

## **Rozdział 10**

# **Systemy Informacyjne Produkcji**

Rozdział ten ma potrójny cel. Po pierwsze, sprawdzimy komponenty automatyzacji komórki roboczej automatyzacji procesów pomocniczych i federację systemów informacyjnych zarządzania fabryki. Po drugie, zastanowimy się nad niektórymi zastosowaniami tych komponentów (funkcji, podsystemów, systemów i federacji), w obejmujących całe zakłady układach, mających postać piramid systemów informacyjnych operacji fabryki. Wreszcie, proponujemy w nim poziomą architekturę komputerowo zintegrowanej produkcji. Omówimy w tym rozdziale także, jak rozwinie się wydajność wytwarzania dzięki pełnej integracji oprogramowania planowania i kontroli produkcji z oprogramowaniem inżynierii wyrobów i oprogramowaniem obrabiarek.

### **KONCEPCJA ZAUTOMATYZOWANEJ PRODUKCJI**

W typowej zautomatyzowanej fabryce są następujące wymagania:

- Zasadnicze operacje robocze (np. cięcie metalu, obróbka maszynowa) są regulowane automatycznie, zgodnie z ustalonym programem operacji. Ustawienie i wymiana narzędzi odbywa się automatycznie według stałego programu.
- Kontrola dotyczy szeregu prostych zmiennych, np. wymiarów komponentów, które można sprawdzać w sposób automatyczny z użyciem mechanicznych, optycznych, pneumatycznych

i elektromechanicznych instrumentów. Instrumenty takie mogą również wykrywać wady, sortować komponenty i określać kształty lub właściwości chemiczne (np. lepkość, zmętnienia).

- Manipulowanie strumieniami cieczy przestało być trudnym problemem technicznym w procesach ciągłej produkcji. Istnieją różne nowe urządzenia do pracy z ciałami stałymi. Są to podajniki grawitacyjne do maszyn, przenośniki grawitacyjne i wibracyjne, transportery z napędem. Ponadto wiele materiałów stałych można transportować rozpuszczając je lub robiąc zawiesinę lub też stosując fluidyzację, by zachowywały się jak płyny. Przepływem surowców i części przez fabrykę steruje Programowalny Logiczny Kontroler (PLK) lub komputery (mikrokomputery i minikomputery).
- Montaż może odbywać się w sposób zautomatyzowany w prostych procesach. Jest wiele urządzeń mechanicznych, które przenoszą i łączą z sobą komponenty o nieskomplikowanych kształtach. Stosuje się je np. przy montażu drewnianych drzwi, podwozi, ram, części maszyn, do kasplowania butelek, przy wytwarzaniu lamp elektrycznych. Przy dokładnym montażu, wymagającym delikatnych manipulacji i regulacji człowiek wciąż jeszcze ma przewagę nad maszyną. Można mechanizmów sterowanych automatycznie używać do stymulowania niektórych ruchów na zasadzie prób i błędów normalnie wykonywanych ludzkimi rękoma. Najbardziej prawdopodobnym kierunkiem rozwoju jest automatyzacja montażu. Można go znacznie uprościć przeprojektowując produkty i zmieniając procesy, tak by się obyć bez wielu czynności ręcznych. Taka automatyzacja procesów produkcyjnych jest już szeroko stosowana przy montażu obwodów elektronicznych, produkcja których wiąże się ze skomplikowanymi układami elektronicznymi. Od 30 lat np. można drukować obwody (dla radia, telewizora, urządzeń komputerowych) na płytce izolacyjnej i z zastosowaniem automatów. Montaż staje się prostą czynnością mechanicznego wsuwania komponentów, takich jak półprzewodniki, oporniki, kondensatory do

płytki z obwodem. Przeprojektowanie silników pojazdów mechanicznych umożliwiło automatyczne przykręcanie śrub na linii montażowej.

- Centralne lub automatyczne sterowanie poszczególnych procesów jest szeroko stosowane w niektórych przemysłach. Niektóre fabryki integrują nawet to sterowanie i otrzymują Komputerowo Wspomagane Wytwarzanie (KWW) lub Komputerowo Zintegrowaną Produkcję (KZP) (1).

Nowe osiągnięcia inżynierii systemów stwarzają bazę techniczną do pełnej automatyzacji. Istnieją metody integrowania skomputeryzowanych operacji różnych urządzeń fabrycznych przez piramidowy i poziomy przepływ informacji.

### AUTOMATYZACJA KOMÓREK ROBOCZYCH

Podstawowym elementem organizacji produkcji jest komórka robocza. Od sposobu rozwiązywania jej automatyzacji, czyli od KWW zależy system danej fabryki. Zastosowanie KWW jest różne dla różnych typów komórek roboczych. W celu zorganizowania maszyn w komórki, można zastosować jeden z następujących trzech schematów: komórki technologiczno-funkcjonalne z jednym typem maszyn, komórki maszyn przedmiotowo-zamkniętych lub komórki z ciągłą linią produkcyjną. Maszyny jednego typu nadają się do takich detali, które dzięki swoim cechom mogą być produkowane w zasadzie w toku jednego typu procesu roboczego. Komórki przedmiotowo-zamknięte to takie rozwiązanie, przy którym używa się kilku maszyn razem bez przenoszenia części między oddziałami. Komórki te zawierają maszyny potrzebne do produkcji tej samej rodziny części i maszyny są wyposażone w odpowiednie narzędzia oraz mają odpowiednie ustawienie i operatorów wyspecjalizowanych w produkowaniu danej rodziny części. Rozwiązanie z przepływem liniowym to wreszcie grupa maszyn połączonych systemem przenośników.

W komórkach technologicznych produkcja jest mało- lub średnioseryjna i automatyzacja ma postać Sterowania Numerycznego (SN), będącego rodzajem programowanej automatyzacji. Po

zakończeniu zadania zmienia się program instrukcji. Dzięki możliwości zmieniania programu dla każdego nowego zadania, SN oznacza się wysoką elastycznością. Urządzenia SN zaprojektowano do wykonywania tak różnych operacji, jak wiercenie, prace w kopalni, szlifowanie, obsługa pras do blach, spawanie punktowe, spawanie łukowe, nitowanie, kontrola i manipulowanie częściami.

