

연소가스 환경 중에서 코팅재의 침식-부식특성에 관한 연구

윤병두, 임우조*

부경대학교 대학원, *부경대학교

Study on the Erosion-Corrosion Characteristics of Coating in the Combustion Gas Environment

Yun Byoung Du, Lim Uh Joh*

Graduate school, Pukyong University, *Pukyong University

1. 서론

석유, 가스 등의 화석에너지 소비량이 증가됨에 따라 대기오염물질 배출이 증대됨으로써 수질이 오염화되고 있다. 이들 대기오염물질인 SO_x , NO_x , CO 및 THC 등은 대기 중의 수분이나 물에 혼입되거나 산성비에 의해 하천수나 강물 등의 담수가 산성화되며, HCl 및 Cl_2 등은 담수의 비저항이 낮아지는 원인이 되기도 한다.

보일러의 연소가스 중 SO_x 가 생성되면 연소가스 중 수증기의 노점이 상승되므로 연소가스가 접한 곳에 그 노점보다 낮은 곳이 있으면 그 곳에 연소가스 중의 수증기가 응결하고 SO_x 가 용입하므로 심한 산부식을 일으킨다. 특히, 산업용 보일러에서 공기예열기, 절탄기, 탈황장치 등의 연도시스템은 산부식을 일으키며, 화력발전소의 절탄기 및 가스콘덴싱 보일러 응축기로부터 drain된 응축수의 pH는 강산성 환경을 나타낸다. 또한 보일러 연소가스 중에는 그으름 및 고형물질 등이 존재하므로 연소가스의 배출속도에 의해 연도시스템의 코팅재에 침식손상이 일어날 수 있다.

이러한 연소가스 환경 중에서 탄소강재의 부식이 심할 뿐만 아니라 스테인리스강재도 부식으로 인한 두께감소가 크고 공식이나 극간부식 등을 발생시킨다. 그러므로 보일러의 연도시스템에 내식성, 내마모성, 경제성 등의 측면에서 금속계나 비금속계 코팅(coating)이 실시되고 있다.

따라서 본 연구에서는 연소가스 환경 중에서 코팅재의 침식-부식특성에 관한 연구를 하기 위하여, 연소가스 환경 중에 사용되는 코팅재에 대해서 침식-부식시험과 동시에 전기화학적 분극시험을 실시하였다. 이러한 실험결과를 토대로 하여, 연도시스템의 적용되는 코팅재의 침식-부식특성을 관찰·조사하였다.

2. 시험재료 및 실험방법

본 실험에 사용된 시험편의 모재는 탄소강(SS 400)이고, 코팅재는 epoxy 코팅재 및 vinyl ester glass flake 코팅재로 하였다. 탄소강으로부터 절취하여 시험편을 제작·가공하였다. 이 시험편의 표면은 샌드블라스팅 한 후, 아세톤으로 탈지하여 건조시킨 다음, 코팅을 실시하였다.

코팅재에 대한 침식-부식 및 산부식의 영향을 평가하기 위하여, 먼저 침식-부식시험장치 중 강력한 진동캐비테이션 침식-부식실험장치를 이용하여 캐비테이션 침식-부식실험을 실시하였고, 침식-부식시험 후 전기화학적 분극시험을 실시하여 표면결함여부를 평가하였다. 전기화학적 부식시험 후 내산성 시험을 연속실행하였다.

내산성 시험의 부식환경 조건은 증류수 중에 황산(H_2SO_4)을 소량씩 첨가하여 강산성인 40% H_2SO_4 수용액으로 각각 일정하게 유지하였다. 내산성 시험은 코팅재를 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 되

고, 비파괴적으로 실시할 수 있으며 코팅재의 미세결함도 쉽게 관찰할 수 있다. 전기화학적 분극실험장치(EG & G Model 273A Potentiostat/Galvanostat)에서 작동전극은 코팅강재이고, 기준전극은 포화칼로멜전극(SCE), 보조전극은 고밀도 탄소봉으로 하였다. Fig. 1은 침식-부식시험장치의 계통도이다.

