

고밀도 열원방식 레이저빔 용접의 연구동향

김환태*, 길상철**

*한국과학기술정보연구원 ReSEAT 프로그램

**한국과학기술정보연구원 정보분석본부

e-mail:htkimm@kisti.re.kr

Trend of Laser Beam Welding Technology

H. T. Kim*, S. C. Kil**

*Reseat Program, Korea Institute of Science and Technology Information

**Information Analysis Center, Korea Institute of Science and Technology Information

요 약

The increasing interest in the laser beam welding is placing stringent demands on the manufacturing techniques and performance requirements, and the manufacture employs the high quality and efficiency laser beam welding technology. This paper covers recent research trends of the laser beam welding technology including the laser beam surfacing and laser beam cladding technology.

1. 서론

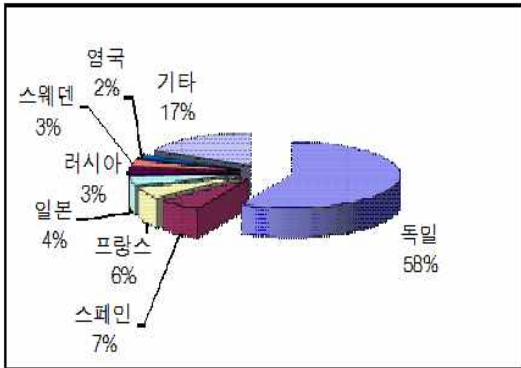
최근 전자·전기, 정밀기계, 우주·항공기 산업에서 고에너지 열원을 이용하는 레이저빔정밀용접기술의 중요성이 한층 더 높아지고 있다. 이들 산업에서 정밀도가 높은 제품과 부품의 제조과정에 고에너지 열원의 레이저빔 정밀용접공정 사용이 점점 확대되고 있으며 이에 따라 레이저빔 용접기술은 정밀제품의 생산성을 향상시키는 중요한 공정으로 제품의 품질을 결정하는 요인으로 인식되고 있다. 고에너지 열원을 이용하는 레이저빔 용접법은 후판재를 경제적으로 용접할 수 있으며 용접열영향부의 크기가 매우 작아 정밀용접에도 많이 사용된다. 한편 레이저를 열원으로 사용하여 삽입금속을 용융시킨 후 모세관 현상으로 용접부 사이를 충전시켜 주는 레이저-브레이징 복합 용접기술을 이용하면 수송기기의 경량화를 위한 알루미늄합금과 구조용 고강도 철강재료를 효율적으로 용접할 수 있다. 이와 같은 레이저빔 용접기술은 세계 자동차시장, 전자기기 시장 등에서 품질과 경제성 및 경쟁력을 확보하는데 핵심적인 생산기술로서 이에 대한 국내 연구와 개발의 중요성은 매우 크다고 판단된다. 이번 발표에서는 고밀도 열원방식의 레이저빔 용접기술분야에서 지식기반 산업사회를 선도해 나갈 수 있도록 한국과학기술정보연구원이 보유하고 있는 학술정보와 최근 조사

된 국내외 학술대회의 발표자료를 중심으로 고효율 레이저빔 용접에 관한 국내외 기술문헌을 통해 최근의 연구 동향을 조사하고 정리하였다.

