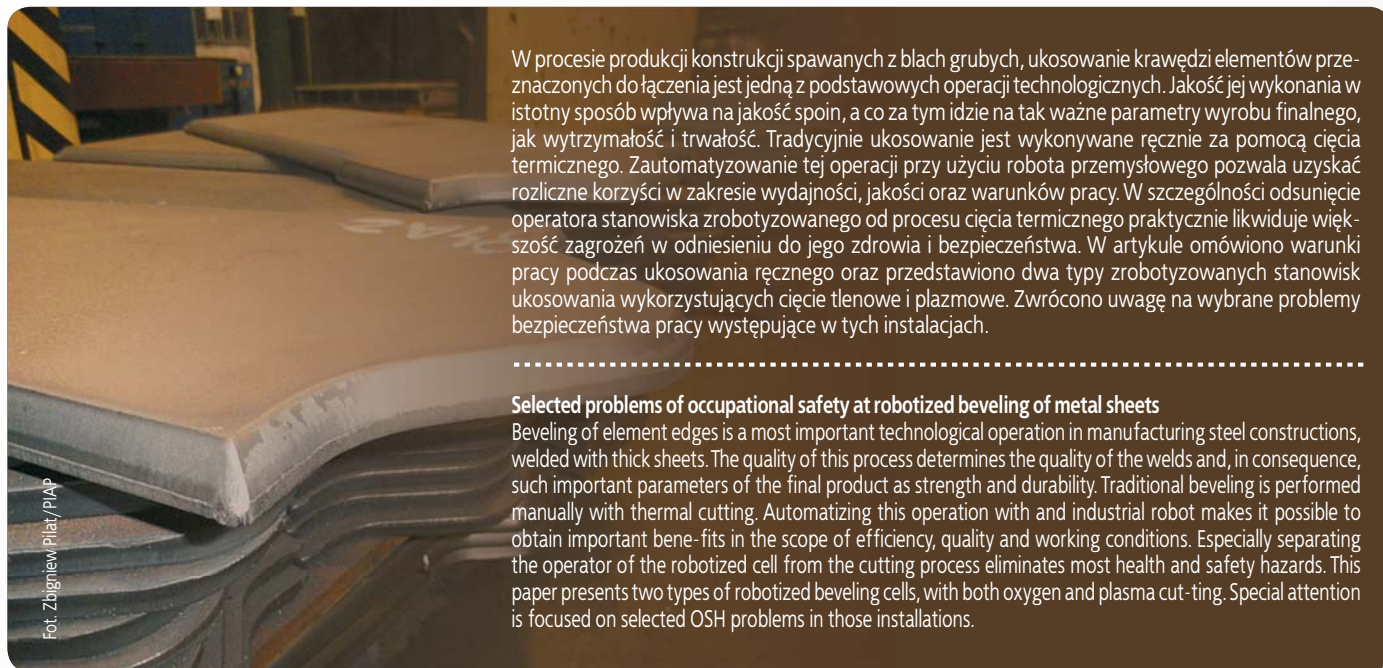


# Wybrane problemy bezpieczeństwa pracy przy zrobotyzowanym ukosowaniu blach



Fot. Zbigniew Pilat/PIAP

W procesie produkcji konstrukcji spawanych z blach grubych, ukosowanie krawędzi elementów przeznaczonych do łączenia jest jedną z podstawowych operacji technologicznych. Jakość jej wykonania w istotny sposób wpływa na jakość spoin, a co za tym idzie na tak ważne parametry wyrobu finalnego, jak wytrzymałość i trwałość. Tradycyjnie ukosowanie jest wykonywane ręcznie za pomocą cięcia termicznego. Zautomatyzowanie tej operacji przy użyciu robota przemysłowego pozwala uzyskać liczne korzyści w zakresie wydajności, jakości oraz warunków pracy. W szczególności odsunięcie operatora stanowiska zrobotyzowanego od procesu cięcia termicznego praktycznie likwiduje większość zagrożeń w odniesieniu do jego zdrowia i bezpieczeństwa. W artykule omówiono warunki pracy podczas ukosowania ręcznego oraz przedstawiono dwa typy zrobotyzowanych stanowisk ukosowania wykorzystujących cięcie tlenowe i plazmowe. Zwrócono uwagę na wybrane problemy bezpieczeństwa pracy występujące w tych instalacjach.

