www.pl2022.pollub.pl
e-mail: pl2022@pollub.pl

Zintegrowany Program Rozwoju Politechniki Lubelskiej

Biuro Projektu:
ul.Nadbystrzycka 38H
20 -618 Lublin

AUTOMATYZACJA MONTAŻU

Workbook

Autor: Anna Rudawska

Lublin, 2020 rok

PROGRAM WIEDZA EDUKACJA ROZWÓJ

Fundusze Europejskie Wiedza Edukacja Rozwój
Rzeczpospolita Polska
Unia Europejska Europejski Fundusz Społeczny

1. WPROWADZENIE

Celem niniejszych zajęć dydaktycznych z przedmiotu *Automatyzacja montażu* jest:

- zapoznanie studentów z zautomatyzowanymi procesami montażu w różnych gałęziach przemysłu maszynowego,
- zapoznanie studentów z oprogramowaniem służącym do symulacji i wspomagania organizacji procesów montażu zautomatyzowanego,
- przygotowanie studentów do realizacji zautomatyzowanych procesów montażowych na zrobotyzowanych stanowiskach montażowych.

2. WIADOMOŚCI WPROWADZAJĄCE

2.1. Istota i znaczenie procesu technologicznego montażu

Montaż jest końcowym etapem procesu wytwarzania maszyn i urządzeń. W trakcie tego procesu następuje nadanie określonych cech użytkowych i eksploatacyjnych wyrobu. Ze względu na znaczny udział prac montażowych w ogólnej pracochłonności wytwarzania maszyny, dużego znaczenia nabierają zagadnienia mechanizacji i automatyzacji czynności montażowych. Przykładową pracochłonność prac montażowych w różnych branżach przemysłu przedstawiono w tabeli 2.1.

Tabela 2.1. Procentowy udział poszczególnych technik w ogólnej pracochłonności procesów wytwarzania [4]

Branża przemysłu / Dziedzina produkcji	Przemysł samochod.	Przemysł maszyn roln.	Elektronika elektrotech.	Obróbka metali
Zarządzanie, zbyt	39,4	42,7	52,7	32,2
Montaż	33,4	30,2	23,9	11,0
Wytwarzanie części	16,6	20,2	08,4	50,2
Kontrola	9,0	5,5	13,3	5,4
Inne	1,5	4,6	1,7	1,2

Pod względem stopnia zautomatyzowania prac montażowych można je podzielić następująco [4]:

- częściowa automatyzacja operacji montażowych przewidująca udział w nich pracownika w zakresie czynności sterujących lub podająco-odbierających,
- pełna automatyzacja operacji montażowych realizowanych bez udziału operatora,
- częściowa automatyzacja procesu technologicznego montażu zespołu lub wyrobu przewidująca udział w nim pewnej liczby operatorów (mniej niż operacji),
- całkowita automatyzacja procesu technologicznego montażu zespołu lub wyrobu (bez udziału operatorów),
- elastyczna automatyzacja grupy podobnych procesów technologicznych montażu z udziałem lub bez operatorów.

W projektowaniu procesów technologicznych, organizacji prac montażowych oraz planowaniu pracy szczególnie ważne są zagadnienia wydajności montażu i maszyn montażowych. Wydajność stanowiska montażowego zależy m.in. od szybkości i dokładności działania organów roboczych, jakości złączanych części, rodzaju wykonywanych operacji i rozwiązań konstrukcyjnych urządzeń peryferyjnych względem stanowiska: zasilających, transportowych, kontrolnych itp., a także od czasu przeznaczonego na zmianę jego stanu (np. rozpoczęcie działania, zacięcie, awarie itp.).

Wydajność montażu zautomatyzowanego jest determinowana niezawodnością technologiczną (zależną od wybranego procesu technologicznego, sposobów bazowania, jakości części dostarczanych do montażu automatycznego) oraz niezawodnością stanowiska montażowego (automatu, systemu). Niezawodność stanowiska zależy od przyjętych rozwiązań konstrukcyjnych, jakości wykonania i montażu zespołów oraz od niezawodności technologicznej.

2.2. Podstawowe pojęcia i określenia

Montaż (z j. franc. *montage*) oznacza spiętrzenie, utworzenie, zbudowanie. Zagadnienia związane z technologią montażu zawarte są w normie PN/M-08508.

Montaż określa zespół czynności, w wyniku których z różnorodnych elementów konstrukcyjnych (części) występujących pojedynczo – otrzymuje się wyrób. Wśród elementów konstrukcyjnych wyróżnia się m.in. korpusy, obudowy, koła, wały oraz inne elementy złączne, takie jak śruby, podkładki, kliny itp. Montaż jest końcowym etapem procesu wytwarzania maszyn i urządzeń, podczas którego następuje nadanie określonych cech użytkowych i eksploatacyjnych wyrobów np. w postaci maszyn, pojazdów, sprzętu gospodarstwa domowego oraz różnego rodzaju zespołów. Maszyna jest to zespół mechanizmów we wspólnym korpusie, służy do wykonania określonej użytecznej pracy. Mechanizm stanowi układ powiązanych i współpracujących ze sobą części maszyn, mogących wykonywać określone ruchy w wyniku pobierania energii mechanicznej. Częścią maszyny nazywa się elementarny jej składnik wykonany z jednego kawałka materiału, czyli bez zastosowania czynności montażowych [1-6].

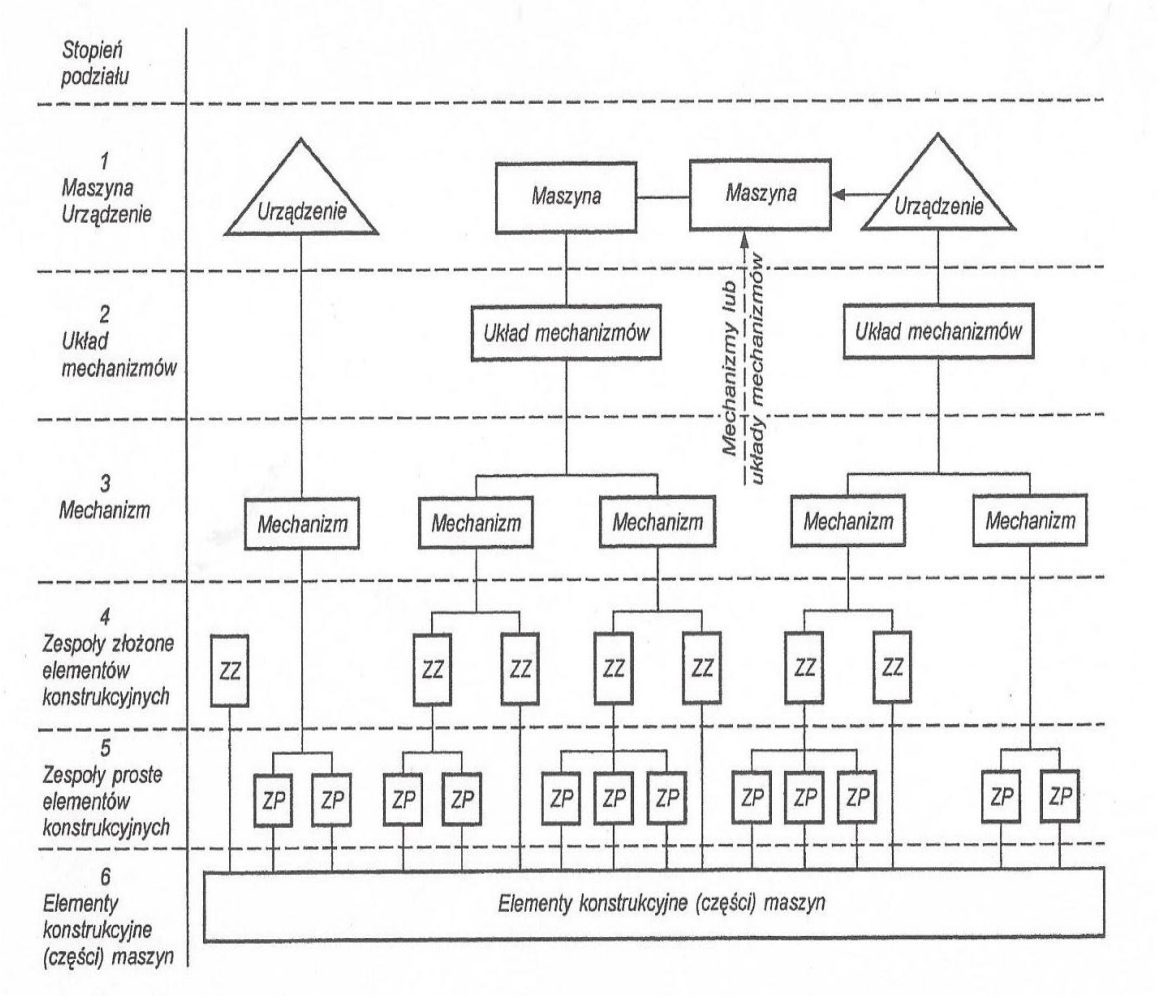
Zespoły elementów konstrukcyjnych można podzielić na [3]:

- proste (ZP) – zawierające jeden rodzaj połączenia,
- złożone (ZZ) – zawierające kilka rodzajów połączeń.

Schemat konstrukcyjnego podziału maszyn i urządzeń na elementy składowe zaprezentowano na rys. 2.1.

System technologiczny montażu STM (system montażu, system techniczny montażu) jest zbiorem stanowisk i urządzeń montażowych powiązanych relacjami urządzeń operacyjnych (tzw. układów) charakteryzujących się określonymi właściwościami techniczno-eksploatacyjnymi. W systemie tym zachodzi proces zhierarchizowanego łączenia elementów w uporządkowane zbiory – **jednostki montażowe** (podzespoły, zespoły, komplety montażowe, wyroby) [4].

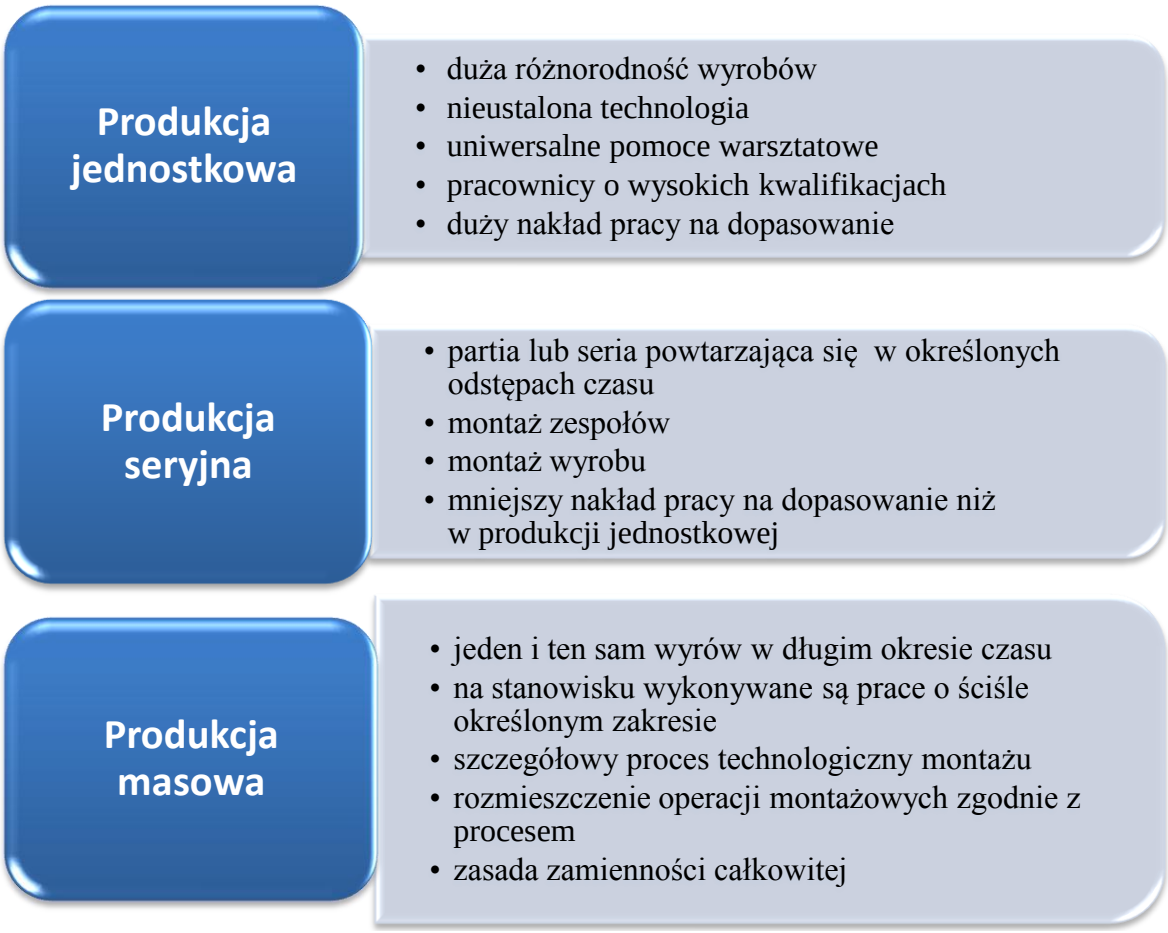
Jednostka montażowa jest to część wyrobu montowana oddzielnie, która następnie bierze udział w procesie montażowym jako jedna całość. Jednostkami montażowymi mogą być: pojedyncze części, podzespoły i zespoły. Tworzenie jednostek montażowych ma wiele zalet, z których najważniejszymi są: skrócenie czasu cyklu montażowego, możliwość lepszej organizacji pracy, lepsze wykorzystanie powierzchni montażowej i urządzeń [4].



Rys. 2.1. Schemat konstrukcyjnego podziału maszyn i urządzeń na elementy składowe: ZP – zespoły proste, ZZ – zespoły złożone [5]

Proces technologiczny montażu (PTM) jest to część procesu produkcyjnego obejmująca całokształt czynności związanych z wykonaniem kolejnych **operacji montażowych**. Polega na łączeniu oddzielnych elementów w jednostki montażowe wyższego rzędu lub gotowy wyrób według określonych warunków technicznych. Jest to ogół czynności mających na celu łącznie poszczególnych części w podzespoły, zespoły, mechanizmy i gotowy wyrób [3,4].

Ze względu na rodzaj produkcji proces technologicznego montażu występuje w produkcji jednostkowej, seryjnej i masowej. Cechy charakterystyczne montażu w poszczególnych rodzajach produkcji zamieszczono na rys. 2.2.



Rys. 2.2. Cechy charakterystyczne montażu w poszczególnych rodzajach produkcji [1,4]

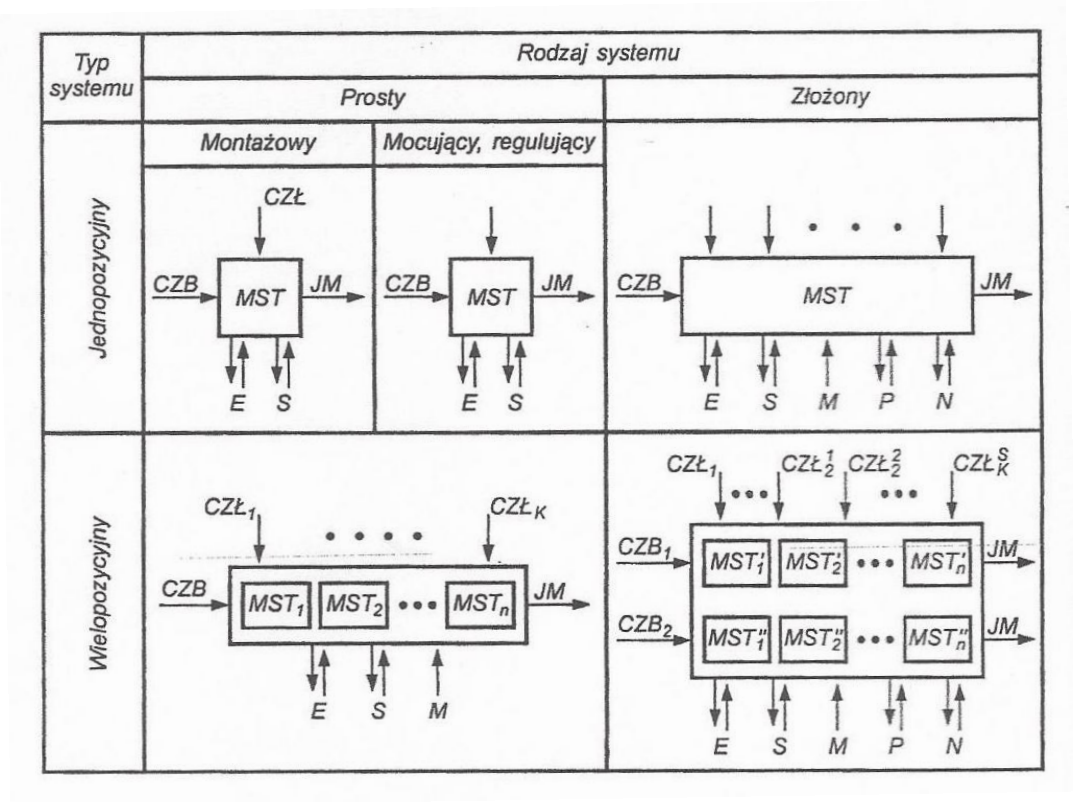
W produkcji seryjnej i wielkoseryjnej oraz masowej stosuje się zasadę całkowitej zamienności części (metodę montażu z zamiennością całkowitą), co oznacza, że wykorzystywane w montażu części zmienne charakteryzują się jednakową tolerancją wymiarową, takim samym rodzajem materiału oraz obróbki. W produkcji jednostkowej nie jest wymagany montaż z zamiennością całkowitą.