2. 고효율 고품질 레이저빔 용접기술

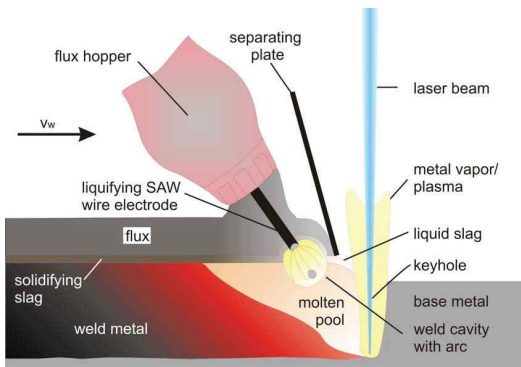
독일 Munich에서 2011년 5월 23일부터 26일까지 진행된 LIM 2011 International Congress에서는 마크로 용접, 브레이징 및 솔더링(Macro Welding, Brazing & Soldering), 부가 제조(Additive Manufacturing), 마크로 표면처리(Macro Surface Treatment), 마크로 시뮬레이션, 센싱 및 제어(Macro Simulation, Sensing & Control), 마이크로 조이닝(Microjoining), 마이크로 시뮬레이션, 센싱 및 제어(Micro Simulation, Sensing & Control), 첨단형 빔원 및 시스템 엔지니어링(Advanced Beam Sources & System Engineering) 등 레이저빔 용접에 관해 92편의 기술개발 논문이 발표되었다.⁽¹⁾ <그림 1>은 주요 국가별 문헌발표 비율을 나타낸 그림으로, 주최국인 독일이 과반수를 넘는 53편을 발표하였으며 스페인에서 6편, 프랑스에서 5편, 일본이 4편, 스웨덴 및 러시아가 각각 3편, 영국이 2편을 발표하였다. 한편 우리나라는 한국기계연구원에서 레이저 스캐너기술("Laser scanner stage on-the-fly method for ultrafast and wide area fabrication")에

관하여 1편을 발표하였다.



[그림 1] LIM 2011의 국가별 기술논문 발표 현황⁽¹⁾

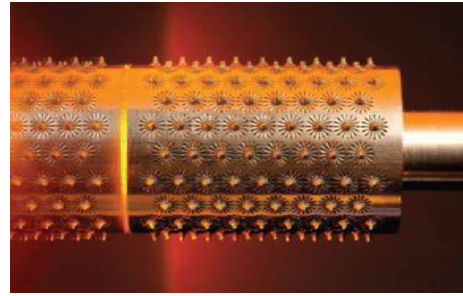
독일의 Aachen University는 레이저-GMA 하이브리드 용접법에서 나타나는 용융금속 중의 가스에 의한 기공발생 문제를 해결하기 위해 대입열의 서브머지드 아크용접을 이용하는 <그림 2>의 레이저-서브머지드 아크 하이브리드용접기술을 개발하였다.⁽¹⁾ (“Laser beam submerged arc hybrid welding”)



[그림 2] 레이저-SA 하이브리드 용접의 개요도⁽¹⁾

재료의 표면양상을 적절하게 제조하면 열교환기 금속재의 열전달 효과와 같은 재료의 기능을 높일 수 있게 된다. 영국의 TWI는 파이버 레이저와 Surfi-Sculpt® 공정을 이용하여 금속재료의 표면양상 제조기술을 개발하였다.⁽²⁾ (“Producing surface features with a 200 W Yb-fibre laser and the Surfi-Sculpt® process”) <그림 3>은 STS 316 환봉의 표면에 형성된 Surfi-Sculpt 양상을 나타낸다.

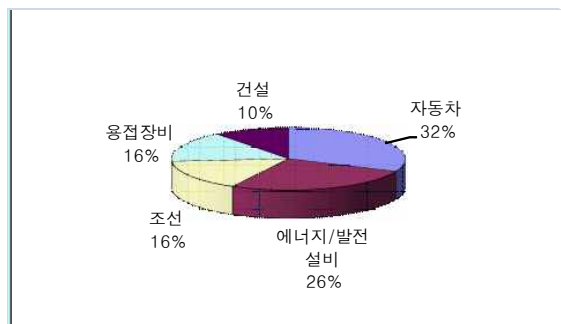
접합부가 미세화하면 체적의 감소와 더불어 상대적인 표면과 계면이 증가하여 불균질한 접합부가 되어 열응력변형에 의한 손상이 발생하기 쉬워지므로



