

Procesy pomocnicze w systemach produkcyjnych

Procesy pomocnicze z punktu widzenia klienta nie przynoszą mu wartości dodanej. Jednakże w przeważającej części przypadków zadania wykonywane w tych procesach pozwalają na poprawę efektywności pracy systemu produkcyjnego.

Proszę rozważyć hipotetyczny przypadek systemu produkcyjnego, w którym wykonywane są procesy podstawowe obróbki skrawaniem, a głównymi procesami pomocniczymi są procesy transportu międzystanowiskowego.

Współpracując z inżynierami, technologami dokonać można optymalizacji procesów obróbki skrawaniem, w wyniku czego skrócony zostanie czas wykonania procesów podstawowych. Jeśli w takim przypadku nie zostaną usprawnione procesy pomocnicze, a więc procesy transportu międzystanowiskowego, magazynowania i inne, to efekt usprawnienia procesów podstawowych pozostanie niezauważony. Praktyczną zasadą zarządzających produkcją jest w pierwszym rzędzie dążenie do usprawnienia (lub ewentualnego wyeliminowania – jeśli to możliwe) procesów pomocniczych. Na ogół procesy te powiązane są z organizacją systemu produkcyjnego i zawierają największy potencjał w zakresie ich doskonalenia. Usprawnienie procesów podstawowych to zazwyczaj zmiana technologii, urządzeń technologicznych, a często jednego i drugiego. W takim przypadku wymagane są zazwyczaj znaczne nakłady inwestycyjne.

Procesy pomocnicze w systemie produkcyjnym to przede wszystkim: procesy transportu wewnętrznego (wewnątrz systemu produkcyjnego), procesy składowania i magazynowania oraz procesy manipulacji¹.

Zadaniem **procesów transportu** jest przemieszczanie przedmiotów (np. części maszyn w różnych stadiach obróbki) między stanowiskami, na których wykonywane są procesy podstawowe. To również przemieszczanie narzędzi, pomocy warsztatowych, materiałów, zespołów i podzespołów na miejsce ich wykorzystania – czyli również na stanowiska robocze. Transportowane elementy powinny zostać dostarczone w miejsce najbardziej dogodnie dla pracownika obsługującego stanowisko robocze. Miejsca te oznacza się skrótem BP od angielskich słów *Best Point*.

Procesy składowania i magazynowania mają jedno wspólne zadanie – tworzenie zapasu półwyrobów, narzędzi, materiałów i innych, potrzebnych do właściwej i sprawnej realizacji procesów podstawowych. Pod tym pojęciem rozumieć można wyrównanie nierytmiczności pracy, spowodowanych różnymi zakłóceniami. Jednakże proponuje się, aby oba te procesy, mimo w efekcie podobnego celu, traktować odrębnie. **Procesy składowania odbywają się przede wszystkim w obszarze systemu produkcyjnego.** Są to powierzchnie odkładkowe, a więc wydzielone miejsce najczęściej w pobliżu obrabiarek, na którym odbywa się krótkotrwale składowanie partii wykonywanych części (używa się również nazwy magazyn międzyoperacyjny). Są to również

„supermarkety”, które pełnią te same zadania, jednakże sterowanie zapasem elementów w supermarkecie podlega nieco innym regułom². **Proces magazynowania** jest pojęciem szerszym niż proces składowania. Obszar jego działania wykracza zazwyczaj poza zakres systemu produkcyjnego, montażowego lub usługowego, chociaż istota i zakres działania jest podobny. Nie jest to ściśle obowiązująca reguła, natomiast zawsze zależy to od organizacji systemu produkcyjnego („konstrukcji” tego systemu).

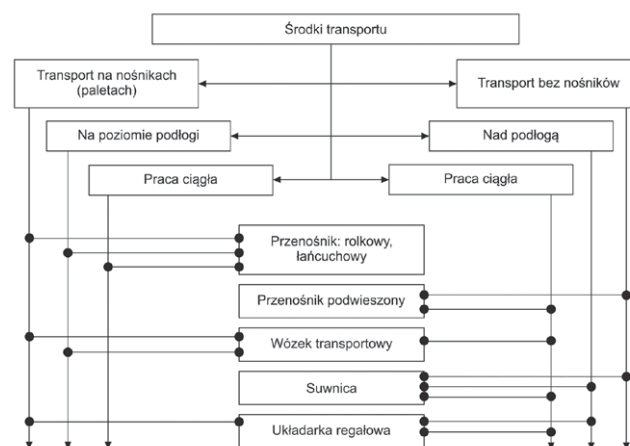
Generalnie należy mieć świadomość, że proces składowania i magazynowania jest źródłem kosztów, stąd teoretycznie najlepszym rozwiązaniem jest koncepcja JIT (*just-in-time*), dostarczenia potrzebnego elementu we właściwe miejsce we właściwym czasie.