Systemy montażowe (SM) można sklasyfikować, jako [3,4]:

- uwzględniając kryterium liczby elementów: **systemy montażowe proste i złożone;**
- uwzględniając ilość systemów montażowych: **jednopozycyjne i wielopozycyjne**,
- uwzględniając przeznaczenie i cechy: **indywidualne, uniwersalne oraz zespołowo-modułowe.**

Na rys. 2.3 zamieszczono ogólną klasyfikację struktur systemów montażowych, przy czym struktury te są integralnie związane ze strukturami operacji montażowych. W przypadku, kiedy jednopozycyjne systemy montażowe (SM) są powiązane z automatycznymi układami

załadowczo-rozładowczymi i kontrolno-sterującymi, to powstają technologiczne kompleksy (systemy montażowe) zdolne powtarzalnie wykonywać procesy montażowe. Podstawą automatycznych kompleksów są wielopozycyjne, technologiczne systemy montażowe (SM), tworzone z jednopozycyjnych systemów montażowych (SM).



Rys. 2.3. Ogólna klasyfikacja struktur montażowych: CZB – część bazowa, CZŁ – część przyłączana, MST – montażowy system techniczny, JM – zmontowana jednostka montażowa, E – energia, S – sygnały sterujące, M – materiały dodatkowe, P – przyrządy, N – narzędzia [4]

Systemy montażowe indywidualne są przeznaczone dla określonego zespołu w celu zapewnianie dużej wydajności.

Systemy montażowe uniwersalne są projektowane często z robotem przemysłowym (RP), w sytuacji, gdy konieczne jest manipulowanie kilkoma częściami i narzędziami.

Systemy montażowe zespołowo-modułowe zbudowane są ze zunifikowanych zespołów, modułów, manipulatorów lub robotów, dzięki czemu można łatwo zmieniać ich specjalne przeznaczenie.

2.3. Struktura zautomatyzowanego procesu technologicznego montażu

Elementy składowe procesu technologicznego montażu to: operacja montażowa, zabieg montażowy, który może być prosty lub złożony, a także z czynność montażowa i ruch elementarny (rys. 2.4).

Rys. 2.4. Elementy składowe procesu technologicznego montażu

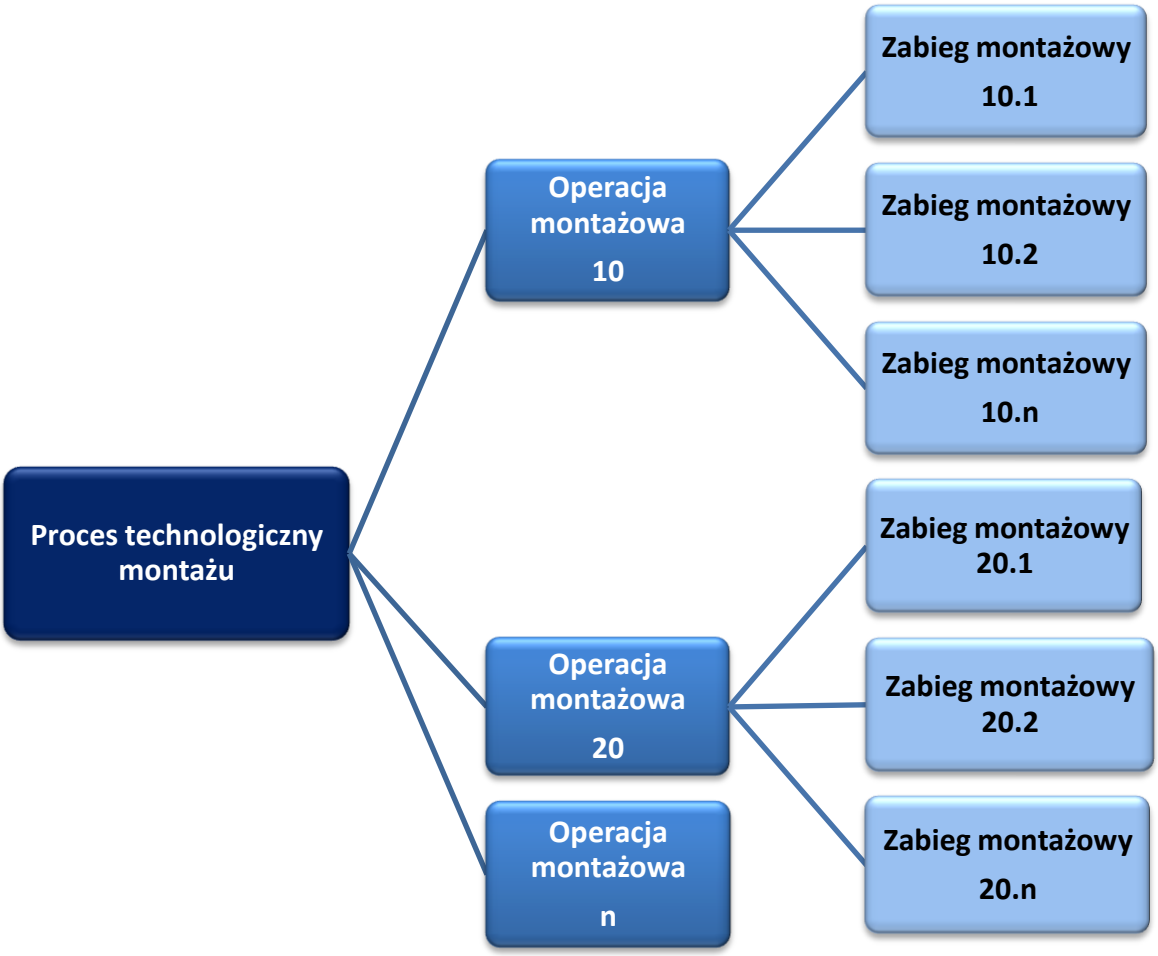
Ogólny schemat struktury procesu technologicznego montażu zamieszczono na rys. 2.5. Podstawową, elementarną jednostką procesu montażowego (niezależnie od rodzaju systemu montażowego) jest operacja montażowa.

Operacja montażowa jest to zamknięta część procesu technologicznego montażu, która składa się z zespołu czynności wykonywanych na jednym stanowisku na określonych jednostkach montażowych, przez jednego lub grupę pracowników, bez przerw na wykonanie innej pracy. Logicznie powiązane czynności mają na celu uzyskanie jednostki wyższego rzędu (lub gotowego wyrobu, np. maszyny, urządzenia, zespołu), powstałej z dwóch lub więcej jednostek niższego rzędu, o określonych właściwościach funkcjonalnych [3,4].

Zabieg montażowy jest to zamknięta część operacji, wykonywana w jednym ściśle określonym miejscu połączenia, jednym narzędziem lub zespołem narzędzi lub przyrządem nad dwiema lub większej ilości jednostek montażowych, przy czym miejsce połączenia jest wyznaczone zespołem powierzchni ustalających montowanych jednostek [3,4].

Czynność robocza jest to część operacji lub zabiegu, stanowiąca odrębne działanie [1].

Ruch elementarny - najmniejszy składnik czynności (np. uchwycenie rękojeści uchwytu montażowego) [1].

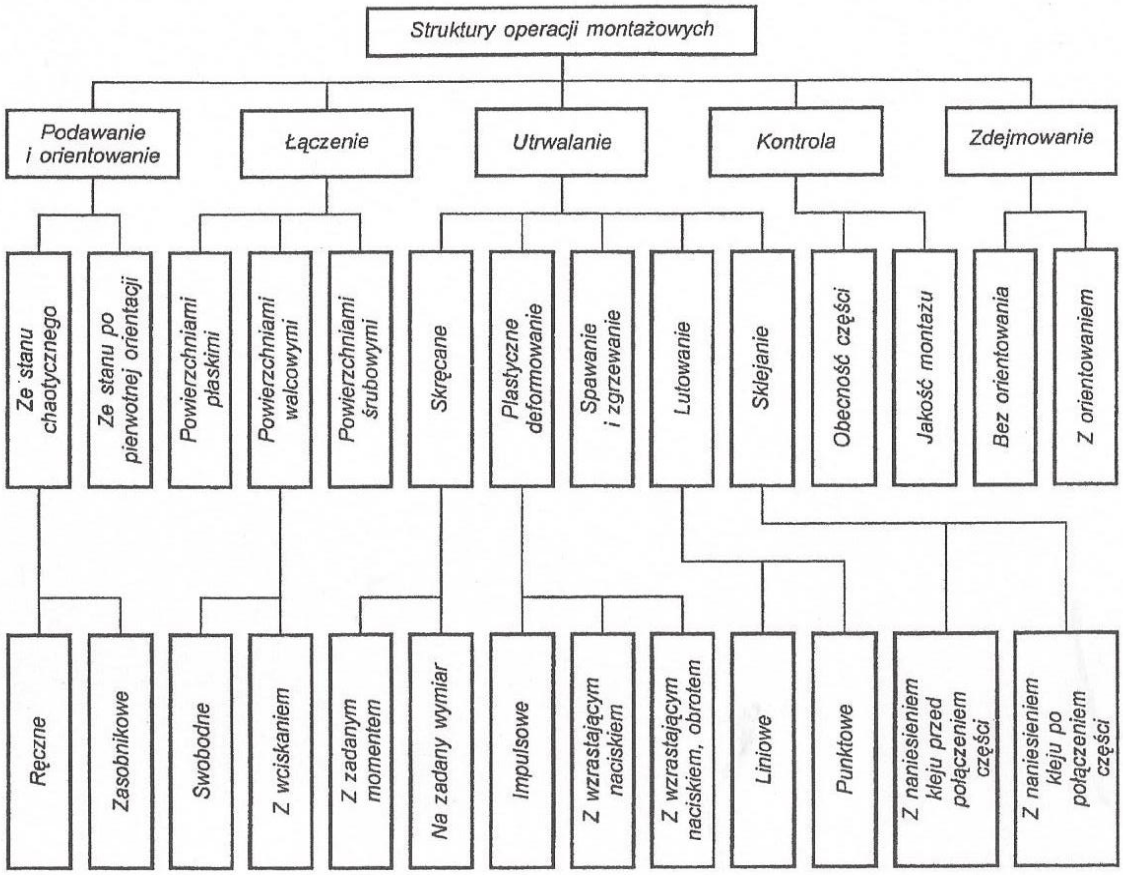


Rys. 2.5. Ogólny schemat struktury procesu technologicznego montażu

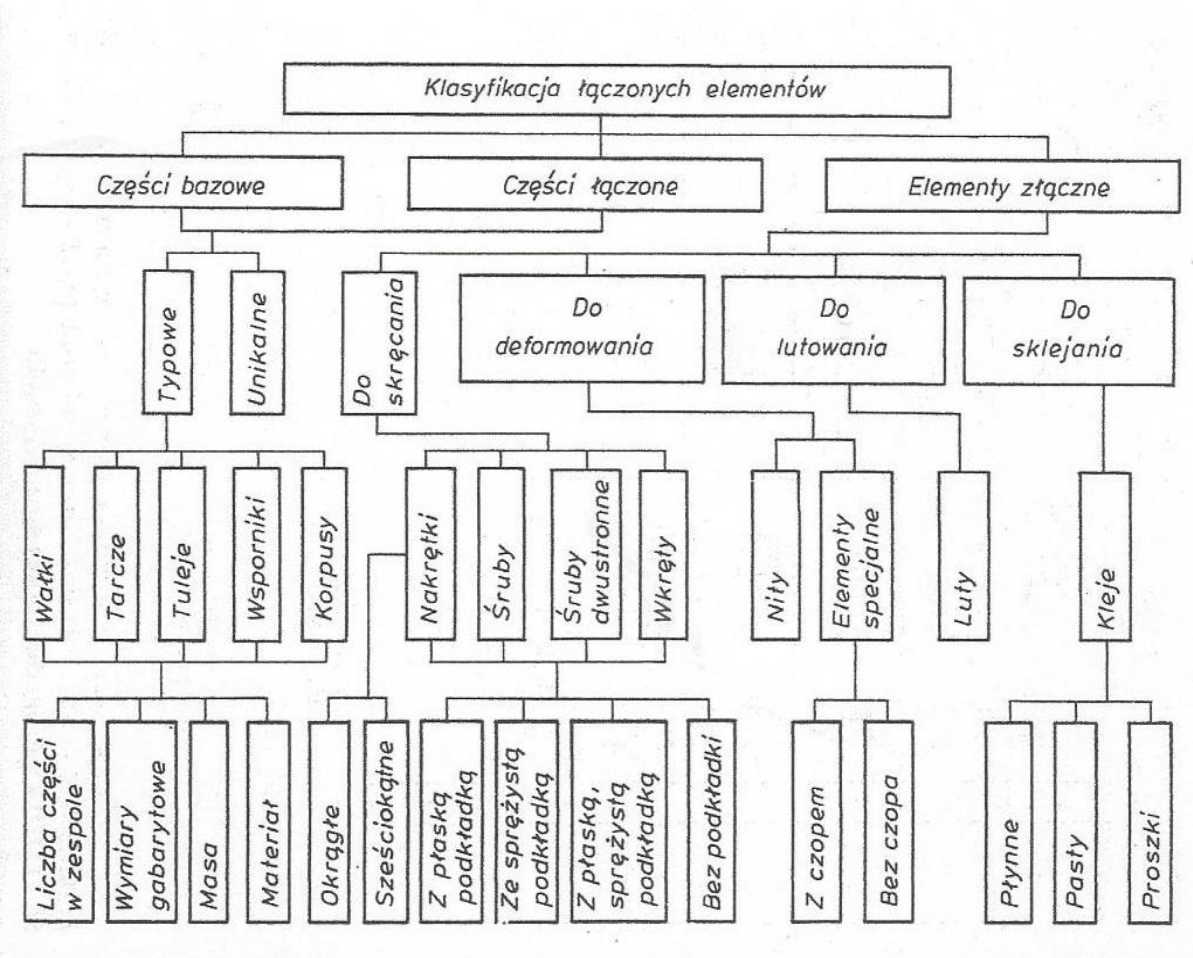
Operacje montażowe można klasyfikować w oparciu o różne kryteria, np. [3,4]:

- według cech funkcjonalnych – w zależności od zadań w strukturze PM (rys. 2.6);

