

고체산화물 연료전지의 단기 전기 부하 시 특성 변화 연구

A Study on Characteristics Variation of Solid Oxide Fuel Cells in Short Term Electrical Load Environment

*최훈¹, #차석원¹, 안권성¹
 *H. Choi¹, #S. W. Cha(swcha@snu.ac.kr)¹, K. S. Ahn¹
¹ 서울대학교 기계항공공학부

Key words : SOFC, Microstructure, Electrical Load

1. 서론

현재 친환경 신 재생 에너지의 하나로 각광받고 있는 연료전지의 한 종류인 고체산화물 연료전지(Solid Oxide Fuel cells)에 관한 다양한 연구가 진행되고 있다. 고체산화물 연료전지는 높은 효율, 다양한 연료의 사용가능 및 단위 체적당 높은 출력밀도로 인하여 몇 가지 단점에도 불구하고 유망한 에너지원으로 여겨지고 있다.

고체산화물 연료전지의 연구방향은 크게 두 부류로 볼 수 있다. 하나는 전극 물질 및 전해질의 물질 특성 개선, 그리고 공정 개선을 통하여 최대 성능을 높이고, 작동 온도를 낮추는 성능 개선을 위한 연구이고, 또 다른 방향은 상용화를 위한 장기 내구성 향상을 위한 실험 및 물질 개선 방향이다.

본 연구에서는 장기 내구성 향상을 위한 일반적인 단위 셀 실험에 있어서 나타날 수 있는 단기 전기 부하 시의 전극 물질의 미세 구조 변화에 따른 특성 변화 및 성능 변화를 살펴 본다.

2. Experiment

실험에 사용된 셀은 Ytria-stabilized zirconia(YSZ)의 전해질 지지체 기반의 연료전지를 제작 하여 사용하였다. 전해질은 ESL社의 직경 32mm, 두께 250 μ m의 8% YSZ를 사용하였다. 여기에 양극은 ESL社의 Lanthanum Strontium Manganite (LSM20) 페이스트를 사용하고, 음극은 ESL社 Ni-YSZ 페이스트를 사용하였다. YSZ 전해질에 스크린 프린팅 기법을 이용하여 각각 30 μ m의 전극을 적층한 뒤, 양극은 1150도, 음극은 1350도에서 각각 2시간 동안 소결하여 제작하였다.

실험방법은 Fig.1과 같다. 원통형 고온 전기로에 퀴츠로 제작된 튜브를 이용하여 수소와 공기를 공급한다. 시스템의 하부에 퀴츠 튜브 고정 및 연료 공급이 가능한 지지체를 만들고 그 위에 직경 16mm의 작은 튜브를 올린다.

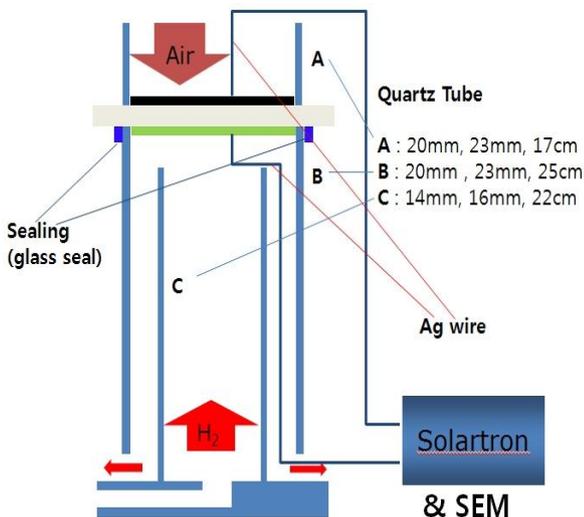


Fig. 1 Schematic of experiment setting

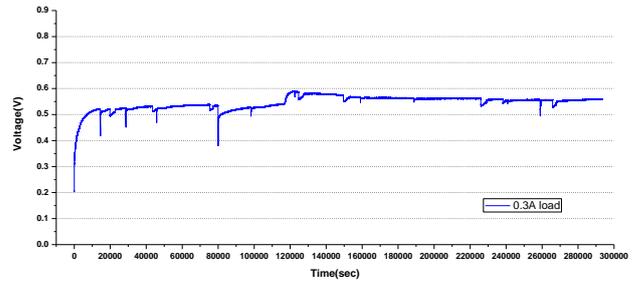


Fig. 2 Long term electrical load environment test (200mA, 100Hr, 800°C

이 튜브를 통하여 수소가 공급되고, 셀까지 전달되어 반응 후 남은 수소는 23mm 튜브를 통하여 다시 아래로 내려가 외부로 빠지게 된다. 공기 측은 따로 입/출구를 제작하지 않고, 충분한 양의 공기가 유입될 수 있도록 23mm의 튜브를 셀 위에 올려놓고, 셀이 차가운 공기에 의해 식는 것을 방지할 정도의 거리에서 공기를 SUS316L 튜브를 이용하여 공급하여 준다. 밀봉재는 ESL社의 유리계열 밀봉재를 사용하였다. 집전을 위하여 양쪽 전극에 각각 실버 페이스트를 이용하여 실버 와이어를 붙여 집전이 가능하도록 제작하였다. 측정장비로는 Solartron 1260 임피던스 / 게인 위상 애널리라이저와 Solartron 1287A 포텐쇼스택 / 갈바노스택 미터가 사용되었다.

