

熱電對를 利用한 金屬의 簡易鑑別法에 關한 研究

趙 佐 衡

Spot Tests Utilizing Thermocouples in Discriminating Metals.

Cho Juwa-Hyong

〈目 次〉

- | | |
|--------------------|------------|
| 1. 序 論 | 3·2 實驗方法 |
| 2. 熱電對를 利用한 材質鑑別原理 | 4. 結果 및 考察 |
| 3. 實驗裝置와 實驗方法 | 5. 結 論 |
| 3·1 實驗裝置 | 參考文獻 |

Abstract

The spot tests utilizing thermocouples make it possible to:

1. carry out the tests without damaging or destroying the testing materials.
2. discriminate not only the iron steel materials, but also nonferrous metals and their alloys which would never produce sparks in grinder spot tests.
3. conjecture approximate percentages of C or Sn contents in the alloy steels containing carbon or tin.
4. deduce the approximate heat treating and forging conditions.
5. exclude the tester's skillfulness and subjective judgement in the tests.

1. 序 論

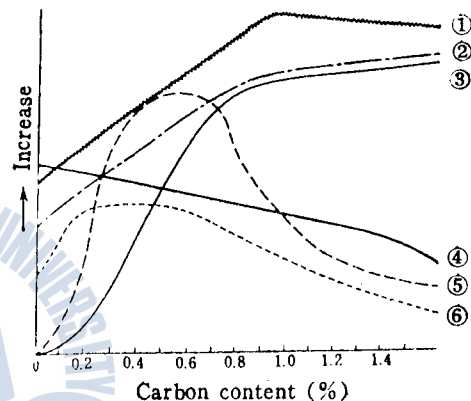
오늘날 使用되고 있는 材料의 檢査法에는 그라인더 불꽃檢査法, 粉末불꽃檢査法, 埋設試驗法, 페
렛試驗法, 分光分析法, 試藥反應法, 담금질硬度檢査法, 顯微鏡檢査法, 破面檢査法, 磁石檢査法, 磁

性檢査法, 摩擦電氣法, 사이클로그래프法, 比重測定法 및 熔融點測定法 등이 있으며, 또 金屬을 鑑別하려는 目的에는, 1. 그 金屬의 種類나 構成成分 뿐만 아니라 그 含有量까지를 알아내려는 境遇와, 2. 一群의 材料 中에서 異材만을 選別해서 가려내려는 두 境遇가 있다. 取扱하는 材料에 異材가 混入되어 있으면 最終적으로는 事故에도 連繫됨으로 異材의 選別은 工業적으로도 大端히 重要한 價値가 있다. 後者의 境遇에는 混入材의 材質究明이 반드시 必要치 아니한 때도 있다.

以上의 두 境遇에 曄비싼 施設物이나 裝置가 없이도 作業現場에서 簡便하게 金屬을 鑑別할 수 있는 方法 中 가장 實用的이고 또 널리 普及되어 있는 것은 그라인더 불꽃檢査法이고 粉末불꽃試驗法과 메렛 試驗法이 이의 補助的方法으로 併用되고

있다.¹⁾ 그러나 이 그라인더 불꽃의 各種材質에 따른 多樣한 特性을 瞬間적으로 正確히 把握하고 그 種類이나 材質을 判別해 내는데는 高度의 熟練을 必要로 한다. 卽 이것은 많은 時間과 勞力을 投入하고서도 判別過程에서 鑑別者의 主觀이 介介할 素地가 있다는 것은 Fig.1에 表示한 特性圖²⁾에 依해서도 推定할 수 있을 뿐만 아니라, 그라인더로써는 불꽃이 發生하지 않는 非鐵金屬이나 이들의 合金에 對해서는 鑑別이 不可能하다는 큰 問題點도 있다.

그래서 本實驗에서는 이 點에 留意하여 熱電對高溫計로 溫度를 測定하는 原理를 逆으로 解釋하는 方法을 利用한 材料鑑別法을 提示하였다. 이 方法은 計器의 눈금에 依하여 材質을 判別함으로써 客觀性을 賦與할 수 있고, 또 그라인더로써는 불꽃이 發生하지 않는 非鐵金屬과 그들의 合金에 對해서도 適用할 수 있다.