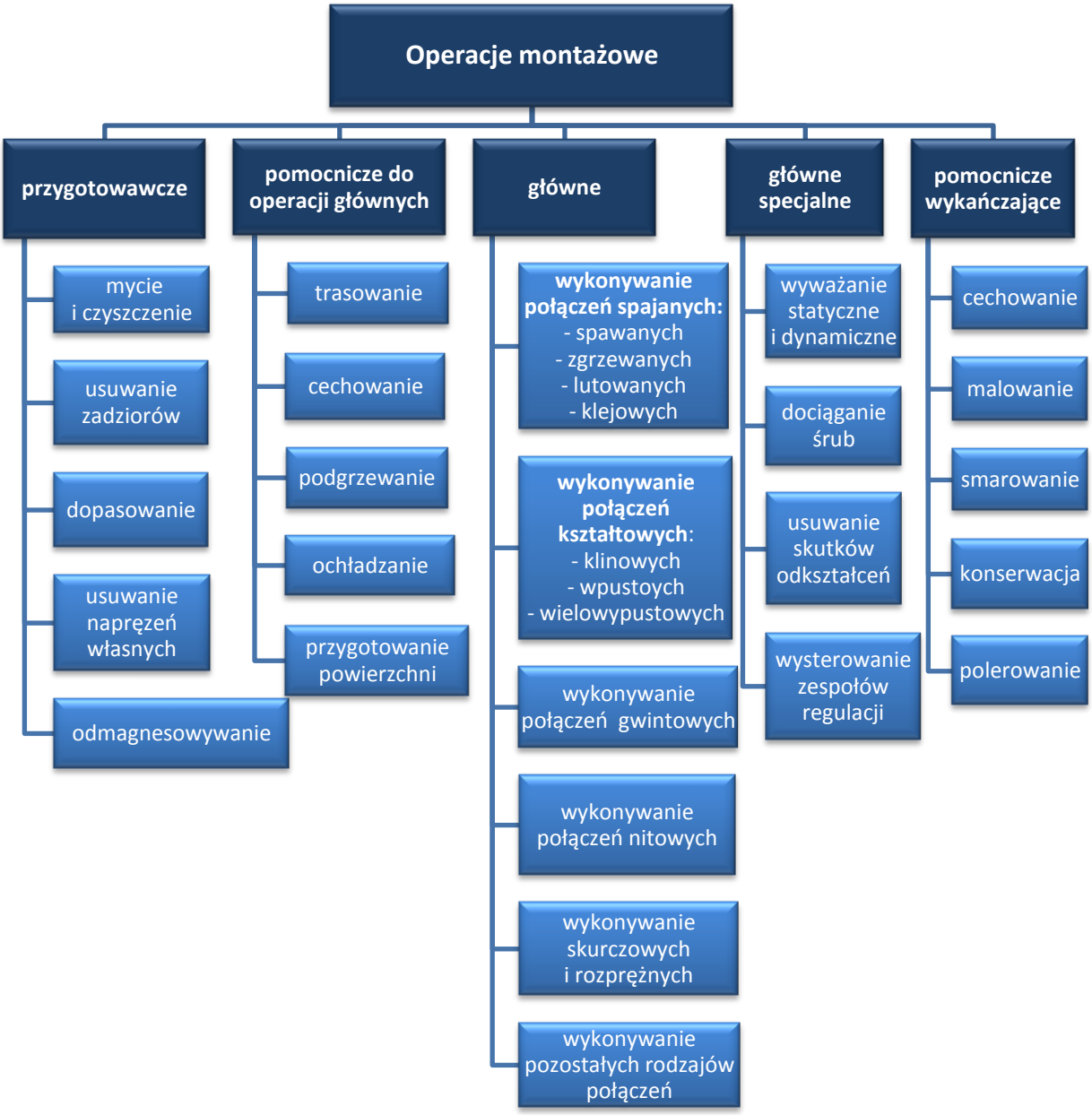
- uwzględniając cechy charakterystyczne montowanych elementów (rys. 2.7);
- według kolejności i miejsca w strukturze PM (rys. 2.8);
- charakter operacji (główna i pomocnicza).



Rys. 2.6. Struktury i rodzaje operacji montażowych według cech funkcjonalnych [4]



Rys. 2.7. Schemat klasyfikacji elementów łączonych w czasie operacji montażowych uwzględniający ich cechy funkcjonalne [4]



Rys. 2.8. Podział operacji montażowych uwzględniających kolejność struktury PM

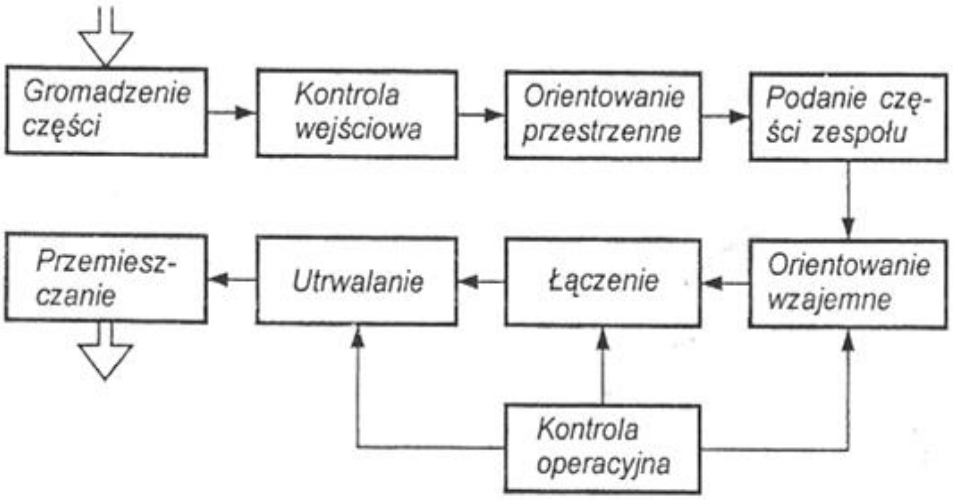
Operacja montażowa główna obejmuje czynności konieczne w procesie technologicznym montażu, takie jak [3]:

- podawanie części,
- wzajemne ich zorientowanie,
- połączenie.

Operacja montażowa pomocnicza składa się z czynności niezbędnych w procesie technologicznym montażu, które jednak nie mają wpływu na właściwości funkcjonalne montowanych jednostek, a do takich czynności należy m.in. [3,4,5]:

- przygotowanie części do wykonania połączeń montażowych,
- dopasowywanie,
- ładowanie do zasobników,
- sortowanie,
- pozycjonowanie,
- chwytanie,
- podgrzewanie lub oziębianie,
- zabezpieczanie przed korozją,
- malowanie,
- inne.

Struktura typowej operacji montażowej głównej obejmuje zarówno czynności zasadnicze, takie jak wykonanie połączenia i utrwalenie oraz czynności główne, tj. podawania i orientowania (rys. 2.9).



Rys. 2.9. Struktura operacji montażowej, zawierające kolejne czynności [3]

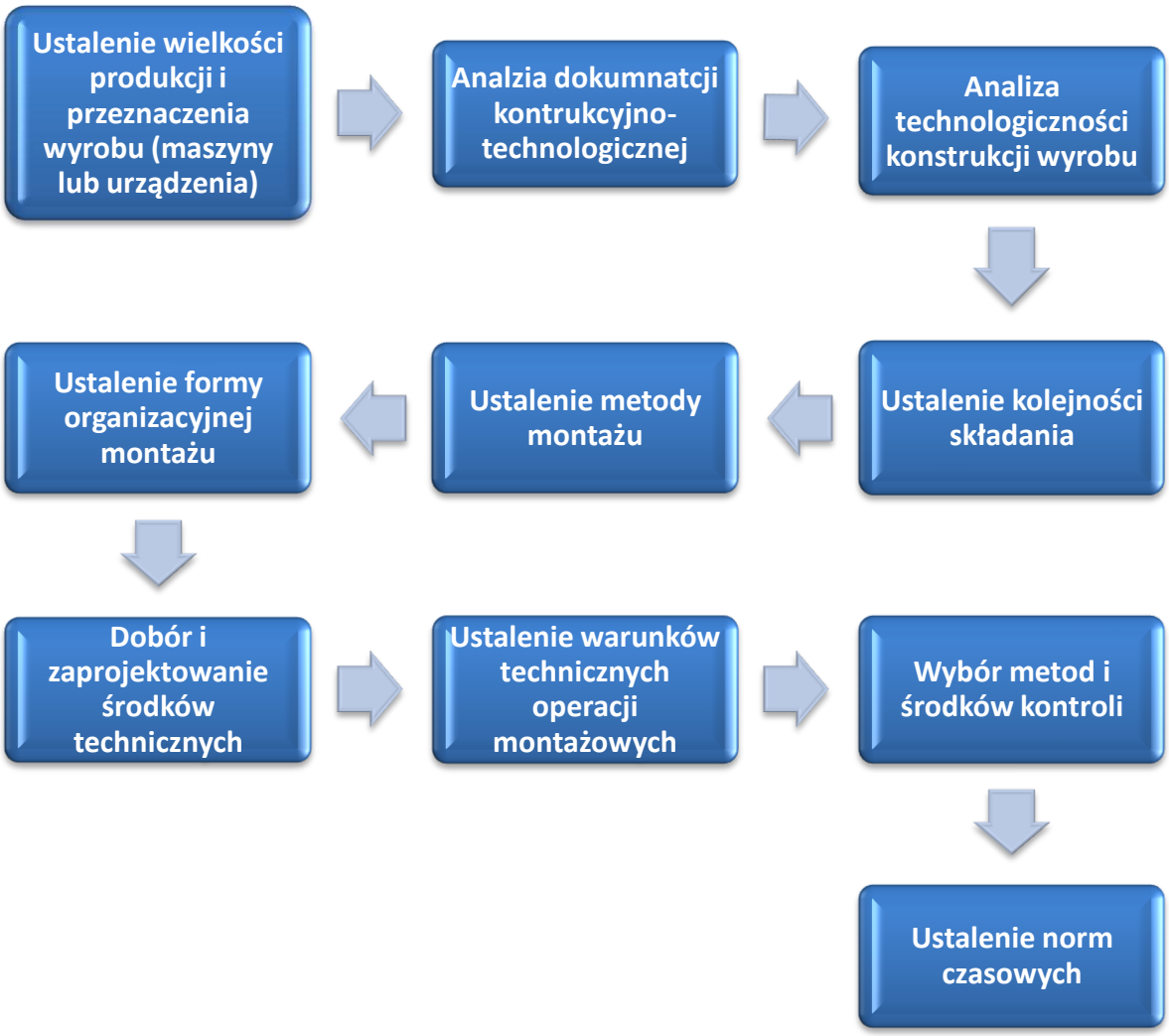
W strukturze operacji montażowej można wyróżnić następujących 9 etapów (czynności montażowych):

- gromadzenie części – polegające na dostarczaniu do stanowiska roboczego części składowych montowanego wyrobu,
- kontrola wejściowa dostarczanych części,
- orientowanie przestrzenne – polegające na ustawieniu części w wymaganym położeniu,
- podanie części lub zespołu – polegające na dostarczeniu do strefy roboczej części bazowej i części składowych,
- orientowanie wzajemne części łączonych,
- łączenie części montowanych w wymaganym położeniu,
- utrwalanie- polegające na zamocowaniu lub unieruchomieniu w nadanym we wcześniejszym etapie położeniu części złączonych,
- kontrola operacyjna prawidłowości wykonania montażu,
- przemieszczanie – polegające na odprowadzeniu zmontowanej jednostki z pozycji roboczej.

2.4. Projektowanie procesów montażu maszyn

Planując proces technologiczny montażu należy tak projektować poszczególne operacje montażowe, aby ich czasy jednostkowe były w przybliżeniu równe taktowi lub jego wielokrotności. Niezachowanie tego warunku powoduje brak synchronizacji linii montażowej, co jest szczególnie ważne przy montażu automatycznym. Następnie na podstawie schematu montażowe (praktycznie równolegle) planuje się operacje montażowe i ustala normy czasowe, w celu utrzymania założonego taktu. Podczas opracowywania operacji montażowej należy wyszczególnić wszystkie wykonywane zabiegi i czynności montażowe. Doboru środków montażowych dokonuje się po opracowaniu operacji montażowych, oraz ustaleniu ich kolejności i zakresu [3]. Etapy projektowania procesu technologicznego montażu zamieszczono na rys. 2.10.

Dokładne opracowanie operacji montażowych umożliwia dokonanie wyboru automatycznych urządzeń montażowych, gdy wielkość produkcji oraz inne czynniki wskażą na celowość takiego rozwiązania. Jeżeli liczba łączonych części jest niewielka, to operację montażową można wykonać stosując urządzenie jednopozycyjne. Natomiast, gdy liczba łączonych części jest większa celowe jest zastosowanie urządzeń wielopozycyjnych.

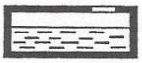
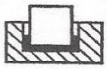
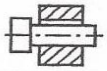
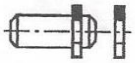
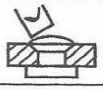


Rys. 2.10. Etapy projektowania procesu technologicznego montażu

Montowalność jest to podatność części do łączenia w jednostki montażowe i świadczy o przydatności elementów do łączenia w zespoły montażowe. Jest to łatwość wykonania podstawowych czynności montażowych, o czym decydują cechy geometryczne przedmiotu. Montowalność określa się jako prawdopodobieństwo 100% zmontowania części przy zachowaniu wymagań jakościowych, przy czym wymagani te zależne są od metod łączenia i metod montażowych.

3. METODY ŁĄCZENIA I ŚRODKI MONTAŻU

Zasadnicze czynności montażu, którym jest łączenie części, można podzielić ze względu na liczbę ruchów koniecznych do wykonania połączenia oraz rodzaju procesu fizykalnego, stosowanego w łączeniu, a ich podział przedstawiono na rys. 3.10.

Schemat	Fizykalny proces	Zabiegi		Przykłady
	Nalewanie	1 - Dozować		Napełnianie pojemników
	Nasypywanie	1 - Dozować		Napełnianie opakowań
	Wyciskanie	1 - Dozować		Podawanie kleju
	Kształtowo--adhezyjny	1 - Orientować 2 - Wsunąć		Wkładanie do otworu z klejem
	Kształtowy	1 - Orientować 2 - Wsunąć		Włożenie czopa w otwór tulei
	Kształtowo--sprężysty	1 - Orientować 2 - Wsunąć		Połączenie zatrzaskowe
	Kształtowo--plastyczny	1 - Orientować 2 - Wsunąć	3 - Deformować	Nitowanie na zimno
	Kształtowo--sprężysty	1 - Orientować 2 - Wsunąć	3 - Wcisnąć	Połączenie klinowe
	Kształtowo--sprężysty	1 - Orientować 2 - Rozgiąć	3 - Wsunąć 4 - Zwolnić	Połączenie pierścieniowe
	Kształtowo--przetapiany	1 - Orientować 2 - Dosunięcie erody	3 - Docisnąć 4 - Przetapiać	Zgrzewanie punktowe
	Kształtowo--plastyczny	1 - Orientować 2 - Wsunąć	3 - Dociskać 4 - Deformować radialnie	Nitowanie radialne
	Kształtowo--sprężysty	1 - Orientować 2 - Uchwycić	3 - Wkręcać 4 - Dociągnąć	Wkręcanie

Rys. 3.1. Podział połączeń montażowych ze względu na zachodzące procesy fizykalne i liczbę koniecznych zabiegów [3]

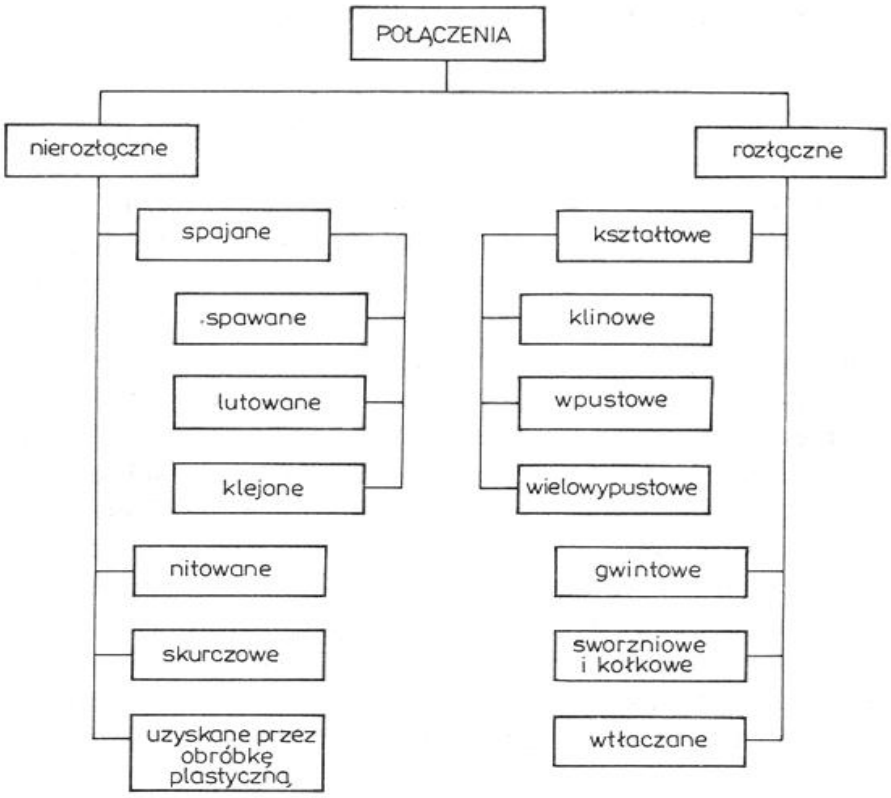
Połączeniem nazywa się część wyrobu stanowiąca połączenie dwóch lub więcej jednostek montażowych. W skład połączenia wchodzą:

- jednostki główne,
- jednostki pomocnicze służące do powiązania ze sobą jednostek głównych, zwane łącznikami (np. nity, śruby),
- jednostki złączne – zwane złączkami, które zajmują pozycję pośrednią pomiędzy jednostkami głównymi a łącznikami (np. podkładki, nakładki itp.).

