

냉동기(1)

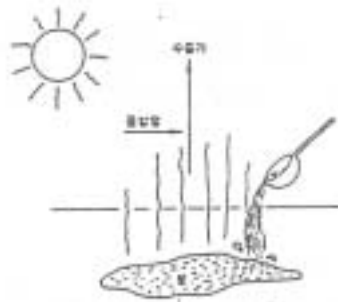
1. 냉동 기초이론

1-1 냉동이란?

냉동이란 자연계에 존재하는 물체(고체, 액체, 기체)로부터 열을 제거하여 자연계의 온도 (보통은 우리 주위의 온도)보다 낮은 온도로 유지하는 조작을 말한다.

냉동기는 어떻게 물건을 차갑게 할 수 있을까?

한마디로 말하면, 암모니아나 프레온과 같이 증발하기 쉬운 액체를 증발시켜 그 증발열로서 물건을 차갑게 하는 것이다. 더운 여름날에 물을 뿌리면 시원하다. 이것은 물이 차가운 것보다도 물이 증발할 때 주위 공기로부터 증발열을 빼앗아가기 때문에 공기가 냉각되는 것이다. 알코올을 문힌 손을 팔에 문질렀을 때 시원한 느낌을 받는 것도 같은 이유이다.



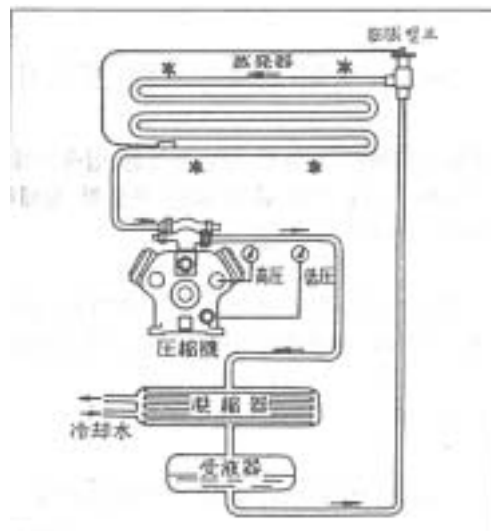
특정한 물이나 알코올 외에도 모든 액체가 기체가 될 때에는 증발잠열이 필요하고, 증발온도(비등점)가 주위 온도보다 낮을 때에는 주위로부터 열을 흡수하여 주위가 냉각 된다. 냉동기는 이와 같은 자연현상을 기계적으로 이루어지도록 한 것으로 암모니아나 프레온가스를 밀폐된 냉각관내에서 증발

시켜 이때 필요한 증발열을 주위로부터 흡수하여 주위를 냉각시키는 것이다.

1-2 냉동 사이클

(1) 기본 냉동 사이클

<그림 1>은 일반적인 냉동장치의 냉동사이클 이다. 냉동사이클에는 다음과 같은 네가지 작용이 있으며, 냉매는 액체에서 기체로, 기체에서 액체로 변화를 반복하면서 순환하고 있다.



<그림 1> 기본적인 냉동사이클

가. 증발

☞ 냉매는 액체에서 기체로 변화한다.

증발기(냉각관)내의 액화냉매는 증발함으로써 기화한다. 이때 냉매액은 냉각관 주위에 있는 공기(냉장고내의 공기)로부터 증발에 필요한 열(증발잠열)을 빼앗아 그 자신은 계속 증발해 간다. 열을 빼앗긴 공기는 냉각되어 온도가 내려가고 이 공기는 자연대류 또는 팬(Fan)에 의하여 냉장고내에 퍼져 고

내를 저온으로 유지한다.

증발기내에는 팽창밸브(Expansion Valve)로부터 보내져온 냉매액과 증발한 냉매증기가 공존하고 있으며, 액체에서 증기로의 상태 변화가 행해지고 있는데, 이 상태변화를 하는 동안은 압력(증발압력)과 온도(증발온도) 사이에 일정한 관계가 있으며, 압력이 결정되면 온도가 정해지고, 거꾸로 온도가 정해지면 압력이 결정된다. 즉, 포화압력과 포화온도가 서로 상관관계가 있으며, <표 1>은 그 관계를 나타낸 것이다.

