

---

# WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH  
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

---

Cezary GRABOWIK\*, Krzysztof KALINOWSKI

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów  
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice

\*cezary.grabowik@polsl.pl

## AUTOMATYZACJA KONSTRUKCYJNEGO PRZYGOTOWANIA PRODUKCJI W SYSTEMIE NX Z ZASTOSOWANIEM JĘZYKA NX GRIP

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono metodykę komputerowego wspomagania konstrukcyjnego przygotowania produkcji ze szczególnym uwzględnieniem aspektów modelowania geometrycznego. Proponowana w pracy metodyka bazuje na zastosowaniu techniki konstrukcyjnych obiektów elementarnych. W pracy przedstawiono kolejne etapy implementacji proponowanej metodyki, tj.: od etapu tworzenia otwartej struktury konstrukcyjnych obiektów elementarnych po etap implementacji programowej. Ponadto przedstawiono model formalny  $MF_{CAD}$  stanowiący bazę do podjęcia prac związanych z implementacją programową proponowanej metodyki. Zaprezentowano architekturę aplikacji komputerowej działającej w środowisku systemu klasy CAD/CAM – systemu SIEMENS NX 7.5. Aplikacja napisana została z zastosowaniem języka wewnętrznego systemu NX – języka GRIP. Na obecnym etapie rozwoju metodyki oraz oprogramowania możliwe jest modelowanie geometrii elementów obrotowo symetrycznych, planowany jest jej rozwój w celu rozszerzenia pola aplikacji na inne klasy produktów.

### 1. Wstęp

Techniczne przygotowanie produkcji TPP obejmuje całokształt działań w przedsiębiorstwie zmierzających do określenia: cech technicznych zarówno w odniesieniu do produktów nowych jak i modernizowanych, technologii wytwarzania oraz środków technicznych niezbędnych do sprawnego przeprowadzenia procesu produkcyjnego, warunków technicznych oraz typowego procesu eksploatacji danego środka technicznego. Techniczne przygotowanie produkcji składa się z dwóch etapów: konstrukcyjnego przygotowania produkcji oraz technologicznego przygotowania produkcji. Zasadniczą część technicznego przygotowania produkcji kończy się na etapie emisji dokumentacji techniczno-ruchowej oraz technologicznej, przy czym stopień złożoności emitowanej dokumentacji zależy od rodzaju (skali) produkcji. Przyjmuje się, iż wraz ze wzrostem skali produkcji rośnie liczba oraz zakres czynności do wykonania na etapie technicznego przygotowania produkcji [1,2,3].

Postęp w dziedzinie technicznego przygotowania produkcji jest najczęściej implikowany następującymi czynnikami zewnętrznymi:

- skracanie się cyklu życia produktów wskutek ich przyspieszonego zużycia „moralnego”, starzenia się koncepcji konstrukcyjnej,
- wzrost liczby nowo wdrażanych produktów,
- wzrost wymagań klientów wpływających na parametry techniczne oraz cenę zbytu produktów,
- konieczność skrócenia czasu cyklu technicznego przygotowania produkcji,
- ciągła konieczność doskonalenia jakości zarówno nowych jak i modernizowanych produktów,
- ściślejsza integracja systemów TPP z innymi systemami wspomagania działalności przedsiębiorstwa, a w szczególności z systemami planowania i zarządzania produkcją przemysłową.

Efekt skrócenia czasu cyklu technicznego przygotowania produkcji można generalnie osiągnąć poprzez:

- po pierwsze, wprowadzanie zmian w organizacji procesu produkcyjnego, tj. przejście od sekwencyjnego układu działań, w którym warunkiem koniecznym rozpoczęcia działań na kolejnym etapie procesu produkcyjnego jest ukończenie działań na etapie poprzednim do układu działań równoległych, w którym pewne etapy procesu produkcyjnego nakładają się na siebie – concurrent engineering bądź poprzez zastosowanie filozofii LM – lean manufacturing;
- po drugie, zastosowanie wysoko zaawansowanych narzędzi komputerowych.

W artykule przedstawiona zostanie metoda automatyzacji działań w obszarze konstrukcyjnego przygotowania produkcji ze szczególnym uwzględnieniem zagadnienia automatyzacji modelowania geometrycznego jako odpowiedź na drugi postulat powyżej.

