

Antoni ŚWIC, Klaudiusz LENIK

Politechnika Lubelska

ANALIZA EKONOMICZNA WYTWARZANIA PRZEDMIOTÓW W ELASTYCZNYM SYSTEMIE PRODUKCYJNYM

Streszczenie: Przedstawiono sposób określania celowości obróbki przedmiotów bez konieczności projektowania dla nich procesów technologicznych. W tym celu opracowana została metoda określania złożoności przedmiotu oraz zależność pomiędzy kosztem i czasem obróbki a złożonością, programem produkcyjnym i wielkością partii. Pokazano racjonalny obszar zastosowania ESP.

THE ECONOMIC ANALYSIS OF PRODUCTION IN FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEMS

Summary: The way of definition suitability of processing in flexible manufacturing systems without technological designing was presented. For this purpose a method of defining article complexity and price and time of manufacturing dependance on product complexity, producion program and batch quality were worked out. A reasonable and optimal area of FMS application was shown.

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВА ДЕТАЛЕЙ В ГИБКОМ АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Резюме: Представлен способ определения целесообразности обработки деталей без необходимости проектирования для них технологических процессов. Для этого разработан метод определения сложности деталей а также зависимость между стоимостью и временем обработки а сложностью, производственной программой и величиной партии. Показана рациональная область применения ГАП.

1. Wstęp

Przy określaniu celowości ekonomicznej obróbki przedmiotów w elastycznym systemie produkcyjnym (ESP) w ogólnym przypadku można wyodrębnić dwa warianty:

- dla planowanego do obróbki zbioru przedmiotów system będzie zaprojektowany i zbudowany,
- analiza prowadzona jest dla realnego (istniejącego) systemu. Możliwe jest przy tym, iż:

- dla przedmiotów istnieją bazowe procesy technologiczne obróbki (według których były one obrabiane) - opracowaną dla ESP technologię jest więc z czym porównać,
- takich procesów nie ma, a więc nie ma z czym porównać opracowanej dla ESP technologii obróbki przedmiotów.

W obu przypadkach korzystnym jest dysponować możliwością określenia celowości obróbki przedmiotów w ESP bez konieczności projektowania dla nich procesów technologicznych, na przykład dla wstępnej klasyfikacji przedmiotów do obróbki.

2. Określenie celowości obróbki przedmiotów w ESP

2.1. Porównanie technologii dla ESP i wariantu bazowego

Najprostszym sposobem określenia celowości obróbki przedmiotów w ESP jest porównanie procesów technologicznych: bazowego i opracowanego dla ESP. Niezbędne charakterystyki procesu technologicznego dla ESP można uzyskać w wyniku symulacji obróbki przedmiotów w ESP [3, 4]. Uzyskane dane umożliwiają określenie kosztu obróbki (K) i czasu (T) dla analizowanych partii przedmiotów. Porównanie ich z analogicznymi danymi procesu bazowego daje możliwość eliminacji z dalszej analizy tych grup przedmiotów, dla których parametry K i T dla procesu bazowego są mniejsze niż dla projektowanego ESP.

Dla każdego z rozpatrywanych wariantów podsystemu obrabiarek określa się koszt obróbki każdej partii przedmiotów:

$$K_{ESP} = \frac{GK_{PO}}{W_Z \cdot UPO_{KS}} \cdot \frac{T_P}{60} + IKR \cdot IPS \cdot W_S + IKM \cdot IP + GPK \cdot WP \quad (1)$$

gdzie: K_{ESP} - koszt obróbki partii przedmiotów w ESP,

GK_{PO} - godzinowe koszty pracy podsystemu obrabiarek (przy założeniu pracy jednozmianowej),

W_Z - liczba zmian pracy systemu),

UPO_{KS} - udział podsystemu obrabiarek w kosztach całego systemu,

T_P - czas obróbki partii przedmiotów w systemie,

IKR - jednostkowy koszt roboczej siły,

IPS - liczba pracowników obsługujących system,

W_S - wskaźnik zmniejszenia liczby pracowników obsługujących system w porównaniu z bazowym wariantem,

IKM - koszt jednostkowy materiału,

IP - liczba przedmiotów w partii produkcyjnej,

GPK - koszty godzinowe eksploatacji metra kwadratowego powierzchni zajmowanej przez system,

WP - powierzchnia zajmowana przez ESP.

