ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1983
Seria: MECHANIKA z.78 Nr kol. 762

Jan CZUMA
Instytut Metaloznawstwa i Spawalnictwa
Politechniki Śląskiej

SPAWANIE PLAZMOWE MIG*

Streszczenie. Spawanie plazmowe MIG jest nową (w Polsce) metodą spawania, która została opracowana i jest nieprzerwanie rozwijana w laboratoriach badawczych firmy Philips w Eindhoven. Metoda ta jest kombinacją spawania plazmowego i spawania łukowego elektrodą topliwą w atmosferze gazów ochronnych MIG**, MAG.

Na podstawie pozycji bibliograficznych przedstawiono zastosowanie spawania plazmowego MIG oraz najnowszą konstrukcję palnika do spawania plazmowego MIG. Spawanie aluminium tą metodą daje znaczne efekty ekonomiczne i lepszą jakość spoiny (mniejsza porowatość, mniejsze ziarno spoiny) niż spawanie aluminium metodą MIG. Metoda spawania plazmowego MIG znalazła zastosowanie w produkcji kół samochodowych, butli gazowych, bębnów hamulcowych oraz do regeneracji elementów maszyn (np. napawanie walców hutniczych). Badania prowadzone przez Vennekensa i Scheversa ujawniły możliwość platerowanie stali stopami miedzi z wysoce ograniczoną głębokością wnikania miedzi w stal oraz możliwość platerowania miedzi stalą nierdzewną.

1. WSTĘP

Metodę spawania plazmowego MIG opracowano w laboratoriach firmy Philips w Eindhoven. Pierwsze urządzenia do spawania tą metodą zostały zaprezentowane w 1973 roku na wystawie "Spawanie i Gięcie" w Essen - RFN [1]. Od tego też roku datuje się zastosowanie przemysłowe tej metody.

Przy spawaniu plazmowym MIG istnieje możliwość lepszego sterowania przenoszeniem metalu i doprowadzaniem ciepła do spawanego przedmiotu, niż w konwencjonalnej metodzie MIG, a także uzyskiwania bardzo dużych prędkości spawania bez rozprysku. W ostatnich kilku latach prowadzono intensywne badania nad możliwościami dalszego rozwoju procesu spawania plazmowego MIG i jego szerokiego zastosowania [3,5,6,8,9].

2. ISTOTA PROCESU SPAWANIA PLAZMOWEGO MIG

W metodzie spawania MIG łuk jarzy się pomiędzy elektrodą topliwą, którą stanowi drut elektrodowy, i spawanym przedmiotem. Gaz osłaniający za-

---

* Spawanie plazmowe MIG - z jęz.ang.plasma - MIG welding
brak powszechnie przyjętej terminologii

** MIG - z jęz.ang. metal inert gas, oznaczenie metody spawania elektrodą topliwą w osłonie gazu obojętnego argon lub hel

bezpiecza elektrodę, przenoszony metal (stopiwo) i spawany przedmiot przed dostępem tlenu i azotu z powietrza. Zadaniem gazu osłaniającego jest również dostarczenie zjonizowanych cząstek materii dla podtrzymania łuku. Wybór gazu osłaniającego zależy od spawanego materiału, technologicznych wymagań i względów ekonomicznych. Wyboru dokonuje się głównie pomiędzy Ar,He,CO_2 (MAG*) i ich mieszankami z tlenem lub bez tlenu. Od składu gazu osłaniającego zależne są własności łuku, sposób przenoszenia metalu, ilość dostarczonego ciepła, wtopienie i kształt spoiny.

Spawanie plazmowe MIG jest metodą spawania w termicznie zjonizowanym gazie, w którym elektroda topliwa jest podawana do przedmiotu spawanego przez dyszę kierującą strumień plazmy. Wyładowanie elektryczne z drutu elektrodowego jest przekazywane przez przewodzącą plazmę bez oddzielnego systemu łuku.

