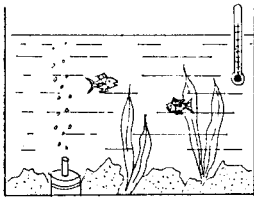


【解 說】

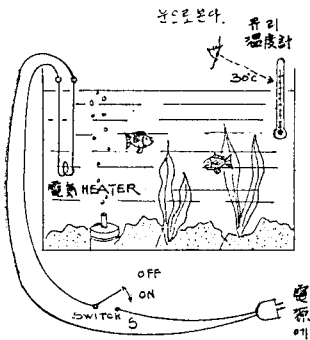
溫 度 計 測 과 制 御

崔 泓 基* · 李 吉 洙*

1-1. 溫度制御란



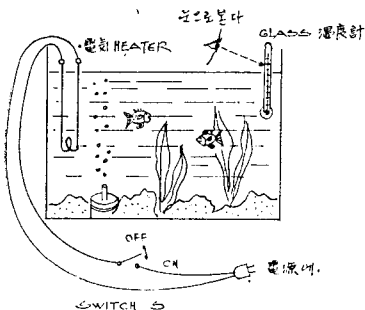
예를들어 왼쪽처럼 커다란 水槽에 熱帶魚를 기르고 있다.
 여기에 기르고 있는 熱帶魚는 水温이 20°C 以下로 내려가면 죽어버린다.
 이 熱帶魚를 기르는데 最適한 水温은 30°C이다.
 그러므로 우리는 이 水槽의 溫度를 여름, 겨울 할것없이 항상 30°C 前後로 유지시키지 않으면 안된다.



그러면 이 水槽의 溫度를 항상 30°C로 유지하려면 어떻게 해야 할까?
 가장 쉬운 方法으로 電氣 Heater 를 使用하여 水温이 30°C 以下로 내려가면 스위치 S를 close 시킨다(스위치 ON)
 그렇게 하면 電氣 Heater 가 發熱하여 水槽의 溫度를 上昇시킨다.
 水槽의 溫度가 30°C를 넘으면 스위치 S를 open 시킨다(스위치 OFF)
 이런 操作을 반복함으로써 水槽의 溫度를 30°C 前後로 유지시킬 수 있다.

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

1-2. 溫度制御의 方法—1

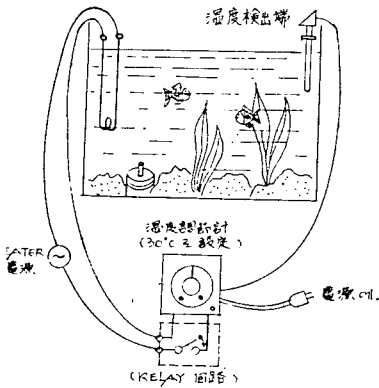


사람의 손을 빌리지 않고 水槽의 溫度를 30°C로 유지하는데에는 스위치 S의 대신에 溫度調節計를 使用한다.

또 유리溫度計의 대신에 溫度檢出端을 使用한다.
 그래서 溫度調節計의 設定을 30°C로 한다

(1) Heater 에 의한 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°C)보다 낮을 때에는 溫度調節計의 Relay 回路를 달아 Heater 에



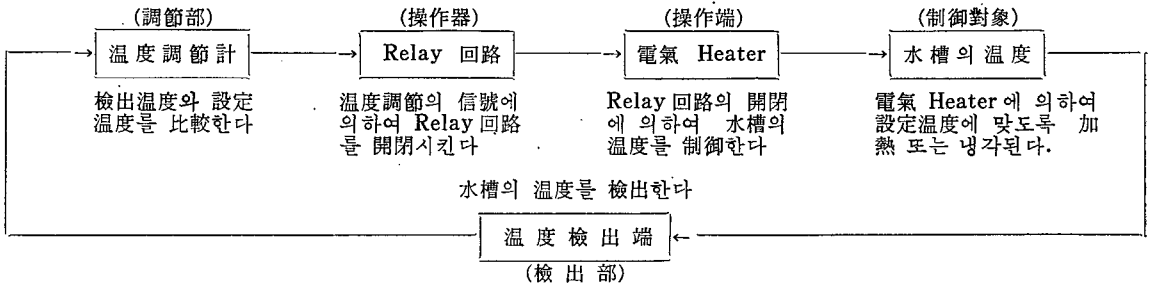
電流가 흐른다. 그래서 Heater로 熱을 發生시켜 水温을 上昇시킬 수 있다.

○水温이 上昇하여 檢出水温이 30°C 以上이 되면 溫度調節計의 Relay 回路가 열려 heater에 電流가 흐르지 않게 된다. 그래서 水温은 내려가게 된다.

○이런 동작을 반복함으로 水槽의 溫度를 30°C 前後로 유지시킨다.

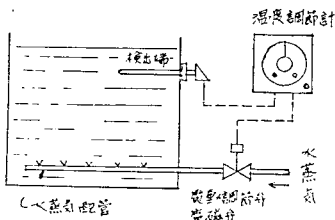
(2) Feedback Loop

○以上을 圖式化하여 보면 1개의 Loop를 나타내고 있는 것을 알수 있다. 이것을 Feedback Loop라고 말한다. 또 이것에 의한 制御를 Feedback 制御라고 말한다.



1-3. 溫度制御의 方法—2

(1) 水蒸氣에 의한 溫度制御



○왼쪽의 그림은 水蒸氣(steam)에 의한 물의 溫度制御를 보여준 예이다.