Koszt (K_b) i czas (T_b) dla wariantu bazowego jest równy:

$$\begin{aligned} K_b &= IKP * IP \\ T_b &= tpz * t * IP, \end{aligned} \quad (2)$$

gdzie: IKP - koszty jednostkowe wykonania przedmiotów,

IP - liczba przedmiotów w partii,

tpz - czas przygotowawczo- zakończeniowy,

t - norma czasu.

Przedmioty, dla których $K_{ESP} > K_b$ i $T_{ESP} > T_b$, są eliminowane, a dla pozostałych (według grup obrabiarek) oblicza się:

$$K_{RO} = \sum_{i=1}^n K(ZP_n) \quad i \quad T_{RO} = \sum_{i=1}^n K(ZP_n), \quad (3)$$

gdzie: K_{RO} , T_{RO} - odpowiednio koszt i czas obróbki przedmiotów na rozpatrywanej grupie obrabiarek,

Proces obróbki przedmiotów, realizowany na grupie obrabiarek, dla którego:

$$K = \min \sum_{i=1}^n K(ZP_n) \quad , \quad T = \min \sum_{i=1}^n K(ZP_n), \quad (4)$$

będzie najlepszy (ze względu na K i T).

2.2. Określenie celowości obróbki przedmiotów w ESP bez projektowania procesu technologicznego ich obróbki (w oparciu o jego złożoność)

Przydatność przedmiotu do obróbki w ESP określa się w oparciu o jego złożoność, przy uwzględnieniu funkcjonalnej zależności pomiędzy kosztem i czasem obróbki a złożonością, programem produkcyjnym i wielkością partii. Dla przedmiotów, dla których znany jest program produkcyjny i wielkość partii, istnieje złożoność graniczna Z_{gr} - po osiągnięciu której ich obróbka w ESP będzie uzasadniona. Dla danej klasy przedmiotów należy więc określić złożoność graniczną Z_{gr} i złożoność każdego wprowadzanego do systemu przedmiotu.

Przedmiot, dla którego złożoność Z jest większa niż Z_{gr} , odpowiada warunkom obróbki w ESP (jego obróbka będzie efektywna).

Przeanalizowano metody określania złożoności przedmiotów, stosowane przy ich doborze do obróbki na obrabiarkach sterowanych numerycznie i które można by adaptować dla warunków ESP [1, 3]. Okazuje się, że każda z metod akcentuje pewne inne właściwości złożoności. Przyrosty złożoności nie są więc jednakowe dla różnych metod.

Przeważnie złożoność części określana jest w oparciu o jeden lub dwa wskaźniki (tab.1.)

Decyzja o obróbce przedmiotu w ESP nie powinna być podejmowana na podstawie jednego lub dwóch wskaźników, subiektywnej oceny człowieka. Przeanalizowane metody nie nadają się do oceny przydatności przedmiotów do wytwarzania w ESP. Konieczne jest więc opracowanie nowej metody.

Jak wiadomo, na każdej stronie części można wydzielić następujące elementy: płaszczyzny, otwory i gwinty. Złożoność części jest więc sumą złożoności tych elementów.

Analiza pokazała, że na stopień złożoności składowych elementów wpływają następujące czynniki:

Płaszczyzny: - chropowatość, - dokładność, - wymiar w osi X,
- wymiar w osi Y.

Otwory: - średnica, - długość, - chropowatość, - stosunek l/d,
- przelotowość.

Gwinty: - profil gwintu, - średnica, - skok, - długość.

