

Jerzy Honczarenko
Andrzej Jardzioch
Krzysztof Neumann

Politechnika Szczecińska

BADANIA SYMULACYJNE PRACY ROBOTA PRZEMYSŁOWEGO W ZAUTOMATYZOWANYM GNIĘDZIE OBRÓBKI TOKARSKIEJ.

Streszczenie. Przeprowadzono badania symulacyjne różnych algorytmów pracy zrobotyzowanego gniazda obróbki tokarskiej budowanego dla przemysłu. Oceniono współczynnik wykorzystania obrabiarek w zależności od czasów obróbki dla potrzeb operacyjnego sterowania procesem produkcyjnym.

1. Wstęp

Optymalne wykorzystanie możliwości robota przemysłowego pracującego w zautomatyzowanym gnieździe obróbki tokarskiej (ZGOT) wiąże się z koniecznością kompleksowego ujęcia problemów związanych z konfiguracją, planowaniem produkcji oraz wyborem strategii pracy systemu. Realizację takiego podejścia umożliwiają metody komputerowego modelowania i symulacji pozwalające na określenie parametrów eksploatacyjnych projektowanego gniazda. W trakcie prac prowadzonych w ramach CPBR 7.5 w Instytucie Technologii Mechanicznej PS zmierzających do zaprojektowania i zbudowania ZGOT wykorzystano możliwości symulacyjnego badania obiektu na etapie projektowania. Wykorzystując opracowany program symulacyjny określono optymalną pod względem wykorzystania maszyn strategię pracy oraz zaobserwowano zjawiska wywierające wpływ na parametry eksploatacyjne gniazd.

2. Algorytmy pracy robota przemysłowego

Na podstawie przeprowadzonych analiz technologiczno-ekonomicznych [1] w budowanym gnieździe zastosowano:

- dwie tokarki TAE-32N ze sterowaniem CNC,
- dwie zewnętrzne stacje pomiarowe,
- dwa stanowiska magazynowe, każde z dwoma paletami przedmiotowymi,
- dwa stanowiska odkładcze,
- manipulator bramowy AM-80 produkcji VUKOV-PRESOV.

W toku konsultacji z producentem robota AM-80 ustalono, że ze względu na niekorzystne relacje pomiędzy przestrzenią roboczą tokarki a wymiarami przedmiotów przewidzianych do obróbki nie ma możliwości zastosowania w tym przypadku chwytaka podwójnego. Zdecydowano się więc z konieczności na wyposażenie robota w chwytak pojedynczy. Takie rozwiązanie uniemożliwia jednoczesne pobranie obrobionego przedmiotu i założenie przygotówki. W celu maksymalnego przybliżenia miejsca odkładania obrobionego przedmiotu i pobierania przygotówki, a co za tym idzie, skrócenia czasu potrzebnego na realizację czynności za-/rozdawczych, rozważano ustawienie przed obrabiarkami specjalnych stanowisk odkładczych. Pozwalają one na:

- chwilowe odłożenie przygotówki,
- zdjęcie przedmiotu obrobionego z obrabiarki i jego odłożenie na stanowisko odkładcze,
- pobranie i założenie przygotówki na obrabiarkę,
- pobranie przez wolny już chwytak manipulatora obrobionego przedmiotu i jego dalszy transport w trakcie pracy obrabiarki.

Badano różne algorytmy pracy robota - rys.1:

- A. wyposażonego w podwójny chwytak (porównawczo),
- B. wyposażonego w pojedynczy chwytak w gnieździe z przytokarkowymi stanowiskami odkładczymi,
- C. wyposażonego w pojedynczy chwytak w gnieździe bez stanowisk odkładczych, przy czym po skończonej obróbce przedmiot transportowany jest do palety, a pomiar realizowany jest dopiero po "załadowaniu" obrabiarki.

