

Nd:YAG 레이저 및 아크의 복합 용접에 관한 연구

이 목영*, 김 재웅**, 김 기철*

* 포항산업과학연구원 용접연구센터

** 영남대학교 기계공학부

A study of Nd:YAG laser and MIG hybrid welding

Mok-Young Lee*, Jae-Woong Kim**, Ki-chol Kim

* Welding Research Center, RIST, Pohang, Korea, 790-330

** School of mechanical engineering, Yeungnam Univ. Kyongsan, Korea, 712-749

1. 서 론

레이저 용접은 고밀도로 집속된 레이저빔을 이용하여 소재를 가공하는 방법으로 열변형이 적고, 생산성이 높고, 소재의 제약이 거의 없기 때문에 최근 그 사용이 급격히 증가하고 있다. 또한, 레이저빔은 대기중에서 비 접촉으로 소재에 조사되므로 자동화에 유리하다. 그러나 레이저 빔의 집속 직경이 작기 때문에 맞대기 이음에서는 절단품질이 우수해야 하며, 절단면의 정밀한 정렬이 이루어져야 한다. 아크 용접은 모재와 용접전극 사이에 전류를 흘릴때 발생하는 아크열을 열원으로 소재를 용융시켜 접합하는 용융용접의 일종이다. 아크용접장치는 용접전원, 와이어송급기, 용접토치, 분위기가스공급장치 등으로 구성되며 가격이 저렴하고 장치가 비교적 간단하여 저항용접과 함께 현재 가장 널리 적용되고 있는 용접공정이다. 그러나 아크용접은 용접속도가 느리고, 입열량이 많고, 열변형이 심하며, 용접성이 소재의 영향을 크게 받는다.

레이저-아크 복합용접은 레이저용접과 아크용접의 장점을 이용한 일종의 복합용접공정이다. 아크열에 의한 소재의 예열효과로 인하여 레이저빔의 흡수율이 향상되며, 아크열로 용접와이어를 용융시키므로 레이저빔의 손실이 적다. 또한, 소재 이음부의 간극을 용융된 용접와이어로 충전하므로서 보다 낮은 절단 품질 및 이음부 정렬도에서도 우수한 용접부 품질을 얻을 수 있는 장점이 있다. 그러나 레이저-아크 복합용접에서는 레이저의 공정변수 뿐만 아니라 아크용접의 공정변수등이 용접성에 영향을 미치므로 용접공정이 복잡하다. 또한 용접품질은 레이저빔-아크의 상호작용에 크게 의존하므로 시스템구성이 어렵다.

본 연구에서는 레이저-아크 복합용접기술을 개발하기 위하여 레이저빔과 아크의 상호관계에 관한 기초연구를 수행하였다.

2. 실험방법

레이저-아크 복합용접에서 용접성에 미치는 용접공정변수의 영향을 알아 보기 위하여 Bead-On-Plate 시험을 행하였다. 용접에 사용한 아크용접기는 OTC 사의 inverter GMA 용접기이었다. 레이저 용접기는 독일 HAAS 사의 최대출력 2kW 및 Lamp 여기 방식의 Nd-YAG laser 용접기이었다. 표 1에 시험에 사용된 용접기의 사양을 나타내었다. 레이저-아크 bead-on-plate 복합용접을 위하여 용접헤드 및 시편이송이 가능한 용접장치를 제작

