

5kW CO₂ 레이저를 이용한 12mm 후판 강재의 용접기술 Welding of a 12mm Thick Steel Plate using a 5kW CO₂ Laser

박 영수*, 윤 중근

현대중공업(주) 산업기술연구소, 울산시 동구 전하동 1

1. 서론

레이저 가공기술은 고밀도의 열원을 이용한 가공법으로 타 공정에 비해 입열량이 적어 금속 가공 시 열영향부 및 열변형이 적다는 장점이 있다. 이에 따라 두께 10mm 내외의 강판을 사용하는 강 구조물 예컨대 선박의 선실의 제작시 발생하는 용접변형을 최소화할 수 있어 레이저 용접의 응용 가능성이 매우 높다. 그러나 현재 국내에 보급된 레이저 용접기의 용량은 대개 5kW 이하이므로 두께 10mm 내외의 강판을 한번에 즉, key hole 용접 혹은 제살 용접을 수행할 수 없는 현실이다. 이와 같은 문제점을 개선하고자 레이저 용접시 편면 1 패스용접보다는 Y 개선을 이용하여 초층은 레이저 용접으로 후행은 GMAW 기법으로 실시하는 방법이나 용가재 첨가형 레이저 용접 및 I-butt 개선에 양면 1 패스 용접에 의한 제살 용접 기법 등을 적용하고자 연구가 각국에서 수행중이다. 특히 용가재 첨가형 레이저 용접은 강재 두께의 제한이 없으면서도 레이저 용접의 저입열 특성을 가지고 있어 용접부의 협소화 및 변형저감 차원의 장점이 많아 지속적인 연구가 필요하다. 제살 용접시 용입 깊이는 레이저의 출력과 이송속도에 크게 영향을 받지만 용가재를 사용한 경우에는 용가재의 공급 속도와 출력에 따라 용착량이 결정된다.

본 연구에서는 레이저 용접의 후판에 대한 적용성을 증대시키기 위하여 조선용 두께 12mm의 AH32 강재를 대상으로 I-butt 개선의 양면 1 패스 용접기법과 용가재 첨가형 레이저 기법을 정립하고자 하였다. 이를 위하여 용접부의 건전성에 미치는 용접속도, 출력, 용가재 이송속도 및 개선형상 등을 변수로 하여 용접기법을 정립하고자 하였다.

2. 실험 방법

용접은 최대출력 5kW로 다중모드(multi-mode)인 출력분포를 갖는 횡류형 CO₂레이저를 사용하여 수행하였는데, 레이저 용접시스템은 테이블 이송형이며 집속 광학계는 초점거리 7.5"의 반사형광학계를 사용했다. 또한 용접시 발생한 플라즈마의 제어에는 trailing side tube 노즐을 제작하였다.

양면 1 패스 용접을 위해 AH32 강재를 100mm×50mm×12mm(t)크기로 제작하고 맞닿는 부분은 간극이 없도록 기계가공을 하였으며 양쪽 끝 부분은 TIG로 가접한 후 용접하였다. 용접조건은 출력과 용접속도를 변수로 하여 정립하고자 하였다. 용가재를 이용한 레이저 용접 기법을 정립하고자 그림 1과 같이 레이저 용접장치에 송급시스템을 설치하였다. 용가재 송급시스템은 분당 1000~9000mm³/min의 영역까지 변경이 가능하도록 했고 송급위치는 레이저 빔의 focal plane으로부터 45도 각도로 설정하였다. 용접조건을 정립하고자 평판 BOP 시험과 개선각에 따른 용접을 수행하였으며, 이를 토대로 12mm두께의 강재에 적용하여 실험하였다. 특히 송급속도 및 용접속도에 따라 1.2mm 직경의 용



그림 1. 용가재를 이용한 레이저 용접시스템

가재가 충분히 용융되어 개선부를 전부 채우고 약간은 용기되어 블록 비드가 형성되는 조건을 얻고자 하였다.

