

mgr inż. BOGDAN LESZEK GÓRBIEL

Przemysłowy Instytut

Automatyki i Pomiarów MERA-PIAP

Warszawa

## AUTOMATYZACJA DYSKRETYCH PROCESÓW PRODUKCYJNYCH W SYSTEMIE 8/24 NA PRZYKŁADZIE ZASTOSOWANIA ROBOTA PROSTEGO PR 02 DO OBSŁUGI WTRYSKARKI PIONOWEJ

*W artykule przedstawiono zasady automatyzacji maszyn przeznaczonych do współpracy z robotami przemysłowymi i rozważono warunki pozwalające na niezależne prace zautomatyzowanego stanowiska od ciągłej obecności ludzi. Opisano stanowisko wtryskarki pionowej zautomatyzowanej przy wykorzystaniu robota prostego PR 02*

### 1. Wprowadzenie

System automatyzacji 8/24 wprowadza bezobsługową pracę maszyn w ciągu całej doby, z tym że podczas pierwszej zmiany personel obsługujący wykonuje czynności nie objęte zakresem automatyzacji oraz kontroluje poprawność pracy automatów i usuwa zauważone usterki. W czasie pozostałych zmian, maszyny pracują bez dozoru, a w przypadku stwierdzenia nieprawidłowej pracy, układ automatyzacji wyłącza urządzenie lub je zatrzymuje tak, żeby nie dopuścić do wadliwego działania maszyny. Jednocześnie układ wytwarza sygnał alarmujący przesyłany do dyżurującego personelu technicznego. Wiele ze współczesnych maszyn np. odlewniczych, wtryskarek, obrabiarek jest przystosowanych do pracy w cyklu automatycznym. Jedyną niezautomatyzowaną czynnością jest operacja wyjmowania i detali, gdyż wymaga ona indywidualnych rozwiązań ze względu na ich dużą różnorodność. Zastosowanie robotów, zwłaszcza prostych, do wypełnienia tej luki jest technicznie i ekonomicznie uzasadnione. Jakie warunki muszą być spełnione, aby maszynę zdolną do pracy w cyklu automatycznym można było, po wprowadzeniu robota, zautomatyzować w systemie 8/24?

*Pierwszy warunek* – dostarczenie materiału wyjściowego umożliwiającego produkcję przez całą dobę. Znałe są, między innymi, następujące rozwiązania technologiczne uzupełniania materiałów rurociągi dla cieczy, transport przy wykorzystaniu strumienia sprężonego powietrza zwłaszcza dla materiałów sypkich, bunkry magazynujące, transportery mechaniczne np. tańcuchowe, korbekowe; roboty cyklicznie uzupełniające materiał czepany z pojemników lub z transporterów oraz magazyny, z których na określony sygnał do danej maszyny jest dowożony pojemnik z żądanym materiałem.

*Drugi warunek* – wykonanie przez robota sekwencji ruchów zastępujących pracę człowieka i jednocześnie kontrola prawidłowości przebiegu procesu. Załaganie to, będące zazwyczaj w centrum uwagi wdrażających roboty, musi obejmować również sprawdzenie robota i całego osprzętu na danym stanowisku. Żadna z przyczyn wadliwego działania stanowiska nie powinna prowadzić do zniszczenia maszyny lub robota oraz nie może prowadzić kontynuacji wadliwie wykonywanego procesu.

*Trzeci warunek* – usuwanie ze strefy roboczej i magazynowanie detali wytworzonych w czasie 24 godzin pracy. W wielu przypadkach (p. 2) do magazynowania wystarcza odpowiednio duży pojemnik. Jeżeli jednak wytwarzane elementy zajmują dużą objętość lub gdy ze względów technologicznych

muszą być układane w zadanym porządku stosuje się:

- paletyzację przy wykorzystywaniu robota, często w połączeniu z przesuwaniem palet na taśmociągu,
- układanie detali przez robot na transportery mechaniczne np. łańcuchowe,
- automatyczne układarki magazynowe.