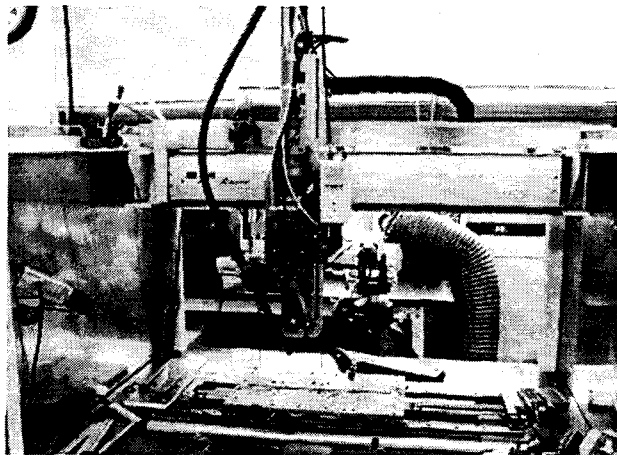


그림 1 레이저-아크 Bead-on-plate 복합용접 장치

하였으며, 그림 1에 나타내었다. 그림에서 아크용접 토치는 레이저헤드와 일체로 되어 있으며, 상하의 이송이 가능하여 초점위치의 변경이 가능하도록 설계되었다. 아크용접토치는 회전 및 X-Y 미세조정이 가능한 frame에 고정되어 있으므로, 레이저-아크간거리의 정밀설정 및 레이저빔과 아크 중심선의 각도 변경이 가능하다. 또한 시편 고정지그는 이송이 가능하여 플라즈마-아크의 관찰이 용이하도록 하였다. 시험에 사용된 분위기 가스는 Ar 이었으며, 공정변수는 전압, 전류, 레이저출력, 레이저-아크 거리, 이음부의 간극 등을 변화시켰다. 표 2에 레이저-아크 복합용접시험에 사용된 시험조건을 나타내었다.

표 1 레이저 용접기 사양

- Manufacturer :	HAAS사
- Model :	HL2000
- Rated power :	2000 Watts
- Dynamic power range :	200~2000 Watts
- Beam delivery :	Optical fiber
- Focal length :	200mm
- Fiber core size :	600 μ m

표 2 레이저 용접 실험조건

- Focusing optics :	Lens
- Focal length :	200mm
- Laser power :	1,000 ~ 2,000 Watts
- Welding speed :	17 ~ 58 mm/sec
- Shielding gas :	Ar, He, CO2 mixed
- Flow rate :	10 ~ 20 l/min
- Focal position :	-3 ~ 3 mm
- Gap :	0 ~ 0.45 mm
- Laser-Arc distance :	0 ~ 4.5 mm

3. 실험결과 및 고찰

레이저 용접은 고밀도로 집속된 빔을 사용하므로 정밀한 이음부의 관리가 요구되며, 합금원소의 첨가량이 많은 소재는 용접부 균열이 발생한다. 본 연구에서는 레이저-아크의 복합용접에 의하여 레이저 용접에서 중요한 과제중의 하나인 이음부 정밀도를 완화시킴과 동시에 용접생산성을 향상시키고자 하였다.

그림 2는 용접속도 33mm/sec, 초점위치 시편표면($\delta=0$), 레이저-아크 거리 0mm 및 20%CO₂ 혼합 Ar 분위기가스에서 Nd-YAG 레이저와 아크의 복합용접으로 용접한 용접부의 비드 표면 및 이면의 외관을 나타낸 것이다. 아크파워가 증가함에 따라 비드폭이 증가하였으며, 아크 파워가 높은 경우에는 스파터 발생량이 증가하였다. 비드의 외관품질측

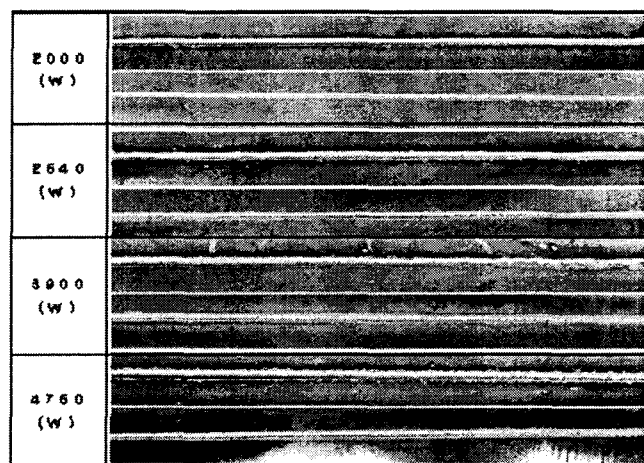


그림 2 아크 파워에 따른 용접비드 표면 및 이면 외관

면에서는 아크 파워가 낮은 2000W의 용접품질이 가장 우수하였다.

