

Politechnika Poznańska
Instytut Technologii Mechanicznej

Programowanie obrabiarek CNC

Nr 6

Programowanie obróbki w systemie ShopTurn

Opracował:
Dr inż. Wojciech Ptaszyński

Poznań, 2018-10-01

1. Cel ćwiczenia

Celem tego ćwiczenia jest zapoznanie się z programowaniem tokarek z wykorzystaniem oprogramowania WOP na przykładzie oprogramowania ShopTurn firmy Siemens. W ramach tego ćwiczenia omawiane będą następujące zagadnienia: zasady obróbki gwintów, struktura programu ShopTurn, podstawowe funkcje ShopTurn.

2. Programowanie warsztatowe

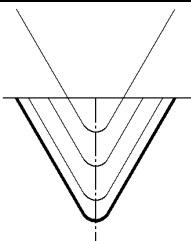
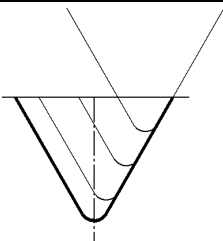
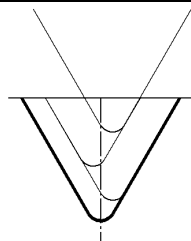
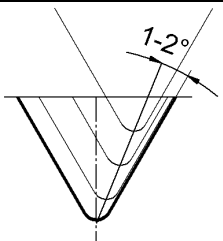
Programowanie WOP (*Workshop Orienting Programming* pol. *programowanie orientowane warsztatowo*) jest to programowanie wykonywane bezpośrednio w układzie sterującym obrabiarki, a więc na warsztacie, poprzez wykorzystanie specjalistycznego oprogramowania zainstalowanego w układzie sterującym. Oprogramowanie to jest tak przygotowane, aby w możliwie jak największym stopniu ułatwić przygotowanie programu sterującego. Można powiedzieć, że jest to swoiste połączenie programowania ręcznego (orientowanego na przedmiot i obrabiarkę) z programowaniem CAM (orientowanego na przedmiot).

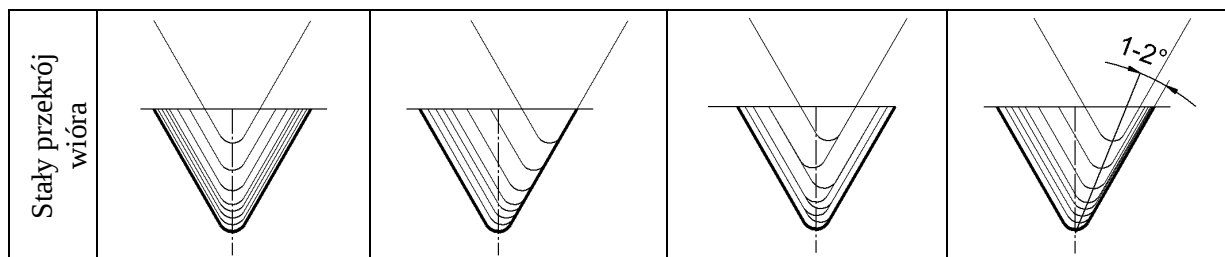
W wielu przypadkach, w tym sposobie programowania, do układów sterowań numerycznych można bezpośrednio przesłać rysunki graficzne CAD, najczęściej w formacie DXF, poprzez połączenie RS232 lub sieć komputerową. Taki proces jest najszybszy i niezawodny. Prostsze zarysy mogą być również wprowadzane ręcznie za pomocą klawiatury bezpośrednio do układu sterującego.

Wadę tego programowania jest silne zorientowanie na układ sterujący, dane oprogramowanie można wykorzystywać tylko w układzie sterującym określonej firmy.

3. Toczenie gwintu

Ponieważ, ze względu na wytrzymałość ostrza skrawającego noża do gwintów, nie można naciąć gwintu w jednym przejściu, dlatego też, aby naciąć poprawnie gwint należy wykonać wiele przejść kształtujących. Narzędzie może się zagłębiać w materiał na różne sposoby (rys. 1).