Procesy manipulacji umożliwiają przemieszczanie przedmiotów obrabianych i narzędzi między różnymi stanowiskami systemu produkcyjnego, ale odbywa się to z dodatkową zmianą orientacji przestrzennej przedmiotu lub narzędzia. Przykładowo: przedmiot obrabiany może być pobrany z powierzchni odkładkowej i położony na stole roboczym obrabiarki w pozycji umożliwiającej jego automatyczne zamocowanie.

1. Procesy transportu

Procesy transportu wewnętrznego są podstawowym czynnikiem integrującym system produkcyjny. Z tego względu opracowanie koncepcji transportu lub dokonanie zmian w tej koncepcji stwarza możliwość zwiększenia efektywności pracy całego systemu produkcyjnego. Najczęściej urządzenia transportu wewnętrznego klasyfikuje się, uwzględniając (rys. 1):

- stosowanie nośników przedmiotów obrabianych – są to zazwyczaj palety lub pojemniki dla części drobnych;
- położenie przestrzenne środka transportu – na podłodze lub ponad podłogą;
- ciągłość ruchu środka transportu – ruch ciągły lub przerywany.



Rys. 1. Ogólna klasyfikacja środków transportu

Źródło: opracowanie na podst.[10, 20]

Stosowanie nośników przedmiotów obrabianych jest niskokosztowym sposobem na usprawnienie procesu transportu. Najczęściej stosowane są **palety transportowe** oraz palety, na których zamocowany jest przedmiot obrabiany i wraz z paletą mocowany jest na stole obrabiarki. Dla takich palet stosuje się warsztatową nazwę – **palety obróbkowe**. Zastosowanie tych palet z jednej strony powoduje skrócenie czasu ustawiania i mocowania przedmiotu na obrabiarkę, z drugiej strony zwiększa dokładność wykonania części. Palety obróbkowe stosowane są często dla części typu korpus.

Rozwiązaniem ułatwiającym kontrolę liczby sztuk części są tzw. **palety samoliczące**. Przykład przedstawiony jest na rysunku 2. Paleta zawiera przykładowo 32 miejsca, w które wkładane są sukcesywnie obrobione części. Brak części jest natychmiastowo zauważalny (puste miejsca na paletcie).

Środki transportu poruszają się po drogach transportowych na poziomie podłogi – są to np. wózki transportowe, albo nad podłogą są – to np. przenośniki podwieszane. W przypadku pracy środka transportu na poziomie podłogi podczas organizacji systemu produkcyjnego należy zaprojektować drogi transportu zapewniające dojazd do stanowiska roboczego. Takich dróg nie potrzeba w przypadku stosowania niektórych środków pracujących nad podłogą – np. suwnice. Stosowanie przenośników podwieszonych (często podczas procesów montażu) wymaga zaprojektowania toru jazdy zawieszek, na których znajdują się transportowane części.

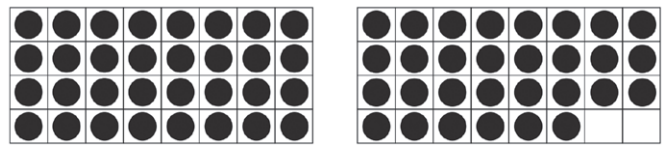
Środki transportu mogą poruszać się ruchem ciągłym lub przerywanym. Większość środków transportu pracuje z przerwami. Ruchem ciągłym przemieszczają się najczęściej elementy transportowane przy pomocy przenośników, chociaż od tej reguły istnieje coraz więcej odstępstw. W przenośnikach podwieszonych część zawieszek może być skierowana na odgałęzienia toru, na którym przygotowane elementy nie przemieszczają się, lecz oczekują, by w odpowiednim momencie mogły być dostarczone na określone stanowisko robocze. Są to tzw. **magazyny dynamiczne**. Magazyn dynamiczny integruje funkcje magazynowania i transportu.

Skuteczne zarządzanie systemem produkcyjnym wymaga w trakcie organizacyjnego przygotowania produkcji opracowania koncepcji procesu transportu wewnętrznego, a także uwzględnienia faktu możliwości dokonywania zmian w jego strukturze. Wynikać to może między innymi ze zmian dokonywanych w procesie podstawowym. Najczęściej stosowane koncepcje struktur transportu przedstawione zostały na rysunku 3.

W przypadku przenośników korzystne jest stosowanie **budowy modułowej**. Konstrukcja transportu umożliwia w takim przypadku szybkie dostosowanie (rekonfigurację) struktury do bieżących wymagań procesów podstawowych.

Budowę modułową charakteryzują się układy maszyn, zespołów i pojedynczych części, które jako moduły, często o różniących się między sobą rozwiązaniach, realizują za pomocą kombinacji ich ustawień różne funkcje ogólnego układu [10].

