

Jan BARCZYK

Instytut Automatyki i Robotyki Politechniki Warszawskiej

Kazimierz KUNICKI

Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Urządzeń Sterowania Napędów w Toruniu

AUTOMATYZACJA OBSŁUGI WTRYSKAREK Z WYKORZYSTANIEM MANIPULATORÓW ZELMAN

Streszczenie. W referacie przedstawiono budowę manipulatora serii *ZELMAN*, zaprojektowanego i wykonanego w Ośrodku Badawczo-Rozwojowym Urządzeń Sterowania Napędów w Toruniu. Manipulator ma konstrukcję modułową; zbudowany jest z profili aluminiowych; układ wykonawczy zrealizowany został w technice pneumatycznej; układ sterowania zawiera uniwersalny sterownik. Manipulatory serii *ZELMAN* zastosowano w Zakładach Zmechanizowanego Sprzętu Domowego *ZELMER* w Rzeszowie do obsługi wtryskarek i wyposażono je w różnego typu urządzenia chwytające oraz narzędzia (np. obcinak wlewka).

AUTOMATIZATION OF THE INJECTION MOLDING MACHINE WITH THE INDUSTRIAL MANIPULATOR ZELMAN

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

1. Zastosowanie robotów w przemyśle tworzyw sztucznych

Wzrasta liczba różnorodnych zastosowań 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. Ocenia się [1], 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 trójzmiannowej powoduje, że w typowych zastosowaniach koszty zwracają się po upływie 18 miesięcy [1, 2, 3]. Obok typowych 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 robotów w przemyśle tworzyw sztucznych tkwią w:
- transportowaniu wyrobów, o różnych kształtach i wymiarach,
 - obróbce wyrobów: okrawanie, usuwanie rąbków, wiercenie, cięcie itp.,
 - nakładaniu materiałów: malowanie natryskowe, klejenie, gumowanie itp.

Transportowanie elementów z tworzyw sztucznych wymaga specjalnej rozważliwej przy rozwiązywaniu problemu robotyzacji stanowiska. Najczęściej chwytanie elementów sprawia największą trudność - 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 [4]. 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 [5]. 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:

- 1) chwycić detal i na stacji roboczej wykonywać odpowiedni program ruchów,
- 2) 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 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,
 - trójmianowej 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 *ZELMAN*

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

Typowy moduł ruchu jest wyposażony w:

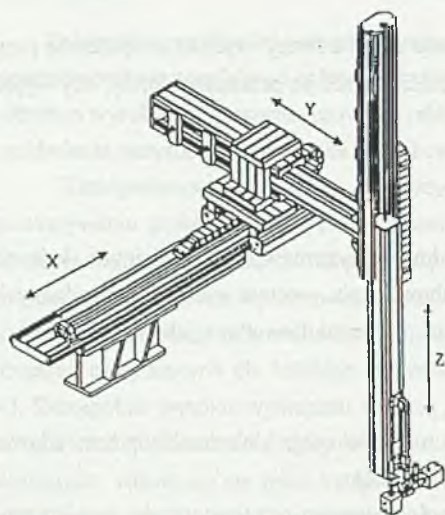
- układ napędowy, najczęściej pneumatyczny,
- układ prowadnic kolumnowych (w modułach ruchu liniowego) lub przekładnię zębatkową przesunięcia na obrót (w modułach ruchu obrotowego),
- nastawne ograniczniki ruchu (zderzaki) dwupołożeniowego pozycjonowania, współpracujące z amortyzatorami,
- blok zaworów rozdzielających,
- czujniki położenia krańcowych,
- płyty sprzęgłowe 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.

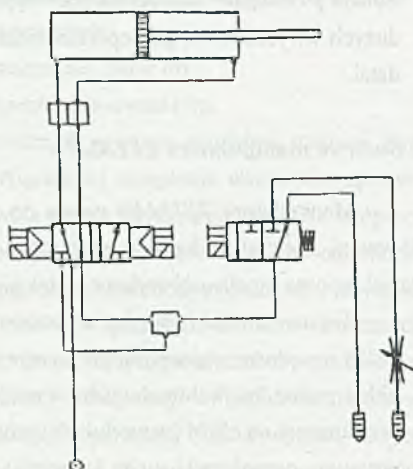
2.1. Konstrukcja modułów ruchu liniowego

Manipulator serii *ZELMAN* składa się z trzech modułów ruchu liniowego o zakresach przemieszczeń: 900 mm w osi *X*, 335 mm w osi *Y* oraz 750 mm w osi *Z* (rys. 1).

