

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4150983号
(P4150983)

(45) 発行日 平成20年9月17日(2008.9.17)

(24) 登録日 平成20年7月11日(2008.7.11)

(51) Int. Cl.

F 1

HO 1 F	1/053	(2006.01)	HO 1 F	1/04	H
HO 1 F	1/08	(2006.01)	HO 1 F	1/08	B
HO 1 F	41/02	(2006.01)	HO 1 F	41/02	G
B 2 2 F	3/00	(2006.01)	B 2 2 F	3/00	F
C 2 2 C	33/02	(2006.01)	C 2 2 C	33/02	H

請求項の数 2 (全 8 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平10-142231
 (22) 出願日 平成10年5月7日(1998.5.7)
 (65) 公開番号 特開平11-329809
 (43) 公開日 平成11年11月30日(1999.11.30)
 審査請求日 平成17年2月25日(2005.2.25)

(73) 特許権者 000005083
 日立金属株式会社
 東京都港区芝浦一丁目2番1号
 (72) 発明者 山本 日登志
 東京都豊島区高田3丁目13番2号 高田
 馬場TSビルディング 住友特殊金属株式
 会社 東京本社内

審査官 田中 純一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気抵抗率の傾斜機能を有する永久磁石とその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

希土類(但しYを含む)、遷移金属及びボロンを主成分とする、同一組成で粒度が $2.8\mu\text{m}$ ~ $12.5\mu\text{m}$ の範囲で異なる合金粉末からなる複数の粉末層が、磁石の磁化方向に積層されて焼結された焼結磁石であり、該磁化方向に電気抵抗率の傾斜機能を有する永久磁石。

【請求項2】

希土類(但しYを含む)、遷移金属及びボロンを主成分とし、同一組成で粒度が $2.8\mu\text{m}$ ~ $12.5\mu\text{m}$ の範囲で異なる複数種の合金粉末を準備する工程、前記複数種の合金粉末を、プレス成形用の金型内に、磁化予定方向に所要厚みに積層する工程、積層した複数種の合金粉末をプレス成形して成形体となす工程、前記成形体を焼結、時効処理する工程からなる、電気抵抗率の傾斜機能を有する永久磁石の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、希土類(但しYを含む)と遷移金属とボロンを主成分とする永久磁石(以下RTB磁石という)の改良に係り、磁石内部が従来の均一組成、構造と異なり組成などが順次異なる傾斜構造を有し、磁化方向に電気抵抗率の傾斜機能を付与した新しい永久磁石とその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、電機機器用モータ、発電機の小型、軽量化、高効率化、省エネルギー化の流れから R T B 磁石を使用した構成が採用されてきた。また同様の理由により、電気自動車のモータや発電機にも使われている。

【 0 0 0 3 】

R T B 磁石は、磁石自体の電気抵抗率が低いために磁石内部に渦電流を発生しやすく、磁気効率の低下の原因となっている。そこで一般的には、モータの鉄心材料、例えば珪素鋼板のように、最終的な磁石形状に加工した後、磁石表面に絶縁皮膜を塗布することにより、渦電流を低減する対策が取られている。

【 0 0 0 4 】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、従来の絶縁皮膜は、磁石表面のみを絶縁するため、使用分野、用途、使用条件に対応できない問題があった。

【 0 0 0 5 】

一方、R T B 磁石自体の組成などの変更によって電気抵抗率を高めると、磁気特性が低下するため、R T B 磁石自体の改良により、電気抵抗率を高めるための構成や手段は提案されていなかった。

【 0 0 0 6 】

例えば、モータ用の磁石の場合、磁界が作用する空隙側のみでも電気抵抗率が高いと渦電流の発生を抑制できると予測されるが、従来、かかる磁石の容易磁化方向に電気抵抗率の傾斜機能を持つ R T B 磁石に関して、何らの提案もされていなかった。

【 0 0 0 7 】

この発明は、上述した R T B 磁石の電気抵抗率に関する問題点に鑑み、磁石の磁化方向に電気抵抗率の傾斜機能を有する永久磁石とその製造方法の提供を目的とするものである。

