

건조제 냉각시스템 연구의 개요

Outline of Desiccant Cooling Program

박 문 수
M. S. Park
생산기술연구원
생산설비개발센터



· 1963년생
· 공조냉동기기에서의 열 및 물질전달을 전공하였으며, 흡착식, 흡수식, 건조제 이용 냉동·제습 등에 관심이 있다.

1. 건조제 기술에 대한 서론(Introduction to Desiccant Technology)

건조제는 습기에 대해서 강한 친화력이 있으며, 따라서 이 물질들은 주위공기에서 직접 수증기를 흡수할 수 있다. 그 친화성은 수집된 수증기를 증발시키기 위해서 건조제에 열을 가해줌으로써 반복해서 재생될 수 있다. 습공기와 건조제 사이의 수증기 교환은 각각 습공기에서의 수증기 분압과 건조제 표면의 증기 압력차에 의존한다. 건조제는 기존의 특수한 곳의 공조시스템에서 기계식 냉동과 함께 사용되어진 제습기에 이용되었다. 이러한 시스템은 보통 제습부하가 특히 큰 공조시스템에 적용되었다. 이러한 상황은 산업공정에서 저습도 수준이 요구될 때 일어난다.

과거에 건조제 제습은 산업현장과 가정에서의 쾌적함을 위하여 초창기의 공조시스템에서 기계식 냉동과 결합되어졌다. 그렇지만, 풍부하고 값싼 전기와 공장조립의 대량생산의 출

현이 전기구동 증기압축식 냉동을 가격경쟁력 있는 상업용 및 가정용 공조시스템의 성숙된 시장품목으로 되게 하였다.

그러나, 오늘날에 이르기까지도 건조제 제습은 특별한 응용분야에서는 기계식 압축과 재열에 의한 제습에 비해 경제적 우위를 가지고 있다. 산업공조에 있어서 습기에 민감한 많은 제조공정 및 저장분야는 건조제 제습을 이용한다. 제품 불량율의 극적인 감소와 생산품 수익성의 직접적인 증대가 저습도 조절 장치의 초기 투자비의 빠른 회수를 가져온다.

이제 비산업공조 응용분야에 있어서도 치솟는 전기값을 상쇄시키기 위해서 열구동 건조제 제습냉각에 대한 관심이 되살아나고 있다. 공조시스템에 대한 제습부하를 처리하기 위해서 저가의 열에너지, 즉 천연가스가 전기 대신에 사용된다. 현재 적용되고 있는 산업분야 이외의 응용을 위해서 이용가능한 건조제 제습장치는 조립라인의 기계식 냉각장치에 비해서 너무 비싸다고 생각된다. 그러나 오늘날

* 본 글의 내용은 D. Kosar와 D. Novosel에 의한 미국 GRI(Gas Research Institute)의 1988년도 연구 보고서인 "Outline of Desiccant Cooling Program"을 번역한 것임을 알려두는 바입니다.

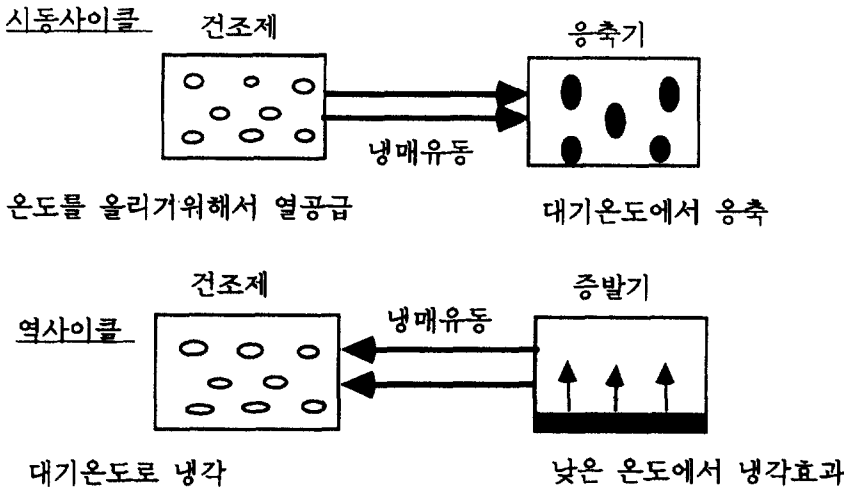
표 4 상업용 중앙집중식 건조제 시스템 개발

1. 용도 : 고층빌딩용
2. 장치 : 중앙집중식 공기/공기 터미널
3. 건조제에 의한 개선 :
 - 터미널 응축(Wet Terminal) 제거
 - ASHRAE 수준의 쾌적감
 - 습도제어
 - 실내공기질(Indoor Air Quality) 향상
 - 경제적 운전비

