寄 書

鉄鋼の磁氣的経年変化についての実験的研究*

財 満 鎮 雄** 三 石 貞 治***

Some Consideration on the Aging of Steel and Iron

by Shigeo ZAIMA and Sadaharu MITSUISHI

1. 緒言 鉄鋼は普通用いられる材料の中では残留磁気・保磁力など比較的大きいにもかかわらず、磁氣的経年変化のため磁気材料としてはあまり用いられていなかった。近年電気部品材料として鑄鉄・炭素鋼の使用が増加しているので、経年変化の概況を知って

おくこともむだなことではない。

ここに経年変化を熱処理との関係について各種鉄鋼を試料として調べ、経年変化に対する対策資料・鉄鋼の熱処理に対する資料を求めた。

2. 試料および実験方法 試料として第1表の成

第 1 表

材 料	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	V	W
1.29% 炭 素 鋼	1.29%	0.20%	0.33%	0.033%	0.020%	0.42%	—	—	—
0.30% 炭 素 鋼	0.30	0.27	0.71	0.030	0.020	—	0.32%	—	—
エ キ ス ト ラ	1.19	0.20	0.28	0.020	0.080	0.28	—	0.1%	0.9%
パ ー ラ イ ト 鑄 鉄	3.04	1.95	0.81	0.117	0.104	0.20	—	—	—

分の鉄鋼を直径 6 mm 長さ 80~85 mm の丸棒に仕上げ、焼入れしたものおよび 100~300°C に 50° おきに焼もどした(恒温保持)ものの磁氣的性質の時間による変化を、計算図表を用いた磁力計法⁽¹⁾で測定した。その結果、焼入れのままのものと焼もどしたものでは経年変化の様相に差があることがわかったので、一例をあげて説明する。

3. 実験結果 焼入れのままのものの磁気変化を示す。第1図は残留磁気 I_r と時間 T の関係で、各材料について定性的に $I_r = T \exp(-a)$ が成立する(a は材料による定数)。だいたい 96 時間経て飽和値になる。磁場の強さ H が一定の時の帯磁の強さ I と T の関係は第2図で、この場合も $I = T \exp(-b)$ が定性的に成立するが(b は材料による定数)、初めの減少は急で相当時間経過した後も直線的なわずかの減少がある。履歴損失 W_h と T の関係は第1図で、定性的に $W_h = T \exp(-c)$ が成立し(c は材料による定数)、各試料とも初め急減した後直線的に小さな割合で減少する。帯磁率 K は第3図のように焼入れ直後最も高く時間とともに次第に低下する。

焼もどし時効を行ったものは以上の結果と異なる。一例を 200°C に焼もどしたものとすると、 I_r と T の関係は第4図のように各試料とも定性的に

第 1 図

$I_r = T \exp(-d)$ が成立するが(d は材料による定数)急激な変化は焼入れに比べ非常に短縮され 8 時間ぐらゐで終了する。また H が一定の時の I の変化は第5図となり、焼入れと逆の傾向で定性的に $I = T \exp(f)$ が成立する(f は材料による定数)。 W_h の変化は第4図のようにやはり $W_h = T \exp(-g)$ が成立する(g は

* 昭和 29 年 6 月 4 日 浜松地方講演会において講演，
原稿受付 昭和 31 年 9 月 11 日。

** 正員，山梨大学工学部。

*** 正員，日本無線会社。

第 2 図

第 4 図

第 3 図

第 5 図

材料による定数)。K の変化は第 6 図のように焼入れとは逆に時間とともに上昇するが、その割合は焼入れの場合の低下の時間に比べ著しく短い。

4. 結果の検討 経年変化の大きいものは熱処理効果も大きく、熱処理による磁気変化も大きい⁽¹⁾。また 100~300° で短時間 (20 分) 焼もどしたものの常温での経年変化は、初めの値が焼入れより低く初期の急減もなくわずかな割合で直線的に減少する。焼入れでは焼入組織になると同時に、焼入ひずみも多く残っている。焼入組織は不安定な相ではあるが熱ある

いは機械的衝撃など与えない限り変化は緩慢であり、また焼入ひずみも時間とともに減少するので、初期の比較的急激な減少は両者の影響がきいて来るが、その時期が終れば主として組織変化すなわち過飽和物の析出にともなった経年変化のためごくゆるやかになると見られる。残留ひずみがあれば磁氣的性質が上昇することは、冷間加工したもので確かめ得た⁽²⁾ので類推した。そのような組織変化と焼入ひずみの影響による変化期間図よりは 24~28 時間で終了することがわかる。

これに対し、100~300° で保持し焼もどし時効せる場合は直接内部組織の変化に根拠をもち、したがって

第 6 図

たとえば第2図と第5図あるいは第4図と第6図の差は当然である。焼入組織より安定な相への変化が磁気変化の大きな原因となり、たとえば1.29%炭素鋼では相変化所要時間は200°保持で第1, 3図より見ればだいたい8時間を要し、また150°保持では48時間後にもかなり変化が認められる。これは1.4%炭素鋼について岩瀬氏⁽³⁾の電気抵抗による相変化時間の測定で、200°で10時間前後を要し150°では50時間後も、なお変化の進行が認められたのとだいたい一致する。エキストラの焼もどし時効の初期では他の鉄鋼と同傾向であるが、特殊な元素を含むため相変化も単純でなく時間を要すると考えられ、200°の場合20時間近くかかっている。

さらに興味あることは、磁氣的に処女性の材料を始めて磁化させ磁化閉曲線を描かせた後、消磁して再び閉曲線を求めると、閉曲線の外形面積など等しいが磁化曲線のすべる道が異なることである。一例を第7図に示すと、磁氣的に処女性のものは図の①曲線をすべるが、直ちに消磁引続いて第2回目磁化には②曲線、第3回目には③曲線と安定したコースに近づく。これは直流磁化で1回ごとに磁化消磁するため、第1回の履歴損失の内部熱により磁気変化が生じてコースが変化するのか不明で、交流磁化でも果してこの現象が

認められ初めとしばらく経過した後と異なるかどうか不明であるが、今回の実験では全然始めての材料のKと2~3回やり直して求めたKと異なった値が得られ、しかも閉曲線は等しいので見のがしやすいことであった。

第 7 図

6. 結言 以上要約すれば、計算図表を用いた磁力計法によって鉄鋼の磁氣的経年変化について調べた結果

(1) 焼入れのままもしくは短時間焼もどしたものと焼もどし時効(恒温保持)をしたものとは、残留磁気・履歴損失などの変化は見掛け上同傾向にあるが、帯磁率その他細かく見れば全く異なった様相を示す。

(2) 焼入れのままでは、だいたい24時間経過すれば大きな磁気変化はなくなり、また短時間の100~300°C焼もどしでも同じ効果が得られるが、焼もどし温度が高くなると最初の値が次第に低下していく。

(3) 焼もどし時効すれば内部組織の変化が促進され、150°Cでは約48時間200°Cでは8時間程度で組織の安定化が得られる。

(4) 今回の実験では磁氣的に処女性の材料を初めて磁化する場合の磁化曲線是非可逆的で、数回磁化消磁を繰返した後安定した磁化曲線をすべる。

終りに臨み種々御指導をいただきました東京工業大学森永卓一教授、東京都工業奨励館小川喜代一博士に深謝いたします。

文 献

- (1) 財満・太田, 昭和28年5月15日長岡地方講演会前刷。
- (2) 財満・進藤, 昭和30年11月5日甲府地方講演会前刷。
- (3) 岩瀬, 熱処理の基礎, 第2回金属学会講習会資料, 30ページ(昭24)。