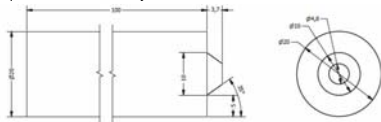




Instytut Spawalnictwa w ramach projektów międzynarodowych organizowanych przez sieć M-ERA.NET od 2016 roku realizuje w konsorcjum międzynarodowym projekt pt. „Optymalizacja antybakteryjna wysoko odkształczalnych stopów tytanu na implanty kręgosłupa i narzędzia chirurgiczne” (ang. „Anti-bacterial optimization of high-strength, severe-plastic-deformed titanium alloys for spinal implants and surgical tools”).

W ramach projektu opracowano technologię zgrzewania tarcowego z mieszaniem materiału zgrzeiny (FSW) oraz zgrzewania tarcowego wysokobrotowego (HSFW) stopów tytanu. Zgrzewanie tarcowe FSW prowadzono na stanowisku do zgrzewania FSW (Rys. 1) z wykorzystaniem próbek o grubości 4 mm ze stopów tytanu tj. Ti64 oraz czysty tytan CP-Ti. Po wstępnych próbach zgrzewania dobrano jeden rodzaj narzędzia zgrzewającego, który wykorzystano do zgrzewania w konfiguracji jednoimiennej obu łączonych materiałów tj. stopu Ti64 i CP-Ti. Schemat narzędzia do zgrzewania przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 1. Stanowisko do zgrzewania metodą FSW stopów tytanu Ti64 oraz CP-Ti

Rys. 2. Narzędzie do zgrzewania metodą FSW stopów tytanu Ti64 oraz CP-Ti

Lp	Oznaczenie stopu	Zawartość pierwiastków, %							reszta
		Al	V	O	Fe	C	N	H	
1	Ti64 (Ti6Al4V)	5,930	3,960	0,103	0,180	0,023	0,002	-	reszta
2	CP-Ti	-	-	0,210	0,220	0,010	0,040	0,001	reszta

Tablica 1. Skład chemiczny stopów tytanu zastosowanych w badaniach

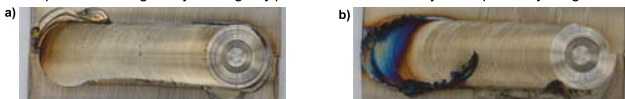
Lp	Oznaczenie stopu	Minimalne własności		
		R _{0,2} , MPa	R _m , MPa	A _{50mm} , %
1	Ti64 ELI (Ti6Al4V)	795	860	10
2	CP-Ti	610	520	22

Tablica 2. Wybrane właściwości stopów tytanu zastosowanych w badaniach

Badania procesu zgrzewania tarcowego FSW prowadzono w osłonie gazu obojętnego (Argon) z prędkościami obrotowymi narzędzia Vn=180, 280, 355 oraz 450 obr/min oraz z niezmienną prędkością zgrzewania Vz=28 mm/min. Z uwagi na specyfikę procesu FSW stopów tytanu, nie dla wszystkich konfiguracji uzyskano poprawnie wykonaną zgrzeinę z punktu widzenia prowadzenia procesu zgrzewania oraz badań wizualnych wykonanych zgrzein czołowych.

Badania wizualne

Przykładowe zgrzeiny czołowe FSW ze stopu tytanu Ti64 oraz CP-Ti przedstawiono na rysunku 3. Zgrzeiny przyjmują kształt i kolor lica zgrzeiny charakterystyczny dla zgrzein FSW stopów tytanu. Świadczy to o prawidłowo dobranych parametrach zgrzewania oraz o braku występowania tlenków tytanu na powierzchni zgrzeiny co mogłoby powodować obniżenie jakości powstałych zgrzein.



