

# 알루미늄 첨가강의 용접열영향부 조직과 인성 (Microstructure and Toughness of Welded HAZ for Al Added Steels)

김태웅\*, 정홍철, 김극, 김호수, 주웅용  
포항제철(주) 기술연구소 후판연구그룹

## 1. 서론

자원고갈에 따른 용접구조물 사용환경의 가혹화 및 거대화에 따라 사용되는 강재는 두꺼운 두께와 고강도화가 요구되고 있다. 동시에 용접시공시 생산성을 높이기 위해 대입열용접의 요구가 일반화되고 있다. 이러한 요구에 부응하는 강재개발의 중요한 숙제는 용접부 중 가장 취약한 용접열영향부, 특히 용접본드부(fusion boundary)의 인성을 확보하는 점이다. 용접열영향부의 성능향상을 목적으로, 합금원소의 영향을 알아보기 위해 Al첨가강의 용접열영향부 조직과 인성을 조사하는 연구를 진행하고 있다. 본 내용은 그 중간 결과이다.

## 2. 실험방법

인장강도 400~500MPa급 용접구조용강재로 널리 사용되는 탄소당량 0.30~0.40%의 저탄소강에 Al첨가량을 0.05%~1.5%로 변화시켜 용접열영향부의 조직과 충격인성을 조사하였다. 용접열사이클재현시험기를 사용하여 최고가열온도 1400, 1300, 1200°C로, 800~500°C사이의 냉각시간을 10, 40, 70sec로 변화시켜 재현용접열영향부의 조직과 인성을 조사하였다. 그리고 실용접 후 용접부의 조직변화도 조사하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1. 재현용접열영향부의 미세조직

Fig.1에 0.05%, 0.6%, 1.5%Al 첨가강의 재현열영향부 조직을 나타내었다. 0.05%Al 첨가강은 구 오스테나이트 입계를 따라 입계페라이트가 발생되었고, 입계페라이트에 연결되어 입내 방향으로 Widmanstätten페라이트가 발달하였다. 그리고 입내에는 상부베이나이트 조직이 많은 면적을 차지하는 조직을 보였다.

한편, 0.6%Al 첨가강은 구 오스테나이트 입계를 따라 입계페라이트가 발생되었으며, 입내는 미세한 액시큐라페라이트가 엉켜있는 치밀한 조직을 나타내었다. 액시큐라페라이트의 크기는 폭이 2~3 $\mu$ m, 길이/폭 비가 3~10되는 미세한 조직이다. 이와 같은 미세조직은 고인성고강도로 널리 알려진 Ti-B-Al-O계 용접재료를 사용하여 용접한 용접금속에서 얻어지는 미세조직과 거의 유사하다. 용접금속에서 미세한 액시큐라페라이트가 얻어지는 원리는 Ti, B, Al 산화물이 핵이 되어 액시큐라페라이트가 생성하고, 액시큐라페라이트들이 동조변태(sym pathetic transformation)를 일으켜 발생하는 것으로 알려

졌다.<sup>1)</sup> 그러나 0.6%Al 첨가강은 산소량이 거의 없는데도 불구하고 미세한 액시큐라페라이트 조직을 얻을 수 있었으며, 이에 대한 상세한 원리규명 연구가 진행되고 있다.

그리고 1.5%Al 첨가강은 조대한 페라이트와 말텐사이트가 혼합된 조직을 나타내었다.

### 3.2. 재현용접열영향부의 인성

Table 1에 0.05%, 0.6%, 1.5%Al 첨가강의 재현용접열영향부의 충격인성을 나타내었다. 0.6%Al 첨가강은 모재강판을 상회하는 우수한 충격인성을 보였다. 이는 재현용접열영향부의 미세조직이 미세한 액시큐라페라이트이기 때문으로 생각된다. 0.6%Al 첨가강의 용접열영향부 조직을 보면, 시멘트반죽에 강하고 질긴 자갈이 박혀있는 콘크리트가 연상되기도 한다.

