

# Technologia napawania czerpaków pracujących w warunkach narażonych na nadmierne ścieranie

The technology of pad welding mud buckets operating in the conditions exposed to an excessive rubbing

## Streszczenie

Omówiono budowę czerpaków stosowanych w koparkach używanych w kopalniach węgla brunatnego. Przedstawiono przyczyny zużycia czerpaków. Omówiono proces napawania oraz przedstawiono stanowisko zrobotyzowane, na którym jest on prowadzony. Zaprezentowano robot spawalniczy oraz urządzenia peryferyjne. Przedstawiono efekty techniczne i ekonomiczne wdrożenia stanowiska zrobotyzowanego do napawania czerpaków.

**Słowa kluczowe:** napawanie, napoina, robot przemysłowy

## Abstract

A construction of mud buckets used in excavators to mine out brown coal was described. The reasons of wearing out mud buckets were given. The process of pad welding and a robotized workplace, where it takes place were shown. A welding robot and peripheral devices were presented. Technical and economical effects of implementing robotized workplace of pad welding mud buckets were introduced.

**Keywords:** surfacing by welding, surfacing weld, industrial robot

## Wstęp

Podstawowymi maszynami zdejmującymi nadkład w górnictwie odkrywkowym są koparki kołowe, wielonaczyniowe: SchRs 4000 oraz SchRs 4600. Zadaniem koparki kołowej w kopalniach odkrywkowych jest urobienie i odtransportowanie surowca do przenośnika taśmowego, którym jest następnie przenoszony do zwalowiska. W warunkach trudno urabialnych szczególną rolę należy przypisać procesowi urabiania. Urabianie takich utworów pochłania do 50% łącznej zużywanej mocy przez koparkę. Na remonty i wymianę czerpaków pracujących w takich warunkach przypada również ok. 50% łącznych rocznych nakładów na remonty koparek.

Mechanizm do urabiania warstw bardzo trudno urabialnych powinien spełniać następujące główne wymagania:

– być wyposażony w koło czerpakowe z dużą liczbą (min. 16 szt.) czerpaków, zapewniające możliwość

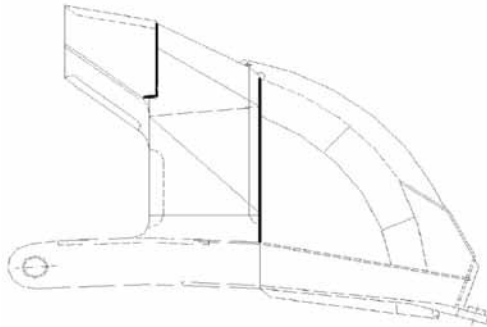
jednoczesnego udziału czterech czerpaków w procesie skrawania,

- mieć napęd o dużej obwodowej sile skrawania,
- mieć możliwość rozdrobnienia urabianych mas przypadających na dużą liczbę (4 szt.) czerpaków biorących jednoczesny udział w skrawaniu ze specjalnie ukształtowanymi ostrzami skrawającymi o wysokich parametrach wytrzymałościowych i wysokiej trwałości,
- konstrukcja czerpaków powinna uwzględniać potrzebę minimalizacji kosztów remontowych związanych z przewidywaną (nieodzwonną) koniecznością częstych wymian zużywanych w procesie mineralnego ścierania naroży i noży czerpaka,
- konstrukcja nowych czerpaków narażonych na zużycie powinna zapewnić możliwie niskie nakłady na remonty [1].

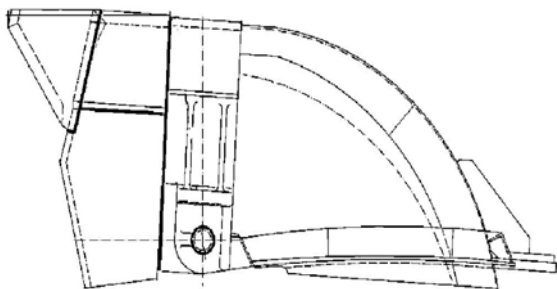
Dr hab. inż. Jacek Słania, prof. P.Cz – Politechnika Częstochowska, mgr inż. Tomasz Pochwat – PGE.

