# Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki

# Karta przedmiotu

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2019/2020

Wydział Mechaniczny

Kierunek studiów: Inżynieria Produkcji | Profil: Ogólnoakademicki

Forma sudiów: stacjonarne | Kod kierunku: R

Stopień studiów: II

Specjalności: Bez specjalności blok wybieralny B

## 1 Informacje o przedmiocie

| | |
|---|---|
| Nazwa przedmiotu | Monitoring,modelowanie i symulacja procesów obróbki |
| Nazwa przedmiotu w języku angielskim | Monitoring, modeling and simulation of machining processes |
| Kod przedmiotu | WM IP oIIS C2 19/20 |
| Kategoria przedmiotu | Przedmioty specjalnościowe |
| Liczba punktów ECTS | 4.00 |
| Semestry | 3 |

## 2 Rodzaj zajęć, liczba godzin w planie studiów

| Semestr | Wykład | Ćwiczenia | Laboratorium | Laboratorium komputerowe | Projekt | Seminarium |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 30 | 0 | 30 | 15 | 0 | 0 |

## 3 Cele przedmiotu

**Cel 1** Zapoznanie z podstawowymi sposobami modelowania i symulacji różnych procesów obróbki.

**Cel 2** Nabycie umiejętności optymalizacji parametrów skrawania ze względu na wydajność i jakość powierzchni obrobionej.

**Cel 3** Zapoznanie ze sposobami monitoringu i nadzorowania procesów obróbki.

# 4 Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i innych kompetencji

**1** Posiadanie podstawowej wiedzy z zakresu rysunku technicznego.

**2** Posiadanie podstawowej wiedzy z zakresu programowania obrabiarek CNC.

**3** Posiadanie podstawowej wiedzy z zakresu numerycznych metod obliczeniowych.

**4** Posiadanie podstawowej wiedzy z zakresu technologii wytwarzania.

# 5 Efekty kształcenia

**EK1 Wiedza** Zna nowoczesne metody modelowania matematycznego procesów obróbki.

**EK2 Wiedza** Zna zagadnienia związane z symulacją i optymalizacją procesu obróbki oraz korzyści technologiczne i ekonomiczne wynikające z jej stosowania.

**EK3 Umiejętności** Potrafi dokonać analizy obciążenia ostrza skrawającego, rozkładu pól naprężeń, odkształceń i temperatury w strefie skrawania oraz stanu naprężeń w warstwie wierzchniej przedmiotu obrabianego.

**EK4 Umiejętności** Potrafi dokonać optymalizacji parametrów skrawania ze względu na wybrane kryteria optymalizacyjne uwzględniając przy tym aspekty technologiczne i ekonomiczne.

**EK5 Kompetencje społeczne** Jest gotów do podejmowania decyzji, brania pod uwage róznych aspektów swojej działalnosci oraz wpływu zastosowanej technologii wytwarzania na srodowisko. Jest gotów do współpracy w zespole jako jego członek, lider badz osoba inspirujaca innowacyjne rozwiazania.

# 6 Treści programowe

| Laboratorium komputerowe | | |
|---|---|---|
| Lp | Tematyka zajęć<br>Opis szczegółowy bloków tematycznych | Liczba godzin |
| **K1** | Zasady obsługi programów służących do symulacji procesów skrawania. | 2 |
| **K2** | Symulacja wpływu parametrów skrawania na kształt i kierunek spływu wióra. | 2 |
| **K3** | Modelowanie przebiegu składowych siły skrawania, rozkładu naprężeń i temperatury w strefie obróbki podczas procesu toczenia. | 2 |
| **K4** | Optymalizacja parametrów skrawania dla procesu toczenia. | 2 |
| **K5** | Analiza porównawcza wyników symulacji i pomiarów dla procesu toczenia. | 1 |
| **K6** | Modelowanie przebiegu składowych siły skrawania, rozkładu naprężeń i temperatury w strefie obróbki podczas procesu frezowania. | 2 |
| **K7** | Optymalizacja parametrów skrawania dla procesu frezowania. | 2 |
| **K8** | Analiza porównawcza wyników symulacji i pomiarów dla procesu frezowania. | 1 |
| **K9** | Zaliczenie. | 1 |