Wykonywanie programu instrukcji należy do Programowanego Logicznego Kontrolera lub Komputerowego Systemu Sterowania Numerycznego (KSSN). KSSN to system SN wykorzystujący minikomputer, który może pracować w czasie rzeczywistym. Jednakże sam minikomputer stanowi tylko część rozwiązania: w celu wprowadzenia tego zastosowania potrzebne jest oprogramowanie. Oprogramowanie procesów zachodzących w czasie rzeczywistym musi nadawać się do współbieżnego wykonywania kilku niezwiązanych ze sobą programów i zajmowania się niespodziewanymi, priorytetowymi potrzebami, spowodowanymi zakłóceniami zewnętrznymi. Miara przydatności komputera do wykonywania tych operacji w odpowiedni sposób jest cecha zwana „przełączaniem kontekstu”. Czas przełączania kontekstu może być krótszy od kilku mikrosekund.

Komputery KSSN sterują tylko jedną lub kilkoma obrabiarkami. Do sterowania całą komórką roboczą stosuje się np. Bezpośrednie Sterowanie Numeryczne (BSN). Można powiedzieć, że BSN to KWW, w którym pewną liczbą maszyn steruje komputer bezpośrednio połączony w czasie rzeczywistym. W zasadzie można korzystać z jednego komputera do sterowania do 100 oddzielnych maszyn!

Sterowane numerycznie obrabiarki wniosły olbrzymie zmiany do wysoce wydajnej koncepcji systemu produkcji małoseryjnej. Dalszy postęp osiągnięto, kiedy maszyny SN utworzyły centrum obróbkowe. Jedno z pierwszych takich centrów stworzyli w USA w 1958 r. Kearny i Trecker. Nosił on nazwę Milwaukee-matic. Pozycja centrum obróbkowego utrwaliła się w postaci agregatu obrabiarkowego wielooperacyjnego po zastosowaniu

Automatycznego Zmieniaacza Narzędzi (AZN) i Automatycznego Podawacza Materiałów (APM).

Obrabiarka SN automatyzuje jedynie środki obróbki. Natomiast systemy AZN i APM to automatyzacja systemu obróbki w systemie produkcji różnych elementów w małych i dużych partiach. Operator musi jedynie zakładać i zdejmować obrabiane elementy, których obróbka jest już automatyczna.

W przedmiotowo zamkniętej organizacji grupy maszyn stosuje się filozofię produkcji, zwaną grupową technologią. Jej podstawowym zadaniem jest produkcja wyrobów prostych i w małych ilościach przy stosowaniu metody produkcji masowej (2). Do wykonania tego zadania służy rozwiązanie automatyzacji o nazwie System Elastycznej Produkcji. Jest to specjalny agregat i/lub linia montażowa, w której obrabia się rodzinę podobnych części, stworzoną dzięki zastosowaniu zasad grupowej techniki (3). Przy Elastycznym Systemie Produkcji maszyny łączy się tak, by tworzyły „komórkę”, w której jakaś grupa części od początku do końca jest poddawana obróbce. Najszerszej jest stosowana definicja Systemu Elastycznej Produkcji jako komórki KSSN maszyn z zautomatyzowanym manipulowaniem materiału i automatycznie kierowanym pojazdem między maszynami. Elastyczna komórka produkcyjna często zawiera Maszynę Mierzącą Współrzędne (MMW), która zapewnia automatyczną inspekcję zarówno obrabianych materiałów, jak i ukończonego produktu i umożliwia poprawienie wymiarów bez zdejmowania przedmiotu z obrabiarki.

Wszystkie operacje maszynowe, pomiary i ruchy materiału między maszynami są następnie kontrolowane przez Podsystem Kontroli Komórki. Zazwyczaj po załadowaniu materiału do systemu od pierwszej aż do ostatniej operacji jest on nietknięty ludzką ręką. Bywają niekiedy potrzebne pewne operacje manualne przy zmianie narzędzi i pomiarach w toku obróbki, lecz przy stosowaniu MMW jest to sprawą wyjątkową. W niektórych Elastycznych Systemach Produkcji planowana interwencja człowieka nie jest potrzebna od momentu załadowania części i narzędzi (4).

Operator Elastycznego Systemu Produkcyjnego wprowadza kod części do komputera nadzorującego, który wyprowadza program danej części do pamięci PLK lub KSN. Te same informacje podaje się kolejno Zautomatyzowanemu Systemowi Magazynowania i Wyszukiwania Informacji Automatycznie Kierowanemu Pojazdowi (AKP); komputer nadzorujący zajmuje się następnie kontrolą i sterowaniem ruchem, co zapewnia audiowizualne informacje na temat obróbki części w danej komórce.

W komórkach roboczych, w których wykonuje się prace specjalistyczne, np. spawanie lub malowanie, stosuje się roboty. Roboty są to sterowane, programowane, wielofunkcyjne urządzenia, które w sposób automatyczny wykonują programową sekwencję ruchowych operacji. Są one idealne, jeśli chodzi o zastępowanie ludzi przy pracach powtarzalnych, niebezpiecznych czy nużących. Roboty stosuje się również do manipulowania częściami (przeniesienie z jednego miejsca na drugie), ładowania i rozładowywania maszyn (tłoczenie, kucie, cięcie metali, wtryskarki i montaż). Przy prostym mechanicznym montażu są one przedłużeniem maszyn, jeśli chodzi o branie elementów i ich umieszczanie.

Niektóre roboty mogą nawet mieć „wzrok” lub inne „zmysły”. Przy bardziej złożonych procesach, takich jak np. rafinacja oleju, urządzenie nadzorujące musi sterować ponad 1 tys. zmiennych, a każda para zmiennych wejścia-wyjścia reprezentuje pętlę sterowania. Przed wprowadzeniem cyfrowego sterowania komputerowego używano sterowników analogowych do regulowania poszczególnych pętli procesów przemysłowych. Obecnie konwencjonalne sterownicze urządzenia analogowe zastąpiono Bezpośrednim Sterowaniem Cyfrowym (BSC) i regulacja tego procesu odbywa się za pomocą komputera z podziałem czasu, przetwarzającym dane wyrywkowo, a nie za pomocą wielu pojedynczych elementów analogowych, z których każdy pracował w sposób ciągły i rozłączny. Dzięki BSC komputer oblicza potrzebne wartości parametrów wejściowych, a następnie wpływają one bezpośrednio na dany proces („zamknięta pętla” (5).

