

조선 적용을 위한 하이브리드 레이저 용접 캐리지 개발

신정현, 이윤식, 류상훈, 성희준

현대중공업 산업기술연구소

Development of the Hybrid Laser Welding Carriage for Shipbuilding

J. H. Shin, Y.S. Lee, S. H. Ryu, H. J. Sung

Hyundai Industrial Research Institute (HIRI) of R&D Division

HYUNDAI HEAVY INDUSTRIAL CO., LTD.

Abstract

Hybrid laser welding technology is a good process to reduce a thermal distortion and increase the productivity. However, it requires a high investment and a massive modification of the fabrication line such as a gantry system, milling machine for the edge preparation, high power laser system and weld machine. Therefore the development of an economical laser welding system is a crucial point to apply this system in shipbuilding yard. In this study, a portable hybrid laser welding carriage was developed for I-butt joint without edge milling. It is expected that the carriage type system could reduce investment cost.

Key Words: Hybrid laser welding, Hybrid laser welding carriage, Thermal distortion, Shipbuilding

1. 서 론

레이저 용접은 일반용접에 비해서 열변형이 적고 빠른 용접을 달성할 수 있으나 주변환경에 민감하기 때문에 조선분야에서는 현장 적용성이 떨어진다. 따라서 아크 용접과 레이저 용접을 혼합하여 레이저 용접의 단점을 보완한 하이브리드 레이저 용접 공정을 개발하였다. 하이브리드 용접을 적용하기 위하여 갠트리, 부재 이송 장치 등의 추가적인 시스템의 투자가 필요되며 선실 소조 라인의 용접 적용을 목표로 파일럿 시스템을 개발하였다. 하이브리드 레이저 용접 캐리지를 개발하고 용접실험을 수행하였으며 양호한 용접 결과를 얻을 수 있었다. 캐리지 적용이 하이브리드 용접 적용의 전 공정에 적용할 수는 없으나 선택적으로 적용할 수 있으므로 적은 시설투자 비용으로 하이브리드 레이저 용접을 현장에 적용할 수 있는 효과적인 대안이 될 수 있다.

2. 연구 내용

2.1 하이브리드 용접 캐리지 장치

2.1.1. 기계 장치 구성

하이브리드 레이저 용접용 캐리지는 Fig. 1과 같이 Nd:YAG 용접 헤드와 아크 용접 토치가 장착되어 원풀을 형성할 수 있도록 구성하였다. 또한 레이저 출력 변수 조절을 위한 초점위치 조절, 레이저 빔과 아크 전극간의 간격(separation) 조절, 아크 용접 토치의 입사각 조절, 레이저와 아크 토치를 일체로 조정할 수 있도록 하여 아래 보기 자세와 필렛 2F 자세의 적용이 가능하도록 구성하였다.

2.1.2. 제어 장치 구성

캐리지의 전·후진 주행 기능과 레이저와 아크 용접의 선·후행에 따른 전원 제어 장치를 손쉽게 제어하기 위해 별도로 손쉽게 운반이 가능한 소형제어장치를 구성하였다. 이 제어장치는 레이저

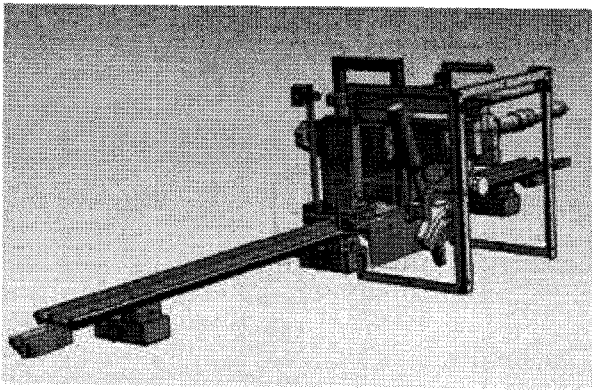


Fig. 1 Hybrid Laser Welding Carriage.

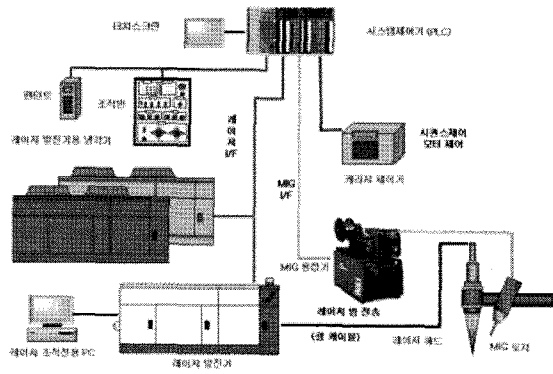


Fig. 2 Schematic diagram of control system.

전원, 미그용접기 및 캐리지의 정밀 속도제어를 담당한다.

본 연구에서 적용된 캐리지 제어기는 기존의 레이저장치, 미그 용접기간의 인터페이스는 디지털 인터페이스로 Fig. 2와 같이 구현하였다. 주요 제어기능은 레이저/용접기 전원 제어기능, 용접 조건 제어기능, 캐리지 주행기능, 용접속도 제어 기능, 그리고 이상 발생시 대처를 위한 안전기능으로 구성된다. 특히 용접기 제어 기능은 별도로 와이어 인칭, 가스체크, 수동 아크 기동 및 정지 기능을 추가하여 구성하였다.

2.2 하이브리드 레이저 용접 실험

2.2.1. 하이브리드 레이저 용접 헤드

Nd:YAG 레이저 하이브리드 용접의 헤드는 초점거리 200 mm 렌즈가 설치된 레이저 헤드, 아크 용접 토치로 구성되어 있다. 레이저가 수직으로 조사되는 곳을 기준으로 레이저빔이 조사 시 빔과의 간섭을 피할 수 있도록 아크 용접 토치가 지면을 기준으로 60도 이상으로 설치, 장착되었다.

