

## A-06

### Ni-P-B 합금전착층의 재료특성에 미치는 펄스전류와 첨가제의 영향

The effect of pulse current and additive  
on the material properties of Ni-P-B alloy electrodeposits

서무홍, 김동진, 노유미, 김정수  
한국원자력연구소

#### 1. 서론

원자력발전소 내부의 증기발생기는 원자로에서 발생된 에너지를 방사능에 오염된 1차 냉각계통의 고온, 고압(323°C, 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 있다<sup>1)2)</sup>. 슬리브 관을 삽입하여 보수하는 방법들은 모두 모재와 조인트부를 필요로 하게 되므로 연결부 제작시 인입되는 가공유기응력이 결함발생의 잠재요인으로 작용하여 설치후 결함을 유발할 수 있게 된다. 그러나, 전착을 이용한 Electrosleeving기술은 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.

따라서, 본 논문에서는 전착을 이용한 원자력발전소 전열관 보수기술 개발을 위한 기초실험으로 Ni-P-B 합금전착에 대한 펄스전류와 첨가제(사카린)의 영향을 조사하였다.

#### 2. 실험방법

Ni-P-B 합금전착을 위해서 Ni 공급원으로 설풠산니켈( $\text{Ni}(\text{SO}_3\text{NH}_2)_2$ )을, P 공급원으로 아인산( $\text{H}_3\text{PO}_3$ )을, B 공급원으로 Dimethylamine Borane ( $(\text{CH}_3)_2\text{NHBH}_3$ , DMAB)을 사용하였으며, 불용성의 Pt가 전착된 Ti을 양극으로, Inconel 600을 음극으로 사용하였다. 펄스전류와 사카린의 영향을 알아보기 위한 전착시편은 Table 1에 나타낸 바와 같은 조건 하에서 3cm x 9cm의 크기로 제작하였다. 전착시 용액은 마그네틱바를 이용하여 교반하였으며, 180min 동안 전착을 수행하였다. 전착층 제조 시 스트라이크처리를 하지 않았기 때문에 전착 후 모재로부터 전착층을 쉽

계 분리할 수 있어 전착층 특성분석이 용이하였다.

Table 8 Electrodeposition Process Conditions.

Solution	Peak Current Density (A/dm <sup>2</sup> )	Duty Cycle ( $\theta = T_{on}/(T_{on} + T_{off})$ )	Temp. (°C)	pH	Additive (Saccharin, mg/L)	Agitation
Sulfamate	20	0.3 ~ 1	60	2	0 ~ 500	Magnetic Stirrer
Solution = Ni(SO <sub>3</sub> NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> 1.39mol + H <sub>3</sub> PO <sub>3</sub> 0.007 mol + (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> NHBH <sub>3</sub> 0.001mol + H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> 0.65mol						

### 3. 실험결과

동일한 20A/dm<sup>2</sup>의 peak current density에서, 듀티싸이클이 증가할수록 평균전류밀도가 증가하며, 이에 따라 전착속도가 증가한다. 듀티싸이클이 증가할수록 전착층에서 P 함량 감소로 Ni-P-B 합금전착층의 경도, 인장강도, 최대인장강도는 감소하였으나, 연성은 증가하였다. 또한, 평균전류밀도 증가에 의한 과전압 증가로 수소 발생량이 증가하여 표면거칠기와 전착층내 기공밀도가 증가하였다. 전체 단면적에 대한 기공밀도는 크지 않았기 때문에 기계적특성에 미치는 영향은 미약하였던 것으로 판단된다.

응력감소제로 잘 알려져 있는 사카린의 영향을 조사한 결과, 사카린 양이 증가할수록 Ni-P-B 합금전착층내 S 함량 증가로 잔류응력과 연성이 감소하였으나, 인장강도 및 최대인장강도는 증가하였다.

### 참고문헌

- 1) F. W. Cooper, "In-Place Retubing and Sleeving 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.