

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2015/2016

Wydział Mechaniczny

Kierunek studiów: Inżynieria Produkcji

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: niestacjonarne

Kod kierunku: R

Stopień studiów: II

Specjalności: Bez specjalności

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

|                                         |                                                          |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| NAZWA PRZEDMIOTU                        | Monitoring, modelowanie i symulacja procesów obróbki     |
| NAZWA PRZEDMIOTU<br>W JĘZYKU ANGIELSKIM | Monitoring, modeling and simulation of cutting processes |
| KOD PRZEDMIOTU                          | WM IP oIIN D3 15/16                                      |
| KATEGORIA PRZEDMIOTU                    | Przedmioty specjalnościowe                               |
| LICZBA PUNKTÓW ECTS                     | 3.00                                                     |
| SEMESTRY                                | 3                                                        |

### 2 RODZAJ ZAJĘĆ, LICZBA GODZIN W PLANIE STUDIÓW

| SEMESTR | WYKŁAD | ĆWICZENIA | LABORATORIUM | LABORATORIUM<br>KOMPUTERO-<br>WE | PROJEKT | SEMINARIUM |
|---------|--------|-----------|--------------|----------------------------------|---------|------------|
| 3       | 18     | 0         | 9            | 18                               | 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 podstawowe zagadnienia związane z symulacją i optymalizacją procesu obróbki oraz korzyści technologiczne i ekonomiczne wynikające z jej stosowania.

**EK2 Wiedza** Zna podstawowe czynniki wpływające na proces skrawania, wynikające ze stosowania powłok ochronnych, geometrii ostrza oraz sposobu chłodzenia strefy obróbki.

**EK3 Wiedza** Zna budowę oraz zasadę działania systemów umożliwiających monitoring i nadzorowanie procesów obróbki.

**EK4 Umiejętności** Potrafi dokonać optymalizacji parametrów skrawania ze względu na wybrane kryteria.

**EK5 Umiejętności** Potrafi dokonać analizy obciążenia ostrza skrawającego, rozkładu pól naprężeń, odkształceń i temperatury w strefie skrawania oraz stanu naprężeń w warstwie wierzchniej przedmiotu obrabianego.

**EK6 Kompetencje społeczne** Praca w zespole.

## 6 TREŚCI PROGRAMOWE

| LABORATORIUM |                                                                                                                                                 |                  |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP           | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                          | LICZBA<br>GODZIN |
| L1           | Badania składowych całkowitej siły skrawania podczas procesu toczenia.                                                                          | 1                |
| L2           | Badania składowych całkowitej siły skrawania podczas procesu frezowania.                                                                        | 1                |
| L3           | Badania składowych całkowitej siły skrawania podczas procesu wiercenia.                                                                         | 1                |
| L4           | Badania rozkładu temperatury w strefie skrawania. Wykorzystanie kamery termowizyjnej do nadzorowania procesów obróbki.                          | 1                |
| L5           | Badania procesu formowania się wióra. Wykorzystanie kamery szybkoklatkowej do nadzorowania procesów obróbki.                                    | 1                |
| L6           | Badania wpływu parametrów skrawania na chropowatość powierzchni obrobionej.                                                                     | 1                |
| L7           | Badania wpływu rodzaju powłoki na ostrzu narzędzia oraz sposobu chłodzenia na przebieg procesu skrawania i chropowatość powierzchni obrobionej. | 2                |
| L8           | Zaliczenie.                                                                                                                                     | 1                |

| WYKŁAD    |                                                                                                                                                                                                                                          |                  |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                                                                                   | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>W1</b> | Cechy i zalety budowy modeli symulacyjnych. Kryteria optymalizacyjne. Korzyści technologiczne i ekonomiczne.                                                                                                                             | 1                |
| <b>W2</b> | Charakterystyka numerycznych metod obliczeniowych (MES, MRS, MEB) wykorzystywanych w modelach symulacyjnych.                                                                                                                             | 1                |
| <b>W3</b> | Ogólna budowa modeli symulacyjnych. Modele geometryczne i materiałowe. Określenie warunków brzegowych i początkowych. Błędy obliczeń numerycznych i modelowych.                                                                          | 2                |
| <b>W4</b> | Charakterystyka programów komputerowych do budowy modeli symulacyjnych. Przykłady modeli podstawowych procesów skrawania (toczenie, frezowanie, wiercenie).                                                                              | 3                |
| <b>W5</b> | 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. | 2                |
| <b>W6</b> | Modelowanie obróbki HSC. Modelowanie obróbki materiałów kompozytowych. Wpływ powłok ochronnych i sposobu chłodzenia na proces skrawania.                                                                                                 | 2                |
| <b>W7</b> | Nadzorowanie i monitoring procesu skrawania z wykorzystaniem kamery do rejestracji zjawisk szybkozmiennych                                                                                                                               | 3                |
| <b>W8</b> | Nadzorowanie i monitoring procesu skrawania z wykorzystaniem toru do pomiaru składowych całkowitej siły skrawania oraz mocy skrawania                                                                                                    | 2                |
| <b>W9</b> | Pomiar rozkładu temperatury w strefie skrawania                                                                                                                                                                                          | 2                |

