열처리방법이 철의 자기특성에 미치는 영향(I)

논 문
20~2~2

Influence of Heat Treatment on Magnetic Chracteristics of the Magnetic

차 균 현*
(Kyun Hyon Tchah)

〔ABSTRACT〕

Magnetic materials in relay have been found to change in their magnetic characteristics with heat treatment. This paper describes how the magnetic characteristics of Magnetic Iron are affected by heat treatment.

The materials are pot annealed and cooled from high temperature in the pot, by exposing in the atmospheres, and by quenching in the water and oil.

It also studies the best heating temperature and cooling method which improve the magnetic characteristics of the Magnetic Iron.

1. 緖 言

通信用繼電器의 설계상 중요한 요소는 동작시간과 복구시간의 정확도이다. 동작시간과 복구시간은 코일과 接極子空隙의 설계와 Residul gram[1] 에의해 좌우된다. Residul gram 은 磁氣回路가 차단됐을때 繼電器의 接點을 계속 保持하고 있는 힘으로서 Residul gram 이 클수록 동작, 복구시간이 지연되어 계전기의 사명을 잃게된다. 그러므로 Residual gram 을 되도록 적게하려면 철의 磁氣特性을 개선해야한다.

電磁用 磁性材料가 요구되는 일반특성은

(가) 飽和磁束密度가 최대일것.
(나) 殘留磁束密度가 최소일것.
(다) 保磁力이 최소일것.
(라) U_o U_{max} 가 최대일것.
(마) hysterisis 損이 적을것 등이다.

위의 특성을 가지려면 純鐵 製造過程에서 순도[2]를 높이고 가공방식을 잘하면 얻을수있다.

철의 순도는 철에 포함되어 있는 성분이 영향을 준다. 炭素 硫黃 酸素등의 침입형원소가 철의 結晶格子 사이에 있으면 磁氣特性이 나빠진다. 즉 炭素가 적게 包含되어있으면 H_c가 감소하고 U_{max}가 增加한다. 置換型元素인 망간, 珪素, 알미늄이 適量含有 되어 있으면 炭素, 酸素等의 악영향을 제거하여 磁性이 향상된다. 純鐵製造에있어서 磁性에 악영향을 주는 불순물을 전혀 포함되지 않도록 하는것은 불가능하며 기계적가공 또는 다른 원인에 의해 極微한 結晶格子의 變形에따라서 抗磁力이 변하므로[3] 熱處理를 하면 鐵의 結晶粒을 再配列 시킬 수 있다.

2. 실험방법

試料는 국내 繼電器 maker 에서 사용하고 있는 炭素含有量이 0.15% 이내인 서독제 및 일제 電磁軟鐵을 택했다. 水素爐에 進入 할 수 있도록 外徑 38mm, 內徑 28mm 두께 2mm 의 環狀試片을 만들어 磁化코일은

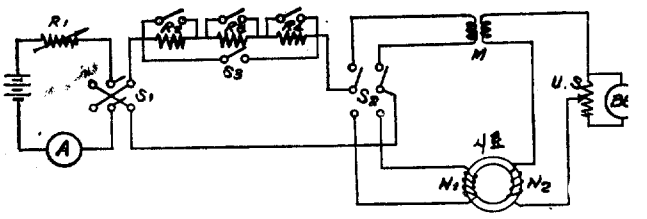

그림 1. 磁氣特性을 구하는 配線圖
Fig 1. Diagram for measuring magnetic chracteristic curves of a sample.

* 정회원 : 체신부 전기통신연구소

0.8mm 에나멜동선 100回, Search코일은 0.4mm 에나멜동선 10回 감아 그림 1과 같은 회로를 사용하여 反復彈動檢流計法으로 磁性을 측정하였다.

熱處理는 鐵製燒鈍箱子를 공기가 遮蔽되도록 만들어 電磁軟鋼片을 試料와 같이 넣고 燒鈍시켰다.

실험은 ㉮加熱溫度를 변화 시켰을 때의 磁氣特性 ㉯加熱時間을 변화 시켰을 때의 磁性 ㉰냉각방법과 냉각속도에 의한 磁性 ㉱酸化皮膜이 磁性에 미치는 영향을 실험했다.

3. 실험결과 및 해석

3-1 (가) 加熱溫度를 변화 시켰을때

電磁軟鐵을 가열시간과 냉각시간 냉각방법을 일정히 하고 온도를 변화 시켰을때 磁性을 구했다. 가열은 5시간하고 냉각은 170°C/h로 爐冷시켰다.