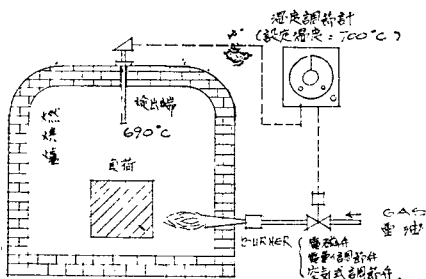
○檢出端은 물의 溫度를 檢出하여 溫度調節計에 信號를 보낸다.

○溫度調節計는 設定溫度와 檢出溫度를 比較하여 信號를 操作器에 보낸다.

○設定溫度보다 檢出溫度가 낮은 경우는 操作器(電磁瓣이나 電動調節瓣)를 열어서 水蒸氣를 흐르게하여 물의 溫度를 上昇시킨다.

○檢出溫度 편이 더 높을 때는 電磁瓣이나 電動調節瓣을 닫아서 水蒸氣를 stop시킨다.

(2) gas나 重油에 의한 燃燒爐의 制御



○그림은 Gas나 重油에 의한 燃燒爐의 溫度制御의 예이다.

○溫度調節計의 設定溫度는 700°C인데 爐內溫度가 지금 690°C로 되어 있다.

○檢出端은 爐內溫度 690°C를 檢出하여 溫度調節計에 信號를 보낸다.

○溫度調節計는 檢出溫度 690°C와 設定溫度 700°C를 比較하여 操作器에 信號를 보낸다.

○이 경우 檢出溫度의 편이 낮으므로 調節計로부터의 信號로 操作器(電磁瓣, 電動調節瓣)를 열어준다.

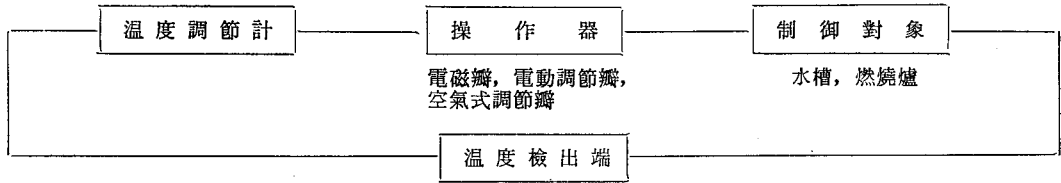
○그리하여 Gas나 重油가 흘러 Burner는 燃燒를 계속하여 爐內溫度를 上昇시킨다.

○그래서 檢出溫度(爐內溫度)가 設定溫度와 같게 되도록 操作器는 開閉動作을 반복하여 爐內溫度를 700°C로 유

溫 度 計 測 과 制 御

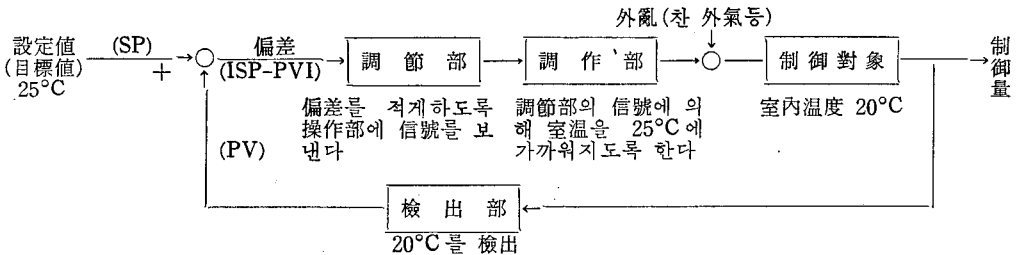
지되도록 한다.

○Feedback Loop



1-4. Feedback 制御(定値制御)

(1) Feedback 制御란



○室溫의 制御를 例를 들면 지금 室溫을 25°C로 하고 싶은 경우 이것이 目標值 즉 設定値가 된다.

○檢出部는 現在의 室溫 20°C를 檢出할 수 있다.

○調節部는 檢出溫度(20°C)와 設定値(25°C)를 比較하여 그 溫度差(이것을 制御偏差라고 한다)를 적게하도록 信號를 보낸다.

○操作部는 調節部로부터의 信號에 의해 動作하여 制御對象이 되는 室溫을 25°C에 가까워지도록 한다.

○여기에 外亂(例로 窓으로부터 침입하는 찬 外氣 등)이 없다면 室內溫度는 時間이 경과함에 따라 25°C에 가까워진다.

○室溫이 25°C로 되면 檢出器로 檢出된 溫度와 設定値가 같아지고 偏差는 zero로 된다.

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

(2) Feedback 制御의 各構成要素

Process 制御에는 溫度制御, 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 溫度制御이다.

여기에서 이 溫度制御의 例를 들어 본다.

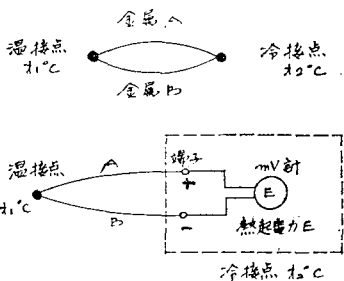
構成要素		役 割	種 類
檢 出 部	溫度檢出端	制御對象의 溫度를 檢出한다	熱電對, 測溫抵抗體, 液膨脹式 등
調 節 部	{ 溫度調節計 溫度調節器	設定溫度와 檢出溫度를 比較하여 操作器에 信號를 보낸다(制御偏差를 적게하도록)	電氣式, 電子式, 空氣式, 調節計
操 作 部	操 作 器	調節計로부터의 信號에 의해 操作端을 動作시킨다.	電磁開閉器(relay), 電磁瓣, 電動모터 Air O. MO. Tor Go Motor Scr 등
	操 作 端	操作器에 의하여 作動되어 制御對象의 溫度를 制御한다.	調節瓣本體