## Selected problems of occupational safety at robotized beveling of metal sheets

Beveling of element edges is a most important technological operation in manufacturing steel constructions, welded with thick sheets. The quality of this process determines the quality of the welds and, in consequence, such important parameters of the final product as strength and durability. Traditional beveling is performed manually with thermal cutting. Automatizing this operation with an industrial robot makes it possible to obtain important benefits in the scope of efficiency, quality and working conditions. Especially separating the operator of the robotized cell from the cutting process eliminates most health and safety hazards. This paper presents two types of robotized beveling cells, with both oxygen and plasma cutting. Special attention is focused on selected OSH problems in those installations.

## Wstęp

W produkcji konstrukcji stalowych wykonanych z blach grubych, szczególnie istotnym etapem jest przygotowanie elementów przeznaczonych do spawania. Jedną z podstawowych operacji technologicznych, stosowanych przy łączeniu blach, rur czy kształtowników o grubości ścianki przekraczającej 3 mm jest ukosowanie (fazowanie) krawędzi detali. Jakość wykonania tej operacji w istotny sposób wpływa na jakość spoin, a co za tym idzie na tak ważne parametry wyrobu finalnego, jak wytrzymałość i trwałość. Ukosowanie wykonywane ręcznie, przy wykorzystaniu różnych metod cięcia termicznego [1], stwarza wiele problemów związanych z jakością, wydajnością, a przede wszystkim z warunkami pracy operatora. Ich rozwiązanie umożliwia w znacznym stopniu robotyzacja tego procesu. W szczególności odsunięcie operatora stanowiska zrobotyzowanego od procesu cięcia termicznego praktycznie likwiduje większość zagrożeń w odniesieniu do jego zdrowia i bezpieczeństwa. Wprowadzenie robota do środowiska pracy człowieka skutkuje co prawda nowymi niebezpieczeństwami, jednak dostępne metody i środki

techniczne pozwalają je skutecznie eliminować. W sumie robotyzacja procesu ukosowania blach w sposób zdecydowany poprawia warunki pracy osób zatrudnionych przy jego realizacji.

Pierwsze zrobotyzowane stanowisko ukosowania blach zostało opracowane i wdrożone w PIAP w połowie lat 90. Od tego czasu wdrożono kolejne trzy stanowiska, wykorzystujące różne technologie cięcia. Zebrane doświadczenia pozwalają na dokonanie pewnej syntezy problemów bezpieczeństwa pracy na stanowiskach zrobotyzowanego ukosowania blach.

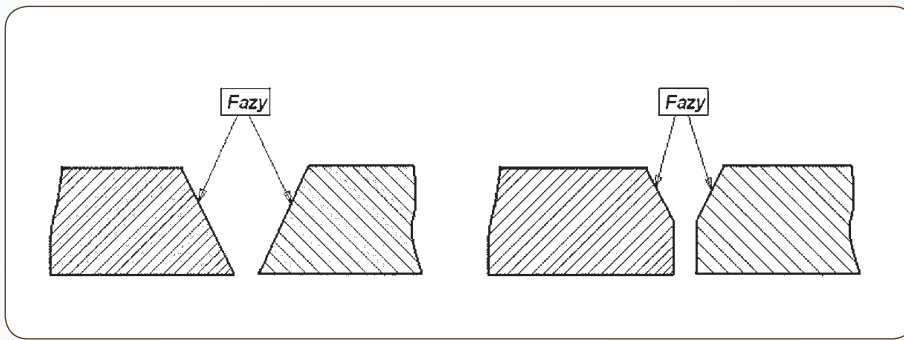
W niniejszym artykule przedstawiono tradycyjny sposób wykonywania operacji ukosowania. Opisano również dwa typy zrobotyzowanych stanowisk zrealizowanych przez PIAP. Omówiono przeprowadzone badania środowiska pracy i uzyskane wyniki.

