**Nazwa przedmiotu:**

Metrologia i zamienność

**Koordynator przedmiotu:**

dr inż Zbigniew Humienny

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Inżynieria Pojazdów Elektrycznych i Hybrydowych

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

205

**Semestr nominalny:**

3 / rok ak. 2015/2016

**Liczba punktów ECTS:**

2

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

brak

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

brak

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

brak

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

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

**Wymagania wstępne:**

brak

**Limit liczby studentów:**

zgodnie z zarządzeniem Rektora

**Cel przedmiotu:**

Przyswojenie wiedzy 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. Nabycie umiejętności określenia charakteru pasowania oraz doboru wałek/otwór do otworu/wałka podstawowego w celu otrzymania określonego pasowania. Nabycie umiejętności oszacowania niepewności pomiarów bezpośrednich i pośrednich i sformułowania kryteriów oceny zgodności wyrobów ze specyfikacją. Znajomość i umiejętność wykorzystania zasady analizy oraz syntezy wymiarowej do projektowania zespołów i urządzeń o wymaganej zamienności. Nabycie umiejętności naniesienia na rysunku konstrukcyjnym niezbędnych tolerancji geometrycznych oraz podania interpretacji tolerancji określonych na rysunku wyrobu. Znajomość zasad i metod pomiarowych oraz kryteriów doboru przyrządów do weryfikacji wymagań geometryczno-wymiarowych. Nabycie umiejętności korzystania z typowych narzędzi pomiarowych. Nabycie umiejętności zaprojektowania sprawdzianów dwugranicznych niezbędnych dla weryfikacji wymiaru otworu/wałka. Nabycie umiejętności pracy indywidualnie i w zespole.

