

空調設備의 知識

2

3. 空氣線圖

가. 空氣의 熱的性質

空氣는 酸素, 窒素, 아르곤, 탄산 가스, 수증기의 혼합물로서 질소와 산소가 그 대부분을 차지한다. 地上부근의 大氣에서는 수증기 이외의 量은 일기 등에 따라 변동한다.

또 공기조화기는 加濕이나 減濕을 하여 수증기량을 가감시키지만 수증기 이외의 成分의 流量은 변화하지 않는다. 그래서 공기를 수증기와 수증기 이외의 成分으로 나누어 생각하면 原理

하다. 이 수증기를 제외한 공기를 마른 공기(Dry Air, D. A로 略記한다)라고 한다. 이에 대해 수증기를 포함하는 공기를 습기찬 공기라고 한다. 따라서 통상 취급하는 공기는 습기찬 공기이며 마른 공기와 수증기의 混合物로 생각한다.

空氣中の 수증기는 量的으로 미량이지만 습도는 濕感이나 保健 등의 중요한 요소이며 증발, 응축에 따른 潛熱이 크기 때문에 熱量的으로도 큰 영향력을 갖는다.

공기중 수증기의 양, 즉 濕度の 표시방법에는 表7과 같은 각종의 것이 사용된다. 이 중 가장 많이 사용되는 것은 相對濕度로서 濕感의 表示

〈표 7〉 濕度の 表示法

名 稱	記號	單 位	定 義
절대 온도	x	kg / kg (DA)	공기 중 수증기의 양(kg)과 마른공기의 양(kg)의 質量比
수증기분압	P_w	mmHg kgf/cm ²	습기찬 공기중의 수증기의 分壓
상대 습도	ψ	%	수증기分壓 P_w 와 같은 온도의 포화공기의 수증기 분압 P_{ws} 의 비를 %로 표시한 것
비교 온도 (포화도)	φ	%	절대온도 x 와 동일온도인 포화공기의 절대온도 x_s 의 비를 %로 표시한 것
濕球溫度	t'	℃	습구온도가 표시하는 온도(풍속 5m/s정도 이상일 때의 값을 사용한다.)
露點溫度	t''	℃	습기찬 공기를 냉각하였을 때 포화상태가 되는 온도

에 적합하지만 온도의 변화에 영향 받으므로空調의 계산에서는 絶對濕도를 사용한다.

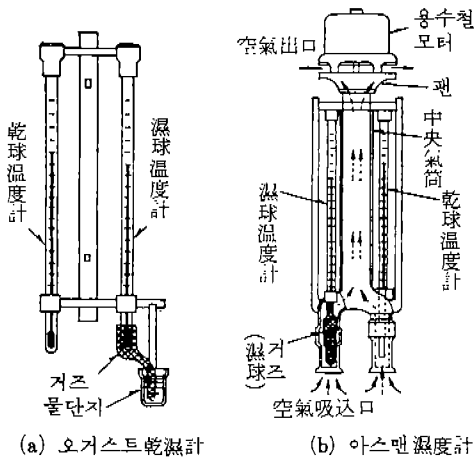
또 濕球濕도는 그림 6 과 같은 乾濕球 濕度計로서 濕溫度 측정에, 露點溫度는 結露의 관정이나 공기냉각 감습기의 設計에 사용된다.

또 표 7 의 상대습도의 정의에 있는 포화공기란 공기중에 포함되는 수증기량은 온도나 압력에 따라서 정해지는 최대한도가 있는데 이 限度까지 수증기를 포함한 공기의 상태를 말한다. 즉 상대습도 100%의 상태이다.

공기의 熱的性質로는 比 엔탈피*¹⁾와 比容積도 중요하다. 比 엔탈피는 空氣 1kg이 갖는 엔탈피인데, 습기찬 공기의 경우는 마른 공기 1kg를 포함하는 습기찬 공기의 엔탈피로 0℃의 마른 공기의 값을 기준치(0의 값)로 정의한다. 이것은 온도 및 습도에 따라서 변하고 다음 式으로 표시된다.

$$\begin{aligned}
 h &= h_a + h_w \cdot x \\
 &= C_{pa} \cdot t + (\tau_0 + C_{pw} \cdot t) x \\
 &\approx 0.24t + (597.5 + 0.44t)x \quad (3 \cdot 1)
 \end{aligned}$$

