

Wood Ceramic을 이용한 연료전지용 분리판 개발

Development of Bipolar Plate Using Wood Ceramic for Fuel Cell

정선걸, 구영모, 박성진, 유승을
자동차부품연구원 환경소재연구센터

1. 서론

고분자 연료전지용 분리판으로 graphite에 수지를 함침시키고 기계가공을 이용하여 유로를 형성시키는 형태로 현재까지 사용하여 왔다. Graphite 분리판이 내부식성, 화학적 안정성 및 전기전도성이 우수하다는 장점이 있는 반면, 쉽게 깨어지는 단점과 함께 유로 형성을 위한 기계 가공으로 인해 생산성과 가격적인 면에서 제조단가가 \$2,000/kW에 해당하기 때문에 경쟁력이 떨어지는 문제점을 가지고 있었다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 금속분리판 및 carbon composite 등에 대한 연구가 진행되고 있다. 특히 carbon composite는 전기전도성 흑연 분말과 고분자 수지를 혼합하여 원하는 유로를 압축 혹은 사출 성형하여 제조할 수 있으므로 분리판 제조시간과 비용을 크게 낮출 수 있다. 또한, 비중이 흑연이나 금속에 비해 낮아 경량화가 가능하고 내부식성이 우수한 장점을 가지므로 차세대 분리판으로 각광 받고 있다. 그러나 흑연 소재는 전량 수입에 의존하고 있으며 제조시간도 몇 달이 소요되어 재료단가의 한계성을 벗어나지 못할 것으로 여겨진다. 또한 사용되는 binder의 종류에 따라서 열전도성과 전기전도도가 낮아지는 단점을 가지고 있다.

본 연구에서는 국내에서 생산이 가능하고 제조기간이 5~6일 정도인 wood ceramic (charcoal)을 이용하여 압축방법(press method)으로 wood ceramic 분리판을 제작하여 전기적인 특성과 연료전지 성능에 대한 연구를 수행하였다.

2. 실험방법

입자크기가 10~50 mesh인 wood ceramic 파우더를 이용하여 가로, 세로 15×15 cm의 wood ceramic 시편을 제작하였으며 제조방법을 그림 1에 나타내었다. Wood ceramic powder를 binder와 혼합하고 금형에서 압축성형하여 시편을 제조한다. 전기전도도를 향상시키기 위하여 제조된 wood ceramic 시편을 고온에서 열처리하였고 열처리된 다공성 wood ceramic의 기공을 막고 강도를 향상시키기 위하여 함침하였다. 압축성형된 wood ceramic 시편을 그림 2에 나타내었다. 본 연구에 사용된 분리판은 성형에 의한 유로형성이 가능하지만 graphite 분리판과 동일한 유로디자인 조건으로 성능을 평가하기 위해 CNC로 가공하여 유로를 형성하였다.

3. 결과 및 고찰

압축공법으로 제조된 시편의 전기전도도는 1 S/cm 정도이며 binder와 혼합되어 있는 상

태이므로 전기전도도를 향상시키고 binder를 제거하기 위하여 열처리과정이 필요하다. Binder를 제거시키기 위한 열처리 온도조건을 찾기 위하여 DSC(Differential Scanning Calorimetry) 방법으로 측정하였으며 그림 3에 나타내었다. 그림 3에서 볼 수 있듯이 250℃에서 유기물(binder)의 열변화가 측정되었다. 이 결과를 이용하여 binder를 제거시키는 열처리 온도를 250℃이상으로 설정하여 온도별 전기전도도 특성을 관찰하였다.

Wood ceramic의 열처리 조건에 따른 전기전도도 변화를 측정하기 위하여 질소분위기에서 300℃, 500℃, 700℃, 900℃, 1100℃, 1300℃로 온도조건을 변화시켰으며 열처리 온도에서 1시간 또는 3시간으로 유지하여 전기전도도를 측정하였다. 그림 4는 열처리 온도 및 유지시간 변화에 따른 전기전도도 변화를 나타낸 것이다. 열처리 온도를 상승시킬수록 전기전도도는 상승하였다. 하지만 열처리 온도는 제조단가와 관련되어 있으므로 저가의 분리판을 제조하기 위해서는 DOE 목표치 100 S/cm인 약 600℃에서 열처리하는 것이 wood ceramic 분리판의 제조단가를 저렴하게 만들 수 있는 것으로 여겨진다.

