

(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2010-4716

(P2010-4716A)

(43) 公開日 平成22年1月7日(2010.1.7)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
H02K 1/27 (2006.01)	H02K 1/27 502G	5H622
H02K 15/03 (2006.01)	H02K 15/03 A	

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号	特願2008-163577 (P2008-163577)	(71) 出願人	591083244
(22) 出願日	平成20年6月23日 (2008. 6. 23)		富士電機システムズ株式会社
			東京都品川区大崎一丁目11番2号
		(74) 代理人	100075166
			弁理士 山口 巖
		(74) 代理人	100085833
			弁理士 松崎 清
		(72) 発明者	柳川 克彦
			東京都日野市富士町1番地 富士電機アド
			バンストテクノロジー株式会社内
		(72) 発明者	崎山 貴史
			東京都品川区大崎一丁目11番2号 富士
			電機機器制御株式会社内
		Fターム(参考)	5H622 CA01 CA05 CB04 PP01 PP04
			PP19 QB01

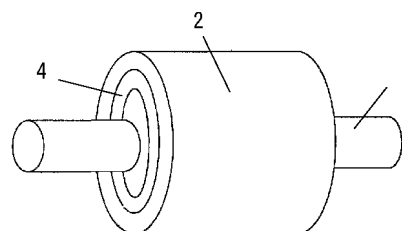
(54) 【発明の名称】 永久磁石形回転電機の回転子構造

(57) 【要約】

【課題】ネオジウム(NdFeB)焼結磁石で作られた円筒型永久磁石と鉄材系の軸との間を接着剤で構造接着する場合に、接着剤の物性を巧みに活かして高温側から低温側までの使用温度範囲で生じる熱応力を効果的に吸収緩和できるようにした永久磁石形回転電機の回転子構造を提供する。

【解決手段】ネオジウム焼結磁石で作られた円筒型永久磁石を回転軸の外周に嵌め合わせ、その嵌め合わせ面に接着剤を塗布して構造接着した構成になる永久磁石形回転電機の回転子において、前記接着剤には高弾性率の高分子系接着剤とゴム弾性を持った低弾性率の高分子系接着剤をブレンドした海島構造の接着剤を採用し、具体的にはエポキシ系成分にシリコンゴム系成分を分散させて海島構造を形成したエポキシ・シリコンゴム混合系接着剤で、そのガラス転移温度をモータ使用温度範囲のほぼ中間温度ないしそれ以下の温度に合わせて調製したものを使用する。

【選択図】 図1



1 : 軸
2 : 円筒型永久磁石
4 : エポキシ・シリコンゴム混合系接着剤

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

表面着磁した円筒形のネオジウム焼結磁石を回転軸の外周に嵌め合わせ、その嵌め合わせ面に接着剤を塗布して構造接着した構成になる永久磁石形回転電機の回転子において、

前記接着剤として、高弾性率の高分子系接着剤と低弾性率の高分子系接着剤とを分散混合して構成した海島構造の接着剤を使用することを特徴とする永久磁石形回転電機の回転子構造。

【請求項 2】

請求項1に記載の回転子構造において、海島構造の接着剤がエポキシ成分にシリコンゴム成分を分散して海島構造を形成したエポキシ・シリコンゴム混合系接着剤であることを特徴とする永久磁石形回転電機の回転子構造。

10

【請求項 3】

請求項 2 に記載の回転子構造において、エポキシ・シリコンゴム混合系接着剤のガラス転移温度を、モータ使用温度範囲のほぼ中間温度ないしそれ以下の温度に合わせて調製したことを特徴とする永久磁石形回転電機の回転子構造。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ネオジウム（NdFeB）焼結磁石で作られた円筒型永久磁石を回転子に用いたサーボモータなどを実施対象とする永久磁石形回転電機の回転子構造に関する。

20

【背景技術】

【0002】

まず、頭記した永久磁石形回転電機（同期モータ）の従来構造（例えば、特許文献 1 参照）を図 4 に示す。図 4 において 1 は回転子の軸、2 は軸 1 の外周面に嵌め合わせて構造接着したリング形ネオジウム（NdFeB）焼結磁石になる円筒型永久磁石（例えば、直径：50mmφ、軸との間の間隙：100μm）であり、軸 1 と円筒型永久磁石 2 との間が流動性型のシリコンゴム系接着剤 3 で接着されている。なお、円筒型永久磁石 3 は、接着完成後にその周上に沿って N 極と S 極が交互に配列するように着磁されている。

