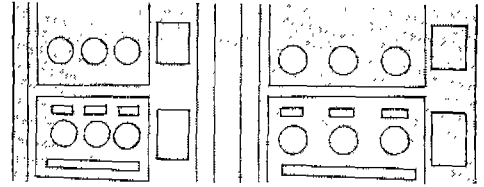


온도의 계측



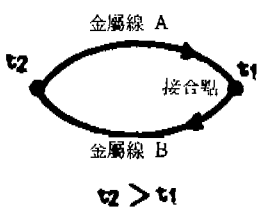
우진계기공업주식회사 제공

1. 檢出端

1-1 熱電對

(1) 熱電對의 原理와 法則

熱電溫度計는 工業用으로 많이 利用되고 있는 溫度計이고 그 測溫部의 熱電對는 1821年 독일의 物理學者 제벡 (T. J. Seebeck)에 의해 發見되어진 Seebeck 效果라고 불리워지는 原理를 利用한 것이다. Seebeck 效果는 2種의 金屬으로 構成한 閉回路이다. 回路의 두 接合點을 다른 溫度에서 보존하면 그 回路에는 溫度差에 對應하는 熱起電力을 發生하고 熱專流가 흐르게 된다. 이 現象이 Seebeck 效果이다.



그림의 回路에서 2개
의 金屬 A, B의 接合部
의 溫度가 t_1, t_2 에서 t_1
> t_2 로 된다면 그림에서
라 같이 A → B로 電流
가 흐를 때 導體 A는 導體 B에
對해 正이 된다. 이때 起電力의 크기는 2
개의 金屬 A, B의 組合과 接合點의 溫度差($t_2 - t_1$)
에 의해서 다음과 같은 式이 성립된다.

$$E = F(t_2) - F(t_1)$$

$$= a(t_2 - t_1) + b(t_2^2 - t_1^2) + \dots$$

E : 熱電對에서 發生하는 熱起電力 (mV)

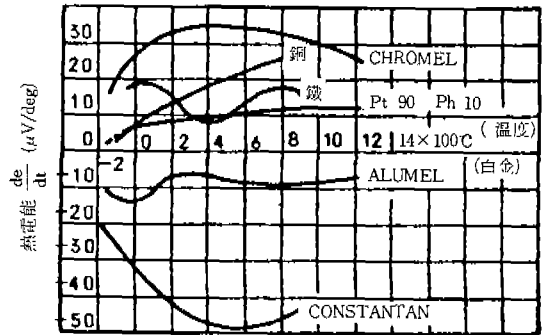
t_1, t_2 : 接合點 각각의 溫度 (°C)

a, b : 熱電對의 材質에 의해 달라지는 定數
($\mu\text{V}/^\circ\text{C}$)

一般的으로 熱電對 材料의 熱電能 S (T)은 下記와 같이 溫度에 의하여 變化한다.

따라서 任意의 2種의 材料의 組合에 의해서 構成된 熱電對의 熱起電力은 基準接點 溫度가 T_1 測

溫接點溫度가 T_2 일 때 2種의 材料 曲線과 溫度 T_1, T_2 로 둘러 쌓인 面積이 이 組合에 의한 熱電對의 熱起電力이 된다.

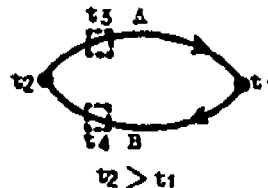


▲ 各種熱電對材質의 白金에 대한 熱電能和 溫度와의 關係

A) 熱起電力과 溫度와의 사이에는 다음 3가지 基本法則이 있다.

a) 均質回路의 法則

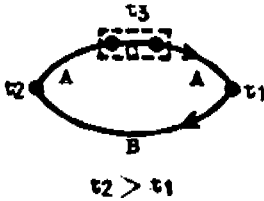
한 種類의 均質金屬의 回路에서는 形狀溫度 分布가 다르게 되어 있어도 熱을 加하여도 熱電流는 흐르지 않는다. 즉 그림에 添여진 熱起電力은 t_1, t_2 에 의해 定하여지고 各金屬의 途中의 溫度 t_3, t_4 의 影響을 받지 않는다.



