

Andrzej SANKOWSKI
Kwiryn WOJSYK
Politechnika Częstochowska
w Częstochowie

ZGRZEWANIE TARCIOWE TYTANU WT1-0 Z ALUMINIUM A00

Streszczenie. Przedstawiono wyniki badań prowadzonych w Instytucie Obróbki Plastycznej i Spawalnictwa Politechniki Częstochowskiej w zakresie zgrzewania tarcioвого tytanu WT1-0 z aluminium A00. Omówiono sposób przygotowania elementów do zgrzewania, dobór parametrów, wyniki badań wytrzymałościowych, technologicznych i metalograficznych uzyskanych złączy. Wskazano warunki uzyskania zadowalających jakościowo połączeń i podano wytyczne technologiczne zgrzewania tytanu z aluminium na typowych urządzeniach krajowych.

Wymagania stawiane nowoczesnym rozwiązaniom konstrukcyjnym powodują konieczność spajania materiałów o własnościach niekiedy znacznie od siebie odbiegających.

Wśród złączy hybrydowych uzyskujących ostatnio znaczenie przemysłowe, można byłoby podać szereg przykładów: stal - miedź, miedź - aluminium, miedź - tytan, tytan - aluminium. Szczególnej wagi nabierają połączenia odporne chemicznie tytanu z metalami dobrze przewodzącymi prąd: miedzią i aluminium, wykorzystywane już w krajowym przemyśle.

W Instytucie Obróbki Plastycznej i Spawalnictwa Politechniki Częstochowskiej od dłuższego czasu prowadzone są badania zmierzające do opanowania różnych technologii spajania tytanu i jego stopów, a także połączeń mieszanych z udziałem tytanu.

Spajanie aluminium z tytanem nastęrcza trudności natury technicznej. Podczas spawania tytanu z aluminium niemożliwe jest uniknięcie powstania kruchych faz międzymetalicznych: fazy γ i $TiAl_3$, nawet dokonując stapiania wyłącznie aluminium [1]; efekt ten jest potęgowany większą szybkością reakcji tworzenia tych faz niż rozpuszczania aluminium w tytanie [2]. Jedynym sposobem ich uniknięcia jest prowadzenie procesu spajania w temperaturze do około $600^\circ C$, w możliwie krótkim czasie [1]. Czas procesu inkubacji faz międzymetalicznych dla temperatur $850^\circ C - 900^\circ C$ wynosi 8-10 s i jest o rząd wielkości wyższy niż czas inkubacji dla temperatur około $1400^\circ C$ [3]. Zapewnienie optymalnych warunków uzyskania połączenia w świetle powyższych stwierdzeń winna dać technologia zgrzewania tarciowego [4]. Zgrzewanie tarcioве zapewnia uzyskanie dobrego jakościowo połączenia tytanu z aluminium bez stosowania skomplikowanych zabiegów wstępnych, jednak dostępna literatura nie podaje żadnych szczegółów technologicznych otrzymania takiego połączenia.

Podjęte przez autorów badania miały na celu potwierdzenie możliwości uzyskania dobrego jakościowo złącza Ti-Al metodą zgrzewania tarcowego wraz z ustaleniem optymalnych parametrów jego wykonania.

Badania przeprowadzono łącząc pręty okrągłe o średnicy 10 mm wykonane z technicznie czystego tytanu gatunku WT1-0, z aluminiowymi prętami okrągłymi o różnych średnicach z aluminium gatunku A00. Skład chemiczny użytych do badań materiałów, uzyskany na podstawie analizy kontrolnej, zestawiono w tabeli 1 i 2, a własności mechaniczne w tabeli 3.

Próbki do badań przygotowano w sposób przedstawiony na rys.1. Taki kształt próbek wynikał z operatywnego programu badań, zmierzającego do uzyskania połączenia w sposób możliwie prosty. Wszystkie powierzchnie czołowe próbek podlegające połączeniu planowano na tokarce bezpośrednio przed zgrzewaniem. Kształt próbki aluminiowej w wariancie "e" (rys.1) uzyskano przez spęczenie na zimno czoła próbki z następnym jego planowaniem.

