Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego | Rzeczpospolita Polska | Dofinansowane przez Unię Europejską

Politechnika Świętokrzyska
Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn

Kierunek studiów:
Mechanika i Budowa Maszyn

Mateusz Broniś
Natalia Kowalska

Materiały dydaktyczne do przedmiotu

Komputerowe wspomaganie procesów technologicznych

opracowane w ramach realizacji Projektu
„**Dostosowanie kształcenia w Politechnice Świętokrzyskiej do potrzeb współczesnej gospodarki**”
FERS.01.05-IP.08-0234/23

Kielce, 2025 r.

Spis treści

1. Proces technologiczny w programie CAM – moduł tokarski 3
2. Proces technologiczny w programie CAM – moduł frezarski 9
3. Proces technologiczny na symulatorze sterownika frezarki 14
4. Proces technologiczny na symulatorze sterownika tokarki 19
5. Spis literatury 26

Utwór objęty licencją Creative Commons BY 4.0.

Licencja dostępna pod adresem: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

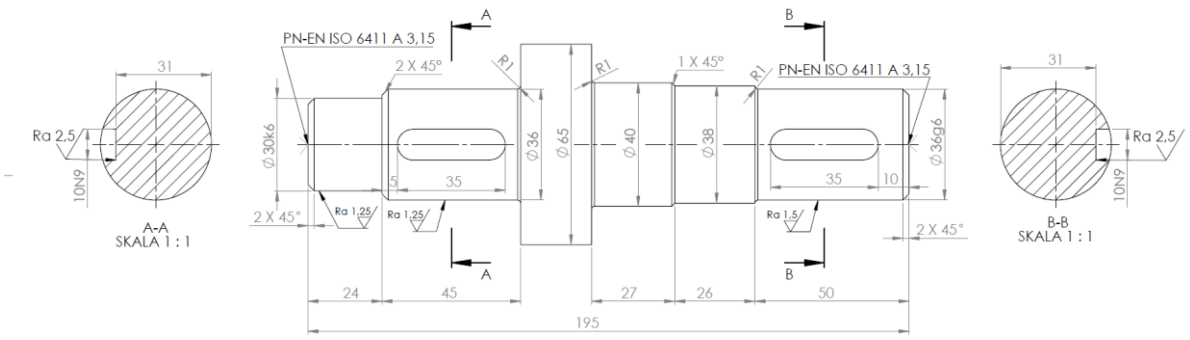
1. Proces technologiczny w programie CAM – moduł tokarski

Pierwszy temat dotyczyć będzie przygotowania procesu technologicznego na podstawie części typu wał z zastosowaniem modułu tokarskiego.

1. Modelowanie części w środowisku CAD

Na początku zamodeluj wał przedstawiony na rysunku poniżej w wybranym oprogramowaniu CAD (SOLIDWORKS, NX Siemens lub inne).

[Tekst alternatywny. Rysunek techniczny przykładowego wału.]



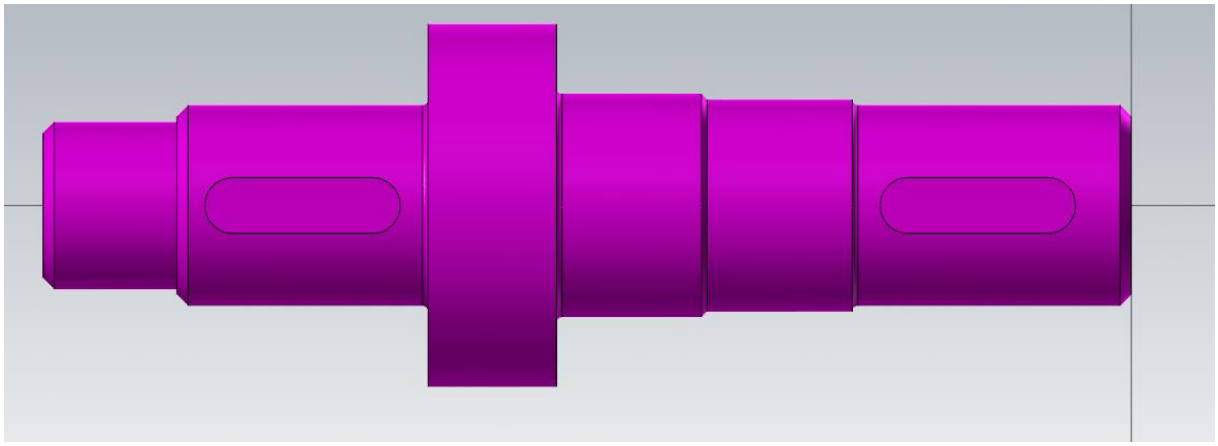
Rys. 1. Rysunek techniczny.

2. Importowanie zaprojektowanego elementu

Przygotowany model 3D należy zaimportować do MasterCAM. Należy zwrócić uwagę na następujące elementy:

- Prawidłowy zapis pliku CAD – plik należy zapisać z odpowiednim rozszerzeniem (np. parasolid x.t)
- Położenie obiektu względem układu współrzędnych – układ współrzędnych w programie MasterCAM powinien znajdować się na końcu obiektu jak pokazano na rysunku 2.

[Tekst alternatywny. Ułożenie detalu w przestrzeni roboczej. Przecięcie czarnych linii umieszczone z prawej strony przedmiotu obrabianego odpowiada układowi współrzędnych. Oś Z umieszczona jest w osi przedmiotu obrabianego.]



Rys. 2. Rzut górny w przestrzeni roboczej.

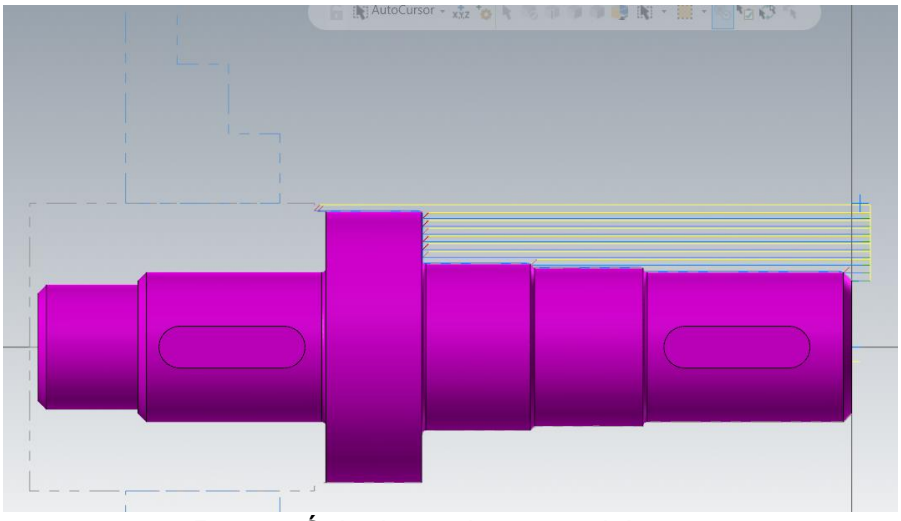
3. Ustawienie i przygotowanie przygotówki

Korzystając z funkcji pomiaru lub odczytując wymiary z rysunku technicznego ustaw przygotówkę, należy pamiętać o dodaniu naddatku (na podanym przykładzie wynoszącym 2 mm) z każdej strony. Dodany materiał odwzorowuje wykorzystywany w procesach wytwarzania półfabrykat.

4. Wykonanie operacji toczenia

Wykonaj podstawowe operacje takie jak: toczenie czoła, toczenie zgrubne oraz wykańczające do końca najwyższego stopnia (tak jak przedstawiono na rysunku 3.)

[Tekst alternatywny. Niebieskie przerywane linie przedstawiają uchwyt. Szare przerywane linie przedstawiają ustawienia przygotówki. Żółte oraz niebieskie ciągłe linie przedstawiają ruch narzędzia.]



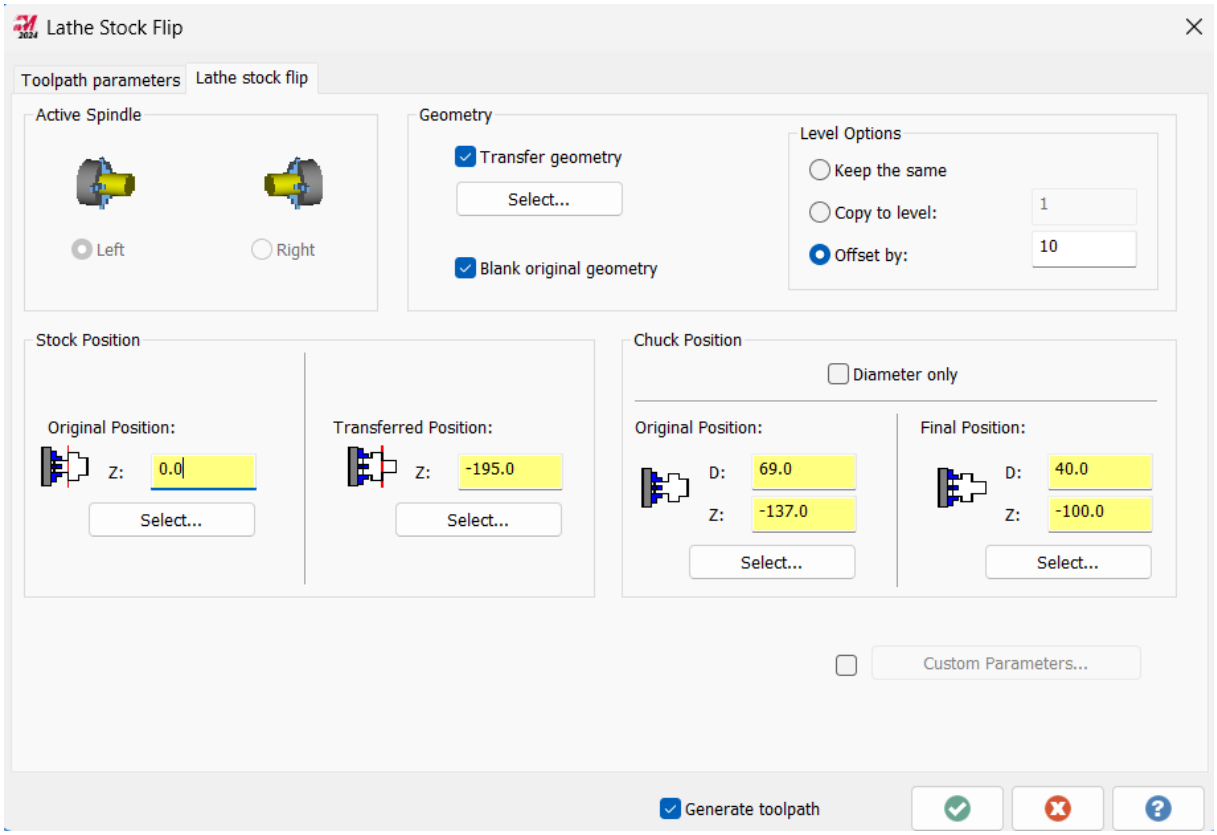
Rys. 3. Ścieżka ruchu narzędzia.