Wykorzystywanie komputera jedynie do funkcji BSC jest obecnie nieco anachroniczne, gdyż rozszerzone BSC pozwala na

optymalizację niektórych zadań całego procesu. Takim celem może być maksymalizacja produkcji przy dopuszczalnym poziomie kosztu jednostkowego produktu. Na podstawie modelu matematycznego procesu zaprogramowanego w komputerze zostaje obliczona wielkość wodząca, tak by optymalizowała funkcję wynikową (6). Inaczej mówiąc, BSC spełnia rolę lokalnego inspektora, który optymalizuje, steruje i kontroluje wielki proces przemysłowy (w takich dziedzinach jak chemikalia, petrochemia, wyrob stali, przetwórstwo żywności itp.).

Ze względu na to, że teren produkcji składa się z kilkuset komórek produkcyjnych, każdą z nich steruje inny poziom komputerowego systemu zastosowań. Z tego też względu dokładna konfiguracja będzie inna w każdym przemyśle, procesie wytwórczym czy w środowisku odmiennych producentów.

Na przykład w przemyśle samochodowym opracowano specyfikacje i określono zastosowania Programowego Logicznego Kontrolera w odpowiedzi na propozycje przedstawione przez różnych dostawców systemów komputerowych. W większości zastosowań komórek roboczych podstawowa charakterystyka PLK obejmuje bramki interfejsyjne do podłączania do sieci, opcje czasu rzeczywistego, przyjazny układ człowiek-maszyna i modułarne wewnętrzne kontrolery łączące komunikacyjnych, podłączanych do kontrolerów zewnętrznych, które sterują różnymi elementami komórki. W wyniku postępu technicznego często zastępuje się PLK komputerami osobistymi i minikomputerami, zwłaszcza, jeżeli do komunikacji na terenie zakładu jako lokalnej sieci komputerowej używa się Protokołu Automatyzacji Wytwarzania (PAW). Ponieważ komunikacja w komórkach roboczych i na wyższych poziomach odbywa się przez PAW, lepiej stosować bardziej elastyczne pod względem komunikacyjnym PC lub mini niż PSL.

Przy obecnym modelu sterowania komórkami roboczymi wyróżnia się dwa podsystemy sterowania:

- Bezpośrednie Sterowanie Numeryczne, które pod względem informacji integruje (steruje, kontroluje) operacje wytwórcze wykonywane przez KSN i centra obróbkowe.



- Podsystem Sterowania Komórki, który pod względem informacji integruje (steruje, kontroluje) operacje wytwórcze wykonywane przez Elastyczne Systemy Produkcji, roboty i Elastyczne Systemy Montażu.

## AUTOMATYZACJA PROCESÓW POMOCNICZYCH

W celu utrzymania dobrej jakości wytwarzania, są konieczne pomocnicze procesy produkcyjne. Do tego rodzaju procesów działających w środowisku KWW należą:

### System Kontroli Jakości.

— Metodami Pomiaru Komputerowego steruje oprogramowanie, które pobiera z technicznych opisów części i wyrobów podstawowe dane i automatycznie mierzy części, by sprawdzić czy wyprodukowano je z tolerancją określoną w projekcie danej części. Maszyny te mają próbnik, który automatycznie posuwa się do zaprogramowanego punktu, robi pomiar i pokazuje lub zapisuje wyniki. Dane te tworzą także stałą dokumentację kompanii, będącą w razie skargi klienta dowodem, że daną część wykonano dokładnie (9). Nadzorem kilku jednostek Komputerowo Wspomaganej Kontroli zajmuje się Podsystem Sterowania Kontrolą. Zwykle funkcja Komputerowo Wspomaganej Kontroli znajduje się wewnątrz danej komórki roboczej.

— Komputerowo Wspomagane Testowanie sprawdza jakość części i produktów wymagających specjalnych cech. Zazwyczaj części są sprawdzane porównywane z dobrym egzemplarzem lub znanym wzorcem, zapisanym cyfrowo lub na urządzeniu wideo. Nadzór nad działaniem Komputerowo Wspomaganego Testowania sprawuje Podsystem Sterowania Testem.

### System Manipulowania Materiałami

— Automatycznie Kierowany Pojazd to poruszający się robot, który transportuje materiały, części, produkty, narzędzia, dokumenty itp. między komórkami roboczymi, a w nich magazynami. AKP zapewnia transport dwukierunkowy i kieruje się wzdłuż biernej ścieżki zainstalowanej na płytkach podłogowych lub dywanie, lub też pod nimi. Rozłączalne i na stałe umocowane palety przenoszą ładunki do 250 kilogramów. Znajdujący



się w robocie mikroprocesor umożliwia automatyczne sprzężenie systemu z windami i automatycznymi drzwiami. Procesor centralny za pomocą urządzeń na podczerwień przekazuje pokładowemu mikroprocesorowi wcześniej zaprogramowane instrukcje dotyczące drogi.

— Inne rozwiązania niż AKP:

Wózek elektroniczny, który porusza się pionowo i poziomo po torze z lekkiego aluminium. Tor dla wózków elektronicznych może się znajdować na poziomie komórki roboczej lub może być zawieszony nad głowami. Taki w pełni automatyczny transport służy do przewożenia drobnych elementów między różnymi stanowiskami pracy w sposób stały lub tylko w razie potrzeby. Stosuje się tu wózki elektroniczne o własnym napędzie, które mogą się cicho poruszać po sieci torów łączącej od dwóch do 200 stanowisk. W każdym wózku może być ładunek do 20 kilogramów (małe części, papiery, narzędzia, itp.).

— Skomputeryzowana Pneumatyczna Poczta zapewnia szybkość i niezawodną dostawę na żądanie małych elementów, ważących do dwóch kilogramów. Te niełamiwe i odporne na zgniatanie przenośniki wędrują pionowo lub poziomo z szybkością 500 metrów na minutę wewnątrz galwanizowanej stalowej rury. Dzięki modularnej konstrukcji można system modyfikować i rozbudowywać.

— Selektowny Przenośnik Pionowy jest automatycznym ciągłym przenośnikiem łańcuchowym. Zaprojektowany do wydajnej i cichej dystrybucji w wielokondygnacyjnych budynkach. Selektowny Przenośnik Pionowy przenosi pionowo zaadresowane skrzynki, przy czym zachowują one poziome położenie. Skrzynki wchodzi do przedziału szybowego systemu i wychodzą z niego automatycznie. Ich ładunek może ważyć do 25 kilogramów. Koordynacją wszystkich Automatycznie Kierowanych Pojazdów zajmuje się Podsystem Sterowania Transportem. Kieruje on ruchem i przekazuje instrukcje drogowe pokładowym procesorom pojazdów za pomocą urządzeń na podczerwień. W razie operowania w obszarze bardziej złożonego środowiska Podsystem Ste-

rowania Transportem przekazuje różnego rodzaju informacje dotyczące pojazdów, są to np. stan wszystkich urządzeń, nadawanie priorytetów, informacje dotyczące ruchu, automatyczny „rozkład jazdy” i dystrybucja pojazdów.

