

高 C-高 Cr 磁石鋼および低 Co 磁石鋼の温度による磁性の変化について

The Change of the Magnetism of High C- High Cr Magnetic Steel and Low Co Magnetic Steel Due to Temperature

小柴定雄* 西沼輝美**

内 容 梗 概

C 含有量約 1.3%, Cr 含有量約 5.8% の高 C-高 Cr 磁石鋼および C 含有量約 1.05%, Cr 含有量約 6%, Co 含有量約 4.7% の低 Co 磁石鋼の $-60^{\circ}\text{C}\sim+80^{\circ}\text{C}$ 間の温度による磁気の変化を求め、あわせて Aging の残留オーステナイト (γ_R) の Stabilization におよぼす影響について考察をくわえた。

γ_R の分解の生ずる場合は当然それに応じて残留磁気 Br の増加, 抗磁力 Hc の減少が生ずる。しかし Aging を行うと γ_R の Stabilization が著しく促進されるので, 実際にはほとんど γ_R の分解は懸念する必要がなく, 単なる温度の変化によって磁気特性が変化する。

〔I〕 緒 言

計器の空間磁束密度は周知のごとく温度により変化し, これを補償するために整磁合金などが使用されている。これは使用磁石の磁気特性が温度により変化するためこの温度係数については若干の実験があるが, 本研究においては高 C-高 Cr 磁石鋼および低 Co 磁石鋼についてそれを求め, あわせて焼入後 100°C にて長時間行う Aging について簡単な考察を加えた。

〔II〕 実験試料および実験方法

実験に供した試料の化学成分は第1表のごとくである。測定は直径 5mm, 長さ 120mm の試料を用い, エチルアルコールとドライアイスにてえた低温ならびに温水中にて, 測定温度に10分間保持後弾動検流計法にて磁気特性を求めた。この場合の測定所要時間は2分間以内で測定終了までに最大 2°C の変化が生じた。

〔III〕 実験結果およびその考察

(1) 温度係数

各試料とも $1,170^{\circ}\text{C}$ にて焼準後高 C-高 Cr 鋼は 850°C , 低 Co 鋼は 925°C からそれぞれ油焼入後 100°C にて6時間 Aging を行い, さらに常温に約 30 時間放置後 $-40^{\circ}\text{C}\sim+70^{\circ}\text{C}$ の各温度にて磁気測定を行った。その結果を第1図に示す。ただしこの場合の測定は

常温→低温→常温→高温→常温

の順序で行ったものである。

温度を上昇すると Br および Hc とともに僅かに低下の傾向を示す。この場合 Br の平均温度係数は高 C-高 Cr 鋼および低 Co 鋼ともに約 -1.9×10^{-4} , Hc のそれは高 C-高 Cr 鋼約 -3.3×10^{-4} , 低 Co 鋼約 -3.5×10^{-4} である。

