

Jerzy Józwik ¹⁾, Tomasz Ścierka ²⁾

KONCEPCJA BUDOWY WIRTUALNEJ OBRABIARKI NA PRZYKŁADZIE PIONOWEGO CENTRUM FREZARSKIEGO FV580A

Streszczenie: W pracy przedstawiono proces tworzenia modelu geometrycznego i kinematycznego centrum frezarskiego *FV-580A* oraz jego sterowania z poziomu środowiska programowego NX. Proces budowy wirtualnej maszyny przeprowadzono w środowisku konstruktora obrabiarek MTB (Machine Tool Builder) programu NX. W pracy wykorzystano zaawansowane narzędzia komputerowe wspomagające proces modelowania i definiowania kinematyki dające możliwość tworzenia wirtualnych maszyn i urządzeń z nią współpracujących..

Słowa kluczowe: modelowanie, projektowanie, systemy CAD/CAM, model geometryczny, model kinematyczny, symulacja, NX system.

WSTĘP

Frezarki i centra frezarskie to złożone układy masowo-dysypacyjno-sprężyste, w których skład wchodzi wiele zespołów wykonawczych o budowie modułowej, spełniających ściśle określone zadania. Do podstawowych zalicza się: korpusy, prowadnice, napędy oraz układy pomiarowo-kontrolne, moduły konstrukcyjne samodzielnie realizujące poszczególne ruchy lub czynności [1-4]. Moduły takie mają z reguły własny napęd, a ich współdziałanie w procesie obróbki wynika z działania układu CNC powiązanego elektrycznymi sygnałami sterującymi z poszczególnymi modułami. Budowa modułowa i ujednoczenie rozwiązań konstrukcyjnych ułatwiają tworzenie różnych wariantów obrabiarek dostosowanych do wymagań klienta, a także uzyskanie zmienności zadań produkcyjnych pod względem budowy mechanicznej [5-10].

ETAPY POWSTAWANIA NOWEGO PRODUKTU

Rzeczywistość przemysłowa szereguje pewien nieodzowny schemat powstawania nowego wyrobu, który w obecnych czasach nie może zostać urzeczywistniony bez komputerowego wspomagania poszczególnych etapów procesu wytwarzania z wykorzystaniem nowoczesnych, sterowanych numerycznie obrabia-

¹ Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, Katedra Podstaw Inżynierii Produkcji.

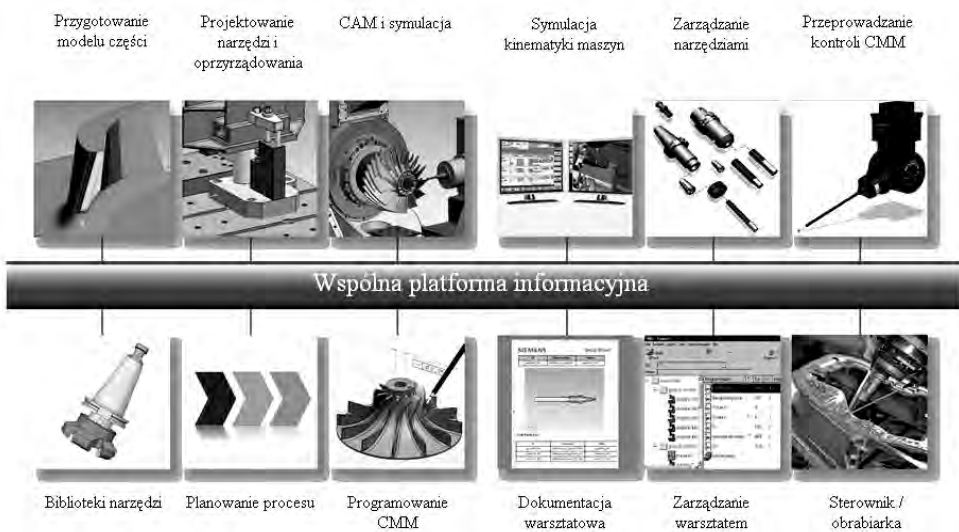
² Politechnika Lubelska, Studenckie Koło Naukowe Podstaw Inżynierii Produkcji.

rek [1-5]. Firma SIEMENS w swojej propozycji programowej uwzględniła następujące kroki powstawania nowego produktu [12, 13, 15, 16]:

- modelowanie części (projektowanie),
- modelowanie narzędzi i oprzyrządowania,
- wspomagane komputerowo projektowanej technologii obróbki i jej symulacja,
- symulacja kinematyki obrabiarki CNC,
- zarządzanie gospodarką narzędziową,
- monitorowanie i kontrola z wykorzystaniem współrzędnościowych maszyn pomiarowych.

Wszystkie te procesy, bazujące na wspólnej platformie informatycznej są wspomagane:

- bibliotekami narzędzi,
- właściwie opracowanym procesem planowania obróbki CAM,
- możliwością programowania sond do pomiarów międzyoperacyjnych i końcowych CMM,
- pełną dokumentacją konstrukcyjną CAD i technologiczną CAM,
- zarządzaniem programami NC, narzędziami i oprzyrządowaniem,
- sterowaniem wykorzystywanej maszyny CNC.