여기서,



(그림 6) 乾濕球溫度計

* 1 : 공기의 엔탈피는 全熱량이라고도 하며, 顯熱량과 潛熱량의 합계로 표시된다.

h : 습기찬 空氣의 比 엔탈피 (kcal/kg (DA))

h_a : 마른 空氣의 比 엔탈피 (kcal/kg)

h_w : 水蒸氣의 比 엔탈피 (kcal/kg)

x : 絶對濕度 (kg/kg (DA))

C_{pa} : 마른 空氣의 定壓比熱 (kcal/kg·℃)

C_{pw} : 水蒸氣의 定壓比熱 (kcal/kg·℃)

t : 溫度 (℃)

τ_0 : 0℃인 물의 蒸發潛熱 (kcal/kg)

또 습기찬 공기의 比容積 v (m³/kg (DA))는 마른 공기 1kg을 포함하는 습기찬 공기의 容積으로서 다음 式으로 부여된다.

$$v \approx 0.00455(x + 0.622)(273 + t) \quad (3 \cdot 2)$$

그리고 比容積은 밀도의 逆數이지만 마른공기 기준이란 방식을 사용하기 때문에 비용적으로 표시하는 편이 편리하다.

이러한 마른 공기기준이 이론적으로는 사용되고 있지만 일반의空調에서 사용하는 범위에서는 絶對溫度 x 가 작기 때문에 위의 kg (DA)를 습기찬 공기 1kg당으로 近似시켜도 실용적으로는 지장이 없다.

또 比容積은 식(3·2)처럼 온도나 습기에 따라서 변하기 때문에, 예를 들면 공기조화기의 입구와 출구에서는 온습도 변화에 따라서 容積流量(風量)이 다르게 된다.

이것은 實用的으로 번잡하기 때문에 風量으로서 표준공기 환산의 값을 사용하는 일이 많다. 그렇기 때문에 送風系統에서 누설이나 流入이 없으면 어디서나 동일한 風量으로서 계산할 수 있다.

표준공기로는 보통, 20℃인 마른 공기(밀도 1.2 kg/m³)가 사용된다. 이 比容積은 0.83m³/kg(DA)이므로 送風系統의 어느 부분에서도 비용적용 0.83m³/kg(DA)으로 함으로써 표준공기 환산의 風量을 구할 수 있다.

따라서 실제의 風量은 그 장소의 공기의 比容積을 v 라고 하면 ($v/0.83$)을 곱해서 補正하면 된다. 常溫부근에서는 ($v/0.83$)의 값은 1에 가깝기 때문에 실용적으로는 표준공기 환산이

풍량을 실제의 風量과 近似시키는 일이 많다.

