

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2011 年 1 月 13 日(13.01.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/004773 A1

- (51) 国際特許分類:
H01F 1/11 (2006.01) C01G 51/00 (2006.01)
C01G 49/00 (2006.01) C04B 35/26 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/061341
- (22) 国際出願日: 2010 年 7 月 2 日(02.07.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2009-161930 2009 年 7 月 8 日(08.07.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): TDK 株式会社 (TDK Corporation) [JP/JP]; 〒1038272 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 長岡 淳一 (NAGAOKA Junichi) [JP/JP]; 〒1038272 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号 TDK 株式会社内 Tokyo (JP). 森 宜寛 (MORI Yoshihiro) [JP/JP]; 〒1038272 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号 TDK 株式会社内 Tokyo (JP). 森田

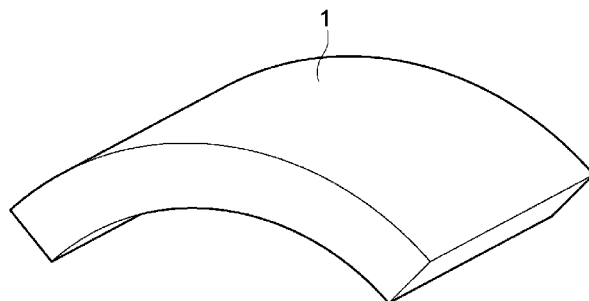
- 啓之 (MORITA Hiroyuki) [JP/JP]; 〒1038272 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号 TDK 株式会社内 Tokyo (JP). 皆地 良彦 (MINACHI Yoshihiko) [JP/JP]; 〒1038272 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号 TDK 株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外 (HASEGAWA Yoshiaki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目 1 番 1 号 丸の内 MY PLAZA (明治安田生命ビル) 9 階 創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,

[続葉有]

(54) Title: FERRITE MAGNETIC MATERIAL

(54) 発明の名称: フェライト磁性材料

[図1]



(57) Abstract: Provided is a ferrite magnetic material in which high Br and HcJ are maintained, furthermore enabling a permanent magnet having high Hk/HcJ to be obtained. The ferrite magnetic material according to a preferred embodiment is a ferrite magnetic material comprising hard ferrite wherein a content of P, expressed in terms of P₂O₅, is at least 0.001%.

(57) 要約: 本発明は、高い Br 及び HcJ が維持され、しかも高い Hk/HcJ を有する永久磁石を得ることができるフェライト磁性材料を提供することを目的とする。好適な実施形態に係るフェライト磁性材料は、ハードフェライトからなるフェライト磁性材料であって、P の含有量が、P₂O₅ 換算で、0.001 質量%以上である。

WO 2011/004773 A1



MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア
(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ
(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,
GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,
NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF,

BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE,
SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： フェライト磁性材料

技術分野

[0001] 本発明は、フェライト磁性材料、より詳しくは、ハードフェライトからなるフェライト磁性材料に関する。

背景技術

[0002] 酸化物からなる永久磁石の材料としては、ハードフェライトが知られている。このハードフェライトからなるフェライト磁性材料は、フェライト焼結体やボンド磁石の形で永久磁石として供されている。近年、電子部品の小型化、高性能化に伴って、フェライト磁性材料からなる永久磁石に対しても、小型でありながら高い磁気特性を有することが要求されつつある。

[0003] 永久磁石の磁気特性の指標としては、一般に、残留磁束密度（ B_r ）及び保磁力（ $H_c J$ ）が用いられ、これらが高いものが高い磁気特性を有していると評価される。従来、永久磁石の B_r 及び $H_c J$ を向上させる観点から、フェライト磁性材料に所定の元素を含有させるなど、組成を変えて検討が行われてきた。

[0004] また、永久磁石は、高い B_r 及び $H_c J$ を有するのに加え、 $H_c J$ に対する磁化が B_r の90%であるときの磁界の値（ H_k ）の比率、いわゆる角型比（ $H_k / H_c J$ ）も高いことが好ましい。 $H_k / H_c J$ が高いと、外部磁界や温度変化による減磁が小さく、安定した磁気特性が得られるようになる。

[0005] このような $H_k / H_c J$ を高くすることを目的として、下記特許文献1には、フェライト焼結磁石の製造において、六方晶フェライトを主相とする粒子を粉砕して、磁石の原料である成形用粉末を得る際に、所定の粉砕効率となるとともに所定の比表面積の粉末を得る手法が示されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2008-270792号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 上記のように、永久磁石は、 B_r 、 $H_c J$ 及び $H_k / H_c J$ が高いことが好ましいが、これらの3つを良好に得ることは未だに容易なことではなく、簡便且つ良好にこれらの特性が良好に得られるフェライト磁性材料が求められている。

[0008] そこで、本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、高い B_r 及び $H_c J$ が維持され、しかも高い $H_k / H_c J$ を有する永久磁石を得ることができるフェライト磁性材料を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 上記目的を達成するため、本発明のフェライト磁性材料は、ハードフェライトからなるフェライト磁性材料であって、Pの含有量が、 P_2O_5 換算で、0.001質量%以上であることを特徴とする。

[0010] 本発明のフェライト磁性材料は、ハードフェライトからなり、永久磁石として十分な B_r 及び $H_c J$ を有している。また、Pの含有量が、 P_2O_5 換算で0.001質量%以上であることにより、 B_r 及び $H_c J$ を良好に維持しつつ、高い $H_k / H_c J$ を得ることもできる。通常、磁性材料中にフェライト以外の成分が含まれる場合、その割合が多いほど磁気特性に望ましくない影響を与える傾向にあるが、本発明においては、Pを所定の割合以上含有することによって、意外なことに、 $H_k / H_c J$ を向上させることができる。

[0011] 上記の効果をより良好に得る観点からは、フェライト磁性材料は、Pの含有量が、 P_2O_5 換算で、0.001～0.1質量%であると好ましく、0.005～0.08質量%であるとより好ましい。

発明の効果

[0012] 本発明によれば、高い B_r 及び $H_c J$ が維持され、しかも高い $H_k / H_c J$ を有する永久磁石を得ることができるフェライト磁性材料を提供することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1] 好適な実施形態のフェライト永久磁石を示す斜視図である。

[図2] 磁石 1 の平面及び端面をそれぞれ示す図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、図面を参照して本発明の好適な実施形態を説明する。図面の説明においては、同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明については省略することとする。

[0015] (フェライト永久磁石)

図 1 は、好適な実施形態のフェライト永久磁石を示す斜視図である。図 1 に示すフェライト永久磁石 1 (以下、単に「磁石 1」と称する。) は、端面が円弧状となるように湾曲した形状を有しており、一般にアークセグメント形状、C 形形状、瓦型形状、弓形形状等と呼ばれる形状を有している。この磁石 1 は、フェライト磁性材料の焼結体から構成された、フェライト焼結磁石である。

[0016] 磁石 1 を構成するフェライト磁性材料は、ハードフェライトからなり、全体中の P (リン原子) の含有量が、 P_2O_5 換算で、0.001 質量%以上である。P 含有量がこのような条件を満たすことで、高い H_k/H_cJ を有する磁石 1 が得られる。