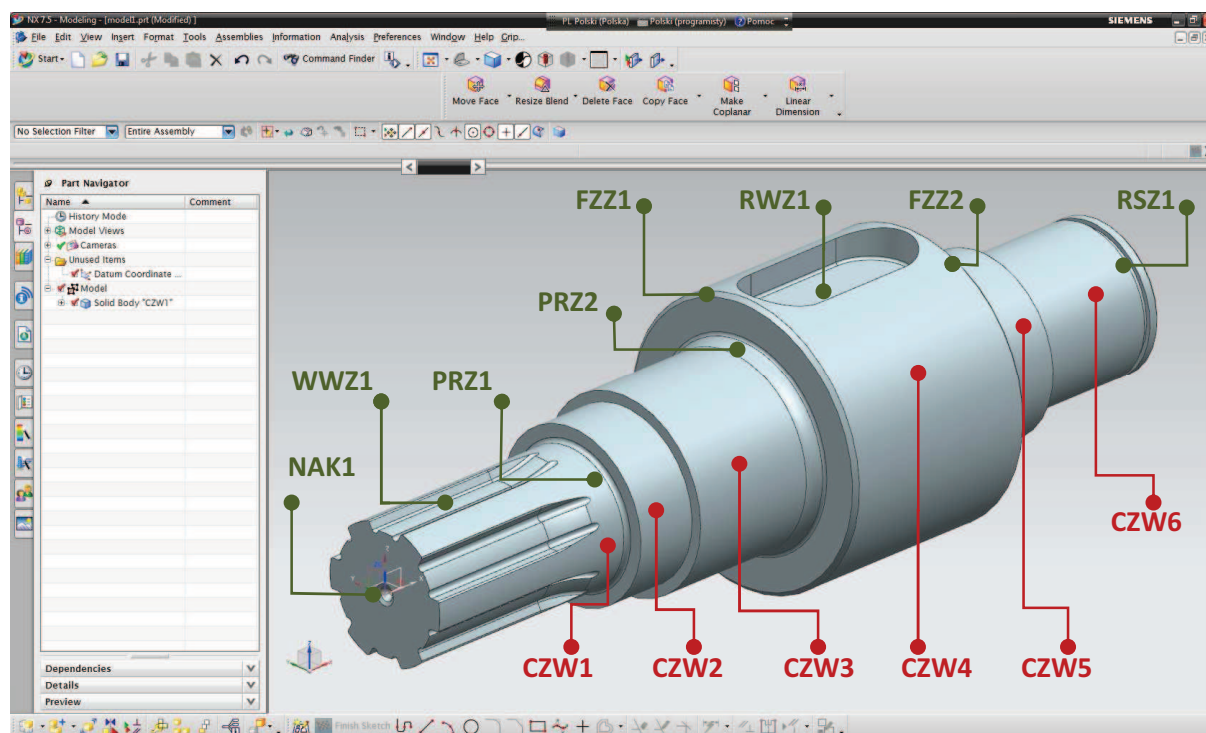
## **2. Autorska metoda identyfikacji konstrukcyjnych obiektów elementarnych**

Na potrzeby identyfikacji konstrukcyjnych obiektów elementarnych opracowana została autorska metoda ich identyfikacji. W metodzie manualnej arbitralnej identyfikacji obiektów elementarnych (MAIKOE) obiekty elementarne identyfikowane są w modelach 2D lub 3D przez ekspertów na podstawie ich wiedzy i doświadczenia. Metoda ma następujący zalety:

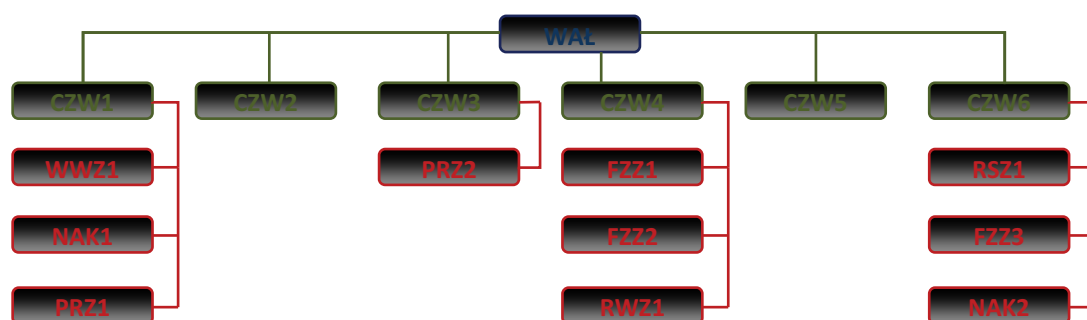
- dużą reprezentatywność otrzymanych wyników (zbioru obiektów elementarnych) dzięki udziałowi w procesie identyfikacji obiektów elementarnych doświadczonych ekspertów (podział modelu na obiekty elementarne o strukturze odpowiednio zorientowanej na potrzeby użytkownika oraz przeznaczenie narzędzia komputerowego),
- większa szybkość procesu identyfikacji w porównaniu do innych metod wynikająca z faktu braku konieczności tworzenia algorytmów wyszukiwania oraz tworzenia narzędzi programowych, odpowiednio dobrany ekspert posiada wymaganą wiedzę a priori,
- brak ryzyka wystąpienia redundancji w zbiorze konstrukcyjnych elementarnych obiektów.