Jedna z łączonych jednostek głównych stanowi konstrukcję nośną montowanego zespołu i przyjmuje się ją jako jednostkę bazową.

Metody łączenia oraz sposoby wykonania połączeń są ściśle ze sobą związane. W wyniku kołkowania, skręcania czy zawijania powstają połączenia kołkowe, skręcane czy zawijane, Natomiast w wyniku lutowania, spawania, klejenia czy nitowania powstają połączenia lutowane, spawane, klejowe czy nitowe.

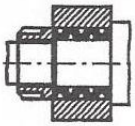
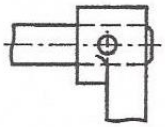
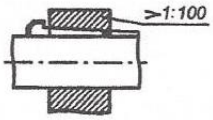
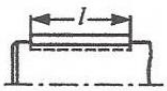
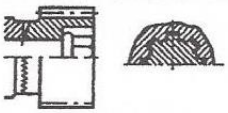
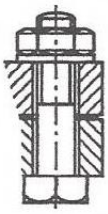
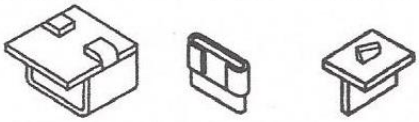
Podział połączeń przedstawiono na rys. 3.2, a przykłady połączeń zamieszczono na rys. 3.3 oraz rys. 3.4. Charakterystykę poszczególnych rodzajów połączeń zamieszczono w pracach [].



Rys. 3.2. Podział połączeń [6]

Połączenie	Przykład połączenia
lutowane	
spawane	
zgrzewane	P P
klejone	
spajane zgniotem	
nitowane	
właczane	$d_w > D_0$ d_w D_0
skurczowe (piasta nagrzewana	
rozprężne (wałek oziębiany)	
zawijane	

Rys. 3.3. Przykłady połączeń nierozłącznych [3]

Połączenie	Przykład połączenia
zaciskowe	
rozporowe	
kołkowe	
klinowe	
wpustowe	
wypustowe	
skręcane	
zawijane łapkowe	

Rys. 3.4. Przykłady połączeń rozłącznych [3]

4. AUTOMATYZACJA MONTAŻU I ELASTYCZNY SYSTEM MONTAŻOWY

4.1. Automatyzacja montażu

Automatyzacja montażu polega na wprowadzeniu do procesu montażu automatycznych środków technicznych (automatów, regulatorów), samoczynnie sterujących, regulujących i kontrolujących wykonywanie czynności montażowych bez bezpośredniego udziału człowieka. Stopień automatyzacji jest to określony etap rozwoju techniki, charakteryzujący się możliwymi do zastosowania środkami zmechanizowanego i zautomatyzowanego montażu. Możliwość zastosowania środków technicznych montażu zależy od złożoności wyrobu [3,4].

Montaż maszynowy (zmechanizowany) jest to montaż, w którym występuje przymusowe prowadzenie narzędzia względem części montowanych przez zastosowanie prowadnic lub mechanizmów kierujących, co odróżnia maszynę od zmechanizowanego narzędzia.

Ręcznie wykonywane są tylko czynności pomocnicze oraz sterowanie maszyną.

Montaż maszynowy zautomatyzowany jest to montaż, który wyposażano jest w urządzenia zmechanizowane operacji zasadniczych i pomocniczych. Ręcznie wykonywane są tylko czynności sterowania

Montaż automatyczny jest to montaż, w który, występuje automatyczne sterowanie operacji zasadniczych i pomocniczych. Ręcznie wykonywane są tylko czynności nastawiania układów sterowania. Może wystąpić sterowanie komputerowe samych maszyn oraz wyposażenia tych maszyn, transportu i pomiarów [4].

Sterowanie pozwala budować systemy montażu z monitorowaniem przebiegu procesu, z inteligentnymi systemami adaptacyjnymi i uczącymi się oraz z systemami o wysokiej inteligencji bazujące na rezultatach i poszukujące optimum jakości i ilości produkcji, dostosowujące się do zamówień.

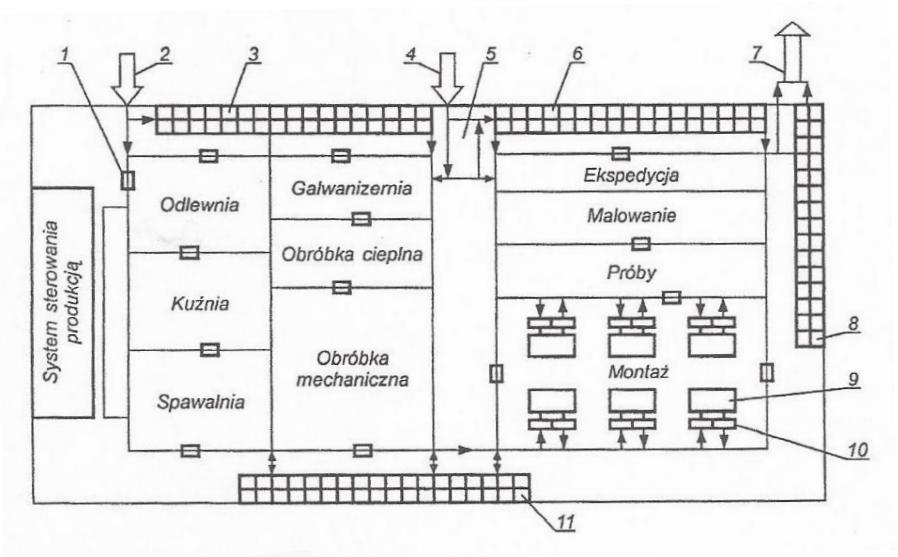
4.2. Elastyczny system montażu (ESM)

Elastyczny system montażu (ESM) jest zestawem zautomatyzowanych maszyn montażowych i innych maszyn oraz urządzeń technologicznych (takich jak np.: urządzeń do mycia, obróbki, kontroli, selekcji, transportu, magazynowania, itp.) połączonych ze sobą automatycznymi urządzeniami transportowymi. Umożliwiają one montaż jednostek o zróżnicowanych cechach konstrukcyjnych oraz z wykorzystaniem różnorodnych rodzajów połączeń montażowych. Na poszczególnych stanowiskach możliwy jest montaż różnych jednostek przechodzących przez system różnymi drogami (trasami) [3,4,7,9].

Elastyczny system montażowy (ESM) to zespół sterowanych numerycznie stanowisk montażowych, zintegrowany przez zautomatyzowany transport i magazynowanie oraz wspólne sterowanie komputerowe, przeznaczony do jednoczesnego montażu wielu różnych wyrobów w krótkich seriach [4].

Elastyczne systemy montażowe należą do klasy zintegrowanych systemów wytwarzania, stanowiących kolejne, po elastycznych systemach obróbki mechanicznej, bardziej złożone zastosowanie koncepcji elastycznej automatyzacji procesów produkcyjnych. Elastyczne

systemy montażowe wchodzą w skład hierarchicznie wyższych jednostek produkcyjnych (oddziałów, wydziałów, zakładów) obejmujących również procesy projektowe, przygotowawcze oraz obróbkowe. Przykładową strukturę przedsiębiorstwa prezentującego zintegrowane systemy produkcyjne zamieszczono na rys. 4.2.



Rys. 4.2. Schemat zautomatyzowanego przedsiębiorstwa: 1 –robokar, 2 – dostarczanie materiałów, 3 –automatyczny magazyn materiałów, 4 – dostarczanie części handlowych, 5 – przyjmowanie i kontrola części handlowych, 6 – magazyn wyrobów gotowych, 7 – ekspedycja wyrobów gotowych, 8 – automatyczny magazyn wyrobów gotowych, 9 – centrum montażowe, 10 – zasobnik, 11 – automatyczny magazyn narzędzi i przyrządów [4]

W celu zapewnienia funkcjonowania ESM konieczne są następujące podsystemy (systemy, układy) (rys. 4.3) [4]:

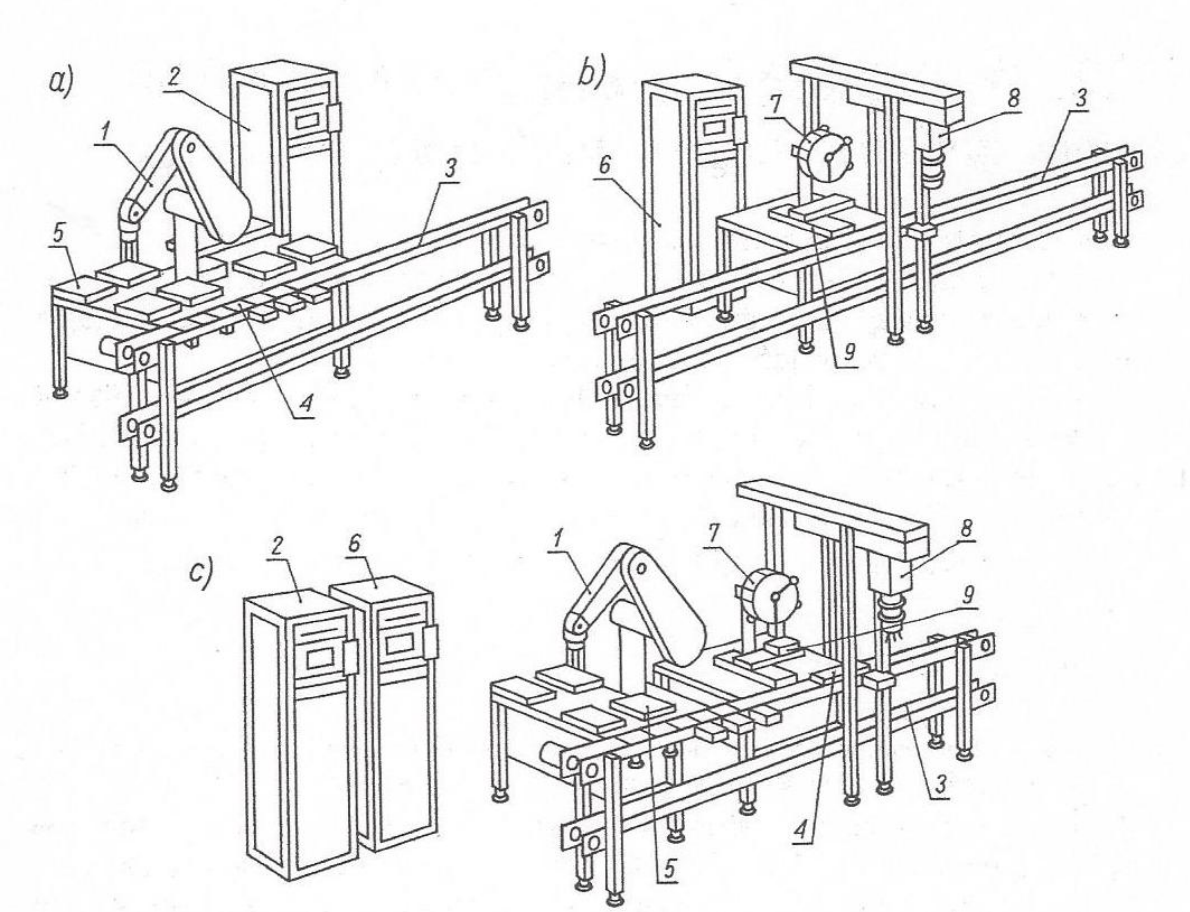
- Automatyczny system transportowo-magazynowy (ASTM),
- Automatyczny system narzędziowy (ASN),
- Automatyczny system kontroli (ASK),
- Automatyczny system sterowania (ASS).

Automatyczny system transportowo-magazynowy (ASTM)	• Składa się z wzajemnie powiązanych urządzeń do składowania, przechowywania (magazynowania), chwilowego gromadzenia, rozładowywania i przemieszczania jednostek montażowych oraz pomocy warsztatowych, narzędzi i sprawdzianów montażowych do określonych miejsc przechowywania lub realizacji czynności technologicznych
Automatyczny system narzędziowy (ASN)	• Obejmuje wzajemnie powiązane urządzenia do przygotowania narzędzi, ich gromadzenia i przechowywania, automatycznej wymiany i kontroli ich stanu oraz odprowadzenia narzędzi zużytych lub uszkodzonych.
Automatyczny system kontroli (ASK)	• Zawiera urządzenia do kontroli elementów oraz jednostek zmontowanych, ich właściwości fizycznych oraz geometrycznych, stanu urządzeń technologicznych, jak również parametrów wydajnościowych procesu montażu
Automatyczny system sterowania (ASS)	• Obejmuje i wiąże systemy sterowania poszczególnych maszyn i urządzeń montażowych oraz podsystemy zapewniające wymaganą jakość montażu i jego niezawodność.

Rys. 4.3. Podsystemy (systemy) elastycznego systemu montażowego (ESM)

Automatyczne (lub autonomiczne) stacje montażowe (ASM), zwane także elastycznymi modułami montażowymi, są podstawowymi elementami ESM [4]. W ich skład wchodzą urządzenia technologiczne sterowane programowo, umożliwiające montaż różnych wyrobów. Głównymi elementami ASM są programowalne maszyny montażowe lub roboty przemysłowe (RP) wraz z odpowiednim wyposażeniem pomocniczym w postaci: magazynku narzędzi, podajników części, zmieniaczy palet, buforów wejściowych i wyjściowych. Stacją montażową może być także pojedyncza maszyna montażowa o specjalistycznym

przeznaczeniu. Przykład ASM do montażu części o masie 1 kg (Nokia, Filnlandia), przedstawiono na rys. 4.4.



Rys. 4.4. Automatyczne stacje montażowe (ASM) do montażu z zastosowaniem: a) RP, b)elastycznej maszyny montażowej (EMM), c) RP i EMM; 1 – robot, 2 – szafa sterownicza, 3 – dwupoziomowy, dwurzędowy przenośnik, 4 – paleta, 5- pojemniki, 6 –pulpit sterowania EMM, 7 – sześciowrzecionowa elektromechaniczna głowica montażowa, 8 – robot, 9 – stół współrzędnościowy [4]

W zależności od liczby i rodzaju stacji montażowych, ich wzajemnych powiązań i rozmieszczenia przestrzennego można wyróżnić następujące podstawowe typy elastycznych systemów montażowych [7,9]:

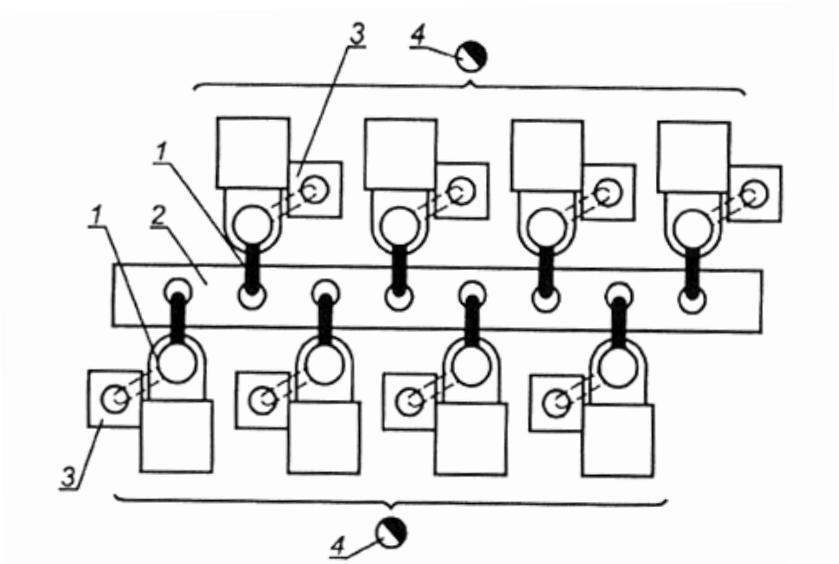
- elastyczne gniazdo montażowe,
- elastyczna linia montażowa,
- elastyczna sieć montażowa.

