

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7335193号
(P7335193)

(45)発行日 令和5年8月29日(2023.8.29)

(24)登録日 令和5年8月21日(2023.8.21)

(51)国際特許分類 F I
H 0 2 K 1/276(2022.01) H 0 2 K 1/276
H 0 2 K 15/03 (2006.01) H 0 2 K 15/03 Z

請求項の数 10 (全16頁)

(21)出願番号	特願2020-61904(P2020-61904)	(73)特許権者	000000011 株式会社アイシン 愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地
(22)出願日	令和2年3月31日(2020.3.31)	(73)特許権者	722014321 東洋紡エムシー株式会社 大阪府大阪市北区梅田一丁目13番1号 大阪梅田ツインタワーズ・サウス
(65)公開番号	特開2021-164216(P2021-164216 A)	(73)特許権者	000230364 日本ユピカ株式会社 東京都千代田区紀尾井町4番13号
(43)公開日	令和3年10月11日(2021.10.11)	(74)代理人	100104433 弁理士 宮園 博一
審査請求日	令和4年2月25日(2022.2.25)	(74)代理人	100202728 弁理士 三森 智裕
		(72)発明者	古田 泰也

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ロータコアおよびロータコアの製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の電磁鋼板が積層されることにより構成され、前記電磁鋼板の積層方向に延びるように設けられ磁石収容部を含む積層コアと、

前記積層コアの前記磁石収容部に配置される永久磁石と、

前記磁石収容部内において、前記積層コアと前記永久磁石との間に充填されるとともに前記永久磁石を前記磁石収容部内に固定し、前記電磁鋼板の線膨張係数よりも小さい線膨張係数を有する熱硬化性の樹脂材と、を備える、ロータコア。

【請求項2】

前記電磁鋼板の線膨張係数は、 $11.5 \mu\text{m}/$ 以上、 $13 \mu\text{m}/$ 以下の範囲であるとともに、前記樹脂材の線膨張係数は、 $9 \mu\text{m}/$ 以上、 $11.5 \mu\text{m}/$ 以下の範囲である、請求項1に記載のロータコア。

10

【請求項3】

前記樹脂材の線膨張係数は、前記電磁鋼板の線膨張係数以下で、かつ、前記永久磁石の線膨張係数よりも大きい、請求項1または2に記載のロータコア。

【請求項4】

前記永久磁石の線膨張係数は、 $-1.5 \mu\text{m}/$ 以下、 $-2.3 \mu\text{m}/$ 以上の範囲である、請求項3に記載のロータコア。

【請求項5】

前記樹脂材の線膨張係数は、前記電磁鋼板の線膨張係数と、前記永久磁石の線膨張係数

20

との中央値よりも、前記電磁鋼板の線膨張係数に近い値である、請求項 3 または 4 に記載のロータコア。

【請求項 6】

前記磁石収容部は、前記電磁鋼板に設けられた孔部が軸方向に重なって形成され、周囲が閉塞された空間である、請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載のロータコア。

【請求項 7】

前記樹脂材は、第 1 温度以上に加熱されることにより溶融するとともに、溶融状態において前記第 1 温度よりも高い第 2 温度以上に加熱されることにより硬化するように構成されている、請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載のロータコア。

【請求項 8】

前記樹脂材は、前記第 2 温度よりも高いガラス転移温度を有している、請求項 7 に記載のロータコア。

【請求項 9】

複数の電磁鋼板が積層されることにより構成され、前記電磁鋼板の積層方向に延びるように設けられた磁石収容部を含む積層コアを有するロータコアの製造方法であって、

前記積層コアの前記磁石収容部に、永久磁石を配置する配置工程と、

前記配置工程の後に、前記電磁鋼板の線膨張係数よりも小さい線膨張係数を有する溶融された樹脂材を、前記磁石収容部内において、前記積層コアと前記永久磁石との間に充填する充填工程と、

前記充填工程の後に、前記樹脂材を加熱することにより硬化させる硬化工程と、

前記硬化工程の後に、前記積層コアを冷却するとともに前記樹脂材を冷却する冷却工程と、を備える、ロータコアの製造方法。

【請求項 10】

前記硬化工程は、前記樹脂材が硬化する際に収縮することによって、前記樹脂材に固着されている前記積層コアからの引張り応力が前記樹脂材に作用しながら前記樹脂材を硬化させる工程であり、

前記冷却工程は、前記積層コアが前記樹脂材よりも大きく収縮することによって、前記硬化工程において前記樹脂材に作用した前記引張り応力が緩和されながら前記積層コアおよび前記樹脂材を冷却する工程である、請求項 9 に記載のロータコアの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ロータコアおよびロータコアの製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、永久磁石が樹脂材により固定されているロータコアおよびロータコアの製造方法が知られている（たとえば、特許文献 1 参照）。

【0003】

上記特許文献 1 には、複数の穴部が設けられているロータコアが開示されている。ロータコアの複数の穴部の各々には、磁石が挿入されている。穴部には、熱硬化性の固定部材が設けられている。固定部材は、穴部に配置された磁石を固定するために用いられている。また、固定部材は、エポキシ樹脂を含む熱硬化性樹脂である。また、穴部に固定部材が充填された状態でロータコアが加熱されることにより、固定部材が硬化される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特許第 5971176 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

10

20

30

40

50

しかしながら、上記特許文献 1 には明記されていないが、固定部材は、硬化する際に、ロータコアに固着した状態で一定量だけ収縮する。このため、固定部材は、収縮する際にロータコアから引張り応力を受ける。また、上記特許文献 1 には明記されていないが、上記硬化工程の後には、ロータコアを冷却する冷却工程が行われる。この冷却工程では、ロータコアおよび固定部材の各々は冷却されることにより収縮する。ここで、一般的に、エポキシ樹脂を含む熱硬化性樹脂は、ロータコアを構成する電磁鋼板よりも線膨張係数が大きいので、冷却工程において、固定部材はロータコアよりも大きく収縮する。この場合、固定部材は、ロータコアから引張り応力を受ける。すなわち、固定部材の硬化工程および冷却工程の各々において、固定部材は、ロータコアから引張り応力を受ける。このため、固定部材には、固定部材の硬化工程および冷却工程の各々において加えられた引張り応力が残留応力として残るといった不都合がある。この場合、ロータの回転時等に、残留応力に起因して固定部材が破損するという問題点がある。

10

【0006】

この発明は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、この発明の 1 つの目的は、樹脂材が破損するのを防止することが可能なロータコアおよびロータコアの製造方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を達成するために、この発明の第 1 の局面におけるロータコアは、複数の電磁鋼板が積層されることにより構成され、電磁鋼板の積層方向に延びるように設けられた磁石収容部を含む積層コアと、積層コアの磁石収容部に配置される永久磁石と、磁石収容部内において、積層コアと永久磁石との間に充填されるとともに永久磁石を磁石収容部内に固定し、電磁鋼板の線膨張係数よりも小さい線膨張係数を有する熱硬化性の樹脂材と、を備える。

