

# 가로등주 소재 적용을 위한 200계 스테인리스강의 용접부 특성 연구 A Study on the Welds Characteristics of 200 Grade Stainless Steel for Application of Street Pole Material

이병우 · 이도경 · 김현수 · 홍성현

B. W. Lee, D. K. Lee, H. S. Kim and S. H. Hong

(접수일 : 2009년 4월 15일, 수정일 : 2009년 5월 12일, 채택확정 : 2009년 6월 3일)

**Key Words** : Street Pole Material(가로등주 소재), Pipe Welds(강관 용접부), Salt Spray Test(염수분무시험), Potentiodynamic Polarization Experiment(동전위 분극실험), Corrosion Current Density(부식전류밀도), Critical Current Density(임계전류밀도)

**Abstract** : The aim of this study is to analyze the welds characteristics of the 205 stainless steel pipe for application of street pole material. The welds corrosion behavior of STS 205 pipe in 0.1 N sulphuric acid solution and 5% NaCl solution at room temperature was studied using both salt spray test and potentiodynamic polarization experiment. The morphology and components of corrosion products on surface of STS 205 pipe welds were investigated using SEM/EDX. The tensile strength and yield strength values of STS 205 plate were 715 MPa and 369 MPa respectively. The microvickers hardness values of STS 205 pipe welds were slightly increased than that of STS 304 pipe welds. Corrosion current density( $I_{corr}$ ) and critical current density( $I_{crit}$ ) values of STS 205 pipe welds in 3.5% NaCl solution were  $1.89 \times 10^{-6}$  A/cm<sup>2</sup> and  $15.8 \times 10^{-6}$  A/cm<sup>2</sup>. The corrosion resistance of STS 205 pipe welds was similar to its STS 304 pipe welds. The STS 205 and 304 pipe welds passive films were chromium oxide. Especially, the STS 205 pipe welds showed good corrosion resistance in 0.1 N sulphuric acid. This is attributed to the forming of protective chromium oxide on the surface of STS 205 pipe welds.

## 1. 서 론

국내에서 사용되고 있는 가로등주 소재는 철재, 주철, 스테인리스강으로 구분된다. 가로등주 소재의 구비요건은 진동 및 충격에도 견딜 수 있는 기계적 성질과 자동차 배기가스, 공장에서의 매연 등의 산업적환경과 대기 또는 해양환경에도 부식이 되지 않는 내식성을 가져야 한다. 또, 주위 환경에 어울리는 조형적 및 미관적인 제품으로의 요건도 있어야 하며 추 후 폐기 시에는 자원의 재활용이 가능하여야 한다. 철재 및 주철 가로등주는 기계적 성질은 양호하나 산업 환경 및 대기환경에서 부분적으로 부식되는 단점이 있어 유지 보수하기 위해 주기적으로 도색이 필요하다. 철재가로등주의 제작 단가는

비교적 경제적이거나 주철 가로등주는 주조형태로 제조되어 철재보다 높아 국내의 대부분의 가로등주는 철재 가로등으로 설치되어 있다. 스테인리스 가로등주는 스테인리스강 자체의 우수한 기계적 성질로 내구성이 높고 산업 환경 및 자연환경에서도 탁월한 내식성을 갖고 있고 주위환경에 맞는 디자인으로 설계변경 할 수도 있다는 장점이 있다. 또, 추 후 폐기 시에는 약 90%의 자원 재활용이 가능하여 친환경적인 소재이다. 제작단가는 철재, 주철 가로등주 보다 높으나 유지 보수비용은 낮으므로 가로등주 소재로 이용 할 요건이 충분하다. 최근에는 서울특별시 및 각 지방자치단체의 시책방향인 도로 조명개선 계획<sup>1)</sup>에 의거 1994년도 이 후부터 기존 가로등의 노후 시설을 개량하기 위해 미관과 내구성이 우수한 스테인리스 가로등으로 교체하고 점진적으로 신설하는 추세이다. 스테인리스 가로등주 재질은 KS규격<sup>2)</sup>에 의해 304 스테인리스강으로 가로등주를 생산하고 있다. 304 스테인리스강은 18Cr-8Ni

이병우(책임저자) : 부경대학교 신소재공학부  
E-mail : leebw@pknu.ac.kr, Tel : 051-629-6378  
이도경, 김현수 : 부경대학교 대학원  
홍성현 : (주) 스틸테크

