

**Politechnika Poznańska
Instytut Technologii Mechanicznej**

Programowanie obrabiarek CNC

Nr 4

Programowanie obróbki w systemie ShopMill

Opracował:
Dr inż. Wojciech Ptaszyński

Poznań, 2015-03-05

1. Cel ćwiczenia

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

2. Programowanie warsztatowe

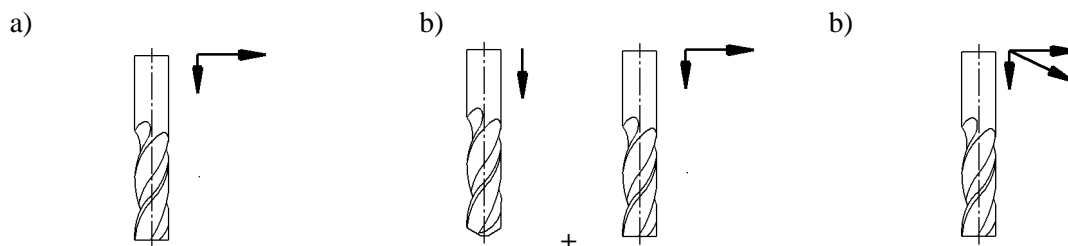
Programowanie WOP (*Workshop Orienting Programming pol. programowanie orientowane warsztatowo*) jest to programowanie wykonywane bezpośrednio w układzie sterującym obrabiarki, a więc na warsztacie, poprzez wykorzystanie specjalistycznego oprogramowania zainstalowanego w układzie sterującym. Oprogramowanie 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 przesyłać 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. Obróbka gniazd

Frezy przeznaczone są głównie do wykonywania obróbki powierzchnią walcową. W przypadku obróbki wysp zwykle możliwe jest tak prowadzenie narzędzia, aby obróbka zawsze była wykonywana powierzchnią walcową freza. Natomiast w przypadku obróbki gniazd zawsze istnieje konieczność zagłębiania narzędzia w materiał.



Rys. 1. Metody zagłębiania narzędzia w materiał

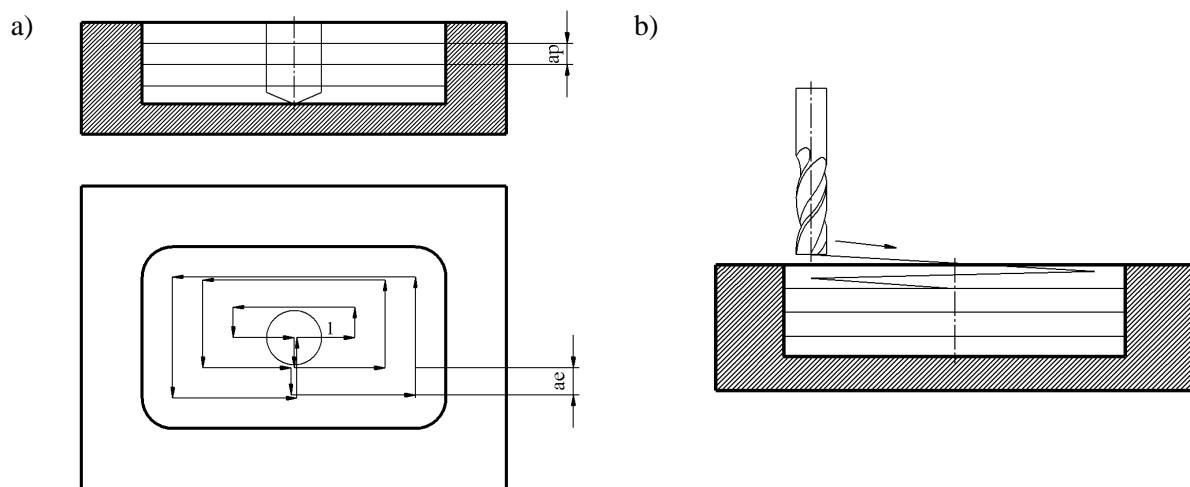
Można wyróżnić trzy metody zagłębiania narzędzia w materiał (rys. 1):

