

Miesięcznik
Naukowo-techniczny

8/2007

przeгляд **SPAWALNICTWA**

Rok założenia 1928

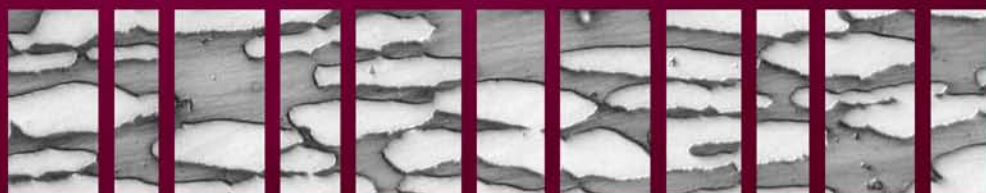
PLISSN 0033-2364

Index 37125

Cena 14,- zł

49. Krajowa Konferencja Spawalnicza Nowe Materiały i Technologie w Spajaniu Szczecin, wrzesień 2007

**Zakład
Spawalnictwa**



Odporność korozyjna złączy ze stopów magnezu spawanych laserowo

Corrosion resistance of joints made of magnesium alloys welded by laser method

Streszczenie

Przedstawiono wyniki badań dotyczących odporności korozyjnej elementów ze stopów magnezu AZ91 i AM50 ze złączami wykonanymi i wiązką lasera CO₂. Badania odporności na korozję wżerową wykonano metodą cyklicznej polaryzacji anodowej w wersji potencjostatycznej. Pomiary przeprowadzono w układzie trójelektrodowym gdzie elektrolitem był 0,9% roztwór wodny NaCl. Nie zauważono znaczących różnic w przebiegu krzywych polaryzacji między próbkami ze złączami spawanymi i próbkami wykonanymi z materiału rodzimego. Spowodowane może być to bardzo małymi wartościami potencjałów korozji. Jedynie dla stopu AZ91 widać nieznaczne przesunięcie krzywej polaryzacji dla złącza W stosunku do krzywej dla materiału rodzimego, co wynika to z faktu pojawienia się głównych skupisk ognisk korozji w spoinie. Na podstawie obserwacji powierzchni badanych próbek po próbie potencjostatycznej, przy wykorzystaniu mikroskopu optycznego i skaningowego mikroskopu elektronowego, możliwe było zlokalizowanie ognisk korozji w poszczególnych próbkach i tym samym określenie wpływu spawania laserowego na odporność korozyjną całego złącza.

Abstract

The results of the studies relating to corrosion resistance of elements made of AZ91 and AM50 magnesium alloys with the joints performed by means of CO₂ laser beam were presented in the paper. The studies of resistance to pitting corrosion were carried out by means of cyclic anodic polarisation technique in potentiostatic technique version. The measurements were conducted in three-electrode system with 0,9% NaCl water solution as the electrolyte. No significant differences in the course outline of the polarisation curves between the samples with welded joints and the samples made of the native material were found out. The very small corrosion potential values can cause such results. Only in the case of AZ91 alloy a slight shift of polarisation curve for the joint in relation to the curve for the native material is visible; that results from the fact that major clusters of corrosion centres occurred in the joint. It was feasible to locate the corrosion centres in individual samples on the basis of surface observation of the samples under the studies after potentiostatic tests with the use of an optical microscope and a scanning electron microscope, and thereby to establish the influence of laser welding on resistance to corrosion of the entire joint.

Wstęp

Ze względu na mały ciężar właściwy, stopy magnezu znajdują coraz większe zastosowanie w przemyśle motoryzacyjnym. Wraz ze zwiększeniem obszaru zastosowań występuje konieczność łączenia (głównie spawania) części wykonanych ze stopów magnezu. Jedną z technologii spawania tych stopów jest metoda spawania wiązką lasera CO₂ [1÷16]. Magnez i jego stopy charakteryzuje się wysoką aktywnością chemiczną, skłonnością do porowatości i kruchości złączy spawanych.