b) 中間金屬의 法則

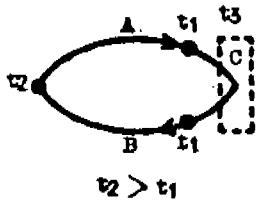
여러 種類의 다른 金屬으로 構成되어진 全回路가 同一 溫度에 있을 때에는 그 回路에서 熱起電力이 發生하지 않는다. 그림에서 中

間金屬 C를 挿入해도 그 兩端이 같은 溫度 t_3 일 때는 熱起電力은 金屬 A, B와 t_1, t_2 에 의해 定해지고 中間金屬 C에 關係하지 않는다. 또 熱電回路의 一部로 中間金屬을 挿入해도 그 中間 金屬의 兩端의 溫度가 같을 때에는 起電力의 變化는 일어나지 않는다. 그림에서 熱起電力은 A, B와 t_1, t_2 에 의해 定하여 진다.

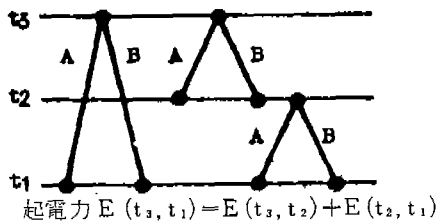


(c) 中間 溫度의 法則

熱電對의 接點溫度 t_1, t_3 일 때의 起電力은 그 熱電對의 接點溫度 t_3, t_2 일 때의 熱起電力과 t_2, t_1 일 때의 값은 같다.



이상의 3가지 法則을 總合하면 「서로 다른 두 種類 이상의 金屬으로부터 回路에 發生하는 熱起電力의 값은 接合點의 溫度값이라고 할 수 있다」 따라서 (가)의 回路에서 하나의 接合點의 溫度 t_1 이 어느 基準溫度로 보존된다면 發生하는 熱起電力은 다른 接合點의 溫度 t_2 에 의해 定해지고 그 接合點의 溫度를 計測되므로 使用할 수 있다.

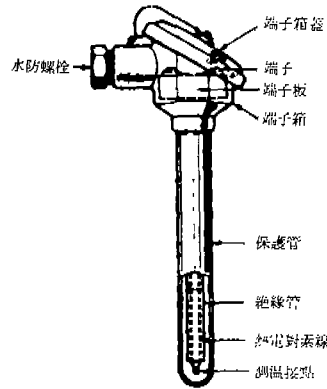


1-2 熱電對의 構造

熱電對는

- (1) 熱電對素線
- (2) 絶緣管
- (3) 保護管
- (4) 端子箱
- (5) 端子板

等으로 構成되어 있고 裝置의 設置 方法에 의해 Flange thread 等の 取付 金具가 附加되어 진다.



1-3 KS 熱電對와 그 特性

- (1) 熱起電力이 適當한 精度로 測定되는 程度가 클 것.
- (2) 熱起電力이 使用溫度 範圍에서 溫度變化에 對해 連續적이고 直線의 일 것.
- (3) 測定雰圍氣에 대해 化學的 物理的으로 安定되어 있을 것.
- (4) 各 製造 Lot間的 起電力의 再現性이 좋을 것
- (5) 電氣抵抗 및 抵抗溫度係數가 使用上 障害가 될 수 없는 程度로 적을 것.
- (6) 熱電對素線의 加工이 容易하고 適當한 價格으로 구입할 수 있을 것.

오늘날 一般的으로 工業用으로써 實用 되어지고 있는 熱電對는 韓國工業規格(KS C 1602)에 의해

- Platinum-Rhodium (PR)
- Chromel-Alumel (CA)
- Chromol-Constantan (CRC)
- Iron-Constantan (IC)
- Copper-Constantan (CC)

의 5種類가 있다.

