

# 흡수압축 하이브리드 사이클의 성능특성

김재만<sup>\*</sup>, 권오경<sup>\*</sup>, 문춘근<sup>\*</sup>, 설원실<sup>\*</sup>, 윤정인<sup>\*\*</sup>  
부경대학교 대학원<sup>\*</sup>, 부경대학교<sup>\*\*</sup>

## Performance Characteristic of the compression-absorption hybrid cycles

Jae-Man Kim<sup>\*</sup>, Oh-Kyung Kwon<sup>\*</sup>, Choon-Geun Moon<sup>\*</sup>, Won-Sil Seol<sup>\*</sup>, Jung-In Yoon<sup>\*\*</sup>  
Graduate School, Pukyong National University<sup>\*</sup>, Pukyong National University<sup>\*\*</sup>

### Abstract

This study describes the results of Coefficient Of Performance(COP) analysis by cycle simulation for two types of absorption-compression hybride cycle using the water/Lithium Bromide solution pair. These types are basic hybride systems introducing a mechanical compression process into the refrigerant vapor phase of the single effect absorption cycle. In absorption-compression hybrid cycles, coefficient of performance is improved compared with absorption cycle. Hybride cycle Type II is considered as a key technology to support energy utilization system, given its capability of utilizing waste heat to drive system with a high level of efficiency.

### 1. 서론

최근 에너지소비의 급격한 증대로 지구환경문제는 전세계적으로 심각한 실정이다. 그 주요원인은 프레온가스나 탄산가스의 배출 등으로 오존층 보존을 위한 특정프레온가스의 사용이 규제되어 이에 대응할 수 있는 공조기기의 개발이 진행되어오고 있다. 에너지자원의 대부분을 수입에 의존하고 있는 우리나라에서는 에너지 효율향상을 위한 연구가 많이 진행되어 오고 있으나 현재 산업계에서 소비되고 있는 총에너지의 상당부분이 중·저온 폐열로 버려지고 있다. 이와 같은 저온, 저질의 폐열을 유효하게 이용할 수 있는 기술의 개발이 절실하다.

흡수식 냉동기 및 히트펌프는 이와 같은 열원기기의 전환필요성에 따라 최근 활발히 연구되고 있으나 열교환기의 고성능화, 운전의 안정성, COP의 향상 등 많은 문제점이 남아 있다. 이들 문제점을 해결하기 위한 새로운 흡수식사이클의 개발이 강하게 요구되어 왔다. 일반적으로 흡수식 히트펌프는 증발기, 응축기, 흡수기, 증발기의 4개의 주요한 열교환기로 구성되어 있으나 본 연구에서는 LiBr/H<sub>2</sub>O계 흡수식 사이클에 압축기를 조합한 흡수압축사이클을 도입하여 정상상태에 있어서의 사이클 시뮬레이션을 통하여 흡수압축사이클의 특성을 파악하고 새로운 흡수사이클의

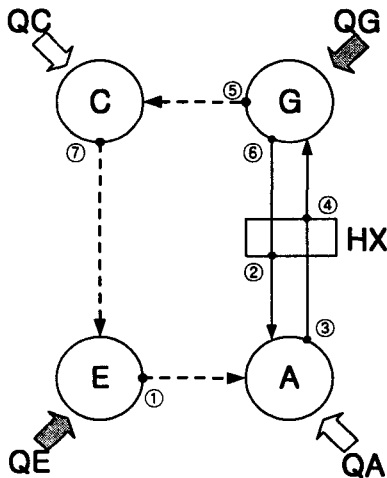
개발지침을 제공하고자 한다.

## 2. 흡수·압축사이클의 개요

본 연구에서는 제안된 흡수압축 하이브리드 사이클 중에서 단효용 흡수식 사이클에 압축기를 도입하여 증기를 단열압축시켜 그 증기의 응축열을 재생열로 이용하는 사이클에 대해서 시뮬레이션을 수행하였다.

