

순Ti 및 Ti-6Al-4V합금의 기계적 성질에 미치는 용접조건에 영향
 Effect of Welding Process Parameters on the Mechanical Properties of Pure
 Ti and Ti-6Al-4V Alloy

* 김주우, 유정희, 이규복, 이오연
 전북대학교 공과대학 신소재공학부, 전북 전주시 덕진구 덕진동 1가

1. 서론

최근 탄소강과 스테인레스강 등의 기존 소재보다도 고온강도 및 고온 내식성이 더욱 우수한 새로운 소재의 요구추세에 따라 Ti 및 Ti합금이 각광을 받고 있다^{1,2)}. 이 Ti 및 Ti 합금은 비강도, 파괴인성, 내열성 등이 크고, 우수한 내식성을 갖기 때문에 각종 화학 플랜트의 반응기, 열교환기, 농축기, 흡수탑 및 극저온 용기, 구조물 등에 널리 이용되고 있다³⁾. 또한 항공기부품, 로켓, 미사일 등의 외각, 제트기의 엔진 케이스, 엔진 블레이드, 잠수함의 배기계통에도 폭넓게 이용되고 있다⁴⁾.

Ti 및 Ti합금의 용접은 고온에서 대기중의 산소, 질소, 탄소 및 수소 등 침입형 원소의 영향을 쉽게 받으므로 고순도의 보호가스가 필요하며 불활성가스 아크용접이 주로 이용되어 왔으나 최근 TIG, MIG 외에 다양한 용접방법이 연구되고 있다. 지금까지 국내에서 순Ti 및 Ti합금의 용접기술에 대한 연구는 미미하여 이에 대한 신뢰성 및 경제성이 높은 실용가능한 용접기술의 개발이 시급히 요청되고 있는 실정이다.

본 연구에서는 순Ti 및 Ti-6Al-4V합금에 대한 최적 용접조건에 설정, 용접부의 주요 결함 원인 및 용접부의 기계적 성질측정 등을 통하여 티타늄합금의 용접성에 대해 조사하였다.

2. 실험방법

본 연구에서 사용한 용접시편은 두께 3mm 및 10mm의 공업용 순Ti (ASTM, Grade 2)과 두께 5mm의 Ti-6Al-4V합금(ASTM, Grade 5)이며, 용접봉은 직경 2.4mm의 순 Ti용 용접봉(ERTi-2) 및 Ti-6Al-4V합금(Grade5)용 용접봉(ERTi-5)을 사용하였다.

Table 1은 순 Ti와 Ti-6Al-4V합금의 화학조성을 나타내었고 본 실험의 용접조건은 Table 2와 같다. 용접 시험편은 두께 3mm, 5mm 및 10mm의 모재를 길이 200mm, 폭 80mm 로 절단가공하여 V형 groove형상으로 제작하였다. 용접은 수동 TIG 용접기를 사용하여 두께 3mm의 순 Ti 시편은 1~2층 용접, 두께 10mm의 시편은 다층 용접(8층), 두께 5mm의 Ti-6Al-4V 합금 시편은 4층 용접의 맞대기용접(butt welding)을 하였다. 전극봉은 ϕ 2.4mm 텅스텐봉의 선단을 그라인더로 연삭한 다음 사용하였다.

Table 1. Chemical compositions of specimens(wt.%).

	H	O	N	Fe	C	Al	V	Ti
Pure Ti	0.013	0.2	0.05	0.25	0.1	-	-	Re.
Ti-6Al-4Valloy	0.007	0.181	0.004	0.14	0.02	6.45	4.13	Re.

Table 2. Optimum welding conditions of TIG welding in Ti and Ti-6Al-4V alloy.

Amps range (A)	Voltage range (V)	Welding speed (cm/min.)	Back shielding torch gas flow (ℓ/min.)	Gas flow (ℓ/min.)	Root gap (mm)
83~92	10~13	11~13	13~15	15	1.5~2.4

3. 실험결과

Fig. 1은 8패스의 다층용접한 두께 10mm 순 Ti 시편 용접부의 경도분포를 나타낸 것이다. 모재는 약 160Hv 정도의 경도값을 나타내었고 열영향부에서는 약 170~180Hv, 용접금속에서는 200~250Hv 정도이었다. 용접부의 경도는 처음 1~2 패스쪽보다 마지막 6~7 패스쪽이 약간 높았다. 이것은 처음 1~2 패스 용접시보다 패스수가 많아질 수록 용접부에 질소와 같은 불순 가스량이 증가하게 되어 β 상으로부터 변태된 침상 α 상 조직이 생성됨으로서 경화가 일어나기 때문이다.

Fig. 2는 Ar 가스의 순도에 따른 용접부의 인장성질을 나타낸 것으로서 Ar 가스의 순도가 증가함에 따라 강도는 감소하나 연성은 증가하였다. 이와 같은 현상은 Ar 가스중의 불순물(산소, 질소 등)이 용착부에 용입될 뿐만아니라 고온에서 Ti과 반응하여 용착부가 경화되기 때문이라고 생각된다.