## Ręczne ukosowanie blach

Spawanie jest powszechnie stosowane do łączenia elementów konstrukcji wykonanych z elementów stalowych. W zależności od ukształtowania miejsca ich połączenia spoiną (tzw. styk) stosuje się różnego rodzaju złącza spawane. Przy

łączeniu stykowym blach, rur, prętów stosuje się tzw. spoiny doczołowe. Wymagają one odpowiedniego przygotowania krawędzi przeznaczonych do spawania, aby powstał rowek, w którym zostanie położona spoina. Nazywa się go fazą, a operację jego wykonywania fazowaniem lub ukosowaniem [1]. Kształt rowka określa typ spoiny. Przykładowe fazy dla złączy spawanych typu Y i V przedstawiono na rys. 1.

Ukosowanie blach tradycyjnie wykonywane jest ręcznie, przy wykorzystaniu tzw. sekatorów, tj. przyrządów ułatwiających prowadzenie palnika. W stanowiskach ukosowania ręcznego stosuje się na ogół cięcie tlenowe. Tak realizowany proces stwarza bardzo niebezpieczne warunki pracy. Operator pracuje w niewygodnej pozycji i znajduje się bezpośrednio przy płomieniu (fot. 1.). Narażony jest m.in. na wdychanie niebezpiecznych dymów i oparów, na hałas, na poparzenia odpryskami i rozgrzanym detalem. Proces ten jest bardzo pracochłonny, a jego efekt, z punktu widzenia jakości, często niezadowolający. O ile fazy wykonywane na odcinkach prostych są równe, o stałych parametrach geometrycznych, to na łukach nie udaje się utrzymać zadanego



Rys. 1. Spoina typu V i spoina typu Y z zaznaczonymi fazami  
Fig. 1. V-type and Y-type welds with marked phases

kąta i szerokości. Jeszcze gorzej jest przy przejściach z łuku na prostą i z prostej na łuk. Tam pojawiają się nierówności i tzw. wżery.

## Automatyzacja procesu ukosowania blach

Wskazane wcześniej niedostatki ukosowania ręcznego powodowały, że od wielu lat podejmowano próby zautomatyzowania tego procesu. Dzisiaj w praktyce można spotkać się z trzema rozwiązaniami automatyzacji ukosowania blach.

Pierwszym jest wykorzystanie tzw. wypalarek CNC – maszyn wyposażonych w jeden lub więcej (na ogół do 6) palników umieszczonych pionowo. Niektórzy producenci oferują do tych maszyn specjalne głowice do ukosowania, umożliwiające pochylenie palnika. Istnieją też konstrukcje, w których na jednej głowicy montuje się trzy palniki: jeden pionowy i dwa wychylne. Nie jest to jednak rozwiązanie popularne. Kolejną metodą ukosowania jest obróbka skrawaniem, która sprawdza się głównie wobec małych elementów o stosunkowo skomplikowanych kształtach. Proces ten jest jednak bardzo czasochłonny, a przez to kosztowny. Dlatego nie stosuje się go często.

Najbardziej rozpowszechnionym rozwiązaniem automatyzacji ukosowania jest robotyzacja tego procesu. Generalnie rzecz biorąc spawalnictwo jest obszarem, w którym od lat wdraża się najwięcej robotów przemysłowych. Według danych organizacji IFR, która zbiera

informacje na temat stanu robotyzacji w poszczególnych krajach, ponad 25% wszystkich zainstalowanych robotów pracuje przy spawaniu, zgrzewaniu i cięciu [2]. Z tego powodu człowi producenci robotów wkładają wiele wysiłku, żeby ich urządzenia były coraz lepiej przystosowane do warunków w środowisku procesów spawalniczych (np. odporność na temperaturę, zapylenie), w sposób bezproblemowy współpracowały ze sprzętem spawalniczym, zapewniały łatwe metody obsługi i programowania. Dzięki temu na rynku jest wiele modeli robotów, które znakomicie nadają się do cięcia i ukosowania. Stanowiska zrobotyzowanego ukosowania cechuje także znaczna uniwersalność. Można na nich bez problemu realizować cięcie, w tym wykonywać dodatkowe wycięcia w gotowych podzespołach. Jednocześnie z punktu widzenia wymagań technologicznych, ukosowanie jest procesem stosunkowo prostym. Nie wymaga także kosztownego oprzyrządowania wspomagającego. Dwie ostatnie uwagi dotyczą przede wszystkim cięcia tlenowego. Nic więc dziwnego, że to tę technologię stosowano najczęściej w pierwszych instalacjach zrobotyzowanych.

