금속계 연료전지 분리판의 내식특성 향상을 위한 Zr기 비정질 박막 합성기술

Zr based metallic glass thin films for corrosion protection of the metallic bipolar plate in PEM fuel cell

선주현[a*], 문경일[a], 신승용[a]
[a*]한국생산기술연구원, 열처리연구실용화그룹 (E-mail : branch@kitech.re.kr)

초 록 : 연료전지 스택을 구성하는 핵심 부품 중 하나인 분리판(Bipolar plate)은 반응 연료인 수소와 산소를 분리하여 셀(cell)의 전면적에 균일하게 분배, 공급, 배기 및 전기화학반응에 의해 생성된 전류를 수집하며, 높은 가스밀폐성, 전기전도성 및 내식성이 요구된다. 분리판 소재로는 흑연, 고분자-탄소 복합체 및 금속 등이 사용되고 있으며, 이중 연료전지 스택의 부피, 무게 및 제조비용 감소를 위하여 금속분리판이 주목받고 있다. 그러나 금속분리판의 경우 연료전지 작동환경에서 부식반응에 의한 이온 용출로 인해 전극촉매나 고분자전해질막의 오염을 유발할 수 있다는 단점이 있어 최근 금속계 분리판의 코팅을 통하여 분리판의 내식특성 및 전기적 특성을 향상시키는 연구가 활발히 진행되고 있다.

1. 서론

분리판 소재로는 흑연, 고분자-탄소 복합체 및 금속 등이 사용되고 있으며, 이중 연료전지 스택의 부피, 무게 및 제조비용 감소를 위하여 금속분리판이 주목받고 있다. 그러나 금속분리판의 경우 연료전지 작동환경에서 부식반응에 의한 이온 용출로 인해 전극촉매나 고분자전해질막의 오염을 유발할 수 있다는 단점이 있어 최근 금속계 분리판의 코팅을 통하여 분리판의 내식특성 및 전기적 특성을 향상시키는 연구가 활발히 진행되고 있다(1). 한편 비정질 합금의 경우 불규칙한 원자배열로 인해서 부식이 우선적으로 일어나는 결정입계, 편석, 쌍정 적층결함 등의 국부적인 불균일 조직이 없거나 매우 적어 강한 내식성을 가지는 것으로 알려져 있다. 따라서, 최근 내식특성이 요구되는 금속계 분리판의 재료로써 비정질합금이 강력한 후보물질로 주목받고 있다(2).

본 연구에서는 내식성이 우수하다고 알려진 Zr계 비정질 합금을 이용하여 금속계 분리판에 비정질 박막을 합성한 후 전기적특성 및 내식특성을 평가함으로써 비정질 합금박막의 적용가능성을 평가하였다. 성막을 위해 Zr계 비정질 합금 분말을 방전 플라즈마 소결법을 이용하여 스퍼터링용 타겟을 제조하였다. 제조된 다성분계 합금타겟을 이용하여 0.1mm 두께의 STS 316L 시트표면에 DC magnetron sputtering 공정을 이용하여 비정질 박막을 증착한 후 적용가능성을 평가하였다.

2. 본론

다성분계 합금타겟을 이용하여 70 x 70 x 0.1mm 크기의 STS 316L시트 표면에 DC magnetron sputtering 공정을 이용하여 비정질 박막을 증착 하였으며, XRD 및 TEM분석을 통하여 박막의 구조를 확인하였으며, 전기적 특성을 확인하기 위해 4 probe test 및 계면접촉저항을 측정하였다. 비정질 박막의 내식특성은 연료전지 작동환경을 모사하여 80°C,1MH2SO4+2ppmF⁻용액으로 각 각 H_2 gas및 Air bubble 분위기에서 동전위 분극시험을 통한 연료전지 분리판 코팅재로서의 가능성을 확인하였다.

일반적으로 계면접촉저항은 표면조도에 따라 실제 접촉부위를 통해서만 전류가 흐르기 때문에 접촉물질의 표면조도에 영향을 받게된다(3). 따라서 본 연구에서는 모재인 STS316L 모재의 표면조도를 변화시킴으로써 계면접촉저항의 변화를 관찰하였다. 그림.1에 모재의 표면조도에 따른 코팅시편 및 비코팅시편의 접촉저항 측정결과를 보였다. 코팅처리되지 않은 모재 및 비정질박막이 코팅된 시편 모두 표면조도가 증가함에 따라 계면접촉저항이 급격히 감소하는 것을 확인할 수 있으며, 비정질박막이 코팅된 시편의 경우 동일조도 상태에서 코팅되지 않은 시편에 비해 약 1/3 수준의 계면접촉저항을 보임을 알 수 있다.

