



## INSTRUKCJA DO ZAJĘĆ LABORATORYJNYCH

Laboratorium z przedmiotu:

**Procesy i techniki produkcyjne**

Kod przedmiotu:

**KN04202**

Temat:

**Podstawy budowy i obsługi obrabiarki CNC, obróbka z wykorzystaniem interpolacji punktowej oraz liniowej**

Nr ćwiczenia:

**2**

Kierunek:

**Zarządzanie i Inżynieria Produkcji**

### **Cel ćwiczenia**

Zapoznanie studentów z budową i obsługą frezarki dydaktycznej CNC SKOLAR X3 z oprogramowaniem systemowym Sinumerik 808D. Nabycie umiejętności programowania obróbki frezerskiej z wykorzystaniem interpolacji punktowej i liniowej. Zapoznanie się z procesem obróbki skrawaniem na frezarce CNC wybranego przedmiotu zgodnie z rysunkiem wykonawczym. Zapoznanie się ze zjawiskiem niedokładności obróbki.

### **Wyposażenie stanowiska**

Frezarka dydaktyczna CNC SKOLAR X3, komputer, suwmiarka uniwersalna.

### **Zakres ćwiczenia**

Prezentacja obsługi pulpitu sterującego obrabiarki CNC SKOLAR X3. Zaprogramowanie ruchu narzędzia z wykorzystaniem interpolacji punktowej i liniowej w układzie współrzędnych WKS na podstawie rysunku wykonawczego. Wykonanie wybranego elementu poprzez obróbkę skrawaniem na frezarce CNC SKOLAR X3. Wykonanie pomiarów bezpośrednich za pomocą suwmiarki uniwersalnej. Dokonanie analizy pomiarów.

### **Zaliczenie ćwiczenia**

Zaliczenie ćwiczenia odbywa się na podstawie sprawdzianu wstępnego, napisanego programu obróbki skrawaniem CNC w języku Sinumerik 808D na podstawie rysunku wykonawczego, obserwacji pracy studenta w czasie zajęć i wykonanego sprawozdania sporządzonego zgodnie z protokołem dołączonym do niniejszej instrukcji.

### **LITERATURA**

1. Podręcznik programowania i obsługi SINUMERIK 808D. Część 1, 2, 3: Instrukcje Siemens, 12/2012.
2. Grzesik W. i inni: Programowanie obrabiarek CNC. WNT Warszawa 2006
3. MTS: Podstawy obróbki CNC. Wydawnictwo REA 1999.
4. MTS; Programowanie obrabiarek CNC–Toczenie/Frezowanie. Wydawnictwo REA 1999.
5. Drzycimski M.: Podstawy programowania obrabiarek sterowanych numerycznie. Cz. 1 i 2, 2002.
6. Jakubiec W., Malinowski M.: Metrologia wielkości geometrycznych. WNT Warszawa 2004.
7. Nikiel G.: Programowanie obrabiarek CNC na przykładzie układu sterowania Sinumerik 810D/840D, Wyd. Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku Białej, Bielsko Biała 2004.

Opracował:

mgr inż. Krzysztof Połubiński

Sprawdził:

dr hab. inż. Jerzy Jaroszewicz, prof. nzw.

Politechnika Białostocka 2018

## 1. Wprowadzenie

### Co to jest CNC?

CNC (Computer Numerical Control - komputerowe sterowanie urządzeń numerycznych) - układ sterowania numerycznego, wyposażony w mikrokomputer, który można dowolnie interaktywnie zaprogramować. Układy CNC sterują obsługą graficznego monitora, na którym wyświetlane są programy NC. Termin CNC jest zwykle używany w odniesieniu do obróbki materiałów za pomocą komputerowo sterowanych urządzeń (takich jak frezarki czy tokarki) zdolnych czytać standardowy kod sterujący G-code. Obróbka CNC pozwala na szybkie, precyzyjne i wysoce powtarzalne wykonanie często bardzo złożonych kształtów.

