

Tomasz WĘGRZYN¹, Damian HADRYŚ²

SPAWANIE Z CHŁODZENIEM MIKROJETOWYM PROPOZYCJĄ NOWEJ TECHNOLOGII NAPRAW POJAZDÓW

Streszczenie. Spawanie jest jedną z najpopularniejszych metod łączenia materiałów. Znalazło ono również zastosowanie w produkcji i naprawach konstrukcji nośnych różnego rodzaju pojazdów i maszyn roboczych. Konstrukcje te muszą cechować się między innymi wysoką niezawodnością przy narażeniu na zmienne obciążenia. Ważny jest tu aspekt odpowiednio wysokich wartości wielkości opisujących własności plastyczne połączeń spawanych. Niestety, pomimo tego, że spawanie jest znane od wielu lat, niektóre aspekty z nim związane nastroczają pewnych trudności. Z tego też powodu ciągle prowadzone są prace polegające na przykład na opracowywaniu nowych materiałów dodatkowych do spawania, urządzeń spawalniczych lub nowatorskich metod spawania. W artykule przedstawiono aparat do spawania blach stalowych z chłodzeniem mikrojetowym (do spawania mikrojetowego). Ta nowatorska metoda spawania umożliwia sterowanie strukturą spoiny, co pozwala na uzyskanie lepszych właściwości mechanicznych połączenia spawanego. Uzyskiwane wartości wielkości mechanicznych są nieosiągalne dla konwencjonalnych metod spawania. Metoda ta może zatem pozytywnie wpłynąć na rezultaty prac spawalniczych prowadzonych na potrzeby produkcji i w naprawach pojazdów.

Słowa kluczowe. spawanie, chłodzenie mikrojetowe, ferryt AF, konstrukcje nośne pojazdów

WELDING WITH MICRO-JET COOLING AS A PROPOSAL FOR NEW TECHNOLOGY OF VEHICLE REPAIR

Summary. Welding is one of the most popular methods of joining materials. It was also used in the production and repairs of construction of various types of vehicles and machines. These structures need to be characterized by high reliability when exposed to varying loads. An important aspect is sufficiently high value of plastic properties of welded joints. This method has been known for many years, but some aspects of welding are problematic. It is a reason to work for carried out for example new materials for welding, welding equipment and innovative welding methods. This paper presents the Apparatus for steel welding with micro-jet cooling. This innovative method of welding allows to control of weld metal deposit structure. It is a reason for better mechanical properties of the weld. The obtained values are unavailable to conventional welding methods. This method may therefore have a positive impact on the results of the welding work for the production and repair of vehicles.

Keywords. welding, micro-jet cooling, acicular ferrite, vehicle construction

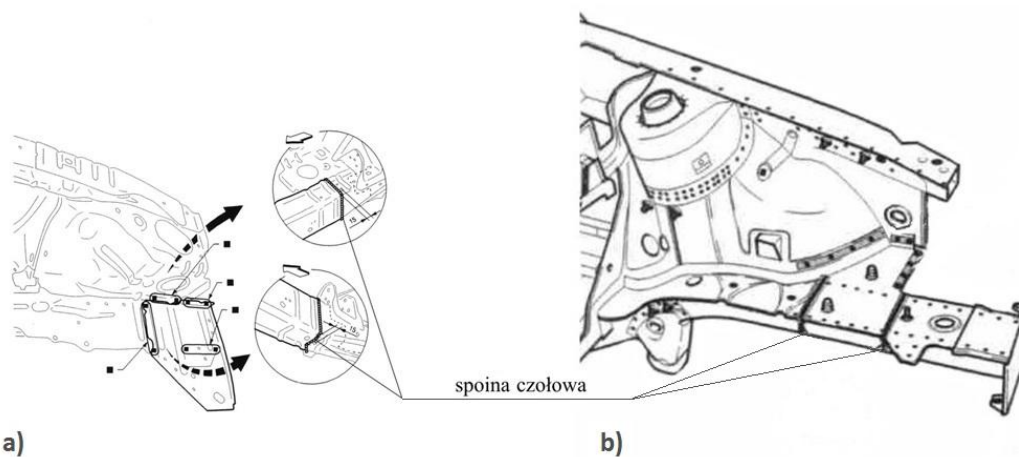
¹ The Silesian University of Technology, Gliwice, Poland, e-mail: tomasz.wegrzyn@polsl.pl