2-1. 溫度檢出端의 種類와 特長

種 類	檢 出 方 法	長 點	短 點	常用溫度範圍
熱 電 對 T/C	熱起電力 (Seeback 效果)	○比較의 高溫部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. ○低溫部의 測定에 適合치 않다. (熱起電力이 작기 때문에)	-200 } 1400°C
測溫抵抗體 BTD RB	抵抗值變化	○比較의 低溫部의 測定에 適合하다. ○遠隔測定이 可能하다. ○應答이 빠르다. ○精度가 좋다.	○高溫部의 測定이 不可能하다.	-50 } 400°C
液 膨 脹 式 (液體脹脹)	Toluene silicon 등의 液體脹脹	○現場形計器(檢出部와 指示, 調節部가 一體) ○比較의 값이 싸다. ○使用이 쉽다. ○간단히 操作할 수 있다.	○使用溫度範圍가 좁다. ○遠隔測定이 不可能하다. ○應答이 늦다. ○精度가 별로 좋지 않다.	-15 } 200°C
Bimetal 式	二種金屬의 熱脹率의 차이	○값이 싸다 ○使用이 쉽다. ○간단히 操作	○使用溫度範圍가 좁다. ○應答이 늦다. ○精度가 나쁘다. ○수명이 별로 길지 않다.	-15 } 195°C
輻射檢出器	物體의 輻射熱 (赤外線) (Energy)	○熱電對보다도 高溫部의 測定이 可能하다. ○遠隔測定이 可能하다. ○應答이 빠르다. ○測溫하려는 物質에 接觸하지 않고도 測定이 可能하다.	○測定하려는 物質에 의한 輻射率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

2-2. 熱電對-1

(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_2 를 加해주면 熱電對에는 t_1 과 t_2 의 溫度差에 比例하는 熱起電力이 生긴다. (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 말한다.

溫 度 計 測 斗 制 御

(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	赤斗茶	銅	Constantan	-200~300°C	-250~350°C
IC	J	赤斗黃	鐵	Constantan	0~600°C	-200~1000°C
CRC	E	赤斗紫	Chromel	Constantan	0~700°C	-250~1000°C
CA	K	赤斗青	Chromel	Alumel	1~1000°C	-200~1300°C
PR	R	赤斗黑	白金 Rhodium Pt 87Rh 13	白金	0~1400°C	0~1600°C
	S	赤斗黑	白金 Rhodium Pt 90Rh 10	白金		

○Constantan: 銅, Nickel을 주로한 合金 Cu55 Ni45

○Chromel : Nickel, Chrome을 주로한 合金 Ni 90 Cr 10

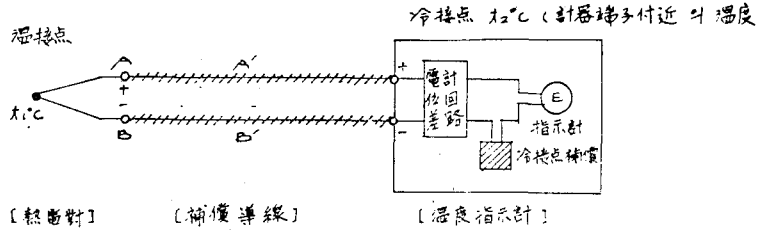
○Alumel : Nickel, Aluminum, Manganese을 주로한 合金 Ni 95, Mn 2, Al 2

(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. 精度 JIS 0.75級 (0~300°C)
鐵-Constantan IC	cc와 같이 直線性이 좋고 熱起電力도 크다. 還元性 Gas(H ₂ , CO)에도 使用可能하다. JIS 0.75級, 1.5級 (0~600°C)
Chromel Constantan CRS	直線性이 좋고 熱起電力도 크다. 最近 IC 대신에 많이 이용된다. JIS 0.75級 (0~70°C)
Chromel. Alumel CA	級直線性이 좋고 熱起電力도 크다. 工業적으로 가장 많이 사용되고 있으나 還元性 Gas에 약하다. JIS 0.4級, 0.75級 (0~1000°C)
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 Gas에는 強하나 還元性 Gas에는 弱하다. JIS 0.25級 (0~1600°C)
PR6·30 Pt70Rh30-Pt94 Rh 6	高溫用 熱電對로 1800°C(常用溫度는 1650°C)까지 使用可能하다. 1000°C 以上은 直線性이 좋다. 遊離炭素에 弱하다.
Iridium-Iridium-Rhodium Ir-Ir60 Rh40	酸化雰圍氣中에서 最高溫까지 使用可能하다. 使用範圍는 2000°C(常用範圍는 1800°C)이다.
Tungsten-Tungsten-Rhe W-W74 Re24	高溫用熱電對, 2800°C(常用溫度는 2,300°C)까지 使用可能하나 酸化에 약하므로 水素 gas나 不活性 gas속에서 使用한다.
銅·金 Cobalt Cu-co Au	低溫域에서의 直線性이 좋기 때문에 極低溫의 測定에 使用된다. 使用範圍는 -273°C~20°C
Platnel Au3 Pd83 Pt14·Au65 Pt31	CA와 거의 같으나 CA같이 磁性을 갖지 않는다.

