

# GTA용접에 의한 경량구조용 고력 AI 합금의 고온균열감수성에 관한 연구

## Hot Cracking Susceptibility of High Strength AI Alloys Using GTAW

○ 하려선\*, 정병호\*\*, 강정윤\*\*\*, 이창희\*\*\*\*, 박화순\*\*\*\*\*

\* 부경대학교 대학원 재료공학과, 부산 \*\* 부경대학교 금속공학과, 부산

\*\*\* 부산대학교 금속공학과, 부산 \*\*\*\* 한양대학교 금속공학과, 서울

\*\*\*\*\* 부경대학교 재료공학과, 부산

### 1. 서 론

항공기, 자동차, 철도차량 및 선박등의 수송분야의 경량화 추세로 AI 합금의 사용빈도가 증가일로에 있다. 그러나, AI 합금이 경량화 구조재료로서 사용되기 위해서는 구조재료로서의 고강도가 요구되며, 또 동시에 양호한 용접성이 필수적으로 요구된다. 따라서 경량구조용 고력 AI 합금의 용접부에 대한 고능률성·고신뢰성을 확보하기 위해서는 용접부에서 발생하는 제결함, 특히 고온균열의 발생을 방지 또는 저감화하는 것이 당연한 과제이며, 이에 대한 기초적이며 계통적인 연구가 필요하다.

본 연구에서는 박판고온균열시험을 통해서 경량구조용 고력 AI 합금의 아크용접부에서 발생하는 고온균열현상 및 용접부의 미세조직적 특성에 대하여 검토하였다.

### 2. 사용재료 및 실험방법

본 연구에서 사용한 재료로는, 비열처리형합금으로서 AI-Mg계의 A5083과 열처리형합금으로서 AI-Mg-Si계의 A6N01 및 AI-Zn-Mg계의 A7N01을 사용하였다. 그리고 비열처리형합금인 AI-Mn계의 A3003과 열처리형합금인 AI-Cu-Mg계의 A2017은 비교재료로서 사용하였다.

균열시험은 외부구속형 박판고온균열시험법을 사용하였는데, 이것은 Vrestraint 균열시험법과 그 원리가 같은 것으로, 시험방법을 일부 변화시킨 것이라고 할 수 있다. 이 시험에 의하여 각 스트레인양에 따른 균열을 검토하였는데, 균열감수성은 균열의 갯수, 총균열의 길이 및 가장 긴 균열의 길이 등으로 평가하였다. 이때 사용한 시험편의 형상 및 시험장치에 대한 개략도를 Fig. 1에 나타내었다.

용접은 GTAW 직류정극성(DCSP)으로 40A의 전류로 하였으며, 보호가스로 He 가스를 사용하여 25cm/min의 속도로 행하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 미세조직적 특성

A2017, 3003, 5083, 6N01 및 7N01 모재의 미세조직은 대체로 유사한 형태의 압연조직을 나타내었다. 그리고 모든 재료의 용접금속은 용융경계부에 인접하여 epitaxial 성장을 한 주상정을 나타내었으며, 이들 주상정은 A5083과 6N01에서 가장 길고 조대하였다. 그리고 용융경계부에 인접한 HAZ의 결정립은 A6N01에서 가장 조대하게 나타났다. A6N01과 7N01 합금에서는 용융경계부에 인접한 HAZ에서 부분적으로 미세한 입계균열이 관찰되기도 하였다. 용접금속 중앙부의 미세조직 관찰에 의하면, 등축정과 주상정이 혼재하는 형태를 보였는데, 결정립의 크기는 A2017, 6N01 및 7N01과 같은 시효성합금이 비시효성인 A3003과 5083

에 비하여 상대적으로 크게 나타나는 경향을 보였다.

### 3.2 고온균열시험

스트레인을 1.33, 1.00, 0.53, 0.27 및 0.13%로 변화시켜 균열발생을 검토한 결과, A3003의 경우가 가장 낮은 균열감수성을 보였으며, 대체적으로 A5083, 7N01, 2017 및 6N01의 순서로 균열감수성이 증가하는 경향을 나타내었다.

균열은 Fig. 2에 나타난 바와같이, 대체로 연속적인 주상정입계균열을 나타내었다. 이러한 균열의 발생은 용접금속에서 용융경계부쪽으로 진전하는 경향을 보였다. 그리고 용융경계부에 인접한 HAZ에서 입계균열이 일부 관찰되었는데, 이것은 본 연구에서 사용한 합금이 응고균열 뿐만 아니라, HAZ 액화균열에 대한 감수성도 높다는 것을 의미하고 있다. 특히, A6N01의 경우는 다른 재료와는 달리 스트레인을 가하지 않은 상태에서도 자체 구속에 의해서 균열이 발생하는 등 전반적으로 가장 높은 균열감수성을 나타내었다. 그리고 스트레인의 변화에 따른 균열발생률의 변화에 대한 경향은 A6N01을 제외한 모든 재료에서 뚜렷하게 나타났는데, 그 결과를 Fig. 3 및 4에 나타내었다. 타 합금에 비하여 A6N01에서 균열이 잘 발생한 것은 응고구간을 확장시키고 용해도가 큰 Mg, Si 등의 성분이 입열이 큰 경우에 균열감수성을 증가시키는 요인으로 작용하는 것으로 생각된다.

