

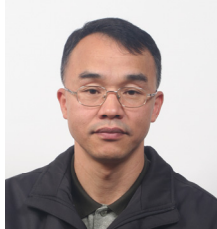
스포츠쿨러의 기술 동향 Technical Trend of Spot Cooler



하수정

Soo-Jung Ha

· 부경대학교 연구원
· h0452@hanmail.net



김영민

Young-Min Kim

· (주)정인하이테크
· ggaedory@empas.com



고강용

Gang-Yong Go

· (주)정인하이테크
· junginkky@naver.com

1. 서론

지업의 발달과 더불어 인간의 온열환경 기준이 다양해짐에 따라 이를 충족해 줄 수 있는 냉방시스템의 개발이 필요한 실정이다. 이러한 측면에서 그림 1과 같은 스포트쿨러(spot cooler)는 대형 냉방 공간 내에 1대 이상으로 여러 곳에 다양하게 냉방을 할 수 있으며, 천장 및 협소한 공간에 설치 가능하며, 4계절 내내 냉난방이 가능한 시스템이다. 더불어 노출되는 설치배관이 필요없는 용이성을 가지고 있으며, 폭넓은 용량으로 인해 실내 부하에 쉽게 대응할 수 있는 장점을 가지고 있다.

이러한 여러가지 장점 때문에 스포트쿨러는 중공업, 조선소, 제조 및 수리공장, 전시 및 행사장, 생산라인등 산업현장에서 다양하게 응용되고 있다.¹⁻⁴⁾

따라서 본고에서는 스포트쿨러 시스템 설계를 위한 정보 제공을 목적으로, 지금까지 개발된 스포트쿨러 시스템의 종류 및 작동원리, 성능 향상 방안 등에 대해서 살펴보고자 한다.



Fig. 1 Photograph of spot cooler.

2. 본론

2.1 스포트쿨러의 구성 및 작동원리

스포츠쿨러는 그림 2에서와 같이, 증발기, 응축기, 압축기, 팽창밸브로 구성되는 증기압축식 냉동장치와, 응축수 수집기 및 저장통, 송풍팬, 필터, 덕트, 컨트롤패널 등으로 구성된다.

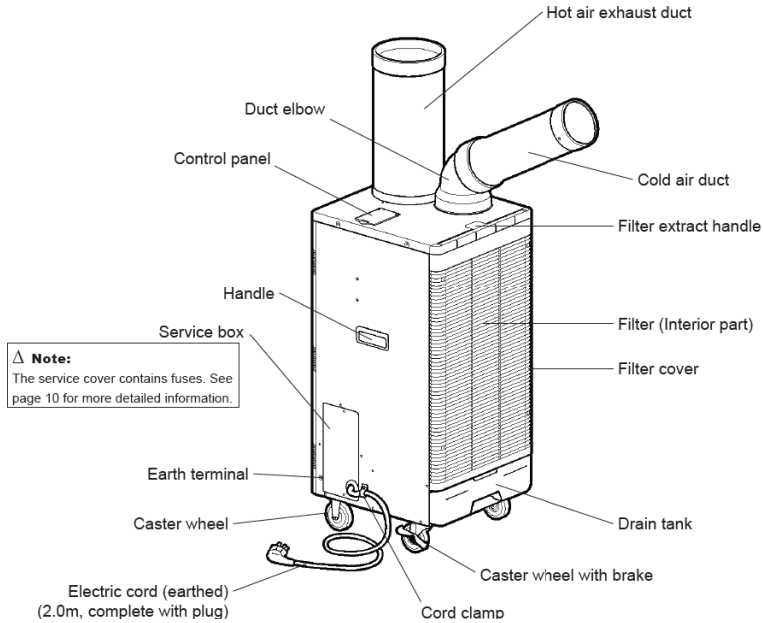


Fig. 2 Schematic diagram of spot cooler.