[0017] ただし、P の含有量を多くすると、 B_r 及び H_cJ の低下が見られる場合があるので、P の含有量の上限は、所望とする B_r 及び H_cJ に応じて決定することが望ましい。永久磁石として通常好適な B_r 、 H_cJ 及び H_k/H_cJ を得る観点からは、P の含有量は、 P_2O_5 換算で、0.001~0.1 質量%であると好ましく、0.005~0.08 質量%であるとより好ましい。

[0018] 磁石 1 における P の含有量は、例えば、誘導結合プラズマ発光分光分析装置や、蛍光 X 線定量分析によって測定することができる。

[0019] 磁石 1 を構成するフェライト磁性材料は、ハードフェライトを主相として含む。ここで、主相とは、フェライト焼結体を構成する結晶粒子とその粒子間

に形成される粒界のうち、結晶粒子を構成する部分である。

- [0020] フェライト磁石材料を構成するハードフェライトとは、一度磁界を加えて磁化すると、磁界を取り去っても最初に磁化された向きに磁化ベクトルを保持しようとする性質を有し、通常六方晶型の結晶構造を有するフェライトである。このハードフェライトは、磁界を加えられると容易に磁化ベクトルが変化し、通常スピネル型の結晶構造を有するソフトフェライトとは大きく相違する。
- [0021] ハードフェライトとしては、M型（マグネトブランバイト型）フェライト、W型フェライト、X型フェライト、Y型フェライト、Z型フェライト等が挙げられる。なかでも、M型フェライトが、Pを含むことによる H_k/H_cJ の向上効果が良好に得られる傾向にあるため、好ましい。なかでも、M型フェライトとしては、SrM型フェライト、LaCo置換SrM型フェライト、LaCo置換CaM型フェライト等が好適である。
- [0022] 磁石1において、フェライト磁性材料は、副成分（Pや後述するような副成分）以外の部分がハードフェライトからなる。良好な磁気特性を得る観点からは、ハードフェライトの含有量は、フェライト磁性材料全体の90～100質量%であるとより好ましく、95～100質量%であるとより好ましい。フェライト磁性材料の組成は、蛍光X線定量分析によって分析することができ、上述した主相の存在は、X線回折や電子線回折によって確認することができる。
- [0023] 磁石1を構成するフェライト磁性材料は、ハードフェライト以外の副成分としてPを含むが、Pは、上述した主相に含まれていてもよく、粒界に含まれていてもよい。また、フェライト磁性材料は、特性を大きく低下させない範囲で、P以外の副成分を主相や粒界に有していてもよい。
- [0024] フェライト磁性材料は、P以外の副成分として、例えば、Al及び／又はCrを有していてもよい。これらにより、磁石1の H_cJ が向上する傾向にある。良好な H_cJ の向上効果を得る観点からは、Al及び／又はCrの含有量は、フェライト磁性材料全体に対し、 Al_2O_3 や Cr_2O_3 として0.1質

量%以上であることが好ましい。ただし、これらの成分は磁石 1 の B_r を低下させる場合があるため、良好に B_r を得る観点からは、3 質量%以下とすることが望ましい。

[0025] また、副成分としては、B を例えば B_2O_3 として含んでいてもよい。B を含むことで、フェライト磁性材料からなる焼結体を得る際の仮焼温度や焼結温度を低くすることができ、磁石 1 が生産性良く得られるようになる。ただし、B が多すぎると磁石 1 の飽和磁化が低下する場合があるため、B の含有量は、フェライト磁性材料全体に対し、 B_2O_3 として 0.5 質量%以下であることが好ましい。

[0026] さらに、フェライト磁性材料は、副成分として、Ga、Mg、Cu、Mn、Ni、Zn、In、Li、Ti、Zr、Ge、Sn、V、Nb、Ta、Sb、As、W、Mo 等を、酸化物の形態で含んでいてもよい。これらの含有量は、各原子の化学量論組成の酸化物に換算して、酸化ガリウム 5 質量%以下、酸化マグネシウム 5 質量%以下、酸化銅 5 質量%以下、酸化マンガン 5 質量%以下、酸化ニッケル 5 質量%以下、酸化亜鉛 5 質量%以下、酸化インジウム 3 質量%以下、酸化リチウム 1 質量%以下、酸化チタン 3 質量%以下、酸化ジルコニウム 3 質量%以下、酸化ゲルマニウム 3 質量%以下、酸化スズ 3 質量%以下、酸化バナジウム 3 質量%以下、酸化ニオブ 3 質量%以下、酸化タンタル 3 質量%以下、酸化アンチモン 3 質量%以下、酸化砒素 3 質量%以下、酸化タングステン 3 質量%以下、酸化モリブデン 3 質量%以下であることが好ましい。ただし、これらを複数種類組み合わせて含む場合は、磁気特性の低下を避けるため、その合計が 5 質量%以下となるようにすることが望ましい。

[0027] なお、フェライト磁性材料は、副成分として、アルカリ金属元素（Na、K、Rb 等）は含まないことが好ましい。アルカリ金属元素は、磁石 1 の飽和磁化を低下させやすい傾向にある。ただし、アルカリ金属元素は、例えばフェライト磁性材料を得るための原料中に含まれている場合もあり、そのように不可避免的に含まれる程度であれば、フェライト磁性材料中に含まれていて

もよい。磁気特性に大きく影響しないアルカリ金属元素の含有量は、3質量%以下である。

[0028] 磁石1を構成するフェライト磁性材料は、上述の如く、焼結体の形態であり、結晶粒子（主相）と粒界とを含む構造を有している。この焼結体における結晶粒子の平均結晶粒径は、好ましくは $1.5\mu\text{m}$ 以下であり、より好ましくは $1.0\mu\text{m}$ 以下であり、さらに好ましくは $0.5\sim 1.0\mu\text{m}$ である。このような平均結晶粒径を有することで、高い H_cJ が得られ易くなる。フェライト磁性材料の焼結体の結晶粒径は、走査型電子顕微鏡によって測定することができる。

[0029] 磁石1は、上述したように、湾曲したアークセグメント形状を有するものであり、図2は、この磁石1を上方から見た平面図及び側方から見た端面図である。このように、磁石1は、所定の中心角を有する扇型の平面形状を有している。ここで、アークセグメント形状の磁石の中心角とは、次のように定義される値である。すなわち、中心角とは、円弧状を有する端面における外側の辺を円弧と想定したときの中心角であり、図2に示す端面図中、 θ で示される。このような形状を有する磁石1は、図2の端面図中、ORで示される矢印方向にラジアル異方性を有するように結晶組織を配向させることが一般的である。

[0030] 磁石1は、フェライト磁性材料の焼結体により構成されるが、このフェライト磁性材料は、所定の中心角を有する磁石1を形成するのに特に有利である。すなわち、フェライト焼結磁石を製造する場合、後述するように、いったん成形体を形成した後、これを焼成することで焼結磁石である焼結体を得る。異方性を有するアークセグメント形状の焼結体を得る場合は、目的とする形状に合わせて湾曲させた成形体を用いる。