2-3. 熱電對-2

(1) 熱電對에 의한 溫度測定回路



(2) 補償導線

熱電對와 計器間의 配線은 必히 各熱對專用的 補償導線으로 配線할 必要가 있다. 이것은 熱電對의 端子部分의 溫度變化에 의해 生기는 誤差를 補償하기 爲해서이다. 補償導線은 常溫附近의 溫度에서 各熱電對와 거의 같은 特性을 갖는다.

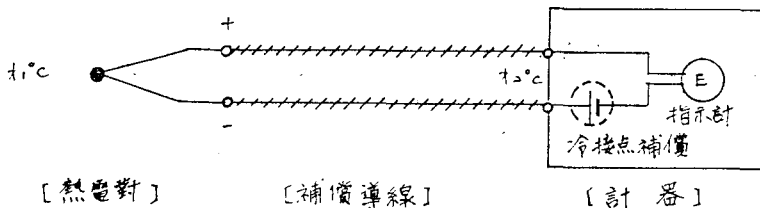
CC나 IC처럼 싼 熱電計의 경우는 補償導線도 같은 材質의 것을 使用하지만 CA PR처럼 비싼것은 補償導線으로 使用할 수 없으므로 特性이 비슷하고 값이 싼 材質을 使用한다.

(3) 補償導線의 種類

種 類	記 號	⊕ 測	⊖ 測	表面被覆の色	왕복선의전기저항
CC 一般用	WCC-G	銅	CONSTANTAN	茶	0.5Ω/m 以下
CC 耐熱用	WCC-H				
IC 一般用	WIC-G	鐵	CONSTANTAN	黃	0.5Ω/m 以下
IC 耐熱用	WIC-B				
CRC 一般用	WCRC-G	銅	CONSTANTAN	紫	1.0Ω/m 以下
CRC 耐熱用	WCRC-H	CHROMEL	CONSTANTAN		
CA 一般用普通級	WCA-G	銅	CONSTANTAN	青	1.5Ω/m 以下
CA 一般用精密級	WCA-GS				
CA 耐熱用普通級	WCA-H	鐵	銅과 Nickel의 合金		
CA 耐熱用精密級	WCA-HS				
PR 一般用	WPR-G	銅	銅과 Nickel의 合金	黑	0.07Ω/m 以下
PR 耐熱用	WPR-H				

◎ 絕緣抵抗 : 5MΩ/m 以上 되지 않으면 안된다.

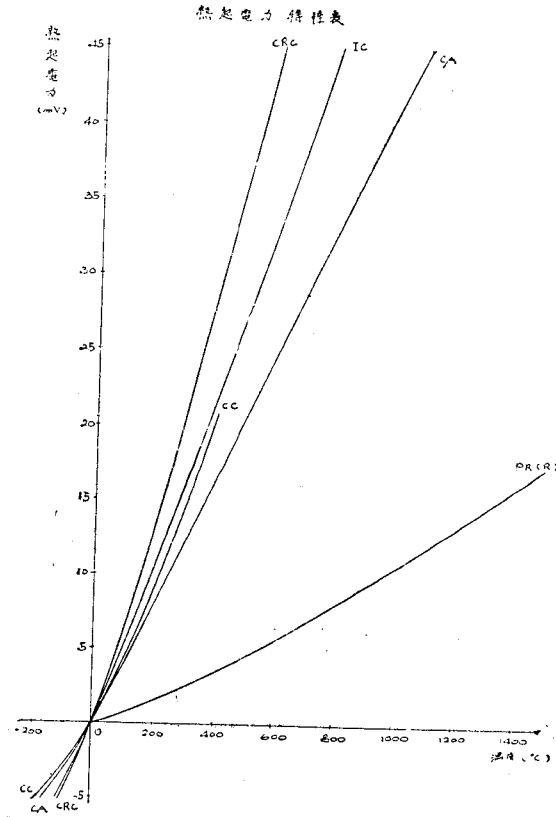
(4) 冷接點 補償



熱起電力은 冷接點(基準接點) t_2 가 0°C때의 값이지만 貴際에는 計器는 常溫에서 使用하기 때문에 t_2 는 0°C로 되지 않는다. 그런 까닭에 t_2 의 溫度分만큼 誤差를 나타내게 된다.

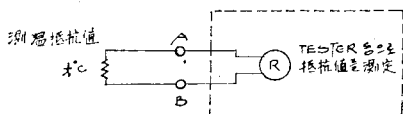
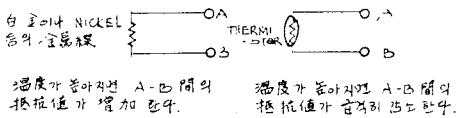
이것을 해결하기 위해 熱起電力과 같은 方向의 (t_2 와 같도록) 熱起電力을 加하여 電氣的으로 t_2 가 0°C 때와 같은 상태를 만들어낸다. 이것을 冷接點補償이라 한다. 熱電對入力の 計器의 경우는 普通 冷接點補償을 內藏하고 있다

2-4. 熱電對 —3



2-5. 測溫抵抗體—1

(1) 測溫抵抗體의 原理



$$R_t = R_0 (1 + \alpha t + \beta t^2)$$

α, β 는 金屬線의 定數
 R_0 는 0°C 에서의 抵抗値.
 R_t 는 $t^\circ\text{C}$ 에서의 抵抗値

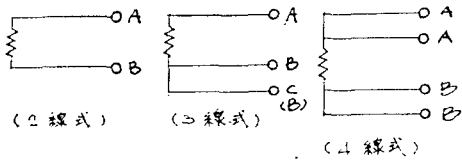
○白金(Pt)이나 Nickel(Ni), 銅(Cu) 등의 金屬線은 溫度가 높아지면 抵抗値가 增加한다.