나. 空氣線圖

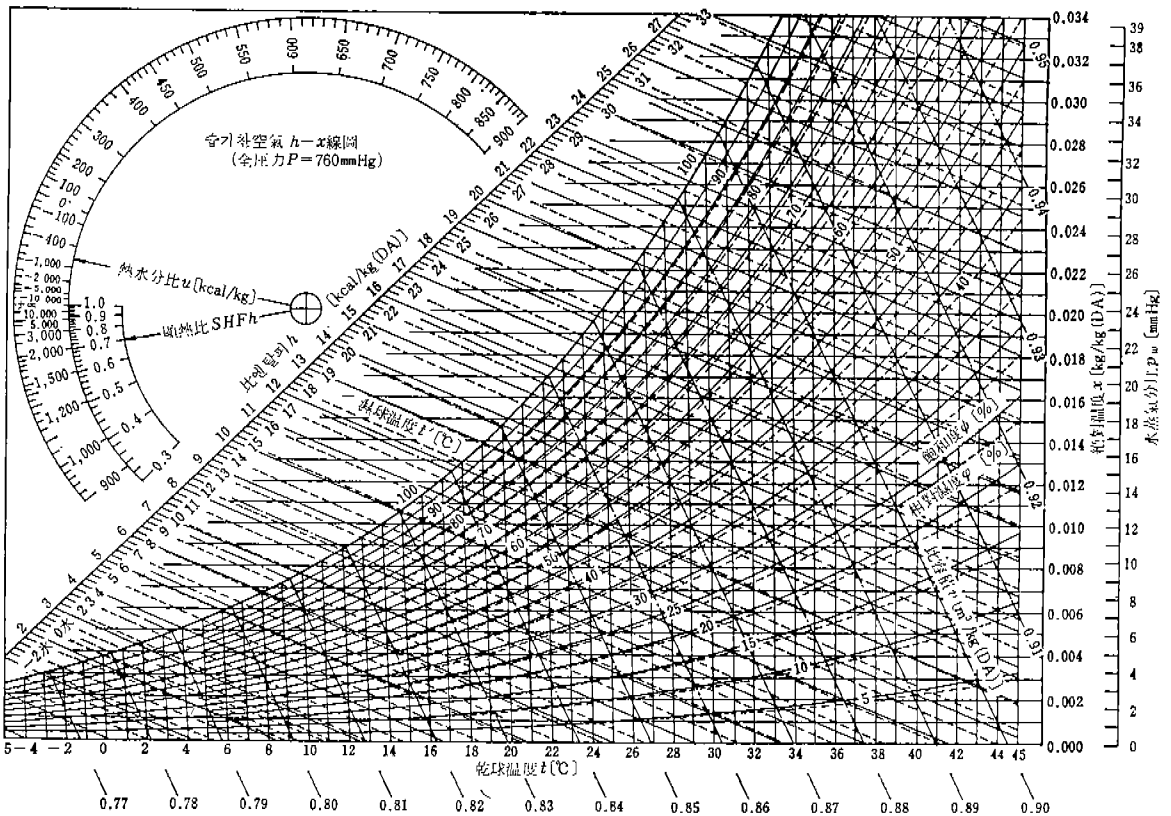
습기찬 공기의 상태값에는 압력, 온도, 습도, 比 엔탈피, 比容積 등이 있는데 壓力을 일정(예를 들면 1기압)하다고 할 때 이 중의 2개의 상태값을 부여하면 다른 값이 정해진다. 따라서 이러한 狀態값은 2개의 상태값을 座標軸으로 하는 線圖로 표시된다. 이 線圖를 습기찬 공기선도 또는 略해서 空氣線圖라 한다.

공기선도에는 變數의 선택방식이나 座標軸을 취하는 방식에 따라 여러가지가 있지만 일반적으로 比 엔탈피(h)와 절대습도(x)를 좌표로 한 $h-x$ 선도가 사용되는 일이 많다. 그림 7은 그 예인데, 斜軸에 比 엔탈피, 세로축에 절대습도를 사용하고 있다(온도 t 는 좌표축이 아니다).

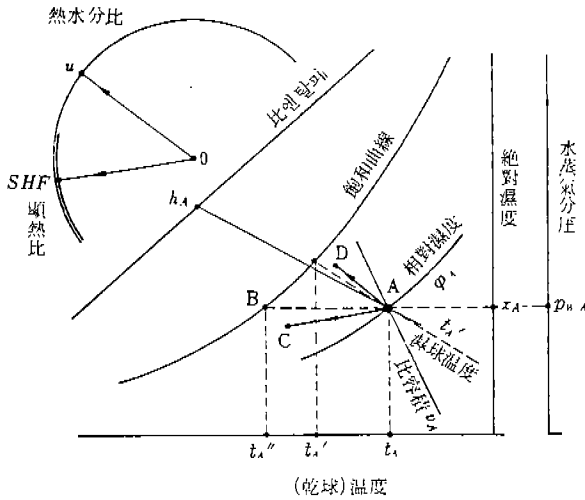
자세히 보면 溫度一定의 線은 平行이 아니다. 그러나 실용적으로는 平行으로 간주하여도 大差 없다. 또 그림 7에서 壓力이 1기압인 경우의 것으로 壓力이 이것과 크게 다르지 않는 경우에는 그 壓力의 공기선도를 사용하여야 한다.

어느 상태의 공기는 空氣線圖上의 1점으로 표시된다. 예를 들면 그림 8의 A點의 溫度는 이 點을 통과하는 溫度一定의 線에 따라 t_A 이며 동 일하게 濕球溫度는 t_A' , 比 엔탈피는 h_A , 절대습도는 x_A , 상대습도는 ψ_A , 비용적은 v_A 로 구할 수 있다.

또 露點溫度는 절대습도(x_A) 一定의 線과 포화곡선의 교차점 B가 표시하는 온도 t_A'' 이다. 이에 의해 예컨대 진습구온도계에서 乾球溫度 t_A 와 濕球溫度 t_A' 가 측정되었을 때 線圖上에 t_A, t_A' 에서 A點을 플랫폼하면 상대습도 등의 다른 狀



〈그림 7〉 습기찬 空氣 $h-x$ 線圖



(그림 8) 空氣線圖

態值를 구할 수 있다.

