ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2007
Seria: TRANSPORT z. 61 Nr kol. 1704

Michał MIROS, Damian HADRYŚ

NAPRAWA POWYPADKOWYCH CZĘŚCI SAMOCHODÓW OSOBOWYCH I CIĘŻAROWYCH Z WYKORZYSTANIEM METOD SPAWALNICZYCH

Streszczenie. W artykule przeprowadzono dyskusję nad możliwościami powypadkowych napraw samochodów osobowych i ciężarowych metodami spawalniczymi.

Przeanalizowano możliwość łączenia elementów nadwozia samonośnego pojazdu osobowego podczas naprawy powypadkowej, z wykorzystaniem spawania MIG/MAG. Wykonano badania udarności stopiwa niskostopowego, wykonanego tymi metodami. Ponadto, przeanalizowano możliwość stosowania spawania rutylową elektrodą otuloną elementów pojazdów ciężarowych podczas napraw powypadkowych. Przebadano udarność stopiwa, wykonanego trzema różnymi gatunkami elektrod rutylowych: ER 1.42, ER 1.46 oraz ER 3.46. Przeanalizowano strukturę przełomów, strukturę metalograficzną, wymiary oraz skład chemiczny ujawnionych w przełomach wtrąceń niemetalicznych.

REPAIR POST-ACCIDENT PARTS OF PASSENGER CARS AND TRUCKS WITH WELDING PROCESSES

Summary. The discussion of possibility post-accidents repairs in passenger cars and trucks with welding processes was made in article.

The possibility of elements join of car-body in post-accident repair by shielded arc welding process MIG/MAG has been analysed in article. The impact toughness test of low alloy weld metal deposit made witch MIG/MAG process, has been done. Moreover possibility of use welding with coated rutile electrodes in post-accidents repairs of trucks was analysed. The impact toughness test of weld metal deposits made with three different kind of rutile electrodes: ER 1.42, ER 1.46 and ER 3.46 has been provided. The breakthrough structure, metal structure, dimensions and chemical composition of disclose in breakthrough non metallic inclusions has been carried out.

1. WPROWADZENIE

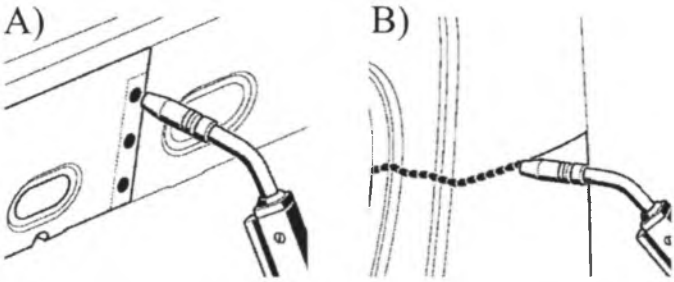
Na początku historii samochodu pojazdy osobowe i ciężarowe miały wiele wspólnego pod względem konstrukcyjnym. Podstawową wspólną cechą była ramowa konstrukcja nośna, na której osadzone było odpowiednio dobrane nadwozie. Jednak od pewnego momentu konstruktorzy pojazdów osobowych zdecydowali się na zmianę koncepcji i zaczęły powstawać pojazdy o nadwoziu samonośnym, które miało wiele zalet w stosunku do konstrukcji ramowej. Natomiast pojazdy ciężarowe po dzień dzisiejszy konstruowane są na podstawie solidnej ramy z mocowanymi do niej pozostałymi układami i zespołami. Fakt, iż obecnie konstrukcja pojazdu osobowego różni się zasadniczo od konstrukcji pojazdu ciężarowego, wymusza również opracowanie i stosowanie odmiennych technologii napraw powypadkowych tych pojazdów.

Spawanie jako technika łączenia metali w obsłudze i naprawie pojazdów samochodowych stosowana jest stosunkowo często. Technika ta wykorzystywana jest między innymi podczas napraw powypadkowych [1, 2, 3, 4, 5].

