

*bezpieczeństwo eksploatacji, rama, pojazd ciężarowy, złącze spawane,
udarność, wytrzymałość, wytrzymałość zmęczeniowa*

Tomasz WĘGRZYN¹
Bożena SZCZUCKA-LASOTA¹
Rafał BURDZIK²
Michał MIROS¹

NAPRAWY RAM POJAZDÓW CIĘŻAROWYCH PRZY UŻYCIU ELEKTROD ZASADOWYCH Z DODATKIEM MOLIBDENU

Omówiono udarność, wytrzymałość na rozciąganie oraz wytrzymałość zmęczeniową złącz spawanych w ramach samochodowych. Dodatkowo opisano zawartość molibdenu w spoinie ramy pojazdu ciężarowego. Opisano wyniki przeprowadzonych badań dla dwóch różnych stopów elektrodowych, wykonanych dwiema metodami charakteryzującymi się różną zawartością molibdenu. Wyniki badań wytrzymałościowych zostały przedstawione w formie wykresów naprężenie-odkształcenie. Wyniki badań zmęczeniowych podano w formie wykresów Wohlera. Przeanalizowano struktury metalograficzne badanych stopów elektrodowych oraz wyznaczono procentowe udziały najkorzystniejszej pod względem plastyczności oraz wytrzymałości stopu fazy – ferrytu drobnoziarnistego (ferrytu AF wg MIS).

TRUCKS FRAMES REPAIRS WITH BASIC ELECTRODES WITH MOLYBDENUM CONTENT

Strength and impact toughness of welded joints in car frames was discussed in the paper. The influence of the content of molybdenum in weld metal deposit on certain essential for the conditions of the exploitation of the truck frames properties (toughness) was described additionally. Results of conducted of two weld metal deposit investigations were described, executed two methods being characterizing the various content of molybdenum. The result of investigations were introduced in the form of graphs the tension-deformation. Metallographic structures studied weld metal deposit were analyzed and mark the proportional parts of the most beneficial under in relation to plasticity and endurance weld metal deposit of phase - the fine-grained ferrite (acicular ferrite according to. MIS).

¹Wyższa Szkoła Zarządzania Ochroną Pracy ; 40-007 Katowice; ul. Bankowa 8
Tel: 504816362 , e-mail: twegrzyn@wszop.edu.pl

²Politechnika Śląska, Wydział Transportu; 40-019 Katowice, ul. Krasińskiego 8

1. WSTĘP

Ramy samochodów ciężarowych należą do odpowiedzialnych konstrukcji stalowych. Sposób wykonania, a zwłaszcza naprawy ramy metami spawalniczymi ma wpływ na bezpieczeństwo bierne pojazdu. Ramy pojazdów ciężarowych są wykonane ze stali o podwyższonej wytrzymałości, w których często elementy ramy nośnej łączone są metodami spawalniczymi [2÷6]. Autorzy ważniejszych publikacji dotyczących spawanych ram samochodów ciężarowych, zwracają uwagę na powiązanie dobrych własności plastycznych i wytrzymałościowych złączy spawanych o podwyższonej zawartości molibdenu w stopiwie elektrod [5÷ 8].

2. CEL I ZAKRES BADAŃ

Złącza spawane znajdujące się w ramach pojazdów ciężarowych powinny się charakteryzować wysoką udarnością, wysoką wytrzymałością zmęczeniową oraz wysoką wytrzymałością na rozciąganie.

W warunkach warsztatowych ważnymi metodami spawania są spawanie elektryczne elektrodami zasadowymi oraz spawanie w osłonie gazu aktywnego (MAG). Te metody zalecane są również jako metody napraw spawalniczych przez producentów pojazdów ciężarowych [3]. W artykule przeanalizowano udarność, doraźną wytrzymałość na rozciąganie oraz wytrzymałość zmęczeniową dwóch stopiwy wykonanych wyłącznie elektrodami otulonymi różniącymi się zawartością molibdenu w stopiwie. Do wykonania spawanych próbek zastosowano niskostopową stal 18G2A (S355J2G3 wg. EN), materiał powszechnie stosowany do budowy ram samochodów ciężarowych [2÷4]. Stopiwo elektrod miało następujący skład chemiczny: 0,08%C, 0,4%Si, 0,8%Mn, 0,017%S, 0,016%P, ok 400 ppm O. Poprzez wprowadzenie molibdenu do stopiwa uzyskano następujące zawartości tego pierwiastka: 0,22% Mo, 0,43% Mo; 0,58% Mo.

