

# 18Cr 페라이트계 스테인리스강의 용접특성

## Characteristics of 18Cr ferritic stainless steel welds

이 원배, 김 정길, 우 인수, 이 종봉

POSCO 기술연구소

**ABSTRACT** This study aimed at exploiting low heat input characteristic of laser welding to effectively control grain coarsening in the fusion zone (FZ) and heat affected zone (HAZ) of 1.5mm thick 18wt% Cr ferritic stainless steel weld. The study demonstrated that as compared with gas tungsten arc welding (GTAW), laser welding brought about significant grain refinement in the FZ and HAZ. However, the impact absorbed energy of GTA weld was superior than that of laser weld because the strengthening effect during welding and cooling stage was higher in laser weld than that in GTA weld. The coarser grains in each weld than base metal resulted in an inferior toughness

### 1. 서 론

페라이트계 스테인리스 강은 고온특성 및 내식성이 우수하여 건축용, 자동차 배기계용으로 널리 사용되고 있다.<sup>1)</sup> 자동차용 배기계는 pipe와 shell로 구성되어 있으며, 파이프 조관작업 시, GTA 및 레이저 용접이 적용되고 있다. 레이저 용접은 용입특성이 우수하여 생산성 향상을 기대할 수 있으며, 저입열 용접프로세스로서 용접 열영향부를 줄일 수 있으며 결정립 조대화를 막을 수 있는 장점이 있다.<sup>2)</sup> 따라서 페라이트계 스테인리스강에 대한 레이저 용접의 적용이 증가하고 있으나 이에 대한 체계적인 연구는 극히 미미한 실정이다.

본 연구는 18wt%Cr을 함유한 페라이트계 스테인리스강을 각각 레이저 및 GTA용접을 실시하여 용접부의 미세조직 및 기계적 특성을 비교 평가 하고자 한다.

### 2. 실험 방법

#### 2.1 사용 재료

본 연구에 사용된 재료는 18wt%의 Cr이 첨가된 두께 1.5mm의 냉간 압연된 페라이트계 스테인리스 강이다.

#### 2.2 용접방법 및 기계적 특성 평가

본 연구에 적용된 GTA 용접 조건은 용접전류 100A, 속도 0.3m/min이며 보호가스는 Ar를 이용하였다. 레이저 용접 조건은 레이저 출력 6kW, 용접속도를 2-10m/min로 변화시켜 적정 용입 조건을 도출하였으며, 보호가스는 He을 이용하였다. 용접 후 각 영역의 미세조직을 관찰하였다. 조직관찰을 위해 광학 및 주사전자현미경 (Scanning Electron Microscopy)을 이용하였으며, 상 분석은 EPMA (Electron Probe Micro Analyzer)를 이용하였다. 용접부 단면의 경도 분포를 파악하기 위해 마이크로 비커스 경도기를 이용하였으며, 충격에너지 및 연성-취성 천이 온도 (DBTT)를 측정하기 위해 Charpy 충격시험을 실시하였다. 충격 시험편의 형상 및 크기는 Fig. 1과 같다.

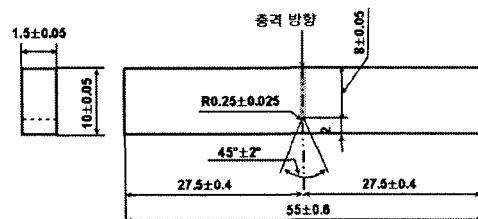


Fig.1 Schematic illustration of Charpy impact test specimen (unit:mm).

### 3. 실험 결과

Fig.2 에서는 GTA 및 레이저 용접부 단면 거시 조직을 나타낸다. 레이저 용접에 비해 GTA 용접부 폭 및 결정립 크기가 증가함을 알 수 있다. 용접금속 (weld metal) 폭은 GTA 용접의 경우 약 3mm, 레이저 용접의 경우 약 1.5mm 임을 확인 할 수 있다.

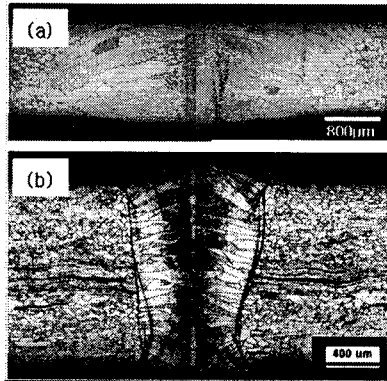


Fig.2 Macrostructures of GTA weld (a) and laser weld (b).

