

Michał MIROS, Damian HADRYŚ, Tomasz WĘGRZYN

## WPLYW CHARAKTERU WSTĘPNEGO OBCIĄŻENIA POŁĄCZEŃ SPAWANYCH RAMY SAMOCHODU NA ICH WŁASNOŚCI PLASTYCZNE

**Streszczenie.** W opracowaniu przeanalizowano właściwości plastyczne złącza spawanego znajdującego się w ramie pojazdu ciężarowego. Różnymi metodami, reprezentującymi metody spawalnicze o różnej zawartości tlenu w stopiwie, wykonano złącza, z których wycięto próbki o kształcie próbek udarnościoowych. Próbki zostały odkształcone obciążeniem statycznym i dynamicznym, następnie wyprostowane do kształtu początkowego, a następnie został na próbkach nacięty karb. Tak przygotowane próbki zostały poddane próbie udarności przeprowadzonej w dwóch różnych temperaturach.

## INFUANCE CHARACTER PRELIMINARY LOAD WELDED JOINTS OF VEHICLE FRAMES ON PLASTIC PROPERTIES

**Summary.** Plastic properties of welded joint in frame of truck were analyzed. Joints were made by different methods of welding with represented different content of oxygen in weld deposit. Toughness samples were cut out from prepared joints. Toughness samples were bended with static and dynamic loading. Furthermore samples were straightened to primary shape. The samples prepared in this way were tested in two different temperatures by impact toughness test.

### 1. WPROWADZENIE

Pojazdy ciężarowe narażone są w czasie eksploatacji na szereg obciążeń o różnych charakterach. Podczas wypadku obciążenia posiadają charakter dynamiczny i w wielu przypadkach są na tyle duże, iż powodują znaczne odkształcenia ram pojazdów. Innym przypadkiem jest przypadek związany z obciążeniami występującymi podczas rozładunku naczep – wywrotek przewidzianych do przewozu materiałów sypkich. Otóż podczas rozładunku środek ciężkości naczepy znajduje się na znacznie większej wysokości niż wtedy, gdy naczepa jest opuszczona – przystosowana do jazdy. Podczas rozładunku nawet niewielki impuls siły bocznej, pochodzącej np. od nierówności nawierzchni, może powodować utratę stabilności konstrukcji oraz jej zniszczenie. Jednak w tym przypadku obciążenie powodujące odkształcenie ramy takiej naczepy ma charakter zdecydowanie statyczny. Z tego też względu producenci naczep zabraniają rozładunku naczep na nierównym lub miękkim podłożu (rys. 1).

## **ZABRANIA SIĘ!**



**Zsypywanie ładunku na nierównomiernym lub miękkim podłożu**

Rys. 1. Zalecenia producenta naczep samochodowych odnośnie ich rozładunku [1]

Fig. 1. Recommendation of trucks semitrailer producer regarding their unloading [1]

Odształcone ramy pojazdów ciężarowych w wielu przypadkach poddaje się naprawie polegającej na statycznym prostowaniu z użyciem odpowiednich pras [2]. Prostowanie takie ma zadanie doprowadzenie wymiarów geometrycznych ramy do stanu sprzed odkształcenia. Odształconą obciążeniem statycznym naczepę przed oraz po naprawie polegającej na statycznym prostowaniu przedstawiono na poniższym rysunku.



Rys. 2. Uszkodzona naczepa samochodowa przed i po naprawie [3]

Fig. 2. Damaged trucks semitrailer befor and after repairing [3]

Mając na uwadze fakt, iż znaczna część ram pojazdów ciężarowych wykonywana jest z zastosowaniem procesów spawania, stwierdzić należało, iż podczas takiej naprawy prostowane są poza samymi elementami ramy również złącza spawane znajdujące się w niej. Dodać również należało, iż procesy spawalnicze znajdują częste zastosowanie w naprawach, zabudowach oraz przystosowaniu ram pojazdów ciężarowych [3-5]. Z tego też względu zjawisko odkształcania złączy spawanych może mieć również miejsce w przypadku naprawy ramy niewyprodukowanej z użyciem metod spawalniczych.