Wcześniejsze badania skoncentrowano na opracowaniu spawania przy ujemnej biegunowości elektrody topliwej, lecz problemy związane z niestabilnością łuku ograniczyły praktyczne zastosowanie tego sposobu spawania. Problemy niestabilności łuku przy biegunowości ujemnej mogą być rozwiązane przez zastosowanie gazu plazmowego Ar+O_2.

Większość badań skoncentrowano na spawaniu biegunowością dodatnią, która prowadzi do stabilizacji procesu spawania i większej elastyczności zastosowania tej metody. Rysunek 1 przedstawia schemat metody spawania plazmowego MIG.

Elektroda topliwa podawana jest osiowo przez dyszę plazmową, a łuk plazmowy jarzy się pomiędzy boczną elektrodą wolframową i przedmiotem spawanym.

Ten sposób może być stosowany przy spawaniu wymagającym głębokiego wtopienia, jak również do spawania i napawania z niewielką głębokością wtopienia.

Przy dodatniej biegunowości elektrody topliwej i stosunkowo niskim natężeniu prądu płynącego przez drut spawalniczy przenoszenie metalu przez łuk jest równoległe do strumienia plazmy a powierzchnia spawanego przedmiotu, na który działa łuk, jest stała. Gdy prąd płynący przez drut elektrodowy jest wyższy od pewnej wartości, koniec drutu stapia się na znacznej długości wskutek nagrzania oporowego i przenoszenie metalu odbywa się w sposób rotacyjny (rys.2 i 3) wewnątrz łuku plazmowego bez rozprysku [2 ; 7].

Nieruchomy wąski łuk MIG może być stosowany do spawania wymagającego głębokie wtopienie lub do spawania cienkich blach z dużą szybkością spawania. Spawanie plazmowe MIG łukiem wirującym jest bardzo dobrym sposobem platerowania podłoży metalowych ze względu na niewielkie głębokości

* MAG - z jęz.ang. metal active gas, oznaczenie metody spawania elektrodą topliwą w osłonie gazu aktywnego CO_2

wtopienia i szeroki płaski ścieg.

Odmianą spawania plazmowego MIG jest spawanie dyszowe plazmowe MIG* (rys.4).

Istotną różnicą pomiędzy obydwiema metodami jest brak nietopliwej elektrody wolframowej w procesie spawania dyszowego plazmowego MIG. W metodzie spawania dyszowego plazmowego MIG łuk plazmowy jarzy się między dyszą plazmową a spawanym przedmiotem. W tym przypadku nie jest możliwe zajarzenie łuku plazmowego przy użyciu prądu wysokiej częstotliwości ponieważ łuk plazmowy przemieszczać się będzie wokół dyszy. Przy spawaniu dyszowym plazmowym MIG łuk MIG zajarza się wcześniej niż łuk plazmowy, który zajarza się w kilka milisekund po zajarzeniu łuku MIG.

Spawanie dyszowe plazmowe MIG cechuje się prostym i małym palnikiem (brak elektrody wolframowej) oraz brakiem układu wysokiej częstotliwości. Za wadę tego procesu uważa się możliwość powstawania rozprysku przy rozpoczynaniu spawania, ponieważ najpierw zajarzony jest łuk MIG. Nowe rozwiązania palników mają specjalne metody zajarzania łuku, eliminujące rozprysk przy rozpoczynaniu spawania.