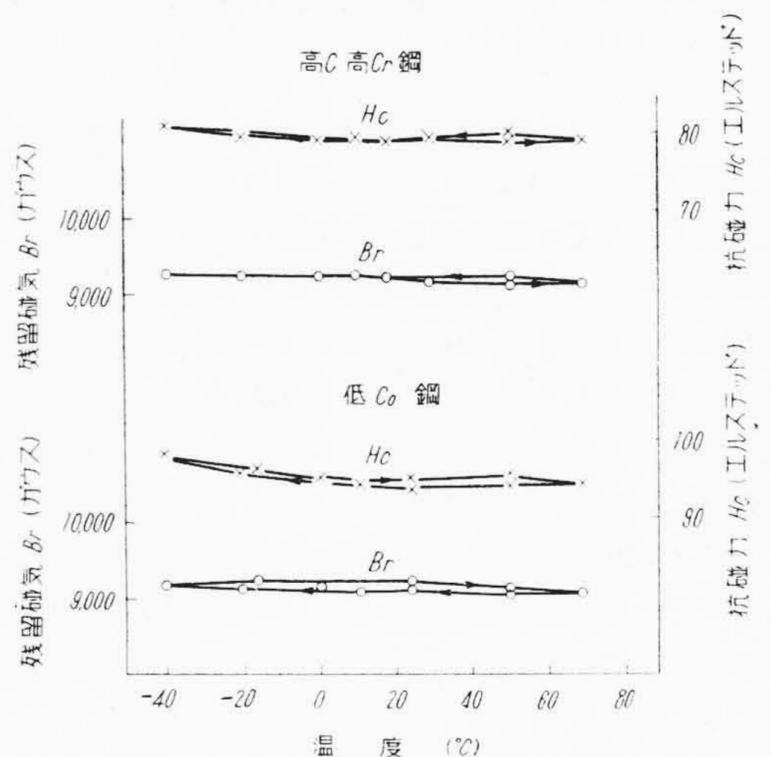
低温に冷却されると Sub-zero 効果による Br の増加,

* 日立製作所安来工場 工博

** 日立製作所安来工場

第1表 化学成分の試料
Table 1. Chemical Composition of Specimen

鋼 種	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	W	Co
高C-高Cr鋼	1.31	0.11	0.41	0.028	—	0.23	5.81	0.36	—
低Co鋼	1.05	0.27	0.44	0.023	0.010	0.20	5.95	0.46	4.67



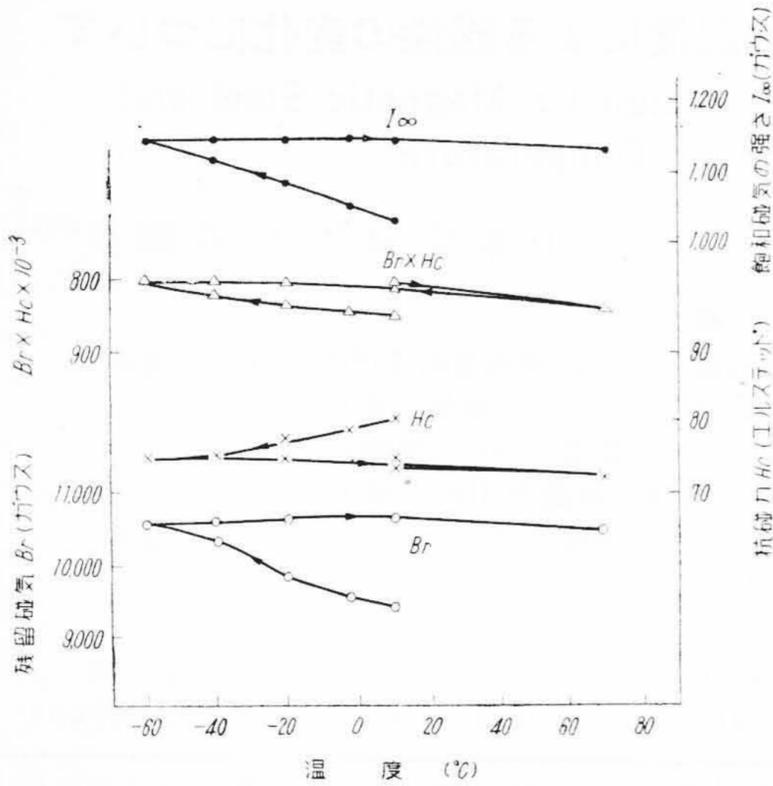
第1図 高C-高Cr鋼および低Co鋼の温度と磁気特性の関係 (Aging 後低温より測定)

Fig. 1. High C- High Cr Steel and Low Co Steel; Relation between Temperature and Magnetic Characteristic (Measured After Aging, from Low Temperature Up)

Hc の減少が考えられるが, 本実験の場合にはそれがなく試料の温度が常温になるとほとんどもとの値を示す。つぎにこれらを確認するため, 焼入後 Aging を行わず直ちに

常温→低温→常温→高温→常温

の順で測定を行ったものが第2図および第3図である。ただし図の飽和磁気の強さ I_0 とは有効磁場の強さ 570 エルステッドにおける磁化の強さのことである。



第 2 図 高 C-高 Cr 鋼の温度と磁気特性の関係 (低温より測定の場合)

Fig.2. Relation between Temperature and Magnetic Characteristic of High C- High Cr Steel (When Measured from Low Temperature Up)