이 표에서 알수 있는바와 같이, 보다 낮은 온도에서 증발시키기 위하여는 보다 낮은 압력을 유지시켜야 한다. 이 때문에, 증발한 냉매증기는 압축기에 흡입시켜 증발기 밖으로 계속 배출하게끔 하고 있다.

<표 1> 증발온도와 증발압력의 관계

증발온도(°C)	증발압력 (kg/cm ³ gage)			
	프레온 12	프레온 22	프레온 502	암모니아
0	2.11	4.04	4.80	3.35
-15	0.83	1.98	2.53	1.38
-30	-6.5cmHg	0.63	1.00	0.19

나. 압축

☞ 냉매를 상온에서 액화 하기 쉬운 상태로 만든다.

증발기내에서 시화한 냉매증기는 압축기에 흡입된다. 이 작용은 증발기내의 냉매압력을 낮게 유지함으로써, 냉장고와 같이 낮은 온도의 상태 하에서도 액냉매가 왕성하게 증발을 계속할 수 있도록 하기 위한 것이다.

그리고, 압축기에 흡입된 냉매증기는 실린더 내에서 피스톤에 의하여 압축되고, 압력이 높아짐으로써, 상온의 냉각수나 냉각공기로 냉각시켜도 쉽사리 액화될 수 있는 상태다 된다.

다. 응축

☞ 냉매는 기체에서 액체가 된다.

압축기를 나온 압축가스는 상온의 냉각수나 냉각공기에 의하여 쉽사리 액화될 수 있는 상태(고압)에 있다. 응축기는 압축가스를 냉각하여, 응축액화시키는 열교환기이며, 수냉식과 공냉식이 널리 쓰이고 있다. 여기서 액화된 냉매는 수액기에 고이게 된다.

압축기를 나온 고온고압의 냉매에서 냉각수 또는 냉각공기에 방출되는 열을 응축열이라 하며, 이 열은 냉매가 증발기에서 냉장고로부터 빼앗아 온 열(증발열)과 압축하기 위하여 가해진 일(열로 환산된 값)을 합한 열량이 된다.

응축의 경우도 증발의 경우와 마찬가지로 냉매는 증기와 액이 공존하고 있는 상태이며, 기체에서 액체로 변화하는 동안, 압력(응축압력)과 온도(응축온도) 사이에 일정한 관계가 있어, 압력이 결정되면 이와 같은 응축온도와 응축압력과의 관계는 <표 2>와 같다.

<표 2> 응축온도와 응축압력의 관계

응축온도(°C)	응축압력 (Kg/cm ³ 게이지 압력)			
	프레온 12	프레온 22	프레온 502	암모니아
30	6.55	11.12	12.31	10.86
35	7.60	12.79	14.04	12.73
40	8.74	14.61	15.93	14.22
45	10.01	16.60	17.99	17.13
50	11.37	18.78	20.22	19.69

여기서, 냉매의 종류에 따라 또한 동일 냉매일지라도 응축온도의 차이에 따라 압력도 달라 지게 된다는데 주의하라.

라. 팽창

☞ 냉매액을 증발하기 쉬운 상태로 한다.

액화한 냉매를 증발기에 보내기 전에 미리 증발하기 쉬운 상태까지 압력을 내려주는 작용을 팽창이라 한다. 이 작용을 하는 팽창 밸브는 감압작용을 함과 동시에 냉매액의 유량제어를 한다. 즉, 증발기 내에서 증발하는 냉매량은, 소정의 증발온도(증발압력)하에서 냉장고 내에서 제거해야 할 열량(냉각 부하)에 따라 결정하게 되는데, 이것을 정확하게 파악해서 과부족이 없도록 필요한 냉매량을 증발기에 보내주도록 컨트롤하는 것은 매우 중요한 사항이다.