W laboratoriach badawczych firmy Philips opracowano nowy palnik do spawania dyszowego plazmowego MIG, spełniający wszystkie wymagania stawiane palnikom lepiej od dotychczas stosowanych konstrukcji (rys.5 [3]). Dużą trwałość palnika uzyskano dzięki bezpośredniemu chłodzeniu wodą każdej istotnej jego części, stosowaniu zdejonizowanej wody chłodzącej i pokryciu specjalnym lakierem ochronnym powierzchni anody stykającej się bezpośrednio z wodą, w celu wyeliminowania niszczącego działania elektrolizy na anodę. Dyszę anody plazmowej wykonano z miedzi pozbawionej tlenu z wkładką węglową. W celu ograniczenia bezpośredniego kontaktu gazu osłaniającego z plazmą między dyszę anody N i pierścień centrujący M podawany jest kanałem B gaz "pośredni" IG. Palnik ten posiada nową metodę zajarzania łuku, eliminującą rozprysk. W tej metodzie zajarzania, drut elektrodowy podawany jest z małą prędkością aż do momentu zetknięcia się z przedmiotem spawanym, po czym ruch drutu ustaje. Płynący prąd ma stosunkowo małe natężenie (100A). Zanim zdąży się wytworzyć kropla stopionego metalu, drut jest bardzo szybko wycofywany. Powstaje łuk MIG bez rozprysku. W chwili gdy koniec wycofywanego drutu zrówna się z dolną powierzchnią anody plazmowej, łuk MIG zajarza łuk plazmowy, prędkość drutu elektrodowego zostaje zredukowana do zera i łuk MIG wygasa. Ponownego zajarzenia łuku dokonuje operator palnika.

Spawanie dyszowe plazmowe MIG jest wykorzystywane do spawania połączeniowego zwłaszcza blach o większej grubości, ze względu na możliwość stosowania wysokich prądów bez wirowego przenoszenia metalu przez łuk.

---

* Spawanie dyszowe plazmowe MIG - z jęz. ang. nozzle plasma - MIG welding

W tej metodzie pojawia się również rotacja łuku powyżej pewnej granicznej wartości prądu, której granica leży przy wyższych natężeniach prądu niż przy spawaniu plazmowym MIG, w którym anodą plazmową jest nietopliwa elektroda wolframowa.

3. ZASTOSOWANIE SPAWANIA PLAZMOWEGO MIG

Szeroki zakres regulacji parametrów spawania, zajarzanie łuku MIG bez rozprysku w łuku plazmowym i możliwość kontroli natężenia prądu spawania od zera do 500A (drut elektrodowy o średnicy 1,2 mm) czynią ten proces atrakcyjny dla spawania programowego. Poza możliwością stosowania dużej wydajności stapiania, możliwe jest uzyskanie bardzo szerokiego zakresu wydajności stapiania dla danej średnicy drutu elektrodowego (np. dla średnicy 1,2 mm od 1,8 kg/h do 30 kg/h). Ilość doprowadzonego ciepła do spawanego przedmiotu można regulować wielkością natężenia prądu łuku plazmowego.

Biorąc pod uwagę istotę tej metody oraz jej cechy charakterystyczne uwidacznia się możliwość szerokiego zastosowania do spawania stali węglowych, niskostopowych a przede wszystkim do spawania stali wysokostopowych, aluminium i jego stopów, miedzi i jej stopów oraz napawania.

Spawanie plazmowe dyszowe zastosowano między innymi do wytwarzania kół samochodowych, butli gazowych i bębnów hamulcowych [1].

Koła samochodów osobowych są w większości wykonywane z dwóch elementów : obręczy i tarczy, które są ze sąbą spawane metodą MAG. Spawanie metodą MAG powoduje powstawanie rozprysku, który jest niekorzystny nie tylko ze względów estetycznych ale również ze względu na możliwość powstawania ognisk korozji i uszkodzeń mechanicznych innych elementów (np. hamulców). Zastosowanie spawania dyszowego plazmowego MIG do spawania kół samochodowych, butli gazowych i bębnów hamulcowych wyeliminowało problem rozprysku, zwiększyło wydajność spawania i polepszyło jakość (tabl. 1).

Spawanie plazmowe MIG jest bardzo korzystne do spawania aluminium i jego stopów, i przewyższa pod wieloma względami spawanie metodą MIG, a to głównie z powodu:

- skuteczniejszego rozpylania błonki tlenków aluminium,
- bardziej regularnego przenoszenia metalu z drutu elektrodowego na spawany przedmiot,
- mniejszej wielkości ziarn spoiny (wyższe własności mechaniczne),
- wyższych szybkości spawania,
- mniejszej porowatości spoin.

