

Process Improvement and Evaluation of 0.1 MW-scale Test Bed using Amine Solvent for Post-combustion CO₂ Capture

0.1 MW급 연소후 습식아민 CO₂ 포집 Test Bed 공정개선효과 검증

Park Jong Min*†, Cho Seong Pill**, Lim Ta Young**, Lee Young ill**
박종민*†, 조성필**, 임태영**, 이영일**

* KEPCO Engineering and Construction, Power Engineering Research Institute,
269 Hyeoksin-ro, Gimcheon-si, Gyeongsangbuk-do, 39660, Korea

** KEPCO Engineering and Construction, Renewable Energy & Environmental Technology Department,
269 Hyeoksin-ro, Gimcheon-si, Gyeongsangbuk-do, 39660, Korea

Abstract

Carbon Capture and Storage technologies are recognized as key solution to meet greenhouse gas emission standards to avoid climate change. Although MEA (monoethanolamine) is an effective amine solvent in CO₂ capture process, the application is limited by high energy consumption, i.e., reduction of 10% of efficiency of coal-fired power plants. Therefore the development of new solvent and improvement of CO₂ capture process are positively necessary. In this study, improvement of CO₂ capture process was investigated and applied to Test Bed for reducing energy consumption. Previously reported technologies were examined and prospective methods were determined by simulation. Among the prospective methods, four applicable methods were selected for applying to 0.1 MW Test Bed, such as change of packing material in absorption column, installing the Intercooling System to absorption column, installing Rich Amine Heater and remodeling of Amines Heat Exchanger. After the improvement construction of 0.1 MW Test Bed, the effects of each suggested method were evaluated by experimental results.

Keywords : Carbon Capture and Storage, CO₂ capture, mono ethanol amine, test bed, absorption, process improvement

I. 서론

온실가스에 의한 지구온난화에 전세계가 집중하고 있다. 이에 배출규제가 가능한 온실가스인 CO₂ 규제는 직면과제로서, 이산화탄소가 대기 중에 배출되기 전에 회수를 한 후 수송하여 격리시키는 기술인 CCS기술개발에 집중하고 대규모 CO₂ 배출시설에 순차적으로 이를 적용하여 감축에 따른 산업분야의 영향을 최소화하여야 하며, 지구온난화 방지에도 기여하여야 한다.

CCS 기술 중 포집기술은 CCS 기술 전체 비용의 70-80%를 차지하는 핵심기술이며 [1], 습식아민 CO₂ 흡수공정은 약 100여년 전부터 이미 상용화되어 정유, 가스 등 다양한 산업설비에 적용되어 온 기술이다. 최근 석탄화력발전소 배기가스 중의 CO₂ 포집을 위한 목적으로 상용화 연구가 추진되고 있다 [2].

CO₂ 포집에 사용되는 에너지를 저감하기 위해서는 CO₂ 로딩 능력, 낮은 반응열 등 우수한 물성을 가진 흡수제 개발과 함께 흡수제에 적합한 공정 구성 및 최적 공정변수 도출이 필요하다. 따라서 공정변수 실험이 가능하도록 2TPD (ton/day) 습식아민 CO₂ 포집 Test Bed를 설계하고 이를 실제 보령화력발전소에 설치하여 운전하였다. 이를 통해 MEA와 전력연구원에서 개발한 흡수제 1에 대한 최적조건 (에너지사용량 최소 조건) 도출을 수행하고 1000 시간 이상 연속운전으로 Test Bed의

신뢰성은 확인하였다.

이 운전으로 확인한 재생에너지량 기준으로, 재생에너지를 저감하기 위한, CO₂ 흡수제 개발뿐 아니라 공정 개선에 따른 에너지효율을 극대화시켜 재생에너지를 낮추는 연구가 필수적이다. 따라서, 에너지저감효과를 보일 수 있는 공정개선안들을 도출하고 이를 Test Bed 기본공정에 적용하여 공정을 개선하고, 운전결과를 확인함으로써 개선공정들의 효과를 검증하고자 한다.

II. 본론

A. 0.1 MW 습식아민 CO₂ 포집 Test Bed

아민을 이용한 습식 화학흡수공정의 기본 구조는 배가스의 전처리설비, 아민계열의 흡수제와 배가스의 접촉을 위한 흡수탑과 흡수된 이산화탄소의 탈거를 위한 탈거탑으로 구성된다. Fig. 1과 같이 일반적인 습식아민 포집공정은 흡수제가 흡수탑 내에서 CO₂와 반응하여 CO₂-rich Amine 상태로 탈거탑에 전달된다. Rich Amine은 탈거탑에서 가열을 통하여 CO₂가 분리되어 상단으로 가고, 하단에서는 흡수제가 CO₂-lean Amine 상태로 재생된다. 이때 Lean Amine과 Rich Amine 사이에는 열교환기를 통해 열을 회수한다. 보령화력에 설치한 0.1 MW 습식아

