

Wdrożenia przemysłowe projektów badawczo-rozwojowych w zakresie mechanizacji i automatyzacji procesów spawalniczych

Industrial implementation of research and development projects within the area of mechanization and automation of welding processes

Streszczenie

Jednym z głównych kierunków rozwoju technologii spawalniczych jest mechanizacja i automatyzacja procesów spawania realizowana za pomocą urządzeń, w których wykorzystane są najnowsze osiągnięcia z zakresu automatyki przemysłowej, elektroniki i informatyki. Tematyka ta jest jednym z obszarów zainteresowań i kierunków prac badawczych i projektowych realizowanych w Zakładzie Inżynierii Spajania Politechniki Warszawskiej. W artykule przedstawiono wyniki kilku, wykonanych w ostatnich pięciu latach, projektów zakończonych wdrożeniami przemysłowymi.

Abstract

Automation and mechanization of welding processes are one of main areas of welding technology development. Both of them utilize equipment and machines designed with the use of newest achievements of industrial automatics, electronics as well as information technology. The design and application of both automated welding processes and equipment used are also one of main areas of research and development activity of Welding Division of Warsaw University of Technology. Some of projects completed last years and implemented to industries are presented here.

Wstęp

Prawie od początku istnienia Katedry, później Zakładu Spawalnictwa, a obecnie Zakładu Inżynierii Spajania Politechniki Warszawskiej, tj. od 1951 r. jednym z istotnych obszarów prac naukowo-badawczych i projektowych była mechanizacja i automatyzacja procesów spawalniczych oraz konstrukcje urządzeń służących do ich realizacji. W okresie ostatnich piętnastu lat opracowano i wdrożono do produkcji przemysłowej szesnaście nowych maszyn, urządzeń i zestawów

urządzeń technologicznych przeznaczonych głównie do mechanizacji i automatyzacji procesów spawalniczych, w tym również z wykorzystaniem robotów przemysłowych. Projekty te były realizowane głównie jako prace badawczo-rozwojowe w ramach projektów celowych KBN i FSNT NOT z krajowymi przedsiębiorstwami produkcyjnymi: ZAP Robotyka z Ostrowa Wielkopolskiego i ZASO Elektronik z Warszawy. Obroniono też kilka prac doktorskich oraz wiele prac magisterskich i inżynierskich związanych z tą tematyką.

Opracowanie i wdrożenie nowego urządzenia wymaga doświadczenia i wiedzy z różnych dziedzin, począwszy od fizyki samego procesu technologicznego poprzez teorię sterowania, podstawy konstrukcji maszyn, automatykę oraz umiejętność programowania i wykorzystywania komercyjnych programów komputerowych. Często trzeba korzystać ze specjalistycznych metod i komputerowych programów do modelowania

Dr inż. Paweł Cegielski, dr hab. inż. Andrzej Kolasa prof. nzw. PW – Politechnika Warszawska, **dr inż. Tadeusz Sarnowski** – ZAP Robotyka, Ostrow Wielkopolski, **Arkadiusz Oneksiak** – ZASO Elektronik, Warszawa.

i symulacji. Zaprojektowanie, zbudowanie, a następnie wdrożenie przemysłowe każdego urządzenia jest skomplikowanym procesem wymagającym, oprócz prac koncepcyjnych, wielu prób i badań zarówno w warunkach laboratoryjnych, jak i przemysłowych. Cykl prac „od pomysłu do przemysłu” w przypadku urządzeń technologicznych jest procesem bardzo złożonym i wymagającym dużego nakładu pracy i środków finansowych.

W artykule przedstawiono wyniki kilku projektów z zakresu automatyzacji i mechanizacji procesów spawalniczych zrealizowanych przez zespół pracowników Zakładu Inżynierii Spajania Politechniki Warszawskiej, zakończonych udanymi wdrożeniami przemysłowymi w ostatnich pięciu latach.

System do wycinania otworów i spawania króćców na powierzchniach walcowych

Wycinanie termiczne otworów na powierzchniach walcowych (rur, zbiorników), a następnie spawanie w ich miejscu króćców wiąże się z trudnościami technicznymi (zróżnicowanie średnic i grubości blach, złożona trajektoria – kontur, po jakim przemieszcza się narzędzie) i technologicznymi (zmienne warunki spawania na obwodzie złącza). Najlepsze efekty techniczne i ekonomiczne uzyskuje się przez automatyzację obydwu tych zadań technologicznych. Można do tego celu wykorzystać urządzenia znanych firm zagranicznych, których zastosowanie wymaga jednak wysokich kosztów inwestycyjnych.