## **2. CZĘŚĆ BADAWCZA**

Celem badań było określenie właściwości plastycznych złączy spawanych ram pojazdów ciężarowych, naprawianych po odkształceniach spowodowanych różnymi charakterami obciążeń. Do wykonania badanych złączy zastosowano różne metody spawania, reprezentujące procesy spawalnicze o różnej zawartości tlenu [6, 7]. Podział metod spawalniczych przedstawiono w tablicy 1.

Tablica 1

Podział metod spawalniczych ze względu na zawartość tlenu w ich stopiwie [7]

Metoda spawania	Klasyfikacja ze względu na zawartość tlenu w stopiwie	Zawartość tlenu w stopiwie, ppm
Spawanie łukowe otulonymi elektrodami zasadowymi	Proces niskotlenowy	420
TIG (GTAW)	Proces niskotlenowy	280
Spawanie łukowe otulonymi elektrodami rutyłowymi	Proces średniotlenowy	650
MAG (GMAW)	Proces średniotlenowy	550

Zawartość tlenu w stopiwie ma wpływ na jego udarność. Otóż pewna ilość tlenu - około 400 ppm - pozytywnie wpływa na zarodkowanie tzw. wtrąceń niemetalicznych o korzystnych rozmiarach, te natomiast sprzyjają tworzeniu się drobnoziarnistego ferrytu AF. Duża zawartość ferrytu AF w stopiwie wpływa na wysoką udarność złącza spawanego [7, 8]. Przeanalizować postanowiono, jakim spadkiem pracy łamania będą się charakteryzowały stopiwa o różnej zawartości tlenu po odkształceniu obciążeniem o różnych charakterach oraz następnym statycznym wyprostowaniu. Parametry spawania oraz gatunki użytych materiałów dodatkowych w każdej z analizowanych metod zestawiono w tablicy 2.

Tablica 2

Parametry spawania oraz gatunki użytych materiałów dodatkowych

Metoda spawania	Gatunek elektrody/ drutu spawalniczego	Średnica elektrody/ drutu spawalniczego	Natężenie prądu spawania	Gaz osłonowy
Spawanie łukowe otulonymi elektrodami zasadowymi, EB	ESAB EB 1.50	4 mm	115 A	-----
TIG (GTAW)	ESAB OK Tigrod 13.09	4 mm	180 A	Argon (stopień czystości >99,9996%)
Spawanie łukowe otulonymi elektrodami rutyłowymi, ER	ESAB ER 3.46	4 mm	115 A	-----
MAG (GMAW)	VDG 16/60	1,2 mm	100 A	Ar 80% CO <sub>2</sub> 20%

Do wykonania wszystkich modelowych złączy spawanych wykorzystana została stal 18G2 (S355J2G3 wg. EN), powszechnie stosowana jako materiał do produkcji ram pojazdów ciężarowych [4, 5, 9]. Skład tej stali przedstawiono w tablicy 3.

Tablica 3

Skład chemiczny stali S355J2G3

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

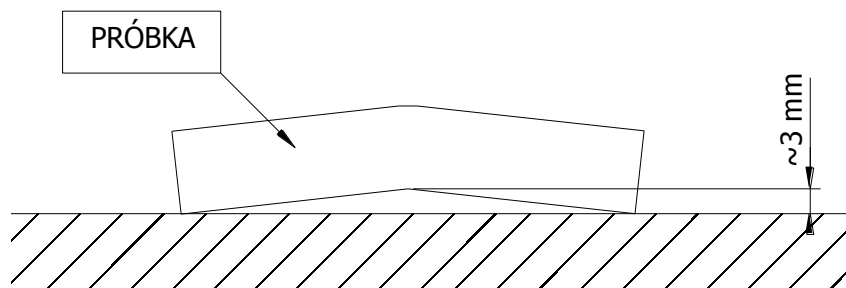
Z przygotowanego stopiwa wykonano próbki (przeznaczone do odkształcania – o wymiarze próbek udarnościowych, lecz bez naciętych karbów). Próbki podzielone zostały na trzy grupy: do odkształcenia statycznego, dynamicznego i próbki nieodkształcone (tabl. 4).

