

ZAKŁAD AUTOMATYZACJI PROCESÓW PRODUKCYJNYCH I INŻYNIERII JAKOŚCI
INSTYTUT INFORMATYKI I ZARZĄDZANIA PRODUKCJĄ
WYDZIAŁ MECHANICZNY
UNIwersYTET ZIELONOGÓRSKI

AlphaCAM

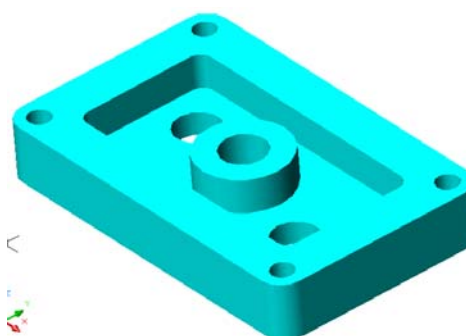
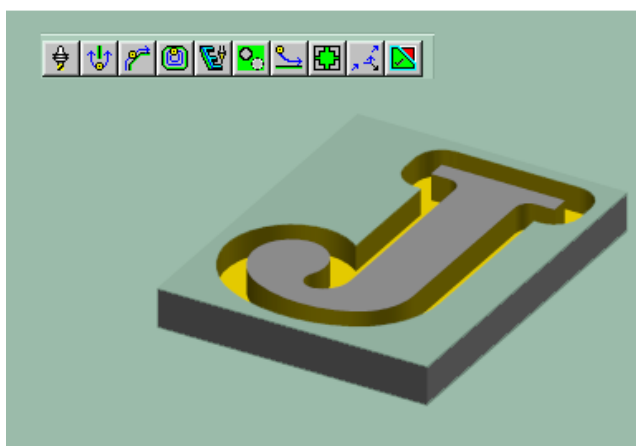
CAD/CAM system for Windows



**Materiały dydaktyczne
MILL**

Moduł Frezowanie

Instrukcja do ćwiczeń



Opracowanie:
Julian Jakubowski, dr inż.
Grzegorz Maniarski mgr inż.
Bartosz Dudziński mgr inż.


Zielona Góra 2002











OGÓLNE INFORMACJE O MODULE FREZOWANIE (MILL).....	3
WSTĘPNE PLANOWANIE PROCESU.....	4
TWORZENIE GEOMETRII PROFILU	5
PRZYGOTOWANIE DO OBRÓBKII	6
4.1. Wybór maszyny (postprocesora).....	6
4.2. Ustalenie ogólnych warunków obróbki (kierunki obróbki)	7
4.3. Punkt początkowy obróbki.....	9
4.4. Wybór materiału i narzędzi	9
OBRÓBKAA.....	10
5.1. Operacja 1 – wiercenie otworów.....	10
5.1.1. Wiercenie 4 otworów przelotowych w narożnikach	10
5.1.2. Wiercenie otworu prowadzącego (pilotowego) w środku detalu	11
5.2. Operacja 2 - frezowanie zgrubne kieszeni wewnętrznej	13
5.3. Operacja 3 - obróbka wykańczająca kieszeni.....	16
5.3.1. Ręczna modyfikacja ścieżki wejścia wyjścia narzędzia	18
5.3.2. Obróbka wykańczająca profilu kieszeni i występu.	19
5.3.3. Ustawienie drogi wejścia / wyjścia dla narzędzia	21
5.4. Operacja 4 - otwory pilotowe (prowadzące) dla obróbki kieszeni	23
5.4.1. Wiercenie otworów pilotowych – wybór narzędzia	23
5.4.2. Wiercenie 2 otworów	24
5.4.3. Wiercenie 2 otworów pod otwory ϕ 20.	24
5.4.4. Zmiana kolejności wykonywanych operacji	26
5.5. Operacja 5 – rozfrezowywanie.....	28
5.5.1. Obróbka otworu centralnego	28
5.5.2. Obróbka dwóch otworów ϕ 20	29
5.6. Operacja 6 – obróbka wykańczająca.....	29
5.6.1. Obróbka wykańczająca profili.....	30
5.6.2. Obróbka wykańczająca konturów otworów przelotowych 20 mm.	31
5.6.3. Ustawienia ścieżki wejścia wyjścia narzędzia dla obróbki wykańczającej.....	31
5.7. Określenie wielkości materiału wejściowego (przygotówki).....	33
KOD ŹRÓDŁOWY WYGENEROWANY DLA POSTPROCESORA	
ALPHA STANDARD 3 AX MILL.....	35

1 OGÓLNE INFORMACJE O MODULE FREZOWANIE (MILL)

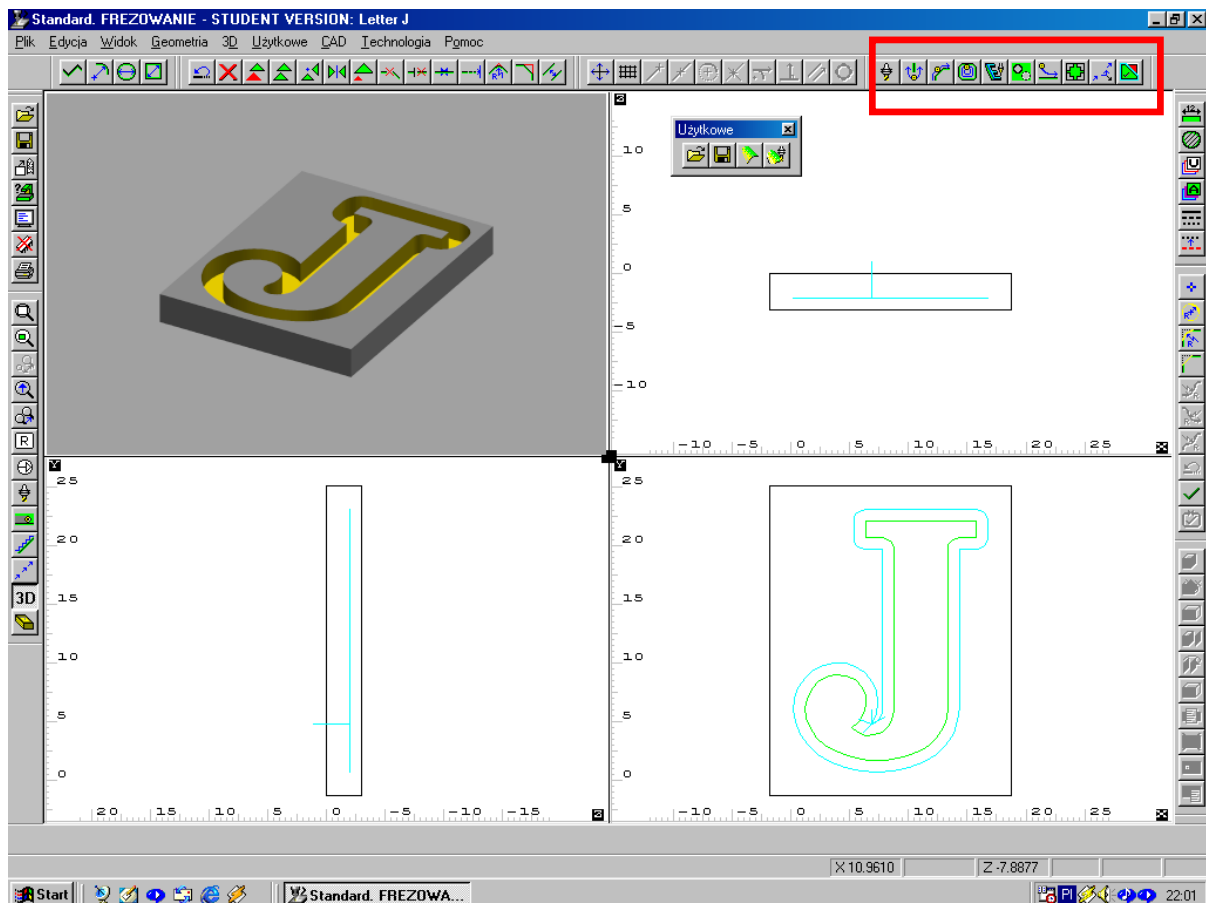
Frezowanie Mill (wersja Student)

Podstawowe ikony:

	Wybór materiału
---	-----------------

	Wybór narzędzia	
	Kierunek narzędzia	
	Obróbka zgrubna lub wykańczająca (obróbka konturów)	
	Obróbka kieszeni	
	Grawerowanie 3d	
	Wiercenie i gwintowanie otworów	
	Wejście /wyjście narzędzia	
	Przerwa w drodze narzędzia	
	Edycja ruchów szybkich	
	Aktualizacja drogi narzędzia	

Ekran programu AlphaCam – moduł: Mill Student





2 WSTĘPNE PLANOWANIE PROCESU

Przykład realizacji procesu obróbki frezowaniem w systemie Alpha-CAM dla przedstawionego na rysunku detalu


Przykład należy samodzielnie wykonać i przedstawić na zakończenie prowadzącemu ćwiczenia

Przyjmujemy następującą konwencję zapisu:

 **L/R** naciśnięcie lewego (**L**) lub prawego (**R**) klawisza myszy

 naciśnięcie klawisza **Enter**

ESC lub  **R** odwołanie polecenia

ESC lub  **R** podczas aktywnej **APS** i kiedy nie ma wprowadzonego żadnego polecenia powoduje aktywizację menu **APS (Szybka Geometria)**

Przed przystąpieniem do pracy w AlphaCamie przeprowadzamy wstępną analizę rysunku ze szczególnym uwzględnieniem geometrii, która będzie podlegała obróbce i podejmujemy decyzję które elementy geometrii są konieczne do prawidłowego przeprowadzenia procesu obróbki.

Konieczne elementy geometrii określone są przez plan obróbki detalu. W niektórych przypadkach wymagane jest utworzenie dodatkowych elementów geometrycznych wykorzystywanych jako np. kontrola ścieżki narzędzi.

Przyjrzyjmy się przedstawionemu w tabeli poniżej planowi obróbki dla detalu z rys.1.:

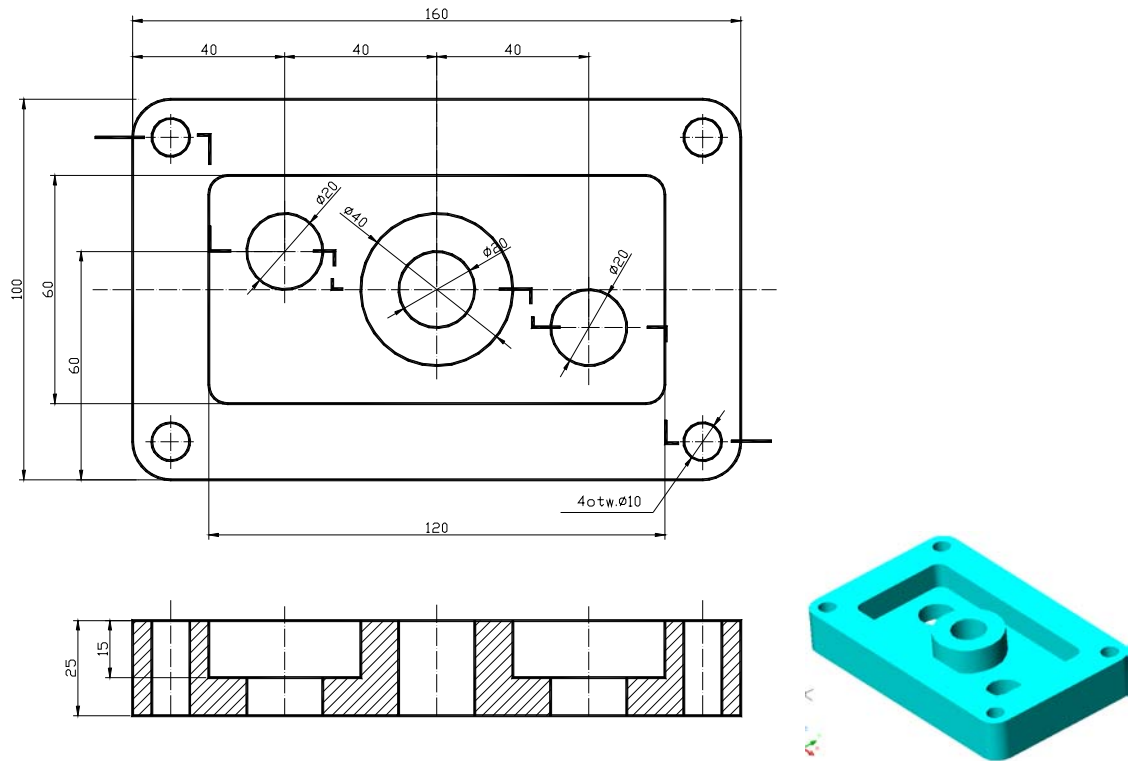
nr operacji	opis operacji	nr narzędzia	Opis narzędzia
1	Otworki wiercone: – 4 otworki przelotowe w narożnikach – 1 otwór na środku na głębokość 15 mm – 1 otwór prowadzący dla zachowania prawidłowego położenia obszaru (zostanie rozwiercony po operacji 2)	1	wiertło 10 mm (<i>drill</i>)
2	Obróbka zgrubna kieszeni wewnętrznej prostokąta	2	Frez 10 mm (<i>Flat</i>)
3	Obróbka wykańczająca wnętrza prostokątnej kieszeni, Obróbka wykańczająca profili wewnętrznych prostokąta i profilu wyspy.	3	Frez 5 mm (<i>Flat</i>)
4	Wiercenie otworów pilotowych dla obróbki powierzchni. Operacja ta może być przesunięta i dołączona do operacji 1. Wiercenie 2 otworów pilotowych dla dwóch przelotowych otworów 20 mm.	1	Drill 10 mm
5	Spiralna obróbka poprzez otworki i centralne wybranie	2	Frez 10 mm
6	Obróbka wykańczająca otworów i centralnego wybrania	4	Frez 12 + uchwyt

Jeżeli chcielibyśmy sprawdzić parametry narzędzia możemy wczytać z menu *Plik/Wstaw plik rysunkowy narzędzia*.

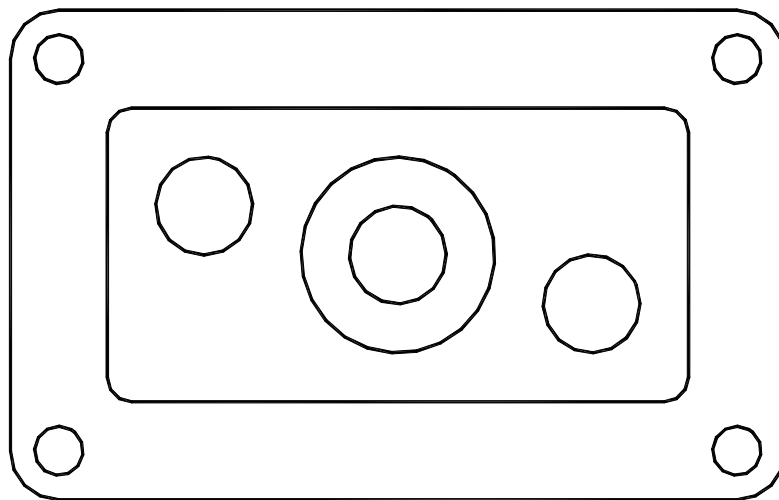
Z powyższego planu widać, że konieczne będzie utworzenie nowej geometrii podczas projektowania procesu obróbki, potrzebne będą otworki prowadzące dla zachowania prawidłowego położenia podczas obróbki powierzchni. Z planu wynika także elementami wymagającymi kontroli obróbki są otworki i wybranie kieszeni wewnętrznej. W tym przykładzie zakładamy także, że zewnętrzny prostokąt zostanie utworzony w celu zdefiniowania wymiarów materiału.

3 TWORZENIE GEOMETRII PROFILU

Do tworzenia geometrii wykorzystamy program AutoCad lub AMD. W AutoCadzie lub w AMD rysujemy detal – rys.1. Zamrażamy warstwy, na których umieszczone są wymiary, osie, drugi rzut z przekrojami – rys.2. i eksportujemy plik do formatu DXF (w.14, 13, lub 12).

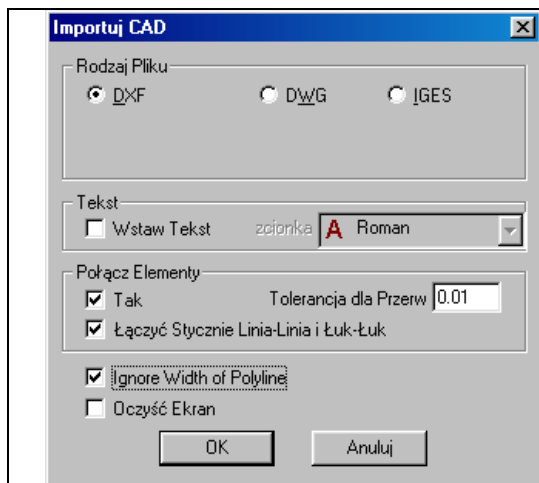


Rys.1. Rysunek detalu (w AutoCadzie lub AMD)

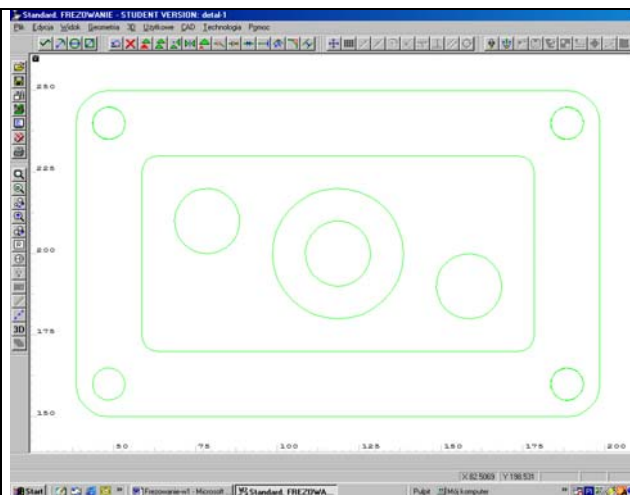


Rys.2. Przygotowany kontur detalu do zapisu w formacie DXF

Uruchamiamy program **AlphaCam Mill** i z menu *Plik* wybieramy polecenie *Importuj CAD ...* Importujemy plik DXF włączając odpowiednie ustawienia. Należy włączyć także opcje: zignoruj szerokość polilinii oraz łączenie elementów – rys.3. W przypadku wystąpienia błędów, lub zbędnych elementów należy je usunąć. W rezultacie nasz detal w AlphaCamie powinien wyglądać jak na rysunku 4.



Rys. 3 Okno dialogowe „Importuj CAD”



Rys. 4. Zaimportowany detal w AlphaCamie

Zapisujemy plik na dysk

4 PRZYGOTOWANIE DO OBRÓBK

4.1. Wybór maszyny (postprocesora)

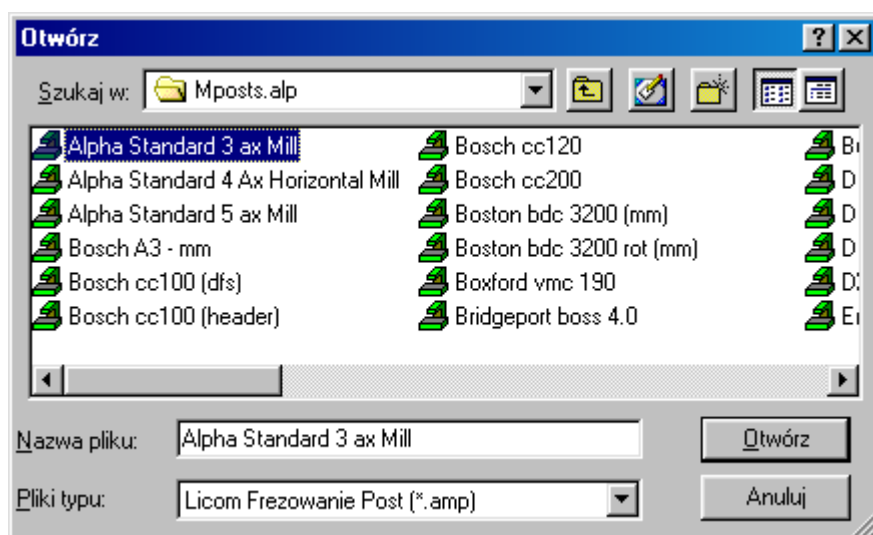
Pierwszą czynnością jaka należy wykonać przed przyporządkowaniem poleceń obróbki do odpowiednich profili jest wybór odpowiedniej maszyny (postprocesora).

Postprocesor determinuje końcową postać kodu NC dla konkretnej maszyny i układu sterowania. Postprocesor wybieramy za pomocą polecenia:



Wybór postprocesora lub z menu rozwijalnego **Plik: Wybierz Postprocesor**

AlphaCAM wyświetla listę aktualnie dostępnych postprocesorów, z których wybieramy **Alpha Standard 3ax Mill.amp** – rys.5.



Rys.5. Wybór postprocesora


4.2. Ustalenie ogólnych warunków obróbki (kierunki obróbki)


Etap ten obejmuje określenie drogi i kierunków ruchu narzędzi podczas obróbki. Wymaga się podania tylko tego zbioru geometrii, który ogranicza ruch narzędzia. System domyślnie przyjmuje kierunek obróbki zgodny z definiowanym obiektem na środku linii.

