◆ 解 說 ◆

温度計測과 制御

崔 泓 基

1. 温度制御

예를들어 아래처럼 커다란 水槽에 熱帶魚를 기르고 있다. 여기에 기르고 있는 熱帶魚는 水温이 20℃ 以下로 내려가면 죽어버린다. 이 熱帶魚를 기르는데 最適한 水温은 30℃이다.

그러므로 우리는 이 水槽의 温度를 여름, 겨울 할것없이 항상 30℃ 前後로 유지시키지 않으면 안된다.

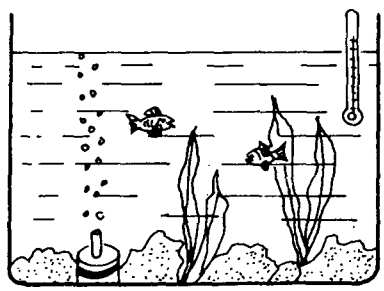


그림 1-1

그러면 이 水槽의 温度를 항상 30℃로 유지하려면 어떻게 해야 할까? 가장 쉬운 方法으로 電氣加熱器를 使用하여 水温이 30℃ 以下로 내려가면 스위치 S를 닫는다(스위치 ON) 그렇게 하면 電氣加熱器가 發熱하여 水槽의 温度를 上昇시킨다. 水槽의 温度가 30℃를 넘으면 스위치 S를 연다(스위치 OFF) 이런 操作을 반복함으로써 水槽의 温度를 30℃ 前後로 유지시킬 수 있다.

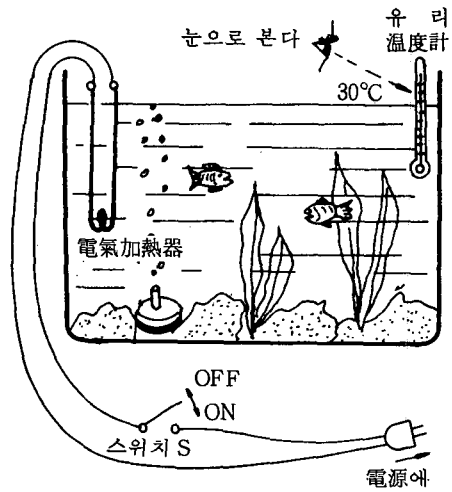


그림 1-2

그러나 사람이 항상 옆에 있어서 温度計를 監視하여 스위치를 開閉시킬 수는 없다. 그래서 사람의 손을 빌리지 않고 水槽의 温度를 30℃ 前後로 유지시키는 方法을 생각해 본다.

2. 自動温度制御

사람의 손을 빌리지 않고 水槽의 温度를 30℃로 유지하는데에는 스위치 S 대신에 温度調節計를 使用한다.

또 유리温度計 대신에 温度檢出端을 使用한다

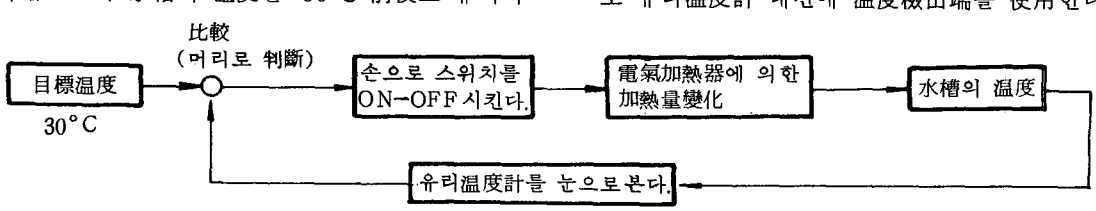


그림 1-3 手動温度制御의 블록線圖

*正會員 現代設備(株)

그래서 溫度調節計의 設定을 30℃로 한다.

(1) 自動溫度制御

○ 지금까지는 유리 溫度計를 봄으로 水槽의 溫度를 알아서 손으로 스위치를 開閉시킬수 있었다.

○ 그러나 이제는 溫度檢出端이 水槽의 溫度를 檢出하여 設定溫度(30℃) 보다 낮을 때에는 溫度調節計의 릴레이 回路를 닫아 加熱器에 電流가 흐른다. 그래서 加熱器로 熱을 發生시켜 水溫을 上昇시킬 수 있다.

○ 水溫이 上昇하여 檢出水溫이 30℃以上이 되면 溫度調節計의 릴레이 回路가 열려 加熱器에 電流가 흐르지 않게 된다. 그래서 水溫은 내려가게 된다.

○ 이런 동작을 반복함으로 水槽의 溫度를 30℃ 前後로 유지시킨다.

(2) 피드백루프(Feedback Loop)

○ 以上을 図式化하여 보면 1개의 루프를 나타내고 있는 것을 알수 있다. 이것을 피드백 루프라고 말한다. 또 이것에 의한 制御를 피드백制御라고 말한다.

(3) 周圍溫度에 의한 影響

여기서 水槽의 周圍溫度에 의한 影響을 생각하여 보자. 周圍가 바람이 없는 安定된 零圍氣로 溫度도 30℃이면 水槽溫度가 30℃일 때 이 狀態는 長時間 安定된다. 그러나 周圍가 20℃일 때는 水槽溫度가 30℃가 되어 電氣加熱器가 OFF 되었어도 周圍溫度의 影響으로 水溫이 내려가 자주 加熱器가 ON, OFF 된다. 반대로 周圍溫度가 40℃일 때 水溫은 自然히 30℃ 以上이 되어 電氣加熱器 代身에 冷却器로 冷却시켜야 한다. 이와 같이 水槽의 溫度는 항상 周圍

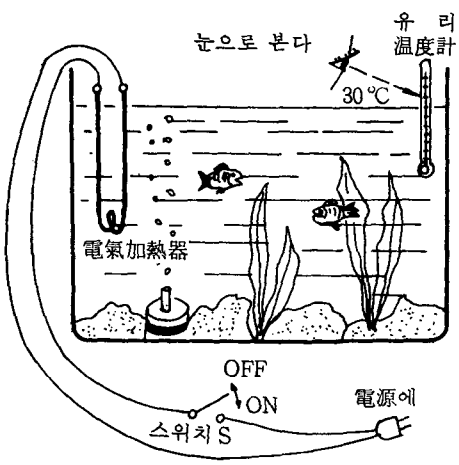


그림 2-1

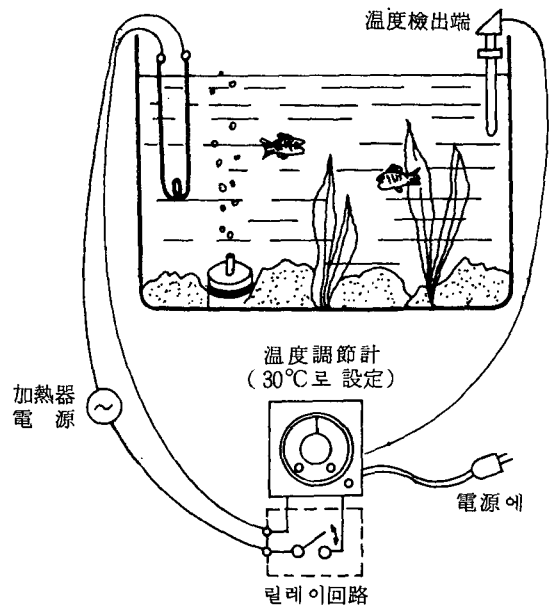


그림 2-2

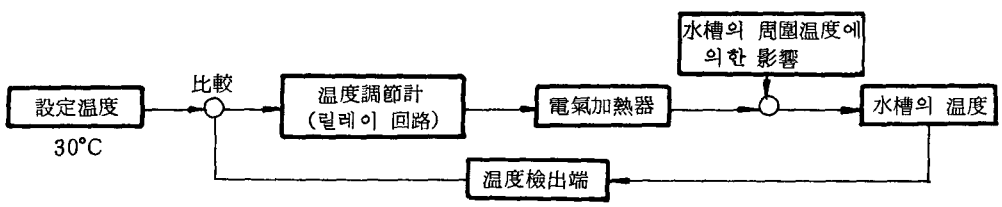


그림 2-3 自動溫度制御의 블록線圖

温度의 影響을 받는다. 이렇게 制御系 外部로부터 制御對象에 直接 影響을 미치는 것을 外亂이라 한다.

3. 피드백制御(定値制御)

(1) 피드백制御

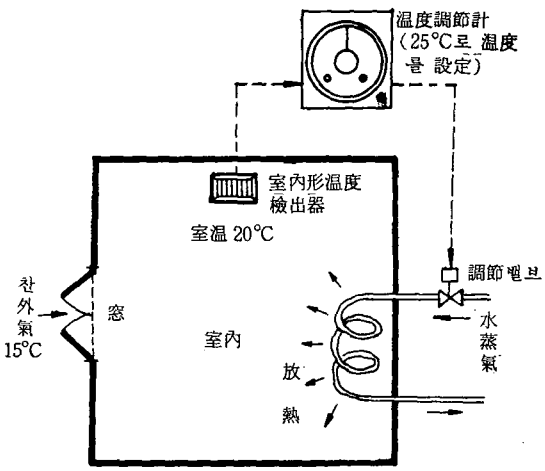


그림 3-1

○ 室温의 制御를 例를 들면 지금 室温을 25℃로 하고 싶은 경우 이것이 目標値 즉 設定値가 된다.