또 그림의 顯熱比와 熱水分比는 공기의 상태 변화시에 사용되는 것인데, 顯熱比(SHF)는 顯熱變化와 全熱變化(엔탈피 변화)의 비, 熱水分比 u 는 비엔탈피 변화와 절대습도 변화의 비이다. 이것은 다음 식으로 표시된다.

$$SHF = \frac{C_p \cdot \Delta t}{\Delta h} \quad SH \quad (3.3)$$

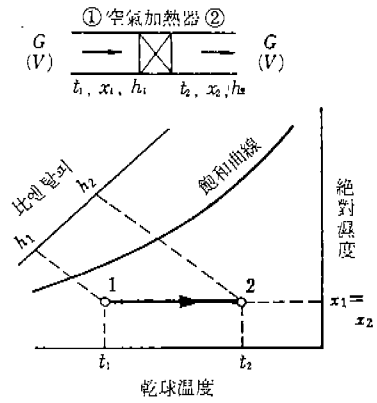
$$u = \frac{\Delta h}{\Delta x} \quad (3.4)$$

여기서 C_p 는 공기의 定壓比熱, Δt 는 溫度變化, Δh 는 비엔탈피 변화, Δx 는 절대온도 변화이다. 또 이 값은 공기선도 위에서는 일정한 傾斜로 표시된다.

예컨대 공기의 상태가 A점에서 C점으로 변화할 때의 顯熱比는 직선 AC와 평행으로 기준점 0에서 직선을 긋고 이것과 현열비 눈금의 교차점 값을 판독하면 된다. 또 A점에서 D점의 상태변화의 熱水分比는 직선 AD와 평행으로 0점에서 직선을 긋고 熱水分比 눈금의 교차점의 값으로 구할 수 있다.

다. 空調 프로세스의 表示

(1) 單位操作의 표시



(그림 9) 加 熱

空氣의 가열, 냉각, 가습, 감습 및 混合 등과 같은 單位 조작은 공기선도를 사용하여 상태변화의 표시나 熱량의 계산을 다음과 같이 한다.

a. 加 熱

공기가열기로 공기를 가열하는 경우에는 공기 중의 수증기량은 변하지 않고 溫度만이 변화한다. 이 상태변화는 空氣線圖에서는 그림 9와 같은 절대습도 일정의 線上의 변화로서 표시된다.

流量 $G(\text{kg/h})^{*2}$ 의 공기를 點 1의 상태에서 點 2의 상태까지 가열하는 데 소요되는 열량 $q(\text{kcal/h})$ 는 다음 식으로 표시된다.

$$q = G(h_2 - h_1) = G_{cp} P(t_2 - t_1) \quad (3.5)$$

또 流量 G 대신에 風量 $V(\text{m}^3/\text{h})$ 를 사용하여 풍량을 표준공기 환산값으로 표시하면 (이하 風量은 전부 표준공기 환산으로 표시하므로 이 註記는 생략한다)

$$v = 0.83(\text{m}^3/\text{kg}(\text{DA})) \text{라 하고}$$

$$q = \frac{V}{0.83} (h_2 - h_1) \quad (3.6)$$

또는 공기의 비열 $C_p \approx 0.24(\text{kcal}/\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ 를 사용하여

$$q = 0.29 V(t_2 - t_1) \quad (3.7)$$

이 된다.

* 2 : 엄밀하게는 $G(\text{kg}(\text{DA})/\text{h})$ 이지만 전술한 것처럼 실용적으로는 이와같이 近似하여도 大差없다.

b. 冷 却

공기냉각기로 공기를 냉각하는 경우, 냉각기의(공기측) 표면온도가 공기의 露點溫度보다 높으면 結露가 일어나지 않고 공기중의 수증기량이 변화하지 않으므로 그림 10의 직선 a 처럼 절대습도 일정의 線上을 변화한다.

이 경우의 熱量은 (3.5)~(3.7)과 동일하게 구할 수 있다. 그러나 냉각기의 表面溫度가 공기의 露點溫度보다 낮을 때는 結露가 생기고 凝縮水(드레인)가 공기냉각기 밖으로 배출되므로 공기중의 수증기량이 감소한다.

