

갈바륨 강판의 특성에 관한 연구

김 순 경*, 김 민 주**, 전 언 찬***

A Study on the Characteristics of the Galvalume Steel Sheet

S. K. Kim*, M. J. Kim**, E. C. Jeon***

ABSTRACT

The problem of autobody corrosion has been addressed over the past decade by the increasing use of zinc and zinc alloy coated steels in automotive application. This paper describes the evaluation of formability, weldability and painted corrosion performance of galvalume steel sheet. This paper presents an overview of the program and some initial test results on the weldability, lifetime of the electrode tip shape of the spot welding and corrosion protection. Galvalume steel sheet improved corrosion performance and spot weldability of galvalume steel sheet was not changed under the influence of the variation of welding current. And tip shape has influenced on the lifetime of tip for galvalume steel sheet

Key Words : Galvalume steel sheet(갈바륨 강판), Weldability(용접성), Lifetime(수명), Electrode tip shape(전극형상), Corrosion protection(부식방지), Formability(성형성)

1. 서 론

자동차의 바디와 각종 부품 제작용으로 가장 많이 사용되는 냉연강판은 동일한 두께에서도 큰 강도를 가질 수 있는 고장력 강판이 개발되어 고급 승용차에 많이 사용되고 있으나, 제강상의 문제점과 냉연강판의 제조과정이 다소 복잡하고 별도의 제조 기술에 관한 노하우가 필요하여 범용적으로는 사용되지 않고 있다. 그리고 일반 냉연강판에 비하여 고가이고 용접성과 성형성이 다소 떨어질 뿐만 아니라 내식성이 부족한 단점이 있어 내식성과 성형성 그리고 용접성의 향상을 위하여 내식성이 우수한 아연을 도금하거나 아연합금 도금 등의 표면처리가 많이 이루어지

고 있다. 차체의 품질 고급화에 큰 영향을 미치는 강판 표면의 도금기술은 자동차의 수명과 외관 품질에 가장 큰 영향을 미치므로 자동차와 철강업체가 공동으로 기술개발을 하고 있는 분야이다. 내식성을 향상시키기 위한 도금강판의 생산량은 아직도 용융 아연도금 강판이 가장 많이 생산되고 있으나, 자동차용과 고급 가전제품용으로는 아연 부착량을 조절할 수 있고 편면도금이 가능한 전기 아연도금 강판이 최근에는 급속하게 증가되고 있다.⁽¹⁾ 가격이 저렴하고 도막 두께가 두꺼운 용융도금은 표면의 스펅글 형태가 잔존하기 때문에 도장용에 부적합하나 전기 아연도금 강판은 도료의 부착성이 우수하고 아연의 소비량도 적기 때문에 최근에 수요가 증가 추세에 있다. 그러

* 동의공업대학 자동차과
** 동아대학교 대학원 기계공학과
*** 동아대학교 기계공학과

나 내식성이 우수한 아연합금 냉연도금강판인 갈바륨 (Galvalume) 강판이 자동차와 가전제품용으로 많이 사용되고 있으며, 특히 농촌의 비닐 하우스용과 파이프용 강판에도 사용되고 있다.⁽²⁻³⁾ 이와 같이 갈바륨 강판이 점차 많이 사용되는 것은 가장 중요한 내식성과 열반사성, 그리고 표면의 미려도 등에서 순수 아연도금 강판보다 우수하기 때문이다. 그러나 아직도 실 조건에서의 내식성과 용접성 등에 관한 연구가 많이 이루어지지 않고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 아연합금 가운데 용적비 기준으로 알루미늄 55%와 아연 43.4%, 실리콘 1.6%로 구성된 경합금을 강판에 도금한 갈바륨 강판의 내식성을 아연도금 강판과 비교하고, 점용접성을 중심으로 연구하였으며, 용접 전극의 형태별 수명도 비교하여 갈바륨 강판의 최적 용접 조건을 두께별로 조사하였다.

