

# 중공사막을 이용한 황산화물 제거 특성에 관한 연구

임춘원, 박현희, 박보령, 조항대, 최원길, 이형근  
한국에너지기술연구원

## SO<sub>2</sub> Absorption Studies in Hollow Fiber Membrane

Lim Chun Won, Park Hyun Hee, Park Bo Ryoung, Jo Hang Dae, Choi Won  
Gil, Lee Hyoung Keun,  
Korea Institute of Energy Research

### 1. 서론

연소과정 또는 화학공정에서 생성되어 배출되는 가스로부터 황산화물을 제거하는 배연탈황공정(FGD, Flue Gas Desulfurization)은 1960년대 이후 세계적으로 급격한 산업발전과 생활수준 향상으로 환경에 대한 관심이 높아져 산업공정에서 필수적인 환경방지 시설로 설치 운전되어 왔다[1].

배연탈황공정은 선진국을 중심으로 연구개발되어 현재까지 130여종에 이르고 있으나, 이들 공정 중에서 황산화물의 제거율이 높고 장치도 비교적 소형이며 기술의 신뢰성이 높은 습식 탈황공정이 대부분의 산업공정에서 사용하고 있다. 그러나 제래식 탈황공정은 기술적 한계에 부딪혀 고효율화가 불가능하기 때문에 제래기술을 고도화하여도 효율향상이 낮고 이에 따른 장치의 크기를 줄일 수 없다는 문제점을 안고 있다[2]. 따라서 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 신개념의 분리기술이 개발되어야 한다.

선택적 GL (Gas-Liquid) Contactor는 기존 상용공정으로 이용되고 있는 습식 탈황공정(Spray Tower)보다 분리접촉면적을 넓혀 황산화물 제거효율을 혁신적으로 증가시킬 수 있는 신개념의 기술이다. 이와 같은 성능향상은 다공성의 소수성 고분자 분리막(microporous hydrophobic polymeric membrane)을 이용하여 기체(황산화물 가스)와 액체(흡수반응제)와의 접촉면적을 기존 충전탑보다 혁신적으로 증가시켜 상호반응 효율을 높임으로 가능하다. 따라서 선택적 GL Contactor 탈황공정은 기존의 흡수공정보다 높은 황산화물 제거율을 얻을 수 있는 동시에 분리장치 규모도 제래식 공정보다 축소할 수 있다는 장점을 갖고 있다[3].

본 연구에서는 고효율 FGD (Flue Gas Desulfurization)용 선택적 GL Contactor를 개발하기 위하여 상용화된 분리막을 이용한 황산화물 제거 특성에 대하여 고찰하고자 하였다.

## 2. 실험

상용 고분자 분리막의 황산화물 제거 특성을 고찰하기 위하여 본 연구에서 사용된 중공사막 SO<sub>2</sub> 흡수 장치의 모식도는 Figure 1과 같다. 중공사막의 외부쪽인 Shell side에서 기체가 모듈의 상부에서 유입하여 하부의 출구로 나가고, 중공사막의 내부쪽인 Lumcm side 하부의 입구에서 상부의 출구쪽으로 액체가 이동하도록 하였다. SO<sub>2</sub> 농도는 Shell side의 입구와 출구에서 SIEMENS사의 ULTRAMAT23를 사용하여 분석하였고, 출구에서의 농도는 400~4000 ppm으로 변화를 주었다. 기체와 액체의 유량은 각각 2~8 l/min, 1~15 cc/min으로 변화를 주었고, 흡수제는 NaOH 용액을 사용하였다. Lumen side에서 기포가 발생되는 것을 막고 안정한 기-액 계면형성을 유지하기 위해 모듈에서의 기체 압력은 액체 압력보다 낮게 유지하였다. Table 1은 이 연구에서 사용된 Celgard G478 Module의 사양을 나타내었다.

## 3. 결과 및 토론

상용화된 중공사막 모듈을 사용하여 다양한 SO<sub>2</sub> 농도를 공급하고, 흡수제의 효과율 통한 SO<sub>2</sub>제거 특성을 고찰하고자 하였다. NaOH를 첨가하지 않은 순수한 증류수를 사용하여 기체의 유량을 2 l/min으로 일정하게 하고, Liquid의 유속에 따른 Shell side의 출구에서 SO<sub>2</sub>의 농도를 Figure 2에 나타내었다. SO<sub>2</sub>의 농도는 liquid의 유속이 높을수록 감소하였다. 그러나, 흡수제가 첨가되지 않아서 액체의 유량이 10 cc/min에서 SO<sub>2</sub> 제거효율은 50%이하인 것을 알 수 있다.