원소를 기본조성으로 오스테나이트 조직을 가지는 대표적인 강종으로 탄소함유량을 낮게 하여 내식성 및 용접성이 우수하다. 소재에 함유된 Ni는 오스테나이트 안정화원소로 작용하여 고온의 오스테나이트 조직(FCC)이 상온에서도 존재하여 연성-취성 전이가 일어나지 않아 인장강도 및 인성 등의 기계적 성질이 우수하여 구조용강재로 활용하고 있다. 그러나 304에 함유된 Ni는 고가이므로 이것을 대체하기 위해 오스테나이트 안정화원소 역할을 하는 Mn 및 N 등의 원소를 첨가하여 Ni의 함유량을 낮춘 200계열 스테인리스강이 개발되어 있다.<sup>3)</sup> 본 연구에서는 구조용 200계 스테인리스강인 STS 205를 가로등주로 적용하기 위해 원소재의 기계적 성질을 검토하고 GTAW(가스텅스텐아크용접)프로세스를 이용하여 강관으로 제조한 후 강관의 용접부의 물성을 평가하고 기존에 사용되고 있는 STS 304 가로등주 용접부와 비교 검토하여 가로등주 소재 적용 200계 스테인리스강 용접부의 내구성에 대한 품질 관리적 기초자료로 하고자 한다.

## 2. 실험방법

### 2.1 강관 소재의 화학성분 및 인장시험

현재 국내에서 일반적으로 사용되고 있는 스테인리스 가로등주 강관 소재는 STS 304 이다. 본 실험에 사용한 STS 304는 국내의 POSCO사에서 제조된 것이고 STS 205는 대만의 YUSCO사에서 제조된 것으로 시료 모두 두께 3 mm로 열간 압연된 판재이며 이들 시료의 화학조성은 Table 1에 나타내었다. STS 205는 AISI(A666) 표준에 의하면 Mn첨가량이 14.0~15.5범위이며 Ni는 1.0~1.75범위로 본 실험에 사용된 205는 Mn의 함유량이 약 9.5로 그에 미치지 않지만 Ni는 약 1.1로 화학원소 범위에 적합하였다. 기계적 성질을 시험하기 위해 인장 시험편들은 KS B 0801에 의해 13호A 시험편으로 가공하였고 시험편의 표점거리(L)는 80 mm, 평행부 길이(P)는 120 mm, 두께(T)는 3 mm, 나비(W)는 20 mm로 하여 국내의 경도사에서 제조된 만능인장시험기를 사용하여 인장시험 속도를 3 mm/min로 하여 인장시험을 실시하였다.

### 2.2 스테인리스강관 용접부 조직 관찰 및 경도 시험

스테인리스강관은 (주)스틸테크에서 가스텅스텐

아크용접(GTAW)프로세스를 이용하여 전압은 15 V, 전류는 200 A로 하였고 용접을 하기위한 이송속도는 STS 205는 304의 약 70% 이하로 분당 1.8±0.5 m의 속도를 최적 조건으로 하였고 차폐가 스로는 Ar+10%H<sub>2</sub> 가스를 분당 10-15 ℓ 흘려 사용하였다. 용접부 단면의 미세조직은 광학현미경을 사용하여 ×100의 배율로 관찰하였고 용접부의 경도시험은 마이크로비커스경도기로 1.96 N의 시험하중으로 용접금속, 열영향부, 모재의 경도값 들을 측정하였다.

Table 1 Chemical compositions of 205 and 304 stainless steels (wt.%)

| Specimens | C     | Si    | Mn    | P     | S     | Cr    | Ni   | N    |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| STS 205   | 0.039 | 0.482 | 9.482 | 0.027 | 0.010 | 14.76 | 1.11 | 0.15 |
| STS 304   | 0.056 | 0.540 | 1.250 | 0.023 | 0.002 | 18.26 | 8.43 | -    |

### 2.3 염수분무시험 및 동전위 분극실험

표면내식성을 평가하기 위한 속성시험법중의 일종인 염수분무시험 및 동전위 분극실험을 실시하였다. 염수분무시험은 외장이 스테인리스 강판이고 내장 분무실은 PVC판재로 만들어진 염수분무장치(용접부)를 이용하였고 KS D 9502 염수분무시험방법<sup>4)</sup>에서 규정하는 중성 염수분무시험방법을 이용하여 Table 2에 나타낸 시험조건으로 시행하였다.

동전위 분극실험은 자연 상태의 해수농도와 유사한 3.5% NaCl 수용액과 0.1 N 농도의 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 수용액에서 각각 실시하였고, 분극실험을 시행한 후 시험편의 표면을 SEM/EDX로 검토하였다. 본 실험은 Fig. 1에 나타내어진 Gamry사 DC105 PC 분극 실험장치를 사용하였으며 기준전극(reference electrode)으로는 포화칼로멜전극(SCE, saturated calomel electrode)을 사용하였고 보조전극(counter electrode)으로 고밀도탄소봉을 이용하였다.