- ① angle of shooting sparks
- ② number of shooting spark lines
- ③ number of shooting sparks
- ④ length of shooting spark lines
- ⑤ size of shooting sparks
- ⑥ brightness of shooting sparks

Fig.1. Characteristics of grinding sparks due to carbon contents C%.

2. 熱電對를 利用한 材質鑑別原理

Fig.2에서와 같이 서로 다른 2種類의 金屬의 兩端을 接合시키고 그 兩接點間에 溫度差를 賦與하면 이 回路에는 熱起電力이 發生하고 그 起電壓과 밀리볼트 미터의 指針의 움직이는 方向은 金屬의 種類나 溫度差에 依하여 一定하다. Fig.2에서 熱電對金屬을 各各 A, B 兩金屬의 接點溫度를 各各 T_0, T_1 이라고 하면 發生起電力 E 는 $E = \alpha (T_1 - T_0)$, 但 $\alpha = \text{常數}$ 따라서 $(T_1 - T_0)$ 의 값을 一定하게 하면 E 는 α 卽 A, B 金屬의 種類에 따라서 달라지게 된다. A에 一定

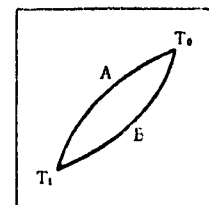


Fig.2. Principle of metal discrimination utilizing thermocouple.

材質의 金屬을 使用하면 E 를 測定함으로써 거꾸로 B 金屬의 種類나 材質을 알아낼 수 있다. 實用에 있어서는 B 에 被檢材料를 裝入시킨다. 各種熱電對의 溫度와 起電力과의 關係는 表 1³⁾과 같다.

〈表 1〉 各種熱電對의 熱起電力

W:W-Mo		Pt-Pt-Rh 10%		Pt:Pt-Ir		alumel chromel		Ag-constantan		Cu-constantan	
溫 度 (℃)	起電力 (mV)	溫 度 (℃)	起電力 (mV)	溫 度 (℃)	起電力 (mV)	溫 度 (℃)	起電力 (mV)	溫 度 (℃)	起電力 (mV)	溫 度 (℃)	起電力 (mV)
		0	0.00	0	0.0	-200	-5.75	0	0.0		
1,000	0	100	0.64	100	1.3	-100	-3.49	100	3.7	-200	-5.54
1,500	2.25	200	1.43	200	2.6	0	0.00	200	8.0	-100	-3.35
2,000	5.20	300	2.32	300	4.1	100	4.10	300	12.9	0	0.00
2,500	7.70	400	3.25	400	5.8	200	8.13	400	18.0	100	4.28
		500	4.23	500	7.4	300	12.21	500	24.0	200	9.28
		600	5.23	600	9.1	400	16.39	600	30.0	300	14.86
		700	6.27	700	10.7	500	20.64	650	32.3	400	20.86
		800	7.33	800	12.3	600	24.90				
		900	8.43	900	14.0	700	29.14				
		1,000	9.57	1,000	15.7	800	33.31				
		1,200	11.93	1,100	17.3	900	37.36				
		1,400	14.34	1,200	19.0	1,000	41.31				
		1,600	16.75			1,100	45.14				
						1,200	48.85				

3. 實驗裝置와 實驗方法

3.1 實驗裝置

本實驗裝置의 構成概要는 Fig.3과 같다. N 는 前記한 Fig.2의 A 金屬에 該當하는 基準棒이고 材料는 純銅을 使用하였다. N 의 下端部는 350℃ 程度까지 持續的으로 加熱할 수 있는 電熱器 H 를 裝着하고 加減抵抗器 R 를 通하여 N 端을 所要溫度로 加熱調整하여 이것을 鑑別하고자 하는 被檢材 S 에 壓着시킨다. 또 N 의 上端은 導線으로 밀리볼트 미터 V 의 (-)側端子에 接續한다. F 는 N 과 같은 材質의 檢査棒이며 그 上端은 切換開閉器 W 를 通하여 V 의 (+)側端子에 接續하고, 下端은 N 와 같이 被檢材 S 에 壓着시킨다. 被檢材 S 에 N 와 F 의 先端部를 壓着

