

PROGRAMOWE WSPOMAGANIE PRZYGOTOWANIA TECHNOLOGII WAŁKÓW Z ZASTOSOWANIEM PROGRAMU SHAFT-CAM

Witold JANIK, Cezary GRABOWIK

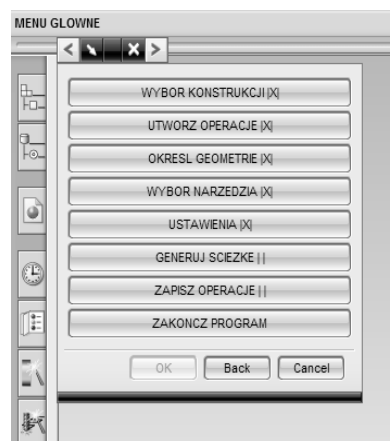
Streszczenie: W artykule przedstawiono autorski program SHAFT-CAM wspomagający programowanie obrabiarek sterowanych numerycznie dla elementów obrotowo-symetrycznych, elementów typu wał. Program SHAFT-CAM charakteryzuje się strukturą hierarchiczno modułową co umożliwia łatwą modyfikację i rozwój struktury programu SHAFT – CAD/CAM. Przedstawiona została również struktura programu. Sposób wprowadzania parametrów obróbkowych, stosowania funkcji, identyfikacji obiektów geometrycznych przedstawione zostały na przykładach. W pracy zaprezentowano sposób modyfikacji postprocesora obrabiarkowego w celu umożliwienia przygotowania programów na tokarkę CNC EMCO *Concept* TURN 155. Ostatecznie dokonano weryfikacji praktycznej przygotowanego oprogramowania.

Słowa kluczowe: GRIP, NX 6.0, parametryzacja, formalizmy technologiczne, postprocesor.

1. Struktura oraz opis działania programu SHAFT-CAM

Program SHAFT-CAM napisany został w języku programowania GRIP NC. GRIP NC jest rozwinięciem języka GRIP o symbole globalnych parametrów dostępu (GPAs), oraz symbole geometrycznych danych dostępu (EDAs) oraz funkcji wykonawczych, stosowanych we wspomaganie przygotowania programów NC w module Machining środowiska graficznego UNIGRAPHICS NX 3/4/5/6. W systemie SHAFT-CAM ścieżki ruchu narzędzia generowane są programowo dzięki możliwości półautomatycznego tworzenia operacji, definiowania narzędzi, doboru parametrów itp. Język GRIP NC daje możliwość, utworzenia programowego standardowych operacji takich jak:

- a) toczenie i wytaczanie: zgrubne, kształtujące, wykańczające, gwintowanie, cięcie, wiercenie;
- b) frezowanie: otworów kształtowych ślepych, płaszczyzn względem konturu, wieloosiowe frezowanie płaszczyzn względem konturu, sekwencyjne, kawitacyjne;
- c) wiercenie,
- d) elektro – drążenie.

