

PG4) LNG 배가스에서 이산화탄소 분리를 위한 막분리 공정개발

The Development of Membrane Process for the Separation of CO₂ from LNG-fired Flue Gas

최승학¹⁾ · 김정훈^{1),2)} · 김범식²⁾ · 이수복²⁾

¹⁾과학기술연합대학원대학교 청정화학 및 생물, ²⁾한국화학연구원 신화학연구원

1. 서 론

지구 온난화문제의 주범인 온실가스, 그중에서도 가장 큰 비중을 차지하는 이산화탄소의 과다 배출에 의하여 1860년대부터 1990년대까지 이미 대기온도가 0.3~0.6°C 상승했으며, 해수면도 10~25cm 정도 상승했으며, 해수면도 10~25°C 상승했다. 이러한 변화의 결과로 기상이변, 강수량의 변화 등을 초래 하여 식량공급, 수자원공급, 인간건강 등의 생태계와 사회·경제적 분야에 돌이킬 수 없는 영향을 미치고 있다. 기존의 이산화탄소 분리공정에 사용된 방법에는 흡수법(absorption), 흡착법(adsorption), 심냉법(cryogenics) 등이 있다. 이러한 기존의 분리공정들은 장치를 과다설계하기 쉽고, 운전 시 범람(flooding)이나 편류(channelling)등의 기술적 단점이나 운전조건이 용이하지 않으며, 심냉법의 경우 운전비용이 많이 든다는 단점이 있다. 이러한 기존의 공정이 가진 단점을 극복하기 위하여 새로이 관심을 갖고 있는 공정이 바로 막(membrane)을 이용한 막분리 공정이다. 본 연구에서는 실배출원(LNG 보일러)으로부터 이산화탄소를 보다 효율적으로 제거·회수하기 위한 다단계의 막분리 공정을 보여준다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 실배출원(LNG 보일러)으로부터 이산화탄소를 효과적으로 제거·회수하기 위하여 중공사형(hollow fiber) 막모듈(membrane module)을 선택하였다. 이는 중공사 막모듈이 단위부피당 가장 넓은 막면적을 제공한다는 장점 때문이며, 실험에 사용된 중공사 분리막의 소재는 상용화된 폴리에서설펜(PES, polyethersulfone)고분자로 이산화탄소와 질소의 분리성능이 우수하며, 가공이 쉽다. 또한 우수한 기계적, 화학적 열적 안정성 때문이다. 뿐만 아니라 그 가격이 저렴하다는 경제적 장점까지 가지고 있다. 용매인 NMP(N-methyl-2-pyrrolidone)에 PES를 일정 농도의 용액을 제조하고 상전이(phase inversion method)를 통해 중공사로 제조 하였다. 이때 중공사 내부의 표면을 다공성으로 만들기 위하여 내부용고제로는 용매인 NMP와 증류수를 일정비율로 혼합하여 사용하였다[1]. 완전 건조된 중공사는 SEM(Scanning Electron Microscope, JEOL JSM-840A)을 통하여 그 비대칭 단면 및 표면구조를 살펴보고 그 결과를 그림 1에 나타냈다. 중공사는 표면에 존재할 수 있는 결점(defect)을 제거하기 위하여 실리콘으로 박막코팅을 하고 이를 중공사 막모듈로 자체 제작하여 사용하였다. 다단계의 막분리 공정 중 1단계의 경우 배출원에서의 이산화탄소의 농도가 12%정도임을 감안하여 혼합가스의 농도를 결정하였다. 각 공정에서의 이산화탄소 농도는 GC(gas chromatography, Gow-Mac GC 580, TCD detector)를 사용하여 분석하였으며 공정변수인 이산화탄소의 농도, 공급압력 및 투과 압력의 변화에 따른 투과측과 미 투과측의 농도, 유량 등을 살펴보았다.



Fig. 1. SEM images of prepared PES hollow fiber membranes.

3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 LNG를 연료로 사용하는 보일러를 대상으로 일일 1,000 Nm³/일의 배가스를 배출하는 실배출원으로부터 이산화탄소를 분리·회수하기 위하여 이산화탄소에 대한 분리 투과 특성이 우수한 PES 중공사를 제조 하고 이를 모듈로 제작한 후 제조되어진 모듈을 이용하여 다단 막분리 공정에 공급 측 및 투과측의 압력, 공급 농도, 조업 온도 등이 미치는 영향을 살펴보았다. 본 연구에서 목표로 하는 90%의 이산화탄소 회수율과 99%의 순도를 얻기 위해서는 1단에서의 회수율 확보와 함께 다른 나머지 각 단에서의 조업변수의 최적화를 통하여 이산화탄소의 순도를 높이는 것이 중요하다. 그림 2의 경우 조업 변수 중 투과측의 압력을 상압으로 유지한 경우와 진공펌프를 사용하여 감압한 각각의 두 경우에 대한 투과측의 이산화탄소 회수율과 농도 변화를 stage-cut 변화에 따라 나타낸 그림이다. 그림에서 보는 것처럼 같은 90%의 회수율을 얻는 동일한 구간에서 투과측을 진공으로 유지한 경우에 보다 높은 순도의 이산화탄소를 회수 할 수 있었다. 이산화탄소 회수 장치의 장치비용이나 운전비용 등을 고려하여 공급압력과 투과측의 압력을 결정하였다[2].

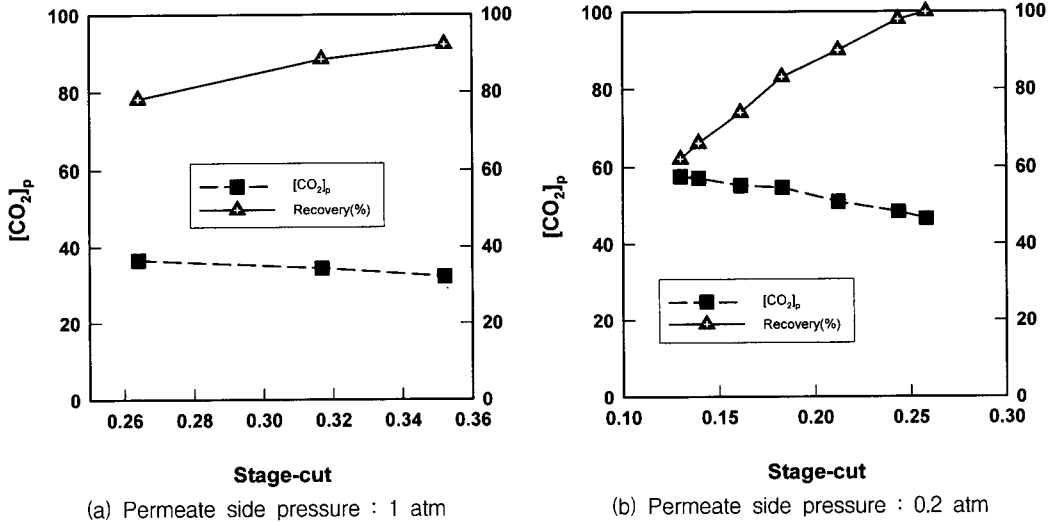


Fig. 2. The effect of permeate pressure on membrane performance.

참 고 문 헌

- 김정훈, 손우익, 최승학, 이수복 (2005) 온실기체 분리용 폴리이서설폰 비대칭 중공사 막의 제조, Membrane J. 15(2).
- 최승학, 김정훈, 김범식, 이수복 (2005) 폴리이서설폰 중공사모듈을 이용한 연소배가스로부터 이산화탄소 분리 회수를 위한 다단계 막분리 공정연구, Membrane J., 15(2).