W pracy przedstawiono wyniki badań korozyjnych złączy ze stopów magnezu spawanych laserowo. Badania porównawcze odporności korozyjnej złączy (AM50 + AM50, AZ91 + AZ91 i AM50 + AZ91) i próbek z materiałów rodzimych prze-

prowadzono metodą potencjostatyczną. Oprócz wyznaczenia krzywych polaryzacji analizie poddano powierzchnie próbek po wykonanej próbie potencjostatycznej, wykorzystując mikroskopię optyczną i mikroskopię skaningową.

Tablica I. Skład chemiczny badanych stopów [17]

Stop	Dodatki stopowe (% wag.)		
	Al.	Mn	Zn
-			
AM50	5	0,3	0,2
AZ91	9	0,17	0,7

Metodyka doświadczalna

Spawanie wykonano na stanowisku złożonym z lasera CO₂ firmy Wegmann-Baasel i sprzężonego z nim stołu o programowanych osiach. Laser o maksymalnej mocy cw 2,5 kW generuje wiązkę osiowo-symetryczną o modzie bliskim TEM₁₀ ogniskowaną do średnicy 0,2 mm. Wykonano badania od-

porności na korozję wżerową metodą cyklicznej polaryzacji anodowej w wersji potencjostatycznej [18, 19]. Elektrolit stanowił 0,9% roztwór wodny NaCl, który mieszano w czasie próby w sposób mechaniczny.

Pomiary przeprowadzano w układzie trójelektrodowym z wykorzystaniem następujących elektrod:

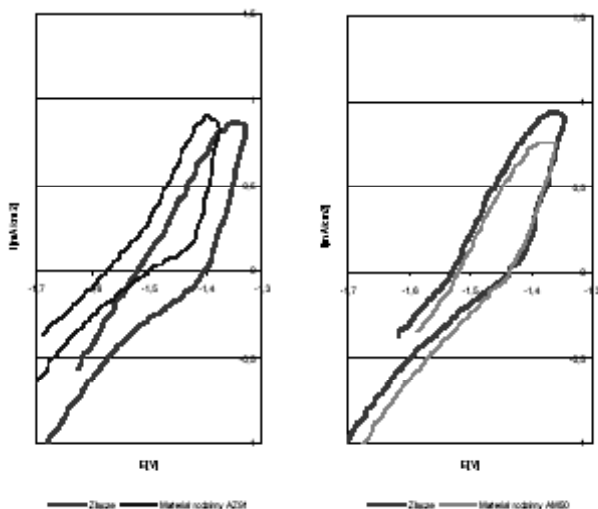
- Pracująca: wykonana z badanej próbki o powierzchni 2 cm².
- Pomocnicza (porównawcza): siatka platynowa, wewnątrz której umieszczano badaną próbkę.
- Odniesienia: nasycona elektroda kalomelowa.

Przed wykonaniem krzywych polaryzacji wykonywany był pomiar galwanostacyjny w czasie 1 h w celu ustalenia potencjału.

Zapis krzywych polaryzacji wykonywano przy stałej prędkości zmian potencjału wynoszącej 1 mV/s, rozpoczynając pomiar przy potencjale niższym od potencjału stacjonarnego. Po osiągnięciu gęstości prądu korozji na poziomie 1 mA/cm² zmieniano kierunek polaryzacji na katodowy. Zakreślone pole pętli cyklicznej polaryzacji anodowej wyznacza skłonność materiału do korozji szczelinowej (im większe pole, tym materiał mniej odporny na korozję szczelinową).

Wyniki badań

Wykonane badania odporności korozyjnej stopów magnezu potwierdziły ich niską szlachetność termodynamiczną. Nie zauważono znaczących różnic w przebiegu krzywych polaryzacji dla próbek ze złączem spawanym i próbek wykonanych z materiału rodzimego. Spowodowane może być to bardzo małymi wartościami potencjałów korozji, bądź też małym udziałem spoiny w powierzchni badanej próbki, wynoszącym około 6% całkowitej powierzchni próbki poddanej działaniu elektrolitu. Jedynie na rys. 1 dla stopu AZ91 widać nieznaczne przesunięcie krzywej polaryzacji dla złącza w stosunku do krzywej dla materiału rodzimego, co wynika z faktu pojawienia się głównych skupisk ognisk korozji w spoinie.