Autor korespondencyjny/Corresponding author: jacek\_slania@poczta.onet.pl

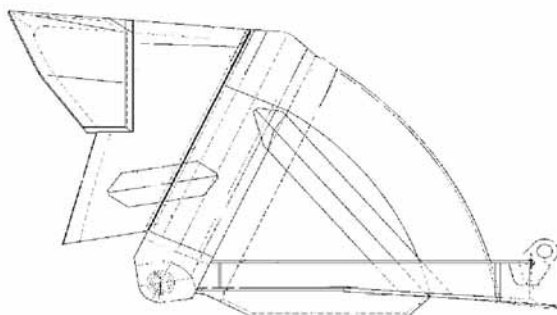
Zespołem urabiającym koparki wielonaczyniowej jest koło czerpakowe o średnicy 17,3 m, natomiast proces skrawania prowadzony jest przez 16 czerpaków wyposażonych w noże, bezpośrednio oddzielających urobek od calizny, zamontowanych na obwodzie koła czerpakowego. Czerpaki to elementy koparek kołowych ulegające szybkiemu zużyciu na skutek urabiania bardzo dużych ilości nadkładu zalegającego nad pokładem węgla. Na rysunkach 1÷3 przedstawiono przykładowe czerpaki, pracujące w KWB Bełchatów.



**Rys. 1.** Czerpak 4000 l – masa 3390 kg [2]  
**Fig. 1.** 4000 l mud bucket – weight 3390 kg [2]



**Rys. 2.** Czerpak 3500 l — masa 2765 kg [2]  
**Fig. 2.** 3500 l mud bucket – weight 2765 kg [2]



**Rys. 3.** Czerpak 900 l — naroża odlewane, masa 1745 kg [2]  
**Fig. 3.** 900 l mud bucket – casted corners, weight 1745 kg [2]

Koparkami SchRs 2000 urabiany jest węgiel. Warunki geologiczne terenu są bardzo zróżnicowane i oscylują w zakresie od I do V klasy urabialności. Zużycie czerpaków zależy od dynamiki urabiania, klasy urabialności nadkładu, właściwości wytrzymałościowych materiałów, z których zbudowany jest czerpak, odporności krawędzi tnących na ścieranie, geometrii oraz wartości kąta przyłożenia [2]. Ciągły kontakt czerpaków z urobkiem powoduje ich intensywne zużycie,

a co za tym idzie – wzrost obciążeń dynamicznych oddziałujących na koło czerpakowe i konstrukcję koparki, dlatego powinny być one optymalnie zaprojektowane do pracy w określonym rodzaju skały na danym typie koparki [3]. Na rysunku 4 przedstawiono zużyte naroże czerpaka.



**Rys. 4.** Zużyte naroże czerpaka koparki SchRs 4000 [4]  
**Fig. 4.** Used corner of mud bucket of the SchRs 4000 excavator [4]

## Proces napawania

W celu wydłużenia czasu pracy czerpaków oraz zabezpieczenia powierzchni skrawających urobek przed nadmiernym zużyciem zastosowano napawanie prewencyjne naroży odlewanych ze staliwa L18HM drutem rdzeniowym samoostłonowym MF 10-65-G wg DIN8555 dającym napoiny o twardości 62÷65 HRC. Proces napawania naroży do czerpaków 3500 l wykonywany jest na zrobotyzowanym stanowisku ROMAT 360. Natomiast na stanowisku ROMAT 320 wykonuje się proces cięcia i spawania elementów czerpaka 3500 l oraz proces cięcia, spawania, napawania noża i naroży do czerpaków R40M [3]. Na rysunkach 5 i 6 przedstawiono roboty Romat 360 i Romat 320.



**Rys. 5.** Zrobotyzowane stanowisko do napawania naroży Romat 360 [3]  
**Fig. 5.** Robotized workplace to pad welding corners Romat 360 [3]

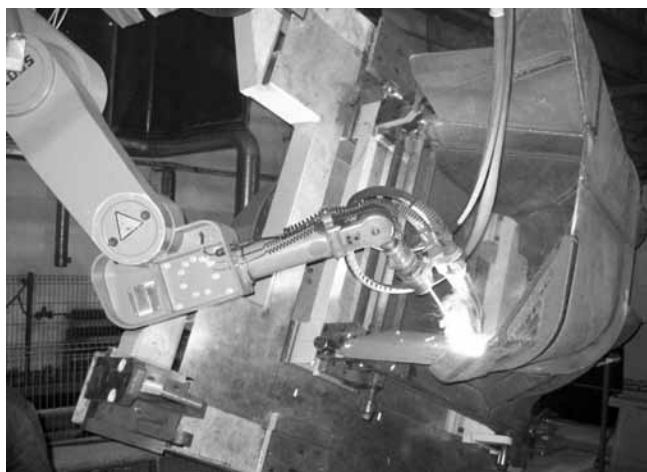


Rys. 6. Robot Romat 320 [2]

