

**PRZEMYSŁOWY INSTYTUT AUTOMATYKI I POMIARÓW
MERA-PIAP
Al. Jerozolimskie 202 02-222 Warszawa Telefon 23-70-81**

ZESPOŁ ZASTOSOWAN ROBOTOW

074

A

Główny wykonawca

mgr inż. Z. Rudnicki

Wykonawcy

Konsultant

Nr zlecenia S 1306

Badania nowych możliwości aplikacyjnych robotów pięcioosiowych. Badania możliwości spawania cienkościennych profili o małych promieniach krzywizny za pomocą robota IRb-6.

Zleceniodawca

Komitet Badań Naukowych

Pracę rozpoczęto dnia 10.07.1992

zakończono dnia 14.08.1992

Kierownik Zespołu

Z-ca Dyr. d/s
Badawczo-Rozwojowych

mgr inż. M. Oleksiuk

dr inż. J. Jabłkowski

Praca zawiera:

Rozdzielnik - ilość egz:

stron 7

Egz. 1 PIAP BOINTE

rysunków

Egz. 2 PIAP ZZR

fotografii

Egz. 3

tabel

Egz. 4

tablic

Egz. 5

załączników

Egz. 6

Nr rejestr. 6863

Analiza deskryptorowa

Analiza dokumentacyjna

Tytuły poprzednich sprawozdań

UKD

PIAP 41/88 10000

SPIS TRESCI

1. Cel i metodyka pracy.	2
2. Sprzęt użyty do badań.	3
3. Przebieg prób.	4
4. Wnioski.	8

1. Cel i metodyka pracy.

Celem pracy było sprawdzenie możliwości spawania przy pomocy robotów pięcioosiowych cienkościennych, silnie zakrzywionych profili stalowych. Praca polegała na poszukiwaniu możliwości uzyskania wysokiej jakości spoin metodą doboru parametrów spawania oraz trajektorii robota. Jako kryterium jakościowe przyjęto równomierność i gładkość spoiny, brak kraterów, podtopień, przepaleń, pęknięć i rozlania, śladowe ilości odprysków. Oceny dokonywano okiem nieuzbrojonym.

2. Sprzęt użyty do badań.

Próby prowadzono w instalacji zestawionej z:

- robota przemysłowego IRb-6, prod. PIAP,
- półautomatu spawalniczego PS 5000, prod. KEMPPI, Finlandia, z palnikiem spawalniczym ROBO 3, prod. BINZEL, RFN zamocowanym do robota poprzez sprzęgło antykolizyjne prod. OBRUSN - Toruń
- pozycjonera typ PZF 150, prod. APATOR - Toruń.

Wszystkie wymienione urządzenia są typowymi urządzeniami handlowymi, zalecanymi do realizacji zrobotyzowanych stanowisk spawalniczych ogólnego przeznaczenia. Stanowisko zestawione z tych urządzeń wymaga jeszcze wykonania specjalizowanych uchwytów spawalniczych, mocowanych na stolikach pozycjonera, a przeznaczonych do uchwycenia i pozycjonowania elementów spawanego wyrobu względem robota, manipulującego palnikiem spawalniczym.

Dla tej instalacji przygotowano uchwyt spawalniczy, przystosowany do spawania ramy bocznej wózka inwalidzkiego. W przyrządzie tym składanych jest sześć elementów rurowych. Pięć z tych elementów, tworzących główny zarys płaskiej ramy, wykonanych jest z rury stalowej R35 $\varnothing 20 \times 1,5$, a element szósty - poprzeczna tulejka, wykonana jest ze stalowej rury R35 $\varnothing 20 \times 4$.

Zastosowany w stanowisku robot IRb-6 zapewnia m.in. :

- pięciosiowy manipulator do manipulowania palnikiem spawalniczym;
- dokładne pozycjonowanie liniowe "od punktu do punktu" ("PTPL"), stosowane zwykle do odcinkowego aproksymowania wszelkich krzywoliniowych trajektorii przestrzennych ruchu narzędzia;
- możliwość programowania prędkości ruchu końcówki robota w bardzo szerokich granicach;
- sprawdzanie czy nastąpiło zajarzenie łuku;
- możliwość programowego włączania i wyłączania różnych zestawów parametrów spawania.

Półautomat spawalniczy PS 5000 wyposażony jest w regulator, automatycznie dopasowujący, w zadanym zakresie, parametry spawania do aktualnej sytuacji technologicznej. Automat ten uwzględnia różne średnice drutu elektrodowego (od 1 do 1,6mm), jednak minimalny prąd spawania nie może przekroczyć dolnej granicy 50A.