**Treści kształcenia:**

W podziale na wykład: 1. Pomiary i ich niepewność. Pomiar i jego zasada. Wielkości mierzona (menzurand) i wpływowe. Warunki normalne pomiaru przy pomiarach długości i kąta. Metody pomiarowe: bezpośrednia i pośrednia, bezpośredniego porównania, różnicowa, wychyleniowa. Błędy metody pomiarowej, narzędzia i obserwacji. Wynik pomiaru, jako zmienna losowa. Błędy systematyczne, przypadkowe i nadmierne. Poprawki. Niepewność pomiaru. Szacowanie niepewności standardowej i rozszerzonej pojedynczego wyniku pomiaru oraz wartości średniej – metody typu A i B. Analiza statystyczna (metoda A) niepewności pomiaru – długa seria (rozkład Gaussa ); krótka seria (zastosowanie statystyki t-Studenta). Błędy i niepewność pomiarów pośrednich.
2. Łańcuchy wymiarowe. Łańcuchy proste i złożone, konstrukcyjne, montażowe i technologiczne. Kryteria ustalania wymiaru zależnego. Równanie łańcucha. Równanie wymiarów nominalnych, równania odchyłek i równanie tolerancji. Obliczanie wymiaru zależnego i jego odchyłek granicznych – metody deterministyczne i stochastyczne. Metoda minimum(maksimum). Metoda rozwinięcia funkcji wymiarowej w szereg Taylora. Synteza i analiza łańcuchów wymiarowych na przykładach łańcuchów prostych.
Zasada najkrótszych łańcuchów wymiarowych. Zamienność całkowita i częściowa; konstrukcyjna, technologiczna i selekcyjna.
3. Tolerancje geometryczne. Elementy geometryczne wyrobu – element nominalny, rzeczywisty, zaobserwowany (integralny i pochodny).
 Interpretacja profilu powierzchni. Ramka tolerancji geometrycznych oraz ramka bazy. Tolerancje i odchyłki kształtu – prostoliniowości,
płaskości, okrągłości i walcowości. Potrzeba stosowania baz – bazy pojedyncze, układy baz, baza wspólna, bazy cząstkowe. Tolerancje
i odchyłki kierunku – równoległości, prostopadłości i nachylenia względem pojedynczej bazy oraz układu dwóch baz. Tolerancje i odchyłki
położenia – współosiowości, pozycji i symetrii. Tolerancje kształtu wyznaczonego zarysu oraz kształtu wyznaczonej powierzchni, jako
tolerancje kształtu, kierunku albo położenia. Tolerancje i odchyłki bicia obwodowego oraz bicia całkowitego promieniowego i osiowego.
Związki pomiędzy wybranymi tolerancjami geometrycznymi. Podstawowa zasada tolerowania. Wymaganie powłoki. Wymaganie
maksimum materiału dla elementu tolerowanego i elementu bazowego.
4. Narzędzia pomiarowe – wiadomości ogólne. Pojęcia ogólne i wymagania dotyczące sprzętu pomiarowego do pomiarów charakterystyk
 geometrycznych (PN-EN ISO 14978). Sprzęt pomiarowy i jego podział. Wzorce miar, przetworniki i przyrządy pomiarowe.
Urządzenia wskazujące analogowe i cyfrowe. Najważniejsze charakterystyki metrologiczne i charakterystyki konstrukcyjne:
zakres wskazań, wartość działki elementarnej, maksymalny dopuszczalny błąd wskazań (MPE), zakres pomiarowy, nacisk
pomiarowy. Legalizacja i wzorcowanie narzędzi pomiarowych.
5. Wybrane przykłady pomiarów wielkości geometrycznych. Wzorce długości i kąta oraz ich zastosowania. Pomiary przyrządami
suwmiarkowymi i mikrometrycznymi. Pomiary różnicowe czujnikami. Pomiary przyrządami optycznymi (mikroskopy i projektory
pomiarowe). Pomiary odchyłek geometrycznych za pomocą okrągłościomierzy. Koncepcja reprezentacji elementów geometrycznych
przez chmurę punktów. Pomiary współrzędnościowe (współrzędnościowe maszyny pomiarowe, ramiona pomiarowe, skanowanie 3D).
Racjonalny dobór narzędzi pomiarowych.
W podziale na ćwiczenia: 1. Tolerancje i pasowania. Układ kodowania ISO wymiarów liniowych. Wymiary graniczne, wymiar nominalny i odchyłki. Tolerancja. Przedział (pole) tolerancji, jego schemat graficzny oraz interpretacja deterministyczna i stochastyczna. Normalizacja tolerancji: klasy tolerancji, odchyłki podstawowe. Pasowanie i jego parametry: wskaźnik pasowania, luzy i wciski graniczne, tolerancja pasowania. Zasada stałego otworu/wałka. Praktyczne korzystanie z tablic układu tolerancji: obliczanie wymiarów granicznych, określanie charakteru pasowania. Normalne i uprzywilejowane pola tolerancji. Tolerancje ogólne wymiarów.
2. Błędy pomiarów. Błędy systematyczne i obliczanie poprawki. Pojęcie temperatury odniesienia. Błąd systematyczny pomiaru długości spowodowany rozszerzalnością cieplną – różne przypadki. Błędy przypadkowe, analiza statystyczna niepewności pomiaru zastosowanie statystyki t-studenta (krótka seria). Niepewność (standardowa i rozszerzona) pomiaru. Błędy systematyczne i niepewność pomiarów metodą pośrednią.
3. Łańcuchy wymiarowe. Zamienność. Analiza łańcuchów wymiarowych (prostych) – zadanie proste i odwrotne; metody deterministyczne i stochastyczne. Łańcuchy montażowe i technologiczne. Synteza łańcuchów – metoda jednakowej klasy.
Zastosowanie zasady najkrótszych łańcuchów wymiarowych. Projektowanie zamienności konstrukcyjnej i technologicznej.
 Zamienność selekcyjna – projektowanie podziału na grupy, analiza efektów montażu selekcyjnego.
4. Tolerancje geometryczne. Specyfikacje tolerancji geometrycznych w dokumentacji technicznej i ich interpretacja wg PN-EN ISO 1101 i PN-EN ISO 2692. Odchyłki i tolerancje kształtu. Odchyłki i tolerancje kierunku. Odchyłki i tolerancje położenia. Odchyłki i tolerancje bicia obwodowego i całkowitego. Element zaobserwowany jako element tolerowany. Element skojarzony jako element bazowy. Postać i usytowanie pola tolerancji. Podstawowa zasada tolerowania (ISO 8015). Tolerancje zależne i ich zastosowanie. Specyfikacja i interpretacja wymagania maksimum materiału (związki pomiędzy tolerancjami kształtu, kierunku, położenia, a tolerancjami wymiaru).
W podziale na laboratorium: 1. Wzorce długości i kąta. Przyrządy suwmiarkowe i mikrometryczne
2. Pomiary kątów stożków zewnętrznych oraz gwintów zewnętrznych walcowych (metrycznych)
3. Współrzędnościowa maszyna pomiarowa
4. Komputerowo wspomagane pomiary 2D oraz 1D (kontrola wymiarów i prostopadłości w osi pionowej)
5. Komputerowo wspomagana analiza i synteza wymiarowa
6. Pomiary odchyłek kształtu i położenia oraz chropowatości powierzchni
7. Pomiary przyrządami czujnikowymi. Statystyczna kontrola jakości odbiorcza. SPC - karty kontrolne.
W podziale na projekt:….