분극실험 시험편은 두께 3 mm의 STS 205 및 304 판재를 10×10 mm의 크기로 절단하여 폴리에스테르 수지로 열간마운팅 하였고, 분극실험장치의 전극봉과 연결하여 사용하기 위해 마운팅된 시험편에 φ2.0 mm, φ2.4 mm로 드릴링 하고, Tap가공을 하였으며, 시험편의 표면은 사포 #100~#1500까지 연마하고 메틸알콜로 세척 후 열풍으로 건조하였다. 분극실험 전에 수용액 중 용존 산소를 제거하기 위해 아르곤 가스를 주입하여 10분간 탈기처리 하였으며 시험편을 용액에서 10분 정도 방치하여 초기의 변동 전위

를 안정화시킨 후 상온에서 분극실험을 실시하였다.

Table 2 Condition of salt spray test

| Condition | Specimen angle (degree) | Chamber temperature (°C) | Injection pressure (MPa) | Solution concentration (wt.%) | Reagent      |
|-----------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|--------------|
|           | 20 ±5                   | 35 ±5                    | 0.12 ±0.05               | 5                             | NaCl (99.5%) |

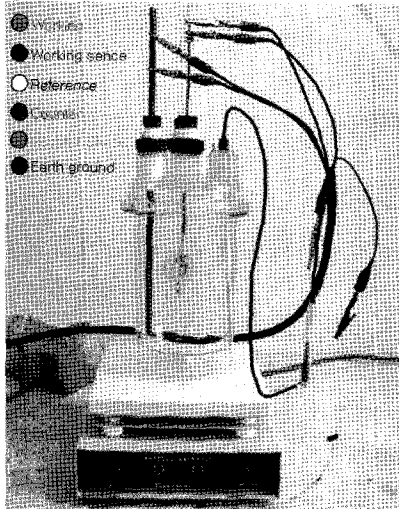


Fig. 1 Apparatus of potentiodynamic polarization experiment

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 강관 소재의 미세조직 및 인장특성

Fig. 2는 본 실험에 사용한 STS 205 및 304의 미세조직을 관찰한 것이다. 본 시편들은 열간압연 판재의 광학현미경 미세조직으로 등축정 오스테나이트 입자들을 보여주고 있고 입자들 내에는 변형 쌍정(twin)조직도 함유된 것을 알 수 있다. STS 205 및 304는 오스테나이트계열 스테인리스강이므로 관찰된 조직은 모두 오스테나이트 조직이며 205의 입자 크기는 304와 비교하여 유사한 것을 알 수 있었다. 본 실험에서 STS 205는 시료의 화학조성에서 나타낸 바와 같이 304보다 Ni 원소는 아주 적게 함유되어 있다. 그럼에도 불구하고 오스테나이트 조직으로 나타난 이유는 205에 높게 함유된 Mn 원소가 오스테나이트 형성 원소로 작용하고 오스테나이트 영역을 확대하기 때문이다. 또, 205의 화학조성 중 약간의 N 원소도 함유되어 있다. 이것은 Mn의 원소가 질소의 용해도를 증가시켜 질소가 약 0.15% 함유된 것을 알 수 있다. KS D 3698 규격에 의하면

STS 304N1은 항복강도 275 MPa 이상, 인장강도는 550 MPa 이상, 연신율은 35% 이상이 되어야 가로 등 주 소재의 구비조건을 만족할 수 있다. 인장시험 결과 STS 205의 항복강도는 약 369 MPa, 인장강도는 약 715 MPa, 연신율은 약 54.9%의 평균값으로 측정되어 가로등주 소재 조건을 충족시켰다. STS 304의 항복강도는 약 358 MPa, 인장강도는 약 676 MPa, 연신율은 약 49.9%의 평균값으로 측정되어 항복강도 및 인장강도는 205가 304보다 약 3% 및 6% 상회하였고 연신율은 205가 304보다 약 10% 높게 나타났으므로 STS 205의 기계적 성질은 우수하였다.

