

耐久磁石合金の研究(II)

— 冷間加工せる高 Mn 鋼の磁性に就いて —

(昭和 23 年 4 月本會講演大會講演)

三島 徳七* 牧野 昇*

STUDY ON PERMANENT MAGNET ALLOY. (II)

— On the Magnetic Properties of Cold-Worked Mn Steel —

Synopsis : —

Low carbon Mn steel containing 13~15% Mn of austenite-state changes to martensite-state with cold working. This cold-rolled steel revert again to austenite-state containing higher Mn content with tempering. W. Jellinghaus has already reported that such alloys are suitable to make thin magnet plates. We investigated the changes of X ray-and Micro-structures, effects of carbon and reduction degree, effect of tempering temperature and anisotropy in the magnetic properties.

I 緒言

Mn 13~15% を含む Mn 鋼は空冷の状態ではオーステナイトの組織を持つが、これに強度の冷間加工を行ふと β マルテンサイトに変化する。この冷間加工した鋼を焼戻すと β マルテンサイトは再び一部分オーステナイトに変化し、マルテンサイト中の Mn% は低下する。この際に硬化が起り硬度、抗磁力は著しく上昇し、残留磁気は下る。この様な処理をした Mn 鋼は薄板磁石材料に適していると W. Jellinghaus は述べている。本報告に於てはこの Mn 鋼の組織変化、炭素量及び加工率の影響、熱処理特に焼戻の影響並びに磁氣的異方性に就いて、當研究室で得られた結果を要約して述べる。

II 合金の調製及び加工

熔製に使用した材料は電解鐵と電解マンガ、溶解爐は高周波爐又はクリプトル爐、坩堝は黒鉛坩堝にアルミナを厚く裏付けをして使用した。鑄込む直前に脱酸及び冷間加工性を良好ならしめる爲にフェロチタンを少量添加した。試料の分析成分の 1 例を示すと次の如し。

C=0.07%, Mn=14.95%, Si=0.62%

Ti=1.30%, Al=0.5%, P=0.035%

S=0.042%.

次にこの鑄塊 (1.0~1.5kg) を熱間鍛造にて厚さ約 10mm 位とし、これを冷間壓延によつて 6~2mm の所定の厚さに冷間加工を行つた。

III 組織の変化

先ず加工及び焼戻処理による X 線及び顯微鏡組織

の變化に就いて述べる。前述の試料に就いて熱間鍛造後急冷、冷間加工 (86%)、焼戻し (560°C×20 分) の各過程に於ける X 線デバイシエラー寫眞を示すと、寫眞第 1 の如くである。即ち空冷したものはオーステナイト、冷間加工したものは β マルテンサイト、焼戻したものはオーステナイトと β マルテンサイトであることが判る。この焼戻の際に Mn の濃度變化が起り、鋼の平均成分に比べてマルテンサイト中の Mn が貧化し、オーステナイト中の Mn は多くなる。これは格子常数の決定によるのであり、冷間加工、560°C 焼戻しの格子常数を計算すると (W. Schmid の測定した Mn 鋼の格子常数を参照して) マルテンサイト中の Mn% の貧化は約 4% であることが判る。尚ほこれの詳細は次報に述べる。次に顯微鏡組織を調べると、空冷状態では純オーステナイトの多邊形組織が見え、壓延したものはオーステナイトとマルテンサイトで結晶粒が壓延方向に延びてをり、焼戻すと、寫眞第 2 の如く組織がずつと細くなつてゐる。

IV 焼戻の影響

この Mn 鋼は冷間加工後 500~600°C に焼戻すと硬化を起す。例へば Mn=15%, Ti=1% の鋼を 12 mm 角から 6.6mm 角に冷間壓延して 550°C に焼戻すと、第 1 圖の如き結果を得た。焼戻しと共に Br は減り Hc は増加し、Br×Hc は 60 分附近で最大となることが判る。

V 炭素量の影響

使用材料及び溶解方法を變へて炭素含有量の磁性に

* 東京大學第一工學部

写真第1. 各過程のX線写真

- (a) 熱間鍛造後空冷. (b) 冷間加工後.
- (c) 560°C×20分焼戻し.



写真第2. 560°C×20分焼戻しの組織.



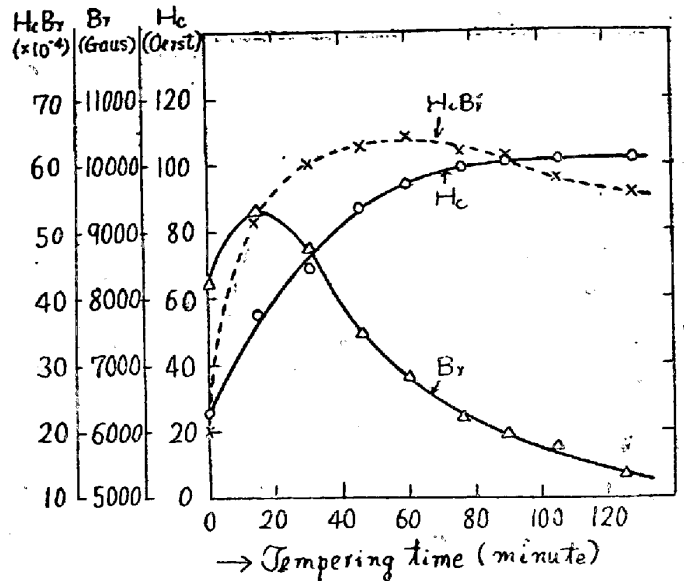
及ぼす影響を調べた。第1表に示した如く、炭素の存在は磁性を極めて劣化させることが判つた。Mn鋼は炭素を含み易いので充分注意を要する。

VI 加工率の影響

加工率の影響を調べるために各加工度の冷間加工を行つた。1例として最初の鉄厚 11.0mm のものを

第1図

550°Cの焼戻に伴ふ磁性の変化



第1表 炭素量の磁性に及ぼす影響

| 炭素量 (%) | 使用材料 | 熔解方法 | 550°C×1時間焼戻 | | |
|----------|------|--------|-------------|------|---------|
| | | | Hc | Br | HcBr |
| I 0.25 | 電 解 | フェロマンガ | 25 | 530 | 13.000 |
| II 0.07 | 電 解 | マンガン | 88 | 5950 | 525.000 |
| III 0.05 | 鐵 | 高周波爐 | 94 | 6850 | 645.000 |

6.9mm 及び 1.95mm に冷間圧延してその磁性を比較すると、第2表の如くなる。

第2表 加工率の磁性に及ぼす影響

| | I | II |
|---------------------|---------|---------|
| 最初の鉄厚 mm | 11.0 | 11.0 |
| 冷間圧延後の鉄厚 mm | 6.9 | 1.95 |
| 残留磁気 gauss | 6250 | 9850 |
| 抗磁気 oersted | 10 | 24 |
| 焼戻温度(1時間) °C | 550 | 550 |
| 残留磁気 gauss | 3050 | 5950 |
| 抗磁力 oersted | 56 | 88 |
| Br×Hc gauss·oersted | 171.000 | 525.000 |

加工率は相当強く行ふことが必要で、70%以上の加工度は必要であらう。

VII 磁氣的異方性

以上述べたのは圧延方向に測定した磁性である。圧延方向と垂直に取つた試料は抗磁力は餘り違はないが、残留磁気が13%位低い。例へば80%加工後540°Cに1時間焼戻すと、圧延方向は Br=6680 ガウス、垂直方向は Br=5810 ガウスとなる。

終りに臨み本實驗に多大の御援助を受けた小山義彦氏に感謝の意を表す。(昭23.8.3寄稿)