Algorytmy przedstawiają kolejne czynności transportowe robota przemysłowego realizowane w trakcie pracy gniazda, ruchy robota zapisano przyjmując oznaczenia:

M1, M2 - obrabiarki nr 1,2,

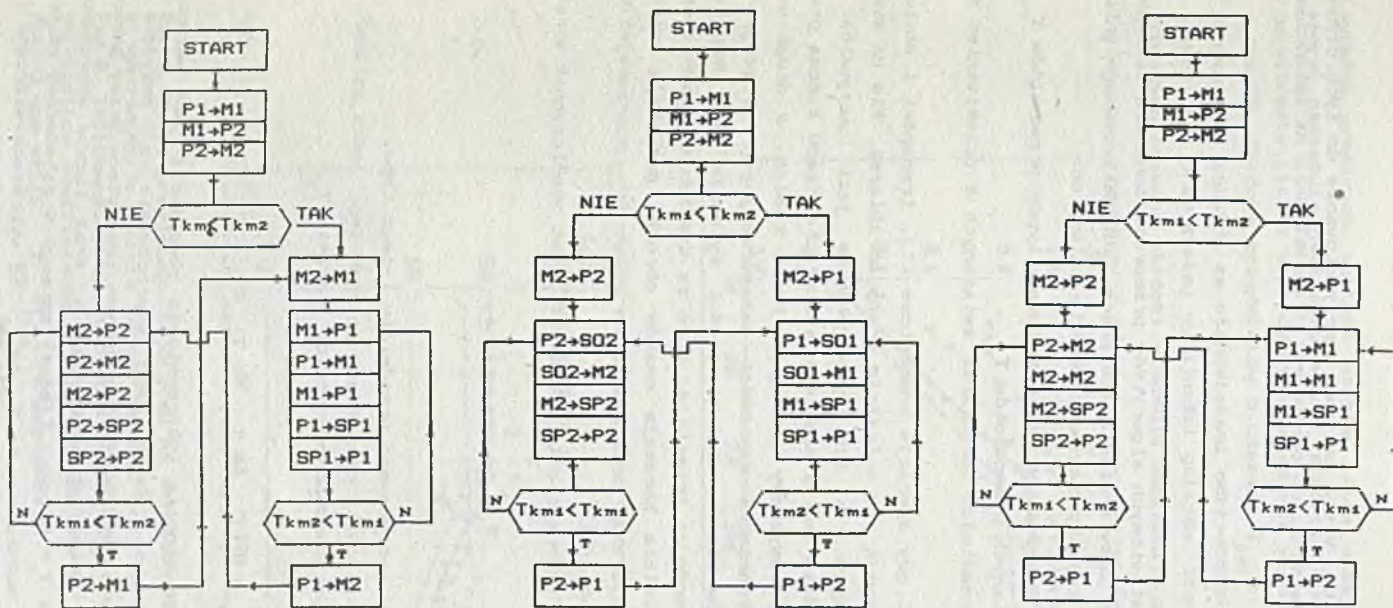
P1, P2 - palety nr 1,2,

SP1, SP2 - stanowiska pomiarowe nr 1,2,

SO1, SO2 - stanowiska odkładcze nr 1,2,

TkM1, TkM2 - czasy końca obróbki na maszynie nr 1,2.

Wymiana przedmiotów dokonywana jest na tej obrabiarkę, która wcześniej zakończy pracę (poprzez porównanie czasów końca pracy obrabiarek). Czynności, jakie musi wykonać robot w celu przygotowania wymiany przedmiotów, zależą od konkretnej konfiguracji gniazda i dopasowanego do niej algorytmu. W gnieździe z przyobrablarkowymi stanowiskami odkładczymi, jeszcze w trakcie pracy maszyn robot pobiera przedmiot z palety, transportuje go do stanowiska odkładczego i podjeżdża nad obrabiarkę. W gnieździe bez tych stanowisk wymiana przedmiotów wymaga dwukrotnego ruchu robota



Rys.1. Algorytmy pracy robota przemysłowego: A/ wyposażonego w podwójny chwytak, B/ wyposażonego w pojedynczy chwytak w gnieździe ze stanowiskami odkładczymi, C/ wyposażonego w pojedynczy chwytak bez stanowisk odkładczych

Fig.1. Operative algorithms for a robot equipped with: A - dual gripper, B - single gripper, when robot works in a cell having an auxiliary workpiece station (SO), C - single gripper

między obrabiarką a paletą. W tym przypadku przygotowanie do tych czynności może polegać na podjechaniu do obrabiarki i oczekiwaniu na zakończeniu obróbki.