Celem zrealizowanego projektu było wdrożenie nowej generacji urządzeń zintegrowanych, w pełni funkcjonalnych i konkurencyjnych, zarówno pod względem ceny, jak i poziomu technicznego [5]. Innowacyjność pomysłu polega na zastosowaniu w jednym urządzeniu przezbrajanego do procesów cięcia lub spawania systemu naprowadzania głowicy roboczej, z kopiowaniem zarysu powierzchni walcowej bezpośrednio w czasie procesu technologicznego. Możliwe jest zastosowanie cięcia tlenowego lub plazmowego, a do spawania metody MIG i MAG. Dobór metod cięcia wynikał z ich wysokiej podatności na mechanizację i automatyzację, w tym łatwości sterowania, a także wysokiej stabilności i powtarzalności uzyskiwanych efektów. Metody MIG i MAG umożliwiają wykonywanie spoin pachwinowych jedno- i wielowarstwowych (wielościęgowych), charakterystycznych dla tego typu konstrukcji. Metody te charakteryzują się wysoką podatnością na mechanizację i automatyzację, wysoką stabilnością i powtarzalnością. Możliwe też jest zastosowanie metody TIG z podawaniem dodatkowego spoiwa, szczególnie w zakresie małych średnic i grubości ścianek króćców, jakkolwiek ten wariant nie był przedmiotem projektu i nie był dotychczas praktycznie wykorzystywany.

Wysokie parametry użytkowe wdrożonego systemu osiągnięto dzięki zastosowaniu zaawansowanych układów automatycznego sterowania i napędów (m.in. serwonapędów elektrycznych), a także przez wdrożenie nowoczesnych koncepcji mechanicznych oraz przeprowadzonych na etapie badań przemysłowych prac modelowych i symulacyjnych.

Omawiany system do zautomatyzowanego wycinania otworów i spawania króćców na powierzchniach walcowych zawiera dwa urządzenia: wysięgnik ze stołem pryzmatycznym oraz układ napędowo-kopiujący (rys. 1).

Pierwsze z urządzeń obejmuje zespół ramy nośnej dla wszystkich elementów napędowych, sterowania i zasilania oraz zespół stołu pryzmatycznego do pozycjonowania ciętych lub spawanych elementów. Zadaniem stołu pryzmatycznego jest uzyskanie pionowego ustawienia osi wycinanego otworu lub tworzonej spoiny pachwinowej oraz stabilne, nieruchome utrzymanie ciętej lub spawanej konstrukcji w ustalonym położeniu. Średnice mocowanego na stole walcowego elementu głównego (rury) zawierają się w zakresie: 60÷300 mm, przy praktycznie nieograniczonej długości tego elementu limitowanej powierzchnią stanowiska i nośnością stołu, którą można łatwo powiększyć przez dodanie kolejnych podpór pryzmatycznych. Zespoły ramy nośnej oraz stołu pryzmatycznego są ze sobą połączone mechanicznie.

Układ napędowo-kopiujący realizuje zsynchronizowany, równoczesny ruch obwodowy głowicy kopiującej i roboczej (tnącej lub spawającej) pod warunkiem, że oś wycinanego otworu i następnie spoiny jest prostopadła do osi rury i zorientowana pionowo. Głowica kopiująca omiata powierzchnię walcową elementu głównego – rury lub elementu pomocniczego o takich samych wymiarach obok równocześnie wykonywanej spoiny lub wycinanego otworu. Automatyczne, samoczynne naprowadzanie głowicy roboczej polega zatem na kopiowaniu zarysu powierzchni walcowej i przekazywaniu, bezpośrednio w czasie spawania, sygnałów korekcyjnych do suportów napędowych. Promień cięcia lub spawania, a także pochylenie głowic regulowane jest za pomocą ręcznych suportów korekcyjnych.



Rys. 1. Widok kompletnego stanowiska podczas badań
Fig. 1. View of the welding set under testing

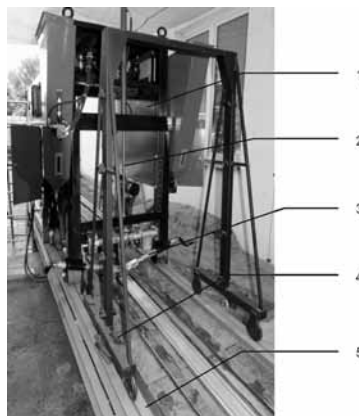
Zgodnie z przyjętym założeniem, średnica spawanego króćca nie powinna przekraczać 0,6 średnicy elementu głównego – rury.

W zakres opracowania wszedł także nowoczesny układ automatycznego sterowania zrealizowany na bazie sterownika PLC oraz kompletny zespół urządzeń spawalniczych wraz ze źródłem zasilającym MIG/MAG 400A/P60%. Opisywany tu system urządzeń został wdrożony do produkcji w Przedsiębiorstwie Naukowo-Produkcyjnym ZASO Elektronik w Warszawie [5].

