

# 냉각탑의 신기술 개발동향

본 글은 냉각탑의 수요환경변화와 국내의 신기술동향을 알아보고 신기술개발에 관한 방향을 제시하고자 한다.

서종대

시티시(jdseom@unitel.co.kr)

## 수요환경변화

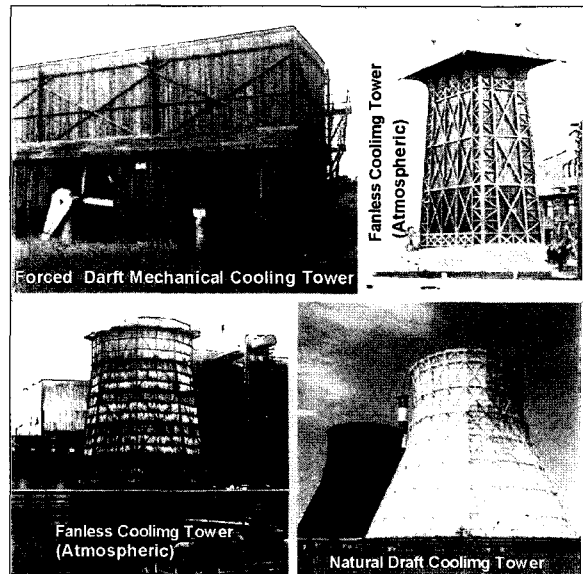
### 냉각탑의 진화

냉각기술의 근원은 B.C 2500년경으로 추정되는 프레스코(Fresco)고화에서는 다공성 물 항아리에 물을 흐르게 하고 노예들이 부채질을 하면서 증발냉각을 얻는 것을 묘사하였고, 이란과 인도에서는 땅에 웅덩이를 파고 약 30센티미터의 밀짚으로 채운다음 그 위에 평탄한 물 냄비를 올려놓고 밤에 증발열을 통해 약 6℃의 온도에서 초차 40mm 정도의 얼음을 생성하였고, 레닌그라드(Leningrad)에 있는 피터(Peter)대제의 개인 정원에서는 나무에 급수배관을 설치하고 외측 가지로부터 물을 아래로 분사시키어 냉각스크린을 제공한 것 등에서 찾아볼 수 있다.

19세기 들어 산업화 문명의 발전은 더 많은 냉각에너지를 필요로 하였고 이와 수반하여 냉각장치도 냉각연못(cooling pond)→분수연못(spray pond)→대기식 냉각탑(atmospheric spray tower)→자연 통풍식 냉각탑(natural draft tower)순으로 진화(進化)하여 오다가 1898년 독일에서 미국으로 이민 온 조지스토크(George Stocker)가 세계최초로 삼나무목재의 충전격자(grid)를 탑재한 기계통풍식 냉각탑을 세움으로서 냉각탑의 현대화를 시도함과 효율적인 폐열 제거 필요성에 부응하였고, 이후 100여년의 진화를 걸쳐 현재의 냉각탑으로 발전되어 왔으며 초기의 냉각탑 형태는 그림 1에서 참고할 수 있다.

이어 냉각탑관련 설계이론이 정립된 것은 1907년

영국의 로빈슨(Robinson)에 의해 자연통풍식 냉각탑에 대한 설계이론이 발표되었고, 1911년 미국의 캐리어(Carrier)에 의해 습공기선도(psychrometric chart)가 만들어 졌으며, 1925년 독일의 머켈(Merkel)에 의해 엔탈피차의 구동력에 근거를 두고 잠열과 현열전달을 전체의 열 및 질량전달에 포함하는 냉각탑의 열전달 이론이 성립되었으며, 1956년 지바이(Zivi)에 의해 직교류냉각탑의 설계이론이 성립되었다.



[그림 1] 초기 냉각탑 형태

**수요환경변화**

1980년대는 충전제, 엘리미네이터, 살수노즐 및 통풍팬 등 고효율의 냉각탑부품 개발이 활발하게 이루어져 업계의 마케팅전략은 열성능효율에 경쟁차별화를 두었고 구매선택 평가기준에서도 열성능효율은 중요요소로 적용되어 왔다. 미국의 냉각탑 업체는 저마다 열성능 효율을 입증하려고 노력함으로써 CTI (cooling technology institute)를 주체로 하여 열성능을 입증하는 규격(ATC-105, STD-201) 제정 등 제품의 신뢰성을 밝히는 제도적인 프로그램을 확립하였고 열성능 인증제품과 비인증제품의 차별화를 강화해나가면서 냉각탑의 성능향상에 이바지하게 되었다.

대체적으로 냉각탑의 성능이 높아진 1990년대 들어 성능차별화에 의한 시장경쟁의 여지는 좁아졌지만 보다 강화되는 환경계약으로 이어져 백연(plume) 방지, 저소음과 저진동, 저비산, 목재 및 석면재(asbestos cement)의 대체 등 친환경 위주의 새로운 냉각탑들이 개발됨으로서 환경대책이 냉각탑 구매선택에 필수요소로 부각되기 시작하였다.

21세기에 접어들어 더욱 높아지고 있는 도시 밀도와 건물옥상에 주차장, 휴식공간, 스포츠시설 및 옥상녹화(green rooftop) 등 편의시설 이용확산은 냉각탑의 설치장소확보에 제약을 주어 보다 더 작은 설치면적과 건물 및 주변 환경과 조화를 이룰 수 있는 미관개선을 강조하고 있고, 효율적인 에너지이용을 강화함으로써 더 작은 전기에너지 소비와 용수절약 등 수요환경변화에 적응되는 냉각탑으로 수요성향이 지향되고 있다.

이에 따라 종래의 냉각탑 공간을 최대한 활용하여 열교환 영역을 확대하는 습식 혼합형(hybrid) 냉각탑, 대기온도와 냉각부하의 변동에 따라 습식 또는 건식으로 운전되어 에너지를 절감하는 습건식 혼합형 냉각탑, 건물 및 주변 환경과 조화를 이룰 수 있는 건축화(또는 조경화) 냉각탑, 옥외 설치장소 제약을 극복하기 위한 실내형 냉각탑 등 신기술 냉각탑시대가 열리고 있다.

**신기술 개발동향**

**냉각탑 기술개발요소와 국내외의 신기술개발 요약**

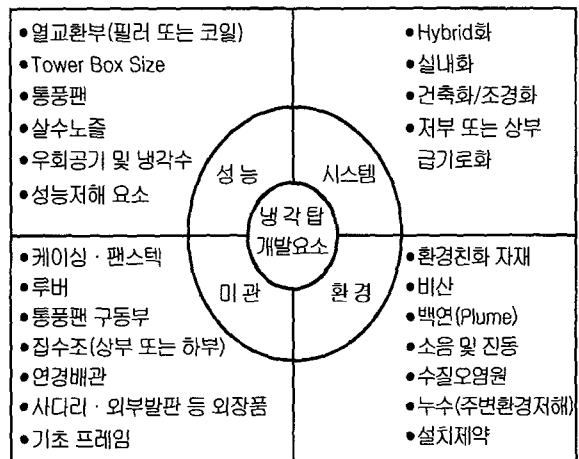
냉각탑의 기술개발 요소는 그림 2에서 나타낸바와

같이 성능향상부문, 냉각탑의 구조 및 구성을 다루는 시스템부문, 냉각탑외관을 미려하게하는 미관부문, 설치제약의 극복과 냉각탑으로부터 수반되는 환경유발을 감소시키는 환경부문으로 구분될 수 있다.

최근 들어 국내외의 냉각탑 신기술개발은 양과 질면에서 과거 어느 때보다 활발하게 이루어지고 있다. 특히, 팔목할만한 것은 수요환경 변화에 적응하려는 적극적인 신기술개발의 시도라고 말할 수 있다.

이제 거의 반세기동안 기본 틀을 지탱해온 구식의 대향류형 냉각탑과 직교류형 냉각탑은 사양길을 맞을 수 밖에 없고 냉각탑의 개념도 수정하여야 하는 시대에 접어들었다고 볼 수 있다. 냉각탑 신기술개발과제는 환경적응, 효율향상과 에너지절약, 미관디자인 향상, 경제성과 효율성 향상에 목적을 둘 수 있지만 과거의 기술만으로는 결국 한계에 부딪칠 수밖에 없기 때문에 기술의 통합과 분리 또는 가감이라는 매개변수를 통해 미개척분야를 발굴하고 새로운 기능과 기술을 창조해 나가야 한다.

