

GTAW에 의한 스테인리스강 용접부위의 부식특성에 관한 전기화학적 평가

문경만¹ · 이규환² · 김진경[†]

(원고접수일 : 2010년 5월 7일, 원고수정일 : 2010년 6월 24일, 심사완료일 : 2010년 7월 6일)

An Electrochemical Evaluation on Corrosion Properties of Welding Zone of Stainless Steel by GTAW

Kyung-Man Moon¹ · Kyu-Hwan Lee² · Jin-Gyeong Kim[†]

요 약 : STS304와 22APU 스테인리스강에 가스 텅스텐 아크용접을 하였다. 이 경우 두 강의 용접부의 부식특성을 전기화학적 방법으로 검토하였다. STS304 용접금속의 경도(Hv-250)는 22APU 강(Hv-217) 보다 상대적으로 높은 값을 보였다. 22APU의 용접금속과 STS 304의 열영향부의 부식전류 밀도는 다른 용접부위와 비교하여 각각 높은 값이 관찰 되었으며, 이것은 예민화 온도 영역에 있는 STS 304의 열영향부와 22APU의 용접금속에 형성된 크롬탄화물로 크롬결핍이 더욱 활성태의 양극으로 쉽게 부식된 것에 기인하는 것으로 사료된다. 그리고 이들 두 강의 용접금속과 열영향부는 크롬결핍상태에 있는 입자 사이 경계의 선택부식으로 입계부식을 나타내었다. 결과적으로 다른 용접방법의 적용이나 적절한 용접봉 사용은 두 강의 용접부에 대한 내식성을 개선하기 위해서 필요한 것으로 사료된다.

주제어 : 가스 텅스텐 아크용접, 부식전위, 용접금속, 용접열영향부, 분극곡선, 크롬결핍, 부식전류밀도.

Abstract: GTAW was carried out to the austenitic 304(STS 304) and 22 APU stainless steels. In this case, difference of the corrosion characteristics of welded zone with STS 304 and 22APU mentioned above was investigated with electrochemical methods. Vickers hardness of weld metal in case of STS 304 (Hv-250) showed a relatively higher value than this of 22 APU(Hv-217). The corrosion current densities of weld metal of 22APU and heat affected zone of STS 304 were observed at the highest value compared to those of other welding zone respectively. This is probably because chromium depletion field due to chromium carbide formed to weld metal of 22APU and to heat affected zone of STS 304 can preferentially easily be corroded with more active anode than other fields. Consequently it is thought that application of the other welding methods like as laser welding or using of the optimum filler metals is necessary to improve the corrosion resistance of welding parts of these steels.

Key words: GTAW, Corrosion potential, Weld metal, Heat affected zone, Polarization curve, Chromium depletion field, Corrosion current density.

1. 서 론

대부분이며, 이들 강구조물 등은 70~80%가 용접
용해상용 구조물과 설비의 재료는 철강 재료가
으로 제작되어 사용되어 진다고 할 수 있다. 따라

[†] 교신저자(한국해양수산연수원 교육연구처, jg21kim.naver.com Tel: 051-620-5768)

1 한국해양대학교 공과대학 조선기자재공학부.

2 한국해양수산연수원 운항훈련처

서 용접의 중요성은 널리 인지되어 왔으며 강의 용접에 관한 용접부위의 물리적, 기계적 성질의 변화에 관한 연구가 많이 보고되고 있다[1-4].

그리고 이들 강구조물이 가혹한 부식 환경에서 사용될 경우 용접부위에 부식으로 인한 경제적 손실과 안전재해 사고를 유발할 수 있으므로 일반강의 용접부식에 대한 연구 결과[5-8]도 다소 보고되고 있다. 그런데 최근 원자력산업 및 석유화학산업 등의 발전과 케미컬 탱커의 화물 탱크 제작용 재료로 오스테나이트계 스테인리스강의 사용빈도가 증가하고 있는 추세에 있다. 케미컬 탱커의 화물 탱크는 내식성이 우수한 오스테나이트계 스테인리스강관을 사용하거나 혹은 클래드(clad) 강관을 사용하기도 하며, 가혹한 부식 환경이나 연료전지의 극판 등에는 크롬계 스테인리스강을 용접하여 제작함으로써 내식성을 증대시키고 있는 실정이다. 이들 스테인리스강의 구조물 제작을 위한 용접에서 용접부위의 예민화 현상에 따른 크롬결핍으로 인한 입계부식에 대한 연구와 억제방법도 많이 보고되고 있다[9-11].