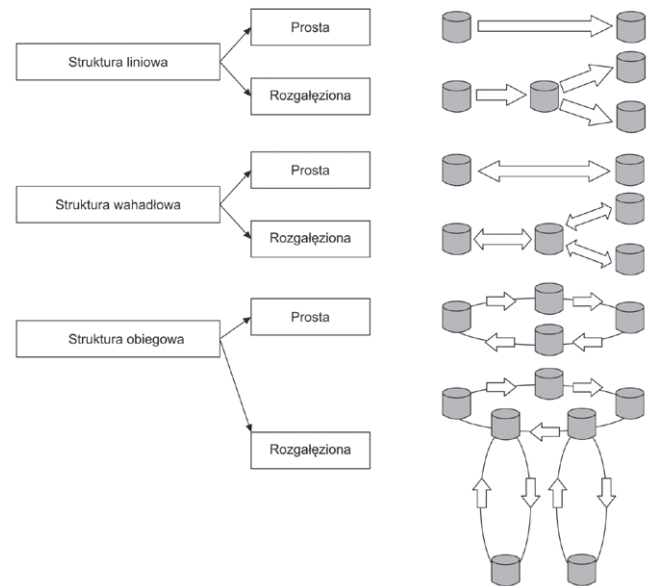
Koncepcja Przemysłu 4.0 – szerzej, niż dotychczas umożliwiały to elastyczne systemy produkcyjne bądź montażowe – stwarza warunki do wdrażania podsystemów transportu wyposażonych w sterowane wózki transportowe



Rys. 2. Paleta samolicząca (wypełniona) – lewa strona;

brak 2 szt. – prawa strona

Źródło: opracowanie własne



Rys. 3. Struktura transportu wewnętrznego

Źródło: opracowanie własne

AVG (*Automatic Vehical Guide*). Kluczową rolę w przypadku tych środków transportu odgrywa sterowanie i nawigacja po powierzchni hali systemu produkcyjnego. Zresztą podobny problem dotyczy również robotów przemysłowych.

Środki transportu AVG umożliwiają elastyczne, dostosowane do potrzeb wyznaczenie trasy ich przemieszczania. Prowadzenie wózka po trasie może odbywać się metodą magnetyczną, laserową lub optyczną. W przypadku metody magnetycznej pod trasą ruchu umieszcza się kabel sterujący. Jeśli przepływa w nim prąd zmienny, to w cewkach odbiorczych wózka AVG indukowane jest pole elektromagnetyczne umożliwiające sterowanie wózkiem i jego przemieszczanie się po trasie zadanej z centralnego układu sterowania systemem produkcyjnym. W przypadku optycznego sposobu prowadzenia wózka jego prowadzenie odbywa się wzdłuż taśmy refleksyjnej umieszczonej w osi jazdy wózka.

Coraz częściej wózki AVG używają tzw. nawigacji wirtualnej. W pamięci urządzenia zapamiętana jest mapa bitowa systemu produkcyjnego z zaznaczonymi stałymi elementami lokowanymi na powierzchni hali. Komputer wózka AVG generuje trajektorię ruchu od punktu startowego do wyznaczonego celu. Podczas jazdy sprawdzane jest bieżące położenie środka transportu i porównywane z wyznaczoną trajektorią. Wymaga to spełnienia warunków związanych z koncepcją Przemysłu 4.0.

2. Procesy składowania i magazynowania

Procesy magazynowania zazwyczaj nie są związane bezpośrednio z systemem produkcyjnym, chociaż odgrywają istotną rolę w jego działalności. Procesy te realizowane są w magazynach zewnętrznych lokalizowanych poza systemem produkcyjnym.

Z systemem produkcyjnym związane są procesy składowania. Procesy te mogą być wykonywane w magazynach dynamicznych lub statycznych. Do tych ostatnich zaliczane są powierzchnie odkładcze i supermarkety.

Generalną zasadą systemu produkcyjnego powinna być zasada **dostawy na czas JIT** (*just-in-time*). Obejmuje ona całkowite wyeliminowanie marnotrawstwa przez dostarczenie do każdego procesu podstawowego wszystkich potrzebnych części, narzędzi i innych potrzebnych elementów w wymaganej chwili i w wymaganej ilości. Koncepcja JIT opiera się na **zasadzie 7×0** – czyli zero zapasów, opóźnień, braków, kolejek, bezczynności, zbędnych operacji i zbędnych przemieszczeń [29]³.

Pierwszy człon tej zasady – zero zapasów – oznacza ograniczenie do minimum zapasów materiałów wyjściowych, półwyrobów i gotowych produktów. Ich gromadzenie powoduje powstanie niepotrzebnych kosztów utrzymania zapasów, a także kosztów wynikających z zamrożenia środków obrotowych przedsiębiorstwa. Wysoki poziom zapasów to również koszty ukryte, czyli koszt wynikający z problemów istniejących

w systemie produkcyjnym, które jednak zostały „przysłonięte” przez nadmierne zapasy.