3. 결과 및 고찰

1) I-butt 양면 1 패스 용접

평판에 대한 용접시험시 6mm 정도의 용입은 4.5kW 출력하에서 최대 용접속도 약 600mm/min. 까지 가능하였다. 이에 따라 12mm 두께 강재에 대하여 출력 4.5kW, 이송속도 600mm/min. 의 조건으로 양면 1 패스 용접을 실시한 결과, 용접부에는 많은 기공이 발생되어 건전한 용접부를 얻을 수 없었다. 이를 방지하고자 용접속도를 감소시켜 용접시험을 실시하여 용접속도가 500mm/min. 이하인 경우 기공이 없는 용접부를 얻을 수 있었다. 그런데 용접속도가 500mm/min. 인 경우 용접 열영향부의 경도값이 약 340Hv 정도로 크게 경화되어 충격인성을 확보하기 어려웠다. 용접부의 인성을 만족시킬 수 있는 용접속도는 400 mm/min. 이하이었으며, 이때 얻어진 용접부 형상을 그림 2에 나타내었다.

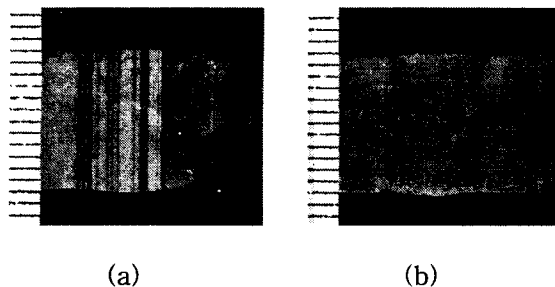


그림 2. 12mm 두께 강재의 양면 1 패스 레이저 용접부 형상 :
(a) 300 mm/min, (b) 400 mm/min.

2) 용가재 첨가 레이저 용접

용가재를 적정하게 용융시킬 수 있는 레이저 출력 및 용가재 이송속도를 평가하고자 BOP 시험을 실시하였다. 1.2 ϕ 용가재의 경우 출력은 3.5~4.5kW 정도에서 송급속도는 분당 2000~3000mm 영역에서 가장 양호하게 용융되었다. 개선각을 결정하고자 두께 6mm의 일반 강재를 이용하여 각도를 25도 - 40도로 변경하여 용착 정도를 평가한 결과, 25도와 30도의 경우 2 패스 용접으로 개선부분은 물론 적정 형상의 비드를 얻었다. 이와 같은 조건실험을 바탕으로 두께 12mm 강재를 레이저 용접한 것을 그림 3에 나타내었다. 그림에서 보여주듯이 결함이 없는 매우 양호한 용접부를 형성하였으며 상부비드도 블록한 형상임을 알 수 있다. 용접부의 물성 평가 결과 강도 및 인성값이 모두 양호하였다. 이상의 실험을 통해 각 개선각에 대한 레이저의 출력, 이송속도, 와이어 송급속도, 기타 변수들의 적절한 조합으로 용접두께를 증가시킬 수 있어, 향후 중공업분야의 후판 강재용접에 적용이 가능할 것이다

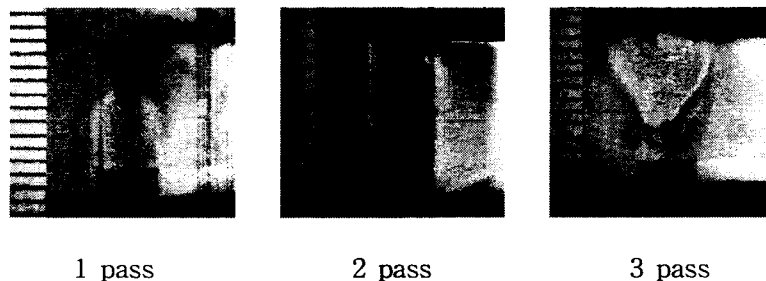


그림 3 두께 12mm 강재의 용가재 첨가형 레이저 용접부 (25°)

4. 결론

최대 출력 5kW 레이저를 이용하여 두께 12mm 후판 강재에 대한 I-butt 개선의 양면 1 패스 용접기법과 용가재 첨가형 레이저 기법을 정립하였다. 특히 용가재 첨가형 레이저 용접기법은 간극에 대한 대응력과 적용 강재의 두께를 향상시킬 수 있어 레이저 용접의 중공업 분야 적용성을 높일 수 있음을 확인하였다.