

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2011-19401
(P2011-19401A)

(43) 公開日 平成23年1月27日(2011.1.27)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)
HO2K 1/27 (2006.01) HO2K 1/27 5O1M 5H622
 HO2K 1/27 5O1A

審査請求 有 請求項の数 8 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2010-242127 (P2010-242127)
 (22) 出願日 平成22年10月28日 (2010.10.28)
 (62) 分割の表示 特願2006-233442 (P2006-233442)
 の分割
 原出願日 平成18年8月30日 (2006.8.30)

(71) 出願人 000002060
 信越化学工業株式会社
 東京都千代田区大手町二丁目6番1号
 (74) 代理人 100079304
 弁理士 小島 隆司
 (74) 代理人 100114513
 弁理士 重松 沙織
 (74) 代理人 100120721
 弁理士 小林 克成
 (74) 代理人 100124590
 弁理士 石川 武史
 (72) 発明者 官田 浩二
 福井県越前市北府二丁目1番5号 信越化学工業株式会社磁性材料研究所内

最終頁に続く

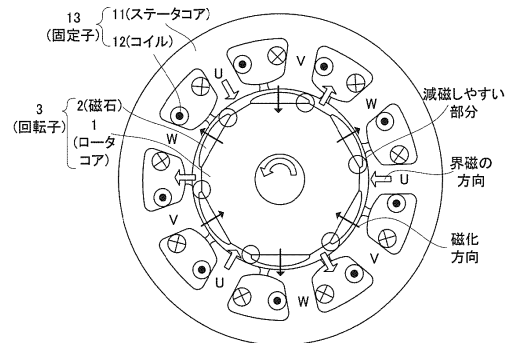
(54) 【発明の名称】 永久磁石回転機用永久磁石セグメントの製造方法

(57) 【要約】

【解決手段】複数個の永久磁石セグメントがロータコア側面に張り付けられた回転子と、複数のスロットを有するステータコアに巻線を巻いた固定子とを空隙を介して配置した永久磁石回転機において、前記永久磁石の端部は中央部より薄い形状で、前記永久磁石は、 $R^1 - Fe - B$ 系組成からなる焼結磁石体であり、 R^2 の酸化物、 R^3 のフッ化物、 R^4 の酸フッ化物から選ばれる(R^1 、 R^2 、 R^3 、 R^4 は希土類元素)粉末を当該磁石体の表面に存在させた状態で、当該磁石体及び粉体を当該磁石の焼結温度以下の温度で真空又は不活性ガス中において熱処理を施し、永久磁石端部の保磁力が中央部より高いことを特徴とする永久磁石回転機用永久磁石セグメントの製造方法。

【効果】本発明は、永久磁石回転機に適した永久磁石の残留磁束密度の低下がなく、保磁力の大きな磁石を提供できる。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の永久磁石セグメントがロータコア側面に張り付けられた回転子と、複数のスロットを有するステータコアに巻線を巻いた固定子とを空隙を介して配置した永久磁石回転機において、前記永久磁石セグメントの幅方向両端部は中央部より薄い形状で、前記永久磁石セグメントは、 R^1 -Fe-B系組成(R^1 はY及びScを含む希土類元素から選ばれる1種又は2種以上)からなる焼結磁石体である永久磁石回転機用永久磁石セグメントを製造する方法であって、 R^2 の酸化物、 R^3 のフッ化物、 R^4 の酸フッ化物から選ばれる1種又は2種以上(R^2 、 R^3 、 R^4 はそれぞれY及びScを含む希土類元素から選ばれる1種又は2種以上の元素)を含有する粉末を当該磁石体の表面に存在させた状態で、当該磁石体及び粉体を当該磁石体の焼結温度以下の温度で真空又は不活性ガス中において熱処理を施すことにより、幅方向両端部の保磁力が中央部より高く、中央部と端部の保磁力の差 $H_c J$ が 30 k A m^{-1} 以上である偏心焼結磁石体を得ることを特徴とする永久磁石回転機用永久磁石セグメントの製造方法。 10

【請求項 2】

中央部と端部の保磁力の差 $H_c J$ が $30 \sim 500 \text{ k A m}^{-1}$ である偏心焼結磁石体を得る請求項1記載の永久磁石セグメントの製造方法。

【請求項 3】

熱処理される磁石体が、最大部の寸法が 100 mm 以下で、かつ磁気異方性化した方向の最小寸法が 10 mm 以下の形状を有する請求項1又は2記載の永久磁石セグメントの製造方法。 20

【請求項 4】

磁石体が断面C字状又はD字状の形状になっていることを特徴とする請求項1, 2又は3記載の永久磁石セグメントの製造方法。

【請求項 5】

永久磁石セグメントが、磁石の幅方向両端部の表面に R^2 の酸化物、 R^3 のフッ化物、 R^4 の酸フッ化物から選ばれる粉末を部分的に存在させて熱処理を行うことによって得られたものであることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項記載の永久磁石セグメントの製造方法。

【請求項 6】

R^2 の酸化物、 R^3 のフッ化物、 R^4 の酸フッ化物から選ばれる1種又は2種以上を含有する粉末の磁石体表面に対する存在量が、この磁石体の表面から距離 1 mm 以内の当該磁石体を取り囲む空間内に平均的な占有率で $10 \text{ 容積}\%$ 以上である請求項1乃至5のいずれか1項記載の永久磁石セグメントの製造方法。 30

【請求項 7】

R^2 の酸化物、 R^3 のフッ化物、 R^4 の酸フッ化物から選ばれる1種又は2種以上を含有する粉末の平均粒子径が $100 \mu\text{m}$ 以下である請求項1乃至6のいずれか1項記載の永久磁石セグメントの製造方法。

【請求項 8】

R^2 の酸化物、 R^3 のフッ化物、 R^4 の酸フッ化物から選ばれる1種又は2種以上を含有する粉末を水あるいは有機溶剤に分散させ、得られたスラリーに磁石体を浸した後に乾燥させることにより、上記粉末を磁石体表面に存在させるようにした請求項1乃至7のいずれか1項記載の永久磁石セグメントの製造方法。 40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、焼結磁石体の残留磁束密度の低減を抑制しながら保磁力を増大させたR-Fe-B系永久磁石からなる永久磁石回転機用永久磁石セグメントの製造方法に関し、特に、コギングトルク低減を目的として磁石端部の厚さが薄い磁石からなり、FAモータや電動パワステアリングモータ等に最適な永久磁石回転機用永久磁石セグメントの製造方法に 50

関する。

【背景技術】

【0002】

Nd - Fe - B系永久磁石は、その優れた磁気特性のために、ますます用途が広がってきている。近年、モータや発電機などの回転機分野においても機器の軽薄短小化、高性能化、省エネルギー化に伴いNd - Fe - B系永久磁石を利用した永久磁石回転機が開発されている。回転機中の永久磁石は、巻き線や鉄心の発熱により高温に曝され、更に巻き線からの反磁界により極めて減磁しやすい状況下にある。このため、耐熱性、耐減磁性の指標となる保磁力が一定以上あり、磁力の大きさの指標となる残留磁束密度ができるだけ高いNd - Fe - B系焼結磁石が要求されている。