| Laboratorium | | |
|---|---|---|
| Lp | Tematyka zajęć<br>Opis szczegółowy bloków tematycznych | Liczba godzin |
| **L1** | Badania weryfikacyjne modeli składowych całkowitej siły skrawania podczas procesu toczenia. | 3 |
| **L2** | Badania weryfikacyjne modeli składowych całkowitej siły skrawania podczas procesu frezowania. | 3 |
| **L3** | Badania weryfikacyjne modeli składowych całkowitej siły skrawania podczas procesu wiercenia. | 3 |
| **L4** | Badania weryfikacyjne modeli rozkładu temperatury w strefie skrawania. Wykorzystanie kamery termowizyjnej do nadzorowania procesów obróbki. | 3 |
| **L5** | Badania procesu formowania się wióra. Wykorzystanie kamery szybkoklatkowej do nadzorowania procesów obróbki. | 4 |
| **L6** | Badania weryfikacyjne modeli wpływu parametrów skrawania na chropowatość powierzchni obrobionej. | 3 |
| **L7** | Badania weryfikacyjne modeli wpływu rodzaju powłoki na ostrzu narzędzia na przebieg procesu skrawania. | 3 |
| **L8** | Badania weryfikacyjne modeli wpływu rodzaju powłoki na ostrzu narzędzia na chropowatość powierzchni obrobionej. | 3 |
| **L9** | Badania weryfikacyjne modeli wpływu sposobu chłodzenia na przebieg procesu skrawania. | 3 |
| **L10** | Zaliczenie. | 2 |

| Wykład | | |
|---|---|---|
| Lp | Tematyka zajęć<br>Opis szczegółowy bloków tematycznych | Liczba godzin |
| **W1** | Cechy i zalety budowy modeli symulacyjnych. Kryteria optymalizacyjne. Korzyści technologiczne i ekonomiczne. | 2 |
| **W2** | Charakterystyka numerycznych metod obliczeniowych (MES, MRS, MEB) wykorzystywanych w modelach symulacyjnych. | 2 |
| **W3** | Ogólna budowa modeli symulacyjnych. Modele geometryczne i materiałowe. Określenie warunków brzegowych i początkowych. Błędy obliczeń numerycznych i modelowych. | 4 |
| **W4** | Charakterystyka programów komputerowych do budowy modeli symulacyjnych. Przykłady modeli podstawowych procesów skrawania (toczenie, frezowanie, wiercenie). | 6 |

| Wykład | | |
|---|---|---|
| Lp | Tematyka zajęć<br>Opis szczegółowy bloków tematycznych | Liczba godzin |
| **W5** | Modele 2D i 3D. Analiza obciążenia ostrza skrawającego. Składowe siły skrawania. Rozkłady pól naprężeń, odkształceń i temperatury w strefie tworzenia wióra. Prognozowanie stanu naprężeń w warstwie wierzchniej przedmiotu obrabianego. | 4 |
| **W6** | Modelowanie obróbki HSC. Modelowanie obróbki materiałów kompozytowych. Wpływ powłok ochronnych i sposobu chłodzenia na proces skrawania. | 4 |
| **W7** | Nadzorowanie i monitoring procesu skrawania z wykorzystaniem kamery do rejestracji zjawisk szybkozmiennych. | 4 |
| **W8** | Nadzorowanie i monitoring procesu skrawaniu z wykorzystaniem toru do pomiaru składowych całkowitej siły skrawania oraz mocy skrawania. | 2 |
| **W9** | Pomiar rozkładu temperatury w strefie skrawania. | 2 |

