

대체냉매 이용시스템의 개발동향

Development Trend of Application Systems With Alternative Refrigerant

정재천/한서엔지니어링 대표

<전호에서 계속>

4-4. 업무용 저온기기

4-4-1. CFC-12를 냉매로 한 냉동 장치의 개조

(1) HFC-134a로의 교환

이 문제는 장치의 상황, 보정의 정도, HFC-134a용 압축기 도입 등에 지배된다. 일반적인 대응은 “불가”라고 하는 말이 피할 수 없는 결론으로 되는 것이 많다. 그러나, 설계적 내용이 충분히 파악되고 조건이 갖추어지면 대응은 가능하다고 할 수 있다. 이 때, 교환을 요하는 부품 등은 다음과 같으며, 작업 실시시의 일반적인 주의도 추가하였다.

① 압축기의 교환, 밀폐 전동기의 HFC-134a에 대한 내구성, 패키징의 교환에 따른 정비완료. 단, 저온 사양에서는 냉동 능력이 8~14%정도 저하하기 때문에, 점검이 필요.

② 윤활유의 변경(에스테르계 합성 윤활유)

③ 팽창밸브, 모세관의 교환

④ 드라이어의 교환((HFC-134a용, 건조능력을 강화)

⑤ 압력 스위치의 설정치를 점검

필요에 따라 내압 성능의 점검, 압력 스위치 설정 압력의 변경, 변동요인이 적은 부분은 설계적으로는 여유를 등이 다르다.

⑥ 기존 냉매 계통의 부품, 배관계의 세정을 행하고, 윤활유의 잔유를 완전히 제거한다.

이때 수분을 남기지 않는다. 수분 관리는 특히 중요하고, 염소계 세정제를 사용하지 말 것.

⑦ 배관 공사 종료후, 진공 건조를 충분히 할 것(CFC-12보다 강화)

⑧ 윤활유를 공기에 접촉시키지 말 것.

(2) HCFC-22의 교환

CFC-12용으로 설계된 압축기는 내압성, 제질 등에서 HCFC-22의 사용이 가능하지 않은 경우가 있기 때문에, 제작회사에 확인을 해야 한다.

① 압축기의 냉동능력은 증가하지만 전동기는 과부하 운전으로 된다. 이를 방지하기 위해 흡입 압력 조정 밸브를 부착하고, 흡입 압력이 낮아지도록 조정.

② R-12, R-22, R-502의 세 냉매 공용 압축기의 경우, 흡입 압력이 3.3kg/cm²를 넘는 운전에서는 흡입 압력 조정밸브를 부착하여 과부하 운전을 방지한다.

③ 팽창밸브를 HCFC-22용으로 교환.

④ 드라이어를 새로운 제품으로 교환.

⑤ 고저압 스위치의 설정 압력을 변경.

⑥ 토출 가스 온도가 상승하는 경우에는 역인젝션 회로를 설치하든가, 실린더부에 냉각팬을 장착한다(어느쪽이든 선택)

⑦ 증발기축의 동결, 서리 부착을 억제하기 위한 장치로 증발 압력 조정 밸브가 필요하다.

⑧ 압축기 능력 증가로 압축기의 시동 정지가 빈번하게 된다. 흡입 압력 조정밸브로 종래

의 냉동능력과 동일한 능력이 기대되는 흡입압력으로 조정하지만, 빈번한 시동 정지의 방지 대책을 고려한다.

⑨ 냉매 설비는 소정의 압력보다 높은 압력에서 기밀시험을 실시한다.

4-4-2. R-502 냉동장치를 R-22로 개조

① 증발온도가 -20°C 이하인 경우, 토출 온도가 상승하고, 이 때문에 크랭크 케이스내 윤활유의 온도도 상승하게 된다. 이 때, 압축기의 과열을 초래하므로 흡입측에 액분사를 하여 흡입 온도를 강제적으로 내려서 토출 가스 온도를 낮춘다. 작용으로서는 압축기의 토출 가스 온도를 감온통에서 검지하여 압축기내로, 또는 흡입 배관내에 액냉매를 주입한다. 액분사량은 토출 가스 온도와 밸브 출구 압력(흡입압력)의 변화로 비례제어한다.