일반적으로 스테인리스강을 용접할 경우, 용접열 영향부의 온도가 예민화 온도인 $450^{\circ}\text{C} \sim 850^{\circ}\text{C}$ 의 영역에서 연강보다 열전도도가 1/3 정도로 낮으므로 용접열의 확산이 지연되어 일정기간 머물게 되기 때문에, 입계에 크롬탄화물(Cr_{23}C_6)이 석출함과 동시에 크롬결핍영역이 발생하므로, 이 영역이 양극으로 작용하여 부식이 되는 소위 입계부식이 발생하는 것으로 알려져 있다. 따라서 입계부식을 억제하기 위해 스테인리스강의 탄소함량을 줄이거나 탄소와 친화력이 크롬보다 더 강한 Ti, Nb 등을 첨가하는 경우도 있으며, 또는 용접 후 용접부위를 $1,050^{\circ}\text{C}$ 전후의 용체화처리를 실시하는 방법 등이 있다[12].

본 연구에서는 크롬-니켈계 스테인리스강인 STS 304와 크롬계 스테인리스강인 22APU를 가스 텅스텐 아크 용접 즉, GTAW(Gas Tungsten Arc Welding)를 실시하여 각 용접부의 부식특성을 전기화학적으로 비교 고찰하여 보았다. 따라서 본 연구결과는 각종 스테인리스강 구조물의 용접부에 대한 부식억제를 위해서 GTAW의 적합성 여부

와 최적 용접방법 및 용접 재료의 선택과 사용에 유익한 참고 자료가 되리라 기대된다.

2. 사용 재료 및 실험 방법

2.1 용접 재료 및 용접조건

실험에 사용한 스테인리스강 시험편의 치수는 가로100mm 세로 150mm이고, 각각의 두께는 STS 304는 1.5mm, 22APU는 2.5mm이었다. 일반적으로 스테인리스강의 용접에는 입열량이 큰 피복아크용접이나, 얇은 판재의 경우 GTAW를 시공한다. STS 304는 용접봉 없이, 22APU는 ER309 ($\leq 0.12\text{ C}$, $23.0 \sim 25.0\text{ Cr}$, $12.0 \sim 14.0\text{ Ni}$ (wt%))용접 와이어를 사용하여 맞대기 이음으로 GTAW를 실시하였다. 시험편의 주요 화학적 성분은 Table 1과 같으며, 용접 조건은 Table 2와 같다.

Table 1: Chemical composition of 22APU and STS 304(wt%)

22 APU	Cr	Fe	C	Mn	Si	Cu	Al	S	P	Ti	La
min	20.0	bal.		0.30						0.03	0.04
max	24.0		0.03	0.80	0.50	0.50	0.50	0.02	0.05	0.20	0.20
STS 304	Cr	Ni	C	Mn	Si	S	P				
min	18	8.0	0.08	2.0	1.0	0.03	0.045				
max	20	10.5									

Table 2: Welding conditions of 22APU and STS 304 in the case of GTAW

Materials	Welding conditions
22APU	220V D.C straight polarity, 2.4 Φ tungsten bar(2.0%Th), filler metal : ER309, 1st layer : 140A 11~13V, 2nd layer : 180A 11~13V.
STS304	DC 220V, 140A, 11~13V, D.C straight polarity, 2.4 Φ Tungsten bar(2.0%Th).