### Krótką historia CNC

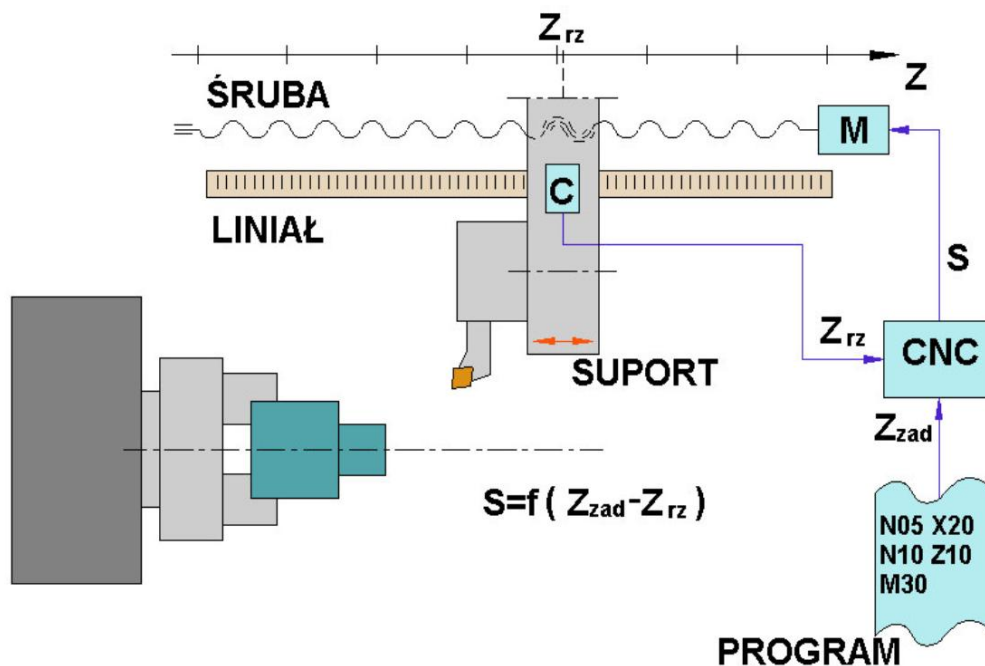
Pomysł numerycznego sterowania obrabiarek powstał w latach 1949-1950r. w Massachusetts Institutes of Technology na potrzeby lotnictwa wojskowego Stanów Zjednoczonych. Na podstawie funkcji matematycznych opisujących kształt przedmiotu opracowano sterowanie przetwarzające sformułowane binarnie i impulsowo wartości wejściowe połączeń oraz schematów na ruch elementów frezarki. Ciąg informacji sterowniczych w postaci liter i liczb oznaczeniowych nazwano programem NC. W latach siedemdziesiątych, dzięki szybkiemu rozwojowi mikrokomputerów na bazie układów sterowania NC powstały skomputeryzowane układy sterowani CNC G code – znormalizowany język zapisu poleceń dla urządzeń CNC. Definiuje podstawowe operacje, które należy wykonać, aby obrobić detal na obrabiarce sterowanej numerycznie.

### Budowa i zasada działania obrabiarek CNC



Rys 1. Widok przykładowej frezarki CNC

Każdy zespół, suport czy wrzeciono są napędzane oddzielnymi silnikami z bezstopniową regulacją obrotów. Dokładność wymiarowa uzyskiwana jest przez pomiar położenia narzędzia powiązanego z układem sterowania za pomocą sprzężenia zwrotnego.



Rys 2. Schemat ideowy sterowania numerycznego [7]

