

가스보일러용 STS 304의 부식특성에 미치는 용수의 비저항의 영향

임우조 · 김환식* · 윤병두†

(부경대학교 · *부산도시공사 · † 부경대학교)

Effect of the Specific Resistance of Water on Corrosion Characteristics of STS 304 for Gas Boiler

Uh-Joh LIM · Hwan-Sik KIM* · Byoung-Du YUN†

Pukyong Nat. University · *Busan Metropolitan Co. · † Pukyong Nat. University

(Received October 26, 2006 / Accepted April 28, 2007)

Abstract

This paper was studied on the effect of the specific resistance of water on corrosion characteristics of STS 304 for gas boiler. The electrochemical polarization test of STS 304 for gas boiler was carried out. And the polarization resistance, uniform corrosion, corrosion behavior by impressed potential and corrosion sensitivity of STS 304 with specific resistance were considered. The main results are as following:

- 1) With being low the specific resistance of water, the polarization resistance and corrosion potential of STS 304 decreases, while corrosion current density increases.
- 2) Under constant impressed potential, the corrosion sensitivity of STS 304 is large with being low the specific resistance due to synergy effect of Cl ion.

Key words : gas boiler, polarization resistance, impressed potential, specific resistance, corrosion sensitivity

I. 서론

보일러는 각 가정에서 뿐만 아니라 업무용 빌딩, 화학플랜트, 원자력발전소, 화력발전소, 선박 등에 있어서 기본적인 생산설비이고, 또한 에너지 발생설비로서 사용용도에 따라 다양한 환경에 접하고 있다.

공업단지, 각 가정의 폐수 및 농약 등에 의해

하천이나 강의 환경오염화가 증가되는 추세에 있다. 더욱이 화석에너지인 석유 및 천연가스의 사용이 증대함으로써 SO₂, SO₃, CO 및 THC 등은 대기 중의 수분이나 물에 혼입되거나 산성비에 의해 하천수나 강물 등의 담수가 산성화되며(前田泰昭 et al., 1995), Cl₂나 HCl 등은 Cl⁻이온에 의해 금속표면의 부동태 피막을 파괴하여 부식을 촉진시킬 수 있다(임우조 et al., 2003).

† Corresponding author : 051-620-1602, yunbd@pknu.ac.kr

또한 공업 지역은 대부분 해안에 많으므로 금속재료는 해염인자(Cl⁻)에 의한 부식손상을 받는다(임우조 et al., 1999). 또한 보일러 용수로 사용되는 지하수나 담수에는 Cl⁻이온이 용해됨으로써 비저항이 낮아지므로 가스보일러용 스테인리스강이 부식손상을 받는다(Davis, J. R., 2000).

따라서 본 연구에서는 가스보일러용 재료인 STS 304의 부식특성에 미치는 용수 비저항의 영향에 대해 연구하기 위하여, 용수의 비저항 변화에 따른 STS 304의 부식시험을 실시한 후 STS 304의 분극저항거동, 전면부식거동, 인가전위에 따른 부식거동 및 부식감수성에 대해 고찰하였다.

II. 시험재료 및 실험방법

1. 시험 재료

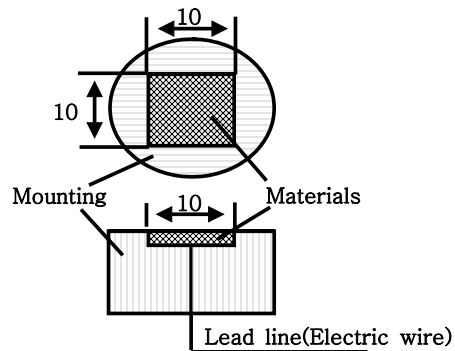
본 실험에 사용된 시험재료는 <표1>과 같은 화학적 성분과 기계적 특성을 가진 가스보일러용 STS 304이다.