Portal do zautomatyzowanego spawania blachownic

Wytwarzanie blachownic (prefabrykatów konstrukcyjnych o znacznej długości, najczęściej w postaci teownika lub dwuteownika, w których pasy i środkik wykonane są z blach) wymaga przede wszystkim wykonywania długich, prostoliniowych spoin pachwinowych, jedno- lub dwustronnych, ciągłych lub przerywanych. Pomimo pozornej prostoty, spawanie tego typu konstrukcji wiąże się z szeregiem trudności technologicznych i organizacyjnych. Znaczne rozmiary, w tym wielometrowe długości spoin powodują niebezpieczeństwo wystąpienia znacznych naprężeń i odkształceń, a niedokładność wymiarowa podzespołów może stać się przyczyną dyskwalifikujących je niezgodności spawalniczych. Istnieje oczywiście wiele środków zaradczych, jednak wymagają one dodatkowych zabiegów, specjalistycznych maszyn lub sensorów naprowadzających głowicę spawalniczą, a często także konieczne jest prostowanie całej konstrukcji po spawaniu. W przypadku blachownic, niezależnie od zastosowanej metody spawania, przeważnie łukiem krytym lub w osłonach gazowych MAG, znaczna długość połączeń oraz wymagania jakościowe nie pozwalają na spawanie ręczne czy półautomatyczne. Konieczne staje się zastosowanie co najmniej zmechanizowanego prowadzenia głowicy spawalniczej (lub równocześnie dwóch głowic) wzdłuż spawanego złącza. Maszyny do zautomatyzowanego, także dwustronnego spawania blachownic, stanowią niezbyt liczną grupę wyspecjalizowanych urządzeń, przede wszystkim przelotowych i suwnic bramowych. W najprostszyc aplikacjach wykorzystywane mogą być także wszelkiego rodzaju samojezdne głowice (traktory) spawalnicze.

W wyniku prowadzonych badań i prac eksperymentalnych opracowano i wdrożono do produkcji w Przedsiębiorstwie Naukowo-Produkcyjnym ZASO Elektronik w Warszawie spawalniczy system do zautomatyzowanego wytwarzania gotowych prefabrykatów konstrukcyjnych typu długa belka o długości do 30 m, łączącego zalety maszyn przelotowych z mobilnością i niższymi kosztami głowic samojezdnych [2]. Innowacyjność pomysłu polegała na stworzeniu przejezdnego, szynowego portalu bramowego z dwustronnym mocowaniem głowic spawalniczych, układem



Rys. 2. System do spawania blachownic: 1 – portal bramowy, 2 – siłownik hydrauliczny docisku mocująco-kompensacyjnego, 3 – rolki systemu pozycjonującego środkik, 4 – przejezdny uchwyt ramowy, 5 – stół zaciskowo – chłodzący z modułowym torem jezdny.

Fig. 2. The installation for plate girder mechanized welding: 1 – gate portal, 2 – hydraulic servo-motor for fixing and stress compensation clamp, 3 – rolls for web of an I-beam positioning, 4 – moving device, 5 – table for fixing and cooling the work

pozycjonującym i dociskowym środkika spawanej konstrukcji oraz uniwersalnym stołem zaciskowo-chłodzącym (rys. 2). Dzięki rolkom systemu pozycjonującego środkik oraz przejezdnym, nienapędzanym uchwytem ramowym, posadowionym na tym samym torze i spychanym przez portal podczas spawania, nie jest stosowane żadne oprzyrządowanie montażowe czy wstępne spawanie (sczepianie) łączonych elementów. Jednocześnie, odpowiednio dobrany docisk środkika w połączeniu z radiatorem chłodzącym z zamkniętym obiegiem wodnym kompensują odkształcenia termiczne spawanych elementów, bez konieczności prostowania konstrukcji po spawaniu. Złożony problem kompensacji odkształceń z użyciem zastosowanych środków – radiatora chłodzącego oraz docisku hydraulicznego rozwiązano za pomocą modelowania numerycznego metodą MES [7].

Uniwersalna, autonomiczna głowica do spawania obwodowego

Samojezdne głowice do zautomatyzowanego spawania obwodowego stanowią niezbyt liczną grupę wysoko wyspecjalizowanych, autonomicznych urządzeń, oferowanych przez wąskie grono producentów. Dla średnic powyżej 300 mm przybierają zwykle postać wózków (traktorów) poruszających się na torach jezdnych lub z wykorzystaniem łańcuchów napinających. Oprócz ruchu głównego, coraz częściej wyposażane są w napędy dodatkowego ruchu oscylacyjnego poprzecznego do kierunku jazdy, realizowanego przez tzw. oscylatory. Wspólną cechą dotychczasowych rozwiązań jest konieczność zastosowania systemu prowadzącego (toru jezdny lub łańcucha napinającego). W większości przypadków nie jest także możliwe spawanie innych profili niż kołowe, a jeśli jest taka możliwość, to wymaga przebudowy lub przebrojenia stanowiska spawalniczego, np. przez wymianę toru jezdny.



