

Tomasz Węgrzyn

Wyższa Szkoła Zarządzania Ochroną Pracy w Katowicach

Michał Miros

Politechnika Śląska

Damian Hadryś

Politechnika Śląska

Wpływ napraw ram samochodów ciężarowych metodami spawalniczymi na bezpieczeństwo bierne pojazdów

Streszczenie

W artykule przeanalizowano właściwości plastyczne złącza spawanego znajdującego się w ramie pojazdu ciężarowego. Standardowymi elektrodami zasadowymi oraz elektrodami zasadowymi z dodatkiem niklu wykonano złącza, z których wycięto próbki udarnościenne. Próbki zostały odkształcone obciążeniami statycznym i dynamicznym, a następnie wyprostowane do kształtu początkowego. Tak przygotowane próbki zostały poddane próbie udarności. Przeanalizowano również charakter przełomów badanych stopiw oraz struktury metalograficzne. Na podstawie wyników badań powiązано własności mechaniczne spawanych ram samochodowych z bezpieczeństwem biernym pojazdów.

Słowa kluczowe: *spawanie, bezpieczeństwo bierne, samochód ciężarowy, rama*

Abstract

Plastic properties of welded joint in frame of truck was analysed. Joints were made by standard basic electrodes and laboratory electrodes with an addition of nickel. Toughness samples was cut out from prepared joints. Toughness samples was bended with static and dynamic loading. Furthermore samples were straightened to primary shape. The samples prepared in this way were tested by impact toughness test. Moreover the character of break-through and metallography structure of tested joints was analysed. The results of investigations allowed to join mechanic properties and passive safety of vehicles.

Keywords: *welding, passive safety, truck, frame*

1. Wprowadzenie

W Polsce dochodzi do ogromnej ilości wypadków samochodowych. W wypadkach samochodowych ginie codziennie w naszym kraju około 17 osób. Różne są tego powody: niebezpieczne skrzyżowania, brak autostrad, zły stan nawierzchni jezdni, jazda kierowców po spożyciu alkoholu. Na ilość wypadków wpływa również stan techniczny pojazdu, od którego zależy tak zwane bezpieczeństwo bierne. Składa się na nie ogół przedsięwzięć mających na celu ochronę użytkowników pojazdu w czasie trwania zderzenia.

W artykule postanowiono przeanalizować wpływ napraw ram samochodów ciężarowych metodami spawalniczymi na bezpieczeństwo bierne pojazdów.

Spawanie jako technika łączenia metali w naprawach i przystosowaniu ram pojazdów ciężarowych do potrzeb indywidualnych użytkowników znalazło szerokie zastosowanie. Za pomocą spawania naprawiane są pęknięcia ram pojazdów powstałe w wyniku zderzenia lub wynikające ze zmęczenia materiału na skutek intensywnej eksploatacji pojazdu [1]. Spawanie wykorzystywane jest również w procesach przystosowania ram pojazdów ciężarowych do potrzeb indywidualnych użytkowników. Z wykorzystaniem procesu spawania montowane są na ramach pojazdów różnego rodzaju elementy służące np. do mocowania agregatów, zbiorników itp. Spawanie wykorzystywane jest również podczas bardzo odpowiedzialnych zabiegów mających na celu zwiększenie długości ramy pojazdu, np. dla potrzeb budowy samochodu-lawety [2, 3]. W trakcie eksploatacji pojazdu mogą się pojawić obciążenia zarówno o charakterze statycznym, jak i dynamicznym. Mogą one być na tyle duże, że będą powodowały odkształcenie trwale spawanej ramy [4, 5]. Odkształcenie takie może być naprawiane poprzez statyczne prostowanie [2÷4]. Odkształconą ramę naczepy samochodowej przed i po naprawie poprzez statyczne prostowanie przedstawiono na rysunku 1. W skrajnych przypadkach odkształcenia mogą być na tyle duże, iż wykluczają dalszą eksploatację pojazdu.



Rys. 1. Odkształcenie ramy naczepy samochodowej [13]

Podczas naprawy ramy przez statyczne prostowanie odkształcane są zarówno jej elementy konstrukcyjne, jak i połączenia spawane.