○ 檢出器는 現在의 室温 20℃를 檢出하여 信號를 調節計로 보낸다.

○ 調節計는 檢出温度(20℃)와 設定値(25℃)를 比較하여 그 温度差(이것을 制御偏差라고 한다)를 작게 하도록 信號를 調節벨브로 보낸다.

○ 調節벨브는 調節計로 부터의 信號에 의해 動作하여 制御對象이 되는 室温을 25℃에 가까워지도록 한다.

○ 여기에 外亂(例로 窓으로부터 침입하는 찬 外氣등)이 없다면 室內温度는 時間이 경과함에 따라 25℃에 가까워진다.

○ 室温이 25℃로 되면 檢出器로 檢出된 温度와 設定値가 같아지고 偏差는 零(zero)으로 된다.

○ 이렇게 制御偏差에 의해 이루어지는 制御에서는 信號가 制御系中 한바퀴 돌게(feed-back 되게) 되는데 이런 方式을 피드백制御라고 말한다.

(2) 電氣加熱器에 의한 室温制御

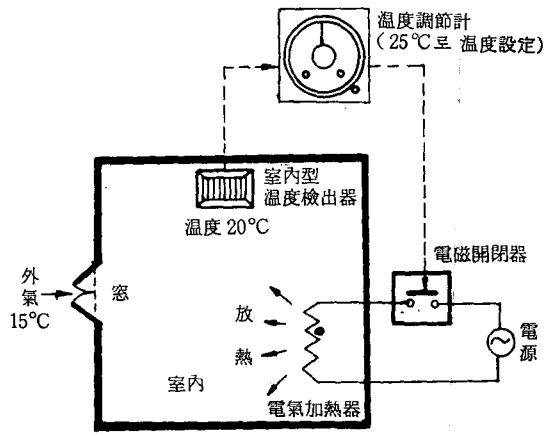


그림 3-2

○ 温度檢出器로 室温(20℃)을 檢出하여 調節計로 보낸다.

○ 温度調節計는 設定温度(25℃)와 檢出温度를 比較하여 偏差가 작아지게 電磁開閉器로 信號를 보낸다.

○ 電磁開閉器는 温度調節計로 부터의 信號에 의하여 開閉하여 加熱器電源을 넣었다 떼었다 한다.

○ 室温이 設定温度보다 낮으면 電磁開閉器가 닫혀 加熱器에 電源을 供給한다.

○ 加熱器가 放熱하여 室温이 25℃가 되면 温度檢出器가 檢出하여 調節計의 出力은 OFF 된다. 電磁開閉器는 열려 加熱器의 加熱이 中止된다.

(3) 피드백루프

以上을 블록線図로 그리면 아래와 같이 된다. 이것을 피드백루프라 한다.

(4) 피드백制御의 各構成要素

프로세스制御에는 温度制御, 濕度制御, 壓力制御, 流量制御, PH制御 등 여러가지 있지만 이중 가장 많이 하는 制御가 温度制御이다.

여기에서 이 温度制御의 例를 들어 본다.

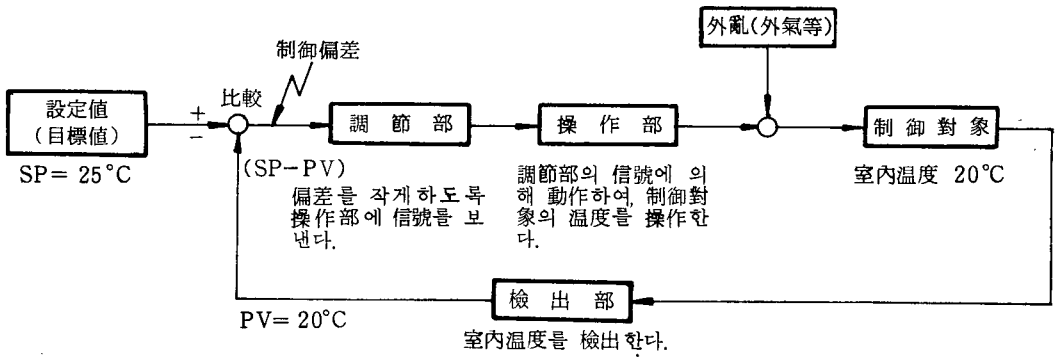


그림 3-3 피드백루프

構成要素	名 稱	役 割	種 類
檢 出 部	溫 度 檢 出 端	制御對象의 溫度를 檢出한다	熱電對, 測溫抵抗體, 液膨脹式 등
調 節 部	溫 度 調 節 計 (溫度調節器)	設定溫度와 檢出溫度를 比較하여 制御偏差를 적게 하도록 操作器에 信號를 보낸다	電氣式, 電子式, 空氣式 調節計
操 作 部	操 作 器	調節計로부터의 信號에 의해 操作端을 動作시킨다	電磁開閉器(릴레이), 電磁밸브, 電動모터, 空氣式모터, 사이리스터(SCR, TRIAC)
	操 作 端	操作器에 의하여 作動되어 制御對象의 溫度를 制御한다	調節밸브本體

4. 溫度制御方法

(1) 水蒸氣에 의한 水槽의 溫度制御

水槽의 溫度(100℃ 以下)를 測溫抵抗體로 檢出하여 電磁밸브나 電動밸브를 開閉하여 水蒸氣流量을 加減하여 물의 溫度를 制御한다. 水槽內의 水蒸氣配管에는 구멍이 있어 水蒸氣를 噴霧한다.

水蒸氣 대신에 電氣加熱器를 使用하는 方法도 생각할 수 있다.

(2) 恒溫槽의 制御

測溫抵抗體로 恒溫槽內溫度(一般으로 100℃ 以下)를 檢出하여 溫度가 낮을 때 電氣加熱器로 加熱한다. 溫度가 높으면 電磁開閉器를 열어

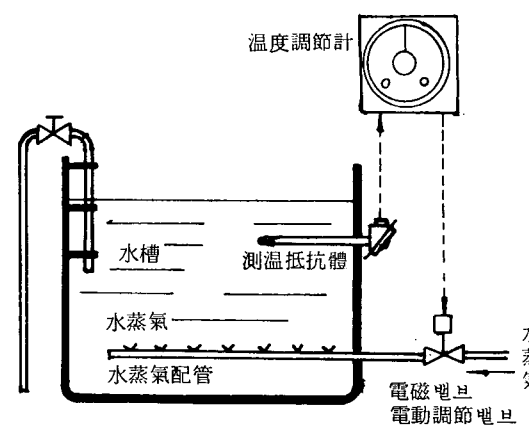


그림 4-1

加熱器의 加熱을 停止시킨다.

恒温槽內의 空氣는 팬으로 순환시킨다. 恒温槽温度가 높을 때 冷凍機를 動作시켜 温度를 떨어 뜨리는 것도 있다.

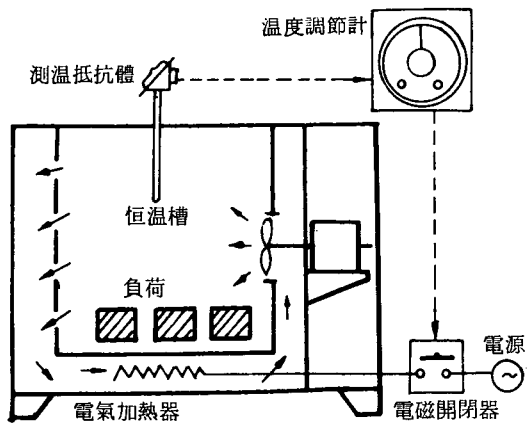


그림 4-2

(3) 電氣爐의 制御

熱電對로 電氣爐內 温度를 檢出하여 사이리스터(SCR 또는 TRIAC)를 驅動하여 爐內温度를 設定温度로 制御한다. 사이리스터는 無接點(NO CONTACT)式이나 有接點의 電磁開閉器器를 사용할 때도 많이 있다.

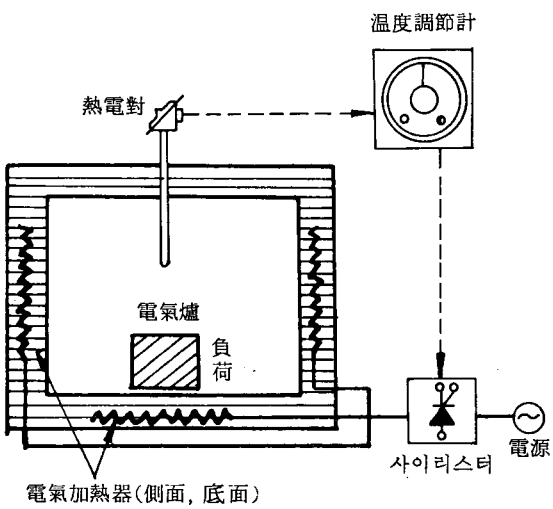


그림 4-3

(4) 燃燒爐의 制御

熱電對로 爐內温度를 檢出하여 温度調節計의 信號로 設定温度 보다 낮을 때는 調節밸브를 연다. 또한 設定温度 보다 높을 때는 調節밸브를 닫는다. 이렇게 버너의 燃料量을 變化시켜 爐內温度를 設定値로 制御한다.

