

Politechnika Poznańska
Instytut Technologii Mechanicznej

Programowanie obrabiarek CNC

Nr 5

Obróbka wałka wielostopniowego

Opracował:
Dr inż. Wojciech Ptaszyński

Poznań, 2018-10-01

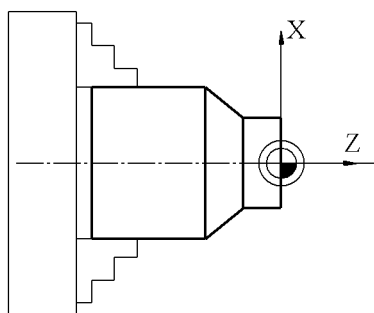
1. Cel ćwiczenia

Celem tego ćwiczenia jest zapoznanie się z podstawami programowania obróbki na tokarkach CNC, które stanowią, po za frezarkami, drugą najliczniejszą grupę obrabiarek sterowanych numerycznie. W ramach tego ćwiczenia zapoznamy się również z podstawami obsługi tokarki ze sterowaniem Sinumerik.

2. Wprowadzenie do programowania tokarek CNC

2.1. Układ współrzędnych i punkty charakterystyczne

Podstawowym układem współrzędnych w obrabiarkach sterowanych numerycznie jest układ prostokątny prawoskrętny (rys. 1.). Układ ten jest związany z przedmiotem obrabianym. Oś Z tego układu jest równoległa do osi głównego ruchu obrabiarki: dla tokarki osi wrzeciona (przedmiotu). Kierunek osi Z jest zawsze zwrócony w kierunku większego wymiaru przedmiotu. Drugą osią w tokarkach jest oś X która jest zwrócona w kierunku narzędzia.



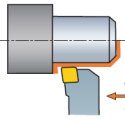
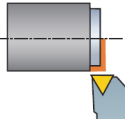
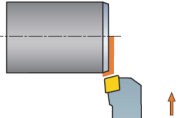
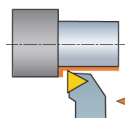
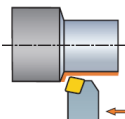
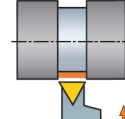
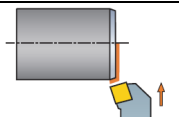
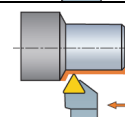
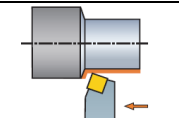
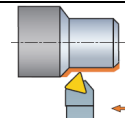
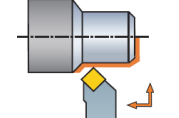
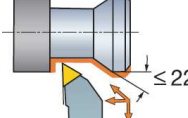
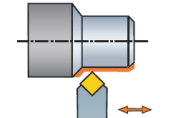
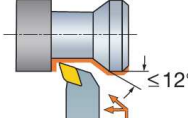
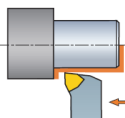
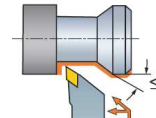
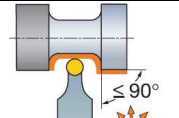
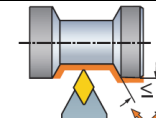
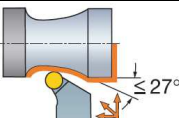
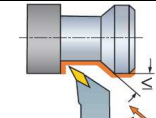
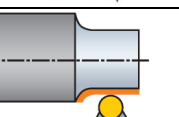
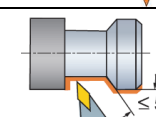
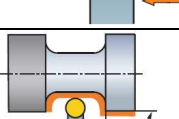
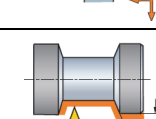
Rys. 1. Oznaczenie osi w tokarkach

W programach sterujących zapisuje się współrzędne położenia narzędzia w podstawowym układzie współrzędnych. Każde narzędzie ma punkt charakterystyczny. Położenie punktów charakterystycznych narzędzi tokarskich przedstawiono na rys. 2.

