

Nd:YAG 레이저를 이용한 알루미늄도금강판의 용접특성(I) -용접부에 미치는 도금량의 영향-

Welding Characteristics of Aluminized Steel by Nd:YAG Laser(I) - Effects of Al Coating Weight on Welds -

이정환*, 김기철**, 김중도***

* 한국해양대학교 대학원

** 포항산업과학연구원 용접센터

*** 한국해양대학교 기관시스템공학부

1. 서 론

알루미늄도금강판은 도금층의 조성에 따라 크게 2종류로 구분할 수 있다. 도금 물질에 Al 이외의 Si가 함유된 경우 순 알루미늄으로 도금된 경우보다 부착량이 적는데 이는 Si의 영향이 크게 작용한다. Si는 도금욕 상부의 산화막 특성에 변화를 주며 Al 도금욕의 점성을 바꾸어 놓는데 이러한 성질은 Si가 도금층 중의 Al-Fe 합금층의 성장을 억제시키는 효과와 병행하여 도금 부착량을 감소시키기 때문이다¹⁾.

종래 내식성과 성형성이 동시에 요구되는 부품 업계에서는 아연도금강판이 전통적으로 사용되어 왔으나, 알루미늄도금은 아연도금에 비해 그 물성이 뛰어나고 시대가 요구하는 환경문제와 제품의 경량화에 부응할 수 있는 소재로 그 사용 범위가 점차 확대되고 있다. 또한 제조공정의 효율을 위해 레이저를 사용하였을 때 많은 스파터를 발생하는 아연도금강판에 비해 우수한 용접성을 나타내는 등 많은 이점이 있다고 알려져 있다.

따라서 본 연구에서는 Nd:YAG 레이저를 사용하여 알루미늄도금강판의 겹치기 용접시 발생하는 현상을 파악하고 알루미늄도금량에 따른 용접성을 평가하였다.

2. 실험방법

2.1 사용재료

두께 0.4~1.5mm, 도금량이 양면 40~160g/m²

인 알루미늄도금강판을 사용하였으며 동일한 두께에서 서로 다른 도금량을 가지는 시험편을 선택하여 용접을 실시했다. 이를 Table 1에 나타낸다.

Table 1 Coating conditions of specimens

Specimens	Sheet thickness (mm)	Coating weight (g/m ²)
A	0.4	80, 120
B	0.6	80, 120, 160
C	1.2	40, 80, 120
D	1.5	40, 80, 120

2.2 실험방법

시험편은 Nd:YAG 레이저를 이용하여 완전용입의 조건으로 겹치기 용접을 실시하였으며 용접공정변수로는 레이저 출력과 용접속도로 한정하였다. Table 2에 그 용접조건을 나타낸다.

Table 2 Laser welding conditions

Welding parameters	Ranges
Laser power, P(kW)	1.5~2
Welding speed, v(m/min)	0.6~6
Gap of lap joint, G(mm)	0
Defocused distance, L _d (mm)	0
Type of shield gas	Ar
Flow rate of shield gas, Q(l/min)	15

용접이 완료된 시험편은 용접부 건전성을 평가하기 위한 방사선투과실험 후 알루미늄도금량이 기계적인 특성에 미치는 영향을 확인하기 위해서 인장전단시험과 비커스 경도시험(0.3kgf, 12sec)을 실시하였다. 또한 알루미늄도금량이 용접부에 미치는 영향을 파악하기 위해 용접부 단면을 관찰

하였다. 단면은 절단가공하여 연마 후 나이탈 5%로 에칭하였고 광학 현미경을 이용하여 관찰하였다. 용접부 내의 조성 및 특성 등을 파악하기 위해 SEM(Scanning Electron Microscope), EDS(Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy) 및 EPMA(Electron Probe Micro Analyzer)를 이용하여 분석하였으며, 단면내의 알루미늄이 농후한 부분을 미소경도기(0.1kgf, 10sec)를 이용하여 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 인장전단강도에 미치는 알루미늄 도금량의 영향

Fig. 1은 시험편의 두께에 따른 인장전단강도의 변화를 보여준다.

