**Nazwa przedmiotu:**

Mikro- i makrogeometria powierzchni

**Koordynator przedmiotu:**

dr inż. Jan Tomasik, dr inż. Maciej Sieniło

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Mechatronika

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

1140-MT000-ISP-6004

**Semestr nominalny:**

6 / rok ak. 2021/2022

**Liczba punktów ECTS:**

3

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się:**

1) Liczba godzin bezpośrednich – 31, w tym:
• wykład: 15 godz.
• laboratorium: 15 godz.
• konsultacje – 1 godz.
2) Praca własna studenta -30 godz., w tym:
• zapoznanie z literaturą i przygotowanie do sprawdzianów z wykładu: 10 godz.,
• przygotowanie do zajęć laboratoryjnych: 6 godz.,
• opracowanie sprawozdań z ćwiczeń laboratoryjnych: 14 godz.
 Razem: 61 (2 ECTS)

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

1 punkt ECTS - liczba godzin bezpośrednich – 31, w tym:
• wykład: 15 godz.
• laboratorium: 15 godz.
• konsultacje – 1 godz.

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

1,5 punktu ECTS- 35 godz., w tym:
• wykonanie ćwiczeń w laboratorium: 15
• przygotowanie do zajęć laboratoryjnych: 6 godz.,
• opracowanie sprawozdań z ćwiczeń laboratoryjnych: 14 godz.

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 15h |
| Ćwiczenia:  | 0h |
| Laboratorium:  | 15h |
| Projekt:  | 0h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Wymagana jest znajomość treści zawartych w przedmiotach: Fizyka, Matematyka w zakresie probabilistyki i statystyki, Podstawy technik wytwarzania, Podstawy konstrukcji urządzeń precyzyjnych, Zarządzanie jakością,Grafika inżynierska, Podstawy metrologii, Podstawy pomiarów współrzędnościowych.

**Limit liczby studentów:**

30

**Cel przedmiotu:**

Pogłębienie wiedzy na temat czynników kształtujących na poziom jakości wyrobów, zwłaszcza czynników kształtujących strukturę geometryczną powierzchni. Zapoznanie się z metodami pomiarowymi związanymi z kontrolą przebiegu procesów wytwarzania elementów maszynowych oraz nabycie umiejętności interpretacji wyników pomiaru w powiązaniu z parametrami procesów wytwarzania.

**Treści kształcenia:**

Wykład:
Rola aparatury pomiarowej w systemach zapewnienia jakości. Wymagania dotyczące urządzeń stosowanych do kontroli geometrycznej wyrobów mechanicznych.
Elementy geometryczne w normach PN-EN-ISO (integralne, pochodne, nominalne, rzeczywiste, zaobserwowane, skojarzone). Pojęcie wymiaru wirtualnego. Zasady zależnego specyfikowania tolerancji wymiarów i tolerancji geometrycznych: warunek MMR, warunek LMR, wymaganie wzajemności RPR, warunek powłoki. Wpływ układu baz na interpretację symboli specyfikacji – przykłady. Operator specyfikacji wg ISO/TS 17450-2 (kompletny, niekompletny, domyślny, specjalny). Algorytmy obliczania elementów skojarzonych. Parametry odchyłek geometrycznych: symbolika, definicje, właściwości, zastosowanie.
Metody pomiaru odchyłek kształtu powierzchni o krzywiźnie stałej (okrągłość, walcowość), o krzywiźnie zmiennej (np. tłoki, krzywki) oraz powierzchni nominalnie płaskich (prostoliniowość, płaskość).
Analiza harmoniczna profili powierzchni – metoda obliczeń, interpretacja, zastosowania.
Wykorzystanie wyników badania geometrii wyrobów do diagnostyki procesu technologicznego i prognozowania właściwości eksploatacyjnych wyrobów. Metody pomiaru odchyłek położenia i odchyłek kierunku, interpretacja wyników.
Urządzenia do pomiaru odchyłek geometrycznych (FMM), ich klasyfikacja i podstawowe bloki funkcyjne. Porównanie właściwości maszyn z obrotową głowicą i z obrotowym stołem. Maszyny FMM a maszyny współrzędnościowe CMM. Przykłady uniwersalnych maszyn FMM – realizowane funkcje, zakresy pomiarowe, osiągane dokładności. Rozwiązania konstrukcyjne głównych zespołów konstrukcyjnych (głowica pomiarowa, prowadnice, wrzeciono obrotowe, stół, mechanizmy regulacyjne). Zasady obsługi. Sterowanie zespołami i przetwarzanie sygnałów pomiaro¬wych. Filtry mechaniczne, analogowe i numeryczne. Geometria końcówki pomiarowej. Filtry Gaussa – wyznaczanie profilu wynikowego przy wykorzystaniu przekształcenia Fouriera. Wizualizacja wyników badań. Przykłady raportów. Interpretacja wyznaczanych parametrów. Źródła niepewności pomiarów odchyłek kształtu, położenia i kierunku. Wpływ pozycjonowania badanych elementów względem zespołów maszyny pomiarowej na dokładność pomiarów.