또 半數體의 一種인 Thermistore는 反대로 溫度가 높아지면 抵抗値는 급격히 내려간다.

○測溫抵抗體는 이와같은 溫度에 의한 抵抗値의 變化를 利用하고 있다.

○一般적으로 低溫領域(보통 100°C 以下)에는 熱電對의 熱起電力이 낮아 高精度의 測定이 어렵기 때문에 測溫抵抗體가 많이 利用되고 있다.

○또 高溫領域에는 測溫抵抗體의 수명이 현저하게 짧기 때문에 一般적으로 熱電對가 利用되고 있다.



○測溫抵抗體는 熱電對에 比해서 冷接點補償이 必要없고 配線를 補償導線이 아닌 一般導線으로 할 수 있는 利點이 있다.

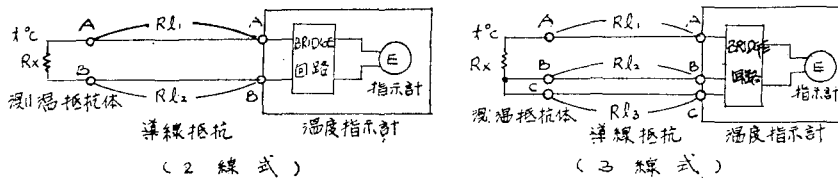
(2) 測溫抵抗體의 種類와 特徵

種	類	使用溫度範圍	常用溫度範圍	特	徵
金	白金 Pt	JIS Pt 50Ω 저온용 -200~100°C	-50~400°C		溫度係數는 별로 크지 않으나 再現性이나 安定性이 매우 좋다. 또 均一한 것을 만들기가 용이하므로 가장 널리 사용됐다. JIS 0.15級 0.3級(0.5級)
		JIS Pt 100Ω 저온용 0~350°C 고온용 0~500°C			
屬	Nickel Ni	Ni 508.4Ω (山武표준)	-50~250°C	-50~100°C	白金보다 싸고 溫度係數도 크나 均一한 素線을 제작하기가 비교적 곤란하다.
線	銅 Cu			0~120°C	直線性은 좋으나 測定範圍가 좁다 白金이나 Nickel에 비해 별로 사용되지 않는다.
	Tangsten W				測定範圍가 넓으나 제질이 단단하여 제작하기가 어렵다.
半	Thermistor*			-50~300°C	溫度係數가 ⊖도 매우 크기 때문에(金屬性의 10배쯤) 좋은 感度은 測定할 수 있다. 同一한 것을 制作하기가 어렵고 經年變化가 있고 直線性없는 등 短點이 있으나 응답은 제일 빠르다

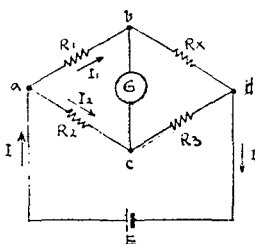
* Cobalt CO Nickel Ni Manganese Mn 鐵 Fe 등의 산화물을 혼합 燒結시킨 것

2-6. 測溫抵抗體—2

(1) 測溫抵抗體에 의한 溫度測定回路

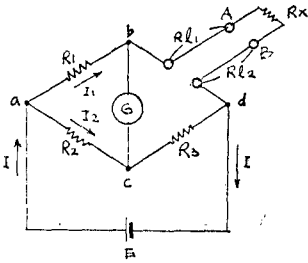


(2) Bridge 回路(Wheatstone bridge)



- 왼쪽그림의 Wheatstone bridge 에서 ad 間에 電源 E 를 걸어 주고 있다.
- Kirchhoff 의 法測에 의해 bridge 의 balance 條件은
 $(ab \text{ 間의 抵抗}) \times (cd \text{ 間의 抵抗}) = (ac \text{ 間의 抵抗}) \times (bd \text{ 間의 抵抗})$
 $R_1 \cdot R_3 = R_2 \cdot R_4 \dots \dots \dots \textcircled{1}$
- 이때 b 와 c 의 電位는 같아서 bc 間에 電流가 흐르지 않는다.

(3) 2線式



○測溫抵抗體의 抵抗値 R_x , 導線抵抗 $RI_1=RI_2=RI$

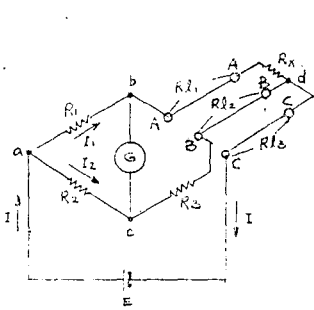
○Bridge의 Balance 條件

$$R_1 \cdot R_3 = R_2 \cdot (RI_1 + R_x + RI_2) = R_2 \cdot (R_x + 2RI) \dots\dots ②$$

○이때 bc 間에는 電流가 흐르지 않으므로 bd 間에는 ab 間과 같은 電流 I_1 이 흐르고 cd 間에는 ac 間과 같은 電流 I_2 가 흐른다.

○②式의 Bridge의 Balance 條件에 $2RI$ 가 더해져 결국 導線에 $I_1 \cdot 2RI$ 의 電流降下를 일으킨다. 이것이 誤差가 된다.