【 0 0 0 8 】

【課題を解決するための手段】

発明者らは、例えば磁界が作用する空隙側の所要部分のみ電気抵抗率が高い磁石から構成され、モータ用の磁石として最適な電気抵抗率の傾斜機能を有する永久磁石を目的に種々検討した結果、通常の高性能 R T B 磁石用原料粉末層の上に高電気抵抗率の磁石が得られる組成や粒度の異なる原料粉末を複数層積層し、積層方向に配向して成形した成形体を焼結して磁石化すると、磁石全体の磁気特性の低下が少なく、かつ所望の電気抵抗値を有する焼結 R T B 磁石が得られ、目的が達成できることを知見した。

【 0 0 0 9 】

発明者らは、さらに電気抵抗率の傾斜機能を有する永久磁石の製造方法について種々検討した結果、成形体を作製する方法として、原料粉末の成形に際し、金型内に組成や粒度の異なる合金粉末を複数層積層して充填し、積層方向に配向して磁場中成形する方法、または、磁石主体となる合金粉末からなる所要厚みの母層成形体と、高電気抵抗率用の原料粉末からなる所要厚みの積層用成形体を作製して、これを母層上に複数層積層したり、母層の両面に積層するなどの方法により、成形体を容易に作製でき、所要の傾斜機能を有する焼結永久磁石を製造できることを知見し、この発明を完成した。

【 0 0 1 0 】

【発明の実施の形態】

希土類元素（但し Y を含む）R は、組成の 1 0 原子% ~ 3 0 原子% を占めるが、N d , P r , D y , H o , T b のうち少なくとも 1 種、あるいはさらに、L a , C e , S m , G d , E r , E u , T m , Y b , L u , Y のうち少なくとも 1 種を含むものが好ましい。また、通常 R のうち 1 種をもって足りるが、実用上は 2 種以上の混合物（ミッシュメタル、シジム等）を入手上の便宜等の理由により用いることができる。なお、この R は純希土類元素でなくてもよく、工業上入手可能な範囲で製造上不可避な不純物を含むものでも差し支えない。

【 0 0 1 1 】

R は、上記系磁石粉末における必須元素であって、1 0 原子% 未満では結晶構造が - 鉄

10

20

30

40

50

と同一構造の立方晶組織となるため、高磁気特性、特に高保磁力が得られず、30原子%を超えるとRリッチな非磁性相が多くなり、残留磁束密度(B_r)が低下してすぐれた特性の永久磁石が得られない。よって、Rは、10原子%~30原子%の範囲が望ましい。

【0012】

ボロンBは、上記系磁石粉末における必須元素であって、2原子%未満では菱面体構造が主相となり、高い保磁力(iHc)は得られず、28原子%を超えるとBリッチな非磁性相が多くなり、残留磁束密度(B_r)が低下するため、すぐれた永久磁石が得られない。よって、Bは2原子%~28原子%の範囲が望ましい。

【0013】

遷移金属、特にFeは、上記系磁石粉末において必須元素であり、65原子%未満では残留磁束密度(B_r)が低下し、80原子%を超えると高い保磁力が得られないので、Feは65原子%~80原子%の含有が望ましい。Feの一部をCoで置換することは、得られる磁石の磁気特性を損なうことなく、温度特性を改善することができるが、Co置換量がFeの20%を超えると、逆に磁気特性が劣化するため、好ましくない。Coの置換量がFeとCoの合計量で5原子%~15原子%の場合は、(B_r)は置換しない場合に比較して増加するため、高磁束密度を得るために好ましい。

【0014】

上記の主要成分の他、工業的生産上不可避的不純物の存在を許容でき、例えばC, P, S, Cuなど、さらにはAl, Ti, V, Cr, Mn, Bi, Nb, Ta, Mo, W, Sb, Ge, Ga, Sn, Zr, Ni, Si, Zn, Hfのうち少なくとも1種は、磁石粉末に対してその保磁力、減磁曲線の角型性を改善あるいは製造性の改善、低価格化に効果があるため添加することができる。特に、磁気特性を高めるために少量の添加元素としてCo, Al, Si, Mo, Ta, Wを添加することも有効である。

