

Robotyzacja pakowania

problemy i rozwiązania

Jan Barczyk
Bogdan Jarzembski

Artykuł jest kontynuacją publikacji zamieszczonych w PAR, poświęconych mechanizacji i automatyzacji pakowania [1, 6]

Operacje pakowania

Proces pakowania oraz związane z nim operacje dozowania, sortowania, buforowania, paletyzowania, transportu i magazynowania, występują w przemyśle spożywczym, chemicznym, farmaceutycznym, elektrotechnicznym i elektronicznym, maszynowym i innych. Najbardziej charakterystycznym jest przemysł spożywczy, gdzie występuje wielka różnorodność wytwarzanych produktów.

Operacje pakowania jednostkowego odbywają się najczęściej na stanowiskach zautomatyzowanych, dostosowanych do określonego wyrobu. Zwykle opakovanie w całości lub częściowo jest wykonywane poza systemem pakowania, lecz w wielu przypadkach możliwe jest wytwarzanie opakowania w procesie produkcyjnym – uzyskuje się w ten sposób optymalne dostosowanie do wyrobu, zmniejszenie kosztów produkcji, zwiększenie wydajności i zwiększenie elastyczności produkcji.

Istnieje wiele systemów pakowania, opracowano różne wieloczynnościowe automatyczne maszyny pakujące (do pakowania płynów, produktów sproszkowanych i granulowanych): formujące opakowania, napełniające, odważające i dozujące, zamykające, etykietujące, porządkujące i transportujące itp.



Rys. 1. Maszyna do opakowania kurczliwego firmy KISTERS [2]

Po operacji pakowania jednostkowego pojedyncze produkty są umieszczane we wspólnym opakowaniu (np. w folii kurczliwej – rys. 1), które to opakowania mogą być następnie umieszczane w opakowaniach zbiorczych, na paletach itp. W większości przypadków na końcu linii automatycznego pakowania, na wyjściu automatu pakującego, znajduje się człowiek. Wyeliminowanie monotonnej, niekiedy bardzo ciężkiej pracy fizycznej, polegającej na dźwiganiu zbiorczych opakowań stało się obecnie możliwe dzięki robotom przemysłowym. Takie rozwiązania są proponowane

*Dr inż. Jan Barczyk – Instytut Automatyki i Robotyki Politechniki Warszawskiej
Bogdan Jarzembski – Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Urządzeń Sterowania Napędów, Toruń*



Rys. 2. Robot umieszczony na końcu linii opakowań firmy KISTERS [2]

przenoszenia pojemników, paletyzacji i depaletyzacji, składowania itp.

W procesie pakowania zbiorczego są stosowane roboty przemysłowe lub automatyczne manipulatory, dysponujące funkcją pozycjonowania zespołów napędowych. Pozycjonowanie w wielu punktach przestrzeni roboczej jest związane z koniecznością umieszczania produktu w kolejnych pozycjach opakowania zbiorczego. Uniwersalnym rozwiązaniem jest robot mobilny, wyposażony w manipulator i układ jezdny oraz przestrzeń ładunkową, który może realizować operacje paletyzacji (depaletyzacji), załadunku (wyładunku), transportu do (z) magazynu i inne zadania.

Pobieranie produktów z linii produkcyjnej

W procesie pakowania robot przemysłowy służy do:

- pobrania (uchwycenia) opakowania w położeniu początkowym,
- przetransportowania wyrobu w opakowaniu,
- uwolnienia wyrobu w miejscu docelowym.

Prawidłowe uchwycenie opakowania zależy od sposobu jego unieruchomienia w chwytaku, parametrów opakowania (wymiary, kształt, masa, struktura powierzchni) oraz od wzajemnego ustawienia chwytaka i obiektu.

Konieczność przystosowania robotów przemysłowych do manipulowania obiektami o znacznie różniących się parametrach, np. elementami maszyn, wypraskami z tworzyw sztucznych, kartonowymi pudełkami, elementami szklanymi itp., spowodowała, że powstały konstrukcje urządzeń chwytających różniące się sposobem chwytania, zasadą działania i zjawiskami zachodzącymi podczas chwytania.