Rys. 2. Punkty charakterystyczne narzędzi tokarskich

2.2. Narzędzia tokarskie

Tabela 1. Dobór kształtu płytki skrawającej i oprawki zależnie od rodzaju obróbki [Sandvik]

Rodzaj płytki	Zastosowanie	Kąt κ_r	Rodzaj płytki	Zastosowanie	Kąt κ_r
		95			91
		75			93
		75			90
		75			60
		45			45
		45			93 $\leq 22^\circ$
		45			107,5 $\leq 12^\circ 30'$
		95			93 $\leq 27^\circ$
					62,5 $\leq 57^\circ$
					107,5 $\leq 35^\circ$
					93 $\leq 50^\circ$
					72,5 $\leq 70^\circ$
					

Możemy wyróżnić narzędzia tokarskie monolityczne, lutowane oraz składane. Obecnie w obrabiarkach sterowanych numerycznie najczęściej stosowane są narzędzia składane.

Dobór narzędzia tokarskiego do zadania obróbkowego polega na dobraniu kształtu płytki skrawającej oraz oprawki. Obecnie na rynku spotyka się wiele systemów mocowania narzędzi i tym samym występuje wiele rodzajów oprawek narzędziowych, występuje również wiele systemów mocowania płytek skrawających do oprawek. W tym opracowaniu przedstawiony zostanie tylko sposób doboru płytek skrawających oraz oprawek trzonkowy.

Wybór oprawki zależy przede wszystkim od rodzaju obróbki oraz od kształtu płytki skrawającej, na które, z kolei ma wpływ kształt obrabianej powierzchni. W przypadku toczenia zewnętrznego te możliwości obróbkowe poszczególnych narzędzi przedstawiono w tabeli Tabeli 1, do toczenia wewnętrznego w Tabeli 2 a do przecinania i rowków w Tabeli 3. Możliwy kierunek skrawania dla danej oprawki wskazują strzałki.

Tabela 2. Dobór kształtu płytki skrawającej i oprawki zależnie od rodzaju obróbki [Sandvik]

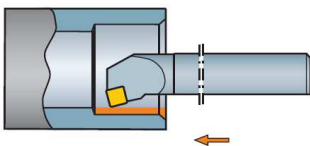
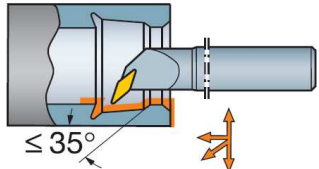
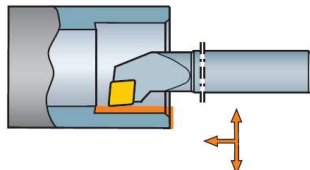
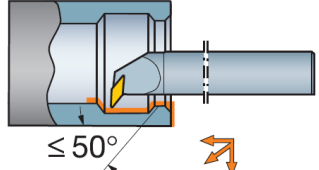
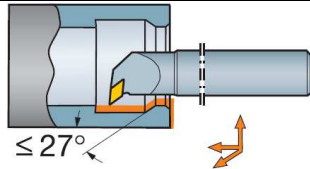
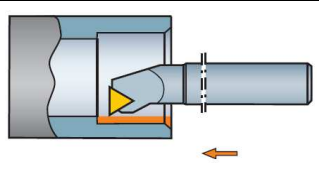
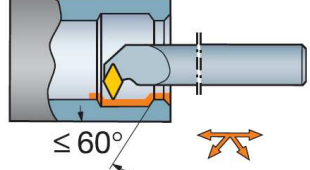
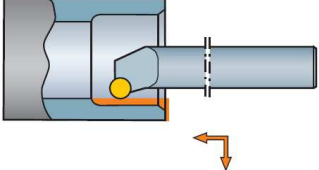
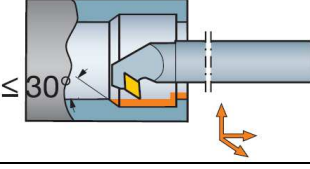
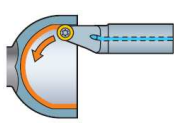
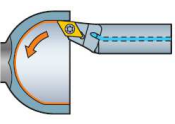
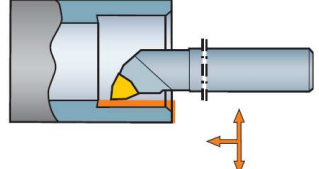
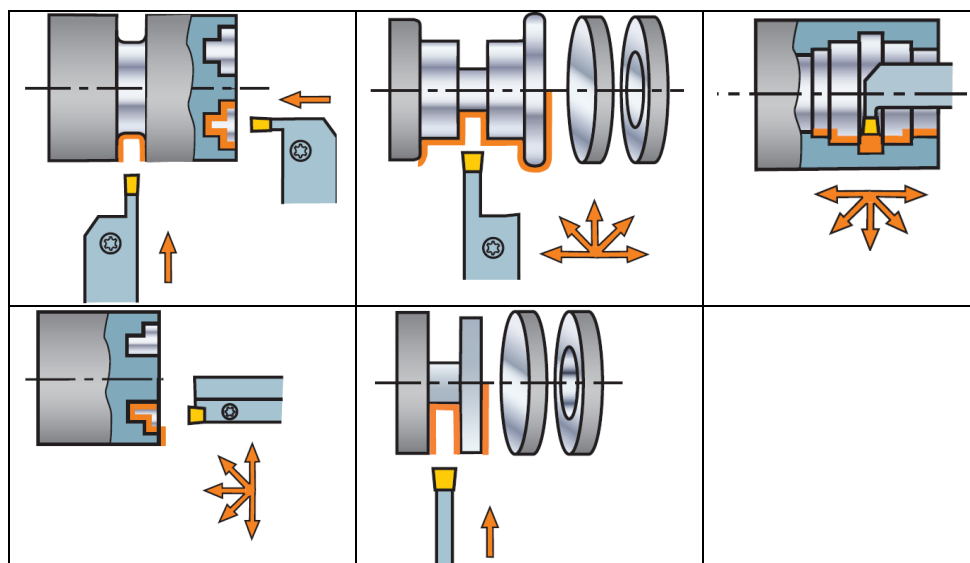
Rodzaj płytki	Zastosowanie	Kąt κ_r	Rodzaj płytki	Zastosowanie	Kąt κ_r
		75			107,5
		95			93
		93			91
		63			
		93			
		120			95