- z zastosowaniem freza monolitycznego z możliwością skrawania osiowego (rys. 1a). W tym przypadku najpierw narzędzie zagłębia się osiowo w materiał, na głębokość warstwy skrawanej, a następnie wybiera resztę materiału. Wadą tej metody są bardzo trudne warunki skrawania w osi narzędzia w czasie zagłębiania osiowego, co ma wpływ na trwałość narzędzia. Ponieważ przy danej prędkości obrotowej w osi narzędzia jest zerowa prędkość skrawania (średnica skrawania równa zero), materiał nie jest skrawany, ale

- wygniatany. Aby uniknąć uszkodzenia narzędzia w ruchu zagłębiania narzędzia należy zmniejszyć wartość posuwu wgłębnego do około 25% dobranego posuwu frezowania,
- z wykorzystaniem wiertła oraz freza z możliwością zagłębiania osiowego (rys. 1b). Wiertło wykonuje otwór na głębokość gniazda a następnie frez zagłębia się w tym samym miejscu. Średnica wiertła może być mniejsza od średnicy zastosowanego freza. W tym przypadku podczas wiercenia również występują trudne warunki skrawania, ale wiertło jest do tej operacji odpowiednio przygotowane. W tej operacji musi być zastosowany frez z możliwością zagłębiania osiowego, ponieważ dno nawierconego otworu nie jest płaskie, ma charakterystyczne stożkowe zakończenie, które musi zostać obrobione. Wadą tej metody jest konieczność stosowania dwóch narzędzi,
 - z wykorzystaniem freza z możliwością zagłębiania skośnego (rys. 1.c). Frez najpierw wykonuje ruchy skośnie lub po linii spiralnej aż do osiągnięcia wymaganej głębokości skrawania, a następnie wybiera pozostały materiał gniazda. Ta operacja jest wykonywana aż do wybrania materiału z całego gniazda. W tej metodzie należy zwrócić szczególną uwagę, aby kąt zagłębiania nie był zbyt duży, szczególnie dla frezów składanych, dla których maksymalna wartość tego kąta jest określona przez producenta narzędzia.

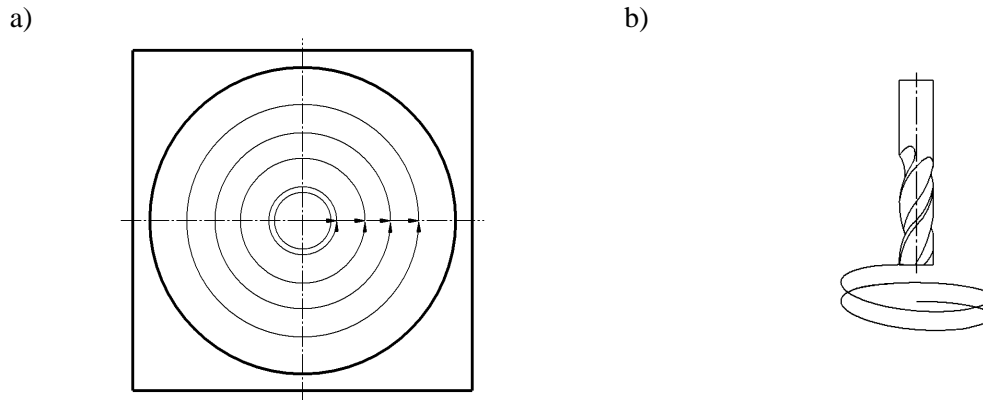
Wybierając metodę obróbki najpierw powinniśmy wybrać metodę z nawierceniem, a gdy z pewnych względów nie jest to możliwe to wybieramy metodę z zagłębianiem skośnym a na samym końcu metodę z zagłębianiem osiowym.

Programując obróbkę gniazda należy starać się, aby narzędzie zagłębiało się w materiał w środku gniazda, a następnie stopniowo, od środka na zewnątrz, wybierało materiał aż do krawędzi gniazda. Schemat przykładowego wybierania materiału z gniazda prostokątnego, ze wstępnym nawierceniem przedstawiono na rys. 2a natomiast przykład zagłębiania skośnego dla gniazda prostokątnego na rys. 2b.



Rys. 2. Obróbka gniazda prostokątnego: a) wybieranie materiału, b) zagłębianie skośne

Przy obróbce gniazda okrągłego również zagłębianie powinno być wykonane w środku gniazda, natomiast wybieranie materiału powinno być wykonywane po okręgach centrycznych stopniowo od środka na zewnątrz, aż do krawędzi gniazda (rys. 3a).



