

Wykorzystanie robotów przemysłowych w wybranych aplikacjach

Najstarszym i najdłuższym etapem w dziejach rozwoju społeczności ludzkiej jest paleolit. Jego początek to moment pojawienia się form przedludzkich zdolnych do wytwarzania prymitywnych narzędzi, schyłek natomiast to powstanie pierwszych miast, dających początek wielkim cywilizacjom. Te dwa wydarzenia są charakterystyczne dla rozwijającego się społeczeństwa również dzisiaj. Zdolność człowieka do poszukiwania nowych rozwiązań, zwłaszcza w sferze posługiwania się coraz bardziej zaawansowanymi narzędziami, oraz zaspokajania potrzeb rozwijającego się społeczeństwa doprowadziła do uruchomienia w 1954 r. pierwszego na świecie robota o nazwie Unimate. Głównym zadaniem zbudowanego przez amerykańskich konstruktorów urządzenia miało być zaspokojenie potrzeb szybko rozwijającego się przemysłu motoryzacyjnego. Dzisiaj jest to najbardziej zrobotyzowana gałąź przemysłu, a stopień zautomatyzowania gospodarki brany jest pod uwagę podczas oceny poziomu cywilizacyjnego państw.

Na świecie, zwłaszcza w krajach średnio i słabo rozwiniętych gospodarczo, ciągle funkcjonuje przekonanie, że wykorzystanie robotów przemysłowych ma sens tylko w przypadku dużych koncernów zajmujących się produkcją wielkoseryjną. Na takie przekonanie z pewnością wpływa fakt, że większości ludzi duże koncerny kojarzą się z przemysłem motoryzacyjnym, a same roboty łączone są głównie z produkcją samochodów. Ma to oczywiście swoje uzasadnienie, ponieważ to właśnie w tej gałęzi przemysłu można znaleźć najwięcej aplikacji wykonywanych automatycznie (m.in. spawanie łukowe, zgrzewanie punktowe, manipulowanie, obsługa maszyn, malowanie i montaż). Jeszcze do niedawna przewaga pod względem poziomu robotyzacji przemysłu motoryzacyjnego i maszynowego nad innymi gałęziami była tak duża, że wielu ludziom

trudno było wymienić inne przykłady zastosowania robotów.

W ostatnim jednak czasie, ze względu na dynamiczny rozwój robotyzacji procesów sortowania, pakowania i paletyzacji oraz montażu, roboty znalazły swoje zastosowanie w przemyśle spożywczym, farmaceutycznym i elektronicznym. Potwierdzone praktycznie szerokim wachlarzem aplikacji zalety stosowania robotów przemysłowych oraz proponowanie przez producentów nowoczesnych aplikacji wspierających programowanie robotów sprawiają, że zauważono ich miejsce również na pojedynczych stacjach, w średnich i małych przedsiębiorstwach. Być może ze względu na małą produkcję do właścicieli takich firm nie przemawia obniżenie kosztów wytwarzania, nie są oni jednak obojętni na zwiększenie bezpieczeństwa, zapewnienie krótszych cykli pracy i stałą jakość wytwarzanych produktów. Pozostaje obawa przed koniecznością serwisowania robota i ewentualnego przeprogramowania urządzenia. Rozwiązaniem może być stale rozwijane oprogramowanie, które umożliwia tworzenie prostych aplikacji operatorskich, na przykład do pracy w trybie półautomatycznym, lub zadaniowe przeprogramowanie robota w pewnym zakresie.

Ciągle wprowadzanie nowych rozwiązań w zakresie sprzętu i programów, rosnąca liczba robotów stosowanych niemal we wszystkich gałęziach przemysłu oraz możliwość ich nabycia za rozsądną cenę (również na rynku wtórnym) pozwalają sądzić, że w najbliższej przyszłości roboty będą się nadawały do aplikacji specjalnych i stanowisk jednostkowych, często spotykanych zwłaszcza w małych firmach.