Tabela 3. Dobór kształtu płytki skrawającej i oprawki zależnie od rodzaju obróbki [Sandvik]



2.3. Parametry obróbki F, S

Podstawowe parametry obróbki w programie NC, podobnie jak dla programów frezarkowych podaje się w adresach:

F - wartość prędkości posuwowej,

S – wartość prędkości obrotowej wrzeciona.

Wartość prędkości obrotowej wrzeciona wynika z wartości prędkości skrawania, jaka została dobrana dla danego narzędzia i materiału obrabianego oraz od średnicy toczenia. Wartość tej prędkości można obliczyć ze wzoru:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot d} \text{ [obr/min]}$$

gdzie: v_c – prędkość skrawania [m/min],

d – średnica toczenia [mm].

Wprowadzana w adresie S wartość prędkości obrotowej powinna mieścić się w zakresie dopuszczalnym dla danej obrabiarki, dlatego też należy zapoznać się ze specyfikacją danej obrabiarki.

Należy pamiętać, że zadana prędkość obrotowa jest osiągalna dopiero po pewnym czasie (czas rozpędzania wrzeciona), dlatego też w programie należy przewidzieć dostatecznie wczesne włączenie wrzeciona tak, aby narzędzie osiągnęło żądaną prędkość obrotową zanim rozpocznie skrawanie.

W przypadku tokarek prędkość obrotowa obliczana z powyższego wzoru zależy od średnicy toczenia, która zmienia się w czasie obróbki. Aby nie trzeba było ciągle obliczać prędkości obrotowej wrzeciona wraz ze zmianą średnicy toczenia, w większości współczesnych układów sterujących tokarek wprowadzono możliwość definiowania stałej prędkości skrawania. Aby ta funkcja mogła działać obrabiarka musi być wyposażona we wrzeciono z ciągłą zmianą prędkości obrotowej. W tym przypadku układ sterowania sam oblicza wymaganą prędkość obrotową wrzeciona. Wybór funkcji stałej prędkości skrawania lub stałej prędkości obrotowej wykonuje się funkcjami przygotowawczymi:

- G96 – stała prędkość skrawania,
- G97 – stała prędkość obrotowa (wyłączona stała prędkość skrawania) – domyślnie.

W przypadku korzystania z funkcji stałej prędkości skrawania wartość prędkości skrawania wprowadza się w adresie S w jednostce m/min. Należy pamiętać, że na przykład w czasie przecinania lub toczenia powierzchni czołowej, gdy narzędzie zbliża się do osi przedmiotu obrabianego, teoretycznie prędkość obrotowa dąży do nieskończoności. Oczywiście maksymalna dostępna prędkość obrotowa jest ograniczona przez układ napędowy obrabiarki.