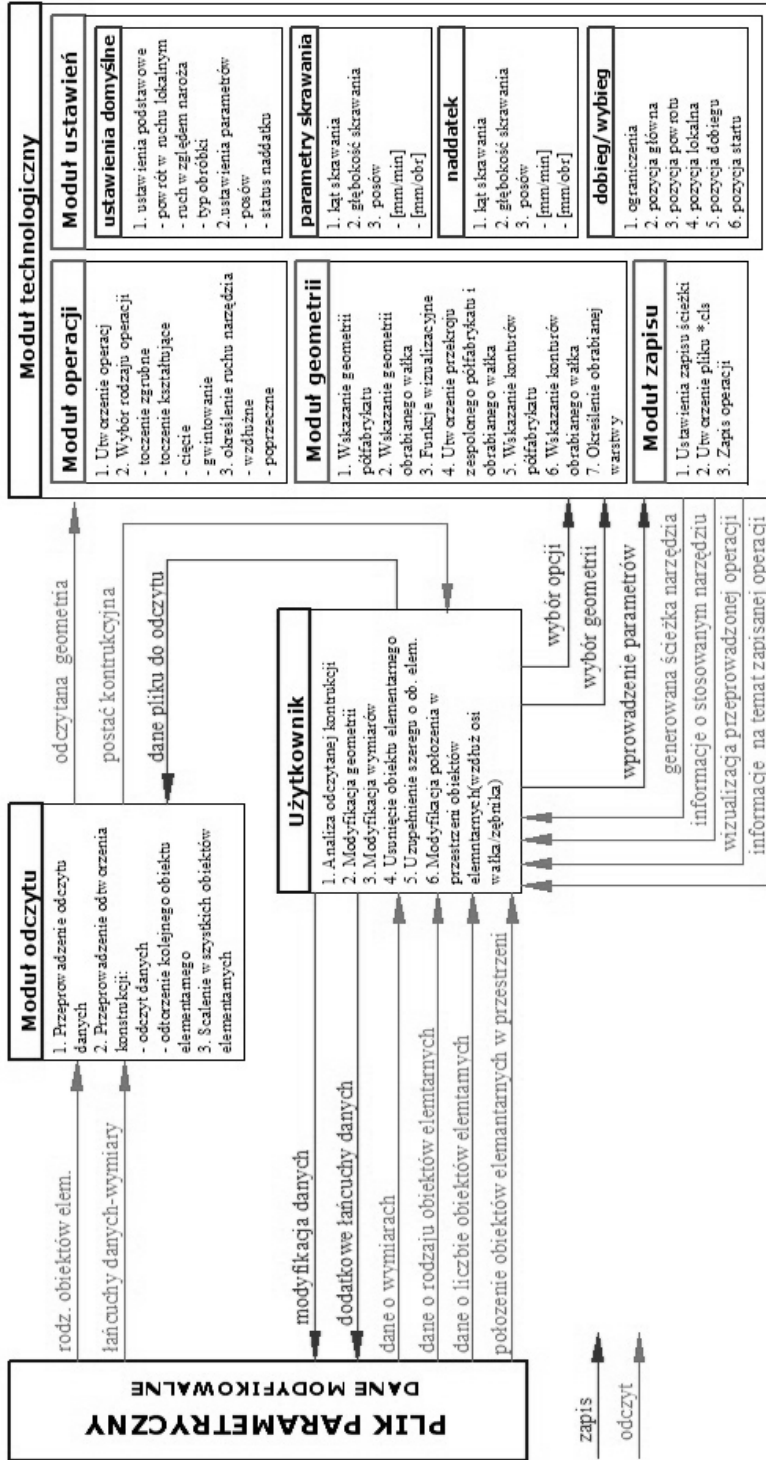


Rys. 1. Menu główne programu SHAFT-CAM

Obok każdej pozycji menu (porów.: rys. 1.1) znajdują się pola znaczników. Brak znaku X w polu znacznika oznacza że dana pozycja menu nie została użyta. Wprowadzenie danych w programie z zastosowaniem wybranej pozycji menu, powoduje pojawienie się znaku X po powrocie do menu głównego. Dla menu ustawień analogicznie jak w przypadku menu głównego zastosowane zostały pola znaczników wyboru opcji. Takie rozwiązanie usprawnia pracę z programem poprzez ułatwienie użytkownikowi poruszania się po strukturze programu SHAFT–CAM. Program SHAFT–CAM wspomaga technologa w przygotowaniu operacji obróbkowych, wybór geometrii obrabianej odbywa się z zastosowaniem modułu odczytu geometrii z pliku, przy czym geometria to może być opracowana w programie wspomaganym modelowania SHAFT–CAD opisanego w oddzielnym artykule publikowanym w ramach materiałów konferencyjnych bieżącej konferencji p.t.: „Zastosowanie języka GRIP w technicznym przygotowaniu produkcji” autorstwa C. Grabowik, W. Janik. Możliwe jest również zastosowanie geometrii opracowanej w module Modelling systemu NX. Należy mieć na uwadze że w programie SHAFT–CAM konieczne jest wskazanie geometrii gotowego elementu oraz geometrii półfabrykatu. Program SHAFT–CAM oprócz doboru standardowych półfabrykatów w postaci pręta walcowanego, ciągnionego pozwala na zastosowanie jako modelu półfabrykatu odkuwki matrycowej (lub odkuwki kucia swobodnego, zakładając górne wartości tolerancji wymiarowej średnic i długości projektowanej odkuwki wg normy PN–75/H–94101. Program SHAFT–CAM podobnie jak program SHAFT–CAD posiada strukturę modułową o hierarchicznym charakterze. W strukturze programu wyróżnia się dwa podstawowe moduły: moduł odczytu danych z pliku, oraz moduł technologiczny. Moduł technologiczny odpowiada za realizację następujących zadań:

- a) tworzenie operacji wraz z ustawieniem typu operacji:
 - toczenie zgrubne,
 - toczenie kształtujące,
 - cięcie,
 - gwintowanie;
- b) określenie geometrii skrawanej:
 - półfabrykatu,
 - toczzonego wałka;
- c) dobór tokarskiego narzędzia skrawającego:
 - nóż do obróbki kształtującej lewy (SDJCL),
 - nóż do obróbki kształtującej prawy (SDJCR),
 - nóż do obróbki kształtującej symetryczny (SDNCN),
 - nóż do obróbki rowków i cięcia (przecinak) (FX),
 - nóż do gwintowania (AR);
- d) ustawienia:
 - domyślne,
 - parametrów skrawania,
 - naddatku,
 - dobiegu i wybiegu narzędzia;
- e) generowania ścieżki ruchu narzędzia;
- f) utworzenia pliku *.cls;
- g) zapisu operacji.

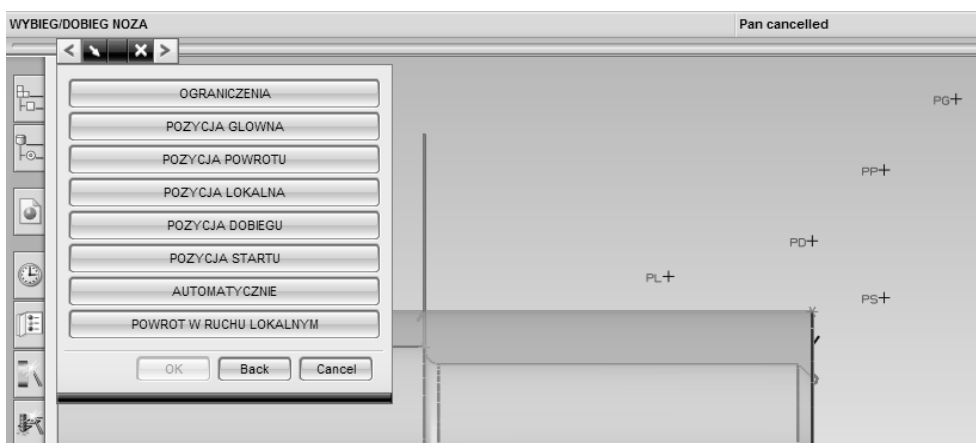
Na rys. 1.2. przedstawiono schemat funkcjonalny systemu SHAFT–CAM oraz przepływu danych w systemie.