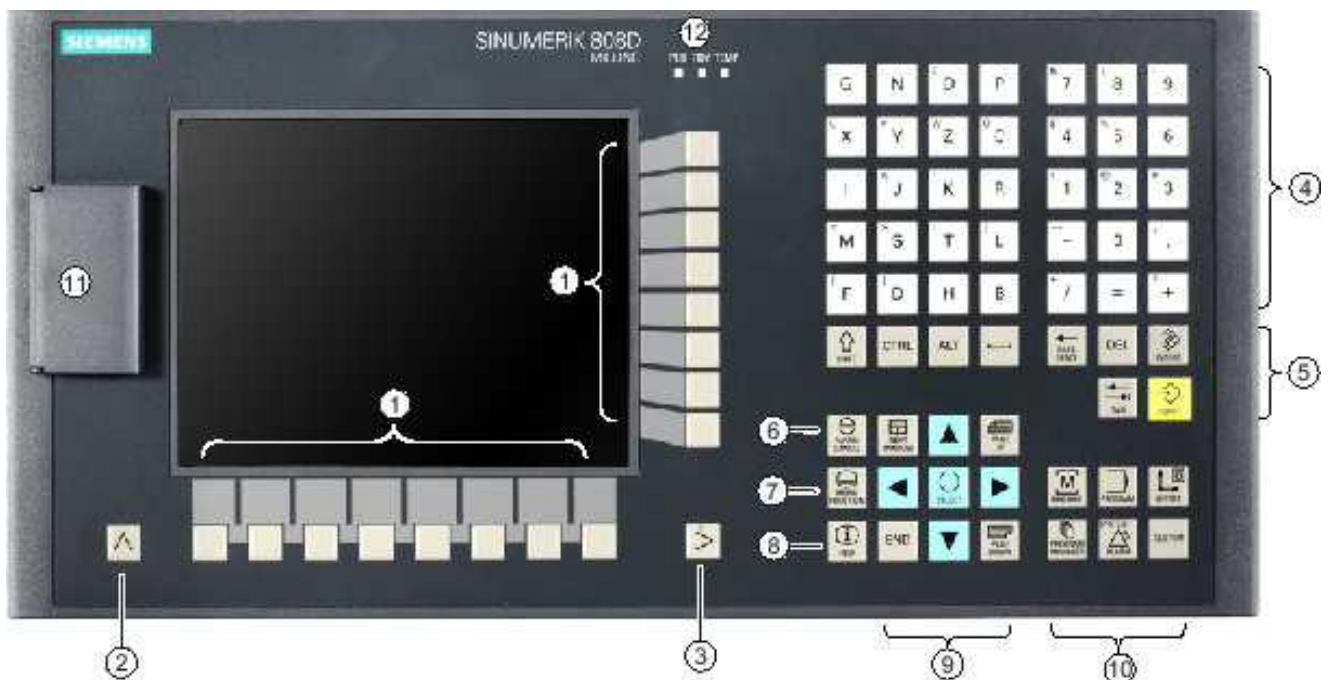
Sposób sterowania numerycznego w dwóch osiach przedstawia rys. 2. Program sterujący rozkodowywany jest w układzie CNC i przesyłany za pomocą odpowiednich impulsów do interpolatora, który przekształca te impulsy na określone przyrosty współrzędnych w osiach z i x. Położenie suportów mierzone jest w danej chwili za pomocą układów pomiarowych. W przypadku wystąpienia różnicy pomiędzy położeniem zadanym przez interpolator a położeniem odczytanym z urządzeń pomiarowych silnik odpowiedzialny za położenie w danej osi zaczyna się obracać i przesuwa za pośrednictwem przekładni śrubowej odpowiedni suport do uzyskania odpowiedniej wartości położenia. W przypadku osiągnięcia położenia zadanego następuje zatrzymanie posuwu.

### Cechy obrabiarek CNC

- oddzielny napęd (silnik, siłownik) i układ pomiarowy każdej osi sterowanej numerycznie,
- bezstopniowa regulacja prędkości obrotowej i posuwów,
- napęd przenoszony za pomocą śrub tocnych,
- eliminowanie prowadnic ślizgowych na rzecz tocnych,
- eliminowanie przekładni zębatych,
- kompaktowa konstrukcja o zamkniętej przestrzeni roboczej,
- konstrukcja modułowa o elastycznie dobieranej konfiguracji elementów składowych,
- mała podatność statyczna i dynamiczna,
- automatyczny nadzór i diagnostyka,
- duża moc (jako suma mocy poszczególnych napędów),
- osiąganie znacznych wartości parametrów obróbki (np. duże prędkości obrotowe),
- obróbka równoległa z wykorzystaniem wielu wrzecion lub suportów narzędziowych,

