

열펌프 시스템에서 원통형 흡수기 내 기포모드의 특성

이기봉, 전병희, 이재철, 박찬진*, 김성현
고려대학교 화학공학과, 시립인천전문대학 환경공업과*

Characteristics of Bubble Mode in the Cylindrical Absorber for Heat Pump System

Ki-Bong Lee, Byung-Hee Chun, Jae-Cheol Lee, Chan-Jin Park*, Sung-Hyun Kim
Dept. of Chem. Eng., Korea University,
Dept. of Environ. Eng., Junior College of Incheon*

1. 서론

산업과 과학발달에 의해 더욱 물질적으로 풍요로워진 인류에게 에너지와 환경문제는 새로운 당면문제로 부각되고 있다. 특히 1992년 몬트리올 협정에서는 CFC 및 HCFC의 사용을 각각 1997과 2002년부터 전면 금지시키기로 하였고, 1997년에는 2008-2012년까지 전세계 온실가스 배출량을 5.2% 줄이는 것을 골자로 하는 교토 선언이 합의되었다. 이러한 상황을 타개하기 위한 많은 연구 중 흡수식 열펌프는 환경친화적인 자연냉매를 사용하는 열구동 시스템으로 다시 주목을 받고 있다. 특히 흡수식 열펌프의 구성요소 중 흡수에 의하여 고온의 열을 얻을 수 있는 흡수기에 효율적인 열·물질전달 모드를 적용함으로써 제품의 소형화와 에너지 손실 감소를 이루고 있다. 이에 본 연구에서는 새로운 흡수기 모드로 연구되고 있는 기포타입모드를 원통형 흡수기에 적용해 보고, 그 특성을 고찰해 보고자 하였다. 흡수기로 유입되는 ammonia gas와 용액을 cocurrent 및 countercurrent로 흘려주었고, 높이에 따른 농도, 온도 및 압력을 측정·비교해 보았다.

2. 실험장치

흡수기 실험에 사용된 ammonia gas는 98% 이상의 순도(성강가스(주))이며, ammonia 용액은 Kanto Chemical사의 29% 시판시약을 사용하였다.

흡수기는 높이 100 cm, 지름 3 cm로 내부 거동을 살펴볼 수 있도록 아크릴로 제작하였다. 물질 전달 거동을 살펴보기 위해 5개의 샘플링 포트를 20 cm 간격으로 설치하였고, 12개의 thermocouple을 설치함으로써 온도 분포상태를 확인하였다. 또한 압력 거동을 알아보기 위해 7개의 manometer를 설치하였다. 실험장치에서 측정된 온도는 data aquisition system에 의하여 컴퓨터에 on-line으로 저장하였고, 채취된 sample은 conductivity를 측정하여 실험으로 구한 standard curve로부터 농도를 분석하였다.

흡수기에 유입되는 용액은 500W의 cartridge heater 3개가 설치된 solution tank에서 예열시키고 input line에 500W, embedded type의 cartridge heater를 설치하여 원하는 온도로 조절하였다. 또한 용액의 유량을 조절하기 위해 흡수기 입구부에 metering valve를 설치하였고, 용액의 양이 많을 때는 input line에서 by-pass를 행하였다.

실험은 흡수기에 20 및 30%의 ammonia 수용액을 20℃, 0.3 kg/min로 유입시키고

ammonia gas의 유속을 변화시켜가면서 수행하였다. 이때 각 조건에서 ammonia gas와 용액을 cocurrent와 countercurrent로 흘려주면서 각각의 결과를 비교하였다.

흡수기 실험장치의 개략도는 Fig. 1에 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

3.1 농도에 대한 가스 유속의 영향

Fig. 2는 gas와 용액이 cocurrent로 흐를 때의 높이에 따른 농도 변화를 보여준다. 낮은 가스 유속에서는 흡수기의 하단부에서만 암모니아 농도의 증가가 있을 뿐, 20 cm 이후로 농도가 거의 일정함을 알 수 있다. 가스의 유속이 높아질수록, 농도 증가 구역이 커지고 이때 높이가 증가할수록, 용액의 농도도 증가한다. 이러한 현상은 낮은 암모니아 가스 유속에서는 가스가 나오자마자 거의 흡수되지만, 가스의 유속이 증가할수록 흡수기 하단부에서 채 흡수되지 못하는 가스의 양이 증가하고 그 가스가 상승하면서 흡수되기 때문이다. Fig 3.은 gas와 용액이 countercurrent로 흐를 때의 높이에 따른 농도 분포로, cocurrent의 경우와는 반대로 흡수기의 하단부로 갈수록 용액의 농도가 증가함을 알 수 있다. 가스 유속에 대한 결과는 cocurrent의 경우와 마찬가지로, 낮은 가스 유속에서는 20 cm 이후로 농도가 거의 일정하고, 높은 가스 유속에서는 흡수기 하단부에서 흡수되지 않고 남은 가스의 양이 증가하여 필요한 흡수기 높이가 증가한다. 결과에서 확인할 수 있듯이 20% ammonia 용액보다 30% 용액에서 남은 가스의 양이 증가하는 모습을 나타낸다.

