

CO₂레이저-MIG 하이브리드 용접에 미치는 보호가스 조성의 영향

The Effect of Shielding Gas Composition in CO₂ Laser-MIG Hybrid Welding

채현병*, 김철희*, 김준기*, 강남현*, 김정한*, 이세현**

* 한국생산기술연구원 정밀접합용접팀

** 한양대학교 정밀기계공학과

1. 서 론

레이저-아크 하이브리드 용접은 1979년에 Steen에 의해 용접속도를 높이는 방법으로 제시된 이후로 최근 들어 활발한 연구가 진행되고 있는 분야이다¹⁾.

보호가스를 사용하는 용접공정에서는 가스의 종류가 용접특성을 결정짓는 중요한 요소이다. 연강이나 저합금강에서 스파터를 줄이기 위한 GMA용접에서는 용적에 작용하는 전자기력의 핀치효과 증대에 의해 용적이행이 용이한 아르곤 가스를 베이스로 하고, 언더컷이나 블로우홀과 같은 용접부 결함 방지 및 표면장력 감소에 의한 비드표면형상 개질을 위하여 CO₂나 O₂등의 가스를 첨가한 혼합가스를 사용한다²⁾.

후판모재를 위한 레이저 용접에서는 이온화에너지가 가장 크고 열전도도가 높아 플라즈마 발생억제력이 가장 뛰어나 깊은 용입에 유리한 100% 헬륨을 사용한다. 그러나 레이저-아크 하이브리드 용접공정은 레이저와 아크용접공정을 결합하여 동시에 수행시키기 때문에 공정간 보호가스 특성차이를 극복할 수 있는 방안이 필요하게 된다. Hans는³⁾ CO₂레이저-아크 하이브리드 용접에서 헬륨, 아르곤, 이산화탄소 및 산소를 혼합한 보호가스를 사용한 사례가 있으나 체계적인 결과를 발표하지는 못하였으며 Anna는⁴⁾ 하이브리드 용접에서 이산화탄소가 비드표면의 미치는 영향을 연구하였다. 그러나 현재까지는 하이브리드 용접에서 보호가스 조성의 영향에 대한 연구는 상당히 미흡한 수준에 있다.

본 연구에서는 하이브리드 용접에서 의도하

는 시너지효과를 최대한으로 획득할 수 있는 보호가스 조성을 얻기 위하여 레이저와 아크용접에서 기본이 되는 헬륨과 아르곤 가스비를 다양하게 변화시켜 그에 따른 플라즈마 특성을 관찰하였다. 또한 단독 레이저 용접과 하이브리드 용접의 플라즈마 발생특성을 비교하였으며 보호가스에 따른 용적이행현상을 고속카메라를 통하여 관찰하여 고찰하였다.

2. 실험장치 및 방법

본 연구에서는 하이브리드 용접을 수행하기 위하여 1m×0.6m×0.4m 스트록의 용접스테이션과 CO₂ 레이저 헤드와 아크용접토치를 효율적으로 결합할 수 있고 공정변수 조절이 가능하도록 X, Y, Z 및 θ방향의 4축 스테이지로 제작하였으며 레이저 용접헤드와 동시에 움직일 수 있도록 일체형으로 제작하였다. 하이브리드 용접시스템의 사진과 하이브리드 용접헤드의 개략도를 Fig. 1과 Fig. 2에 나타내었다.

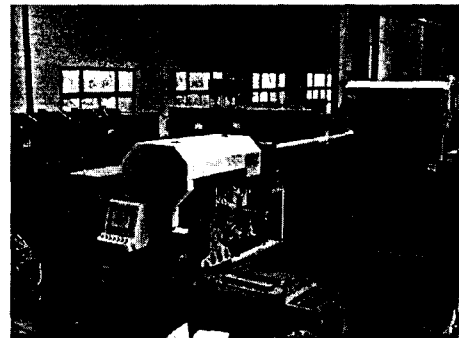


Fig. 1 Laser-arc Hybrid welding system

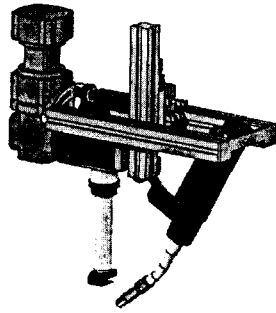


Fig. 2 Laser-arc hybrid welding head

레이저는 12kW급 CO2레이저(Trumpf TLF 12000)을 사용하였으며 GMA용접을 위하여 500A inverter type(Fronius TPS 5000) 용접전원과 와이어 송급성을 원활히 하기 위하여 push-pull토치를 사용하였다.