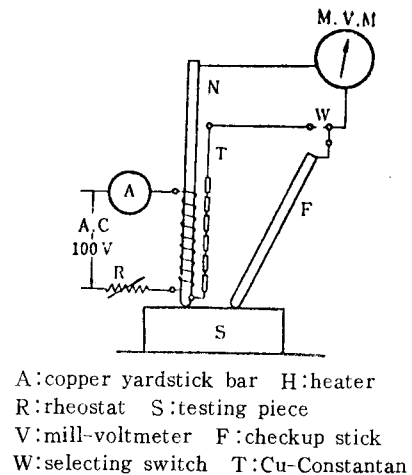


Fig. 3. Testing apparatus

시키면 S 가 Fig. 2의 B 金屬에 該當함으로 $N-S-F-V$ 回路는 한 쌍의 熱電對를 形成하게 된다. T 는 콘스탄탄線으로 一端은 N 의 下端加熱部位에 埋設하고, 他端은 切換開閉器 W 를 經由하여 V 의 (+)側端子에 接續하고 基準棒 N 와 銅-콘스탄탄 熱電對를 形成케 하여 N 의 下端加熱部先端溫度를 測定할 수 있게 하였다. 여기에 銅-콘스탄탄 熱電對를 使用한 것은 이것이 350°C 以下の 低溫에서 敏感한 反應을 나타내기 때문이다. 銅-콘스탄탄 熱電對의 溫度와 熱起電力과의 關係는 表 2⁴⁾와 같다.

〈表 2〉 銅-콘스탄탄 熱電對의 熱起電力(mV)

t	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
-100	-3.349	-3.624	-3.887	-4.138	-4.377	-4.602	-4.817	-5.018	-5.205	-5.379
(-)0	0.000	-0.380	-0.751	-1.112	-1.463	-1.804	-2.135	-2.455	-2.764	-3.062
(+)0	0.000	0.389	0.787	1.194	1.610	2.035	2.467	2.908	3.357	3.813
100	4.277	4.749	5.227	5.712	6.204	6.703	7.208	7.719	8.236	8.759
200	9.288	9.823	10.363	10.909	11.459	12.015	12.575	13.140	13.710	14.285
300	14.864	15.447	16.035	16.626	17.222	17.821	18.425	19.032	19.642	20.257
400	20.874									

3.2 實驗方法

加減抵抗器 R 를 適切히 操作하여 基準棒 N 의 下端을 加熱하여 所定の 實驗溫度에 達하면 그 溫度로 固定시킨다. 이 때 加熱部位의 溫度는 銅-콘스탄탄 回路를 通하여 밀리볼트 미터로 測定한다. 所定の 溫度로 加熱된 基準棒 N 를 被檢材 S 에 壓着시킨 다음 檢査棒 F 의 先端을 被檢材 S 에 壓着시키면, N 와 F 의 兩端間에 溫度差가 있으므로 $N-S-F-V$ 回路에는 熱起電力이 發生하고 V 의 指針이 그 크기와 方向을 表示한다. 이때 N 의 下端加熱部位의 溫度를 變化시키면 同一被檢材 S 에 對하여 熱起電力의 값이 變化하고 또 同一溫度에 對해서는 被檢材 S 의 種別과 成分에 따라 發生하는 熱起電力의 값이 一定함으로 이것을 利用하여 被檢材의 種別이나 成分 및 其他의 情報를 얻어내는 鑑別手段으로 使用한다. 이때에 溫度測定用으로 使用하는 銅-콘스탄탄 熱電對는 酸化하기 쉬우므로 500°C 以下の 溫度에서 使用하여야 한다.²⁾ 또 被檢材의 表面은 미리 研磨紙로 가볍게 研磨하여 酸化膜, 油脂分 및 塵垢 등을 除去하여야 하고, $N-S-F-V$ 回路는 때때로 標準試驗片에 依한 裝置의 精度를 檢定하여야 한다.