(A) PR 熱電對

- a) 熱電對中에서 가장 精度가 좋다.
- b) 常用溫度以上에서 使用하면 結晶粒子가 크게 成長하여 振動衝擊에 對하여 弱하다.
- c) 酸化性雰圍氣에는 強하고 還元性雰圍氣(특히 CO_2, H_2, SO_2, H_2S Gas 中으로 $1000^\circ C$ 以上) 및 金屬蒸氣에 대하여 弱하기 때문에 꼭 非金屬 保護管을 使用하는 것이 좋다.

(B) CA 熱電對

a) 素線에 酸化被膜이 만들어져 있고 電氣의로 絶緣性을 갖고 있기 때문에 接觸不良 等に 注意

b) 酸化還元에 대하여는 PR 과 같다.

c) CRC 熱電對

(가) 熱起電力이 다른 것에 비해 크다.

(나) 酸化性에 대해 安定, 還元性 弱.

d) IC 熱電對

(가) 還元性에서는 安定酸化性에서는 Fe의 酸化가 심해 使用不能.

e) CC 熱電對

(가) 銅이 比較的 낮은 溫度에서 酸化하여 300℃ 以上 溫度에서 장시간 使用不能.

(나) 0℃ 以下 -200℃ 範圍 溫度 測定適當.

(다) 還元性에서 使用適合

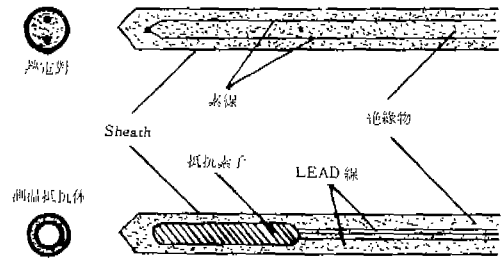
표 1 KS 熱電對의 種類와 使用溫度範圍

種類	組 成		소선 지름 (mm)	使用限度℃	
	+ 脚	- 脚		常用	過 熱
PR	Pt87% Rh13%	Pt	0.50	1400	1600
CA	Ni 90% Cr10%	Ni 94% Al 3%	0.65	650	850
		Si 1%	1.00	750	950
		Mn 2%	1.60	850	1050
			2.30	900	1100
			3.20	1000	1200
CRC	Ni 90% Cr10%	Cu55%	0.65	450	500
			1.00	500	550
			1.60	550	650
		Ni 45%	2.30	600	750
			3.20	700	800
IC	Fe	Cu55%	0.65	400	500
			1.00	450	550
			1.60	500	650
		Ni 45%	2.30	550	750
			3.20	600	800
CC	Cu	Cu55%	0.32	200	250
			0.65	200	250
		Ni 45%	1.00	250	300
			1.60	300	350

1-4 特殊한 熱電對

(1) Sheath 熱電對

Sheath 熱電對의 代表的인 構造는 그림과 같이 Stainless 鋼 또는 Inconel 등의 Sheath(保護管) 內에 0.16~1.0mm 程度의 熱電對素線을 넣고 MgO, Al₂O₃ 등의 無機絶緣物로 高壓充填시켜 絶緣을 합과 同時에 内部를 氣密狀態로 하고 있는 것으로 다음과 같은 特長을 가지고 있기 때문에 最近에는 대단히 많이 使用되고 있다.



(A) 應答性이 좋다.

一般電對와 比較해서 같은 耐熱性인 것에서는 外徑이 가늘고 Sheath 熱電對素線과의 사이에 Ceramic 絶緣物이 充填되어 있어 熱傳導가 좋기 때문에 應答性이 좋다.

(B) 耐熱性이 우수하다.

Sheath 内部에 空氣層이 없어 酸化 등의 影響을 받지 않는다. 그렇기 때문에 같은 線徑에서는 100℃ 程度 높은 溫度까지 使用이 可能하다.

