

5kW CO₂ 레이저를 이용한 20mm 후판 강재의 용접기술

Welding of a 20mm Thick Steel Plate using a 5kW CO₂ Laser

현대중공업(주) 박영수, 이윤식, 김형식, 박대동, 윤중근

I. 서론

집속된 고밀도 에너지를 이용하는 레이저 가공 기술은 기존 공법에 비해 가공시 투입되는 입열량이 낮아 절단이나 용접 등의 금속 가공을 수행할 때 열영향부의 크기 및 열 변형 정도가 작다는 장점이 있다. 이에 따라 여객선이나 유람선 등 고부가 가치 선박을 제조하는 선진 조선소에서는 수년에서 심지어 10년 이상의 기간동안 박판 강재의 용접에 레이저 기술을 적용하기 위한 연구를 수행하고 있다. 또한, 현재 실 생산에 적용해 30% 이상의 생산성 향상 효과를 얻는 조선소도 있으며, 레이저의 현장 적용을 위한 기법 연구를 지속적으로 수행하고 있다. 그러나, 현실적으로 레이저 용접을 중공업 분야에 적용하기 위해서는 해결해야 할 과제들이 있다. 즉, 수 m에서 20m 이상인 용접장을 지닌 부재의 fit-up이 어렵고, 후판을 주로 사용하는 현장에서 적용 가능한 발전기 출력의 한계와 고출력 발전기의 구매 등에 관련된 높은 투자 비용으로 인해 현장에 쉽게 적용하기가 어려운 실정이다.

국내에 보급된 레이저 발전기의 출력은 대개 8kW급 이하이므로 10mm 두께 이상의 강판을 한번에 key hole 용접하기가 쉽지 않다. 이를 극복하기 위해 개선 형상을 Y 개선으로 하고 레이저 용접과 GMAW 용법¹⁾²⁾으로 실시하는 hybrid 기법에 대한 연구가 진행되고 있다. 이에 덧붙여, 용가재(filler metal)를 첨가한 레이저 용접 기법³⁾⁴⁾ 등을 적용하는 등 다양한 연구가 진행중에 있다. 특히, 용가재 첨가형 레이저 용접은 강재 두께의 제한이 없을 뿐 아니라 레이저 용접의 저입열 특성을 지니고 있어 용접부의 협소화 및 변형 저감과 같은 장점이 많아 지속적인 연구가 필요하다.

본 연구에서는 레이저 용접 기술의 후판 적용성을 확대시키기 위해 두께 20mm의 세립 강을 대상으로 용접부 건전성에 미치는 용접 속도, 출력 및 용가재 이송 속도 등을 변수로 하여 용가재 첨가형 레이저 기법을 정립하고자 하였다.

II. 실험방법

용접 공정에 사용한 시스템은 대상 가공물이 이동하는 테이블 이송형으로서, 최대 출력 5kW, 멀티 모드(multi-mode)인 출력 분포를 갖는 횡류형 CO₂ 레이저를 사용하였다. 레이저 용접시 발생하는 플라즈마를 제어하기 위해 보호 가스를 용접부 후면에서 주입(purging)시키는 방법과 와이어가 송급되는 동축상(co-axial)으로 주입하는 방법을 적용하였다. 용가재를 이용한 레이저 용접 기법을 정립하고자 그림 1과 같이 레이저 용접 헤드에 와이어 송급 시스템을 설치하였다. 와이어 송급 속도는 분당 1,000~9,000mm의 영역까지 속도 조절이 가능하도록 했으며, 송급 위치는 레이저 빔의 focal plane으로부터 45도 각도로 설정하였다.

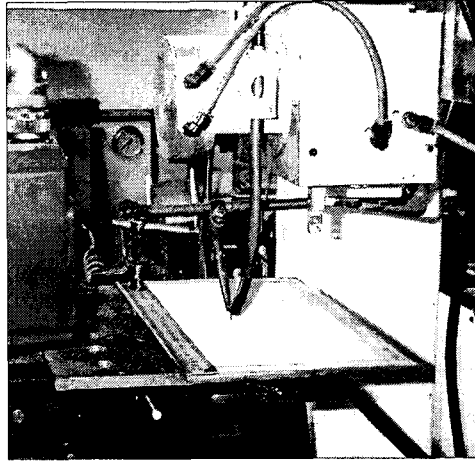


그림 1. 용가재 첨가 레이저 용접을 위한 와이어 송급시스템

용접 조건을 정립하고자 평판 BOP 시험과 개선 각에 따른 용접을 수행하였으며, 이 결과를 토대로 12mm, 16mm 두께 강재에 적용한 후 최종으로 20mm 두께 강재를 대상으로 레이저 용접을 수행하였다.