W przypadku pojazdów osobowych o nadwoziu samonośnym stosuje się zasadniczo trzy rodzaje napraw powypadkowych, a mianowicie:

- naprawa przez odkształcenie plastyczne uszkodzonych elementów,
- naprawa przez wymianę uszkodzonej części elementu,
- naprawa przez wymianę całego uszkodzonego elementu.

Naprawy powypadkowe nadwozi samochodów osobowych wymagają wykonywania połączeń poszczególnych elementów nadwozia. Podczas produkcji pojazdu zasadniczym sposobem wykonywania połączeń elementów nadwozia jest zgrzewanie punktowe. Proces ten jest realizowany na zautomatyzowanych liniach, które gwarantują zachowanie odpowiedniej jakości połączeń. Jednak podczas napraw powypadkowych często zamiennie wykorzystuje się metodę spawania w osłonie gazów ochronnych MIG/MAG (rys. 1). Przyczyną tego jest fakt, że nie wszystkie zakłady blacharskie dysponują niezbędnym sprzętem oraz to, że niejednokrotnie nie ma dostępu z dwóch stron do miejsca połączenia, czego wymaga zgrzewanie punktowe [5].



Rys. 1. Łączenie elementów nadwozia podczas naprawy powypadkowej z wykorzystaniem spawania MIG/MAG [4], a) spoiny otworowe, b) spoina ciągła

Fig. 1. Joining of car-body elements during post-accident repair with MIG/MAG welding [4], a) spot weld, b) continuous weld

W przypadku napraw powypadkowych pojazdów ciężarowych spawaniu głównie podlegają ramy pojazdów lub elementy związane z ramami (wsporniki, wysięgniki itp.), jak również elementy poszycia skrzyń ładunkowych, kabiny kierowców, blachy poszycia cystern samochodowych itp. Technika wykonywania połączeń spawanych, rodzaj materiałów dodatkowych, gazów ochronnych są ściśle określone przez producentów pojazdów [5, 6]. Wymagania stawiane przez producentów są bardzo istotne, ponieważ spoina, która znajduje się w obrębie ramy samochodu ciężarowego, przyczepy lub naczepy narażona jest na wiele różnych obciążeń. Z tego względu ważna jest jakość oraz właściwości wykonywanych połączeń. Zależą one od metody spawania, parametrów spawania oraz użytego materiału dodatkowego [7, 8, 9]. Z tego względu warsztaty obsługowe powinny ściśle przestrzegać wytycznych podawanych przez producentów.

Jednak w wielu warsztatach, zwłaszcza nieautoryzowanych lub obsługujących pojazdy starszego typu zalecenia producentów pojazdów nie są zachowywane. Głównym tego powodem jest brak dostępu do specjalistycznych urządzeń. Warsztaty dysponują zwykle tylko prostownikami spawalniczymi, służącymi do spawania elektrodami otulonymi. Do tej metody spawania (w warunkach warsztatowych) najczęściej stosuje się elektrody rutylowe. Elektrody takie są uniwersalne, łatwe w użyciu (dobrze jarzący się łuk), nie wymagają wcześniejszego przygotowania, jakiego wymagają np. elektrody zasadowe (suszenie) [7].

W artykule przeanalizowano właściwości spoin wykonanych podczas napraw powypadkowych pojazdów samochodowych.

2. ZAKRES I CEL BADAŃ

Samochód podczas eksploatacji poddawany jest znacznym obciążeniom dynamicznym. Obciążenia te są wynikiem specyficznych warunków ruchu, w jakich samochód jako konstrukcja może się znajdować. Warunkami tymi mogą być np. jazda ze znacznymi prędkościami po nierównych nawierzchniach dróg, gwałtowne hamowanie, impulsy siły związane z załadunkiem lub rozładunkiem pojazdu. Warunki te sprzyjają powstawaniu silnych wymuszeń dynamicznych o charakterze udarów. Ze względu na bardzo dużą odpowiedzialność spoczywającą na pojeździe pod względem bezpieczeństwa użytkowników, naprawa powypadkowa powinna gwarantować jego parametry na poziomie sprzed wypadku. Dotyczy to zarówno samych elementów, jak i ich połączeń. Dlatego do wykonywania połączeń elementów nadwozia metodami spawalniczymi zaleca się technologię gwarantującą optymalne właściwości spoin.