(4) 3線式



○測溫抵抗體 R_x 兼線抵抗 $RI_1=RI_2=RI_3=RI$

○Bridge의 Balance 條件

$$R_1 \cdot (R_3 + RI_2) = R_2 \cdot (RI_1 + R_x) \dots\dots ③$$

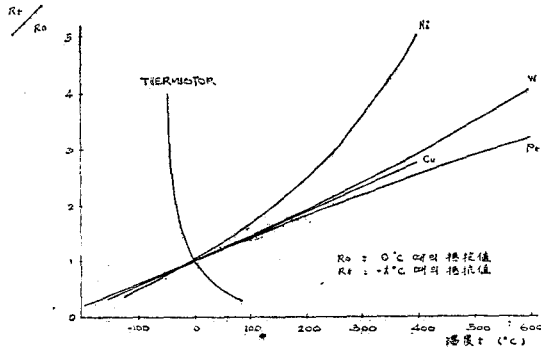
○Bridge가 Balance 되어 있을때 RI_1 에 電流 I_1 이 흐르고 RI_2 에 電流 I_2 가 흐른다.

○ $I_1=I_2$ 인때 RI_1 에 의한 電壓降下 $I_1 \cdot RI_1$ 과 RI_2 에 의한 電壓降下 $I_2 \cdot RI_2$ 는 方向이 반대이고 양이 같다. 그래서 서로 상쇄되어 진다.

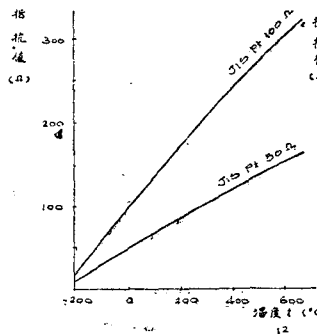
○ RI_3 에 의한 電壓降下 $I \cdot RI_3$ 는 電源回路에 포함되므로 Bridge의 Balance 條件에는 관계가 없다.

2-7. 測溫抵抗體-3

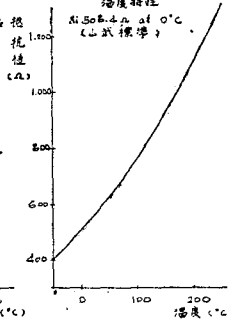
(1) 測溫抵抗體溫度特性表



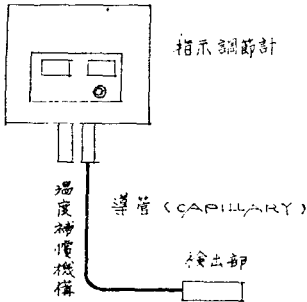
(2) 白金測溫抵抗體特性表



(3) SICKEL 測溫抵抗體溫度特性表



2-3. 液膨脹式



(1) 液膨脹式의 原理

- 溫度가 上昇하면 物質의 體積은 늘어나(熱膨脹)으로 이 現象을 利用하여 溫度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

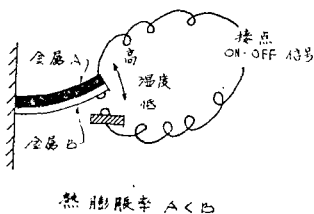
- 液膨脹式은 一般的으로 指示·調節部와 檢出部가 一體로 되어 있기 때문에 現場形計器라고 불리워진다.
- 檢出部로부터 指示·調節部까지의 導管의 길이는 數m 以內이기 때문에 熱電對나 測溫抵抗體 등처럼 數 100m 떨어진 負荷의 溫度를 測定 制御할 수가 없다.

○또 使用溫度範圍가 좁고 應答이 늦고 積度가 별로 좋지 않는 등의 短點이 있다.
 ○그러나 값이 싸고 使用이 용이하여 간단히 操作할 수 있기 때문에 그다지 積度를 要求하지 않는 곳에 많이 사용된다.

(3) 種類(美國 Honeywell 社 製品을 利用하였음)

Model	指示	制御動作	使用溫度範圍	導管 길이	出力 · 기타
T654A*	有	二位置 (ON-OFF)	-15~65°C 10~120°C 10~200°C	1800mm 6000mm	○SpDT Micro Sw ○周圍溫度補償機構付
T954A*	有	比例動作		1800mm	○135Ω 抵抗出力(N904E와 조합됨) ○周圍溫度補償機構付
T675A	無	二位置 (ON-OFF)	-15~35°C 30~80°C 75~125°C	1500mm 6000mm	○Spdt Micro Switch ○周圍溫度補償機構(機械的)付
T678A	無	二位置 (ON-OFF)			○Spdt Micro Sw. 2개 ○주위온도보상기구(기계적)付
T991A	無	比例動作			○135Ω 저항출력(M904E와 조합됨) ○주위온도보상기구(기계적)付
T991B	無	比例動作	20~60°C	3050mm (온도보상용) 9150mm	○134Ω 저항출력(M904E와 조합됨) ○주위온도보상기구(외기용 접출부)付
T915C	無	比例動作	-10~30°C 18~600°C 40~105°C 70~140°C	1330mm 1460mm	○135Ω 저항출력(M904E, M940B와 조합) ○주위온도보상기구(기계적)付
T956C	無	比例動作	115~195°C	1460mm	

* 精度는 ±2% MAX (Scale의 中心에서)



2-9. Bimetal 式

(1) Bimetal 式의 原理

- 液膨脹式은 液體의 膨脹을 利用하고 있으나 Bimetal 式은 金屬(固體)의 熱膨脹을 利用하고 있다.
- 외쪽의 그림처럼 熱膨脹率이 다른 2種類의 金屬을 接合하면 溫度가 높아질때 Bimetal 은 熱膨脹率이 큰 쪽이 구부러지기 때문에 接點은 OFF 로 된다.