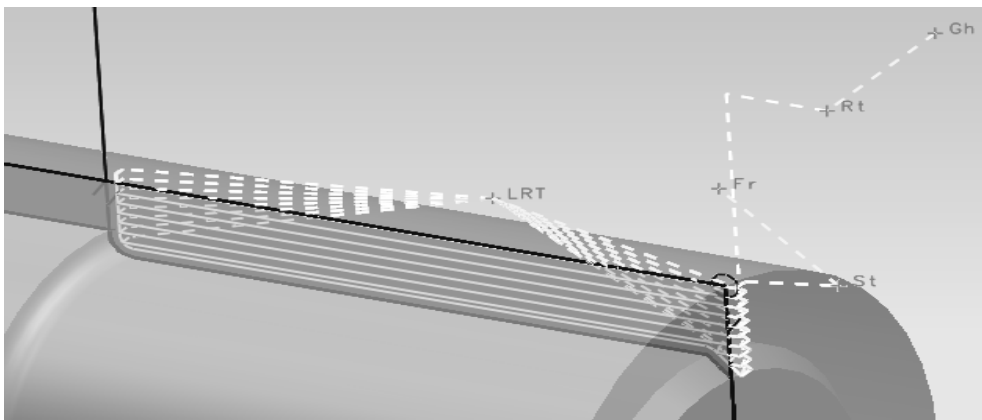
Rys. 2. Schemat funkcjonalny struktury danych przepływu danych programu SHAFT – CAM

W module ustawień ze względu na jego rozbudowaną strukturę możliwe jest określenie szeregu opcji oraz parametrów o modyfikowalnych wartościach. Wybór opcji realizowany jest za pomocą przycisków, a parametry wprowadzane są podobnie jak w programie SHAFT-CAD z zastosowaniem pól edycyjnych.

Moduły programu SHAFT-CAM działają niezależnie, chociaż należy pamiętać o kolejności wyboru opcji np. nie można wybrać narzędzia do póki nie zostanie utworzona operacja itp.

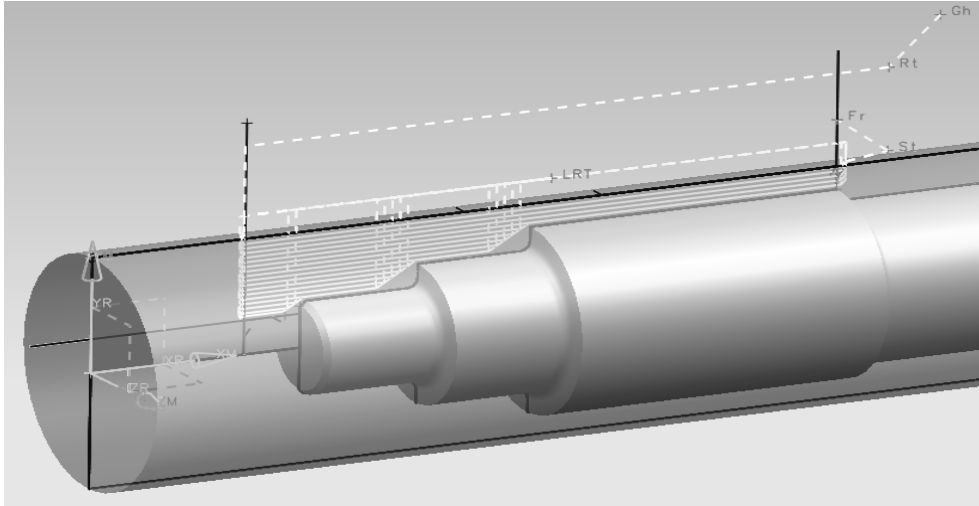


Rys. 3. Rozkład pozycji dobiegu/wybiegu po zastosowaniu funkcji automatycznego rozmieszczenia



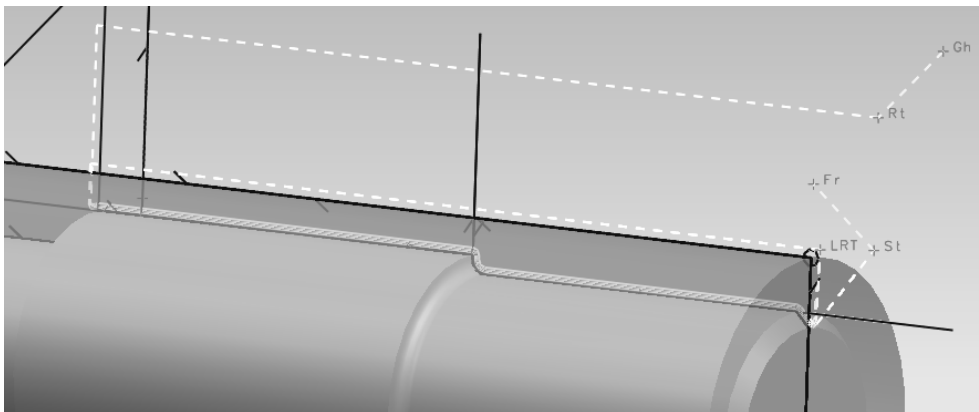
Rys. 4. Wygenerowana ścieżka ruchu narzędzia operacji TOCZ-10

Po zapisie operacji zostaje (jeśli zostanie wybrana opcja) wygenerowana ścieżka ruchu narzędzia. Na rys. 1.3 oraz 1.4 przedstawiono punkty charakterystyczne ścieżki, przy czym punkt lokalnego powrotu w opcji nie jest wyświetlany programowo. Dodatkowo kasowane są znaczniki wyboru opcji, po powrocie do menu głównego. W operacji TOCZ-10 zastosowano punkt lokalnego powrotu z bezpośrednim kierunkiem ruchu w celu optymalizacji ścieżki obróbkowej.



