

WYKORZYSTANIE NARZĘDZIA BOBBIN-TOOL DO ZGRZEWANIA STOPÓW ALUMINIUM - WŁASNOŚCI ZŁĄCZY

Aleksandra Węglowska, Jacek Pietrzak
Łukasiewicz – Instytut Spawalnictwa, Gliwice

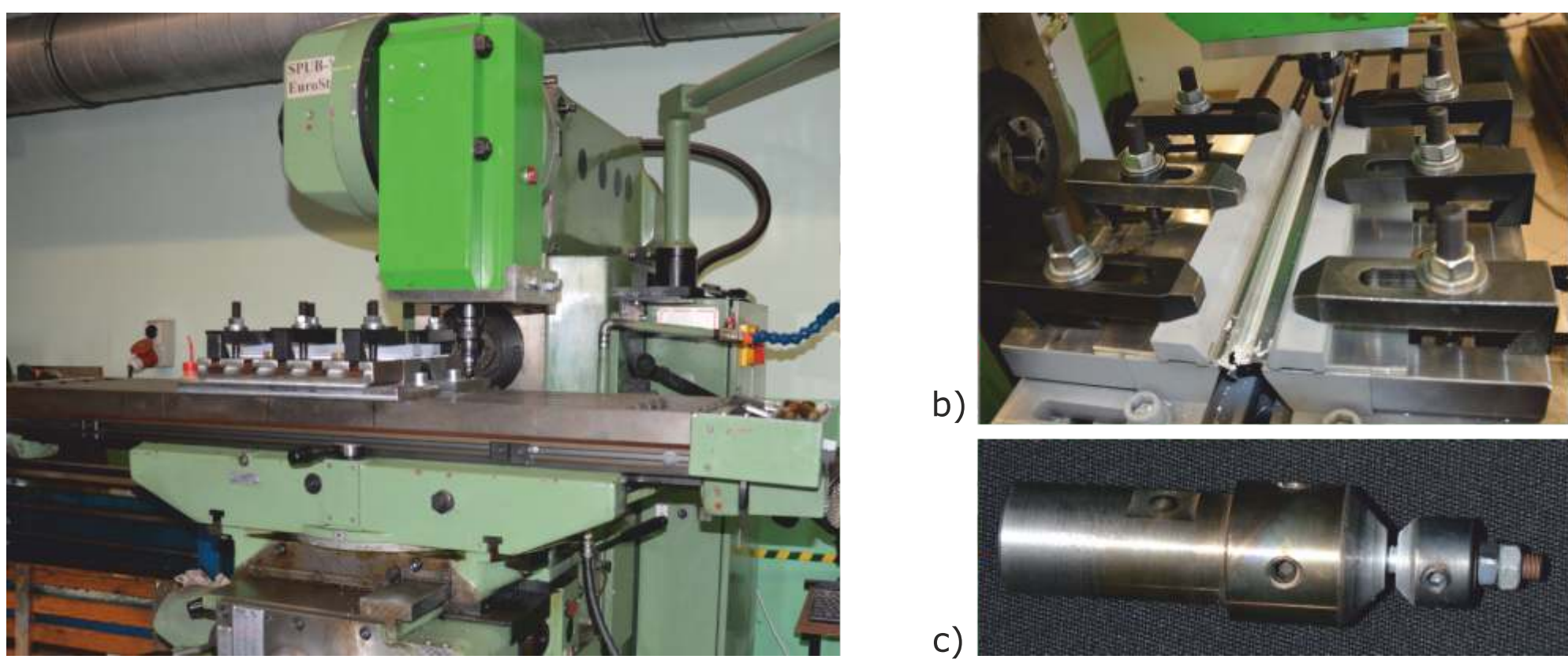
Wprowadzenie

Narzędzie bobbin-tool to drugi typ narzędzia stosowanego do zgrzewania metodą FSW. Zbudowane jest z dwóch wieńców opory oraz trzpienia, przy czym kształt oraz wymiary części roboczych zależą od rodzaju łączonych materiałów, jak i ich grubości. Zastosowanie narzędzia szpulowego niesie za sobą wiele korzyści, m.in.: brak konieczności stosowania podpory złącza od strony grani oraz wyeliminowanie lub w znacznym stopniu zredukowanie docisku zgrzewania, wyeliminowanie niezgodności braku zgrzania elementów od strony grani, możliwość zgrzewania długich elementów o profilu zamkniętym, mniejsze odkształcenia elementów zgrzewanych, możliwość zgrzewania doczołowego i na zakładkę. Korzyści ze stosowania narzędzia szpulowego powodują, że może być ono stosowane w przemyśle kolejowym (zgrzewanie poszycia wagonów, podłóg), stoczniowym (zgrzewanie kadłubów, grodzi, poszycia statków), transporcie lądowym (zgrzewanie burt nacze samochodowych), budownictwie (zgrzewanie paneli elewacyjnych).

Zgrzewanie metodą FSW narzędziem bobbin-tool stosowane jest głównie do łączenia stopów aluminium o grubości od 2,0 do 30,0 mm. Jakość złącza jest ściśle związana nie tylko z parametrami zgrzewania, ale zależy również od zastosowanego oprzyrządowania oraz kształtu i wymiarów narzędzia.

Metodyka badań