Figure 3은 2M NaOH 용액을 흡수액으로 사용하여 SO<sub>2</sub> 유입농도를 일정하게 하고 기체의 유량을 2~8 l/min으로 변화시켜 Liquid의 유속에 따른 Shell side의 출구에서 SO<sub>2</sub>의 제거효율을 나타내었다. 기체의 유량이 2 l/min 일 때 SO<sub>2</sub> 제거효율은 93%이상으로 우수하였다. 그러나 기체유량을 증가시킬수록 효율은 감소하였다.

이상과 같은 결과로 볼 때, GL membrane contactor를 이용한 SO<sub>2</sub> 제거특성은 매우 우수한 성능을 나타내었다. 특히, 흡수제를 주입하지 않았을 때 보다 주입하였을 때 약 2배의 SO<sub>2</sub> 제거효율을 나타냈다. 이러한 결과는 기존의 배연탈황공정과 비교했을 때, 성능이 우수할 것으로 예상된다.

#### 4. 참고문헌

1. H. K. Lee, H. D. Jo, I. W. Kim, "Performance Test of Byproduct DBA Additives in Wet Flue Gas Desulfurization", *IIWAIKAK KONGLIKAK*, 39(6), 763 (2001)
2. W. G. Choi, H. D. Jo, I. W. Kim, H. K. Lee, "Effects of Physicochemical Properties of Domestic Limestones on the Dissolution Rates in Flue Gas Desulfurization Process", 40(3), 404 (2002)
3. S. Karoor, Kamalesh K. Sirkar, "Gas Absorption Studies in Microporous Hollow Fiber Membrane Modules", *Ind. Eng. Chem. Res.*, 32, 674 (1993).

Table 1. Characteristics of Hollow Fiber Modules used this study

| module name | surface area (m <sup>2</sup> ) | number of fibers | membrane material | module material   | module size (in) |
|-------------|--------------------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| G478        | 0.5                            | 3600             | polypropylene     | polyvinylchloride | 1.25×9           |

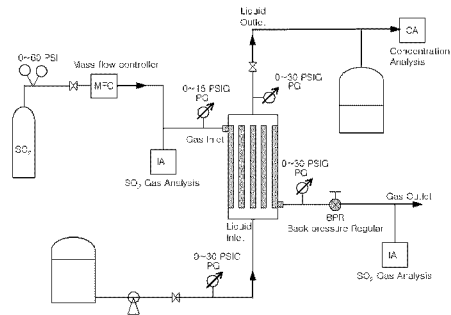


Figure 1. Experimental setup for gas absorption using hollow fibers.

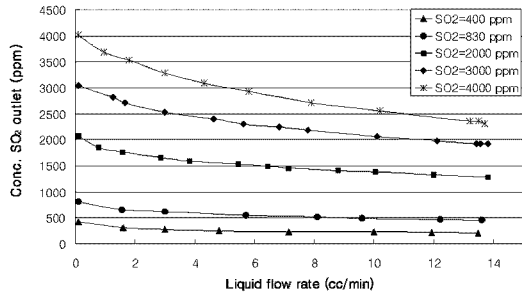


Figure 2. SO<sub>2</sub> absorption in water from SO<sub>2</sub>-N<sub>2</sub> Mixture in G478 module.

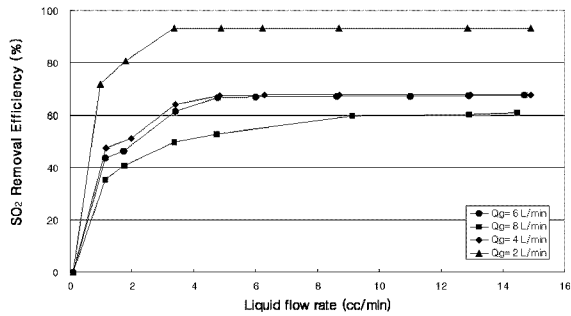


Figure 3. Absorption of SO<sub>2</sub> in 2M NaOH solution from feed gas flow rate in the shell side of G478 module.