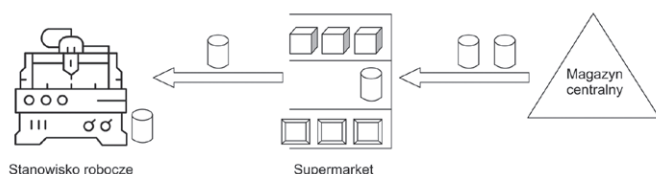
W praktyce przemysłowej koncepcję JIT trudno zastosować w „idealnej” postaci zasady 7×0 . Przedsiębiorstwa i systemy produkcyjne zachowują w większości przypadków jakąś rezerwę materiałów i półwyrobów. Jednakże jest to rezerwa minimalna w porównaniu do przypadków, kiedy ta koncepcja nie jest stosowana.

Według pracy [32] w japońskim przemyśle motoryzacyjnym dzięki zastosowaniu zasady JIT zapasy zespołów i części niezbędne do montażu samochodu wystarczały na około 0,2 miesiąca. W tym samym czasie amerykański przemysł motoryzacyjny gromadził zapasy na 2,9 miesiąca, natomiast firmy europejskie na ok. 2 miesiące.

Wyrównanie czasu pracy poszczególnych stanowisk roboczych zarówno w przypadku gniazdowej, jak i liniowej formy organizacji produkcji nie zawsze jest możliwe (główną przeszkodą są względy technologiczne). W takiej sytuacji konieczne jest zapewnienie w pobliżu obrabiarki miejsca, na którym składowana będzie pewna liczba wyrobów. Są to powierzchnie odkładcze. Liczba składowanych na tych powierzchniach części jest różna (niekiedy są to nawet zapasy kilkudniowe) i zawsze jest przyczyną marnotrawstwa, a niekiedy także symptomem „bałaganu organizacyjnego” w systemie produkcyjnym.

Inną rolę spełniają natomiast **magazyny buforowe** zwane **supermarketami**. Nazwa ta powszechnie kojarzona jest z placówkami handlowymi, w których półki z towarami są w ciągły sposób uzupełniane w chwili, kiedy część towarów z półki została kupiona przez klientów. Idea ta wykorzystana została w systemach produkcyjnych pracujących w systemie śsącym, opisanym w dalszej części pracy.

Istota działania supermarketu przedstawiona jest na rysunku 4.



Rys. 4. Schemat działania supermarketu

Źródło: opracowanie własne

Supermarket może współpracować albo z magazynem znajdującym się poza systemem produkcyjnym, albo też z innymi stanowiskami systemu produkcyjnego. Zarówno magazyn (jak to zaznaczono na rysunku), jak i inne stanowisko robocze dostarcza półwyroby (zespoły) do supermarketu. Liczba dostarczonych części jest ograniczana. Stanowisko robocze – odbiorca, pobiera półwyroby z „półki” supermarketu i wykonuje przewidziane procesem technologicznym operacje. W przypadku, kiedy liczba półwyrobów pobieranych przez „odbiorcę” osiągnie założone minimum (na rys. 4 przyjęto umownie, że jest to 1 szt.), supermarket musi zostać uzupełniony przez „dostawcę”, którym w przykładzie jest magazyn centralny. Jednakże dostarczona liczba sztuk nie może przekraczać maksymalnego stanu supermarketu dla danego półwyrobu (w przykładzie maksymalny zapas supermarketu to 3 szt.). Tak zorganizowany proces lub procesy składowania pozwalają na ograniczenie powierzchni odkładczych, a jednocześnie (zgodnie z ogólną koncepcją JIT) minimalizują stany magazynowe. Należy jednak nadmienić, że ważnym czynnikiem sprawnego działania supermarketu jest przepływ informacji, a konkretnie monitorowanie bieżącego stanu supermarketu. Tylko w takim przypadku jego działanie jest efektywne. Problem ten związany jest z zagadnieniem sterowania produkcją i przedstawiony zostanie w kolejnym rozdziale.

3. Procesy manipulacji

Procesy manipulacji dotyczą zmiany orientacji przedmiotu obrabianego w przestrzeni na stanowisku roboczym. Mogą równocześnie być połączone z procesami transportu, zazwyczaj jednak w bardzo ograniczonym zakresie odległości.