## Obsługa obrabiarek sterowanych numerycznie

Panele operatorские frezarki SINUMERIK 808D (rys. 3, rys. 4)



Rys 3. Panel czołowy

- ① Pionowe i poziome przyciski programowe - wywołanie konkretnych funkcji menu
- ② Przycisk - powrót do następnego menu wyższego poziomu
- ③ Przycisk Rozwiń menu - zastrzeżony do przyszłego wykorzystania
- ④ Przyciski alfabetyczne i numeryczne - by wpisać znak z indeksu górnego przycisku, należy przytrzymać następujący przycisk



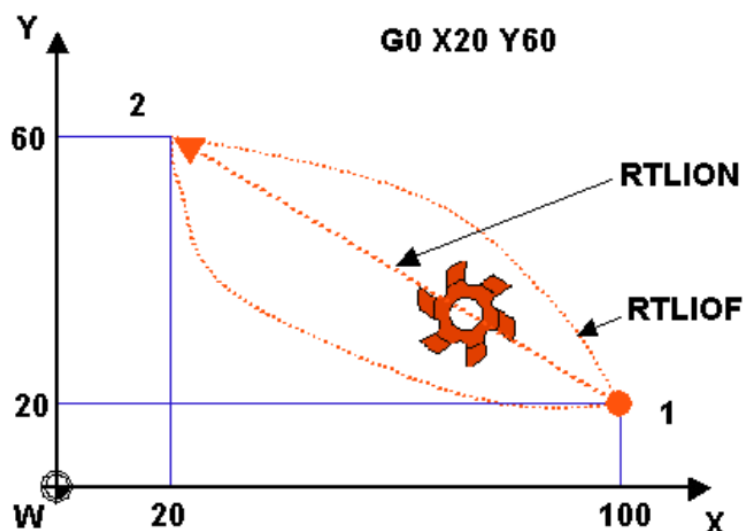
- ⑤ Przyciski sterowania
- ⑥ Przycisk anulowania alarmu - anulowanie alarmów i wiadomości oznaczonych tym symbolem
- ⑦ Przycisk asystenta pokładowego - etapowe wskazówki dotyczące podstawowych procedur uruchamiania i obsługi
- ⑧ Przycisk Pomoc - wyświetlenie informacji pomocy
- ⑨ Przyciski kursora
- ⑩ Przyciski obszaru roboczego
- ⑪ Interfejs USB
- ⑫ Diody stanu



Rys 4. Pulpit maszynowy

- ① Przycisk zatrzymania awaryjnego - Natychmiastowe zatrzymanie wszystkich ruchów maszyny.
- ② Przycisk pokrętła ręcznego (z diodą stanu) - sterowanie ruchem osi przy użyciu zewnętrznych pokręteł ręcznych
- ③ Wyświetlenie numeru narzędzia - wyświetlenie numeru aktualnego narzędzia
- ④ Przyciski trybu roboczego (wszystkie z diodami stanu)
- ⑤ Przyciski sterowania programem (wszystkie z diodami stanu)
- ⑥ Przyciski zdefiniowane przez użytkownika (wszystkie z diodami stanu)
- ⑦ Przyciski przesuwu osi
- ⑧ Przyciski sterowania wrzecionem
- ⑨ Przyciski stanu programu
- ⑩ Przełącznik korekcji prędkości posuwu - przemieszczenie wybranej osi ze wskazaną korekcją prędkości

**Programowanie ruchu narzędzia z wykorzystaniem interpolacji punktowej G0.**



Rys 5. Interpolacja punktowa [7]