Jako zespoły napędowe w modułach ruchu liniowego zastosowano siłowniki pneumatyczne (tłoczkowe i beztłoczkowy dla osi *X*), co pozwoliło wyeliminować użycie przekładni. 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 (rys. 2).



Rys. 1. Struktura manipulatora *ZELMAN*
Fig. 1. Structure of *ZELMAN* manipulator



Rys. 2. Schemat układu pneumatycznego
Fig. 2. Scheme of pneumatic connections

2.2. Konstrukcja głowicy manipulatora

Oprócz trzech ruchów regionalnych manipulatora *ZELMAN* wyposażony może być w zespół ruchów lokalnych, np. w procesie obsługi wtryskarki ruchami takimi są:

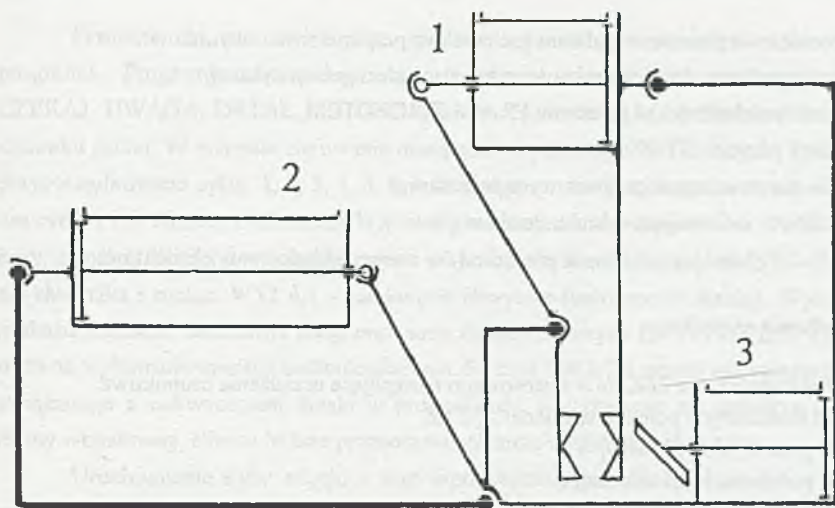
- przechył głowicy (umożliwiający zmianę położenia uchwyconego detalu),
- ruch noża (w celu obcięcia wlewka),
- ruch końcówek chwytnych (otwarcie i zamknięcie chwytaka).

Wszystkie trzy dodatkowe ruchy (odpowiednio w osiach: *P*, *O* i *C*) realizowane są także w pneumatycznej technice napędowej.

Głowica mocowana jest do ostatniego ruchomego członu manipulatora, w zależności od przeznaczenia głowica może pełnić różne zadania:

- służyć tylko do uchwycenia detalu,
- służyć do uchwycenia detalu i zmiany jego położenia,
- służyć do uchwycenia detalu, zmiany jego położenia oraz wykonywania dodatkowych czynności technologicznych, np. odcinania wlewka.

Na rys. 3 przedstawiono schemat kinematyczny głowicy przeznaczonej do chwytania detali i obcinania wlewków. Po uchwyceniu detalu (siłownik 1) i przemieszczeniu chwytaka (siłownik 2) następuje odcięcie wlewka (siłownik 3) i detal przeniesiony zostaje do miejsca składowania.



Rys. 3. Schemat kinematyczny głowicy manipulatora

Fig. 3. Schematic structure of the manipulator head

3. Układ sterowania manipulatora ZELMAN

Do sterowania manipulatora zastosowano uniwersalny sterownik *PID-02*, umożliwiając zaprogramowanie działania manipulatora, komunikowanie się z operatorem, sygnalizowanie błędów programowania, błędnego działania czujników itp.

Po załączeniu zasilania na kasie sterowniczej następuje testowanie układu, polegające m.in. na sprawdzeniu położenia bazowego manipulatora - jeżeli wynik testu jest pozytywny, to zostaje wyświetlony komunikat gotowości do dalszej pracy. 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 oraz w sytuacjach awaryjnych.