Rys. 3. Widok kompletnej głowicy do spawania obwodowego
Fig. 3. Complete mechanized head for orbital welding

Ideą opracowanego i wdrożonego do produkcji projektu jest stworzenie głowicy całkowicie niezależnej od jakichkolwiek elementów prowadzących i mocujących, niezależnie od pozycji, w jakiej wykonywane jest spawanie [1]. Zrealizowano to dzięki zastosowaniu innowacyjnego systemu prowadzenia wózka, wykorzystującego chwyt magnetyczny. Do jego wykorzystania niezbędne są oczywiście odpowiednie właściwości magnetyczne materiału podłoża. Dotychczas tego typu magnetyczne prowadzenie służyło jedynie do stabilizacji jazdy lub, co najwyżej, pozwalało na jazdę w różnych pozycjach wyłącznie na powierzchniach płaskich. W prezentowanym rozwiązaniu wózek jezdny zaopatrzone w przegubowe rolki naprowadzające z miniaturowymi magnesami, a zajmujące centralne miejsce krótkie gąsienice jezdne nałożono na pary kół napędowych i napinających (rys. 3). Gąsienice pełnią rolę układu przekazującego ruch. Pozwala to zarówno na ruch na powierzchni płaskiej, jak i na powierzchniach zakrzywionych (dowolnych profili falistych – wklęsłych lub wypukłych), w tym na zewnętrznym obwodzie walca, np. rury, zbiornika, czopu wału itp. Nie jest przy tym potrzebne przezbrajanie głowicy jezdnej.

Specjalna konstrukcja przegubowych rolek magnetycznych, oprócz zapewnienia wystarczająco silnego przylegania wózka do powierzchni, stabilizuje warunki przeniesienia napędu gąsienicowego oraz zapewnia jego samonaprowadzanie na właściwy kierunek jazdy – prostopadle do tworzącej walca, po którym się porusza. Precyzję ruchu zapewnia też stabilizacja tachometryczna układu napędowego z silnikiem elektrycznym (serwonapęd). Osiągnięta nośność wózka – 30 kg w pozycji poziomej i 15 kg w dowolnej. Bezstopniowo regulowana prędkość jazdy zawiera się w zakresie 10÷60 cm/min. Próby wykazały, że minimalna średnica spawania obwodowego (profile wypukłe) to 200 mm, nie ma natomiast ograniczeń co do średnicy maksymalnej. Pewnym ograniczeniem będzie minimalna krzywizna profili wklęsłych, ze względu na rozmiar samego wózka wraz z osprzętem.

W ramach prac nad samojezdną głowicą opracowano kilka dodatkowych urządzeń, tworzących kompletny system spawalniczy. W jego skład weszły: napęd ruchu oscylacyjnego (oscylator liniowy), podajnik drutu do spawania

metodą TIG (z możliwością spawania tzw. „gorącym” drutem), nadrzędny układ sterowania oraz maszynowe uchwyty elektrodowe dla metod MIG/MAG oraz TIG.

Omawiany zestaw urządzeń do mechanizacji prac spawalniczych z powodzeniem został wdrożony do produkcji seryjnej w Przedsiębiorstwie Naukowo – Produkcyjnym ZASO Elektronik z Warszawy [1].

Pozycjonery modułowe

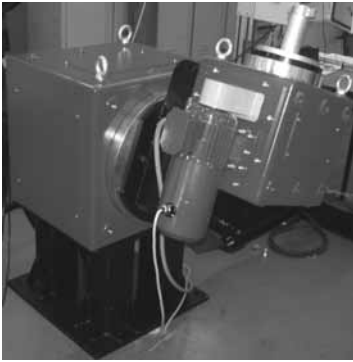
Pozycjonery wykorzystywane są do manipulowania przedmiotami zamocowanymi do stołu roboczego za pośrednictwem specjalnego oprzyrządowania. Na stanowiskach zrobotyzowanych pełnią zazwyczaj rolę tzw. zewnętrznych osi robota. Z uwagi na ogromną różnorodność układów kinematycznych, ciekawą alternatywą dla urządzeń konwencjonalnych mogą być systemy modułowe. Pozwalają producentowi lub końcowemu użytkownikowi na łatwą konfigurację nowych czy rozbudowę już istniejących stanowisk. Niestety, oferowane przez nielicznych producentów, np. firmy Panasonic czy Motoman, mogą pracować wyłącznie w połączeniu z robotami przemysłowymi własnej produkcji.

W wyniku podjętych prac badawczo-rozwojowych opracowano i wdrożono do produkcji seryjnej w ZAP Robotyka z Ostrowa Wielkopolskiego uniwersalny, modułowy system pozycjonerów [3]. Innowacyjność pomysłu polegała na zamknięciu modułów napędowych w obudowach umożliwiających ich dowolne, wzajemne zestawianie, a jednocześnie gwarantujących wysoką sztywność i funkcjonalność.

