

Tomasz WĘGRZYN<sup>1</sup>  
Michał MIROS<sup>1</sup>

### **NAPRAWY RAM POJAZDÓW CIĘŻAROWYCH NISKO-TLENOWYMI METODAMI SPAWALNICZYMI**

*Omówiono udarność, wytrzymałość na rozciąganie oraz wytrzymałość zmęczeniową złączy spawanych w ramach samochodowych. Dodatkowo opisano zawartość tlenu w stopiwie elektrodowym w ramie pojazdów ciężarowych. Opisano wyniki przeprowadzonych badań dla dwóch różnych stopiw elektrodowych, wykonanych dwiema metodami charakteryzującymi się różną zawartością tlenu. Wyniki badań wytrzymałościowych zostały przedstawione w formie wykresów naprężenie-odkształcenie. Wyniki badań zmęczeniowych podano w formie wykresów Wohlera. Przeanalizowano struktury metalograficzne badanych stopiw elektrodowych oraz wyznaczono procentowe udziały najkorzystniejszej pod względem plastyczności oraz wytrzymałości stopiwa fazy – ferrytu drobnoziarnistego (ferrytu AF wg. MIS).*

### **TRUCKS FRAMES REPAIRS WITH LOW- OXYGEN WELDING METHODS**

*Strength and impact toughness of welded joints in car frames was discussed in the paper. The influence of the content of oxygen 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 oxygen. The results 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).*

#### **1. WSTĘP**

W 1999 roku zaproponowano po raz pierwszy klasyfikację procesów spawalniczych ze względu na zawartość tlenu w spoinie [1]. Mała zawartość tlenu w stopiwie (ok. 350 ppm) poprzez tzw. wtrącenia tlenkowe wpływa na ilość korzystnej pod względem własności

<sup>1</sup>Np. Politechnika Śląska, Wydział Transportu, Katedra Eksploatacji Pojazdów Samochodowych ; 40-019 Katowice; ul. Krasińskiego 8, Tel: + 48 032 603-43-89, Fax: + 48 032 603-42-92, E-mail: tomasz.wegrzyn@polsl.pl

wytrzymałościowych i plastycznych fazy- drobnoziarnistego ferrytu AF [1]. Ramy samochodów ciężarowych należą do odpowiedzialnych konstrukcji, które powinny się cechować dobrymi własnościami mechanicznymi. Sposób wykonania, a zwłaszcza naprawy ramy metami spawalniczymi ma wpływ na bezpieczeństwo bierne pojazdu. Ramy pojazdów ciężarowych są wykonane ze stali o podwyższonej wytrzymałości [2÷4]. Istnieje duża grupa pojazdów ciężarowych, w których elementy ramy nośnej łączone są metodami spawalniczymi [4÷6]. Połączenia spawane znajdujące się w tego typu ramach powinny charakteryzować się dobrymi właściwościami wytrzymałościowymi oraz plastycznymi- podobnie jak materiał z którego wykonana jest rama. Autorzy ważniejszych publikacji dotyczących spawanych ram samochodów ciężarowych, zwracają uwagę na powiązanie dobrych własności plastycznych i wytrzymałościowych złączy spawanych z niską zawartością tlenu w stopiwie elektrod [5÷ 8].

Eksploatacja pojazdów ciężarowych charakteryzuje się występowaniem szeregu obciążeń o różnym charakterze. Obciążenia takie mogą mieć charakter statyczny, dynamiczny oraz zmęczeniowy. Obciążenia te w dużej części przenoszone są na ramę nośną samochodu ciężarowego (na elementy ramy oraz jej połączenia). Z tego też względu- w celu zapewnienia bezpiecznej eksploatacji ramy nośnej połączenia spawane znajdujące się w takiej ramie powinny charakteryzować się wysokimi własnościami plastycznymi, wytrzymałościowymi oraz wysoką wytrzymałością zmęczeniową.