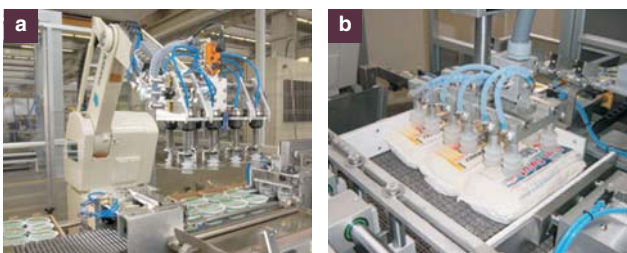


Pobieranie produktów z linii produkcyjnej może być realizowane pojedynczo lub grupowo – częściej występuje drugi przypadek (rys. 3).



Rys. 3. Chwytniki grupowe realizowane przez roboty firmy Fanuc [3]: a) świetlóówki uchwycone przysawkami, b) metalowe elementy cylindryczne uchwycone elektromagnesami

W procesach pakowania bardzo często stosuje się chwytanie adhezyjne, polegające na wywarceniu takiej siły przylegania obiektu do przysawki, aby uniemożliwić jego przemieszczanie się w procesie manipulacji. Najczęściej siła ta jest wywierana przez podciśnienie działające na określonej powierzchni – żądaną wartość siły można uzyskać, zwiększając powierzchnię czaszy przysawki lub liczbę przysawek (rys. 4). Do wytwa-



Rys. 4. Chwytniki podciśnieniowe robotów pakujących firmy Mariani [4]: a) pojedyncza przysawka dla chwytanego produktu, b) kilka przysawek

rzania podciśnienia w chwytakach podciśnieniowych stosuje się wirnikowe pompy próżniowe (gdy jest wymagana większa wydajność) lub eżektory. Pierwsze rozwiązanie jest energooszczędne, charakteryzuje się cichą pracą i niewrażliwością na zanieczyszczenie zasysanego powietrza. Natomiast wadami są: złożona konstrukcja, wysoka cena urządzenia, duża masa i wymiary, długi czas reakcji oraz możliwość pracy tylko w trybie ciągłym. Eżektorowe generatory podciśnienia znalazły powszechne zastosowanie ze względu na takie zalety jak: prostota konstrukcji, brak elementów ruchomych, niska cena, bardzo mała masa i wymiary oraz możliwość pracy w trybie przerywanym. Ze względu na małe wymiary i masę możliwe jest umieszczenie wytwornicy podciśnienia bezpośrednio przy przysawce, na ruchomych elementach manipulatora. Układ taki znacznie upraszcza instalację pneumatyczną oraz zmniejsza jej pojemność, co ma duży wpływ na czas uchwycenia. Należy jednak zwrócić uwagę na wady tego rozwiązania: duże zużycie sprężonego powietrza, głośna praca, wrażliwość na zanieczyszczenie zasysanego powietrza oraz możliwość zapylenia w pomieszcze-

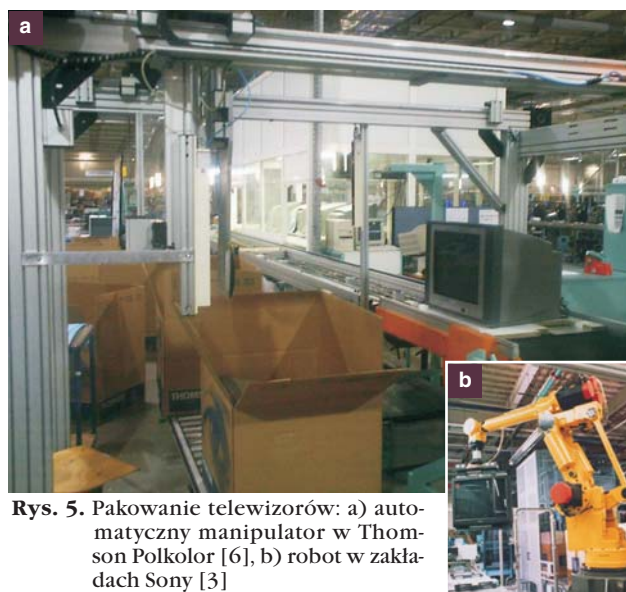
niach powodowanego przez strumień powietrza wylatującego z eżektora.

Od rodzaju materiału z jakiego wykonana jest przysawka zależy współczynnik tarcia obiektu manipulacji o czaszę przysawki. Materiał dobiera się, uwzględniając warunki pracy i czynniki chemiczne działające na przysawkę (odporność na środki użyte do czyszczenia czaszy). Najczęściej przysawki są wykonane z silikonu, poliuretanu, chloroprenu, propylenu etylowego i nitrylu. Ważnym wymaganiem jest, aby materiał nie pozostawiał żadnych śladów na przenoszonych przedmiotach – warunek ten spełniają przysawki poliuretanowe.