단기 전기 부하 특성을 확인하기 위하여 800°C에서 200mA로 100시간 동안 측정을 하여 전압 변화를 측정하였다. 또 부하 량에 따른 특성 변화를 파악하기 위하여 100mA와 300mA로 세 시간 동안 전기 부하를 주어 변화를 관찰하였다. 수소 및 공기의 공급량은 초기 온도 상승 시에 수소 10ccm과 질소 20ccm을 음극 측에 공급하고 양극엔 공기 20ccm을 공급하였다. 작동온도 도달 이후에는 음극에 수소 100ccm, 양극에 공기 50ccm을 각각 공급해 주어 한 시간 가량 환원 후 실험을 진행하였다.

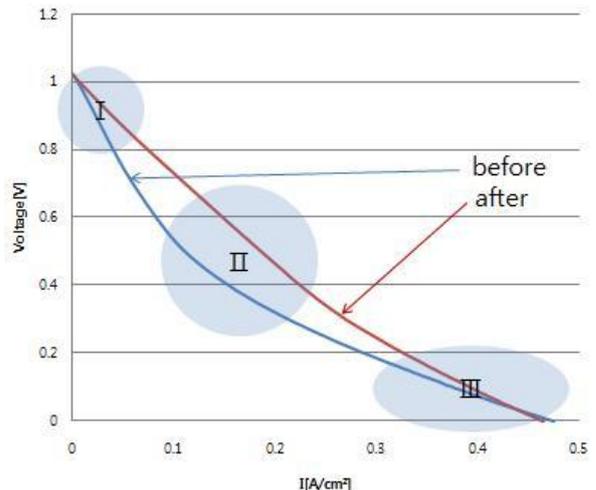


Fig. 3 Result of i-v performance (0.1 A/cm²)

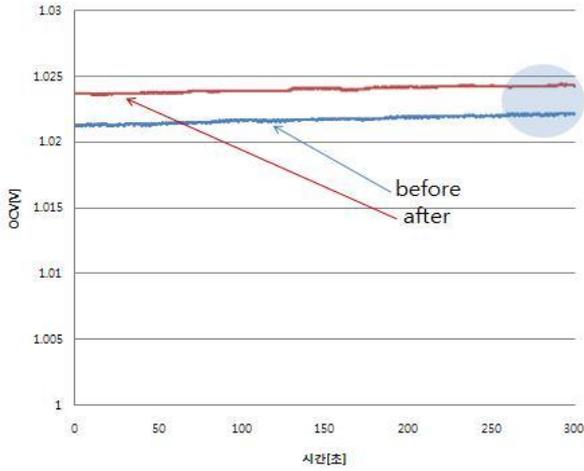


Fig. 4 Result of OCV (0.1 A/cm2)

3. Result

Fig.2 에서 100 시간 동안의 전압 변화를 볼 수 있다. 초기 2-3 시간 동안 0.2V 에서 0.5V 로 성능이 향상되는 것을 볼 수 있다. 이 시간 동안 전압이 꾸준히 상승하는 것을 알 수 있으며, 일정 시간이 지난 후에는 어느 정도 안정되는 것을 확인할 수 있다. 대략 40 시간이 지난 후 성능이 약 0.1V 정도 다시 상승하는 것을 확인할 수 있으나, 이것은 초기 로드 에 의한 미세구조 변화에 따른 특성 변화 보다는 급격한 변화이므로 다른 영향이 미쳤을 것으로 생각된다.

0.1A 로 3 시간 동안 단기 부하를 걸어 준 경우 Fig.3 의 IV 곡선과 Fig.4 의 개회로 전압에서도 성능이 향상된 것을 확인할 수 있다. IV 곡선에서 확인 가능한 것은 부하를 걸어 주기 전에 비하여 이 후에는 활성화 영역에서의 성능저하가 줄어 든다는 점이다. 이는 전극의 미세 구조가 변함으로 인하여 삼상계면이 늘어나 반응속도에 영향을 미치게 되는 것이다.