Biorąc pod uwagę kryterium podziału metod spawalniczych pod względem zawartości tlenu stwierdzono, że producenci pojazdów ciężarowych zalecają naprawcze spawanie ram wyprodukowanych przez siebie pojazdów różnymi metodami, które w świetle opisywanego kryterium zaliczyć należało do metod nisko oraz średnio-tlenowych [3].

## 2. CEL I ZAKRES BADAŃ

Złącza spawane znajdujące się w ramie nośnej pojazdu ciężarowego narażone są na występowanie naprężeń o różnym charakterze oraz wielkościach. Terenowe warunki pracy pojazdów obsługujących np. budowy generują powstawanie naprężeń dynamicznych o charakterze udarów. Spawane podłużnice ramy naczepy samochodowej narażone są na występowanie znacznych naprężeń pochodzących od rozciągania. Niemalże w każdych warunkach ruchowych na ramę pojazdu ciężarowego działają stosunkowo niewielkie siły- jednak powtarzające się w czasie. Siły takie mogą powodować powstawanie pęknięć zmęczeniowych. Pęknięcia takie są częstym powodem przejścia ramy pojazdu ciężarowego w stan niezdatności eksploatacyjnej.

Złącza spawane znajdujące się w ramach pojazdów ciężarowych powinny się zatem 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, wytrzymałość na rozciąganie oraz wytrzymałość zmęczeniową dwóch stopiw wykonanych metodami różniącymi się zawartością tlenu w stopiwie.

### 3. CZĘŚĆ BADAWCZA

Do wykonania spawanych próbek zastosowano niskostopową stal 18G2A (S355J2G3 wg. EN), materiał powszechnie stosowany do budowy ram samochodów ciężarowych [2÷4]. W celu sprawdzenia własności naprawianych ram pojazdów spawano badany materiał stosowany na ramy metodą MAG oraz za pomocą otulonych elektrod zasadowych. Parametry procesu spawania oraz przebadane zawartości tlenu w stopiwie dla dwóch różnych metod zaprezentowano w tablicy 1.

Tab.1. Parametry procesów spawania podczas wykonywania badanych stopiów

Metoda spawania	Gatunek Elektrody/ Drułu spawalniczego	Średnica elektrody/ Drułu spawalniczego	Natężenie prądu spawania	Gaz osłonowy	Zawartość tlenu w stopiwie, ppm
Spawanie łukowe otulonymi elektrodami zasadowymi, EB	ESAB EB 1.50	4 mm	115 A	----	420
MAG (GMAW)	ESAB OK. Autrod 12.64	1,2 mm	100 A	FerromixC1 8 Ar 82% CO <sub>2</sub> 18%	550

#### 3.1. Udarność stopiwa

Wykonano próby udarności stopiów. Przeprowadzono badania udarności w temperaturze -40°C, +20°C. Badania przeprowadzone zostały zgodnie z normami PN-EN 10045-1 oraz PN-79 H-04371. Energię łamania stopiwa wykonanego dwiema różnymi metodami spawalniczymi zamieszczono w tablicy 2.