Elastyczne gniazdo montażowe w najprostszej konfiguracji zawiera pojedynczą stację montażową z jednym lub dwoma współpracującymi ze sobą robotami. W ogólnej konfiguracji w skład gniazda może wchodzić kilka stacji montażowych wzajemnie powiązanych przez system transportu i składowania wyrobów oraz wspólne planowanie i sterowanie procesu montażu.

Elastyczna linia montażowa jest to zbiór specjalistycznych stacji roboczych rozmieszczonych w ustalonym porządku, w którym przepływ wyrobów odbywa się jednokierunkowo bez możliwości powracania do raz odwiedzanej stacji. Podobnie pracuje jak automatyczna linia montażowa, różni się od niej zdolnością do częstych i szybkich przezbrojeń.

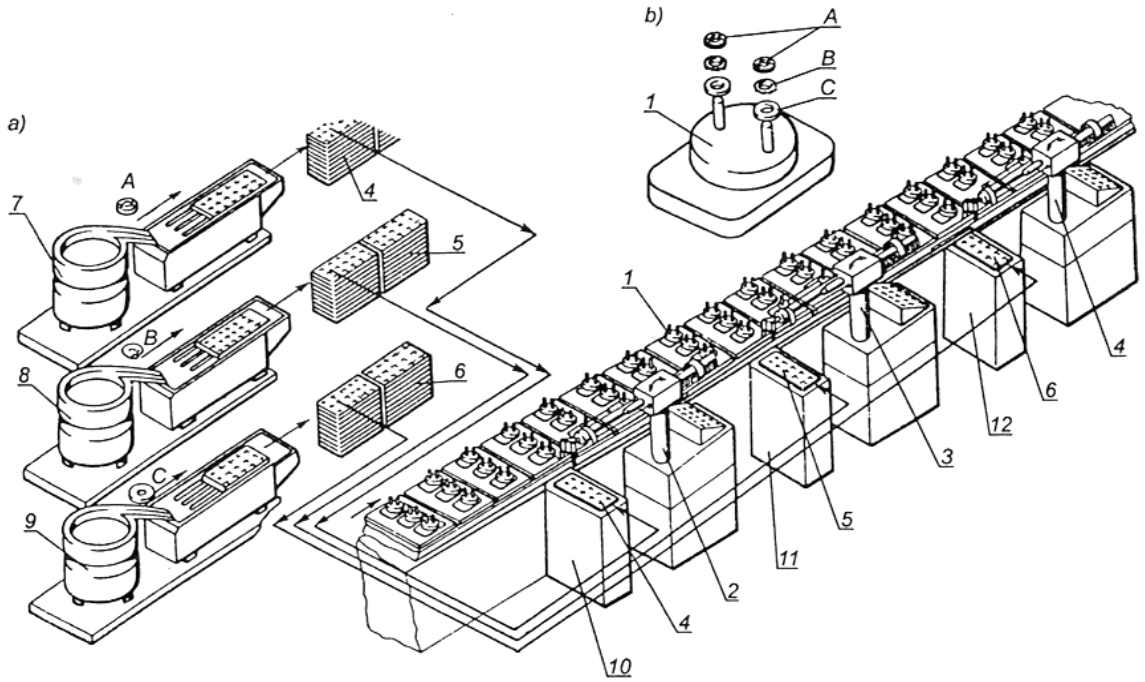
Automatyczne linie montażowe są kompleksem urządzeń, wykonujących wymagane operacje i urządzeń przenośnikowych, pracujących automatycznie bez udziału operatorów (rys. 4.5, rys. 4.6, rys. 4.7). Linie automatyczne mogą być:

- synchronicznie potokowe – układ transportowy przemieszcza jednocześnie wszystkie montowane wyroby między stanowiskami z określonym taktem,
- niesynchroniczne – przyrządy (palety) nie mają sztywnego powiązania z przenośnikiem i mogą gromadzić się między stanowiskami linii.

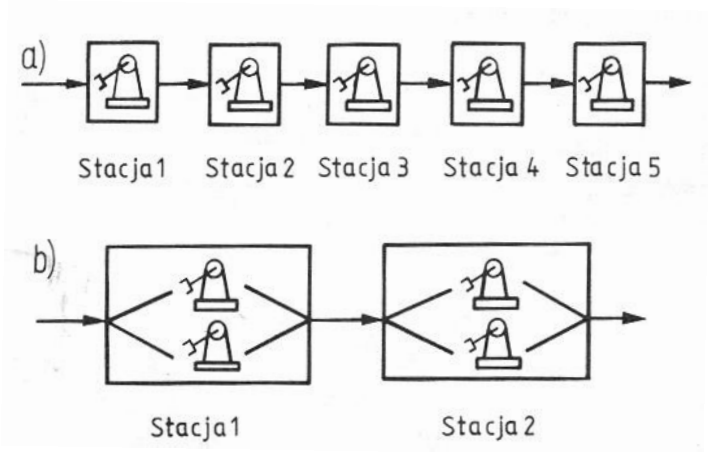


Rys. 4.5. Linia montażowa obsługiwana przez roboty: 1 – roboty, 2 – palety montażowe, 3 – magazyny (także w formie palet lub zasobników), 4 – urządzenia manipulacyjne (np. do zdejmowania) [8]

Elastyczna sieć montażowa – może składać się z kilku wzajemnie powiązanych linii, gniazd lub pojedynczych stacji montażowych. Jest to najbardziej złożony typ elastycznego systemu montażu [7,9].



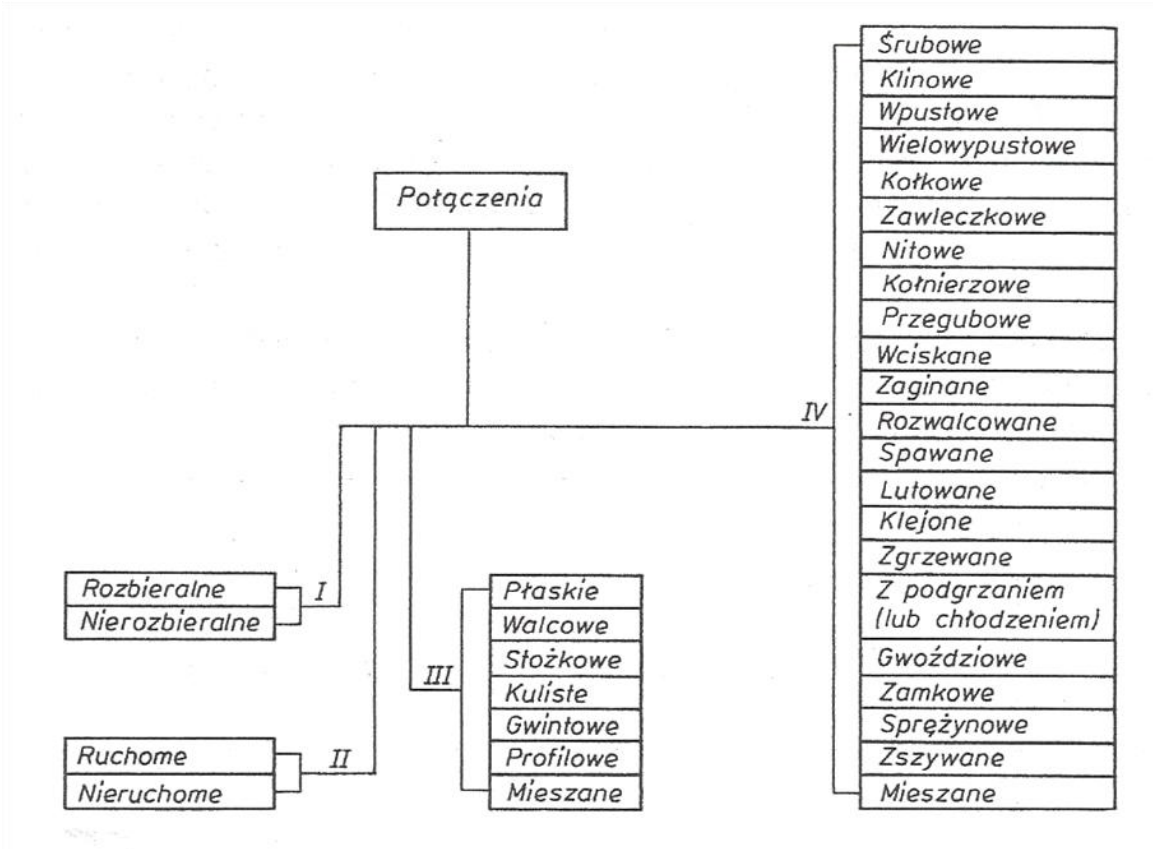
Rys. 4.6. Linia montażowa: a) schemat ładowania palet, b) montowany zespół c) linia montażowa obsługiwana przez roboty [8]



Rys. 4.7. Dwie różne konfiguracje ESM: a) długa linia montażowa, b) krótka linia montażowa [7]

5. ZASADY TYPIZACJI POŁĄCZEŃ MONTAŻOWYCH I TYPIZACJA PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH MONTAŻU AUTOMATYCZNEGO

Klasyfikację połączeń stosowanych w jednostkach montażowych, można przedstawić, uwzględniając sposoby wzajemnego ustawienia, utrwalenia, wzajemne możliwe przemieszczenia i potrzeby montażu. Przykładową klasyfikację połączeń, zawierającą jako kryteria typizacji: jednolitość – możliwość demontażu (I), cechy ruchowe (II), kształt powierzchni (III) oraz sposób wykonania (IV), zaprezentowano na rys. 5.1.



Rys. 5.1. Klasyfikacja rodzajów połączeń ze względu na: I – możliwość demontażu, II – możliwość przemieszczania, III – kształty powierzchni łączonych, IV – sposób wykonania połączenia [4]

Najbardziej rozpowszechnionymi rodzajami połączeń części są połączenia z powierzchniami walcowymi i stożkowymi (około 40% ogólnej liczby połączeń), gwintowymi (20-50%) i płaskimi (10-12%). Ogólny podział połączeń części i jednostek montażowych zamieszczono w tabeli 5.1.

Tabela 5.1. Typy połączeń części i jednostek montażowych [4]

Typ połączenia	Cechy charakterystyczne połączenia	
	ruchowe	spoczynkowe
Powierzchnie kuliste	Z luzem, rozbieralne	1. Z luzem, rozbieralne 2. Bez luzu, nierozbieralne
Powierzchnie walcowe	1. Z luzem 2. Wciskanie kołków 3. Wkładanie jednej lub kilku części w inne 4. Łączenie kilku brył obrotow. o jednakowych pasowaniach	1. Wciskanie, nitowanie itp. 2. Ustawianie walcowych i stożkowych kołków 3. Łączenie kilku brył obrotowych o jednakowych pasowaniach
Powierzchnie płaskie	1. Nałożenie jednego elementu na drugi (nakładanie, tworzenie wielowarstwowych jednostek) 2. Z luzem	Wciskanie i wtłaczanie
Powierzchnie gwintowe	1. Wygniatanie 2. Nakręcanie i odkręcanie 2. Nakręcanie i odkręcanie śrub, nakrętek itp.	1. Wygniatanie 2. Nakręcanie 2. Nakręcanie 3. Zaciąganie śrub, nakrętek, itp.
Łączenie przez nawijanie		1. Dzielone 2. Niedzielone
Połączenia spójne, sczepne i plastycznie odkształcalne		Nierozłączne
Połączenia uzyskane przez zalanie elementów, ułożonych w formie, ciekłym metalem lub tworzywem sztucznym		Nierozłączne

Typowe procesy technologiczne montażu automatycznego są oparte ma klasyfikacji montowanych obiektów i ich połączeń, typizacji operacji, zabiegów i czynności montażowych oraz na typizacji schematów urządzeń bazujących na określonych warunkach montowalności.

Przez typizację PTM należy rozumieć takie opracowanie procesów technologicznych montażu, które może być typowym dla automatycznego montażu wielu połączeń, jednostek

montażowych i wyrobów. Proces taki powinien składać się z typowych operacji montażowych, te z kolei z typowych zabiegów (lub czynności).

Do typowych operacji montażowych, oprócz operacji łączenia, należą [3,4]:

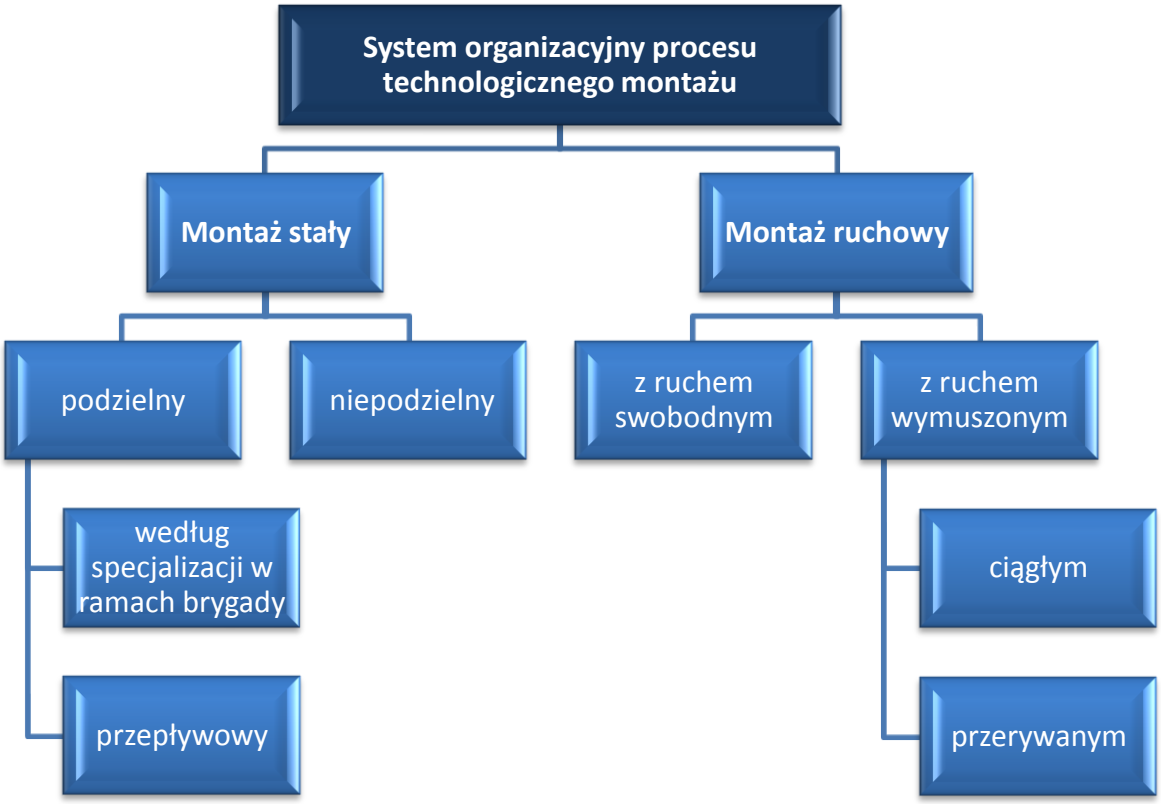
- kompletowanie elementów,
- mycie i suszenie,
- operacje transportowe,
- operacje orientowania,
- operacje kontrolne,
- konserwacja,
- pakowanie.