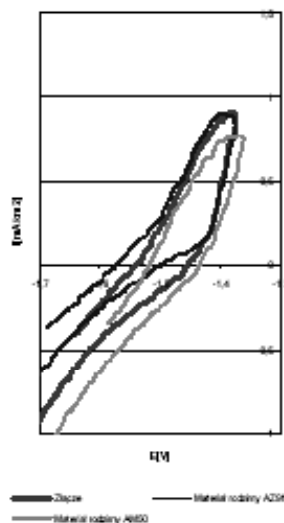


Rys. 1. Krzywe polaryzacji dla próbki ze złączem: AZ91 + AZ91 (lewy), AM50 + AM50 (prawy)

W trakcie rejestracji krzywych polaryzacji anodowej zaobserwowano pewną wartość potencjału, przy którym następuje gwałtowny, katastroficzny rozwój korozji, polegający na gwałtownym wzroście gęstości prądu korozji przy nieznacznym wzroście potencjału. Wartości tych potencjałów zamieszczono w tabelicy II.

Uzyskane w trakcie prób wartości potencjałów katastroficznego rozwoju korozji można określić mianem potencjału korozji, gdyż po osiągnięciu wartości tego potencjału na po-

wierzchni badanych próbek obserwowano gwałtowny rozwój korozji i pojawienie się wżerów. Potencjał ten kształtował się dla poszczególnych próbek w granicach od -1.44 V do -1.40 V, zauważalny jest niewielki wzrost na poziomie 20÷40 mV dla próbek spawanych w stosunku do materiału rodzimego. Żadna z próbek nie osiągnęła potencjału repasywacji, co potwierdza bardzo małą odporność korozyjną badanych stopów.



Rys. 2. Krzywe polaryzacji dla próbki ze złączem różnomiernym AZ91 + AM50

Tabela II. Potencjał katastroficznego rozwoju korozji dla badanych próbek

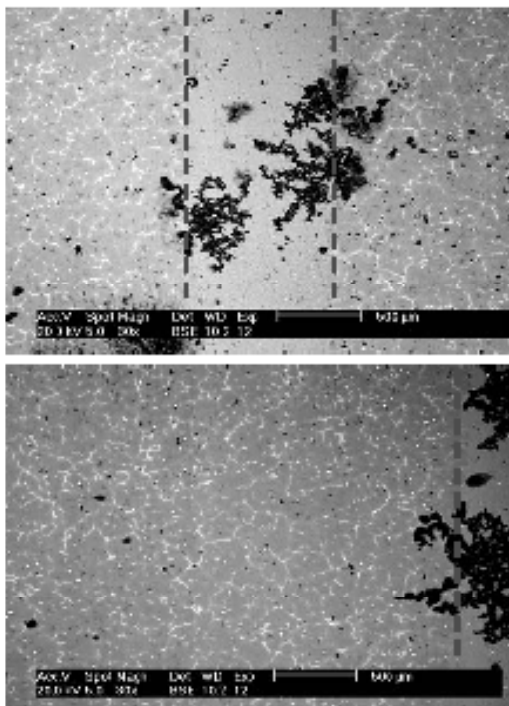
Rodzaj próbki	Potencjał katastroficznego rozwoju korozji E_k V
Materiał rodzimy AZ91	-1.42
Materiał rodzimy AM50	-1.44
Złącze AZ91 + AZ91	-1.40
Złącze AM50 + AM50	-1.41
Złącze AM50 + AZ91	-1.42

Na podstawie analizy makroskopowej powierzchni po próbach potencjostatycznych możliwe było określenie lokalizacji obszarów korozji i ich wielkość. W przypadku próbek z materiału rodzimego nie zaobserwowano wyraźnych ognisk korozji, wżery były rozmieszczone w sposób równomierny na całej powierzchni próbki.