1. Zalety robotyzacji

Wymagania narzucane współczesnym wytwórcom przez silną konkurencję wymuszają ciągle podnoszenie jakości wyrobów z jednoczesną redukcją

kosztów ich produkcji. Automatyzacja wytwarzania zapewnia spełnienie tych pozornie przeciwstawnych wymogów. Roboty zastępują pracowników w monotonnych, męczących i niebezpiecznych czynnościach, umożliwiają efektywne wykorzystanie kwalifikacji i pracy ludzi oraz posiadanego parku maszynowego. Są niezastąpione w aplikacjach charakteryzujących się dużą dokładnością i powtarzalnością. Dodatkowo, ze względu na dużą elastyczność sprzętową i programową robotów, zmiana profilu produkcji, geometrii wytwarzanych detali, modernizacja stanowiska czy optymalizacja procesu są stosunkowo proste i nie wymagają dużych nakładów finansowych [I.27].

Zarówno użytkownicy, jak i dostawcy robotów przemysłowych zgodnie twierdzą, że najczęściej zrobotyzowanym procesem jest spawanie. Doświadczenie wskazuje, że proces spawania z użyciem robota jest od dwóch do pięciu razy szybszy od spawania tradycyjnego, eliminuje konieczność dokonywania poprawek oraz zmniejsza zużycie spoiwa. Robot w trakcie pracy generuje mniej odprysków i odpadów, a wykonana spoina zawsze charakteryzuje się takimi samymi parametrami. Należy zaznaczyć, że wykonanie spoiny o odpowiedniej jakości wymaga doświadczenia oraz wprawy, dlatego ważnym czynnikiem sprzyjającym zakupowi zrobotyzowanych stanowisk spawalniczych jest niedobór wykwalifikowanych spawaczy na rynku pracy. Dzieje się tak z kilku powodów: praca ta jest męcząca, brudna i często przebiega w szkodliwych warunkach.

Obecnie nowoczesne środowiska programistyczne zapewniają dokładne zaprojektowanie procesu spawania i przetestowanie go jeszcze przed rozpoczęciem pracy stanowiska. Dzięki współpracy producentów robotów oraz osprzętu spawalniczego oferowane są dedykowane zestawy spawalnicze oraz akcesoria podnoszące wydajność

produkcji i jakość produktów. Wskutek ciągłego rozwoju oprogramowania oraz stosowania układów sensorycznych, w tym systemów wizyjnych, roboty przemysłowe potrafią same zlokalizować położenie złącza przed spawaniem oraz adaptować się podczas realizacji procesu, jeśli konieczna jest kompensacja odchylenia palnika (np. w miejscach o różnej grubości spoin), optymalizując tym samym wyniki procesu.

W celu zapewnienia ciągłości procesu ważny jest stały zapas drutu spawalniczego, gazu szlachetnego i płynu chłodzenia palnika. Natomiast pod względem wymagań technicznych robota wymagane są: dokładne odwzorowanie ścieżki ruchu narzędzia, duża powtarzalność ruchów (0,04–0,1 mm), szeroki zakres prędkości, interfejsy dla pozycjonerów oraz możliwość montażu podłogowego, odwrotnego, na ścianie i pod kątem, bez konieczności zmian mechanicznych w robocie.

2. Zrobotyzowane stanowiska spawalnicze

Pojawiające się w firmach spoza przemysłu motoryzacyjnego zrobotyzowane cele spawalnicze są dowodem na zapotrzebowanie na budowę tego typu stanowisk. Przykładem jest Wytwórnia Okuć Meblowych (WOM) z Brodnicy, która powstała w 1991 r. W pierwszych latach funkcjonowania firma uruchomiła narzędziownię i biuro konstrukcyjne, po czym zainwestowała w nowoczesne tworzywa sztuczne. W kolejnym etapie rozwoju, w koncepcji automatyzacji produkcji znalazły się m.in. cztery zrobotyzowane, działające niezależnie stanowiska spawalnicze typu FlexArc firmy ABB (rys. 1). Na każdym z nich pracują dwa roboty spawalnicze oraz dwustronny pozycjoner, sterowane za pomocą jednego kontrolera IRC5 z wykorzystaniem funkcji MultiMove. Dzięki takiemu rozwiązaniu praca na stanowisku odbywa się równolegle. Podczas gdy z jednej strony pozycjoner roboty łączy elementy, z drugiej pracownicy przygotowują kolejny komplet do spawania. Przedstawiciele firmy zdecydowali o instalacji kilku komór spawalniczych ze względu na zachowanie ciągłości produkcji w przypadku realizacji dużych zamówień lub problemów technicznych



