焼結鉄および含リン焼結鉄の磁氣的性質について

竹 内 久 祐*

Hisasuke Takeuchi: Magnetic Properties of Sintered Compacts of Iron Powders with and without Phosphorus Addition. Specimens of sintered iron were prepared by the double-pressing method, using eight kinds of commercial iron powder, and their D. C. magnetic properties were measured. The sintered electrolytic iron powder named "Merisinter" possessed high density and excellent magnetic properties. It was noticed that the flux density depended essentially on the sintered density, while the maximum permeability varied widely according to the purity of powders.

Sintered compacts made by the single-pressing method using iron powder with addition of phosphorus, possessed high density owing to the shrinkage during sintering, especially when fine electrolytic iron powder was used. In this case, too, the flux density of compact depended on its specific gravity.

A sintered iron made from single-pressed Hōganās iron powder MH 300 with addition of 0.7% P had a magnetizing characteristic comparable to that of sintered MH 100 powder, without phosphorus addition, prepared by double-pressing.

(Received June 3, 1966)

I. 緒 言

* 株式会社日立製作所日立研究所 (Hitachi Research Laboratory, Hitachi Ltd., Hitachi)

近年焼結機械部品のみならず、電気部品たとえば回転機

の磁極や磁石を用いる磁気回路のポール、ヨークなどの軟質磁性材料としても焼結鉄が利用されつつある。筆者はさ

これらの粉末について、Fig. 2 のように充填密度と圧粉による密度増加との関係をプロットしてみると、圧粉性の

Table 1 Properties of test iron powders and their chemical analysis.

No.	Name of powder	Nominal particle size	Apparent density (g/cc)	Chemical composition (%)						Manufacturer
				C	Si	Mn	P	S	Cu	
1	RZ-300	300 μ	2.56	0.09	0.04	0.28	0.028	0.069	0.09	Simetag (G)
2	RZ-150	150 "	2.50	0.08	0.20	0.23	0.031	0.013	"	"
3	RS-300	300 "	2.70	0.02	0.03	0.18	0.020	0.010	0.15	"
4	Permano 60	60 "	3.07	0.02	0.18	0.18	0.020	0.009	"	"
5	Sintropac	150 "	2.82	0.20	0.03	0.16	0.020	0.016	3.25	"
6	Sintromel	150 "	2.60	0.09	0.02	0.23	0.025	0.015	0.13	"
7	DPG SPR 06	60 "	—	0.28	0.94	0.20	0.020	0.016	0.24	Eisenwerk Breitenfeld.(Aust.)
8	DPG SPR 15	150 "	—	0.22	0.44	0.15	0.015	0.015	0.27	"
9	Merisinter	100 mesh	3.70	0.04	0.19	0.04	0.004	0.009	"	Merisinter (Ital)
10	Höganäs MH 100	100 "	2.38	0.06	0.26	0.03	0.006	0.005	"	Höganäs (Swed.)
11	" MH 300	300 "	2.36	0.05	0.22	0.03	0.003	0.008	"	"
12	Electrolytic iron, stamped	250 "	—	0.01	0.07	0.01	0.01	0.08	"	Japanese maker
13	Reduced iron powder A	100 "	2.37	0.01	0.29	0.33	0.020	0.018	0.14	"
14	" B	100 "	2.95	0.01	0.29	0.39	0.015	0.017	0.13	"
15	" C	100 "	3.19	0.05	0.45	0.41	0.020	0.016	0.11	"

きごろ、ヘガネス鉄粉を用い、2回加圧法によつて密度を高めた焼結ポールコアの製作例を紹介した⁽¹⁾。その後、鉄粉にリンを添加することにより高密度化を促進あるいは焼結工程を短縮できる可能性に着目し、二、三の実験を行なった⁽²⁾⁽³⁾。このPの合金化により焼結鉄の磁性が改善されるのではないかという期待と、他方ヘガネス粉以外の工業鉄粉が多種類入手できるようになつてその中から磁性の良好なものを選ぶという考えが生じたので、それらを一括検討することとし下記の実験を行なった。

II. 試料の調製および実験方法

1. 焼結鉄の高密度化

Table 1 に示す機械部品用および溶断用の欧州系鉄粉および国産鉄粉を購入し、そのまま成型、予備焼結、リブレス、本焼結の一定の工程を実施した。

これらのうち流動性のない No.12 の搗砕粉をのぞき、それぞれ $8 \times 10 \times 42$ mm の角柱形に、潤滑剤なしで 4 t/cm^2 で圧粉し、 1000°C 1 hr 予備焼結、 6 t/cm^2 リブレス、 1200°C 1 hr 本焼結を行なった。その各工程ごとに試片をパラフィンで被覆して水中置換法で密度測定を行なった。

