

암모니아 냉매의 재평가

Reevaluation of Ammonia as a Refrigerant

오 후 규

H. K. Oh

부산수산대학교 냉동공학과



- 1947년생
- 냉동공학을 전공하였으며, 열교환기, 각종 냉동공조 시스템에 관심을 가지고 있다.

윤 정 인

J. I. Yoon

동경농공대학원 기계시스템공학과



- 1962년생
- 냉동공학을 전공하였으며, 냉동공조 시스템 및 흡수식 냉동장치에 관심을 가지고 있다.

김 재 돌

J. D. Kim

부산수산대학교 대학원 냉동공학과



- 1965년생
- 냉동공학을 전공하였으며, 냉동공조 시스템 및 흡수식 냉동장치에 관심을 가지고 있다.

1. 서 론

1987년 『오존층 파괴 물질에 관한 몬트리올 의정서』가 채택된 이후, 프레온 규제가 세계적으로 시작되고 있다. 이와 같은 상황에서 특정 프레온 및 지정 프레온의 대체 냉매에 관한 연구개발이 HFC계 프레온 냉매를 중심으로 국제적인 협력도 이루어지고 있다. 그러나, 이들 HFC계 대체 프레온 냉매는 오존층을 파괴하지는 않지만(ODP=0), 지구 온난화에는 문제가 있다. 예를 들면, R134a의 경우, 지구 온난화 지수(GWP)는 0.3(R11을 1.0으로

한 비교치)으로 그 값은 작지만, 그 영향은 탄산가스(CO₂)에 비해 상당히 크다.

장래의 지구환경(사용규제 가능성)을 고려하면, 오존층을 파괴하지 않으면서 동시에 지구 온난화에 결부되지 않는 비프레온계 냉매가 유력한 대체냉매가 될 것으로 생각된다. 비프레온계 냉매에는 암모니아, 프로판, 프로필렌, 펜탄 등이 있다. 그러나, 안전성과 성적계수, 그리고 유럽, 미국 등의 산업용 냉동냉장고에서 많은 사용실적이 있는 암모니아가 히트펌프용 냉매로서 가장 유력한 것으로 생각된다. 현재의 경우 암모니아는 세계적으로

냉동분야에서 큰 시장을 점유하고 있지만, 공조분야에서는 그다지 이용되지 않았다. 그러나 암모니아는 특히 저온분야에서 장점을 가지므로, 공업용 프로세스 및 냉동분야에 적용되고 있고, 공조분야의 LiBr-H₂O 흡수식에서는 불가능한 히트펌프 냉난방기로서 대체 프레온 및 탈전력을 위한 유효활용으로서 앞으로의 연구 개발이 기대된다.

하지만, 암모니아 냉매는 넓은 범위에 걸쳐 이용 및 개발이 되어 가고 있지만, 개발 후 상품의 설치에 있어서 법적 규제의 적정 개정, 개발기술에 관한 안정성 및 신뢰성의 일반적 인식이 앞으로의 과제이다.

2. 암모니아 압축식 히트펌프

특정 프레온(CFC계)의 전폐 시기가 눈앞에 다가오고 있으며, HCFC계의 사용 규제도 최근 결정되어, 국내외를 불문하고 관련업계는 이에 대한 대응에 박차를 가하고 있다. 암모니아는 그 독성 때문에 냉매로서의 사용범위는 한정되어 있지만, 오존층을 파괴하지 않고, 지구 온난화에도 영향을 없는 냉매이다.

프레온계 냉매가 출현한 이후, 우리나라에서는 암모니아 냉매의 사용이 감소하는 추세였으나, 최근에 이르러 특히 R22를 포함한 HCFC계의 사용 규제계획이 명확하게 됨에

따라 업체 및 소비자 사이에 암모니아를 재고하려는 경향이 나타나고 있다. 암모니아 냉매가 프레온 대체냉매로서 각광을 받고 있는 배경은 ODP 및 GWP가 0인 단일냉매이고, 대체냉매 중 히트펌프의 운전조건에 있어서도 가장 높은 성적계수를 보이며, 유럽·미국등의 해외에서 광범위하게 산업용 냉매로서 사용 예가 있기 때문으로 생각된다. 반면, 암모니아는 독성·가연성 가스이므로 보다 높은 안전성을 확보하는 것이 과제이다.

2.1 암모니아 냉동업계의 현황

북미의 냉동·공조업계에서는 1950년대에서 60년대에 이르기까지 프레온계 냉매가 도입되었다. 이 사이에 특히 공조분야에서 암모니아 냉매의 채용은 감소하였고, 최근에는 프레온계 냉매에 의한 설비가 시장을 독점하기에 이르렀다. 그러나 식품의 냉동(식품가공·저장) 및 화학공업을 중심으로한 산업용 냉동설비 분야에서는 암모니아 설비가 높은 시장점유율(80~85%)을 유지하고 있다. 이것은 암모니아 냉매가 에너지 효율면에서 우수하고, 특히 대형 설비에서는 전체 투자비(total cost)가 싸기 때문으로 고려된다.

