

일렉트로가스 용접부의 조직 및 인성에 관한 연구  
A Study on Microstructure and Toughness of Weldments  
with Electrogas Welding

이 해 우 · 장 태 원 · 이 윤 수 · 석 한 길 · 강 성 원\*\*

\* 삼성중공업 생산기술연구소 용접연구팀

\*\* 부산대학교 공과대학 조선공학과

## 1. 서 론

선박 및 해양 구조물에 사용되는 후판 용접은 생산성 향상 및 원가 절감의 측면에서 대입열 용접을 주로 하고있다. 대입열 용접법은 서브머지드 아크용접(S.A.W), 일렉트로 슬래그용접(E.S.W) 및 일렉트로 개스 용접(E.G.W)등이 있으며 이들 용접 process의 특성은 열영향부 인성이 현저하게 감소하므로 입열량을 제한하고 있다. 열영향부 인성에 영향을 미치는 요소는 여러가지가 있지만 모재의 탄소당량, 용접입열 및 prior 오스테나이트 결정립 등에 영향을 받으며 특히 대입열 용접시 인성저하는 결정립 조대화과 취약한 조직의 생성에 의한 영향이 지배적이다<sup>1,2</sup>.

본 연구에서는 선박 외판에 주로 사용하고 있는 일렉트로 개스 용접부에 대한 용접 입열과 미세조직 및 충격특성을 고찰하였다.

## 2. 실험방법

### 2.1 재료 및 시험편 형상

시험편의 종류는 선급용 mild steel "A" grade 및 고장력강인 AH36-TMCP를 사용하였으며 시험편의 형상은 다음과 같다.

### 2.2 모재 및 용접부의 화학조성

모재 및 용접부의 화학조성은 table 1에 나타내었으며 분석은 건식분석 방법인 스펙트로 분석기 (SPECTROVAC-2000, U.S.A)를 사용하였으며 3회 분석하여 평균값을 기록하였다.

### 2.3 용접장치 및 용접조건

본 실험에 사용된 용접 power source는 600A DCRP, 케리지는 SG-2(KOBELCO, JAPAN) 및 용접와이어는 1.6φ DWS-43G (KOBE STEEL)을 각각 사용하였으며 용접조건은 table 2에 나타내었다.

### 2.4 경도시험

경도시험은 macro vickers hardness (MATSUZAWA, JAPAN)을 사용하였으며 하중 5kg, loading time을 10초로 하였다.

## 2.5 충격시험

충격시험은 charpy V-notch 충격시험 (TINIUS OLSEN, U.S.A)을 하였으며 3개의 시험편에 대한 평균값을 나타내었으며 시험 위치는 다음과 같다.

## 2.6 미세조직시험

용접부의 미세조직을 조사하기 위하여 grinding 및 polishing 후 3% nital에서 약 10초간 부식한 후 광학현미경 (NIKON, JAPAN)으로 관찰하였다.

# 3. 결과 및 고찰

## 3.1 모재의 micro 조직

Photo 1은 ABS 선급 규격으로 A grade 및 AH36-TMCP의 현미경 조직사진이다. (A)는 mild steel A급 강재로서 Ferrite와 Pearlite로 구성되어 있음을 알 수 있으며 결정립이 TMCP강재 보다 상당히 조대해져 있었으며 TMCP의 (B)는 제어압연 및 가속냉각의 process로 제조된 강재로써 Ferrite, Pearlite 및 Bainite의 혼합조직으로 구성되어 있었다.

TMCP강재는 Ac3 이상의 온도로 가열한 후 재결정 영역(recrystallized region) 온도 이하에서 제어압연(controlled rolling)을 하고 가속냉각(accelerated cooling)을 함으로써 고강도 및 미세한 조직을 얻을 수 있다. 일반적으로 가속냉각형 TMCP강은 normalized 강재나 제어압연 강재 보다 첨가 합금원소량이 적어 용접성이 우수할 뿐만 아니라 용접 열영향부에서의 인성이 우수하다고 알려져 있다<sup>(3-6)</sup>.

## 3.2 용접부의 미세조직

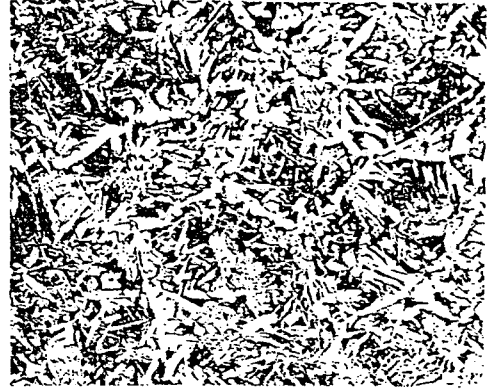
Photo 2의 (A)는 용접부의 macro 조직사진이다. 용접조건은 전류 380~400A, 전압 36~37V, 용접속도는 5.7~6.1 cm/min. 및 root gap은 8mm 이었다.