4. 이 분야의 계속 연구 :

- 1988년에 100톤 이상의 흡수식 냉동기/건조제 복합시스템의 실험실 평가(Battelle)

이런 개방형 시스템에 부가하여 고체건조제를 사용하는 냉각(그리고 열펌프) 시스템을 위한 독특한 밀폐형 사이클 배열이 두 프로젝트팀, Zeopower Company와 Thermax, Inc.에 의해 실험실 개발 중에 있다. 이 혁신적인 시스템 개발은 그림 3에 묘사되었다.



이 분야의 계속 프로젝트:

- 1988 년에 1.5톤 고체제습제 열펌프의 실험실 평가 (Zeopower)
- 1988 년에 3톤 고체건조제 열펌프의 실험실 평가 (Thermax)

그림 3 새로운 건조제 시스템 연구

이 시스템 및 요소개발을 지원하기 위해서 GRI는 개선된 성능, 저가의 요소 및 시스템 개발을 위한 개량된 건조제 물질, 정확한 시스템 성능, 그리고 빌딩부하 시뮬레이션을 위한 연구를 스폰서하고 있다. RFP는 두가지 기본적인 응용적인 건조제 공정과 물질에 대한 R&D을 이끌어냈다. 이를 위해 다음과 같은 프로젝트들이 시작되었다.

계약자 (Contractor)	프로젝트 영역 (Project Scope)
Eaton Corp.	ionic polymer gels에 기초한 개량된 고체 건조제 물질 개발
Kaiser Chemicals	직접 가스직화 재생이 가능한 고체 건조제 물질개발

계속되는 연구와 개발에 의해 보조받는 건조제 제습 냉각기술은 전기공조장치의 용량을 줄이고, 따라서 비산업분야의 공조에 있어서의 전기에너지 값과 전력요구부하를 낮추는 가격경쟁력 있는 수단을 제공하고 있다.

대부분의 공조시스템은-전기 또는 가스이용이든시간에- 실제로 두가지 형태의 냉방(현열제거 또는 온도감소와 잠열제거 또는 제습)을 제공하고 있다. 건조제 이용 냉방시스템에 있어서 잠열냉각부하는 고체 혹은 액체 건조제의 흡수에 의해 공기로부터 습기를 제거하는 건조제에 의해 처리된다. 건조제는 열

을 가함으로써 건조제내의 증기압이 증대되어 재생공기와 수증기 분압차에 의해 습기를 방출하며, 배출된 수증기는 배기에 의하여 외기로 버려진다. 현열냉각은 기존의 것보다 줄여진 적은 용량의 전기이용 증기압축식 냉각기 또는 증발식 냉각기를 도입함으로써 처리될 수 있다. 전기이용 증기압축식 공조기를 더욱 줄이기 위해서 더 개량된 건조제 이용 시스템은 간접증발냉각방식을 사용한다. 고체 건조제 시스템의 개략도는 그림 1에 보여졌고, 액체 건조제 시스템의 하나가 그림 2에 보여졌다.