# 7 Narzędzia dydaktyczne

**N1** Wykłady

**N2** Prezentacje multimedialne

**N3** Ćwiczenia laboratoryjne

**N4** Praca w grupach

# 8 Obciążenie pracą studenta

| Forma aktywności | Średnia liczba godzin na zrealizowanie aktywności |
|---|---|
| **Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym:** | |
| Godziny wynikające z planu studiów | 75 |
| Konsultacje przedmiotowe | 0 |
| Egzaminy i zaliczenia w sesji | 0 |
| **Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:** | |
| Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury | 15 |
| Opracowanie wyników | 0 |
| Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji | 30 |
| **Sumaryczna liczba godzin dla przedmiotu wynikająca z całego nakładu pracy studenta** | **120** |
| Sumaryczna liczba punktów ECTS dla przedmiotu | 4.00 |

# 9 Sposoby oceny

### Ocena formująca

**F1** Sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego

**F2** Test

**F3** Projekt

### Ocena podsumowująca

**P1** Egzamin pisemny

### Warunki zaliczenia przedmiotu

**W1** Konieczność uzyskania oceny pozytywnej z każdego efektu kształcenia.

**W2** Ocena końcowa ustalana jest na podstawie średniej arytmetycznej ocen (punktów) ze wszystkich przeprowadzonych testów.

## Kryteria oceny

| Efekt kształcenia 1 | |
|---|---|
| Na ocenę 2.0 | - |

| | |
|---|---|
| Na ocenę 3.0 | Potrafi scharakteryzować cechy systemów komputerowego wspomagania niezbędne w procesach optymalizacji obróbki. |
| Na ocenę 3.5 | - |
| Na ocenę 4.0 | - |
| Na ocenę 4.5 | - |
| Na ocenę 5.0 | - |
| Efekt kształcenia 2 | |
| Na ocenę 2.0 | - |
| Na ocenę 3.0 | Potrafi sprecyzować podstawowe korzyści technologiczne i ekonomiczne wynikające ze stosowania optymalizacji procesów obróbki. |
| Na ocenę 3.5 | - |
| Na ocenę 4.0 | - |
| Na ocenę 4.5 | - |
| Na ocenę 5.0 | - |
| Efekt kształcenia 3 | |
| Na ocenę 2.0 | - |
| Na ocenę 3.0 | Zna budowę oraz podstawy działania podstawowych systemów do obliczeń numerycznych. |
| Na ocenę 3.5 | - |
| Na ocenę 4.0 | - |
| Na ocenę 4.5 | - |
| Na ocenę 5.0 | - |
| Efekt kształcenia 4 | |
| Na ocenę 2.0 | - |
| Na ocenę 3.0 | Potrafi posługiwać się wybranymi aplikacjami komputerowymi do prostej optymalizacji procesów skrawania. Umie określić warunki brzegowe i początkowe. |
| Na ocenę 3.5 | - |
| Na ocenę 4.0 | - |
| Na ocenę 4.5 | - |
| Na ocenę 5.0 | - |

| Efekt kształcenia 5 | |
|---|---|
| Na ocenę 3.0 | Potrafi scharakteryzować problemy technologiczne oraz rozwiązać je samodzielnie lub w grupie. |

