

GTA 용접된 알루미늄합금 용접부의 제특성에 관한 연구

Weld Characteristics of Aluminium Alloys Welded with GTA

○ 이훈상*, 정병호**, 박화순***, 강정윤****

*부경대학교 대학원 금속공학과, 부산

**부경대학교 금속공학과, 부산

***부경대학교 재료공학과, 부산

****부산대학교 금속공학과, 부산

1. 서론

Al합금이 경량화의 목적으로 구조재로 사용되기 위해서는 고강도가 요구되며, 또 동시에 용접성, 특히 용융용접성이 우수해야 하는 것은 필요불가결하다. 이에 따라 박판 및 중·후판의 구조용 Al합금재에 주로 사용되는 대표적인 아-크 용접인 MIG나 TIG용접 등은 종래부터 그 에너지 밀도가 낮다는 고유특성에 의해 대입열용접을 함으로서 발생하는 변형 및 결함의 증대와 고온균열 감수성의 증가는 중요한 문제로 대두되고 있다. 따라서 경량구조용 Al 합금의 용접시 고능률성, 고신뢰성 확보를 위해 용접부에 발생하는 제결함의 발생을 방지 또는 저감시키는 용접방법 및 조건 등을 채택하는 것이 당연한 과제라 할 수 있다. 최근 Al합금의 용접시 보호가스로 Ar 대신 He가스를 사용한 DCSP 및 AC-TIG용접이 고능률, 소변형의 관점에서 많이 적용되고 있으나, 이러한 용접법을 각 계열별 Al합금재에 적용시켜 제특성을 비교·검토한 연구는 거의 없는 실정이다. 따라서 본 실험에서는 용접구조재로 다용되고 있는 각 중 Al합금에 He 및 Ar의 보호가스를 각각 사용한 DCSP 및 AC-TIG용접을 실시하여 용접조건에 따른 용접부의 제특성에 대하여 기초적인 연구를 수행하였다.

2. 사용재료 및 실험방법

본 실험에 사용된 재료는 A3003, A5083의 비열처리성 Al합금과 A2017, A6N01, A7N01의 열처리성 Al합금으로, 두께 4mm의 가공용 판재에 표 1과 같은 용접방법 및 조건으로 용가제 없이 Bead on plate 용접을 실시하였다. 용접부의 제특성은 단면조직과 더불어 비드형상비, 용접금속의 기공, 균열, 성분분석 등을 비교·검토하였고, 또 단면경도도 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

- ① 비드의 형상비는 He-DCSP > He-AC > Ar-DCSP > Ar-AC TIG용접의 순서로 나타났으며, He-DCSP용접시 가장 큰 용입을 나타내었다(Fig.1 참조).
- ② 용접금속은 에피텍탈 성장한 주상정과 등축정의 혼합조직이 주로 나타났으며, 균열이 발생된 6N01을 제외한 전 합금에서 미세하고 건전한 용접부 조직을 나타내었다. 그러나 용접전류의 증가에 따른 용접부 조직의 조대화는 Fig.2와 같이 6N01 Al합금이 타합금에 비해 다소 크게 나타났다.
- ③ 용접금속의 성분분석은 열처리성 Al합금인 2017에서 Cu, 6N01에서 Si, 7N01에서 Zn이 없으며, 비열처리성의 Al합금인 3003에서 Fe와 Mn, 그리고 5083에서 Mg와 Mn이 소량 관찰되었다. 또, 3003과 7N01 Al합금에서 결정립 크기가 일부 변화된 규칙적인 띠 모양의 용질밴드(Solute band or Layer line)가 관찰되었으나 용질분석은 없었다.

- ④ 비열처리성의 3003 Al합금은 용접전류의 증가로 HAZ의 연화구역 폭이 증가되는 경향을 나타내었으나, 5083은 연화구역이 거의 없는 양호한 경도분포를 나타내어 용접성이 양호한 것으로 확인되었다. 한편, 열처리성의 2017이나 6N01 Al합금은 HAZ에 경도값이 다소 낮은 연화구역(석출물재고용+과시효구역)이 나타났으나 용접조건에 따른 차이는 크지 않았다. 또 7N01은 HAZ의 경도가 자연시효에 의해 모재의 경도값으로 쉽게 회복됨을 보여 용접후 일정기간 실온방치시 양호한 경도분포를 나타내었다. Fig.3에 3003 및 6N01 Al합금에 대한 용접부 단면의 경도분포를 대표적으로 나타내었다.
- ⑤ He-DCSP 및 He-AC TIG용접과 더불어 Ar-DCSP TIG용접은 용접금속에 소량의 미세기공들만 관찰되었으나, Ar-AC TIG용접에서는 비드표면 근처에 다수의 등근기공들이 관찰되었다. Fig.4는 Ar-AC TIG용접에서 기공율과 5083 Al합금의 기공형태를 대표적으로 나타낸다.
- ⑥ 응고균열은 6N01 Al합금에서만 발생되었으며, 용접전류가 클수록 균열의 발생이 크게 나타났다. Fig.5는 비드균열율을 나타낸 것으로 He가스를 사용한 경우만 균열이 나타났으며, 용접전류가 클 때는 He-AC용접이 He-DCSP용접시보다 더 큰 균열율을 나타내었다. 그리고 Fig.6에서와 같이 He-AC용접의 경우, 전류가 크면 용입이 안된 HAZ의 입계까지 균열이 전파된 HAZ 액화균열의 형태도 관찰되었다. 균열의 원인은 입계의 Si 및 Fe편석과 더불어 용접부 조직의 조대화가 영향을 미친 것으로 판단되었다.
- ⑦ 크레이터균열은 주로 He-AC TIG용접시 전류가 클수록 증가 되었으며, 전형적인 형태를 나타내었다. 본 연구의 조건에서 크레이터균열은 6N01 > 7N01 > 2017 Al합금 순으로 나타났으나, 3003과 5083 Al합금은 용접전류가 증가되어도 발생되지 않았다.