一般으로 温度制御裝置外에 自動點火, 火災監視, 失火時의 燃料庶斷等을 하는 燃燒安全裝置를 使用하지만 여기서는 省略하였다.

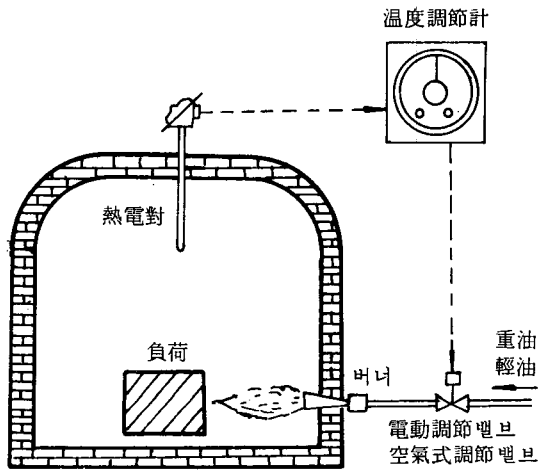


그림 4-4

(5) 턴넬오븐의 制御

턴넬오븐이나 턴넬爐와 같이 길이가 긴 連續爐는 爐를 몇 존으로 나누어 制御한다.

이 例로 爐를 4個로 나누어 各各 個所의 温度를 따로 制御한다. 턴넬入口 附近의 温度를 No. 1 測温抵抗體(또는 熱電對)로 檢出하여 No. 1 調節計로 No. 1 調節밸브를 開閉하여 設定温度로 制御한다. No. 2, 3, 4도 같다. 이런 制御는 一般으로 벤튜리형 버너를 使用하여 調節밸브로 깨스量이 아니고 空氣量을 制御한다. 깨스配管에는 제로가바나로 깨스壓力을 大氣壓까지 떨어뜨린다.

또한 爐內温度는 爐의 入口로 부터 出口까지 一定하게 하지 않고 分割하며 制御 하므로써 그림 4-6과 같이 温度勾配를 갖게 할 수 있다.

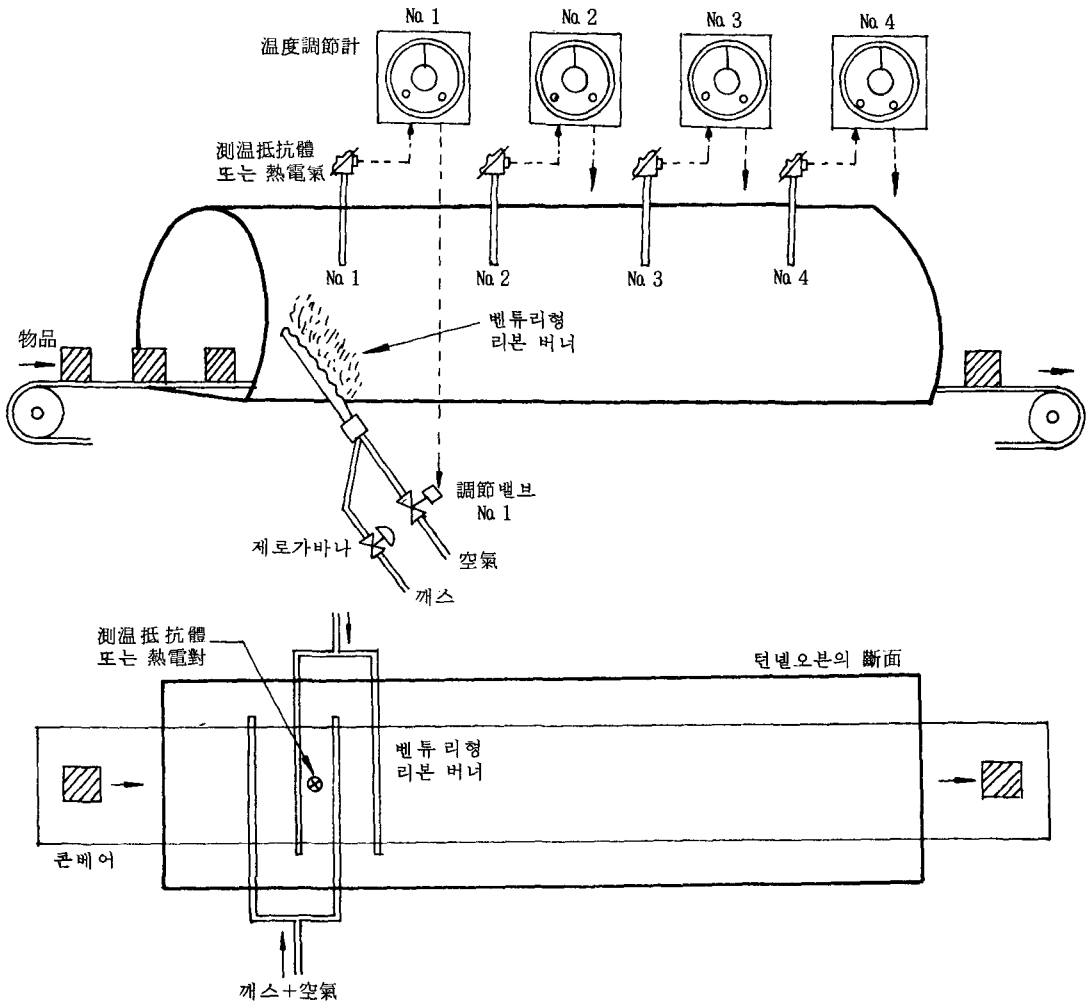

No. 1
No. 2
No. 3
No. 4
温度調節計
測温抵抗體
또는 熱電氣
No. 1
No. 2
No. 3
No. 4
物品
벤튜리형
리본 버너
調節벨브
No. 1
제로가바나
空氣
깨스
測温抵抗體
또는 熱電對
턴넬오븐의 斷面
벤튜리형
리본 버너
콘베어
깨스+空氣

그림 4-5

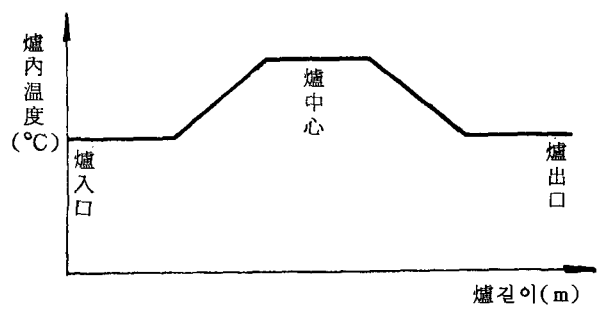

爐內温度(℃)
爐入口
爐中心
爐出口
爐길이(m)

그림 4-6

5. 温度検出端의 種類와 特長

種 類	検 出 方 法	長 點	短 點	常用温度範圍
熱 電 對 T/C	熱起電力 (Seeback效果)	○比較的高温部의 測定에 適合하다. ○遠隔測定이 可能하다 ○應答이 빠르다. ○精度가 좋다.	○冷接點 補償이 必要 ○熱電對부터 計器까지의 配線은 補償導線을 사용해야 한다. ○低温部의 測定에 適合치 않다.(熱起電力이 작기 때문에)	−200 ~ 1400℃
測温抵抗體 RTD RB	抵抗値變化	○比較的低温部의 測定에 適合하다. ○遠隔測定이 可能하다. ○應答이 빠르다. ○精度가 좋다.	○高温部의 測定이 不可能하다.	−50 ~ 400℃
液 膨 脹 式 (液體膨脹)	Toluene Silicon 등의 液體膨脹	○現場形計器(検出部와 指示, 調節部가 一體) ○比較的 값이 싸다. ○使用이 쉽다. ○간단히 操作할 수 있다.	○使用温度範圍가 좁다. ○遠隔測定이 不可能하다. ○應答이 늦다. ○精度가 별로 좋지 않다.	−15 ~ 200℃
바이메탈式	二種金屬의 熱膨脹率의 차이	○값이 싸다. ○使用이 쉽다. ○간단히 操作	○使用温度範圍가 좁다. ○應答이 늦다. ○精度가 나쁘다. ○수명이 별로 길지 않다.	−15 ~ 195℃
幅射検出器	物體의 幅射熱 (赤外線 에너지)	○熱電對보다도 高温部의 測定이 可能하다. ○遠隔測定이 可能하다. ○應答이 빠르다. ○測温하려는 物質에 접촉하지 않고도 測定이 可能하다.	○測定하려는 物質에 의한 幅射率의 補正이 必要하다. ○高價이다. ○周圍環境이나 外亂의 影響을 받는다.	0 ~ 數千度

6. 熱電對

(1) 熱電對의 原理

2種의 金屬 A, B를 接合하여 그 接點에 各各 다른 溫度 t_1, t_2를 가해주면 熱電對에는 t_1과 t_2의 溫度差에 比例하는 熱起電力이 생긴다. (Seeback 效果) 이 경우 溫度測定側을 測溫接點 또는 溫接點(Hot Junction), 基準側을 基準接點 또는 冷接點(Cold Junction)이라고 한다.