표1에 최근 북미 냉동·공조업계에 주로 사용되고 있는 냉매의 사용 현황을 나타낸다.

표 1 북미에 있어서 암모니아 냉매의 사용 현황

범위	용도	설비의 종류	종래의 주요냉매	암모니아화의 가능성
냉동	산업용	<ul style="list-style-type: none"> • 식품가공설비 • 식품저장설비 • 화학공업냉동설비 	NH ₃ : 80% R22 : 20%	○
	상업용 가정용	<ul style="list-style-type: none"> • 슈퍼마켓용 냉동설비 • 가정용 냉장고 • 동결고 	R502 R12	○
공조	빌딩	• 패키지 공조기	R22	○
		• 칠러식 공조기	R11	
	주택	• 패키지 공조기	R22	○
	지역냉방	• 칠러식 공조기	R11	
차량	• 차량용 공조기	R12		

2.2 프레온 대체 냉매로서의 가능성

(1) 암모니아 냉매의 특징

표 2에 암모니아 냉매의 장점 및 단점을 나타내었다. 일본에서는 1950~1960년대 냉동·냉장 관련 장치의 약 절반에 사용되었지만, 프레온계 냉매의 등장과 1978년 8월 고압가스 취급법 냉동 보안 규칙(가연성·독성가스의 기술기준)의 개정으로 암모니아의 사용은 제약을 받게 되었다. 앞으로의 프레온 문제를 계기로 암모니아 냉매의 장점을 최대한으로 활용하므로써, 이들 단점을 극복하고 보다 안전성이 높은 냉동장치의 기술개발이 필요함과 동시에 중요한 과제이다.

표2 암모니아 냉매의 장점과 단점

장 점	(1) 지구 환경오염(ODP=0, GWP=0)의 염려가 없다. (2) 냉동능력이 크다. (3) 성적계수(COP)가 높다. (4) 열전달율이 좋다. (5) 임계온도·압력이 높다. (6) 누설시 검사가 용이하다. (7) 물에 용해한다.(팽창밸브의 빙결이 없다.) (8) 가격이 싸다.
단 점	(1) 독성이 있다. (2) 가연성·폭발성이 있다. (3) 토출온도가 높다. (4) 물에 용해되어 부식성을 일으킨다. (5) 동계의 재료를 사용할 수 없다. (6) 광물유에 용해되지 않는다. (저온시에 전열을 저해한다.)

동일 용량의 압축기(이론 압축량 = 1,210 m³/h)를 이용하여 냉동 사이클 상에서 각 냉매에 관한 냉동능력 및 성적계수의 비교를 표 3, 4에 나타낸다. 표 3에서와 같이 공조용 운전조건인 증발온도 0℃ 전후에 있어서 암모니아 냉매는 다른 냉매에 비하여 냉동능력이 가장 크다. 또, 증발온도가 -30℃의 저온역에서는 프로필렌의 냉동능력이 가장 크고, R22 및 암모니아가 다음으로 크다.

성적계수에 있어서 증발온도가 -20℃까지는 암모니아가 가장 우수하고, 증발온도가 -30℃의 저온역에서는 R22, 프로필렌이 우수하며, 다음으로 프로판, 암모니아 순이다.

표 3 냉동능력의 비교

응축온도℃	40			
증발온도℃	0	-10	-20	-30
냉동능력	kW			
R12	630.2	429.0	280.2	173.3
R22	1007.0	696.5	462.8	293.0
R134a	625.6	405.8	251.2	143.0
프로판	873.2	609.3	411.6	265.1
프로필렌	1037.0	731.4	500.0	326.7
암모니아	1087.0	727.9	462.8	273.3

표 4 성적계수의 비교

응축온도℃	40			
증발온도℃	0	-10	-20	-30
성적계수 COP	냉동능력 / 소비전력			
R12	4.11	3.00	2.10	1.34
R22	3.88	2.98	2.17	1.49
R134a	3.96	2.76	1.80	1.07
프로판	3.80	2.89	2.11	1.45
암모니아	4.28	3.17	2.22	1.44

(2) 암모니아 냉매의 부활

최근 구미 여러나라에서는 냉동·냉장 분야 등에서 광범위하게 활용되어 온 암모니아 냉매의 이용확대 및 HCFC규제에 대한 대응책으로서 움직임이 일고 있다. 그러나 한국 및 일본에 있어서는 아직까지 프레온 우선, 암모니아 회피의 상황이 지속되고 있다. 최근 일본의 자료에서는 암모니아 냉동설비에서 년간

5건 정도의 가스 누출 사고가 발생하고 있으나, 인명에 대한 사고는 없음을 보고 하고 있다. 사고원인은 냉매의 대량보유와 배관의 노후화에 따른 것으로, 이에 대한 대책으로서는 “보안규제의 강화”보다 신기술을 도입하고, 본질적 안전에 접근하려는 적극적인 노력이 필요하리라 생각된다.

즉, 냉매 보유량이 최소한에 이르기까지의 삭감, 냉동설비의 분산화, 냉동설비의 밀봉강화, 자동화의 향상에 따른 운전의 안정 등이 선행되어야 한다. 암모니아 신기술 도입의 주요 쟁점(규제적 대응)으로는 다음과 같은 사항이 있다.