Table 1. Test Bed의 개략 기술규격

항목	Description
위치	보령화력 8호기 부지내
Flue Gas Source	보령화력 8호기 배가스 (탈황설비 습분분리기 출구용)
배가스량	365 Sm ³ /h
배가스온도	40°C
CO ₂ 제거율	80-95 % (base 90 %)
Recovered CO ₂ 량	2 ton/day
흡수제	아민계열흡수제
탈거탑 압력	0.3-1.1 kg/cm ²

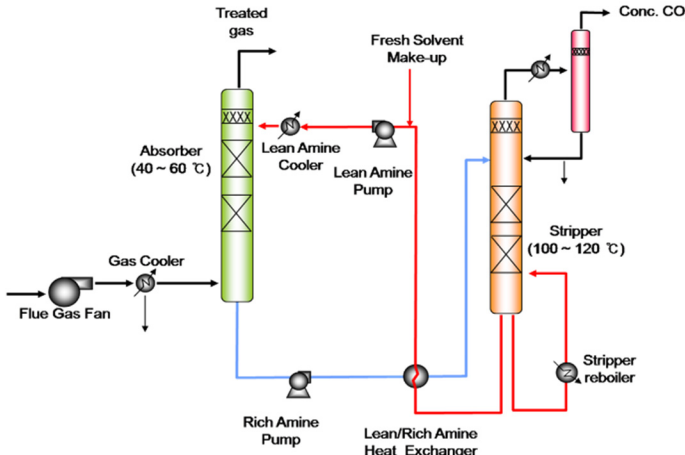


Fig. 1. 습식아민 CO₂ 포집공정 개념도

민 CO₂ 포집 Test Bed는 Fig. 1의 공정개념을 그대로 구현하고, 공정변수 실험과 신흡수제 성능 실험이 가능하도록 설계되어있다 (Table 1). 이와 같이 아민계열의 흡수제를 사용하는 연소 후 포집공정은 기술적 완성도를 갖고 있지만, 흡수제의 재생을 위한 스팀이 다량 필요하여 에너지사용량을 줄이기 위한 공정개선 방안을 검토하여 개선공사를 수행하였다.

B. 공정개선안 선정

1) 공정개선안 후보

포집공정 개선안 도출을 위해 국내외 특허, 미국의 DOE 등에서 발표한 정부보고서, 국내외 게재된 논문 및 학술대회 발표자료 등을 검토하여 비교분석평가를 통해 가능성 있는 개선안 후보를 Table 2과 같이 도출하였다.

2) 공정개선안 선정 및 적용

Table 1과 같은 CO₂ 포집공정에 효과가 예상되는 개선안 중 실제 운전시 에너지 절감 효과가 상대적으로 미미할 것으로 판단되는 흡수탑과 탈거탑의 Feed 분할안, 열교환 후와 흡수탑 후단 증발탱크 추가안, 탈거탑 Split Flow안은 적용안에서 제외하였다. 또한 실제 공정구조상 적용이 어려운 Matrix 탈거탑안과 고압 운전의 어려움이 있는 Multi-Pressure 탈거탑안을 제외하여, Table 2의 상위 7가지 안에 대하여 Aspen Plus v7.2로 시뮬레이션을 수행하여 검토하였다.

시뮬레이션 검토결과 7가지 개선안은 모두 CO₂포집공정에 효과가 있음을 확인하였고 그 정량적 기대효과

Table 2. 공정개선안 후보

개선안 후보	공정 요약 및 기대 효과
Structured Packing	기존 Random packing을 Structured packing으로 바꾸어 흡수 효율 증가
흡수탑 내부 냉각 (Intercooling)	CO ₂ 의 발열반응이 일어나는 흡수탑 내부 온도를 낮춤으로서 흡수 과정의 불평형을 유발시킴. 이로서 흡수제의 Loading capacity를 증가시켜 필요 흡수제 양 절감
Rich Amine Heater	스팀 응축수가 갖고 있는 현열을 이용하여 탈거탑에 주입되는 Rich amine 온도 상승
Amines Heat Exchanger Remodeling	Amines Heat Exchanger의 열효율 (Thermal efficiency)을 증대시켜 Rich amine 온도 상승
LVC (Lean Vapor Compression)	탈거탑 하단에 Flash 및 Compressor를 추가하여 Lean Amine에서 분리된 스팀을 탈거탑 하단에 직접 공급
열교환 후 감압 증발탱크	열교환 후 감압 증발탱크를 추가함으로써 Rich amine을 감압하여 CO ₂ 일부를 선처리
탈거탑 Interheating	탈거탑의 내부 온도를 상승시켜 재생에너지를 절감할 수 있는 공정
흡수탑 Feed 분할	상대적으로 저온인 배가스 및 흡수제를 분할 투입하여 냉각효과 및 온도편차 절감을 통해 필요 흡수제양 절감
열교환 후 Flash 추가	열교환 후 기화된 CO ₂ 의 일부를 선회수하여 재생 에너지 절감
탈거탑 Feed 분할	흡수탑 하단의 차가운 CO ₂ rich stream을 탈거탑의 Reflux로 사용하여 Reflux ratio를 감소 시켜 에너지 절감
탈거탑 Split Flow	탈거탑의 중간단에서 Semi-lean solvent를 일부 배출하여 흡수탑의 중간단에 유입.
Matrix 탈거탑	Rich Amine을 2개의 탈거탑으로 분할 유입함으로써 CO ₂ 분리 에너지 절감
Multi-Pressure 탈거탑	Intercooling 되는 Multi-Pressure 탈거탑을 사용하여 압축기 일을 재열기 열로 회수
흡수탑 후단 증발탱크 추가	흡수탑 하단 CO ₂ rich stream에서 일부를 선회수함으로써 처리되는 CO ₂ 유량 감소