Więcej informacji na ten temat przedstawiono w rozdziale 2.

6. METODY I FORMY ORGANIZACYJNE MONTAŻU

6.1. Formy organizacyjne montażu

Formy organizacyjne montażu można podzielić na stacjonarne (niepodzielne lub przepływowe) oraz ruchome (swobodne lub potokowe z ruchem przymusowym lub nieprzymusowym). Im większy jest stopień mechanizacji i automatyzacji tych form, tym mniejsza jest elastyczność tego systemu [4].



Rys. 6.1. Formy organizacyjne montażu

Od formy organizacyjnej montażu uzależnione jest wzajemne usytuowanie przestrzenne środków montażu (elastycznych i nieelastycznych). Środki montażowe mogą być usytuowane na stanowiskach montażowych, w gniazdach, liniach lub w układach montażowych (rodzajowe, przepływowe).

Montaż stały (montaż na jednym miejscu, stanowiskowy lub stacjonarny) jest przyjęty w produkcji jednostkowej i małoseryjnej, a w bardzo rzadkich przypadkach (gdy montowane są duże maszyny) w produkcji seryjnej [3,4].

Montaż stały może być zorganizowany jako:

- **niepodzielny** – stosowany najczęściej w produkcji jednostkowej i małoseryjnej, wymaga dużej powierzchni montażowej i jest długotrwały;
- **podzielny** – jest bardziej wydajny, gdyż umożliwia zatrudnienie kilku brygad do montowania zespołów, a montaż ogólny wykonuje oddzielnie inna brygada. Istnieje forma montażu stałego spotykana w produkcji seryjnej oparta na zasadzie montażu podzielnego – jeden robotnik wykonuje tą samą operację przechodząc z jednego stanowiska na drugie, a montowane jednostki stoją w ciągu całego montażu w jednym miejscu. Jest odmianą montażu przepływowego, a w produkcji seryjnej występuje jako montaż ruchomy.

Montaż ruchomy polega na tym, że na poszczególnych stanowiskach wykonywane są stale te same, ściśle określone i powtarzające się operacje, po których wykonaniu zespół niższego rzędu lub zespół pierwszego rzędu, czy cała maszyna, przenoszone są na następne stanowiska. Stanowiska te ustalone są zgodnie z kolejnością operacji procesu technologicznego montażu.

Cechą charakterystyczną **montażu ze swobodnym ruchem montowanego wyrobu** (lub zespołu) jest fakt przesuwania obiektu montowanego na przenośnikach rolkowych, różnego typu wózkach, pochylniach, a także stołach montażowych. Cechą charakterystyczną **montażu z przymusowym ruchem montowanego wyrobu** jest to, że urządzenie transportowe, na którym odbywa się montaż, ma ruch przymusowy.

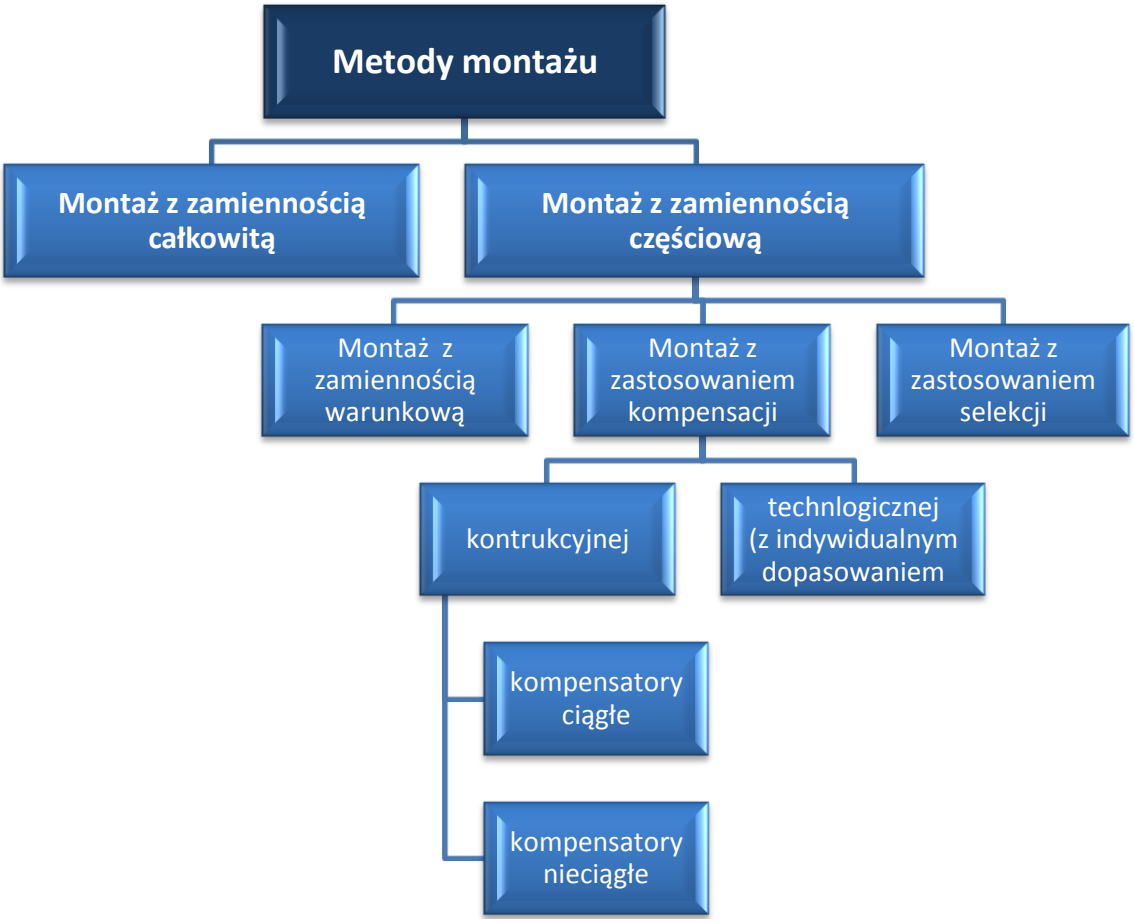
6.2. Metody montażu

Podział metod montażu zamieszczono na rys. 6.2.

Montaż z zamiennością całkowitą polega na składaniu jednostek montażowych z takich części, które są wykonane według założonych wymiarów i wymagań. Otrzymana w ten sposób jednostka montażowa powinna wykazywać właściwe działanie bez żadnych poprawek Montaż z zamiennością całkowitą wymaga dokładnego wykonania, jednak w granicach założonych wymagań poszczególnych elementów składanych w jednostki montażowe. Przy założonym wymiarze wypadkowym powoduje to znaczne zacieśnienie tolerancji wymiarów poszczególnych części, a tym samym ogniw łańcuchów wymiarowych, a przez to wpływa na wzrost kosztów produkcyjnych [3,4].

Wśród cech charakterystycznych montażu z zamiennością całkowitą można wymienić:

- prosty i ekonomiczny montaż zespołów i całego wyrobu, nie wymagający wysoko wykwalifikowanych pracowników,
- najprostsze rozwiązanie zagadnienia części zapasowych,
- produkcja poszczególnych części lub zespołów może być łatwo rozdzielona pomiędzy kilka współpracujących zakładów,
- łatwość normowania czynności montażowych.



Rys. 6.2. Metody montażu

Montaż z zamiennością częściową może być realizowany jako montaż:

- z zamiennością warunkową,
- z zastosowaniem kompensacji konstrukcyjnej i technologicznej (inaczej: z indywidualnym dopasowaniem części),
- z zastosowaniem selekcji,

Montaż z zamiennością warunkową to montaż, przy którym nie dąży się do zachowania w każdym przypadku założonych granic wymiaru warunkowego, lecz zadowala się prawdopodobieństwem, że liczba wadliwych zespołów nie przekroczy pewnego ustalonego procentu, najczęściej 27%. Przy takiej zamienności celowo rozszerza się tolerancje niektórych wymiarów, zakładając, że oszczędności na obróbce będą większe w stosunku do zwiększonego czasu przy montażu. Dla produkcji korzystniej jest stosować w niektórych przypadkach wymianę np. jednej części o największym wpływie, niż zacieśniać

tolerancje (a przez to podnosić koszty wykonania tej części). Zakłada się, że niekorzystny zbieg odchyłek zdarza się bardzo rzadko.

Montaż z zastosowaniem kompensacji konstrukcyjnej polega na tym, że wymaganą dokładność wymiaru wynikowego uzyskuje się za pomocą wprowadzenia do konstrukcji danej jednostki montażowej elementu kompensacyjnego, umożliwiającego uzyskanie żądanego wymiaru w pewnych określonych granicach. W praktyce stosuje się różnego rodzaju kompensatory nieciągłe (podkładki, tulejki dystansowe) oraz kompensatory ciągłe (śruby, kliny) [3,4].

Montaż z zastosowaniem kompensacji technologicznej (montaż z indywidualnym dopasowaniem) polega na tym, że wymaganą tolerancję wymiaru wynikowego osiąga się przez zmianę wymiaru jednej, z góry określonej części, za pomocą szlifowania, toczenia, piłowania, skrobania itp. Stosowany jest w produkcji jednostkowej i małoseryjnej. Przy zastosowaniu takiego montażu należy na ogniwie kompensacyjnym przewidzieć odpowiedni naddatek umożliwiający, nawet przy najmniej korzystnym zbiegu odchyłek wymiarów składowych, dokonanie odpowiedniej obróbki – kompensacja technologiczna. Wadą tej metody montażu jest duża pracochłonność oraz konieczność zatrudnienia pracowników o wysokich kwalifikacjach [3.4].

Montaż z zastosowaniem selekcji oparty jest na grupowym doborze jednostek montażowych. Metoda ta stosowana jest głównie przy łączeniu dwóch lub trzech części okrągłych. Istnieje metoda montażu selekcyjnego, która oparta jest na indywidualnym doborze dla określonej jednostki bazowej (np. pierścieni łożysk) wieloskładnikowego ogniowa o określonych wymiarach (np. kulek lub rolek). Przed montażem występuje kompletacja elementów, np. wyznacza się n=5-10 grup kulek i znajduje się taką parę pierścieni, do której odpowiednia grupa kulek będzie pasować, czyli uzyska się odpowiedni luz promieniowy w łożysku [3,4].

7. ŚRODKI TECHNICZNE MONTAŻU

7.1. Rodzaje środków technicznych montażu

Wśród środków technicznych montażu (elastycznych i nieelastycznych) zalicza się: automaty i półautomaty montażowe, różnorodne maszyny i urządzenia montażowe sterowane ręcznie i numerycznie i inne. Typowe urządzenia montażowe oraz wyszczególnienie automatycznych środków montażowych zamieszczono w tabelach 7.1 oraz 7.2.

Tabela 7.1. Typowe urządzenia montażowe [3]

Rodzaj połączeń montażowych	Urządzenia montażowe
Śrubowe	Wkrętaki pneumatyczne elektryczne, jednowrzecionowe, zespoły wielogłowicowe
Nitowane	Nitownice: radialne jedno- i wielowrzecionowe, udarowe, kleszczowe
Plastyczne odkształcalne	Nitownice radialne, prasy
Wciskane i wtłaczane	Prasy hydrauliczne i pneumatyczne, urządzenia grzewcze i chłodnicze
Zatrzaskiwane i zawijane	Moduły ruchu liniowego i ruchu kątowego
Klejone	Klejarki, dozowniki i urządzenia utwardzające
Zgrzewane, spawane, lutowane	Zgrzewarki ręczne, stacjonarne elektryczne, gazowe lutownice ręczne, wanny lutownicze

Tabela 7.2. Środki automatyzacji montażu [3]

Czynności montażowe	Środki automatyzacji montażu
Transport	Przenośniki taśmowe, przenośniki palet, podnośniki podwieszone, przenośniki podłogowe, stoły podziałowo-obrotowe elektryczne i pneumatyczne, stoły obrotowe elektryczne
Paletyzacja i depaletyzacja	Paletyzacja i depaletyzacja do układania na płaszczyźnie lub w przestrzeni
Podawanie i orientowanie	Podajniki wibracyjne cylindryczne i linowe, zasobniki z dozowaniem i bez dozowania, podajniki cylindryczne obrotowe, elewatory bębnowe, elewatory szczebelkowe, orientowniki mechaniczne, magnetyczne i pneumatyczne, manipulatory
Dozowanie	Dozowniki objętościowe i ciężarowe
Pozycjonowanie i mocowanie	Przyrządy naprowadzające, mechaniczne, pneumatyczne, magnetyczne, przyrządy mocujące, przyrządy mocujące ze zmianą orientacji przestrzennej
Sterowanie	Sterowniki mechaniczne (krzywkowe), elektryczne, elektroniczne i pneumatyczne, do sterowania urządzeń, zespołem i procesem
Kontrola	Zespoły kontroli aktywnej momentu dokręcania i obrotu, energii dokręcania, zespoły kontroli aktywnej temperatury, ciśnienia, zbliżenia, zespoły kontroli aktywnej stanu i zabezpieczenia strefy pracy

Systemy montażowe, zwłaszcza w odniesieniu do montażu automatycznego (i montażu elastycznego) oparte są przede wszystkim na modułowych elementach (układach, urządzeniach i środkach automatyzacji montażu), które wykorzystywane są do projektowania (kompletowania) określonych konfiguracji stanowisk (gniazd), urządzeń czy też linii montażowych. Wśród nich można wymienić następujące moduły [3,4,7]:

- układy transportowe (liniowe, obwodowe, synchroniczne i asynchroniczne),
- układy gromadzenia i orientowania części (zasobniki, magazyny, prowadniki, orientowniki itp.),
- układy manipulacyjne, realizujące podawanie i przemieszczani części, ich przeorientowanie itp.),
- układy bazowania (przyrządy, wsporniki, korpusy itp.),
- układy mocowania,

- układy wykonywania połączeń składanych, wciskanych, śrubowych, nitowych, klejowych i innych,
- układy kontrolne (części mocowanej, prawidłowości wykonywania montażu oraz procesu montażu),
- układy podawania,
- układy sterowania,
- układy diagnozowania.

Oprócz typowych (wymienionych wyżej) funkcji, w procesie montażu niekiedy występują inne funkcje (moduły realizujące), wśród których można wymienić [4]:

- napełnianie,
- zamykanie,
- smarowanie,
- banderolowanie,
- inne.