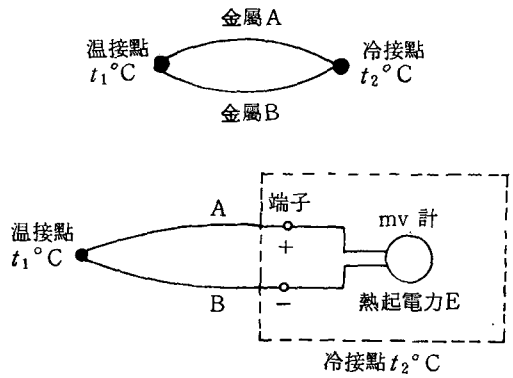


그림 6-1

(2) 熱電對의 種類

種 類	Type	表面被覆의 色	⊕ 側(赤色)	⊖側(白色)	常用溫度範圍	使用可能範圍
CC	T	赤과 茶	銅	Constantan	−200～ 300℃	−250～ 350℃
IC	J	赤과 黃	鐵	Constantan	0～ 600℃	−200～1000℃
CRC	E	赤과 紫	Chromel	Constantan	0～ 700℃	−250～1000℃
CA	K	赤과 靑	Chromel	Alumel	0～1000℃	−200～1300℃
PR	R	赤과 黑	白金 Rhodium Pt 87Rh 13	白 金	0～1400℃	0～1600℃
	S	赤과 黑	白金 Rhodium Pt 90Rh 10	白 金		

○ Constantan : 銅, 니켈을 주로한 合金 Cu 55 Ni 45
○ Chromel : 니켈, 크롬을 주로한 合金 Ni 90 Cr 10
○ Alumel : 니켈, 알루미늄, 망간을 주로한 合金 Ni 95, Al 2, Mn 2

(3) 各熱電對의 特徵

種 類	特 徵
銅－Constantan CC	값이 싸고 直線性이 좋고, 熱起電力도 크다. (0～300℃)
鐵－Constantan IC	CC와 같이 直線性이 좋고, 熱起電力도 크다. 還元性개스(H_2, CO)에도 使用可能하다. (0～600℃)
Chromel-Constantan CRC	直線性이 좋고 熱起電力도 크다. 最近 IC 대신에 많이 이용된다. (0～700℃)

種 類	特 徵
Chromel-Alumel CA	級直線性이 좋고 熱起電力도 크다. 工業用으로 가장 많이 사용되고 있으나 還元性 깨스에 약하다. (0 ~ 1000 ℃)
白金 Rhodium -白金 PR (R)	熱起電力이 작고 直線性도 나쁘지만 安定되어서 經年變化가 없고 測定精度도 높다. 酸化性 깨스에는 強하나 還元性 깨스에는 弱하다. (0 ~ 1600 ℃)
PR 6 - 30 Pt 70 Rh 30 -Pt 94 Rh 6	高温用 熱電對로 1800 ℃(常用温度는 1650 ℃)까지 使用可能하다. 1000 ℃ 以上은 直線性이 좋다. 遊離炭素에 弱하다.
Iridium - Iridium - Rhodium Ir -Ir 60 Rh 40	酸化雰圍氣中에서 最高温까지 使用可能하다. 使用範圍는 2000 ℃(常用範圍는 1800 ℃)이다.
Tungsten-Tungsten-Rhemun W-W 74 Re 24	高温用 熱電對, 2800 ℃(常用温度는 2300 ℃)까지 使用可能하나 酸化에 약하므로 水素깨스나 不活性깨스 속에서 使用한다.
銅 - 金 Cobalt Cu-Co Au	低温域에서의 直線性이 좋기 때문에 極低温의 測定에 使用된다. 使用範圍는 - 273 ℃ ~ 20 ℃
Platnel Au 3 Pd 83 Pt 14 - Au 65 Pt 31	CA와 거의 같으나 CA 같이 磁性을 갖지 않는다.

(4) 熱電對에 의한 温度測定回路

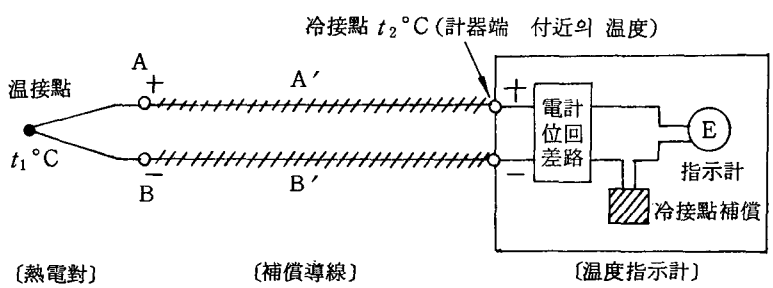


그림 6-2

(5) 補償導線

熱電對와 計器間의 配線은 必히 各熱電對專用의 補償導線으로 配線할 必要가 있다. 이것은 熱電對의 端子部分의 温度變化에 의해 생기는 誤差를 補償하기 위해서이다. 補償導線은 常温附近의 温度에서 各熱電對와 거의 같은 特性을 갖는다.

CC나 IC처럼 싼 熱電對는 補償導線도 같은 材質의 것을 使用하지만 CA나 PR처럼 비싼 것은 補償導線으로 使用할 수 없으므로 特性이 비슷하고 값이 싼 材質을 使用한다.

(6) 補償導線의 種類

種　　類	記　號	⊕　測	⊖　測	表面被覆의 色	왕복선의 전기저항
CC 一 般 用	WCC-G	銅	CONSTANTAN	茶	0.5 Ω／m 以下
CC 耐 熱 用	WCC-H				
IC 一 般 用	WIC-G	鐵	CONSTANTAN	黃	0.5 Ω／m 以下
IC 耐 熱 用	WIC-B				
CRC 一 般 用	WCRC-G	銅	CONSTANTAN	紫	1.0 Ω／m 以下
CRC 耐 熱 用	WCRC-H	CHROMEL	CONSTANTAN		
CA一般用普通級	WCA-G	銅	CONSTANTAN	青	1.5 Ω／m 以下
CA一般用普通級	WCA-GS				
CA耐熱用普通級	WCA-H	鐵	銅과 니켈의 合金		
CA耐熱用精密級	WCA-HS				
PR 一 般 用	WPR-G	銅	銅과 니켈의 合金	黑	0.07 Ω／m 以下
PR 耐 熱 用	WPR-H				

◉ 絶緣抵抗 : 5MΩ/m 以上되지 않으면 안된다.

(7) 冷接點 補償

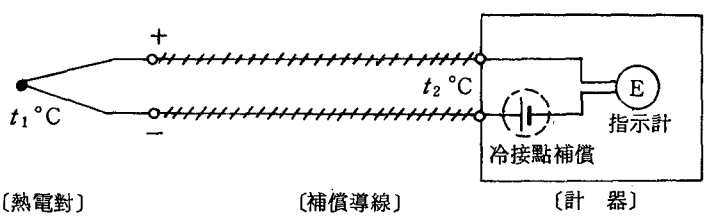


그림 6-3

熱起電力은 冷接點(基準接點) t_2 가 0 ℃ 때의 값이지만 실제에는 計器는 常温에서 使用하기 때문에 t_2 는 0 ℃로 되지 않는다. 그런 까닭에 t_2 의 温度分 만큼 誤差를 나타나게 된다. 이것을 해결하기 위해 熱起電力과 같은 方向의(t_2와 같도록) 熱起電力을 加하여 電氣的으로 t_2 가 0 ℃때와 같은 상태를 만들어 낸다. 이것을 冷接點補償이라 한다. 熱電對入力의 計器의 경우는 普通 冷接點補償을 內藏하고 있다.