Pozycjoner typu PZP 150, wyposażony jest w dwa blaty obrotowo/uchylne oraz płytę jezdną o przesuwie 400mm. Płyta jezdna umożliwia dosuwanie i odsuwanie robota od blatu, a tym samym dotarcie do wszystkich spoin w różnych położeniach blatu.. Blaty służą do zamocowania na nich przyrządów spawalniczych. Blaty te mogą być, programowo bądź ręcznie, pochylane do czterech pozycji (0° , 45° , 90° i 105°) oraz mogą obracać się wokół prostopadłej osi i ustawiać się w jednym z 12 położeń, co 30° . Prędkość ruchu obrotowego blatu nie jest nastawialna. Ponadto, duży wpływ na rzeczywistą prędkość z jaką obraca się detal zamocowany w przyrządzie ma pozycja pochylenia blatu i położenie względem osi obrotu środka ciężkości zespołu przyrząd spawalniczy/zamocowany detal. Jeszcze bardziej nieustabilizowane są przejścia blatu od jednego przechyłu do drugiego. Duża ruchliwość blatu pozycjonera, powiększona o przejezdność robota na płycie, umożliwiała dość dobrą

penetrację spawanego detalu przez robota w stanach ustalonych.

Programy spawalnicze wykonywania kolejnych spoin rozpoczynają się od instrukcji dokładnego pozycjonowania robota przed detalem, na początku spoiny. W tej pozycji uruchamiana jest spawarka (załączenie źródła, podawanie drutu), a robot oczekuje w spoczynku na sygnał ze swojego wejścia informującego o zajarzeniu się łuku (z chwilą dotknięcia spawanego detalu przez wysuwający się i będący pod napięciem drut elektrody). Sygnał ten uruchamia ruch robota, zaprogramowany ciągiem instrukcji typu PTPL. Prędkości ruchów robota pomiędzy kolejnymi punktami spoiny są tak dobrane, by nie następowało zerwanie łuku spawalniczego, a spoina, przy danych parametrach spawania (napięcie łuku, prąd spawania/prędkość podawania drutu elektrodowego) spełniała kryteria wytrzymałości i estetyki złącza. Wyłączenie spawarki na końcu układanej spoiny gasi łuk, co w najogólniejszym pojęciu kończy proces spawania (układania spoiny).

Zależnie od warunków spawania (grubości materiałów, pozycji spawania itp.) robot podczas pracy może automatycznie zmieniać parametry spawania (wybierając jeden z czterech, wcześniej nastawionych zestawów tych parametrów).

3. Przebieg prób.

W dotychczasowej praktyce wdrażania zrobotyzowanych stanowisk spawalniczych, opisane wyżej warunki pracy robota nie powodowały znaczących komplikacji technologicznych i zrealizowane w ten sposób instalacje pracowały produkcyjnie.

Już pierwsze próby spawania tej ramy w stanowisku zrobotyzowanym wykazały, że silny negatywny wpływ na wygląd spoin ma zgrubne okrawanie końcówek półfabrykatów rurowych ramy. Zastosowano więc elementy o zakończeniach frezowanych z tolerancją zachowania kształtu $\pm 0,1$ mm, co

gwarantowało bardzo dobre obejmowanie się spawanych rur i ich dobre przyleganie do siebie na całej długości spoin. W przypadku tulejki natomiast zmieniono konstrukcję węzła, wprowadzając podfrezowanie ścianki tulejki względem współpracującej z nią rury (zamiast wgniecenia ścianki rury).

Przy spawaniu przenikających się rurek cienkościennych o niewielkiej średnicy konieczne jest aproksymowanie krzywej przestrzennej spoiny niewielkimi odcinkami liniowymi. Odcinki te realizowane były w bardzo krótkim czasie, niewielkimi ruchami osi podstawowych (ϕ, α, θ) oraz dużymi ruchami przegubu (osie t i v). W tych warunkach, ze względu na bardzo zróżnicowaną dynamikę napędów poszczególnych osi robota, ruchy końcówki robota pomiędzy zaprogramowanymi punktami początku i końca odcinka aproksymującego były zupełnie niewłaściwe. Powodowały one duże zniekształcenia spoiny, iskrzenie i przerywanie łuku a nawet awaryjne wyłączenie robota (zadziałanie sprzęgła antykolizyjnego podczas uderzenia palnikiem w spawany detal). Te, tak mocno nieustalone przebiegi końcówki robota okazały się dość łatwe do opanowania drogą zmniejszania prędkości ruchów robota (wydłużenia czasów realizowania ruchu pomiędzy kolejnymi punktami spoiny). Niestety droga ta była nie do przyjęcia z punktu widzenia procesu spawania, wymagającego określonych parametrów spawania, a zwłaszcza prędkości posuwu palnika podczas kładzenia spoiny, dla danego źródła prądu, drutu spawalniczego oraz rodzaju i grubości spawanych materiałów.

Inną drogą wyeliminowania tych niedogodności było ograniczenie ruchliwości przegubu robota, co jednak znacznie pogorszało warunki układania spoin oraz wymuszało pracę palnika w niekorzystnych pozycjach, prowadząc do pogarszania się jakości i wyglądu spoin.

Jednak właśnie tę drogę przyjęto jako najodpowiedniejszą w istniejących warunkach.

Jak pokazała praktyka, ograniczenie minimalnego

prądu spawania do 50A niekorzystnie wpłynęło na spawanie cienkościennych rurek stalowych, gdyż uniemożliwiło niezbędne zmniejszanie prędkości spawania poniżej progu dopuszczanego przez automat, a co za tym idzie uniemożliwiało takie zmniejszenie prędkości ruchów robota aby ustabilizować jego pracę przy krótkoodcinkowej aproksymacji spoiny.