열처리 온도 900℃에서 제조된 wood ceramic(380 S/cm)에 페놀수지를 이용하여 함침하고 굴곡강도(bending strength)를 측정하였으며 함침된 graphite 중 전기도도가 우수하고 강도가 강한 S사의 소재와 시제품으로 판매되는 J사의 carbon composite와 비교한 결과를 그림 5에 나타내었다. Graphite (1,700 S/cm), carbon composite(150 S/cm), wood ceramic의 굴곡강도는 각각 712, 575, 377 kgf/cm²으로 측정되었다. Wood ceramic이 graphite에 비하여 약 50%의 강도를 보인다. 이것은 스택 체결시 graphite에 비하여 주의를 요하는 요인이 된다. 하지만 굴곡탄성률(Bend elasticity modulus)이 graphite (65,505 kgf/cm²)에 비하여 wood ceramic(94,452 kgf/cm²)이 높기 때문에 진동에는 강한 것으로 나타났다.

열처리 온도 300℃(20 S/cm), 500℃(40 S/cm), 700℃(200 S/cm), 900℃(380 S/cm)에서 제조된 wood ceramic 시편을 반응면적 25 cm²인 분리판으로 제작하여 200 N/cm²의 체결압으로 단위전지를 제작하였다. Wood ceramic 분리판을 이용한 단위전지의 성능결과를 그림 6에 나타내었다. 운전조건으로 상압의 수소(RH 95~98%, stoic. 2@1,000 mA/cm²)와 공기(RH 93~95%, stoic. 2@1,000 mA/cm²)를 이용하였고 cell 온도 70℃를 유지하였다. 0.6 V를 기준으로 전기전도도가 20 S/cm인 분리판에서 0.33 W/cm²의 성능을 보였으며 graphite 분리판(0.55 W/cm²)에 대비하여 60%의 성능을 보였다. 또한 전기전도도가 증가할수록 성능은 증가하였으며 전기전도도가 200 S/cm, 380 S/cm인 wood ceramic 분리판을 이용한 단위전지와 1,700 S/cm인 graphite 분리판을 이용한 단위전지의 경우에는 성능이 거의 비슷하였다. 즉, 열처리 온도 약 600~700℃에서 wood ceramic을 제작하는 경우가 약 2,000℃에서 제조되는 graphite에 비하여 제조단가를 현저히 감소시킬 수 있다.

4. 결론

- (1) Wood ceramic 중 국내에서 손쉽게 제조 가능한 백탄을 이용하여 wood ceramic 분리판을 개발하였다. 열처리 조건을 변화시켜 전기전도도가 20~380 S/cm인 분리판을 제조할 수 있었다.
- (2) 단위전지 성능평가 결과 0.6 V에서 graphite 분리판(1,700 S/cm)과 wood ceramic(200 S/cm) 분리판의 전력밀도가 각각 0.55 W/cm², 0.54 W/cm²로 거의 동등한 결과가 나타났다. 따라서 소재 생산부터 분리판으로 제조되는 시간이 10일 이내인 저가의 wood ceramic 분리판이 고가의 graphite 분리판을 대체할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. J. Scholta, B. Rohland, V. Trapp, and U. Focken, J. Power Sources, 84 (1999) 231.
2. D. P. Davies, P. L. Adcock, M. Turpin, and S. J. Rowen, J. Appl. Electrochem., 30 (2000) 101.
3. E. Middelman, W. Kout, B. Vogelaar, J. Lenssen, and E. de Waal, Journal of Power Sources 118, (2003) 44.
4. A. Heinzl, F. Mahlendorf, O. Niemzig, and C. Kreuz, Journal of Power Sources 131 (2004) 35.
5. Hsu-Chiang Kuan, Chen-Chi M. Ma, Ke Hong Chen, and Shih-Ming Chen, Journal of Power Sources 134 (2004) 7.

