研究

焼結 NKS 金属磁石の磁気特性 (第2報)

藤 山 俊 尚*

Toshitaka Fuziyama: Magnetic Properties of Sintered NKS Permanent Magnets. (2nd Report)

This report relates to magnetic properties of sintered Alnico type permanent magnet. The effects of history of iron powders, degree of oxidation of iron, nickel, cobalt, and copper powders, degree of evacuation and sintering time, and magnetic field cooling rate were investigated.

Forming pressure, sintering temperature, degree of evacuation in sintering process, magnetic field cooling rate (900~700°C) of sintered permanent NKS-3 magnet are 6T/cm², 1270~1300°C (NKS-1DA: 1350°C), 10⁻¹~10⁻³mmHg, 3~13 minute respectively.

Carbonyl, reduced (MH-300-P) and electrolytic iron powders are adequate for producing sintered NKS permanent magnet, and magnetic properties are improved by reducing iron, nickel, cobalt and copper powders, with hydrogen. At least 1hr was necessary at 1300°C for obtaining well sintered product.

The best times of magnetic field cooling are 5~7 and 10 min. for titanium and silicon addition respectively. Addition of titanium reduces both remanence and maximum energy product value but increases coercive force.

(Received June 23, 1966)

I 緒 言

粉末冶金法による Alnico 系磁石の製造は、欧州、米国で主として行なわれ、最近国産品も少量ではあるが市場に出ている。焼結金属磁石は、粉末冶金の特徴を利用して小物および複雑な形状のものの量産化に適し、歩留向上、不良の減少による cost down に寄与するところ大である。さらに強度が鋳造品に比べて5~10倍も大きいので、その点を利用して今後の発展が十分期待できる。焼結 Alnico 系については、1940年に G.H. Howe¹⁾ が発表して以来、等方性さらに異方性金属磁石の製造と発展し、鋳造品の高保磁力磁石²⁾の開発にともない、現状では漸次 Ti 含有量の多い焼結 Alnico 系磁石の開発がなされているようである。その間添加物による磁性の改良、製造方法等の特許^{3~8)}、および諸文献^{9~23)}が発表されている。第一報¹³⁾は、焼結 NKS 磁石に対する B, P, Ti, Zr の影響および Al の歩留について報告したが、本報告は主として Alnico V 系である NKS-3 の製造上の諸条件が磁性におよぼす影響を検討したものである。なお、本報告中の図および表に示す%はすべて重量%である。

II 実験方法

検討する材質は異方性 NKS-3 が主で、等方性 NKS-

1DA も一部行なった。原料の Al, P, B, Si, Ti は各々 Fe-Al(Al; 50.5%), Fe-P(P; 22.6%), Fe-B(B; 23.3%), Fe-Si(Si; 86.8%), TiH の粉末, Fe, Ni, Co, Cu は単体金属粉末を使用した。磁石成分として NKS-3 は、8.0%Al, 14.0%Ni, 24.0%Co, 3.0%Cu, 残り Fe, NKS-1DA では、11.0%Al, 23.0%Ni, 8.5%Co, 3.5%Cu, 0.5%Ti, 残り Fe とし、NKS-1DA については、使用鉄原料の履歴による検討のときのみに行ない、その他の場合はすべて NKS-3 について行なった。原料配合後、Lödige type mixer で充分混合し、Binder として Compher を約3%溶剤にとかして湿式で添加した。成形は 6T/cm² の一定、成形寸法は約 20φ×10mm として磁性測定用の試料とした。焼結は真空中 1270°C または 1300°C で 2hr (NKS-1DA のみ 1350°C で 2hr)、真空度は 10⁻¹~10⁻²mmHg, または 10⁻²~10⁻³mmHg で行なった。検討項目は、鉄原料粉末の履歴、使用原料の酸化度、焼結中の真空度、焼結時間、磁場中冷却速度による影響であり、焼結時間の検討は、1300°C で 1/3, 1, 2, 3, 5, 10hr である。鉄原料粉末の履歴が磁性におよぼす影響については、MH-300P と MH-100-24 還元

* 住友特殊金属株式会社 大阪府三島郡島本町大字高浜10番地

Table 1 Chemical analysis of iron powders (%)