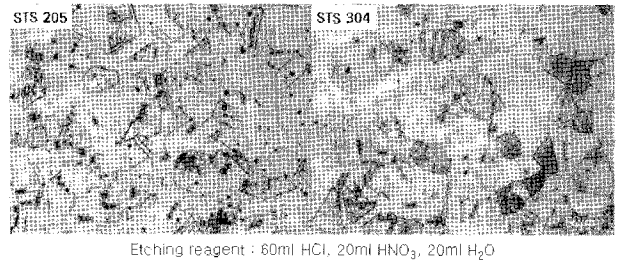


Fig. 2 Microstructure of STS 205 and 304 plates

#### 3.2 강관 용접부의 조직 및 경도

Fig. 3은 STS 205 및 304의 강관 용접부의 단면을 광학현미경 100배의 배율로 관찰한 미세조직이다. 용접부는 그림에서 보는 바와 같이 두 시편 모두 용접금속(a), 열영향부(b), 모재(c)로 구분되었고 유사한 조직거동을 이루는 것을 알 수 있었다. 용접금속은 응고조직인 수지상정(dendrite)으로 보였으며 이는 아크열에 의한 용융금속이 급속 응고되어 나타낸 조직으로 수지상정의 성장방향은 시편표면으로 성장되어진 것으로 보인다. 용융경계와 근접된 부분을 열영향부(heat affected zone)라 하며 205나 304 모두 약 1 mm 정도 크기의 구역으로 나타나고 있다. 이 부분은 용융되지 않고 용접열에 의해 급속 가열된 후 냉각된 구역이며 수지상정 성장이 오스테나이트 입자에 연결되어 있는 것을 보여주고 있고 용융경계부에서 모재와 가까워질수록 열영향부는 오스테나이트 입자가 조대해진 것을 알 수 있었다. 열영향부를 지나 모재는 등축정의 오스테나이트 조직 및 변형 쌍정조직으로 나타났다. 용접부의 경도분포를 알아보기 위하여 모재 표면하에서 2.5 mm 위치를 선정하여 각각 0.1 mm 간격으로 경도를 측정하였다. Fig. 4는 STS 205 및 304의 용접부의 경도값 분포를 나타내고 있다.

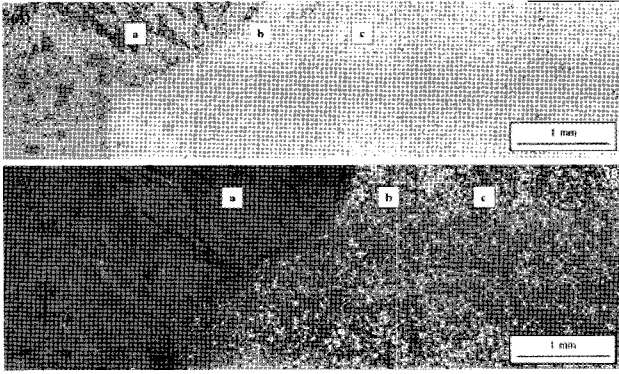


Fig. 3 Microstructure of STS 205(A) and 304(B) welds  
(a) weld metal (b) HAZ (c) base metal

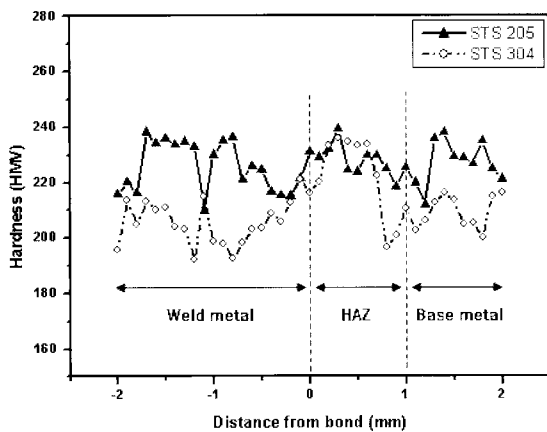


Fig. 4 Distribution of microvickers hardness of STS 205 and 304 welds

용접부 경도는 용융경계부를 기준으로 좌, 우 0.1 mm 간격으로 측정한 결과이다. 용접부의 미세조직 관찰부위인 모재하의 0.75 mm 내부의 위치에서 STS 205의 용접금속의 경도값은 평균 약 226으로 STS 304의 약 206보다 약간 높았고 열영향부의 경도값은 STS 205는 약 228로 STS 304의 약 222로 유사한 경도값을 가졌다. 모재는 각각 약 228 및 약 209로 나타나 STS 205가 약간 높았다. STS 205의 용접부의 용접금속, 열영향부, 모재 등의 경도값이 STS 304의 경도값 보다 약간 상승하였고 STS 205의 용접부 각 영역의 경도값들이 비교적 편차가 적은 것을 알 수 있었다.