2. 실험장치 및 실험방법

2. 1 실험재료

본 실험에 사용된 실험재료인 갈바륨은 합금성분비율 용적비 기준으로 보았을 때 알루미늄 55%와 아연 43.4%, 실리콘 1.6%로 구성된 경합금을 강판표면에 양면 도금하였고, 아연도금강판은 순수한 아연(100%)을 양면도금 하였다. 본 실험에서 금속성분만 차이가 있으며 그 외의 조건은 동일하게 하였다. 그리고 시험편의 크기와 모양은 Fig. 1과 같이 두가지를 사용하였다. 박판 도금 강판인 두께가 0.4~0.7(mm)까지는 시험편의 크기를 25 x 70 (mm)로 하고, 도금 강판의 두께가 0.8~1.6(mm)까지는 시험편의 크기를 30 x 100(mm)로 하여 용접성을 시험하였다.

내식성 실험용 시험편도 용접성 실험에 사용된 강판과 같은 소재를 사용하되 직경 50mm의 파이프를 제작하였으며 길이는 1m로 동일하게 하였다.

그리고 갈바륨 강판의 소지철인 냉간압연 강판의 화학


Gauge	0.4~0.7	0.8~1.6
Sample size	W×L = 25×70(mm)	W×L = 30×100(mm)
		

Fig. 1 Size of specimen for experiment

Table 1 Chemical compositions of strip (wt.%)

Material	C	Si	Mn	Al	Cu
SAE 1008	0.05	0.009	0.25	0.010	0.010

Table 2 Mechanical properties of strip

Material	Tensile strength (MPa)	Yield strength (MPa)	Hardness (H _{RB})	Elongation (%)
SAE 1008	710.00	640.80	85.90	4.20

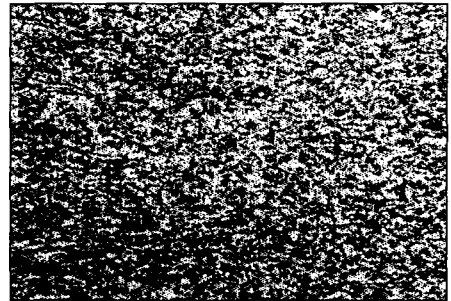


Fig. 2 Microstructure of cold rolled steel sheet (x 200)

적 성분은 Table 1에서 보는바와 같이 냉연강판용으로 가장 많이 사용되고 있는 SAE 1008 강판을 사용하여 내식성과 용접성을 조사하였다. 냉연강판의 기계적 성질은 Table 2에서 보는바와 같이 압연 가공시에 발생한 가공 경화로 인한 응력의 풀림처리가 되지 않은 상태이기 때문에 연신이 거의 발생되지 않음을 볼 수 있다.

Fig. 2는 냉간압연에서 가공 경화된 조직을 나타낸 것으로 풀림처리가 되지 않아 결정입자가 미세하고 한 방향으로 압축된 것을 볼 수 있다.

2. 2 실험장치

본 실험에 사용된 갈바륨 강판의 도금장치는 실제 냉간 압연강판을 생산하는 도금장치로서 최대속도는 분당 150m이며, 전처리, 풀림처리, 도금, 그리고 표면조정 등의 공정으로 이루어져 있다.

그리고 Fig. 3에 나타낸 전기저항 점용접기의 용량은 50 kW이며 용접 전류범위가 4.0~15 kA 인 수냉식 전기저항 용접기이다. 그리고 전원공급은 즉답식과 양수식 점용접으로 되어 있으며, 가압장치는 공기압을 이용한 실린

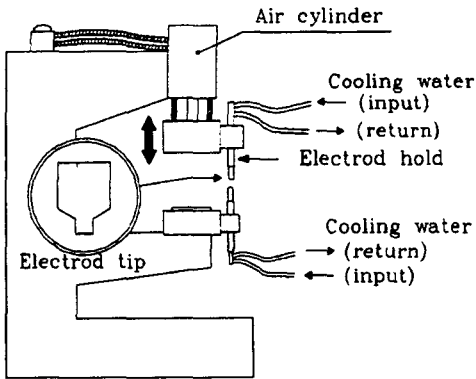


Fig. 3 The schematic experimental apparatus (Spec. 50kva, 0.4~1.6mm, 120~600kgf, water cooling)

더가 장착되어 있어 가압이 용이하며 최대 단락전류는 18 kA이다. 또한 본 실험에서는 돌출형 전극팁을 가지고 용접성 실험을 하였다.