10

【0003】

Nd - Fe - B系焼結磁石の残留磁束密度増大は、Nd₂Fe₁₄B化合物の体積率増大と結晶配向度向上により達成され、これまでに種々のプロセスの改善が行われてきている。保磁力の増大に関しては、結晶粒の微細化を図る、Nd量を増やした組成合金を用いる、あるいは効果のある元素を添加する等、様々なアプローチがある中で、現在最も一般的な手法はDyやTbでNdの一部を置換した組成合金を用いることである。Nd₂Fe₁₄B化合物のNdをこれらの元素で置換することで、化合物の異方性磁界が増大し、保磁力も増大する。一方で、DyやTbによる置換は化合物の飽和磁気分極を減少させる。従って、上記手法で保磁力の増大を図る限りでは残留磁束密度の低下は避けられない。

20

【0004】

Nd - Fe - B磁石は、結晶粒界面で逆磁区の核が生成する外部磁界の大きさが保磁力となる。逆磁区の核生成には結晶粒界面の構造が強く影響しており、界面近傍における結晶構造の乱れが磁気的な構造の乱れを招き、逆磁区の生成を助長する。一般的には、結晶界面から5nm程度の深さまでの磁気的構造が保磁力の増大に寄与していると考えられている(非特許文献1:K. D. Durst and H. Kronmuller, "THE COERCIVE FIELD OF SINTERED AND MELT-SPUN NdFeB MAGNETS", Journal of Magnetism and Magnetic Materials 68 (1987) 63-75)。本発明者らは、結晶粒の界面近傍のみにわずかなDyやTbを濃化させ、界面近傍のみの異方性磁界を増大させることで、残留磁束密度の低下を抑制しつつ保磁力を増大できることを見出している(特許文献1:特公平5-31807号公報)。更に、Nd₂Fe₁₄B化合物組成合金と、DyあるいはTbに富む合金を別に作製した後に混合して焼結する製造方法を確立している(特許文献2:特開平5-21218号公報)。この方法では、DyあるいはTbに富む合金は焼結時に液相となり、Nd₂Fe₁₄B化合物を取り囲むように分布する。その結果、化合物の粒界近傍でのみNdとDyあるいはTbが置換され、残留磁束密度の低下を抑制しつつ効果的に保磁力を増大できる。

30

【0005】

しかし、上記方法では2種の合金微粉末を混合した状態で1,000~1,100という高温で焼結するために、DyあるいはTbがNd₂Fe₁₄B結晶粒の界面のみでなく内部まで拡散しやすい。実際に得られる磁石の組織観察からは結晶粒界表層部で界面から深さ1~2μm程度まで拡散しており、拡散した領域を体積分率に換算すると60%以上となる。また、結晶粒内への拡散距離が長くなるほど界面近傍におけるDyあるいはTbの濃度は低下してしまう。結晶粒内への過度な拡散を極力抑えるには焼結温度を低下させることが有効であるが、これは同時に焼結による緻密化を阻害するため現実的な手法となり得ない。ホットプレスなどで応力を印加しながら低温で焼結する方法では、緻密化は可能であるが生産性が極端に低くなるという問題がある。

40

【0006】

一方、焼結磁石を小型に加工した後、磁石表面にDyやTbをスパッタによって被着させ、磁石を焼結温度より低い温度で熱処理することにより粒界部にのみDyやTbを拡散させて保磁力を増大させる方法が報告されている(非特許文献2:K. T. Park

50

, K. Hiraga and M. Sagawa, "Effect of Metal-Coating and Consecutive Heat Treatment on Coercivity of Thin Nd-Fe-B Sintered Magnets", Proceedings of the Sixteen International Workshop on Rare-Earth Magnets and Their Applications, Sendai, p.257 (2000)、非特許文献3：町田憲一、川寄尚志、鈴木俊治、伊東正浩、堀川高志、“Nd-Fe-B系焼結磁石の粒界改質と磁気特性”、粉体粉末冶金協会講演概要集、平成16年度春季大会、p.202参照)。この方法では、更に効率的にDyやTbを粒界に濃化できるため、残留磁束密度の低下をほとんど伴わずに保磁力を増大させることが可能である。また、磁石の比表面積が大きい、即ち磁石体が小さいほど供給されるDyやTbの量が多くなるので、この方法は小型あるいは薄型の磁石へのみ適用可能である。しかし、スパッタ等による金属膜の被着には生産性が悪いという問題があった。

10

20

30

40

50

【0007】

例えば、ACサーボモータには、図1に示すようなラジアルエアギャップ形の永久磁石回転機が用いられている。この永久磁石回転機は、ロータコア（回転子コア）1の表面に、磁石（永久磁石セグメント）2を貼り付けた回転子3と、空隙（ギャップ）を介して配置された複数のスロットを有するステータコア（固定子コア）11とティースに巻かれたコイル12からなる固定子13とで構成されている。図1に示す永久磁石回転機の場合、永久磁石の極数は6、ティースの数は9であり、永久磁石内の矢印は永久磁石の磁化の方向を示している。永久磁石は平行な磁場中で配向が成され、容易磁化方向は磁石の中心線に平行となっている。また、コイルはティースに集中巻きで巻かれ、U相V相W相のY結線がなされている。コイルの黒丸印はコイルの巻き方向が手前、×印はコイルの巻き方向が奥であることを意味している。

【0008】

高精度のトルク制御を必要とするACサーボモータ等のトルクは、脈動の小さなものでなければならない。従って、永久磁石が回転したときに固定子のスロットと永久磁石との位置関係から、空隙の磁束分布が変化することに起因するコギングトルク（コイルに電流を流さない状態でのトルク）やコイルの電流を流して駆動した時のトルクリップルが発生することは好ましくない。トルクリップルは、制御性を悪くする他に騒音の原因にもなる。コギングトルクを低減する方法として、図1に示すような永久磁石の端部形状が中央部より薄くなるようにする。この方法により、磁束分布の変化が大きな磁極の切り替わり部分である永久磁石端部での磁束分布が滑らかになり、コギングトルクを低減することができる。

【0009】

コイルに電流を流すと、ステータコア部分に書いた矢印の方向に界磁され、回転子を反時計回りに回転させる。このとき、永久磁石セグメントの回転方向の後方（図1の で囲った部分）は界磁が永久磁石の磁化と逆方向になるので減磁しやすい状況になっている。減磁すると駆動トルクを下げるばかりか、部分的な磁場不均一によってコギングトルクを増大させるという問題が生ずる。