2.2 용접부위의 경도 및 전기화학적 실험

각각의 용접부위에 대한 경도측정을 하기 위하여 시험편을 용접 방향과 직각 방향으로 기계 절단, 가공하고 샌드페이퍼로 2000번까지 연마한 후 각

각의 시험편을 에칭(etching)하였으며, 에칭 된 시험편은 Figure 1과 같다. 경도의 측정방법은 22APU의 경우 용접금속 중심부에서 모재 방향으로 좌우 1mm 간격으로 3점의 위치에서, STS 304는 용접 금속 중심부에서 모재 방향으로 좌우 1mm 간격으로 3점의 위치에서 각각 3회 측정하여 평균값을 구하였다. 그리고 에칭 후에 용접금속과 모재 사이 검게 변색된 용접열영향부의 경우 왼쪽과 오른쪽의 중앙의 각각 2점 위치에서 측정하였다(정확한 경도측정값을 얻기 위해서는 측정점의 개소가 많아야 하나 각 용접부위별 경도값의 차이가 뚜렷하여 편의상 간단히 측정하였다.).

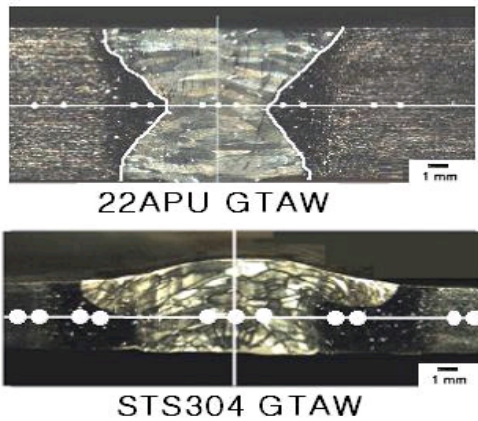


Figure 1: Cross section view of test specimens of 22APU and STS 304 with GTAW

부식전위와 분극곡선 등을 측정하기 위해 모재와 용접 금속의 표면적은 1cm², 용접열영향부의 경우 절대면적이 적어 0.5cm² 만을 노출시키고 다른 부분은 에폭시로 절연시켰다. 그리고 각각 전기화학적 실험은 해수를 3cm/s(PIV: Particle Image Velocimetry로 측정)의 유동 상태에서 실시하였고, CMS-100 시스템이 내장된 측정 장치(Won. A. Tech Garmy사)를 사용하여 부식 전위 변화, 양극 및 음극 분극곡선(주사속도: 1mV/s, 대극: 백금, 기준전극: SCE), 사이클릭 볼타모그램(주사속도: 30mV/s, 측정영역: -0.5V~1.5V) 등의 변화 경향을 측정하였으며, 사이클릭볼타모그램의 변화 경향을 측정한 후 그 부식된 표면사진을 주사전자현미경으로 관찰하였다.

3. 실험결과 및 고찰

22APU와 STS304에 대해 GTAW한 경우, 용접부위에 대한 경도 측정값을 Table 3에 정리하였으며, 이들 값의 관계를 알기 쉽게 Figure 2에 나타내었다. Figure 2에서 알 수 있듯이 22APU와 STS304 모두 용접금속(WM: Weld Metal)의 경도가 가장 높았으며, 22APU 용접부의 경우에는 용접열영향부(HAZ: Heat Affected Zone)와 모재(BM: Base Metal)의 순으로 점차 경도가 저하하는 경향을 알 수 있으나, STS304 용접부의 경우에는 모재부와 열영향부의 순으로 경도가 저하하는 경향을 알 수 있었다. 22APU의 경우는 용접봉이 ER309이며 탄소량이 모재인 22APU보다 더 많이 함유되어 있으므로 용접금속의 경도가 제일 높은 것으로 추정된다. 한편 STS 304의 경우 용접열영향부가 모재부에 비해서 오히려 경도가 낮은 것은 모재부의 조직이 오스테나이트계 스테인리스강이므로, 페라이트·필라이트 조직인 저탄소강의 용접열영향부에 비해 다소 경도가 낮아진다고 사료된다. 경우에 따라서는 용접금속의 성분이 모재로 혹은 모재의 성분이 용접금속으로 확산 이동하여 용접금속 경도가 높고 열영향부의 경도가 오히려 낮아지는 경우도 있다는 보고도 있으며, 한편으로 용접금속이 덴드라이트(dendrite) 조직으로 변하면서 결정입자의 조대화과 함께 경도가 상승하는 경우도 있다는 연구결과도 있다[1-2][13-14]. 본 실험에서 GTAW의 경우 순간적으로 고온도의 열이 가해지므로 경도가 높은 모재의 크롬이 용접금속으로 확산 이동하여 용접금속의 경도가 높고 용접열영향부, 모재 순으로 점차 경도가 낮아지는 것으로 사료된다. 그리고 STS 304의 경우에는 용접열영향부가 예민화 온도 영역에 있으므로 크롬탄화물의 형성과 함께 크롬 결핍영역의 영향으로 열영향부의 경도가 가장 낮은 것으로 사료된다.

