

STRUKTURA I WŁAŚCIWOŚCI ZŁĄCZY ZGRZEWANYCH FSW ZE STOPU ALUMINIUM EN AW-6082

Damian Miara¹, Janusz Adamiec², Katarzyna Łyczkowska²

¹ Łukasiewicz – Instytut Spawalnictwa

² Politechnika Śląska

Wprowadzenie

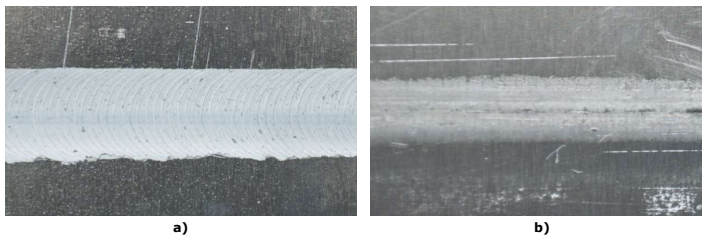
Technologia zgrzewania tarcowego z mieszaniem materiału zgrzeiny FSW zaliczana jest do grupy innowacyjnych technologii spajania. Zalety technologii FSW w przypadku łączenia stopów aluminium to m.in. niższa temperatura podczas procesu, możliwość zwiększenia wytrzymałości zmęczeniowej oraz poprawy niezawodności konstrukcyjnej powstałych połączeń [1, 2].

Zastosowanie technologii FSW pozwala uniknąć typowych niezgodności spawalniczych, a dla niektórych materiałów może stanowić jedyną metodą ich łączenia. Dotychczasowe wyniki badań zawarte w literaturze oraz wyniki badań prowadzonych w Łukasiewicz - Instytucie Spawalnictwa dotyczących zgrzewania FSW wskazują, że na jakość powstałych zgrzein wpływają przede wszystkim główne parametry technologiczne procesu: prędkość obrotowa narzędzia oraz prędkość zgrzewania [3].

W celu określenia właściwości i struktury złączy FSW ze stopu aluminium EN AW-6082 wykonano złącza przy zastosowaniu następujących parametrów technologicznych: prędkość obrotowa narzędzia - 450, 900, 1800 obr/min, prędkość zgrzewania - 450 i 900 mm/min.

Wyniki badań wizualnych złączy FSW

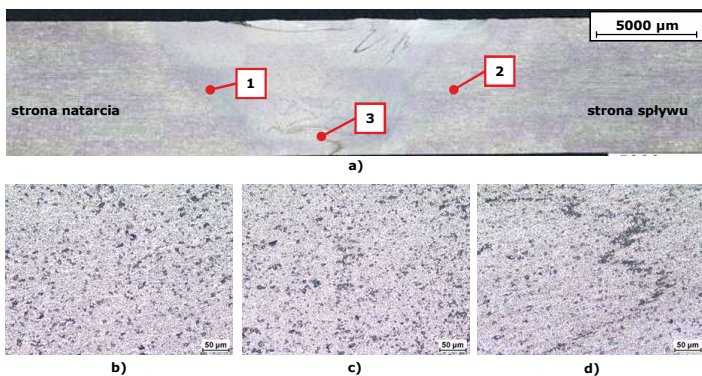
Na rysunku 1 przedstawiono lico i grani wybranych złączy FSW. Badaniom poddano także obszar przyległy do złącza tj. obszar w odległości 50 mm od osi złącza, zarówno po stronie natarcia jak i po stronie spływu. Badania wykonano w celu określenia poprawności powstania złącza oraz wpływu prędkości obrotowej narzędzia i prędkości zgrzewania na jakość i kształt złączy FSW. Wszystkie wykonane złącza cechują się poprawną budową i pełną ciągłością metaliczną po stronie lica. W zależności od zastosowanych parametrów prędkości obrotowej oraz prędkości zgrzewania obserwowano różne wielkości materiału wypływu po stronie spływu, która była tym większa im wyższą zastosowano prędkość obrotową narzędzia. Zmiana prędkości zgrzewania wpływała z kolei na odległość pomiędzy kolejnymi „półokręgami” lica złącza. Nie stwierdzono wpływu parametrów procesu FSW tj. prędkości obrotowej narzędzia oraz prędkości zgrzewania na budowę grani złączy.



Rys. 1. Złącza FSW ze stopu aluminium EN AW-6082 wykonane z prędkością zgrzewania $V_s=900$ mm/min. Prędkość obrotowa narzędzia $V_n=450$ obr/min: a) lico złącza, b) grani złącza.

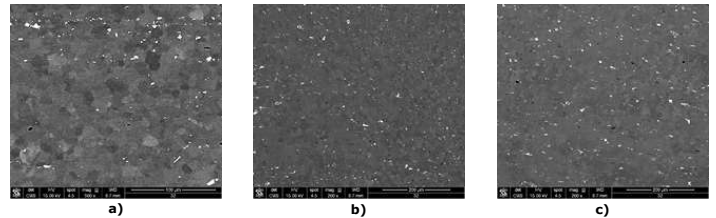
Wyniki budowy strukturalnej złączy FSW

Na rysunku 2 przedstawiono wyniki badań metalograficznych makro i mikrostruktury wybranego złącza FSW wykonanych na mikroskopie świetlnym Eclipse MA200 firmy Nikon. Mikrostruktury badanych złączy, wykonanych poprzecznie do osi, ujawniono przy użyciu trawienia chemicznego za pomocą odczynnika AluMikro (odczynnik na bazie kwasu fluorowodorowego). Złącze wykonane z zastosowaniem prędkości obrotowej narzędzia $V_n=900$ obr/min, oraz prędkości zgrzewania $V_s=900$ mm/min charakteryzuje się najlepszą strukturą z punktu widzenia ciągłości materiału w strefie złącza oraz charakteru rozdrobnienia ziarn.



