

Dr hab. inż. Jerzy STAMIROWSKI, prof. PŚk;
dr inż. Stanisław DZIECHCIARZ: (Politechnika Świętokrzyska):

ZARYS SYSTEMU WSPOMAGAJĄCEGO PROJEKTOWANIE OPERACJI KONTROLNO-POMIAROWYCH W ZAUTOMATYZOWANYM SYSTEMIE OBRÓBKOWYM

Streszczenie

Omówiono funkcje i miejsce podsystemu projektowania operacji kontrolnych w komputerowym systemie wspomagającym projektowanie zautomatyzowanych systemów obróbkowych (ZSO). Przedstawiono zarys struktury ekspertowego systemu projektowania ZSO ze wskazaniem miejsca podsystemu projektowania operacji pomiaru i kontroli, a także funkcje realizowane przez podsystem odnoszące się do wymagań stawianych urządzeniom kontrolno-pomiarowym stosowanym w ZSO oraz w lokalizacji w ZSO operacji kontroli i pomiaru.

Słowa kluczowe: *zautomatyzowany system produkcyjny, komputerowe wspomaganie projektowania, operacje kontroli i pomiaru, podsystem, projektowanie operacji kontroli i pomiaru*

THE FOUNDATIONS OF COMPUTER AIDED DESIGN OPERATION OF MEASUREMENT AND CONTROL IN AUTOMATED MACHINING SYSTEMS

Abstract

Article describes the functions and place the subsystem design control operations in a computer system supporting the development of automated machining. It presents: an overview of the structure of the system design expert showing the location subsystem design measuring and control operations, functions performed by the subsystem relating to the requirements for used measuring and control devices and location of the inspection and measurement operations in automated machining systems.

Keywords: *automated manufacturing system, computer aided design, operations control and measurement subsystem, design control operations and measurement.*

ZARYS SYSTEMU WSPOMAGAJACEGO PROJEKTOWANIE OPERACJI KONTROLNO - POMIAROWYCH W ZAUTOMATYZOWANYM SYSTEMIE OBRÓBKOWYM.

Jerzy Stamirowski, Stanisław Dziechciarz

1. KOMPUTEROWE WSPOMAGANIE PROJEKTOWANIA ZAUTOMATYZOWANYCH SYSTEMÓW OBRÓBKOWYCH.

Przy obecnym poziomie technicznym obrabiarek i urządzeń technologicznych, znaczna część procesów technologicznych przemysłu maszynowego realizowana jest w zautomatyzowanych systemach wytwarzania, gdzie jedną całość tworzą podsystem obróbki, podsystem przepływu materiałów i narzędzi oraz podsystem sterowania. Na strukturę systemów i zestaw zastosowanych urządzeń duży wpływ mają zmieniające się wymagania klientów.

Programy produkcji zawierają coraz częściej przewidywane w przyszłości, zmienne scenariusze, związane z rozwojem wyrobu. Stosowane w systemach drogie na wysokim poziomie technicznym obrabiarki, powiązane automatycznymi urządzeniami transportu i manipulacji, z nałożoną na system koniecznością okresowego przystosowania do zmiennych wymagań klientów przez przypisanie do systemu wymaganej elastyczności lub okresową rekonfigurację, czynią z procesu projektowania zautomatyzowanych systemów trudne wielowymiarowe zadanie a projektantom stawiają wysokie wymagania interdyscyplinarnych kwalifikacji [9,11].

Korzyści płynące z produkcji w zautomatyzowanych systemach produkcyjnych powinny zachęcać do starannego wyboru pracujących w systemach obrabiarek i urządzeń. Powinny być one wybierane z jak największych zbiorów i wiązane w struktury z uwzględnieniem optymalizacji struktury i kosztów. Wymagania te mogą być spełnione przez włączenie do prac projektowych komputerowego systemu wspomagającego projektanta przy wyborze z baz danych maszyn i urządzeń oraz pozwalającego optymalizować strukturę i koszty [9].

