

폐순환냉각수계통 무용존산소 방식특성 평가

이지훈, 양호연, 이정진

한국수력원자력(주) 원자력발전기술원, 대전광역시 유성구 장동 25-1

ijhoon@khnp.co.kr

1. 서론

원자력발전소 폐순환냉각수계통의 방식법은 방식제를 사용하는 방법과 방식제를 사용하지 않는 무화학제 방법으로 나눌 수 있다. 일반적으로 폐순환냉각수계통은 적절한 농도범위의 방식제를 주입하여 계통을 구성하는 기기와 배관의 부식을 방지하지만 방식제를 사용하지 않는 무화학제 방식으로도 폐순환냉각수계통의 부식 조절이 가능하다.[1] 무화학제 방식법에 속하는 무용존 산소 방식은 폐순환냉각수계통의 냉각수에서 이온성 불순물과 용존산소의 농도가 낮으면 현저하게 낮은 부식률을 갖는 안정 산화막이 탄소강 표면에 형성되는 원리를 이용한 것이다. 불순물의 농도는 입자상에 대해서는 여과기에 의해, 이온성 불순물에 대해서는 탈염기에 의해 조절한다. 방식을 유지하기 위해서는 폐순환냉각수 계통에서의 산소농도와 거의 같은 농도로 보충수의 산소농도를 유지하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 폐순환 기기냉각수계통의 무용존산소 운전의 방식효과를 규명하기 위하여 냉각수계통에 사용되는 탄소강 재료를 이용하여 부식특성 평가를 수행하였다.

2. 실험방법

무용존산소 부식특성 평가재료는 폐순환냉각수계통 배관 재질로 사용되는 탄소강(SA106 Gr.B)과 폐순환냉각수계통열교환기 shell side 재질인 탄소강(SA516-70)을 이용하였다. 시편준비는 ASTM G 1-03 "Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens"를 준용하였으며, 전면부식 시험은 ASTM G 31-72 "Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals"를 준용하였다. 시편준비는 먼저 모재에서 절단하여 Fig. 1(a)에 도시한 바와 같은 형태의 시편을 가공한 후, 실험에 사용하기 전 #1500 emery paper를 이용하여 연마하였고 최종적으로 1 μm 의 알루미나 분말을 이용하여 연마하였다. 연마된 시편은 아세트과 에탄올에서 초음파 세척/건조 한 후 0.1 mg 단위의 전자저울을 이용하여 초기 무게를 측정하여 기록하였다. 무게 측정이 완료된 시편은 알코올에 담가 보관하였으며, 시편홀더에 시편을 장착하기 위하여 가공된 구멍의 내부 면적까지 고려한 시료의 총 표면적은 256.28 mm^2 로 측정되었다. 전면부식시험은 Fig. 1(b)에 나타난 탈염수가 들어있는 부식실험용 초자용기를 이용하여 수행되었다. 실험 종료 후 반응기로부터 시편을 추출하여 아세

톤을 이용한 초음파 세척을 수행하였으며, 부식량을 측정하기 위하여 0.1 mg 단위의 전자저울을 이용하여 실험 후 무게를 2회에 걸쳐 측정하고 기록하였다. 또한 부식 시편을 접사 촬영하여 부식이 진행함에 따른 시편의 외면 상태의 변화를 함께 관찰하였다.

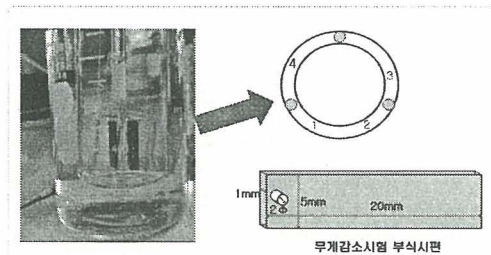


Fig. 1. Experimental apparatus for corrosion test

3. 결과 및 고찰

폐순환냉각수계통을 구성하는 소재 중에서 탄소강 재질에 대한 무용존산소 방식특성을 평가하기 위하여, 탈염수 중의 용존산소를 제거하기 위하여 질소가스로 약 2시간 동안 탈기한 시료와 산소가 포화된 상태의 시료를 이용하여, 실험용액의 온도를 90°C로 유지한 상태에서 시간에 따른 시편의 표면 상태 변화와 무게 변화량을 측정하였다.

표면 관찰 및 무게 측정은 실험 시작 후 각각 24시간, 72시간이 경과된 후에 실시하였다. Fig. 2와 Fig. 3은 SA106 Gr.B 강과 SA516-70 강의 용존산소 조건별 시편 표면을 관찰한 사진이다.