20

【0008】

この発明の第 1 の局面によるロータコアでは、上記のように、電磁鋼板の線膨張係数よりも小さい線膨張係数を有する熱硬化性の樹脂材が備えられている。ここで、熱硬化性の樹脂材を硬化させる際には、磁石収容部に溶融された樹脂材が注入された状態で樹脂材が加熱される。この際、樹脂材が積層コアに固着された状態で収縮するので、樹脂材は、積層コアから引張り応力を受ける。また、樹脂材が硬化した後に積層コアおよび樹脂材が冷却される際に、樹脂材および積層コアの各々が収縮する。この際、樹脂材の線膨張係数が電磁鋼板の線膨張係数以下であるので、電磁鋼板の積層方向において、樹脂材の収縮する大きさは電磁鋼板（積層コア）の収縮する大きさ以下となる。この場合、樹脂材は、積層コアから受ける引張り応力が増加することはないので、ロータコアの製造工程後の樹脂材の残留応力を、硬化工程において発生した引張り応力以下にすることができる。その結果、樹脂材の線膨張係数が電磁鋼板の線膨張係数よりも大きく、樹脂材の冷却工程において樹脂材に作用する引張り応力が増加する場合に比べて、ロータコアの製造工程後の樹脂材の残留応力を小さくすることができる。その結果、ロータの運転時等に、樹脂材が破損するのを防止することができる。

30

【0009】

また、樹脂材の熱膨張係数が電磁鋼板の線膨張係数以下であるので、ロータの運転時において樹脂材の温度が変化する場合にも、樹脂材の膨張量（収縮量）を電磁鋼板の膨張量（収縮量）以下にすることができる。その結果、ロータの運転時に樹脂材に加えられる応力が大きくなるのを防止することができるので、ロータの運転時に樹脂材が破損するのをより確実に防止することができる。

40

【0010】

この発明の第 2 の局面におけるロータコアの製造方法は、複数の電磁鋼板が積層されることにより構成され、電磁鋼板の積層方向に延びるように設けられた磁石収容部を含む積層コアを有するロータコアの製造方法であって、積層コアの磁石収容部に、永久磁石を配置する配置工程と、配置工程の後に、電磁鋼板の線膨張係数よりも小さい線膨張係数を有

50

する溶融された樹脂材を、磁石収容部内において、積層コアと永久磁石との間に充填する充填工程と、充填工程の後に、樹脂材を加熱することにより硬化させる硬化工程と、硬化工程の後に、積層コアを冷却するとともに樹脂材を冷却する冷却工程と、を備える。

【0011】

この発明の第2の局面によるロータコアの製造方法では、上記のように、電磁鋼板の線膨張係数よりも小さい線膨張係数を有する溶融された樹脂材を磁石収容部に充填する充填工程が備えられている。ここで、硬化工程においては、樹脂材が積層コアに固着された状態で収縮するので、樹脂材は、積層コアから引張り応力を受ける。また、冷却工程においては、樹脂材および積層コアの各々が冷却されることにより収縮する。この際、樹脂材の線膨張係数が電磁鋼板の線膨張係数以下であるので、電磁鋼板の積層方向において、樹脂材の収縮する大きさは電磁鋼板（積層コア）の収縮する大きさ以下となる。この場合、樹脂材は、積層コアから応力を受けることがないか、または、積層コアから圧縮応力を受けるので、ロータコアの製造工程後の樹脂材の残留応力を、樹脂材の硬化工程において発生した引張り応力以下にすることができる。その結果、樹脂材の線膨張係数が電磁鋼板の線膨張係数よりも大きく、樹脂材の冷却工程において樹脂材に作用する引張り応力が増加する場合に比べて、ロータコアの製造工程後の樹脂材の残留応力を小さくすることができる。その結果、ロータの運転時等に、樹脂材が破損するのを防止することが可能なロータコアの製造方法を提供することができる。

10

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、樹脂材が破損するのを防止することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】一実施形態によるロータ（回転電機）の構成を示す平面図である。

【図2】一実施形態によるロータコアの断面図である。

【図3】一実施形態によるロータコアの製造方法を示したフロー図である。

【図4】一実施形態によるロータコアの製造時における樹脂材および積層コアの応力状態を示した図である。

【図5】一実施形態によるロータコアの製造時における、樹脂材、積層コア、永久磁石、および樹脂モールド（比較例）の軸方向寸法の変化を示した図である。

30

【図6】一実施形態によるロータコアの製造時における、樹脂材および樹脂モールド（比較例）の各々の積層コアに対する軸方向寸法差の変化を示した図である。

【図7】一実施形態によるロータコアの製造時における、樹脂材および樹脂モールド（比較例）の各々の永久磁石に対する軸方向寸法差の変化を示した図である。

【図8】一実施形態によるロータコアの使用時における、樹脂材、積層コア、永久磁石、および樹脂モールド（比較例）の軸方向寸法の変化を示した図である。

【図9】一実施形態によるロータコアの使用時における、樹脂材および樹脂モールド（比較例）の各々の積層コアに対する軸方向寸法差の変化を示した図である。

【図10】一実施形態によるロータコアの使用時における、樹脂材および樹脂モールド（比較例）の各々の永久磁石に対する軸方向寸法差の変化を示した図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

【0015】

[本実施形態]

図1～図10を参照して、本実施形態によるロータコア4およびロータコア4の製造方法について説明する。

【0016】

本願明細書では、「軸方向」とは、ロータ1（ロータコア4）の回転軸線C1に沿った方向を意味し、図中のZ方向を意味する。また、「積層方向」とは、ロータコア4の電磁

50

鋼板 4 a (図 2 参照) が積層する方向を意味し、図中の Z 方向を意味する。また、「径方向」とは、ロータ 1 (ロータコア 4) の径方向 (R 1 方向または R 2 方向) を意味し、「周方向」は、ロータ 1 (ロータコア 4) の周方向 (E 1 方向または E 2 方向) を意味する。

【 0 0 1 7 】

図 1 に示すように、回転電機 1 0 0 は、ロータ 1 とステータ 2 とを備える。また、ロータ 1 およびステータ 2 は、それぞれ、円環状に形成されている。そして、ロータ 1 は、ステータ 2 の径方向内側に対向して配置されている。すなわち、本実施形態では、回転電機 1 0 0 は、インナーロータ型の回転電機として構成されている。また、ロータ 1 の径方向内側には、シャフト 3 が配置されている。シャフト 3 は、ギア等の回転力伝達部材を介して、エンジンや車軸に接続されている。たとえば、回転電機 1 0 0 は、モータ、ジェネレータ、または、モータ兼ジェネレータとして構成されており、車両に搭載されるように構成されている。なお、図 1 では、簡略化のため、後述する樹脂材 6 の図示を省略している。

10

【 0 0 1 8 】

また、ロータコア 4 は、周囲が閉塞した複数の孔部 4 b を有する複数の電磁鋼板 4 a (図 2 参照) が積層されるとともに、孔部 4 b が軸方向に重なって形成され、電磁鋼板 4 a の積層方向に延びる磁石収容部 1 0 を有する積層コア 4 d を備える。つまり、磁石収容部 1 0 は、周囲を積層コア 4 d に囲まれており、積層コア 4 d の軸方向に延びる空間である。また、ロータコア 4 は、積層コア 4 d の磁石収容部 1 0 に配置される永久磁石 5 を備える。磁石収容部 1 0 は、積層コア 4 d に複数 (本実施形態では 3 2 個) 設けられている。すなわち、回転電機 1 0 0 は、埋込永久磁石型モータ (I P M モータ : I n t e r i o r P e r m a n e n t M a g n e t M o t o r) として構成されている。また、磁石収容部 1 0 は、積層コア 4 d (ロータコア 4) のうちの径方向外側の部分に配置されている。なお、互いに隣接する 2 つの磁石収容部 1 0 は、V 字状に配置されている。なお、磁石収容部 1 0 の配置および個数は、これに限られない。