	Symetryczne	Niesymetryczne	Naprzemienne	Niesymetryczne modyfikowane
Stała wartość zagłębiania				

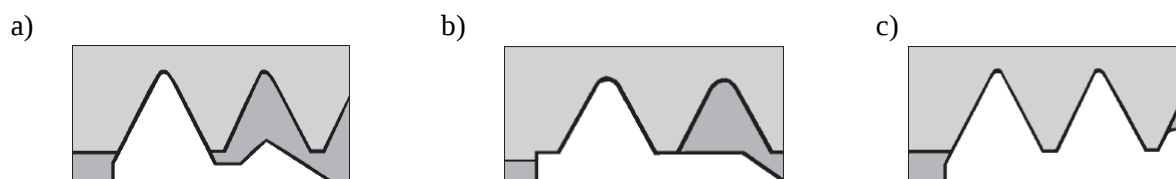


Rys. 1. Sposoby zagłębiania narzędzia w czasie nacinania gwintu

Wybór sposobu zagłębiania jest zależny od materiału (sposobu tworzenia się wióra) i wysokości gwintu. Dla gwintów o małych wysokościach ($H < 1.5 \text{ mm}$) można stosować zagłębianie symetryczne ze stałą wartością zagłębienia natomiast dla gwintów o większej wysokości należy stosować sposób zagłębiania inny niż symetryczny i najlepiej ze stałym przekrojem wióra.

Do obróbki gwintów na tokarkach CNC najczęściej wykorzystuje się narzędzia składane z płytkami z węglików spiekanych. Spotyka się trzy formy wykonania płytek do toczenia gwintów (rys. 2):

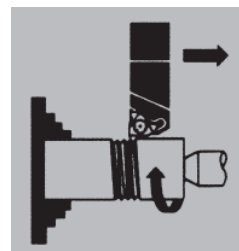
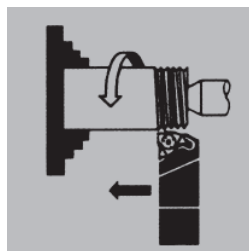
- ostrze tnące o uniwersalnej formie profilu (rys. 2a) – wykonywane są z kątem ostrza 55° lub 60° bez ostrzy do profilu pełnego. Przy pomocy jednej płytki możliwe jest nacinanie gwintów o różnym skoku (w określonym zakresie). Dla każdego skoku gwintu metrycznych występuje inny promień zaokrąglenia dna gwintu natomiast w przypadku stosowania płytki uniwersalnej wszystkie skoki mają taki sam promień. Dlatego też stosując płytki uniwersalne nie można wykorzystywać znormalizowane głębokości wrębów gwintów ale należy obliczać rzeczywistej głębokości gwintu dla każdego skoku w zależności od promienia naroża danej płytki.
- ostrze tnące o pełnym profilu (rys. 2b) – płytki te stosowane są do toczenia precyzyjnych gwintów bez gradu, o dokładnym skoku. Wadą tych płytek jest to, że jedną płytką można nacinąć gwint o takim samym skoku.
- wieloostrowe profile pełne, najczęściej o 2 – 3 ostrzach (rys. 2c) – płytki tego typu stosowane są do wysokowydajnego toczenia gwintów z mniejszą ilością przejść i dłuższą wytrzymałością. Wadą tych płytek, podobnie jak poprzedniej, jest to, że jedną płytką można nacinąć gwint o takim samym skoku.



Rys. 2. Formy wykonania płytek do toczenia gwintów: a) uniwersalna, b) jednoostrzowe o pełnym profilu, c) wieloostrowe o pełnym profilu

Bardzo ważnym zagadnieniem przy nacinaniu gwintów jest odpowiednie dobranie kierunku obrotów oraz kierunku ruchu posuwowego. W przypadku obrabiarek konwencjonalnych i sterowanych numerycznie, w których narzędzie znajduje się z przodu, przy nacinaniu gwintu prawego wrzeciono obraca się w prawo a narzędzie przesuwają w kierunku do wrzeciona (rys. 3.a). Natomiast w przypadku większości obrabiarek sterowanych numerycznie, w których narzędzie znajduje się za przedmiotem, aby naciąć prawy gwint wrzeciono obraca się w lewo a narzędzie przesuwają w kierunku od wrzeciona (rys. 3.b).





Rys. 3. Sposoby nacinania gwintu prawego na tokarce: a) narzędzie z przodu - obroty prawe, b) narzędzie z tyłu - obroty lewe

Należy zauważyć, że w tym przypadku narzędzie rozpoczyna ruch w materiale, co nie jest korzystne i wymaga wykonania specjalnego podcięcia w miejscu startu ruchu posuwowego.

W obrabiarkach, w których narzędzie znajduje się za materiałem, możliwe jest również zastosowanie kinematyki nacinania gwintu tak jak przedstawiono na rys. 3a (obroty prawy i posuw w kierunku do wrzeciona), ale wówczas narzędzie musi być zamocowane do góry nogami.