III. 결과 및 고찰

용가재를 적정하게 용융시킬 수 있는 레이저 출력 및 용가재 송급 속도를 평가하고자 용가재 용융 실험을 실시하였다. 1.2mm Φ 용가재를 사용했을 경우 3.5kW, 4.0kW, 4.4kW 출력 조건과 분당 2000~3500mm 영역의 송급 속도에서 적정하게 용융되는 조건을 확인하였다. 개선 각을 결정하고자 두께 6mm의 일반 강재를 이용하여 각도를 25도, 30도, 40도로 변경한 후 용착 정도를 평가한 결과, 25도와 30도의 경우 2 패스 용접으로 개선 부분의 채움은 물론 적정 형상의 비드를 얻었다. 이와 같은 적정 조건 도출 실험을 바탕으로 두께 20mm 강재를 레이저 용접하였으며, 이를 그림 2에 나타냈다. 그림 2에 나타낸 바와 같이 상부 비드는 볼록 비드 형상으로 양호하였으나, 하부는 root부 용접시 용융 금속의 표면 장력 등으로 인해 약간 위로 끌려 올라간 형태(suck-back 현상)로 관찰되었다. 또한, 총 4 패스 용접 후 단면을 광학현미경으로 관찰한 결과, 약간의 기공성 결함이 발생하였다. 적정 조건을 이용해 20mm 두께 강판을 대상으로 용접을 실시한 후 레이저 용접부를 대상으로 기계 시험을 수행하였는데, 강도 및 충격 인성치가 모두 육상 구조물 요구치를 만족하였다. 이상과 같은 실험 즉, 5kW 출력의 CO₂ 레이저와 용가재 첨가 개념을 도입해 저입열 용접을 수행함으로써, 레이저 용접시 두께 증가에 대한 현장 적용 가능성을 확인하였다.

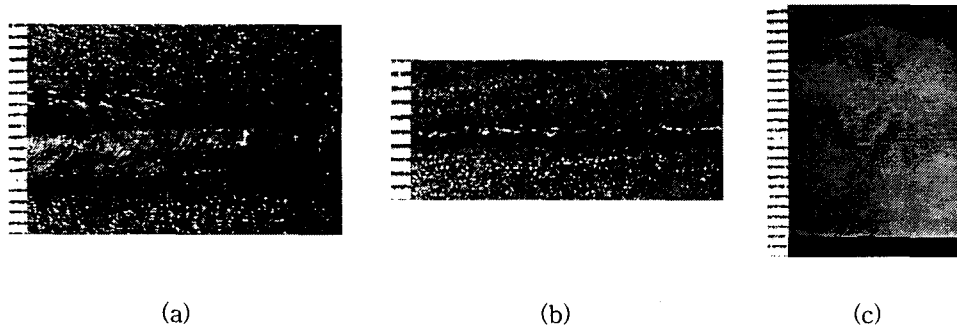


그림 2. 용가재 첨가를 이용한 4패스 레이저 용접부 비드 및 단면 형상
(a) 상부 비드, (b) 하부 비드, (c) 단면 마크로

IV. 결론

최대 출력 5kW 레이저를 이용해 두께 20mm 후판 강재의 용가재 첨가형 multi-pass 레이저 용접 기법을 정립하였다. 특히, 용가재 첨가형 레이저 용접 기법은 간극에 대한 대응력과 적용 강재의 두께를 향상시킬 수 있는 점을 고려해 볼 때 강판 두께 증가에 대한 현장 적용 가능성이 있는 것으로 판단된다.

V. 참고문헌

1. Tommi Jokinen, Tempo Viherva, Veli Kujanpaa : Welding of Ship Structural Steel a 36 Using Nd:YAG Laser and GMAW, ICALEO 1999, pp.225-232.
2. N. Abe : Combination mechanism of high speed leading path Laser-Arc combination welding, Trans. of JWRI, Vol. 27, No.2, 1998, pp.7-11
3. Martin Dahmen, Frederic Coste, Gotz Kapper, Wolfgang Knapp : Multiple Pass Laser Beam Welding of Heavy Sections, ICALEO 1999, pp.147-156
4. R. H. Phillips and E. A. Metzbowler : Laser beam welding of HY80 and HY 100 steels using hot welding wire addition, Welding Journal, 1992, pp.201-208