### 3.3 강관 용접부의 염수분무시험 특성

본 시험에 사용된 STS 205 및 304의 용접시편들을 24~240시간 염수분무시험하여 시험 전 후의 각 시편들의 무게변화를 Table 3에 나타내었다. STS 205 용접시편은 24~240시간 시험 후 무게변화는 거의 없었고 240시간 시험 후 약 0.01 g의 무게증가

가 있었으나 대부분 304 시편과 거의 동일한 무게 거동을 나타내어 유사한 부식 특성을 가진 것으로 생각된다. Fig. 5 는 STS 205 및 304 강관 용접부를 24시간 및 96시간 동안 염수분무시험 한 후 각 시편들의 표면상태를 디지털카메라로 관찰한 것이다. 각 시편들의 가장자리는 전단될 때의 잔류응력으로 발생하는 적청을 고려하여 에폭시수지로 피복하였다. STS 205 및 304 용접시편은 그림에서 나타낸 바와 같이 표면가장자리(96시간)에서 약간의 적청이 발생한 것을 볼 수 있었다. 이는 장시간 염수에 노출되어서 피복된 에폭시수지가 들뜸으로 인해 염수가 가장자리의 빈 공간에 침입되어 전기화학적 부식물인 적청이 일어난 것으로 생각되었고 표면 내부인 용접부에서는 적청이 일어나지 않은 것을 확인할 수 있었으므로 205 용접시편들은 304와 거의 동일한 부식특성을 가졌고 염수의 환경에서 우수한 내식성을 가진 것으로 생각된다. STS 205 용접부의 표면 가장자리에 발생된 적청부위를 SEM 관찰 및 EDX분석 결과를 Fig. 6에 나타내었다. 적청 부식물부위를 EDX로 면분석 한 결과 Fe원소는

Table 3 Weight change of STS 205 and 304 welds by salt spray test

| Specimens     | Time (hrs) | Size (mm) | Weight (g) |       |      |
|---------------|------------|-----------|------------|-------|------|
|               |            |           | Before     | After | Gain |
| STS 205 welds | 24         | 40.7 × 50 | 45.61      | 45.61 | -    |
|               | 96         | 40 × 50   | 45.01      | 45.01 | -    |
|               | 168        | 40 × 50   | 45.49      | 45.49 | -    |
|               | 240        | 40 × 50   | 44.94      | 44.95 | 0.01 |
| STS 304 welds | 24         | 40 × 50   | 41.66      | 41.66 | -    |
|               | 96         | 40 × 52   | 43.78      | 43.78 | -    |
|               | 168        | 40 × 48.5 | 41.61      | 41.61 | -    |
|               | 240        | 41.5 × 49 | 43.30      | 43.30 | -    |

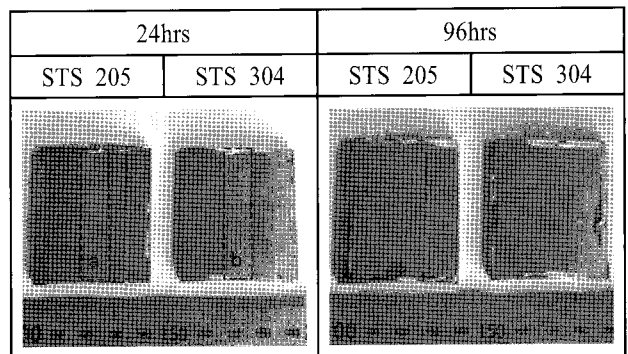


Fig. 5 Surface morphology of STS 205 and 304 welds by salt spray test for 24hours and 96hours

24.4 at.%, O원소는 60.55 at.%로 분석되어 적정 부식 생성물은  $Fe_2O_3$ 로 확인할 수 있고 그 외 모재 표면에 Cr원소도 10.34 at.%로 분석되어 표면위에는 크롬산화물( $Cr_2O_3$ )이 피복되어 있는 것으로 생각된다.

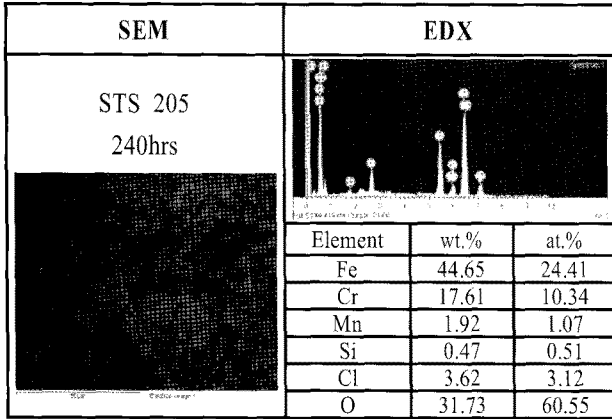


Fig. 6 SEM micrograph and EDX analysis of red rust on STS 205 welds surface by salt spray test for 240 hours