0.3A 로 동일하게 3 시간 동안 부하를 걸어준 Fig.5 를 보면 0.1A 의 경우보다 큰 폭의 성능 향상이 존재 하는 것을 확인할 수 있다. 이는 Fig. 6 의 임피던스 그래프를 통하여 확인할 수 있다. 이 그래프의 가로축과 만나는 부분은 셀 전체의 옴 저항이라고 볼 수 있다. 이 옴 저항은 큰 변화가 없는 것으로 볼 수 있기 때문에, 이러한 단기 부하는 전체 저항에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 확인할 수 있다. 가로축 이후의 반원형태의 부분이 일반적으로 전극의 활성화 저항으로 볼 수 있다.

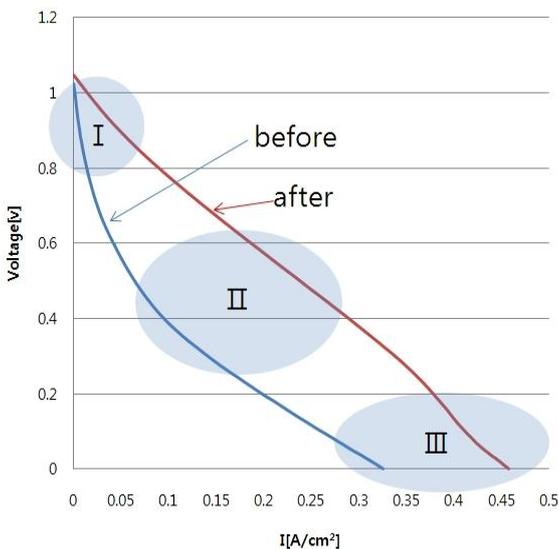


Fig. 5 Result of i-V performance (0.3 A/cm2)

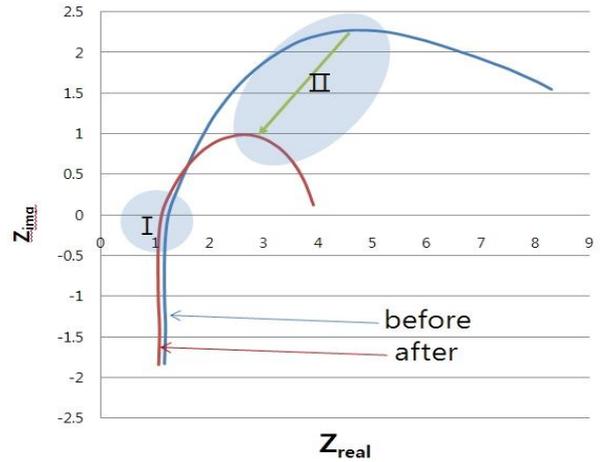


Fig. 6 Result of impedance (0.3 A/cm2)

이 그래프에서는 단기 전기 부하 이후에 활성화 손실이 크게 감소 된 것을 확인할 수 있다. 이 부분은 앞선 IV 곡선에서 초기 활성화 영역에서의 손실 만회가 전체적인 성능 향상에 기여하였음을 확인할 수 있는 증거가 된다.

4. 결론

이번 실험을 통하여 고체산화물 연료전지의 동작 조건 중 전기부하 상태는 셀에 미세구조에 영향을 미쳐 성능 특성을 바꿔게 함을 알 수 있었다. 초기 단 시간의 전기 부하는 전극의 삼상계면을 증가시켜 반응 속도를 빠르게 한다. 또 이러한 미세구조 변화는 더 높은 전기 부하를 가함으로 써 큰 효과를 볼 수 있다는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 이러한 초기 전기 부하에 따른 초기 성능의 향상이 장시간 동작에 어떠한 영향을 미칠지에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 보인다.

후기

이번 연구는 현대중공업 고체산화물 단전지 연구의 일환으로 재정지원을 통하여 수행되었습니다.

참고문헌

1. S. C. Singhal, Kevin Kendall, "High Temperature Solid Oxide Fuel Cells-Fundamentals, Design and Applications," (2003).
2. S. C. Singhal, " Advances in solid oxide fuel cell technology," *Solid State Ionics* Volume 135, Issues 1-4, 1 November 2000, Pages 305-313
3. M. Ali Haider, Andrew A. Vance, Steven McIntosh, "Activation of LSM-based SOFC Cathodes -Dependence of Mechanism on Polarization Time" (2009), *ECS Transactions*, 25 (2) 2293-2299 (2009)
4. G. J. la O', R. F. Savinell, and Y. Shao-Horna,, "Activity Enhancement of Dense Strontium-Doped Lanthanum Manganite Thin Films under Cathodic Polarization: A Combined AES and XPS Study", *Journal of The Electrochemical Society*, 156 (6) B771-B781 (2009)