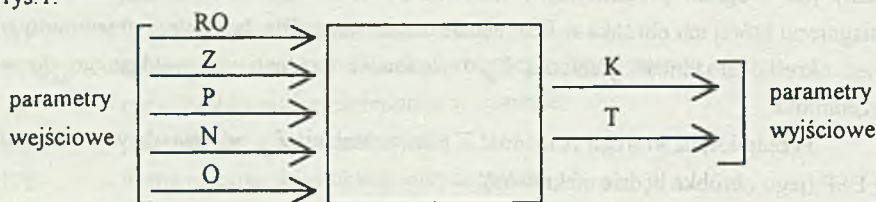
Określają one czas wytwarzania dla danego składowego elementu przedmiotu, przy tym czas główny w większym stopniu określany jest chropowatością i wymiarami gabarytowymi, a czas pomocniczy liczbą elementów i dokładnością. Dlatego można założyć, że złożoność przedmiotu jest proporcjonalna do czasu wytwarzania.

2.3. Określenie racjonalnego obszaru zastosowania ESP

Dla wszystkich elementów technologicznych przedmiotu w całości trzeba więc określić czas wytwarzania, który będzie określał złożoność przedmiotu.

Jak wiadomo, koszt i czas obróbki zależą od wielkości programu produkcyjnego i liczby przedmiotów w partii.

Proces obróbki przedmiotów można przedstawić jako system, model którego pokazany jest na rys. 1.



Rys.1. Model systemu obróbki w ESP

Fig.1. Model of manufacturing process in FMS

gdzie: RO - grupa obrabiarek zastosowanych w procesie, Z- złożoność obrabianych przedmiotów, P - program produkcyjny, N - wielkość partii, O - otoczenie (aktualne warunki organizacyjno - ekonomiczne i techniczne), K - koszt obróbki przedmiotu, T - czas obróbki,

Najlepszym będzie proces obróbki, w wyniku którego uzyskany będzie maksymalny efekt (K_{\min} , T_{\min}). Jakość tego efektu określają parametry wejściowe (RO, Z, P, N, O).

Parametry wyjściowe K i T tylko w rzadkich przypadkach mogą jednocześnie przyjmować wartości odpowiadające maksymalnemu efektowi. Zwykle bywa tak, że wartości zmiennych (RO, Z, P, N, O), dla których uzyskuje się najbardziej odpowiednie wartości jednej zmiennej, nie pozwalają uzyskać takich dla drugiej. W tych przypadkach maksymalny efekt uzyskuje się przy kompromisowych wartościach zmiennych wejściowych.

Tabela 1

Porównanie metod obliczania złożoności

	Nazwa lub numer metody			
	Metoda I [1]	Metoda proporcjonalności złożoności przedmiotu do liczby przejść	Metoda "wagowa"	Metoda "bloków i składow"
Znajomość technolog.	nie	tak	tak	nie
Złożoność opanowania metody	bardzo prosta	prosta	prosta	trudna
Jednostki, w których obliczana jest złożoność	umowne	liczba przejść	umowne	umowne
Pracochłonność obliczeń	bardzo mała	mała	mała	średnia
Analizowane parametry przedmiotu	R_a	liczba przejść	R_a , liczba przejść	właściwości geometryczne w niewielkim stopniu, R_a , tolerancja, gabaryty

Ocena wartości zmiennych wejściowych, odpowiadających najodpowiedniejszemu procesowi obróbki, sprowadza się do analizy funkcji

$$\begin{aligned} K &= f(RO, Z, P, N, O) \\ T &= f(RO, Z, P, N, O) \end{aligned} \quad (5)$$

Parametry RO i O to parametry jakościowe; są one dyskretnymi wielkościami i dlatego ukazane wyżej funkcje dla analizowanego zbioru przedmiotów (ZP_n) i zbioru obrabiarek (RO_m) są określane zbiorem możliwych ich realizacji.

Najkorzystniejszy dla partii przedmiotów będzie proces realizowany na grupie obrabiarek $RO_{i=b}$, zapewniających uzyskanie lepszych wyników niż dla procesów technologicznych realizowanych na pozostałych grupach obrabiarek.

$$\begin{aligned} K_{i \neq b} - K_{i=b} &= \Delta K > 0 \\ T_{i \neq b} - T_{i=b} &= \Delta T > 0 \end{aligned} \quad (6)$$

Jednocześnie proces powinien być realizowany przy wartościach Z, P, N takich, że:

$$K_{i=b} \rightarrow (K_{i=b})_{\min}$$

$$T_{i=b} \rightarrow (T_{i=b})_{\min}$$

Parametry (Z, P, N), spełniające warunki (6), określają racjonalną przestrzeń zastosowania wybranej grupy obrabiarek.