あきらかに γ_R の分解による I_{∞} , Br の増加, Hc の減少が現われ, -60°C にて, 焼入直後の常温における値より高 C-高 Cr 鋼にて Br 約 1,200 ガウスの増加, Hc 約 6 エルステッドの減少がある。また低 Co 鋼にては Br 約 900 ガウスの増加, Hc 約 3 エルステッドの減少が現れる。これをさらに温度をあげると Br, Hc とともに僅かに低下する。しかして両鋼種とも Br の減少は -60°C と $+70^{\circ}\text{C}$ 間において約 150 ガウスでその平均温度係数は約 -1.2×10^{-4} である。また Hc の減少は約 2.5 エルステッドでその平均温度係数は約 $-2.0 \sim -2.5 \times 10^{-4}$ である。

つぎに焼入直後

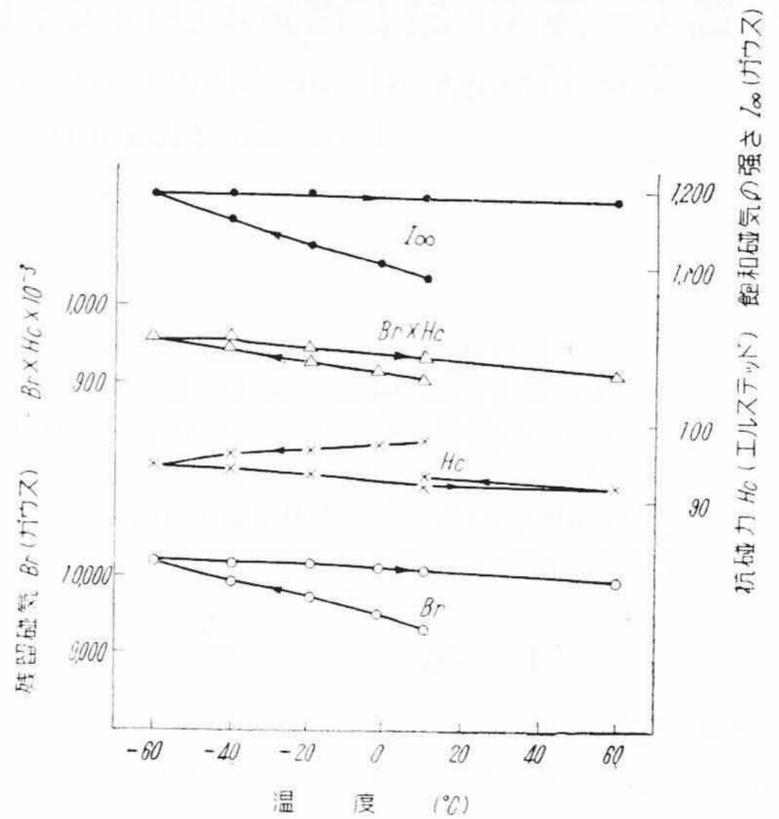
常温 \rightarrow 高温 $\rightarrow 100^{\circ}\text{C} \times 2$ 時間 Aging

