

Arc, Laser, Hybrid(Laser+MIG) 용접을 이용한 알루미늄 합금의 용접성 검토

방희선·김준형·방한서

Investigation on Weldability of Aluminum Alloy by Arc, Laser, Hybrid(Laser+MIG) Welding

Hee-Sun Bang, Jun-Hyung Kim and Han-Sur Bang

1. 서론

최근 수송수단의 경량화를 통한 연료비 절감 및 자원 재생을 목적으로 경량화에 대한 요구가 증가하면서 대표적인 경량 금속인 알루미늄 합금의 사용이 증가하고 있는 추세이다. 그러나 고강도 알루미늄 합금은 일반 철에 비해 용점이 낮을 뿐만 아니라 산화되기 쉽고, 열팽창과 높은 반사율로 인해 건전한 용접부를 얻기가 어려운 실정이다. 이에 기존의 아크용접법에서 벗어난 새로운 열원을 이용한 접합법이나 보조 열원을 추가하는 방법을 통한 접합법들이 개발되어지고 있으며, 특히 하이브리드 접합법의 경우 기존 2가지의 열원을 혼합한 방법으로 각 용접법의 장점을 채택하여 그 시너지 효과를 이용한 용접법으로서 Laser 와 Arc을 열원으로 이용한 하이브리드 접합법에 대한 연구가 진행되고 있다. 따라서 본 고에서는 현재까지 발표된 알루미늄합금 접합기술에 대한 기술개발 사례와 접합방법 비교를 통한 알루미늄 합금 용접성에 대해 검토하고자 한다.

2. 알루미늄합금 접합기술

2.1 Arc 용접

아크용접의 경우 금속계열 접합의 대표적인 접합 방법으로서 많은 연구 및 실험이 진행되어 여러 접합방법을 통한 건전한 접합부 및 신뢰성 확보를 위한 노력이 진행되고 있다. 현재 아크 용접의 알루미늄 합금 접합에 있어서 MIG 용접과 TIG 용접법이 있으며, 이 두 용접법을 상호 비교하면 MIG용접의 경우 TIG용접에 비해 용입이 깊고 용착량이 많은 특성상 중후판이나 연속하는 경우에 적용되고 있으며, TIG의 경우 주로 박판이나 연속하지 않는 경우에 적용되어지고 있다.

이러한 경량화 금속인 알루미늄 합금에 대한 아크용

접의 적용의 경우 장치의 가격이 저렴하며 기존의 설비를 사용할 수 있다는 장점이 있으나 용접부의 기계적 성질이 열화 되는 영역이 넓고 변형량이 크다는 단점이 있다. 특히 용융용접의 특성상 용접부의 기계적 특성이 현저히 저하 되는 특성을 보이고 있는데 그 이유는 용융용접시 다량의 열이 유입되어 취약한 응고조직의 형성으로 인하여 가공경화성의 손실 및 미세 석출물의 고용 현상 등의 발생이 그 원인으로 알려져 있으며 그 외에도 알루미늄 합금의 높은 열전도율과 고용점의 산화피막 발생에 따른 용융의 어려움이 있다. 따라서 이러한 이유로 인하여 아크용접에 따른 신뢰성 있는 접합부를 얻기가 어려운 실정이다.

2.2 Laser 용접

레이저를 용접열원으로 이용한 알루미늄 합금의 용접의 경우 레이저 빔의 특성상 빠른 용접속도와 적은 변형량, 급냉에 의한 용접부 조직 미세화, 폭이 좁은 열영향부 및 용융부 등 유리한 특성이 있으며 용접부의 기계적 성질은 아크 용접부에 비해 우수한 것으로 알려져 있다. 주로 단일 파장 레이저에 대한 다양한 알루미늄 재료의 용입특성, 결합, 기계적 성질 등에 대한 연구가 진행 중이며, 초기 레이저 접합의 경우 연속과 CO₂ 레이저를 사용한 접합법이 진행되었으나 제한적인 레이저빔 전송 시스템으로 인하여 3차원 레이저 용접 등 적용성에 있어 어려움이 발생함에 따라 빔 전송이 편리한 Nd:YAG 레이저를 적용한 시도가 이루어지고 있으며 많은 연구가 진행 중에 있다. 또한 Fig. 1의 연속발진형 다이오드 레이저빔과 펄스형 Nd:YAG 레이저를 혼합한 파형이 다른 두 개의 레이저 열원을 이용한 알루미늄 합금의 접합이 시도되고 있으며 이는 기존 레이저 접합에 비해 예열작용으로 인한 에너지 빔 흡수 효과를 증가시키는 효과를 보이며 용접금속의 단면 및