① 냉매 충전량(고압가스의 존재량)을 감소하는 방법으로는

- 수액기의 용량을 작게한다.
- 수액기는 냉매계통에서 차단할 수 있는 펌프다운(pump down)용으로 한다.
- 증발기, 액분리기 등의 내용적을 필요 이상으로 하지 않고, 만액식을 억제한다.
- 열교환 기술의 향상과 철제 핀-튜브를 사용한다.

② 압축기는 밀폐형 또는 개방형 스크류 압축기를 사용하고, 특히 냉매누설에 따른 두려움을 적게 할것.

③ 브라인 칠링 유닛, 냉동·냉장 유닛, 저온 에어컨 등 냉동장치의 유닛화.

④ 냉매배관에 스테인레스 강관 사용, 배관 시공기술 등의 개선.

⑤ 압축기를 고속 회전화 및 로타리화 하여 방열구조로 하고, 소형화 할것.

⑥ 유효유리의 냉열성 향상 및 유분리기의 고효율화.

⑦ 저압부에서의 유효수 방법(회수장치의 개발) 및 암모니아에 용해되는 유의 개발.

⑧ 수동조작을 필요로 하지 않으며, 전자동 운전이 필요한 안전장치의 강화.

등을 들 수 있다. 이들 결과들이 앞으로 지구 환경을 보호하려는 사회적 요청을 달성하는

최고의 지름길이고, 또한 유력한 수단이다. 하지만 냉동보안의 확보에도 신중하게 대처하면서 실용화를 추진해야 할 것이다. 또, 냉동방식에서도 주목하면 집중방식을 억제하고, 분산방식으로 전환하는 것을 설비 관리면에서 대폭적인 전기 절약화를 실현할 수 있다. 표 5는 냉장창고에 있어서 냉각방식의 비교 예를 나타내고 있다.

이상의 관점에서 암모니아 냉매를 부활시키는 기본적인 의의가 있는 것으로 생각한다.

(3) 안전성의 확보

① 냉매 충전량의 삭감

종래의 암모니아 냉동장치에 채용되고 있는 냉각방식은 액펌프 방식 또는 서어지 탱크방식이다. 액펌프 방식의 특징은 저압부에서 냉매액을 모아 증발기에 필요한 냉매량의 몇 배를 액펌프로 보내고, 열교환을 함과 동시에 증발기의 전열성능 저하를 방지하기 위하여 증발기에서 냉매와 분리된 고점도의 냉동기유를 회수하는 방식이다. 또, 서어지 탱크방식은 냉매를 액펌프의 압력에 의해 높은 장소에 설치되어 있는 저압수액기에 보내어 냉매액의 자연 낙하에 의해 증발기로 공급하는 방식이다. 이와 같은 경우는 어느 방식에서나 냉매 보유량은 크게 된다.

한편, 프레온 냉동장치에서는 자동 급액밸브에서 증발기로 열교환에 필요한 냉매량만을 공급하는 직팽창식이 채용되고 있다. 이 방식의 특징은 저압수액기를 설치할 필요가 없고, 또한 냉매 충전량을 대폭적으로 삭감할 수 있다. 여기에서는 프레온 냉매와 냉동기유 사이에 상용성이 있기 때문에 증발기내에서 냉동기유가 분리되고, 냉매와 함께 점도가 낮은 만큼 빠르게 흘러 증발기의 전열을 저해하지 않고 채용할 수 있는 방식이다.

암모니아 냉매에 있어서도 앞에서 서술한 프레온 냉매와 동일한 형태의 직팽창식을 채용할 수 있으면 냉매 충전량을 대폭적으로 삭감할 수가 있다. 요점은 암모니아 냉매와 상용성이 있는 냉동기유의 개발이다. 즉, 암모니아

표 5 냉장창고에 있어서 냉각방식의 비교(예) 모델 : 5000톤급(F급 -30℃) 냉장창고, 5층건물

	집 중 식	분 산 식		비 고
	(프레온)	(프레온)	(암모니아)	
<u>사용기기</u> 냉동기 냉각탑 냉각수 펌프 냉각기 설비동력 합계 설비비	스크류 압축기 169kW×1대 유펌프 5.5kW 80톤×1대 2.2kW 3.7kW×1대 2.2kW×2×5대 193.4kW 100	왕복동 압축기 30kW×5대 80톤×1대 2.2kW 0.75kW×5대 2.2kW×2×5대 178kW 90	왼쪽과 거의 동일 95	비율로 표시
<u>운전 제어</u> 냉동기 냉각수 펌프 냉각기	부하에 대응한 용량제어 거의 연속운전 고내 온도센서와 냉각기 팬이 연동	개별적으로 ON-OFF제어 냉동기와 연동 약 50%의 에너지 절약 왼쪽과 동일		•분산식은 냉매 배관의 거리가 짧 고, 배관저항이 적게 되고 효율이 향상, 4~6%는 에너지 절약 운전
신뢰성	냉동기의 백업이 없음	냉동장치가 5개로 독립되어 위험 분산		
유지관리비	•완전분해 : 2~3년마다, 작업비(대) •냉동기유 290ℓ/회	•완전분해 : 2~3년마다, 작업비(소) •냉동기유 10.8ℓ/대×5 = 54 ℓ/회		운전시간 12000시간
기계실 공간	8.6m×4.4m = 37.8m ² 이상	2.9m×2.6m = 7.54m ² 이상 (×5실 = 37.7m ² 이상)		개별식의 경우 기계실 불필요, 실외형이 가능
기타	•냉동기 모터가 고압으로 되어 위험성(대) •공냉화가 곤란	•전기는 저압으로 취급이 용이 •공냉화가 가능	•왼쪽과 동일 •장래 보급할 수 있는 다음 설비비는 감소	