Jedną z istotnych cech, jaką powinno charakteryzować się połączenie spawane jest odpowiednio wysoka udarność. W pracy przeanalizowano udarność spoin wykonanych dwoma metodami spawania: MIG/MAG oraz elektrodami otulonymi. Spawanie metodą MIG/MAG przeprowadzono drutem niskostopowym w osłonie argonu i CO_2. Próbki symulowały połączenia elementów nadwozia wykonywane podczas naprawy powypadkowej pojazdu osobowego. Natomiast próbki symulujące połączenia wykonywane podczas naprawy ram pojazdów ciężarowych wykonano przy zastosowaniu trzech różnych rodzajów otulin rutylowych: ER 1.42, ER 1.46 oraz ER 3.46. Do spawania stosowano elektrody o średnicy 4 mm i grubości otuliny 1,2 mm. Spawano prądem stałym o natężeniu ok. 155 A, włączając elektrody do bieguna dodatniego. Ze stopiwa wykonano próbki udarnościowe. Zostały one przygotowane zgodnie z wytycznymi podawanymi w normie PN-87/M-69772. Jako materiał do wykonania próbek udarnościowych posłużyła stal 18G2. W poniższej tablicy przedstawiono skład chemiczny stali wykorzystanej do badań.

Tablica 1

Skład chemiczny stali 18G2

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

Badania udarności przeprowadzono w temperaturach -40°C i +20°C, zgodnie z normami PN-EN 10045-1 oraz PN-79/H-04371.

3. PRZEBIEG I WYNIKI BADAŃ

W celu określenia zależności pomiędzy doborem gazu ochronnego a właściwościami spoin, przeprowadzono badania udarności stopiwa. W tablicy 2 przedstawiono wyniki uzyskane podczas prób udarności stopiwa niskostopowego wykonanego w osłonach argonu i CO_2.

Tablica 2

Wyniki uzyskane podczas badań udarności stopiw drutu elektrodowego niskostopowego

Temperatura badania [°C]	Gaz ochronny	
	Ar	CO_2
- 40	65 [J]	35 [J]
20	180 [J]	140 [J]

Powyższe wyniki ukazują jak ważną rolę odgrywa prawidłowy dobór gazu ochronnego na udarność stopiwa, niezależnie od temperatury badania. W temperaturze -40 °C spoina wykonana w osłonie argonu wykazuje blisko dwukrotnie wyższą udarność, niż spoina wykonana w osłonie CO_2, mającej większy potencjał utleniający. W przypadku badań w temperaturze 20 °C różnice nie są tak znaczne, lecz również spoina wykonana w osłonie argonu cechuje się wyższą udarnością.

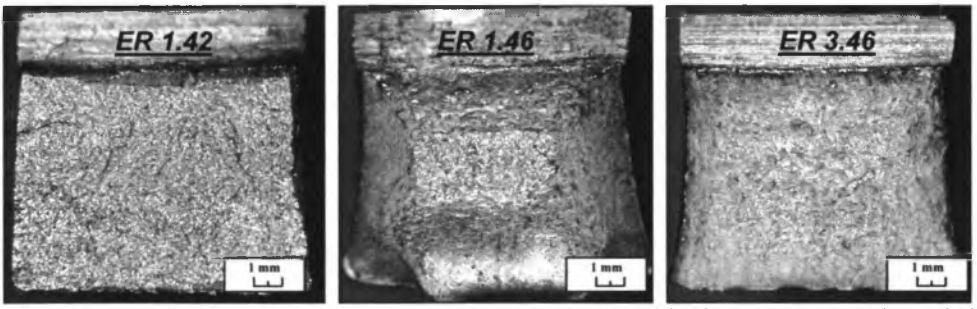
Energie łamania stopiw wykonanych trzema różnymi gatunkami elektrod rutylowych zamieszczono w tablicy 3.

