

폐 증기발생기 해체를 위한 전열관 제염 시스템 개발

김해웅*, 공창식, 이상철, 이선호

두산중공업(주), 경상남도 창원시 성산구 두산볼보로 22

*haewoong.kim@doosan.com

1. 서론

국내에 원전 노후화로 인해 운전 중 교체에 따라 폐기된 증기발생기는 현재 11기(한울 10기, 고리 1기)가 원자력 발전소 내 보관 중에 있으며, 향후 5년 내에 증기발생기 4기(한빛3,4호기)가 폐기되어 보관고에 보관될 예정이다. 국내뿐 아니라 해외의 경우도 2060년까지 해체로 인한 폐 증기발생기 및 원자로헤드 발생량은 각각 880기와 440기 이상으로 전망되고 있다.

대형 방사성 금속 폐기물의 증가와 고리 1호기 폐로 결정으로 국내 학계, 연구계 및 산업체는 다량의 금속폐기물을 처리하기 위한 제염·해체 기술에 대해 관심이 증가되고 있다.

본 연구에서는 원전 1차측의 방사성 물질 환경에서 구동되었던 기기 중 가장 구조가 복잡하고 해체 처리가 난이한 폐 증기발생기 전열관의 제염 시스템 개발에 대해 소개하고자 한다.

2. 본론

2.1 전열관 제염방법 검토

폐기된 증기발생기의 전열관 내면 제염기술은 기계적 제염기술(연마제염, 드라이아이스 제염)과 화학제염(CORD, ASDOC)이 있다. 기계적 제염기술은 제염효율이 높고 제염시간이 감소된다는 장점이 있는 반면 높은 압력의 공기와 매질을 분사하므로 방사화된 물질이 비산되어 작업자의 Airborne 피폭 가능성이 있다는 단점이 있다. 화학제염기술은 제염하는 동안 방사화 물질의 비산 등이 발생하지 않으므로 제염환경이 상대적으로 안전하다는 장점이 있으나, 제염에 많은 시간이 소요되고, 제염효율이 낮으며, 폐기물이 많이 발생한다는 단점을 가지고 있다.

그러므로 본 연구에선 전열관의 제염기술을 제염효율이 우수하고 시간을 단축할 수 있는 연마재를 이용한 기계적 분사제염 기술로써 개발하는 것으로 선정하여 제염기술을 개발하였다.

2.2 분사제염 기본 평가

증기발생기 전열관을 제염하기 위해선 전열관 내부 표면에 있는 산화물 층과 전열관 모재의 두께 일부를 제거하여야 한다. 제염용 매질은 전열관 내면의 산화층과 모재를 제거하기 위해 높은 경도를 가져 손상이 적고 재 사용성이 우수하여야 한다.

그러므로 본 연구에서는 연마재 매질을 Steel grit, SiC, Al oxide 등으로 선정하여 식각율을 평가하였다. 평가한 결과는 Fig. 1과 같으며, Al oxide와 SiC가 우수한 식각율을 가지므로 분사용 매질로 선정하였다. 매질 입자크기와 식각율의 상관관계는 크지 않았다.

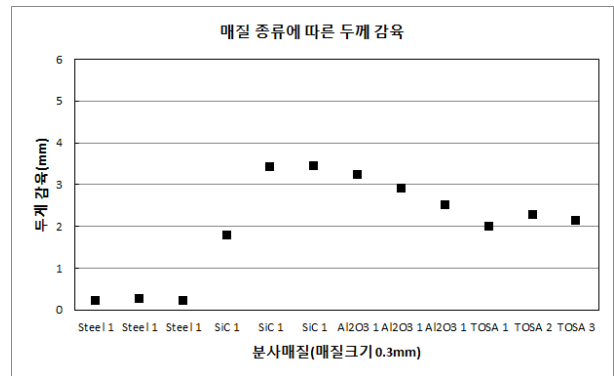


Fig. 1. Thickness reduction with blasting media.