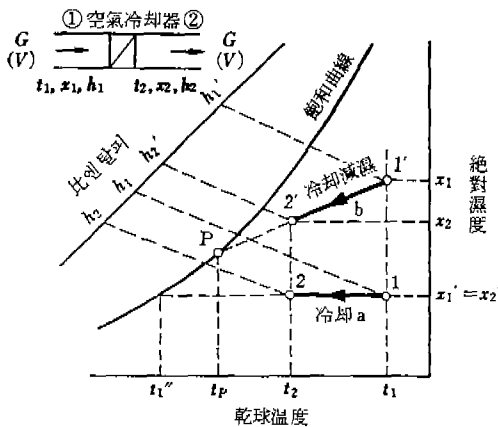
즉, 냉각과 함께 減濕도 한다. 이 경우의 상태변화는 그림의 b처럼, 온도와 절대습도가 함께 변화한다(직선 b는 공기냉각기의 입구 상태 1'와 출구의 상태 2'를 연결시킨 것 뿐이고 공기냉각기 내의 도중 장소의 변화는 이러한 직선이 아니고 포화곡선보다도 灣曲된 곡선이 된다)

點 1'에서 點 2'의 상태로 冷却 減濕하는데 소요되는 熱量 q(kcal/h)는

$$q = G(h_1' - h_2') = \frac{V}{0.83}(h_1' - h_2') \quad (3.8)$$

여기서 G는 공기유량(kg/h), V는 풍량(m³/h)이다.

이 直線 b와 飽和曲線의 교차점 p의 온도 t_p



<그림 10> 冷却·減濕

는 近似的으로 공기냉각기의 평균표면온도를 표시하는 것인데 裝置露點溫度라고 불린다.

또 공기의 냉각감습에는 冷水의 물방울을 공기중에 분무하여 직접 접촉시키는 에어 와셔라는 장치도 있지만 최근에는 그다지 사용되지 않으므로 생략한다.

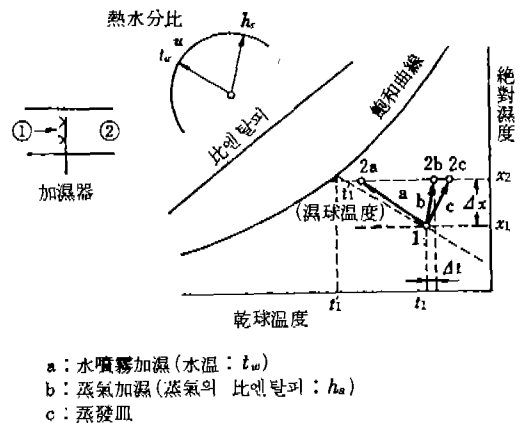
c. 加 濕

가습기에는 水噴霧加濕器, 蒸氣加濕器 또는 蒸發접시가 사용된다.

수분부가습기는 미세한 물방울을 공기중에 분무하여 그 대부분을 증발시켜 버리는 것이 일반적으로 사용된다. 이 경우, 공기의 상태변화는 절대습도의 상승과 蒸發潛熱에 의한 온도저하가 일어나며 그림11(a)처럼 熱水分比 u=l_w와 평행인 직선상을 변화한다.

단, l_w는 噴霧水溫(°C)이다. 이 직선은 濕球溫度 일정의 선상을 변화하는 것과 근사하여 大差 없다. 또 多量의 물방울을 噴霧하여 순환 사용하는 에어 와셔型 加濕器로, 분무수의 가열이나 냉각을 하지 않는 경우의 공기상태 변화는 溫球溫度 일정의 線으로 표시된다.

증기가습기는 공기중에 수증기를 분사하여 가습하는 것인데, 공기의 상태변화는 b처럼 가습증기의 比 엔탈피의 값을 h_o라 할 때, 熱水分比



<그림 11> 加 濕

$u = h_s$ 에 평행인 직선으로 표시된다. 또 증기의 온도를 t_s 라 하면 h_s 는 근사적으로 $(597.5 + 0.44 t_s)$ 로 표시된다.

가습증기에는 대기압에 가까운 저압 증기가 사용되므로 t_s 는 100°C 부근의 값이다. 또 가습 증기는 量으로 미소하며 潛熱變化도 없으므로 加濕에 따른 공기의 온도상승은 작고 近似的으로 온도 일정의 선상을 변화한다고 보아도 된다.

蒸發접시는 水槽내의 물을 가열하여 水面으로부터의 증발로 加濕하는 것인데 空氣는 水面에서 가열되기 때문에 c와 같은 상태변화를 나타낸다.