## 2. Opis przykładowego stanowiska zautomatyzowanego w systemie B/24

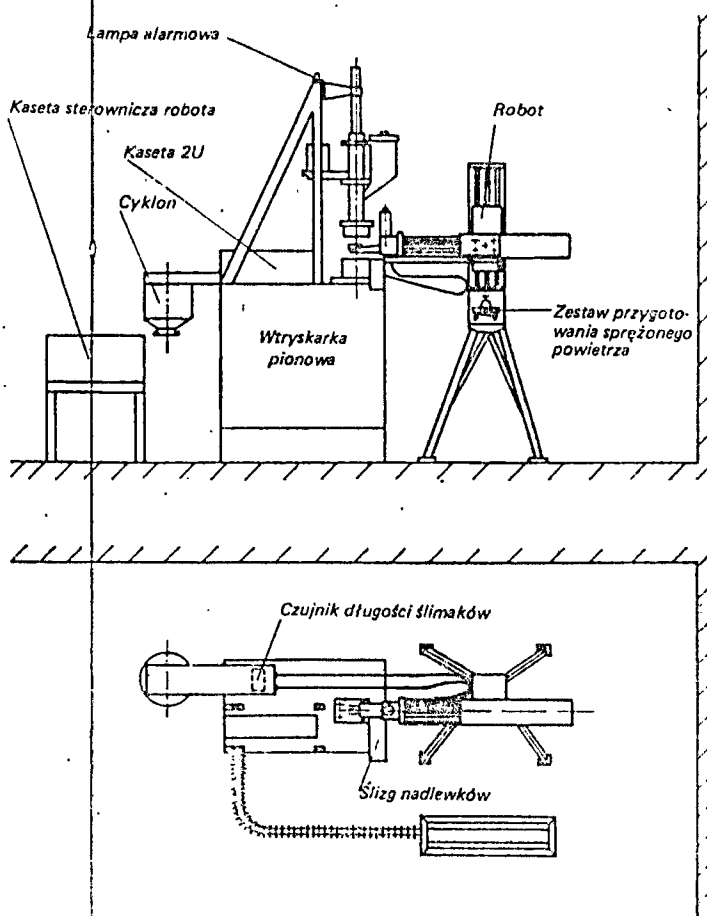
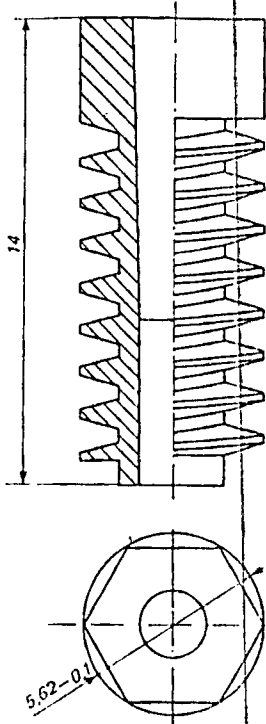


Fig. 1. Organizacja przestrzenna stanowiska

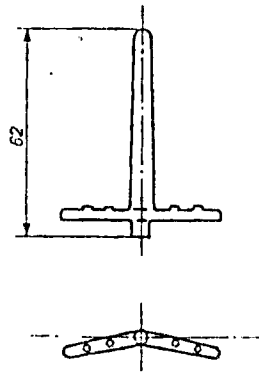
Na rysunku 1 przedstawiono stanowisko, w którym robot wypełnia ostatnią lufę w cyklu automatycznego wytwarzania ślimaków (rys. 2) z tworzywa sztucznego termoutwardzalnego. Formowanie detali odbywa się na wtryskance pianej wykonującej cały cykl formowania automatycznie (zamięci-

formy, wkręcenie wkładek, wtrysk, chłodzenie, wykręcenie wkładek, otwarcie formy). W każdym cyklu są formowane dwa ślimaki oraz nadlewka (rys. 3) będący produktem odpadowym. Robot został umiesz-

czony w miejscu, w którym dawniej pracował robotnik obsługujący maszynę. Bezpośrednio pod strefą działania robota, między formą a robotem, zamocowano ślizy nadlewka z zainstalowanym na nim czujnikiem przelotu nadlewka. Ślimaki ze szczęk są transportowane przewodami polietylenowymi do czujników zamocowanych na korpusie wtryskarki, sprawdzających długość ślimaków. Ostoną czujników jest belka, do której jest przymocowany cyklon, gdzie ślimaki wytracają prędkość. W sąsiedztwie czujników na korpusie wtryskarki usytuowano kasetę 2U. Szafę sterowniczą robota ustawiono w pobliżu wtryskarki na niewielkim stolczyku.