Table 3. 공정개선안별 기대효과(시뮬레이션 결과)

공정 개선안	정량적 기대효과 (최대 에너지 절감)
Structured packing	2-5%
흡수탑 내부 냉각 (Intercooling)	2.3%
Rich Amine Heater	3.2%
Amines Heat Exchanger Remodeling	3.5%
Lean Vapor Compression	6.4%
열교환 후 감압 증발탱크	1.4%
탈거탑 Interheating	6.0%

는 Table 3와 같다.

C. 포집공정 개선공사

시뮬레이션으로 효과를 확인한 7가지 안 중에서 에너지 절감효과가 높게 예상되나 저용량 기기제작이 불가능한 Lean Vapor Compression, 경제성 대비 저감효과가 낮은 열교환 후 감압 증발탱크 설치와, 경제성과 실현가능성이 떨어진 탈거탑 Interheating을 제외한 총 4건의 개선안, 흡수탑 충전물 변경 (Revamping with structured packing), 흡수탑 Intercooling, Rich Amine Heater, Amines Heat

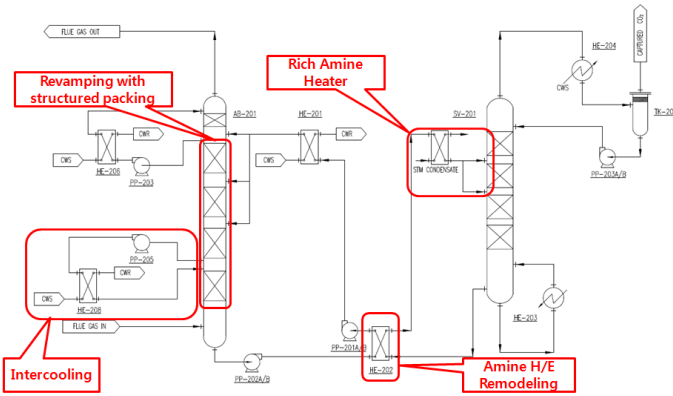


Fig. 2. 0.1 MW Test Bed 적용 개선공정

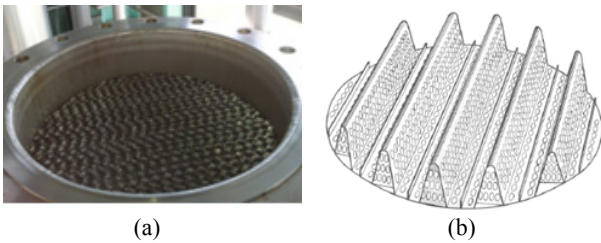


Fig. 3. 흡수탑 변경 충전물. (a) Structured packing, (b) Packing support

Exchanger Remodeling 을 0.1 MW CO₂ 포집 Test Bed에 적용하고자 개선공사를 시행하였다. Fig. 2는 개선공정이 반영된 계통도로 4가지 개선지점을 보여준다.

1) 흡수탑 충전물 변경

흡수탑 충전물 변경은 흡수탑 최고 유효높이 도출과 Structured packing 적용에 따른 차압 감소 효과 확인을 위해 수행하였다.

기존의 Random packing에서 Structured packing이다. 교체대상 충전층은 세정층 (최상단)을 제외한 모든 충전층이며, 기존 Column의 구조 변경 없이 Random packing 해체 후 Structured packing을 설치하였다 (Fig 3).

2) 흡수탑 Intercooling

흡수탑 Intercooling은 흡수탑 하부의 온도를 낮추어 흡수제의 CO₂ loading 능력 (흡수능)을 향상시키고자 설치한 설비로 Collector tray, Intercooling pump, Intercooler, Electric chiller package 등으로 구성된다 (Fig 4).