Opracowano dwa moduły napędowe: o nośności 200 i 1000 kg, oraz szereg elementów pomocniczych, służących do składania zestawów manipulacyjnych (rys. 4). Zakres obrotu stołu roboczego wynosi $n \times 360^\circ$, a powtarzalność pozycjonowania $\pm 0,10$ mm. Napęd elektryczny przekazywany jest za pośrednictwem redukującej przekładni harmoniczej i pasowej. Ze względu na zastosowania spawalnicze, wewnątrz modułów napędowych zamontowano odpowiednie przepusty prądowe. System ma charakter otwarty, zdolny do współpracy z większością robotów.

Moduły przewidziano do pracy samodzielnie lub w zestawach. Najbardziej rozbudowane warianty uzyskane będą ze złożenia maksymalnie trzech jednostek napędowych, a także w układzie dwustanowiskowym. O funkcjonalności systemu modułowego decyduje także dodatkowy osprzęt. Opracowano m.in. adapter do ręcznego, wspomaganego przekładnią pochylania mniejszego modułu napędowego w zakresie $0 \div 90^\circ$ z mechanicznym blokowaniem w jednym z czterech położeniach. W celu umożliwienia tworzenia prostych, autonomicznych stanowisk do prostej automatyzacji z niezależnym sterowaniem, opracowano także statyw z przegubowym wysięgnikiem do nieruchomego mocowania spawalniczych uchwytów elektrodowych.

W omawianym systemie zastosowano liczne innowacje. Wzorem otwartych tarcz kołnierzowych



Rys. 4. Zestaw manipulacyjny złożony z dwóch modułów napędowych: 200 i 1000 kg
Fig. 4. Manipulating set compiled with two 200 and 1000 kg modules

w robotach przemysłowych zastosowano otwartą, rurową oś piasty napędowej, na której mocowany jest stół roboczy. Ułatwia to przeprowadzanie przewodów technologicznych, sterujących czy zasilających dodatkowo osprzęt itp. W module 200 kg zastosowano podwójny system mocowania elektrycznych silników napędowych – zewnętrzny dla większych, np. zmiennoprądowych jednostek napędowych z niezależnym sterowaniem falownikowym, oraz wewnętrzny, przewidziany dla zwykle mniejszych silników pochodzących od producentów robotów. W obydwu wariantach napęd podłączany jest za pośrednictwem przekładni pasowej, co dodatkowo ułatwia montaż i serwisowanie silników, a także zwiększa odporność układu na obciążenia udarowe.

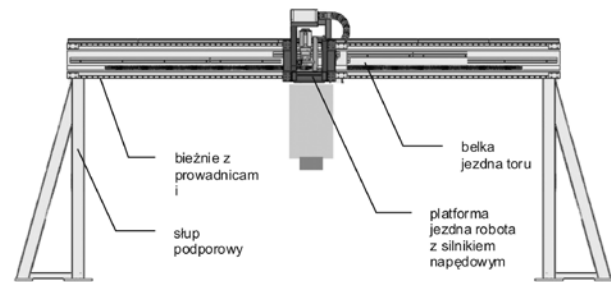
Podwieszane tory jezdne do robotów

Tory jezdne, po których przemieszczane są zamocowane na nich roboty przemysłowe, umożliwiają realizację zadań obejmujących obszary znacznie wykraczające poza ich przestrzeń roboczą. W grupie jednoosiowych torów jezdnych szczególną rolę odgrywają jednostki podwieszane, przeznaczone do robotów pracujących w pozycji odwróconej. W takiej pozycji uzyskuje się znaczny wzrost efektywnego wykorzystania przestrzeni roboczej. Możliwe staje się stosowanie mniejszych, lżejszych i tańszych robotów, czy realizacja zadań ze znacznie utrudnionym dostępem do miejsca obróbki. Ze względu na odmienne warunki montażu i pracy, w tym obciążenia statyczne i dynamiczne, nie jest możliwe wykorzystanie toru podłogowego w wariantcie podwieszanym. Konieczne staje się stosowanie odrębnych jednostek, o odpowiednio wzmocnionych układach jezdnych i napędowych.

Przedmiotem opracowania i wdrożenia w ZAP Robotyka z Ostrowa Wielkopolskiego był typoszereg podwieszanych torów jezdnych do współpracy z niemal dowolnymi typami robotów przemysłowych, o całkowitej masie nieprzekraczającej 300 kg (rys. 5) [4]. Długość toru, w zależności od wariantu wykonania, ustalona została w zakresie od 2 do 6 m i jest kompromisem pomiędzy ceną a funkcjonalnością. Powtarzalność pozycjonowania ustalono na bardzo wysokim poziomie $\pm 0,15$ mm.