와 동일하게 물을 흡수하기 쉬우며, 암모니아와 상용성이 있는 유의 개발로써 PAG(폴리알킬렌 글리콜)를 냉동기유로서 채용하는 예가 있다.

② 안전 운전

종래의 암모니아 냉매장치에서는 압축기의 실린더와 피스톤 사이의 윤활을 위해서 공급된 냉동기유가 냉매와 함께 냉동 사이클 내로 순환하므로써 수액기 등의 냉매액 저장부에 비중차에 의해 2상 분리된다. 이것을 매일 수동조작으로 압축기의 오일 챔버에 냉동기유를 되돌리는 등의 작업이 불가결 하였다. 이들 매일의 수동조작은 실수에 의해 냉매누수의 원인이기도 되었다.

따라서 매일의 수동조작에 의해 급배유 작업을 하지 않기 위해 암모니아 냉매와 상용성이 있는 냉동기유를 채용하여 냉매와 함께 압축기로 되돌린다. 또 외적 온도변화나 부하변동에 추종성이 좋은 팽창밸브를 채용하여 액백이나 과열운전을 방지하는 것 이외에 조기 냉매누설 감지나 자체 진단장치에서 예방보전을 할 수 있는 완전 자동운전 방식이 필요하다고 생각된다. 또한, 냉동장치를 소형으로 분산시켜 유닛화하므로써 암모니아 냉매에 대해

보다 높은 안전성을 확보할 수 있을 것으로 생각된다.

3. 암모니아 흡수식 히트펌프

암모니아 냉매는 세계적으로 냉동분야에서 큰 시장을 점유하고 있다. 암모니아/물계의 흡수식은 특히 저온(0℃이하)을 얻을 수 있다는 점과 기기내를 고진공으로 하지 않아도 된다는 점에서 LiBr/H₂O계와 비교하여 그 특징이 있다. 탈프레온, 탈전력, 코제너레이션에 의한 에너지 절약과 앞으로 사회적 환경 추세에 부응하고, 대형 토탈 냉열원 시스템이나 저온·냉동 및 빙축에 의한 지역 냉난방 시스템으로서 장래의 기술적 방향성이 있다.

3.1 암모니아 냉매로서의 흡수식과 압축식의 비교

표 6에 압축식과 흡수식의 비교를 나타낸다. 압축식은 전기구동에 의한 편리성이 있지만, 반면 탈전력의 관점에서는 흡수식이 유리하다. 그림 1, 2에 압축식 및 흡수식 냉동 시스템의 원리를 나타낸다.

표 6 압축식과 흡수식의 비교

	압 축 식	흡 수 식
구 동 에 너 지	전기	가스, 유·증기·배열
냉 동 기 유		유는 사용하지 않음
암모니아의 누설	밀폐형 압축기 개발이 필요	
부하특성		압축비라고 생각하지 않기 때문에 부분 부하로 이용
치수·중량		구성부품이 많고, 치수·중량 크다
수전설비/가스·유공급설비	필요/불필요	소용량/필요
본체가격		압축식에서는 불필요한 발생기, 흡수기 등 구성 부품이 많아 일반적으로는 비율이 높은 저온·대용량이 되는 만큼 장점을 가진다.
유지비		압축식의 1/2~1/3(가동부가 적기때문)
운전비		저온이 되는 만큼 유리

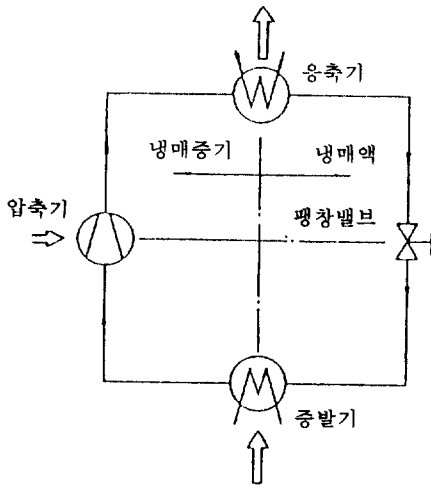


그림1 압축식 냉동 시스템의 원리

흡수식 냉동기는 기계식의 압축기에 상당하는 부분이 열식 압축기에 해당하고, 액열교환기는 열에너지의 수지개선을 피하기 위해 설치되어 있다. 저압에서 증발한 냉매는 흡수기의 암모니아 수용액(희용액)에 흡수되어 진한 암모니아 용액(농용액)으로 되고, 농용액은 용액펌프에서 고압측(발생기)로 보내진다. 그리고 보내진 농용액은 발생기에 의해 가열되고, 물과 암모니아의 혼합증기로 분리된다. 혼합증기는 정유탑에서 정유되어 고순도의 암모니아 가스로 되어, 응축기에서 액화된다. 한편, 발생기에서의 희용액은 희용액 열교환기에서 냉각되고 감압되어 흡수기로 들어가며, 다시 냉매증기를 흡수한다. 또, 응축열과 흡수열은 보통 냉각수에 의해 제거된다.