Rys. 2. Ślimak



Rys. 3. Nadlewka

Przed automatyzacją, do zadań pracownika obsługującego wtryskarkę należało: zdejmowanie obu ślimaków z iglic, na których są osadzone; wyciąganie nadlewka z gniazda formy, okresowe smarowanie formy smarem silikonowym.

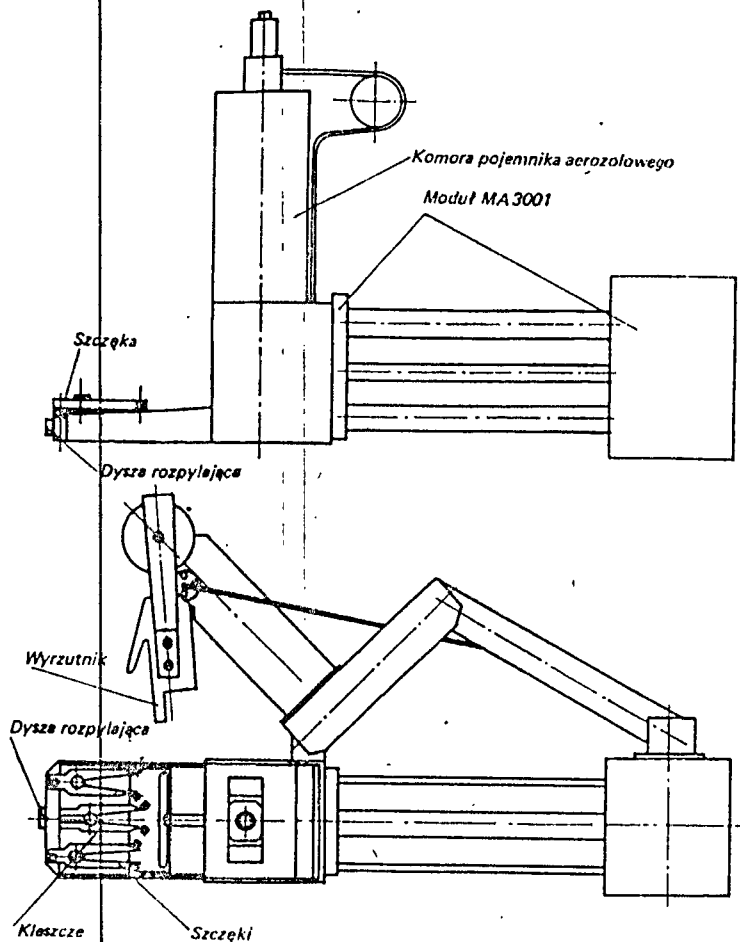
Zastępujący człowieka robot prosty PR-02 o konfiguracji: moduł pionowy MB2001 plus moduł poziomy MA3001, wyposażony w nietypowy chwytak trójszczękowy (rys. 4) zawierający następujące podzespoły:

**Chwytający**, z dwoma szczękami wyłożonymi gumą (do ściągania ślimaków, których krawędzie nie mogą ulec zdeformowaniu w trakcie wyjmowania ich z formy) oraz jedynymi stalowymi kleszczami przeznaczonymi do wyciągania nadlewka. Zaciąganie szczęk i kleszczy przy użyciu indywidualnych sprężyn, zwalnianie wspólnym siłownikiem pneumatycznym.

**Wyrzucający**, zapewnia usunięcie nadlewka z kleszczy i ślimaków ze szczęk po otwarciu chwytaków.

**Smarujący**, złożony z kapilary i głowicy połączonej z siłownikiem pneumatycznym. Źródłem smaru jest pojemnik zawierający olej silikonowy w aerozolu (Silform).