Fig. 3은 용접시편의 기공수에 따른 인장성질을 나타낸 것이다. 용접부에서 기공수가 증가함에 따라 인장강도와 연성이 직선적으로 감소하고 있음을 알 수 있다. 따라서 Ti의 용접에서 양호한 기계적 성질을 얻기 위해서는 기공이 발생하지 않도록 주의해야한다.

Fig. 4는 두께 10mm의 순 Ti 시편 용접에서 패스간 온도가 250℃인 경우와 100℃인 경우의 인장성질을 비교한 것이다. 패스간 온도가 높을 경우 강도는 약간 증가하는 현상을 보이지만 연성은 상당히 감소하였다. 대기중에서 용접하는 경우에 패스간 온도는 용융금속의 표면산화를 방지하기 위하여 낮게 해야 하며 100℃이하로 유지하는 것이 바람직하다.

4. 결론

순 Ti 및 Ti-6Al-4V 합금의 TIG 용접시 최적 용접조건, 용접부의 결함발생 원인 및 용접부의 기계적성질 등을 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 적정 용접조건은 전류 83~92A, 전압 10~13V, 속도 11~13cm/min, backing gas 유량 13~15ℓ/min, Ar 실드 가스 유량 약 15ℓ/min, root gap 1.5~2.4mm이었다.
- 2) 두께 10mm인 순 Ti 시편의 다층 용접시 용접금속의 산화를 방지하기 위하여 패스간 온도는 100℃ 이하로 유지하는 것이 바람직하다.
- 3) Ti판재 용접시 용접부의 기계적성질은 실드 가스의 순도에 크게 영향을 받으며 저순도(99.9%Ar)에서 고순도(99.995%Ar)로 증가함에 따라 강도는 감소하나 연성은 증가하였다.
- 4) 순 Ti 및 Ti-6Al-4V합금의 용접부 경도는 모두 모재보다 증가하였으며 순 Ti의 모재는 160 Hv, 용접부는 250 Hv이었고 Ti-6Al-4V합금의 모재는 약 250 Hv, 용접부는 340 Hv이었다.

참 고 문 헌

1. 草道英武, 松本年男 : 鐵 と 鋼, vol. 69(1983), p.1215
2. 草道英武 : 鐵 と 鋼, vol. 71(1985), p.626
3. 新 成夫 : 溶接界, vol. 19(1967), p.286~301
4. 森口康夫 : Titanium' 84, vol. 2(1984), p.1059

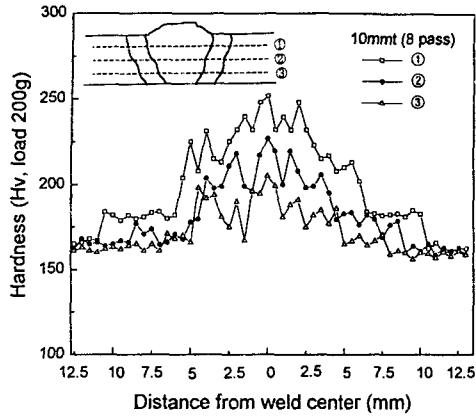


Fig.1 Hardness distribution of butt welded Ti plate.

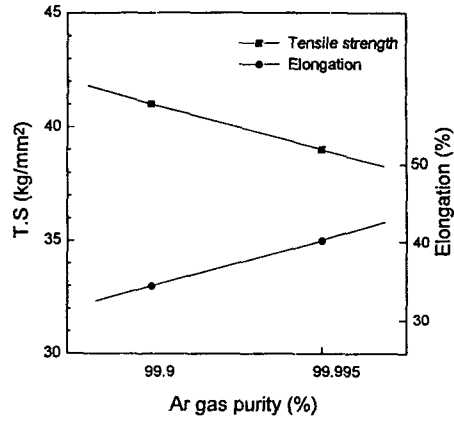


Fig.2 Effect of Ar gas purity on the tensile properties.

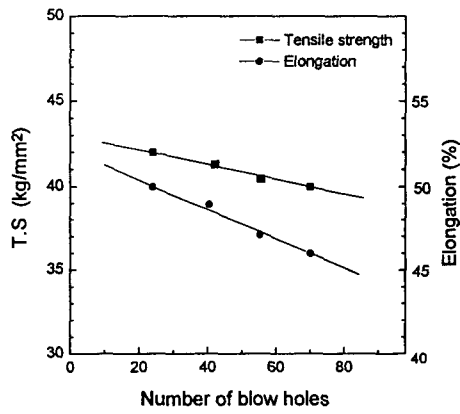


Fig.3 Effect of number of blow holes on the tensile properties.

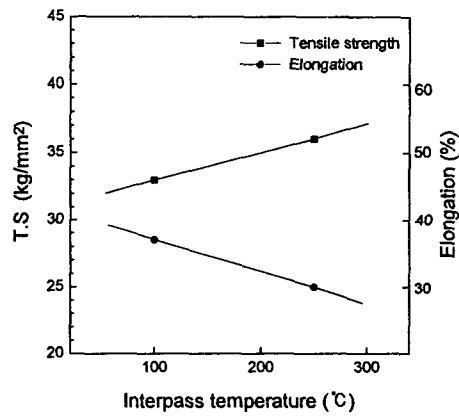


Fig.4 Effect of interpass temperature on the tensile properties.