

SPAWANIE WIĄZKĄ ELEKTRONOWĄ STOPÓW ALUMINIUM ALMGSI(CU) O PODWYŻSZONEJ ZAWARTOŚCI MIEDZI

Marek St. Węglowski¹, Piotr Śliwiński¹, Paweł Pogorzelski¹, Kamil Kubik¹, Piotr Gotkowski¹, Janusz Pikuła¹, Bartłomiej Płoka², Sonia Boczka², Monika Mitka²

¹ Łukasiewicz – Górnośląski Instytut Technologiczny

² Łukasiewicz – Instytut Metali Nieżelaznych

WPROWADZENIE

Ponieważ spawalność stopów AlMgSi(Cu) pozostaje piętą achillesową i ogranicza ich szersze zastosowanie, obecnie nacisk położony jest na rozwój takiej technologii spawania, która jedynie nieznacznie pogarsza właściwości podczas spawania. Stopy AlMgSi(Cu) mają wyższą wytrzymałość niż stop 6061 stosowany w podobnych zastosowaniach, jednakże ich spawalność jest gorsza ze względu na wyższą zawartość pierwiastków stopowych takich jak Cu (do 1,4%) oraz dużą skłonność do pęknięcia gorącego. W pracy przedstawiono wyniki badań metalograficznych i właściwości mechanicznych złączy spawanych wiązką elektronów stopów AlMgSi(Cu) o różnej zawartości miedzi.

METODYKA BADAWCZA

W ramach pracy badawczej wykonano złącza spawane 5x300x300 ze stopów AlMgSi(Cu) przy użyciu spawarki elektronowej CVE756. Skład chemiczny stopów przedstawiono w tabelcy 1. Złącza wykonano w pozycji PA. Parametry spawania dobrano na podstawie wstępnych badań:

- napięcie przyspieszające: 80 kV
- natężenie prądu wiązki: od 28,5 do 37 mA
- prędkość spawania: 1000 i 2000 mm/min
- natężenie prądu żarzenia katody: 21 A
- odległość ogniskowa: 470 mm
- prąd ogniskowania: 530 mA
- kształt oscylacji: kołowy
- częstotliwość oscylacji: 100 Hz
- amplituda oscylacji: 1 mm.

W trakcie spawania nie stosowano materiału dodatkowego do spawania.

Przed spawaniem elementy spawane były oczyszczone mechanicznie oraz odluźnione acetonem. Jakość złączy spawanych kontrolowano na podstawie badań wizualnych. Dla złącza nr 1A (v=1000 mm/min) uzyskano poziom jakości C, dla pozostałych złączy spawanych uzyskano poziom B. Ponadto przeprowadzono badania niszczące. Badania metalograficzne przeprowadzono zgodnie z zapisami normy PN-EN ISO 17637. Próbkę do próby rozciągania przygotowano zgodnie z normą PN-EN ISO 4136 po 2 próbki dla każdego zestawu parametrów. Wykonano również próbę zginania na rolce po 4 próbki dla każdego zestawu parametrów wg normy PN-EN-ISO 5173. Pomiar twardości wykonywano wzdłuż jednej linii pomiarowej przy obciążeniu 1 kg wg normy PN-EN ISO 22826.

Symbol	Skład chemiczny %					
	Cu	Si	Mg	Mn	Cr	Zr+Zn+Ti+Fe
1A	0.6	1.0	0.7	0.6	0.25	< 0.2
1B	0.8	1.0	0.7	0.6	0.25	< 0.2
2A	0.8	1.2	0.8	0.6	0.25	< 0.2
2B	1.0	1.2	0.8	0.6	0.25	< 0.2
2C	0.8	1.2	0.8	0.6	0.25	< 0.2
3A	1.2	1.2	0.8	0.6	0.40	< 0.2
3B	1.4	1.2	0.8	0.6	0.40	< 0.2

Tabela 1. Skład chemiczny stopów AlMgSi(Cu)

PODZIĘKOWANIA

Badania zostały zrealizowane w ramach projektu: „Opracowanie technologii wyciskania kształtowników z ultra-wytrzymałych stopów AlMgSi(Cu)” TECHMATSTRATEG-III/0040/2019 finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

KONTAKT

dr hab. inż. Marek St. Węglowski
Łukasiewicz – Górnośląski Instytut Technologiczny, Centrum Spawalnictwa
Grupa Badawcza Spawalność i Konstrukcje Spawane
tel.: +48 32 33 58 236 | marek.weglowski@git.lukasiewicz.gov.pl



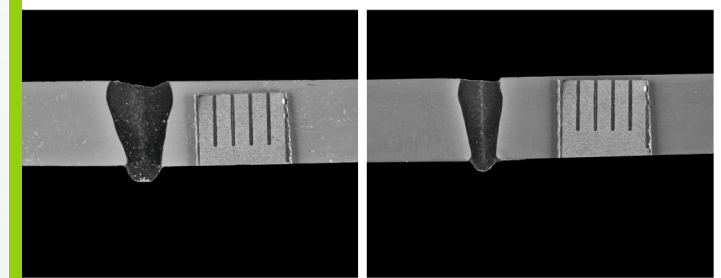
Łukasiewicz
Górnośląski
Instytut
Technologiczny