Tablica 3

Wyniki uzyskane podczas badań udarności stopiw elektrod rutylowych

Oznaczenie elektrody służącej do wykonania stopiwa	Temp -40°[C]	Temp +20°[C]
ER 1.42	27 [J]	86 [J]
ER 1.46	34 [J]	93 [J]
ER 3.46	56 [J]	96 [J]

W temperaturze dodatniej energia łamania wszystkich badanych stopiw była na podobnym poziomie i wynosiła ok. 90 J, podczas gdy w temperaturze -40°C energia łamania wszystkich badanych stopiw była zróżnicowana, najlepszą udarność miało stopiwo wykonane elektrodą ER 3.46. W celu wyjaśnienia różnej energii łamania stopiwa w temperaturze -40°C przeanalizowano przełomy badanych próbek; przedstawiono je na rys. 2.

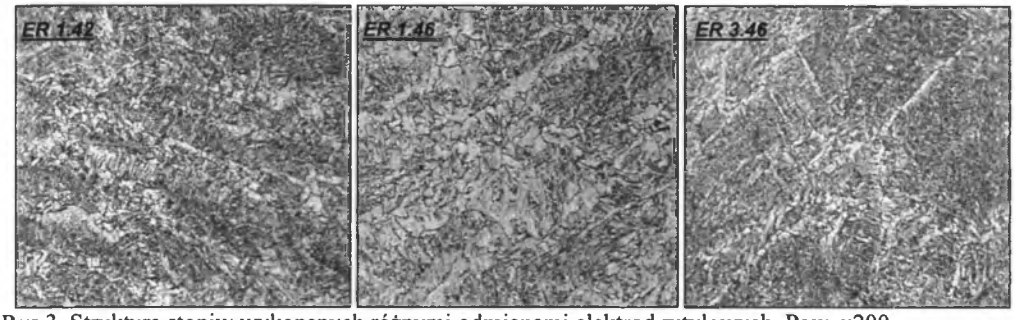


Rys. 2. Przełomy próbek wykonanych różnymi odmianami otulonych elektrod rutylowych, próbki złamane w temperaturze -40[°C]

Fig. 2. The breakthrough structure of metal weld deposit made witch different kind of wrapper rutile electrodes, broken in temperature -40[°C]

Przełomy stopiwa wykonanego elektrodami ER 1.42 miały charakter kruchy, przełomy stopiwa wykonanego elektrodami ER 1.46 miał charakter mieszany plastyczno-kruchy, przełomy stopiwa wykonanego elektrody ER 3.46 miał charakter wyraźnie ciągliwy. W celu dokładniejszego wyjaśnienia różnej energii łamania stopiwa w temperaturze -40°

przeanalizowano strukturę metalograficzną badanych stopiw. Struktury stopiw przedstawiono na poniższym rysunku.



Rys 3. Struktura stopiw wykonanych różnymi odmianami elektrod rutylowych. Pow. x200
Fig. 3. Structure of metal weld deposit made witch deferent kind of wrapper rutile electrodes. Mag. x200

Na przedstawionych zdjęciach widoczna była różna zawartość drobnoziarnistego ferrytu AF, GBF i SPF. Zawartość odmian morfologicznych ferrytu określona została mikroskopią świetlną, stosując tzw. Technikę siatkową, zgodnie z wytycznymi Międzynarodowego Instytutu Spawalnictwa, podanymi w Dokumencie MIS-IX-1323-84.

