

Antoni Świć

Politechnika Lubelska

#### SPECYFIKA PROJEKTOWANIA TECHNOLOGII OBRÓBKİ PRZEDMIOTÓW W ELASTYCZNYM SYSTEMIE PRODUKCYJNYM

**Streszczenie.** Przedstawiono specyfikę projektowania procesów technologicznych obróbki przedmiotów w elastycznym systemie produkcyjnym. Wykazano, że największą efektywność optymalizacji technologii można uzyskać w przypadku kompleksowego uwzględnienia właściwości obrabianych przedmiotów oraz urządzeń technologicznych systemu.

Efektywność eksploatacji elastycznego systemu produkcyjnego (ESP) można wydatnie zwiększyć w wyniku optymalizacji procesów technologicznych obróbki przedmiotów. Jak wykazała analiza, technologia obróbki przedmiotów jest funkcjonalnie zależna od właściwości samych przedmiotów oraz od urządzeń technologicznych, na których jest ona realizowana (w ogólnym przypadku od ESP).

$$TCH_{OP} = f ( W_P , W_{ESP} ) , \quad (1)$$

gdzie:  $W_P$  - właściwości przedmiotów,

$W_{ESP}$  - właściwości ESP.

Największe efekty przyniesie więc optymalizacja technologii w przypadku kompleksowego uwzględnienia charakterystyk części oraz możliwości urządzeń technologicznych systemu, głównie obrabiarek.

Można zatem wyróżnić:

- optymalizację technologii obróbki przedmiotów w systemie już istniejącym,
- optymalizację technologii obróbki przedmiotów, dla których system dopiero ma być zaprojektowany.

W pierwszym przypadku nie mamy wpływu na charakterystyki urządzeń technologicznych systemu, w drugim możemy oddziaływać na dobór odpowiednich maszyn, takich jak: obrabiarki, urządzenia transportowe, urządzenia kontrolno-pomiarowe, urządzenia do obróbki cieplnej, magazyny. Wariant pierwszy możemy rozpatrywać jako szczególny przypadek wariantu drugiego - przy zadanych charakterystykach urządzeń systemu. Dalej będzie więc analizowany wariant drugi.

Właściwe prace projektowe powinny zostać poprzedzone zgromadzeniem niezbędnej informacji o planowanych do obróbki przedmiotach. Takie badania, dla przedmiotów klasy korpusy, zostały przeprowadzone w Fabryce Obrabiarek w Fruszkowie. Zostały wyodrębnione cechy, według których dokonano opisu przedmiotów: nazwa przedmiotu, numer identyfikacyjny rodzaju przedmiotów,

numer identyfikacyjny wyrobu nadrzędnego, kształt przedmiotu (typ kształtu, rodzaj kształtu, odmiana kształtu), wymiary przedmiotu (długość, szerokość, wysokość), masa przedmiotu, symbol materiału, surówka (rodzaj surówki, klasa dokładności surówki), twardość, dokładność wykonania (dokładność przedmiotu, chropowatość, odchyłki równoległości, odchyłki prostopadłości), obróbka cieplna (rodzaj obróbki, miejsce obróbki, czas trwania), opis stron obróbki: płaszczyzny (wymiar w osi X, wymiar w osi Y, kąt nachylenia, tolerancja) - otwory (położenie osi, średnica, tolerancja, głębokość, chropowatość, przelotowość, ilość) - gwinty (rodzaj, położenie osi, średnica, skok, głębokość, ilość).

Została opracowana komputerowa baza danych o przedmiotach klasy korpusy, do której wprowadzono informacje zebrane w Fabryce Obrabiarek w Pruszkowie, zgodnie z wyszczególnionymi wyżej cechami.

