**Nazwa przedmiotu:**

Zaawansowane metody specyfikacji geometrii wyrobów

**Koordynator przedmiotu:**

Dr inż. Zbigniew Humienny

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Inżynieria Pojazdów Elektrycznych i Hybrydowych

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

1120-PE000-MSP-0512

**Semestr nominalny:**

1 / rok ak. 2022/2023

**Liczba punktów ECTS:**

2

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

1) Liczba godzin kontaktowych/ 62 godzin, w tym:
a) 30 godz. – wykład;
b) 30 godz. – projekt;
c) 2 godz. - konsultacje;
2) Praca własna studenta/ 28 godzin, w tym:
a) 8 godz. – bieżące przygotowywanie się studenta do wykładu;
b) 10 godz. – studia literaturowe i przygotowanie projektów;
c) 10 godz. – przygotowywanie się studenta do dwóch kolokwiów;
3) RAZEM – 60 godz.

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

4 punkty ECTS – liczba godzin kontaktowych - 62, w tym:
a) 30 godz.- wykład;
b) 30 godz. - projekt;
c) 2 godz. - konsultacje;
d) 0 godz. - egzamin;

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

-

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

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 30h |
| Ćwiczenia:  | 0h |
| Laboratorium:  | 0h |
| Projekt:  | 30h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Wiedza z zakresu zapisu konstrukcji: umiejętność sporządzania rysunków wyrobów oraz właściwego i jednoznacznego odtwarzania, a wiec wyobrażania obiektów na podstawie dokumentacji. Wiedza z zakresu metrologii wielkości geometrycznych wymagana do ukończenia studiów I stopnia.

**Limit liczby studentów:**

Zgodnie z Rozporządzeniem Rektora PW

**Cel przedmiotu:**

Student w wyniku zaliczenia przedmiotu powinien zdobyć wiedzę, umiejętności i kompetencje niezbędne do:
• nanoszenia na rysunkach konstrukcyjnych elementów pojazdów elektrycznych i hybrydowych tolerancji geometrycznych zgodnie z typowymi jak i złożonymi wymaganiami funkcjonalnymi;
• interpretacji wymagań geometryczno-wymiarowych podanych w otrzymanej dokumentacji technicznej elementów pojazdów elektrycznych i hybrydowych;
• oceny poprawności i jednoznaczności tolerancji geometryczno-wymiarowych podanych na rysunkach konstrukcyjnych otrzymanych od klientów;
• obliczania wymiarów sprawdzianów funkcjonalnych koniecznych do orzekania o zgodności ze specyfikacja elementów pojazdów elektrycznych i hybrydowych ;
• określenia koncepcji weryfikacji wymagań geometryczno-wymiarowych podanych w dokumentacji technicznej wyrobów.