【0010】

特に偏心された永久磁石の端部の厚さは非常に薄く減磁しやすい。ここで磁石厚さが薄いと減磁しやすい理由を説明する。減磁の大きさは、永久磁石の使用温度での保磁力の大きさと反磁界の大きさとで決まる。保磁力が小さく、反磁界の大きさが大きいほど減磁しやすい。反磁界は永久磁石の磁化で生ずる自己反磁界と外部からの逆磁界の和で、自己反磁界は永久磁石の磁化方向厚さが薄いほど大きい。

【0011】

このため、減磁しない部分を保磁力は低いが高い残留磁束密度の永久磁石、減磁されやすい部分を残留磁束密度は低い保磁力の高い永久磁石で一体成型した複合磁石を用いる方法がある（特許文献3：特開昭61-139252号公報）。しかし、この方法では、

保磁力を高めた永久磁石の残留磁束密度の低下は避けられないのでモータの出力が減少してしまう。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0012】

【特許文献1】特公平5-31807号公報

【特許文献2】特開平5-21218号公報

【特許文献3】特開昭61-139252号公報

【非特許文献】

【0013】

【非特許文献1】K. D. Durst and H. Kronmuller, "THE COERCIVE FIELD OF SINTERED AND MELT-SPUN NdFeB MAGNETS", Journal of Magnetism and Magnetic Materials 68 (1987) 63-75

【非特許文献2】K. T. Park, K. Hiraga and M. Sagawa, "Effect of Metal-Coating and Consecutive Heat Treatment on Coercivity of Thin Nd-Fe-B Sintered Magnets", Proceedings of the Sixteen International Workshop on Rare-Earth Magnets and Their Applications, Sendai, p.257 (2000)

【非特許文献3】町田憲一、川寄尚志、鈴木俊治、伊東正浩、堀川高志、“Nd-Fe-B系焼結磁石の粒界改質と磁気特性”、粉体粉末冶金協会講演概要集、平成16年度春季大会、p.202

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

本発明は、上述した従来の問題点に鑑みなされたもので、永久磁石回転機に適した永久磁石の残留磁束密度の低下がなく保磁力の大きな、特に永久磁石端部の保磁力が大きなR-Fe-B系焼結磁石(RはY及びScを含む希土類元素から選ばれる1種又は2種以上の元素)からなる永久磁石回転機用永久磁石セグメントの製造方法を提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0015】

本発明者らは、Nd-Fe-B系焼結磁石に代表される R^1 -Fe-B系焼結磁石に対し、 R^2 の酸化物、 R^3 のフッ化物、 R^4 の酸フッ化物から選ばれる1種又は2種以上を含む粉末(なお、 $R^1 \sim R^4$ はそれぞれY及びScを含む希土類元素から選ばれる1種又は2種以上の元素)を磁石表面に存在させた状態で加熱することで、粉末に含まれていた R^2 、 R^3 又は R^4 が磁石体に吸収され、残留磁束密度の減少を著しく抑制しながら保磁力を増大し得ることを見出した。この場合、特に R^3 のフッ化物又は R^4 の酸フッ化物を用いた場合、 R^3 又は R^4 がフッ素と共に磁石体に高効率に吸収され、残留磁束密度が高く、保磁力の大きな焼結磁石が得られることを知見した。

【0016】

即ち、本発明は、以下の永久磁石回転機用永久磁石セグメントの製造方法を提供する。
請求項1:

複数個の永久磁石セグメントがロータコア側面に張り付けられた回転子と、複数のスロットを有するステータコアに巻線を巻いた固定子とを空隙を介して配置した永久磁石回転機において、前記永久磁石セグメントの幅方向両端部は中央部より薄い形状で、前記永久磁石セグメントは、 R^1 -Fe-B系組成(R^1 はY及びScを含む希土類元素から選ばれ

10

20

30

40

50

る 1 種又は 2 種以上) からなる焼結磁石体である永久磁石回転機用永久磁石セグメントを製造する方法であって、 R^2 の酸化物、 R^3 のフッ化物、 R^4 の酸フッ化物から選ばれる 1 種又は 2 種以上 (R^2 、 R^3 、 R^4 はそれぞれ Y 及び Sc を含む希土類元素から選ばれる 1 種又は 2 種以上の元素) を含有する粉末を当該磁石体の表面に存在させた状態で、当該磁石体及び粉末を当該磁石体の焼結温度以下の温度で真空又は不活性ガス中において熱処理を施すことにより、幅方向両端部の保磁力が中央部より高く、中央部と端部の保磁力の差 $H_c J$ が 30 k A m^{-1} 以上である偏心焼結磁石体を得ることを特徴とする永久磁石回転機用永久磁石セグメントの製造方法。

請求項 2 :

中央部と端部の保磁力の差 $H_c J$ が $30 \sim 500 \text{ k A m}^{-1}$ である偏心焼結磁石体を得る請求項 1 記載の永久磁石セグメントの製造方法。 10

請求項 3 :

熱処理される磁石体が、最大部の寸法が 100 mm 以下で、かつ磁気異方性化した方向の最小寸法が 10 mm 以下の形状を有する請求項 1 又は 2 記載の永久磁石セグメントの製造方法。

請求項 4 :

磁石体が断面 C 字状又は D 字状の形状になっていることを特徴とする請求項 1, 2 又は 3 記載の永久磁石セグメントの製造方法。

請求項 5 :

永久磁石セグメントが、磁石の幅方向両端部の表面に R^2 の酸化物、 R^3 のフッ化物、 R^4 の酸フッ化物から選ばれる粉末を部分的に存在させて熱処理を行うことによって得られたものであることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項記載の永久磁石セグメントの製造方法。 20

請求項 6 :

R^2 の酸化物、 R^3 のフッ化物、 R^4 の酸フッ化物から選ばれる 1 種又は 2 種以上を含有する粉末の磁石体表面に対する存在量が、この磁石体の表面から距離 1 mm 以内の当該磁石体を取り囲む空間内に平均的な占有率で 10 容積% 以上である請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項記載の永久磁石セグメントの製造方法。

請求項 7 :

R^2 の酸化物、 R^3 のフッ化物、 R^4 の酸フッ化物から選ばれる 1 種又は 2 種以上を含有する粉末の平均粒子径が $100 \mu\text{m}$ 以下である請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項記載の永久磁石セグメントの製造方法。 30

請求項 8 :

R^2 の酸化物、 R^3 のフッ化物、 R^4 の酸フッ化物から選ばれる 1 種又は 2 種以上を含有する粉末を水あるいは有機溶剤に分散させ、得られたスラリーに磁石体を浸した後に乾燥させることにより、上記粉末を磁石体表面に存在させるようにした請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項記載の永久磁石セグメントの製造方法。

【発明の効果】

【0017】

本発明は、永久磁石回転機に適した永久磁石の残留磁束密度の低下がなく、保磁力が大きく、特に永久磁石端部の保磁力が大きくなり高温でも減磁しにくい永久磁石回転機を提供することができる。 40

