

電磁軟鉄の時効現象の二三について

Some of the Aging Phenomena of Magnetic Power Iron

小柴 定雄* 西沼 輝美**

内 容 梗 概

電磁材料として広く使用されている電磁軟鉄の時効現象について二三実験を行つた。

磁性焼鈍後の 100°C 時効による劣下は粗悪材料では相当いちじるしいが、約 175°C 以上に加熱するとほとんど時効前の磁性にもどる。時効の少ない材料は熱処理法によつて大きな差異はないが、時効劣下の大きい粗悪材料は熱処理法による影響も大きい。

時効の原因は α Fe に対する溶解度変化の大きい C, O₂, N₂ などが考えられるが実験の結果時効の主因は N₂ と思考される。そして時効の大小は全 N₂ 量によつて差異がない。時効に悪影響をおよぼすのは Fe₄N などであつて AlN などは無害と考えられる。そして時効の大きいものには概して Fe₄N などが多く、Al 含有量が少い。

に入れ測定温度に10分間保持後、行つた。

〔I〕 緒 言

わずかの不純物を含む純鉄をある温度から焼入した場合生ずる焼入時効硬化および冷間加工後に生ずる歪時効硬化と機械的性質の関係については数多くの実験がなされている。

電磁材料に使用されている電磁軟鉄の磁性も当然時効があり経時劣下を示すが、あまり問題にされていなかった。しかるに最近工業的に生産される電磁軟鉄の磁性が一般に飛躍的に向上し、それとともに時効による劣下があきらかに認められるようになったため、急に問題視されるようになってきた。

著者などはさきに砂鉄系原材料を用いて製造した安来製電磁軟鉄⁽¹⁾の性能とともに時効実験の一部を報告したが、その後さらにやゝくわしく実験を行つた。

〔II〕 実験試料および実験方法

熔解原材料は日立製作所安来工場製鳥上白銑、市販木炭銑および市販鉄板屑の三種を用い、熔解法は A, B の二方法によつた。その詳細は都合により省略した。

その出鋼時の分析成分は第 1 表のごとくである。

磁性焼鈍は普通純鉄ダライ粉を充填した箱焼鈍および脱 H₂O の H₂ 中で行い、850°C に 3.5 時間保持、炉冷した。

磁気測定は外径 45mm、内径 33mm の環状試料を用い弾動検流計法によつた。また 100°C の時効は電気恒温槽中にて 100°C ± 5°C に加熱保持し、常温に冷却後磁気測定を行つた。高温にて磁気を測定する場合は環状試料を巻線のまゝ加熱した油中

* 日立製作所安来工場 工博

** 日立製作所安来工場

〔II〕 実 験 結 果

(1) 熔解材料および熔解法の影響

箱焼鈍後 100°C 時効による磁性の変化を第 1 図～第 3 図に示した。

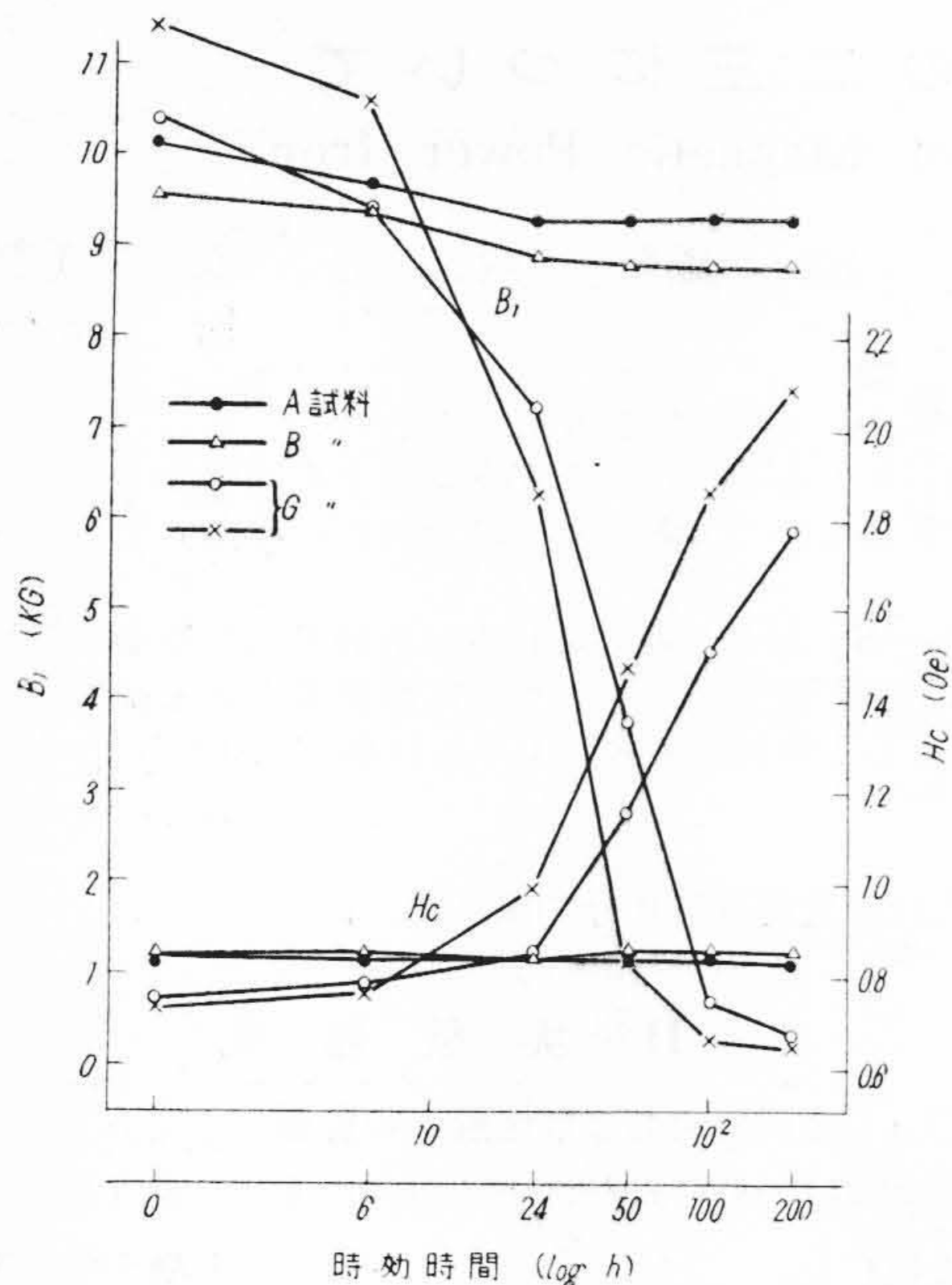
鉄板屑使用 B 法熔解品の 100°C 時効による劣下は従来その例がないほどいちじるしい。しかし鉄板屑を使用したものでも A 法熔解法のものは時効が少く砂鉄系原材料使用のものと大差がない。市販木炭銑を使用した場合は A, B いずれの熔解法においても時効劣下は少く砂鉄系原材料使用のものと大差がない。