이러한 加濕에 의해 절대습도를 x_1 에서 x_2 로 변화시키는데 필요한 加濕量 L (kg/h)은 다음 식으로 부여된다.

$$L = G(x_2 - x_1) = \frac{V}{0.83}(x_2 - x_1) \quad (3.9)$$

d. 減 濕

감습에는 공기냉각기에 의한 냉각 감습이 일반적으로 사용되지만 실리카겔에 의한 固体吸着이나 鹽化 리튬에 의한 液体吸收 등 화학감습이 사용되기도 한다.

고체흡착에 있어서는 공기중의 수증기가 吸着劑에 吸着될 때 吸着熱을 방출하므로 공기의 상

태변화는 그림 12의 a처럼 溫度上昇을 수반한다 또 액체흡수의 경우에도 吸收熱이 생기지만 이것은 대략 수증기의 凝縮潛熱과 같기 때문에 그림 b의 (1→2b)처럼 대략 습구온도 일정의 선상을 변화한다.

또한 액체흡수 감습기에 있어서는 흡수기내에 냉수관을 사용하여 액체 및 공기의 냉각을 하고 있으므로 出口空氣는 3b까지 냉각된다.

e. 混 合

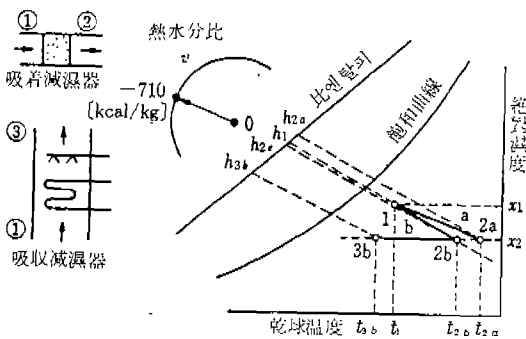
두가지 상태가 상이한 空氣流를 혼합시킬 때 각각의 상태를 그림 13의 1, 2라고 하면 混合 空氣의 상태 3은 직선 1, 2 위에서 風量比에 의해 配分된 점이 된다. 즉 線分比 $(\overline{13})/(\overline{23}) = G_2/G_1 = V_2/V_1$ 이 된다.

(2) 空氣裝置의 표시

공조설계에서는 장치 각부의 공기상태를 空氣線圖上에 표시하고 이에 의해 吸出空氣의 온습도 결정이나 送風量의 계산, 공기냉각기, 공기 가열기, 가습기의 장치용량 계산 등을 하게 된다. 이것은 空調方式에 따라서도 상이한데, 예로서 그림 11에 단일 덕트방식인 경우를 든다.

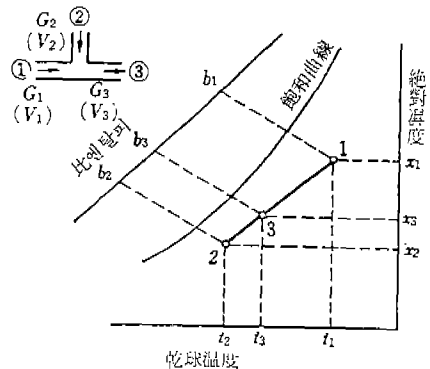
a. 冷房時의 表示

냉방시에는 일반적으로 공기냉각기만을 사용하고 공기가열기나 가습기는 사용되지 않으므로 裝置는 그림 14(a)처럼 된다.



a: 固体吸着 b: 液体吸收

〈그림 12〉 化學減濕器에 의한 減濕

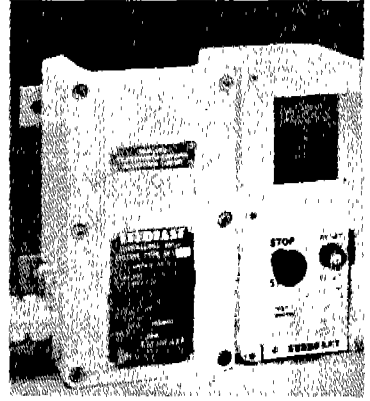


〈그림 13〉 混 合

LSI로 制御되는 적외선식 防護장치

세계 최초로 LSI(대규모집적회로)를 활용한 것으로 평가되는 광전식(光電式) 산업용 방호장치인 Microguard가 새로 개발되었다. Lightguards Ltd사에 의해 개발된 이 장치는 종래의 단일칩을 이용한 동종의 장치에 비해 고장 발생의 우려가 거의 없는 설계구조로 되어있다. LSI의 첨단 전자공학을 이용함으로써 종래의 일반화된 적외선을 이용한 광커펀스의 방호라 장치에 비해 신뢰성이 훨씬 뛰어나다. 40개의 핀을 갖는 하나의 마이크로 칩에 완벽한 수신기 논리회로가 탑재되어 있는 이 장치는 종래의 것보다 대폭 소형화되었으며, 따라서 폭넓은 분야에서 효율적으로 용