Table 3: Variation of vickers hardness of welding parts between 22APU and STS 304 in case of GTAW (Unit:Hv)

	WM	HAZ	BM
22APU	217	195	188
STS304	250	181	191

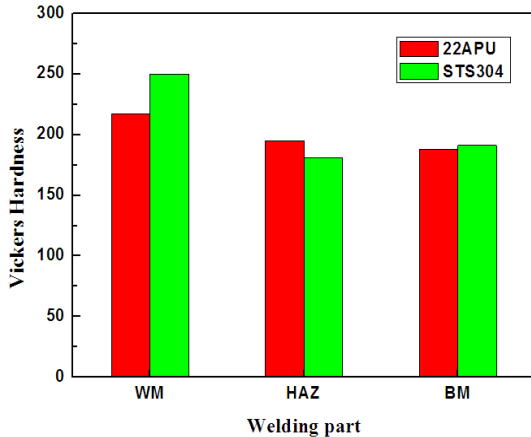


Figure 2: Variation of vickers hardness of welding parts between 22APU and STS304 in case of GTAW

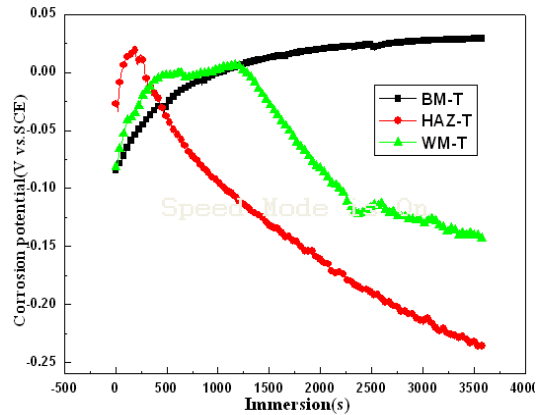


Figure 3: Variation of corrosion potentials for welding parts of 22APU in case of GTAW

Figure 3은 GTAW를 실시한 22APU의 경우 침지시간의 변화에 따른 부식전위의 변화를 각 용접부위 별로 나타내고 있다. Figure 3에서 알 수 있듯이 용접열영향부의 부식전위는 침지 초기에는 가장 높았으나, 점점 낮은 방향으로 이행하여 가장 낮은 전위값을 나타내었으며, 용접금속은 침지 1250초까지 침지 시간의 경과와 함께 점점 상승하였으나, 그 이후는 낮아지는 경향을 보이고 있다. 그러나 모재의 부식전위는 Figure 3에서 보는 바와 같이 침지 초기에는 가장 낮았으나, 침지 시간이 경과함에 따라 높은 방향으로 이행하여 가장 높은 전위 값을 나타내었다. 이와 같은 현상은 용접한 크롬계 스테인리스강의 탄소함량이 아주 낮다고 하더라도 입계부식이 용접열영향부와 용접금속에 나타나므로 상대적으로 내식성이 좋은 모재의 부식전위가 가장 높은 값을 나타낸 것으로 사료된다.

한편 Figure 4는 GTAW를 실시한 STS 304의 경우로 용접열영향부의 부식전위가 가장 비한 값을 나타내며 모재와 용접금속의 전위가 높은 값을 나타내었다.

일반적으로 용접금속의 내식성은 용접봉의 첨가 성분 영향으로 우수하며, 부식전위가 모재에 비해서 높은 경우와 오히려 모재의 부식전위가 높은 경우의 실험 결과도 있다[15-16]. 또한 경도가 높으면 표면에너지가 증가함과 동시에 금속 결합의 증가와 함께 부식전위가 낮아진다는 설도 있다[17].

