ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1980
Seria: AUTOMATYKA z. 56 Nr kol. 652

Jan Szadkowski
Politechnika Łódzka, Filia w Bielsku-Białej

OPTYMALIZACJA PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH W SYSTEMACH OBRABIARKOWYCH

Streszczenie: W artykule rozpatruje się problem optymalizacji procesów w systemach obrabiarkowych z maszynami o pokrywających się częściowo możliwościach technologicznych. Alternatywność realizacji procesów stwarza możliwość optymalizacji ze względu na długość cyklu produkcyjnego w oparciu o metodę programowania dynamicznego.

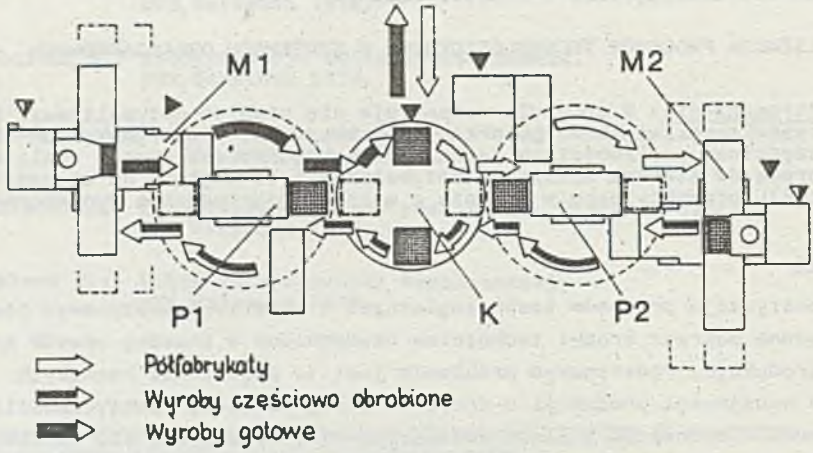
1. Wstęp

Automatyzacja procesów technologicznych w przemyśle maszynowym jest realizowana poprzez środki techniczne uzależnione w znaczny sposób od skali produkcji. Podstawowym problemem jest tu pogodzenie rosnących wymagań wydajności produkcji z coraz bardziej pożądaną elastycznością obrabiarek - automatów i linii automatycznych, wyrażającą się możliwością szybkiego i ekonomicznego przezbrajania tych urządzeń na wytwarzanie wyrobów nowych lub mających zmodyfikowaną budowę.

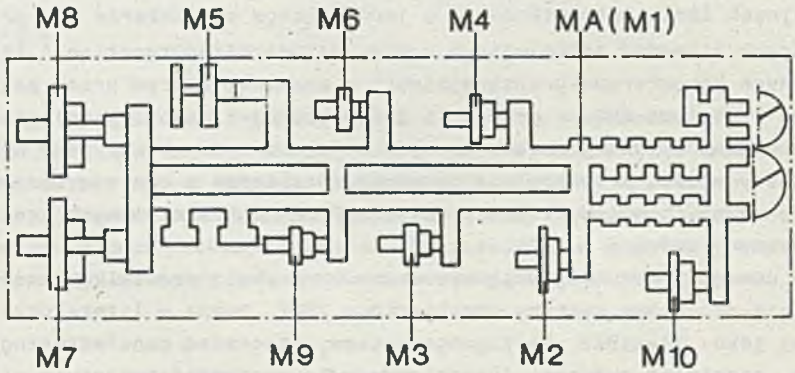
W produkcji masowej oznacza to coraz częstsze pojawianie się, obok tradycyjnych linii automatycznych o jednocelowym charakterze lub przezbrajalnych w bardzo ograniczonym zakresie /"Detroit Automation/", linii sterowanych komputerowo-przezbrajalnych w znacznej mierze przez zmianę programu w pamięci EMC. W produkcji jednostkowej i małoseryjnej rozwiązanie problemu wysokiej automatyzacji, a więc i wydajności, przy wysokiej elastyczności przyniosło stosowanie obrabiarek i centrów obróbkowych wyposażonych w indywidualne układy NC, CNC lub sterowanych grupowo przez maszynę cyfrową - DNC.