Spawanie wzdłużne wewnątrz rur aluminiowych (AlMg5) o średnicy 165 mm przeprowadzono za pomocą spawania dyszowego plazmowego MIG ze względu na mniejsze rozmiary palnika [4]. Zastosowanie tej metody do łączenia rur aluminiowych z kołnierzami pozwoliło znacznie zwiększyć wydajność i po-

lepszyć jakość połączeń. Połączenie kołnierza z rurą wymagało ułożenia trzech warstw za pomocą spawania MIG, które wykonywało dwóch spawaczy z wydajnością 12 połączeń w ciągu 8 godzin.
Spawając kołnierze i rury aluminiowe metodą spawania dyszowego plazmowego MIG, wystarczyło ułożyć jedną warstwę z prędkością 260 mm/min., co było przyczyną zwiększenia wydajności do około 190 połączeń w ciągu 8 godzin.

Zastosowanie spawania plazmowego MIG przez zachodnioniemieckie firmy produkujące cysterny do transportu produktów ropopochodnych, ciekłych gazów itp., wytwarzane z aluminium i stali nierdzewnej, przyczyniło się do podwyższenia jakości złączy spawanych i znacznego zwiększenia wydajności dzięki dużym prędkościom i mechanizacji spawania (tabl.2), [8].

Szwecki producent stali Specjaltillverkningar zastosował spawanie plazmowe MIG do napawania walców stosowanych w procesie ciągłego odlewania stali [5].
Współpracując z Philips Svets Nordiska i Philips Welding International Application Laboratories zainstalowano urządzenie do spawania dyszowego plazmowego MIG z nowo opracowanym palnikiem z trzema strumieniami gazu rys. 5 , w miejsce urządzenia do spawania łukiem krytym. Pomimo zastosowania drogich materiałów dodatkowych do napawania dyszowego plazmowego MIG, wykorzystanie tej metody pozwoliło na znaczne oszczędności, ponieważ wydajność stapiania była dwukrotnie wyższe (9-10 kg/h), powierzchnia wymagała niewielkiej obróbki i zwiększyła się znacznie trwałość powierzchni, w porównaniu do napawania łukiem krytym.

Bardzo interesujące jest zastosowanie metody spawania plazmowego MIG do platerowania stali stopami miedzi [6]. Badania prowadzone przez Vannenkensa i Scheversa wykazały, że możliwe jest platerowanie stali stopami miedzi (brąz aluminiowy) z wysoce ograniczoną głębokością wnikania miedzi w stal. Zaobserwowano, że przy platerowaniu plazmowym MIG miedzi stalą nierdzewną mniejsze jest wnikanie miedzi w stal, niż przy innych metodach napawania elektrodą topliwą.

Duże szybkości spawania miedzi z miedzią i miedzi ze stalą dają wyższość tej metody nad pozostałymi.

4. UWAGI KOŃCOWE

Na podstawie dotychczas opublikowanych wyników badań spawania plazmowego MIG [1÷9] można wymienić następujące zalety tej metody w porównaniu z metodą MIG:
- wyższa wydajność stapiania,
- większa stabilność łuku i lepsze sterowanie przenoszeniem metalu,
- brak rozprysku,
- platerowanie z niewielką głębokością wtopienia, szeroką warstwą i równomierną powierzchnią,

- platerowanie stali miedzią z ograniczoną głębokością wnikania miedzi w stal.