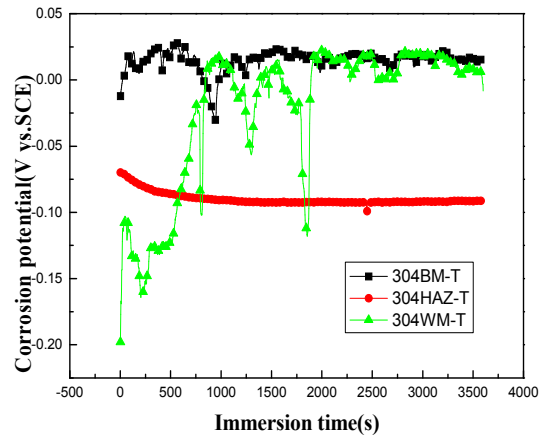


Figure 4: Variation of corrosion potentials for welding parts of STS 304 in case of GTAW

본 실험의 결과로 각 용접부위 별 부식전위 변화와 Figure 2의 경도값의 상관관계를 비교할 때, 22APU의 경우에는 경도값이 높은 용접금속의 부식 전위가 낮았음을 알 수 있으며, STS 304의 경우에는 경도가 높은 용접금속의 부식전위가 높은 실험결과를 얻을 수 있었다. 따라서 경도와 부식전위의 상관관계는 반드시 일치하지 않았으며 용접봉과 모재의 화학적 성분, 금속 조직 등의 영향에 기인하는 것으로 사료된다.

Figure 5는 22APU에 대해 GTAW를 실시한 경우, 각 용접부위에 대한 양극 및 음극 분극곡선을 나타내고 있다. 모재의 내식성이 가장 양호한

경향을 보여주고 있음을 알 수 있다. 그리고 Figure 6의 STS 304에 대한 GTAW를 실시한 경우에는 열영향부의 내식성이 가장 좋지 않은 경향을 정성적으로 알 수 있다.

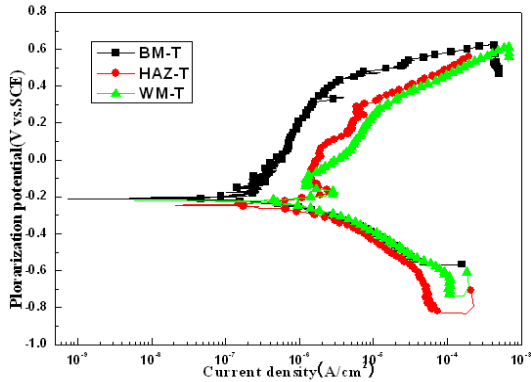


Figure 5: Variation of anodic and cathodic polarization curves of 22APU in case of GTAW

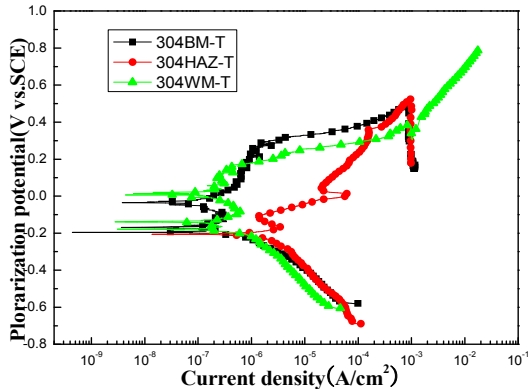


Figure 6: Variation of anodic and cathodic polarization curves of STS 304 in case of GTAW

Table 4는 Figure 5와 Figure 6의 분극곡선에서 타펠의삼법으로 구한 부식전류밀도를 각 재료별로 정리하여 나타내고 있으며, Figure 7은 각 용접부위 별로 부식전류밀도를 그래프로 비교하여 나타내고 있다. 22APU 용접부위에서는 모재부의 부식전류밀도가 가장 낮았으며 용접열영향부와 용접금속 순으로 부식전류밀도가 증가함을 알 수 있다. 그런데 STS 304 용접부위는 용접금속의 부식전류밀도가 제일 낮았으며 모재보다 용접열영향부

의 부식전류밀도가 가장 높았음을 나타내고 있다.

