

10·6 熱 電 帶

온도의 측정에 응용되는 전기적 방법 중 가장 많이 쓰이는 것은 열전대 (thermocouple)이다. 1821년에 Seebeck은 두 개의 상이한 금속을 接合했을 때 그 接點에 起電力이 발생함을 발견했다. 이 기전력의 크기는 온도에 따라 결정되며 그림 10·4와 같은 경우 接點 A와 B에서 서로 반대되는 기전력이 발생한

다. 만약 A 와 B 의 온도가 같으면 두 起電力의 크기도 같으며 따라서 서로 상쇄된다. 그러나 接點의 온도가 다르면 고온점에서의 起電力이 저온점의 기전력보다 크고, 따라서 導線에 전류가 흐른다.



그림 10·4 간단한 더모커플

후에 Seebeck 이 발견한 電位는 두 개의 요인, 즉 Peltier 효과와 Thomson 효과에 기인함이 밝혀졌다. Peltier 는 두 개의 상이한 금속으로 이루어진 回路에 외부 電源으로부터 전류를 통과시키면 하나의 接點은 가열되고 다른 하나의 접점은 냉각됨을 발견하였으며, 이러한 현상은 Peltier 效果라 불리고 可逆的이다. Seebeck 효과의 경우 열이 고온점에서 흡수되어 저온점에서 방출됨에 의해 전기 에너지가 형성되고, 따라서 이 장치는 열기관의 역할을 하며 Peltier 효과의 경우 전류를 통과시킴으로 인해 저온점에서 열이 흡수되어 고온점에서 放出되므로, 이 때 장치는 냉동기 또는 열펌프로 간주할 수 있다. Thomson 효과는 하나의 導線을 따라 높은 온도에서 낮은 온도로의 열전도 현상과 관련되는 것으로서 하나의 균일한 도선을 따라 온도 勾配가 존재할 때 起電力이 발생함을 말한다. 이들 효과는 熱電帶의 기초를 이룬다.

熱電帶는 두 개의 접점을 필요로 한다. 그 중 하나는 측정하고자 하는 未知의 온도에 있으며 이 점을 보통 溫接點이라 하고, 다른 하나는 이미 알고 있는 고정 온도를 가지며 이 점은 基準點 또는 冷接點이라 불린다. 熱電帶의 起電力은 두 금속의 재료와 접점의 온도의 함수이며, 일반적으로 기전력과 온도차의 관계는 포물선으로 나타낼 수 있다. 그러나 실제적 관계는 실험에 의해 결정되며 온도는 起電力을 측정함으로써 얻어진다.

열전대의 사용에 있어 다음의 두 법칙이 적용된다.

(1) 中間金屬의 法則

熱電帶의 回路에 제 3 금속이 삽입됐을 때 제 3 금속에 의해 만들어지는 새로운 두 接點의 온도가 동일하면 起電力은 중간 금속에 의한 영향을 받지 않는다.

그림 10·5는 중간 금속의 법칙을 설명하는 것으로 새로운 접점 B 와 C 의 온도가 같은 한 금속 3은 회로에 아무런 영향을 주지 않는다. 이 법칙에 따라 열

전대의 접점은 직접 또는 납땜을 하여 만들 수 있으며, 또한 열전대 재료에 상관없이 구리로 된 계측기를 사용하여 기전력을 측정하는 것이 가능하다.

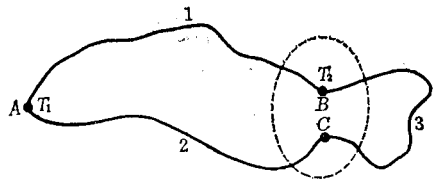


그림 10·5 中間金屬의 法則

(2) 中間溫度的 法則

두 接點의 온도가 T_1, T_2 일 때의 起電力이 E_1 이고 온도가 T_2, T_3 일 때의 기전력이 E_2 이면 이 열전대의 접점의 온도가 T_1, T_3 일 때의 기전력은 $E_1 + E_2$ 이다.

이 법칙은 표준 냉점점 온도(32°F)를 근거로 한 熱電帶表를 기준 온도가 표준 온도와 다를 때에도 사용 가능케 한다.

두 개의 서로 다른 어떠한 금속이라도 열전대로 사용될 수 있으나, 실제로 응용되기 위해서는 다음과 같은 몇 가지 성질을 갖추어야 한다.