SA106 Gr.B 강의 무용존산소 조건 부식은 Fig. 2(a), (b)에 보인 바와 같이, 초기에는 경미한 균일부식과 부분적인 국부부식이 발생되고 있으나 산소포화조건에 비하여 국부 부식정도가 낮은 것이 관찰되었다. 이는 무용존산소 조건에서 형성된 magnetite(Fe_3O_4)는 용존산소를 제거함으로써 전면부식 속도를 대폭 감소시킨 것으로 판단된다. 반면에 Fig. 2(c), (d)에 나타난 산소포화 조건에서는 초기부터 국부적인 부식이 발생되어 전체적으로 국부부식이 심화되는 부식 거동을 확인하였다. 산소포화 조건에서는 SA106 Gr.B 강의 미세조직을 구성하고 있는 ferrite와 pearlite의 부식 민감도 차이로 인하여 pearlite 조직에서 부식이 활성화되기 때문인 것으로 풀이된다.[2,3]

Fig. 3에 나타난 SA516-70 강 의 경우에도 전체적인 부식 경향은 SA106 Gr. B와 유사하였다. 무용존산소 조건의 경우에는 부식시편 표면에 전체적으로 균일한 부식 반응이 일어났으나, 산소포화 조건에서는 선택적 국부부식이 발전하여 균일부식의 형태로 진전하고 있음을 알 수 있다. 육안 관찰로도 SA516-70 강이 SA106 Gr.B 강에 비하여 전체적으로 부식이 많이 되고 있음을 확인할 수 있으며, 산소포화 조건에서는 hematite (Fe₂O₃)가 주로 발생되어 붉은색의 산화철이 부식시편 표면에 부착되어 있는 것을 관찰할 수 있다.

각각의 재료에 대한 시간에 따른 부식물을 도식화하여 Fig. 4 와 Fig. 5에 실었다. 산소 포화 조건의 경우는 SA106 Gr.B 강에 비하여 SA516-70 강의 초기 부식률은 2배 이상 높았으나, 시간이 경과함에 따라 표면에 부식생성물 피막이 형성되면서 부식률은 두 재료 모두 대폭 감소하였다.

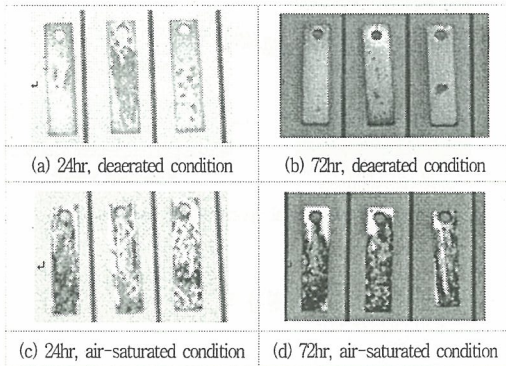


Fig. 2. Surface change of SA106 Gr.B carbon steel by general corrosion, 90°C

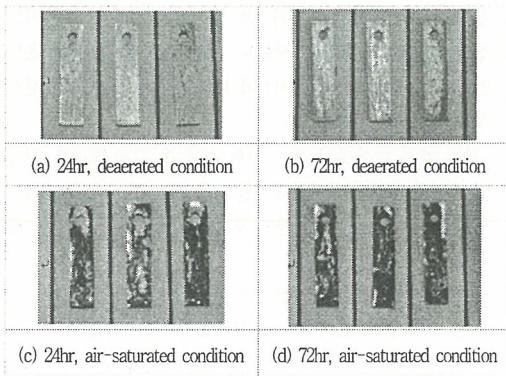


Fig. 3. Surface change of SA516-70 carbon steel by general corrosion, 90°C

무용존산소 조건의 경우에도 시간이 경과함에 따라 부식률이 감소하는 경향이 나타났으나, 산소 포화 조건에 비하여 초기 부식률은 현저하게 낮음을 알 수 있다. 현재까지의 분석 결과는 표면에 부착되어 있는 잔류 부식생성물 피막의 무게 영향이 포함되어 있으므로, 진행 중인 부식생성물 제거 시험이 완료된 후에는 무용존산소의 방식특성이 더욱 두드러지게 나타날 것으로

예상된다.

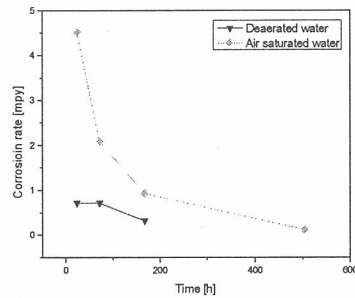


Fig. 4. Corrosion rate vs time (SA106 Gr.B carbon steel)

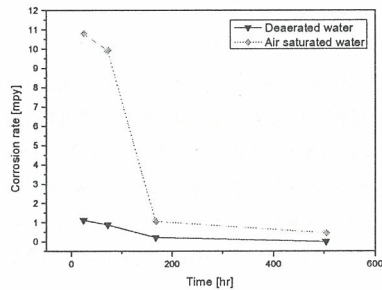


Fig. 5. Corrosion rate vs time (SA516-70 carbon steel)

4. 결론

폐순환기냉각계통 무용존산소 운전의 방식효과를 규명하기 위하여 냉각계통에 사용되는 탄소강 재료를 이용하여 부식특성 평가를 수행하였다. 부식특성 평가로서 전면부식시험을 수행된 결과 산소포화조건에서 보다 무용존산소 운전의 경우에 부식률이 저감됨을 확인하였다. 무용존산소 운전에 의한 방식효과는 부식률이 높은 SA516-70 강에서 더욱 뚜렷하게 나타났다.

5. 참고문헌

- [1] EPRI, TR1007820, closed cooling water chemistry Guideline, Revision 1, 2004.
- [2] EPRI, NP-2853, The general and localized corrosion of carbon steel and low-alloy steels in oxygenated high-temperature water, 1983.
- [3] V, V Kalmykov, et al., Influence of the structure of structural steel on its corrosion in acidic media, Material Science, Vol. 35, No.2. 1999.