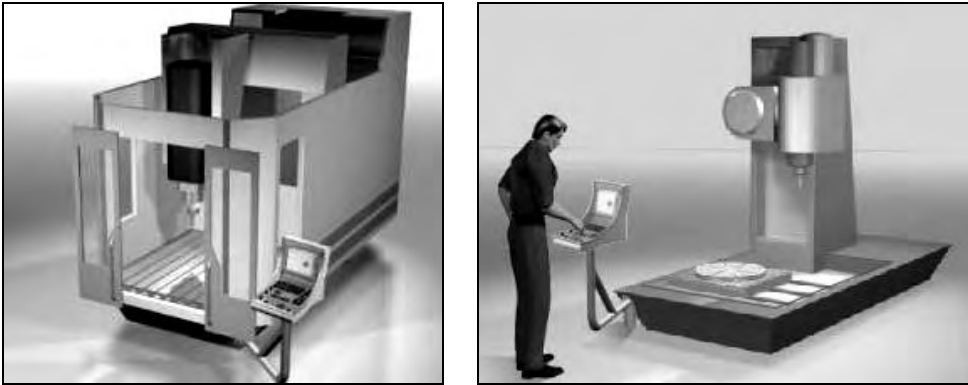


Rys. 1. Etapy powstawania wyrobu z wykorzystaniem środowiska systemu NX firmy SIEMENS [12]

RZECZYWISTOŚĆ WIRTUALNA

Współczesne maszyny CNC to bardzo kosztowne obrabiarki, po które mogą sięgać jedynie duże firmy i koncerny. Z pełną odpowiedzialnością można stwier-

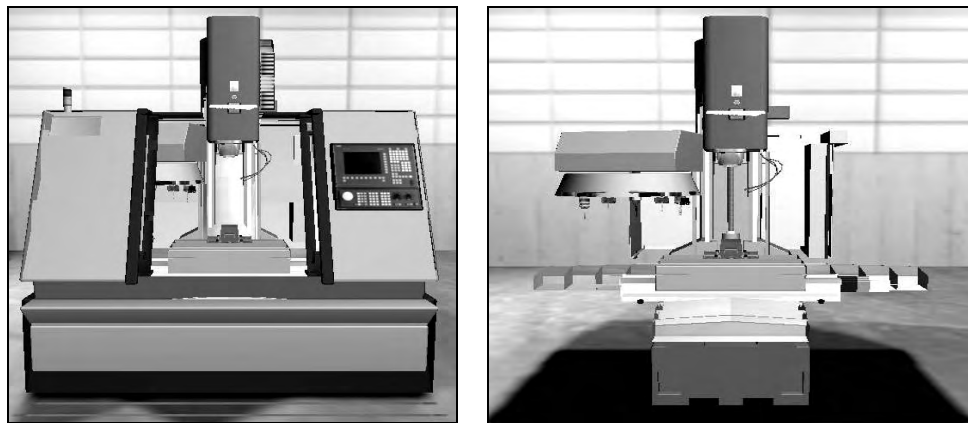
dzić, że park maszynowy w tych przedsiębiorstwach bazuje na najnowszych, o wysokim stopniu automatyzacji obrabiarkach sterowanych numerycznie CNC. Jednak małe przedsiębiorstwa, a szczególnie firmy rodzinne, stosunkowo rzadko swoje parki maszynowe rozbudowują bazując na obrabiarkach CNC. Mimo, że w ostatnich latach wsparcie środków unijnych poprawiło nieco sytuację w polskim przemyśle maszynowym, to jednak często zaporowe ceny maszyn stają się nieosiągalne w tych przedsiębiorstwach. Jeszcze gorsza sytuacja panuje w wielu szkołach i uczelniach przygotowujących do zawodu inżyniera. Jednostki te mają zbyt ograniczone środki budżetowe, najczęściej niewystarczające na zakup nowoczesnych zautomatyzowanych i elastycznych stacji obróbkowych. Zdarza się, że niektóre z nich posiadają kilka, a czasami nawet kilkanaście obrabiarek CNC, nie mniej jednak w większości przypadków są to jedna lub dwie maszyny CNC. Uczelnie i szkoły z uwagi na swoją działalność dydaktyczną, w odróżnieniu od firm i przedsiębiorstw mogą sobie pozwolić na szkolenie wirtualne. Maszyna wirtualna to doskonałe środowisko do szkolenia operatora NC przy znacznej oszczędności czasu korzystania z rzeczywistej obrabiarki (rys. 2). Maszyny wirtualne opracowują zwykle producenci obrabiarek dla określonej gamy maszyn z wykorzystaniem dostępnego pakietu oprogramowania.



Rys. 2. Świat wirtualny HEIDENHEINE - frezarka CNC [14]