5. Zmiana zamocowania elementu

Przeprowadzenie toczenia pozostałej części wałka możliwe jest po wykonaniu zmiany zamocowania, poprzez operację **Przełącz przygotówkę**. Operacja służy do odwrócenia przygotówki w uchwycie. Pierwszym krokiem jest wybór Geometrii do przeniesienia. W zakładce *Przełączenie przygotówki -> Geometria -> Wybierz…* wskaż cały obiekt oraz zatwierdź go za pomocą Zakończ Wybór. W kolejnym kroku w zakładce *Położenie przygotówki -> Zmiana położenia* wybierz koniec swojego detalu bądź wprowadź wartość ręcznie.

W ostatnim kroku należy wybrać: *Położenie uchwytu -> Położenie końcowe*, gdzie należy wskazać ułożenie detalu albo wprowadzić wymagane dane w sposób manualny. Prawidłowo uzupełnione wartości przedstawiono na rysunku 4.

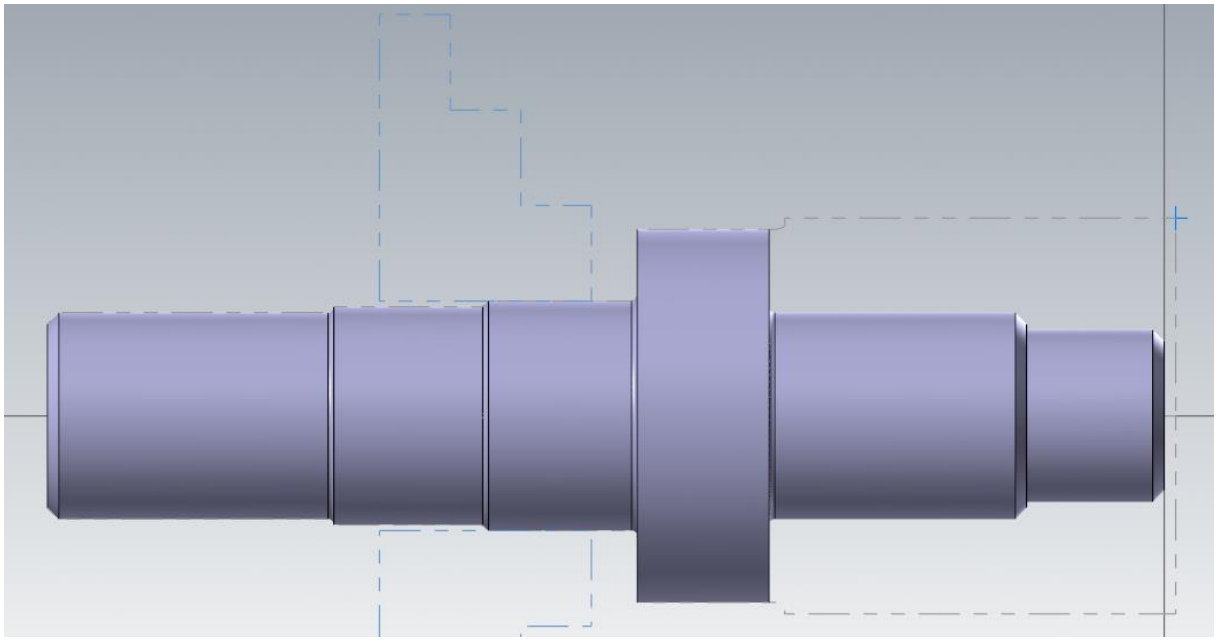
[Tekst alternatywny. Okno operacji Przełącz przygotówkę. W żółte pola można wprowadzić informacje ręcznie lub kliknąć Wybierz… i wskazać położenie.]



Rys. 4. Okno operacji Przełącz przygotówkę.

Poprawnie wprowadzoną zmianę położenia przedstawiono na rysunku numer 5.

[Tekst alternatywny. Ułożenie uchwytu, detalu oraz przygotówki po operacji Przełącz przygotówkę. Niebieską linią przerywaną został zaznaczony uchwyt mocujący, umieszczony na trzecim stopniu obrobionej części wałka. Z prawej strony pozostaje nieobrobiona wcześniej część przygotówki.]



Rys. 5. Zmiana zamocowania detalu w uchwycie.

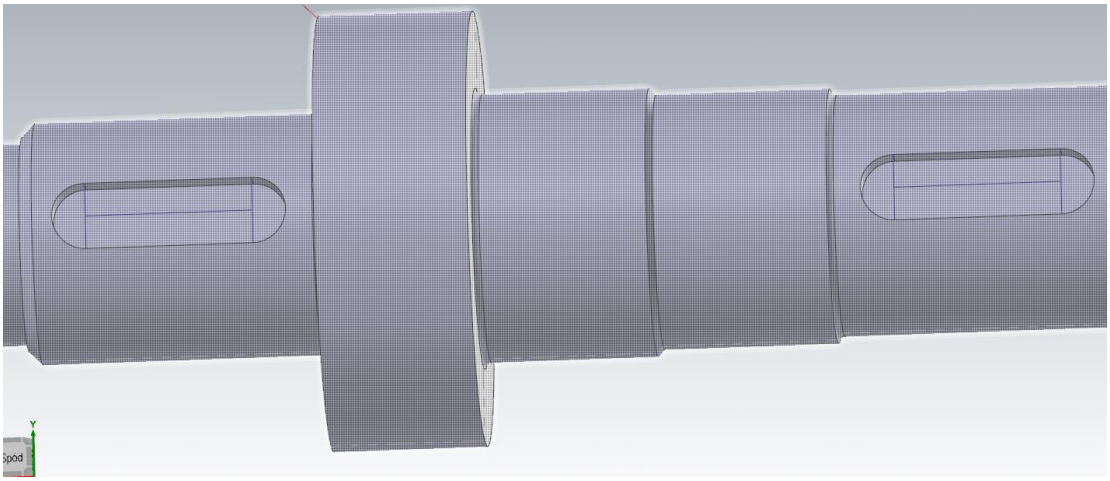
6. Wykonanie toczenia pozostałych elementów detalu

Wykorzystując operację toczenia zgrubnego, kształtującego oraz wykańczającego należy wykonać i wygenerować ścieżkę pracy narzędzia dla pozostałych, nieobrobionych wcześniej stopni.

7. Wykonanie rowków wpustowych

Ostatni element składowy projektowanego wałka stanowią rowki o głębokości 5mm. W celu wykonania ich w programie wymagane jest narysowanie linii prostej, przechodzącej przez środek rowka, linie należy narysować oddzielnie dla każdego elementu jak na rysunku 6. Ze względu na wymiary oraz ustawienie rowków w jednej osi wałka, możliwe jest wykonanie operacji w pojedynczym przejeździe.

[Tekst alternatywny. Wewnątrz rowków wpustowych, zaprojektowanych w obrabianym przedmiocie, należy narysować linie: poziomą (umieszczoną zgodnie z osią symetrii) oraz dwie pionowe na zakończeniach linii poziomej.]



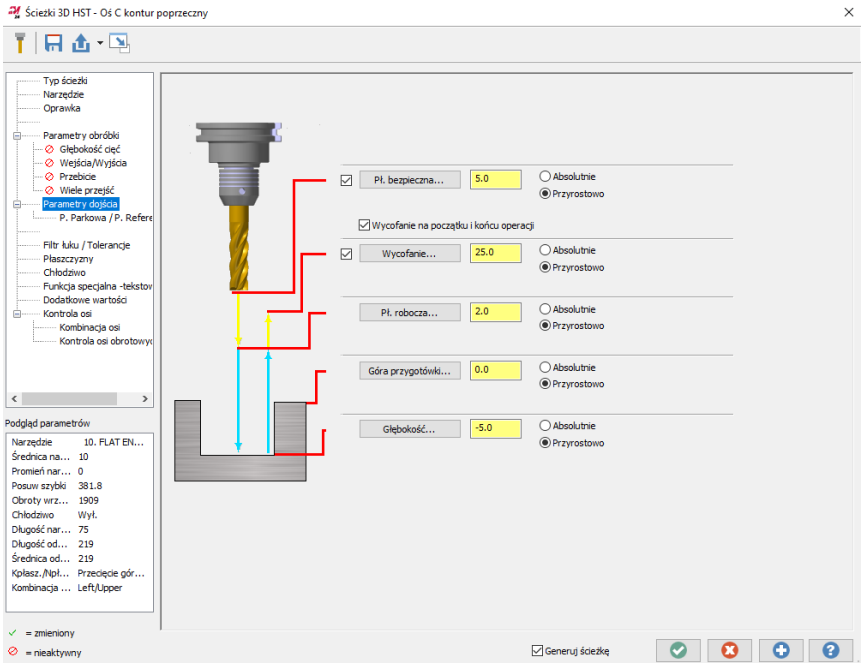
Rys. 6. Dodatkowe linie na modelu.