기존 CO₂ 흡수탑 하단 부위를 제거하고 Collector tray를 설치하여 흡수탑의 충전층 높이가 기존 4.2 m 대비 1.1 m 감소하였다 (전체 16.8 m→15.7 m). Collector tray는 흡수탑 내 흡수제를 Intercooler로 이송하기에 적절한 수위를 유지할 수 있도록 하였으며, 필요시 Intercooling System을 가동 및 정지할 수 있도록 배관을 구성하였다. 또한, 펌프 후단에는 유량을 측정할 수 있도록 유량계를 설치하였으며, 열교환기 전후단 Amine/냉각수에는 온도계를 설치하여 온도를 제어 및 측정할 수 있도록 하였다

3) Rich Amine Heater

탈거탑으로 주입되는 Rich Amine의 온도를 상승시켜 Steam 사용량을 절감시키고자 Rich Amine Heater를 Test

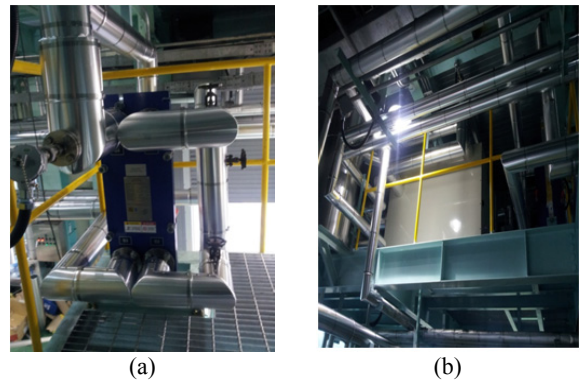


Fig. 4. Intercooling system. (a) Intercooler, (b) Chiller package

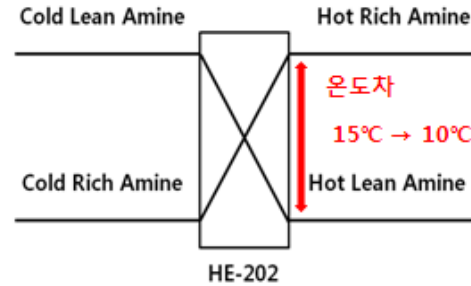


Fig. 5. 아민열교환기 리모델링

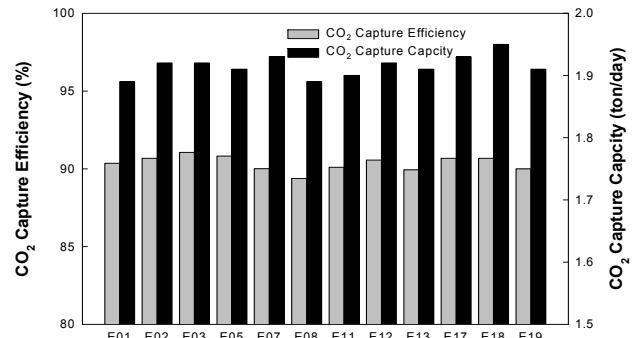


Fig. 6. 충전물 변경 효과검증 실험 결과

Bed에 설치하였다. Aux. Steam이 재열기에서 응축되어 배출되는 Steam condensate의 폐열을 이용하도록 구성하였으며 형식은 Plate type으로 Heat duty는 13,500 kcal/hr이다.

4) Amines Heat Exchanger Remodeling

Amines Heat Exchanger Remodeling은 기존 열교환기의 온도차를 줄여서 Rich Amine 온도 상승을 피하여 이에 따른 Steam 사용량을 절감효과를 검증하기 위함으로, 기존 아민열교환기(Amines Heat Exchanger, HE-202)의 Rich Amine과 Hot Lean Amine의 온도차(ΔT)가 15°C에서 10°C로 줄어들도록 Remodeling하여 Rich Amine의 주입온도를 높였다 (Fig 5).

D. 공정 개선 효과 검증

1) 흡수탑 충전물 변경

흡수탑 충전물 변경(Revamping) 후 에너지 사용량 절감 효과를 검증하고 흡수제 1의 흡수탑 최고 유효높이를 도출하는 운전을 시행하였다. 에너지 사용량을 도출하기 위한 주요공정 변수는 아민순환량과 탈거탑 압