Fig. 6. Romat 320 robot [2]

Wprowadzenie zrobotyzowanego stanowiska spawalniczego poprawiło warunki pracy dzięki likwidacji uciążliwego procesu napawania ręcznego i półautomatycznego, wyeliminowaniu czynników szkodliwych występujących w procesie napawania półautomatycznego drutami rdzeniowymi, jak: pyłów i gazów, promieniowania ciepłego, podczerwonego i nadfioletowego, a także polepszyło jakość i powtarzalność nakładanych napoin oraz zmniejszyło pracochłonność i koszty regeneracji czepaków [3]. Na rysunku 7 zostało przedstawione stanowisko zrobotyzowane Romat 320.

Początkowo materiałem, z którego wykonywano naroża było staliwo lub stal 35 GSM lub 40 HM. Krawędzie tnące były ulepszone cieplnie do twardości maks 35 HRC, jednak na skutek obciążeń udarowych w czasie eksploatacji większa twardość powodowała pęknięcie naroża. Trwałość tych naroża była bardzo mała i wynosiła od 3 do 6 tygodni. W celu wydłużenia czasu pracy czepaków zastosowano napawanie naroża stopami o dużej odporności na ścieranie, które wykazywały równocześnie dużą odporność na obciążenia udarowe. Takie rozwiązanie przyczyniło się do wydłużenia czasu pracy czepaków od 2 do 6 miesięcy. Naroża napawane odlewane są ze staliwa L18 HM.



Rys. 7. Stanowisko zrobotyzowane Romat 320 [3]

Fig. 7. Robotized workplace Romat 320 [3]

Pierwotnie proces napawania był wykonywany drutami rdzeniowymi samoosłonowymi  $\Phi = 2$  mm za pomocą półautomatu spawalniczego. Napawanie drutami rdzeniowymi samoosłonowymi, pomimo niewątpliwych zalet tej metody, jest procesem emitującym duże ilości pyłów i gazów, występuje przy tym duże promieniowanie ciepłe, podczerwone i nadfioletowe. Emisja gazów i pyłów jest nawet 4-krotnie większa od emisji przy spawaniu drutami pełnymi w osłonie gazów ochronnych. Napawanie wykonywano na stanowiskach, które wyposażone były w pozycjoner spawalniczy oraz wentylację stanowiskową. Proces regeneracji czepaków metodą napawania należał do najbardziej uciążliwych prac i nie był możliwy do zrealizowania bez skutecznej wentylacji. Ponadto grubość oraz geometria nakładanej napoiny na ostrze naroża nie była równomierna i w dużym stopniu była uzależniona od umiejętności spawaczy [5].

## Opis stanowiska zrobotyzowanego

Robot spawalniczy ROMAT 320 jest podwieszony na poziomej jezdni QVE o długości przejazdu 2 m. Jeźdźnia QVE zamocowana jest na poprzecznej jezdni VVE o zakresie przejazdu 2 m. Jeźdźnia VVE umieszczona jest na wózku jezdni LVEb 50 000 N (o długości przejazdu 8 m). Obszar pracy robota podzielony jest na dwa stanowiska pracy. Każde ze stanowisk (rys. 8) jest wyposażone w zabezpieczenia fotoelektryczne oraz pulpit „start” umożliwiający łatwe uruchamianie programów.

