

Uwe HEISEL\*

## TENDENCJE W ZAKRESIE AUTOMATYZACJI W PRZEMYŚLE

Przedstawiono najnowsze tendencje w zakresie zautomatyzowanej produkcji w przemyśle. Szczególną uwagę poświęcono przy tym elastycznym metodom i urządzeniom produkcyjnym.

### 1. SYTUACJA WYJŚCIOWA

Początek lat 90-tych charakteryzował się stagnacją na rynku światowym oraz wynikającą z niej napiętą sytuacją w zakresie koniunktury. Będzie to w dalszym ciągu wywierało wpływ na technologię produkcji w latach następnych. Coraz bardziej na plan pierwszy wysuwać się będzie dążenie do uelastycznienia produkcji pod względem czasu i techniki. Przedsiębiorstwa koncentrują się przy tym coraz bardziej na procesach tworzących określone wartości. Wszelkie prace dotyczące wytwarzania i usług, a wykraczające poza ten zakres, są w coraz większym stopniu cedowane na poddostawców. Z tym wiąże się zmniejszenie kompleksowości produkcji. Takie pojęcia jak "lean production" lub tzw. "oszczędna produkcja", wykazująca zero braków, zero zapasów i zero awarii, stały się w tej dziedzinie modnymi hasłami. Integracja i współdziałanie wszystkich elementów to cechy wyróżniające ten sposób produkcji. Zmierza się przy tym konsekwentnie do optymalizacji zarówno przebiegu procesów w sferze wytwarzania, jak i związków z dostawcami. Celem, do którego się zmierza, jest utworzenie przejrzystych i efektywnych struktur wytwarzania.

Wiele przedsiębiorstw musi obecnie odnaleźć się w konfrontacji z coraz krótszymi cyklami użytkowania wyrobu i coraz krótszym czasem wprowadzania innowacji. Muszą się one także nastawić na zwiększającą się różnorodność produktów, wahania w zakresie wytwarzanych ilości, a tym samym na zwiększoną gotowość realizacji dostaw. Będąca rezultatem tego produkcja "just in time" wymaga minimalnych czasów przepływu przedmiotów, tak aby zredukować do minimum wielkość zamrożonego kapitału związanego z kosztownym magazynowaniem. Dla osiągnięcia celu produkcji "just in time" należy rozwinąć nowe struktury wytwarzania. Przy zastosowaniu konwencjonalnych urządzeń produkcyjnych nie da się już w przyszłości sprostać tym wymagom w takim stopniu, aby zachować konkurencyjność na rynku międzynarodowym. Stosowane w przyszłości urządzenia wytwórcze muszą spełniać bardzo wysokie

\* Instytut Obrabiarek Uniwersytetu w Stuttgarcie

wymagania odnośnie do czasu przepływu produktów, ich jakości, jak również elastyczności w zakresie produkowanych ilości i typów.

Takie wymagania ze strony rynku zmuszają przedsiębiorstwa produkcyjne do wprowadzania kompleksowych rozwiązań w sferze elastyczności produkcji. Charakteryzujące się wysoką elastycznością wytwarzanie poszczególnych podzespołów, do którego są przystosowane kompleksowe, wysoce zautomatyzowane systemy, nie wystarczają dla sprostania wymogom rynku. O powodzeniu decyduje szybko, dostosowana do wymogów i terminów produkcja pełnego wachlarza produktów.

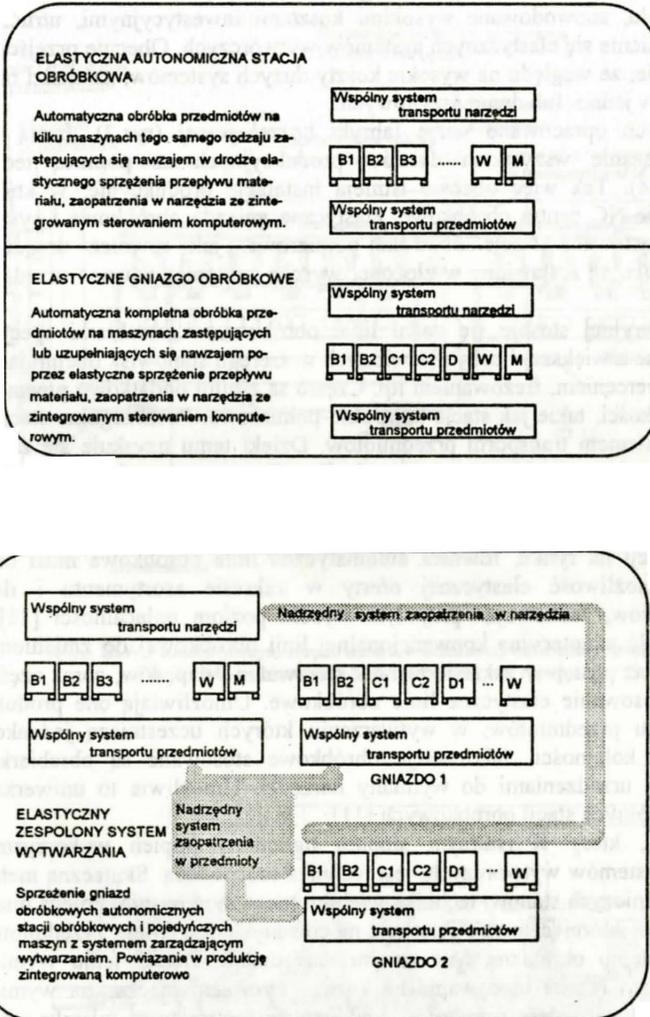
Dlatego też gotowych elastycznych systemów wytwórczych nie można po prostu zakupić. Przeciwnie, już w fazie projektowania należy określić szczegółowo wymagania stawiane takiemu systemowi. Oznacza to konieczność opracowania już w fazie projektu całościowych koncepcji produkcji, będącej w stanie sprostać następującym wymaganiom [7]:

- ukierunkowanej na użytkownika koncepcji, która uwzględni cały wachlarz przedmiotów oraz istniejące na nie zapotrzebowanie,
- koncepcja produkcji ekonomicznej w odniesieniu do systemu całościowego, jaki stanowi "przedsiębiorstwo",
- możliwość stopniowej rozbudowy maszyn,
- takiej koncepcji wytwarzania, która na wszystkich stopniach automatyzacji daje się integrować z organizacją zakładu,
- możliwości przewidywania i oceny wyników wprowadzenia koncepcji wytwarzania na wszystkich etapach realizacji.