Podstawowym wynikiem prac projektowych jest struktura systemu produkcyjnego składającego się z obrabiarek i urządzeń technologicznych, zapewniającego

w przewidywanym horyzoncie czasowym uzyskanie wymaganej wielkości produkcji o odpowiedniej jakości i wymaganej elastyczności. W przypadku kiedy wymagania produkcji lub koszty wskazują na uzyskanie potrzebnej wielkości produkcji i elastyczności na drodze rekonfiguracji, do projektu powinny być dołączone plany rekonfiguracji.

Scenariusze produkcji mogą być realizowane w wymienionych niżej rodzajach zautomatyzowanych systemów produkcyjnych [5,9]:

- DML - Dedicated Manufacturing Line,
- FMS - Flexibility Manufacturing Systems,
- FFMS - Focused Flexibility Manufacturing Systems,
- RMS - Reconfigurable Manufacturing Systems.

Przedstawiony wyżej podział związany jest głównie z wymaganym poziomem elastyczności produkcji, określanym przez badania prowadzone u producentów [9]. Uzyskane w wyniku analizy wybranego obszaru wytwarzania szczegółowe dane zawierają: opis produktów i ich wersji rozwojowych, opis procesów technologicznych, opis operacji kontroli i pomiaru oraz opis scenariuszy produkcji. Badania te decydują w dużym stopniu o wyborze odpowiedniego rodzaju systemu produkcyjnego oraz dostarczają niezbędnych danych do sformułowania zadania projektowego. Zebrane dane posłużą również projektantom komputerowego systemu wspomaganie prac projektowych do budowy modelu danych i bazy danych.

Dobrze zbudowany system komputerowego wspomaganie projektowania powinien pozwolić projektantom na przedstawienie w systemie większości poprawnie zdefiniowanych zadań projektowych. Ze względu na różnorodność realizowanych procesów technologicznych, system komputerowego wspomaganie powinien być systemem modułowym. Przy specyfikacji modułów można wykorzystać istniejące prace dotyczące klasyfikacji i typizacji procesów technologicznych [2].

Przedstawienie w systemie zadania projektowego związane jest z wprowadzeniem do systemu określonej liczby odpowiedniego typu zmiennych, które muszą być akceptowane przez model danych i bazę danych zaimplementowaną w systemie.

Odmienne definiowanie i użycie danych pokazuje różnicę pomiędzy zadaniami projektanta systemu produkcyjnego i zadaniami projektanta komputerowego systemu wspomaganie prac projektowych. Projektant systemu produkcyjnego, tradycyjnie projektujący system, zestawia dane pod kątem ich użycia przy formułowaniu zadania projektowego i realizacji projektu, natomiast projektant komputerowego systemu wspomaganie prac projektowych opracowuje dane pod kątem budowy modelu danych, bazy danych, bazy wiedzy i algorytmów wniosku.

Trudność zbudowania poprawnego modelu danych polega na jego uniwersalności wyrażającej się we wspomnianej już zdolności do akceptacji opisu każdego zadania projektowego ze zbioru możliwych zadań projektowych z obszaru, dla którego budowany jest system. Model danych budowany jest w oparciu o atrybuty opisujące obiekty uczestniczące w procesie projektowania systemu produkcyjnego. Model danych

powinien być modelem zintegrowanym obejmującym obszary: danych wyrobu i jego wersji rozwojowych, danych procesów technologicznych, danych scenariuszy produkcji - również przyszłościowych, danych opisujących jakości wytwarzanych wyrobów [10].

Dane z bazy przetwarzane są przez programy oparte o algorytmy wyboru i optymalizacji. Docelowy system powinien być systemem typu systemu ekspertowego (SE).

Proces projektowania należy zaliczyć do zadań złożonych ze względu na to, że w ZSO realizowane jest wiele procesów technologicznych dla wielu wyrobów, według wielu scenariuszy produkcji z uwzględnieniem scenariuszy przyszłych a ponadto istnieje zbiór maszyn i urządzeń z których można wybierać maszyny i urządzenia do realizacji określonych zadań projektowych i produkcyjnych.

Zautomatyzowany system obróbkowy najprościej można scharakteryzować trójką zbiorów

$$ZSO = \langle W, O, Z \rangle$$

gdzie W - system wytwarzania, O - zbiór operacji technologicznych obróbki, Z - zbiór powiązań.