Na stanowisku po lewej stronie umieszczone jest oprzyrządowanie służące do mocowania trzech typów czepaków do cięcia tlenem lub plazmą. Na stanowisku po prawej stronie umieszczony jest pozycjoner przechylny-obrotowy WPEK-DP-KP 75 000 N (rys. 9) [2]. Pozycjoner służy do manipulowania podzespołami na stanowiskach zrobotyzowanych. Korpus pozycjonera jest konstrukcją spawaną z profili i blach stalowych. Wyposażony jest w oś przechylną o zakresie przechyłu od  $-180^\circ$  do  $+180^\circ$  oraz tarczę obrotową o zakresie

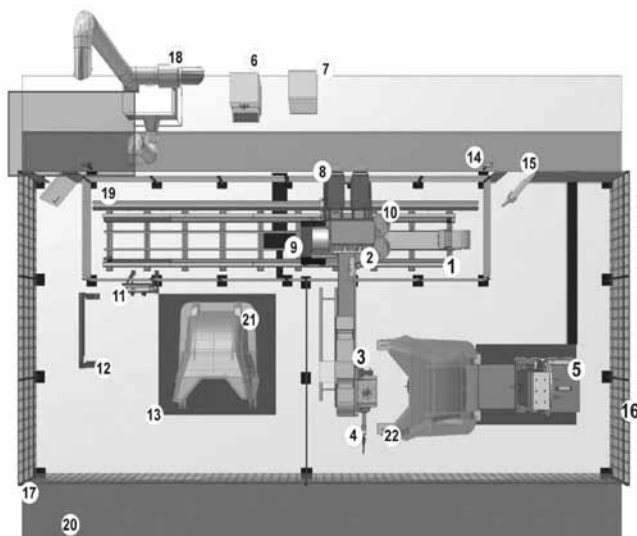


obrotu od  $-360^\circ$  do  $+360^\circ$ . Przechył oraz obrót tarczy pozycjonera odbywa się za pomocą układów napędowych wyposażonych w nowoczesne silniki prądu zmiennego. Kontrola położenia odbywa się za pomocą rezolwerów. Przechył i obrót tarczy są swobodnie programowane i mogą być zsynchronizowane z ruchami robota [5].

Na stanowisku zrobotyzowanym zastosowanych jest pięć różnych technologii:

- cięcie plazmą,
- cięcie tlenem,
- napawanie,
- spawanie tandem,
- spawanie pojedynczym drutem.

Na rysunku 8 pokazano wyposażenie zrobotyzowanego stanowiska do spawania czerpaków,



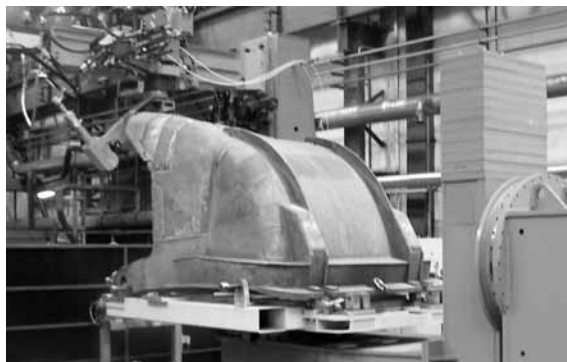
Rys. 8. Stanowisko zrobotyzowane Romat 320 [3]

Fig. 8. Robotized workplace Romat 320 [3]

gdzie:

- 1 – jezdnia LVEB 50 000 N – 8 m,
- 2 – jezdnia pionowa VVE – 2 m,
- 3 – jezdnia pozioma QVE – 2 m,
- 4 – robot spawalniczy Romat 320,
- 5 – pozycjoner WPEK-DP-KP-75 000 N,
- 6 – szafa sterownicza Rotrol II,
- 7 – szafa pośrednicząca,
- 8 – urządzenia spawalnicze Quinto 603,
- 9 – plazma MAX 200,
- 10 – pojemniki z drutem,
- 11 – stacja zaworów do cięcia tlenem,
- 12 – stojak z magazynkiem na uchwyt do cięcia tlenem,
- 13 – przyrząd do mocowania czerpaka na stanowisku cięcia,
- 14 – pulpit do uruchamiania programów,
- 15 – drzwi wejściowe na stanowisko,
- 16 – wygradzenie stanowiska zrobotyzowanego,
- 17 – bariera fotoelektryczna,
- 18 – urządzenie filtro-wentylacyjne 4000 m<sup>3</sup>/h,
- 19 – kanał odciągowy,
- 20 – droga transportowa,
- 21 – czerpak 4000 l na stanowisku do cięcia,
- 22 – czerpak 4000 l na stanowisku do spawania.

Na rysunku 9 przedstawiono pozycjoner wraz z zamocowanym czerpakiem.