【0015】

磁石用原料には、所要のR-Fe-B系合金を溶解し、鑄造後に粉碎する溶解粉碎法、Ca還元にて直接粉末を得る直接還元拡散法、所要のR-Fe-B系合金を溶解ジェットキャストでリボン箔を得てこれを粉碎・焼鈍する急冷合金法、所要のR-Fe-B系合金を溶解し、これをガスアトマイズで粉末化して熱処理するガスアトマイズ法、所要原料金属を粉末化したのち、メカニカルアロイングにて微粉末化して熱処理するメカニカルアロイ法及び所要のR-Fe-B系合金を水素中で加熱して分解並びに再結晶させる方法(HDDR法)などの各種製法で得た等方性、異方性粉末が利用できる。

【0016】

この発明によるRTB磁石の製造方法については通常粉末焼結法を用いる。この発明の磁石の特徴は傾斜組成を形成させるため、数種類の粒度及び/又は組成の異なる合金粉末を作製し、例えば金型成形の場合は、合金粉末のプレス成形時に各粉末を磁化方向(NS方向)に層状に金型内に充填することにより、焼結後の製品は電気抵抗率が磁化方向に変化するという傾斜構造を持つものである。

【0017】

この発明によるRTB磁石の傾斜構造は、例えば図1に示すごとく、電気抵抗率が低い主体の母層1と電気抵抗率が高い傾斜層2, 3, 4からなる。具体的には各層において焼結後の密度が異なるかあるいは成分の違いにより電気抵抗率が各層で異なる構造である。

【0018】

すなわち、通常RTB磁石合金粉末部分である母層1は電気抵抗率が通常品と同じく電気抵抗率が低いが、一方粒度、組成を変えた傾斜層2, 3, 4は電気抵抗率を高くできる。連続的に電気抵抗率を変えるには傾斜層を多層配置することが望ましいが、実用的には2層、3層程度でも十分に機能させることができる。

【0019】

また、傾斜層の厚みは、磁石の用途、要求される特性、機能、形状、さらに傾斜層の層数など種々の条件から適宜選定されるもので、例えばある種のモータの場合、実際にモータ等に使用される最大の回転数、いいかえれば周波数により表皮効果が異なるため、これら

10

20

30

40

50

の条件に応じて傾斜層の厚みを変える必要がある。通常は傾斜層の厚みは1 mmから15 mm、好ましくは2 mmから10 mmである。

【0020】

なお、この傾斜層は通常は、磁気回路の空隙側、モータの例ではロータとステータの間の空間の渦電流の発生する側のみでよいが、モータの構造によっては母層の両面に形成させるいわゆるサンドイッチ構造も有効である。

【0021】

この発明において、粒度及び/又は組成の異なる合金粉末としては、母層に対して粒度の大きい合金粉末（電気抵抗率が高い）や、母層に対して希土類またはボロン量の多い組成の合金粉末（電気抵抗率が高い）等が適用でき、これらを適宜組み合わせて使用することができる。

10

【0022】

この発明による磁石は、磁石自体に電気抵抗率の傾斜機能を持たせることを可能にしたことで、従来のごとく、モータに用いられる永久磁石表面に絶縁皮膜を塗布することなく、磁石製造工程中かかる機能を付与できる、工程の省力化が可能である。また、任意に傾斜機能を付加することができるため、使用分野、用途、使用条件により種々の傾斜機能を具現できる。

【0023】

【実施例】

実施例1

28 wt% Nd - 3.5 wt% Dy - 1.1 wt% B - 0.2 wt% Si - 0.5 wt% Al - 0.4 wt% W - b a l F e の組成の合金を真空溶解にて作製し、ボールミル粉碎により2.8 μm（粉末a）、4.8 μm（粉末b）、6.9 μm（粉末c）、12.5 μm（粉末d）の4種の粉碎合金粉末を作製した。

20

【0024】

プレス成型用の金型に層状にそれぞれ母層として粉末aを20 mm、傾斜層としては粉末b、粉末c、粉末dの各粉末をこの順序に各々2 mmの高さに充填し、総充填厚みを約26 mmにしたのち、プレス成型して成形体を作製した。さらに高純度アルゴン雰囲気中で1100 × 3時間焼結し、580 × 3時間で熱処理して焼結磁石を作製した。

【0025】

比較例1

比較例として、28 wt% Nd - 3.5 wt% Dy - 1.1 wt% B - 0.2 wt% Si - 0.5 wt% Al - 0.4 wt% W - b a l F e の組成の合金を真空溶解にて作製し、ボールミル粉碎により2.8ミクロンの粉碎粉末を作製し、プレス成型用の金型に26 mmの高さに充填したのち、プレス成型して成形体を作製した。さらに高純度アルゴン雰囲気中で1100 × 3時間焼結し、580 × 3時間で熱処理して焼結磁石を得た。