Luką pomiędzy automatyzacją wytwarzania na skalę niewielką i masową wypełniają stopniowo systemy obrabiarkowe /SO/, zwane w literaturze fachowej jako: flexible Fertigungssysteme, integrated manufacturing systems, machining systems, integrirowannyje proizwoidstwiennyje sistemy.

Systemy te mogą być budowane przy użyciu stanowisk pracy i pozostałych urządzeń o bardzo różnym stopniu automatyzacji; podane w dalszym ciągu artykułu przykłady dotyczą systemów tworzonych na bazie sterowania numerycznego i wykorzystania EMC. Systemy takie składają się z kilku obrabiarek lub centrów obróbkowych sterowanych numerycznie, są wyposażone często w roboty przemysłowe /do wymiany przedmiotów obrabianych i coraz częściej narzędzi/, przy czym układami integrującymi pracę obrabiarek są: układ transportowy i magazynowy / realizowane jako oddzielne lub też mające postać jednego urządzenia- obsługujące strumień przedmiotów obrabianych i narzędzi/ oraz układ sterowania komputerowego. Uzupełnianie nazwy SO słowem "zintegrowany" wydaje się autorowi zbędne, gdyż czynnik integracji tkwi w samym rozumieniu słowa - system.



Rys. 1. System obrabiarkowy AUERBACH



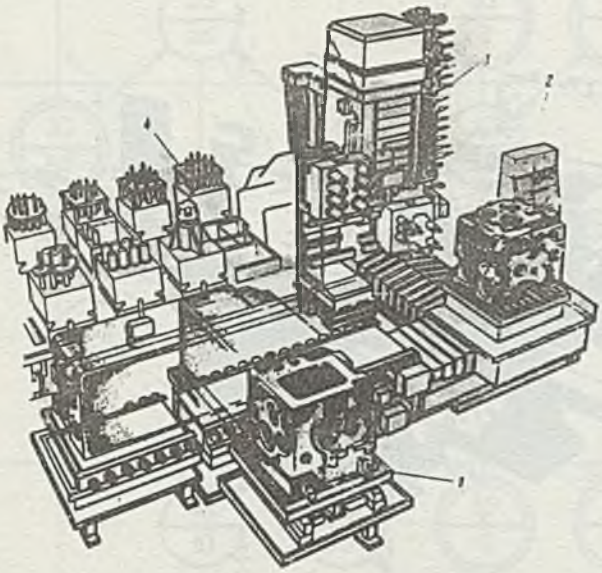
Rys.2. System obrabiarkowy PRISMA-2

Do tego typu SO prowadzą dwie drogi rozwojowe:

- od układów DNC, przez uzupełnianie ich układem transportowo-magazynowym, integrującym pracę grupy obrabiarek i centrów obróbkowych, co wnosi nową jakość w porównaniu z grupą obrabiarek NC sterowanych przez dużą EMC, ale pracujących indywidualnie;
- od linii automatycznych sterowanych przez EMC, przez zwiększenie elastyczności układu transportowo-magazynowego, który w SO może zapewniać powiązanie transportowe pomiędzy parą dowolnie wybranych obrabiarek.