[0031] 成形体は、焼成時に一定の割合で収縮するが、磁場配向させた場合、結晶組織で見ると、収縮率はc軸（磁化容易軸）方向とa軸方向とで大きく異なり、通常c軸方向の収縮率がa軸方向の収縮率よりも大きい。そのため、円弧状に結晶組織を配向させて配列させた場合、この収縮率の差によって、通常

は焼成により中心角が更に大きくなるような収縮の挙動を示す。そのため、このような縮率比によって、所望の中心角を有する異方性の形状を得るためには、成形体は、この縮率比を鑑みてあらかじめ円弧を浅めに（中心角を小さめ）にする。なお、この収縮率の差は、例えば縮率比（ c 軸方向の収縮率／ a 軸方向の収縮率）で表すことができ、この縮率比は、ほぼフェライト磁性材料の組成によって決定される。縮率比が大きいほど、アークセグメント形状とした場合に、円弧の接線方向と円弧の法線方向の収縮の程度に差が生じ、全体として中心角が大きくなるような収縮が生じることになる。

[0032] 円弧の深い磁石を製造する場合は、成形体の段階で円弧を深くすることが必要となる。しかしながら、中心角が 30° 以上となるような磁石を得ようとした場合、成形体の円弧もかなり深くされるため、例えば成形時に両端付近が十分に固まらず、成形に長時間を要したり、また成形圧力を大きくしたりする必要があるなど、従来に比して厳しい成形条件が求められる。その結果、生産性が低くなるほか、得られる磁石の特性低下も生じ易かった。そのため、従来は、中心角が 30° 以上となるような異方性を有するフェライト焼結磁石を製造することは困難な傾向にあった。

[0033] これに対し、本実施形態の磁石 1 を構成するフェライト磁性材料は、上記のような組成を有し、特に P の含有量が P_2O_5 換算で、 0.001 質量%以上であることから、成形体の焼成時の縮率比を大きくするという効果を発揮することもできる。そのため、このフェライト磁性材料によれば、円弧の浅い成形体から、焼成時に大きな縮率比を生じさせて円弧の深い（中心角が大きい）焼結体を得ることができる。したがって、 30° 以上、好ましくは 60° 以上という大きい中心角を有する磁石 1 を得ることが容易となる。

[0034] 以上、好適な実施形態に係る磁石 1 について説明したが、本発明により得られる磁石は、本発明のフェライト磁性材料からなるものである限り、上述した形態に限定されない。例えば、磁石は、異方性を有するアークセグメント形状以外に、平板状、円柱状等、種々の形状を有することができる。アークセグメント形状以外であっても、本発明のフェライト磁性材料からなる限り

、高い B_r 及び $H_c J$ を維持しつつ、高い $H_k/H_c J$ も得られる。

[0035] また、磁石 1 は、上記のようなフェライト磁性材料の焼結体からなるものに限られず、例えば、フェライト磁性材料の粉末が、バインダーによって結合されてなるボンド磁石であってもよい。

[0036] この場合、上述したフェライト磁性材料の条件は、フェライト磁性材料の粉末において満たされればよい。フェライト磁性材料の粉末を構成している一次粒子の平均粒径は、特に制限されないが、 $2\mu m$ 以下であると好ましく、 $1\mu m$ 以下であるとより好ましく、 $0.1\sim 1\mu m$ であると更に好ましい。この平均粒径が大きすぎると、粉末中の多磁区粒子の比率が高くなり、 $H_c J$ が低下するおそれがある。一方、平均粒径が小さすぎると、熱擾乱によって磁性が低下したり、また磁場中で成形する際の配向性や成形性が悪くなったりする。

[0037] バインダーとしては、ニトリルゴム（例えば NBR ゴム）、塩素化ポリエチレン、ポリアミド樹脂（例えばナイロン 6、ナイロン 12（以上、登録商標））等が挙げられる。

[0038] （フェライト永久磁石の製造方法）

次に、上述したようなフェライト永久磁石の製造方法の好適な実施形態について説明する。以下の実施形態では、フェライト磁性材料からなるフェライト焼結磁石の製造方法の一例を示す。本実施形態では、フェライト焼結磁石は、配合工程、仮焼工程、粉碎工程、成形工程及び焼成工程を経て製造することができる。各工程については以下に説明する。

[0039] <配合工程>

配合工程では、フェライト磁性材料の原料を配合して、原料組成物を得る。まず、ハードフェライトの原料としては、ハードフェライトを構成する元素のうちの 1 種又は 2 種以上を含む化合物（原料化合物）が挙げられる。原料化合物は、例えば粉末状のものが好適である。原料化合物としては、各元素の酸化物、又は焼成により酸化物となる化合物（炭酸塩、水酸化物、硝酸塩等）が挙げられ、例えば $SrCO_3$ 、 $La(OH)_3$ 、 Pr_6O_{11} 、 Nd_2O

MnO 、 Fe_2O_3 、 BaCO_3 、 CaCO_3 及び Co_3O_4 等が例示できる。原料化合物の粉末の平均粒径は、例えば、均質な配合を可能とする観点から、 $0.1 \sim 2.0 \mu\text{m}$ 程度とすることが好ましい。

[0040] また、フェライト磁性材料におけるPの原料としては、P、 P_4O_{10} 、 $\text{FePO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 等が挙げられるが、Pを含有する化合物等であれば特に制限されない。また、原料粉末には、必要に応じてその他の副成分の原料化合物（元素単体、酸化物等）を配合してもよい。

[0041] 配合は、例えば、各原料を、所望とするフェライト磁性材料の組成が得られるように秤量し、混合した後、湿式アトライタ、ボールミル等を用い、 $0.1 \sim 20$ 時間程度、混合、粉碎処理することにより行うことができる。なお、この配合工程においては、全ての原料を混合する必要はなく、一部は後述する仮焼後に添加するようにしてもよい。

[0042] <仮焼工程>

仮焼工程では、配合工程で得られた原料粉末を仮焼する。仮焼は、例えば、空気中等の酸化性雰囲気中で行うことができる。仮焼の温度は、 $1100 \sim 1400^\circ\text{C}$ の温度範囲とすることが好ましく、 $1100 \sim 1300^\circ\text{C}$ がより好ましく、 $1100 \sim 1250^\circ\text{C}$ がさらに好ましい。仮焼の時間は1秒間～10時間とすることができ、1秒間～3時間であると好ましい。仮焼により得られる仮焼体は、上述したような主相（M相）を70%以上含む。主相の一次粒子径は、好ましくは $10 \mu\text{m}$ 以下であり、より好ましくは $2 \mu\text{m}$ 以下である。

[0043] <粉碎工程>

粉碎工程では、仮焼工程により顆粒状や塊状とされた仮焼体を粉碎し、再び粉末状にする。これにより、後述する成形工程での成形が容易となる。この粉碎工程では、配合工程で配合しなかった原料を添加してもよい（原料の後添加）。粉碎工程は、例えば、仮焼体を粗い粉末となるように粉碎（粗粉碎）した後、これを更に微細に粉碎する（微粉碎）、2段階の工程で行ってもよい。