4. Programowanie obróbki w ShopTurn

4.1. Struktura programu

Firma Siemens opracowała specjalny system programowania tokarek instalowany w układach sterujących Sinumerik, o nazwie ShopTurn. Oprogramowanie to pozwala na szybkie zaprogramowanie obróbki na tokarce przedmiotów typu 2D, z wykorzystaniem specjalnych funkcji programowania wybieranych z dolnego menu w trybie pracy programowania:

	programowania ruchów po linii prostej i łukowej
	obróbki otworów: wiercenia, gwintowania, rozwiercania, nawiercania itp
	toczenie prostych kształtów: wybrania, podcięcia, gwintów itp,
	toczenie dowolnych kształtów definiowanych zarysem,
	Frezowanie gniazd, rowków oraz zarysów,
	Inne funkcje: transformacje układu współrzędnych, powtórzenia, podprogramy,

Utworzenie nowego programu oraz wybór programu do edycji odbywa się tak samo jak dla programowania ISO, z tym że w czasie tworzenia nowego programu należy zaznaczyć, w bocznym menu, klawisz ShopTurn.

Aby wykonać całą część muszą być zaprogramowane różne rodzaje zabiegów obróbkowych, ruchy narzędzia, polecenia do maszyny itp. Program tworzony w ShopTurn zapisywany jest w blokach, które zawierają nie tylko zapis pojedynczych ruchów narzędzia, jak to było w przypadku programowania ISO, ale również zapis całych zabiegów obróbkowych jak np. obróbka podcięcia. Struktura takiego programu przedstawiono na rys. 4.

ZADANIE6		
P	N5 ZADANIE6	Work offs 1 G54
T	N10 TURNING	T=ROUGHING_T80 A V1=150M
→	N15 RAPID X55 Z0	
→	N20 F0.15/rev X-0.5	
→	N25 Z2	
→	N30 RAPID X55	
	N35 K1	
	N40 Stock removal ▽	T=ROUGHING_T80 A F0.2/rev V150M
	N45 Resid. cutting ▽	T=FINISHING_T35 A F0.2/rev V150M
	N50 Stock removal ▽▽▽	T=FINISHING_T35 A F0.1/rev V150M
	N55 Thread long. ▽+▽▽▽	T=THREADING_T00L1 P2mm S500U Outs
	N60 Drilling centric 	T=DRILL_5 F100/min V1000M Z0=0
END	Program end	N=1

Rys. 4. Struktura programu utworzonego w ShopTurnl

Program utworzony z ShopTurn składa się z 3 zasadniczych części:

- nagłówek programu, w którym zdefiniowany jest półfabrykat oraz inne parametry aktywne w całym programie jak: jednostka miary, układ współrzędnych itp.,
- ciało programu (bloki programu),
- koniec programu.

W poszczególnych kolumnach tej struktury programu występują kolejno (rys. 4):

- graficzne przedstawienie danego zabiegu obróbkowego,
- klamra łącząca poszczególne bloki programu w jeden zabieg, w przypadku zabiegów, w których wymagana jest większa liczba bloków, np toczenie konturu,
- numer bloku programu – generowany automatycznie,
- nazwa zabiegu,
- oznaczenie rodzaju obróbki: ▽ - zgrubna, ▽▽▽ - wykańczająca,
- inne informacje zależne od zabiegu: numer lub nazwa narzędzia, współrzędne osi, parametry obróbki itp.

W czasie edycji poszczególnych zabiegów obróbkowych w bocznym menu dostępne są następujące klawisze:



Akceptacja wprowadzonych danych. Klawisz ten jest dostępny tylko wtedy, gdy prowadzone dane są formalnie poprawne,

Rezygnacja z wprowadzonych danych,

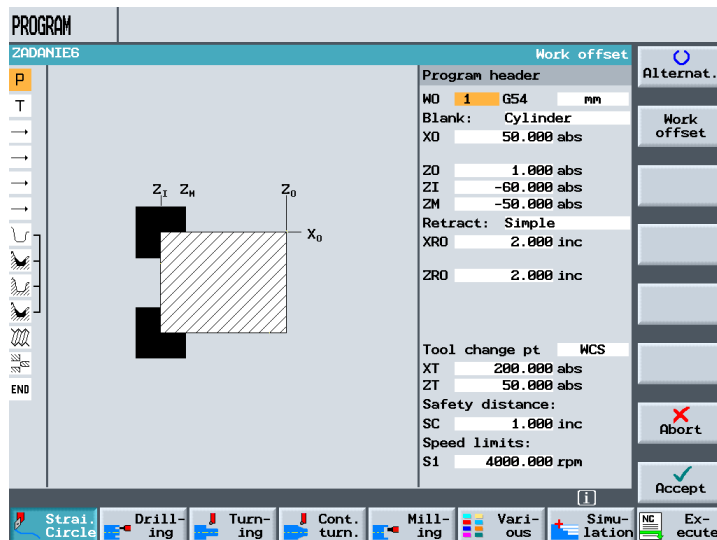
Wybór alternatywny. Klawisz ten jest dostępny tylko wtedy gdy przy edycji danego pola możliwe jest wprowadzanie alternatywnych danych, np. oznaczenie osi, wybór układu współrzędnych itp.