Tab.2. Wyniki badań udarności

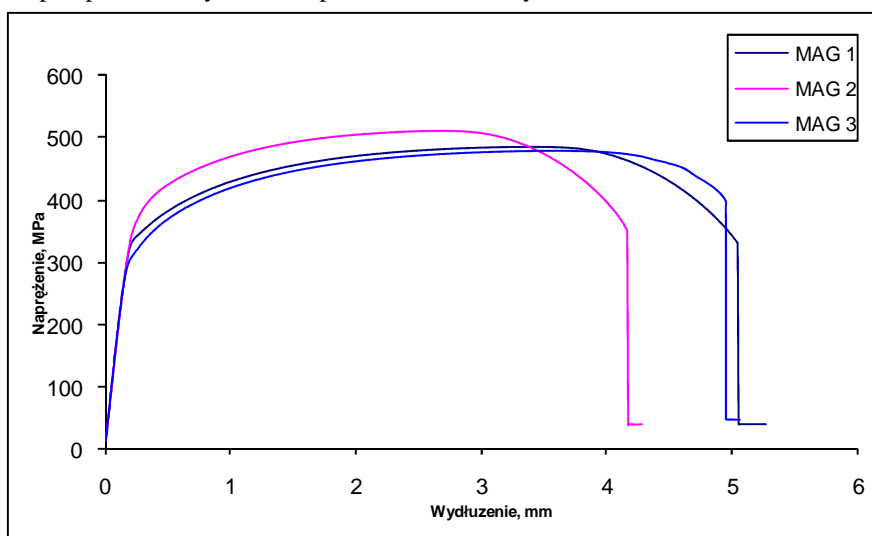
Metoda spawania	Energia łamania, J	
	Temp -40°C	Temp +20°C
Elektroda EB 1.50	47	201
MAG	32	175

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

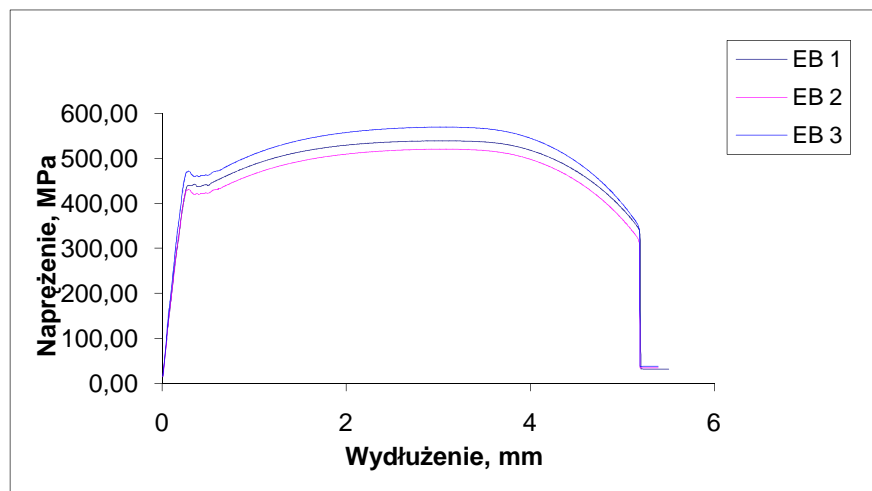
### 3.2. Wytrzymałość na rozciąganie stopiwa

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 rysunkach 1 i 2.

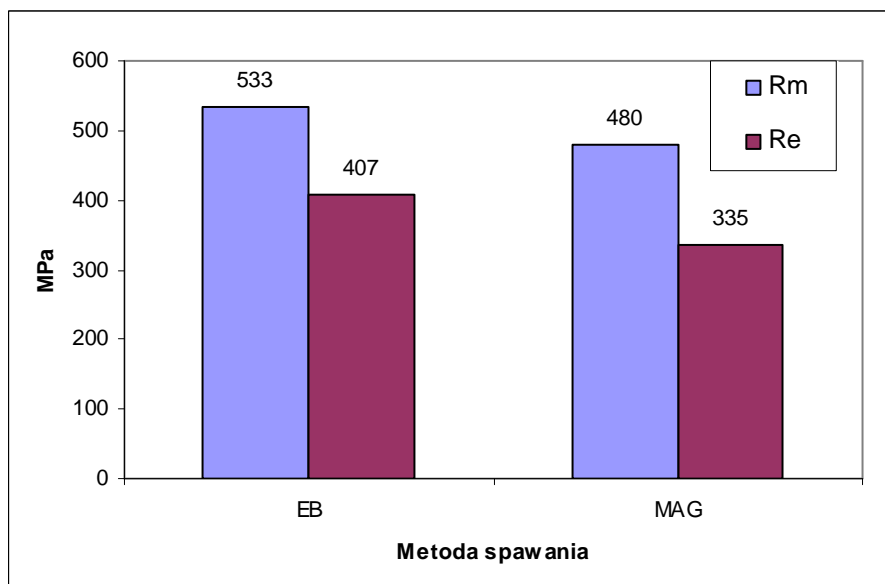


Rys. 1. Wykres rozciągania stopiwa wykonanych metodą MAG



Rys. 2. Wykres rozciągania stopiwa wykonanego zasadowymi elektrodami otulonymi

Na podstawie przedstawionych wykresów wyznaczono średnie wartości Rm oraz Re dla badanych stopiów (rys. 3).