2. Przykłady systemów obrabiarkowych

SO zbudowane z obrabiarek i centrów obróbkowych sterowanych numery-



Rys.3. TRANSFER-CENTER firmy Burr

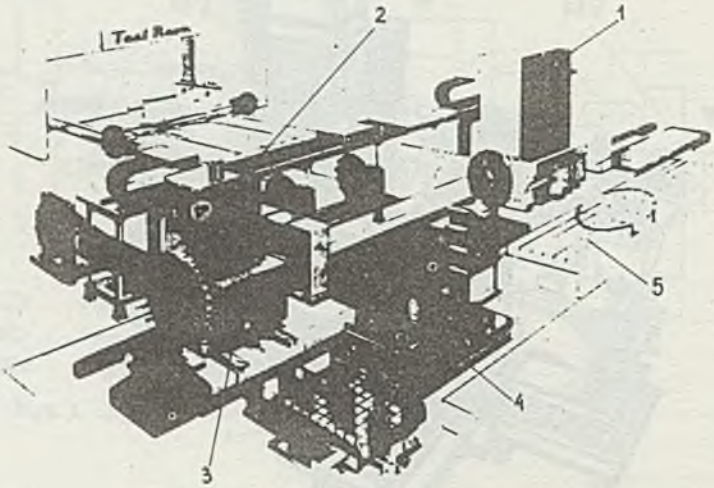
cznie mogą być komponowane z obrabiarek o wzajemnie się uzupełniających możliwościach technologicznych, z obrabiarek wzajemnie się zastępujących lub też mogą w grę wchodzić różne możliwości pośrednie.

Jako przykład SO, w którym obrabiarki wzajemnie się uzupełniają, może służyć AUERBACH M 250/01 NC, produkcji NRD, pokazany schematycznie na rys. 1.

System ten jest przeznaczony do obróbki korpusów, składa się z dwóch centrów obróbkowych M1 - o pionowej osi wrzeciona i M2 - o osi poziomej. Układ transportowo-magazynowy systemu składa się ze stołu obróbkowego (przenośnika) K oraz urządzeń zmiany palet P1 i P2. Dzięki uzupełnianiu się maszyn M1 i M2 możliwa jest obróbka korpusów z 5 stron. Czteropozycyjny stół obrotowy ,współpracujący z urządzeniami zmiany palet, zapewnia niezbędną elastyczność transportu i manipulacji przedmiotami obrabianymi.

Systemem przeznaczonym również do obróbki korpusów , w którym stanowiska pracy częściowo się uzupełniają ,a częściowo zastępują jest np. PRISMA - 2 , również produkcji NRD - rys. 2.

Występujące tu maszyny technologiczne M1 - M10 spełniają następujące role: M1 jest maszyną pomiarową do mierzenia rzeczywistych wartości naddatków na obróbkę, M2 i M4 są frezarkami pionowymi,M3 -frezarką poziomą, M5 - centrum obróbkowym o osi pionowej ,M7 i M8 centrami obróbki szlifowaniem, a M9 i M10 - maszynami pomiarowymi. W ramach systemu możliwe jest