본 글에서는 비교적 냉각탑 관련 신기술개발이 활발한 미국, 일본 및 한국에서 최근에 개발된 신기술 중 신기술의 객관성을 제고하기 위하여 특허획득과 특허출원중인 기술로 한정하였으며 신기술 개발자들의 공표하는 신기술가치와 종래기술과의 비교우위성을 전부다루는 것은 편견을 줄 수 있기 때문에 신기술이 개발된 배경을 알아보고, 가능한 신기술의 요점과 구성에 대해서만 간략하게 설명하기로 한다.



[그림 2] 냉각탑 기술개발요소



**일체형 직교류 충전재(integrated cross flow fillers)**

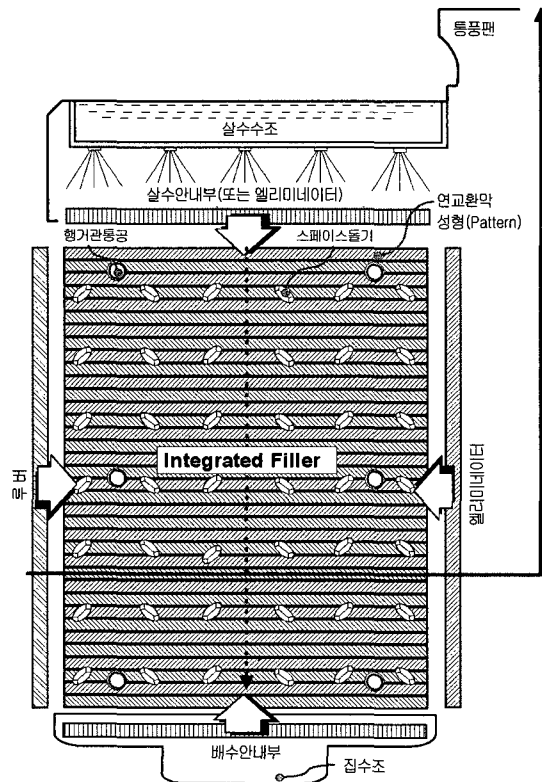
통상의 직교류형 냉각탑은 급기구에 공기유입을 안내하고 외부로 유출되는 냉각수를 탑내로 회수하는 루버(louver)를 설치하고 직교류 충전재 내측에 직교류 충전재를 통과한 고온의 포화습공기에 함유한 미세한 물방울(비산)이 배출되지 않도록 탑내로 회수하는 엘리미네이터(eliminator)를 설치하고 날장의 직교류 충전재를 접착제로 붙인 다발(bundle)을 만들어 루버와 엘리미네이터 사이에 구성된 지지대(supports)에 설치하는 것이 일반적이다.

그러나 이러한 종래의 구조는 지지강도가 낮고 작업성이 복잡하며 원가를 상승시키는 문제점이 있다. 따라서 그림 3에서 나타낸 바와 같이 1980년대 초부터 미국 및 일본 등 냉각탑메이커들에 의해 루버와 엘리미네이터 및 행거고정 관통공을 갖는 일체형 직교류필러가 개발되었고 1990년도 후반에 들어 냉각탑 상부에 설치되는 살수 수조내에 저장되는 냉각수의 수압을 이용하여 중력살수(gravity spray)노즐에서 발생하는 살수 사각영역을 해결하는 방법으로 살수노즐 저부와 직교류충전재의 상부사이에 설치하는 살수분배판을 대체하는 살수안내부(또는 엘리미네이터)와 직교류충전재의 저부에서 외측으로 이탈되는 냉각수를 차단하여 고르게 수조에 낙수시키는 배수안내부를 더 포함하는 일체형 직교류 필러가 개발되었고 최근에는 냉각방식이 공랭식으로 진전되는 것은 바로 증발식 냉각탑시장이 잠식되고 있다는 것을 암시할 수 있지만 에너지를 수입에 의존하는 우리나라의 경제실정에서는 증발식 냉각탑(또는 응축기)이 에너지절약에 크게 기여할 수 있다는 것은 두 말할 나위가 없고 국가 에너지 정책차원에서 증발냉각방식은 변함없이 장려되고 발전시켜야 한다고 생각한다. 충전재내로 유동되는 냉각수의 편향을 감소시키고 열교환 효율을 향상시키는 목적으로 다양한 형상의 열교환막 성형(pattern)이 국내외에서 개발되었다.

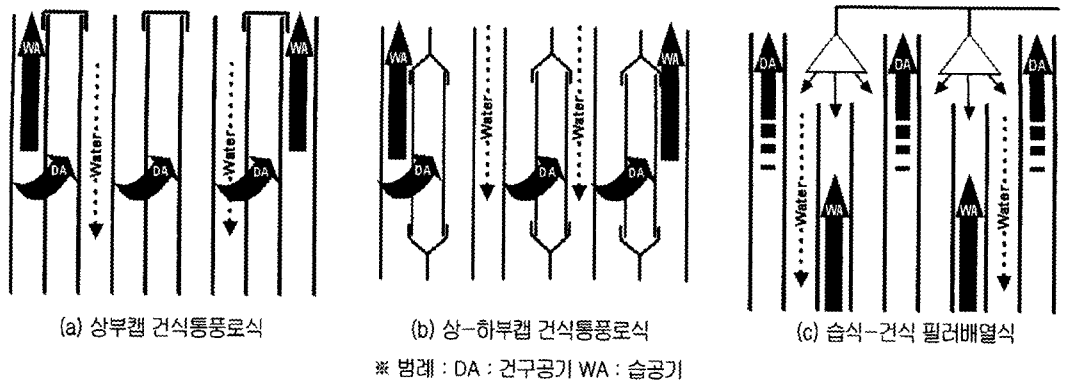
**백연대책 직교류 충전재(plume abatement cross flow fillers)**

냉각탑에서 배출되는 고온의 포화습공기는 장마철이나 가을 및 겨울 등 보다 낮은 대기에 접촉하면서

응축 작용하여 연무상태(백연)가 된다. 다른 비유를 한다면 영하의 온도에서 입김을 불면 하얀 연기와 같이 보이는 것도 같은 현상이라고 볼 수 있다. 백연은 무해하지만 시각적 장애와 화재오인 등의 부작용을 수반하여 새로운 환경유발 요소로 지목받게 되었다. 이러한 백연문제를 해결하기 위하여 1980년대 중반부터 유럽 등의 냉각탑메이커들에 의해 냉각수를 가열열원으로 하여 가열코일을 설치하고 냉각탑 충전재를 통과한 포화습공기와 가열코일을 통과한 건조한 가열공기를 혼합하여 냉각탑 외부로 배출함으로써 백연을 감소시키는 자체 열원식 백연대책냉각탑과 스팀 또는 온수를 가열열원으로 하여 냉각탑 배출구에 가열코일을 설치하고 충전재를 통과한 포화습공기가 가열코일을 통과하면서 습도를 낮추어 백연을 감소시키는 별도 열원식 백연대책 냉각탑이 개발되었으나 이 모두 엄청난 원가상승과 운전비용을 증가시키며, 국내에서는 일산, 평촌, 부천 등 신도시 열병합 발전소



[그림 3] 직교류 충전재 개발요소(미국, 일본, 한국 등)



[그림 4] 백연대책 직교류 충전재(미국, 일본, 한국 등)

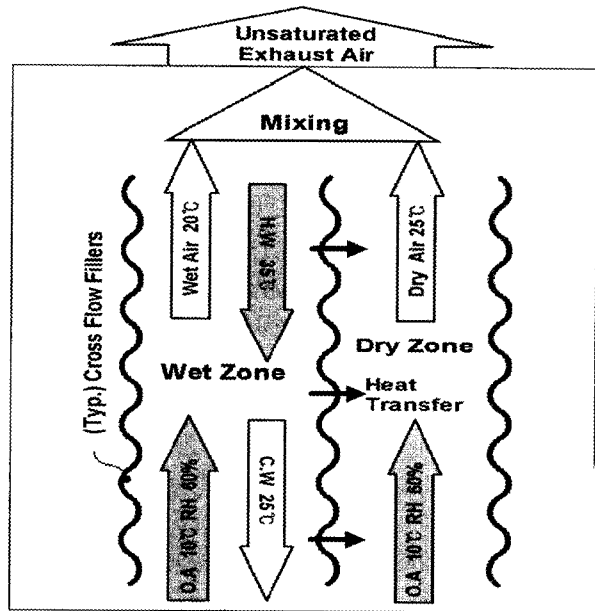
와 영종도 공항 등에 대규모의 백연대책냉각탑이 설치되어 있고 서울중심 지하철역사 등에 공조용 백연대책 냉각탑이 설치되어 있다.

