

MCFC용 wet-seal부의 내식피복을 위한 NiAl/Y합금의 피복공정에 관한 연구

A Study on the Process of NiAl/Y for Corrosion-resist Coating on the Wet-seal Area of MCFC

송상빈, 황응림, 강성군

한양대학교 재료공학과

1. 서론

용융탄산염 연료전지(MCFC)는 고온(650°C)에서, 부식성이 강한 용융탄산염 ($62^m/\%Li_2CO_3-38^m/\%K_2CO_3$)에서 작동하므로 분리판 재료로 사용되고 있는 스테인레스강의 부식은 심각한 문제가 되고 있다. 특히 분리판의 wet-seal부는 용융탄산염에 직접적으로 노출되므로 이 부분의 부식은 전지 성능과 수명을 저하시키는 주요한 요인이 되고 있다. 따라서 분리판 wet-seal부에 적절한 내식 피복재료를 선정, 피복 함으로써 MCFC성능 및 수명을 향상시킬 수 있다. 현재 MCFC분리판 재료로는 AISI 316L 이나 310S 스테인레스강을 사용하는데 부식이 가장 심한 wet-seal부는 내식성 향상을 위해 스테인레스강에 aluminizing처리를 하고 있다. Wet-seal부의 피복합금으로서 최근 연구에서 Ni 도금조건은 전류밀도 $7A/dm^2$, 온향공기용 고온 내식 피복재료로 사용되는 NiAl합금에 0.7at%이상의 yttrium을 첨가함으로써 향상된 내식성 및 밀착성을 얻을 수 있었는데, 이러한 NiAl/0.7Y합금을 MCFC의 분리판 wet-seal부에 적용하는데 적절한 합금화 및 피복공정기술의 개발이 시급한 문제가 되고 있다.

본 연구에서는 Ni-Al-Y합금을 단위전지의 wet-seal부에 피복 시키는 적절한 공정을 개발하기 위해 우선 316L 스테인레스강에 각 성분의 피복두께(조성비)와 피복순서를 달리하여 순차적으로 피복한 후 열처리 시간과 열처리 온도를 변화시켜 평가하였다.

2. 실험방법

시편은 316L을 $20mm \times 20mm \times 1mm$ 의 크기로 절단하여 우선 Ni를 316L 스테인레스강에 전기도금 방법으로 하지도금한 후 Al과 Y를 EB-PVD방법으로 각각 피복 하였다. Ni피복시 스테인레스강의 부동태 피막이 Ni피복의 밀착성을 나쁘게 하므로 strike도금액($240g NiCl_2 \cdot 6H_2O + 125ml HCl + 1l H_2O$)에서 Ni strike 처리 후, 광택Ni도금액인 Watts bath($330g NiSO_4 \cdot 6H_2O + 45g NiCl_2 \cdot 6H_2O + 37g H_3BO_3 + 1l H_2O$)에서 피복하였다. 이때 도는 60°C이었다. 그리고 Al과 Y의 진공 증착방법은 산업과학기술연구소(RIST)의 EB-PVD장비를 사용하여 진공도는 $2 \times 10^{-5} torr$, 기판온도는 Al의 경우 350°C에서, Y의 경우 400°C로 각각 증착하였다. 이 시편들은 1~15시간까지의 여러 열처리시간과 각각 700°C, 800°C의 열처리 온도를 달리하여 환원분위기하에서 열처리하였고, 그 결과를 XRD, SEM, EDS로 분석하였다.

3. 결과 요약

1) 각 합금원소의 적절한 피복 두께 및 피복 순서는 다음과 같았다. NiAl/0.7Y의 합금의 atomic percent를 계산하여 일정한 두께인 Al($22.7\mu m$), Ni($15\mu m$), Y($0.7\mu m$)를 316L 스테인레스강 위에 Ni($15\mu m$)를 전기도금방법으로 하지도금하고 먼저 Y($0.63\mu m$)를 EB-PVD방법으로 피복한 후 Al($22.7\mu m$)을 Y와 같은 방법으로 피복하여 열처리하면 적절한 합금층이 형성됨을 알 수 있었다.

- 2) 피복된 각 합금원소의 적절한 합금형성을 위한 열처리 조건은 다음과 같았다. 일정 온도 800°C에서 5시간 이상 열처리될 경우 NiAl층이 형성되었고 Y는 피복층 표면으로 확산되어 안정한 Y₂O₃층을 형성하였고, Al₂O₃와 Y₂O₃가 표면에서 균일하게 분포했다.
- 3) 단위 전지의 wet-seal부에 Ni(15μm)를 전기도금하고 Y(0.63μm)와 Al(22.7μm)을 순서대로 EB-PVD방법으로 피복하여 800°C로 5시간 열처리하여 NiAl/Y합금을 형성시킨다면 전지의 내식성 및 밀착성은 향상될 것으로 판단되었다.

참고문헌

1. R. A. Donaldo, L. G. Marianowski, H. C. Maru and J. R. Selman, J. Electrochem. Soc. 131, 2535 (1984)
2. J. M. Fisher and P. S. Bennett, J. Mater. Sci. 26, 749-755 (1991)
3. K. Hiyama, T. Yoshioka and Y. Fukui, Corrosion Eng. 39, 455-464 (1990)
4. K. Nakagawa, S. Kihara and T. Kobayashi, Proc. 11th. Corrosion Congres, 4, Florence (1990)
5. T. Nishina, K. A. Yuasa and I. Uchida, Proc. 3rd Int. Symp. Carbonate Fuel Cell Technology, Electrochemical Society, Proc. Vol.93-3, High Temperature Materials and Battery Divisions, D. Shores et al., Eds, 264-77 (1993)
6. C. Yuh, P. Singh, L. Paetsch and H. Maru, Corrosion/87. San Francisco, March 17-21, 1986, Paper 276(1987)
7. 황응립, 이대회, 김선진, 강성균, 한국재료학회지, 8, 8, 685-692 (1998)