

알루미늄 청동 육성용접부의 균열현상에 대한 연구 (Investigation for cracking of Al-bronze overlay welds)

배상득*, 서창교, 김경주, 최기영
현대중공업(주) 산업기술연구소, 울산시 동구 전하동 1

1. 서 론

화공설비 또는 제철설비류의 용접구조물에 내식성, 내마모성 및 내해수성 등을 목적으로 알루미늄 청동재료로 육성용접하여 기기의 고기능화를 추구하고 있다. 특히, 강도가 상이한 두 재질이 마찰될 경우, 저강도 재질의 마모를 줄이기 위하여 고강도 재질에 알루미늄 청동 재료로 육성용접을 실시하고 있다. 그 예로 실린더와 마찰되는 고강도의 피스톤에 9~15% Al을 함유한 알루미늄 청동재료로 육성함으로써 윤활효과에 의한 마모를 최소화할 수 있다고 알려져 있다.^{1) 2)} 그러나, 알루미늄 청동 육성용접부에는 용착금속의 Cu가 모재의 입계로 침입하는 침동현상(Cu-infiltration)과 모재의 회석에 의한 용착금속에서 Fe-Cu상의 석출로 용착금속에서 균열이 발생된다고 보고되고 있다.³⁾ 이러한 현상은 주로 탄소강 또는 저합금강에 동합금 용접재료로 육성용접할 경우에 발생되며, 균열발생을 방지하기 위한 용접조건의 정립이 요구되고 있다.

따라서, 본 연구에서는 알루미늄 청동재료로 육성용접시, 용접조건에 따른 회석률, 경도측정 및 용접부의 미세조직 관찰을 통해, 균열현상을 평가하고자 하였다.

2. 실험 방법

연구에 사용된 모재는 JIS SFNCM 880S로써 인장강도가 100kgf/mm²급의 니켈-크롬-몰리브덴 단조강이며, 적용된 용접조건은 표 1에 제시하였다. 용접조건에 따른 모재의 회석률을 평가하기 위하여 Bead-on-plate 및 그루브 시험을 실시하였다. 회석률의 평가는 비드 단면의 면적비로 측정하였다. 또한 미세조직 관찰 및 경도시험으로 육성용접부의 균열현상을 평가하고자 하였다.

표 1. 용접조건

Welding process	GTAW
Welding consumable	ERCuAl-A2
Current	100 ~ 350A
Voltage	17 ~ 25V
Shielding gas / flow rate	Ar / 10 L/MIN.

3. 결과 및 고찰

일반적으로 10%Al 청동에서는 $\alpha + \gamma$ 고용체를 형성하며, Fe가 약 2%정도 함유되면 결정립의 미세화 및 석출경화로 인하여 강도가 증가하게 된다. 동합금의 Fe 고용도는 상온에서

0.1%미만이므로 대부분 석출되어 Fe-Cu상을 형성한다. 석출된 Fe-Cu상은 용착금속의 연성을 저하시키며 용접 열응력에 의해 용접균열을 야기시킨다.

용접전류에 따라 용접 입열량과 용접에 의한 모재의 회석률은 비례함을 보여주었으며, 입열량과 회석률에 따른 용접부의 균열현상은 그림 1과 같다. 용접 입열량에 따른 모재의 회석률과 용접부의 균열을 평가한 결과, 회석률이 40%를 초과 및 입열량이 25kJ/cm를 초과되는 경우에 균열이 발생됨을 확인할 수 있었다. 이는 용접전류가 증가되면 모재의 회석률이 증가되고, 회석률의 증가에 따라 용착금속이 취약한 조직으로 되어 용접균열을 발생시키는 것으로 평가된다.

육성용접부에 발생된 균열부와 균열이 발생되지 않은 건전부에 대해 경도를 측정된 결과, 균열부의 경도값이 300Hv로써 건전부에 비하여 약 150Hv 정도 높았다. 균열부에는 모재의 회석에 의한 Fe-Cu상 석출물이 다량으로 분포하여 용접부의 경도를 상승시켰으며, 용접부는 연성저하에 의해 균열이 발생된 것으로 평가된다.