Pakowanie

Szereg problemów jest związanych z wkładaniem produktu (lub produktów) do pojemników (kartonów itp.) o określonym kształcie i wymiarze. Wiele z nich rozwiązuje się poprzez robotyzację. Zastosowanie robotów najczęściej umożliwia załadunek całego pojemnika w pojedynczym cyklu pracy. Na przykład od wielu lat z powodzeniem robot realizuje końcowy proces w browarach – pakowanie butelek do skrzynek. Robot KUKA KR 150 wyposażony w uchwyty pneumatyczne w ciągu jednej godziny (w 9-sekundowym cyklu) załaduje do skrzynek około 30 tys. butelek [5].

Często jednak konieczność ścisłego upakowania w pojemniku stwarza istotne ograniczenia w zakresie uchwycenia i umiejscowienia produktu. W procesie pakowania telewizora do kartonu wymienia się m.in. następujące problemy [6]: zapewnienie długotrwałej szczelności układu podciśnienia, niebezpieczne odchylenie się dużych telewizorów od pionu w trakcie transportu, wzajemne pozycjonowanie kartonu i telewizora (rys. 5a), zastosowanie dodatkowych sensorów (np. czujnika dna kartonu).



Rys. 5. Pakowanie telewizorów: a) automatyczny manipulator w Thomson Polkolor [6], b) robot w zakładach Sony [3]

Robot może współpracować z zewnętrznymi układami sterowania, co można wykorzystać do całkowitej automatyzacji procesu pakowania. Typowy zrobotyzowa-

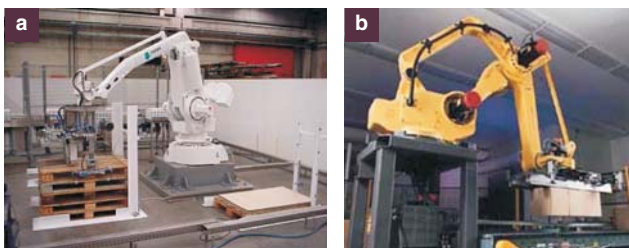
ny proces przebiega następująco: telewizor umieszczony na pozycjonowanej palecie jest pobierany z linii montażowej i przenoszony nad pojemnik; pudło kartonowe jest dostarczane do strefy roboczej transporterem rolkowym, a następnie pozycjonowane; po włożeniu telewizora do pudła jest ono przesuwane na następne stanowisko tym samym transporterem. Robot może samoczynnie rozpoznawać typ telewizora i pudła na podstawie umieszczonych na nich kodów paskowych, a następnie dostosowuje odpowiednie zakresy poszczególnych ruchów.

Paletyzowanie

Paletyzacja służy do grupowania wyprodukowanych elementów tego samego typu, rozmiaru, masy itd. do pojemników kartonowych, plastikowych, a nawet w kontenery. Taki system pakowania produktów w coraz większe pojemniki w znacznym stopniu ułatwia zarówno składowanie, ładowanie jak i transportowanie, a później wyładunek.

Robotyzacja pakowania najczęściej dotyczy stanowisk paletyzujących, na których pojemniki (kartony) są układane na paletach warstwami, zwykle rozdzielanymi płytami tekturowymi. Następnie palety są transportowane wózkami widłowymi.

Niektórzy producenci robotów przemysłowych oferują roboty specjalnie zaprojektowane do paletyzacji/depaletyzacji (rys. 6), wyposażone w skanery kodów pa-



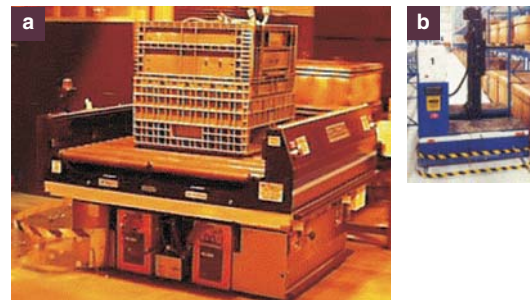
Rys. 6. Roboty paletyzujące: a) Mariani typ RP474 [4], b) Fanuc typ M-410iHS [3]

skowych identyfikujące produkty oraz systemy wizyjne o różnorodnych możliwościach (np. rozpoznawania zorientowania pakowanych produktów lub wypełnienia palety). Opracowano specjalistyczne oprogramowania umożliwiające zaoszczędzenie czasu programowania, np. położenie opakowania jest obliczane automatycznie.

