

# 응축수 중에서 가스배관용 라이닝강재의 부식특성에 관한 연구

윤병두, 임우조, 정기철\*

부경대학교, \*동명대학교

## Study on the Corrosion Characteristics of Lining Steel for Gas Pipe in the Condensed Water

Yun Byoung Du, Lim Uh Joh, Jeong Ki Cheol\*

*Pukyong University, \*Tongmyong University*

### 1. 서론

화석에너지의 소비량이 증가됨에 따라  $SO_x$ ,  $NO_x$ , CO 및 THC 등의 대기오염물질배출이 증대되고 있다. 이들 대기오염물질은 대기 중의 수분이나 물에 혼입되거나 산성비에 의해 하천수나 강물 등의 담수가 산성화되고 있다.

보일러의 연소가스 중  $NO_x$ 나  $SO_x$ 가 생성되면 연소가스 중 수증기의 노점이 상승되므로 연소가스가 접한 곳에 그 노점보다 낮은 곳이 있으면 그 곳에 연소가스 중의 수증기가 응결하고  $NO_x$ 나  $SO_x$ 가 용입되어 심한 산부식(acid corrosion)을 일으킨다. 특히, 산업용 보일러에서 공기에열기, 절탄기, 탈황장치 등의 연도가스배관시스템은 산부식을 일으키며, 화력발전소의 절탄기 및 가스콘덴싱 보일러 응축기로부터 drain된 응축수의 강산성(pH -0.9)인 경우도 있다. 또한 보일러 배기가스 중에는 그으름 및 이물질 등이 존재함으로 배기가스의 배출속도에 의해 연도가스배관시스템의 라이닝강재에 침식(erosion) 손상이 일어날 수 있다. 연도가스배관시스템의 라이닝강재는 강산성에 의한 산부식과 침식손상의 상승효과로 부식이 더욱 가속될 것으로 추정된다.

본 연구에서는 응축수에 의해 연도가스배관용 라이닝강재의 부식 특성에 관한 연구를 하기 위하여, 세라믹+테플론 라이닝강재 및 테플론 라이닝강재에 대해서 40%  $H_2SO_4$  수용액 중에서 침식-부식 시험 및 내산성시험을 연속실시하여 연도가스배관용 라이닝강재의 부식 특성을 고찰하였다.

### 2. 시험재료 및 실험방법

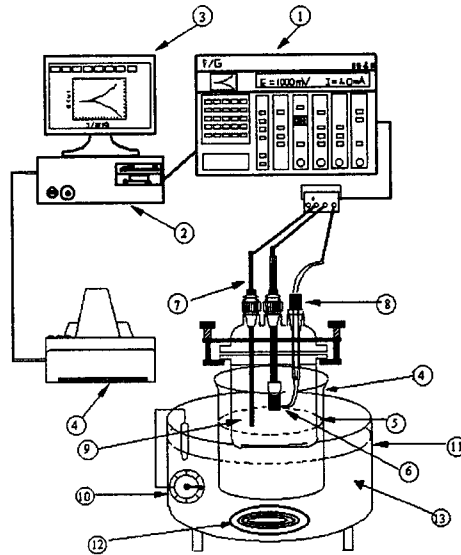
본 실험에 사용된 시험편의 모재는 탄소강(SS 400)이고, 라이닝재는 세라믹+테플론 라이닝재 및 테플론 라이닝재로 하였다. 탄소강으로부터 절취하여 시험편을 제작·가공하였다. 이 시험편의 표면은 샌드블라스팅 한 후, 아세톤으로 탈지하여 건조시킨 다음, 라이닝을 실시하였다.

라이닝강재에 대한 침식-부식 및 산부식의 영향을 평가하기 위하여, 먼저 침식-부식시험장치중 강력한 진동캐비테이션 침식-부식시험장치를 이용하여 캐비테이션 침식-부식시험을 실시하였고, 침식-부식시험 후 전기화학적 분석시험을 실시하여 표면결함여부를 평가하였다. 전기화학적 부식시험 후 내산성 시험을 연속실시하였다.

