

Analiza procesów zrobotyzowanego sortowania, pakowania i paletyzacji

Sprawy przepływ produktów na liniach produkcyjnych ma ogromne znaczenie dla każdego zakładu produkcyjnego. Zważywszy na krótki cykl życia produktów, wydajność końcówki linii produkcyjnej decyduje o możliwościach produkcyjnych całego zakładu. Tak więc stanowisko do paletyzacji powinno być tak skonfigurowane, aby umożliwiała ciągły przepływ produktów przy jednoczesnej minimalizacji „martwego” czasu. Przekłada się to na weryfikację możliwości firmy w zakresie dostosowania do potrzeb kontrahentów (towar poprawnie ułożony nie jest narażony na uszkodzenie w transporcie i jest łatwiejszy do dalszej obróbki – depaletyzacji) oraz zachowanie bezpieczeństwa pracowników, gdyż źle ułożony towar może stanowić dla nich zagrożenie [I.10, I.27].

Sortowanie, pakowanie i paletyzacja (depaletyzacja) są procesami, które mocno obciążają pracowników, zwłaszcza że muszą być wykonywane cyklicznie z dużą prędkością. Podczas procesów niezrobotyzowanych prace są wykonywane:

- ręcznie, co generuje wysokie koszty, duże obciążenie pracowników, zmienną wydajność oraz duże straty przy pakowaniu wynikające m.in. z braku skupienia ludzi podczas wielogodzinnej pracy;
- z wykorzystaniem specjalistycznych paletyzatorów/depaletyzatorów, które w znacznej mierze ograniczają elastyczność produkcji.

Po robotyzacji procesów niedoskonałości wynikające z obsługi ręcznej lub z wykorzystaniem urządzeń specjalistycznych zostają wyeliminowane. Wśród efektów dobrej robotyzacji procesów sortowania, pakowania i paletyzacji należy wymienić:

- większą wydajność linii produkcyjnej przy zachowaniu dużej powtarzalności procesu (możliwość pracy trzymianowej);
- zmniejszenie kosztów operacyjnych przedsiębiorstwa;
- zapewnienie ciągłości procesu;
- wzrost bezpieczeństwa pracowników;
- eliminację błędów wywoływanych czynnikiem ludzkim;
- możliwość szybkiego dostosowania do zmiany produkowanego asortymentu;
- zapewnienie terminowości oraz wysokiej jakości dostarczanych produktów;
- relatywnie małą przestrzeń zajmowaną przez stanowisko;
- możliwość pracy w trudnych warunkach (np. w niskiej temperaturze);
- dobry wizerunek firmy [I.4, I.5].

Zastąpienie specjalistycznych urządzeń i ludzi robotami ma szczególne znaczenie zwłaszcza w kontekście konkurencji, która wymusza ciągłe zmiany kształtu i właściwości produktów oraz opakowań. Widoczne jest to na przykład w przemyśle

spożywczym, gdzie produkcja jest bardzo wymagająca i obecnie często zautomatyzowana.

W związku z różnorodnością asortymentu procesów produkcyjnych, szybkością wytwarzania produktów, ich liczbą i gabarytami konieczny jest wybór robotów przemysłowych do konkretnego zastosowania. Wśród podstawowych czynników, jakie należy wziąć pod uwagę podczas projektowania zrobotyzowanego stanowiska do sortowania, pakowania i paletyzacji, są: udźwigi i zasięgi robotów w poszczególnych stacjach (sortowania, pakowania i paletyzacji), liczba cykli produkcyjnych, powtarzalność i środowisko pracy, stopień ochrony urządzeń. Dwa pierwsze czynniki są bezpośrednio związane z przenoszonymi produktami. Ich masa jednostkowa i masa chwytaka łącznie wskazuje na wymagany udźwig robota (często stosuje się 20-proc. zapas masy), natomiast ich gabaryty, wymagania związane z umieszczeniem produktów na transporterach oraz odpowiednia liczba produktów na palecie decydują o wysokości stosu, a tym samym o wymaganych zasięgach robotów. Z sortowaniem, pakowaniem i paletyzacją jest związana również powtarzalność robota – na przykład duża powtarzalność robota paletyzującego zapewnia równiejsze ułożenie produktów, a tym samym większą stabilność stosu. Duża liczba cykli pracy zapewnia płynny przepływ produktów i wysoką wydajność. Ciągłe rosnące wymagania zwiększenia produkcji są dla inżynierów dużym wyzwaniem. Analizując rzeczywiste czasy cykli pracy dla danego stanowiska, należy wziąć pod uwagę momenty bezwładności (obciążenia dynamiczne) występujące podczas transportu danego produktu. Jest to niezbędne ze względu na zapewnienie bezpiecznego i pewnego chwytu, zwłaszcza podczas przyspieszania (po uchwyceniu) i zwalniania (przed upuszczeniem) transportowanych dóbr. Zwykle powoduje to konieczność rozbudowy chwytaka o dodatkowe mechanizmy (zabezpieczające chwyt), zwiększające tym samym jego masę oraz utrudniające podejście do chwytanego produktu.

1. Projektowanie zrobotyzowanego stanowiska do sortowania, pakowania i paletyzacji produktów

Do projektowania zrobotyzowanych stacji sortowania, pakowania i paletyzacji można wykorzystać nowoczesne środowisko programistyczne (np.: Visual Component, RobotStudio, Roboguide), ponieważ pozwala ono na przeprowadzenie analiz w trybie offline (rys. 1).

Z powodu dużego zapotrzebowania na robotyzację tych procesów, producenci robotów oferują specjalistyczne pakiety, które wspierają tworzenie aplikacji w trybie offline:

- Picking PowerPac – pakiet tworzenia aplikacji sortowania i pakowania w trybie offline w środowisku RobotStudio firmy ABB [I.26, II.3];



Rys. 1. Stanowisko do sortowania, pakowania i paletyzacji produktów w środowisku RobotStudio firmy ABB

- Palletizing PowerPac – pakiet tworzenia aplikacji paletyzacji w trybie offline w środowisku RobotStudio firmy ABB [I.11, II.3].