(2) 時効品の加熱による磁性の変化

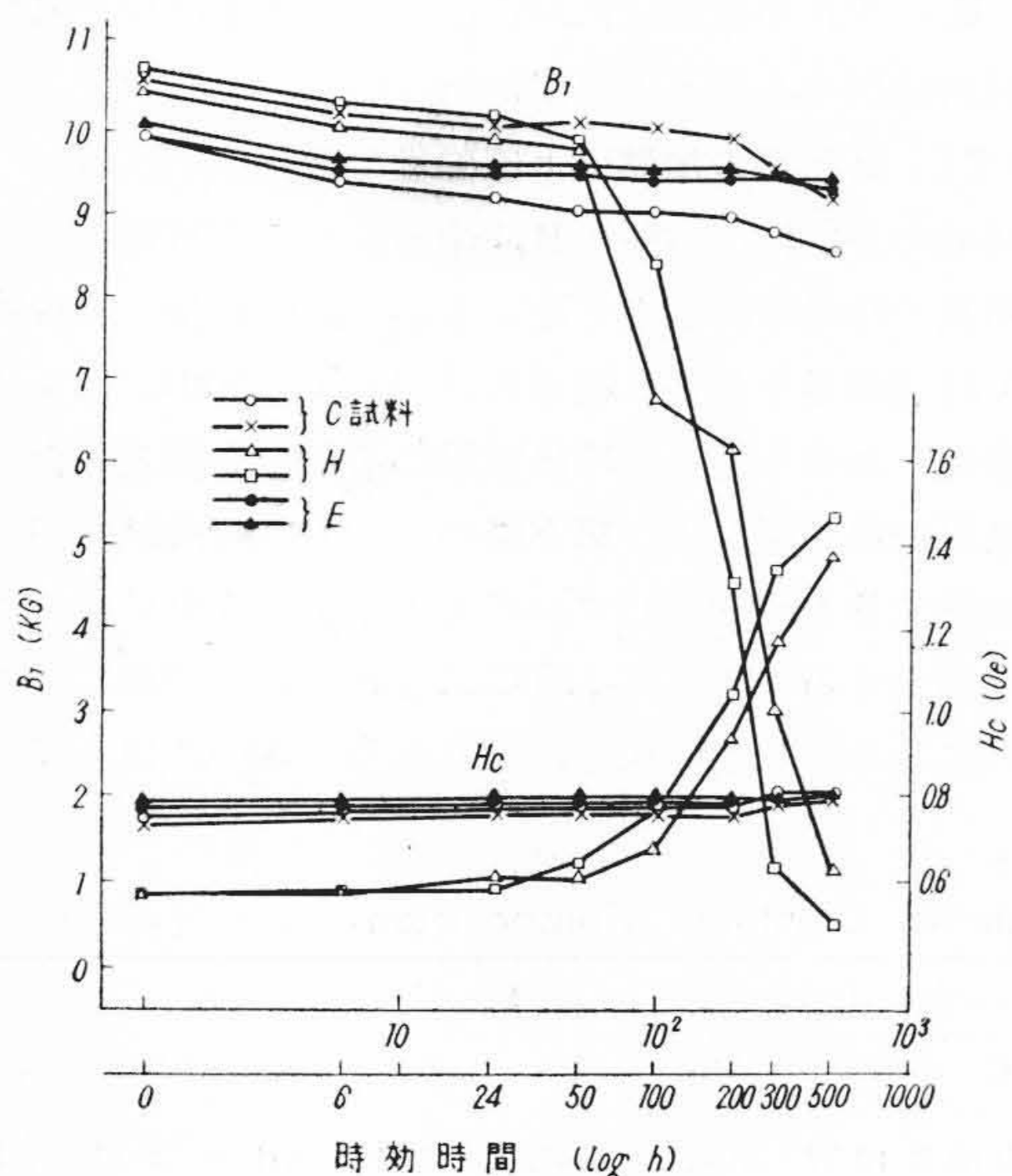
時効の多い鉄板屑使用 B 法熔解品および砂鉄系原材料使用品で時効のほとんどないものを箱焼鈍後 100°C に 200 時間時効を行い、後さらに 125°C ～ 500°C に各 1 時間繰返し加熱を行い空冷後常温にて磁気を測定した。その結果は第 4 図および第 5 図のごとくで時効品を 125°C に加熱すると磁性がわずかに劣下するが 150°C にてはむしろ向上する。そして 175°C に加熱すると急激に磁性が良好になり時効前の状態に近くなる。200°C 以上に温度

第 1 表 化 学 成 分
Table 1. Chemical Composition

試料	熔 解 原 材 料	熔解法	化 学 成 分 (%)							
			C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu
A	鳥上白銑		0.02	0.17	0.02	0.007	0.017	Nil	0.12	0.03
B	鳥上白銑		0.02	0.16	Tr	0.008	0.018	Nil	0.08	—
C	市販木炭銑	A 法	0.02	0.17	0.012	0.031	0.014	Nil	0.02	0.03
D	鉄板屑	A 法	0.02	0.19	0.12	0.012	0.015	0.10	0.21	0.22
E	市販木炭銑	B 法	0.04	0.44	0.42	0.018	0.009	0.20	0.03	—
F	鉄板屑	B 法	0.04	0.24	0.04	0.008	0.010	0.04	0.05	—
G	鉄板屑	B 法	0.04	0.28	0.05	0.014	0.012	0.05	0.05	—
H	鉄板屑	B 法	0.05	0.36	0.09	0.010	0.024	0.05	0.05	—
I	鉄板屑	B 法	0.04	0.29	0.10	0.012	0.015	0.16	0.07	—



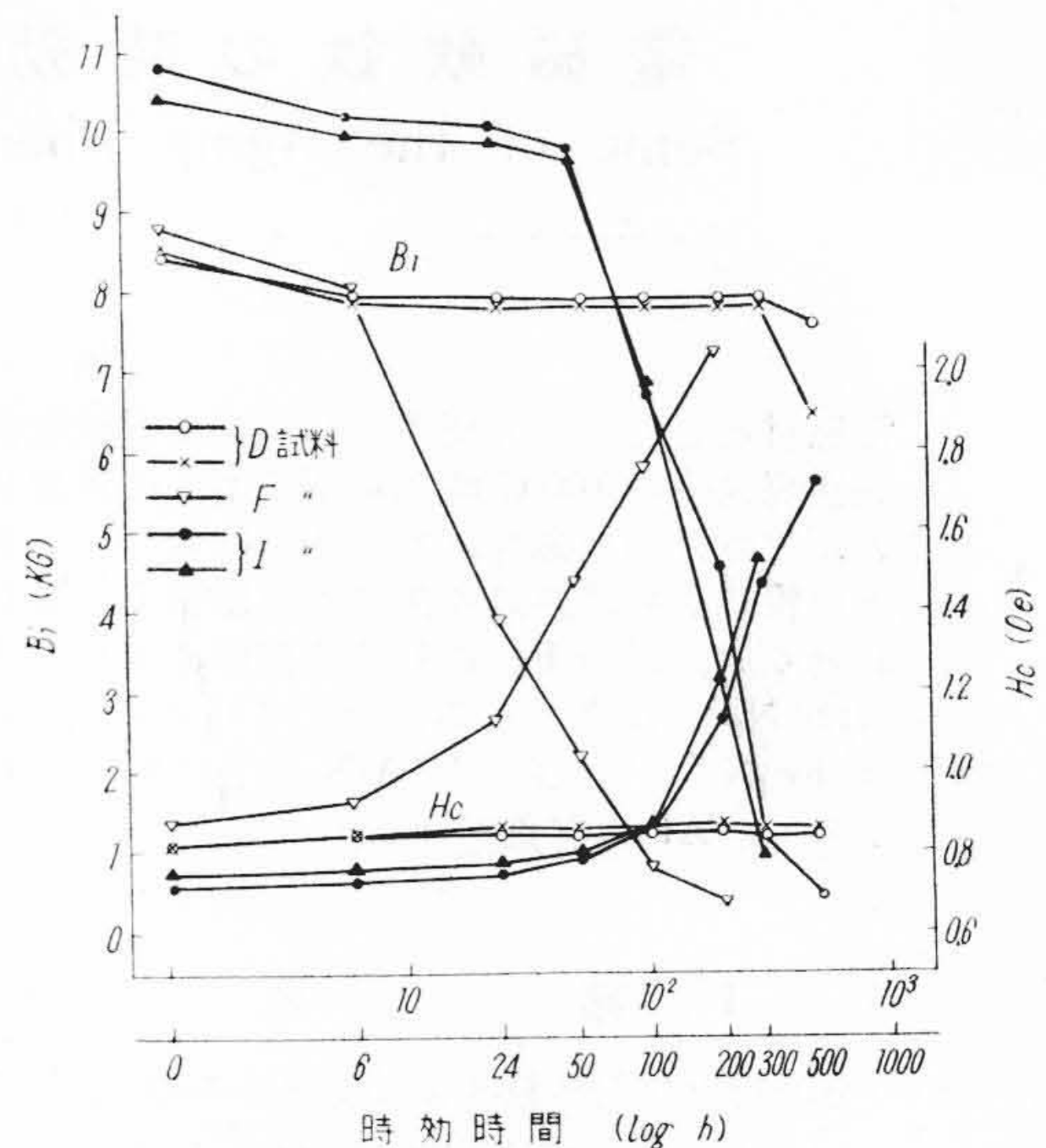
第1図 100°C 時効時間と磁性の関係
Fig. 1. Relation between Magnetic Property and 100°C Aging Time