(8) 熱起電力特性表

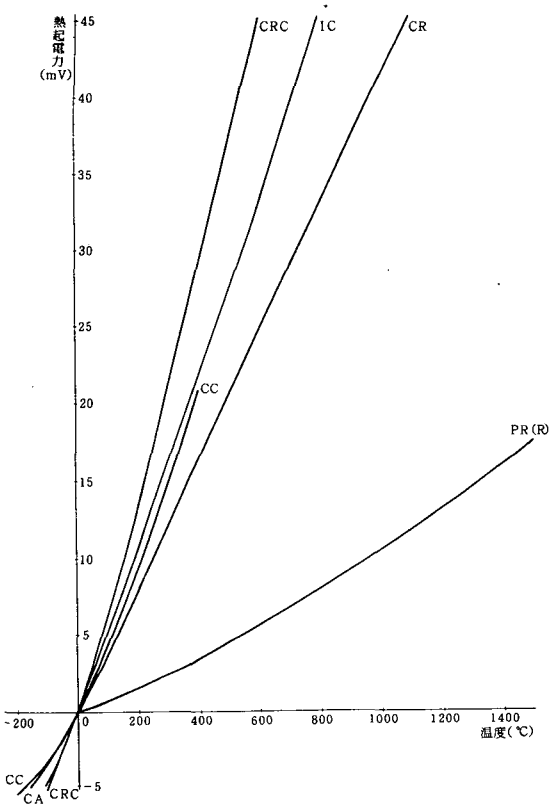
7. 測温抵抗體

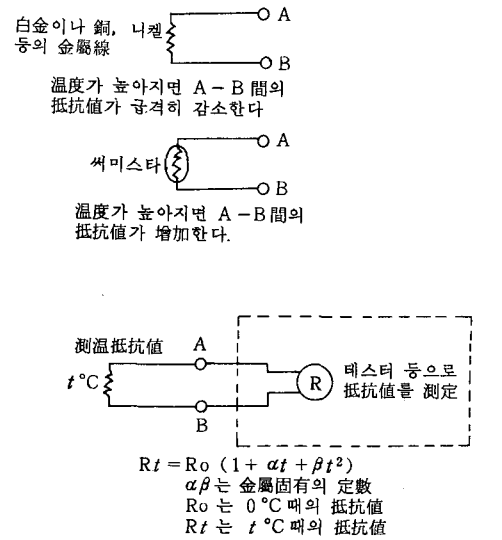
(1) 測温抵抗體의 原理

○ 白金(Pt)이나 니켈(Ni), 銅(Cu) 등의 金屬線은 温度가 높아지면 抵抗値가 增加한다. 또 半導體의 一種인 써미스타는 반대로 温度가 높아지면 抵抗値는 급격히 내려간다.

○ 測温抵抗體는 이와 같은 温度에 의한 抵抗値의 변화를 利用하고 있다.

○ 一般的으로 低温領域(보통 100 ℃ 以下)에는 熱電對의 熱起電力이 낮아 高精度의 測定이





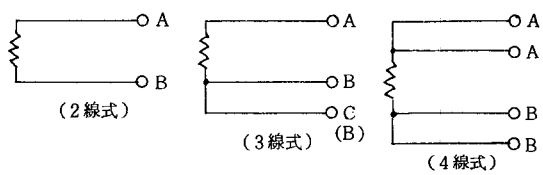


그림 7-1

어렵기 때문에 測温抵抗體가 많이 利用되고 있다.

○ 또 高温領域에는 測温抵抗體의 수명이 현저하게 짧기 때문에 一般的으로 熱電對가 利用되고 있다.

○ 測温抵抗體는 熱電對에 比하여 冷接點補償이 必要없고 配線을 補償導線이 아닌 一般導線으로 할 수 있는 利點이 있다.

(2) 測温抵抗値의 種類와 特徵

種類			使用温度範圍	常用温度範圍	特徵
金屬線	白金 Pt	Pt 50 Ω	저온용 −200~100℃ 저온용 0~350℃	−50~400℃	温度係數는 별로 크지 않으나 再現性이나 安定性이 매우 좋다. 또 均一한 것을 만들기가 용이하므로 가장 널리 사용했다.
		Pt 100 Ω	고온용 0~500℃		
	니켈 Ni	Ni 508.4 Ω	−50~250℃	−50~100℃	白金보다 싸고 温度係數도 크나 均一한 素線을 제작하기가 비교적 곤란하다.

種	類	使用溫度範圍	常用溫度範圍	特 徵
金屬線	銅 Cu		0~120℃	直線性은 좋으나 測定範圍가 좁다 白金이나 니켈에 비해 별로 사용되지 않는다.
	텅스텐 W			測定範圍가 넓으나 재질이 단단하여 제작하기가 어렵다.
半導體	써미스타 * (Thermistor)		−50~300℃	溫度係數가 −로 매우 크기 때문에 (金屬線의 10배쯤) 좋은 感度는 測定할 수 있다. 同一한 것을 制作하기가 어렵고 經年變化가 있고 直線性이 없는 등 短點이 있으나 응답은 제일 빠르다.

*코발트CO, 니켈Ni, 망간Mn, 鐵Fe 등의 산화물을 혼합 燒結시킨 것.

(3) 測溫抵抗體에 의한 溫度測定回路

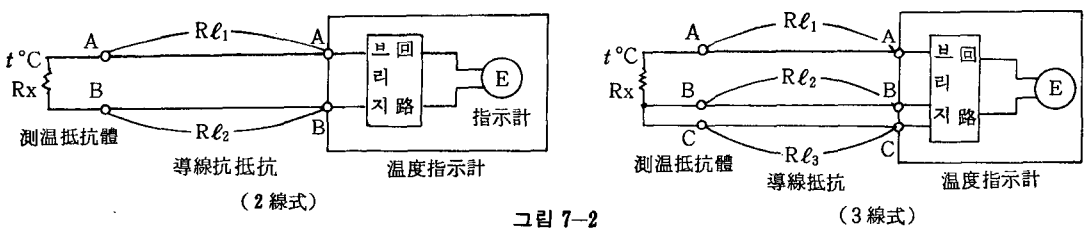


그림 7-2

(4) 브리지回路(Wheatstone bridge)

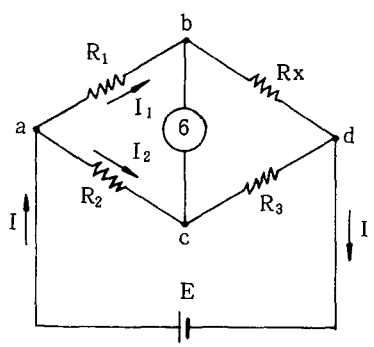


그림 7-3

○ 위그림의 휘트스론브리지에서 ad 間에 電源 E를 걸어 주고 있다.

○ Kirchhoff의 法測에 의해 브리지의 배런스 條件은

(ab 間의 抵抗)×(cd 間의 抵抗)
=(ac 間의 抵抗)×(bd 間의 抵抗)

$$R_1 \cdot R_3 = R_2 \cdot R_x \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots ①$$

○ 이때 b와 c의 電位는 같아서 bc 間에 電流가 흐르지 않는다.

(5) 2線式

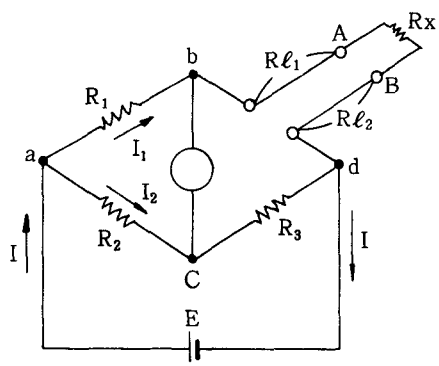


그림 7-4

○ 測溫抵抗體의 抵抗値 R_x, 導線抵抗 Rl_1=

$Rl_2 = Rl$

○ 브리지의 배런스條件

$$R_1 \cdot R_3 = R_2 \cdot (Rl_1 + R_x + Rl_2)$$
$$= R_2 \cdot (R_x + 2Rl) \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots ②$$

○ 이때 bc 間에는 電流가 흐르지 않으므로 bd 間에는 ab 間과 같은 電流 I_1이 흐르고 cd 間에는 ac 間과 같은 電流 I_2 가 흐른다.

○ ②式의 브리지의 배런스條件에 $2Rl$가 더해져 결국 導線에 $I_1 \cdot 2Rl$의 電圧降下를 일으킨다. 이것이 誤差가 된다.

(6) 3線式

○ 測温抵抗體 R_x, 導線抵抗 $Rl_1 = Rl_2 = Rl_3 = Rl$

○ 브리지의 배런스條件

$$R_1 \cdot (R_3 + Rl_2) = R_2 \cdot (Rl_1 + R_x) \cdots\cdots ③$$

○ 브리지가 배런스 되어 있을 때 Rl_1에 電流 I_1에 흐르고 Rl_2에 電流 I_2 가 흐른다.

○ $I_1 = I_2$ 인때 Rl_1에 의한 電圧降下 $I_1 \cdot Rl$과 Rl_2에 의한 電圧降下 $I_2 \cdot Rl_2$는 方向이 반대이고 양이 같다. 그래서 서로 상쇄된다.

○ Rl_3에 의한 電圧降下 $I \cdot Rl_3$는 電源回路에 포함되므로 브리지의 배런스條件에는 관계가 없다.