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図 1】 6 極 9 スロットの表面磁石構造型モータの一例を説明する断面図である。

【図 2】 (a) ~ (c) はそれぞれ本発明の磁石形状を説明する断面図である。

【図 3】 本発明の実施例及び比較例の磁石形状を説明する斜視図である。

【図 4】 R 酸化物、 R フッ化物、 R 酸フッ化物から選ばれる 1 種又は 2 種以上を含有する粉末を表面に塗布した磁石体の一例を説明する断面図である。

【図 5】 R 酸化物、 R フッ化物、 R 酸フッ化物から選ばれる 1 種又は 2 種以上を含有する 50

粉末を磁石端部表面に塗布した磁石体の他の例を説明する断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、本発明を更に詳細に説明する。

本発明は、永久磁石回転機に適した永久磁石の保磁力の大きな、特に永久磁石端部の保磁力が大きな磁石を用いた永久磁石回転機用永久磁石セグメントの製造方法に関するものである。

【0020】

本発明で用いる希土類永久磁石セグメントは、 $R^1 - Fe - B$ 系組成 (R^1 はY及びScを含む希土類元素から選ばれる1種又は2種以上) からなる柱状の焼結磁石体に対し、幅方向の中央部より両端部の厚さを薄くした偏心磁石の形状に加工したものを、 R^2 の酸化物、 R^3 のフッ化物、 R^4 の酸フッ化物から選ばれる1種又は2種以上 (R^2 、 R^3 、 R^4 はそれぞれY及びScを含む希土類元素から選ばれる1種又は2種以上の元素) を含有する粉末を当該磁石体の表面に存在させた状態で、当該磁石体及び粉末を当該磁石の焼結温度以下の温度で真空又は不活性ガス中において熱処理を施すことにより得られたもので、永久磁石セグメント端部の保磁力が中央部より高いものである。

10

【0021】

ここで、 $R - Fe - B$ 系焼結磁石体は、常法に従い、母合金を粗粉碎、微粉碎、成形、焼結させることにより得ることができる。

【0022】

なお、本発明において、 R 及び R^1 はいずれもY及びScを含む希土類元素から選ばれるものであるが、 R は主に得られた磁石体に関して使用し、 R^1 は主に出発原料に関して用いる。

20

【0023】

母合金は、 R^1 、 Fe 、 B を含有する。 R^1 はY及びScを含む希土類元素から選ばれる1種又は2種以上で、具体的にはY、Sc、La、Ce、Pr、Nd、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Yb及びLuが挙げられ、好ましくはNd、Pr、Dyを主体とする。これらY及びScを含む希土類元素は合金全体の10～15原子%、特に12～15原子%であることが好ましく、更に好ましくは R^1 中にNdとPrあるいはそのいずれか1種を10原子%以上、特に50原子%以上含有することが好適である。 B は3～15原子%、特に4～8原子%含有することが好ましい。その他、Al、Cu、Zn、In、Si、P、S、Ti、V、Cr、Mn、Ni、Ga、Ge、Zr、Nb、Mo、Pd、Ag、Cd、Sn、Sb、Hf、Ta、Wの中から選ばれる1種又は2種以上を0～11原子%、特に0.1～5原子%含有してもよい。残部は Fe 及びC、N、O等の不可避的な不純物であるが、 Fe は50原子%以上、特に65原子%以上含有することが好ましい。また、 Fe の一部、例えば Fe の0～40原子%、特に0～15原子%をCoで置換しても差しつかえない。

30

【0024】

母合金は原料金属あるいは合金を真空あるいは不活性ガス、好ましくはAr雰囲気中で溶解したのち、平型やブックモールドに鑄込む、あるいはストリップキャストにより鑄造することで得られる。また、本系合金の主相である $R_2Fe_{14}B$ 化合物組成に近い合金と焼結温度で液相助剤となるRリッチな合金とを別々に作製し、粗粉碎後に秤量混合する、いわゆる2合金法も本発明には適用可能である。この場合、主相組成に近い合金は、例えばストリップキャスト法により得ることができる。但し、主相組成に近い合金に対して、鑄造時の冷却速度や合金組成に依存して $-Fe$ が残存しやすく、 $R_2Fe_{14}B$ 化合物相の量を増やす目的で必要に応じて均質化処理を施す。その条件は真空あるいはAr雰囲気中で700～1,200で1時間以上熱処理する。液相助剤となるRリッチな合金については上記鑄造法のほかに、いわゆる液体急冷法やストリップキャスト法も適用できる。

40

【0025】

更に、以下に述べる粉碎工程において、 R^1 の炭化物、窒化物、酸化物、水酸化物のう

50

ち少なくとも1種あるいはこれらの混合物又は複合物を0.005～5質量%の範囲で合金粉末と混合することも可能である。

【0026】

上記合金は、通常0.05～3mm、特に0.05～1.5mmに粗粉碎される。粗粉碎工程にはブラウンミルあるいは水素粉碎が用いられ、ストリップキャストにより作製された合金の場合は水素粉碎が好ましい。粗粉は、例えば高圧窒素を用いたジェットミルにより通常0.2～30 μ m、特に0.5～20 μ mに微粉碎される。微粉末は磁界中圧縮成形機で成形され、焼結炉に投入される。焼結は真空あるいは不活性ガス雰囲気中、通常900～1,250、特に1,000～1,100で行われる。

【0027】

ここで得られた焼結磁石体は、正方晶 $R_2Fe_{14}B$ 化合物を主相として60～99体積%、特に好ましくは80～98体積%含有し、残部は0.5～20体積%のRリッチ相、0～10体積%のBリッチ相及び不可避免的不純物により生成した、あるいは添加による炭化物、窒化物、酸化物、水酸化物のうち少なくとも1種あるいはこれらの混合物又は複合物からなる。

【0028】

永久磁石の製造方法は、上記に挙げたように合金粉末を磁場中成形、焼結して得ることができ、又は得られた焼結ブロックを永久磁石電動機に合うように砥石、切削刃、ワイヤソー等を用いて研削加工して、更に中央部よりも幅方向両端部が薄い形状に研削して得られる。その形状は特には円弧を有するC字状又はD字状の磁石形状が好ましく、図2(a)～(c)や図3に示すように永久磁石の幅方向両端部形状が薄くなるようにして、コギングトルクを低減する。永久磁石中央部の厚さ T_c と端部の厚さ T_e は特に限定されるものではないが、コギングトルクを低減するには T_e/T_c を0.8以下にすることが好ましく、より好ましくは0.1～0.5、更に好ましくは0.1～0.4である。