○반대로 溫度가 낮아지면 熱膨脹率이 높은쪽이 수축하기 때문에 Bimetal은 원상태로 돌아가 接點은 ON으로 된다.

○家庭用이나 高用의 Thermostat 나 赤外線 Heater, 點滅 Lamp 등에는 Bimetal이 많이 사용된다.

(2) Bimetal의 長點과 短點

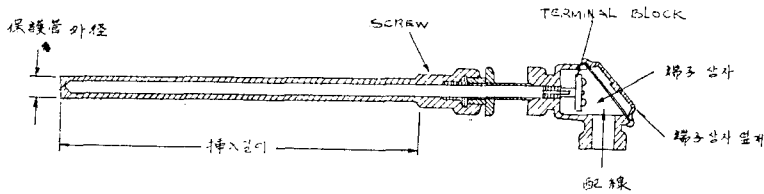
○溫電對나 測溫抵抗液膨脹式등이 一般的으로 工業用에 使用되는데 비하여 Bimetal式은 住宅用, 室內用에 많이 쓰인다.

○長點으로는 값이 싸고 使用이 용이하여 간단히 操作할 수가 있다.

○그러나 熱電對나 測溫抵抗體에 비해서 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)

Model	使用溫度範圍	特 徵
T87F	10~35°C	室內의 冷暖房用, 指示付, Spdt水銀 Sw
T882A	設定 11~29°C 指示 8~37°C	時計 및 Timer付 Timer의 動作에 의해 낮의 溫度와 밤의 溫度를 각각 設定할 수 있다.
L4064B	Fan 側 ON 18~76°C OFF 10~68°C Limit 側 35~93°C	Fan의 溫度制御+High Limit Fan側은 Differential이 可變 自動-手動 Change Over Switch付
T4039A-M	13~35°C	室內形 溫度調節器(Fan Cold Unit用의 冷暖房用) Fan Switch付의 것도 있다.



(SCREW 挿入 保護管)

2-10. 檢出部保護管—1

(1) 使用目的

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

이것을 방지하기 위하여 保護管을 使用한다.

(2) 形 狀

(3) 保護管의 種類와 材質, 使用溫度

種 類	記 號	材 質	常用溫度 過熱限度	特 徵	
金屬保護管	Stainless 鋼管	SUS 304	Fe, Cr18, Ni8	750°C 850°C	一般用
		SUS 316	Fe, Cr17, Ni13 Mo2~3	850°C 950°C	一般用
		SUS316L	Fe, Cr17, Ni13 Mo2~3	850°C 950°C	耐蝕性이 크다

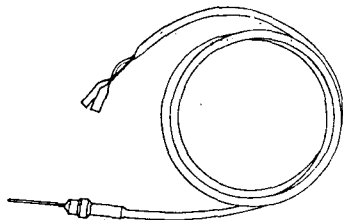
	SUS310S	Fe, Cr25 Ni20	950°C 1050°C	耐熱用	
	SUS 347	Fe, Cr18 Ni17 Nb, Ta	850°C 950°C	耐蝕성이 크다	
高 Chrome 鋼管	P ₄	Fe, Cr27 Mn1.5	1000°C 1125°C	耐熱用, 硫黃을 함유한 Gas에 강하다.	
	907	Fe, Cr27	1000°C 1125°C		
Kanthal A-1	A-1	Fe, Cr24, Al5.5	1100°C 1350°C	耐熱用 산화에 강하다.	
Inconel	In	Ni76 Cr15.8 Fe72	1100°C 1200°C	耐熱用 耐蝕성이 크다.	
Hastelloy	HAS×	Ni, Cr22, Fe18.5 Mo9, Wo6	1090°C 1250°C	耐熱用 耐藥品성이 크다.	
非金屬保護管	硬質 Grass	GT-O	500°C 600°C	酸에 강하다.	
	高純度 Alumina 管	PT-O	Al ₂ O ₃ 99.5%	耐熱성이 크다. JIS 0種	
	Alumina 磁器管	PT-1	Al ₂ O ₃ 55%, SiO ₂ 47%	1500°C 1550°C	耐熱성이 크다. JIS 1種
		PT-2	Al ₂ O ₃ 48%, SiO ₂ 47%	1350°C 1400°C	耐熱성이 크다. JIS 2種
	透明石英管	QT	SiO ₂	1100°C 1200°C	急熱急冷에 강하다.
	不透明石英管	QT	SiO ₂	1000°C 1050°C	
	Teflon	TF		205°C 250°C	산알카리등 내약품성이 크다
	Zirconium	ZR	ZrO ₂ 91%, CaO 6%	1800°C 2200°C	Gas, 金屬등의 耐侵蝕성이 크다.

2-11 檢出部保護管-2

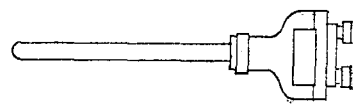
(1) Double Element

一般으로 保護管內에 1개의 熱電對 또는 測溫抵抗體를 넣지만 調節計외에 i) 記錄計를 使用하는 경우 ii) 警報用的 計器를 使用하는 경우 iii) 現場에서 指示를 보고 싶은 경우등은 保護管內에 2개, 3개의 Element를 넣는다. 1개의 保護管에 2개의 Element를 넣는 것을 Double Element라고 한다.