Dla opracowania projektów takich koncepcji produkcji niezbędne jest stworzenie zbliżonych do praktyki, ekonomicznie uzasadnionych, stopni automatyzacji i określenie kryteriów ich zastosowań, tak aby doprowadzić do zrównoważenia z gamą części potrzebnych użytkownikom. W oparciu o taką strukturę, składającą się z poszczególnych stopni automatyzacji i kryteriów ich zastosowań, należy opracować profil celów, które dadzą się zharmonizować ze specyficznymi celami wytyczonymi przez przedsiębiorstwo.

## 2. ZAUTOMATYZOWANE SYSTEMY WYTWÓRCZE I ICH ELEMENTY SKŁADOWE

W latach 80-tych rozwinęły się określone formy realizacji elastycznych systemów wytwórczych (FFS) (rys.1). Poszczególne obrabiarki sterowane numerycznie, są przy tym bardzo często centrami obróbkowymi, i stanowią podstawowe moduły tych elastycznych systemów wytwórczych. Zakres ten rozciąga się obecnie od znormalizowanych autonomicznych stacji obróbkowych (FFZ), z wieloma nawzajem się zastępującymi maszynami, przez elastyczne gniazda obróbkowe (FFI), z nawzajem się zastępującymi lub uzupełniającymi jednostkami wytwórczymi, aż po złożone systemy wytwórcze (FFV), które składają się z wielu pojedynczych obrabiarek, autonomicznych stacji obróbkowych lub też gniazd obróbkowych [4]. Do tego dochodzą różne postacie systemów przepływu materiałów, dla dostarczania przedmiotów i narzędzi, oraz różne systemy informacyjne, do sterowania i nadzorowania procesu. Właściwością wszystkich nowoczesnych systemów wytwórczych jest wspomagane komputerowo sprzężenie z całym środowiskiem zakładu. W praktyce od elastycznych systemów wytwórczych oczekuje się dużej elastyczności, krótkich czasów przepływu oraz możliwości produkcji ze zmniejszoną obsadą osobową lub



Rys. 1. Formy realizacji elastycznych systemów wytwarzania (wg 5)  
 Fig. 1. Forms of Flexible Manufacturing Systems implementation (after 5).

też bezobsługowej, w połączeniu z małym zaangażowaniem kapitału. Jednakże właśnie zaangażowanie kapitału, spowodowane wysokimi kosztami inwestycyjnymi, utrudniało szybkie rozpowszechnienie się elastycznych systemów wytwórczych. Obecnie przejście na elastyczne wytwarzanie, ze względu na wysokie koszty dużych systemów, zachodzi raczej w przypadku systemów jedno- lub dwumaszynowych.

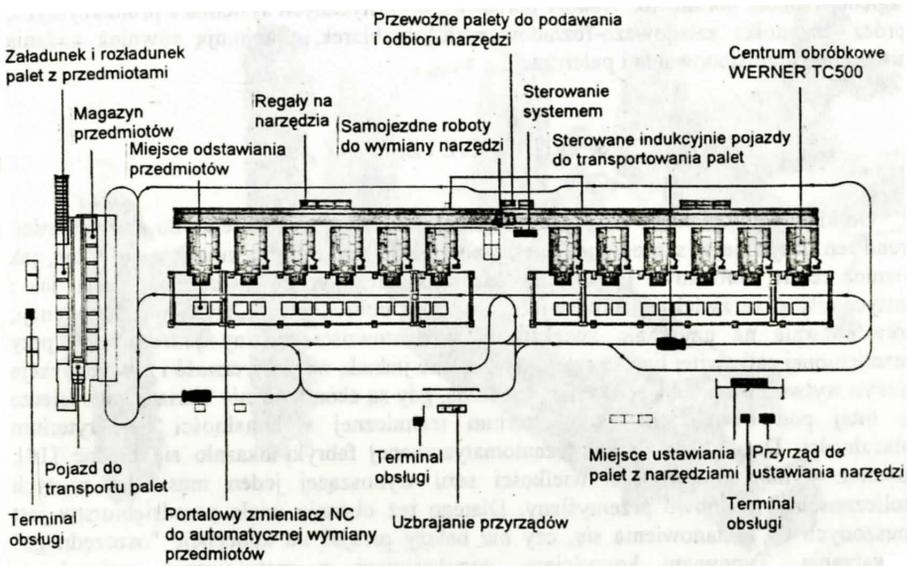
Pod koniec lat 80-tych opracowano wizję fabryki bezzałogowej (rys.2). Istotą tych rozważań jest powiązanie wszystkich działów produkcyjnych za pomocą technik informatycznych (CIM). Tak więc obecnie istnieją instalacje produkcyjne, w których sterowane numerycznie NC centra obróbkowe, elastyczne gniazda obróbkowe i systemy wytwórcze, zautomatyzowane stacje kontrolno-pomiarowe, jak również urządzenia transportu i składowania, są zestawione w złożone, wysoce zautomatyzowane urządzenia wytwórcze.