Łukasiewicz
Instytut
Metali
Nieżelaznych

WYNIKI BADAŃ

Przeprowadzone badania metalograficzne makroskopowe ujawniły niezgodności w postaci wklęśnięcie grani spełniające jednak wymagania na poziomie jakości B zgodnie z normą PN-EN ISO 13919-2. Na rysunku 1 przedstawione przykłady przekrojów poprzecznych złączy spawanych ze stopu 3A przy różnych prędkościach spawania. Można zaobserwować, że przy niższej prędkości spawania, szerokość spoiny jest wyraźnie mniejsza, co jest związane z mniejszą energią liniową spawania. Ponadto wykazano, że spoina w złączu wykonanym przy prędkości spawania 2000 mm/min charakteryzuje się większą równoległością linii wtopienia.

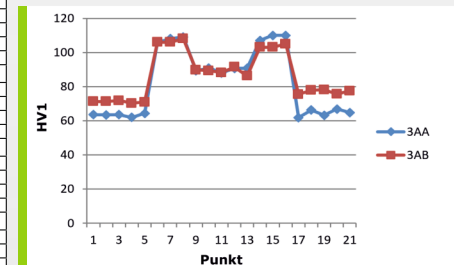


Rys. 1. Złącze ze stopu 3A, a) v=1000 mm/min, b) v=2000 mm/min

Symbol	Numer próbki	Prędkość spawania, mm/min	Rm, MPa
1AA	1A.1/1	1000	225.9
	1A.1/2		211.6
1AB	1A.2/1	2000	225.2
	1A.2/2		221.4
R _{m, BM} = 232 MPa			RW %
1BA	1B.1/1	1000	238.8
	1B.1/2		231.6
1BB	1B.2/1	2000	213.6
	1B.2/2		213.0
R _{m, BM} = 239 MPa			RW %
2AA	2A.1/1	1000	247.8
	2A.1/2		235.4
2AB	2A.2/1	2000	231.6
	2A.2/2		228.8
R _{m, BM} = 256 MPa			RW %
2BA	2B.1/1	1000	236.4
	2B.1/2		238.4
2BB	2B.2/1	2000	234.8
	2B.2/2		236.4
R _{m, BM} = 260 MPa			RW %
2CA	2C.1/1	1000	222.0
	2C.1/2		221.0
2CB	2C.2/1	2000	220.7
	2C.2/2		224.0
R _{m, BM} = 251 MPa			RW %
3AA	3A.1/1	1000	244.1
	3A.1/2		249.1
3AB	3A.2/1	2000	258.9
	3A.2/2		261.2
R _{m, BM} = 303 MPa			RW %
3BA	3B.1/1	1000	245.2
	3B.1/2		240.0
3BB	3B.2/1	2000	240.0
	3B.2/2		275.7
R _{m, BM} = 277 MPa			RW %

Tabela 2. Wyniki badań wytrzymałościowych złączy spawanych

W tabeli 2 przedstawiono wyniki badań wytrzymałościowych złączy również w odniesieniu do wytrzymałości materiałów podstawowych (RW% - względna wytrzymałość złącza). Wyniki badań potwierdziły, że spawanie elektronowe umożliwiła uzyskanie złączy ze stopów aluminium nawet o zawartości miedzi do 1,4 % (stop 3B) charakteryzujące się wysoką wytrzymałością (powyżej 80% wytrzymałości materiału podstawowego). W przypadku złączy spawanych metodami łukowymi zazwyczaj nie ma możliwości uzyskania tak wysokiej wytrzymałości złączy spawanych.



Rys. 2. Rozkład twardości w złączu spawanym ze stopu 3A, 3AA - v=1000 mm/min, 3AB - v=2000 mm/min

Pomiar twardości (rys. 2) wykazały, że w SWC występuje największa twardość, co jest związane z procesami umocnienia materiału w wyniku cyklu cieplnego spawania. Analogiczne rozkłady twardości zaobserwowano dla pozostałych złączy spawanych. Ponadto można zauważyć, iż zmiana prędkości spawania nie powoduje istotnych zmian w twardości w spoinie oraz w SWC. W celu określenia jakości złączy przeprowadzono również próby zginania na rolce. Badania wykazały jednak, że w przypadku pojedynczych próbek występują pęknięcia o długości do 10 mm.

PODSUMOWANIE

Badania wizualne oraz badania metalograficzne makroskopowe wykazały, że badane złącza w zdecydowanej większości charakteryzują się wymaganym poziomem jakości B. Natomiast badania wytrzymałościowe potwierdziły, że spawanie wiązką elektronów umożliwiła wykonanie złączy spawanych o wytrzymałości względnej do 99% wytrzymałości materiału podstawowego. Jednak próba zginania wykazała, że w złączach spawanych mogą występować pojedyncze pęknięcia, świadczące o niewielkiej plastyczności materiału spoiny.



SESJA POSTEROWA

65. MIĘDZYNARODOWEJ KONFERENCJI SPAWALNICZEJ



git.lukasiewicz.gov.pl