

기술 강좌

레이저-아크 하이브리드 용접기술

이 목 영* · 김 건 우**

Laser-Arc Hybrid Welding

Mok-Young Lee* and Gun-Woo Kim**

레이저용접은 빛의 일종인 레이저(LASER: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)를 고밀도($\sim 10^6 \text{ W/cm}^2$)로 집속시켜 재료를 가열/용융시켜 접합하는 방법이다. 레이저는 위상이 고른 단일파장의 빛이므로 매우 작은 크기로 집속이 가능하여, 금속 뿐만 아니라 유리, 세라믹, 플라스틱, 목재 등 대부분의 재료를 가공할 수 있다. 특히 범퍼질이 우수한 펄스레이저를 사용하는 경우 범직경이 작고 에너지밀도가 높기 때문에 전자, 의료용장비 등의 정밀가공이 가능하다.

레이저의 이러한 특징은 에너지의 투입량이 적기 때문에 변형이 적다는 장점이 있으나, 다른 한편으로는 사용상의 큰 제약을 초래하기도 한다. 가령 맞대기 이음과 같이 정해진 부위를 용접해야하는 경우 이음부 간극의 정밀관리(통상 두께의 10% 이내)가 요구되며, 레이저 빔을 용접선에 정확히 조사(범직경의 30% 이내)하여야 한다. 이러한 사용상의 제약은 재료의 두께가 얇을 수록 어려움이 증대되며, 용접선의 길이가 긴 경우에는 용접열에 의한 변형으로 인하여 특히 심하다.

레이저용접장치는 에너지 변환효율이 낮고 장치가 복잡하기 때문에 제조비용이 고가이며 출력이 증대 될수록 가격은 기하급수적으로 증대한다. Fig. 1에 단위 용접길이당 투자비용을 종래의 용접공정과 비교하여 나타내었다. 따라서 용접비용 절감효과가 큰 조선 및 중공업 등 후판구조물의 용접에 적용하기가 어렵다. 또한 알루미늄, 동 및 그 합금 등과 같이 재료의 비저항이 낮고 열전도도가 우수한 소재는 레이저의 흡수율이 낮기 때문에 이를 재료를 용접하기 위해서는 상대적으로 높은 출력의 레이저를 필요로 한다. 한편 레이저 용접부는 냉각속도가 매우 빠르므로 합금원소가 다량 첨가된 고강도강 혹은 알루미늄 등에서는 기공 혹은 균열이 발생하기 쉽다. 그러나 레이저 용접은 여러 가지 제약에도 불구하고 지금까지 개발된 용접방법 중에서 적용

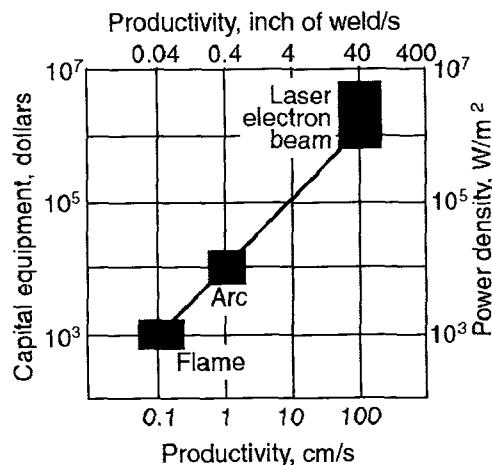


Fig. 1 Cost comparisons between welding processes

범위가 가장 넓고, 용접부 품질 및 생산성이 우수한 용접공정이다. 따라서 용접비용, 이음부 정렬 정밀도, 용접부 품질 등 레이저 용접의 단점을 보완하는 것이 요구된다.

레이저 복합용접은 앞에서 언급한 레이저 용접의 단점을 가격이 저렴한 아크용접으로 보완하는 새로운 기술이다. 이 기술은 영국 Imperial College의 Mr. Eboo, Miss Clarke 및 Dr. Steen의 Harrogate에서 열린 "Advances in welding processes"의 4회 컨퍼런스에서 처음 소개하였다. 초기에는 가스텅스텐아크용접을 이용하여 주석도금강판의 CO₂ 레이저 용접속도를 향상시키고자 하였다. 그 후 여러 연구자에 의하여 연구가 활발히 진행되었으며, 가스메탈아크 및 플라즈마아크에서부터 파장이 다른 레이저 및 유도가열 까지 다양한 열원을 이용한 연구를 수행하였다. 레이저 복합용접은 레이저 단독용접의 제약을 크게 완화하여, 최근에는 자동차, 조선 등에서 현장적용을 추진하고 있으며, 향후 고합금강 및 특수소재 등에 적용이 활발히 추진될 것으로 예측된다. 따라서 국내 제조업의 선진 경쟁력 확보를

위해서는 이 기술의 적극적 보급이 필수불가결할 것으로 판단된다. 본 고에서는 레이저 복합용접의 기술적 요지 및 역사에 대하여 논하며, 전체 3회에 걸쳐서 본 기술을 소개하고자 한다.