W produkcji wielkoseryjnej stosuje się nadal linie obróbkowe i obrabiarki specjalne (rys.3). Składają się one z większej liczby ustawionych w szeregu stanowisk obejmujących obróbkę toczeniem, wierceniem, frezowaniem itp. Często są z nimi dodatkowo powiązane stanowiska kontroli jakości, takie jak stacje kontrolno-pomiarowe. Poszczególne stacje są ze sobą sprzężone systemem transportu przedmiotów. Dzięki temu uzyskuje się zadaną kolejność obróbki. Właściwy cykl pracy może być realizowany w takcie, lub przez zastosowanie buforów pośrednich, w sposób beztaktowy. Takie instalacje są jednak przewidziane dla stałej wielkości produkcji. W celu dostosowania się do szybko zmieniającej się sytuacji na rynku, również automatyczna linia obróbkowa musi coraz częściej zapewniać możliwość elastycznej oferty w zakresie asortymentu i ilości produkowanych wyrobów, zachowując przy tym wysoki poziom opłacalności [11]. Z uwagi na małą zdolność adaptacyjną konwencjonalnej linii obróbkowej do zmienionych zadań obróbkowych oraz postęp w zakresie technik sterowania i napędów, coraz częściej znajdują obecnie zastosowanie elastyczne linie obróbkowe. Umożliwiają one produkcję szerokiego asortymentu przedmiotów, w wytwarzaniu których uczestniczą jednakowe stacje i w tej samej kolejności. Jako stacje obróbkowe stosowane są obrabiarki z magazynem narzędzi i urządzeniami do wymiany narzędzi. Umożliwia to uniwersalne zastosowanie poszczególnych stacji obróbkowych [11].

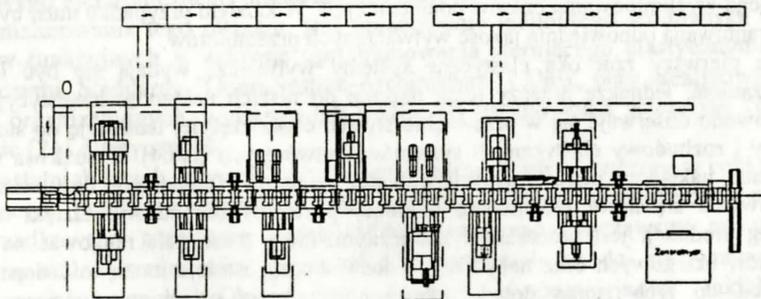
Jednym z czynników, który w istotnym stopniu ogranicza stopień wykorzystania zautomatyzowanych systemów wytwórczych, jest technika mocowania. Skuteczną metodę redukcji czasów pomocniczych stanowi technika wielokrotnego mocowania. Polega ona na zastosowaniu kostki, na której czterech ścianach mocowanych jest wiele przedmiotów, które są następnie kolejno obrabiane tym samym narzędziem. Dzięki temu wymiana narzędzia przypada tylko raz na mocowanie na kostce. Tym samym czas na wymianę narzędzia przypadający na jeden przedmiot zredukowany zostaje do ułamka czasu całkowitego.

Do ustawiania narzędzi stosowane są obecnie najczęściej nie wymagające obsługi urządzenia, które samoczynnie dokonują pomiaru i ustawiają narzędzia na wartości zadane, dostarczone przez centralny system zarządzania danymi. Następnie aktualne dane są zapisywane we własnym systemie kodowania narzędzia. Centralną częścią takiego urządzenia jest bardzo dokładny system przetwarzania obrazów, który dostarcza precyzyjnych i dających się zawsze odtworzyć danych pomiarowych.

Następnymi ważnymi składnikami w dziedzinie elastycznej automatyzacji są roboty przemysłowe. Zastosowanie standardowych robotów przemysłowych do sprzęgania ze sobą urządzeń wytwórczych okazało się rozwiązaniem ekonomicznym [2]. Tak więc w



Rys.2. ESW z automatycznym zaopatrzeniem w przedmioty obrabiane i narzędzia (wg 5)  
Fig. 2. FMS with automated workpieces and tool supply (after 5).



Rys.3. Przykład dzisiejszej technologicznej linii obróbkowej (wg 9)  
Fig. 3. Example of the present machining line (after 9).

zakresie podawania narzędzi znajdują przeważnie zastosowanie wózki samojezdne względnie roboty portalowe. Roboty portalowe w elastycznych systemach produkcyjnych, oprócz czynności załadowczo-rozładowczych obrabiarek, przejmują również zadania sortowania, komisjonowania i paletyzacji.

