

Dr inż. Jan Barczyk

Instytut Automatyki i Robotyki Politechniki Warszawskiej

Andrzej Buszyniewicz, mgr inż. Kazimierz Dogiel, mgr inż. Jan Sucharewicz

Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Urządzeń Sterowania Napędów w Toruniu

AUTOMATYZACJA OBSŁUGI WTRYSKAREK Z WYKORZYSTANIEM MANIPULATORÓW ELEKTROPNEUMATYCZNYCH

W referacie przedstawiono konstrukcję, sterowanie i zastosowanie manipulatora elektryczno-pneumatycznego MEP-3, zbudowanego w Ośrodku Badawczo-Rozwojowym Urządzeń Sterowania Napędów w Toruniu. Manipulator ma konstrukcję modułową; zbudowany jest z profili aluminiowych; układ wykonawczy zrealizowany został w technice pneumatyczno-elektrycznej; układ sterowania zawiera uniwersalny sterownik. Manipulator zaprogramowany został w zamkniętym cyklu pracy, zaczynającym się i kończącym w tym samym położeniu bazowym. Manipulator zastosowano do obsługi wtryskarek i jest przeznaczony do wyjmowania detali z formy wtryskowej i odkładania ich w gnieździe automatu montażowego.

AUTOMATIZATION OF THE INJECTION MOLDING MACHINE WITH THE INDUSTRIAL ELECTROPNEUMATIC MANIPULATOR

This paper presents some problems of automatization in the plastic industry molding. A hardware configuration and software equipment of the industrial manipulator *MEP-3* are described. Manipulator was designed and built at *OBRUSN (Development and Research Centre of Drive Control Devices)* in Toruń, Poland. The first applications of industrial manipulator *MEP-3* was for molding machine.

1. ZASTOSOWANIE ROBOTÓW W PRZEMYSŁE TWORZYW SZTUCZNYCH

Wzrasta liczba różnorodnych zastosowań manipulatorów i robotów w przemyśle tworzyw sztucznych - tylko w Japonii, wg. danych z 1994 roku [1], na ogólną liczbę 377 100 robotów prawie 48 000 zainstalowanych było w różnych procesach przeróbki tworzyw sztucznych. W stosunku do roku 1994 nastąpił 8 % wzrost liczby robotów [2]. Ocenia się, że w przemyśle tworzyw sztucznych należy oczekiwać najbardziej przyszłościowych i efektywnych osiągnięć robotyzacji. Koszt zrobotyzowania stanowiska w przemyśle tworzyw sztucznych wynosi około 30% kosztu samej maszyny (wtryskarki), co przy pracy trójmianowej powoduje, że w typowych zastosowaniach koszty zwracają się po upływie 18 miesięcy [3, 4, 5]. Obok klasycznych zastosowań projektowane są obecnie zrobotyzowane stanowiska, których człowiek nie byłby w stanie obsługiwać, np. odbieranie z formy jednocześnie wielu odlewów, albo elementów o bardzo dużych rozmiarach.

Potencjalne możliwości zastosowań manipulatorów i robotów w przemyśle tworzyw sztucznych tkwią w:

1. transportowaniu wyrobów, o różnych kształtach i wymiarach,
2. obróbce wyrobów: okrawanie, usuwanie rąbków, wiercenie, cięcie itp.,
3. nakładaniu materiałów: malowanie natryskowe, klejenie, gumowanie itp.