W niektórych przypadkach obróbki, zwłaszcza przedmiotów o dużej średnicy, istnieje konieczność ograniczenia maksymalnej prędkości obrotowej. Dlatego też programista może również ograniczyć maksymalną prędkość obrotową specjalną funkcją przygotowawczą G26 wraz z adresem S, w którym wprowadza się dopuszczalną maksymalną prędkość obrotową. Najczęściej adres ten podaje się na początku programu np:

G26 S3000; ograniczenie prędkości obrotowej wrzeciona do 3000 obr /min.

Gdy wykorzystywana jest funkcja G96, początek układu współrzędnych w osi X musi leżeć w osi obrotu przedmiotu.

Z funkcji stałej prędkości skrawania powinno się korzystać tylko w przypadku toczenia zarysów, wycinania rowków i przecinania. Natomiast nie powinno się z niej korzystać w przypadku toczenia gwintów oraz nie wolno z niej korzystać w przypadkach wiercenia osiowego.

Najczęściej domyślnie w tokarkach posuw podaje się w jednostce [mm/obr]. W przypadku niektórych zabiegów obróbkowych, takich jak: wiercenie, frezowanie, posuw można wprowadzać w jednostce [mm/min]. Zmianę jednostek posuwu wykonuje się modalnymi funkcjami przygotowawczymi:

G94 – posuw na minutę

G95 – posuw na obrót (w tokarkach domyślnie).

2.4. Wybór narzędzia T

Większość współczesnych obrabiarek sterowanych numerycznie jest wyposażona w magazyn narzędzi, z którego mogą być automatycznie pobierane narzędzia w czasie działania programu. Każde narzędzie w tym magazynie ma określony numer. Ponieważ poszczególne narzędzia mogą mieć różne wymiary (średnicę, długość itp.), dlatego też z magazynem narzędziowym jest związana specjalna tablica, przechowywana w pamięci układu sterującego, zawierająca dane charakterystyczne zamocowanych w magazynie narzędzi.

Wybór określonego narzędzia w programie dokonuje się przy pomocy adresu T, który zawiera numer narzędzia odpowiadający najczęściej numerowi gniazda magazynu narzędziowego. Funkcja T powoduje najczęściej obrót lub przesunięcie magazynu narzędziowego w taki sposób, aby możliwe było, przy pomocy specjalnego urządzenia obrabiarki, pobranie i zamocowanie danego narzędzia we wrzecionie.

W przypadku tokarek magazynem narzędziowym jest najczęściej głowica narzędziowa, której obrót powoduje jednoczesne odpowiednie ustawienie narzędzia do obróbki. Dlatego też w tokarkowych układach sterujących najczęściej nie jest wymagane stosowanie funkcji maszynowej M06.

W czasie programowania zmiany narzędzia powinno się zwracać szczególną uwagę na możliwość wystąpienia kolizji narzędzia z przedmiotem. Należy, zatem zwrócić szczególną

uwagę na długości poszczególnych narzędzi zamocowanych w głowicy oraz odsunąć narzędzie (głowicę narzędziową) od przedmiotu na odpowiednią odległość.

Ponieważ wymiana narzędzia nie ma związku z wrzecionem, przy zmianie narzędzia, nie jest wymagane zatrzymanie wrzeciona.

Wywołanie narzędzia w większości tokarek zapisuje się linią programu:

T0101

Gdzie pierwsza wartość 01 określa numer narzędzia, natomiast druga numer rejestru korekcji narzędzia (w programach frezarkowych numer korektora ten zapisywało się w adresie D).

W przypadku nowych sterowań Sinumerik wywołanie narzędzia w programie sterującym zapisuje się blokiem:

T="NARZEDZIE1" D1

Gdzie "NARZEDZIE1" – nazwa narzędzia w tabeli narzędziowej
D1 – numer korektora.

2.5. Sterowanie wrzecionem M03, M04, M05

Do sterowania wrzecionem dostępne są trzy funkcje:

- M03 – włączenie obrotów wrzeciona w prawo,
- M04 – włączenie obrotów wrzeciona w lewo,
- M05 – wyłączenie obrotów wrzeciona.

Prawy kierunek obrotów wrzeciona określa się patrząc od czoła wrzeciona wzdłuż osi Z, zgodnie z zasadą śruby prawoskrętnej.

Ze względu na budowę współczesnych tokarek, gdzie narzędzie znajduje się za osią wrzeciona, dlatego też w tych tokarkach najczęściej stosuje się funkcję M04, obróbka wykonywana jest na lewych obrotach.