용될 수 있다. 발신기로부터 직접 수신기로 전송하거나 또는 주변에 설치한 광증계기나 반사경에 의해 회절되는 방식을 이용하여 방호벽의 범위를 최고 15m의 연장으로 확대할 수 있는 적외선 에너지의 장벽을 형성하는 것이 장치의 특징이다. 이같은 방법을 통해 빛의 커튼막은 위험발생의 우려가 있는 지역의 주변을 완전히 둘러쌀 수 있는 것이다. 장치의 외부 케이스는 표면을 거칠게 한 50×100mm 크기의 알루미늄으로 만들어졌으며 높이 200mm, 400mm 및 600mm의 표준형 광커펀을 형성시킬 수 있도록 되어있다.



고 있으며, 인제선 스위치의 작동상태도 알 수 있도록 해준다.

시리즈 중 RCS 시스템은 SR시스템과 유사한 기능을 보유하나 통신기능이 부가되어 있다. 이에 따라 예비 시동정보 기능 및 방송통신, 회로시험 기능 등을 활용할 수 있으며 그 밖에 먼 거리에서의 원격제어, 신호전송기의 보호, 원격감지 및 제어란 위한 원격거리 접속 등도 가능하게 해준다. 시스템에는 모두 잡아당기는 방식의 안전스위치가 적용되고 있으며, 케이스는 악조건에서도 오랜 사용 수명이 유지되도록 주철(鑄鐵) 또는 폴리카보네이트수지 재료로 제작되어 있다. 축전지를 사용하는 증폭기 및 확성기는 음성을 고품질로 생성하는 성능을 발휘한다.

광산용 信號전송 및 制御 시스템

광산지역이나 채석장 등지에서 효과적으로 이용할 수 있는 신호발신 및 제어시스템이 새로 개발되었다. 이 장치는 작동시 고장이 전혀 없으며, 시스템을 구성하는 각종 기기는 그룹 1의 가스환경에서도 안전하게 작동할 수 있도록 성능이 모두 인증되어 있다. Steadfast Electrical Controls사 제품인 SR

시스템 시리즈는 스위치의 인계선(引繼線) 및 손잡이 사슬로부터 신호발신 및 제어기능을 발휘한다. 이들 장치는 최고 5km 거리까지 신호를 전송할 수 있으며, 필요한 경우 선택적으로 신호 전송거리를 10km까지 연장하는 것도 가능하다. 시스템은 LED(發光다이오드) 지시장치에 의해 연속적으로 작동이 감시되

이 경우의 空氣線圖上的 표시가 그림 (b) 인데 (a)의 각 점의 공기상태에 대응하는 번호의 (b) 상의 점으로 표시하고 있다. 點 1은 실내의 상태, 點 2는 실내에 吹出하는 공기의 상태인데 이 사이에는 실내의 냉방부하를 顯熱負荷 q_{cs} , 潛熱負荷 q_{cl} (kcal/h), 실내에의 送風量을 V (m^3/h)라고 할 때 다음 식과 같은 관계가 있다.

$$q_{cs} = 0.29V(t_1 - t_2) \quad (3 \cdot 10)$$

$$q_{cl} = 720V(x_1 - x_2) \quad (3 \cdot 11)$$

또 실내 냉방부하의 顯熱比(SHF)를

$$SHF = \frac{q_{cs}}{q_{cs} + q_{cl}} \quad (3 \cdot 12)$$

라고 하면 직선 1, 2는 上記 顯熱比의 線과 平行이다.