System sterowania manipulatora *ZELMAN* kontroluje działanie elementów oraz ustalone warunki i przyjęte alarmy. Wszystkie nieprawidłowości sygnalizowane są zapaleniem się lampy AWARIA, umieszczonej na manipulatorze oraz pojawieniem się informacji na wyświetlaczu.

Prawidłowa praca manipulatora jest możliwa przy spełnieniu warunków:

- włączenie zasilania i ustalone wartości ciśnienia w sieci pneumatycznej,
- ustawienie przełącznika w położeniu PRACA Z ROBOTEM,
- wyłączony przycisk STOP.

W systemie sterowania manipulatora występują alarmy:

1. OCHRONA - informujący o braku detalu w głowicy,
2. DETAL - sygnalizujący obecność przeszkody w miejscu składowania elementów.

3.1. Urządzenia czujnikowe

W manipulatorze *ZELMAN* zastosowano następujące urządzenia czujnikowe:

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

Do sygnalizowania osiągnięcia krańcowych położenia członów manipulatora *ZELMAN* zastosowano czujniki indukcyjne, natomiast do potwierdzania obecności obiektu (w chwytaku lub na miejscu składowania) służą czujniki optyczne. Układ sterowania umożliwia kontrolowanie poprawności działania czujników, polegające na tym, że sterownik oczekuje określonego ich działania podczas przemieszczania się odpowiedniego modułu. Na przykład przemieszczenie od położenia bazowego powinno spowodować zanik sygnału (stan „0”) ze znajdującego się tam czujnika, a następnie (po upływie określonego przedziału czasu) powinien zostać uaktywniony czujnik (stan „1”), znajdujący się w drugim skrajnym położeniu. Jeżeli nie nastąpiło 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.

Czujnik optyczny w chwytaku umożliwia uaktywnienie alarmu, jeżeli element nie zostanie pobrany z formy, albo już uchwycony wypadnie z chwytaka podczas przenoszenia. Czujniki optyczne zastosowano także w miejscu składowania wykonanych elementów dla stwierdzenia, czy nie występuje przeszkoda, np. nie został odebrany poprzedni detal.

3.2. Programowanie pracy manipulatora

W trybie edycji możliwe jest:

- zapisanie nowego programu pracy manipulatora,
- wniesienie poprawek w już istniejącym programie,
- wybranie jednego z wcześniej ustalonych programów,
- wpisywanie liczby detali planowanych do wykonania na wtryskarce.

Przejsie do pisania nowego programu powoduje wyświetlenie pierwszej linii programu. Programowanie polega na wpisywaniu odpowiednich rozkazów (START, CZEKAJ, UWAGA, DETAL, KONIEC itp.) lub odpowiedniej liczby dla określenia osi oraz kierunku ruchu. W systemie sterowania manipulatora poszczególnym osiom: X , Y , Z , C , P i O przyporządkowano cyfry: 1, 2, 3, 4, 5, 6, a kierunkom ruchu (tam i z powrotem) - odpowiednio cyfry 1 i 0. Na przykład rozkaz WYJ 1,0 oznacza przemieszczenie w osi X w kierunku do bazy, a rozkaz WYJ 1,1 - przemieszczenie od położenia bazowego, rozkaz WYJ 4,0 - otwarcie chwytaka i rozkaz WYJ 4,1 - zamknięcie chwytaka (uchwycenie detalu). Wprowadzenie rozkazu CZEKAJ umożliwia programowanie zwłok czasowych (od 0.1 do 25.5 s), niezbędnych na wykonanie operacji technologicznych. Rozkaz UWAGA umożliwia załączenie alarmu związanego z uchwyceniem detalu w przypadkach, gdy chwytak nie pobierze elementu z formy wtryskowej, albo w trakcie przenoszenia element wypadnie z chwytaka.

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 ZELMAN

Pierwsze manipulatory serii ZELMAN zastosowane zostały do obsługi wtryskarek w Zakładach Zmechanizowanego Sprzętu Domowego ZELMER w Rzeszowie. Na rysunku 4 przedstawiono schemat stanowiska z manipulatorem ZELMAN, zainstalowanym na wtryskarce FO165, wytwarzającym osłony silnika.