Zgrzewanie próbek przeprowadzono na zgrzewarce tarcowej ZTa-10 produkcji Z.D.I.S. w Gliwicach, zainstalowanej w Instytucie Obróbki Plastycznej i Spawalnictwa Politechniki Częstochowskiej.

Zastosowano parametry zgrzewania zestawione w tabeli 4. Parametry te stosowano operatywnie, w miarę uzyskiwania kolejnych połączeń, bazując na bieżącej analizie ich jakości.

Wygląd próbek przygotowanych wg wariantu "b" i "e" (rys.1), po ich zgrzaniu, przedstawiono na rys.2 i 3.

W wyniku zastosowania przygotowania próbek wg wariantu "e" - rys.1 - oraz doboru odpowiednich parametrów zgrzewania (tabela 4) uzyskano złącza, które w trakcie próby rozciągania ulegały zniszczeniu poza zgrzealiną. Złącza te poddano próbie rozciągania, przeginięcia warsztatowego i skręcania. Wykonano z nich również zglądy celem określenia struktury, pomiaru mikrotwardości oraz określenia za pomocą mikrosondy zawartości tytanu w aluminium i odwrotnie.

Przeprowadzone badania wykazały, że:

- wytrzymałość zgrzeiny jest wyższa niż wytrzymałość aluminium; próbki w miejscu zerwania posiadały wytrzymałość 108 MPa - jest to wytrzymałość materiału rodzimego (A00). Uzyskano ją stosując przy zgrzewaniu parametry wg tabeli 4, wiersz 5.
- warsztatowa próba zginania potwierdziła dobrą jakość zgrzeiny; po wielokrotnym przegięciu zniszczenie próbki nastąpiło poza zgrzealiną w sposób pokazany na rys.4. Zastosowany sposób zginania próbki wynikał z dużej różnicy twardości w obu łączonych materiałach.
- próbki poddane skręcaniu uległy pęknięciu poza zgrzealiną (rys.5) po skręceniu o kąt około 1000° (na długości pomiarowej 15 d).
- twardość złącza obrazuje rys.6. Analizując wykres twardości, przedstawiony na rysunku, można stwierdzić pewne utwardzenie aluminium w warst-

wie przyzgrzeinowej oraz wzrost twardości złącza po stronie tytanu, szczególnie w samej zgrzeinie. Potwierdzeniem są drobne zmiany strukturalne w strefie przyzgrzeinowej.

- metalograficzna analiza połączenia nie wykazała występowania faz $TiAl_3$ i γ . Potwierdza to również przeprowadzona sonda (rys.8). Jak wynika z rysunku, na przestrzeni około $14 \mu m$ można zaobserwować wzajemną dyfuzję aluminium z tytanem, nie występuje natomiast nigdzie żadna ze wspomnianych faz międzymetalicznych.

Reasumując, można stwierdzić, że w wyniku badań otrzymano dobre jakościowo połączenie obu metali w stanie czystym technicznie (WT1-0 - A00) metodą zgrzewania tarciovego, stosując typowe urządzenia produkcji krajowej. Technologia przygotowania powierzchni do łączenia przewiduje dodatkową operację - spęczanie - jedynie dla prętów aluminiowych. Uzyskane połączenie posiada niezbędny standard jakościowy, kwalifikujący je do stosowania w budowie pewnych elementów aparatury chemicznej, technologię produkcji, które opracowuje się obecnie w Instytucie.

Niniejsze badania należy traktować jako przyczynek do całokształtu badań nad łączeniem tych dwóch metali i ich stopów. Niemniej jednak ważność tego etapu badań jest duża z uwagi nie tylko na uzyskanie dobrego jakościowo połączenia czystych technicznie metali, lecz również dlatego, że czyste aluminium może być przekładką w procesie łączenia tytanu i jego stopów ze stopami aluminium [1].

Podane w niniejszym artykule parametry mają charakter orientacyjny i przy ich stosowaniu należy szczegółowo przeanalizować warunki konstrukcyjno technologiczne złącza.