20

【 0 0 1 9 】

また、ステータ 2 は、ステータコア 2 a と、ステータコア 2 a に配置されたコイル 2 b とを含む。ステータコア 2 a は、たとえば、複数の電磁鋼板 (珪素鋼板) が軸方向に積層されており、磁束を通過可能に構成されている。コイル 2 b は、外部の電源部に接続されており、電力 (たとえば、3 相交流の電力) が供給されるように構成されている。そして、コイル 2 b は、電力が供給されることにより、磁界を発生させるように構成されている。また、ロータ 1 およびシャフト 3 は、コイル 2 b に電力が供給されない場合でも、エンジン等の駆動または車軸の回転に伴って、ステータ 2 に対して回転するように構成されている。なお、図 1 では、コイル 2 b の一部のみを図示しているが、コイル 2 b は、ステータコア 2 a の全周に亘って配置されている。

30

【 0 0 2 0 】

永久磁石 5 は、積層コア 4 d (ロータコア 4) の軸方向に直交する断面が長方形形状を有している。また、永久磁石 5 の表面は絶縁被膜で覆われており、絶縁被膜には微細な凹凸が形成されている。また、永久磁石 5 の軸方向に沿う長さは、磁石収容部 1 0 の軸方向長さ以下である。たとえば、永久磁石 5 は、磁化方向 (着磁方向) が永久磁石 5 の軸方向に直交する断面の短手方向となるように構成されている。なお、永久磁石 5 は、たとえばネオジウム磁石である。

40

【 0 0 2 1 】

また、ロータコア 4 は、磁石収容部 1 0 に充填されている熱硬化性の樹脂材 6 (図 2 参照) を備える。樹脂材 6 は、磁石収容部 1 0 に配置されている永久磁石 5 を磁石収容部 1 0 内に固定するように設けられている。具体的には、磁石収容部 1 0 を形成する積層コア 4 d の孔部 4 b と永久磁石 5 との間の空間に樹脂材 6 が充填されて、永久磁石 5 を積層コア 4 d に対し固定する。樹脂材 6 は、第 1 温度 T 1 (たとえば 8 0) 以上に加熱されることにより溶融する。また、樹脂材 6 は、第 1 温度 T 1 よりも高い第 2 温度 T 2 (たとえば 1 1 0) 以上に加熱されることにより硬化する。詳細には、樹脂材 6 は、第 1 温度 T 1 よりも低い常温において固形 (フレーク状、ペレット状、または、粉状など) であり、

50

常温から加熱されて、樹脂材 6 の温度が第 1 温度 T_1 以上になると溶融する。そして、樹脂材 6 は、第 1 温度 T_1 以上でかつ第 2 温度 T_2 未満の状態では、溶融状態を維持する（硬化しない）ように構成されている。そして、樹脂材 6 は、溶融状態において第 2 温度 T_2 以上に加熱されることにより、硬化するように構成されている。なお、図 1 では、簡略化のため、樹脂材 6 の図示を省略している。

【 0 0 2 2 】

たとえば、樹脂材 6 として、特開 2 0 1 8 - 1 4 5 2 8 0 号公報に記載されているような合成樹脂材を用いることが可能である。また、合成樹脂材に無機充填材（フィラー）を添加することで、線膨張係数を低下させることができる。無機充填材を含まない合成樹脂材の線膨張係数は数十 $\mu\text{m}/$ であり、無機充填材単体の線膨張係数は十数 $\mu\text{m}/$ である。成樹脂材に無機充填材を添加することにより、複合則に従って、線膨張係数が低下する。なお、複合則は技術的一般用語であるので、ここでは詳述しない。すなわち、本発明に用いる樹脂材 6 は、無機充填材を含んでいる。樹脂材 6 は、無機充填材の重量比率を大きくすることにより線膨張係数を低下させている。無機充填材の重量比率は、樹脂材 6 の全量に対して 5 0 ~ 9 5 重量 % の範囲内である。特に、樹脂材 6 は線膨張係数を低下させるために、非晶質シリカ（線膨張係数：0 . 5 $\mu\text{m}/$ ）の重量比率が最も大きくなっている。なお、樹脂材 6 の構成としては上記に限られるものではなく、熱硬化性の樹脂材であればその他の構成を有する樹脂材でもよい。

【 0 0 2 3 】

ここで、本実施形態では、樹脂材 6 は、電磁鋼板 4 a（積層コア 4 d）の線膨張係数よりも小さい線膨張係数を有する。具体的には、電磁鋼板 4 a の線膨張係数は、約 1 3 $\mu\text{m}/$ である。また、樹脂材 6 の線膨張係数は、約 1 1 $\mu\text{m}/$ である。さらに、車両の駆動装置に用いる回転電機のロータコアとして、電磁鋼板 4 a の線膨張係数は、1 1 . 5 $\mu\text{m}/$ 以上、1 3 $\mu\text{m}/$ 以下の範囲を取ることができ、樹脂材 6 の線膨張係数は、9 $\mu\text{m}/$ 以上、1 1 . 5 $\mu\text{m}/$ 以下の範囲を取ることができる。ところで、樹脂材 6 の線膨張係数を 9 $\mu\text{m}/$ よりも小さくすると、樹脂材 6 における無機充填材の重量比率がさらに大きくなるので、後述するロータコア 4 の製造工程の充填工程において、樹脂材 6 の流動性が低下する。つまり、ロータコア 4 の生産性が低下することになる。従って、樹脂材 6 の線膨張係数は、9 $\mu\text{m}/$ 以上が好ましい。

【 0 0 2 4 】

また、本実施形態では、樹脂材 6 の線膨張係数は、電磁鋼板 4 a の線膨張係数よりも小さく、かつ、永久磁石 5 の線膨張係数よりも大きい。具体的には、永久磁石 5 の線膨張係数は、磁化前（ロータコア 4 の製造時）では約 2 $\mu\text{m}/$ であり、磁化後（ロータコア 4 の使用時（ロータ 1 の運転時））では約 - 2 . 3 $\mu\text{m}/$ である。なお、磁化された状態とは、永久磁石 5 内の磁力の向きが整理された状態を意味する。磁化の方向は、前述した通り、永久磁石 5 の軸方向に直交する断面の短手方向である。一般的な技術常識として、ネオジウム磁石の線膨張係数は、磁化方向と磁化方向に垂直な方向とで異なる数値を取ることが知られている。ここで言う、永久磁石 5 の線膨張係数は、磁化方向に垂直な方向、つまり軸方向の線膨張係数である。また、永久磁石 5 の線膨張係数は、磁化前（ロータコア 4 の製造時）であっても負の値（例えば - 1 . 5 $\mu\text{m}/$ ）を取り得る。よって、車両の駆動装置に用いる回転電機のロータコアとして、永久磁石 5 の線膨張係数は、磁化前後を問わず - 1 . 5 $\mu\text{m}/$ 以下、- 2 . 3 $\mu\text{m}/$ 以上の範囲を取ることができる。