용접은 16mm의 연강(SS 400)위에 bead-on-plate로 수행하였으며 플라즈마 관찰을 위한 CCD촬영과 하이브리드 용접부 관찰을 위하여 6,000fps의 고속촬영을 병행하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 레이저 용접에서의 보호가스 영향

레이저 용접에서 발생하는 플라즈마가 용접성에 미치는 영향을 고찰하기 위하여 레이저 단독 용접에서 보호가스 성분에 따라서 발생하는 플라즈마를 CCD 카메라를 통하여 관찰하였으며 그 사진을 Fig. 3에 나타내었다.

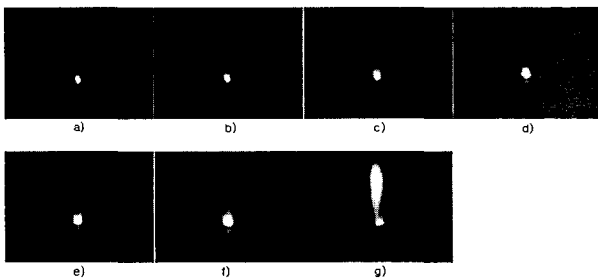


Fig. 3 Photos of plasma generated in laser welding; Laser 8kW, a) 100% He, b)90% He+10%Ar, c) 80% He+20% Ar, d) 70% He+30%Ar, e) 60% He+40%Ar, f) 50% He+50%Ar, g) 40% He+60%Ar.

레이저 출력은 8kW를 사용하였고 보호가스를 헬륨에 아르곤가스를 10~60% 혼합하여 용접을 수행하였다. 헬륨에 아르곤의 첨가량이 증가할수록 발생하는 플라즈마 양이 증가하는 것을 관찰할 수 있었으며 발생하는 플라즈마의 높이를 Fig. 4에 나타내었다.

Fig. 4에서 나타내듯이 레이저 출력이 높아질수록 헬륨가스에 첨가되는 아르곤가스의 영향이 더커짐을 알 수 있다. 레이저 출력이 4kW, 8kW, 12kW에서 아르곤가스 첨가량이 60%, 40%, 30% 이하일 때만이 보호가스의 기능이 유지되는 것을 알 수 있다.

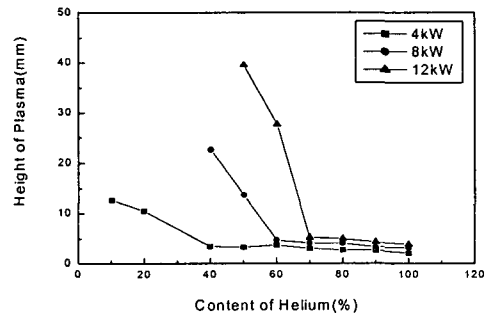


Fig. 4 Height of plasma generated in laser welding.

비드의 용입깊이는 발생하는 플라즈마 양이 증가할수록 점차 감소하는 것을 관찰할 수 있었는데 이는 Fig. 5에서 나타내는 바와 같이 발생한 아르곤가스 플라즈마가 레이저의 조사를 방해하여 모재표면에 전달되는 레이저 양을 감소시키는 것으로 판단된다.

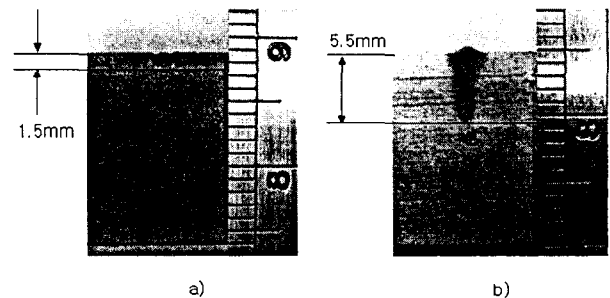


Fig. 5 Cross-sectional bead shapes; laser 4.4kW, a) 100% Ar, b) 100% He.

3.2 하이브리드 용접에서의 보호가스 영향

하이브리드 용접에서 보호가스 조성의 영향을 검토하기 위하여 발생하는 플라즈마와 용접부 현상을 CCD와 고속카메라를 사용하여 관찰하였다. 하이브리드 용접에서 플라즈마 발생현상의 사진을 Fig. 6에 나타내었다. 하이브리드 용접에서도 레이저용접에서와 동일하게 헬륨에 아르곤가스를 첨가할수록 플라즈마의 크기가 증가함을

알 수 있었다.

헬륨가스에 아르곤가스의 첨가량이 50%이상일 때는 정상적인 비드가 형성되지 않음을 관찰할 수 있었는데 이는 레이저 용접에서와 동일하게 아르곤가스에 의한 플라즈마가 레이저의 조사를 방해하기 때문으로 사료된다.

