

연료전지 자동차용 내부식성 금속분리판 개발

Development of Corrosion Resistant Metallic Bipolar Plate for Fuel Cell Vehicle

김명환, 구영모, 정선경, 유승을
자동차부품연구원 환경소재연구센터

1. 서론

연료전지 자동차를 상용화하기 위해 연료전지 시스템 및 운전장치 등에 대한 연구가 진행되어지고 있다. 하지만 상용화를 위해서는 차량 1대당 수억원에 해당하는 제조단가를 감소시켜야 한다. 현재 연료전지 스택에 사용되는 graphite 분리판(\$2000/kW)이 연료전지 시스템 및 운전장치에서 가장 고가이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 금속분리판 및 carbon composite 등에 대한 연구가 진행되고 있다. 특히 금속분리판은 박막형태로 제작이 가능하며 무게당 에너지효율을 증가시킬 수 있으며 진동에 강하고 가격이 저렴한 편이다. 하지만 전기화학적인 산화·환원반응에 의하여 금속이온이 용출되거나 금속산화물이 형성되어 membrane의 water content 및 분리판 전기전도도 감소, ICR(Interfacial Contact Resistance) 상승, 촉매 피독 등의 문제를 발생시켜 연료전지의 성능을 저하시킨다. 이러한 현상을 방지하기 위하여 Ni-Cr계 금속도금에 Ti, Cr-TiN, CrN, Pd-Ni, Au 등을 표면처리하거나 새로운 금속합금을 제작하여 문제점을 해결하고자 하는 연구가 이루어지고 있다.

본 연구에서는 금속분리판을 반응면적과 비 반응면적으로 설계하고 반응면적에서 발생될 수 있는 산화·환원을 미연에 방지하고자 비전도성, 내구성 물질인 PTFE(PolyTetraFluoro-Ethylene)을 유로가 형성된 분리판에 표면처리 하였다. 그리고 제조된 금속분리판의 내부식 특성 및 연료전지 성능에 대한 연구를 수행하였다.

2. 실험방법

Graphite 분리판을 대체하기 위하여 저가이며 경량금속인 알루미늄(Al)을 이용한 분리판을 제작하였다. 금속분리판에서 산화·환원반응에 의해 발생하는 부식을 최소화하기 위하여 그림 1과 같이 Al5052 소재에 CNC 가공하여 유로를 형성시키고 반응면적에 내식성이 우수한 polymer 소재인 PTFE를 표면처리 하여 PTFE/Al 금속분리판을 제조하였다. 또한 미국 DOE 목표인 \$10/kW을 만족시키기 위하여 제조공정을 단순화하였다. 제조된 PTFE/Al 금속분리판을 그림 2에 나타내었다.

PTFE/Al 금속분리판을 GDL과 적층하였을 경우에 전기가 통하는 Al 부분과 맞닿은 GDL 부분에서 부식이 발생할 가능성이 있기 때문에 그림 3과 같이 GDL(d)에 filler(e)를 함침시켜 물 및 기체가 GDL의 side로 이동하여 Al 표면과 접촉하는 것을 방지하였다. 그림 3에서 a는 유로가 있는 Al 분리판이며 b는 유로, c는 PTFE, f는 가스켓을 타나낸 것이다.

3. 결과 및 고찰

PTFE/Al 금속분리판을 이용하여 1M H₂SO₄ + 1 ppm HF 용액으로 부식특성을 측정하였으며 그림 4에 나타내었다. 내부식성 PTFE에 의해 부식곡선이 수직으로 나타났으며 부식용액에 48시간 담가둔 후 측정한 경우에도 부식현상을 발생되지 않았다.