Transportowanie elementów z tworzyw sztucznych wymaga specjalnej rozważliwej przy rozwiązywaniu problemu robotyzacji stanowiska. Najczęściej chwytanie elementów sprawia najwięcej trudności - skomplikowane kształty odlewów wtryskowych, podwyższona temperatura elementu, niewielka wytrzymałość i delikatna struktura powierzchni oraz inne ograniczenia (np. dopuszczalne deformacje kształtu), wymagają praktycznie indywidualnych rozwiązań urządzeń chwytających dla każdego zastosowania robota w przemyśle tworzyw sztucznych [6]. Szczególnie wysokie wymagania dotyczą jakości zewnętrznych powierzchni wyrobów, na których niedopuszczalne są ślady uchwycenia. Obiekty manipulacji w przemyśle tworzyw sztucznych różnią się nie tylko kształtami lecz również wymiarami - do chwytania dużych części stosuje się chwytaki z wieloma punktami kontaktu, a w szczególnych przypadkach urządzenia chwytające z kilkoma pojedynczymi chwytakami. Oprócz obsługi maszyn (wtryskarek) roboty przemysłowe stosowane są przy paletyzacji odlewów, przy pakowaniu wyrobów do wysyłki itp.

Tak zwane technologiczne zastosowania robotów, w których dokonywana jest obróbka wyrobów albo nanoszenie powłok ochronnych, dotyczą również przemysłu tworzyw sztucznych. W procesach obróbki robot może:

- chwycić detal i na stacji roboczej wykonywać odpowiedni program ruchów,
- przenieść narzędzie i wykonywać operacje na detalu.

W pierwszym przypadku na detalu mogą być wykonywane takie operacje jak: wiercenie, piłowanie, cięcie, przeciąganie, zgrzewanie ultradźwiękowe, nitowanie w montażu detali z tworzyw sztucznych i inne.

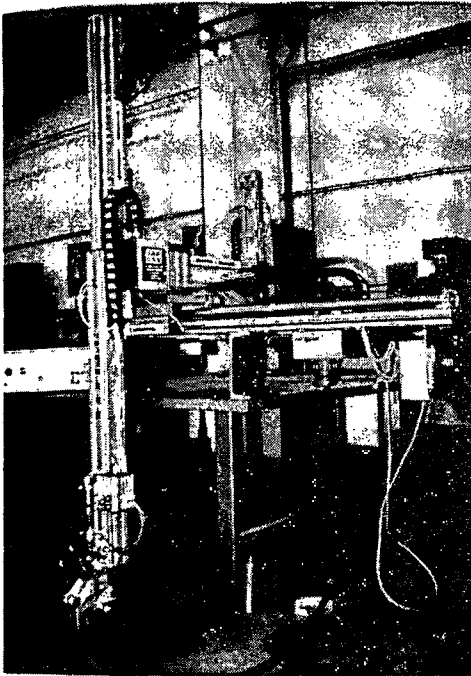
W drugim przypadku najczęściej wykonywane są operacje na dużych częściach, gdy np. pojedyncze narzędzie (wiertarka) musi wykonać wiele otworów, albo pistolet natryskowy przemieszcza się wg. określonego programu przy powierzchni detalu.

Podsumowując należy stwierdzić, że zastosowanie manipulatorów i robotów przemysłowych do obsługi wtryskarek jest celowe ze względów:

- 1) ekonomicznych, wynikających między innymi z:
 - rosnącego wskaźnika kosztu robocizny do kosztu materiału,
 - możliwości redukcji kosztów pośrednich, spowodowanych zatrudnieniem pracowników,
 - trójzmiانowej pracy wtryskarek (generalnie potrzeba kilka godzin, aby osiągnąć równowagę termiczną maszyny, umożliwiającą produkcję określonej jakości),
- 2) społecznych, wynikających z zastąpienia człowieka maszyną, bowiem:
 - praca operatora jest monotonna i wyczerpująca,
 - w podwyższonej temperaturze operator ma utrudnione działanie,
 - istnieje potencjalne zagrożenie przy wyjmowaniu części z formy - ryzyko zwiększa się przy dużych wtryskarkach, gdy operator musi fizycznie dotrzeć do przestrzeni formy, aby wyjąć detal.

2. BUDOWA MANIPULATORA *MEP-3*

Manipulatory *MEP-3* należą do modułowych systemów manipulacyjnych, których głównymi zaletami są: łatwość transportu i przechowywania, prostota wymiany uszkodzonych zespołów oraz możliwość wykorzystania modułów w nowych konstrukcjach.