(C) 耐壓性 및 機械強度가 높다.

内部의 Ceramic 絶緣物이 高密度로 充填되어 있

기 때문에 耐壓性이 풍부함과 동시 振動, 衝擊 等에 強하다.

(D) 꾸부림 加工이 自由로 된다.

Sheath 材料는 Stainless 鋼 等을 使用하고 있고, 安全하게 燒鈍되어져 있어 柔軟性을 가지고 있고, Sheath 外徑과 같은 半徑에서의 꾸부림이 可能하다. 또한 좁은 場所 等에서의 使用이 可能하여 測定精度가 향상된다.

(E) 耐食性이 좋다.

Sheath 內는 Ceranic 絶緣物로 氣密이 유지되어 있어 府食性 Gas 에 의한 熱電對 素線의 特性變化가 적다.

(F) 長이 긴 것도 製作可能하다.

一般形 熱電對와 製作法이 다르기 때문에 10 m 以上の 긴 熱電對도 製作할 수 있다.

이상과 같은 特長을 가지고 있는 Sheath 熱電對는 外徑이 1mmφ서부터 8mmφ(特殊用으로는 最近 0.1mmφ도 製作可能)의 것이 生産된다. 또한 一般的으로 熱電對 素線은 CA, CRC, IC, CC 가 많지만 貴金屬 熱電對도 製作되고 있다.

(2) 被覆熱電對

熱電對 素線에 耐熱에나멜, Vinyl, Glass 塗유, Teflon 樹脂 等을 피복한 것으로 保護管에 넣지 않고 그대로 使用하는 熱電對이다. 使用溫度 範圍는 皮복 材料에 의해 左右되지만 比較的 低溫의 溫度測定과 實驗室, 研究室 等に 많이 使用되어 진다.

(3) 低溫用熱電對

KS 熱電對에서 低溫用으로 使用할 수 있는 것은 대체적으로 CA, CRC, CC 熱電對의 3種이지만 그들의 熱電對는 低溫으로 되는데 따라서 熱電能 S(T)가 거의 溫度에 比例해서 작게 된다. 低溫測定

에도 限度가 있고 KS에서는 -200℃ (73K)까지 熱起電力率을 規定하고 있지만 그 중에서도 CRC 熱電對는 起電力도 크고 均質性이 좋은 까닭에 20 K 까지의 低溫測定으로 선택된다.

(4) 極低用 熱電對

貴金屬에 微量의 磁性元素를 加한 稀薄合金은 一般的으로 極低溫에 있어서 熱電能 S(T)가 크다. 이 種類의 材料중 熱電對로서의 特性이 좋은 것으로 調査되어 있는 것은 金 Cobalt 및 金鐵等이 있고 더우기 銅, 銀, Chromel 線 등에도 組合으로 사용되어 진다.

그러나 金 Cobalt에는 合金狀態가 不安定한 缺點이 있고 常溫에서 熱變化가 일어나기 때문에 現在는 그다지 使用되지 않는다. 이것에 대해 金鐵合金은 安定되어 있고 均質度의 點에서도 우수하다.

(5) 高溫用 熱電對

純白金에 Rhodium을 加하면 再結晶할 수 없게 되고 또 合金의 融點이 높게 된다. 거기에서 (+)(-) 측 兩方에 Rhodium을 좀 더 높게 比率해서 合金化해서 만든 熱電對線이 開發되어 使用되고 있다.

1-5 保護管

熱電對에서는 機械的 및 化學的 保護의 目的으로 保護管에 넣어 使用하는 경우가 대부분이다.

保護管의 選擇에 관해서는 다음의 點을 留意할 必要가 있다.