Na rys. 1 przedstawiono model wału poddanego procesowi manualnej arbitralnej identyfikacji obiektów elementarnych wraz z wynikami tego procesu. Podczas procesu identyfikacji w modelu wału wyróżniono następujące obiekty elementarne: czopy walcowe CZW1÷CZW6 – przyrostowe konstrukcyjne obiekty elementarne oraz ubytkowe obiekty elementarne, tj.:

wielowypust zewnętrzny WWZ1, przejścia po promieniu pomiędzy czopami walcowymi PRZ1÷PRZ2, sfazowania krawędzi czopów walcowych FZZ1÷FZZ3, nakielki NAK1÷NAK2, rowek wpustowy RWZ1 oraz rowek pod pierścien osadczy RSZ1. Na rysunku 2 zaprezentowano model topologiczny wału opracowany na podstawie zidentyfikowanego zbioru konstrukcyjnych obiektów elementarnych.



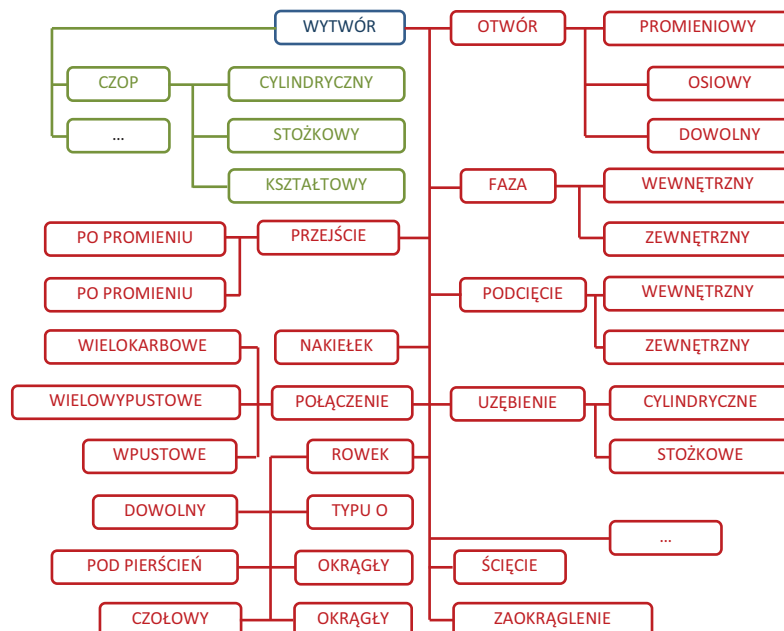
Rys.1. Model wału poddanego procesowi wyszukiwania konstrukcyjnych obiektów elementarnych  
Fig.1. The shaft model in which design features were searched



Rys.2. Model topologiczny wału z rysunku 1  
Fig.2. The topological model of the shaft from the figure 1