1. 레이저 복합 용접기술

레이저 빔의 흡수율은 재료의 고유저항에 비례하므로 알루미늄, 동 등과 같이 전기전도도가 높은 재료는 흡수율이 낮다. 한편 재료의 고유저항은 온도에 비례하므로 레이저빔의 흡수율은 재료의 표면온도에 비례하여 증가한다. 레이저 복합용접의 기본 원리는 제2의 열원을 이용하여 재료의 표면을 가열시켜 레이저빔의 흡수율을 증가시키는 것이다. 아크 용접은 산업분야를 막론하고 현재 가장 널리 사용되는 용접공정이므로 초기 레이저 복합용접의 보조열원으로 아크열을 이용하는 기술이 시도되었으며, 현재에도 이 방법에 대한 연구가 가장 활발히 진행되고 있다. Fig. 2는 레이저-아크 복합용접의 개념도를 나타낸 것이다. 전극과 모재 사이에서 발생한 아크열에 의하여 모재가 가열되고 국부적으로는 재료의 용융이 발생하여 용융지가 형성된다. 용융지의 중심은 전자기력, 용융지 유동, 플라즈마의 팽창압력 및 분위기ガ스의 압력 등에 의하여 물이 빠진 웅덩이와 유사하게 웁푹파인 형상이 된다. 이 위치에 레이저 빔을 조사하면 재료가 고온으로 가열되어 흡수율이 증대되며, 기하학적 형상으로도 레이저빔 접속에 유리해진다. 사용되는 전극의 종류에 따라 텅스텐과 같이 비용을 사용하는 레이저-TIG 복합용접, 자용성 전극(솔리드와이어)을 사용하는 레이저-MIG 복합용접으로 구별되며, 플라즈마 아크를 이용하는 레이저-PA 복합용접이 있다. 아크의 발생을 위하여 아크 토치에는 분위기 가스를 사용하여야 하지만 레이저용접 분위기 가스는 사용하지 않아도 큰 문제는 없다. 레이저빔은 용융지 내에 조사하는 것이 가장 유리하지만 CO_2 레이저의 경우 다량의 플라즈마가 발생하여 레이저빔의 진행을 방해하므로 용융지 중심에서 다소 거리를 두어야 한다. 레이저 복합 용접기술의 장점에 대해서는 의심의 여지가 없지만 공정이 복잡하여 실용화에는 많은 어려움이 따른다. 따라서 레이저 복합용접에 대한 명확한 용접기구해석 및 제반 문제점 극복을 위한 요소기술의 개발에 대한 꼭 넓은 연구가 필요하다.

2. 레이저 복합용접 기술의 발전사

(1) 레이저-TIG 복합 용접

전술한 바와같이 1978년 영국 Imperial College의 Dr. Steen 등에 의하여 처음 제안된 기술로 레이저 복

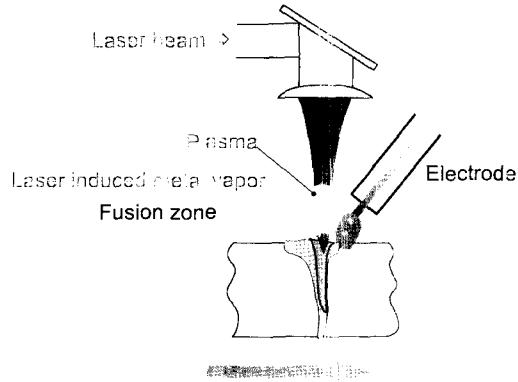


Fig. 2 A schematic representation of laser-arc hybrid welding

합 용접의 시초이다. 이 기술은 불용성 텅스텐 전극을 사용하여 스파터 발생이 거의 없고 아크가 안정되어 복합용접에 유리하다. 그러나 이 방법은 레이저빔 흡수효율은 향상시키지만, 별도의 첨가 재료가 없기 때문에 이음부 간극 허용도 및 용융량 등에는 큰 효과가 없다. 특히 용접비드의 화학성분 조절에 의한 용접부 특성 제어가 곤란하다.

(2) 레이저-MIG 복합 용접

전극으로 자용성 와이어를 사용하는 레이저-MIG 복합 용접은 일본 GIRIS의 Jun Matsuda에 의하여 두께 12mm의 강판을 1 pass로 용접하기 위하여 처음으로 제안되었다. 이 기술은 전극으로 자용성 와이어를 사용하여 이음부 간극 허용도가 좋으며, 간극이 넓은 이음부에서 용융량 부족분을 용접와이어로 보충한다. 특히 용접와이어의 성분을 적당히 조절하면 매우 우수한 용접부 특성 확보가 가능하여 최근 연구가 가장 활발히 진행되는 분야이다. 그러나 용융된 와이어가 용접부로 이행되는 과정에서 스파터가 발생하여 용접부 외관 불량 혹은 용접헤드의 오염을 초래한다.

(3) 기타

레이저 복합 용접에 사용되는 그 외의 열원으로는 파장이 다른 레이저, 플라즈마 아크, 유도가열 등이 있으며, 최근에는 FSW 용접에서 레이저를 보조 열원으로 이용하는 방법이 보고되고 있기도 하다.

2가지 이상의 열원을 이용한 레이저 복합용접은 여러 가지 방법이 있으나, 본 고에서는 레이저가 주 열원으로 사용되는 복합용접을 위주로 소개 하고자 한다.

참 고 문 헌

- Christopher Dawes: Laser welding, pp. 97~103

2. M.Eboo, W.M.Steen, J.Clarke: Arc-augmented laser welding. Advances in welding processes 4th int. conf. Harrogate, UK, May 1978, pp.257~265
3. S. Nagata, M.Katsumura, Jun Matsuda and M.



- 이목영 (李穆泳)
- 1965년생
- 포항산업과학연구원
- 하이브리드용접, 레이저용접, 아크용접
- e-mail: accelee@rist.re.kr

- Hamasaki: Laser welding combined with TIG of MIG, IIW Doc.IV-390-85
4. 김환태: Hybrid joining 기술의 동향, 기술동향분석보고서, Dec. 2002



- 김건우 (金建祐)
- 1977년생
- 포항산업과학연구원
- 부경대학교 소재프로세스공학과
- e-mail: neon1751@hotmail.com