

Światowe trendy robotyki a wyzwania technologiczne polskich MŚP

Joanna Kulik, Łukasz Wojtczak

Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów PIAP, Al. Jerozolimskie 202, 02-486 Warszawa

Streszczenie: Przedmiotem artykułu jest przedstawienie specyfiki robotyzacji małych i średnich przedsiębiorstw (MŚP) produkcyjnych w Polsce. Omówione zostały wyzwania robotyki przemysłowej na rynku krajowym. Analizę przeprowadzono z punktu widzenia rzeczywistych wdrożeń i przeglądu polskiego rynku na tle światowych trendów rozwojowych i aktualnych kierunków rozwoju robotyki przemysłowej na świecie. Jednocześnie w artykule przedstawiona jest polemika dwóch opinii. Pierwsza z nich przedstawia polski rynek robotyki jako bliźniaczy do wzorców światowych, ale nieco zapóźniony oraz prezentuje ten temat pod innym kątem, z pominięciem pewnego etapu w rozwoju systemów produkcji. Druga opinia jest wynikiem obserwowanych praktycznych różnic już na etapie samej integracji systemów zrobotyzowanych, o czym również jest mowa w artykule.

Słowa kluczowe: robotyzacja produkcji, roboty przemysłowe, MŚP, rynek robotyki przemysłowej

1. Globalne trendy w robotyce przemysłowej

Mimo iż od czasu zainstalowania pierwszego robota przemysłowego na linii produkcyjnej w fabryce General Motors w Trenton w stanie New Jersey minęło ponad 50 lat [1], robotyka przemysłowa cały czas dynamicznie się rozwija, rozszerzając swoje możliwości i zakres zastosowań. Ciągłe zmiany zachodzące na rynku, presja konkurencji wymagająca zwiększania wydajności i podnoszenia jakości, skracanie cyklu życia produktów, przy jednoczesnym zwiększaniu asortymentu wyrobów, nowe materiały wymagające elastycznych zmian w procesie produkcji, rozwój technologii – to wszystko powoduje, że robotyka musi stale się zmieniać i rozwijać, by sprostać nowym wyzwaniom. Globalny popyt na roboty przemysłowe wyraźnie odzwierciedlają dane statystyczne. Według Międzynarodowej Federacji Robotyki IFR (ang. *International Federation of Robotics*), sprzedaż robotów przemysłowych w ciągu ostatnich 5 lat systematycznie rośnie i bije kolejne rekordy. Odnotowany 12% wzrost w 2013 r. został pobity w 2014 r. Według ekspertów z IFR, około 205 tysięcy robotów miało zostać zainstalowanych na liniach produkcyjnych na świecie w 2014 r., co stanowi kolejny wzrost na poziomie 15%. Prognozy rozwoju tego rynku na świecie na kolejne lata są również optymistyczne.

Szacuje się, że wzrost globalnej sprzedaży robotów przemysłowych będzie wynosił średnio 15% rocznie [2].

Dane dotyczące światowej sprzedaży robotów podkreślają nie słabnące zainteresowanie przedsiębiorstw produkcyjnych zakupem nowych robotów. Z drugiej strony, czołowi producenci robotów przemysłowych wprowadzają z roku na rok coraz bardziej inteligentne, doskonalsze modele. To wszystko wpływa na optymistyczny obraz rynku globalnej robotyki.

Pierwszym zastosowaniem robotów była produkcja masowa; obecnie i ta tendencja się zmienia w kierunku robotyzacji produkcji małoseryjnej, a nawet jednostkowej. Z uwagi na to, zauważalny jest trend polegający na dodawaniu do robotów dodatkowych czujników, laserów skanujących, systemów wizyjnych i innych. Wyposażenie to sprawia, że roboty stają się coraz inteligentniejsze i mogą odpowiednio reagować na ciągle zmiany środowiska, w którym pracują. Zmiany następują również w sposobie programowania robotów. Wszystko zmierza w kierunku uproszczenia tego procesu, np. przez demonstrację, której zadaniem jest uczenie robota.

Jednym z najświeższych globalnych trendów jest wprowadzenie na rynek nowego typu robotów – współpracowników, asystentów człowieka. „Cobot” to nowe słowo określające ten innowacyjny rodzaj robotów, które mogą pracować „ramię w ramię” z człowiekiem. Organizacja EUROP (ang. *European Robotics Technology Platform*) już ponad 5 lat temu, w ramach strategii badawczej SRA dla europejskiego przemysłu robotycznego (ang. *Strategic Research Agenda for Robotics in Europe*), prognozowała wizję rozwoju robotyki przemysłowej w kierunku tzw. robotów współpracowników [3]. Analiza EUROP została przeprowadzona pod kątem przyszłych potrzeb rynkowych. Ten nowy typ robotów pojawił się na targach branżowych już w 2013 r., a obecnie na rynku, oprócz prekursora kierunku, firmy Universal Robots, oferuje je jeszcze kilku czołowych producentów tradycyjnych robotów przemysłowych.

Autor korespondujący:

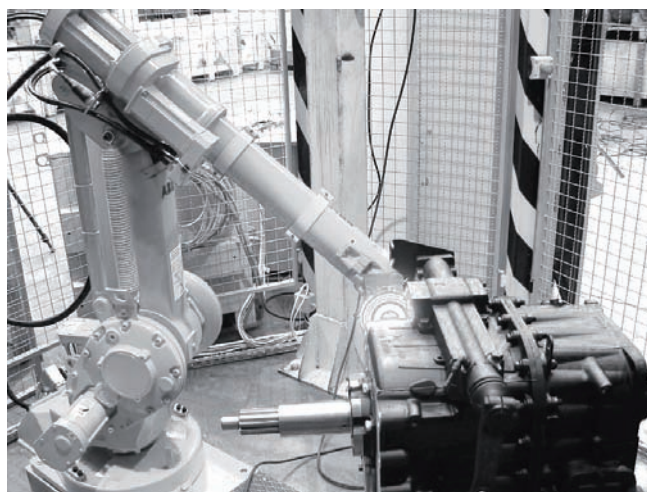
Łukasz Wojtczak, lwojtczak@piap.pl

Artykuł recenzowany

nadesłany 02.11.2015 r., przyjęty do druku 30.11.2015 r.



Zezwala się na korzystanie z artykułu na warunkach licencji Creative Commons Uznanie autorstwa 3.0



Rys. 1. Robot z systemem wizyjnym
Fig. 1. Robot with vision control system

W tradycyjnej robotyce przemysłowej chodziło głównie o odsunięcie człowieka od niebezpiecznego procesu produkcyjnego. Roboty w przemyśle są postrzegane przede wszystkim przez pryzmat ich zadań. Miały odciążyć człowieka od wykonywania prac monottonnych, powtarzalnych, np. przenosić ciężary, pracować w środowisku groźnym dla zdrowia i życia człowieka. W celu zapewnienia bezpieczeństwa obsługi musiały być odseparowane od człowieka. Specjalne bariery wejścia w obszar pracy robota wraz z systemami alarmującymi były nieodłącznym elementem stanowisk zrobotyzowanych. Ze względu na charakter pracy w przemyśle, robot zawsze był uważany za maszynę silną i ciężką.