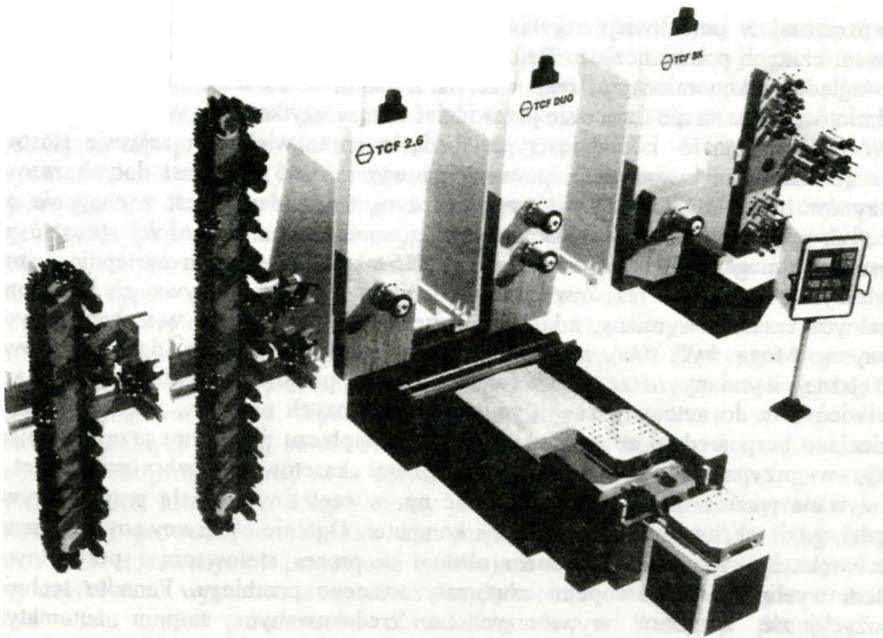
### 3. TENDENCJE I ZMIANY

Od kilku lat w technice obróbki skrawaniem obserwuje się dążenie do elastyczności. Trend ten obejmuje w szczególnej mierze obrabiarki pracujące w liniach i specjalne, jak również centra obróbkowe (BAZ) [2]. Zarówno daleko posunięta automatyzacja, jak i elastyczność oraz zwiększona wydajność centrów obróbkowych, wynikają z tendencji, która pozwala na uzyskanie zwiększonej wariantowości rodziny przedmiotów przy niezmięnionej całkowitej liczbie sztuk [3]. Uznano jednak, że elastyczność i automatyzacja maszyn wytwórczych mają sens tylko wówczas, gdy są ekonomicznie uzasadnione. Bierze się tutaj pod uwagę nie tyle kryterium technicznej wykonalności ile kryterium opłacalności. Dążenie do w pełni zautomatyzowanej fabryki okazało się błędne [10]. Również wymóg produkcji o wielkości serii wynoszącej jeden musi być w tych okolicznościach na nowo przemyślany. Dlatego też obecnie wiele przedsiębiorstw jest zmuszonych do zastanowienia się, czy nie należy przejść na koncepcję "oszczędnego" wytwarzania. Typowymi korzyściami wynikającymi z zastosowania oszczędnego wytwarzania są między innymi zwiększenie elastyczności i wydajności wówczas, gdy jest to uzasadnione ekonomicznie, oraz zredukowanie: czasów przepływu, braków, zapasów materiałowych i magazynowych oraz zapotrzebowania powierzchni.

W celu zagwarantowania opłacalnej produkcji zróżnicowanego asortymentu części, nowoczesne systemy wytwórcze muszą spełniać cały szereg warunków. Na czoło wysuwa się tutaj wymaganie krótszych czasów przepływu w powiązaniu z większą dokładnością obróbki. Ponadto należy podjąć próbę dalszego zredukowania samego czasu obróbki i znacznego wyeliminowania czasów pomocniczych. W każdym przypadku musi być jednak zagwarantowana odpowiednia jakość wytwarzanych przedmiotów.

Na pierwszy rzut oka elastyczne systemy wytwórcze wydają się być idealnym rozwiązaniem, jednakże przeczy temu dążenie do niskich nakładów inwestycyjnych. Z tego powodu obserwuje się w przedsiębiorstwach coraz częściej tendencję do stopniowej budowy i rozbudowy elastycznych systemów wytwórczych (rys.4). Umożliwia to, obok rozłożenia nakładów inwestycyjnych, również stopniowe nabieranie doświadczenia w posługiwaniu się nową technologią w miarę postępów rozbudowy. Dzięki temu, że przebieg produkcji jest procesem dynamicznym, który musi stale reagować na zmiany warunków brzegowych oraz nabywanych doświadczeń, istnieje możliwość dopasowania koncepcji do tych zmian dotąd, dopóki nie zostanie osiągnięty końcowy stopień rozbudowy. Warunkiem modułowej budowy jest tutaj zarówno standaryzacja sprzęgów mechanicznych, jak również elastyczność systemów zasilania w narzędzia i przedmioty. Dlatego też przyszłe instalacje wytwórcze będą miały przejrzystą strukturę, duży udział standardowych składników o szerokich możliwościach ponownego zastosowania i umożliwiających automatyzację na różnym poziomie, dopasowaną do liczby produkowanych sztuk [2].

W dziedzinie przepływu informacji i danych obserwuje się również dążenie do modułowej budowy układów sterowania o tzw. strukturze otwartej. Rozwiązania te



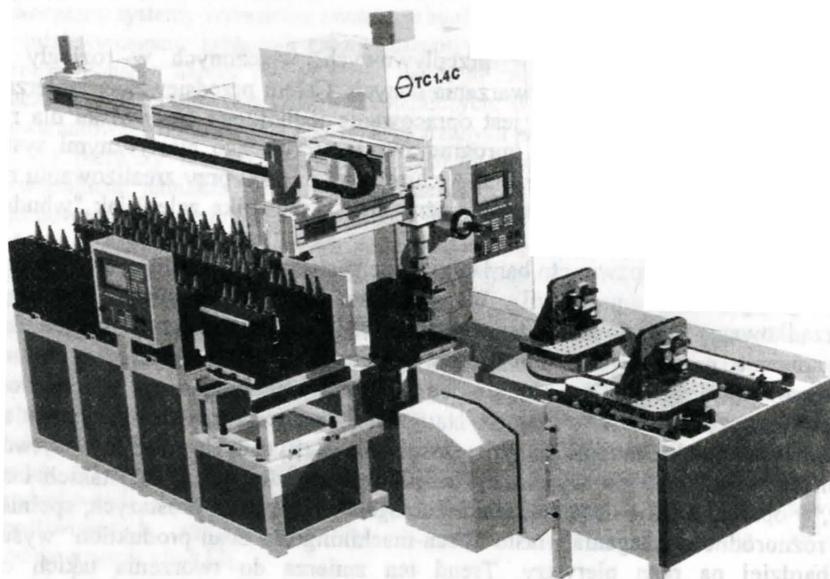
Rys. 4. Modułowa jednostka obróbkowa (wg 5)  
 Fig. 4. Modular machining center (after 5).

odchodzą od złożonych systemów przepływowych, włączonych w rozległy system zakładowego elektronicznego przetwarzania danych. Celem przedsięwzięć, zmierzających do znormalizowania tego obszaru, jest opracowanie jednolitego środowiska dla różnych modułów funkcyjnych w zakresie oprogramowania sterującego elastycznymi systemami wytwórczymi. Standardy "Open-System-Architecture" i Unix, przy zrealizowaniu nowych struktur organizacyjnych, wykazują tak ważne dla użytkownika zalety jak "wbudowana" otwartość [2] i elastyczność.