W badaniach zastosowano blachy o wymiarach 100x300 mm ze stopu aluminium EN AW – 6082 T6 o grubości 4,0, 3,0 i 2,0 mm. Skład chemiczny stopu zestawiono w tabelicy 1. Wybrane własności stopu aluminium EN AW – 6082 zestawiono w tabelicy 2. Badania były prowadzone na stanowisku zbudowanym na bazie frezarki pionowej FYF32JU2 – rys. 1a, Zastosowane oprzyrządowanie zapewniało równomierny docisk blach na całej długości, co umożliwilo łączenie cienkich blach bez zastosowania podpory od strony grani – rys. 1b. Dla blach o grubości 2,0 mm proces zgrzewania prowadzono przy prędkości liniowej zgrzewania: 71-355 mm/min i prędkości obrotowej narzędzia: 710 – 1800 obr/min, natomiast dla blach o grubości 3,0 oraz 4,0 mm przy prędkości liniowej zgrzewania 280 – 710 mm/min i prędkości obrotowej narzędzia: 450-710 obr/min. Do badań przygotowano narzędzia bobbin-tool ze stali HS 6-5-2 (SW7M) – rys. 1c, o różnych średnicach wieńców opory oraz trzpienia, dla grubości 4,0 mm: wieńiec Ø19/15 mm (wieńiec górny/dolny) oraz trzpień Ø8,0 mm, dla grubości 3,0 mm: wieńiec Ø16/13 mm (wieńiec górny/dolny) oraz trzpień Ø6,0 mm, dla grubości 2,0 mm: wieńce Ø11/10 mm (wieńiec górny/dolny) oraz trzpień Ø5,0 mm. Na powierzchni wieńców nacięto spirale; wykorzystano trzpienie z naciętym gwintem. Przeprowadzono badania wizualne złączy. Dla wybranych parametrów zgrzewania przeprowadzono badania metalograficzne makroskopowe złączy. Badania były prowadzone na mikroskopie optycznym Eclipse MA 200 (Nikon). Własności mechaniczne złącza oceniono na podstawie wyników ze statycznej próby rozciągania. Próbkę do badań przygotowano zgodnie z normą PN - EN ISO 4136: 2013-05E. Badania twardości prowadzono metodą Vickersa na twardościomierzu KB50BYZ-FA w oparciu o normę PN-EN ISO 9015-1: 2011. Obciążenie zadane wynosiło 9,81 N.



