

이산화탄소용 열펌프시스템의 성능특성에 관한 실험적 연구

장승일[†]·전민주⁺⁺·유태근⁺⁺⁺·손창효⁺⁺⁺⁺·오후규[†]

Experimental study on the performance of heat pump system using CO₂

Seong-Il Jang⁺, Min-Ju Jeon⁺⁺, Tae-Guen Yu⁺⁺⁺, Chang-hyo Son⁺⁺⁺⁺, Hookyu-Oh^{*}

Abstract : 냉매 충전량과 이차유체의 입구조건은 CO₂용 열펌프시스템의 성능실험에서 중요한 제어변수이다. 따라서, 열펌프사이클의 적용과 난방성능 향상을 위해 제어변수의 특성을 조사하는 것이 필요하다. 본 논문에서, CO₂용 열펌프 사이클의 성능 실험은 여러 가지 냉매 충전량에서 이차유체 입구조건에 변화를 주어 수행되었다. 실험결과, 난방COP는 냉매 충전량이 증가함에 따라 1158g의 냉매 충전량에서 최대가 되었다가 감소하는 경향이 나타나며, 이는 COP가 최대가 되는 냉매충전량이 존재함을 나타낸다. 또한, 난방성능은 가스쿨러내 이차유체의 질량유량의 증가에 따라 증가하였다. 가스냉각기내 2차유체의 입구온도가 10℃에서 40℃로 증가하면, 난방용량, 압축일량, 토출압력은 각각 -8.57%, -35.89%, 32.78%로 변화했으며, 증발기 2차유체의 입구 온도가 감소하였을 때 난방COP는 감소하는 경향을 보였다.

Key words : CO₂ Heat pump(열펌프), Performance of heat pump(열펌프의 성능), Supercritical cycle(초임계 사이클),

1. 서론

CO₂는 임계압력이 7.38 MPa이고, 임계온도가 31.1 ℃로 무척 낮기 때문에 초임계 사이클(supercritical cycle)을 구성하게 된다. CO₂는 기존 냉매들에 비해 단위체당용량(volumetric capacity for refrigerants, VCR)이 월등히 높고, 작동온도 범위에서 작동압력이 높으므로 CO₂ 시스템을 소형화할 수 있다. ⁽¹⁾ 이러한 장점 외에 기존의 사이클에 비해 고압에서 작동하므로 시스템 요소부품에 대한 새로운 설계가 필요하며, 국내외에서 활발하게 연구되고 있으나 아직 그 자료가 부족한 실정이다. 따라서, 본논문에서는 CO₂열펌프 시스템의 성능특성을 연구함으로써 열펌프시스템 설계의 기초자료를 제공하고자 한다.

2. 실험장치와 방법

초임계 CO₂ 열펌프 시스템은 밀폐형 압축기, 안전밸브, 초임계 가스냉각기, 수액기, 질량유량계, 팽창장치, 증발기로 구성된다. 실험에 사용된 압축기는 일본의 미쓰비시 제품이며 용량은 0.98 kW이다. 실험장치에 사용된 열교환기를 Fig.2에 나타내었다.

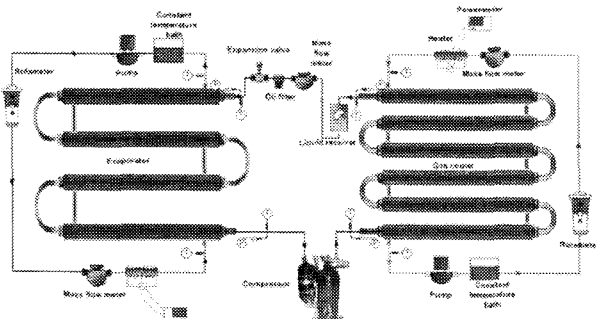


Fig.1 Schematic diagram of experimental setup

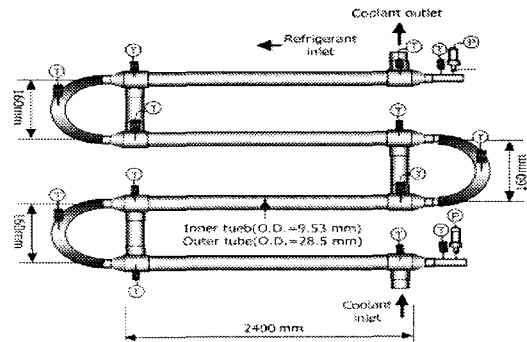


Fig.2 Overview of test section in (evaporator)

실험조건은 냉매충전량의 범위가 각각 1072g~1268g, 가스쿨러내 이차유체의 입구온도와 유량 범위는 각각 10~40℃, 30~75g/s, 증발기내 이차유체의 입구온도와 유량범위는 각각 10~25℃, 70~150g/s이다. 과열도는 5℃로 토출압력은 7.5~12Mpa의 범위에서 실험하였다.