W warunkach warsztatowych ważną metodą napraw ram jest spawanie elektrodami otulonymi [6, 7]. Najlepsze właściwości plastyczne stopiw, otrzymanych przy użyciu elektrod otulonych, gwarantują zasadowe elektrody, w stopiwie których znajduje się stosunkowo niewielka ilość tlenu (ok. 400 ppm) [8÷10]. Z tego też względu spawanie zasadowymi elektrodami otulonymi sklasyfikowane zostało jako proces niskotlenowy [11]. Jednak spawanie takimi elektrodami nie gwarantuje wysokiej udarności stopiwa w niskiej temperaturze, w której również eksploatowane są pojazdy (w ostatnich latach na terenie naszego kraju incydentalnie występowała temperatura około -40°C). Z tego też względu postanowiono przeanalizować wpływ laboratoryjnie wykonanych elektrod o zmodyfikowanym składzie chemicznym. Dodatkowo przeanalizowano strukturę

stopiwa, zwłaszcza ilość drobnoziarnistego ferrytu AF (acicular ferrite), którego zawartość jest powiązana z udarnością stalowego stopiwa niskostopowego i niskowęglowego [8, 9, 11].

2. Część badawcza

Celem badań było określenie właściwości plastycznych złączy spawanych ram pojazdów ciężarowych, naprawianych po trwałych odkształceniach. Do wykonania badanych złączy zastosowano spawanie zasadowymi elektrodami otulonymi EB 1.50 oraz elektrodami wykonanymi laboratoryjnie z dodatkiem Ni. Do otuliny elektrod wprowadzono 3% żelazoniklu, co pozwoliło uzyskać w stopiwie 1,1% niklu. Podczas spawania zastosowano prąd o natężeniu 135 A. Średnica elektrod wynosiła 4 mm. Do wykonania modelowych złączy spawanych wykorzystana została stal 18G2 (S355J2G3 wg EN), powszechnie stosowana jako materiał do produkcji ram pojazdów ciężarowych. Skład tej stali przedstawiony został w tablicy 1.

Tab. 1. Skład chemiczny stali na ramy pojazdów

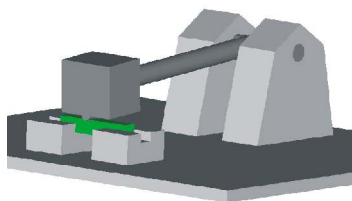
Gatunek stali		Skład chemiczny				
wg EN	wg PN	C, %	Mn, %	Si, %	P max, %	S max, %
S355J2G3	18G2	0,2	1,45	0,51	0,035	0,035

Z przygotowanego stopiwa wykonano próbki przeznaczone do odkształcania (o wymiarze próbek udarnościowych, lecz bez naciętych korbów). Próbki podzielone zostały na trzy grupy: do odkształcenia statycznego, dynamicznego i próbki nieodkształcone (tablica 2).

Tab. 2. Podział próbek użytych do badań

Grupa	Charakter odkształcenia próbek:
I	statyczny
II	dynamiczny
III	bez odkształceń

Odształcenie obciążeniem statycznym realizowane było z użyciem prasy śrubowej. Natomiast obciążenie dynamiczne realizowane było z użyciem specjalnie wykonanego urządzenia. Na przygotowaną próbkę spuszczały się ciężarek o masie 9 kg, z wysokości 0,4 m, powodując odkształcenie próbki. Schemat urządzenia do realizacji obciążenia dynamicznego przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Sposób realizacji obciążenia dynamicznego

Proces odkształcania próbek zarówno obciążanych statycznie, jak i dynamicznie powodował uzyskanie strzałki ugięcia do około 3 mm (30% grubości próbki udarnościowej). Odkształcone próbki zostały poddane statycznemu prostowaniu, realizowanemu na prasie śrubowej. Proces ten symulował naprawę złącza w ramie pojazdu. Następnie na próbkach wykonano karb, zgodnie z wytycznymi podanymi w normie PN-87/M-69772. Karb na próbkach, które były odkształcone, nacinano na tej stronie, która była rozciągana podczas obciążania wstępnego. W celu odtworzenia rzeczywistych warunków eksploatacji pojazdu przeprowadzono badania udarności w temperaturze +20°C oraz -40°C. Badania przeprowadzone zostały zgodnie z normami PN-EN 10045-1 oraz PN-79/H-04371. Energie łamania stopiw wykonanych elektrodą zasadową EB 1.50 przedstawiono w tablicy 3.