- [0044] 粗粉碎は、例えば、振動ミル等を用いて、平均粒径が $0.5 \sim 5.0 \mu\text{m}$ となるまで行うことができる。微粉碎では、粗粉碎で得られた粗粉碎材を、さらに湿式アトライタ、ボールミル、ジェットミル等によって粉碎する。微粉碎では、得られた微粉碎材の平均粒径が、好ましくは $0.08 \sim 2.0 \mu\text{m}$ 、より好ましくは $0.1 \sim 1.0 \mu\text{m}$ 、さらに好ましくは $0.2 \sim 0.8 \mu\text{m}$ 程度となるように粉碎を行う。微粉碎材の比表面積（例えばBET法により求められる。）は、 $7 \sim 12 \text{m}^2/\text{g}$ 程度とすることが好ましい。好適な粉碎時間は、粉碎方法によって異なり、例えば湿式アトライタの場合、30分間～10時間が好ましく、ボールミルによる湿式粉碎では10～50時間程度が好ましい。
- [0045] 粉碎工程で原料の一部を添加する場合、例えば、添加は微粉碎において行うことができる。本実施形態では、Si成分である SiO_2 や、Ca成分である CaCO_3 を、微粉碎の際に添加することができるが、これらを配合工程や粗粉碎工程において添加してもよい。
- [0046] また、微粉碎工程では、焼成後に得られる焼結体の磁氣的配向度を高めるため、例えば一般式 $\text{C}_n(\text{OH})_n\text{H}_{n+2}$ で示される多価アルコールを添加することが好ましい。ここで、多価アルコールとしては、一般式において、 n が4～100であるものが好ましく、4～30であるものがより好ましく、4～20であるものがさらに好ましく、4～12であるものが一層好ましい。多価アルコールとしては、例えばソルビトールが挙げられる。また、2種類以上の多価アルコールを併用してもよい。さらに、多価アルコールに加えて、他の公知の分散剤を併用してもよい。
- [0047] 多価アルコールを添加する場合、その添加量は、添加対象物（例えば粗粉碎材）に対して、 $0.05 \sim 5.0$ 質量%であると好ましく、 $0.1 \sim 3.0$ 質量%であるとより好ましく、 $0.2 \sim 2.0$ 質量%であると更に好ましい。なお、微粉碎工程で添加した多価アルコールは、後述する焼成工程で熱分解除去される。
- [0048] <成形工程>

成形工程では、粉碎工程後に得られた粉碎材（好ましくは微粉碎材）を、磁場中で成形して、成形体を得る。成形は、乾式成形及び湿式成形のいずれの方法でも行うことができる。磁氣的配向度を高くする観点からは、湿式成形で行うことが好ましい。

[0049] 湿式成形により成形する場合は、例えば上述した微粉碎工程を湿式で行うことでスラリーを得た後、このスラリーを所定の濃度に濃縮して、湿式成形用スラリーを得ることが好ましい。スラリーの濃縮は、遠心分離やフィルタープレス等によって行うことができる。湿式成形用スラリーは、その全量中、微粉碎材が30～80質量%程度を占めるものであると好ましい。スラリーにおいて、微粉碎材を分散する分散媒としては水が好ましい。この場合、スラリーには、グルコン酸、グルコン酸塩、ソルビトール等の界面活性剤を添加してもよい。また、分散媒としては非水系溶媒を使用してもよい。非水系溶媒としては、トルエンやキシレン等の有機溶媒を使用することができる。この場合には、オレイン酸等の界面活性剤を添加することが好ましい。なお、湿式成形用スラリーは、微粉碎後の乾燥状態の微粉碎材に、分散媒等を添加することによって調製してもよい。

[0050] 湿式成形では、次いで、この湿式成形用スラリーに対し、磁場中成形を行う。その場合、成形圧力は、 $9.8 \sim 49 \text{ MPa}$ ($0.1 \sim 0.5 \text{ ton/cm}^2$) 程度であると好ましく、印加する磁場は $398 \sim 1194 \text{ kA/m}$ ($5 \sim 15 \text{ kOe}$) 程度とすることが好ましい。

[0051] 本実施形態では、本発明のフェライト磁性材料からなる磁石を形成することから、上述したように、アークセグメント形状の磁石を製造する場合、後述する焼成工程において高い縮率比を生じさせることができる。したがって、この成形工程では、所望とする磁石よりも円弧が浅い（中心角が小さい）成形体を形成しても、焼成後、円弧の深い磁石を得ることができる。

[0052] 成形体の中心角は、フェライト磁性材料の組成によって適宜設定することが好ましいが、例えば、成形体の中心角は、目的とする磁石の中心角よりも10～20%程度小さく設定することができる。

[0053] <焼成工程>

焼成工程では、成形工程で得られた成形体を焼成して焼結体とする。これにより、上述したような、フェライト磁性材料の焼結体からなる磁石 1 が得られる。アークセグメント形状の磁石を製造する場合、焼成では、所定の中心角を有するように成形された成形体が収縮し、この際、一定の縮率比が生じる。これにより、得られる焼結体は、成形体よりも更に小さな中心角を有するものとなる。円弧が深い焼結体を得るためには、焼成時の縮率比は、1.0～2.5 であると好ましく、1.5～2.5 であるとより好ましい。

[0054] 焼成は、大気中等の酸化性雰囲気中で行うことができる。焼成温度は、1050～1270℃であると好ましく、1080～1240℃であるとより好ましい。また、焼成時間（焼成温度に保持する時間）は、0.5～3 時間程度であると好ましい。

[0055] なお、上述したような湿式成形で成形体を得た場合、この成形体を十分に乾燥させないまま焼成を行うことで急激に加熱すると、分散媒等の揮発が激しく生じて成形体にクラックが発生する可能性がある。そこで、このような不都合を避ける観点から、上記の焼結温度まで到達させる前に、例えば室温から100℃程度まで、0.5℃/分程度のゆっくりとした昇温速度で加熱して成形体を十分に乾燥させることで、クラックの発生を抑制することが好ましい。さらに、界面活性剤（分散剤）等を添加した場合は、例えば、100～500℃程度の温度範囲において、2.5℃/分程度の昇温速度で加熱を行うことで、これらを十分に除去する（脱脂処理）ことが好ましい。なお、これらの処理は、焼成工程のはじめに行ってもよく、焼成工程よりも前に別途行っておいてもよい。

[0056] 以上、フェライト焼結磁石の好適な製造方法について説明したが、少なくとも本発明のフェライト磁性材料を用いる限り、製造方法は上記には限定されず、条件等は適宜変更することができる。

[0057] また、磁石として、フェライト焼結磁石ではなく、ボンド磁石を製造する場合は、例えば、上述した粉碎工程までを行った後、得られた粉碎物とバイン

ダーとを混合し、これを磁場中で成形することで、本発明のフェライト磁性材料の粉末を含むボンド磁石を得ることができる。

実施例

[0058] 以下、本発明を実施例により更に詳細に説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

[0059] [実験例 1] (フェライト焼結磁石の製造)