Należy również zwracać uwagę na komunikaty wyświetlane w górnym pasku okna programu, w którym wyświetlany jest krótki opis aktualnie edytowanego pola.

Wygląd podpowiedzi graficznej można zmienić wciskając klawisz  na pulpicie maszynowym.

4.2. Edycja nagłówka programu

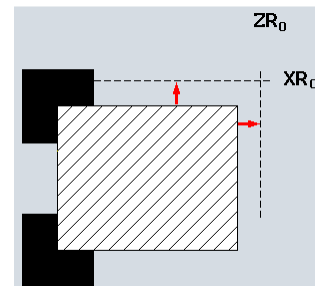
Po rozpoczęciu pisania nowego programu automatycznie wyświetlane zostanie okno edycji nagłówka programu (rys. 5).



Rys. 5. Widok okna programu ShopTurn w czasie edycji nagłówka

W tym oknie kolejno edytowane są następujące dane (rys. 5):

- W0 - wybór układu współrzędnych: G54, G55, G56 itp. (wybierane klawiszem Alternat.),
- jednostka miary: milimetry, cale,
- dane półfabrykatu – możliwe są do wyboru następujące rodzaje półfabrykatu:
 - wałek (cylinder),
 - rura (pipe),
 - pręt o przekroju prostokątnym (rectangle),
 - pręt o przekroju wielokąta (N corner),
- wymiary półfabrykatu względem przyjętego układu współrzędnych – dla wałka:
 - X0 – średnica zewnętrzna,
 - Z0 – współrzędna płaszczyzny czołowej półfabrykatu
 - ZI – współrzędna Z drugiego końca pręta,
 - ZM – współrzędna Z na czole uchwytu,
- wymiary płaszczyzn retrakowych - poza tymi płaszczyznami narzędzie może przemieszczać się ruchem szybkim. Wymiary te można wprowadzać absolutnie lub inkrementalnie (zalecane). Dla wałka prostego występują dwa wymiary:
 - XR0 – w osi X,
 - ZR0 – w osi Z,
- punkt wymiany narzędzi (XT, ZT) – punkt wymiany narzędzi może być zdefiniowany we współrzędnych maszynowych (MCS) lub przedmiotu (WCS),
- odległość bezpieczeństwa (SC) – odległość zatrzymania ruchu szybkiego od nieobrobionego materiału
- ograniczenie prędkości obrotowej dla obróbki ze stałą prędkością skrawania S1.



4.3. Programowanie ruchów po linii prostej i łukowej

4.3.1. Wybór narzędzia

Przed obróbką z wykorzystaniem ruchów po linii prostej należy wybrać narzędzie. W tym celu w dolnym menu należy wybrać opcję , a następnie w bocznym menu opcję



Po wyświetleniu okna parametrów skrawania narzędzia należy wprowadzić następujące wartości:

- nazwę narzędzia – można wykorzystać klawisz Tools w celu wyświetlenia tabeli narzędzi,
- numer korektora narzędzia D,
- prędkość obrotowa wrzeciona S1 lub prędkość skrawania V1 – wybór klawiszem Alternat.
- wybór płaszczyzny – dla toczenia należy wybrać TURNING klawiszem Alternat.

Tool	
T	ROUGHING_T80 A D1
V1	150 m/min
Plane select:	
	TURNING

4.3.1. Programowanie ruchu

Proste programowanie ruchu po linii łukowej w systemie ShopTurn jest rzadko stosowane dlatego też nie zostanie tutaj omówione.

Częściej stosowane jest programowanie ruchu po linii prostej, np. w celu planowania powierzchni czołowej.

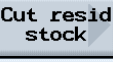
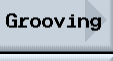
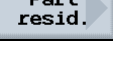
Aby zaprogramować ruch po linii prostej należy w dolnym menu wybrać opcję , a następnie z bocznego menu opcję . Po wyświetleniu okna edycji parametrów ruchu po linii prostej należy wprowadzić tylko te wartości, które zmieniają swoją wartość.

- współrzędna X końca ruchu,
- współrzędna Z końca ruchu,
- współrzędna Y rzeczywista lub wirtualna (w tym ćwiczeniu nie wprowadzamy),
- współrzędna C (obrót wrzeciona – nie wprowadzamy),
- ZGS – nie wprowadzamy,
- wartość posuwu F – może być wartość liczbowa lub rapid – gdy posuw szybki (wybierany klawiszem w bocznym menu).