Aby spełnić wymagania automatyzacji w systemie 8/24 zostało rozbudowane wyposażenie stanowiska, w którego skład weszły elementy produkowane seryjnie (elementy handlowe) i elementy zaprojektowane specjalnie dla tego zastosowania (elementy specjalne)



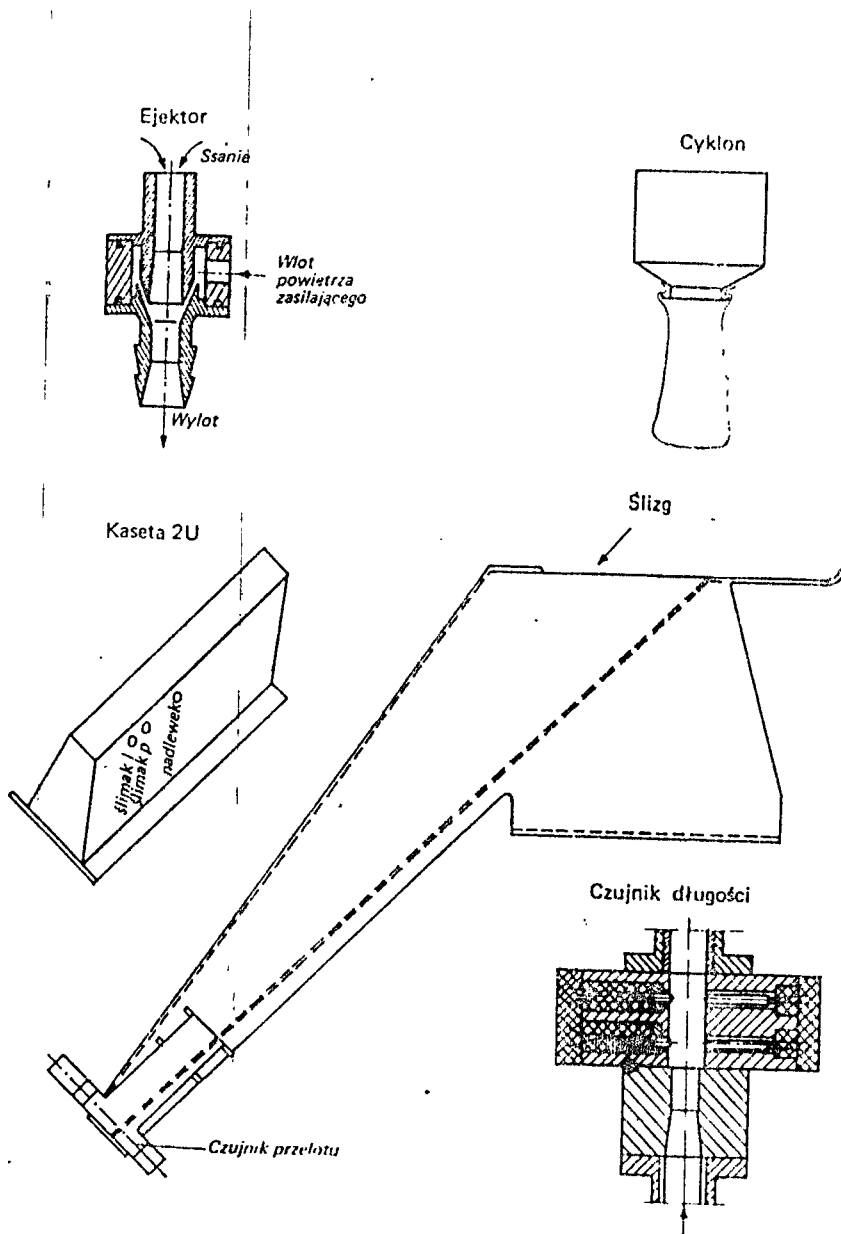
Rys. 4. Chwytnik trójszczękowy

Elementami handlowymi wyposażenia są: *zestaw przygotowania sprężonego powietrza* (odwadniacz, reduktor, smarownicza), *łączniki miniaturowe* typu LM1, w obudowie (3 szt.), *stycznik* TSM-1, *przełącznik* typ R15 (2 szt.), *przełącznik czasowy* typ RTst-10.