W ostatnich latach rozwinięto bardzo złożone systemy wytwórcze w celu zapewnienia poprawnego przebiegu produkcji. W systemach tych komputerowi nadrzędnemu przyporządkowano częściowo poszczególne urządzenia, począwszy od urządzeń do magazynowania przedmiotów, przez roboty portalowe, aż do elastycznych urządzeń pomiarowo-kontrolnych. Okazało się jednak, że dyspozycyjność takich złożonych systemów jest często niewystarczająca. Natomiast właśnie duża dyspozycyjność stanowi podstawowy warunek ekonomicznego zastosowania elastycznych systemów wytwórczych [6]. Ponadto niezbędna jest wysokowykwalifikowana kadra do obsługi takich instalacji. Rynek, w oparciu o takie doświadczenia, domaga się rozwiązań prostszych, spełniających jednak różnorodne wymagania. Hasło "Lean-machining dla Lean-produkction" wysuwa się coraz bardziej na plan pierwszy. Trend ten zmierza do tworzenia takich centrów obróbkowych, ukierunkowanych na osiągnięcie zamierzonego celu, które są złożone z małej liczby elementów składowych i wymagają małych powierzchni roboczych, a mimo to są precyzyjne i elastyczne. Obrabiarki takie mają uniwersalne zastosowanie, można je

łatwo przezbrajać, umożliwiają uzyskiwanie wysokiej wydajności przy zredukowanych do minimum czasach pomocniczych. Dzięki temu można, w sposób korzystny i optymalny pod względem ekonomicznym, reagować na wahania w zakresie liczby zamawianych przedmiotów, oraz na nie dające się przewidzieć okresy użytkowania wyrobów.

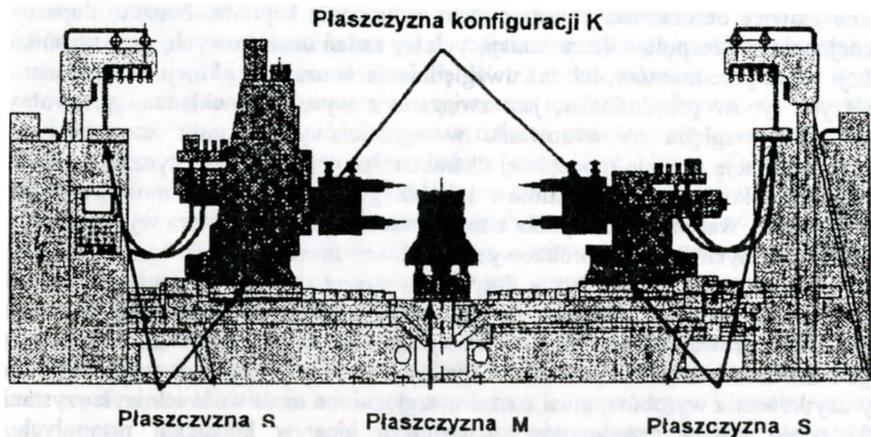
W produkcji mało- i średnioseryjnej będą w coraz większym zakresie stosowane centra obróbkowe z magazynami powierzchniowymi (rys.5), zamiast dotychczasowych magazynów łańcuchowych [5]. Główną przyczyną tej tendencji jest wymaganie coraz większych pojemności magazynów narzędzi, któremu można najprościej sprostać przez zastosowanie magazynów powierzchniowych. W takim rozwiązaniu następuje wymiana kompletnych kaset, lub też zewnętrzna wymiana narzędzi odbywa się za pomocą specjalnych kaset do wymiany, z których narzędzia są umieszczane w stałych pozycjach magazynu. Mogą być tutaj stosowane roboty portalowe, które dokonują również wewnętrznej wymiany narzędzi we wrzecionie za pomocą zmieniacza narzędzi. W przeciwieństwie do automatycznej wymiany pojedynczych narzędzi, gdzie narzędzia są wymieniane bezpośrednio ze znajdującego się na zapleczu magazynu przez samojezdne roboty, w przypadku obrabiarek z magazynami kasetowymi uzbrajanie kaset jest wykonywane ręcznie. Może się to odbywać np. w centralnym dziale przygotowywania narzędzi, gdzie obsługa ma do dyspozycji komputer. Ogólnie obserwowany jest trend do coraz większego włączania personelu obsługi w proces sterowania i przygotowania, kosztem wyeliminowania w pełni zautomatyzowanego przebiegu. Ponadto techniczna dyspozycyjność urządzeń wytwórczych o zredukowanym stopniu automatyzacji najczęściej ulega zwiększeniu [9], co ma bezpośredni wpływ na ich ekonomiczną eksploatację. Dalszymi zaletami takiego systemu są mniejsze problemy z zaakceptowaniem przez personel obsługi oraz niższe koszty wdrożenia.



Rys. 5. Centrum obróbkowe z magazynem narzędziowym w układzie poziomym (wg 5)

Fig. 5. Machining center with horizontal tool magazine (after 5).

