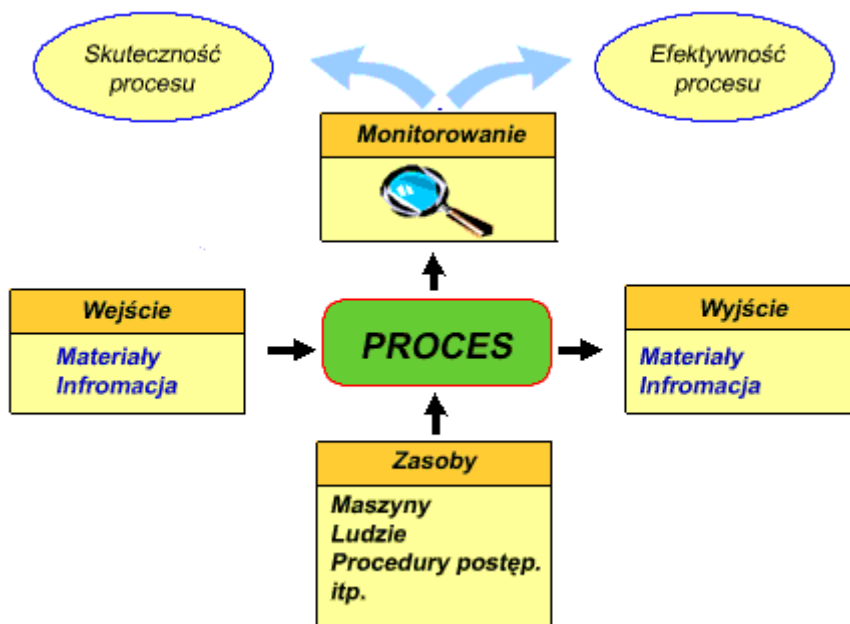


Elastyczne procesy produkcyjne

Co to jest proces?

Każde działanie, które przekształca wejście (dane wejściowe) na wyjście (dane wyjściowe) możemy uważać za proces. Proces może w swoim "wnętrzu" zawierać zbiór różnych operacji (działań) wzajemnie ze sobą powiązanych i na siebie oddziałujących.

Model procesu możemy przedstawić za pomocą poniższego rysunku:



Wejścia i wyjścia w procesie

Praktycznie każdy proces jest powiązany z innymi procesami za pomocą swoich "wejść" i "wyjść".



Wejścia i wyjścia mogą być materialne (materiały, produkty, sprzęt, ludzie) i niematerialne (informacja, dane w systemach komputerowych itp.).

1. Proces produkcyjny i jego struktura

1.1. Pojęcia podstawowe

Produkcja - świadoma działalność pojedynczego człowieka (lub zespołów ludzkich), nastawiona na wytwarzanie produktów, czyli dóbr materialnych, lub usług w celu zaspokojenia różnych potrzeb ludzkich. Oprócz dóbr materialnych lub świadczonych usług, produktem mogą być również dobra niematerialne, np. dokumentacja techniczna czy organizacyjna, wiedza praktyczna o możliwościach i zasadach uruchomienia lub rozwoju określonej produkcji (know-how), oprogramowanie komputerowe związane z przygotowaniem i realizacją produkcji lub usług oraz świadczenie różnych usług produkcyjnych.

Proces produkcyjny, transformacji, czyli przekształcenia wektora wejścia do systemu produkcyjnego w wektor wyjścia z tego systemu. Jest on podstawową częścią systemu produkcyjnego i występuje wszędzie tam, gdzie mamy do czynienia z produkcją, np. rolną, przemysłową, budowlaną. Transformacja występuje także w sferze najszerzej pojmowanych usług, o ile usługi te związane są z działalnością przemysłową (np. remonty maszyn i urządzeń, utylizacja odpadów przemysłowych, przesyłanie energii elektrycznej) lub innym rodzajem działalności.

Proces produkcyjny jest uporządkowanym ciągiem działań polegających na wykorzystaniu czynników produkcji do przekształcenia surowców i półfabrykatów w wyroby lub usługi. Wyroby gotowe i usługi określa się często jako *produkty*.

Proces produkcyjny – składa się z czterech grup procesów, między którymi istnieją powiązania materialne, energetyczne i informacyjne:

1. **procesu produkcyjnego podstawowego**, obejmującego właściwe przekształcanie surowców i półfabrykatów w wyroby przemysłowe lub usługi,
2. **procesu naukowo-technicznego i inwestycyjnego przygotowania produkcji**, nazywanego zazwyczaj procesem przygotowania produkcji,

3. **procesu produkcyjnego pomocniczego**, obejmującego utrzymanie ruchu, remonty, produkcję narzędzi, dostawę czynników energetycznych, utylizację odpadów produkcyjnych,
4. **procesu obsługi** procesu podstawowego, pomocniczego i przygotowania produkcji.

1.2. Klasyfikacja procesów produkcyjnych:

Procesy produkcyjne i ich struktura różnią się między sobą w poszczególnych gałęziach przemysłu np. specyficzne **procesy** występują w przemyśle maszynowym, inne w górnictwie, a jeszcze inne w przemyśle chemicznym.

Ze względu na dużą różnorodność wyrobów przemysłowych i stosowanych technologii, **procesy produkcyjne** można klasyfikować według różnych kryteriów. Najczęściej klasyfikuje się je według następujących kryteriów:

1. Ciągłości i przebiegu w czasie,
2. Rodzajów stosowanych technologii,
3. Cech organizacyjnych,
4. Zastosowanych środków pracy,

Podział procesów produkcyjnych według ciągłości i przebiegu w czasie

Procesy dyskretnie - będące elastycznymi kompleksami operacji uwarunkowanymi logicznie w czasie i przestrzeni, o zmiennej strukturze przystosowanej do charakterystyki ilościowo – jakościowej wytwarzanych wyrobów. Są one typowe dla przemysłu elektromaszynowego, samochodowego, hutniczego, odzieżowego, poligraficznego. Naturalnym kierunkiem doskonalenia tych procesów jest elastyczna, komputerowo wspomagana automatyzacja z wykorzystaniem robotów i manipulatorów przemysłowych.

Procesy ciągłe - z reguły aparaturowe, na trwałe powiązane z urządzeniami produkcyjnymi, produkcja zazwyczaj zautomatyzowana sztywnymi układami. Są one typowe dla ciężkiego przemysłu chemicznego, cementowego, dla energetyki i ciepłownictwa, przemysłu petrochemicznego itp. I zazwyczaj przebiegają bez przerwy w całodobowym cyklu pracy.

Podział procesów produkcyjnych według rodzajów stosowanych technologii

Procesy wydobywcze - związane są z pozyskiwaniem zasobów naturalnych z ziemi wody i powietrza. Najczęściej wydobywane są surowce kopalniane takie jak : węgiel, ropa naftowa, ruda żelaza. Technologia pozyskiwania tych surowców zależna jest od rodzaju złoża, warunków geofizycznych, dysponowanej techniki, kwalifikacji obsługi itp.

Procesy przetwórcze - powodują przemiany własności fizykochemicznych surowców i często prowadzą do uzyskania zupełnie innych materiałów. Produkty tych procesów są często poddawane dalszemu przetwarzaniu w procesach obróbkowych lub też są bezpośrednio spożytkowane przez konsumentów indywidualnych czy zbiorowych. Typowym przykładem tych procesów jest ciężka synteza chemiczna, hutnictwo, energetyka cieplna i elektroenergetyka oraz przetwórstwo surowców rolniczych.

Procesy wytwórcze, obróbkowe - powodują zmianę kształtów i cech powierzchni lub struktury wewnętrznej wyrobów z materiałów metalowych, z drewna, tworzyw sztucznych itp., a także uszlachetnienie wstępne surowców rolniczych przetwarzanych w artykuły żywnościowe. W ramach procesów obróbkowych rozróżnia się fazy lub operacje:

- Kształtowania których celem jest otrzymanie półwyrobu lub gotowej części o określonym kształcie,
- Obróbki cieplnej fizykochemicznej lub innej których celem jest zmiana struktury materiału, z którego wykonano część o określonym kształcie lub wykonano półwyroby stosując surowce rolnicze, chemiczne itp.,
- Obróbki powierzchniowej - których celem jest nadanie częściom wymaganego wykończenia powierzchni (szlifowanie, polerowanie, nagniatanie itp.),
- Obróbki fizykochemicznej - właściwej dla przemysłu mikroelektronicznego, której celem jest uzyskanie struktur półprzewodnikowych, diod, tranzystorów, mikroprocesorów itp.

Procesy montażowe - mają na celu złożenie wyrobu z dwu lub więcej części składowych i doprowadzenie go do stanu gotowości użytkowej.

Procesy montażowe charakterystyczne są dla przemysłu maszynowego, przemysłu meblarskiego. Klasyfikacja sposobów i rodzajów operacji montażu może opierać się na różnych kryteriach i tak min. innymi wyróżnia się:

- montaż wyrobu finalnego,
- montaż połączeń rozłącznych,
- montaż stacjonarny wyrobów,
- montaż ruchowy wyrobów.

Demontaż - przeprowadza się często w ramach remontów i napraw urządzeń technicznych, chcąc wymienić zużyłą część lub dokonać jej naprawy.

Procesy naturalne i biotechnologiczne - powodują zmianę struktury powierzchniowej i wewnętrznej materiałów, z których wykonano wyroby przemysłowe i instalację techniczne. Ponadto do grupy tej zalicza się **procesy** polegające na wykorzystaniu żywych organizmów lub komórek czynnych biologicznie do wytwarzania pożądaných związków i innych struktur, a także do utylizacji szkodliwych związków w warunkach zanieczyszczenia środowiska i nadmiernego zużycia nieodnawialnych surowców energetycznych. **Procesy** te obecnie są w stanie poznawania i w początkowym etapie praktycznego wykorzystania w gospodarce. Przewiduje się ogromną przyszłość tych procesów w najbliższych dwóch czy trzech dziesięcioleciach.

Podział procesów produkcyjnych według cech organizacyjnych

Proces produkcyjny w przemyśle może być rozpatrywany w trzech płaszczyznach:

a) **w ujęciu komórki produkcyjnej** -: wówczas bierze się pod uwagę wszystkie cząstkowe **procesy produkcyjne** wszystkich wyrobów wytwarzanych w tej komórce wraz z przyjętym zakresem powiązań kooperacyjnych z innymi komórkami produkcyjnymi.

b) **w ujęciu produkowanego wyrobu** - czyli poszczególnych części zespołów określonego stopnia lub całego wyrobu gotowego. Wówczas analizuje się wszystkie operacje i **procesy** niezbędne do wykonania tychże wyrobów niezależnie od tego w jakich komórkach produkcyjnych są one realizowane jaki jest zakres powiązań kooperacyjnych z innymi

komórkami produkcyjnymi uczestniczącymi w realizacji analizowanego lub projektowanego wyrobu.

c) **w ujęciu technologii grupowej** - chodzi tu o jeden złożony proces (typowy) przystosowany do obróbki całej rodziny (grupy) wyrobów prostych lub złożonych o zmiennym (elastycznym) programie ilościowo – asortymentowym; mogą to być zarówno **procesy** obróbki grupy podobnych produkcyjnie części, jak i grupy podobnych montażowo wyrobów finalnych składających się z większej liczby części podzespołów i zespołów.

Procesem produkcyjnym prostym - nazywa się proces produkcyjny wyrobu prostego, czyli pojedynczej części , przy założeniu że jest on wykonywany w obrębie tego samego rodzaju techniki wytwarzania, czyli w obrębie tej samej fazy technologicznej.