Rys. 3. Zgrzeiny FSW ze stopu tytanu Ti64 (a) oraz CP-Ti (b). Parametry: Vn=280 obr/min, Vz=28mm/min

Badania metalograficzne makroskopowe

Na rysunkach 4 (dla stopu tytanu Ti64) oraz 5 (dla stopu tytanu CP-Ti) przedstawiono wyniki badań metalograficznych makroskopowych powyższych zgrzein FSW. Wykonane zgrzeiny cechują się pełną ciągłością metaliczną połączeń bez wtrąceń materiałowych czy śladów tzw. „braku zgrzewania” od strony grani zgrzeiny. Struktura zgrzeiny stopu Ti64 różni się jednak od struktury stopu CP-Ti. Dla tytanu Ti64 występuje większe rozdrobnienie ziarna w obszarze zgrzewania, struktura centralnego obszaru zgrzeiny różni się od struktury materiału rodzimego stopu Ti64. W przypadku stopu CP-Ti struktura zgrzeina cechuje się dużą wielkością ziarn oraz nierównomiernym ich rozmieszczeniem w obszarze zgrzeiny. Struktura zgrzeiny jest podobna do struktury materiału rodzimego stopu CP-Ti.



Rys. 4. Makrostruktura zgrzeiny FSW ze stopu Ti64. Parametry: Vn=280 obr/min, Vz=28mm/min



Rys. 5. Makrostruktura zgrzeiny FSW ze stopu CP-Ti. Parametry: Vn=280 obr/min, Vz=28mm/min

Po zakończeniu procesu zgrzewania analizowano stopień zużycia narzędzia do zgrzewania. W zależności od zgrzewanego materiału charakter i stopień zużycia narzędzia był inny. Na rysunku 6 przedstawiono widok narzędzi przed i po zgrzewaniu odpowiednio stopów tytanu Ti64 oraz CP-Ti. Podczas procesu zgrzewania tytanu Ti64 następowało wyraźne niszczenie narzędzia poprzez jego ścieranie. Narzędzia nie wykorzystywano ponownie. W przypadku CP-Ti następowało osadzanie się związków tytanu na powierzchni całej roboczej części narzędzia. Narzędzie można było ponownie wykorzystać do zgrzewania.



Rys. 6. Widok narzędzi do zgrzewania tytanu:

a) narzędzie przygotowane do zgrzewania, b) narzędzie po zgrzewaniu Ti64, c) narzędzie po zgrzewaniu CP-Ti

Zgrzewanie tarcowe metodami FSW oraz HSFW wysokowytrzymałych stopów tytanu

Autorzy:

mgr inż. Damian Miara, dr inż. Jolanta Matusiak, dr inż. Adam Pietras - Instytut Spawalnictwa, dr Maciej Krystian - AIT Austrian Institute of Technology GmbH, dr inż. Marcin Dyner - Fabryka Narzędzi Medycznych CHIRMED

W celu wyboru technologii zgrzewania zalecanej pod względem jakości złącza w ramach projektu wykonano badania dla zgrzewania HSFW. Zgrzewanie prowadzono na stanowisku do zgrzewania tarcowego wysokobrotowego HSFW (Rys. 7) z wykorzystaniem prętów o średnicy 10 mm ze stopów tytanu tj. Ti64 oraz CP-Ti. Materiały zgrzewano w konfiguracji jednoimiennej łączenia materiałów.



Rys. 7. Stanowisko do zgrzewania metodą HSFW stopów tytanu Ti64 oraz CP-Ti

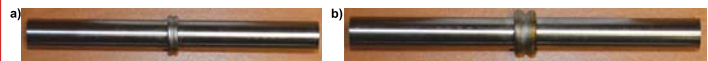


Badania procesu zgrzewania tarcowego HSFW w osłonie argonu przeprowadzono przy następujących parametrach:

- zgrzewanie stopu tytanu Ti64: Prędkość obrotowa V_n=20000 obr/min, czas tarcia t=0,5s, siła docisku tarcia f=3bar, czas spęczania t_s=3s, siła docisku spęczania f_s=6bar.
- zgrzewanie stopu tytanu CP-Ti: Prędkość obrotowa V_n=20000 obr/min, czas tarcia t=0,5s, siła docisku tarcia f=1bar, czas spęczania t_s=3s, siła docisku spęczania f_s=3bar.