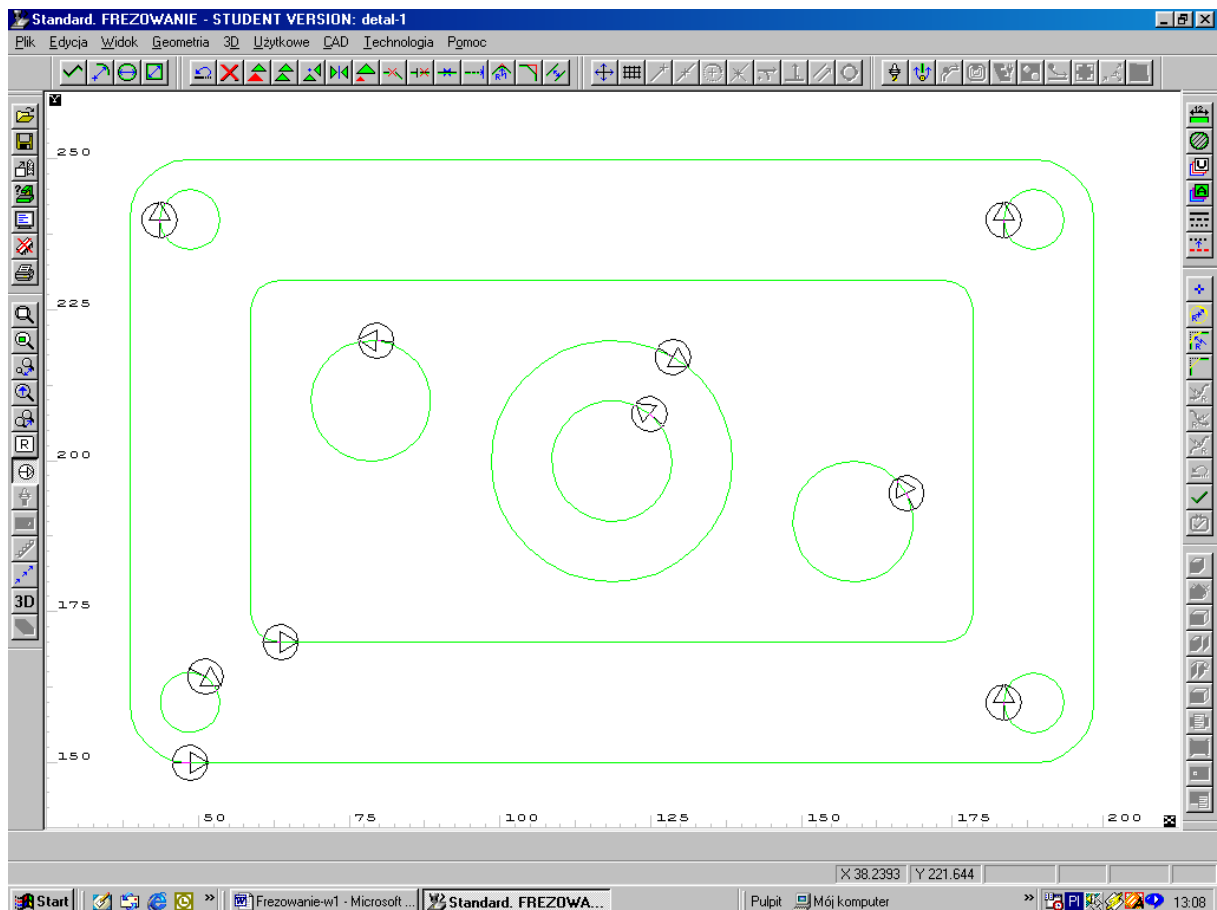
Etap ten polega także na sprawdzeniu poprawności wprowadzonej geometrii. Ma to szczególne znaczenie w przypadku wczytywania rysunku z innego systemu cadowskiego. Często zdarza się, że poszczególne elementy nie są ze sobą połączone. Błędy tego typu należy usunąć przed przystąpieniem do właściwego programowania procesu technologicznego.

W celu sprawdzenia poprawności geometrii należy użyć polecenia **kierunek geometrii**, które wyświetla znacznik w początku każdego profilu geometrycznego.

Wybieramy polecenie **Kierunek geometrii**  lub **Ctrl+G**.

W punkcie początkowym profili powinny pojawić się znaczniki początku geometrii obróbki tak jak pokazano na rysunku 6. Jeżeli na rysunku pojawi się więcej znaczników należy użyć polecenia  **Połącz** i wskazać segmenty, które mają utworzyć jeden ciągły profil. W trakcie działania tego polecenia wskazywane elementy zmieniają kolor na niebieski, kiedy wszystkie segmenty będą już niebieskie należy zakończyć łączenie klawiszem ESC. Dwa znaczniki na jednej geometrii pojawia się także w przypadku zdublowania geometrii. Należy wówczas usunąć zbędny profil za pomocą polecenia **usuń**.

Polecenie **Kierunek geometrii**  lub **Ctrl+G** działa przemiennie, tzn. pokazuje lub ukrywa znaczniki. Po zakończeniu zapisujemy rysunek do pliku dyskowego. Plik uzyskuje automatycznie rozszerzenie **.amd**.





Rys.6. Prawidłowo zaznaczone kierunki obróbki


Dla prawidłowego procesu powinniśmy ustalić następujące warunki obróbki:

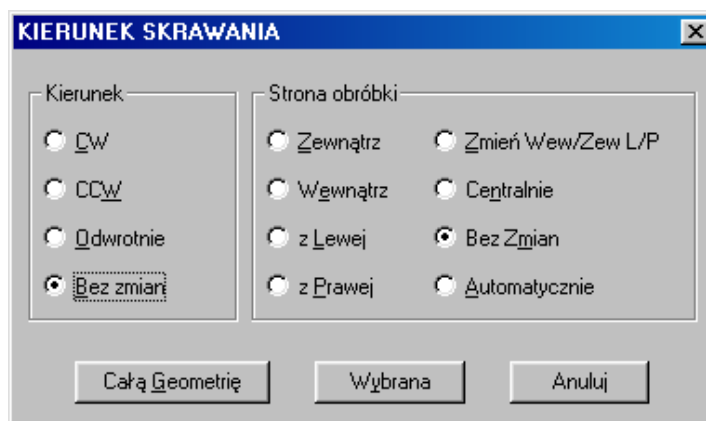
wewnętrzna kieszeń oraz otwór 20 mm powinny być obrabiane zgodnie z przeciwnym ruchem wskazówek zegara CCW - narzędzie jest położone wewnątrz profilu;

- otwór 40 (wyspa) obrabiany zgodnie z ruchem wskazówek zegara CW – narzędzie na zewnątrz geometrii;

- czasami potrzebne jest także ustalenie punktu początkowego obróbki (położenie znacznika ) , w takim przypadku należy przesunąć punkt początkowy obróbki.

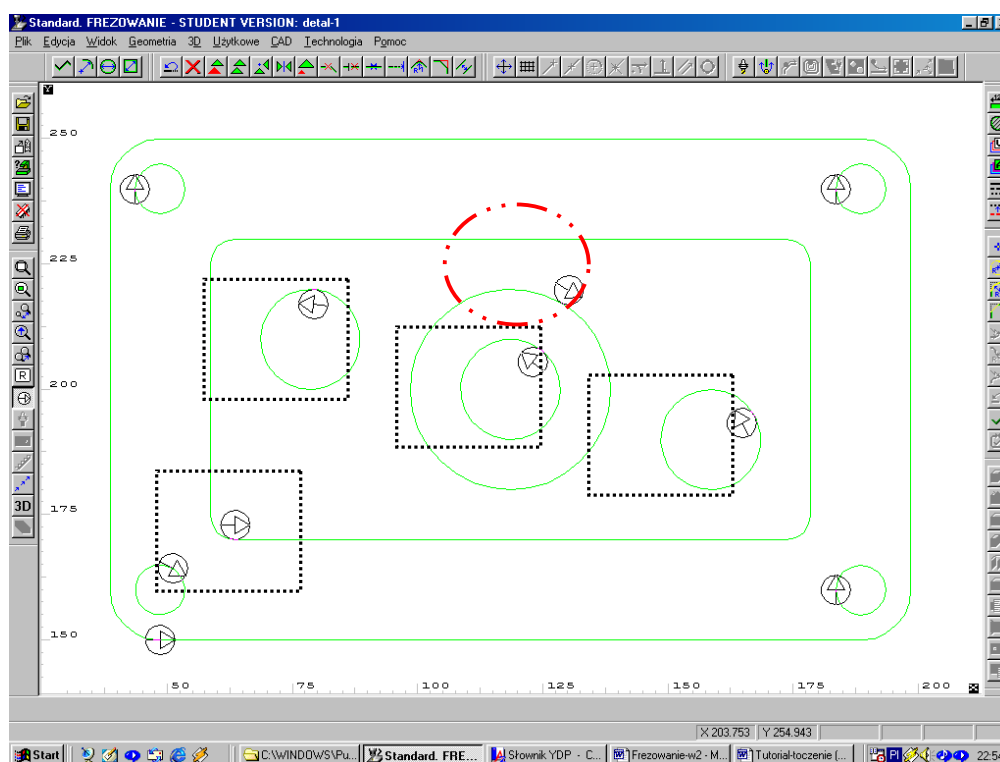
Jeżeli nasz układ różni się od podanego na rysunku 6 włączamy **Kierunek geometrii**  wybieramy

połączenie **Kierunek narzędzia**  Pojawi się okno dialogowe jak na rys.7. W lewej części określamy kierunek obróbki, natomiast w prawej podajemy, z której strony wskazanej geometrii znajduje się narzędzie podczas obróbki. Dokonujemy odpowiednich ustawień zgodnie z rys. 7 i rys.1.






Rys. 7. Okno dialogowe „kierunek obróbki”



Dla otworów $\phi 20$ mm wybieramy opcję „wewnątrz”. Symbol przeniesie się na wewnętrzną stronę wskazanych geometrii – rys.8. Dla $\phi 40$ wybieramy opcję „zewnątrz”.

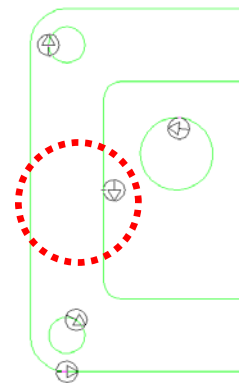
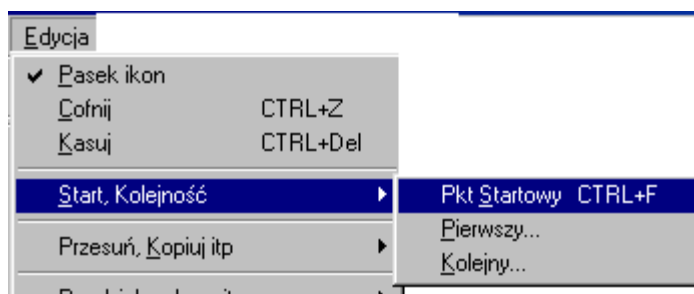


Rys.8. Zmiana strony obróbki wybranych profili na „wewnętrzne” i „zewnątrzne”

Jeżeli zdefiniowane elementy nie są widoczne to wybieramy polecenie **Przerysuj**  (Ctrl+R) lub **Pokaż wszystko** , i ponownie przerysuj . Polecenia te można także wybierać z menu rozwijalnego **Widok Opcje Ekranu**.


4.3. Punkt początkowy obróbki

Ponieważ w naszym przypadku okazuje się, że punkt początkowy (rys.8.) obróbki kieszeni zaczyna się w narożniku, co nie jest zalecane, przeniesiemy go na środek pionowej linii. Wybieramy polecenie: **Edycja** → **Start** → **Pkt_Startowy (Ctrl+F)** lub  i wykorzystując punkty charakterystyczne **Środek elementu**  wskazujemy lewą linię pionową wewnętrznego prostokąta. W efekcie symbol początku i kierunku obróbki powinien przenieść się na środek tej linii – rys. 9.



Rys.9. Zmiana punktu początkowego obróbki

4.4. Wybór materiału i narzędzi


Przed wyborem narzędzia do pierwszej operacji, koniecznym jest wybranie materiału (w taki sposób określamy wstępnie prędkość skrawania) .

Uwaga:

*Wybór materiału to w zasadzie opis biblioteki utworzonej w programie AlphaEDIT (nieodstępna w wersji dydaktycznej). Bieżący materiał jest pierwszym na liście – program używa go domyślnie jeżeli nie wybrano innego materiału. Pierwsza linia na liście to nazwa materiału. Przy definiowaniu nazwy należy pamiętać aby poprzedzić ją znakiem \$ (max 29 znaków). Druga linia to krawędź skrawania narzędzia, prędkość skrawania w m/min lub stopy/min **przez materiał – a nie prędkość posuwu narzędzia**. Prędkość posuwu i obrotu zostaną obliczone biorąc pod uwagę prędkość skrawania dla materiału jaka została podana, średnicę narzędzia i liczbę zębów tnących, która została podana podczas definiowania narzędzia. Np.:*

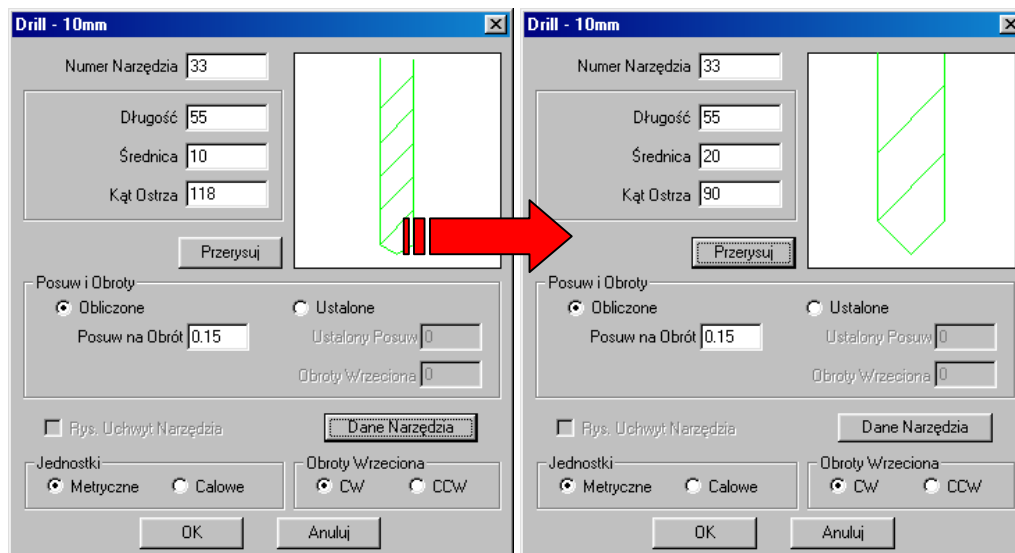
*Saluminium
5000m/min*

Wybieramy materiał **Technologia** → **Wybierz Materiał**  – na liście materiałów wskazujemy **EN2 050A 12 HSS Finish** (rys.10)

Wybieramy narzędzie **Technologia** → **Wybierz narzędzie**  – na liście wybieramy Metric – **Drill 10**. Aby zobaczyć jak wygląda narzędzie należy kliknąć na ikonę Edycja narzędzia w oknie dialogowym narzędzia – rys.10. Pojawi się rysunek narzędzia i podstawowe parametry – rys.11.

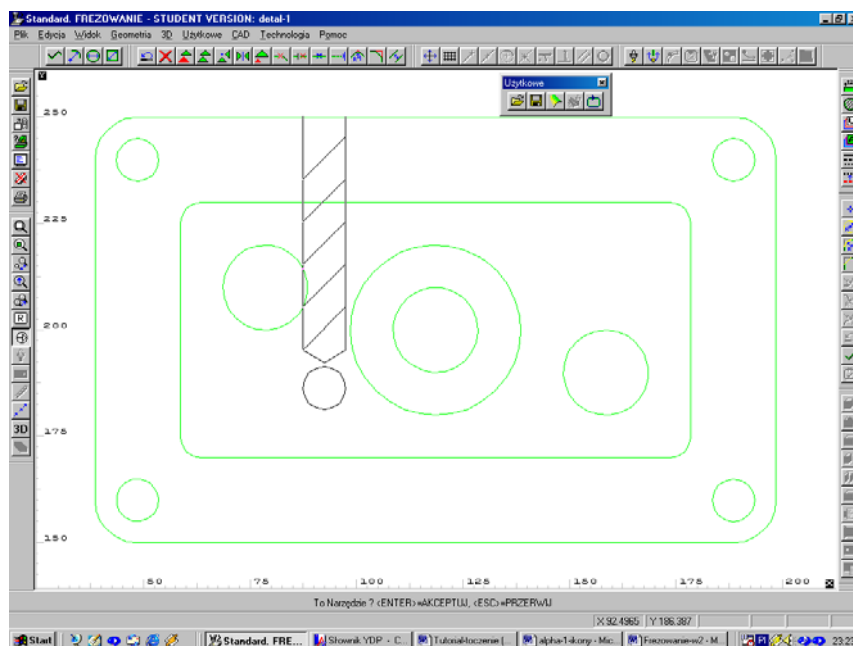


Rys.10. Okna wyboru materiału i narzędzia.



Rys.11. Okno dialogowe Edycja narzędzia. Możemy zmienić parametry i nacisnąć przycisk przerysuj aby zobaczyć wprowadzone zmiany

Po wybraniu właściwego narzędzi jego zarys pojawi się na ekranie rys.12. Wybór należy zaakceptować klawiszem Enter (albo Esc żeby wrócić do okna wyboru narzędzia).




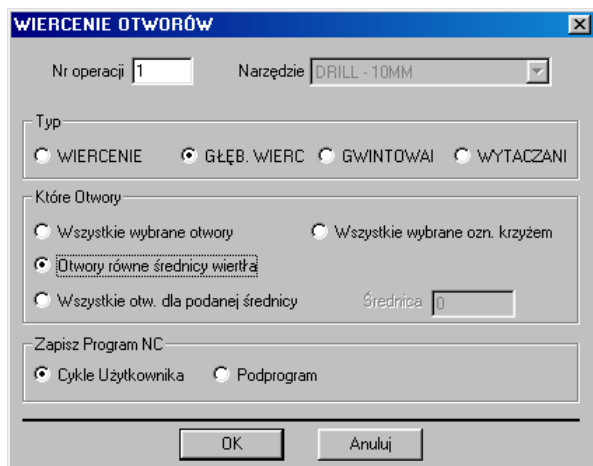
Rys.12 Ekran w widoku wybranego narzędzia (należy zaakceptować wybór Drill 10 mm)

5 OBRÓBKA

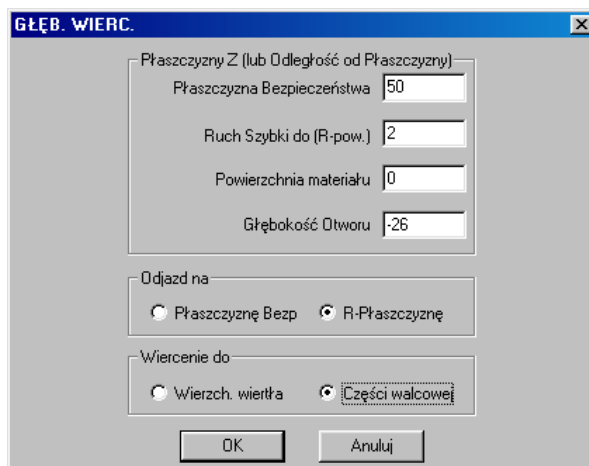
5.1. Operacja 1 – wiercenie otworów

5.1.1. Wiercenie 4 otworów przelotowych w narożnikach

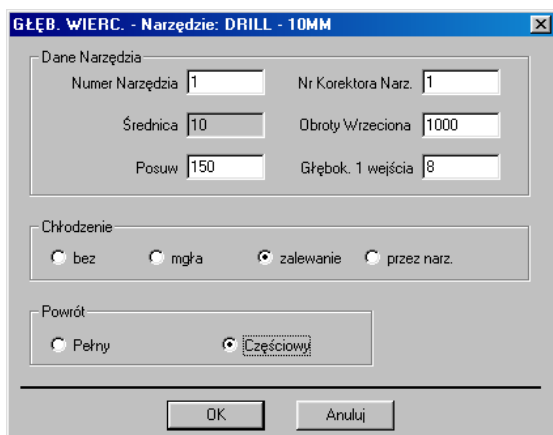
Z menu technologia wybieramy polecenie **Wiercenie gwintowanie otworów** lub za pomocą ikony . Pojawi się okno dialogowe – rys.13, w którym ustawiamy odpowiednie opcje jak na rysunku (otwory równe średnicy wiertła, głębokie wiercenie). Po zatwierdzeniu pojawi się automatycznie okno dotyczące parametrów geometrycznych dla operacji głębokie wiercenia rys.14. Wypełniamy poszczególne pola jak na podanym rysunku. Po zatwierdzeniu pojawi się nowe trzecie już okno dotyczące parametrów obróbki i narzędzia – rys. 15. Wypełniamy i zatwierdzamy tak jak na rysunku.