Rys. 3. Obróbka gniazda okrągłego: a) wybieranie materiału, b) zagłębianie po linii śrubowej (helikalne)

W przypadku zagłębiania skośnego, szczególnie dla gniazd okrągłych, stosuje się zagłębianie po linii śrubowej (helikalnej). W tym przypadku zapis interpolacji kołowej jest rozszerzony o adres Z, w którym podaje się również współrzędną osi Z po zakończeniu interpolacji kołowej (rys. 3):

G02/G03 X... Y... Z... I... J...

- Przy dobieraniu parametrów obróbki gniazd należy kierować się następującymi uwagami:
- jeśli, ze względu na głębokość gniazda, obróbka musi być wykonywana w kilku przejściach, wówczas w kolejnych przejściach na ściankach bocznych należy pozostawić naddatek, który powinien być zebrany w jednym przejściu na całej wysokości gniazda, narzędziem o odpowiednio długiej krawędzi. Umożliwi to uzyskanie lepszej jakości powierzchni bocznej, bez śladów kolejnych przejść,
 - jeśli producent narzędzia nie określił inaczej to głębokość jednego zagłębienia (grubość warstwy skrawanej a_p) w czasie wybierania materiału, należy przyjąć jako:

$$a_p = (0.25 \div 0.5) \cdot D$$

gdzie: D – średnica narzędzia,

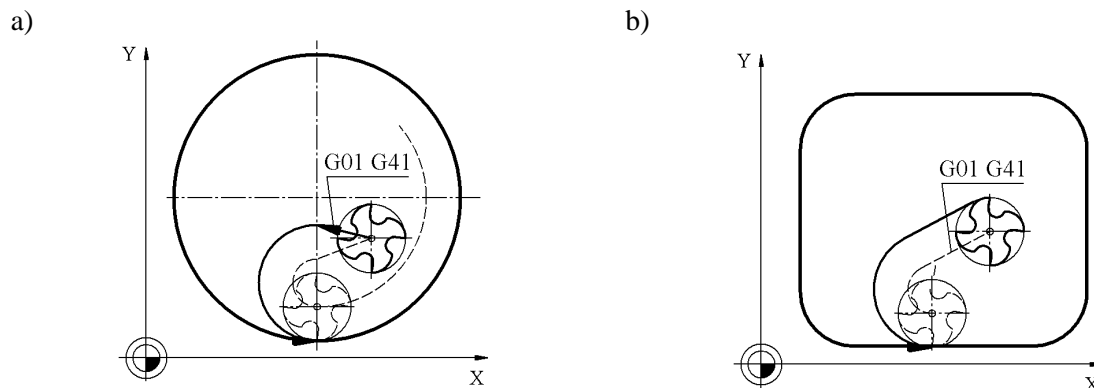
- przy obróbce wykańczającej boków gniazda należy zwrócić uwagę czy całkowita długość części roboczej narzędzia jest dłuższa niż wysokość boku gniazda,
- szerokość skrawania a_e najczęściej przyjmuje się jako:

$$a_e = 0.5 \cdot D$$

gdzie: D – średnica narzędzia

- przy frezowaniu gniazda prostokątnego promień narzędzia powinien być mniejszy od najmniejszego promienia wewnętrznego. W ostateczności promień narzędzia może być równy najmniejszemu promieniowi wewnętrznemu, ale wówczas nie uzyska się wysokiej jakości powierzchni bocznej,
- przy zagłębianiu po linii śrubowej promień okręgu, po którym wykonywany jest ruch zagłębiania, powinien być nieznacznie mniejszy od promienia narzędzia. Po osiągnięciu płaszczyzny obróbki należy wykonać ruch kołowy bez zmiany osi Z, aby odpowiednio wybrać materiał pod skośnym zagłębieniem,

- przy obróbce wykańczającej boków gniazda należy wykorzystywać kompensację promienia narzędzia, przy czym dojście i odejście od zarysu powinno być wykonane stycznie możliwie styczne (rys. 4).