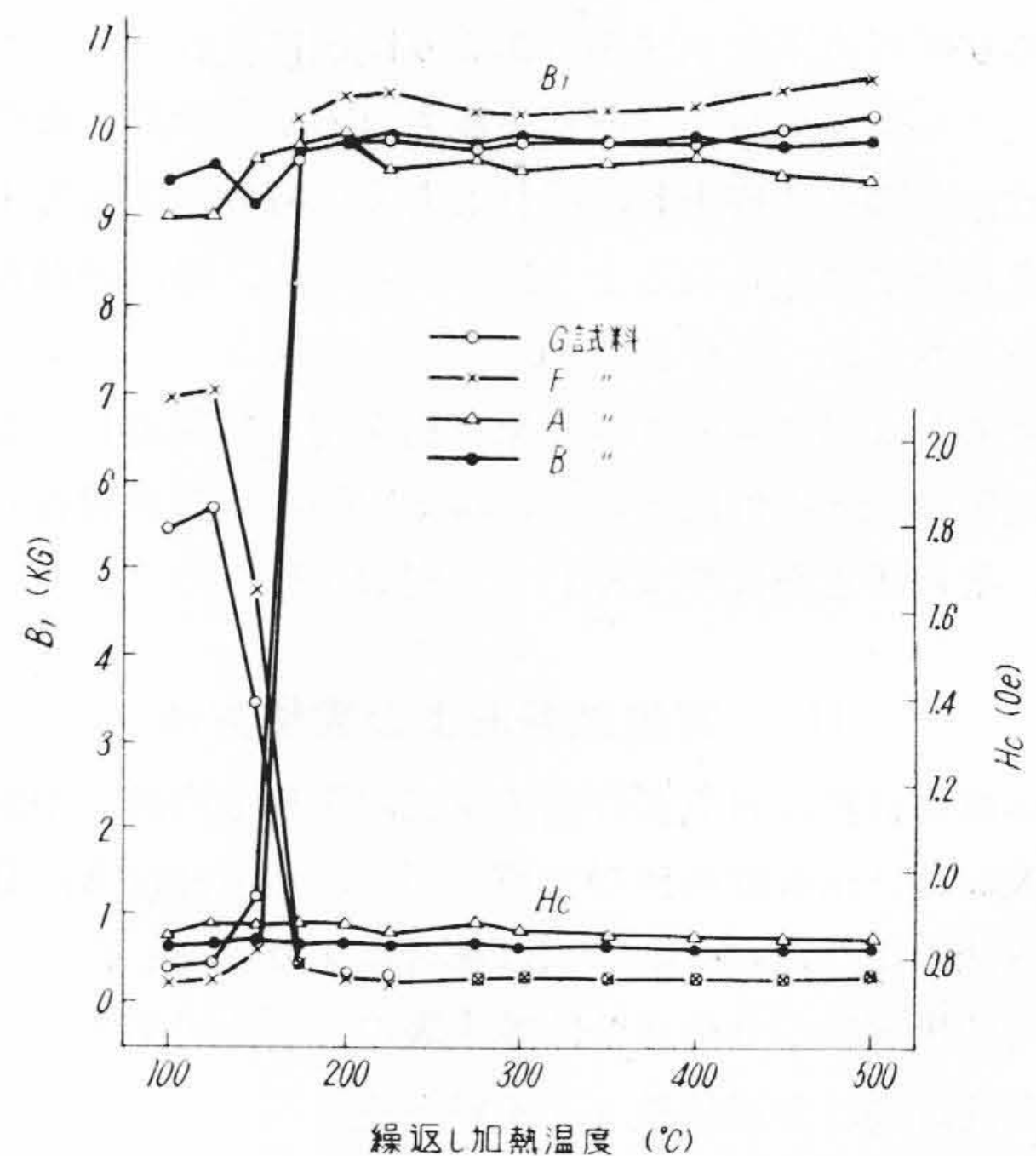
第2図 100°C 時効時間と磁性の関係
Fig. 2. Relation between Magnetic Property and 100°C Aging Time

を高めると漸次磁性が良くなるが、150~175°C における
とき急激な変化は認められない。

つぎに鉄板屑使用B法溶解品で箱焼鈍直後および 100
°C に 200 時間時効を行つたものを、200°C まで加熱した



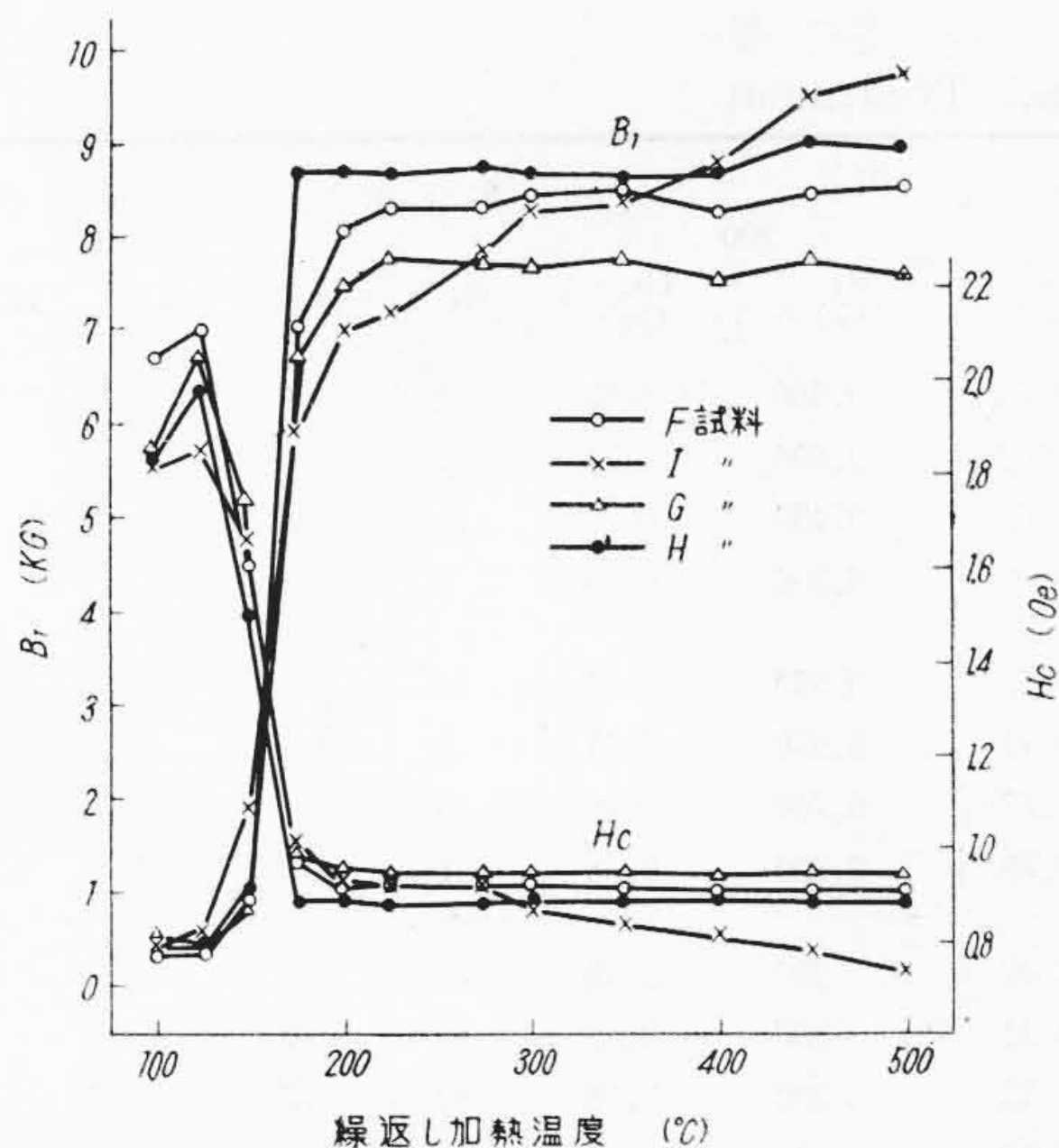
第3図 100°C 時効時間と磁性の関係
Fig. 3. Relation between Magnetic Property and 100°C Aging Time



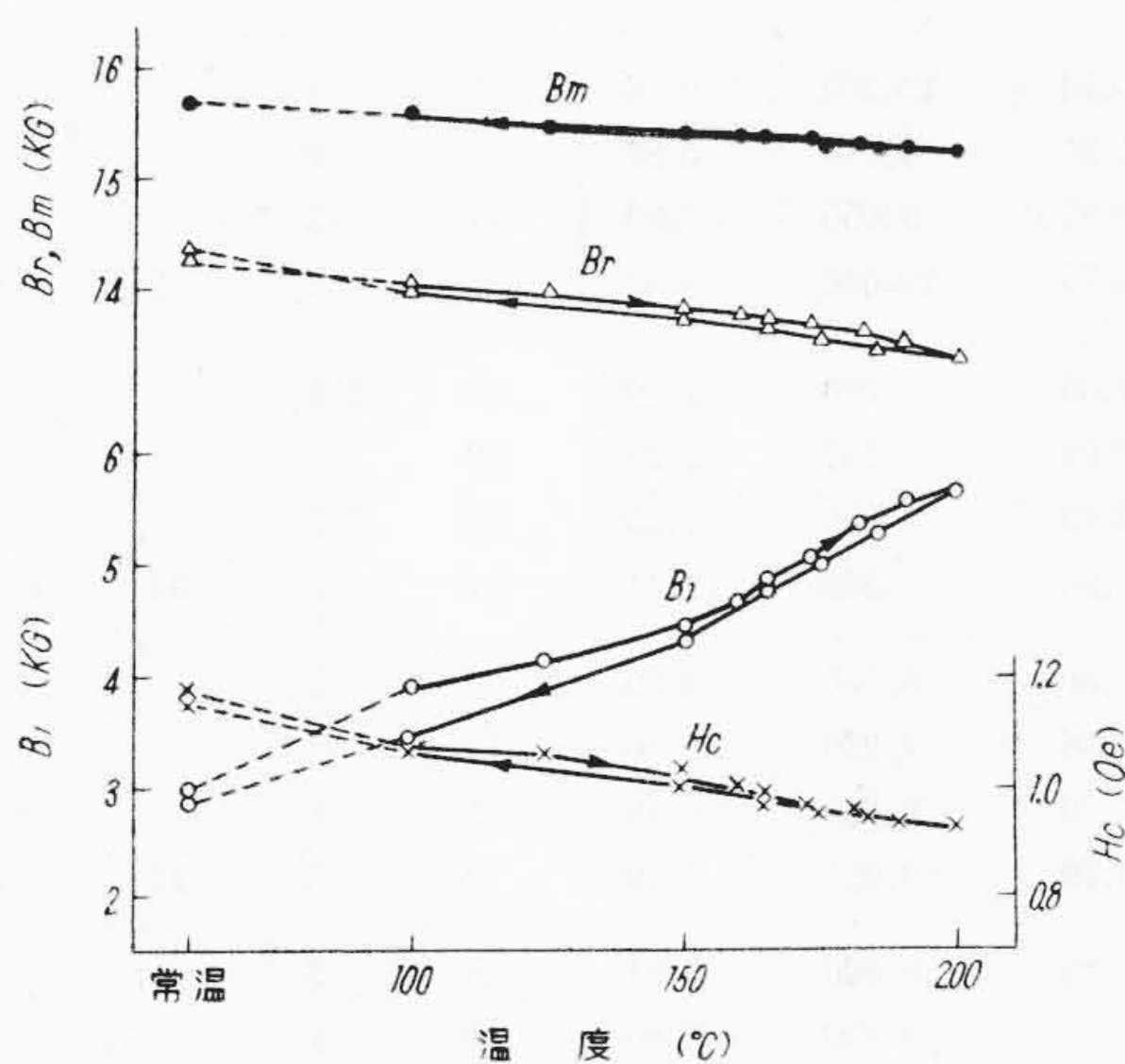
第4図 時効品の繰返し加熱温度と磁性の関係
Fig. 4. Relation between Magnetic Property and Repeated Heating Temperature of Aged Specimen