Straight	
X	-0.500 abs
Z	abs
Y	abs
C	abs
ZGS	abs
F	0.150 mm/rev
Radius compens:	

4.4. Programowanie obróbki dowolnego zarysu

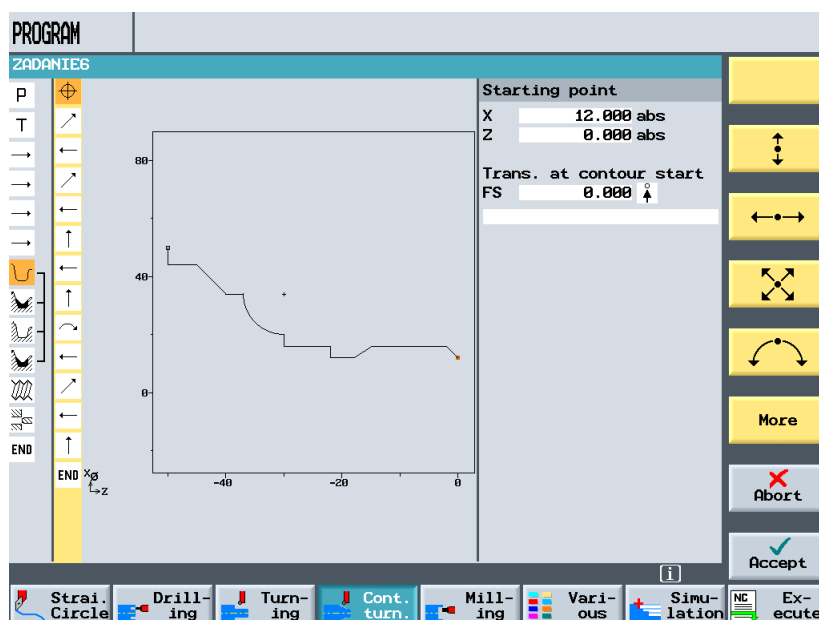
Ta opcja programu umożliwia zaprogramowanie obróbki dowolnego zarysu zewnętrznego lub wewnętrznego. Po wybraniu w dolnym menu funkcji , w bocznym menu dostępne są następujące opcje:

	Definicja nowego konturu
	Wybieranie materiału
	Wybieranie resztek materiału, gdy poprzednie narzędzie nie mogło go wybrać.
	Toczenie rowków
	Wybieranie resztek materiału z rowka
	Obróbka dwukierunkowa np. nożem z okrągłą płytką
	Wybieranie resztek materiału przy obróbce dwukierunkowej

Ten sposób programowania składa się z co najmniej dwóch bloków. W pierwszym bloku definiuje się zarys (kontur) a w następnych blokach definiuje się obróbkę.

4.4.1. Edycja konturu

Aby zdefiniować nowy kontur należy w bocznym menu wybrać opcję  a następnie należy wprowadzić jego nazwę. Na początku definicji konturu należy współrzędne punktu początkowego konturu. Po zaakceptowaniu tych wartości wyświetlone zostanie okno edycji konturu z liniowym przedstawieniem jego kształtu (rys. 6). W bocznym menu tego okna dostępne są klawisze edycji elementów konturu (Tabela 1).



Rys. 6. Widok okna programu w czasie edycji konturu

Tabela 1. Dostępne elementy konturu oraz ich parametry

Klawisz	Opis	Dostępne parametry
	Linia prosta równoległa do osi X	X – współrzędna X końca elementu
	Linia prosta równoległa do osi Z	Z – współrzędna Z końca elementu
	Dowolna linia prosta	X – współrzędna X końca elementu Z – współrzędna Z końca elementu $\alpha 1$ – kąty pochylenia linii względem osi Z $\alpha 2$ – kąt pochylenia linii względem poprzedniego elementu
	Linia łukowa	Dir – kierunek łuku (klawisz Alternat.) R – promień łuku, X – współrzędna X końca łuku Z – współrzędna Z końca łuku I – współrzędna środka łuku w osi X

		K – współrzędna środka łuku w osi K $\alpha 2$ – kąt pomiędzy linią styczną do łuku w punkcie początkowym i poprzednim elementem
--	--	---

Z lewej strony tego okna (na żółtym tle) wyświetlana jest struktura konturu z graficznym przedstawieniem poszczególnych elementów.

Dla każdego elementu konturu dostępny jest również parametr określający sposób połączenia z następnym elementem:

Trans. to next element
R 0.00

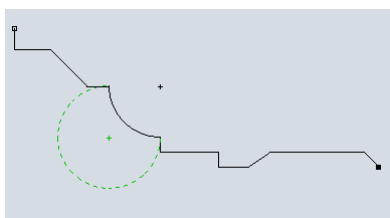
To połączenie może być z zaokrągleniem lub załamaniem krawędzi. Wybór sposobu przejścia możliwy jest po naciśnięciu klawisza Alternat w czasie edycji tego pola. Gdy wprowadzono zerową wartość zaokrąglenia lub załamania krawędzi wówczas krawędź pomiędzy tymi elementami konturu będzie ostra.