- (1) 測定하려고 하는 溫度 및 壓力에 充分히 견디어야 한다.
- (2) 被測定物에 의해 腐蝕 그 외의 化學的 反應이 없어야 한다.
- (3) 氣密性이 좋아야 한다.
- (4) 急激한 溫度變化에 대하여 破損하지 않아야

표 2 Sheath 熱電對의 使用溫度(常用溫度) · 抵抗值

Sheath 外徑	Sheath 안주께 (mm)	素線徑 (mm φ)	CA		CC		IC		CRC			
			使用溫度		抵抗值 Ω/m	使用溫度	抵抗值 Ω/m	使用溫度	抵抗值 Ω/m	使用溫度		抵抗值 Ω/m
			SUS 316 SUS 347	SUS310S 인코넬						SUS 316 SUS 347	SUS 347	
1.0mm φ	0.15	0.2	450℃		31.8	200℃	16.2	250℃	19.4	450℃		38.0
1.6mm φ	0.2	0.32	600℃	700℃	12.4	200℃	6.3	350℃	7.6	600℃	700℃	14.9
3.2mm φ	0.4	0.53	700℃	900℃	4.5	250℃	2.3	450℃	2.8	700℃	900℃	5.4
4.8mm φ	0.5	0.77	800℃	1000℃	2.2	300℃	1.1	500℃	1.3	800℃	1000℃	2.6
6.3mm φ	0.6	1.14	850℃	1050℃	1.0	300℃	0.5	550℃	0.2	850℃	1050℃	1.2
8.0mm φ	0.7	1.3	900℃	1050℃	0.8	300℃	0.4	600℃	0.5	900℃	1050℃	0.9

가. 金屬保護管

種 類	CODE	常用溫度	最高限度	摘 要	標準管徑 (mm φ)	標準長 (mm)
SUS 304	27S	850℃	1000℃	耐蝕性, 耐熱성이 良好	6, 8, 10, 17, 22	300, 500, 750, 1000
SUS 316	32S	900	1050	SUS 304보다 耐蝕성이 좋음	"	"
SUS 310S	42S	1000	1150	Ni Cr 成分이 많으므로 耐熱성이 우수함	10, 17, 22	"
SANDVIK P-4	P 4	1000	1200	耐熱 耐蝕性, 硫黃 Gas에 強함	22, 27	"
TEFLON COATING	T C	200	250	SUS 304에 Teflon Coating 低溫도의 耐藥品性이 좋음	8 以上	
GLASS COATING	G C	350	400	普通鋼에 Glass Coating 耐酸, 耐알카리에 좋음	15 以上	"
鉛 管	P b	100	150	耐蝕性, 耐酸性	15 以上	"
銅 管	C U	250	300	低溫用, 熱電導率이 좋음	6 φ 以上	"
INCONEL	IN	1000	1150	熔融鉛 亞鉛熱處理爐에 좋음.		

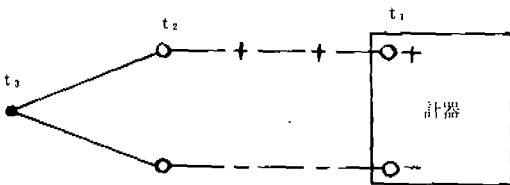
※ 保護管은 上記 金屬, 非金屬, 管 以外에도 注文에 依하여 製作함.

한다.

- (5) 振動, 衝擊 등의 機械的인 힘에 충분히 견디어야 한다.
- (6) 保護管 自身이 測溫部에 있어서 有害한 Gas 를 發生시키지 않아야 한다.
- (7) 外部溫도의 變化를 迅速하게 전달하여야 한다.

1-6 補償導線

그림과 같이 溫度計側의 경우에는 熱電對端子와 計器端子間에는 t_2, t_1 과 溫度差가 發生한다.