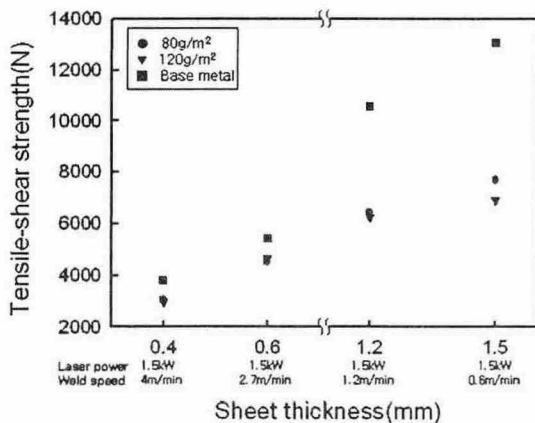


Fig. 1 Variation of tensile-shear strength as function of sheet thickness

모재의 인장전단강도는 시험편의 두께가 증가함에 따라 비례하여 증가하는 반면, 알루미늄도금강판은 1.2mm 및 1.5mm에서 인장전단강도가 포화되는 경향을 보였다. 이는 서로 다른 파단형상과 관련이 있는 것으로 사료된다. 인장전단시험 결과 파단부위가 0.4mm 및 0.6mm의 경우에는 HAZ에서, 1.2mm 및 1.5mm의 경우에는 용접부에서 파단이 되었다. 또한 0.4mm 및 0.6mm에서는 모재 대비 약 80%의 강도가 얻어졌으나 1.2mm 및 1.5mm에서는 약 55%의 인장전단강도가 얻어졌다.

도금된 Al 성분이 용접부에 미치는 영향을 정량적으로 평가하기 위해서 Fig. 2에서 나타내는 접

치기 이음부 접합폭(B_m), 상부 비드폭(B_t), 하부 비드폭 (B_b)을 광학 현미경을 사용하여 측정하였으며 B/A (Al도금층 면적/용접부 단면적) 값을 구해서 Fig. 3과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

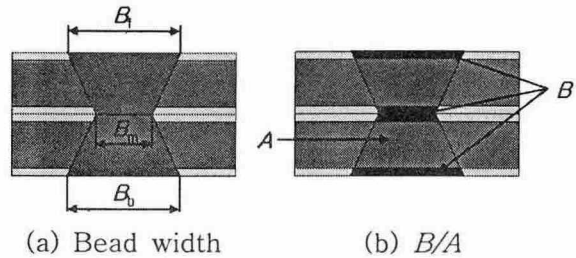


Fig. 2 Definition of bead width (a) and area rate (b) of welds and coated Al

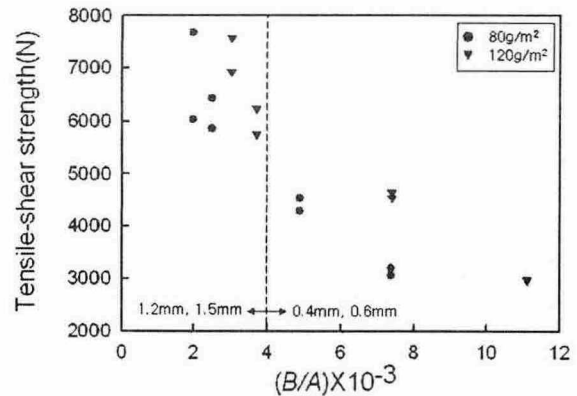


Fig. 3 Variation of tensile-shear strength as function of (B/A)

Fig. 3에서 B/A 값이 증가함에 따라 인장전단강도는 감소하는 경향을 나타내었으며 1.2mm 및 1.5mm의 경우가 0.4mm 및 0.6mm의 시험편보다 Al의 영향을 많이 받고 있음을 알 수 있었다.

3.2 알루미늄 도금강판의 조직관찰 및 조성분석

Fig. 4에 용접부의 단면사진을 나타내었다. 사진에서 볼 수 있듯이 도금층으로부터 용접부로 Al으로 예상되는 물질이 혼입된 것을 관찰할 수 있었다. 이러한 현상은 일정한 경향을 나타내지는 않았으나 0.4mm 및 0.6mm에서 발견되는 횡수가 많았다. 이 물질을 확인하기 위해 실시한 EDS 분석 결과를 Fig. 5에 나타내고 정량적인 Al의 분포를 알기위해 실시한 EPMA 분석 결과를 Fig. 6에 각각 나타내었다.