1990년대 중반에 들어 거의 하절기에 운전하는 공조용 냉각탑에 장마철의 백연발생 감소를 위해 냉각탑가격의 약 50% 정도 되는 종래의 자체열원식 백연감소장치를 하는 것은 수요자에 있어 경제적인 부담을 가중시켜 수요회피가 심화되었고 이에 따라 직교류 충전재를 이용한 백연대책 직교류 냉각탑이 일본의 냉각탑메이커들로부터 시도되어 미국, 한국 등에서 개발되기 시작하였다. 동일 냉각능력을 갖는 직교류 냉각탑과 비교할 때 백연대책 직교류 냉각탑은 백연을 감소시키는 효과가 있는 반면에 진정 공기와 냉각수가 직접 접촉하는 열교환 영역을 감소시키는 역효과도 있다.

따라서 최근에 개발된 백연대책 직교류 충전재를 요약하여보면 그림 4와 같이 상부캡 건식 통풍로식, 상-하부캡 건식 통풍로식, 습식-건식 충전재 배열식으로 요약할 수 있으며, 백연대책 직교류 충전재의 백연감소 원리는 그림 5와 같이 냉각수와 냉각공기가 유동하는 습식영역에서 배출되는 포화습공기와 냉각수의 유동을 차단한 건식영역에서 건조공기를 유동시키면서 습식영역의 열을 흡수한 가열공기를 혼합하여 배출함으로써 백연을 감소시키게 된다.

**살수 노즐(spray nozzles)**

기존 냉각탑용 살수노즐은 살수 분배관의 직선방향에 따라 일방향에 살수하는 노즐을 설치하는 구조로서 분사각도에 따라 촘촘히 살수 분배배관을 설치하



[그림 5] 백연대책 직교류 충전재의 백연감소 원리

지 아니하면 살수 사각영역이 발생하기 때문에 배관과 노즐의 개수가 필요했다. 냉각탑에 있어 사각영역은 성능을 저하시키고 냉각탑 내부에 분배관의 점유면적이 커지면 공기유동 단면적을 시켜 공기저항을 증가시킨다. 따라서 그림 6에서 나타낸 바와 같이 살수 사각영역과 살수를 감소시키는 3방향 살수노즐헤더와 양방향 줄이 개발되었다.



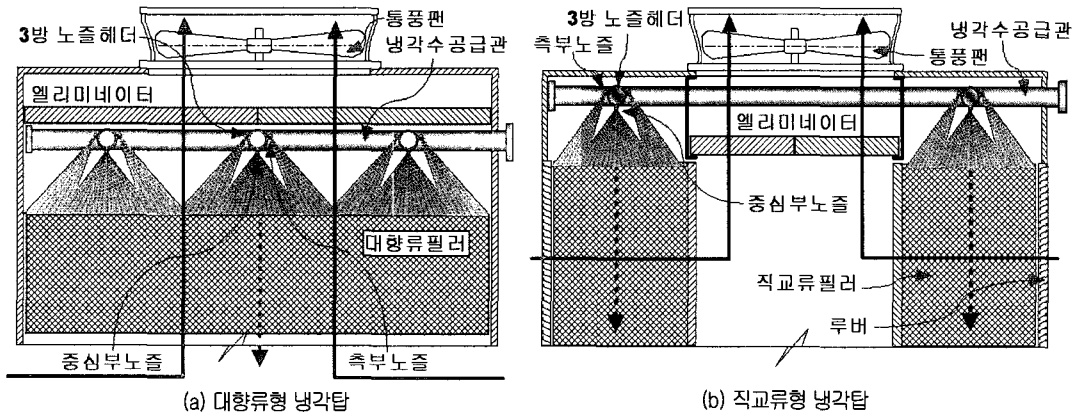
**혼합형 냉각탑(hybrid type cooling towers)**

- 충전재의 혼합형 냉각탑(hybrid flow cooling towers)

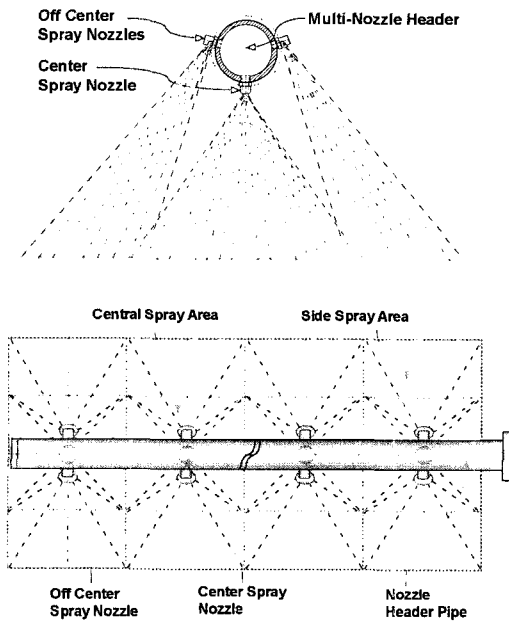
대향류 냉각탑의 단점은 집수조 전 수면으로 낙수되는 냉각수 낙수소음과 루버를 통해 비교적 위생적이지 못한 냉각탑 내부가 노출되어 미관을 해치는 것을

둘 수 있다. 낙수소음을 방지하기 위하여 수조 표면에 방음재를 설치하는 경우도 있지만 이는 수조에 이물질이 퇴적시키는 등 부작용이 따른다.

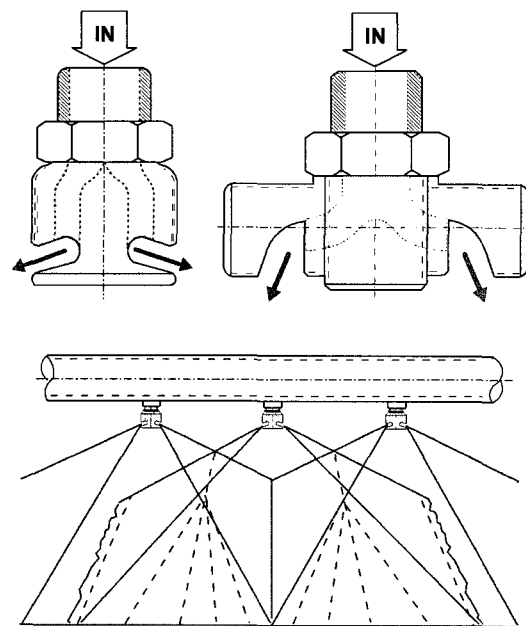
상기한 수적음과 미관문제를 해결함과 동시에 열교환 영역을 확대(약 15 ~ 20%)하는 목적으로 기존 대향류 냉각탑의 기본구조를 이용하여 대향류 충전재



[그림 6] 3방향 살수노즐 헤더의 설치도(한국)



[그림 7] 3방향 살수노즐 헤더(한국)

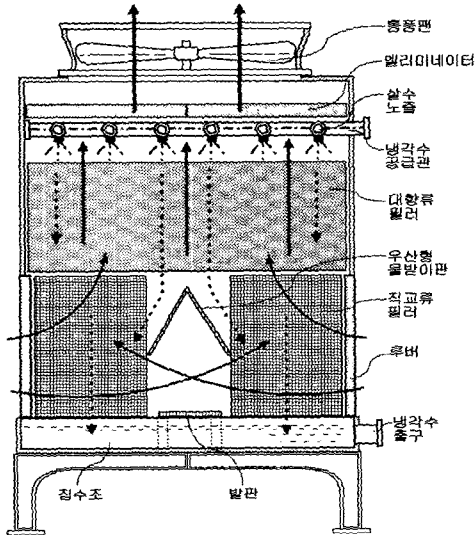


[그림 8] 양방향 살수노즐(한국)

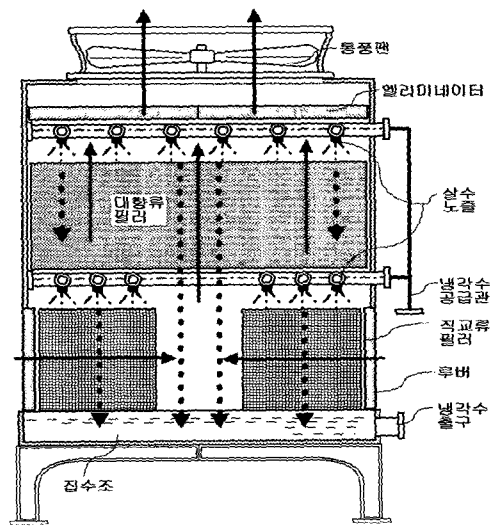
하부에 상호 대향하게 직교류 충전재를 구성한 것이 그림 9~13에까지 나타낸 충전재의 혼합형 냉각탑들이다. 충전재 혼합형 냉각탑의 핵심기술 요소는 수직음 차단과 직교류 충전재를 통과한 공기가 무리한 저항과 편향 없이 대향류 충전재로 균일하게 유동시키는 충전재의 배열과 형상, 직교류 충전재 영역에 점점 및 보수의 공간을 제공하는 것이라고 말할 수 있다. 충전재 혼합형 냉각탑은 일반적인 대향류 냉각탑

과 비교할 때 직교류 충전재의 부설에 따라 다소의 냉각탑 높이와 통풍팬 동력이 증가될 수 있지만 충전재 혼합형 냉각탑이 갖는 많은 장점과 효과가 훨씬 더 크다.