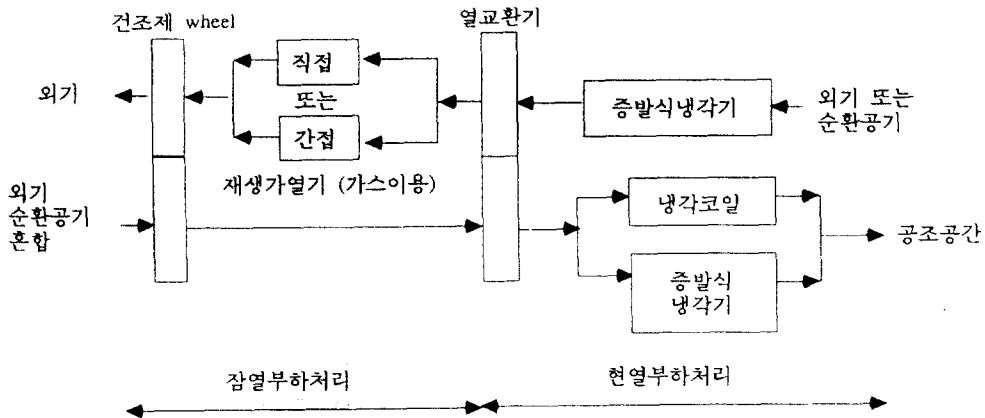


그림 1 전기공조기 냉각코일 또는 증발식 냉각기와 결합된 고체건조제이용 공조시스템

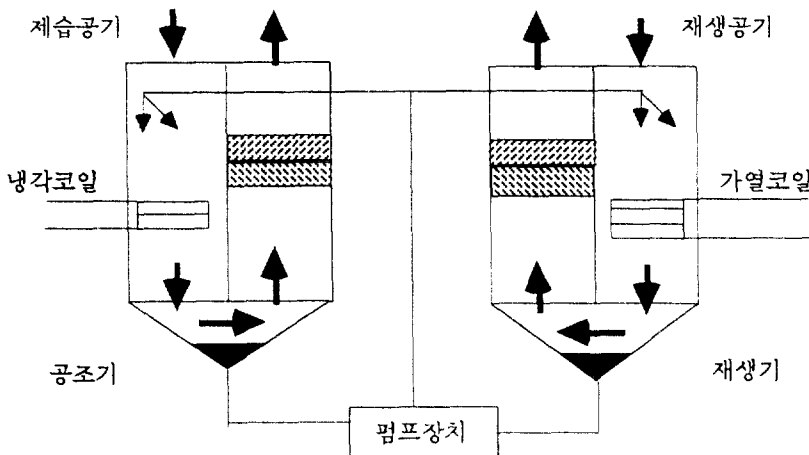


그림 2 액체건조제 시스템의 개략도

직접 증발식 냉각기를 추가함으로써 전기이용 공조기에 대한 필요성을 완전히 제거하는 것도 가능하다. 단열 제습기에서 건조제와 접촉후 제습기를 떠나는 공기는 아주 건조하고 고온이다. 이때 공기속에 적절한 양의 물을 증발시킴으로써 쾌적한 수준으로 되게 할 수 있다. Arizona(그림 1)같은 뜨겁고 건조한 기후에서 잘 작동되며 잘 확립된 증발식 냉각기술 등이 이용될 수 있다.

2. GRI 건조제 냉각 프로그램의 요약 (Summary of GRI's Desiccant Cooling Program)

가스이용 냉각장치를 위한 건조제 기술의 가격경쟁력을 개선하기 위하여, GRI는 대략 1990년 무렵에 몇몇 개량된 시스템을 소개할 목표를 가지고서 의미있는 R&D 노력을 해왔다. GRI 건조제 냉각시스템 연구는 건조제물질, 공기질(Air Quality)과 컴퓨터 모델링 등의 연구에 의해 보조되는 시스템 개발과 요소 개발로 이루어진다. 네개의 GRI 부서, 코체너레이션과 가스냉각, 열펌프와 기기연구, 물리과학, 그리고 환경과 안전연구부서가 R&D를 수행한다. 1987년에 GRI 건조제 냉각 R&D 예산은 5백만달러 이상이었고, 계획된 1988년 프로그램 예산은 거의 5.5백만달러에 이를 것이다. 1987년과 1988년도 건조제 냉각 프로그램 예산이 표 1에 보여졌다.

표 1 GRI 건조제 개발 프로그램 예산

년 도	예 산
1987	\$5,350,200
1988	\$5,450,000

건조제 시스템에 대한 GRI의 R&D 초기결과는 1984년 초기에 Cargocaire Engineering Corporation(CEC)에 의해 소개된 가스 직화식 건조제 제습/전기공조 복합시스템인 Supercaire이다. CEC는 고체건조제 장치의 선