Jak wiadomo, nawet w ramach jednego zakładu przemysłowego przedmioty określonej klasy (w naszym przypadku korpusy) charakteryzują się znaczną różnorodnością. Nie wszystkie więc będą nadawać się do obróbki w elastycznym systemie produkcyjnym. Część spośród nich w ogóle nie będzie odpowiadać wymogom obróbki w ESP, pozostałe - należy podzielić na odpowiednie grupy, dla których trzeba projektować odrębne systemy. W tym celu należy wyodrębnić zestaw kryteriów, według których będzie się klasyfikować przedmioty na grupy charakteryzujące się podobieństwem konstrukcyjno-technologicznym:

- wymiary (długość, szerokość, wysokość),
- kształt (typ kształtu, odmiana kształtu, rodzaj kształtu),
- materiał (grupa materiałowa, podgrupa materiałowa),
- charakterystyka surówki (rodzaj surówki, klasa dokładności surówki),
- dokładność,
- chropowatość,
- obróbka cieplna (rodzaj obróbki cieplnej, charakterystyka miejsca obróbki cieplnej),
- ilość sztuk przedmiotów w partii,
- wielkość produkcji rocznej.

Został opracowany odpowiedni algorytm i program komputerowy, który dla każdego rodzaju przedmiotów generuje 16-cyfrowy kod i umożliwia uszeregowanie przedmiotów o jednakowym kodzie w grupy. Projektant ma dodatkową możliwość wprowadzenia z klawiatury komputera liczby równej dowolnej ilości początkowych cyfr kodu, które (jego zdaniem) należy brać pod uwagę przy grupowaniu przedmiotów.

Schemat tworzenia kodu rodzaju (partii) przedmiotów został przedstawiony na rys.1.

Podział przedmiotów na grupy umożliwia wstępną eliminację (bez szczegółowego uzasadnienia) grup przedmiotów nie spełniających wymogów obróbki w elastycznym systemie produkcyjnym, na przykład: nieodpowiednie wymiary