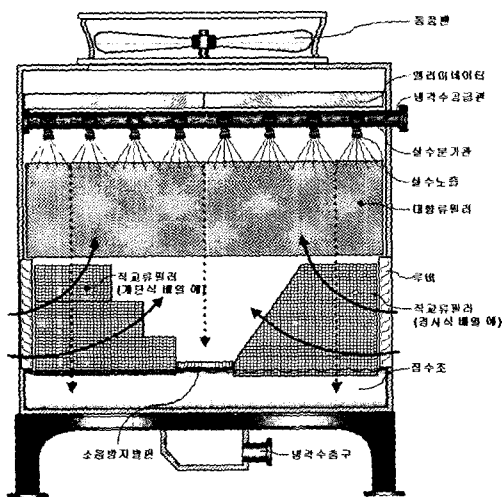
• 충전재 및 냉각코일 혼합형 냉각탑(open and close circuit hybrid cooling towers)  
 충전재를 탑재한 개방형 냉각탑은 사계절운전이나



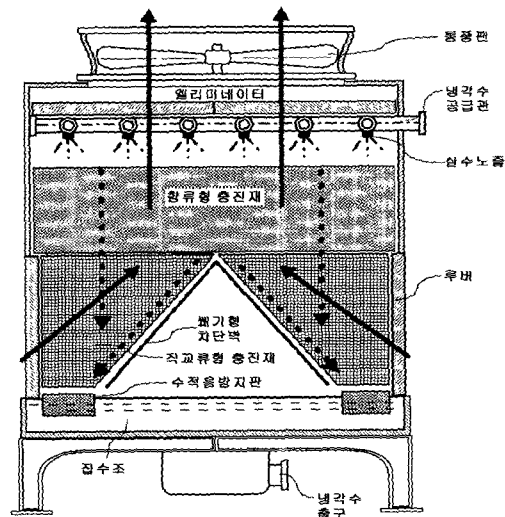
[그림 9] 충전재 혼합형 냉각탑-A (일본)



[그림 10] 충전재 혼합형 냉각탑-B (한국)



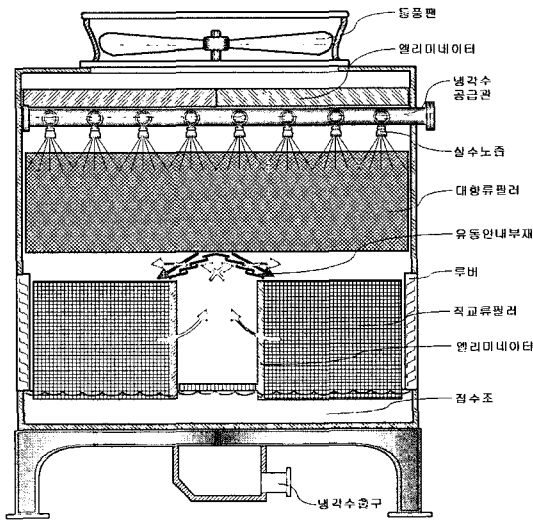
[그림 11] 충전재 혼합형 냉각탑-C (한국)



[그림 12] 충전재 혼합형 냉각탑-D (한국)



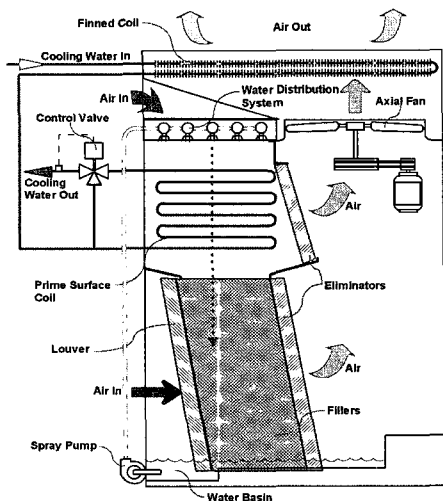
에너지절약 운전 측면에서 성공적이지 못하다. 이제 공기조화는 반드시 여름철에만 한다고 여길 수 없다. 백화점이나 전산실 등 다양한 시설에서 냉각탑의 운전계절을 넓히고 있고 동절기를 비롯하여 대기온도가 보다 낮은 계절에는 냉동기를 대신하여 시간당 동력 소비가 냉동기에 비해 약 2.5~4%(냉동기 200RT=150kw / 냉각탑 200 CRT= 3.75~5.5 kw)밖에 안 되는 냉각탑을 이용하여 냉방을 할 수도 있다.



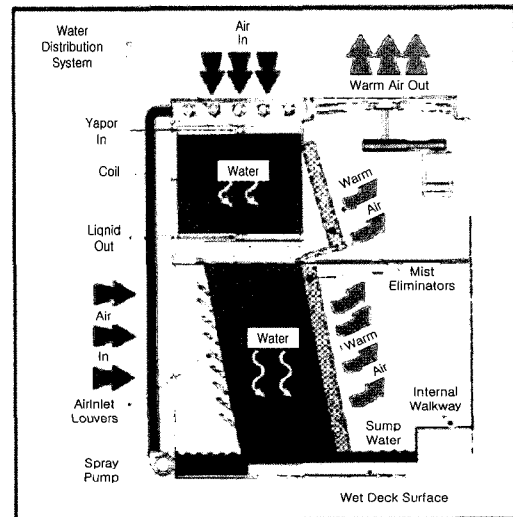
[그림 13] 충전재 혼합형 냉각탑-E(한국)

빙결점 이하의 대기온도에서 냉각탑을 운전하는 경우 루버에 얼음이 누적되어 공기유동을 방해할 수 있고 충전재에도 고드름이 형성되어 열교환을 막거나 파손시키는 부작용이 따른다. 이러한 빙결문제를 해결하기 위하여 냉각탑에 냉각열교환부의 주체가 되는 냉각코일과 살수냉각수를 냉각하는 충전재를 구성하여 높은 대기 온도 상에서는 냉각수를 살수하여 습식으로 냉각하고 낮은 대기온도 상에서는 살수를 차단하고 공기만으로 냉각코일 내에 유동하는 피냉각유체를 건식으로 냉각하여 에너지와 유수를 절감하게 되며 동절기에 운전되는 냉각코일의 동파방지를 위해 피냉각유체에 약 40~45%의 부동액(ethylene glycol)을 첨가하여 사용한다.

따라서 그림 14~17까지 나타난 충전재 및 냉각코일(습건식 또는 건식) 혼합형 냉각탑은 대기온도변화에 따라 습식 또는 건식으로 운전되는 냉각탑으로서, 그림 14, 15, 16에 설명된 바와 같이 상부급기구와 측부급기구를 가지며 상부급기구로 유입된 공기는 냉각코일에 유동되면서 통풍팬측으로 배출되고 열을 흡수한 고온의 냉각수는 직교류 충전재를 거치면서 측부 급기구로부터 유입되는 공기와 열교환하여 냉각된 후 살수펌프를 통해 다시 냉각코일에 살수된다. 개별적인 냉각코일용 급기구와 직교류 충전재용 급기구의 구성은 하나의 급기구를 통해 직교류 충전재와 냉각



2003 AHR EXPO에서 신기술 혁신상 수상 제품  
[그림 14] 충전재 및 냉각코일 혼합형 냉각탑-A(미국)



[그림 15] 충전재 및 냉각코일 혼합형 냉각탑-B(미국)

코일로 연속되는 급기방식보다 열균형(heat balance)과 냉각효과 측면에서 우수하다고 볼 수 있다. 그림 14에서 나타낸 바와 같이 습식 운전시 열교환을 마친 고온의 포화습공기는 고온의 냉각수가 유동하며 공기 배출구에 설치된 건식 코일을 통과하면서 가열되어 백연을 감소시킬 수 있고 낮은 대기온도에 따라 자동제어에 의해 습식운전이 건식운전으로 전환될 때에는 백연은 발생되지 않을 뿐만 아니라 용수와 팬동력도 절감된다.