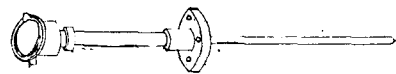
(2) 各種形狀의 保護管



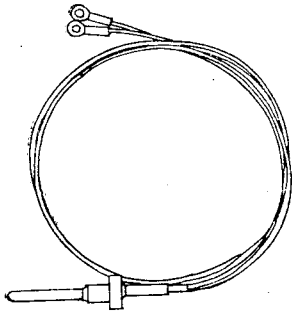
白金 測溫抵抗體



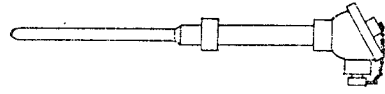
插入形



FLANGE 形



CA 熱電對



SCREW 形



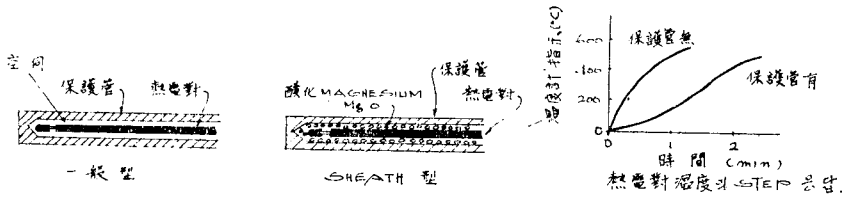
小口徑 挿入 形

2-12. 檢出部保護管-3

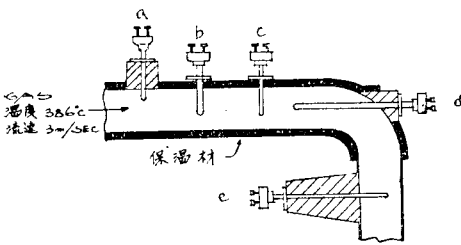
(1) 時間지연 (應答지연)

熱電對나 測溫抵抗體는 保護管을 使用하는 것이 직접 使用되는 것보다 시간지연이 생기는데 이 시간지연은 材質形狀 (구경, 挿入길이, 두께 間격), 取付方法등에 의해 달라진다. 時間지연을 적게 하려면

- i) 保護管의 測溫物質에 접촉되는 部分의 面積을 크게 한다.
- ii) 檢出部를 Sheath 形 (保護管內의 空洞部에 熱傳導한 좋은 酸化 Magnesium MgO 을 채우는 것)으로 한다.



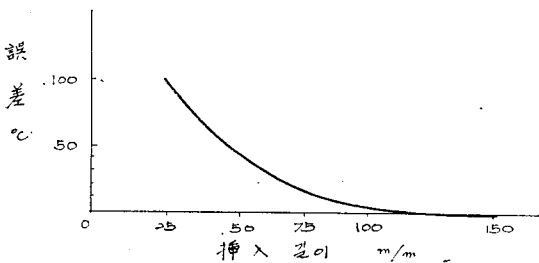
(2) 設置方法에 의한 誤差



설치방법	誤差 (°C)
a	-15°C
b	-2°C
c	-1°C
d	0
e	-45°C

그림에 있는 b와 c의 差異는 測溫部의 두께에 의한 것으로 同一한 삽입길이라면 가는 保護管의 편이 좋은 것을 보여주고 있다. a는 流體와의 접촉部分이 짧기때문에 오차가 크게 된다. e는 周圍의 保溫이 전혀 되어있지 않다. 또 設置部分의 Base를 必要 以上으로 크게 만들어도 效果가 없다.

(3) 挿入길이에 의한 誤差



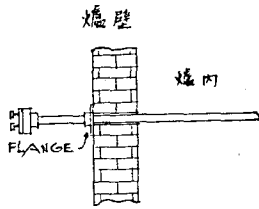
保護管의 挿入길이는 保護管의 外徑의 15~20배가 되는 것이 바람직하다. 다음과 같은 實驗 Data가 있으므로 참고도 기재한다.

이것은 소각로의 예이다.

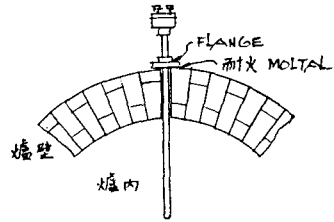
- 保護管外徑 7mmφ
- 實際溫度 약 700°C
- 爐壁溫度 150°C

(이하 다음호에 계속)

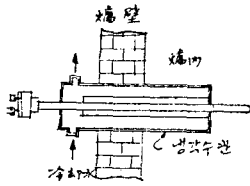
檢査端의 設置



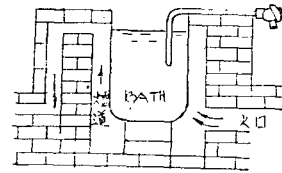
第1圖 爐의 側面에서 水平으로 삽입 할 때



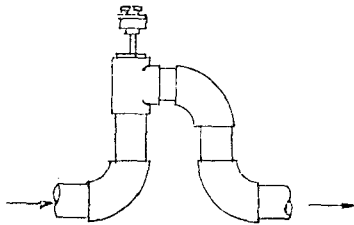
第2圖 上부에서 수직으로 삽입 할 때



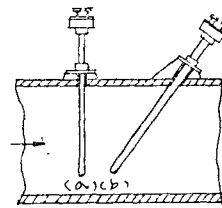
第3圖 爐壁의 厚度가 爐內보다 厚을 때



第4圖 槽部 厚度를 測定 할 때



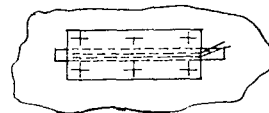
第5圖 PIPE에 삽입 할 때



第6圖 管径이 큰 PIPE에 挿入 할 때 (b)쪽이 (a)쪽보다 바람직하다.



第7圖 GAS 管에 삽입 할 때



第8圖 表面 厚度 測定을 할 때