## 10 Macierz realizacji przedmiotu

| Efekt kształcenia | Odniesienie danego efektu do szczegółowych efektów zdefiniowanych dla programu | Cele przedmiotu | Treści programowe | Narzędzia dydaktyczne | Sposoby oceny |
|---|---|---|---|---|---|
| EK1 | M2_W04 | Cel 1 Cel 2 Cel 3 | K1 K2 K3 K4 K5 K6 K7 K8 K9 L1 L2 L3 L4 L5 L6 L7 L8 L9 L10 W1 W2 W3 W4 W5 W6 W7 W8 W9 | N1 N2 N3 N4 | F1 F2 F3 P1 |
| EK2 | M2_W06 M2_W10 | Cel 1 Cel 2 Cel 3 | K1 K2 K3 K4 K5 K6 K7 K8 K9 L1 L2 L3 L4 L5 L6 L7 L8 L9 L10 W1 W2 W3 W4 W5 W6 W7 W8 W9 | N1 N2 N3 N4 | F1 F2 F3 P1 |
| EK3 | M2_U09 M2_U11 | Cel 1 Cel 2 Cel 3 | K1 K2 K3 K4 K5 K6 K7 K8 K9 L1 L2 L3 L4 L5 L6 L7 L8 L9 L10 W1 W2 W3 W4 W5 W6 W7 W8 W9 | N1 N2 N3 N4 | F1 F2 F3 P1 |
| EK4 | I2_U21 I2_U22 I2_U23 I2_U24 I2_U25 I2_U26 | Cel 1 Cel 2 Cel 3 | K1 K2 K3 K4 K5 K6 K7 K8 K9 L1 L2 L3 L4 L5 L6 L7 L8 L9 L10 W1 W2 W3 W4 W5 W6 W7 W8 W9 | N1 N2 N3 N4 | F1 F2 F3 P1 |

| Efekt kształcenia | Odniesienie danego efektu do szczegółowych efektów zdefiniowanych dla programu | Cele przedmiotu | Treści programowe | Narzędzia dydaktyczne | Sposoby oceny |
|---|---|---|---|---|---|
| EK5 | M2_K01 M2_K02 M2_K03 M2_K04 M2_K05 | Cel 1 Cel 2 Cel 3 | K1 K2 K3 K4 K5 K6 K7 K8 K9 L1 L2 L3 L4 L5 L6 L7 L8 L9 L10 W1 W2 W3 W4 W5 W6 W7 W8 W9 | N1 N2 N3 N4 | F1 F2 F3 P1 |

# 11 Wykaz literatury

## Literatura podstawowa

**[1 ] Bielski J.** — *Wprowadzenie do inżynierskich zastosowań MES.*, Kraków, 2010, WPK

**[2 ] Grzesik W.** — *Podstawy skrawania materiałów konstrukcyjnych*, Warszawa, 2010, WNT

**[3 ] Zębala W.** — *Modelowanie procesu skrawania*, Kraków, 2011, WPK

**[4 ] Zebala W., Słodki B.** — *Rejestracja obrazu w nadzorowaniu procesu skrawania*, Kraków, 2011, WPK

## Literatura uzupełniająca

**[1 ] Przybylski W., Deja M.** — *Komputerowo wspomagane wytwarzanie maszyn*, Warszawa, 2007, WNT

**[2 ] Rakowski G., Kacprzyk Z.** — *MES-Metoda elementów skończonych w mechanice konstrukcji*, Warszawa, 2005, WPW

# 12 Informacje o nauczycielach akademickich

## Osoba odpowiedzialna za kartę

prof. dr hab. inż. Wojciech, Bogusław Zębala (kontakt: wojciech.zebala@pk.edu.pl)

## Osoby prowadzące przedmiot

**1** prof. dr hab. inż. Wojciech Zębala (kontakt: zebala@mech.pk.edu.pl)

**3** dr hab. inż. Bogdan Słodki (kontakt: slodki@mech.pk.edu.pl)

**4** dr inż. Małgorzata Kowalczyk (kontakt: kowalczyk@mech.pk.edu.pl)

**5** dr inż. Andrzej Matras (kontakt: amatras@mech.pk.edu.pl)

**6** dr inż. Grzegorz Struzikiewicz (kontakt: struzikiewicz@mech.pk.edu.pl)

**7** dr inż. Łukasz Ślusarczyk (kontakt: slusarczyk@mech.pk.edu.pl)

## 13 Zatwierdzenie karty przedmiotu do realizacji

(miejscowość, data) (odpowiedzialny za przedmiot) (dziekan)

**Przyjmuję do realizacji** (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

.....

.....

.....

.....

.....

.....