온도변화에 대한 B_r H_c B_{max} hysteresis 損은 표 1과 같다. 그림 2는 표1의 특성치를 도시 한 것이다. 온도가 증가하면 B_r은 증가하고 H_c는 감소하며 B_{max}가 증가하고 hysteresis 損이 감소한다. 800°C 이상에서 H_c는 가열하지 않은 상태의 H_c보다 약 $\frac{1}{3}$, hysteresis 損은 약 $\frac{1}{2}$로 감소한다.

표　1. 加熱溫度 변화에 대한 磁氣特性

Table. 1. Magnetic chracteristics of Iron versus temperature

가열온도 °C	B_r Wb/m²	H_c AT/m	B_{max} Wb/m²	hysteresis損 (0°C에 대한 比)
0	0.848	500	1.650	1,000
600	1.432	198	1.617	0.460
800	1.015	183	1.662	0.573
860	1.153	183	1.800	0.451

3-1 (나) 試料를 일단 가열하여 爐冷 시킨후 再加熱하여 온도를 변화시킬때,

試料를 일단 860°C로 5시간 燒鈍한 후 爐冷시킨것을 다시 2시간 再加熱하여 온도를 변화 시켰을때 磁氣特性을 구했다. 磁性値는 표 2와 같다.

표　2. 再加熱溫度 변화에 대한 磁性

Table 2. Magnetic chracteristics of Iron versus re-heating temperature

가열온도 °C	B_r Wb/m²	H_c AT/m	B_{max} Wb/m²	hysteresis損 (0°C에대한 比)
600	1.249	195	1.850	0.451
700	1.158	193	1.805	0.464
820	1.065	193	1.805	0.551

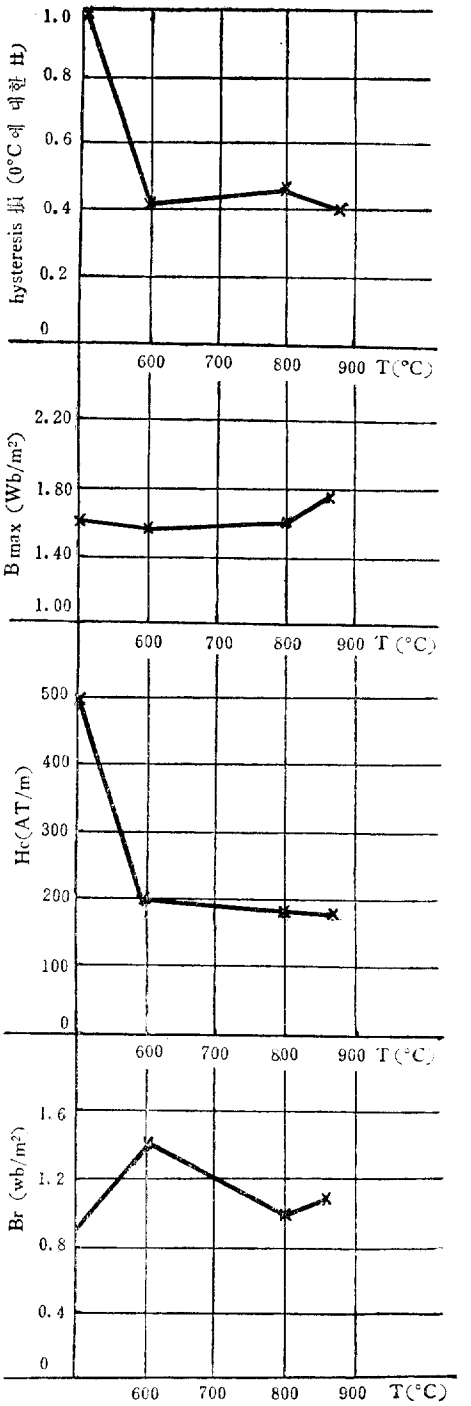

그림 2. 加熱溫度 변화에 대한 鐵의 磁氣特性曲線

Fig 2. Magnetic chracteristics of Iron versus temperature

600°C에서는 hysteresis 損은 적으나 B_r이 크고 820°C에서는 B_r은적고 hysterisis 損은 약간 크다. 표1과 표2를 비교하여볼때 800°C 이하에서의 熱處理보다 800°C 以上에서의 熱處理가 磁性이 좋은것을 알수있다. 가장좋은 온도는 820°C 부근이다.

3-2. 가열시간을 변화시켰을때

온도를 800°C로 일정하게 유지하고 가열시간을 변화시켜 爐冷시켰을 때 磁氣特性을 구했다. 아래표 3은 이때 磁氣特性値이고 그림 3은 가열시간 변화에 대한 磁氣特性曲線이다.