【 0 0 2 5 】

すなわち、樹脂材 6 の線膨張係数は、電磁鋼板 4 a の線膨張係数と、永久磁石 5 の線膨張係数との中央値よりも、電磁鋼板 4 a の線膨張係数に近い値である。なお、樹脂材 6 の線膨張係数は、電磁鋼板 4 a の線膨張係数と上記中央値との中央値よりも、電磁鋼板 4 a の線膨張係数に近い値である。

【 0 0 2 6 】

また、本実施形態では、樹脂材 6 は、第 2 温度 T_2 よりも高いガラス転移温度 T_3 を有している。たとえば、ガラス転移温度 T_3 は、約 2 1 0 である。すなわち、ガラス転移

10

20

30

40

50

温度 T 3 は、ロータ 1 の運転時およびロータコア 4 の製造時において樹脂材 6 が加熱される上限温度 (1 8 0) よりも高い温度である。

【 0 0 2 7 】

(ロータコアの製造方法、樹脂材と積層コアとの間に発生する応力)

次に、図 3 ~ 図 7 を参照して、本実施形態のロータコア 4 の製造方法について説明する。

【 0 0 2 8 】

まず、図 3 に示すように、ステップ S 1 において、積層コア 4 d の磁石収容部 1 0 に永久磁石 5 を配置 (図 2 参照) する工程が行われる。

【 0 0 2 9 】

次に、ステップ S 2 において、積層コア 4 d の磁石収容部 1 0 内において、積層コア 4 d と永久磁石 5 との間に、電磁鋼板 4 a の線膨張係数よりも小さい線膨張係数を有する溶融された樹脂材 6 を充填する充填工程が行われる。具体的には、樹脂材 6 は、第 1 温度 T 1 以上第 2 温度 T 2 未満で加熱され、溶融状態 (流動体) となって磁石収容部 1 0 と永久磁石 5 との間の空間を埋めるように充填される。また、樹脂材 6 は永久磁石 5 の軸方向に沿った側面が樹脂材 6 に囲まれるように注入されるとより好適である。なお、樹脂材 6 が注入される時点では、積層コア 4 d は、所定の温度 (たえば 1 4 0) で予備加熱されている。

【 0 0 3 0 】

充填工程においては、図 4 に示すように、樹脂材 6 は、流動体であるとともに積層コア 4 d と固着されていないので、積層コア 4 d の熱膨張 (図 5 参照) に対して追従する。したがって、充填工程では、樹脂材 6 および積層コア 4 d の熱膨張による、樹脂材 6 と積層コア 4 d との間における軸方向の寸法差 (樹脂材 6 の寸法 - 積層コア 4 d の寸法) がゼロになるので応力も作用しない。ここで、今後特に断りが無い場合、積層コア 4 d の軸方向の寸法は、磁石収容部 1 0 の軸方向寸法に置き換えても良い。また、今後特に断りが無い場合、樹脂材 6 の軸方向寸法とは、磁石収容部 1 0 に注入完了後の樹脂材 6 の軸方向寸法を意味する。なお、ここで言う応力とは、樹脂材 6 と積層コア 4 d とが固着している状態において、樹脂材 6 と積層コア 4 d との間における軸方向の寸法差によって生じる応力であり、樹脂材 6 に対して積層コア 4 d の軸方向に作用する引張り応力または圧縮応力を意味する。

【 0 0 3 1 】

次に、図 3 に示すように、ステップ S 3 において、樹脂材 6 を加熱することにより硬化させるとともに樹脂材 6 を積層コア 4 d に固着させる硬化工程が行われる。具体的には、図 5 に示すように、樹脂材 6 および積層コア 4 d を、第 2 温度 T 2 よりもさらに高い温度 (たえば約 1 8 0) まで加熱する。樹脂材 6 は、主に、積層コア 4 d の磁石収容部 1 0 の内壁面からの伝熱により温度が上昇するため、樹脂材 6 は磁石収容部 1 0 の内壁面と接触している部位から硬化して積層コア 4 d に固着する。そして、約 1 8 0 で一定時間加熱状態を維持することにより、樹脂材 6 の硬化と樹脂材 6 の積層コア 4 d への固着が完了する。固着の状況を具体的に説明すると、磁石収容部 1 0 を形成している積層された電磁鋼板 4 a の孔部 4 b 同士の境界部分には図示しない凹部が形成されており、凹部に入り込んだ樹脂材 6 は硬化すると楔形状となる。その結果、樹脂材 6 は積層コア 4 d の磁石収容部 1 0 に食い込むように固着する。温度が約 1 8 0 に維持されている間は、積層コア 4 d においては、温度変化がないため膨張および収縮は起こらない。一方、樹脂材 6 は、硬化することによって、軸方向に一定量だけ収縮する。この場合、図 6 に示すように、積層コア 4 d と樹脂材 6 との間において、軸方向における寸法差 (樹脂材 6 の寸法 - 積層コア 4 d の寸法) が減少する。

【 0 0 3 2 】

すなわち、硬化工程では、樹脂材 6 が積層コア 4 d へ固着しながら硬化するとともに収縮することによって、樹脂材 6 と積層コア 4 d との寸法差に起因する引張り応力が樹脂材 6 に作用する。したがって、硬化工程において、樹脂材 6 には、樹脂材 6 の収縮量と関連のある引張り応力が作用する。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 3 】

なお、硬化工程では、積層コア 4 d には、積層コア 4 d に固着された状態で収縮する樹脂材 6 により圧縮応力が作用する。したがって、硬化工程では、樹脂材 6 の収縮量と関連のある圧縮応力が積層コア 4 d に作用する。

【 0 0 3 4 】

次に、図 3 に示すように、ステップ S 4 では、積層コア 4 d を冷却するとともに樹脂材 6 を冷却する冷却工程が行われる。具体的には、この工程では、積層コア 4 d および樹脂材 6 を、高温状態（約 180 ）から室温（約 25 ）まで冷却する。

【 0 0 3 5 】

図 5 に示すように、冷却工程における冷却により、樹脂材 6 および積層コア 4 d の各々は軸方向に収縮する。ここで、樹脂材 6 の線膨張係数が電磁鋼板 4 a の線膨張係数よりも小さいので、積層コア 4 d の方が樹脂材 6 よりも大きく収縮する。この場合、図 6 に示すように、冷却工程において、積層コア 4 d と樹脂材 6 との間において、軸方向における寸法差（樹脂材 6 の寸法 - 積層コア 4 d の寸法）が増加する。すなわち、上記寸法差は、冷却工程において負側から 0 に近づく。

10

【 0 0 3 6 】

すなわち、冷却工程では、積層コア 4 d および樹脂材 6 の温度が低下する際に、積層コア 4 d が樹脂材 6 よりも大きく収縮することによって、樹脂材 6 に固着されている積層コア 4 d に起因して、樹脂材 6 に作用している引張り応力が緩和する。なお、樹脂材 6 の線膨張係数が電磁鋼板 4 a の線膨張係数よりも小さく、各々の線膨張係数の差が大きい場合は、冷却工程中において、樹脂材 6 に作用する引張り応力が緩和された後、圧縮応力状態へ遷移することもあり得る。これは、図 4 の冷却工程（S 4）における、樹脂材 6 の応力線および積層コア 4 d の応力線の傾きが大きくなることを意味している。したがって、冷却工程において、樹脂材 6 には、樹脂材 6 の収縮量および積層コア 4 d の収縮量の差と関連のある応力が作用する。