3.2 온도에 대한 가스 유속의 영향

Fig. 4는 gas와 용액이 cocurrent로 흐를 때 높이에 따른 온도 변화를 보여준다. 가스가 나오자마자 온도는 급격하게 증가하고 이후 약간 더 증가하거나 거의 일정하게 유지된다. Fig. 5는 gas와 용액이 countercurrent로 흐를 때의 높이에 따른 온도 변화로 용액이 유입되는 흡수기 상단부는 온도가 변하지 않는다. 흡수기 중간 이후부터 온도가 변화하여 용액이 흡수기를 빠져나갈 때까지 온도가 상승한다. 가스의 유속이 클수록, 그리고 용액의 농도가 높을수록 온도가 변화하는 구역의 크기가 커지는데, 이는 그러한 조건에서 ammonia gas가 흡수되는데 필요한 흡수기의 높이가 커진다는 것을 의미한다.

3.3 압력 변화에 대한 가스 유속의 영향

Fig. 6과 7은 gas와 용액이 각각 cocurrent와 countercurrent로 흐를 때의 높이에 따른 압력 변화를 보여준다. 이때 압력 변화는 가스가 흐르지 않고 용액만 흐를 때의 압력과 gas와 용액이 동시에 흐를 때 압력과의 차이를 의미한다. Cocurrent와 countercurrent의 경우 모두 흡수기 하단부로 갈수록 압력 변화가 커지는 것을 볼 수 있으며, 이때 흡수기는 압력 변화 기율기에 의해서 두 영역으로 나눌 수 있다. 이러한 영역은 흡수기 하단부에 흡수되지 않고 남아있는 가스가 상승하면서 흡수되고, 이러한 과정에서 압력이 급격하게 변하기 때문이다. 가스가 거의 흡수된 이후에는 압력변화가 일정해진다.

4. 결론

본 연구에서는 원통형 흡수기에 기포타입모드를 적용시켜보고 농도, 온도 및 압력 특성변화를 조사하여 다음의 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) Ammonia gas와 용액이 cocurrent로 흐를 때는 흡수기의 상단부로 갈수록 ammonia 용액의 농도가 증가하였고, countercurrent 흐름일 때는 흡수기의 하단부로 갈수록 용액의 농도가 증가하였다. 이러한 경향은 가스의 유속이 커질수록 그리고 용액의 농도가 높을수록 잘 나타났다.
- (2) 온도의 경우도 cocurrent 흐름일 때는 흡수기의 상단부로 갈수록 용액의 온도가 증가하였고, countercurrent 흐름일 때는 흡수기 하단부로 갈수록 온도가 증가하였다.
- (3) Cocurrent와 countercurrent 흐름 모두 흡수기 하단부로 갈수록 압력 변화가 커졌고, 압력 변화 기울기에 따라 흡수기를 남아있는 가스가 주로 흡수되는 영역과 가스가 거의 없는 영역으로 나눌 수 있다.
- (4) 조건에 따른 흡수기 내 농도, 온도 및 압력을 조사하여 흡수기 내 거동을 파악할 수 있었고, 이를 최적 흡수기 크기를 설계할 수 있는 기본 자료로 이용할 수 있다.

감사

본 연구는 과학기술부 온실가스저감기술개발사업단의 과제로 수행되었으며, 연구비를 지원한 사업단에 감사드립니다.