Na zbiór W składają się: maszyny i urządzenia technologiczne M oraz urządzenia sterowania S [6,7].

$$W = \langle M, S \rangle$$

Zbiór operacji O stanowią zbiory: operacji obróbki (OB) zapewniające kształtowanie i wymaganą jakość produktu [2,7]; operacji przepływu (transport, manipulacja, magazynowanie) (PM) zapewniające ciągłą i synchroniczną realizację procesów kształtowania [5,6]; operacji kontroli i pomiarów (KP) pozwalające na uzyskanie wymaganej jakości produktu [1,5] oraz operacje kontroli pracy maszyn i urządzeń (KT), zapewniające właściwą pracę systemu (kontrola i diagnostyka maszyn i urządzeń)[6,7]. Zbiór operacji O określa rodzaj i charakter pracy systemu.

$$O = \langle OB, PM, KP, KT \rangle$$

Zbiór powiązań Z określony jest przez zbiory potoków: materiałowych informacyjnych i energetycznych. Na potoki te mają wpływ między innymi: czasy realizacji scenariuszy produkcji, charakterystyki produktów (wymiar, ciężar) oraz ulegające zmianom właściwości materiałów

Wynikiem pracy projektantów jest scharakteryzowany wyżej zautomatyzowany system obróbkowy. Powstaje on w wyniku analizy i przetwarzania danych opisujących środowisko wytwarzania (zbiór maszyn, urządzeń, narzędzi, oprzyrządowania, procesów), zgodnie z wymaganiami bieżącego zadania projektowego. Zautomatyzowany systemu produkcyjny zrealizowany według projektu powinien pracować z założoną w zadaniu projektowym wydajnością V i zapewniać założoną jakość wy-

robu J, przy uzasadnionych kosztach K. oraz powinien charakteryzować się wymaganą elastycznością E. Zbiór wartości

$$Q = \langle V, J, K, E \rangle$$

określa graniczne warunki pracy systemu i zawiera kryteria określające wybór (lub konstruowanie) zbioru W

2. HIERARCHICZNA STRUKTURA SYSTEMU EKSPERTOWEGO WSPOMAGAJĄCEGO PROJEKTOWANIE ZAUTOMATYZOWANYCH SYSTEMÓW OBRÓBKOWYCH.

Dla przewidywanych zbiorów partii wyrobów i procesów technologicznych trudno jest znaleźć idealne efektywne rozwiązanie dla systemu. Po wprowadzeniu pewnych heurystycznych założeń można tradycyjnymi metodami wyspecyfikować maszyny i urządzenia, zaprojektować strukturę i sformułować podstawowe wymagania dla systemu sterowania.

Przy całej ograniczoności rozwiązań wynikających ze złożoności procesu projektanta projektujący tradycyjnie, napotkać może dodatkowo na wiele innych ograniczeń. Często mogą to być ograniczenia czasu i kosztów przeznaczonych na wykonanie projektu. Dokładne przesledzenie i przeanalizowanie dużej liczby informacji istotnej dla procesu projektowania pochłania dużo czasu projektanta, który kosztuje. Powyższe ograniczenia uzasadniają komputerowe wspomaganie prac projektowych. Komputerowy system wspomaganie prac projektowych poprawia efektywność prac realizujących operacje wyboru maszyn i urządzeń z baz danych.