내산성 시험의 부식환경 조건은 증류수 중에 황산( $H_2SO_4$ )을 소량씩 첨가하여 강산성인 40%  $H_2SO_4$  수용액으로 각각 일정하게 유지하였다. 내산성 시험은 라이닝강재를 40%  $H_2SO_4$  수용액 중에서 24시간 침지 후, 177°C로 예열된 전기로에서 16시간 건조하였고, 내산성 시험 후 현미경이나 확대경으로 시험편의 표면양상을 관찰하였다. 좀 더 정밀하고 정량적인 관찰을 하기 위하여 전기화학적 양극분극실험을 실시하였다.

본 연구에 사용된 전기화학적 부식시험은 다른 부식의 평가법 보다 실험시간이 짧게 되고, 비파괴적으로 실시할 수 있으며 라이닝재의 미세결함도 쉽게 관찰할 수 있다. 전기화학적 분석시험장치(EG & G Model 273A Potentiostat/Galvanostat)에서 작동전극은 라이닝강

재이고, 기준전극은 포화칼로멜전극(SCE), 보조전극은 고밀도 탄소봉으로 하였다. Fig. 1은 전기화학적 부식시험장치의 계통도이다.



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

Fig. 1. Schematic diagram of electrochemical polarization test equipment.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 40% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 수용액 중에서 라이닝강재의 산부식 및 침식-부식 거동

Fig. 2는 40% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 수용액 중에서 각종 라이닝강재의 연속실험을 실시하기 전의 양극분극거동을 정리하여 나타내었다. 실험 전 각 라이닝재의 부식전류밀도는 개로전위로부터 인가전위가 높아지더라도 거의 나타나지 않고 있으며, noise로 추정되는 전류가 나타나고 있다.

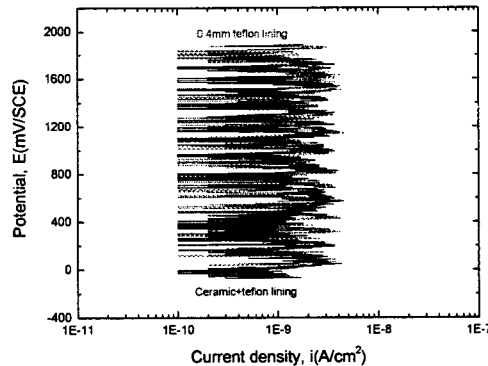
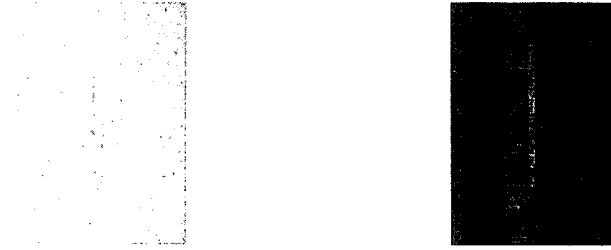


Fig. 2. Anodic polarization curves of each lining and coating before test.

Photo. 1은 각종 라이닝재의 연속실험 1cycle의 침식-부식시험 후 양상을 나타내고 있다. 침식-부식시험 후 각 라이닝재의 노치부는 실험 전보다 선명하게 나타나고 있다.



(a) 0.05mm ceramic+0.4mm teflon lining (b) 0.4mm teflon lining

Photo. 1. Appearance of each lining after erosion-corrosion test of 1 cycle.

Fig. 3은 40% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 수용액 중에서 각종 라이닝재의 연속실험의 캐비테이션 침식-부식시험 후 양극분극거동을 정리하여 나타내었다.

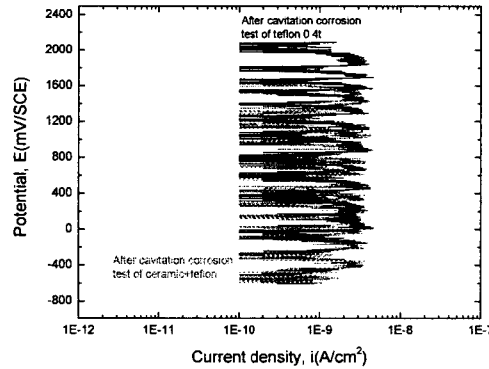


Fig. 3. Anodic polarization curves of each lining after erosion-corrosion test.

