

**레이저 빔에 의해 형성된 보론  
첨가 304 스테인레스강 butt 용접부의 연성에 관한 연구**  
(A Study on the Ductility of  
Borated 304 Stainless Steel Butt-welded by Laser Beam)

박태동\*, 박영수, 백광기  
현대중공업(주), 산업기술연구소

### 1. 서론

핵폐기물 저장 용기의 제작시 "poision plate"로 사용되는 소재인 보론 첨가 스테인레스 강은 GTA 용접시 P.M.HAZ(Partially Melted Heat Affected Zone)에 형성된 침상의 공정상(accicular eutectic phase)으로 인해 as-welded 상태의 연성이 모재에 비해 상대적으로 감소하였다. 이를 개선하기 위해 용접부를 1200℃/3시간 유지후 수냉하는 용체화 처리를 실시하였으며, 그 결과 용접부의 연성이 모재 수준으로 증가하였는데, 이는 P.M.HAZ 내 조직인 공정상의 구상화에 기인한다고 보고하였다<sup>1)</sup>. 하지만, 실구조물의 저장 용기 제작시 1200℃ 온도에서의 용체화 처리는 경제성이 없으므로, 이를 개선하기 위해 초저입열의 레이저 용접을 실시한 후 그 용접부에 대해 기계적 시험 및 미세 조직을 관찰을 실시함으로써 기존의 GTA 용접부와 비교·평가하였다.

### 2. 실험 방법

본 연구에 사용된 모재는 ASTM A887 304 B3 Gr.B 재질이며, 18.5Cr-12Ni-0.3Mo-1.1B 의 화학 성분을 가졌다. 용접부는 3.6 mm 두께의 박판을 개선 없이 양면 맞대기(butt)한 형상으로 제작하였으며, tap piece를 부착해 레이저 빔으로 1 패스 용접하였다. 이때 용접 조건은 예비 시험을 통해 얻은 조건 (focal point =-1mm, 출력=4.1 kW, 이송 속도=1000 mm/min.)으로 하였으며, 레이저 빔은 multi-mode인 5kW 급 transverse flow type CO<sub>2</sub> 레이저를 이용하였다. 레이저 용접부와 기존의 GTA 용접부와의 상대적인 연성을 비교·평가하기 위해서 90° 굽힘 시험, 경도 시험 및 미세 조직 관찰을 수행하였다.

### 3. 결과 및 고찰

90° 굽힘 시험 결과, 용융선(fusion line)에서 파단이 발생한 GTA 용접부와는 달리 레이저 용접부는 건전한 굽힘부(bent)를 형성하였다. 이 후 각도를 계속 증가시켜 굽힘 시험을 수행한 결과, 용접부가 아닌 모재에서 파단이 발생하였는데, 이는 레이저 용접부가 저입열 용접됨으로 인해 형성된 P.M.HAZ 폭 및 형상의 변화에 기인된다. 이를 확인하기 위해 as-welded 상태의 레이저 및 GTA 용접부를 절단한 후 단면 미세 조직을 관찰하였으며, 그 결과를 Fig.1에 나타내었다. Fig.1의 미세 조직 사진에서도 알 수 있듯이 레이저 용접부의 P.M.HAZ 폭은 약 30 μm로서 250 μm인 GTA 용접부의 경우에 비해 약 1/8 정도 감소했음을 알 수 있었으며, 취성 증가의 원인인 P.M.HAZ 내의 침상 공정상의 크기 및 공정상간 간격이 GTA 용접부에 비해 상대적으로 감소하였다. 그리고, 레이저 용접부에서 모재 부위가 우선 파단된 것은 미세 경도 시험에서도 알 수 있다. GTA 용접부의 as-welded 상태의 경우, P.M.HAZ의 경도가 상대적으로 낮아서 굽힘 시

협시 항복이 우선 발생하였다. 용체화 처리된 GTA 용접부는 P.M.HAZ에서 침상 공정상의 구상화 및 경도치 상승으로 P.M.HAZ에서 파단이 발생하지 않았고, 레이저 용접부의 경우에도, 용착부와 P.M.HAZ의 경도치가 모재의 경우보다 상대적으로 높아 모재에서 굽힘 파단이 발생하였다.

#### 4. 결론

보른 첨가 스테인레스 강의 레이저 용접을 실시한 결과, 레이저 용접부의 연성이 GTA 용접부에 비해 상대적으로 향상되었는데, 이는 취성 영역인 P.M.HAZ의 폭이 감소했을 뿐 아니라 공정상의 크기 및 상간 간격이 감소되었음에 기인된다. 또한, 용착부 및 P.M.HAZ의 경도치가 모재보다 상대적으로 높아 굽힘 파단 저항성이 상대적으로 낮은 모재에서 파단된 것으로 판단된다.

#### 5. 참고문헌

- 1) K.-K. Baek et. al. : "Postweld Annealing Effect on the Properties of Borated Stainless Steel Welds", Abstracts of papers, 77th AWS annual meeting, Los Angeles, California, April 14~17, 1997, pp 20~21.

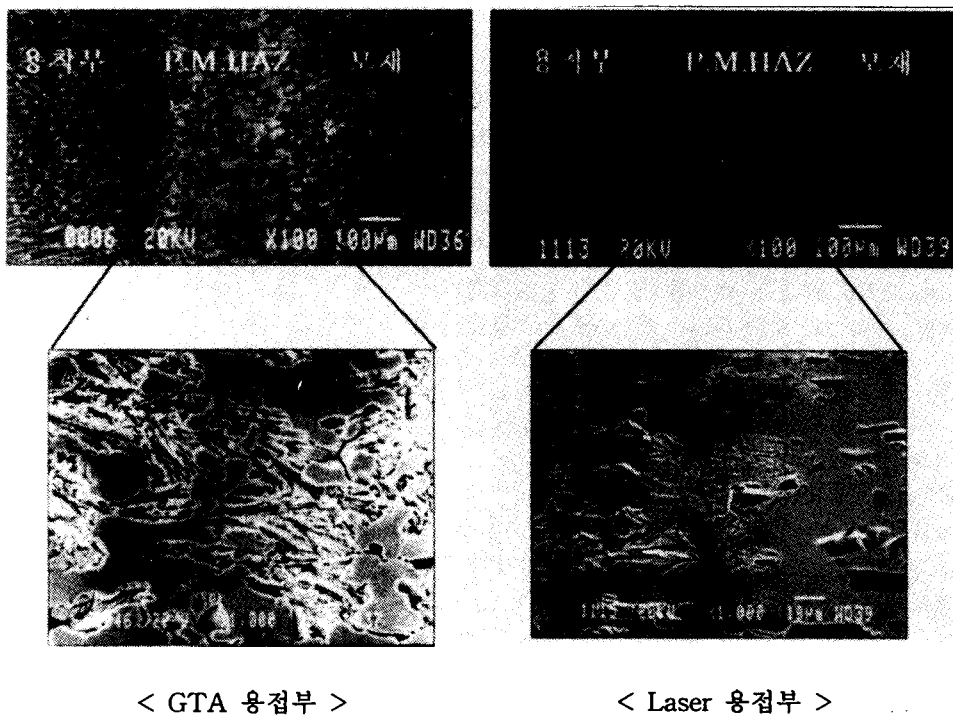


Fig.1 Microstructural comparison between GTA weld and Laser weld.