LITERATURA

- [1] Fridland L.A.: Swarka aluminijsa s titanom, Swarocznoje proizwodstwo, 1963 nr 11.
- [2] Rabkin D.M., Rjabow W.R., Gurewicz S.M.: Swarka raznorodnych metalow, "Technika" Kijów, 1975.
- [3] Osokin A.A., Myskowa A.P. i in.: Osobiennosti cbrazowanija sojedinienija titanogo spława s aluminijem pri swarkie pławlenijem, Awtomaticheskaja swarka, 1978 nr 8, str. 14-16.
- [4] Neuman H.A., Richter E.: Tabellenbuch Schweiss - und Lottechnik. VEB Verlag technik, Berlin, 1976.

Recenzent

Doc.dr hab. inż. A.Klimpel

THE FRICTION WELDING OF TITANUM WT1-0 WITH ALUMINIUM A00

SUMMARY

The investigation results of the friction welding of titanium WT1-0 with aluminium A00 carried out in the Institute of Plastic Working and Welding, Politechnic University of Czestochowa have been shown. The way of preparing elements for welding, the choice of technological factors, and results of strength, technological and metalografic tests have been discussed.

The conditions for getting welded joints of satisfactory quality and technological indications for titanium and aluminium friction welding for typical home devices have been given.

СВАРКА ТРЕНИЕМ ТИТАНА ВТ1-0 С АЛЮМИНИЕМ А00

РЕЗЮМЕ

В настоящей работе представлены результаты исследований проведенных на Кафедре пластической обработки и сварки Ченстоховского политехнического института в области сварки трением технически чистого титана ВТ1-0 с алюминием А00.

Рассмотрены способы изготовления элементов для сварки, подбор параметров, результаты прочностных, технологических и металлографических исследований проведенных на полученных соединениях.

Указаны условия получения удовлетворяющих качественных соединений и даны технологические указания для сварки трением титана с алюминием при помощи отечественных устройств.

T a b l i c a 1

Skład chemiczny tytanu WT1-0

Gatunek	Zawartość zanieczyszczeń w %									Ti %
	Mn	Al	C	O	N	H	Fe	V	Si	
WT1-0	-	-	0,10	0,12	0,04	0,01	0,30	-	0,15	99,28

T a b l i c a 2

Skład chemiczny aluminium A00

Gatunek	Zawartość zanieczyszczeń w %									Al %
	Cr	Ni	Cu	Mn	Mg	Pb	Si	Zn	Fe	
A00	-	0,01	0,003	0,02	0,003	-	0,05	0,02	0,001	99,89

T a b l i c a 3

Właściwości mechaniczne Ti i Al

Gatunek	R_m / MPa /	R_e / MPa /	A / % /
	WT1-0	480	420
A00	108	90	38

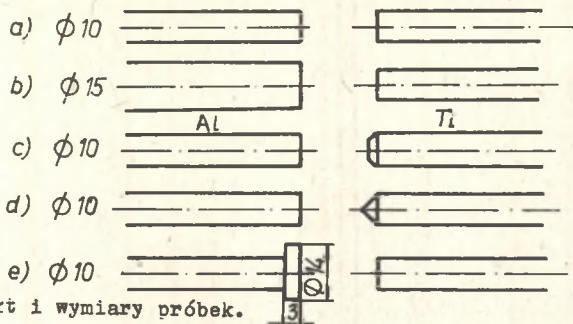
T a b l i c a 4

Parametry zgrzewania tarciovego tytanu z aluminium

Nr próby	Wariant próbki wg rys.1	Czas / s /		Siła / daN /		
		tarcia	spęczenia	docisku	spęczenia	
I	z	"a"	3,56	1,83	1000	3000
II		"b"	4,97	2,35	1000	3500
III	z	"c"	2,74	1,23	400	3000
IV	z	"d"	4,97	0,50	400	2500
V		"e"	2,74	1,83	600	3200
VI	z	"e"	2,74	1,83	800	3000
Uwaga: "z" - zniszczenie próbki w zgrzeinie						

Parametry stałe w trakcie badań:

- czas końcowej fazy dosuwu suportu - 0,12 s
- czas opóźnienia momentu włączenia silnika - 0,24 s
- czas opóźnienia hamowania silnika - 0,12 s



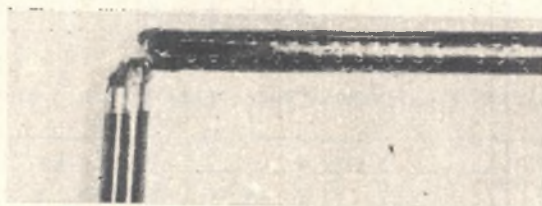
Rys.1. Kształt i wymiary próbek.



