

## SUS 304와 접촉하는 Alloy 600의 sliding 마모 거동 (The sliding wear behavior of Alloy 600 mated with SUS 304)

한양대학교 김훈, 황 창 선, 김 선 진

### 1. 서론

원자력발전소 증기발생기는 1·2차 계통수 사이의 열교환이 이루어지는 곳으로 증기 발생기 내부의 전열관이 열화 될 경우 방사성 물질을 포함한 1차 계통의 냉각수가 2차 계통으로 유입 되어 심각한 환경문제를 야기할 수 있다. 전열관의 주요 열화 기구중에서 마모에 의한 열화는 기본적인 Archard 마모식을 응용하여 예측하고 있다. Archard 마모식은 1946년 Holm이 제안 한 식을 1953년 Archard가 발전시킨 것으로 마모 대상 재질간의 응착 확률과 수직하중 및 이동 거리 그리고 재료의 경도 값을 변수로 가지며 특히 수직하중과 거리에 선형 비례하는 응착 마모 환경을 기본으로 한다. 이후에 기본 마모식은 더욱 정밀한 마모 예측을 위하여 여러차례의 발전을 거듭하였으며 현재는 마모율(Wear rate)과 에너지 투입율(Work rate)의 관계로 해석한 식과 여기서 얻어지는 마모계수를 널리 사용하고 있다. 그러나 현재까지의 마모예측식은 오차 범위가 너무 커서 효율성과 경제성이 낮기 때문에 산업현장에 직접 적용하기 위해서는 더욱 정밀한 마모예측식으로서의 개선이 필요하다. 본 연구에서는 sliding마모 시험을 통한 마모 인자의 독립적인 고찰을 통해 개선된 마모예측식을 제안하는 것을 목표로 하였다.

### 2. 실험방법

Sliding 마모시험은 실제 원전 증기발생기 전열관으로 사용되는 Alloy 600 tube를 cold rolling machine으로 펴서 고정시편으로 사용하였으며, 일반적인 SUS 304 재질을 운동시편으로 하였다. 표면 조도는 마모 초기에만 영향을 끼치는 것으로 알려져 있으나 모든 시편의 조건을 동일하기 위해서 emery paper #2000까지 polishing한 후 시험을 수행하였다. Sliding 마모시험 장치는 PLINT사의 TE77 high frequency reciprocating friction machine을 사용하였다. 운동시편의 운동거리는 9mm이며 평균 24mm/sec로 최대 24시간까지 수행하였다. 접촉응력은 0.1~1.2MPa 까지 단계적으로 높여가며 실험하였고 온도는 상온과 150, 200, 300℃에서 각각 실시하였다. 마모량의 측정은 실험 후 무게손실을 측정하여 부피(mm<sup>3</sup>)로 환산하였다. 마모표면이나 debris의 분석은 SEM이나 XRD에 의해 수행되었으며, 마모 표면에서 깊이에 따른 경도는 미소경도계로 측정하였다.

### 3. 실험결과

Archard마모식에 의한면 마모 계수는 마모거리(시간)나 접촉응력에 대해서 직선 적인 비례관계를 갖는 것으로 여겨져 왔다. 그러나 sliding 마모시험결과에 따르면 마모량은 마모거리에 대해서 직선적인 비례관계에서 벗어남을 알 수 있었다. 미소경도계, SEM, XRD등을 통하여 마모 시편과 debris를 분석한 결과 이는 마모 진행시 마모표면의 가공경화, material transfer, debris의 영향으로 생각된다. 따라서 마모계수를 상수가 아닌 마모거리에 따른 함수로 개선하게 되었으며, 이러한 마모계수를 사용하여 마모를 예측한 결과 오차 범위가 크게 줄어드는 것을 알 수 있었다.