Prognozy na nadchodzące lata w zakresie produkcji wielkoseryjnej wykazują również jednoznaczną tendencję w kierunku mniejszych jednostek produkcyjnych. Stosowane dotychczas w produkcji wielkoseryjnej elastyczne instalacje, ze względu na złożoność stosowanej technologii, w połączeniu ze sztywnym powiązaniem tzn. obróbką uzupełniającą się, prowadzą do ograniczonej dyspozycyjności. W wyniku stosowania biernych elementów takich jak np. głowice wiertarskie w magazynach lub wymienne specjalne głowice obróbkowe, powstaje duże zamrożenie kapitału. Ponadto dopasowanie konwencjonalnych zespołów do zmieniających się zadań obróbkowych, przy współbieżnej produkcji wielu przedmiotów, lub też uwzględnienie w następnej kolejności przebrojenia dla dalszych typów przedmiotów, jest związane z wysokimi nakładami pierwotnymi i wtórnymi. Ze względu na stosowanie w ograniczonym stopniu znormalizowanych modułów, instalacje te mają najczęściej charakter "prototypów". Elastyczne dopasowanie do liczby produkowanych przedmiotów lub ich geometrii nie jest możliwe, bądź jest możliwe jedynie warunkowo. Wynika z tego sprzeczność celów, która występuje również w konwencjonalnych liniach obróbkowych. Z jednej strony bowiem wymaga się niskich kosztów obróbki przedmiotów, co w dotychczas stosowanych urządzeniach prowadzi do usztywnienia ich struktur. Z drugiej strony jednak okres użytkowania wyrobów i mała wielkość serii prowadzą do budowy elastycznie przebrajalnych linii wytwórczych. Dlatego też w stosowanych w przyszłości instalacjach wytwórczych, ze względu na krótkie okresy użytkowania wyrobów, musi zostać uwzględniona możliwość ich wykorzystania do obróbki wielu typów przedmiotów. Zasadniczą ideą w koncepcji przyszłych linii obróbkowych jest zastąpienie dotychczasowej technologii ich budowy ze specjalistycznych podzespołów przez elastycznie konfigurowane moduły znormalizowane, które składają się ze standardowych zespołów podstawowych obrabiarek (rys.6). Zmierzano się zatem do odejścia od obrabiarek specjalnych i do zastosowania sprawdzonych modułów i zdecentralizowanych koncepcji sterowania, dzięki którym będzie można nadal uzyskiwać rozwiązania optymalne dla danego procesu, jak to miało miejsce w dotychczasowej technologii linii przepływowch. Integracja poszczególnych zespołów odbywa się przy tym w oparciu o znormalizowane sprzęgi dla urządzeń mechanicznych, elektrotechnicznych, hydraulicznych i pneumatycznych. Powiązanie jednostek obróbkowych może się odbywać za pomocą przenośników rolkowych, przy czym zasilanie może być przeprowadzane ręcznie lub automatycznie za pośrednictwem urządzeń manipulacyjnych. Zazwyczaj rezygnuje się wówczas z integracji z komputerem ze względu na ukierunkowany przepływ przedmiotów [5]. W porównaniu z liniami obróbkowymi nakłady finansowe są tutaj często nawet niższe. W przyszłości konfigurowanie takich instalacji będzie się odbywać z poszczególnych autonomicznych stacji obróbkowych. Każda stacja składa się z wielu jednakowych i mogących się zastępować jednostek. Zasilanie w przedmioty odbywa się za pomocą sprzężonego transportu. Do wyboru są tutaj, zależnie od wielkości instalacji, wózki, portale itp. Każda z obrabiarek jest bezpośrednio zasilana w przedmioty ze sprzężonego, centralnego przenośnika taśmowego. Tym samym odpada transport od jednej maszyny do drugiej. Ze względu na występowanie nadmiarowości można uzyskać znacznie bardziej wyważoną produkcję, ponieważ awaria systemu transportowego w obrębie jednej stacji odbija się tylko na pracy poprzedzającej wzgl. następnej obrabiarki. Jeżeli zostanie wyłączona jedna jednostka, to powoduje to jedynie wahania produkcji, a nie całkowite jej wstrzymanie. Na tym polega zasadnicza zaleta w stosunku do zwykłych, sztywnych linii obróbkowych, które mają dużą liczbę zasobników międzyoperacyjnych. Aby przy wyłączeniu poszczególnych zabiegów cała instalacja nie była skazana na przestój, potrzebne są częste magazyny pośrednie, które



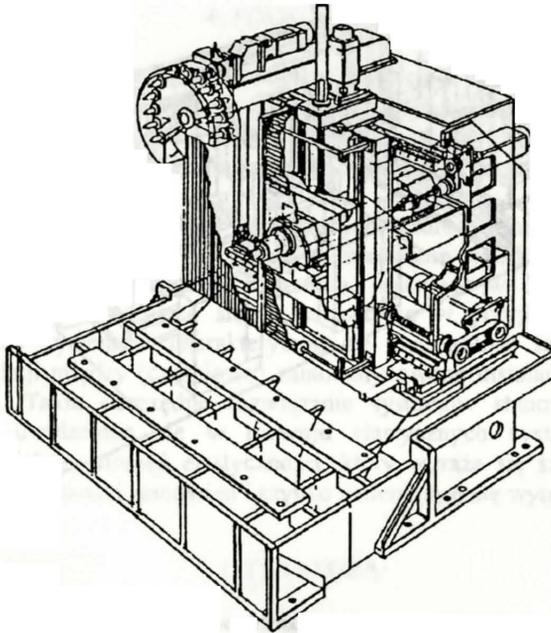
Rys. 6. Linia obróbkowa zestawiona ze znormalizowanych zespołów (wg 9)  
 Fig. 6. Machining line built from standard components (after 9).

umożliwiają odrobienie strat wynikających z awarii. To składowanie pośrednie pochłania czas, wydłuża proces wytwarzania i przez to zwiększa koszt. Dzięki znacznie korzystniejszej elastyczności w zakresie przestawiania i rozbudowy - w przypadku wahań liczby wytwarzanych przedmiotów można taki system rozbudowywać przez dołączanie dodatkowych modułów, wzgl. redukować przez ich odłączenie - można się spodziewać szybkiego rozpowszechnienia tego rodzaju linii w produkcji wielkoseryjnej. Ten elastyczny system linii obróbkowych (FST) wpłynie w przyszłości na obraz produkcji wielkoseryjnej.