3. Badania symulacyjne

W celu oceny przedstawionych algorytmów przeprowadzono dla każdego z nich badania symulacyjne odzwierciedlające pracę zautomatyzowanego gniazda. Wydajność obróbki w zrobotyzowanym gnieździe zależy od:

- czasów trwania cykli maszynowych poszczególnych typów przedmiotów T_{cm} ,
- czasów wymiany obrabianych przedmiotów T_{wym} ,
- czasów ewentualnych przestoju obrabiarki związanych z oczekiwaniem na robot T_{ocz} .

Najkorzystniej jest, gdy operacje pomocnicze (tj. transport i obsługa stacji pomiarowych) odbywają się w trakcie pracy obrabiarek. Nie ma wtedy zbędnych przestoju maszyn, a ich wykorzystanie jest maksymalne. W przypadku gdy jednocześnie lub w niewielkim odstępie czasu kończą pracę dwie obrabiarki, robot przemysłowy obsługuje jedną z nich, a druga musi oczekiwać do czasu zakończenia czynności manipulacyjnych. W przypadku niekorzystnych stosunków czasów obróbki części sytuacja taka może się cyklicznie powtarzać powodując przestoje, a co za tym idzie, spadek obciążenia obrabiarek. Niewielkie korekty czasów obróbki pozwalają zmienić taką tendencję, zmniejszyć czas oczekiwania na robot T_{ocz} , poprawiając tym samym wykorzystanie obrabiarki.

Miernikiem stopnia wykorzystania obrabiarki jest współczynnik wyrażony wzorem [2]

$$\eta_i = \frac{N_i T_{cmi}}{T_c} \quad (1)$$

gdzie:

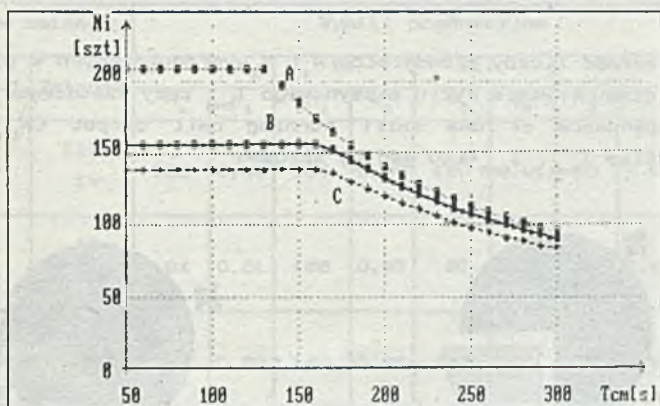
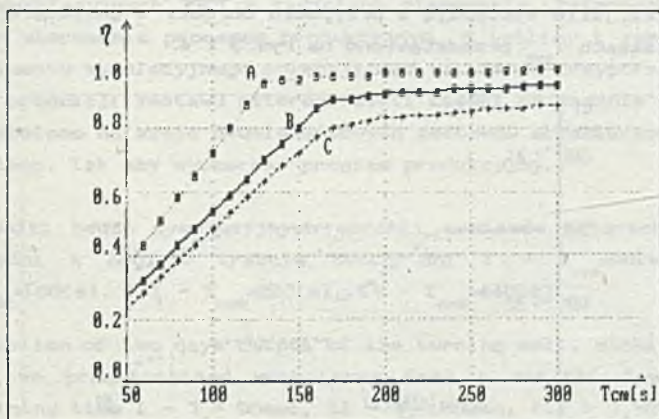
- T_{cmi} - czas cyklu maszynowego przedmiotu i-tego typu,
- T_c - założony całkowity czas pracy gniazda (np. jedna zmiana),
- N_i - liczba sztuk obrabianych części w czasie T_c ,