- ㉠ 酸化, 腐蝕에 대한 저항 능력
- ㉡ 기전력이 커야 할 것
- ㉢ 상당한 온도 범위 내에서 起電力이 온도에 따라 계속 증가할 것
- ㉣ 온도에 대한 안정성
- ㉤ 기전력—온도의 관계가 재생 가능할 것

실제로 사용되고 있는 몇 가지 중요한 금속 결합은 다음과 같다.

① 銅-콘스탄탄(60% Cu, 40% Ni)

$650 \sim -325^\circ\text{F}$ 사이에서 만족한 결과를 주며 값이 싸다. 같은 재료의 긴 導線의 사용이 가능하고 구입이 용이하다.

② 鐵-콘스탄탄

가장 많이 사용되는 것으로 값이 싸고 사용 온도의 범위가 크다(약 1500°F 까지). 起電力이 크며 온도와 기전력의 관계는 거의 직선적이다. 그러나 1500°F 이상에서는 급속한 酸化가 일어나고 낮은 온도에서도 습기가 있을 때 녹이 슬기 쉬운 단점이 있다.

③ 크로멜(Chromel)-알루멜(Alumel)

크로멜은 10%의 크로뮴과 90%의 니켈을 함유하며, 알루멜은 2%의 알루미늄

높과 90%의 니켈, 그리고 나머지는 실리콘과 망간으로 이루어진다. 이들은 산화에 대한 저항이 강하며 1400~2200°F에서 특히 유용하게 사용된다. 그러나 값이 비교적 비싸고 사용과 함께 기전력이 감소한다.

④ 白金-白金·로듐

안정성이 있고 酸化와 腐蝕에 대한 저항이 크다. 고온 측정용으로 적합하나 2800°F 이상의 온도에서는 수시로 측도 설정되어야 한다. 값이 비싸고 출력이 낮은 것이 단점이다.

熱電帶의 溫接點은 단순히 두 개의 도선을 꼬아서 만들 수도 있으며, 강도가 요구될 때에는 납땜질이나 용접을 하여 만든다. 導線은 점점 이외에는 서로 절연되어야 하며, 만약 두 점점 사이에 도선이 단락된 곳이 있으면 計器에는 단락점의 온도가 지시될 것이다. 응답 시간을 줄이기 위해서는 가는 도선의 사용이 바람직하나, 굵은 도선에 비해 수명이 짧으므로 이들 사이에 절충이 필요하다.

熱電帶의 출력은 밀리볼트의 크기이며 이의 측정을 위해 보통 두 가지 방법, 즉 D'Arsonval 직류 전압계와 포텐쇼미터가 사용된다. 전압계의 지시판은 밀리볼트 또는 측도 설정된 온도의 눈금으로 되어 있으며 直讀式이다. 그러나 이 計器는 電流感受型으로 지침에 偏位를 일으키기 위해 전류의 흐름이 필요하며, 따라서 연장 도선의 저항으로 인한 電位差 iR 가 발생한다. 즉, 計器는 열전대의 출력과 iR 의 차를 지시하게 되며, 전압계의 측도 설정은 사용되는 延長導線에 따라 달라진다.

정밀 측정을 위해서는 手動 평형식 또는 自動 평형식 포텐쇼미터가 사용된다. 포텐쇼미터 回路가 평형을 이루었을 때는 전류의 흐름은 없으며, 따라서 計器는 延長導線의 영향을 받음이 없이 熱電帶의 起電力을 지시할 것이다. 포텐쇼미터에는 서로 다른 導線이 計器의 端子에 연결될 경우를 위하여 冷接點 온도 補償 장치가 포함되는 수도 있다. 표 10·1은 냉접점 온도가 32°F일 때 주요 열전대의 기전력을 표시한 것이다.

