

# 경 금 속 의 접합기술 (Ti-합금) (Brazing Technique of Light Material - Ti-Alloy)

김 대 순  
현대중공업(주), 산업기술연구소

D. S. KIM  
(Hyundai Heavy Ind. Co., Ltd., Industrial Research Institute)

## 1. 서 론

Ti과 그 합금은 Sea water나 산용액에 대한 높은 내부식성과 낮은 비중량에도 불구하고 고강도의 특성을 가지고 있기 때문에 Power plant와 같은 Chemical industries나 항공우주산업에 많이 이용되고 있는 재료이다.

안전성의 측면에서 Ti-base의 structure는 아직까지 Form fit-up 형태로 대부분 체결되고 있으며 Electron beam W/D이나 Diffusion W/D은 기하학적 구조가 간단한 곳에만 이용되고 있다. Superplastic forming과 관련하여 Diffusion W/D이 Stiffened plate의 생산이나 Honeycomb structure의 제작에 일부 적용되고 있다. Conventional method인 TIG W/D도 가능하나 Ti의 수소, 산소, 질소에 대한 높은 친화력 때문에 joint에서의 Embrittlement가 문제가 된다.

진공 Brazing방법이 이러한 Ti합금의 접합방법으로써 각광받고 있으나 아직까지는 중, 소형이나 복잡한 구조물에 한정되어 있으며 여러가지의 새로운 접합방법 및 접합재료들이 들어 연구, 개발단계에 놓여있다. 본 연구에서는 이러한 Ti합금의 진공 Brazing joint의 내부식성과 강도를 향상시키기 위한 여러가지의 Filler material(Ti-Cu-Ni-base)을 개발하여 평가하였으며 적정 Filler material에 대한 되도록이면 낮은 Brazing temperature (900℃~930℃)에서의 Wetting력을 갖는 Filler의 개발에 주안점을 두었다.

## 2. Ti 합금의 Brazing

전술한 바와 같이 Ti은 H, O, N에 대한 높은 친화력 때문에 진공이나 Noble gas 분위기하에서 접합된다. Cost측면과 Quality측면에서 진공분위기가 일반적으로 적용되고 있다. 약  $10^{-4}$  mb에서 Ti은 용해산소에 의한 Hardening 현상때문에  $10^{-5}$  mb 이하의 Pressure가 추천되고 있다. 아울러서 Nitric acid에 의한 표면 Cleaning의 전처리작업에 세심한 주의를 기울여야 하며 Joint내의 이물질이나 수분을 완전히 제거시켜 주어야 한다. 본연구에서는  $10^{-5}$  -  $10^{-6}$  mb의 진공 Furnace를 사용하였으며 Brazing filler material의 용융을 위해 자체 제작한 Arc Melting furnace를 사용하였다. 접합대상의 모재는 Plant 산업이나 항공기 부품용으로 많이 사용되는 TiAl6V4를 사용하였고 Joint부의 강도는 인장 Test로, 내부식성은 Potentiodynamic method로 평가하였다.

## 3. 실험 결과

TiAl6V4는 Brittle 한  $\beta$ -Phase의 형성때문에 Brazing temperature가 약  $950^{\circ}\text{C}$ 까지로 제한되어 있다. 다음의 도표1은 여러가지의 Brazing filler material에 대한 인장강도를 보여주고 있으며 Ti-base의 Filler material이 가장 좋은 결과를 나타내고 있다. Fig.1은 Joint부의 내부식성 실험결과이고 Fig.2, Fig.3과 Fig.4는 각각 Al-, Ti-, Ti-Zr-base의 Filler material에 대한 접합부의 Microstructure를 보여주고 있으며 그들의 조성에 따라 순수 Ti-Phase나 Brittle 한  $\beta$ -Phase의 형성을 알 수 있었다. 상용의 TiCuNi합금의 경우 Joint Clearance  $50\mu\text{m}$ 에서  $100\text{-}120\mu\text{m}$  넓이의 침상구조의 Diffusion 영역이 형성 되었으며 넓은 Joint clearance에서는 중심부에 강도를 저하시키는 Ni-, Cu-rich Phase의 생성이 관찰되었다.

## 4. 결 론

Ti합금의 Brazing은 용접이나 Cost가 높은 Form fit-up 방법을 대체할 수 있는 방법이다. 기계적인 특성이나 화학적인 특성에 따라 상용의 Al-, Ag-base의 Filler material을 사용하여 구조물을 제작할 수 있으며 만약에 Joint부의 기계적인 강도가 모재의 강도와 비슷한 수준으로 요구어진다면 하더라도 본연구의 결과에서 볼 수 있듯이 Ti-base의 Filler material을 사용하여 그 요구를 만족시킬 수 있다.

