

## 레이저-아크 하이브리드 용접기술 (2)

이 목 영\* · 임 태 훈\*\*

### Laser-Arc Hybrid Welding (2)

Mok-Young Lee\* and Tae-Hun Lim\*\*

#### 1. Laser - TIG 하이브리드 용접

TIG (Tungsten Inert Gas) 용접에 의한 레이저 하이브리드 용접은 불용성의 텅스텐 전극을 사용하므로 공정이 단순하여 하이브리드 용접의 효시가 되었다. 1978년 영국 Imperial College의 Steen과 Eboo<sup>1)</sup>에 의하여 연구가 시작된 이래 여러 연구자에 의하여 연구가 진행되었다.

##### 1.1 CO<sub>2</sub> Laser - TIG 하이브리드 용접

CO<sub>2</sub> 레이저는 절단, 열처리 및 용접 등 가공용으로 가장 먼저 상용화된 대출력 레이저이다. 따라서 CO<sub>2</sub> 레이저와 TIG의 하이브리드 용접에 관한 연구가 가장 먼저 상용화되었다. Steen에 의하여 하이브리드 용접의 개념이 처음 소개된 이후, 1985년 일본 GIRI의 Matsuda<sup>2)</sup>에 의하여 연구가 되었다. 그는 최대 출력 5kW의 CO<sub>2</sub> 레이저 및 300A급 TIG 용접기를 사용하여 레이저 출력, 아크전류, 용접속도, 레이저-아크간 거리 및 레이저빔의 초점거리 등에 관한 영향을 평가하였다. 주요 결과로 레이빔과 아크의 거리는 가급적 짧을수록 효과가 크며, 최대 용입을 보이는 초점거리는 아크 파워에 따라 변화하는 것으로 보고하였다. 또한 하이브리드 용접에서는 고속용접에서도 under cut 혹은 humping 비드가 형성되지 않았으며, 레이저 단독에 비하여 1.3~1.6배의 심용입을 얻을 수 있다고 보고하였다. 그림 1에 레이저 빔과 아크 거리에 따른 용입깊이의 변화를 나타내었다. 이후에도 CO<sub>2</sub> 레이저와 TIG의 복합용접에 관한 연구를 지속하여 1997년, 2001년 및 2002년에도 유사한 분야의 연구결과를 보고하였다. 1996년 독일 Fraunhofer Institute의 Beyer<sup>3)</sup>는 TIG 하이브리드 용접을 자동차의 TWB 판넬 제조에 적용하였다. 4kW CO<sub>2</sub> 레이저와 200A TIG의 하이브리드에 의하여 두께 1mm 및 2mm 강판의 맞대기 이음부를 10m/min의 속도로 용접하였다.

#### 1.2 Nd:YAG Laser - TIG 하이브리드 용접

대출력 Nd:YAG 레이저는 1990년대 이후에 용접에 본격적으로 이용되기 시작하였다. Nd:YAG 레이저는 CO<sub>2</sub> 레이저에 비하여 파장이 짧기 때문에 광섬유 전송이 가능하여 하이브리드 용접에 유리하여 최근 관련연구가 활발히 진행중에 있다. Nd:YAG 레이저와 TIG의 하이브리드 용접에 관한 연구는 1994년 독일 Fraunhofer Institute의 Dilthey<sup>4)</sup>에 의하여 처음 시도되었다. 그 당시에는 Nd:YAG 레이저 발전기의 출력이 2~3kW 정도로 낮았기 때문에 TIG를 보조열원으로 하여 용접속도를 향상시키고자 하였다. 그는 2kW의 Nd:YAG 레이저와 250A의 TIG 아크를 복합하여 아크와 레이저 플라즈마의 상관성에 대하여 연구를 하였다. 결과로서 하이브리드 용접시 약 5%의 추가 비용으로 1.7배 가량의 용접속도 향상이 가능한 것으로 보고하였다. 표 1에 Nd:YAG 레이저 단독, TIG 하이브리드 및 하이브리드와 동일 출력의 Nd:YAG 레이저 단독에 의한 용접 성능을 나타내었다.

1997년 일본 미쯔비시 중공업의 Ishide<sup>5)</sup>는 Nd:YAG 레이저와 TIG의 동축 헤드를 개발하였다. 그는 코아직

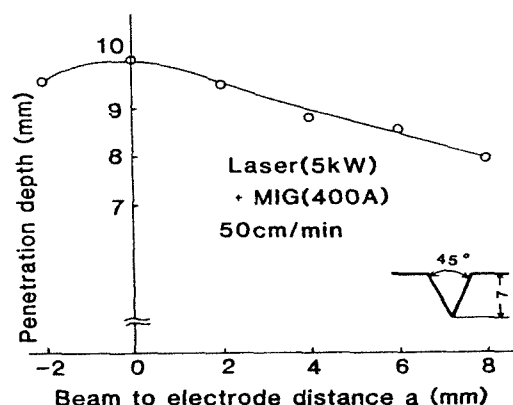


Fig. 1 Effect of laser beam to arc distance on penetration depth change

Table 1 Cost estimation between laser and hybrid welding

Source	Power	Costs	Efficiency	Speed	Edge preparation
Nd:YAG	2kW	200US\$	1~2%	3m/min	YES
Nd:YAG+TIG	2+2kW	210US\$	40~50%	5m/min	NO
Nd:YAG	4kW	400US\$	1~2%	6m/min	YES

경 1.2mm의 step index 형태의 광섬유를 사용하여 출력 1kW의 레이저빔을 전송하였으며, TIG 전류는 120A를 사용하였다. 결과로서 하이브리드 용접에서 TIG 단독용접에 비하여 아크전압이 2 볼트 가량 높아지는 것을 관찰하였으며, Ar 분위기 가스 및 5mm/sec의 용접속도에서 용입이 1.7배 가량 깊어지는 것을 확인하였다.