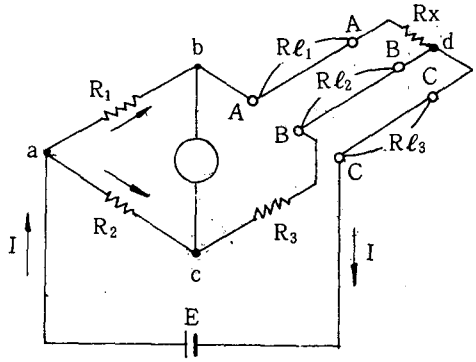
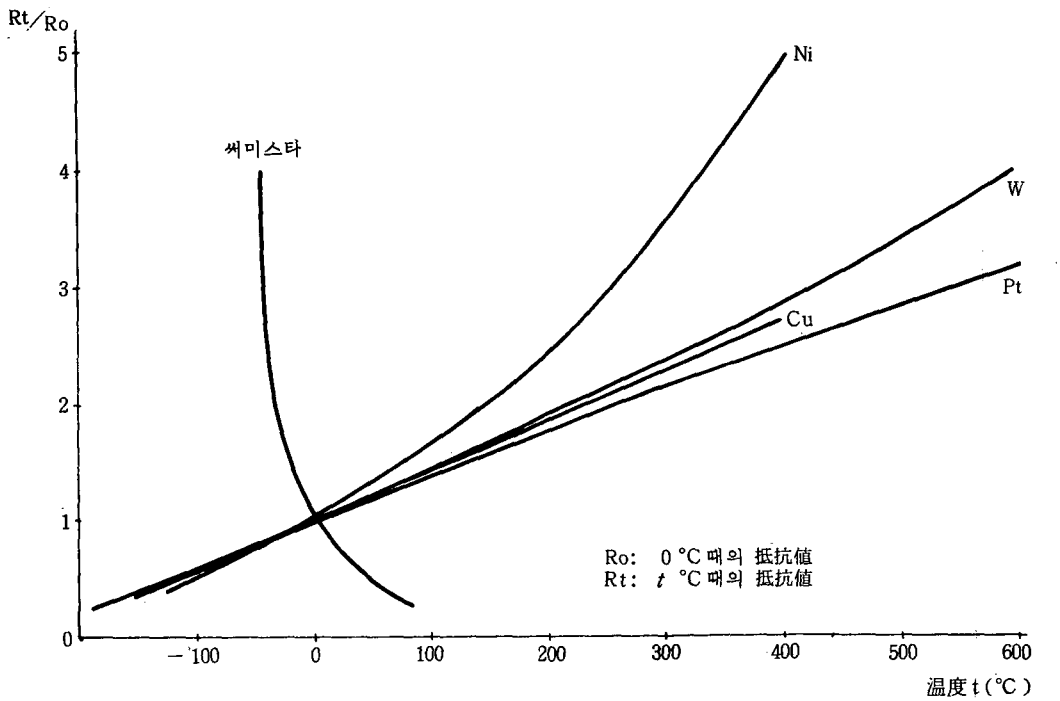
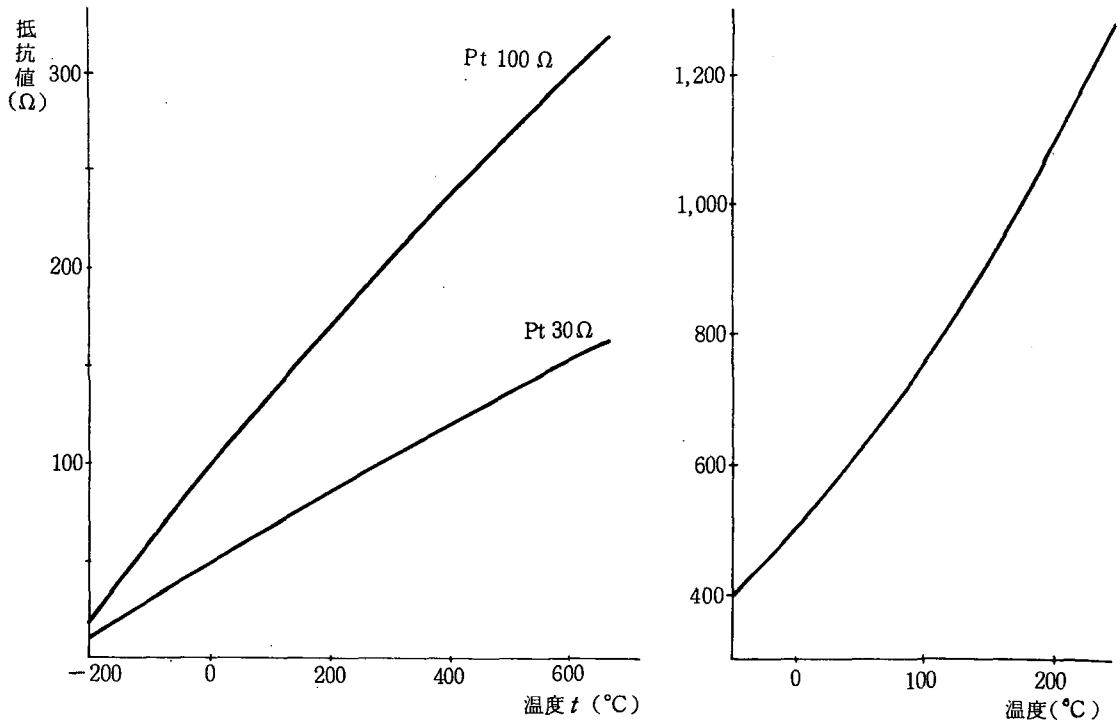


그림 7—5

(7) 測温抵抗體 温度特性表





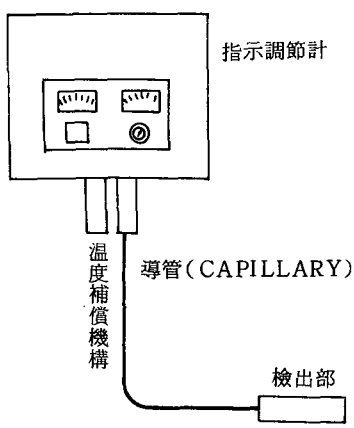


그림 8-1

8. 液膨脹式

(1) 液膨脹式의 原理

○ 温度가 上昇하면 物質의 칫수는 늘어나(熱膨脹)으로 이 現象을 利用하여 温度를 測定할 수가 있다.

○ 이중에서 Toluene, Silicon 油 등의 液體의 熱膨脹을 利用하는 것이 液膨脹式이다.

(2) 液膨脹式의 長點과 短點

○ 液膨脹式은 一般的으로 指示·調節部와 檢出部가 一體로 되어 있기 때문에 現場形計器(또는 調節器)라고 불리워진다.

○ 檢出部로부터 指示·調節部까지의 導管의 길이는 數m 以內이기 때문에 熱電對나 測温抵抗體 등처럼 數 100m 떨어진 負荷의 温度를 測定 制御할 수가 없다.

○ 또 使用温度範圍가 좁고 應答이 늦고 精度가 별로 좋지 않는 등의 短點이 있다.

○ 그러나 값이 싸고 使用이 용이하여 간단히 操作할 수 있기 때문에 그다지 精度를 要求하지 않는 곳에 많이 사용된다.

(3) 種類(美國 Honeywell 社 製品을 利用하였음)

모 델	指示	制御動作	使用温度範圍	導管길이	出 力 · 기 타
T 654A	有	二 位 置 (ON-OFF)	−15~ 65℃ 10~120℃ 10~200℃	1800mm 6000mm	○SPDT Micro Switch ○周圍温度補償機構付
T 954A	有	比 例 動 作		1800mm	○ 135Ω 抵抗出力 ○周圍温度補償機構付
T 675A	無	二 位 置 (ON-OFF)	−15~ 35℃ 15~ 75℃ 75~125℃	1500mm 6000mm	○SPDT Micro Switch ○周圍温度補償機構(機械的)付
T 678A	無	二 位 置 (ON-OFF)			○SPDT Micro Sw. 2개 ○周圍温度補償機構(機械的)付
T 991A	無	比 例 動 作			○ 135Ω 抵抗出力 ○周圍温度補償機構(機械的)付
T 991B	無	比 例 動 作	20~ 60℃	3050mm (온도보상용) 9150mm	○ 134Ω 抵抗出力 ○周圍温度補償機構(외기용검출부)付

9. 바이메탈(BIMETAL)式

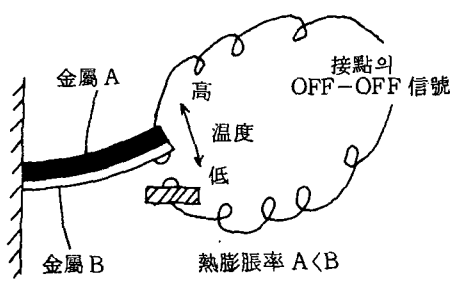


그림 9-1

(1) 바이메탈式의 原理

○ 液膨脹式은 液體의 膨脹을 利用하고 있으나 바이메탈식은 金屬(固體)의 熱膨脹을 利用하고 있다.