Tablica 4

Podział próbek użytych do badań

Grupa	Charakter odkształcenia próbek
I	statyczny
II	dynamiczny
III	bez odkształceń

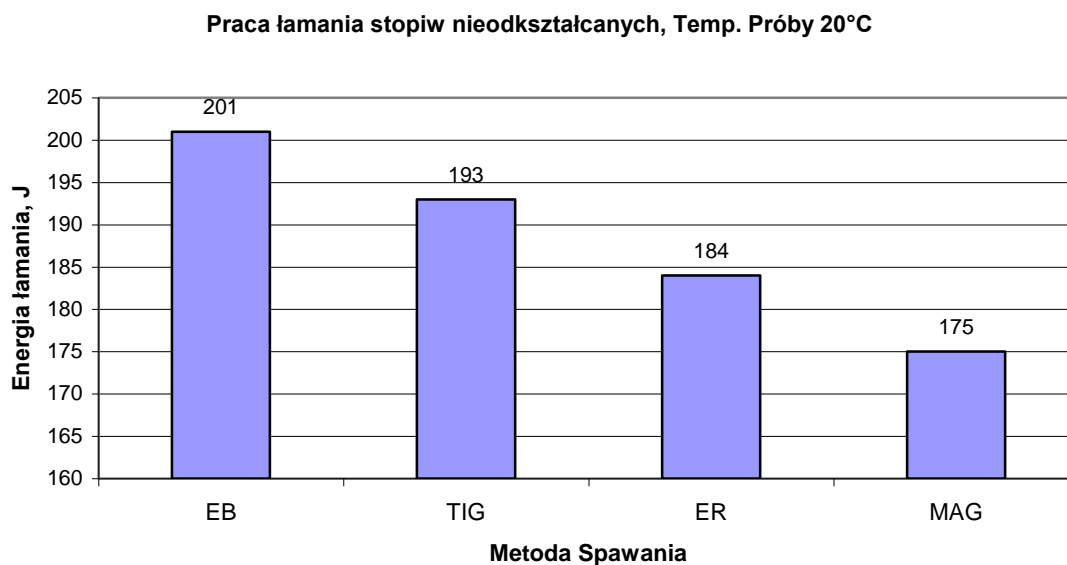
Odształcenie obciążeniem statycznym realizowane było z użyciem prasy śrubowej. Natomiast obciążenie dynamiczne realizowane było z użyciem specjalnie wykonanego urządzenia. Na próbkę udarnościową spuszczano ciężarek o masie 9 kg z wysokości 0,4 m, powodując odkształcenie próbki. Proces odkształcania próbek zarówno obciążanych statycznie, jak i dynamicznie trwał do osiągnięcia strzałki ugięcia około 3 mm (30% grubości próbki udarnościowej). Sposób pomiaru odkształcenia próbek przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Sposób pomiaru odkształcenia próbek

