

레이저-아크 하이브리드 용접기술 (3)

이 목 영 · 임 태 훈

Laser-Arc Hybrid Welding (3)

Mok-Young Lee and Tae-Hun Lim

1. 레이저 - MIG 하이브리드 용접

MIG (Metal Inert Gas) 용접에 의한 레이저 하이브리드 용접은 자용성의 금속와이어 전극을 사용하여 이음부 간극의 허용도가 좋으며 용착금속의 합금성분 제어가 가능하여 연구가 가장 활발히 진행되고있다.

4.1 CO₂ 레이저 - MIG 하이브리드 용접

전보에서 언급한 바와같이 하이브리드 용접에서도 CO₂ 레이저를 이용한 용접공정에 대한 연구가 먼저 수행되었다. CO₂ 레이저 - MIG 하이브리드 용접에 대한 문헌상의 최초 발표는 1988년 일본 GIRIS의 松田¹⁾에 의하여 이루어졌다. 그는 5kW급 CO₂ 레이저와 400A 급 MIG 용접기를 사용하여 두께 12mm의 HT-60 강재를 대상으로 레이저 출력, 레이저빔과 와이어의 거리, 초점위치 및 그루브각도 등의 영향을 평가하였다. 연구결과로서 레이저 출력 5kW, MIG 전류 400A 및 용접속도 80cm/min에서 완전용입이 이루어졌으며, 인장 및 굽힘시험에서 양호한 용접부 품질을 얻었다. 또한 레이저빔과 와이어의 거리 "0"mm 및 초점위치 루트에서 "-5"mm의 조건에서 용입이 가장 깊었으며, 개선각에 따른 차이는 뚜렷하지 않은 것으로 보고하였다.

1996년 일본 오사카대학의 N. Abe 등²⁾은 두께 16mm의 SS400 연강에 대한 하이브리드 용접 연구결과를 발표하였다. 그는 7kW급 CO₂ 레이저 발전기 및 500A급 MIG 용접기를 사용하였으며, He 분위기가스에서 BOP 및 V 그루브에 대한 하이브리드 용접에 관한 연구를 수행하였다. 또한 용입깊이에 미치는 분위기가스의 유량, 용접속도, 루트간극 및 레이저빔과 아크 거리 등의 영향을 평가하였으며, 레이저 선행과 아크 선행의 영향을 비교하였다. 연구결과로서 분위기 가스 유량 30l/min, 레이저빔과 아크 거리 1mm 및 루트간극 0.4mm에서 용입이 가장 깊었으며, 비드 형상측면

에서 레이저 선행조건을 추천하였다.

2000년 스웨덴 Luleå 대의 H.Engström 등³⁾은 6kW 및 17kW CO₂ 레이저와 450A 급 MIG 용접기를 사용하여, 탄소당량 0.17-0.55%의 여러 강재에 대한 하이브리드용접 연구결과를 발표하였다. 그는 분위기 가스의 조성, 절단방법 등에 따른 용접특성을 평가하였으며, 결과로서 레이저 단독에 비하여 60% 가량의 용접속도 향상이 가능한 것으로 보고하였다. 분위기 가스는 Ar 및 CO₂가 혼합된 He이 적정하며, 소재두께 10mm 이하에서는 레이저 절단면에 대한 하이브리드 용접에서도 용접부 결함이 발생하지 않는 것으로 보고하였다.

하이브리드 용접의 실제 적용 예로서 2000년 독일 Fraunhofer의 S.Kaierle 등⁴⁾은 CO₂ 레이저출력 5.7kW, MIG 240A-29V 및 용접속도 1.5m/min 조건에서 두께 8mm의 오일탱크를 1pass로 용접하였다. 그림 1에 용접예를 나타내었으며, 용접부에서는 기공과 크랙과 같은 용접결함이 나타나지 않은 것으로 보고하였다.

독일 Bremen 대학의 C.Walz 등⁵⁾은 오스테나이트계 및 수퍼마르텐사이트계 스테인리스강에 대한 하이브리드 용접 연구결과를 보고하였다. 그의 연구결과에 따르면 레이저 출력 7.5kW 및 MIG 출력 144A-15.8V, 용접속도 2.5m/min 및 혼합가스 분위기에서 용접을 실시하였으며, 모재와 유사한 수준의 용접부 특성을 확보하였다.

2001년 일본 도시바의 牧野 등⁶⁾은 레이저 출력 6kW, MIG 전류 270A 및 용접속도 11.7mm/s에서 두께 16mm의 스테인리스 304에 대한 하이브리드 용접 연구결과를 발표하였다. 그는 분위기가스 및 MIG 용접기 파형의 영향에 대하여 연구하였으며, 용접부 내부 기공에 대한 방사선 투과시험에서 RT1 수준의 용접부 품질을 확보하였다.