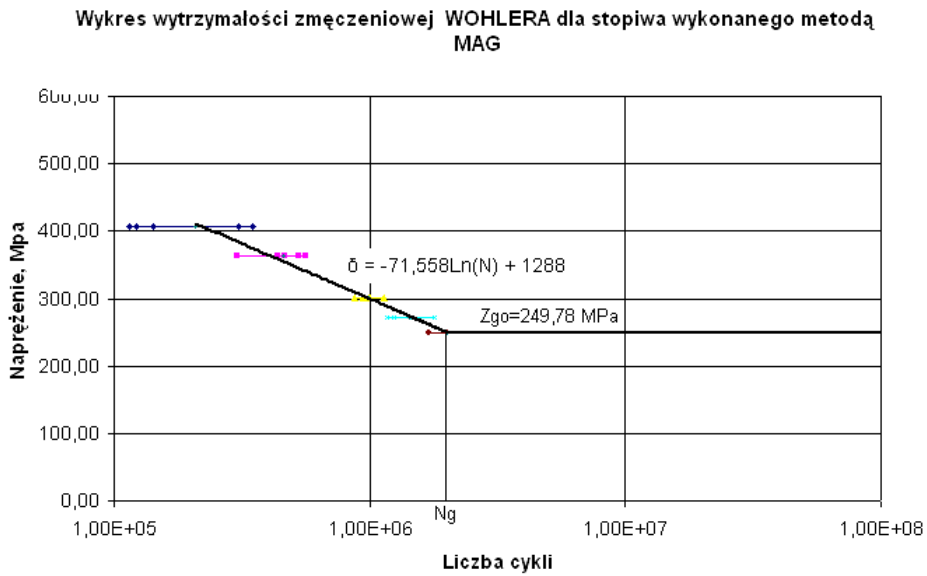
Rys.3. Wartości Re oraz Rm badanych stopiów

Stopiwo wykonane metodą nisko-tlenową charakteryzowało się wyższą o około 9,6 % wytrzymałością na rozciąganie Rm oraz o około 18 % wyższą granicą plastyczności. Różnica wytrzymałości na rozciąganie była, zatem niższa od zbadanej wcześniej różnicy udarności stopiów wykonanych badanymi metodami, która wynosiła 13 % dla temperatury dodatniej.

### 3.3. Wytrzymałość zmęczeniowa stopiów

Badane stopiwo przygotowano zgodnie z normą PN EN 87/M 69772. Próbkę 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 zwiększeniu naprężenia powyżej wytrzymałości zmęczeniowej przebadano cztery poziomy naprężenia dla każdej metody, aby otrzymać w przybliżeniu równomierny rozkład punktów.