용접부의 미세조직을 관찰한 결과, 사진 1에서와 같이 용융경계부에서 발생된 균열의 형태를 보여주고 있다. 또한 침동현상 및 침동부에서의 균열을 확인할 수 있었다. 균열에 의한 파단면은 조사한 결과, 연성파괴 및 취성파괴의 혼합된 양상을 보여주었다.

4. 결 론

알루미늄 청동 육성용접시 용접부에 발생하는 균열현상을 평가하여, 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 모재의 회석률이 40%를 초과하면 용접비드에 취약한 Fe-Cu 석출상이 다량으로 분포하여 연성 저하 균열이 발생하였다.
2. 모재에 인접한 초층 비드의 경도가 300Hv 이상에서는 균열이 발생하였다.
3. 용접 입열량이 25kJ/cm이상에서는 균열이 발생하였다.

참고문헌

1. "Metals and their weldability" Vol. 4, 7th Ed. pp. 270~294
2. "동과 동합금의 용접" Taseto review no. 5,
3. "Introduction of aluminum bronze filler materials" Technical report, Nippon Wel Rod, 1991, Report no. T-934

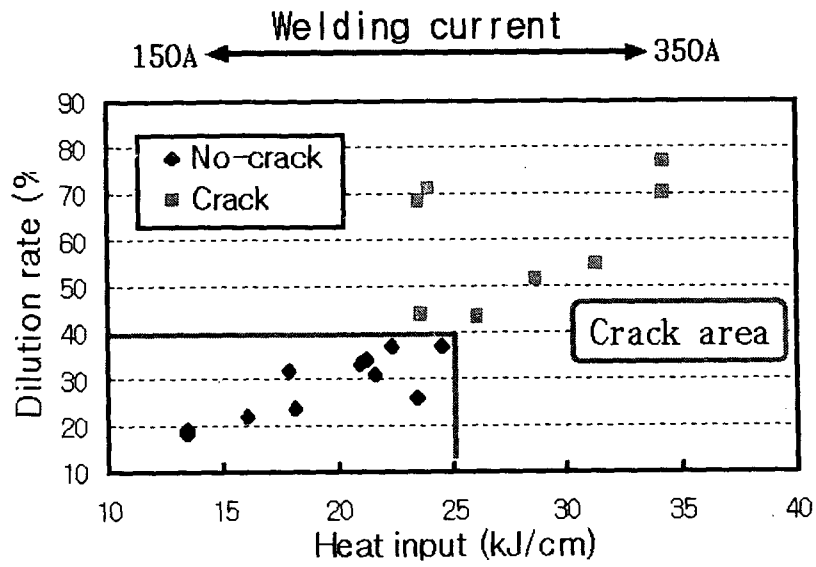


그림 1. 입열량과 희석율이 균열발생에 미치는 영향

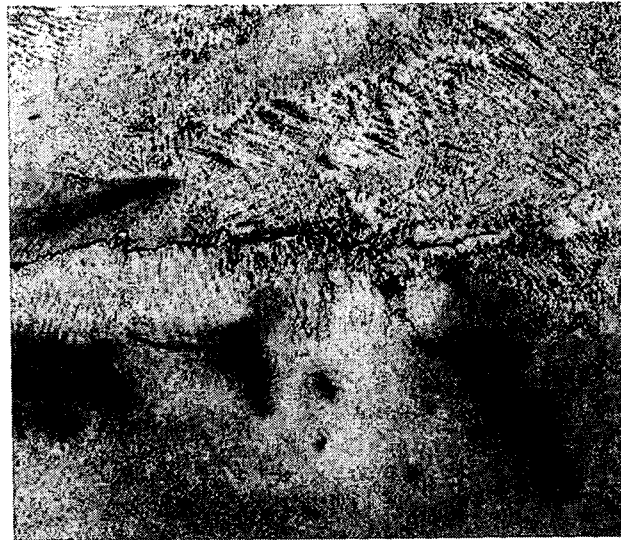


사진 1. 용접부 Fusion Zone에서 발생한 균열의 형태