

NAPRAWA ODLEWÓW ZE STOPÓW MAGNEZU ZA POMOCĄ SPAWANIA I NAPAWANIA

J. ADAMIEC¹, M. MARKUSIK², A. SKRZYPCZAK³

¹Politechnika Śląska, Katedra Nauki o Materiałach, Katowice, ul. Krasińskiego 8

STRESZCZENIE

Przeprowadzono próby napawania i spawania odlewów ze stopu GA8. Opracowano technologie naprawy tych odlewów metodami spawalniczymi obejmującą dobór stopiwa, parametrów spawania, parametrów podgrzewania oraz techniki spawania.

Key words: spawanie magnezu, naprawa odlewów, odlewy magnezowe,

1. WPROWADZENIE

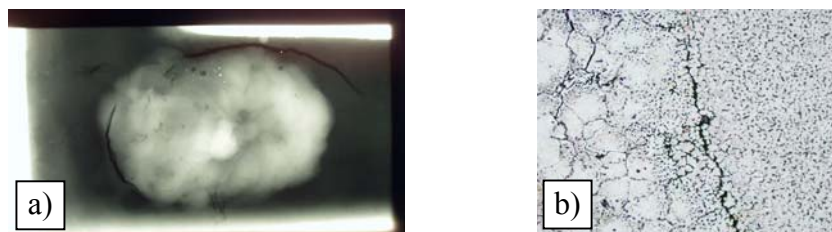
Pierwiastki wchodzące w skład stopów magnezu to: aluminium, cynk, mangan, cyrkon, kadm, tor oraz metale ziem rzadkich. Istnieje wiele stopów odlewniczych i stopów do przeróbki plastycznej przeznaczonych do pracy w temperaturze pokojowej oraz o podwyższonych właściwościach wytrzymałościowych i odporności na pełzanie mogących pracować w temperaturach podwyższonych (do 370°C). W większości stopów magnezu ze wzrostem zawartości dodatków stopowych na ogół zwiększa się zakres temperatur krzepnięcia, co powoduje wzrost skłonności do pęknięć podczas spawania [1].

Spawalność większości stopów magnezu jest dobra [1]. Jednak spawanie i napawanie elementów odlewanych stwarza wiele problemów m. in. ze względu na skłonność stopów magnezu do pęknięcia gorącego, silne usztywnienie łączonych powierzchni w odlewie, wpływ segregacji składu chemicznego oraz wydzielanie faz międzymetalicznych na granicach ziaren. Pęknięcia w naprawianych odlewach magnezowych pokazano na rys. 1.

¹ dr inż., janusz.adamiec@polsl.pl

² mgr inż., marta.markusik@polsl.pl

³ askrzypczak@energoinstal.pl



Rys. 1. Przykłady pęknięć gorących w strefie wpływu ciepła (SWC) w naprawianych odlewach ze stopu GA8: a) zdjęcie RTG, b) mikrostruktura spoiny

Fig. 1. Examples of hot fractures in the heat affected zone (HAZ) in the repaired GA8 alloy castings: a) X-ray photography, b) weld microstructure

Celem pracy było opracowanie technologii naprawy odlewów ze stopu GA8 poprzez spawanie i napawanie.

Program badań obejmował:

- próby napawania i spawania na płaskich płytkach wyciętych z gąski ze stopu GA8,
- próby napawania na fragmentach odlewanej misy przekładni (stop GA8),
- wygenerowanie otworów symulujący wady po wybraniu i ich spawanie (stop GA8),
- opracowanie technologii usuwania wad oraz naprawy odlewane go korpusu misy przekładni,
- dobór metody spawania, stopiwa oraz warunków i parametrów spawania odlewów ze stopów magnezu.

2. MATERIAŁ I METODYKA BADAŃ

Do pierwszego etapu badań wykorzystano płyty próbne wycięte z gąski ze stopu AZ91D o wymiarach 280x60x6 mm. Płyty zostały prześwietlone metodą RTG w celu określenia ich jakości. Do prób zostały wybrane tylko płyty bez wad odlewniczych.