Sama metodyka projektowania stanowiska nie odbiega zbyt od ogólnych zasad projektowania zrobotyzowanych stanowisk, w których występuje problem manipulowania obiektami.

W pierwszym etapie projektowania należy zidentyfikować problemy i przeanalizować wymagania odbiorcy stanowiska. Sprowadzają się one najczęściej do:

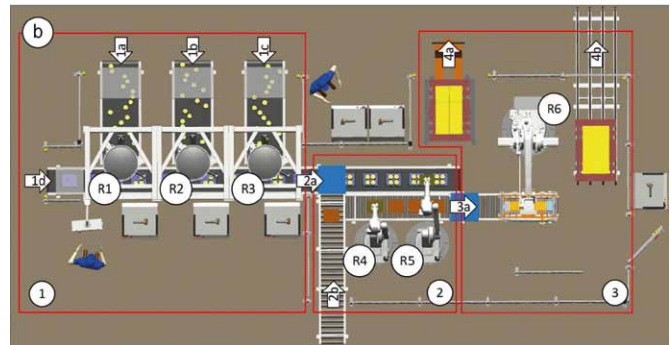
- zapewnienia bezpieczeństwa pracownikom;
- zapewnienia odpowiedniej wydajności całego systemu;
- obsługi wybranych asortymentów produktów;
- określenia sposobu dosyłania produktów i odbioru gotowych palet;
- określenia sposobu sortowania, pakowania i paletyzacji;
- zapewnienia realizacji wymaganych wzorów sortowania, pakowania i paletyzacji;
- określenia stopnia automatyzacji całego procesu.

Następnie należy opracować plan zawierający szczegółowe zadania związane z sortowaniem, pakowaniem i paletyzacją produktów oraz określić pożądane efekty całego procesu. Każde z tych zadań ma swoją specyfikację, która zostanie przedstawiona w podrozdziale 2. Ogólnie, zrobotyzowane stanowiska tego typu zawierają kilka systemów dotyczących produktów: pobierania, kontrolowania, przenoszenia, sortowania, odkładania, pakowania i składowania.

2. Budowa stanowiska sortowania, pakowania i paletyzacji

Analizując przepływ produktów, łatwo można zauważyć, że stanowisko przedstawione na rysunku 6.2 można podzielić na trzy stacje. Z uwagi na charakter procesu konfiguracja poszczególnych stacji jest związana w szczególności z liczbą i typem robotów:

- stacja sortowania (1 na rys. 2 b) – ze względu na konieczność obsługi dużej liczby pojedynczych produktów w ograniczonym czasie w stacji tej wykorzystuje się kilka robotów (często czteroosiowych, np. typu SCARA lub delta – R1, R2, R3 na rys. 2 b) o małym udźwigu i małej przestrzeni roboczej; roboty na tym etapie realizują zadania z wykorzystaniem



Rys. 2. Stanowisko w środowisku RobotStudio firmy ABB:

- 1 – stacja sortowania produktów i umieszczania ich na tackach; 2 – stacja pakowania tacek z produktami do kartonów; 3 – stacja paletyzacji; 1a, 1b, 1c – źródło produktów w stacji sortowania; 1d – źródło tacek w stacji sortowania; 2a – wyjście stacji sortowania będące źródłem stacji pakowania; 2b – źródło kartonów stacji pakowania; 3a – wyjście stacji pakowania będące źródłem stacji paletyzowania; 4a, 4b – wyjście stacji paletyzacji

systemów wizyjnych i śledzeniem transporterów, ponieważ produkty są dostarczane często w sposób nieuporządkowany;

- stacja pakowania – przepływ produktów, zarówno komponentów wejściowych (produkty i opakowania), jak i wyjściowych, jest zwykle realizowany w sposób uporządkowany; roboty stosowane w stacji, w porównaniu z robotami w stacji sortowania, mają większy udźwig i większą przestrzeń roboczą; najczęściej stosowane są uniwersalne roboty sześciokościowe (R4, R5 na rys. 2 b);
- stacja paletyzacji – liczba robotów jest mniejsza, często jest to jeden robot (R6 na rys. 2 b); roboty często są jednostkami czteroosiowymi o dużym zasięgu oraz udźwigu; w wielu rozwiązaniach obsługują one więcej niż jedną linię dosyłającą i odbierającą produkty (2, 3 na rys. 2 b).

2.1. Zrobotyzowane sortowanie produktów

Sortowanie produktów – dobór robota i jego wyposażenia

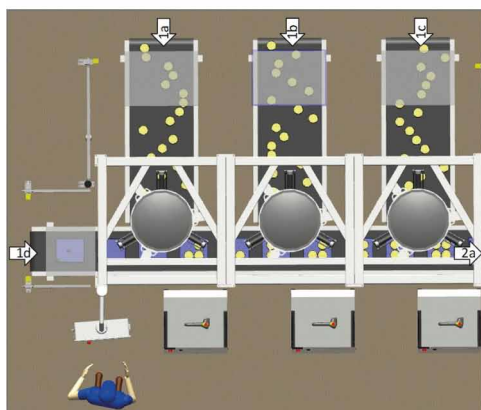
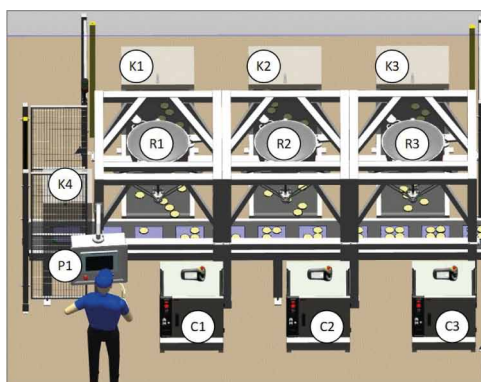
Firmy produkujące roboty przemysłowe mają w swojej ofercie dedykowane procesowi sortowania roboty cztero- i sześciokościowe. W większości przypadków roboty czteroosiowe wydają się wystarczające. Trzy główne osie robota pozwalają na dowolne przemieszczanie ładunku w przestrzeni kartezyjskiej – wzdłuż osi X, Y, Z, oś czwarta pozwala na zmianę orientacji ładunku wokół osi pionowej Z – jest to uzasadnione, gdy