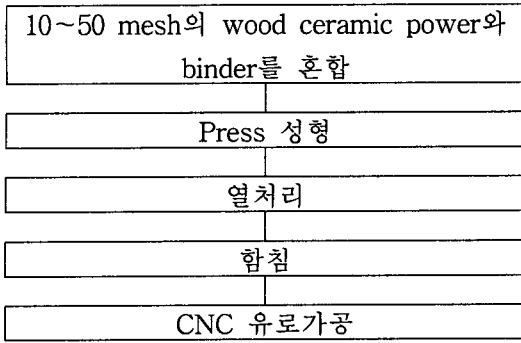


그림 1. Wood ceramic 분리판 제작 모식도

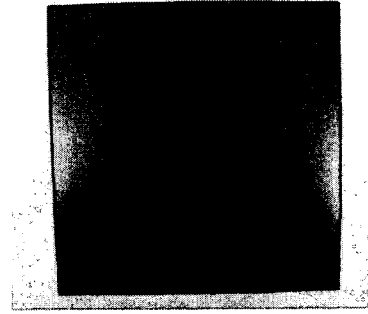


그림 2. 압축 성형한 wood ceramic 시편

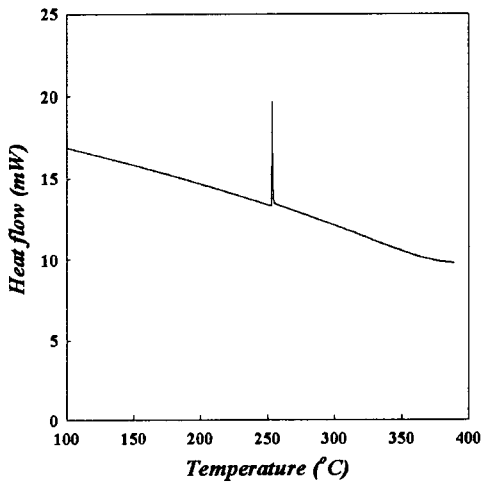


그림 3. Wood ceramic의 DSC 측정

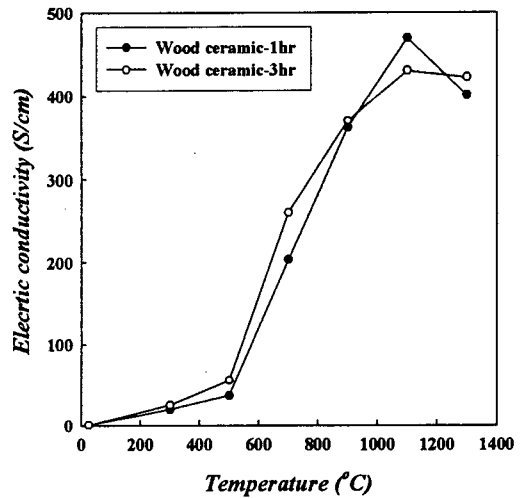


그림 4. Wood ceramic의 전기적 특성

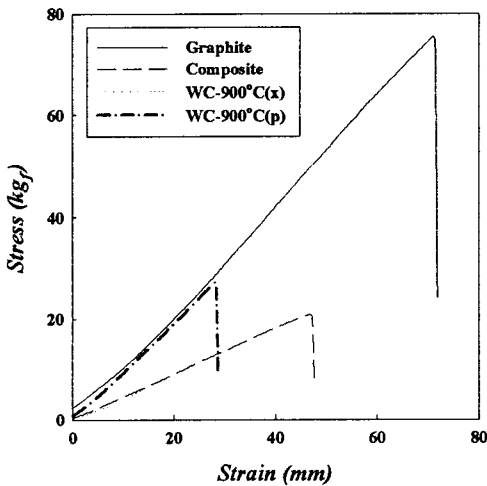


그림 5. Wood ceramic 분리판의 강도시험
(x ; 미함침, p : 함침)

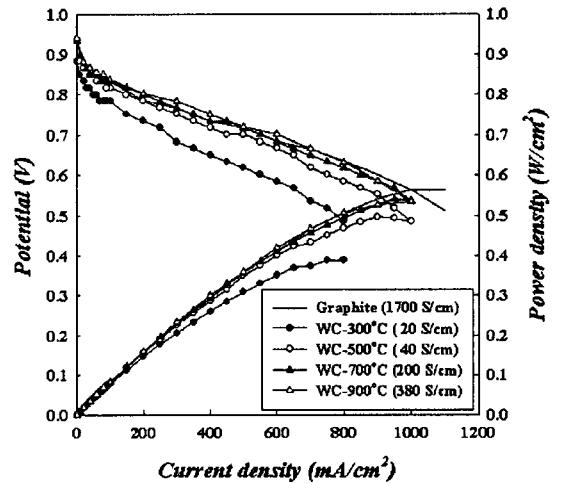


그림 6. Wood ceramic의 성능곡선