— Automatyczne Manipulowanie Materiałem składa się z urządzeń związanych z transportem, które przenoszą większy wolumen części na paletach między stanowiskami roboczymi w Systemie Elastycznej Produkcji oraz między nimi, a między magazynami wyrobów gotowych lub produkcji w toku. Koordynacją Automatycznego Manipulowania Materiałem zajmuje się Podsystem Sterowania Manipulowaniem Materiałami.

#### System Kierowania Zapasami w Czasie Rzeczywistym

— System Automatycznego Magazynowania i Wyszukiwania Informacji, kierowane komputerem wyszukiwanie i magazynowanie części. Jest to system dla magazynów z dużymi ruchomymi półkami. Na podstawie bezpośrednich wytwarzanych przez komputer instrukcji pobrania lub włożenia robot dostarczy pewną partię części w dowolne miejsce i zapisze to miejsce, by zachować informacje na przyszłość, lub umieści daną część we wcześniej zaprogramowanym miejscu, lub też przesunie się do wybranego miejsca, by pobrać jakąś część. W magazynach roboty te pracują w warunkach, kiedy regały z półkami sięgają wysokości 10 do 16 metrów i liczba umieszczonych na nich lub zabieranych z nich części przekracza dziennie 2 tys. System ten zmniejsza do minimum czas dostępu do magazynowanego produktu (10) i jest bardzo ważnym ogniwem w filozofii „Dokładnie Na Czas” (*Just-In-Time*). Przygotowuje materiały i komponenty dla komórki produkcyjnej wówczas, gdy są potrzebne. Nadzór nad wieloma kompleksami SAMiW sprawuje System Sterowania Dystrybucją.

— Proces pakowania kompletuje produkty do wysłania klientom zgodnie z zaprogramowanymi instrukcjami, dotyczącymi opakowania, instrukcji dla użytkownika, nalepek z adresem itp. Wiele stanowisk pakowania jest nadzorowanych przez Podsystem Sterowania Pakowaniem (8).

## FABRYCZNA FEDERACJA SYSTEMÓW INFORMACYJNYCH ZARZĄDZANIA

Fabryczna Federacja SIZ jest zbiorem systemów informacyjnych, które, aby wykonać zamówienia klientów, kontrolują informacyjnie Federację Systemów KWW, Zautomatyzowane Urządzenia Produkcyjne, Automatyzację Procesów Pomocniczych, Zasoby Ludzkie.

Fabryczna Federacja SIZ składa się z następujących systemów:

System Kontrolny Zakładu (SKZ), który w czasie rzeczywistym koordynuje harmonogramy zakładu.

System Zbierania Danych (SZD), który daje możliwości szybkiego uchwycenia danych, tak że istnieje możliwość oceny korekty przebiegu operacji i sprawdzenia sytuacji, które wymagają korekty. Można podstawowe dane — analogowe lub cyfrowe — zbierać automatycznie (przetworniki, przekształtniki analogowo-cyfrowe, multipleksery itp.) lub też wprowadzać ręcznie do terminali z ręcznym wejściem. SZD można wdrażać do konfiguracji hierarchicznej, w której na terenie zakładu wchodzi Programowane Logiczne Kontrolery, mikrokomputery i minikomputery. Te komputery szerebnego pośredniego spełniają rolę stacji przekaznikowych, służą do zbierania i agregowania danych produkcyjnych przed wysłaniem ich do komputera fabrycznego.

System Kierowania Bazą Danych, który zbiera wspólne dane z zakładu i przekazuje je do planowania, kontroli sterowania produkcji.

Systemy Wspomagania Zarządzania, które mogą obejmować różne Systemy Wspomagania Decyzji, Systemy Eksperckie, Systemy Informowania Kierownictwa i Systemy Komunikacyjne Kierownictwa.

Systemy Profesjonalne, które są, opartymi na mikrokomputerze, stacjami wyspecjalizowanymi w przetwarzaniu informacji danego zawodu.

System Modelowania Zakładu, który zawiera głównie modele operacyjne służące do optymalizacji procesów i przepływu materiału.

Poczta Elektroniczna i Systemy Dystrybucji Dokumentacji, które integrują komunikację ludzi w sposób interaktywny (a także w trybie przechowywania i wysyłania).

System Operacyjny Użytkownika, który ułatwia użytkownikowi końcowemu wykorzystanie wszystkich systemów fabrycznych. Niektóre techniki sztucznej inteligencji, np. rozkazy głosowe, ułatwiają związane z komputerem operacje użytkownika końcowego.

Do fabrycznego szczebla FSIZ rozkazy przekazuje System Kontrolny Kierownictwa danej jednostki biznesu — FSIZ lub FSIZ zarządu korporacji. Architekturę Fabrycznych Federacji Zakładowych SIZ pokazano na rysunku 10-1.

Najważniejszy w Fabrycznej Federacji SIZ jest System Kontroly Zakładu. W jego skład wchodzi następujące podsystemy.

— Podsystem Wystawiania Zleceń spełnia następujące funkcje:

SKO ustala i okresowo sprawdza planowane daty rozpoczęcia wykonywania zamówień. Szczegółowe czynności wykonywane przez ten podsystem w dniu rozpoczęcia wykonywania zamówienia zależą od tego, czy jest to zlecenie wewnątrzprodukcyjne czy na zakup — podzlecenie na zewnątrz fabryki.