がら各温度にて磁気を測定した。その結果が第6図およ
び第7図である。たゞし実験に用いた試料の予備処理が
悪く焼鈍直後の B_1 が 3,000~3,500 ガウス、 H_c が 1.2~
1.4 エルステッドである。

測定温度が高くなると B_m (約15エルステッドにおけ
る B)、 B_r および H_c は低下し B_1 が上昇する。そして
磁性の劣下していた時効品も 150~200°C の温度で漸次
焼鈍直後の磁性になる。



第5図 時効品の繰返し加熱温度と磁性の関係
Fig. 5. Relation between Magnetic Property and Repeated Heating Temperature of Aged Specimen

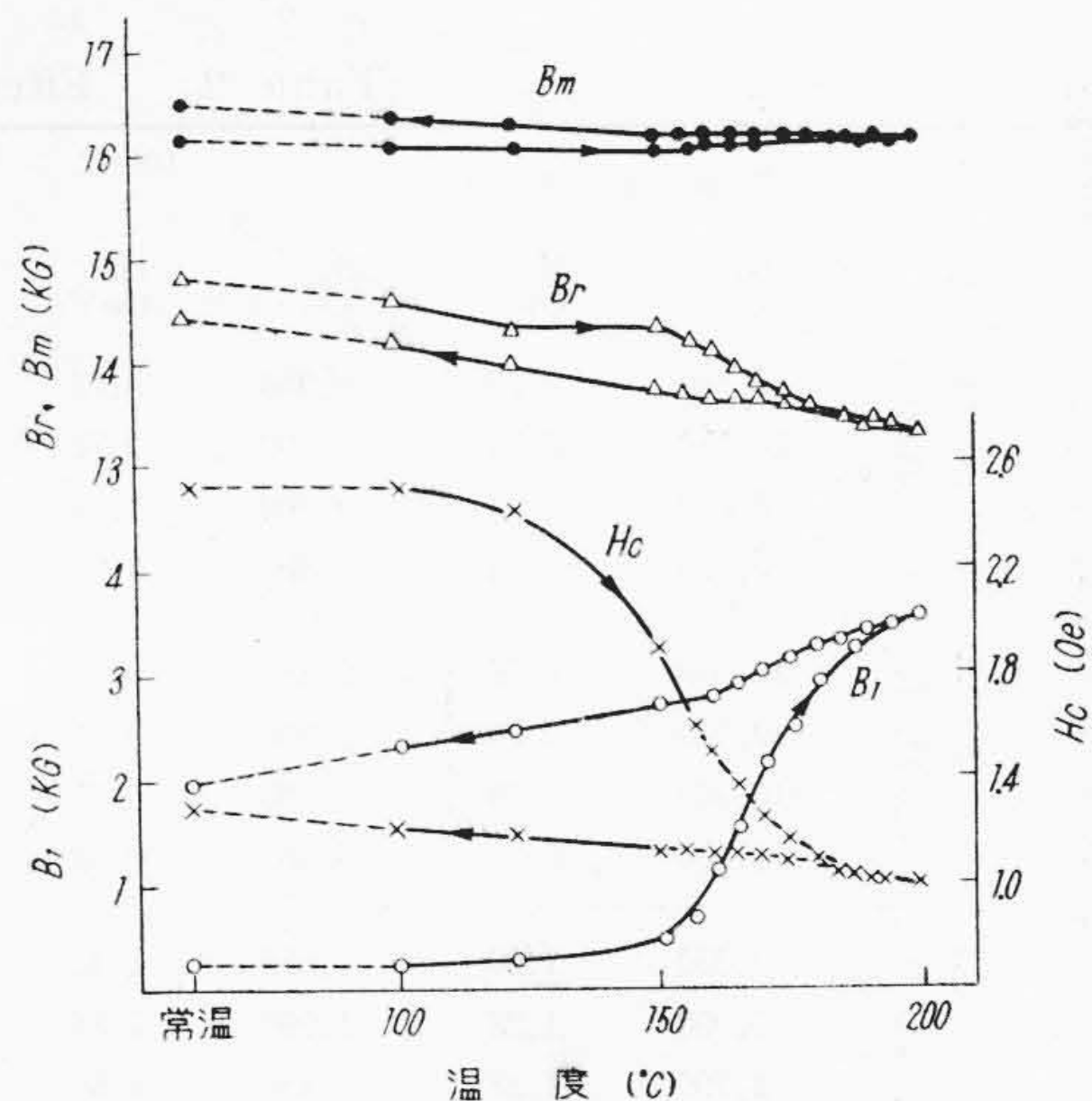


第6図 焼鈍品の磁気分析曲線 (F試料)
Fig. 6. Analysis Curve for Magnetism of Annealed Specimen

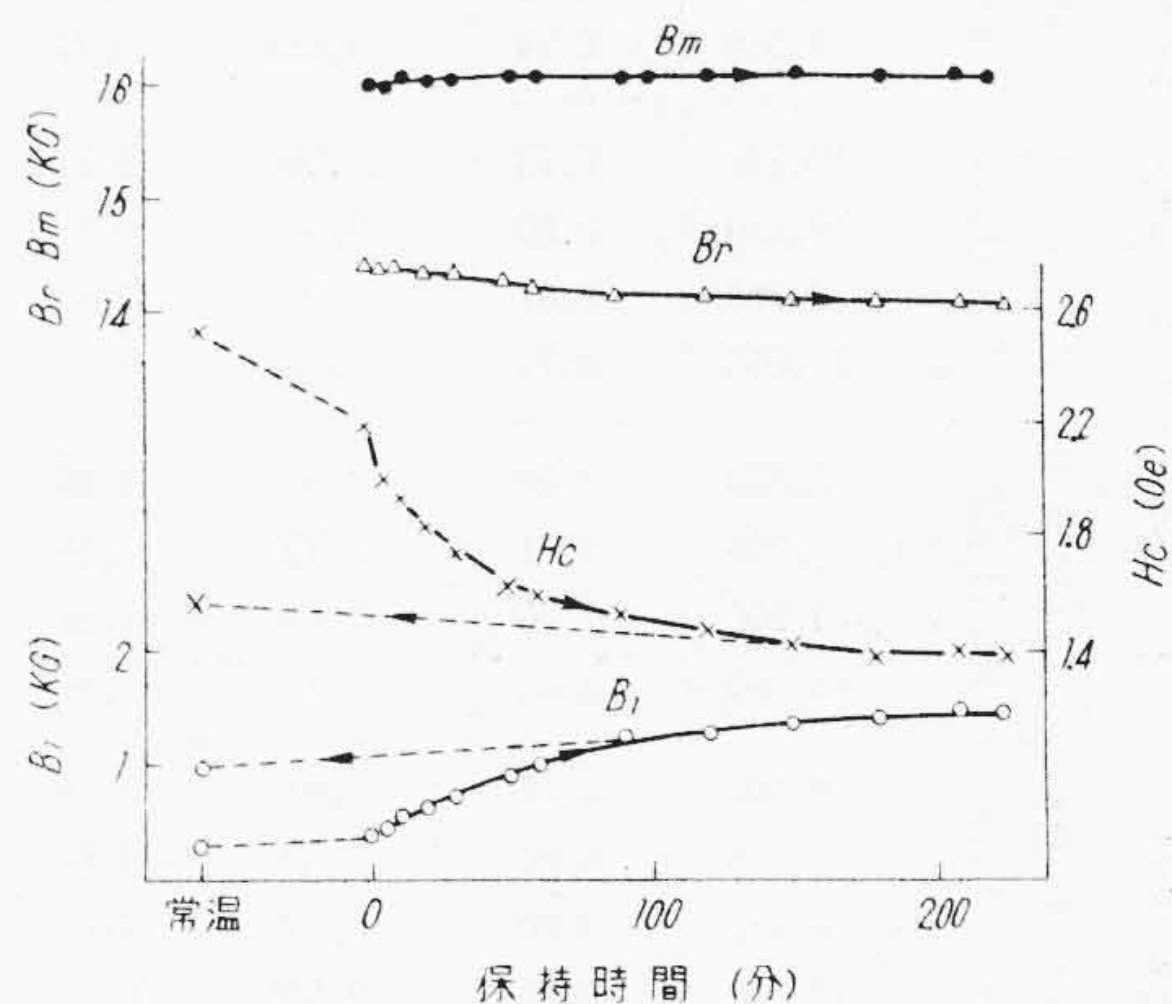
さらに同様の時効品の 150°C および 175°C における保持時間とその温度における磁性の関係は第8図および第9図のごとくである。保持時間が長くなると同一温度でも磁性がよくなり、その程度は温度の高い 175°C が急激で約30分で最大を示し以後はむしろ劣下の傾向にある。

