

Al 합금의 Disk Laser 용접특성에 대한 연구

A Study on the Welding Characteristics of Disk Laser for Aluminum Alloys

임현식*, 조정호*, 김철희*, 김정한*

* 한국생산기술연구원 정밀접합팀

1. 서 론

최근 자동차 산업은 석유가격의 상승 및 에너지 고갈, 배기 가스 규제 강화 등에 따른 친환경 차량개발에 치열한 경쟁을 보이고 있다. 이에 따라 연비향상을 위한 가장 효과적인 방법 중 하나인 차량 경량화 연구 및 적용이 활발하게 이루어지고 있다¹⁻⁵⁾.

차량 경량화의 일환으로 경량 소재의 적용도 높아지고 있는데 본 연구에서는 대표적인 비철 경량소재인 알루미늄 합금의 레이저 용접특성을 조사하였다. 5052 알루미늄 합금에 디스크 레이저를 적용 시 조사각도와 초점거리, 출력 그리고 용접속도 등에 따른 용접성을 평가하고자 한다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험장치

본 연구에서 레이저 발전기로 4kW급 디스크 레이저를 사용하였다. 초점거리 560mm인 광학계를 이용하여 레이저 빔을 조사하였으며, 레이저 헤드는 6축 로봇에 연결하여 레이저 조사각도 조정이 용이하도록 사용하였다.

후판 BOP 용접을 위하여 세로길이, 가로길이, 두께가 각각 200mm, 50mm, 10mm인 AA5052 시편을 사용하였으며, 박판 겹치기 용접을 위하여 세로길이, 가로길이, 두께가 각각 200mm, 50mm, 1mm인 AA5052 박판재 2장을 겹치기 조성하였다.

BOP 용접 시에는 시편의 표면에만 보호가스를 공급하도록 하였고 겹치기 용접 시에는 시편의 표면 및 이면에 보호가스가 공급되도록 하였다.

Fig. 1과 같이 보호가스 노즐은 원통형으로 직경이 10mm이고 모재와 35°의 각도를 갖도록

하였다.

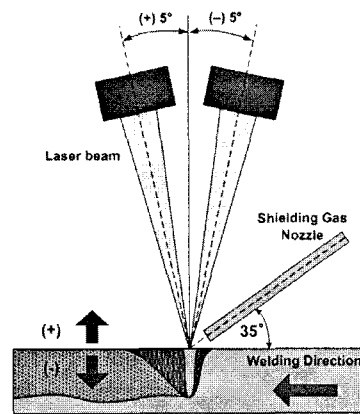


Fig. 1 Schematic diagram of Aluminum alloy laser welding

2.2 실험방법

2.2.1 BOP 용접 실험

레이저의 조사각도가 용접특성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 Fig. 1과 같이 BOP 용접 실험을 수행하였다. 보호가스는 Ar 50% - He 50% 조성의 혼합가스를 사용하였고 20 l/min로 공급하였다.

알루미늄의 높은 반사율로 인한 레이저 광학계의 손상을 방지하고 용접부위의 레이저 흡수율을 최대한으로 높이기 위해 레이저 조사각도를 5°로 결정하고 용접방향에 대해 음과 양의 방향 각각에 대해 실험을 수행하였다.

용접속도는 1m/min으로 고정하고 레이저의 출력은 4kW로 하였다. 레이저의 초점위치는 모재 표면을 기준으로 0mm에서 -12mm까지 3mm 간격으로 조절하면서 실험을 수행하였다.

2.2.2 겹치기 용접 실험

겹치기 용접 시 표면은 Ar 50% - He 50% 조성의 혼합가스를 20 l/min로, 이면은 Ar 가스를 10 l/min으로 각각 공급하였다. 레이저의 조사각도는

Fig. 1에서와 같이 용접방향에 대하여 +5° 로 하였으며 이때, 레이저의 초점위치와 출력, 용접속도에 따른 용접특성을 평가하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 후판 BOP 용접 실험

레이저 조사각도와 초점위치에 따른 후판 BOP 용접 실험의 결과를 Fig. 2에 나타내었다.

Defocusing distance	Cross-section Bead shape	X-ray
F: 0mm		
F: -3mm		
F: -6mm		
F: -9mm		
F: -12mm		

(a) Laser beam angle: -5°

F: 0mm		
F: -3mm		
F: -6mm		
F: -9mm		
F: -12mm		

(b) Laser beam angle: +5°

Fig. 2 Cross section and X-ray of AA5052 with Disk Laser (Laser power: 4kW, Welding speed: 1m/min)

표면을 기준으로 레이저의 초점위치가 멀어질수록 용입깊이는 점점 작아지지만 기공의 발생은 줄어드는 것을 확인할 수 있다. 그리고 동일한 출력과 속도에서 레이저의 조사방향이 -5° 일 때 보다 +5° 일 때 기공의 발생이 적어짐을 X-ray를

통해 확인할 수 있다.