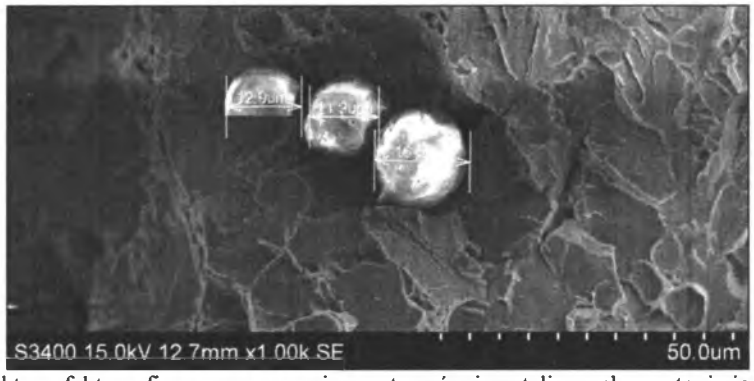
Tablica 4

Zawartość odmian morfologicznych ferrytu w stopiwach

Oznaczenie elektrody służącej do wykonania stopiwa	AF, %	GBF, %	SPF, %	Pozostałe fazy (głównie fazy MAC), %
ER 1.42	25	60	10	5
ER 1.46	35	30	30	5
ER 3.46	51	20	30	5

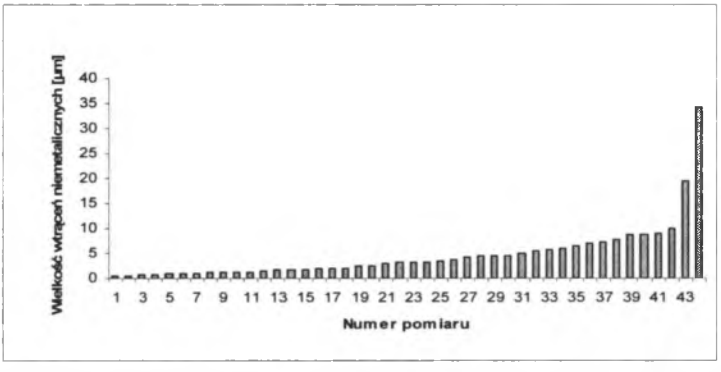
Udarność stopiwa jest powiązana z jego strukturą. Ferryt AF jest fazą najkorzystniejszą, decydującą o dobrej udarności stopiwa. W obserwowanych strukturach dało się zauważyć różne udziały najkorzystniejszej fazy, stanowiącej o dobrych własnościach plastycznych: drobnoziarnistego ferrytu (acicular ferrite). W stopiwie elektrod ER 1.42 udział ferrytu AF wynosił 25%, dla stopiwa elektrod ER 1.46 udział ferrytu AF wynosił 35%, a w stopiwie elektrod ER 3.46 udział ferrytu AF wynosił 51%. Zawartość drobnoziarnistego ferrytu AF (*acicular ferrite*) określano mikroskopią świetlną stosując tzw. technikę siatkową, zgodnie z wytycznymi Międzynarodowego Instytutu Spawalnictwa, podanymi w Dokumencie MIS-IX-1323-84. Wysoka udarność stopiwa powiązana jest ze strukturą metalograficzną. Najlepsze własności plastyczne i najwyższy poziom ferrytu AF jest dla stopiwa ER 3.46, natomiast najgorsze własności plastyczne i najniższy poziom ferrytu AF jest dla stopiwa ER 1.42. Ilość ferrytu AF w dużej mierze zależy od ilości, jakości i wielkości wtrąceń niemetalicznych w stopiwie [7].

W pracy przeanalizowano wielkość wtrąceń. Wyniki badań przedstawiono na rys 4, 5, 6, 7.