熱電對의 端子溫度는 使用條件에 따라 100℃ 前後까지 올라갈 수 있다. 이 熱電對의 端子溫度 補償을 위하여 90℃ 以下(一般用) 및 150℃ 以下(耐

(1) 許容差 및 使用溫度範圍

種 類	補償導線의 誤差의 許容差(℃)			使用溫度範圍 (℃)	種 類	補償導線의 誤差의 許容差(℃)			使用溫度範圍 (℃)		
	-20~100以下	0~100以下	100~150以下			-20~100以下	0~100以下	100~150以下			
PR	一般用	—	± 3	—	0~90以下	CRC	一般用	± 3	—	—	-20~90以下
	耐熱用	—	± 3	± 3, -7	0~150以下		耐熱用	—	± 3	± 3	0~150以下
CA	一般用補通線	± 3	—	—	20~90以下	IC	一般用	± 3	—	—	-20~90以下
	一般用精密線	± 1.5	—	—			耐熱用	—	± 3	± 3	0~150以下
	耐熱用普通線	—	± 3	± 5	0~150以下	CC	一般用	± 3	—	—	-20~90以下
	耐熱用精密線	—	± 1.5	± 3			耐熱用	—	± 3	± 3	0~150以下

熱用)에서 熱電對와 類似的 起電力 特性을 가진 代用線이 價格引下 또는 配線上의 편리한 方法으로 使用되어지는 線을 말한다. 實際에서는 PR 熱電對에는 價格的인 面에서 專用的 補償導線이 使用되지만 其他 熱電對에 대하여는 價格이 저렴하기 때문에 最近에는 熱電對와 같은 材質의 熱電對素線을 가능하게 한 것을 使用하고 있다.

또한 熱電對와의 結線時 편리를 위해 KS에서는 表面被覆色을 區別하고 있다.

1-7 測溫抵抗體

測溫抵抗體는 熱電對에 비해 比較的 低溫의 溫度를 精密測定하기 到當하고 工業用 溫度測定法으로는 대단히 重要的 役割을 하고 있다.

(1) 測溫抵抗體의 原理

一般的으로 金屬의 電氣抵抗은 溫度가 上昇함과 同時 增加한다. 따라서 金屬의 電氣抵抗과 溫度와의 關係를 안다면 電氣抵抗을 測定하는 것에 의해 溫度를 알 수 있다. 純粹한 金屬은 溫度가 1℃ 上昇함에 따라 0.4~0.66% 사이에서

電氣抵抗이 增加하고 적은 不純物이 섞이면 이 溫度係數도 적게 된다.

또한 純粹한 金屬은 抵抗溫度係數가 큰것이 아니고 그值가 一定하기 때문에 언제나 같은 特性의 製品을 만들 수 있다. 따라서 正確하게 互換性이 우수한 抵抗溫度計로서 使用할 수 있다.

現在 제일 많이 使用되고 있는 純粹한 金屬은 白金이고, 이 白金測溫抵抗體는 1871년 영국의 Siemens에 의해 製作되어져 그 後 1887년 영국의 Callender에 의해 抵抗과 溫度의 關係 抵抗測定法 等의 基礎가 確立되었다.

오늘날 金屬의 電氣抵抗과 溫度와의 사이에는 다음과 같은 式이 성립된다.

$$R_t = R_0 (1 + at + bt^2 + \dots)$$

R_t : $t^\circ\text{C}$ 때 金屬의 電氣抵抗(Ω)

R_0 : 0°C 일 " (")

t : 金屬의 溫度($^\circ\text{C}$)

a, b : 金屬의 種類에 의해 定해진 定數 (電氣抵抗의 溫度係數)

(2) 測溫抵抗體의 構造

測溫抵抗體는 用途에 의해 여러가지 構造를 가지지만 一般的으로 下記와 같다.

가. 抵抗素子

나. 內部導線

다. 絶緣管

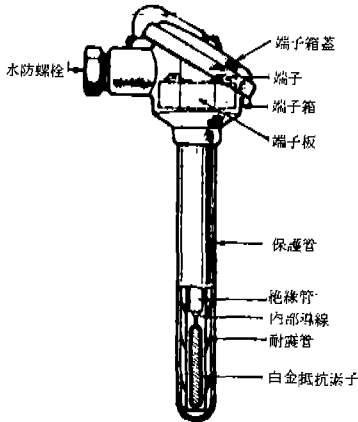
라. 耐振管

마. 保護管

바. 端子箱

사. 端子板

設置方法에 의해 Flange, Thread 等 取付金具가



附加한다.