### 3.4 강관 용접부의 동전위분극 특성

Fig. 7 및 8은 STS 205 및 304 스테인리스강관 용접부를 상온의 3.5% NaCl 수용액과 0.1 N 농도의  $H_2SO_4$  수용액에서 동전위 분극실험에 의한 분극곡선을 나타낸 것이다. 각각의 수용액에서의 분극곡선은 오스테나이트계 스테인리스강 및 Fe-Al 합금<sup>5)</sup>에서 볼 수 있는 활성화, 부동태, 부동태전이 영역을 나타내었다. Table 4는 STS 205 및 304 용접부 시편들의 분극곡선에 의한 부식전위( $E_{corr}$ ), 부식전류밀도( $I_{corr}$ ), 임계전류밀도( $I_{crit}$ )를 나타낸 것이다. 여기서 임계전류밀도<sup>6)</sup>는 활성화에서 부동태 영역으로 진행됨에 따라 전류밀도가 더 이상 증가하지 않는 지점의 전류밀도를 의미하며 활성화영역에서의 부식정도를 나타내는 중요한 지점이다. 또, 임계전류밀도 값이 낮아질수록 부식정도가 감소하여 쉽게 부동태화가 진행될 수 있다. 인공염수에서의 STS 205 및 304의 용접부 부식전위는 약 -894 mV 및 -705 mV로 측정되어 205가 304보다 약 190 mV 낮은 전위 값을 나타내었다. 부식전류밀도는 STS 205 및 304는 각  $1.89 \times 10^{-6} A/cm^2$  및  $1.86 \times 10^{-6} A/cm^2$ 로 나타내어 거의 동일한 값을 나타내었다. 임계전류밀도는 STS 205 및 304는 약  $15.8 \times 10^{-6} A/cm^2$  및  $8.89 \times 10^{-6} A/cm^2$ 로 나타내어 전류밀도도 별 차이가 없는 것으로 나타났다. 용접부의 부식전위 값이 205가 304보다 190 mV 낮아 205가 내식성이 저하하는 것으로 보이나 부식

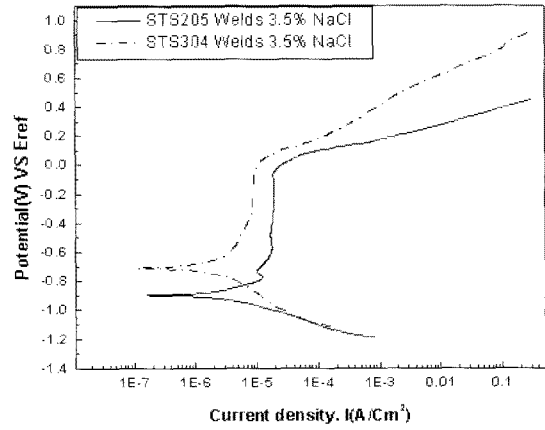


Fig. 7 Potentiodynamic polarization curves of STS 205 and 304 welds in 3.5% NaCl solution

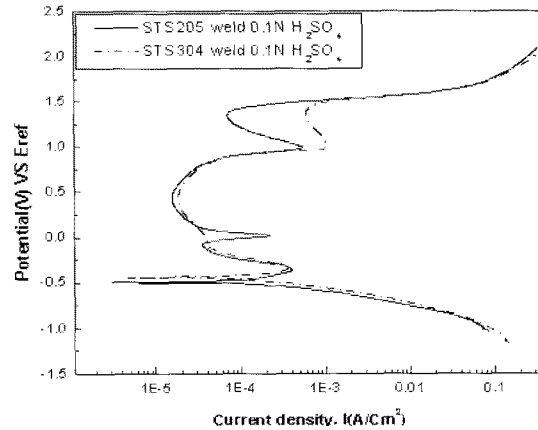


Fig. 8 Potentiodynamic polarization curves of STS 205 and 304 welds in 0.1 N  $H_2SO_4$  solution

속도라 할 수 있는 부식전류밀도를 비교하면 비교적 차이가 적은 것을 알 수 있었고 모재의 활성화영역에서의 부식정도인 임계전류밀도도 오차범위의 값으로 나타나 3.5% NaCl 수용액에서의 205와 304 용접부는 거의 유사한 전기적 성질을 가진 것으로 생각된다. 황산수용액에서의 STS 205 및 304의 용접부 부식전위는 약 -485 mV 및 -442 mV로 측정되어 205가 304보다 43 mV 낮은 전위 값을 나타내었고 부식전류밀도는 각각 약  $1.15 \times 10^{-4} A/cm^2$  및  $1.10 \times 10^{-4} A/cm^2$ 로 거의 동일한 값을 나타내었다. 임계전류밀도는 STS 205 및 304는 약  $3.98 \times 10^{-4} A/cm^2$  및  $3.53 \times 10^{-4} A/cm^2$ 로 나타내어 임계전류밀도도 별 차이가 없는 것으로 나타났다. 황산수용액에서도 STS 205와 304의 용접부는 거의 유사한 전기화학적 성질을 가진 것으로 생각된다. Fig. 9는 인공염수 및 황산수용액에서의 STS 205 및 304 시편 용접부 활성 영역에서의 표면을 500배 배율로 SEM 관찰한