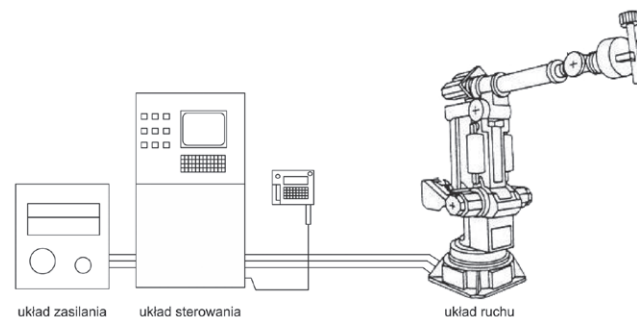
Procesy manipulacji wykonywane są na każdym stanowisku roboczym. Przykładowo: przedmiot obrabiany należy pobrać ze środka transportu, ustalić go w odpowiedni sposób na stole obrabiarki i następnie zamocować. Są to procesy manipulacji, których liczba rośnie wraz ze zwiększaniem się stopnia uniwersalności obrabiarki zastosowanej na stanowisku pracy. Wynika to z faktu, że przy jednym zamocowaniu na obrabiarkę

uniwersalnej wykonuje się średnio jeden lub dwa zabiegi. Do wykonania dalszych konieczna jest zazwyczaj zmiana zamocowania, a to wiąże się z koniecznością wykonania procesu manipulacji przedmiotem obrabianym. W przypadku obrabiarzek CNC, a szczególnie w przypadku wyposażenia stanowiska roboczego w centrum obróbkowe CNC, liczba koniecznych procesów manipulacji maleje. Jest to rezultatem zwiększenia liczby zabiegów wykonywanych podczas jednego zamocowania (od 5 do 12 zabiegów). W niektórych przypadkach realizowana jest nawet obróbka kompletna, a więc na jednej obrabiarkę przy jednym zamocowaniu materiał wyjściowy obrabiany jest tak, aby efektem była gotowa część jakiegoś produktu.

Procesy manipulacji wykonywane są przy pomocy manipulatorów, a obecnie znacznie częściej przy pomocy robotów przemysłowych. Główną różnicę stanowi ich sposób sterowania. Manipulatory są sterowane przez operatora, roboty przemysłowe mają swój własny układ sterowania i nie wymagają obecności operatora (rys. 5). Przykładem może być zdejmowanie półwyrobu z taśmy przenośnika i pozycjonowanie go na stole obrabiarki. W przypadku manipulatora operator kieruje całym ramieniem oraz chwytakiem, robot natomiast samoczynnie przenosi i orientuje półwyrob według programu, jaki ma zapisany w pamięci.

Dobór robota lub robotów przemysłowych w systemie produkcyjnym musi być poprzedzony dokładną analizą wymagań i ich konfrontacją z parametrami technicznymi urządzenia. Najistotniejsze z punktu widzenia wymagań stawianych robotom przemysłowym są:

- **przestrzeń robocza** – jest to przestrzeń, w której końcówka ramienia robota jest w stanie osiągnąć dowolny punkt; opisują ją również pośrednie wartości w postaci maksymalnego zasięgu ramienia w pionie i poziomie. Jest to jeden z podstawowych parametrów robota pod względem doboru do danej aplikacji;
- **dopuszczalny udźwig** – jest to maksymalna masa ładunku, jaki robot jest w stanie przenosić, oraz dopuszczalne momenty obciążenia ramienia robota;
- **liczba stopni swobody robota** – jest to wartość pozwalająca określić zdolności ruchowe robota, a tym samym zdolność robota do operowania końcówką ramienia;
- **powtarzalność** – jest to miara rozrzutu odchylen pomiędzy pozycjami osiąganymi podczas przemieszczania elementu do tej samej określonej pozycji oraz **dokładność** określana jako maksymalna dopuszczalna różnica pomiędzy pozycją zadaną i osiąganą przez końcówkę robota.



Rys. 5. Struktura funkcjonalna robota przemysłowego

Źródło: opracowanie na podstawie [12]

Zapotrzebowanie na roboty przemysłowe rośnie. Rozszerza się również zakres ich stosowania. W niniejszym rozdziale dotychczas przedstawiono roboty przemysłowe jako urządzenia wspomagające proces manipulacji i transportu, a więc uczestniczące w procesach pomocniczych. Współczesne zastosowanie robotów przemysłowych to szeroki obszar **automatyzacji produkcji**, w których rola robotów przemysłowych nie ogranicza się tylko do procesów manipulacji, ale również do obsługi procesów podstawowych. Przykładem mogą być linie montażowe stosowane w przemyśle samochodowym, na których roboty przemysłowe wykonują także procesy podstawowe, takie jak zgrzewanie blach nadwozia pojazdu, a także niektóre procesy montażu mikrosystemów. Tylko zastosowanie robotów przemysłowych umożliwia ich wyprodukowanie i montaż w rozsądnych granicach kosztów produkcji.

