

자동차용 알루미늄도금 강판의 용접성(I)

(저항 점용접부의 금속학적 거동)

Weldability of Aluminized Sheet Steels for Automobile Application(I)

(Metallurgical Behavior of Resistance Spot Weld)

김 기철*, 차 준호*, 이 조영**

* 포항산업과학연구원

** 포항강판주식회사

ABSTRACT This study deals with the resistance spot welding of aluminized steels. According to the test results it was clear that the weldability of aluminized steels was equivalent to or better than that of Zn coated steel. Microstructural inspection revealed that molten aluminum that was repelled from the weld during the process, piled up at the split zone. The test results also demonstrated that the weld metal of aluminized steels could hardly produce the weld crack even higher welding heat input was applied.

1. 서 론

자동차용 강재는 환경친화성이라는 큰 전제하에 고강도화와 고내식성을 요구하고 있으며 생산 기술과 공정측면에서 아연계 도금강재가 널리 적용되고 있다. 한편 자동차의 중요 부품의 하나인 연료탱크는 엔진에서 불 때 중요한 보안 부품이며 연료필터의 성능에 영향을 미치는 부식 생성물을 형성시키지 않고 구멍 부식에 대한 저항성 및 용접성도 우수한 소재를 사용하는 것이 중요한 과제로 알려져 있다.

지금까지의 연료탱크는 납 도금재를 주로 사용하였으나 폐차량의 처리과정에서 납에 의한 환경오염문제가 있기 때문에 알루미늄계 도금강 등 신강재의 개발과 실차 적용이 선진국을 중심으로 활발하게 이루어지고 있다.

알루미늄계 도금강판은 이미 여러 종류가 개발되고 있고 그들의 내식성에 관하여도 비교적 많은 자료가 보고되고 있지만 용접성에 관한 연구 실적은 거의 없다.

본 연구에서는 이러한 점을 감안하여 알루미늄 도금강판의 저항 점용접부 특성에 관하여 조사함으로써 신도금강재 개발과 이용 범위 확대의 기반을 다지고자 하였다.

2. 실험 방법

2.1 시험재

시험재는 포항강판주식회사 도금라인에서 채취한 0.8mm 두께의 알루미늄 도금강판이었다. 이 강판은 알루미늄 도금강판의 편의상 분류 방법에 의한 Type-I 용융 알루미늄 도금강판에 해당하며 도금 피막에는 알루미늄 기지 안에 약 10%의 Si를 포함한 것이다.

시험재는 표면의 알루미늄 도금 부착량에 따라 5종류(시험재 A-E)로 구분하여 사용하였다. 비교재료로서는 합금화 아연 도금강판(시험재 F)을 사용하였으며 이 시험재의 도금 부착량은 90g/m^2 이었다. Table 1은 모재의 화학조성과 도금 부착량을 나타내고 있다.

Table 1 Chemical compositions of base metals

	C	Si	Mn	P	S	Coating weight(g/m ²)
A	0.0047	0.0034	0.064	0.007	0.0078	Al-Si 40
B	0.0033	0.0061	0.073	0.012	0.0103	Al-Si 80
C	0.0031	0.0058	0.066	0.011	0.0098	Al-Si 110
D	0.0031	0.0066	0.073	0.012	0.0101	Al-Si 130
E	0.0186	0.0059	0.24	0.011	0.0104	Al-Si 60
F	0.0086	-	0.12	0.007	0.0083	GA-90
G	0.0066	0.0050	0.090	0.010	0.0104	GI-60

2.2 용접부 특성 실험

용접은 단상교류식 점용접기를 사용하였으며 전극은 Cu-1%Cr 합금으로 외경 16mm 및 선단경 6mm의 dome형이었다. 예비실험을 통하여 가압력과 용접시간은 적정조건으로 설정한 다음 고정하였고 본용접에서는 용접전류만을 변화시켰다. Table 2는 용접조건을 나타낸 것이다. 용접부 특성은 용접부의 중량을 정확히 절단한 후 연마 및 부식한 다음 기본적인 측정을 행하였고 좀 더 정밀한 관찰을 위하여 전자현미경과 관련 분석장치를 이용하였다.

Table 2 Welding conditions

Welding current	5~12 kA/0.5kA step
Electrode force	2.45kN
Welding time	15 cycle
Cooling water	8 l/min
Electrode	Cu-1%Cr. 6mm tip diameter dome type

3. 결과 및 고찰

Fig. 1은 시험재 D를 대상으로 하여 모재 표면의 도금 부착 특성을 나타낸 것이다. 즉 시험재 D는 목표 도금량 $130g/m^2$ 으로서 두께로 환산할 때 편면 $24\mu m$ 에 해당한다. 그림에서 알 수 있듯이 도금 부착량은 목표치와 잘 일치하고 있다. 또 Fig. 2는 다른 소재인 시험재 B의 알루미늄 도금층 분석 결과를 나타낸 것이다.

Fig. 2(a)는 SEM을 이용하여 그 단면을 관찰한 것으로 상부의 회색 부분이 알루미늄 도금층

이다. 알루미늄 도금층에는 소지금속에 인접한 부분에서 조금 더 밝은 부분이 관찰되는데 이것은 Al-Si-Fe계의 합금층으로 도금층의 전체 두께를 약 $15\mu m$ 으로 볼 때 약 $3\mu m$ 정도에 지나지 않는다. 이와 같이 합금층의 두께가 비교적 얇았던 것은 본 실험의 사용 강재가 Type-I 알루미늄 도금강이었기 때문이다. 또 이러한 합금층의 두께는 도금량의 많고 적음에 관계없이 거의 일정한 값을 나타내고 있었다.