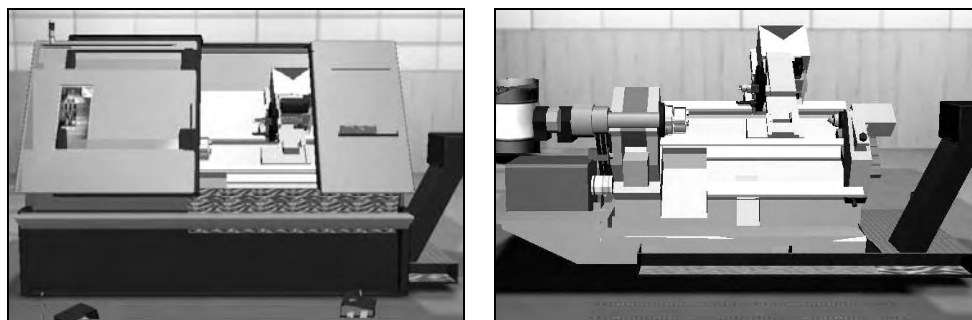
Obecnie oprogramowanie CAx pozwala na budowanie wirtualnego parku maszynowego, projektowania procesów technologicznych z pełną symulacją i weryfikacją programów, bez konieczności eksperymentowania na maszynie rzeczywistej. Symulacja kinematyczna maszyn o geometrii modeli 3D pozwala w maksymalny sposób na przybliżenie się do rzeczywistego procesu, realizowanego fizycznie na maszynie. Do korzystania z maszyny wirtualnej wymagany jest model 3D CAD obrabiarki. Kinematyka i limity ruchu dodawane są za pomocą oprogramowania do symulacji w zestawie programistycznym. Obrabiarkę można skonfigurować na komputerze PC w bardzo krótkim czasie i przy niskich kosztach. Półwyroby wyjściowe (materiał obrabiany) i oprzyrządowanie można zaim-

portować lub utworzyć w środowisku wirtualnym. W środowisku wirtualnym można łatwo ocenić nowe programy i wprowadzić wymagane zmiany, a następnie szybko skonfigurować obrabiarkę.



Rys. 3. Świat wirtualny SIEMENSA - frezarka CNC [13]

Zatem bezspornie można stwierdzić, że maszyna wirtualna to doskonale środowisko do szkolenia operatora NC przy oszczędności czasu korzystania z rzeczywistej obrabiarki. Dzięki temu, z dydaktycznego punktu widzenia, stanie się możliwe prowadzenie procesów dydaktycznych bez konieczności zakupu drogich i zajmujących dużo miejsca obrabiarek.



Rys. 4. Świat wirtualny SIEMENSA - Tokarka CNC [13]

W przypadku firmy SIEMENS, zestaw narzędzi dla maszyn ze sterownikiem SINUMERIK zawiera oprogramowanie do symulacji obróbki, jądro oprogramowania (VNCK) dla sterownika Siemens SINUMERIK i interfejs człowiek-maszyna (HMI) dla sterownika (rys. 3 i rys. 4). Jak wspomniano wcześniej, na obrabiarce wirtualnej możliwa jest ocena programów NC. Dzieje się tak dzięki pełnej symulacji rzeczywistych ruchów obrabiarek z wykorzystaniem oprogramowania sterownika do obsługi modelu 3D obrabiarki. Zarówno oprogramowanie

głównego sterownika (wirtualne jądro NC - VNCK) jak i interfejs człowiek-maszyna (HMI) oraz geometryczny i kinematyczny model maszyny wirtualnej tworzą całkowicie funkcjonalny system symulacji maszyny. Maszyna wirtualna jest kalibrowana za pomocą pliku danych konfiguracyjnych z sterownika SINUMERIK w rzeczywistej obrabiarence. Symulacja pracy wirtualnej obrabiarki może przedstawiać pełen zestaw kodów poleceń i cykli dostępnych w sterowniku dla danej maszyny. Maszyny wirtualnej można użyć do końcowej oceny realizacji procesu obróbki przed uruchomieniem na maszynie rzeczywistej, co oszczędza czas i prowadzi do minimalizacji wszystkich błędów popełnionych na etapie opracowywania technologii obróbki.

MODEL GEOMETRYCZNY I KINEMATYCZNY PIONOWEGO CENTRUM OBRÓBCZEGO FV 580A

Przed wykonaniem geometrycznego i kinematycznego modelu wirtualnej obrabiarki CNC przyjęto następujące założenia:

- do tworzenia geometrii modelu zostanie wykorzystana dokumentacja dostarczona przez dystrybutora maszyny oraz pomiary bezpośrednie maszyny,
- model będzie wiernie odwzorowywał przestrzeń roboczą obrabiarki oraz wszystkie jej zespoły funkcjonalne i pojedyncze części,
- utworzona kinematyka będzie współpracować z dostępnym postprocesorem,
- możliwa będzie symulacja procesów obróbki w stopniu maksymalnie zbliżonym do rzeczywistych procesów realizowanych na maszynie.

Proces budowy wirtualnej obrabiarki CNC w środowisku programu NX obejmował:

- zapoznanie się z dokumentacją centrum frezarskiego FV-580A [11],
- przeprowadzenie pomiarów gabarytów, przestrzeni obróbkowych, poszczególnych zespołów ruchowych maszyny nie uwzględnionych w dokumentacji.

W oparciu o przeprowadzone analizy:

- wykonano model geometryczny 3D centrum frezarskiego FV-580A,
- wykonano model kinematyczny obrabiarki na podstawie utworzonych wcześniej geometrii 3D zespołów obrabiarki,
- wygenerowano wirtualny kontroler VNC w aplikacji Post Builder na podstawie używanego na maszynie postprocesora,
- skonfigurowano wykonany model kinematyczny wraz z kontrolerem i postprocesorem w bibliotece systemu NX,
- przygotowano do obróbki przykładowe modele przy wykorzystaniu Synchronous Technology,
- wykonano program obróbki frezowaniem,
- przeprowadzono weryfikację ścieżek ,
- przeprowadzono symulację obróbki,
- porównano symulowaną obróbkę z rzeczywistym procesem frezowania.