Powders	C	Si	Mn	P	S	Insoluble	Hydrogen Loss***
Carbonyl	0.03	0.02	tr	0.005	0.002	—	0.4
Reduced (MH-300-P)	0.02	0.01	tr	0.018	0.008	0.19	0.8
Electrolytic Stamping*	0.01	0.01	tr	0.008	0.011	0.03	0.4
Reduced (MH-100-24)	0.09	0.01	0.03	0.006	0.007	0.47	0.8
Atomizing (RZ-150)	0.13	0.01	0.32	0.033	0.025	0.24	0.8
Eddy Mill** (HP-30)	0.08	0.05	0.31	0.033	0.028	0.09	0.5

* Reducing at 600°C×1hr (in H₂)** Reducing at 850°C×1hr (in H₂)

*** Determined from MPI

Table 2 Particle distribution of iron powders (%)

Mesh Powders	-48 +65	-65 +100	-100 +150	-150 +200	-200 +250	-250 +325	-325
Carbonyl	—	—	—	—	—	—	100
Reduced (MH-300-P)	—	—	—	—	0.3	9.0	90.7
Electrolytic Stamping*	—	—	—	0.6	1.7	10.0	87.7
Reduced (MH-300-24)	—	—	28.8	24.5	10.7	15.6	20.4
Atomizing (RZ-150)	—	—	25.6	27.3	14.7	13.5	18.9
Eddy Mill** (HP-30)	18.9	19.6	11.2	8.7	6.2	10.4	25.0

* Reducing at 600°C×1hr (in H₂)** Reducing at 850°C×1hr (in H₂)

粉, RZ-150 噴霧粉, HP-30 eddy mill 粉碎粉, カーボニール粉, 電解搗砕粉の6種の鉄粉末で NKS-3 と NKS-1DA で行なった。焼結促進剤として前者にはP, 後者にはBを添加した。またこのとき使用した原料の化学成分および粒度分布, 粉末特性を Table 1, 2, 3 に示す。原料中電解, Eddy Mill 粉碎粉は, 各々 600°C, 850°C で 1hr 水素中還元したものである。また見掛密度, 流動性は JIS によって測定した。また使用原料の酸化度と磁性との関係は, Fe, Ni, Co, Cu 原料を 400°C で 1hr 水素中で還元したものと未還元のものを用いた。磁石成分は NKS-3 に 0.3%Ti, 0.3%Si をふくんだ2種とし, 焼結促進剤は 0.5% P, 0.06% B を添加した2種と, 促進剤をふくまない1種の計3種とした。また焼結中の真空度の差と磁性との関係は, NKS-3 基本成分に 0.5%P を添加した材料で, 焼結真空度は 10^{-1} ~ 10^{-2} mmHg と 10^{-2} ~ 10^{-3} mmHg とで行なった。さらに, 熱処理での磁場中冷却速度の差による磁性の変化については 900°C から 700°C 間の冷却速度を変え, NKS-3 (0.5%P 添加) とさらに Ti を 0.3, 0.6, 1.0%, Si を 0.3, 0.6%, Si と Ti を各々 0.3%ずつ添加した成分について検討した。また Ti 0.6, 1.0%, Si 0.6%, Ti 0.3% と Si 0.3% 添加した4種は, 焼結を 1270°C で 2hr とした。磁場中冷却速度の検討では 900°C から 700°C 迄を 5~13 min の間で行なった。以上で特記なき原料は未還元, 焼結は 1300°C で 2hr, 焼結真空度は 10^{-2} ~ 10^{-3} mmHg である。また NKS-3 の熱処理での溶体化

Table 3 Properties of iron powders

Powders	Characteristic Density (g/cc)***	Flow Rate (sec/ 50g)***	Particle Shape
Carbonyl	—	No	Spherical
Reduced (MH-300-P)	—	No	Sponge
Electrolytic Stamping*	—	No	Dense Irregular
Reduced (MH-100-24)	2.5	30.5	Sponge
Atomizing (RZ-150)	2.4	29.6	Porous Granular
Eddy Mill** (HP-30)	2.8	34.0	Plate

* Reducing at 600°C×1hr (in H₂)** Reducing at 850°C×1hr (in H₂)