2001년 캐나다의 C.V.Hyatt 등⁷⁾은 레이저 출력 5kW, MIG 전류 450A 및 용접속도 10.6mm/s의 조

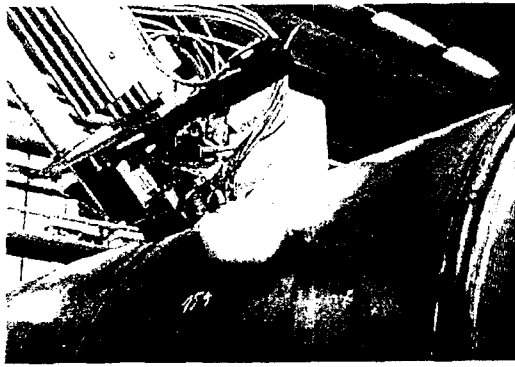


Fig. 1 Welding of oil tanks with CO₂ laser-MIG hybrid welding process

건에서 두께 25mm의 HY80에 대한 하이브리드 용접 연구결과를 발표하였다. 연구결과로서 4패스 용접에 의하여 완전용입이 얻어졌으며, 침상페라이트 조직은 생성되지 않고 대부분이 마르텐사이트 조직으로 구성되었다. 용접부 특성은 충격특성에서 기준을 만족하지 못하여, 용접재료 및 공정에 대한 연구의 필요성을 제시하였다.

4.2 Nd:YAG 레이저 - MIG 하이브리드 용접

MIG 용접과 Nd:YAG 레이저에 의한 하이브리드 용접에 관한 연구는 TIG 용접에 비하여 늦게 시작되었다. 그 이유는 TIG에 비하여 MIG 용접은 아크광의 강도가 셀 뿐만아니라 용접시 스패터가 발생하여 고가의 Nd:YAG 레이저 발전기에 손상을 줄 우려가 있기 때문이다. 용접센터에서도 2000년 3kW Nd:YAG 레이저와 300A 인버터 MIG 용접기를 이용하여 하이브리드에 관한 연구를 시작하였는데, 그 당시에는 레이저와 아크의 거리가 가까운 경우 아크광이 광섬유로 유입되어 하이브리드 용접이 곤란하였다. 최근에는 Nd:YAG 발전기의 보급이 증가하면서 발전기의 성능이 개선되어 레이저빔과 아크의 중심이 동일한 경우에도 전혀 문제가 발생하지 않았다. Nd:YAG 레이저와 MIG의 하이브리드 용접에 관한 연구가 본격적으로 발표되기 시작한 것은 2001년 이후부터이다. 독일 Fraunhofer의 E.Beyer⁸⁾는 레이저 출력 3kW, MIG 전류 135A 및 용접속도 3.0m/min의 조건으로 S690QL 강재에 대한 하이브리드 용접연구 결과를 발표하였다. Laserzentrum hannover의 H.Haferkamp 등⁹⁾은 레이저 출력 3kW 및 450A급의 디지털펄스 MIG 용접기를 사용하여 하이드로포밍을 위한 아연도금강판의 파이프 용접에 관한 연구결과를 발표하였다. 그는 레이저 단독 용접과 비교하여 간극의 허용도가 크기 때문에 시스템의 안정성이 우수하며, 용접부 경화가 적어 성형성이

우수한 것으로 보고하였다. 일본 نيسان자동차의 K.Shibata 등¹⁰⁾은 하이브리드 용접의 알루미늄 차체 적용 사례를 발표하였다. 그는 각각 2kW 및 3kW Nd:YAG 레이저 2대를 조합하여 레이저의 출력을 높이고 여기에 350A급 MIG 용접기를 추가하여 하이브리드 용접을 실시하였으며, 하이브리드 용접은 우수한 간극허용도 및 빠른 용접속도로 필렛이음부에 적합한 것으로 보고하였다.

2002년 독일 Binzel의 E.Schubert와 HIGHYAG의 B.Wedel 등¹¹⁾은 상업용 하이브리드 헤드를 개발하였으며, 다이오드 및 램프 펌핑방식의 Nd:YAG 발전기에 대한 하이브리드 용접성을 평가하였다. 오스트리아 FRONIUS의 H.Stauffer 등¹²⁾은 알루미늄 하이브리드 용접을 위한 상업용 헤드를 제작하였으며, 레이저 출력 2.9kW, 와이어 공급속도 6.5m/min 및 용접속도 4.2m/min의 조건으로 알루미늄을 결합없이 용접하였다. 이들 상업용 하이브리드 헤드를 그림 2에 나타내었다.