30

【0026】

実施例1と比較例1の焼結磁石の各層を層状に切り出して、四端子法で電気抵抗率を測定した結果を表1に示す。実施例1に明らかな如く、磁気特性は若干低下するものの電気抵抗率の飛躍的向上が達成されたことがわかる。

40

【0027】

実施例2

28 wt% Nd - 3.5 wt% Dy - 1.1 wt% B - 0.2 wt% Si - 0.5 wt% Al - 0.4 wt% W - b a l F e の組成の合金を真空溶解にて作製し、ボールミル粉碎により2.8 μm（粉末e）、4.8 μm（粉末f）の2種の粉碎合金粉末を作製した。

【0028】

プレス成型用の金型に層状に母層として粉末eは20 mm、傾斜層として粉末fは2 mmの高さに充填し、総充填高さを約22 mmにした後、プレス成型して成形体を作製した。さらに高純度アルゴン雰囲気中で1100 × 3時間焼結し、580 × 3時間で熱処理して焼結磁石を得た。

50

【0029】

比較例2

比較例として、28wt%Nd - 3.5wt%Dy - 1.1wt%B - 0.2wt%Si - 0.5wt%Al - 0.4wt%W - balFeの組成の合金を真空溶解にて作製し、ボールミル粉碎により2.8ミクロンの粉碎粉末を作製し、プレス成型用の金型に22mmの高さに充填したのち、プレス成型し、さらに高純度アルゴン雰囲気中で1100 × 3時間焼結し、580 × 3時間で熱処理して焼結磁石を作製した。

【0030】

実施例2と比較例2の焼結磁石の各層を層状に切り出して、四端子法で電気抵抗率を測定した結果、並びに実施例2と比較例2の焼結磁石の磁気特性を測定した結果を表1に示す。

10

【0031】

実施例3

28wt%Nd - 3.5wt%Dy - 1.1wt%B - 0.2wt%Si - 0.5wt%Al - 0.4wt%W - balFeの組成の合金を真空溶解にて作製し、ボールミル粉碎により2.8μm(粉末g)、12.5μm(粉末h)の2種の粉碎粉末を作製した。

【0032】

プレス成型用の金型に層状に母層として粉末gは20mm、傾斜層として粉末hは2mmの高さに充填し、総充填高さを約22mmにした後、プレス成型して成形体を作製した。さらに高純度アルゴン雰囲気中で1100 × 3時間焼結し、580 × 3時間で熱処理して焼結磁石を得た。

20

【0033】

比較例3

比較例として、28wt%Nd - 3.5wt%Dy - 1.1wt%B - 0.2wt%Si - 0.5wt%Al - 0.4wt%W - balFeの組成の合金を真空溶解にて作製し、ボールミル粉碎により2.8μmの粉碎粉末を作製し、プレス成型用の金型に22mmの高さに充填したのち、プレス成型し、さらに高純度アルゴン雰囲気中で1100 × 3時間焼結し、580 × 3時間で熱処理して焼結磁石を作製した。

【0034】

実施例3と比較例3の焼結磁石の各層を層状に切り出しての四端子法で電気抵抗率を測定した結果と、実施例3と比較例3の磁気特性を測定した結果を表1に示す。

30

【0035】

実施例4

母層の合金Aとして、28wt%Nd - 3.5wt%Dy - 1.1wt%B - 0.2wt%Si - 0.5wt%Al - 0.4wt%W - balFeの組成、傾斜層の合金Bとして、29wt%Nd - 3.5wt%Dy - 1.4wt%B - 0.2wt%Si - 0.5wt%Al - 0.4wt%Ti - 0.7wt%W - balFeの組成を各々真空溶解にて作製し、ボールミル粉碎により合金A粉末、合金B粉末ともに2.9μmの粉碎粉末を作製した。

【0036】

プレス成型用の金型に層状に母層として合金A粉末は20mm、傾斜層として合金B粉末は2mmの高さに充填し、総充填高さを約22mmにしたのち、プレス成型し、さらに高純度アルゴン雰囲気中で1080 × 3時間焼結し、600 × 3時間で熱処理して焼結磁石を作製した。