Na rys. 3 przedstawiono opracowaną podczas badań otwartą strukturę konstrukcyjnych obiektów elementarnych. W trakcie badań grupę analizowanych elementów ograniczono do grupy elementów obrotowo-symetrycznych. Wynikało to z faktu, że w przypadku tej grupy przedmiotów proces identyfikacji konstrukcyjnych obiektów elementarnych jest znacznie uproszczony. W odróżnieniu od grupy produktowej, np. korpusów, w której tylko część powierzchni przedmiotu poddawana jest obróbce skrawaniem, a pozostała część powierzchni

pozostaje w stanie wynikającym z poprzednich etapów procesu produkcyjnego (nie jest obrabiana), dla rozważanej grupy przedmiotów, w zasadzie niezależnie od rodzaju półfabrykatu, wszystkie powierzchnie elementu są obrabiane. Proces identyfikacji konstrukcyjnych obiektów elementarnych w metodzie MAIKOE prowadzony jest w ten sposób, iż danemu wyróżnionemu obiektowi konstrukcyjnemu powinien odpowiadać pojedynczy zabieg technologiczny, alternatywne zabiegi technologiczne lub grupa zabiegów technologicznych, grupa alternatywnych zabiegów technologicznych. Takie podejście do identyfikacji elementów zbioru konstrukcyjnych obiektów elementarnych upraszcza znacznie proces projektowania systemu CAPP. System CAPP jako informację wejściową w procesie projektowania procesu technologicznego wykorzystuje wówczas informację o konstrukcji elementu zapisaną w postaci zbioru konstrukcyjnych obiektów elementarnych wraz z opisem relacji występujących pomiędzy poszczególnymi obiektami [4].



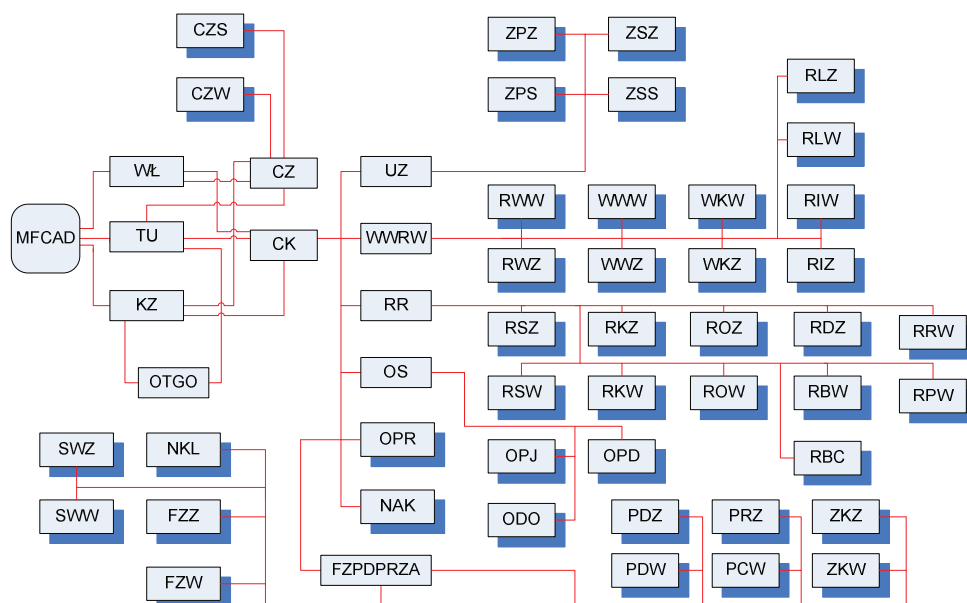
Rys.3. Otwarta struktura konstrukcyjnych obiektów elementarnych  
Fig.3. An open structure of design features 1

### 3. Implementacja programowa z zastosowaniem języka GRIP – aplikacja AXI-CAD

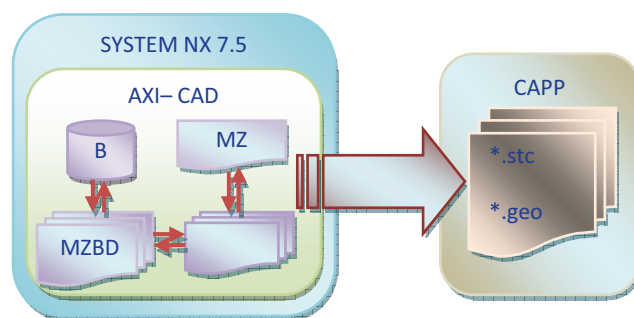
W odróżnieniu od innych systemów CAD/CAM system NX umożliwia programowanie z zastosowaniem języka wewnętrznego wysokiego poziomu nazwanego od pierwszych liter słów Graphics Interactive Programming – GRIP. Z zastosowaniem komend języka GRIP możliwe jest m.in. tworzenie modeli geometrycznych 2D, 3D, modyfikacja uprzednio opracowanych modeli konstrukcji, przygotowanie dokumentacji konstrukcyjnej na podstawie opracowanych modeli konstrukcji, zarządzanie parametrami systemu odnośnie do parametrów określających preferencje użytkownika oraz zarządzanie plikami z poziomu systemu NX.