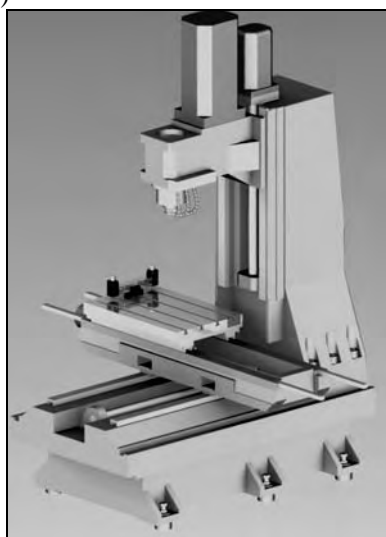
Rys. 5. Pionowe centrum obróbkowe FV580A

Na rys. 6 a i b przedstawiono widok 3D złożenia zespołów modelowanej obrabiarki FV-580A.

a)



b)



Rys. 6. Pionowe centrum obróbkowe FV580A: a) pełny model wirtualny, b) model obrabiarki bez osłon oraz magazynu narzędziowego

Budowa wirtualnej obrabiarki w systemie NX jest możliwa po uprzednim wykonaniu modeli 3D poszczególnych podzespołów. Do utworzenia geometrii części użyto narzędzi modułu NX Modeling, natomiast do modelowania obudów wykorzystano moduł NX Sheet Metal. Wykonano modele 3D poszczególnych zespołów: łoża, słupa, sań, prowadnic, silników i obudów. Model geometryczny

obrabiarki w programie NX wykonano jako złożenie brył geometrycznych elementów reprezentujących poszczególne zespoły wykonawcze maszyny. Złożenie modelu obrabiarki zostało wykonane w specjalny sposób po to, by możliwe było łatwe zdefiniowanie kinematyki. Poszczególne części pogrupowano w zależności od ruchów jakie będą wykonywać w modelu kinematycznym. Stół obrabiarki został połączony w zespół z każdym elementem poruszającym się w osi X maszyny. Podobnie, sanie osi Y oraz wrzeciennik poruszający się w osi Z, zostały połączone w osobne zespoły ruchowe. Tak przygotowany model posłużył do zbudowania (na jego podstawie) kinematyki w module MTB.

Model kinematyki określa związek pomiędzy częściami składowymi maszyny, określa również nazwy osi i wartości graniczne przemieszczeń. Proces tworzenia modelu kinematycznego centrum frezarskiego FV-580A ze sterowaniem Fanuc 0iMC, przy pomocy konstruktora MTB obejmował:

- wykonanie złożenia modelu 3D centrum frezarskiego FV-580A,
- zdefiniowanie kinematyki w module budowy obrabiarki MTB,
- wygenerowanie wirtualnego kontrolera VNC w aplikacji Post Builder,
- konfigurację instalacji obrabiarki.

Model przeznaczony do konfiguracji kinematyki musi spełniać szereg wymagań:

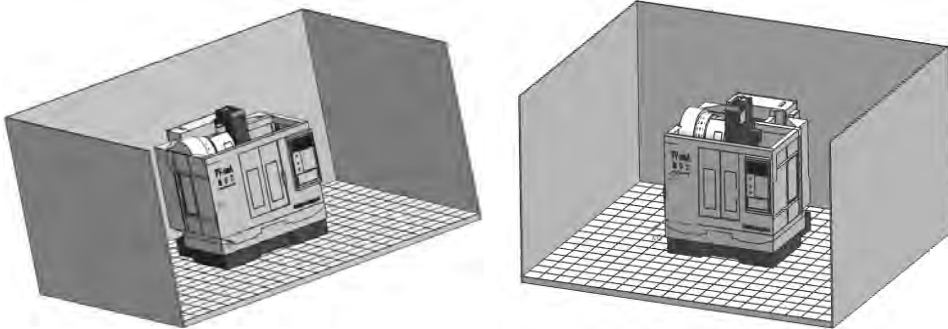
- geometria złożenia maszyny musi zawierać podstawowe zespoły: korpusy, stoły, prowadnice, wrzeciona, obudowy odwzorowujące przestrzeń roboczą,
- w katalogu o przywoływanej z biblioteki nazwie maszyny muszą znajdować się wszystkie części złożenia obrabiarki,
- w bibliotece obrabiarek musi być dokonany wpis w "akta" w pliku `machine_database.dat`, aby obrabiarka mogła być wczytywana,
- w katalogu postprocesor musi być utworzony plik tekstowy `*.ascii`, w którym zdefiniowano postprocesor maszyny.

Definiowanie kinematyki wirtualnej obrabiarki w konstruktorze obrabiarek MTB polega na określeniu relacji między składnikami modelu maszyny oraz określeniu kierunków i ograniczeń ruchu osi sterowanych X, Y, Z. MTB opiera się na strukturze drzewa do reprezentacji modelu tworzonej kinematyki. Drzewo to zawiera wszystkie elementy kinematyki i pokazuje relacje między każdym z tych elementów.

Podobnie jak w module Assembly w drzewie MTN (Machine Tool Navigator) obowiązuje zasada struktury złożenia Master Model. Struktura ta polega na ustanowieniu hierarchii części w zespole na zasadzie „rodzic”-„dzieci” (Parent - Children). Każda część typu Parent jest nadrzędna w stosunku do części typu Children. Przejawia się to tym, że podczas definiowania kinematyki każdy obiekt typu Children porusza się w zespole ze swoim obiektem nadrzędnym Parent.