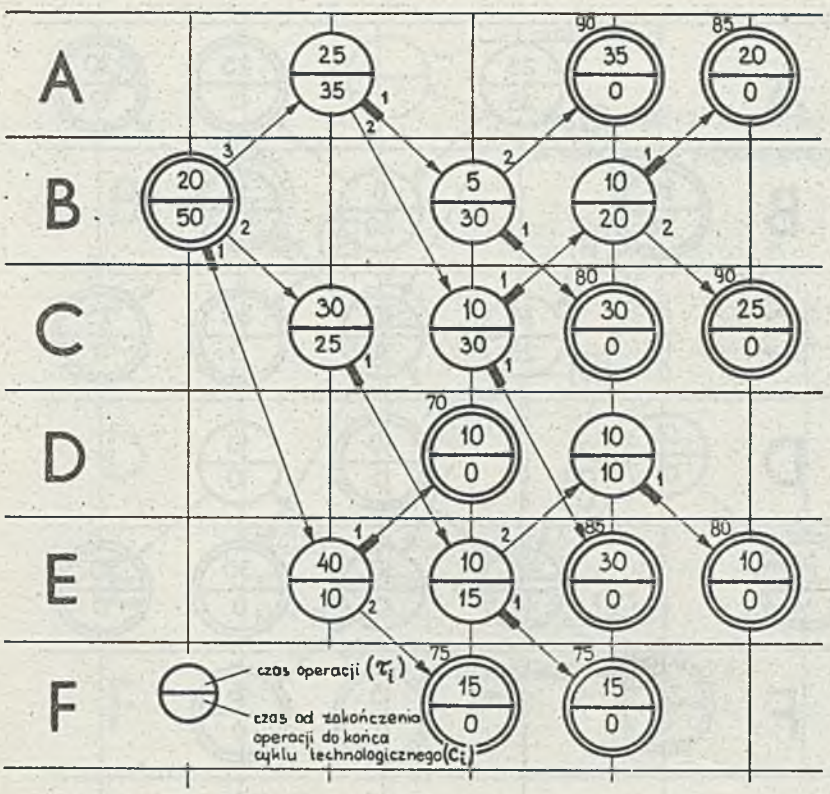
Rys. 4. System obrabiarkowy YAMAZAKI

wzajemne zastępowanie się maszyn M2 i M4, M3 i M5, M7 i M8.

Wzajemne zastępowanie się obrabiarek w SO wynika nie tylko z tego, że szeroko stosuje się tu centra obróbkowe z dużymi magazynami narzędzi, w których można umieszczać częściowo"pokrywające się" zbiory narzędzi, a także i z coraz częstszego pojawiania się maszyn technologicznych z wymianą głowic narzędziowych. Należą tu np. takie konstrukcje, jak: BURR-TRANSFER-CENTER - rys. 3 czy też system YAMAZAKI MS- rys. 4. Pierwszy z nich posiada stanowisko 1 do załadunku palet z przedmiotami obrabianymi, pulpit sterowania 2, magazyn narzędzi 3 oraz wymienne głowice narzędziowe 4. Drugi - jest wyposażony w kolumny 1 i 2 ,przed którymi znajdują się stoły 4 i 5, a na których można osadzać wymienne wrzeciennniki,3.

3. Optymalizacja procesów

Opisane rozwiązania pozwalają na alternatywne projektowanie procesów technologicznych i wybór kolejnych stacji obróbkowych w systemie"na bieżąco", w oparciu o określone kryterium optymalności przebiegu procesu. Ze względu na przelotowość systemu ,wykorzystanie stanowisk pracy i ograniczenie do minimum zapasów produkcji w toku, pożądane jest przyjęcie w charakterze kryterium cyklu produkcyjnego.Addytywny charakter tej funkcji pozwala na rozwiązywanie zagadnienia szukania procesu optymalnego metodę programowania dynamicznego. Wybór kolejnej obrabiarki następuje na zasadzie minimalizacji formuły:

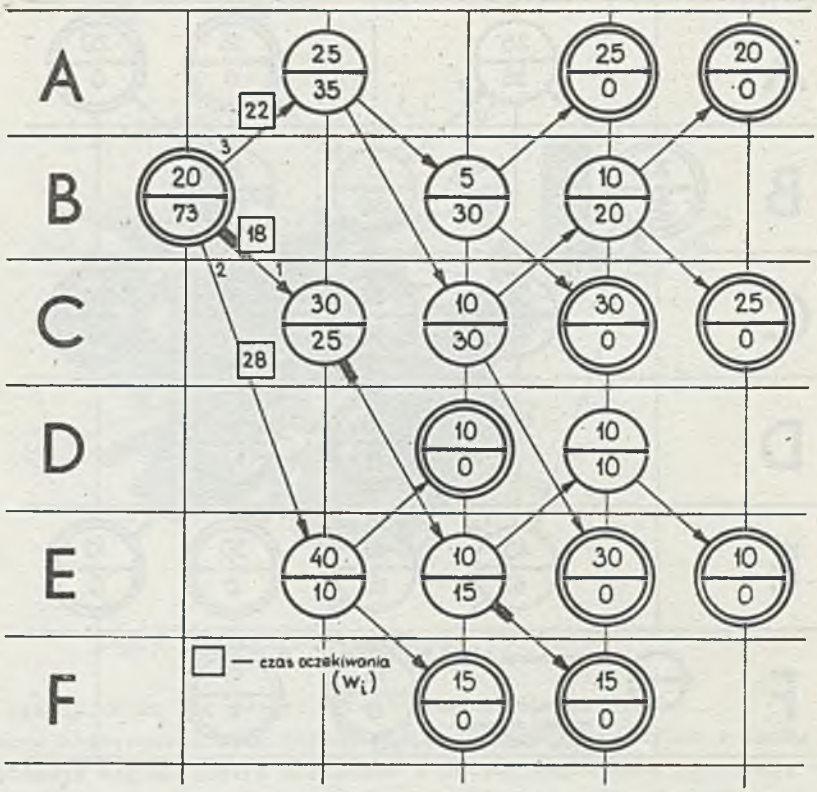


Rys.5. Graf procesów technologicznych

$$\min_i \left(w_i + \tau_i + \min c_i \right) \qquad (*)$$

gdzie: w_i - czas oczekiwania na kolejną operację- na obróbkę na kolejnej obrabiarce/wynikający z istnienia kolejki i/lub oczekiwania na przywrócenie obrabiarce zdolności funkcjonowania/, τ_i - czas obróbki na kolejnej obrabiarce, c_i- okres czasu od zakończenia obróbki na kolejnej obrabiarce do końca cyklu technologicznego/ cykl technologiczny obejmuje sumę czasów obróbki, cykl produkcyjny jest większy od niego o sumę wszystkich czasów oczekiwania/.

Możliwość alternatywnego projektowania procesu i optymalizacji przebiegu ilustruje przykład: A-F są obrabiarkami ,rys.5 pokazuje w formie grafu możliwe procesy technologiczne. Pogrubione krawędzie pokazują wybory a priori optymalne - bez uwzględnienia czasów oczekiwania. Jest tu ogółem 9 wariantów procesów/ w nawiasach długości cykli technologicznych/: BED/ 70 min/ ,BEF/ 75/, BCEF /75/, BCEDE/ 80/ ,BABC /80 /, BACE / 85/ ,BACBA / 85/, BABA / 90/, i BACDC /90/.