것이다. 활성 영역에서의 표면은 두 시편 모두 연마한 상태를 나타내는 스크래치가 보였다. 인공염수에 서 두 시편 모두 공식 등의 결함이 생성되어 있지 않았다. 황산수용액에서는 205는 공식이 보이지 않았으나 304 시편이 활성영역에서 공식이 전 표면에 걸쳐 생성되어 있는 것을 알 수 있었다.

Table 4 Electrochemical parameters of STS 205 and STS 304 derived from polarization curves in 3.5% NaCl and H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solutions

| Solutions                           | STS 205 welds          |                        |                        | STS 304 welds          |                        |                        |
|-------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|                                     | E <sub>corr</sub> (mV) | I <sub>corr</sub> (μA) | I <sub>crit</sub> (μA) | E <sub>corr</sub> (mV) | I <sub>xorr</sub> (μA) | I <sub>crit</sub> (μA) |
| 3.5% NaCl                           | -893.9                 | 1.894                  | 15.77                  | -704.5                 | 1.863                  | 8.893                  |
| 0.1N H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | -484.8                 | 115.1                  | 397.7                  | -441.6                 | 110.3                  | 353.1                  |

| Solutions                            | active region |               |
|--------------------------------------|---------------|---------------|
|                                      | STS 205 welds | STS 304 welds |
| 3.5% NaCl                            |               |               |
| 0.1 N H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> |               |               |

Fig. 9 SEM micrographs of STS 205 and 304 welds active region

Fig. 10은 STS 205 및 304 용접부 부동태영역의 표면 EDX 면분석 결과이다. 205는 합금 주원소인 Fe, Cr, Mn, Ni의 피이크 강도의 순으로 나타났으며 304는 Fe, Cr, Ni의 강도 순으로 나타났다. STS 205 및 304 부동태영역 표면에 피복된 산화물 피막은 크롬 및 산소의 원소 피이크 강도가 나타나므로 크롬산화물로 생각된다. 이는 스테인리스강에 Cr 원소가 약 12% 이상 다량 함유되어 있어 수용액이나 대기 중의 산소와의 화학적 반응으로 표면에 얇은 크롬산화물 부동태 보호피막이 생성한다고 알려져

있기 때문이다.<sup>7,8)</sup> 특히 STS 205는 Mn의 피이크 강도가 높게 나타나므로 산화물의 형태로 함유되어 있을 가능성이 크고 또, 합금에 첨가된 질소 원소에 의해 공식저항이 개선<sup>9)</sup>되어 205 용접부가 활성 및 부동태영역에서 공식 등의 결함이 존재하지 않은 원인으로 생각된다.