\rightarrow 常温 \rightarrow 低温 \rightarrow 常温

の順で測定を行つた結果が第 4 図および第 5 図である。

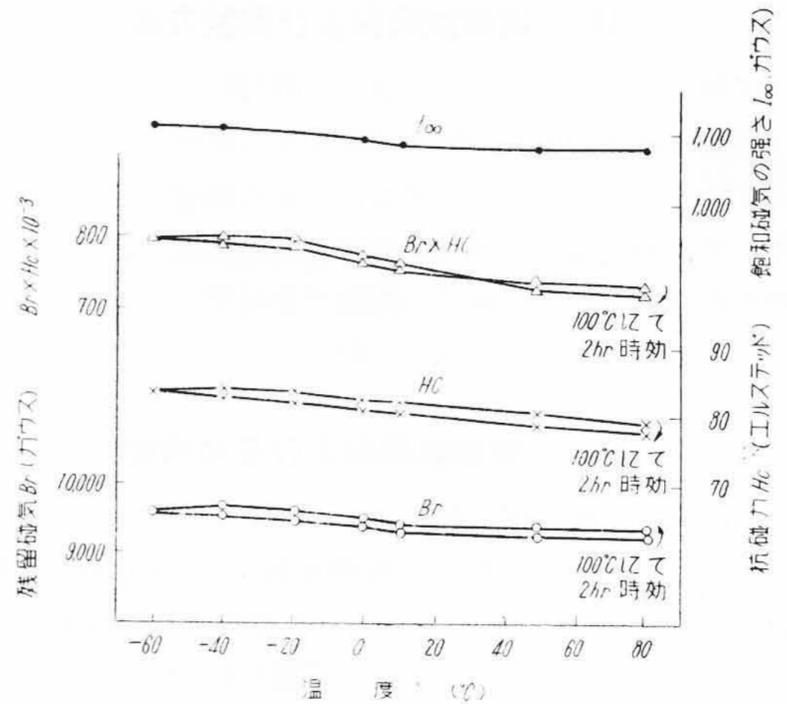
温度が高くなると Br, Hc とともに低下する。 100°C にて 2 時間 Aging を行くと γ_R がわずかに分解し, Br が増し Hc が減少する。さらにこれを低温に冷却すると Br, Hc とともに増加するが γ_R の分解による急激な変化は認められず常温になるとほぼもとの値にもどる。この場合の -60°C と $+80^{\circ}\text{C}$ 間の Br の平均温度係数は両鋼種とも約 -2.3×10^{-4} である。Hc のそれは高 C-高 Cr 鋼の場合がやゝ大きく約 -4.7×10^{-4} で, 低 Co 鋼のそれは約 -2.8×10^{-4} である。

(2) 100°C Aging の γ_R の Stabilization におよぼす影響



第 3 図 低 Co 鋼の温度と磁気特性の関係 (低温より測定の場合)

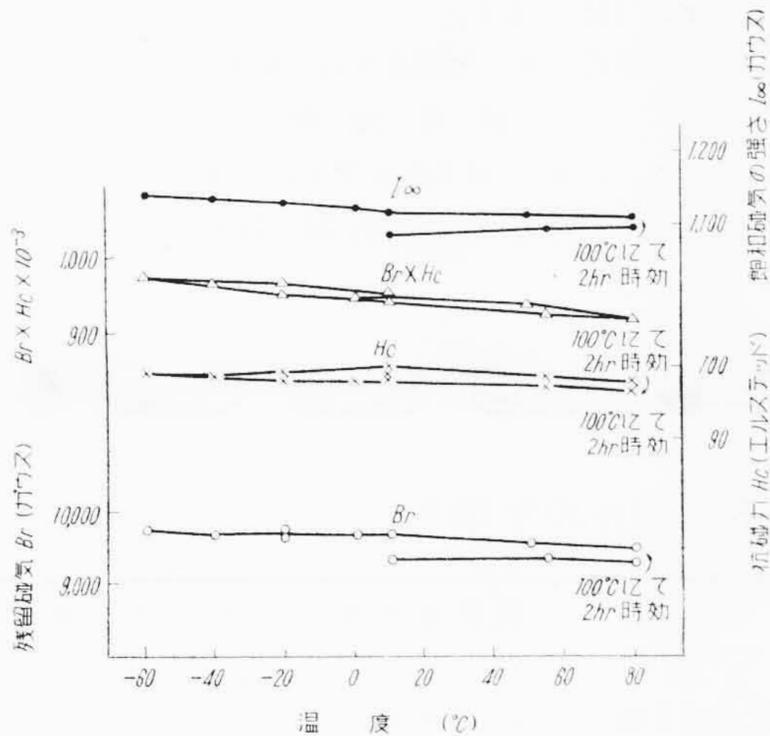
Fig.3. Relation between Temperature and Magnetic Characteristic of Low Co Steel (When Measured from Low Temperature Up)



第 4 図 高 C-高 Cr 鋼の温度と磁気特性の関係 (高温より測定の場合)