3.2 암모니아 흡수식의 특징 및 가능성

(1) 프레온 압축식에 대한 암모니아 흡수식의 특징

① 저전력 운전(전력설비가 압축식의 1/10 이하)

암모니아 흡수식은 가스·중유·증기 등 잉여열원을 유효하게 이용할 수 있고, 증기를 포함한 총합열에너지 시스템의 구성요소로서 코제너레이션시스템으로 조합되어 있는 예가

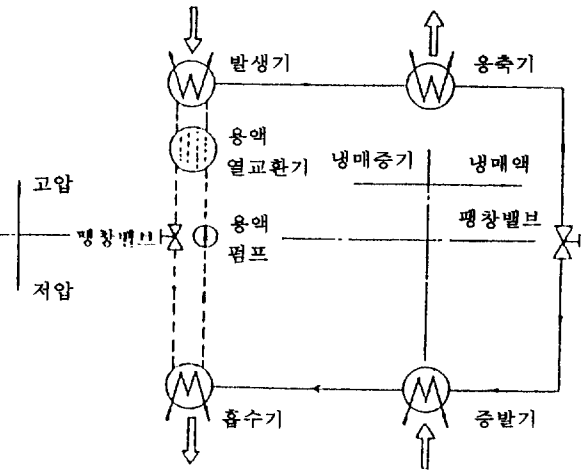


그림2 흡수식 냉동 시스템의 원리

최근 증가하고 있다. 또한, 열원온도가 낮은 경우에는 저압측에 압축기 부스터를 설치하기도 하고, 2단 발생식으로 하는 예도 있다. 그리고 불연속적으로 발생하는 열원에 대해서는 축냉매방식(또는 축빙)도 가능하며, 일시적으로 고부하운전으로 되는 냉동 시스템에서는 위와 같은 것이 유효한 방법이다.

② 탈프레온화

암모니아는 급성독성이 있고, 환경독성이 없는 것을 특징으로 들 수 있다. 또한, 체적기준으로 비교하면 프레온 냉매보다 매우 값이 싸다. 그리고, 암모니아/물계의 내식기술이 확립되어 있고, 장치의 설계, 제작면에서도 높은 신뢰성을 얻을 수 있다.

③ 운전비

저가인 에너지를 얻을 수 있을 경우에는 매우 유리하며, 저온으로 되면 그만큼 더 유리하다. 또한, 기계적인 손실이 없으므로 저온(비용적이 큼)이 되더라도 압축식과 비교하면 COP가 저하하지 않는다. 각 운전예 따른 비교는 아래와 같다.

• 연간 운전으로 유리

어떤 낮은 냉각수(예를 들어 5℃)에서도 유효하게 이용할 수 있다. 한편, 흡수식에서는 냉각수 1℃ 저하로 3% 정도의 COP 향상(압

축식에서는 1.5% 정도)이 가능하기 때문에 연간 냉각수 온도 20~25℃로 운전비를 계산하면, 더욱 유리하다. 에너지 소비율의 월별에 따른 추이를 그림 3에 나타낸다.

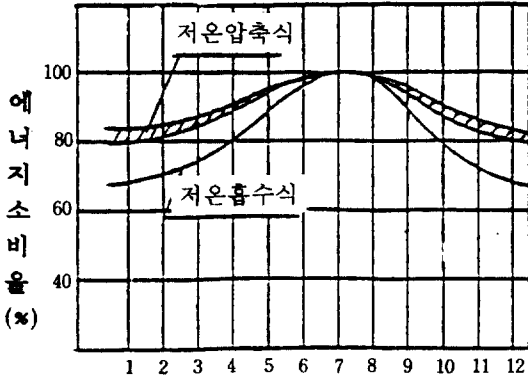


그림 3 에너지 소비율의 월별에 따른 추이

• 부분부하에서 유리

실제 기기에서는 거의가 부분부하 상태에서 운전되고 있고, 흡수식의 경우 80% 부하시의 에너지 소비는 75% 이하로 된다. 역으로 120%의 부하가 일시적으로 되더라도 기계적인 가동부가 거의 없기 때문에 냉동기에 이상이 발생하는 일이 없다. 부분부하에 대한 특성을 그림 4에 나타낸다.