냉매는 이와 같이 네가지 작용을 순차적으로 반복하면서, 냉동장치의 계통 내를 순환하여 열을 온도가 낮은 냉장고에서 온도가 높은 냉각수 또는 냉각 공기로 이동시키는 역할을 한다. 냉매라는 이름도 이와 같이 열을 온도가 낮은 곳에서 온도가 높은 곳으로 이동(냉각작용)시키기 위한 매체의 역할을 하는데서 비롯된 것이다.

냉매는 냉동장치에 따라 여러가지로 선정되어 사용되고 있다. <표 3>은 냉매의 종류에 따른 냉동적용 예이다.

<표 3> 냉매의 종류와 용도

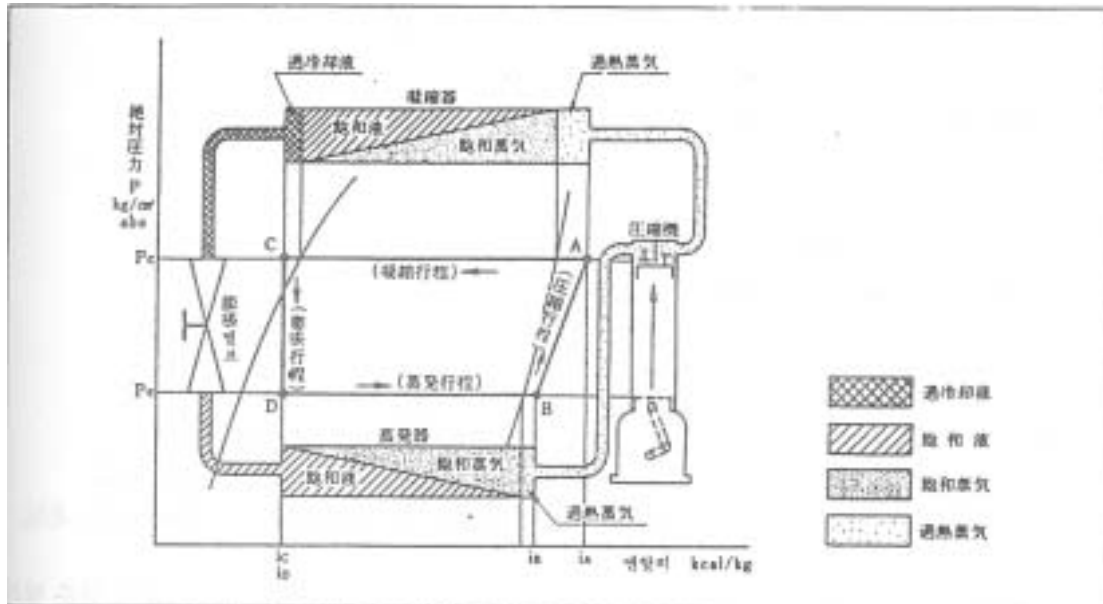
냉 매	비점 (°C)	압축기의 형식	증발농도	응축농도	적용 예
프레온 11	23.8	원심	고(냉방)	보통(수냉, 공냉)	터보기 냉동기
프레온 12	-29.8	왕복, 회전	고~저(냉 동, 냉방)	보통(수냉, 공냉)	에어컨디셔너등, 일반냉동, 냉방
		원심	고~저(냉 동, 냉방)	보통(수냉, 공냉)	대형, 저온 터보냉동기
프레온 13	-81.4	왕복, 회전	초저온	(2원 냉동)	초저온장치