## Zrobotyzowane ukosowanie blach z wykorzystaniem cięcia tlenowego

Pierwszą aplikacją zrobotyzowanego ukosowania blach, wykonaną przez PIAP, było stanowisko z robotem URP-6 na torze jezdnym

[3, 4]. Zostało ono zainstalowane w 1996 roku, w fabryce TAGOR w Tarnowskich Górach, kiedy krajowe przepisy dotyczące bezpieczeństwa pracy z robotami nie były jeszcze zharmonizowane z regulacjami europejskimi w tym zakresie. Sytuacja zmieniła się znacznie po wstąpieniu Polski do UE. W odniesieniu do stanowisk zrobotyzowanych trzeba było zacząć stosować dyrektywę maszynową (niedawno znowelizowaną) i wszystkie związane z nią przepisy.

Kolejne zrobotyzowane stanowisko ukosowania zrealizowane przez PIAP, musiało spełniać te nowe wymagania. Jest ono przeznaczone do automatycznego fazowania elementów o niewielkich gabarytach oraz do docinania otworów, zagłębień w gotowych podzespołach wykonanych z blach stalowych. Zastosowano w nim ponownie technologię cięcia tlenowego. Narzędziem tnącym jest palnik acetylenowo-tlenowy sterowany i prowadzony przez robota przemysłowego KUKA KR16. Trajektorie cięcia, zarówno tor ruchu palnika jak i kąt jego nachylenia, są programowane, a następnie odtwarzane w pracy automatycznej robota. Stanowisko zostało przekazane do eksploatacji na początku 2007 r. Jest wyposażone w podzespoły widoczne na fot. 2.

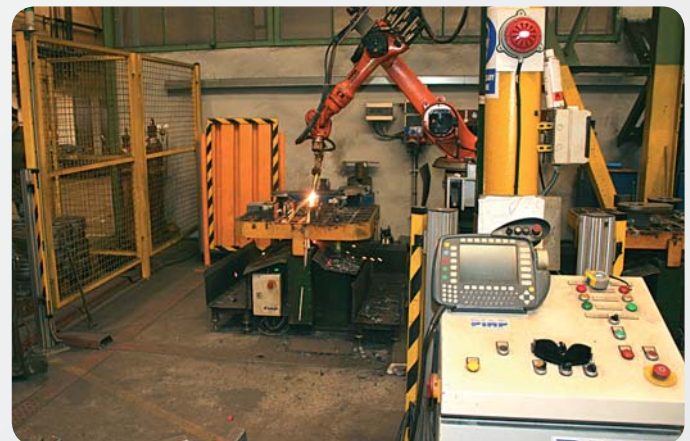
Całe stanowisko pracy robota jest ogrodzone ze względów bezpieczeństwa. Ogrodzenie rozdziela także obie strefy pracy robota. Wejście do obu stref chronione jest przez kurtyny świetlne. O możliwości wejścia do strefy informują 3-kolorowe sygnalizatory (lampy w kolorze czerwonym, pomarańczowym i zielonym), umieszczone na słupkach ogrodzenia odpowiednio przy strefie lewej i strefie prawej.

Podczas eksploatacji produkcyjnej stanowisko może pracować w trybie automatycznym lub ręcznym. W pierwszym przypadku, gdy robot pracuje (ukosuje) w jednej strefie w trybie automatycznym, wejście do niej jest zabronione. Gdy robot znajduje się w trybie pracy ręcznej, dozwolone jest wejście do obu stref.

Gdy wstęp do danej strefy jest zabroniony, na odpowiednim sygnalizatorze świeci się lampka czerwona. Po próbie wejścia do strefy przy czerwonym świetle robot pracujący w trybie pracy automatycznej zostaje zatrzymany awaryjnie, gazy



Fot. 1. Operator na stanowisku ręcznego ukosowania blach  
Photo 1. Operator at the manual beveling of metal sheets



Fot. 2. Zrobotyzowane stanowisko ukosowania blach z cięciem tlenowym  
Photo 2. Robotized stand of beveling of metal sheets with oxygen cutting



Fot. 3. Zrobotyzowane stanowisko ukosowania blach z cięciem plazmowym  
Photo 3. Robotized stand of beveling of metal sheets with plasma cutting

zostają odcięte (zgaszenie palnika), miga pomarańczowa lampka na odpowiednim sygnalizatorze oraz uaktywniony jest ostrzegawczy sygnał dźwiękowy.