Rys. 1. Proces spawania robotem przemysłowym (Źródło: ABB)

któregoś stanowiska. Dzięki nowym rozwiązaniom WOM rozpoczęła produkcję kompletnych stelaży, ram, podnośników, rolek i nóg. Obecnie firma jest największym dostawcą elementów do producentów mebli dla sieci IKEA i należy do pierwszej piątki firm w branży.

Kolejnym często zrobotyzowanym procesem technologii łączenia jest zgrzewanie punktowe. Podobnie jak spawanie łukowe jest ono utożsamiane z przemyśłem motoryzacyjnym i ma te same cechy wpływające na celowość jego robotyzacji, m.in. wymagana duża powtarzalność ruchów (rzędu 0,1 mm). Zgrzewadła są urządzeniami ciężkimi, o dużych gabarytach, a sam proces charakteryzuje się generowaniem dużych sił niezbędnych do zapewnienia prawidłowego kontaktu elementów zgrzewanych podczas procesu. W przypadku karoserii samochodowej niezbędne jest wykonanie nawet kilku tysięcy zgrzein (często w trudno dostępnych miejscach), co sprawia, że najbardziej efektywnym rozwiązaniem jest użycie do tego celu robota. Również w tym przypadku coraz częściej można spotkać rozwiązania poza przemysłem motoryzacyjnym.

Firma Stähli, producent szaf stalowych, pragnąc konkurować na rynku z innymi dostawcami, zdecydowała się na automatyzację produkcji (rys. 2) [I.12, I.13].

Poszukiwane rozwiązanie musiało być elastyczne, aby zapewnić możliwość



Rys. 2. Zgrzewanie szaf stalowych w firmie Stähli (Źródło: KUKA)

zgrzewania szaf o różnych gabarytach na jednym stanowisku. Z pomocą przysłała firma KUKA, budując zrobotyzowaną komorę produkcyjną z robotem KR 125 o zasięgu 2,4 m oraz implementując oprogramowanie umożliwiające zgrzewanie prawie 70 różnych modeli szaf. Średni czas przygotowania elementów szaf do zgrzewania wynosi ok. 5 min, przy czym cykl pracy robota, podczas którego wykonuje on ok. 75 zgrzewów, wynosi 2,5 min. W sumie czas wykonania jednej szafy wynosi ok. 8 min, a w poprzedniej technologii wynosił średnio 24 min. Wydajność pracy zwiększają dwa stoły umożliwiające równoległą pracę robota (na jednym stanowisku) oraz ludzi, których głównym zadaniem jest przygotowanie elementów do procesu zgrzewania (na drugim stanowisku). W efekcie uzyskano produkcję na poziomie 100 szaf w ciągu jednej zmiany (8,5 h), zapewniając przy tym wysoką jakość oferowanych produktów.

Transport jest jednym z wielu procesów wytwórczych nieodłącznie związanych z liniami technologicznymi fabryk. Umożliwia on przemieszczanie obrabianych produktów z jednego miejsca do innego i wymaga posiadania urządzeń umożliwiających wykonywanie tego ruchu. Konieczność zapewnienia terminowego, monotonnego przepływu produktów (często o dużej masie) w całym cyklu produkcyjnym sprawia, że drugim najchętniej zrobotyzowanym procesem jest manipulowanie (przenoszenie i obracanie) obiektami. Celowość zastosowania w tym procesie robotów jest podyktowana wymogiem dużej powtarzalności

ruchów oraz szybkości realizacji zadań, co znacznie poprawia wydajność całego ciągu technologicznego. Ze względu na różnorodność produktów roboty dedykowane temu procesowi zwykle charakteryzuje duża przestrzeń robocza (nawet do 30 m – przy zastosowaniu torów jezdnych), duża rozpiętość udźwigu (zwykle 3–600 kg) oraz możliwość montażu w różnych pozycjach. Z tego względu w pakiecie oprogramowania takiego robota powinny znaleźć się m.in. następujące funkcje: sprawdzanie wolnej przestrzeni, sterowanie dodatkową osią, wykrywanie kolizji i śledzenie taśmy produkcyjnej.