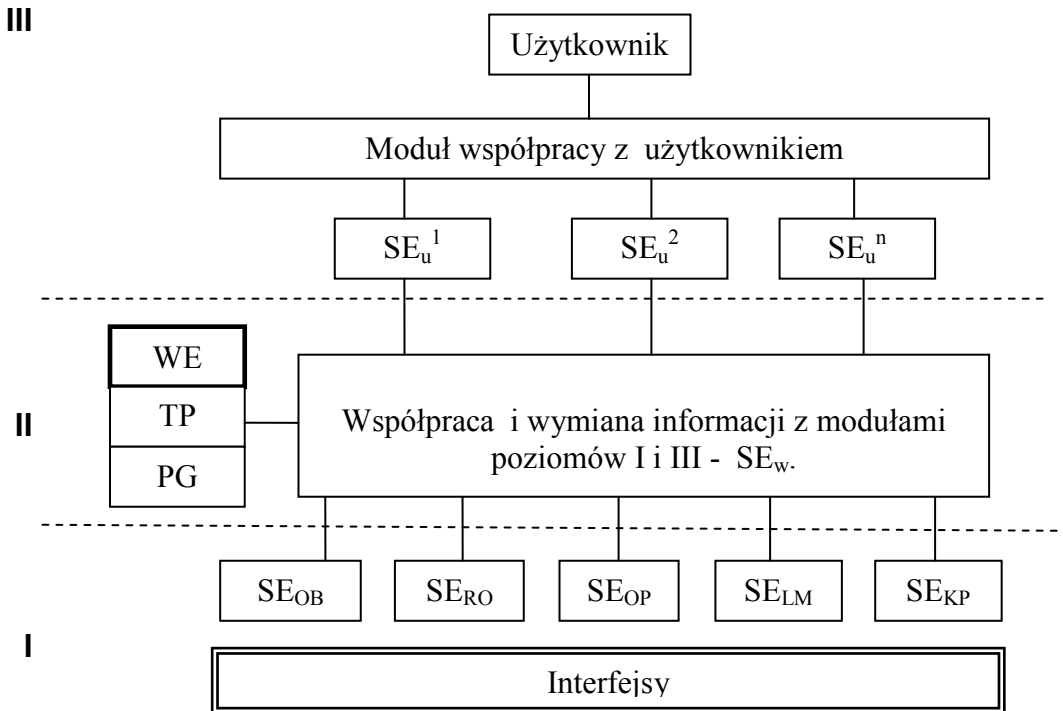
W procedurach wyboru maszyn i urządzeń można wykorzystywać duży wachlarz istniejących metod takich jak: analiza różnorodności rozwiązań konstrukcyjnych, model tworzenia uporządkowanych zbiorów urządzeń, analiza różnorodności cech w obrębie zbioru urządzeń, ocena granicznych wartości charakterystycznych parametrów urządzeń, metody przyporządkowań, metody optymalizacji [3,4]. Przy wyborze należy uwzględnić również, zgromadzoną informację o eksploatacji urządzeń i heurystyczną wiedzę ekspertów.

Zgodnie z hierarchią danych i wiedzy, przetwarzanych w procesie projektowania, system wspomagający projektowanie ZSO powinien być systemem hierarchicznym zbudowanym w oparciu o strukturę "tradycyjnego" systemu ekspertowego i posiadać następujące elementy [8]:

- bazę danych przechowującą dane opisujące urządzenia technologiczne, urządzenia kontroli i pomiaru, narzędzia, oprzyrządowanie, półfabrykaty i gotowe detale;
- bazę wiedzy przechowującą zbiór reguł, zgrupowanych zgodnie z hierarchią podejmowanych decyzji i pozwalających na wybór urządzeń technologicznych o uzgodnionych interfejsach: mechanicznym i informatycznym;
- interpretator - moduł wnioskowania, pozwalający na podstawie opisu zadania i wyników grupowania przechowywanej w systemie wiedzy i danych, podejmować decyzje rozwiązujące postawione przed nim zadania;

- program współpracy z użytkownikiem w trybie dialogu
- moduł pozyskiwania wiedzy;
- moduł objaśniający, pozwalający wyjaśnić działania podjęte przez system.

Na rysunku 1 przedstawiono strukturę hierarchicznego systemu ekspertowego realizującego podstawowe funkcje wspomagające proces projektowanie ZSO. Struktura SE jest strukturą otwartą i umożliwia dodawanie nowych poziomów o formatach zgodnych z formatami struktury bazowej.