22APU에 GTAW를 실시한 경우 탄소함유량이 0.12%인 ER309 용접봉을 사용하여 2층 용접을 하였으므로 용접금속에 입계부식의 발생으로 인하여 부식전류밀도가 가장 높은 것으로 사료된다.

Table 4: Relationship of variation of corrosion current density(A/cm²) between 22APU and STS 304 in the case of GTAW

	WM	HAZ	BM
22APU	4.3×10^{-7}	1.6×10^{-7}	4.8×10^{-8}
STS304	6.1×10^{-8}	5.9×10^{-7}	1.4×10^{-7}

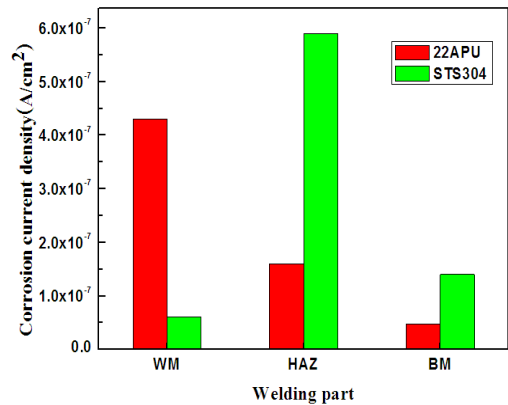


Figure 7: Variation of corrosion current density of welding parts for 22APU and STS 304

그러나 STS 304는 시험편이 박판이며 용접봉을 사용하지 않는 맞대기 용접부위이므로 입계부식이 발생하기 쉬운 예민화온도 영역이 존재하는 용접열영향부의 부식전류밀도가 가장 높은 것으로 사료된다. 2층 용접한 22APU의 용접금속은 상대적으로 열전도도가 느린 스테인리스강이므로 열확산의 지연으로 예민화 온도영역에서 충분히 예민화 되었을 것으로 사료되며, 그리고 단층 용접한 STS304 용접열영향부도 예민화되어 크롬탄화물의 석출로 크롬결핍층이 발생한 영역에 입계부식이 발생한 결과로 부식전류밀도가 각각 다른 부위에 비해 가장 높게 나타난 것으로 생각된다.

Figure 8은 GTAW를 실시한 22APU 시험편의 15번째인 사이클릭 볼타모그램을 나타내고 있다.

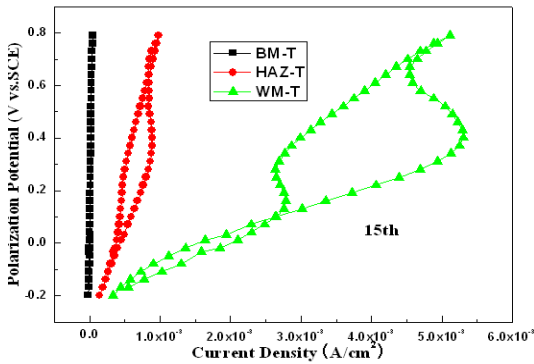


Figure 8: Variation of cyclic voltammogram of 15th curves for various welding parts of 22APU in case of GTAW

모재의 분극곡선이 수직으로 나타나고 있으며, 용접금속의 분극곡선이 가장 오른쪽으로 기울고 있음을 알 수 있다. 즉 용접금속의 전도가 가장 오른쪽 위치에 있으므로 어떤 일정한 분극전위에서 예를 들면, 0.3V의 분극전위에 대한 공급전류밀도는 용접금속이 가장 큰 값을 나타내고 있음을 알 수 있다. 따라서 용접금속의 분극저항이 가장 적으므로 용접금속의 내식성이 가장 좋지 않는 경향을 나타내는 것으로 사료된다.