przy czym

$$T_c = N_i (T_{cmi} + T_{wym} + T_{ocz}) \quad (2)$$

Uzyskanie wysokiego stopnia wykorzystania obrabiarki jest warunkiem ekonomicznej pracy gniazda. Wobec tego współczynnik η_i przyjęto za parametr charakteryzujący efektywność przyjętych algorytmów pracy gniazda. Na rys. 2 przedstawiono zmiany współczynnika η_i oraz liczby wyprodukowanych części N_i w czasie $T_c = 8$ godz. (jednej zmiany) w zależności od przyjętego algorytmu, przy założeniu, że $T_{cm1} = T_{cm2}$. Na wykresach widoczna jest

wyraźna graniczna wartość czasów cyklu maszynowego - rys. 2a, poniżej której następuje gwałtowny spadek współczynnika η_i . Widoczne jest to też na wykresie liczby wyprodukowanych części w czasie jednej zmiany roboczej - rys. 2b. Obróbka przedmiotów o czasach T_{cm} krótszych od wartości granicznych (dla gniazda ze stanowiskami odkładczymi wynosi ona 160[s]) realizowana jest przy stałej wydajności gniazda. Kierowanie do gniazda części o krótszych czasach obróbki powoduje obniżenie współczynnika wykorzystania

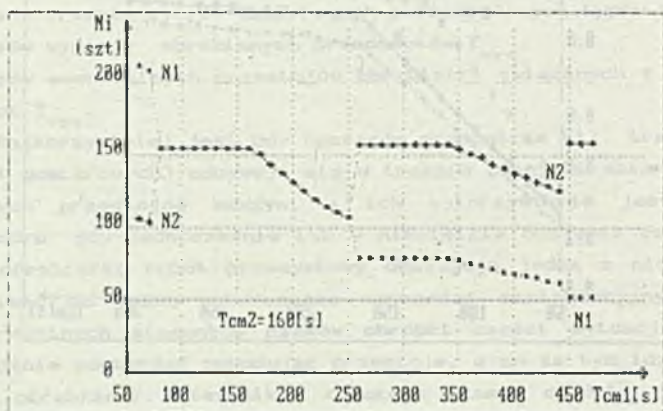


Rys.2. Wpływ przyjętego algorytmu na współczynnik η_i i liczbę przedmiotów N_i wykonanych w trakcie jednej zmiany, przy założeniu $T_{cm1} = T_{cm2}$

Fig.2. Influence of the accepted robot operative algorithm on the machine utilization coefficients η_i and on numbers N_i of workpieces manufactured during one shift. $T_{cm1} = T_{cm2}$ is assumed

maszyn i nie wpływa na zwiększenie liczby wyprodukowanych przedmiotów. Z uwagi na przyjęte wskaźniki najkorzystniejszy jest algorytm pracy gniazda z robotem o podwójnym chwytaku, natomiast najmniej korzystny z robotem wyposażonym w pojedynczy chwytak. Zastosowanie przytokarkowych stanowisk odłączających pozwala na zwiększenie wydajności i współczynnika wykorzystania obrabiarek.

Zjawiska, jakie występują w przypadku obróbki w gnieździe przedmiotów o różnych czasach T_{cm1} , przedstawiono na rys. 3 i 4.



Rys. 3. Zależność liczby przedmiotów N_1 i N_2 wyprodukowanych w trakcie jednej zmiany od czasu trwania cyklu maszynowego T_{cm1} przy założonym $T_{cm2} = 160$ [s]
Fig. 3. Dependence of one shift turning cell output (N_1 and N_2) on machining time T_{cm1} . $T_{cm2} = 160$ sec is assumed



Rys. 4. Udział składników czasowych w skali jednej zmiany, $T_{cm1} = 160$ s;
 $T_{cm2} = 260$ s

Fig. 4. Components of the turning cell overall machining time during one shift, $T_{cm1} = 160$ s; $T_{cm2} = 260$ s

Liczba wyprodukowanych przedmiotów na poszczególnych obrabiarkach jest uzależniona od wzajemnej relacji czasów T_{cmi} . Dla $T_{cm1} = 80 + 250[s]$ liczba wyprodukowanych przedmiotów na obu obrabiarkach jest taka sama - rys.3. Dla $T_{cm1} \geq 260[s]$ wykonywać się będzie dwa razy więcej przedmiotów N_2 niż N_1 , co spowodowane jest pięciokrotnie większym średnim czasem oczekiwania T_{ocz1} niż T_{ocz2} - rys.4.