Rys.2. Wygląd próbki po zgrzaniu - wariant "b".-



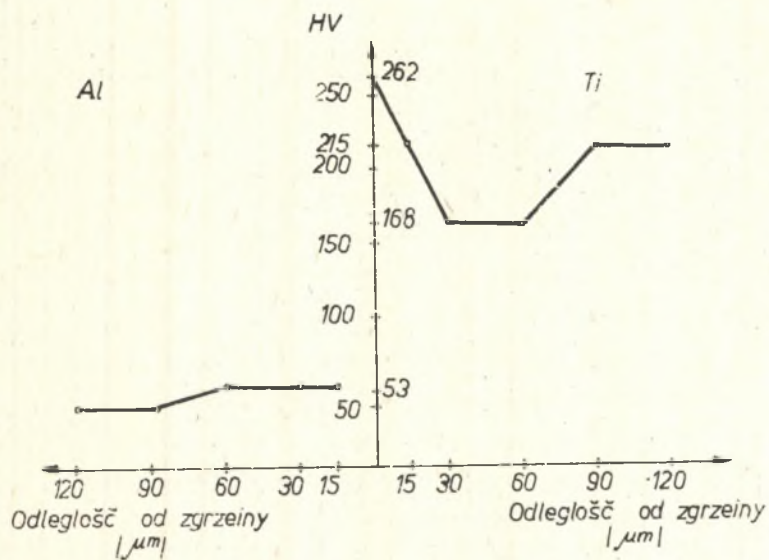
Rys.3. Wygląd próbki po zgrzaniu - wariant "e".



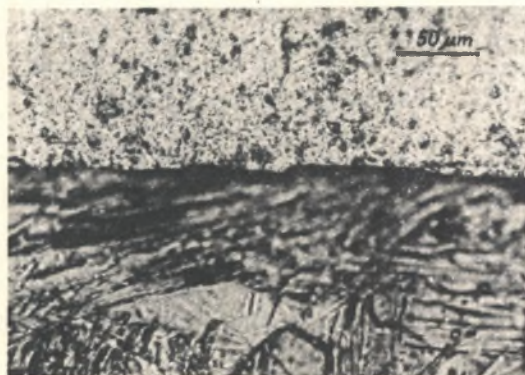
Rys.4. Wygląd złącza po próbie zginania.



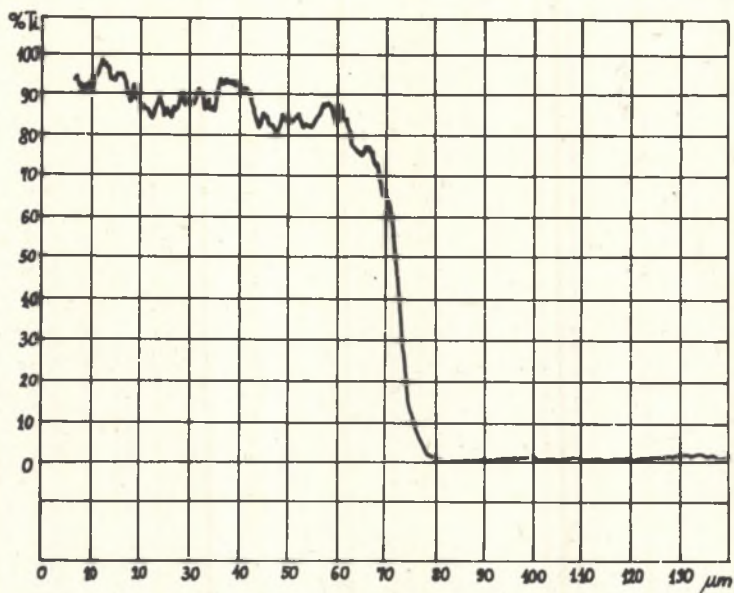
Rys.5. Wygląd złącza po próbie skręcania.



Rys.6. Rozkład twardości w złączeniu Ti-Al.



Rys.7. Mikrostruktura złącza Ti-Al - pow.300x.



Rys.8. Mikroanaliza złącza Ti-Al.