LITERATURA

[1] Schevers A.A.: Some applications of the Plasma - MIG Welding process; Philips Welding Reporter, 1975, nr 1.
[2] New Plasma - MIG Process; Welding and Metal Fabrication, 1972, t.40, nr 6.
[3] Essers W.G., Willems G.A.M., Buelens J.J.C., M.R.M. von Gompel: Plasma - MIG Welding - a new torch and arc starting method; Metal Construction 1981, t.13, nr 1.
[4] Schevers A.A.: Plasma - MIG Welding of Aluminium ; Welding and Metal Fabrication, 1976, t. 44, nr 1.
[5] Moestue: Plasma - MIG rolls over SA for steel plant repairs; Welding and Metal Fabrication, 1981, nr 10.
[6] Vennekens R., Schevers A.A.: Plasma - MIG Welding of copper and copper alloys; Welding and Metal Fabrication, 1977, nr 5.
[7] Klimpel A.: Technologia zgrzewania; Skrypt Politechniki Śląskiej Gliwice 1981.
[8] Swart J.: Plasma - MIG improves mechanised welding, Metal Construction 1982, t.14, nr 3.
[9] Swart J.: Mechanised plasma - MIG welding; Metal Construction 1981, t.13, nr 4.

Recenzent: Doc.dr inż. S. Bryś

PLASMA - MIG welding

SUMMARY

The Plasma - MIG welding process has been worked out and developed at the Philips Research Laboratories in Eindhoven. This method of welding can be described as a combination of plasma welding and metal inert gas (MIG) welding.

The application of the Plasma - MIG welding and the latest construction of the torch for the plasma - MIG welding are presented on the basis of the literature.

Investigations have proved that in welding aluminium the Plasma - MIG process causes less porosity then the MIG process and showed that the grain size of aluminium is less coarse then that produced by the MIG welding. The Plasma - MIG process is used for producing motor car wheel rims, gas containers and brake cylinders. Vennekens and Schevers have stated that it is possible to clad alloys on steel with a very limited copper penetration into the steel.

ПЛАЗМАТИЧЕСКАЯ СВАРКА MIG

РЕЗЮМЕ

Плазматическая сварка MIG является новым в Польше методом сварки, который был разработан и непрерывно развивается в исследовательских лабораториях фирмы Philips в Eindhoven. Этот метод является комбинацией плазматической сварки и дуговой сварки с плавкой электродой в среде защитных газов (MIG, MAG).

На основе литературных данных было представлено применение плазматической сварки MIG, а также была представлена новейшая конструкция горелки для плазматической сварки MIG. Сварка алюминия этим методом дает значительные экономические эффекты и лучшие качество шва (меньшая пористость, меньшее зерно шва) по сравнению со сваркой алюминия методом MIG. Метод плазматической сварки MIG нашла применение для производства автомобильных колес, газовых баллонов, тормозных барабанов, а также для регенерации деталей машин (например металлургических валков). Исследования проводимые Веннекенсом и Шеверсом указали на возможность плакирования стали медными сплавами при особо ограниченной глубине проникновения меди в сталь, а также плакирования меди нержавеющей сталью.

Tablica 1

Parametry spawania plazmowego MIG kół samochodowych

Parametry spawania	
Materiał	stal niskostopowa
Grubość spawanych elementów	2,5 mm + 4,5 mm
Natężenie prądu plazmowego	80 A
Natężenie prądu MIG	300 A
Szybkość podawania drutu	7,2 m/min.
Szybkość spawania	1,45 m/min.
Natężenie przepływu gazu plazmowego	4 lAr/min.
Natężenie przepływu gazu plazmowego	$\frac{(10\ lAr + 10\ lCO_2)}{min.}$

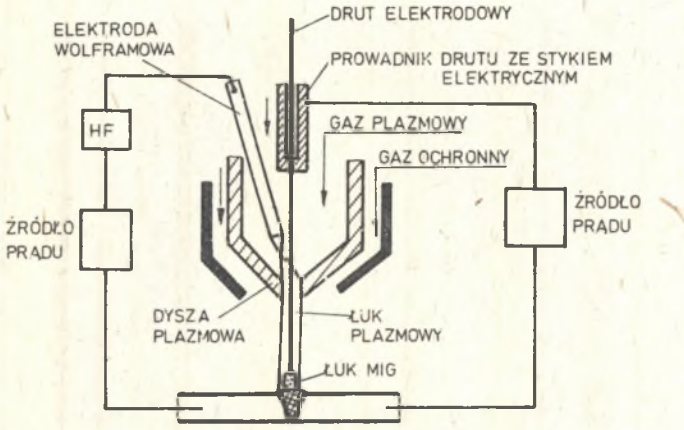
Tablica 2

Parametry spawania konwencjonalną metodą MIG i metodą plazmową MIG cystern wykonanych ze stopu AlMg4,5Mn i stali nierdzewnej [8]