20

【 0 0 3 7 】

上記のように、硬化工程においては樹脂材 6 および積層コア 4 d の寸法差が減少し、冷却工程においては樹脂材 6 および積層コア 4 d の寸法差が増加する。これにより、図 4 に示すように、硬化工程において樹脂材 6 に蓄積された引張り応力が、冷却工程において緩和される。

30

【 0 0 3 8 】

なお、冷却工程では、樹脂材 6 および積層コア 4 d の寸法差が増加することにより、硬化工程において積層コア 4 d に作用する圧縮応力が、緩和される。

【 0 0 3 9 】

ここで、線膨張係数が電磁鋼板 4 a よりも大きい樹脂（以下、樹脂モールドとする：図 5 および図 6 の破線参照）（比較例）を用いた場合について説明する。

【 0 0 4 0 】

図 5 に示すように、樹脂モールドは、樹脂材 6 よりも加熱硬化時の熱収縮率が大きいので、硬化工程において樹脂材 6 よりも大きく収縮する。したがって、硬化工程においては、樹脂モールドは、樹脂材 6 に作用する引張り応力よりも大きい引張り応力（図 4 参照）が作用する。また、積層コア 4 d には、樹脂材 6 の場合と比べて、より大きい圧縮応力（図 4 参照）が作用する。

40

【 0 0 4 1 】

また、冷却工程においては、樹脂モールドは、線膨張係数が電磁鋼板 4 a よりも大きいので、積層コア 4 d よりも大きく収縮する。この場合、積層コア 4 d との間の軸方向における寸法差（樹脂モールドの寸法 - 積層コア 4 d の寸法）は、冷却工程において減少（図 6 の破線参照）する。すなわち、上記寸法差は、冷却工程において負側に大きくなる。したがって、樹脂モールドには、冷却工程において、上記寸法差に起因する引張り応力が作用する。なお、冷却工程では、積層コア 4 d には、上記寸法差に起因する圧縮応力が作用する。

50

【 0 0 4 2 】

したがって、図 4 に示すように、樹脂モールドを用いた場合（比較例）には、硬化工程および冷却工程の両方において、樹脂モールドには引張り応力が作用するとともに、積層コア 4 d には圧縮応力が作用する。このため、樹脂モールドおよび積層コア 4 d の各々において、硬化工程および冷却工程の間で応力が緩和されない。したがって、樹脂材 6 を用いる場合、比較例の場合と比べて、ロータコア 4 の製造工程後の樹脂材 6 および積層コア 4 d の各々における残留応力が小さくなる。

【 0 0 4 3 】

なお、図 6 に示すように、硬化工程から冷却工程までの間に、樹脂材 6 の軸方向寸法差（樹脂材 6 の寸法 - 積層コア 4 d の寸法）が値 A だけ減少（負側に増加）しているとする

10

【 0 0 4 4 】

（ロータコア製造時における、樹脂材と磁石との間に発生する応力）

次に、永久磁石 5 と樹脂材 6 との寸法について説明する。硬化工程において、樹脂材 6 は硬化するとともに永久磁石 5 へ固着する。具体的には、永久磁石 5 の表面を覆う絶縁被膜に形成された凹部に入り込んだ樹脂材 6 が硬化することにより樹脂材 6 は永久磁石 5 へ固着する。図 7 に示すように、樹脂材 6 は、硬化工程において収縮することと、永久磁石 5 に樹脂材 6 が固着していることとに起因して引張り応力が作用する。また、樹脂材 6 は、冷却工程において、永久磁石 5 よりも大きく収縮することによって、引張り応力が増加する。この場合、硬化工程から冷却工程までに、樹脂材 6 の軸方向寸法差（樹脂材 6 の寸法 - 永久磁石 5 の寸法）が値 C だけ減少する。

20

【 0 0 4 5 】

また、樹脂モールド（比較例）の場合も同様に、樹脂モールドは、硬化工程において収縮することと、永久磁石 5 に樹脂モールドが固着していることとに起因して引張り応力が作用するとともに、冷却工程において永久磁石 5 よりも大きく収縮することによって引張り応力が増加する。ここで、樹脂モールドは、硬化工程および冷却工程の各々において樹脂材 6 よりも大きく収縮するので、硬化工程から冷却工程までの間に、樹脂モールドの軸方向寸法差（樹脂モールドの寸法 - 永久磁石 5 の寸法）が、値 C よりも大きい値 D だけ減少（負側に増加）する。したがって、比較例と比較して、樹脂材 6 を用いた場合の方が、樹脂材 6 に作用する引張り応力を減少させることが可能である。

30

【 0 0 4 6 】

（ロータコアの使用時における、樹脂材と積層コアとの間に作用する応力）

次に、図 8 ~ 図 10 を参照して、ロータコア 4 の使用時（ロータコア 4 を車両に搭載されたモータに組み込んで使用する場合）における状態について説明する。

【 0 0 4 7 】

図 8 に示すように、積層コア 4 d、樹脂材 6、および樹脂モールド（比較例）の各々は、温度上昇とともに膨張し、温度低下とともに収縮する。また、永久磁石 5 は、温度上昇とともに収縮し、温度低下とともに膨張する。なお、図 8 における常温時（25℃）の軸方向寸法は、図 5 における冷却工程後の軸方向寸法を表している。

40

【 0 0 4 8 】

図 9 に示すように、樹脂材 6 の線膨張係数は電磁鋼板 4 a の線膨張係数よりも小さいので、温度上昇に伴う樹脂材 6 の膨張量は積層コア 4 d の膨張量よりも小さい。すなわち、積層コア 4 d との間の軸方向における寸法差（樹脂材 6 の寸法 - 積層コア 4 d の寸法）は、温度上昇に伴って減少する。言い換えると、上記寸法差は、温度上昇に伴って負側に大きくなる。これにより、常温時における樹脂材 6 の残留応力がゼロまたは引張り応力である場合、温度上昇に伴って、樹脂材 6 に引張り応力が発生、または、残留していた引張り応力が増加する。なお、常温時における樹脂材 6 の残留応力が圧縮応力である場合、温度

50

上昇に伴って、樹脂材 6 に作用している圧縮応力が緩和し、さらには、樹脂材 6 に作用する応力が引張り応力へ遷移し得る。

【 0 0 4 9 】

また、樹脂材 6 の線膨張係数は電磁鋼板 4 a の線膨張係数よりも小さいので、温度低下に伴う樹脂材 6 の収縮量は積層コア 4 d の収縮量よりも小さい。すなわち、積層コア 4 d との間の軸方向における寸法差（樹脂材 6 の寸法 - 積層コア 4 d の寸法）は、温度低下に伴って増加する。言い換えると、上記寸法差は、温度低下に伴って負側から 0 に近づく。これにより、高温時（例えば 180 程度）において樹脂材 6 に作用している応力が引張り応力であった場合、温度低下に伴って、樹脂材 6 に作用している引張り応力は緩和する。また、温度低下に伴う樹脂材 6 に作用する引張り応力の緩和が進行すると、樹脂材 6 に作用する応力はゼロを通過し、圧縮応力へ遷移し得る。

10

【 0 0 5 0 】

また、樹脂モールド（比較例）の線膨張係数は電磁鋼板 4 a の線膨張係数よりも大きいので、温度上昇に伴う、樹脂モールドの膨張量は積層コア 4 d の膨張量よりも大きい。すなわち、積層コア 4 d との間の軸方向寸法差（樹脂モールドの寸法 - 積層コア 4 d の寸法）は、温度上昇に伴って増加する。一方、温度低下時においては、樹脂モールドの軸方向寸法差は減少する。