Proces paletyzowania dosyć często nie ogranicza się tylko do jednego stanowiska i wtedy zachodzi potrzeba zorganizowania wewnętrznego systemu transportu. Odbywa się to na dwa sposoby: albo stosuje się podajniki taśmowe, rolkowe itp., albo samojezdne roboty. Są to jeżdżące platformy bardziej lub mniej wyspecjalizowane w transporcie danego rodzaju ładunku. Sterowane są zdalnie przez operatora lub mają ściśle wytyczoną trasę przejazdu, np. z hali produkcyjnej do magazynu, gdzie odstawiają ładunek na określone miejsce. Rozkazy do mikroprocesorowego układu sterowania pojazdu są przekazywane z centralnego komputera. Są to roboty mobilne obdarzone sztuczną inteligencją, aby w przypadku zmien-

nych warunków otoczenia mogły same podjąć decyzję o zmianie trajektorii przejazdu. Wszystkie pojazdy są wyposażone w system wczesnego ostrzegania, który automatycznie zmniejsza prędkość pojazdu, gdy jakiś przedmiot zostanie dostrzeżony na jego ścieżce. Bezpośredni kontakt z przeszkodą wykrywany przez zderzaki powoduje zatrzymanie pojazdu. W celu bezpieczeństwa na pulpicie znajdują się przyciski nagłego zatrzymania, migające światła i słyszalne sygnalizatory ostrzegawcze.

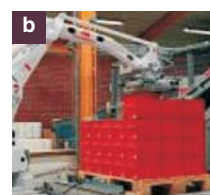
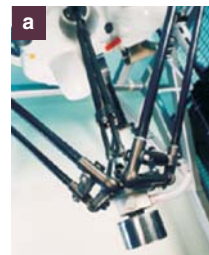
Na rys. 7 przedstawiono przykład takiego robota-platformy amerykańskiej firmy CORECON.



Rys. 7. Wózki samojezdne firmy CORECON [7]: a) do współpracy z przenośnikami rolkowymi, b) do obsługi magazynów

Warunki pracy

W procesach pakowania i paletyzacji/depaletyzacji jest pożądana duża szybkość działania robotów. Firma ABB, która zainstalowała ponad 100 tys. robotów na całym świecie (w tym ponad 1500 w procesach paletyzacji), opracowała system zrobotyzowanego pakowania, który dzięki oprogramowaniu RobotStudio umożliwia projektowanie stanowisk z wykorzystaniem różnych robotów od IRB 140 o udźwigu 5 kg do IRB 4400 o udźwigu 60 kg oraz urządzeń współpracujących (przenośniki taśmowe i rolkowe, stoły obrotowe, magazyny itp.). Do



zrobotyzowanego paletyzowania, zwłaszcza do użytkowania w czystym środowisku w przemyśle farmaceutycznym i elektronicznym, polecany jest najszybszy robot IRB 340 FlexPicker (rys. 8a) umożliwiający osiągnięcie cyklu trwającego 0,4 s. Robot IRB 640 (rys. 8b) o udźwigu 160 kg umożliwia realizację do 1200 cykli na godzinę.

Rys. 8. Roboty paletyzujące ABB [8]: a) IRB 340 FlexPicker, b) IRB 640

Specjalizowane oprogramowanie PalletWizard pozwala na szybkie wprowadzenie nowego wzorca palety i łatwe zaprogramowanie nowego procesu.

Procesy paletyzacji/depaletyzacji często są realizowane w chłodniach – firma KUKA oferuje „arktyczny” typ robota przeznaczonego do pracy w niskich tempera-



turach, np. w przemyśle spożywczym stosowane są technologie głębokiego zamrażania w temperaturze $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (rys. 9a).



Rys. 9. Roboty paletyzujące KUKA [9]: a) KR180 do pracy w chłodniach, b) KR500 do przenoszenia worków

Wielu producentów mrozonek uznaje za celowe wprowadzenie robotyzacji pakowania ze względu na pracę w warunkach wychłodzenia i różnorodnej produkcji. Roboty instaluje się na linii pakowania toreb z produktami o różnej masie i wymiarach do pudełek i układania pudełek na palety. Na przykład u jednego z producentów mrozonek w Wielkiej Brytanii na linii pakowania zastosowano trzy roboty firmy Motoman: jeden układa torebki w pudełku, drugi przenosi załadowane pudełko do oklejania, a trzeci układa pudełka na palecie w stosy (8 warstw po 10 pudełek), oddzielając poszczególne warstwy tekturą. Przy wdrażaniu robotów często okazuje się, że potrzebują one mniej miejsca niż dotychczas zatrudniony pracownik. Jednocześnie staje się możliwe skrócenie czasu pakowania.