*** Determined from JIS

温度は約 1250°C, Temper 温度は約 600°C とし 3~14hr で行なった。

NKS-1DA は等方性のため磁場中処理は行なわず溶体化処理後空冷し, Temper を約 600°C で 1~7hr で行なった。試料は熱処理後, 外径と両端面を研磨し, JIS 法により磁性の測定をした。

III 実験結果

1. 原料鉄粉末の履歴による影響

Fig. 1 は焼結 NKS-3 の磁場処理後の Temper 時間による残留磁束密度 Br, 保磁力 Hc, 最大エネルギー積 (BH)_{max} の変化を示したもので, 900~700°C 間の磁場中冷却時間は 10min である。各原料とも Br は Temper 2hr で減少し, それ以後 14hr 迄大体大きな

Fig. 1 Magnetic properties, tempering times and sorts of iron powder used of the sintered NKS-3 magnet with 0.3% silicon addition.
Sintering condition; 1300°C×2hr

変化はない。Hc は 6~8hr までは増加し、それ以上ではあまり変化しない。また $(BH)_{max}$ は約 4hr まで増加しているが、それ以後は同じ位の値である。Br は MH-300P が最も高く、RZ-150 が最も低い、Hc は Carbonyl と RZ-150 が高く MH-100.24 が低かった。

磁性の良否を $(BH)_{max}$ でみれば、Carbonyl, MH-300P が他よりは高く、つぎは電解で、その他は大体同じ程度である。磁性は原料中の不純物、不溶解残渣、原料の酸化度等で変化するので、これらの少ない原料でさらに焼結での合金化を十分行なわせるために粒度の細かい鉄粉を使用すべきで、Carbonyl, MH-300P, 電解粉がよいと考えられる。また焼結後の不溶解残渣として残る oxide 等が多いと $(BH)_{max}$ は低いと思われる。すなわち B-H curve でのふくらみが少ないと云える。Fig. 2 は等方性 NKS-1DA の磁性と Temper 時間との関係を示し、溶体化処理後空冷し Temper したも

ので、磁場中処理は行なっていない。Br は 3hr まではあまり変わらないが、それ以上では漸減の傾向にあり、Hc は 1hr から 7hr まで漸増する。 $(BH)_{max}$ は Temper 2hr まで増加するが、それ以後はあまり変わらない。しかしわずかに漸増するものもある。Hc では各原料による差は明らかではないが、Br, $(BH)_{max}$ は Carbonyl, MH-300P, 電解が高く、他の 3 種は低い。Fig. 3 は焼結密度と焼結での収縮率を、成形圧 6T/cm² と一定にしたときの値を示すもので、NKS-3, NKS-1DA, とともに Carbonyl, MH-300P は密度も収縮率も他より大きい。HP-30 はともに大きい磁性は低い。これは原料の粒度が粗いために焼結での合金化がおそいことと粉末の化学成分等によるものと思われる。

2. 原料酸化度の影響

使用原料粉末の酸化は焼結合金化をおくらせること、また不純物として残る酸素による酸化物での磁性の劣化

Fig. 2 Magnetic properties, tempering times and sorts of iron powder used of the sintered NKS-1DA magnet.

Sintering condition; 1350°C×2hr

が考えられるので NKS-3 に使用する基本成分中 Fe, Ni, Co, Cu を水素中 400°C で 1hr 還元したものと、未還元のものとの比較を行なった。また焼結促進添加元素を入れないものと、Fe-B 粉末を B として 0.06%, Fe-P 粉末を P として 0.5%添加した 3 種の材質について検討した。Fig. 4 には基本成分に Fe-Si を Si として 0.3%添加した NKS-3 についての結果を示したもので、磁場中冷却 (900~700°C) 時間は 10min の一定とし、Temper は 3, 5, 7, 9hr とした。磁性は促進剤を添加してないものはとくにわるいが、未還元粉末を使用したものはさらに値は低い。他の P, B を添加したものも未還元の方が B_r , $(BH)_{max}$ は低い傾向にある。Temper 時間に対しては各材料とも、とくに大きな傾向はなかった。また Fig. 5 は基本成分に TiH を Ti として 0.3%添加した NKS-3 についての結果で、磁場中冷却 (900~700°C) 時間を 5min の一定とし、Temper は