그림.2에 비정질 포일, 모재 및 비정질박막이 코팅된 시편의 동전위분극시험 결과를 보였다. 연료전지의 음극 및 양극분위기에서의 부식전류는 $1x10^{-7}A/cm^2$ 이하의 값을 보였으며, 연료전지 작동환경인 0.6~1.2V 전위 구간에서도 $5x10^{-6}A/cm^2$ 이하의 부식전류가 측정되었다. 따라서 모재인 STS316L 표면에 약 3㎛ 두께의 비정질박막을 코팅함으로써 연료전지에 사용되는 금속계 분리판의 내식특성을 향상시킬 수 있다는 것을 확인하였다.

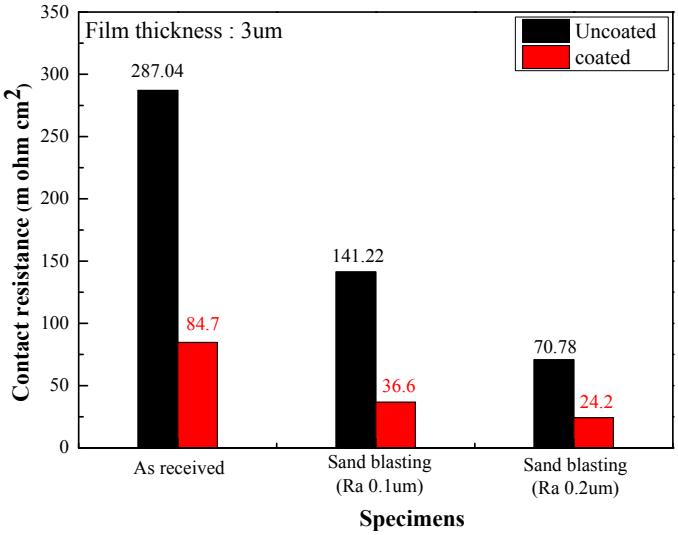
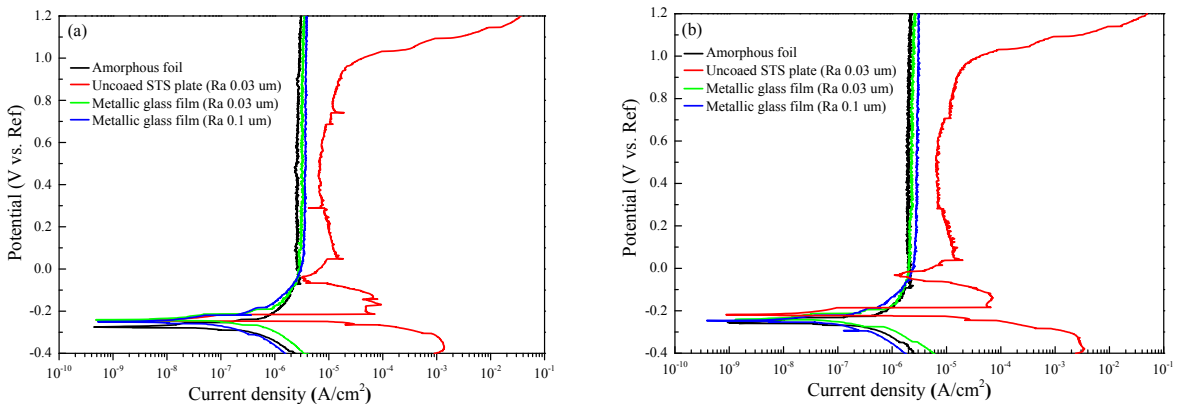


Fig. 1 Cam-tappet rig test result



(a) 80℃ with H2 bubbling (b) 80℃ with air bubbling

Fig. 2 Potentio-dynamic polarization experiments of the amorphous foil and various surface roughness of the metallic glass thin films in 1M H_2SO_4+2ppm F^- solutions

3. 결론

본 연구에서는 금속계 연료전지 분리판의 내식특성 개선을 위해 고내식 특성을 갖는 Zr기 비정질 박막을 코팅한 후 특성을 평가하였다. 모재의 표면조도가 증가하면서 계면접촉저항은 급격히 감소함을 확인할 수 있었으며 0.2㎛의 표면조도를 갖는 모재표면에 비정질박막코팅 시편의 경우 접촉저항이 24.2 mΩ·cm2로 감소하였다. 또한 연료전지 작동환경을 모사한 조건에서의 동전위 분극시험 결과 모재의 내부식 특성을 현저히 향상시킬 수 있음을 확인하였다.

참고문헌

1. Renato A. Antunes, Mara Cristan L. Oliveira, Gerhard Ett, Volkmar Ett, “Corrosion of metal bipolar plate for PEM fuel cells : A review”, International J. of Hydrogen Energy 35 (2010) 3632-3647.
2. S. Javalakshmi, V. S. Vasantha, E. fleury, M. Gupta, “Characteristics of Ni-Nb-based metallic amorphous alloys for hydrogen-related energy applications”, Applied Energy 90 (2012) 94-99.
3. A. Kraytsberg, M. Auinat, Y. Ein-Eli, “Reduced contact resistance of PEM fuel cell’s bipolar plates via surface tuexturing”, J. of Power Sources 164 (2007) 697-703.