Procesem produkcyjnym złożonym - nazywa się proces produkcji wyrobu prostego wykonanego w obrębie dwóch lub więcej rodzajów technologii, czyli w obrębie dwóch lub więcej faz technologicznych.

Faza technologiczna – to część procesu technologicznego lub odrębny proces o jednorodnym charakterze obróbki.

Podział procesów produkcyjnych według zastosowanych środków pracy

Ręczne - gdzie **procesy** są wykonywane z wykorzystaniem ręcznych narzędzi i przyrządów

Maszynowe - gdzie **procesy** są wykonywane z wykorzystaniem maszyn i urządzeń mechanicznych najczęściej z napędem elektrycznym lub napędzanych innymi źródłami energii,

Aparaturowe - gdzie **procesy** mające charakter fizykochemiczny są wykonywane w specjalnie przystosowanych do tych procesów aparatach pracujących w systemie ciągłym lub dyskretnym i dotyczą przykładowo takich reakcji jak : redukcja, neutralizacja, dyfuzja, mieszanie itp.

Zautomatyzowane - w układach sztywnych i układach elastycznych (FMS)

Wspomagane komputerowo (CAD, CAP, CAE, CAQ, CAM)

Zintegrowane komputerowo (CIM) :

1.3. Struktura procesu produkcyjnego

Struktura procesu produkcyjnego podstawowego jest to układ faz technologicznych oraz operacji produkcyjnych wraz z powiązaniami materiałowymi, energetycznymi i informacyjnymi umożliwiającymi taki przepływ materiałów i półfabrykatów przez stanowiska obróbcze i montażowe, aby możliwe było otrzymanie wyrobu finalnego i przekazanie go do dystrybucji.

W każdej fazie występują operacje technologiczne, kontrolno-pomiarowe, transportowe, magazynowo-składowe, złożone (kombinowane z wcześniej wymienionych).

Operacja jest to zbiór czynności, czyli część określonego procesu produkcyjnego, realizowany na jednym stanowisku przez jednego wykonawcę (indywidualnego lub grupowego) przy jednym przedmiocie (lub zespole przedmiotów) wykonywanym bez przerw na inną pracę.

Dla analizy procesu pracy operacja może być podzielona na zabiegi.

Zabiegiem nazywa się część operacji wykonywaną przy jednym zamocowaniu przedmiotu na obrabiarce lub na stole produkcyjnym.

Przyjmuje się że **proces produkcyjny podstawowy** składa się z pięciu rodzajów operacji:

Operacja technologiczna następuje wówczas, gdy zmieniają się kształt, własności fizyczne lub chemiczne materiału wyjściowego lub półfabrykatu. Zmiany te muszą być uprzednio zaprojektowane i występują w planie obróbki (czyli planie operacyjnym) określonej części (elementu). Szczególnym rodzajem operacji jest **montaż** (lub **demontaż**) polegający na przewidzianej w projekcie technologicznym zmianie trwałego położenia określonej części w stosunku do innych części.

Operacja kontroli i pomiarów – występuje wówczas gdy część, zespół lub gotowy wyrób jest sprawdzany (kontrolowany) przez wykonawcę lub specjalne służby zgodnie z programem kontroli. Kontrola odbywa się przez sprawdzenie za pomocą specjalnych przyrządów i aparatów kontrolno – pomiarowych na zgodność z wzorcami lub przyjętymi normami. Operacja ta nie zmienia przedmiotu, ale zużywa czas, energię, pracę ludzką, narzędzia, urządzenia i powierzchnie.

Operacja transportu – występuje wówczas gdy materiał, półwyrób, część lub cały wyrób zostaje w procesie produkcyjnym przemieszczony z jednego miejsca na drugie według metody i w czasie ustalonym przez program realizacyjny, ustalony z góry lub korygowany w trakcie realizacji procesu produkcyjnego. Operacja ta nie zmienia przedmiotu, ale zużywa czas i pewne środki pracy. Jest konieczna do przemieszczenia przedmiotu pracy na następne stanowiska robocze.

Operacja magazynowania i składowania – występuje wówczas gdy materiał, półwyrób lub gotowy wyrób nie podlega żadnej z poprzednio wymienionych operacji i spoczywa na wyodrębnionych powierzchniach magazynowych, składowych, odkładczych lub wprost na urządzeniach technologicznych, kontrolnych bądź transportowych. Operacja ta nie zmienia przedmiotu, ale zużywa kapitał, czas i środki pracy (głównie powierzchnie magazynowe i urządzenia do magazynowania).

Operacja złożona – występuje wówczas , gdy w tym samym czasie przy użyciu tych samych urządzeń wykonywane są jednocześnie czynności (zabiegi) mające różny charakter np. technologiczne i kontrolne i transportowe.

Grupa
I. Operacje technologiczne
- obróbki wstępnej (zgrubnej)
- obróbki kształtującej (średnio dokładnej)
- obróbki wykończeniowej (dokładnej)
- montażu
II. Operacja kontroli i pomiarów
- kontrola wstępna
- kontrola międzyoperacyjna
- kontrola końcowa
- pomiary wyrobu i badania specjalne
III. Operacja transportu
- transport międzywydziałowy
- transport międzyoperacyjny
IV. Operacje magazynowania i składowania
- magazynowanie materiałów, surowców i wyrobów gotowych
- magazynowanie lub składowanie międzyoperacyjne
- wyczekiwanie (czasowe magazynowanie);

V. Operacje złożone

- | |
|---|
| - obróbka lub montaż połączony z kontrolą |
| - obróbka lub montaż połączony z transportem (praca na transporterze lub przenośniku) |
| - obróbka lub montaż połączony z kontrolą i transportem |
| - magazynowanie na przenośniku podłogowym, transporterze podwieszonym itp. |

Strukturę procesu produkcji można analizować w trzech podstawowych układach:

- 1) faz i procesów lub operacji technologicznych, czyli w ujęciu technologicznym, .
- 2) produkowanych wyrobów, zespołów montażowych i części, czyli w ujęciu przedmiotowym,
- 3) grup wyrobów, grup zespołów i grup części, czyli w ujęciu technologii grupowej, będącej podstawą elastycznej organizacji produkcji.

Struktura technologiczna (funkcjonalna) - urządzenia są dostosowane do wykonywania operacji technologicznych według tego samego sposobu obróbki, np. operacje tokarskie, frezarskie itp.; rodzaju techniki wytwarzania lub technologii, np. obróbka skrawaniem, plastyczna, cieplna itp.; faz procesu technologicznego, np. odlewnia (odlewy), obróbka mechaniczna, montaż;

Zalety struktury technologicznej:

- duża elastyczność ze względu na możliwość wykorzystania wyposażenia do różnych asortymentów wyrobów,
- lepsze wykorzystanie obrabiarek, dlatego potrzebna jest mniejsza liczba stanowisk roboczych,
- łatwiejsze prowadzenie produkcji w przypadku awarii, braku materiałów i ludzi,
- łatwiejszą obsługę, nastawianie i konserwację urządzeń ze względu na ograniczoną ich różnorodność.

Wady struktury technologicznej:

- brak możliwości zorganizowania produkcji potokowej ze względu na wydłużone i krzyżujące się drogi transportu międzyoperacyjnego,
- wydłużony cykl produkcyjny,
- dużą ilość dokumentacji produkcyjnej i dość kłopotliwe planowanie,

- konieczność dysponowania kadrą operatorów o wysokich kwalifikacjach,
- dużą ilość produkcji w toku ze względu na brak rytmiczności i konieczność posiadania zwiększonych zapasów, aby zachować ciągłość produkcji i rytm montażu.

Struktura przedmiotowa - przepływ przedmiotów z góry zdeterminowany, urządzenia są przystosowane do typu wykonywanych przedmiotów, np. gniazdo wałków, gniazdo tulei, linia korpusów, linia montażu głównego frezarek, oddział przekładni zębatych, wydział silników itp.

Zalety struktury przedmiotowej:

- szybki przepływ przedmiotu, produkcja potokowa,
- krótkie drogi transportu międzyoperacyjnego, minimalne zapasy,
- krótki cykl produkcyjny,
- małą ilość produkcji w toku (gdy utrzymywany jest rytm),
- mniejszą ilość dokumentów produkcyjnych,
- uproszczone planowanie,
- możliwość zatrudnienia jako operatorów pracowników przyuczonych.

Wady struktury przedmiotowej:

- niższy (zazwyczaj) stopień wykorzystania obrabiarek i urządzeń,
- mniejsza (z reguły) elastyczność systemu ze względu na zawężoną specjalizację urządzeń,
- trudniejsze prowadzenie produkcji w przypadku awarii, braku materiałów itp.

Struktura technologiczno-przedmiotowa (mieszana), np. gniazda technologiczne tworzą oddział przedmiotowy bądź linię przedmiotową.

Struktura mieszana charakteryzuje się tym, że np. oprócz gniazd technologicznych są przedmiotowe, a oprócz wydziałów i oddziałów technologicznych są też przedmiotowe. np. wydział silników, wydział obróbki cieplno-chemicznej itp.

Czynniki wpływające na wybór formy organizacji systemu produkcyjnego to:

- asortyment produkowanych wyrobów oraz program produkcyjny,
- uzależnienie od specyfikacji wyposażenia produkcyjnego.

Biorąc pod uwagę zalety i wady struktur, przyjęło się, że stosowanie struktury technologicznej jest uzasadnione w przypadku produkcji nieustabilizowanej o bardzo dużej różnorodności i pracochłonności poszczególnych operacji. Odpowiada to produkcji jednostkowej i małoseryjnej oraz średnioseryjnej wówczas, gdy jest ona nieustabilizowana.

Struktura przedmiotowa stosowana jest w produkcji masowej i wielkoseryjnej oraz średnioseryjnej, ale ustabilizowanej, o dużym stopniu unifikacji i typizacji wyrobów. Stosuje się wówczas potokową organizację procesu wytwarzania i dąży do synchronizacji czasów operacji.

Technologia grupowa (GT) - polega na grupowaniu komórek lub stanowisk roboczych w celu przetwarzania rodzin podobnych technologicznie wyrobów. Zaletą tego systemu jest skrócenie czasu w procesach przygotowawczo-zakończeniowych oraz zwiększenie autonomii wewnątrz grup pracowników.

Wyroby do grupy są przydzielane wg podobieństwa technologicznego w ramach jednej lub kilku operacji. Umożliwia to obróbkę w sposób ekonomiczny na tej samej obrabiarce, w tym samym oprzyrządowaniu i przy tym samym lub podobnym ustawieniu obrabiarki.

W metodzie obróbki grupowej plan zabiegów oraz oprzyrządowanie obrabiarki dobiera się dla tzw. syntetycznego przedstawiciela grupy, tj. przedmiotu, do którego zastosowano wszystkie zabiegi występujące w obróbce dowolnego przedmiotu z grupy.

Przedmioty przewidziane do obróbki grupowej można ująć w dwie zasadnicze grupy:

- pierwsza, w której cykl produkcyjny przedmiotów przebiega na tych samych obrabiarkach,
- druga, przedmioty wspólnie obrabiane są tylko w jednej operacji, a dalsza obróbka wykonywana jest w ramach indywidualnych procesów lub w ramach innych grup.

Technologia grupowa wymusza typizację procesów technologicznych.