Projektowanie zrobotyzowanego stanowiska pakowania

Metodyka projektowania zrobotyzowanego stanowiska pakowania nie odbiega zbyt od ogólnych zasad projektowania zrobotyzowanych stanowisk, w których występuje problem manipulowania obiektami.

We wstępnym etapie należy zidentyfikować problemy, rozważyć możliwości pakowania oraz określić wymagania manipulacyjne. Następnie należy opracować plan zawierający szczegółowe zadania związane z pakowaniem obiektów oraz pożądane efekty procesu pakowania. Stanowisko zrobotyzowanego pakowania może składać się z kilku systemów dotyczących obiektu: pobierania, kontrolowania, przenoszenia, składowania, magazynowania, pakowania oraz innych elementów (pojemników, skrzynek, przekładek itp.) – z tego względu należy rozważyć współpracę wszystkich systemów niezbędnych do prawidłowego przebiegu procesu.

Na wybór wyposażenia robota, zwłaszcza urządzeń chwytających, ma wpływ wiele czynników: wymiary i masa chwytanego obiektu, liczba jednocześnie przenoszonych obiektów, zmienność obciążeń, częstotliwość ruchów, pokonywany dystans, przeszkody na drodze ruchu itp.

Należy dążyć do maksymalnego wypełnienia pojemnika. Dobierając pojemnik, należy wziąć pod uwagę następujące parametry: modułowość pojemników, wymiary i kształt, ciężar pustego i pełnego pojemnika,

wymagane zabezpieczenia produktu, możliwości układania w stosy, trwałość pojemników itp.

Zwiększeniu wydajności i zmniejszeniu kosztów projektowanego stanowiska sprzyja wykorzystanie standardowego wyposażenia robotów, stosowanie zautomatyzowanych urządzeń towarzyszących (podajniki, magazyny itp.) oraz efektywne wykorzystanie przestrzeni. Na stanowiskach, na których występują interakcje z ludźmi, niezbędne jest zachowanie zasad ergonomii oraz bezpieczeństwa pracy systemu zrobotyzowanego.

Podsumowanie

Większość współcześnie oferowanych robotów przemysłowych można zastosować w procesach pakowania. Jednak wiele procesów pakowania stawia specyficzne wymagania, np.: duża szybkości działania, możliwości synchronizacji z przenośnikami taśmowymi, zachowanie właściwej czystości, zapewnienie odpowiedniej dokładności pozycjonowania oraz udźwigu i zasięgu, czasem zapewnienie odporności na niską temperaturę (praca w chłodni).

Zastosowanie robotów w procesach pakowania umożliwia pełne wykorzystanie ich elastyczności przy każdej zmianie procesu, polegającej np. na użyciu nowego opakowania o innym kształcie i/lub wymiarach, a także na pakowaniu różnych produktów do jednego pojemnika. W porównaniu z automatami pakującymi, ściśle przystosowanymi do wykonywania konkretnych operacji, wydajność robotów jest mniejsza.

W zależności od zastosowania roboty są wyposażane w różnego typu chwytaki, do chwytania pojedynczych lub jednocześnie wielu produktów; najczęściej nie są to rozwiązania handlowe, lecz projektowane specjalnie dla danego produktu.

W celu wyposażenia robota w możliwość przemieszczania osadza się go na wózkach samojezdnych, mobilnych przenośnikach albo zawieszca na suwnicy bramowej, suwnicy pomostowej lub przenośniku podwieszonym.

Bibliografia

1. Barczyk J., Boerner G.: Mechanizacja, automatyzacja i robotyzacja procesów pakowania. PAR 6/2001, s. 9–14.
2. Kisters Maschinenbau GmbH, www.kisters.com
3. FANUC Robotics America, Inc., www.fanucrobotics.com
4. Mariani SA, www.mariani-it.com
5. Warmbold J.: Flexible Bottle Handling – Robots empty and fill beverage crates. World Robotics 1999, p. 281–283.
6. Barczyk J., Boerner G., Jarzemski B.: Manipulator do pakowania telewizorów TELEMAN-2. PAR 10/2001, s. 16–21.
7. CORECON – Automated Guided Vehicles, www.coreconagvs.com
8. ABB, www.abb.com
9. KUKA Roboter GmbH, www.kuka.de