Fig. 1 はその4工程における密度を比較したものである。これによると、Permano, SPR, RZ 150 などは圧粉体自体が低い密度であり、最終密度比も86%以下である。ヘガネス鉄粉および溶鉄噴霧法にて製造された鉄粉の大部分は87~88%に達し、たがいに優劣はみられない。密度比90%を越すものはMerisinter 電解鉄粉のみであつたが、国産の還元鉄粉にはほぼ90%を示し外国の還元鉄粉にまさるものがあつた。

Fig. 1 Density of compacts after each treatment. (Rectangular specimen)

およその傾向がわかる。これによると、不純物が少ない方であるにもかかわらず Permano は圧粉しにくい傾向があり、Merisinter は逆に軟質であることが知られる。酸化物の還元で製造された鉄粉については図中の点線に沿うようなだいたいの傾向がある。

つぎに、リブレス時における密度増加率は扱う焼結体の密度の絶対値によつて相違するはずで、Merisinter や Sintropac のように予備焼結体がすでに高めの密度になつていものは増加率が小さい。Fig. 3 に示すように、リブレス前後の密度を比較すると、還元粉に関しては相関性が認められる。この図からいえることは、C, Si などの不純

- (1) 竹内、戸田、森岡：日立評論，別冊 33 (1959)。
- (2) 竹内、黒沢：1959年4月金属学会講演概要，34頁。
- (3) 竹内、黒沢：1959年11月金属学会講演概要，35頁。

物の多い SPR 06 粉の再圧縮性が劣ることのほか, Sintropac 粉の予備焼結体はリプレスされにくくなっていること

つて得られる 大部分の角柱焼結鉄の密度比は 88~90% であることが明らかになった。

Fig.2 Density increase by the compaction of iron powders having different tap density. (Compacting pressure 4 t/cm²)

が推測される。

供試鉄粉の圧粉性および被再圧縮性の順位は環状試料についても同様である。Table 2 に磁気測定用焼結鉄試料 8 種の符号と密度比を示したものである。ここまでの結果をまとめると、リプレスを 6 t/cm² 程度の圧力にて 1 回行な

Fig.3 Density of sintered bodies repressed at 6 t/cm² vs. density before repress.

2. 含リン焼結鉄の製造法

フェロホスホルまたは赤リンを添加して高密度焼結鉄を作る方法について述べる。Table 3 は本報告に用いた含リン鉄試料の配合 および 工程について一括したものである

Table 2 Density ratio (D.R.) of sintered iron specimens for magnetic property measurement.

Sintered sample No.	Name of powder	D.R. of sintered ring specimen (%) *	The common process of preparing test specimens
A	PZ-300	88.5	Compacted at 3 t/cm ² , Pre-sintered at 1200°C, 1 hr, Re-pressed at 5 t/cm ² , Sintered at 1200°C, 1 hr. * Calculated, assuming the density of pure iron to be 7.85 g/cm ³ .
B	Permano 60	88.6	
C	Sintropac	87.5	
D	Sintromel	88.3	
E	Merisinter	93.8	
F	Höganäs MH 100	87.8	
G	Electrolytic iron powder	88.5	
H	Reduced iron powder	89.6	

Table 3 Process of preparing specimens with P addition and their density ratio.

Sintered sample No.	Name of iron powder	Reagent for P addition	P added (%)	Process of preparing specimens	D.R. of sintered compact (%)
J K L M N P	Höganäs MH 100	Fe-P*	0.3 0.7 1.0 1.3 1.6 2.0	Ball-milled (B.M.) for 8 hr, compacted at 3 t/cm ² , presintered at 700°C, repressed at 6 t/cm ² , sintered at 1200°C, 1 hr.	88.0 90.5 88.4 88.9 86.6 86.1
Q R S T	Electrolytic iron stamped	Fe-P*	0.7 0.7 0.7 1.0	B.M. for 8 hr B.M. for 48 hr B.M. for 111 hr B.M. for 48 hr compacted at 3 t/cm ² , sintered at 1200°C, 4 hr.	92.9 97.0 99.2 98.5
U U'	Höganäs MH 300 Höganäs MH 100	Fe-P*	0.7 0.7	B.M. for 8 hr, compacted at 3 t/cm ² , sintered at 1200°C, 3 hr.	88.9 81.6
V	Electrolytic iron stamped	Red P	0.7	B.M. for 8 hr, compacted at 3 t/cm ² , sintered at 1200°C, 4 hr.	94.5
W X	Höganäs MH 300	Red P	0.7 0.7	B.M. for 8 hr compacted at 3 t/cm ² compacted at 5 t/cm ² sintered at 1200°C, 4 hr	90.0 93.6
Y	Höganäs MH 100	—	—	Double-repressing-sintering at 1200°C, 1 hr.	90.0