まず、フェライト磁性材料の主成分の原料として、酸化鉄 (Fe_2O_3)、炭酸カルシウム (CaCO_3)、炭酸ストロンチウム (SrCO_3)、酸化コバルト (Co_3O_4) 及び水酸化ランタン ($\text{La}(\text{OH})_3$) を準備し、これらの原料を、焼成後のハードフェライトの組成 (主組成) が以下の組成式となるようにそれぞれ秤量した。なお、酸化コバルトについては、微粉碎時にも添加を行うため、ここでは主組成が得られるために必要な量の半分を準備した。また、副成分の原料として、酸化ケイ素 (SiO_2) 及び燐酸鉄 ($\text{FePO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) を準備した。 SiO_2 は、フェライト磁性材料中、 SiO_2 の含有量が 0.69 質量% となるように秤量した。また、 $\text{FePO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ の配合量は、フェライト磁性材料中、P の含有量が、 P_2O_5 換算で表 1 に示す値となるようにそれぞれ変化させた。

主組成の組成式: $\text{Ca}_{1-w-x}\text{R}_w\text{A}_x\text{Fe}_z\text{M}_m\text{O}_{19}$

式中、 $\text{A}=\text{Sr}$ 、 $\text{R}=\text{La}$ 、 $\text{M}=\text{Co}$ である。また、 $w=0.40$ 、 $x=0.15$ 、 $z=9.53$ 、 $m=0.24$ である。

[0060] 次いで、秤量後の原料を、湿式アトライタで 10 分混合、粉碎して、スラリーを得た (配合工程)。このスラリーを乾燥した後、大気中、 1250°C で 2 時間保持する仮焼を行った (仮焼工程)。

[0061] 得られた仮焼粉を、小型ロッド振動ミルで 10 分間粗粉碎した。この粗粉碎材に、粗粉碎材に対して、0.14 質量% となるように酸化ケイ素 (SiO_2) を、1.90 質量% となるように炭酸カルシウム (CaCO_3) を、0.45 質量% となるようにソルビトールをそれぞれ添加した。また、配合工程で添加しなかった酸化コバルトの残りの半分の半分を添加した。この混合物を、湿式

ボールミルを用いて37時間微粉碎して、スラリーを得た（以上、粉碎工程）。

[0062] 微粉碎後に得られたスラリーを、固形分濃度が73～75%となるように調整して湿式成形用スラリーとした。この湿式成形用スラリーを、湿式磁場成型機を使用して、 796 kA/m (10 kOe) の印加磁場中で成形し、直径 30 mm ×厚み 15 mm の円柱状を有する成形体を得た（成形工程）。得られた成形体は、大気中、室温にて十分に乾燥し、次いで大気中、 1200°C で1時間保持する焼成を行い、これによりフェライト焼結磁石を得た（焼成工程）。

[0063] 以上のように、実験例1では、Pの含有量が、 P_2O_5 換算で $0.0008\sim 0.1169$ の範囲でそれぞれ異なる各種のフェライト焼結磁石を製造した。

[0064] （フェライト焼結磁石の評価）

まず、実験例1の各フェライト焼結磁石の製造における、焼成時における成形体の収縮の割合を、厚み ($s_{hh}(\%) = 100 - (\text{焼結体の厚み} / \text{成形体の厚み}) \times 100$)、及び直径 ($s_{h\phi}(\%) = 100 - (\text{焼結体の直径} / \text{成形体の直径}) \times 100$) をそれぞれ求め、これに基づいて焼結前後の縮率比 ($s_{hh} / s_{h\phi}$: c軸方向 / a軸方向) を算出した。

[0065] また、実験例1で得られた各フェライト焼結磁石のP含有量を、誘導結合プラズマ発光分光分析装置で測定して、 P_2O_5 換算の値として求めた。

[0066] さらに、実験例1で得られた各フェライト焼結磁石の円柱の上下面を加工した後、最大印加磁場 955 kA/m (12 kOe) のB-Hトレーサを用い、これらの B_r 及び H_{cJ} を求めるとともに、 B_r の90%になるときの外部磁界強度(H_k)を測定し、これに基づいて H_k / H_{cJ} を求めた。

[0067] 得られた結果をまとめて表1に示す。

[表1]

P ₂ O ₅ 含有量 (質量%)	Br (mT)	HcJ (kA/m)	Hk/HcJ (%)	shh (%)	sh ϕ (%)	shh/sh ϕ
0.0008	468.2	359.3	81.1	28.1	14.1	1.99
0.0100	468.9	395.8	86.6	27.4	13.9	1.98
0.0252	466.9	404.0	84.0	27.7	13.5	2.06
0.0298	467.0	404.6	89.6	27.8	13.5	2.06
0.0344	465.7	400.0	87.6	27.6	13.2	2.10
0.0435	466.5	400.2	86.6	27.8	13.5	2.05
0.0802	467.5	394.6	90.1	27.8	13.1	2.12
0.1169	453.1	343.5	94.7	28.4	12.8	2.22

[0068] 表1より、P₂O₅の含有量が0.001質量%以上であると、高いHk/HcJが得られることが確認された。その場合でも、Br及びHcJは十分に維持されていた。さらに、P₂O₅の量が多くなると、shh/sh ϕ が大きくなることが判明した。

[0069] [実験例2] (フェライト焼結磁石の製造)

まず、フェライト磁性材料の主成分の原料として、酸化鉄(Fe₂O₃)、炭酸カルシウム(CaCO₃)、炭酸ストロンチウム(SrCO₃)を準備し、これらの原料を、焼成後のハードフェライトの組成(主組成)が以下の組成式となるようにそれぞれ秤量した。また、副成分の原料として、酸化ケイ素(SiO₂)及び磷酸鉄(FePO₄・nH₂O)を準備した。SiO₂は、フェライト磁性材料中、SiO₂の含有量が0.21質量%となるように秤量した。また、FePO₄・nH₂Oの配合量は、フェライト磁性材料中、Pの含有量が、P₂O₅換算で表2に示す値となるようにそれぞれ変化させた。

[0070] 主組成の組成式: A_{1-w-x}R_wCa_xFe₂M_mO₁₉

式中、A=Sr、R=La、M=Coである。また、w=0.127、x=0.116、z=10.36、m=0.11である。

[0071] ついで、秤量後の原料を、湿式アトライタで10分混合、粉碎して、スラリーを得た(配合工程)。このスラリーを乾燥した後、大気中、1200℃で2時間保持する仮焼を行った(仮焼工程)。

[0072] 得られた仮焼粉を、小型ロッド振動ミルで10分間粗粉碎した。この粗粉碎材に、焼成後、上記の組成が得られるようにそれぞれ秤量した、酸化コバル

ト (Co_3O_4) 及び水酸化ランタン ($\text{La}(\text{OH})_3$) を加え、さらに粗粉碎材に対して 0.5 質量%となるように酸化ケイ素 (SiO_2) を、1.13 質量%となるように炭酸カルシウム (CaCO_3) を、0.45 質量%となるようにソルビトールをそれぞれ添加した。この混合物を、湿式ボールミルを用いて 37 時間微粉碎して、スラリーを得た（以上、粉碎工程）。