강판의 조직은 금속현미경을 사용하였으며 용접부의 용접성과 내식성 측정에는 주사전자 현미경을 사용하였고, 도막 두께 측정기기도 사용하였다.

2.3 실험방법

실험에 사용된 갈바륨 강판을 생산하는 과정은 Fig. 4에서 보는바와 같이 1차적으로 압연기에서 냉간압연 가공을 한 후 전채공정이 연속공정이 될 수 있도록 강판을 용접한 다음 도금을 하는 공정으로 이루어져 있다. 도금이 끝나면 일정 시간동안 냉각시키고, 레벨라에서 평탄도를 개선시킨 후 표면안정화를 위한 Cr 산 처리를 하였다.

그리고 본 실험에서 가장 중요한 내식성 실험은 183g/m²의 아연합금을 강판표면에 도금한 다음, Fig. 5에서 보는 바와 같이 약 ϕ50의 강판으로 10개씩 제작하여 해안지역(부산, 기장)과 농촌지역(경남, 김해)에 폭로 상태로 설치하여 시간의 경과에 따른 부식량을 측정 비교하였다. 내식성의 비교는 부식량으로 나타내었으며 측정 방법은 강판의 일부를 절단하여 산화철을 제거전과 후의 질량을 전자저울로 측정하여 비교하였다. 그리고 갈바륨 강판의 용접성은 도금된 시험편을 Table 3과 같은 조건으로 전기저항 용접을 하였다.

인장 전단강도(TSS : Tensile shearing strength) 시험은 KS B 0802에 따라 실시하였으며 인장시험의 오차 범위는 ±3%기준으로 하였다. 인장시험하기전 시험의 터짐이나 피트 플래시 등의 외관검사를 한 다음 양호한

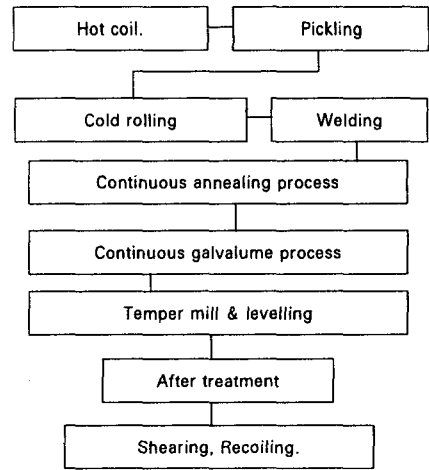


Fig. 4 Schematic diagram of galvalume manufacturing process



Fig. 5 Photo. of exposure test

Table 3 Condition of electric resistance welding

Squeeze time	Initial current	Cooling time	Holding time
30 cycle	10 cycle	4 cycle	30 cycle

시험을 가지고 만능재료 시험기에서 전류값의 변화에 대한 인장 전단강도의 값을 3회씩 측정하여 비교하였다. 그리고 전극은 Fig. 6에서 보는 바와 같이 일반적으로 강판의 점용접에 많이 사용되는 돌출형(a), 돌출형(b)과 Truncated conical(c)를 사용하였으며 전극의 재질은 동과 크롬이 주성분인 합금을 사용하였다.

갈바륨 강판의 두께별 점용접의 특성을 비교하기 위하여 Fig. 7에서 보는바와 같이 용접된 시험편을 45°비틀면서 상하로 분리시켰을 때, 강판의 두께가 2.0mm 이상인

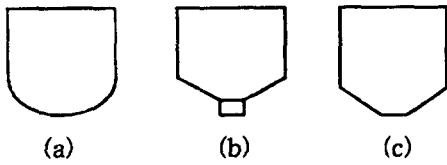
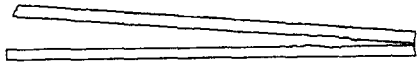