Rys. 5. Wygenerowana ścieżka ruchu narzędzia operacji TOCZ –20

W przypadku operacji TOCZ–20 zastosowano automatyczne rozmieszczenie punktów odpowiadających pozycjom charakterystycznym ścieżki narzędzia, przy czym zmodyfikowano położenie pozycji lokalnej (lokalnego powrotu), celem uzyskania optymalnej ścieżki ruchu narzędzia. Zmodyfikowano także ruch narzędzia względem pozycji lokalnej. Polega to na tym iż najpierw realizowany jest ruch poprzeczny, a następnie wzdłużny (powrót w ruchu lokalnym).

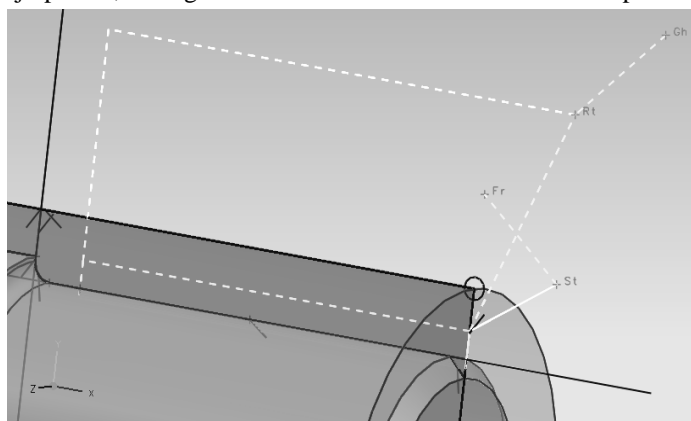


Rys. 6. Wygenerowana ścieżka ruchu narzędzia operacji TOCZ – 40

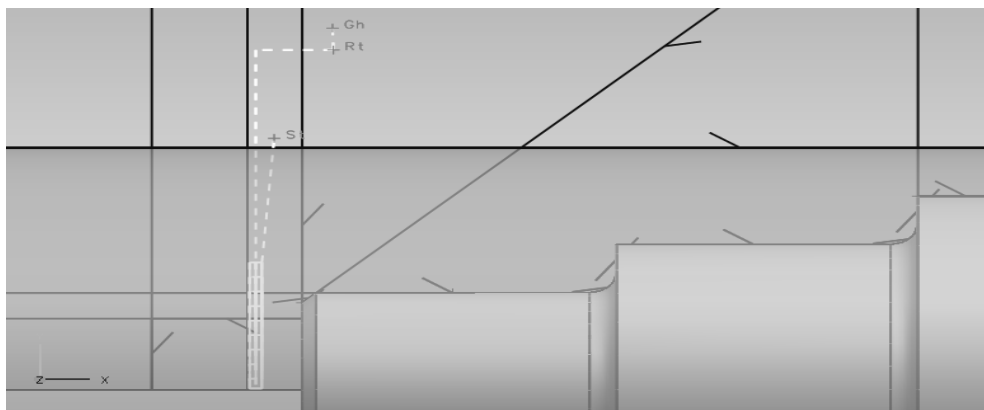
Operacja TOCZ–40 to operacja obróbki kształtującej (wykańczającej), w której zastosowano dodatkowo przejście wykańczające, będące ostatnim przejściem narzędzia skrawającego, względem powierzchni obrabianej o charakterystycznym trybie. W tym przypadku zastosowano tryb obróbki wszystkich krawędzi, co powoduje iż narzędzie porusza się po trajektorii określonej całą powierzchnią skrawaną (poprzeczną, wzdłużną

i kształtową). Zmiana rodzaju przejścia wykańczającego ma wpływ na kształt wygenerowanej trajektorii.

Skok gwintu determinuje posuw, którego wartość można również zmieniać za pomocą parametru obrotów (wygenerowany plik z kodem maszynowym – sygnatura S, np. S500). Podczas skrawania gwintu należy brać pod uwagę posuw ze względu na ilość wydzielanego w procesie obróbki ciepła (testy przeprowadzone na półfabrykacie z tworzywa sztucznego), obroty powinny charakteryzować się wartością dużo mniejszą niż podczas skrawania zgrubnego, bądź kształtującego (np. S50) celem poprawienia jakości uzyskanej bruzdy gwintu. Skok gwintu najlepiej dobrać z wg normy PN-83/M-02013 (średnice w zakresie 1 – 600 [mm]), lub PN-74/M-02012 (średnice 0,25 – 0,9 [mm]).



Rys. 7. Wygenerowana ścieżka ruchu narzędzia operacji GWINTOWANIE – 60



Rys. 8. Wygenerowana ścieżka ruchu narzędzia operacji CIĘCIE –70

Narzędzie w operacji CIĘCIE–70 wykonuje również ruchy wzdłuż osi wałka, spowodowane jest to wykonaniem szerszego rowka tak by narzędzie miało swobodny dostęp do kolejnej warstwy skrawanej (szerokość rowka większa niż szerokość noża skrawającego). Ścieżka jest zdefiniowana dla lewego naroża narzędzia dlatego ścieżka znajduje się po lewej stronie geometrii rowka.