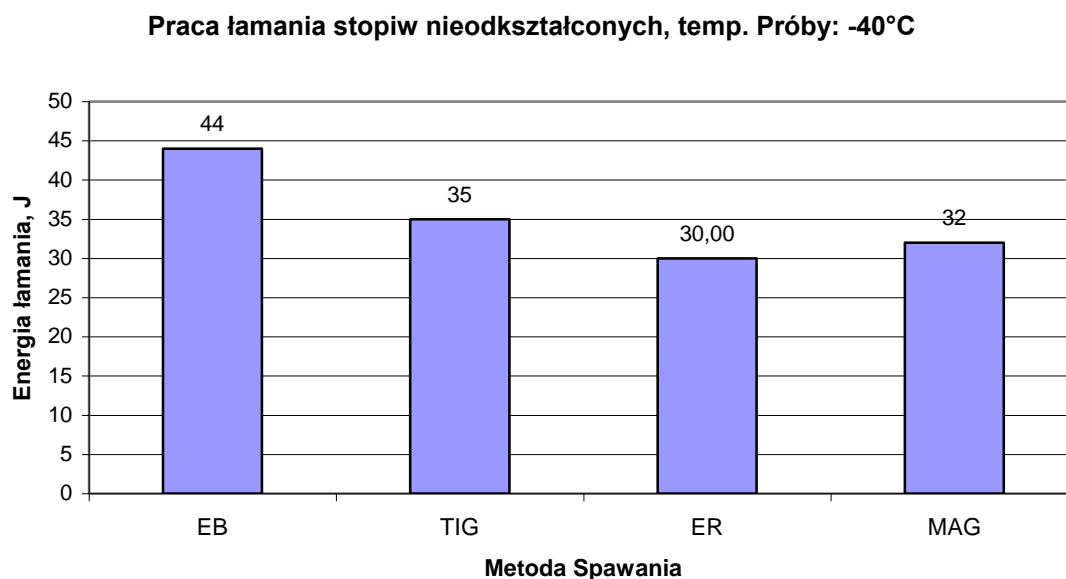
Fig. 3. The way of measurement deformed samples

Odształcone próbki zostały poddane statycznemu prostowaniu, realizowanemu na prasie śrubowej. Proces ten symulował naprawę złączy w ramie pojazdu. Na próbkach wykonano karb zgodnie z wytycznymi podanymi w normie PN-87/M-69772. Karb nacinano na tej stronie, która była rozciągana podczas obciążania wstępnego. W celu otworzenia rzeczywistych warunków eksploatacji pojazdu przeprowadzono badania udarności w temperaturach +20°C oraz -40°C. Badania przeprowadzone zostały zgodnie z normami PN-EN 10045-1 oraz PN-79/H-04371. Energie łamania badanych próbek nieodkształconych przedstawiono na rysunkach 4 oraz 5.



Rys. 4. Energia łamania stopiw nieodkształconych, temperatura próby 20°C

Fig. 4. Impact toughness energy of no deformation metal weld deposit, teperature of test 20°C

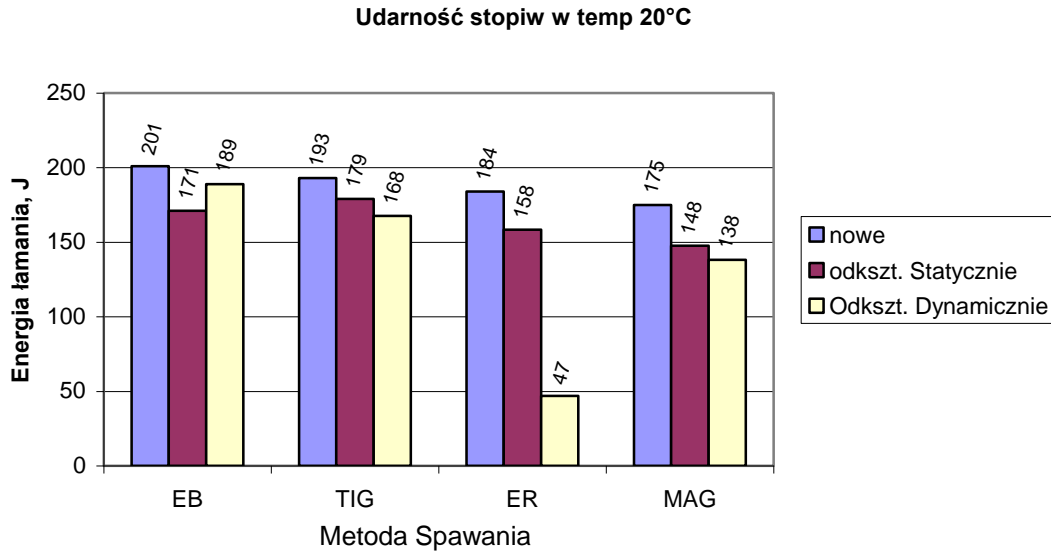


Rys. 5. Energia łamania stopiw nieodkształconych, temperatura próby -40°C

Fig. 5. Impact toughness energy of no deformation metal weld deposit, teperature of test -40°C