2.1. Udarność stopiwa

Wykonano próby udarności stopiwy. Przeprowadzono badania udarności w temperaturze -40°C , $+20^{\circ}\text{C}$. Badania przeprowadzone zostały zgodnie z normami PN-EN 10045-1 oraz PN-79 H-04371. Energię łamania stopiwa zamieszczono w tablicy 1.

Tab.1. Wyniki badań udarności

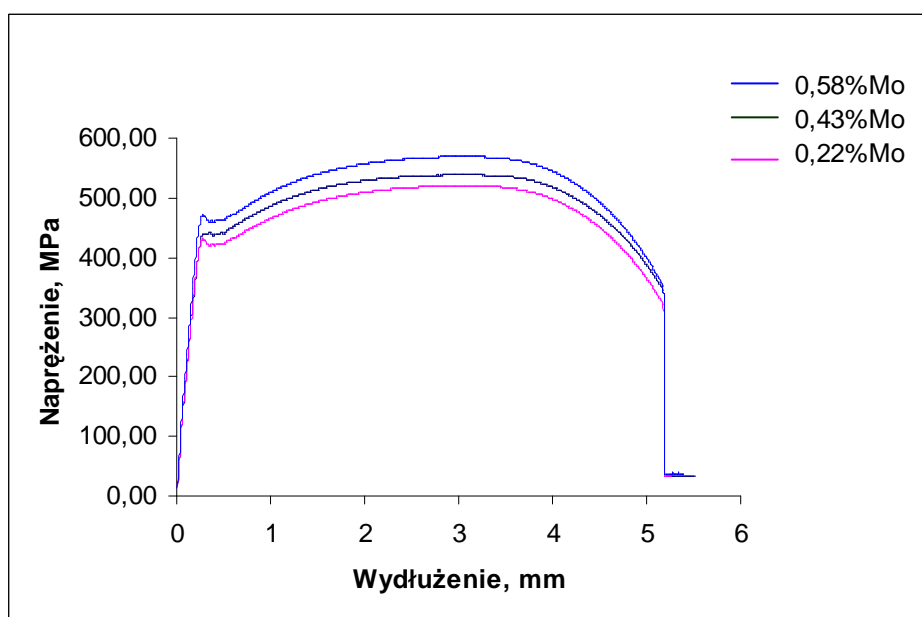
Zawartość Mo w stopiwie, %	Energia łamania, J	
	Temp -40°C	Temp $+20^{\circ}\text{C}$
0,22	34	186
0,43	49	177
0,58	32	172

W temperaturze dodatniej energia łamania wszystkich badanych stopiwy była na podobnym poziomie i wynosiła ponad 170 J, podczas gdy w temperaturze -40°C energia łamania wszystkich badanych stopiwy była zróżnicowana i na niskim poziomie poniżej 50J.

2.2. Wytrzymałość na rozciąganie stopiwa

Badane stopiwo przygotowano zgodnie z normą PN EN 87/M 69772. Próbki do badań wykonane zostały zgodnie z wytycznymi wynikającymi z normy EN 10002-1:1990. Badania wytrzymałościowe przeprowadzono na urządzeniu MTS Insight. Badania prowadzono powtarzając trzykrotnie pomiary dla każdej z badanych metod spawalniczych. Wszystkie próbki rozciągano z prędkością 0,5 mm/min.

Wyniki przeprowadzonych badań przedstawiono na rysunku 1.



