급속응고 제조된 알루미늄 합금의 용접특성에 관한 연구

김환태, 황선효, 고진현*, 조성석**
한국기계연구원, *한국기술교육대학, **충남대급속응고신소재연구소

Weldability of Aluminum Alloys Made by the
Rapid Solidification Powder Metallurgy

H. T. Kim, S.H.Hwang, J.H.Koh, S.S.Cho

1. 서 론

고강도 Al합금은 밀도가 낮고, 인장강도와 항복강도가 높으며 내식성이 있고 용이하게 가공될 수 있기 때문에 항공, 해양구조물과 육상수송장비등에 사용된다. 최근에는 용접용 고강도 Al합금을 급속응고분말야금(Rapid solidifcation Powder Metallurgy, RS-P/M)법으로 개발할려는 연구가 활발히 진행중에 있다.

RS-P/M의 특징은 응고중 핵생성 시간이 짧기 때문에 결정입 크기가 감소되고 과포화를 증대하여 주조시 Al에 합금되는 원소들 Mg, Si, Cu와 Zn뿐 아니라 Ti, Mn, Cr, Fe 및 Ni 등을 고용할 수 있어 합금범위를 확대하며 편석없이 석출경화 효과도 얻을수 있다. 그리고 I/M 및 P/M법으로 제조된 Al 합금에서는 기공이 심하게 발생하지만 RS-P/M법으로 제조된 합금은 atomization과consolidation 기술에 의하여 분말산화 및 수화(hydration)를 최소화 시킬 수 있어 기공없는 용접부를 얻을수 있다

본 실험에서는 RS-P/M법으로 제조한 Al-Mg계 합금인 5456Cr 합금 용접부의 강도와 연성등 기계적 성질과 미세조직 및 Varestraint 시험을 통하여 용접성을 조사하였으며 이 분말압출재가 GTAW와 EBW로 용접될때 최적조건을 확립하고 또 주조재인 5083 Al 합금 압연 및 압출재를 사용하여 용접성을 비교하였다.

2. 실 험 방 법

2.1 재료

본 실험에서 사용한 고강도 알루미늄 분말압출합금, 주조압출합금과 용접봉의 조성은 Table 1과 같다.

2.2 시편용접

Al 합금 용접부의 비이드 외관과 기공 발생상태를 조사하기 위하여, 평판상태의 분말압출재와 주조압출재를 300A AC/DC pulse welding power source 용접기를 사용하여 GTAW로 bead-on-plate 용접하였으며 P/M 5456 압출재는 WENTGATE사 제품인 용량 6kW(60kV, 100mA) 전자빔 용접기로 10^{-5} torr 진공 chamber내에서 용접되었다.

2.3 기계적시험과 고온균열시험

모재및 용접부의 강도 및 연성을 조사하기 위하여 인장시편은 용접방향과 횡방향(transverse weld), 종방향(longitudinal weld)과 모재등 3가지로 길이 110mm, 110mm, 폭 10mm, 두께 3mm, 게이지 길이내 폭 6.4 ± 1mm로 가공하여 준비하였고 crosshead 속도는 0.2mm/min.로 시험되었다. 그리고 용접부 고온균열 발생 조사는 외부하중형 TIG-A-MG-JIG Varestraint 시험장비를 사용하여 수행되었다.

3. 결 과 및 고찰

3.1 용접비이드

Fig.1은 분말압출재와 주조압출재의 알루미늄합금이 GTAW 및 EBW호 용접된 비이드로서 arc 안정도와 탈가스처리가 중간정도인 비이드 형태는(Fig.1(a)) 대체로 비이드가 균일하고 기공발생이 적은 편이었으나, arc가 불안정했을 때는 용접비이드에 패임이 발생하고 불규칙하게 나타났다. 또한 충분히 탈가스처리된 합금의 비이드(Fig.1(b))는 주조압출재 용접비이드(fig.1(c))와 비교하여 기공이 발생하지 않았다. 전자빔 용접부에서는 용접비이드 폭과 높이가 전체적으로 균일하였고 기공도 거의 나타나지 않았다.

3.2 기계적 성질과 고온균열성질

본 연구의 용접효율(용착금속 인장강도/모재 인장강도)은 인장시험 결과 약 120%로 용접부의 강도가 모재보다 훨씬 높았다. Fig.2는 분말압출 알루미늄합금, 주조압출과 주조압연합금의 주어진 augmented strain에서 발생한 총 고온균열 길이(Total Crack Length, TCL)이다. 낮은 strain에서는 분말압출재의 고온균열 발생이 약간 높았으나 strain이 증가할수록 주조압출재의 TCL이 높게 발생하였다. 고온균열의 발생정도는 용접부 입계에 존재하는 liquid film의 상태에 달려있지만 용접부에 기공이 발생했을 경우 augmented strain이 증가할수록 이들 기공이 고온균열의 생성과 전파에 많은 영향을 미치고 있는 것으로 사료된다.