produkty nie są uporządkowane na transporterze. Analizując proces, łatwo zauważyć, że roboty przeznaczone do sortowania ogólnie charakteryzują się m.in.:

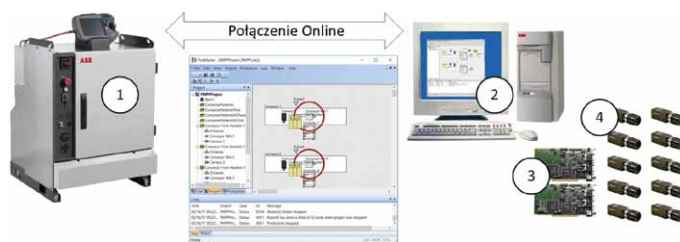
- małym zakresem udźwigu, ok. 0,5–8 kg;
- małą przestrzenią roboczą, najczęściej dostosowaną do szerokości transportera;
- dużymi prędkościami, do 10 m/s;
- dużą powtarzalnością, ok. 0,03–0,2 mm;
- standardowo stopniem ochrony IP67.

Roboty w procesie sortowania wykonują operacje typu *pick and place*, przenosząc produkty z jednego miejsca do drugiego. W nowoczesnych, w pełni zautomatyzowanych stacjach sortowania do zadań robota należą:

- przenoszenie nieuporządkowanych produktów z jednego transportera na inny zgodnie z algorytmem sortowania:
 - układanie warstw parzystych i nieparzystych w tzw. kontenerach (np. na tackach, blistrach, w kartonach);
 - odpowiednie zorientowanie produktów (jeśli wymagane);
- wykrywanie i śledzenie położenia produktów, czasami również kontenerów, na przenośnikach [I.26];
- praca „w locie”, bez zatrzymywania przenośników podczas wykonywania operacji pobierania, przenoszenia i odkładania produktów;
- chwytanie produktów pojedynczo lub po kilka jednocześnie;
- odkładanie produktów do kontenerów.



Rys. 3. Stacja sortowania w środowisku RobotStudio firmy ABB: R1, R2, R3 – roboty IRB 360; C1, C2, C3 – kontrolery IRC5 z FlexPendantami; K1, K2, K3, K4 – tunele świetlne z kamerami; P1 – pulpit operatora; 1a, 1b, 1c – linie dosyłające produkty; 1d – transportery dosyłające tacki; 2a – transporter wyjściowy



Rys. 4. Elementy systemu PickMaster3 firmy ABB: 1 – kontroler IRC5; 2 – komputer z programem PickMaster3; 3 – karty do obsługi kamer; 4 – kamery

(Źródło: ABB)

Roboty pracujące na liniach sortujących są zwykle wyposażone w proste chwytaki pneumatyczne (jeśli to możliwe – przysawkowe), a głównym wymogiem jest maksymalnie krótki czas uchwycenia i upuszczenia produktu.

Sortowanie produktów – konfiguracja stacji

Stanowisko zrobotyzowanego sortowania może składać się z kilku systemów dotyczących produktu, m.in.: pobierania, kontrolowania, przenoszenia, sortowania i układania (1 na rys. 2 b). Z uwagi na charakter procesu, stacja sortowania ma następujące cechy (rys. 3):

- duża wydajność dostosowana do potrzeb odbiorcy;
- bardzo szybkie roboty, często pracujące kaskadowo;
- kilka linii dosyłających produkty oraz co najmniej jedna linia dosyłająca kontenery (tacki, blistry, kartony);
- śledzenie taśmy produkcyjnej, gdzie zadania robotów są wykonywane „w locie” (bez zatrzymywania przenośników);
- nieuporządkowane produkty na liniach wejściowych;
- na wyjściu stacji otrzymuje się produkt gotowy do pakowania lub paletyzacji.

Przy doborze robotów do stacji sortującej należy zwrócić uwagę na dobór opcji systemowych robota, które mogą wesprzeć proces programowania i obsługi stacji.

Zainteresowanie procesami sortowania jest na tyle duże, że producenci robotów proponują moduły wspierające tworzenie takich stacji w trybie offline (np. firma ABB oferuje pakiet Picking PowerPac dla środowiska RobotStudio) oraz moduły wspierające szybką konfigurację procesu sortowania/pakowania (np. Pick-Master 3 firmy ABB – rys. 4) [I.11, I.26, II.3].

2.2. Zrobotyzowane pakowanie produktów

Pakowanie produktów – dobór robota i jego wyposażenia

Pakowanie produktów jest często połączone z ich sortowaniem (zwłaszcza jeśli produkty mają duże gabaryty lub masę), dlatego etap sortowania może nie być wyodrębniony z procesu. W przedstawionym na rysunku 2 przykładzie założono (tak jest zazwyczaj), że zarówno transportery wejściowe, jak i wyjściowe przemieszczają detale w sposób uporządkowany, a sam proces może być realizowany bez/z zatrzymaniem taśmy produkcyjnej.