(3) 焼鈍方法の影響

砂鉄系原材料使用品, A法溶解による鉄板屑使用品およびB法による鉄板屑使用品の各試料を用い, 焼鈍方法を変えて焼鈍後 100°C で 200 時間時効を行つた。その磁気測定の結果を一括して第2表 (次頁参照) に示した。時効による磁性の変化量を現わす方法には種々問題があると考えられるが, 一応つぎのごとき劣下率を用いた。



第7図 時効品の磁気分析曲線 (F試料)
Fig. 7. Analysis Curve for Magnetism of Aged Specimen



第8図 時効品の 150°C における保持時間の影響 (F試料)
Fig. 8. Effect of Holding Time at 150°C on Aged Specimen

すなわち

$$\text{劣下率} = \{ (\text{焼鈍のまゝの値} \sim 200 \text{ 時間時効後の値}) / \text{焼鈍のまゝの値} \} \times 100\%$$

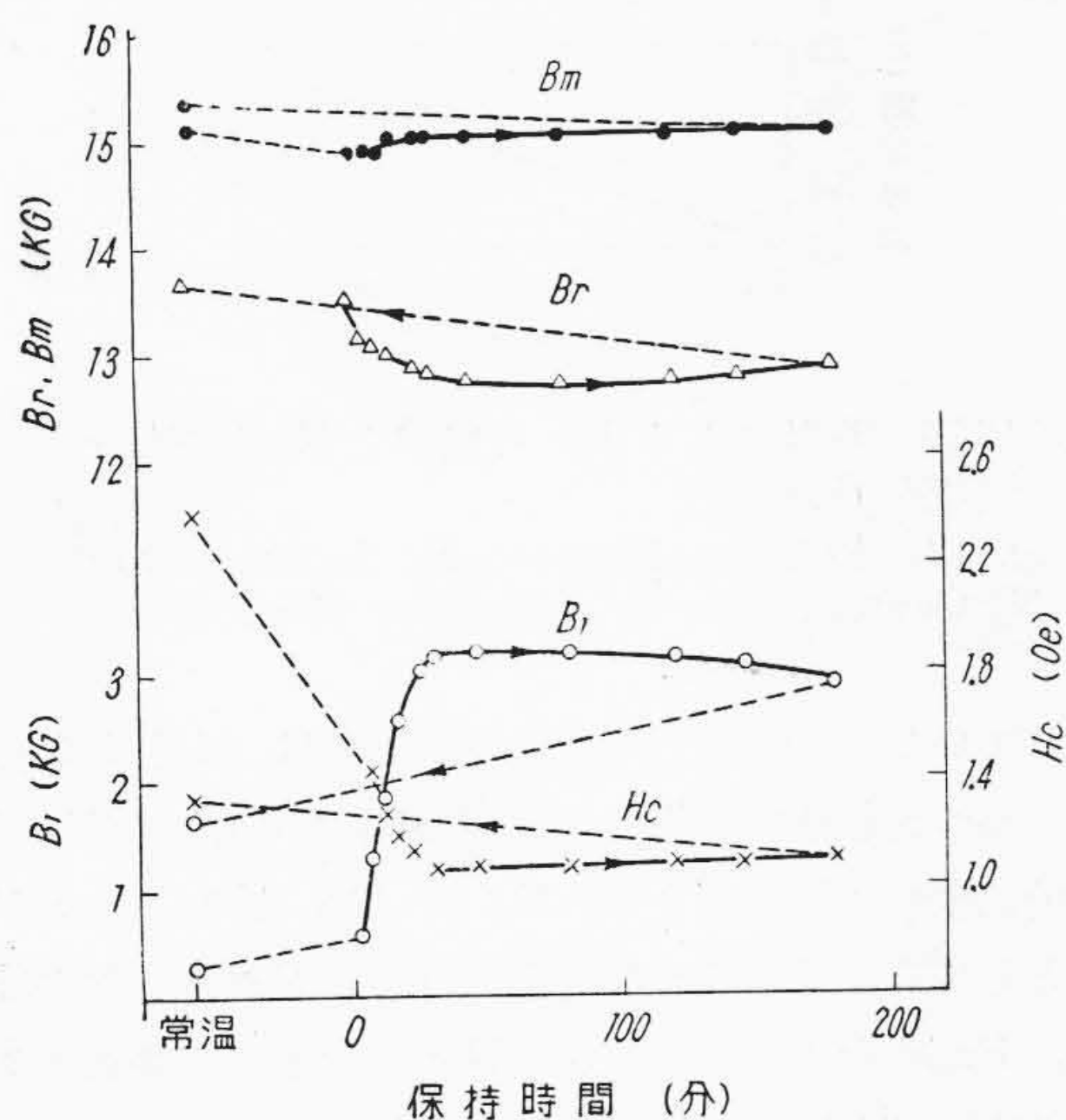
である。

一元配置法によつて焼鈍方法の有意差検定を行うと, 砂鉄系原材料使用品は焼鈍直後の磁性および 200 時間時効による劣下率とも箱焼鈍が H₂ 焼鈍より良い結果であり, 鉄板屑使用 A 法溶解試料の劣下率も箱焼鈍が H₂ 焼鈍より良いが, 両試料とも焼鈍の際の冷却を 400°C 以下で空冷しても徐冷しても差がない。

鉄板屑使用 B 法溶解試料はやゝ異なり焼鈍後の磁性は 400°C 以下で空冷を行つたものが常温まで徐冷したものより良い値を示すが, 時効の劣下率は空冷すると大きく

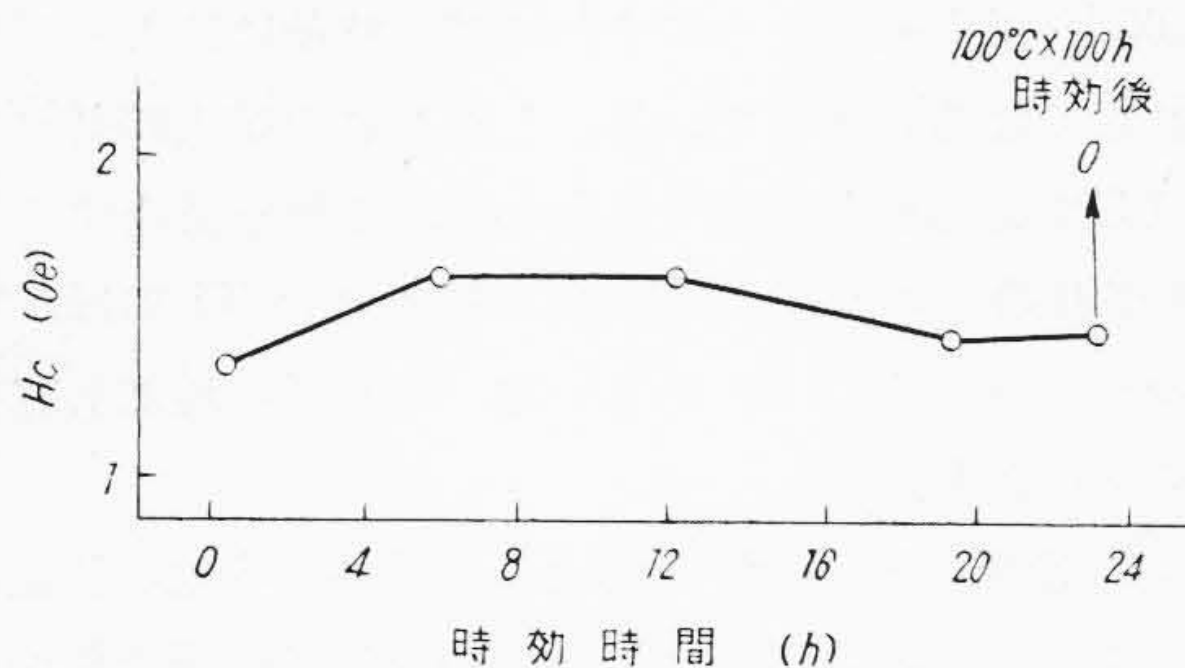
第 2 表 熱 処 理 法 の 影 響
 Table 2. Effect of Thermal Treatment