또 레이저 빔과 아크 전극간의 간격을 조절할 수 있도록 전·후 조절용 수동 슬라이드 축이 설치되었고, 필렛(fillet) 용접시 용접헤드부가 일정 각도 회전하였을 경우 레이저빔과 아크 용접 토치가 모재의 코너에서 일정거리를 조절할 수 있도록 좌·우 방향의 수동 슬라이드 축이 설치되었다. 또 레이저 빔이 항상 모재에 수직으로 조사되며, 이때 아크 용접 토치는 레이저 빔에 대하여 상대적인 각도를 유지하도록 슬라이드 각도 조절부를 설치 하였다. 이와 같은 방법을 통하여 용융풀 간섭을 줄일 수 있게 되고 레이저 빔과 아크 전극간의 간격을 자유롭게 조절함으로써 용입 증가 효과를 달성할 수 있었다.

2.2.2. I-Butt 하이브리드 레이저 용접 공정

I-Butt 하이브리드 레이저 용접은 전단기로 절단한 두께 4.5t 부재에서 BOP 테스트를 선행하여 대략적인 용접조건을 찾은 후 I-Butt 혼합용접을 수행하였다. 4.5t I-Butt 하이브리드 레이저 용접에서는 제어 파라미터를 용접속도와 레이저의 출력을 조절 하였으며, Table 1과 같은 결과를 얻었다.

4.5t I-Butt 하이브리드 레이저 용접 결과를 근거하여 플라즈마 절단으로 부재의 조인트 상면이 라운드 진 연강 6t, 7t 부재를 직접 사용하여 현장성에 최대한 접근할 수 있는 조건에서 테스트를 실시하였다. I-Butt 하이브리드 레이저 용접 공정에서는 용접속도, 레이저의 출력, 레이저의 초점거리, 레이저 빔과 아크 전극간의 간격, 아크 용접의 전압, 와이어의 분당 송급속도 그리고 보호가스 유량 등이 제어 파라미터 (parameter)가 된다. 이들 중 레이저의 출력은 최대 4 KW로 고정하여 사용하였고, 레이저의 초점거리는 200 mm 초점거리 렌즈를 사용하여 부재 표면에서 약간 아래에 초점이 형성되도록 높이 조절을 하였다. 레이저 빔과 아크 전극간의 간격은 0-3 mm까지 조절을 하였다.

위와 같은 각각의 파라미터를 조절해 가며 6t, 7t 부재에 대하여 I-Butt 하이브리드 레이저 용접 테스트를 수행하였다. 그 결과 4.5t에 비하여 레이저 빔과 아크 전극간의 간격이 1 mm정도로 가까울수록 용입이 잘되었으며, 부재표면에서 약간 아래에 초점을 위치시켰을 경우에 완전 용입된 결과를 얻을 수 있었다. 7t의 경우에는 약간의 갭이

Table 1 Result of I-Butt welding.

No	Thickness (mm)	Welding Speed (m/min)	GM (leading) / Laser (trailing)	Cross section
1	4.5	1.2		
	Upper bead			
	Lower bead			
	2	4.5	1.5	
Upper bead				
	Lower bead			
	3	6	1.0	
Upper bead				
	Lower bead			
	4	7	1.0	
Upper bead				
	Lower bead			

있을 경우 완전용입에 유리함을 알 수 있었으며, 현재의 혼합 용접 시스템에서 I-Butt 용접 시 최대 용입은 7 mm까지 가능함을 확인할 수 있었다.

3. 결론

하이브리드 레이저 용접의 캐리지 타입의 적용 시도를 통해서 이동형 캐리지 탑재 적용성을 확보하였다. 파일럿 용접 캐리지는 레이저 헤드와 아크 용접 토치를 장착하여 알루미늄 레일 및 주행구를 구현하여 반자동 형태의 캐리지로 구성하였으며 분당 1.5 미터의 속도까지 테스트 데이터를 확보했다. 현재의 레이저 출력으로는 6-7 mm 두께가 원린 원패스 용접의 한계이지만 파이버 레이저나 디스크 레이저를 채용하면 출력 향상에 따라 두께 10 mm까지 확장할 수 있으며 또한 레이저 자체도 소형, 경량화가 되므로 이동형 장치로 구성할 수 있다.

이동형 시스템 구성과 다중 빔 분기 장치를 채용한 시스템 사용효율 증대, 자동 용접선 추적 장치 탑재 등을 통해서 향후 판계 용접 공정을 대체할 경우 턴오버 공정 제거, 용접장의 감소(원패스 원린 용접으로 1/2감소), 용접 속도 향상 등을 통한 생산성 향상을 달성할 수 있을 것으로 기대된다.

따라서 본 연구결과를 바탕으로 각 축의 제어를 모터라이징하고 용접선 자동추적장치 등을 구비한 자동 용접 캐리지 시스템 개발을 하여 현장 적용에 한발 다가서고자 한다.

참고 문헌

- 1) Frank Roland, Luciano Manzon, Pentti Kujala : Advanced Joining Techniques in European Shipbuilding, Journal of Ship Production, Vol. 20, No. 3 (2004)

- 2) Claus Bagger, Flemming O. Olsen : Review of laser hybrid welding, Journal of Laser Applications. Vol. 17, No. 1 (2005)
- 3) M. Wouters, J Powel: The influence of joint gap on the strength of hybrid Nd:Yttrium-aluminum garnet laser-metal inert gas, Journal of Laser Applications. Vol 18. No. 3 (2006)