· 습식-건식개별구조 혼합형 냉각탑(wet and dry zone hybrid cooling towers)

어떻게 가장 경제적이고 효율적인 방법으로 백연발생을 방지할 것인가? 개별적으로 설치되는 냉각탑과 공랭식 냉동기의 응축기 및 에어컨의 실외기 등의 응축기는 더 많은 설치면적과 더 높은 원가 그리고 관리와 에너지운영에 비효율적이지 않은가? 냉각탑업체나 공조업체의 엔지니어라면 그 해결책에 대하여 연구를 해왔을 것으로 믿어진다. 기술의 통합은 새로운 가치와 시너지효과를 창출할 수도 있다. 따라서 그림 18, 19는 건식 열교환영역과 습식 또는 습건식 열교환영역을 하나의 냉각탑내에 별도로 구성함으로써 냉각탑의 기능을 확대하고 경제성과 효율성을 높

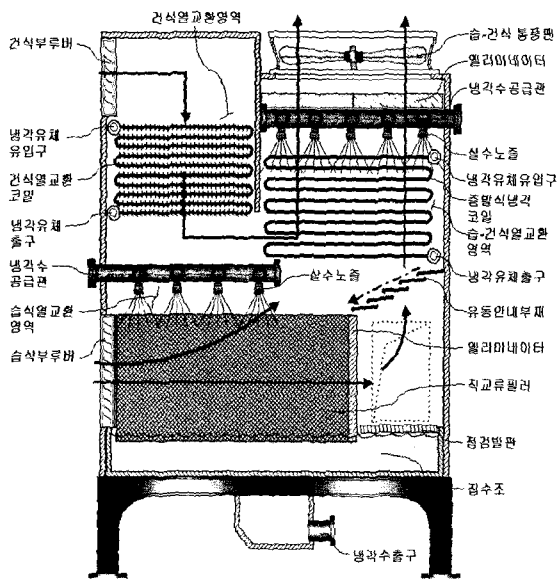
인 특징과 충전재 및 냉각코일 혼합형 냉각탑이 갖고 있는 효과도 가지고 있다고 보여 진다.

건식열교환 영역에는 각종 냉동기류의 응축기를 구성하여 공랭식으로 냉각하고 습식 또는 습건식 열교환 영역에는 종래와 같은 냉각수를 습식 또는 건식으로 냉각하며 건식열교환 영역에서 열교환을 마친 고온의 건조공기는 습건식 열교환 영역에서 열교환을 거친 포화습공기와 혼합되어 통풍팬을 통해 배출됨으로서 별도의 백연대책 장치없이 백연발생을 감소시킬 수 있다. 또한 개별적으로 운영되는 냉각장치들을 하나의 유닛에 통합함으로써 설치 면적을 크게 감소시키고 에너지 절약에도 기여할 것으로 본다.

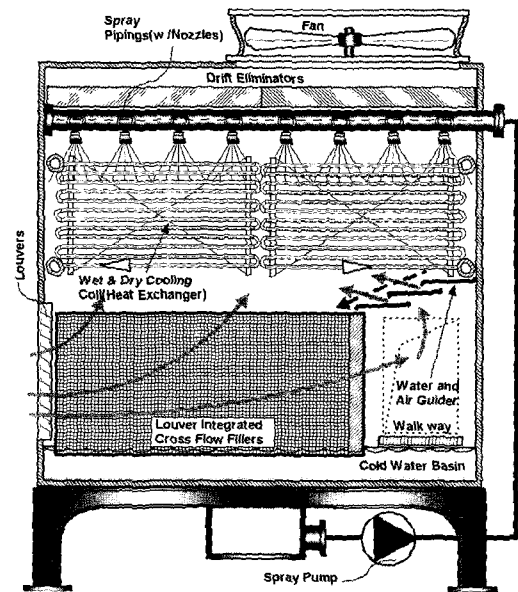
압력 살수식 직교류 냉각탑(cross flow type cooling tower of pressurized sprinkle type)

전 세계를 총망라하여 직교류 냉각탑의 살수 방법은 냉각탑 천정부에 냉각탑 운전중량의 약 30%가 되는 살수수조를 설치하고 살수수조에 형성된 다수의 노즐공(nozzle hole)을 통하여 직교류 충전재의 상부에 살수하는 중력살수식을 따르고 있다.

이러한 기존의 직교류 냉각탑의 중력살수는 불과 약 30cm 안밖의 살수 수조의 저수 수압을 이용하여 고정된 살수 배출량의 노즐공을 통해 낮은 살수간격(공



[그림 16] 충전재 및 냉각코일 혼합형 냉각탑-C(한국)



[그림 17] 충전재 및 냉각코일 혼합형 냉각탑-D(한국)

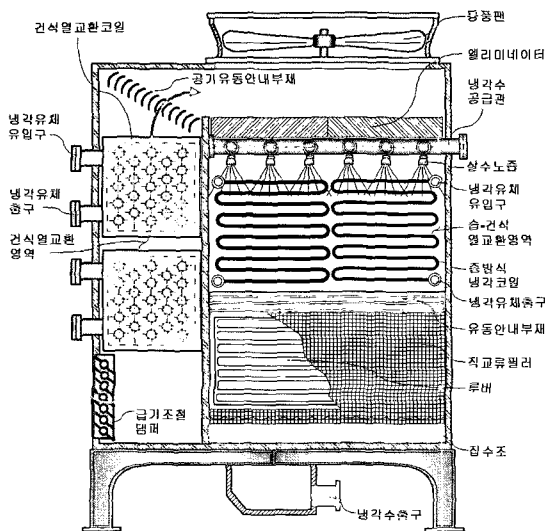




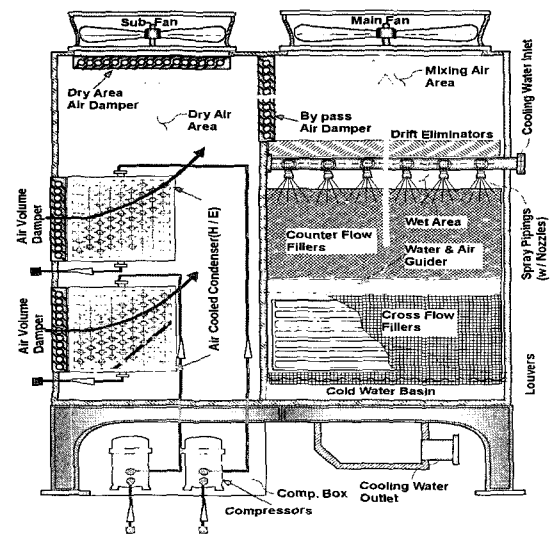
냉각탑의 신기술 개발동향

조용의 경우 노즐공 저부에서 직교류 충전재의 상단까지 간격이 약 15cm 이내)에서 살수함으로 살수 분포도가 낮고 분사효율도 저하되는 문제로 인해 별도의 산포노즐 또는 살수안내격자를 설치하기도 한다. 그리고 고정 살수량의 노즐공은 냉각수펌프의 과도한 서징(surging) 또는 공동현상(cavitation) 등으로 순환수량에 불균형이 발생하거나 낙엽 등 대기오염물질이 노즐공을 막아 배출장애가 발생할 경우 냉각수가 수

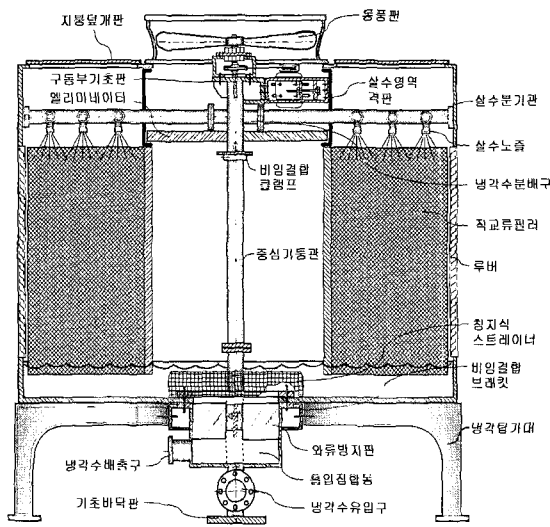
조 밖으로 범람하는 용수손실과, 노즐공의 배출장애로 냉각수공급이 부족할 경우에는 집수조 내에 저수 부족현상을 초래시키고 이에 따라 공기가 펌프흡입관 내로 유입되어 냉각수 순환계에 장애를 일으킬 수 있다. 또한 대기에 노출된 개구형의 살수수조는 광합성작용으로 이끼 등 녹조류를 생성시키고 대기오염물질을 누적시켜 수질을 오염시키는 여지를 갖고 있고, 직교류 냉각탑이 동급의 대향류 냉각탑에 비해 운전



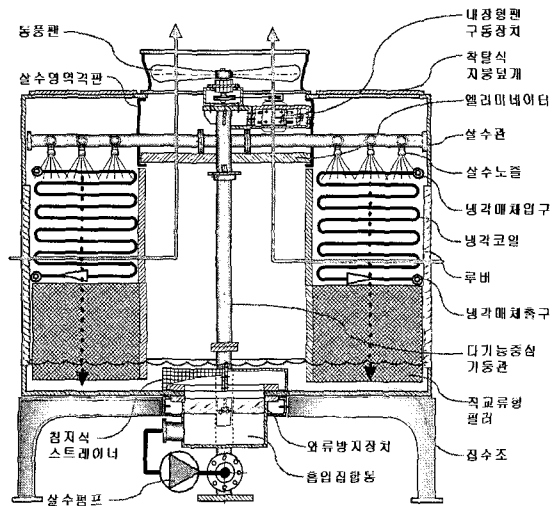
[그림 18] 습식-건식 개별구조 혼합형 냉각탑-A



[그림 19] 습식-건식 개별구조 혼합형 냉각탑-B



[그림 20] 개방형 압력살수식 직교류 냉각탑(한국)



[그림 21] 밀폐형 압력살수식 직교류 냉각탑(한국)

중량이 약 30%가 높은 것은 다량의 냉각수를 저수하고 있는 살수수조로부터 기인된다고 볼 수 있다.

