

한국표준원전 증기발생기 전열관 검사의 방사성폐기물 발생량 분석 및 처리방법에 대한 고찰

심은섭, 진정화

세안기술(주), 서울시 금천구 가산동 481-10 벽산디지털밸리Ⅱ 910호

usshim@sae-an.co.kr

증기발생기 전열관 와전류탐상검사(Eddy Current Testing of Steam Generator Tubes)는 원자력발전소의 가동기간동안 시간의 경과에 따른 안전관련 설비의 취약화 정도를 감시, 평가하기 위한 가동중검사(In-Service Inspection)[1]의 하나로 원자력발전소의 매 차수 계획예방정비시 마다 수행되고 있다.

와전류탐상검사는 전자기 유도현상을 응용한 비파괴검사법으로 증기발생기 전열관 와전류탐상검사는 증기발생기의 전열관 속에 교류전류가 흐르는 탐촉자(Probe)를 삽입하고 움직이며 전열관에 유도된 교류전류의 변화량을 측정하여 전열관의 건전성을 평가하는 검사이다. 검사의 대상이 되는 증기발생기 전열관은 원자로 1차 냉각수가 순환하는 계통설비의 일부로서 타 계통에 비하여 상대적으로 방사능오염도 및 방사선준위가 높으며, 증기발생기 전열관의 와전류탐상검사에 사용된 후 폐기되는 탐촉자도 높은 방사성오염도와 방사선준위를 띠고 있다.

본 연구에서는 우리나라에서 가동중인 20개호기의 원자력발전소 중 40%(8개호기)를 차지하며, 증기발생기 1대당 전열관의 수가 8,214개 또는 8,340개로 타 모델의 원자력발전소 보다 상대적으로 많은 전열관의 수를 갖고 있는 한국표준원전(Korea Standard Nuclear Power plant)의 증기발생기 전열관 와전류탐상검사를 대상으로 하였다.

증기발생기 전열관 와전류탐상검사에는 Bobbin 검사, TTS MRPC 검사, U-Bend MRPC 검사 및 Freespan MRPC 검사 등의 여러 가지 검사가 있으나, 본 연구에서는 그 중 방사성폐기물의 발생량이 가장 높은 Bobbin 검사에 대한 검사 전열관수와 탐촉자 폐기량과의 관계를 분석하고 폐기되는 탐촉자의 방사선준위와 형태를 고려한 드립 처리방법을 고찰하였다.

Bobbin 검사에 대한 검사 전열관수와 탐촉자 폐기량과의 관계를 분석하기 위하여 2001년부터 2006년 6월까지 세안기술(주)가 수행한 6회의 한국표준원전 증기발생기 전열관 와전류탐상검사의 결과[2, 3, 4, 5, 6, 7]를 자료로 하여 방사성폐기물 발생률을 분석하였다. 본 연구에서 분석한 방사성폐기물 발생률은 검사 전열관수 1,000 tubes 당 폐기되는 탐촉자의 수를 의미하며 그 분석 결과는 표 1.과 같다.

표 1. 한국표준원전 Bobbin 검사에 대한 방사성폐기물 발생률

발전소	검사차수	Bobbin 검사 전열관수 (tubes)	탐촉자 폐기량 (개)	방사성폐기물 발생률* (개/1,000 tubes)
영광3호기	2주기 2차	16,383	45	2.75
영광5호기	1주기 3차	16,799	49	2.92
영광6호기	1주기 2차	16,597	40	2.41
울진3호기	1주기 4차	16,383	30	1.83
울진5호기	1주기 1차	16,701	73	4.37**
울진6호기	1주기 1차	16,680	43	2.58
평균수량		16,568	41	2.50

* 검사 전열관수 1,000 tubes 당 폐기되는 탐촉자의 수

** 평균수량의 계산에 적용하지 않음

표 1.의 분석 결과 중 방사성폐기물 발생률이 특히 높은 울진5호기 1주기 1차의 경우는 비정상적인 검사 환경 때문인데, 그 원인을 분석한 결과 이는 증기발생기 전열관 와전류탐상검사 수행시 증기발생기 전열관의 표면결로(Surface condensation) 때문에 탐촉자의 수명이 단축되었기 때문인

것으로 확인되었다.

따라서, 이는 비정상적인 검사 환경에서의 방사성폐기물 발생률이므로 평균수량의 분석에 적용하지 않았으며, 나머지 5회의 증기발생기 전열관 와전류탐상검사 자료로 분석된 발전소 1개호기의 Bobbin 검사 전열관수는 16,568 tubes이고, 검사 수행시 폐기되는 탐촉자의 수는 평균 41개였으며, 이로부터 전열관수 1,000 tubes 당 폐기되는 탐촉자의 수가 2.50개임을 산출할 수 있었다.