【0029】

その大きさは特に限定されないが、本発明において、磁石表面に存在させた R^2 の酸化物、 R^3 のフッ化物、 R^4 の酸フッ化物から選ばれる1種又は2種以上を含有する粉末から磁石体に吸収される R^2 、 R^3 又は R^4 の量は、磁石体の比表面積が大きい、即ち寸法が小さいほど多くなるので、上記形状の最大部の寸法(図3においてL又はW)は100mm以下、好ましくは50mm以下、特に好ましくは20mm以下で、かつ磁気異方性化した方向の最小寸法(図3の T_e)が10mm以下、好ましくは5mm以下、特に好ましくは2mm以下であることが好ましい。より好ましくは磁気異方性化した方向の寸法が1mm以下である。

【0030】

なお、上記最大部の寸法及び磁気異方性化した方向の寸法の下限は特に制限されず、適宜選定されるが、上記形状の最大部の寸法は0.1mm以上であり、磁気異方性化した方向の寸法は0.05mm以上である。

【0031】

図4に示すように、研削加工された磁石体20表面には R^2 の酸化物、 R^3 のフッ化物、 R^4 の酸フッ化物から選ばれる1種又は2種以上を含有する粉末22を存在させる。なお、 R^2 、 R^3 、 R^4 はY及びScを含む希土類元素から選ばれる1種又は2種以上で、それぞれ R^2 、 R^3 、 R^4 中10原子%以上、より好ましくは20原子%以上、特に40原子%以上のDy又はTbを含むことが好ましい。この場合、前記 R^3 のフッ化物及び/又は R^4 の酸フッ化物を含有する粉末において、 R^3 及び/又は R^4 に10原子%以上のDy及び/又はTbが含まれ、かつ R^3 及び/又は R^4 におけるNdとPrの合計濃度が前記 R^1 におけるNdとPrの合計濃度より低いことが本発明の目的から好ましい。

【0032】

この場合、図4は磁石体20の全面に対し、上記粉末22を存在させて以下の吸収処理を行うようにしたものであるが、図5に示したように、少なくとも片方、好ましくは両方の幅方向端部上縁部を含む表面に部分的に粉末22を存在させて以下の吸収処理を行って

10

20

30

40

50

もよい。また、磁石体 20 の全面に粉末 22 を存在させて吸収処理を行った後に、少なくとも一方の端部、好ましくは両方の端部のみに粉末 22 を部分的に存在させて再度の吸収処理を行ってもよい。

【0033】

磁石表面空間における粉末の存在率は高いほど吸収される R^2 、 R^3 又は R^4 量が多くなるので、本発明における効果を達成させるために、上記粉末の存在率は、磁石表面から距離 1 mm 以内の磁石を取り囲む空間内での平均的な値で 10 容積%以上が好ましく、更に好ましくは 40 容積%以上である。

【0034】

粉末を存在させる方法（粉末処理方法）としては、例えば、 R^2 の酸化物、 R^3 のフッ化物、 R^4 の酸フッ化物から選ばれる 1 種又は 2 種以上を含有する微粉末を水あるいは有機溶剤に分散させ、このスラリーに磁石体を浸した後に熱風や真空により乾燥させる、あるいは自然乾燥させる方法が挙げられる。この他にスプレーによる塗布等も可能である。いずれの具体的手法にせよ、非常に簡便にかつ大量に処理できることが特徴といえる。上記微粉末の粒子径は粉末の R^2 、 R^3 又は R^4 成分が磁石に吸収される際の反応性に影響を与え、粒子が小さいほど反応にあずかる接触面積が増大する。本発明における効果を達成させるためには、存在させる粉末の平均粒子径は 100 μm 以下、好ましくは 10 μm 以下が望ましい。その下限は特に制限されないが 1 nm 以上が好ましい。なお、この平均粒子径は、例えばレーザー回折法などによる粒度分布測定装置等を用いて質量平均値 D_{50} （即ち、累積質量が 50% となるときの粒子径又はメジアン径）として求めることができる。

【0035】

本発明における R^2 の酸化物、 R^3 のフッ化物、 R^4 の酸フッ化物とは、好ましくはそれぞれ $R^2_2O_3$ 、 R^3F_3 、 R^4OF であるが、これ以外の R^2O_n 、 R^3F_n 、 $R^4O_mF_n$ （ m 、 n は任意の正数）や、金属元素により R^2 、 R^3 、 R^4 の一部を置換したあるいは安定化されたもの等、本発明の効果を達成することができる R^2 と酸素を含む酸化物、 R^3 とフッ素を含むフッ化物、 R^4 と酸素とフッ素を含む酸フッ化物を指す。

【0036】

この場合、磁石表面に存在させる粉末は、 R^2 の酸化物、 R^3 のフッ化物、 R^4 の酸フッ化物、あるいはこれらの混合物を含有し、この他に R^5 （ R^5 は Y 及び Sc を含む希土類元素から選ばれる 1 種又は 2 種以上）の、炭化物、窒化物、水酸化物、水素化物のうち少なくとも 1 種あるいはこれらの混合物又は複合物を含んでもよく、また R^3 のフッ化物及び / 又は R^4 の酸フッ化物を用いる場合、 R^5 の酸化物を含んでもよい。更に、粉末の分散性や化学的・物理的吸着を促進するために、ホウ素、窒化ホウ素、シリコン、炭素などの微粉末やステアリン酸（脂肪酸）などの有機化合物を含むこともできる。本発明の効果を高効率に達成するには、 R^2 の酸化物、 R^3 のフッ化物、 R^4 の酸フッ化物、あるいはこれらの混合物が粉末全体に対して 10 質量%以上、好ましくは 20 質量%以上含まれる。特に、主成分として、 R^2 の酸化物、 R^3 のフッ化物、 R^4 の酸フッ化物が、粉末全体に対して 50 質量%以上、より好ましくは 70 質量%以上、更に好ましくは 90 質量%以上含有することが推奨される。

【0037】

R^2 の酸化物、 R^3 のフッ化物、 R^4 の酸フッ化物、あるいはこれらの混合物からなる粉末を磁石表面に存在させた状態で、磁石と粉末は真空あるいはアルゴン（Ar）、ヘリウム（He）等の不活性ガス雰囲気中で熱処理される（以後、この処理を吸収処理と称する）。吸収処理温度は磁石体の焼結温度以下である。処理温度の限定理由は以下のとおりである。

【0038】

即ち、当該焼結磁石の焼結温度（ T_s と称する）より高い温度で処理すると、（1）焼結磁石の組織が変質し、高い磁気特性が得られなくなる、（2）熱変形により加工寸法が維持できなくなる、（3）拡散させた R が磁石の結晶粒界面だけでなく内部にまで拡散してしまい残留磁束密度が低下する、等の問題が生じるために、処理温度は焼結温度以下