Rys. 5. Nowa konstrukcja podwieszanego toru jezdno prezentowana podczas Międzynarodowych Targów Poznańskich
Fig. 5. New structure of suspension moving rail at Poznań International Fair exposition



Rys. 6. Schemat opracowanej konstrukcji bramowej z podwieszonym torem jezdny
Fig. 6. Carrying gate with suspension rail

W skład jednostki bazowej wchodzi: belka jezdna toru, biegnie z prowadnicami, platforma jezdna robota z silnikiem i układem przeniesienia napędu opartym na przekładni zębatkowej (rys. 6). Takie rozwiązanie ułatwi budowę toru o niemal dowolnej długości. Podobnie jak w przypadku pozycjonerów modułowych, opracowane tory mają charakter otwarty, dający możliwość łączenia z układami sterowania większości robotów.

Dla torów podwieszanych konieczny jest niezwykle staranny dobór wszystkich elementów nośnych i prowadzących, zwykle poparty obliczeniami i próbami ruchowymi. Z uwagi na niezwykle wysokie koszty i czasochłonność takich badań, w ramach realizowanego projektu zastosowano zaawansowane techniki modelowania komputerowego, oparte na metodzie elementów skończonych MES [8]. Pozwalają one na wiarygodne określenie ugięć, sił wzdłużnych, poprzecznych i momentów zginających już na etapie projektowania i weryfikację zastosowanych rozwiązań konstrukcyjnych.

Modułowy system kabin do instalacji i zabezpieczania robotów przemysłowych

Konfiguracja zrobotyzowanego stanowiska produkcyjnego wymaga nie tylko zgromadzenia odpowiednich maszyn i wyposażenia technologicznego, ale także ich prawidłowej instalacji mechanicznej, systemu zabezpieczeń i połączeń sygnałowych pomiędzy poszczególnymi urządzeniami i systemami. Zazwyczaj na zrobotyzowanych stanowiskach instaluje się obok robota

różne maszyny i urządzenia, m.in. zewnętrzne osie robota, układ sterowania, oprzyrządowanie montażowe obrabianych przedmiotów, urządzenia technologiczne właściwe dla danego procesu, np. spawalnicze źródło energii elektrycznej do spawania łukowego oraz inne wyposażenie technologiczne i osprzęt, np. urządzenia do automatycznego czyszczenia uchwytów elektrodowych, automatyczne nożyce do cięcia drutu elektrodowego na stanowiskach zrobotyzowanych, urządzenia do kalibrowania narzędzi itp.

Z punktu widzenia instalacji mechanicznej, najważniejsze jest zapewnienie sztywnego zamocowania robota do podstawy oraz względem tych maszyn i urządzeń stanowiska, które mają bezpośredni wpływ na proces dokładnego i powtarzalnego pozycjonowania obrabianych obiektów względem narzędzia w kiści robota. Zadanie to realizowane jest za pomocą różnego rodzaju ram, fundamentów, kotew itp. Innym, niezwykle ważnym czynnikiem związanym z instalacją stanowiska zrobotyzowanego, jest spełnienie wymagań dotyczących bezpieczeństwa. Odnosi się to zarówno do obsługi, osób postronnych, jak i pozostałej infrastruktury przedsiębiorstwa. Zwykle konieczne jest zastosowanie różnych środków, od mechanicznych (barier, siatek, blaszanych ścian czy kurtyn), poprzez sensoryczne, jak systemy aktywnych czujników i barier, a skończywszy na zabezpieczeniach programowych, jak np. ograniczeniu zakresu ruchu ramienia robota. Całość uzupełniają pulpity operatorskie z wyłącznikami bezpieczeństwa, wieże sygnalizacji świetlnej itp. Ostatnim czynnikiem jest zapewnienie połączeń sygnałowych pomiędzy poszczególnymi obiektami stanowiska, w tym systemami zabezpieczającymi. Powstaje w ten sposób złożona sieć połączeń, narażona zarówno na uszkodzenia mechaniczne, jak i zakłócenia elektromagnetyczne.

Indywidualnie instalowane stanowiska zrobotyzowane charakteryzują się brakiem jakiegokolwiek mobilności – przeniesienie w nowe miejsce wymaga powtórzonego fundamentowania i mocowania ramy oraz pozostałych elementów wyposażenia.

W odniesieniu do robotów małej i średniej wielkości (w zakresie nośności od ok. 3 do 15 kg i masie nieprzekraczającej 300 kg), zamiast indywidualnie projektowanych stanowisk, złożonych z osobno instalowanych komponentów, niektórzy producenci proponują gotowe kabiny. Zapewniają one kompleksowe rozwiązanie większości potrzeb instalacyjnych i zabezpieczających. Nie jest potrzebne wylewanie specjalnego fundamentu ani stosowanie dodatkowych środków zabezpieczających. Kompletnie wyposażone stanowisko zamontowane jest wewnątrz kabiny, a dostęp do poszczególnych urządzeń odbywa się przez kontrolowane czujnikami drzwi i okna serwisowe. Niestety, oferowane rozwiązania przyjmują w większości kompaktowe rozmiary i zaopatrywane są w gotowe, często proste systemy załadownicze i pozycjonujące obrabiane części.