Zarówno w temperaturze dodatniej, jak i ujemnej wyższą pracą łamania charakteryzowały się stopiwa wykonane z użyciem procesów niskotlenowych. Przy czym spośród badanych metod niskotlenowych wyższą pracą łamania wykazało się stopiwo wykonane otuloną elektrodą zasadową.

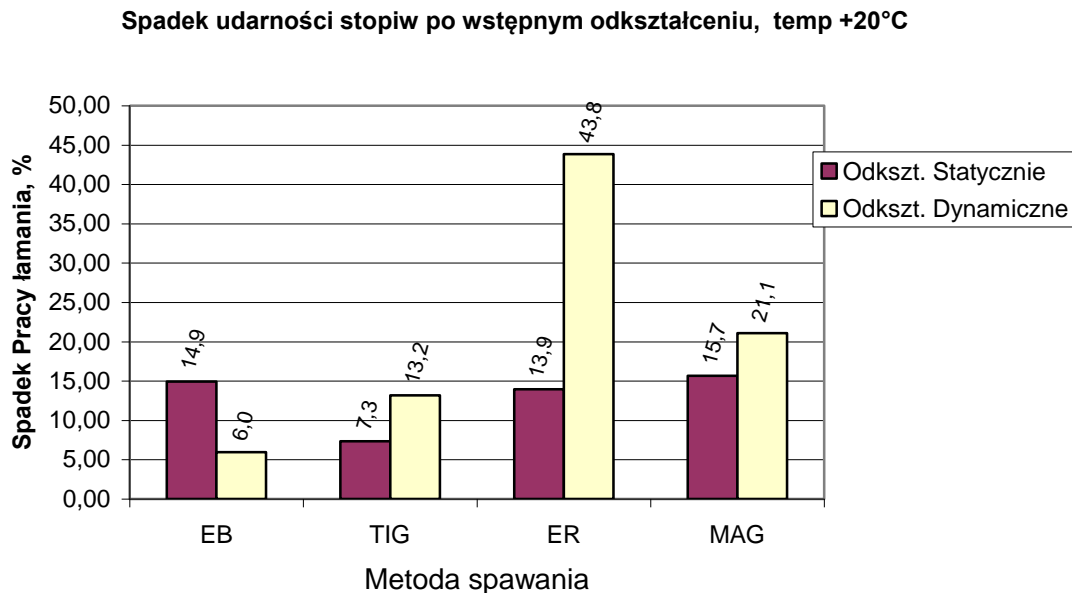
Energie łamania stopiw nieodkształconych, odkształconych statycznie oraz dynamicznie w temperaturze 20°C przedstawiono na rysunku 6.



Rys. 6. Energia łamania stopiw nieodkształconych, odkształconych statycznie oraz dynamicznie temperatura próby 20°C

Fig. 6. Impact toughness energy of no deformation, deformed in static and dynamic way metal weld deposit

Próba udarności stopiw odkształconych statycznie oraz dynamicznie w temperaturze -40°C wykazała, iż energia ich łamania w większości przypadków wynosiła poniżej 40 J. Ocena zmiany udarności w temperaturze dodatniej stopiw po wstępnym odkształceniu byłaby bardziej przejrzysta, gdyby wyniki przedstawić w formie procentowego obniżenia pracy łamania stopiw po odkształceniu danym rodzajem obciążenia w stosunku do pracy łamania stopiwa nieodkształconego. Ten sposób prezentacji wyników zamieszczono na rysunku 7.