焼鈍方法	試料	焼 鈍 直 後		100°C 時 効 (hr)						劣 下 率 (%)		平均劣下率 (%)	
		B ₁ (G)	Hc (Oe)	24		100		200		B ₁	Hc	B ₁	Hc
				B ₁ (G)	Hc (Oe)	B ₁ (G)	Hc (Oe)	B ₁ (G)	Hc (Oe)				
850°C×3.5 hr 箱焼鈍, 炉冷	砂鉄系原材料 使用(A試料)	10,250	0.73	9,950	0.73	10,000	0.73	9,950	0.73	3	0		
		10,150	0.74	9,900	0.74	9,700	0.74	9,600	0.74	5	0		
		10,050	0.75	9,500	0.75	9,600	0.75	9,450	0.75	6	0		
		10,150	0.74	9,800	0.75	9,800	0.76	9,850	0.75	3	1	4	0
	鉄板屑使用 A法(D試料)	10,550	0.76	9,550	0.78	9,600	0.78	9,550	0.77	10	1		
		10,550	0.70	9,900	0.71	9,950	0.71	9,950	0.71	6	1		
		10,400	0.75	9,800	0.77	9,850	0.77	9,700	0.76	7	1		
		9,800	0.78	9,300	0.79	9,200	0.79	9,200	0.78	6	0	7	1
	鉄板屑使用 B法(F試料)	2,250	1.26	1,350	1.44	400	2.09	250	2.41	89	91		
		2,000	1.28	1,090	1.54	350	2.21	250	2.52	88	97		
		2,100	1.28	1,150	1.56	400	2.13	200	2.18	91	70		
		2,250	1.26	1,200	1.50	400	2.12	250	2.43	89	93	89	88
850°C×3.5 hr 箱焼鈍, 400°C 以下空冷	砂鉄系原材料 使用(A試料)	11,600	0.72	11,200	0.73	11,200	0.73	11,200	0.73	4	1		
		6,700	0.74	6,300	0.75	6,300	0.75	6,300	0.75	6	1		
		10,500	0.73	10,200	0.74	10,200	0.73	10,100	0.73	4	0		
		7,350	0.74	6,950	0.74	6,950	0.73	6,950	0.74	6	0	5	1
	鉄板屑使用 A法(D試料)	10,700	0.73	10,200	0.73	10,200	0.74	10,200	0.76	5	4		
		9,850	0.80	9,300	0.81	9,300	0.81	9,250	0.80	6	0		
		9,700	0.81	9,100	0.83	9,150	0.83	9,050	0.83	7	3		
		10,650	0.74	10,000	0.75	10,100	0.75	10,000	0.80	6	8	6	4
	鉄板屑使用 B法(F試料)	3,850	1.00	2,500	1.18	400	2.05	250	2.29	94	129		
		4,200	1.01	2,550	1.19	400	2.04	240	2.29	92	177		
		4,200	1.06	3,400	1.18	300	2.09	200	2.35	96	122		
		5,000	1.02	3,550	1.09	600	1.80	300	2.11	94	107	94	121
850°C×3.5 hr H ₂ 焼鈍, 炉冷	砂鉄系原材料 使用(A試料)	9,400	0.77	8,800	0.78	8,700	0.80	8,500	0.79	10	3		
		8,250	0.84	7,750	0.86	7,500	0.86	7,250	0.86	12	2		
		9,950	0.80	9,350	0.78	9,100	0.79	8,850	0.79	11	1		
		10,000	0.77	9,450	0.77	9,150	0.79	9,050	0.79	10	3	11	2
	鉄板屑使用 A法(D試料)	10,300	0.82	9,350	0.83	9,100	0.84	8,800	0.84	15	2		
		10,800	0.77	10,100	0.79	9,800	0.80	9,700	0.80	10	4		
		9,950	0.81	9,580	0.82	9,250	0.82	9,100	0.82	8	1		
		10,550	0.77	9,580	0.81	9,550	0.81	9,400	0.81	11	5	11	4
	鉄板屑使用 B法(F試料)	2,000	1.26	1,750	1.31	1,450	1.46	1,250	1.56	38	24		
		2,200	1.23	1,950	1.25	1,700	1.31	1,550	1.56	30	27		
		2,050	1.25	1,750	1.31	1,450	1.44	1,250	1.53	39	22		
		1,900	1.25	1,700	1.31	1,450	1.41	1,300	1.46	32	15	35	22
850°C×3.5 hr H ₂ 焼鈍, 400°C 以下空冷	砂鉄系原材料 使用(A試料)	9,150	0.78	8,750	0.79	8,500	0.80	8,350	0.80	9	3		
		10,050	0.77	9,650	0.76	9,250	0.78	9,200	0.78	9	1		
		10,200	0.76	9,650	0.76	9,350	0.78	9,150	0.78	10	3		
		10,150	0.73	9,950	0.74	9,550	0.76	9,500	0.76	6	4	9	3
	鉄板屑使用 A法(D試料)	11,100	0.75	10,600	0.76	10,050	0.77	9,950	0.77	10	3		
		11,300	0.74	10,700	0.76	10,400	0.77	10,350	0.77	9	4		
		10,600	0.80	9,950	0.70	9,600	0.81	9,500	0.81	10	1		
		10,800	0.75	10,250	0.76	9,950	0.77	10,000	0.76	7	1	9	2
	鉄板屑使用 B法(F試料)	2,900	1.16	2,500	1.17	1,800	1.35	1,600	1.44	45	24		
		2,450	1.18	2,150	1.25	1,600	1.43	1,400	1.46	43	24		
		2,350	1.18	205	1.24	1,500	1.49	1,300	1.58	45	34		
		2,500	1.15	2,350	1.18	1,800	1.32	1,550	1.37	36	19	42	25



第9図 時効品の175°Cにおける保持時間の影響 (F試料)

Fig. 9. Effect of Aged Product Holding Time at 175°C



第10図 200°C時効によるHcの変化(F試料)

Fig. 10. Change of Hc Due to 200°C Aging

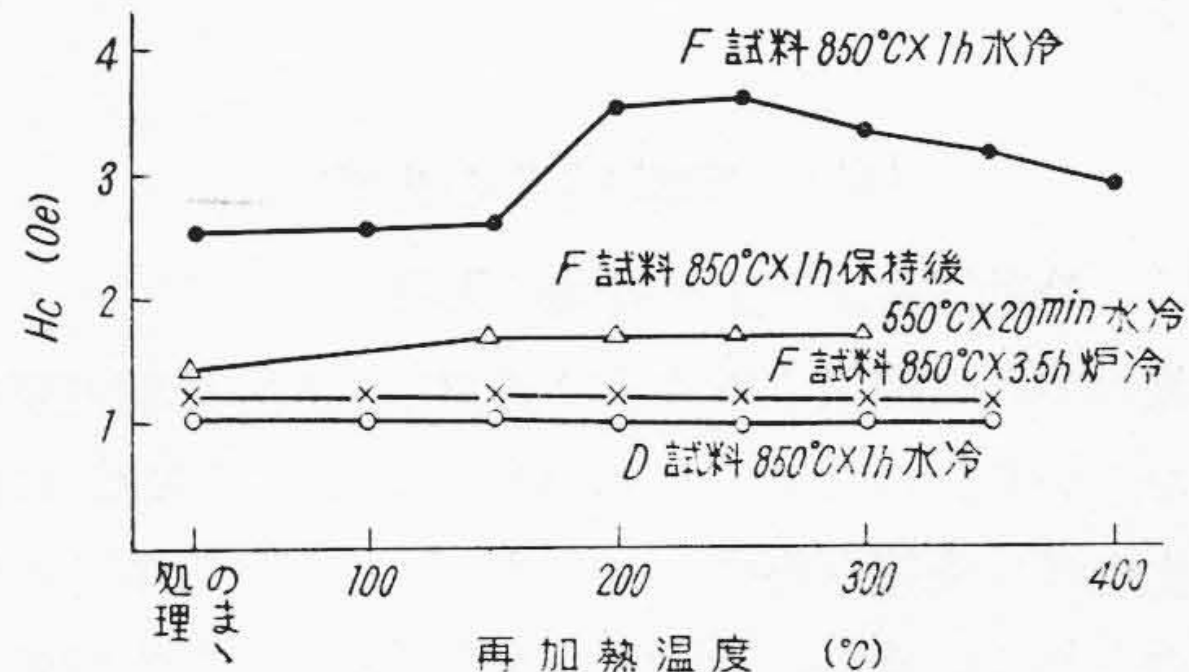
なる。また H_2 焼鈍を行うと焼鈍直後の磁性は箱焼鈍のそれと変りがないが劣下率がいちじるしく少くなる。しかしなおかなり大きい劣下率である。