【0003】

上記構造の回転子組立方法は、軸 1 の外周面、および円筒型永久磁石 2 の内周面にそれぞれ定量の流動性型シリコンゴム系接着剤 3 を塗布した上で円筒型永久磁石 2 を軸 1 に嵌め合わせ、端面からはみ出た余剰の接着剤を拭き取った後に 120℃、2 時間のキュア条件で接着剤 3 を硬化し、その後室温まで徐冷して回転子が完成する。

30

【0004】

なお、この永久磁石形回転電機の使用温度範囲は、一例として高温側が 110℃、低温側が -10℃ に定められている。

【特許文献 1】特開平 8 - 223838 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、接着剤に先記の流動性型シリコンゴム系接着剤 3 を用いて軸 1 に円筒型永久磁石 2 を接着した従来の回転子構造では次のような問題点がある。

40

【0006】

よく知られているように、ネオジウム（NdFeB）焼結磁石はそれ自身の自発体積磁歪により、磁化容易方向に対して直角方向での熱膨張率が“負”の値（ -1.2×10^{-6} （1/℃））を持っている。このために、前記した永久磁石形回転電機のように回転子の周面に N 極と S 極が交互に配列するよう半径方向に着磁したネオジウム磁石の円筒型永久磁石 2 では、使用温度範囲の高温側（+110℃）で円筒型永久磁石 2 が熱収縮して径寸法が僅かながら縮小するのに対して、鉄材の炭素鋼（例えば、S45C、熱膨張率： $+1.2 \times 10^{-5}$ （1/℃））で作られた回転軸 1 は、高温側では熱膨張して径寸法が増加する。

50

一方、使用温度範囲の低温側（ - 1 0 ）では前記と逆に回転軸 1 が熱収縮して径寸法が縮小するのに対して、円筒型永久磁石 2 は逆に熱膨張して径寸法が拡大するように、軸 1 の外周面と円筒型永久磁石 2 の内周面との間の間隔極が微小ながら増減変化する。

【 0 0 0 7 】

したがって、図 4 の従来例（特許文献 1）のように低弾性率のシリコンゴム系接着剤 3 を用いて軸 1 と円筒型永久磁石 2 と間を構造接着した回転子構造を採用することにより、先記した使用温度範囲の高温側（ 1 1 0 ）では軸 1 と円筒型永久磁石 2 との熱膨張差による熱応力を低弾性率の接着剤層で有効に吸収緩和できる。これに対して、低温側（ - 1 0 ）では接着剤層に引っ張り応力が加わるが、シリコンゴム系の接着剤層は低温になるとゴム弾性が低下してヤング率が増加する（固くなる）ので、前記の引っ張り応力を吸収し切れずに接着剤層自身が界面剥離するか凝集破壊して層内に亀裂が生じ、これが原因で軸 1 と円筒型永久磁石 2 との接着結合が破断する危険性がある。

【 0 0 0 8 】

かかる点、シリコンゴム系接着剤に比べて接着強度、弾性率が高いエポキシ系接着剤を用いれば、低温側での引っ張り応力に対して界面剥離、凝集破壊の発生なしに充分耐えられるものの、高温側ではエポキシ系接着剤が高弾性率（ヤング率： 2 0 0 0 M P a ）であるために、熱収縮するネオジム焼結磁石（熱膨張率の値が“負”）には過大な応力が加わって脆性破壊を引き起こし、円筒型永久磁石 2 が割れる恐れがある。

【 0 0 0 9 】

この発明は上記の点に鑑みなされたものであり、その目的はネオジム（ N d F e B ）焼結磁石で作られた円筒型永久磁石と鉄材系の軸との間を接着剤で構造接着する場合に、接着剤の物性を巧みに活かして高温側から低温側までの使用温度範囲で生じる熱応力を効果的に吸収緩和できるように改良した信頼性の高い永久磁石形回転電機の回転子構造を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 0 】

上記目的を達成するために、この発明によれば、表面着磁した円筒形のネオジム焼結磁石を回転軸の外周に嵌め合わせ、その嵌め合わせ面に接着剤を塗布して構造接着した構成になる永久磁石形回転電機の回転子において、

前記接着剤として、高弾性率の高分子系接着剤とゴム弾性を持った低弾性率の高分子系接着剤とを分散混合して構成した海島構造の接着剤を使用し（請求項 1）、具体的には次記態様の接着剤を用いるものとする。

（ 1 ）前記した海島構造の接着剤は、エポキシ系成分にシリコンゴム系成分を分散させて海島構造を形成したエポキシ・シリコンゴム混合系接着剤である（請求項 2）。

（ 2 ）前記のエポキシ・シリコンゴム混合系接着剤は、そのガラス転移温度をモータ使用温度範囲のほぼ中間温度ないしそれ以下の温度に合わせて調製したものである（請求項 3）。