Na etapie pakowania (ponieważ w większości przypadków celem jest przeniesienie produktu z jednego miejsca do drugiego) stosuje się uniwersalne roboty sześćo- i czteroosiowe.

Roboty sześćoosiowe są stosowane ze względu na ich większą elastyczność i większą przestrzeń roboczą (podczas realizacji procesu pakowania czasami konieczne jest wykonywanie dodatkowych operacji manipulacyjnych). Dodanie odrębnej stacji pakowania do stanowiska zwiększa wydajność i płynność realizacji procesu. Roboty przeznaczone do pakowania charakteryzują się m.in.:

- małym zakresem udźwigu, ok. 1–30 kg;
- przestrzenią roboczą zwykle odpowiadającą przestrzeni roboczej człowieka;
- dużą prędkością – do 10 m/s;
- wysoką powtarzalnością, ok. 0,03–0,2 mm;
- standardowo stopniem ochrony IP67.

Roboty w procesie pakowania wykonują operacje typu *pick and place*, przenosząc produkty z jednego miejsca do drugiego. W nowoczesnych, w pełni zautomatyzowanych stacjach pakowania do zadań robota należy zaliczyć:

- przenoszenie uporządkowanych produktów z jednego transportera na inny, zgodnie z algorytmem pracy:
 - układanie warstw parzystych i nieparzystych w tzw. kontenerach,
 - odpowiednie zorientowanie produktów;
- chwytanie produktów pojedynczo lub po kilka jednocześnie;
- odkładanie produktów do kontenerów.

Roboty pakujące są zwykle wyposażone w bardziej złożone, w porównaniu z sortującymi, chwytaki pneumatyczne (jeśli to możliwe – przysawkowe).

Pakowanie produktów – konfiguracja stacji

Stanowisko zrobotyzowanego pakowania może się składać z kilku systemów dotyczących produktu, m.in.: pobierania, kontrolowania, przenoszenia, sortowania i układania (rys. 2). Stacja pakowania ma następujące cechy (rys. 5):

- duża wydajność dostosowana do potrzeb odbiorcy;
- szybkie roboty, często pracujące kaskadowo;
- jedna linia dosyłająca produkty i jedna linia dosyłająca kartony;
- uporządkowane produkty na linii wejściowej;
- na wyjściu stacji otrzymuje się produkt gotowy do paletyzacji.



Rys. 5. Stacja pakowania w środowisku RobotStudio firmy ABB:
R4, R5 – roboty IRB1600; C4, C5 – kontrolery IRC5 z FlexPendantami;
2a, 2b – transportery dosyłające produkty; 3a – transporter wyjściowy

2.3. Zrobotyzowana paletyzacja produktów

Paletyzacja produktów – dobór robota i jego wyposażenia

Firmy produkujące roboty przemysłowe oferują – przeznaczone do procesu paletyzacji – roboty cztero- i pięcioosiowe. W większości przypadków roboty czteroosiowe są wystarczające (trzy główne osie robota pozwalają na dowolne przemieszczanie ładunku w przestrzeni kartezjańskiej – wzdłuż osi X, Y, Z), czwarta oś pozwala na zmianę orientacji ładunku wokół pionowej osi Z). Czasami jednak, zwłaszcza przy paletyzacji ładunków o nieregularnych kształtach (np. worki), są stosowane roboty pięcioosiowe, które dodatkowo umożliwiają przechylenie ładunku, a tym samym pozwalają na ułożenie bardziej uporządkowanego, wyższego stosu. Analizując oferowane produkty, łatwo zauważyć, że roboty przeznaczone do paletyzacji ogólnie charakteryzują się m.in.:

- relatywnie małą masą manipulatora w stosunku do udźwigu, ok. 800–2300 kg;
- dużym zakresem udźwigu, ok. 80–500 kg;
- dużym zasięgiem, ok. 2,5–3 m;
- krótkimi cyklami pracy, ok. 1500–2000 cykli/h (test 400/2000/400 mm);
- wysoką powtarzalnością, ok. 0,03–0,2 mm;
- standardowo stopniem ochrony IP67.

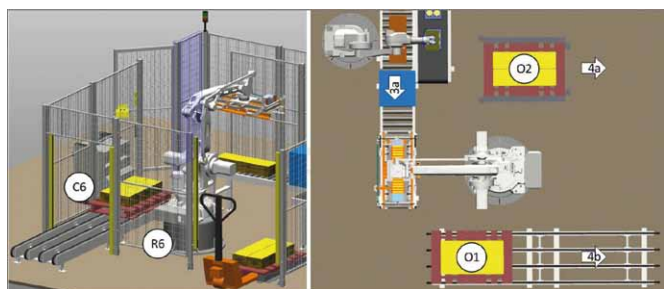
Paletyzacja produktów – konfiguracja stacji

Paletyzacja produktów może stanowić wąskie gardło w fabryce, ponieważ wszystkie wytwarzane w niej produkty muszą przejść przez stanowisko paletyzacji, zanim zostaną dostarczone do klienta. Stanowisko do paletyzacji często musi obsłużyć szeroką gamę produktów, które są kierowane do magazynów lub innych miejsc składowania. Produktami (z punktu widzenia paletyzacji) są najczęściej różnego typu kartony, ciasno i stabilnie układane na paletach [I.10, I.17].

Aplikacje do paletyzacji produktów ograniczają się w dużej mierze do pobierania obiektów charakteryzujących się dużymi gabarytami z określonej (stałej) pozycji i ustawienie ich w ciasny stos w innej (stałej) pozycji. Najważniejszym parametrem paletyzacji jest czas pracy robota, w którym musi on ułożyć stos wymaganej wysokości (zajmując przy tym jak najmniejszą przestrzeń).