Przyczyny powstawania chropowatości i falistości powierzchni. Parametry mikrogeometrii według norm PN-EN-ISO i ich związki z własnościami elementów maszynowych. Metody pomiaru – stykowe i bezstykowe.
Przyrządy do odwzorowania i pomiaru chropowatości i falistości powierzchni. Wpływ parametrów pomiarowych na wartość wyznaczanych parametrów profilu. Przykłady wyników pomiaru i ich interpretacja Aktywne pomiary chropowatości powierzchni.
Ograniczenia występujące w dwuwymiarowych pomiarach chropowatości. Podstawy przestrzennego opisu chropowatości. Wybrane parametry powierzchniowe i ich związki z własnościami eksploatacyjnymi wyrobów.

Laboratorium:
Pomiary za pomocą uniwersalnych cyfrowych maszyn pomiarowych FMM z obrotowym stołem. Wyznaczanie kształtu profili poprzecznych powierzchni obrotowych oraz odchyłki walcowości. Pomiary odchyłki prostoliniowości w przekrojach i w przestrzeni (linia środkowa powierzchni obrotowej). Wyznaczenie odchyłek kierunku i położenia. Analiza harmoniczna zarysów. Ocena zgodności elementów ze specyfikacją.
Pomiary geometrii krzywek sterujących zaworami silnika na stanowisku do badania wałów rozrządu.
Pomiary chropowatości powierzchni próbek wykonanych w wybranych procesach technologicznych przy użyciu profilometrów cyfrowych mierzących metodą stykową i bezstykową. Badania wpływu charakterystyki i pasma przenoszenia filtrów na kształt odwzorowania profili i wartość parametrów chropowatości.
Pomiary bardzo gładkich powierzchni (Rt < 1µm) profilometrem interferencyjnym z komputerową analizą wyników.

**Metody oceny:**

Sprawdziany pisemne z wiedzy przedstawionej na wykładach.
Sprawdziany pisemne lub ustne przed rozpoczęciem zajęć laboratoryjnych.
Ocena poziomu wykonania ćwiczeń laboratoryjnych i jakości sprawozdań.

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

Adamczak S.: Pomiary geometryczne powierzchni. WNT, Warszawa 2008
Arendarski J.: Niepewność pomiarów. Oficyna Wydawnicza PW. Warszawa, 2013.
Humienny Z. (red): Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS). Podręcznik europejski. WNT 2004.
Liubimov V., Oczoś K.: Struktura geometryczna powierzchni. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej. Rzeszów 2003.
Piotrowski, J., Kostyrko K.: Wzorcowanie aparatury pomiarowej. PWN 2000
Tomasik J. (red.).: Sprawdzanie przyrządów do pomiaru długości i kąta. Oficyna Wydawnicza PW. Warszawa 2009.
Wieczorowski M., Cellary A., Chajda J.: Przewodnik po pomiarach nierówności powierzchni czyli o chropowatości i nie tylko. Wyd. ZMiSP. Politechnika Poznańska. 2003.
Żebrowska-Łucyk S.: Bezodniesieniowa metoda pomiaru makrogeometrii powierzchni elementów mecha­nicznych. Oficyna Wydawnicza PW, Warszawa 2001
Normy PN-EN ISO: 1101, 3274, 8015, 12180-1, 12180-2, 12181-1, 12181-2, 12780-1, 12780-2, 12781-1, 12781-2, 14253-1, 14253-2, 14253-3, 14405-1,14405-2, 14406, 14660-2, 17450-1, 17450-2, 2692, 4287, 5436-1, 5436-2, 5458, 12179, 13565