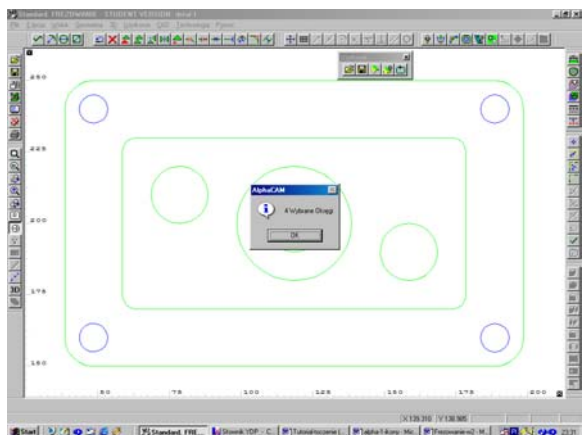
Rys.13. Okno dialogowe wiercenie otworów



Rys.14. Parametry geometryczne dla głębokiego wiercenia



Rys.15 Parametry narzędzia dla głębokiego wiercenia




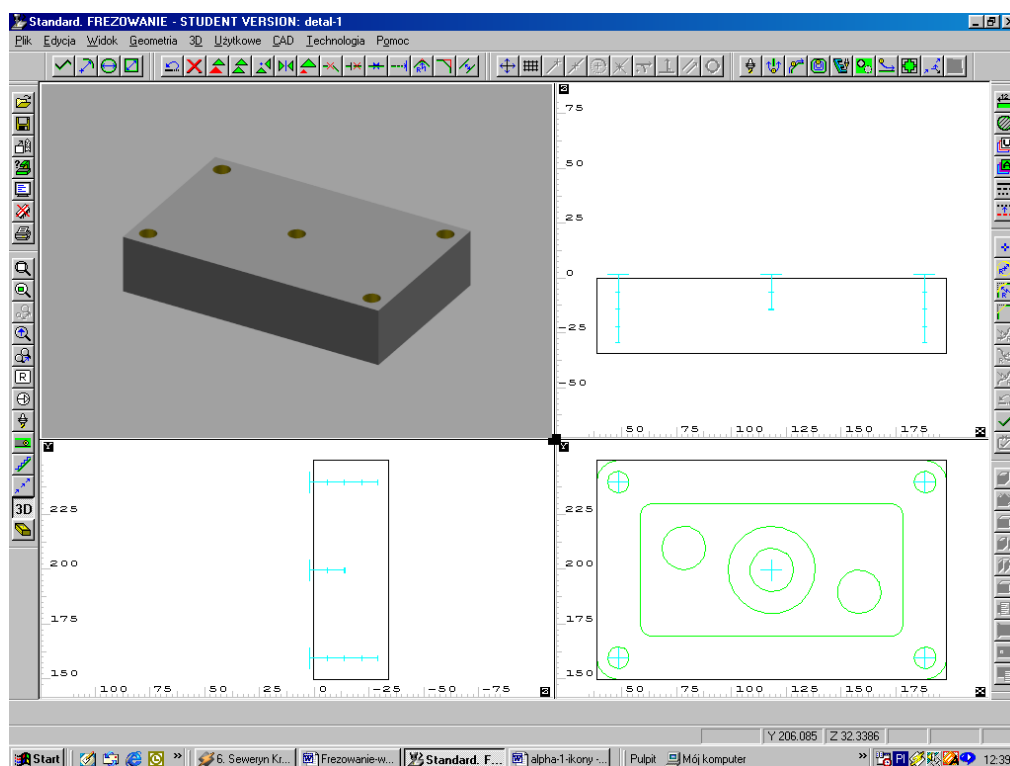
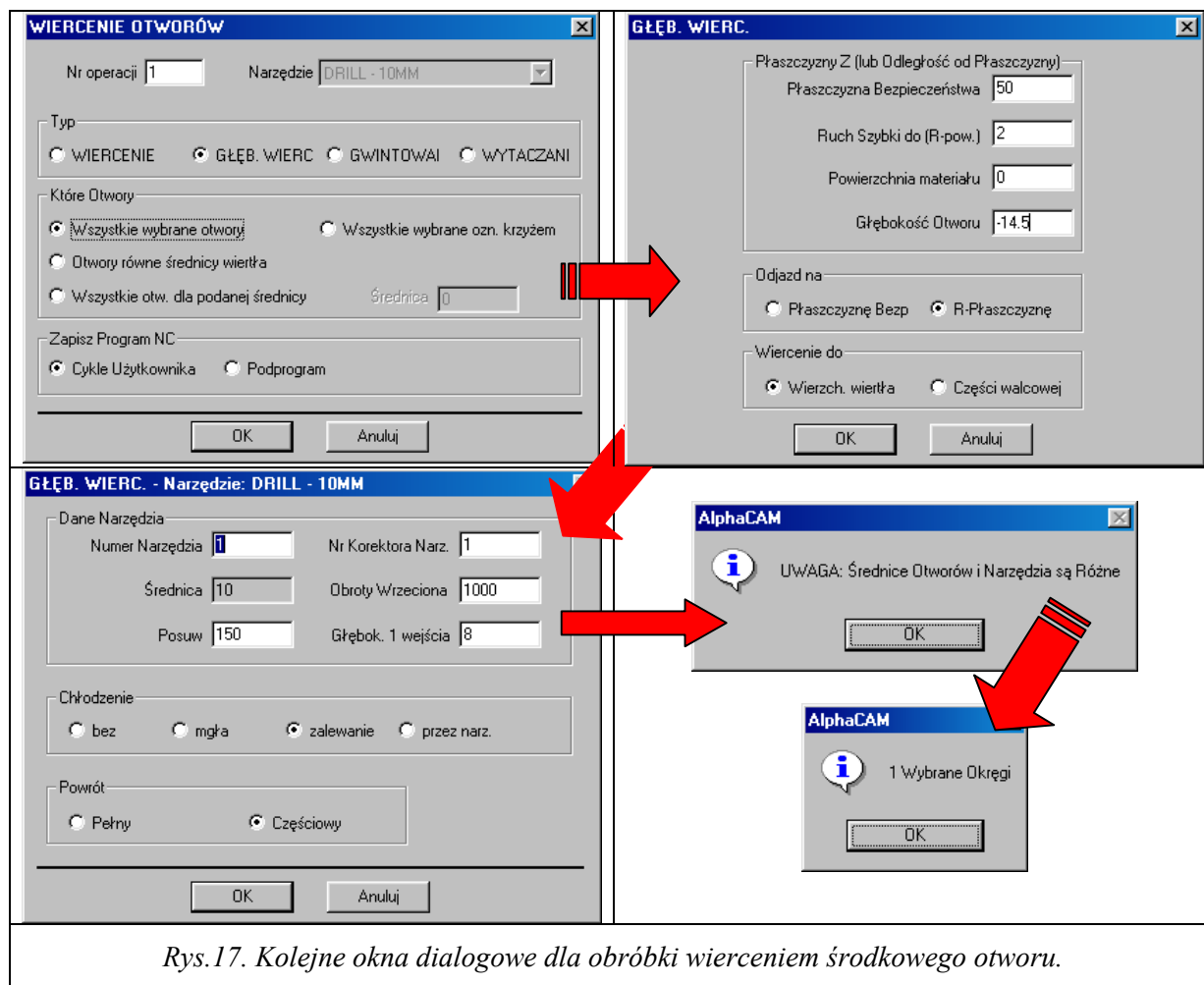
Rys.16 Informacja o znalezieniu czterech okręgów

Po zatwierdzeniu ostatniego okna dialogowego (rys.14) program poprosi o wskazanie okręgów, które mają zostać obrobione (*napis u dołu ekranu graficznego*). Ponieważ wybraliśmy opcję **otwory równe średnicy wiertła** możemy wskazać oknem cały rysunek a program sam znajdzie okręgi spełniające powyższy warunek. Aby wybrać oknem należy ustawić kursor w lewym narożniku poniżej rysunku i kliknąć lewym klawiszem myszy. Przesunąć kursor i ponownie kliknąć lewym klawiszem myszy. Po wskazaniu wybieramy polecenie zakończ (ESC). Program wyświetli informacje, że znalazł cztery okręgi spełniające podane warunki – rys.16. Zatwierdzamy wybór OK. W środku czterech okręgów powinny pojawić się krzyże pające.

5.1.2. Wiercenie otworu prowadzącego (pilotowego) w środku detalu

Uwaga: Aby powtórzyć ostatnie polecenie wystarczy nacisnąć klawisz spacji


Naciskamy spację lub z menu **technologia** wybieramy polecenie **Wiercenie gwintowanie otworów** lub za pomocą ikony . Wypełniamy kolejne okna dialogowe jak na rys. 17 i wskazujemy środkowy okrąg. Program wyświetli informację, że wybrany otwór ma inny rozmiar niż wybrane narzędzie. Po zaakceptowaniu powyższych ustawień w środku wybranego okręgu pojawi się marker. Włączamy symulację obróbki i sprawdzamy czy wszystkie elementy zostały wykonane prawidłowo – rys. 18.

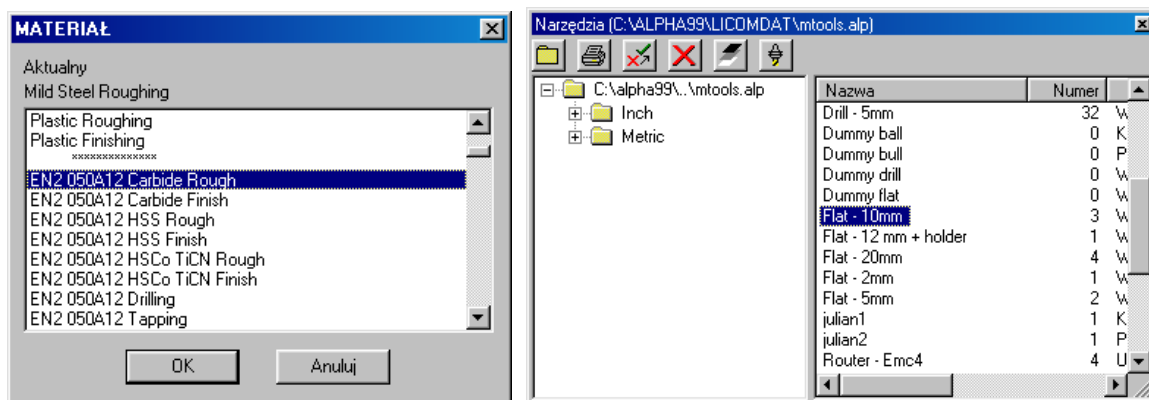


5.2. Operacja 2 - frezowanie zgrubne kieszeni wewnętrznej

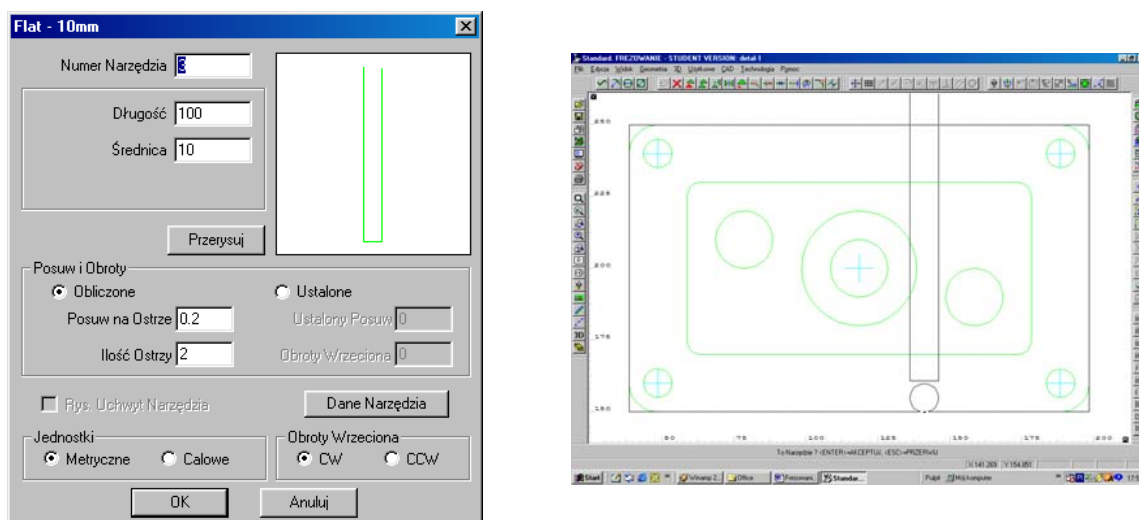
W kolejnej operacji wykonane zostanie frezowanie zgrubne kieszeni wewnętrznej. W przykładzie przyjmujemy, że narzędzie do tej obróbki będzie wykonane z węgla spiekane. Aby system mógł prawidłowo przeliczyć parametry posuwu i prędkości konieczne jest takim razie wybranie nowych warunków obróbki „przez materiał”, czyli musimy wybrać nowy materiał – *patrz punkt 4 Uwaga*.

Wybieramy materiał **Technologia → Wybierz Materiał**  – na liście materiałów wskazujemy **EN2 050A 12 Carbide Rough** (rys.19)


Wybieramy narzędzie **Technologia → Wybierz narzędzie**  – na liście wybieramy – **Flat – 10** – rys.19. Aby zobaczyć jak wygląda narzędzie należy kliknąć na ikonę **Edycja narzędzia** w oknie dialogowym narzędzia – rys.19. Pojawi się rysunek narzędzia i podstawowe parametry – rys.20. Akceptujemy wybrane narzędzie klawiszem **Enter**.



Rys.19. Okna wyboru materiału i narzędzia.



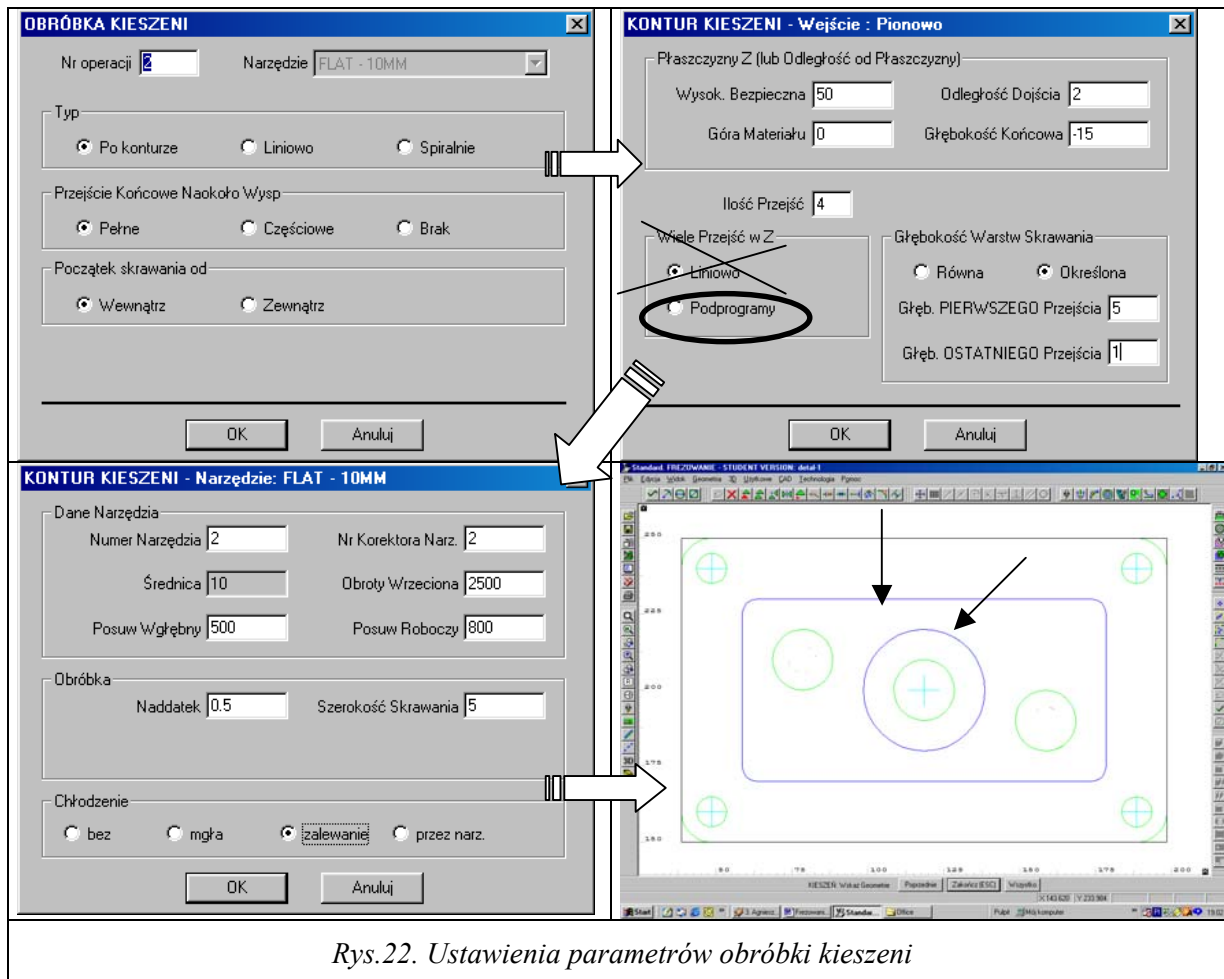
Rys.20. Parametry wybranego narzędzia (frez 10) oraz jego uproszczony widok na ekranie

Z menu **Technologia** wybieramy **Obróbka kieszeni ...** lub ikonę . Pojawi się okno, w którym należy wybrać opcję **Wybrana** – rys.21.



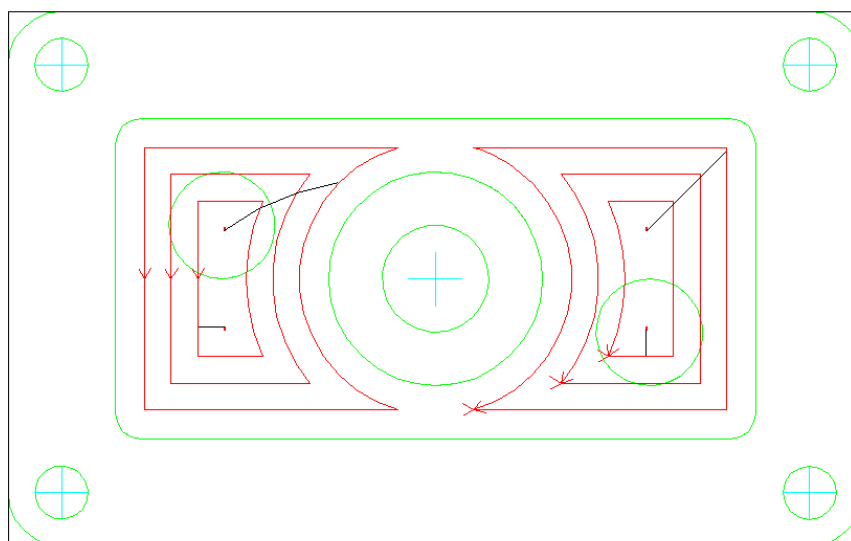
rys.21

Wypełniamy kolejne pojawiające się okna dialogowe jak na rys. 22. W końcowej fazie wskazujemy wewnętrzny prostokąt i okrąg 40 mm. (kolor wybranych elementów zmienia się na niebieski). Sprawdzamy jak zmienia się obróbka w zależności od opcji wiele przejść. Ostatecznie zostawiamy włączoną opcję **podprogramy**.



Rys.22. Ustawienia parametrów obróbki kieszeni





Po zaakceptowaniu wskazanych konturów zostanie wygenerowana ścieżka narzędzia (kolor czerwony) – rys. 23.

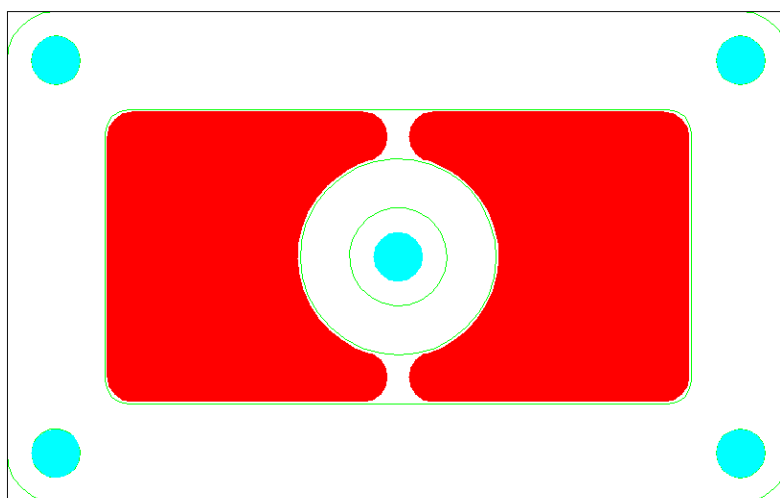


Rys.23. Widok ścieżki narzędzia dla obróbki kieszeni









Podobnie jak w przypadku toczenia przeglądamy różne widoki obróbki, kolejno włączając: (polecenia te można wybierać z menu **Widok → Opcje Ekranu.**)

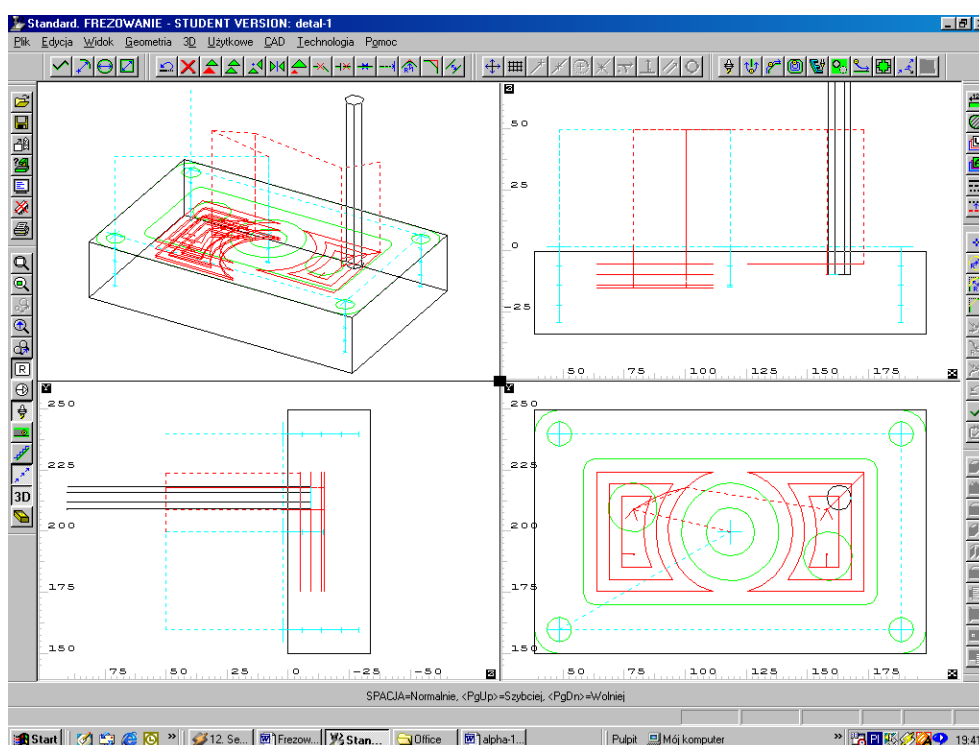
Aby zobaczyć obszary usuwanego materiału przez narzędzie wybieramy polecenie **Obróbka Materiału**

 i następnie **Przerysuj**  - rys.24.. Powrót do normalnego widoku następuje po wybraniu  i .