Fig. 6 Shape of electrode tip



a) Sheet thickness ≥ 2.0

b) Sheet thickness < 2.0

Fig. 7 Specimen after twisting and separating test

경우는 분리되면서 a)와 같이 용접부가 툇니모양으로 흔적이 남고, 2.0mm 미만인 경우는 b)에서 보는바와 같이 한쪽 강판에 Nugget만한 구멍이 발생된 것에 대하여 용접강도를 비교하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3. 1 갈바륨 강판의 내식성 비교

Fig. 8은 Fig. 5와 같이 농촌과 해안지역에 설치한 부식 실험용 파이프에 대한 부식량의 변화를 나타낸 것이다. 여기서 해안은 바다와 인접한 기장에 설치하였고 농촌은 김해의 비닐 하우스 농장에 설치하여 측정한 데이터이다. 따라서 Fig. 8은 실제 사용조건에서 갈바륨 강판의 내식성 시험을 하여 데이터의 신뢰도를 높이고자 하였다.

Fig. 8의 a)에서 해안지역의 폭로시험에서는 부식량의 차가 농촌지역보다 크게 나타남을 알 수 있다. 이것은 염분에 약한 아연도 강판이 발청하기 쉬운 해안지역에서 갈바륨 강판이 더 적절함을 보여주며, 또한 폭로 연수에 대한 평균 부식 손실량을 비교해 볼 때 아연도 강판은 발청속도가 빠르고 부식속도가 일정한데 반하여 갈바륨 강판은 시간의 경과에 따라 부식속도가 느려지는 특성을 나타낸다.

이와 같은 현상을 도금층의 구조적인 측면에서 고찰해 보면 Fig. 9에서 보는바와 같이 부식초기에는 아연도 강판과 같이 갈바륨 도금층의 Zn-Rich부가 먼저 부식되지

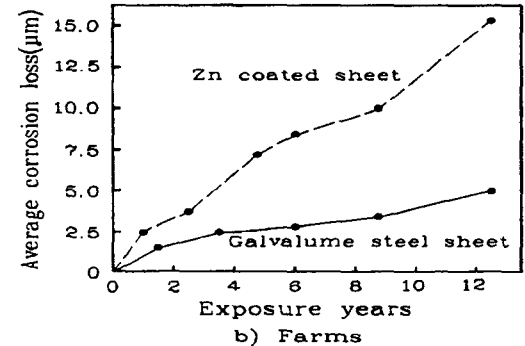
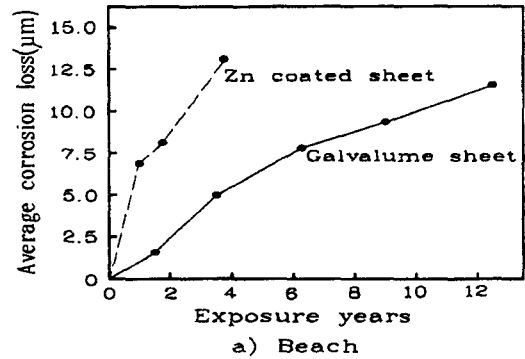


Fig. 8 Comparison of corrosion loss on the exposure time (years)

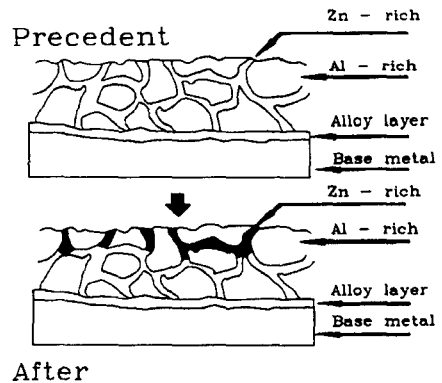
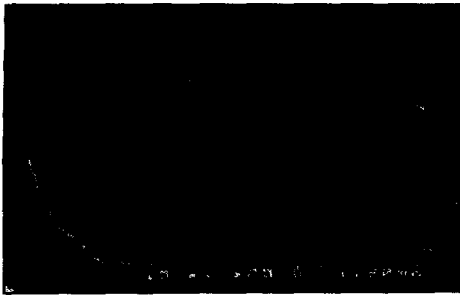


Fig. 9 Schematic diagram of corrosion mechanism for galvalume sheet

만, 갈바륨의 경우는 Zn-Rich부의 조직이 부식되면서 아연의 부식물이 Zn-Rich부의 내부를 채움으로써 외부공기와 내부 소지철 사이를 차단하고 부식이 진전되지 못하게 하는 자기수복기능에 의하여 내식성이 아연도 강판에 비하여 증가된다고 판단된다.