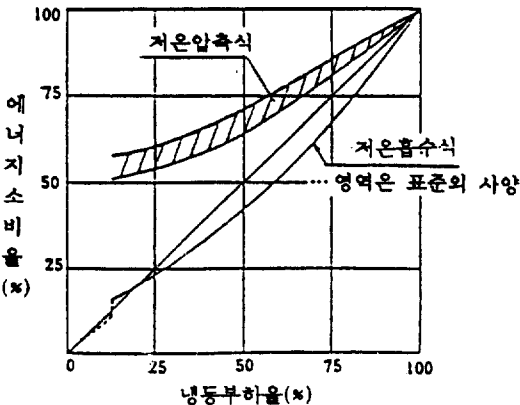


그림 4 부분부하 특성

• 2단 흡수방식의 채용

증발온도가 2종류 이상으로 되는 경우는 2단 흡수방식으로 채용하여 용액 사이클의 농도폭을 넓혀서 COP의 개량이 가능하다.

④ 운전 및 유지

운전 및 유지에 있어서는 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

• 가동부가 적음

가동부가 신뢰성이 높은 용액펌프만이고, 유지도 용이하며, 소음·진동대책이 불필요하므로 예비 용액펌프를 추가하므로써 100%의 신뢰성을 얻을 수 있다.

• 유의 이상이 없음

회로에 유가 없으므로 특히 저온에서 문제가 되는 유상승과 수분동결의 염려가 없다.

• 우수한 용량조절

압축비라는 것이 없으므로 증발온도의 변동은 임의의 설정값을 조절하므로써 대폭으로 변경할 수 있다. 또한, 용량조절은 10%까지 제어밸브의 움직임으로 용액 순환유량을 교축함에 따라 가능하다.

• 부하변동에 대한 순응성

냉매부하가 예상 밖인 경우와 액백에 대해서도 압축식과 같이 이상이 발생하지 않는다.

• 대용량 중앙식 냉동 시스템에 의한 인력 절감화

공장의 전 냉열원(다종의 증발온도)을 중앙식화하여 1대의 대형 저온 흡수식 장치로 하면 인력 절감화, 유지비 절약화가 가능하다.

• 유지를 위한 숙련자 불필요

구조가 간단하기 때문에 취급 경험이 없더라도 운전·유지가 가능하다.

• 빠른 기동특성

흡수액이 결정하는 일이 없기 때문에 잔류 운전에 의해서 용액을 회석할 필요가 없다. 따라서, 기동시는 흡수기에 흡수력이 강한 회용액이 갑자기 들어오므로 용액펌프 기동과 동시에 냉동작용이 발생한다.

(2) 실시 예

증발온도 0~-60℃, 주로 냉동능력이 150 RT 이상에서 사용되고, 가열원은 저압증기,

프로세스 배열(증기, 증기, 온수), 천연가스, 연소용 오일 등이 사용되고 있다. 흡수식의 응용분야를 표 7에 나타낸다.

표7 흡수식의 응용분야

공 업 분 야	응 용 사 례	증 발 온 도
오일/가스의 정제공업	· 가스의 액화 · 가스의 분류	-10~-50℃ -30~-40℃
석유화학공업 일반화학공업 석탄의 가스정제	· 분류제어 · 암모니아합성 · 합성고무관련 · 생산프로세스 냉각 냉동	-10~-20℃ -5~-30℃ -5~-15℃ -5~-50℃
제지공업	· 합성제지 생산 프로세스	-5~-15℃
식품공업	· 식품제조 프로세스 · 도살처리 창고 · 냉동창고 · 제빙 · 냉각건조 프로세스 · 아이스크림 제조 프로세스 · 맥주 제조 프로세스	0~-45℃ 0~-45℃ 0~-45℃ -10~-20℃ -45~-55℃ -35~-50℃
코제너레이션	· 식품제조, 냉동창고, 제빙	0~-45℃

① 소형분야(공조용)

주택, 업무용의 냉수 칠러로서 도시가스, LP가스, 석유 등의 연료를 사용하여 성적계수 0.5(가까운 장래는 0.6~0.7)를 확보할 수 있다. 성적계수를 비교시, 연료 연소식에 대해서는 1차 에너지를 기준으로하며, 전동식의 경우에는 발전소에서 모두 2차 에너지로 변환되고 있고, 이 때 발전효율과 송·배전효율(약 35% 전후)을 고려해야 한다.

이 기종에 있어 개발목적의 최대 요점은 흡수식 칠러의 공냉화이다. 미국에서는 모두 30년에 걸친 실적을 가지고 있으며, 3~8 RT의 범위로 확대 활용되고 있다. 1970년에는 이미 미국에서 Whirlpool사, 브라인엔트사가 3 RT의 흡수식 냉동용 칠러를 판매하였다. 당시의 두 회사 흡수식에 대해서 아래에 나타낸다.

- Whirlpool사 흡수식

이 흡수식의 사양 및 계통도를 표 8과 그림 5에 나타낸다. 특징은 매우 고효율의 각종 열교환기를 가지며, 흡수열을 이용하여 암모니아 농용액을 가열하는 용액 열교환기, 발생기의 헤드부를 콤팩트하게 한 리플렉스 콘덴서, 간단한 구조의 다이아프램식 용액펌프 등에서 많은 독창적 아이디어로 설계되어 있다.