PTFE/metal 금속분리판은 모재를 Al 뿐만 아니라 사용형태에 따라서 Fe, Cu, SUS, Ti 등을 적용할 수 있다. Al과 Cu를 모재로 PTFE/Al, PTFE/Cu 금속분리판을 제작하여 성능평가를 수행하였으며 그림 5에 나타내었다. 모재를 Al 또는 Cu를 이용한 경우 0.6 V에서 0.10 W/cm²으로 거의 같은 성능을 보였다. 그러나 0.6 V에서 graphite 분리판(900 mA/cm², 0.55 W/cm²)을 이용한 것보다 전력량이 약 80% 낮게 나타났다. 이러한 이유는 그림 6에서 나타낸 것과 같이 기존의 분리판과 GDL의 형태에서는 최단거리로 전자가 이동하지만 PTFE/Al 금속분리판의 경우에는 수직방향으로 전자가 이동할 수 없어 GDL의 side로 전자가 이동한다. 이러한 이유로 인하여 GDL의 전기전도도가 낮아 수평방향으로 전자가 이동시 저항이 커져 전력량이 낮게 나온 것으로 여겨진다. 이러한 근거는 그림 5의 그래프에서 볼 수 있듯이 GDL(carbon cloth) 1장에 nickel foam이나 carbon paper를 같이 연결한 성능결과에서 알 수 있다. Carbon paper를 한 장 더 사용함으로써 전자의 이동이 carbon cloth 1장보다 더 원활해져 0.6 V에서 0.10 W/cm²에서 0.21 W/cm²로 성능이 증가하였다. 수평으로 전자의 이동을 최대화하기 위하여 nickel foam을 이용하면 carbon cloth 1장을 이용한 것보다 전자의 이동이 더 원활해져 0.6 V, 0.10 W/cm²에서 0.37 W/cm²로 성능이 증가하는 것을 알 수 있다. 그림 5의 결과에 의하면 PTFE/metal 분리판은 부식발생이 거의 없어 기존의 graphite 분리판을 대체할 수 있을 것으로 여겨진다. GDL의 수평저항으로 인한 성능감소를 해결하기 위한 연구를 수행 중에 있다.

4. 결론

- (1) 부식발생이 거의 없고 단순한 제조공정의 PTFE/metal 금속분리판을 제조하였다. 부식 시험결과 Al 분리판에 표면처리된 PTFE에 의해 부동태 형태로 부식곡선이 형성되었으며 48시간동안 부식용액에 방치한 상태에서도 부식현상은 발생하지 않았다. 따라서 PTFE/metal 금속분리판은 사용조건에 따라서 모재를 Al, Cu, SUS, Fe, Ti 등의 금속 소재를 선택적으로 사용이 가능하다.
- (2) PTFE/metal 금속분리판의 모재를 Al, Cu로 사용한 단위전지는 0.6 V에서 0.1 W/cm²로 동일한 성능을 나타내었다. 하지만 GDL에서의 전자이동이 원활하지 않아 graphite 분리판을 사용한 단위전지의 약 20%정도인 낮은 성능을 보였다. PTFE/metal 금속분리판은 제조공정이 단순하고 소재가격이 저렴하여 \$10/kW(0.6 V, 0.1 W/cm²)이하인 내부식성 금속분리판의 제조가 가능할 것으로 여겨진다.

참고문헌

1. D. P. Davies, P. L. Adcock, M. Turpin and S. J. Rowen, J. Appl. Electrochem., 30, (2000) 101.
2. J. Scholta, B. Rohland, V. Trapp and U. Focken, J. Power Sources, 84, (1999) 231.
3. R. Morita, K. Azuma, S. Inoue, R. Miyano, H. Takikawa, A. Kobayashi, E. Fujiwara, H. Uchida and M. Yatsuzuka, Surf. Coat. Technol., 136, (2001) 207.
4. Heli Wang and John A. Turner, J. Power Sources, 128,(2004) 193.
5. M.P. Brady, K. Weisbrod, I. Paulauskas, R.A. Buchanan, K.L. More, H. Wang, M. Wilson, F. Garzon and L.R. Walker, Scripta Materialia 50, (2004) 1017.