2. Struktura programu NC utworzonego w SHAFT-CAM

Poszczególne operacje wygenerowane z zastosowaniem programu SHAFT-CAM, można edytować z poziomu nawigatora operacji, dokonując zmian za pomocą okien dialogowych (różniących się od standardowych okien dialogowych operacji), programowego opracowania technologii.

Name	Toolchange	Path	Tool	Tool Number	Edit Status	Description
NC_PROGRAM					Repost	
Unused Items						
TOCZ-10	☐	✓	SDJCL	1	Repost	LATHE-ROUGH
TOCZ-20	☐	✓	SDJCL	1	Repost	LATHE-ROUGH
TOCZ-30	☐	✓	SDJCR	2	Repost	LATHE-ROUGH
TOCZ-40	☐	✓	SDJCL	1	Repost	LATHE-FINISH
TOCZ-50	☐	✓	SDJCR	2	Repost	LATHE-FINISH
GWINTOWANIE-60	☐	✓	AR	5	Repost	LATHE-THREAD
CIECIE-70	☐	✓	FX	4	Repost	LATHE-GROOVE

Rys. 9. Struktura programu NC opracowanego w SHAFT-CAM'ie

Formalizmy operacji utworzonych z zastosowaniem programu SHAFT-CAM zawierają szereg informacji takich jak:

- informacje dotyczące użytkownika stacji roboczej,
- data i godzina utworzenia formalizmu,
- nazwa i rozszerzenie pliku modelu,
- nazwa stacji roboczej,
- rodzaj jednostek długości,
- typ obróbki,
- rodzaj układu współrzędnych (maszynowy, roboczy),
- informacje dotyczące narzędzia,
- posuwu,
- współrzędne układu odniesienia,
- współrzędne układu maszynowego,
- realizacja dobiegu i wybiegu narzędzia,
- naddatki,
- głębokość skrawania,
- rodzaj ruchu narzędzia względem naroża,
- rodzaj przejścia wykańczającego,
- kąt skrawania,
- kontrola kierunku ruchów narzędzia,
- tolerancje,
- atrybuty wygenerowanego kodu,
- zdefiniowane przez użytkownika ustawienia początku kodu (np. obroty narzędzia, ustawienia magazynu narzędzi).

```

=====
Information listing created by : Administrator
Date : 2007-05-19 13:32:1
Current work part : D:\walek.prt
Node name : root
=====

Template Type: cam metric template
Template Subtype: LATHE-FINISH

Operation Name : TOCZ-50
Operation Type : Lathe Finish

Lathe Finish Parameter
Coordinate System of Data - Work

Tool Information - SDJCR
Standard Turning Tool
(R) Nose Radius = 0.3968
(W) Holder Width = 16.0000
(LA) Lead Angle = 35.0000
(HA) Heel Angle = 35.0000
(L) Holder Length = 80.0000
(OA) Orient Angle = 270.0000
Direction = CCLW
X Off = Off
Y Off = Off
Adjust Register = 2
Cutcom Register = 2
Turret Face No = 2
Orientation = CLW
Catalog Number =

Feedrates (Units)
Rapid (MMPM) = 0.0000
Engage (MMFR) = 0.0000
Cut (MMFR) = 0.3000
Retract (MMFM) = 0.0000
First Cut (MMFR) = 0.0000
Approach (MMFM) = 0.0000
Return (MMFM) = 0.0000

Reference Coordinate System
Origin = 0.0000,0.0000,0.0000
Matrix = 1.0000,0.0000,0.0000
0.0000,1.0000,0.0000
0.0000,0.0000,1.0000
=====

```

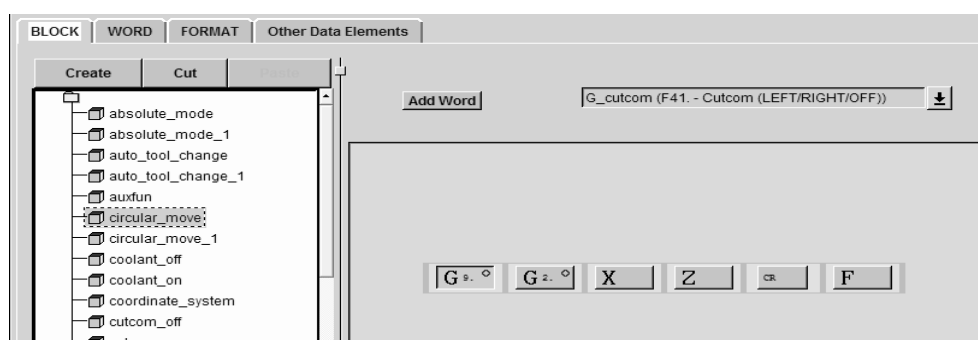
Rys. 10. Fragment formalizmu operacji toczenia wykańczającego TOCZ-50

Formalizm taki zawiera wszystkie niezbędne informacje dotyczące danej operacji technologicznej, przy czym niektóre z wartości przyjmowane są domyślnie, w przypadku gdy nie zostały one zdefiniowane przez użytkownika. Uzyskane dane można przechowywać w postaci elektronicznej lub wydruków. Taka struktura danych w jednoznaczny sposób określa rodzaj operacji, jej parametry, oraz ustawienia układów współrzędnych MCS. Informacje dotyczące narzędzia można również zachować w postaci formalizmów. Zapis danych dotyczących narzędzi podobny jest do zapisu operacji, uzupełniony jednak o dodatkowe dane. Wymiary wszystkich narzędzi (płytki i oprawka), zostały zapisane w programie SHAFT-CAM. Wymiary standardowych narzędzi, których wymiary dobierane są programowo, charakteryzują się brakiem standardowego widoku płytki skrawanej, a jedynie jej najważniejszej części czyli naroża.