Tab. 3. Energia łamania stopiw wykonanych elektrodą zasadową EB 1.50

Rodzaj obciążenia wstępnego	Energia łamania ¹⁾ , J	
	W temp. +20°C	W temp. -40°C
Stopiwo nieodkształcone	208	poniżej 30
Stopiwo odkształcone obciążeniem dynamicznym	190	poniżej 30
Stopiwo odkształcone obciążeniem statycznym	172	poniżej 30

¹⁾ średnia z 3 pomiarów

Uzyskano zróżnicowane wyniki badań. Największą energią łamania charakteryzowało się stopiwo nieodkształcone wstępnie. Stopiwo wykonane elektrodą zasadową oraz odkształcone wstępnie obciążeniem dynamicznym wykazało niższą o około 5% energię łamania w stosunku do stopiwa nieodkształconego wstępnie. Natomiast stopiwo odkształcone wstępnie obciążeniem statycznym posiadało udarność niższą o około 15% od stopiwa nieodkształconego. W przypadku stopiwa wykonanego elektrodą zasadową z dodatkiem niklu również stopiwo nieodkształcone posiadało największą energię łamania. Jednak wpływ wcześniejszego odkształcenia okazał się inny niż w przypadku stopiw wykonanych elektrodą zasadową bez dodatku niklu. Energie łamania stopiw wykonanych elektrodą zasadową z dodatkiem niklu przedstawiono w tablicy 4.

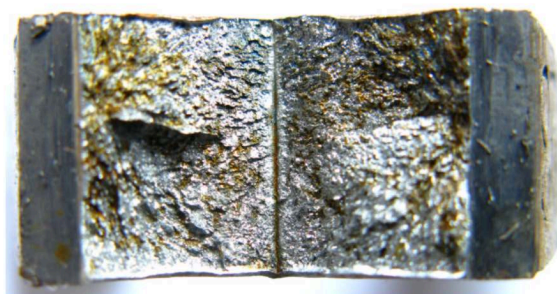
Tab. 4. Energia łamania stopiw wykonanych elektrodą zasadową z dodatkiem niklu

Rodzaj obciążenia wstępnego	Energia łamania ¹⁾ , J	
	W temp. +20°C	W temp. -40°C
Stopiwo nieodkształcone	187	89
Stopiwo odkształcone obciążeniem dynamicznym	160	77
Stopiwo odkształcone obciążeniem statycznym	173	68

¹⁾ średnia z 3 pomiarów

W temperaturze dodatniej stopiwo wykonane elektrodą zasadową z dodatkiem niklu charakteryzowało się nieco niższą energią łamania niż stopiwo wykonane elektrodą bez dodatku niklu. Natomiast w temperaturze ujemnej stopiwo takie posiadało energię łamania powyżej granicy bezpieczeństwa (47J). Dodatek niklu spowodował wyraźną poprawę udarności (zawsze powyżej 68 J) w niskiej temperaturze. W celu wyjaśnienia

różnej energii łamania stopiw oraz różnego wpływu wstępnego odkształcenia na energie łamania stopiw przeprowadzono badania przelomów. Miały one charakter mieszany i ciągliwy. Przykład przelomu ciągliwego próbki wykonanej elektrodą zasadową z dodatkiem niklu oraz złamanej w temperaturze $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Przelom ciągliwy próbki wykonanej elektrodą zasadową z dodatkiem niklu, temp. łamania $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, pow. $\times 5$

Dalszym etapem badań było przeanalizowanie struktury metalograficznej. Stwierdzono różnice strukturalne stopiw badanych elektrod. W strukturach próbek wykonanych elektrodą zasadową z dodatkiem niklu występowała większa ilość drobnoziarnistego ferrytu AF (*acicular ferrite*). Ilość drobnoziarnistego ferrytu AF, jak również innych odmian morfologicznych ferrytu: GBF (*grain boundary ferrite*) oraz SPF (*side plate ferrite*), określano mikroskopią świetlną, stosując tzw. technikę „siatkową”, zgodnie z wytycznymi Międzynarodowego Instytutu Spawalnictwa, podanymi w Dokumencie MIS-IX-1323-84 oraz z wykorzystaniem programu *Met-ilo*. Wyniki w obu zastosowanych metodach pomiarowych dawały podobne rezultaty. Wyniki przeprowadzonych badań przedstawiono w tabelicy 5.

Tab. 5. Struktura stopiwa elektrod zasadowych

Elektroda służąca do wykonania stopiwa	AF, %	GBF, %	SPF, %	Pozostałe fazy, głównie fazy MAC (martenzyt, austenit szczytkowy, węgliki), %
EB 1.50	55	30	10	5
EB z dodatkiem niklu	65	20	10	5

Przykładowe struktury metalograficzne stopiw wykonanych elektrodą zasadową oraz elektrodą zasadową z dodatkiem niklu przedstawiono na rysunkach 4 i 5.