Podjęmowane są również próby zastosowania skrawania z dużymi prędkościami HPM (High Production Machining). W przeciwieństwie do obróbki konwencjonalnej, skrawanie z dużymi prędkościami pozwala na zwiększenie parametrów skrawania (posuwu i prędkości skrawania). Prędkości te kształtują się jednak w dalszym ciągu poniżej poziomu właściwego dla obróbki z bardzo dużymi prędkościami HSC (High Speed Cutting). Ważne przy tym jest to, że redukcja czasów pomocniczych, a tym samym także wymiany narzędzi, połączona z wymuszonym zatrzymaniem wrzeciona, jak również krótkie czasy przemieszczania i ustawiania, przyczyniają się w istotny sposób do uzyskania optimum produkcyjnego. Największą rolę skrawanie z dużymi prędkościami odgrywa w zastępowaniu wielowrzecionowej, nieelastycznej obróbki wierceniem przez obróbkę jednowrzecionową z automatyczną wymianą narzędzi [1]. Jednak w wierceniu obróbka wielowrzecionowa, z równoczesną pracą wielu narzędzi, pozostanie dalej podstawową technologią w produkcji wielkoseryjnej przy dużej liczbie sztuk [8]. Zakres zastosowania skrawania z dużymi prędkościami rozciąga się od elastycznych systemów

wytwórczych (ok. <math>30.000</math> przedmiotów/rok) do linii obróbkowych (>160.000 do >300.000 przedmiotów/rok, zależnie od materiału). Stwierdzono, że wraz ze wzrostem liczby czynności obróbkowych w ramach jednego cyklu produkcyjnego można uzyskać wzrost opłacalności zastosowania HPM.

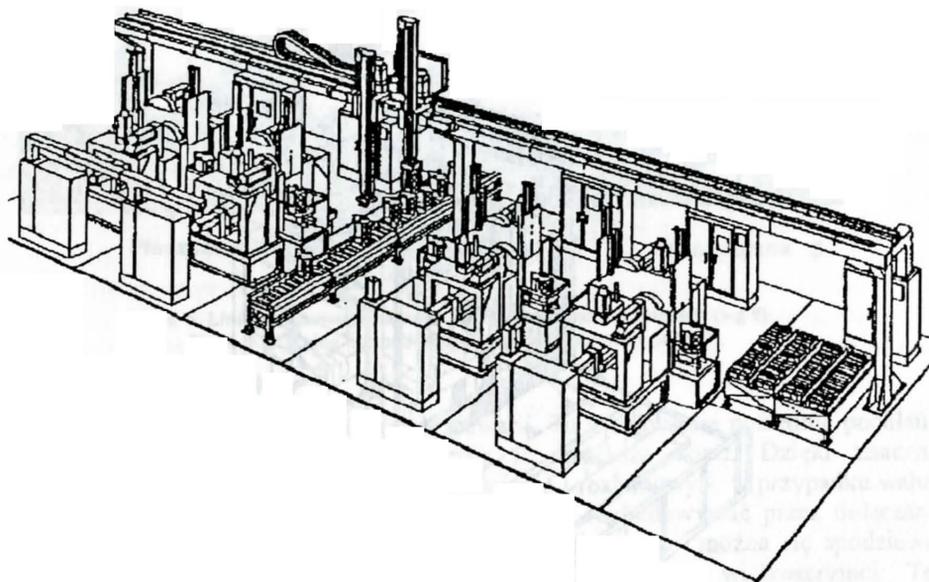
Zastosowanie tej technologii wymaga zastąpienia klasycznego centrum obróbkowego, które jest zaprojektowane na przeciętne obciążenia i przeciętne skrawanie (wiercenie, frezowanie). Podczas gdy we frezowaniu można dalej stosować standardowe obrabiarki, to do wiercenia z dużymi prędkościami muszą być opracowane nowe rozwiązania obrabiarek (rys.7). Dzięki konsekwentnemu stosowaniu lekkich konstrukcji wzgl. redukowaniu ruchomych mas, można na tych obrabiarkach uzyskiwać przyspieszenia rzędu  $10 \text{ m/s}^2$  oraz prędkości pozycjonowania do  $40 \text{ m/min}$ .



Rys. 7. Koncepcja maszyny do obróbki metodą HPM (wg 1)  
Fig. 7. Conception of HPM machine tool (after 1).

W porównaniu z tym w konwencjonalnych jednostkach takich jak stoły krzyżowe lub jednostki posuwu można było uzyskać przyspieszenia rzędu  $3 \text{ m/s}^2$  oraz prędkości pozycjonowania  $22 \text{ m/min}$ . Pożądana maksymalna prędkość obrotowa wrzeciona powinna obejmować do zakres ok.  $15.000 \text{ 1/min}$ . Ze względu na to, że w jednym cyklu pracy stosowana jest większa liczba narzędzi, to musi być zapewniona szybka wymiana narzędzi i krótkie czasy od zamocowania do zamocowania ( $5 \text{ s}$ ). Tego rodzaju obrabiarki mogą być włączane, jako standardowe maszyny podstawowe, w opisaną koncepcję elastycznego

systemu linii obróbkowych. Te określane mianem "zwinnych systemów" linie obróbkowe (rys.8) powinny być w przyszłości instalowane i stosowane w produkcji seryjnej np. silników i skrzyń przekładniowych.



ys. 8. "Zwinny" system do obróbki metodą HPM (wg I)  
Fig. 8. "Agile" system for HPM machining (after I).