Przedstawione na wykresach zależności sugerują możliwość wykorzystania badań symulacyjnych ZGOT w zadaniach planowania, harmonogramowania i operacyjnego sterowania procesem produkcyjnym. W tabelicy 1 zamieszczono wyniki eksperymentu symulacyjnego polegającego na różnym przyporządkowaniu przyjętego do produkcji zestawu czterech serii części na zadania zmianowe. Części te podzielono na sześć dwuelementowych zestawów obrabianych kolejno przez dwie zmiany, tak aby wyczerpać program produkcyjny.

Tabela 1. Wyniki badań symulacyjnych obróbki zestawów czterech różnych części w ZGOT w trakcie dwóch dni I - $T_{cm1} = 90[s]$, II - $T_{cm2} = 160[s]$, III - $T_{cm3} = 220[s]$, IV - $T_{cm4} = 440[s]$

Table 1. Simulation of two days output of the turning cell, machining each day two predetermined workpieces from a set of four having machining time I - $T_1 = 90sec$, II - $T_2 = 160sec$, III - $T_3 = 220sec$, IV - $T_4 = 440sec$ accordingly

Wariant	Zestaw zmianowy		Wyniki produkcyjne								
	Zmiana1	Zmiana2	I		II		III		IV		η_{sr}
			N_1	η_1	N_2	η_2	N_3	η_3	N_4	η_4	
1	I II	III IV	153	0,48	154	0,85	120	0,91	60	0,91	0,79
2	I III	II IV	194	0,61	158	0,87	97	0,74	53	0,81	0,76
3	I IV	II III	222	0,69	120	0,66	120	0,91	56	0,85	0,78

W zależności od przyjętego wariantu produkcji, efekty w postaci liczby wyprodukowanych w ciągu dwóch zmian części różnią się od siebie dość znacznie. Wybór wariantu powinien być więc podyktowany potrzebami produkcji, gdyż wartości średnich współczynników wykorzystania maszyn różnią się nieznacznie.

Zakończenie

Jakościowa i ilościowa ocena współbieżnie przebiegających procesów w gnieździe pozwala na wybór ekonomicznie uzasadnionego algorytmu pracy spełniającego wymagania techniczne. Badania symulacyjne zwiększają efektywność procesu podejmowania decyzji w zakresie planowania i harmonogramowania produkcji w zależności od zapotrzebowania i stopnia wykorzystania obrabiarek.

LITERATURA

- [1] Zautomatyzowane gniazdo obróbki tokarskiej dla przedmiotów klasy wałek. Sprawozdanie z pracy nauk.-bad. wykonanej w CPBR nr 7.5, cel nr 39. Szczecin 1988 (maszynopis).
- [2] Bednarek B, Borowski J, Dworczyk M, Wąs A.: Obrabiarki sterowane numerycznie. Podstawy eksploatacji. WNT, Warszawa 1985.

Recenzent: Prof.dr inżH.Kowalowski

Wpłynęło do Redakcji do 1990-04-30.

SIMULATION STUDY OF AN INDUSTRIAL ROBOT OPERATING IN A TURNING CELL

Summary

Evaluation of various algorithms of operation of a robotized turning cell is presented. For control system application, coefficients of machine utilization are estimated as a function of part machining time.

СИМУЛЯЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ УЗЛЕ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ

Резюме

Произведены симуляционные исследования различных алгоритмов работы роботизированного узла токарной обработки построенного для промышленности. Оценён коэффициент использования токарных станков в зависимости от времени обработки для нужд операционного управления производственным процессом.