W kolejnym kroku wybierz operację Kontur poprzeczny, wskazując obie narysowane linie. Wskaż narzędzie o średnicy 10 mm oraz dostosuj parametry dojścia, tak aby nie następowała kolizja pomiędzy narzędziem a detalem:

- Wycofanie – 25 mm
- Głębokość – -5 mm

Tak jak przedstawiono na rysunku poniżej.

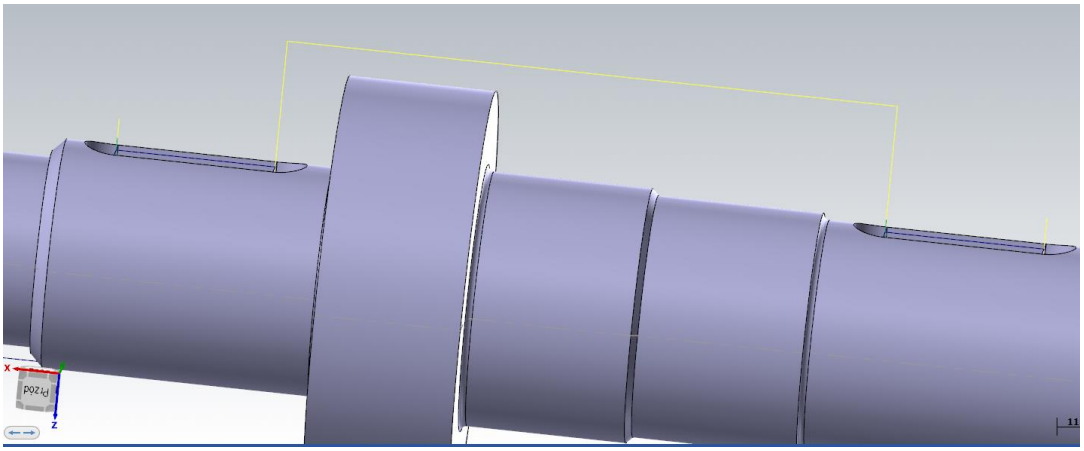
[Tekst alternatywny. Widok parametrów dojścia narzędzia podczas wykonywania rowków.]



Rys. 7. Widok okienka operacji: oś C kontur poprzeczny.

Na rysunku 8 przedstawiono ścieżkę narzędzia w przypadku wycofania oraz przejazdu na wskazaną głębokość dojścia narzędzia.

[Tekst alternatywny. Widok izometryczny ścieżki narzędzia podczas operacji oś C kontur poprzeczny. Żółta linia przedstawia ścieżkę narzędzia,]

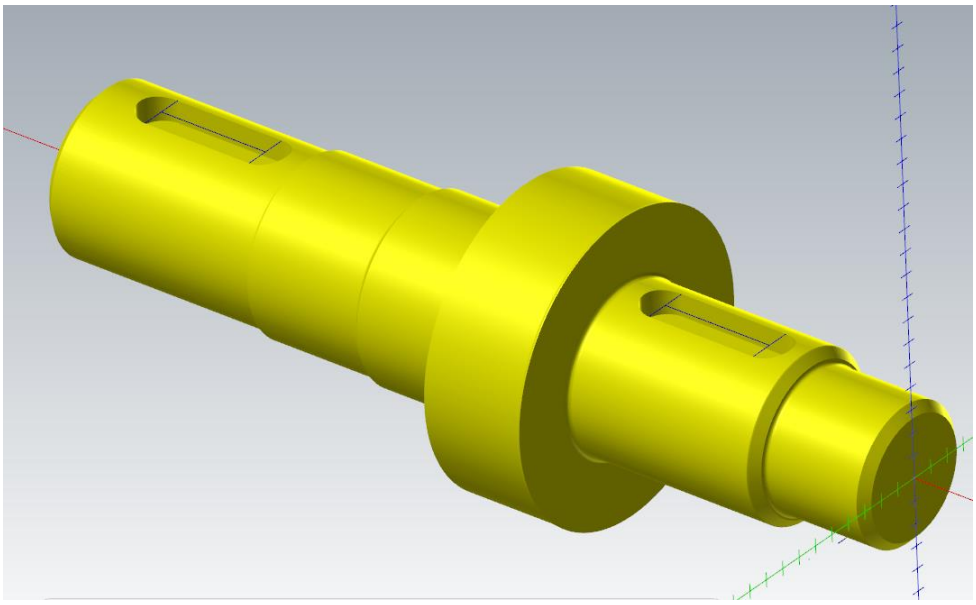


Rys. 8. Parametry operacji oś C kontur poprzeczny.

8. Weryfikacja obróbki

Wykonaj weryfikację wszystkich operacji.

[Tekst alternatywny. Weryfikacja obrobionego detalu. Kolor żółty wskazuje na obróbkę, kolor czerwony na kolizję.]



Rys. 9. Weryfikacja obróbki.

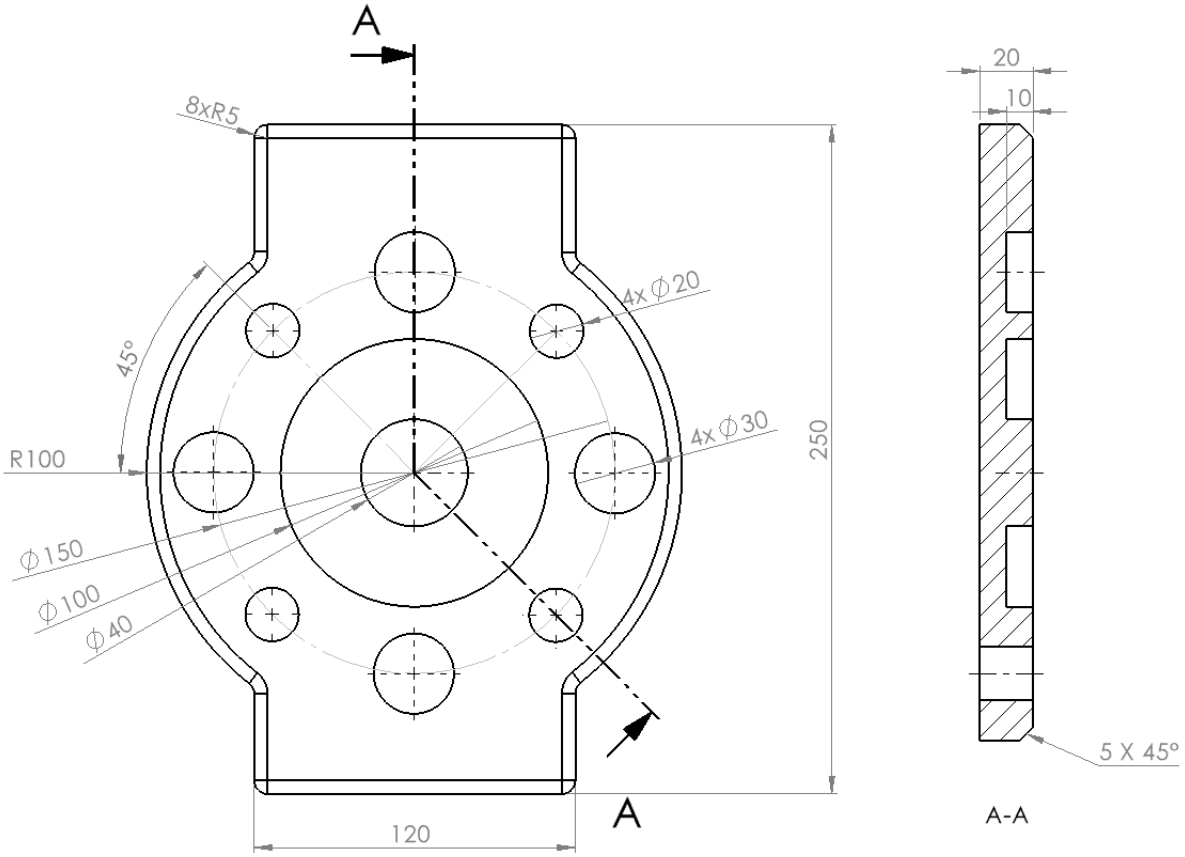
2. Proces technologiczny w programie CAM – moduł frezarski

Celem kolejnego tematu jest wykonanie detalu za pomocą modułu frezarskiego.

1. Modelowanie detalu w oprogramowaniu CAD.

Na początku zamodeluj przedstawiony obiekt na rysunku poniżej w wybranym oprogramowaniu CAD (SOLIDWORKS, NX Siemens lub inne).

[Tekst alternatywny. Rysunek techniczny elementu. Otwory ustawione pod kątem 45° stopni – 4x ϕ20 są wykonane przelotowo.]