Rys. 4. Obróbka wykańczająca gniazda z wykorzystaniem kompensacji promienia narzędzia

4. Programowanie obróbki w ShopMill

4.1. Struktura programu

Firma Siemens opracowała specjalny system programowania frezarek instalowany w układach sterujących Sinumerik, o nazwie ShopMill. Oprogramowanie to pozwala na szybkie zaprogramowanie obróbki na frezarce przedmiotów typu 2.5D, z wykorzystaniem specjalnych funkcji programowania, wybieranych z dolnego menu w trybie pracy programowania:

| | |
|---|--|
|  Strai. Circle | programowania ruchów po linii prostej i łukowej |
|  Drill-ing | obróbki otworów: wiercenia, gwintowania, rozwiercania, nawiercania itp |
|  Mill-ing | frezowania prostych kształtów: gniazd i wysp prostokątnych oraz okrągłych, faszolek frezowanie płaszczyzn oraz grawerowanie, |
|  Cont. mill. | frezowania dowolnych kształtów: wysp, gniazd, ścieżek, możliwość obróbki wstępnej oraz z wybieraniem reszkowym, |
|  Vari-ous | 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 ShopMill.

Aby wykonać całą część muszą być zaprogramowane różne rodzaje zabiegów obróbkowych, ruchy narzędzia, polecenia do maszyny. Program tworzony w ShopMill 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 gniazda prostokątnego. Struktura takiego programu przedstawiono na rys. 5.

| P | N5 ZADANIE4 | Work offs 1 G54 |
|-----|--------------------|---|
| | N10 Rectang.pocket | T=CUTTER10 F0.02/t V150M X0=0 Y0=0 Z0=0 |
| | N15 Circ. pocket | T=CUTTER10 F0.02/t V150M Z1=10inc ø30 |
| | N20 ØØ1: Positions | Z0=0 X0=-47.5 Y0=-25 X1=47.5 Y1=-25 |
| | N25 K1 | |
| | N30 Path milling | T=CUTTER32 F0.02/t V150M Z0=0 Z1=5inc |
| END | Program end | N=1 |

Rys. 5. Struktura programu utworzonego w ShopMill

Program utworzony z ShopMill składa się z 3 zasadniczych części:

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

W poszczególnych blokach tego programu kolejno występują (rys. 5):

- graficzne przedstawienie danego zabiegu obróbkowego,
- klamra łącząca poszczególne bloki programu w jeden zabieg, w przypadku zabiegów, w których wymagana jest większa liczba bloków,
- 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 poprawne formalnie,



Rezygnacja z wprowadzonych danych,



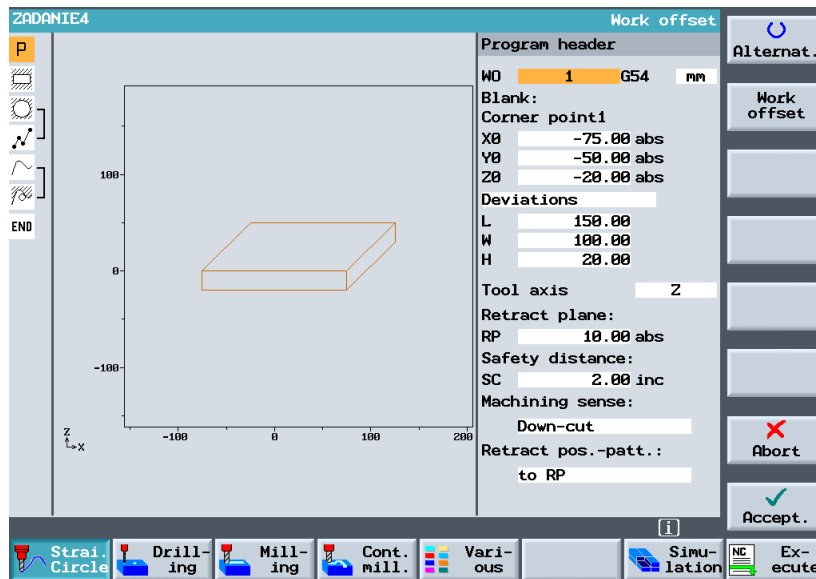
Wybór alternatywny. Klawisz ten jest dostępny tylko wtedy gdy przy edycji danego pola możliwe jest wprowadzanie alternatywnych danych, np. oznaczenie osi, wybór układu współrzędnych itp.

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. 6).



