

## 페라이트계 스테인리스강 / 탄소강 이중 이음부 저항 점용접 특성

### Resistance spot weldability of ferritic stainless steel and carbon steel

김 정길\*, 우 인수, 이 중봉

\* POSCO 기술연구소

## 1. 서 론

전자레인지, 세탁기와 같은 가전제품의 외판에는 페라이트계 스테인리스강 STS430과 용융아연도금강판 (GI : Galvanized steel)이 널리 사용되고 있다. 이들 이중재료의 조립공정에는 주로 저항 점용접 (Resistance spot welding)과 저항 프로젝션 용접 (Resistance projection welding)이 적용되고 있다. 이러한 저항 용접부의 요구특성으로는 인장강도, 용접부 외관품질, 전극오염도 등이 있으며, 특히 제품의 내구성과 수명에 직결되는 인장강도는 엄격히 관리되는 품질특성 중 하나이다.

본 연구에서는 전자레인지 외판용 STS430과 용융아연도금강판의 저항 점용접 특성을 조사하였으며, 특히 용접 후 열처리를 위한 2단 통전이 용접부의 미세조직 및 인장강도에 미치는 영향에 대해서 검토하였다.

## 2. 실험방법

본 연구에서 사용된 STS430과 용융아연도금강판의 기계적 특성은 표1과 같다.

표1. Mechanical properties of STS430 and galvanized steel

Materials	Thickness (mm)	Y.S (MPa)	T.S (MPa)	El. (%)
STS430	0.5	290	460	30
Galvanized Steel	0.6	170	280	50

저항 점용접은 최대출력 220kVA, 최대전류 27k, 최대 가압력 800kgf 사양의 AC type 저항 점용접기를 사용하여 겹치기 용접을 실시하였으며, 전극은 Dome형태의 JIS C 9304 D8 type Cu-Cr전극을 사용하였다.

용접조건은 가압력을 230~250kgf으로 변화시

켰으며, 용접을 위한 1단 통전전류를 4~6kA (통전시간 7cycle), 열처리를 위한 2단 통전전류를 5~9.5kA (통전시간 11cycle)로 변화시켰다. 그림 1에 본 연구의 용접 파라미터 운용 모식도를 나타내었다.

용접부 미세조직은 Viller용액 (피크린산 3g+ 염산 3ml + 에탄올 100ml)을 사용하여 약 3분간 부식시킨 후 광학현미경 (OM) 및 주사식 전자현미경 (SEM)으로 관찰하였으며, 용접부의 기계적 특성은 미소경도측정 및 인장시험을 통해 평가하였다. 인장시험 평가기준은 시험 후 파단 형상은 모재파단 (Plug type) 하였으며, 인장강도는 280kgf로 하였다. 연구에 사용된 인장시험편은 그림 2와 같다.

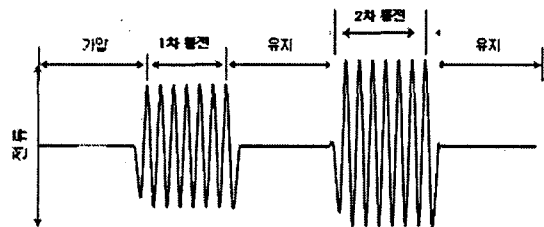


Fig.1 Schematic diagram of spot welding

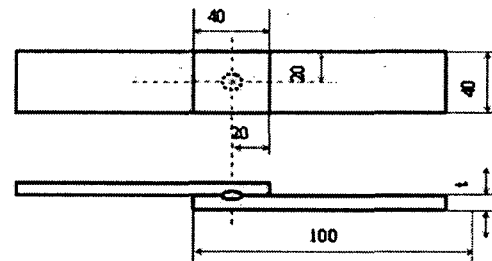


Fig. 2 Tensile specimen

## 3 실험결과 및 고찰

그림 3은 가압력을 250kgf, 용접전류를 6kA로 하여 용접한 점용접부의 마크로조직을 나타낸 것으로서 STS430과 도금강판이 용융되어 형성

된 Nugget이 관찰된다. 그림 4는 동일한 용접조건으로 제작한 인장시험편을 시험 후 그 외관을 관찰한 것이다.

STS430 모재가 파단되어 파단형상은 평가기준을 만족하였으나, 인장강도가 200kgf정도로서, 기준에 크게 미달하였다.