[그림 1]에 나타낸 전기화학적 부식시험에 이용한 시험편은 <표 1>과 같은 화학적 성분과 기계적 특성을 가진 STS 304 판재로부터 가공경화 및 열응력을 배제하기 위하여 다이아몬드 휠커터로 가로 10 mm, 세로 10 mm, 두께 1 mm, 유효 노출면적 100 mm²로 절취하여, 전선을 연결시키고, 호마이커로 마운팅하였다.

시험편 표면은 400 ~ 1200번까지의 에머리 페이퍼를 사용하여 단계적으로 연마한 후, 시험편 표면거칠기의 영향 최소화 및 동일화를 위하여 연마기에서 산화알루미늄 분말을 이용하여 연마하였다. 그리고 증류수 중에서 초음파 세척기로 세척한 다음, 아세톤으로 탈지하고, 열풍으로 건조하였다. 그 후 래커를 이용하여 시험편과 호마이커 사이의 미세한 틈을 방지하기 위한 2차 피복을 하였다.

<표 1> Chemical compositions and mechanical properties of STS 304

Chemical composition (wt %)	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
	0.04	0.5	1.09	0.02	0.005	8.1	18.4
Mechanical properties	Tensile strength (MPa)		Yield strength (MPa)		Elongation (%)		
	519		205		55		



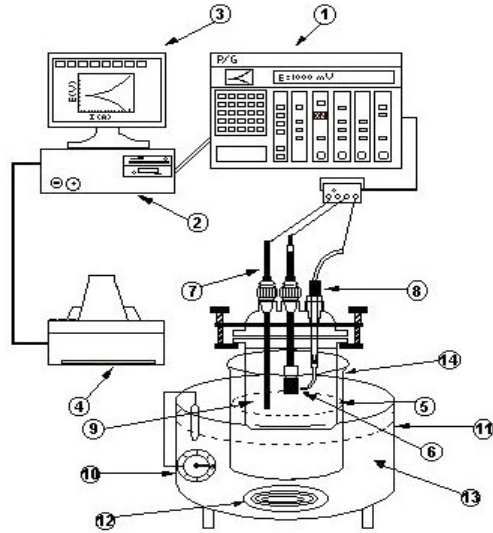
[그림 1] Configuration and dimension of polarization test specimen(unit : mm)

2. 시험장치 및 실험방법

본 실험에서는 다른 부식 평가법보다 실험시간이 짧고, 비파괴적으로 실시할 수 있는 부식평가법으로 전기화학적 분극시험을 실시하였다. 이 전기화학적 분극시험장치의 전체계통도는 [그림 2]와 같고, 이 실험장치는 EG & G의 273 potentiostat/galvanostat와 PC를 연결하고, M352 corrosion software를 이용하여 분극특성실험을 실시한 후, 프린트를 통해서 각종 분극도 자료가 기록되도록 하였다. 여기서, 기준전극은 포화칼로멜전극(saturated calomel electrode, SCE), 보조전극은 고밀도 탄소봉을 사용하였다.

그리고 가스보일러용 STS 304의 전기화학적 부식시험을 위한 시험용액은 수도수(비저항 7,400 Ω·cm)와 수도수에 NaCl를 첨가하여 비저항을

3000, 1,500, 200 및 25 $\Omega \cdot \text{cm}$ 로 각각 일정하게 조절된 수용액이다. 시험온도는 가열코일이 부착된 항온조에 실리콘 오일을 주입하고 자동온도감지기를 설치하여 $60 \pm 1^\circ\text{C}$ 로 일정하게 유지하도록 하였다.



- ① Potentiostat/Galvanostat ⑧ Reference electrode
- ② Personal computer ⑨ Electrolyte
- ③ Monitor ⑩ Temperature controller
- ④ Printer ⑪ Heater body
- ⑤ Corrosion cell ⑫ Heating coil
- ⑥ Specimen ⑬ Oil bath
- ⑦ Counter electrode ⑭ Heating beaker

[그림 2] Schematic diagram of polarization test equipment

부식률(corrosion rate, CR)은 전기화학적 분극실험을 실시한 후, M 352/252 corrosion software로부터 구해진 부식전류밀도 값으로부터 다음 식(1)에 따라 계산하였다[(William S. T., 1994).

$$CR(\text{mmpy}) = \frac{0.0033 I_{\text{corr}}(EW)}{d} \text{ --- (1)}$$

여기서,

I_{corr} = Corrosion current density($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)

EW = Equivalent of material (g)

d = Density of material (g/cm^3) 이다.