두 U.S. 제조업자이다. 미국 전체를 통하여 18곳 이상의 슈퍼마켓 체인에 70개 장치 이상이 이미 팔렸다. Supercaire는 15톤의 건조제 냉각과 60톤의 전기 냉각에 의해 80톤 규모의 전기공조기기의 용량을 대신하고 있다. 습한 Southeast에 위치한 전형적인 30,000ft²의 슈퍼마켓에 있어서 가스소비는 750Mcf에서 1,500Mcf로 증가하지만 건조제 냉각시스템은 소비자에 대한 전기부하를 30% 줄인다. 슈퍼마켓 소유주의 총체적 이득은 냉방과 냉동비, 슈퍼마켓 손님(Shppor)에 대한 쾌적성, 냉동식품의 개선된 전시 등에 있어서 10% 저감효과를 가져온다. 이러한 모든 것은 건조제 냉각시스템의 습도제어의 결과이다. 이 시스템은 기존의 공조장치보다 더 작은 덕트를 필요로 하기 때문에 Premium없이 새로운 상점에 장착될 수 있다. 기존의 상점의 대체장치로서는 표준시스템과 비교할 때 에너지 저감효과가 단지 2년의 투자회수기간만을 필요로 한다.

제조업자의 기반을 늘리고 더 나아가 이 복합 건조제 시스템의 응용분야를 넓히기 위해서 추가적인 상업용과 가정용 시스템 개발을 요청하는 '제안을 위한 요청(RFP, Request-for-Proposal)'이 발효되었다. RFP는 상업용 시스템에 대해 Control Data Corporation(CDC)에 의해 가정용 시스템에 대해 Fauske and Associates, Inc.(FAI)에 의해 완결된 평가에 부분적인 기반을 두었다. 평가에 의하면 상업용 빌딩의 통풍공기처리와 가정용 건물의 제습이 잠재성 있는 복합시스템의 시장 분야임이 확인되었다.

액체제습제 장치의 선두 U.S. 제조업자인 Somerset Technologies, Inc.의 Kathabar System(KS)에 의해 주도되는 한 프로젝트팀은 제습기 모듈을 개발하고 있다. 이 제습기 모듈은 전체 20내지 100냉각톤의 냉방을 제공하기 위해서 각각 저층의 상업용 빌딩의 지붕형 전기공조기와 고층구조물의 중앙집중식 전기공조기와 결합될 것이다.

Gas Energy, Inc.(GEI, U.S. Hitachi 공

급업자)와 팀이 된 Battelle Columbus Laboratories(BCL)이 주도하는 다른 프로젝트팀은 고층 상업용 빌딩에 있어서 중앙집중식 응용을 위해서 100톤 이상의 가스복합식(흡수식 냉동기와 함께) 시스템을 개발하고 있다. 또한 엔진구동 냉동기와 건조제 제습기의 복합도 GRI Contractor에 의해 평가될 예정이다.

가정용 응용분야를 위하여 각각 고체와 액체 건조제 시스템을 개발할 Arther D.Little (ADL)과 Tecogen, Inc.의 두 팀이 선정되었다. 두 시스템 모두 전기공조기와 결합 또는 연계하여 사용될 것이다.

부가적으로 레스토랑에서의 사용을 위해 5 내지 10톤의 전기공조기와와의 복합 시스템의 개발연구가 Mcdonald's Corporation과 함께 합동프로젝트로 형성되었다. 요약하면 복합시스템에 대한 계약자와 프로젝트 영역은 다음과 같다.

계약자 (Contractor)	프로젝트 영역 (Project Scope)
Kathabar	1988년에 5000cfm의 보충 공기제습모듈의 현장실험
Battelle Columbus	1988년에 40톤 규모의 흡수식 냉동기/건조제 제습기 복합시스템의 연구실 실험
Arther D. Little	1988년에 가정용을 위한 2.5톤 규모의 고체건조제/전기공조기 복합시스템의 연구실 실험
Tecogen	1988년에 가정용을 위한 3톤 규모의 액체건조제/전기공조기 복합시스템의 실험실 및 현장 평가
Mcdonald's	1988년에 레스토랑에 사용을 위한 기존의 공조기에 결합된 보충공기장치로서 산업용 제습기의 현장 평가

또한 전기냉각에 대한 필요성을 제거하기 위해서 GRI는 5톤 용량의 가스직화식 고체건

조제 냉각시스템(그림 1)에 대해서 Tecogen 과 함께 스폰서를 하고 있다. 작업은 아직 연구실 모형(Prototype) 단계이지만 성능수준은 고무적이다. 가정용 및 상업용 장치를 위한 이러한 모든 시스템 개발의 이익은 표 2부터 표 4까지에 요약되었다.