Rys. 1. Widok manipulatora (na stacji prób)

Typowy moduł ruchu jest wyposażony w:

- układ napędowy, pneumatyczny lub elektryczny,
- układ prowadnic kolumnowych (w modułach ruchu liniowego) lub przekładnię zębatkową przesunięcia na obrót (w modułach ruchu obrotowego),
- nastawne ograniczniki ruchu (zderzaki) dwupołożeniowego pozycjonowania, współpracujące z amortyzatorami,
- blok zaworów rozdzielających,
- czujniki położenia krańcowych,
- płyty sprzęgowe i bloki mocujące umożliwiające łączenie poszczególnych modułów.

Nowe możliwości w zakresie budowy modułowych systemów manipulacyjnych stwarza zastosowanie systemu *MB* [6]. System *MB* jest funkcjonalnym, elastycznym, modułowym, systemem budowy maszyn i urządzeń. Elementami podstawowymi systemu *MB* są profile aluminiowe o różnych kształtach i przekrojach, które mogą być łączone z sobą za pomocą różnego typu złączy.

2.1. Konstrukcja modułów ruchu liniowego

Manipulator serii *MEP-3* składa się z trzech modułów ruchu liniowego o zakresach przemieszczeń: 1300 mm w osi *X*, 50 mm w osi *Y* oraz 650 mm w osi *Z*.

Zespół napędowy dla osi *X* stanowią silnik bezszczotkowy prądu stałego RTctm 85-1,7 oraz serwonapęd SDA-5. Charakterystyczną cechą serwonapędów bezszczotkowych jest bezobsługowość silnika (brak szczotek) oraz stałość momentu w funkcji obrotów. Prędkość przemieszczania w osi *X* jest regulowana. W modułach ruchu liniowego *Y* i *Z* zastosowano siłowniki pneumatyczne. W modułach zastosowano amortyzację dobiegu, umożliwiającą łagodne dojście do zderzaka. Amortyzacja zrealizowana została na drodze czysto pneumatycznej z wykorzystaniem dławika oraz dodatkowego zaworu sterowanego sygnałem z czujnika indukcyjnego - w końcowej fazie ruchu sprężone powietrze z opróżnianej komory siłownika zespołu napędowego kierowane jest przez zawór na dławiki.

2.2. Konstrukcja głowicy manipulatora

Oprócz trzech ruchów regionalnych, manipulator *MEP-3* wyposażony może być w zespół ruchów lokalnych, np. w procesie obsługi wtryskarki ruchami takimi są:

- przechyl głowicy (umożliwiający zmianę położenia uchwyconego detalu),
- ruch końcówek chwytnych (otwarcie i zamknięcie chwytaka).

Wszystkie trzy dodatkowe ruchy realizowane są także w pneumatycznej technice napędowej. Głowica mocowana jest do ostatniego ruchomego członu manipulatora, w zależności od przeznaczenia głowica może pełnić różne zadania.

3. UKŁAD STEROWANIA MANIPULATORA MEP-3

Do sterowania manipulatora zastosowano uniwersalny sterownik PLC S7 200 CPU 214 firmy Siemens, umożliwiający zaprogramowanie działania manipulatora, komunikowanie się z operatorem, sygnalizowanie błędów programowania, błędnego działania czujników itp. Podstawowy sterownik rozszerzono o moduły wejść/wyjść analogowych oraz wejść/wyjść dwustanowych.

Po załączeniu zasilania następuje testowanie układu, polegające m.in. na sprawdzeniu położenia bazowego manipulatora - jeżeli wynik testu jest pozytywny to zostaje wyświetlony komunikat gotowości do dalszej pracy. Położeniem bazowym manipulatora MEP-3 określone zostało jako górne położenia w osiach X i Z, tylne - w osi Y oraz wyprostowana głowica i otwarty chwytak. Operator może: uruchomić program, przejść do trybu edycji (programowania), uruchomić ręczne sterowanie albo ustawić pracę krokową.