실제 가스보일러에서는 각 부재에 유속, 온도 및 응력에 의해 양극전위가 상승할 수 있으므로 (中村義夫, 1994) 인가전위에 따른 STS 304의 부식거동을 알아보기 위하여, 개로전위로부터 700 mV/SCE의 인가전위를 부가하여 STS 304의 부식전류밀도를 측정하였다. 또한 일정 인가전위 하에서의 부식감수성을 평가하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. STS304의 Linear 분극거동

[그림 3]은 용수의 비저항 변화에 따른 가스보일러용 STS 304의 Linear 분극곡선을 나타낸 것이다.

STS 304의 부식전위는 용수의 비저항이 낮아질수록 낮게 나타나고 있다. 또한 전위변화에 따른 부식전류밀도 변화는 용수의 비저항이 낮아질수록 더 민감하게 나타나고 있다.

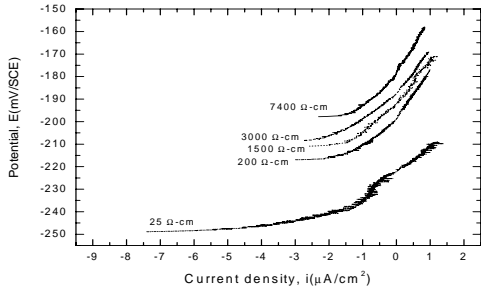
[그림 3]의 Linear 분극곡선에서 M 352 corrosion software를 이용하여 분석한 STS 304의 분극저항을 용수의 비저항 변화에 따라 [그림 4]에 나타내었다.

STS 304의 분극저항은 용수의 비저항이 낮아질수록 점점 낮게 나타나는 경향이다. 그러므로 용수의 비저항이 낮아질수록 STS 304의 부식전류밀도는 증가할 것으로 추정된다[Den ny A., 1992).

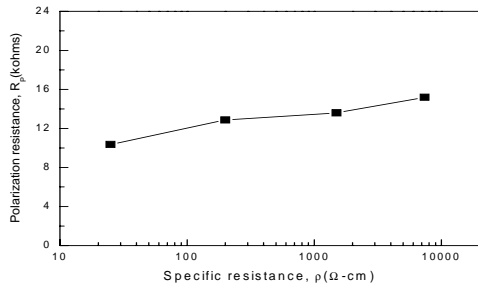
[그림 3]의 Linear 분극곡선에서 M 352 corrosion software를 이용하여 분석한 STS 304의 부식전위를 용수의 비저항 변화에 따라 [그림 5]에 나타내었다.

용수의 비저항이 낮아질수록 STS 304의 부식전위는 낮게 나타나고 있다. 이와 같이 용수의 비저항이 낮아질수록 STS 304의 부식전위가 낮

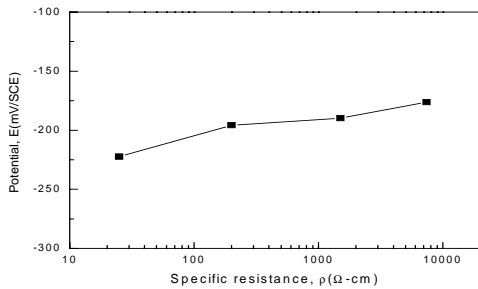
게 나타남으로써 부식에 민감할 것으로 추정된다 (Sedrik, A., 1996).