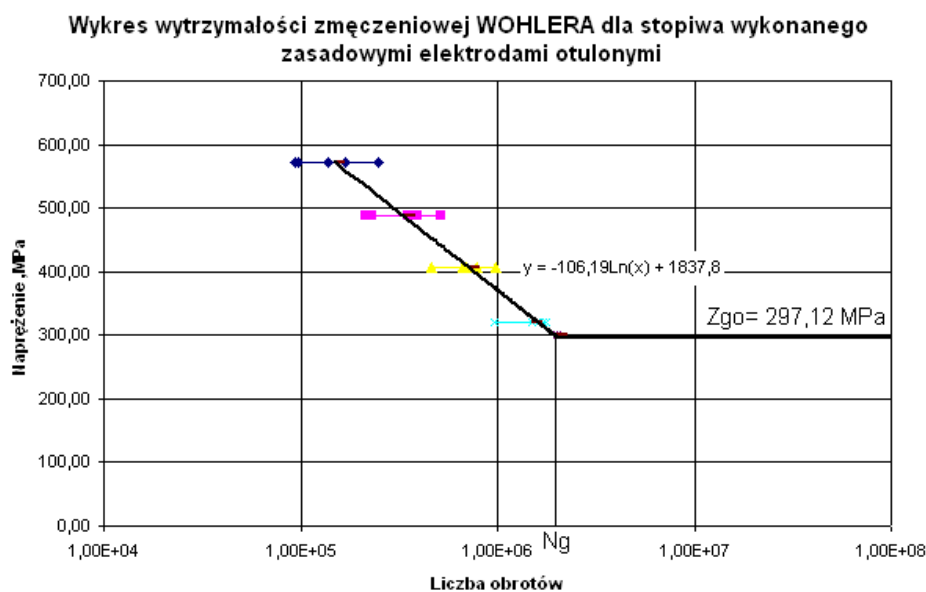
Po przeprowadzeniu badań danej serii próbek wyniki obrabiono statystycznie. Wyznaczono równanie prostej regresji oraz obliczając wartość wytrzymałości zmęczeniowej. Następnie sporządzono wykresy wytrzymałości zmęczeniowej WOHLERA. Wykresy przedstawiono na rysunkach 4, 5.



Rys. 4. Wykres wytrzymałości zmęczeniowej WOHLERA dla stopiwa wykonanego metodą MAG

Zaprezentowany na rysunku 4 wykres WOHLERA przedstawia zmiany wytrzymałości zmęczeniowej dla stopiwa wykonanego metodą MAG, czyli stopiwa wykonanego metodą średnio tlenową. Obliczona wytrzymałość zmęczeniowa dla tego stopiwa wynosi:

$$Z_{go} = 249,78 \text{ MPa}$$



Rys. 5. Wykres wytrzymałości zmęczeniowej WOHLERA dla stopiwa wykonanego elektrodami zasadowymi

Wytrzymałość zmęczeniowa obliczona na podstawie rys.5 wynosi:

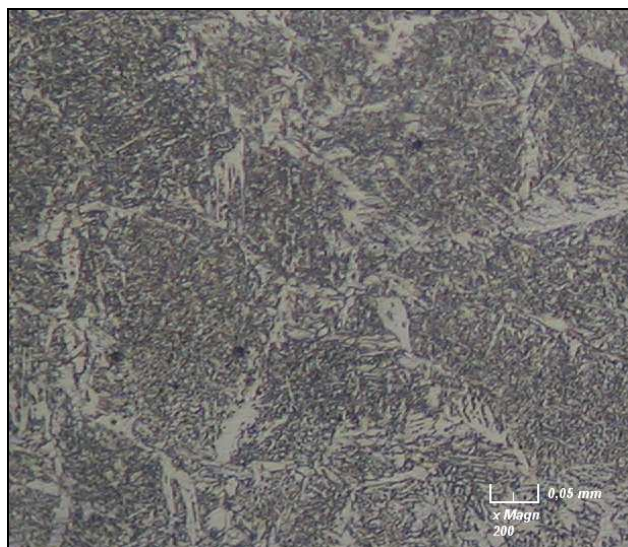
$$Z_{go} = 297,12 \text{ MPa}$$

Stopiwo wykonane metodą nisko-tlenową charakteryzowało się wyższą o około 16 % wytrzymałością zmęczeniową. Różnica wyników była zatem niższa do zbadanej wcześniej różnicy udarności stopiw wykonanych za pomocą badanych metod, która wynosiła 13 % dla temperatury dodatniej.