| LABORATORIUM KOMPUTEROWE |                                                                                                                               |                  |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP                       | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                        | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>K1</b>                | Zasady obsługi programów służących do symulacji procesów skrawania.                                                           | 1                |
| <b>K2</b>                | Symulacja wpływu parametrów skrawania na kształt i kierunek spływu wióra.                                                     | 1                |
| <b>K3</b>                | Symulacja wpływu mikro i makro geometrii ostrza na kształt i kierunek spływu wióra.                                           | 1                |
| <b>K4</b>                | Modelowanie przebiegu składowych siły skrawania, rozkładu naprężeń i temperatury w strefie obróbki podczas procesu toczenia.  | 1                |
| <b>K5</b>                | Optymalizacja parametrów skrawania dla procesu toczenia.                                                                      | 1                |
| <b>K6</b>                | Analiza porównawcza wyników symulacji i pomiarów dla procesu toczenia.                                                        | 2                |
| <b>K7</b>                | Modelowanie przebiegu składowych siły skrawania, rozkładu naprężeń i temperatury w strefie obróbki podczas procesu frezowania | 2                |

| LABORATORIUM KOMPUTEROWE |                                                                                                                               |                  |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP                       | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                        | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>K8</b>                | Optymalizacja parametrów skrawania dla procesu frezowania.                                                                    | 1                |
| <b>K9</b>                | Analiza porównawcza wyników symulacji i pomiarów dla procesu frezowania.                                                      | 2                |
| <b>K10</b>               | Modelowanie przebiegu składowych siły skrawania, rozkładu naprężeń i temperatury w strefie obróbki podczas procesu wiercenia. | 2                |
| <b>K11</b>               | Optymalizacja parametrów skrawania dla procesu wiercenia.                                                                     | 2                |
| <b>K12</b>               | Analiza porównawcza wyników symulacji i pomiarów dla procesu wiercenia.                                                       | 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<br>NA ZREALIZOWANIE<br>AKTYWNOŚCI |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <b>Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym:</b>                                     |                                                         |
| Godziny wynikające z planu studiów                                                               | 45                                                      |
| Konsultacje przedmiotowe                                                                         | 0                                                       |
| Egzaminy i zaliczenia w sesji                                                                    | 0                                                       |
| <b>Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:</b> |                                                         |
| Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury                               | 20                                                      |
| Opracowanie wyników                                                                              | 10                                                      |
| Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji                                           | 15                                                      |
| <b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>        | <b>90</b>                                               |
| SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU                                                    | 3.00                                                    |

## 9 SPOSOBY OCENY

### OCENA FORMUJĄCA

**F1** Sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego

**F2** Test

### 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 sprecyzować podstawowe korzyści technologiczne i ekonomiczne wynikające ze stosowania optymalizacji procesów obróbki.                                  |
| NA OCENĘ 3.5        | -                                                                                                                                                              |
| NA OCENĘ 4.0        | Potrafi sprecyzować większość korzyści technologicznych i ekonomicznych wynikających ze stosowania optymalizacji procesów obróbki.                             |
| NA OCENĘ 4.5        | -                                                                                                                                                              |
| NA OCENĘ 5.0        | Potrafi przeprowadzić symulacje procesu obróbki                                                                                                                |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 2 |                                                                                                                                                                |
| NA OCENĘ 2.0        | -                                                                                                                                                              |
| NA OCENĘ 3.0        | Potrafi sprecyzować korzyści wynikające ze stosowania powłok ochronnych na narzędziach .                                                                       |
| NA OCENĘ 3.5        | -                                                                                                                                                              |
| NA OCENĘ 4.0        | Potrafi sprecyzować korzyści wynikające ze stosowania powłok ochronnych na narzędziach oraz optymalnej geometrii ostrza.                                       |
| NA OCENĘ 4.5        | -                                                                                                                                                              |
| NA OCENĘ 5.0        | Potrafi sprecyzować korzyści wynikające ze stosowania powłok ochronnych na narzędziach, optymalnej geometrii ostrza oraz właściwego chłodzenia strefy obróbki. |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 3 |                                                                                                                                                                |