、好ましくは ($T_s - 10$) 以下とする。なお、温度の下限は適宜選定されるが、通常 350 以上である。吸収処理時間は 1 分 ~ 100 時間である。1 分未満では吸収処理が完了せず、100 時間を超えると、焼結磁石の組織が変質する、不可避的な酸化や成分の蒸発が磁気特性に悪い影響を与えるといった問題が生じやすい。より好ましくは 5 分 ~ 8 時間、特に 10 分 ~ 6 時間である。

【0039】

以上のような吸収処理により、磁石内の希土類に富む粒界相成分に、磁石表面に存在させた粉末に含まれていた R^2 、 R^3 又は R^4 が濃化し、この R^2 、 R^3 又は R^4 が $R_2Fe_{14}B$ 主相粒子の表層部付近で置換される。また、粉末に R^3 のフッ化物又は R^4 の酸フッ化物が含まれている場合、この粉末に含まれているフッ素は、その一部が R^3 又は R^4 と共に磁石内に吸収されることにより、 R^3 又は R^4 の粉末からの供給と磁石の結晶粒界における拡散を著しく高める。

10

【0040】

R^2 の酸化物、 R^3 のフッ化物及び R^4 の酸フッ化物に含まれる希土類元素は、Y 及び Sc を含む希土類元素から選ばれる 1 種又は 2 種以上であるが、上記表層部に濃化して結晶磁気異方性を高める効果の特に大きい元素は Dy、Tb であるので、粉末に含まれている希土類元素としては Dy 及び Tb の割合が合計で 10 原子% 以上であることが好適である。更に好ましくは 20 原子% 以上である。また、 R^2 、 R^3 、 R^4 における Nd と Pr の合計濃度が、 R^1 の Nd と Pr の合計濃度より低いことが好ましい。

20

【0041】

この吸収処理の結果、残留磁束密度の低減をほとんど伴わずに R - Fe - B 系焼結磁石の保磁力が効率的に増大される。

【0042】

上記吸収処理は、例えば上記粉末を水や有機溶剤に分散させたスラリーに焼結磁石体を投入するなどして、該焼結磁石体表面に上記粉末を付着させた状態で熱処理させることによって行うことができ、この場合、上記吸収処理において、磁石は粉末に覆われ、磁石同士は離れて存在するので、高温での熱処理であるにもかかわらず吸収処理後に磁石同士が溶着することがない。更に、粉末も熱処理後に磁石に固着することもないため、熱処理用容器に大量に磁石を投入して処理することが可能であり、本発明による製造方法は生産性にも優れている。

30

【0043】

また、吸収処理後、時効処理を施すことが好ましい。この時効処理としては、吸収処理温度未満、好ましくは 200 以上で吸収処理温度より 10 低い温度以下、更に好ましくは 350 以上で吸収処理温度より 10 低い温度以下であることが望ましい。また、その雰囲気は真空あるいは Ar、He 等の不活性ガス中であることが好ましい。時効処理の時間は 1 分 ~ 10 時間、好ましくは 10 分 ~ 5 時間、特に 30 分 ~ 2 時間である。

【0044】

なお、上記粉末を焼結磁石体に存在させる前の上述した焼結磁石体の研削加工時において、研削加工機の冷却液に水系のものを用いる、あるいは加工時に研削面が高温に曝される場合、被研削面に酸化膜が生じやすく、この酸化膜が粉末から磁石体への R^2 、 R^3 又は R^4 成分の吸収反応を妨げることがある。このような場合には、アルカリ、酸あるいは有機溶剤のいずれか 1 種以上を用いて洗浄する、あるいはショットブラストを施して、その酸化膜を除去することで適切な吸収処理ができる。

40

【0045】

アルカリとしては、ピロリン酸カリウム、ピロリン酸ナトリウム、クエン酸カリウム、クエン酸ナトリウム、酢酸カリウム、酢酸ナトリウム、シュウ酸カリウム、シュウ酸ナトリウム等、酸としては、塩酸、硝酸、硫酸、酢酸、クエン酸、酒石酸等、有機溶剤としては、アセトン、メタノール、エタノール、イソプロピルアルコール等を使用することができる。この場合、上記アルカリや酸は、磁石体を浸食しない適宜濃度の水溶液として使用することができる。

50

【0046】

更には、上記焼結磁石体の表面層を上記粉末を焼結磁石体に存在させる前にショットブラストで除去することもできる。

【0047】

また、上記吸収処理あるいはそれに続く時効処理を施した磁石に対して、アルカリ、酸あるいは有機溶剤のいずれか1種以上により洗浄したり、実用形状に研削することもできる。更には、かかる吸収処理、時効処理、洗浄又は研削後にメッキ又は塗装を施すこともできる。

【0048】

焼結磁石体の表面から結晶磁気異方性を高める効果の特に大きい元素であるDy、Tbなどの吸収処理の結果、残留磁束密度の低減をほとんど伴わずにR-Fe-B系焼結磁石の保磁力が効率的に増大されるので、焼結磁石体の厚さによって保磁力の増加量は異なる。即ち、端部形状が薄くなるようにした焼結磁石体においては端部の保磁力がより効果的に高められる。

10

【0049】

以上のようにして得られた永久磁石材料は、低コギングトルクに適した端部の厚みが薄い形状でありながら、端部厚みが薄いために減磁しやすいといった問題点を、特に端部の保磁力が増大することで減磁の問題をなくし、更に高い残留磁束密度を有する永久磁石として永久磁石回転機用に利用でき、複数個の永久磁石セグメントがロータコア側面に張り付けられた回転子と、複数のスロットを有するステータコアに巻線を巻いた固定子とを空隙を介して配置した永久磁石回転機を得ることができる。この場合、永久磁石回転機は、上記の吸収処理を施された永久磁石を用いる以外は公知の態様とすることができ、公知の方法で製造することができる。

20

【0050】

例えば、ロータコアヨークと、該ロータコアヨークの側面上に、所定の間隔で、極性がロータコアヨークの周方向に交互に異なるように配置された複数の永久磁石とを含んでなる回転子と、該回転子と空間を隔てて配置されたステータコアヨークと、上記永久磁石と対向し、周方向に関して等間隔で該ステータコアヨーク上に配置された突極磁極と、該突極磁極に集中巻され三相結線された電機子巻き線とを含んでなる固定子とを含んでなる永久磁石回転機として得ることができる。

30

なお、本発明に用いる磁石個数は、特に限定されるものではないが、偶数個最大100個まで、好ましくは4～36個の磁石を配置し、周方向に交互に極性が異なるように配置されている。

【実施例】

【0051】

以下、本発明の具体的態様について実施例をもって詳述するが、本発明の内容はこれに限定されるものではない。なお、下記例で、酸化Dy又はフッ化Dyによる磁石表面空間の占有率(存在率)は、粉末処理後の磁石質量増と粉末物質の真密度より算出した。

【0052】

[実施例1～4及び比較例1～3]