W drugim etapie badań wykorzystano fragmenty odlewanej do formy piaskowej misy przekładni ze stopu GA8.

Wykorzystano trzy rodzaje stopiwa. Skład chemiczny stopiwa zestawiono w tabl. 1.

Tablica 1. Skład chemiczny materiału do spawania

Table 1. Chemical composition of the material used for welding








Lp.	Nazwa	Wymiar [mm]	Al	Mn	Zn	Zr	Si	Mg	Inne
1	Pałka odlewana – Gorzyce	6	7,47	-	-	-	0,19	reszta	-
2	Drut: Castolin CASTOWIG 45859W	3	5,64	0,33	0,62	<0,005	0,01		Fe<0,007

3. METODYKA I WYNIKI BADAŃ

3.1. Próby napawania i spawania płyt próbnych wyciętych z gąski

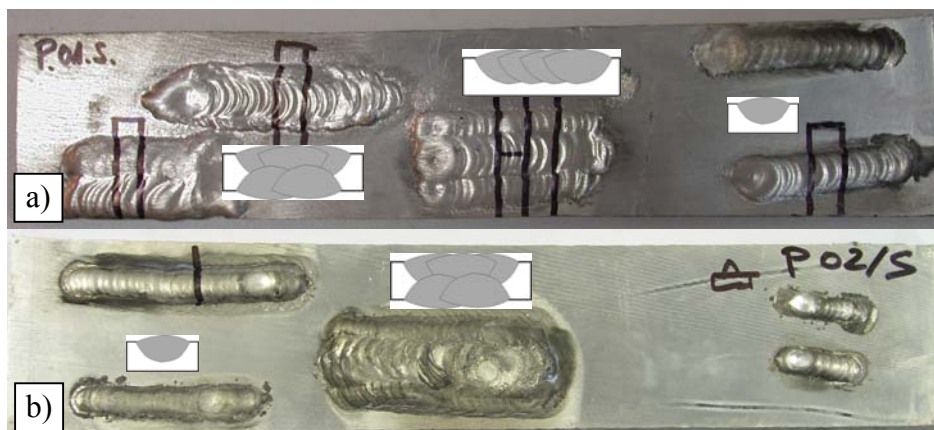
Płyty próbne wycięte z gąsek zostały napawane i spawane metodą TIG (141-elektroda nietopliwa w osłonie gazu obojętnego). Wykonano napoinę jednościgową oraz wielościgową. Następnie wyfrezowano otwór na „wskroś” symulujący wybranie po wycięciu wady o wymiarach 50x10 mm, który następnie został zaspawany. Napawanie i spawanie wykonano źródłem prądu FALTIG 400 AC/DC, stosując prąd przemienny. Urządzenie jest wyposażone w układ, który pozwala na sterowanie narastaniem natężenia prądu podczas zajarzenia łuku, jak również podczas jego wygaszania. Ustawiono czas narastania prądu na 2 s do zadanej wartości, a czas wygaszania łuku spawalniczego na 4 s. Stosowano elektrodę wolframową o średnicy \varnothing 2,4 mm. Jako gaz osłonowy stosowano argon techniczny 99,995 o natężeniu przepływu 10 l/min. Wolny wylot gazu przy rozpoczęciu spawania ustalono na 3s oraz 4s przy zakończeniu procesu spawania. Parametry napawania i spawania pokazano w tabl. 2, poz. 1-6. Spawanie wykonano ściegami prostymi (bez zakosów). Na rys. 2 pokazano płyty próbne po napawaniu i spawaniu.

Tablica 2. Parametry napawania i spawania płyt próbnych z gąski
Table 2. The parameters used for pad welding and welding of test plates from pig sow

Lp.	Rodzaj napoiny	Podgrzewanie wstępne [°C]	Gaz [l/min]	Stopiwo	I [A]	Rodzaj prądu	Uwagi
1		-	Ar 10	Pałeczka Gorzyce	120	~ AC	
2		--	Ar 10	Pałeczka Gorzyce	100	~ AC	
3		-	Ar 10	Pałeczka Gorzyce	80	~ AC	
4		-	Ar 10	CASTOWIG 45859W	100	~ AC	
5		-	Ar 10	CASTOWIG 45859W	90	~ AC	
6		-	Ar 10	CASTOWIG 45859W	80	~ AC	
7		200°C/2h	Ar 10	CASTOWIG 45859W	70	~ AC	PWHT 250°C/2h

Ogłędziny zewnętrzne napoin spawanych pałeczkami z Gorzyc wykazały prawidłowe ułożenie lica, obecność por w licu oraz kraterów na zakończeniu napoiny (rys 3a).