Table 1 GTA welding conditions of bead on plate

Welding Process	Welding speed (cpm)	Welding current (A)	Shield gas (ℓ/min)	Electrode (mm dia.)	Distance of electrode (mm)	Margin angle of electrode tip
DCSP	25	60~100	He(15) Ar(20)	Pure W	2.4	45°
AC	25	80~100	He(15) Ar(20)	Pure W	4	60°

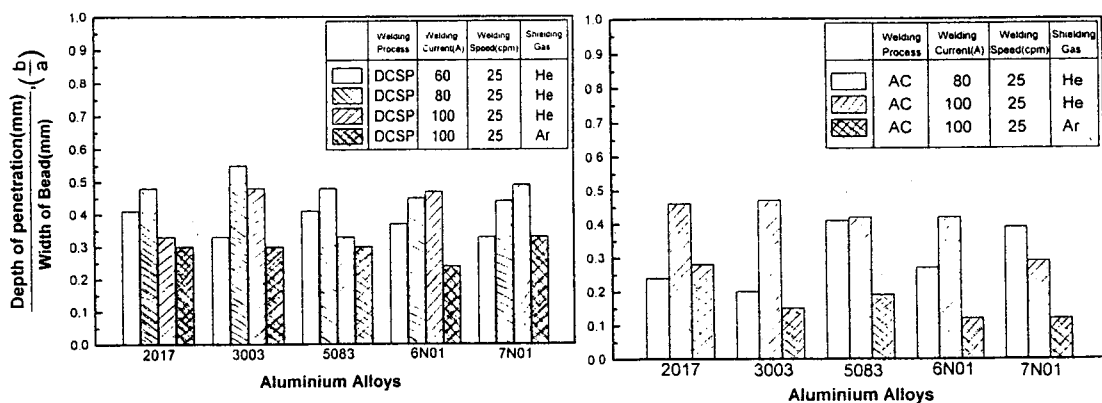


Fig.1 Variation of aspect ratio with welding conditions

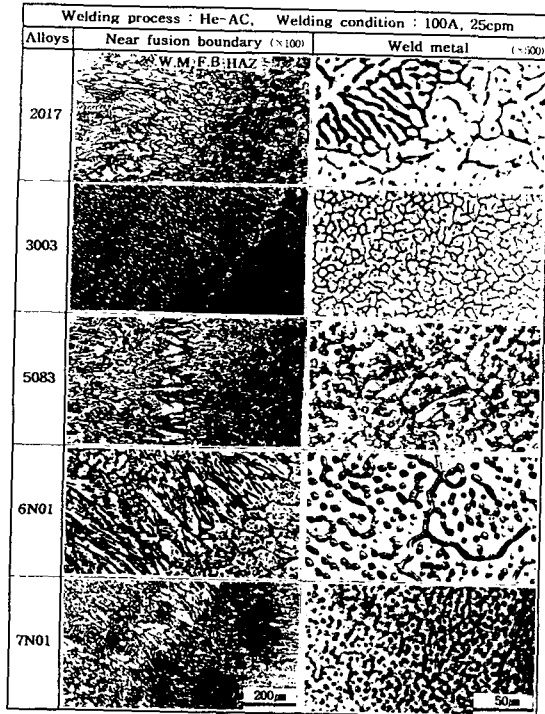


Fig.2 Microstructure of weld metal and HAZ near fusion boundary

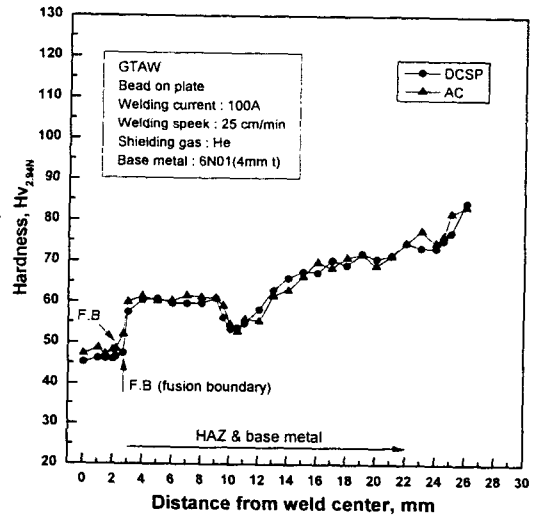
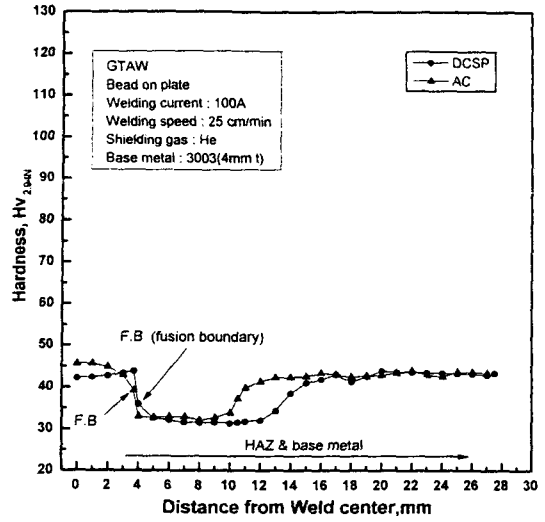


Fig.3 Hardness distribution of 3003 and 6N01 alloy