Rys. 4. Struktura metalograficzna stopiwa wykonanego elektrodą EB 1.50. Temp. łamania $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, pow. $\times 200$



Rys. 5. Struktura metalograficzna stopiwa wykonanego elektrodą z dodatkiem niklu, temp. łamania-40°C, pow. x200

3. Omówienie wyników

Badania ukazały, iż dodatek niklu w stopiwie elektrod spowodował zwiększenie się ilości drobnoziarnistego ferrytu AF (rys. 5). Spowodowało to zdecydowanie lepszą udarność w niskiej temperaturze. Ustalono również, że obecność i charakter odkształceń złącza ma wpływ na jego udarność po przeprowadzonej naprawie polegającej na prostowaniu. W każdym z analizowanych przypadków największą udarnością charakteryzowały się stopiwa nieodkształcane wstępnie.

Właściwości plastyczne spoin ram pojazdów wpływają silnie na poziom bezpieczeństwa biernego samochodów. Należy zatem poczynić wszelkie starania, aby zapewnić poprawne wykonanie tych spoin, zarówno jeśli chodzi o dobór metody spawania, materiałów dodatkowych, jak i wykwalifikowanego personelu. Szczególnie ważne jest to podczas napraw i modyfikacji odpowiedzialnych elementów nośnych ramy pojazdu ciężarowego. Prawidłowo przeprowadzone prace spawalnicze w obrębie ramy są jednym z gwarantów bezpiecznego użytkowania pojazdu i odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa biernego.

4. Wnioski

- 1) Wielkość odkształcenia złączy spawanych była we wszystkich badanych przypadkach taka sama. Charakter obciążenia, powodujący odkształcenie złącza spawanego znajdującego się w ramie pojazdu ciężarowego, ma wpływ na udarność złącza naprawionego poprzez statyczne prostowanie.
- 2) Największy spadek udarności zaobserwowano w przypadku badania stopiw odkształconych statycznie. Spadek energii łamania wynosił około 15%.
- 3) Większą udarnością od próbek odkształconych statycznie charakteryzowały się próbki odkształcone dynamicznie. W przypadku tych złączy udarność była mniejsza o około 5% w stosunku do złączy nieodkształconych.
- 4) Prawidłowo przeprowadzone prace spawalnicze w obrębie ramy są jednym z gwarantów odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa biernego.
- 5) Dla uzyskania lepszej udarności spawanego złącza w niskich temperaturach zaleca się wprowadzać ok 1% Ni do stopiwa elektrod otulonych.

LITERATURA

- [1] N. Jacenko: *Drgania, wytrzymałość i przyspieszone badania samochodów ciężarowych*, WKiŁ, Warszawa 1975.
- [2] Dokument MAN: *Truck technology Generation A (TG-A)*, pobrany z http://www.manted.de/manted/aufbaurichtlinien/pdf/tga_pl.pdf.
- [3] Dokument MAN: *Modyfikacje Podwozi*, pobrany z http://www.manted.de/manted/aufbaurichtlinien/pdf/modyfikacje_pl.pdf.
- [4] E. Bańczak: *Naprawa Samochodów Nysa*, WKiŁ, Warszawa 1969.
- [5] Informacje z dnia 12.06.2008 zawarte na stronie internetowej: www.bgw.com.pl/content.php?mod=gal_show&page=0&lange=pl&dzial=1
- [6] T. Węgrzyn, D. Hadryś, M. Miros: *Połączenia spawane wykonywane podczas napraw ponypadkowych pojazdów samochodowych*, „Przegląd Spawalnictwa” nr 2/2008.
- [7] T. Węgrzyn, M. Miros: *Spawanie stalowych ram samochodów ciężarowych elektrodami otulonymi*, „Przegląd Spawalnictwa” nr 11/2007.
- [8] M. Miros, D. Hadryś: *Naprawa Ponypadkowych Części Samochodów Osobowych i Ciężarowych z Wykorzystaniem Metod Spawalniczych*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej”, seria Transport z. 61, nr Kol 2007/1704.
- [9] T. Węgrzyn, M. Miros: *Inclusions In Steel Coated Electrodes Welds Of CarBody*, Problemy Transportu, Tom 2, Zeszyt 4.
- [10] T. Węgrzyn: *Classification of welding methods in terms of oxygen and nitrogen*, Document of International Welding Institute, Portuguese Delegation, IIW-Commission XII: Arc Welding, Sub-Commission XII-1750-03,2003.
- [11] G. M. Evans: *The effect of micro-alloying elements on the microstructure and properties of ferritic all-weld metal deposits*, IIW Doc II-A-855-92;
- [12] T. Węgrzyn: *Tlen i Azot w Stalowym Stopiwie Wykonanym Metodami Łukowymi*, Politechnika Warszawska 1999;
- [13] www.bgw.com.pl