² Higher School of Labour Safety Management, Katowice, Poland, e-mail: dhadrys@wszop.edu.pl

1. WPROWADZENIE

Projektowanie połączeń spawanych wiąże się z postawieniem przed nimi wielu warunków, które bezwzględnie muszą zostać spełnione. Szczególnie ważne jest to dla połączeń spawanych wykonywanych w obrębie konstrukcji nośnych pojazdów i maszyn roboczych [1÷6].

Dla pojazdów, których konstrukcja oparta jest na nadwoziu samonośnym (rys. 1), głównym sposobem łączenia poszczególnych elementów nadwozia jest zgrzewanie punktowe. Należy jednak zaznaczyć, że podczas napraw takich nadwozi bardzo często połączenia zgrzewane zastępuje się spoinami. Ponadto, w naprawianym nadwoziu, w zależności od zakresu naprawy, mogą pojawić się połączenia spawane, których nie ma w nadwoziu fabrycznym. Sytuacja taka ma miejsce na przykład przy wymianie częściowego elementu nadwozia [7÷9].



Rys. 1. Spoiny czołowe wykonywane przy naprawie podłużnic przednich pojazdów o nadwoziu samonośnym [2]; a) Nissan Almera [1], b) Skoda Octavia

Fig. 1. Welds made with self-supporting body repair [2]; a) Nissan Almera [1], b) Skoda Octavia

W przypadku pojazdów, których rozwiązanie konstrukcyjne przewiduje ramę, można spotkać się z różnymi technologiami łączenia jej poszczególnych elementów (np. połączenia spawane, nitowane, śrubowe). W odróżnieniu od pojazdów z nadwoziem samonośnym, dla tego typu pojazdów połączenia spawane wykonuje się również na etapie produkcji. Oczywiście połączenia tego rodzaju wykonywane są również przy naprawach konstrukcji nośnych takich pojazdów. Nie sposób nie wspomnieć również o zabudowach specjalnych na pojazdach. Bardzo często elementy takich zabudów łączone są za pomocą spawania [4, 7, 8].