Na tym tle można obecnie zauważyć, że współpraca między człowiekiem i robotem spowodowała zmiany, nie tylko w wyglądzie samych robotów (np. bardziej opływowy kształt ramienia) i ich wielkości, lecz przede wszystkim w zakresie wyposażenia w odpowiednio zintegrowane czujniki. Ich zadaniem jest detekcja sił zewnętrznych, które nie są wynikiem standardowej aktywności. Specjalne systemy wykrywające np. poziom nacisku zapewniają ograniczenie użycia siły w przypadku kolizji z człowiekiem. Roboty ze względów bezpieczeństwa dysponują niewielką siłą, są lekkie, zręczne i „wrażliwe”. Dzięki integracji układów sensorycznych, systemów bezpieczeństwa i lekkiej konstrukcji mogą z wyczuciem pracować w bezpośrednim kontakcie z człowiekiem. Przeznaczone są obecnie głównie do prac montażowych. Nowa „lekka” robotyka przemysłowa wprowadza również istotne zmiany w sposobie programowania manipulatora. Większość z dostępnych robotów współpracujących można programować przez bezpośrednie uczenie, czyli ręczne prowadzenie robota po trajektorii, jaką powinien później realizować. Dodatkowym czynnikiem wpływającym na atrakcyjność takiego rozwiązania jest możliwość pracy w małej przestrzeni produkcyjnej. Obecnie roboty te mają pewne ograniczenia w stosunku do swoich „starszych braci” – tradycyjnych robotów przemysłowych o podobnym udźwigu. Przede wszystkim pracują z kilkukrotnie mniejszymi prędkościami niż wersje tradycyjne. Cechuje je również nieco mniejsza dokładność oraz powtarzalność ruchów [4]. ABI Research opublikował niedawno raport zatytułowany „Collaborative Robotics: State of the Market/State of the Art”, z którego wynika, że w latach 2015–2020 rynek robotów współpracujących z ludźmi wzrośnie ponad dziesięciokrotnie – z 95 mln dolarów w roku bieżącym do ponad 1 mld dolarów w 2020 r. [5].

Ważnym kierunkiem, który rozwijają już wszyscy czołowi producenci robotów, jest integracja robotów z systemami wizyjnymi. Postęp w tym obszarze w ostatnich latach nabierał dynamicznego tempa. Coraz wyższe wymagania co do dokładności i jednocześnie coraz krótsze serie produkcyjne sprawiają, iż stanowiska zrobotyzowane stają się coraz bardziej elastyczne. Robot w takiej aplikacji musi „czuć, widzieć”, bezbłędnie interpretować różnorodny sygnały i reagować na pracę w zmiennym środowisku.

Kolejnym trendem jest postępująca miniaturyzacja sterowników robotów. Związane jest to w szczególności z potrzebami wynikającymi z rozwoju robotów humanoidalnych. Całkowita integracja kontrolera robota z jego ramieniem nie tylko zwiększy bezpieczeństwo, lecz z pewnością sprawi, że obsługa będzie łatwiejsza [6].

Dynamiczne zmiany nie dokonują się tylko w konstrukcji, oprogramowaniu, wyglądzie samych robotów, ale również w narzędziach i chwytakach. Małe i średnie przedsiębiorstwa muszą ciągle i szybko produkować w sposób innowacyjny (adaptacyjny) lub wprowadzać na rynek nowe, innowacyjne produkty. Tylko takie działania pozwoli im funkcjonować i rozwijać się na globalnym, konkurencyjnym rynku. Odpowiedzią na coraz krótsze cykle produkcyjne, produkcję na indywidualne zamówienia różnego asortymentu wyrobów w krótkich seriach są nowoczesne chwytaki. Jako przykład innowacyjnego chwytaka adaptacyjnego można podać bioniczny chwytak DHDG firmy Festo. Zastosowane w tym chwytaku specjalne szczęki z funkcją Fin Ray Effect gwarantują odpowiednie chwytywanie produktów o nieregularnych kształtach. Bioniczny system delikatnego chwytania (SoftGrip), przy minimalnej masie własnej i dużej dynamice pracy, zapewnia elastyczne, bezpieczne chwytywanie delikatnych elementów o różnych kształtach i konturach [7].

2. Specyfika robotyzacji przedsiębiorstw w Polsce

Według ekspertów potencjał polskiego rynku robotyki to średnio 500–600 sztuk instalowanych robotów w ciągu roku. Potwierdzają to również dane statystyczne z ostatnich kilku lat. Poniżej przedstawiono wykres obrazujący liczbę pracujących robotów przemysłowych w Polsce w latach 1997–2012.

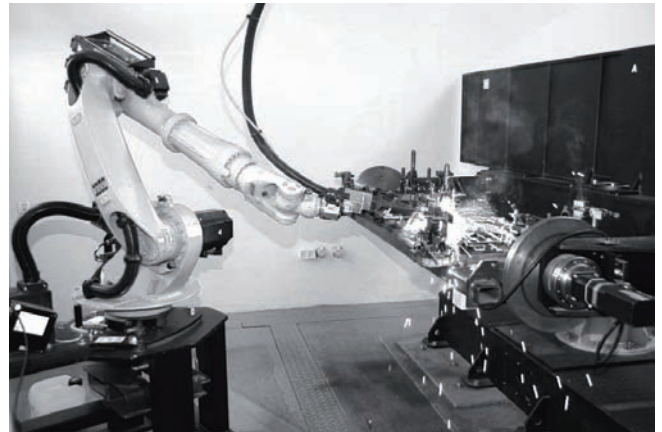
Prezentowane na wykresie (rys. 2) dane statystyczne wykazują systematyczny wzrost liczby zainstalowanych robotów w krajowym przemyśle. Widać, że popyt na roboty nie słabnie, a z roku na rok wzrasta liczba robotów pracujących w zakładach produkcyjnych. Dynamika tego przyrostu jest nadal jednak niewielka. Nawet rekordowy w 2011 r. wzrost inwestycji w robotyzację (1108 zainstalowanych robotów w przemyśle) [8] nadal nie odpowiada na potrzeby polskich przedsiębiorstw produkcyjnych. Mimo iż aktualne dane statystyczne, jakimi dysponujemy sięgają 2012 r., można z dużym prawdopodobieństwem, na podstawie analizy trendu na przestrzeni ostatnich kilkunastu lat, czasu pracy (żywności) robota, wysunąć wniosek, że obecna liczba zainstalowanych, pracujących robotów w Polsce oscyluje w okolicy 10 tysięcy. Na świecie stosowane są różne wskaźniki, które służą do oszacowania stopnia rozwoju robotyzacji w danym regionie. Powszechnie stosowanym wskaźnikiem, który określa rozwój/stopień nasycenia robotyzacji w danym regionie, jest tzw. gęstość robotyzacji (ang. *robot density*), określana jako liczba robotów przemysłowych przypadająca na 10 tysięcy zatrudnionych w zakładach przemysłowych [9]. Według dostępnych danych Międzynarodowej Federacji Robotyki IFR aktualny wskaźnik gęstości robotyzacji

cji wynosi w Polsce 19 robotów [10]. To nadal dość skromny wynik w porównaniu choćby do naszych południowych sąsiadów, Czech czy Słowacji, nie mówiąc już o poziomie robotyzacji w Niemczech (260 robotów na 10 tys. zatrudnionych).

