techniki produkcyjne. Student powinien mieć podstawową wiedzę z zakresu: budowy materiałów i sposobów ich degradacji, podstaw korozji i ochrony przed korozją i zużyciem, degradacji materiałów w podwyższonej temperaturze, podstaw z zakresu konstrukcji i budowy napędów lotniczych, podstaw technologii inżynierii powierzchni.*

11. Zalecana literatura oraz pomoce naukowe:

1. Materiały i literatura dostępne w Laboratorium Inżynierii Powierzchni i Technologii Lotniczych.
2. Wykłady z przedmiotu Mechanizmy zużycia i niszczenia w lotnictwie.
3. B. Mendala, Kształtowanie struktury i właściwości powłok ochronnych na stalowych łopatkach sprężarek silników lotniczych, Wyd. Politechniki Śląskiej, 2013 r.
4. A. Gierek: Zużycie tribologiczne, Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2005.
5. H. Bala: Korozja materiałów- teoria i praktyka, Wydawnictwo WIPMIFS, Politechnika Częstochowska, 2002.
6. S. Szczeciński, Zagadnienia napędów lotniczych, Prace Instytutu Lotnictwa, 213/2011.
7. A. Kozakiewicz, Analiza uszkodzeń turbinowych silników odrzutowych, Prace Instytutu Lotnictwa, 2011.
8. Wyciągi z norm lotniczych dotyczące odbioru elementów silników lotniczych, powłok i warstw ochronnych na komponentach lotniczych.
9. Materiały internetowe <http://www.eskadra.net/naped1.html>

12. Opis kompetencji prowadzących zajęcia (np. publikacje, doświadczenie zawodowe, certyfikaty, szkolenia itp. związane z treściami programowymi realizowanymi w ramach zajęć):

dr hab. inż. Bogusław Mendala, prof. PŚ

- B. Mendala, Kształtowanie struktury i właściwości powłok ochronnych na stalowych łopatkach sprężarek silników lotniczych, Wyd. Politechniki Śląskiej, 2013 r.
- R. Swadźba, L. Swadźba, B. Mendala, B. Witala, J. Tracz, K. Marugi, Ł. Pyclik: Characterization of Si-aluminide coating and oxide scale microstructure formed on  $\gamma$ -TiAl alloy during long-term oxidation at 950 °C. Intermetallics 2017 vol. 87, s. 81-89.

dr hab. inż. Henryk Kania

- H. Kania: Kształtowanie struktury oraz odporność korozyjna powłok Zn-Al otrzymanych metodą metalizacji zanurzeniowej. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2017.
- Henryk Kania, Mariola Saternus, J. Kudlacek: Structural aspects of decreasing the corrosion resistance of zinc coating obtained in baths with Al, Ni, and Pb additives. Materials 13(2), 2020, art. no. 385.

dr inż. Bartosz Witala

- R. Swadźba, L. Swadźba, B. Mendala, B. Witala, J. Tracz, K. Marugi, Ł. Pyclik: Characterization of Si-aluminide coating and oxide scale microstructure formed on  $\gamma$ -TiAl alloy during long-term oxidation at 950 oC. Intermetallics 2017 vol. 87, s. 81-89.
- G. Moskal, B. Witala, A. Mościcki, P. Kałamarz, W. Supernak, D. Niemiec, A. Wrona, M. Osadnik: Oxidation resistance of silicide coatings on Mo and TZM Allom. Ochr. przed Kor. 2016 R. 59 nr 2, s. 46-52.

dr inż. Aleksander Iwaniak

- B. Walnik, J. Marcisz, A. Iwaniak, J. Wieczorek: Badania zużycia ściernego nanostrukturalnej stali bainitycznej. Pr. Inst. Met. Żel. 2017 t. 69 nr 3, s. 55-60.
- R. Michalik, A. Iwaniak: Erosion resistance of the ZnAl<sub>22</sub>Cu<sub>3</sub> alloy. Solid State Phenomena ; vol. 246 1662-9779.

dr inż. Tomasz Rzychoń

- M. Jabłońska, T. Maciąg, M. Nowak, T.Rzychoń, M. Czerny, K. Kowalczyk, Thermal and structural analysis of high-tin bronze of chemical composition corresponding to the composition of the singing bow, J. Therm. Anal. Calorimetry, 2019 vil. 137 iss.3, p. 735-741,
- Wykształcenie techniczne, kierunkowe związane z treściami przedmiotu, wieloletnie doświadczenie dydaktyczne,
- Liczne publikacje krajowe i zagraniczne związane z niszczeniem materiałów w podwyższonej temperaturze.

13. Inne informacje: -