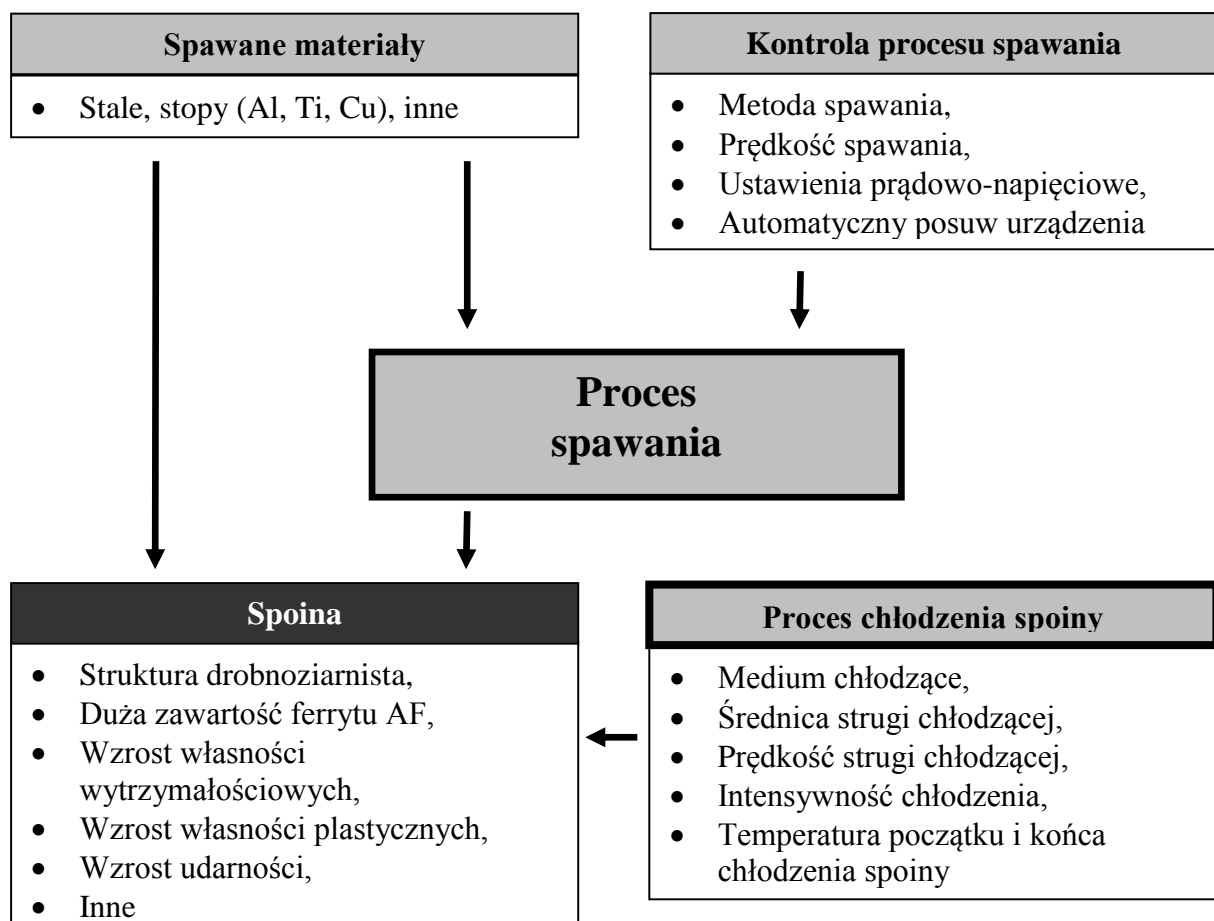
Zapewnienie spełnienia wspomnianych wcześniej warunków gwarantuje bezpieczną eksploatację konstrukcji spawanej. Bardzo ważnymi kryteriami są wytrzymałość i własności plastyczne połączenia spawanego, łączącego poszczególne elementy ustroju nośnego w jedną całość. W głównej mierze kryteria te zależą od struktury uzyskanego w procesie spawania stopiwa, czyli materiału otrzymanego wyłącznie w wyniku stopienia materiału dodatkowego do spawania (w stopiwie nie ma udziału materiału rodzimego łączonych elementów). Przykładowo, dla stali, która jest materiałem najczęściej stosowanym obecnie na wspomniane konstrukcje, pożądaną fazą jest drobnoziarnisty ferryt AF (accicular ferrite). Faza ta charakteryzuje się bardzo dobrymi własnościami plastycznymi. Jednak jej ilość w stopiwie zależy od panujących warunków schładzania połączenia spawanego. W celu zapewnienia dużej zawartości ferrytu AF w stopiwie, należy zadbać o korzystne warunki do rozwoju tej właśnie fazy. W związku z tym bardzo ważna jest możliwość sterowania przebiegiem

schładzania połączenia spawanego, a poprzez to sterowania również strukturą stopiwa. Pozwala to na uzyskiwanie różnych zawartości różnych faz w stopiwie. Regulacja taka ma przez to wpływ na uzyskiwanie różnych wartości wielkości mechanicznych, charakteryzujących połączenie spawane. Precyzyjne regulowanie strukturą zapewnia wysokie wartości wytrzymałości i plastyczności (wyższe w porównaniu do wartości parametrów otrzymywanych podczas konwencjonalnego spawania), wysoką jakość połączenia spawanego oraz może też poprawić spawalność materiałów lub pozwolić na zwiększenie prędkości spawania.

W artykule przedstawiono aparat do spawania z chłodzeniem mikrojetowym blach cienkich. Umożliwia on sterowanie strukturą spoiny. Realizowane jest to za pomocą kontrolowanego, wymuszonego chłodzenia spoiny bezpośrednio po spawaniu.