2000년 캐나다 Powerlasers-advanced technologies center의 Hongping Gu<sup>6)</sup>는 3kW급 Nd:YAG 레이저와 300A급 TIG를 복합화하여 70~90 g/m<sup>2</sup>의 아연이 양면에 도금된 두께 0.8mm 강판의 겹치기 이음부를 용접하였다. 결과로서 5.5m/min의 용접속도에서도 아연증기에 의한 기공이 전혀 발생하지 않았으며, 레이저빔이 아크 중심에서 약간 떨어진 레이저 후행 용접이 적당하다는 것을 확인하였다. 특히 레이저 선행일 때는 아크가 불안정하고 용융속이 텅스텐전극봉에 용착되는 문제점이 있다고 보고하였다.

2003년 일본 慶應義塾大學의菅 泰雄<sup>7)</sup>은 두께 2mm의 304 스테인리스강을 Nd:YAG 레이저와 TIG로 하이브리드용접하였다. 그는 CCD 카메라를 이용하여 레이저와 아크의 상호관계에 따른 플라즈마의 거동을 관찰하였는데, 하이브리드 용접에서 자장의 영향을 알아보기 위하여 TIG 토치와 레이저 헤드사이에 자장일 인가하였다. 결과로서 TIG 하이브리드에서 자장의 영향으로 아크가 편향되었으나, 이 경우에도 레이저빔의 집속점이 아크의 구속점으로 작용하여 아크의 안정성을

확인하였다..

이상으로 TIG와 레이저의 하이브리드 용접에 대한 연구동향을 조사하였다. TIG 하이브리드 용접은 별도의 첨가재료가 없기 때문에 이음부 간극에 대한 허용도 완화를 기대하기는 어렵다. 그러나 MIG 용접에 비하여 아크가 안정되고 용접부 품질이 우수하여 TIG 용접 혹은 플라즈마마크 용접이 적용되는 고급강의 용접에는 적용가능성이 클 것으로 예상된다. 특히 TIG 하이브리드 용접의 경우 레이저와 아크의 동축화가 용이하여 용접헤드가 간단하므로 높은 품질을 요구하는 정밀용접분야에 넓게 적용이 가능할 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

1. M.Eboo, W.M.Steen, J.Clarke : Arc-augmented laser welding, Advances in welding process 4th int. conf. Harrogate, UK, May 1978, pp.257~265
2. J Matsuda, A Utsumi, M Katsumura, M Hamasaki and S Nagata : TIG or MIG arc augmented laser welding of thick mild steel plate, Joining & Materials, July 1988, pp.31~34
3. E.Beyer, B.Brenner, R.Poprawe : Hybrid laser welding techniques for enhanced welding efficiency, ICALEO section D, 1996, pp.157~166
4. E.Beyer, U.Dilthey, R.Imhoff, C.Major, J.Neuenhahn, K.Behler : New Aspects in Laser welding with an increased efficiency, ICALEO, 1994, pp.183~192
5. 石出 孝, 橋本 義男, 赤羽 崇, 長島 是 : TIG 아크同軸化 YAG 레이저 용접법의 개발, 용접학회 전국대회講演概要, 1997.9
6. Hongping Gu and Robert Mueller : Hybrid welding of galvanized steel sheet, ICALEO 2000
7. 菅 泰雄, 金泰元 : YAG 레이저티그아크하이브리드 용접의 자동화, 용접기술, 2003.7, pp.68-72

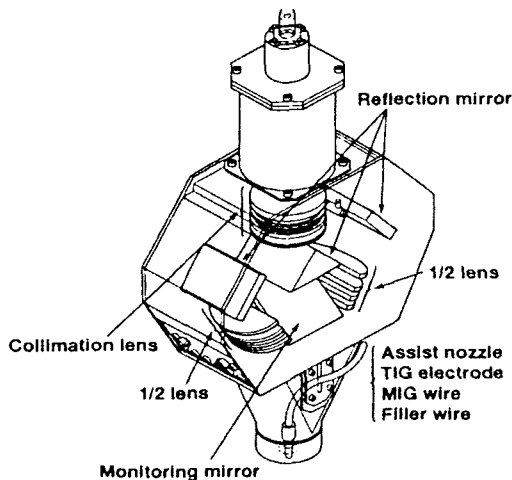


Fig. 2 Coaxial type Nd:YAG - TIG hybrid head



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



- 임태훈 (林泰勳)
- 1975년생
- 포항산업과학연구원
- 하이브리드용접, 용접부피로특성
- e-mail: blueired1@hanmail.com