同時に廻折線が散大することは確かに認められる。この現象は Al-Cu 系 Al 側固溶体の時効の時と全く同様である。この様な実験的根據よりして α' の焼戻の時は Fe_3C の 1 相析出が行われていると推測することは妥當であらう。而してその初期には炭素原子に富む cluster を生ずることが考えられる。その状態が所謂 β martensite である。

このことを自由エネルギー曲線で言い換えると、Fig. 6 の K の状態にあるものは、焼戻により θ を 1 相析出し、地

Fig. 6 Free Energy Curves of α , α' and Fe_3C .
(Schematically shown)

の濃度は漸次低下する。その濃度低下は、一般の 1 相析出と同じく、析出物の近くが最も著しく、その α' は α に近いものになっているであらう。

VI. 結 論

前報に述べた著者の析出並びに Umkl. に関する見解を基にして、Austempering の時に生ずる生成物に関して考察して得た結論は

(1) Lower Bainite は、最初 Fe_3C の 1 相析出をし、そのために地の C 濃度が低下して Ar' 點に達した部分より Umkl. を起して α' となり、次に焼戻効果により Fe_3C の 1 相析出をして終に $\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$ となったものである。故に Lower Bainite は Acm 線の延長と Ar' 線との交点 R' より低温高濃度で恒温変化せしめた時に生ずる。尤も R' 點より低濃度でも Ar' 線以上より冷却変化せしめた場合には生じ得る。

即ち Lower Bainite は簡単に言えば焼戻された Martensite に外ならないのである。尤も最初 Fe_3C の析出のため炭素濃度の低い Martensite が焼戻されたのと類似せる組織になっている。また焼入焼戻したものとは熱處理経過を異にするため機械的性質も異なるであらう。

(2) Troostite~Pearlite は α と Fe_3C の 2 相析出によって生じたものであり、かくして A_1 變態は正方晶 Martensite α' を経て生じたものと考えする必要がない。

(3) 正方晶 Martensite α' を焼戻す際は Cementite (或は Cluster) の 1 相析出をする。

タングステン-クロム磁石鋼の熱處理と磁氣的性質について

小 柴 定 雄* 稻 垣 伍 三 郎* 西 沼 輝 美*

Sadao Koshiba, Gosaburo Inagaki and Terumi Nishinuma : On the Heat Treatment and Magnetic Properties of W-Cr Magnet Steel. The authors carried out experiments on the relations between heat treatment and magnetic properties of tungsten-chromium magnet-steel containing C 0.60, Si 0.19, Mn 0.35, Cr 0.89, W 6.01 %, and then comparison of the austemper and martemper was made.

The results of this investigation may be summerised as follows :

(1) The most suitable normalizing temperature and annealing temperature of this steel are 975° and 730° respectively. (2) For the austemper treatment, the material was kept for 10~15 min in the quenching temperature of 880° , and quenching in the hot bath of 200° , and then kept for 15 min in it, and aging was done in boiling water. (3) The austemper method is superior to the quenched tempered method.

*(Received December 15, 1948)

I. 緒 言

W 約 6 % を含む W 磁石鋼は普通水焼入をするが、これに約 1 % の Cr を添加すると油焼入が出来る。然し形状によつては焼割れの危険が多分にある。その焼割防止の爲、且つ磁氣的性質の改善の見地から恒温浴焼入の研究を行い普通の焼入焼戻との比較をなした。

II. 實驗試料及び實驗方法

(1) 實驗試料 實驗に供した試料は 2 ton 弧光式電氣炉にて熔製し、250 kg 鋼塊を造り、鍛伸後壓延し更に $5\phi \times 120\text{mm}$ の丸棒試料及び $5 \times 15 \times 85\text{mm}$ の平板試料を作製した。その化學成分を Table 1 に示す。尙試料は仕上の都合上 730° にて軟化焼鈍を行ひ、測定の際には丸棒試料は熱處理後表面を研磨し、平板試料はそのまゝで實驗を行つた。

(2) 實驗方法 丸棒試料を用い彈動電流計法により消磁曲線を求め、それより殘留磁氣(Br)及び抗磁力(Hc)を求めた。又平板試料を用い磁束計によりその全磁束を測定した。尙彈動電流計法による最大外部磁場の強さは 618 Qe

* 日立製作所安來工場

** 昭和 23 年 10 月本會福島大會に發表

Table 1 Chemical Analysis of its Specimen Used.