點 4는 外氣와 還氣(실내의 상태와 동일하게

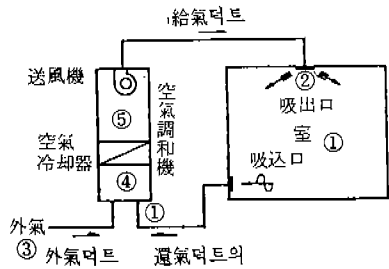
近似하다)의 混合空氣인데 혼합비에 따라 결정된다. 이것을 공기냉각기로 點 5의 상태까지 冷却減濕하므로 공기냉각기의 冷却減濕熱量 q_c (kcal/h)는

$$q_c = \frac{V}{0.83} (h_4 - h_5) \quad (3 \cdot 13)$$

이다. 點 5 상태의 공기는 送風機와 給氣 덕트를 통해 吹出口에 達하기까지 온도가 상승하여 點 2의 상태가 된다. 또 그림 (b)의 t_6 은 공기냉각기의 裝置露點溫度이다.

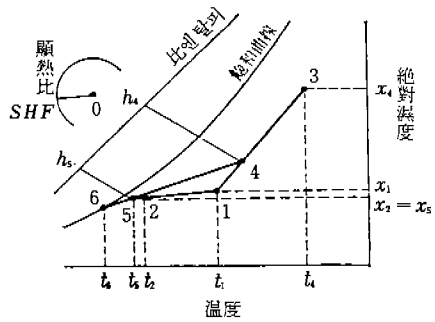
b. 暖房時의 표시

난방시에는 공기가열기와 가습기가 사용되므로 장치는 그림 15(a)와 같이 된다. 이 空氣線圖上的 표시가 그림 (b)이다. 點 1은 실내, 點 2는 吹出空氣의 상태인데 실내의 난방부하와의



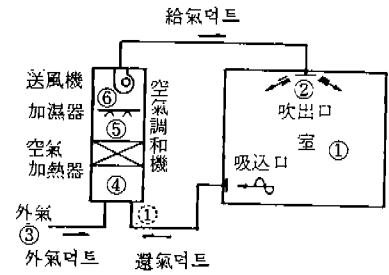
① 室内, ② 吹出空氣, ③ 外氣, ④ 空氣加熱器入口空氣(外氣와 還氣의 混合), ⑤ 空氣冷却器出口空氣

(a)



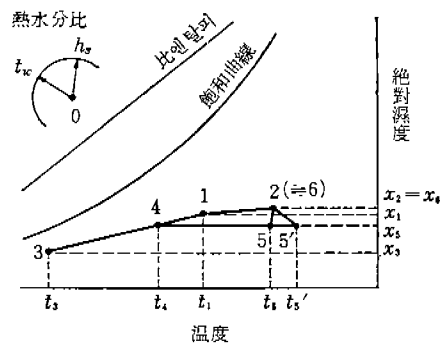
(b)

〈그림 14〉 冷房時의 空調裝置의 狀態表示



① 室内, ② 吹出空氣, ③ 外氣, ④ 空氣加熱器入口空氣(外氣와 還氣의 混合), ⑤ 空氣加熱器出口空氣, ⑥ 空氣加濕器出口空氣

(a)



(b)

〈그림 15〉 暖房時의 空調裝置의 狀態表示

관계는 냉방시의 (3·10), (3·11)과 동일하고 正負의 부호를 바꾼 것이다.

공기가열기에 있어서는 外氣와 還氣의 混合에서 구해지는 點 4의 상태에서 點 5의 상태까지 加熱한다. 點 5는 가습기의 종류에 따라서 변하고 증기가습기의 경우에 點 5, 水噴霧加濕器의 경우는 點 5'가 된다. 따라서 必要加熱量 q_h (kcal/h)는

$$\left. \begin{aligned} & \text{(증기가습기의 경우)} \\ & q_h = 0.29V(t_5 - t_4) \\ & \text{(수분무가습기의 경우)} \\ & q_h = 0.29V(t_5' - t_4) \end{aligned} \right\} \quad (3 \cdot 14)$$

가 된다.

가습기 출구인 點 6의 공기상태는 送風機와 給氣 덕트를 통해 吹出口인 點 2의 상태가 되지만 송풍기에 의한 공기온도 상승과 덕트 熱損失에 의한 온도강하가 상쇄되므로 그 差는 작아지며 點 6과 點 2가 동일하게 近似한다.

또 가습기에서는 증기가습의 경우, 點 5에서 點 6으로, 水噴霧加濕에서는 點 5'에서 點 6으로 변화하는데, 이것은 熱水分比 ($u = h_s$ 또는 $u = t_w$)를 사용하여 구할 수 있다. 이 경우의 加濕量 L (kg/h)은 증기의 경우나 물의 경우나 동일하게

$$L = \frac{V}{0.83} (x_6 - x_5) \quad (3 \cdot 15)$$

이다.