* Chemical analysis of ferro-phosphorus(%): T.C 0.03, Si 0.20, Mn 0.56, P 21.35, S 0.052

が、ここにいたる研究の概要を記しておく。

(1) ヘガネス MH 100 鉄粉への P 添加の効果

250 メッシの 21% P フェロホスホルを MH-100 鉄粉に混合し 3t/cm² で成型後 1200°C 3 hr の焼結を行なうと Fig.4 のようになり、P の添加量 2.0% までを調べたが P

Fig.4 Relation between phosphorus content and density of sintered alloys which were compacted at 3t/cm² and heated for 3 hours at 1200°C.

0.7% 以上はとくに緻密化の効果を増さないことがわかった。焼結により大きな収縮を伴うことも P 添加法の特徴である。各配合につきリプレスを施し再焼結すると密度比が 86~90% までは増加する⁽²⁾ が、前節で得られた焼結鉄のそれと比べるとすぐれた値ではない。なお Eisenkolb の発表⁽⁴⁾によれば高抗張力を目的とした場合 P 0.8% の添加が最適と判定しており、鉄粉の種類により到達密度および延性に差異がある旨を述べている。

(2) 電解鉄搗碎粉への P 添加

Table 1 の No.12 粉末を鉄製ボールミルにて 8, 48 および 111 hr 粉碎して 3 段階の粒度のものを作り、これに Fe-P を P で 0.7% 添加した場合、48 hr 以上粉碎したものは 1200°C の焼結後著しく高密度となることが見いだされた。粒度分布の詳細は略すが成型用粉末の性状は Table 4 の

Table 4 Properties of pulverized electrolytic iron.

Ball-milling time (hours)	Apparent density(g/cc)	Tap density (g/cc)	Particle diameter, μ (peak range)
8	2.87	3.85	30~40
48	2.50	4.17	10~20
111	2.13	3.33	0~10

ようなものであつた。この方法によれば、成型圧力 1~3t/cm² でも 1 回の焼結により容易に密度比 99% に到達するのである。

(3) ヘガネス MH 300 鉄粉に対する P 0.7% 添加

還元鉄粉の場合にも 100 メッシよりは 300 メッシの細粒

鉄粉を用いる方が緻密化を促し、1 回の焼結で密度比 90% 以上に達することが実験で判明した。しかも電解鉄粉砕粉の場合よりも焼結体が伸びがあり、引張強さ 35 kg/mm²、伸び約 5% の材質が得られた。

(4) フェロホスホルと赤リンとの比較

鉄粉は前記電解鉄粉および MH 300 の 2 種とし、添加される P が Fe₃P を主体とする合金鉄の場合と赤リン (化学用 1 級) の場合とで効果が異なるか否かを調べた。結果には大差はないが、高い成型圧力を適用した場合に赤リンの方が最終密度を少しく高める。なお、赤リンは低い温度で昇華するはずであるが、焼結体を分析した結果ではリンの損失は起つていない。また、赤リンと鉄粉との混合物を水素中で 650°C まで加熱したあとで X 線回折で調べると、Fe₃P に相当する化合物が形成されていることがわかつた⁽⁵⁾、赤リンは Fe 粉と混合するとき容易に 1 μ 以下の微粉となり分散する。

(5) 機械的性質および P の適値の再検討

MH 300 鉄粉に赤リンを添加した場合、焼結温度を 900°C から 1200°C まで高めるにつれ密度は増加してゆくが、機械的性質は 1050~1125°C の間で最良となり、1200°C 焼結ではかえつてもろくなる。Fig.5 に示すように、原料鉄

Fig.5 Density and mechanical properties of P-added-steel vs. sintering temperature (Red P-added 0.7%, compacted at 5t/cm², sintered for 2 hrs). E: Electrolytic iron stamped, MH: Höganäs MH 300.