Lot	Pr.-Nr.	$R_m$ (N/mm <sup>2</sup> )	Lot	Pr.-Nr.	$R_m$ (N/mm <sup>2</sup> )
TiCuNi	A01	573.0	AgCuPd	B03	328.2
	A03	367.8		B52	328.0
	A04	353.4		B53	279.0
	A05	788.7		B54	205.0
	A07	290.0	AgAl5	C01	406.0
	A08	422.6		C52	283.0
	A09	412.0		C53	393.0
	A42	452.7	A199.9	D54	168.0

Table 1 Tensile Strength of TiAl6V4 Joints with Al-, Ag-, Ti-base Filler Materials

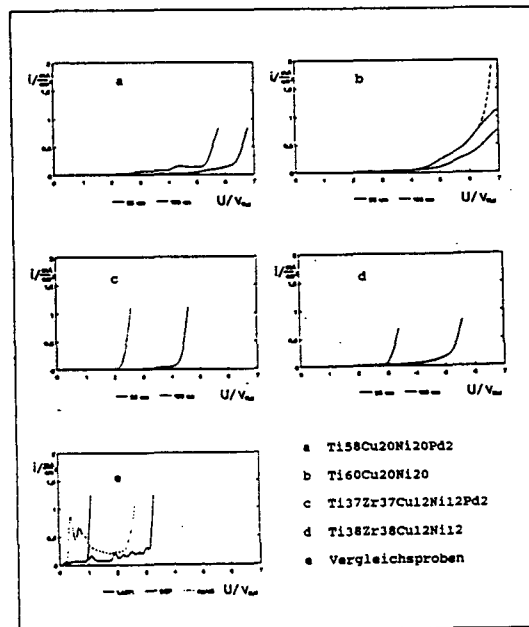


Fig.1 Corrosion Resistance of various TiAl6V4 Joints with Potentiodynamic Test ( NaCl Solution 20 g/l, Room Temperature)

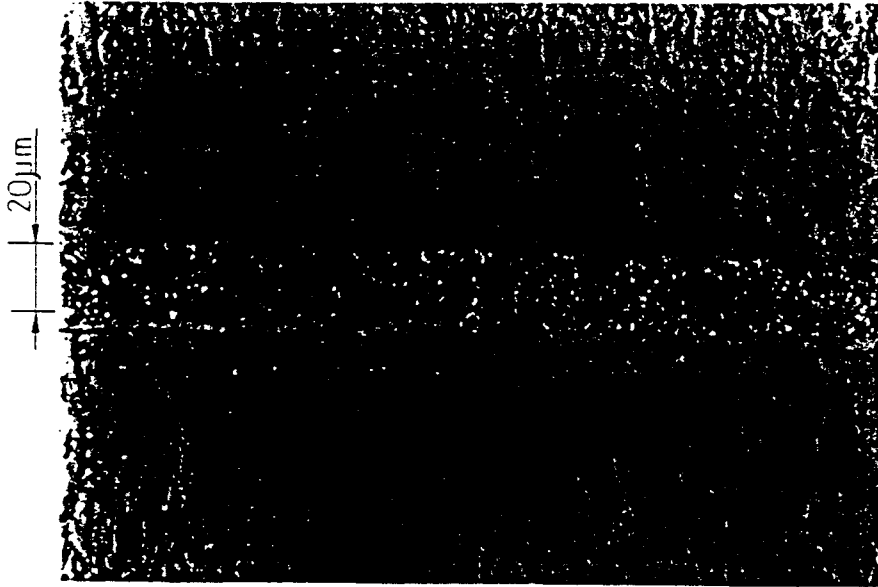


Fig.2 Microstructure of brazed Joint with Pure Aluminium (710 C, 10 min.)