2. IDEA SPAWANIA MIKROJETOWEGO

Celem opracowania spawania mikrojetowego jest możliwość sterowania strukturą spoiny i wartościami wielkości mechanicznych charakteryzujących połączenie spawane [3, 4]. Ideę spawania z chłodzeniem mikrojetowym przedstawia rysunek 2.



Rys. 2. Idea spawania z przystawką mikrojetową
Fig. 2. Idea of welding with microjet cooling

Idea ta polega na kontrolowanym schłodzeniu spoiny w granicach temperatur od około 800° C do około 500° C. W ten sposób zapewnia się regulację przebiegu schładzania spoiny bezpośrednio po spawaniu. Pozwala to na sterowanie strukturą złącza spawanego. Można w ten sposób zapewnić korzystne warunki do rozwoju drobnoziarnistego ferrytu AF (accicular ferrite). Duża zawartość ferrytu AF jest gwarantem polepszenia się uduwności połączenia spawanego i pozytywnie wpływa na bezpieczeństwo użytkowania konstrukcji spawanej, jaką jest na przykład rama nośna pojazdu lub maszyny roboczej. W prezentowanej idei spawania mikrojetowego, regulacja struktury realizowana jest przez szybkie schłodzenie lica albo grani spoiny za pomocą pęku mikro-strug medium chłodzącego, którym może być dowolny płyn (ciecz lub gaz). Mikro-strugi płynu wytwarzane są w przystawce z instalacją mikrojetową. Przystawka ta jest integralną częścią zespoloną z głowicą spawalniczą.

3. APARAT DO SPAWANIA MIKROJETOWEGO

Przedmiotowy aparat do spawania mikrojetowego został on przedstawiony na rysunku 3. Aparat składa się z dwóch podstawowych elementów. Pierwszym z nich jest urządzenie spawalnicze, niezbędne ze względu na realizację procesu spawalniczego. Drugim elementem jest stół spawalniczy, którego głównym zadaniem jest pozycjonowanie spawanych elementów.



Rys. 3. Aparat do spawania mikrojetowego
Fig. 3. Apparatus for welding with micro-jet cooling

Ze względu na realizację procesu spawalniczego z użyciem elektrody topliwej w osłonie gazu ochronnego, jako urządzenie spawalnicze zastosowano półautomat spawalniczy. Urządzenie charakteryzuje stabilny łuk i bardzo łatwy zapłon, co pozwala wykonywać prace spawalnicze poprawnie, szybko i profesjonalnie, z minimalną ilością odprysków. Za jego pomocą mogą być wykonywane połączenia spawane z użyciem metod MAG (Metal Active Gas) lub MIG (Metal Inert Gas). Urządzenie to ma szeroki zakres regulacji parametrów spawania.

Stół spawalniczy wykonany jest z zamkniętych profili stalowych o przekroju prostokątnym, zapewniających optymalną sztywność konstrukcji. Dzięki temu możliwe jest zarówno spawanie czołowe blach, jak i napawanie elementów. Stół stanowi element konstrukcji stanowiska, do którego mocowane są napęd automatycznego posuwu głowicy spawalniczej i przystawki mikrojetowej, spawane elementy oraz elementy sterowania i inne. Podstawowe parametry geometryczne stołu spawalniczego zostały podane w tablicy 1.

Tablica 1

Podstawowe dane stołu spawalniczego

Parametr	Wartość, mm
Wysokość stołu spawalniczego	1400
Szerokość stołu spawalniczego	600
Długość stołu spawalniczego	1600
Maksymalna długość spawanych blach	1190
Maksymalna grubość spawanych blach	20
Minimalna szerokość blach	120

Zasadniczym elementem roboczymi aparatu spawalniczego jest urządzenie spawalnicze wraz z głowicą spawalniczą. Głowica porusza się automatycznie, z możliwością regulacji jej prędkości liniowej. Z głowicą spawalniczą sprzężona jest przystawka do chłodzenia mikrojetowego. Elementy mają możliwość regulacji ważniejszych parametrów, takich jak np.:

- odległość przystawki mikrojetowej od spoiny,
- odległość przystawki mikrojetowej od głowicy spawalniczej,
- odległość głowicy spawalniczej od spawanego elementu,
- kąt położenia głowicy spawalniczej,
- kąt padania mikro-strug na spoinę,
- ciśnienie medium chłodzącego,
- zmiana ilości mikro-strug (realizowana przez wymianę przystawki).