粉が異なつてもこの傾向は明らかである。また、P 添加量を 0.5, 0.6, 0.7 および 0.8% と変え、配合の再検討を行なつた結果、密度は 0.6% 以上ではほぼ一定になり、引張強さ

(5) 竹内, 黒沢: 粉末冶金技術協会 昭和 35 年春季大会講演概要。

(4) F.Eisenkolb: Arch.Eisenhütt., 24 (1953), 257.

は P 0.7% までは増加し、それ以上では 36~38 kg/mm² で大体一定していた⁽⁵⁾。

材料であるが、各組成の試料多数について密度比と B_5 または B_{15} との関係をプロットした結果 Fig. 8(a) のように

Table 5 Magnetizing characteristics of sintered compacts prepared from commercial iron powders.

Sintered sample No.	Maximum permeability $\mu_{\max}$	B for $\mu_{\max}$ (G)	H for $\mu_{\max}$ (Oe)	B_5 (G)	B_{10} (G)	B_{15} (G)	B_{20} (G)	B_{25} (G)
A	2380	7000	3.0	9400	11100	11600	11900	12100
B	1050	8000	7.7	3900	9600	11000	11700	12000
C	810	5500	6.8	3600	7300	8800	9700	10300
D	2520	6500	2.7	9500	11000	11500	11900	12150
E	2600	8500	3.3	10900	12450	12900	13300	13600
F	1800	7000	4.0	8500	10950	11600	12050	12300
G	2640	8000	3.0	10200	11500	12050	12450	12650
H	1750	7000	4.0	8500	11100	11900	12400	12700

以上 (1)~(5) の経過を経て作業条件を選定し、磁気測定用含リン焼結試料として Table 4 の No. J~X を調製した。

3. 磁気測定

焼結鉄の用途は大体直流機器に限られているので機器の設計資料としては直流磁化特性を測ればよい。使用した磁気試験用環状試料は、圧粉体寸法が外径 50 mm, 内径 36 mm, 高さ約 8 mm のものを焼結した。磁気測定は弾道検流計法 (零位法) により行ない、 B - H 曲線を求め最大透磁率 $\mu_{\max}$ ならびに $\mu_{\max}$ に対する B および H を求めた。

III. 実験結果

1. 焼結鉄の磁化特性

市販鉄粉焼結試料 (Table 3 A~H) の磁化特性を調べた結果が Table 5 である。このうち代表的な試料の B - H 曲線を Fig. 6 に示した。これから判るように同一条件で調製した焼結鉄のうち、密度の高いものほど磁化特性がすぐれている。すなわち Merisinter が最も磁性がよく、Permano は低磁場における μ が低く B - H 曲線の立上り方が他のものと異なる。Sintropac は磁性はよくないが、これは Cu 粉を添加してあつて元来磁性材料を目的としないものであろう。その他の鉄粉はほぼ似た磁気特性を示している。磁束密度 B_{15} (磁化力 15 Oe に対する値) と密度との関係をプロットすると Fig. 7 のようになり Sintropac を除けば二つの性質の間に相関性があることが知られる。この図では密度比 80~85% の試料をも作製し、その B_{15} 値を打点したので直線関係を推定できた。一方 Table 5 の結果から $\mu_{\max}$ と密度比とをプロットしてもその間に全く相関性はみられない。これは低磁化力に対する μ または B の値が鉄粉中の不純物量などに左右されて変わりやすいことを意味している。しかし同じ密度の焼結体で比較するとき、還元鉄粉よりも電解鉄粉の方が $\mu_{\max}$ が高いことが認められる。そして被圧縮性も電解鉄粉の方が大きくて高密度になりやすい傾向がある。

2. 含リン焼結鉄の磁化特性

Table 6 に製造履歴を異にする含リン焼結試料の特性を一括した。このうち J~P はリプレスし本焼結を行なつた

Fig. 6 Magnetizing characteristics of sintered bodies made from typical commercial iron powders. (Sample No. refer to Table 3)

Fig. 7 Relation between flux density (B_{15}) and density ratio of sintered iron compacts. (Sample No. refer to Table 3 or Table 1)

直線関係があることが判つた。すなわち磁束密度は焼結体の密度に依存してきまる傾向が強い。ただし図中×印すなわち P 0% のものは B がやや高めの値を示している。Fig. 8(b) は透磁率と密度比との関係をプロットしたものである

が、固溶した P の影響は明瞭でなく、やはり密度自体が $\mu_{\max}$ に対し最もきくことがわかった。試料 Q, R および S

は Fig. 10 に示すとおりで、赤リン添加の方がフェロホスホル添加の場合よりやや密度が上つており、B-H 曲線も密

Table 6 Magnetizing characteristics of sintered steel containing phosphorus.