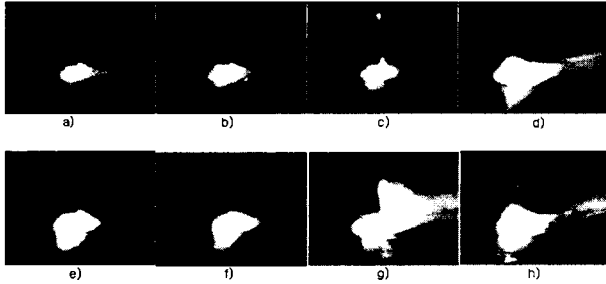


Fig. 6 Photos of plasma generated in hybrid welding; Laser power 8kW, arc power 9.2kW a) 100% He, b) 90%He+10%Ar, c) 80%He+20%Ar, d) 70%He+30%Ar, e) 60%He+40%Ar, f) 50%He+50%Ar, g) 40%He+60%Ar, h) 30%He+70%Ar.

또한 하이브리드 용접에서 헬륨가스에 아르곤가스의 첨가량을 증가시킬수록 발생하는 플라즈마량은 증가하는 반면에 아크용접에서 용적의 이행현상은 보다 안정되는 것을 고속카메라에 의한 관찰결과 알 수 있었으며 100% 헬륨과 60%헬륨+40%아르곤의 예를 Fig. 6에 나타내었다.

Fig. 7의 a)는 100% 헬륨에서 입상용적 이행을, b)는 스프레이 이행을 나타내는 것을 알 수 있다. 이는 아르곤가스가 증대됨으로써 용적에 작용하는 전자기력 증대에 의한 핀치효과가 증가하여 용적이행이 안정적으로 이루어지기 때문으로 생각된다.

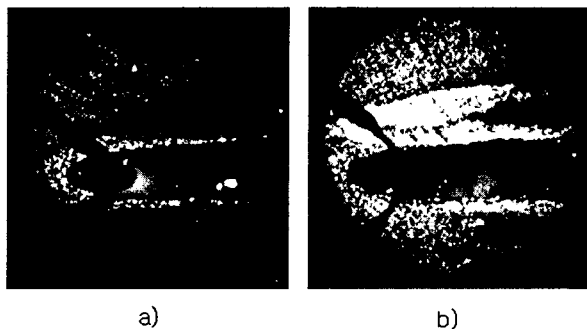


Fig. 7 Photos of metal transfer in hybrid welding; a) 100% He, b) 60% He+40%Ar.

3.3 하이브리드 용접에서 레이저와 아크사이의 거리

고속카메라에 의한 하이브리드 용접부 관찰결과 레이저와 아크사이의 거리가 0일 때는 레이저 킥홀에서 폭발하는 플라즈마 플룸에 의해 이행되는 용적이 비산하여 용적이 용융지에 정상적으로 이행되지 못하는 현상을 관찰할 수 있었으며 발생하는 스파터도 증가하는 경향을 보였다. 레이저와 아크사이의 거리를 2mm로 하여 실험한 결과 스파터 발생량이 현격하게 줄었으며 고속카메라에 의한 관찰결과 이행되는 용적이 레이저 킥홀 폭발에 의해 비산되는 현상이 감소된 것으로 판단되었다.

4. 결 론

1. 레이저 단독용접에서 레이저 출력이 증가할수록 적은 양의 아르곤가스 첨가량에서도 플라즈마 발생이 심화되어 용입깊이를 적게 한다.
2. 하이브리드 용접에서 아르곤의 조성비가 증가할수록 플라즈마 발생량이 증가하나 아크의 핀치효과증대에 의해 용적이행은 100% 헬륨보다 안정적이다.
3. 하이브리드 용접에서 레이저와 아크사이의 거리가 0일 때는 레이저 킥홀에서 폭발하는 플라즈마 플룸에 의해 이행되는 용적이 비산하여 스파터발생량이 증가하므로 적절한 레이저-아크 거리를 유지해야 한다.

참고문헌

1. W. M. Steen and M. Eboo: Arc Augmented Laser Welding, Metal Construction, July (1979), 332-335.
2. Korea Welding Society(KWS): Encyclopedia of Welding and Joining, KWS, (1998), 738-739 (in Korean).
3. Hans E., Klas N., Jan F., Tony N., Anders S. and Bertil G.: Laser Hybrid Welding of High Strength Steels, 19nd International Congress on ICALEO 2000, 135-141 of Section A.
4. Anna F.: CO2-GMA Hybrid Welding of Carbon Steel- The Effect of Shielding Gas Composition, 22nd International Congress on ICALEO 2003, 56-65 of Section A.