

## 자동차 부품의 원격 레이저 용접기술

서 정\* · 이문용\*\* · 정병훈\*\* · 송문종\*\* · 강희신\* · 김정오\*

\*한국기계연구원 레이저공정연구팀

\*\* (주)성우하이텍 기술연구소

### Remote Welding of Automobile Components using CO<sub>2</sub> Laser and Scanner

Jeong Suh\*, Mun-Yong Lee\*\*, Beong-Hun Jung\*\*, Mun-Jong Song\*\*,  
Hie-Sin Kang\* and Jeong-O Kim\*

\*Korea Institute of Machinery & Materials, Laser Application Team, Daejeon 305-343, Korea

\*\*Technical Institute of Sungwoo Hitech Co., LTD, Busan 619-961, Korea

\*Corresponding author : jsuh@kimm.re.kr

(Received June 17, 2008 ; Revised September 29, 2008 ; Accepted October 6, 2008)

#### Abstract

The laser welding of the car body and components has been spread in the automotive industry. The Nd:YAG laser welding system could be used in 3D welding with robot. However, this system cannot efficiently reduce the welding cycle time according to various welding sequences because the robot's moving time is same that of the resistant spot welding system. But the remote welding system with high power CO<sub>2</sub> laser and scanner makes it possible welding cycle time much faster than the robot laser welding system. In the CO<sub>2</sub> laser remote welding system, laser beam can be rapidly transferred to a workpiece by moving mirrors of scanner system. So, it makes reducing the cycle time of welding process and shaping various welding patterns easily. Therefore, in this paper, the characteristic of weld strength according to patterns of weld bead on CO<sub>2</sub> laser welding was investigated. Also, the relationship between shape of weld bead and value of tensile load was studied. Finally, the optimum remote welding condition for car bumper was investigated.

Key Words : Remote laser welding, CO<sub>2</sub> laser, Scanner, Patterns of weld bead, Car bumper

### 1. 서 론

자동차의 경량화 및 고성능화를 위한 연구개발의 가속화와 병행하여 차체의 고강도화, 경량화, 생산성 향상기술 등이 지속적으로 연구 개발되고 있다. 따라서, 기존의 저항 점용접(Spot 용접)을 기초로 한 자동차 설계 및 생산방식의 경제적·기술적 한계를 극복하고 차체 경량화, 안전도 향상, 생산성 향상을 달성하기 위하여 TB(Tailored Blank) 레이저 용접 및 적용기술과 3차원 레이저 용접기술이 자동차업계의 핵심기술로 대두되고 있다<sup>1-6)</sup>.

선진국에서 1995년에 자동차 차체부품 양산에 적용한 레이저 용접기술은 다관절 산업용 로봇에 Nd:YAG 레이저 헤드를 장착하여 용접 플랜지면을 용접하는 기술이며, 기존의 Spot 용접에 비교하여 45%의 용접시간 단축으로 생산성을 향상시켰으며, 국내에서도 이에 대한 연구결과가 보고되고 있다<sup>7,8)</sup>. 한편, Nd:YAG 레이저 용접 로봇시스템의 투자비가 기존의 Spot 용접시스템 대비하여 6배 이상 고가의 용접시스템이므로 생산라인에 적용이 빠르게 확대되지 못하고 있다.

이러한 상황을 극복하기 위해 선진 레이저 장비 메이커에서 개발된 CO<sub>2</sub> 레이저 원격 용접시스템(Remote Welding System, RWS)은 소재의 용접표면으로 부

터 약 800mm이상의 초점거리를 가지는 레이저 빔을 스캐너(scanner) 시스템을 이용하여 특정 용접부로 급속하게 편향시키는 장비이다. 스캐너 장비는 레이저 빔을 800×800mm<sup>2</sup>의 작업영역(xy축)내 700m/min 이상의 속도로 이동시키는 미러(mirror)와 0~245mm의 z축 초점거리를 최대 60m/min 속도로 조절(dynamic focusing)하는 리니어 가이드(linear guide)축으로 구성되어 있다. 따라서, 용접부로의 레이저 빔 이동시간을 거의 무시할 수 있어 용접 사이클 타임을 축소할 뿐 아니라 소재변형을 줄이기 위한 최적의 용접시퀀스를 얻어 낼 수 있는 장점을 가진다<sup>9,10</sup>.