[그림 3] Linear polarization curves of STS 304 with specific resistance at 60 °C



[그림 4] Polarization resistance of STS 304 with specific resistance at 60 °C

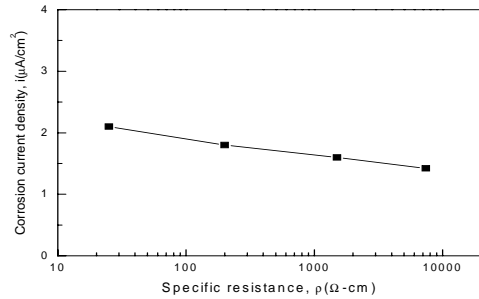


[그림 5] Corrosion potential of STS 304 with specific resistance at 60 °C

2. STS 304의 전면부식거동

[그림 6]은 용수의 비저항 변화에 따른 STS 304의 부식전류밀도를 나타낸 것이다.

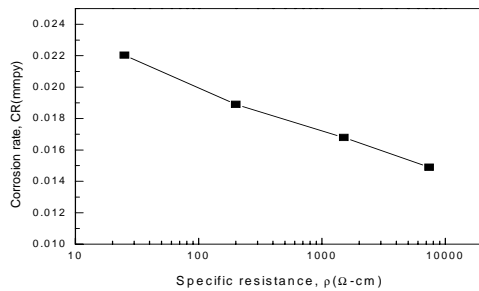
[그림 4] 및 [그림 5]에서 추정된 바와 같이 실제로 STS 304의 부식전류밀도는 용수의 비저항이 낮아질수록 높게 나타나고 있다. 이와 같이 용수의 비저항이 낮아질수록 부식전류밀도가 높게 나타나는 이유는 Cl⁻ 이온이 부동태피막을 파괴하는 부식촉진제로서 작용하기 때문이다(이학열, 2000).



[그림 6] Corrosion current density of STS 304 with specific resistance at 60 °C

[그림 7]은 용수의 비저항 변화에 따른 가스보일러용 STS 304의 부식률을 나타낸 것이다. 여기서 부식률은 [그림 6]의 부식전류밀도를 식(1)에 대입하여 계산하였다.

용수의 비저항이 낮아질수록 STS 304의 부식률은 높게 나타나고 있다. 그러므로 용수의 비저항이 낮아질수록 STS 304는 전면부식에 대해 민감할 것으로 판단된다.

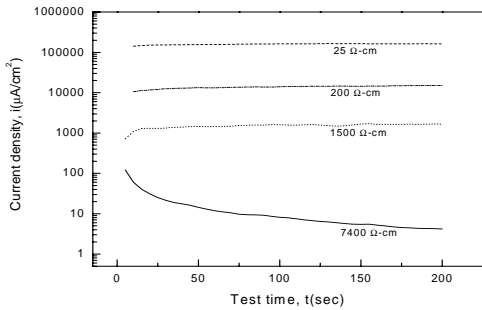


[그림 7] Corrosion rate of STS 304 with specific resistance at 60 °C

3. 인가전위에 따른 STS 304의 부식거동

여러 가지 비저항의 수용액 중에서 인가전위(impressed potential) 부가에 의한 STS 304의 부식거동을 [그림 8] 및 [그림 9]에 나타내었다.

[그림 8]은 개로전위(open circuit potential, OCP)로부터 700 mV/SCE의 인가전위 부가에 의한 STS 304의 부식전류밀도 거동을 시간경과에 따라 나타낸 것이다.

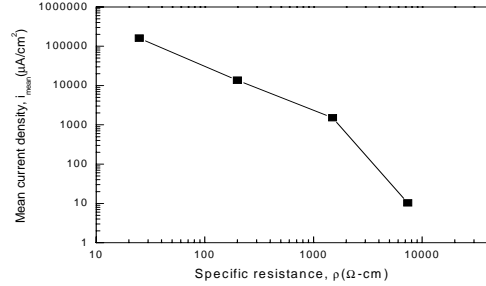


[그림 8] Corrosion current density of STS 304 with test time by impressed potential (700 mV/SCE)

[그림 7]에서 고찰한 부식에 대한 내식성이 가장 우수한 수도수인 비저항 7400 Ω·cm 수용액 중에서 인가전위 부가에 의한 STS 304의 부식전류밀도는 시간이 경과하면서 점점 낮아지지만, 그 외의 용수 중에서는 인가전위 부가에 의한 STS 304의 부식전류밀도는 시간경과에 따라 일정하게 되는 경향을 보이고 있다.