Konfiguracja stanowiska do paletyzacji może przyjmować różne formy – od podstawowej, w której robot zastępuje człowieka jedynie przy przenoszeniu produktu z linii na paletę, do całkowicie zautomatyzowanej, w której zabezpieczona folią paleta jest gotowa do transportu (rys. 6), dlatego też wyposażenie robota jest różne. Na nowoczesnych, w pełni zautomatyzowanych stanowiskach do zadań robota należy:

- przenoszenie produktów z linii na paletę zgodnie z algorytmem paletyzacji:
 - przenoszenie po jednym produkcie lub po kilka produktów jednocześnie;
 - układanie warstw parzystych i nieparzystych (najczęściej przy wykorzystaniu obrotu produktów o 90° lub tworzeniu odbicia lustrzanego warstwy);
 - maksymalne wykorzystanie powierzchni palety,
 - odpowiednie zorientowanie produktów do celów logistycznych (widoczne logo, kody kreskowe itp.);



Rys. 6. Stacja paletyzacji w środowisku RobotStudio firmy ABB:
R6 – robot IRB 460; C6 – kontroler IRC5 z FlexPendantem; O1, O2 – stanowiska palet; 3a – transporter dosyłający produkty; 4a – kierunek obsługi palety; 4b – transporter wyjściowy

- układanie przekładek między warstwami (opcjonalnie, w celu zabezpieczenia poszczególnych warstw);
- sprawdzanie wysokości stosu palet w magazynie (opcjonalnie, przy pobieraniu palet z magazynu palet);
- przenoszenie palet z magazynu na stanowisko (opcjonalnie, w przypadku braku systemu dosyłania palet w sposób ręczny, podajnikiem lub za pomocą AGV – *Automated Guided Vehicles*);
- rozpoznawanie kodów kreskowych (opcjonalnie, np. w przypadku paletyzacji różnych produktów).

Uniwersalność manipulatorów robotów przemysłowych pozwala na wyposażenie ich w rozbudowane, wielofunkcyjne chwytaki pozwalające na wykonywanie kilku różnych operacji (m.in. przenoszenie produktów, przekładek, palet). W przypadku realizacji wymienionych wyżej zadań opcjonalnych podczas procesu paletyzacji konieczne jest wyposażenie robotów w dodatkowe oprzyrządowanie. Przykładem jest wyposażenie robota w czujnik umożliwiający wykonanie pomiaru wysokości stosu palet (np. w chwytaku) dla aplikacji wymagającej przenoszenia palet z magazynu do stacji. Wówczas robot automatycznie będzie wykonywał pomiar wysokości stosu palet (np. zawsze po podstawieniu nowego stosu palet) oraz śledził wysokość stosu podczas realizacji procesu.

Specjaliści z zakresu automatyki przemysłowej do zalet zautomatyzowanej paletyzacji zaliczają:

- automatyczną pracę 24 h na dobę;
- zwiększenie bezpieczeństwa;
- dużą powtarzalność i stałe tempo pracy;
- wysoką wydajność i niezawodność;
- optymalizację kosztów produkcji;
- relatywnie małą przestrzeń zajmowaną przez stanowiska do paletyzacji.

Według przeprowadzonych ankiet (źródło: Control Engineering, sierpień 2013) użytkownicy nie są w pełni zgodni z dostawcami w kwestii wykorzystania robotów przemysłowych w aplikacjach do paletyzacji w świetle wszystkich zastosowań (prym wiodą: spawanie i zgrzewanie). Użytkownicy wskazują, że użycie robotów do paletyzacji jest na poziomie 12% (dostawcy, że na poziomie 75%). Niemniej jednak aplikacji tych z każdym rokiem przybywa. Zainteresowanie jest na tyle duże, że producenci robotów proponują dziś moduły



Rys. 7. Elementy systemu PickMaster5 firmy ABB: 1 – kontroler IRC5; 2 – komputer z programem PickMaster5 (źródło: ABB)

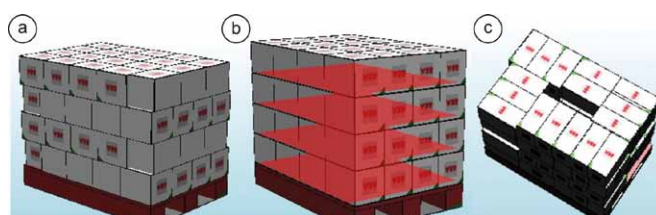
wspierające tworzenie takich stacji w trybie offline (np. ABB pakiet Palletizing PowerPac dla środowiska RobotStudio) oraz moduły wspierające szybką konfigurację procesu paletyzacji (np. PickMaster 5 firmy ABB – rys. 7) [I.11, II.3].

Paletyzacja produktów – szablony paletyzacji

Przystępując do wyboru szablonu układania produktów na palecie, należy wziąć pod uwagę wiele czynników, m.in.:

- dopuszczalny nacisk wywierany przez paletyzowane opakowania względem siebie (zapobieganie zgnieceniu dolnych warstw przez górne);
 - nośność jednostki ładunkowej;
 - środek ciężkości palety;
 - gabaryty palety – towar po utworzeniu stosu nie może wystawać poza obrys palety;
 - maksymalną wysokość palety z towarem (zazwyczaj 1800 mm);
 - maksymalne wykorzystanie powierzchni palety.
- Najczęściej stosowanymi szablonami paletyzacji są:
- na zakładkę;
 - z wykorzystaniem przekładek;
 - w formie studni.

Najpopularniejszym szablonem jest paletyzowanie na zakładkę, w której używa się dwóch różnych warstw: parzystej i nieparzystej [I.10]. Warstwy te są układane naprzemiennie w celu zwiększenia stabilności ładunku podczas transportu. Krawędzie paletyzowanych kartonów nie pokrywają się ze sobą w sąsiadujących warstwach, co zapobiega uszkodzeniu towaru. Metoda ta nie powinna być stosowana do produktów wymagających cyrkulacji powietrza między opakowaniami (np. w odniesieniu do produktów spożywczych o krótkim okresie przydatności).