**Treści kształcenia:**

Wykład.
1. Konieczność stosowania tolerancji geometrycznych dla jednoznacznego opisu geometrii wyrobu. Niejednoznaczność specyfikacji geometrii wyrobów za pomocą wymiarów z odchyłkami granicznymi. Normy międzynarodowe systemu ISO GPS i norma amerykańska ASME Y14.5.
2. Domyślna dwupunktowa interpretacja wymiaru wg ISO i modyfikator E – wymaga-nie powłoki. Rule #1 i modyfikator I – ASME. Element wymiaro-walny. Modyfikator CT. Rodzaje wymiarów wg PN-EN ISO 14405-1.
3. Zasady sytemu ISO GPS. Podział tolerancji geometrycznych. Symbole rysunkowe. Oznaczenie tolerancji, oznaczenie bazy. Modyfikatory. Modele geometryczne wyrobu – element nominalny, zaobserwowany i skojarzony.
4. Tolerancje prostoliniowości, płaskości, okrągłości, walcowości. Parametry i źródła błędów pomiarów techniką współrzędnościową na przykładzie pomiarów odchyłek okrągłości. Nowe symbole wprowadzone w ISO 1101:2017. Tolerancje kształtu z łączonym polem tolerancji CZ.
5. Bazy i układy baz. Baza pojedyncza (prosta, płaszczyzna), bazy cząstkowe, układy baz. Odwzorowanie elementów bazowych w pomiarach na współrzędnościowej maszynie pomiarowej.
6. Tolerancje prostopadłości, równoległości i nachylenia. Tolerancje elementu zastępczego. Tolerancje kierunku z modyfikatorem T, X, N.
7. Tolerancje pozycji elementów pochodnych (osi, płaszczyzn symetrii) oraz płaszczyzny. Tolerancje pozycji szyku elementów, ISO 5458:2018. Wymiary teoretycznie dokładne. Modyfikator >< (więzy tylko dla kierunku) dla tolerancji pozycji szyku elementów. Kombinacja tolerancji dla tolerancji pozycji (ASME). Tolerancje współosiowości i symetrii.
8. Tolerancje profilu linii/ powierzchni jako tolerancje ograniczające wymiary oraz odchyłki kształtu, kierunku lub położenia, ISO 1660:2017. Modyfikator UF – element scalony. Tolerowanie stożków. Tolerancje profilu powierzchni dla szyku elementów. Modyfikator >< dla tolerancji profilu powierzchni. Modyfikator dookoła. Modyfikator ze wszystkich stron. Modyfikator UZ – asymetrycznie usytuowane pole tolerancji. Kombinacja tolerancji profilu powierzchni (ASME).
9. Wymagania: maksimum materiału (MMR), minimum materiału (LMR), wzajemności (RPR) i niezależności od wymiaru (ilości materiału) dla elementu tolerowanego i elementu bazowego. Wpływ odchyłki wymiaru elementu bazowego na rozszerzenie wartości tolerancji dla elementu tolerowanego. Przykłady zerowej wartości tolerancji dla MMR i LMR. Obliczanie wymiarów sprawdzianów materialnych (sprawdzianów działania) dla wymagania maksimum materiału. Zerowa wartość tolerancji dla MMR i LMR, a modyfikator wzajemności RPR wg ISO.
10. Tolerancje bicia obwodowego promieniowego, osiowego, normalnego. Tolerancje bicia całkowitego promieniowego i całkowitego osiowego. Odchyłka bicia, jako wypadkowa odchyłek kształtu i położenia.
11. Zewnętrzne pole tolerancji. Tolerowanie przecinania się osi. Tolerowanie stanu swobodnego.

Ćwiczenia
–
Laboratorium
–
Projekt
1. Funkcjonalne zastosowanie wymagań odnośnie wymiaru oraz tolerancji kształtu, kierunku położenia i bicia w projektowanych wyrobach typu korpus, wałek, tarcza.
2. Funkcjonalne zastosowanie tolerancji profilu linii/powierzchni w projektowanych wyrobach o powierzchniach swobodnych w celu ograniczenia odchyłek wymiarów, kształtu, kierunku oraz położenia.
3. Funkcjonalne zastosowanie wymagania maksimum materiału (MMR) i wymagania wzajemności (RPR) w celu zapewnienia montowalności części w zespoły oraz wymagania minimum materiału (LMR) w celu zapewnienia naddatku na obróbkę lub najmniejszej dopuszczalnej grubości ścianki Projektowanie i obliczanie wymiarów sprawdzianów materialnych (sprawdzianów działania) dla wymagania maksimum materiału.

**Metody oceny:**

Wiedza i umiejętności studentów oceniane są w dyskusji podczas wykładu i analizy wykonanych projektów oraz poprzez dwa kolokwia w 7 oraz 14 tygodniu zajęć. Każde z kolokwiów oceniane jest w skali 2 do 5. Do zaliczenia przedmiotu wymagane jest zaliczenie obydwu kolokwiów oraz wykonanie 3 projektów, tj. uzyskane z każdego zadania oceny minimum 3,0. Ocena końcowa jest średnią arytmetyczną.

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

1. Humienny Z. (red.): Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS) – podręcznik europejski. WNT, Warszawa, 2004.
2. Białas S., Humienny Z., Kiszka K.: Metrologia z podstawami specyfikacji geometrii wyrobów (GPS). Ofic. Wyd. PW, 2014.
3. Henzold G.: Geometrical Dimensioning & Tolerancing for Design, Manufa-cturing & Inspection: A Handbook for Geometrical Product Specification using ISO & ASME standards. Butterworth-Heinemann; 2 edition, 2006.
4. Charpentier F.: Handbook for the geometrical specification of products. The ISO-GPS standards. AFNOR Editions. 2012.
5. Jorden W., Schütte W.: Form- und Lagetoleranzen: Handbuch für Studium und Praxis. Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG; Auflage: 8 ,2014
6. Green P.: The Geometrical Tolerancing Desk Reference: Creating and Interpreting ISO Standard Technical Drawings. 2005.
7. Madsen David A.: Geometric Dimensioning and Tolerancing. Goodheart-Willcox; 9 edition. 2012.
8. Paul J. Drake, Jr.: Dimensioning & Tolerancing. Handbook. McGraw-Hill. 1999
9. PN-EN ISO 1101:2017 Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS) – Tolerancje geometryczne – Tolerancje kształtu, kierunku, położenia i bicia.
10. PN-EN ISO 2692:2015 Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS) – Tolerancje geometryczne – Wymaganie maksimum materiału (MMR), wymaganie minimum materiału (LMR) i wymaganie wzajemności (RPR).