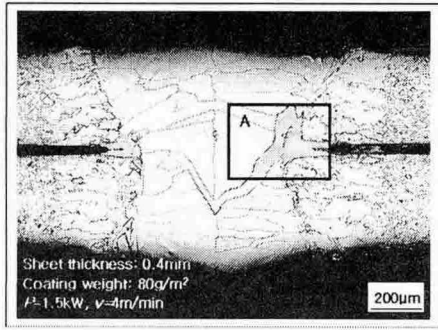


Fig. 4 Example of laser lap welds in Al coated steel

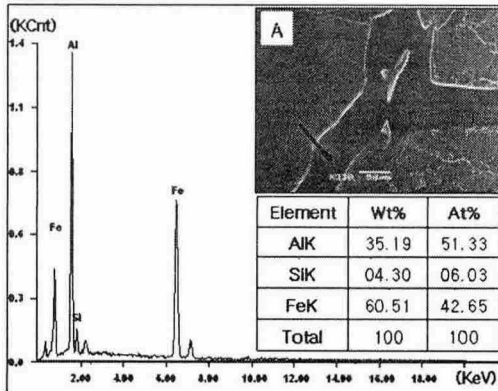


Fig. 5 EDS analysis of Fig. 4(A)

EPMA 분석 결과, 용접부 전체에 걸쳐 Al이 분포하고 있었으며 부분적으로 농후한 부분이 관찰되었다. Al이 농후한 부분에 대한 경도시험결과를 Fig. 7에 나타내었다. 그 결과 용접부의 평균 경도값은 156.3을 나타내는 반면, 용접부에 존재하는 Al이 농후한 부분은 작게는 2배에서 크게는 5배 정도 높은 경도값을 나타내었다. 이는 Fe와 Al이 경질의 화합물을 만들기 때문이라 사료되며 겹치기 이음부 쪽에서 그 발생빈도가 높은 것으로 보아 이 부분에서 크랙이 시작될 가능성이 크다고 판단된다. 이에 주목하여 Al이 농후한 부분을 관찰한 SEM 이미지를 Fig. 8에 나타내었다.

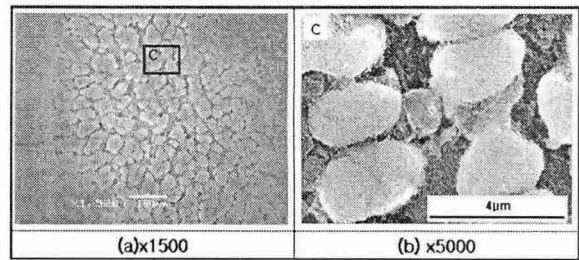


Fig. 8 SEM image of Al-rich zone

Fig. 8에 대한 EDS 분석 결과, Fe와 Al이 1:1 정도의 at% 관계를 나타내었으며 C구역에서 서로 다른 부분을 비교 분석해보았으나 큰 차이는 발견할 수 없었다.

4. 결 론

알루미늄도금량에 따른 용접성에 대한 평가를 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 알루미늄도금강판 겹치기 용접시 도금량 증가에 따라 인장전단강도는 감소하였으며 두께에 따라 파단위치가 차이가 있었다.

2) 단면분석결과 용접부에 Al 성분이 농후한 부분이 검출되었으며, 이 부분의 경도가 매우 높은 것으로 볼 때 Fe과 Al이 경질의 화합물을 만드는 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. S.K. Chang : Effect of Coating Structure on Hot Dip Aluminized Steel Sheet, Bull. of the Korean Inst. of Met. & Mater., Vol. 8, No. 4, (1995), p382-386

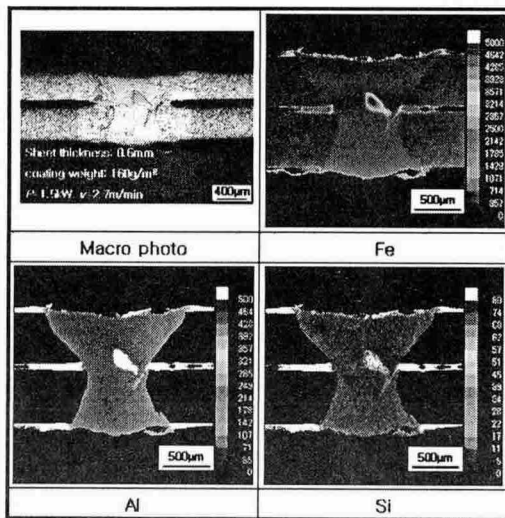


Fig. 6 EPMA analysis of welds in Al coated steel

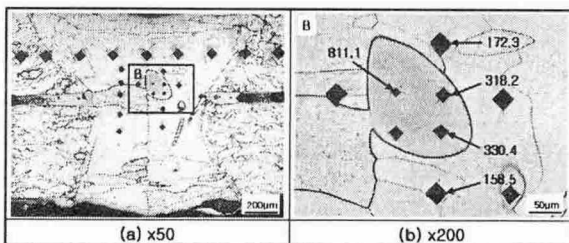


Fig. 7 Comparison of welds hardness in Al coated steel