Stanowisko pracuje bezawaryjnie od czterech lat. W 2009 r. TAGOR zakupił w PIAP bliźniacze stanowisko, w którym wykorzystywany jest robot KUKA KR16F – wersja specjalna przystosowana do pracy w podwyższonej temperaturze.

### Zrobotyzowana instalacja ukosowania z wykorzystaniem cięcia plazmowego

Z uwagi na realizowany program produkcji, w halach TAGOR nierzadko pojawiają się detale o wymiarach przekraczających 2, 2,5 – a nawet 3 metry. Przy ukosowaniu tego typu elementów całkowita długość odcinków fazowanych, a więc długość cięcia, jest na ogół rzędu kilku metrów. To powoduje, że na wydajność stanowisk ukosowania elementów wielkogabarytowych zasadniczy wpływ ma szybkość cięcia. Z tego powodu, przy podejmowaniu decyzji o zakupie nowego stanowiska ukosowania, rozważano wykorzystanie różnych technologii cięcia. Wybrano także technologię cięcia plazmowego, która zapewnia większą szybkość, a także zdecydowanie wyższą jakość niż cięcie tlenowe.

Zrobotyzowane stanowiskom ukosowania blach metodą cięcia plazmowego, opracowane i wdrożone przez PIAP, przekazano do eksploatacji produkcyjnej w końcu 2008 r. [4, 5]. Zainstalowano w nim m.in. szafę sterowniczą stanowiska (sterownik PLC zarządzający pracą stanowiska i sterownik bezpieczeństwa nadzorujący elementy bezpieczeństwa) oraz przejezdną kabinę ochronną (czopuch), poruszającą się po torowisku zamontowanym wzdłuż stanowiska (fot. 3.).

Kabina ochronna może zajmować jedną z dwóch pozycji prawą lub lewą, osłaniając robota i stół, na którym robot ma wykonywać fazowanie. System sterowania kontroluje, czy kabina jest ustawiona w odpowiedniej pozycji. Niemożliwy jest start programu robota dla ukosowania na danym stole, jeśli kabina nie znajduje się nad nim.

Podczas cięcia plazmowego występują zagrożenia specyficzne dla tej technologii:

- Hałas – w zastosowanym zestawie FineFocus 800, poziom hałasu przy cięciu stali konstrukcyjnej o grubości 20 mm, w odległości 1 m od pracującego palnika plazmowego wynosi ok. 102 dB.

- Promieniowanie nadfioletowe, widzialne oraz termiczne o bardzo dużym natężeniu.

- Szkodliwe gazy i opary.

Wszystkie te czynniki stanowią zagrożenie zdrowia operatorów stanowiska oraz osób pracujących w pobliżu.

Hałas jest w znacznym stopniu tłumiony przez kabinę ochronną. Jej ściany boczne zapewniają bardzo dobre wygłuszenie dźwięku, który powstaje wewnątrz podczas cięcia plazmowego. Zmierzony poziom dźwięku na zewnątrz kabiny, w miejscu pracy obsługi przy pulpicie operatora stanowiska wynosi ok. 87 dB.

Ponieważ operator musi mieć dostęp do stołów roboczych, w obu frontowych ścianach kabiny zamontowano drzwi. Aby ograniczyć oddziaływanie promieniowania, drzwi wypełniono lamelami spawalniczymi. Układ sterowania otrzymuje informacje ze specjalnych czujników, czy drzwi są dobrze zamknięte (jeśli nie, robot nie rozpocznie pracy). Podobnie, jeżeli podczas pracy automatycznej drzwi zostaną otwarte, robot pracę zatrzyma się i wyłączy zestaw plazmowy. W obu ścianach bocznych zainstalowano okna umożliwiające obserwację wnętrza kabiny. Są one zastąpione lamelami spawalniczymi.

W celu wyeliminowania zagrożenia oparami i gazami, zastosowano bardzo wydajny, wielopunktowy system wentylacji. Oba stoły robocze są wentylowane od dołu, a każdy z nich jest podzielony na cztery sekcje. W danej chwili wentylowana jest tylko ta sekcja, nad którą wykonywane jest ukosowanie. Dodatkowo wprowadzono wentylowanie kabiny od góry. Dwa przewody wentylacyjne doprowadzone są przez specjalny wieszak na dach kabiny. W nim znajdują się dwa otwory wentylacyjne.