그림 3은 용접속도 33mm/sec, 초점위치 시편표면($\delta=0$), 레이저-아크 거리 0mm 및 20%CO₂ 혼합 Ar 분위기가스에서 Nd-YAG 레이저와 아크의 복합용접으로 용접한 용접부의 비드 단면을 아크 파워에 따라 나타낸 것이다. 아크 파워가 증가함에 따라 용접부의 단면 비드폭이 현저히 증가하였다.

5. 결 론

두께 2.0mm 열연강판을 대상으로 GMA 용접과 Nd:YAG 레이저 용접의 복합화에 따른 용접성을 알아보았다. GMA 용접과 레이저 용접의 공정 변수를 제어함으로써 용접부 크기제어가 가능하였으며, 특히 합금량이 높은 경우에는 filler의 성분을 조절하여 용접비드의 야금학적/기계적 특성 제어가 용이하였다. 레이저-아크 하이브리드 용접은 알루미늄 혹은 고강도강과 같이 용접이 어려운 소재의 용접에 적당하였으며, 상대적으로 낮은 출력의 레이저를 사용함으로써 용접 cost의 저감이 가능하였다.

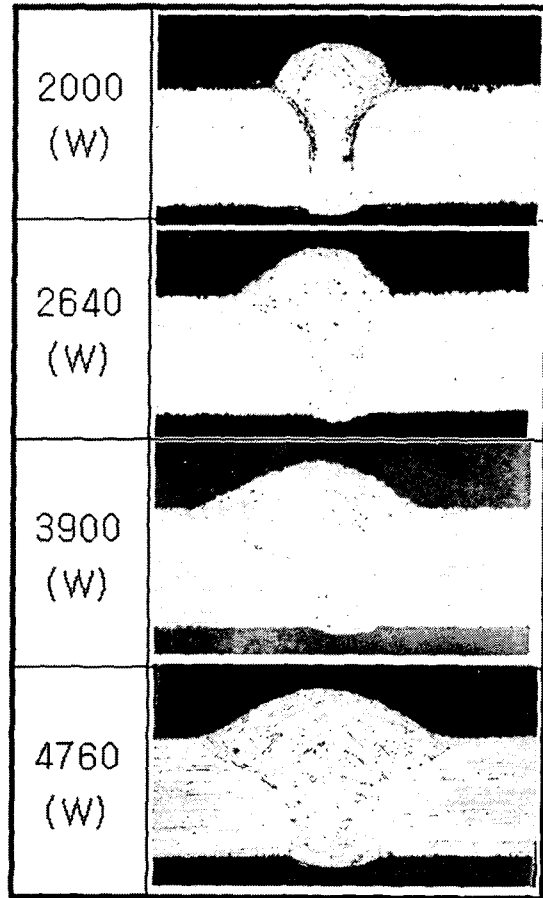


그림 3 아크 파워에 따른 용접부 단면

참고문헌

1. M.Eboo; Arc-augmented laser welding, Advances in welding processes, 4th Int. conf. Harrogate, UK, May (1978) 257-2651.
2. W.M.Steen and M.Eboo; Arc augmented laser welding, Metal construction, July (1979) 332-335
3. William M. Steen; Arc augmented laser processing of materials, J. Appl. Phys. 51-11, Nov.(1980) 5636-5641
4. U. Dilthey, F.Lueder and A. Wieschemann; Process-technical investigations on hybrid technology laser beam-arc-welding, CISFFEL 6, Toulon, France (1998) 417-424
5. E.Beyer, U.Dilthey, R.Imhoff, C.Maier, J.Neuenhahn and K.Behler; New Aspects in laser welding with an increased efficiency, ICALEO (1994) 183-192