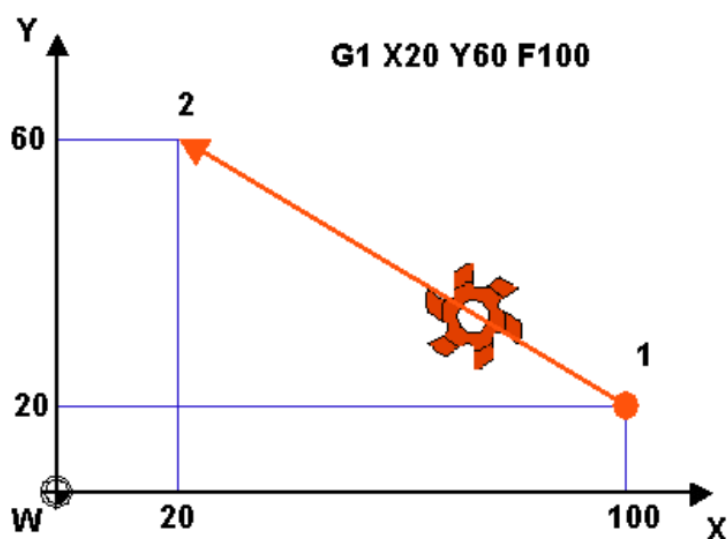
Interpolacja punktowa (zwana też z ruchem szybkim) polega na przemieszczaniu się narzędzia do zaprogramowanego punktu końcowego z dużymi prędkościami w osiach sterowanych numerycznie.

Ruch ten może być związany z brakiem powiązania ruchu w osiach, czyli braku interpolacji (funkcja przygotowawcza RTLIOF, ang. Rapid Tool Linear Interpolation Off), czego efektem jest nieprzewidywalny tor ruchu narzędzia.

Może też istnieć powiązanie ruchów w osiach, czyli interpolacja liniowa (funkcja przygotowawcza RTLION, ang. Rapid Tool Linear Interpolation On), czego efektem jest ruch narzędzia po linii prostej. Skutkiem ruchu szybkiego jest też zwiększona tolerancja dokładności pozycjonowania w punkcie docelowym (może wystąpić ruch oscylacyjny narzędzia wokół punktu końcowego ruchu z uwagi na bezwładność ruchomych zespołów obrabiarki).

Interpolacja punktowa jest przeznaczona wyłącznie do ruchów ustawczych narzędzia. Należy pamiętać, że skutkiem ruchu szybkiego może być kolizja (kontakt narzędzia lub innego elementu ruchomego z przedmiotem obrabianym lub innym elementem obrabiarki). Z tego względu wszystkie ruchy z interpolacji punktów należy programować bardzo starannie.

### Programowanie ruchu narzędzia z wykorzystaniem interpolacji liniowej G1.



Rys 6. Interpolacja punktowa [7]

Interpolacja liniowa należy do najprostszych, a zarazem najczęściej wykorzystywanych ruchów roboczych (obróbkowych). Tor ruchu narzędzia przebiega po linii prostej pomiędzy punktem początkowym i końcowym. Wymaga zaprogramowania posuwu (adres F) – podobnie jak pozostałe interpolacje robocze. Wszystkie osie mogą być przesuwane jednocześnie. Interpolacja G1 pozostaje aktywna do chwili skasowania inną instrukcją z tej grupy G (G0, G2, G3, ...).

### Przykład programowania w języku Sinumerik 808 D z wykorzystaniem interpolacji G0 i G1.

Zaprogramować ruch punktu kodowego narzędzia po konturze przedstawionym na rys. 7, w przyjętym układzie współrzędnych przedmiotu (WKS) o początku w punkcie W. Ruch rozpocząć od punktu (0,0) w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara. Przyjąć poziom materiału Z=0, głębokość obróbki Z=-5.