Rysunek 1. Stanowisko do zgrzewania FSW przy użyciu narzędzia bobbin-tool:

a) widok ogólny, b) oprzyrządowanie mocujące, c) narzędzie bobbin-tool – Łukasiewicz - Instytut Spawalnictwa

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Ti	Cr	Ni	Zn	Al
1,028	0,281	0,036	0,652	0,867	0,014	0,008	0,002	0,007	reszta

Tabela 1. Skład chemiczny stopu aluminium EN AW – 6082 T6

Grubość blach, mm	Własności wytrzymałościowe		Własności plastyczne	
	R _{0,2} , MPa	R _m , MPa	L _u , mm	A ₅ , %
4,0 mm	263,9	328,8	70,2	17,07
3,0 mm	156,4	261,2	58,5	17,1
2,0 mm	273,9	368,7	44,0	10,1

Tabela 2. Wybrane właściwości stopu aluminium EN AW – 6082 T6

Wyniki badań i dyskusja

Na rysunku 2a przedstawiono przykładowy widok złącza blach o grubości 2,0 mm. Na początku złącza widoczna jest wypływka, która została wyciśnięta poza linię blach podczas zagłębiania się narzędzia w materiał, natomiast na końcu złącza widoczna jest szczelina – ślad po wyjściu narzędzia. Przy nie prawidłowo dobranych parametrach, w złączach występowały niezgodności w postaci liniowej nieciągłości lub braku zgrzania - rys. 2b.

Na podstawie wyników badań metalograficznych stwierdzono wymieszanie materiału w zgrzeinie. Kształt zgrzeiny ma postać klepsydry – wąski w środkowej części i rozszerzający się w kierunku powierzchni blach, co związane jest z oddziaływaniem dwóch wieńców opory. Materiał w jądrze zgrzeiny przyjmuje kształt koncentrycznie ułożonych kręgów lub warstw, co jest wynikiem oddziaływania wieńców opory i wymuszonego ruchu materiału. Przy większych prędkościach liniowych zgrzewania, w zgrzeinie widoczna jest linia tlenków. W złączach z blach o grubości 2,0 mm wykonanych przy parametrach zgrzewania: $\omega = 1800$ obr/min i $v_{zg} = 180$ i 280 mm/min niezgodności w zgrzeinie występują od strony natarcia.