저항 점용접의 경우, 부품 전체용접 시간에서 로봇의 이동시간은 실제 용접시간의 대략 4배입에 비해 CO<sub>2</sub> 레이저 원격 용접 시스템에서는 이동시간이 전체 용접시간의 1/10이라는 점을 감안할 때 그 차이를 짐작할 수 있다. 또한, CO<sub>2</sub> 레이저 원격 용접 시스템에서는 로봇이 구현하기 어려운 용접패턴을 자유로이 구현할 수 있어 일반 스티치(stitch) 용접뿐만 아니라 다양한 형태의 패턴 적용이 가능하다.

따라서, 본 연구에서는 CO<sub>2</sub> 레이저 원격 용접시스템을 이용하여 용접패턴에 따른 용접특성을 분석하고, 실제 범퍼용접에 적용하기 위한 최적 용접 조건을 조사하고자 하였다.

## 2. 실험

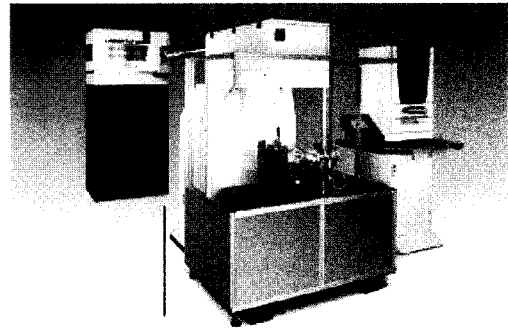
### 2.1 실험재료

여러 가지 용접비드 패턴과 용접 특성을 알아보기 위해서 SPRC440 냉간압연강판(두께: 1.0mm)을 사용하였으며, 재료의 화학적 성분은 Table 1에 나타나 있다. SPRC440은 자동차 차체 부품 제작에 사용되는 냉간압연 양가공성 고장력강판이다. 용접비드 패턴 형상은 —, O, C, S, N의 형태를 가진다. 특히 — 패턴은 스티치(stitch) 패턴이라고 하며, 기준이 되는 용접비드 패턴으로서 길이는 25mm로 설정되었다.(기존의 spot 용접 너짓의 면적과 동일하게 규정)

원격 레이저 용접 적용 대상품인 자동차 범퍼의 재료는 SPFC780이며, 두께는 1.2mm이다.

**Table 1** Chemical composition of specimen(wt.%)

Material	C	Si	Mn	P	S
SPRC440	0.08	0.02	1.38	0.017	0.003



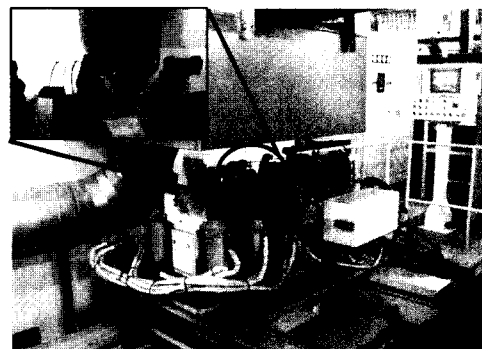
**Fig. 1** CO<sub>2</sub> laser remote welding system

### 2.2 실험장치 및 방법

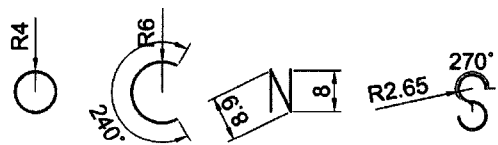
용접실험에 사용한 원격 레이저 용접시스템은 Fig. 1과 같다. 사용된 레이저는 연속 출력과의 CO<sub>2</sub> 레이저이며 최대출력은 6kW, 빔 모드는 다중모드(multi-mode)이다. 레이저 빔 초점은 시험편의 표면으로 설정하고, 용접조건은 출력 3kW, 용접속도 2.2, 2.4, 2.6, 2.8, 3.0m/min, 보호 가스는 사용하지 않고 겹치기 용접하였다. Fig. 2와 3은 레이저 용접지그(jig) 및 용접비드 패턴을 보여주고 있다.