40

【0037】

比較例4

比較例として、28wt%Nd - 3.5wt%Dy - 1.1wt%B - 0.2wt%Si - 0.5wt%Al - 0.4wt%W - balFeの組成の合金を真空溶解にて作製し、ボールミル粉碎により2.9μmの粉碎粉末を作製し、プレス成型用の金型に22mmの高さに充填したのち、プレス成型し、さらに高純度アルゴン雰囲気中で1100 × 3時

50

間焼結し、580 × 3時間で熱処理して焼結磁石を作製した。

【0038】

実施例4と比較例4の焼結磁石の各層を層状に切り出しての四端子法で電気抵抗率を測定した結果と、実施例4と比較例4の磁気特性を測定した結果を表1に示す。

【0039】

【表1】

		電気抵抗率 ($\times 10^{-8}\Omega\cdot m$)	磁気特性		
			(BH)max (MGOe)	Br (kG)	iHc (kOe)
実 施 例	1	10.2	34.8	1.23	13.1
	2	3.7	35.8	1.26	14.9
	3	8.1	35.1	1.24	14.0
	4	4.3	33.9	1.18	14.2
比 較 例	1	1.5	37.2	1.29	15.4
	2	1.5	37.2	1.29	15.4
	3	1.5	37.2	1.29	15.4
	4	1.5	37.2	1.29	15.4

【0040】

【発明の効果】

この発明による磁石はRTBを主成分としているため、基本的に高い磁気特性を実現でき、さらに磁化容易方向に電気抵抗率の勾配を有するので、渦電流の発生を低減できる効果を有している。また、例えばモータ等の場合、いわゆる表皮効果によって、渦電流は周波数に応じて変化することから、磁石表面側、すなわちロータとステータとの間の空隙側に近いほど渦電流が大きいため、渦電流の大きさに応じて傾斜層の厚みを変えることによって、より最適な構成、機能を付与でき、渦電流の低減が可能となる。

【0041】

この発明による磁石は、全て母層からなるものに比較して磁気特性の若干の低下が否めないが、電気抵抗率の向上の効果により、渦電流の発生が大きいモータ、発電機用途に極めて有効である。さらに表皮効果は、モータや発電機の回転数及びサイズで変化するが、傾斜層数、傾斜層厚みを変えることにより、種々のモータ、発電機への最適なる適用が可能である。

【図面の簡単な説明】

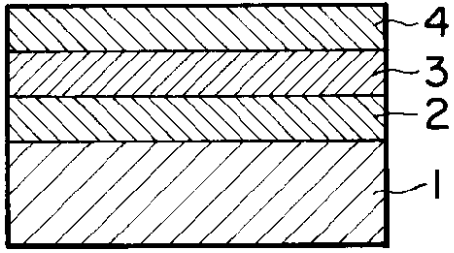
【図1】この発明による電気抵抗率の傾斜機能を有する永久磁石の構成を示す模式図である。

【符号の説明】

1 母層

2, 3, 4 傾斜層

【図1】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
C 2 2 C 38/00 (2006.01) C 2 2 C 38/00 3 0 3 D

(56)参考文献 特開平 0 4 - 3 3 7 0 1 1 (J P , A)
特開平 0 9 - 0 3 5 9 2 1 (J P , A)
特開平 0 5 - 1 7 1 3 2 2 (J P , A)
特開平 1 0 - 0 8 3 9 0 8 (J P , A)
特開平 0 7 - 2 3 5 4 1 4 (J P , A)
特開平 0 5 - 1 9 5 0 2 2 (J P , A)
特開平 0 8 - 0 3 1 6 2 6 (J P , A)
特開平 0 4 - 2 1 2 7 1 3 (J P , A)
特開平 0 4 - 2 1 0 4 4 8 (J P , A)
特開平 0 8 - 1 9 5 3 0 6 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H01F 1/00 - 1/375
H01F 41/00 - 41/04
H01F 41/08 - 41/10
B22F 1/00 - 9/30
C22C 1/04 - 1/05
C22C 5/00 - 25/00
C22C 27/00 - 28/00
C22C 30/00 - 30/06
C22C 33/02
C22C 35/00 - 45/10