

R-22 대체 프로판

(Propane replacing R-22)

출처 : ASHRAE Journal April 2010, PP. 74-76.
 저자 : Karin Jahn, Ph.D.

번역 : 윤 린 / 편집위원
 한밭대학교 기계공학과 (yunrin@hanbat.ac.kr)

국제냉동기구(International Institute of Refrigeration)에 따르면 냉동 및 공기조화 시스템이 지구온난화에 기여하는 정도의 20%는 냉매의 누설로부터 오고 다른 80%는 이들의 에너지 소비로부터 온다고 한다. 현재의 냉동시스템은 전 세계의 가용 전기에너지의 약 15% 정도를 소비하고 있다. 냉동기의 에너지 소비량을 줄이는 것은 지구온난화의 위협을 줄이는데 중요한 기여를 할 것이다.

본 칼럼은 암모니아, 이산화탄소, 그리고 탄화수소와 같은 자연냉매에 초점이 맞춰져 있다. 자연냉매는 높은 에너지 효율과 기후에 중립적인 영향을 보인다. 전문가들은 암모니아를 가장 우수한 냉매로 인식하고 있다. 그러나 프로판, 프로핀, 그리고 이소부탄과 같은 탄화수소계열의 냉매들도 상당히 뛰어난 열역학적 물성을 가지고 있다. 특히, 이들 냉매로 작동하는 냉동 및 공기조화 장비들은 에너지 효율적이다. Ben & Jerry's, Pepsi 그리고 Unilever와 같은 회사는 냉장 및 냉동을 위한 냉장시스템 용으로 탄화수소를 사용하고 있다. 현장에서의 다양한 시험은 HFC시스템에 비하여 10% ~ 30%의 에너지절감을 확실하게 보여주고 있다.

게다가 몇 탄화수소들은 합성냉매 대신하는 'drop-in solution'으로 적용 가능하다. 예를 들어, 프로판(R-290)과 프로핀(R-1270)은 R-22와 매우 유사한 열역학적 변화를 보여준다. 이는 기존에 설치

되어 있는 많은 요소기기들이 변경 없이 사용 가능하다는 것이다. 높은 외기 온도와 높은 습도 조건에서는 프로판과 프로핀이 R-22보다 더 효율적이다.

환경친화적인 AC 시스템 제작

중국의 공기조화 시스템 제작회사인 Gree 가전은 R-22와 R-410A를 대체하여 프로판을 신제품에 사용하고 있다. 이 회사는 가정용 에어컨디셔너의 세계 최대 메이커 중의 하나이고 연간 7천만대 정도를 생산하고 있다. 중국은 R-22를 표준냉매로 사용하고 있으며 중국의 에어컨디셔너를 통한 HCFC 배출은 탄소등가로 2억 6천만 톤을 매년 배출하고 있고 이는 중국의 이산화탄소 배출원으로 가장 큰 부분 중의 하나이다.

2009년에 Gree사는 GTZ Proklima 이행기구의 도움 하에 프로판을 이용하는 가정용 에어컨디셔너의 파이롯 제품을 출시하였다. 냉매의 양은 200 ~ 350 그램 정도이고, 정격출력은 모델에 따라 다르나 2 ~ 4 kW정도이다. 특히 이들 에어컨디셔너의 경우 R-22와 R-410A에 비해서 높은 효율을 가지고 있고 시스템 재료 측면에서 보다 적은 양을 필요로 한다.

절감된 충전량과 더불어 GTZ Proklima의 UK에 기반을 둔 컨설턴트 다니엘 컬본은 에어컨디셔너의 안전설계를 지원하였다. 생산라인은 매해 180,000대

정도를 생산하고 있다. 냉매의 전환으로 에어컨디셔너의 총 서비스 기간을 고려할 때 이산화탄소 등가로 560,000 톤의 절감을 가져올 것이다. 이와 같은 절감량에 추가적으로 320,000 톤의 절약을 시스템의 효율 증가로부터 얻을 수 있고, 이는 최종 소비자에게는 전기요금의 절약측면에서 이득을 볼 수 있다.

중국의 전체 에어컨디셔너 및 그 이상의 사업에 하나의 롤모델효과를 의도한 본 프로젝트는 독일 의회 의 승인 하에 국제 기후 활동의 전체적인 틀 내에서 환경, 자연보전 그리고 핵 안정을 위한 독일 연방 기구의 자금을 의해 지원되었다.

과일의 숙성도 늦춤

에어컨디셔너 회사가 아닌 영국의 과수재배 사업체인 Mansfields와 같은 회사들도 탄화수소계 냉매를 사용하고자 한다. 이 회사는 사과와 체리를 수확 시기와 상관없이 1년 내내 최고의 품질을 유지할 수 있는 제어 환경에 이들을 저장한다. 최신 측정기술과 제어 그리고 냉동 시스템은 온도, 습도, 산소 및 이산화탄소량을 모니터링하고 과일과 야채의 숙성을 늦추는 수준에서 이들 제어 값들을 유지하고 있다. Mansfields는 캔터베리 근처 차렘지역에 위치한 보관창고를 위해 효율적이고 HFC로부터 자유로운 냉동 시스템을 원하고 있다.