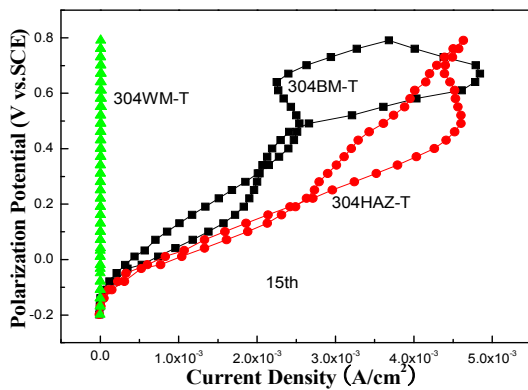


Figure 9: Variation of cyclic voltammogram of 15th curves for various welding parts of STS 304 in case of GTAW

그리고 Figure 9는 STS 304의 용접시험편의 15번째인 사이클릭 볼타모그램을 나타내고 있다. 여기서도 용접금속의 분극곡선이 수직으로 나타나

고 있으며, 용접열영향부가 가장 오른쪽으로 기울고 있음을 알 수 있다. 따라서 용접열영향부의 분극저항이 가장 작은, 즉 내식성이 가장 좋지 않는 경향을 나타내고 있다.

이들 결과는 전술한 Figure 7의 부식전류밀도 값의 변화와 일치하고 있음을 알 수 있다. 즉 Figure 7의 결과에서 부식전류밀도가 클수록 Figure 8와 Figure 9에서 분극곡선은 오른쪽으로 기울어, 즉 공급전류밀도에 대한 분극저항이 감소하는 경향과 일치한다는 사실을 잘 알 수 있다.

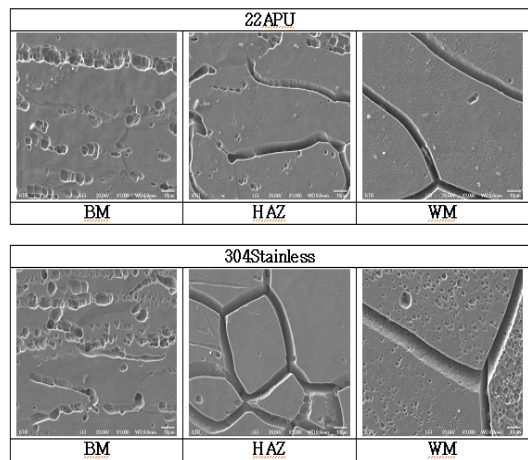


Figure 10: SEM microphotographs of corroded surface after 15th cyclic voltammogram of welding Zone of 22APU and STS 304(x500)

Figure 10은 15번째 사이클릭볼타모그램 측정 후의 부식된 표면을 전자현미경으로 관찰한 결과이다. 두 종류의 시험편 모두 모재에는 피팅 현상이 나타나고 있으며, 22APU의 용접금속과 STS 304의 용접열영향부와 용접금속에는 입계부식이 발생되고 있으며 특히 STS 304의 용접열영향부는 입자가 작은 입계부식을 관찰할 수 있었다.

4. 결 론

지금까지 22APU 및 STS 304 스테인리스강에 대해 GTAW를 실시한 후 용접부위에 대한 내식성을 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 22APU와 STS 304의 시험편에 대해 GTAW를 실시한 결과 용접부위 중 용접금속의 정도가 모두 제일 높게 나타났으며, STS 304의 경우 용접열영향부 그리고 22APU는 모재의 정도가 각각 가장 낮게 나타났다.

2. 22APU 용접부위 중 용접금속의 내식성이 가장 좋지 않았으며 모재가 내식성이 가장 우수하였고, STS 304의 경우에는 용접열영향부의 내식성이 가장 나쁘고 용접금속의 내식성이 가장 좋은 것으로 나타났다.

3. 각 시험편의 모재에는 모두 입계부식이 발견되지 않았으나, 22APU의 용접금속과 STS 304의 용접열영향부에는 입계부식이 상대적으로 심하게 나타났다.

