

연구논문

CO₂ 레이저 용접시 비드패턴에 따른 용접강도 특성

김태일* · 송영채* · 이문용* · 남기우**

*(주)성우하이텍 기술연구소

**부경대학교 신소재공학부

The characteristic of strength weld according to patterns of weld bead on CO₂ laser welding

T. I. Kim*, Y. C. Song*, M. Y. Lee*, K. W. Nam**

*Institute of Technology, Sungwoo Hitech Co., LTD

**Department of Materials Science and Engineering, Pukyong National University

ABSTRACT

In the remote welding system using CO₂ laser, 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. We can also use and apply various patterns of weld beads by linear controlled mirrors. But most of the domestic car makers have usually applied use stitch-shaped weld bead. In that case, we don't have the merit of remote welding system efficiently. Therefore, in this paper, we investigated the characteristic of weld strength according to patterns of weld bead on CO₂ laser welding. And we also studied the relationship between shape of weld bead and value of tensile load.

Key Words : CO₂ laser, Remote Laser Welding, Bead Pattern, Tensile Load

1. 서론

CO₂ 레이저 원격 용접시스템은 소재로부터 약 1000mm의 초점거리를 가지는 레이저 빔을 스캐너 시스템을 이용하여 특정 용접부로 급속하게 편향시키는 장비이다. 종래의 로봇 레이저용접 시스템은 작업영역 내 로봇의 동선에 대한 간섭을 배제하더라도 최단거리를 짧은 시간 내에 이동하는데 한계가 있었다. 그러나 CO₂ 레이저 원격 용접시스템(Remote Welding System, RWS)의 스캐너는 평방 800mm²의 작업영역 내 최대 700m/min가 넘는 속도로 빔을 이동시키는 미러와 이에 상응하여 0~245mm의 초점거리를 최대 60m/min 속도로 조절하는 리니어 가이드(linear guide) 축으로 구성되어 있다. 따라서 다른 용접시스템에 비해 용접부 이동

시간을 거의 무시할 수 있어 사이클 타임의 축소뿐 아니라 소재변형을 줄이기 위한 최적의 용접 시퀀스를 얻어 낼 수 있는 장점을 가진다. 로봇의 이동속도는 용접시간의 대략 400%를 차지하지만 원격 시스템(RWS)은 이에 반해 10%라는 점을 감안할 때 그 차이를 짐작 할 수 있다. 뿐만 아니라 CO₂ 레이저 원격 용접시스템은 로봇이 구현하기 어려운 용접패턴을 자유로이 구현할 수 있어 일반 스티치(stitch) 용접뿐만 아니라 다양한 형태의 패턴 적용이 가능하다. 본 연구에서는 이러한 용접공정 시 소재의 변형을 최소화시키는 CO₂ 레이저 원격 용접시스템을 이용하여 각 용접패턴에 따른 인장강도의 차이를 비교하고 용접품질을 높이기 위한 용접비드의 기하학적 형상을 관찰하기 위해 행해졌다.

2. 실험재료 및 실험방법

2.1 실험재료

본 실험에서는 여러 가지 용접비드 패턴과 용접 속도에 따른 인장하중 특성을 알아보기 위해서 1.0mm 두께의 SPRC440 냉간압연강판에 5종류의 비드 패턴과 용접속도로 레이저 겹치기 용접하여 인장전단하중 실험을 하였다. 실험한 용접 비드 패턴은 —, O, C, S, N 이고, 각 패턴마다 2.2, 2.4, 2.6, 2.8, 3.0m/min의 속도로 레이저 용접하였다.

본 연구에서 사용된 시험편의 재질은 자동차 차체 부품 제작에 사용되는 냉간압연 양가공성 고장력 강판으로서 제품명은 SPRC440(1.0mm)이다. 시험편의 화학적 조성은 Table 1과 같다. 시험편은 KS B0851호의 규격으로 제작하였다. Fig. 1은 실험에 사용된 시험편을 나타낸 것이다.