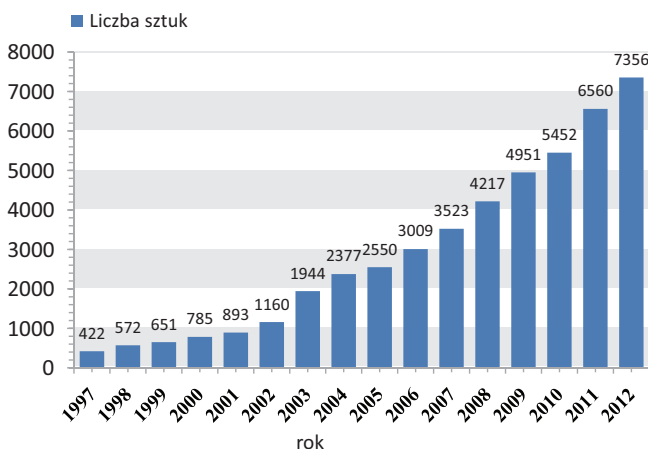
Z przeprowadzonych rozmów i badań ankietowych wśród ekspertów, przedstawicieli producentów i integratorów robotów wynika, iż odbiorcami robotyki w Polsce są najczęściej duże firmy, w tym zagraniczne koncerny, mające fabryki na terenie kraju, średnie przedsiębiorstwa oraz, w mniejszym stopniu, małe rodzinne firmy. Obraz ten pokrywa się z wynikami ankiety przeprowadzonej przez „Control Engineering Polska” w marcu 2012 r. Według tego raportu, odbiorcami robotów są przede wszystkim oddziały międzynarodowych koncernów (92%), z kolei wśród polskich zakładów produkcyjnych najczęściej na zakup zrobotyzowanej aplikacji decydują się średnie przedsiębiorstwa (84%), nieco mniej dużych firm produkcyjnych jest nabywcą robotów (46%), natomiast tylko 15% małych przedsiębiorstw wprowadza automatyzację swojej produkcji poprzez zakup robotów przemysłowych [11]. Ze względu na temat niniejszej pracy uwaga poświęcona będzie głównie prezentacji specyfiki robotyzacji polskich MŚP.

Na tym tle można podjąć próbę oceny rozwoju rynku podaży automatyzacji i robotyzacji Polski. Mimo iż w latach 70. XX w. w Polsce powstały pierwsze konstrukcje krajowych robotów, które następnie z sukcesem były wdrażane w przedsiębiorstwach, to pod koniec lat 90. roboty te nie wytrzymały próby czasu. Obecnie polscy przedsiębiorcy w robotyzacji swoich zakładów bazują na robotach zagranicznych producentów. Choć brak polskich firm produkujących roboty przemysłowe, bogata oferta zagranicznych dostawców zapewnia, iż każdy znajdzie urządzenie dopasowane do danego procesu produkcyjnego. Według ankiety przeprowadzonej w marcu 2012 r. przez miesięcznik „Control Engineering Polska”, dotyczącej rankingu najpopularniejszych marek robotów zainstalowanych w zakładach produkcyjnych w Polsce, na pierwszym miejscu uplaso-

wały się roboty marki Fanuc (87% ankietowanych), na drugim ABB (62%), zaś kolejne pozycje zajęły roboty następujących firm: KUKA Roboter (37%), Mitsubishi (37%), Kawasaki Robotics (25%) i Panasonic (12%) [12]. Na podstawie wizyt w wielu polskich zakładach produkcyjnych warto do tej listy dopisać roboty firmy Comau, jak również Toshiba oraz Motoman. W Polsce rynek podaży robotów przemysłowych tworzą: przedstawicielstwa (oddziały bądź filie) międzynarodowych koncernów największych producentów robotów przemysłowych (m.in. ABB, KUKA, Fanuc), dystrybutorzy (dealerzy), firmy integratorskie oraz sprzedawcy robotów używanych [13].



Rys. 3. Robotyzacja spawania
Fig. 3. Robots arc welding



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GUS: Nauka i Technika w 2003 r., s.120; Nauka i Technika w 2004 r., s. 93; Nauka i Technika w 2005 r., s.191; Nauka i Technika w 2006 r., s.188; Nauka i Technika w 2007 r., s. 164; Nauka i Technika w Polsce w 2008 r., s. 236; Nauka i Technika w Polsce w 2009 r., s.455; Nauka i Technika w 2010 r., s. 359; Działalność innowacyjna przedsiębiorstw w latach 2009–2011, s. 90, Działalność innowacyjna przedsiębiorstw w latach 2010–2012, s. 104

Rys. 2. Liczba pracujących robotów przemysłowych w Polsce w latach 1997–2012

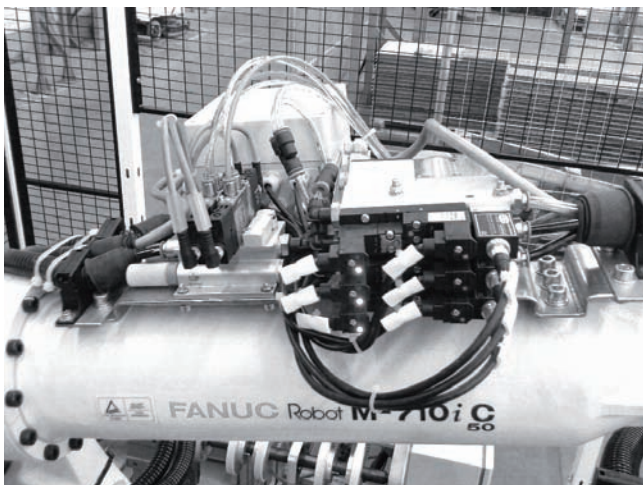
Fig. 2. Number of industrial robots working in Poland between 1997–2012