증기압축식 냉동사이클을 채용한 스포트쿨러는 냉매가 증발할 때 주위로부터 증발에 필요한 잠열을 빼앗아 저온을 얻게 되는 냉방기기로서, 그림 2에서 나타낸 것과 같이, 압축기에서 압축된 고온 고압의 냉매 가스는 고압 냉매라인을 통해 응축기로 들어가 냉각팬의 구동에 의해 응축기 외부로 통과하는 저온의 외부 공기와 열교환되어 응축기 내에서 냉각되면서 응축되어 액체 상태로 변하게 된다. 이때 압축기 토출상태의 냉매 증기는 과열 증기 상태로 그림 3의 2가 된다. 이때 온도가 약 100℃까지 올라간다. 응축기 상부에서는 이러한 과열증기 상태의 냉매 증기가 통과하기 때문에 고온으로 유지되다가 응축기를 통과하면서 과열상태가 2'점 에서 포화상태로 되며 그 상태의 압력에 해당하는 포화 온도로 된다.

이때 응축되는 냉매 온도는 45~54℃로 상당히 고온에 속한다. 냉매가 응축기를 통과하면서 응축이 3' 지점에서 완료되고 가스상태의 냉매가 완전한 액체상태로 변화게 된다. 응축이 완료된 냉매는 낮은 주위 공기의 온도와 열교환하여 3지점 까지 과냉이 된다. 3'에서 3까지의 온도차를 과냉도라 하며 이러한 과냉도가 클수록 증발기에서 증발

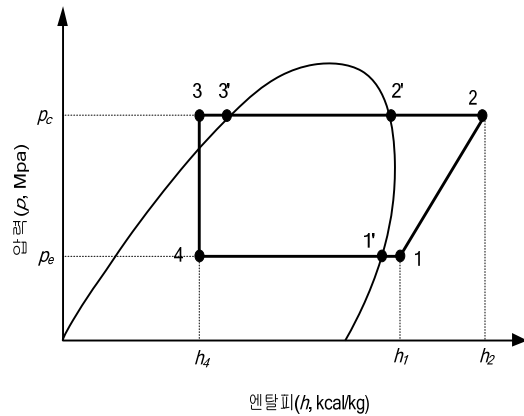


Fig. 3 Pressure-enthalpy of spot cooler.

잠열이 증가하게 되어 냉각성능이 높아지게 되고 시스템의 효율이 증대된다. 응축된 냉매는 필터드라이어를 거쳐 팽창장치를 통과하게 된다. 팽창장치를 통과하면서 냉매 액은 압력강하가 일어나면서 교축작용을 일으켜 온도가 떨어지며 4와 같은 상태의 저온 저압으로 변하여 증발기로 들어가게 된다. 에어컨에서 증발 온도는 0~5℃ 내외가 되도록 설계하며 0℃ 이하가 되면 증발 열교환기 외

부에 결빙이 형성되어 공기의 순환을 막아 시스템에 악영향을 미치고, 5℃ 이상이 되면 증발기 토출 공기 온도가 너무 높아져 재실자가 시원함을 느끼지 못하게 된다. 이때 송풍팬이 구동되면 증발기를 통과하는 고온 다습한 공기가 냉매에 증발 잠열을 제공하고 온도가 떨어져 차가워지게 되며, 차가워진 공기가 실내로 송풍되어 냉방을 하게 되는 것이다. 증발기를 통과한 공기 온도는 이슬점 이하로 내려가기 때문에 공기 중에 포함되어 있던 수분이 증발기의 관 외면과 핀에서 결로가 발생되어 증발기를 흘러내리게 된다.

Table 1 A variety of applications of spot cooler.

Computer/equipment rooms

Hospital/office

Manufacturing/warehouse

Retail store

Special event


증발기를 흘러 내리는 물은 응축수 받아로 모아 응축수 저장통에 모아 놓았다가, 저장통이 응축수로 가득차면 버리고 다시 빈통을 받쳐 응축수를 모으게 된다. 이때 저장통에 저장되는 응축수는 5~10℃정도의 비교적 낮은 온도가 된다.

2.2 스포트쿨러의 종류

스포츠쿨러는 사용하는 장소에 따라 가정용과 산업용으로 나눌 수 있으며, 온열원장치의 종류에 따라 크게 증기압축식과 열전냉동식 등으로 분류할 수 있다. 이때 열전냉동식은 펠티어 효과를 이용한 것으로, 증기압축식 냉동장치 대신에 열전소자를 이용하여 냉기를 만드는 시스템이다. 또한, 용량에 따라 소형, 중형, 대형으로 구분할 수 있다. 그 외에도 실내기와 실외기가 하나의 유닛에 있는 일체형과, 별도의 유닛으로 구성된 분리형이 있다. 그리고, 이동 유무에 따라 고정식과 이동식이 있다.