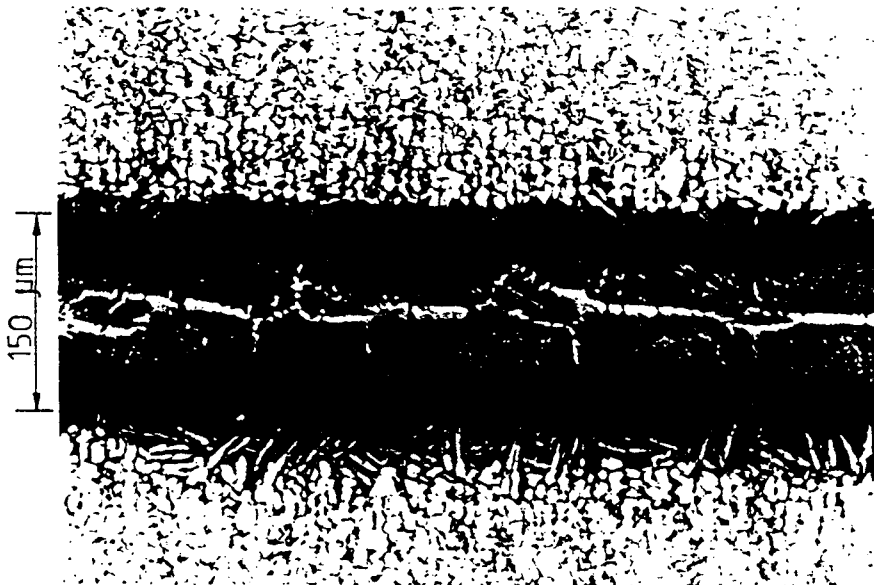


Fig.3 Microstructure of brazed Joint with Ti-Cu-Ni (950 C, 10 min.)

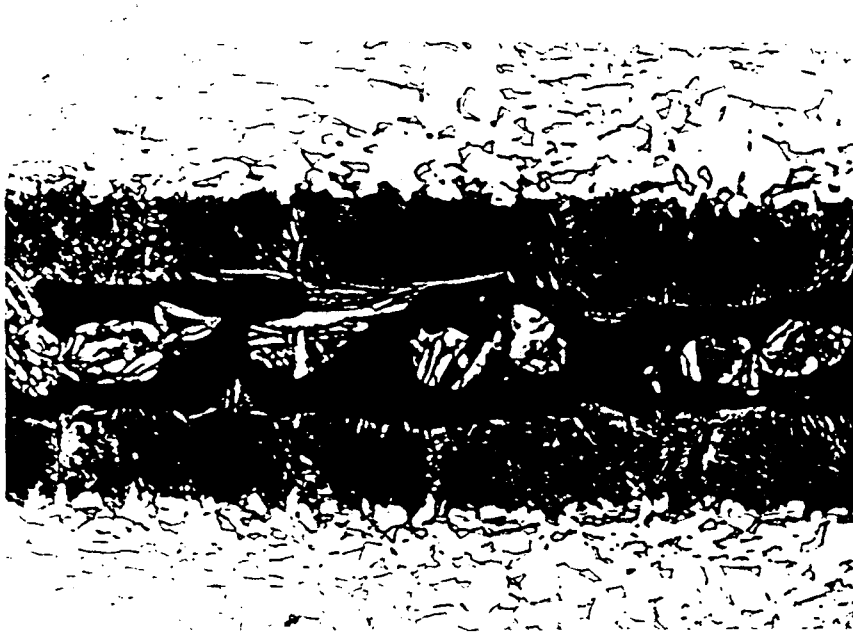
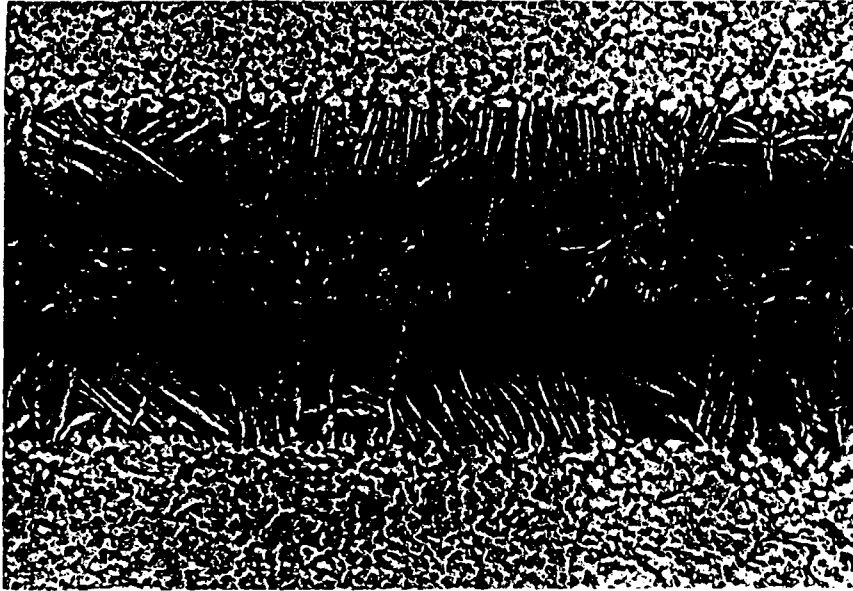


Fig.4 Microstructure of brazed Joint with Ti-Zr-Cu-Ni (930 C, 10 min.)