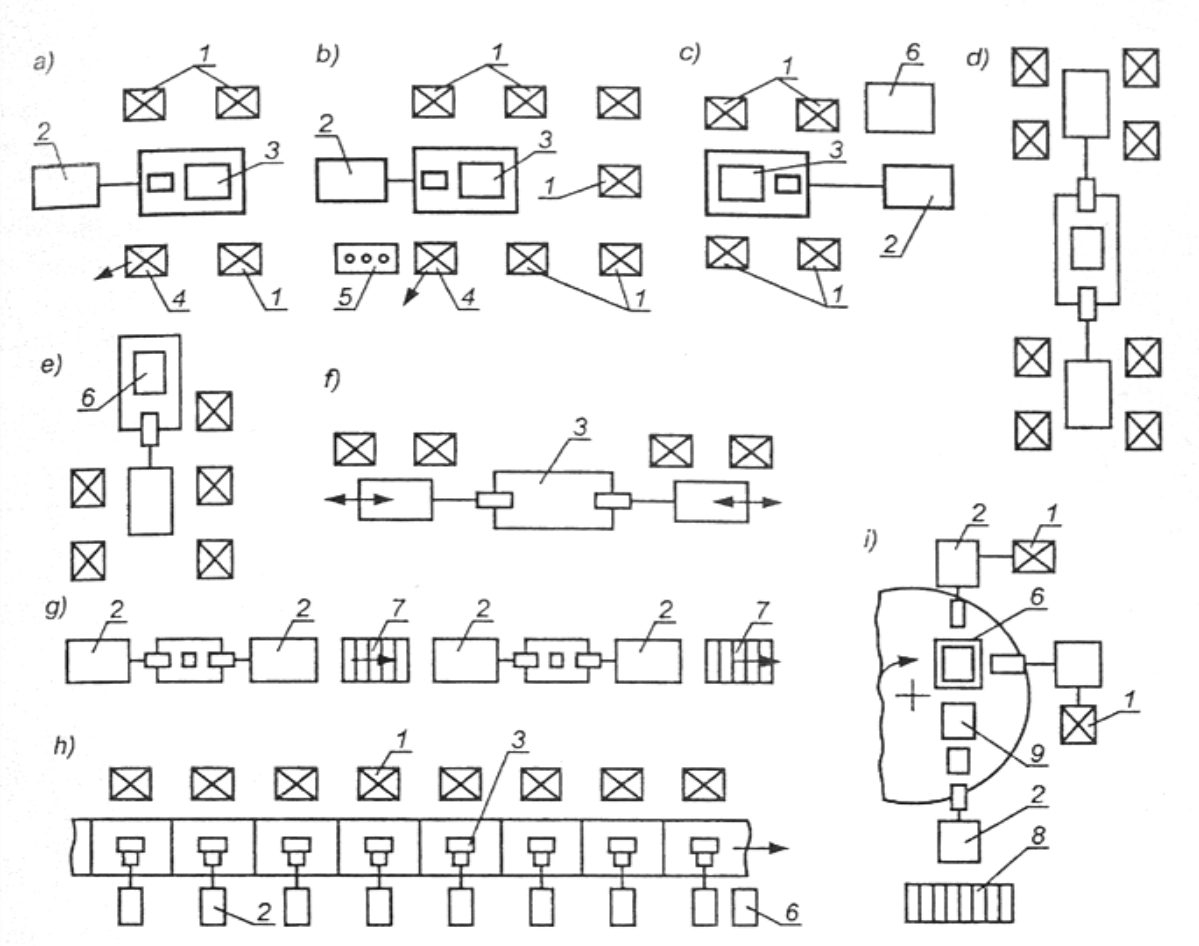
Elastyczne środki montażu tworzą maszyny i urządzenia montażowe (lub systemy maszyn), które względnie łatwo i szybko można przystosować do realizacji zmieniających się zadań montażowych. W podrozdziale 7.2 przedstawiono charakterystykę wybranych środków technicznych montażowych.

7.2. Charakterystyka wybranych środków technicznych montażu

Roboty

Roboty stanowią podstawowe wyposażenie większości ESM i wykonują podstawowe operacje montażowe. Roboty przemysłowe w systemach montażowych przeznaczone są wykonywania czynności podawania i odbierania części na montowany wyrobów według baz montażowych, transportowania, układania części i wyrobów, przeprowadzania kontroli i prób wyrobów. Przy pomocy robotów można zgrzewać punktowo i liniowo, nakładać powłoki galwaniczne, kleić, lutować, myć, pakować i znakować [7].

Roboty montażowe przeznaczone są do realizacji skomplikowanych procesów montażowych, w których potrzebne jest śledzenie wzajemnego położenia elementów montowanych kontroli sił nacisku ramienia np. przy czynnościach wciskania lub precyzyjnego pozycjonowania przedmiotów montowanych względem siebie. Oprogramowanie robota dostarcza operatorowi funkcji niezbędnych przy obsłudze wymagających procesów montażowych np. śledzenie obiektów na liniach transportowych czy kontrola sił. System montażowy, składający się z robotów przemysłowych i różnych urządzeń technologicznych zamieszczono na rys. 7.1.



Rys. 7.1. Schemat zrobotyzowanych stanowisk montażowych: 1- magazyn, 2- robot, 3 – przyrząd montażowy, 4 – pojemnik odprowadzający, 5 – magazyn wymiennych chwytaków, 6 – urządzenia technologiczne, 7,8 – przenośniki, 9 – urządzenie kontrolne [4]

Różne typy robotów można sklasyfikować ze względu na ich cechy[7]:

- <u>funkcjonalne:</u>

- liczba stopni swobody,
- prędkość,
- dokładność i powtarzalność,
- udźwig,
- przestrzeń robocza,
- możliwość stosowania sensorów zewnętrznych,

<u>przestrzenne:</u>

- nieruchoma podstawa: robot przymocowany do podłogi, ściany lub sufitu,

- ruchoma podstawa: poruszający się głównie wzdłuż jednej osi,
- robot suwnicowy: podwieszony i poruszający się wzdłuż jednej lub dwóch osi

Urządzenia pomocnicze

Dodatkowe wyposażenie elastycznego systemu montażowego obejmuje urządzenia peryferyjne i oprzyrządowanie wspomagające proces montażu, a wśród nich można wymienić [2,4,7]:

1) Akcesoria do operacji montażowych: narzędzia przeznaczone do wykonywania operacji mocowania części (pneumatyczne śrubokręty, pracy itp.), chwytaki przeznaczone do przemieszczania i pozycjonowania części lub narzędzi, uchwyty mocujące przeznaczone do zamocowania części w miejscu wykonywania operacji montażowych.
2) Specjalne maszyny przeznaczone do wykonywania operacji pomocniczych: np. wytwarzania na miejscu części o skomplikowanych kształtach w celu uniknięcia przypadkowych zaplątań podczas ich składowania i podawania do stacji montażowej.
3) Magazynki i podajniki części: stosowane są różnorodne programowalne urządzenia umieszczone przy stacji montażowej przeznaczone do magazynowania i podawania standardowych części składowych w procesie montażu (np. stoły obrotowe, podajniki wibracyjne).
4) Urządzenia transportowe: przeznaczone do przemieszczania przedmiotów montażu pomiędzy stacjami montażowymi, np. transportery taśmowe, wózki automatycznie kierowane AGV.
5) Magazyny: przeznaczone do składowania zmontowanych podzespołów, wadliwych części lub różnych narzędzi oraz bufory wejściowe i wyjściowe przy każdej stacji montażowej.

Poniżej przedstawiono rodzaje wybranych urządzeń pomocniczych.

Ze względu na rolę urządzeń podających w procesie produkcyjnym wśród urządzeń do transportu automatycznego w systemach produkcji i montażu wyróżnia się [7]:

- podajniki operacyjne - urządzenia do podawania elementów do montażu na poszczególne stanowiska montażowe;
- podajniki międzyoperacyjne (międzystanowiskowe) – przenośniki (transportery), których zadaniem jest przemieszczanie zmontowanych wyrobów lub ich podzespołów, gotowych wyrobów lub półproduktów pomiędzy poszczególnymi stanowiskami linii produkcyjnej oraz ich odprowadzanie.

Urządzenia do transportowania części i jednostek montażowych między kolejnymi operacjami procesu technologicznego mogą być wbudowane w automatyczne maszyny montażowe lub linie albo mieć postać autonomicznych jednostek z odrębnym napędem.

Ze względu na metodę podawania wyróżnia się następujące urządzenia podające [4,7]:

- podajniki rewolwerowe – zasilające urządzenia montażowe z tarczy roboczej, podczas operacji podawania tarcza obraca się o pewien kąt (zależnie od liczby gniazd), po czym zatrzymuje się na czas konieczny do wykonania operacji montażowej,

- podajniki suwakowe – stosowane są do przesuwania części w kierunku zgodnym z kierunkiem suwaka roboczego; podawanie części w mechanizmach suwakowych może odbywać się: pojedynczo, strumieniem liniowym lub strumieniem kaskadowym,
- podajniki chwytakowe – ich organem roboczym jest liniał z chwytakami gniazdowymi;
- podajniki waflowe.

Ze względu na metodę podawania wyróżnia się następujące urządzenia podające [3,4,7]:

- roboty przemysłowe – mogą być wyposażone w sensory ułatwiające rozpoznawanie obiektów, łączyć operacje manipulacyjne z transportowymi lub technologicznymi; najczęściej stosowane do automatyzacji prac załadowczych i rozładowczych;
- manipulatory przemysłowe – manipulatory z modułami liniowymi i obrotowymi oraz urządzeniami chwytnymi.

Wyróżnia się następujące typy urządzeń transportu międzyoperacyjnego [3,4,7]:

1) przenośniki:

- przenośniki (transportery) – przemieszczają ładunki między stanowiskami, po czym wracają w położenie początkowe i cykl się powtarza:
- podwieszane – wśród nich wyróżnia się: pchające ładunki, ciągnące lub niosące,
- stołowe (podłogowe) – mają różne konstrukcje, mogą wykonywać ruch ciągły lub dyskretny; do najczęściej stosowanych typów przenośników stołowych należą: rolkowe, taśmowe, płytowe, wibracyjne, z silnikami liniowymi;

2) robokary –roboty transportowe z różnym wyposażeniem (ruchome platformy, manipulatory, układy sterowania, mikroprocesory, układy przeładowania itp.); które klasyfikuje się ze względu na:

- sposób śledzenia trasy jezdnej: mechaniczne, indukcyjne, optoelektroniczne, żyroskopowe;
- sposób przemieszczania: szynowe, kołowe, na poduszce powietrznej;
- sposób zasilania energetycznego: autonomiczne, kablowe, z przewodem jezdnym;
- rodzaj platformy ładunkowej: z napędzanym stołem rolkowym, ze stołem podnoszonym, ze stołem wysuwanym, z ustawionym na platformie robotem przemysłowym.

Zadaniem transporterów jest przemieszczanie częściowo zmontowanych zespołów wyrobu (lub gotowego wyrobu) pomiędzy poszczególnymi stanowiskami roboczymi. Klasyfikuje się je najczęściej ze względu na rodzaj siły oddziałującej na przemieszczane przedmioty:

- transportery grawitacyjne – przemieszczanie przedmiotów następuje wyłącznie w wyniku oddziaływania sił grawitacji; podczas ruchu przedmiot nie powinien tracić kontaktu z podłożem, po którym się przemieszcza; do najczęściej stosowanych należą transportery toczne – w przypadku transportu na większe odległości w celu zapobieżenia zatrzymaniom przedmiotu pod wpływem tarcia

stosuje się napędzanie niektórych rolek; możliwe jest również transportowanie w ten sposób palet;

- transportery mechaniczne – przedmioty są przemieszczane pod wpływem tarcia lub siłowego na nie oddziaływania. Często wymagane jest, aby w trakcie transportowania nie zmieniały nadanej im orientacji przestrzennej i nie przemieszczały się względem siebie. Do przemieszczania wyrobów na mniejsze odległości stosowane są mechanizmy suwakowe, transportery łańcuchowe i cięgnowe.

8. OPRACOWANIE DOKUMENTACJI MONTAŻOWEJ

W montażu automatycznym konieczne jest szczegółowe opracowanie PTMA wraz z wykonaniem niezbędnych schematów montażowych. PTMA w znacznym stopniu determinuje strukturę maszyn montażowych i powinien uwzględniać ich potencjalne możliwości. Dla każdej operacji w takim procesie powinny być jasno sprecyzowane pozycje jakie powinny znajdować się w urządzeniu montażowym, warunki pracy urządzeń wykonawczych, rodzaje niezbędnych urządzeń dodatkowych [1,4.7,9].

Projektując PTM należy jednocześnie określić racjonalny stopień jego automatyzacji. W zależności od złożoności poszczególnych czynności mogą sąsiadować ze sobą operacje całkowicie zautomatyzowane, częściowo zautomatyzowane oraz czynności ręczne.

Dane wejściowe:

1) rysunek montowanego wyrobu,
2) warunki techniczne odbioru montowanego wyrobu,
3) spis części w zespołach,
4) program produkcji ilościowy i asortymentowy,
5) przewidywane okresy uruchomienia produkcji i wytwarzania wyrobu,
6) warunki techniczno-organizacyjne zakładu uruchamiającego produkcję,
7) dysponowane systemy wspomagania projektowania CAD/CAM w odniesieniu do montażu.

Rysunki montażowe powinny zawierać: dostateczną liczbę rzutów i przekrojów dla łatwego zorientowania się, jak wygląda konstrukcja poszczególnych zespołów i wyrobu, numerację części i zespołów, wymiary i ich tolerancje, które należy zachować przy montażu, dane o tolerancji pasowań, dane o ciężarze części wraz z określonymi odchyłkami; wymiary, które należy uzyskać w montażu (zwłaszcza luzy i wciski), warunki eksploatacyjne, jakimi powinien odpowiadać montowany wyrób.

Dokumentacja technologiczna PTM obejmuje, zależnie od wielkości produkcji [4]:

- kartę technologiczną montażu (produkcja jednostkowa),
- kartę technologiczną montażu i karty instrukcyjne (produkcja seryjna i masowa).

Karta technologiczna montażu KT (inna nazwa: karta planu lub przebiegu montażu) jest podstawowym dokumentem procesu montażu. Opracowuje się tą kartę każdorazowo, niezależnie od wielkości produkcji i innych warunków, przy czym może przyjmować różna szatę graficzną. W karcie technologicznej montażu KT zawarte są następujące informacje:

- przebieg procesu technologicznego montażu całego wyrobu z podziałem na kolejno wykonywane w odpowiednim porządku operacje montażowe,
- charakterystykę stanowiska roboczego, na którym wykonywana jest operacja montażowa,
- normę czasu pracy lub jej główne składniki (czas przygotowawczo-zakończeniowy t_{pz} i czas jednostkowy t_j).

Proces technologiczny montażu obejmuje następujące operacje [4]:

1) o charakterze pomocniczym,
2) o charakterze właściwego montażu,
3) o charakterze wykańczającym,
4) mającym na celu nadanie specjalnych własności użytkowych,
5) o charakterze kontrolnym.

Przykładową kartę technologiczną montażu KT zamieszczono na rys. 8.1, a na rys. 8.2 i rys. 8.3 przedstawiono karty instrukcyjne montażu. Przykładowy schemat montażu zaprezentowano na rys. 8.4, a na rys. 8.5 przedstawiono przykładowy graf operacji montażowych.

Politechnika Krakowska Instytut Technologii Maszyn i Automatyzacji Produkcji	**Karta technologiczna montażu**		Nazwa wyrobu: **Zawór redukcyjny**	Symbol wyrobu: **ZR**		Wielkość serii: **200**
Nr operacji	Treść operacji	Wydział	Stanowisko	Normy czasu		
				T_{pz}	t_i	T
10	Montować Zespół Korpusu Dolnego (ZKD) wg instrukcji 1	Mechaniczny	SM 1			
20	Montować Zespół Grzybka (ZG) wg instrukcji 2	Mechaniczny	SM 2			
30	Montować Zespół Dolnej Części Korpusu (ZDCzK) wg instrukcji 3	Mechaniczny	SM 3			
40	Montować Zespół Górnej Części Korpusu (ZGCzK) wg instrukcji 4	Mechaniczny	SM 4			
50	Montować Zawór Redukcyjny (ZR) wg instrukcji 5	Mechaniczny	SM 5			
60	Przeprowadzić kontrolę techniczną	Mechaniczny	SKT			
Opracował: J. Kowalski		Sprawdził: W. Nowak		Zatwierdził: P. Ryba		

Rys. 8.1. Przykładowa karta technologiczna montażu KT [10]

Nazwa Szkoły	Instrukcja montażu	Nazwa podzespołu: *Koło pasowe*	Nr rys. *Rys. 20*
		Treść operacji: *Montaż koła pasowego*	

Zabieg	Opis zabiegu
1.	*Myć części przed montażem. Rozkonserwować łożyska.*
2.	*Założyć tuleję dystansową „4". Wprasować łożyska „3" na wałek „2" zachowując wymiary „50" i "85"*
3.	*Wmontować wałek do koła pasowego "1". Nałożyć smar.*
4.	*Założyć pierścień filcowy „5" w gniazdo pokrywy „6"*
5.	*Założyć i skręcić pokrywę "6"*
6.	*Założyć i skręcić pokrywę „5"*
7.	*Sprawdzić czy koło pasowe obraca się luźno. W razie potrzeby dopasować pokrywę „5" przez szlifowanie.*

Stanowisko:	
Stanowisko montażu	

Pomoce warsztatowe	Nazwa	Ilość
Uchwyty:	*Myjka ręczna*	*1*
	Tuleja z dnem	*1*
	Klucz nasadowy	*1*
Narzędzia:		
Sprawdziany	*Suwmiarka uniwersalna*	*1*

Opracował:	Sprawdził:

Rys. 8.2. Przykładowa instrukcja montażu [11]

