

고분자 전해질막 연료전지 분리판 성능평가

황호정^{1),2)}, 양태현¹⁾, 윤영기¹⁾, 이원용¹⁾, 설용건²⁾, 김창수^{1),*}

The performance evaluation of the separator for PEMFCs

Ho-Jung Hwang^{1),2)}, Tae-Hyun Yang¹⁾, Young-Gi Yoon¹⁾, Won-Yong Lee¹⁾,
Yong-Gun Shul²⁾, Chang-Soo Kim^{1),*}

Key words : Separator, PEMFC, Performance evaluation, Electrical conductivity, Thermal Conductivity, Flexural strength, Permeability

Abstract : 고분자전해질 연료전지는 자동차, 분산전원 및 이동전원 등에 대한 차세대 에너지원으로 채택 가능성이 높아지고 있다. 고분자전해질 연료전지 시스템의 상용화를 위한 가장 큰 걸림돌 중 한 가지로 가격문제를 들 수 있는데, 연료전지 스택이 전체 가격의 약 50%를 차지하고 있다. 또한 스택을 구성하는 요소 중 분리판의 가격 비중은 약 30%를 차지하고 있어, 분리판의 생산단가 저감은 연료전지의 상용화를 위해 반드시 해결해야 될 문제이다. 본 연구에서는 탄소를 재료로 하는 분리판에 대한 연구를 수행하였으며, 압축성형방식으로 제작된 다양한 복합재료 분리판 및 흑연 분리판에 대한 기계적 강도, 물리적 특성, 화학적 안정성을 조사하였으며, 가혹 운전 시 분리판내에 함유되어있는 고분자 성분의 침출에 의한 연료전지의 성능변화가 발생하는지 확인하였으며 이에 대한 단위전지의 성능평가를 수행하였다. 이러한 결과를 토대로 최적의 압축성형 복합체 분리판 제작 방향을 제시하고, 보다 신뢰성 있는 분리판 성능평가 기준을 확립하고자 하였다.

1. 서 론

연료전지는 전기화학반응에 의해 연료가 가지고 있는 화학적 에너지를 직접 전기적 에너지로 변환시켜주는 일종의 발전기로서 기타 화석 발전시스템에 비해 매우 큰 효율을 가지고 있고 공해배출요인이 적어 친환경적인 차세대 에너지원으로서 주목받고 있다. 특히 고분자 연료전지는 높은 출력 밀도, 낮은 작동 온도와 전해질의 높은 부식저항성 등의 장점을 가지고 있고, 또한 설치 장소의 제약이 적고, 설비의 단순화가 가능하다. 그러나 이러한 장점에도 불구하고 연료전지 상용화에 가장 큰 걸림돌이 되고 있는 것은 높은 제작 비용이다. 전체 연료전지 시스템 가격 중 스택이 약 50%를 차지하고 있고, 이 중 분리판의 가격 비중은 약 30%를 차지하고 있어, 분리판의 생산 단가 저감은 연료전지 상용화를 위해 반드시 해결해야 될 중요한 과제이다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 분리판을 위한 신소재의 개발과 더불어 제작 공정과 최적

의 제작 조건 개발이 선행되어야 한다.[1-2]

이에 본 연구에서는 분리판의 물리 화학적 특성을 분석하고 단위 전지 테스트를 통하여 분석된 특성들과 실제 단위 전지 성능을 비교, 최적의 분리판 제작 조건을 제시하고자 하였다. 또한 이를 바탕으로 좀 더 체계적이고 신뢰성 있는 분리판 평가기술의 표준을 확립하고자 하였다.

-
- 1) 한국에너지기술연구원 고분자 연료전지 연구단
E-mail : hjhwang@kier.re.kr
Tel : (042)860-3586
 - 2) 한국에너지기술연구원 고분자 연료전지 연구단
E-mail : thyang@kier.re.kr
Tel : (02)860-3572
 - 3) 한국에너지기술연구원 고분자 연료전지 연구단
E-mail : yoonyg@kier.re.kr
Tel : (042)860-3572
 - 4) 한국에너지기술연구원 고분자 연료전지 연구단
E-mail : wy82lee@kier.re.kr
Tel : (042)860-3572
 - 5) 연세대학교 화학공학과
E-mail : shulyg@yonsei.ac.kr
Tel : (02)2123-2758
 - 6) 한국에너지기술연구원 고분자 연료전지 연구단
E-mail : cskim@kier.re.kr
Tel : (042)860-3572

2. 실험

본 연구에서는 4종류의 분리판을 대상으로 단위 전지 테스트를 통해 실제 성능을 나타내고 각각의 물리적 특성(굴곡 강도, 전기 전도도, 열 전도도, 기체 투과도)과 화학적 특성(불순물 성분 분석)을 분석 비교 하였다. 이 실험을 위해 각각 다른 회사에서 제작된 흑연 분리판과 탄소 복합체 분리판을 제공 받아 사용하였다.

2.1 단위 전지 테스트

각 분리판의 성능차를 알아보기 위해 자체 제작한 MEA를 사용하여 단위 전지 테스트를 실행하였다. MEA는 Nafion 112 H⁺ form을 사용하여 스프레이 코팅법으로 제작하였고 Pt 로딩량은 단위 면적당 0.3mg이 되게 하였다. 전체 활성면적은 10cm²이고, H₂/O₂ 이용률은 각각 80% 와 50%, 가습온도는 65℃ 하에서 실행하였다.