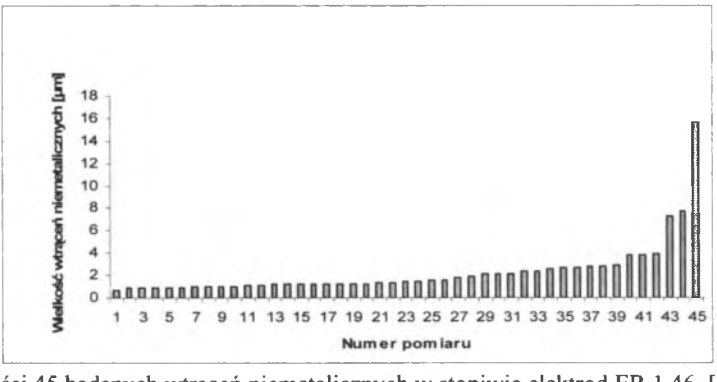
Rys. 4. Struktura faktograficzna oraz wymiary wtrąceń niemetalicznych w stopiwie wykonanym elektrodą ER 1.42, powiększenie 1000x

Fig. 4. Structure and non metalic inclusion size in metal weld deposit made witch ER 1.42 electrode. Magnification 1000x



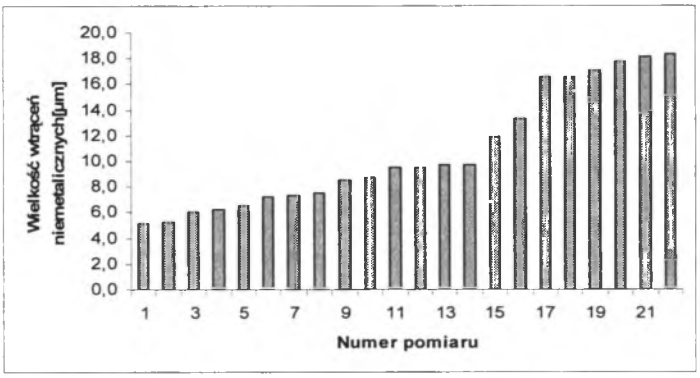
Rys. 5. Wielkości 44 badanych wtrąceń niemetalicznych w stopiwie elektrod ER.3.46, [µm]

Fig. 5. Size of 44 non metali inclusion in metal weld deposit made witch ER 3.46 electrode, [µm]



Rys. 6. Wielkości 45 badanych wtrąceń niemetalicznych w stopiwie elektrod ER.1.46, [µm]

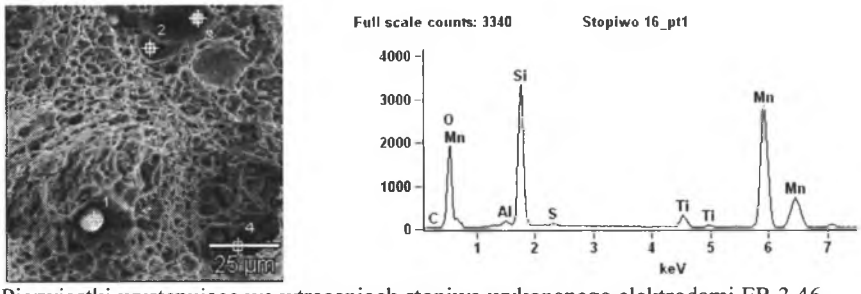
Fig. 6. Size of 45 non metali inclusion in metal weld deposit made witch ER 1.46 electrode, [µm]



Rys. 7. Wielkości 22 badanych wtrąceń niemetalicznych w stopiwie elektrod ER.1.42, [µm]
Fig. 7. Size of 22 non metali inclusion in metal weld deposit made witch ER 1.42 electrode, [µm]

We wszystkich stopiwach występowały wtrącenia o dużej wielkości, dochodzącej w przypadku stopiwa wykonanego elektrodą ER 1.42 do 40[µm]. Zauważono jednak iż, w stopiwie wykonanym elektrodą ER 1.46 znajdowała się również pewna liczba wtrąceń o rozmiarach mniejszych, czyli takich, na których ferryt AF mógł zarodkować [6]. Jeszcze większa liczba wtrąceń o rozmiarach sprzyjających zarodkowaniu ferrytu AF występowała w stopiwie, charakteryzującym się największą energią łamania - stopiwie wykonanym elektrodą ER 3.46.

