

아연도금강판의 레이저 용접

Laser Beam Welding of Zn-Coated Sheet Steels

나 일* (인하대학교 대학원), 김 재 도 (인하대학교)

1. 서 론

현재 자동차 산업 및 가전제품에 많이 사용되는 아연도금강판은 내구성이 뛰어나며 값이 싸고 내부식성이 강하다. 그러나 아연도금강판의 용접은 두 금속간의 기계적, 물리적 특성의 차이 때문에 많은 문제점을 안고 있다. 특히 겹치기 용접(Lap welding)에서 문제점이 발생하는데 금속의 용융온도 보다 낮은 증발온도를 갖는 아연이 증발 후 용접부에서 기공을 형성한다. 이것은 기계적 성질을 저하시키는 등 파괴의 원인이 되며 이러한 재료에 대해서 레이저 용접은 큰 장점을 가지고 있다.

본 연구에서는 레이저 빔과 재료의 상호작용에 대한 물리적 현상 및 아연의 특성을 분석하고 아연도금강판의 Lap Welding시 필요한 Gap size를 이론식과 실험을 통하여 최적의 용접 조건을 구해 보고자 한다.

2. 실 험

2.1 실험재료

본 실험에 사용한 시편은 현재 자동차의 차체 구조물로 가장 많이 사용되고 있는 두께 0.8mm의 냉간압연 아연도금강판을 사용하였으며 아연도금층의 두께는 $3.57\mu\text{m}$ 이다. 모든 시편의 길이 방향이 압연방향에 수직이 되도록 절단, 가공하였으며 재료의 화학적 조성은 Table 1에 나타내었다.

재료의 기계적 성질을 알아보기 위한 인장시험편의 모양과 치수는 Fig. 1과 같다.

Table 1. Chemical compositions of specimen. (wt %)

C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Cu	Al
0.051	0.127	0.014	0.012	0.009	0.009	0.039	0.008	0.027

2.2 레이저 빔 용접

실험에 이용한 레이저 발생 및 시편 이송 장치는 국내의 (주)한광에서 개발한 최대출력 2kW의 CO₂ 레이저인 HBM-2001형이다. 레이저 발전기는 일본의 Matsushita사의 Panasonic 제품이다. 실험에 사용한 CO₂ 레이저 장치의 사양은 Table 2에 나타내었으며 사용한 렌즈의 초점거리는 127mm이다. 초점 위치는 재료의 표면에서 아래로 0.5mm인 곳에 위치하였다. 레이저 빔의 모우드는 multi mode이며 보호가스는 N₂를 사용하여 용접하였다.

Table 2. Specification of 2kW CO₂ laser.

Max. output laser power (kW)	2
Beam diameter at output mirrors (mm)	22
Beam divergence (mrad)	1.5
Beam wave length (μm)	10.6
Power stability (%)	±2
Overall dimensions (mm)	2240×6500×2250
Weight (kg)	9500

2.3 Butt Welding

Butt welding은 연속파 CO₂ 레이저를 사용하였으며 출력 1.3kW 용접속도 2m/min으로 가공하였다. 가공 후 KS규격에 의거하여 인장시험편을 가공하였으며 만능시험기(TOYO BALDWIN 10 TON)를 사용하여 인장속도 2m/min으로 모재의 기계적 특성 및 Butt welding된 시편에 대한 인장강도를 구하였다. 모재 및 용접된 시편의 기계적 성질은 Table 3과 같다.

Table 3. Mechanical properties of base metal and welded specimen.

	Young's Modulus(E)	Poisson's Ratio(ν)	Yielding Strength	Tensile Strength
Base Metal	2.2×10^6 (kgf/cm ²)	0.31	17.33(kgf/mm ²)	27.60(kgf/mm ²)
Butt Welded	-	-	20.01(kgf/mm ²)	30.03(kgf/mm ²)

2.4 Lap Welding

Lap Welding은 최적의 Gap size를 얻기 위하여 No gap, 0.05mm, 0.1mm 및 0.15mm를 주어 실험하였다. 레이저 출력은 1.7kW이고 용접속도는 1.7m/min이다.

3. 결과 및 고찰

3.1 Butt Welding

실험에 의해 구해진 모재의 항복강도는 173.3kgf이며 용접된 시편의 항복강도는 200.1kgf였다. 시편의 모재부에서는 변형이 심하였으나 용접부의 변형은 거의 일어나지 않았다. Butt Welding한 시편의 파단은 모재에서 일어났으며 충분한 인장강도를 가지고 있다고 사료된다. 모재와 용접한 시편의 하중-변형 곡선은 Fig. 2에 도시하였다.