Patrząc na przytoczone dane, dotyczące liczby robotów pracujących w zakładach produkcyjnych w Polsce, warto przybliżyć specyfikę polskiego rynku robotyki w świetle stanu robotyzacji światowej i formy rozwoju tej dziedziny w krajach wysokorozwiniętych. Nie jest tajemnicą, że Europa zachodnia oraz takie kraje jak Japonia, Korea Południowa, czy same Stany Zjednoczone swoją automatyzację i robotyzację budują na podwalinach wielu lat automatyzacji produkcji. Przez lata kraje wysokorozwinięte miały możliwość kreowania swojej produkcji – na samym początku przez mechanizację, później automatyzację, następnie szerokie wykorzystanie robotów przemysłowych, a kończąc na silnie akcentowanym obecnie nowym kierunku robotyki – „cobotyacji” produkcji, czyli pracy człowieka z robotem ramię w ramię. Odbywa się to wszystko na budowanych przez wiele lat fundamentach technicznych i technologicznych produkcji, również z naciskiem na wykorzystanie tych procesów dla produkcji wielkoseryjnej, czy masowej. Warto podkreślić, że już na etapie projektowania produktu tworzono go z myślą o automatyzacji, a później robotyzacji. Jednocześnie, co równie ważne, przygotowanie elementów składowych do produktów finalnych odbywało się i nadal się odbywa w znakomitym stopniu w sposób zautomatyzowany, czy to z wykorzystaniem maszyn CNC, czy nawet z sięganiem do wcześniejszej technologii lub z wykorzystaniem mechaniki. Osiąga się w ten sposób wysoką powtarzalność elementów wsadowych, niezbędnych w dalszych etapach produkcji. Tak przygotowane detale są tym samym wdzięcznym materiałem wejściowym do dalszej automatyzacji i robotyzacji produkcji. Przykładowo, bardzo istotne dla operacji spawania jest dokładne przygotowanie podzespołów. Minimalne tolerancje wymiarowe elementów spawanych pozwalają na pewną swobodę w konstruowaniu przyrządów i prowadzeniu samego pro-

cesu spajania. Naleciałość historyczna naszego kraju nie dawała tak szerokich możliwości budowania fundamentu do robotyki w postaci mechanizacji, czy później automatyzacji produkcji.

Regułą w krajach wysokorozwiniętych jest relatywnie wysoka cena pracy ludzkiej w porównaniu do koniecznych do poniesienia nakładów na zakup i instalację urządzeń wspomagających procesy produkcji. Warto dostrzec, iż ocena opłacalności inwestycji w robotykę, nawet nie uwzględniająca innych oszczędności niż tylko koszty pracy ludzkiej, była i jest nadal korzystna, ze względu na szybki okres zwrotu nakładów inwestycyjnych przedsiębiorstwa. Koszt eksploatacji maszyny był i jest nadal niższy niż pozostawienie na danym stanowisku człowieka.

Nasuwa się pytanie o miejsce Polski na mapie, bardzo szeroko rozumianego sektora produkcji w Europie i na świecie? Wydaje się, że w znacznej części prawdziwym w dyskusji będzie głos, że produkcja masowa, w jej dosłownym rozumieniu, odnajduje się w dużej jej części na mapie krajów wysokorozwiniętych. Bardzo dobrze wyposażony park maszynowy, wypracowane procedury i kultura techniczna pozwalają w optymalny ekonomicznie sposób prowadzić produkcję masową, w którą doskonale wpisuje się relatywnie prosta robotyzacja. Jej pewna prostota polega na sprawdzonych rozwiązaniach bazujących na podzespołach i elementach wsadowych tworzonych w technologiach, które gwarantują wytwarzanie elementów w sposób powtarzalny. Tym samym, dla uzyskania dobrej ceny wyrobu finalnego nie jest przeszkodą relatywnie droga siła robocza, gdyż jej udział w samym procesie produkcji jest niewielki. Podstawą są maszyny i urządzenia. W Polsce, jak i w każdym kraju UE, koszt zakupu robota czy innego urządzenia technicznego, jest niemal taki sam (przy założeniu, że udział siły roboczej dla produkcji masowej nie podraża kosztów wyrobu jednostkowego). To powoduje, że kraje wysoko rozwinięte decydują się właśnie prowadzić produkcję wyrobów średniej i wysokiej techniki (skomplikowanych w nadzorze) na własnym terenie. Przy takiej produkcji ważny jest bezpośredni nadzór nad procesem, który łatwiej realizować w pobliżu siedziby firmy.



Rys. 4. System komunikacji chwytaka na robocie
Fig. 4. Gripper communication system on the robot

Gdzie w tak przedstawionym procesie produkcji jest miejsce dla istniejącego w naszym kraju przemysłu? Pod tym pojęciem, zgodnie z ideą artykułu, rozumiemy polskie MŚP, będące w rękach najczęściej krajowych właścicieli, realizujących produkcję własnymi zasobami, a nierzadko i technologiami. Warto zauważyć, że w relatywnie dużym stopniu są oni poddostawcami firm globalnych. Szczęśliwie, firmy zachodnie lokują produkcję nie tylko w Chinach. Spotkania z wieloma setkami przedsię-

biorców, wizyty w znacznej liczbie zakładów pozwalają wysunąć ostrożny wniosek, że Polska jest dostawcą, producentem detali, elementów, czy podzespołów, które w krajach rozwiniętych (o wysokich kosztach pracy) trudno jest produkować taniej. Przyczyną takiego zjawiska może być fakt, iż w przypadku produkcji jednostkowej czy małoseryjnej znaczący jest udział pracy ludzkiej. Racjonalne jest więc działanie, w którym na terenie krajów rozwiniętych wytwarza się to, co jest najbardziej opłacalne, w przypadku produkcji małoseryjnej czy jednostkowej będzie to finalny montaż wykwalifikowanym personelem przy użyciu zaawansowanych technologicznie urządzeń. Z kolei to, co w siedzibie producenta najtrudniejsze i najbardziej kosztochłonne, jest wykonywane na zasadach outsourcingu w krajach rozwijających się, w tym w Polsce. W tak przedstawiony obraz produkcji przemysłowej w Polsce, wpisuje się aktywność krajowych integratorów robotyki przemysłowej. Powszechne jest, że nawet jeśli dany światowy producent lokuje w Polsce linię produkcyjną do rzadkości należy, by za jej wyposażenie odpowiadały krajowe firmy. Zdarza się również, że przywożone są całe, gotowe linie instalowane już siłami polskich inżynierów. Tu warto zauważyć, że czasami nie są to rozwiązania specjalnie nowoczesne, a raczej te, których obsługa w kraju z wysoką ceną roboczogodziny już się nie opłaca, czy to ze względu na poziom ich awaryjności, wiekowość rozwiązań, czy po prostu zbyt duży udział drogiej pracy ludzkiej, który zaburza ekonomiczny rachunek i sens utrzymania danej produkcji w pierwotnej siedzibie. Istniejący w Polsce przemysł produkcji dóbr masowych pozostaje najczęściej w rękach koncernów, które, budując w Polsce zakłady, czasami przenoszą wcześniej eksploatowane już linie technologiczne wymagające znacznego udziału pracy ludzkiej. Trzeba jednak zauważyć, że taka sytuacja będzie trwać, dopóki stawki płac w Polsce będą dużo niższe w relacji do poziomu wynagrodzeń u naszych zachodnich sąsiadów.