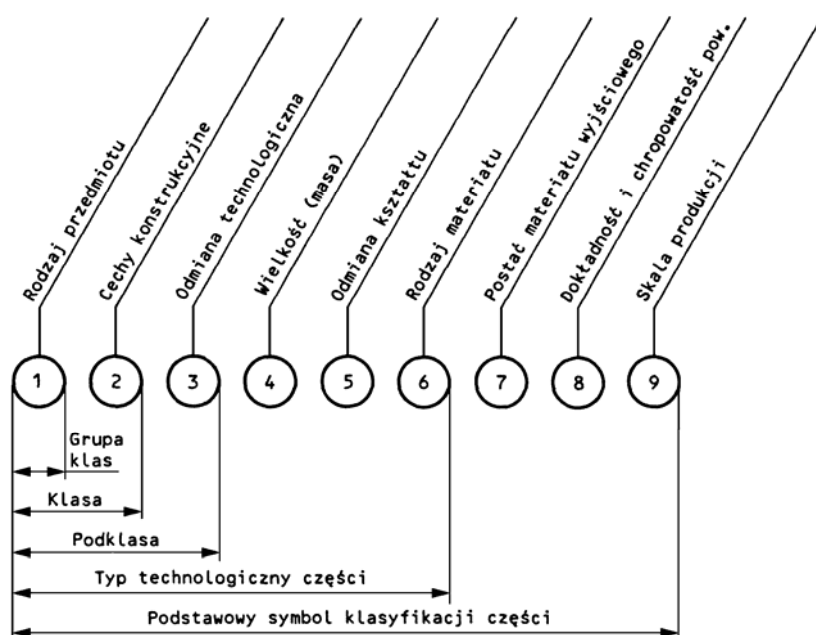
Typizacja procesu technologicznego polega na opracowaniu jednego procesu dla przedmiotów należących do jednego typu. Wszystkie części wchodzące w zakres jednego typu są obrabiane w tych samych operacjach, tymi samymi metodami, tzn. tymi samymi narzędziami, w tych samych uchwytach itp.

Zalety typizacji procesów to:

- ujednolicenie procesów technologicznych dla części technologicznie podobnych, opracowanych przez różnych technologów,
- ujednolicenie normy czasów roboczych dla części technologicznie podobnych,
- skrócenie czasu technologicznego przygotowania produkcji przez wykorzystanie typowego procesu oraz zastosowanie zunifikowanego oprzyrządowania,
- stworzenie warunków do unifikacji specjalnego oprzyrządowania,
- ujednolicenie normy czasu dla części technologicznie podobnych,

Technologia grupowa wymaga systemu klasyfikacji wyrobów – kodu produktu:

Kod produktu- zawiera charakterystyczne cechy np. kształt, wymiary oraz techniki wytwarzania.



Poprzez identyfikowanie podobnych cech produktów można łączyć zasoby do powstawania poszczególnych rodzin produktów w gniazda produkcyjne, które obejmują cały proces powstania produktu. Polega on na tym, iż maszyny i urządzenia grupuje się pod kątem określonych zadań, jednak są one od siebie niezależne i wykonują pracę w obrębie specjalizacji przedmiotowej.

Zalety tego systemu to:

- skrócony cykl produkcyjny,
- uproszczenie planowania i sterowania,
- zmniejszenie poziomu zapasów,
- zwiększenie efektywności maszyn i urządzeń.

Zastosowanie maszyn i urządzeń technologicznych sterowanych numerycznie, zwiększyło elastyczność systemów wytwórczych, a przez to i elastyczność całego systemu produkcyjnego. Rozwój elastycznych systemów wytwórczych (i obróbkowych) początkowo był ukierunkowany na struktury o specjalizacji przedmiotowej.

Obecnie w rozwoju systemów elastycznych dąży się do tworzenia struktur mieszanych wykonujących większą liczbę faz technologicznych i zdolnych wytwarzać wiele różnorodnych wyrobów istotnie różniących się konstrukcją i technologią. Stąd tendencje do stosowania obrabiarek typu centrów obróbkowych, które umożliwiają dużą koncentrację obróbki, automatyczną wymianę przedmiotów i narzędzi oraz mogą pracować przez dłuższy czas bez udziału człowieka.

1.3. Program produkcyjny

Program produkcyjny - to rodzaje i ilość produkowanych detali, podzespołów, zespołów czy wyrobów.

Produkcja jednostkowa – pojedynczy produkt (np. budowa statku);

Produkcja małoseryjna – praca rzemieślnicza polegająca na wytwarzaniu kilku podobnych produktów;

Produkcja seryjna – pozwalająca na wytwarzanie średnich lub dużych serii powtarzalnych produktów (średnioseryjna i wielkoseryjna);

Produkcja masowa - oznacza wytwarzanie dużej liczby identycznych produktów;

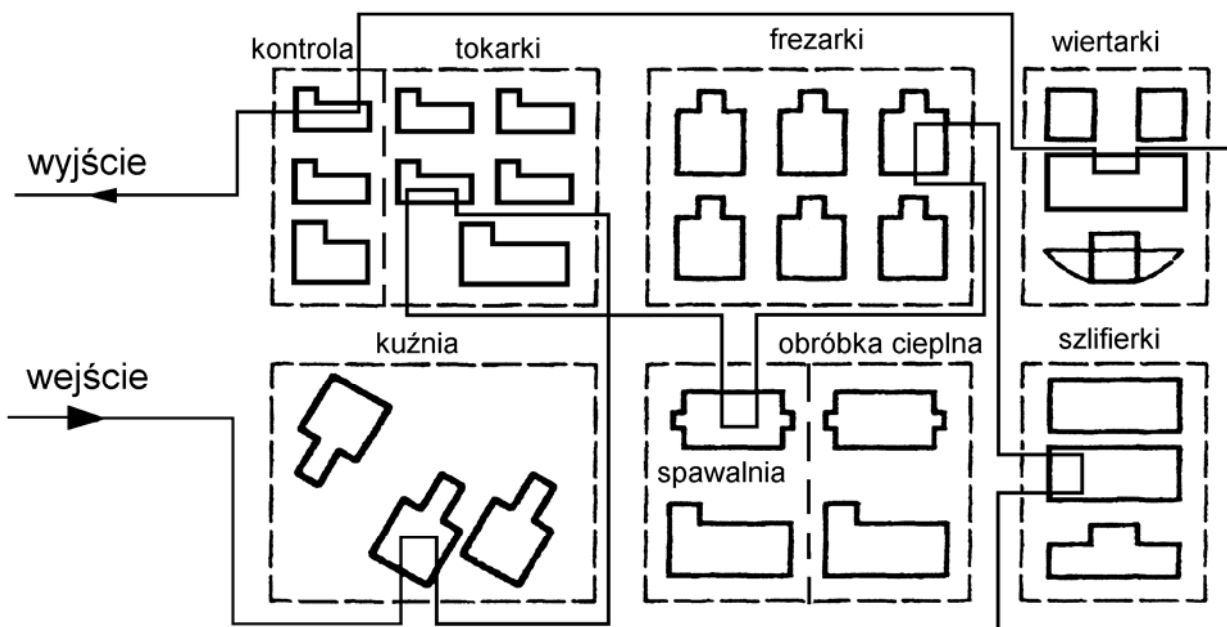
Produkcja jednostkowa i małoseryjna

Produkcja małoseryjna jest stosowana zazwyczaj w niewielkich uniwersalnych zakładach, w których pojawiają się różne zamówienia na niewielkie partie produktów. Zazwyczaj maszyny i urządzenia mają stałe rozmieszczenie, natomiast produkty są przemieszczane w zależności od charakterystyki wyrobu.

Taka produkcja charakteryzuje się:

- niską wydajnością,
- możliwością szybkiej zmiany asortymentu produkcji (duża elastyczność).

Rozmieszczenie urządzeń technologicznych w układzie rodzajowym



Produkcja seryjna

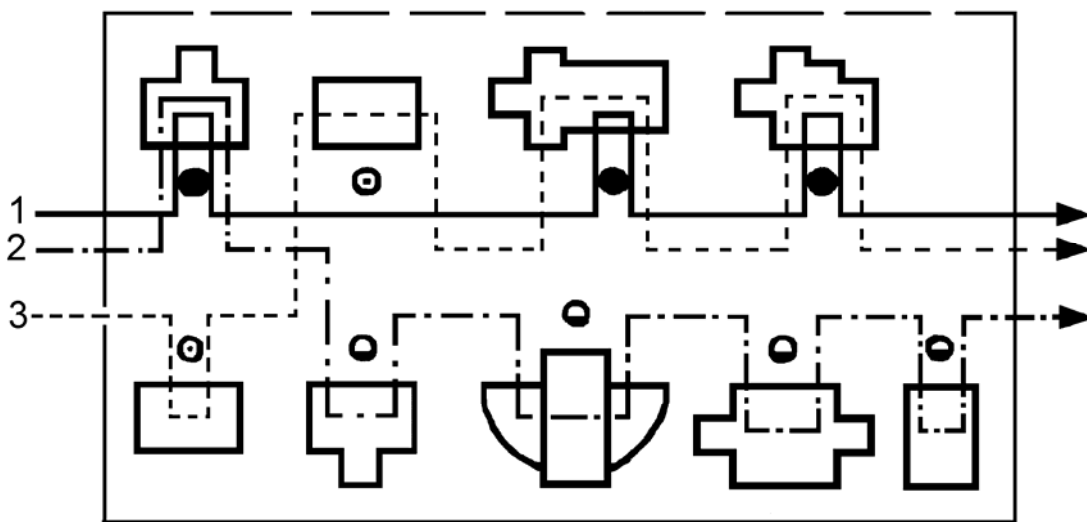
Wytwarzanie wyrobów w określonych odstępach czasu seriami lub partiami. Zależnie od liczby sztuk wyrobów w serii, prędkości wykonania i częstości powtarzania serii produkcja może być małoseryjna, średnioseryjna i wielkoseryjna.

Do podstawowych cech produkcji seryjnej zalicza się:

- obciążenie poszczególnych stanowisk pracy powtarzającymi się okresowo operacjami,
- oprócz obrabiarek uniwersalnych stosowanie również obrabiarek specjalnych,

- stosowanie w szerokim zakresie uchwytów, przyrządów i narzędzi specjalnych,
- zatrudnianie mniejszej liczby pracowników o wysokich kwalifikacjach,
- bardziej szczegółowe opracowanie dokumentacji procesów technologicznych,
- rozmieszczenie stanowisk pracy częściowo według rodzajów, a częściowo według kolejności wykonywanej operacji, w wyniku tego powstaje tzw. gniazdo obróbkowe.

Transport międzyoperacyjny w gnieździe obróbkowym

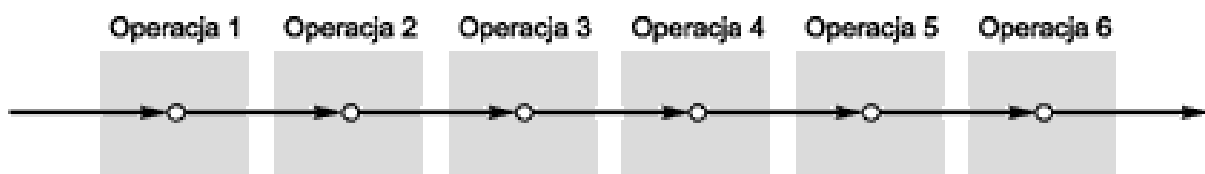


1, 2, 3 - kolejno obrabiane przedmioty

Produkcja masowa

Ten typ produkcji jest wykorzystywany w wytwarzaniu dużej liczby powtarzalnych produktów; charakteryzuje się wysoką wydajnością i małą elastycznością.

Zmiana produktu wymaga zmiany ustawienia maszyn.



Zróżnicowanie produktów, a wielkość produkcji

Charakterystykę typu produkcji w zależności od wielkości produkcji i zróżnicowania wyrobów.