熱電帶의 起電力은 측정점의 온도와 기준점(냉접점) 온도의 차의 함수이며 따라서 열전대를 사용하기 위해서는 먼저 정확한 기준점 온도를 알아야 한다. 만약 열전대의 두 導線이 계측기의 두 端子에 직접 연결되면 이 때에는 이 端子들이 기준점이 되며 端子의 온도를 결정하여야 한다. 이 온도는 보통 端子가

표 10·2 代表的 熱電帶의 溫度-밀리볼트 관계

°F(32°F) 냉접점	Copper + Constantan -, type T	Iron + Constantan -, type J	Chromel + Alumel -, type K	Pt and 10 % Rh + Platinum -, type S	Chromel + Constantan -, type E
40	0.171	0.22	0.18	0.024	0.26
50	0.389	0.50	0.40	0.056	0.59
60	0.609	0.79	0.62	0.087	0.92
70	0.832	1.07	0.84	0.120	1.26
80	1.057	1.36	1.06	0.153	1.59
90	1.286	1.65	1.29	0.187	1.93
100	1.517	1.94	1.52	0.221	2.27
110	1.751	2.23	1.74	0.256	2.62
120	1.987	2.52	1.97	0.291	2.97
130	2.226	2.82	2.20	0.327	3.32
140	2.467	3.11	2.43	0.364	3.68
150	2.711	3.41	2.66	0.401	4.04
160	2.958	3.71	2.89	0.439	4.40
170	3.207	4.01	3.12	0.477	4.77
180	3.458	4.31	3.36	0.516	5.13
190	3.712	4.61	3.59	0.555	5.50
200	3.967	4.91	3.82	0.595	5.87
210	4.225	5.21	4.05	0.635	6.25
220	4.486	5.51	4.28	0.676	6.62
230	4.749	5.81	4.51	0.717	7.00
240	5.014	6.11	4.74	0.758	7.38
250	5.280	6.42	4.97	0.800	7.76
275	5.957	7.18	5.53	0.907	8.73
300	6.647	7.94	6.09	1.017	9.71
325	7.349	8.71	6.65	1.128	10.71
350	8.064	9.48	7.20	1.242	11.71
400	9.525	11.03	8.31	1.474	13.75
500	12.575	14.12	10.57	1.956	17.95
600	15.773	17.18	12.86	2.458	22.25
700	19.100	20.26	15.18	2.977	26.65
800	...	23.32	17.53	3.506	31.09
1000	...	29.52	22.26	4.596	40.06
1200	...	36.01	26.98	5.726	49.04
1400	...	42.96	31.65	6.897	57.92
1600	...	50.05	36.19	8.110	66.63
1800	...	...	40.62	9.365	75.12
2000	...	...	44.91	10.662	...
2500	...	...	54.92	13.991	...
3000	...	...	...	17.292	...

카이 액체 유리 온도계를 갖다 댄으로써 측정된다. 측정점의 온도는 중간 온도의 법칙을 적용하여 구할 수 있다. 즉, 먼저 熱電帶表에서 기준점 온도에 해당하는 기전력을 구하고, 이것을 計器에 나타난 값에 더함으로써 全起電力을 얻은 후 다시 열전대표에서 쏘 기전력에 해당하는 온도를 읽는다.

정밀 측정시에는 기준점 온도를 氷點으로 유지시키는 방법이 일반적으로 사용된다. 그림 10·6은 이 방법을 설명한 것이다. 대기압 아래에서 얼음과 물이