Rys. 8. Typy paletyzacji: a) na zakładkę; b) z przekładkami; c) studnia

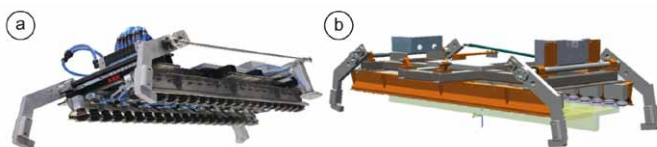
Kolejnym typem jest paletyzacja z przekładkami. Stosuje się ją w odniesieniu do produktów o małej wytrzymałości lub w przypadku problemów z uzyskaniem stabilnego stosu (i całej palety). Zastosowanie przekładek między poszczególnymi warstwami wzmacnia i stabilizuje stos oraz zapobiega odkształcaniu się opakowań. Należy jednak zwrócić uwagę na to, że proces staje się bardziej złożony z powodu konieczności:

- rozbudowy stanowiska o przestrzeń dla palety z przekładkami (zwiększenie gabarytów stanowiska);
- modyfikacji programu paletyzacji ze względu na konieczność dostarczania palety z przekładkami do stanowiska oraz odbierania pustej palety po przekładkach ze stanowiska;
- wydłużenia cyklu pracy stanowiska z uwagi na dodatkowe zadania robota (obsługa palety z przekładkami);
- zwiększenie funkcjonalności chwytaka (konieczna jego rozbudowa o możliwość chwytania przekładek).

Ostatnim sposobem paletyzacji jest tzw. studnia, który to sposób jest stosowany w transporcie produktów wymagających swobodnego dostępu powietrza (zwłaszcza podczas transportu i magazynowania).

Często, z uwagi na oczekiwania odbiorców, stosuje się metodę mieszaną polegającą na paletyzacji wielu rodzajów produktów na jednej paletcie. Dzięki temu odbiorca otrzymuje dokładnie tyle towarów, ile aktualnie potrzebuje. Polega to na przeplataniu warstw z różnymi produktami, o różnych gabarytach, do czego potrzebne są przekładki tekturowe, owijarki, a nawet pasy ściągające.

W instalowanych aplikacjach ważna jest wydajność całego stanowiska, którą można zwiększyć, stosując chwytaki wielosekcyjne z dodatkową funkcjonalnością. Wówczas robot pobiera z podajnika kilka gotowych produktów, po czym odkłada je na stosie palety. Przykładem jest chwytak FlexGripper-Vacuum firmy ABB przedstawiony na rysunku 9. Chwytak ten składa się z kilku sekcji, dzięki czemu pobiera i odkłada produkty w różnych konfiguracjach.



Rys. 9. Chwytak podciśnieniowy FlexGripper-Vacuum firmy ABB o udźwigu 40 kg: a) rzeczywisty chwytak; b) model CAD w programie RobotStudio
(Źródło: <http://www.ABB.com>, dostęp: 01.02.2015)

3. Bezpieczeństwo i środowisko pracy na stanowiskach sortowania, pakowania i paletyzacji

Nierozłącznym elementem każdego zrobotyzowanego stanowiska są elementy związane z bezpieczeństwem. Regulacje na ten temat zawarte są w normach ISO 10218:2011 Robots and robotic devices – Safety requirements for industrial robots oraz ANSI/RIA R15.06-2012. Najogólniej można je podzielić na trzy kategorie:

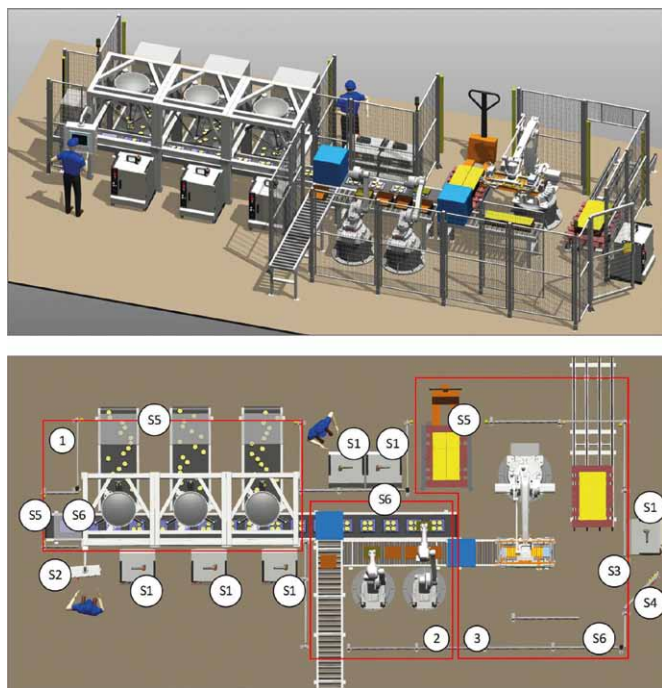
- informacyjno-ostrzegawcze – różnego typu tablice ostrzegawcze i informacyjne, kolumny świetlne oraz sygnalizatory dźwiękowe;

- sprzętowe – m.in.: przekaźniki bezpieczeństwa, przyciski bezpieczeństwa, kurtyny świetlne, drzwi serwisowe, bramy procesowe;
- programowe – aplikacje bezpieczeństwa w sterownikach bezpieczeństwa oraz opcje programowe robotów, np.: SafeMove firmy ABB, Safe Operation firmy KUKA.

