

레이저 용접을 이용한 보론 첨가 304 스테인레스 강 용접부의 물성 연구 (A Study on the Physical Properties of Boron containing 304 Stainless Steel Welded by Laser Beam)

박태동, 박영수, 백광기
현대중공업(주) 산업기술연구소

1. 서 론

핵 폐기물 저장 용기의 제작시 "poison plate"로 사용되는 ASTM A887 304 B3 Gr.B 강을 일반 arc 용접하면 Partially Melted Heat Affected Zone(이하, P.M.HAZ)에 형성된 취성의 침상 공정상(eutectic phase)으로 인해 굽힘 및 인장 延性이 낮아지는 문제가 있었다. 이를 개선하고자 고온의 후열처리를 적용한 결과 P.M.HAZ 내의 공정상 morphology를 球相으로 변화시킴으로써 용접부의 연성은 향상되었다¹⁾. 하지만, 고온의 후열처리 공정은 산화 및 각 변형과 같은 문제를 초래해 이를 해결하고자 초저입열의 레이저 용접을 적용하였으며, 그 결과 용접부의 연성이 개선되었으나, 인장 시험시 P.M.HAZ에서 파단되는 문제가 여전히 남아 있어²⁾ 보호 가스 등과 같은 레이저 공정 변수를 정립함으로써 as-welded 상태에서도 굽힘 및 인장 연성이 우수한 용접부를 얻고자 하였다.

2. 실험 방법

용접은 최대 출력 5kW, multi-mode의 출력 분포를 갖는 CO₂ 레이저를 이용해 3.6mm 두께의 박판을 개선없이 맞대기(butt)한 형상으로 실시하였으며, 용접 조건은 Table 1에 나타내었다.

Table 1. 3 different laser welding conditions having full penetration.

용접조건 시편명	출력	이송 속도	보호 가스	
	kW	mm/min.	종류	유량(l/min.)
A	4.1	1100	Ar	20
B	3.6	1300		10
C		1450	He	20

레이저 용접부의 연성은 90° 굽힘 및 transverse 인장 시험으로 상호 비교·평가 하였다. 각 용접 조건에 따른 물성 변화를 확인하기 위해 미세 조직 특히, 미세 조직 관찰에서는 용접부 연성에 직접적인 영향을 미치는 P.M.HAZ 폭과 P.M.HAZ 내의 공정상 간격을 각각 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

90° 굽힘 시험 결과, 레이저 출력 및 이송 속도에 따른 굽힘 특성을 보여주는 Fig. 1에서 알 수 있듯이 3종의 레이저 용접부 공히 건전한 굽힘부를 형성하였다. GTA 용접부의 굽힘 시험에서 용융선(fusion line)을 따라 파단이 발생한 것을

고려해 볼 때 레이저 용접부는 상대적으로 향상된 굽힘 특성을 보여주고 있다. 그리고, 인장 시험 결과에서 인장 강도는 용접 조건에 따라 다소 차이가 있었지만, ASTM 규격에서 모재에 요구되는 인장 강도 요구치인 최소 50kgf/mm²를 모두 만족하였다. 특히, 용접부 연성을 간접적으로 의미하는 인장 연신율은 "C" 시험편이 11~16%을 보여 타 조건에 비해 상대적으로 증가되었다. 또한, 파단 위치가 모재였는데, 이는 용접부가 모재에 비해 우수한 인장 특성을 지녔음을 의미한다. 이와 같이 용접 조건에 따라 변화된 연성 특성을 확인하기 위해 미세 조직을 관찰한 결과 "C" 레이저 용접부가 GTA 용접부에 비해 약 1/5배의 P.M.HAZ 폭을, 또한 P.M.HAZ 내의 공정상 간격이 상대적으로 감소되었음이 각각 관찰되었다. 그리고, 동일 레이저 용접부에서도 "A"에 비해 "C" 시험편이 P.M.HAZ 폭은 거의 동일하나 P.M.HAZ 내의 공정상간 간격이 감소되었는데, 이로 인해 "C" 시험편의 인장 특성이 타 조건에 비해 상대적으로 향상된 것으로 판단된다.

4. 결 론

각종 공정 변수로 준비된 레이저 용접부의 연성 평가 결과, He을 보호 가스로 사용한 시험편이 저입열 용접으로 형성된 P.M.HAZ의 미세 조직적 특성으로 인해 가장 우수한 용접부 연성을 나타내었다. 따라서, 보론 첨가 스테인레스 강을 레이저를 이용해 접합할 경우 as-welded 상태에서도 우수한 용접부를 확보할 수 있다.

5. 참고 문헌

- 1) T.-D. Park, K.-K. Baek and D.-S. Kim, "PWHT Effect on the Mechanical Properties of Borated Stainless Steel GTA Weldments for Nuclear Shield", Metals and Materials, Vol.3, No.1, 1997, pp 46~50
- 2) 박태동, 박영수, 백광기, "레이저 빔에 의해 형성된 보론 첨가 304 스테인레스 강 butt 용접부의 연성에 관한 연구", '97 춘계 용접학회 개요집, pp 105~106

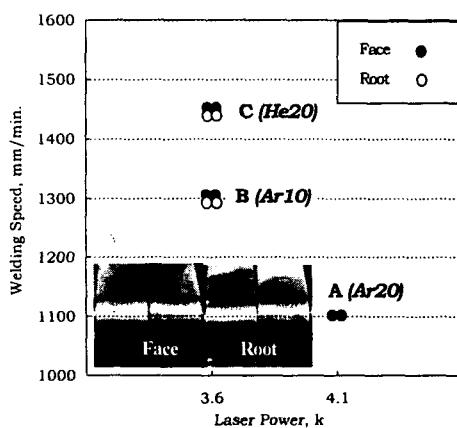


Fig. 1 90° bending test result as a function of laser power and travel speed

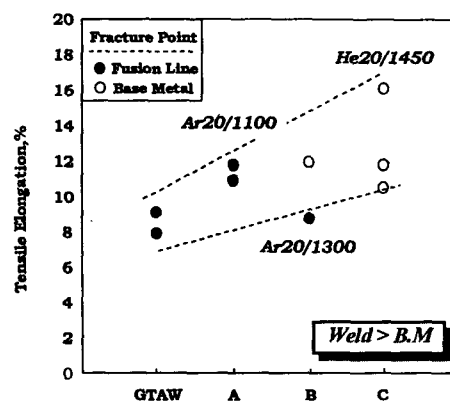


Fig. 2 Elongation of GTA & Laser welds (A,B,C) in as-welded condition