② 냉동 능력이 감소(추정치는 다음과 같다. 정확히는 압축기의 성능 등을 조사)

■ 냉매 변경 및 압력비 증대로 인해 효율이 저하함에 따른 능력 감소 : 약 7~10%

■ 인젝션 밸브 작동시의 능력 감소 : 약 7~10% 정도이므로 능력 감소사 예상된다.

5. 프레온 대응 기술의 장래 전망

히트 펌프·냉동기가 앞으로도 인류의 주거 환경의 향상과 식생활의 향상에 큰 역할을 할 것이므로 지속적인 발전에 기여하기 위해서는 직면하는 2개의 과제인 오존층 보호와 지구 온난화 방지에 대해 효과적인 대응을 할 필요가 있다. 오존층 보호에 관해서는 ODP가 0인 대체 프레온 HFC의 개발과, 그들의 이용 기술 확립이 급선무이다. 지구 온난화 방지에 대해서는 GWP가 극히 작고 EER이 큰 냉매를 선정하는 것이 중요하다. 더우기 이용한 냉매를 대기 중으로 방출하는 것이 아니고 회수·재생·재이용 또는 회수·파괴하는 것이 중요하

다. 이것은 오존층 보호를 위해서도 효과적이다. 또, 에너지 소비에 의한 CO_2 의 발생을 억제하기 위한 대폭적인 에너지 절약이 추진되어야 한다. 에너지 절약을 추진하기 위해서는 냉동 사이클을 구성하는 주요 요소인 압축기나 열교환기의 고효율화가 요망된다. ⑨ 2000년까지 ① 모터 효율의 향상, ② 신재료, 저점도유에 의한 기계적 손실의 저감, ③ 압축기구의 개선 등에 의해 20%의 고효율화가 기대되고 있다. 그리고 HFC 비공비혼합냉매를 이용할 때는 냉동 사이클의 로렌쯔 사이클화에 관한 국책과제인 SHP(Super Heat Pump)기술을 범용화하는 것이다. 또, 미이용 에너지를 유효이용함에 따른 에너지 절약도 기대된다.

여기에서, 종래 기대되어 온 냉매의 여러 문제가 해결되어 대체 냉매로 선정된 냉매들의 용도를 전망한다.

(1) CFC-11의 대체 프레온

① 터보 냉동기 HFC-123

능력 저하와 에너지 효율 저하를 보충하기 위해, 임펠러 용량 10% 상승이 필요하다. 또, 모터 절연 재료의 변경과 셸링부 등의 재료 변경이 필요하다. 작업 환경 농도 30ppm이하로 개발되고 있다.

(2) CFC-12의 대체 프레온

① 카에어컨(HFC-134a)

능력은 같아도 에너지 효율이 5% 저하하고, 토출 압력이 $2\sim 3\text{kg}/\text{cm}^2$ 상승하는 것을 방지하기 위해 응축기의 능력 상승을 필요로 한다. HFC-134a는 분자량이 작고, 고무 호스에서의 누설이 많기 때문에 나일론 호스로 변경하고 있다. 또, 윤활유와 상용성이 나쁘기 때문에 압축기 접동부의 윤활 성능을 확보하기 위한 목적으로 냉동기유를 PAG(Poly Alkylene Glycol)로 변경하고 있다. 그외, 드라이어, 셸링부의 재료 변경을 행하여 PAFT도 양호한 결과로 나왔기 때문에, 1993

년 모델차에 본격적으로 채용되어 시판되고 있다.

② 터보 냉동기(HFC-134a)

성능을 최적화하고, 윤활유, 씰링재료 등을 변경하여 개발하였다.

일본에서는 고압가스취급법에 의해, 192kW 이상은 작업책임자를 필요로 하기 때문에 CFC-12 고압 터보의 이용은 많지 않지만, 가까운 장래에 고압가스취급법의 완화를 계기로 이용이 증가하리라 생각한다.