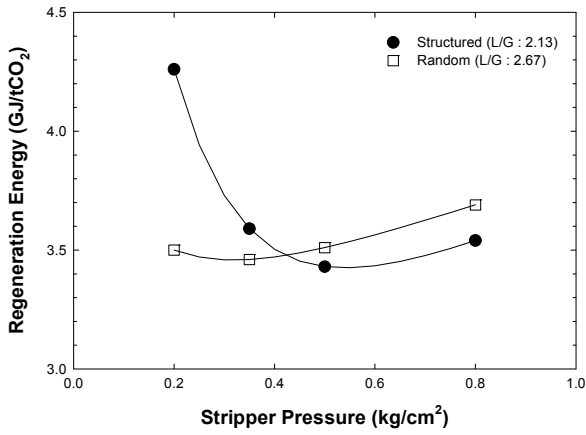


Fig. 7. 충전물 변경 시 탈거탑 압력에 따른 에너지 사용량

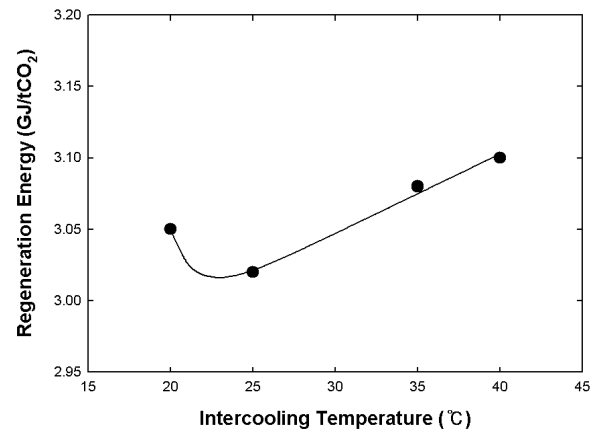


Fig. 9. 흡수탑 Intercooling 온도에 따른 에너지 사용량

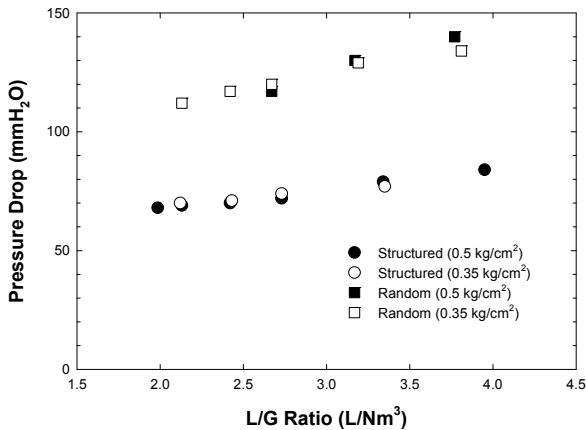


Fig. 8. 충전물 변경에 따른 Pressure drop

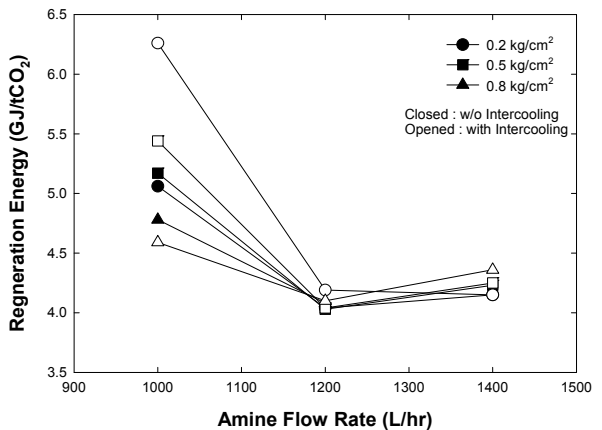


Fig. 10. Intercooling 여부에 따른 에너지 사용량

력이며, 서로 다른 20개 조건의 운전을 수행하여 Fig. 6 과 같이 총 12개의 유효데이터를 확보하였다. 이는 개선 공정상에서의 흡수제 1의 최적 운전조건 도출과 충전물 변경전 Random Packing으로 시행한 운전결과와 비교하고자 같은 흡수제와 같은 운전조건의 시나리오로 실험을 수행한 것이다.

L/G비와 탈거탑 운전조건을 변화시켜 도출한, 변경충진물 Structured Packing에서의 최적적인 L/G 비 2.17 (아민 순환량 706 L/h)에서 탈거탑 운전압력을 0.2-1.1 kg/cm² 변화시키며, 탈거탑 운전압력에 따른 에너지사용량을 도출하고, 이를 Random Packing 운전결과와 비교하였다.

그 결과, Fig. 7과 같이 Random Packing의 탈거탑 압력 최적점은 0.35 kg/cm² 였으나, Structured Packing의 최적점은 0.50 kg/cm²로 도출되었다. 탈거탑 압력 0.35 kg/cm²에서 Random Packing 대비 0.02 GJ/tCO₂의 에너지 절감 효과가 있으며, Packing별 최적운전조건에서의 비교시 Revamping결과, 0.03 GJ/tCO₂의 저감효과가 있는 것으로 나타났다.

Fig. 8은 Structured Packing과 Random Packing에 대하여 L/G비를 변화시키며 각각의 흡수탑의 Pressure Drop을 분석한 것으로, 기존 Random Packing 대비하여 Structured Packing의 Pressure Drop이 약 39% 감소한다. 이는 Packing Factor를 증가 시킬 뿐만 아니라 압력손실이 감소하기 때문에 엔지니어링 차원에서 매우 유리하다. 비록

Structured Packing에 의한 재생에너지 감소에서 큰 효과를 보이지 않았으나, 압력손실 감소로 전체적으로 에너지 (Flue Gas Blower 전력비) 절감 효과가 있다고 판단된다.