Wykorzystując przygotowany odpowiednio w module Assembly model 3D, budowany w strukturze Master Model, nadano składniki fizyczne maszyny, nazywane K- Components.

K-Components są to części reprezentowane przez zespoły modelowane i są określone w Machine Tool Builder jako odniesienia do złożenia w Assembly. W budowanej kinematyce w skład K-Components wchodzi części złożenia: baz stałych (łoże i słup frezarki), części ruchome osi X (stół, korpusy i obudowy sań), części ruchome osi Y (korpusy i obudowy sań), części ruchome osi Z (wrzecienik, wrzeciono, obudowy wrzeciona).



Rys. 7. Maszyna wirtualna wkomponowana w przestrzeń produkcyjną

Pierwszym z określonych komponentów obrabiarki w drzewie MTN była baza maszyny (MACHINE BASE), za którą przyjęto łoże obrabiarki. Jest to część modelu 3D w pełni utwierdzona przy pomocy Assembly Constraints typu Fix.

Po określeniu bazy wyznaczono układ współrzędnych obrabiarki. W tym celu utworzono na bazie maszyny komponent skrzyżowanie - Junctions. Junctions służy do klasyfikacji układów współrzędnych, przypisania im nazw i funkcji. Definiuje się układy współrzędnych dla:

- układu zerowego maszyny,
- układu automatycznego montażu narzędzi,
- układu montażu przedmiotów obrabianych.

Układy te są także używane do definiowania osi NC i są na trwałe związane z poszczególnymi komponentami (poruszają się razem z nimi).

Bazowym nieruchomym układem przy pomocy którego definiowane są osie NC i ograniczenia maszyny FV580A jest układ zerowy (MACHINE_ZERO). Zdefiniowano go dynamicznie przy pomocy umieszczonego w złożeniu punktu i układu absolutnego maszyny. Punkt ten zdefiniowano na podstawie danych z instrukcji dostarczonej przez producenta maszyny o ograniczeniach ruchu obrabiarki. Punkt zerowy umiejscowiono zgodnie z instrukcją użytkownika w odległości 610mm od płaszczyzny stołu, w odległości 35mm od krawędzi bocznej, stycznie do krawędzi tylnej stołu. Układ zerowy zdefiniowano w punkcie zerowym przy pomocy Dynamic CSYS, a następnie obrócono go w celu poprawnego określenia kierunków osi. W następnym kroku nadano klasyfikację układu jako Machine Zero przez polecenie Junction Classification. Dopiero po klasyfi-

kacji, system odnosi się do utworzonego układu jako zerowego wirtualnej obrabiarki. W podobny sposób definiowane są układy współrzędnych montażu narzędzi i przedmiotów obrabianych.

W następnym kroku, poprzez opcję Insert K-Components do bazy maszyny MACHINE_BASE dodano K-Component dla osi Z, będącego nieruchomą bazą dla komponentu wrzeciona. Po ustawieniu bazy dla wrzeciona, możliwe było dodanie komponentu wrzeciona (SPINDLE). Jako wrzeciono zdefiniowano wszystkie części poruszające się razem w osi Z. Dodanie osi NC przeprowadzono na bazie wrzeciona Z_BASE przez użycie Insert Axis. Jest to przypisanie do ruchu komponentu wrzeciona. W oknie Edit Axis nadano nazwę osi i ustawiono przynależności osi do układu współrzędnych poprzez Select Junction. Typ osi określono jako liniową i zaznaczono NC Axis po to, by oś była traktowana jako sterowana w programie NC. Następnie nadano ograniczenia drogi komponentów osi Z do wartości 510mm, poprzez opcje Axis Limits.

Użytkownik ma możliwość sprawdzenia ustawionej kinematyki osi przez Test Axis. Animacja ruchu może być wykonywana w ustawionych krokach lub trwać do osiągnięcia punktów granicznych ruchu. Daje to możliwość sprawdzenia poprawności ustawionych kierunków i limitów przesuwu lub obrotu.

Kolejnym krokiem było zdefiniowanie układu współrzędnych automatycznego montażu narzędzi. Do komponentu SPINDLE dodano Junction i ustawiono układ współrzędnych przy pomocy Dynamic CSYS, centrycznie w płaszczyźnie montażu oprawki narzędziowej. Ważne jest ustawienie układu współrzędnych wymiany narzędzi z kierunkiem osi X, zgodnym z osią symetrii narzędzia. System automatycznej wymiany narzędzia pozycjonuje mocowane narzędzie w osi X układu wymiany, dlatego też bardzo ważne jest poprawne zdefiniowanie tego układu. Konieczne jest także sklasyfikowanie układu odniesienia narzędzi, podobnie jak podczas definiowania zerowego układu współrzędnych. W oknie Junction Classification nadano układowi oznaczenia Tool Mount. Wirtualny kontroler VNC podczas postprocessingu odnosi się do przypisanych tutaj informacji.