### 2.1 사이클의 개요

본 연구에서는 냉매로 물, 흡수용액에 리튬브로마이드 수용액을 사용했다. Fig. 1과 2는 단효용 흡수사이클의 구조도와 사이클 듀링(Dühring)선도에 나타낸 것이다. 증발기에서 발생한 냉매 증기는 흡수기내에서 흡수용액에 흡수된다. 이 때 발생하는 열은 흡수기를 흐르는 냉각수에 의해 제거된다. 냉매증기를 흡수해서 묽게 된 흡수용액은 재생기에서 흡수기로 흐르는 진한 용액과 열교환한 후 재생기에 들어간다. 재생기에서는 외부로부터의 열원에 의해 흡수용액은 진하게 되며, 이 용액은 흡수기로부터 회용액과 열교환하여 흡수기로 들어가 흡수작용을 반복한다. 한편, 재생기에서 발생한 냉매증기는 응축기에 들어가 응축기를 흐르는 냉각수에 의해 응축된다. 응축된 증기는 다시 증발기에 들어가 증발작용을 반복한다.



..... flow of refrigerant  
 —— flow of absorption solution  
 E : Evaporator  
 A : Absorber  
 G : Generator  
 C : Condenser  
 HX : Solution heat exchanger

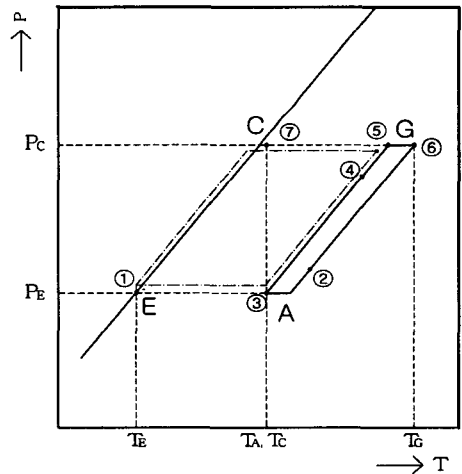


Fig. 1 Cycle composition(Single effect cycle)      Fig. 2 Dühring diagram(Single effect cycle)

단효용 흡수사이클에서는 재생기에 외부에서 열을 투입하지만 흡수·압축사이클은 사이클내에서 존재하는 냉매증기를 흡수용액의 재생온도와 동일온도에서 응축하는 압력까지 승압하여, 이 냉매증기의 응축열을 재생열에 사용하는 것이다. 본 연구에서는 두 개의 사이클 즉, 증발기에서 발생한 냉매증기를 압축하는 사이클(TYPE 1), 재생기에서 발생한 냉매증기를 압축하는 사이클(TYPE 2)로 나누어 시뮬레이션 하였다.

Fig. 3과 4는 각각 TYPE 1의 구성도와 듀링선도를 나타낸 것이다. 증발기에서 발생한 냉매증기 중 일부는 흡수기로, 일부는 압축기로 들어간다. 흡수기에 들어간 냉매증기는 흡수되어 재생기를 거쳐 응축기에서 응축하여 증발기로 되돌아온다. 즉, 흡수기에 들어간 냉매증기는 단효용

흡수사이클과 같은 작용을 한다. 한편, 압축기에 들어간 수증기는 압축기에 의해 그 응축열이 재생열에 사용할 수 있는 압력까지 단열압축된다. 고압이 된 냉매증기는 재생기에서 응축하며, 이 응축열에 의해 흡수용액은 재생된다.

Fig. 5와 6은 각각 TYPE 2의 구성도와 듀링선도를 나타낸 것이다. 증발기에서 발생한 냉매증기는 단효용 사이클과 같이 흡수기에 흡수되어 재생기에서 재생된다. 재생기에서 발생한 냉매증기는 그 응축열이 재생열로 사용될 수 있는 압력까지 압축기에서 단열압축시킨다. 압축된 냉매증기는 재생기에서 응축되고 그 때 응축열에 의해 흡수용액은 재생을 한다.