Table 1 Chemical composition of specimen(wt.%)

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

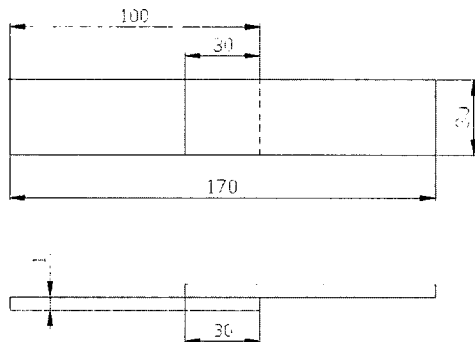


Fig. 1 Geometry of specimen for tensile load test.

2.2 실험방법

시험편을 용접하는데 사용한 CO₂ 레이저 발진기는 연속 출력파로서 최대출력 6kW이며 빔 모드는 다중모드(multi-mode)이다. Fig. 2는 실험에 사용된 레이저 장비의 모식도를 보이고 있다. 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 용접

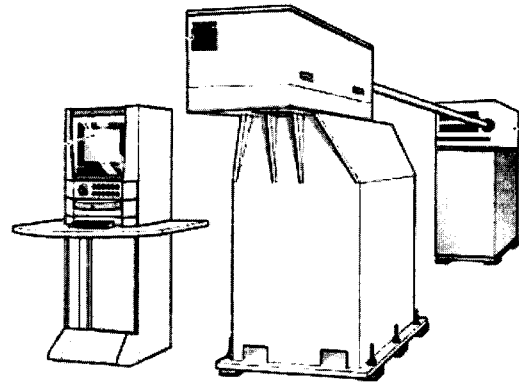


Fig. 2 CO₂ laser resonator with scanner system and control computer.

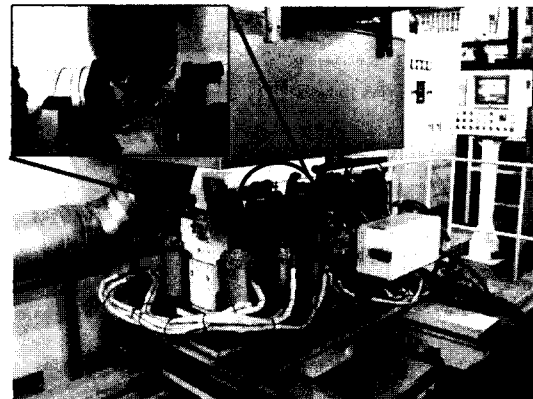


Fig. 3 Laser welding system and jig.

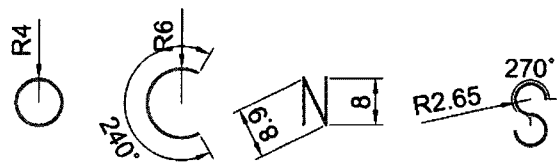


Fig. 4 Bead pattern for laser welding system and jig.

으로 시험편을 제작하였다. Fig. 3 및 Fig. 4는 용접실험에 사용된 레이저 용접 장치와 용접지그(jig) 및 비드 패턴의 패턴을 보여주고 있다. 용접 길이는 —형 스티치 패턴을 기준으로 25mm로 설정하고, 각 패턴에 따른 비드 길이는 25mm를 유지하도록 설정하였다.

인장실험은 최대용량 250kN인 유압식 만능재료 시험기(BT1-FR250SN.A4K Materials testing machines)를 사용하였다. 하중속도 20mm/min으로 실험하였다. Fig. 4는 인장실험 장치에 시험편을 장착하고 인장전단하중 실험 모습을 보이고 있다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 5에 각 비드패턴(용접속도 2.6m/min)의 전면비드, 후면비드, 파단 모습을 나타내며 Fig. 6에 각 비드패턴과 용접속도에 따른 인장하중치를 그래프로 나타냈다. 각 비드패턴과 속도에 따른 동일 시험편을 3개씩 제작하여 인장실험을 실시하였다. 인장실험 결과 —, C, N 모양의 비드는 모든 용접 조건에서 용접부 파단이 일어났으며, O와 S 패턴은 모재에서 파단이 발생하였다. 그러나 인장하중치를 비교해 본 결과 C 패턴이 가장 높고 O, S, —, N 순으로 높게 나타났다. 위의 수치는 용접속도 2.6m/min 기준이다.