Najczęstszymi mankamentami dostępnymi na rynku kabin są:

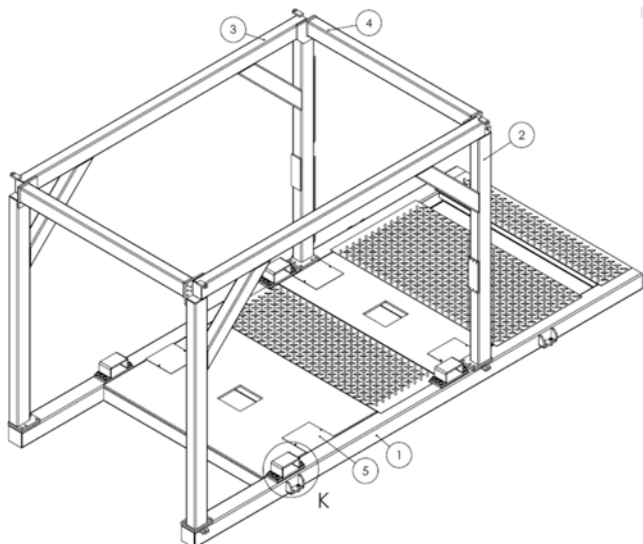
- kompaktowe rozmiary, dostosowane do możliwości transportu zmontowanej kabiny (bez wewnętrznego wyposażenia technologicznego) pojedynczym środkiem transportu,
- możliwość transportu wewnątrzzakładowego całej kabiny np. za pomocą wózka widłowego,
- najczęściej proste systemy załadownicze i pozycjonujące obrabiane części – w praktyce pozycjonery dwustanowiskowe o pionowej lub poziomej osi zmiany stanowisk (obsługiwanej ręcznie lub w sposób zmechanizowany), z nieruchomymi lub obracającymi się stołami montażowymi – układy od 1 do 3 stopni swobody,
- montaż jednego lub dwóch robotów, jednak bez stosowania wewnętrznych układów lokomocji robota za pośrednictwem torów jezdnych,
- monolityczna konstrukcja – przeważnie brak możliwości rozbudowy, a w przypadku producentów robotów – przystosowanie kabin do robotów własnej produkcji, np. ABB, Panasonic czy Motoman.

Nie bez znaczenia są wysokie koszty inwestycyjne oferowanych kabin. Głęboko uzasadnione jest zatem wdrożenie do produkcji nowej generacji urządzeń krajowych, w pełni funkcjonalnych i konkurencyjnych, zarówno pod względem ceny, jak i poziomu technicznego, w oparciu o które możliwe będzie tworzenie nowoczesnych stanowisk z zakresu robotyzacji procesów technologicznych. Analiza potrzeb w tym zakresie była podstawą podjęcia projektu, którego celem było opracowanie oraz wdrożenie do produkcji w ZAP Robotyka w Ostrowie Wlkp. modułowego systemu kabin do instalacji i zabezpieczania robotów przemysłowych [6].

Dla osiągnięcia postawionego celu niezbędne było zaprojektowanie i wdrożenie takich modułów, aby w maksymalnym stopniu uprościć proces produkcji i wdrażania kabin, a jednocześnie uniknąć ograniczeń funkcjonalnych dotychczasowych konstrukcji. Innowacyjność pomysłu polegała na opracowaniu modułowego systemu pozwalającego na łatwe dostosowanie kabiny do realizowanego zadania, użytych maszyn oraz wymaganego poziomu bezpieczeństwa. Przewiduje się zastosowanie kabin w takich procesach, jak: spawanie, cięcie, szlifowanie, klejenie, nakładanie past itp. z użyciem robotów małej i średniej wielkości.

Konstrukcję kabin oparto na trzech zestawach modułów: podłóg montażowych, ścian i osłon oraz układu załadowniczego, pozwalających na tworzenie różnorodnych kabin montażowo-zabezpieczających zachowujących możliwość ich wszechstronnego wykorzystania przy zastosowaniu niemal dowolnego typu robotów o małej i średniej wielkości, w zakresie nośności od ok. 3 do 20 kg i masie nieprzekraczającej 300 kg (rys. 7).