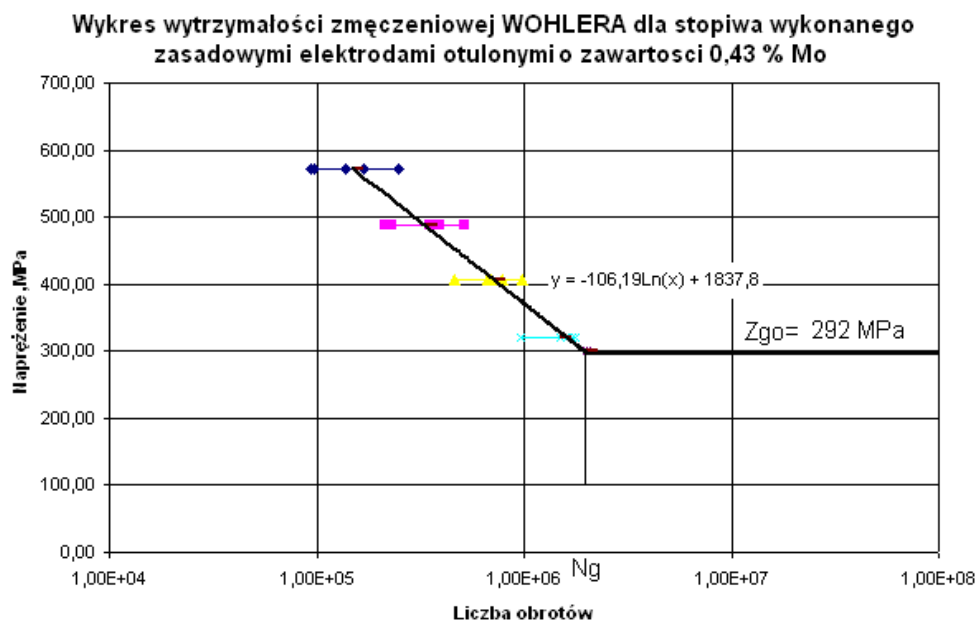
Rys. 1. Wykres rozciągania stopiwa wykonanego zasadowymi elektrodami otulonymi

Na podstawie wykresu można stwierdzić, że molibden umacnia stopiwo. Stopiwo z podwyższoną zawartością molibdenu charakteryzuje się zarówno dobrymi własnościami plastycznymi i wytrzymałościowymi.

2.3. Wytrzymałość zmęczeniowa stopiw

Do badań złącza spawanego pod kątem wytrzymałości zmęczeniowej wytypowano stopiwo, które posiadało najlepsze własności plastyczne. Badane stopiwo (zawierające 0,43% Mo) przygotowano zgodnie z normą PN EN 87/M 69772. Próbki bez karbu z przygotowanego stopiwa wytoczono zgodnie z wytycznymi wynikającymi z normy PN EN 76/H 04326. Badania zmęczeniowe prowadzono na urządzeniu do badania wytrzymałości zmęczeniowej dla zginania obrotowego- MUJ 6000. Jako podstawę zmęczenia dla połączeń spawanych przyjęto wartość $2 \cdot 10^6$ cykli [9]. Każdorazowo dla danego poziomu naprężenia badano pięć próbek.

Po przeprowadzeniu badań danej serii próbek wyniki obrabiono statystycznie. Wyznaczono równanie prostej regresji oraz obliczając wartość wytrzymałości zmęczeniowej. Następnie sporządzono wykres wytrzymałości zmęczeniowej Wohlera dla stopiwa zawierającego 0,43% Mo (rys.2)



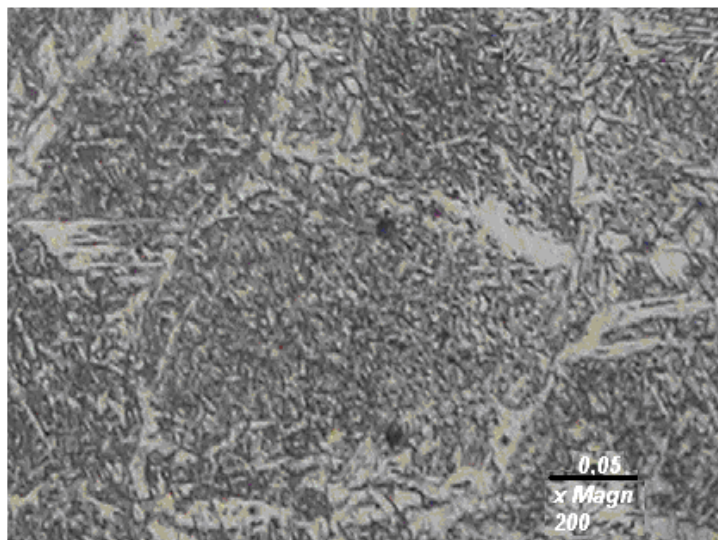
Rys. 2. Wykres wytrzymałości zmęczeniowej WOHLERA dla stopiwa wykonanego elektrodami zasadowymi

Wytrzymałość zmęczeniowa obliczona na podstawie rys.4. wynosi:

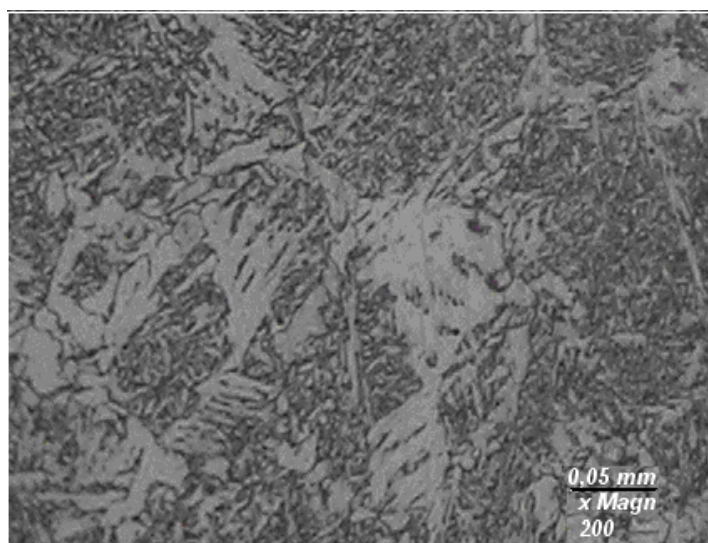
$$Z_{go} = 292 \text{ MPa}$$

2.4. Analiza metalograficzna

Przeanalizowano struktury metalograficzne badanych stopiw o zawartości 0,43% Mo i 0,58% Mo (rys 3 i 4). Zawartość drobnoziarnistego ferrytu określona została stosując tzw. technikę „siatkową”, zgodnie z wytycznymi Międzynarodowego Instytutu Spawalnictwa.



Rys.3. Struktura stopiwa o zawartości 0,43% Mo wykonanego zasadowymi elektrodami otulonymi, ok. 55 % ferrytu AF



Rys.4. Struktura stopiwa o zawartości 0,58% Mo wykonanego zasadowymi elektrodami otulonymi, ok. 50% ferrytu AF

Stopiwo wykonane otulonymi elektrodami zasadowymi o zawartości 0,43% Mo posiada więcej drobnoziarnistego wewnątrz-ziarnowego ferrytu AF niż stopiwo o zawartości 0,58% Mo.

3. WNIOSKI

- 1) Dodatek 0,43% Mo w stopiwie pozwala uzyskać złącze spawane o najlepszych własnościach plastycznych w grupie przebadanych stopiw.
- 2) Wprowadzenie Mo powoduje umocnienie stopiwa. Wytrzymałość spawanego złącza zwiększa się proporcjonalnie do zawartości molibdenu w stopiwie.
- 3) Użycie elektrod zasadowych z dodatkiem molibdenu wpływa pozytywnie na właściwości złącz spawanych i co przekłada się na bezpieczną eksploatację pojazdu.

4. BIBLIOGRAFIA

- [1] Węgrzyn T.: *Tlen i Azot w Stalowym Stopiwie Wykonanym Metodami Łukowymi*, Politechnika Warszawska 1999;
- [2] Lubczyński M., Mazurek S.: *Samochody Samowładowcze*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1978;
- [3] Dokument MAN: *Truck technology Generation A (TG-A)*, pobrany z http://www.manted.de/manted/aufbaurichtlinien/pdf/tga_pl.pdf., data dostępu 10.11.2006 ;
- [4] Rusiński E., Porada D.: *Komputerowe wspomaganie projektowania ram samochodów ciężarowych*, Samochody Specjalne, tom 4, 2000, nr 6;
- [5] Węgrzyn T., Miros M.: *Inclusions In Steel Coated Electrodes Welds Of Car Body*, Transport Problems, Tom 2, Zeszyt 4;
- [6] Węgrzyn T., Szopa R., Miros M.: *Wtrącenia niemetaliczne w stopiwie elektrod otulonych stosowanych do spawania stali niskowęglowej i niskostopowej*, Przegląd Spawalnictwa. 04. 2008;
- [7] Węgrzyn T., Szopa R., Miros M.: „*Non metallic inclusions in the weld metal deposit of shielded electrodes used for welding of low carbon and low alloy steel*”, *Welding International* Vol 23, Issue 1, January 2009, page: 54-59.
- [8] Węgrzyn T., Mirosławski J., Silva A.P., Pinto D.G., Miros M.: „*Oxide inclusions in steel Welds of car body*” *Materials Science Forum* Vols. 636-637 (2010) page: 585-591,
- [9] Kocianda S., Szala J.: „*Podstawy obliczeń zmęczeniowych*”, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1985.
- [10] Węgrzyn T., Miros M., Hadryś D., Silva A. P. *Truck frame welding repairation by steel covered electrodes with varied amount of Ni and Mo*, *Konf. Transport problems*, Kraków 2010