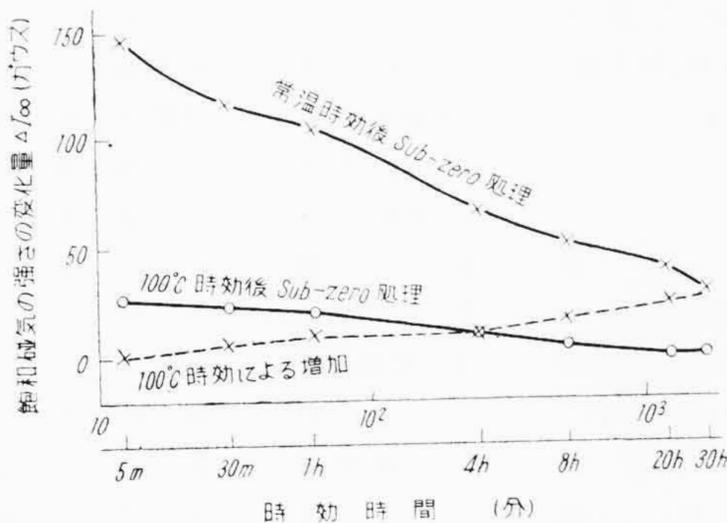
Fig.4. Relation between Temperature and Magnetic Characteristic of High C- High Cr Steel (When Measured from High Temperature Down)

高 C-高 Cr 鋼を焼入後約 10°C の常温および焼入後たゞちに 100°C に加熱, 5 分~30 時間保持後 -70°C に 30 分間 Sub-zero 処理を行い I_{∞} の変化量を求めた。その結果を第 6 図に示した。なお参考のため 100°C にて Aging を行つた場合の I_{∞} の変化量をも示した。



第5図 低 Co 鋼の温度と磁気特性の関係 (高温より測定の場合)

Fig.5. Relation between Temperature and Magnetic Characteristic of Low Co Steel (When Measured from High Temperature Down)



第6図 高 C-高 Cr 鋼の時効時間と飽和磁気の変化の関係

Fig.6. Relation between Aging Time and Intensity of Saturated Magnetism of High C- High Cr Steel

焼入後常温に放置する時間が長いほど Sub-zero 処理を行つた場合の I_{∞} の変化量が少くなる。これは周知のごとく常温に放置する時間が長ければ γ_R の Stabilization が起るためである。

焼入後たゞちに 100°C にて各時間 Aging を行つると常温放置のものに比較して Sub-zero 処理後の I_{∞} の変化量が著しく少くなる。すなわち Aging によつて γ_R の Stabilization が促進され、わずか5分間の Aging を行つると Sub-zero 処理による I_{∞} の変化量が常温放置時間30時間の場合と同程度になる。また 100°C にて Aging を行つると γ_R が多少分解し Aging 時間が長いほど I_{∞} が増加する。

(3) 実験結果の考察

磁気特性が温度によつて変化することは周知のことであるが、磁石鋼についての実験例はきわめて少ない。計器ではこの温度による Total Flux の変化を調整するために整磁合金などが使用されている。実際に使用する磁石の場合は当然その形状によつて Total Flux の変化量が異なるわけで、それを測定するにはごく精密な装置の必要がある。

温度による磁気特性の変化を求める場合にはその履歴特に γ_R の Stabilization が問題になるが、焼入後 Aging も行わずに使用されることは考えられないので、実際上は低温に冷却されることによる γ_R の変化はほとんど考える必要がなく、 γ_R の関与しない単なる温度係数のみを考慮すればよい。

つぎに Aging が γ_R の Stabilization を促進する結果は注目の必要がある。従来焼入後の Aging の効果は割防止のほか磁氣的な効果はあまり明確にされていない。本実験によつて Aging は γ_R の Stabilization を促進し、その時間が長いほど著しいことが判明した。これと類似の実験は岡本氏らの常温にて冷却を中断し、 10°C 、 100°C および 200°C で時効させた場合の Stabilization と時効時間の関係について求めた結果⁽¹⁾がある。たゞし試料の成分は C 含有量 1.1%、Cr 含有量 1.6% で $1,000^{\circ}\text{C}$ より油焼入を行つたものである。岡本氏らの実験によれば冷却中断温度より変態再開点 M_s' 点までの温度のずれ $\theta^{\circ}\text{C}$ を以て Stabilization を表してあり、 100°C 時効の場合には約1時間にて最大でそれ以上時間が長くなるとかえつて γ_R が不安定になると述べている。

Stabilization がいかなる機構によるかは種々の説⁽²⁾がありいまだ明確でなく、したがつて磁氣的 Aging との関係を検討することは困難であるが、 γ_R の不安定なことは当然磁氣的にも有害と考えられるので、岡本らの実験結果よりするならば Aging 時間はあまり長いとかえつて不利なことが予想される。しかし本実験の結果は Aging 時間の長いほど Stabilization を増す。したがつて Aging 時間は現在行つている約20時間でよいものと思ふ。