Fig. 3에서 용접 길이는 —형 스티치 패턴의 길이와 동일하게 비드 길이는 25mm를 유지하도록 설정하였다.

용접 비드 패턴 형상에 따른 인장실험을 수행하였다. 인장시험편은 Fig. 4와 같이 KS B0851호의 규격으로 제작하였다. 인장실험은 최대용량 250kN인 유압식 만능재료 시험기를 사용하였으며, 하중속도 20mm/min으로 실험하였다.



**Fig. 2** Laser welding jig & fixture



**Fig. 3** Patterns of laser welding bead

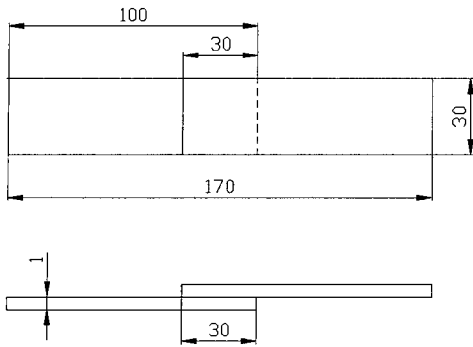


Fig. 4 Geometry of specimen for tensile load test

### 3. 실험결과 및 고찰

Fig. 5는 용접속도 2.6m/min에서 용접비드 패턴의 전면, 후면 및 파단 형상을 보여주고 있다. Fig. 6은

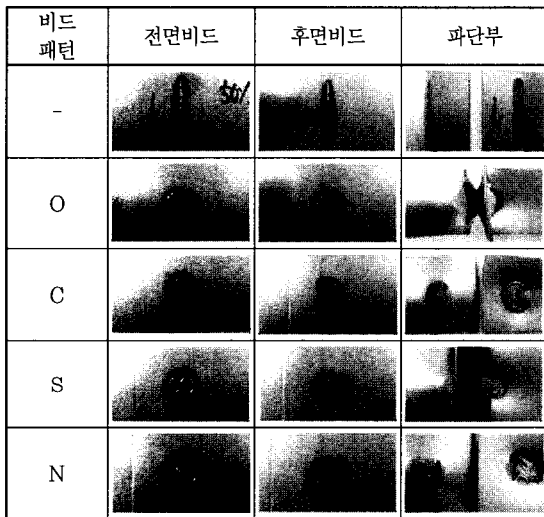


Fig. 5 Photograph of front bead, back bead and fracture of specimens

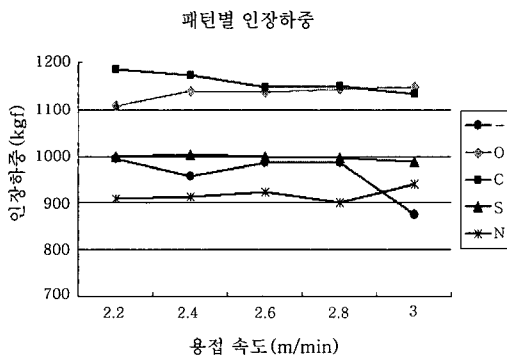


Fig. 6 Tensile load for various weld bead shape and welding speed

용접비드 패턴과 용접속도에 따른 인장하중치를 보여준다. 실험치는 용접비드 패턴과 속도에 따른 동일 시험편을 3개씩 제작한 결과이다. 인장실험 결과 -, C, N 모양의 비드는 모두 용접부에서 파단이 일어났으며, O와 S 패턴은 모재에서 파단이 일어났다. 인장하중치의 비교로부터, 인장하중은 C 패턴이 가장 높고 O, S, -, N순으로 높게 나타났다.(용접속도 2.6m/min 기준)

인장하중 따른 각 비드패턴의 특징을 보면 O, N 패턴의 경우 용접 속도가 빠를수록 인장하중치가 높아지는 경향이 있다. 그리고 모든 패턴에서 공통적으로 보여지는 현상으로서, 용접속도의 변화에 따라 인장하중치가 크게 영향을 받지 않는 것을 알 수 있다. 이는 일정한 면적에 복잡한 형상으로 조밀하게 레이저 빔이 조사되면서 열전도가 원활하지 않게 되어 열의 집중이 잘 됨에 따라 용접속도의 작은 변화에는 용접강도에 대한 영향이 적은 것으로 사료된다. 이는 O, C, N의 비드패턴에서도 유사한 경향을 보인다.