Rys. 9. Pozycjoner przechylny-obrotowy [2]

Fig. 9. Rotary-tilting positioner [2]

### Robot spawalniczy Romat 320

Robot spawalniczy Romat 320 (rys. 6) jest konstrukcją opartą na płaskich przegubach obrotowych. Zwykle ma sześć stopni swobody: trzy osie podstawowe służą do zgrubnego, a trzy osie kiści do precyzyjnego pozycjonowania uchwytu spawalniczego. Napęd poszczególnych osi robota stanowią serwosilniki prądu zmiennego. Napęd z silników na osie przekazywany jest za pomocą przekładni zębatych. Zastosowany system pomiarowy i regulacyjny zapewnia precyzyjne pozycjonowanie i dokładne odtworzenie drogi spawania. Dodatkowy komputer zabezpieczający kontroluje prędkości robota w trybie programowania i testowania. Udźwig robota wynosi 15 kg. Przestrzeń robocza ma kształt sferyczny o średnicy 4200 mm i wysokości 2500 mm.

### Układ sterowania

Szafa sterownicza (rys. 10) ma budowę modułową. W skład przedstawionego stanowiska wchodzi szafa sterownicza, przeznaczona do sterowania stanowiskami zrobotyzowanymi w 18 osiach swobodnie programowanych. W tylnej części szafy sterowniczej zabudowany jest układ chłodzenia pasywnego umożliwiający poprawną pracę układu sterowania w temperaturze od 5 do 45°C przy maksymalnej wilgotności do 80%.



Rys. 10. Szafa sterownicza Rotrol [2]

Fig. 10. Rotrol control cabinet [2]

## Programowanie

Programowanie robota spawalniczego odbywa się za pomocą przenośnego pulpitu programowania (rys. 11) wyposażonego w 10-calowy, kolorowy, dotykowy wyświetlacz LCD.

Komunikacja między użytkownikiem a układem sterowania odbywa się poprzez interfejs graficzny. Polecenia języka programowania robota CAROLA przedstawione są za pomocą piktogramów, które pozwalają na używanie następujących grup poleceń, takich jak: zadawanie list parametrów spawania w trybie *on-line* i *off-line*, programowanie punktów i dróg przejazdu, wieloprogramowość, wygładzanie punktów i dróg spawania, programowanie w trzech systemach koordynacyjnych, wyświetlanie informacji na ekranie, zadawanie punktu centralnego narzędzia i jego zmiana w czasie wykonywania programu, powtarzanie fragmentów programu, zmiana prędkości w trybie CP, system wyjść i wejść cyfrowych, interpolacja kołowa i części okręgu, technika podprogramów i procedur, równoległe przesunięcie zaprogramowanych punktów, oscylacje uchwytu spawalniczego, definiowanie figur zakosowania, generowanie punktów za pomocą polecenia STORPOS, wygładzanie parametrów spawania, nadzór procesu spawania itp.



Rys. 11. Przenośny pulpit programowania [2]

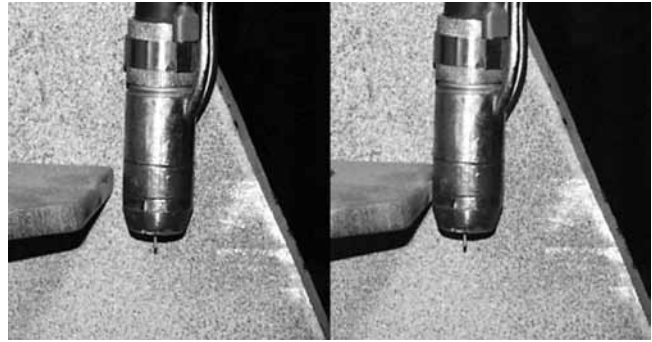
Fig. 11. Portable programming panel [2]

## Sensor dotykowy

Sensor dotykowy (rys. 12) służy do znalezienia początku spoiny oraz kompensacji tolerancji podzespołu. Robot wykonuje ruch szukania, a w momencie kontaktu z podzespołem zamyka się obwód prądowy i ruch robota zostaje zatrzymany. Znaleziony wektor przesunięcia pomiędzy zaprogramowanym i rzeczywistym położeniem podzespołu wykorzystywany jest do modyfikacji przebiegu programu [2].