3. Modyfikacja postprocesora obrabiarkowego

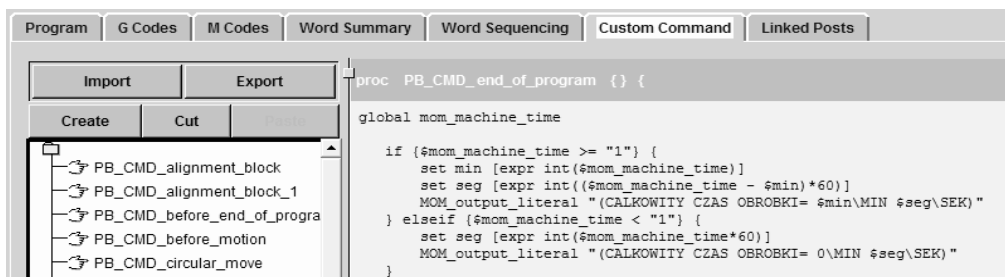
W systemie NX 5.0 nie dysponowano postprocesorem przeznaczonym dla systemu sterowania SINUMERIK 840D pod kontrolą, którego pracuje obrabiarka EMCO *Concept* TURN 155 (na której prowadzona była weryfikacja poprawności działania systemu SHAFT-CAM) w związku z tym konieczna była modyfikacja dostępnego postprocesora dla układu sterowania SINUMERIK 810D. Modyfikację postprocesora przeprowadzono z zastosowaniem programu UGS POST BUILDER 5.0, przy czym modyfikacje podstawowych ustawień dla tokarki EMCO *Concept* TURN 155 oraz układu sterowania SINUMERIK 810D dotyczyły:

- jednostek (układ metryczny),
- limitów przesunięć na poszczególnych osiach X oraz Z,
- rozdzielczości elementarnego przesunięcia liniowego,
- maksymalnego posuwu,
- orientacji punktu referencyjnego,
- liczby magazynów narzędziowych,
- multiplikatorów wymiarów (np. multiplikator wartości w osi X ustawiony na automatyczne podawanie wartości średnicowej zamiast promienia).



Rys. 11. Okno modyfikacji bloków programowych (funkcja trajektorii kołowej)

Na rys. 11. przedstawiono możliwość modyfikacji całych bloków programowych za pomocą narzędzia N/C Data Definitions. Bloki programowe podzielone są sekwencyjnie na poszczególne sekcje programu, w których występuje od jednego do kilku elementów składowych funkcji.

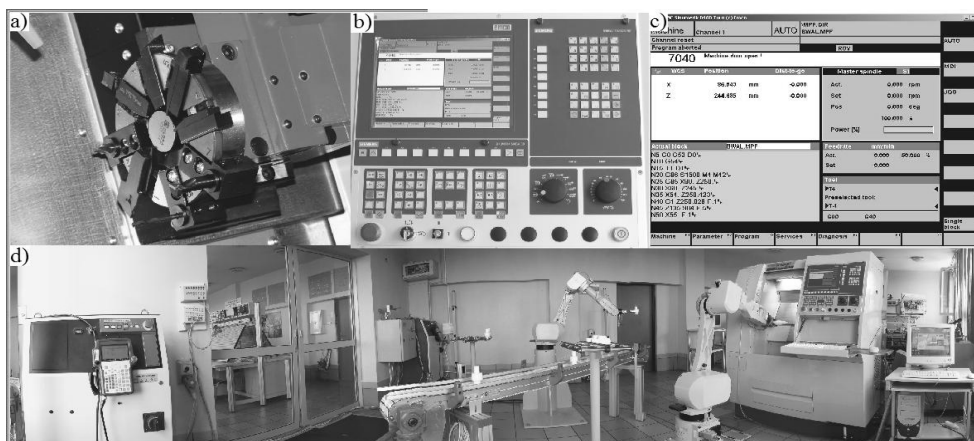


Rys. 12. Okno modyfikacji wewnętrznego kodu postprocesora – czas operacji

W postprocesorze każda z realizowanych funkcji posiada odpowiednik w kodzie wewnętrznym postprocesora (plik typu *.tcl). Program UGS POST BUILDER 5.0 kategoryzuje wpisy kodu wewnętrznego, dzięki czemu modyfikacja jest ułatwiona, a odnalezienie wpisu który ma być poddany modyfikacjom zajmuje mniej czasu niż standardowe wprowadzenie poprawki w plikach typu *.tcl

4. Weryfikacja praktyczna

Weryfikacja praktyczna przeprowadzona została w Laboratorium Automatyki, Mechatroniki, Zintegrowanych Systemów Wytwarzania i Metod Zarządzania Produkcją znajdującego się na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej. W laboratorium tym znajduje się zrobotyzowane gniazdo produkcyjne którego integralną częścią jest obrabiarka EMCO *Concept* TURN 155 ze układem sterowania SINUMERIK 810/840D.



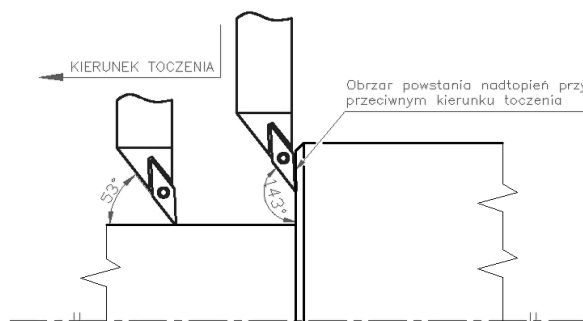
Rys. 13. Laboratorium oraz oprzyrządowanie obrabiarki: a) magazyn narzędzi, b) interfejs sterownika SINUMERIK 810/840D c) interfejs programowy sterownika 810/80D, d) gniazdo obróbcze Pracowni Automatykacji i Robotyzacji Procesów Technologicznych.