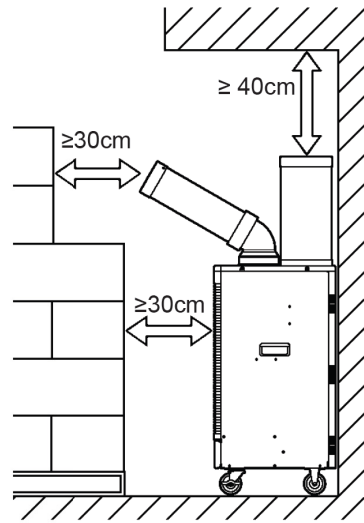


Fig. 4 Consideration for setup of spot cooler.

2.3 스포트쿨러의 적용예

스포츠쿨러는 표 1과 같이, 컴퓨터와 전자장치를 보관하는 전산실 및 장비실, 병원 및 사무실, 제조공정 및 창고, 소매점 등에 적용되고 있다. 그 외에도 고온작업장, 실험실, 군부대 야전시설, 골프연습장, 주방위생시설, 옥외매장, 기계장비 냉

각시설, 주유소, 대형창고, 조선소 용접작업장, 정비소, 야외촬영장, 부스시설, 휴게소, 화장실 등 적용 예가 무척 다양하다.

2.4 스포트쿨러의 설치시 유의사항

스포츠쿨러는 그림 4에서와 같이, 벽면에 닿게 설치하는 경우, 냉기의 흡입과 방출 등을 고려하여 배기구에는 천정으로부터 40 cm 이상의 간격을 두어야 하고, 전면은 공기 흡입을 위하여 30 cm 이상의 간격을 두어서 설치해야 한다.

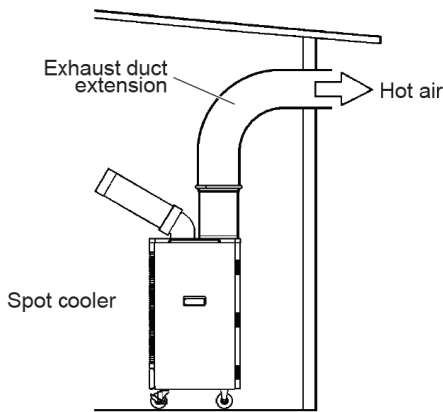


Fig. 5 Installation for setup of spot cooler.

그림 5는 스포트쿨러의 배기구를 실외로 빼내어 설치하는 경우에 대한 것으로, 쿨러에서 만들어진 고온의 응축수 배열은 실내로 유입되지 않도록 실외로 배출시켜야 한다. 그 외에도 인체의 감전을 방지하기 위해서, 접지를 시켜야 하며, 냉기 취출구는 쿨드 드래프트(cold draft)가 발생하지 않도록 인체에 직접 닿지 않도록 해야 한다.

2.5 스포트쿨러의 성능 향상 방안

본 절에서는 상기의 이동식 스포트쿨러에서의 불편함을 해소하면서 응축열교환기 효율을 높여 시스템 전체의 효율을 향상시킬 수 있는 응축수 이용 이동식 스포트쿨러를 소개하고자 한다.