[0073] 微粉碎後に得られたスラリーを、固形分濃度が 73～75%となるように調整して湿式成形用スラリーとした。この湿式成形用スラリーを、湿式磁場成型機を使用して、796 kA/m (10 kOe) の印加磁場中で成形し、直径 30 mm × 厚み 15 mm の円柱状を有する成形体を得た（成形工程）。得られた成形体は、大気中、室温にて十分に乾燥し、次いで大気中、1220℃で 1 時間保持する焼成を行い、これによりフェライト焼結磁石を得た（焼成工程）。

[0074] 以上のように、実験例 2 では、P の含有量が、 P_2O_5 換算で 0.0008～0.1146 の範囲でそれぞれ異なる各種のフェライト焼結磁石を製造した。

[0075] （フェライト焼結磁石の評価）

実験例 2 の各フェライト焼結磁石について、実験例 1 と同様に、shh (%)、sh ϕ (%)、shh/sh ϕ 、P 含有量、Br、HcJ、及び Hk/HcJ をそれぞれ求めた。得られた結果を表 2 に示す。

[表2]

P_2O_5 含有量 (質量%)	Br (mT)	HcJ (kA/m)	Hk/HcJ (%)	shh (%)	sh ϕ (%)	shh/sh ϕ
0.0008	446.4	387.6	91.5	23.7	13.6	1.74
0.0253	446.4	384.4	92.7	23.4	13.5	1.73
0.0298	445.2	382.4	93.7	23.2	13.3	1.74
0.0342	445.6	386.9	92.9	23.7	13.3	1.79
0.0432	445.9	382.4	93.4	23.8	13.4	1.78
0.0789	442.6	374.7	94.3	24.0	13.2	1.82
0.1146	442.7	335.5	96.6	24.2	13.0	1.86

[0076] 表 2 より、 P_2O_5 の含有量が 0.001 質量%以上であると、高い Hk/HcJ が得られることが確認された。その場合でも、Br 及び HcJ は十分に維持されていた。さらに、 P_2O_5 の量が多くなると、shh/sh ϕ が大き

くなることが判明した。

[0077] [実験例 3] (フェライト焼結磁石の製造)

まず、フェライト磁性材料の主成分の原料として、酸化鉄 (Fe_2O_3)、炭酸カルシウム (CaCO_3)、炭酸ストロンチウム (SrCO_3) を準備し、これらの原料を、焼成後のハードフェライトの組成 (主組成) が以下の組成式となるようにそれぞれ秤量した。また、副成分の原料として、燐酸鉄 ($\text{FePO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) を準備した。 $\text{FePO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ の配合量は、フェライト磁性材料中、P の含有量が、 P_2O_5 換算で表 3 に示す値となるようにそれぞれ変化させた。

[0078] 主組成の組成式: $\text{A}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Fe}_z\text{O}_{19}$

式中、 $\text{A} = \text{Sr}$ である。また、 $x = 0.105$ 、 $z = 10.20$ である。

[0079] 次いで、秤量後の原料を、湿式アトライタで 10 分混合、粉碎して、スラリーを得た (配合工程)。このスラリーを乾燥した後、大気中、 1200°C で 2 時間保持する仮焼を行った (仮焼工程)。

[0080] 得られた仮焼粉を、小型ロッド振動ミルで 10 分間粗粉碎した。この粗粉碎材に、粗粉碎材に対して 0.86 質量% となるように酸化ケイ素 (SiO_2) を、1.04 質量% となるように炭酸カルシウム (CaCO_3) を、0.45 質量% となるようにソルビトールをそれぞれ添加した。この混合物を、湿式ボールミルを用いて 39 時間微粉碎して、スラリーを得た (以上、粉碎工程)。

[0081] 微粉碎後に得られたスラリーを、固形分濃度が 73~75% となるように調整して湿式成形用スラリーとした。この湿式成形用スラリーを、湿式磁場成型機を使用して、 796 kA/m (10 kOe) の印加磁場中で成形し、直径 30 mm × 厚み 15 mm の円柱状を有する成形体を得た (成形工程)。得られた成形体は、大気中、室温にて十分に乾燥し、次いで大気中、 1220°C で 1 時間保持する焼成を行い、これによりフェライト焼結磁石を得た (焼成工程)。

[0082] 以上のように、実験例 3 では、P の含有量が、 P_2O_5 換算で 0.0008~

0. 1 1 5 8 の範囲でそれぞれ異なる各種のフェライト焼結磁石を製造した。

[0083] (フェライト焼結磁石の評価)

実験例 3 の各フェライト焼結磁石について、実験例 1 と同様に、 shh (%)、 $sh\phi$ (%)、 $shh/sh\phi$ 、 P 含有量、 Br 、 HcJ 、及び Hk/HcJ をそれぞれ求めた。得られた結果を表 3 に示す。

[表3]

P_2O_5 含有量 (質量%)	Br (mT)	HcJ (kA/m)	Hk/HcJ (%)	shh (%)	$sh\phi$ (%)	$shh/sh\phi$
0.0008	424.6	296.0	93.1	19.3	13.9	1.39
0.0252	427.7	284.0	93.8	21.0	14.1	1.49
0.0261	429.1	287.5	94.3	20.7	13.6	1.53
0.0299	429.5	279.8	95.5	20.9	13.2	1.58
0.0343	431.5	272.5	96.1	22.2	13.8	1.61
0.0801	428.7	248.0	96.4	27.8	13.1	2.12
0.1158	419.7	219.0	96.0	28.4	12.8	2.22

[0084] 表 3 より、 P_2O_5 の含有量が 0. 0 0 1 質量%以上であると、高い Hk/HcJ が得られることが確認された。その場合でも、 Br 及び HcJ は十分に維持されていた。さらに、 P_2O_5 の量が多くなると、 $shh/sh\phi$ が大きくなることが判明した。

[0085] [実験例 4] (フェライト焼結磁石の製造)

まず、フェライト磁性材料の主成分の原料として、酸化鉄 (Fe_2O_3)、炭酸カルシウム ($CaCO_3$)、炭酸ストロンチウム ($SrCO_3$) 及び硫酸ストロンチウム ($SrSO_4$) を準備した。 Fe_2O_3 、 $CaCO_3$ 及び $SrCO_3$ については、焼成後のハードフェライトの組成 (主組成) が以下の組成式となるようにそれぞれ秤量した。また、 $SrSO_4$ については、フェライト焼結磁石における S の含有量が、表 4 に示す値となるようにそれぞれ変化させた。

[0086] 主組成の組成式： $A_{1-w-x}R_wCa_xFe_zM_mO_{19}$

式中、 $A=Sr$ 、 $R=La$ 、 $M=Co$ である。また、 $w=0. 1 2 7$ 、 $x=0. 1 1 6$ 、 $z=10. 3 6$ 、 $m=0. 1 1$ である。