Zróżnicowanie produktów	Wielkość produkcji				
	ciągła	bardzo wysoka	średnia	niska	bardzo niska
żadne	Ciągły przepływ (np. petrochemia)				Zaniechana – zbyt wysokie koszty jednostkowe
niskie		Produkcja masowa (np. samochody)			
średnie			Produkcja seryjna (np. ubrania)		
wysokie				Produkcja rzemieślnicza (np. grafiki)	
bardzo wysokie		Zaniechana – zbyt duży koszt kapitału			Produkcja jednostkowa (np. okręty)

Automatyzacja produkcji

Podobnie jak typ produkcji, również typ wykorzystywanej automatyzacji zależy od wielkości produkcji:

Sztywna automatyzacja – jest odpowiednia do masowej, rzadko zmienianej produkcji;

Elastyczna automatyzacja – jest odpowiednia do średnich partii produkcyjnych, często ulegających zmianie.

Cykl produkcyjny – jest to okres czasu pomiędzy rozpoczęciem a zakończeniem procesu produkcyjnego wyrobu, to czas, w którym materiał wyjściowy przechodzi kolejno przez wszystkie operacje produkcyjne i jest przekształcony w wyrób gotowy. Jest podstawą ustalania planów produkcji, a także normowania wielkości zapasów robót w toku, jest wyrazem organizacji procesu produkcyjnego czasie.

2. System produkcyjny

Proces produkcji jako uporządkowany ciąg działań prowadzących do wytworzenia produktu realizowany jest w systemie produkcyjnym.

System produkcyjny – to celowo zaprojektowany i zorganizowany układ materialny energetyczny i informacyjny eksploatowany przez człowieka i służący produkowaniu określonych produktów (wrobów lub usług) w celu zaspokojenia różnorodnych potrzeb konsumentów.

System wytwórczy – system składający się z maszyn o różnym przeznaczeniu technologicznym, a więc realizujące różne techniki wytwarzania.

System obróbkowy – składa się z maszyn pracujących według jednej techniki wytwarzania.

Trzy główne koncepcje produkcji:

A. Wytwarzanie oparte na niezależnej pracy pojedynczych obrabiarek (i innych urządzeń wytwórczych) – bardzo duża elastyczność przy możliwości dużej różnorodności produkowanych wrobów. Najmniej wydajny sposób produkcji. Ekonomicznie efektywny zakres stosowania to produkcja jednostkowa i małoseryjna.

B. Wytwarzanie zautomatyzowane elastycznie – stosunkowo duża elastyczność przy względnie dużej wydajności produkcji stosunkowo szerokiego spektrum wrobów. Zakres stosowania to produkcja różnorodnych wrobów w niewielkich i średnich seriach. Tendencje rynkowe sprzyjają poszerzaniu się tego zakresu produkcji.

C. Wytwarzanie wysoko wydajne oparte na wykorzystaniu obrabiarek specjalnych (zadaniowych) oraz linii produkcyjnych – charakteryzuje je duża sztywność przy produkcji, w zasadzie, wrobów jednego rodzaju. Przystawienie systemu na inny wyrób jest bardzo kosztowne i czasochłonne. Jest to najbardziej wydajny sposób organizacji produkcji. Efektywny zakres stosowania to produkcja wielkoseryjna i masowa.

Każdy system wytwórczy można podzielić według różnych kryteriów na podsystemy.

Ze względu na **funkcje** realizowane przez elementy systemu można wyróżnić następujące podsystemy funkcjonalne:

- **podsystem technologiczny**, ma na celu kształtowanie cech geometrycznych i fizycznych przedmiotów produkcji, zawiera urządzenia technologiczne, oprzyrządowanie i narzędzia służące do kształtowania tych cech wyrobu – obrabiarki NC, CNC, a także pomocnicze stanowiska technologiczne realizujące operacje: mycia, uzbrajania palet itp.;
- **podsystem pomocy warsztatowych**, zbiór narzędzi skrawających, pomiarowych i kontrolnych, palet i uchwytów stosowanych w systemie wytwórczym (jego część jest często wyodrębniana jako podsystem narzędziowy – zbiór oprawek narzędziowych oraz związanych z nimi narzędzi, a także stanowiska do pomiaru i ustawiania narzędzi);
- **podsystem transportu**, ma na celu zasilanie podsystemu technologicznego w materiały, oprzyrządowanie, narzędzia i zapewnienie przede wszystkim przepływu materiałów i przedmiotów produkcji oraz manipulację tymi przedmiotami (gdy nie jest wyodrębniony podsystem manipulacji); zawiera urządzenia i inne środki techniczne do przemieszczania przedmiotów pracy (zgodnie z marszrutą technologiczną wyrobów), a także palet, narzędzi itp.;
- **podsystem magazynowania**, spełnia przede wszystkim funkcje składowania materiałów, półwyrobów i wyrobów gotowych, ale także składowania oprzyrządowania i narzędzi oraz odpadów produkcyjnych; zawiera urządzenia i środki techniczne do przechowywania materiałów i półfabrykatów, wyrobów gotowych, palet, narzędzi itp.;
- **podsystem manipulacji**, urządzenia i środki techniczne umożliwiające przekazywanie przedmiotów pracy, palet i narzędzi pomiędzy podsystemami wytwarzania, magazynowania i transportu (np. zakładanie i zdejmowanie przedmiotów z obrabiarki, załadunek i rozładunek środków transportu, zmiana narzędzi na obrabiarce itp.);
- **podsystem kontroli i diagnostyki**, ma na celu zabezpieczenie wymaganej jakości produkowanych wyrobów przez bezpośrednie pomiary stopnia zużycia narzędzi; generuje sygnały niezbędne do sterowania; zawiera urządzenia i środki techniczne do pomiarów i diagnostyki wytwarzanych wyrobów, narzędzi, obrabiarek i ich elementów, a także parametrów procesu celem zapewnienia odpowiedniej jakości wyrobów oraz niezawodności maszyn i urządzeń;

- **podsystem zasilania i usuwania odpadów**, do jego zadań należy usuwanie z podsystemu technologicznego odpadów produkcyjnych i przemieszczanie ich; zawiera urządzenia i środki techniczne realizujące zasilanie systemu wytwórczego w materiały pomocnicze, energię oraz usuwające odpady produkcyjne;
- **podsystem sterowania**, kieruje poszczególnymi urządzeniami w podsystemach, a także zapewnia współdziałanie podsystemów funkcjonalnych; zawiera urządzenia i oprogramowanie zapewniające sprawne sterowanie przebiegiem produkcji, w tym współdziałanie wszystkich podsystemów.

Wyróżnia się kilka stopni rozwoju systemów sterowania w zależności od poziomu organizacji i zastosowanych środków technicznych:

- stopień 0 — system manualny (prymitywny),
- stopień 1 — system mechanizowany,
- stopień 2 — system automatyzowany,
- stopień 3 — system komputeryzowany,
- stopień 4 — system zrobotyzowany,
- stopień 5 — system samorozpoznający (kognitywny),
- stopień 6 — system zintegrowany.

Projektując system wytwórczy, należy uwzględnić możliwość przejścia po określonym czasie do wyższego stopnia sterowania, w tym należy uwzględnić elastyczność systemów wytwórczych.

Rozwój systemów produkcyjnych

Okres	Lata 70. XX w.	Lata 80. XX w.	Lata 90. XX w.	Rok 2000 i później
Praktyka produkcyjna	Produkcja typu „push”	Produkcja typu „pull” Lean Manufacturing	Produkcja elastyczna	Produkcja ze zdolnością do adaptacji
Główny czynnik wyróżniający	Koszty	Jakość	Dostępność	Krótszy czas realizacji
Wskaźniki wydajności	Efektywność produkcji	Zarządzanie kosztami	Udział w segmencie rynku	Satysfakcja klientów

Praktyka produkcyjna	Cechy	Filozofia
Produkcja typu „push”	Produkcja masowa	Maksymalizacja wykorzystania zdolności produkcyjnych w celu obniżenia kosztów
	Linie produkcyjne zorientowane na konkretny produkt	Zorientowanie na dostępność i ekonomię skali
Produkcja typu „pull” oraz Lean Manufacturing	Produkcja tylko w ilości jaka może zostać sprzedana	Główny nacisk na jakość produktów
	Ograniczona różnorodność produktów	Optymalizacja produkcji poprzez zarządzanie wielkością partii
Produkcja elastyczna	Duża różnorodność produktów	Zapewnienie dostępności produktów niezależnie od kosztów
	Nadmierne zaangażowanie środków	Skupienie uwagi na różnorodności produktów
Produkcja ze zdolnością do adaptacji	Integracja systemu w celu uzyskania przejrzystości	Rywalizacja w zakresie usług i skrócenia czasu realizacji
	Rozszerzenie współpracy	Koszty i czas realizacji przy zachowaniu elastyczności
	Zarządzanie poprzez analizy	Współpraca pomiędzy partnerami biznesowymi

Postęp naukowo- techniczny w dziedzinach: automatyka, elektronika, informatyka, umożliwia kompleksową automatyzację procesów produkcyjnych, obejmujących cały obszar procesu produkcji:

- projektowania wyrobu,
- projektowania procesu technologicznego,
- procesy obróbki i montażu gotowego wyrobu.

Elastyczne systemy produkcyjne, oparte na sterowanych numerycznie urządzeniach, robotach, systemach wspomagających prace projektowo-konstrukcyjne, umożliwiają usprawnienie organizacji produkcji.

Pojęcie elastyczności

Pojęcie elastyczności kojarzy się z łatwością adaptacji procesów lub systemów gospodarczych do pożądaných warunków lub zmian, zachodzących w otoczeniu. Jednak elastyczność jest pojęciem bardziej złożonym i nie może być odnoszona jedynie do urządzeń lub form realizacji procesów technologicznych. Elastyczność jest przede wszystkim cechą systemów gospodarczych, decydującą o możliwościach ich adaptacji do zmieniających się wymogów funkcjonowania otoczenia. Obok produktywności oraz jakości i niezawodności, elastyczność jest główną składową konkurencyjności systemów gospodarczych.

Przesłanki powstania, rozwoju i projektowania ESP (ang. Flexible Manufacturing System - FMS)

Rozwój elastycznych systemów produkcyjnych wynika z konieczności obniżki kosztów przy równoczesnym różnicowaniu się potrzeb klientów.

Różnicujące się zapotrzebowania klientów prowadzi do dużych i szybko następujących zmian w asortymencie wytwarzanych wyrobów.

W tradycyjnie zorganizowanych jednostkach produkcyjnych powoduje to konieczność odchodzenia od wytwarzania w partiach ekonomicznych, co wywołuje spadek efektywnego obciążenia stanowisk (wzrost udziału czasu przygotowawczo - zakończeniowego t_{pz}). Częste przebrojenia powodują wzrost kosztów robocizny, wynikający z konieczności zatrudniania pracowników o wyższych kwalifikacjach do bezpośredniej obsługi maszyn i urządzeń (a co za tym idzie - wzrostu wynagrodzeń).

Analiza celowości wdrażania ESP oraz problemy z tym związane

Warunkiem utrzymania się przedsiębiorstwa na rynku jest zdolność szybkiego reagowania na nowe potrzeby, czyli skracanie cykli wdrażania nowych wyrobów oraz szybkie uruchamianie i realizowanie zleceń produkcyjnych przy jednoczesnym zapewnieniu odpowiedniej jakości wyrobów i zachowaniu niskiej ceny.

Nieodzowne staje się tworzenie systemów produkcyjnych, opartych na rozwiązaniach zapewniających wysoką efektywność funkcjonowania przedsiębiorstwa i spełniających jednocześnie wszystkie wymagania związane z oczekiwaniami rynku.