Zastosowane na stanowisku urządzenia powinny cechować się dużą niezawodnością i być wyposażone w mechanizmy automatycznej kontroli oraz lokalizacji uszkodzeń. Szczególną uwagę należy zwrócić na aspekty bezpieczeństwa, stosując nowoczesne systemy i eliminując elementy mogące powodować wypadki (np. bezpośredni udział człowieka, ruch wózków widłowych). Zgodnie z obowiązującymi normami bezpieczeństwa, bardzo dużym ograniczeniem dla projektantów jest ilość miejsca wymagana dla robota przemysłowego. Zależy ona wprost proporcjonalnie od przestrzeni roboczej (a tym samym zasięgu) danego urządzenia – im większy jest zasięg robota, tym wymagana jest większa przestrzeń (roboty przeznaczone do procesu paletyzacji cechuje największy zasięg spośród całej rodziny robotów). Odbiorcy jednak oczekują minimalizacji tej przestrzeni. Producenci robotów starają się sprostać tym wymaganiom, wprowadzając coraz bardziej rozbudowane systemy zabezpieczeń. Oprócz ograniczeń mechanicznych poszczególnych osi robota, stosowane są obecnie, zgodne z normami, ograniczenia programowe, pozwalające na zdefiniowanie określonej przestrzeni, w której może poruszać się narzędzie robota (np. firma FANUC – system DCS V2, firma ABB – system SafeMove). Rozwiązania te pozwalają na ograniczenie przestrzeni roboczej w sposób wirtualny bez konieczności montażu dodatkowych urządzeń. Systemy te mogą być również stosowane wtedy, kiedy przestrzeń robocza jest wspólnie wykorzystywana przez wiele urządzeń lub urządzenie i operatora. Najbardziej zaawansowane systemy są w stanie kontrolować pozycję i prędkość całego ramienia robota. Umożliwiają to definiowanie bezpiecznych stref pracy robota, zatrzymywanie robota w bezpiecznej odległości i oczekiwanie aż operator, po wykonaniu czynności, opuści kontrolowaną strefę (np. z wykorzystaniem skanerów i kamer bezpieczeństwa), następnie kontynuowanie zautomatyzowanego procesu.

Na rys. 10 przedstawiono elementy systemu bezpieczeństwa zaproponowanego do stanowiska sortowania, pakowania i paletyzacji. System ten powinien zapewnić bezpieczeństwo pracownikom obsługującym stanowisko dzięki wydzieleniu odpowiednich stref stanowiska, zapewnieniu właściwej reakcji na zatrzymanie awaryjne, wyeliminowaniu przypadkowego, nieuprawnionego wtargnięcia do strefy niebezpiecznej wokół pracującego robota, umożliwieniu zmiany trybu pracy stanowiska oraz uzależnieniu działania poszczególnych elementów automatyki od trybu pracy stanowiska. Wyróżniono dwie strefy dostępu:

- strefę niebezpieczną, w której przebiega proces technologiczny – pracują w niej w trybie automatycznym wszystkie urządzenia; dostęp do tej strefy jest możliwy tylko przy użyciu drzwi serwisowych lub po otwarciu osłon (roboty sortujące);
- strefę bezpieczną, w której znajdują się wszystkie elementy sterujące stanowiskiem (m.in. kontrolery robotów, panel operatora) oraz przyciski bezpieczeństwa umożliwiające zatrzymanie całej stacji.



Rys. 10. Elementy systemu bezpieczeństwa stanowiska:

1 – strefa niebezpieczna stacji sortowania; 2 – strefa niebezpieczna stacji pakowania; 3 – strefa niebezpieczna stacji paletyzacji; S1 – przyciski zatrzymania awaryjnego umiejscowione na kontrolerach robotów oraz FlexPendantach; S2 – przycisk zatrzymania awaryjnego na panelu operatora; S3 – przycisk zatrzymania awaryjnego i resetu systemu bezpieczeństwa przy drzwiach serwisowych; S4 – zamek bezpieczeństwa na drzwiach serwisowych; S5 – kurtyny bezpieczeństwa; S6 – kolumny świetlne

4. Przykłady zrobotyzowanych stanowisk pakowania i paletyzacji

Zautomatyzowane stanowiska pakowania i paletyzacji można spotkać w różnych branżach przemysłowych, m.in. w przemyśle meblarskim. Przykładem jest Grupa Swedwood – jeden z największych producentów łóżek na świecie. W zakładzie w Lubawie w ostatnim czasie uruchomiono stanowisko do paletyzacji, które obsługuje dwie linie technologiczne produkujące komponenty meblowe (rys. 11). Zadaniem robota jest układanie na palecie ośmiu warstw kartonów (na każdej warstwie 4 szt.) z trzema przekładkami w cyklu 7,5 s (na karton z każdej linii). Kartony o jednakowym formacie (200 × 200 × 2000 mm), o masie do 30 kg mogą zawierać różne zestawy elementów. Paletyzacja odbywa się do dwóch miejsc odkładczych, po jednym na każdą linię podłączoną do systemu. Komórka jest dodatkowo wyposażona w miejsce składowania i poboru przekładek oraz pustych palet [I.17].

Nie zawsze jednak proces paletyzacji obejmuje opakowania o jednakowych i regularnych kształtach (takich jak kartony). Przenoszonymi produktami często są worki, o nieregularnym kształcie, co w procesie paletyzacji wprowadza dodatkowe utrudnienie, zwłaszcza jeśli konieczne jest układanie wysokich i stabilnych stosów. Poszukiwane są więc rozwiązania, które umożliwią automatyzację paletyzacji oraz zapewnienie



Rys. 11. Stanowisko do paletyzacji elementów mebli w firmie Swedwood (Źródło: ABB)



Rys. 12. Paletyzacja worków w Cukrowni Strzyżów (Źródło: Cukrownia Strzyżów)

wysokiej wydajności. Przykładem jest rozwiązanie zastosowane przez Cukrownię Strzyżów (rys. 12), gdzie pracę manualną zastąpiono pracą robota. Robot firmy FANUC przenosi dwa worki: z 25 kg lub 50 kg cukru każdy, z wydajnością ok. 250 i 400 cykli/h. Poprawność ułożenia warstw na palecie ma wpływ na wysokość stosu – umożliwia składowanie czterech, a nawet pięciu pełnych palet jedna na drugiej (wcześniej układano stosy maksymalnie z trzech zapełnionych palet).