Dla zapewnienia cienkiej i estetycznej spoiny spróbowano spawania cienkim drutem elektrodowym \varnothing 0,8mm, mimo iż nastawy regulatora dopuszczały średnice drutu dopiero od \varnothing 1mm. Wg zapewnień dostawcy spawarki nie miało to mieć większego znaczenia dla przebiegu procesu spawalniczego. Być może jednak niedopasowanie działania regulatora do rzeczywistej średnicy drutu było przyczyną zaobserwowanych a trudnych do wyeliminowania iskrzeń, zwłaszcza podczas zajarzania łuku.

Wydaje się również, że przy tego rodzaju spoinach mało efektywny jest zastosowany w spawarce Kemppi PS 5000 system prostowania i prowadzenia drutu. Zaobserwowano bowiem "stożkowe" ruchy końcówki drutu elektrodowego oraz pewne "przeskoki" końcówki z jednego położenia w drugie. Niewątpliwie musi to mieć wpływ zarówno na położenie i estetykę spoin jak również na sposób zajarzania łuku i występujące przy tym iskrzenie oraz na iskrzenie podczas spawania.

Bardzo istotnym ograniczeniem podczas spawania ramy z rurek cienkościennych była konieczność spawania ramy w spoczynku, po ustawieniu jej w jednej z pozycji blatu pozycjonera. Spowodowało to konieczność podzielenia każdej spoiny na kilka części, wykonywanych stopniowo w różnych położeniach blatu, co zdecydowanie ujemnie odbijało się na estetyce spoiny ze względu na dużą ilość miejsc rozpoczynania i kończenia spoiny. Ostatecznie, drogą modyfikacji programu robota metodą prób i błędów, większość spoin wykonano w czterech częściach.

Robot, mimo dość znacznej ruchliwości blatu

pozycjonera i elastyczności ustawiania detalu do spawania, ze względu na swoje możliwości ruchowe i kształt zastosowanego palnika miał trudności z dotarciem do pewnych fragmentów ramy i ułożeniem tam ładnych spoin. Ponadto, z konieczności, przy każdej spoinie cząstkowej, zwłaszcza przy ich kończeniu, robot pracował w pozycji wymuszonej, w której drut elektrodowy wysuwał się prawie stycznie do powierzchni przenikających się spawanych rurek.

Niewątpliwie duży wpływ na pracochłonność oprogramowania robota i niekorzystną ocenę estetyki wykonanych spoin miała bardzo duża awaryjność robota i pozycjonera. Awarie tego sprzętu były przyczyną częstych kolizji robota z przyrządem spawalniczym, co powodowało konieczność wprowadzania korekt "wyczyszczonego" już programu. Podczas tych prac okazało się, że wprowadzanie korekt jest czynnością bardzo żmudną i pracochłonną, a ostateczny efekt - końcowy program spawalniczy spełniający kryteria odbioru spoin, jest bardzo czuły na wszelkie, nieuniknione przecież w normalnych warunkach pracy, kolizje palnika i manipulacje przy końcówce robota. Z tego powodu oceniamy, że zarówno ten program spawalniczy jak i całe stanowisko nie może mieć dużego znaczenia dla produkcji, gdy w normalnej, codziennej pracy pozbawione będzie kompetentnej obsługi inżynierskiej.

4. Wnioski.

W wyniku wielogodzinnych prób spawania cienkościennych, silnie zakrzywionych elementów uzyskano doświadczenia upoważniające do poniższych wniosków:

1. Dla zapewnienia wysokiej jakości tego rodzaju spoin niezbędne jest zastosowanie sprzętu w poniższej konfiguracji:

- robot sześciosiowy (możliwość lepszego ustawienia palnika względem spoiny), z następującymi możliwościami programowania:

- TCP (Tool Center Point), gdzie programowane są ruchy i ich prędkości z jednolitą dynamiką końcówki roboczej urządzenia (kończówki drutu spawalniczego),
- interpolacją liniową i kołową,
- możliwością sterowania osiami zewnętrznymi,
- analogowymi we/wy,
- pozycjoner, który powinien być dostosowany do ciągłego sterowania przez robota osiami blatu roboczego. Dzięki temu możnaby programować odpowiednie ruchy robota względem przemieszczającego się programowo spawanego detalu (spoiny), a tym samym doprowadzić do wykonywania spoin w najdogodniejszych pozycjach spawalniczych oraz zmniejszenia ilości fragmentów, z jakich są one budowane,
- spawarka - dostosowana do ciągłego sterowania parametrami spawania przez robota oraz dopuszczająca spawanie prądami rzędu 30-40A,

Zalecane również byłoby zastosowanie układu śledzenia spoiny, zwłaszcza przy dopuszczeniu wykonywania elementów ramy w dość szerokich tolerancjach.

2. Zastosowanie atestowanych materiałów, od tego samego wytwórcy, o powtarzalnych wymiarach i własnościach mechanicznych oraz przygotowanych w tolerancjach $\pm 0,2$ mm.