3. Produkcja małoseryjna szansą polskich MŚP, ale wyzwaniem dla robotyzacji

Nasuwa się pytanie, jak wygląda, w świetle przedstawionych argumentów, specyfika robotyzacji krajowej? Jednym z podnoszonych już wątków jest to, iż raczej skupia się ona na produkcji małoseryjnej i jednostkowej. Realnymi barierami w takim przypadku dla robotyzacji są jednak: brak powtarzalności produktu, jego częste zmiany i konieczność dostosowywania się do wymagań odbiorcy, przy zachowaniu czasem bardzo wysokich wymagań technicznych. To jest właśnie wyzwanie, przed którym stają krajowi integratorzy. Przedsiębiorca, dążąc do stabilizacji jakości produkcji, podniesienia jej wydajności i obniżenia kosztów, w sposób naturalny szuka pomocy u integratora. Integrator, przy obecnym stanie wiedzy, czasem nie ma możliwości, by osiągnąć cel inwestora mieszcząc się w budżecie przewidzianym na dany projekt. Stabilność produkcji wymaga dopracowania procesu na jego wcześniejszych etapach, na co potrzeba czasu, a może zdarzyć się, że taki realnie potrzebny okres na wprowadzenie poprawnego, sprawdzonego i ekonomicznie wydajnego procesu byłby krótszy niż czas życia docelowego produktu.

Poza faktem, że produkcja jest często małoseryjna lub wręcz jednostkowa, bardzo ważnymi są kwestie zaplecza technicznego, jakim obecnie dysponuje polski przedsiębiorca. Choć należy podkreślić, że nawet rodzime firmy już coraz częściej dysponują bardzo nowoczesnym parkiem maszynowym – to duża zasługa funduszy unijnych. Aczkolwiek nadal w Polsce można łatwo znaleźć zakład produkcyjny, w którym produkcja odbywa się z zastosowaniem przestarzałej technologii i w dużej mierze przy użyciu rąk ludzkich. To z kolei jest przyczyną, dla której

elementy, które potem są przedmiotem pracy robota, mogą być mało dokładne. I chodzi tu zarówno o elementy np. do spawania (szczególnie detale obrabiane plastycznie, które są przyczyną błędów wykonania), jak i paletyzacji (np. ręcznie napełniane i zszywane worki z produktami), czy nawet montażu (ręcznie wykrawane, docinane elementy) itp. [14].

Podsumowując, warto podkreślić, że poziom jakości, dokładności przygotowana detali, jako elementów składowych pod proces robotyzacji, jest w pewnej części niewystarczający. Przekłada się to na większe nakłady na etapie wdrożenia w pełni wydajnej zrobotyzowanej linii produkcyjnej. Zdarza się, że również serwis urządzeń, już zakupionych przez rodzimego producenta, liczony w euro za godzinę, stanowi znaczny koszt eksploatacji robota, co wpływa na opłacalność takiej inwestycji [15].

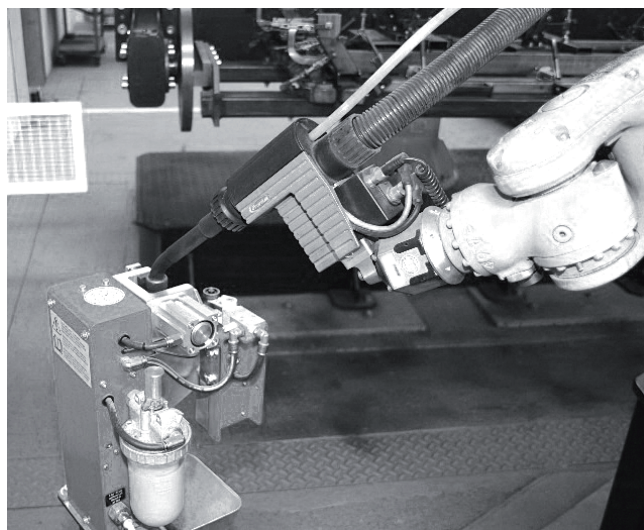
Przed jakimi zatem wyzwaniami stoi krajowy rynek robotyki? Podzespoły są relatywnie drogie, produkcja z założenia jest mniej przyjazna robotyzacji ze względu zarówno na wolumen jak i techniczne oraz technologiczne przygotowanie elementów. Budowa instalacji spełniającej wysokie wymagania jest zadaniem relatywnie trudnym i wymaga najwyższych umiejętności technicznych, organizacyjnych i technologicznych. W praktyce takie stanowiska muszą być elastyczne, adaptowalne i reagujące na zmienne otoczenie, muszą również akceptować niedokładność detali, która wynika z wcześniejszej obróbki a także pozostałych wad powstałych w procesach przygotowawczych.

Obraz krajowej robotyki często bywa niesatysfakcjonujący – do nieprzygotowanego procesu próbuje się zainstalować robota z myślą, że to nowoczesne urządzenie będzie receptą na wcześniejszą powstałą niedoskonałości i przyczyni się do uzyskania produktu końcowego wyższej jakości. Należy patrzeć oczywiście na to szerzej, nie tylko na zadania samej produkcji, np. montażu, spawania, malowania, ale też np. na transport międzyoperacyjny. Robotyzacja nie jest uniwersalną receptą na te problemy, może być raczej traktowana jako finalny element procesu produkcji, który spina poprzednie, najlepiej prawidłowe technologicznie procesy w sprawnie funkcjonujący technicznie i ekonomicznie organizm.

Z drugiej strony obserwujemy wśród przedsiębiorców większą świadomość, potrzebę zmiany istniejącej sytuacji, czemu sprzyja silna współpraca z odbiorcami z krajów rozwiniętych, którzy stawiają wysokie wymagania jakościowe. Przyczyną rosnącej popularności robotyzacji wśród krajowych MŚP wydają się być dwójki. Pierwsza, oczywista – to ekonomia. Mimo znaczących kwot inwestycji, jeśli zrobotyzowana aplikacja jest zrealizowana profesjonalnie, staje się opłacalna. Drugi ważny aspekt to prestiż powiązany z jakością produkcji. Coraz większego znaczenia nabiera odbiór firmy i jej wyposażenie przez potencjalnych klientów. Te dwa czynniki wydają się być decydujące w podejmowaniu pozytywnej decyzji o robotyzacji produkcji. Podkreślić przy tym warto, że na obecnym etapie robotyka krajowa przeżywa proces upowszechniania się. Jest to czasem okupione nieco większym wysiłkiem krajowych integratorów włożonym w proces budowania stanowisk i wyprowadzania na nich technologii danego procesu. Ciekawostką na tym tle jest to, że w Polsce stanowiska zrobotyzowane wyposażane są w znaczną liczbę urządzeń peryferyjnych – czujniki, kamery, systemy korekty spoiny itp., które umożliwiają manipulatorowi odnaleźć się w zmiennej rzeczywistości produkcyjnej.