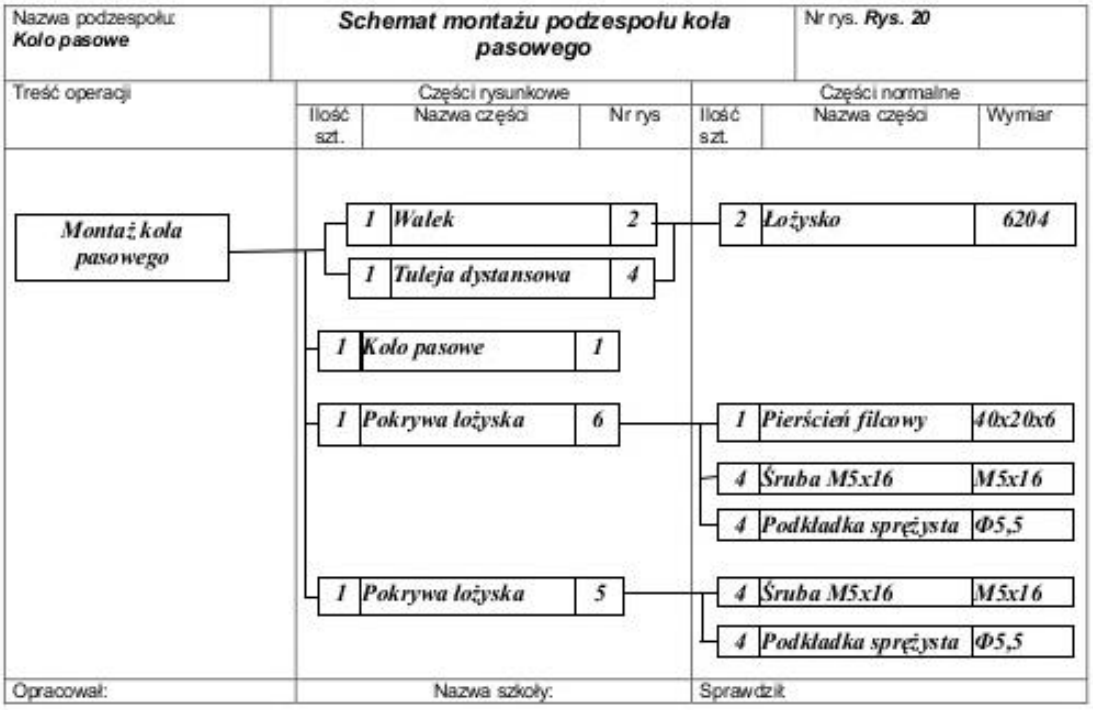
Politechnika Krakowska Instytut Technologii Maszyn i Automatyzacji Produkcji	Karta instrukcyjna montażu	Nazwa wyrobu: Zawór redukcyjny	Symbol wyrobu: ZR	Nazwa montowanej jednostki: Zespół Grzybka	Symbol montowanej jednostki: ZG	Wielkość serii: 200
Wydział: Montażowy	Nazwa operacji Montować Zespół Grzybka		Nr operacji: 20	Stanowisko montażowe: SM 2	Normy czasu: T_{pz} =	t_j = T =

Nr zabiegu	Treść zabiegu (czynności)
1.	Wcisnąć uszczelnienie (24) w rowek na powierzchni czołowej grzybka (4).
2.	Wcisnąć uszczelnienie (20) w rowek na powierzchni cylindrycznej grzybka (4).
3.	Włożyć trzpień (7) w otwór grzybka (4).
4.	Założyć pierścień zabezpieczający (21) na trzpień (7).

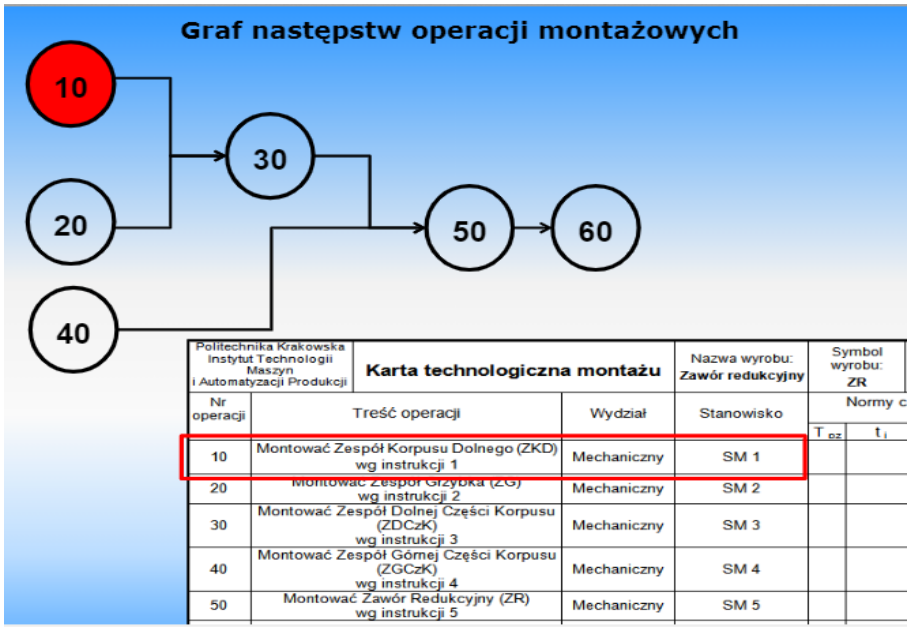
Urządzenia montażowe:
Uchwyty i przyrządy montażowe:
Narzędzia montażowe i skrawające: szczypce
Narzędzia i przyrządy pomiarowe:
Materiały pomocnicze:

Opracował:	Sprawdził:	Zatwierdził:	Uwagi:
J. Kowalski	W. Nowak	P. Ryba	

Rys. 8.3. Przykładowa instrukcja montażu [10]



ys. 8.4. Przykładowy schemat montażu [11]



Rys. 8.5. Przykładowy graf operacji montażowych [10]

9. PROPONOWANE ZAGADNIENIA DO DYSKUSJI

1. Jakie czynniki wpływają na wybór techniki łączenia?

2. Jakie czynniki wpływają na wzajemne usytuowanie przestrzenne środków montażu?

3. Zagadnienia dokładności montażu.

4. Zagadnienia technologiczności konstrukcji wyrobów montowanych automatycznie.

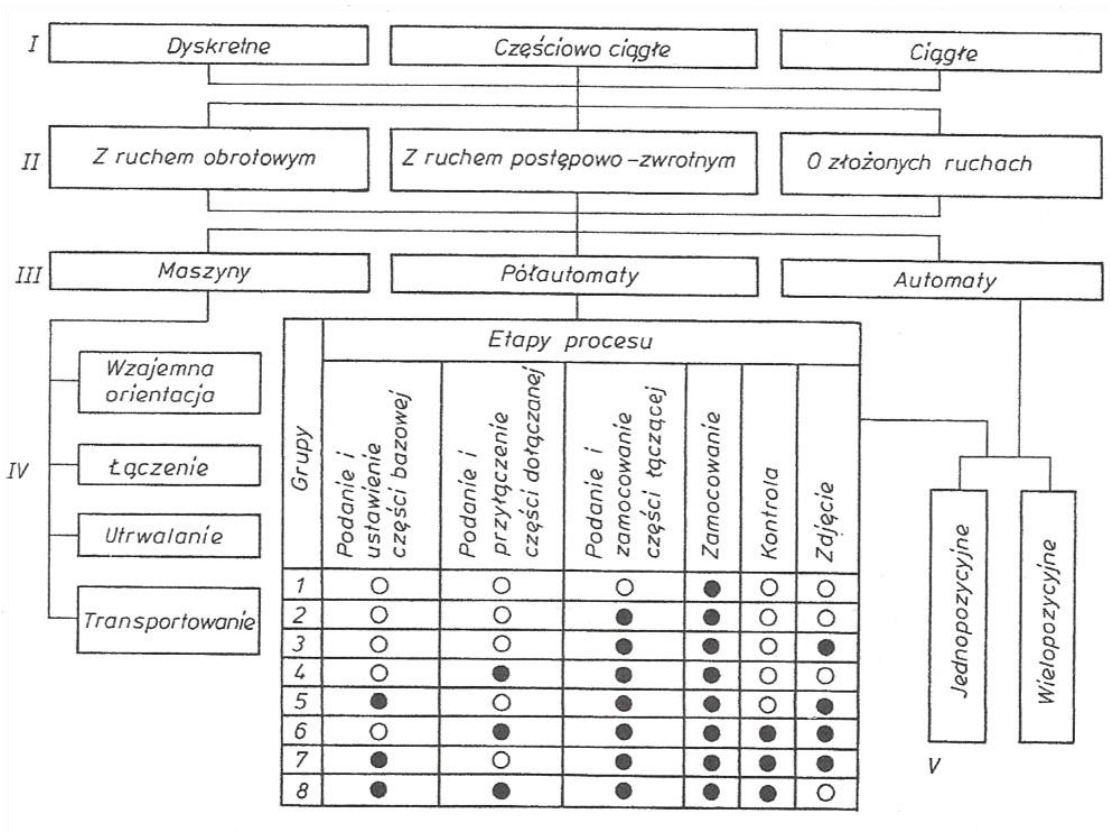
10. ĆWICZENIA KONTROLNE

Pytania kontrolne

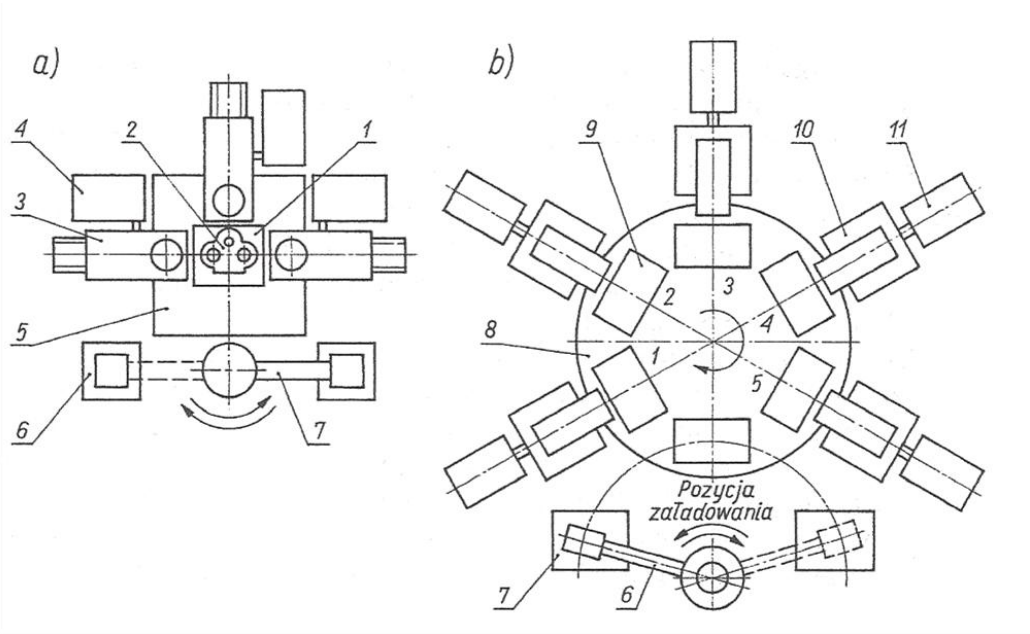
1. Podaj definicję sytemu technologicznego montażu.
2. Co to jest proces technologiczny montażu?
3. Przedstaw schemat struktury procesu technologicznego montażu.
4. Podaj definicję operacji montażowej.
5. Wymień czynności wchodzące w skład operacji montażowej głównej.
6. Wymień czynności wchodzące w skład operacji montażowej pomocniczej.
7. Co oznacza pojęcie: montowalność?
8. Dokonaj podziału rodzajów połączeń występujących w procesach montażu.
9. Na czym polega automatyzacja montażu?
10. Co to jest montaż automatyczny?
11. Scharakteryzuj automatyczne (lub autonomiczne) stacje montażowe (ASM).
12. Na czym polega elastyczny system montażu?
13. Jakie występują podsystemy w elastycznym systemie montażu?
14. Scharakteryzuj podstawowe elementy elastycznych systemów montażowych.
15. Wymień podstawowe typy elastycznych systemów montażowych.
16. Wymień formy organizacyjne procesu montażu.
17. Scharakteryzuj metody montażu.
18. Wymień typowe urządzenia montażowe.
19. Scharakteryzuj środki automatyzacji montażu.
20. Scharakteryzuj roboty montażowe.
21. Scharakteryzuj pomocnicze środki montażowe.

11. PODSUMOWANIE ZAJĘĆ

Montaż, jako ostatni etap procesu produkcyjnego jest jednocześnie jego najtrudniejszym etapem, w którym coraz częściej występuje automatyzacja procesów montażu. Rosnący udział pracochłonności montażu w ogólnej pracochłonności wytwarzania wyrobu powodowany jest stosunkowo szybszą automatyzacją procesów technologicznych przygotowawczych oraz procesów obróbkowych (np. obróbka skrawaniem, obróbka powierzchniowa, spawanie, itp.). Automatyczne, półautomatyczne oraz częściowo zautomatyzowane urządzenia montażowe (rys. 11.1 i rys. 11.2), stanowią w większości przypadkach urządzenia specjalne. Różnorodne oprzyrządowanie montażowe specjalne wspomaga szybkość i jakość procesu montażu.



Rys. 11.1. Przykład klasyfikacji maszyn montażowych z różnicowaniem według: I – stopnia ciągłości procesu, II – cech głównego ruchu roboczego, III – stopnia automatyzacji procesu, IV – przynależności do etapu procesu montażowego, V – liczby pozycji montażowych, o –czynności wykonywane ręcznie, • – czynności wykonywane automatycznie [4]



Rys. 11.2. Schemat budowy automatów montażowych: a) jednopozycyjnego (1 – przyrząd, 2 – zespół montowany, 3 – głowica montażowa, 4 – magazyn, 5 – stół UM, 6 – stół, 7 – manipulator), b) wielopozycyjnego (1 – 5 pozycje robocze, 6 – manipulator, 7 – stół, 8 – stół UM, 9 – przyrząd, 10 – głowica montażowa, 11 – zasobnik) [4]

Zakres workbooka obejmuje następujące zagadnienia ogólne:

- wiadomości wprowadzające,
- metody łączenia,
- automatyzacja montażu,
- elastyczny system montażowy
- zasady typizacji połączeń montażowych,
- typizacja procesów technologicznych montażu automatycznego,
- metody i formy organizacyjne montażu,
- środki techniczne montażu,
- opracowanie dokumentacji montażowej.

Przedstawione zagadnienia zawierają podstawowe informacje będące wprowadzeniem do zagadnień szczegółowych montażu automatycznego.

LITERATURA

1. Feld M.: Podstawy projektowania procesów technologicznych typowych części maszyn. WNT, Warszawa 2003.
2. Koch T.: Systemy zrobotyzowanego montażu. Oficyna Wyd. PWr., Wrocław 2006.
3. Kowalski T., Lis G., Szenajch W.: Technologia i automatyzacja montażu maszyn. Oficyna Wyd. PW, Warszawa 2000.
4. Łunarski J., Szabajkowicz W.: Automatyzacja procesów technologicznych montażu maszyn: podstawy teoretyczne, wyposażenie, perspektywy. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1993.
5. Puff T., Sołtys W.: Podstawy technologii montażu maszyn i urządzeń. WNT, Warszawa 1980.
6. Rutkowski A.: Części maszyn. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne Spółka Akcyjna, Warszawa 1994.
7. Sawik T.: Planowanie i sterowanie produkcji w elastycznych systemach montażowych. WNT, Warszawa 1996;
8. Szenajch W.: Pneumatyczne i hydrauliczne manipulatory przemysłowe. WNT, Warszawa 1992.
9. Świć A.: Elastyczne systemy produkcyjne: technologiczno-organizacyjne aspekty projektowania i eksploatacji. Wydawnictwa Uczelniane Politechniki Lubelskiej, Lublin 1998.
10. https://docplayer.pl/18068880-Modul-1-3-projekt-procesu-technologicznego-montazu-wyrobu.html (dostęp: 25.11.2020)
11. https://www.slideshare.net/AdamOsa/17-projektowanie-procesw-technologicznych (dostęp: 25.11.2020)