가열시간이 증가하면 H_c는 감소하여 어느한계에 도달하면 그이상 감소하지 않는다. B_r과 B_{max}는 증가하고 hysteresis 損은 감소한다. 磁氣特性은 7시간 가열했을 때가 가장좋다.

표 3. 가열시간 변화에 대한 磁氣特性

Table 3. Magnetic chracteristics of Iron versus annealing time.

가열시간 H	B_r Wb/m²	H_c AT/m	B_{max} Wb/m²	hysteresis 損 (0 H 에대한 比)
0	0.848	500	1.650	1.000
3	0.971	183	1.618	0.485
5	1.015	193	1.662	0.573
7	1.131	193	1.825	0.481

3-3. 高溫으로 가열한 후 냉각방법과 속도를 변화시켰을때,

試料를 800°C에서 5시간 가열한 후 水冷, 油冷, 空冷시켰을때 磁氣特性을 구했다. 特性値는 표 4와 같다.

냉각속도에 따라 B_r은 800°C로 가열하여 爐冷시켰을 때의 것보다 감소하고 냉각속도가 빠를수록 B_r은 더 감소한다. H_c는 냉각속도가 빠를수록 증가하고 B_{max}는 별로 차이가 없으나 hysterisis 損이 爐冷시켰을 때보다 증가한다.

표 4. 냉각속도 변화에대한 磁氣特性

Table 4. Magnetic chracteristics of Iron for different cooling

냉각방법	B_r Wb/m²	H_c AT/m	B_{max} Wb/m²	hysteresis 損 (0°C 에대한 比)
수 냉	0.762	293	1.64	0.758
유 냉	0.982	280	1.63	0.799
방 냉	1.110	150	1.665	0.453

3-4. 酸化皮膜의 영향

금속을 鍛造壓延등의 가공을하여 제품을 만드는 과정에서 여러회 高溫加熱을 하게 되는데 이때 금속표면에 酸化 Scale이 생긴다. 鐵鋼表面에 생긴 酸化物層은

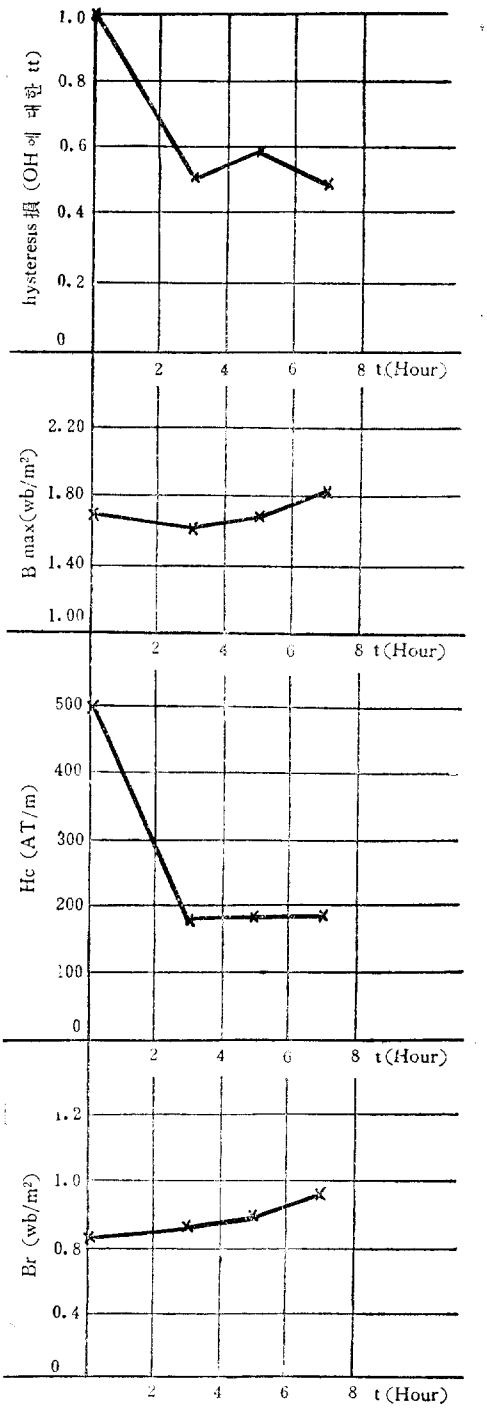

그림 3. 가열시간 변화에 대한 磁氣特性曲線

Fig 3. Magnetic chracteristic curves versus annealing time

FeO, Fe_2O_3, Fe_3O_4, 3層이 있는데 공기와 같이 비교적 酸素가 많은중에서 酸化速度는 $d=A\sqrt{t}$[4](t=시간, A:定數)와 같이 표시되고 酸化速度는 酸化層中으로 擴散에 의하여 속도가 제한된다. 酸素分壓이 적은 곳에서는 Fe_2O_3, Fe_3O_4와 같이 酸素가 많이 함유된 酸化物은 雰圍氣中 低酸素分壓과 평형하도록 酸素를 방출하여 低酸素酸化物이 되므로 Scale은 FeO 층만이 된다. 이때 酸化는 시간에 직선적으로 변한다.