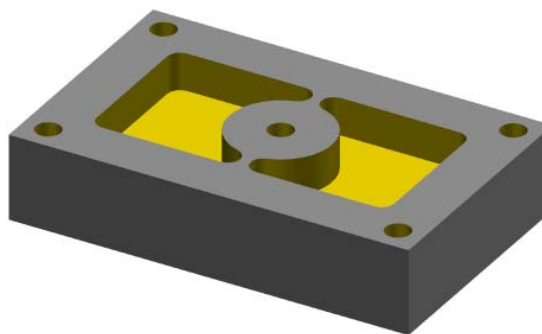
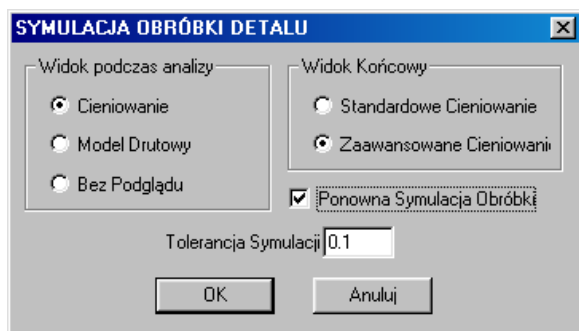
Rys.24. Widok usuwanego materiału

Aby zobaczyć animację narzędzia – rys.25, wybieramy polecenia Pokaż narzędzie (ikona z lewego menu bocznego) , następnie pokaż **Ruch szybki**  i w końcu **Widok 3D** . W celu ponownego uruchomienia animacji wybieramy polecenie **Przerysuj** . Aby wrócić do normalnego widoku ponownie uruchamiamy polecenia: **Pokaż narzędzie** , **Ruch szybki** , **widok 3D**  i **Przerysuj** .




Rys.25. Animacja ruchu narzędzia

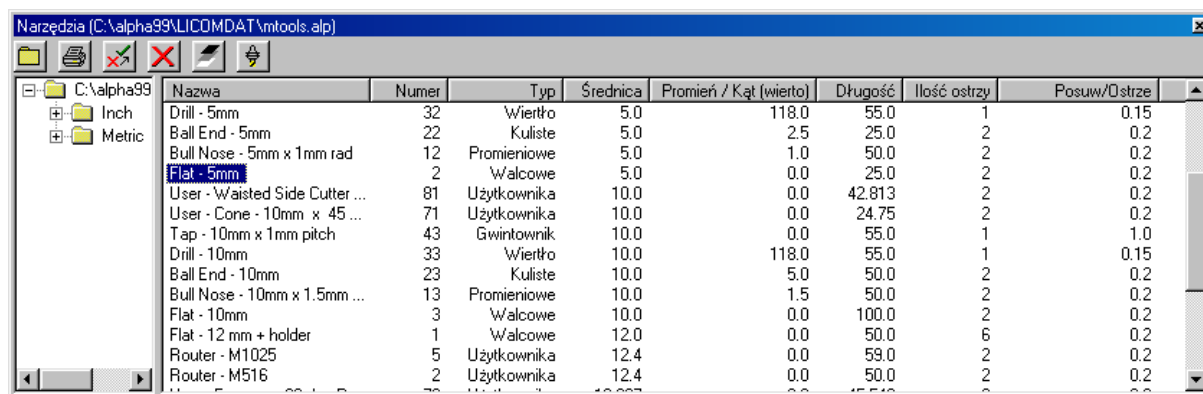
Na koniec tej części uruchamiamy polecenie **Symulacja Obróbki** (włączamy Cieniowanie i Zaawansowane cieniowanie – rys.26). W rezultacie otrzymujemy widok obrobionego detalu – rys.26.




Rys.26. Zaawansowana symulacja obróbki

5.3. Operacja 3 - obróbka wykańczająca kieszeni

Wybieramy narzędzie **Technologia** → **Wybierz narzędzie**  – na liście wybieramy Flat-5 mm (frez walcowy). Aby zobaczyć jak wygląda narzędzie należy kliknąć na ikonę Edycja narzędzia w oknie dialogowym narzędzia – rys.27. Pojawi się rysunek narzędzia i podstawowe parametry. Zatwierdzamy wybór narzędzia.



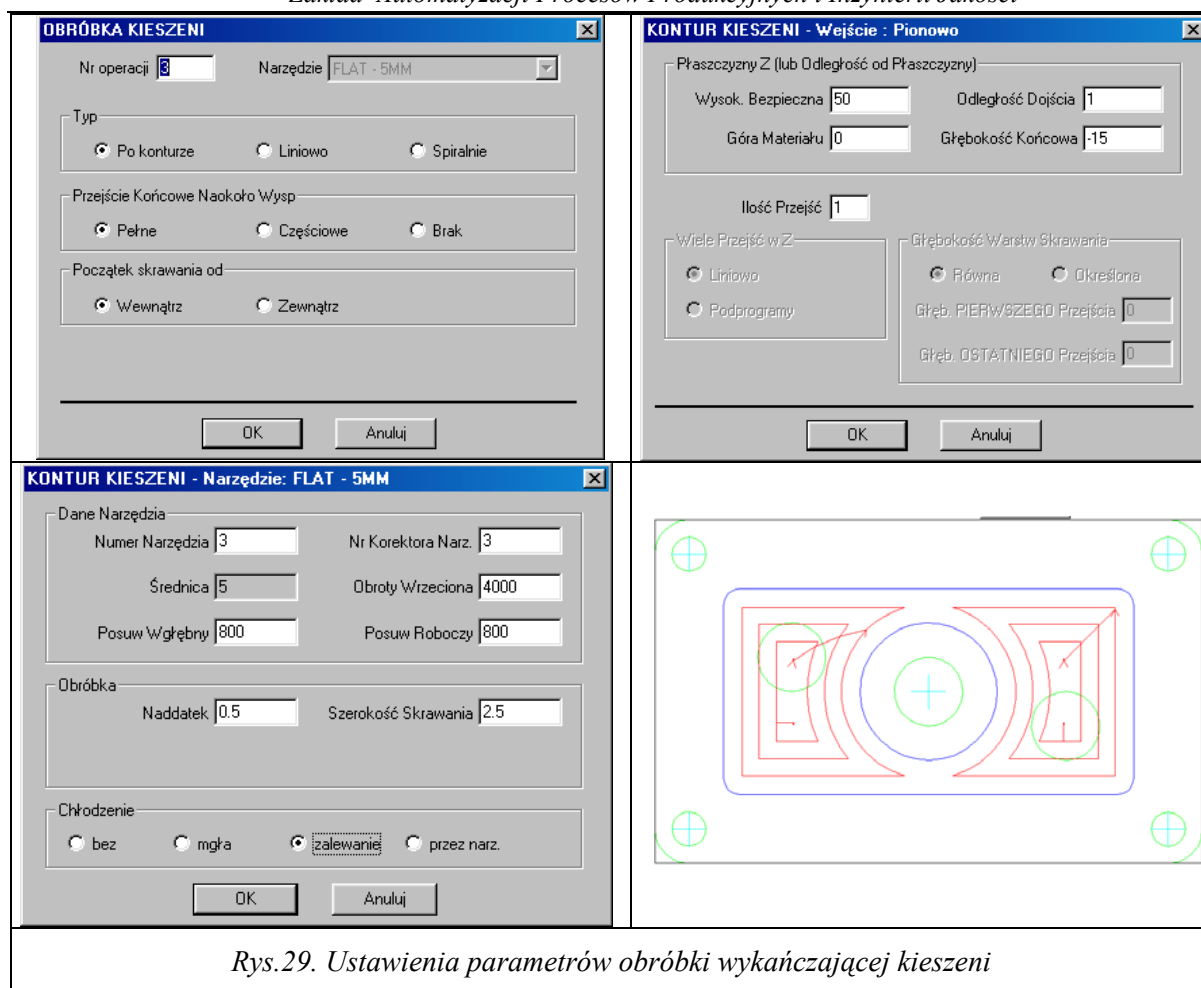
Rys.27. Wybór narzędzia (rozwinęte szczegółowe informacje o narzędziu)

Z menu **Technologia** wybieramy **Obróbka kieszeni ...** lub ikonę . Pojawi się okno, w którym należy wybrać opcję **Wybrana** – rys.28.



rys.28.

Pojawią się kolejne karty, które wypełniamy jak na rys.29. Pozostawiamy naddatek 0.5 mm – 3 karta. Na zakończenie system prosi o wskazanie geometrii. Możemy wybrać przycisk „poprzednie” (u dołu ekranu”) gdyż obróbka dotyczy tych samych konturów, lub wskazać okrąg 40 mm i wewnętrzny prostokąt. Po wskazaniu, wybrana geometrii zmienia kolor na niebieski – rys. 29.

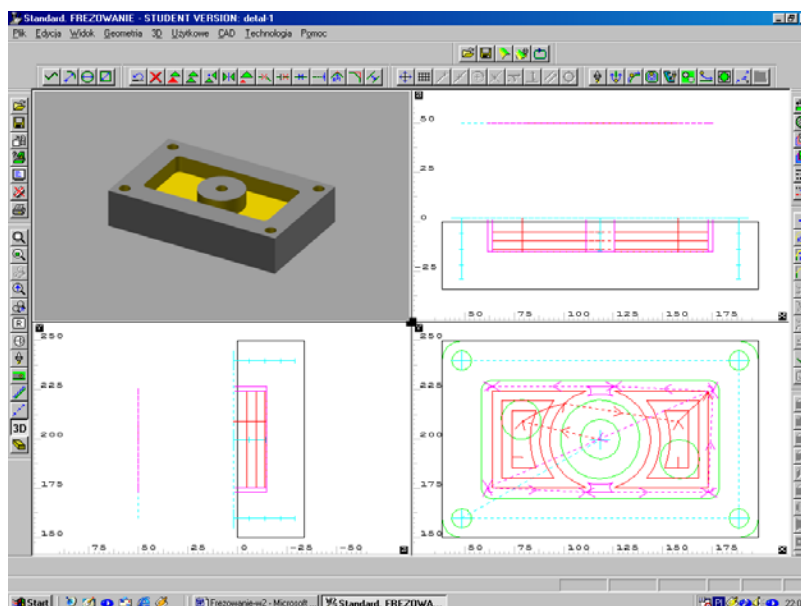


Rys.29. Ustawienia parametrów obróbki wykańczającej kieszeni

Uwaga:


Narzędzie frez 5 obrobi tylko te obszary, których nie mógł obrobić frez 10.

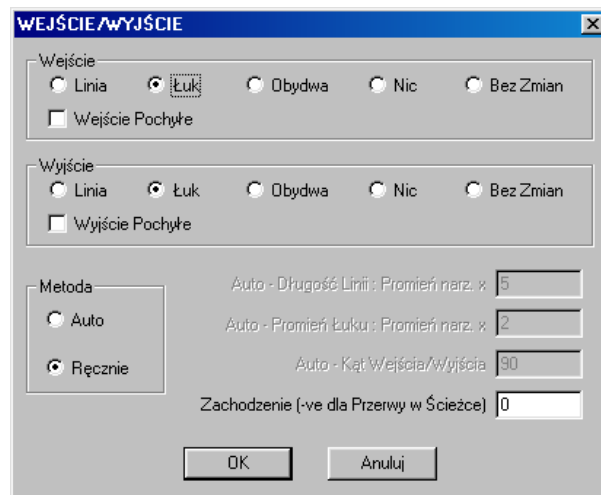
Nasz detal powinien teraz wyglądać jak na rys. 30. Powstałe dodatkowe ścieżki narzędzia wymagają ręcznego wprowadzenia drogi wejścia i wyjścia narzędzia. Niestety w przypadku obróbki kieszeni jest to jedyne możliwe rozwiązanie.



Rys.30. Detal po obróbce kieszeni frezem 5 mm

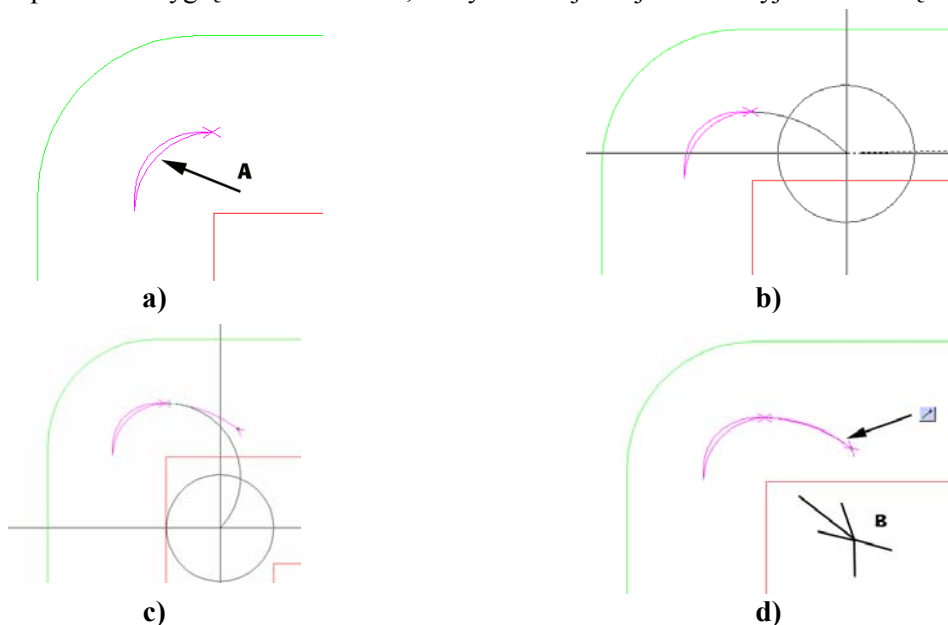
5.3.1. Ręczna modyfikacja ścieżki wejścia wyjścia narzędzia.

Celem tego etapu jest takie wprowadzenie i wyprowadzenie narzędzia (fraz 5) aby ścieżki te znajdowały się w obszarach już usuniętego materiału. Zakładamy, że wejście i wyjście narzędzia będzie odbywało się po łukach. W tym celu wybieramy polecenie z menu **Technologia** → **Wejście/wyjście narzędzia** lub ikonę: . Pojawi się okno dialogowe – rys.31, w którym dokonujemy odpowiednich zmian (wypełniamy ustawienia jak na rysunku).



Rys.31. Okno dialogowe do definiowania drogi wejścia/wyjścia narzędzia


Powiększamy oknem lewy górny narożnik detalu (polecenie powiększ okno jest poleceniem transparentnym) i na pytanie wskaż drogę narzędzia klikamy w pobliżu istniejącej ścieżki obróbki – rys.32 a). Nastąpi automatyczne zaczepienie w początku ścieżki roboczej narzędzia (taki symbol <). Teraz należy wskazać punkt wejścia narzędzia. Przesuwając kursor widzimy, że w jego końcu zaczepione jest narzędzie (w postaci okręgu), klikamy tak aby powstał łuk, mniej więcej w punkcie jak na rys b). Powstanie ścieżka wejścia narzędzia, a na końcu nowego łuku pojawi się symbol < - rys. 32 c). Teraz należy podać punkt końcowy wyjścia narzędzia po łuku. Niech to będzie ten sam łuk. W tym celu wskazujemy, wykorzystując punkty charakterystyczne koniec istniejącego ostatnio utworzonego łuku – rys. 32 d). W punkcie B na rys d) pokazano jak powinien wyglądać koniec łuku, który definiuje wejście > i wyjście < narzędzia.

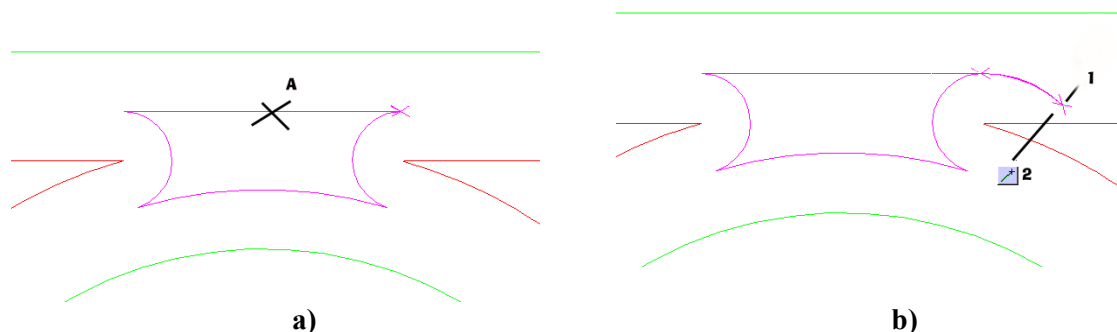


Rys.32. Kolejne etapy ręcznego definiowania drogi wejścia wyjścia narzędzia





Powtarzamy operację dla pozostałych trzech narożników.

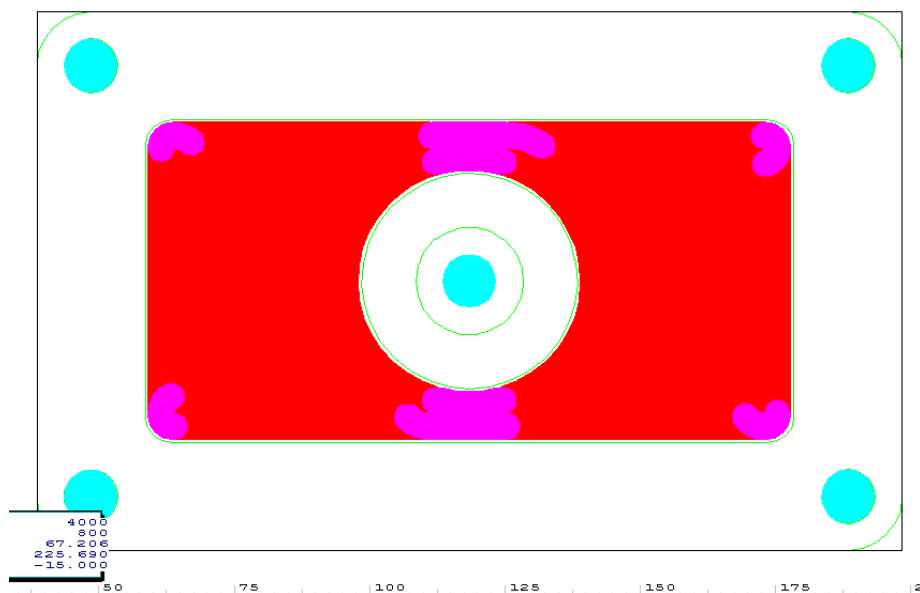
Następnie wykonujemy identyczną operację dla pozostałych środkowych ścieżek narzędzia (freaza 5). Powiększamy oknem ścieżkę rys. 33.a), wybieramy polecenie z menu **Technologia** → **Wejście/wyjście**

narzędzia lub ikonę: , akceptujemy ustawienia w oknie dialogowym jak poprzednio i na pytanie o ścieżkę narzędzia wskazujemy punkt jak na rys. 33 a). Wykonujemy identyczne czynności jak poprzednio – rys.33 b). W rezultacie powinniśmy otrzymać ścieżkę jak na rys. 33 b)



Rys.34. Kolejne etapy ręcznego definiowania drogi wejścia wyjścia narzędzia

Powtarzamy czynności dla dolnej ścieżki. Na koniec włączamy opcję **Obróbka Materiału**  i następnie **Przerysuj** . Powinniśmy uzyskać widok jak na rys.34. Powrót do normalnego widoku następuje po wybraniu  i .




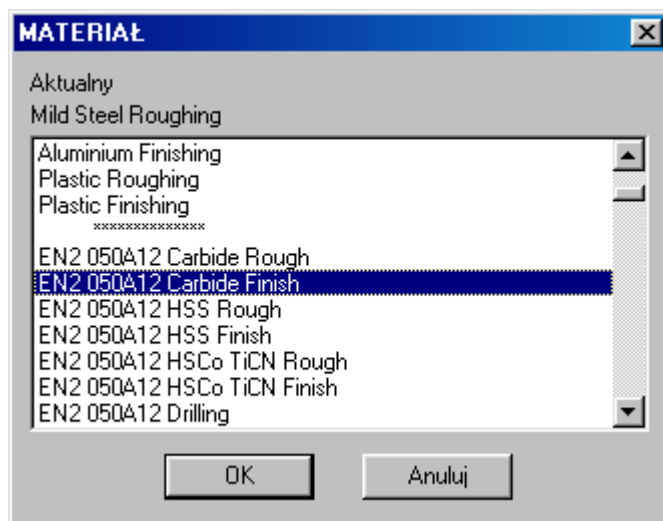
Rys.34. Widok usuwanego materiału po wykonaniu dotychczasowych operacji

5.3.2. Obróbka wykańczająca profilu kieszeni i występu.

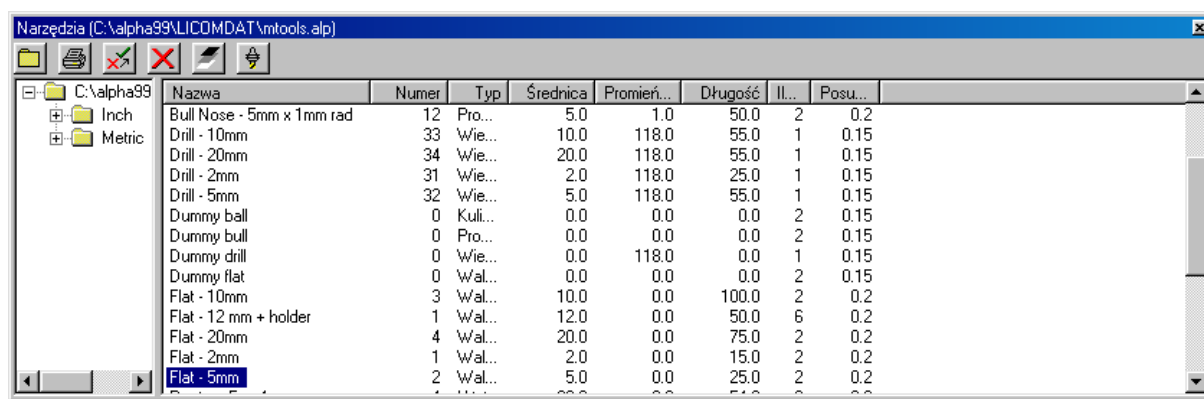
Następną operacją jest obróbka wykańczająca profilu wewnętrznej kieszeni i występu (obróbka ich ścian pionowych). Operacja ta nie wymaga zmiany narzędzia – pozostaje frez 5. Jednakże, aby system mógł prawidłowo przeliczyć parametry obróbki musimy wybrać nowy materiał. (dla przypomnienia: w systemie parametry są tak przeliczane jakby to materiał skrawał a nie narzędzie – patrz p.4. i 6).