Typoszereg modułów podłóg montażowych pozwala na zestawianie różnorodnych konfiguracji podłóg i łatwe mocowanie poszczególnych elementów stanowiska: technologicznych, jak robot, pozycjoner czy stół montażowy, zabezpieczających, w postaci ścian, barier, kurtyn itp. oraz okablowania sygnałowego i zasilającego. Możliwe są również konfiguracje,



Rys. 7. Model projektowy i konfiguracyjny kabiny przy zastosowaniu komputerowych narzędzi wspomagających

Fig. 7. Design and completion model of robotic working cabin prepared with computer design software

zależne od liczby użytych modułów podłogi oraz pozostałych komponentów stanowiska. Montaż modułów ścian i osłon jest również uproszczony dzięki systemowi zaczepów mocujących. Okablowanie sterujące i zasilające znajduje się w specjalnie przygotowanych korytach i zaczepach przewodów, włącznie z możliwością centralnego zasilania energią elektryczną całej kabiny. Pozostałe urządzenia technologiczne i osprzęt instalowane są indywidualnie wewnątrz kabiny, zależnie od konkretnych potrzeb. Mocowanie modułów podłóg do

podłoża nie jest wymagane i zależy od charakteru wykonywanych zadań, dynamiki pracy robota itp. Moduły opierają się na podłożu w systemie regulowanych podstaw, ułatwiających poziomowanie stanowiska.

Moduły ścian i osłon pełniące rolę zabezpieczenia stanowiska wykonywane są z blach, półprzezroczystych ścian, siatek, barier czy kurtyn. Szerokość wszystkich modułów jest stała i wynosi 1000 mm. Wysokość modułów zabudowy pełnej wynosi 2000 mm, natomiast barier i niskiej ścianki 1400 mm. Kurtyny w postaci ruchomych zasłon odsuwanych w sposób zmechanizowany mają szerokość 1000 mm do 2000 mm i wysokość dostosowaną do aktualnych potrzeb, ale nie większą niż wysokość zabudowy pełnej. Możliwe jest dowolne, wzajemne zestawianie oraz zamiana większości modułów ścian i osłon, np. w przypadku zmiany koncepcji organizacyjnej stanowiska. Zabudowę stanowiska uzupełniają drzwi serwisowe zabezpieczone czujnikami. Możliwe też jest zakrywanie kabiny od góry, także z opcjonalnym systemem wyciągowym dymów i pyłów procesowych.

Podstawowy moduł układu załadunkowego stanowi typowy dla stanowisk kabinowych prosty pozycjoner dwustanowiskowy z nieruchomymi stołami montażowymi i ręcznym lub zmechanizowanym napędem służącym do zmiany stanowisk. Możliwe jest jego zastąpienie dowolnymi układami pozycjonerów jedno- i dwustanowiskowych, także w połączeniu z podłogowym torem jezdnym robota.

Opracowany i wdrożony system kabin pozwala na elastyczne konfigurowanie różnorodnych, w pełni funkcjonalnych stanowisk do robotyzacji procesów produkcyjnych.

Podsumowanie

Przedstawione urządzenia powstały na podstawie oryginalnych projektów realizowanych przy wykorzystaniu nowoczesnych, wspomaganych komputerowo metod projektowania i modelowania, oraz najnowszych układów energoelektronicznych, napędowych i sterowania. Uwzględniają

potrzeby i możliwości potencjalnych, głównie krajowych użytkowników, zarówno pod względem ceny, jak i oferowanych możliwości. Stanowią też dobry przykład transferu innowacyjnych projektów i rozwiązań konstrukcyjnych nowych urządzeń technologicznych do przemysłu.

Literatura

- [1] Projekt Celowy FSNT-NOT Nr ROW-II-138/2006 pn. „Uruchomienie produkcji spawalniczego systemu manipulacyjnego z uniwersalną, autonomiczną głowicą do spawania obwodowego”, 2007.
- [2] Projekt Celowy FSNT-NOT Nr ROW-II-410/2008 pn. „Uruchomienie produkcji spawalniczego systemu do zautomatyzowanego spawania prefabrykatów konstrukcyjnych typu belka”, 2009.
- [3] Projekt Celowy FSNT-NOT Nr ROW –II- 449- 2008 pn. „Uruchomienie produkcji modułowego systemu pozycjonerów do automatyzacji i robotyzacji procesów produkcyjnych”, 2009.
- [4] Projekt Celowy FSNT-NOT Nr ROW-III-032-2009 pn. „Uruchomienie produkcji typoszeregu podwieszanych torów jezdnych do robotów”, 2009-2010.
- [5] Projekt Celowy FSNT-NOT Nr ROW-III-111-2010 pn. „Uruchomienie produkcji systemu do zautomatyzowanego wycinania otworów i spawania króćców na powierzchniach walcowych”, 2010-2011.
- [6] Projekt Celowy FSNT-NOT Nr ROW-III-124/2010 pn. „Uruchomienie produkcji modułowego systemu kabin do instalacji i zabezpieczenia robotów przemysłowych”, 2010-2011.
- [7] Kolasa A., Golański D., Cegielski P., Oneksiak A.: Modelowanie numeryczne odkształceń w spawanych blachownicach teowych. Przegląd Spawalnictwa 10/2009.
- [8] Golański D., Cegielski P., Kolasa A.: Analiza numeryczna odkształceń w elementach konstrukcyjnych podwieszanego toru jezdny. Zeszyty Naukowe PW. Seria Mechanika, z. 230. Warszawa 2010.