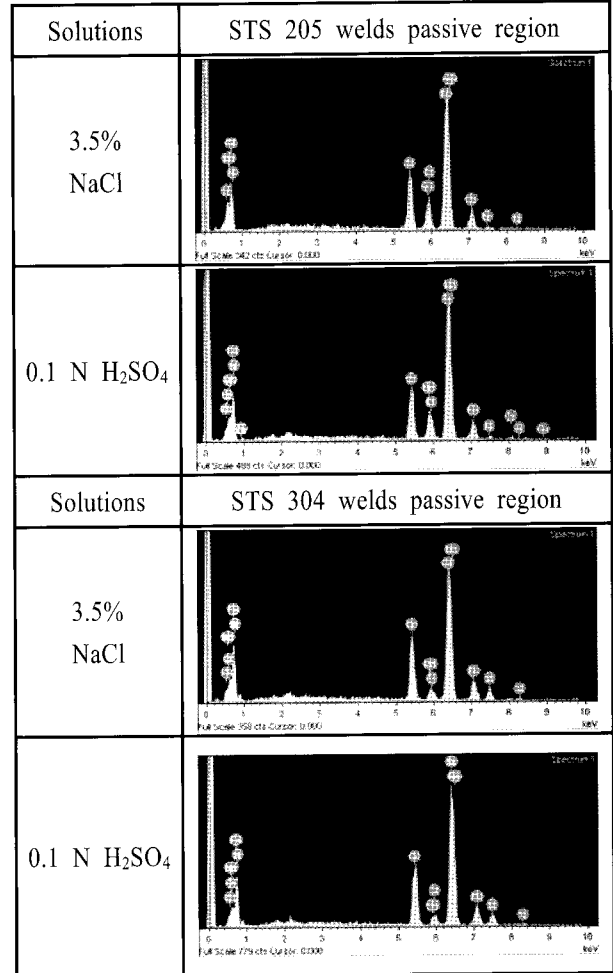


Fig. 10 EDX analysis of STS 205 and 304 welds passive region

#### 4. 결 론

일반적으로 시중에 사용하고 있는 스테인리스강 가로등주 재질인 STS 304를 Ni 함량이 낮은 STS 205로 대체 적용하고자 모재의 기계적성질 조사와 아울러 GTAW(가스 텀스텐 아크 용접) 프로세스로 강관의 제조, 강관 용접부의 염수분무시험 및 동전위 분극실험 등의 각종 물성시험을 측정할 결과 다음과 같은 결론을 나타내었다.

1) STS 205 모재의 조직은 304와 비교하여 입자 크기가 유사한 오스테나이트 조직으로 확인 되었고

항복강도 및 인장강도 값이 369 MPa, 715 MPa로 304보다 6% 및 3% 높게 나타났다. GTAW 프로세스를 이용하여 스테인리스 강관을 제조하였고 강관의 용접부 조직은 STS 205 및 304 시편 모두 용접 금속, 열영향부, 모재로 구분되어 나타났고 205 용접부 영역들의 경도값은 304 보다 약간 상승하였다.

2) 염수분부시험 결과 STS 205 및 STS 304 용접부가 동일한 표면거동을 나타내었고 240시간 시험 후 무게감량이 거의 일어나지 않아 내식성이 양호한 것으로 확인되었다.

3) 동전위 분극실험을 행한 결과 NaCl 수용액 및 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 수용액에서 205 용접부의 분극곡선은 활성태, 부동태, 부동태전이 영역의 특성을 나타내었다. STS 205 는 304에 비해 각 영역에서 공식의 결합은 보이지 않았으며 부동태거동에서의 산화물막막은 EDX 분석결과 크롬산화물로 확인되었다.

4) 3.5% NaCl 수용액에서 용접부의 부식전위 값은 STS 205가 304보다 약 190 mV 낮은 값을 나타내었고 부식전류밀도를 비교하면 각각 약  $1.89 \times 10^{-6}$  A/cm<sup>2</sup> 및  $1.86 \times 10^{-6}$  A/cm<sup>2</sup>로 거의 동일한 값을 나타내었다. 0.1 N 황산수용액에서의 용접부 부식전위는 STS 205가 304보다 43 mV 낮은 전위 값을 나타내었으나 STS 205 및 304의 용접부 부식전류밀도 및 임계전류밀도도 거의 유사하였으므로 각각의 수용액에서 STS 205와 304 강관 용접부는 거의 동등한 전기화학적 성질을 가진 것으로 생각되었다.

Handbook, 2nd edi., JOHN WILEY & SONS, INC., pp. 165~171.

7. S. Turner and F. P. A. Robinson, 1989, "The Effect of the Surface Oxides Produced during Welding on Corrosion Resistance of Stainless Steel", Corrosion, Vol. 45, No. 9, pp. 714~720.
8. H. S. Kim, N. J. E. Dowling and Y. D. Lee, 1998, "Effects of Micro Alloying Elements on Corrosion Resistance in Ferritic Stainless Steels Containing 26% Cr", J. Corrosion. Sci. Soc. of Korea, Vol. 27, No. 2, pp. 111~121.
9. Y. S. Lim et al., 1999, "Effect of Nitron Addition on the Pitting Corrosion and Microstructure of High Mn Stainless Steels", J. Corrosion. Sci. Soc. of Korea, Vol. 28, No. 6, pp. 425~438.

## 참 고 문 헌

1. Jo. Soon, 1997, "A Policy of Seoul Metropolitan Government Facilities Improvement", Plan of Major, No. 712, pp. 32~35.
2. KS D 3698, 2008, "Cold Rolling Stainless Steel Plates and Bars", pp. 1~21.
3. J. R. Davis. et al., 1996, "Stainless Steels", ASM Specialty Handbook, 2nd edi., The Materials Information Society, pp. 13~37.
4. KS D 9502, 1997, "Method of Neutral Salt Spray Testing", pp. 1~6.
5. B. W. Lee and H. L. Choi, 2006, "Corrosion Characterization of Fe-aluminide Alloys with Various Sulphuric Acid Solutions", J. of KSPSE, Vol. 10, No. 2, pp. 83~88.
6. R. W. Rivie, 2000, "Passivity", Uhlig's Corrosion