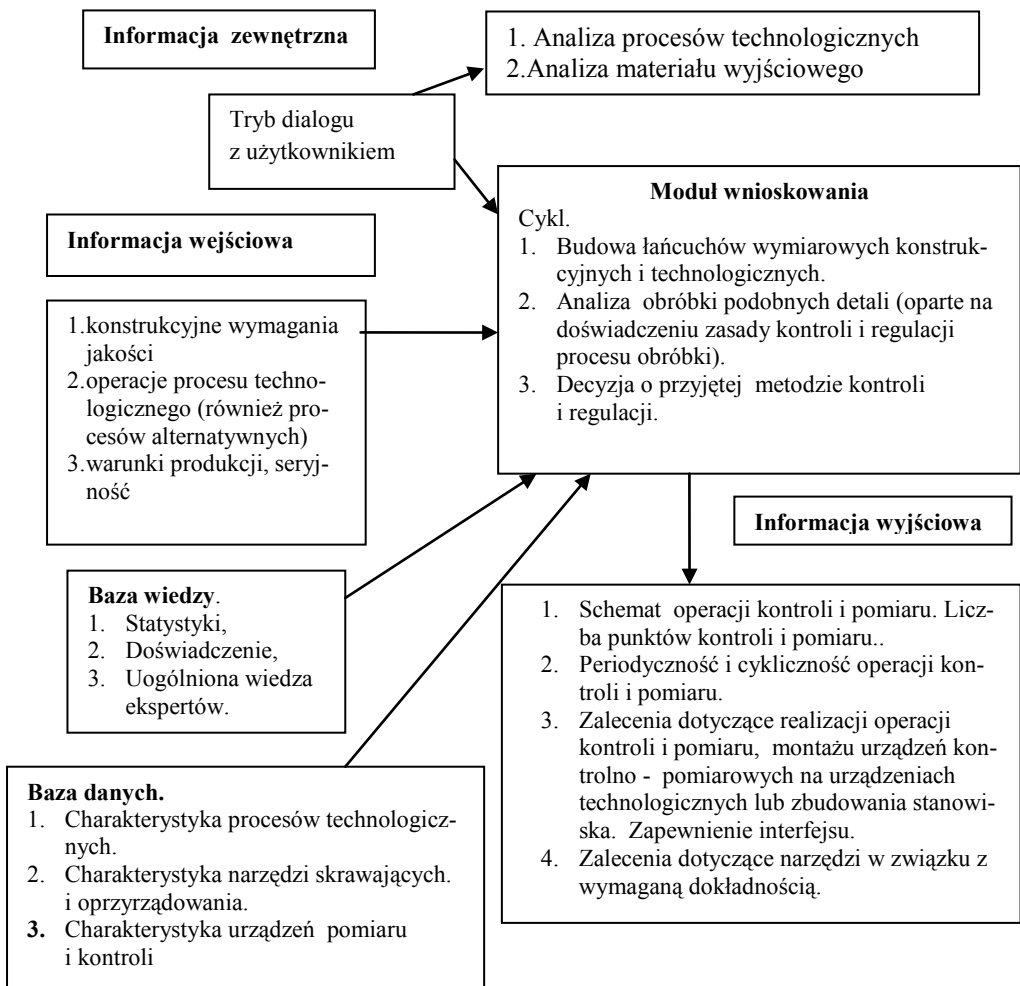


Rys.1 Struktura hierarchicznego systemu ekspertowego wspomagającego projektowanie ZSO: WE - moduł wejściowy, TP- procesy technologiczne, PG- procedury grupowania, SE_u^i - procedury użytkownika (tworzenie zadań dla realizacji procesów technologicznych w projektowanym ZSO), SE_w - procedury projektowania struktury ZSO realizującego procesy technologiczne, SE_{OB} - procedury wyboru obrabiarzek, SE_{RO} - procedury wybór robotów i środków transportu, SE_{OP} - procedury wyboru oprzyrządowania, SE_{LM} - procedury wyboru lokalnych magazynów i stacji załadunku rozładunku, SE_{KP} - procedury wyboru urządzeń kontrolnych i pomiarowych.

3. STRUKTURA I FUNKCJE EKSPERTOWEGO PODSYSTEMU WYBORU URZĄDZEŃ KONTROLNO - POMIAROWYCH (SE_{KP}).

Na rysunku 2 przedstawiono strukturę i uogólnione funkcje ekspertowego podsystemu (SE_{KP}) wspomagającego projektowanie operacji pomiaru i kontroli oraz wybór urządzeń kontrolno - pomiarowych dla projektowanego ZSO.