(4) 繰返し焼鈍後の時効

磁性焼鈍を繰返すと特に鉄板屑使用B法熔解試料の磁性が向上するが、この場合成分的に変化するのとは主としてC含有量で、5回箱焼鈍を繰返すとC含有量が0.005%程度に低下する。そのものについて100°C時効を行つた結果は第3表のごとくである。時効による劣下率は磁性の悪い一回焼鈍の場合と大差なく大きい。

(5) 焼鈍試料の200°C時効

鉄板屑使用B法熔解品を箱焼鈍後200°Cの油中で時効しHcの変化を測定した。その結果を第10図に示した。そして200°Cに24時間加熱保持



第11図 急冷試料の再加熱温度の関係
Fig. 11. Relation between Reheating Temperature and Hc (Oe) of Rapidly Cooled Specimen

した試料をさらに100°Cで100時間時効を行つた結果も記入したが、100°C時効による磁性の劣下がかなりいちじるしく、Hc 1.46 エルステッドから2.02 エルステッドに変化する。

(6) 急冷試料の再加熱によるHcの変化

鉄板屑使用のA法およびB法熔解試料を850°Cより水冷および徐冷し、100~400°Cで再加熱を行いHcの変化を調べた。その結果を第11図に示した。A法熔解試料は再加熱によつてほとんど変化を示さないが、B法熔解試料で水冷を行つたものは200~300°Cの加熱によつていちじるしくHcの増加を示した。

(7) 顕微鏡組織

光学顕微鏡および電子顕微鏡によつて100°C時効前後の組織的变化を求めたが、特別変化を認めることができなかった。

(8) 化学分析

時効による劣下の少い砂鉄系原材料使用品、鉄板屑使用A法熔解品および劣下の大きい鉄板屑使用B法熔解品の真空熔融法によるガス分析、ならびに比色法により稀 H_2SO_4 に可溶性の N_2 を定量した。その結果を第5表に示した。なおAl, TiおよびVの分析値も併記した。

真空熔融法による分析値ではあまり差が認められないが、時効の少ないものは比色法による N_2 量がやや少く、かつAl含有量がほかのものにくらべて多いことが認め

第3表 繰返し焼鈍後の時効
Table 3. Aging after Repeated Annealing

試料	5 回繰返し 焼 鈍 後		100°C 時 効 (h)						劣下率(%)		平 均 劣 下率(%)	
			24		100		200					
	B ₁ (G)	Hc (Oe)	B ₁ (G)	Hc (Oe)	B ₁ (G)	Hc (Oe)	B ₁ (G)	Hc (Oe)	B ₁	Hc	B ₁	Hc
F	10,050	0.87	8,950	0.93	1,850	1.29	700	1.69	93.0	94.3		
	10,200	0.83	9,550	0.85	3,950	1.14	1,350	1.43	86.8	72.3		
	10,050	0.83	9,500	0.84	3,900	1.12	1,550	1.38	84.6	67.5		
	10,000	0.82	8,900	0.88	2,850	1.14	1,200	1.43	88.0	74.3	88.0	76

られる。

〔IV〕 実験結果の考察

(1) 時効におよぼす不純物の影響

α 鉄の時効に関係する成分は周知のごとく溶解度変化のかなりいちじるしい C, N_2 , O_2 および約 130°C に体積変化を伴う変態を起すという FeS などで数多くの研究がなされているが、普通は焼入焼戻による焼入時効あるいは低温加工による歪時効など析出を促進する状態で研究がなされている。しかし電磁軟鉄で問題になる時効は焼鈍したのちの磁気の時効効果に関するものである。すなわち不純物の析出を助長するといわれる熱歪あるいは加工による内部歪の存在は少く、かつ急冷でないゆえ C などの過飽和状態が比較的少ない状態にあると考えられる。以下に従来の文献と本実験結果を比較しながら考察を加える。

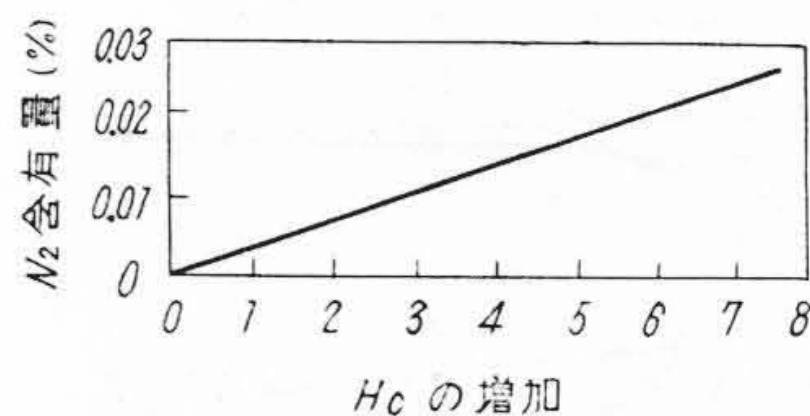
O_2 は N_2 の時効を促進はするが単独には時効に影響をおよぼさぬとされている。本報告には詳述しなかつたが、ほかの数多くの実験例より O_2 の時効への影響はあつても少ないものとする。

つぎに C の影響は時効の大きい鉄板屑使用 B 法溶解品の C 含有量が高いので深い関係があると推察されるが、たとえば繰返し焼鈍によつて C 含有量を 0.005% 程度に減少させたものでもなお変らぬほどいちじるしい時効を示す。ほかの文献⁽²⁾のごとく焼入時効を行つた場合にはもちろん C 含有量の高いものゝ析出現象は大きくあらわれる。たとえば第11図の結果のごとく 850°C より水冷を行つた場合、C 含有量の低い鉄板屑使用 A 法溶解品は再加熱によつて析出現象を示さないが、C 含有量の高い B 法溶解品は $200\sim 300^\circ\text{C}$ 間にいちじるしい Hc のピークを示す。しかし C 含有量の高いこの試料でも通常の焼鈍を行つたものはピークを示さない。また 550°C に20分保持すると C が大部分析出されるので、たとえその後水冷を行つてもその後の析出がいちじるしく少くなる。したがつて C はこの場合問題になる焼鈍後の磁気の時効の主因とは考えられない。

N_2 の α 鉄に対する溶解度は 590°C の温度で C の場合の約10倍であり常温では逆に約 $1/5$ 位で当然析出現象が生ずるものと考えられる。もちろんこの場合も C, O_2 あるいは P などの影響をうける。

Köster⁽³⁾ あるいは今井⁽²⁾などによつて 150°C 以下における時効は主として N_2 によるとされている。たとえば Köster は第12図のごとく時効による Hc の増加と N_2 量とはあきらかに直線的に比例すると述べている。

本実験の結果は真空熔融法による全 N_2 量には差がなくとも N_2 の α 鉄中における存在形態が問題であること



第12図 時効による Hc の増加と N_2 含有量との関係 (Köster)

Fig. 12. Relation between Hc Increase and N_2 Content Due to Aging (by Köster)

を示している。すなわち時効の少ないものは Al 含有量が多く、かつ比色法で分析した稀 H_2SO_4 に可溶性の N_2 が比較的少ないことなどより、 N_2 が AlN あるいは SiN などとして存在する場合は時効にほとんど影響をおよぼさず、 Fe_4N などの鉄窒化物、 N イオンとして存在する場合の N_2 が時効に影響するものと考えられる。

Al の添加によつて N_2 による時効現象が少くなることは周知のことで、これは N_2 を AlN として無害な形に固定するためと思考する。文献⁽³⁾によれば Al が鉄中に 0.05% 以上残るようになれば焼入時効はほとんど認められなくなると述べている。しかしこの焼入時効の場合には C による析出が若干あらわれ、これを防止するには Ti が有効であるといわれる。Al および Ti のほか窒化物をつくりやすい Zr あるいは V などの添加も有効であるといわれる。

さきの著者などの実験⁽¹⁾で Si の添加が時効の防止に有効であつた。その場合は原材料が全部砂鉄系であつたことなど条件はことなる。Si は N_2 を無害な形に固定する作用は弱いが、 α Fe の N_2 の溶解度を減少させることと、時効に悪影響をおよぼす MnO を Silica あるいは Iron Silica の形となし Fe に対する溶解度をほとんどなくする効果を有する。このほかに Mn も N_2 に起因する焼入時効効果を抑制するといわれるがあきらかでない。

(2) 時効におよぼす熱処理の影響

本実験の結果砂鉄系原材料使用品あるいは時効の少ない鉄板屑使用 A 法溶解品の時効が熱処理法によつてあまり影響されないことが認められたが、時効の大きい鉄板屑使用 B 法溶解品は H_2 焼鈍を行うと箱焼鈍を行つたものにくらべて 100°C , 200 時間時効の劣下率が $1/2$ 以下になる。しかし H_2 焼鈍でもかなり時効は大きい。磁気の時効効果とその起因である析出量とはあまり関係がない⁽⁴⁾ ゆえ磁気的な時効効果で定めた劣下率をもつてたゞちに析出量の多少を比較することは危険であるが、前述のごとく時効の主因をなすと思される Fe_4N などの N_2 が H_2 焼鈍を行うと除去されるためと思考する⁽⁵⁾。

