테이프캐스팅 공정을 통해 제작한 다공성 전극 구조체를 가지는 고체산화물 연료전지

Development of Solid Oxide Fuel Cell with Porous Scaffold Electrode by Tape Casting Process

Young-hoon Jang[1)], Joongmyeon Bae[1)]

1) Department of Mechanical Engineering, KAIST, 291 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Republic of Korea

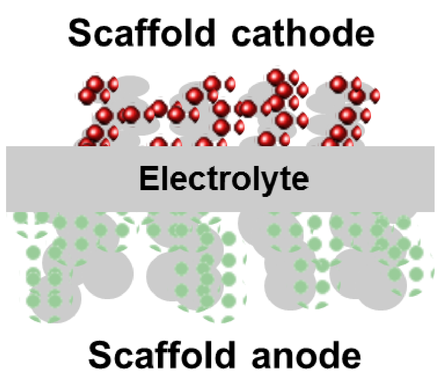
Abstract

고체산화물 연료전지(SOFC)는 일반적으로 연료극 지지체를 제작한 뒤에 제작된 지지체 위에 연료극 기능층, 전해질, 공기극 등을 코팅하여 제작한다. SOFC를 제작하는 다른 방법 중 하나는 전해질 소재와 같은 소재를 이용하여 스캐폴드 구조의 다공성 전극 지지체를 전해질 지지체 위에 제작한 후 전극 촉매를 다공성 지지체 내에 함침하는 방법이다. 위의 공정을 이용하면 나노 사이즈의 전극 촉매 형성이 가능하고 전극 미세 구조의 제어가 쉬워지며 전극 내 반응물의 전달이 원활해진다는 장점이 있다. 그러나 기존의 스캐폴드 타입 SOFC는 두꺼운 전해질 지지체 때문에 높은 ohmic loss가 생긴다는 단점이 있고, 열처리 온도를 높이면 전극 지지체와 전해질 사이의 접합은 좋아지지만 기공도가 낮아진다는 단점이 있다. 이를 해결하기 위하여 테이프캐스팅 공정을 도입한다면 각 층의 적층과 공소결을 통하여 고온에서 우수한 계면간 접합과 높은 기공도를 모두 확보할 수 있다.

본 연구에서는 테이프캐스팅 공정을 이용하여 다공성 전극 구조체를 가지는 연료극 지지체형 고체산화물 연료전지를 제작하였다. 먼저 치밀한 전해질 테이프와 다량의 기공 형성제를 포함한 전극 지지체 테이프를 제작하였다. 연료극구조체/전해질/공기극구조체 세 층의 테이프를 100 ℃에서 압축하여 적층한 후, 1400 ℃에서 공소결하여 치밀한 전해질과 다공성 전극 지지체를 가지는 셀을 제작하였다. 제작된 셀에 연료극 촉매로 $La_{0.4}Sr_{0.6}Ti_{0.4}Mn_{0.6}O_{3-\delta}$(LSTM), 공기극 촉매로 $La_{0.8}Sr_{0.2}MnO_3$(LSM)을 함침한 후, 800 ℃에서 열처리하여 전극 촉매를 형성하였다. 제작된 스캐폴드 타입 SOFC는 800 ℃에서 1.09 V의 open circuit voltage를 갖는 것을 확인했고, 이를 통하여 치밀한 전해질이 형성 되었다고 판단하였다.

1. Introduction

▪ Scaffold 구조 전극을 가지는 고체산화물 연료전지



- 함침(Infiltration)공정을 이용하면 낮은 온도에서 전극 촉매 형성 가능
- 전해질과 전극 촉매 사이의 반응으로 인한 이차상 생성 방지 가능
- 함침 공정을 통하여 scaffold 구조체 내에 나노 사이즈의 촉매 형성이 가능
- 전극 내 원활한 물질 전달이 가능
- 전극 내 반응 면적 증가로 성능 향상

→ 원활한 반응물 전달과 삼상계면(Triple Phase Boundary) 증가를 통한 성능 향상이 가능

▪ 기존 Scaffold 타입 고체산화물 연료전지의 한계

- 대부분 전해질 지지체형으로 제작
- 두꺼운 전해질로 인하여 셀 동작 시 큰 저항 손실 발생
- 높은 저항 손실로 인하여 높은 출력을 내는 데에 한계 존재
- 성능 향상을 위해서는 전해질 두께 감소가 필요

→ 연료극 지지체형으로 제작하여 전해질 두께 감소
→ 모든 layer를 테이프캐스팅 공정을 이용하여 제작

2. Experiment

▪ 전해질 및 전극 구조체 테이프 제작

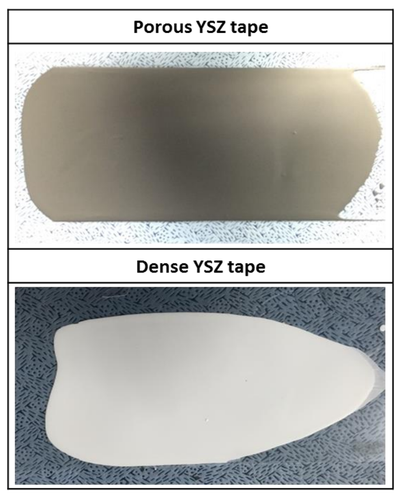
–전해질(YSZ) 테이프와 다량의 기공 형성제를 포함한 전극 구조체 테이프 제작
–연료극구조체/전해질/공기극구조체 세 층의 테이프를 100 ℃에서 압축하여 적층 후 치밀한 전해질 형성을 위하여 1400 ℃에서 소결