Powyższe tezy są pewnym głosem w dyskusji na temat krajowego rynku robotyki. Jak pokazuje doświadczenie, prawda o zapotrzebowaniu polskiego przemysłu na robotyzację, o funkcjonowaniu rodzimego rynku integratorów i rynku robotyki przemysłowej leży gdzieś między twierdzeniem, że „rozwój robotyki w przemyśle przebiega podobnie jak w krajach rozwiniętych tylko że później i wolniej”, a tezami przedstawi-

onymi w artykule, z którego wynika, że przeskoczyliśmy jednak pewien etap dojrzewania technologicznego i z pełnym optymizmem wkraczamy na mało spenetrowane obszary robotyzacji produkcji małoseryjnej, zmiennej, z dużymi niedokładnościami elementów/procesów wsadowych.



Rys. 5. Czyszczenie palnika
Fig. 5. Welding torch cleaning

4. Nietypowa Robotyka jako inspiracja dla krajowych MŚP

W dalszej części rozważań, z krajową robotyką w tle, przedstawione zostaną przykłady wdrożeń nietypowych, zrealizowane poza granicami naszego kraju, które mogą być materiałem wyjściowym, inspiracją dla krajowych MŚP. Coraz tańsze elementy automatyki w relacji do rosnącego kosztu pracy, maksymalizacja uniwersalności i możliwości stosowanych manipulatorów sprawiają, że roboty pojawiają się tam, gdzie nie spodziewalibyśmy się ich spotkać. W obszarach zarezerwowanych do chwili obecnej dla człowieka i jego zmysłów tak z ekonomicznego, jak i technicznego punktu widzenia. Wszędzie tam, gdzie trzeba widzieć, adaptować się i czuć proces, by wykonywać go w sposób prawidłowy [16]. Kilka przykładów obrazuje, że obszary z pozoru mało podatne na robotyzację doskonale się jej poddały, gwarantując inwestorom zarówno zwrot inwestycji, jak i osiągnięcie zakładanych parametrów – powtarzalności procesu, utrzymania jakości oraz poprawy bezpieczeństwa pracowników.

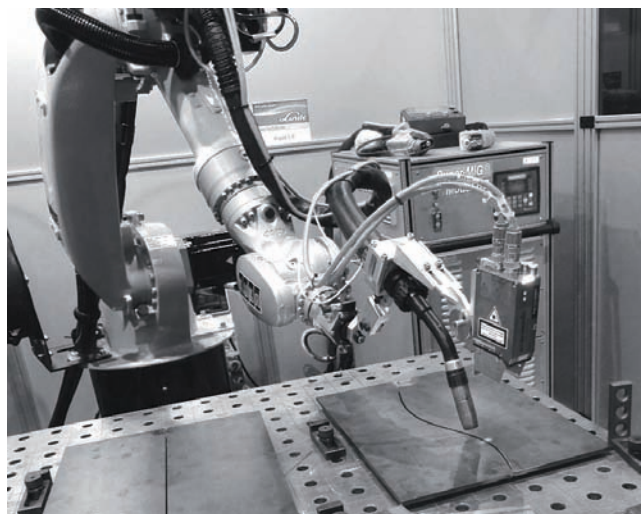
Skupiając się na konkretach, podróż po robotyce innej, nietypowej można rozpocząć od rzeźni. Tradycyjnie roboty mogą pracować przy pakowaniu gotowych elementów, szczególnie umieszczonych w jednakowych już opakowaniach. Ale przedstawione wdrożenie, choć nie jest nowością, cały czas zasługuje na uwagę ze względu na swój niepowtarzalny i wciąż innowacyjny charakter. Roboty pracujące przy podziale tusz wieprzowych są ubrane w fartuchy, które z jednej strony chronią je przed środowiskiem, z kolei produkt – przed zanieczyszczeniem. Innowacją projektu jest to, że produkt jest mniej lub bardziej, ale jednak niepowtarzalny. Podwieszony transporter utrzymuje tusze w ruchu, podczas gdy przejeżdżają one przez strefę obsługiwaną przez roboty. Tu zastosowano pierwszy system: współpracę robota z transporterem, który usprawnia pracę robota z ruchomym produktem. W tym czasie laserowy system obmierza każdą z tusz w trzech wymiarach,

archiwizując dokładne dane na temat wymiarów i kształtów powierzchni każdej tuszy z osobna. Wdrożenie okazało się możliwe dzięki zastosowaniu zaawansowanych systemów laserowej detekcji kształtu i możliwości adaptacji robotów, tak na poziomie generowania pojedynczej, niepowtarzalnej ścieżki ruchu, jak i właściwie dobranych narzędzi. Podkreślić należy, że wprawdzie w halach produkcyjnych stosowane są aplikacje do pracy z różniącymi się detalami, jednak tu na uwagę zasługuje użycie skanowania 3D do generowania „obrazu” absolutnie niepowtarzalnego, biologicznego bytu. Można wysunąć wniosek, że tworzenie indywidualnej ścieżki trajektorii ruchu robota, na podstawie oceny rzeczywistego elementu, jest coraz intensywniej rozwijanym kierunkiem robotyzacji, który pozwala na stosowanie robotów w obszarach do chwili obecnej dla nich niedostępnych.

Kolejnym, wartym odnotowania, zastosowaniem robota przemysłowego jest pomiar temperatury ciekłego metalu za pomocą termopary jednorazowej. Praca człowieka przy piecu, w którym znajduje się płynne żeliwo o temperaturze rzędu 1400 °C, musi budzić pewne emocje oraz zrozumiałą troskę o pracownika. Pomiar temperatury wspomnianą metodą w praktyce przeprowadza się przez manipulowanie termoparą zamontowaną na długim pręcie w celu umieszczenia jej w miejscu pomiaru. Zastosowany robot jest dodatkowo ubrany w rękaw ochronny, który chroni manipulator. Rękaw taki izoluje od wpływu ciepła jak i chroni ruchome elementy robota przed zanieczyszczeniami.