Zasada działania sensora dotykowego:

- robot wykonuje ruch szukania,
- przy kontakcie z podzespołem zamyka się obwód prądowy,
- ruch robota zostaje zatrzymany,
- położenie podzespołu jest rozpoznane przez układ sterowania,
- znaleziony wektor przesunięcia wykorzystywany jest do modyfikacji programu [5].



Rys. 12. Sensor dotykowy [2]

Fig. 12. Touch sensor [2]

## Sensor laserowy

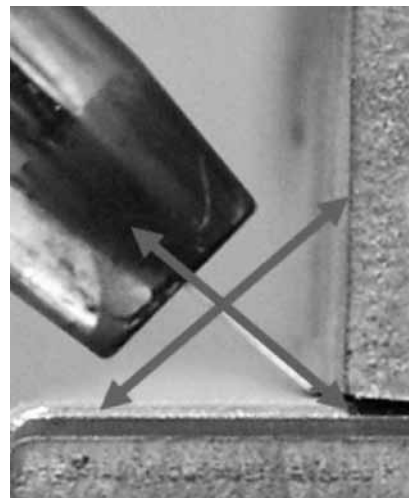
Sensor laserowy służy do szukania początku i końca spoiny, określenia objętości spoiny, a także śledzenia złącza spawanego. Zasada działania sensora laserowego polega na skanowaniu powierzchni podzespołu za pomocą promienia lasera. Kamera odbiera odbite od powierzchni podzespołu refleksy światła. Kurtyna świetlna w kształcie trapezu omiata powierzchnię podzespołu o szerokości od 5 do 65 mm. Sterownik sensora porównuje zeskanowany obraz z zapamiętanym wzorcem. Ustalone rezultaty pomiaru sterownik przesyła do układu sterowania robota.

## Sensor prądowy

Sensor prądowy (rys. 13) służy do korekty położenia uchwytu spawalniczego przy wykonywaniu następujących typów spoin:

- spoiny doczołowe ukosowane na V,
- spoiny zakładkowe o boku b dłuższym niż 10 mm,
- spoiny pachwinowe,
- spoiny wielowarstwowe.

Funkcjonowanie sensora prądowego polega na pomiarze prądu spawania podczas ruchu zakosowego palnika spawalniczego. W wyniku analizy prądu spawania przez układ pomiarowy sensora otrzymujemy następujące kierunki korekty: w lewo, w prawo, wysokość „+”, wysokość „-”.



Rys. 13. Sensor prądowy [2]

Fig. 13. Current sensor [2]

## Wypożyczenie do spawania metodą tandem

Podstawowymi składnikami wyposażenia do spawania metodą tandem są dwa źródła prądu: GLC 603 Quinto oraz specjalny palnik spawalniczy. Zastosowane urządzenia spawalnicze dają możliwość osiągnięcia maksymalnych parametrów spawania 645 A/44 V przy 60% ED. W metodzie tandem dwa niezależne łuki spawalnicze jarzą się w jednym jeziorce. Druty są rozdzielone potencjałowo, natomiast łuki spawalnicze sterowane są niezależnie przez dwa źródła prądu. Duża wydajność procesu jest główną zaletą tej metody.

### Odciąganie dymów spawalniczych

Centralne urządzenie filtrowentylacyjne składa się z części filtracyjnej z automatycznym oczyszczaniem filtra oraz części wentylatorowej. Przechwycone zanieczyszczenia przepływają z prądem powietrza przez instalację rurową do urządzenia, gdzie zostają zatrzymane na powierzchni filtrów nabożowych z membraną teflonową. Oczyszczone powietrze zostaje odprowadzone na zewnątrz urządzenia. Dysze rotacyjne dzięki automatycznym impulsom sprężonego powietrza oczyszczają filtry nabożowe, a warstwa zanieczyszczeń opada do zbiornika osadowego. Centralne urządzenie ssąco-filtrujące zawiera filtry nabożowe z membraną teflonową o skuteczności filtracji cząstek stałych ponad 99,9%.

