

그래파이트 시트 분리판을 이용한 직접 메탄올 연료전지 스택 성능 평가

Performance Evaluation of Direct Methanol Fuel Cell Stack Using Graphite Sheet as a Material for Bipolar Plates

*박태현¹, #차석원¹, 장익황², 이윤호¹

*T. Park¹, #S. W. Cha(swcha@snu.ac.kr)¹, I. Chang², Y. H. Lee¹
¹서울대학교 기계항공공학부, ²서울대학교 지능형융합시스템학과

Key words : Direct Methanol Fuel Cell (DMFC), Bipolar Plate, Stack Graphite Sheet, Expanded Graphite, Exfoliated Graphite

1. 서론

본 논문은 그래파이트 시트(Expanded/exfoliated graphite)를 분리판의 재질로 사용하였으며 본 연구팀의 연구를 계속한 결과를 보고한다.¹ 그래파이트 시트는 박리된 그래파이트를 적층시킨 물질로 화학적 특성은 그래파이트와 동일하지만 플렉서블한 재질로서 Yan과 Ballard Power Systems사에서 제안한 바 있으며 실현 가능성과 경제적 이점을 보였다.^{2,3} 이는 고분자 전해질막 연료전지를 위한 분리판이었으며 유연한 그래파이트 시트의 특성상 높은 기체투과도를 극복하기 위해 추가적인 가공단계를 거쳤다. 하지만 DMFC에서는 액체 연료가 공급되므로 기체 투과도가 중요하지 않아, 본 연구에서의 분리판은 기계적 가공 후의 다른 단계는 거치지 않았다.⁴ 또한 그래파이트 시트의 유연성을 이용하여 유로는 스탬핑 방법을 이용하여 가공하였다. 본 연구에 의해 제작된 분리판의 상용화 가능성을 확인하기 위해 Smart Fuel Cell사의 EFOY Pro 1200™을 구입하여 이 제품에 사용된 스택의 분리판을 그래파이트 시트 분리판으로 대체하여 성능을 확인해보았다.

2. 실험 방법

실험은 EFOY Pro 1200이 작동하는 환경과 동일한 환경을 만들어주기 위해 1M, 55°C의 메탄올 수용액과 가습되지 않은 상압의 공기를 각각 셀당 5mLPM, 0.5LPM으로 공급하였으며 메탄올 펌프는 EFOY Pro 1200™에 사용된 KNF-FLDOS사의 NF10DC를 재사용하였다. 전압-전류의 측정은 기

구수이사의 KFM2150시스템을 사용하여 5A로 30분간 활성화시켰으며 increasing current step으로 20초에 1A씩 증전시켰다. I-V 곡선을 얻은 후에는 다시 셀을 안정화시켜서 동일한 기기로 임피던스를 측정하였다. 임피던스는 20kHz에서 0.2Hz까지 측정하였으며 사인 형태의 인가 전류를 전체 전류의 5%의 진폭을 주어 가하였다.

3. 실험 결과 및 토의

Fig. 1을 보면 스택이 여러장 쌓이게 되면서 단위 셀만을 측정하여 그래파이트 시트 분리판을 사용하였을 때 성능이 좋아졌던 상황이 역전되게 된다.¹ 스택의 수가 증가함에 따라 그래파이트 시트를 사용한 스택의 성능이 감소하게 되며 감소율이 스택이 쌓이게 됨에 따라 점차 증가하는 경향을 보이고 있다. 최대파워를 통하여 감소율을 비교해보면 성능이 2셀에서 10%, 3셀에서 12%, 4셀에서 17%으로, 스택이 증가할수록 성능 감소폭이 커지는 것으로, 싱글 셀 테스트에서의 결과와는 상이하다. 스택을 구성할 경우 기생 전류나 각 분리판 사이의 불안정한 밀봉에 의한 각 반응물의 침범 현상 등에 의한 손실이 발생할 수 있으나, 본 실험에서는 그래파이트의 성능이 스택 확장에 따라 일정한 성능의 증가폭을 보였으며, 더욱이 그래파이트 시트 분리판의 경우 재질의 기존 쓰임새가 밀봉재인 만큼 밀봉에 의한 문제는 오히려 그래파이트 분리판보다 적었다. 따라서 이러한 그래파이트 시트를 사용할 때의 손실의 원인은 일단 오믹 저항의 변화를 들 수 있다. 싱글 셀을 사용할 때는 오믹 저항에서 그래파이트 시트가 더