Ze względu na proces spawania elektrycznego, realizowany na przedmiotowym stanowisku, oraz na napęd elektryczny posuwu przystawki mikrojetowej, stanowisko wymaga podłączenia do zasilania elektrycznego trójfazowego 400 V (dla półautomatu spawalniczego) oraz sieci 230 V (dla stołu spawalniczego). Zasilanie w gaz ochronny do spawania może być realizowane z butli z gazem technicznym lub z instalacji centralnego zasilania w gazy techniczne. Obecnie chłodzenie realizowane jest za pomocą argonu, który dostarczany jest z butli znajdującej się przy półautomacie spawalniczym. Regulacja ciśnienia gazu chłodzącego realizowana jest za pomocą reduktora zamontowanego bezpośrednio na butli gazowej lub przy wyjściu z instalacji centralnego zasilania w gazy techniczne.

Montaż spawanych blach odbywa się za pomocą szybkoocucujących, mechanicznych zacisków maszynowych. Gwarantuje to pewne utrzymanie spawanych elementów, bez obawy o ich przemieszczanie, oraz minimalizuje deformację podczas spawania.

Przystawka mikrojetowa wraz z głowicą spawalniczą przymocowana jest do ruchomego wózka, którego prowadzenie odbywa się za pomocą precyzyjnej prowadnicy liniowej oraz wózka łożyskowego. Napęd wózka realizowany jest przez elektryczny silnik krokowy, który za pomocą sprzęgła, napędza precyzyjną śrubę kulową. Następnie napęd ze śruby przekazywany jest na wózek za pomocą precyzyjnej nakrętki kulowej. Rozwiązanie takie pozwala na uzyskanie bardzo precyzyjnego prowadzenia liniowego z dokładną kontrolą prędkości liniowej wózka. Ponadto, zaproponowane rozwiązania gwarantuje bardzo małe opory układu przeniesienia napędu. Część wózka, do której mocowane są przystawka

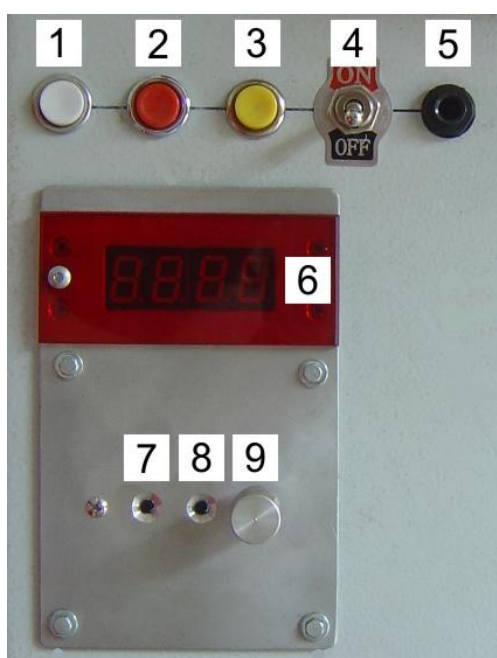
mikrojetowa, głowica spawalnicza i inne akcesoria wykonana została w taki sposób, aby umożliwić w prosty i szybki sposób przekonfigurowanie stanowiska dla bieżących potrzeb (zmiana przystawki mikrojetowej, zmiana średnicy drutu elektrodowego, regulacja parametrów geometrycznych głowicy spawalniczej i przystawki mikrojetowej).

Ustawianie parametrów pracy oraz sterowanie procesem spawania odbywa się przez panel sterujący, który został przedstawiony na rysunku 4. Parametry pracy stanowiska przedstawione zostały w tabelicy 2.

