

Zrobotyzowany montaż

Wojciech Kaczmarek, Jarosław Panasiuk

Do najbardziej złożonych systemów wytwarzania wykorzystujących roboty przemysłowe należą zrobotyzowane systemy montażowe (rys. 1). Związane jest to głównie z wymogami dużej wydajności, elastyczności oraz sprawności. Z uwagi na fakt, że podczas montażu konieczne jest często chwytnie i manipulowanie różnymi obiektami o złożonych kształtach, niezbędne jest zastosowanie dodatkowego osprzętu (czujników, ustalaczy i stołów pozycjonujących). Jednocześnie montowane produkty często wymagają wykonywania złożonych ruchów ze względu na to, że same mają złożone kształty. Detale zazwyczaj charakteryzują się dużą różnorodnością wielkości, więc odbiorcy robotów oczekują zwartych elastycznych manipulatorów, zajmujących małą przestrzeń roboczą. Zwiększenie elastyczności w wielu przypadkach jest związane z wyposażeniem robotów w systemy wymiany narzędzi, a pozyskiwanie informacji o montowanych detalach często odbywa się dzięki wykorzystaniu różnego rodzaju specjalizowanych czujników oraz systemów wizyjnych. Większość producentów robotów oferuje również dodatkowe opcje sprzętowe i programowe, jak czujniki siły i oprogramowanie pozwalające na zapewnienie podatności manipulatora podczas procesu, pozwalające na realizację montażu wszelkiego rodzaju mechanizmów czy elementów charakteryzujących się wysoką precyzją. Pewnym ograniczeniem tej technologii jest jednak dość wysoka cena tego typu rozwiązań, która w wielu przypadkach stanowi barierę finansową. Złożoność procesu montażu może być tak duża, że trudno jest znaleźć optymalne rozwiązanie skompletowania stanowiska montażowego oraz zautomatyzowania wszystkich operacji. Prowadzi to do nadmiernej automatyzacji procesu. W takim przypadku, mimo wprowadzenia automatyzacji, produkcja nie staje się wydajniejsza, a wręcz może być spowolniona. Jednym ze sposobów znalezienia złotego środka mogłoby być poznanie istniejących rozwiązań, jednak ich właściciele (fabryki) ukrywają szczegóły wdrożonych u siebie rozwiązań technicznych.

Aby proces zrobotyzowanego montażu był poprawny i efektywny, powinien być opracowany zgodnie z następującymi wymogami [II.27]:

- technologia montażu powinna być dostosowana do procesu robotyzacji (powinna spełniać zasady DFA – *Design For Assembly*);
- postać i kształt części składowych, montowanych w wyrób, powinny umożliwiać ich łatwą orientację;
- montowany wyrób powinien przechodzić ze stanowiska na stanowisko w ściśle określonej i uporządkowanej kolejności;
- wszystkie części składowe powinny być montowane w określonym miejscu, w określonym czasie i we właściwej kolejności;
- części składowe muszą mieć odpowiednie tolerancje wymiarowe zapewniające ich całkowitą zamienność lub muszą być podzielone na grupy selekcyjne;



Rys. 1. Montaż przekładni robotów w fabryce FANUC

- proces montażu powinien mieć skuteczny system monitorowania, nadzorowania i wykrywania występujących niesprawności.

Bardzo istotne jest również właściwe zaprojektowanie sposobu uchwycenia części podzespołu przez robota. Z jednej strony musi on w sposób jednoznaczny ustalać położenie części, a z drugiej – nie może pozostawiać żadnych śladów na zewnętrznych powierzchniach montowanych części i podzespołów. Ze względu na znaczenie błędów w procesie montażu (wczesne wychwycenie błędów na stanowisku pozwala na minimalizację strat), bardzo często stanowiska zrobotyzowanego montażu wyposaża się w czujniki lub systemy wizyjne realizujące funkcje inspekcyjne podczas montażu. Dodatkowo w rozwiązaniach bardziej zaawansowanych, wymagających pasowania części (przekładnie zębate, mechanizmy), są wykorzystywane zarówno rozwiązania sprzętowe (czujniki siły), jak i programowe, zwiększające podatność ramienia robota (w przypadku robotów firmy FANUC jest to funkcja *soft float*). Można wskazać operacje montażowe, w których konieczne jest zastosowanie układów sensorycznych:

- składanie części – typowe operacje polegające na prostym i skomplikowanym składaniu; zastosowanie sensorów wpływa na zmniejszenie błędów pozycjonowania manipulatora;
- łączenie części – ta czynność obejmuje ok. 50% wszystkich operacji montażu; m.in. skręcanie, wciskanie, dopasowywanie, klejenie, lakowanie; zastosowanie sensorów zapewnia poprawność połączenia;
- przenoszenie części – zastosowanie czujników dotykowych w automatycznym podawaniu i manipulowaniu umożliwia stwierdzenie obecności części;
- rozpoznawanie części – ustalanie pozycji oraz orientacji w przestrzeni losowo podanych części to typowy przykład,

że stosowanie układów sensorycznych zmysłu wzroku jest konieczne.

Według zasad DFA proces technologiczny montażu powinien być zaprojektowany zgodnie z następującymi zaleceniami [II.27]:

- części powinny być składane w podzespoły (nie więcej niż 10–12 części w podzespole), a następnie montowane podczas produkcji wyrobu;
- montaż (jeśli jest to możliwe) powinien być realizowany z uwzględnieniem przemieszczenia liniowego części, najlepiej od góry, aby można było wykorzystać siłę grawitacji;
- punkty montażu zespołów i podzespołów powinny być łatwo dostępne dla manipulatora i narzędzi obsługiwanych przez robota oraz powinny znajdować się w miarę możliwości na jednej płaszczyźnie;
- wkładanie i mocowanie powinno być realizowane jednym narzędziem (jeśli jest to możliwe);
- części powinny być zaprojektowane w sposób ułatwiający ich dopasowanie (sfazowanie krawędzi, prowadzenia itp.);
- części i podzespoły (jeśli jest to możliwe) nie powinny mieć oddzielnych elementów mocujących (np. śrub, podkładek, wkrętów, kołków) lub przewodów (np. przewodów hydraulicznych, elektrycznych) – można to uzyskać dzięki ich integracji z elementami łączonymi lub poprzez zmianę wzajemnego rozmieszczenia części składowych wyrobu, uwzględniając montaż na wcisk lub na zatrzask, w celu uproszczenia technologii montażu (proces skręcania, klejenia, nitowania wymaga dodatkowych narzędzi lub urządzeń technologicznych);
- podzespoły i elementy składowe wyrobu powinny być oparte na standardowych modułach i połączeniach w celu zapewnienia zamienności części i umożliwienia szybszej modernizacji stanowiska (mocowania, narzędzia, urządzenia technologiczne itp.).

Na stanowiskach zrobotyzowanego montażu roboty przemysłowe najczęściej realizują następujące zadania:

- pobieranie części z pojemników, przenośników, urządzeń sortujących i palet;
- współpraca z automatami montażowymi i innymi urządzeniami technologicznymi wspomagającymi proces montażu;
- montaż części i podzespołów wyrobu;
- wykonywanie operacji łączenia (wciskanie, skręcanie, nitowanie, zgrzewanie punktowe i liniowe itp.) z wykorzystaniem w tym celu osprzętu oraz urządzeń technologicznych wchodzących w skład stanowiska;
- odkładanie i transportowanie zmontowanych wyrobów.

W zależności od wielkości produkcji zrobotyzowane systemy montażowe buduje się w dwóch podstawowych konfiguracjach [II.27]:

- zrobotyzowane gniazda montażowe wykorzystujące od jednego do kilku robotów (najczęściej o różnym udźwigu) oraz wyposażenie peryferyjne do realizacji procesu montażu; cechą charakterystyczną tego typu systemów jest stosunkowo długi cykl pracy oraz zgrupowanie dużej liczby części i podzespołów montowanych w gnieździe;
- zrobotyzowane linie montażowe łączące kilka stanowisk roboczych zainstalowanych w linii, charakteryzujące się krótkim cyklem pracy oraz ograniczoną liczbą montowanych części i podzespołów przez każdego robota; linia zrobotyzowana może się również składać z kilku gniazd połączonych za pomocą systemu transportowego. ■

Bibliografia dostępna pod linkiem:
[nis.com.pl/bibliografia.html](https://www.nis.com.pl/bibliografia.html)

Fragment pochodzi z książki:
Robotyzacja procesów produkcyjnych
W. Kaczmarek, J. Panasiuk
Wydawnictwo Naukowe PWN, 2017