【 0 0 5 1 】

なお、全ての温度領域に渡って、樹脂材 6 の軸方向寸法差（樹脂材 6 の寸法 - 積層コア 4 d の寸法）は、樹脂モールドの軸方向寸法差（樹脂モールドの寸法 - 積層コア 4 d の寸法）よりも大きい。すなわち、全ての温度領域に渡って、樹脂材 6 の軸方向寸法差は、樹脂モールドの軸方向寸法差よりも 0 に近い。なお、樹脂材 6 の軸方向寸法差と、樹脂モールドの軸方向寸法差との差分は、温度が低下するほど大きくなる。

20

【 0 0 5 2 】

（ロータコアの使用時における、樹脂材と磁石との間に作用する応力）

また、図 10 に示すように、樹脂材 6 の線膨張係数は永久磁石 5 の線膨張係数よりも大きいので、温度上昇に伴う、樹脂材 6 の膨張量は永久磁石 5 の膨張量よりも大きい。すなわち、永久磁石 5 との間の軸方向における寸法差（樹脂材 6 の寸法 - 永久磁石 5 の寸法）は、温度上昇に伴って増加する。これにより、常温時における樹脂材 6 が永久磁石 5 から受ける残留応力が引張り応力である場合、温度上昇に伴って、樹脂材 6 が永久磁石 5 から受ける引張り応力は緩和する。また、さらなる温度上昇により、樹脂材 6 が永久磁石 5 から受ける引張り応力はゼロを通過し圧縮応力へ遷移し得る。

30

【 0 0 5 3 】

また、温度低下に伴う、樹脂材 6 の収縮量は永久磁石 5 の収縮量よりも大きい。すなわち、永久磁石 5 との間の軸方向における寸法差（樹脂材 6 の寸法 - 永久磁石 5 の寸法）は、温度低下に伴って減少する。これにより、温度低下に伴って、樹脂材 6 は、永久磁石 5 から受ける引張り応力が増加する。

【 0 0 5 4 】

また、樹脂モールド（比較例）の線膨張係数は、樹脂材 6 と同様に、永久磁石 5 の線膨張係数よりも大きい。したがって、樹脂モールドも、温度上昇に伴って永久磁石 5 から受ける引張り応力が緩和し、温度低下に伴って永久磁石 5 から受ける引張り応力が増加する。

40

【 0 0 5 5 】

なお、全ての温度領域に渡って、樹脂材 6 の軸方向寸法差（樹脂材 6 の寸法 - 永久磁石 5 の寸法）は、樹脂モールド（比較例）の軸方向寸法差（樹脂モールドの寸法 - 永久磁石 5 の寸法）よりも大きい。また、樹脂材 6 の線膨張係数は樹脂モールドの線膨張係数よりも小さいので、樹脂材 6 の軸方向寸法差と樹脂モールドの軸方向寸法差との差分は、温度が低下するほど大きくなる。

【 0 0 5 6 】

[本実施形態の効果]

本実施形態では、以下のような効果を得ることができる。

50

【 0 0 5 7 】

本実施形態では、上記のように、ロータコア(4)は、磁石収容部(10)内において、積層コア(4d)と永久磁石(5)との間に充填されるとともに永久磁石(5)を磁石収容部(10)内に固定し、電磁鋼板(4a)の線膨張係数以下の線膨張係数を有する熱硬化性の樹脂材(6)を備える。ここで、熱硬化性の樹脂材(6)を硬化させる際には、磁石収容部(10)に熔融された樹脂材(6)が注入された状態で樹脂材(6)が加熱される。この際、樹脂材(6)が積層コア(4d)に固着された状態で収縮するので、樹脂材(6)は、積層コア(4d)から引張り応力を受ける。また、樹脂材(6)が硬化した後に積層コア(4d)および樹脂材(6)が冷却される際に、樹脂材(6)および積層コア(4d)の各々が収縮する。この際、樹脂材(6)の線膨張係数が電磁鋼板(4a)の線膨張係数以下であるので、電磁鋼板(4a)の積層方向において、樹脂材(6)の収縮する大きさは電磁鋼板(4a)(積層コア(4d))の収縮する大きさ以下となる。この場合、樹脂材(6)は、積層コア(4d)から受ける引張り応力が増加することはないので、ロータコア(4)の製造工程後の樹脂材(6)の残留応力を、樹脂材(6)の硬化工程において発生した引張り応力以下にすることができる。その結果、樹脂材(6)の線膨張係数が電磁鋼板(4a)の線膨張係数よりも大きく、樹脂材(6)の冷却工程において樹脂材(6)に作用する引張り応力が増加する場合に比べて、ロータコア(4)の製造工程後の樹脂材(6)の残留応力を小さくすることができる。その結果、ロータ(1)の運転時等に、樹脂材(6)が破損するのを防止することができる。

10

【 0 0 5 8 】

また、樹脂材(6)の熱膨張係数が電磁鋼板(4a)の線膨張係数以下であるので、ロータ(1)の運転時において樹脂材(6)の温度が変化する場合にも、樹脂材(6)の膨張量(収缩量)を電磁鋼板(4a)の膨張量(収缩量)以下にすることができる。その結果、ロータ(1)の運転時に樹脂材(6)に作用する応力が大きくなるのを防止することができるので、ロータ(1)の運転時に樹脂材(6)が破損するのをより確実に防止することができる。

20

【 0 0 5 9 】

また、本実施形態では、上記のように、樹脂材(6)の線膨張係数は、電磁鋼板(4a)の線膨張係数よりも小さい。このように構成すれば、冷却工程において、樹脂材(6)の収縮する大きさは電磁鋼板(4a)(積層コア(4d))の収縮する大きさよりも小さくなる。これにより、樹脂材(6)は、冷却工程において積層コア(4d)から受ける引張り応力が緩和される。その結果、ロータコア(4)の製造工程後の樹脂材(6)の残留応力をより小さくすることができる。これにより、ロータ(1)の運転時等に、樹脂材(6)が破損するのをより一層確実に防止することができる。

30

【 0 0 6 0 】

また、本実施形態では、上記のように、電磁鋼板(4a)の線膨張係数は、 $11.5 \mu\text{m}/$ 以上、 $13 \mu\text{m}/$ 以下の範囲であるとともに、樹脂材(6)の線膨張係数は、 $9 \mu\text{m}/$ 以上、 $11.5 \mu\text{m}/$ 以下の範囲である。このように構成すれば、樹脂材(6)の線膨張係数を、電磁鋼板(4a)の線膨張係数よりも容易に小さくすることができる。

【 0 0 6 1 】

また、本実施形態では、上記のように、樹脂材(6)の線膨張係数は、電磁鋼板(4a)の線膨張係数以下で、かつ、永久磁石(5)の線膨張係数よりも大きい。このように構成すれば、樹脂材(6)の線膨張係数が電磁鋼板(4a)の線膨張係数よりも大きい場合に比べて、樹脂材(6)の線膨張係数を永久磁石(5)の線膨張係数に近い値にすることができる。その結果、樹脂材(6)と永久磁石(5)との熱膨張差を小さくすることができるので、樹脂材(6)が永久磁石(5)の熱膨張により破損するのをより確実に防止することができる。