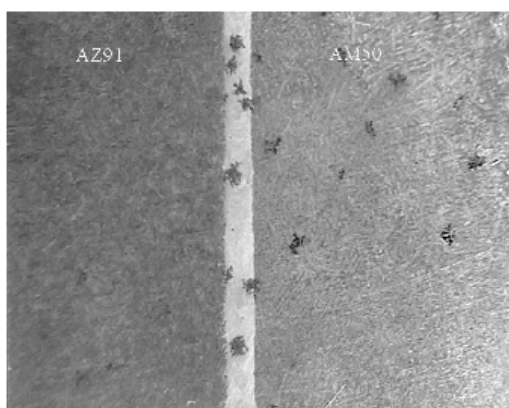


Rys. 3. Powierzchnia próbki ze złączem AZ91 + AZ91 po próbie potencjostatycznej

Na rysunku 3 przedstawiono powierzchnię próbki ze złączem AZ91 + AZ91 po próbie korozyjnej; widoczne wżery korozyjne koncentrują się w obszarze spoiny. Nieliczne ogniska korozji w obszarze materiału rodzimego rozmieszczone są w sposób przypadkowy i ich powierzchnia jest znacznie mniejsza niż tych znajdujących się w spoinie. Obserwując wżery w spoinie przy użyciu skaningowego mikroskopu elektronowego (rys. 4) widać, że są one zlokalizowane bezpośrednio w jej obszarze, w niektórych przypadkach przechodząc do strefy wpływu ciepła. Rozmiar tych wżerów przekracza 500 µm, co przy szerokości spoiny około 1 mm stanowi ponad połowę jej szerokości. Ilościowa analiza składu chemicznego złącza AZ91 + AZ91 wykazała zmianę składu chemicznego spoiny, co ma wyraźny wpływ na jej odporność korozyjną. Nawet niewielkie zubożenie spoiny w magnez (około 1%) powoduje zmianę jej potencjału elektrodowego na bardziej ujemny: staje się ona bardziej anodowa w stosunku do materiału rodzimego (AZ91) i tym samym intensywniej ulega korozji.



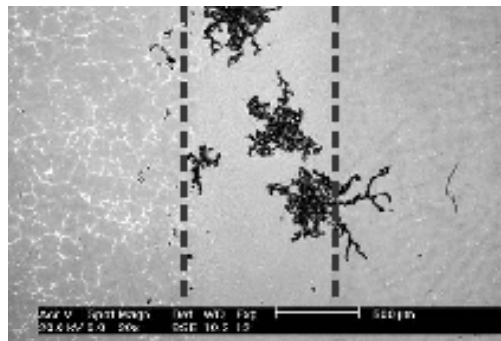
Rys. 4. Wżery korozyjne w spoinie próbki ze złączem AZ91 + AZ91



Rys. 5. Powierzchnia próbki ze złączem AM50 + AZ91 po próbie potencjostaticznej

Charakter korozji w złączu AM50 + AZ91 jest diametralnie różny w stosunku do dwóch wcześniej opisanych złączy. Na rysunku 5 można zaobserwować, że jeden z materiałów po próbie korozyjnej pozostaje nienaruszony i jest to stop AZ91. Widoczne wżery korozyjne zlokalizowane w stopie AM50

i w spoinie, świadczą o tym, iż stop AZ91 charakteryzuje się innym potencjałem elektrochemicznym w stosunku do stopu AM50. Z próby tej wynika, że ze względu na skład chemiczny stop AM50 jest bardziej anodowy w stosunku do AZ91. Spoina powstała na skutek stopienia krawędzi obydwu stopów przejmując właściwości korozyjne od materiału mniej odpornego z tej pary i obserwujemy w jej obszarze znaczną ilość ognisk korozji, a nawet zauważalna jest większa ich koncentracja niż w materiale rodzimym (rys. 6).



Rys. 6. Wżery korozyjne w próbce ze złączem AM50 + AZ91

Wnioski

Wykonane badania potencjostaticzne potwierdziły bardzo niską odporność korozyjną stopów magnezu, o czym świadczą uzyskane wartości potencjału katastroficznego rozwoju korozji będącego na poziomie ok. -1.4 V dla poszczególnych próbek. Jednakże na podstawie wyznaczonych krzywych polaryzacji nie zauważono dużego wpływu spawania laserowego na odporność korozyjną. Dopiero na podstawie obserwacji powierzchni badanych próbek po próbie potencjostaticznej, przy wykorzystaniu mikroskopu optycznego i skaningowego mikroskopu elektronowego, możliwe było zlokalizowanie ognisk korozji w poszczególnych próbkach i tym samym określenie wpływu spawania laserowego na odporność korozyjną całego złącza.