Rozwój w zakresie konstrukcji robotów przemysłowych odmierzany jest nowymi generacjami robotów. W poprzednim wydaniu książki, a więc w roku 2006, wymienione zostały 3 generacje robotów przemysłowych [20]:

- I generacja robotów – działająca w stałym otoczeniu, wykonująca regularnie powtarzające się i na ogół mało skomplikowane ruchy;
- II generacja robotów – mogła już zbierać informacje o otoczeniu, w którym pracują, przede wszystkim za pośrednictwem dotyku;
- III generacja robotów – wyposażona była w więcej „zmysłów”, przy pomocy których robot pozyskiwał informacje o otoczeniu, a także mógł reagować na zmiany w nim zachodzące.

Od tego czasu w ciągu kolejnych 15 lat powstały nowe generacje:

- IV generacja robotów – wyposażona w systemy sterowania adaptacyjnego, czyli umożliwiającego dostosowanie się działania robota do warunków zmieniającego się otoczenia;
- V generacja robotów – roboty wyposażone w sztuczną inteligencję, porozumiewające się z innymi urządzeniami systemu produkcyjnego.

Ta ostatnia generacja robotów zgodna jest z koncepcją Przemysłu 4.0.

2. Automatyzacja procesów systemu produkcyjnego

Wprowadzenie maszyn i urządzeń mechanicznych ułatwiających pracę człowieka nazwane zostało **mechanizacją**. Mechanizacja nie eliminowała pracy ręcznej, natomiast ją w znacznym stopniu ułatwiała. **Automatyzacja** natomiast ogranicza bądź w ogóle eliminuje pracę człowieka, fizyczną, a często nawet umysłową. Stanowi więc kolejny etap rozwoju następujący po mechanizacji.

W przypadku automatyzacji procesów wytwórczych jest to wprowadzenie urządzeń technicznych w celu samoczynnego sterowania i kontrolowania procesu wytwarzania, automatyzacja obejmuje nie tylko procesy podstawowe, lecz również procesy pomocnicze. W docelowym przypadku eliminowany jest udział człowieka w tych procesach, a jego rola ograniczać się będzie do nadzoru i programowania urządzeń technicznych. Dotyczy to zarówno **automatyzacji sztywnej**, przeznaczonej do produkcji tylko jednego rodzaju produktu, jak również **elastycznej automatyzacji wytwarzania** charakterystycznej dla produkcji spersonalizowanej. W tym ostatnim przypadku wymagany jest dobór urządzeń umożliwiających łatwe i szybkie przezbieranie obrabiarek i urządzeń, a także łatwą zmianę oprogramowania umożliwiającą szybkie dostosowanie się do zmieniających się zadań produkcyjnych.

Automatyzacja związana jest bezpośrednio ze sterowaniem urządzeniami. **Sterowaniem** nazywa się oddziaływanie na obiekt sterowania (urządzenia) mające na celu zapewnienie jego zachowania się w żądany sposób. Sterowanie może odbywać się w **układzie otwartym** lub **zamkniętym** ze sprzężeniem zwrotnym. W tym ostatnim przypadku sterowanie to traktuje się jako **regulację**, czyli działanie zmierzające do tego, aby wielkość regulowana, którą się kontroluje (mierzy), była zbliżona do wielkości zadanej (rys. 6).

W przypadku automatyzacji procesów stosowane jest

sterowanie w układzie zamkniętym. Warunki pracy urządzenia technologicznego określone są jego parametrami pracy (np. w przypadku procesu obróbki wiórowej jest to zestaw parametrów obróbki, takich jak: prędkość skrawania, prędkość posuwu, głębokość skrawania). W warunkach rzeczywistych proces obróbki jest zakłócany zarówno przez czynniki zewnętrzne, jak i wewnętrzne. Efektem tych zakłóceń może być wadliwe wykonanie produktu. Zadaniem układu sterowania jest zapobieganie takim przypadkom. Cechy produktu (jego parametry) podlegają ciągłej kontroli przez sensory układu sterowania (może to być np. mikrosystem MEMS)⁴.

Sensor lub, inaczej mówiąc, czujnik pobiera sygnały analogowe, które następnie w przetwornikach sygnałów przekształcane są w sygnały dyskretne (rysunek 7).

Sygnały analogowe mogą przyjmować dowolną wartość z określonego przedziału. Przykładowo: jeśli nośnikiem informacji jest temperatura, to w ciągu określonego czasu (np. w trakcie doby) może się ona zmieniać w sposób ciągły od wartości maksymalnej do minimalnej i w każdej chwili. Sygnał taki można opisać ciągłą funkcją matematyczną – w rozpatrywanym przykładzie opisuje go sinusoida. Przeciwnieństwem sygnału analogowego jest sygnał dyskretny (rys. 7).