W dalszym etapie konfiguracji wirtualnej obrabiarki przeprowadzono instalację komponentów osi X a następnie osi Y. Proces ten przebiegał w sposób - jak przy konfiguracji komponentów osi Z. Do MACHINE_BASE dodano K-Component bazę osi Y (Y_BASE), za którą przyjęto łożo wraz z listwami prowadnicowymi. Następnie do Y_BASE dodano K-Component zespołu osi Y (Y_SLIDE) i zdefiniowano w nim oś Y. W oknie Edit Axis przypisano oś do MACHINE_ZERO oraz oznaczono oś jako liniową oś NC. Nadano ograniczenie przesuwu 420mm i sprawdzono poprawność ruchu przez funkcje Test Axis.

Ostatnią definiowaną osią była oś X. Konfiguracja osi, w której zamontowany jest stół frezarki, do którego będzie instalowany przedmiot obrabiany przebiega w odmienny sposób. Komponenty osi X nie posiadają własnej bazy, ponieważ ich ruch odbywa się wraz z częściami osi Y, więc do bazy osi Y dodano K-Component osi X (X_SLIDE). Do K-Component osi X dodano Axis X

jako liniową oś NC i wprowadzono limit przesuwu na wartość 580mm. Sprawdzono poprawność ruchu przez funkcje Test Axis.

Ostatnim etapem definiowania 3-osiowej struktury centrum obróbkowego FV-580A jest konfiguracja komponentów łączących symulację, z programem CAM środowiska Manufacturing NX. Za takie połączenie opowiada K-Component o nazwie SETUP. Został on wstawiony do komponentów osi bezpośrednio współpracujących z obrabianym przedmiotem, w tym przypadku osi X. Do komponentu SETUP dołączono elementy definiujące przygotówkę BLANK, uchwyt FIXTURE i przedmiot obrabiany PART. Elementy te sklasyfikowano odpowiednio w oknie K-Component Classification w celu przyporządkowania jako elementy instalacyjne.

Podczas wywoływania z biblioteki wirtualnej obrabiarki elementy typu SETUP muszą zostać zdefiniowane na przedmiocie obrabianym w programie obróbki. Zdefiniowana w przedstawiony sposób wirtualna obrabiarka może być dodana do biblioteki maszyn w programie NX. W konstruktorze obrabiarek MTB możliwe jest zdefiniowanie magazynu narzędziowego w celu symulacji operacji wymiany narzędzia.

WIRTUALNY KONTROLER VNC PIONOWEGO CENTRUM OBRÓBKOWEGO FV580A

System NX zawiera aplikację Post Builder umożliwiającą tworzenie postprocesorów dla obrabiarek o wielu osiach sterowanych numerycznie (od 2 do 5 osi). Aplikacja ta funkcjonuje przy wykorzystaniu okien dialogowych i schematów blokowych.

Aplikacja Post Builder pozwala na wykorzystanie poszczególnych części dostępnych postprocesorów, w celu zbudowania własnego postprocesora. Na podstawie pliku źródłowego postprocesora centrum frezarskiego FV-580A ze sterowaniem Fanuc OiMC, po jego otwarciu w środowisku aplikacji Post Builder systemu NX wygenerowano kontroler wirtualny. VNC kontroler jest odpowiednikiem postprocesora dla rzeczywistej maszyny. Napisany jest w języku skryptowym tcl, ale może być również opracowany w językach wyższego poziomu takich jak C++. Podobnie jak postprocesor konwertuje kod generowany przez program CAM na kod obsługiwany przez maszynę. VNC kontroler generuje kod odczytywany w środowisku wirtualnej obrabiarki. VNC kontroler współpracuje bezpośrednio ze sterownikiem Machine Tool Driver odwołując się do sklasyfikowanych w konstruktorze obrabiarek komponentów maszyny. Jest to działanie nazywane postprocessingiem odwrotnym. Wirtualny kontroler jest programowalnym interfejsem, który uruchamia model obrabiarki generując rzeczywiste ruchy, które są wyświetlane w trakcie symulacji obrabiarki. Wygenerowany kontroler VNC zapisano wraz z plikami źródłowymi postprocesora. Posłużyło to do dalszej konfiguracji wirtualnego centrum obróbkowego.

Konfiguracja instalacji obrabiarki w bibliotece maszyn programu NX

Wirtualna maszyna może zostać użyta do symulacji obróbki wyłącznie przez wywołanie jej z biblioteki obrabiarek systemu NX. W tym celu dodano zbudowany model kinematyczny wraz z postprocesorem i kontrolerem VNC do biblioteki maszyn NX. Biblioteki obrabiarek znajdują się w katalogu: \MACH\resource\library\machine\installed_machines. Utworzono nowy katalog pod nazwą "fv-580a", w którym umieszczono wszystkie pliki związane z modelem kinematycznym obrabiarki. W katalogu "graphics" umieszczono złożenie modelu z kinematyką utworzoną w konstruktorze MTB. W katalogu o przywoływanej nazwie maszyny, muszą znajdować się wszystkie części złożenia obrabiarki. Następnie w katalogu "fanuc_postprocessor" umieszczono pliki postprocesora i kontrolera VNC. Wczytywanie obrabiarki jest możliwe po dokonaniu wpisu w zawartości pliku "machine_database.dat" w postaci:

```
DATA|fv-580a|1|tomeksci|None|Ex:|${UGII_CAM_LIBRARY_
INSTALLED_MACHINES_DIR}fv-580a|fv-580a.dat|1.000000|
```

Przygotowana w ten sposób struktura katalogów i umieszczenie wpisu w plik "machine_database" umożliwi wywołanie utworzonej kinematyki z biblioteki z poziomu projektowanego programu obróbki. Wczytanie odbywa się wraz z geometrią poszczególnych zespołów obrabiarki, postprocesorem i kontrolerem VNC.