Rys. 7. Procentowy spadek energii łamania stopiw w stosunku do pracy łamania stopiwa nieodkształconego, temp. 20°C

Fig. 7. Percentage decline of impact toughness energy of metal weld deposit in relation to no deformation metal weld deposit, temperature of test 20°C

Powyższy wykres uwidoczniał, iż poza wyższą pracą łamania stopiwa wykonane metodami niskotlenowymi charakteryzowały się mniejszymi spadkami udarności po odkształceniu oraz

naprawie polegającej na statycznym prostowaniu. Dało się również zauważyć, iż w większości przypadków większe spadki energii łamania występowały po odkształceniu obciążeniem dynamicznym. Największym obniżeniem energii łamania wykazało się stopiwo wykonane z użyciem procesu wysokotlenowego - rutilową elektrodą otuloną. W przypadku tym spadek energii łamania w stosunku do energii łamania stopiwa nieodkształconego wyniósł niespełna 44%.

### 3. WNIOSKI

1. Charakter obciążenia powodujący odkształcenie złącza spawanego znajdującego się w ramie pojazdu ciężarowego ma wpływ na udarność złącza naprawionego poprzez statyczne prostowanie.
2. Udarność większości stopiw badana w temperaturze  $-40^{\circ}\text{C}$  posiadała niską wartość, wynoszącą poniżej 40 J.
3. Największy spadek energii łamania w stosunku do energii łamania stopiwa nieodkształconego zaobserwowano w przypadku stopiw wykonanych rutilową elektrodą otuloną (metoda wysokotlenowa). W przypadku złącza wyprostowanego po odkształceniu dynamicznym odnotowano spadek udarności o niespełna 44% w stosunku do stopiwa nieodkształconego.
4. Generalnie większe spadki udarności stopiw podczas próby zaobserwowano w przypadku stopiw wyprostowanych po odkształceniu obciążeniem procesów charakterze statycznym (z wyjątkiem stopiwa wykonanego otuloną elektrodą zasadową).
5. Użycie procesów niskotlenowych podczas produkcji oraz napraw ram pojazdów ciężarowych jest jednym z gwarantów bezpiecznej eksploatacji również po przeprowadzonej naprawie polegającej na wyprostowaniu skrzywionej lub wybozczonej ramy.

### Bibliografia

1. Instrukcja obsługi naczepy samowładowczej, wydana przez Zakład Budowy i Remontu Naczep „BODEX”, Szczerców 2008.
2. „Prostowanie odkształconych nadwozi i ram”, *Auto Expert* 70, 1, 2002.
3. 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](http://www.bgw.com.pl/content.php?mod=gal_show&page=0&lange=pl&dzial=1).
4. Lubczyński M., Mazurek S.: *Samochody Samowładowcze*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1978.
5. Dokument MAN: *Truck technology Generation A (TG-A)*, pobrany z [http://www.manted.de/manted/aufbaurichtlinien/pdf/tga\\_pl.pdf](http://www.manted.de/manted/aufbaurichtlinien/pdf/tga_pl.pdf).
6. Węgrzyn T.: „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.
7. Węgrzyn T.: „Tlen i Azot w Stalowym Stopiwie Wykonanym Metodami Łukowymi”, Politechnika Warszawska 1999.
8. Szopa R., Węgrzyn T., Miros M.: „Wtrącenia niemetaliczne w stopiwie elektrod otulonych stosowanych do spawania stali niskowęglowej i niskostopowej”, *Przegląd Spawalnictwa*, 04. 2008.

9. Węgrzyn T., Miros M.: „Inclusions In Steel Coated Electrodes Welds Of Car Body”, Problemy Transportu, Tom 2, Zeszyt 4.
10. Rusiński E, Porada D.: „Komputerowe wspomaganie projektowania ram samochodów ciężarowych”, Samochody Specjalne, tom 4, 2000, nr 6.

Recenzent: Dr hab. inż. Ryszard Walentyński, prof. nzw. w Pol. Śl.

*Praca wykonana w ramach BW-510/RT1/2008*