[그림 3] Surfi-Sculpt 양상도⁽²⁾

전자기기의 신뢰성을 확보하는 차원에서 마이크로접합부의 조직상태와 변위거동을 파악하는 것이 중요하다. 일본 Kobelco Research Institute, INC는 EBSP(Electron Back-Scatter Diffraction Pattern) 해석을 이용한 마이크로접합부의 신뢰성시험과 수명 예측에 관하여 분석하였다.⁽³⁾ EBSP은 후방산란 전자회절상을 뜻하며, EBSP 해석은 시료를 SEM 장치내에 큰 경사각으로 거치시킨 후 그곳에 전자선을 조사하여 전방에 발생하는 회절패턴을 해석하는 방법이다. 향후 점점 더 미세화되어 가는 마이크로접합부를 대상으로 강도시험을 하는 것이 불가능하기 때문에 마이크로접합부의 신뢰성을 확보하기 위해서는 마이크로접합부의 미세조직상태로부터 역학특성을 추정하는 것이 필요하다. 또한 전자기기제품의 마이크로접합부에 대해서도 「조직제어」의 개념을 구축해야 하며 이에 따라 EBSP 해석의 중요성이 크게 강조되고 있다.

레이저빔 용접기술에 관한 국내기술 동향은 2011년도 대한용접·접합학회 춘계학술대회에서 발표된 레이저빔 용접기술분야의 연구결과를 보면 <그림 4>와 같다.⁽⁴⁾ 총 19편의 기술논문 중에서 자동차 분야가 6편, 에너지 및 발전설비 분야가 5편, 조선분

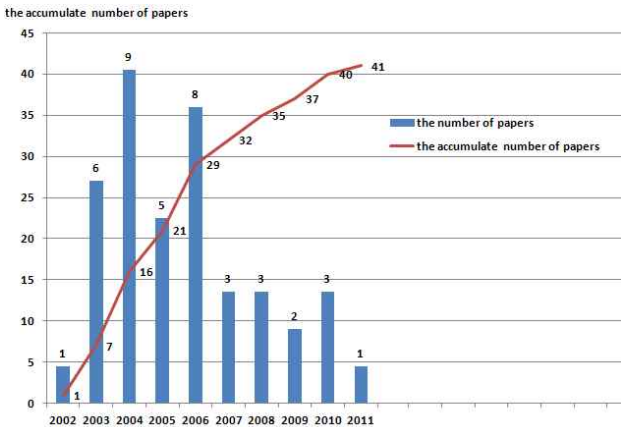


[그림 4] 레이저빔 용접기술의 주제별 발표 현황⁽³⁾

야가 3편, 용접장비가 3편, 건설분야가 2편으로 레이저빔 용접기술의 국산화 개발에 필요한 데이터의 확보가 기대된다.

대한용접·접합학회 고에너지연구위원회가 주최하여 2011년 7월 15일 울산 MBC 컨벤션센터에서 열린 ‘수송기계/플랜트산업을 위한 레이저 응용기술’ 연구발표회에서는 레이저-아크 하이브리드용접, 이차전지의 레이저빔 용접, 스캐너 레이저 용접, 마그네슘합금의 레이저빔 용접, 레이저빔 용접을 이용한 핵융합발전로 냉각모듈의 원격 유지보수 등 9편의 기술개발 논문이 발표되었다.⁽⁵⁾

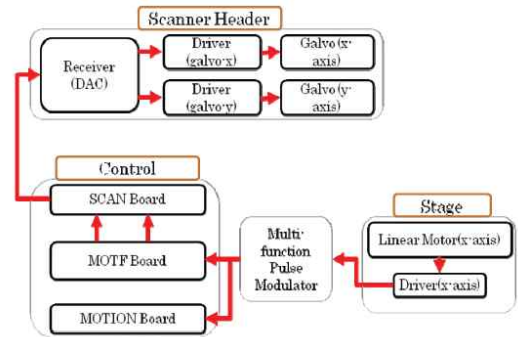
레이저빔 용접과 아크 용접을 동시에 사용하여 두 용접법의 장점을 최대로 발휘하는 레이저-아크 하이브리드 용접기술은 용접품질과 생산성이 뛰어난 21세기 첨단 용접기술이다. 대한용접·접합학회 학회지와 학술대회 논문집에 발표된 레이저-아크 하이브리드 용접기술에 관한 문헌을 연도별로 보면 <그림 5>와 같다.⁽⁴⁾ 이를 보면, 2003년부터 발표량이 증가하여 2007년까지 매년 5편 이상 발표되었으며, 특히 2004년에는 한 해에 9편의 학술정보가 발표되었다.