Rys. 2. Struktura złącza FSW ze stopu aluminium EN AW-6082. Parametry zgrzewania: $V_s=900$ obr/min, $V_n=900$ mm/min: a) makrostruktura całego złącza, b) mikrostruktura SWC po stronie natarcia (1), c) mikrostruktura SWC po stronie spływu (2), d) mikrostruktura obszaru grani złącza (3)

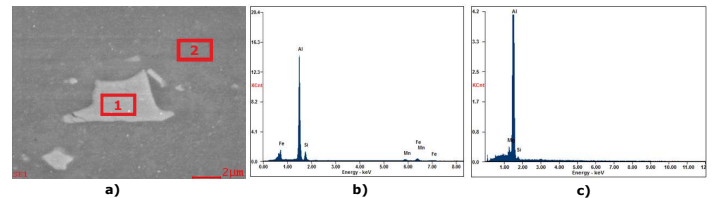
Uzupełnieniem badań strukturalnych wykonanych na mikroskopie świetlnym były badania przy dużych powiększeniach na skaningowym mikroskopie elektronowym (SEM). Przykładowe wyniki badań mikrostruktury SEM wybranego złącza FSW przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Mikrostruktura wybranego złącza FSW. Parametry zgrzewania: $V_s=900$ obr/min, $V_n=450$ mm/min: a) strefa mieszania, b) strona natarcia, c) strona spływu

W strefie mieszania wszystkich badanych złączy ziarna są równoosiowe i mniejsze niż w materiale rodzimym (np. Rys. 3a). Świadczy to o procesie rekrytalizacji w wyniku odeskalcenia materiału podczas zgrzewania. Struktura materiału po stronie natarcia i stronie spływu jest podobna. Wielkość ziaren jest mniejsza niż w materiale rodzimym ale większa niż w strefie mieszania (Rys. 3 b i c).

Na rysunku 4 przedstawiono wyniki mikroanalizy składu chemicznego EDS ujawnionych faz w obszarze mieszania wybranego złącza FSW. Zarówno w materiale rodzimym jak i w obszarze złącza badanych próbek obserwowano wydzielenia zawierające m.in.: aluminium, magnez, krzem i żelazo wpływające m.in. na powstawanie faz takich jak $AlFeSi$ oraz $MgSi$ (w zależności od zawartości składników stopowych).



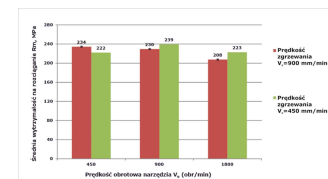
Rys. 4. Analiza EDS z obszaru osnowy i fazy w obszarze mieszania złącza FSW.

Parametry zgrzewania: $V_s=450$ obr/min, $V_n=900$ mm/min:

a) mikrostruktura strefy mieszania, b) analiza EDS osnowy (1), c) analiza EDS fazy (2)

Wytrzymałość złączy FSW na rozciąganie

Wyniki badań wskazują m.in., że przy zgrzewaniu z prędkością 900 mm/min wraz ze zwiększaniem prędkości obrotowej narzędzia obserwuje się spadek wytrzymałości od 234 MPa przy najniższej prędkości obrotowej narzędzia 450 obr/min aż do 208 MPa przy najwyższej prędkości obrotowej narzędzia 1800 obr/min. Na rysunku 5 przedstawiono średnią wytrzymałość złączy FSW na rozciąganie w zależności od zastosowanej prędkości obrotowej narzędzia. Wyniki przedstawiono dla dwóch prędkości zgrzewania tj. $V_s=450$ mm/min oraz 900 mm/min.



Rys. 5. Zależność średniej wytrzymałości na rozciąganie Rm_s od prędkości obrotowych. Wyniki dla dwóch prędkości zgrzewania $V_s=450$ oraz 900 mm/min

Literatura

- [1] Lomolino S., Tovo R., Santos J., On the fatigue behaviour and design curves of friction stir butt-welded Al alloys. International Journal of Fatigue. Nr 27 (3). Str. 305-316. 2005.
- [2] Thomas W.M.: Friction stir butt welding. GB patent 9125978 International patent application PCT/GB92/02203, 6.12.1991.
- [3] Miara D. Praca badawcza nr Bb-132/(ST-31/20) pt. Opracowanie procesu zgrzewania tarcowego z mieszaniem materiału zgrzeiny prowadzonego z dużymi prędkościami zgrzewania, przydatnego w zastosowaniu produkcyjnym. MEIN. 2020.



Kontakt:

mgr inż. Damian Miara
Łukasiewicz - Instytut Spawalnictwa
ul. Bł. Czesława 16-18
44-100 Gliwice
tel.: +48 32 33 58 383
www.is.lukasiewicz.gov.pl
damian.miara@is.lukasiewicz.gov.pl

Badania współfinansowano przez
Ministerstwo Edukacji i Nauki
w ramach grantu nr
DWD/4/21/2020.

63. MIĘDZYNARODOWA
KONFERENCJA
SPAWALNICZA

18-20 PAŹDZIERNIKA 2022 r. | KATOWICE



SPAWALNICTWO
W SIECI NOWYCH MOŻLIWOŚCI