40

【 0 0 6 2 】

また、本実施形態では、上記のように、永久磁石(5)の線膨張係数は、 $-1.5 \mu\text{m}/$ 以下、 $-2.3 \mu\text{m}/$ 以上の範囲である。このように構成すれば、樹脂材(6)の

50

線膨張係数を、永久磁石（５）の線膨張係数よりも容易に大きくすることができる。

【００６３】

また、本実施形態では、上記のように、樹脂材（６）の線膨張係数は、電磁鋼板（４a）の線膨張係数と、永久磁石（５）の線膨張係数との中央値よりも、電磁鋼板（４a）の線膨張係数に近い値である。ここで、樹脂材（６）の機械的強度は、線膨張係数が大きいほど高い。したがって、樹脂材（６）の線膨張係数が上記中央値よりも電磁鋼板（４a）の線膨張係数に近い値であることによって、樹脂材（６）が永久磁石（５）の熱膨張により破損するのを防止しながら、樹脂材（６）の機械的強度を確保することができる。

【００６４】

また、本実施形態では、上記のように、磁石収容部（１０）は、電磁鋼板（４a）に設けられた孔部（４b）が軸方向に重なって形成され、周囲が閉塞された空間である。このように構成すれば、電磁鋼板（４a）が積層されて構成される積層コア（４d）において、樹脂材（６）を充填する空間を孔部（４b）により容易に形成することができる。

10

【００６５】

また、本実施形態では、上記のように、樹脂材（６）は、第１温度（ T_1 ）以上に加熱されることにより溶融するとともに、溶融状態において第１温度（ T_1 ）よりも高い第２温度（ T_2 ）以上に加熱されることにより硬化するように構成されている。このように構成すれば、樹脂材（６）の溶融が開始される第１温度（ T_1 ）を、樹脂材（６）の硬化が開始される第２温度（ T_2 ）よりも低くすることができるので、樹脂材（６）が磁石収容部（１０）に注入される前に樹脂材（６）が硬化してしまうことを防止することができる。

20

【００６６】

また、本実施形態では、上記のように、樹脂材（６）は、第２温度（ T_2 ）よりも高いガラス転移温度（ T_3 ）を有している。ここで、熱硬化性の樹脂材（６）は、ガラス転移温度（ T_3 ）以上の範囲において線膨張係数が比較的大きいことが知られている。したがって、ガラス転移温度（ T_3 ）よりも低い第２温度（ T_2 ）において樹脂材（６）を硬化させることによって、樹脂材（６）の線膨張係数を比較的低くすることができる。その結果、樹脂材（６）の線膨張係数が、電磁鋼板（４a）の線膨張係数よりも大きくなるのを防止することができる。

【００６７】

また、本実施形態では、上記のように、ロータコア（４）の製造方法は、永久磁石（５）の配置工程の後に、電磁鋼板（４a）の線膨張係数以下の線膨張係数を有する溶融された樹脂材（６）を、磁石収容部（１０）内において、積層コア（４d）と永久磁石（５）との間に充填する充填工程と、充填工程の後に、樹脂材（６）を加熱することにより硬化させる硬化工程と、硬化工程の後に、積層コア（４d）を冷却するとともに樹脂材（６）を冷却する冷却工程と、を備える。ここで、硬化工程においては、樹脂材（６）が積層コア（４d）に固着された状態で収縮するので、樹脂材（６）は、積層コア（４d）から引張り応力を受ける。また、冷却工程においては、樹脂材（６）および積層コア（４d）の各々が冷却されることにより収縮する。この際、樹脂材（６）の線膨張係数が電磁鋼板（４a）の線膨張係数以下であるので、電磁鋼板（４a）の積層方向において、樹脂材（６）の収縮する大きさは電磁鋼板（４a）（積層コア（４d））の収縮する大きさ以下となる。この場合、樹脂材（６）は、積層コア（４d）から受ける引張り応力が増加することはないので、ロータコア（４）の製造工程後の樹脂材（６）の残留応力を、樹脂材（６）の硬化工程において発生した引張り応力以下にすることができる。その結果、樹脂材（６）の線膨張係数が電磁鋼板（４a）の線膨張係数よりも大きく、樹脂材（６）の冷却工程において樹脂材（６）に作用する引張り応力が増加する場合に比べて、ロータコア（４）の製造工程後の樹脂材（６）の残留応力を小さくすることができる。その結果、ロータ（１）の運転時等に、樹脂材（６）が破損するのを防止することが可能なロータコア（４）の製造方法を提供することができる。

30

40

【００６８】

また、本実施形態では、上記のように、上記充填工程は、電磁鋼板（４a）の線膨張係

50

数よりも小さい線膨張係数を有する溶融された樹脂材(6)を磁石収容部(10)に注入する工程である。このように構成すれば、冷却工程において、樹脂材(6)の収縮する大きさは電磁鋼板(4a)(積層コア(4d))の収縮する大きさよりも小さくなる。これにより、樹脂材(6)は、冷却工程において積層コア(4d)から受ける引張り応力が緩和される。その結果、ロータコア(4)の製造工程後の樹脂材(6)の残留応力をより小さくすることができる。これにより、ロータ(1)の運転時等に、樹脂材(6)が破損するのをより一層確実に防止することが可能なロータコア(4)の製造方法を提供することができる。

【0069】

また、本実施形態では、上記のように、上記硬化工程は、樹脂材(6)が硬化する際に収縮することによって、樹脂材(6)に固着されている積層コア(4d)からの引張り応力が樹脂材(6)に作用しながら樹脂材(6)を硬化させる工程である。また、上記冷却工程は、積層コア(4d)が樹脂材(6)よりも大きく収縮することによって、上記硬化工程において樹脂材(6)に作用した引張り応力が緩和されながら積層コア(4d)および樹脂材(6)を冷却する工程である。このように構成すれば、硬化工程と冷却工程とにおいて、冷却工程において積層コア(4d)が樹脂材(6)よりも小さく収縮することによって樹脂材(6)に作用する引張り応力が増加する場合に比べて、ロータコア(4)の製造工程後の樹脂材(6)の残留応力を容易に小さくすることができる。

【0070】

[変形例]

なお、今回開示された実施形態は、すべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した実施形態の説明ではなく特許請求の範囲によって示され、さらに特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更(変形例)が含まれる。

【0071】

たとえば、上記実施形態では、樹脂材6の線膨張係数が、電磁鋼板4aの線膨張係数よりも小さい例を示したが、本発明はこれに限られない。樹脂材6の線膨張係数が、電磁鋼板4aの線膨張係数と等しくてもよい。

【0072】

また、上記実施形態では、樹脂材6の線膨張係数が、電磁鋼板4aの線膨張係数と、永久磁石5の線膨張係数との中央値よりも、電磁鋼板4aの線膨張係数に近い値である例を示したが、本発明はこれに限られない。樹脂材6の線膨張係数が、上記中央値よりも永久磁石5の線膨張係数に近い値であってもよい。

【0073】

また、上記実施形態では、樹脂材6の硬化が開始される第2温度T2が、樹脂材6のガラス転移温度T3よりも小さい例を示したが、本発明はこれに限られない。第2温度T2が、ガラス転移温度T3以上であってもよい。

【0074】

また、上記実施形態において示した温度等はあくまでも一例であり、任意に改変し得る。また、上記実施形態において示した樹脂材6、積層コア4dおよび永久磁石5等の特性はあくまでも一例であり、任意に改変し得る。