냉 매	비점 (°C)	압축기의 형식	증발농도	응축농도	적용 예
프레온 21	8.9	왕복, 회전	고(냉방)	고(공냉)	크레인용 캐브쿨러
프레온 22	-40.8	왕복, 회전	고~저(냉 동, 냉방)	보통(수냉, 공냉)	에어컨디셔너등, 일반냉동냉방, 각종동결장치, 저온장치
		원심	고~저(냉 동, 냉방)	보통(수냉, 공냉)	대형, 저온 터보냉동기
프레온 113	47.6	원심	고(냉방)	보통(수냉, 공냉)	소형 터보냉동기
프레온 114	3.6	왕복, 회전	고(냉방)	고(공냉)	크레인용 캐브쿨러
		원심	고(냉방)	보통(수냉, 공냉)	터보냉동기
프레온 500	-33.3	왕복, 회전	고~저(냉 동, 냉방)	보통(수냉, 공냉)	에어컨디셔너등, 일반냉동, 냉방
		원심	고~저(냉 동, 냉방)	보통(수냉, 공냉)	대형, 저온 터보냉동기
프레온 502	-45.6	왕복, 회전	고~저(냉 동, 냉방)	보통(수냉, 공냉)	쇼케이스, 저온용 유니트, 일반냉도, 냉방
프레온 123	27.9	원심	고(냉방)	보통(수냉, 공냉)	터보냉동기
프레온 134a	-26.2	왕복, 회전	고~저(냉 동, 냉방)	보통(수냉, 공냉)	CAR 에어컨, 냉장고, 일반냉동, 각종동결장치, 저온장치
		원심	고~저(냉 동, 냉방)	보통(수냉, 공냉)	대형, 터보냉동기(공조용, 저온용)
암모니아	-33.3	왕복	저(냉동)	보통(수냉)	제빙장치, 냉장장치, 브라인냉각, 각종동결장치, 화학플랜트냉각장치
		원심	저(냉동)	보통(수냉)	스케이트링크, 브라인냉각, 화학플랜트 냉각

(2) 물리엘선도와 냉동사이클

물리엘선도는 냉매의 특성치를 하나의 선도상에 모두 그려넣어 냉동장치
의 기본적인 네가지 변화(증발→압축→응축→팽창)를 쉽게 알수있도록 한 것
인데, 이것을 통하여 설계 계산을 하거나, 운전 상태를 체크 할 수 있다.

<그림 2>는 냉동사이클의 변화와 물리엘선도와의 관계를 도시한 것이다.



<그림 2> 물리엘선도와 냉동사이클 (냉매의 상태변화)

상기와 같은 물리엘선도를 통하여 우리는 아래와 같은 계산치를 구할 수 있다.

- 냉동효과 $q_e = i_B - i_C \text{ (Kcal/Kg)}$
- 압축열량 $Al = i_A - i_B \text{ (Kcal/Kg)}$
- 응축열량 $q_c = q_e + Al = i_A - i_C$
- 냉매 순환량 $G = \frac{Q}{q_e} = \frac{Q}{i_B - i_C} \text{ (Kg/h) (Q: 필요한 냉동능력 Kcal/h)}$
- 피스톤압출량 $V = G \cdot V_B = \frac{Q V_B}{i_B - i_C} \text{ (m}^3\text{/h) (V}_B\text{: 비체적)}$
- 성적계수 $COP = \frac{q_E}{Al} = \frac{i_B - i_C}{i_A - i_B}$

1-3 냉동에 쓰이는 용어 및 단위

- 열 : 물체의 온도가 오르내리는 원인이 되는 것
- 전도 : 열이 물체의 온도가 높은 부분에서 낮은 부분쪽으로 물질 속에서 전해져 이동하는 것. (열통과율 : Kcal/m²°Ch)
- 대류 : 열이 액체나 기체의 운동에 의하여 이동하는 것
- 복사 : 고온의 물체에서 열이 공간을 통하여 직접 이동하는 것
- 감열 : 물체의 온도를 변화시키는 작용을 하는 열
- 잠열 : 물체의 상태를 바꾸는 작용을 하는 열
- 온도 : 물건을 냉각하거나 가열할 때, 그 차고 따뜻한 정도를 재는 단위
- 빙점 : 표준대기압(1기압)하에서 물이 동결하는 온도 (0°C=32°F)
- 비등점 : 표준대기압(1기압)하에서 물이 비등할때의 온도 (100°C=212°F)
- 온도환산 FACTOR