Badania wizualne

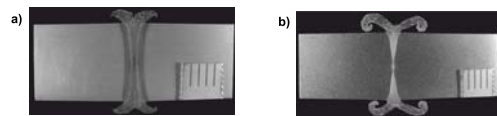
Zgrzeinę tarcową ze stopu Ti64 i CP-Ti przedstawiono na rysunku 8. Utworzone zgrzeiny cechują się, charakterystycznym dla zgrzein tarcowych kształtem wypłytki, której wielkość jest różna w zależności od rodzaju zgrzewanego materiału.



Rys. 8. Widok zgrzein HSFW ze stopów tytanu Ti64 ELI (a) oraz CP-Ti (b)

Badania metalograficzne makroskopowe

Poniżej przedstawiono makrostruktury zgrzein tarcowych HSFW dla stopów Ti64 (Rys. 9a) oraz CP-Ti (Rys. 9b). Wyniki badań metalograficznych makroskopowych wskazują na prawidłową budowę zgrzeiny, charakterystyczną dla metody zgrzewania tarcowego. Kształt i wielkość utworzonej wypłytki zależna jest od zgrzewanego materiału oraz parametrów procesu zgrzewania. Dla zgrzewanych materiałów wyraźnie różny jest obszar oddziaływania ciepła oraz rozkładu poszczególnych stref w obszarze zgrzewania.



Rys. 9. Makrostruktury zgrzein HSFW ze stopu tytanu Ti64 ELI (a) oraz CP-Ti (b)

Badania wytrzymałości zgrzein na zginanie

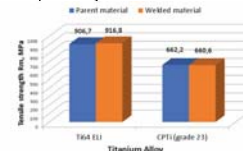
Dla wybranych zgrzein wykonano także badania wytrzymałości na zginanie. Wszystkie trzy badane próbki ze stopu tytanu Ti64 przeszły pozytywnie próby zginania do założonego kąta 180°. W przypadku stopu tytanu CP-Ti, założony kąt 180° osiągnięto dla dwóch z trzech próbek. W przypadku próbki z CP-Ti osiągnięto kąt zginania jedynie 50° i próbka uległa kruchemu pęknięciu w materiale rodzimym przęta z CP-Ti.



Rys. 10. Widok próbki ze stopu tytanu Ti64 po próbie zginania

Badania wytrzymałości zgrzein na rozciąganie

Wyniki badań wytrzymałości zgrzein tarcowych HSFW ze stopów tytanu Ti64 ELI oraz CP-Ti przedstawiono na rysunku 11. Wyniki tych badań przedstawiono w odniesieniu do wytrzymałości materiału rodzimego zarówno stopu Ti64 jak i CP-Ti.



Rys. 11. Wytrzymałość na rozciąganie stopów tytanu Ti64 oraz CP-Ti

Wnioski

- Zastosowanie metody FSW do zgrzewania stopów tytanu Ti64 oraz CP-Ti wymaga prawidłowo dobranych parametrów technologicznych oraz zastosowania skutecznej osłony gazu obojętnego.
- Do zgrzewania stopów tytanu Ti64 oraz CP-Ti można zastosować metodę High Speed Friction Welding – HSFW. Poprawnie dobrane warunki zgrzewania pozwalają na uzyskanie dobrego jakościowo złącza o wymaganych własnościach wytrzymałościowych.

Kontakt:

Instytut Spawalnictwa
Zakład Technologii Zgrzewania i Inżynierii Środowiska

Literatura

- Projekt pt. „Optymalizacja antybakteryjna wysoko odkształczalnych stopów tytanu na implanty kręgosłupa i narzędzia chirurgiczne - SPD-BioTrib” - M-ERA.NET/2015/02/2016 (realizacja 2016-09-01-2018-12-31)
- D. Miara, J. Matusiak, A. Pietras, M. Krystian, M. Dyner: „High speed friction welding of titanium alloys – structure and properties of joints. ISSN 0005-111X ABTOMATYCHESKAR CBAKPA, 6/2016

ul. Bł. Czesława 16-18
44 - 100 Gliwice
tel.: 32 33 58 383, -267
fax: 32 231 46 52
www.is.gliwice.pl; is@is.gliwice.pl

60. KONFERENCJA SPAWALNICZA MIĘDZYNARODOWA

16-18 października 2018 r. - Sosnowiec



SPAWALNICTWO W DOBIE PRZEMYSŁU 4.0