따라서 현존하는 직교류 냉각탑의 문제점을 해결하고 미관을 향상하기 위한 목적으로 개발된 것이 살수영역을 구획하고 구획된 살수영역내에서 압력살수노즐로 살수하며 살수영역 격판사이에 수평으로 설치되는 엘리미네이터를 특징으로 하는 압력살수식 직교류 냉각탑이며, 그림 20에서 나타낸 것은 개방형 압력살수식 직교류 냉각탑이고 그림 21에서 나타낸 것은 밀폐형 압력살수식 냉각탑이라고 설명할 수 있다.

**실내형 냉각탑(indoor type cooling towers)**

도시고밀도와 환경제약의 강화는 갈수록 옥상은 물론 지상에까지 냉각탑 설치장소 확보에 제약을 주고 있다. 옥외에 냉각탑 설치가 제한을 받게 되면 냉각탑의 설치는 실내로 이전하는 것이 유일한 방법이나 여기에는 추가적인 급배기 덕트와 냉각탑기계실을 마련하여야 한다. 그림 22~25까지 나타낸 실내형 냉각탑은 직교류형 냉각탑구조로서 급기덕트를 통한 외기유입과 배기덕트를 통한 배기를 위해 높은 정압을 가진 원심팬의 구성을 기본으로 하고 있다. 그림 22, 23의 실내형 냉각탑은 급기기와 통한 기계실 공간의 공기를 유입하는 간접 급기식 구조이고 그림 24, 25의 실내형 냉각탑은 냉각탑 급기구에 급기덕트를 직접 결합하여 급기하는 직접급기식의 특징을 가지고 있으며, 그림 25는 밀폐형 냉각코일과 직교류 충전재를 구성한 혼

합 열교환부와 냉각수와 공기의 평행유동과 직교류유동의 혼합유동로를 갖는 혼합식 실내형 냉각탑이라고 설명할 수 있다. 그 밖에 원심팬을 기본으로 하는 압입통풍식 실내형 냉각탑도 있으나 1980년대 후반에 개발된 기술이고 이미 널리 공지되어 생략하기로 한다.

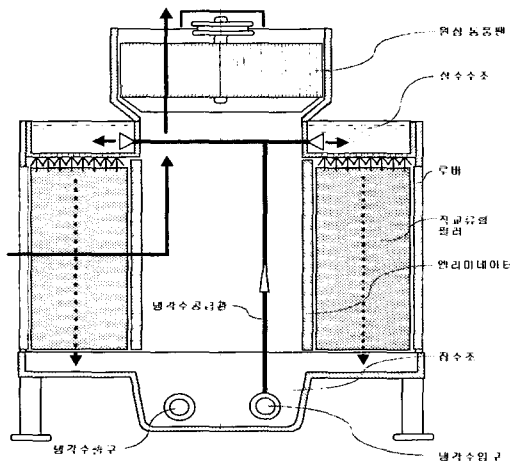
**하부 급기식 냉각탑(bottom air inlet type cooling towers)**

냉각탑의 외관 디자인 개발에 있어 가장 큰 걸림들은 냉각탑 케이싱 측부에 구성되는 급기구와 루버이며 이들로 인해 냉각탑의 미관 향상은 성공적이지 못하며 미관 개발 한계의 원인이 된다. 반면에 급기구와 루버가 케이싱 측부에서 자취를 감춘다면 냉각탑의 미관향상은 획기적으로 발전될 것이다.

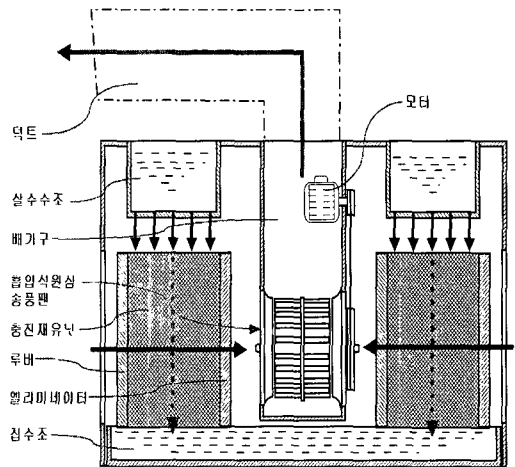
대향류 냉각탑에 있어 케이싱 측부에 구성된 급기구와 루버를 통한 급기는 급격한 커브 하에 충전재를 통과함으로 급기의 유동분포에 불균형을 초래시킬 수 있고 대기오염물질의 유입경로가 되기도 한다.

따라서 기존의 케이싱 측부에 구성된 급기구와 루버에 의한 문제를 해결하고자 개발된 것이 하부급기식 대향류 냉각탑이다.

그림 26은 냉각탑하부에서 급기하는 압입통풍식 하부급기 대향류 냉각탑이며, 충전재를 통과한 냉각수를 집수하여 집수조로 안내하고 통풍팬을 통해 압입되는 급기를 충전재로 안내하는 다수의 집수기(water collectors)를 이용한 것을 특징으로 한다.



[그림 22] 개방식 실내형 직교류 냉각탑(일본)



[그림 23] 개방식 실내형 직교류 냉각탑(한국)



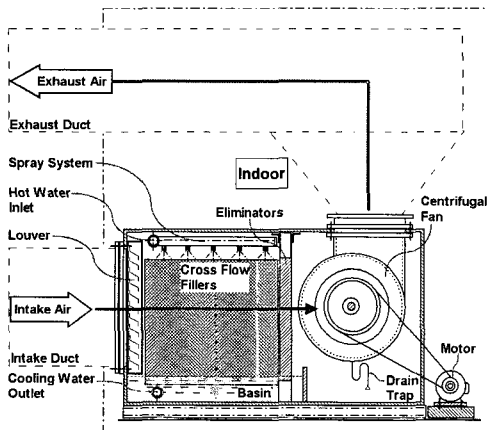
그림 27은 흡입통풍식 하부급기 대향류 냉각탑으로서 집수조의 중앙영역을 개구하여 급기구를 마련하고 급기구상부에 충전재를 통과한 냉각수를 집수조로 안내하고 유입되는 급기를 충전재로 안내하는 내장형 루버를 구성하는 것을 특징으로 하고 있다.

**조경화 냉각탑(landscape modeling cooling towers)**

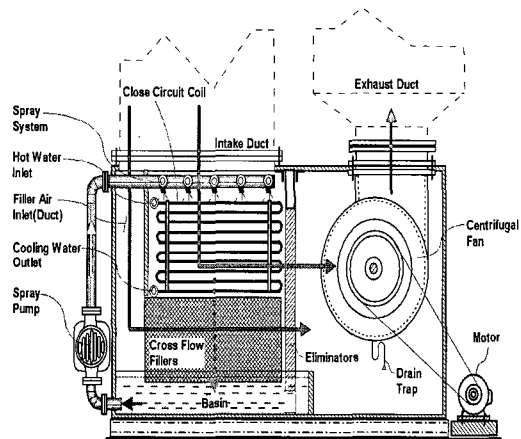
쾌적한 도시환경을 유지하려면 공해배출의 감소와 대기오염을 정화하는 녹지 확대가 필요하다. 그러나 과밀 도시의 방지, 도시 주변의 자연환경 보전, 도시민을 위

한 레크리에이션 용지 확보, 도시 대기오염 예방, 상수원 보호, 국가안보 등을 위하여 보존해온 그린벨트(개발제한구역)조차 도시개발에 밀리어 갈수록 축소되고 있다.