つぎに 400°C 以下空冷を行うと鉄板屑使用 B 法溶解品の磁性はよくなるが、時効による劣下が大きくなる。砂

鉄系のものやA法溶解品には全く認められない。

400°C 以下の空冷は焼入時効の水冷ほどではないがN₂を過飽和に溶解すると考える。またCの場合は約 630°C 以上よりの焼入によつてのみ時効現象に影響するといわれるがこの場合もいくぶんはCの影響が加わっているものと思ふ。焼鈍直後の磁性の良いのは N₂ あるいは C が固溶するため低温析出に起因する歪が少くなるためと考える。某社の電磁軟鉄の焼鈍は 300~400°C で炉中より取出すのが一番よいとしてあるのは上述の理由で、焼鈍直後の磁性はよいが時効による劣下が大きいものとする。

また清水⁽⁶⁾が FeS の変態を研究し急冷すれば FeS の変態があらわれないと述べているゆえ、もし時効が FeS の変態によるとすれば 400°C 以下の急冷品の時効が少くならなければならないゆえに FeS が時効の主原因とは考えられない。

析出硬化したものをさらに保持すると析出粒子の成長などにより軟化する傾向がある。第10図の 200°C における加熱で始めわずかに Hc が増し、後低下するのはそのためと考えられる。しかし 200°C で十分析出を行わしめてもその後の 100°C 時効による劣下がかなりいちじるしい。これは 100°C の時効による析出物が 200°C の時効による析出物と異なるものによることを示している。そして α Fe に対する N の溶解度は 100°C では低いと 200°C では割合に高い。そして繰返し焼鈍で C 含有量を 0.005% 程度に下げた試料でも時効が大きいこととともに N₂ が時効に大きく影響していることが推察される。

時効劣下品を加熱すると 175~200°C で急激に磁性が向上する。これは N₂ の α 鉄への溶解度がこの温度より急に多くなるため⁽⁷⁾この結果からも本時効が N₂ によることが考えられる。

〔V〕 結 言

以上行つた実験の結果を要約するとつぎのごとくである。

(1) 砂鉄系原材料使用品、市販木炭鉄使用品および鉄板屑使用 A 法溶解品は 100°C 時効による磁氣的性質の劣下が少い。しかし鉄板屑使用 B 法溶解によるものは 100°C 時効による劣下がいちじるしい。

(2) 時効劣下品を再加熱すると 175~200°C で急激に磁性が向上し焼鈍直後の磁性にもどる。

(3) 時効の少いものは焼鈍方法によつて磁気特性および時効効果に大きな差異がないが時効の大きいものは 400°C 以下を空冷すると磁性が良好になる。しかし N₂ などが過飽和に溶解しその後の時効がいちじるしくなる。H₂ 焼鈍を行うと劣下率が箱焼鈍の 1/2 以下になる。

(4) 繰返し焼鈍で C 含有量を 0.005% 程度に下げたものでも 100°C 時効による劣下は変らない。

(5) 焼入時効を行うと時効の大きいものは 200~300°C の再加熱によつて Hc の急激な増加があるが、時効の少ないもの、あるいは時効が大きいものでも徐冷を行つたものにはあらわれない。この主因は C による。

(6) 顕微鏡組織には特別の差異を認めることができない。

(7) 時効劣下の大きいものは小さいものに比べて Al 含有量が少く、また全 N₂ 量は変らないが Fe₄N などがやや多い。

最後に熱心に実験に従事された鷲見研究所員の労を謝す。

参 考 文 献

- (1) 小野, 小柴: 日立評論別冊 6 95 (昭 29-5)
- (2) 今井, 石崎: 日本金属学会誌 16 A110 (昭 27-4)
- (3) W. Köster: Arch. Eisenhüttenwesen 3 (1930)
- (4) 鈴木: 実用金属学七十講上 (昭 27-7 日本金属学会)
- (5) 小野, 渡辺, 佐々木: 日立評論 33 29 (昭 26-9)
- (6) 清水: 日本金属学会誌 5 183 (昭 16)
- (7) 伴野: 強磁性体の理論と応用 118 (昭 30-8 日本物理学会)

日 立 製 作 所 社 員 社 外 講 演 一 覧

(昭和31年6月受付分)

講演月日	主 催	演 題	所 属	講 演 者
7. 13	火力発電協会	火力発電と原子力発電	日立工場	柴田 万寿太郎
6. 下旬	北海道電力 K. K.	ターボ発電機据付に関して	日立工場	海 野 友 孝
6. 29	日刊工業新聞	購買価格の適正化について	日立工場	藤 田 友 蔵
7. 8	熔接学会	車輛製作における熔接設備	笠戸工場	矢 部 満
6. 30	日本学会議	グナート法による残留応力測定上の一, 二の注意	笠戸工場	渡 辺 寛

次頁へ続く

日立製作所社員社外講演一覧

前頁より続く

(昭和31年6月受付分)

講演月日	主 催	演 題	所 属	講 演 者
7. 20	日本金属学会	鉄鋼中のガス分析用試料採取方法について	亀有工場	重松八郎
7. 5	日本学会議	標準数について	亀有工場	西山栗保忠
6. 26	日刊工業新聞	多種小量生産工場における標準原価のたて方	亀有工場	麻生武
7. 31	日本機械学会	送風機と圧縮機の振動	川崎工場	印牧宗一郎
6. 29	産業機械協会	オートメーションの話	多賀工場	北川栄三
5. 30	電気技術研究会	最近の誘導電動機について	亀戸工場	益田貞晴
6. 27	慈光会	高電圧撮影について	亀戸工場	草谷正之
6. 16	X線技師会	日立X線装置について	亀戸工場	和田正脩
6. 22	九大放射線科	日立X線装置について	亀戸工場	和田正脩
6. 3	X線技師会	高電圧撮影装置について	亀戸工場	津守徳
10. 13~15	日本学会議	振動殻の経時変形について	戸塚工場	西口山
7. 20	日本能率協会	材料常備管理制度, 推計学を応用した常備残高管理	戸塚工場	内山孝
6. 20	島根大学	インドの鉄鋼事情と一般情勢について	安来工場	小柴定雄
6. 26	日刊工業新聞	新しい工具鋼と熱処理	安来工場	小柴定雄
6. 20	日本鉄鋼協会	充填層の圧損と熱伝達について	安来工場	小中一佐
6. 20	日本鉄鋼協会	数種のフェライト系耐熱鋼の高温機械的性質と耐酸化性について	安来工場	小九柴重持
6. 20	日本鉄鋼協会	Cr-Mo 肌焼鋼の諸性質におよぼす Mn の影響	安来工場	新清水持水
6. 20	日本鉄鋼協会	Cr-Mn-Mo 肌焼鋼の熱処理歪におよぼす熱処理法の影響	安来工場	新清水持水
6. 26	特殊鋼倶楽部	印度冶金事情視察談	安来工場	小柴野本
6. 20	日刊工業新聞	冷間圧延における圧延圧力実験式について	安来工場	吹橋重中
6. 20	日本鉄鋼協会	炉内急冷による熔鋇炉内反応に関する研究	安来工場	佐藤村
6. 20	日本鉄鋼協会	引抜バルブロッド (SEH ₃) の製造について	安来工場	上吉村
7. 20	日本金属学会	高速度鋼の切削耐久力および抗折力におよぼすサブゼロ処理の影響	安来工場	小田柴中
7. 20	日本金属学会	5% クロムダイキャスト型鋼におよぼすバナジウムおよびタングステンの影響	安来工場	小九柴重
7. 20	日本金属学会	Fe-Ni-Al 系析出型磁石合金の磁性におよぼす Si 含有量の影響	安来工場	小西柴沼
7. 20	日本金属学会	鉄鋇石ペレットの焼結機構	安来工場	中佐村
10. 中旬	日本鉄鋼協会	13Cr 不銹鋼熔装過程における Cr の回収について	安来工場	伊達山
10. 13~15	日本学会議	歯の弾性変化に起因する歯車の動荷重について	中央研究所	歌川正
10. 13~15	日本学会議	歯車の動荷重試験	中央研究所	歌川正
7. 13	日本学会議	鋼種簡易鑑別法の研究(15報)	中央研究所	栗田正
6. 20	JIS 分析方法調査委員会	タングステン中微量 (0.001~0.01%) 鉄モリブデン分析方法	中央研究所	北相本吉
6. 20	日本鉄鋼協会	黒鉛ルツボ内の鉄鋼試料の测温	中央研究所	米田登
6. 18	マイクロ波真空管研究専門委員会	6,000 MC 用進行波管およびレフレックスクリストロン 2K44 の試作	中央研究所	沢田良
7. 17	日本物理学会	超音波による結晶性高分子物質の研究	中央研究所	前田庸
7. 9	日産民生ディーゼル	ディーゼル用電装品について	本社	古屋