【発明の効果】

【 0 0 1 1 】

前記の回転子構造で使用する海島構造の接着剤は、『海』にあたる部分がエポキシ樹脂、『島』にあたる部分がシリコンゴムとなるようにエポキシ樹脂中にシリコンゴム成分を添加して分散混合した混合系の接着剤であり、この接着剤は高温側の温度領域においてはシリコンゴム成分の低弾性率（ゴム弾性）が効果を発揮し、軸と円筒型永久磁石との熱膨張差によって加わる圧縮応力を吸収緩和する。また、低温側の温度領域では高弾性率のエポキシ樹脂が効果を発揮し、その高い接着強度とエポキシ樹脂自身の弾性変形により引っ張り応力を吸収して円筒型永久磁石に加わる応力を緩和する。

【 0 0 1 2 】

さらに、前記した海島構造のエポキシ・シリコンゴム混合系接着剤について、そのガラス転移温度（ T g ）をモータ使用温度範囲のほぼ中間温度ないしそれ以下の温度に合わせて調製することにより、永久磁石形回転電機の使用温度範囲（ - 1 0 ~ + 1 1 0 ）

10

20

30

40

50

において、 $-10 \sim +25$ の温度領域では接着剤層の弾性率（縦弾性係数）が 1200 MPa で、 $+25 \sim +80$ にかけては温度上昇に伴って弾性率が低くなる傾向を示す。また、 $+80 \sim +110$ の温度範囲では弾性率が 15 MPa 程度にまで低下し、高温側領域においては低弾性率となる。

【0013】

これは、海島構造のエポキシ・シリコーンゴム混合系接着剤に混合されたシリコーンゴム成分が、 $+50$ （使用温度範囲のほぼ中間温度）以上ではガラス転移（ $T_g = 50$ ）してガラス状態からゴム状態に変化して低弾性率となるためである。

【0014】

これにより、永久磁石形回転電機の使用温度範囲（例えば $-10 \sim +110$ ）での冷熱サイクルで、鉄系材の軸とネオジム焼結磁石の円筒型永久磁石との熱膨張率差に起因して生じる熱応力を接着剤層自身が効果的に吸収緩和し、ネオジム焼結磁石が脆性破壊するおそれのない高信頼性の回転子構造を提供できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下、この発明の実施の形態を図1～図3に基づいて説明する。なお、図1，図2はそれぞれ第1，第2の実施例による回転子構造の構成斜視図、図3は実施例1，2に採用したエポキシ・シリコーンゴム混合系接着剤の温度・弾性率の関係をエポキシ系接着剤と対比して表した特性図である。

【実施例1】

【0016】

図1はこの発明の実施例1に係わる回転子の構成図である。図1において、1は回転子の軸（材料はS45C）、2は軸1の外周面に接着されるネオジム（NdFeB）焼結磁石で作られた円筒型永久磁石であり、この発明では軸1と円筒型永久磁石2の間がエポキシ・シリコーンゴム混合系接着剤4で接着されている。

【0017】

このエポキシ・シリコーンゴム混合系接着剤4は、『海』にあたる部分がエポキシ樹脂、『島』にあたる部分がシリコーンゴムとなるような配合比率でエポキシ樹脂中にシリコーンゴム成分を分散させて海島構造を形成した混合系の接着剤であり、例えば、商品名：T-834/R2201（ナガセケムテックス（株）製）のものを使用する。

【0018】

また、この実施例に採用するエポキシ・シリコーンゴム混合系接着剤4は、後記のようにガラス転移温度（ T_g ）が回転電機の使用温度範囲（ $-10 \sim +110$ ）のほぼ中間温度近傍、ないしそれ以下に合わせて調製されたものを使用する。なお、エポキシ・シリコーンゴム混合系接着剤4のガラス転移温度は、エポキシ樹脂，シリコーンゴムの各成分の組成，配合比率を変えることで調整される。

【0019】

上記構造の回転子を組立てるには、まず軸1の外周面，および円筒型永久磁石2の内周面にそれぞれ定量のエポキシ・シリコーンゴム混合系接着剤4を塗布した状態で、軸1の外周面に円筒型磁石2を嵌合させる。次に、嵌合面からはみ出た余剰の接着剤を拭き取った上で、80℃，2時間のキュア条件でエポキシ・シリコーンゴム混合系接着剤4を硬化させ、さらに室温まで徐冷して回転子を完成する。