Danymi wejściowymi podsystemu SE_{KP} są dane opisujące: wymagania jakościowe detali przewidzianych do obróbki w projektowanym ZSO; operacje kontroli i pomiaru detali podobnych do detali przewidzianych do obróbki w projektowanym ZSO (z praktyki i doświadczenia); zalecane narzędzia, oprzyrządowanie, procesy technologiczne; i urządzenia technologiczne; wielkość i seryjność produkcji.



Rys.2. Struktura i uogólnione funkcje ekspertowego podsystemu SE_{KP} wspomagającego projektowanie podsystemu kontroli i pomiaru w projektowanym ZSO.

Baza wiedzy zawiera statystyki i uogólnioną wiedzę ekspertów potwierdzoną obserwacjami z praktyki. W procesie przetwarzania uwzględniane są również wyniki analizy wymiarowych łańcuchów konstrukcyjnych i technologicznych.

Wynikiem przetwarzania danych wejściowych i wiedzy ekspertów są zalecenia dotyczące [1]:

- operacji kontrolno - pomiarowych, w czasie rzeczywistym przebiegu procesu oraz miejsca przeprowadzenia pomiaru i kontroli;
- modeli i typów przyrządów kontrolno - pomiarowych;
- wprowadzenia do procesu technologicznego dodatkowych cykli kontrolno-pomiarowych ze względu na jakość;
- stosowanych narzędzi w powiązaniu z wymaganą dokładnością obróbki;
- źródła błędów.

4. PODSUMOWANIE.

Podsystem kontroli i pomiaru ZSO wpływa w znacznym stopniu na jakość wyrobów obrabianych w ZSO. Należy mu poświęcić dużo uwagi już na etapie projektowania. Poprawnemu wyborowi operacji pomiaru i kontroli oraz urządzeń kontrolno-pomiarowych sprzyja korzystanie z komputerowego wspomaganie procesu projektowania. Dzięki dostępowi do dużego zasobu informacji przechowywanych w bazie danych i w bazie wiedzy skraca się czas projektowania i wpływa na poprawę jakości zrealizowanych projektów. W tak zaprojektowanych systemach uzyskuje się znaczną poprawę jakości obrabianych detali.

LITERATURA

- [1] ADAMCZAK S., *Pomiary geometryczne powierzchni Zarysy kształtu, falistość i chropowatość*. Warszawa, Wydawnictwa Naukowo Techniczne 2009.
- [2] FELD M., *Podstawy projektowania procesów technologicznych typowych części maszyn*, Warszawa, Wydawnictwa Naukowo Techniczne 2009.
- [3] GENDARZ P., *Elastyczne systemy modułowe konstrukcji maszyn* Gliwice, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2009.
- [4] GOLA A., *Metodyka doboru podsystemu obrabiarek w elastycznym systemie produkcyjnym klasy korpus*. Rozprawa doktorska, Politechnika Lubelska, Lublin, 2010.
- [5] HONCZARENKO J., *Elastyczna automatyzacja wytwarzania. Obrabiarki i systemy obróbkowe*, Warszawa, Wydawnictwa Naukowo Techniczne, 2000.
- [6] HONCZARENKO J., *Roboty przemysłowe. Budowa i zastosowanie*, Warszawa, Wydawnictwa Naukowo Techniczne, 2004.
- [7] HONCZARENKO J., *Obrabiarki sterowane numerycznie*, Wydawnictwa Naukowo Techniczne, 2008.
- [8] MULA WKA J.J., *Systemy ekspertowe*, Warszawa, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, 1996.
- [9] TULLIO TOLIO (redaktor), *Design of Flexible Production Systems*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2009.

- [10] STAMIROWSKI J., BORKOWSKI K., *Zintegrowany model danych dla systemu wspomagającego projektowanie zautomatyzowanego systemu wytwarzania Cz. II. Atrybuty*. Kwartalnik Naukowo-Techniczny, Technologia i automatyzacja montażu Nr.3/2014.
- [11] ŚWIĆ A. TARANIENKO W.A., *Projektowanie technologiczne elastycznych systemów produkcyjnych*, Lublin, Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, 2003.