Funkcje (6) należy budować w oparciu o dane przemysłowe konkretnego przedsiębiorstwa, ponieważ nawet podobne organizacyjne, ekonomiczne i techniczne dane (O) dla różnych przedsiębiorstw nie dają podstawy do twierdzenia, że wyniki produkcji będą jednakowe - takie same wartości zmiennych wejściowych nie dają identycznych wyników procesu obróbki. Spowodowane jest to oddziaływaniem szeregu czynników (na przykład doświadczeniem), których nie daje się wyrazić w formie liczbowej. Decyzji związanych z doбором obrabiarek i warunków obróbki w jednym przedsiębiorstwie nie można przenosić do innych.

Określenie racjonalnego obszaru zastosowania wzajemnie zamiennych technologicznie obrabiarek (ESP i produkcji bazowej) sprowadza się do analizy zbioru wejściowych danych, spełniających zależności (7).

$$\Delta K = K_b - K_{ESP} > 0$$

$$\Delta T = T_b - T_{ESP} > 0. \quad (7)$$

Parametry (Z, P, N), dla których spełniony jest warunek $\Delta K > 0$ i $\Delta T > 0$ określają racjonalny obszar zastosowania ESP.

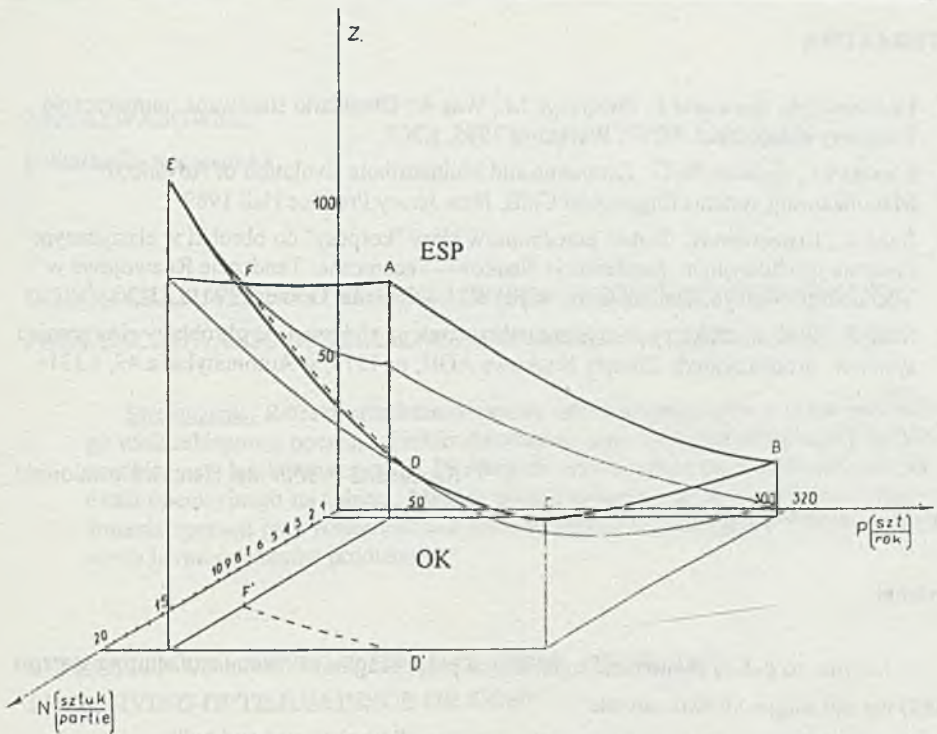
Określiwszy (analitycznie lub graficznie), dla analizowanego ESP i rodzaju przedmiotów o znanym programie produkcyjnym i wielkości partii, racjonalny obszar, można określić przydatność przedmiotów do obróbki, bez konieczności opracowywania procesu technologicznego.