Fig.3는 GTA 및 레이저 용접부 단면 경도 분포를 나타내고 있다. 용접부는 모두 모재에 비해 경도가 상승함을 알 수 있다. 모재의 경도는 약 150HV, 열 영향부에서는 결정립 성장 및 용접 열에 의한 소둔 효과 (annealing)에 의해 모재에 비해 약간 연화된 GTA, 레이저 용접부 모두 140HV이다. 용접금속의 경도는 GTA 용접의 경우 평균 165HV, 레이저 용접의 경우 평균 180HV 였으며, 레이저 용접부의 경화도가 더 높음을 확인 하였다.

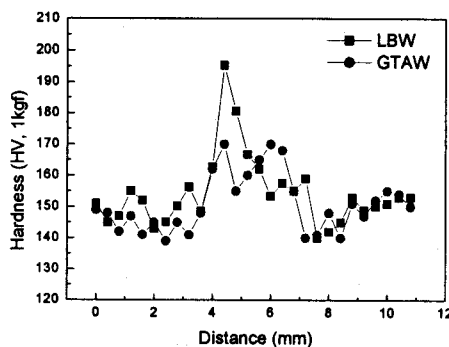


Fig.3 Hardness distributions near laser and GTA welds.

Fig. 4는 GTA 및 레이저 용접부의 시험 온도에 따른 충격 흡수에너지 변화를 나타낸다. 모재의 경우, DBTT는 약  $-50^{\circ}\text{C}$  이고  $-20^{\circ}\text{C}$ 에서의 충

격흡수에너지는 19J 이었다. GTA 및 레이저 용접부의 DBTT는 각각  $-14^{\circ}\text{C}$ ,  $-18^{\circ}\text{C}$ 이었으며,  $-20^{\circ}\text{C}$ 에서 충격에너지 값은 각각 6.7, 5.9J 이었다. 파단면을 분석한 결과, 시험온도  $0^{\circ}\text{C}$  이상 고온에서의 충격 파단 시험편은 전형적인 연성 파면이 관찰되었으나,  $-20^{\circ}\text{C}$ 에서 충격 시험편의 경우 연성 및 취성 파단이 혼재된 양상을 나타내고 있다. 따라서 시험온도가 낮아 짐에 따라 용접부 저온 인성에 문제 있음을 알 수 있다. GTA 및 레이저 용접부의 DBTT는 거의 유사하였으나, 상온 및  $-20^{\circ}\text{C}$  충격에너지 값은 GTA 용접부가 더 우수함을 알 수 있으며 이는 레이저 용접부의 경화도가 더 높기 때문으로 사료되며 이에 대한 원인 분석을 진행할 예정이다.

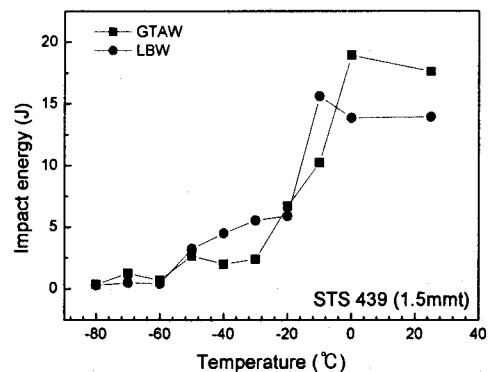


Fig.4 Charpy impact energy of GTA and laser welds with tested temperature.

### 4. 결 론

- 1) 레이저 용접부가 GTA 용접부에 비해 용접 영향부 폭 및 결정립 크기가 작음을 알 수 있다.
- 2) 레이저 용접부의 경화도가 GTA 용접부에 비해 더 높기 때문에 충격흡수 에너지가 더 낮았다. 두 용접부 모두 결정립 조대화의 영향으로 모재에 비해 충격흡수 에너지가 낮았으며, DBTT는 상승하였다.

### 참 고 문 헌

1. R. D. Campbell : Ferritic Stainless Steel Welding Metallurgy, Key Engineering Materials, 69-70 (1992) 167-216.
2. R. Kaul, P. Ganesh, P. Tripathi, R.V. Nandedkar and A. K. Math : Comparison of Laser and Gas Tungsten Arc Weldments of Stabilized 17wt% Cr Ferritic Stainless Steel, Materials and Manufacturing Process, 18-4 (2003) 563-580.