Specimen	C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Cr (%)	W (%)
	0.60	0.19	0.35	0.036	0.019	0.89	6.01

とし平板試料の磁化磁場の強さは900Oeとした。

Ⅲ. 実験結果

(A) 弾動電流計法による実験

(1) 焼準の影響 最初二次熱浴の温度を一應定めるために次の熱處理を行い磁氣的性質の比較をなした。その結果はTable 2 に示す如く二次熱浴の高い程良い結果を示

焼入温度により抗磁力に大差がないが残留磁氣が 850～900°において最大を示しその積は約 875°において優れる。

なおそれを 100°に 1 時間焼戻を行ふと圖に示す如く僅かに残留磁氣が増大し抗磁力が減少する傾向にある。

(4) 焼入保持時間の影響 上記と同様の試料について焼入温度における保持時間の影響を調べた。その結果を

Table 2 The Relation between Heat Treatment and Magnetic Properties.

Heat Treatment			Magnetic Properties		
Quenching	Second Hot Bath		Residual Magnetic Induction (Br)	Coercive Force (Hc)	$Br \times Hc \times 10^{-3}$
Temperature(°C)	Temperature(°C)	Holding Time (min)			
900	100	45	10820	56.3	610
"	150	30	11130	56.2	626
"	200	15	11760	58.9	693

す。次に焼入温度を 900°、二次熱浴温度を 200°としその保持時間を 15 分とした際の各焼準温度と磁氣的性質の測定結果をFig. 1 に示した。残留磁氣は 925°焼準がよく抗磁

Fig. 1 Effect of Normalizing Temperature.

力は 975°の場合がよい。なおその積は 975°の場合が最も良い結果を示す。

(2) 二次熱浴温度と保持時間の影響 焼準温度を 975°焼入温度を 900°とした場合の二次熱浴の温度と保持時間の関係を調べた結果を Fig. 2 に示した。二次熱浴温度が高くなるに従ひ残留磁氣は減少し、抗磁力は増大する傾向にある。しかしその積は 200°において最も良く保持時間 15 分間にして最大を示す。

(3) 焼入温度及び焼戻の影響 上記の実験においては焼入温度を 900°として実験を進めたが 975°で焼準した試料を 825～925°の各温度より 200°の熱浴に焼入し 15 分間保持した際の磁氣的性質を Fig. 3 に示した。なおこの際の焼入保持時間は 10 分である。

Fig. 2 Effect of Second Hot Bath Temperature and Holding Time.

Fig. 3 Effect of Quenching Temperature.

Fig. 4 Effect of Holding Time in Quenching Temperature.

(5) 焼鈍温度の影響 800~875°の各温度に1時間保持後炉中冷却を行った試料を880°の焼入温度に10分保持後200°の熱浴に焼入し15分間保持したもの、磁氣的性質の測定結果をFig. 5に示した。明らかに焼鈍温度が高くなるに従ひ性能が劣下する。

(B) 磁束計による実験

次に平板試料を以て行つた実験の結果を一括してTable 3に示した。普通の焼入焼戻を行つたものに較べて恒

Fig. 4に示した。残留磁氣は保持時間10分迄急激に増大しそれ以上は大差がない。抗磁力は保持時間10~15分において最大を示しその積も10~15分において最高の成績を示す。

Fig. 5 Effect of Annealing Temperature.

温浴焼入を行つたものが一般に成績がよく、焼鈍温度は730°焼入前に焼準を行つたものが僅かに良いことが認められるが、その差は少い。恒温浴焼入後100°で焼戻しを行つたものが最も良い成績を示す。100°にて8時間熟成を行ふと10~20%磁束が減少する。しかし

その際の磁束の減少は恒温浴焼入を行つたものが大きい。1ヶ月経過後の磁束の減少の著しく少いことが認められる。

IV. 実験結果に對する考察

W系磁石鋼の磁氣的性質はその炭化物の種類により著しく影響をうけることは周知のことである。Fe-W-C系にはFe-θ-η系及びFe-C-WC系なる準安定及び安定2種の平衡状態が存在する。武田博士⁽¹⁾の研究によればθ-相はFe₃C

Table 3 The Relation between Heat Treatment and Total Flux.

Annealing	Normalizing	Hot Bath Quenching			Quenching	Tempering	Total Flux (maxwell)		
Temperature	Temperature (°C)	Quenching	Hot Bath		Temperature (°C)	Time (°C), (hr)	As Magnitized	Aging	After 1 month
		Temperature (°C)	Temperature (C)	Holding Time (min)					
800 (Fur.)	—	—	—	—	900	100 × 2	2120	1870	1780
”	—	880	200	15	—	—	2155	1760	1760
”	980	—	—	—	900	100 × 2	2113	1890	1760
”	”	880	200	15	—	—	2160	1880	1770
730 (Air)	—	—	—	—	900	100 × 2	2130	1860	1590
”	—	880	200	15	—	—	2210	1732	1605
”	980	—	—	—	900	100 × 2	2260	2050	1960
”	”	880	200	15	—	—	2280	1908	1870
”	”	”	”	”	—	100 × 1	2410	2182	2150
”	”	”	”	”	—	—	2230	1990	1900
”	”	”	150	30	—	—	2168	1835	1710
800 (Fur.)	”	”	”	”	—	—	2150	1680	1680
730 (Air)	—	”	”	”	—	—	2200	1843	1780
800 (Fur.)	—	”	”	”	—	—	2374	2080	1990

Remark ; Annealing Time 1 hr, Normalizing Time 10 min, Quenching Time 10 min. (Holding).