(a) SEM



(b) Image (× 200)

Fig. 10 Photograph for welding nugget part of galvalume steel sheet

3. 2 갈바륨 강판의 점용접 특성

자동차용이나 가전제품용으로 많이 사용되는 도금 강판은 내식성과 마찬가지로 용접성도 매우 중요하다.⁽⁴⁻⁵⁾

점용접 부분의 표면을 자세히 살펴보면 Fig. 10의 a)에서 보는바와 같이 용접 전극이 접촉된 부분이 움푹 들어간 것을 볼 수 있는데 이것은 도금층의 박리현상에 의한 것으로 박리된 도금층이 Fig. 10 a)의 우측에 나타나 있는 것을 볼 수 있다.

3. 3 강판의 두께와 용접성

Fig. 11에서 Fig. 15까지의 그림은 두께 0.4 mm, 0.5mm, 1.0mm, 그리고 1.1mm와 1.5mm인 강판의 용접전류의 변화에 따른 인장전단강도의 값을 나타낸 것으로 용접전류의 증가에 대한 인장전단강도의 값이 크게 변하지 않음을 알 수 있으며 매우 안정적인 점용접이 이루어짐을 알 수 있다.

Fig. 11은 두께 0.4 mm의 갈바륨 강판의 전류 값의 변화에 따른 인장전단강도의 변화를 나타낸 것으로 전반적으로 큰 차이가 없음을 볼 수 있다. 따라서 박판에서의 점

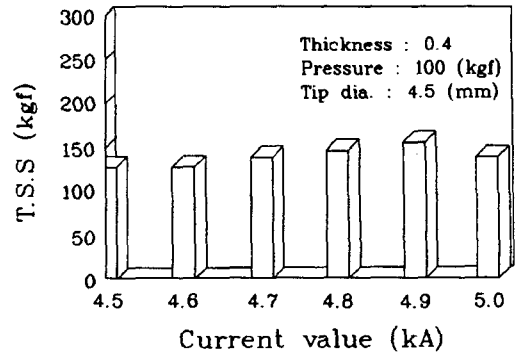


Fig. 11 Comparison of tensile shearing strength on the thickness (t=0.4mm)

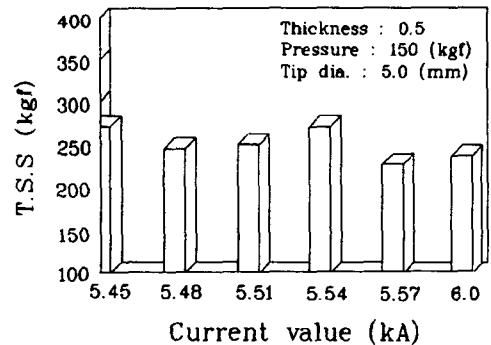


Fig. 12 Comparison of tensile shearing strength on the current value (t=0.5mm)

용접성은 매우 안정된 경향을 나타내고 있다고 판단된다.

Fig. 12는 전류치의 범위가 5.45~6.0kA로서 0.4 mm 강판의 4.5~5.0kA 보다 1.0kA정도 높게 나타났고, Fig. 13의 1.0mm강판의 경우는 7.7~8.0kA로 나타나 2kA정도 높게 나타났다. 그리고 강판 두께가 1.1mm 에서는 8.18~8.23kA로 높게 나타났지만 전류치의 범위가 점차 좁게 변화되는 것을 볼 수 있다. Fig. 15도 Fig. 14와 마찬가지로 전류치는 상승되었지만 전류치의 범위가 거의 유사한 경향을 나타내고 있다. 따라서 전반적으로 보면 강판의 두께가 두꺼울수록 전류의 소요는 많지만 반복했을 때 그 범위는 좁게된다. 그리고 두께가 두꺼울수록 전류의 소요가 많고 인장 전단강도의 값이 크게 상승됨을 볼 수 있다. 그러나 동일 두께에서는 전류의 증가에 따른 인장전단강도가 다소 높게 되는 경향을 나타내지만, 강판 표면의 조건과 형상 등에 의한 강도의 편차를 고려하면 크게 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

