

MEA 용액을 이용한 이산화탄소 흡수공정의 재생탑 최적화

김석, 김형택
아주대학교 에너지학과

Optimization of Regeneration Tower in CO₂ Absorption Process with MEA Solution

Seok Kim, Hyung-Taek Kim
Dept. of Energy Studies, Ajou University

1. 서론

기후 변화 협약의 진행에 따른 기술적 대응수단으로써 이산화탄소 배출 저감 기술 확보의 중요성이 날로 증대하고 있다. 배기가스에 포함된 이산화탄소의 분리 방법 중 하나인 흡수공정은 가스 혼합물과 흡수제 내의 용매가 접촉하는 동안 선택적으로 CO₂가 용해되는 공정으로써 MEA, DEA, TEA를 포함한 알카놀아민 계열의 solvent가 널리 사용되고 있다.

본 연구에서는 흡수공정의 에너지사용 효율을 고려한 최적 운전조건을 도출하기 위하여 한국에너지기술연구원에서 운전중인 Bench-scale의 이산화탄소 연속흡수 장치를 모사하였다. 공정 모사를 위해 상용 프로그램인 ASPEN PLUS를 사용 하여 흡수제의 유량, 배기가스의 유량, 재생탑의 단수와 재열기의 조건의 변화에 따른 이산화탄소의 탈거율 변화 및 에너지 요구량의 변화를 예측 하였다.

2. 공정 해석 방법

본 연구의 대상이 된 장비는 현재 한국에너지기술연구원에서 가동 중인 이산화탄소 연속흡수장치로써 실험에 사용되는 배기가스의 조성은 CO₂=13-14%, N₂=82-83%, O₂=3-5%이다. 이산화탄소 흡수공정의 flow diagram을 Figure 1에 제시하였다.

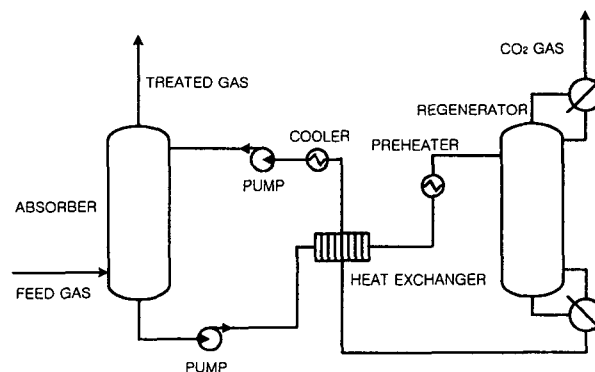


Figure 1. CO₂ 흡수공정 Flow Diagram

흡수탑에서 이산화탄소를 흡수한 흡수제는 열교환기를 거쳐 1차적으로 에너지를 정달하여 저온이 되며 재생탑에 들어가기 전에 예열기를 통하여 탈거에 용이한 고온조건에 이르게 된다. 재생탑의 상부로 유입된 흡수제 용액은 하부로 내려오면서 이산화탄소와 흡수제 수용액이 분리되며 재열기(reboiler)에서 추가적인 에너지를 공급하여 이산화탄소의 분리를 원활하게 한다. 이산화탄소가 탈거된 고온의 흡수제 수용액은 열교환기에서 상대적으로 저온인 이산화탄소를 흡수한 흡수제 수용액에 에너지를 전달하고 냉각기를 거쳐 흡수탑으로 재순환하는 과정을 반복한다. 전해질 용액을 포함한 공정의 모사를 위해 ASPEN PLUS의 Physical Property Model인 Electrolyte Non Random Two Liquid (ELEC-NRTL) Model을 사용 하였다. 흡수제로는 Monoethanolamine (MEA) 30wt% 수용액을 사용 하였고 흡수탑 및 재생탑의 모사에는 RadFrac column이 사용되었다. 공정모사를 진행하는 동안 배기가스의 유량은 35-100 l/min, 흡수제의 유량은 0.5-4 l/min까지 변화하였다.

3. 결과

CO₂=13.89%, N₂=82.56% and O₂=3.55%의 조성을 갖는 배기가스를 사용하고 배기가스 유량 35 l/min.의 조건에서 재생탑의 단수와 재열기의 열요구량의 변화에 따른 이산화탄소 탈거율의 변화를 흡수제 유량이 1 l/min., 1.5 l/min. 인 경우에 대하여 Figure 2와 Figure 3에 3차원 그래프로 나타내었다. Figure 2와 Figure 3에서 나타난 결과와 같이 3단 이상에서 단수의 변화에 따른 탈거율 변화는 미소한 반면 재열기의 열요구량의 변화에는 민감하게 변화한다. 단수에 관계없이 0.0008-0.0010 MMkcal/hr 사이에서 95% 이상의 높은 탈거율을 보이고 있다.