W złączu AZ91 + AZ91 wżery korozyjne koncentrują się w spoinie, co spowodowane jest zmianą jej składu chemicznego w stosunku do materiału rodzimego. Na powierzchni złącza AM50 + AM50 wżery korozyjne rozkładają się w sposób równomierny, zaś w przypadku złącza różnoimennego AZ91 + AM50 korozji ulega tylko próbka po stronie stopu AM50 i spoina, a część po stronie stopu AZ91 pozostaje nienaruszona.

Ponieważ zastosowana metoda jest metodą przyspieszoną można przypuszczać, że wykonanie testów długoterminowych, a w szczególności testów eksploatacyjnych (w rzeczywistych warunkach) mogłoby dostarczyć więcej informacji na temat wpływu spawania laserowego na odporność złączy.

W wielu przypadkach zdolność ochronna tlenków może być znacznie zmniejszona w roztworach zawierających chlorki w ilościach większych od pewnego stężenia krytycznego, różnego dla różnych metali [22]. Chlorki niszczą warstewki pasywne, powodują korozję lokalną. Prowadzi to do przesunięcia potencjału elektrodowego w kierunku wartości ujemnych (mniej szlachetnych – bardziej anodowych).

Literatura

- [1] Friedrich H., Schumann S: Research for a „new age of magnesium” in the automotive industry. Journal of Materials Processing Technology, vol. 117, 2001.
- [2] Aghion E., Bronfin B., Eliezer D: The role of the magnesium industry in protecting the environment. Journal of Materials Processing Technology, vol. 117, 2001.
- [3] Mordike B. L., Ebert T: Magnesium. Properties – applications – potential. Material Science and Engineering. A302.
- [4] Longworth S. J. P: The Bolting of Magnesium Components in Car Engines, Dissertation for the degree of Master of Philosophy to the Univ. of Cambridge, 2001.
- [5] Welding Handbook, vol. 3, part 1, chapter 2: Magnesium and magnesium alloys. VIII ed., Ed.: W. R. Oates, American Welding Society.
- [6] Munitz A., Cotler C., Stern A: Kohn. Mechanical properties and microstructure of gas tungsten arc welded magnesium AZ91D plates. Material Science and Engineering, vol. A302, 2001.
- [7] Weishait A., Galun R., Mordike L., CO₂ Laser Beam Welding of Magnesium-Based Alloys. Welding Journal, vol. 77, 4/1998.
- [8] Draugelates U., Schram A., Kettler C: Joining of magnesium alloys. Materialwissenschaft und Werkstofftechnik, vol. 30, 10/1999.
- [9] Dhahri M., Masse J. E., Mathieu J. F., Barreau G., Autric M: CO₂ Laser Welding of Magnesium alloys. Proc. SPIE (High-Power Lasers in Manufacturing), vol. 3888, 2000.
- [10] Zhao H., DebRoy T: Pore Formation during Laser Beam Welding of Die-Cast Magnesium Alloy AM60B – Mechanism and Remedy. Welding Research Suppl., 2001.
- [11] Dhahri M., Masse J. E., Mathieu J. F., Barreau G., Autric M: Laser Weldability of WE43 Magnesium Alloy for Aeronautic Industry. Proc. LANE 2001, 2001.
- [12] Haferkamp H., Goede M., Bormann A., Cordini P: Laser Beam Welding of Magnesium Alloys – New Possibilities using Filler Wire and Arc Welding. Proc. Lane, 2001.
- [13] Kalita W., Kołodziejczak P., Hoffman J., Mościcki T., Szymański Z: Spawanie stopu magnezu AM20 laserem CO₂. Przegląd Mechaniczny, 7/8/2003.
- [14] Kalita W., Kołodziejczak P., Hoffman J., Kolasa A: Efekty laserowego przetapiania stopów magnezu. Archiwum Odlewnictwa, 3/7/2003.
- [15] Kołodziejczak P., Kalita W., Kolasa A., Spawanie stopów magnezu wiązką lasera CO₂. Mat. VIII Naukowo-Techniczna Krajowa Konferencja Spawalnicza: „Spajanie stali stopowych i stopów nieżelaznych”, Międzyzdroje 13–15 maja 2003, 2003.
- [16] Kalita W., Kołodziejczak P., Pokhmurska H: Welding of Mg-Based Alloy AM20 by CO₂ Laser Beam, Proc. International Conference on „Laser Technologies in Welding and Materials Processing”, Katsiveli, Ukraine, May 19–23, 2003.
- [17] Norm EN 1753 adopted by the Comité Européen de Normalisation on 1 May 1997. Official Journal of the European Communities, 7.11.1998.
- [18] Pourbaix M.: Wykład z korozji elektrochemicznej, PWN, Warszawa, 1978.
- [19] Baszkiewicz J., Kamiński M.: Podstawy korozji materiałów, Oficyna Wydawnicza PW, Warszawa, 1997.