4. 결과 및 고찰

4. 1. 냉매 충전량의 영향

시스템의 토출압력은 2차유체의 입구온도와 질량유량 과열도와 같은 조건들이 일정하게 유지될 때 냉매의 충전량에 의해 조절될 수 있다. Fig.3.에서 나타난 것처럼 토출압력과 압축기 소요동력은 가스쿨러 2차 유체의 질량유속이 낮을수록, 냉매 충전량이 증가할수록 커지는 것으로 나타났다. 난방용량은 낮은 토출압력에서 급격히 증가하다가 일정해지며, 가스쿨러 이차유체의 질량유량이 높을수록 난방용량이 높게 나타난다. 난방 COP는 충전량이 1158g 부근에서 최적의 충전량을 나타낸다. 이것은 냉매 충전량이 증가하면 난방용량이 증가하지만 난방용량의 증가율보다 압축기 소요동력의 증가

⁺ 장승일(부경대학교 냉동공학과),E-mail: jsi25@hotmail.com TEL 051)621-6802

⁺⁺ 전민주, (부경대학교 냉동공학과),TEL 051)621-6802

⁺⁺⁺ 유태근, (부경대학교 냉동공학과),TEL 051)621-6802

⁺⁺⁺⁺ 손창효, (부경대학교 냉동공학과),TEL 051)621-6802

[†] 오후규(부경대학교 냉공공학과),E-mail: headam@pknu.ac.kr TEL 051)621-6802 ([†] corresponding author)

율이 높기 때문이며, 최적의 COP를 가지는 냉매 충전량이 존재함을 나타낸다. Fig.4는 토출압력에 따른 성능 특성을 나타낸 것이다. 낮은 토출압력에서는 난방용량은 급격히 증가하다가 증가율이 감소하여 거의 일정하게 되며, 가스냉각기내 2차유체의 질량유량이 증가할 때 난방용량이 크게 나타난다. 이것은 최적의 토출압력이 존재함을 나타낸다.

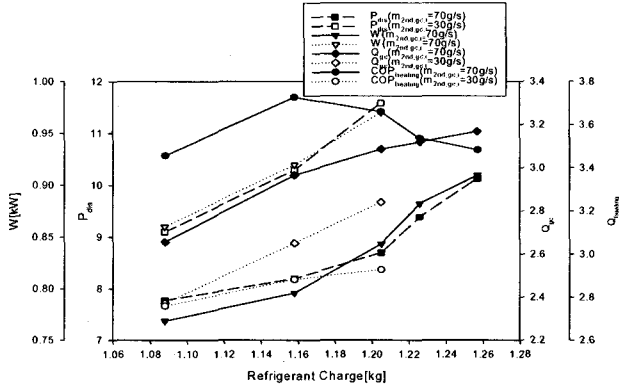


Fig.3 Performance of CO₂ heat pump with respect to the variations of refrigerant charge.

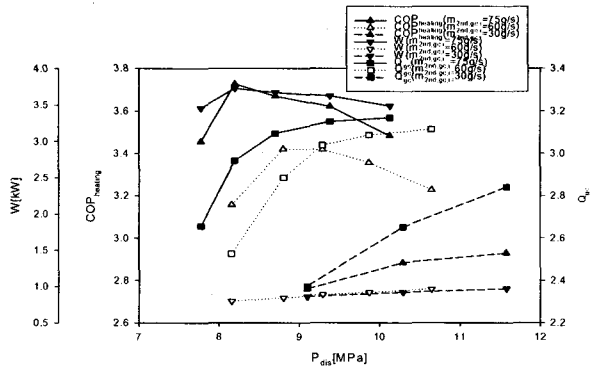


Fig.4 Performance of CO₂ heat pump with respect to the variations of discharge pressure.