Fig. 7은 용접비드 패턴의 접합부단면 형상과 용접의 시작부 및 종료부 근방의 조직사진을 나타내며 Fig. 8은 접합 시작부, 중앙부 및 종료부에서의 접합폭을 보여주고 있다. Middle 부의 높이만을 비교하면 S 및 N 패턴의 코너부의 비드폭은 -패턴의 비드폭에 비하

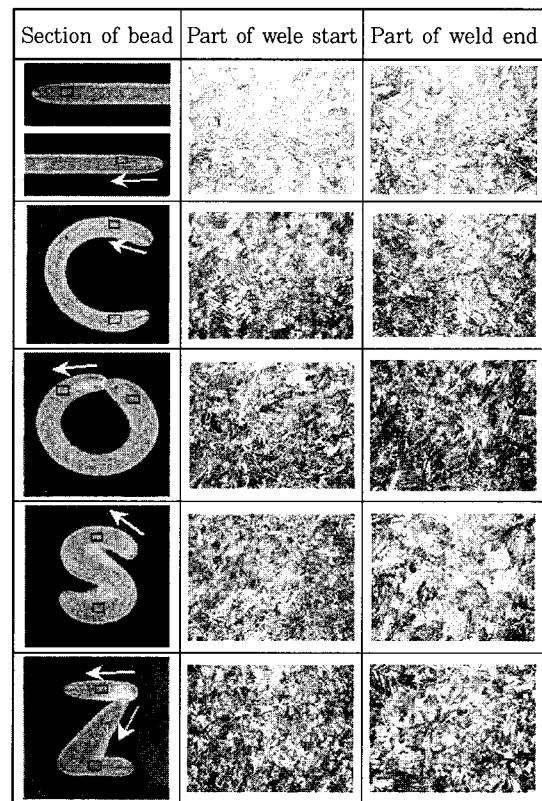


Fig. 7 Micro structure for each geometry of weld bead

여 현저하게 증가하고 있으며, C와 O패턴의 비드폭은 오히려 좁은 형상이었다. 코너부에서의 비드폭 증가는 용접시 열전도의 방향이 코너부 내측으로 중첩됨에 따라 용융지의 온도가 증가하고, 높은 온도에서 레이저빔의 흡수율이 증가하기 때문에 용융지의 폭이 더욱 증가했기 때문으로 고려된다. 시작부와 종료부의 미세조직 사진에서는 현저한 조직상의 차이는 발견할 수 없으나 종료부의 입계가 다소 조대화된 것을 관찰할 수 있다. 이 또한 시작부와 종료부의 열전도 속도 차이에 따른 온도상승과 레이저빔의 흡수율 증가에 기인한 것으로 고려할 수 있다. 그림 8에서 전체 비드폭은 N 패턴이 가장 높았으며 S, -, O, C의 순으로 낮아졌다. Fig. 6의 인장하중결과와 비교하면 비드의 폭과 반비례인 결과를 보였는데 비드폭의 크기, 즉 이음부의 너비가 좁은 C 및 O 패턴이 오히려 높은 인장하중을 나타내는 것은 응력집중을 완화시키고 하중분산 효과가 큰 형상을 가지고 있다는 결론을 얻을 수 있다.

Fig. 9는 RWS 레이저 용접 시스템을 사용하여 자동차 범퍼를 용접하는 장면을 보여주고 있다. (a)는 실제 용접 플라즈마가 발생되는 장면이며, 용접된 범퍼는 (c)와 같다. 범퍼의 용접부는 (b)와 같이 양호함을 알 수 있으며, 내부결함이 전무하였다.

