



Poziom 1: Użytkownik WMP

- 1-1 Wielkości mierzone i jednostki miary we współrzędnościowej technice pomiarowej**
Wielkości mierzone: długość i kąt, przykłady wielkości mierzonych, jednostki, deklaracja pomiarów, podstawy prawne, zamiana stopni na radiany
- 1-2 Położenie na płaszczyźnie**
Płaszczyzna rysunku, kartezjański układ współrzędnych i osie, punkty w układzie współrzędnych, ćwiartki układu płaskiego, współrzędne biegunowe
- 1-3 Położenie w przestrzeni**
Kartezjański układ współrzędnych w przestrzeni, rzutowanie, walcowy i sferyczny układ współrzędnych, przeliczanie współrzędnych do układu kartezjańskiego, odległość w przestrzeni, transformacja współrzędnych
- 1-4 Elementy geometryczne**
Regularne elementy geometryczne, minimalna wymagana liczba punktów pomiarowych, rzutowanie, normy
- 1-5 Połączenia geometryczne**
Relacje pomiędzy elementami geometrycznymi (odległość/kąt/przecięcie/symetria)
- 1-6 Podstawy metrologii i sprawdzanie**
Pomiar – sprawdzanie – wzorcowanie, zasada Taylor'a, proste przyrządy pomiarowe, definicje elementów, wymiarów, tolerancji, przegląd tolerancji kształtu i położenia, istota współrzędnościowej techniki pomiarowej
- 1-7 Budowa WMP**
Osie, uchwyt przedmiotu, stół obrotowy, głowice pomiarowe, skaning, głowice obrotowo-uchylne, trzpienie, układy trzpieni pomiarowych, jednostka sterująca i komputer WMP
- 1-8 Typy WMP**
Maszyny kolumnowe, maszyny z ruchomym portalem, maszyny mostowe, różnice między typami WMP
- 1-9 Przygotowanie pomiarów na WMP**
Wpływ warunków otoczenia, temperatura odniesienia, efekty różnic temperatury, czyszczenie i mocowanie przedmiotu, uruchamianie WMP, zapobieganie wypadkom
- 1-10 Konfiguracja i kwalifikacja trzpieni pomiarowych**
Wybór trzpieni, planowanie wymiany trzpienie, kwalifikacja trzpieni przy użyciu kuli referencyjnej, korekcja promienia kulistej końcówki trzpienia oraz jej ugięcia, efekt filtra mechanicznego, błędy powstałe w wyniku nieprecyzyjnej kwalifikacji trzpienia
- 1-11 Pomiary na WMP**
Układ współrzędnych maszyny, definiowanie układu współrzędnych przedmiotu, strategia próbkowania (liczba i rozmieszczenie punktów pomiarowych), przewidywania możliwości wystąpienia kolizji
- 1-12 Opracowanie wyników pomiaru i statystyka**
Kryteria wyznaczania elementów skojarzonych, rozrzut, rozkład normalny, histogram
- 1-13 Dokładność**
Podstawowe wymagania dla pomiarów, metody wytwarzania a dokładność, dokładność WMP, sprawdzanie odbiorcze, czynniki wpływające na wynik pomiaru
- 1-14 Zarządzanie jakością – Podstawy**
Definicja, normy zarządzania jakością, raport pomiarowy, karty kontrolne, współpraca działów konstrukcyjnego – produkcyjnego – zapewnienia jakości
- 1-15 Nauka uczenia – Jak się uczyć aby się nauczyć?**
Samoorganizacja, zorientowanie na cel, definicja uczenia się, pamięć, procesy uczenia, nawyki uczenia, motywacja
- 1-16 Wsparcie dla uczących się**
Dlaczego należy wspierać? materiały do nauki, rola wspierającego, zapewnienie wsparcia, utrzymanie postępu nauczania



Poziom 2: Operator WMP

2-1 Pełny przebieg pomiaru – Przegląd

Analiza zadania pomiarowego, definiowanie strategii pomiaru, planowanie przebiegu pomiaru, wykonanie pomiarów, analiza i interpretacja wyników pomiaru, uwzględnienie niepewności pomiaru, dokumentacja

2-2 Geometria – Przegląd

Elementy geometryczne regularne i stopnie swobody, symetria, wektor normalny i prostopadły, równoległość, kąt w przestrzeni, rzutowania, odległości w przestrzeni

2-3 Tolerancje wymiarów

Symbole tolerancji, definicje, układ tolerancji i pasowań ISO, tolerancje ogólne wymiarów, wpływ na pomiary

2-4 Tolerancje kształtu i położenia

Symbole tolerancji, definicje, tolerancje ogólne dla odchyłek kształtu i położenia, ogólne zasady wielkości, wpływ na pomiary

2-5 Strategia pomiaru

Zadania planu kontroli, analiza zadania pomiarowego, układ współrzędnych przedmiotu, elementy bazowe, układy baz, mocowanie przedmiotu, definiowanie przebiegu pomiaru, strategia próbkowania, kryteria wyznaczania elementów i połączenia między elementami

2-6 Strategia próbkowania

Konfiguracja trzpieni, składniki funkcjonalne trzpieni, kwalifikacja trzpieni, liczba i rozmieszczenie punktów pomiarowych, efekt filtra mechanicznego dla końcówki pomiarowej, wybór średnicy końcówki trzpienia pomiarowego, skaning, pomiar punktowy

2-7 Programowanie pomiaru CNC

Rodzaje programowania CNC, struktura programu, zasady tworzenia udokumentowanego programu, dokumentowanie programów w trybie online, przypisywanie zmiennych, struktura modułowa programów, eksport danych, informacja CAD