3, 5, 7, 9, 12hr とした。その他は 0.3% Si 添加したときと同じである。この場合も Fig. 4 と同様で、還元した粉末を使用したとき、また焼結促進元素の B, P を添加した方が磁性は高く、原料還元の効果があることを示している。B, P は前回の報告¹³⁾、または F. Frehn, W. Hotop¹⁴⁾ が示しているごとく、磁性に対して効果があることは言うまでもない。Fig. 6 は 0.3% Si, 0.3% Ti をふくんだ NKS-3 の焼結密度を示したもので、ともに B, P を添加しないものはとくに低い値を示し、さらに原料粉末を還元した方が密度が高く、焼結が進行していることが明らかである。このように原料の酸化が磁性に影響するため原料管理は重要であるとともに、焼結促進剤の添加も欠かせないものである。

3. 焼結時間の影響

Fig. 7 は 0.3% Si を含んだ NKS-3 の焼結時間と磁性との関係を示すもので、焼結温度は 1300°C の一定で

Fig. 3 Sintered density, dimensional change and sorts of iron powder used of the sintered NKS-3 contains 0.3% silicon, NKS-1DA magnets.
Sintering condition; 1300°C×2hr (NKS-3)
1350°C×2hr (NKS-1DA)

磁場中冷却 (900~700°C) 時間は 13min, Temper 時間は 8hr の一定とした。磁性は時間とともに向上するが、時間の短い 1/3hr ではとくに磁性は低く、1hr 以上で Br, (BH)_{max} はわずかに向上するが、とくに大きな変化は示さなかった。Fig. 8 は焼結時間と抗折力、微少硬度、密度の関係で、抗折力は時間に対してほとんど変化なく 42~43kg/mm² であるが、微少硬度は相当ばらつきがあり、平均値では 1 時間で急に高くなるが、1hr 以上ではほとんど変わらない。時間の短い 1/3hr では硬度のばらつきも多く、密度の低い点から考えて十分に焼結が進行してなく、それが磁性の低い原因と思われる。また抗折力は 1/3hr 焼結でも相当高い値が得られているのは、焼結不十分でも密度が約 7g/cc で、ある程度焼結が進んでいるので、組成の不均一があっても大きく影響しなかったものと考えられる。Fig. 9 は焼結時間と収縮率との関係で、プレス方向に平行な高さは時間とともにわずかであるが減少し、2~3hr で最も少なく、それ以上ではさらに多くなる。プレス方向に直角な直径は、時間とともに増加し、2~3hr で最大となり、それ以上では減少する傾向にある。以上より焼結は少なくとも 1300°C で 1hr 以上必要であり、この成分で磁性向上を望むならば 1300°C 以上 1350°C 間で焼結すればよいと考える。

4. 焼結真空度の影響

焼結 Alnico 系の焼結は、真空中または高純度水素中

Fig. 4 Magnetic properties and tempering times of the sintered NKS-3 magnet with 0.3% silicon addition.

Sintering condition; 1300°C×2hr

で行なうのが普通であるが、真空中では、高真空のとき Al, Cu の蒸発があり、低真空では Al, Ti, Si の酸化がおこり、ともに最終成分からのずれ、または酸化物等が残る、磁性に悪い影響をおよぼす。したがって焼結真空度は、製造工程中極めて重要な事項である。Fig. 10 は NKS-3 について焼結を 1300°C で 2hr, 真空度を 10⁻¹~10⁻²mmHg と 10⁻²~10⁻³mmHg にしたときの磁性と磁場中冷却 (900~700°C) 時間との関係を示したものである。真空度に対して Br, Hc は大差ないが、とくに (BH)_{max} においてその差があらわれている。焼結密度も高真空で約 7.1g/cc, 低真空で約 7.0g/cc で、わずかであるが 0.1g/cc の差がある。Fig. 11 は真空度による焼結での収縮率の比較を約 13×32×5mm の試料

Fig. 5 Magnetic properties and tempering times of the sintered NKS-3 magnet with 0.3% titanium addition.