W stanowisku ukosowania plazmowego wiele uwagi poświęcono uniemożliwieniu wejścia człowieka w obszar pracy robota. Poza wspomnianymi czujnikami zamknięcia drzwi, wprowadzono także kurtyny świetlne chroniące dostęp do wnętrza kabiny od strony drzwi. Kurtyny te są uaktywniane podczas ukosowania. Dodatkowo zainstalowano maty czułe na nacisk (potocznie zwane „naciskowymi”), ułożone wzdłuż torowiska. Połączone są one z systemem stopu awaryjnego i wykrywają próbę przejścia osób między stołami, a ścianą kabiny, pod kurtynami i drzwiami.

Zastosowanie przejezdnej kabiny ochronnej stwarza zagrożenie najechania jej na operatora lub inną osobę, która wtargnie na torowisko podczas ruchu kabiny. Dlatego na każdym rogu kabiny, poza sygnalizacją świetlną i dźwiękową, zamontowano zderzaki bezpieczeństwa czułe na nacisk. Są one uaktywniane podczas jazdy kabiny, a po ich zadziałaniu kabina natychmiast zatrzymuje się i włącza się stop awaryjny stanowiska.

### Badania środowiskowe na zrobotyzowanych stanowiskach ukosowania blach

Jak już wspomniano, opisane stanowiska zostały wdrożone w latach 2007-2009. Przeprowadzono badania środowiskowe na zgodność z wymaganiami bhp [6]. Z uwagi na występujące zagrożenia objęły one badania pyłowe i chemiczne zanieczyszczeń powietrza, pomiary hałasu oraz pomiary stężenia tlenku węgla.

Jako przykład zostanie przedstawione badanie hałasu. Przeprowadzono je miernikiem poziomu dźwięku, który przed i po badaniu był kalibrowany kalibratorem akustycznym (posiadającymi aktualne świadectwa wzorcowania). Zgodnie z obowiązującymi przepisami [6] i normami, PN-ISO 9612 i PN-N-01307 (w dniu badań), zmierzono następujące cechy:

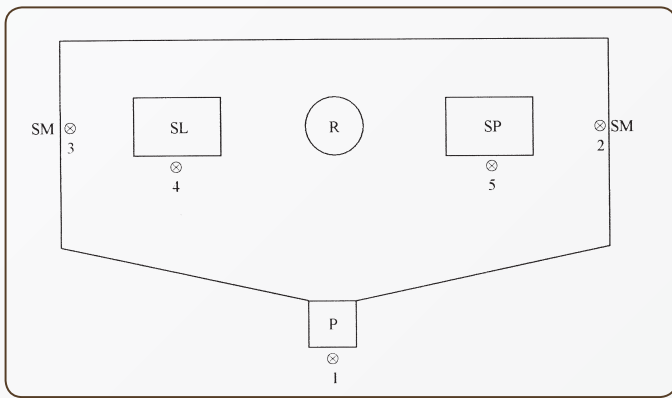
- równoważny poziom dźwięku A
- maksymalny poziom dźwięku A
- szczytowy poziom dźwięku C.

Przed rozpoczęciem badania, ustalono rozmieszczenie punktów pomiarowych na szkicu sytuacyjnym stanowiska (rys. 2.).

W tabeli zebrano uzyskane wyniki. Pomiary wykonano w czasie przerwy socjalnej, gdy nie pracowały inne urządzenia produkcyjne wydzielającego, na którym stanowisko było zainstalowane. Dzięki temu wyeliminowano wpływ hałasu od tych urządzeń, a uzyskane wyniki wskazują, jaki poziom hałasu generuje samo stanowisko.

W zależności od punktów pomiarowych (rys. 2., punkty pomiarowe nr 1-5) równoważny poziom dźwięku A mieścił się w granicach od 76,1 do 78,2 dB, maksymalny poziom dźwięku A wyniósł 81,9 dB, a szczytowy poziom dźwięku C 98,7 dB.