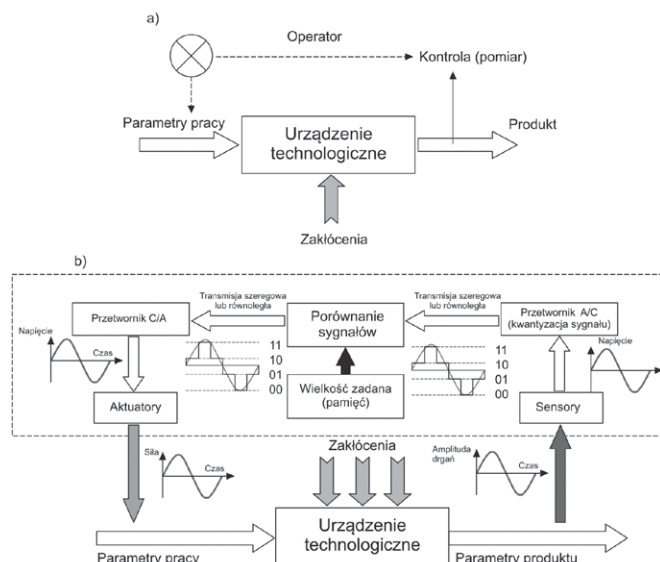
W takim przypadku nośnik danych określany jest tylko w określonych (dyskretnych) zakresach czasu. W przypadku sygnału dyskretnego cecha będzie mierzona (czyli próbkowana) tylko kilka razy w ciągu określonego czasu. Jeśli taka dokładność jest niewystarczająca, to zwiększa się częstość próbkowania. W odróżnieniu od sygnału ciągłego sygnał dyskretny nie jest funkcją, lecz ciągiem liczb. Przykładowo: do próbkowania sześciokrotnego sygnał analogowy opisuje ciąg liczb: 10,11,10,01,00,01. Zilustrowany wyżej proces nazywa się **kwantyzacją**. Jest to, inaczej rzecz ujmując, przetwarzanie sygnałów analogowych na cyfrowe (przetwornik A/C – analog/cyfra). Przetwarzanie sygnałów cyfrowych na analogowe dokonywane jest przez przetworniki C/A (cyfra/analog).

Współczesne systemy sterowania oparte są w głównej mierze na technice cyfrowej (sygnały dyskretne). Zalety techniki cyfrowej są następujące:

- jest tania przy zastosowaniu układów o wysokiej skali integracji;
- możliwa jest dowolna dokładność;
- duża odporność na zakłócenia i niezawodność;
- sygnały są możliwe do zapamiętania.

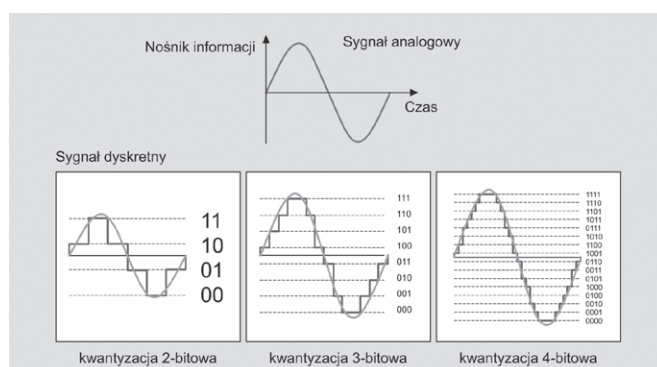
Opracowano na podstawie: www.wikipedia.org

W układzie sterowania zamkniętego (rys. 6) sygnały przekazywane są do elementu porównawczego (może to być układ scalony), w którym następuje porównanie wartości sygnału rzeczywistego (z przetwornika A/C) z wartością zadaną dla tego sygnału. W przypadku rozbieżności do aktuatora przekazywany jest sygnał korygujący, mający na celu dokonanie zmian parametrów pracy urządzenia technologicznego. Sygnał przetwarzany jest najczęściej na sygnał analogowy za pośrednictwem przetwornika C/A, np. na napięcie pozwalające na



Rys. 6. Układ sterowania otwarty (a) i zamknięty (b)

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 7. Przykład sygnału analogowego przekształconego na sygnał dyskretny

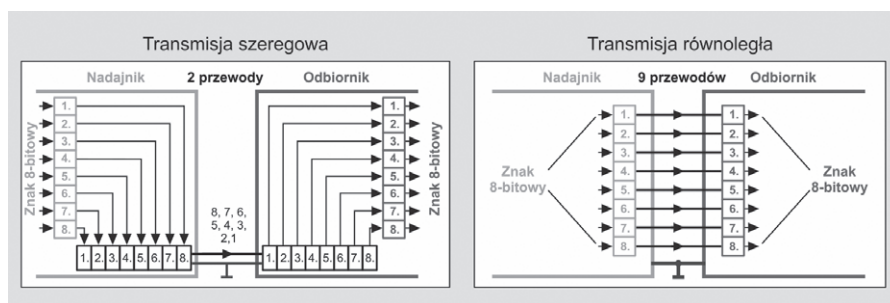
Źródło: opracowanie własne.

korektę prędkości obrotowej wirnika silnika napędu. Tak więc działanie urządzenia technologicznego zależy od programu wprowadzonego do pamięci układu sterowania.