XII Naukowo-Techniczna Krajowa Konferencja Spawalnicza w Międzyzdrojach

W dniach 29-31 maja 2007 w hotelu „Rybak” w Międzyzdrojach odbyła się XII Naukowo -Techniczna Krajowa Konferencja Spawalnicza pod hasłem „Postęp, innowacje i wymagania jakościowe procesów spajania”. Organizatorami Konferencji byli: Zachodniopomorska Sekcja Spawalnicza SIMP, Polskie Towarzystwo Badań Nieniszczących i Diagnostyki Technicznej SIMP O/Szczecin oraz Biuro Techniki Spawalniczej „BM” .

W konferencji uczestniczyło 110 osób z całego kraju reprezentujących organizacje przemysłowe, jednostki naukowo-badawcze oraz producentów i dystrybutorów materiałów i urządzeń spawalniczych. Otwarcia konferencji dokonał Przewodniczący Komitetu Organizacyjnego Konferencji mgr inż. Marek Saperski. Dwudniowe obrady podzielone były na siedem sesji referatowych, na których wygłoszono 20 referatów i 1 komunikat. W materiałach konferencyjnych zostało wydrukowanych 16 referatów, wszystkie referaty były recenzowane przez Komitet Naukowy Konferencji.

Tematyka wystąpień (była zróżnicowana, ale dobrze mieściła się w haśle Konferencji. W ujęciu generalnym, najwięcej referatów poświęconych było technologii oraz jakości. Większość referatów wywoływała interesującą dyskusję, a największe zainteresowanie, a także emocje, również w rozmowach kularowych, wywoływał referat „Jakość handlowa, czy jakość rzeczywista?”. Referat powstał na podstawie ekspertyzy technicznej odpowiedzialnej konstrukcji mostowej z prętów zbrojeniowych ze stali wysokowytrzymałej (o $R_e = 500\text{MPa}$). W wyniku negatywnej ekspertyzy kierownik budowy podjął decyzję o wyłomowaniu tej konstrukcji. Niestety przesłanie referatu jest tragiczne: w sektorze odpowiedzialnych konstrukcji budowlanych nie funkcjonują żadne procedury zapewnienia jakości, normalne w innych sektorach stosujących procesy spawalnicze! Dyskusję plenarną prowadził oraz podsumował obrady prof. dr hab. inż. Jacek Senkara (Politechnika Warszawska), który pozytywnie ocenił obrady konferencji i wyraził przekonanie, że będzie ona kontynuowana w latach następnych.

Konferencji towarzyszyła niewielka wystawa techniczna, zdominowana przez dostawców materiałów i sprzętu do badań nieniszczących, która cieszyła się sporym zainteresowaniem uczestników, a przy okazji była miejscem ciekawych rozmów kularowych. Zgodnie z tradycją, każdego dnia obrady kończyły się sympatycznymi imprezami towarzyszącymi, umożliwiającymi nieformalną wymianę poglądów oraz dalszą integrację uczestników. Integracji sprzyjała również niezła pogoda, umożliwiająca spacerować po jeszcze dość pustawym, ale czynnym kurorcie.

Redakcja