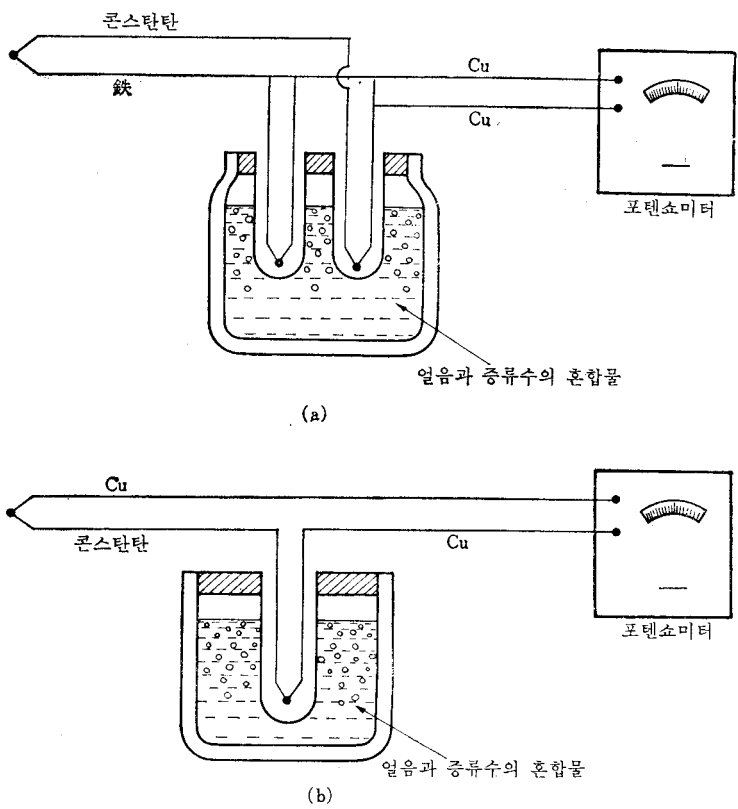


그림 10·6 基準點 溫度를 얻기 위한 氷浴法의 例

공존할 때 그 온도는 32°F이며 이 혼합물을 오래 유지시키기 위해 Dewar 플라스크를 사용한다.

延長導線으로는 보통 銅線이 많이 쓰이며 만약 연장 도선이 사용되면 熱電帶와 연장 도선의 결합점이 기준점이 된다. 그림 10·6의 (a)와 같이 두 개의

延長導線이 사용되면 새로 만들어진 두 결합점의 온도가 같아야 하며, 그림 10.6의 (b)와 같은 경우 하나의 결합점만 열음물에 담그면 된다. 이것은 銅-콘스탄탄 熱電帶의 利點의 하나이다. 또한 열전대의 재료가 모두 구리가 아닌 경우 포텐쇼미터에 달린 두 端子의 온도가 서로 다르면 반드시 그림 10.6의 (a)와 같은 배열이 필요하며, 만약 두 온도가 같으면 그림에서 콘스탄탄선을 직접 포텐쇼미터에 연결하고 鐵線에 대한 延長導線으로 콘스탄탄선을 사용하여 그 결합점만을 열음물에 담그는 것으로 충분하다.

기준점의 온도와 측정점 온도의 차가 작거나 사용되는 熱電帶의 起電力이 작을 때는 몇 개의 열전대를 直列로 연결함으로써 출력을 증가시키는 방법이 사용되며, 이러한 배열을 熱電堆(thermopile)라 한다. 이 때 그림 10.7에서와 같이 모든 측정점은 같은 온도에 있어야 하며 모든 기준점 역시 서로 같은 온도에 있어야 한다. 이 때 또한 모든 定點은 서로 잘 絕緣되어야 한다. 만약 n 개의 열전대가 직렬로 연결되면, 그 출력은 하나의 열전대가 발생하는 기전력의 n 배가 된다.

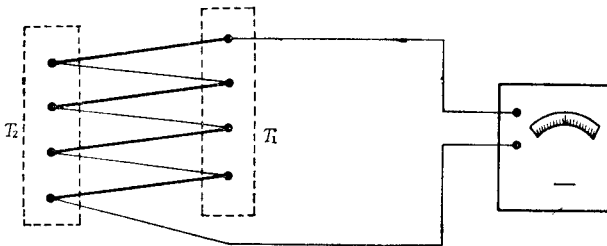


그림 10.7 熱電堆

때때로 여러 점의 온도의 평균치를 구해야 할 때가 있다. 이 때에는 그림 10.8과 같이 熱電帶를 병렬로 연결함으로써 쉽게 평균치를 측정할 수 있다. 그림에서 T_1, T_2, T_3, T_4 가 모두 같으면 전체의 기전력은 열전대 하나의 起電力과 같으며, 온도가 모두 다르면 발생된 기전력은 각각의 온도의 평균치에 해당하는 값이 된다.

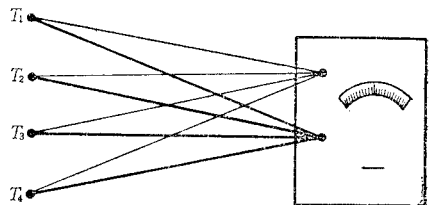


그림 10.8 並列로 연결된 熱電帶

평균 온도를 구하는 또 하나의 방법은 熱電堆를 이용하는 것이다. 그림 10·7에서 溫接點의 온도가 모두 다르고 冷接點만이 모두 같은 온도에 있다고 하자. 이 때 計器에 나타난 쏠 기전력을 E 라 하고 열전대의 수를 n 이라 하면 평균 기전력은 E/n 이며, 이 값에 해당하는 온도가 바로 모든 溫接點의 평균 온도가 된다.