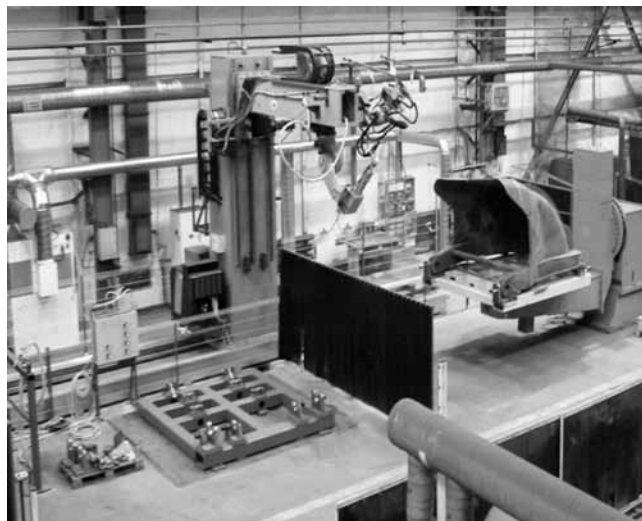
### Urządzenie do cięcia plazmą MAX 200

Urządzenie to służy do cięcia wszystkich metali takich jak: stal, aluminium, miedź, mosiądz, miedź itp. Prąd cięcia jest bezstopniowo regulowany w zakresie od 40 do 200 A, dzięki czemu można uzyskać optymalną jakość przecinanych krawędzi. Jako gaz plazmowy służy sprężone powietrze, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> lub Ar-H<sub>2</sub>. Jako gaz osłonowy może służyć powietrze, N<sub>2</sub> lub CO<sub>2</sub>.

### Oprogramowanie

Oprogramowanie pozwala na analizę możliwości wykonania i analizę obciążenia stanowiska, a także przybliżone ustalenie całkowitego czasu trwania produkcji przed rozpoczęciem inwestycji. Dane geometryczne w formacie 3D przyrządów i podzespołów mogą być łatwo przechwycone do systemu ROBO-PLAN i odpowiednio pozycjonowane w zamodelowanym stanowisku zrobotyzowanym. Intuicyjny interfejs obsługi z funkcjami umieszczonymi w rozwijanych menu gwarantuje krótki czas wdrożenia oprogramowania stanowiska zrobotyzowanego, a także pozwala na zwiększenie czasu produkcyjnego dzięki znacznej redukcji czasu programowania na stanowisku zrobotyzowanym. Oprogramowanie umożliwia również spawanie na stanowisku zrobotyzowanym podzespołów produkowanych w małych i dużych seriach (rys. 14).

System programowania *off-line* ROBO-PLAN umożliwia na utworzenie na komputerze PC nowego lub dopasowanie posiadanego programu dla robota przemysłowego Romat. Programowanie odbywa się bez przerywania produkcji [2].



**Rys. 14.** Przykład wdrożonego zrobotyzowanego stanowiska do spawania czepaków [2]

**Fig. 14.** An example of an implemented robotized workplace to weld mud buckets [2]

## Prace związane z opracowaniem programu napawania

Element przeznaczony do napawania przypomina odkształcony przestrzennie graniastosłup o podstawie w kształcie trapezu z zaokrąglonymi rogami. Grubość naroża w środkowej części wynosi ok. 50 mm i zmniejsza się w kierunku trzech krawędzi. Mają one kształt klina o długości ok. 100 mm i promieniu ostrza ok. 5 mm. Zadaniem programu napawania jest wykonanie dwóch warstw napoin po stronie wewnętrznej i zewnętrznej podzespołu. Napoiny są wykonane w miejscach, które są najbardziej narażone na zużycie.

Najpoważniejszym problemem przy programowaniu ruchów robota było uzyskanie założonej w technologii grubości napoiny niezależnej od krzywizn podzespołu. W celu uzyskania pożądanego efektu najlepszym rozwiązaniem jest takie operowanie podzespołem, by napawany fragment był zawsze położony poziomo. Pozycja taka zapewnia równomierną grubość napoiny na całej powierzchni i zapobiega spływaniu ciekłego metalu z jeziorca spawalniczego. Ze względu na przestrzenny kształt napawanego podzespołu, który charakteryzuje się znacznymi krzywiznami, niemożliwe jest ustawienie podzespołu tak, by uzyskać zadowalająco dużą powierzchnię ustawioną poziomo. Kolejnym wymaganiem było zapewnienie ciągłości napawanych ściegów, które z kolei umożliwiła opcja programowa EXT-SYN. Polega ona na zsynchronizowaniu pracy robota i osi