|                     |                                                                                                                                                                         |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 2.0        | -                                                                                                                                                                       |
| NA OCENĘ 3.0        | Zna budowę oraz podstawy działania podstawowych systemów do monitoringu procesu obróbki.                                                                                |
| NA OCENĘ 3.5        | -                                                                                                                                                                       |
| NA OCENĘ 4.0        | Zna budowę oraz podstawy działania większości popularnych systemów do monitoringu procesu obróbki.                                                                      |
| NA OCENĘ 4.5        | -                                                                                                                                                                       |
| NA OCENĘ 5.0        | Zna budowę oraz podstawy działania większości popularnych systemów do monitoringu i nadzorowania procesu obróbki.                                                       |
| 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        | Potrafi posługiwać się wybranymi aplikacjami komputerowymi do złożonej optymalizacji procesów skrawania. Umie określić warunki brzegowe i początkowe                    |
| NA OCENĘ 4.5        | -                                                                                                                                                                       |
| NA OCENĘ 5.0        | Potrafi posługiwać się wybranymi aplikacjami komputerowymi do złożonej optymalizacji procesów skrawania. Umie określić złożone warunki brzegowe i początkowe.           |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 5 |                                                                                                                                                                         |
| NA OCENĘ 2.0        | -                                                                                                                                                                       |
| NA OCENĘ 3.0        | Potrafi zastosować specjalistyczne oprogramowanie do podstawowych obliczeń naprężeń i temperatury w strefie obróbki.                                                    |
| NA OCENĘ 3.5        | -                                                                                                                                                                       |
| NA OCENĘ 4.0        | Potrafi zastosować specjalistyczne oprogramowanie do obliczenia rozkładu pól naprężeń i temperatury w strefie obróbki                                                   |
| NA OCENĘ 4.5        | -                                                                                                                                                                       |
| NA OCENĘ 5.0        | Potrafi zastosować specjalistyczne oprogramowanie do obliczenia rozkładu pól naprężeń i temperatury w strefie obróbki oraz warstwie wierzchniej przedmiotu obrabianego. |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 6 |                                                                                                                                                                         |
| NA OCENĘ 2.0        | -                                                                                                                                                                       |
| NA OCENĘ 3.0        | Współuczestniczy w opracowywaniu wyników i przygotowywaniu sprawozdań                                                                                                   |

|              |                                                         |
|--------------|---------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 3.5 | -                                                       |
| NA OCENĘ 4.0 | Potrafi prezentować wyniki obliczeń                     |
| NA OCENĘ 4.5 | -                                                       |
| NA OCENĘ 5.0 | Potrafi przeprowadzić analizę wyników i ich prezentację |

## 10 MACIERZ REALIZACJI PRZEDMIOTU

| EFEKT KSZTAŁCENIA | ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU | CELE PRZEDMIOTU | TREŚCI PROGRAMOWE                                    | NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE | SPOSOBY OCENY |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------------------------------------------|-----------------------|---------------|
| EK1               |                                                                                | Cel 1           | L6 W1 W2 W3<br>W4 K1 K2 K3<br>K4 K5 K7 K8<br>K10 K11 | N1 N2 N3              | F2 P1         |
| EK2               |                                                                                | Cel 2           | L7 W3 W5 W6<br>K2 K3                                 | N1 N2 N3              | F2 P1         |
| EK3               |                                                                                | Cel 3           | L1 L2 L3 L4 L5<br>W7 W8 W9 K6<br>K9 K12              | N1 N3                 | F2 P1         |
| EK4               |                                                                                | Cel 3           | W3 K5 K8 K11                                         | N3 N4                 | F1            |
| EK5               |                                                                                | Cel 1           | L4 L7 W3 K10                                         | N3 N4                 | F1            |
| EK6               |                                                                                | Cel 2           | L6 W5 W6 K9<br>K12                                   | N3 N4                 | F1            |

## 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

### 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 dr hab. inż. Prof. PK Wojciech Zębala (kontakt: zebala@mech.pk.edu.pl)

2 dr inż. Tadeusz Otko (kontakt: otko@m6.mech.pk.edu.pl)

3 dr inż. Bogdan Słodki (kontakt: slodki@m6.mech.pk.edu.pl)

4 dr inż. Małgorzata Kowalczyk (kontakt: kowalczyk@m6.mech.pk.edu.pl)

5 dr inż. Andrzej Matras (kontakt: amatras@m6.mech.pk.edu.pl)

6 dr inż. Grzegorz Struzikiewicz (kontakt: struzikiewicz@m6.mech.pk.edu.pl)

7 dr inż. Łukasz Ślusarczyk (kontakt: slusarczyk@m6.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)

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....