Napoiny wykonane drutem Castowig 45859W charakteryzowały się poprawnym ułożeniem lica oraz nielicznymi porami w licu. We wszystkich przypadkach spoin dwustronnych obserwowano pęknięcie w strefie wpływu ciepła (rys. 3).



Rys. 2. Widok ogólny - płyta próbna spawana: a) pałeczkami Gorzyce, b) drutem CASTOWIG
 Fig. 2. Overview image – sample welding plate: a) Gorzyce welding rods, b) CASTOWIG wire

Badania metalograficzne przeprowadzono na mikroskopie stereoskopowym OLYMPUS SZX9 oraz mikroskopie świetlnym OLYMPYS GX71 wyposażonym w kamerę DP-70 oraz układ do akwizycji obrazu AnalySIS. Zgłady metalograficzne zostały przygotowane zgodnie z procedurą opracowaną w Katedrze Nauki o Materiałach Politechniki Śląskiej [2]. Do trawienia wykorzystano odczynnik o składzie chemicznym: 10 ml HF, 96 ml H₂O. Wyniki badań pokazano na rys. 3 dla spawania pałeczkami z Gorzyc oraz na rys. 4 dla spoiny wykonanej drutami CASTOWIG.



Rys. 3. Makrostruktury wykonanych napoin oraz spoiny (tabl. 2, poz.1-3)
 Fig. 3. Macrostructures of welds and padding welds executed (Table 2, pos. 1-3)



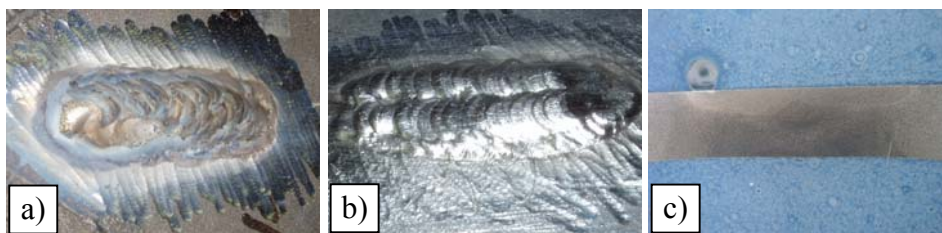
Rys. 4. Makrostruktury wykonanych napoin oraz spoiny (tabl. 2, poz.4-6)
 Fig. 4. Macrostructures of welds and padding welds executed (Table 2, pos 4-6)

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że:

- lico napoin, wtopienie oraz makrostruktura jest poprawna, zarówno w napoinie jednowarstwowej jak i wielowarstwowej;
- występują w ostatniej warstwie napoiny nieliczne pęcherze, co jest akceptowalne;
- w spoinie dwustronnej pojawiają się przyklejenia oraz pęknięcia gorące w strefie wpływu ciepła.

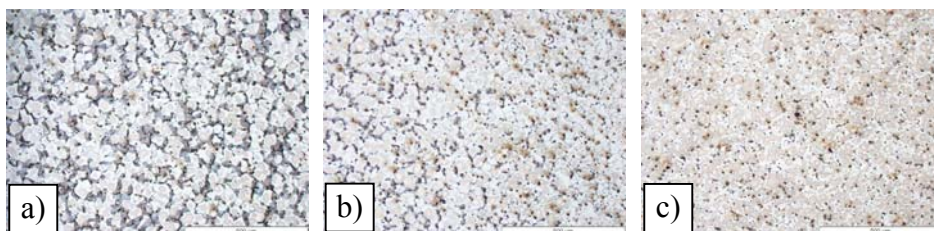
3.2. Próby spawania odlewów ze stopu GA8