Zgodnie z rozporządzeniem ministra pracy i polityki społecznej z 29 listopada 2002 r. [6] dopuszczalne wartości parametrów hałasu na stanowiskach pracy są następujące:



Rys. 2. Szkic rozplanowania zrobotyzowanego stanowiska ukosowania z robotem KR16F do pomiarów hałasu: R – robot, P – pulpit operatora, SL – stół roboczy lewy, SP – stół roboczy prawy, SM – ogrodzenie z siatki metalowej, 1, 2, 3, 4, 5 – punkty pomiarowe

Fig. 2. A sketch of the robotized stand of beveling of metal sheets equipped with the KR16F robot used to measure noise: R – robot, P – operator's control desk, SL – left working table, SP – right working table, SM – metal wire mesh fence, 1, 2, 3, 4, 5 – measurement points

- poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dnia pracy – 85 dB
- maksymalny poziom dźwięku A – 115 dB
- szczytowy poziom dźwięku C – 135 dB.

Nie stwierdzono przekroczenia dopuszczalnych wartości maksymalnego poziomu dźwięku A i szczytowego poziomu dźwięku C. Uwzględniając zmierzone równoważne poziomy dźwięku A, można określić dopuszczalny czas pracy badanego robota, aby nie był przekroczony na stanowisku pracy poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dnia pracy wynoszący 85 dB.

Wyniki innych badań środowiskowych potwierdziły, że poziom czynników zagrożenia dla zdrowia nie przekracza progów (NDS i NDN) określonych stosownymi przepisami. Raporty z badań środowiskowych zostały dołączone do dokumentacji oceny stanowiska pod względem zgodności z wymaganiami zasadniczymi w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa pracy. Dokumentacja ta zawiera także m.in. opis instalacji, deklaracje zgodności dostawców urządzeń i elementów wykorzystanych w budowie stanowiska, protokół z badań przeciwporażeniowych. Jest ona przechowywana u dostawcy, tzn. w PIAP i stanowi podstawę do wystawienia deklaracji zgodności WE dla stanowiska. Wyniki badań związanych z bezpieczeństwem zostały także przekazane służbie bhp zakładu, które na ich podstawie zaleciły stosowanie odpowiednich indywidualnych środków ochrony (wzroku i słuchu). Po dostarczeniu klientowi dokumentacji użytkowej oraz oznakowaniu CE, stanowisko zostało przekazane do eksploatacji produkcyjnej.

## Podsumowanie

Procesy ukosowania blach są powszechnie realizowane w zakładach wytwarzających konstrukcje spawane z blach grubych. Należą do nich przedsiębiorstwa przemysłu stoczniowego, producenci taboru kolejowego, samochodów ciężarowych i autobusów, maszyn górniczych. Jednocześnie pojawiają się zupełnie nowe

obszary, jak produkcja platform wiertniczych czy elektrowni wiatrowych.

W Polsce, w skali kraju w dalszym ciągu przy ukosowaniu ręcznym pracują setki osób. Są to dzisiaj jedne z najcięższych stanowisk pracy fizycznej, ze względu na wysiłek, uciążliwość i warunki zagrażające zdrowiu.

Do niedawna barierą przy wprowadzaniu robotyzacji była w naszym kraju relacja kosztów pracy i sprzętu niezbędnego do realizacji instalacji przemysłowych. Sytuacja ta zmieniła się wraz z przemianami ekonomicznymi, szczególnie po wejściu Polski do Unii Europejskiej. Znaczny wzrost kosztów pracy przy jednoczesnym stosunkowo niewielkim wzroście cen robotów i urządzeń wspomagających spowodował, że zarządy wielu firm przygotowują plany robotyzacji ukosowania, zarówno z cięciem tlenowym, jak i też plazmowym. Dodatkowym argumentem jest emigracja zarobkowa wielu dobrych spawaczy po otwarciu zachodnich rynków pracy. Kolejną zachętą do decyzji o dalszej robotyzacji prac spawalniczych jest silna konkurencja w czasach globalizacji. Polscy producenci, aby utrzymać się na rynku, muszą oferować wyroby na wciąż wyższym poziomie technicznym i jakościowym, dbając jednocześnie o redukcję kosztów ich wytwarzania. Robotyzacja ukosowania pomaga osiągnąć te cele.