Sintered sample No.	$\mu_{\max}$	B for $\mu_{\max}$ (G)	H for $\mu_{\max}$ (Oe)	B_5 (G)	B_{10} (G)	B_{15} (G)	B_{20} (G)	B_{25} (G)
J	1700	6000	3.5	8000	10400	11200	11600	11900
K	1920	6000	3.2	8400	10800	11750	12300	12700
L	1770	6000	3.4	8000	10400	11350	11850	12100
M	1680	5500	3.4	7500	10300	11250	11800	12200
N	1650	5500	3.3	7400	9850	10850	11350	11650
P	2130	5000	2.4	8150	10200	11100	11600	11900
Q	5740	8500	1.5	12900	13600	14050	14300	14400
R	6400	10000	1.5	14000	14800	15200	15400	15550
S	5280	10000	1.8	14200	15200	15600	15900	16000
T	5060	8000	1.6	13300	14350	14850	15200	15450
U	2360	7000	3.0	9500	11400	12100	12500	12750
U'	1580	5000	3.2	6800	8600	9200	9700	10000
V	6100	9000	1.5	13350	14200	14600	14800	14850
W	2440	6000	2.5	9700	11750	12450	12800	13100
X	2480	6500	2.6	10000	12150	13000	13400	13600
Y	1890	8000	4.2	9000	11400	12250	12650	12900

Fig. 8 Magnetic properties of sintered compacts made from Höganäs MH 100 iron powder with P addition.

は焼結後の密度比が 93, 97 および 99% ときわめて高い値であり、かつその磁性はいままでよりも格段に良好となつた (Table 4)。試料 T (P 1.0%) は磁性の点でわずかに劣る。

このように、原料の粒度が非常に影響することがわかつたので、ヘガネス還元鉄粉についても、100 メッシュ級と 300 メッシュ級との比較を Table 6 で見直すと、試料 U, U' がそれで、製造条件を同じにした場合密度比で約 82% と 89% という開きがあり、B-H 曲線も Fig. 9 におけるような相違が認められる。ここで注目すべきことは、MH 300 粉を 3 t/cm² 成型、1200°C, 3 hr 焼結したもの (U) は、通常の MH 100 粉を用いてリプレスをして 2 回行なつて製造された焼結品 (Y) と同等の磁気特性を示したことである。

また赤リン添加焼結試料の磁化特性を求めた結果の一例

度差に対応してやや高めである。電解鉄粉を用いた試料 V, Q と比べると、MH 300 粉を用いた試料 U, W の磁性は明らかに低いが、同じ密度のヘガネス MH 100 粉焼結体と同等であることは先述したとおりである。そして、赤リン添加の場合、成型圧力を高めると高密度化に有効であつて、ふたたび Fig. 9 に戻ると 5 t/cm² 成型 (試料 X) では焼結後の密度比が 93.6% に上り、ヘガネス粉を原料とした試料中最高の磁化特性を示している。

なお同一密度のもので、電解鉄とヘガネス鉄とを比較すると (たとえば試料 Q と X)、透磁率および磁束密度においてつねに電解鉄の方がまさつてい

る。これは鉄粉それ自身の純度の差によるのであろう。

IV. 考 察

焼結鉄の磁性については、Goetzel⁽⁶⁾ が集録したデータがあり、とくに Lenel⁽⁷⁾ が鉄粉の種類を変え、また密度の差異のある焼結体についての実測値を発表している。

当時より 15 年以上経ち、市販鉄粉が安定して供給されている現在において工業的に磁気回路用焼結部品を作製する方法を筆者が検討したのである。

Lenel の報告によれば、2400°F (1375°C) から 2600°F

(6) C.G. Goetzel: Treatise on Powder Metallurgy, Vol II, (1950), 270.

(7) F.V. Lenel: Trans. AIME, 161 (1945), 535.