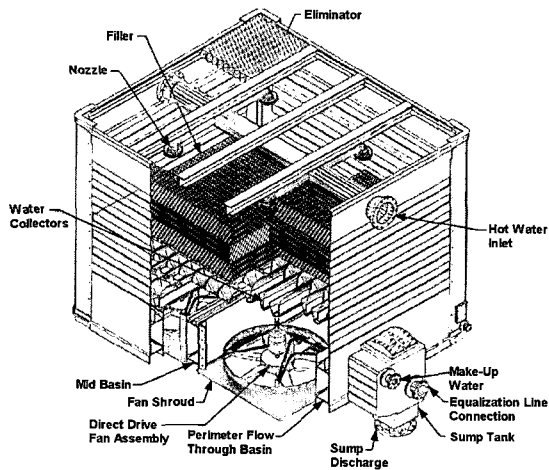
자연녹지가 감소되면 비인간적 도시환경으로 진행되어 국민건강에 악영향을 초래하며 한번 훼손된 자연을 회복시킨다는 것은 엄청난 제정과 기간 및 노력이 따라야 함으로 매우 어렵다. 그리고 인구밀도가 높은 도시의 지상에 녹지를 조성하는 것도 대지확보에 제한을 받음으로 한계가 있다. 따라서 경제적이고 효율적인 도시녹화 정책의 일환으로 도입된 것이 옥상녹화(green rooftop)라고 말할 수 있다.



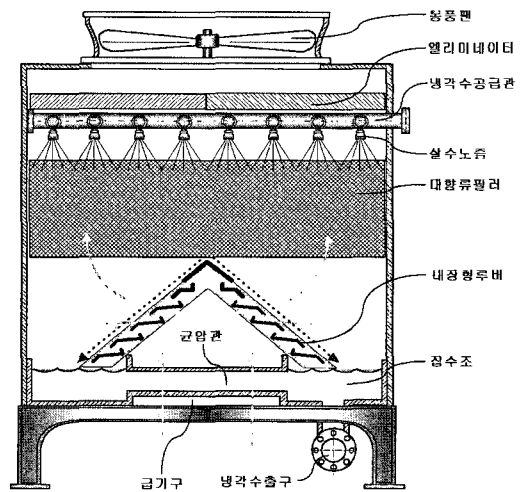
[그림 24] 개방식 실내형 직교류냉각탑(한국)



[그림 25] 혼합식 실내형 냉각탑(한국)



[그림 26] 압입통풍식 하부급기 대향류 냉각탑(미국)



[그림 27] 흡입통풍식 하부급기 대향류 냉각탑(한국)

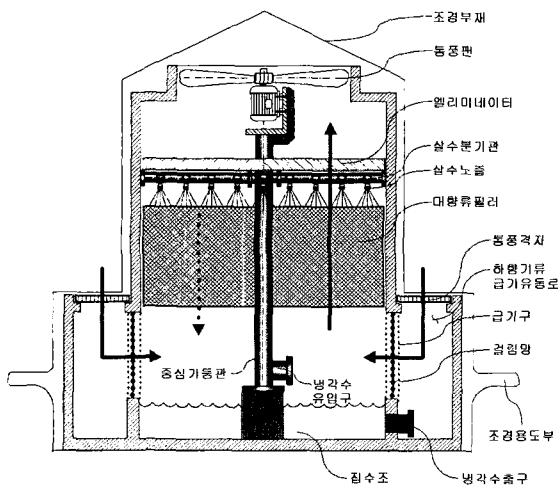
냉각탑이 주로 설치되는 옥상은 옥상녹화와 주차장, 스포츠시설, 휴식공간 등 편의시설에 밀리어 갈수록 설치장소확보에 제약을 받고 있고 건물주변의 지상에도 예외가 아니듯이 조경과 조형물 등으로부터 제한을 받아 지상에 냉각탑을 설치한다는 것은 거의 염두도 낼 수 없다. 그럼에도 불구하고 녹화된 옥상과 편의시설이 점유한 옥상 및 조경화된 지상에 냉각탑을 설치할 경우에는 냉각탑으로 인한 미관훼손을 방지하기 위하여 건물 외관과 유사한 냉각탑설을 만들어 냉각탑을 설치하거나 냉각탑주변에 울타리, 벽 또는 나무로 울타리를 설치하지만 이 모두 추가적인 건축비와 설치면적이 소요되고 냉각탑의 급배기 영역에 장애를 주어 냉각효율을 저하시킬 수 있으며 투자에 비해 미관향상도 만족하게 할 수 없는 등 적지 않은 역효과를 내재하고 있다. 따라서 이러한 문제점을 해결하고 건물, 지상의 조경, 녹화옥상 및 옥상편의시설과 조화를 이룰 수 있고 법에 규정된 건축물의 신축 시 의무적으로 설치하여야 하는 조형물을 대체할 수 있는 목적으로 개발된 것이 그림 28~31까지 나타난 조경화 냉각탑이며, 조경화 냉각탑의 기본은 냉각탑의 급기구와 냉각탑 내부, 통풍팬 및 냉각수 배관을 외부에서 보이지 않게 차폐하고 인조석재, 자연석재 및 타일 등의 조경부재를 냉각탑 케이싱이 직접 설치하는 구조를 제공하는 것으로서 상향급기 또는 하향급기의 급기 유동로를 갖는 대향류형 조경화 냉각탑과, 상향급기 또는 하향급기의 급기 유동로를 구성한 직교류

형 조경화 냉각탑이며, 개방식, 밀폐식 및 혼합식 냉각탑으로도 적용할 수 있다.

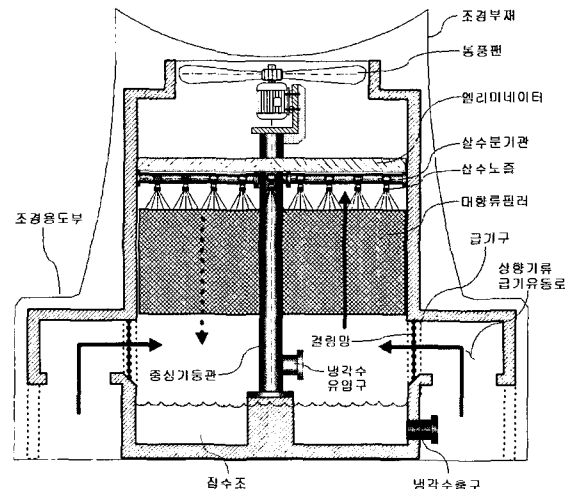
**살수수조 및 지붕덮개 일체형과 살수영역 통기식 직교류 냉각탑 (integrated spray basin and roof, air flow through spray area type cross flow cooling towers)**

압력살수식 직교류 냉각탑에서 서술한 바와 같이 종래의 직교류 냉각탑의 개구된 살수수조(spray basin)로부터 수반되는 제반문제를 해결하려는 대책은 살수수조 개구부에 덮개를 설치하는 것이 유일한 방법이었다. 그러나 살수수조의 덮개는 대기이물질 유입방지와 광합성 작용의 차단에만 효과가 있었다. 따라서 살수효과를 향상시키고 구조를 보다 강화한 것이 그림 32에서 나타난 바와 같이 살수수조와 팬실린더가 형성된 지붕덮개를 일체화시킨 직교류 냉각탑이고 살수수조는 별도의 산포노즐 또는 살수안내격자 없이 살수효과를 향상시키는 살수수단을 형성하고 있다.

그림 33에서 나타난 살수영역 통기식 직교류 냉각탑은 종래의 직교류 냉각탑과는 달리 직교류 충전재의 상부영역과 통풍팬의 흡입영역이 연통되는 구조이며 상부는 배출영역으로서 엘리미네이터가 구성되고 중간부에는 살수영역으로서 살수장치가 설치되며 그 하부에는 직교류 충전재가 배치된다. 이러한 구성에 의해 급기구를 통해 유입된 공기는 충전재의 상부와 내측부로 유동됨으로서 공기유동 저항을 감소시키고



[그림 28] 하향 급기식 대향류 조경화 냉각탑(한국)



[그림 29] 상향 급기식 대향류 조경화 냉각탑(한국)



냉각탑의 신기술 개발동향

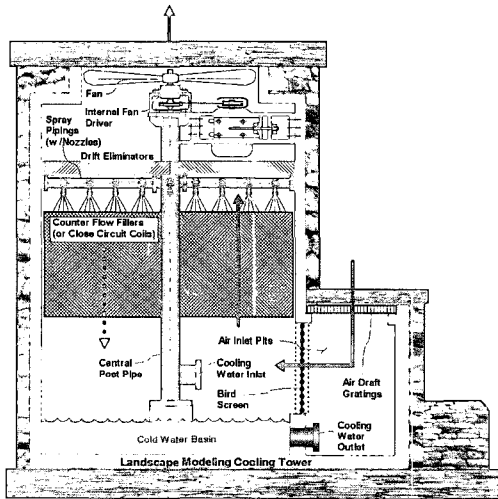
충진재의 상부를 통과하여 통풍팬을 향해 유동되는 비산은 살수영역 상단에 설치된 엘리미네이터에 의해 냉각탑 내로 회수하게 된다. 이러한 구성에 의해 종래의 직교류 냉각탑에 비해 약 33% 정도의 열성능이 향상된다고 개발자는 공표하고 있다.

