파이버 레이저를 이용한 Ti 과 Steel 박판의 이종용접

박 서정, 이 목영, 장 웅성
포항산업과학연구원(RIST) 용접센터

Dissimilar Metal Welding Titanium and Steel Sheet by Fiber Laser

Seo-Jeong Park, Mok-Young Lee and Woong-Seong Chang
Welding Research Center, RIST, Pohang city 790-330, South Korea

Abract

최근 첨단 산업을 주도하는 핵심부품들의 고집적화, 고기능화 요구에 따라 박판 금속의 미세정밀 용접과 이종 금속간의 용접 기술 개발이 필요하다. 본 연구에서는 최고 출력 300W의 싱글 모드 파이버 레이저를 이용하여 극박판 금속의 키 홀 용접 특성과 초고속 용접의 한계에 대해서 검토 하였다. 또한 타이타늄(Ti) 금속에 대한 비드 온 플레이트(Bead on plate) 용접과 스틸과의 이종 금속 용접 실험을 실시하여 용접 속도 및 입열량에 따른 인장 전단 강도의 변화에 대해 조사하였다. 고 파워밀도를 가지는 미세 집광빔에 의해 고속 용접 하에서도 키 홀이 붕괴 되지 않고 양호한 비드가 형성 될 수 있음을 규명하였다. 실험에 사용된 광학 시스템은 2종류의 설계로 고안 되었는데, 집광점에서의 스폿 사이즈를 다르게 하기 위하여 콜리메이트(Collimated beam) 된 평행빔의 직경을 변화 시켰다. 보다 미세한 스폿 사이즈을 얻기 위해 평행빔 직경을 최고 48mm까지 확대 시켰다. 이렇게 집광한 빔은 나이프(Knife edge)를 이용, 집광빔 허리 부분을 스캔하였다. 투과되는 빔은 시간 분해능이 3ns인 Photodiode sensor가 장착된 적분구(Integrating sphere)에 의해 실측 하였고, 최소 집광경은 약 13μm으로 출력 300W일 경우, 약$4.7*10^8 W/cm^2$의 고파워밀도였다. Nd:YAG 레이저의 파워 밀도와 비교하면 수 십배 이상 높다는 사실을 알 수 있다. 미세 스폿 사이즈와 높은 파워 밀도는 초고속 용접을 가능하게 한다. 본 실험에서는 용접 속도가 60m/min근방까지 양호한 키 홀 용접이 이루어 졌으며, 파워의 증가에 따라 험핑이 발생하였다. 이는 파워의 증가로 인한 키 홀 직경이 커지게 되며, 키 홀 주변부의 용융 금속 흐름이 원활하지 못한 결과라고 판단 할 수 있다. 또 다른 광학 시스템에서의 집광빔 사이즈는 약 23μm로 측정 되었으며, 양호한 키 홀 용접 속도 한계는 약 50m/min 부근으로 낮게 나타났다. 집광빔의 사이즈는 키 홀 직경과 직접적인 영향이 있으며, 키 홀 직경이 작을수록 초 고속 용접이 가능하다는 것을 의미한다. 타이타늄 동종 용접에서 Ar 쉴드 가스 분위기에서는 모재 대비 동등의 인장 전단 강도를 나타내었고, 대기 중에서는 약 75%~90%의 강도가 되었다. 대기와의 산화 반응이 높은 타이타늄의 특성 상 비드의 표면에 산화층이 생성 되었고, 용접부에서 파단이 일어난 것을 알 수 있었다. 고온에서 산소,수소,질소 등과 화학적 친화력이 크기 때문에 용접시의 쉴드 가스의 역할이 중요하다고 할 수 있다. 타이타늄-연강의 이종 용접에서는 주어진 실험 조건에 따라 생성되는 금속간 화합물의 영향으로 접합 강도는 타이타늄 모재 대비 50%~75 범위로 나타났다. 또한 동일한 입열량을 전제로 용접 속도 및 레이저 파워를 변화 시켜 이종 용접 실험을 하였는데, 용접 속도가 빠를수록 접합 강도는 높게 평가 되었다. 용접부의 EPMA 분석을 실시하여 이종 금속 성분의 분포를 파악하였다.

Key Words : Fiber laser, Focusing beam, Key hole, Molten pool, Thin metal sheet,