Sintering condition; 1300°C × 2hr

で示したもので、高真空の方が多い。当然考えられることであるが焼結の進行の差により、磁性、収縮率の差が出て来たものと思われる。

5. 磁場中冷却速度の影響

異方性 Alnico V 系磁石の磁性は、溶体化処理後の 900~700°C 間の磁場中冷却速度の大小によって変化するもので、適正な基本成分のものであっても、この処理が不適正であれば磁性は悪く、後の Temper 処理ではよい結果は得られない。また基本成分に対して Si または Ti を添加すると、最適磁場中冷却速度にも影響し、その量で変化するものである。Fig. 12 ~ Fig. 17 は NKS-3 に Ti, Si または Ti と Si とを同時に添加し

たときの磁性と Temper 時間、900~700°C 間の磁場中冷却時間との関係を示したものである。Fig. 12 は Ti 0.3% 添加したときの結果で、焼結は 1300°C で 2hr である。磁場中冷却時間は 5, 7, 9min としたが、Br は 7min が最も高く、9min が最も低い。Hc は 9min が低く、5min と 7min はほとんど差はない。(BH)_{max} も 9min が最も低く、7min がわずかであるが 5min より高い値をえた。Temper 時間にたいして Hc, (BH)_{max} は 9 hr までいくぶん増大の傾向にある。Fig. 13 は 0.6% Ti 添加した場合の結果で、焼結は 1270°C で 2hr である。各冷却時間とも、Temper 3hr より 13hr まで Hc, (BH)_{max} は増加し、Br の変化は少

Fig. 10 Magnetic properties and field cooling time of the sintered NKS-3 magnet.

Sintering condition; $1300^{\circ}\text{C} \times 2\text{hr}$

Vacuum condition;

- $10^{-2} \sim 10^{-3}$ mmHg
- $10^{-1} \sim 10^{-2}$ mmHg

Fig. 11 Dimensional change and degree of vacuum for sintering of the sintered NKS-3 magnet.

Sintering condition; $1300^{\circ}\text{C} \times 2\text{hr}$

冷却時間 5~10min の間では 5~7min で高い磁性が得られた。Fig. 15 は基本 NKS-3 成分に Si 0.3% を添加したときの結果を示すもので、冷却時間は 5, 7, 10min Temper は 3, 5, 7hr 行なった。Br は $5 > 7 > 10$ min, H_c は $10 > 7 > 5$ min, $(BH)_{max}$ では $10 > 7 > 5$ min の結果が得られ、Ti 添加のときと $(BH)_{max}$ で比較すると最適冷却時間は Ti 入りのときは 5~7min であるが、Si 0.3% で 10min となり、前者よりおそくてもよいことが言える。Fig. 16 は Si 0.6% 添加したときの結果を示すもので、焼結は 1270°C で 2hr, Temper は 3~

Fig. 12 Magnetic properties and tempering time of the sintered NKS-3 magnet with 0.3% titanium addition.

Sintering condition; $1300^{\circ}\text{C} \times 2\text{hr}$

Magnetic field cooling time;

- 9min
- 7min
- × 5min

Fig. 13 Magnetic properties and tempering time of the sintered NKS-3 magnet with 0.6% titanium addition.

Sintering condition; $1270^{\circ}\text{C} \times 2\text{hr}$

Magnetic field cooling time;

- 9min
- 7min
- × 5min

Fig. 14 Magnetic properties and tempering time of the sintered NKS-3 magnet with 1.0% titanium addition.