침식-부식시험 후 각 라이닝재의 부식전류밀도는 개로전위로부터 인가전위가 높아지더라도 거의 나타나지 않고 있으며, noise로 추정되는 전류가 나타나고 있다.

Photo. 3는 각종 라이닝재의 연속실험의 내산성시험 후 양상을 나타내고 있다.

Photo. 3 (a) 0.05mm 세라믹+0.4mm 테플론 라이닝재의 내산성시험 후 표면양상은 노치 중심부에 균열이 생겨 모재가 드러나고 있다. Photo. 3 (b) 0.4mm 테플론 라이닝재의 표면양상은 노치부에 모재부의 부식으로 인해 부식생성물이 나타나고 있다.



(a) 0.05mm ceramic+0.4mm teflon lining (b) 0.4mm teflon lining

Photo. 3. Appearance of each lining after acid resistance test.

Fig. 4는 40% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 수용액 중에서 각종 라이닝재의 연속실험 1사이클의 내산성시험 후 양극분극거동을 정리하여 나타내었다.

내산성시험 후 0.05mm 세라믹+ 0.4mm 테플론 라이닝재의 부식전류밀도는 침식-부식시험 후의 부식전류밀도 보다 증가하고 있다. 이와 같이 부식전류밀도가 증가하는 이유는 Photo. 3 (a) 0.05mm 세라믹+ 0.4mm 테플론 라이닝재의 표면양상에서 알 수 있듯이, 노치부의 균열로 인해 모재부가 노출되기 때문인 것으로 판단된다.

그러나 내산성시험 후 0.4mm 테플론 라이닝재의 부식전류밀도는 처음에 적게 나타내다가 양극전위가 상승하면서 부식전류밀도가 급격히 증가하는 양상을 나타내고 있다. 이와 같은 이유는 초기에 노치부에 부식생성물이 형성이 되어 있다가 양극전위가 상승하면서 부식생성물이 용해되면서 급격히 증가한 것을 추정된다.

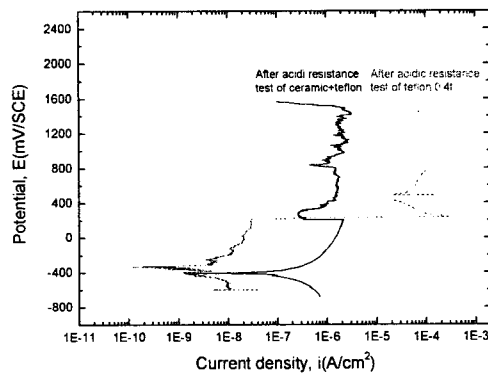


Fig. 4. Anodic polarization curves of each lining after acid resistance test.

#### 4. 결론

40% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 수용액 중에서 세라믹+테플론 및 테플론 라이닝강재의 내산성 및 내마모성은 우수하나, 라이닝강재의 표면에 결함이 존재할 경우 기계적인 침식손상과 전기화학적인 산부식의 상승작용에 의해 부식이 급격히 증가되어 있음을 알 수 있다.

#### 5. 참고문헌

- (1) 전대회. 실용방식공학, 태화출판사, 1989, 172-173
- (2) 한국건설 방식기술연구소. 부식방식데이터북, 1997, 251-257
- (3) 최낙균. 발전설비의 부식과 대책, 1997, 13
- (4) 水流徹; 春山志郎. 塗裝鋼板 における 塗膜化 腐蝕 と 物質移動, 日本材料 と 環境, 1989, 38, 8, 429-436
- (5) 山本隆; 小田光之; 森田超夫; 石原幕孝; 肥後清彰. 海洋構造物に適用さらに重防蝕塗膜の壽命豫測法, 日本防蝕技術, 1996, 35, 1, 3-5
- (6) ASTM INTERNATIONAL. Standard Test Method for Sulfuric Acid Resistance of Polymer Linings for Flue Gas Desulfurization Systems, D6137-97, 2004, 1-3