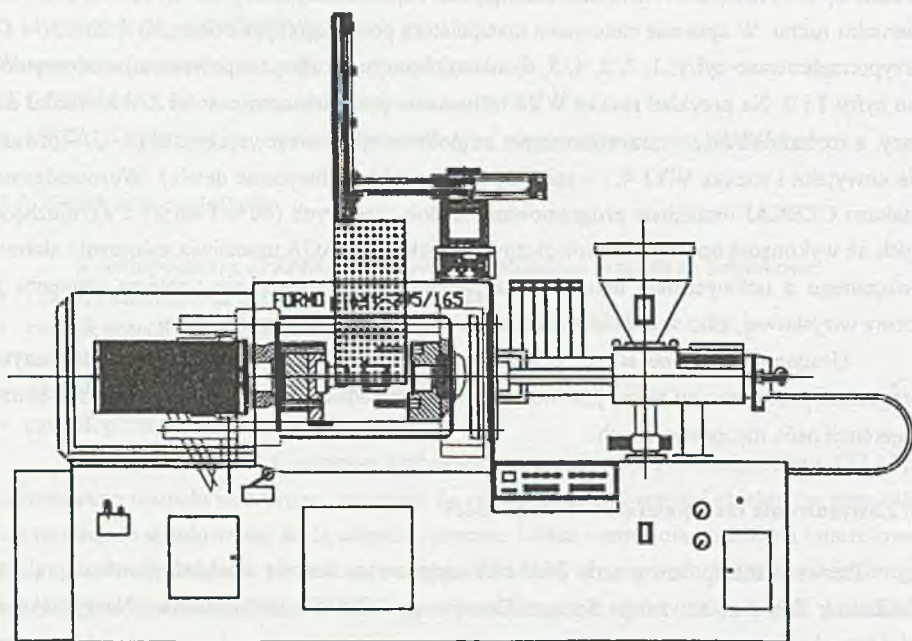
Wyniki eksploatacyjne manipulatorów ZELMAN potwierdzają poprawność przyjętych rozwiązań. Zastosowane manipulatory pracują w cyklu trójzmiarowym, odbierając z wtryskarki podczas zmiany około 700 elementów.

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

5. Wnioski

- 1) Przyjęcie systemu modułowego manipulatorów serii ZELMAN 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 manipulatorów serii *ZELMAN* potwierdzają poprawność przyjętych rozwiązań - manipulatory zastosowane do obsługi wtryskarek pracują niezawodnie w cyklu trójmianowym.



Rys. 4. Widok stanowiska wtryskarki z manipulatorem *ZELMAN*
 Fig. 4. Application of industrial manipulator *ZELMAN* for the moulding machine

LITERATURA

1. World Industrial Robot 1995. International Federation of Robotic, New York 1995.
2. Gregory B.: Robots in Plastic Molding. Proceedings of the 5th International Symposium on Industrial Robots., 1975, pp. 65-76.
3. Olszewski M., Barczyk J., Falkowski J.L., Kościelny W.J.: Manipulatory i roboty przemysłowe. Automatyczne maszyny manipulacyjne. WNT, Warszawa 1992.
4. Barczyk J.: Mechanizmy chwytaków robotów przemysłowych. WNT, Robotyka, 1986, nr 1, ss. 34-48.
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, ss. 10-12.

Recenzent: Prof.dr inż. Tadeusz Puchałka

Wpłynęło do Redakcji do 30.06.1996 r.

Abstract

This paper presents some problems of automatization in plastic industry molding. A potential robot applications in the plastic industry are: unloading molding machines, inserting load into the mold, palletising the moldings for dispatch and packaging the moldings. The use of robots for unloading the plastic injection molding machines is one of the most cost effective. A hardware configuration and software equipment of the industrial manipulator *ZELMAN* are described. A programmable manipulator *ZELMAN* was designed and built by *OBRUSN* (*Development and Research Centre of Drive Control Devices*) in Toruń, Poland. The first applications of industrial manipulator *ZELMAN* was for the injection molding machine in *ZELMER* factory in Rzeszów, Poland. After the manipulator *ZELMAN* has removed plastic parts from injection molding machines, turn it 90° , cut the part away and loads the molding into a magazine. Now, one robotized machine produces 2100 parts per day.