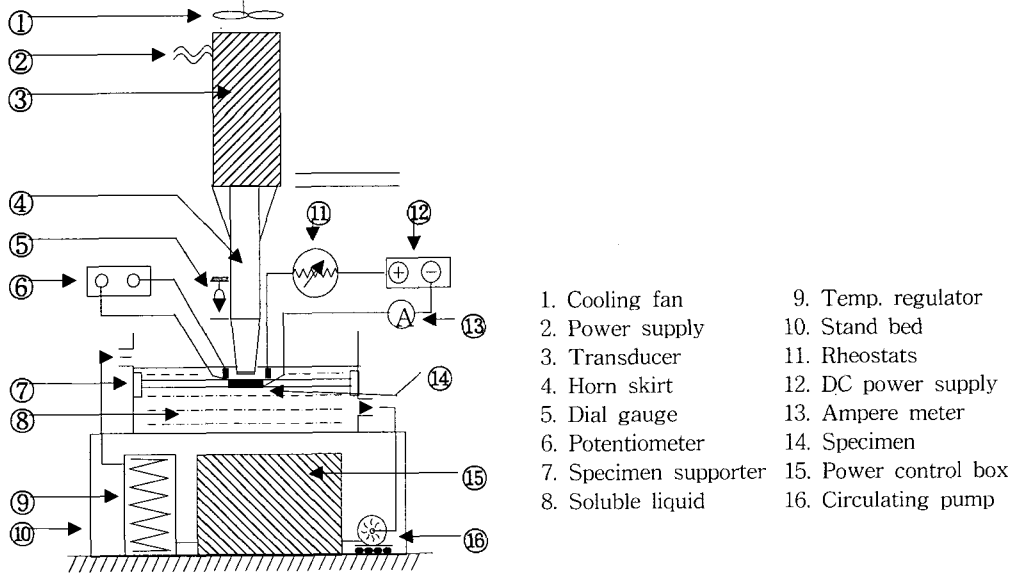


Fig. 1 Schematic diagram of erosion-corrosion test apparatus

3. 결과 및 고찰

3.1 40% H₂SO₄ 수용액 중에서 코팅재의 침식-부식 및 산부식 거동

Fig. 2는 40% H₂SO₄ 수용액 중에서 코팅재의 연속실험을 실시하기 전의 양극분극거동을 정리하여 나타내었다. 실험 전 각 코팅재의 부식전류밀도는 개로전위로부터 인가전위가 높아지더라도 거의 나타나지 않고 있으며, noise로 추정되는 전류가 나타나고 있다.

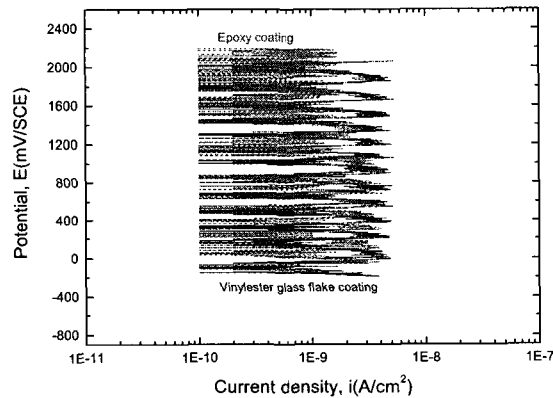


Fig. 2. Anodic polarization curves of each coating before test.

Photo. 1은 코팅재의 연속실험 1cycle의 침식-부식시험 후 양상을 나타내고 있다. 침식-부식시험 후 각 코팅재 표면은 캐비테이션 침식에 의한 코팅재의 탈리 현상이 약간

나타나고 있다.

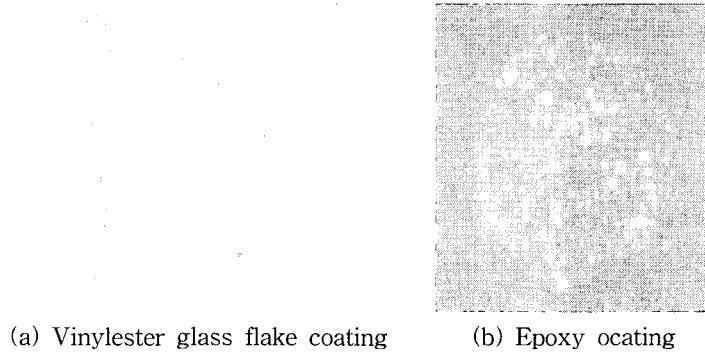


Photo. 1. Appearance of each coating after erosion-corrosion test of 1 cycle.

Fig. 3은 40% H_2SO_4 수용액 중에서 각종 코팅재의 연속실험의 캐비테이션 침식-부식시험 후 양극분극거동을 정리하여 나타내었다.