Scale 損失[4]은 鐵鋼重量의 燒減 耐火材의 耐火度低下 제품에 흠을 발생시켜 塗裝이 되지않고 상품가치를 떨어뜨리고 電磁材料로 쓰이는 鐵鋼에 Scale이 생기면 透磁率을 저하시킨다.

그림 4는 Scale이 透磁率에 미치는 영향을 실험한 결과로서 燒鈍時 鑄鐵을 混入하여 酸素量을 적게 했을 때의 hysteresis 곡선과 酸素量을 많이하여 두꺼운 Scale 皮膜을 生成 시켰을 때의 hysteresis 곡선이다. 전자가 透磁率이 3.7×10^{-4} 인데 비해 후자는 2.52×10^{-4} 로서 약 31.9% 감소했다. 그러므로 皮膜이있는 電磁軟鐵의 열처리 과정에서 생기는 皮膜을 되도록 생기지않도록 해야하나 통상적인 標準燒鈍方法으로는 완전히 제거할 수 없다.

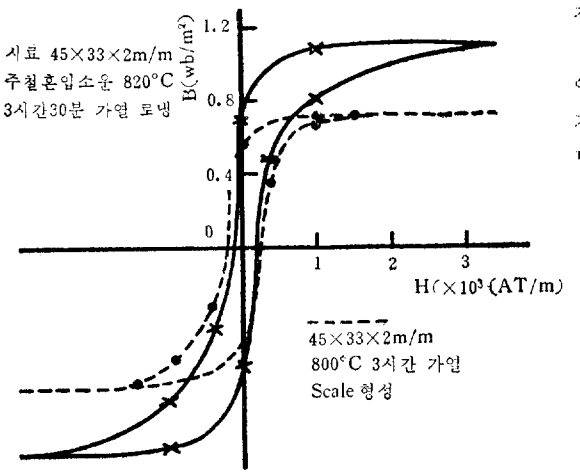

그림 4. Scale 皮膜이 있는 試片과 없는 試片의 hysteresis 곡선.

Fig 4. Hysteresis loops for samples with scale on it and with not.

4. 결　　론

電磁軟鐵의 磁氣特性은 열처리하므로서 향상 되는데 그 방법에 따라 특성이 달라진다. 가열온도를 증가시키면 B_r과 B_{max}가 증가하고 H_c와 hysteresis 損은 감소한다. 가열시간이 길어질수록 B_r, B_{max}가 증가하고 H_c는 어느 한계까지 감소하면 별로 변화가 없으며 hysteresis 損이 감소된다. 냉각속도가 빠를수록 B_r은 감소하나 H_c가 증가하고 hysteresis 損이 증가한다.

磁氣特性을 향상시키기 위한 열처리는 電磁用 磁性材料의 조건 중 어느 한가지만 만족 시켜서는 안되고 균형있게 만족 시켜야 하므로 가열온도, 가열시간, 냉각방법을 잘 선택 해야한다. 電磁軟鐵의 磁氣特性은 820°C에서 7시간 가열하여 냉각속도를 빨리하여 爐冷시키는 것이 가장 좋으며 maker가 量産체제로 할수있는 가장 좋은 방법이라 생각된다.

酸化皮膜이 생기지 않도록 열처리 하는 것이 가장 이상적인 열처리이나 통상적인 標準燒鈍方式으로는 불가능하므로 특수열처리를 해야한다. 이에대한 특성은 다음기회에 발표하겠다.

참 고 문 헌

1. J.R. FRY; "Important Design Factors Influencing Reliafility of Relays" B. S. T. J 31 p. 967 Sept. 1952.
2. 鳳誠三郎　電子電氣材料の特性と選擇　地人書館 1964 p. 168.
3. 茅誠司; 鐵單結晶の殘溜磁氣 應用物理 Vol. 2—3 p. 342 1933—34.
4. 不二越熱處理 研究 グループ 知クたし熱處理 ジヤパンマシニスト 1970 p. 158.
5. 橋山正考; 鑄物と非鐵金屬材料の熱處理, 日刊工業新聞社 1970.