**Witryna www przedmiotu:**

-

**Uwagi:**

-

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka K\_W01:**

Zna metody, techniki i narzędzia, w tym informatyczne, stosowane przy projektowaniu, diagnostyce i eksploatacji pojazdów hybrydowych, ich komponentów i systemów generowania, przekształcania i akumulacji energii. Posiada uporządkowaną wiedzę o tym, iż w wyniku wytwarzania otrzymuje się wyroby z odchyłkami wymiaru, kształtu, kierunku, położenia oraz bicia zaś zadaniem konstruktora jest określenie tolerancji, tj. maksymalnych dopuszczalnych odchyłek, przy których wyrób spełnia założone wymagania funkcjonalne. Zna i rozumie istotę wymagań definiowanych przez symbole tolerancji geometrycznych oraz wybrane modyfikatory. Jest świadomy różnic w opisie wymagań zgodnie z systemem norm międzynarodowych ISO GPS oraz normy amerykańskiej ASME Y14.5. Zna zasady specyfikacji tolerancji geometrycznych na rysunkach konstrukcyjnych.

Weryfikacja:

Osiągane przez studentów efekty kształcenia w zakresie wiedzy kontrolowane są na bieżąco poprzez dyskusję na wykładzie.
Weryfikowana jest znajomość tematów oraz ich zrozumienie, co najmniej jedno z pytań na każdym z 2 kolokwiów wymaga przedstawienia posiadanej wiedzy. Kolokwia obejmują materiał przedstawiony na wykładach oraz przestudiowany w ramach pracy własnej.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W11

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_WG

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka K\_U01:**

Potrafi opracować dokumentację dotyczącą realizacji projektu lub zadania inżynierskiego i przygotować tekst zawierający omówienie wyników jego realizacji. Potrafi ocenić poprawność dokumentacji wyrobu w zakresie tolerancji geometryczno-wymiarowych oraz zastosować (wyspecyfikować) na rysunku konstrukcyjnym tolerancje kształtu, kierunku, położenia, bicia oraz tolerancje z modyfikatorem wymaganie maksimum materiału lub innymi modyfikatorami.
Dobrać i zaproponować metody oraz przyrządy pomiarowe do weryfikacji wymagań geometryczno-wymiarowych. Potrafi obliczyć wymiary

Weryfikacja:

Osiągane przez studentów efekty kształcenia w zakresie umiejętności kontrolowane są na bieżąco na wykładach poprzez postawienie zadań do rozwiązania. Co najmniej jedno z pytań na każdym z kolokwiów jest pytaniem mającym na celu ocenę umiejętności rozwiązywania zadań inżynierskich z zakresu specyfikacji geometrii wyrobów.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** III.P7S\_UW.4.o, I.P7S\_UW, III.P7S\_UW.1.o, III.P7S\_UW.2.o, III.P7S\_UW.3.o

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka K\_K01:**

Ma świadomość odpowiedzialności za pracę własną oraz gotowość podporządkowania się zasadom pracy w zespole i ponoszenia odpowiedzialności za wspólnie realizowane zadania. Jest świadomy, iż system specyfikacji geometrii wyrobów ISO GPS jest przyjętym w skali międzynarodowej językiem symboli graficznych umożliwiającym komunikację i wymianę informacji między konstruktorami, technologami oraz metrologami pracującym wspólnie dla producentów samochodów oraz ich dostawców w różnych lokalizacjach na całym świecie.

Weryfikacja:

Osiągane przez studentów efekty kształcenia w zakresie kompetencji społecznych weryfikowane są na bieżąco na wykładzie, gdzie wymagana jest umiejętność współpracy w grupie i dyskusji.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_KO