W efekcie w ostatnich latach zrealizowano w Polsce kilka zrobotyzowanych stanowisk ukosowania. Zarówno inwestorzy, jak i dostawcy, przygotowując przetargi i oferty oraz na etapie realizacji stanowisk zrobotyzowanych, muszą pamiętać, że poza problemami czysto technicznymi, wielką wagę mają sprawy ochrony zdrowia i bezpieczeństwa pracy. Przedstawione w artykule stanowiska były realizowane zgodnie z obowiązującą wówczas (2007-2009) dyrektywą maszynową 98/37/WE. Dzisiaj instalacje zrobotyzowane muszą spełniać wymagania wynikające z tzw. nowej dyrektywy maszynowej 2006/42/WE [7, 8], które zostały wprowadzone rozporządzeniem ministra gospodarki z 2008 roku [9], ale stosowne przepisy weszły w życie

Tabela. Wyniki pomiaru poziomu hałasu na stanowisku zrobotyzowanego ukosowania blach z robotem przemysłowym KUKA KR 16F

Table. Results of the measurement of the noise level at the robotized stand of beveling of metal sheets with use of the KUKA KR 16F robot

Lp.	Okoliczności pomiarów	Równoważny poziom dźwięku A [dB]	Maksymalny poziom dźwięku A [dB]	Szczytowy poziom dźwięku C [dB]
1.	Punkt pomiarowy nr 1 – w czasie przerw w pracy robota	61,2	64,8	81,4
2.	Punkt pomiarowy nr 1 – w czasie pracy robota na stole lewym	77,3	79,3	92,6
3.	Punkt pomiarowy nr 1 – w czasie pracy robota na stole prawym	77,0	79,6	92,3
4.	Punkt pomiarowy nr 2 – w czasie pracy robota na stole lewym	76,1	78,3	93,3
5.	Punkt pomiarowy nr 3 – w czasie pracy robota na stole prawym	77,5	80,0	95,3
6.	Punkt pomiarowy nr 4 – w czasie pracy robota na stole prawym	78,2	81,9	98,7
7.	Punkt pomiarowy nr 5 – w czasie pracy robota na stole lewym	76,8	79,1	98,0

29 grudnia 2009 r. Określa ona podstawowe obowiązki producenta, dotyczące:

- maszyny
- zespołu maszyn
- wymiennego osprzętu zmieniającego funkcje maszyny
- elementów bezpieczeństwa.

Dwudziestoletnie doświadczenia pozwoliły na weryfikację i dokonanie korekt pod względem formalnym i technicznym. Jednocześnie rozwój technologii wymaga i umożliwia stosowanie coraz bardziej zaawansowanych konstrukcji mechanicznych, napędów, inteligentnych sterowań, sensoryki, oprzyrządowania i narzędzi. Za rozwojem konstrukcyjno-technologicznym maszyn i urządzeń musi podążać rozwój szeroko rozumianej inżynierii bezpieczeństwa. Naprzeciw temu postulatowi wychodzi nowa dyrektywa maszynowa oraz normy z nią zharmonizowane.

## PIŚMIENNICTWO

[1] A. Klimpel *Spawanie, zgrzewanie i cięcie metali*. WNT Warszawa 1999

[2] World Robotics 2004. United Nations, International Federation for Robotics (IFR), Geneva (Switzerland) 2004

[3] P. Domański, J. Kubica, Z. Pilat *Technologiczne i techniczne problemy robotyzacji ukosowania blach*. Automation'97, Warszawa 1997, t. II, str. 529-536

[4] Z. Pilat *Robotyzacja cięcia i ukosowania blach – 15 lat doświadczeń*. „Przegląd Spawalnictwa” 6/2010, s. 24-27

[5] R. Hylla, Z. Pilat *Zrobotyzowane stanowisko ukosowania blach metodą cięcia plazmowego*. „Pomiary, Automatyka, Robotyka” 10/2010, s. 22-27

[6] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (DzU nr 217, poz. 1833 z późn. zm.)

[7] J. Gierasimiuk *Podstawowe zmiany wprowadzone nową dyrektywą maszynową 2006/42/WE*. „Bezpieczeństwo Pracy” 4 (427)2007, s. 12-15

[8] W. J. Klimasa *Nowa Dyrektywa Maszynowa 2006/42/WE – przegląd zmian*. „Pomiary Automatyka Robotyka” 11/2009, Warszawa 2009

[9] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 października 2008 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn (DzU nr 199, poz. 1228)