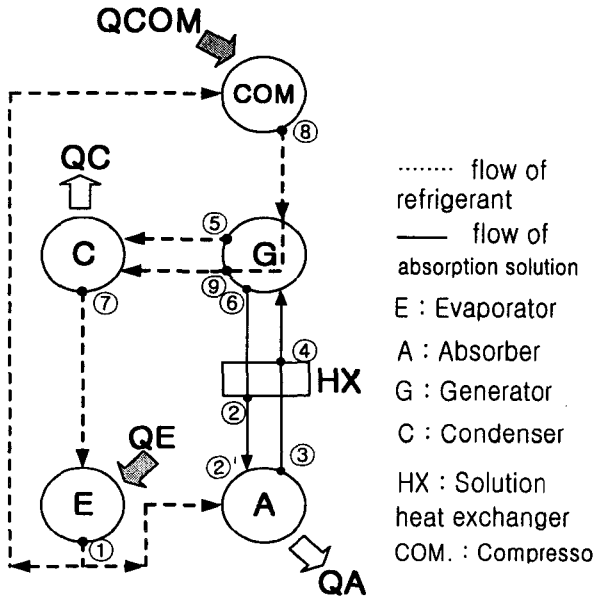


Fig. 3 Cycle composition (TYPE 1)

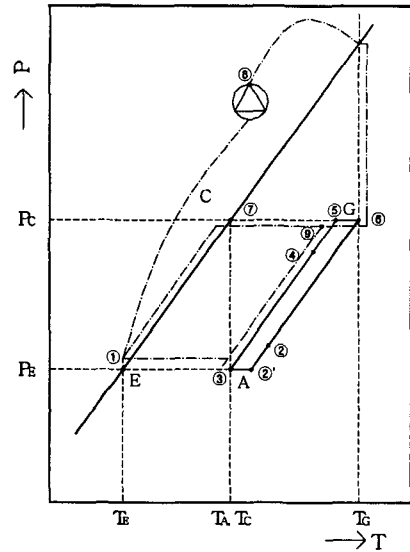


Fig. 4 Dühring diagram (TYPE 1)

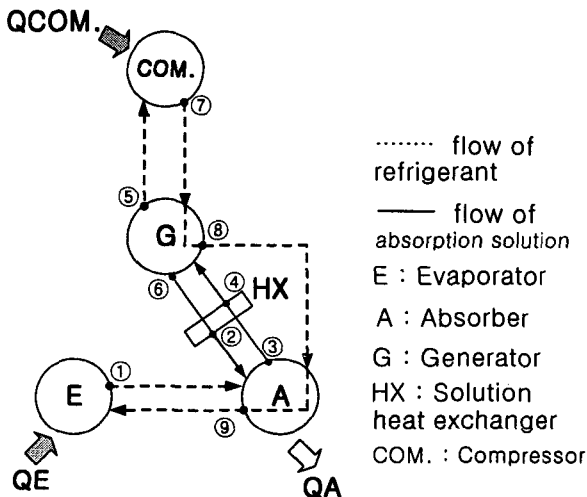


Fig. 5 Cycle composition (TYPE 2)

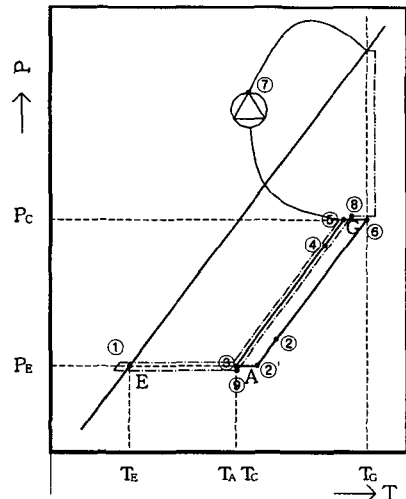


Fig. 6 Dühring diagram (TYPE 2)

## 2.2 시뮬레이션의 가정

정상상태에서의 시뮬레이션을 용이하게 하기 위해 다음과 같이 가정하였다.

- ① 사이클을 정상 상태로 각 점에서 온도, 압력, 용액농도는 평형상태이다.
- ② 증발기와 흡수기, 재생기와 응축기는 각각 등압평형이 성립한다.
- ③ 순환하는 냉매는 증발기내에서 완전히 증발한다.
- ④ 증발기에서 증발한 냉매증기는 완전히 흡수용액에 흡수된다.
- ⑤ 증기의 응축은 완전히 행해진다.
- ⑥ 압축기 및 용액열교환기의 효율은 80%, 그 외의 열손실은 무시한다.