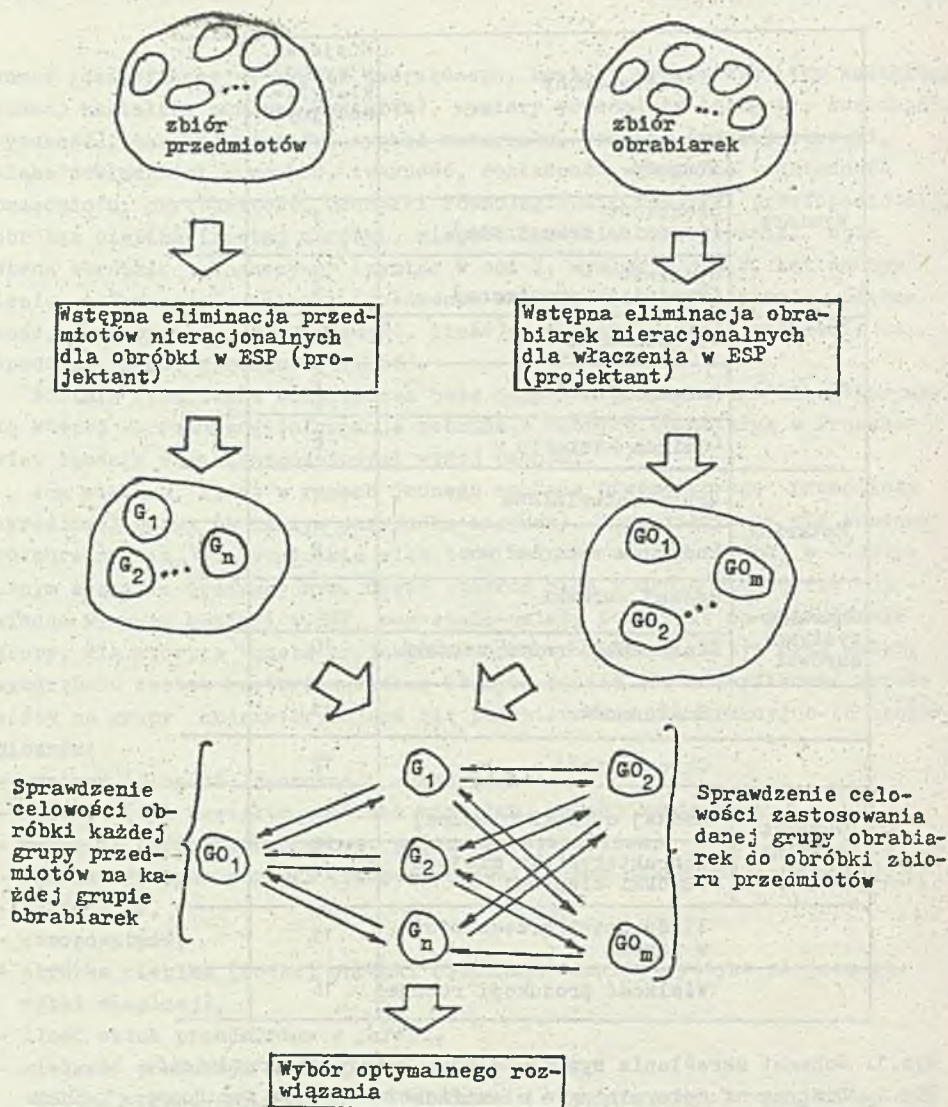
Nazwa cechy		Miejsce w symbolu klasyfikacyjnym	
Wymiary	Długość	1	
	Szerokość (średnica zewnętrzna)	2	
	Wysokość (średnica wewnętrzna)	3	
Kształt	Typ kształtu	4	
	Rodzaj kształtu	5	
	Odmiana kształtu	6	
Materiał	Grupa materiałowa	7	
	Podgrupa materiałowa	8	
Charakterystyka surówki	Rodzaj surówki	9	
	Klasa dokładności surówki	10	
Dokładność		11	
Chropowatość		12	
Obróbka cieplna	Rodzaj obróbki cieplnej	13	
	Charakterystyka miejsca obróbki cieplnej	14	
Ilość sztuk przedmiotów w partii		15	
Wielkość produkcji rocznej		16	

Rys.1. Schemat określania symbolu klasyfikacyjnego przedmiotów

Fig.1. Diagram of determining a classification symbol for "casing" class objects

gabarytowe, zbyt mała pracochłonność obróbki.

Elastyczny system produkcyjny należy w pierwszej kolejności projektować dla grup o odpowiednich wymiarach gabarytowych, charakteryzujących się największą pracochłonnością obróbki. Przy ustalaniu składu urządzeń technologicznych ESP i doborze przedmiotów do obróbki, w ogólnym przypadku, mamy więc do czynienia ze zbiorem odpowiednio sklasyfikowanych grup przedmiotów oraz zbiorem grup obrabiarek. Zadanie polega na tym, żeby racjonalnie wybrać grupę obrabiarek i planowane do obróbki na niej grupy



Rys.2. Schemat doboru przedmiotów do obróbki w ESP i obrabiarek systemu Fig.2. Diagram of selecting objects for FMS machining

przedmiotów. Schemat graficzny realizacji tego zadania przedstawiony został na rys.2.

Jako kryteria doboru przedmiotów do obróbki w ESP przyjęto: koszt obróbki ( $K$ ) i pracochłonność ( $T$ ). Najkorzystniejszy będzie taki proces obróbki, w wyniku którego zostanie osiągnięty maksymalny efekt ( $K_{\min}, T_{\min}$ ). O jakości efektu decyduje wartość zmiennych wejściowych ( $w_p, w_{ESP}$ ).