40

<実施例及び比較例の磁気特性>

純度99質量%以上のNd、Co、Al、Feメタルとフェロボロンを所定量秤量してAr雰囲気中で高周波溶解し、この合金溶湯をAr雰囲気中で銅製単ロールに注湯するいわゆるストリップキャスト法により薄板状の合金とした。得られた合金の組成はNdが13.5原子%、Coが1.0原子%、Alが0.5原子%、Bが5.8原子%、Feが残部であり、これを合金Aと称する。合金Aに水素を吸蔵させた後、真空排気を行いながら500℃まで加熱して部分的に水素を放出させる、いわゆる水素粉碎により30メッシュ以下の粗粉とした。更に純度99質量%以上のNd、Tb、Fe、Co、Al、Cuメタルとフェロボロンを所定量秤量し、Ar雰囲気中で高周波溶解した後、鑄造した。得られた合金の組成はNdが20原子%、Tbが10原子%、Feが24原子%、Bが6原子%

50

、Alが1原子%、Cuが2原子%、Coが残部であり、これを合金Bと称する。合金Bは窒素雰囲気中、ブラウンミルを用いて30メッシュ以下に粗粉碎された。

【0053】

続いて、合金A粉末を90質量%、合金B粉末を10質量%秤量して、窒素置換したVブレンダー中で30分間混合した。この混合粉末は高圧窒素ガスを用いたジェットミルにて、粉末の質量中位粒径4 μ mに微粉碎された。得られた混合微粉末を窒素雰囲気下15kOeの磁界中で配向させながら、約1ton/cm²の圧力で成形した。次いで、この成形体をAr雰囲気の焼結炉内に投入し、1,060で2時間焼結し、71mm×45mm×厚み10mm(磁気異方性化した方向)の永久磁石ブロックを作製した。永久磁石ブロックをダイヤモンド砥石により図4に示すような断面D形に全面研削加工した。その寸法はL=70mm、W=45mm、Tc=9mm、Te=3mm(形状1)と、L=70mm、W=15mm、Tc=3mm、Te=1mm(形状2)(TcとTeが磁気異方性化した方向)である。形状1の寸法は形状2に対し、L方向が同じでWとT方向が3倍になったものである。研削加工された磁石体をアルカリ溶液で洗浄した後、酸洗浄して乾燥させた。各洗浄の前後には純水による洗浄工程が含まれている。

10

【0054】

次に、平均粉末粒径が5 μ mのフッ化ディスプロシウムを質量分率50%でエタノールと混合し、これに超音波を印加しながら磁石体を1分間浸した。引き上げた磁石は直ちに熱風により乾燥させた。この時のフッ化ディスプロシウムによる磁石表面空間の占有率は45%であった。これにAr雰囲気中900で1時間という条件で吸収処理を施し、更に500で1時間時効処理して急冷することで、磁石体を得た。形状1に対しこの処理をしたものを磁石体M1、形状2に対しこの処理をしたものを磁石体M2と称する。比較のために形状1に対し熱処理のみ施したものを磁石体P1、形状2に対しこの処理をしたものを磁石体P2と称する。

20

【0055】

M2、P2と同じ形状の磁石体に対し、平均粉末粒径が5 μ mのフッ化テルビウムを質量分率50%でエタノールと混合し、これに超音波を印加しながら磁石体を1分間浸した。引き上げた磁石は直ちに熱風により乾燥させた。この時のフッ化テルビウムによる磁石表面空間の占有率は45%であった。これにAr雰囲気中900で1時間という条件で吸収処理を施し、更に500で1時間時効処理して急冷することで、磁石体を得た。これを磁石体M3と称する。

30

【0056】

M2、M3、P2と同じ形状の磁石体に対し、平均粉末粒径が5 μ mのフッ化テルビウムを質量分率50%でエタノールと混合し、これに超音波を印加しながら磁石体の両端部4mmをそれぞれ1分間浸した。引き上げた磁石は直ちに熱風により乾燥させた。この時のフッ化テルビウムによる磁石表面空間の占有率は磁石両端の浸漬された部分で45%であり、浸漬のない中央部では0%であった。本実施例のR酸化物、Rフッ化物、R酸フッ化物から選ばれる1種又は2種以上を含有する粉末を磁石端部表面に塗布した磁石体を説明する図を図5に示す。これにAr雰囲気中900で1時間という条件で吸収処理を施し、更に500で1時間時効処理して急冷することで、磁石体を得た。これを磁石体M4と称する。

40

【0057】

磁石体M1、M2、M3、M4、P1、P2の磁気特性を表1に示した。ディスプロシウムの吸収処理を施していない磁石(P1とP2)の保磁力に対して本発明による永久磁石は端部で480~500kAm⁻¹の保磁力増大が認められ、中央部でも300~450kAm⁻¹の保磁力増大が認められた。保磁力は厚みの厚い形状1の方が小さく、特に中央部の差が大きくなっている。このように厚みが増えると保磁力の増加は鈍くなる。また、テルビウムの吸収処理を施した磁石(M3)は、施していない磁石(P2)の保磁力に対して800kAm⁻¹の保磁力増大が認められる。本発明の永久磁石の残留磁束密度の低下は5mTであった。

50

【 0 0 5 8 】

比較のために、合金 A の Nd 一部を Dy で置換した組成合金を用いて永久磁石を作製し、 500 kAm^{-1} の保磁力増大を図ったところ、残留磁束密度は 50 mT 低下した。この磁石体を P3 とし、磁気特性を表 1 に併記した。なお、P3 の形状は形状 2 である。

【 0 0 5 9 】

磁石体 M1 と M2 の SEM による反射電子像と EPMA により、磁石には Dy 及び F が観察された。処理前の磁石には Dy 及び F は含まれていないので、磁性体 M1 と M2 における Dy 及び F の存在は、本発明の吸収処理によるものである。吸収された Dy は結晶粒界近傍にのみ濃化している。一方、フッ素 (F) も粒界部に存在し、処理前から磁石内に含まれている不可避的不純物である酸化物と結合して酸フッ化物を形成している。この Dy の分布により、残留磁束密度の低下を最小限に抑えながら保磁力を増大させることが可能となった。

【 0 0 6 0 】

【表 1】

	磁石		Br [T]	HcJ [kAm ⁻¹]	(BH)max [kJm ⁻³]
実施例 1	M1	端部	1.417	1,480	392
		中央部	1.418	1,300	393
実施例 2	M2	端部	1.415	1,500	390
		中央部	1.417	1,450	392
実施例 3	M3	端部	1.415	1,800	390
		中央部	1.417	1,770	392
実施例 4	M4	端部	1.415	1,800	390
		中央部	1.418	1,300	393
比較例 1	P1	端部	1.420	1,000	395
		中央部	1.420	1,000	395
比較例 2	P2	端部	1.420	1,000	395
		中央部	1.420	1,000	395
比較例 3	P3	端部	1.370	1,500	368
		中央部	1.370	1,500	368