(3) KS의 測溫抵抗體와 特性

가. 抵抗素子가 化學的으로도 物理的으로도 安定될 것. 素子가 놓여 있는 溫度條件에서도 酸化, 還元, 부식 등이 없어야 하고 物理現象(磁界, 放射能)에 의해서도 溫度-電氣抵抗 關係가 變化하지 않아야 한다.

나. 抵抗素子の 溫度係數가 커야 한다. 金屬의 電氣抵抗溫度係數는 純粹할 것일수록 크고 不純物이 들어 있으면 적게 됩니다만 電氣抵抗 溫度係數가 큰 抵抗素子를 使用計測하려면 같은 溫度 變化에 대하여 抵抗의 變化가 큰 것으로부터 같은 精密感度로서 電氣抵抗值를 測定할 수 있다면 보다 正確하고 보다 精密한 溫度計測을 할 수 있게 된다.

다. 抵抗線의 固有抵抗이 크고 더욱 加工性이 좋을 것. 抵抗素子를 적게 하면 計測時間 지연을 방지할 수 있다. 이를 위해서는 線狀에 加工된 抵抗線의 길이를 짧게 할 필요가 있다. 抵抗 R_0 와 길이 l 과의 사이에는 다음의 關係가 있기 때문이다.

$$R_0 = \rho \frac{l}{S}$$

抵抗 R_0 가 100, 50 Ω 로 限定되어 있을 경우(KS C 1604) l 을 짧게 하기 위하여는 固有抵抗 ρ 의 큰 金屬材料를 선택, 斷面積 S 가 작은, 즉 가늘게 加工하기 쉬운 抵抗線材인 것이 좋을 것이다.

라. 抵抗素子の 互換性(溫度-抵抗關係)이 良好할 것. 工業的으로는 實用的인 抵抗線材로서는 純粹한 白金이 있고 若干 性能의으로 뒤떨어 지지만 銅, 니켈 등이 있다. 白金은 대단히 純度 높은 것을 얻어지고 現在使用되고 있는 것은 99.999% 이상이고 R_{100}/R_0 는 1.3927~8에 해당한다. 그러나 一般的 抵抗素子는 純度外에 熱處理, 構造 製作上的 缺點, 自己加熱 等에 의해 1.3912~20 範圍이다. 抵抗素線의 徑은 0.02~0.05mm ϕ 의 것을 使用한다.

(4) 抵抗素子の 構造

抵抗素子の 構造는 使用溫度範圍, 被測溫物의 狀態, 計測場社의 條件에 따라 여러가지로서 대단히 많은 種類가 있지만 여기서는 一般的으로 많이 使用되고 있는 汎用形 白金抵抗素子에 대해 記述한다.

0.4~0.5mm 두께의 Mica을 서로 直角으로 組合

시커 斷面을 十字形한 것을 使用하고 있으나 機械的으로 弱한 構造인 까닭에 振動과 충격을 가하면 破損되기 쉬워 大개 標準測溫抵抗體로서 研究室의 實驗用, 計測管理 標準用으로 使用되고 있는 것이 많다.

또한 Mica는 高溫이 되면 結晶水를 잃고 부르기 때문에 600°C 以上에서 使用하는 것으로서는 Mica 대신 石英 Glass를 使用하고 使用溫度範圍는 1000°C까지 可能하다.

KS에 의해 白金測溫抵抗體의 使用溫度 範圍를 3段階로 區分하고 있다.