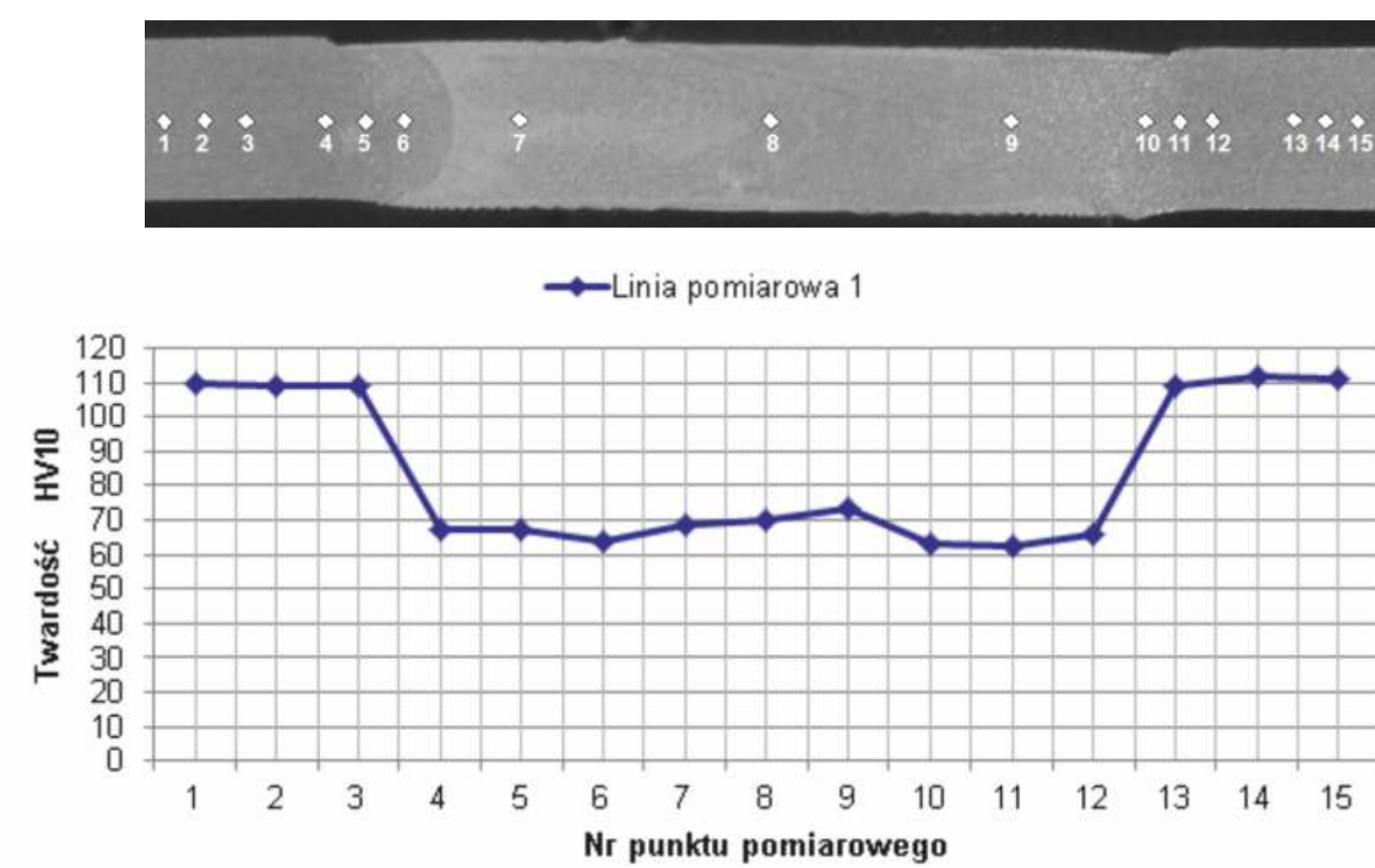


Rysunek 2. Widok złączy wykonanych narzędziem bobbin-tool: a) grubość 2,0 mm; $\omega = 710$ obr/min, $v_{zg} = 112$ mm/min, b) grubość 3,0 mm; $\omega = 560$ obr/min, $v_{zg} = 560$ mm/min