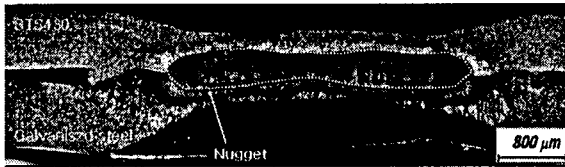


Fig. 3 Macrostructure of spot weld

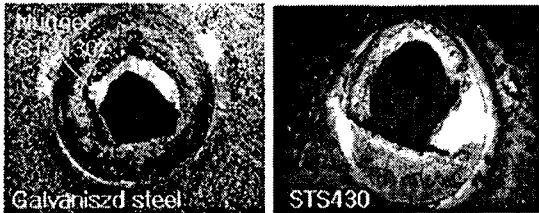


Fig. 4 Appearance of tensile specimen tested

점용접부의 인장강도 저하원인을 분석하기 위해 동일 인장시험편의 파단면을 SEM으로 관찰하였고, 그 단면을 광학현미경으로 관찰하였다. 관찰결과는 그림 5와 같다. 점용접부의 파단면은 주로 취성파면으로 이루어져 있으며, 그 파단부의 단면을 관찰한 결과 파단은 Nugget과 열영향부 경계에서 일어난 것임을 알 수 있다.

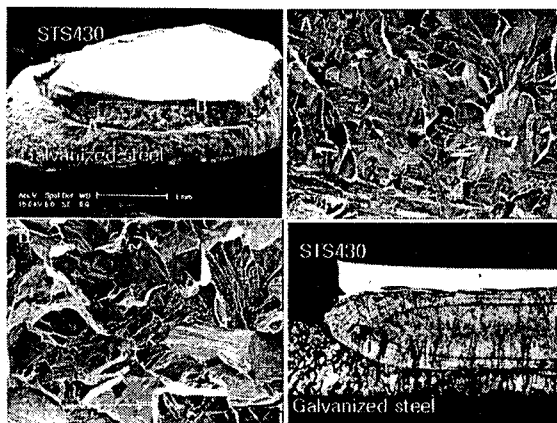


Fig. 5. SEM fractographs and microstructure of cross section

그림6은 용접부의 미소경도분포를 측정해본 결과로서, STS430 모재의 경도가 약175Hv인 반면, 용접부의 경도가 상승해 있는 것을 볼수있다.

특히 Nugget 경도는 약380Hv정도로 경도가 매우 높으며, 이러한 Nugget부의 급격한 경도 상승이 취성파괴의 원인으로 판단된다.

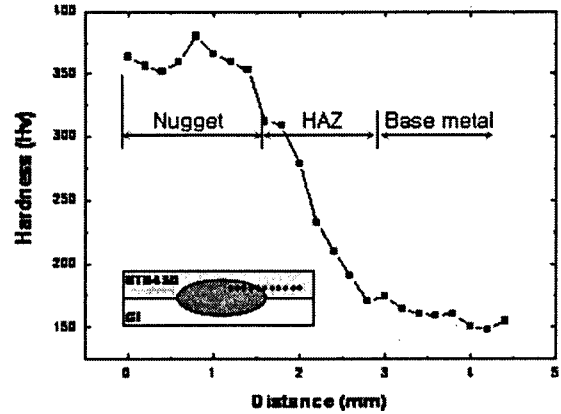


Fig. 6 Hardness distribution of spot weld

이어서 Nugget부 경도상승 기구를 규명하기 위하여 저항 점용접보다 냉각속도가 느린것으로 알려진 GTAW로 두 이종소재를 맞대기 용접하여 그 경도를 측정 비교해 보았으며, 그 결과를 그림 7에 나타내었다. STS430과 도금강판 맞대기 GTA 용접속속의 경도값은 약 290Hv정도로 STS430모재 보다 약 100Hv이상 높지만, 저항 점용접부의 Nugget부 에 비하여 그 경도값이 상당히 낮은 것을 알 수 있다. 따라서 저항 점용접부 Nugget과 GTA 용접속속의 화학성분이 유사하다고 한다면, 점용접부의 경도상승은 점용접의 특징인 점용접 후 급격한 급냉 응고 및 용접 증가압력에 의한 미세조직 변화와 응력증가 때문인 것으로 판단된다.