다음의 fig.1은 단위 전지 성능을 나타낸다. A사의 흑연 분리판이 가장 좋은 성능을 보였고, D, C, B사의 순으로 이들 분리판은 탄소 복합체 압출성형 제품들이다.

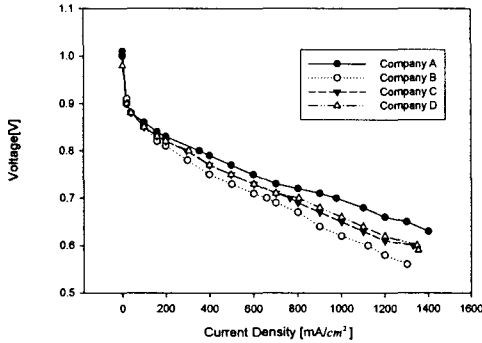


Fig.1 단위전지 I-V Curve

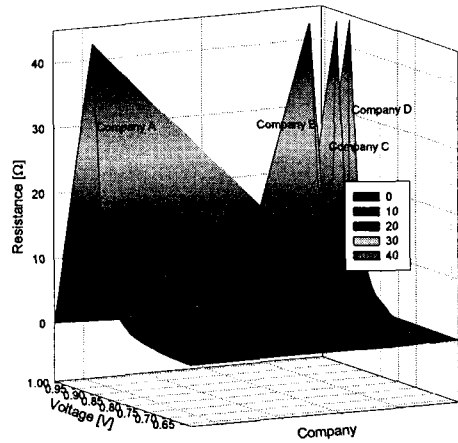


Fig.2 각 분리판 저항 값

2.2 분리판 특성 측정

각 분리판에 대한 굴곡 강도, 전기 전도도, 열전도도, 기체 투과도를 측정하였다. Table .1은 이들 측정값들을 보여준다. 각각의 측정값들은 ASTM 규격에 준하여 측정되었다.[3] 굴곡강도는 A사의 흑연 분리판이 가장 우수했고, B사와 D사는 유사한 강도를 보였다. 실제로 전지 성능에 영향을 가장 많이 미칠 것이라 예상했던 전기 전도도는 A사의 흑연 분리판이 가장 우수했다. 이는 I-V Curve에서 보았듯이 전기 전도도가 성능에 직접적으로 영향을 미친다는 것을 입증하고 있다. 전기 전도도의 차이로 인한 전지의 성능 차이를 명확히 확인 할 수 있었다. Fig.2는 전기 전도도 값으로 계산한 각 분리판의 전기 저항을 보여준다. 기체투과도는 B사의 탄소 복합체 분리판이 가장 좋은 결과를 보였다. A사의 분리판은 매우 좋지 않은 결과를 보였다. 하지만 이 결과로 보면 기체 투과도는 연료전지 성능보다는 연료 이용률에 더 영향을 미칠 것으로 예상된다.

Table.1 물리적 특성

	Company A	Company B	Company C	Company D
밀도 (g/cm ³)	1.74	1.84	1.88	1.99
굴곡강도 (MPa)	55.67	48.51	36.96	48.47
전기전도도 (S/cm)	259.91	35.79	51.97	68.03
열전도도 (W/m·K)	134.65	23.46	19.54	24.05
기체투과도 (cm ³ /cm ² ·s)	7.83×10^{-0}	2.20×10^{-4}	1.28×10^{-1}	1.07×10^{-4}

3. 결과 및 고찰

연료전지에서 분리판은 연료가스와 공기를 활성 영역에 정확히 분배해야 하고, 전지에서 전지로 전류를 전도 시켜야 하고, 가스와 냉각수의 누출을 차단해야하는 등 매우 중요한 역할을 하고 있다. 그러나 현재에는 이러한 분리판 제작 시 고비용이 들기 때문에 연료전지의 상용화가 늦어지고 있는 것이 실정이다. 앞서 언급했듯이 본 연구에서는 이러한 분리판의 제작 공정이나 최적 제작 조건을 제시하고자 수행되었고, 또한 분리판 평가 기술의 표준을 마련하고자 하였다.[3-4] 위의 실험 결과에서 알 수 있듯이 연료전지의 전체 성능에 분리판의 전기 전도도가 많은 영향을 미치며, 굽곡 강도를 통해 내구성에 대해 고찰할 수 있었고, 기체 투과도 측정으로 실제 운전 시 연료의 누출로 인한 사고나 연료의 이용률 등에 영향을 미칠 수 있음을 예측하게 되었다. 이들 측정값들을 기초로 현재에도 실험이 계속 진행 중이며 기본적으로 연료전지가 목표로 하는 조건에 부합할 수 있는 최적 조건을 제시할 수 있을 것이라 본다.

References

- [1] E. Middelma, W. Kout, B. Vogelaar, J.Lenssen, E. de Waal, Bipolar plates for PEM fuel cells. J.Power Sources 118 (2003) 44-46
- [2] A. Heinzl, F.Mahlendorf, O.Niemzig, C.Kreuz, Injection mouled low cost bipolar plates for PEM fuel cells. J. Power Sources 131(2004) 35-40
- [3] Hsu-Chiang Kuan, Chen-Chi M. Ma, Ke Hong Chen, Shih-Ming Chen, Preparation, electrical, mechanical and thermal properties of composite bipolar plate for a fuel cell. J. Power Sources 134(2004)7-17
- [4] <http://www.usfcc.com>