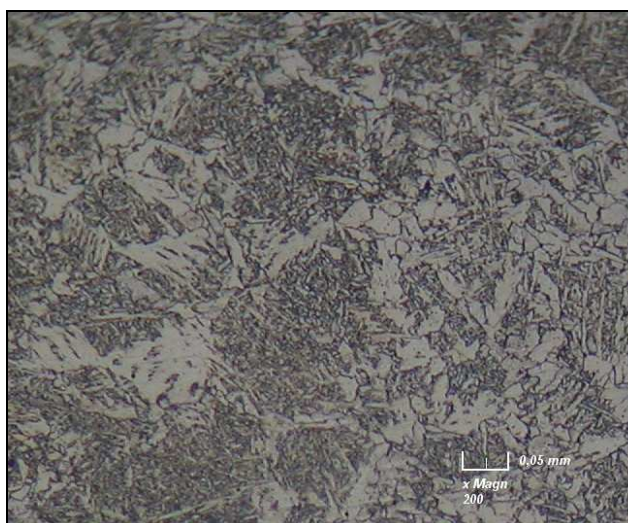
### 3.4. Analiza metalograficzna

Wyniki zarówno badań wytrzymałościowych jak również badania udarności wskazały, że lepszymi właściwościami plastycznymi oraz wytrzymałościowymi charakteryzowały się stopiwa wykonane metodą niskotlenową. Jest to związane z różną zawartością drobnoziarnistego ferrytu AF; stopiwo elektrod zasadowych zawiera więcej ferrytu AF niż stopiwo wykonane w osłonie ditlenku węgla. Ilość drobnoziarnistego ferrytu AF jest związana z ilością tlenu w stopiwie [1].

Przeanalizowano struktury metalograficzne badanych stopiw (rys 6 i 7. Zawartość drobnoziarnistego ferrytu określona została stosując tzw. technikę „siatkową”, zgodnie z wytycznymi Międzynarodowego Instytutu Spawalnictwa.



Rys.6. Struktura stopiwa wykonanego zasadowymi elektrodami otulonymi, ok. 60% ferrytu AF



Rys.7. Struktura stopiwa wykonanego metodą MAG, ok. 40% ferrytu AF

Stopiwo wykonane otulonymi elektrodami zasadowymi posiada więcej drobnoziarnistego wewnątrz-ziarnowego ferrytu AF niż stopiwo wykonane w osłonie ditlenku węgla



## 5. WNIOSKI

- 1) Dobór metody spawania ma wpływ na wytrzymałość oraz plastyczność a tym samym na bezpieczeństwo konstrukcji spawanych ram samochodowych.
- 2) Użycie nisko-tlenowych metod spawalniczych do łączenia elementów ram samochodowych pozwala uzyskać stopiwo o wyższej wytrzymałości na rozciąganie, wyższej granicy plastyczności, wyższej wytrzymałości zmęczeniowej.
- 3) Użycie spawalniczej metody nisko-tlenowej jest jednym z gwarantów poprawnie przeprowadzonej naprawy ramy pojazdu ciężarowego, co przekłada się na bezpieczną eksploatację pojazdu.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- [1] T. Węgrzyn: *Tlen i Azot w Stalowym Stopiwie Wykonanym Metodami Łukowymi*, Politechnika Warszawska 1999;
- [2] M. Lubczyński, S. Mazurek: *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](http://www.manted.de/manted/aufbaurichtlinien/pdf/tga_pl.pdf)., data dostępu 10.11.2006 ;
- [4] E. Rusiński, D. Porada: *Komputerowe wspomaganie projektowania ram samochodów ciężarowych*, Samochody Specjalne, tom 4, 2000, nr 6;
- [5] T. Węgrzyn, M. Miros : *Inclusions In Steel Coated Electrodes Welds Of Car Body*, Transport Problems, Tom 2, Zeszyt 4;
- [6] T. Węgrzyn, R. Szopa, M. Miros: *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] T. Węgrzyn, J. Mirosławski, A.P. Silva, D.G. Pinto, M. Miros: „*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.