Magnetic field cooling time; ●—● 9min
(900~700°C) ○—○ 7min
×—× 5min

11hr とした。冷却時間 13, 10, 7.5min では Br の差はほとんどないが, Hc は $10 > 13 > 7.5\text{min}$, $(BH)_{\max}$ も $10 > 13 > 7.5\text{min}$ の傾向にあり, 最適冷却時間は 10min である。Fig. 17 は Ti 0.3%, Si 0.3% を同時に添加したときの結果で, 1270°C で 2hr 焼結し, 冷却速度を 9, 7.5min とした。Hc は $9 > 7 > 5\text{min}$, Br は $7 \div 5 > 9\text{min}$ の傾向にある。 $(BH)_{\max}$ は各冷却時間とも大きな差はない。すなわち $(BH)_{\max}$ で考えると Ti の添加は最適冷却時間が Si 添加のときより早くなるので Si と Ti を同時に添加すると, その時間の中が広がるためにこの結果が得られたものと思われる。Fig. 18 は Fig. 10~Fig. 14 から得た磁性で Temper 5hr としたときの各磁場中冷却時間での最高磁性の値と添加 Ti との関係を示したものである。Ti 量とともに Br, $(BH)_{\max}$ は減少, Hc は増加の傾向にある。Si 量での変化はデータ不足のため不明であるが, Si は最適冷却時間を長くするが, 1%位までは磁性に影響はないのではないかと推察される。磁石の磁性は, 一般に Br, Hc, $(BH)_{\max}$ であらわされるが, その使用条件, 形状(寸法比)等により, どの特性が重要となるかがきまるので, その条件によって考慮する必要がある。以上検討したごとく, 焼結

Fig. 15 Magnetic properties and tempering time of the sintered NKS-3 magnet with 0.3% silicon addition.

Sintering condition; $1300^\circ\text{C} \times 2\text{hr}$
Magnetic field cooling time; ●—● 10min
(900~700°C) ○—○ 7min
×—× 5min

Alnico 系の磁石の製造に際しては, とくに原料管理, 焼結雰囲気, 焼結促進剤の添加, 熱処理での磁場中冷却時間の制御等の問題がある。焼結雰囲気については $10^{-1} \sim 10^{-3}\text{mmHg}$ の範囲で検討したが, 試料の Al, Ti 等の歩留および不溶解残渣等から考慮すると $10^{-3} \sim 10^{-4}\text{mmHg}$ 程度は必要であると思われる。

IV 総 括

Alnico 系焼結金属磁石を成形圧 $6\text{T}/\text{cm}^2$, 焼結 $1270 \sim 1300^\circ\text{C}$ (NKS-1DA は 1350°C), 焼結真空度 $10^{-1} \sim 10^{-3}\text{mmHg}$ でつくった異方性 NKS-3 および等方性 NKS-1DA について, 製造上での原料履歴, 原料酸化度, 焼結真空度, 焼結時間, 異方性 NKS-3 の磁場中冷却速度等につき特性に対する影響を検討した結果の要約を以下に述べる。

1. 使用鉄原料の履歴は, 磁性にたいして影響をおよぼし, NKS-3, NKS-1DA とともにカーボニル鉄粉と還元粉 (MH-300-P) がよく, NKS-1DA ではさらに電解搗砕粉でもよい結果が得られた。焼結密度は両磁石ともにカーボニル, 還元粉 (MH-300-P) が高い値が得られた。Eddy Mill による機械的粉砕粉の HP-30 も

Fig. 16 Magnetic properties and tempering time of the sintered NKS-3 magnet with the 0.6% silicon addition.

Sintering condition; 1270°C × 2hr

Magnetic field cooling time; ●—● 13min
○—○ 10min
×—× 7.5min

Fig. 17 Magnetic properties and tempering time of the sintered NKS-3 magnet with each 0.3% silicon, titanium addition.

Sintering condition; 1270°C × 2hr

Magnetic field cooling time; ●—● 9min
○—○ 7min
×—× 5min

Fig. 18 Magnetic properties and quantity of silicon addition with the sintered NKS-3 magnet.

Tempering time; 5hr

密度は高かったが磁性ではよい結果は得られなかった。

2. 原料の酸化度の影響については、Si 0.3% または Ti 0.3% を含む異方性 NKS-3 で行ない、Fe, Ni, Co, Cu を使用前に水素中で還元した方が末還元するときより高い磁性が得られた。この傾向は焼結促進剤として B,P を添加しても同様であり、磁性も添加したときが高かった。焼結密度も原料を還元した場合とまた B,P を添加したときが高い値を得た。

3. 焼結時間の影響は、1/3hr では磁性は低いが、1hr で急に向上する。Hc, $(BH)_{max}$ は 1hr より 10hr まではほとんど向上しないが、Br は漸増の傾向にある。また、マイクロビッカース硬度、焼結密度も同様に 1/3hr で低く、1hr 以上ではほとんど差はないが、抗折力は 1/3hr より 10hr まで大きな変化はなかった。焼結時の収縮率は成形方向で 1/3hr よりわずかであるが減少し、2~3hr より増加する。平行方向では、逆に 1/3hr より増加し 2~3hr より減少の傾向にある。