## 3. 시뮬레이션 결과 및 고찰

### 3.1 TYPE 1의 시뮬레이션 결과

TYPE 1은 증발기에서 발생한 냉매증기를 단일압축하는 사이클로서 Fig. 7은 응축온도의 변화에 따른 COP의 변화를 나타낸 것으로 증발온도를 5, 6, 7°C로 변화시켰을 때의 응축온도에 따른 변화를 나타낸 것이다. Fig. 8은 응축온도에 따른 압축기의 압축비를 나타낸 것으로 Fig. 7과 같이 증발온도를 변화시켰을 때의 압축비 변화를 나타낸 것이다.

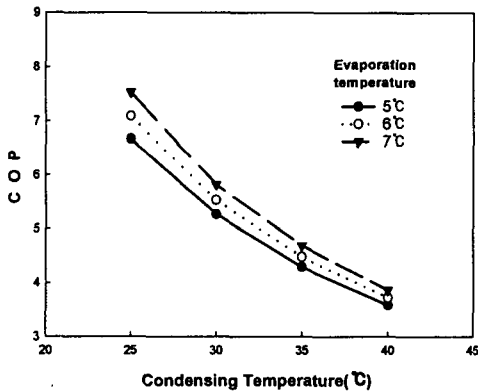


Fig. 7 COP(TYPE 1)

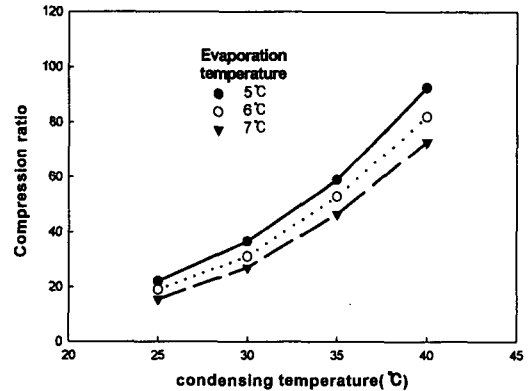


Fig. 8 Compression ratio(TYPE 1)

Fig. 7에서 알 수 있듯이 상당히 높은 COP가 얻어지지만 Fig. 8에서 보면 압축비도 상당히 높게 된다. 실용화되어 있는 압축기의 압축비에 비하면 너무 높다. 따라서, TYPE 1은 이론상으로는 높은 COP가 얻어지지만 압축기의 고압축비로 실용화에는 무리가 따른다. 그러나, 새로운 압축기가 개발되면 실용화될 가능성이 있으며 높은 압축비를 얻을 수 있는 압축기의 개발을 기대한다.

### 3.2 TYPE 2의 시뮬레이션 결과

TYPE 2는 재생기에서 발생한 냉매증기를 단일압축하는 사이클로써 Fig. 9는 응축온도의 변화에 따른 COP의 변화를 나타낸 것으로 역시 증발온도를 5, 6, 7°C로 변화시키면서 응축온도에 따른 변화를 나타낸 것이다.

외부열원투입을 고려한 경우를 TYPE 2-1이라 하고 외부열원투입을 고려하지 않은 즉, 외부

열원에 폐열이나 2차에너지를 이용하는 것으로 간주하여 계산하는 것이 TYPE 2-2이다.

Fig. 10은 응축온도의 변화에 따른 압축비를 나타낸 것이다. TYPE 2는 TYPE 1에 비해서는 COP가 낮으나 Fig. 10에서 알 수 있듯이 압축비가 그리 높지 않아 실용가능성이 충분히 있다. 외부열원을 고려한 경우는 COP가 낮으나 외부열원을 고려하지 않은 TYPE 2-2의 경우는 높은 COP를 나타내고 있다. 이것으로 보아 외부열원으로 폐열이나 2차에너지를 이용할 수 있다면 높은 COP를 얻을 수 있기 때문에 실용가능성은 충분히 있다고 생각된다.