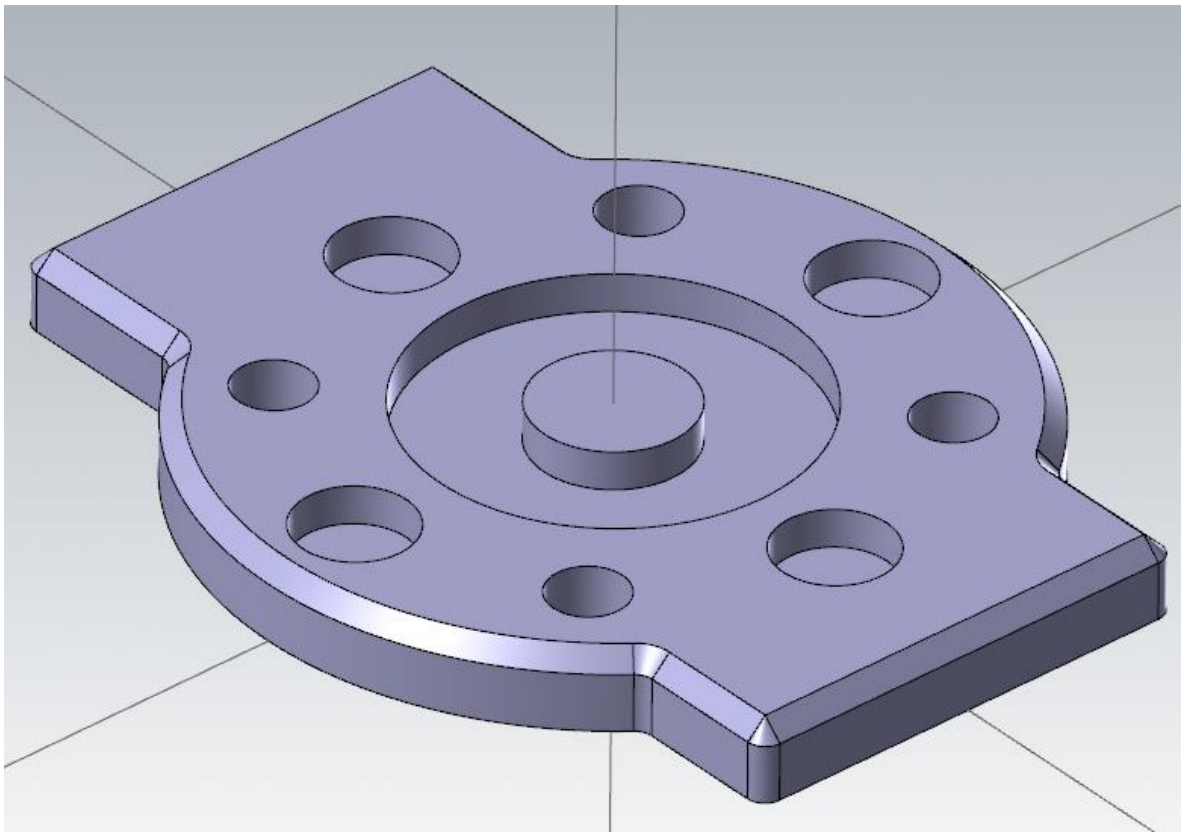


Rys. 10. Rysunek techniczny.

2. Importowanie modelu do oprogramowania MasterCAM.

Zapisz plik odpowiednim rozszerzeniem umożliwiającym otworzenie go w MasterCAM.

[Tekst alternatywny. Ułożenie detalu w przestrzeni roboczej.]



Rys. 11. Rzut górny w przestrzeni roboczej.

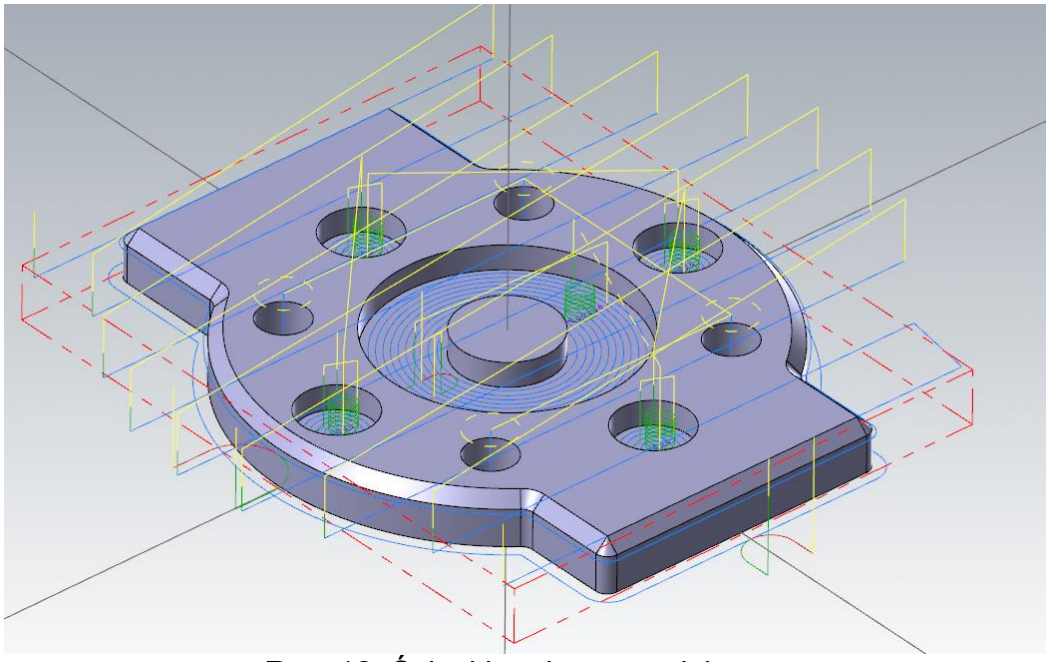
3. Ustawienie przygotówki

Korzystając z funkcji pomiaru lub odczytując wymiary z rysunku technicznego wykonaj przygotówkę. Ze względu na charakter obróbki skrawaniem, należy pamiętać o dodaniu 2mm z każdej strony w celu wykonania naddatku na obróbkę.

4. Wykonanie podstawowych operacji frezowania

Wykonaj podstawowe operacje takie jak: planowanie powierzchni czołowej, kontur, wiercenie oraz kieszeń (tak jak przedstawiono na rysunku 12.)

[Tekst alternatywny. Czerwone przerywane linie przedstawiają przygotówkę. Żółte oraz niebieskie ciągłe linie przedstawiają ruch narzędzia.]

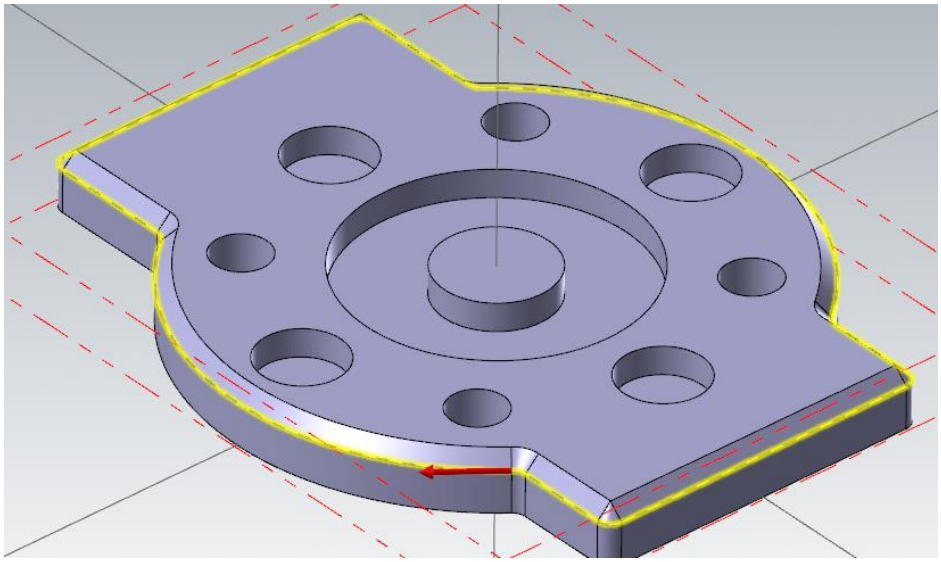


Rys. 12. Ścieżki ruchu narzędzia.

5. Wykonanie fazowania

Następnym etapem będzie wykonanie fazowania górnych krawędzi modelu. Aby wykonać fazowanie należy skorzystać z operacji **Kontur**. Wskaż krawędź gdzie ma być faza. Tak jak przedstawiono na rysunku poniżej.

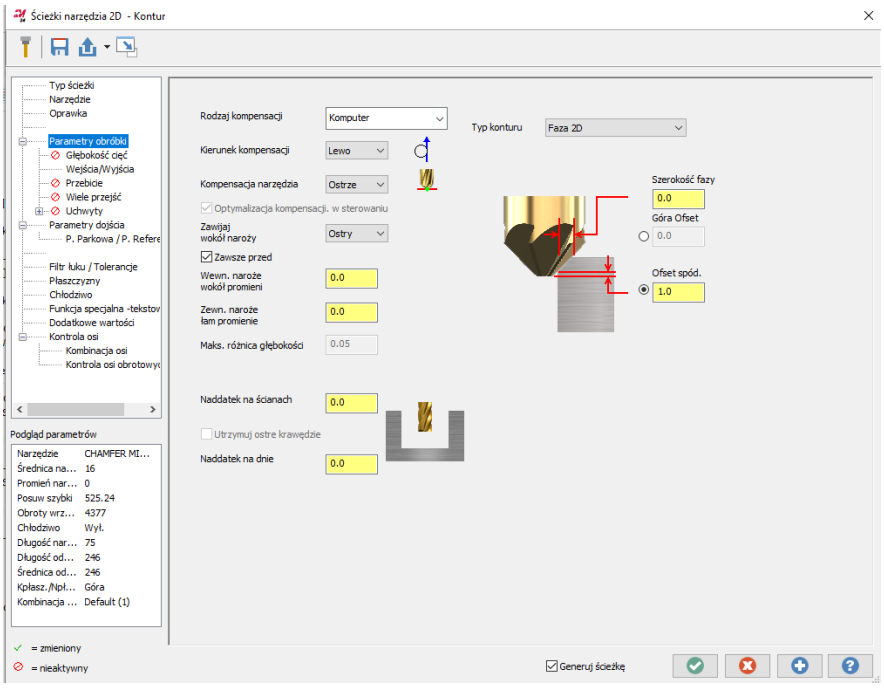
[Tekst alternatywny. Przedstawienie łańcucha do fazowania.]



Rys. 13. Widok zaznaczonego łańcucha do obróbki.

Wybierz poprawnie kompensację (jak również poprawnie wskaż jej kierunek), ustaw narzędzie dostosowane do wykonania fazowania. Następnie w zakładce *Parametry obróbki -> Typ konturu* wybierz Faza 2D, zadaj takie same parametry jak pokazano na rysunku poniżej.

[Tekst alternatywny. Jako typ konturu wybrano fazę 2D, przy czym jej szerokość została ustawiona na 0, aby narzędzie mogło precyzyjnie podążać wyznaczoną trajektorią łańcucha.]