$$\text{섭씨온도}(^{\circ}\text{C}) = \{(^{\circ}\text{F}) - 32\} \times \frac{5}{9}$$

$$\text{화씨온도}(^{\circ}\text{F}) = \{(^{\circ}\text{C}) \times \frac{5}{9} + 32$$

$$\text{절대온도}(^{\circ}\text{K}) = (^{\circ}\text{C}) + 273$$

$$\text{절대온도}(^{\circ}\text{R}) = 460 + (^{\circ}\text{F})$$

$$\text{섭씨온도차}(\text{degC}) = \text{화씨온도차}(\text{degF}) \times \frac{5}{9}$$

- 습도 : 공기중의 수분을 표시하는 방법
- 절대습도 : 공기중의 수분량(Kg)을 건조공기 1Kg에 대하여 표시한 값
- 상대습도 : 대기중에 존재할 수 있는 최대 습기량과 현재 존재하는 습기

와의 비율

- 노점온도 : 온도를 점차 낮추어 공기속에 함유된 수분의 응축결로가 시작되게 하는 온도

· 열량 : 열을 가하거나 제거하면 온도가 변하는데, 이 온도 변화는 출입한 열의 량에 따라 달라진다. 이 열의 량을 열량이라 한다. 열량의 단위는 cal 또는 kcal로 표시하며, 1cal는 1g의 수온을 섭씨로 1도 높일 수 있는 열량을 말한다. (1Btu = 0.252kcal)

· 비열 : 단위 중량의 물질 온도를 1도 변화시킬 때, 그 필요한 열량은 물질의 종류에 따라 달라지게 되는데 이와 같이 단위 중량의 물질 온도를 그 물질의 비열이라 한다.

· 열용량 : 물체 전부의 온도를 1도 높이는데 필요한 용량

$$\text{열용량} = \text{비열} \times \text{물체의 무게} \times \text{변화한 온도차}$$

· 엔탈피(Enthalpy) : 액체나 기체가 갖는 모든 에너지를 열량의 단위로 나타낸 것

$$\text{엔탈피}(i) = \text{내부에너지}(U) + \text{주위에 한일}(W) \text{ (단위 : Kcal/kg)}$$

· 엔트로피(Entropy) : 어떤 물질이 일정한 온도 T(°K)에 있어서 얻은 열 dQ를 절대온도 T로 나눈수를 엔트로피(s)라 한다. (단위 : Kcal/kg °K)

· 냉동능력 : 단위시간 동안의 냉각 열량 (kcal/h)

· 냉동론 : 하루동안에 0℃의 물 1톤을 0℃의 얼음으로 얼리는데 필요한 열량을 말하며, 3320 kcal/h에 상당함.

$$1 \text{ 냉동론} = \frac{\text{물의응고잠열}(79.68\text{kcal} / \text{kg}) \times 1000\text{kg}}{24\text{시간}}$$

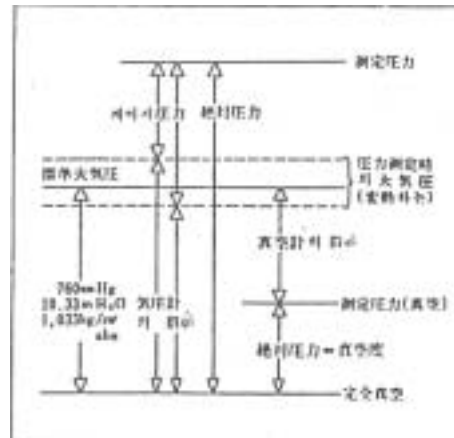
$$= 3,320\text{kcal/hr}$$

$$1 \text{ USRT} = \frac{\text{물의응고잠열}(144\text{Btu} / \text{lb}) \times 2000\text{lbs}}{24}$$

$$= 12,000 \text{ Btu/h} = 12,000 \times 0.252 = 3,024 \text{ kcal/h}$$

· 압력 : 단위 면적에 적용하는 힘.

각종 압력간의 관계는 아래와 같다.



<그림 3>