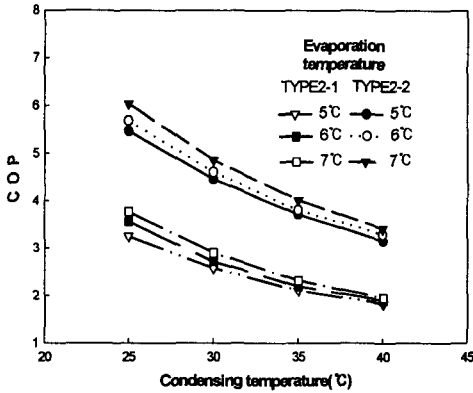


Fig. 9 COP(TYPE 2)

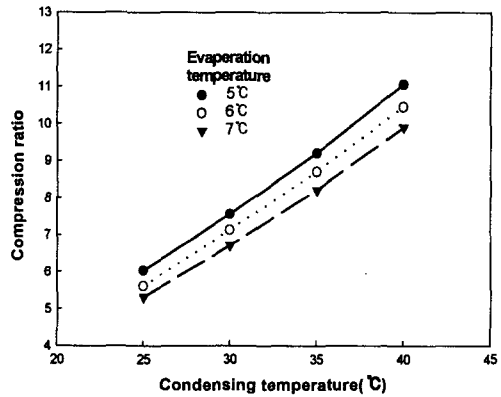


Fig. 10 Compression ratio(TYPE 2)

#### 4. 결론

본 연구는 여러 가지 가능한 흡수·압축사이클 가운데 제1종 흡수사이클에 압축기를 조합한 하이브리드사이클로써 증기를 단열압축시켜, 그 증기의 응축열을 재생열에 이용하는 것으로 흡수식사이클에 압축기를 도입하게 조합한 흡수압축사이클의 특성을 사이클 시뮬레이션을 통해 밝혀 타당성을 확인하였다.

1. 기존의 흡수사이클에 압축기를 도입함에 따라 고효율 사이클을 실현할 수 있음을 제시하였으며, 흡수·압축사이클의 구체적인 가능성을 제시하였다.

2. 증발기에서 발생한 냉매증기를 단열압축하는 TYPE 1은 COP는 상당히 높지만 압축비가 상당히 커서 이론적으로 가능하지만 실제로는 적용하기가 어렵다. 하지만, 압축기의 개발에 따라 이 사이클이 실현 가능하게 되므로 압축기의 개발이 요망된다.

3. 재생기에서 발생한 냉매증기를 단열압축시킨 TYPE 2는 압축비는 허용범위내에 들어가지만 단열압축 증기의 응축열만으로는 재생이 어려우므로 외부로부터 별도의 열량을 투입하지 않으면 안된다. 따라서 COP는 낮아지지만 투입하는 외부열량에 폐열이나 2차에너지를 이용할 수 있다면 높은 COP를 얻을 수 있어 실현가능하다.

#### 참고문헌

1. Sawada. N, Minato. K, Kunigi. Y, Mochizuki. T and Kashiwagi. T, 1993, "Cycle simulation and COP Evaluation of absorption-Compression hybrid heatpump : heat amplifier type",

- International absorption heat pump conference, ASME, Vol.31, pp. 471~476.
2. E. A. Groll and R. Radermacher, 1993, "Vapor compression heat pump with solution circuit and desorber/absorber heat exchange", International Absorption Heat Pump Conference, AES-Vol.31, pp. 117~123.
  3. L. Ahlby, D. Hodgett and T. Berntsson, 1990, "Optimization study of the compression/absorption cycle", Int J. Refrig., Vol.14, pp. 16~23.
  4. Lena Ahlby, David Hodgett and Reinhard Radermacher, 1993, "NH<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O-LiBr as working fluid for the compression/absorption cycle", Rev. Int. Froid , Vol.16, No.4, pp. 265~273.
  5. McNeely, L.A. 1979, "Thermodynamic Properties of Aqueous Solution of Litium Bromide", ASHRAE Transactions, Vol.85, Pt.1, pp. 413~434.