Przykładem wykorzystania robotów w aplikacjach przenoszenia może być robotyzacja procesu przygotowania kauczuku do wysyłki w firmie Synthos Dwory, jednego z największych producentów chemicznych w Polsce (rys. 3). Problem powstał z powodu drewnianych opakowań, które zanieczyszczały kauczuk w sposób trudny do wykrycia w dalszym procesie produkcyjnym (problem bardzo kłopotliwy, zwłaszcza dla producentów opon samochodowych). W tym przypadku, podczas modernizacji linii technologicznej podyktowanej wymianą opakowań drewnianych na stalowe, okazało się, że nie ma możliwości dostosowania do nowej koncepcji specjalistycznych pakowarek przeznaczonych jedynie do opakowań drewnianych. Inżynierowie zdecydowali o wymianie specjalistycznych urządzeń na nowoczesne roboty przemysłowe. Rozwiązanie okazało się znacznie nowocześniejsze, bardziej elastyczne (możliwość obsługi różnego typu opakowań) i w dodatku wcale nie droższe. Wykonawcą została gliwicka firma AIUT, która zainstalowała sześć robotów firmy ABB obsługujących całą



Rys. 3. Pakowanie kauczuku w firmie Synthos Dwory (Źródło: ABB)

produkcję kauczuku. Obniżenie kosztów eksploatacji osiągnięto dzięki zastosowaniu jednego modelu robota (łatwiejsze zarządzanie urządzeniami) do wykonywania różnych zadań. W przedstawionej aplikacji każdy robot odbiera w ciągu 1 h 160 kostek kauczuku, a każda waży 33 kg, co oznacza, że każdy manipulator transportuje podczas 1 zmiany 40 t towaru.

3. Pakowarki vs roboty

Ze względu na dużą elastyczność roboty przemysłowe coraz częściej zastępują urządzenia specjalistyczne (np. pakowarki). Czy jednak taka zamiana jest możliwa we wszystkich aplikacjach? Oczywiście, nie. W procesach wytwórczych zwłaszcza przemysłu maszynowego można spotkać zadania, od których na przykład wymaga się dużej dokładności i nie wystarczy dokładność rzędu setnych części milimetra, jaką zapewniają roboty. Dlatego w wielu firmach funkcjonują stanowiska specjalistyczne obsługiwane przez roboty. Dzięki powtarzalności wykonywanych ruchów oraz szerokim możliwościom wyposażania robotów w różnego typu efektory i czujniki (również w systemy wizyjne) nadają się one doskonale do obsługi wysoko zaawansowanych maszyn specjalistycznych. W tym przypadku głównym zadaniem robotów jest redukcja „martwego” czasu urządzenia. Kluczowe, podobnie jak w poprzedniej aplikacji, są duża powtarzalność ruchów oraz szybkość realizacji zadań, co prowadzi do precyzyjnych operacji, charakteryzujących się krótkimi czasami załadunku i rozładunku, a tym samym do ekonomicznej pracy całego stanowiska.

W aplikacjach tego typu jeden robot może obsługiwać kilka urządzeń. Proces jest chętnie robotyzowany ze względu na monotonię wykonywanych zadań, manipulowanie dużymi i ciężkimi obiektami, a także poprawę bezpieczeństwa. Ponieważ urządzenia specjalistyczne są często niebezpieczne dla człowieka (gilotyny, prasy, krawędziarki), przy ich obsłudze dochodziło do groźnych wypadków (nierzadko na skutek nieprzebrzegania przez obsługę zasad bezpieczeństwa), które na długi czas zatrzymywały proces produkcyjny. Przy automatyzacji tego typu procesów zauważono wydłużenie okresów bezwypadkowych, co zwiększa