응축수를 이용한 장치는 기존 시중에 나와 있는 제품과 냉각 시스템은 동일하게 구성되어 있다. 그러나 증발기에서 응축된 응축수가 응축수 저장

통에 쌓이는 것을 방지하고 시스템의 효율을 높이기 위해서 그림 6에서와 같이 1차 응축수 저장통에 수중 펌프를 장착하고 수위 레벨 스위치를 장착하도록 한다. 1차 응축수 저장통에 응축수가 일정 레벨 이상으로 쌓이면 수위 레벨 스위치가 수위를 감지하여 일정이상 수위가 되면 펌프를 작동시켜 약 10℃ 내외의 저온의 응축수를 2차 응축수 저장통으로 이송시킨다. 2차 응축수 저장통에는 아래 위로 두 개의 노즐을 설치하여 수위 레벨이 낮은 경우는 응축수가 응축 열교환기 위로 분사시키도록 한다. 이때 차가운 응축수와 압축기 출구의 약 100℃의 고온 과열 냉매 gas와 열교환하게 되고, 응축수는 온도가 상승하여 응축기로 흡입되는 외기에 의해서 증발하여 송풍기로 흡입된 후 외부로 배출되게 된다. 응축기 내의 냉매gas는 차가운 응축수와 열교환하여 급격하게 응축이 이루어지게 되어 응축효율을 향상시키게 된다. 응축기에서 응축수와 냉매 gas의 열교환은 낮은 응축수 온도와 높은 냉매gas의 현열 온도차에 의한 현열 열교환 뿐만 아니라, 외기에 의해서 응축수의 증발이 발생하여 응축수의 증발 잠열에 의해서도 발생하기 때문에 응축기의 성능 향상은 큰 폭으로 늘어날 것이다. 응축기의 성능 향상으로 인하여 그림 7에서와 같이 응축기 출구 상태는 3에서 3'으로 변하게 되고, 과냉도가 3'-3"로 증가하게 된다. 응축기 출구에서의 과열도 증가는 팽창장치에서 단열 팽창과정을 거쳐 증발기 입구의 엔탈피 감소를 가져오고 증발기 내에서의 냉각열량은 그림 5에서와 같이, 기존의 $h_1 - h_4$ 에서 $h_1 - h_4'$ 으로 증가하게 된다.

일반적으로 여름철 외기에서는 증발기에서 발생하는 응축수는 응축기에서 충분히 증발시켜 외부로 보낼 수 있을 것이다. 그러나 습도가 높아지고 외부 온도가 높아질 경우 증발기에서의 응축수량이 증가하고 응축 열교환기만으로는 응축수를 충분히 증발시키지 못한다. 이때는 응축기 상부에 분사된 응축수는 일부 증발하게 되고 증발이 되지 못한 응축수는 응축기를 따라 아래로 흘러 내려서 응축수 수집판으로 응축수를 모인다. 응축수 수집판에 모인 응축수는 다시 1차 응축수 저장통으로

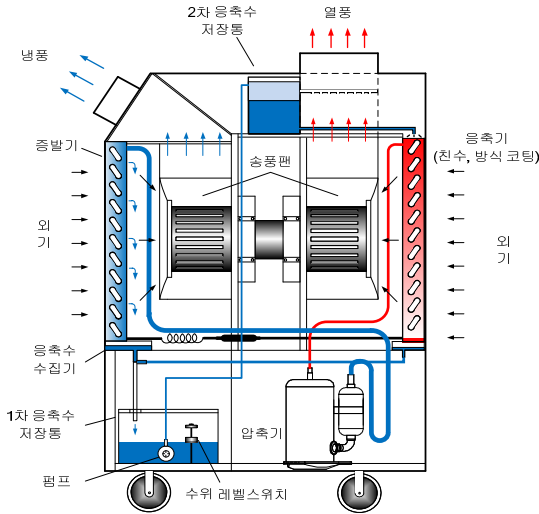


Fig. 6 Detailed diagram of removable spot cooler using condensed water.⁵⁾

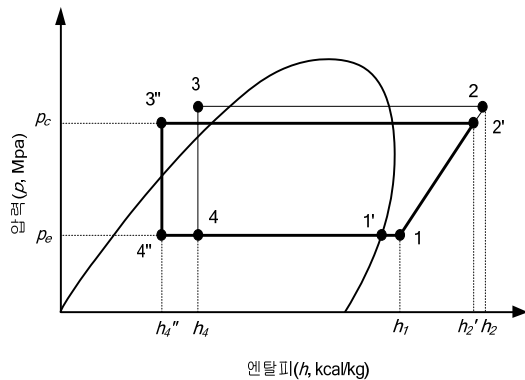


Fig. 7 Pressure-enthalpy of removable spot cooler using condensed water.