3.2 Lap welding

직선형으로 용접한 Lap Welding부는 Gap이 없는 경우 거의 용접이 이루어지지 않았으며 비이드의 형상 또한 Spatter로 인하여 움푹 패인 형상이다. 이러한 현상은 아연의 증발온도가 900°C인데 반하여 철의 용융 온도는 약 1530°C이기 때문에 모재가 용융되기 전에 아연은 증발이 일어나며 증발된 아연증기는 용융금속내에 갇혀 기공 및 용접결함을 유발시키기 때문이다. gap이 0.05mm인 경우도 좋은 비이드 형상을 갖지 못하였으며 용입깊이는 0.93mm였다. 0.1mm의 gap을 준 경우 비이드의 외관상태는 양호하였으며 비이드의 폭은 1.17mm, 용입깊이는 1.28mm였

다. 한편 gap이 0.15mm인 경우는 용접이 이루어지지 않았으며 본 실험 조건하에서 적절한 Gap size는 0.1mm로 나타났다. Gap size에 따른 용입깊이는 Table 4에 나타내었다.

Table 4. Weldability with gap sizes.

Gap Size(mm)	Bead Width(mm)	Penetration Depth(mm)	외관 상태	용접 상태
No Gap	-	-	Spatter	No Weld
0.05	-	0.93	Spatter	Weld
0.10	1.17	1.28	양호	Weld
0.15	-	-	-	No Weld

4. 결 론

2KW 연속파 CO₂ 레이저를 사용하여 아연도금강판에 대해 레이저 용접을 실시하여 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1) 아연도금강판의 레이저 용접시 필요한 Gap size는 이론적인 경우 약 0.05mm 이상 부터 가능하나 실험에 의해 얻어진 최적의 Gap size는 0.1mm이다.
- 2) Butt Welding한 시편의 파단은 모재에서 일어났으며 시편의 항복강도는 200kgf이다.
- 3) Lap Welding된 시편의 인장전단강도는 약 470kgf이다.

참고 문헌

- [1] P. C. Wang and K. M. Ewing, "A Comparison of Fatigue Strengths: Laser Beam vs. Resistance Spot Welds", *Welding J.*, October 1991, pp. 43-47.
- [2] H. N. Bransch, Z. Y. Wang, J. T. Liu, D. C. Weckman and H. W. Kerr, "Determining Weld Quality in Pulsed Nd:YAG Laser Spot Welds", *J. of Laser Applications*, pp. 25-34, 1991.

- [3] C. Albright, C. Hsu and R. Olan Lunt, "Fatigue Strength of Laser Welded Lap Joints", J. of Laser Applications, pp. 26-32, 1990.
- [4] J. Heyden, K. Nilsson and C. Magnusson, " Laser Welding of Zinc Coated Steel", Industrial Laser Handbook, pp. 161-167, 1990.
- [5] R. Akhter, W. M. Steen and K. G. Watkins, "Welding Zinc-Coated Steel with a Laser and the Properties of the Weldment", J. of Laser Applications, pp. 9-20, 1991.
- [6] E. A. Metzbower, P. E. Denney, F. W. Fraser and D. W. Moon, "Mechanical Properties of Laser Beam Welds", J. Welding, July 1984, pp. 39-43.
- [7] C. Dawes, Laser Welding, Abington Publishing, 1992.

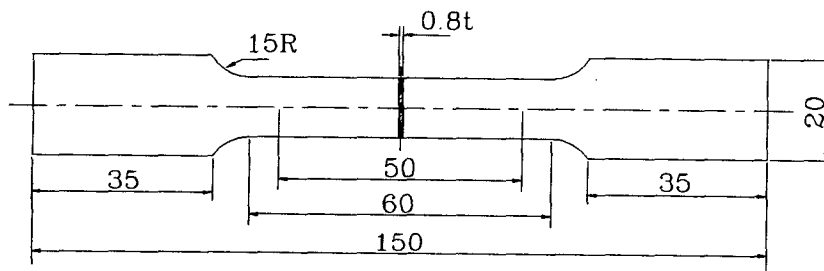


Fig. 1 Tensile test specimen.

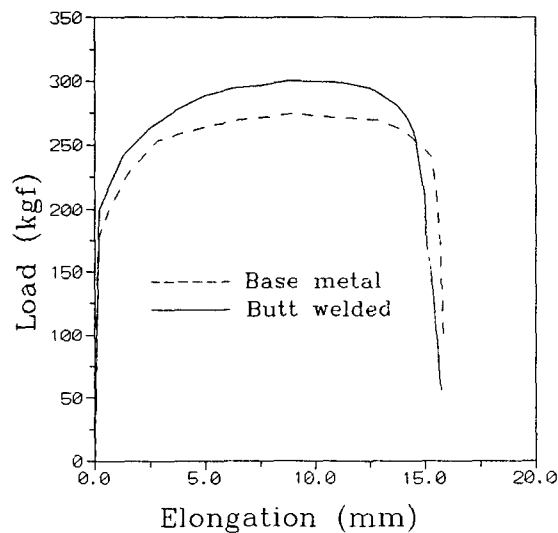


Fig. 2 Load-Elongation diagram.