### 4. 결론

구조용강재로 사용되는 저탄소강에 %Al첨가량을 변화시켜 용접열영향부의 조직과 인성을 조사하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 0.6%Al 첨가강의 용접열영향부 조직은 구 오스테나이트 입내에 미세한 액시큐라페라이트를 나타내었으며, 이 조직은 고인성고강도 용접금속 조직과 유사하다.

2) 0.6%Al 첨가강의 우수한 용접열영향부 인성은 미세한 액시큐라페라이트 조직에 의해 얻어지는 것으로 생각된다.

### 5. 참고 문헌

1) M.Nakanishi and Y. Komizo; "Morphology and Toughness of Low Carbon Low Alloy Steel Weld Metal", Technical report of Sumitomo Metal, 37(3), 1985, PP107-115

Table 1; Impact toughness of base metal and simulated HAZ for Al added structural steels. (Tp; 1400°C,  $\Delta t_{800/500}$ ; 70sec)

steel	Base metal(J)	Simulated weld HAZ(J)		
	vE-20°C	vE-20°C	vE-40°C	vE-60°C
0.05%Al added	331	144	21	14
0.6%Al added	350	402	361	319
1.5%Al added	102	5	4	3

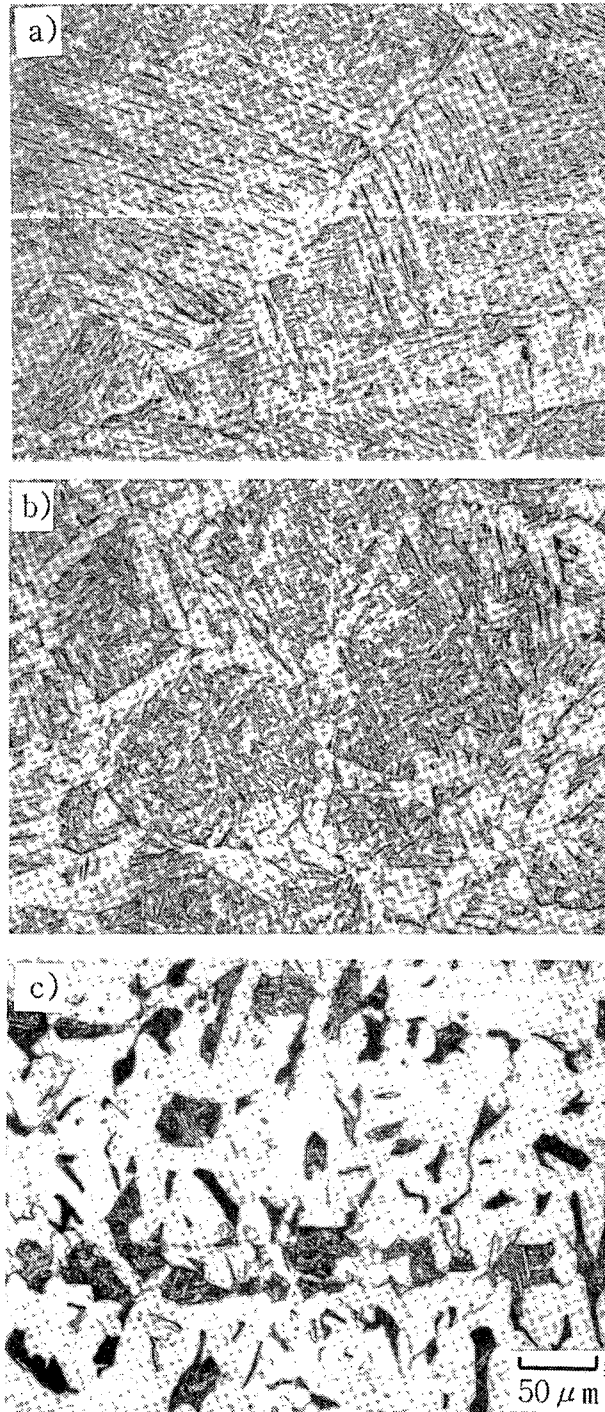


Fig. 1; Microstructure of simulated weld HAZ for Al added structural steels. a) 0.05%Al added, b) 0.6%Al added, c) 1.5%Al added (Tp; 1400°C,  $\Delta t_{800/500}$ ; 70sec)