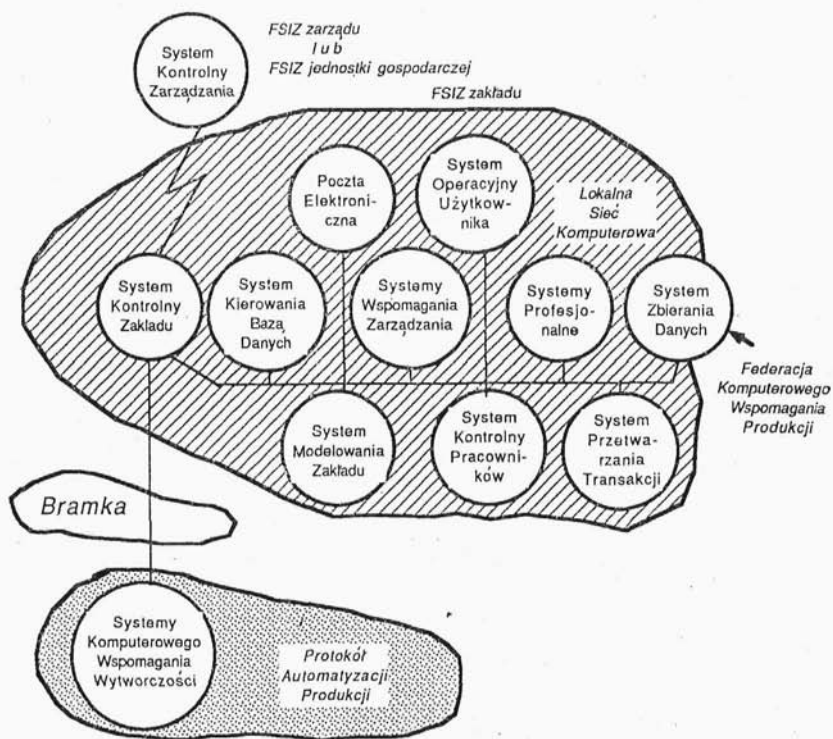
Przy wystawianiu zleceń produkcyjnych sprawdza się fizyczną dostępność materiałów i narzędzi. Zapobiega to rozpoczęciu wykonywania zamówień, których nie można wykonywać.

• Jeżeli materiały i narzędzia są zabezpieczone, sprawdza się dostępność półfabrykatów, które poprzednio nie były dokładnie lokalizowane. Dzięki temu półfabrykaty, których ilość jest niewystarczająca, zostają grupowane w partie w ekonomicznej wielkości.

Zostają wystawione zapotrzebowania na materiały i narzędzia.

Przygotowuje się dokumentację zleceń i przewodników warsztatowych.

Jeżeli zamówienie zakupu dotyczy operacji podzlecanej, zostaje wydane zapotrzebowanie na materiały do półfabrykatów podzlecanych podwykonawcy.



Rys. 10-1. Architektura fabrycznej  
Federacji Systemów Informacyjnych Zarządzania

— Podsystem „Dokładnie Na Czas” (DNC) ponownie ocenia specyfikacje produkcyjne, układu podzielony na etapy harmonogram sterowania produkcją i kieruje zapasami (określanie ilości i ustalenie czasu wykonywania zamówień — zarówno produkcyjnych, jak i związanych z dostawami).

— Podsystem Harmonogramowania Fabryki tworzy listę kolejności robót, która jest podstawą przydzielania prac komórkom roboczym i operatorom. Materiały wejściowe do tego podsystemu dostarcza Planowanie Zasobów SKO.

— Podsystem Harmonogramowania w Czasie Rzeczywistym inicjuje działania komórek, transport materiału, magazynowanie zgodnie z wymaganiami Podsystemu DNC. Produkuje on tylko to, co jest wymagane natychmiast. Produkcja odbywa się w tempie równym tempu najwolniejszej operacji danego procesu.

— Podsystem Kontrolny Zakładu umożliwia śledzenie każdego zadania i zamówienia roboczego od początku do końca dzięki pomiarowi produktów wychodzących z centrów obróbki. Informacje dotyczące stanu zamówień warsztatowych są aktualizowane w miarę tego, jak zamówienie przechodzi przez fabrykę, a sytuacje odbiegające od planu i wymagające szybkiej interwencji są sygnalizowane. Podsystem ten zapewnia lepszą koordynację automatyzacji podstawowego procesu z procesami pomocniczymi.

— Podsystem Utrzymania Zakładu ma następujące funkcje: Pomoc w ustaleniu norm pracochłonności powtarzalnych konserwacji.

Automatyczne harmonogramowanie konserwacji.

Pomoc przy określaniu przerw między planowanymi konserwacjami pod kątem skrócenia czasu przestoju urządzeń i obniżenia nadmiernych kosztów konserwacji.

Ustalanie kolejności (według priorytetów) prac konserwacyjnych pod kątem skrócenia czasu oczekiwania na uruchomienie maszyny.

Ustalenie koniecznej rezerwy pracowników naprawiających urządzenia ze względu na możliwości awarii.

Obliczanie kosztów prac konserwacyjnych pozwalające na wykrycie konserwacji pozaplanowej i kosztów przestoju, pomocne przy ocenie zakupów urządzeń.

— Podsystem Zakupów i Odbioru obejmuje następujące funkcje:

Zakupy — dotyczą wyboru dostawców, spłacania zamówień i śledzenia rynku. (Funkcja ta może być centralna, na szczeblu jednostki gospodarczej lub zarządu korporacji).

Odbiór — to identyfikowanie i ocena pokwitowań i prowadzenie



materiału przez księgowość i kontrolę do magazynów lub obszaru, w którym będzie wykorzystany.

Kontrola jakości zakupów to kontrola i akceptacja zamówień oraz sterowanie odrzuconymi materiałami.

- Podsystem Księgowania Produkcji.

- Podsystem Planowania i Kontroli Kosztów — przeznaczony głównie dla kierownictwa finansowego. Zapewnia metody, dzięki którym można informacje utworzone i utrzymywane dla celów produkcyjnych wykorzystać do tworzenia budżetu księgowości i oceny kosztów własnych.

- Podsystem Kierowania Magazynami śledzi miejsce, w którym znajduje się materiał i określa miejsce przechowywania nowego materiału. Ma on za zadanie polepszenie wykorzystania przestrzeni magazynowej i skrócenie czasu pobrania materiału z magazynu oraz zmniejszenie błędów przy pobieraniu materiałów. Podsystem ten jest nadzorowany przez System Kierowania Zapasami w Czasie Rzeczywistym oraz System Manipulacji Materiałami.

Podsystem Kontrolny Pracy wspiera udział pracowników w Kołach Jakości lub innych programach zarządzania partycypacyjnego. W skrócie można to ująć, że System Kontrolny Zakładu kładzie szczególny nacisk na:

- łatwość zmiany planów gospodarczych, w wyniku zmian mierników biznesu, zmian organizacyjnych lub zmian w systemach zastosowań; osiąga się to przede wszystkim przez elastyczne Systemy Kierowania Bazą Danych,
- zmniejszenie opóźnień — osiągane dzięki bezpośredniemu przetwarzaniu informacji w czasie rzeczywistym,
- przydatność dla kierownictwa, zaprojektowanie pod kątem kierowania przez cele i kierowania przez wyjątki.