탐촉자의 평균 폐기량인 41개를 200ℓ 용 방사성폐기물 일반드럼을 이용한 처리 양으로 환산하면 2드럼에 해당하며, 이는 폐기되는 탐촉자의 형태가 그림 1.과 같이 원형으로 말린 형태이기 때문에 드럼 처리시 원형 그대로 드럼 내부에 쌓는 방식을 적용한 경우이다.

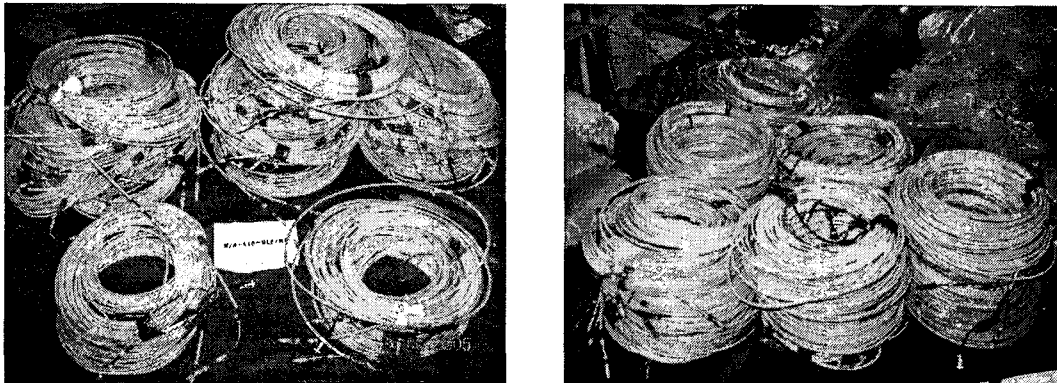


그림 1. Bobbin 검사 후 폐기되는 탐촉자의 형태

그러나, 폐기되는 탐촉자를 원형 그대로 드럼 처리시에는 드럼 내부에 공동(Hole)이 많이 형성되어 드럼의 발생량을 줄이는데 비효율적이며, 폐기 탐촉자와 같이 대부분이 플라스틱으로 된 폐기물은 압축처리를 할 경우 스프링백 효과가 커서 실제로 감용율이 크지 않다[8]. 또한, 높은 방사선준위의 탐촉자를 차폐드럼을 이용하여 드럼 처리할 때 그 현상은 더욱 증가한다.

폐기 대상이 되는 탐촉자의 대부분을 차지하는 샤프트(Shift) 부분이 플라스틱 재질로 제작되어 있음을 고려하여 이 문제의 해결을 위하여 샤프트를 절단하여 드럼 처리하는 방법을 생각할 수 있으며, 이는 샤프트의 재질이 플라스틱으로 쉽게 절단되고 절단 작업시 그 생성물이 공기중으로 비산되지 않기 때문이다.

현재 월성원자력 1발전소와 2발전소에 폐기물 분쇄기가 도입되어 있으며, 이와 같은 장비를 이용하여 탐촉자를 작게 분쇄하여 드럼 처리를 하면 드럼내 공동을 더욱 줄일 수 있다. 이와 같이 분쇄하여 처리하면 기존의 처리 방법보다 약 30~50% 정도 드럼 생성량을 줄일 수 있을 것으로 보이며, 이 방법을 통한 생성 드럼의 감소 효과는 높은 방사선준위의 폐기 탐촉자를 차폐드럼에 처리할 때 더욱 크게 나타날 것으로 기대된다.

참고문헌

1. “원자로서설의 가동중 검사에 관한 규정”, 과학기술부 고시 제2004-13호
2. 세안기술(주), “영광3호기 2주기 2차 증기발생기 전열관 와전류탐상검사 최종보고서”, (2006)
3. 세안기술(주), “영광5호기 1주기 3차 증기발생기 전열관 와전류탐상검사 최종보고서”, (2005)
4. 세안기술(주), “영광6호기 1주기 2차 증기발생기 전열관 와전류탐상검사 최종보고서”, (2005)
5. 세안기술(주), “울진3호기 1주기 4차 증기발생기 전열관 와전류탐상검사 최종보고서”, (2003)
6. 세안기술(주), “울진5호기 1주기 1차 증기발생기 전열관 와전류탐상검사 최종보고서”, (2005)
7. 세안기술(주), “울진6호기 1주기 1차 증기발생기 전열관 와전류탐상검사 최종보고서”, (2006)
8. 양송열 외, “방사성고체폐기물의 감용을 위한 처리방법”, 2006년도 한국방사성폐기물학회 학술논문요약집, pp.126-127, 2006.06.15-16