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

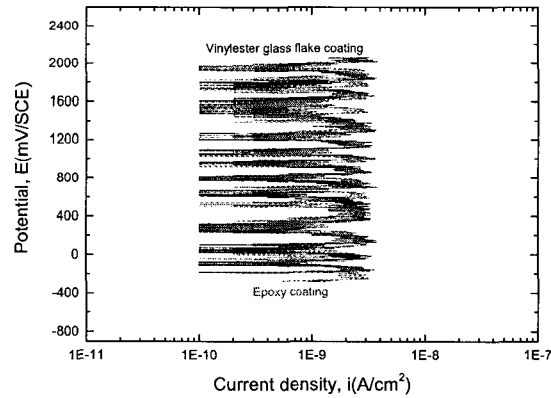
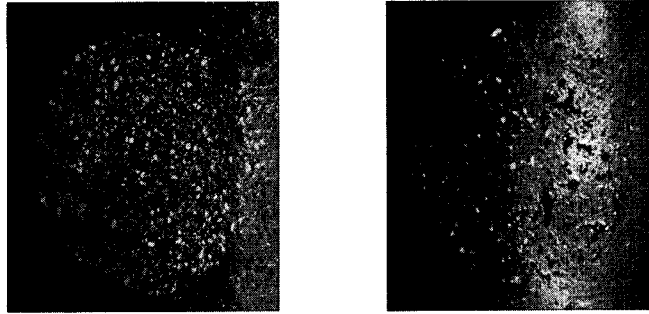


Fig. 3. Anodic polarization curves of each lining after erosion-corrosion test.

Photo. 2는 각종 코팅재의 연속실험의 내산성시험 후 양상을 나타내고 있다.

Photo. 2 (a) Vinylester glass flake 코팅재의 내산성시험 후 표면양상은 침식-부식시험에서 생성된 미소기공부분이 나타나지 않고 있다. Photo. 2 (b) Epoxy 코팅재의 표면양상은 침식-부식시험에서 탈리된 부분으로 황산이 침투되어 들어가 일부 코팅부에 blistering 등이 나타나고 있다.



(a) Vinylester glass flake coating (b) Epoxy coating

Photo. 2. Appearance of each coating after acid resistance test of 1cycle .

Fig. 4는 40% H₂SO₄ 수용액 중에서 각종 코팅재의 연속실험 1사이클의 내산성시험 후 양극분극거동을 정리하여 나타내었다.

내산성시험 후 Vinylester glass flake 코팅재의 부식전류밀도는 개로전위로부터 인가전위가 높아지더라도 거의 나타나지 않고 있으며, noise로 추정되는 전류가 나타나고 있다.

그러나 내산성시험 후 Epoxy 코팅재의 부식전류밀도는 개로전위하에서 2×10^{-3} A/cm² 로 침식-부식시험 후의 부식전류밀도보다 더욱 높게 나타나고 양극전위가 상승함에 따라 부식전류밀도가 급격히 증가하는 양상을 나타내고 있다. 이와 같은 이유는 침식-부식시험 후 산저항 시험에 의해 표면균열, pin hole, 탈리 및 용출 등의 결함이나 손상이 일어났기 때문인 것으로 사료된다.

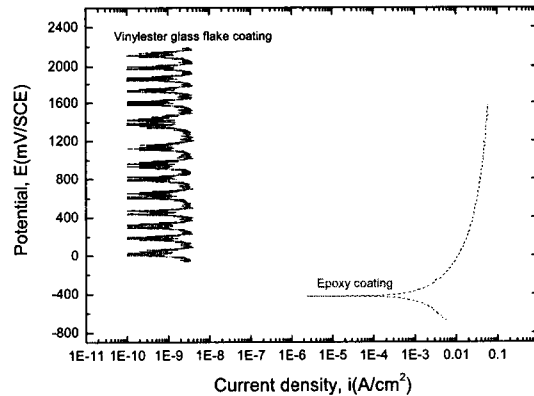


Fig. 4. Anodic polarization curves of each coating after acid resistance test.

4. 결론

40% H₂SO₄ 수용액 중에서 Vinylester glass flake 코팅재의 내산성 및 내마모성은 우수하나, Epoxy 코팅재는 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. 塗裝鋼板りおけ 塗膜化 腐蝕 と 物質移動, 日本材料 と 環境, 1989, 38, 8, 429-436
- (5) ASTM INTERNATIONAL. Standard Test Method for Sulfuric Acid Resistance of Polymer Linings for Flue Gas Desulfurization Systems, D6137-97, 2004, 1-3