Po opracowaniu technologii wytwarzania z zastosowaniem programu SHAFT-CAM dokonano modyfikacji procesu technologicznego w celu wyeliminowania pojawiających

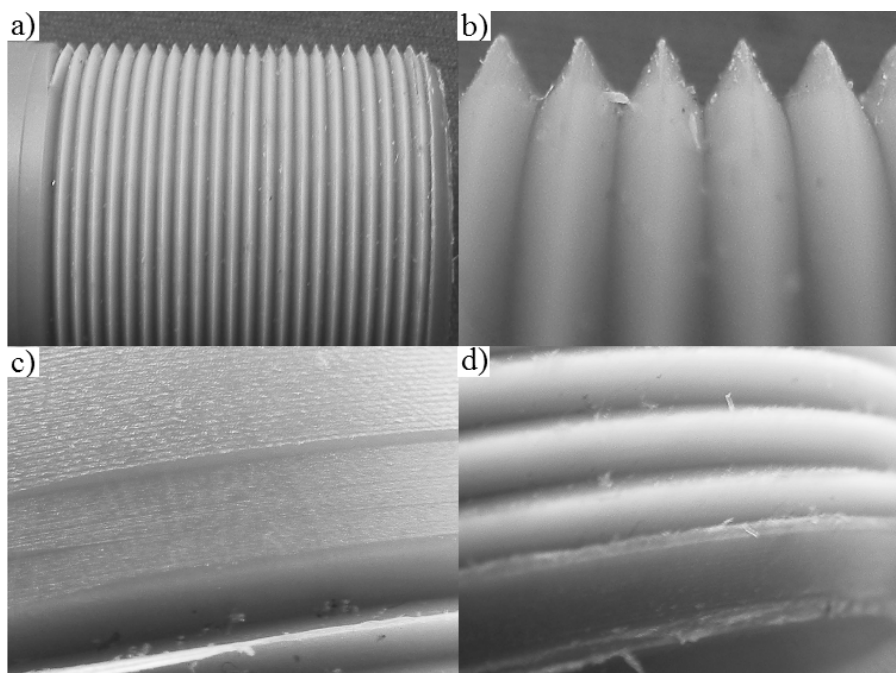
się w procesie obróbki nierówności powierzchni czołowych (w wyniku zbyt małej wartości kąta przyłożenia).

Modyfikacja programu NC polegała na zmianie kierunku ruchu narzędzia w celu uzyskania większej wartości kąta przystawienia narzędzia. W procesie weryfikacji praktycznej oprogramowania SHAFT-CAM zastosowano kilka

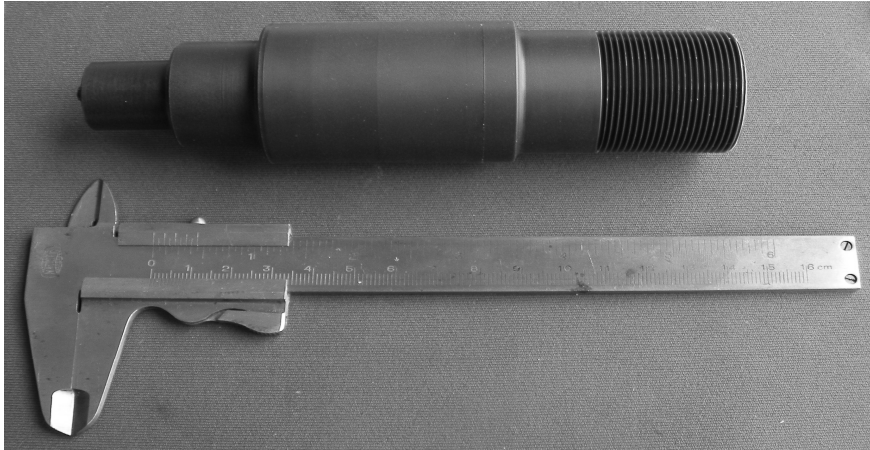
tworzyw sztucznych z grupy poliamidów przy czym jednym z tworzyw najlepiej obrabialnych tj. tworzywem, dla którego uzyskano najlepsze rezultaty obróbki był NYLATRON GSM IPA6+MoS2I, obecność molibdenu w składzie chemicznym tworzywa powoduje zmniejszenie oporów skrawania oraz temperatury procesu obróbki. Dodatkowo materiał ten charakteryzuje się wysoką odpornością na wzrost temperatury.