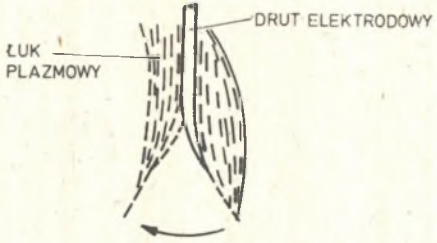
Materiał spawany	AlMg4, 5Mn			Stal	
Metoda	MIG	Pl-MIG	Pl-MIG	MIG	PL-MIG
Grubość spawanych blach,mm	4,5	4,5	5,2	4	4
Średnica drutu elektrodowego, mm	1,6	1,6	1,6	1,2	1,2
Natężenie prądu plazmowego,A	-	200	200	-	200
Natężenie prądu MIG, A	280÷300	200	280	250	280
Szybkość podawania drutu, m/min.	-	11	11	-	11,5
Szybkość spawania, mm/min.	400	1100	960	500	960

Uwagi:

Pl-MIG - spawanie plazmowe MIG

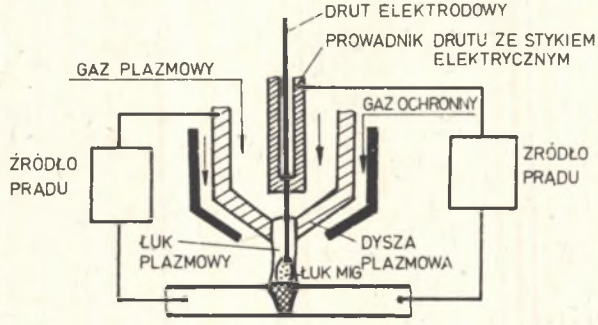


Rys.1. Schemat spawania plazmowego MIG.

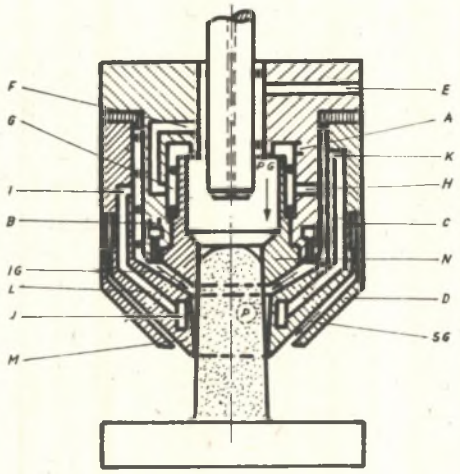


Rys.2. Wirowanie końca drutu spawalniczego.

Rys.3. Fotografia łuku wirującego przy spawaniu plazmowym MIG (drut Ø 1,2 mm, prąd plazmowy 120 A przy 45 V, prąd MIG - 300 A przy 35 V).



Rys.4. Schemat spawania plazmowego dyszowego MIG.



Rys.5. Konstrukcja nowego palnika do automatycznego spawania dyszowego plazmowego MIG.

A - doprowadzenie gazu plazmowego,
B - doprowadzenie gazu "pośredniego",
C - komora gazu osłaniającego,
D - dysza gazu osłaniającego,
E - doprowadzenie wody chłodzącej,
F,G,H,I,J,K - kanały wody chłodzącej,
L - otwory, przez które część gazu pośredniego może przepływać do dyszy gazu osłaniającego przy wzroście ciśnienia plazmy,
M - pierścień centrujący,
N - dysza plazmowa,
PG - gaz plazmowy,
SG - gaz osłaniający,
IG - gaz pośredni.