○ 위의 그림처럼 熱膨脹率이 다른 2種類의 金屬을 接合하면 温度가 높아질때 바이메탈은 熱膨脹率이 큰 쪽이 구부러지기 때문에 接點은 OFF로 된다.

○ 반대로 温度가 낮아지면 熱膨脹率이 높은 쪽이 수축하기 때문에 바이메탈은 원상태로 돌아가 接點은 ON으로 된다.

○ 家庭用이나 商用 써모스태트나 赤外線加熱器 點滅 램프 등에는 바이메탈이 많이 사용된다

(2) 바이메탈의 長點과 短點

○ 温電對나 測温抵抗體, 液膨脹式등이 一般的으로 工業用에 使用되는데 비하여 바이메탈式은 住宅用, 室內用에 많이 쓰인다.

○ 長點으로는 값이 싸고 使用이 용이하여 간단히 操作할 수가 있다.

○ 그러나 熱電對나 測温抵抗體에 비하여 應答이 늦고 精度가 나쁜점 등의 短點이 있다.

(3) 種類(美國 Honeywell 社 製品을 利用하였음)

모 델	使用温度範圍	特 徵
T 87F	10~35℃	室內의 冷暖房用, 指示付, SPDT水銀스위치

모 델	使用溫度範圍	特 徵
T 882A	設定 11~29℃ 指示 8~37℃	時計 및 타이미付, 타이머의 動作에 의해 낮의 溫度와 밤의 溫度를 각각 設定할 수 있다.
L 4064B	팬 側 ON 18~76℃ OFF 10~68℃ 限界側 35~93℃	팬의 溫度制御+上限 팬側은 動作間隙이 可變 自動-手動전환스위치付
T 4039A-M	13~35℃	室內形溫度調節器(팬코일유니用의 冷暖房用) 팬스위치付의 것도 있다.

10. 保護管

(1) 使用目的

熱電對나 測溫抵抗體는 그대로 사용하면 應答이 빠르지만 實際에는 機械的 振動이나 衝擊, 또는 腐蝕性의 분위기 등에 의해 현저하게 수명이 짧아진다.

이것을 방지하기 위하여 保護管을 使用한다.

(2) 形 狀

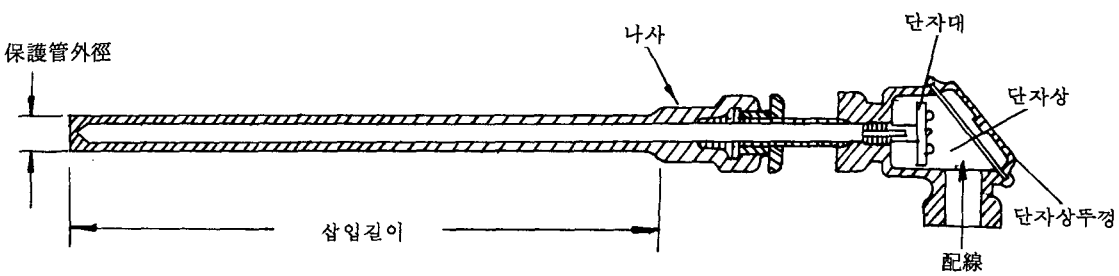


그림 10-1 나사식 保護管 斷面圖

(3) 保護管의 種類와 材質, 使用溫度

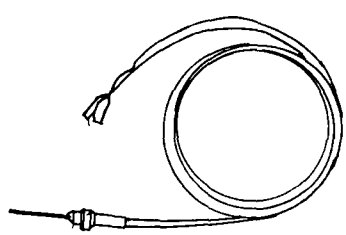
種 類		信 號 (JIS規格)	材 質	常用溫度	過熱限度	特 徵
金屬保護管	스테인리스鋼管	SUS 304	Fe, Cr18, Ni 8	750℃	850℃	一般用
		SUS 316	Fe, Cr17, Ni 13, Mo 2~3	850℃	950℃	一般用 耐蝕性이 크다.
		SUS 316L	Fe, Cr17, Ni 13, Mo 2~3	850℃	950℃	
		SUS 316S	Fe, Cr25, Ni 20	950℃	1050℃	耐熱用
		SUS 347	Fe, Cr18, Ni 17, Nb, Ta	850℃	950℃	耐蝕性이 크다.

種	類	信號 (JIS 規格)	材 質	常用温度	過熱限度	特 徵
金屬保護管	高Chrome 鋼管	P_4	Fe, Cr27, Mnl.5	1000℃	1125℃	耐熱用, 硫黃을 함유한 가스에 강하다.
		907	Fe, Cr27	1000℃	1125℃	
	Kanthal A-1	A-1	Fe, Cr24, Al5.5	1100℃	1350℃	耐熱用, 산화에 강하다.
	Inconel	In	Ni 76, Cr15.8, Fe72	1100℃	1200℃	耐熱用, 耐蝕性이 크다.
	Hastelloy	HAS ×	Ni, Cr22, Fe18.5, Mo9, Wo 6	1090℃	1250℃	耐熱用, 耐藥品性이 크다.
非金屬保護管	硬質 유리	GT-O		500℃	600℃	酸에 강하다.
	高純度 Alumia 管	PT-O	Al_2O_3 99.5%	1650℃	1750℃	耐熱性이 크다.
	Alumia磁器管	PT-1	Al_2O_3 55%, SiO_2 47%	1500℃	1550℃	耐熱性이 크다.
		PT-2	Al_2O_3 48%, SiO_3 47%	1350℃	1400℃	耐熱性이 크다.
	透明石英管	QT	SiO_2	1100℃	1200℃	急熱急冷에 강하다.
	不透明石英管	QT	SiO_2	1000℃	1050℃	
	Teflon	TF		205℃	250℃	산, 알카리등 내약품성이 크다.
	Zirconium	ZR	ZrO_2 91%, CaO 6%	1800℃	2200℃	유리, 金屬등의 耐侵蝕性이 크다.

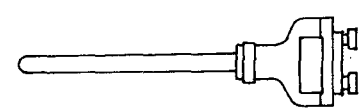
(4) 二重素子(DOUBLE ELEMENT)

一般的으로 保護管內에 1개의 熱電對 또는 測温抵抗體를 넣지만 調節計외에 i)記錄計를 使用하는 경우 ii) 警報用의 計器를 使用하는 경우 iii) 現場에서 指示를 보고 싶은 경우등은 保護管內에 2개, 3개의 素子를 넣는다. 1개의 保護管에 2개의 素子를 넣는 것을 二重素子라고 한다.

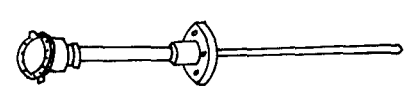
(5) 各種形狀의 保護管



白金測温抵抗體



挿入形



플랜지形

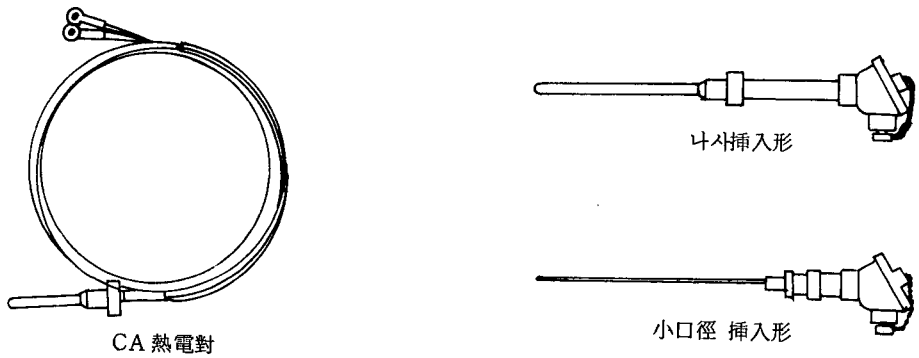


그림 10-2

(6) 時間지연(應答지연)

熱電對나 測温抵抗體는 保護管을 使用하는 것이 직접 使用할 때보다 시간지연이 생기는데 이 시간지연은 材質形狀(규격, 挿入길이, 두께, 간격), 設置方法 등에 의해 달라진다. 時間지연을 적게하려면

i) 保護管의 測温物質에 접촉되는 部分의 面積을 크게 한다.

ii) 檢出部를 쉬스形(保護管內의 空洞部에 熱傳導가 좋은 酸化 마그네시움 MgO을 채우는 것)으로 한다.