2) 흡수탑 Intercooling 적용

흡수탑에 Intercooling system 도입하여 운전을 실시하였다. Intercooling 전에는 흡수탑 하부의 흡수제 온도가 46°C이나 Intercooling system 가동 후에는 그 온도를 낮추어 흡수제의 흡수능을 높일 수 있다. Fig. 9는 흡수제 2를 이용한 운전기간동안 최적 L/G비와 최적 압력 도출 실험들을 통해 최적조건을 도출하고, 최적조건상태에서 Intercooling System을 이용하여 Intercooling 온도에 따른 재생에너지값을 산출한 것이다. 실험 결과 25°C로 Intercooling할 경우, 가장 낮은 재생에너지가 사용되는 것을 확인하였다.

Fig. 10은 MEA를 이용하여 운전압력별로 아민순환량의 변화에 따른 재생에너지 값을 산출한 것으로, Intercooling System (25°C) 가동전과 후를 모두 실험하여 Intercooling 효과를 확인하고자 하였다. Closed mark는 Intercooling하지 않은 운전결과이고, open mark는 Intercooling을 한 결과이다. 비교분석 결과, 아민순환량이 적을 때, 탈거탑 압력별로 에너지사용량이 큰 차이를 보이며 Intercooling 후 에너지사용량이 상승하는 경우, 저감하는 경우 모두 나타났으며, Intercooling 여부에 따른 에너지사용량 차이는 아민순환량을 늘릴수록 줄어드는 경

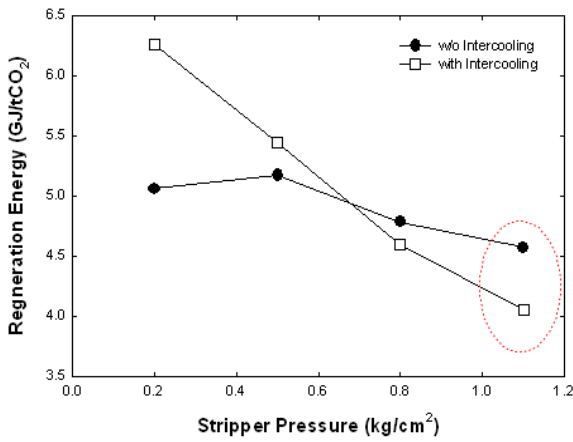


Fig. 11. 흡수탑 Intercooling 시 탈거탑 압력에 따른 에너지 사용량

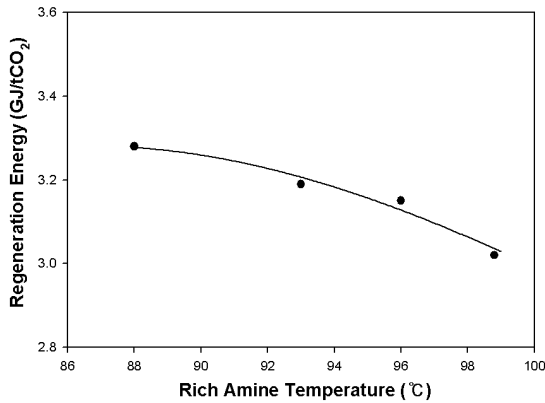


Fig. 12. 탈거탑 주입 Rich Amine 온도별 에너지 사용량

향을 보인다.

Intercooling하여 흡수탑 하부의 온도를 낮추는 것은 Rich Amine의 CO₂ 흡수능을 향상시키는 효과를 주는 반면 아민의 화학반응속도를 저해하는 요소로도 작용하게 된다. 또한 Intercooling은 흡수탑의 온도 Profile도 변화하게 하여 아민순환량에 따라 Intercooling 영향이 변화하는 결과를 보인 것으로 판단된다.

MEA기준 최적 아민순환량인 1,000 L/h에서는 탈거탑 압력이 높아질수록 Intercooling 후의 에너지 사용량이 점차 감소하여, 탈거탑 압력이 0.8 kg/cm², 1.1 kg/cm² 일 때는 Intercooling의 효과로 에너지사용량이 점점 더 감소하는 경향을 보였다 (Fig. 11). 또한 최적 탈거탑압력으로 도출한 1.1 kg/cm² 조건에서는 Intercooling System을 가동함에 따라 에너지사용량이 4.57 GJ/tCO₂에서 4.05 GJ/tCO₂로 줄어 11%의 저감효과를 확인하였다 (Chiller 가동에 따른 추가소비동력은 고려되지 않음).

3) Rich Amine Heater 적용

MEA 운전시에는 Intercooling System과 동시에 운전을 하여 Rich Amine Heater 만의 영향을 수치적으로 분석하는 실험은 수행하지 못하였지만 Intercooling 미가동시에도 재생에너지가 감소한 것으로 보아 에너지저감에 효과가 있음을 확인하였다.