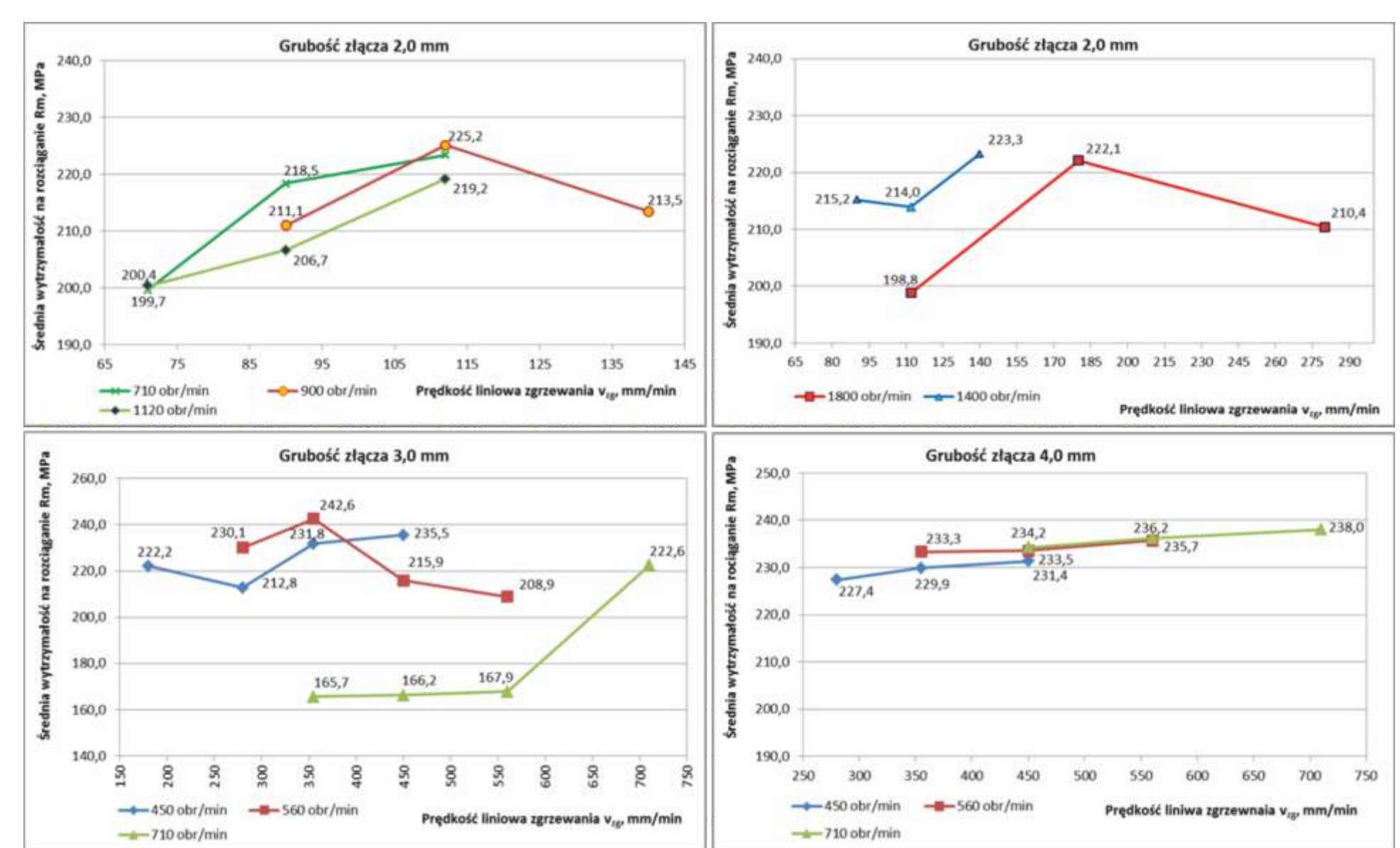
Rysunek 3. Wyniki badań metalograficznych makroskopowych złączy o grubości 2,0 mm. Parametry zgrzewania: a) $\omega = 900$ obr/min; $v_{zg} = 112$ mm/min, b) $\omega = 1120$ obr/min; $v_{zg} = 112$ mm/min, c) $\omega = 1800$ obr/min; $v_{zg} = 112$ mm/min. N – strona natarcia, S – strona spływu

Analiza wyników twardości wykazała, typowy rozkład dla złączy wykonanych metodą FSW. Spadek twardości obejmuje strefę wpływu ciepła (SWC) – do ok. 60 HV, strefę odkształconą termomechanicznie i jądro zgrzeiny – do ok. 70 HV rys. 4.



Rysunek 4. Rozkład twardości na przekroju złącza o grubości 2,0 mm. Parametry zgrzewania: $\omega = 710$ obr/min; $v_{zg} = 112$ mm/min

Analiza wyników badań wytrzymałości złączy w statycznej próbie rozciągania wykazała, że złącza z blach o grubości 2,0 mm uzyskały wytrzymałość na poziomie 61% wytrzymałości materiału rodzimego (MR) przy prędkości obrotowej narzędzia 900 i 1800 obr/min i prędkości liniowej zgrzewania równej odpowiednio 112 i 180 mm/min. Najwyższą wytrzymałość uzyskały złącza z blach o grubości 3,0 mm. Złącza wykonane przy parametrach zgrzewania: $\omega = 560$ obr/min i $v_{zg} = 355$ mm/min osiągnęły wytrzymałość równą 92% wytrzymałości MR przy wysokiej powtarzalności wyników ($\sigma = 1,4$ MPa). W przypadku złączy o grubości 4,0 mm, wszystkie złącza uzyskały wytrzymałość powyżej 70% wytrzymałości MR, przy zachowaniu dużej powtarzalności wyników, przy czym maksymalną wytrzymałość równą 72% wytrzymałości MR, uzyskały złącza wykonane przy parametrach: $\omega = 710$ obr/min, $v_{zg} = 710$ mm/min.