Instalacja wirtualnej obrabiarki w utworzonym programie obróbki

Po zaprojektowaniu procesu obróbki części w środowisku CAM programista ma możliwość przeprowadzenia procesu symulacji na wirtualnej obrabiarence bez konieczności stosowania maszyny rzeczywistej. Po wygenerowaniu programu obróbki należy zainstalować z biblioteki wybraną maszynę, na której tak jak na obiekcie rzeczywistym zostanie przeprowadzona obróbka.

Kolejność poprawnej konfiguracji przeprowadzono na utworzonym centrum frezarskim FV-580A. W widoku Machine Tool View Operation Navigator wybrano Edit Generic Machine po czym wybrano opcje wczytania obrabiarki z biblioteki. Z kategorii maszyn wybrano typ MILL a z wyświetlonej listy obrabiarkę FV-580A. W kolejnym kroku dokonano wyboru sposobu pozycjonowania modelu obróbki na maszynie.

W zależności od potrzeb programista może pozycjonować przedmiot obrabiany według:

- orientacji układu współrzędnych MCS,
- przez użycie pozycjonowania przez nadanie więzów Assembly Constrain,
- przez synchronizację układu współrzędnych dla przedmiotu obrabianego z wirtualnej maszyny (Junction) z układem bieżącym.

W przeprowadzonej symulacji zastosowano pozycjonowanie przez nadanie więzów Assembly Constrain, w celu ustawienia i utwierdzenia przedmiotu wraz z imadłem na stole obrabiarki.

Po ustawieniu modelu obrabianego na stole obrabiarki przypisano w Machine Tool Navigator - Setup Configurator elementy instalacyjne SETUP. Są to części identyfikowane przez kontroler VNC jako: przygotówka (BLANK), uchwyt (FIXTURE) i części obrabiane (PART). Wprowadzenie tych komponentów odbywa się poprzez Edit K-Component utworzonych wcześniej w MTB komponentów.

Weryfikacja i wizualizacja podstawowa

Przeprowadzenie symulacji procesu wytwarzania na podstawie wewnętrznej definicji ścieżki, pliku CL lub innego rodzaju zdefiniowania kolejnych położenia narzędzia obróbczego należy do standardowych możliwości systemów CAM. Programista otrzymuje informację na temat kolejnych położenia narzędzia na poziomach obróbki w kolejnych zabiegach, sposobie i miejscu wejścia narzędzia w materiał oraz pozostałego jeszcze wielkości nadatku na nieobrobionych ścianach. Stosując narzędzia weryfikacji możliwe jest również wykrycie ewentualnych kolizji narzędzia z elementem obrabianym, szczególnie w przypadku, gdy droga przemieszczenia narzędzia pomiędzy kolejnymi regionami obróbki przebiega poprzez występujące w elemencie występy.

System NX dysponuje narzędziami do weryfikacji ścieżki narzędzia na poziomie podstawowym, umożliwiającymi weryfikację w trzech trybach:

- Replay - wyświetlanie ścieżki w trybie narzędzia poruszającego się po wygenerowanych ścieżkach bez usuwania materiału. Możliwe jest przy tym dowolne ustawienie ilości poziomów wyświetlanych ścieżek jak również długość wyświetlanych kroków. Narzędzie może być wyświetlane jako osi, punktu lub złożenie. Wyświetlane mogą być również występujące podcięcia lub kolizje zdefiniowanej oprawki z przedmiotem.
- 3D Dynamic - dynamiczne wyświetlanie 3D – w trybie tym narzędzie porusza się po wygenerowanych ścieżkach z usuwaniem materiału. Możliwe jest obracanie i inspekcja obróbki z dowolnego kierunku. Ustawienia wyświetlania narzędzia i wykrywania kolizji są dostępne jak w trybie Replay. Dodatkowo dostępne są funkcje ustawień wizualizacji i wyświetlania pozostałego po obróbce materiału IPW (In Process Workpiece).
- 2D Dynamic - dynamiczne wyświetlanie 2D – tryb ten jest tożsamy trybem 3D z tą różnicą, że nie możliwa jest zmiana orientacji wyświetlania w trakcie wizualizacji i widoczne są tylko przedmiot obrabiany, przygotówka i narzędzie.

Symulacja pracy obrabiarki

Kompletna symulacja pracy obrabiarki pozwala na osiągnięcie poziomu weryfikacji najbardziej zbliżonego do rzeczywistej pracy maszyny. Wykorzystując utworzony model wirtualnego centrum frezarskiego FV-580A przeprowadzono symulację procesu frezowania części uchwytu maszyny wytrzymałościowej.