Rosnące wydajności maszyn produkcyjnych wymuszają coraz bardziej dynamiczną kontrolę produktu, często na wielu etapach produkcji. Odpowiedzią na to zapotrzebowanie są coraz szybsze i wydajniejsze systemy wizyjne. W przypadku, gdy kontrolowany detale nie jest produkowany w masowej ilości, ale jego kontrola musi być bardzo dokładna, przebiegać z różnych kierunków i w różnych odległościach od elementu, najlepszym rozwiązaniem wydaje się robot z systemem wizyjnym. W zrealizowanym wdrożeniu rozwiązaniem okazała się kamera zamontowana na ramieniu robota współpracującego z jednoosiowym stołem obrotowym, stanowiącym dodatkową oś manipulatora. Stół pozwala na obrót detalu dla zajęcia optymalnej pozycji przez robota. Pewnym wyzwaniem w integracji instalacji były wymagania delikatnego obchodzenia się z precyzyjnym sprzętem wizyjnym zamocowanym na ramieniu robota. Alternatywą dla takiego wdrożenia byłoby umieszczenie szeregu kamer, część z nich na niewielkich manipulatorach, które obejmowałyby wymagany obszar pomiarowy. Jednak okazało się, że przy wymaganej wydajności procesu byłoby to rozwiązanie droższe i nie tak uniwersalne w kontekście przyszłej produkcji, jak zastosowanie robota przemysłowego.

Kolejnym ciekawym przykładem wdrożenia, gdzie już na stałe w proces wpisują się roboty przemysłowe, jest aplikacja spawania. Przytoczony tu przykład jednak obrazuje nieco inną stronę tego obszaru robotyzacji. Prowadzony projekt spawania z wykorzystaniem technologii hybrydowej – plazma plus tradycyjny MIG/MAG, daje obiecujące wyniki. Metoda pozwala na spawanie blach o grubości nawet do 20 mm jednym przejściem z prędkością rzędu 0,8 m/min. Wymaga to oczywiście wprowadzenia w materiały łączone ogromnej ilości energii cieplnej, co w powiązaniu z wagą palnika i żądaniem dokładności jego prowadzenia, silnie ogranicza możliwość prostego spawania „z ręki”. Dla spoin prostych można wesprzeć się popularnymi na rynku traktorkami spawalniczymi, ale to bardzo mocne ograniczenie metody, gdy np. chcielibyśmy pospawać przenikające się rury. Roboty do tej pracy nadają się idealnie. Jest to przykład, jak wprowadzanie jednej technologii – spawania hybrydowego – wymusza wprowadzanie



Rys. 6. Spawanie hybrydowe z użyciem plazmy
Fig. 6. Plazma hybrid MIG/MAG welding

kolejnych narzędzi do jej obsługi, tu akurat robotów przemysłowych.

Przedstawione przykłady stanowią źródło inspiracji dla kolejnych wdrożeń, w szczególności dla MŚP, gdzie do chwili obecnej taka technologia nie była brana pod uwagę. Rozwój techniki pomiarowej, wizyjnej i oczujnikowania pozwala sądzić, że w przyszłości będzie coraz więcej bardzo ciekawych wdrożeń w miejscach, które na chwilę obecną nie poddają się robotyzacji.

5. Przewidywane ścieżki /kierunki robotyzacji polskich MŚP

Na tle przedstawionych argumentów wydaje się, że w miarę wzrostu zamożności polskiego społeczeństwa, która jest efektem podnoszenia się poziomu wynagrodzeń, kierunki automatyzacji i robotyzacji krajowych MŚP będą się sukcesywnie zbliżać do wzorców zachodnich. Przewaga produkcji małoseryjnej, jednostkowej, występujące niedokładności elementów/procesów wsadowych do robotyzacji wpływają na częstotść przebrojeń stanowisk, konieczność stosowania znacznej liczby przyrządów spawalniczych i programów pracy manipulatorów. Jednak perspektywy są optymistyczne, w najbliższym czasie krajowe rozwiązania robotyczne nie będą odbiegały od aplikacji popularnych w krajach bardziej rozwiniętych technologicznie. W ten nurt wpisuje się również coraz lepsze usprzętowanie krajowych firm produkcyjnych, co owocuje stopniowym wzrostem jakości detali/procesów do obsługi przez roboty. względem związku z tym wydaje się, że nastąpi spadek zapotrzebowania na instalowanie dużej liczby czujników, kamer itp.

Wartym odnotowania jest również fakt, że coraz silniej rysuje się, także na rynku krajowym, zapotrzebowanie na coboty (roboty współpracujące z człowiekiem). Ten kierunek wydaje się być dominującym zarówno na rynkach światowych robotyki, jak i Polski goniącej w tym zakresie kraje bardziej rozwinięte. Tak wytyczona droga może stać się jedyną alternatywą właśnie dla krajowych małych i średnich przedsiębiorstw. Roboty coraz śmiej będą wchodziły w przestrzeń człowieka i współpracowały z nim w większym wymiarze. Będzie tak najpewniej nie tylko w robotyce przemysłowej, ale również społecznej, gdzie manipulatory, roboty będą coraz silniej kooperować z człowiekiem w codziennym życiu. Jest to oczywiście „pieśń przyszłości”, ale nie można oprzeć się wrażeniu, że jesteśmy w przededniu znaczących przemian przemysłu, usług, może nawet szerzej

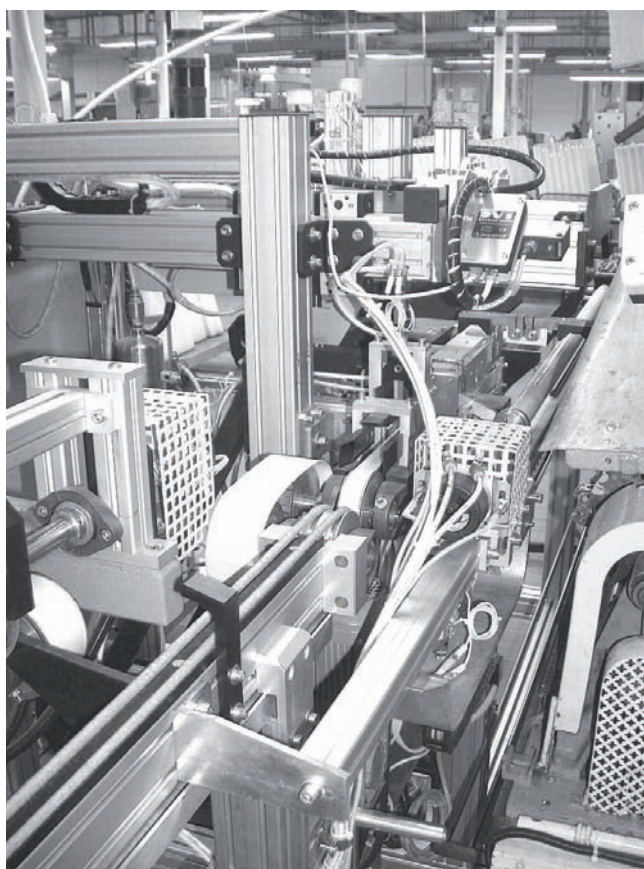
– kontaktów międzyludzkich, w które z coraz większą swobodą wkraczają automatyka i robotyka [17]. Obecna współpraca robotów i ludzi na jednym stanowisku jest ograniczona do manipulatorów o małych udźwigach, pracujących z niewielkimi prędkościami. Nadal bardzo trudnym (nieopłacalnym na granicy technicznych możliwości wykonania) zadaniem do zrealizowania jest praca obok siebie człowieka i robota o udźwigu np. 1000 kg. Tu bariery są duże i, wydaje się, nieprędko zostaną usunięte. Notowany jest oczywiście postęp w zakresie rozwoju, czy to samych konstrukcji robotów, z naciskiem na zmniejszenie energochłonności ich pracy, skrócenie czasu cyklu czy otoczenia manipulatorów (czujniki, systemy wizyjne). Rozwiązania realizowane obecnie w robotyce mogły być wdrożone już na znacznie wcześniejszym etapie rozwoju. Od początku istnienia roboty spawały, zgrzewały, przenosiły, malowały i realizowały inne czynności, które wykonują również obecnie. Zmianą znaczącą jest rozwój cobotów, który przyczynia się do powstawania na naszych oczach nowych obszarów zastosowań robotów przemysłowych. Rosnące wymagania klientów i globalna konkurencja