표8 Whirlpool사 흡수식 사양

항 목	내 용
C O P	0.5(냉수 7.2℃)(외기 35℃)
치수 L×W×H	943×711×1,016mm
운전중량	251kg
암모니아 충전량	3kg

COP : 냉방능력 / 가스 저발열량×가스 소비량

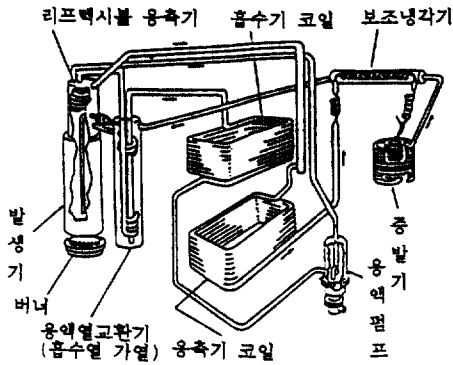


그림5 Whirlpool사 배관 계통도

• 브라인엔트사 흡수식

이 기종은 3~10 RT의 범위로 그 내부 구조가 간단한 것이 특징이다. 배관 계통도에 표시한 것처럼 단순한 더블 칠러형 용액 열교환기에 의해서 고온의 회용액에서 농용액으로 열회수가 이루어짐과 동시에, 외측의 저온농용액에 의해 리플렉스 콘덴서의 역할도 담당하고 있다. 흡수열을 이용하는 구도로 되어 있기 때문에 COP가 그것 만큼 Whirlpool사 흡수식보다도 낮다. 사양 및 계통도를 표 9, 그림 6에 나타낸다.

표9 브라인엔트사 흡수식 사양

항 목	내 용
C O P	0.42(냉수 7.2℃)(외기 35℃)
치수 L×W×H	1,168×762×934mm
운전중량	272kg
암모니아 충전량	3kg

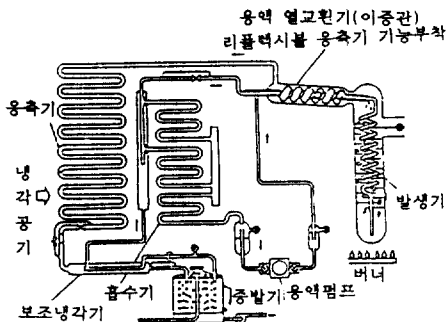


그림6 브라인엔트사 배관 계통도

• 현재의 가스연소 냉방용 흡수식 칠러

전술한 Whirlpool사나 브라인엔트사 흡수식과 비교하면, 치수 및 중량에서 거의 변화가 없고, 구조면에서는 리플렉스 콘덴서를 별도 설치하고, 발생기의 구조를 변경하였으며, 발생기 내부에서 고온의 회용액에서 저온의 농용액으로 열회수 능력을 개선하고 있어 COP가 향상되었다. 본 기기는 3~25 RT까지 기본 유닛을 단위로 시리즈화 되어 있고, 급탕기능을 부착한 것도 판매되고 있다.

② 대형 저온분야

대형·저온(100 RT : -20℃ 정도)의 냉동, 동결건조 등의 분야에 브라인 칠러로서 활용되고 있는 예가 있으며, 독일에서는 냉동산업 분야에 폭 넓게 이용되고 있다. 연소식 보일러와 같이 기계적 고장이 아주 적고, 신뢰성이 높다는 평가를 받고 있으며 -20℃ 이하의 저온이 되면, 증기압축식 보다도 에너지 비용의 절감이 기대되고 있다. 앞으로는 코제너레이션의 배열회수 이용 기기로서 활용이 기대되고 있다.

③ 대형저온 흡수식에 관해서

Borsig사와 린더사가 각국에 많은 납품실적을 가지고 있지만, 납품실적을 보면 대형·저온·배열회수 등의 경우에 본 기기가 유리한 범위에 걸쳐 있는 것으로 생각된다. 그러나 앞으로 전력 절감 및 대기에 대한 무공해 냉매 그리고, 코제너레이션에 의한 엑서지적인 열효율 향상의 한 수단으로서 암모니아 흡수식의 요구는 높게 될 것으로 생각된다. 그림 7에

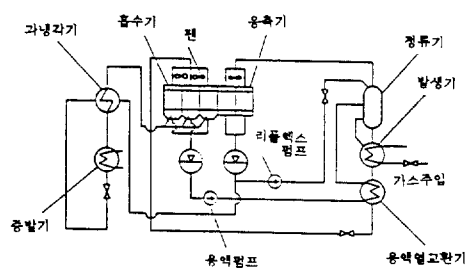


그림 7 Borsig사 공냉 흡수식 배관 계통도

Borsig사의 공냉·직화식 1단 흡수식의 계통도를 나타낸다. 본 기기는 천연가스의 냉각·건조용에 사용되고 있고, 주위의 환경에 대한 배려를 하였으며, 냉동장치의 높이·소음의 제한, 또 완전 원격에 의한 자동운전 등의 설계사양으로 되어 있다.

