

## 용접 입열량에 따른 저탄소형 TMCP 구조용 강재의 용접부 충격인성 및 미세조직 변화에 관한 연구

A Study on the Impact Toughness and Microstructure change for Low carbon TMCP Structural Steel Alloy with Welding Heat Impact.

권순두\*, 이광학\*\*, 박동환\*\*\*

\*현대중공업(주) 기능교육원 대리

\*\*울산대학교 첨단소재공학부 교수

\*\*\*현대중공업(주) 산업기술연구 소장

**ABSTRACT** This study was investigated on the impact toughness and microstructure of welded metal and heat affected zone for B grade steel. With welding procedures, welding heat inputs applied were 30, 79 and 264 kJ/cm. Prior austenite grain size in coarse zone has increased with increasing welding heat input for B grade steel. The toughness of fusion line zone of B grade steel has decreased with increasing welding heat input while the toughness fusion line +3 and +5 mm zone increased contrarily.

### 1. 서 론

최근 연근해 지역의 자원 개발이 거의 완료됨에 따라 점차 심해 및 가혹한 환경하에서의 용접구조물 조업이 확대되고 있어 용접 구조물의 물성 요구치가 점점 강화되고 있다. 탄소강의 용접부는 일반적으로 사용온도가 내려감에 따라, 용접 입열이 증가함에 따라 용접부의 충격인성이 저하되기 때문에 용접입열의 제한이 항상 있게 된다. 용접부의 품질 확보를 위해서는 용접부중 가장 취약하다고 알려진 용융선 근처의 입자 조대화 영역의 미세조직 제어가 필수적이다. 따라서, 본 연구에서는 저탄소형 TCMP 구조용 강재의 일종인 as-rolled process로 생산된 조선용 B grade 강재를 이용하여 서로 다른 3가지 용접기법으로 용접을 실시하고 여기서 얻어진 용접부에 대한 충격인성 및 조직 변화를 관찰하여 용접 입열량에 따른 용접 열영향부의 특성을 평가하고자 하였다.

### 2. 실험방법

본 실험에 사용된 시편은 탄소 당량이 0.29 인 선각 구조용 B grade 강재(0.21wt% C max,

0.35 wt% Si max, 0.80 wt% min. Mn)이며 적용된 용접기법은 용접 입열이 30kJ/cm인 1전극의 SAW, 79kJ/cm 인 2전극을 동시에 사용하는 Tandem SAW 및 264kJ/cm 1전극의 EGW 기법을 적용하였다. 각 용접부에 대한 충격인성 시험은 샤피 충격기 (Pw-50s-2, Germany)를 이용하여 10×10×55mm 크기의 샤피 V-노치 ASTM 표준 규격 시편을 사용하였으며 비교적 용접입열이 낮게 적용된 SSAW 용접부에 대해서는 -20, -40 및 -60℃에서, TSAW 및 EGW 기법에서는 0, -20 및 -40℃에서 시험을 실시하였으며 시험편의 V 노치 위치는 표면에서 2mm 깊이에서 용착 금속, 용융선, 용융선 +1mm, +3 및 용융선 +5mm 모재등 6개소 각각 3세트를 실시하여 서로 비교하였다. 또한 용접부의 미세조직 관찰은 SEM, EDS, XRD 및 광학현미경을 이용하여 거시 및 미세조직을 관찰하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

모재의 회석률이 비교적 적은 SSAW 용접부와 EGW 용접부의 화학성분은 강재 종류의 변화에 따른 용착금속성분 변화가 크지 않는 반면에, 회석률이 큰 TSAW 용접부의 경우 용착금속의

화학성분이 모재 성분에 크게 영향을 받음을 알 수 있었다. 실험에 사용된 강재의 충격특성은 가공방향에 수직 및 수평으로 노치를 가공하여 실험한 특정치를 조사한 것으로  $-20^{\circ}\text{C}$ 에서는 324J,  $-40^{\circ}\text{C}$ 에서는 115 및  $-60^{\circ}\text{C}$ 에서는 12J 값을, 그리고 수평노치일 때  $-20^{\circ}\text{C}$ 에서는 141,  $-40^{\circ}\text{C}$ 에서는 95 및  $-60^{\circ}\text{C}$ 에서는 15J 값을 각각 나타내었다.

용접입열이 가장 낮은 SSAW의 경우 용착금속속에서 모재로 갈수록 충격치가 낮아지며 용접입열이 높아지는 TSAW 및 EGW의 경우는 반대의 현상을 나타내었다.

또한, 같은 기법을 적용한 SSAW와 TSAW의 경우 용접입열량이 높은 TSAW에서 용착금속의 GBF 및 AF의 크기가 SSAW에 비해 조대화되어 있음을 알 수 있었다. 또 용접입열이 가장 낮은 SSAW의 경우 용융선 +5mm가 되면 열영향이 거의 없는 모재조직이 관찰되었으나 용접입열이 가장 높은 EGW의 경우 용융선 +5mm에서 재결정에 의한 조직미세화가 관찰되었다.

한편, 용접부의 생성 상을 관찰한 결과 용착금속과 용융선 모두 모재와 같은 층상조직의 Pearlite가 관찰되었으며, 특히 용융선에서는 degenerated pearlite 또는 bainite 조직이 존재하는 것으로 확인되었다.

#### 4. 결 론

(1) B grade 강재는 입열이 30kJ/cm에서 264kJ/cm로 증가함에 따라 Prior Austenite 결정입 크기와 입자 조대화 영역이 커지며 grain boundary ferrite량도 증가하였다.

(2) B grade 강재는  $-20^{\circ}\text{C}$ 의 용융선 충격인성이 176J에서 92J로 저하하였다.

(3) 용착금속의 미세조직은 SSAW에서는 용접입열이 증가함에 따라 용착금속의 prior austenite가 커지고 입내 Ferrite 크기도 커졌으나 EGW기법은 모재종류와 상관없이 아주 미세한 accicular ferrite가 형성되었다.

(4) 모재의 회석량이 큰 Tandem SAW 기법에서 B grade 강재는 SSAW에 비해 용착금속의 탄소당량이 0.37에서 0.31로 감소되어 충격인성이  $-20^{\circ}\text{C}$ 에서 277J에서 30J로 저하함을 알 수 있었다.

#### 참고문헌

- 1.N. Yorioka: TMCP Steels and their welding, Welding Research Abroad, 42(5)(1996).2-17.
- 2.G. Ferguson: The Effect of TiN Particles on the HAZ Properties of Microalloyed Steels, TWI Ref.7219. 02/96/878.3.
- 3.G. M. Evans: The Effect of Heat Input on the Microstructure and Propertise of C-Mn All-Weld-Metal Deposits, Welding Journal, Apr(1982).125-132.
- 4.N. N. Potapov: Oxygen Effect on Low-Alloy Steel Weld Metal Properties, Welding Journal, Aug.(1993).367-370.