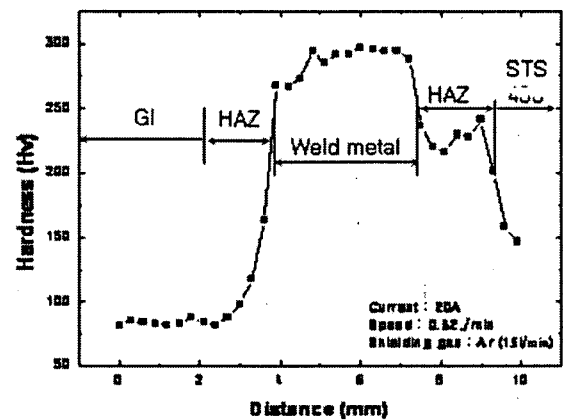


Fig. 7 Hardness distribution of GTA weld

그림 8은 1단 통전전류를 6kA로 용접한 후 2단 통전전류를 5,8,9kA로 하여 열처리한 점용접

부의 경도분포를 측정된 결과이다.

2단 전류가 5kA인 경우는 2단 통전을 하지 않은 Nugget부(As-welded)와 유사한 경도값을 가지지만, 2단 통전전류 8kA에서는 경도값이 약 350Hv로 감소하고, 9kA의 경우는 약 300Hv 정도까지 감소하는 경향을 보인다. 이는 2단 통전에 의해 냉각속도가 감소와 열처리에 의한 미세조직변화 및 응력감소 때문인 것으로 판단된다.

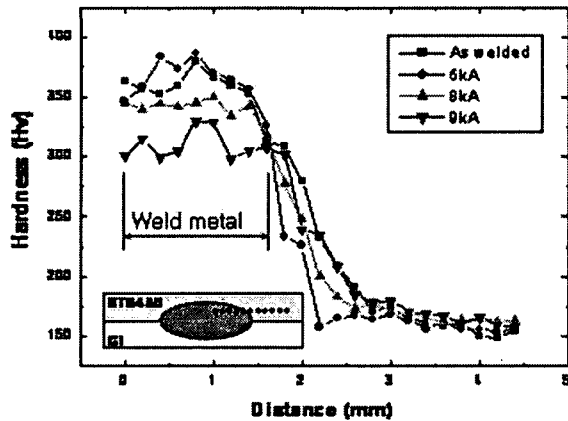


Fig. 8 Hardness distribution of spot weld with various heating current (2<sup>nd</sup> current)

그림 9는 1단 통전전류를 6kA로 하고, 2단 통전전류를 8, 9kA로 하여 제작한 인장시험편의 시험후 외관을 관찰한 것이다.

2단 통전을 하지 않은 시험편과는 달리 용융아연도금강판 모재에서 파단이 일어난 것을 볼 수 있으며, 인장강도 또한 295, 310kgf로 크게 향상되었다.

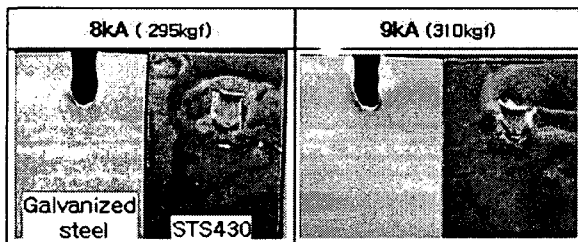


Fig. 9 Appearance of tensile specimen tested (Heating current : 8, 9kA)

#### 4. 결 론

페라이트계 스테인리스강 STS430과 용융아연도금강판 이중이음부 저항 점용접특성에 대한 연구결과는 다음과 같다.

1) 저항 점용접부의 경도상승은 점용접의 특징인 급냉 응고와 용접중 가압력에 의한 미세조직 변화와 응력증가 때문인 것으로 판단된다

2) 2단 통전 열처리에 의해 Nugget의 경도는 감소하였으며, 용접부의 인장강도는 크게 향상되었다. 이것은 2단 통전에 의한 냉각속도 감소와 열처리에 의한 미세조직 변화 및 응력감소 효과에 의한 것으로 생각된다.

#### 참 고 문 헌

1. Shoji Inoue, Katsuhito Fukumura and Satoshi Soga : Spot welding of Aluminum alloy sheets to coated steel sheets, 日新製鋼技報 第69號, 1994
2. U. Bernabai, A. Brotzu and F. Felli : Analysis of the problems in spot welding AISI 301 high strength austenitic stainless steel and galvanized steel plates, W J, 1997, 11
3. Assessment of the torsion test for resistance spot welds : K.I. Johnson, The welding institute 1999
4. Norman A. Freytag : A comprehensive study of spot welding galvanized steel, Welding research supplement, April, 1965
5. Kinya Ichikawa : Spot welding and projection welding, 溶接學會誌, 64, 1995, 2號
6. Murat Vural, Ahmet Akkus : On the resistance spot weldability of galvanized interstitial free steel sheet with austenitic stainless steel sheet, Journal of materials processing technology, 2004, 1-6.