

Ni-Fe-P 합금전착에 미치는 첨가제의 영향
The effect of additive on Ni-Fe-P alloy electrodeposition

서무홍, 김정수*, 황운석**, 김동진*, 천병선
충남대학교, 원자력연구소*, 인하대학교**

1. 서론

원자력발전소 내부의 증기발생기는 원자로에서 발생된 에너지를 방사능에 오염된 1차 냉각계통의 고온, 고압(323℃, 175atm)의 냉각재를 통하여 방사능에 오염되지 않은 2차 냉각계통(터빈계통)으로 열을 전달하는 중요한 구성요소이다. 증기발생기 전열관 손상을 보수하기 위하여 손상된 전열관 내부에 슬리브 관을 삽입한 후 모재와 슬리브 관을 용접하거나 기계적 접합으로 연결하는 방법을 사용하고 있다¹⁾²⁾. 슬리브 관을 삽입하여 보수하는 방법들은 모두 모재와 조인트부를 필요로 하게 되므로 연결부 제작시 인입되는 가공유기응력이 결합발생의 잠재요인으로 작용하여 설치후 결함을 유발할 수 있게 된다. 그러나, 전착을 이용한 Electrosleeving 기술은 조인트부가 없는 일체형이므로 기존의 단점을 보완할 수 있으며, 그밖에도 차기보수를 위한 접근성 양호, 모재의 미세조직 불변, 틈새 없는 연속적 결합, 냉각재 유속 감소 최소, 잔류응력제거 및 슬리브 관 삽입 불필요, 기계적 강도 우수 등의 장점이 있어 차세대 보수법으로 대두되고 있다.

본 논문에서는 전착피복을 이용한 전열관 보수기술을 개발하기 위해 Ni-Fe-P 합금전착에 대한 첨가제의 영향을 조사하였으며, 이를 통해 얻어진 전착층의 재료 특성과 미세조직을 관찰하였다.

2. 실험방법

Ni-Fe-P 합금전착을 하기 위해서 Ni 공급원으로 설페이트니켈(Ni(SO₃NH₂)₂)을, Fe 공급원으로 설페이트철(Fe(SO₃NH₂)₂)을, P 공급원으로 아인산(H₃PO₃)을 사용하였으며, 불용성의 Pt가 전착된 Ti을 양극으로, Inconel 600을 음극으로 사용하였다. 전착시편은 Table 1에 나타낸 바와 같은 조건 하에서 10cm x 1cm의 크기로 제작하였다.

Table 1 Electrodeposition Process Conditions.

Sample No.	Solution	Current Density (A/dm ²)	Temp. (°C)	pH	Additive (ml)	Agitation (rpm)
FP1	Sulfamate	15	50	1	0	70
FP2					4	70
Solution = Ni(SO ₃ NH ₂) ₂ 1.39mol + Fe(SO ₃ NH ₂) ₂ 0.005mol + H ₃ BO ₃ 0.65mol + H ₃ PO ₃ 0.007 mol						

Ni-Fe-P 전착층에 대한 첨가제의 영향을 알아보기 위하여 Stress Reducing Reagent(SRR)를 첨가하여, 150min 동안 전착을 수행하였다. 전착시 용액은 스테러를 이용하여 70rpm 속도로 교반하였다. 전착층 제조 시 스트라이크처리를 하지 않았기 때문에 전착 후 모재로부터 전착층을 쉽게 분리할 수 있어 전착층의 특성분석이 용이하였다. 성분분석은 ICP 분석을 수행하였으며, 기계적 특성을 평가하기 위해 경도측정을 행하였다. 경도는 Matssuzawa 사의 MXT-CX를 사용하여 하중 100gf로 측정하였다. 미세조직관찰은 Jeol사의 주사전자현미경 JSM5200을 사용하여 표면을 관찰하였으며, Oxford Link(Model ISIS-5947) EDX가 부착된 투과전자현미경 2000FX를 사용하여 입계와 석출물을 관찰하였다.

3. 실험결과

설파민산욕을 이용한 Ni-Fe-P 전착실험을 통해 얻어진 전착층의 재료특성과 미세조직을 평가하였다. 첨가제 SRR를 첨가하지 않은 FP1과 첨가한 FP2의 전착층에서 화학성분은 각각 Ni-3.2wt.%Fe-1.32wt.%P, Ni-2.53wt.%Fe-0.6wt.%P로 첨가제를 첨가한 FP2에서 Fe, P의 농도가 감소한 것으로 나타났다. 경도는 FP1과 FP2에서 각각 Hv695, Hv680으로 FP1이 높게 나타났으며, 이는 고용강화효과의 증가에 의한 것으로 해석된다. XRD 분석 결과에서는 FP1에 비하여 FP2의 (111), (200) 면의 peak 강도가 크게 감소하였다.

표면분석결과에서는 FP1은 분말형태를 나타내었고, FP2는 조밀결정형태를 나타내어 첨가제가 조밀결정 전류밀도의 범위를 크게 확장시킨 것으로 분석되었다³⁾. 결정립 크기는 FP1의 경우, 평균 60~70nm의 크기를 나타내며 국부적으로 100nm 이상의 조대한 결정립이 존재하였으며, FP2의 경우 완전한 나노 결정립으로 완벽한 링 형태의 회절패턴을 나타내었다⁴⁾.

참고문헌

- 1) F. W. Cooper, "In-Place Retubing and Sleaving of Nuclear Steam Generator", Paper presented at American Nuclear Society Meeting, Detroit, Michigan, June 1983.
- 2) Electric Power Research Institute, Workshop Proceedings, "Replacement and Repair of Steam Generator", Report No. EPRI NP-3207-SR, August 1983.
- 3) L. Oniciu, L. Muresan, J. Applied Electrochemistry, 21, 565-574 (1991).
- 4) A. R. Despic, Comprehensive Treatise of Electrochemistry, Vol. 7, Plenum, New York (1983).