**Metody oceny:**

Kolokwia, kartkówki, sprawozdania z ćwiczeń laboratoryjnych, projekt

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

1. Białas S.: Metrologia techniczna z podstawami tolerowania wielkości geometrycznych dla mechaników, Oficyna Wydawnicza PW, 2006, Warszawa.
2. Humienny Z., Kiszka K.: Metrologia i zamienność. Materiały dydaktyczne dla studentów kierunku „Edukacja Techniczno-Informatyczna, PW, 2011, Warszawa.
3. Praca zbiorowa (red. Humienny Z.): Specyfikacja geometrii wyrobów (GPS) – podręcznik europejski, WNT, 2004, Warszawa.
4. Praca zbiorowa (Humienny Z. i in.): Specyfikacja geometrii wyrobów (GPS) – wykład dla uczelni technicznych, Oficyna Wydawnicza PW, 2001, Warszawa.
5. Jakubiec W., Malinowski J.: Metrologia wielkości geometrycznych, WNT, 2009, Warszawa.
6. Adamczak S., Makieła W.: Podstawy metrologii i inżynierii jakości dla mechaników, WNT, 2006, Warszawa.
7. Adamczak S., Makieła W.: Metrologia w budowie maszyn. Zadania z rozwiązaniami. WNT, 2010, Warszawa.
8. Adamczak S.: Pomiary geometryczne powierzchni, WNT, 2008, Warszawa.
9. Sałaciński T.: Elementy metrologii wielkości geometrycznych. Przykłady i zadania, Oficyna Wydawnicza PW, 2004, Warszawa.
10. Ratajczyk E.: Współrzędnościowa technika pomiarowa, Oficyna Wydawnicza PW, 2005, Warszawa.
11. Boryczko A.: Podstawy pomiarów wielkości mechanicznych, Wydawnictwo PG, 2010, Gdańsk.
12. Arendarski J.: Niepewność pomiarów, Oficyna Wydawnicza PW, 2006, Warszawa.
13. Tomasik J. (red.): Sprawdzanie przyrządów do pomiaru długości i kąta, Oficyna Wydawnicza PW, 2003, Warszawa.
14. Jezierski J.: Analiza tolerancji i niedokładności pomiarów w budowie maszyn, WNT, 2003, Warszawa.
15. Polskie Normy (aktualne!), podane na wykładach lub ćwiczeniach.

**Witryna www przedmiotu:**

brak

**Uwagi:**

brak

## Efekty przedmiotowe