wydajność oraz zaufanie kooperantów. Przykładem jest uruchomione przez firmę Roboty Przemysłowe Sp. z o.o. zautomatyzowane stanowisko do obsługi prasy krawędziowej (rys. 4), gdzie istnieje możliwość wyginania blach o różnych grubościach. Blachy pobierane bezpośrednio z palety są bazowane na specjalnym stole pozycjonującym, co pozwala na ich precyzyjne uchwycenie i dowolne manipulowanie. Wdrożone rozwiązanie zapewnia wyginanie blach o wcześniej zdefiniowanym kształcie (blotniki do traktorów, półfabrykaty), produkcję ościeżnic oraz elementów drzwi i okien. Dzięki automatyzacji procesu zwiększono m.in. wydajność stanowiska, bezpieczeństwo i konkurencyjność.



Rys. 4. Obsługa prasy krawędziowej uruchomiona przez firmę Roboty Przemysłowe Sp. z o.o. (Źródło: Roboty Przemysłowe)

4. Nowe rynki dla robotyki

Obecność robotów niemal we wszystkich gałęziach przemysłu jest zauważalna, ale istnieją branże, które próbują dorównać motoryzacji. Przykładami są przemysł spożywczy i farmaceutyczny. Można powiedzieć, że są to gałęzie, które w ostatnim czasie podlegają kompleksowej robotyzacji przez stosowanie robotów na każdym etapie produkcji. Najbardziej widoczne jest to w aplikacjach sortowania, pakowania i paletyzacji. Rozpiętość zagadnienia powoduje, że stosowane są roboty małe, bardzo szybkie, z małym udźwigiem (sortowanie), średnie – charakteryzujące się większym zasięgiem i udźwigiem (pakowanie), a także duże – najczęściej czteroosiowe (paletyzacja). Z pewnością te dwie gałęzie przemysłu mają wpływ na statystyki związane z najczęstszymi zastosowaniami robotów przemysłowych. Należy zaznaczyć, że zarówno przemysł spożywczy, jak i farmaceutyczny cechują

wysokie wymagania. Nie bez znaczenia jest bezpośredni kontakt z produktami spożywczymi i lekami. Na każdym etapie produkcji od robotów wymaga się spełnienia najwyższych norm czystości i szczelności. Bardzo często są to urządzenia spełniające wymagania maszyn przeznaczonych do tzw. *clean rooms*. Dodatkowo na etapie sortowania, ze względu na brak uporządkowania produktów i często różnorodny asortyment, roboty muszą mieć możliwość współpracy z systemami wizyjnymi oraz dysponować funkcją śledzenia taśmy. Duża liczba produktów wymusza stosowanie bardzo szybkich urządzeń, często instalowanych kaskadowo [I.13, I.27].

5. Praca w niebezpiecznych warunkach

Z powodu trudnych warunków pracy procesy powierzchniowe są szczególnie niebezpieczne dla ludzkiego zdrowia. Lakier, cząstki emitowane podczas procesów szlifowania i polerowania, lecące iskry oraz duża emisja hałasu zmuszają do automatyzowania tego typu zadań w zrobotyzowanych komorach zamkniętych. Analizując polski rynek, można zauważyć, że sprzedaż robotów lakierniczych stanowi niewielki procent. Jak podają różne źródła, jest to ok. 2–3%, przy czym łączna liczba sprzedawanych robotów w Polsce to ok. 700 sztuk. Proces lakierowania wydaje się idealny do robotyzacji, m.in. z powodu szczególnie trudnych warunków pracy (toksyczność farb i lakierów oraz ryzyko ich samozapłonu czy wybuchu), powtarzalności (wieloseryjna produkcja) oraz wysokich wymagań czystości (brak zanieczyszczeń, które mogłyby zabrudzić malowane powierzchnie). Rozwiązania znane na świecie to przede wszystkim zamknięte komory do malowania karoserii samochodowych w przemyśle motoryzacyjnym, gdzie cząstki farby wypływające z rozpylacza są nanoszone elektrostatycznie, dzięki czemu farba lepiej przylega do malowanego elementu. Podejście takie zmniejsza zużycie lakieru o ok. 5%, ale proces wymaga szczególnych warunków, m.in. stałej odległości między elementem malowanym a narzędziem malującym, stałej prędkości narzędzia (jednolita jakość), pracy z ruchomymi elementami (śledzenie obiektów

na podajnikach). Wymagania procesu z góry narzucają opcje sprzętowe i programowe, w które powinny być wyposażone roboty lakiernicze.