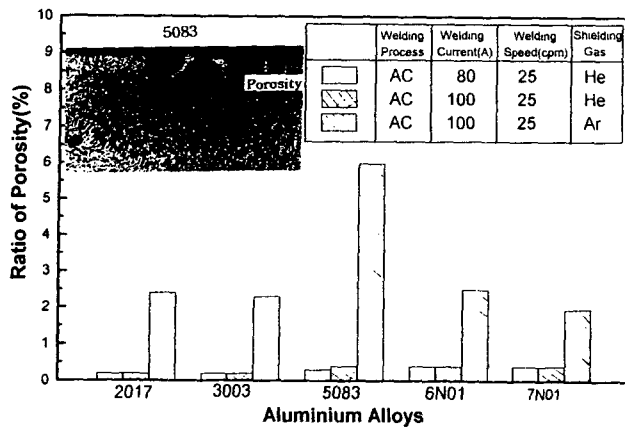


Fig.4 Variation of porosity ration(%) with welding conditions in AC-TIG welding

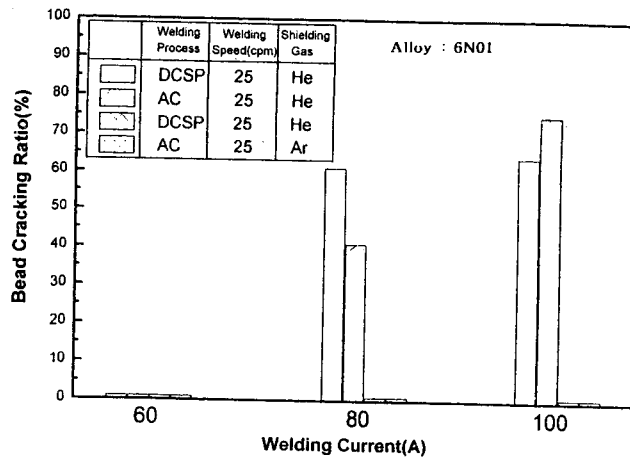


Fig.5 Relationship between bead cracking ratio(%) and welding current in 6N01 alloy

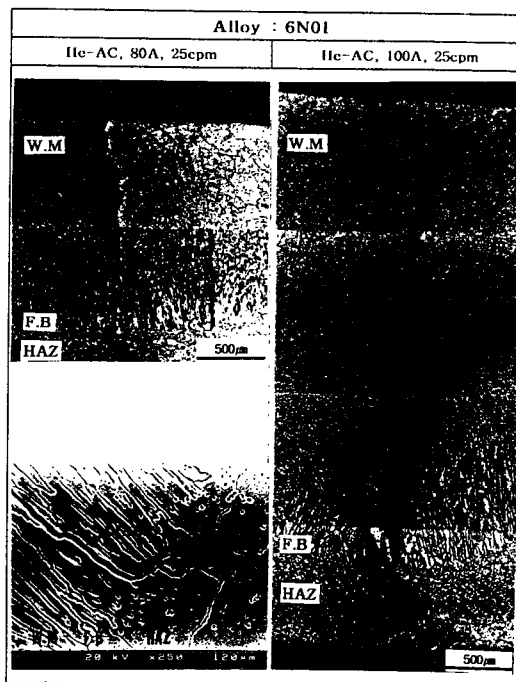


Fig.6 Weld metal microstructure near crack of 6N01 alloy in He-AC welding

4. 참고문헌

- 1) 杉山禎彦; 輕金屬溶接, vol. 16, No. 10, (1978), pp. 1~6
- 2) 永岡榮之, 入澤敏夫; 輕金屬溶接, vol. 21, No. 9, (1983), pp. 12~23
- 3) 木付裕, 原田進ら; 溶接學會論文集, vol. 15, No. 1, (1997), pp. 45~50
- 4) 日向輝彦, 安田克彦ら; 輕金屬溶接, vol. 29, No. 1, (1991), pp. 15~23