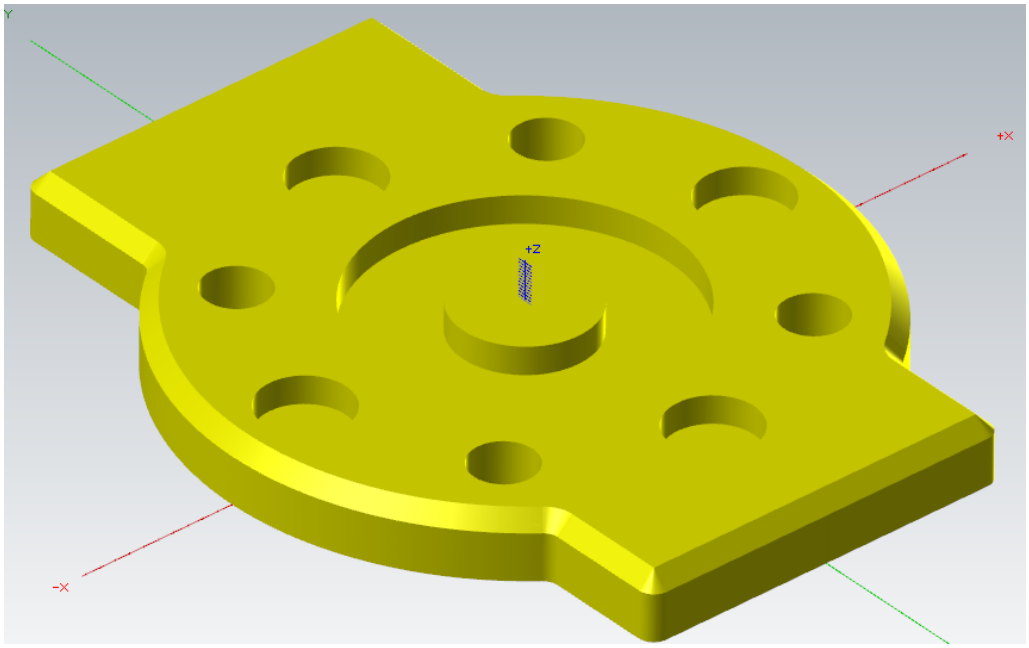


Rys. 14. Opcje konturu.

6. Weryfikacja

Na sam koniec wykonaj weryfikację wszystkich operacji. Jeśli detal wyświetla się na czerwono sprawdź ustawienia oraz dobrane narzędzia.

[Tekst alternatywny. Weryfikacja obrobionego detalu. Kolor żółty wskazuje na obróbkę, kolor czerwony na kolizję.]

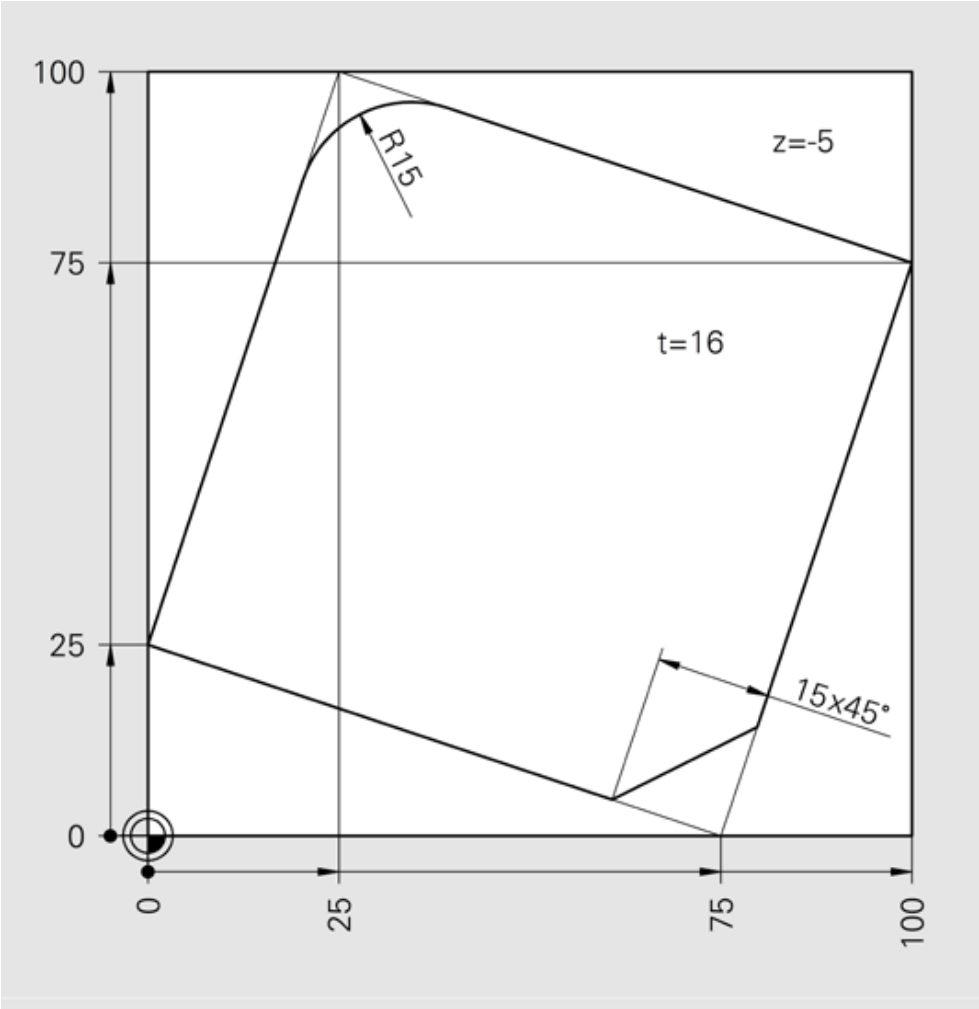


Rys. 15. Weryfikacja obróbki.

3. Proces technologiczny na symulatorze sterownika frezarki

Głównym celem projektu będzie zaprogramowanie procesu technologicznego z wykorzystaniem sterownika frezarki. W ramach tematu zostanie wykonany przejazd konturowy wraz z wykonaniem zaokrąglonego naroża zgodnie z rysunkiem poniżej. Do wykonania symulacji przejścia narzędzia wykorzystany zostanie program sterujący języku Heidenhain.

[Tekst alternatywny. Wykres dwuwymiarowy. Oś X: wymiary w osi X+ długości wyrażone w mm, opis osi Y – wymiary w osi Y+ długości wyrażone w mm.]



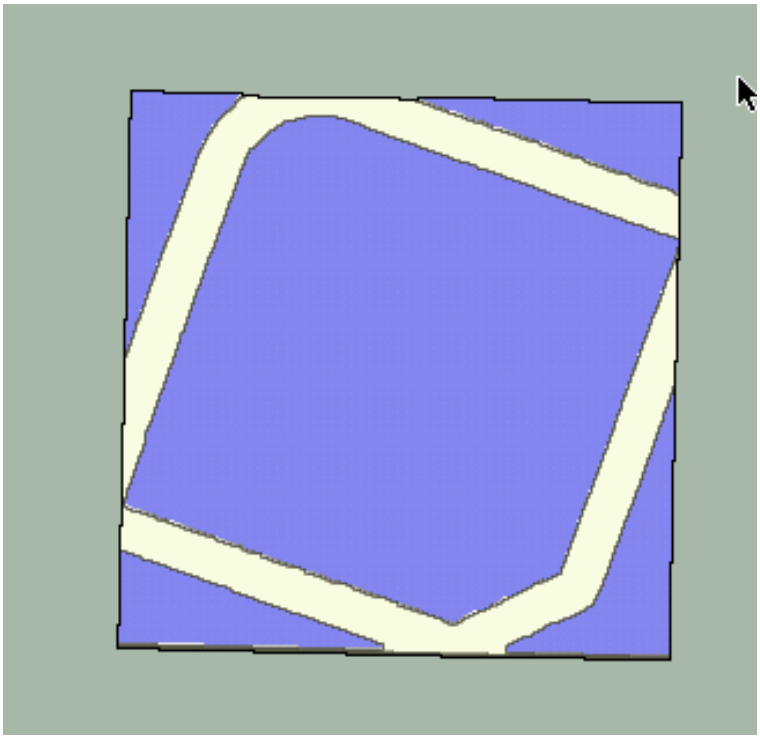
Rys. 16. Rysunek techniczny (Heidenhain, 2020).

1. Wykonanie pojedynczego konturu.

Wprowadź poniższy kod oraz przetestuj jego działanie. Zwróć uwagę na: określenie układu współrzędnych – w przypadku innego ustawienia niż pokazanego na rysunku 16 należy wprowadzić odpowiednie zmiany do kodu. Przyjrzyj się uważnie pracy narzędzia, miejscu w którym następuje pozycjonowanie bezpiecznej odległości wejścia i dojazdu do wybranych krawędzi.

```
0 BEGIN MB6 MM                          // Początek programu w milimetrach, format MB6
1 BLK FORM 0.1 Z X+0 Y+0 Z-16           // Dolny punkt bryły: X=0, Y=0, Z=-16 mm
2 BLK FORM 0.2 X+100 Y+100 Z+0          // Górny punkt bryły: X=100, Y=100, Z=0
3 TOOL CALL 4 Z S1300 F300              // Wywołanie narzędzia nr 4,
4 L Z+100 R0 FMAX M3                    // Szybki ruch w osi Z na 100 mm
5 L X-25 Y+20 R0 FMAX                   // Pozycjonowanie narzędzia na poza detalem
6 L Z+2 R0 FMAX                         // Podejście do pozycji 2 mm nad materiałem
7 L Z-5 R0                              // Wejście narzędziem 5 mm w głąb materiału (w osi Z)
8 APPR LT X+0 Y+25 LEN20 RL FAUTO       // Najazd styczny do konturu z lewej strony
9 L X+25 Y+100                          // Ruch wzdłuż konturu do punktu X=25, Y=100
10 RND R15                              // Zaokrąglenie narożnika promieniem 15 mm
11 L X+100 Y+75                         // Ruch liniowy do punktu X=100, Y=75
12 L X+75 Y+0                           // Ruch liniowy do punktu X=75, Y=0
13 CHF 15                               // Fazowanie narożnika na 15 mm
14 L X+0 Y+25                           // Ruch powrotny do punktu początkowego konturu
15 DEP LT LEN20 F2000                   // Odejście styczne od konturu na długość 20 mm
16 L Z+100 R0 FMAX M30                  // Ruch szybki w górę na Z=100 mm
17 END MB6 MM                           // Koniec programu
```

[Tekst alternatywny. Rzut izometryczny przedstawiający obróbkę.]