이에 흡수제 2 운전기간 동안 Rich Amine Heater 컨

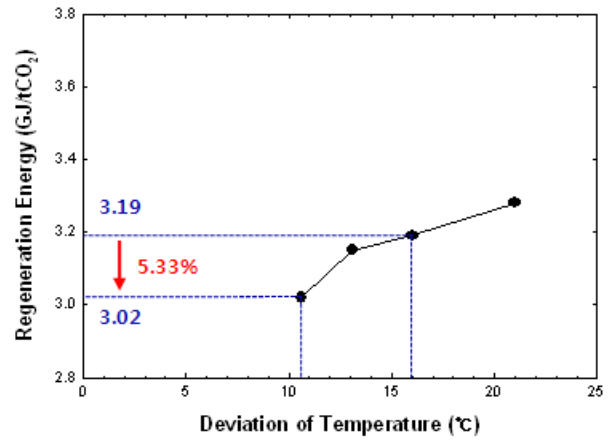


Fig. 13. 아민열교환기 ΔT 에 따른 재생에너지 증감

트롤을 통하여 탈거탑으로 유입되는 Rich Amine의 온도를 조절하여 영향을 확인하고자 하였다. 그 결과 Fig. 12와 같이 Rich Amine Heater를 가동하여 흡수제의 온도를 높일수록 재생에너지가 저감되는 것을 확인하였다. 그러나 이 Rich Amine은 아민열교환기(Amines Heat Exchanger)를 통과하여 Heater로 유입이 되고 Heater에서 더 가열이 되어 탈거탑으로 유입되는데, 이 운전기간은 아민열교환기 Remodeling이 기수행되어, 성능개선이 이루어진 상태였다. Rich Amine이 아민열교환기에 의하여, Heater를 통해 상승가능한 온도 이상으로 이미 가열이 되어 (98.8°C) Heater에 유입되므로, Heater 가동이 무의미한 결과를 가져왔다.

결론적으로 Rich Amine Heater에 의한 흡수제 가열은 분명 에너지사용량 저감에 효과가 있으나, 온도 상승에 한계가 있어 아민열교환기 개선공사 이후로는 아민열교환기만으로 Rich Amine온도가 상승하여 Heater는 bypass 처리하였다.

4) Amines Heat Exchanger Remodeling

기존 아민열교환기 Remodeling을 통하여 Rich Amine과 Hot Lean Amine의 온도차 (ΔT)가 15°C에서 10°C로 줄어들도록 성능개선을 하고자 하였다.

흡수제 2의 최적운전조건 도출 실험을 수행하면서 동시에 각각의 운전별로 Hot Rich Amine과 Hot Lean Amine의 온도차를 모두 확인한 결과 Fig. 13과 같이 ΔT가 작아질수록 재생에너지량이 낮아지는 경향을 보인다. 15°C정도의 온도차를 보이던 기존 아민열교환기가 개선공사를 통하여 온도차는 10°C정도까지 낮아진 것을 실험 결과 확인하였으며, 이에 따라, 재생에너지 값이 3.19 GJ/tCO₂에서 3.02 GJ/tCO₂로 5.33% 저감효과를 보였다.

5) 흡수제의 안정성

MEA와 흡수제 2에 대하여 7일 연속 운전을 하였다. Fig. 14와 같이 MEA와 흡수제 2는 안정적으로 운전되며, 열화에 의한 성능 저하는 없다. 다만, 운전 중 설비의 이상으로 Intercooling이 가동되지 못하여 재생에너지가 다소 높게 나타났으나 상기의 Intercooling 운전결과에 비추어 안정적으로 운전되었음을 확인할 수 있다.

Table 4. 공정개선안별 에너지 절감효과 (Test Bed)

공정개선	에너지 절감효과
Structured Packing	재생에너지 저감효과는 미미하나, 차압감소에 따른 Flue Gas Blower 전력비 감소가 예상된다
흡수탑 내부 냉각 (Intercooling)	최대 11% 재생에너지 저감효과 (Chiller 사용에 따른 추가소비동력 고려 안됨)
Rich Amine Heater	Rich Amine 온도 상승에 따라 재생에너지 저감효과 확인하였으나, 아민열교환기 성능개선으로 열교환기 만으로 Rich Amine 최대 온도까지 상승가능함
Amines Heat Exchanger Remodeling	재생에너지 5.33% 저감효과