W celu utworzenia aplikacji automatyzującej zadania konstrukcyjnego przygotowania w systemie NX konieczne było: opracowanie struktury aplikacji działającej w środowisku

systemu CAD/CAM NX, opracowanie na podstawie otwartej struktury konstrukcyjnych obiektów elementarnych prezentowanej na rys. 4 modelu formalnego opisu konstrukcji, zapis aplikacji z zastosowaniem języka GRIP. Struktura aplikacji AXI-CAD przedstawiona została na rys. 5. W jej strukturze wyróżniono: PZ – program zarządzający, BOK – biblioteka obiektów konstrukcyjnych, BPOBN – biblioteka programów obsługujących bazę danych, BDN – baza danych normowych. Użytkownik aplikacji stosujący w modelu konstrukcyjny obiekt elementarny, którego wartości wymiarów są znormalizowane, wspomagany jest przez system poprzez automatyczny dobór wartości wymiarów. Gdy niemożliwy jest prawidłowy dobór wartości wymiarów, wówczas system proponuje pewne wartości, natomiast użytkownik podejmuje decyzje odnośnie do ich przyjęcia bądź odrzucenia.



Rys.4. Struktura modelu formalnego  $FM_{CAD}$  zastosowanego w aplikacji AXI-CAD  
 Fig.4. Structure of the  $FM_{CAD}$  formal model used in the AXI-CAD application



Rys.5. Struktura aplikacji AXI-CAD  
 Fig.5. The AXI-CAD application structure

## 4. Podsumowanie

W artykule przedstawiono metodę automatyzacji konstrukcyjnego przygotowania produkcji w systemie NX z zastosowaniem języka GRIP. Podstawą procesu automatyzacji była opracowana w trakcie badań nad metodami identyfikacji konstrukcyjnych obiektów elementarnych otwarta struktura klas oraz opracowany na jej podstawie model formalny  $MF_{CAD}$ . Model formalny zaimplementowano w aplikacji AXI-CAD. Zaproponowane rozwiązanie cechuje się dużą efektywnością działania mierzoną skróceniem czasu koniecznego do przygotowania modelu w porównaniu do tradycyjnego podejścia, w którym model produktu przygotowywany jest z zastosowaniem standardowych narzędzi systemu CAD. Efekt ten uzyskano poprzez wprowadzenie do struktury aplikacji AXI-CAD bazy danych normowych oraz mechanizmu automatycznego doboru wartości wymiarów poszczególnych obiektów elementarnych.

### Literatura

1. Grabowik C., Knosala R.: The method of knowledge representation for a CAPP system. „Journal of Materials Processing Technology” 2003, Vol. 133, p. 90–98.
2. Grabowik C., Kalinowski K., Monica Z.: Integration of the CAD/CAPP/PPC. „Journal of Materials Processing Technology” 2005, Vol. 164–165, p. 1358–1368.
3. Integration of Rule-based Process Selection with Virtual Machining for Distributed Manufacturing Planning. Aut.: Sormaz D., Ganduri J. London : Springer, 2007.
4. Grabowik C., Kalinowski K.: Object-oriented models in an integration of CAD/CAPP/CAP systems. Lectures Notes in Artificial Intelligence, LNAI 6678, 2011. Springer, vol. II, p. 405–412.

## AN AUTOMATION OF THE DESIGN PRODUCTION PREPARATION IN THE NX SYSTEM WITH APPLICATION OF THE NX GRIP LANGUAGE

**Summary:** In this paper a methodology of the design production preparation process taking geometric modelling aspects under special consideration is presented. The proposed methodology is based on application of the design feature technique. In the paper the methodology implementation stages, from the stage of an open structure preparation to the stage of programming implementation, are shown. Moreover, the formal model  $MF_{CAD}$  which is a base for undertaking works connected with programming implementation of the proposed methodology is also presented. In the paper the architecture of a computer application working in the CAD/CAM system environment – NX 7.5 system environment is shown. This computer application was written in the internal NX system programming language – GRIP. At the current methodology development stage it is possible to model geometry of the rotational parts but further, development of the methodology in order to expand the application field to other products classes is planned.