Dzięki Systemowi Kontrolnemu Zakładu kierownictwo może organizować mniej powtarzających się kontroli i rzadziej podejmować decyzje strukturalne. Można uniknąć wielu raportów i naglących telefonów, gdyż system w sposób szybki, automatycznie zawiadamia odpowiedniego kierownika, gdyż coś dzieje się niezgodnie z planem i jednocześnie zapewnia informacje



niezbędne do podjęcia decyzji. Kierownik ma możliwość zadania pytań systemowi za pośrednictwem Systemu Operacyjnego Użytkownika na dowolnym potrzebnym poziomie szczegółowości.

## ARCHITEKTURA FEDERACJI SYSTEMÓW KWW

Architektura FSKWW dotyczy tych metod sterowania wytwarzaniem, które można obecnie korzystnie wdrożyć za pomocą zastosowania komputerów. Wynikają z niej sposoby utworzenia właściwych relacji między człowiekiem a maszyną.

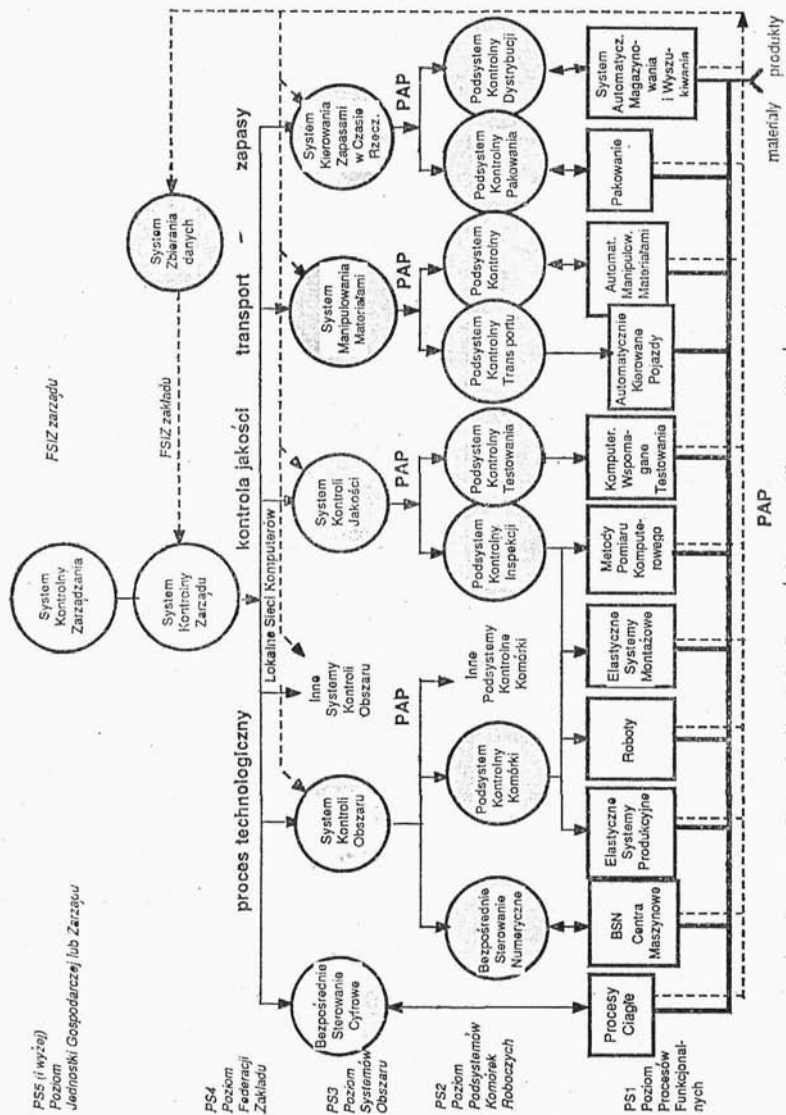
Federacja Systemów KWW zapewnia rozwiązania na następujących poziomach systemów (PS):

- PS1. Poziom Funkcji Procesów (KSN, Systemy Elastycznego Wytwarzania, roboty),
- PS2. Poziom Podsystemów Komórek Roboczych (BSN, Podsystemy Sterowania Komórkami),
- PS3. Poziom Systemów Obszarów (BSC, Obszarowe Systemy Sterowania, System Kontroli Jakości),
- PS4. Federacje Fabryczne (Fabryczna FSIZ, FKWW).

Na poziomie funkcji procesów (PS1) przepływ materiału integruje maszyny i urządzenia produkcyjne, które produkują wyroby. Na wyższych poziomach fabryki systemy KWW są integrowane przepływem informacji i komunikacji za pośrednictwem Protokołu Automatyzacji Produkcji (PAP) i Lokalnej Sieci Komputerowej (LSK). Architekturę Federacji Systemów KWW o kształcie piramidy pokazano na rysunku 10-2.

## KOMPUTEROWO ZINTEGROWANA PRODUKCJA

Produkcja jest obecnie procesem w dużym stopniu zautomatyzowanym. W fabrykach pracują sterowane numerycznie obrabiarki. Komputery układają harmonogramy produkcji. Inżynierowie posługują się skomplikowanymi systemami Komputerowo Wspomaganego Projektowania. Niestety są to wyspy automatyzacji utworzone w ciągu wielu lat przez różnych specjalistów i przeznaczone do spełniania różnych zadań w różnych wydziałach związanych z produkcją. W rezultacie komputery, które są ich podstawą i systemy, z których korzystają, są z reguły nie-