Z praktyki wiadomo, że zmienne wyjściowe ( $K$ ,  $T$ ) tylko w rzadkich przypadkach mogą jednocześnie osiągnąć wartości odpowiadające maksymalnemu efektowi. Zwykle występują rozbieżności polegające na tym, że wartości zmiennych wejściowych, dla których osiąga się najkorzystniejsze warunki jednej zmiennej wyjściowej, nie dają najkorzystniejszych wartości drugiej. W takich przypadkach o maksymalnym efekcie decydują kompromisowe wartości zmiennych wejściowych. Ocena wartości zmiennych wejściowych decydujących o najkorzystniejszym procesie obróbki sprowadza się więc do analizy funkcji:

$$\begin{aligned} K &= f ( W_P, W_{ESP} ) \\ T &= f ( W_P, W_{ESP} ) \end{aligned} \quad (2)$$

Koszt i pracochłonność obróbki w warunkach ESP powinny być niższe niż dla wariantu bazowego (procesy realizowane dotychczas). Porównywanie kosztów i pracochłonności obróbki należy przeprowadzać tylko dla podzbiorów przedmiotów, których wymiary gabarytowe znajdują się w określonych przedziałach, tak aby dla analizowanej grupy obrabiarek (charakteryzującej się określonymi parametrami - na przykład wielkością stołu), była teoretyczna możliwość obróbki wszystkich przedmiotów.

Proces obróbki przedmiotów w elastycznym systemie produkcyjnym charakteryzuje się pewną specyfiką, to znaczy są one obrabiane według zasad elastycznej technologii - nawet przedmioty tej samej partii mogą być obrabiane według różnych marszrut obróbki, rozumianych jako uporządkowany zbiór obrabiarek, przez które przechodzą. Metodyka projektowania marszrut obróbki przedmiotów klasy korpusy w elastycznym systemie produkcyjnym została przedstawiona w pracy [2].

Określenie celowości obróbki przedmiotów w ESP jest możliwe po dobraniu podsystemu obrabiarek i ich struktury [1], [3], [4], marszrut technologicznych [2], parametrów obróbki. Charakterystyki czasowe potrzebne do obliczenia  $K$  i  $T$  określone są w wyniku symulacji obróbki zbioru przedmiotów.

Jak widać z rys.3, na którym przedstawiono wzajemne powiązania pomiędzy poszczególnymi etapami projektowania technologii obróbki przedmiotów w elastycznym systemie produkcyjnym, jest to proces iteracyjny. Porównanie wartości  $K$  i  $T$ , dla analizowanych grup przedmiotów i grup obrabiarek, z analogicznymi dla procesu bazowego umożliwia eliminację tych grup przedmiotów, dla których wielkości te dla procesu bazowego są mniejsze niż dla projektowanego ESP.

Dla każdego z analizowanych podsystemów obrabiarek (po eliminacji grup przedmiotów, dla których  $K > K_b$  i  $T > T_b$ ), określa się sumaryczną wartość  $K$  i  $T$