Rys. 6. Widok okna programu ShopMill w czasie edycji nagłówka

W tym oknie kolejno edytowane są następujące dane:

- W0 - wybór układu współrzędnych: G54, G55, G56 itp. (wybierane klawiszem Alternat.),
- jednostka miary: milimetry, cale,
- dane półfabrykatu (tylko półfabrykat sześcienny). Definicja półfabrykatu możliwa jest na dwa sposoby:
 - Deviation - przez podanie współrzędnych punktu minimalnego względem przyjętego układu współrzędnych przedmiotu oraz wymiarów przedmiotu (długość, szerokość, wysokość),
 - Corner point 2 – przez podanie współrzędnych dwóch punktów półfabrykatu: minimalnego i maksymalnego,
- Tool axis – oś narzędzia,
- RP – współrzędna płaszczyzny retrakowej (bezpiecznej) w osi narzędzia. Powyżej tej płaszczyzny narzędzie może przemieszczać się bezpiecznie z ruchem szybkim,
- SC – odległość bezpieczeństwa – jest to wartość dojścia i wybiegu narzędzia
- Machining sense – sposób obróbki Down-cut – współbieżnie, Up-cut – przeciwbieżnie,
- Retract pos.-patt. - sposób odsunięcia narzędzia na płaszczyznę bezpieczną
- to RP – na płaszczyznę retrakową,
- Optimized – na stałą odległość od przedmiotu.

Aby poprawić dane w nagłówku należy, w oknie przeglądania struktury programu, ustawić kursor na bloku nagłówka i wcisnąć klawisz Enter lub klawisz kursora →.



4.3. Edycja zabiegu obróbki gniazda

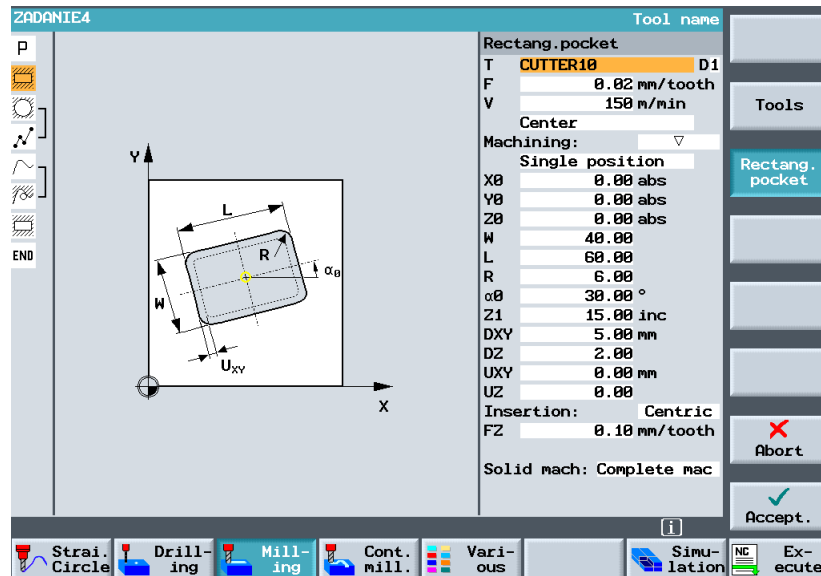
W systemie ShopMill możliwe jest programowanie obróbki gniazda prostokątnego i okrągłego. W obu przypadkach możliwe jest zaprogramowanie obróbki zgrubnej i wykańczającej.

W przypadku obróbki zgrubnej najpierw narzędzie zagłębia się na pierwszą głębokość a następnie wybiera materiał z gniazda pozostawiając na ściankach bocznych naddatek na obróbkę wykańczającą. Cały cykl powtarzany jest tak długo aż nie zostanie osiągnięta współrzędna dna gniazda, pozostawiając naddatek na obróbkę wykańczającą.

Dla poszczególnych rodzajów obróbki może być wybrane inne narzędzie.

W przypadku obróbki wykańczającej narzędzie obrabia tylko wskazane powierzchnie

Aby zaprogramować obróbkę gniazda prostokątnego należy w oknie przeglądania struktury programu, w dolnym menu, wybrać opcję , a następnie w bocznym menu klawisz . Następnie, w bocznym menu, należy określić rodzaj gniazda: okrągłe, prostokątne. Okno edycji tego zabiegu przedstawiono na rys. 7.