참고문헌

- [1] 강용태: 空氣調和 冷凍工學, 27(1), (1998)
- [2] 강용태: “흡수식 냉동기 및 열펌프 워크샵”, 한국정밀화학공업 진흥회(1999)
- [3] 이기봉, 전병희, 이재철, 박찬진, 김성현: 한국에너지공학회 2000년도 춘계 학술발표회 논문집, (2000)
- [4] Herold K. E., Radermacher R. and Klein S. A.: "Absorption Chillers and Heat Pumps", CRC Press(1996)
- [5] Elperin T. and Fominykh A.: 2nd European Thermal Science and 14th UIT National Heat Transfer Conference, (1996)
- [6] Gregory S. H. and Perez-Blanco H.: ASHRAE Transactions, 101(1), (1995)
- [7] The Korean Institute of Chemical Engineers: NICE, 17(6), 367(1999)
- [8] Merrill T. L. and Perez-Blanco H.: International Journal of Heat and Mass Transfer, 40(3), (1997)

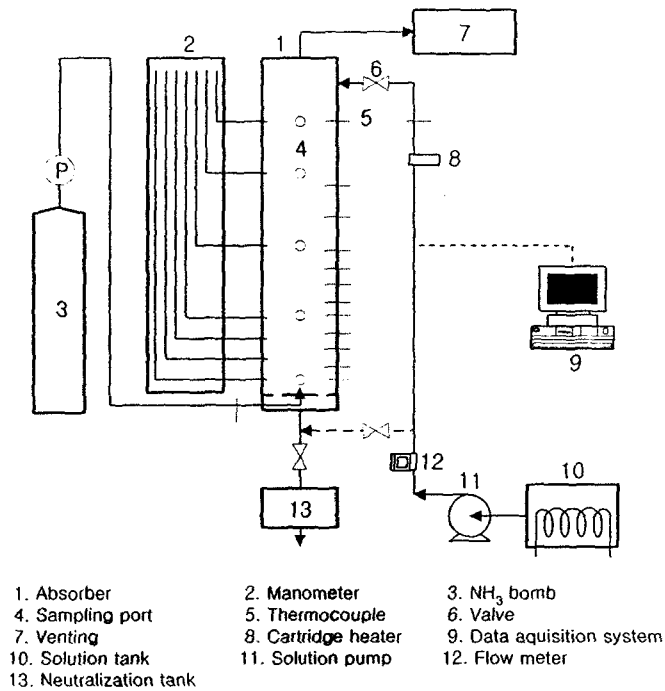


Fig. 1 Experimental absorption system

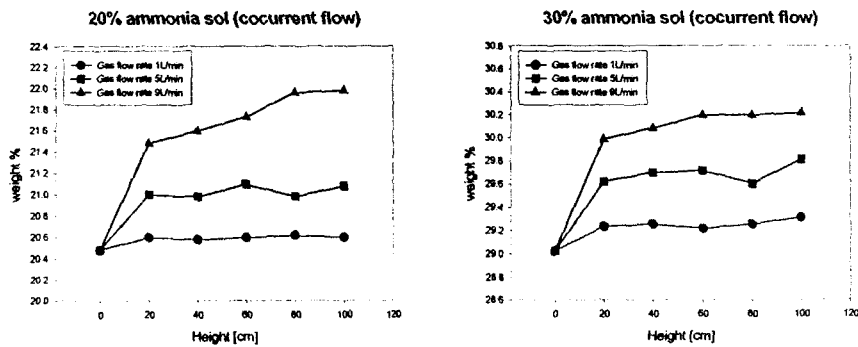


Fig. 2 Effect of gas flow rate on concentration profile (cocurrent)

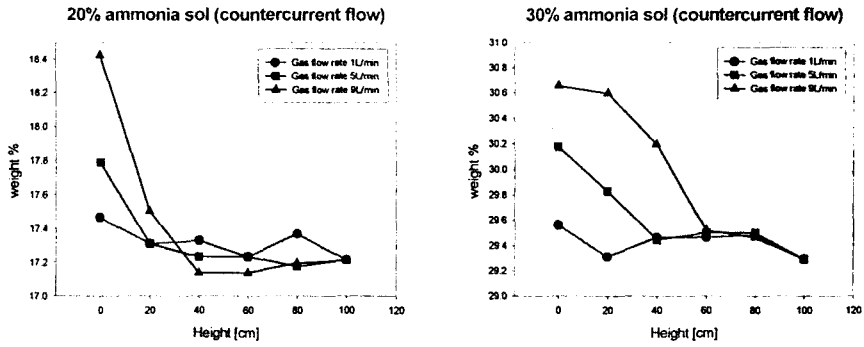


Fig. 3 Effect of gas flow rate on concentration profile (countercurrent)