**Witryna www przedmiotu:**

brak

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka ASJ1\_W01:**

Rozumie pojęcia związane ze specyfikowaniem i sprawdzaniem struktury geometrycznej powierzchni w zakresie makro- i mikrogeometrii, z uwzględnieniem terminów i zaleceń wprowadzonych w najnowszych międzynarodowych dokumentach normalizacyjnych. Zna zależności matematyczne stosowane do analizy sygnałów odwzorowujących kształt powierzchni (w dziedzinie czasu i częstotliwości) oraz w procesie filtrowania tych sygnałów w celu wydzielenia składowych wpływających na badane właściwości powierzchni.

Weryfikacja:

Sprawdzian podczas zajęć wykładowych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W01, K\_W10, K\_W13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_W, I.P6S\_WG.o, III.P6S\_WG

**Charakterystyka ASJ1\_W02:**

Zna metody pomiaru chropowatości, falistości i odchyłek kształtu. Ma wiedzę na temat budowy, działania i dokładności nowoczesnych profilometrów, konturografów oraz maszyn do pomiaru odchyłek kształtu. Ma wiedzę na temat związków między parametrami procesu technologicznego, struktury geometrycznej powierzchni i wybranymi właściwościami eksploatacyjnymi wyrobów. Rozumie problemy techniczne związane z doskonaleniem jakości wyrobów.

Weryfikacja:

Sprawdzian podczas zajęć wykładowych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W10, K\_W12, K\_W16, K\_W17

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_W, I.P6S\_WG.o, III.P6S\_WG

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka ASJ1\_U01:**

Potrafi posługiwać się aparaturą do pomiaru mikro- i makrostruktury powierzchni elementów konstrukcyjnych, obejmującą profilometry, konturografy oraz uniwersalne maszyny do pomiaru odchyłek kształtu. Umie ustalić optymalną strategię pomiarową, przygotować elementy do pomiarów, dobrać właściwe nastawy przyrządu i parametry pomiaru. Wykazuje się sprawnością w interpretacji uzyskanych wyników, potrafi oszacować ich niepewność.

Weryfikacja:

Ocena poprawności wykonania zadań w laboratorium i sprawozdań z ćwiczeń.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U10, K\_U11, K\_U13, K\_U15

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_U, I.P6S\_UW.o, III.P6S\_UW.o, I.P6S\_UK

**Charakterystyka ASJ1\_U02:**

Potrafi samodzielnie wykonać obliczenia wybranych elementów geometrycznych skojarzonych według kryterium Gaussa (prosta na płaszczyźnie i w przestrzeni, okrąg, walec) oraz wyznaczyć miary liczbowe niedokładności badanych powierzchni. Umie obliczyć składowe harmoniczne widma profilu i oszacować ich wpływ na pracę elementu w zmontowanym zespole. Na podstawie wyników pomiaru geometrii krzywek umie wyznaczyć chwilowe prędkości i przyspieszenia popychaczy. Potrafi dobrać odpowiednie formy graficzne do zilustrowania uzyskanych wyników pomiaru oraz oszacować niepewność pomiaru wyznaczonych parametrów.

Weryfikacja:

Ocena poprawności wykonania zadań w laboratorium i jakości sprawozdań z ćwiczeń.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U10, K\_U11, K\_U16, K\_U22

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_U, I.P6S\_UW.o, III.P6S\_UW.o, I.P6S\_UK

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka ASJ1\_K01:**

Potrafi określić priorytety oraz rozstrzygać dylematy związane z realizacją zadań pomiarowych. Umie pracować w zespole, przyjmując w nim różne role.

Weryfikacja:

Przebieg zajęć laboratoryjnych i dyskusja na temat uzyskanych wyników.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K04, K\_K05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_K, I.P6S\_KO, I.P6S\_KR

**Charakterystyka ASJ1\_K02:**

Ma świadomość skutków działalności inżynierskiej w zakresie projektowania, wytwarzania oraz kontroli i rozumie jej wpływ na ekonomię i rozwój społeczny

Weryfikacja:

Sprawdzian podczas wykładu.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K03, K\_K02

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_KO, I.P6S\_KR, P6U\_K