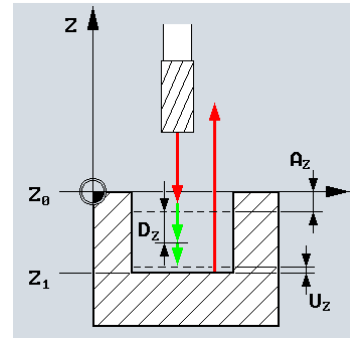


Rys. 7. Okno edycji obróbki gniazda prostokątnego

W tym oknie kolejno edytowane są następujące dane:

- T – nazwa narzędzia – przy pomocy klawisza Tool w bocznym menu można wyświetlić tabelę narzędzi i wybrać z niej właściwe narzędzie,
- D – numer rejestru korekcji narzędzia,
- F – posuw. Posuw może być wprowadzany w jednostce [mm/ostrze] lub [mm/min]. Wybór jednostki klawiszem Alternat.
- V – prędkość wrzeciona. Prędkość wrzeciona może być wprowadzane jako prędkość skrawania [mm/min] lub jako prędkość obrotowa wrzeciona [obr/min]. Wybór jednostki klawiszem Alternat.
- miejsce wymiarowania współrzędnych gniazda: w środku lub w jednym z czterech narożników
- Machining – rodzaj obróbki:
 - ▽ – zgrubna,
 - ▽▽▽ – wykańczająca,
 - ▽▽▽ wall – wykańczająca boków,
 - Chamfer – załamanie krawędzi gniazda – musi być wybrane odpowiednie narzędzie,
- liczba gniazd:
 - Single position – pojedyncze gniazdo
 - Position pattern – większa liczba gniazd, poszczególne współrzędne gniazd definiowane w opcji Pozycjonowanie,
- X0, Y0, Z0 - współrzędna gniazda na górnej powierzchni – pola dostępne gdy gniazdo pojedyncze,

- W, L – szerokość i długość gniazda,
- R – promień zaokrąglenia narożników gniazda,
- α_0 – kąt skrócenia gniazda,
- Z1 – głębokość gniazda liczona od współrzędnej Z0,
- DXY – maksymalna szerokość skrawania,
- DZ – maksymalna wartość głębokości skrawania,
- UXY – naddatek na obróbkę wykańczającą boków,
- UZ – naddatek na obróbkę wykańczającą dna gniazda,
- Insertion – sposób zagłębiania narzędzia w materiał i jego parametry:
 - Centric – centrycznie (nawiercanie),
 - FZ – posuw zagłębiania
 - helical – zagłębianie heliakalne,
 - EP – posuw zagłębiania na jeden pełen ruch kołowy,
 - ER – promień ruchu kołowego,
 - oscilat – zagłębianie oscylacyjne,
 - EW – kąt zagłębiania w [°]
- Solid mach – rodzaj obróbki i parametry:
 - Complete mac – wybieranie całego materiału z gniazda
 - Remachining - powtórne wybieranie:
 - AZ – wymiar wstępnego wybrania w osi Z,
 - W1 – wymiar W gniazda wybrania wstępnego,
 - L1 – wymiar L gniazda wybrania wstępnego.




Rys. 8. Parametry zabiegu

Po wprowadzeniu wszystkich elementów konturu należy zatwierdzić je klawiszem




4.4. Programowanie obróbki dowolnego zarysu

Ta opcja programu umożliwia zaprogramowanie obróbki dowolnego zarysu zewnętrznego (wyspy), wewnętrznego (gniazda) oraz obróbki po ścieżce. Po wybraniu tej funkcji klawiszem  w dolnym menu, w bocznym menu dostępne są następujące opcje:

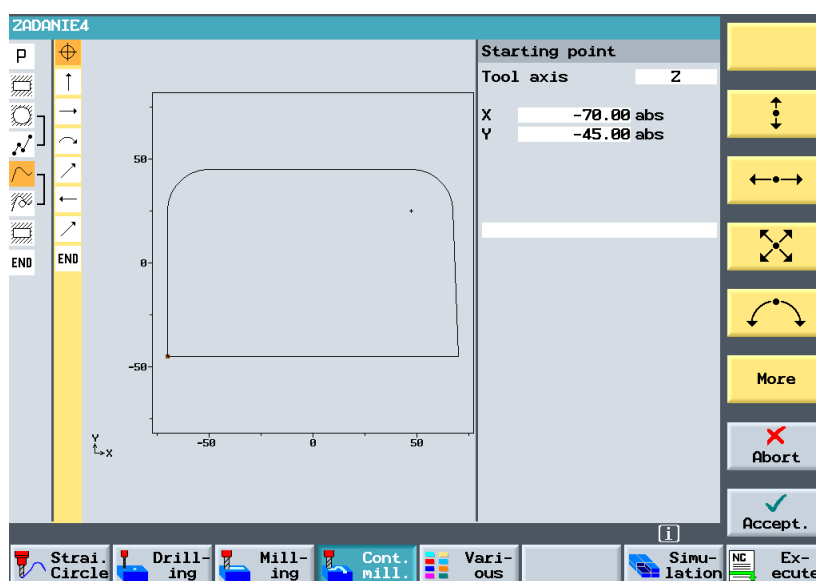
| | |
|------------------|--|
| New contour | Definicja nowego konturu |
| Path milling | Obróbka po ścieżce |
| Pre-drilling | Nawiercanie przed frezowaniem gniazd |
| Mill pocket | Frezowanie gniazd o zarysie dowolnym |
| Pocket res. mat. | Wybieranie resztek materiału, po obróbce zgrubnej narzędziem w większej średnicy |
| Mill spigot | Frezowanie wysp o dowolnym zarysie |
| Spigot res. mat. | Wybieranie resztek materiału przy obróbce wysp |

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 nazwę konturu.





Na początku definicji konturu należy określić oś narzędzia oraz wprowadzić współrzędne punktu początkowego konturu (rys. 9).



Rys. 9. Okno edycji dowolnego zarysu

Po zaakceptowaniu tych wartości wyświetlone zostanie okno edycji konturu z liniowym przedstawieniem jego kształtu (rys. 9). W bocznym menu tego okna dostępne są klawisze edycji elementów konturu (Tabela 1).

Tabela 1. Dostępne elementy konturu oraz ich parametry

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

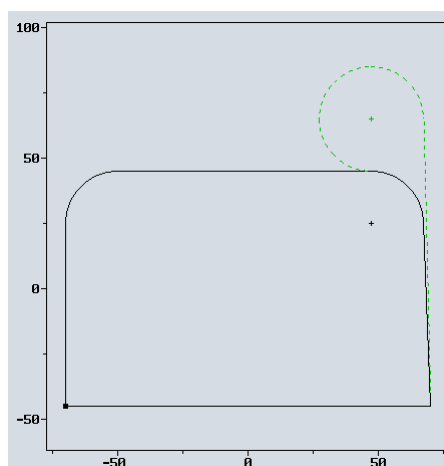
Trans. to next element
R

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 parameters | 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.



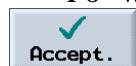
Rys. 10. Wybór jednego z kilku rozwiązań

Czasami może zaistnieć sytuacja, że przy danych parametrach elementów konturu występuje kilka równoważnych rozwiązań konturu. Wówczas na ekranie zostanie wyświetlone pierwsze możliwe rozwiązanie (rys. 10 – linia ciągła) oraz następne rozwiązanie (linia przerywana).

W tym czasie w bocznym menu dostępne są klawisze:

| | |
|---------------|--|
| Dialog select | Wyświetlenie kolejnego możliwego rozwiązania |
| Dialog accept | Wybór wyświetlonego na ekranie rozwiązania konturu |

