

SUS 304, 410와 접촉하는 Inconel 600의 rotating 마모 거동
 (The rotating wear behavior of Inconel 600 mated
 with SUS 304, SUS 410)

한양대학교 황창선, 김훈, 김선진

1. 서론

원자력발전소 증기발생기는 1·2차 계통수 사이의 열교환이 이루어지는 곳으로 증기 발생기 내부의 전열관이 부식이나 마모에 의해 열화될 경우 방사성 물질을 포함한 1차 계통의 냉각수가 2차 계통으로 유입되어 심각한 환경문제를 야기할 수 있다. 전열관의 주요 열화 기구 중에서 마모에 의한 열화예측은 마모 대상 재질간의 응착 확률과 수직하중 및 이동거리 그리고 재료의 경도값을 변수로 가지며 특히 수직하중과 거리에 선형 비례하는 응착마모 환경을 기본으로 하는 Archard 마모식을 초기에 사용하였으나 현재는 이를 개선하여 마모율(wear rate)과 에너지 투입율(work rate)의 관계로 해석한 식과 여기서 얻어지는 마모계수를 마모에 의한 열화 예측에 널리 사용하고 있다. 그러나, 현재까지의 마모예측식은 오차 범위가 너무 커서 효율성과 경제성이 낮기 때문에 산업현장에 직접 적용하기 위해서는 더욱 정밀한 마모예측식으로서의 개선이 필요할뿐만 아니라 세관마모에 크게 영향을 미치는 이물질에 관한 연구는 거의 이루어지지 않았다. 본 연구에서는 이물질의 재질과 하중, autoclave내의 온도별로 이물질이 세관마모에 미치는 영향을 고찰하였으며, 고찰된 결과를 기초로 하여 개선된 마모예측식을 제안하고자 하였다.

2. 실험방법

이물질이 세관재료의 마모에 미치는 영향을 rotating 마모시험을 통하여 알아보기 위해 원전 증기발생기 전열관으로 사용되는 Inconel 600 tube를 고정시편으로 사용하였으며, 대표적 이물질 재질인 austenitic stainless steels 304와 martensitic stainless steels 410을 운동시편으로 사용하였다. 표면 조도는 마모 초기에만 영향을 끼치는 것으로 알려져 있으나 본 실험에서는 연마지(#2000)를 이용하여 동일한 표면조도를 유지시켰으며, 마모시험은 원전 내 실제상황을 모사하여 autoclave 내에서 실험하였다. 운동시편의 회전속도는 평균 180rpm으로 최대 20시간까지 수행하였다. 225, 250, 300°C의 온도에서 접촉응력을 1.961N에서 9.807N까지 증가시키면서 각각 마모시험을 실시하였으며 마모량은 무게손실을 측정하여 부피(mm³)로 환산하였다. 마모 표면의 분석은 SEM과 XRD에 의해 수행되었으며, 산화마모 여부를 확인하기 위하여 마모표면을 AES를 이용하여 분석하였다.

3. 실험결과

Archard 마모식에 의하면 마모량은 마모거리(시간)나 접촉응력에 대해서 직선적인 비례관계를 갖는 것으로 알려져 있지만, rotating 마모시험 결과에 따르면 전열관 재질의 마모량은 마모 거리에 대해서는 직선적인 비례관계에서 벗어남을 알 수 있었다. 따라서 마모계수를 상수가 아닌 마모 거리에 따른 함수로 개선하게 되었으며, 이러한 마모계수를 사용하여 마모를 예측한 결과 오차 범위가 크게 줄어드는 것을 알 수 있었다. SUS 304의 경우에는 온도에 따른 마모량의 변화가 나타나지 않았으나 SUS 410의 경우는 온도에 따라 현저한 마모량의 차이를 나타내었는데, 이는 SUS 304와는 달리 SUS 410에서는 뚜렷한 산화마모가 나타났기 때문으로 생각된다.