신기술 개발 동향

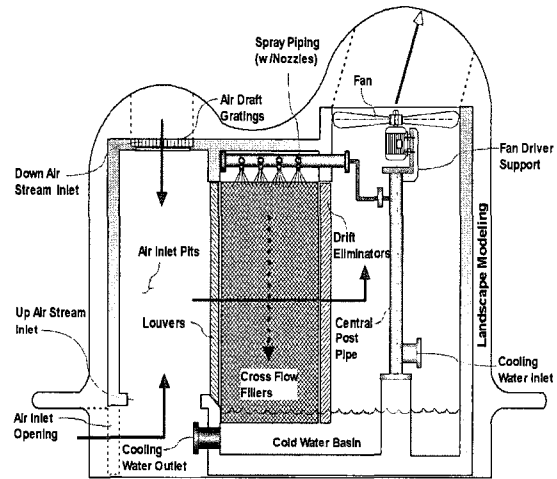
기술개발 방향

중대형 다실 공기조화시스템인 시스템에어컨, 가스엔진 구동식 히트펌프(GHP), 전기식 히트펌프(EHP), 공랭식 냉동기(air cooled chillers)는 날로 수요가 증가되고 있고 냉각기기는 공랭식 응축기를 기본으로 함으로서 공조용 냉각탑의 시장은 특별한 수요변수가 없는 한 성장이 어려울 것으로 전망된다.

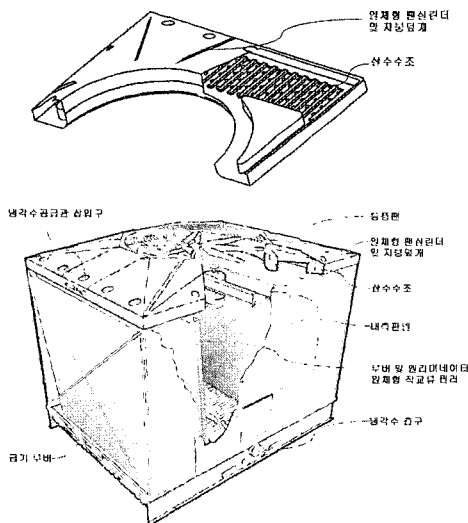
증발식 냉각탑을 냉각기기로 이용하는 냉동기는 공랭식 냉각기(또는 응축기)를 이용하는 공랭식 냉동기에 비해 열교환 효율이 높고 운전에너지비용도 대략



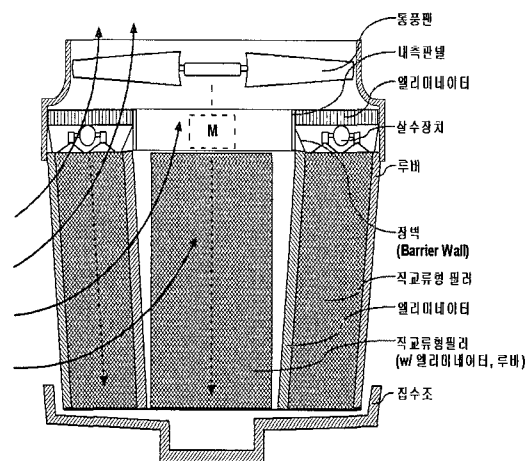
[그림 30] 편흡입 하향 급기식 대항류 조경화 냉각탑(한국)



[그림 31] 상하향 급기식 직교류 조경화 냉각탑(한국)



[그림 32] 살수수조 및 지붕덮개 일체형 직교류 냉각탑(미국)



[그림 33] 살수영역 통기식 직교류 냉각탑(미국)

<표 1> 400RT 공기조화 시스템의 비용 비교

Air-Conditioning system		Cost(US Dollar)			Payback (Yrs)
		Installed	Energy	Water	
Chiller system	Air-Cooled chiller	455,600	107,149	N/A	Base
	Centrifugal chiller (Water cooled)	498,400	67,790	7,584	1.3
Package system	Roof-top unit	275,000	101,781	N/A	Base
	Self-contained (Water cooled)	324,800	82,330	7,584	4.2

Source: Benefits of water cooled system vs air cooled system for air conditioning applications/ CTI

35~40% 정도 절감할 수 있는 경제성을 가지고 있는 반면에 냉각탑과 냉각수 펌프 및 냉각수배관 등의 추가되는 설비로 대략 10%정도의 초기투자비가 증가되지만 운전에너지 비용절감 측면에서 볼 때 미미하다는 것을 표 1에서 참고할 수 있다.

또한 공랭식 냉각탑(또는 응축기)은 증발식 냉각탑(또는 응축기)에 비해 더 많은 냉각공기량을 필요로 함으로 대체적으로 제품의 크기가 크고 설치면적도 더 많이 소요된다. 냉각효율은 대기온도에 직접적인 영향을 받으며 대기온도 이하로는 냉각이 불가능한 특성을 가지고 있고 방출하는 대량의 고온 건조공기는 주변 환경에 악영향을 주는 등 적지 않은 단점을 가지고 있는 반면에 시스템의 간편성으로 공랭식 냉각화는 갈수록 증가되고 있는 추세이지만 이러한 수요변화는 에너지절약 차원에서는 바람직하지 못하다.

진술한 신기술들의 개발목적은 환경대책, 에너지절약, 고효율화, 다기능화, 미관향상에 있었다고 볼 수 있으며 앞으로의 신기술개발 방향도 이러한 목적으로 진행될 것이라는 것에는 의심할 여지가 없다.

개발된 신개념/ 신기술의 냉각탑들은 기존 냉각탑시장의 수요변화를 촉진시킬 것이고 구식의 냉각탑들은 신기술 냉각탑으로 대체되어 나갈 것으로 기대된다.

수요부진과 수요성향이 변화, 외국제품과의 경쟁 등 현실 앞에서 냉각탑산업계의 생존전략은 경쟁력있는 신기술개발과 국제시장 진출이 대안이 될 수 있다.

과거와 같이 신기술과 신제품이 없어도 살아갈 수 있는 양적시장은 이제 더 이상 기대해서는 안 된다. 경쟁요건이 더욱 확대되고 있는 구매자시장에서 저가 가격위주로 경쟁을 의존 한다는 것은 결국 신기술에 밀리고 수익성 악화란 이중고로 시장에서 도태될 수

밖에 없다.

최근에 들어 소수의 냉각탑업체들에 의해 기술개발이 다양하게 이루어지고 있는 것은 분명하지만 포괄적인 의미에서 신기술개발 방향을 다음과 같이 제시하고자 한다.

- 더 낮은 온도(29℃~31℃)의 냉각수생산을 위한 고효율 충전재 및 냉각코일 등 성능향상 요소개발 (통상의 공조용 냉각탑의 냉각수 출구온도: 32℃)
- 습건식의 고효율 냉매응축기 개발(기존 공랭식 냉매응축기 보다 경쟁력 있는 신기술 개발)
- 냉동기 일체형 증발식 냉각탑 개발(냉동기 메이커와 공동개발이 바람직 함)
- 냉각탑의 미관 향상을 위한 외관 디자인 개발
- 냉각탑 부품업체의 전문화를 통한 업계공용의 고효율 부품개발(충진재, 엘리미네이터, 냉각코일, 루버, 통풍팬, 노즐 등)
- 품질개발(공인 시험기관 성능인증 등)

에너지를 수입에 의존하는 우리나라의 경제실정에서는 공랭식 응축기보다 증발식 냉각탑(또는 응축기)의 효율이 높고 에너지절약에도 크게 기여할 수 있다는 것은 두말할 나위가 없으며 국가 에너지 정책차원에서 증발냉각방식은 변함없이 장려되고 발전시켜야 한다고 생각한다.

끝으로 냉각탑 업계도 냉각산업계의 주체라는 자긍심과 사명감을 가지고 시대흐름에 걸맞는 연구개발투자와 신기술 개발을 통하여 명실공히 선진 외국 제품과 당당히 경쟁할 수 있는 전문메이커로 거듭 발전되기를 바라마지 않는다. (㉔)