3.3 암모니아 흡수식 냉동기의 규제완화

고압가스 분야에 있어서 보안행정을 둘러싼 환경변화는 크게 변화하고 있다. 특히 냉동분야를 본다면, 지구 환경문제에 관련한 프레온 규제, 국제화의 진전에 의한 고압가스 이용제품의 수입증대, 기술진보 등에 의한 안전성이 높은 기기의 등장이라고 할 수 있다. 이러한 고압가스를 둘러싼 환경의 변화에 대응한 적절한 보안행정과 규제를 하는 것이 중요하게 되고 있다.

이 때문에 프레온 규제의 진전, 암모니아 이용기술을 다양화 등의 상황이나 보다 안전성이 높은 암모니아 냉동기의 기준 및 재검토의 요망이 높아짐을 감안하여 암모니아 압축식 냉동기와 비교하여 암모니아 충전량의 최소화 등 안전성이 높은 암모니아 흡수식 냉동기에 관한 검토가 필요하다. 이웃 일본에서는 다음과 같이 해당 냉동기의 규제를 1994년 3월 10일부로 일부 완화하였다.

(1) 완화 대상 설비

완화 대상으로 하는 암모니아 흡수식 냉동기의 기준은 다음과 같다.

- 실외 설치의 것이고, 암모니아 충전량은 1대당 25kg 이하일 것.
- 냉매설비 및 발생기의 가열장치를 하나의 받침대 위에 일체로 조립한 것.
- 운전중에는 냉동설비내의 공기를 항상 흡인배기하고, 냉매가 누설했을 경우에 위험성이 없는 상태로 확산할 수 있는 구조일 것.
- 냉매배관이 실내에 부설하지 않고, 또 2차 냉매가 직접 공기 또는 피냉각 목적물에 접촉하지 않는 구조일 것.

- 냉매설비의 재료는 진동, 충격, 부식 등에 의해 냉매가스가 누설되지 않을 것.
- 냉매설비 계통 배관, 관접속 및 밸브의 접합은 용접으로 한 것. 단 접속에 의하는 것이 적당하지 않을 경우에는 보안상 필요한 강도를 가진 프랜지 접합에 의해 되어 있는 것.
- 안전밸브는 냉동설비의 내부에 설치되어 있고, 그 토출구는 흡인배기가 쉬운 위치에 설치되어 있는 것.
- 발생기에는 적절한 고온 차단장치가 설치되어 있는 것.
- 발생기의 가열장치는 실내에 있어서 작동을 정지할 수 있는 구조이고, 서서히 정지할 것 등의 이상시에 대응할 수 있는 안전장치가 설치되어 있는 것.

(2) 규제 완화 조치

완화 조치의 내용은 다음과 같다.

- 안전밸브 방출관의 면제
- 가스누설 검지 경보설비의 면제
- 가스가 누설했을 경우 재해를 위한 장치 면제

(3) 냉동 보안 규칙(초록)

제조설비가 정치식 제조설비인 경우 제조시설의 위치, 구조 및 설비의 기술상 기준은 다음 각호에 서술한 것으로 한다.

- 안전장치(해당 냉동설비에서 대기로 냉매가스를 방출하지 않는 것 및 불활성가스를 냉매가스로 하는 냉동설비에 설치한 것, 그리고 암모니아 흡수식 냉동기에 설치한 것은 제외) 중 안전밸브 또는 파열판에는 방출관을 설치할 것.
- 가연성가스 또는 독성가스의 제조시설에는 해당 시설에서 누설한 가스가 체류할 위험이 있는 장소에서 해당 가스의 누설을 검지하고, 경보설비를 할 것. 단, 암모니아 흡수식 냉동기에 관한 설비에 관해서는 이에 제한이 없다.
- 독성가스의 제조설비에는 해당가스가 누설했을 경우 재해를 위한 조치를 강구할

것. 단, 암모니아 흡수식 냉동기에 관해서는 이에 한하지 않는다.

수식 및 압축식 기기에 대한 적극적인 연구 개발에 상호 협조하여야 할 때라 생각한다.

IV. 맺음말

암모니아가 흡수식 및 압축식 냉매로서 점차 광범위하게 이용되고 있는 상황을 살펴보고, 또 그 가능성에 대해 살펴보았다. 암모니아는 실제의 취급에 있어서 충분한 주의가 필요한 냉매이므로 이것을 주택용으로까지 확대하여 이용하기 위해서는 신뢰성·안전성면에서 앞으로 기술적인 보완과 범적인 뒷받침이 있어야 한다.

앞으로 우리나라에서도 TR(Technology Round)시대에 적극적으로 대처하기 위해서 정부는 물론 산·학·연이 대체냉매로서의 암모니아에 대한 재인식과 더불어 암모니아 흡

참 고 문 헌

1. 日本冷凍協會, 1994, “冷凍フロンの放出削減と代替技術”, 東京.
2. 武居俊孝, 1992, “アンモニア吸収式冷凍設備の現状と實施例”, 日本冷凍協會, 67~778, pp.16~26.
3. Lorentzen, G., 1988, “Ammonia, as excellent alternative”, Int. J. Refrig., Vol.11, pp.248~252.
4. Mclinder, M.O., et. al., 1987, “Quest for alternative”, ASHRAE Journal, pp. 32~42.