Uruchomienie programu powoduje przejście do trybu pracy automatycznej. Na wyświetlaczu pojawia się aktualnie realizowany krok programu i cykl trwa nieprzerwanie aż do momentu wykonania ustalonej liczby elementów - wówczas manipulator zatrzymuje się w położeniu bazowym. Operator może przerwać realizację programu i przejść do trybów pracy krokowej lub ręcznej, używanych m.in. podczas testowania wprowadzanego programu, podczas ustalania zakresów ruchu w poszczególnych osiach, sprowadzania jednostek ruchowych do pozycji bazowej oraz w sytuacjach awaryjnych.

System sterowania manipulatora kontroluje działanie elementów oraz ustalone warunki i przyjęte alarmy. Wszystkie nieprawidłowości sygnalizowane są zapaleniem się lampy AWARIA.

3.1. Urządzenia czujnikowe

W manipulatorze zastosowano następujące urządzenia czujnikowe:

- czujniki krańcowych położzeń w osiach: X, Y i Z,
- czujnik przechylenia głowicy,
- czujnik obecności obiektu w chwytaku,
- czujnik przeszkody na stanowisku składowania.

Do sygnalizowania osiągnięcia krańcowych położzeń członów manipulatora zastosowano czujniki indukcyjne, natomiast do potwierdzania obecności obiektu służą czujniki optyczne. Układ sterowania umożliwia kontrolowanie poprawności działania czujników, polegające na tym, że sterownik oczekuje określonego ich działania podczas przemieszczania się odpowiedniego modułu. Jeżeli nie nastąpi przewidywane zadziałanie czujników, to sygnalizowana jest awaria - na wyświetlaczu alfanumerycznym pojawia się informacja o błędnym wskazaniu czujnika - a następnie zostaje przerwany cykl automatycznej pracy manipulatora.

3.2. Programowanie pracy manipulatora

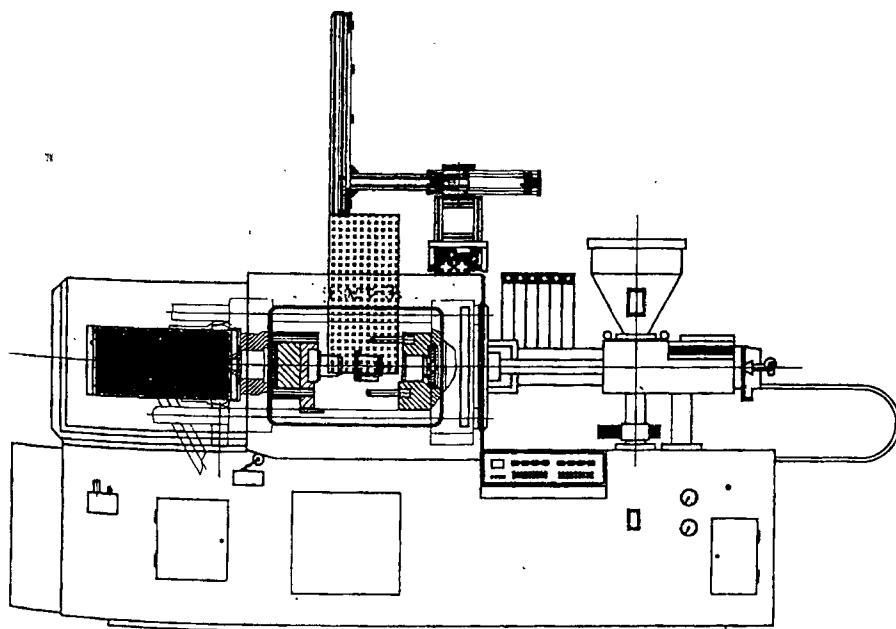
Trajektorie oraz kolejność ruchów manipulatora MEP-3 najczęściej zostają zapisane w pamięci sterownika S7-200 na stałe dla konkretnego zastosowania. Ewentualna zmiana wymaga znajomości oprogramowania STEP7 MICRO.