Elementami specjalnymi wyposażenia stanowiska są:

*Podstawa robota* (rys. 1) która jest konstrukcją spawaną z kątowników stalowych 30x30x4. W górnej części podstawy są przyspawane dwa ceowniki, do których jest przykręcony moduł pionowy robota. Do ścianki jednego z ceowników są przyspawane wsporniki, na których mocuje się zestaw przygotowania sprężonego powietrza. Podstawa robota jest przykręcana do zabetonowanych kotwi.

*Ejektory* (rys. 5) składa się z trzech części: tulei wlotowej, komory zasilania i dyszy wylotowej. Na dyszę wylotową jest naciągany przewód polietylenowy mocowany obejmą. Dla uzyskania efektu dalszego (rozpoczętego w stożku dyszy wylotowej) różprężania powietrza, przewód polietylenowy jest perforowany. Dla zapewnienia wydatku powietrza niezbędnego do prawidłowego działania ejektorów



Rys. 5. Wyposażenie specjalne stanowiska

są one zasilane ze wzmacniaczy pneumatycznych OWM-6.

*Ślizg nadlewka* (rys. 5) jest konstrukcją z blachy stalowej, której półka ślizgu jest nachylona do poziomu pod kątem  $45^\circ$ . Przy wylocie zamontowano czujnik złożony z diody świecącej podczerwienią i fototranzystora.

*Czujnik sprawdzający* długość ślimaka (rys. 5) jest metalową kostką, w otworach której umieszczono diody świecące podczerwienią i fototranzystory. Diody są przesłaniane przez ślimak w momencie jego przelotu i fototranzystory wytwarzają sygnały, w chwili, gdy przelatujący ślimak odsłoni źródło światła.

Równoczesne trwanie sygnału na jednym i drugim fototranzystorze oznacza przelot ślimaka o właściwej długości.

**Cyklon** (rys. 5) jest cylindrem, do którego wpadają (stycznie do ścianki) ślimaki wrzucane impetem powietrza zasilającego ejektory. W cyklonie ślimaki krążą po obwodzie wytracając prędkość. Po wyłączeniu ejektorów ślimaki całkowicie tracą prędkość i spadają po stożku do woreczka podwieszonego pod cyklonem.

**Kaseta 2U** (rys. 5) zawiera kilkanaście płytek logicznych pozwalających na zrealizowanie następujących funkcji:

- wzmocnienie sygnałów dochodzących z czujników fotoelektrycznych,
- zapamiętanie wyników sprawdzenia i wygenerowania sygnału *wynik testu pozytywny*
- nadzór nad pracą czujników (sprawdzenie wyzerowania czujników),
- sprawdzenie czy nie nastąpiło zatrzymanie cyklu automatycznego maszyny lub robota.

Otwory znajdujące się w obudowie kasety 2U, umożliwiają obserwację stanu poszczególnych czujników, co jest istotne dla stwierdzenia przyczyny zatrzymania się robota.

### 3. Współpraca urządzeń stanowiska

Sygnałem do rozpoczęcia cyklu pracy robota jest otwarcie się formy wtryskarki. Robot wykonuje wtedy następującą sekwencję: ruch do przodu (130 mm), ruch do góry (60 mm), zamknięcie szczęk, opuszczenie w dół, wycofanie się do tyłu, otwarcie szczęk, włączenie ejektorów. W momencie, gdy wszystkie czujniki zasygnalizują przelot detali, robot wyłącza ejektory, a wtryskarka zamyka formę i cykl kończy się. Negatywny wynik testu (zbyt krótki ślimak lub brak ślimaka albo nadlewka) powoduje zatrzymanie cyklu pracy automatycznej i w konsekwencji włączenie alarmu. Po drugim identycznym cyklu w pozycji wyjściowej jest zaprogramowane smarowanie formy, jednak sygnał, dochodzi do zaworu elektro-pneumatycznego za pośrednictwem styków łączników miniaturowych przełącznika czasowego. Silnik elektryczny przełącznika czasowego jest napędzany napięciem 220V, podawanym na stycznik zamykający formę wtryskarki, przez co uzyskuje się jedynie okresowy napęd przełącznika niezależny od długości nastawionego cyklu automatycznego wtryskarki. Stycznik jest włączony równolegle z dwoma przyciskami ręcznego zamykania formy, co pozwala zachować niezmienną obsługę ręczną wtryskarki: Przy długości cyklu pracy 17s smarowanie formy odbywa się co 5 min 30s.

