

Fe계 경면처리 합금의 고압·수중 마모거동
(The sliding wear behavior of Fe-base hardfacing alloy
in pressurized water)

한양대학교 이권영, 오영민, 김선진

1. 서론

가압경수로 1차 계통내 밸브의 디스크와 시트 접촉면은 90~343℃의 고온·수중 환경에서 5~30ksi의 높은 접촉응력이 가해지기 때문에 마모와 부식 저항성이 우수한 재료인 Co계 Stellite 합금으로 경면처리하여 사용되어 왔다. 그러나, 마모와 부식에 의해 Stellite 합금으로부터 떨어져 나온 Co가 원전 1차 계통 방사선장을 증가시키는 주요 원인중의 하나로 밝혀지면서 Stellite 합금을 Fe계나 Ni계와 같이 Co를 함유하지 않는 합금으로 대체하기 위한 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 미국 EPRI에서 개발되어 가장 유력한 Stellite 대체합금으로 고려되고 있는 Norem 02와 현재 개발중인 아공정 오스테나이트계 합금인 Fe-Cr-C-Si계 합금에 대하여 온도에 따른 고압·수중에서의 sliding 마모거동을 비교, 평가하였다.

2. 실험방법

Norem 02 시편은 Deloro Stellite Co.로부터 구입한 용접봉을 두께 12mm SUS 304 후판에 GTA 방법으로 두께 3mm 이상이 되도록 육성용접하여 제작하였으며 신합금의 경우에는 아르곤 분위기에서 유도로를 이용하여 아크 용융 방법으로 제조하였다. Sliding 마모시험은 마모시편의 표면을 #2000의 연마지로 연마한 후에 수행하였다. 마모시험은 원전내 실제상황을 모사한 autoclave 내에서 실험하였으며 10×30×5mm 고정시편 위에서 φ6×3.5mm 운동시편이 9mm 거리를 왕복 sliding 하도록 하였다. 운동시편의 이동속도는 원자력발전소 1차 계통내 게이트 밸브의 평균 작동속도인 3mm/s로 하였으며, 마모시험은 15ksi의 하중에서 상온~250℃의 온도 범위에서 수행하였다. Sliding 마모시험이 끝난 후에 마모기구의 확인을 위하여 마모된 시편표면을 SEM으로 관찰하였으며, 마모된 시편표면의 상변태 확인을 위하여 sliding 마모시험 전후의 시편표면을 XRD와 TEM으로 관찰, 분석하였다.

3. 실험결과

Norem 02는 190℃ 이하의 온도에서 adhesive, oxidative 마모거동을 보이며 상당히 적은 마모량을 보였으나 200℃ 이상의 온도에서는 galling 현상이 발생하였다. 일반적으로 Norem 02는 변형유기 상변태에 의해 기지상이 강화됨으로써 마모 저항성이 향상되는 것으로 알려져 있으며, 이러한 현상은 변형유기 상변태가 발생할 수 있는 온도(M_d 온도) 이하에서 가능하다. Norem 02에서는 galling 현상이 200℃ 이상에서 발생한 것으로 보아 이들 합금의 M_d 온도가 200℃ 이하로 생각되며, 이에 따라 변형유기 상변태가 억제되고 내마모성이 저하되었기 때문에 galling 현상이 발생한 것으로 생각된다. Fe-Cr-C-Si계 합금의 경우에는 sliding 마모시험을 수행한 모든 온도범위에서 Norem 02에 비해 상당히 적은 마모량을 보였으며, 특히 250℃까지 galling 현상이 발생하지 않았다. 이는 Norem 02와는 달리 Fe-Cr-C-Si계 합금에서는 최고 시험온도인 250℃까지 변형유기 상변태가 유지되었기 때문으로 생각된다.