【 0 0 6 1 】

<実施例及び比較例のモータ特性>

本発明の磁石 M1、M2、M3、M4 及び比較例の磁石 P1、P2、P3 を永久磁石モータに組み込んだ時のモータ特性について説明する。永久磁石モータは図 1 に示す表面磁石型モータである。ロータは、 0.5 mm の電磁鋼板を積層したものの表面に永久磁石がはりつけられており 6 極構造となっている。形状 1 の磁石 M1 と P1 を用いたロータの外径寸法 (隣接する永久磁石の輪郭の頂点を通る外径) は 90 mm 、長さ 70 mm となっている。ステータは、 0.5 mm の電磁鋼板を積層した 9 スロット構造で、各ティースには集中巻きでコイルが 15 ターン巻かれており、コイルは U 相, V 相, W 相の 3 相 Y 結線となっている。ロータとステータの空隙は 1 mm である。図 1 に示すコイルの黒丸印はコイルの巻き方向が手前、×印はコイルの巻き方向が奥であることを意味している。コイルに電流を流すと、ステータコア部分に書いた矢印の方向に界磁され、回転子を反時計回りに回転させる。このとき、永久磁石セグメントの回転方向の後方 (図 1 の磁石においてで囲った部分) は界磁が永久磁石の磁化と逆方向になるので減磁しやすい状況になっている。

【 0 0 6 2 】

同様に形状 2 の磁石 M2、M3、P2、P3 を用いたロータの外径寸法は 45 mm 、長

さ70mmとなっている。ロータとステータの空隙は1mmである。

【0063】

減磁の程度を評価するために、モータを100と120の温度に曝した前後の駆動トルクの差を測定した。まず、室温で各コイルあたり実効値50Aの三相電流で回転させた時の駆動トルクを測定し、次にモータをオープンに入れて同じく50Aの電流で回転させた。これを、オープンから出して室温に戻して同じく50Aで回転させたときの駆動トルクを測定した。減磁によるトルク減少率 = (オープンに入れた後の室温の駆動トルク - オープンに入れる前の室温の駆動トルク) / (オープンに入れる前の室温の駆動トルク) とした。

【0064】

減磁による駆動トルク減少率の値を表2に示す。比較例1, 2の保磁力が小さな磁石を用いたモータは100で減磁が観測され、120では更に大きな減磁を示した。100の環境では使えないことが分かった。これに対し、実施例1, 2で本発明の処理により保磁力を増加させた磁石を用いたモータは100で減磁が観測されず、100での環境で使える。120では実施例1, 2とも約2%の減磁が見られる。本発明の処理による保磁力の増加量は、磁石端部は磁石表面からの距離が近いのでディスプレイウムの吸収が十分に行われて磁石M1磁石M2とも同程度であり、中央部は磁石M1の寸法が厚いためにディスプレイウムの吸収が十分に行われず、 170 k A m^{-1} の保磁力差がある。磁石中央部の保磁力には差があるが、モータの減磁によるトルクの減少量は同程度であった。これは、永久磁石モータで減磁しやすい部分が磁石端部であって、本発明の処理は磁石端部の保磁力をより増大できるために、減磁しにくいモータとなった。

【0065】

実施例3は、テルビウムを吸収処理させてより保磁力を増加させた磁石を用いたモータであり、120でも減磁が観測されない。

【0066】

実施例4は、図5のように実施例1において磁石端部にテルビウムを吸収処理させてより保磁力を増加させた磁石を用いたモータであり、100では減磁がなく、120でわずかに減磁が観測された。ディスプレイウムやテルビウムは高価な元素であるので使用量を削減したい。本発明は保磁力の必要な箇所に集中的に吸収処理できるので、ディスプレイウムやテルビウムの使用量を削減できる。

【0067】

比較例3は、合金AのNd一部をDyで置換した組成合金を用いて実施例2と同等の保磁力を得た永久磁石であり、減磁によるモータのトルク減少量は同程度であったが、残留磁束密度が3.3%小さいので駆動トルクが小さくなってしまった。

【0068】

実施例は永久磁石モータであるが、永久磁石発電機も同じ構造であり、本発明の効果は同様である。

【0069】

10

20

30

【表 2】

	磁石	減磁率[%]	
		100℃	120℃
実施例1	M1	0	2.0
実施例2	M2	0	1.8
実施例3	M3	0	0
実施例4	M4	0	0.5
比較例1	P1	5.6	11.7
比較例2	P2	5.6	11.7
比較例3	P3	0	1.8

10

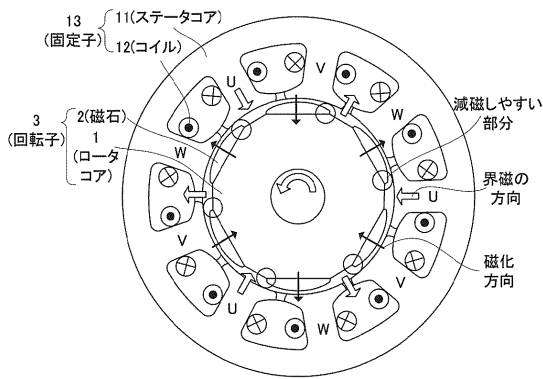
【符号の説明】

【0070】

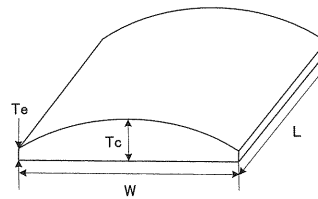
- 1 ロータコア（回転子コア）
- 2 磁石
- 3 回転子
- 11 ステータコア
- 12 コイル
- 13 固定子
- 20 磁石体
- 22 粉末
- Tc 永久磁石中央部の厚さ
- Te 端部の厚さ

20

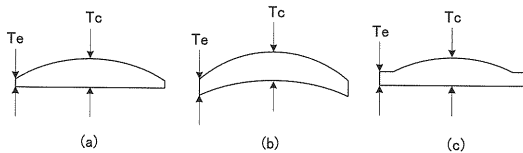
【図 1】



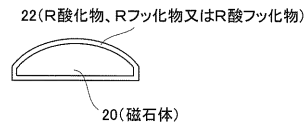
【図 3】



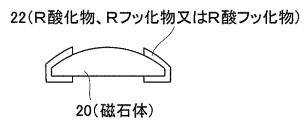
【図 2】



【図 4】



【 図 5 】



フロントページの続き

(72)発明者 中村 元

福井県越前市北府二丁目1番5号 信越化学工業株式会社磁性材料研究所内

(72)発明者 廣田 晃一

福井県越前市北府二丁目1番5号 信越化学工業株式会社磁性材料研究所内

(72)発明者 美濃輪 武久

福井県越前市北府二丁目1番5号 信越化学工業株式会社磁性材料研究所内

Fターム(参考) 5H622 AA04 CA02 DD02 QA02