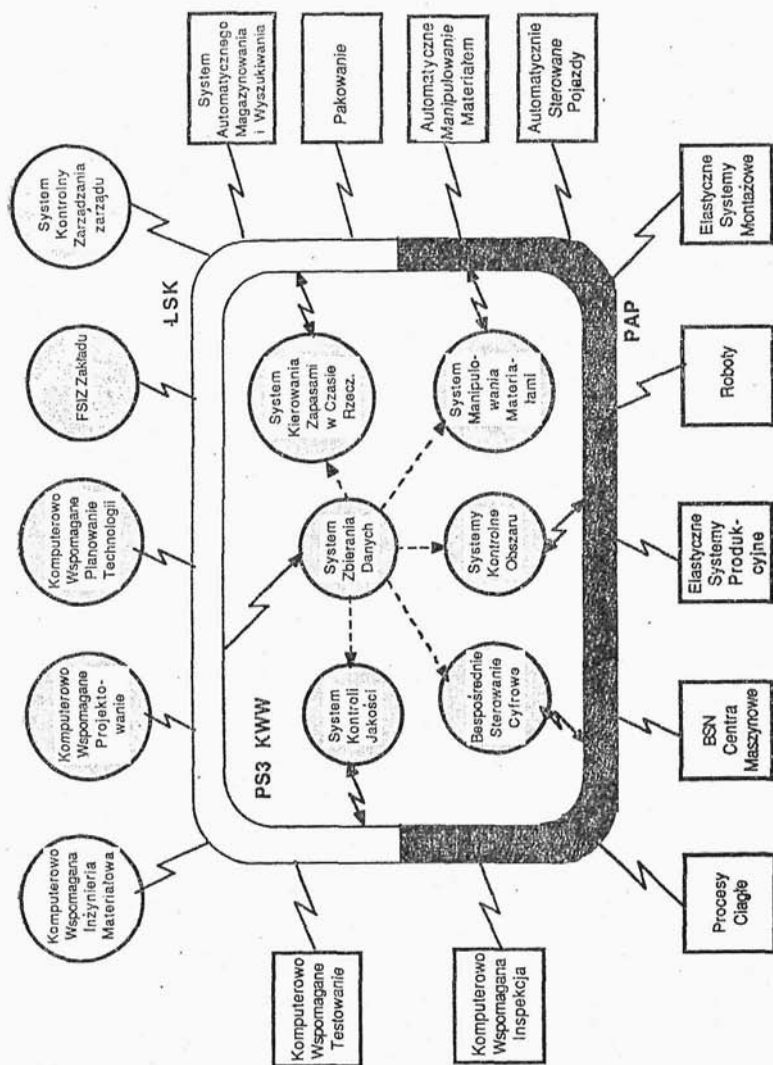
Rys. 10-2. Architektura planistyczna Federacji Systemów Komputerowe Wspomaganej Wytwórczości (zacięgnięte systemy należą do FK(W))

kompatybilne i nie mogą między sobą łatwo wymieniać informacji. Wiele zalet automatyzacji traci się w wyniku tego, że przy projektowaniu wyrobów i procesów technologicznych trzeba jeszcze przekazywać informacje ręcznie między różnymi fazami produkcji.

Komputerowo Zintegrowane Wytwarzanie (KZW) to nazwa nadana łączeniu tych automatycznych procesów w fabryce. Systemy należące do KZW obejmują Komputerowo Wspomagane Projektowanie (KWP), Komputerowo Wspomagane Projektowanie Technologii (KWPT), Federację Komputerowo Wspomaganego Wytwarzania (FKWW), automatyzację biur, technikę zapisu kreskowego i komunikację danych w czasie rzeczywistym w Lokalnych Sieciach Komputerowych (LSK), wykorzystujących Protokół Automatyzacji Produkcji (PAP). Poziomą architekturę KZP pokazujemy na rysunku 10-3. Wprawdzie KZP jest systemem informacyjnym, obejmującym całe przedsiębiorstwo, jednak nie zawiera on takich systemów, jak Komputerowo Wspomagana Inżynieria Materiałowa (KWIM) lub SKO z jednostki biznesu i SKZ ze szczebla zarządu korporacji. KZP elektronicznie komunikuje się jednak z tymi systemami.

Architektura ta zapewnia narzędzia pozwalające na łatwą, dobrze zdefiniowaną integrację fabrycznych systemów partio-owych (wsadowych) i bezpośrednich typu *on-line*. Dzięki rozwiniętej architekturze eliminuje się także nieefektywne posługiwanie się dokumentacją papierową, która przez lata była słabą stroną systemów produkcyjnych. Dzięki elektronicznym wiadomościom o działaniu użytkownicy mogą komunikować się z sobą elektronicznie i na bieżąco. Na przykład użytkownicy mogą zostawiać wiadomości na temat harmonogramów, braków, sytuacji nagłych i innych wymagających interwencji w poczcie głosu, która zawsze dostarczy wiadomość do adresata nawet chwilowo nieobecnego (11).

Elektroniczne zatwierdzanie i włączanie do systemu produkcji rysunków z systemu KWP jest przykładem działań wielu kompanii, podjętych dla zmniejszenia obiegu papierków i polepszenia nadzoru operacyjnego. Kiedy korzystający z KWP inżyn-



Rys. 10-3. Architektura horyzontalna Systemu Zintegrowanej Wytwórczości (zacięmnione koła należą do KZW)

nie kończy jakiś rysunek, zostaje utworzony bezpośredni łańcuch zatwierdzania *on-line*. Każda z zatwierdzających osób ogląda rysunek, daje swój „elektroniczny podpis” i przesyła elektronicznie rysunek do następnej osoby w łańcuchu. Przy zasto-

sowaniu komputerowych stacji pracy i takim systemie elektronicznej poczty papiery nie mogą w drodze zaginać.

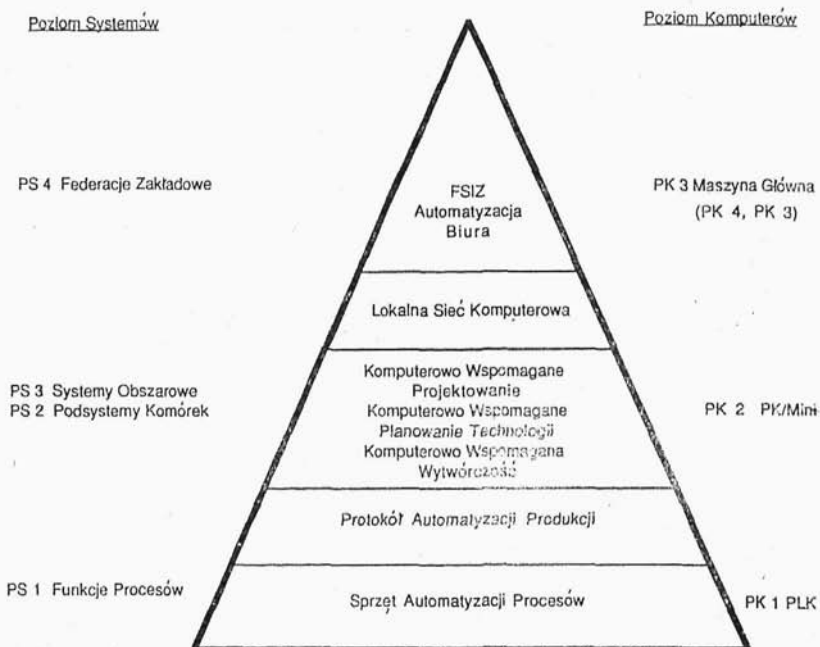
Kierując się sumaryczną informacją, kierownictwo może także mieć oko na szybkość przechodzenia „dokumentów” wzdłuż elektronicznego łańcucha. Na zakończenie następuje ponowne przejrzenie rysunku w stacji KWP i aktualizacja systemu wytwórczego bez potrzeby tworzenia przez użytkownika równoległej dokumentacji na papierze.