Po wprowadzeniu wszystkich elementów konturu należy zatwierdzić je klawiszem




4.4.2. Obróbka wyspy o dowolnym zarysie

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

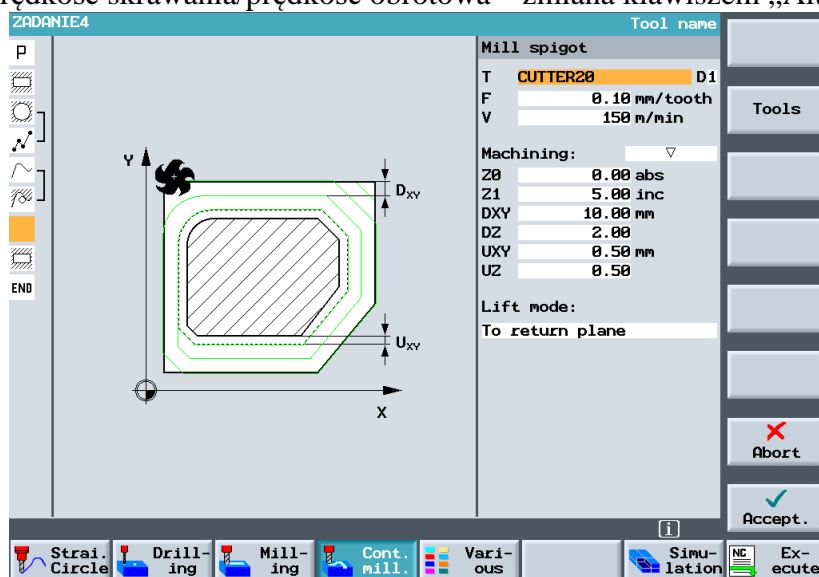
Aby zaprogramować obróbkę wyspy o dowolnym zarysie należy zdefiniować dwa zarysy:

- 1 – zarys półfabrykatu, poza tym zarysem narzędzie może przemieszczać się ruchem szybkim i nie może przecinać się z zarysem wyspy,
- 2 – zarys wyspy.

Taka kolejność definicji zarysów jest obowiązkowa.

Po zdefiniowaniu zarysów należy wywołać zabieg obróbki wyspy . W oknie edycji tego zabiegu występują następujące parametry:

- T – nazwa narzędzia,
- F – posuw - posuw można wprowadzać w jednostkach [mm/ząb] lub [mm/min], zmiana jednostek klawiszem „Alternat”,
- V/S – prędkość skrawania/prędkość obrotowa – zmiana klawiszem „Alternat.”,

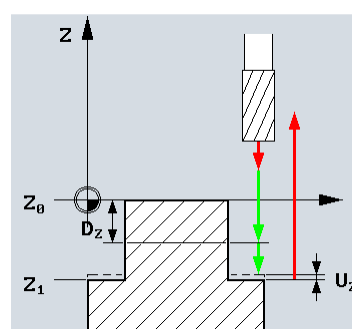


Rys. 11. Okno edycji zabiegu obróbki wyspy

Machining – rodzaj obróbki: ▽ - zgrubna, ▽▽▽ - wykańczająca,

Z0 – współrzędna Z płaszczyzny początkowej,

Z1 – głębokość lub współrzędna Z dnia wybrania,



Rys. 12. Parametry zabiegu

- DXY – szerokość skrawania; możliwe jest wprowadzanie absolutne lub jako % średnicy freza – zmiana klawiszem Alternat.
- DZ – głębokość jednego zagłębienia,
- UXY – naddatek na obróbkę wykańczając boków zarysu,
- UZ – naddatek na obróbkę wykańczającą dna,
- Lift mode – sposób wyjścia z materiału: na płaszczyznę retrakową lub na stałą odległość.

5. 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,
- zdefiniować nowe narzędzia w tabeli magazynu narzędziowego,
- dobrać parametry skrawania i obliczyć parametry obróbki,
- zaprogramować obróbkę zgrubną oraz wykańczającą gniazd,
- utworzyć 2 kontury: półfabrykatu oraz wyspy,
- zaprogramować obróbkę wyspy,
- 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: obróbka gniazd,
- podstawy programowania obrabiarek CNC,
- zapis i zasady korzystania oprogramowania ShopMill.

Do poprawnego wykonania ćwiczenia wymagane jest dobranie przed zajęciami dokładne dane narzędzia (liczba ostrzy, maksymalna głębokość skrawania a_{pmax}) parametrów obróbki (prędkość skrawania v_c , wartość posuwu na ostrze f_z) oraz wyliczenia parametrów skrawania (n – prędkość obrotowa wrzeciona i v_f – wartość prędkości posuwowej).

Dane do ćwiczenia 4:

- wymagane narzędzia: frez walcowy $\varnothing 16$, frez walcowy $\varnothing 32$, wiertło $\varnothing 8$,
- materiał obrabiany: stal C45.

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 3.