(1425°C) というような高温焼結によつて著しく磁気特性が向上することを示しているが筆者は工業的な焼結温度と

造原理から考えられるように、ある程度不純なものであり、Table 1 のうちで電解鉄粉が最も磁性がよい理由もう

Fig. 9 B - H curves of sintered compacts made from Höganäs MH 300 and MH 100 powders with addition of 0.7% P.

Fig. 10 B - H curves of sintered compacts made from electrolytic iron powder and Höganäs MH 300 powder with addition of 0.7% P. (Compacted at 3 t/cm²)

しては 1200°C 以下が普通採用されることを考慮して本報告に先だち予備実験を行なつた。すなわち、圧粉およびリプレスの圧力を種々変えることにより、密度の異なる電解鉄粉およびヘガネス鉄粉焼結体を多数作製した。その最終焼結温度を 1100°, 1200° および 1300°C と変えて、磁束密度を求め、その値を密度に対しプロットした図の一例が Fig. 11 である。これから、電解鉄粉に関しては 1300°C の焼結で磁束密度が高くなる（低磁化力に対しとくに明瞭となる）ことが知られたが、ヘガネス鉄粉の場合は焼結温度の高低による差はみられず、磁性は気孔率によつて決定的に支配される様子であつた。これは還元鉄粉の中には水素中 1300°C 加熱では還元できないような酸化物が相当量存在し、このためどの試料も電解鉄焼結品のようなよい磁化特性を示し得ないものと思われる。もちろん溶製の電磁軟鉄に比べて磁性は劣る。かように、市販還元鉄粉はその製

Fig. 11 Relation between flux density and density ratio of sintered iron compacts.

なづける。予備実験以後は焼結温度を 1200°C 一定とし、密度比を高める手段を検討した。見掛け密度の高い粉末あるいは再圧縮性のよい軟質の粉末を使用することにより、同一製造条件でも到達密度が高くなると考えられ、Table 2 で密度比が Merisinter, 国産鉄粉 H, Permano 60, 国産電解鉄粉、RZ 300 の順になつてゐることは、含有炭素量の高低を考えあわせると首肯される結果であつた。

つぎに P を添加して 1 回だけの加圧と焼結で終る方法を検討した。Table 6 に示す磁化特性値を Fig. 7 あるいは Fig. 10 の上にプロットすればわかるが、密度が同じなら還元鉄粉に P を加えたものと加えないものとの差はほとんどない。電解鉄粉では同一密度比のものがなくて比較ににくい。密度比 90% 前後ではやはり密度の影響の方が強く現われ P の固溶による磁性の変化はほとんどかくされてしまつてゐる。かように溶製の鉄鋼において知られてゐる透磁率に対するリンの効果⁽⁸⁾⁽⁹⁾は認めることができなかった。しかし実用上リン添加は高密度化のための注目すべき方法といえるであろう。

V. 総 括

1. 各種市販鉄粉の焼結体をリプレス法により作製し磁化特性を調査した。磁化力 5~25 Oe に対する直流磁気特性を検討した結果、

(1) Merisinter (電解鉄粉) が最も密度が高く、磁化特性が良好であつた。

(2) 磁束密度は焼結体の密度に依存し、両者にかなりよ

(8) Bozorth: Ferromagnetism (1952), 251.

(9) 嘉村: 鉄と鋼, 20 (1935), 643.

い相関性が認められるが、最大透磁率は鉄粉の種類によりまちまちであつた。

2. フェロホスホルまたは赤リンを鉄粉に添加すると圧粉と1回の焼結で密度比88~99%の焼結材が得られることがわかつたが、新しい知見として

(1) 磁性は密度に対応して向上し、とくに電解鉄搗碎粉についてすぐれた磁気特性が得られる。

(2) リプレスをくりかえした MH 100 粉焼結材とほぼ同等の密度および磁性をもつ P 0.7% 焼結鉄が、ヘガネス

MH 300 粉を原料として単一加圧焼結で得られる。

(3) 焼結品の場合は Fe に固溶する P が直接に磁気特性に大きな影響を与えない。
ということがわかつた。

本研究遂行にあたり御指導いただいた日立研究所前技師長小野健二博士をはじめ、御協力いただいた日立化成工業株式会社主任技師渡辺勇司氏ならびに、日立研究所黒沢瑞昭氏、戸田忠俊氏に深謝の意を表す。外国鉄粉の入手については江商株式会社井川政己氏の御尽力によつたことを記し併せてお礼申し上げる。