Zarówno włączenie obrotów w prawo M03 jak i w lewo M04 jest aktywne na początku bloku, przed rozpoczęciem ruchu zaprogramowanego w danym bloku. Natomiast wyłączenie obrotów wrzeciona funkcją M05 jest aktywne na końcu bloku.

Należy pamiętać, że wartość prędkości obrotowej ustawia się przy pomocy adresu S.

2.6. Zapis drogi narzędzia

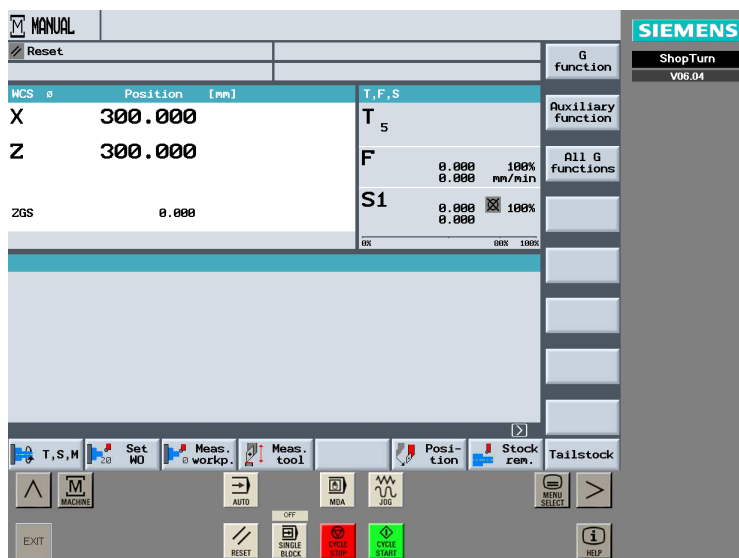
Zapis drogi narzędzia w tokarkach nie różni się zasadniczo od programowania drogi narzędzia we Frezarkach. Najważniejsze różnice w zapisie programu to:

- w tokarce występują tylko dwie osi X i Z,
- w większości tokarek, gdy wymiarowanie współrzędnych jest absolutne (G90), to współrzędna zapisywana w adresie X oznacza średnicę toczenia a nie wymiar od początku układu współrzędnych,
- w przypadku wymiarowania przyrostowego (G91) w adresie X podje się wymiar w osi X, a więc wymiar na stronę,
- w tokarkach interpolacja kołowa domyślnie odbywa się w płaszczyźnie X-Z, dlatego też współrzędne środka okręgu podaje się w adresach I i K. Współrzędne te podaje się tak jak przy wymiarowaniu przyrostowym.

3. Edycja programu w układach sterujących Sinumerik

3.1. Wprowadzenie

Uruchomienie programu SinuTrain ze sterowaniem tokarkowym jest identyczne jak przy programowaniu frezarek (instrukcja do ćwiczenia nr 1), jedynie w czasie uruchamiania programu SinuTrain należy wybrać opcję ShopTurn. Widok ekranu układu sterującego dla tokarek przedstawia rys. 1



Rys. 3. Widok ekranu z programem SinuTrain dla tokarek

W oknie tym widoczne są niezbędne klawisze pulpitu maszynowego, takie jak:

3.2. Utworzenie nowego programu

Utworzenie nowego programu jest identyczne jak przy programowaniu frezarek. W przypadku programów napisanych za pomocą kodów G, aby symulacja była poprawnie przedstawiona na ekranie, należy zdefiniować półfabrykat. Definicję półfabrykatu można wykonać w oknie symulacji wybierając w bocznym menu opcję **Details**, a następnie **Settings** i w oknie definicji półfabrykatu wprowadzić odpowiednie dane.

W przypadku tokarek możliwe jest zdefiniowanie półfabrykatu jako

- Cylinder – wałek,
- Pipe – rura,
- Rectangle – pręt o przekroju prostokątnym,
- N korner – pręt N ścienny.

3.3. Definicja narzędzi

Parametry wszystkich narzędzi wprowadzane są w odpowiednich tabelach. Wywołanie edycji tabeli narzędzi następuje po wybraniu w trybie edycji w dolnym menu opcji **Tools WOs**, a następnie opcji **Tool list**. Wówczas na ekranie wyświetlona zostanie tabela narzędzi z ich poglądowym przedstawieniem (rys. 4).