표 4 KS 測溫抵抗體의 使用範圍

구 분	記 號	사용온도범위
저 온 용	L	-200~+100°C
중 온 용	M	0~ 350°C
고 온 용	H	0~ 500°C

저항체의 構造는 硬質 Glass의 圓筒狀의 Bobbin에 白金線을 감은 것에 Glass管을 씌워 兩端 溶着한 것으로 Glass의 材質에 따라 다르지만 一般的으로 -200°C~+500°C까지 使用된다.

Mica形은 Mica平板에 白金線을 감고 兩側을 Mica板으로 絶緣하고 그 위에 金屬耐振板으로 固定시킨 것이다. 이 構造의 抵抗素子도 옛날부터 널리 使用되어져 있고 實際에는 保護管 內徑에 맞는 寸法의 抵抗素子를 使用해서 耐振板을 保護管 內壁에 密着시켜 應答性과 耐振性을 向上시키기 위함이다.

KS에 의하면 測溫抵抗體의 應答은 保護管付에

표 5 測溫抵抗體의 應答

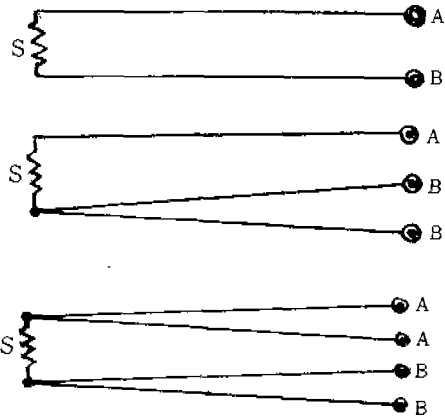
保護管의 外徑	時 間
3.2~6 mm	1 min
8~10mm	2 min
12~15mm	3 min

서 試驗한 경우에 溫度差 90%에 相當하는 抵抗變化에 대한 時間을 표 5와 같이 規定하고 있다.

(5) 內部導線

測溫抵抗體의 內部導線은 KS에 의해 그림과 같이 2線式, 3線式, 4線式의 3種이 있다. 3線式, 4線式은 導線抵抗의 影響을 없앨 수 있게 한 것이다.

內部導線은 耐熱性을 갖고 組成이 均質한 材質의 것이 아닌 部分的으로 다른 異種의 金屬이 있을 때에는 熱起電力을 發生 測定誤差의 原因도 된다.



S : 抵抗素子 A, B : 端子記號

S와 A, B間을 연결한 線의 內部導線

▲측은 저항체의 내부도선 형식

노 內部導線의 抵抗은 적은 것이 좋고 抵抗이 적으면 溫度에 의한 抵抗變化가 있어도 全體의 抵抗에 대한 비율이 작고 測定誤差의 原因도 되지 않기 때문이다. 이와 같은 理由에서 內部導線의 抵抗을 KS에서는 1線에 대해 0.5Ω 以下로 規定하고 있다.

(6) 그 외의 測溫抵抗體

白金은 高價이기 때문에 그 代用으로 니켈 혹은 銅이 일시적으로 使用될 수 있지만 最近에는 使用되지 않기 때문에 特徵만 알려져 있다.

가. Nickel 測溫體

Nickel은 白金에 比較하여 價格이 저렴하고 常溫에서는 꽤 安定되어 抵抗溫度係數가 白金보다 크다. 그러므로 Nickel이 測溫抵抗素子에 使用되고 있지만 高溫에서 變態點 및 酸化하기 쉽기 때문에 300°C까지 밖에 사용될 수 없다.

나. 銅測溫體

銅은 固有抵抗이 적기 때문에 기장이 긴 素線이 必要하게 되므로 그 構造는 白金測溫抵抗體에 비해 大形으로 製作되고 熱容量도 增加하여 計測時間이 지연된다. 比較的 使用溫度 範圍가 좁다(0~120°C). 工業用으로는 거의 使用되지 않고 電力關係에 있어서 發電機固定子의 溫度를 測定하는 데 利用될 뿐이다.