Wybieramy materiał **Technologia → Wybierz Materiał**  – na liście materiałów wskazujemy **EN2 050A 12 Carbide Finish** (rys.35)

Pomimo, że nie zmieniamy w procesie obróbki narzędzia, aby system mógł prawidłowo przeliczyć parametry skrawania (prędkość i posuw) i dopasować je do nowych warunków obróbki wymagane jest ponowne wybranie narzędzia. Wybieramy narzędzie **Technologia → Wybierz narzędzie**  – na liście wybieramy – **Flat – 5** – rys.36. Akceptujemy wybrane narzędzie.




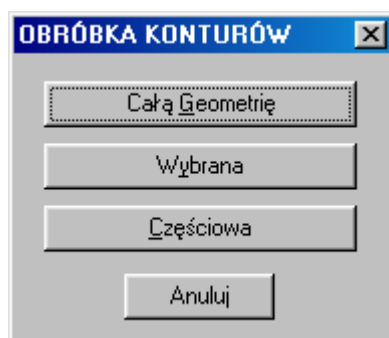
Rys. 35. Wybór materiału (właściwie dobór prędkości i posuwu skrawania przez materiał)



Rys. 36. Re-wybór narzędzia

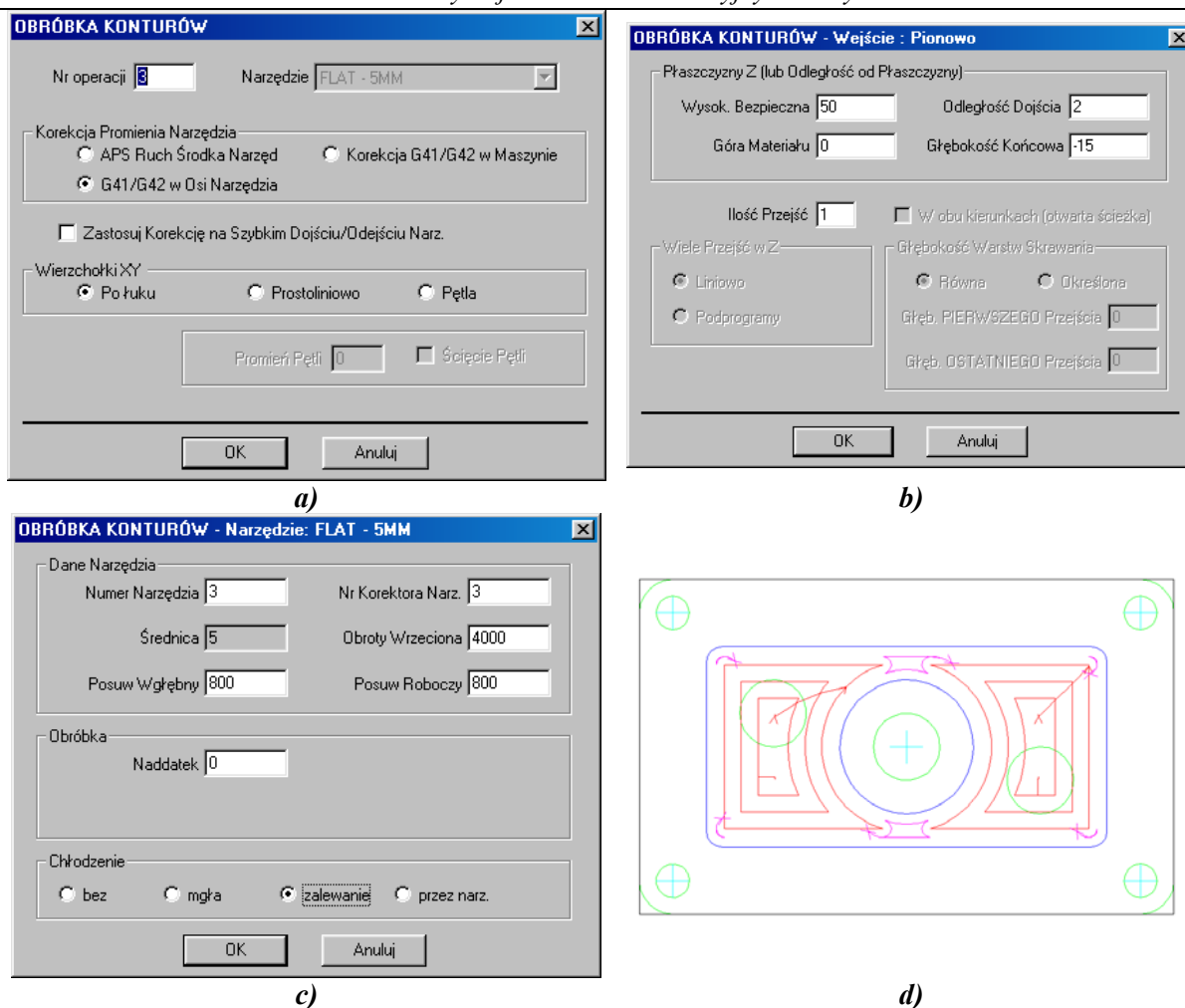
8.3. Obróbka profili

Z menu **Technologia** wybieramy **Obróbka konturów ...** lub ikonę . Pojawi się okno, w którym należy wybrać opcję **Wybrana** – rys.37.

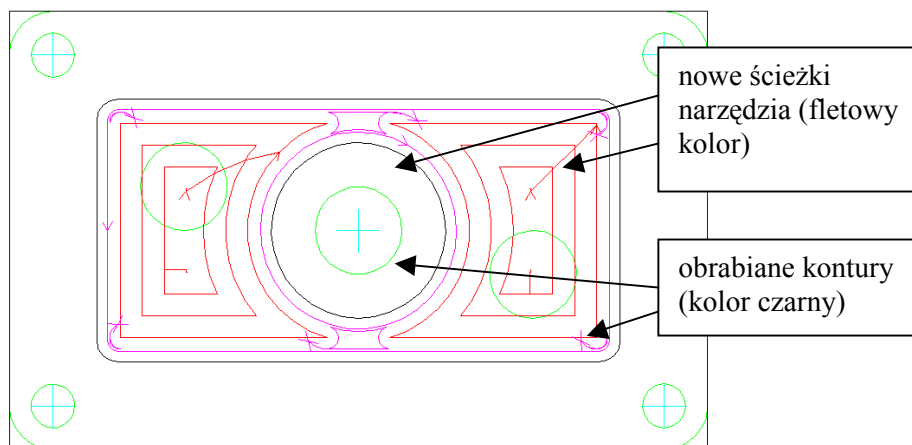


Rys.37. Wybór geometrii do obróbki

Po naciśnięciu przycisku „wybrana” wypełniamy kolejne okna dialogowe jak na rys. 38. Na koniec wskazujemy obrabiane kontury – wewnętrzny prostokąt oraz okrąg 40 mm. Po wskazaniu powinny zmienić one kolor na niebieski – rys.38 d). Akceptujemy wskazania. Pojawia się nowa ścieżka narzędzia (kolor fioletowy) a obrabiany kontur powinien zmienić kolor na czarny – rys. 39.



Rys.38. Ustawienia parametrów obróbki wykańczającej konturów

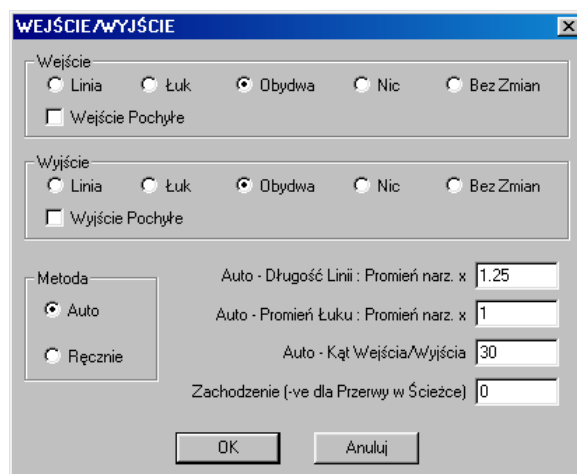


Rys.39. Widok detalu po wykonaniu ostatnich operacji

5.3.3. Ustawienie drogi wejścia / wyjścia dla narzędzia

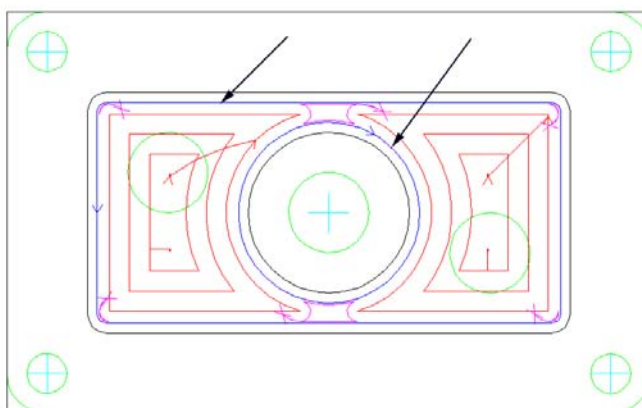
Obróbka ostatniego profilu używała korekcji promienia narzędzia wg. ustawienia: G41/G42 w osi narzędzia. W przypadku gdy dla ścieżki narzędzia obrabiającego profil (kontur) zastosowano korekcję tego typu stosowanie drogi tylko po łuku nie jest najlepszym rozwiązaniem.

Wybieramy polecenie z menu **Technologia** → **Wejście/wyjście narzędzia** lub ikonę: . Pojawi się okno dialogowe – rys. 40, w którym dokonujemy odpowiednich zmian (wypełniamy ustawienia jak na rysunku).



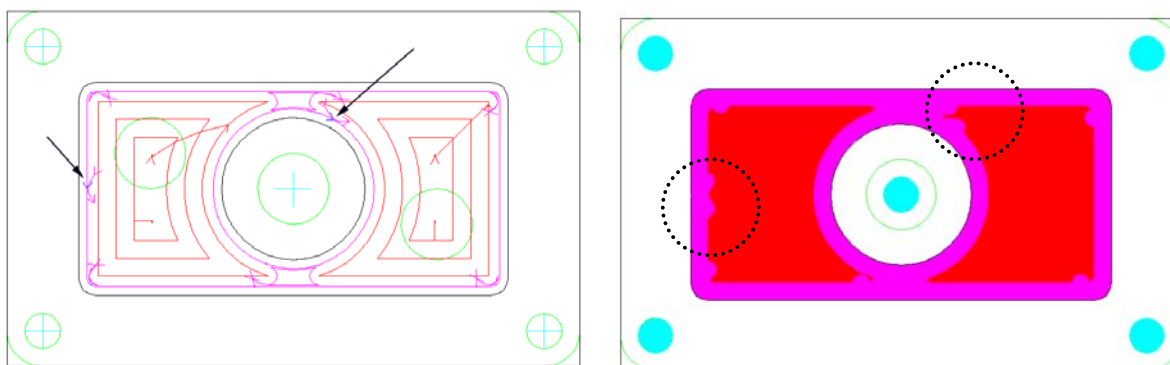
Rys.40 Ustawienia drogi wejścia wyjścia narzędzia

Po zaakceptowaniu ustawień okno dialogowe znika a program poprosi o wskazanie ścieżek narzędzi. Wskazujemy kursorem ścieżki jak na rysunku 41.





Rys.41. Ścieżki obróbki, dla których zastosowane zostaną ustawione drogi wejścia / wyjścia narzędzia.

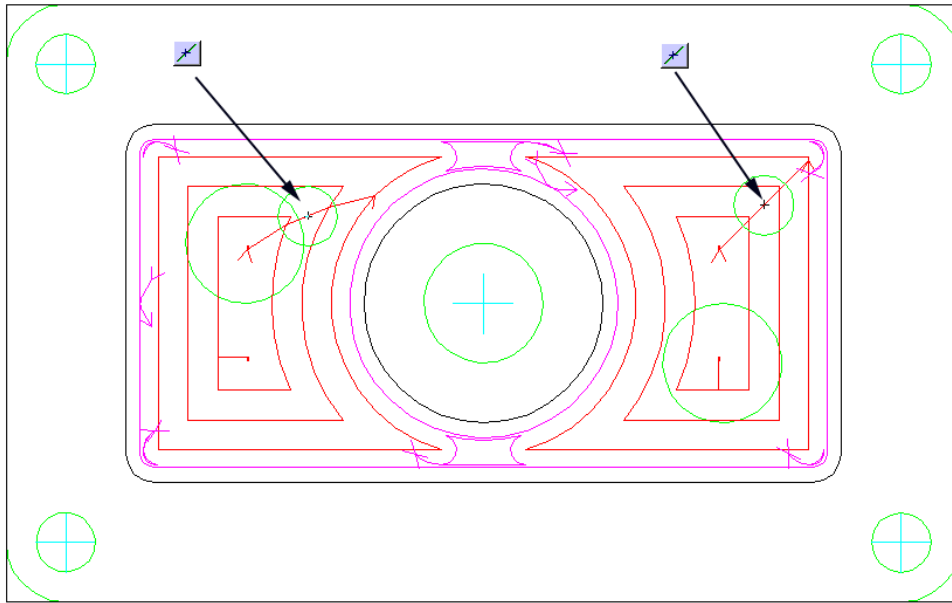
W punktach gdzie narzędzie rozpoczyna / kończy obróbkę powinny pojawić się nowe elementy geometryczne obrazujące wejście / wyjście narzędzia – rys. 42.



Rys. 42. Zaznaczone nowe ścieżki wejścia/ wyjścia narzędzia (proszę porównać z rys.34)

5.4. Operacja 4 - otwory pilotowe (prowadzące) dla obróbki kieszeni


Najpierw narysujemy dwa okręgi ϕ 10 mm. Do wskazania ich położenia wykorzystamy istniejące ścieżki narzędzia. Wybieramy polecenie Okrąg  Centrum + Średnica. Wpisujemy średnicę 10 mm. Jako punkt środka pierwszego okręgu wybieramy środek łuku (drogi narzędzia) – rys. 43. Przy czym wykorzystujemy punkt charakterystyczny – środek . W identyczny sposób rysujemy drugi okrąg – rys. 43.




Rys.43. Technika rysowania okręgów przy wykorzystaniu geometrii narzędzia i punktów charakterystycznych.

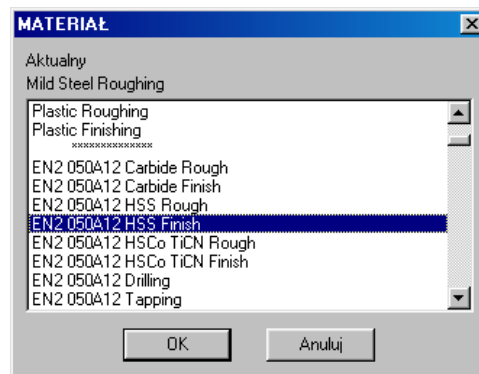
5.4.1. Wiercenie otworów pilotowych – wybór narzędzia

Jako czwarta operacje wykonane zostaną dwa otwory pilotowe dla operacji frezowania kieszeni oraz dwa otwory ϕ 10, które później zostaną rozwiercone na ϕ 20 mm. Podobnie jak w poprzednich przypadkach najpierw wybieramy materiał i narzędzie – wiertło ϕ 10 mm.

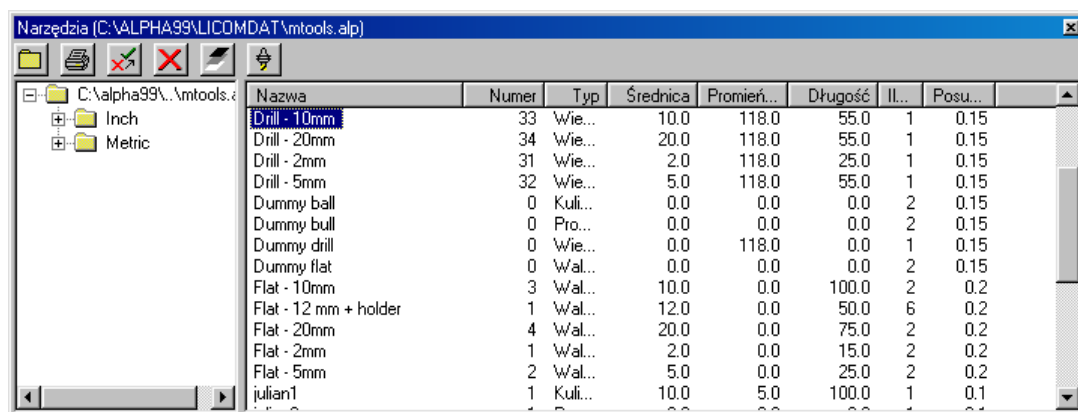
Wybieramy materiał **Technologia → Wybierz Materiał**  – na liście materiałów wskazujemy **EN2 050A 12 HSS Finish** (rys. 44)

Następnie, aby system mógł prawidłowo przeliczyć parametry skrawania (prędkość i posuw) i dopasować je do nowych warunków obróbki wymagane jest ponowne wybranie narzędzia. Wybieramy narzędzie

Technologia → Wybierz narzędzie  – na liście wybieramy **Drill 10** – rys.45 i akceptujemy wybrane narzędzie.



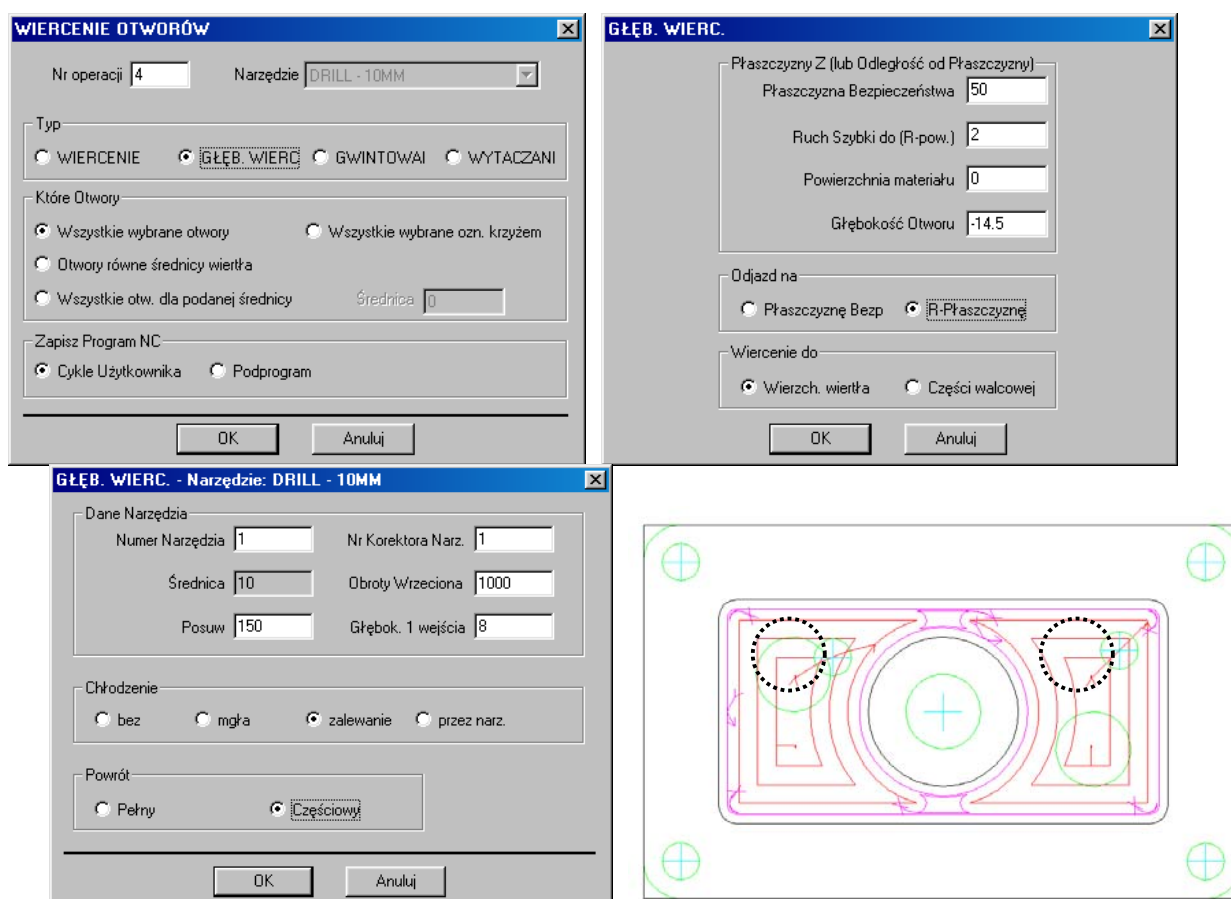
Rys.44.



Rys.45.

5.4.2. Wiercenie 2 otworów

Z menu technologia wybieramy polecenie **Wiercenie gwintowanie otworów** lub za pomocą ikony . Pojawią się kolejne okna dialogowe – rys.46, w których ustawiamy odpowiednie opcje jak na rysunkach. Kiedy zniknie trzecie okno program poprosi o wskazanie otworów. Wskazujemy dwa otwory pilotowe – rys. 46.