Rys. 17. Tryb pracy testu programu.

2. Wykonanie pełnego konturu

Poprzednim punkcie został wykonany pojedynczy kontur. W kolejnym etapie kod zostanie rozbudowany tak aby możliwe było usunięcie materiału na zewnątrz. W tym celu wykorzystamy komendy SL CYCLES oraz LBL SET umożliwiające powtarzanie przygotowanych cykli. W tym celu wprowadź zmiany do wcześniej napisanego kodu.

0 BEGIN PGM MB9 MM

1 BLK FORM 0.1 Z X+0 Y+0 Z-16

2 BLK FORM 0.2 X+100 Y+100 Z+0

3 TOOL CALL 4 Z S1300 F300

4 L Z+100 R0 FMAX M3

5 ; // Pusta linia (może być stosowana do czytelności)

6 CYCL DEF 14.0 CONTOUR // Definicja cyklu konturowania

7 CYCL DEF 14.1 CONTOUR LABEL1 /2 // Kontur będzie określony etykietą LBL 1 (LABEL1) i zakończony w LBL 2 (/2)

8 CYCL DEF 20 CONTOUR DATA ~ // Dane do konturowania

Q1=-5 ;MILLING DEPTH // Głębokość frezowania: 5 mm

Q2=+0.8 ;TOOL PATH OVERLAP // Nakładanie ścieżki narzędzia: 0,8 mm

Q3=+0 ;ALLOWANCE FOR SIDE // Naddatek boczny: 0 mm

Q4=+0 ;ALLOWANCE FOR FLOOR // Naddatek na dnie: 0 mm

Q5=+0 ;SURFACE COORDINATE // Poziom powierzchni: 0 mm

Q6=+2 ;SET-UP CLEARANCE // Dystans bezpieczeństwa przy podejściu

Q7=+50 ;CLEARANCE HEIGHT // Wysokość bezpieczna: 50 mm

Q8=+0 ;ROUNDING RADIUS // Promień zaokrąglenia: 0 mm

Q9=+1 ;ROTATIONAL DIRECTION // Kierunek frezowania: zgodny z ruchem wskazówek zegara

9 CYCL DEF 22 ROUGH-OUT ~ // Definicja cyklu zgrubnego frezowania

Q10=-5 ;PLUNGING DEPTH // Głębokość jednego zagłębienia: 5 mm

Q11=+150 ;FEED RATE FOR PLNGNG // Posuw przy zagłębianiu

Q12=+500 ;FEED RATE F. ROUGHNG // Posuw przy frezowaniu zgrubnym

Q18=+0 ;COARSE ROUGHING TOOL // Narzędzie zgrubne nieokreślone

Q19=+0 ;FEED RATE FOR RECIP. // Posuw przy ruchu posuwisto-zwrotnym

Q208= MAX ;RETRACTION FEED RATE // Maksymalna prędkość wycofania

Q401=+100 ;FEED RATE FACTOR// Współczynnik posuwu: 100%

Q404=+0 ;FINE ROUGH STRATEGY // Strategia wykańczająca: brak

10 CYCL CALL M30 // Wywołanie cyklu (frezowanie konturu), M30 = zakończenie programu

11 ;

12 LBL 1 // Początek konturu określonego etykietą LBL 1

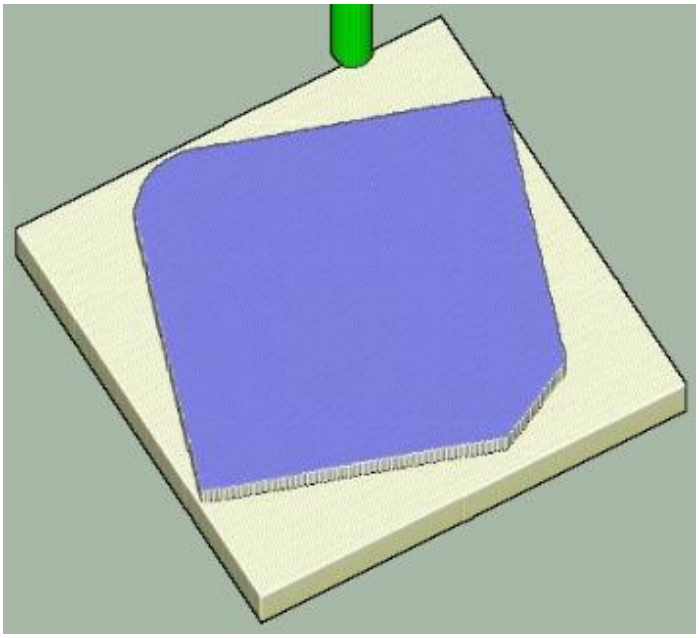
13 L X+0 Y+25 RL F AUTO

14 L X+25 Y+100

15 RND R15

```
16 L  X+100  Y+75
17 L  X+75  Y+0
18 CHF 15
19 L  X+0  Y+25
20 LBL 0                    // Zakończenie definicji konturu
21 ;
22 LBL 2                    // Początek konturu obwiedni ograniczającej
23 L  X-10  Y-10 RL F AUTO
24 L  X+110  Y-10
25 L  X+110  Y+110
26 L  X-10  Y+110
27 L  X-10  Y-10
28 LBL 0                    // Zakończenie etykiety (konturu pomocniczego)
29 ;
30 END PGM MB9 MM
```

[Tekst alternatywny. Rzut izometryczny przedstawiający obróbkę.]



Rys. 18. Tryb pracy testu programu.

3. Weryfikacja

Wykonaj symulację procesu, jeżeli wystąpi kolizja sprawdź zgodność wprowadzonych danych oraz parametry wybranego narzędzia.

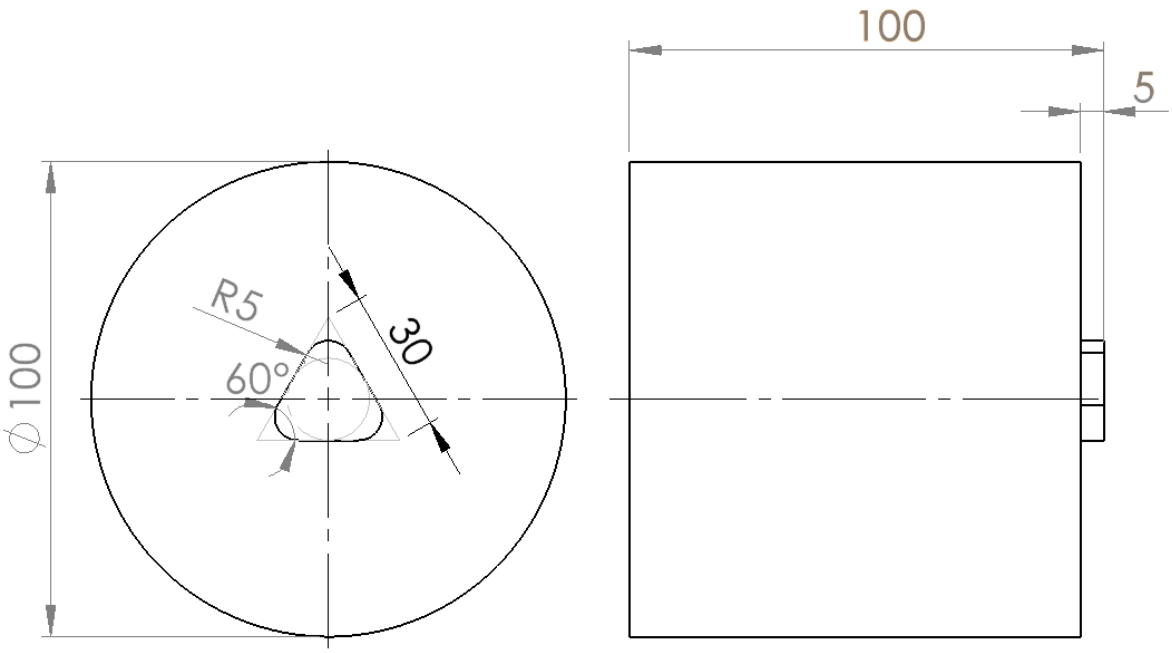
4. Proces technologiczny na symulatorze sterownika tokarki

Celem rozdziału jest wykonanie procesu technologicznego na symulatorze sterownika tokarki z uwzględnieniem wykonania symulacji frezowania.

1. Wykonanie obróbki w osi C

W pierwszej kolejności zostanie wykonana obróbka powierzchni walcowej w Osi C obrabiarki. W tym celu zapoznaj się z załączonym rysunkiem technicznym (rys. 19).

[Tekst alternatywny. Dokumentacja rysunkowa zawierająca wymiary finalnego detalu.]



Rys. 19. Rysunek techniczny.

2. Wybór narzędzia.

Następnie zaimplementuj trzy narzędzia przedstawione na rysunku poniżej. Narzędzia nr 1 i 2 posłużą do obróbki zgrubnej planowo oraz wzdłużnie. Natomiast narzędzie nr 3 do obróbki czołowej.

[Tekst alternatywny. Opis narzędzi wraz z numerem identyfikacji.]