torskim, które talentem inżynierów realizują prace pozwalające odbiorcom ich usług (rodziny firmom produkcyjnym) na konkurowanie na niełatwym międzynarodowym rynku.

Drugim, wartym odnotowania wnioskiem może być stwierdzenie, że w bardziej lub mniej odległej przyszłości ścieżką rozwoju robotyzacji będzie integracja robotów o coraz większym udźwigu ze środowiskiem pracy współdzielonym z ludźmi. Jest to obecnie raczkujący kierunek, ale liczący się producenci robotów mają w ofercie produktowej modele o minimalnym udźwigu przeznaczone właśnie do takiej kooperacji. Jest najpewniej kwestią czasu, że postęp technologiczny sprawi przyczyni się do tego, że obok człowieka stanie robot o udźwigu 1000 kg. Ponadto, robot z pewnością będzie w sposób inteligentny adaptował się do otoczenia i realizował prace o skomplikowanej „trajektorii” używając adekwatnych sił w relacji człowiek-robot, zapewniających bezpieczną pracę człowieka w tym duecie.

Bibliografia

- [www.ifr.org/uploads/media/History_of_Industrial_Robots_online_brochure_by_IFR_2012.pdf], pobrane 25.09.2015.
- [www.ifr.org/industrial-robots/statistics/], pobrane 01.10.2015.
- [www.eurosfair.prdd.fr/7pc/doc/1286200019_g44_geof-fpegman.pdf], pobrane 17.07.2015.
- Kulik J., *Ramię w ramię z robotem. Jak współpraca robotów i ludzi ukształtuje robotykę przyszłości*, „Automatyka”, Nr 9/2015, 102–103.
- [www.abiresearch.com/press/collaborative-robotics-market-exceeds-us1-billion-/], pobrane 11.08.2015.
- Kukielka K., Różańska-Walczuk M., *Robotyka przemysłowa dziś i jutro*, „Pomiary Automatyka Robotyka”, Nr 11/2014, 22–27.
- [www.festo.com/net/pl_pl/SupportPortal/default.aspx?q=DHDG&tab=2&s=t#result], pobrane 12.09.2015.
- GUS, *Działalność innowacyjna przedsiębiorstw w latach 2009-2011*, 90.
- Zdanowicz R., *Robotyzacja procesów wytwarzania*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2007, 20.
- [www.magazynprzemyslowy.pl/zarzadzanie-i-rynek/Robotyzacja-przemyslu-dlaczego-Polska-nie-wykorzystuje-swojej-szansy,5517,1], pobrane 20.09.2015.
- Raport: Polski rynek robotów i manipulatorów*, *Robotyka stosowana*, „Control Engineering Polska”, Nr 3 (86), kwiecień 2012, 48.
- Control Engineering Polska, *Raport: Polski rynek robotów i manipulatorów*, *Robotyka stosowana*, Nr 3 (86), kwiecień 2012, 48
- Raport: Robotyka przemysłowa*, „Magazyn Przemysłowy”, Nr 1 (78), 2008, 13–14.
- Pilat Z., Pachuta M., Hylla R., Kubica J., *Funkcjonalność i efektywność ekonomiczna zrobotyzowanego ukosowania blach*, „Przegląd Spawalnictwa”, Nr 1/2014, 43–49.
- [www.money.pl/gospodarka/wiadomosci/arttykul/niskie-koszty-pracy-juz-nie-wystarcza-polska,139,0,1924491.html], pobrane 20.10.2015.
- Wojtczak Ł., *Łamiemy schematy robotyki*, „Automatyka”, Nr 6/2015, 34–39.
- [<http://naszeblogi.pl/45881-w-fabrykach-europy-polski-tani-robot-zastapi-roboty>], pobrane 30.09.2015.



Rys. 7. Przykład automatyzacji
Fig. 7. Automation device example

to czynniki, które powodują konieczność szybkiego reagowania MŚP na nowe potrzeby. Polskie przedsiębiorstwa, aby sprawnie działać na globalnym rynku, muszą oferować konkurencyjne produkty. Liczy się jakość, czas, wydajność, indywidualne podejście do klienta i innowacyjny produkt, i tu zastosowanie cobotów wydaje się idealnym rozwiązaniem.

Podsumowując warto zauważyć, że robotyka krajowa ma szansę bardzo specyficznego rozwoju, który z jednej strony korzysta z rozwiązań gotowych (same roboty przemysłowe nie są produkowane w Polsce), z drugiej – sposób ich wykorzystania wystawia jak najlepsze świadectwo krajowym firmom integra-

World Trends in Robotics and Technical Challenges of Polish SME's

Abstract: This article presents a specific way of robotization of manufacturing SME's in Poland. There are introduced challenges for industrial robotics in Polish market. The analysis was conducted from the perspective of real implementation and review of the Polish market on the background of global development trends and current directions of development of industrial robots worldwide. We also show a discussion between two opinions; the first one tells that in Poland robotics market is similar to the best worldwide patterns, and the second one which shows that robotization in Poland had lost some steps – they are missed. The second attitude results in practical differences already in robotic systems integration itself, which is also mentioned in the article.

Keywords: industrial robotics, industrial robots, SME, market of industrial robotics

mgr inż. Joanna Kulik

jkulik@piap.pl

Absolwentka Wydziału Inżynierii Produkcji Politechniki Warszawskiej. Zainteresowania zawodowe koncentrują się wokół robotyzacji krajowych małych i średnich firm produkcyjnych, oraz coraz popularniejszej ostatnio dziedziny szybkiego prototypowania, włącznie z wykorzystaniem technologii wydruków 3D.



mgr inż. Łukasz Wojtczak

lwojtczak@piap.pl

Ukończył studia na Wydziale Samochodów i Maszyn Roboczych Politechniki Warszawskiej. Aktywność zawodowa koncentruje się wokół zagadnień automatyzacji i robotyzacji krajowych firm produkcyjnych, w szczególności w obszarach procesów mniej podatnych na automatyzację i robotyzację.