4. 2. 이차유체의 영향

CO₂ 열펌프 시스템의 성능에 영향을 미치는 인자들로는 압축기 토출압력, 난방용량, 압축기 소요동력, 압축비, 냉매질량유량, 성적계수 등이 있고, 이러한 인자들은 또한 증발기나 가스냉각기내의 2차유체 온도와 유량에 영향을 받는다. 가스냉각기내 2차유체의 온도가 증가함에 따라 난방용량은 감소하고, 압축일량과 압축기 토출압력은 증가한다. 즉, 가스냉각기내 2차유체의 입구온도가 10℃에서 40℃로 증가하면, 난방용량, 압축일량, 토출압력은 각각 -8.57%, -35.89%, 32.78%로 변화했으며, 증발기 2차유체의 입구 온도가 낮아질 때 난방COP가 감소하는 경향을 보였다. 2차유체의 입구온도가 증가할수록 냉매유량과 COP는 감소하고, 압축비는 증가한다. 즉, 가스냉각기내 2차유체 입구온도가 10℃에서 40℃로 증가하면 냉매유량, COP, 압축비는 각각 -8.57%, -35.89%, 32.78% 변한다. 이러한 경향은 기존의 아임계 증기 압축 사이클에서 관찰되는 2차유체의 온도변화에 따른 시스템의 성능변화와 유사하다.

5. 결론

CO₂용 열펌프 시스템의 성능 실험결과를 다음과

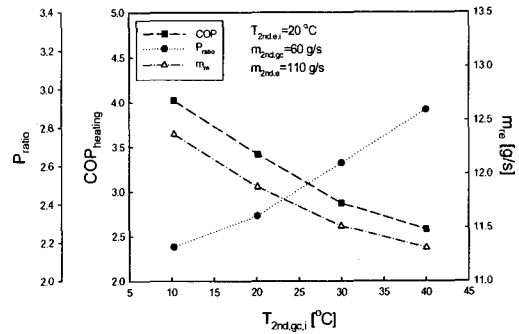


Fig.5. Performance variations with respect to the inlet temperature of secondary fluid in the gas cooler.

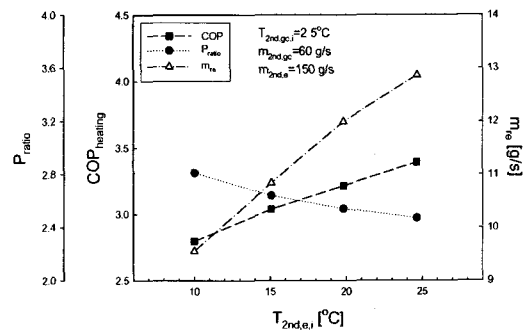


Fig.6. Performance variations with respect to the inlet temperature of secondary fluid in the evaporator

같이 요약할 수 있다. 난방COP는 충전량이 1158g 부근에서 최적의 충전량을 나타낸다. 이것은 냉매 충전량이 증가하면 난방용량이 증가하지만 난방용량의 증가율보다 압축기 소요동력의 증가율이 높기 때문이며, 최적의 COP를 가지는 냉매 충전량이 존재함을 나타낸다 또한, 난방성능은 가스쿨러 내 이차유체 질량유량이 증가에 따라 증가하였으며, 증발기내 이차유체가 증가하였을 때 감소하였다. 가스쿨러 내 2차유체의 입구온도가 10℃에서 40℃로 증가하면, 난방용량, 압축일량, 토출압력은 각각 -8.57%, -35.89%, 32.78%로 변화했으며, 증발기 2차유체의 입구 온도가 감소할 때 난방COP가 감소하는 경향을 보였다.

참고문헌

1. Lorentzen, G. and Pettersen, J., 1993, A new, efficient and environmentally benign system for car air-conditioning, International Journal of Refrigeration, Vol. 16, No. 1, pp. 4~12.
2. CO₂를 이용한 냉난방 시스템용 실외열교환기 및 요소부품 개발(1단계 최종보고서), 2001 산업자원부 차세대 기술개발사업, pp. 120~128.
3. Nekså, P., Rekstad, H., Zakeri, G.R. and Schiefloe, P.A., 1998, CO₂-heat pump water heater: characteristics, system design and experimental results. Int J Refrigeration, Vol. 21, No. 3, pp. 172-179.