▪ 전극 촉매 함침 및 성능 평가

–제작된 셀의 전극 구조체 내에 전극 촉매 함침
–연료극: $La_{0.4}Sr_{0.6}Ti_{0.4}Mn_{0.6}O_{3-\delta}$ (LSTM) / 공기극: $La_{0.8}Sr_{0.2}MnO_3$ (LSM)
–제작된 scaffold 구조 SOFC의 성능 측정

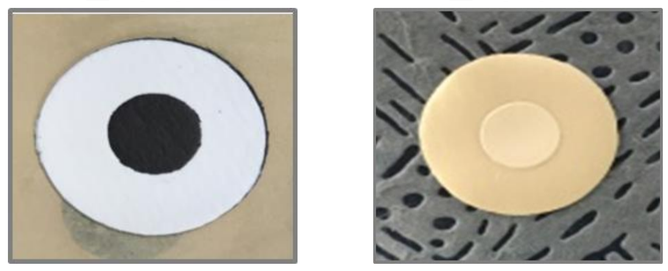
3. Result & Discussion

▪ Scaffold 전극 구조체를 가지는 SOFC 제작

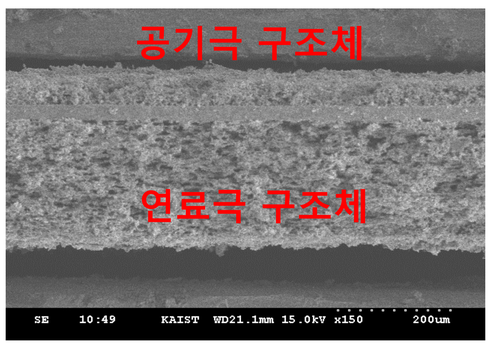


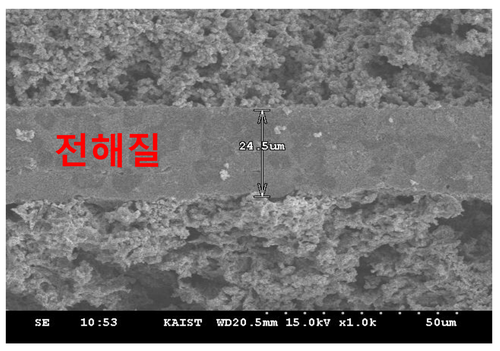
- 전해질 소재로 YSZ를 이용하여 전해질 및 전극 구조체 테이프 제작
- Porous YSZ tape에는 YSZ 파우더 대비 150 wt.%의 기공 형성제 첨가

<열처리 전> **<열처리 후>**

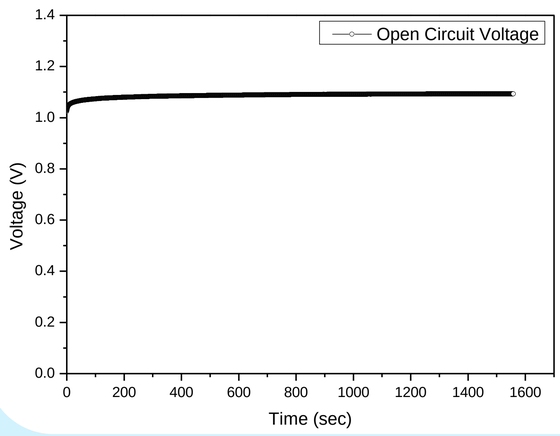


- 약 25um의 전해질 두께를 가지는 연료극 지지체형 SOFC 제작
- 1400 ℃에서의 공소결로 인하여 전해질과 전극 지지체 사이의 adhesion이 매우 우수





▪ 촉매가 함침된 Scaffold 전극 셀의 성능 평가



- 800 ℃ 에서 측정
- 약 1.09 V의 open circuit voltage
- 치밀한 전해질이 형성되었음을 확인

4. Conclusion

- 약 25um의 전해질 두께를 가지는 Scaffold 전극 SOFC 제작
- 전해질과 전극 지지체 사이의 우수한 접착력 확보
- 치밀한 전해질 층이 형성되었음을 확인 (OCV: 1.09 V)
- 향후 전해질 두께를 더욱 감소시키는 연구가 필요
- 함침 공정 최적화를 통하여 전극 구조체 내 고른 촉매 분포가 필요
- 기공율이 높은 연료극 지지체의 낮은 기계적강도를 보완하기 위한 연구가 필요

Acknowledgement

This work was supported by the Korea CCS R&D Center(KCRC) grant (No 2014M1A8A1049299) funded by the Korea government(Ministry of Science, ICT & Future Planning) and KEPCO & Korea Western Power Co..
Also, this research was supported by a grant from the Fundamental R&D Program for Core Technology of Materials funded by the Ministry of Knowledge Economy, Republic of Korea and the Global Frontier R&D Program on Center for Multiscale Energy System funded by the National Research Foundation under the Ministry of Education, Science and Technology, Korea.

KAIST Korea Advanced Institute of Science and Technology
NECS 신에너지변환시스템연구실 New Energy Conversion System Lab