Istnieje wiele przesłanek przemawiających za stosowaniem w określonych warunkach ESP, a korzyści związane ze stosowaniem ich są następujące:

- wzrost stopnia wykorzystania środków trwałych,
- niższe koszty wyposażenia (ogółem),
- zmniejszenie kosztów robocizny bezpośredniej,
- zmniejszenie zapasów robót w toku oraz cykli produkcyjnych,
- szybkie reagowanie na zmienne zadania produkcyjne,
- odporność na zakłócenia wewnętrzne,
- wzrost jakości produkowanych wyrobów,
- wzrost wydajności,
- łatwość rozbudowy systemu.

Czynniki stymulujące rozwój ESP

1. Związane rynkiem (wahania koniunktury, ostrzejsza konkurencja, dostosowanie się do potrzeb odbiorców, skracanie cykli życia).
2. Związane z przedsiębiorstwem (malejąca stopa zysku, konieczność poszerzania asortymentu, krótsze terminy dostaw, mniejsze serie produkcyjne, rosnące koszty robocizny).
3. Związane z procesami produkcyjnymi (zmniejszenie zamrożenia robót w toku, wzrost wykorzystania maszyn i urządzeń, skracanie cykli produkcyjnych, skracanie czasów przebrojeń).

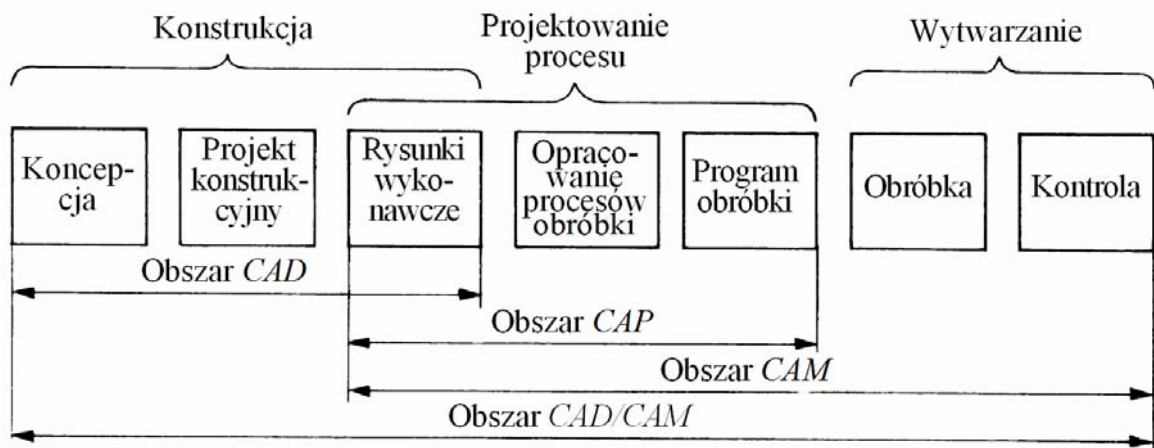
Elastyczna automatyzacja produkcji pozwala realizować coraz nowsze zamówienia, nawet indywidualne.

Projektuje się tu, nie tylko proces technologiczny, ale cały proces produkcyjny i związany z nim przepływ materiałów wraz z logistyką procesu produkcyjnego, to jest formy przepływu i przetwarzania czynników i informacji w całym procesie przygotowania produkcji oraz dystrybucji i sprzedaży.

Elastyczna automatyzacja produkcji realizowana jest przy użyciu nowoczesnych technik komputerowych, istnieje jej wiele form:

- obrabiarki sterowane numerycznie
- elastyczne systemy produkcji,
- komputerowo wspomagane systemy transportowo-magazynowe,
- CAP/CAPP (Computer Aided Planning, Computer Aided Process Planning)-komputerowe wspomaganie planowania i przygotowywania procesów wytwórczych,

- CAD/CAM (Computer Aided Design) - komputerowo wspomagane projektowanie wyrobów i metod wytwarzania,
- CAM (Computer Aided Manufacturing) - komputerowo wspomagane wytwarzanie,
- CAMC (Computer Aided Manufacturing Control) - komputerowe sterowanie wytwarzania,
- CAQ/CAQC (Computer Aided Quality, Computer Aided Quality Control) - komputerowe wspomaganie sterowania jakością produkcji
- CAE (Computer Aided Engineering) - komputerowe wspomaganie prac inżynierskich,
- CIM (Computer Integrated Manufacturing) - komputerowo zintegrowane systemy wytwórcze to systemy wykorzystujące komputery w sferze planowania, przygotowania produkcji, sterowania wytwarzaniem, sterowania jakością i sprzedażą wyrobów.



Elastyczny system produkcyjny

System techniczny, w którym przepływ materiałów i energii, ich transformacja oraz procesy regulacyjne są zintegrowane w sposób zapewniający automatyczną i ciągłą realizację zadań produkcyjnych opartą na sterowaniu komputerowym.

Wszystkie procesy związane z produkcją i sama produkcja (komputerowe planowanie, przygotowanie produkcji, proces obróbki itp.) są zintegrowane w jeden potok informacji (o wszystkich działach i funkcjach), co nazywa się komputerową integracją procesu wytwarzania (CIM).

Elastyczny system produkcyjny wykorzystuje tzw. środki elastycznej automatyzacji produkcji, tj. urządzenia sterowane komputerowo, charakteryzujące się dużą wielostronnością i łatwością przeobrażania.

Elastyczność systemu produkcyjnego jest jedną z jego najistotniejszych cech osiąganych różnymi drogami; poczynając od ukształtowania asortymentu wyrobów, poprzez dobór maszyn i urządzeń produkcyjnych, strukturę organizacyjną, systemy sterowania produkcją, współpracę pracowników, aż do odpowiedniego ukształtowania powiązań ESP z otoczeniem.

Elastyczny system produkcyjny skutecznie łączy dwie przeciwstawne właściwości systemów produkcyjnych:

- wysoką wydajność; taką jak w automatycznych liniach produkcyjnych (w systemie rytmicznej produkcji),
- różnorodność asortymentu produkcji; taką, jak w gniazdach technologicznych (w systemie nierytmicznej produkcji).

Najważniejszą **cechą ESP** jest **elastyczność**, polegająca na zdolności dostosowywania, do zmieniających się warunków i zadań produkcyjnych. Elastyczność uważana jest za czynnik implikujący najnowocześniejsze rozwiązania produkcyjno-organizacyjne.

Typowe rodzaje elastyczności charakterystyczne dla elastycznych systemów produkcji :

1. Elastyczność maszyn. Określa ona podatność maszyn systemu, na przeprowadzenie niezbędnych zmian, przy produkcji rodziny typów części, dla której system jest zaprojektowany. Miarą takich zmian może być czas wymiany zużytego lub uszkodzonego narzędzia, czas przygotowania produkcji na danej obrabiarce itp.
2. Elastyczność asortymentu produkcji. Jest to zdolność do szybkiego i ekonomicznego przejścia do produkcji nowego typu wyrobów. Jako miarę tej elastyczności można przyjąć czas konieczny dla przejścia od produkcji jednej rodziny wyrobów do innej.
3. Elastyczność wielkości produkcji. Jest to zdolność systemu do rentownej produkcji przy różnych jej wielkościach. Miarą tej elastyczności może być najmniejsza wielkość produkcji dla wszystkich typów wyrobów, przy której system jest jeszcze rentowny.

4. Elastyczność procesu technologicznego. Jest to zdolność do produkowania danego zbioru typów części różnymi sposobami i przy użyciu różnych materiałów. Elastyczność procesu wzrasta, gdy koszty przygotowania produkcji na każdej obrabiarce maleją. Miarą elastyczności może być liczba typów części, które mogą być jednocześnie wytwarzane w sposób jednostkowy. Elastyczność tę uzyskuje się dzięki elastyczności maszyn oraz stosowaniu wielozadaniowych komputerowo sterowanych gniazd obróbkowych.
5. Elastyczność marszrut technologicznych. Jest to zdolność systemu do kontynuowania produkcji danego zbioru typów części w warunkach występowania awarii. Pod pojęciem *marszruty* rozumiemy ciąg maszyn, przez które przechodzi kolejno dany typ części w procesie wytwórczym. Elastyczność marszrut istnieje wtedy, gdy dany typ części można produkować wykorzystując różne marszruty przepływu przez system lub gdy operację tego samego typu można wykonywać na wielu obrabiarkach.

Mamy do czynienia z elastycznością marszrut:

- potencjalną, gdy marszruty są z góry ustalone, a w przypadku awarii są one automatycznie korygowane,
 - faktyczną, gdy części tego samego typu są wytwarzane przy różnych marszrutach niezależnie od sytuacji awaryjnych.
6. Elastyczność rozwoju systemu. Jest to zdolność systemu do łatwiejszej modularnej rozbudowy i rozwoju w miarę potrzeb. Elastyczność rozwoju osiąga się przez; rozmieszczenie urządzeń tak, aby nie były przeznaczone dla specyficznego procesu, stosowanie elastycznego systemu transportu, stosowanie modularnych, elastycznych gniazd obróbkowych ze zmieniającymi palet,
 7. Elastyczność ograniczeń kolejnościowych. Jest to zdolność do zmian kolejności wykonywania pewnych operacji dla każdego typu części. Elastyczność tę można osiągnąć planując **procesy** technologiczne tak aby pozostawić swobodę wyboru marszrut i nie ustalać z góry następnej operacji lub następnej maszyny. Decyzje te podejmuje się w czasie rzeczywistym w zależności od aktualnego stanu systemu.
 8. Elastyczność wielkości personelu. Jest to zdolność do prowadzenia, procesu produkcyjnego ze zmienną liczbą operatorów. System ma wysoką elastyczność personelu, gdy jest zdolny kontynuować pracę w nocy przy dużo mniejszej obsłudze niż w ciągu dnia.

9. Elastyczność produkcji. Określa ogół typów części, które *ESP* może produkować. Elastyczność produkcji mierzona jest poziomem nowoczesności istniejącej technologii. Jest ona tym wyższa, im nowocześniejsza jest zastosowana technologia oraz im większa jest uniwersalność obrabiarek. Dla elastyczności produkcji wymagane są wszystkie dotychczas wymienione typy elastyczności.

Elastyczny system wytwórczy - zbiór zautomatyzowanych, elastycznych jednostek wytwórczych (obrabiarek oraz innych maszyn i urządzeń technologicznych), pozwalających na zastosowanie różnych technik wytwarzania (obróbka plastyczna, obróbka skrawaniem, montaż itd.), połączonych ze sobą automatycznymi urządzeniami transportowymi, umożliwiające elastyczną automatyzację wytwarzania przedmiotów o wspólnych cechach technologicznych i zróżnicowanych cechach konstrukcyjnych.

Elastyczny system wytwórczy składa się z trzech części:

- maszyn, które można przestawić na pożądaną produkcję;
- systemu manipulacji i transportu materiałami, który przemieszcza części pomiędzy maszynami w zależności od możliwości i potrzeb obróbki;
- sterującego komputera, który steruje pracą maszyn.

W pojedynkę, w gnieździe, w systemie

Produkcja w ramach *ESP* może odbywać się wykorzystując:

- zautomatyzowane elastycznie obrabiarki
- zautomatyzowane elastycznie systemy obrabiarek.
-

Do zautomatyzowanych elastycznie obrabiarek zalicza się:

- obrabiarki sterowane numerycznie (NC lub CNC),
- centra obróbkowe,
- autonomiczne stacje obróbkowe.

Do zautomatyzowanych elastycznie systemów obrabiarek zalicza się:

- elastyczne gniazda obróbkowe,
- elastyczne systemy obróbkowe,
- elastyczne linie obróbkowe.

Obrabiarki sterowane numerycznie, tzn. wyposażone w układ sterowania numerycznego NC (zwykły) lub CNC (komputerowy), wykonują zautomatyzowany program pracy, który obejmuje sterowanie wszystkimi ruchami zespołów roboczych, parametrami obróbki oraz właściwymi dla danej obrabiarki czynnościami pomocniczymi.