③ 업무용 냉동기, 운송용 냉동기(HFC-134a, HCFC-22, HCFC-22의 혼합냉매)

■ 냉장용 : 응축기의 능력 상승과 윤활유를 변경한 압축기의 신뢰성, 내구성의 향상을으로써 HFC-134a용 냉동기가 개발되었고, 과도적으로 HCFC-22용 냉동기도 개발되어 시판되고 있다.

■ 냉동용 : HCFC-134a를 이용하면 능력이 15%정도 저하하고, 에너지 효율이 12%정도 저하한다. 이것을 보충하기 위해 압축기의 용량 증대와 응축기의 능력 증대가 필요하다. 그리고 해상 컨테이너용으로는 비용이 많이 들기 때문에, 과도기에는 HCFC-22를 이용하는 냉동 시스템이 확립되었다. 또, 시장 이동에 따른 개조 대응으로 HCFC-22 혼합 냉매의 이용 기술도 계속적으로 개발되고 있다.

④ 전기 냉장고(HFC-134a)

에스테르계 냉동기유의 선정, 능력과 효율 상승, 최적 재료의 선정, 압축기 신뢰성 향상 연구가 진행된 결과 소형 전기 냉장고가 시판되고 있다.

(3) R-502의 대체 냉매

① 업무용 냉동기, 운송용 냉동기(HCFC-22, HCFC-22의 혼합냉매)

과도적으로 HCFC-22를 이용하고 있으며, 압축기의 용량 상승과 액인젝션에 의해 증발 온도 -45℃까지 운전할 수 있는 냉동기가 개

발되고 있다.

또, 시장 이동에 따른 개조 대응으로 HCFC-22 혼합냉매(HCFC-22/HFC-125/프로판)의 이용 기술이 계속해서 개발되고 있다. 장기적으로는 ODP가 0인 HFC 혼합냉매(HFC-125/143a/134a)의 이용 기술이 개발될 것으로 생각된다.

② 전기 냉장고 (HFC-134a, HCFC-22)

토출가스 온도상승 대책과 신뢰성 확인이 진행되고 있으며, 과도적으로 HCFC-22가 이용되고 있다. 장기적으로는 HFC-134a가 이용될 곳으로 생각된다.

(4) HFC-123의 대체 냉매

현재, HFC-245a가 연구되고 있는 단계이다.

(5) HCFC-22의 대체 냉매

현재, 미국, EC, 일본의 냉동공조기기 제작 회사들이 공동으로 10종류의 대체 후보를 평가하고 있다.

■ 공조용 : HFC-134a; HFC-32/134a, Hfc-32/134a/125등의 HFC 혼합냉매, 암모니아

■ 냉동용 : HFC-125/143a/134a등의 HFC혼합냉매, 암모니아 등이 유력하게 될 것이다.

6. 대체 냉매 이용 과제

대체 냉매 이용 제품이 시장에 도입되기 까지는 여러 과제를 해결해야만 한다. 예를 들면, HFC-134a를 이용하는 경우, 종래 광유의 냉동기유는 상용성이 없기 때문에 사용할 수 없다. 개발된 에스테르유는 상용성이 있지만, 저온역에서 두층으로 분리되기 때문에 주의가 필요하다. 또, HFC는 염소를 포함하지 않고, 윤활 특성이 향상되는 연화 피막이 생성되지 않기 때문에, 점동부의 내구성 향상에 대한 대책이 필요하다.

밀성을 확인하는 방법이 채택되고 있다.

7. 냉매 누설의 삭감 대책에 대해서

7-1 냉매 누설

냉동기에서의 냉매 누설은 이전, 충전시에 발생하는 것이다. 따라서, 적절히 관리되고 있는 기기에서는 가동중에 가스 누설이 발생할 경우는 적다. 만일, 가스 누설이 발생한 경우(연속 운전되고 있는 것을 제외한다.) 다음 이유에 의해 신속한 대응이 가능하고 극히 소량의 손실에 그치게 할 수 있다.