$$\sum_{i=1}^P K ( GP_n ), \quad \sum_{i=1}^n T ( GP_n ), \quad (3)$$

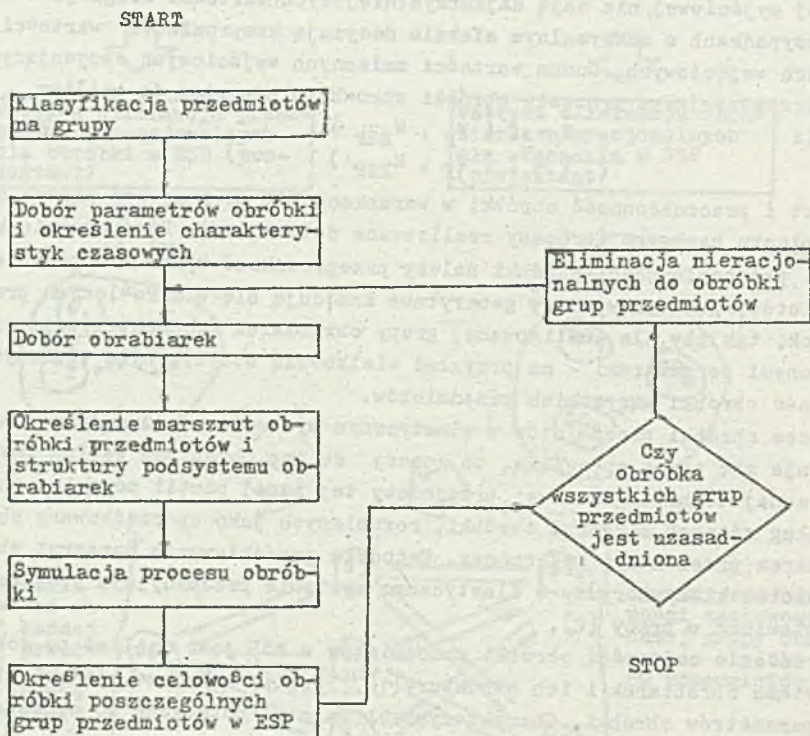
gdzie:  $GP_n$  -  $n$ -ta grupa przedmiotów.

Najkorzystniejszym będzie proces obróbki realizowany w podsystemie obrabiarek, dla którego (dla tych samych przedmiotów) uzyska się największy

efekt, to znaczy:

$$K = \min_{G_0} \sum_{i=1}^n K(GP_n), \quad T = \min_{G_0} \sum_{i=1}^n T(GP_n), \quad (4)$$

gdzie:  $G_0$  - podsystem obrabiarek



Rys.3. Powiązania informacyjne pomiędzy etapami projektowania technologii obróbki przedmiotów

Fig.3. Information relations among individual stages of object machining technology design

Jak widać, powyższe równania pozwalają również (dla analizowanego zbioru przedmiotów) określić racjonalną grupę obrabiarek.

Opracowane zostały odpowiednie algorytmy i programy komputerowe do realizacji (zgodnie z rys.3) poszczególnych etapów projektowania procesów technologicznych obróbki przedmiotów w elastycznym systemie produkcyjnym. Przeprowadzone obliczenia potwierdzają ich wysoką efektywność.



## LITERATURA

- [1] Świć A., Lipski J.: Optymalizacja struktury podsystemu obrabiarek elastycznego systemu produkcyjnego. II Krajowa Konferencja Robotyki. Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1988.
- [2] Świć A.: Specyfika projektowania marszrut technologicznych obróbki przedmiotów klasy korpus w elastycznych systemach produkcyjnych. VI Krajowa Konferencja Automatyzacji Dyskretnych Procesów Przemysłowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Gliwice 1988.
- [3] Świć A.: Zautomatyzowany dobór maszyn technologicznych wchodzących w skład elastycznych systemów produkcyjnych przeznaczonych do obróbki przedmiotów klasy korpus. X Krajowa Konferencja Automatyki. Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Imblin 1988.
- [4] Świć A.: Wpływ struktury podsystemu obrabiarek na efektywność procesu obróbki przedmiotów w elastycznym systemie produkcyjnym. VIII Ogólnopolskie Sympozjum nt "Zastosowanie Teorii Systemów". Zeszyty Naukowe Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica, Kraków 1989

Recenzent: Prof.dr inż.H.Kowalowski

Wpłynęło do Redakcji do 1990-04-30.

THE SPECIFICITY OF MACHINING TECHNOLOGY DESIGN IN THE FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEM

S u m m a r y

The specificity of technological processes of object machining design in FMS was presented. It was proved that the maximum flexibility of technology optimization could be achieved in the case of complex consideration of properties of machined objects and technological units of the system.

СПЕЦИФИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ ГИБКОГО АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Р е з ю м е

Представлена специфика проектирования технологических процессов обработки деталей в ГАП. Анализ показал, что оптимизация наиболее эффективна в случае комплексного учёта свойств обрабатываемых деталей и технологического оборудования ГАП.