

원전 기동시 2차측 수질 환경에서 SA106 Gr.B와 Alloy 690 재료에 미치는 고분자 아크릴산 농도 영향

Effect of Polyacrylic Acid Concentrations to the SA106 Gr.B and Alloy 690 Materials at the Startup Environments of Secondary Water Chemistry of NPP System

권혁철\*, 이두호, 성기방  
한국수력원자력 중앙연구원 방사선환경연구소 (E-mail: [chul@khnp.co.kr](mailto:chul@khnp.co.kr))

**초 록:** 원전 운전 중 2차계통 구성재료가 부식되어 철 산화물이 증기발생기 내부로 유입된다. 유입된 철산화물은 고온고압의 환경에서 침적되어 슬러지가 된다. 침적된 슬러지는 증기발생기 전열관 재료에 응력부식균열(SCC)을 일으키는 주원인으로 원전에서는 철 산화물의 유입을 최소화하기 위해 기동전 2차계통을 순환 세정하고 있다. 해외 원전에서는 고분자 아크릴산(Polyacrylic Acid)을 순환세정시 주입함으로써 2차계통 철 산화물 제거 효율을 높인 사례가 있었다. 이에 우리 원전에서도 기동전 순환세정시 고분자 아크릴산을 주입 적용하였다. 고분자 아크릴산 주입 전 필수적으로 이뤄져야 할 연구는 고분자 아크릴산이 재료에 미치는 영향평가이다. 본 연구에서는 고분자 아크릴산 농도(1, 10, 100 ppm)에 따라 2차계통 구성재료인 SA106 Gr.B와 Alloy 690의 건전성에 미치는 영향을 수행하였다. 평가방법으로는 전기화학 분극실험, 시편을 침지시켜 실험 전, 후 무게 감량을 이용한 부식률 측정, 표면 상태분석등을 이용하여 종합적으로 평가하였다. 전기화학 분극실험과 부식률 측정결과, 고분자 아크릴산 농도가 높을수록 부식은 증가하였고 고분자 아크릴산 농도 100 ppm일 때 최대 부식률이 0.037 mils로 계산되었다. 이는 부식허용 기준치(5.8 mils)보다는 100배이상 낮았으며 표면분석 결과 고분자 아크릴산으로 인한 pitting 부식은 발생하지 않았다. 이와 같은 결과로 기동시 환경에서 고분자 아크릴산 농도 100 ppm까지는 재료 건전성에 미치는 영향은 거의 없는 것으로 판단된다.

1. 서론

원전 정상운전시 증기발생기 내부로 유입된 철산화물 제거와 기동시 2차계통 철산화물을 제거하기 위한 순환세정시 고분자 아크릴산 주입은 철 산화물 제거 효율이 높다는 해외 연구와 발전소 사례가 발표되었다. 이에 우리 원전에서도 기동시 2차계통 순환세정시 고분자 아크릴산 주입을 적용하였으며, 그 효과평가를 수행하였다. 고분자 아크릴산 적용전 필수적으로 이뤄져야 할 부분은 주입할 고분자 아크릴산 농도와 일부 계통에 고분자 아크릴산이 농축됨으로서 재료에 미치는 영향 평가이다. 본 연구에서는 이와 같은 연구의 일환으로 아크릴산 농도에 따른 2차계통 구성 재료에 대한 영향평가를 수행하였다.

2. 본론

전기화학 실험을 위해 시편(SA106 Gr.B와 Alloy690)을 10(가로)×10(세로)×1(두께) mm로 각각 제작하였다. 제작한 시편은 표면을 사포 #2000까지 연마한 후, 알루미늄(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)로 광택을 내고 여분의 불순물을 제거하기 위해 아세톤으로 5분간 초음파 세척을 하였다. 고분자 아크릴산 농도는 1, 10, 100 ppm로 조제한 계통수에 주입하였다(Fig. 1. (a)). 실험 온도는 기동시 온도와 동일한 40°C로 제어하였다. 동전위 분극실험 조건으로 기준전극은 포화칼로멜전극(SCE)이고, Scan rate 5 mV/sec, 적용한 전위는 OCP(Open Circuit Potential) 대비 -1 V에서 +1 V였다. 시편을 침지시켜 무게 감량을 이용한 부식률 측정 실험을 위해 SA106 Gr.B 시편은 5(가로)×20(세로)×1(두께) mm로 제작하였다. 제작한 시편은 전기화학 실험을 위한 시편 전처리를 동일하게 수행하였다. 적용한 고분자 아크릴산 농도도 1, 10, 100 ppm이었으며 조제한 계통수에 주입하였다(Fig. 1. (b)). 침지시간과 실험온도는 14일과 40°C이다.