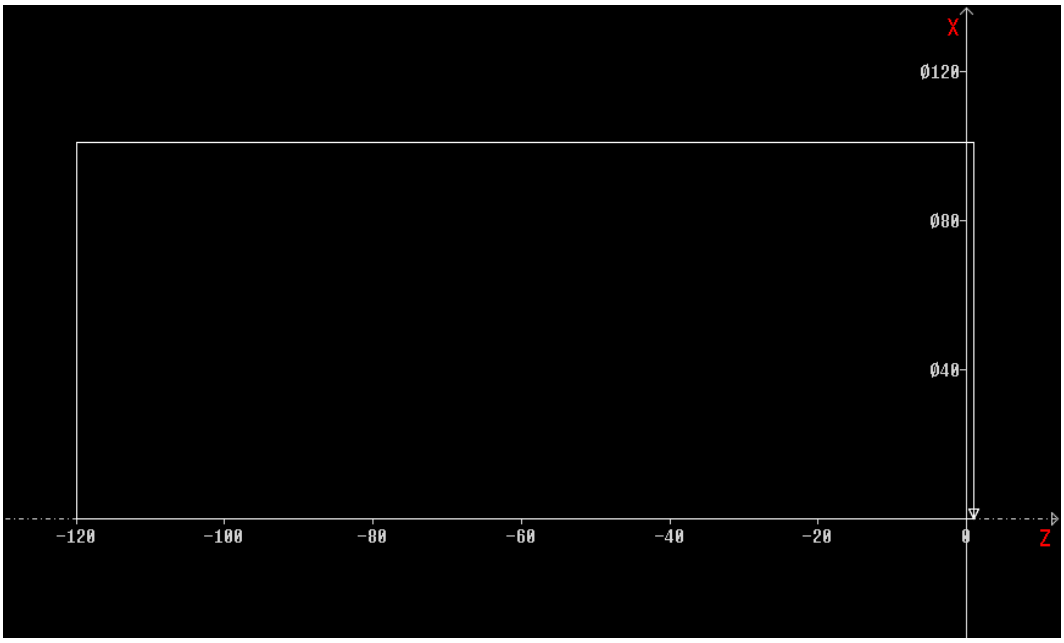
T-Nr	Nr identyfikac.		TO	Oznaczenie	RS/DV	EW/BW/AZ	SW/SB/HG	Mat.skrawaj.
1	A-SCHR-35-08		1	Roughing Outside	0.80	95.0	35.0	Hartmetall
2	A-SCHL-35-04		1	Finishing Outsi…	0.40	95.0	35.0	Hartmetall
3	S-FRAES-10-25		8	Mill	10.00	4		HSS

Rys. 20. Narzędzia.

3. Wykonanie półfabrykatu.

W kolejnym kroku, wykonaj półfabrykat zgodnie z rysunkiem 21, wprowadź w osi Z naddatek: z prawej strony 1 mm naddatku, z lewej strony 20 mm oraz w osi X od góry 1 mm naddatku.

[Tekst alternatywny. Widok półfabrykatu w układzie współrzędnym.]



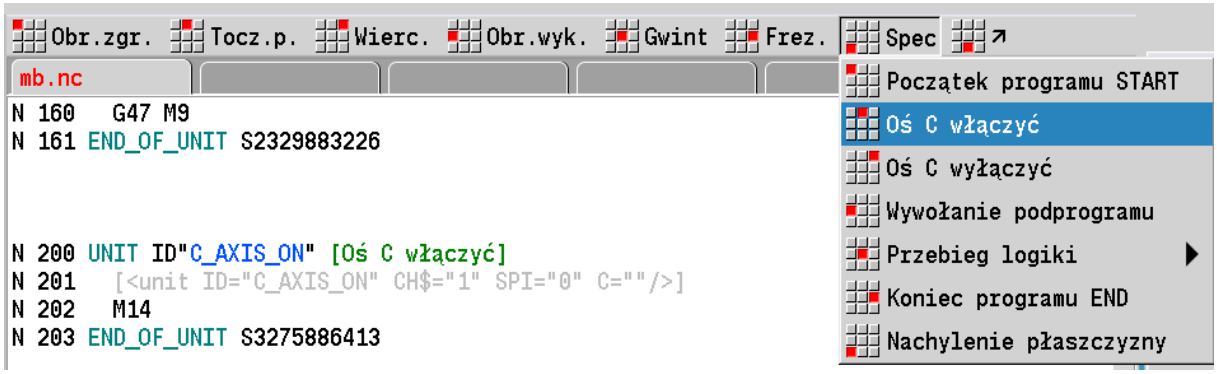
Rys. 21. Ustawienia półfabrykatu.

4. Wykonanie obróbki zgrubnej.

Wykonaj samodzielnie obróbkę zgrubną wzdłużną oraz planową czoła. W razie problemów wykorzystaj kod znajdujący się dalej. W tej części, aby wykonać obróbkę za pomocą narzędzia nr 3 trzeba będzie włączyć oś C oraz wykonać zadany kontur.

W tym celu włącz rozwiń funkcję **Spec** i **Oś C włączyć**, tak jak przedstawiono na rysunku poniżej.

[Tekst alternatywny. Widok półfabrykatu w układzie współrzędnym.]

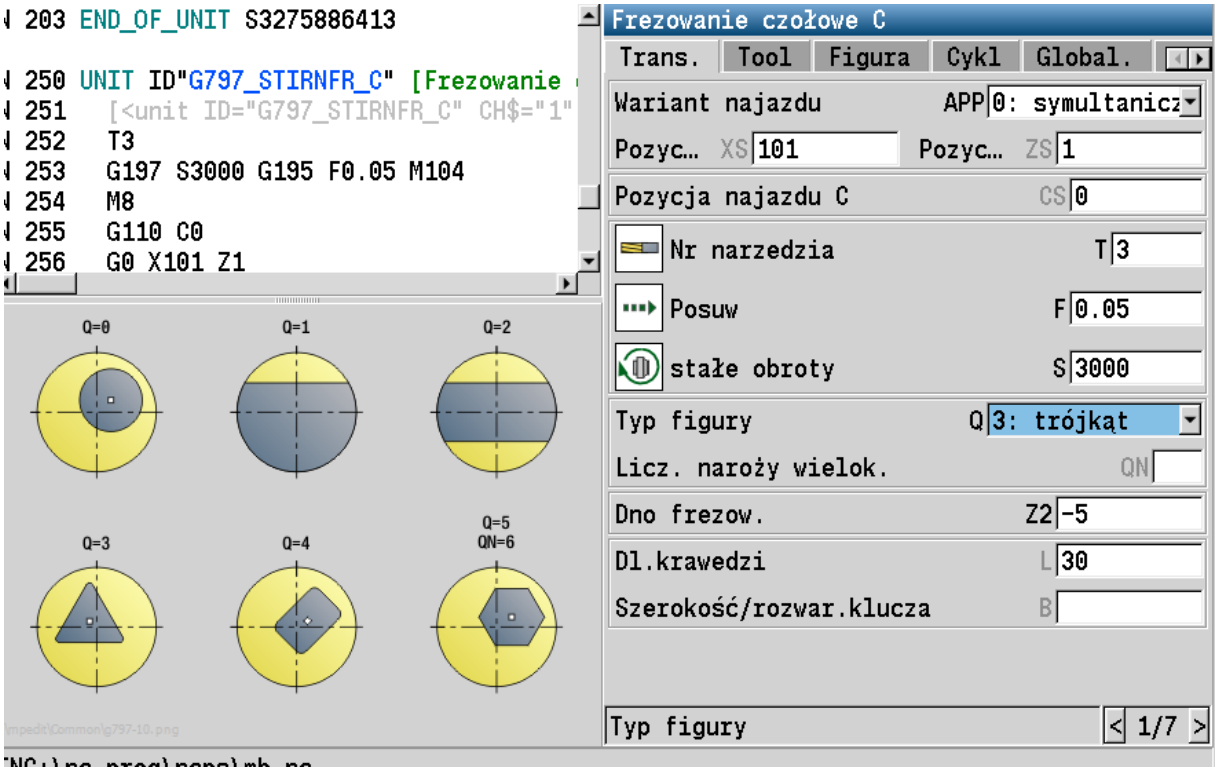


Rys. 21. Opcja „Oś C włączyć”.

5. Wykonanie operacji frezowania.

W następnym kroku zostanie wykonane frezowanie na powierzchni czołowej elementu. W tym celu wybierz Frezowanie czołowe C ustaw parametry tak jak pokazano na rysunku poniżej.

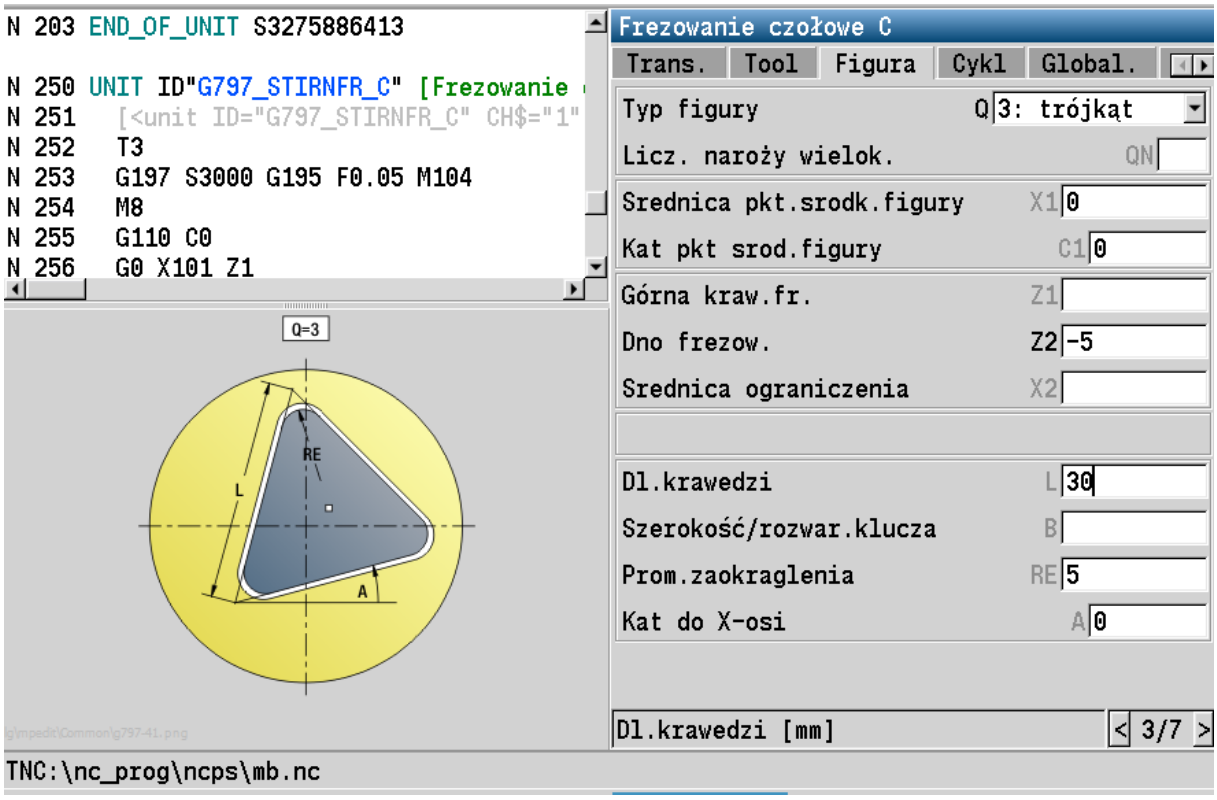
[Tekst alternatywny. Widok opcji Frezowanie czołowe C – Trans..]