Przejsie do pisania nowego programu powoduje wyświetlenie pierwszej linii programu. Programowanie polega na wpisywaniu odpowiednich rozkazów lub odpowiedniej liczby dla określenia osi oraz kierunku ruchu.

Uruchomienie trybu edycji, a więc wprowadzanie jakichkolwiek zmian w ustalonym programie pracy manipulatora, jest możliwe po wprowadzeniu hasła - zapobiega to próbom ingerencji osób nieuprawnionych.

4. ZASTOSOWANIA MANIPULATORA SERII MEP-3

Manipulatory serii MEP-3 zostały zastosowane do obsługi wtryskarek, lecz z powodzeniem mogą być stosowane również do obsługi innych maszyn. Zamontowany w Zakładzie Produkcji Form, Narzędzi Specjalnych i Przetwórstwa Tworzyw Sztucznych GRAFORM w Bydgoszczy manipulator pracuje w cyklu około 18 sek., wyjmując z formy 8 gniazdowej około 128000 elementów w ciągu jednej zmiany. Na rysunku 2 przedstawiono schemat stanowiska z manipulatorem, zainstalowanym na wtryskarce. Manipulatory o podobnej konstrukcji, wykonane tylko w pneumatycznej technice napędowej (seria ZELMAN) zastosowano w ubiegłych latach między innymi do obsługi wtryskarek w Zakładach Zmechanizowanego Sprzętu Domowego ZELMER w Rzeszowie [7].



Rys. 2. Widok stanowiska wtryskarki z manipulatorem

W opracowaniu konstrukcji robota oraz układu sterowania a także we wdrożeniu urządzenia udział wzięli: mgr inż. Lech Bożenko, mgr inż. Kazimierz Kunicki oraz mgr inż. Andrzej Kulesza - autorzy wyrażają podziękowanie za uwagi do prezentowanego referatu.

5. WNIOSKI

- 1) Przyjęcie systemu modułowego manipulatorów umożliwiło szybkie i oszczędne zaprojektowanie oraz uruchomienie zrobotyzowanego stanowiska z wtryskarką.
- 2) Do obsługi wtryskarek z powodzeniem wykorzystuje się manipulator z trzema ruchami liniowymi w prostokątnym układzie współrzędnych oraz zespołem ruchów lokalnych (w zależności od przeznaczenia dodatkowe dwa lub trzy stopnie swobody).
- 3) Wyniki eksploatacyjne manipulatora *MEP-3* potwierdzają poprawność przyjętych rozwiązań - manipulatory zastosowane do obsługi wtryskarek pracują niezawodnie w cyklu trójzmianowym.

LITERATURA

- [1] *World Industrial Robot 1995*. International Federation of Robotic, New York 1995.
- [2] *World Industrial Robot 1997*. International Federation of Robotic, New York 1997.
- [3] Olszewski M., Barczyk J., Falkowski J.L., Kościelny W.J.: *Manipulatory i roboty przemysłowe. Automatyczne maszyny manipulacyjne*. WNT, Warszawa 1992
- [4] Gregory B.: *Robots in Plastic Molding*. Proceedings of the 5th International Symposium on Industrial Robots., 1975, pp. 65-76.
- [5] Miller R.K.: *Industrial Robot Handbook*. The Fairmont Press, Lilburn 1987.
- [6] Barczyk J., Bożenko L., Kunicki K.: *Wybrane zagadnienia w projektowaniu i montażu modułowych maszyn i urządzeń w systemie MB*. Technologia i automatyzacja montażu, 1995, nr 4, str. 10-12.
- [7] Barczyk J., Bożenko L.: *Roboty przemysłowe ZELMAN - budowa, sterowanie i zastosowania*. V Krajowa Konferencja Robotyki. Świeradów Zdrój, 25-27.09.1996. Prace Naukowe Instytutu Cybernetyki Technicznej Politechniki Wrocławskiej nr 96, str. 111-118.