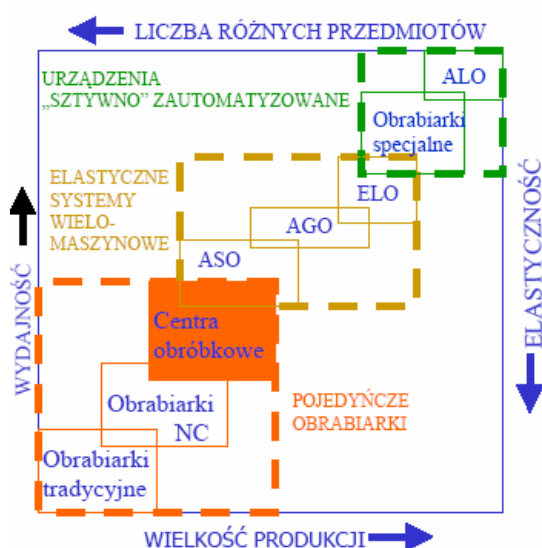
W celu zwiększenia stopnia automatyzacji takich obrabiarek i lepszego dostosowania ich do wymagań elastycznego wytwarzania są one wyposażone w wiele dodatkowych urządzeń, takich jak: podajniki pręta lub urządzenia załadowcze, dodatkowe jednostki napędowe, zaciski uchwyty i elementów mocujących, głowice rewolwerowe z narzędziami obrotowymi, przenośniki wiórów itd.

Centra obróbkowe są to sterowane numerycznie obrabiarki ogólnego przeznaczenia, wyposażone w magazyn narzędzi i urządzenia do automatycznej ich wymiany. Centra obróbkowe są przeznaczone przede wszystkim do jednostkowej i małoseryjnej produkcji przedmiotów wymagających wykonania na jednym stanowisku pracy wielu zabiegów obróbkowych.

Najczęściej są stosowane centra obróbkowe frezarsko-wytaczarskie, głównie do obróbki korpusów, oraz centra obróbkowe tokarskie i szlifierskie przeznaczone do obróbki części obrotowych.

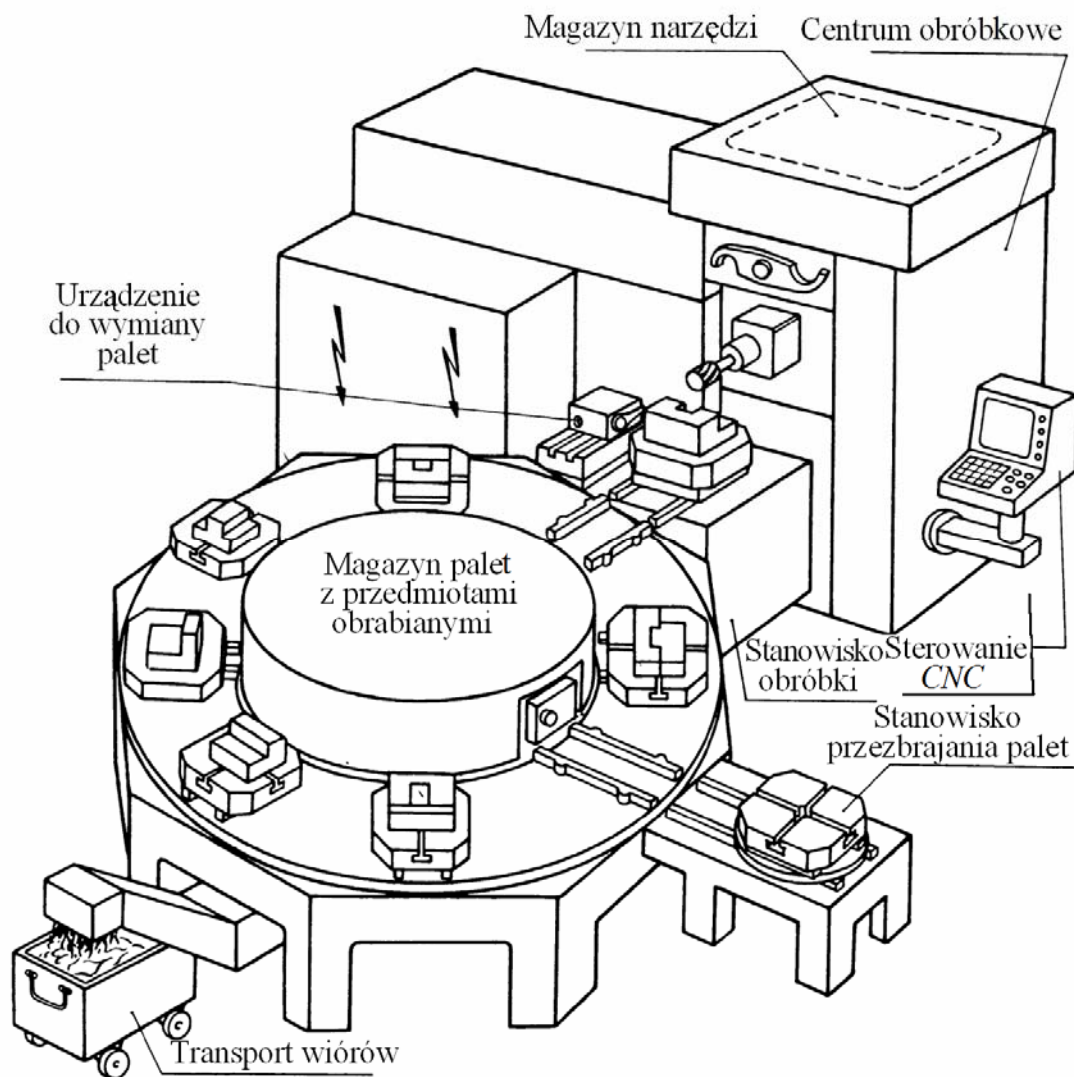
Liczba zabiegów obróbkowych centrum jest zależna od pojemności magazynu narzędzia.

CENTRA OBRÓBKOWE

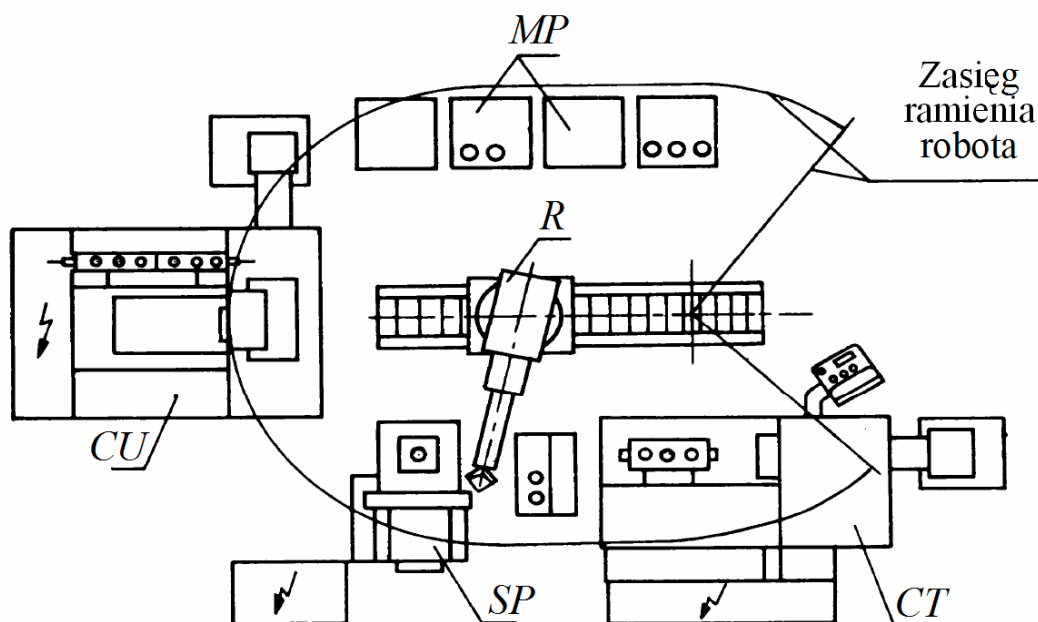


przykład

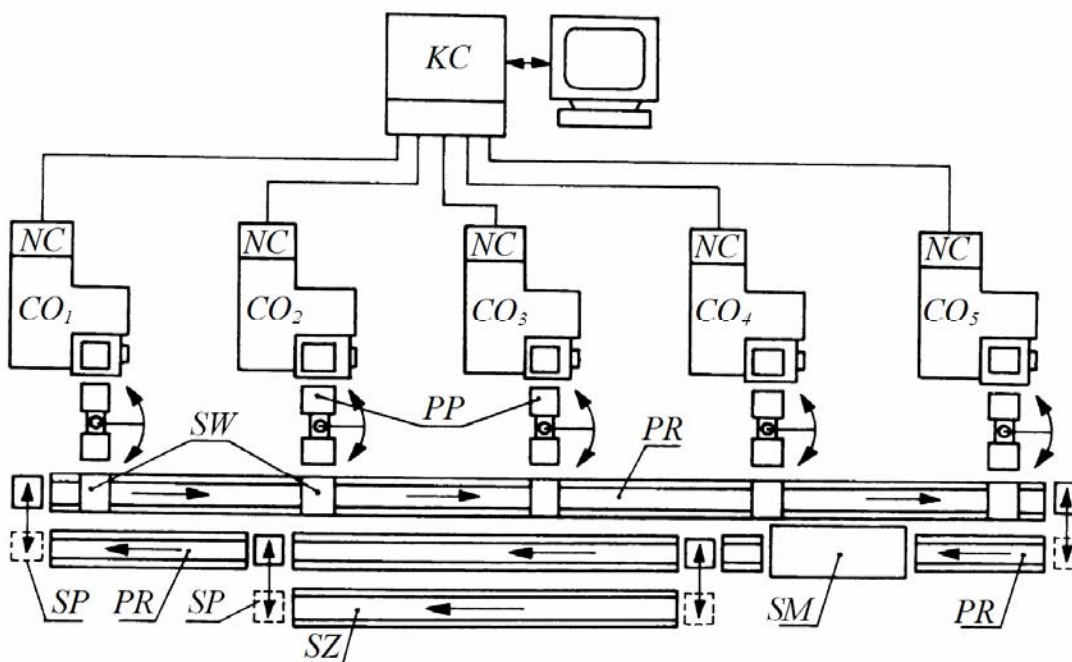
Autonomiczna stacja obróbkowa (ASO) jest centrum obróbkowym o rozbudowanym zakresie automatyzacji. Umożliwia bezobsługową obróbkę ograniczonego zapasu przedmiotów. Zmiana przedmiotów dokonywana jest automatycznie, aż do wyczerpania się zapasu. Wymagana pojemność magazynu zależy przede wszystkim od średniego czasu obróbki jednego przedmiotu. ASO wyposażane są w zintegrowane, programowalne urządzenia pomiarowo nadzorujące do przeprowadzania kontrolnych pomiarów przedmiotów obrabianych. Umożliwiają sprawdzanie prawidłowości wykonania operacji obróbkowych oraz nadzorowanie stanu narzędzia (w celu jego wymiany), jak i przebiegu procesu obróbki (w celu ochrony całego systemu).