### 4. Zakłócenia procesu i ich eliminowanie

Zakłócenia stabilnej pracy są związane z zakłóceniami w zasilaniu sieci elektrycznej i pneumatycznej, z rozrzutem właściwości materiału wyjściowego i z charakterystyką maszyny, osprzętu oraz robota. W trakcie wdrażania wystąpiły następujące zakłócenia wytrącające układ z pracy automatycznej:

- zakłócenie prądu szafy sterowniczej, objawiające się zgubieniem programu lub przekłamaniami,
- zbyt krótki ślimak (urwanie ślimaka w formie lub niedoianie),
- nieusunięcie nadlewka,
- niedoianie ostatniego zwoju ślimaka.

Pierwsze z wymienionych zakłóceń przestało występować po wprowadzeniu szafy sterowniczej i porównanej na zakłócenia (zmiana wprowadzona przez producenta robotów) z tym, że pozostawiona wcześniej wprowadzona srodek zasilanie szafy sterowniczej z sieci, do której w bezpośrednim sąsiedztwie nie jest podłączona żadna maszyna; ustawienie w programie podwójnego sprawdzania wycieku wtychronizującego, które przedzielono krokiem o zadanym czasie.

Drugie z wymienionych zakłóceń wynika z:

- braku materiału wyjściowego (wprowadzono zasadę, że na pierwszej zmianie 12<sup>00</sup> po \*jemnik maszyny jest napełniany do pełna, co wystarcza na pracę przez całą dobę),
- niewłaściwego ustawienia parametrów maszyny (regulacja maszyny jest dozwolona tylko przez ustawiaczy),

U braku smarowania formy, ponieważ robot nie ma kontroli nad ilością oleju, wprowadzona zasada, że pojemnik ten wymienia się na nowy, również w czasie pierwszej zmiany, w godzinie 12<sup>00</sup>, bez względu na stan jego zużycia.

Trzecie zakłócenie, czyli nieusunięcie nadlewka występuje w przypadku, gdy między ustnik wtryskarki, a gniazdo formy dostanie się zastygłe tworzywo, powodując powstanie brzozy na końcu nadlewka. Szczelność ustnika i dokładne jego oczyszczenie, przed rozpoczęciem pracy, eliminuje tę usterkę prawie w 100%.

Ostatnie z obserwowanych zakłóceń, niedolanie ostatniego zwoju ślimaka, wiąże się z nadmierną dawką oleju silikonowego smarującego formę. Eliminuje tę usterkę precyzyjne dawkowanie oleju.

#### 6. Perspektywy rozwoju automatyzacji w systemie 8/24

Automatyzacja w systemie 8/24 spełnia postulat pełniejszego wykorzystania maszyn i to nie kosztem zwiększonego wysiłku ludzi. Jakkolwiek konieczność wielozmianowej pracy personelu nadzorującego zostanie zintensyfikowana, jednak jest możliwe wprowadzenie szeregu udogodnień ułatwiających i atrakcyjniających pracę na drugiej, trzeciej zmianie np. możliwości słuchania muzyki, oglądania filmów telewizyjnych, możliwości dokształcania się itp. Możliwe jest też przejście personelu nadzorującego na układ pracy całonocowej 24/48, gdyż intensywność pracy na drugiej i trzeciej zmianie będzie niewielka.

Warunkiem niezbędnym rozwoju tej formy automatyzacji jest całkowite wyeliminowanie zakłóceń wytrącających układ z pracy automatycznej na okres drugiej i trzeciej zmiany, a więc na 16 godzin. Dopuszczalne jest występowanie zakłóceń do czasu ustalenia się warunków pracy.