W przypadku otwartego układu sterowania pomiaru dokonuje operator urządzenia technologicznego. On też reaguje na ewentualną niewłaściwą wartość mierzonego produktu.

Istota działania układu sterowania zamkniętego, przedstawiona na rysunku 6, zawiera jeszcze jedno pojęcie wymagające syntetycznego wyjaśnienia. Chodzi o pojęcie **transmisji szeregowej i równoległej**. Transmisja jest to przesyłanie danych między nadawcą a odbiorcą.

Istotę transmisji szeregowej i równoległej przedstawia poniższy rysunek 8. Transmisja szeregowa odbywa się przez jeden przewód danych, który przenosi poszczególne bity informacji. Chociaż czas przenoszenia informacji jest dłuższy niż w przypadku transmisji równoległej, to jednak ze względu na niższe koszty magistrali jest on często stosowany w przypadku konieczności transmisji sygnałów na duże odległości. W przypadku transmisji równoległej wszystkie bity określonej informacji przenoszone są równocześnie przez odpowiednią liczbę przewodów



Rys. 8. Przykład transmisji sygnału szeregowo i równoległej

Źródło: opracowanie własne

danych (magistrale). Transmisję równoległą stosuje się w przypadku niewielkich odległości między nadajnikiem a odbiornikiem.

Opracowano na podstawie: www.wikipedia.org

Współczesne układy sterowania urządzeń technologicznych spełniają w całym zakresie wymagania elastycznej automatyzacji, a więc możliwość szybkiej zmiany oprogramowania tego układu. Większe problemy związane są z elastycznością samych obrabiarek. Od szeregu lat znana jest koncepcja **obrabiarek rekonfigurowalnych RMT** (*Reconfigurable Machine Tools*), takich, w których istnieje możliwość dokonywania szybkich zmian w strukturze maszyny i szybkiej zmiany funkcjonalności obrabiarek przez wymianę modułów bazowych [29]. W obrabiarkach rekonfigurowalnych wykorzystano koncepcję obrabiarek modułowych, lecz mają one taką budowę, aby zestawienia modułów w celu zmiany zadań obróbkowych mogli dokonywać sami użytkownicy w stosunkowo krótkim czasie i przy stosunkowo niewielkich wymaganiach odnośnie do stosowanego sprzętu i doświadczenia montażowego.

Rozważając z punktu widzenia automatyzacji procesy realizowane we współczesnych systemach produkcyjnych, można określić jako procesy zautomatyzowane poziomy 4 i 5 [10]. Są to procesy, w których praca operatora sprowadza się do nadzorowania maszyny, przy czym transport między stanowiskami roboczymi systemu produkcyjnego odbywa się ręcznie (poziom 4). W przypadku poziomy 5 procesów zautomatyzowanych praca operatora jest taka sama, jak

w przypadku poziomy 4, lecz pomocniczy proces transportu jest również zautomatyzowany.

Procesy poziomy od 1 do 3 są procesami manualnymi (ręcznymi) bądź mieszanymi (ręczno-maszynowymi).

Procesy zautomatyzowane wymagają jeszcze ciągle znacznych nakładów inwestycyjnych. Jednakże rozwój mikrosystemów, ale także sukcesywny wzrost kosztów robocizny wskazuje, że stosowanie tych procesów w systemach produkcyjnych będzie z roku na rok rosło.

Przypisy

1. Pominięte tutaj zostaną inne procesy pomocnicze, które spełniają rolę służebną wobec systemu produkcyjnego, lecz nie są wykonywane w systemie produkcyjnym, ale w innych działach (komórkach) przedsiębiorstwa.
2. Zagadnienia te przedstawione zostaną w części pracy poświęconej koncepcji *lean manufacturing*.
3. Szerzej zagadnienia JIT przedstawiono w rozdziale 5.4.2.
4. Nie zawsze możliwy jest czynny pomiar bezpośredni określonej cechy charakteryzującej produkt, np. chropowatości powierzchni. Wówczas stosuje się pomiar pośredni, np. amplitudy drgań wrzecienika przedmiotu. Gdy osiąga ona większe wartości, to chropowatość powierzchni ulega pogorszeniu. Tak więc dokonując ciągłego pomiaru drgań wrzecienika, można wnioskować o chropowatości przedmiotu obrabianego.

Fragment pochodzi z książki:
Zarządzanie produkcją,
Edward Pajczkowski,
Wydawnictwo Naukowe PWN

reklama