4. 결과적으로 용접부위의 입계부식을 억제하기 위해서는 두 강 모두 용체화처리가 필요하며, 특히 22APU 스테인리스강은 용접방법과 용접재료의 선택 그리고 STS 304는 용접방법 선택 등에 대한 적절한 대안이 검토되어야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] 김진경, 강명신, 김영식, “선박용 디젤기관의 주철 부품 보수 용접 특성에 관한 연구”, 한국해양공학회지, 제20권, 제2호, pp. 41-45, 2006.
- [2] 안석환, 정정환, 남기우, “용접 열사이클 재현에 의한 SS400강 및 STS304강의 특성평가”, 한국해양공학회지, 제19권, 제4호, pp. 64-71 2005.
- [3] S. K. Jang and J. I. Jeon, “Weldability of A1 7075 alloy according to different tools and welding conditions by F.S.W.”, Journal of the Korean Society of Marine Engineering, vol. 30, no.1, pp. 30-41, 2006.
- [4] J. D. Kim, B. L. Kil and C. J. Lee, “The weldability of laminated stator core for motor by pulsed Nd:YAG laser [I]”, Journal of the Korean Society of Marine Engineering, vol. 30, no. 5, pp. 629-635, 2006.
- [5] P. D. Bilmes, C. L. Liorente, Saire Huaman, L. M. Gassa and C. A. Gervasi, “Microstructure and Pitting Corrosion of 13CrNiMo weld metal”, corrosion science, vol. 48, pp. 3261-3270, 2006.
- [6] I. H. Lo, M. C. Lee, K. Y. Lim, W. Ho, G. C. Y. Yang and W. T. Tsai, “Effect of heat treatment on the pitting corrosion behavior of 347SS weld overlay”, Corrosion science and technology, vol. 31, no. 5, pp. 361-367, 2002.
- [7] K. M. Moom, M. H. Lee, K. J. Kim, J. G. Kim and S. J. Kim, “A study on the post-weld heat treatment effect to mechanical properties and hydrogen embrittlement for heating Affected zone of a RE36 Steel”, Corrosion science and technology, vol. 2, no. 6, pp. 283-288, 2003.
- [8] V. S. Raja, S. K. Vershney, R. Raman and S. D. Kulkarni, “Influence of Nitrogen on the pitting corrosion behavior of 904L weld Clad”, Corrosion Science, vol. 40, no.10, pp. 1609-1625, 1998.
- [9] T. M. Devine, “The mechanism of sensitization of austenitic stainless steel”, Corrosion Science, vol. 30, no. 23, p. 135. 1990.
- [10] I. Hiroshi, “Study of weld decay in SUS 304”, Journal of Japanese Welding Society, vol. 47, no. 3, pp. 153. 1978.
- [11] F. Nubuo, “Effect of thermal cycles on corrosion resistance in a Type 304 stainless steel”, Journal of Japanese Welding Society, vol. 33, no. 1, pp. 55. 1964.

- [12] 이학렬, 금속부식공학, 연경문화사, pp. 116-119, 1991.
- [13] 전대회, 부식과 방식의 관리, 일중사, pp. 294-298, 1985.
- [14] 신민교, 기계공작법, 아성출판사, pp. 242-245, 1987.
- [15] 김진경, 조황래, 이명훈, 김윤해, 문경만, "5% 황산 용액에서 배기밸브 보수 용접부의 부식 특성에 미치는 용접방법과 용접봉의 영향", 한국마린엔지니어링학회지, 제31권, 제6호, pp. 744-752, 2007.
- [16] D. A. Jones, Principles and Prevention of Corrosion, Prentice-Hall, Inc., pp. 314, 1998.
- [17] 전대회, 부식과 방식의 관리, 일중사, pp. 551-554, 1985.

저 자 소 개



문경만(文慶萬)

1976년 한국해양대학교 기관학과 졸업 (공학사), 1978년 한국해양대학교 대학원 졸업(석사), 1992년 일본 나고야대학 졸업(박사), 현 한국해양대학교 공과대학 기계소재공학부 교수



이규환(李揆煥)

1976년 한국해양대학교 기관시스템공학부 졸업(공학사).
한진해운 기관장 및 교관장 역임(15년).
현재 한국해양수산연수원 운항훈련처 교수 및 기관장



김진경(金鎭京)

1976년 한국해양대학교 기관학과 졸업 (공학사), 1982년 한국해양대학교 대학원 졸업(석사), 1989 한국해양대학교 대학원 졸업(박사), 현 한국해양 수산연수원 기관시스템교육팀 교수