중력에 의해서 흘러 들어 가도록 한다. 증발기에서 응축수 발생량이 많아지게 되면 펌프의 이송량이 많아지고 2차 응축수 저장통의 수위는 올라간다. 상승된 수위는 2차 응축수 저장통 상부에 있는 노즐을 통하여 송풍기 토출측으로 분사되어 송풍기 토출 공기에 의해서 외부로 배출되게 된다. 압축기에서 토출되어 응축기로 들어가는 냉매가스는 약 100℃의 고온으로서, 응축기는 동관에 알루미늄 핀을 부착한 것으로, 고온의 수증기와 접촉하면 부식이 발생될 수 있다. 공조용으로 많이 사용되고 있는 알루미늄 핀은 알루미늄 표면에 우레

탄계열의 피막을 입혀 부식을 방지하고 있으나, 알루미늄을 가공하면서 절단면이 발생하게 되고 그 절단면에서부터 부식이 발생하여 핀 전체로 전이된다. 이러한 것을 방지하기 위해서 응축기는 방식 코팅을 할 필요가 있으며, 증발하지 못한 응축수가 응축기를 따라 흘러 내려 응축수 회수판으로 모이기 위해서는 친수코팅도 할 필요가 있다. 그렇지 않을 경우 응축기를 타고 흐르는 응축수는 응축기에 흡입되는 외부 공기에 의해서 팬 내부로 비산되고 팬과 시스템 내부를 오염, 부식시키게 된다.

기존에 사용되는 이동식 스포트쿨러의 경우 송풍기가 축류형으로 토출 단면적이 넓은 대신 풍속이 작은 타입으로 토출 공기에 의해서 응축수를 배출하기에 어려움이 있다. 따라서 기존에 사용되는 송풍기를 시로코 팬으로 대체하여 토출 단면적을 줄이고 토출 풍속을 크게하여 응축수를 충분히 토출시킬 수 있도록 하며, 축류형 팬에 비해 소음이 저감되는 효과가 있다.

이러한 2단계의 응축수 제거 시스템에 의해서 증발기에서 발생하는 응축수를 수동으로 사람의 인력에 의해서 배출하지 않고 자동으로 배출시킬 수 있을 뿐만 아니라 시스템의 효율은 높일 수 있는 이동식 스포트쿨러를 개발할 수 있다.

5. 결 론

이상으로 스포트쿨러의 구성 및 작동원리, 종류, 성능 향상 방안 등에 대해서 살펴보았다. 그 내용을 요약하면 다음과 같다.

스포츠쿨러 시스템은 적용 공간의 부하에 따라서 소형에서 중형까지 다양한 용도로 사용가능한 것으로, 그 적용예가 상당히 다양하다. 이러한 스포트쿨러는 다양한 종류가 있으며, 그 중에서도 이동식이 가장 보편적으로 사용되고 있다. 그리고 최근 들어 스포트쿨러 시스템의 효율 향상을 위해 다방면으로 연구가 진행되고 있으며, 그 중에서, 응축수를 적용한 이동식 스포트쿨러에 대한 연구가 진행되고 있다.

현재 우리나라는 많은 관련 업체에서 스포트쿨

를 생산하고 있다. 하지만, 보급률이 1%이하로 대단히 저조한 실정이다. 따라서 기존 제품에 비해서 우수한 성능과 편리성을 가질 수 있는 제품을 개발한다면, 적극적으로 해외시장을 개척해 나갈 수 있을 것으로 판단된다.

후 기

본 연구는 (주)정인하이테크가 지원하는 “스포트쿨러 기술 동향 분석“ 성과 중 일부이며, 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. J. S. Jeong, K. Saito, J. T. Oh and K. I. Choi, 2011, "Performance and Characteristics of Heat Transportation System By CO₂ Circulation at Data Center", The Society of Air-conditioning and Refrigeration Engineering of Korea, pp. 85-188.
2. T. Uekusa, S. Waragai and M. Kishita, 2006, Air conditioning system for high heat density data center, Symposium on Environmental Engineering JSME, Vol. 16, pp. 303-306(in Japanese).
3. N.Kattan, John R.Thome and D.Favrat, 1998, Flow boiling in horizontal tubes:Part III - Development of a new heat transfer model based on flow pattern, Journal of Heat Transfer, 120, pp. 156-165.
4. J. Jeong, K. Choi, K. Saito, S. Kawai, S. Waragai and Y. Mino, 2011, Characteristic analysis of heat transportation system by CO₂ circulation for refrigerant rack spot cooling at data center, ICACR 2011, Yongpyong, Gangwon-Do, KOREA.
5. http://www2.daeilcooler.com/page.php?pg_id=56.