Dzięki rozwiniętej architekturze KZP użytkownicy mogą także mieć dobry dostęp do informacji i korzystać z nich w sposób skuteczny. Narzędzia wydajności tego typu, co szkolenie bez odrywania od pracy, pomoc elektroniczna, oszczędność ekranu, nawigowanie w systemie i automatyczne „wytwarzanie na czas” są bardzo istotnymi składnikami architektury zautomatyzowanych systemów wytwórczych (12).

KZP jest wielosystemem, systemem sprzężenia zwrotnego o zamkniętej pętli, którego podstawowymi danymi wejściowymi są zapotrzebowanie na produkty i koncepcja produktu (twórczość osiągnięta dzięki KWP, KWPT), a podstawowymi danymi wyjściowymi są ukończone produkty (całkowicie zmontowane, sprawdzone, opakowane i gotowe do życia). Składa się on z kombinacji oprogramowania elektronicznych interfejsów i dostosowanych obrabiarek i urządzeń. Wchodzą tu takie elementy, jak projekty wyrobów skierowanych do produkcji, planowanie produkcji (System Kontrolny Zakładu, Systemy Wspomagania Zarządzania, kontrola produkcji (System Zbierania Danych, System Kontrolny Zakładu), urządzenia produkcyjne (włącznie z obrabiarkami) realizujące procesy produkcyjne (przygotowawcze, obróbcze i montażowe (13).

KZP łączy te pozornie rozłączne ogniwa przedsiębiorstwa produkcyjnego, zapewniając automatyczne powiązanie projektu wyrobu z technologią produkcji i produkcją fabryczną. Ostatecznym celem KZP jest przekształcenie urządzeń produkcyjnych w nowoczesny zautomatyzowany zakład, mogący produkować najlepszej jakości wyroby po cenach konkurencyjnych (14).

„Wyspa automatyzacji” to postęp w technologii produkcji,



Rys. 10-4. Architektura zaagregowana Komputerowo Zintegrowanej Wytwarzalności

który „optymalizuje” funkcjonowanie poszczególnych funkcji i procesów produkcyjnych. W tego typu środowisku koszty bezpośrednie pracy i wydziałów podstawowych maleją w miarę zastępowania pracowników nowoczesnymi urządzeniami. Wzrastają nawet koszty opracowania technologii i konserwacji urządzeń.

KZP łączy takie „wyspy automatyzacji”, by optymalizować działanie całej fabryki. Tę połączoną „optymalizującą” architekturę pokazano na rysunku 10-4. Są tu wyróżnione dwa poziomy

hierarchii. Pierwszy poziom odpowiada systemom (PS), a drugi odpowiada komputerom (PK). Hierarchia komputerowa jest bardziej spłaszczona, gdyż poziom Systemów Lokalnych i poziom Federacji Fabrycznej mogą być obsługiwane przez ten sam komputer główny. Pozioma architektura KZP (por. rys. 10-3) pomaga zoptymalizować liczbę różnego rodzaju komputerów, które trzeba z sobą połączyć. Komputery te najprawdopodobniej będą miały zdublowane jednostki centralne, aby tolerować błędy jednej z nich i zapewnić funkcjonowanie *non stop*.

Wydaje się obecnie, że silny techniczny trend w kierunku KZP najbardziej wpłynie na przyszłą technologię fabryk. Fabryka przyszłości to postprzemysłowy system wytwórczy, który służy postprzemysłowemu społeczeństwu (jak opisał to Bell), (1). W takim społeczeństwie jedynie 2 do 10% pracujących będzie bezpośrednio uczestniczyć w wytwarzaniu i pracować w bezzałogowych fabrykach. Trend ten pociąga za sobą globalne współzawodnictwo, w którym główną rolę spełnia zaprojektowanie nowoczesnego wyrobu, który produkuje się następnie w systemie KZP. Mówiąc inaczej, wytwarzanie jest „rozwinieniem” i jakby „uzupełnieniem” projektowania, a nie odwrotnie, jak to ma jeszcze miejsce.

### Podsumowanie

Proces KZP upraszcza, automatyzuje i integruje wytwarzanie. KZP należy projektować ogólnie, lecz wdrażać oddolnie. Pierwszym krokiem przy zstępującym planowaniu KZP jest zaprojektowanie jego architektury.

### Bibliografia

- (1). *Automation*, London 1956, Her Majesty's Stationary Office, s. 1.
- (2). Groover M. P., *Automation, Production Systems and Computer Aided Design*, Englewood Cliffs 1980, Prentice-Hall, s. 537.
- (3). Gunn T. G., *Computer Application in Manufacturing*, New York 1981, Industrial Press, Inc., s. 172.
- (4). Savin D., *Anatomy of FMS*, „Manufacturing Systems” 1986, vol. 4, nr 11, s. 28.
- (5). Groover M. P., op. cit., s. 414.



- (6). Groover M. P., op. cit., s. 425.
- (7). Frost D., *The Future of PC, PLC or Mini?* „Manufacturing Systems” 1986, vol. 4, nr 8, s. 14.
- (8). Idea kontroli w czasie bieżącym została zaprezentowana przez Don Bretta (Kellog Co.), podczas wykładu na temat: *Komputerowo Zintegrowana Produkcja*, Western Michigan University, „Computer Science Colloquium” 1987, marzec.
- (9). Gunn T. G., op. cit., s. 174.
- (10). Gunn T. G., op. cit., s. 170.
- (11). Wejman J. M., *Technical Architecture of CIM*, „Manufacturing Systems” 1986, vol. 4, nr 9, s. 90.
- (12). Wejman J. M., op. cit., s. 10.
- (13). Merchant M. E., *The Factory of the Future — Technological Agent*, the Winter Annual Meeting of the American Society of Mechanical Engineering in Chicago, Illinois 1980, listopad.
- (14). Brimson J., *Vision or Illusion*, „Business Software Review” 1987, kwiecień, s. 42.
- (15). Bell D., *The Coming of Post-Industrial Society: A Venture in Social Engineering*, New York 1973, Basic Books.