Rys. 46. Parametry wiercenia otworów pilotowych

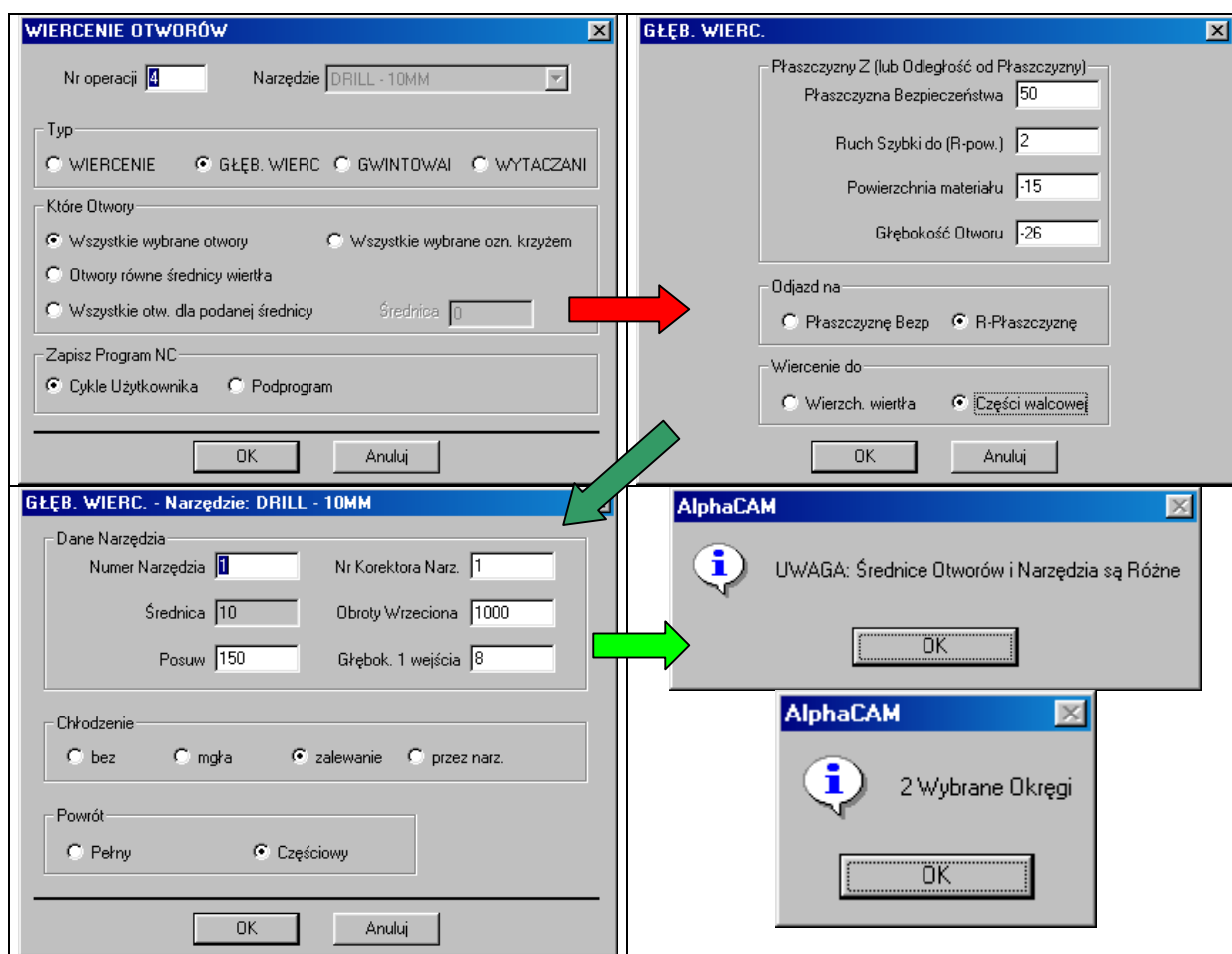
Jeżeli przez pomyłkę wskażemy niewłaściwy otwór, należy kliknąć na nim jeszcze raz co spowoduje odwołanie jego wyboru.

5.4.3. Wiercenie 2 otworów pod otwory ϕ 20.

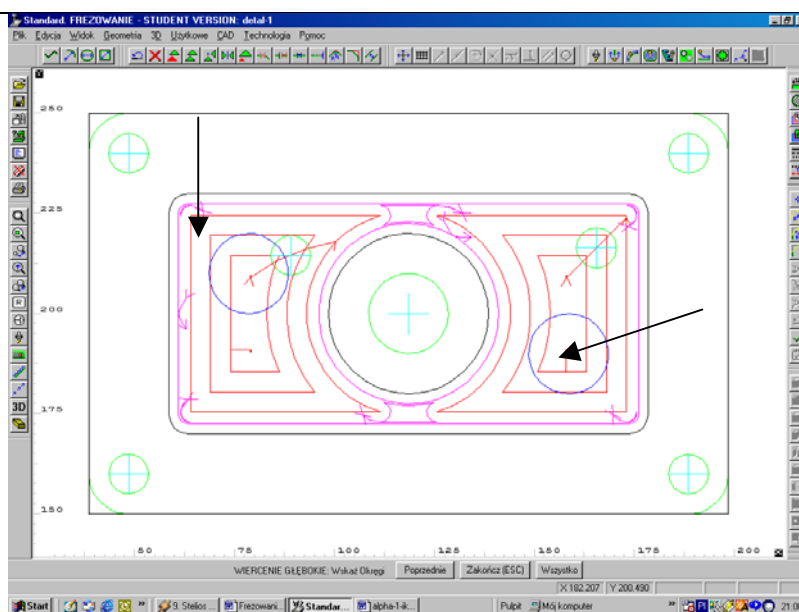
Aby powtórzyć ostatnie polecenie wystarczy nacisnąć spację. Lub też z menu technologia wybieramy ponownie polecenie **Wiercenie gwintowanie otworów** (lub ikonę).

Pojawią się kolejne okna dialogowe – rys.47, w których ustawiamy odpowiednie opcje jak na rysunkach. Kiedy zniknie trzecie okno program poprosi o wskazanie otworów. Wskazujemy dwa otwory ϕ – rys. 48.

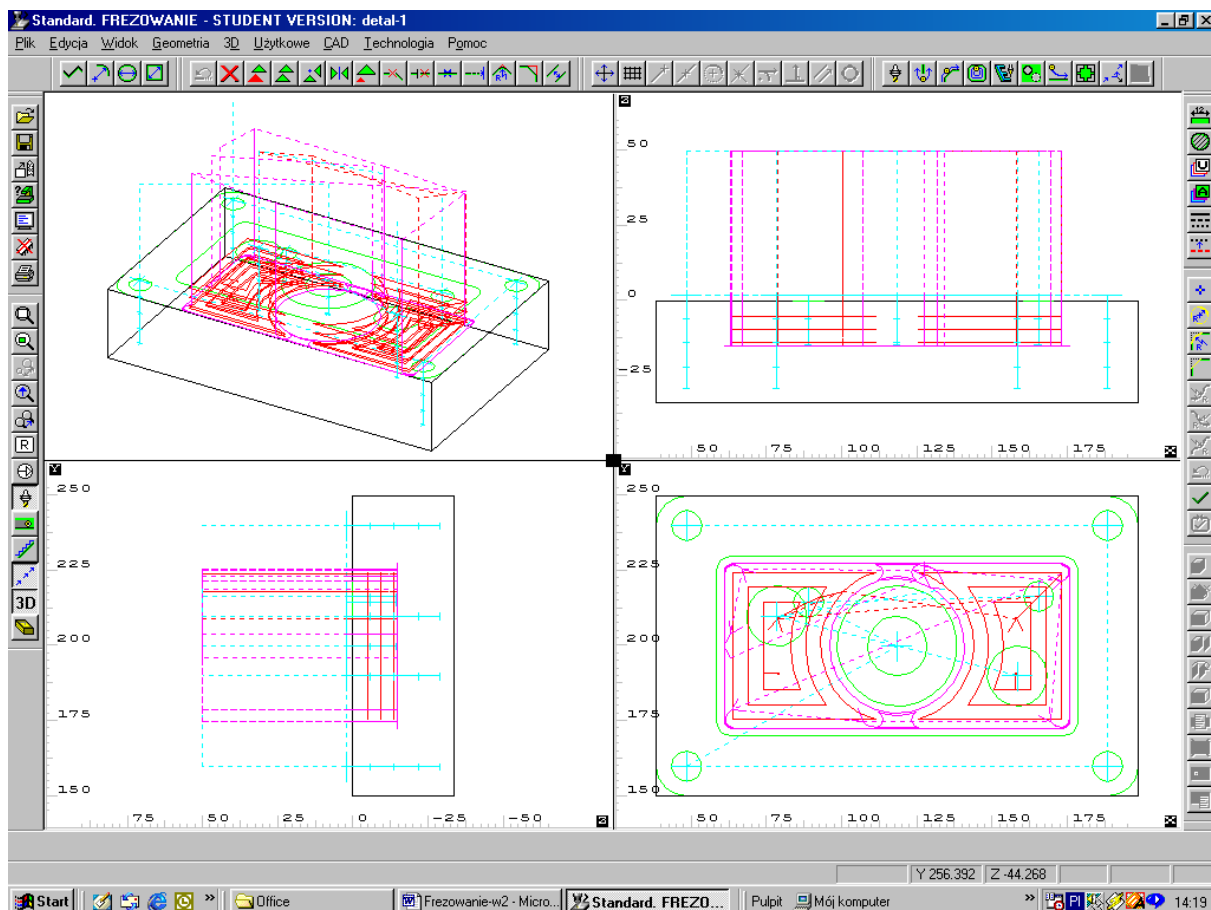
System wyświetli informację, że wybrane zostały dwa okręgi, oraz ostrzeżenie, że średnica wiertła i otworów są różne.



Rys.47. Parametry wiercenia środkowego otworu.



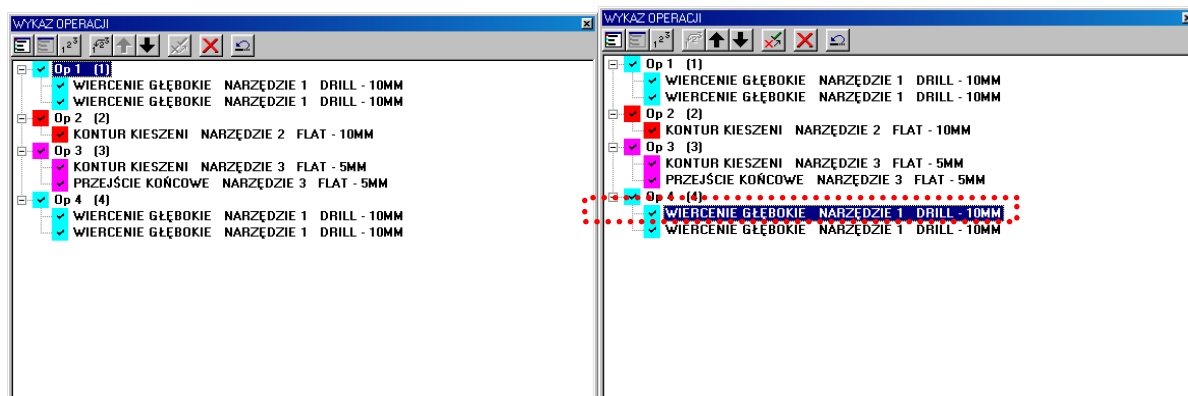
Rys.48. Wybór okręgów $\phi 20$, które zostaną wstępnie wykonane na $\phi 10$



Rys. 49. Symulacja obróbki

5.4.4. Zmiana kolejności wykonywanych operacji

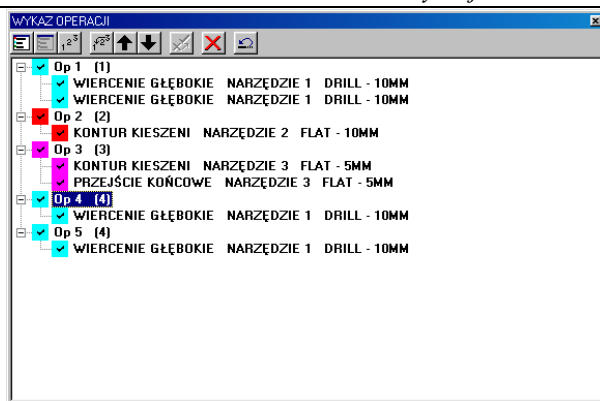
Z menu **Technologia** wybieramy polecenie **Wykaz Operacji ...** (Ctrl+E). Pojawi się karta z wyspecyfikowanymi operacjami rys. 50 a). Klikamy na nazwie pierwszej części operacji 4 – rys. 50 b).



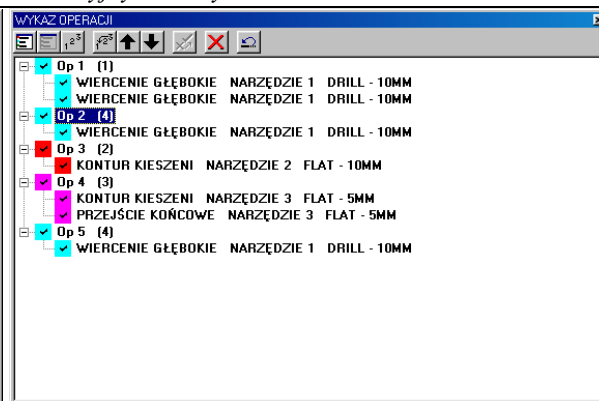
Rys. 50 a) Wykaz operacji

Rys. 50 b). Zaznaczona operacja do zmiany kolejności

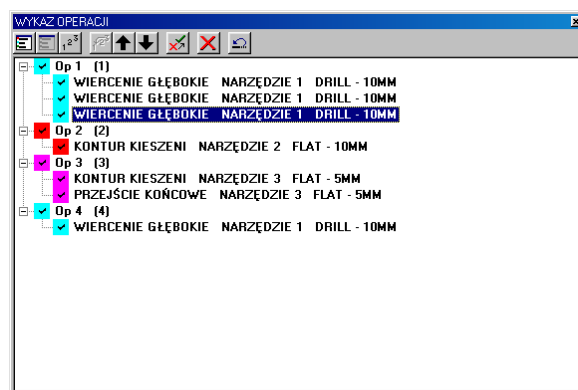
Następnie klikamy na czarnej strzałce ⇨. Operacja to powoduje rozdzielenie czwartej operacji na dwie oddzielne operacje. Ponownie klikamy na nazwie operacja 4 rys. 51 a) i znowu strzałkę ⇨ rys. 51 b). Powoduje to przeniesienie operacji w górę. Ponownie klikamy ⇨, aż uzyskamy układ jak na rys. 52. Jak widać w rezultacie początkowa część operacji czwartej została dołączona do operacji 1.











Rys. 51. a)

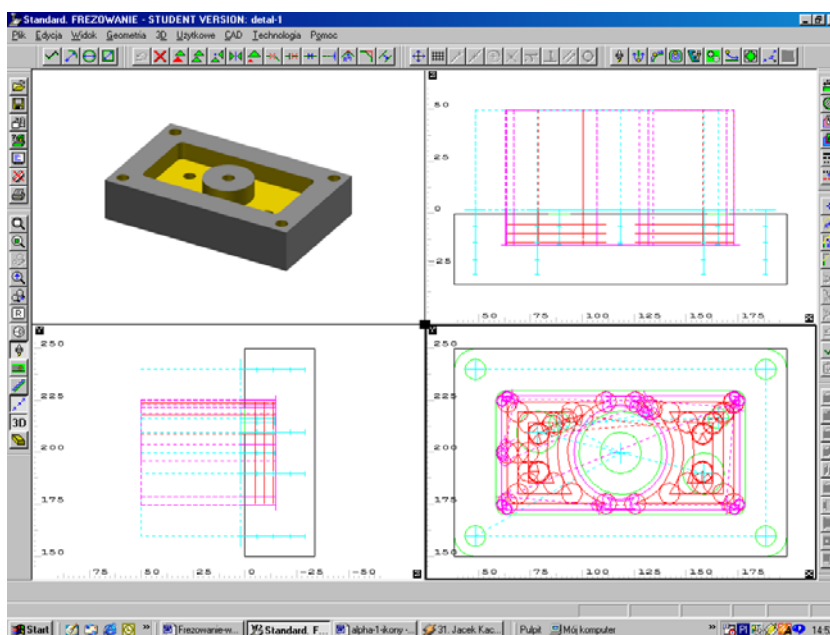


Rys. 51 b)



Rys. 52. Efekt końcowy po przemieszczeniu operacji 4 i dołączeniu jej do operacji 1



Na zakończenie przeglądamy nasz detal wykorzystując różne opcje polecenia widok. Aby zobaczyć usuwanie materiału wybieramy **Obróbka Materiału**  i następnie **Przerysuj** . Powrót do normalnego widoku następuje po wybraniu  i . Aby zobaczyć ruch narzędzia wybieramy  następnie  i  po czym przerysuj  – rys. 53.

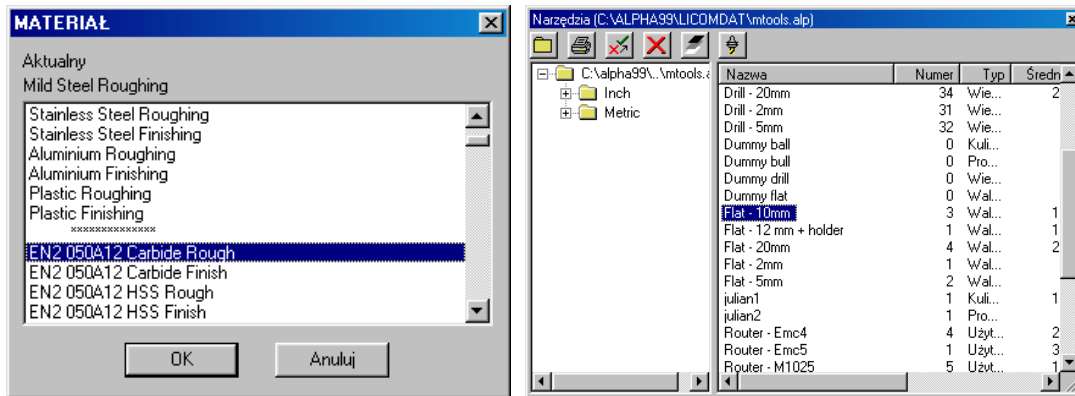


Rys. 53. Widok detalu po wykonaniu dotychczasowych operacji.

5.5. Operacja 5 – rozfrezowywanie


W tej operacji wykonane zostanie rozfrezowanie po spiralnej ścieżce centralnego otworu $\phi 20$. Najpierw musimy zmienić narzędzie. Użyjemy tego samego narzędzia, którego używaliśmy do frezowania kieszeni wewnętrznej.

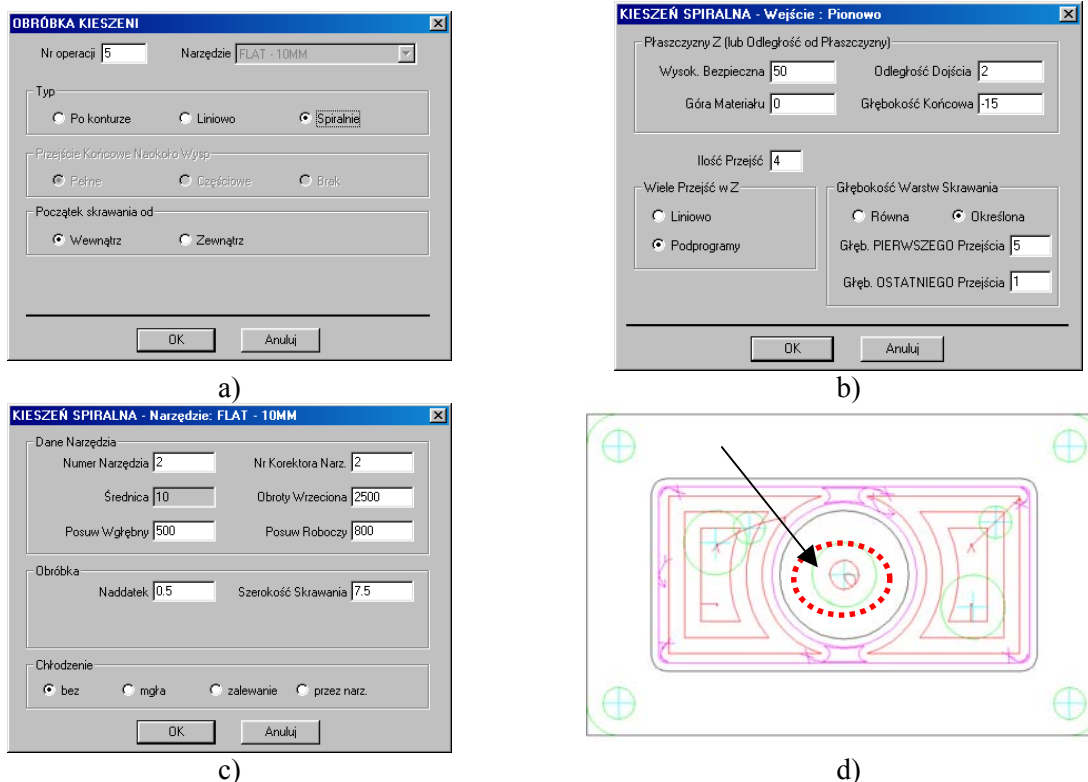
Wybieramy materiał **Technologia → Wybierz Materiał**  – na liście materiałów wskazujemy **EN2 050A 12 Carbide Rough**, a następnie narzędzie **Technologia → Wybierz narzędzie**  **Flat 10** (frez 10) – rys.54.



Rys. 54. Wybór materiału i narzędzia

5.5.1. Obróbka otworu centralnego

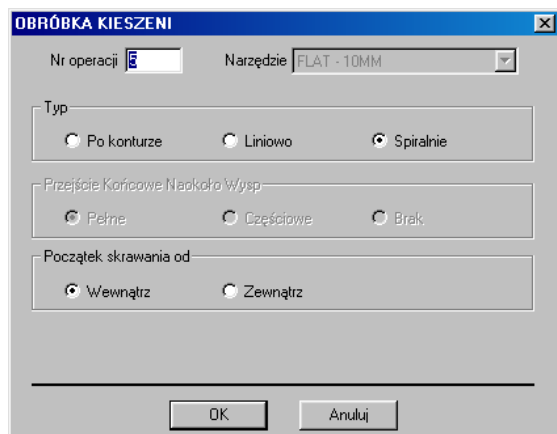
Z menu **Technologia** wybieramy **Obróbka kieszeni ...** lub ikonę . Pojawi się okno, w którym należy wybrać opcję **Wybrana**. Po czym pojawią się kolejne karty, które wypełniamy jak na rys.55. Na zakończenie system prosi o wskazanie geometrii. Wskazujemy kontur wewnętrznego otworu – rys. 55 d). Po wskazaniu, wybrana geometrii zmienia kolor na niebieski, a po akceptacji w środku pojawi się w kolorze czerwonym spiralna ścieżka narzędzia – rys. 55 d).