3.3 미세조직

Fig.3은 분말압출재의 본드부(bond)로서 용융선(fusion line)을 경계로 용착금속과 열영향부로 구분되며 weld pool interface와 수직방향으로 성장한 epitaxial 형태의 결정립들을 보여주고 있다.

4. 결 론

1. 본 실험을 통해 확립된 GTAW 및 EBW 용접조건에서는 파형이 규칙적이고 비이드의 폭과 높이가 균일한 용접비이드를 얻을 수 있었다.
2. 분말압출재가 불충분하게 탈가스처리되거나 용접시 아이크가 불안정한 경우 용착비이드가 불균일하고 언더컷, 패임과 기공 등의 용접결함이 발생되었다.
3. 분말압출합금은 균질화처리 온도와 재결정도 등을 적절히 조절하여 미세한 결정립을 생성하고 기공발생을 극소화함으로서 고온균열 감수성을 낮출 수 있다.

참 고 문 헌

1. J.R.Pickens, J.S.Ahearn, R.O.England, and D.C.Cooke :"High Strength Weldable Aluminum Alloys Made From Rapidly solidified Powders."in Proceedings of conference on" High Strength Powder Metallurgy Aluminum Alloys, G.J.Hildeman and M.J.Koczak, eds., ' pp.105-133, Toronto, Canada, Oct.13-18, 1985

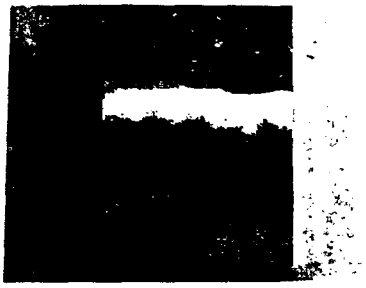
2. C.E.Cross, "Aluminum Weldability and Hot Tearing Theory", ASM Fall Meeting, 1990.

3. High Strength Aluminum Alloy, WRC Bulletin 320, 1986.

Table 1. Chemical Composition of materials (wt. %)

Material	Al	Mg	si	Cr	Mn	Ti
P/M 5456	92.87	5	0.36	1.5	0.27	-
I/M 5083	95.0	4.3	0.12	0.14	0.6	0.02
AWS ER 5356	94.5	5.12	-	0.10	0.12	0.09

(a)분말압출재



(b)분말압출재

(c)주조압출재

(d)전자빔용접부

Fig.1 Weld Bead of Aluminum Alloy

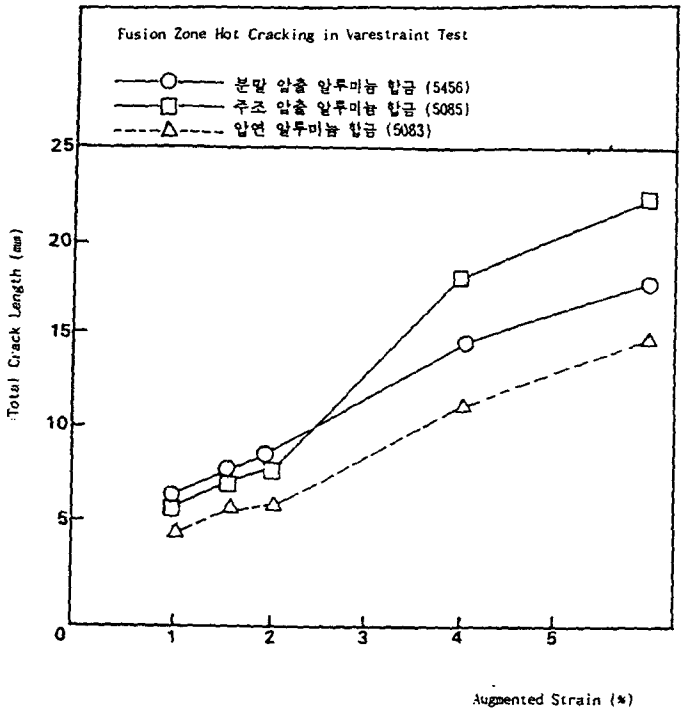


Fig. 2 Hot Cracking Results

Fig. 3 Microstructure of Weld Bond (* 300)