Dodatkowo, postanowiono orientacyjnie przeanalizować skład chemiczny wtrąceń. Oznaczano za pomocą mikroanalizy rentgenowskiej pierwiastki występujące w tych wtrąceniach niemetalicznych. Przykładowe wyniki tych badań przedstawione zostały na rys 8.



Rys. 8. Pierwiastki występujące we wtrąceniach stopiwa wykonanego elektrodami ER 3.46.
Fig. 8. Micrograph of inclusions in metal weld deposit, made witch ER 3.46 electrode

Przeprowadzona analiza ukazała, iż w stopiwie o najmniejszej energii łamania istniały wtrącenia w których w skład chemiczny tlenek żelaza FeO oraz tlenek manganu MgO. Są to związki, które w literaturze uważane są za nie najbardziej sprzyjające zarodkowaniu ferrytu AF. W stopiwach które wykazały się większą energią łamania czyli stopiwach wykonanych elektrodami ER 1.46 oraz ER 3.46 występowały wtrącenia, w skład których wchodziły: monotlenek tytanu TiO, azotek tytanu TiN i galaksyt $MnAl_2O_4$. Są to związki uważane za najskuteczniejsze wtrącenia sprzyjające zarodkowaniu ferrytu *AF*.

4. PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonych badań oraz analizy uzyskanych wyników stwierdzono, że:

- dobór gazu ochronnego w metodzie spawania MIG/MAG ma znaczący wpływ na udarność stopiwa i jest jednym z gwarantów poprawnego wykonania naprawy powypadkowej nadwozia samonośnego,
- własności plastyczne stopiwa badanych gatunków elektrod rutylowych, stosowanych do spawania w naprawach powypadkowych pojazdów ciężarowych, różnią się energią łamania,
- najwyższą udarność w temperaturze +20[°C] stopiwo wykonane elektrodami ER 3.46, w temperaturze -40[°C], największą udarnością wykazało się stopiwo wykonane elektrodą ER 1.46,
- własności plastyczne badanych stopiw zależą od udziału drobnoziarnistego ferrytu AF i od wielkości wtrąceń niemetalicznych,
- najmniejsze wtrącenia i największy udział ferrytu AF występowały w stopiwie wykonanym elektrodami ER 3.46.

Literatura

1. Pawłowski J.: Nadwozia samochodowe. WKiŁ, Warszawa 1974.
2. Wielgołaski W.: Nowoczesne technologie napraw nadwozi. Auto Moto Serwis, Oficyna Wydawnicza Sadyba, Warszawa 1995.
3. MAN – informacje techniczne: Modyfikacje Podwozi. http://www.manted.de/manted/aufbaurichtlinien/pdf/modyfikacje_pl.pdf.
4. MAN – informacje techniczne: Truck technology Generation A (TG-A). http://www.manted.de/manted/aufbaurichtlinien/pdf/tga_pl.pdf,
5. Renault - informacje techniczne i materiały szkoleniowe.
6. Hadasik E.: Przetwórstwo metali. Plastyczność a struktura. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2006.
7. Węgrzyn T.: Galaxite and other oxide inclusions in basic electrode weld deposits. Międzynarodowa Konferencja OMAE, Lisbona 1998.
8. D.K.Biswas and G. J. Kulkarni: Nucleation of Proetectoid Ferrite at Manganese-Sulphide Inclusion Sites in HY-80 Steel. International Offshore and Polar Eng. Conference, Honolulu 1997.
9. Węgrzyn T.: The influence of the main factors on the impact toughness properties of low carbon steel welds. Konferencja ISOPE'97 maj 97 Honolulu, USA.

Recenzent: Dr hab. inż. Ryszard Walentyński
Prof. w Politechnice Śląskiej

Praca wykonana w ramach BW-488/RT1/2007