Po utworzeniu programów obróbkowych i zainstalowaniu wirtualnej obrabiarki wywołano panel symulacji poprzez Tool Path Simulate. W panelu tym zawarte są wszystkie dostępne funkcje zintegrowanej weryfikacji i symulacji procesu. Poszczególne czony panelu kontrolnego symulacji odpowiadają za:

- wyświetlanie czasu rzeczywistej obróbki (licznik skalowalny w zależności od prędkości symulacji), aktualnie używanego narzędzia i parametrów technologicznych – Status,
- wyświetlanie położenia zera układu współrzędnych narzędzia w stosunku do układu zerowego maszyny - Tool ABC Coordinates,
- wyświetlanie aktualnie realizowanego bloku programu NC - NC Program,
- wyświetlenie statusu użytego w symulacji postprocesora, kontrolera VNC i poszczególnych narzędzi - Details,
- wyświetlanie kolizji obiektów obrabiarki - Collision,
- zawiera ustawienia wyświetlania usuwanego materiału - Animation Settings, wizualizacji ścieżki narzędzie, opcje wyświetlania pozostałości materiału po obróbce,
- kontrolę symulacji, regulację prędkości i kroku wizualizacji - Animation.

Dodatkowo w opcjach Animation Settings użytkownik ma możliwość konfiguracji:

- ustawień wyświetlania i położenia wirtualnej maszyny,
- detekcji wychwytywanych kolizji,
- ustawień związanych z wyświetlaniem geometrii IPW,
- ustawień interpolacji,
- ustawień opcji wyświetlania wizualizacji.

W dowolnym momencie prowadzonej symulacji użytkownik ma możliwość utworzenia mapy konturowej wielkości naddatku i pomiar odległości (Show Thickness by Color) w dowolnym punkcie geometrii. Pozwala to na wizualne określenie ilości pozostałego materiału oraz wychwycenie ewentualnych podcięć materiału.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W oparciu o przeprowadzony proces modelowania i definiowania kinematyki oraz sterowania wirtualnej obrabiarki można stwierdzić, że

- wirtualny model kinematyczny odwzorowuje ograniczenia ruchu osi i przestrzeni obróbkowych,
- zbudowana kinematyka współpracuje za pośrednictwem wirtualnego kontrolera z postprocesorem,
- wykonana symulacja procesów obróbki przykładowych elementów została bezkolizyjnie odwzorowana na rzeczywistej maszynie,
- czas obróbki odczytany z symulacji pokrywają się z czasem zmierzonym podczas rzeczywistego procesu,

- porównanie symulacji i rzeczywistego procesu frezowania dało obraz zasadności tworzenia tego typu modeli kinematycznych.

Zbudowanie wirtualnego parku maszynowego pozwoli na projektowania procesów technologicznych z pełną symulacją i weryfikacją programów, bez konieczności eksperymentowania na maszynie rzeczywistej (na etapie przygotowania produkcji). Symulacja kinematyczna maszyn o geometrii modeli 3D, pozwoli w maksymalny sposób na przybliżenie się do rzeczywistego procesu, realizowanego fizycznie na maszynie. Ponadto z dydaktycznego punktu widzenia, stanie się możliwe prowadzenie procesów dydaktycznych bez konieczności zakupu drogich i zajmujących dużo miejsca obrabiarek.

PIŚMIENNICTWO

1. Honczarenko J.: Elastyczna automatyzacja wytwarzania. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2000.
2. Honczarenko J.: Obrabiarki sterowane numerycznie. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2008.
3. Kosmol J.: Automatyzacja obrabiarek i obróbki skrawaniem. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2000.
4. Kosmol J.: Serwonapędy obrabiarek sterowanych numerycznie. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1998.
5. Kolka A., Kosmol J., Słupik H.: Programowanie obrabiarek sterowanych numerycznie. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej Gliwice 2001.
6. Kwiatkowski W.: Podstawy teorii sterowania - wybrane zagadnienia. Wydawnictwo BEL 2006.
7. Frączek J., Wojtyra M.: Kinematyka układów wieloczołowych. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2008.
8. Wrotny L.T.: Kinematyka i dynamika maszyn technologicznych i robotów przemysłowych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1996.
9. Szafarczyk M., Niedbała M.: Obrabiarki modułowe, przekształcalne, przestawialne. Mechanik 2003, 12.
10. Habrat W.: Obsługa i programowanie obrabiarek CNC. Wydawnictwo i Handel Książkami "KaBe", Krosno 2007.
11. Instrukcja użytkownika Centrum obróbkowe pionowe FV-580A MOC MECHANICY Sp. z o.o.
12. Rozwiązania Siemens dla produkcji części. Dopracowanie planu, optymalizacja produkcji. Siemens 2009. Materiał CD.
13. Warsztat wirtualny. Praca na maszynie. Programowanie technologiczne. Siemens 2010. Materiał CD.
14. TNC Training. E-learning v. 1.5. Heidenheine 2009. Materiał CD.
15. Strona internetowa Siemens Global Website (www.siemens.com/entry/pl/pl/).
16. Strona internetowa Siemens PLM (www.plm.automation.siemens.com/pl_pl/),
17. Strona internetowa Heidenhain (www.heidenhain.pl/).

THE CONSTRUCTION IDEA OF A VIRTUAL MACHINE TOOL ON THE BASIS OF VERTICAL MILLING CENTER FV580 A

Summary:

The work presents the process of construction of geometric and kinematic model of milling center FV- 580A and its steering from the level of NX programming environment. The process of construction of a virtual machine was completed in the environment of MTB (Machine Tool Builder) machine tools constructor, of NX system. Complex computer tools which support the modeling process and the definition of kinematics, give the possibility to create virtual machines and cooperative tools, were used in the work.

Keywords: modeling, projecting, CAD/CAM systems, geometric model, kinematic model, simulation, NX system.