Rys. 14. Schemat zmodyfikowanej realizacji toczenia



Rys. 15. Próby toczenia gwintu z zastosowaniem tworzywa ERTALON LFX: a) ogólny widok gwintu, b) powiększenie bruzdy gwintu (drobiny pyłu), c) wyprowadzenie gwintu (podtoczenie), d) początek bruzdy gwintu złuszczenie (z powodu własności materiału)



Rys. 16. Wynik weryfikacji praktycznej programów SHAFT – CAD/CAM z zastosowaniem tworzywa NYLATRON GSM IPA 6 +MoS2I

4. Podsumowanie

Integracja wspomaganie konstruowania i wspomaganie wytwarzania jest procesem, za którego poprawny przebieg odpowiada kilkaset czynników. Począwszy od opracowania oprogramowania SHAFT–CAD, podjęto prace nad programem SHAFT–CAM, który napisany został z zastosowaniem języka GRIP NC. Składnia GRIP NC zbliżona jest do składni języka GRIP, zatem obie składnie mogą się przenikać w kodzie źródłowym programu. Należy jednak zauważyć iż składnia GRIP NC zdeterminowana jest do realizacji zadań zorientowanych na wytwarzanie. Główną cechą składni GRIP NC jest szerszy zakres zastosowania globalnych parametrów dostępu GPA, stosowanych również w składni języka GRIP (składnia GRIP charakteryzuje się ponadto stosowaniem geometrycznych parametrów dostępu EDA determinujących własność elementów geometrycznych). Można zatem stwierdzić iż struktura kodu programu SHAFT – CAM jest dwoista i przez to złożona. Program SHAFT – CAM jest również programem o strukturze hierarchiczno modułowej co czyni go analogicznie jak w przypadku programu SHAFT–CAD programem rozwojowym. Istotnym czynnikiem wpływającym na proces programowania jest automatyczne rozpoznawanie rodzaju błędu w kodzie źródłowym, podczas kompilacji w środowisku zaawansowanego przekształcania kodu GRADE. Środowisko to w istotny sposób wspomaga prace nad kodem źródłowym. Sprzężenie zwrotne występujące w środowisku graficznym UNIGRAPHICS NX 3/4/5/6, w przypadku nie prawidłowego wprowadzenia źle danych lub błędnej sekwencji opcji (zwłaszcza w odniesieniu do programu SHAFT–CAM) powoduje automatyczne wyświetlenie komunikatu nie tylko o błędzie ale i jego przyczynie. W programie SHAFT–CAM oprócz oprogramowania funkcji zorientowanych na wytwarzanie, należało również zaimplementować szereg funkcji wspomagających działania w środowisku graficznym. Dotyczy to bezpośrednio wspomaganie działań związanych z wyborem geometrii półfabrykatu oraz geometrii obrabianego wałka. Występuje istotna różnica między wspomaganie wytwarzania realizowanym programowo lub za pomocą standardowych narzędzi systemu UNIGRAPHICS NX 3/4/5/6. Po pierwsze odmienna jest realizacja geometrii narzędzia. Narzędzie utworzone w standardowym module można zdefiniować uzyskując

trójwymiarowy model zarówno płytki skrawającej jak również oprawki, natomiast programowa realizacja geometrii narzędzia umożliwia jedynie przedstawienie najważniejszych cech płytki skrawającej, czyli promień naroża i kąt płytki skrawającej. Utrudnia to symulację operacji technologicznych oraz wykrycie kolizji narzędzia. Aby przeciwdziałać powstaniu kolizji stosowano pozycję lokalnego powrotu, oraz odpowiedni sposób powrotu narzędzi do tej pozycji. Po drugie odmienny jest wygląd interfejsu okien dla poszczególnych operacji. Operacje technologiczne utworzone programowo charakteryzują się uboższą funkcjonalnością w porównaniu z interfejsem okien w module Machining co związane jest ograniczeniami języka GRIP NC. Praca z programową realizacją operacji technologicznych jest niezawodna ze względu na to, iż trajektoria ruchu narzędzia jest jasno ustalona przez użytkownika, a modyfikacja parametrów okna dialogowego operacji działa w przewidywalny sposób. Działanie w standardowym trybie tworzenia operacji obróbczych systemu UNIGRAPHICS 3/4/5/6, nie jest proste ze względu na automatyczne generowanie ścieżki względem ograniczeń wymiarowych nałożonych przez użytkownika. Utrudnione jest zatem uzyskanie pożądanej trajektorii narzędzia, i konieczne jest nieraz rozdzielenie jednej trajektorii na mniejsze jej fragmenty. Biorąc pod uwagę powyższe różnice warto stosować program SHAFT-CAM do standardowych konstrukcji, natomiast modułu MANUFACTURING systemu UNIGRAPHICS NX 3/4/5/6 do zadań związanych z geometrią skomplikowaną-kształtową. W wyniku przeprowadzonych badań weryfikacyjnych na stanowisku laboratoryjnym potwierdzono poprawność opracowanego systemu SHAFT-CAM.

Literatura

1. Andrzejewski M.: Poradnik inżyniera: obróbka skrawaniem, Tom 2, WNT 1993.
2. Darlewski J.: Obróbka skrawaniem tworzyw sztucznych warstwowych, WNT, Warszawa 1990.
3. Dietrych J.: System i konstrukcja, WNT, Warszawa 1988.
4. Feld M.: Podstawy projektowania Podstawy projektowania procesów technologicznych typowych części maszyn, WNT, Warszawa 2000.
5. Kosmol J.: Automatyzacja obrabiarek i obróbki skrawaniem, WNT, Warszawa 2000.
6. Skołod B.: Komputerowo zintegrowane wytwarzanie, Skrypt 2043, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej 1997.
7. UGS Corporation.: Grip fundamentals – student guide, MT13010 – NX3, Plano, Texas, 2005.
8. UGS GRIP NC Reference Guide.
9. Житник Н. И., Герасько М. А., Штучный Б. П.: Справочник по обработке пластмасс, Издательство Тэхика, Харьков 1988.

Mgr inż. Witold JANIK

Dr inż. Cezary GRABOWIK

Instytut Automatyzacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania

Politechnika Śląska

44-100 Gliwice, ul. Konarskiego 18a

e-mail: Witold.Janik@polsl.pl

Cezary.Grabowik@polsl.pl