표 2 가정용 건조제 시스템 개발

1. 용도 : 1 가족용
2. 장치 : 일체형(Unitary) 또는 분리형(Split) 시스템
3. 건조제에 의한 개선 : <ul style="list-style-type: none"> - ASHRAE 수준의 쾌적감 - 습도제어 - 실내공기질(Indoor Air Quality) 향상 - 경제적 운전비
4. 이 분야의 계속 프로젝트 : <ul style="list-style-type: none"> - 1988년에 3톤 복합 고체건조제 시스템의 실험실 평가(Tecogen) - 1988년에 2.5톤 복합 고체건조제 시스템의 실험실 평가(A. D. Little) - 1988년에 3톤 복합 액체건조제 시스템의 실험실 및 현장평가(Tecogen)

표 3 상업용 저용량 건조제 시스템 개발

1. 용도 : 저층 건물용
2. 장치 : 멀티존(Multi-zone) 지붕형
3. 건조제에 의한 개선 : <ul style="list-style-type: none"> - 재열과정 제거 - ASHRAE 수준의 쾌적감 - 습도제어 - 실내공기질(Indoor Air Quality) 향상 - 경제적 운전비
4. 이 분야의 계속 프로젝트 : <ul style="list-style-type: none"> - 1988년에 20~100톤 제습기의 현장실험(Kathabar) - 1987/88년에 5~10톤 복합시스템의 현장실험(McDonald's) - 1987/88년에 5톤 복합 고체건조제 시스템의 실험 평가(Tecogen)

새로운 건조제는 열적으로 안정하지만 가역적으로 흡습/탈습하는 고표면 알루미늄과 Zeolite Substrates에 확산되고 이것들의 Heterophasic 조합을 동시 보조하는 무기질염(Salts)

Research Triangle
Institute

효과적인 고체건조제로서 수행될 다공성 유리물질의 능력 결정

Penn State
University

효과적인 고체건조제로서 수행될 gel mixtures, zeolite mixtures, pillared clays, 이물질들의 혼합물의 nano 복합물질의 능력결정

University of
Pittsburgh

layered, double-metal hydroxides 고체건조제 물질의 물흡수능력을 결정

Lawrence Berkley Laboratory와 함께 Chamberlain National의 GARD는 DOE 2.1C 빌딩부하와 HVAC 시뮬레이션 프로그램의 컴퓨터 코드에 건조제냉각모델을 포함시키고 있다. updated version이 1988년에 출시될 것이다.

더 현실적인 잠열 및 현열 빌딩부하 모델링, 그리고 기계식과 제습식 냉각성능 시뮬레이션에 대한 Florida 태양에너지 센터와의 계속된 작업이 1990년에 연구자와 다른 전문 분야자들을 위한 첫번째 version의 공공 컴퓨터

프로그램으로 출시될 계획으로 되어 있다.

1988년에 GRI와 ASHRAE는 흡습/탈습, 촉매적, 살균적, 회석과정들에 의한 공기질을 제어하는 고체와 액체건조제의 성능에 대한 데이터베이스를 개발하기 위해서 RFP를 함께 지원할 계획이다. 또한 1988년에 GRI는 개선된 액체건조제 물질, 저가/고성능 건조제 시스템 요소, 건조제 제습을 사용하는 가격경쟁력 있는 레스토랑 냉각시스템 개발을 계획하고 있다.

3. 결 론

가스이용 냉각기술과 건조제시스템 개발에 관계된 GRI의 노력에 대한 이 개요는 가스산업과 가정용 및 상업용 에너지 사용자에게 이득을 제공할 중요하고 실행가능한 수준의 예이다. GRI는 많은 빌딩 형태와 공조기기 시장에 호소할 수 있게 고안된 전략을 수립하였을 뿐만 아니라, 연구결과의 최대가치를 얻고 시장에서 개개상품의 상업성을 촉진시키기 위해서 연관된 많은 노력을 서로 결합하는 접근방법을 발전시켰다.

이런 접근방법의 주요요소는 현실적인 가격과 성능목표에 기초한 기술적 노력을 자극하기 위해서 R&D 계약자, 장치제조업자, 회원사 등의 상호작용을 잘 관리하는 것이다. 이와 같은 노력을 계속한다면 GRI는 성장 가능성 있고, 장기적인 시장침투를 위한 기술기초의 창조와 실행가능한 선택수단으로서의 건조제 냉각을 확립하는데 중요한 공헌을 할 수 있고 하게 될 것이다.