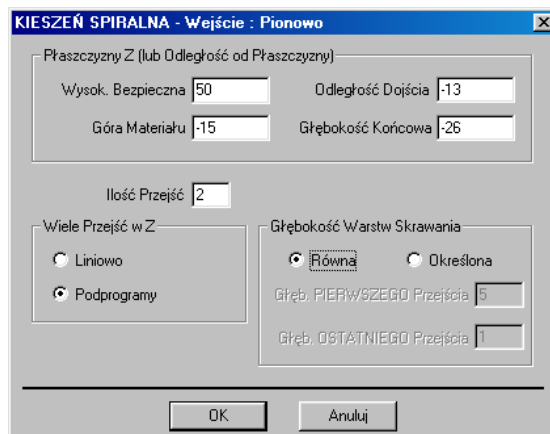
Rys.55. Ustawienia parametrów obróbki otworu centralnego, na rys. d) pokazana jest spiralna ścieżka narzędzia w kolorze czerwonym (w środkowym otworze)

5.5.2. Obróbka dwóch otworów $\phi 20$

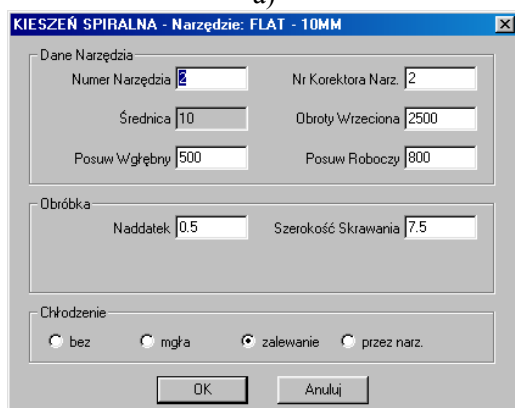
Powtarzamy ostatnią operację. W tym celu wystarczy nacisnąć klawisz **Spacji**. Wypełniamy kolejne okna dialogowe – rys. 56. Na koniec wskazujemy dwa okręgi – rys. 56 d). W środku tych okręgów powinny pojawić się spiralne ścieżki narzędzia.



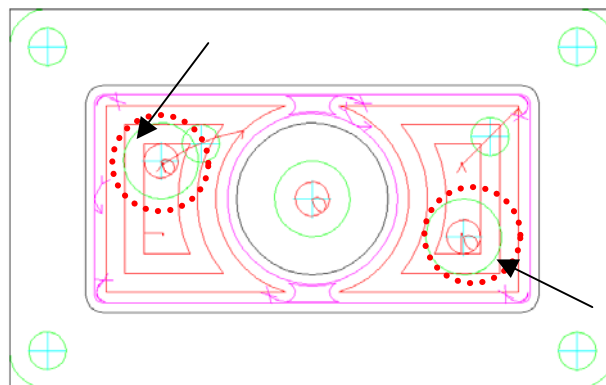
a)



b)



c)





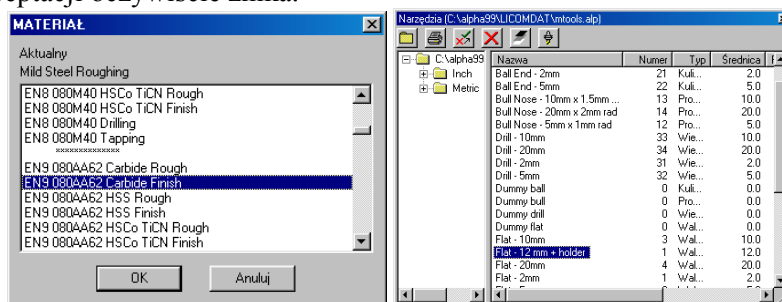
d)

Rys. 56. Ustawienia parametrów obróbki dla dwóch otworów 20 mm. Na rys. d) pokazana jest spiralna ścieżka narzędzia w kolorze czerwonym oraz okręgi, które należy wskazać do obróbki.

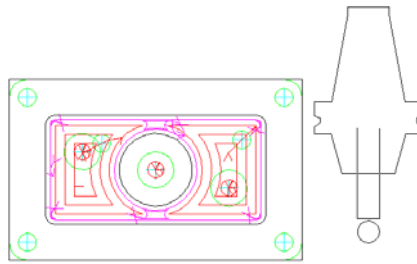
5.6. Operacja 6 – obróbka wykańczająca

Operacja ta dotyczy obróbki wykańczającej profili otworów 20 mm. Oczywiście jak poprzednio wymagana jest zmiana narzędzia. Tym razem wybierzemy frez 12 wraz z uchwytem. Jak pamiętamy prędkość skrawania określana jest przez materiał.

Wybieramy materiał **Technologia → Wybierz Materiał**  – na liście materiałów wskazujemy **EN2 050A 12 Carbide Finish**, a następnie narzędzie **Technologia → Wybierz narzędzie**  **Flat 12+holder** (frez 12 z uchwytem) – rys. 57. Kształt narzędzia wraz z uchwytem pojawi się na ekranie – rys. 58. Po akceptacji oczywiście znikną.




Rys. 57. Wybór materiału i narzędzia



Rys. 58. Widok freza wraz z uchwytem

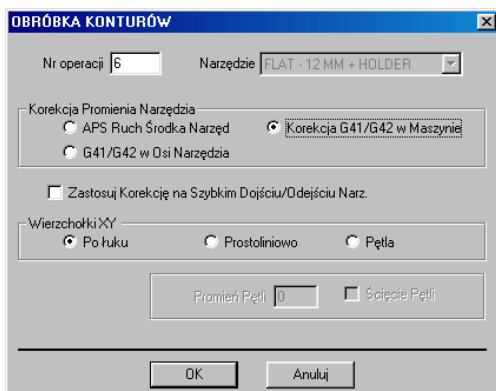
5.6.1. Obróbka wykańczająca profili

Z menu **Technologia** wybieramy **Obróbka konturów ...** lub ikonę . Pojawi się okno, w którym należy wybrać opcję **Wybrana** – rys.59.

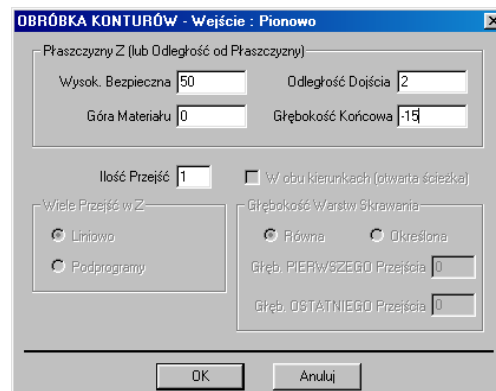


Rys.59. Wybór geometrii do obróbki

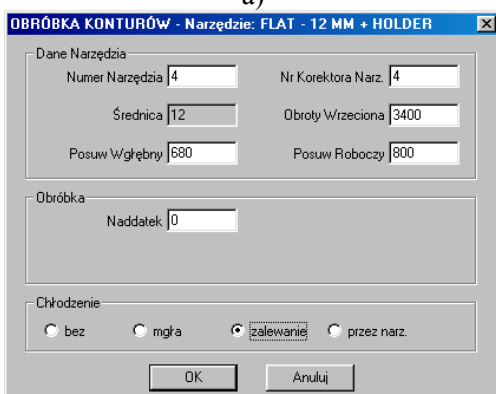
Po naciśnięciu przycisku „wybrana” wypełniamy kolejne okna dialogowe jak na rys. 60. Na koniec wskazujemy obrabiane kontury – wewnętrzny okrąg – rys. 60 d). Po wskazaniu otworu kolor zmieni się niebieski – rys.60 d). Akceptujemy wskazania. Pojawia się nowa ścieżka narzędzia (kolor fioletowy) a obrabiany kontur powinien zmienić kolor na czarny.



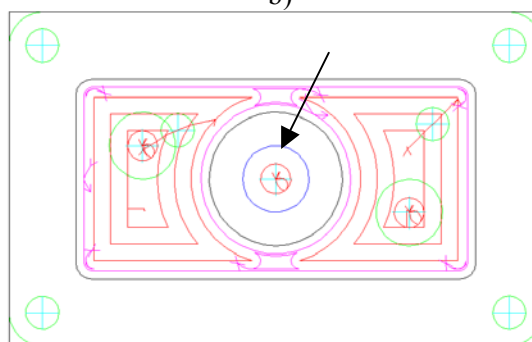
a)



b)



c)



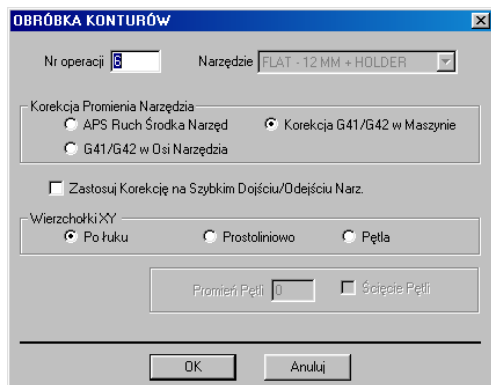
d)

Rys.60. Ustawienia parametrów obróbki dla obróbki wykańczającej konturu otworu 20 mm. Na rys. d) pokazano otwór, który należy zaznaczyć do obróbki

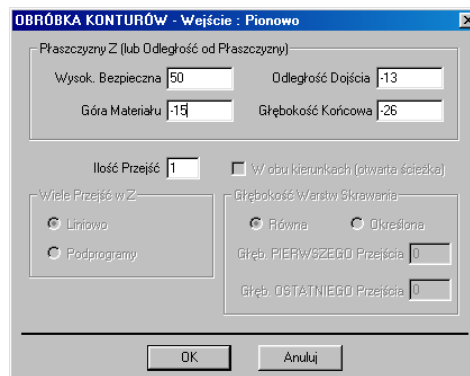
5.6.2. Obróbka wykańczająca konturów otworów przelotowych 20 mm.

Powtarzamy czynności jak w p.12.2.

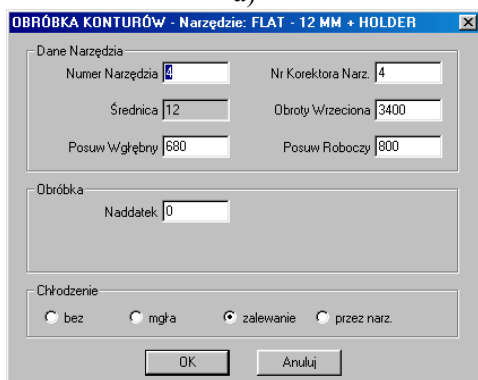
Naciskamy spację co powoduje automatyczne wywołanie ostatniego polecenia. W oknie obróbka konturów wskazujemy geometria **wybrana**, a następnie wypełniamy kolejno pojawiające się okna dialogowe – rys. 61. Na koniec wskazujemy okręgi, które mają podlegać obróbce – rys.61 d). Po wskazaniu otworu kolor zmieni się niebieski. Akceptujemy wskazania. Pojawia się nowa ścieżka narzędzia (kolor fioletowy) a obrabiane kontury powinny zmienić kolor na czarny



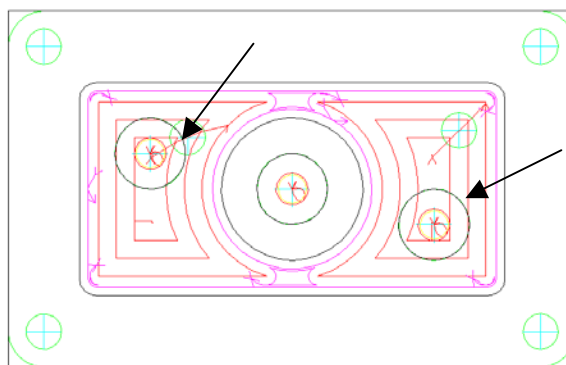
a)



b)



c)



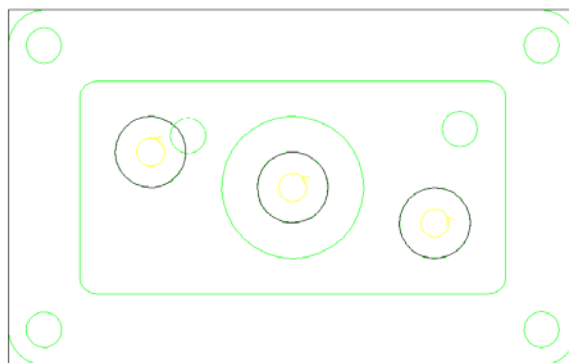
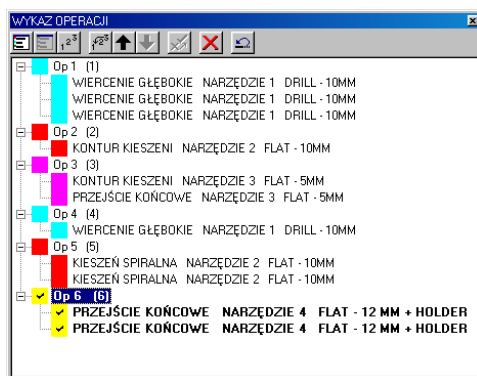
d)

Rys.61. Ustawienia parametrów obróbki dla obróbki wykańczającej konturu dwóch otworów 20 mm.
Na rys. d) pokazano otwory, który należy zaznaczyć do obróbki


5.6.3. Ustawienia ścieżki wejścia wyjścia narzędzia dla obróbki wykańczającej.

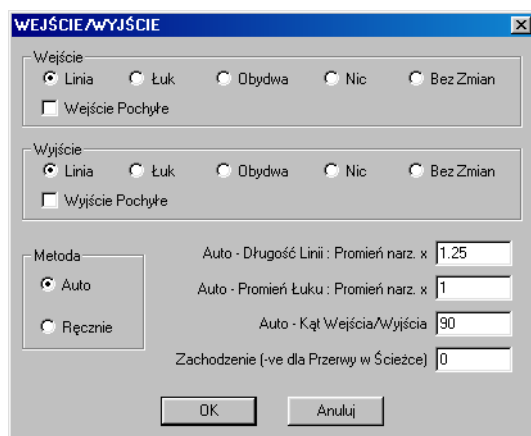
W celu uniknięcia kolizji narzędzia z materiałem dla obróbki opisanej w p. 12.2 i 12.3 konieczne jest ustalenie odpowiednich wejść wyjść narzędzia.

Dla ułatwienia pracy ukryjemy najpierw poprzednie operacje. Z menu **technologia** wybieramy **Wykaz operacji (Ctrl+E)**. Na karcie wyłączamy widoczność wszystkich operacji z wyjątkiem 6, w efekcie na ekranie uzyskamy widok jak na rys. 62.



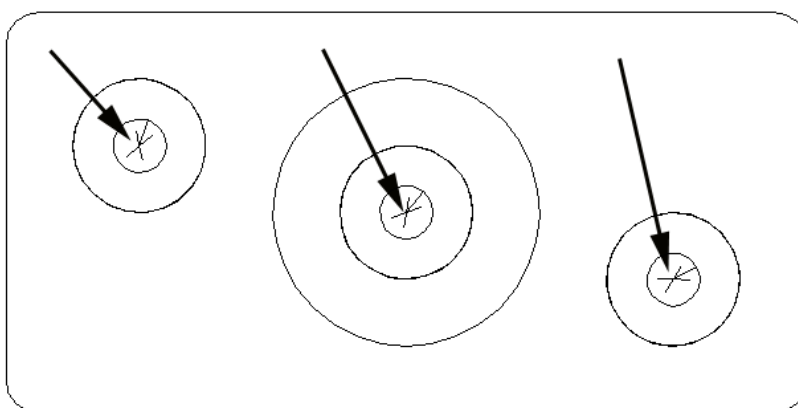
Rys.62. Ukrycie operacji 1-5 i efekt na ekranie programu

Wybieramy polecenie z menu **Technologia** → **Wejście/wyjście narzędzia** lub ikonę: . Pojawi się okno dialogowe – rys. 63, w którym dokonujemy odpowiednich zmian (wypełniamy ustawienia jak na rysunku).



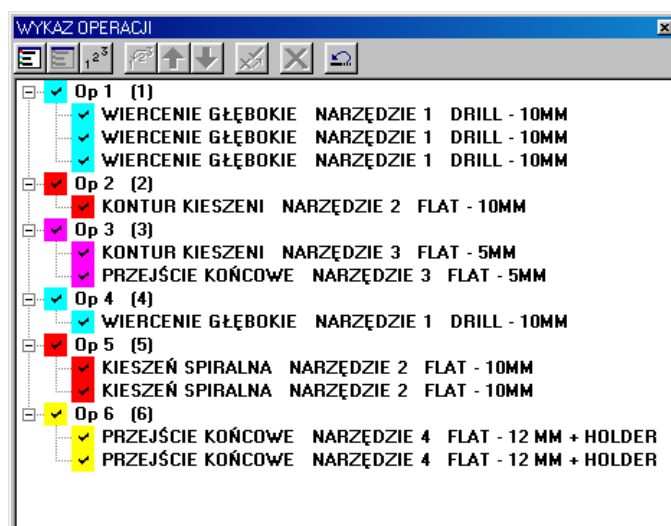
Rys.63 Ustawienia drogi wejścia wyjścia narzędzia

Po zaakceptowaniu ustawień okno dialogowe znika a program poprosi o wskazanie ścieżek narzędzi. Wskazujemy kursorem ścieżki jak na rysunku 64.

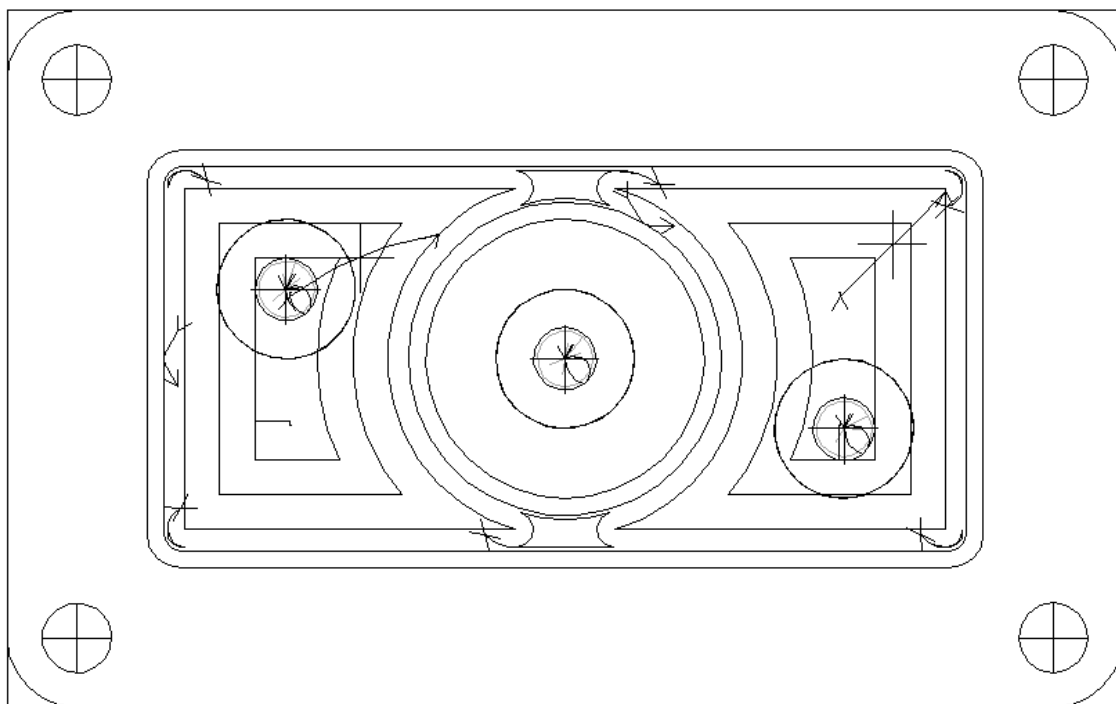


Rys.64. Ścieżki narzędzia, dla których zmieniono drogi wejścia / wyjścia

Po wykonaniu powyższych ustawień włączamy widoczność wszystkich operacji – rys.65. W rezultacie powinniśmy otrzymać widok jak na rys. 66.



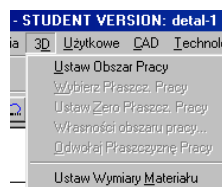
Rys. 65. Włączenie widoczności wszystkich operacji



Rys. 66. Końcowy widok detalu wraz ze wszystkimi ścieżkami obróbki i drogi narzędzi

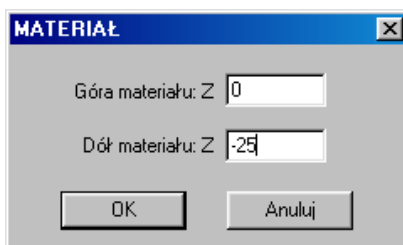
5.7. Określenie wielkości materiału wejściowego (przygotówki)

Ponieważ do tej pory nie określiliśmy wielkości materiału wejściowego, musimy to wykonać przed generowaniem kodu NC. Zakładamy, że zewnętrzny kontur naszego detalu z zaokrągleniami będzie naszą przygotówką. Aby jednak program o tym wiedział należy to wskazać. W tym celu z menu **3D** wybieramy polecenie **Ustaw wymiary materiału** – rys. 67.