한편 Fig. 2(b)는 도금층의 분석 결과이다. 그림에서 알 수 있듯이 도금층에서는 알루미늄과 Si가 모두 검출되었으나 위치에 따라 그들의 조성비는 다소 다르다는 것이 관찰된다.

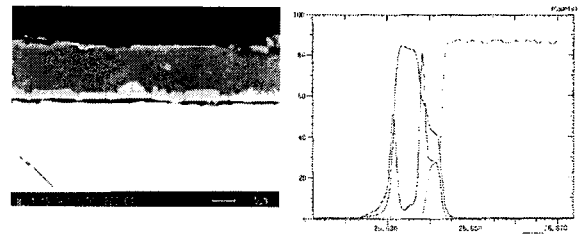


Fig. 2 SEM micrograph and analytical results of base metal(Steel B)

Fig. 3은 본 실험에 사용된 재료들의 저항 점용접부 형성에 미치는 용접조건 영향을 나타낸 것으로 용접 전류의 증가에 따라 너깃의 크기는 적정 용접조건 범위에서 거의 직선적인 증가를 보이고 있다.

그러나 알루미늄 도금층의 두께에 따른 너깃 직경의 차이는 분명하지 않았으며 비교재인 아연 도금 강판의 너깃 형성 특성과의 차이도 보이지 않았다.

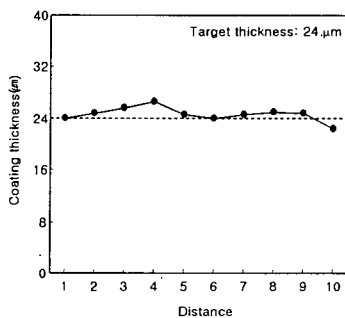


Fig. 1 Coating thickness variation of base metal(Steel D)

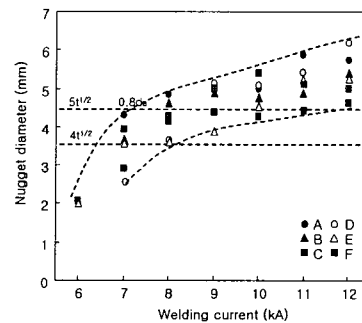


Fig. 3 Nugget formation characteristics of coated steels

한편 Fig. 4는 점용접부의 표면 품질평가 인자의 하나인 압흔의 깊이를 용접전류와 관련하여 정리한 것이다. 이 결과에서도 앞의 너깃 형성 특성과 유사하게 알루미늄 도금강판의 경우 도금량의 영향이 거의 없는 것으로 판단되며 아연도금재와의 비교에서도 알루미늄강판의 표면품질이 오히려 양호한 것으로 나타나 있다.

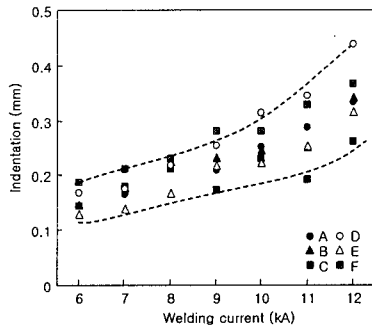


Fig. 4 Indentation as a function of welding current

알루미늄 도금강판 용접부의 물리적 특성 중에서 접지기 이음부의 내식 성능에 영향을 미칠 수 있는 것으로는 접합계면의 도금 피막 잔류 여부를 들 수 있다. Fig. 5는 그러한 결과를 보여주는 실험의 하나로 알루미늄 도금강판의 용접부 계면에는 도금량의 많고 적음에 관계없이 거의 대부분 도금물질로 채워져 있었다.

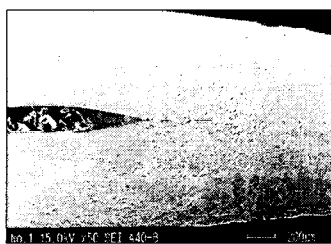


Fig. 5 Split zone of aluminized steel weld

그러나 아연도금강판의 접합 계면에서는 부분적으로 접합 계면에 도금물질이 잔류하여 있는 경우도 있으나 대부분의 시험편에서는 접합 계면에서 도금층이 모두 증발 소실된 형상을 보이고 있었다. 그리고 용접 전류가 적정 용접조건에 상한 또는 그보다 다소 높은 영역에서 용접이 될 경우 아연도금강판의 용접부에서는 Fig. 6에 보인바와 같이 상당히 많은 비율로 용접부 균열이 발견되었다.

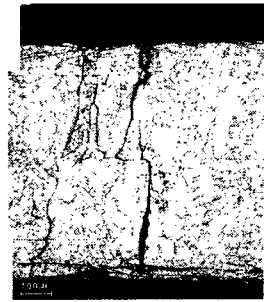


Fig. 6 Cross section of Zn coated steel spot weld showing through-thickness cracks

4. 결 론

알루미늄 도금강판의 점용접부 형성에 미치는 용접조건에 영향에서는 전류 증가에 따라 너깃 크기가 거의 직선적 관계를 보였다. 그리고 압흔 깊이와 용접전류와의 상관성에서도 전류 증가에 따라 압흔은 깊어졌지만 도금량의 영향은 경미하였다. 아연도금재와 용접성을 비교할 경우 본 실험의 조건 범위에서는 동등 이상의 결과를 나타내었다.

알루미늄 도금강판의 용접부 계면에는 도금층이 잔류하기 때문에 사용환경에서 내식성이 양호할 것임을 알 수 있었으며 그러한 결과는 아연도금강판의 용접부 계면과 대조적이었다. 또 알루미늄 도금강판의 점용접부는 아연도금재에 비하여 용접균열에 대하여도 안전한 것으로 판단되었다.

참 고 문 헌

1. Philip D. Clements: The Development of an Enhanced Aluminised steel for Use in Automotive Exhaust systems, Ph.D. thesis, (1990), 19-25