W czasie edycji konturu, zależnie od sytuacji, dostępne są specjalne klawisze:

Tangent prev. elem	Określenie, że dany element konturu ma być styczny do poprzedniego elementu,
Delete element	Usunięcie danego elementu konturu
All para- meters	Wyświetlenie wszystkich parametrów elementu konturu
Change selection	Zmiana wyboru rozwiązania w przypadku kilku możliwych rozwiązań kształtu zarysu
✗ Abort	Rezygnacja z wprowadzonych parametrów elementu konturu
✓ Accept.	Akceptacja parametrów elementu konturu. Klawisz dostępny jeśli wprowadzone parametry są formalnie poprawne

W czasie wprowadzania elementów konturu nie muszą być wprowadzone wszystkie parametry danego elementu. Wprowadza się tylko te, które są znane i jednoznaczne, a pozostałe parametry muszą wynikać z powiązania poszczególnych elementów. Jednym z elementów wiążących poszczególne elementy konturu jest styczność do poprzedniego elementu, którą należy zaznaczyć, jeśli występuje.

Czasami może zaistnieć sytuacja, że przy danych parametrach elementów konturu występuje kilka równoważnych rozwiązań konturu. Wówczas na ekranie zostanie wyświetlone pierwsze możliwe rozwiązanie (rys. 7 – linia ciągła) oraz następne rozwiązanie (linia przerywana).



Rys. 7. Widok ekranu z alternatywnym rozwiązaniem konturu

W tym czasie w bocznym menu dostępne są klawisze:

Dialog select	Wyświetlenie kolejnego możliwego rozwiązania
------------------	--



Wybór wyświetlonego na ekranie rozwiązania konturu

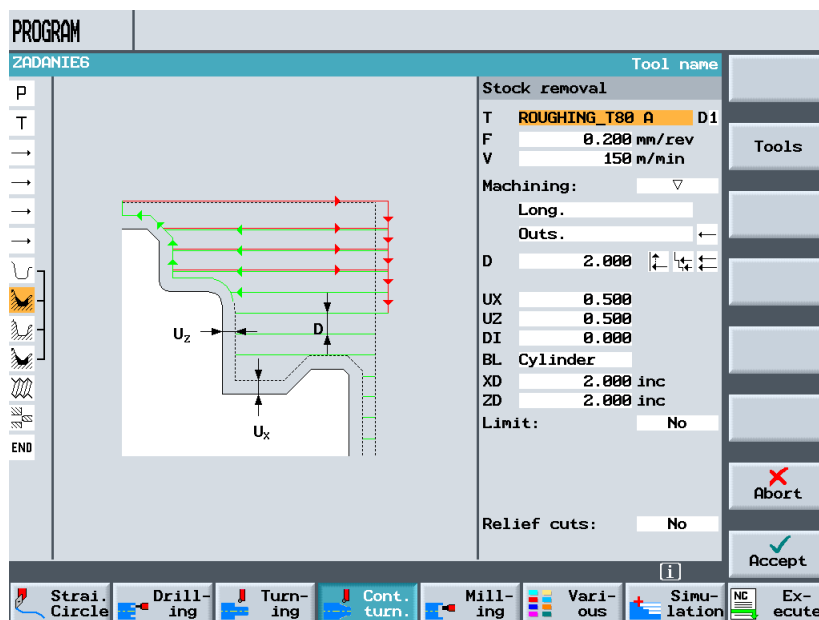
Po wprowadzeniu wszystkich elementów konturu należy zatwierdzić je klawiszem



4.4.2. Obróbka zarysu

Edycja parametrów zabiegu obróbki dowolnego zarysu zależy od rodzaju obróbki. W tym opracowaniu przedstawiona zostanie tylko edycja parametrów obróbki zarysu o dowolnym kształcie.

Po zdefiniowaniu konturu należy wywołać zabieg obróbki wybierania materiału klawiszem . W oknie edycji tego zabiegu występują następujące parametry (rys. 8):



Rys. 8. Widok ekranu edycji zabiegu wybierania materiału

- T – nazwa narzędzia – przy pomocy klawisza Tools można wywołać tabelę narzędzi,
- F – posuw - posuw można wprowadzać w jednostkach [mm/obr] lub [mm/min], zmiana jednostek klawiszem „Alternat”,
- V/S – prędkość skrawania/prędkość obrotowa – zmiana klawiszem „Alternat.”,
- Machining – rodzaj obróbki: ▽ - zgrubna, ▽▽▽ - wykańczająca,
- Kierunek obróbki:
 - long. – wzdłużnie,
 - face – poprzecznie
 - contour parraler – równoległe do konturu,
- Rodzaj obróbki:
 - Outs. – zewnątrz,
 - Insid – wewnątrz (otwór),
- D – grubość warstwy skrawanej (na stronę),
- UX, UZ – naddatek na obróbkę wykańczającą odpowiednio w osi X i Z,
- DI – szerokość tarczy (dla obróbki wielu części w jednym zamocowaniu),