[0087] 次いで、秤量後の原料を、湿式アトライタで 10 分混合、粉碎して、スラリ

一を得た（配合工程）。このスラリーを乾燥した後、大気中、 1200°C で2時間保持する仮焼を行った（仮焼工程）。

[0088] 得られた仮焼粉を、小型ロッド振動ミルで10分間粗粉碎した。この粗粉碎材に、上記組成式の組成が得られるように酸化コバルト (Co_3O_4)、水酸化ランタン ($\text{La}(\text{OH})_3$) を秤量して添加した。また、粗粉碎材に対して0.5質量%となるように酸化ケイ素 (SiO_2) を、1.13質量%となるように炭酸カルシウム (CaCO_3) を、0.45質量%となるようにソルビトールをそれぞれ添加した。この混合物を、湿式ボールミルを用いて37時間微粉碎して、スラリーを得た（以上、粉碎工程）。

[0089] 微粉碎後に得られたスラリーを、固形分濃度が73～75%となるように調整して湿式成形用スラリーとした。この湿式成形用スラリーを、湿式磁場成型機を使用して、 796 kA/m (10 kOe) の印加磁場中で成形し、直径30mm×厚み15mmの円柱状を有する成形体を得た（成形工程）。得られた成形体は、大気中、室温にて十分に乾燥し、次いで大気中、 1220°C で1時間保持する焼成を行い、これによりフェライト焼結磁石を得た（焼成工程）。

[0090] 以上のように、実験例4では、Sの含有量が、0.0060～0.1180の範囲でそれぞれ異なる各種のフェライト焼結磁石を製造した。

[0091] （フェライト焼結磁石の評価）

実験例4の各フェライト焼結磁石について、実験例1と同様に、 shh （%）、 $sh\phi$ （%）、 $shh/sh\phi$ 、 Br 、 HcJ 、及び Hk/HcJ をそれぞれ求めた。また、各フェライト焼結磁石のS含有量を、誘導結合プラズマ発光分光分析装置で測定した。これらの結果を表4に示す。

[表4]

Sの含有量 (質量%)	Br (mT)	HcJ (kA/m)	Hk/HcJ (%)	shh (%)	sh ϕ (%)	shh/sh ϕ
0.0060	453.3	359.5	91.7	23.7	14.0	1.70
0.0180	448.0	374.1	90.8	23.3	13.6	1.71
0.0430	443.6	390.7	88.3	23.7	13.4	1.76
0.0680	440.9	396.8	89.5	23.7	12.8	1.85
0.1180	437.4	391.2	91.2	24.1	12.3	1.96

[0092] 表 4 に示すように、フェライト磁性材料中の S の含有量が増加しても、 H_k/H_{cJ} は向上せず、 H_k/H_{cJ} について P とは全く異なる性質を有することが確認された。 $shh/sh\Phi$ については、S の含有量が増えるにつれて大きくなる傾向にあった。

[0093] [実験例 5]

実験例 1 における、P の含有量を 0.0008 質量%としたフェライト磁性材料、及び、0.0802 質量%としたフェライト磁性材料をそれぞれ用いて、図 1 に示すアークセグメント型のフェライト焼結磁石を作製した。具体的には、各湿式成形用スラリーを得た後、アークセグメント形状が得られるように成形工程を行ったこと以外は、実験例 1 と同様にして、フェライト焼結磁石を得た。そして、実験例 5 では、どちらのフェライト磁性材料を用いる場合でも、表 5 に示す同じ焼結体寸法が得られるように、成形体寸法をそれぞれ調整した。それぞれのフェライト磁性材料を用いて同じ焼結体寸法を得るために必要であった各成形体寸法について、表 5 に示す。表 5 中の OR、IR、幅及び長さの各寸法は、それぞれ図 2 に示した部分の寸法である。

[表5]

各部位の寸法		焼結体寸法	P ₂ O ₅ 0.0008質量%		P ₂ O ₅ 0.08質量%	
			shh/sh Φ		shh/sh Φ	
			1.98		2.22	
			sh Φ (%)	shh(%)	sh Φ (%)	shh(%)
			13.9	27.4	12.8	28.4
			成形体寸法			
OR	(mm)	42.53	58.59		59.40	
IR	(mm)	33.86	46.66		47.30	
幅	(mm)	21.90	25.51		25.20	
長さ	(mm)	26.34	30.59		30.20	
中心角	(°)	29.8	25.1		24.5	

[0094] 表 5 に示すように、同寸法の焼結体を形成する場合、P 含有量が多く、 $shh/sh\Phi$ が大きいフェライト磁性材料の方が、中心角の小さい成形体を用いることができることが確認された。

[0095] [実験例 6]

目的とする焼結体の寸法を表 6 に示すように変えたこと以外は、実験例 5 と同様の 2 種類のフェライト磁性材料を用い、同じ焼結体寸法を得るために必要であったそれぞれの成形体寸法を求めた。得られた結果を表 6 に示す。

[表 6]

各部位の寸法		焼結体寸法	P ₂ O ₅ 0.0008質量%		P ₂ O ₅ 0.08質量%	
			shh/sh Φ		shh/sh Φ	
			1.98		2.22	
			sh Φ (%)	shh(%)	sh Φ (%)	shh(%)
			13.9	27.4	12.8	28.4
			成形体寸法			
OR	(mm)	44.50	61.31		62.15	
IR	(mm)	33.90	46.71		47.35	
幅	(mm)	43.26	50.86		50.30	
長さ	(mm)	43.62	50.64		50.00	
中心角	(°)	58.2	49.0		47.7	

[0096] 表 6 に示すように、同寸法の焼結体を形成する場合、P 含有量が多く、shh/sh Φ が大きいフェライト磁性材料の方が、中心角の小さい成形体を用いることができることが確認された。

[0097] [実験例 7]

目的とする焼結体の寸法を表 7 に示すように変えたこと以外は、実験例 5 と同様の 2 種類のフェライト磁性材料を用い、同じ焼結体寸法を得るために必要であったそれぞれの成形体寸法を求めた。また、各フェライト磁性材料を用いた焼結体の製造をそれぞれ 10000 回行い、そのうち焼結体にクラックが生じた回数を数えるとともに、成形工程において、湿式成形用スラリーを金型に充填するのに要した平均時間を求めた。得られた結果を表 7 に示す。

[表7]

各部位の寸法	焼結体寸法	P ₂ O ₅ 0.0008質量%		P ₂ O ₅ 0.08質量%	
		shh/shΦ		shh/shΦ	
		1.98		2.22	
		shΦ(%)	shh(%)	shΦ(%)	shh(%)
		13.9	27.4	12.8	28.4
成形体寸法					
OR	(mm)	16.82	23.18	23.50	
IR	(mm)	14.46	19.93	20.20	
幅	(mm)	30.74	38.26	38.10	
長さ	(mm)	27.83	32.31	31.90	
中心角	(°)	132.0	111.2	108.3	
クラック及び充填時間の評価					
クラック	(個)	101/10000		93/10000	
充填時間	(sec)	5.2		5.1	

[0098] 表7に示すように、同寸法の焼結体を形成する場合、P含有量が多く、shh/shΦが大きいフェライト磁性材料の方が、中心角の小さい成形体を用いることができることが確認された。また、P含有量が多く、shh/shΦが大きいフェライト磁性材料の方が、中心角が大きい焼結体を製造する際のクラックを低減することができ、また成形時の充填時間も短くできることが判明した。