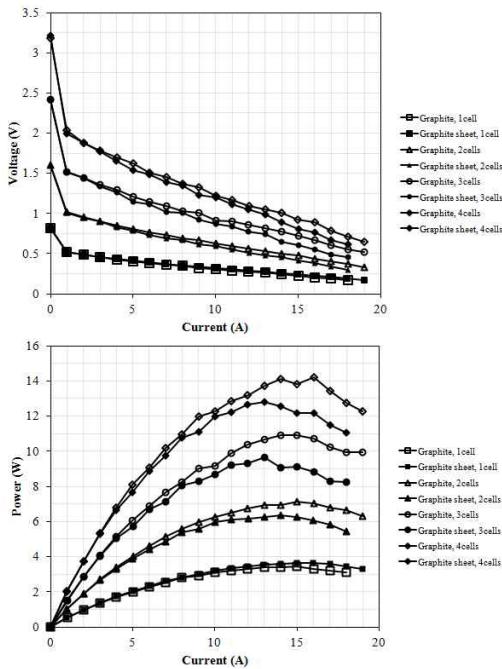


Fig. 1 (a) Comparison of polarization curves of DMFC stack made of graphite and graphite sheets in accordance with the number of cells. (b) Comparison of power curves calculated from (a).

유리한 양상을 보였는데, 이는 집전체와의 접촉 저항 개선 폭이 차지하는 비중이 크다면, 스택이 쌓일수록 이러한 개선의 폭은 줄어들게 되어 옴 저항이 스택이 쌓이게 됨에 따라 그래파이트 시트를 사용할 경우 더욱 안좋아지게 되는 것이다.

다른 원인으로는 그래파이트 분리판의 유로 립과 그래파이트 시트 분리판의 유로 립의 차이점을 들 수 있다. 각 분리판 사이에 위치하는 MEA(Membrane-electrode assembly)는 이의 양쪽으로 가스켓이 위치하며 가스켓이 스택의 체결압력을 받쳐주어 MEA의 GDL(Gas diffusion layer)이 적당히 눌리도록 하는 기능을 한다. GDL이 너무 세게 눌리면 립 부분으로의 연료 공급이 원활하지 않아 유효 반응 면적이 줄어들게 되어 성능을 감소시키는 원인이 되는데, 그래파이트 시트의 유연한 특성상 가스켓이 분리판에 가해지는 체결압력을 받쳐준다 하더라도 그래파이트 시트 자체가 변형되어 GDL이 립에 의해 필요 이상으로 눌리게 되는 것이다. 실제

로 이러한 현상이 발생하게 될 경우, 연료의 공급이 안정적이지 않게 되어 성능 곡선의 기복이 생기게 되는데 Fig. 1의 곡선에서 그래파이트 시트의 성능 기복이 그래파이트의 경우보다 더 심한 것을 볼 수 있다.

4. 결론

현재 고온용 밀봉재로 널리 이용되고 있는 그래파이트 시트를 스탬핑 가공을 통하여 DMFC용 분리판을 성공적으로 제작하였다. 이 분리판의 상용화 가능성을 직접적으로 확인하기 위해 독일 Smart Fuel Cell사의 EFOY Pro 1200™ 제품을 구입하여 여기에 사용된 스택을 이용하여 성능을 비교하였다. 성능은 스택의 셀 수가 적은 경우 그래파이트 분리판을 사용하였을 때에 필적하는 성능을 보였으며 밀봉성 면에서는 그래파이트 분리판보다 좋은 면을 보였다. 그러나 셀의 수가 증가할수록 성능이 감소폭이 커졌으며 이에 대한 원인으로 그래파이트와 그래파이트 시트의 옴 저항 차이, 그래파이트 시트의 유연성에 의한 GDL의 과도한 압축으로 추측된다.

후기

본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2011년도 산학연공동기술개발사업(00047288) 및 한국연구재단의 일반연구자지원사업(2010-0024889)의 연구 수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

참고문헌

1. 박태현, 차석원, 장익황, 이운호, 이주형, "그래파이트 시트를 이용한 직접 메탄올 연료전지용 분리판의 프레스 가공 조건에 관한 연구," 한국정밀공학회 학술발표대회 논문집, 801-802, 2012.5.
2. X. Yan, M. Hou, H. Zhang, F. Jing, P. Ming, and B. Yi, "Performance of PEMFC stack using expanded graphite bipolar plates," Journal of Power Sources, 160(1), 252-257, 2006.
3. P. R. Bibb, Europe Patent, WO0041260, 1999.
4. O'hayre, R., Cha, S., W., Colella, W., Prinz, F., B., "Fuel Cell Fundamentals," 2e, Wiley, 2009.