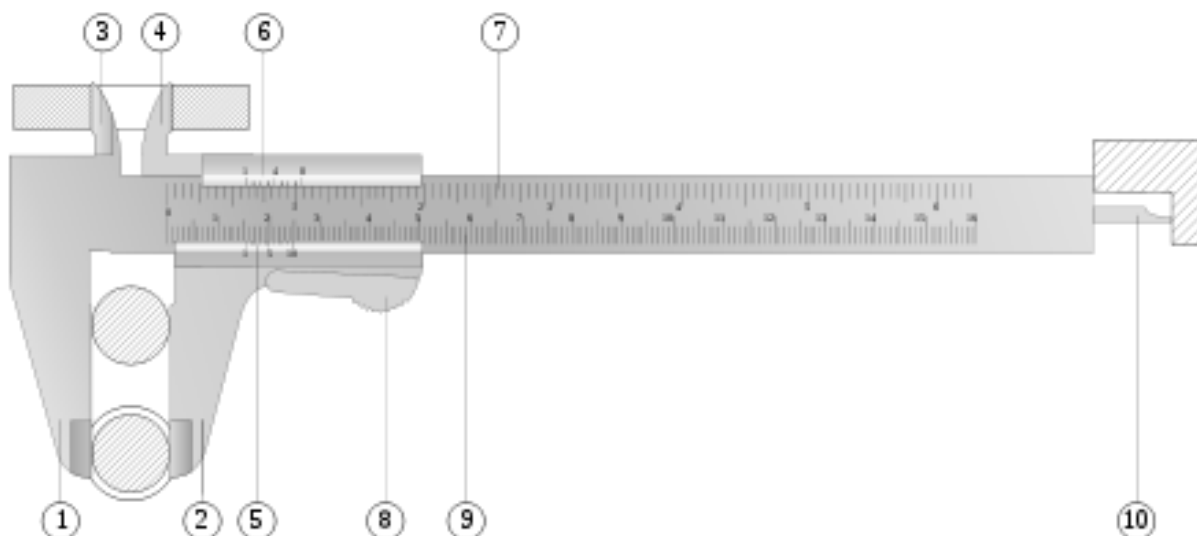


## Pomiary warsztatowe z wykorzystaniem suwmiarki

Celem pomiarów warsztatowych jest sprawdzenie prawidłowości wykonania przedmiotu obrabianego zgodnie z rysunkiem technicznym. Pomiar jest to doświadczalne wyznaczenie z określoną dokładnością miary danej wielkości. Tradycyjnie pomiar jest traktowany jako porównywanie mierzonej wartości danej wielkości ze znaną wartością tej wielkości.

Każdy pomiar jest obarczony pewnym błędem powstałym wskutek niedokładności przyrządów pomiarowych, niedoskonałości wzroku oraz warunków, w jakich pomiar się odbywa, np. temperatury. Pomiar zaleca się wykonywać w temperaturze ok. 20°C.

### NARZĘDZIA POMIAROWE - SUWMIARKA

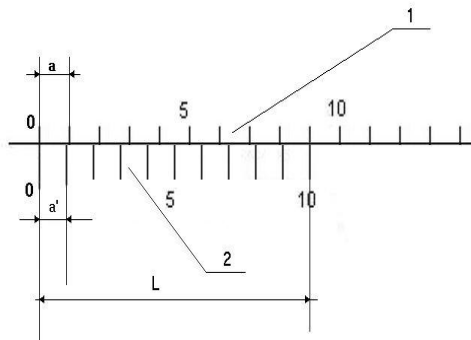


Suwmiarka jest przyrządem zaopatrzonym w noniusz. Służy ona do mierzenia wymiarów zewnętrznych, wewnętrznych i mieszanych.

- 1 - Stała szczeka do pomiaru wymiarów zewnętrznych
- 2 - Ruchoma szczeka do pomiaru wymiarów zewnętrznych
- 3 - Stała szczeka do pomiaru wymiarów wewnętrznych
- 4 - Ruchoma szczeka do pomiaru wymiarów wewnętrznych
- 5 - Noniusz zwiększający dokładność pomiarową do 0,1[mm]
- 6 - Noniusz zwiększający dokładność pomiarową do 1/128 cala
- 7 - Podziałka calowa
- 8 - Dźwignia zacisku ustalającego położenie przesuwnej szczęki
- 9 - Podziałka milimetrowa
- 10 - Głębokościomierz, do pomiarów głębokości i wymiarów mieszanych