にFe及びWを溶解した強磁性三元固溶體であり γ -相は略々複炭化物 Fe_3W_3C に該當する非強磁性體であると云われる。これらは共に不安定で前者は黒鉛とFeに、後者は非磁性體WCとFeに分解し易い。WCは加工途中或は焼鈍において析出する懸念が多分にある故焼準を行い析出せるWCをオーステナイトに溶解せしめて複炭化物を析出せしめ、次に焼入の際迅速に固溶出来る様にする事が肝要である。しかしこれに少量のCrを添加するとWCの析出防止に極めて有効であると云はれる。本實驗において焼鈍温度を高めると磁氣的性質が劣下し焼準を行ふと良結果を示すのはこの間の事情によるものと推察される。顯微鏡組織において γ -相は赤血鹽アルカリ溶液に腐蝕されWCは無腐蝕で灰色の相として認められる。焼鈍、焼準に依るWCの變化は明らかでなかつたが、 γ -相はPhoto. 1及びPhoto. 2に示す如く焼準を行ふと明らかに増加する、一

Photo. 1 γ Phase Furnace Cooling from 850° (30 min) (Etched alkaleine solution of potassium ferricyanide).

Photo. 2 γ Phase Furnace Cooling 850° (30 min), and then Air Cooling 980° (10 min) (Etched alkaleine solution of potassium ferricyanide).

別試料に現はれたWCは1200°において焼準せねば完

(1) 武田, 金屬の研究, 6 (1929), 435.

全には消去せぬことが認められる。しかるに本實驗において焼準温度を1000°以上にすると特に残留磁氣が減少し磁氣的に劣下するのは結晶粒の粗大及び脱炭に原因するものと推察される。熱處理後試料の表面を研磨した丸棒試料において焼鈍焼準の影響が明らかであるが、熱處理のまゝ測定した平板試料において焼鈍焼準の影響の明らかでないのは脱炭に原因すると思はれる。恒温浴温度及び保持時間の磁氣的性質に及ぼす影響については目下S曲線の研究と共に検討中である。恒温浴焼入後焼戻を行ふことは組織を安定にする。熱成後の磁束の變化の少いことは永久磁石として重要なことであるが、普通の焼入焼戻を行つたものに較べて恒温浴焼入を行つたものがすぐれた成績を示す。これについて目下研究中である。

V. 結 言

主として恒温浴焼入を行つた際のW-Cr磁石鋼の磁氣的性質について行つた實驗の結果を要約すると次の如くである。

(1) 本鋼種はCrを含有するので懸念されるWCの析出は相當防止されるが操作の如何によつては析出の危険が多分にある。

(2) 焼準温度は980°邊がよく焼鈍温度は可及的に低い方が良結果を示す。

(3) 恒温浴焼入においては焼入温度880°二次熱浴200°に15分保持したものが最も良結果を示す。

(4) 恒温浴焼入後焼戻焼成することがよい。

(5) 焼入保持時間は10~15分が良好である。

(6) 普通の焼入焼戻を行つたものに較べて恒温浴焼入を行つたものが磁氣的に良好である。

(7) 焼準の際結晶粒の粗大及び脱炭に注意せねばならぬ。

以上の實驗の外恒温浴焼入の機構及び減磁の狀況については詳細實驗中である。

多元系輕合金の金相學的考察 (第1報)

森 永 卓 一*

Takuiti Morinaga : The Metallgraphical Studies On the Complex Light Alloys. (First Report) The author treated the problem relating to the aging phenomenon, corrosibility, grain size, heat treatment and structures rather than that of the construction of the complex system.

From the results of determination of the above various properties, the author pointed out the compound τ is formed in the coexistence of manganese and silicon, which may not interrupt the formation of the main hardening element of the complex light alloys.

(Received December 12, 1949)

I. 緒 言

本論文は昭和19年に本誌に投稿し、著者の歸國後投稿規定の改正に依り再投稿したものである。その間大日方及び小松兩氏(1)は本問題について、已に進歩的な結果を發表

されてゐる。翻つて著者の本問題の取扱ひ方は多元系狀態圖の構成よりも、寧ろ時効性、耐蝕性及び結晶粒度、熱處理及び組織上の關係から推理して、MnとSiとが化合物を生成して、その他の主要硬化素の生成を妨げないという

* 高岡工業專門學校

(1) 大日方, 小松, 昭和23年福島に於ける秋期講演會發表.