zewnątrznych, w wyniku czego przy załączonej synchronizacji poruszanie osiami pozycjonera (w trybie programowania) powoduje równocześnie ruchy robota, który zachowuje się tak, jak by był przytwierdzony na stałe do podzespołu za uchwyt spawalniczy. Oznacza to, że w układzie współrzędnych związanych z obrabianym podzespołem uchwyt spawalniczy nie porusza się mimo ruchów pozycjonera i robota. Ułatwia to i znacznie przyspiesza proces programowania. Włączenie synchronizacji w czasie wykonywania programu umożliwia wykonanie skomplikowanych przestrzennych napoin lub spoin. Ruchy osi zewnętrznych i robota są tak realizowane, że prędkość napawania w każdej chwili jest stała i równa prędkości zdefiniowanej w liście parametrów spawania.

W celu ograniczenia czasu programowania zastosowano również funkcję przesunięcia równoległego przy układaniu drugiej warstwy, a w celu zapewnienia stałej, wysokiej jakości napoin zastosowano funkcje kontroli łuku spawalniczego i obecności materiału

dotkowego. Do zaprogramowania charakterystyk urządzenia spawalniczego, służących do napawania samoosłonowym drutem proszkowym, użyto specjalistycznego oprogramowania opracowanego przez firmę Cloos.

Oprogramowanie może być zainstalowane na typowym komputerze PC lub laptopie. Połączenie i przesyłanie danych w obu kierunkach odbywa się za pomocą złącza szeregowego RS 232. Oprócz umożliwienia zmian istniejących lub dodania nowych charakterystyk spawania, mikroprocesorowo sterowanych urządzeń, oprogramowanie oferuje użytkownikowi wiele innych funkcji, z których najbardziej interesującą jest możliwość dokumentacji procesu spawania. Oprogramowanie umożliwia zarejestrowanie wszystkich istotnych wielkości po wykonaniu każdej spoiny. Dane te są zapamiętywane w postaci pliku na dysku twardym komputera. Przeglądanie i obróbka zapamiętanych informacji może odbywać się za pomocą ogólnie dostępnych arkuszy kalkulacyjnych.

## Wnioski

Zastosowanie zautomatyzowanego procesu napawania naroży czerpaków spowodowało uzyskanie dużych efektów wymiarnych i niewymiarnych. Do efektów wymiarnych należy zaliczyć efekty polegające na zmniejszeniu liczby postojów koparek i kosztów wymiany czerpaków, a także skrócenie czasu potrzebnego na wykonanie zamierzonej liczby naroży. Do efektów niewymiarnych należy zali-

czyć znaczną poprawę jakości napoin, zapewnienie powtarzalności geometrycznej regenerowanych czerpaków, a także poprawę jakości spawania. Jednak najważniejszym czynnikiem wprowadzenia zrobotyzowanego stanowiska jest zabezpieczenie człowieka przed wpływem szkodliwych czynników występujących podczas procesu spawania lub napawania [5].

## Literatura

- [1] Wocka N.: Czerpaki do urabiania utworów bardzo trudnourabialnych koparkami kołowymi, *Węgiel Brunatny* nr 3/60, 2007.
- [2] Idziak E., Szyszka R., Siennicki A., Turek B.: Zrobotyzowane spawanie czerpaków koparek, V Międzynarodowy Kongres Górnictwa Węgla Brunatnego, Bełchatów 11-13 czerwca 2007, *Górnictwo i Geoinżynieria*, rok 31, zeszyt 2, 2007.
- [3] Szyszka R., Płomiński S.: Optymalizacja Czerpaków Koparek Kołowych Urabiających Utwory Trudno Urabialne, VI Międzynarodowy Kongres Górnictwa Węgla Brunatnego, Bełchatów 18-20 maja 2009, *Górnictwo i Geoinżynieria*, rok 33, zeszyt 2, 2009.
- [4] Badura S., Łopata A.: Analiza Techniczna i Ekonomiczna Rekonstrukcji Czerpaków Dla Koparek Kołowych SCHRS 4000 Urabiających Caliznę w KWB Bełchatów, *Mechanics* Vol. 24 No. 1, 2005.
- [5] Turek B., Siennicki A., Szyszka R.: Zrobotyzowane napawanie naroży czerpaków koparek, III Międzynarodowy Kongres Górnictwa Węgla Brunatnego, Bełchatów 22-24 kwietnia 2002, *Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej*.