2-8 Opracowanie wyników pomiaru

Ogólny przebieg opracowania wyników, kryteria wyznaczania elementów (element średni, wpisany, opisany, najmniejszej strefy), filtr mechaniczny i cyfrowy, połączenia, metody opracowania wyników

2-9 Czynniki wpływające na wynik pomiaru

Czynniki pochodzące od WMP, od oprogramowania, od przedmiotu mierzonego i strategii pomiaru, od otoczenia, od operatora; efekty fizyczne, pomiary mające na celu zmniejszenie wpływu określonych czynników

2-10 Dokumentacja

Raport pomiarowy, rodzaje dokumentacji, raporty dla różnych odbiorców, dokumentacja spójności pomiarowej, opracowania graficzne, opracowania odchyłek kształtu i wykresów odchyłek kształtu

2-11 Użycie parametrów statystycznych

Parametry statystyczne, rodzaje rozkładów prawdopodobieństwa, siatki rozkładu, próbki

2-12 SPC Statystyczne sterowanie procesem

Kategoria cechy, analiza poprawności i zdolności, modele procesu, karty kontrolne, wpływ niepewności pomiaru

2-13 Nadzorowanie sprzętu pomiarowego – Podstawy

Nadzorowanie sprzętu pomiarowego, wyposażenie do sprawdzań, łańcuch kalibracji, odniesienie do wzorca jednostki miary, nadzorowanie WMP

2-14 Zarządzanie jakością – Przegląd

Normy zarządzania jakością, narzędzia, certyfikacja, audit

2-15 Bezstykowa współrzędnościowa technika pomiarowa

Przegląd WMP wykorzystujących sensory bezstykowe, zasady pracy sensorów, wyznaczanie punktów, porównanie do pomiarów stykowych



Poziom 3: Ekspert WMP

- 3-1 Geometria – poziom zaawansowany**
Wyliczanie kątów, środek ciężkości, odległości, powierzchnie
- 3-2 Techniki wytwarzania – Podstawy**
Techniki wytwarzania a dokładność, odchyłki geometryczne i przyczyny ich powstawania, projektowanie uwzględniające funkcjonalność i technologiczność
- 3-3 CAD – Podstawy**
Tworzenie rysunków technicznych i rysunków CAD, interfejsy CAD, wymiarowanie na rysunkach CAD, zautomatyzowane przetwarzanie danych CAD, import chmur punktów
- 3-4 Bazy – Poziom zaawansowany**
Ustawienie baz funkcjonalnych, zalecenia przy definiowaniu baz, wybór odpowiednich elementów bazowych
- 3-5 Tolerancje geometryczne – Poziom zaawansowany**
Zalecenia przy tolerowaniu odchyłek kształtu i położenia, tolerancje funkcjonalne, wymaganie maksimum materiału (MMC), wymaganie minimum materiału (LMC), rzutowane pole tolerancji, tolerowanie w stanie swobodnym
- 3-6 Zoptymalizowany przebieg pomiaru**
Zoptymalizowany pod względem dokładności przebieg pomiaru, zoptymalizowany pod względem czasu trwania przebiegu pomiaru, optymalizacja ścieżek dojazdowych, pomiar zorientowany na cechy
- 3-7 Programowanie pomiaru CNC – Poziom zaawansowany**
Programowanie offline, położenia i płaszczyzny bezpieczeństwa, pętle programowe, skoki w programie, moduły programowe, makra, interfejsy użytkownika, optymalizacja programu
- 3-8 Cyfrowe filtrowanie i przetwarzanie danych**
Filtr programowy, filtr Gaussa, filtr górno przepustowy, filtr dolnoprzepustowy, falistość, chropowatość, ponadto: sprawdziany wirtualne
- 3-9 Rachunek prawdopodobieństwa**
Poziom ufności, hipotezy statystyczne, testy statystyczne
- 3-10 Wyznaczanie niepewności pomiaru**
Określanie niepewności pomiaru wg. GUM, budżet niepewności, metoda PUMA, rozszerzona niepewność pomiaru, zgodność, ISO 14253-1, wirtualna WMP
- 3-11 Zarządzanie jakością**
Aspekty i metody zarządzania jakością, komunikacja i odpowiedzialność zbiorowa, Total Quality Management TQM, krąg jakości, oprogramowanie CAQ, automatyczne przetwarzanie danych jakości
- 3-12 Nadzorowanie WMP**
Utrzymanie i ciągłe sprawdzanie WMP, nadzorowanie laboratorium pomiarowego, kwalifikacje i szkolenie personelu, strategie nadzorowania
- 3-13 Koszty jakości**
Wyznaczone i rzeczywiste koszty, reguła dziesięciokrotnego wzrostu kosztów, powstawanie i usuwanie niezgodności, tolerowanie uwzględniające koszty
- 3-14 Digitalizacja powierzchni swobodnych**
Digitalizacja znanych i nieznanymi powierzchni, pojęcia patch, face, surface, krawędzie, skaning, dopasowanie iteracyjne, rozmieszczenie punktów pomiarowych zależne od krzywizny, tworzenie danych CAD z punktów pomiarowych, reverse engineering – inżynieria odwrotna
- 3-15 Dobra praktyka pomiarów współrzędnościowych**
Wskazówki i zalecenia dla profesjonalnego przeprowadzania pomiarów współrzędnościowych
- 3-16 Zarządzanie laboratorium pomiarowym**
Klasyfikacja laboratoriów, wyposażenie, ubranie ochronne, kwalifikacje pracowników i odpowiedzialność