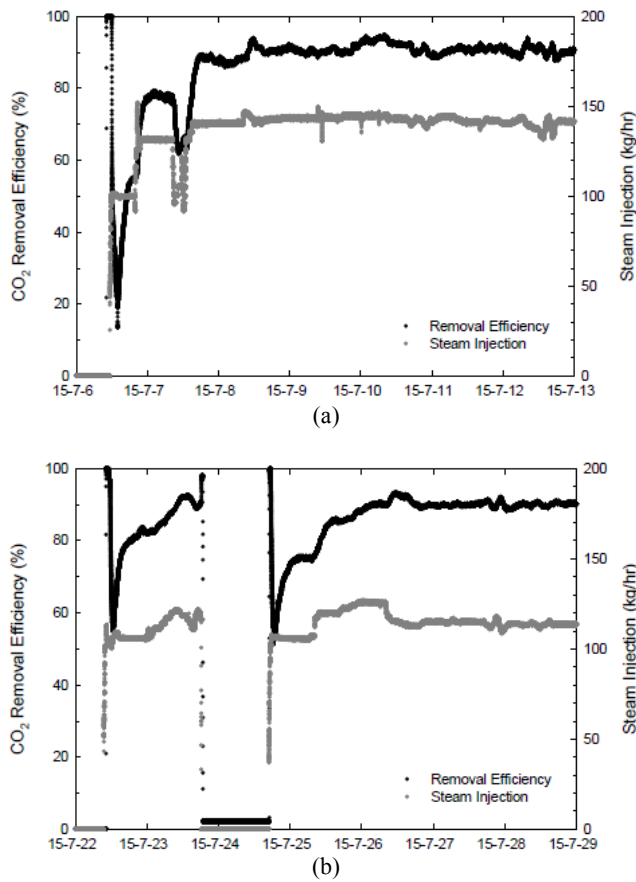


Fig. 14. 흡수제별 장기 운전. (a) MEA, (b) 흡수제 2

III. 결론

아민계 흡수제 중 CO₂ 포집에 가장 적합하다고 알려진 MEA를 사용할 경우 에너지 사용량이 매우 높아 기존 석탄화력발전소의 효율이 약 10% 정도 감소될 것으로 전망되고 있어 신흡수제 개발과 공정개선 연구가 필수적이다. 본 연구에서는 공정개선에 집중하여, 에너지 저감에 효과가 있다고 보고되는 개선안들을 검토하고 이 중 가능성이 높은 개선안 후보를 도출하였다. 시뮬레이션을 통하여 효과를 확인한 공정개선안들 중 실

제 Test Bed에 적용이 가능한 4건의 개선안 흡수탑 충전물 변경, 흡수탑 Intecooling, Rich Amine Heater와 Amines Heat Exchanger Remodeling에 대해 기기 제작 및 설치를 수행하였다. 4건의 공정개선 완료 후, 흡수제를 변경하며 3차례 운전을 통하여 개선안별 에너지사용량 저감효과를 검증하였다.

가장 먼저 공사를 진행한 흡수탑 충전물을 Random Packing에서 Structured Packing으로 교체 결과, 재생에너지 저감에는 가시적인 효과를 보이지 않았는데, 이는 이미 흡수탑 높이가 적정유효높이를 만족한 상태였던 것으로 판단된다. 그러나 흡수탑의 Pressure Drop이 약 39% 줄어들어 압력손실 감소로 전체적으로 에너지(Flue Gas Blower 전력비) 절감 효과가 있다고 판단된다. 흡수탑 하부의 온도를 낮추어 흡수제의 CO₂ Loading 능력 (흡수능)을 향상시키고자 설치한 흡수탑 Intercooling System은 운전결과 MEA 최적운전조건에서는 최대 11%까지 에너지 저감효과가 있는 것으로 확인하였다. Rich Amine Heater의 경우 탈거탑으로 주입되는 Rich Amine의 온도를 높여 에너지저감효과가 있는 것은 확인하였으나 이후 아민열교환기의 성능개선으로 Heater없이 Rich Amine의 온도가 충분히 상승하였다. 마지막으로 아민열교환기 Remodeling 결과 Hot Rich Amine과 Hot Lean Amine의 온도차를 기존 15°C정도에도 10°C로 낮추어 Rich Amine의 온도를 충분히 올림으로써 에너지소모량 5.33% 저감효과가 나타났다.

4가지 개선안의 개별 효과는 본 연구에서 실제 Test Bed 운전을 통해 수치적으로 검증하였으나 (Table 4), 공정개선이 신흡수제 개발이 동시에 진행되어 개선된 공정에 신흡수제로 운전을 수행함으로써, 신흡수제만의 효과와 공정개선안 전체의 효과는 분리하여 평가가 되지 못하였다. 신흡수제와 개선공정의 영향으로 CO₂ 재생에너지는 MEA를 이용한 기존 Test Bed운전 기준 25%가 저감되었다.

REFERENCES

- [1] 김재창, 김준모, 박진원, 왕수균, 이관영, 이영무, 이창하, 정석호, 홍원희, 이산화탄소 포집 및 저장기술, 청문각, 2008.
- [2] 한국전력기술(주), 습식아민CO₂ 포집공정 개선 및 발전소 통합기술 개발 2차년도 연차보고서, 2012.
- [3] Majeed S. Jassim and Gary T. Rochelle, Innovative Absorber/Stripper Configurations for CO₂ Capture by Aqueous Monoethanolamine, I&EC research, 45(8), pp.2465-2472, 2005.
- [4] Luis M. Romeo, Irene Bolea, Yolanda Lara, Jesus M. Escosa, Optimization of inter cooling compression in CO₂ capture systems, Vol. 29, Issues 8-9, pp.1744-1751, 2009.
- [5] CO₂ capture from power plants Part I. A parametric study of the technical performance based on monoethanolamine, Science Direct, 2007.
- [6] Advanced Carbon Dioxide Capture R&D Program: Technology Update, U.S. Department, 2011.
- [7] IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage, Intergovernmental Panel on Climate Change, 2005.