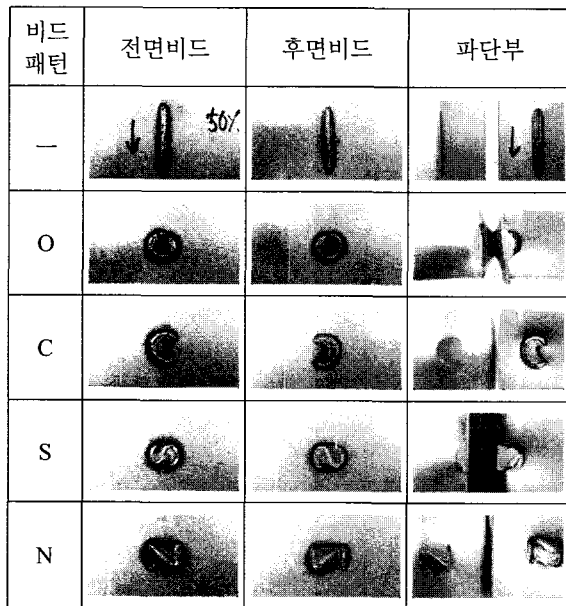


Fig. 5 Photograph of front bead, back bead and fracture of specimens.

인장하중 따른 각 비드패턴의 특징을 보면 O, N 패턴의 경우 용접 속도가 빠를수록 인장하중치가 높아지는 경향이 있다. 그리고 모든 패턴에서 공통적으로 보여지는 현상으로서, 용접속도의 변함에 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.

패턴별 인장하중

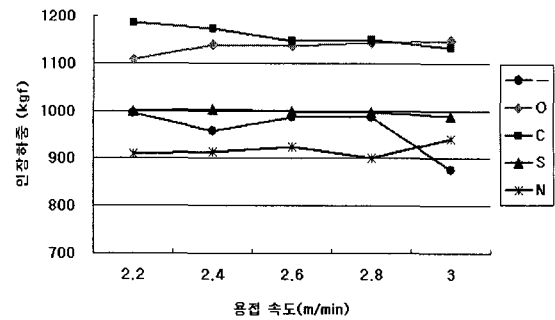


Fig. 6 Graph of tensile load value for each geometry of weld bead.

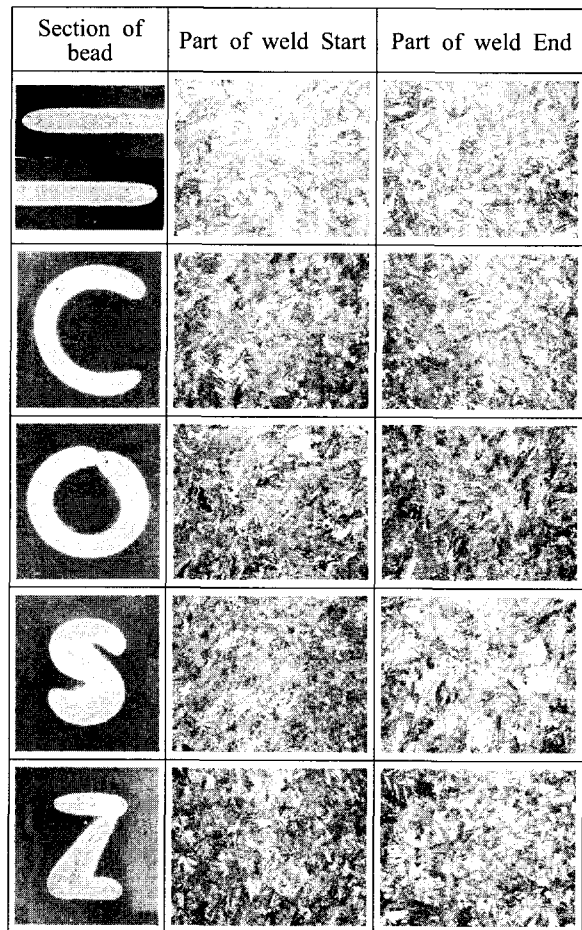


Fig. 7 Micro structure for each geometry of weld bead.