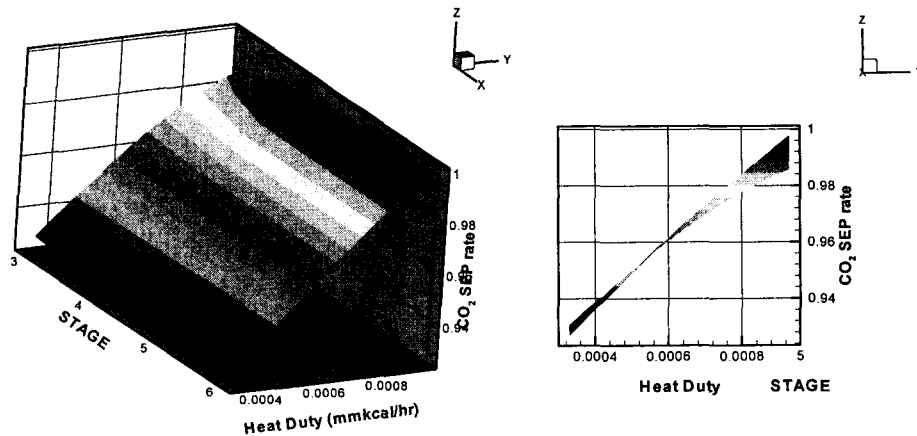


Figure 2. CO₂ separation rate as stage and reboiler heat duty varies (MEA)

solution: 1 l/min, flue gas: 35 l/min)

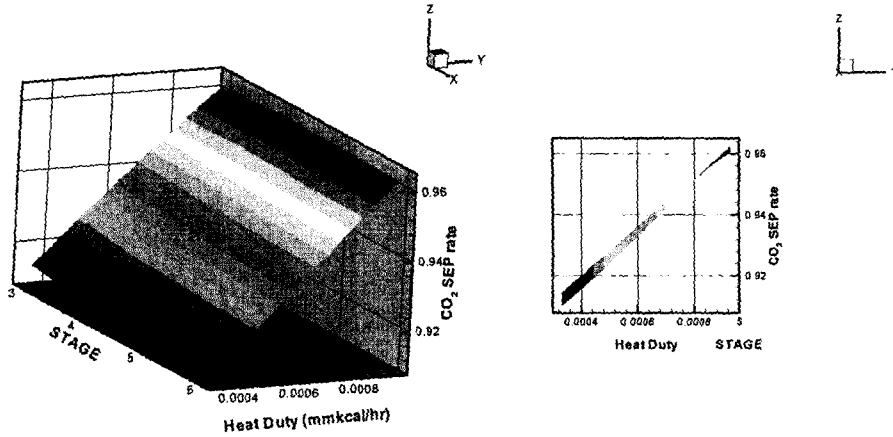


Figure 3. CO₂ separation rate as stage and reboiler heat duty varies (MEA solution: 1.5 l/min, flue gas: 50 l/min)

배기가스의 유량과 흡수제의 유량 변화에 따른 총열요구량의 변화는 Figure 4에서 보여주고 있다. Figure 4에서와 같이 배기가스의 유량이 3-6 m³/hr, 흡수제의 유량이 0.5-4 l/min. 사이에서 변화 할 때 총열요구량의 변화 경향은 주로 흡수제의 유량에 의한 것임을 알 수 있으며, 제한된 열요구량에서, 주어진 배가스에 대한 적절한 흡수제 유량을 결정할 수 있도록 등고선 그래프로 나타내었다.

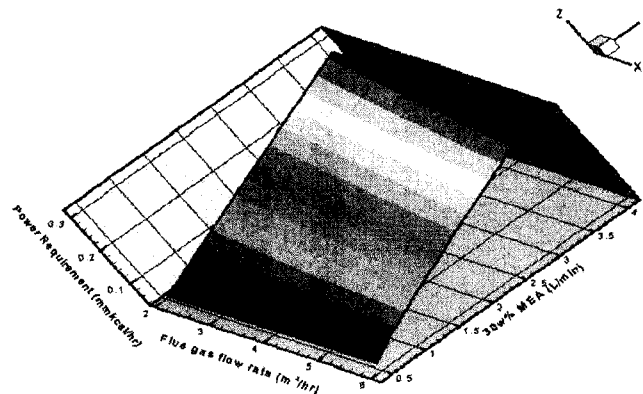


Figure 4. Total power requirement of process as flue gas flow rate and MEA solution flow rate varies

4. 결론

한국에너지기술연구소에서 운전중인 이산화탄소 연속 흡수장치를 ASPEN PLUS를 사용하여 모사한 결과 재생탑에서의 이산화탄소 탈거율은 재열기에 투입되는 에너지에 민감하게 반응하며 0.0008-0.0010 MMkcal/hr 사이에서 95%의 탈거율을 보이고 있으며 예열기를 포함한 총 열요구량은 배기가스의 유량보다 흡수제의 유량변화에 의해 일어나며 일정한 Required Power에 대하여 배기가스 및 흡수제의 유량을 결정할 수 있는 data를 산출하였다.

5. 향후 연구 계획

재생탑의 운전조건에 따른 이산화탄소의 탈거율의 변화를 분석하였다. 향후에는 MEA수용액과 CO₂사이의 흡수평형 자료를 이용하여 ASPEN PLUS에서 사용하는 Property Method를 보완하여 더욱 정확한 모사를 수행할 예정이며, MDEA 및 현재 개발된 흡수제에 대한 모사를 수행할 예정이다.

참고문헌

1. Chris Hendriks, Carbon Dioxide Removal from Coal-Fired Power Plants, Kluwer Academic Publishers, pp. 17~49, Netherlands (1994)
2. Amornvadee Veawab et al., Solvent Formulation for CO₂ Separation from Flue Gas Streams.
3. ASPEN Plus Manual, Physical Property Data (2002)