일본 NKK의 M.Ono 등¹³⁾은 출력 4kW의 Nd:YAG 레이저를 이용하여 아연도금강판의 하이브리드 용접에 관한 연구 결과를 발표하였다. 그는 하이브리드 용접에 의하여 아크가 안정되고 용적이행 주기는 5-10배 빠르며, 간극이 없는 아연도금강판의 겹치기 용접에서도 기공이 발생하지 않았다고 보고하였다.

2003년 영국 캠브리지대학의 P.L.Moore 등¹⁴⁾은 3kW 및 4kW 2대의 Nd:YAG 레이저를 조합하여 레이저출력 6kW 및 전류 200A의 MAG 용접기를 이용하여 두께 10-15mm의 라인파이프 하이브리드 용접에 관한 연구결과를 발표하였다. 주요 결과로 레이저 용접에 비해 용융풀에서 용접와이어에 의한 높은 산소함량에 의해 acicular ferrite가 증가하였으며, 용착금속에서의 경도는 모재와 비교하여 레이저 용접에서는 1.6배, 하이브리드 용접에서는 1.4배로 레이저 용접에서 더 높게 나타났고, 기계적 특성도 레이저 용접에 비해

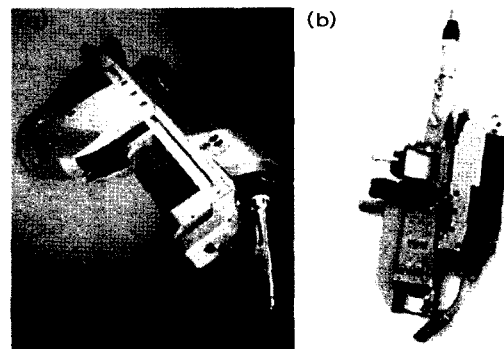


Fig. 2 Nd:YAG laser - MIG hybrid Welding head (a) FRONIUS and (b) HIGHYAG

더 높은 것으로 보고하고 있다.

최근 대출력 Nd:YAG 레이저의 보급에 따라 광섬유 전송이 가능한 Nd:YAG 레이저와 자용성 와이어를 사용하는 MIG/MAG 용접의 하이브리드 용접에 관한 연구가 급격히 증가하는 추세이다.

참 고 문 헌

1. 松田 純 : MIG-아크용 레이저 용접법, 高温學會誌 第14卷 第5號, Japan, 1988
2. N.Abe, Y.Agano, M.Tsukamoto, T.Makino, M.Hayashi and T.Kurosawa : Effect of CO₂ laser irradiation on arc welding, ICALEO 1996, section D, pp.64~73
3. H.Engström, K.Nilsson, J.Flinkfeldt, T.Nilsson, A.Skirkfors and B.Gustavsson : Laser hybrid welding of high strength steels, ICALEO 2000
4. S.Kaierle, K.Bongard, M.Dahmen and R.Poprawe. : Innovative hybrid welding process in an Industrial application, ICALEO 2000, section C, pp.91~98
5. C.Walz, T.Seefeld and G.Sepold : Process stability and design of seam geometry during hybrid welding, ICALEO 2000
6. 牧野吉延, 椎原克典, 淺井知, M.Yoshinobu, S.Katsunori and A.Satoru : CO₂ 레이저-아크하이브리드 용접법, 溶接學會誌 第70卷 第4号, 2001, pp.18-22
7. C.V.Hyatt, K.H.Magee, J.F.Porter, V.E.Merchant and J.R.Matthews : Laser-assisted gas metal arc welding of 25-mm-thick HY-80 plate, Welding Journal, July(2001), pp.163-172s
8. E.Beyer : Survey of laser hybrid processes, Laser 2001, Munich
9. H.Haferkamp, P.Cordini, M.Fersini and J.Szinyur : Laser MIG hybrid welding of zinc coated steel for hydroforming application, Laser 2001, Munich
10. K.Shibata, H.Sakamoto and T.Iwase : Laser-MIG hybrid welding of aluminum alloys, Laser 2001, Munich
11. E.Schubert, B.Wedel and G.Köhler : Influence of the process parameters on the welding results of laser-GMA welding, Laser 2001, Munich
12. T.Graf and H.Staufe : Laserhybrid process and Volkswagen, IIW-Doc. XII-1730-02
13. M.Ono, Y.Shinbo, A.Yoshitake and M.Ohmura. : Development of laser-arc hybrid welding, NKK technical review, No.86, pp.8~12
14. P.L.Moore, E.R.Wallach and D.S.Howse : Development of laser, and laser/arc hybrid welding for land pipeline applications, ICALEO 2003



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



· 임태훈 (林泰勳)
 · 1975년생
 · 포항산업과학연구원
 · 조선대학교 생산기공학과
 · e-mail: blue1red1@hanmail.com