BL – ograniczenie obszaru obróbki (półfabrykatu). Ograniczenie to może być:

- Cylinder – półfabrykat walcowy parametry XD i ZD,
- Allowance – stała odległość od konturu,
- Contour – zdefiniowany kontur (półfabrykat nieregularny,

Limits – dodatkowe ograniczenie ruchu narzędzia,

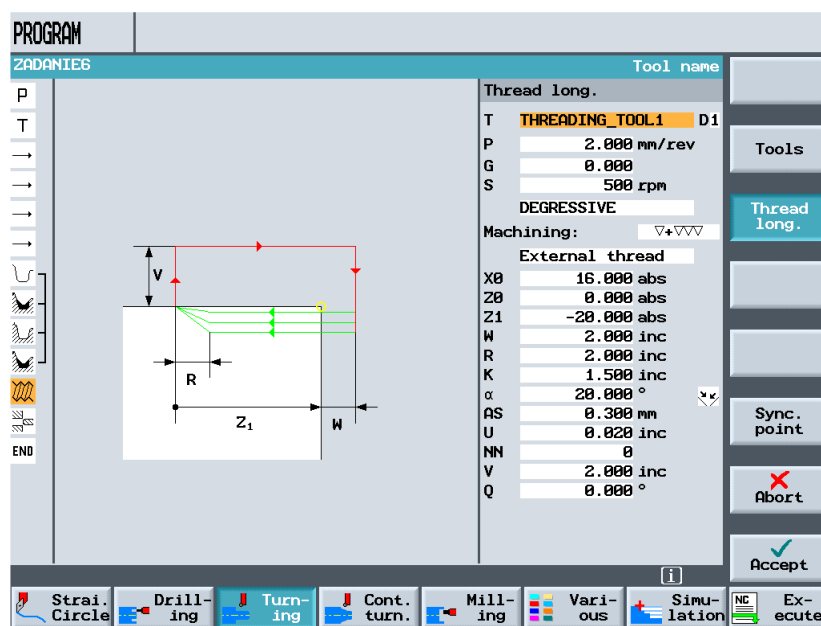
Relied cuts – obróbka podcięć. Zwykle kształt narzędzia decyduje, czy występujące podcięcia mają być obrabiane. Jeśli kształt narzędzia na to nie pozwala można ten materiał usunąć funkcją wybierania resztek.

4.4.3. Wybieranie resztek

Definicja tego zabiegu jest bardzo podobna do poprzedniego zabiegu, z tym że występuje tutaj jeden dodatkowy parametr określający wartość posuwu przy zagłębianiu skośnym.

4.5. Toczenie gwintów

Aby zaprogramować zabieg nacinania gwintu należy w dolnym menu wybrać opcję  a następnie z bocznego menu opcję . W oknie edycji zabiegu gwintowania należy wprowadzić następujące parametry (rys. 9):



Rys. 9 Okno edycji zabiegu toczenia gwintu

T – nazwa narzędzia – można przy pomocy klawisza Tools wywołać tabelę narzędzi,

P – skok gwintu,

G – przyrost gwintu na obrót wrzeciona – dla gwintów o zmiennym skoku,

V/S – prędkość skrawani lub prędkość obrotowa wrzeciona – zalecana stała prędkość obrotowa,

Sposób zagłębiania narzędzia w materiał:

- DEGRESSIVE – stały przekrój wióra (zalecane),
- LINEAR – stała wartość zagłębienia,

Machining - rodzaj obróbki: ∇ - zgrubna, $\nabla\nabla\nabla$ - wykańczająca, $\nabla+\nabla\nabla\nabla$ - zgrubna i wykańczająca (zalecane),

Miejsce obróbki:

- External thread – gwint zewnętrzny,
- Internal thread – gwint wewnętrzny,

X0, Z0 – określenie punktu charakterystycznego gwintu (żółte kółko),

Z1 – współrzędna końca gwintu łącznie z wybiegiem,

W – dobieg,

R – długość wybiegu,

K – głębokość gwintu,

A – kąt zagłębienia narzędzia dla zagłębiania skośnego (zalecane),

AS – wartość pierwszego zagłębienia,

U – naddatek na obróbkę wykańczającą,

NN – liczna przejść dogładzających,

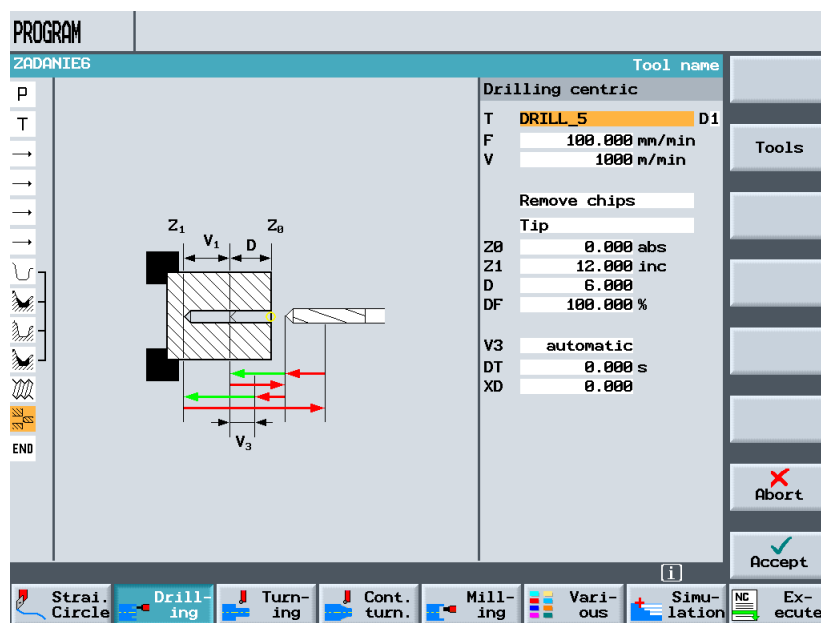
V – odsunięcie narzędzia od przedmiotu przy ruchu powrotnym,

Q – kąt początkowy gwintu – parametr istotny dla gwintów wielokrotnych.

4.6. Wiercenie otworów osiowych

Otworki osiowe najczęściej wykonuje się przy pomocy nieruchomego wiertła zamocowanego we głowicy narzędziowej przy obracającym się wrzecionie. Przy definicji wiertła w tabeli narzędziowej należy zwrócić szczególną uwagę na kierunek obrotów wrzeciona, w tym przypadku kierunek obrotów wrzeciona musi być prawy.

Aby zaprogramować obróbkę otworu osiowego należy w dolnym menu wybrać opcję  a następnie w bocznym menu opcję . W oknie edycji parametrów tego zabiegu należy wprowadzić następujące parametry (rys. 10):



Rys. 10. Okno edycji parametrów wiercenia osiowego

T – nazwa narzędzia,

F – prędkość posuwowa,

V/S – prędkość skrawania lub prędkość obrotowa,

Sposób obróbki:

- Remove chips – z usuwaniem wióra
- Chipbreaking – łamanie wióra,

Sposób wymiarowania dna otworu:

- Tip – koniec wiertła,
- Shank – koniec części walcowej,

Z0 – współrzędna początkowa otworu,

Z1 – współrzędna dna otworu,

D – głębokość jednego zagłębienia,

DF – procentowa zmiana wielkości kolejnych zagłębień,

V3 – bezpieczna odległość przy kolejnym zagłębieniu,

DT – przerwa czasowa na dnie otworu,

XD – przesunięcie osiowe narzędzia (najczęściej 0).

5. Wykonanie ćwiczenia

Aby dane zadanie uznane było za poprawne należy wykonać następujące czynności:

- rysować na rysunku przedmiotu poprawny układ współrzędnych,
- dobrać narzędzia do poszczególnych zabiegów obróbkowych,
- dobrać parametry skrawania i obliczyć parametry obróbki,
- zdefiniować nowe narzędzia w tabeli magazynu narzędziowego,
- zdefiniować półfabrykat z naddatkiem 1mm na czole,
- zaprogramować obróbkę czola przedmiotu przy wykorzystaniu ruchów po linii prostej,
- utworzyć kontury zarysu,
- zdefiniować obróbkę zgrubną z wykorzystaniem narzędzia typu zdzierak, z naddatkiem ok 0,5 mm
- zdefiniować obróbkę resztek materiału z wykorzystaniem odpowiedniego narzędzia do obróbki kształtowej,
- zdefiniować obróbkę wykańczającą zarysu,
- zdefiniować obróbkę toczenia gwintu,
- zdefiniować obróbkę wiercenia otworu osiowego,
- przeprowadzić symulację graficzną obróbki w celu sprawdzenia poprawności programu.

6. Wymagania

Przed przystąpieniem do ćwiczenia wymagana jest wiedza z zakresu:

- podstaw obróbki skrawaniem: dobór narzędzi, parametrów skrawania oraz obliczania parametrów obróbki,
- podstaw technologii obróbki: toczenie i obróbka gwintów,
- podstawy programowania obrabiarek CNC,
- zapis i zasady korzystania oprogramowania ShopTurn.

7. 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 5.