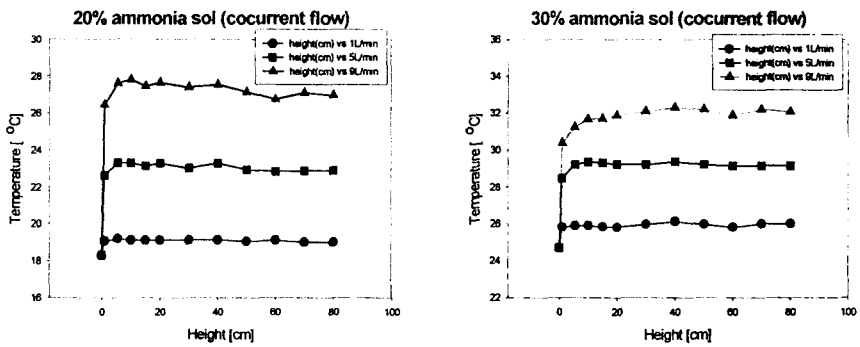


Fig. 4 Effect of gas flow rate on temperature profile (cocurrent)

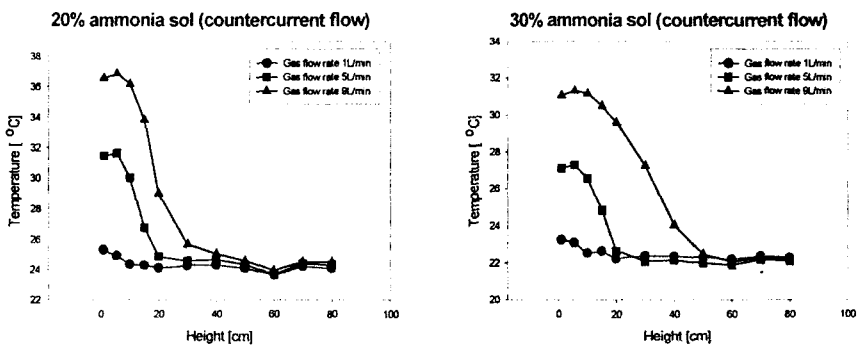


Fig. 5 Effect of gas flow rate on temperature profile (countercurrent)

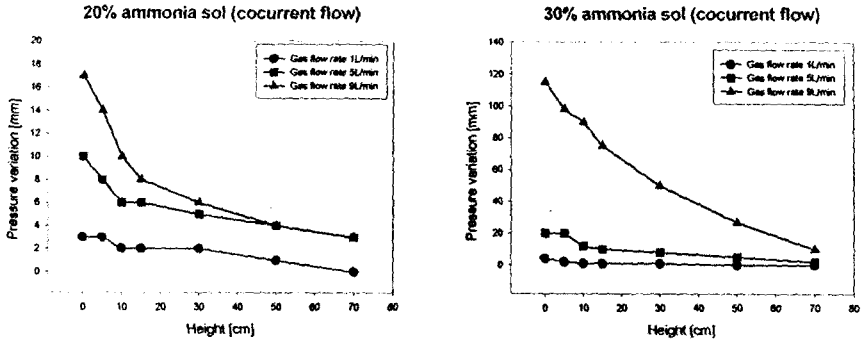


Fig. 6 Effect of gas flow rate on pressure variation profile (cocurrent)

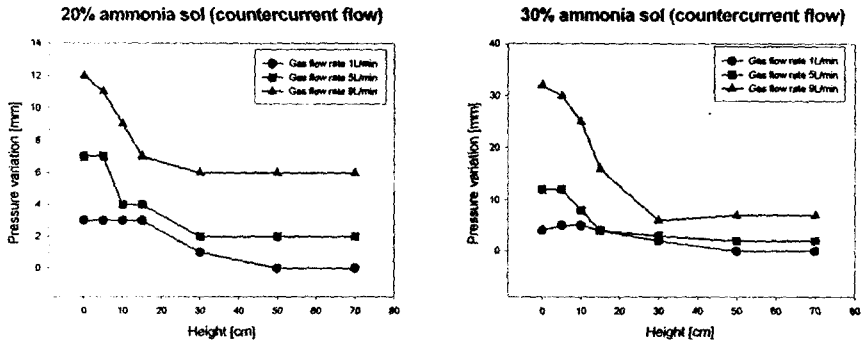


Fig. 7 Effect of gas flow rate on pressure variation profile (countercurrent)