4. 결 론

자동차 차체부품 소재로 널리 쓰이는 SPRC440에 대해 CO<sub>2</sub> 레이저와 스캐너 시스템을 이용하여 다양한 패턴의 비드를 적용해 용접한 후 접합강도평가를 수행하였다. C 형상이 가장 양호한 패턴임을 알 수 있었으며, RWS 장비를 사용하여 자동차 범퍼 용접실험을 통해 최적 용접조건을 도출하였으며, 생산성 향상을 확보할 수 있었다.

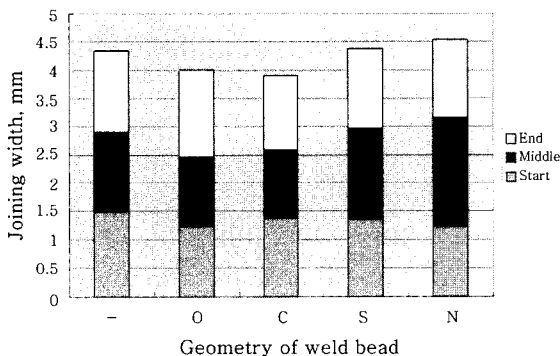
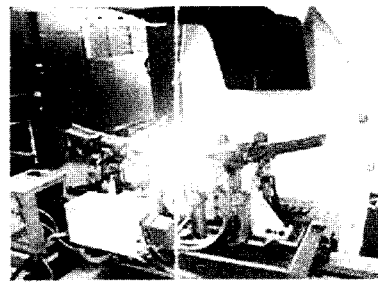
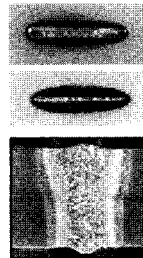


Fig. 8 Joining width for each geometry of weld bead



(a)



(b)



(c)

Fig. 9 Remote laser welding for car bumper. (a) welding scene with RWS, (b) bead and cross section of welding result, (c) the car bumper

후 기

본 연구는 성장동력사업(원격 레이저 용접 로봇 및 응용기술개발) 지원하에 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. Z. Abermen : Doors and Hoods Laser Welding Replace Gluing or Spot Welding, 25th ISATA Symposium, No. 921025, Florence Italy, 1992
2. N. T. Williams and W. Waddell : High Speed Resistance Seam Welding of Uncoated and Coated Steels, Technical Steel Research Commission of the European Communications, Report No. EUR 1150 EN, 1988
3. T. Eimermann : Hem Flange Laser Welding, 25th ISATA Symposium, No. 921089, Florence Italy, 1992
4. F. Coste et al : A Rapid Seam Tracking Device for YAG and CO<sub>2</sub> High Speed Laser Welding, Proc. ICALEO (1998) 217-223
5. LIA Handbook of laser materials processing, Laser Institute of America, Magnolia Publishing Inc., 162-166, 2001
6. F. Coste et al : A Rapid Seam Tracking Device for YAG and CO<sub>2</sub> High Speed Laser Welding, Proc. ICALEO (1998) F217-223
7. B.H, Jung, M.R. Lee, J. Suh and H.S, Kang : Development of 3D Laser Welding Technology for

- Automobile Body, Proceedings of the 2005 Spring Annual Meeting of the Korean Welding Society (2005) 103-105 (in Korean)
8. H.S. Kang, J. Suh and T.D. Cho : Research on Industrial Robot Application Technology for Laser Welding of Car Body, Proceedings of the 2008 Spring Annual Meeting of the Korean Welding & Joining Society (2008) 23 (in Korean)
  9. M. Grupp, T. Seefeld and F. Vollertsen : Laser Beam Welding with Scanner, WLT 2003 (2003) 375-379
  10. Steffen Neumann, Claus Thomy, Thomas Seefeld and Frank Vollertsen : Distortion Minimization and Shielding gas flow Optimization in CO<sub>2</sub> Laser Remote Welding of Steel, BIAS Bremen Institute, 2006
  11. M.J. Song, B.H. Jung, M.Y. Lee and J. Suh : High-speed laser welding technology of RWS for development of car bumper, Lasers in Manufacturing 2007 (2007) 63-66