【0020】

次に、前記のエポキシ・シリコーンゴム混合系接着剤4について、永久磁石形回転電機の使用温度範囲（ $-10 \sim +110$ ）における温度・弾性率の関係を表す特性を、比較例として挙げたエポキシ系接着剤と対比して図4に示す。すなわち、高弾性率のエポキシ系接着剤は、使用温度範囲である $-10 \sim +110$ の全温度領域で 2000 MPa 前後の高い弾性率を維持しているのに対して、海島構造のエポキシ・シリコーンゴム混合系接着剤4の弾性率は、 $-10 \sim 25$ の温度領域で 1200 MPa 、 $+25$ から $+80$ にかけて弾性率が低くなる傾向を示し、 $+80 \sim +110$ の領域では 15 MPa

10

20

30

40

50

a と高温側においては非常に低弾性率な状態に変化することが分かる。

【 0 0 2 1 】

これは、海島構造のエポキシ・シリコーンゴム混合系接着剤に混合されたシリコーンゴム成分が、+ 5 0 （使用温度範囲のほぼ中間温度）以上ではガラス転移（ $T_g = 50$ ）し、硬質なガラス状態から低弾性率なゴム状態に変化するためである。

【 0 0 2 2 】

したがって、鉄系材で作られた軸 1 とネオジム焼結磁石で作られた円筒形磁石 2 との物性の相違から両者の間に熱膨張率（軸 1 の熱膨張率は“正”であるが、ネオジム磁石の熱膨張率“負”）に大きな差がある永久磁石形回転電機の回転子を組み立てる場合において、前記した弾性特性を持った海島構造のエポキシ・シリコーンゴム混合系接着剤を使用することにより、その使用温度範囲（例えば - 1 0 ~ + 1 1 0 ）における冷熱サイクルで、軸 1 と円筒型永久磁石 2 との熱膨張率差に起因して生じる熱応力を接着剤層自身が効果的に吸収緩和し、ネオジム焼結磁石の脆性破壊による円筒型永久磁石 2 の割れを回避することができる。

【実施例 2】

【 0 0 2 3 】

図 2 はこの発明の実施例による回転子の構成図であり、軸 1 には長手方向に沿って 2 個の円筒型永久磁石 2 a , 2 b を装着した構造になり、ここで軸 1 と円筒型永久磁石 2 a , 2 b との間が、先記従来と同様にエポキシ・シリコーンゴム混合系接着剤 4 を使用して接着されている。

【 0 0 2 4 】

この実施例で、回転子を組立てるには、軸 1 の外周面、および 2 個の円筒型永久磁石 2 a , 2 b のそれぞれに定量のエポキシ・シリコーンゴム混合系接着剤 4 を塗布した上で、軸 1 の左右両端側から中央位置に向けて 2 個の円筒型磁石 2 a , 2 b を嵌合させる。その後は先記の実施例 1 と同様に、嵌合部からはみ出た余剰の接着剤を拭き取り、8 0 , 2 時間のキュア条件でエポキシ・シリコーンゴム混合系接着剤 4 を硬化させ、室温まで徐冷して回転子を完成する。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 5 】

【図 1】この発明の実施例 1 に係わる回転子の斜視構成図

【図 2】この発明の実施例 2 に係わる回転子の斜視構成図

【図 3】図 1 , 図 2 におけるエポキシ・シリコーンゴム混合系接着剤とエポキシ系接着剤とを対比して表した温度 - 弾性率の特性図

【図 4】従来例の回転子を表す斜視構成図

【符号の説明】

【 0 0 2 6 】

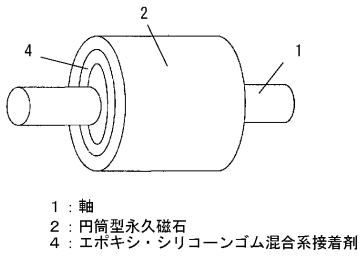
- 1 回転子の軸
- 2 円筒型永久磁石
- 4 エポキシ・シリコーンゴム混合系接着剤

10

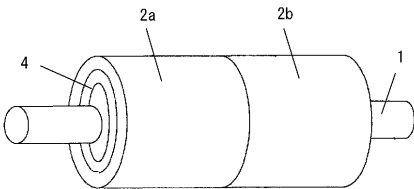
20

30

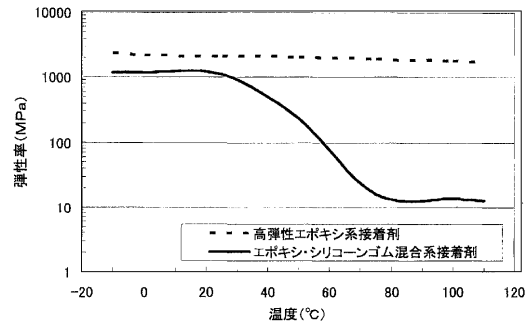
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【図 4】