2.3 전열관 분사제염 조건 평가

전열관 내면의 분사제염 조건은 분사할 수 있는 분사장치와 시험대상물인 증기발생기 전열관이 있어야 시험이 가능하다. 이를 위해 분사장치를 Fig. 2와 같이 제작하였으며, 분사 시 연마재 매질을 재 사용하기 위해 진공장치와 Waste drum을 제작하였다. 또한 제염정도와 상태를 조사하기 위해 증기발생기 전열관 Mockup을 실제 전열관 재질과 크기로 Fig. 3과 같이 제작하였으며, 제염정도를 평가하기 위해 전열관 위치별로 시편을 설치하여 제염의 균일성을 평가하였다.



Fig. 2. High Pressure Blast Machine Unit. (Left)
 Fig. 3. U-Bend heat exchange tube Mockup. (Right)

전열관 분사제염 조건평가는 분사제염 기본 평가를 통해 선정된 매질을 이용하여 전열관 Mockup에서 분사시험을 통해 수행하였다.

분사시험은 전열관 내면에 페인트를 도포하여 페인트가 제거되는 상태를 조사함으로써 제염의 균일성을 평가하였으며, 분사 후 표면과 두께 감육 상태를 조사하여 제염성능을 평가하였다.

평가결과 Fig. 4와 같이 전열관 내면은 모든 부위에서 페인트가 제거된 것을 확인하여 제염의 균일성을 확인하였다. 표면 상태와 두께 감육을 평가한 결과 Fig. 5에 나타낸 바와 같이 표면이 식각된 것을 확인하였으며, 두께는 약 25 μ m 이상 식각이 되어 제염계수 100 이상을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

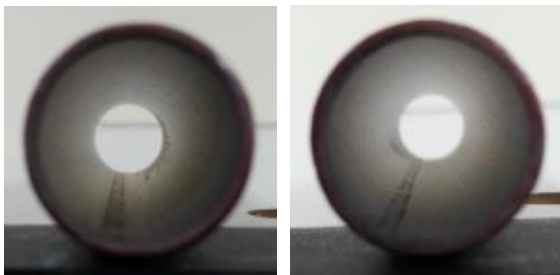


Fig. 4. Tube inner surface after blasting.

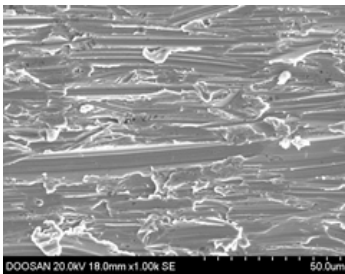


Fig. 5. Blasted Surface.

2.4 분사제염시스템

증기발생기 전열관 내면을 기계적 분사방법으로 제염하기 위해서는 원거리 원격제어에 의해 제염할

수 있도록 하고, 제염 중 작업자 피폭제어와 안전관리가 가능하도록 시스템화하는 것이 필요하다.

그러므로 본 연구에서는 원격으로 모든 전열관을 제염할 수 있는 Manipulator와 함께 분사제염 과정에서 방사성 물질이 비산되는 것을 방지하기 위한 제염 Cell 등을 구비한 제염시스템을 구축 중에 있다.

3. 결론

폐 증기발생기 해체를 위한 전열관 내면 제염을 위해 전열관 Mockup을 이용하여 제염 조건을 선정하였으며, 제염시스템을 구성하기 위해 개발 중에 있다.

4. 감사의 글

본 연구는 산업통상자원부에서 지원하는 원자력융합원천기술개발사업의 지원금으로 수행되고 있다.

5. 참고문헌

- [1] Mirko Walberg, Jörg Viermann, Martin Beverungen, Lutz Kemp, Anders Lindström, "Disposal of Steam Generators from Decommissioning of PWR Nuclear Power Plants", IYNC 2008, Paper No. 158.
- [2] GYE-NAM KIM, MIN-WOO LEE, HYE-MIN PARK, WANG-KYU CHOI, and KUNE-WOO LEE, "ABRASIVE BLASTING TECHNOLOGY FOR DECONTAMINATION OF THE INNER SURFACE OF STEAM GENERATOR TUBES", NET, Volume 43, Issue 5, 2011, 469-476.