[그림 9]는 개로전위에서 700 mV/SCE의 인가전위 부가에 의한 STS 304의 평균부식전류밀도 거동을 용수의 비저항 변화에 대해 나타낸 것이다.

인가전위 하에서 용수의 비저항이 낮아질수록 부식전류밀도변화는 [그림 6]의 개로전위하에서의 부식전류밀도 변화보다 변화 폭이 더 크게 됨을 알 수 있다.

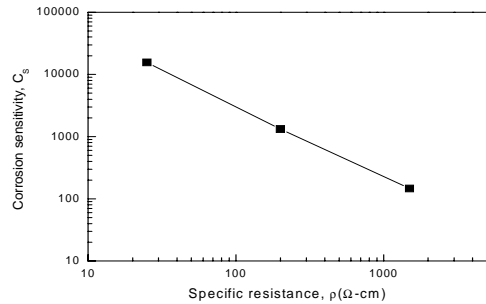


[그림 9] Mean corrosion current density of STS 304 with specific resistance at 60 °C by impressed potential(700 mV/SCE)

[그림 9]의 일정 인가전위 하에서 평균부식전류밀도로부터 부식감수성을 식(2)에 의해 계산하여 [그림 10]에 나타내었다. 여기서, 부식감수성(Cs)은 다음과 같다.

$$C_s = \frac{i_{25, 200, 1500}}{i_{7400}} \quad \text{--- (2)}$$

일정 인가전위 하에서 보일러 용수의 비저항이 낮아질수록 부식감수성은 크게 나타나고 있다.



[그림 10] Corrosion sensitivity of STS 304 with specific resistance at 60°C by impressed potential(700 mV/SCE)

[그림 8], [그림 9] 및 [그림 10]에서 보인 바와 같이 시간의 경과에 따라 부식에 대한 내식성이 가장 우수한 수도수인 비저항 7400 Ω·cm 수용액 중에서 인가전위 부가에 의한 STS 304는 부동태

가 유지되어 공식이 억제될 것으로 생각된다. 일정 인가전위 하에서 보일러 용수의 비저항이 낮아질수록 부식감수성이 크게 나타나는 원인은 일정 인가전위에 대해 Cl⁻이온의 상승작용에 의한 것으로 판단된다(Davis, J. R., 2000).

IV. 결 론

가스보일러용 STS 304의 부식특성에 미치는 용수의 비저항의 영향에 대해 연구한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 용수의 비저항이 낮아질수록 STS 304의 분극저항과 전위가 낮아지면서 부식전류밀도는 증가하고 있다.
- 2) 일정 인가전위에 대해 Cl⁻이온의 상승작용으로 인하여 보일러 용수의 비저항이 낮아질수록 STS 304강의 부식감수성이 크게 나타난다.

참고 문헌

- 임우조 · 양학희 · 인현만 · 이진열(2003). 부식과 방식, 원창출판사, 105.
- 임우조 · 정해규(1999). 원통다관형 열교환기의 침식-부식 특성에 관한 연구(1), 한국어업기술학회지, 35(2), 196~200.
- 이학열(2000). 금속부식공학, 연경문화사, 168.
- 前田泰昭 · 竹中規訓(1995). 地球規模での酸性雨現狀と材料劣化, 日本材料と環境, 40(9), 619~629.
- 中村義夫(1994). ボイラ-における腐食・防蝕の實際, ボイラ研究, No.266, 37~43.
- Davis, J. R.(2000). Corrosion-understanding the basics, ASM international, 83~84.
- William Stephen Tait(1994). An introduction to electrochemical corrosion testing for practicing engineers and scientists, 48~49.
- Denny A. Jones(1992). Principles and prevention of corrosion, Macmillan Publishing Co., 151.
- Sedriks, A. John(1996). Electrochemical society, Corrosion of stainless steel, Wiley Co., 87~89.
- Davis, J. R.(2000). Corrosion-understanding the basics, ASM international, 253~256.