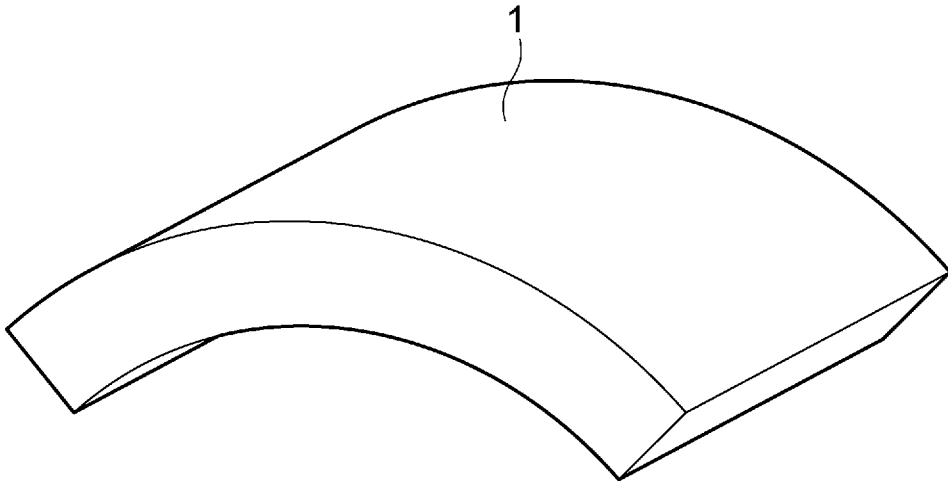
符号の説明

[0099] 1…磁石。

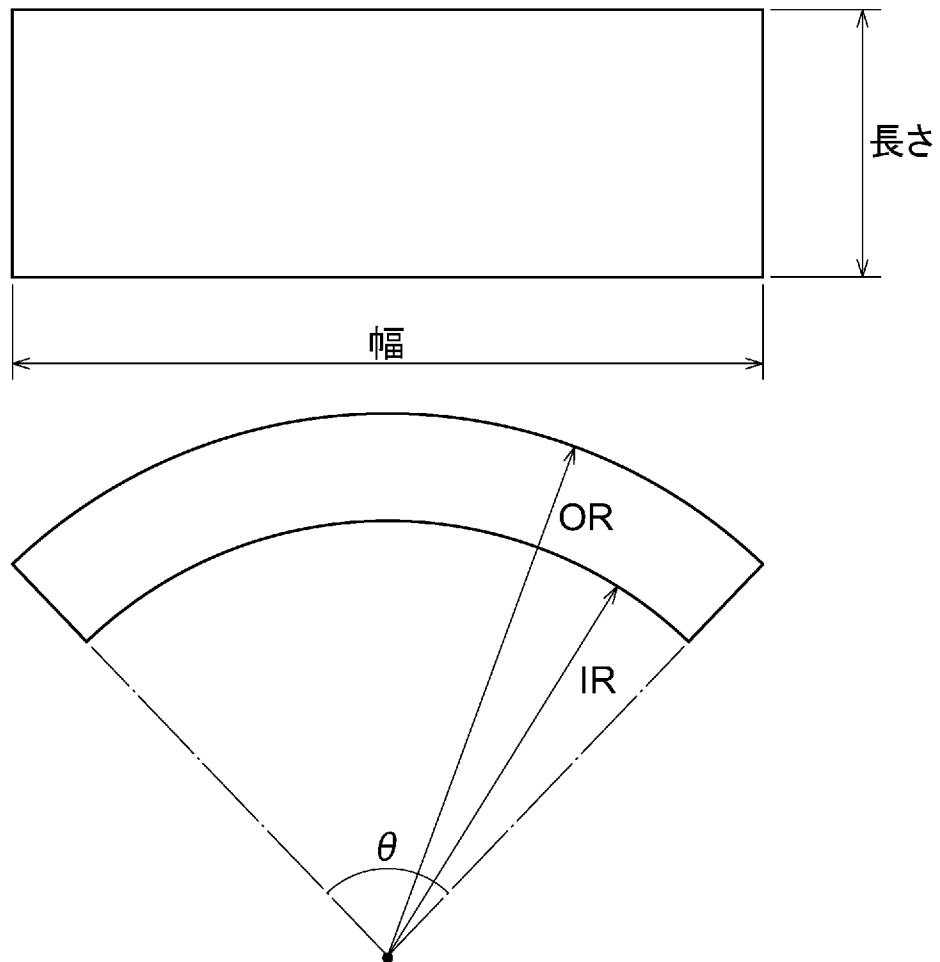
請求の範囲

- [請求項1] ハードフェライトからなるフェライト磁性材料であって、
 Pの含有量が、 P_2O_5 換算で、0.001質量%以上である、こ
 とを特徴とするフェライト磁性材料。
- [請求項2] Pの含有量が、 P_2O_5 換算で、0.001～0.1質量%である
 、ことを特徴とする請求項1記載のフェライト磁性材料。
- [請求項3] Pの含有量が、 P_2O_5 換算で、0.005～0.08質量%であ
 る、ことを特徴とする請求項1記載のフェライト磁性材料。

[図1]



[図2]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/061341

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01F1/11(2006.01)i, C01G49/00(2006.01)i, C01G51/00(2006.01)i, C04B35/26(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01F1/11, C01G49/00, C01G51/00, C04B35/26

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2008/126352 A1 (Toda Kogyo Corp.), 23 October 2008 (23.10.2008), paragraphs [0045] to [0052], [0093] to [0107] & JP 2008-227291 A & US 2010/0108935 A & EP 2136379 A1 & CN 101632139 A & KR 10-2009-0119970 A	1-3
A	WO 2008/047854 A1 (Hitachi Metals, Ltd.), 24 April 2008 (24.04.2008), entire text; all drawings & US 2010/0045505 A & EP 2090555 A1 & KR 10-2009-0074079 A & CN 101511751 A	1-3

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
01 September, 2010 (01.09.10)Date of mailing of the international search report
14 September, 2010 (14.09.10)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/061341

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 62-260724 A (Ishihara Sangyo Kaisha, Ltd.), 13 November 1987 (13.11.1987), entire text; all drawings (Family: none)	1-3

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01F1/11(2006.01)i, C01G49/00(2006.01)i, C01G51/00(2006.01)i, C04B35/26(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01F1/11, C01G49/00, C01G51/00, C04B35/26

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	WO 2008/126352 A1（戸田工業株式会社）2008.10.23, 段落[0045]－[0052], [0093]－[0107] & JP 2008-227291 A & US 2010/0108935 A & EP 2136379 A1 & CN 101632139 A & KR 10-2009-0119970 A	1-3
A	WO 2008/047854 A1（日立金属株式会社）2008.04.24, 全文, 全図 & US 2010/0045505 A & EP 2090555 A1 & KR 10-2009-0074079 A & CN 101511751 A	1-3

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 1 . 0 9 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

1 4 . 0 9 . 2 0 1 0

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

山田 倍司

5 R

3 8 5 4

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 6 5

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 62-260724 A (石原産業株式会社) 1987. 11. 13, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-3