Dla przykładu dla elastycznego systemu, składającego się z dwóch centrów obróbkowych typu C2H, określono sposobem graficznym racjonalny obszar zastosowania przy wytwarzaniu części korpusowych o różnej złożoności, zmieniając liczbę przedmiotów w partii i program produkcyjny.

Pełny racjonalny obszar zastosowania ESP jest częścią wspólną obszaru co do kosztu i pracochłonności obróbki. Dla pokazanego przykładu jest to obszar ograniczony z dołu powierzchnią ABCDE - rys.2.

3. Wnioski

1. Opracowana została metoda pozwalająca określić przydatność części do obróbki w ESP bez opracowywania procesu technologicznego (określa się złożoność przedmiotu i porównuje z wartością graniczną). Można ją w prosty sposób przedstawić w formie programu



Rys.2. Graficzna interpretacja racjonalnego obszaru stosowania elastycznego systemu produkcyjnego i obrabiarek konwencjonalnych

Fig.2. Graphical interpretation of optimal area of FMS and conventional technological machines application

komputerowego współpracującego z bazą danych o przedmiotach korpusowych. Mimo że jest to metoda prosta, to uzyskane wyniki są dość dokładne (jest dokładniejsza od metod, które znalazły zastosowanie przy doborze przedmiotów dla obrabiarek sterowanych numerycznie, ponieważ uwzględnia więcej czynników określających złożoność części).

2. Określenie złożoności przedmiotu według opracowanej metodyki pozwala określić racjonalny obszar zastosowania ESP ze względu na pracochłonność i koszt obróbki. Analiza racjonalnego obszaru prowadzi do następujących wniosków: -obróbka małych partii przedmiotów o niewysokiej złożoności w ESP jest efektywna tylko przy dużym programie produkcyjnym, -przedmioty o dużej złożoności można efektywnie obrabiać w ESP nawet przy niewielkim programie produkcyjnym.

3. Na podstawie zadanej złożoności Z, w oparciu o racjonalny obszar, można określić wielkości N i P, przy których obróbka jest opłacalna.

LITERATURA

- [1] Bednarek M., Borowski J., Dworczyk M., Wąs A.: Obrabiarki sterowane numerycznie. Podstawy eksploatacji. WNT, Warszawa 1985, s.267.
- [2] Canada J.r., Sullivan W.G.: Economic and Multiattribute Evolution of Advanced Manufacturing systems Englewood Cliffs, New Jersey:Prentice Hall 1989.
- [3] Świć A., Kuszewski K.: Dobór przedmiotów klasy "korpusy" do obróbki w elastycznym systemie produkcyjnym. Konferencja Naukowo-Techniczna: Tendencje Rozwojowe w Technologii Maszyn, Zielona Góra, Wyd. WSI w Zielonej Górze, 1990, s.31-36.
- [4] Świć A.: Wpływ struktury podsystemu obrabiarek na efektywność obróbki w elastycznym systemie produkcyjnym. Zeszyty Naukowe AGH, nr 1313, s. Automatyka, z.49, s.331-339.

Recenzent: Prof.dr inż. Henryk Kowalowski

Wpłynęło do Redakcji do 30.04.1994r.

Abstract

In order to define economical suitability of processing in flexible manufacturing systems (FMS) we can single out two variants:

- for group of objects to be manufactured the system will be projected and built,
- the analysis for actual system is performed.

There are some possibilities:

- there exist base technological processes for the articles (it have been manufactured - we can compare FMS technology with another one),
- there are not such processes - we can't compare FMS technology with another one.

It is profitable to have possibility of defining suitability of FMS processes without technological designing.

The worked out method allow to:

- define suitability of manufacturing in FMS - comparison FMS technology and the base one,
- define suitability of manufacturing in FMS without technological designing.

For this purpose a method of defining article complexity and price and time of manufacturing dependance on product complexity, production program and batch quality were worked out. A reasonable and optimal area of FMS application was shown.