4. 焼結時の真空度の差による影響は、異方性 NKS-3 で $10^{-1} \sim 10^{-2}$ mmHg と $10^{-2} \sim 10^{-3}$ mmHg の 2 種では、Br, Hc, $(BH)_{max}$ ともに後者の方が高い磁性が得られ、とくに $(BH)_{max}$ でその差が大であった。収縮率も後者の方が大きく、とくに成形と同方向は低い真空度では直角方向より大きい、高い真空度では直角方向より逆に小さい値が得られた。

5. 磁場中冷却 (900~700°C) 時間の影響は, Ti を含むと最適の磁性をうる冷却時間は Si を含むときより早くする必要があるし, Si と Ti をともに含むと, その時間の巾を広げる傾向にある. また Ti(0~1.0%) を添加すると磁場中最適冷却時間での磁性 (Temper 5hr の一定) は, Br, (BH)_{max} は減少し, Hc は増加する傾向にあった.

文 献

- 1) G.H. Hawe: Iron Age, 11 (1940), 27.
- 2) E. Planchard, C. Bronner et J. Sauze; Journées Internationales des Applications du Cobalt, 9~11 (1964), 134.
- 3) 特許公報: 昭18-3231.
- 4) 特許公報: 昭28-3105.
- 5) 特許公報: 昭29-3653.
- 6) 特許公報: 昭35-17458.
- 7) Deutsches Patentamt: No. 970715.
- 8) Deutsches Patentamt: No. 973960.
- 9) W. Hotop: Stahl u. Eisen, 61 (1941), 1105.
- 10) S.J. Garvin; Symposium on Powder Metallurgy, (1947), 67.
- 11) F. Frehn and W. Hotop: Symposium on Powder Metallurgy, (1954), 137.
- 12) A. Takasaki: SCI. REP. RITU, 5 (1953), 479.
- 13) 角尾, 中鉢, 藤山: 粉体および粉末冶金, 7 (1960), 255.
- 14) G. Ritzow: Bericht über die II. Internationale Pulvermetallurgische Tagung, 1 (1961), 247.
- 15) D. Yarnnton, M. Torry, C. Dawson: Powder Metallurgy, 7 (1964), 300.
- 16) 梶山, 信太: 日本金属学会誌, 23 (1959), 576.
- 17) 信太: 日本金属学会誌, 23 (1959), 199.
- 18) 信太: 日本金属学会誌, 23 (1959), 315.
- 19) 信太: 日本金属学会誌, 23 (1959), 318.
- 20) 信太: 日本金属学会誌, 23 (1959), 203.
- 21) 梶山, 信太: 日本金属学会誌, 24 (1960), 569.
- 22) 梶山, 信太: 日本金属学会誌, 25 (1961), 273.
- 23) G. Ritzow: Neue Hütte, 9 (1964), 282.

会 告

第5回茅コンフェレンスのお知らせ

主 題: 磁性材料の現状と将来

日 時: 昭和42年7月29日(土)夕方~8月1日(火)正午まで

場 所: 宮城県 松島海岸 ホテル大観荘 (仙石線松島海岸駅)

参 加 資 格: 大学, 官公立研究所および会社の研究者で専門の如何を問わず主題に興味をもたれる方とその同伴家族. 参加者の総数は100名に制限する. 定員超過の場合には申し込み先着順に締め切る.

宿 泊 費: 1名当り a) 3,000円 b) 2,500円 c) 2,000円

(但し3食付. 税・サービス料を含む)

参 加 費: 研究者1名につき, 大学, 官公立研究所関係者 4,000円, 会社関係者 12,000円

参 加 申 込: 5月30日 (第1回締切り)

氏名, 所属, 職名, 同伴家族名を書き, 葉書にて, お申し込み下さい.

申し込み先: 仙台市片平丁75 東北大学金属材料研究所 山本美喜雄

[TEL 仙台 (0222) 23-5111 内線 2908]