Rys. 67. Ustalenie wymiarów początkowych materiału

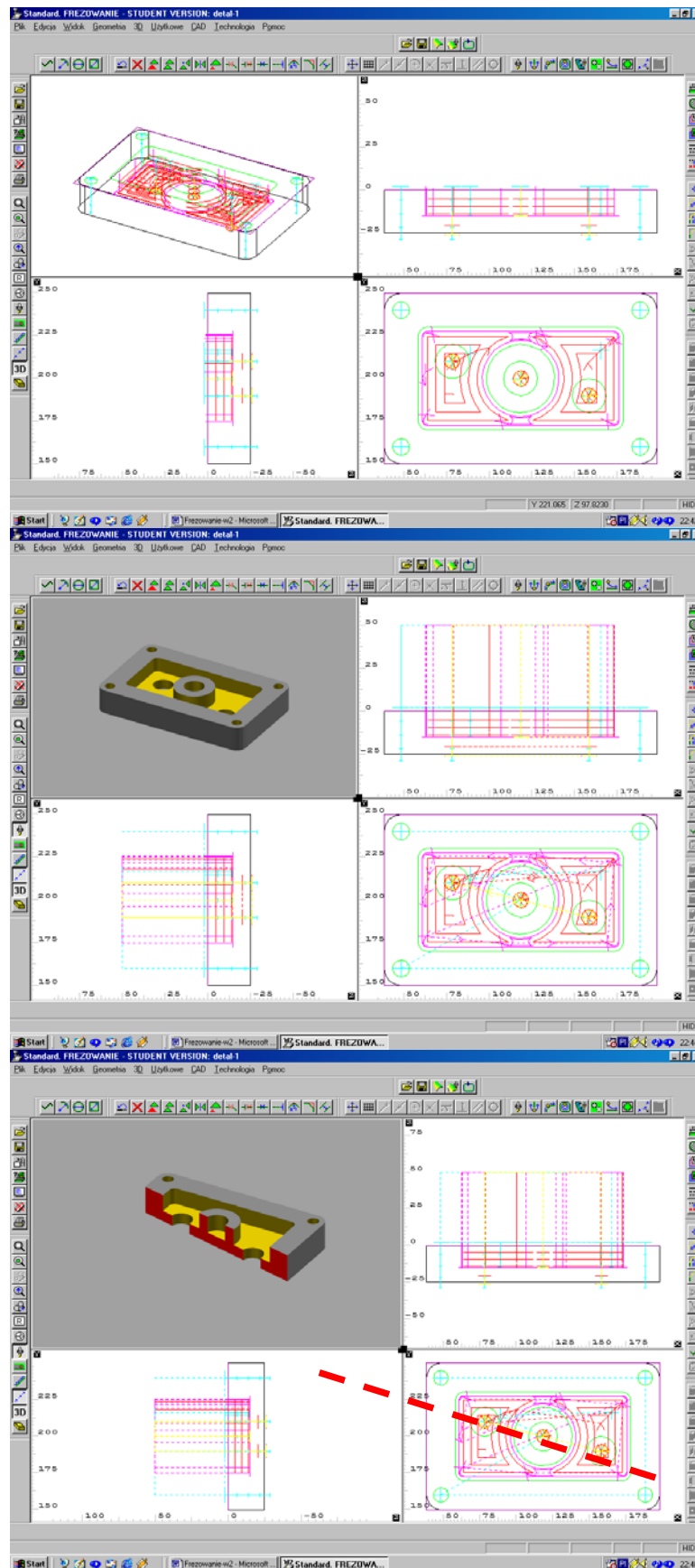
Po wybraniu tego polecenia program poprosi o wskazanie geometrii reprezentującej przygotówkę. Wskazujemy zewnętrzny prostokąt (ten z zaokrągleniami (zielony), a nie wewnętrzny (czarny), który był przyjmowany do tej pory domyślnie przez program). Po wskazaniu prostokąta zaokrąglonego pojawi się okno, w którym podajemy wymiary materiału w osi Z – rys. 68.



Rys. 68. Ustalenie wymiarów przygotówki

Teraz wykorzystując znane już elementy sterowania widokiem należy prześledzić poprawność opracowanego procesu, czyli przeprowadzić symulację obróbki – rys. 69

Etap ten kończy proces przygotowania procesu technologicznego. Kończącym etapem jest generowanie kodu NC (lub przesłanie bezpośrednio na obrabiarkę.) Kod wynikowy dla tego detalu zawarto w załączniku. Należy go prześledzić i przeanalizować wraz z kolejnymi etapami opracowywania procesu (od OP1 do OP6).



Rys. 69. Symulacja obróbki

Uwaga: Tolerancja symulacji – jeżeli ustawimy poniżej 0.005 spowoduje to znaczne zmniejszenie szybkości symulacji. Dobieramy ją w zależności od wymaganej dokładności wykonania.

**KOD ŹRÓDŁOWY WYGENEROWANY DLA POSTPROCESORA
ALPHA STANDARD 3 AX MILL**

WYKAZ OPERACJI POST: Alpha Standard 3 ax Mill

OP 1 WIERCENIE GŁĘBOKIE NARZĘDZIE 1 DRILL - 10MM
ŚREDNICA NARZĘDZIA 10, ŚREDNICE OTWORÓW 9.9999 - 20
WIERCENIE GŁĘBOKIE NARZĘDZIE 1 DRILL - 10MM
ŚREDNICA NARZĘDZIA 10, ŚREDNICE OTWORÓW 10 - 20
WIERCENIE GŁĘBOKIE NARZĘDZIE 1 DRILL - 10MM
ŚREDNICA NARZĘDZIA 10, ŚREDNICE OTWORÓW 10
Długość Skrawania: 185.2 Czas dla OP 1: 1m 43s
OP 2 KONTUR KIESZENI NARZĘDZIE 2 FLAT - 10MM
ŚREDNICA EFEKTYWNA 10, SZER. SKRAWANIA 5, NADDATEK WYNOSI 0.5
Długość Skrawania: 3823.4 Czas dla OP 2: 6m 08s
OP 3 KONTUR KIESZENI NARZĘDZIE 3 FLAT - 5MM
ŚREDNICA EFEKTYWNA 5, SZER. SKRAWANIA 2.5, NADDATEK WYNOSI 0.5
PRZEJŚCIE KOŃCOWE NARZĘDZIE 3 FLAT - 5MM
ŚREDNICA EFEKTYWNA 5
Długość Skrawania: 791.8 Czas dla OP 3: 1m 54s
OP 4 WIERCENIE GŁĘBOKIE NARZĘDZIE 1 DRILL - 10MM
ŚREDNICA NARZĘDZIA 10, ŚREDNICE OTWORÓW 20 - 20
Długość Skrawania: 66.8 Czas dla OP 4: 0m 34s
OP 5 KIESZEŃ SPIRALNA NARZĘDZIE 2 FLAT - 10MM
ŚREDNICA EFEKTYWNA 10, SZER. SKRAWANIA 7.5, NADDATEK WYNOSI 0.5
KIESZEŃ SPIRALNA NARZĘDZIE 2 FLAT - 10MM
ŚREDNICA EFEKTYWNA 10, SZER. SKRAWANIA 7.5, NADDATEK WYNOSI 0.5
Długość Skrawania: 441.4 Czas dla OP 5: 1m 45s
OP 6 PRZEJŚCIE KOŃCOWE NARZĘDZIE 4 FLAT - 12 MM + HOLDER
ŚREDNICA EFEKTYWNA 12
PRZEJŚCIE KOŃCOWE NARZĘDZIE 4 FLAT - 12 MM + HOLDER
ŚREDNICA EFEKTYWNA 12
Długość Skrawania: 142.4 Czas dla OP 6: 0m 33s

Całkowita Długość Skrawania 5451
Czas Wymiany Narzędzia 1m 00s
Całkowity Czas 13m 39s

Materiał: Mild Steel Roughing
Use Emulsion Coolant

START
'(DETAL-1)
%

N10 (PROGRAM PRODUCED - 15 LIS 00)
N20 G90 G71
N30 G40 G80
'(OP 1 WIERCENIE GŁĘBOKIE NARZĘDZIE 1 DRILL - 10MM)
'(ŚREDNICA NARZĘDZIA 10, ŚREDNICE OTWORÓW 9.9999 - 20)
N40 T0101 M03 'Select tool and offset
N50 S1000 H01 M06 'Next tool is 02, Next XY is 48.646, 240.
N60 G0 X48.646 Y240.
N70 G43 Z50. H01 M08
N80 G99 G83 X48.646 Y240. Z-29.004 R2. Q8. F150 M08
N90 X188.646 Y240.
N100 X188.646 Y160.
N110 X48.646 Y160.
N120 M09
N130 G80
N140 G0 Z50.
N150 X118.646 Y200.
N160 G99 G83 X118.646 Y200. Z-14.5 R2. Q8. F150 M08
N170 X89.191 Y214.579
N180 X165.646 Y216.444
N190 M09
N200 G80
N210 G0 Z50.
N220 M09

'(OP 2 KONTUR KIESZENI NARZĘDZIE 2 FLAT - 10MM)
 '(ŚREDNICA EFEKTYWNA 10, SZER. SKRAWANIA 5, NADDATEK WYNOSI 0.5)
 N230 T0202 M03 'Select tool and offset
 N240 S2500 H02 M06 'Next tool is 03, Next XY is 79.146, 208.944
 N250 G0 X79.146 Y208.944
 N260 G43 Z50. H02 M08
 N270 Z2.
 N280 G1 X79.146 Y208.944 Z-5. F500
 N290 M98 P1 'CALL SUB 1
 N300 G0 Z50.
 N310 X79.146 Y208.944
 N320 Z-3.
 N330 G1 X79.146 Y208.944 Z-9.5 F500
 N340 M98 P1 'CALL SUB 1
 N350 G0 Z50.
 N360 X79.146 Y208.944
 N370 Z-7.5
 N380 G1 X79.146 Y208.944 Z-14. F500
 N390 M98 P1 'CALL SUB 1
 N400 G0 Z50.
 N410 X79.146 Y208.944
 N420 Z-12.
 N430 G1 X79.146 Y208.944 Z-15. F500
 N440 M98 P1 'CALL SUB 1
 N450 G0 Z50.
 N460 X158.146 Y208.944
 N470 Z2.
 N480 G1 X158.146 Y208.944 Z-5. F500
 N490 M98 P2 'CALL SUB 2
 N500 G0 Z50.
 N510 X158.146 Y208.944
 N520 Z-3.
 N530 G1 X158.146 Y208.944 Z-9.5 F500
 N540 M98 P2 'CALL SUB 2
 N550 G0 Z50.
 N560 X158.146 Y208.944
 N570 Z-7.5
 N580 G1 X158.146 Y208.944 Z-14. F500
 N590 M98 P2 'CALL SUB 2
 N600 G0 Z50.
 N610 X158.146 Y208.944
 N620 Z-12.
 N630 G1 X158.146 Y208.944 Z-15. F500
 N640 M98 P2 'CALL SUB 2
 N650 G0 Z50.
 N660 M09
 '(OP 3 KONTUR KIESZENI NARZĘDZIE 3 FLAT - 5MM)
 '(ŚREDNICA EFEKTYWNA 5, SZER. SKRAWANIA 2.5, NADDATEK WYNOSI 0.5)
 N670 T0303 M03 'Select tool and offset
 N680 S4000 H03 M06 'Next tool is 01, Next XY is 63.521, 178.63
 N690 G0 X63.521 Y178.63
 N700 G43 Z50. H03 M08
 N710 Z1.
 N720 G1 Z-15.
 N730 G3 X61.646 Y175.429 R3.669
 N740 G1 Y175.
 N750 G3 X63.646 Y173. R2.
 N760 G1 X64.075
 N770 G2 X61.646 Y175.429 R2.501
 N780 X63.521 Y178.63 R3.502
 N790 G0 Z50.
 N800 X107.192 Y174.752
 N810 Z1.
 N820 G1 Z-15.
 N830 G3 X111.645 Y173. R6.535
 N840 G1 X125.646
 N850 G2 X124.959 Y177.883 R2.501
 N860 X112.332 R23.
 N870 X111.645 Y173. R2.501
 N880 X107.192 Y174.752 R6.099

N890 G0 Z50.
N900 X169.709 Y174.835
N910 Z1.
N920 G1 Z-15.
N930 G3 X173.216 Y173. R4.27
N940 G1 X173.646
N950 G3 X175.646 Y175. R2.
N960 G1 Y175.429
N970 G2 X173.216 Y173. R2.501
N980 X169.709 Y174.835 R4.053
N990 G0 Z50.
N1000 X173.431 Y221.782
N1010 Z1.
N1020 G1 Z-15.
N1030 G3 X175.646 Y224.571 R2.863
N1040 G1 Y225.
N1050 G3 X173.646 Y227. R2.
N1060 G1 X173.216
N1070 G2 X175.646 Y224.571 R2.501
N1080 X173.431 Y221.782 R2.766
N1090 G0 Z50.
N1100 X132.08 Y225.089
N1110 Z1.
N1120 G1 Z-15.
N1130 G3 X125.646 Y227. R11.787
N1140 G1 X111.645
N1150 G2 X112.333 Y222.117 R2.501
N1160 X124.959 R23.
N1170 X125.646 Y227. R2.501
N1180 X132.08 Y225.089 R10.766
N1190 G0 Z50.
N1200 X67.206 Y225.69
N1210 Z1.
N1220 G1 Z-15.
N1230 G3 X64.075 Y227. R4.397
N1240 G1 X63.646
N1250 G3 X61.646 Y225. R2.
N1260 G1 Y224.571
N1270 G2 X64.075 Y227. R2.501
N1280 X67.206 Y225.69 R4.12
'(OP 3 PRZEJŚCIE KOŃCOWE NARZĘDZIE 3 FLAT - 5MM)
'(ŚREDNICA EFEKTYWNA 5)
N1290 G0 Z50.
N1300 X63.043 Y203.956
N1310 Z2.
N1320 G1 Z-15.
N1330 G41 D13 X61.481 Y201.25
N1340 G3 X61.146 Y200. R2.5
N1350 G1 Y175.
N1360 G3 X63.646 Y172.5 R2.5
N1370 G1 X173.646
N1380 G3 X176.146 Y175. R2.5
N1390 G1 Y225.
N1400 G3 X173.646 Y227.5 R2.5
N1410 G1 X63.646
N1420 G3 X61.146 Y225. R2.5
N1430 G1 Y200.
N1440 G3 X61.481 Y198.75 R2.5
N1450 G1 G40 X63.043 Y196.044
N1460 G0 Z50.
N1470 X127.555 Y223.055
N1480 Z2.
N1490 G1 Z-15.
N1500 G41 D13 X129.101 Y220.339
N1510 G3 X130.011 Y219.419 R2.5
N1520 G2 X131.856 Y218.214 R22.5
N1530 X106.343 Y181.161 R22.5
N1540 X130.011 Y219.419 R22.5
N1550 G3 X131.259 Y219.076 R2.5

N1560 G1 G40 X134.384 Y219.058
 N1570 G0 Z50.
 N1580 M09
 '(OP 4 WIERCENIE GŁĘBOKIE NARZĘDZIE 1 DRILL - 10MM)
 '(ŚREDNICA NARZĘDZIA 10, ŚREDNICE OTWORÓW 20 - 20)
 N1590 T0101 M03 'Select tool and offset
 N1600 S1000 H01 M06 'Next tool is 02, Next XY is 78.646, 210.
 N1610 G0 X78.646 Y210.
 N1620 G43 Z50. H01 M08
 N1630 G99 G83 X78.646 Y210. Z-29.004 R2. Q8. F150 M08
 N1640 X158.646 Y190.
 N1650 M09
 N1660 G80
 N1670 G0 Z50.
 N1680 M09
 '(OP 5 KIESZEŃ SPIRALNA NARZĘDZIE 2 FLAT - 10MM)
 '(ŚREDNICA EFEKTYWNA 10, SZER. SKRAWANIA 7.5, NADDATEK WYNOSI 0.5)
 N1690 T0202 M03 'Select tool and offset
 N1700 S2500 H02 M06 'Next tool is 04, Next XY is 118.646, 200.
 N1710 G0 X118.646 Y200.
 N1720 G43 Z50. H02 M08
 N1730 Z2.
 N1740 G1 X118.646 Y200. Z-5. F500
 N1750 M98 P3 'CALL SUB 3
 N1760 G1 X118.646 Y200. Z-9.5 F500
 N1770 M98 P3 'CALL SUB 3
 N1780 G1 X118.646 Y200. Z-14. F500
 N1790 M98 P3 'CALL SUB 3
 N1800 G1 X118.646 Y200. Z-15. F500
 N1810 M98 P3 'CALL SUB 3
 N1820 G0 Z50.
 N1830 X78.646 Y210.
 N1840 Z-13.
 N1850 G1 X78.646 Y210. Z-20.5 F500
 N1860 M98 P4 'CALL SUB 4
 N1870 G1 X78.646 Y210. Z-26. F500
 N1880 M98 P4 'CALL SUB 4
 N1890 G0 Z50.
 N1900 X158.646 Y190.
 N1910 Z-13.
 N1920 G1 X158.646 Y190. Z-20.5 F500
 N1930 M98 P5 'CALL SUB 5
 N1940 G1 X158.646 Y190. Z-26. F500
 N1950 M98 P5 'CALL SUB 5
 N1960 G0 Z50.
 N1970 M09
 '(OP 6 PRZEJŚCIE KOŃCOWE NARZĘDZIE 4 FLAT - 12 MM + HOLDER)
 '(ŚREDNICA EFEKTYWNA 12)
 N1980 T0404 M03 'Select tool and offset
 N1990 S3400 H04 M06 'Next tool is 00, Next XY is 118.646, 200.
 N2000 G0 X118.646 Y200.
 N2010 G43 Z50. H04 M08
 N2020 Z2.
 N2030 G1 Z-15. F680
 N2040 G41 D14 X124.887 Y207.814 F800
 N2050 G3 X108.759 Y201.5 R10.
 N2060 X122.294 Y190.689 R10.
 N2070 X124.887 Y207.814 R10.
 N2080 G1 G40 X118.646 Y200.
 N2090 G0 Z50.
 N2100 X78.646 Y210.
 N2110 Z-13.
 N2120 G1 Z-26. F680
 N2130 G41 D14 X81.773 Y219.498 F800
 N2140 G3 X68.856 Y207.961 R10.
 N2150 X85.31 Y202.544 R10.
 N2160 X81.773 Y219.498 R10.
 N2170 G1 G40 X78.646 Y210.
 N2180 G0 Z50.
 N2190 X158.646 Y190.

N2200 Z-13.
N2210 G1 Z-26. F680
N2220 G41 D14 X167.491 Y194.664 F800
N2230 G3 X150.185 Y195.33 R10.
N2240 X158.264 Y180.007 R10.
N2250 X167.491 Y194.664 R10.
N2260 G1 G40 X158.646 Y190.
N2270 G0 Z50.
N2280 M09
N2290 M30
:1 'BEGIN SUB 1
N2300 G2 X79.276 Y209.5 R40.5 F800
N2310 G1 X79.146
N2320 Y208.944
N2330 X85.624 Y213.03
N2340 G2 X86.242 Y214.5 R35.5
N2350 G1 X74.146
N2360 Y200.
N2370 Y191.056
N2380 X79.146
N2390 Y190.5
N2400 X79.276
N2410 G2 X79.146 Y191.056 R40.5
N2420 G1 X74.146
N2430 Y185.5
N2440 X86.242
N2450 G2 X85.624 Y213.03 R35.5
N2460 G1 X92.758 Y216.127
N2470 G2 X95.194 Y219.5 R30.5
N2480 G1 X69.146
N2490 Y200.
N2500 Y180.5
N2510 X95.194
N2520 G2 X92.758 Y216.127 R30.5
N2530 G1 X100.513 Y217.929
N2540 G2 X111.575 Y224.5 R25.5
N2550 G1 X64.146
N2560 Y200.
N2570 Y175.5
N2580 X111.575
N2590 G2 X100.513 Y217.929 R25.5
N2600 M99 'END SUB 1
:2 'BEGIN SUB 2
N2610 G1 Y209.5 F800
N2620 X158.016
N2630 G2 X158.146 Y208.944 R40.5
N2640 G1 X163.146 Y213.944
N2650 Y214.5
N2660 X151.049
N2670 G2 Y185.5 R35.5
N2680 G1 X158.016
N2690 Y190.5
N2700 X158.146
N2710 Y191.056
N2720 G2 X158.016 Y190.5 R40.5
N2730 G1 Y185.5
N2740 X163.146
N2750 Y213.944
N2760 X168.146 Y218.944
N2770 Y219.5
N2780 X142.098
N2790 G2 Y180.5 R30.5
N2800 G1 X168.146
N2810 Y218.944
N2820 X173.146 Y223.944
N2830 Y224.5
N2840 X125.717
N2850 G2 X131.526 Y222.008 R25.5
N2860 X133.617 Y220.642 R25.5

```

N2870 X125.717 Y175.5 R25.5
N2880 G1 X173.146
N2890 Y223.944
N2900 M99          'END SUB 2
:3          'BEGIN SUB 3
N2910 G3 X121.346 Y196.4 R3.75 F800
N2920 X120.414 Y204.138 R4.5
N2930 X114.178 Y199.461 R4.5
N2940 X121.346 Y196.4 R4.5
N2950 X121.796 Y199.55 R2.25
N2960 X118.646 Y200. R2.25
N2970 M99          'END SUB 3
:4          'BEGIN SUB 4
N2980 G3 X81.346 Y206.4 R3.75 F800
N2990 X80.414 Y214.138 R4.5
N3000 X74.178 Y209.461 R4.5
N3010 X81.346 Y206.4 R4.5
N3020 X81.796 Y209.55 R2.25
N3030 X78.646 Y210. R2.25
N3040 M99          'END SUB 4
:5          'BEGIN SUB 5
N3050 G3 X161.346 Y186.4 R3.75 F800
N3060 X160.414 Y194.138 R4.5
N3070 X154.178 Y189.461 R4.5
N3080 X161.346 Y186.4 R4.5
N3090 X161.796 Y189.55 R2.25
N3100 X158.646 Y190. R2.25
N3110 M99          'END SUB 5
%
```