Tool list										Alternat.
Loc	Typ	Tool name	DP	1st cutting edge						
				Lngh X	Lngh Z	Radius				1 2
1		ROUGHING_T80 A	1	55.840	39.124	0.800	95.0 80	12.0		Measure tool
2		DRILL_32	1	0.000	185.124	32.000	180.0			
3		FINISHING_T35 A	1	40.000	63.000	0.400	93.0 35	12.0		Delete tool
4		ROUGHING_T80 I	1	-8.950	122.457	0.800	95.0 80	10.0		
5		PLUNGE-CUTTER_3 A	1	85.124	44.124	0.200	3.000	8.0		Unload
6		FINISHING_T35 I	1	-12.658	121.807	0.400	95.0 35	8.0		
7		THREADING_T1.5	1	66.326	33.333	0.050				
8		CUTTER_8	1	87.833	74.621	8.000		3		
9		PLUNGE-CUTTER_3 I	1	-11.736	135.124	0.100	3.000	4.0		Cutting edges
10		DRILL_5	1	0.000	185.124	5.000	118.0			
11		BUTTON_TOOL_8 A	1	88.112	38.123	2.000				Sort
12		THREADCUTTER_M6	1	0.000	145.132	6.000	180.0			
13		PLUNGE-CUTTER2	1	85.000	44.000	0.000	1.300	5.0		
14										

Tool list

Tool wear

Magna-zinc

Work offset

R

R vari.

Rys. 4 Widok tabeli narzędzi

Aby dodać do tabeli nowe narzędzie należy ustawić kursor na wolnej pozycji tabeli a następnie w bocznym menu należy wybrać opcję . Po wybraniu tej opcji w bocznym menu pojawi się lista możliwych do zdefiniowania narzędzi:

	Narzędzie do obróbki zgrubnej
	Narzędzie do obróbki wykańczającej
	Ucinaki i noże do rowków
	Noże do nacinania gwintów
	Frezy
	Narzędzia do obróbki otworów: wiertła, nawiertaki
	Inne: gwintowniki, zderzaki, wytaczaki, sondy pomiarowe

Po wybraniu określonego typu narzędzia należy określić położenie płytki skrawającej a następnie w tabeli narzędzi należy wprowadzić pozostałe dane narzędzia takie jak (rys. 4):

- nazwa narzędzia,
- długość narzędzia w osi X i Z (w zakresie symulacji można przyjąć przybliżone wartości np. X=70, Z=50,
- promień zaokrąglenia krawędzi skrawającej lub średnica freza, wiertła,
- główny kierunek skrawania (wybór klawiszem Alternate.),
- kąt przystawienia krawędzi skrawającej, kąt wierzchołkowy wiertła lub szerokość noża do rowków,
- kąt wierzchołkowy płytki lub liczba ostrzy freza,
- długość krawędzi skrawającej,
- kierunek obrotu wrzeciona dla danego narzędzia,
- zezwolenie na chłodziwo.

4. Wykonanie ćwiczenia

Aby dane zadanie uznane było za poprawie wykonanie należy poprawnie wykonać następujące czynności:

- wrysować na rysunku przedmiotu poprawny układ współrzędnych,
- dobrać narzędzia do poszczególnych zabiegów obróbkowych (zdzierak, wykańczak, nóż do rowków),
- zdefiniować nowe narzędzia w tabeli magazynu narzędziowego,
- dobrać parametry skrawania i obliczyć parametry obróbki,
- zaprogramować obróbkę zgrubną wałka wielostopniowego z wykorzystaniem zdzieraka,
- zaprogramować obróbkę wykańczającą wałka z wykorzystaniem wykańczaka,
- zaprogramować nacięcie rowka,
- przeprowadzić symulację graficzną obróbki w celu sprawdzenia poprawności programu.

5. Wymagania

Przed przystąpieniem do ćwiczenia wymagana jest wiedza z zakresu:

- podstaw obróbki skrawaniem: dobór narzędzi, parametrów skrawania oraz obliczania parametrów obróbki,
- podstaw technologii obróbki skrawaniem na tokarkach,
- podstawy programowania obrabiarek CNC,
- zapis i zasady korzystania oprogramowania SinuTrain.

6. Literatura

- [1] **Feld M.:** Podstawy projektowania procesów technologicznych typowych części maszyn. WNT 2008.
- [2] **Brodowicz W.:** Skrawanie i narzędzia. WSiP Warszawa 1998.
- [3] **Olszak W.:** Obróbka skrawaniem. WNT Warszawa 2008.
- [4] Instrukcja do ćwiczenia 1 do 4.