4. 結果 및 考察

1. 基準棒 N 의 先端部溫度는 높아질수록 發生하는 起電力은 커지나 材料가 酸化하기 쉬워서 鑑別結果가 不安定해 진다. 實驗에 따르면 120°C 前後가 最適值인 것 같다.

2. 基準棒 N 와 檢査棒 F 와의 距離의 大小는 發生하는 熱起電力에 거의 影響을 미치지 않는 것 같다. 따라서 檢査棒 F 는 被檢材 S 의 어느 곳에 壓着시켜도 鑑別結果는 同一하며, 이것은 밀리볼트 미터의 內部抵抗이 큰데서 緣由한 것이다.

3. 炭素鋼材의 境遇 C 의 含量이 커지면 커질수록 熱起電力의 크기는 減少한다.

4. 炭素鋼을 담금질하면 熱起電力은 더욱 減少하고 뜨임을 하면, 다시 增加한다. 이 現象은 $200^{\circ}\text{C} \sim 300^{\circ}\text{C}$ 의 뜨임 溫度에서 增加率이 顯著하다. 一般的으로 高炭素鋼일수록 熱處理에 依한 熱起電力의 變化가 크다.

5. 含錫鋼에서는 S_n 의 含量이 커질수록 熱起電力이 減少한다. S_n 의 混入은 鋼의 衝擊値를 低下시킴으로 忌避되고 있으나 本法을 使用하면 S_n 의 含量을 推定할 수 있다.

6. 基準棒 N 와 檢査棒 F 의 被檢材 S 에 對한 壓着力은 良好한 接觸狀態가 維持되면 充分하며 強壓할 必要는 全然없음이 밝혀졌다. 各種被檢材에 對한 鑑別結果는 表 3 및 表 4와 같다.

〈表 3〉 各種純金屬의 熱起電力 (溫度 100°C , C_u 基準)

金 屬	A_g	A_u	C_u	C_d	C_o	F_e	M_g	N_i	P_b	S_n	W	Z_n
起電力 (mV)	+0.06	0.08	0	+0.13	-2.23	+0.73	-0.32	-2.22	-0.31	-0.30	+0.18	+0.03

〈表 4〉 指針의 움직이는 方向과 크기

供 試 材		미 터		供 試 材		미 터	
品 名	種 別	方 向	指 度	品 名	種 別	方 向	指 度
高速度鋼	2 種	+	大	스프링鋼	炭素鋼 SP 3	+	
	3 種	+	小		S_i - M_n 鋼 SP 6	-	
	4 種	-		White Metal	S_n 台	-	大
特殊工具鋼	2 種	+	小		Pb 台	+	
	3 種	-		C_u 合金	靑 銅	-	大
	4 種	+	大		黃 銅	-	小
鑄鐵 및 可鍛鑄鐵	鑄 鐵	-	大				
	可鍛鑄鐵	-	小				

5. 結 論

本鑑別法에 依하면

1. 被檢材를 非破壞的으로 鑑別할 수 있다.
2. 鐵鋼材 뿐만이 아니라 그라인더 불꽃檢査에 依하여 불꽃이 發生하지 않는 非鐵合金에 이르기 까지 鑑別할 수 있다.
3. 炭素鋼이나 含錫鋼에 있어서는 $C\%$ 나 $S_n\%$ 의 含量의 多少를 推定할 수 있다.
4. 金屬의 熱處理狀況이나 可鍛鑄鐵의 可鍛程度를 推察할 수 있다.

5. 鑑別者의 熟練度에 따른 主觀的判斷을 排除할 수 있다.

參 考 文 獻

1. 日本鐵鋼協會：鐵鋼便覽，1957，p. 1524.
2. 日本金屬學會：金屬便覽，1952，p. 1161，p. 252.
3. 橋本隆吉：金屬學ハンドブック，朝倉書店，1962，p. 299.
4. 日本電氣技術者協會：自家用電氣主任技術者ハンドブック 改定版，1967，p. 708.