“International Controlled Atmosphere”내 냉동시스템의 전문가들은 프로핀을 주 냉매로 하는 브라인 시스템을 설계하였다. 이 시스템은 2008년에 완공되었고 총 1,150 kW의 용량을 갖는다. 총 90 kg의 프로핀으로 충전된 다섯 개의 공기냉각 공장형 조립 팩키지는 -9℃의 이차 순환회로용 냉방용량을 제공한다. 칠러를 위한 특별한 안전설계와 세부 안전분석은 Re-phridge에 의해 제공되었다.

물과 소금의 브라인 혼합물이 이차 냉매로 사용되었다. 이 순환회로는 30,000 L의 브라인으로 채워져 있고 -3℃까지 열전달 유체를 냉각하는데 단지 1.5 bar의 압력에서 작동한다. 브라인은 36개의 환경 제어 냉동 창고로 공급되고 이는 -0.5℃ ~ 1.5℃의 일정한 공기온도를 유지한다. 이 이차유체는 준비실과 적재실도 냉각한다. 보관창고의 증발기는 off-cycle 제상방식으로 제상 된다. 이 방식은 냉동 과정을 간

헐적으로 정지함으로써 브라인이 대기 공기로부터 열을 흡수하게 되고 이 열이 제상에 이용된다. 이 방법은 냉동을 요하는 제품이 불필요한 열을 흡수하지 않도록 하고 에너지를 절감한다. 본 시스템 디자인은 냉매의 양을 최소화하고 유럽 계절 에너지 효율로 4.2를 보장할 수 있다. 실제 운전지역 조건에서의 계절 냉방효율은 6근처이다.

바이오기술 연구 지원

바이오기술관련 제품들의 생산과 연구에 있어서 중요한 공정은 이송 및 저장을 위해 물질들을 냉각하고 해동하는 일이다. 제약회사인 Roche의 경우 이와 같은 일이 300 L 용량의 탱크에서 일어나는데 이 탱크 내 물질은 클린룸 환경에서 -40℃까지 냉각된다. 여기서 이 회사는 -50℃에서 130℃의 급격한 온도변화와 온도정확도 $\pm 1^\circ\text{C}$, 자동 배수와 탱크 내 클린캐킷의 보충 등에 대응할 수 있는 효율적인 냉동 시스템을 원한다. 더구나 Roche의 자체 환경보호 가이드에 만족하기 위해 오존 및 기후에 영향을 주는 냉매를 금지하고 있다.

이와 같은 요구조건을 만족하기 위해서 Peter Huber Kältemaschinenbau는 프로핀 1.8 kg의 충전량으로 작동하는 칠러를 개발하였다. 이 시스템의 핵심부품은 프로핀 사용을 위해 제작된 이단 반밀폐형 왕복동식 비저 압축기이다. 우선 온도 범위 -30℃에서 -60℃까지 온도를 낮춘 후 프로핀은 쿨링자켓을 순환하는 실리콘 오일을 냉각한다. 이차유체의 출구온도가 0℃일 때 용량은 12 kW이고 -40℃일 때는 6.5 kW의 용량을 보인다.

본 시스템의 안전성을 확보하기 위해 냉매의 순환 회로를 몇 개의 섹션으로 나눠서 배관의 과열 시 냉매의 누설이 전체 충전량이 아닌 영향을 받은 섹션에 한정되게 하였다. 2006년의 커미셔닝을 통해 냉동 시스템의 추가적인 요소로서 증발기로 작동하는 판형열교환기, 이중관식 수냉 응축기 그리고 Modbus 기반 제어기 등이 있다.

가스충전소처럼 안전하게

“사례 조사에 따르면 비할로겐화된 탄화수소는 여

러 다른 분야에서 신뢰성 있는 냉동성과 그 적합함을 보여주고 있다”고 유럽 자연 냉매 협회(European initiative for natural refrigerants)의 회장인 Monika Witt가 말한다.

그러나, 특정 요구조건이 이들 냉매를 사용할 때 만족되어야 한다. 발화의 잠재적인 요소는 반드시 명시되어야 하고 설계 계획단계에서 배제되어야 한다. 시스템은 누설을 피할 수 있도록 설계되어야 한다. 이는 연결부 수를 줄이고 영구 부식 방지를 적용해야 함을 포함한다. 가능한 냉동 시스템은 지붕 혹은 가스 탐지기와 환기장치가 구비되어 누설이 발생했을 때 배출될 수 있어야 한다. 냉매를 포함하는 요소기기는 명확히 표시되어 서비스 기술자에게 충분히 알려지고 이에 따른 주의를 할 수 있도록 해야 한

다. 좋은 초급 혹은 고급 스텝의 훈련은 매우 중요한 요소이고, 잘못된 점검은 탄화수소 냉동 시스템의 운전에서 지극히 위험한 요소 중 하나이다.

그러나 탄화수소의 가연성은 매우 큰 도전 영역을 가지고 있으나, 매일 전 세계의 수천 개의 연료 충전소에서 증명되었듯이 이 물질들은 여전히 안전하게 다룰 수 있다.

References

1. Dupont, J.L. 2007. “Improving energy efficiency in refrigeration.” Presentation at the Regional Ozone Network for Europe and Central Asia, Ashgabat, Trukmenistan. 