Próby spawania przeprowadzono na fragmentach odlewu misy przekładni ze stopu GA8. W celu symulacji obszaru po usunięciu wad odlewniczych, w próbkach wyfrezowano otwory o wymiarach 50 x 10 mm. Otwory te następnie spawano na stanowisku przedstawionym w rozdziale 3.1, parametrami zestawionymi w tabl.2, poz. 7. Dodatkowo w celu uniknięcia niezgodności spawalniczych w postaci pęknięcia w SWC próbki odlewów były podgrzewane w temperaturze 200 °C przez 2 godziny. Po spawaniu wykonano wyżarzanie odpężające w temp. 250 °C/2h. Stosowano również podkładkę ceramiczną oraz osłonę argonem przed utlenianiem od strony grani spoiny. Wyniki próby pokazano na rysunku 5. Na rysunku 6 przedstawiono mikrostrukturę spoiny.



Rys. 5. Spoina naprawcza wykonana na odlewie (GA8): a) widok lica, b) widok grani, c) makrostruktura, pow 10x

Fig. 5. Overview of the repair weld on a casting (GA8): a) back of the weld, b) root of the weld, c) macrostructure, magnification 10x



Rys. 6. Mikrostruktura obszaru naprawianego: a) materiał rodzimy, b) strefa wpływu ciepła, c) spoina

Fig. 6. Microstructure of the repair area: a) native material, b) heat affected zone, c) weld

Przeprowadzona próba naprawy odlewu ze stopu GA8 wskazuje na konieczności stosowania podgrzewania wstępnego przed spawaniem w celu uniknięcia pęknięcia gorącego. Nie obserwowano w spoinie pęknięć, przyklejeń oraz pęcherzy. Lico, grań oraz kształt spoiny był poprawny (rys. 5).

Badania metalograficzne obszaru naprawy ujawniły typowe obszary złącza spawanego. Materiał rodzimy –układ dendrytyczny roztworu stałego aluminium w magnezie (α -Mg) z wydzieleniami fazy masywnej β - $Mg_{17}Al_{12}$ po granicach ziaren pierwotnych oraz duże obszary tej samej fazy jednak o morfologii płytkowej. W SWC obserwowano zanikanie obszarów płytkowej fazy $Mg_{17}Al_{12}$, natomiast spoina charakteryzowała się równomiernym ziarnem roztworu stałego (α) z nielicznymi wydzieleniami fazy $Mg_{17}Al_{12}$.(rys. 6).

4. PODSUMOWANIE

Opracowano technologię naprawy odlewów ze stopu GA8. Podczas naprawy technologiami spawalniczymi należy stosować: źródła prądu przemiennego, wyposażone w nożny regulator natężenia prądu. Stosować prąd o niskim natężeniu ok. 70-80 A. Spawanie przeprowadzić ściegami prostymi. Temperatura międzyściegowa powinna być na poziomie ok. 250°C. Należy stosować podgrzewanie wstępne 200°C. Po zakończeniu naprawy odlew należy odprężyć w temperaturze 250°C.

PODZIĘKOWANIA

Praca naukowa finansowana ze środków budżetowych na naukę w latach 2005-2007 jako projekt celowy Nr 3 T08C 060 28.

LITERATURA

- [1] Pilarczyk J.: Poradnik Inżyniera – Spawalnictwo, WNT Warszawa 2003
- [2] Adamiec J., Kiełbus A., Cwajna J.: procedura ilościowego opisu struktury odlewanych stopów magnezu, VII Międzynarodowa Konferencja Naukowa Zapewnienie Jakości w odlewnictwie” Rzeszów 2006, w druku

THE REPAIR OF MAGNESIUM ALLOY CASTINGS WITH THE HELP OF WELDING TECHNIQUES

SUMMARY

Welding and pad welding tests on GA8 alloy castings were executed. A repair technology for these castings taking the advantage of welding techniques was designed, which consisted of the selection of filler material, welding parameters, heating parameters and the welding technique.

Recenzował: Prof. Jan Cwajna