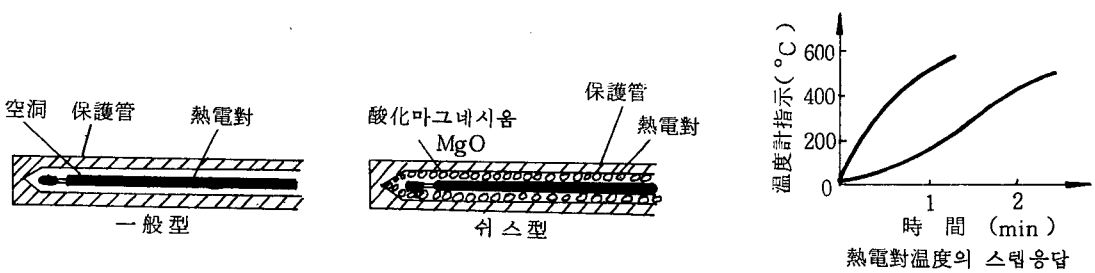


그림 10-3

(7) 設置方法에 의한 誤差

설치방법	誤差(℃)
a	− 15℃
b	− 2℃
c	− 1℃
d	0
e	− 45℃

그림에 있는 b와 c의 差異는 測温部의 두께에 의한 것으로 同一한 삽입길이라면 가는 保護管의 편이 좋은 것을 보여주고 있다. *a*는 流體와의 접촉部分이 짧기 때문에 오차가 크게 된다. *e*는 周圍의 保温이 전혀 되어있지 않다. 또 設置部分의 베이스를 必要 以上으로 크게 만들어 效果가 없다.

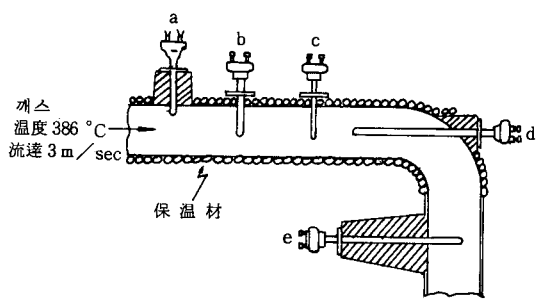


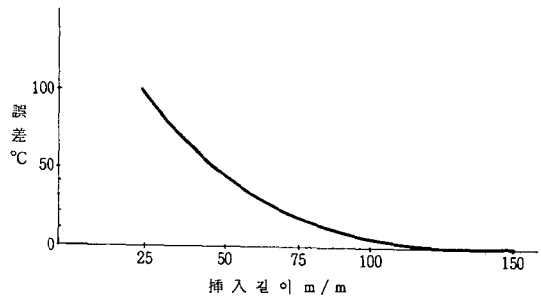
그림 10-4

(8) 挿入길이에 의한 誤差

保護管의 挿入길이는 保護管의 外徑의 15 ~ 20倍가 되는 것이 바람직하다. 다음과 같은 實驗 Data가 있으므로 참고로 기재한다.

이것은 소각로의 예이다.

保護管外徑	7 mm φ
實際温度	약 700 ℃
爐壁温度	150 ℃



11. 検出端의 設置

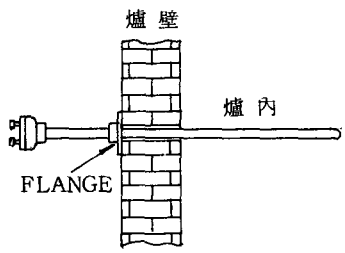


그림 11－1. 爐의 側面에서 水平으로 삽입할때

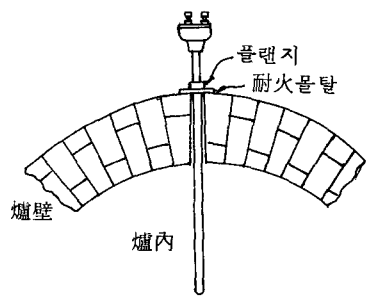


그림 11－2 상부에서 수직으로 삽입할때

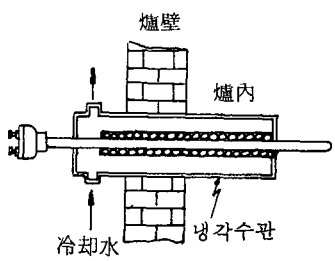


그림 11－3 爐壁의 温度가 爐의 내부보다 높을때

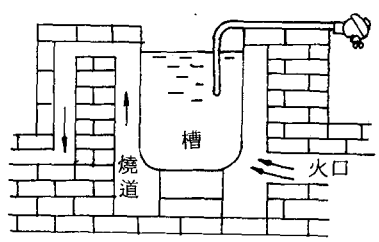


그림 11－4 槽內部 温度를 測定할때

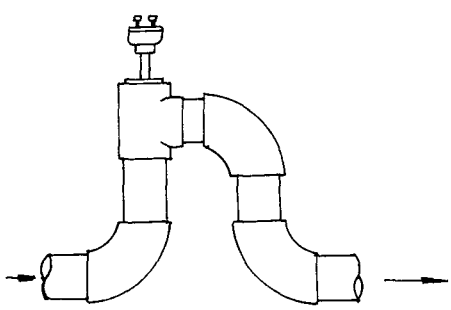


그림 11－5 配管에 삽입할때

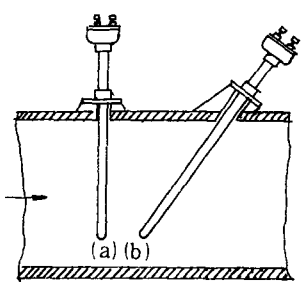


그림 11－6 관경이 큰 配管에 설치할때 (b)쪽이 (a)쪽보다 바람직하다.

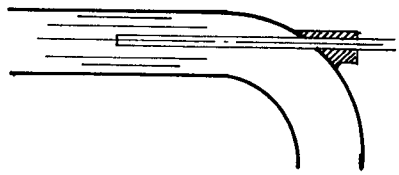


그림 11－7 까스輸送管에 삽입할때

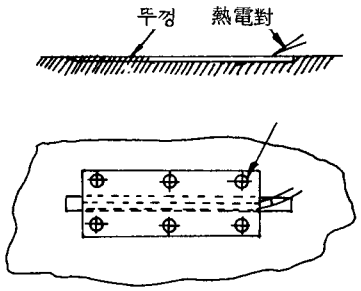


그림 11－8 表面 溫度測定을 할때

12. 工業計器의 計測原理

(1) 偏位法과 零位法

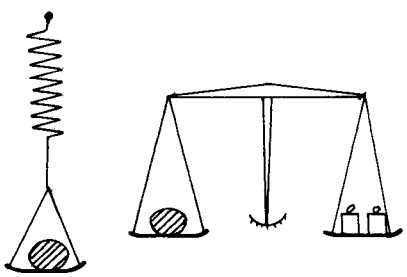


그림 12－1 偏位法(左)과 零位法(右)

一般的으로 測定의 方法으로 偏位法과 零位法이 있다. 위의 그림 처럼 용수철저울과 천평의 예를 들어 설명하면 용수철저울에 의한 무게의 測定에서는 物體를 달아매면 용수철이 늘어나므로(變位) 이 때의 變位를 읽는다. 한편 천평에 의한 測定에서는 천평이 균형을 유지하여 지침이 零을 가리키도록 추의 무게를 조절한다.

이 指針은 단순히 平衡을 이루고 있는가 그렇지 않는가를 알기 위한 것이고 物體의 重量을 알 수는 없다. 物體의 重量은 平衡된 추의 무게를 읽음으로서 알 수 있다. 용수철저울 처럼 直接變位를 測定하는 것을 偏位法, 또 천평처럼 측정하려는 量을 다른 量으로 平衡시켜 間接的으로 測定하는 方法을 零位法이라고 한다.

偏位法은 計器의 精度에 따라 좌우되지만 零位法은 基準이 되는 量을 미리 정확히 알고난 뒤에 平衡點을 찾게되는데 一般的으로 偏位法보다 精度가 좋은 測定을 할 수 있다.

(2) 偏位法에 의한 例(電流計)

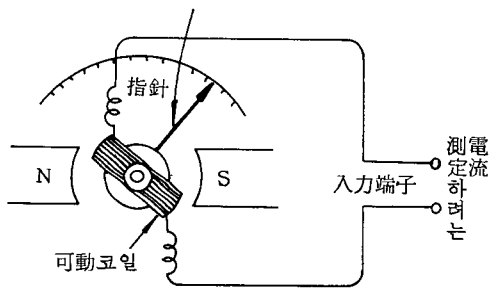


그림 12－2 可動코일形 電流計 原理圖

偏位法에 의한 計器의 例로는 實驗室이나 配電盤등에 널리 쓰이는 可動 코일形의 電流計나 電圧計가 있다. 그림 12－2는 그 原理를 표시한 것이다. 磁界의 가운데 설치된 코일(可動코일)에 電流를 흐르게 하면 電流의 크기에 比例하여 코일이 回轉한다. 그러면 코일의 축에 설치된 指針이 움직여 이 때의 電流値를 표시하도록 되어있다.

(3) 零位法에 의한 例(電位差計)

다음에 零位法에 의한 計器의 例로는 그림 12－3과 같은 電位差計가 있다. 測定하려는 電圧 e 를 그림 처럼 接續하여 슬라이드抵抗 R의 양단에 定電圧 E를 걸어준다. 슬라이드抵抗의 와이퍼를 움직여 檢流計 G의 針이 움직이지 않는 點을 읽는다. 이 點에서는 被測定部 a－b 間에 電流가 전혀 흐르지 않기 때문에 $I_0 = 0$로 된다. 〈다음호에 계속〉