Problemem paletyzacji jest również różnorodność produktów. Oprócz rozwiązań polegających na paletyzowaniu maksymalnie kilku różnych towarów, istnieją aplikacje obejmujące automatyczne systemy przystosowane do obsługi nawet kilkudziesięciu typów produktów. Korzysta z nich na przykład firma Strauss Cafe Poland (rys. 13) – producent znajdujący się w czołówce palarni kawy w Polsce, który rocznie wytwarza 20 000 t kawy i sprzedaje ją pod różnymi markami. Tworzenie tak rozbudowanych i kompleksowych rozwiązań jest praktycznie zarezerwowane dla największych firm integratorskich. Jedną z nich jest firma FlexLink, która – przy jednoczesnej obsłudze do 50 palet/h – uzyskała sumaryczną wydajność paletyzacji ok. 60 kartonów/min. W pełni kompleksowe rozwiązanie przy wykorzystaniu robotów firmy ABB uwzględnia m.in.: transport



Rys. 13.
Stanowisko do paletyzacji kawy w firmie Strauss Cafe Poland
(Źródło: ABB)



Rys. 14.
Stanowisko do paletyzacji materiałów sypkich z robotem firmy FANUC
(Źródło: FANUC)

produktów, roboty przemysłowe, dystrybucję palet wraz z integracją automatycznej owijarki i etykieciarki, a także oprogramowanie SCADA zintegrowane z urządzeniami wykonawczymi oraz oprogramowaniem SAP, umożliwiając automatyczne generowanie na etykiecie miejsc magazynowych dla palet pełnych wraz z raportowaniem produkcji.

Dużym atutem zautomatyzowanej paletyzacji, jak wskazują użytkownicy, jest identyczny sposób ułożenia wszystkich produktów oraz zwiększenie wydajności. W firmie Megaron, która zajmuje się produkcją suchych mieszanek gipsowych, gotowych zapraw szpachlowych oraz emulsji gruntujących, roboty przemysłowe firmy FANUC pracują na dwóch liniach: wyrobów suchych i mokrych. W przypadku produktów suchych robot chwytka, przenosi i układa na palecie po jednym worku, natomiast na linii produktów mokrych dwa roboty chwytają wiaderka o masie 20 i 17 kg, przenoszą i ustawiają na palecie po 4 szt. jednocześnie, wiaderka 5 kg po 6 szt., a opakowania 1,5 kg po 9 szt. jednocześnie (rys. 14). Standardowa paleta wyrobów suchych zawiera zwykle 54 szt. mieszanki gipsowej. Jak twierdzą pracownicy, przed automatyzacją procesu firma zapewniała takich palet ok. 60 dziennie przy założeniu 8-godzinnego trybu pracy 10 osób. Po wprowadzeniu automatyzacji linię bezpośrednio obsługuje tylko 1 osoba, a wydajność wynosi 200 palet (54 szt. po 20 kg)/8 h. Zastąpienie ciężkiej pracy fizycznej robotami pozwoliło na utworzenie nowych stanowisk dla osób o wyższych kwalifikacjach (m.in. elektryka, informatyka, konserwatora).

Innym przykładem wdrażania zrobotyzowanych stanowisk do paletyzacji produktów w naszym kraju jest fabryka farb i lakierów Śnieżka SA z Lubziny. Zatrudniając ponad 600 osób



Rys. 15.
Stanowisko do paletyzacji wiader z farbą w fabryce Śnieżka SA
(Źródło: ASTOR)

i wytwarzając rocznie ok. 90 mln l różnego rodzaju wyrobów chemii budowlanej, firma weszła do grona największych producentów krajowych. Wdrożone w firmie stanowiska, w skład których wchodzi dwa roboty Kawasaki ZD250 z oferty ASTOR (rys. 15), pozwalają na automatyczną paletyzację wiader o pojemności 3, 5, 10 i 15 l z dwóch linii rozlewniczych.

Zrobotyzowane stanowisko, dostarczone przez ASTOR, zostało zaprojektowane i wykonane przez Zakłady Mechaniczne Rufus z Dębicy. Podczas uruchamiania stanowiska szczególną uwagę zwrócono na:

- pozycjonowanie wiader, co zapewniło widoczność loga firmy paletyzowanego produktu;
- użycie specjalistycznego chwytaka mechanicznego, który chroni wiaderka przed niekontrolowanym upadkiem;
- zastosowanie panelu operatora z oprogramowaniem Wonderware InTouch, co zwiększyło elastyczność stanowiska, m.in.: umożliwiając operatorowi wybór aktualnie produkowanego asortymentu oraz określenie sekwencji ułożenia wiader i przekładek.

Wdrożenie zrobotyzowanych stanowisk zwiększyło wydajność i niezawodność całego ciągu produkcyjnego, zapewniło wysoką jakość i powtarzalność ułożenia produktu na paletach oraz poprawiło warunki pracy, wyręczając pracowników w fizycznych i monotonicznych zadaniach (15-litrowe wiaderko waży 22 kg). Robotyzacja procesów technologicznych zwiększa prestiż firmy, co uzasadnia celowość jej wdrożenia. Ważne jest również to, że poziom zatrudnienia w firmie się nie zmienił, a osoby, które do tej pory układały wiaderka, zostały przesunięte do prac bardziej przyjaznych dla człowieka. ■

Bibliografia dostępna pod linkiem: wdp.com.pl/bibliografia.html

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