3.2 박판 겹치기 용접 실험

3.2.1 레이저 초점위치의 영향

레이저 출력 3kW, 용접속도 6m/min에서 레이저 초점위치에 따른 실험한 결과 Fig. 3에 나타내었다.

Defocusing distance	Cross-section Bead shape	X-ray
F: -9mm		
F: -6mm		
F: -3mm		
F: 0mm		
F: 3mm		
F: 6mm		
F: 9mm		

Fig. 3 Cross section and X-ray of AA5052 lap joint welding with Disk Laser (Laser power: 3kW, Welding speed: 6m/min)

Fig. 3에서와 같이 초점위치가 모재표면에서 멀어질수록 용입깊이가 작아지는 경향을 보였다.

점차적으로 초점위치 변함에 따라 완전용입에서 불완전용입으로 전환되며, 이 때 기공의 발생이 증가함을 확인하였다. 불완전용입 발생 이후 초점위치가 표면에서 더 멀어진 경우에는 상판만 용융되며 이때는 상판과 하판의 계면에 존재하는 아연 영향이 감소하여 기공이 감소함을 관찰할 수 있었다.

3.2.2 레이저 출력의 영향

용접속도 6m/min, 레이저 초점위치 -6mm에서 레이저 출력에 따른 실험 결과를 Fig. 4에 나타내었다.

Laser power	Cross-section Bead shape	X-ray
3.0 kW		
3.5 kW		
4.0 kW		

Fig. 4 Cross section and X-ray of AA5052 lap joint welding with Disk Laser (Defocusing distance: -6mm, Welding speed: 6m/min)

일반적으로 레이저의 출력이 높을수록 용입깊이는 깊어진다. 실험결과 출력이 3kW일 경우 불완전 용입이 일어나고 기공의 발생이 많아짐을 확인할 수 있었다. 레이저 출력이 3.5kW 이상인 경우 완전용입이 발생하여 기공이 감소하나 레이저 출력이 4kW일 때 상면과 이면 비드에 언더컷이 발생하는 것을 확인하였다.

Welding speed	Cross-section Bead shape	Back bead surface	X-ray
3 m/min			
4 m/min			
5 m/min			
6 m/min			
7 m/min			
8 m/min			
9 m/min		No back bead	

Fig. 5 Cross section and X-ray of AA5052 lap joint welding with Disk Laser (Laser power: 4kW, Defocusing distance: -6mm)

3.2.3 용접 속도의 영향

레이저 출력 4kW, 초점위치 -6mm에서 용접속도에 따른 실험결과를 Fig. 5에 나타내었다.

용접속도가 빨라짐에 따라 비드폭이 줄어드는 것을 확인하였고 8m/min 이상의 용접속도에서는 불완전 용입으로 인한 기공이 발생함을 X-ray를 통해 확인하였다.

4. 결 론

본 연구에서는 알루미늄 합금의 디스크 레이저 용접 시 공정변수에 따른 용접성을 평가하여 아래와 같은 결론을 도출하였다.

1) Al 합금 후판의 레이저 용접 시 용접방향에 대한 레이저의 조사각도를 (+)방향으로 설정하는 경우 기공 발생이 감소함을 확인하였다.

2) Al 합금 판재의 겹치기 용접의 경우 레이저의 출력, 초점위치, 용접속도에 대한 용접성을 평가한 결과 계면이 용융되는 경우 불완전 용입이 완전용입에 비해 많은 기공이 발생하였다. 그러나 과도한 입열이 가해지는 경우에는 비드에 언더컷이 발생할 수 있으므로 적절한 출력 선정도 중요한 변수임을 확인하였다.

참 고 문 헌

1. B. Irving : The Auto Industry Gears Up for Aluminum, Welding Journal, 81-11(2000), 63-68
2. P. Okon, G. Dearden, K. Watkins, M. Sharp and P. French : Laser Welding of Aluminium Alloy 5083, ICALEO 2002, 14-17(2002)
3. R. Fabbro and S. Slimani : Melt Pool Dynamics during Deep Penetration CW Nd-YAG Laser Welding, Lasers in Manufacturing 2007, 259-264
4. S. Katayama, Y. Kawahito and M. Mizutani : Plume Behaviour and Melt Flows during Laser and Hybrid Welding, Lasers in Manufacturing 2007, 265-272
5. The Aluminum Association : Welding Aluminum: Theory and practice, Fourth Edition 2002