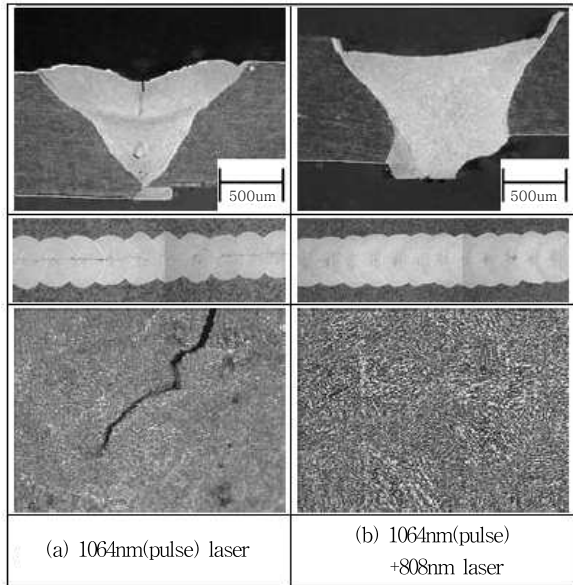


Fig. 1 Cross section & weldment of pulse laser and pulse+diode laser

표면에서 균열의 발생을 줄일 수 있다고 보고되었다.

이러한 레이저 빔을 이용한 알루미늄합금에 대한 다양한 적용성이 연구되고 있으나 고가의 레이저 설비와 정밀한 용접 이음부 준비가 필요하며 알루미늄의 고유의 뛰어난 반사도와 열전도도에 의해 용입형상 및 깊이를 증가시키는데 한계가 있어 용접성이 열악하고 균열 및 기공 등의 결함에 취약한 것으로 보고되고 있다.

2.3 Hybrid 용접

하이브리드 용접은 2개 이상의 용접법을 복합화한 공정으로서 서로 다른 용접법의 특성을 동시에 활용하여 용접부의 품질 및 용접생산성을 확보할 수 있는 획기적인 접합법으로 평가 받고 있다. 특히 Laser-Arc 하이브리드 용접법의 경우 레이저 용접의 깊은 용입(deep penetration) 특성과 아크용접의 우수한 갭브리징(gap bridge ability) 능력을 서로 상호보완하며 우수한 용접부를 얻을 수 있는 특징이 있다. Fig. 2는 하이브리드 접합 공정시 실험 장비 및 방법을 나타낸 것이다.

Fig. 3의 경우 Laser, Arc, Hybrid 접합부의 단면 사진이며 아크용접의 경우 넓은 열원에 따른 용접부 및 열영향부의 크기 증가를 확인할 수 있으며 레이저용접의 경우 좁은 용접열원과 열원 집중화에 따른 용접부 형상의 우수함을 보였으나 상대적으로 낮은 열효율로 인하여 완전용입이 되지 못함을 확인할 수 있었다. 하이브리드용접의 경우 용접비드의 강도저하 방지를 위한 볼록한 비드형상 및 깊은 용입을 보여 주었으며 상대적으로 양호한 단면 형상은 용접성으로서 좋은 결과를 보

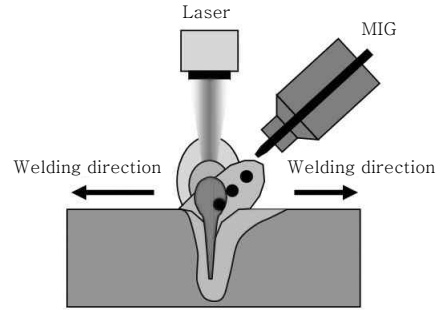


Fig. 2 Schematic of laser-MIG hybrid welding process

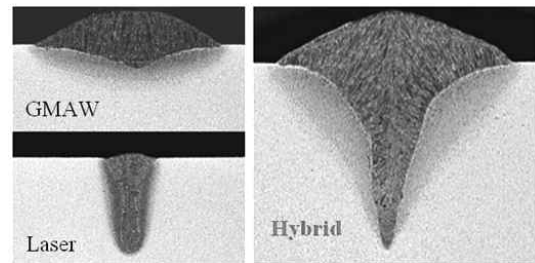


Fig. 3 Cross section compare in each welding processes

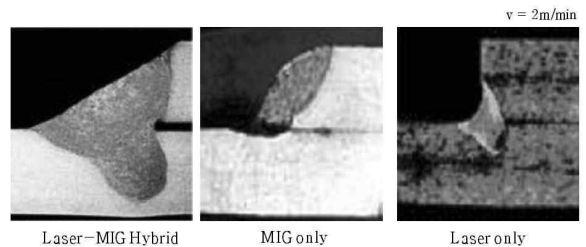


Fig. 4 Benefit of hybrid process in comparison to single processes

여주는 예라 할 수 있다. 또한 Fig. 4의 경우 동일한 용접속도를 기준으로 비교 할 경우 레이저, 아크 용접의 경우 접합부에서의 용접불량이 발생하였으나 하이브리드 용접의 경우 완전 용입에 따른 우수한 접합부 결과를 나타냄을 알 수 있다.