Elastyczne gniazdo wytwórcze (EGW), stanowi system złożony z wielu obrabiarek i innych urządzeń wytwórczych. Stanowi wydzieloną część wydziału produkcyjnego. Pozwala to na przeprowadzenie, na pewnym ograniczonym spektrum przedmiotów obrabianych, wszystkich niezbędnych operacji obróbkowych. Zasadą jest przy tym, że przedmioty te tworzą grupę przedmiotów technologicznie podobnych. W skład EGW, oprócz obrabiarek (i innych urządzeń) sterowanych numerycznie, mogą również wchodzić obrabiarki konwencjonalne, obsługiwane przez operatorów, w szczególności do wykonywania rzadziej przeprowadzanych operacji, których nie opłaca się automatyzować. EGW obsługiwane jest przez zespół odpowiednio wyszkolonych pracowników; przy czym nie stosuje się sztywnego podziału zadań między poszczególne osoby. Regułą jest, że każdy powinien być w stanie wykonać dowolne zadanie związane z pracą gniazda. Jest to jednym z warunków elastyczności. Osiąga się tą drogą zmniejszenie kosztów ogólnych, skrócenie czasu podejmowania decyzji. Zaletą tego rozwiązania jest możliwość rezygnacji ze szczegółowego planowania przebiegu realizacji zlecenia. Wadą EGW jest często niepełne wykorzystanie obrabiarek wchodzących w jego skład.



Elastyczny system wytwórczy (ESW) to zgrupowanie wielu, wysoko zautomatyzowanych obrabiarek (jednostek wytwórczych), które realizują, w miarę możliwości kompletną obróbkę takich samych lub podobnych przedmiotów. Obrabiarki są ze sobą połączone systemem transportowym umożliwiającym zautomatyzowaną manipulację materiałami - wózki automatyczne, roboty. ESW wyposażony jest w zautomatyzowany system magazynowy. Cały system zarządzany jest nadrzędnym komputerem.



Jednym z kluczowych podsystemów ESW jest podsystem sterowania. Realizuje wszystkie funkcje, które są niezbędne do sterowania i nadzoru procesu wytwórczego. Można w nim wyróżnić dwa główne podsystemy:

- podsystem zarządzania danymi procesowymi,
- podsystem krótkoterminowego planowania i sterowania procesem wytwórczym.

ESW doskonale nadaje się do produkcji różnorodnych wyrobów w niewielkich i średnich seriach. Ze względu na tendencje rynkowe ma wiele przewag nad wytwarzaniem opartym na niezależnej pracy pojedynczych obrabiarek (i innych urządzeń wytwórczych), jak również wysoko wydajną produkcją z wykorzystaniem obrabiarek specjalnych (zadaniowych) i linii produkcyjnych.

Dzięki temu możliwe jest:

- w pełni zautomatyzowane wytwarzanie,
- przeprowadzenie różnych operacji obróbki na przedmiotach należących do pewnej grupy,
- obrabianie przedmiotów przy zmiennej wielkości partii,
- unikanie przerw w produkcji wywołanych ingerencją operatora. Aby te możliwości w pełni wykorzystać, konieczny jest rozwinięty system nadzoru i diagnostyki.

Układ przestrzenny stanowisk w systemie

W ESW możemy mieć do czynienia z różnym rozmieszczeniem obrabiarek i innych urządzeń wytwórczych. W zależności od stosowanych środków transportowych i rozmieszczeniu tras transportowych wyróżnia się trzy podstawowe struktury systemów:

- liniową,
- kołową (pierścieniową),
- płaszczyznową (gniazdową).

Strukturę liniową najczęściej stosuje się przy transporcie szynowym. Obrabiarki i inne urządzenia rozmieszczane są po obu stronach linii transportowej. Zaletami tej struktury są: zwarta budowa (dobre wykorzystanie powierzchni warsztatowej) i łatwość rozbudowy (przez przedłużenie linii transportowej). Wadą jest utrudniony dostęp do obrabiarek przy pracach obsługowo-konserwacyjnych oraz w wypadku konieczności usuwania skutków wystąpienia zakłóceń w pracy systemu.

W strukturze kołowej trasę transportową stanowi system przenośnikowy w postaci zamkniętego obwodu owalnego, kołowego lub prostokątnego. Stanowiska robocze rozmieszczone są na zewnątrz obwodu. Palety pozostają w ciągłym obiegu, aż do momentu ukończenia obróbki. Zwykle przez myjnię opuszczają obieg i wracają do stanowiska za-/wyładowczego. Zalety i wady tego rozmieszczenia są podobne, jak w przypadku struktury liniowej.

Struktura płaszczyznowa, w której urządzenia wytwórcze rozmieszczone są swobodnie na przeznaczonej do tego powierzchni, w sposób uwarunkowany wymogami technologicznymi lub systemowymi. System transportowy, łączący poszczególne stanowiska robocze, stanowią wózki (najczęściej prowadzone indukcyjnie) lub roboty portalowe (w wypadku niewielkiej liczby maszyn i małej powierzchni obsługiwanej). Zalety to swobodny dostęp do poszczególnych stanowisk i dobre możliwości rozbudowy. Wady: duża zajmowana powierzchnia i często wydłużone drogi transportowe.

Podsumowanie

Cel wprowadzenia elastycznego systemu wytwórczego to ekonomicznie efektywne wytwarzanie różnych przedmiotów, w dowolnej kolejności i przy dowolnie zmiennej liczebności serii.

Aby to osiągnąć trzeba zadbać o:

- odpowiedni zapas przedmiotów obrabianych i narzędzi,
- zautomatyzowany transport przedmiotów obrabianych,
- zautomatyzowane zaopatrywanie obrabiarek w narzędzia, łącznie z dostarczaniem danych dotyczących ich nastawy i stanu,
- automatyczne uruchamianie odpowiednich programów obróbki,
- automatyczne odprowadzanie wiórów,
- automatyczne mycie przedmiotów, przyrządów mocujących i palet na obrabiarce lub w myjniach,
- zautomatyzowaną kontrolę przedmiotów obrabianych (na obrabiarce lub na specjalnych stanowiskach),
- nadrzędne systemy zarządzające w postaci komputera zarządzającego,
- scentralizowane systemy nadzoru i diagnostyki (stosownie do potrzeb).

Obecnie ESW spotykane są najczęściej w obszarze obróbki ubytkowej. W takim przypadku system wytwórczy składa się z następujących głównych podsystemów: technologicznego, narzędziowego i przedmiotowego oraz dodatkowych logistycznych podsystemów wspierających: zasilania i usuwania odpadów, sterowania.

W skład podsystemu wytwarzania wchodzi urządzenia realizujące funkcję transformacji materiału wejściowego (lub półwyrobu) w gotowy przedmiot obrobiony. Są to więc różnego rodzaju obrabiarki, najczęściej centra obróbkowe.

Główne zadanie podsystemu narzędziowego można sformułować następująco: w określonej chwili na obrabiarce winno znaleźć się narzędzie niezbędne do wykonania przewidzianego zabiegu obróbkowego, zaś w układzie sterowania tej obrabiarki winne znaleźć się odpowiednie dane dotyczące tego narzędzia.

Analiza przedmiotu

Przy projektowaniu, konstruowaniu i eksploatacji elastycznych systemów wytwórczych należy określić spektrum przedmiotów obrabianych. Główne zadanie, polega na ustaleniu rodzaju i liczby środków wytwórczych niezbędnych do obróbki określonego spektrum przedmiotów obrabianych.

Z punktu widzenia eksploatacji ESW jest zapewnienie niezakłóconego przepływu przedmiotów przez system. Chodzi o zapewnienie, by po ukończeniu przez obrabiarkę obróbki przedmiotu w jak najkrótszym czasie znalazł się na niej, zidentyfikowany przez system sterowania, następny przedmiot obrabiany. Powinien być zamocowany odpowiednio do operacji obróbkowych, jakie mają być na tej obrabiarce wykonane.

Spełnienie tego zadania wiąże się z realizacją następujących funkcji: magazynowanie przedmiotów obrabianych, transport przedmiotów, zmiana przedmiotu na stanowisku roboczym, ustalanie i mocowanie przedmiotu na obrabiarce oraz identyfikacja przedmiotu i jego stanu.

Podsystem manipulacji i transportu

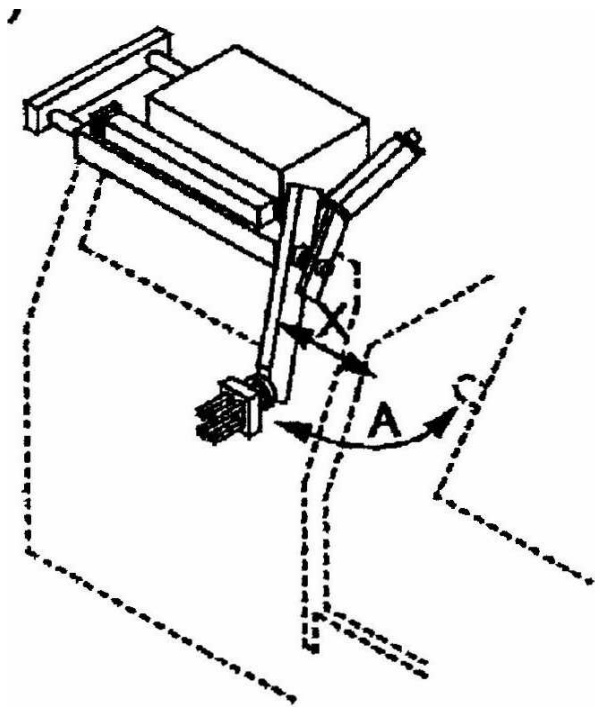
Wybór sposobu manipulowania przedmiotami i ich transportu zależy od liczby obrabiarek, wielkości partii przedmiotów i od czasu jednostkowego obróbki przypadającego na jedno zamocowanie.

Odmienność kształtu przedmiotów obrabianych, rozwiązań ich transportu i magazynowania w systemach tokarskich w stosunku do systemów korpusowych sprawia, że w obu tych urządzeniach stosuje się przeważnie odmienne podsystemy manipulacyjne.

Manipulacja i urządzenia manipulacyjne do przedmiotów obrotowych

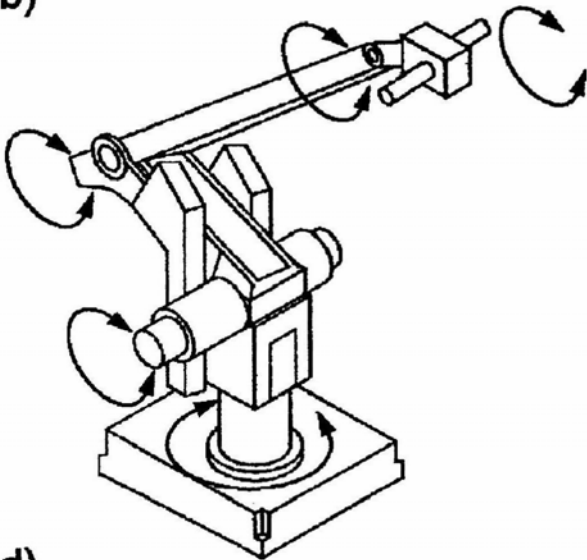
Układ manipulacji przedmiotami obrabianymi w ESW w głównej mierze zależy od rodzaju manipulowanych obiektów. Takim obiektem w systemach do części obrotowych mogą być zarówno palety wielopredmiotowe (pobierane z magazynu), jak również pojedyncze przedmioty zakładane na obrabiarkę. W ASO do obróbki przedmiotów obrotowych funkcje manipulacyjne wykonują manipulatory zintegrowane z obrabiarką, uniwersalne roboty wolno stojące lub roboty bramowe. Stosowane są następujące rozwiązania urządzeń manipulacyjnych:

- manipulatory zintegrowane z obrabiarką i obsługujące ją od przodu



- uniwersalne roboty wolno stojące usytuowane przed obrabiarką i obsługujące ją również od przodu; rozwiązanie stosowane w przypadku małych przedmiotów obrabianych,