[IV] 結 言

高 C-高 Cr 磁石鋼および低 Co 磁石鋼の温度による磁性の変化を求め、あわせて Aging の γ_R の Stabilization におよぼす影響を求めた。その結果を要約するとつぎのごとくである。

- (1) 焼入後 100°C に加熱すると γ_R の Stabilization が促進され、その保持時間の長いほど増大する。
- (2) γ_R の Stabilization の少いものを低温に冷却す

ると γ_R の分解によつて急激な Br の増大と Hc の減少が生ずる。

(3) Stabilization の大きいものは γ_R の分解はなく単なる温度による磁性の変化が現われる。しかして温度が高くなると Br, Hc とともに低下し, 温度が低くな

ると Br, Hc が増す。

最後に実験に従事した鷺見所員の労を謝す。

参 考 文 献

- (1) 岡本, 小高: 日本金属学会誌 16 81(昭 27. 2)
- (2) 岡本, 小高: 電気製鋼 23 189(昭 27. 9)



日 立 製 作 所 社 員 社 外 寄 稿 一 覧 (昭和 30 年 10 月 受 付 分)

寄 稿 先	題 名	執筆者所属	執 筆 者
日本化学会	熱天秤による高分子物質の研究(第8報)	日立研究所	鶴田四郎 津久井陸郎 井上比呂
日本化学会	熱天秤による高分子物質の研究(第9報)	日立研究所	鶴田四郎 津久井陸郎 井上比呂
アグネ出版社 学術月報	蒸気タービンの軸受 ジュネーブ会議に報告された各国の原子炉について	日立工場 中央研究所	久保田富則 神原豊三
電気協同研究会 火力発電技術協会	単掃引型ブラウン管オシログラフ 大容量タービンに関する設計の要点	日立工場 日立工場	笈川俊雄 綿森力
日本化学会	高分子物質の高濃度溶液粘度の研究(第7報)	日立研究所	中牟田昌治
日本博物館協会	新しい螢光灯	日立螢光ランプ	日野西義輝
日本金属学会	Creer of OFHC (Part 1)	中央研究所	大原秀晴
日本金属学会	Creer of OFHC (Part 2)	中央研究所	大原秀晴
特殊鋼倶楽部	日立ステンレス製タンク車	本社	中山栄二郎
日本熔接協会	鉄道車輛における低 Mn 系高抗張力鋼の使用について	笠戸工場	小林年夫
電気学会	ケーブル材料の誘電率に関する一考察	日立電線工場	依田文吉
家庭電気文化会	この冬の暖房器具について	本社	福室勝己
真空機器協会	電子顕微鏡	中央研究所	森戸望
運輸省	鋼索鉄道用車輛	笠戸工場	大橋剛道
オーム社	電動工具の日常保守と故障	日立工機	阿部武
日本熔接学会	三相周波数低減式点熔接機による Ae 合金の点熔接について	笠戸工場	石丸武
日本機械学会	実験用原子炉の設計とくにウオーターボイラについて	日立工場	松本政吉 平山省一
火力発電技術協会	鑄鍛鋼品の非破壊検査	日立工場	泉八郎
日刊工業新聞社	做いバイスの新しい応用	川崎工場	宇佐美武司
衛生工業協会	日立製作所茂原工場冷房装置	日立工事	大沢宏
冷凍協会	日立製作所茂原工場冷房装置	日立工事	大沢宏
産業機械協会	最近の蒸気タービン	日立工場	糸野幸三
日本機械学会	脱湿送風について	日立工場	池田滋
真空機器協会	日立質量分析計	中央研究所	岡本潤一
電気通信学会	通信工学ハンドブック	戸塚工場	三木正一 波多野一吉
共立出版 K.K.	変調回路	戸塚工場	三木正一
日本熔接協会	輸出鉄道車輛の熔接部の X 線検査成績について	笠戸工場	佐々木秀雄 岡田利彦 松村雅一
日本機械学会 衛生工業便覧	原子力の現状 小型冷凍機	中央研究所 本社	神原豊三 堤和正