

그래프팅 방법을 이용한 유-무기 혼성막의 제조 및 특성 분석

오석일, 강태욱, 문정우, 김홍곤*, 이종협
서울대학교, 한국과학기술연구원*

Preparation and Characterization of Organic/Inorganic Hybrid Membranes Using Organo-silane via Grafting Methods

Seokil Oh, Taewook Kang, Jungwoo Moon, Honggon Kim*
and Jongheop Yi

Seoul National University, Korea Institute of Science and Technology*

1. 서론

기계적, 열적 강도가 우수한 무기막과 다양한 기능성을 가질 수 있는 유기막의 결합에 관하여 그동안 많은 연구가 진행되어왔다. 무기막은 높은 열적, 기계적 안정성을 가지고 있기 때문에 지지체로써 큰 이점을 가지고 있으며, 고분자를 비롯한 유기막은 그 다양성과 응용성에 있어 장점을 가지고 있다. 이에 본 연구는 지지체로써 물성이 뛰어난 세라믹막의 표면에 다양한 유기 기능기를 가지는 실란화합물을 그래프팅 방법을 통하여 도입하여 유-무기 혼성막을 제조하고 표면 특성의 변화를 살펴보고자 하였다.

2. 이론

세라믹막의 표면은 히드록시기(-OH)의 존재로 인해 다양한 유기 기능기의 도입이 가능하다. 이러한 세라믹막의 표면에 유기 기능기와 반응할 수 있는 활성화된 히드록시기를 증가시켜 주기 위하여 수화 또는 산처리와 같은 전처리를 하게 된다. 다양한 실란 화합물 중에서 에톡시(-OCH₂CH₃), 메톡시(-OCH₃), 클로로(-Cl) 등의 기능기를 가지는 것은 무기막 표면의 히드록시기와 축합 반응을 통하여 결합할 수 있기 때문에 유-무기 혼성막의 제조에 많이 쓰이고 있다. 이러한 기능성 실란 화합물과 세라믹막의 표면은 그래프팅 방법에 의해 결합될 수 있다. 실란 화합물을 이용한 그래프팅

중합 반응은 수분의 함량에 매우 민감한 영향을 받는다. 반응 용매 안에 수분이 존재할 경우 실란 화합물은 무기막 표면의 히드록시기가 아닌 수분을 매개로 한 자체적인 중합 반응을 하기 때문이다. 따라서 반응 용매로는 소수성이 강한 톨루엔, 크실렌 등이 많이 사용되고 있다.

3. 실험

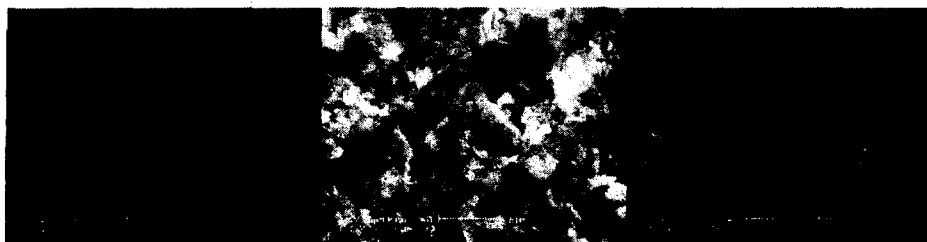
본 연구에서는 지지체로써 실리카-알루미늄 재질의 세라믹막을 사용하였다. 사용된 세라믹막은 Coorstek사에서 제조한 직경 50 mm, 두께 6 mm의 원반형 막을 사용하였다. 사용된 세라믹막의 평균 기공 크기는 600 nm였으며, 겔보기 기공률은 33.0 %였다.

세라믹막의 표면 히드록시기의 증가를 위한 전처리는 수화법을 사용하였다. 각각 70℃에서 증류수에 세라믹막을 12시간 동안 처리하여 표면의 히드록시기를 증가시켰다. 전처리가 끝난 후 공기 중에서 다시 12시간 동안 세라믹막을 건조하여 표면에 존재하는 여분의 수분을 모두 제거하였다.

그래프팅 중합을 위한 반응 용매로는 톨루엔을 사용하였다. 70℃의 온도에서 유기 기능기를 가진 실란 화합물과 세라믹막을 톨루엔 용매 하에서 24시간 동안 반응시켜 축합 반응을 진행하였다. 반응이 끝난 막은 톨루엔, 아세톤 등으로 세척하고 공기 중에서 12시간 건조하여 잔류 반응물을 모두 제거하였다. 유기 기능기를 도입한 무기막의 표면 분석을 위하여 접촉각 측정(contact angle analysis), 주사전자현미경(scanning electron microscopy) 등의 분석을 수행하였다.

4. 결과 및 고찰

도입된 유기 기능기의 친/소수성에 의해 막의 표면 물성이 바뀌는 것을 접촉각 측정을 통해 확인하였다. 이러한 결과를 통해 유기 기능기가 세라믹막의 표면에 도입되어 물성을 변화시키는 것을 확인할 수 있다. 또한 주사 전자 현미경 사진을 통하여 표면의 구조를 확인하였다(그림 1). 유기 기능기의 도입에 의한 표면의 구조 변화는 거의 없는 것을 확인할 수 있다. 그러나 유기 기능기의 중합 반응에 의해 유기막으로 덮인 표면의 거칠기(roughness)가 좀 더 줄어든 것을 확인할 수 있다.



Bare membrane TMCS grafted APTES grafted

그림 1. 다양한 유기 기능기를 도입한 세라믹막 표면의 주사전자 현미경 사진

유기 기능기가 도입된 막의 성능을 확인하기 위하여 내분비계 장애물질인 비스페놀-A에 대한 제거 실험을 수행하였다. 그 결과, trimethylchlorosilane(TMCS)을 도입한 막에서 가장 높은 제거율을 보이는 것을 확인할 수 있었다(그림 2). 투과율은 기존 유기 기능기를 처리하지 않은 세라믹막과 거의 유사하였다.

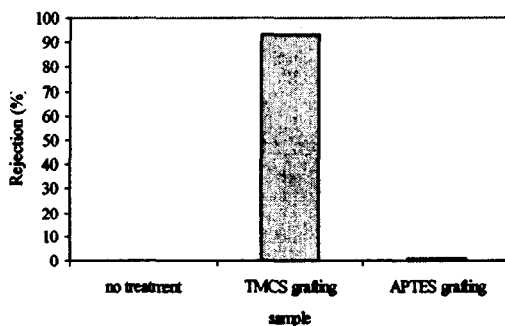


그림 2. 유기 기능기를 도입한 세라믹막을 이용한 비스페놀-A의 제거율

4. 참고문헌

- 1) J.Yi, et. al., *J. Mater. Chem.*, 1043-1049 (2004)
- 2) X. S. Zhao, G, Q. Lu, *J. Phys. Chem. B*, 1556-1561 (1998)