

PE10) 암모니아 공정에서 탄산칼륨용액 흡수에 의한 CO₂ 고정화 Fixation of CO₂ in Ammonia Process by Potassium Carbonate Solution Absorption

이정섭 · 송준석¹⁾ · 윤형선¹⁾ · 서성규¹⁾

남해화학(주), ¹⁾여수대학교 공과대학 건설·환경공학부

1. 서 론

산업사회의 발전과 문화생활의 향상에 따라 에너지 사용은 계속 증가해 왔으며, 이에 따른 환경문제 또한 꾸준히 제기되고 있다. 산업구조상 화석연료를 주 에너지원으로 사용하고 있는 우리나라의 경우 온실 가스중 CO₂가 87.7%를 차지한다. 또한 이 CO₂가 대기 중에서 10.0%가 초과되면 인체에 심각한 신진대사의 이상, 중앙신경계의 장애가 발생할 수도 있다(환경부, 2000). 에너지 경제연구원은 “2010년까지 2000년 수준으로 CO₂ 배출량을 줄이면서 국내 총생산은 17.5% 감소할 전망”이라고 분석했다(에너지관리공단, 2003). 따라서, 산업 활동을 위축시키지 않으면서 온실가스의 배출량을 감소시킬 수 있는 대체 에너지 개발과 더불어 다양한 CO₂ 발생원에 실제 적용이 가능하며 효율이 우수하여 경제성이 높은 CO₂ 흡수 및 분리회수 기술 개발이 절실히 필요하다. 산업구조의 전환이나 공정개발에 의한 CO₂ 배출량의 감축에는 어느정도 한계가 있으므로 궁극적으로는 배출된 CO₂를 분리·회수하여 깊은 바다 밑에 저장하거나 다른 화학물질 제조의 원료로 사용하여야 한다. CO₂ 분리·회수 방법으로는 크게 흡수법, 흡착법, 막분리법, 심냉법, 그리고 Hybrid법으로 나눌 수 있으며, 에너지 소모, 공장설비 및 운전비, 그리고 분리효율 등을 고려할 경우 많은 전문가들에 의해 흡수법, 흡착법, 막분리법, 그리고 이러한 공정들의 혼성 방식인 hybrid법이 가능성이 높은 것으로 보고되었다(과학기술부, 2000). 이러한 여러 방법들 중 본 연구에서는 암모니아 공정에서 CO₂를 Potassium Carbonate(K₂CO₃)으로 흡수 및 분리시키기 위한 공정의 최적화조건에 대해 검토하였다.

2. 연구 방법

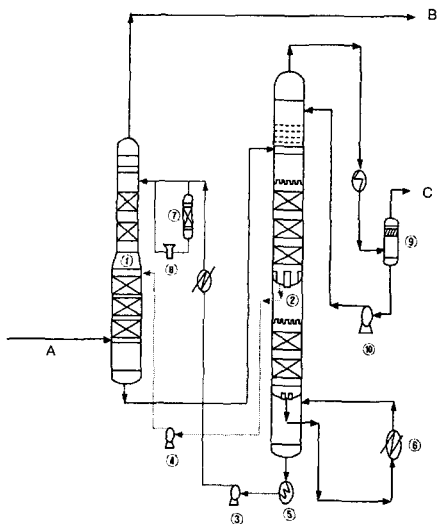


Fig. 1. Schematic diagram of experimental apparatus.

본 실험에서 사용한 주 반응 및 기기장치는 Pall ring이 충전된 CO₂ 흡수탑과 CO₂ 분리탑, 보조장치로 K₂CO₃ 용액을 Pumping 할 수 있는 Pump 등을 사용하였으며, 장치의 개요를 그림 1에 나타내었다. Chemical Solution은 K₂CO₃ Catacarb Catalyst(251-H), Borate Inhibitor 등을 이용하여 CO₂의 흡수 및 분리 거동에 관하여 살펴보았으며, 실험 내용은 첫째, K₂CO₃ 용액에 대한 성분분석 실시, 둘째, CO₂ 흡수 장치의 최적조건에 대한 주요 변수로서 K₂CO₃ 순환용액에 대한 gas 공급량비, 압력변화, 온도변화, 농도변화 등에 관하여 검토, 셋째, CO₂ 분리 장치의 최적조건에서의 압력변화, 온도변화 등에 관하여 검토하였다.