(B)는 용접금속부의 미세조직으로 회색 보이는 부분이 grain boundary ferrite이며 입열량이 증가하면 폭이 넓고 다각형화 및 조대화되는 양상을 나타낸다. grain boundary ferrite 주위에 검게 보이는 부분이 침상 페라이트(acicular ferrite)로서 저탄소 합금강 용접부의 기계적 성질은 냉각중 변태를 통하여 생성된 페라이트 형상 (ferrite morphology)에 영향을 받으며 이 용접부의 인성 및 강도는 침상 페라이트량과 관계가 있음은 잘 알려져 있다.

즉 인성 및 강도는 용접부 미세조직에 침상페라이트가 고분율로 생성되어야 하고, 동시에 grain boundary ferrite나 Widmanstatten ferrite side plate 상부 Bainite의 생성을 최소화 하여야 한다. Mn과 Mo의 합금원소는 변태온도를 떨어 뜨리고 침상 페라이트의 생성을 촉진한다고 보고되고 있다<sup>(7,8)</sup>.



(A) MILD STEEL (145KJ/Cm)



(B) TMCP STEEL (146KJ/Cm)



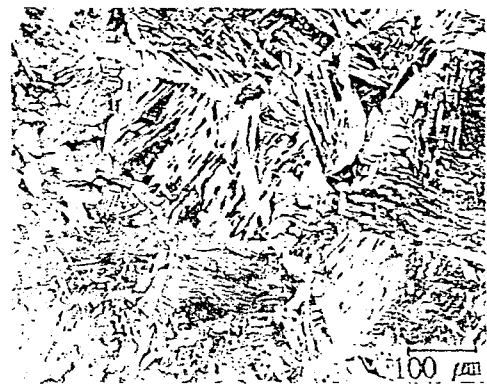
(C) MILD STEEL (181KJ/Cm)



(D) TMCP STEEL (187KJ/Cm)



(E) MILD STEEL (216KJ/Cm)



(F) TMCP STEEL (211KJ/Cm)

Photo 3 Micro Structure of Heat Affected Zone

## 결 론

Mild steel인 A grade 및 AH36 TMCP steel에 대한 일렉트로개스 용접시 입열량에 따른 경도특성, 열영향부 미세조직 및 충격특성을 고찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Mild steel인 경우 결정립 조대화 영역이 노말라이징 영역 보다 넓게 형성되었으나 TMCP steel인 경우 반대로 노말라이징 영역이 넓게 형성하는 경향을 보였다.
2. 열영향부의 결정립은 입열이 증가할 수록 조대해졌으며 동일한 입열에서는 TMCP steel보다 mild steel에서 더 조대화되는 경향을 나타내었다.
3. 입열량에 따른 경도분포곡선은 큰 차이를 보이지 않으나 열영향부가 아닌 용착금속에서 최고 경도를 나타내었으며 동일한 입열에서 face 보다 root에서 높은 경도 분포곡선을 나타내고 있었다 .
4. 열영향부 충격특성은 mild steel이 TMCP steel 보다 결정립이 조대화 되었음에도 불구하고 TMCP Steel 보다 높은 값을 나타내었고 동일한 입열에서 root 보다 face에서 높은 인성을 나타내었다.

## 참고 문헌

1. Garland,J.G and Kirkwood,P.R : Microstructural and Toughness Control in Low Carbon Weld Metals. (1975), p320
2. Levine,E and Hill,D.C : Toughness in HSLA Steel Weldments, Metalurgical Transactions (1977), p360
3. 佐藤邦彦 : 溶接 構造 要覽 (1983), p37~40
4. I.Kozasu : Overview of Accelerated Cooling of Plate, Technical Research Center, Nippon Kokan K.K, (1985)
5. H.Suzuki : Weldability of Modern Structural Steels in Japan, Transactions ISIJ, Vol.23 (1983), p.189~204
6. Committee of Weld, Metall. of JWS:Classification of Microstructures in Low C-Low Alloy Steel Weld Metal and Terminology, IX-1283-83
7. Sindo KOU : Welding Metallurgy, University of Wisconsin, (1987), p.320~330
8. Hiroshi Yajima : A suggested Method of Ship Hull Planting Fracture Toughness Assesment, 西剖造船會 第 75回 (1987) , P.200 ~ 211