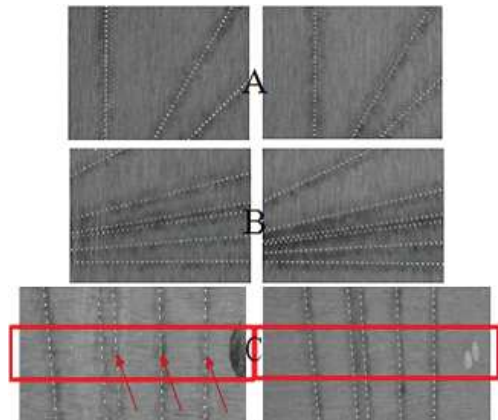
[그림 5] 레이저-아크 하이브리드 용접기술의 연도별 발표 현황⁽⁴⁾

열처리, 드릴, 용접, 마킹과 같은 산업분야에서 레이저 가공기술이 주목되려면 고출력 레이저 발전기술, 광화이버 전송시스템, 광학접속계의 설계기술, 광학계의 자동교환장치 등의 개발이 필수적으로 이루어져야 한다. 한국기계연구원은 레이저 응용 복합가공 공정개발의 일환으로서 레이저 스캐너 공정에서는 기존의 방법(step & scanning method)를 대신하여 <그림 6>과 같은 새로운 방법(on-the-fly

method)를 사용하여 레이저 스캐너 시스템을 분석하였다.⁽¹⁾ <그림 3-8>은 기존의 방법을 이용하여 가공한 레이저 마킹패턴(좌측)과 새로운 시스템을 이용하여 가공한 레이저 마킹패턴(우측)을 나타낸다.



[그림 6] on-the-fly 시스템⁽¹⁾



[그림 7] 레이저 레이저 마킹패턴 양상⁽¹⁾

3. 결론

1. 레이저 빔 열원을 이용하는 레이저-아크 하이브리드 용접공정은 장비와 시공 분야에서 많은 발전을 가져왔으며 최근에는 CO2 레이저 빔, Nd:YAG 레이저 빔, 그리고 다이오드 레이저 빔을 플라즈마 용사 또는 플라즈마 육성용접과 조합하는 레이저 하이브리드 복합 표면개질 기술이 개발되어 활용되고 있다.
2. 마이크로접합과 나노접합의 발전을 위해서는 보다 높은 분해능과 정밀도를 갖는 열원 및 에너지원의 개발, 정밀기기의 높은 정밀도와 위치결정기술의 개발, 통합적인 센싱기술 및 용접품질을 확보하여 용접시 발생하는 신호를 검출하고 용접공정과 품질을 모니터링하는 기술의 개발 등이 필요하다.

참고문헌

- [1] Proceedings of the Sixth International WLT Conference on Lasers in Manufacturing, Munich, Germany, May 23-26, 2011
- [2] TWI: 'Advances in welding & related technologies',
<http://www.twi.co.uk/search/?q=Comeld>
- [3] 林 富美男, “マイクロ接合部のEBSP解析”, 溶接學會誌, 第79卷 第3號(2010), pp.231-236
- [4] 대한용접·접합학회 논문·자료검색,
<http://www.kws.or.kr/>
- [5] '제17회 고에너지위원회(HiDEC)연구발표회' 개요집, 대한용접·접합학회, July, 2011.