① CO ₂ Absorber	⑦ Catacarb Filter
② CO ₂ Stripper	⑧ Catacarb Cartridge Filter
③ Lean Catacarb Pump	⑨ CO ₂ Product K.O Drum
④ Semi-Lean Catacarb Pump	⑩ CO ₂ Stripper Reflux Pump
⑤ Cooler	A: Inlet Gas
⑥ Reboiler	B: Outlet Gas
	C: CO ₂ Product Gas

3. 결과 및 고찰

암모니아 제조 공정에서 발생하는 CO₂를 제거하기 위해 Potassium Carbonate(K₂CO₃) 용액으로 암모니아 제조 공정의 CO₂를 흡수 및 분리시킨 결과 CO₂ 흡수탑에서의 운전 조건 변화에 따른 CO₂ 누출율은 압력이 증가할수록, 온도가 낮을수록, K₂CO₃ 용액공급량/feed gas 비가 클수록, K₂CO₃ 용액의 농도가 높을수록 감소하였다. CO₂ absorber에서 압력변화에 따른 CO₂ 누출율을 그림 2에서 보면, 전반적으로 압력변화에 따른 큰 영향은 관찰되지 않았으나, 압력상승으로 인해 CO₂ 누출율은 조금씩 감소하므로, 압력상승에 따른 CO₂ 누출율은 반비례 관계임을 알 수 있었다. CO₂ absorber에서 온도변화에 따른 CO₂ 누출율은 그림 3과 같이, 낮은 온도는 K₂CO₃용액에 대한 CO₂의 평형압력을 낮추어 줌으로써 CO₂ 흡수능력을 도와주는 역할을 한다. 그림 4는 K₂CO₃ 용액공급량/feed gas 비로써, 흡수제의 유입량에 대하여 유입되는 기체의 양이 증가할수록 CO₂ 누출율은 계속 감소하는 것을 보여준다. 흡수제로 사용한 K₂CO₃ 용액의 농도변화에 따른 CO₂의 누출율 변화를 그림 5에 나타내었다. K₂CO₃용액의 농도가 증가할수록 CO₂의 누출율이 점차 감소하는 것으로 나타났다. CO₂ 분리탑에서의 운전 조건 변화에 따른 K₂CO₃ 전화율은 압력이 높을수록 전화율은 증가되어 분리효율은 떨어지고, 낮을수록 전화율이 감소되어 분리효율이 증가하는 것으로 나타났다. 분리탑에서 K₂CO₃용액의 온도변화에 따른 분리효율은 온도가 상승할 때마다 전화율이 조금씩 낮아졌으며, 온도가 상승함에 따라 CO₂ 용해도의 경우도 낮아지는 것을 알 수 있었다.

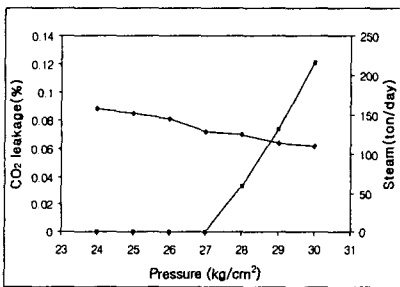


Fig. 2. CO₂ leakage by pressure of absorber.

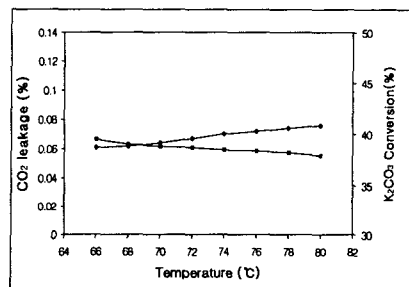


Fig. 3. CO₂ leakage by temperature of absorber.

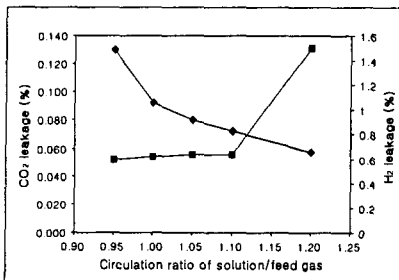


Fig. 4. CO₂ leakage by circulation solution/feed.

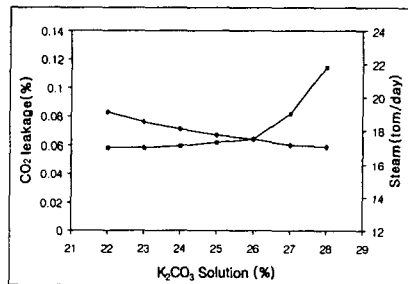


Fig. 5. CO₂ leakage by K₂CO₃ solution. gas of absorber.

참고 문헌

- 환경부(2000), 온실가스 저감 시나리오별 비용/편익 분석.
- 에너지관리공단(2003), 기후변화 협약과 우리나라 대응.
- 과학기술부(2000), 온실가스 저감기술개발사업: 이산화탄소 분리회수 실용화 기술개발.