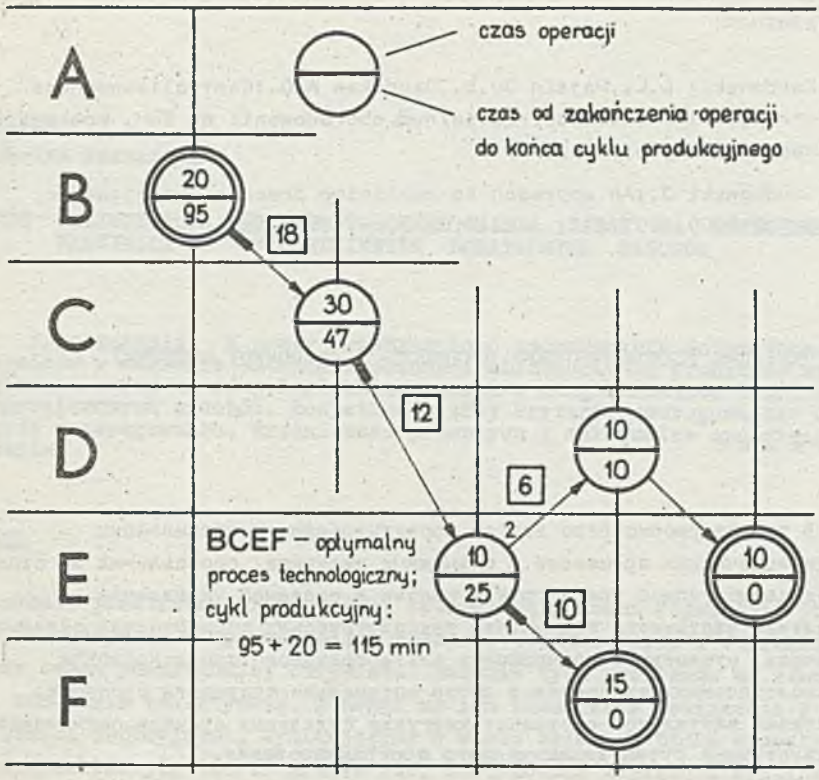


Rys. 6. Graf procesów po pierwszej operacji

Na rys. 6 pokazana jest sytuacja po wykonaniu pierwszej operacji technologicznej na obrabiarce B; podane są oszacowane czasy oczekiwania na obróbkę w kolejnej operacji - alternatywnie na obrabiarkach A,C albo E. Stosując formułę (*) wybieramy obrabiarkę C.

Sytuację po zakończeniu operacji na obrabiarce C pokazuje rys.7 - jest tu tylko jedna możliwość kontynuacji procesu - na obrabiarce E ,po czym znowu pojawia się problem wyboru. Jeżeli czasy oczekiwania są takie, jakie przyjęto na rys.7, to po E obróbka nastąpi na obrabiarce F. Proces BCEF jest optymalny w danych warunkach, scharakteryzowanych czasami oczekiwania na kolejne operacje.

Reasumując powyższe rozważania można stwierdzić, że systemy obrabiarkowe charakteryzują się m.in. pewną nadmiarowością strukturalną ,pozwalającą na alternatywną realizację procesów technologicznych. W takiej sytuacji procesy mogą być optymalizowane na bieżąco - tzn. z uwzględnieniem faktycznych zakłóceń ,przejawiających się powstawaniem kolejek i wydłużających cykl produkcyjny.



Rys. 7. Graf procesów po drugiej i trzeciej operacji

W przypadku słabo obciążonych SO o omawianych powyżej własnościach efekt wydłużania się cyklu produkcyjnego może zaznaczyć się bardzo słabo, w miarę wzrostu obciążenia - będzie bardziej odczuwalny. W fazie projektowania lub analizy przydatności SO do konkretnego zadania, wyrażającego się postacią spectrum obrabianych części i wymaganą wydajnością, konieczne jest przeprowadzenie symulacji funkcjonowania systemu z uwzględnieniem reguł optymalnego sterowania przebiegiem poszczególnych procesów technologicznych . Generowanie czasów oczekiwania na kolejną operację powinno tu uwzględniać także priorytety poszczególnych zadań produkcyjnych.

LITERATURA

[1] Kardanskij L.L.,Najdin Ju.B.,Czudakow A.D.:Centralizowannojc uprawlienije maszinostroitielnych oborudowanii ob SMM, Moskwa, Maszinostrojenije, 1977.

[2] Szadkowski J.:An approach to machining process optimization, INT.J.PROD.RES. 1971, Vol.9,No 3,pp. 371-376.

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СТАНОЧНЫХ СИСТЕМАХ

Р е з ю м е

В работе рассмотрено вопрос проектирования и оптимизации технологических процессов в станочных системах, составленых из станков соединеных гибкой транспортной связью и системой управления. В случае частичного совпадания технологических способностей отдельных станков, существует возможность альтернативного проектирования технологических процессов и выбор оптимальноговарианта процесса. Учитывая актуальное состояние наргузки отдельных станков,оптимизацию осуществляют путем динамического программирования.

PROCESS OPTIMIZATION IN FLEXIBLE MACHINING SYSTEMS

S u m m a r y

The paper concerns flexible manufacturing systems wich consist of several machining stations, integrated by workpiece storage areas, workpiece handling systems and control systems. There is a variety of ways in which the machining process partly in such systems can be performed. The changing manufacturing tasks and equipment failures influence the performance of the system. The paper presents a procedure for solving the problem of machining process optimization in a flexible manufacturing system, using the graph theory and Bellman's optimum principle.