W wytwarzającej dywaniki samochodowe firmie Sommer Allibert w Mouzo (Francja) częścią procesu jest produkcja pianek wyciszających (rys. 5). Używane są do tego formy, w których jest rozpylany środek adhezyjny umożliwiający łatwe usuwanie pianek z form. Przed wprowadzeniem automatyzacji pracownicy ubrani w maski ochronne, używając ciężkich ręcznych pistoletów, wykonywali ciężką i monotonną pracę, często przekraczając założone jej cykle. Stanowisko zmodernizowano dzięki zastosowaniu czterech sześciopięciowych robotów firmy KUKA. Trzy roboty zostały zamontowane w pozycji odwrotnej, a jeden na podłodze. Roboty pracują w trzech strefach. W pierwszej jeden robot (zamontowany w pozycji odwrotnej robot KUKA KR 15) natryskuje obie połowki formy. W kolejnej aplikacji dwa roboty KR 30 L15s, zamontowane odwrotnie na torze jezdnym, natryskują górne połowki form (każdy obsługuje dwie formy). Dolne połowki nadal są natryskiwane ręcznie małymi pistoletami (czynnik ekonomiczny). W ostatniej strefie robot został zamontowany na podłodze. Wymieniane często formy są kodowane, dzięki czemu łatwo wybrać opcję sprzętową (poszczególne roboty) i programową do zapewnienia ciągłości produkcji.

Pozostałe procesy powierzchniowe, tj. szlifowanie, polerowanie, usuwanie ostrych krawędzi, charakteryzują się podobnymi cechami. Aby poprawić parametry procesu, nowoczesne roboty przemysłowe są wyposażane w czujniki siły 3D (np. głowicę tensometryczną) i specjalne moduły oprogramowania, dzięki czemu możliwa jest kontrola działania sił podczas realizacji samej obróbki. Najbardziej zaawansowane urządzenia pozwalają na zachowanie stałych sił obróbki (np. zmniejszenie prędkości lub zmianę ścieżki ruchu w przypadku napotkania materiału o innej gęstości). W rezultacie otrzymuje się stację roboczą o większej wydajności (nawet o 20% krótszy czas cyklu), jednocześnie zmniejszając ryzyko uszkodzeń mechanicznych narzędzia i oprzyrządowania.



Rys. 5. Natrysk środka adhezyjnego w firmie Sommer Allibert (Źródło: Sommer Allibert)

Uniwersalność robotów przemysłowych zapewnia wykorzystywanie ich również do tworzenia prototypów.

W aplikacji dla firmy Guy Martin Design zastosowano robota KUKA KR 100 L80 HA, który jest zamontowany na torze jezdnym KL 1500 o długości 13 m. Przy obróbce szczegółowych pełnych projektów trójwymiarowych instalacja oparta jest na stole obrotowym, który jest napędzany jako 8 oś układu sterowania KUKA. Zależnie od danych projektu instalacja pracuje z/bez wykorzystania stołu obrotowego. Instalacja dla firmy Guy Martin Design funkcjonuje jako 5-osiove centrum obróbki CNC, które podczas pracy korzysta z oprogramowania CAM PowerMill firmy Delcam. Tory ruchu narzędzi wygenerowane przez oprogramowanie PowerMill umożliwiają obróbkę w module RMC skrajnie kompleksowych, filigranowych detali przy zachowaniu najszybszych w branży czasów programowania. W skład instalacji wchodzi dodatkowo 10-krotny zmieniacz narzędzi, który przesuwają się z robotem na torze jezdnym, dzięki czemu narzędzia są dostępne w każdej chwili. Systemy dozujące żywicę syntetyczną oraz systemy pistoletów natryskowych wbudowano w głowicę robota, co pozwoliło zaoszczędzić miejsce i czas przy zmianie typu obrabianego przedmiotu. ■

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

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