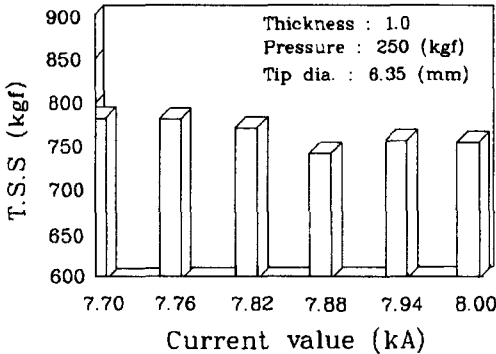


Fig. 13 Comparison of tensile shearing strength on the current value (t=1.0mm)

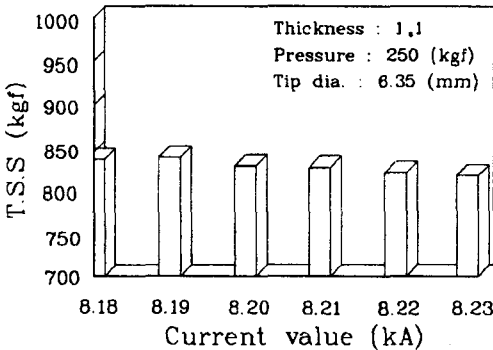


Fig. 14 Comparison of tensile shearing strength on the current value (t=1.1mm)

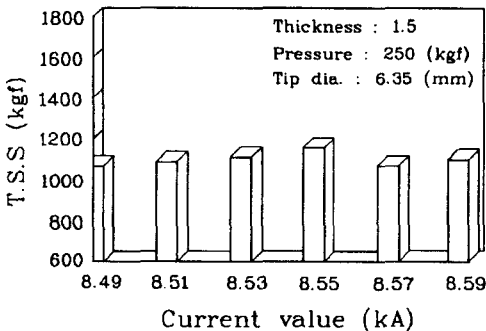


Fig. 15 Comparison of tensile shearing strength on the current value (t=1.5mm)

3. 4 전극 팁의 형태와 수명

갈바륨 강판을 점 용접할 경우 가장 큰 문제점은 전극 소모를 들 수 있는데 이를 개선하기 위하여 전극의 형상

Table 4 Condition of spot welding for the electrode lifetime test

Sheet thickness (mm)	Current (A)	Pressure (kgf)	Welding time(sec)	Tip diameter (mm)
0.6	11,000	160	10/60	5.0

개선에 관한 연구가 많이 진행되고 있다.⁽⁵⁾

Table 4는 전극 팁의 형태와 수명비교를 위한 점용접의 조건을 나타낸 것이다. 전극 수명을 비교하기 위한 강판의 두께는 0.6mm, 전극 직경은 5 mm인 팁을 사용하였으며, 가압력은 160kgf정도이고 전류는 11 kA이다.

Table 4와 같은 조건으로 전극의 수명비교를 위한 실험을 한 결과, Fig. 6의 a)와 같은 돔형 팁은 용접 후 금속을 Pick up시키는 경향이 있기 때문에 용접 타점수가 많아짐과 더불어 전극면적이 증가되고 점차 전류밀도가 감소되어 용접이 잘 되지 않게 되었다. 그리고 b)와 같이 끝부분을 돌출형으로 하면 돔형에 비하여 용접부인 Nugget의 크기가 균일한 장점이 있으나, 전극형상의 가공이 어려운 단점이 있으므로 c)와 같이 돔형과 돌출형의 절충형인 Truncated conical형을 제작하여 실험한 결과, Fig. 16에서 보는바와 같이 수명이 매우 다르게 나타났다. Fig. 16에서 돔형의 전극인 경우는 용접 타점수가 300을 지나면서 전류의 집중부족으로 수명이 다하게 되지만 돌출형인 경우는 4000회 이상에서 그 수명을 다하게 되는 것을 볼 수 있다. 따라서 전극형상의 가공과 사용 수명 등을 종합적으로 고려하면, Truncated conical형이 가장 적합하다고 판단된다.