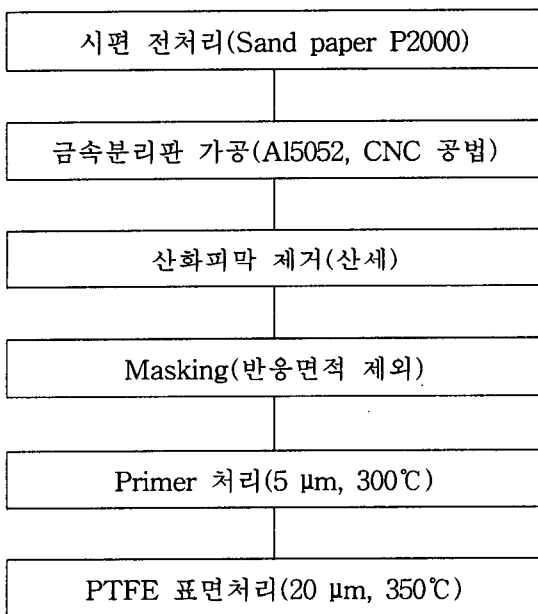


그림 1. PTFE/Al 금속분리판 제작 모식도

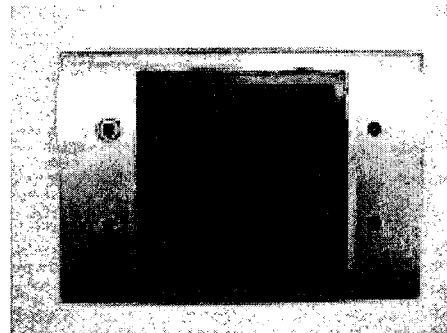


그림 2. PTFE/Al 금속분리판

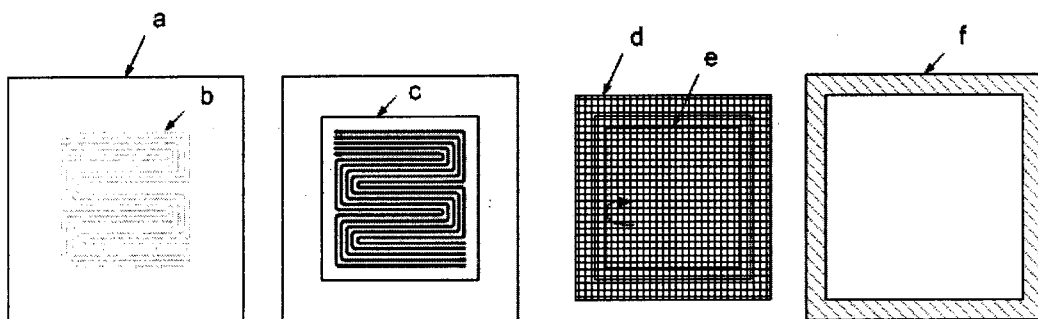


그림 3. PTFE/Al 금속분리판에 사용된 GDL의 형태

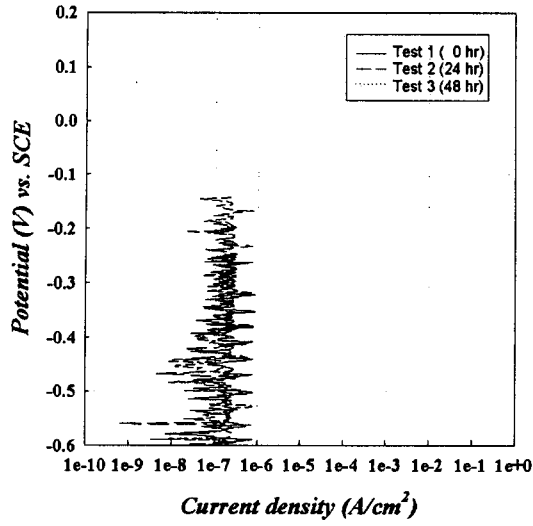


그림 4. PTFE/Al 금속분리판의 부식곡선

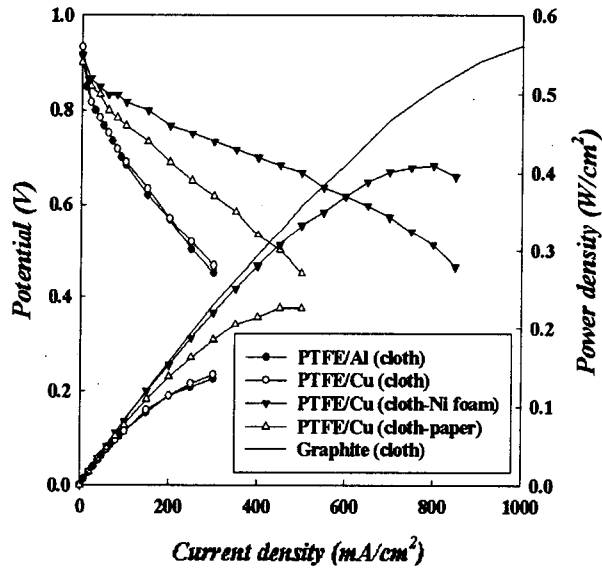


그림 5. PTFE/metal 금속분리판의 성능곡선

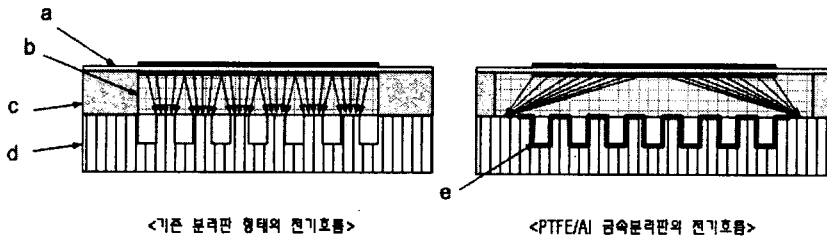


그림 6. PTFE/metal 금속분리판의 전기회로
(a=MEA, b=GDL, c=gasket, d=분리판, e=PTFE)