Fig. 7에 각 비드 패턴의 접합부단면 형상과 용접의 시작부 및 종료부 근방의 조직사진을 나타내며 Fig. 8은 접합 시작부, 중앙부 및 종료부에서의 이음폭의 차이를 비교하여 그래프로 나타내었다. 단면사진의 관찰 결과 S 및 N 패턴의 코너부의 비드폭은 —패턴의 비드폭에 비하여 현저하게 증가

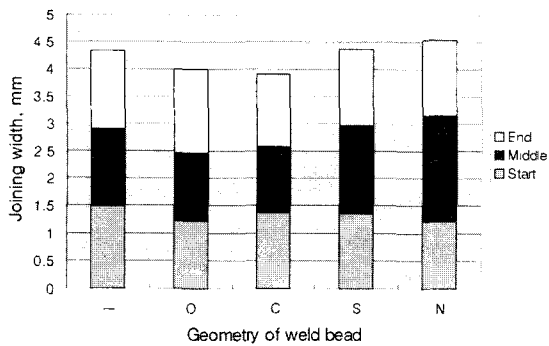


Fig. 8 Joining width for each geometry of weld bead.

하고 있으며, C와 O패턴의 비드폭은 오히려 좁은 형상이었다. 코너부에서의 비드폭 증가는 용접시 열전도의 방향이 코너부 내측으로 중첩됨에 따라 용융지의 온도가 증가하고, 높은 온도에서 레이저 빔의 흡수율이 증가하기 때문에 용융지의 폭이 더욱 증가했기 때문으로 고려된다. 시작부와 종료부의 미세조직사진에서는 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. 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 응력집중 및 하중분산에 관계되는 형상학적인 특징이 더욱 우수하다는 결론을 얻을 수 있다.

4. 결론

자동차 차체부품 소재로 널리 쓰이는 SPRC440에 대해 CO₂ 레이저와 스캐너 시스템을 이용하여 다양한 패턴의 비드를 적용해 용접한 후 접합강도평가를 수행하였다. 실험으로부터 얻어진 결과를 정리하면 다음과 같다.

- (1) C, O, S의 패턴에서는 용접부의 인장하중치가 모재의 인장하중치보다 크게 나타났다. 모든 용접속도를 고려하였을 때, C 패턴이 가장 높은 인장하중치를 보였고, N 패턴이 가

장 낮은 값을 나타냈다.

- (2) N 및 S 패턴에 있어서 코너부에서의 비드폭이 다소 증가하는 경향을 나타내었는데, 이는 용접시 열전도의 방향이 중첩됨에 따라 용융지의 온도가 증가하고, 높은 온도에서 레이저 빔의 흡수율이 증가하기 때문에 용융지의 폭이 더욱 증가했기 때문으로 고려된다.
- (3) 미세조직사진의 관찰결과 종료부의 입계가 다소 조대화된 것을 관찰되었는데, 시작부와 종료부의 열전도 속도 차이에 따른 온도상승과 레이저빔의 흡수율 증가에 기인한 것으로 고려할 수 있다.
- (4) 각 패턴에 따른 접합부 비드폭은 N패턴이 가장 넓었고 S, —, O, C의 순으로 좁았으며 인장강도의 값과 반대의 결과를 나타내었다. 즉 접합부 비드폭이 좁음에도 불구하고 높은 강도를 보이는 것으로부터 패턴의 형상이 인장강도에 결정적인 역할을 하고 있다는 결론을 얻을 수 있다.

참고문헌

- 1) Emmelmann, c, Laserschweißen im Vierpunktwerkzeug für die Karosseriefertigung, Rofin Sinar, Hamburg, September 1999.
- 2) M. Grupp, T. Seefeld, F. Vollertsen, "laser beam with scanner," WLT 2003, pp. 375-379, 2003.
- 3) K. D. Debschutz, W. Becker "Remote Laser Welding of Robot," EALA 2005, pp. 258-272, 2005.
- 4) P. Ripple, "Remote Welding of Robot PEP," EALA 2005, pp. 281-309, 2005.
- 5) L. Rauschdorf, M. linger, "Remote Welding in the industrial manufacturing," EALA 2005, pp. 310-330, 2005.
- 6) Steffen Neumann, Claus Thomy, Thomas Seefeld, Frank Vollertsen "Distortion minimization and shielding gas flow optimization in CO₂ laser remote welding of steel," BIAS Bremen Institute, 2006.
- 7) M. J. Song, B. H. Jung, M. Y. Lee, J. Suh "High-speed laser welding technology of RWS for development of car bumper," LIM 2007, pp. 63-66, 2007.