이상과 같은 실험을 통하여 갈바륨 강판의 점용접 조건을 비교 검토한 결과, Table 5와 같은 두께별 용접 조건

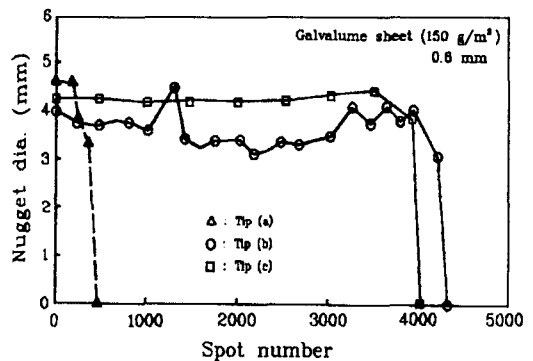


Fig. 16 Comparison of electrode lifetime on the spot welding number and tip shape

Table 5 Spot welding condition in the muffler of automobile

Thickness (mm)	Current (A)	Pressure (kgf)	Welding time(sec)	Tip dia. (mm)
0.6	11,000	160	10/60	4.75
0.7	11,300	180	12/60	4.75
0.9	12,500	230	14/60	6.35
1.0	12,800	230	14/60	6.35
1.3	13,000	230	14/60	6.35
1.6	13,400	300	18/60	6.35



Fig. 17 Photo. of spot welded muffler

을 얻었다. 이 용접 조건을 Fig. 17과 같이 자동차에서 부식면에서 가장 열악한 조건인 머플러를 생산하는 생산 현장에서 사용해본 결과 큰 문제가 없어 갈바륨 강판으로 머플러를 제작하고 있는 업체에서는 이 데이터를 기준으로 점용접을 하고 있다.

4. 결 론

이상과 같이 갈바륨 강판의 내식성과 용접성, 그리고 전극의 수명에 대하여 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

갈바륨 강판의 내식성은 순수 아연도금 강판에 비하여 자기수복 기능이 강하기 때문에 전반적으로 우수하게 나

타났으며, 특히 해안지역에서는 부식량의 차이가 크게 나타났다.

그리고 갈바륨 강판의 용접성은 강판의 두께가 두꺼울수록 전류치의 증가에 따른 인장 전단강도가 증가하지만, 동일 두께에서는 용접 가능한 전류의 범위가 좁게된다.

갈바륨 강판의 점용접용 전극모양은 돔형보다 돌출형의 수명이 길지만, 전극 형상의 가공이 어려우므로 수명이 유사하고 가공이 용이한 Truncated conical형 전극이 가장 적합하다고 생각된다.

참 고 문 헌

1. T. Hada, "Present and Future Trends of Coated Steel Sheet for Automotive Use," GALVATECH'89, ISIJ, pp. 111~119, 1989.
2. S.Koizumi, S. Shima, and Y. Matsushima, "A Development of Black Chromate-Oxide Finishes by Baking Process for Galvanized Steel," GALVATECH'89, ISIJ, pp. 246~253, 1989.
3. A. M. Kalson Jr, "Coated Steel Sheets in North America An Automotive Perspective," GALVATECH '89, ISIJ, pp. 271~275, 1989.
4. J. M. Maigne, P. Driller, and J. M. Part, "Optimized Galvannealed Coating Microstructure for Automotive Application," Galvatec '95 Conference Proceedings, pp. 589~598, 1995.
5. C. R. Shastry and C. G. Fountoulakis, "Laboratory Evaluation of Formability, Weldability and Painted Corrosion Performance of Prephosphated," Galvatec '95 Conference Proceedings, pp. 611~626, 1995.