Oprócz instalacji produkcyjnych również w obszarze urządzeń peryferyjnych tkwią duże rezerwy dla racjonalizacji. Wg opinii ekspertów można tutaj zaoszczędzić do 30 % kosztów produkcji [2]. Możliwość lepszej integracji procesów transportu z przebiegiem produkcji można uzyskać przez zastosowanie samojezdnych systemów transportowych (FTS). Również wykorzystanie robotów w połączeniu z FTS. Ze względu na ich zdolności adaptacyjne będą one ważnym czynnikiem integracji przyszłych systemów wytwórczych. W szczególności możliwe jest zastosowanie małych, przystosowanych do systemu produkcyjnego, instalacji, z niewieloma pojazdami i stosunkowo prostymi

urządzeniami peryferyjnymi. Do transportu dużych mas o wadze aż do kilku ton, będą coraz częściej stosowane systemy na poduszkach powietrznych. Zdecydowana zaleta tej techniki polega na tym, że uzyskuje się elastyczne systemy transportowe, które wymagają małych nakładów inwestycyjnych i niewielkiego zużycia energii.

Podobnie jak w przypadku obrabiarek, również w dziedzinie robotów przemysłowych przyjmuje się coraz bardziej konstrukcja modułowa. Podczas gdy w przypadku urządzeń podających modułowa budowa stanowi już standard nowoczesnej techniki, to w przyszłości również roboty przemysłowe będą mogły być konstruowane z większej liczby standardowych modułów, stosownie do określonych wymagań. Moduły te pozwolą na dowolne kojarzenie ich ze sobą i dokonywanie zmian, bądź też ich rozbudowy, w przypadku zmiany zakresu zastosowań. W powiązaniu z "otwartym" sterowaniem te elastyczne konstrukcje modułowe umożliwiają zestawianie robotów przemysłowych w sposób dostosowany do specyfiki zadań w zakresie zastosowań do manipulowania narzędziami i przedmiotami.

#### 4. PODSUMOWANIE

Obecnie, w porównaniu z latami 80-tych, dokonuje się zmiana świadomości w odniesieniu do pełnej automatyzacji i możliwie największej elastyczności urządzeń wytwórczych. W międzyczasie uznano bowiem, że duża złożoność istniejących już urządzeń wytwórczych powoduje trudności w opanowaniu systemu oraz zmniejsza ich dyspozycyjność.

Rozwój autonomicznych stacji obróbkowych, które są odporne na awarie, jest rozwiązaniem przyszłościowym, co umożliwi sprostanie oczekiwaniom. W tym celu będzie się stosować małe, rozproszone moduły, pracujące w dużej mierze w sposób samowystarczalny i komunikujące się ze sobą tylko w przypadku konieczności. Te oszczędne formy systemów charakteryzują się szczególnie sensownym podziałem wymaganych funkcji między (częściowo) zautomatyzowaną instalację i jej składniki, jak również obsługą. Takie oszczędne rozwiązania systemów stanowią odzwierciedlenie tendencji, która uwidacznia się w rozwoju elastycznych systemów wytwórczych. Wymagany jest większy stopień elastyczności, który wyraża się szczególnie zdolnością reakcji na wahania wielkości zamówień i szybko zmieniające się wymagania obróbkowe.

#### LITERATURA

- [1] BERGER M., *Neue Bearbeitungssysteme für die Großserienfertigung*, Unterlagen Hüller Hille, 1993
- [2] DÖRKEN T.P., SKUDELNY C., *Flexible Fertigung - Fachgebiete in Jahresübersichten*, VDI-Zeitung 135 (1993) 9, s.57-71
- [3] FRAUENFELDER M., *Tendenzen in der spanenden Fertigung*, wt 82 (1992) 7/8, s.38-40
- [4] HAMMER H., *Development and State of Flexible Manufacturing Systems*, 25th CIRP International Seminar on Manufacturing Systems, 22-23 April 1993, Bled, Slovenien, s.97-112
- [5] HAMMAR H., *Flexible Fertigungssysteme im Lean-Trend. Veränderungen der Zielvorgaben gemäß der Devise: Do it flexible - but keep it simple*, Unveröffentlicht Fritz Werner, Berlin 1994
- [6] HEISEL U., HAMMAR H., *Influences on the Availability of Flexible Manufacturing Systems*, CIRP Annals 1992 Manufacturing Technology 1992, Hallwag Ltd., Bern, s.459-462
- [7] HEISEL U., HARTMANN CH., *Einsatzkriterien für die Planung von Automatisierungsstufen*, VDI-Zeitung 134 (1990) 10, s.60-71
- [8] MAYER E. A., *Mehrspindling Bohren mit automatischer Bohrbildnderung*, Dissertation Universität Stuttgart, 1982
- [9] N.N., *Produktinformation Gebr. Heller GmbH, Nürtingen* 1993

[10] N.N., *Produktionsinsel -Alternative zur Lean-Produktion?* , wt 83 (1992) 7/8, s.22-24

[11] WECK M., *Werkzeugmaschinen - Fertigungssysteme Band 1*, VDI Verlag GmbH Düsseldorf 1991

## TENDENCIES OF AUTOMATION IN INDUSTRY

Newest tendencies of automated manufacturing in industry were presented. Flexible manufacturing technics and devices have been regarded.