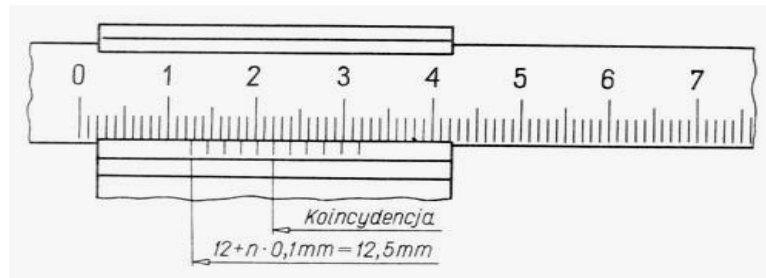


Noniusz w przyrządach pomiarowych służy do odczytania wyniku pomiaru z większą dokładnością. W suwmiarkach stosuje się noniusze o dokładności odczytu 0,1, 0,05 i 0,02 [mm]. Stosuje się noniusze o modułach  $m=1$  i  $m=2$ . Przy  $m=1$  noniusz w suwmiarce o dokładności 0,1 wynosi  $L=9$  [mm], o dokładności 0,05 [mm] wynosi  $L=19$  [mm]. Natomiast przy module  $m=2$  w suwmiarce o dokładności 0,1 wynosi  $L=19$  [mm], o dokładności 0,05 [mm] wynosi  $L=39$  [mm].



- 1- podziałka prowadnic 2- podziałka noniusza
- a- długość działki elementarnej wzorca prowadnicy
- b- długość działki emenetarnej noniusza
- L – długość podziałki noniusza

Pomiaru suwmiarką dokonuje się następująco: suwak odsuwa się w prawo i między rozsunięte szczęki wkłada się mierzony przedmiot; następnie dosuwa się suwak do zetknięcia płaszczyzn stykowych szczęk z krawędzią przedmiotu. Teraz odczytuje się, ile całych działek prowadnicy (milimetrów) odcina zerowa kreska noniusza, co odpowiada mierzonemu wymiarowi w milimetrach. Następnie odczytuje się, która kreska noniusza znajduje się na przedłużeniu kreski podziałki prowadnicy (kreska noniusza wskazuje dziesiąte części). Podczas odczytu pomiaru występuje błąd koincydencji wynikający z błędu oceny położenia dwóch równoległych kresek leżących naprzeciw siebie.



Suwmiarka o dokładności 0,1 mm i module noniusza  $m=2$

## 2. PRZEBIEG ĆWICZENIA NR 2

- A. Omówienie budowy frezarki dydaktycznej CNC SKOLAR X3 ze szczególnym uwzględnieniem pulpitu operatora.
- B. Przedstawienie studentom i omówienie rysunku wykonawczego przedmiotu przeznaczonego do obróbki skrawaniem poprzez frezowanie na obrabiarce CNC.
- C. Napisanie przez studentów programu sterującego w układzie WKS na podstawie przedstawionego rysunku wykonawczego.
- D. Wykonanie na frezarce dydaktycznej CNC SKOLAR X3 zaprogramowanego przedmiotu.
- E. Pomiar wykonanego przedmiotu przy pomocy suwmiarki uniwersalnej i analiza wyników.

### **3. SPRAWOZDANIE**

Sprawozdanie winno zawierać:

- stronę tytułową,
- cel i zakres ćwiczenia laboratoryjnego,
- wypełniony protokół laboratoryjny, kopie plików programu NC (\*.mpf)
- wnioski.

### **4. BHP**

W celu minimalizacji zagrożeń podczas testów pracownicy i studenci zobowiązani są do przestrzegania ogólnych zasad BHP oraz do przestrzegania przepisów porządkowych i organizacyjnych obowiązujących w laboratoriach PiTP. O przepisach tych studenci poinformowani zostali na zajęciach wstępnych.

### **5. PROTOKÓŁ**



WYDZIAŁ INŻYNIERII ZARZĄDZANIA  
Katedra Zarządzania Produkcją



## PROTOKÓŁ LABORATORYJNY

**Podstawy budowy i obsługi obrabiarki CNC, przygotowanie do pracy  
w trybie automatycznym. Obróbka frezarska z wykorzystaniem  
interpolacji punktowej i liniowej.**

Szkic konturu przedmiotu z wymiarami