Rys. 22. Frezowanie czołowe C – Trans.

Zgodnie z rysunkiem technicznym, na powierzchni czołowej należy wykonać frezowanie konturu o zarysie trójkąta. W zakładce Tool wybierz narzędzie nr 3. Następnie przejdź do zakładki Figura i ustaw parametry przedstawione tak jak na rysunku poniżej.

[Tekst alternatywny. Widok opcji Frezowanie czołowe C – Figura.]



Rys. 23. Frezowanie czołowe C – Figura.

Po prawidłowym wykonaniu wszystkich operacji powinniśmy uzyskać poniższy kod. W kodzie opisane jest szczegółowo włączenie osi C oraz specjalna funkcja frezowania **G197**.

HEADER [Nagłówek programu]
#MEASURE_UNITS METRIC [JEDNOSTKA]

TURRET [Głowica rewolwerowa]
T1 ID"A-SCHR-35-08" // Narzędzie T1: nóż tokarski prawy
T2 ID"A-SCHL-35-04" // Narzędzie T2: nóż tokarski prawy
T3 ID"S-FRAES-10-25" // Narzędzie T3: frez czołowy

CLAMPS [Mocowadła]

BLANK [Półwyrób]
N 1 G20 X101 Z121 K1 // Definicja półwyrobu: średnica X=101, długość Z=121, typ K1

FINISHED [Gotowy detal]

MACHINING [Obróbka]

N 50 UNIT ID"START" [Początek programu]
N 51 [<unit ID="START" S0="3000" S1="3000" S2="" S3="" S4="" S5="" Z="" WT1="0" WX1="" WZ1="" WY1="" WT2="0" WX2="" WZ2="" WY2="" WT3="0" WX3="" WZ3="" WY3="" GWW="0" CLT="1" G60="0" L="InitStart" LA="" LC="" G47="2" SCK="2" SCI="2" I="0.5" K="0.2"/>]
N 52 L"InitStart" V1
N 53 G26 S3000
N 54 G126 S3000
N 55 G14 Q0
N 56 END_OF_UNIT S4040088748

N 100 UNIT ID"G820_G80" [G820 obr.zgrubna planowo bezpośr.]
N 101 [<unit ID="G820_G80" CH$="1" XS="102" ZS="3" T="1" TID="" F="0.05" S="3000" X1="102" Z1="0" X2="0" Z2="1" P="1" I="?global" K="?global" BW="" CW="" AT="" GS="96" MD="4" SPI="0" MT="" MFS="" MFE="" EC="0" RC="" AC="" WC="" BS="" BE="" BP="" BF="" E="" H="0" G14="0" CLT="1" G47="?global" APP="0" HC="0" DF="" XL="" ZL="" YL=""/>]
N 102 T1
N 103 G96 S3000 G95 F0.05 M4
N 104 M8
N 105 G0 X102 Z3
N 106 G47 P2
N 107 G820 P1 I0.5 K0.2 H0 D0
N 108 G80 XS102 ZS0 XE0 ZE1 EC0
N 109 G14 Q0
N 110 G47 M9
N 111 END_OF_UNIT S3489295890

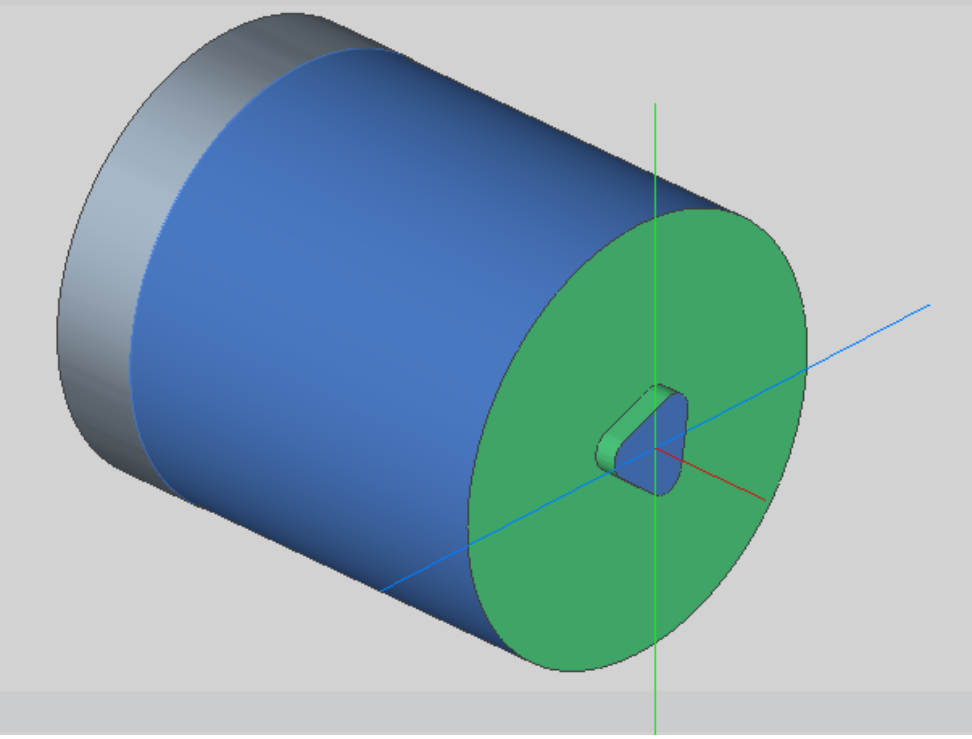
N 150 UNIT ID"G810_G80" [G810 obr.zgrub.wzdłuż, kontur bez.]
N 151 [<unit ID="G810_G80" CH$="1" XS="101" ZS="1" T="2" TID="" F="0.05" S="3000" X1="100" Z1="0" X2="101" Z2="-100" P="1" I="?global" K="?global" BW="" CW="" AT="" GS="96" MD="4" SPI="0" MT="" MFS="" MFE="" EC="0" RC="" AC="" WC="" BS="" BE="" BP="" BF="" E="" H="0" G14="0" CLT="1" G47="?global" APP="0" HC="0" DF="" XL="" ZL="" YL=""/>]
N 152 T2

```
N 153   G96 S3000 G95 F0.05 M4
N 154   M8
N 155   G0 X101 Z1
N 156   G47 P2
N 157   G810 P1 I0.5 K0.2 H0 D0
N 158   G80 XS100 ZS0 XE101 ZE-100 EC0
N 159   G14 Q0
N 160   G47 M9
N 161 END_OF_UNIT S2329883226


N 200 UNIT ID"C_AXIS_ON" [Oś C włączyć]
N 201   [<unit ID="C_AXIS_ON" CH$="1" SPI="0" C=""/>]
N 202   M14                    // Włączenie osi C
N 203 END_OF_UNIT S3275886413

N 250 UNIT ID"G797_STIRNFR_C" [Frezowanie czołowe C]
N 251   [<unit ID="G797_STIRNFR_C" CH$="1" APP="0" XS="101" ZS="1" CS="0"
T="3" TID="" F="0.05" S="3000" Q="3" QN="" Z2="-5" L="30" B="" BW="" AT=""
GS="97" MD="4" SPI="0" SPT="1" MT="" MFS="" MFE="" X1="0" C1="0" Z1="" X2=""
RE="5" A="0" QK="0" J="0" H="1" P="" I="" K="" FZ="" E="" U="" G14="0" CLT="1"
SCK="?global" SCI="?global" DEP="-1" XE="" ZE="" DF="" XL="" ZL="" YL=""/>]
// Parametry frezowania: Z2 = -5 (głębokość), R5 (promień), L=30 (długość)
N 252   T3              // Aktywacja narzędzia T3 (frez czołowy)
N 253   G197 S3000 G195 F0.05 M104          // G197/G195 – specjalne funkcje dla
                                  frezowania, np. interpolacje; M104 – obroty wrzeciona
N 254   M8                          // Włączenie chłodzenia
N 255   G110 C0                     // Ustawienie osi C na pozycję 0 stopni
N 256   G0 X101 Z1                  // Ruch szybki do pozycji startowej frezu
N 257   G147 I2 K2                  // Funkcja interpolacji lub przygotowania
                                      wzorca (np. raster)
N 258   G797 ZE-5 Q0 H1 O0 J0       // G797 – frezowanie czołowe do Z = -5; inne
                                    parametry np. strategii
N 259   G307 XK0 YK0 R5 Q3 A0 K30   // Parametry interpolacji koła lub konturu:
                                      promień R5, ilość Q3, długość K30
N 260   G80                         // Zakończenie operacji
N 261   G47 M9                      // Własna funkcja + wyłączenie chłodzenia
N 262   G14 Q0                      // Powrót do układu bazowego
N 263 END_OF_UNIT S3275345127
```

6. Weryfikacja

Wykonaj weryfikację wykonanego kodu.

[Tekst alternatywny. Rzut izometryczny przedstawiający obróbkę. Kolor niebieski obróbka zgrubna wzdłużna oraz planowo, kolor zielony frezowanie czołowe C.]



Rys. 24. Tryb pracy testu programu.

5. Spis literatury

1. Heidenhain iTNC 620 - Podręcznik obsługi dla użytkownika M., (https://content.heidenhain.de/doku/tnc_guide/pdf_files/iTNC530/34049x-05/zyklen/670_388-P0.pdf, dostępny 06.06.2025).