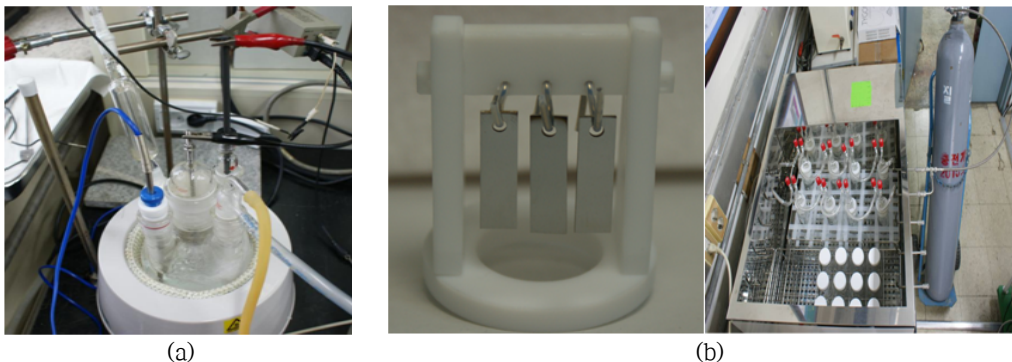


Fig. 1. The equipments for electricchemical test(a) and immersion test(b) of SA106 Gr.B specimens for effect of polyacrylic acid concentrations

### 3. 결론

SA106 Gr.B 시편의 경우, 고분자 아크릴산의 농도가 높을수록 전류밀도가 증가하였으며 부식률도 높았다(Fig. 2). Alloy 690 시편 역시 동일한 경향을 보였다. 이는 고분자 아크릴산이 기동시 환경에서 분해되면서 생성된 유기산의 농도가 고분자 아크릴산의 농도와 비례되기 때문인 것으로 판단된다. 하지만 고분자 아크릴산 농도 100 ppm인 경우에도 최대 부식률은 0.037 mils로 화학세정시 재료 부식 허용 기준(5.8 mils)보다 많이 낮았다. 침지실험 후 표면분석 결과 전면부식 이외에 pitting 부식은 없었다. 이와 같은 실험결과로 보면 기동시 적용될 수 있는 고분자 아크릴산의 농도가 최대 100 ppm일 경우에도 2차계통 구성 재료에 미치는 영향은 거의 없는 것으로 판단되었다.

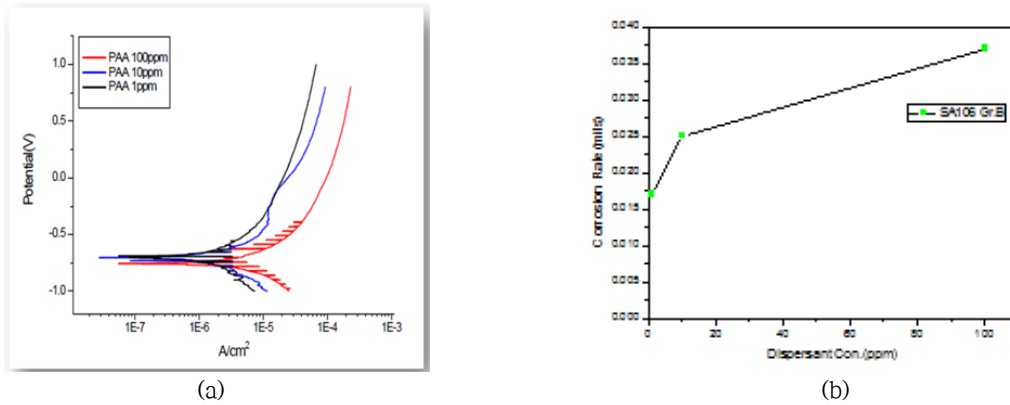


Fig. 2. The potentiodynamic curve(a) and corrosion rate(b) of SA106 Gr.B depending on polyacrylic acid concentrations

### 참고문헌

1. PWR Secondary Water Chemistry Guidelines Revision 7 Committee, "Secondary System Iron Transport during PWR Startups(Action Item 1 from Meeting #5, October 14, 2008)," February 6. 2009.
2. Dispersants for Tube Fouling Control, Volume 5: PWR Application Sourcebook.EPRI, Palo Alto, CA:2007. 1015020.
3. K.Fruzzetti, "Evaluation of Corrosion Product Transport-A Summary,"presented at the EPRI PWR Secondary Water Chemistry Guidelines Revision 7 Meeting #5, Atlanta, GA, October 14, 2008.