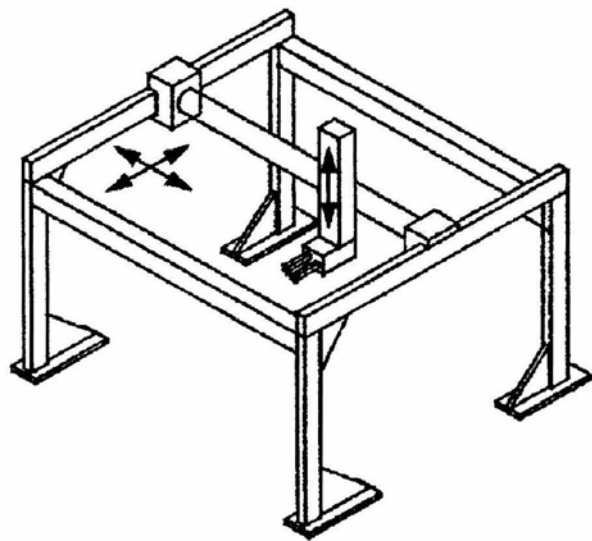
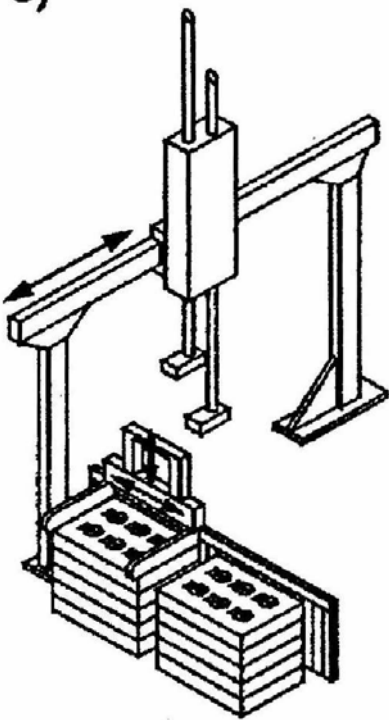
c)



d)

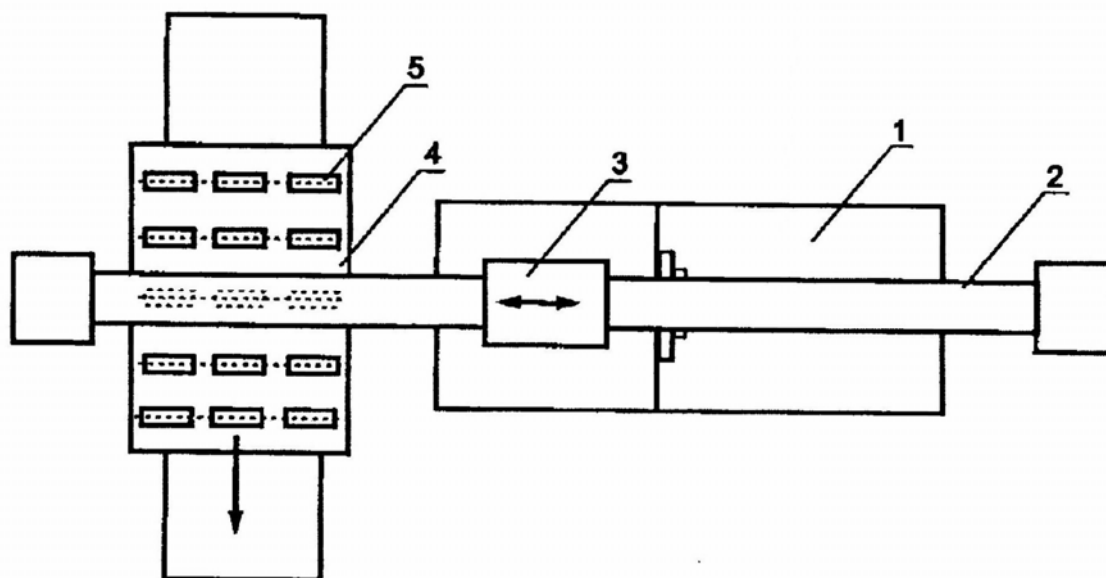
- roboty bramowe usytuowane ponad obrabiarką i obsługujące ją od góry;
zapewniają one łatwy i wygodny dostęp do przestrzeni roboczej

e)



Roboty i manipulatory bramowe, zapewniają lepszy dostęp do obrabiarek i lepsze wykorzystanie powierzchni hali produkcyjnej. Cechą charakterystyczną tych urządzeń jest duży udźwig (maks. od 350 do 500kg), a także charakteryzują się dużymi zakresami przesuwu (dla liniowych do 10 m, a dla powierzchniowych do kilkunastu metrów w kierunku wzdłużnym i poprzecznym oraz przesuwem w pionie do 2 m), maksymalnymi prędkościami ruchu w granicach 1-2 m/s (osie przesuwów liniowych) i 60 -120 stopni/s (osie obrotowe), przyspieszeniami do 0,5g dla osi sterowanych numerycznie i 1,5g dla osi bez tego sterowania oraz dokładnościami pozycjonowania od $\pm 0,025$ mm do $\pm 0,25$ mm.

Roboty i manipulatory bramowe liniowe mają konstrukcję nośną w postaci bramy, a ich chwytaki mogą wykonywać przemieszczenia tylko w dwóch osiach — wzdłuż bramy i w pionie. Są stosowane głównie do za- i wyładowywania przedmiotów obrotowych w autonomicznych stacjach obróbkowych. Mogą obsługiwać dowolne jednopoziomowe wielorzędowe magazyny wieloprzedmiotowe nie mające możliwości przemieszczania się, współpracują też z jednopoziomowymi tarczowymi magazynami wieloprzedmiotowymi. Podprowadzenie kolejnych rzędów przedmiotu obrabianego pod chwytak manipulatora należy w tym przypadku do magazynu



Urządzenie taktujące; 1 — tokarka; 2 — robot bramowy; 3 — wózek z chwytakiem; 4 — paleta; 5 - przedmiot obrabiany na palecie

Roboty bramowe powierzchniowe mają tzw. bramę podwójną a ich chwytaki mogą się przemieszczać w trzech osiach.

Manipulatory bramowe manipulują często w ASO nie tylko przedmiotami obrabianymi, ale i narzędziami. W takich przypadkach na tej samej konstrukcji bramy i na tych samych prowadnicach znajdują się dwa niezależne wózki z chwytakami — jeden do przedmiotów, drugi do narzędzi.

Istotnym zespołem we wszystkich bramowych urządzeniach manipulacyjnych są chwytaki. Dzielą się one na pojedyncze i podwójne, przy czym w tej ostatniej grupie możemy wyróżnić usytuowanie równoległe, szeregowe i kątowe poszczególnych par szczęk. Ze względu na szybkość manipulowania najczęściej stosowanymi są chwytaki podwójne, nawet do cięższych przedmiotów obrabianych.

Podstawowym wymaganiem stawianym chwytakom manipulatorów bramowych jest zapewnienie możliwości dopasowywania do różnych zakresów wymiarów p.o. Jeżeli zróżnicowanie wymiarów przedmiotów obrabianych w ESO jest zbyt duże, aby ich

manipulację mógł zapewnić jeden chwytak, stosuje się wymianę chwytaków; obecnie bardzo rzadko odbywa się ona automatycznie.

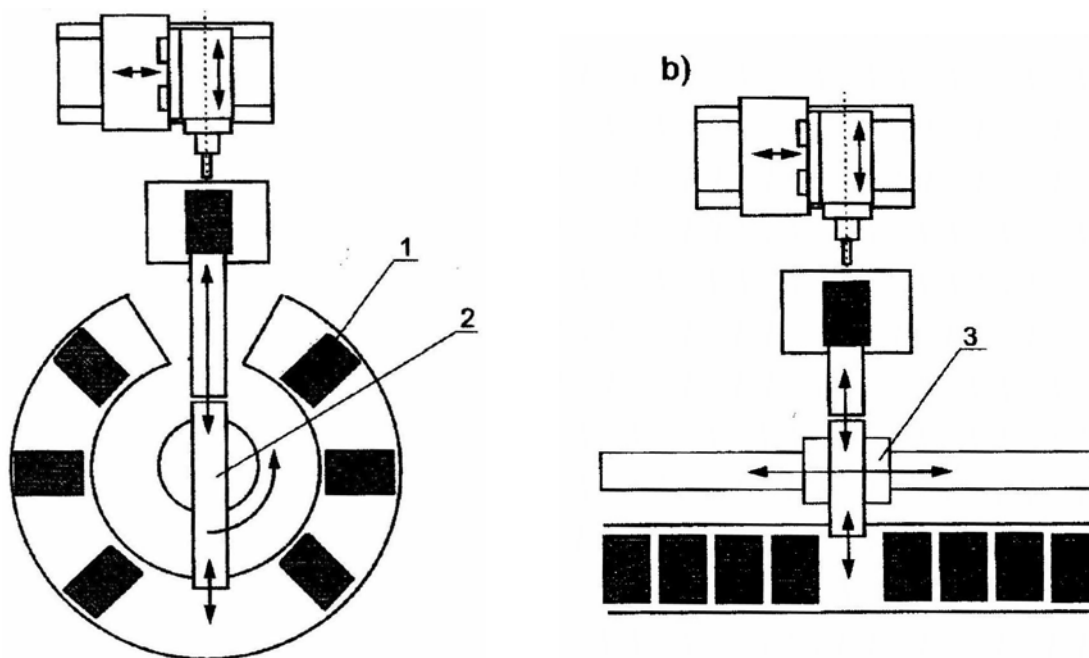
Manipulacja i urządzenia manipulacyjne do przedmiotów korpusowych

Rozwiązania układów manipulacji przedmiotami obrabianymi w ESO zależą przede wszystkim od rodzaju manipulowanych przedmiotów. W ESO korpusowych przedmioty są zamocowane zazwyczaj na paletach i właśnie palety są obiektem manipulacji. Podstawowymi urządzeniami manipulacyjnymi są zmieniacze palet. Zmieniacze palet służą do przekazywania przedmiotów z urządzeń transportowych, np. zwózka, na pozycję roboczą— stół obrabiarki.

Zmieniacze palet stosowane w centrach obróbkowych mogą być:

obrotowe,

bądź liniowe



1 — paleta; 2 — obrotnica; 3 — wózek ze zmieniaczem palet

Zmieniacze obrotowe są stosowane na ogół w ASO/ESO korpusowych z pasywnymi magazynami kołowymi; umieszcza się je wtedy centralnie, w środku magazynu, a w ASO/ESO z takim zmieniaczem nie ma osobnego, wydzielonego stanowiska załadowczo-rozładowczego. Czasami wykorzystuje się również możliwość współpracy obrotnic z nieruchomymi liniowymi magazynami palet oraz ich podajnikami, w pierwszym z tych przypadków obrotnica musi dodatkowo wykonywać ruch wzdłuż magazynu. Zmieniacze liniowe są stosowane przede wszystkim w kołowych lub owalnych magazynach z obiegiem palet. Do manipulacji paletami można stosować też manipulatory i roboty i jest to rozwiązanie bardzo uniwersalne.

4. Środki realizacji elastycznego systemu wytwarzania - dobór obrabiarek i urządzeń wytwórczych.

Obrabiarki należą do najbardziej zróżnicowanych asortymentowo środków produkcji!. Przy doborze obrabiarek i urządzeń wytwórczych należy uwzględniać ich ekonomiczną dokładność obróbki. To znaczy należy unikać przy doborze obrabiarek i urządzeń nie zapewniających nam wymaganych dokładności, ponieważ rosną