Tablica 2

Parametry pracy aparatu

Parametr	Wartość
Prędkość ruchu roboczego wózka	od 70 do 1200 mm/min
Prędkość powrotu wózka do położenia bazowego	od 70 do 1200 mm/min
Długość posuwu liniowego wózka	od 1 do 1000 mm



Rys. 4. Panel sterujący aparatu spawalniczego: 1 – przycisk start, 2 – przycisk stop, 3 – przycisk powrotu wózka, 4 – włącznik spawarki, 5 – gniazdo przewodu sterującego spawarki, 6 – wyświetlacz, 7 – przycisk wyjścia z menu, 8 – przycisk menu, 9 – pokrętło obsługi menu

Fig. 4. Control panel of apparatus; 1 - start, 2 - stop, 3 - return, 4 - on/off of welding equipment, 5 - socket of welding equipment cable, 6 - display, 7 - menu exit, 8 - menu, 9 - service menu

4. PODSUMOWANIE

Przedstawiony w artykule aparat do spawania jest bez wątpienia ciekawym urządzeniem realizującym nowatorską metodę spawania. Może on zostać zastosowany w procesie produkcji i napraw konstrukcji nośnych różnego rodzaju pojazdów i maszyn roboczych. Niezaprzeczną zaletą jego zastosowania jest otrzymanie w stopiwie dużej zawartości ferrytu AF, a zwiększona ilość ferrytu AF korzystnie wpływa na poprawę własności plastycznych. Poprawa tych własności znajduje pozytywne odzwierciedlenie w przejmowaniu

i rozpraszaniu energii zderzenia. Fakt ten jest niezwykle ważny dla elementów nośnych, a w szczególności dla nadwozi samonośnych.

Ponadto, należy stwierdzić, że przedstawiony aparat spawalniczy może być wykorzystywany w pracach naukowo-badawczych, oraz stanowić ciekawy przykład dydaktyczny ze spawalnictwa. Należy również zaznaczyć, że konstrukcja aparatu umożliwia przekonfigurowanie go do następujących prac:

- spawanie materiałów innych niż stале (np. stopy aluminium, miedzi, tytanu),
- zastosowanie różnych mediów chłodzących (gazy i ciecze, np. argon, hel, azot, CO₂, woda),
- spawanie i napawanie,
- blachy do grubości około 20 mm,
- napawanie wałków,
- inne.

Przedmiotowy aparat stanowi cenny wkład w rozwój prac dotyczących szeroko pojętego spawalnictwa.

Bibliografia

1. Dane techniczne i materiały szkoleniowe firmy Nissan, Model Almera, Japan Motors 2006,
2. Dane techniczne i materiały szkoleniowe firmy Skoda, Model Octavia, Mlada Boleslav, 2006
3. Węgrzyn T., Piwnik J., Hadryś D., Wieszała R.: Car body welding with micro-jet cooling. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, Vol. 49/1, 2011,
4. Węgrzyn T., Piwnik J., Wieszała R., Hadryś D.: Control over the steel welding structure parameters by micro-jet cooling. *AMM*, 3/2012, Vol. 57,
5. Węgrzyn T., Mirosławski J., Silva A., Pinto D., Miros M.: Oxide inclusions in steel wells of car body. *Materials Science Forum*, Vol. 636-637, 2010,
6. Słania J.: Influence of phase transformations in the temperature ranges of 1250-1000° C and 650-350° C on the ferrite content in austenitic welds made with T 23 12 LRM3 tubular electrode. *Archives of Metallurgy and Materials*, Issue 3/2005,
7. Lukaszowicz K., Kriz A., Sondor J.: Structure and adhesion of thin coatings deposited by PVD technology on the X6CrNiMoTi17-12-2 and X40 CrMoV5-1 steel substrates. *Archives of Materials Science and Engineering*, 51 (2011), p. 40-47,
8. Węgrzyn T., Piwnik J., Łazarz B., Hadryś D., Wieszała R.: Parameters for welding with micro-jet cooling, 20th International Conference on Achievements In Mechanical and Materials Engineering AMME 2012, Kołobrzeg 2012, *Archives of Materials Science and Engineering*, Vol. 54, Issue 2, p. 86-92,
9. Węgrzyn T., Hadryś D., Miros M.: Optimization of operational properties of steel welded structures. *Maintenance and Reliability*, No. 3, 2010.