Fig. 5는 균열의 파면을 SEM으로 관찰한 일례를 나타낸 것이다. 균열은 그 발생위치에 따라 다소의 차이는 있었지만 dendrite상의 돌기가 관찰되는 전형적인 응고균열의 형태를 나타내었다.

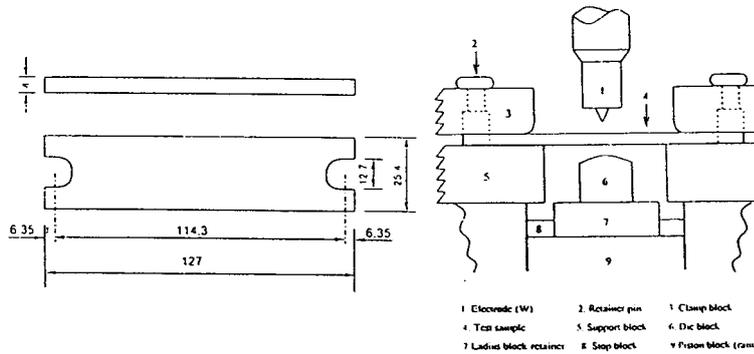


Fig. 1 Configuration and fixturing of the specimen in the modified vareststraint cracking test apparatus



Fig. 2 An example of crack occurred in A6N01 weld metal

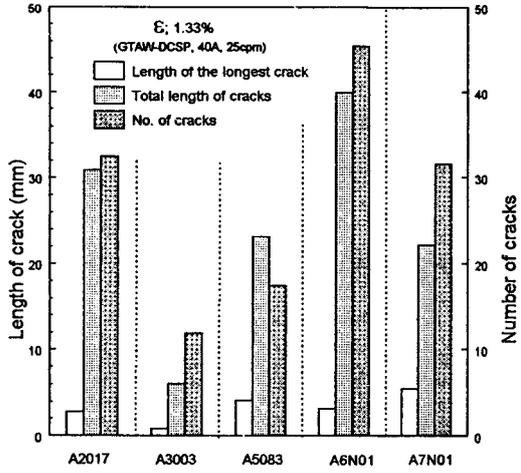


Fig. 3 Result of cracking in weld metal with 1.33% strain in the modified vareststraint cracking test

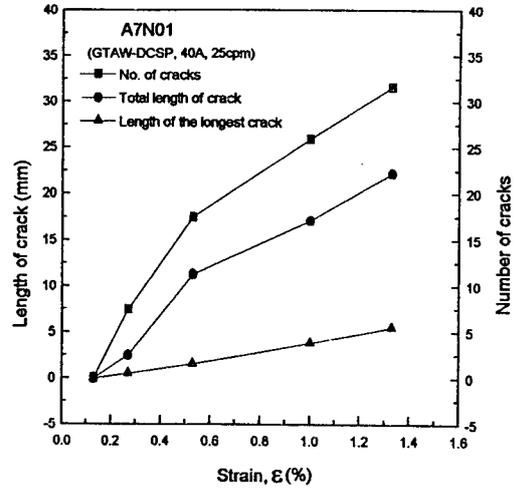


Fig. 4 Relation between length/number of cracks and augmented strain for A7N01 in the modified vareststraint cracking test

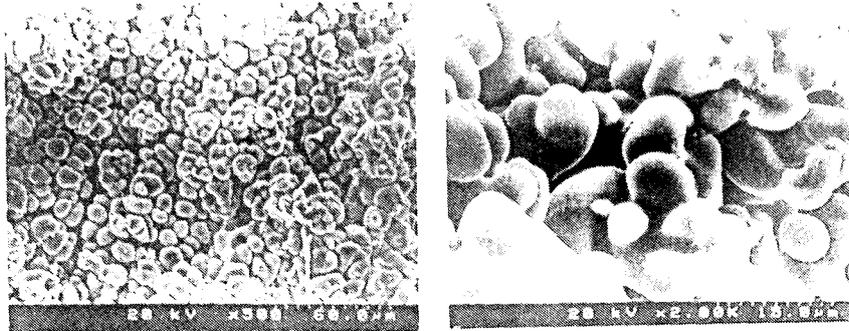


Fig. 5 SEM fractograph of crack occurred in weld metal of A2017