Rysunek 5. Wykres zależności wytrzymałości złączy w statycznej próbie rozciągania od prędkości liniowej zgrzewania dla różnej prędkości obrotowej narzędzia i grubości złączy

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań sformulowano następujące wnioski:

- Do wykonania złączy z cienkich blach aluminiowych metodą FSW narzędziem bobbin-tool, wymagane jest zastosowanie specjalnego oprzyrządowania, zapewniającego prawidłowe ustawienie elementów podczas zgrzewania.
- Do wykonania złączy konieczne jest zastosowanie narzędzia o odpowiednich wymiarach i kształcie. Im większa grubość blach, tym większa średnica wieńców opory i trzpienia narzędzia.
- Złącza z blach o grubości 2,0 mm można uzyskać stosując narzędzie o małych średnicach wieńców opory i trzpienia (W: Ø11/10 mm, T: Ø 5,0 mm), ale przy zastosowaniu dużych prędkości obrotowych narzędzia (710 – 1800 obr/min) i małych prędkości liniowych zgrzewania (71 – 280 mm/min).
- Złącza z blach o grubości 4,0 i 3,0 mm można uzyskać stosując narzędzie o większych średnicach wieńców opory i trzpienia (blachy 4,0 mm: W: Ø19/15 mm, T: Ø 8,0 mm; blachy 3,0 mm W: Ø16/13 mm, T: Ø 6,0 mm), ale przy zastosowaniu mniejszych prędkości obrotowych narzędzia (450 – 710 obr/min) i większych prędkości liniowych zgrzewania (180 – 710 mm/min).
- Przy prawidłowo dobranych parametrach zgrzewania złącza charakteryzują się ciągłością materiałową, zwartą strukturą i brakiem niezgodności w obszarze zgrzewania.
- Rozkład twardości w złączu jest typowy dla złączy wykonanych metodą FSW. W jądrze zgrzeiny odnotowano spadek twardości do 70 HV, w SWC do 60 HV.
- Z zastosowaniem narzędzia bobbin-tool i metody FSW możliwe jest uzyskanie złączy z blach aluminiowych o maksymalnej wytrzymałości:
 - > 61% wytrzymałości MR ($\omega = 900$ obr/min, $v_{zg} = 112$ mm/min) dla złączy o grubości 2,0 mm
 - > 92% wytrzymałości MR ($\omega = 560$ obr/min, $v_{zg} = 355$ mm/min) dla złączy o grubości 3,0 mm
 - > 72% wytrzymałości MR ($\omega = 710$ obr/min, $v_{zg} = 710$ mm/min) dla złączy o grubości 4,0 mm

Podziękowania

W pracy przedstawiono wyniki badań finansowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego zrealizowane w ramach pracy badawczej nr ST-380/18 (Bb-128) „Badania i ocena możliwości zastosowania narzędzia z dwoma wieńcami opory do łączenia cienkich blach aluminiowych metodą FSW”.



Aleksandra Węglowska Dr inż.
Łukasiewicz – Instytut Spawalnictwa
Bl. Czesława 16-18
tel. +48 32 33 58 329
44-100 Gliwice
aleksandra.weglowska@is.gliwice.pl

62.

**MIĘDZYNARODOWA
KONFERENCJA
SPAWALNICZA**

Nowoczesne spawalnictwo
– nowoczesna przyszłość

www.konferencja.is.gliwice.pl



INTERNATIONAL CONGRESS

Konferencja towarzyszy
Kongres Międzynarodowego
Instytutu Spawalnictwa (IIW)



13-15.10.2020 r. – SOSNOWIEC