Fig. 5는 알루미늄 합금에서 Laser leading 방식의 하이브리드 용접을 나타내고 있는데 레이저 선행의 경우 레이저의 청정작용에 따른 미려한 비드 표면과 넓은 비드 폭 및 깊은 용입을 얻을 수 있기 때문이다. 이러한 용접 결과는 통상 키흔에서 발생하는 레이저 플라즈마와 아크가 상호작용을 해 높은 용접속도에서도 안정된 아크를 유지하게 해주며 이는 아크와 레이저 사이의 거리가 5mm이내 일 때 이루어지는 것으로 보고되고 있다.

하이브리드 용접의 경우 기존 용접법과 비교하여 건전한 용접부 확보가 가능하나 이에 따른 많은 용접변수

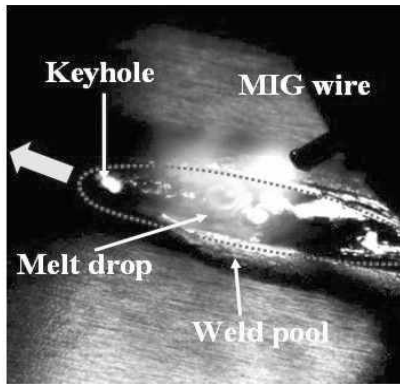


Fig. 5 Laser leading hybrid welding process

가 존재하며 이러한 변수들이 서로 연관되어 있기에 우수한 용접 품질을 얻기 위해서는 많은 실험과 연구가 필요한 실정이다.

3. 맺음말

알루미늄 합금의 접합에 있어서 아크용접의 경우 MIG 및 TIG 용접을 통한 접합이 가능하며 지속적인 실험 및 연구를 통해 용접결합이 감소하였으나 열변형 및 낮은 접합속도에 따른 생산성 저하 등 건전한 용접부를 얻기 위한 어려움이 많은 상태이다. 레이저 용접의 경우 보다 높은 용접속도를 가질 뿐만 아니라 보다 깊이 침투하며, 뒤틀림을 최소화하고 용접 공정의 자동화를 용이하게 하는 장점을 가지고 있으나 용접공정에 많은 전력을 필요할 뿐만 아니라 장치 및 시험편의 정교함을

통한 보다 낮은 레이저 동력으로 많은 양을 용융시켜 용접할 수 있으며 장비가 요구하는 정밀성을 완화시킬 수 있다. 또한 높은 공정속도는 용접부 변형을 최소화시킬 수 있고 용가재 조절에 따른 우수한 기계적 성능을 얻을 수 있다. 이러한 레이저, 아크 용접법 대비 우수한 용접성을 가지고 있기 때문에 향후 알루미늄 합금 접합 분야에 있어서 하이브리드 용접법 적용 확대가 예상되므로 다양한 기술 개발과 함께 산업 현장에서 적용 가능성을 검토하여 빠르게 적용하여야 할 것이다.

참고문헌

1. H.S. Bang and Y.P. Kim : Fundamental Study on The Heat Input Model of Hybrid Welding for The Finite Element Analysis, Proceeding of the 2003 Autumn Annual Meeting of Korean Welding Society (2003), 36-38 (in Korean)
2. J.H. Kim, H.S. Bang, G.H. Jeon and H.S. Bang : Study on Weldability of A5052-H32 Sheet using Nd:YAG Laser-MIG Hybrid Welding, KSOE, 24-6 (2010), 92-96 (in Korean)
3. C.I. Oh, H.K. Park, H.S. Bang and H.S. Bang : Examination on the Mechanical Behavior of Hybrid Laser-MIG Weld, Journal of KWJS, 23-3 (2005), 243-245 (in Korean)
4. Dilthey, U., Keller, H : Laser Arc Hybrid welding, Proc. of the 7th Int. Symp. JWS (2001), 397-402
5. Seiji Katayama : Applications of Laser in Welding, International Symposium on Combustion Engine and Marine Engineering (2003), 22-24



·방희선
·1971년생
·조선대학교 선박해양공학과
·용접 공정 및 설계
·e-mail : banghs@chosun.ac.kr



·방한서
·1951년생
·조선대학교 선박해양공학과
·용접 공정 및 설계
·e-mail : hsbang@chosun.ac.kr



·김준형
·1980년생
·조선대학교 선박해양공학과
·용접 공정 및 설계
·e-mail : kimnight@korea.com

요구하는 제한 요인이 있다. 따라서 하이브리드 용접을