(1) 저압 냉매이기 때문에, 기내외의 압력 차이가 작고 누설량이 적다.

(2) 누설 발생 → 공기 침입 → 압력 이상이란 과정때문에 단기간에 확인할 수 있다.

(3) 지압부에서의 누설이 있다면 운전중의 공기 침입에 의해 응축 압력이 상승하고, 고압부에서는 정지중의 공기 침입에 의해 재기동시에 응축 압력의 이상으로 나타나기 때문에, 누설 개소의 예측이 용이하다.

7-2. 기밀시험

기밀시험은 지금까지 가스를 이용하여 가압하는 것이 일반적이었지만, 시험 종료후의 질소 가스의 분리 배출 때문에 추가 운전시에 냉매의 일부가 방출되는 문제가 있었다. 따라서 최근에는 이와같은 비경제적인 냉매 방출을 피하기 위해, 온수기를 사용하여 기내 온도를 상승시켜 승압하고(열교환기의 공기 배출 밸브를 이용하여 냉수 회로로 온수를 순환시킨다.) 기

8. 맺음말

오존층 보호와 지구 온난화 방지에 대응하기 위해서는 첫째, ODP, GWP 및 EER의 최적 균형을 꾀할 수 있는 냉매를 선정할 것. 둘째, 이용한 냉매는 대기로 방출하지 않고 회수하여 재생·재이용하거나 파괴한다. 셋째, SHP의 범용화를 추진하여 현 상태보다 배의 성능계수(COP)를 내는 히트 펌프를 상품화하는 등, 대폭적인 에너지 절약을 추진하는 것이 필요하다. 대체 냉매 선택에 대해 주의해야 할 것은 냉매에 의한 오존 파괴가 없어야 하며, 지구 온난화로의 영향도 적어야 한다. 냉매를 대기중으로 방출함으로써 직접적인 온난화 보다는 냉동공조기 운전시 전력을 소비함에 의한 발전소에서의 CO₂ 발생에 의한 간접적인 온난화 쪽이 크다. 따라서, 냉매는 불연성으로 독성이 없고, 윤활유를 열화시키지 않으며, 상용성이 있는 등 ODP, GWP, 에너지 효율 EER의 균형을 고려하여 선택해야 한다.

앞으로의 냉동공조산업은 쾌적성 추구에 그치지 않고 에너지 절약과 환경 보존을 동시에 만족시키지 않으면 안된다. 현재, 프레온 제조 회사 사용자 및 관련 업계가 협력하여 프레온 전폐에 따른 많은 문제를 극복하고, 필요한 기술 개발에 적극적으로 동참하여, 오존층 보호에 공헌하여야 한다. 특정 프레온이 전폐되는 것에 대해서는 대부분 대체 기술이 개발되어 사용자에게 많은 부담을 주지 않고 대체 기술을 도입하는 시기에 왔다.

참고문헌

1. 池本幸信, “代贖フロン及び利用技術の開発研究”, 日本エネルギー學會誌, 第71卷第11號, 1992, pp. 1072~1082
2. 池本幸信, “フロン問題とヒートポンプ”, 空氣調和・衛生工學 No.6, 1993, pp.303~399
3. 電力空調研究會編, “ヒートポンプ空氣システム”, オーム私
4. 空氣調和・衛生工學會編, “空氣調和衛生設備の知識”, オーム私
5. 環境廳地球環境部編 “地球温暖化防止對策ハンドブックエネルギー編”, 第一法規出版, 1992
6. 尹政仁, 柏木孝夫, “トリプル級收サイクルの特性は○する研究”, 日本機械學會論文集60~578, 1994, pp.3562~3531
7. 윤정인, 김재돌, 오후규, “암모니아 냉매의 재평가”, 공기조화·냉동공학회지, 제23권 4호, 1994, pp.314~325
8. 윤정인, “열원구동 흡수·흡착식 히트펌프의 기술개발동향”, ‘95년도 한·일 냉동공조기술 세미나, pp. 15~49
9. 電力空調研究會編, “ヒートポンプと蓄熱空調システム”, 講演會資料, 1993