【符号の説明】

【0075】

- 4 ロータコア
- 4a 電磁鋼板
- 4b 孔部
- 4d 積層コア
- 5 永久磁石
- 6 樹脂材
- 10 磁石収容部

10

20

30

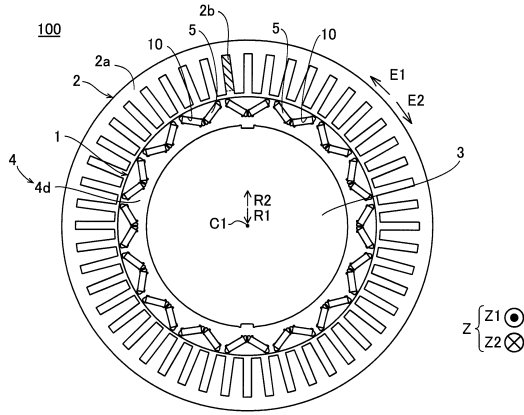
40

50

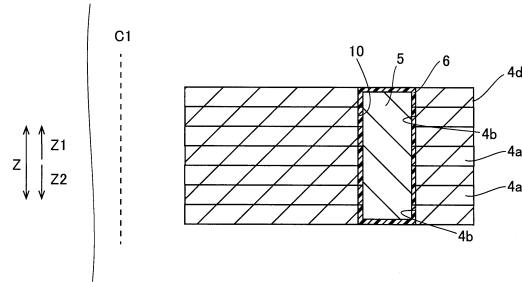
- T 1 第 1 温度
- T 2 第 2 温度
- T 3 ガラス転移温度

【図面】

【図 1】

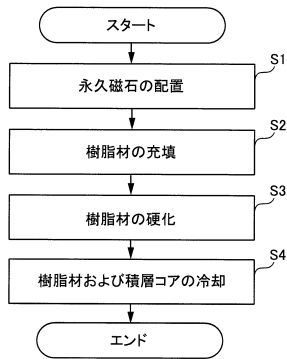


【図 2】

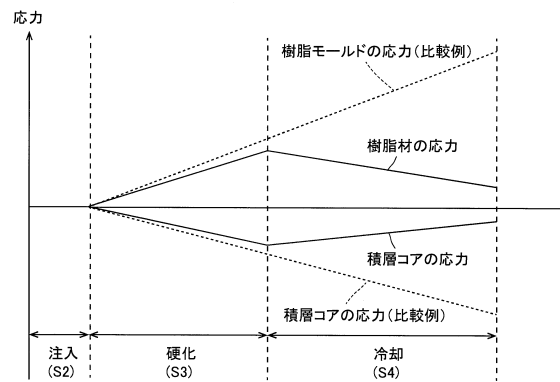


10

【図 3】



【図 4】

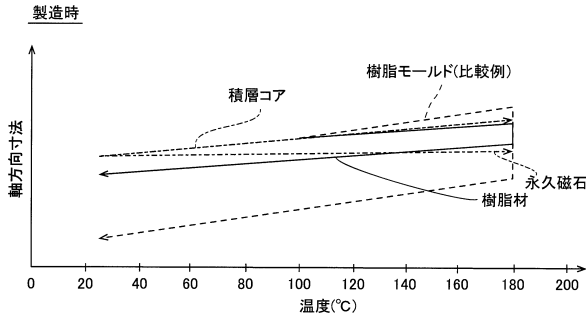


30

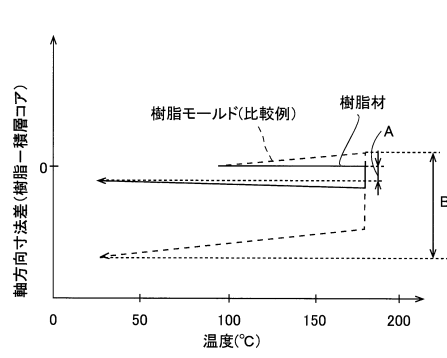
40

50

【 図 5 】

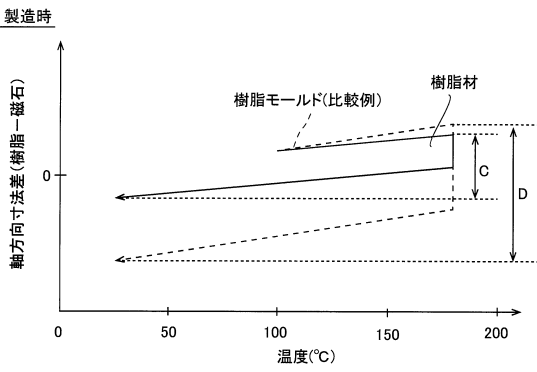


【 図 6 】

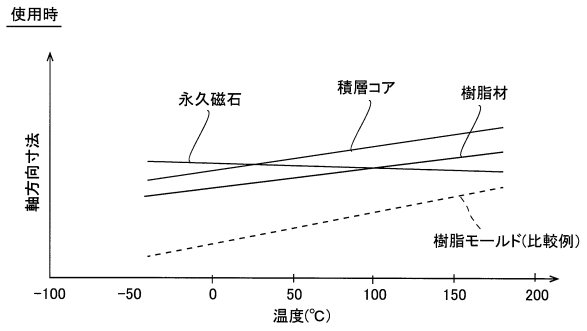


10

【 図 7 】

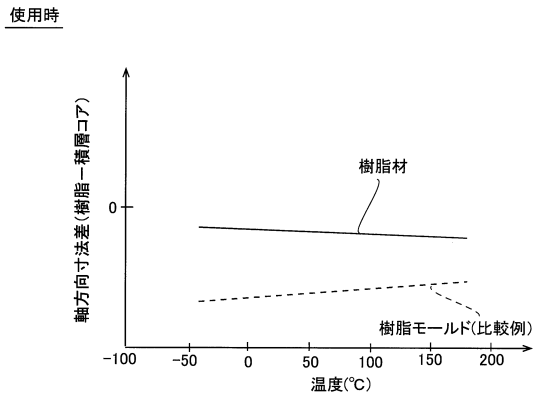


【 図 8 】

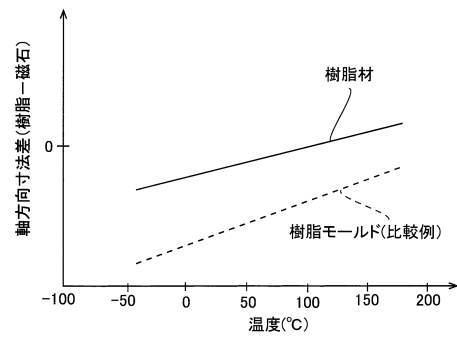


20

【 図 9 】



【 図 10 】



30

40

50

フロントページの続き

- 愛知県安城市藤井町高根 1 0 番地 アイシン・エイ・ダブリュ株式会社内
(72)発明者 佐分利 俊之
- 愛知県刈谷市朝日町 2 丁目 1 番地 アイシン精機株式会社内
(72)発明者 谷川 雅人
- 滋賀県大津市堅田二丁目 1 番 1 号 東洋紡株式会社内
(72)発明者 船岡 大樹
- 愛知県名古屋市西区市場木町 3 9 0 番地 東洋紡株式会社内
(72)発明者 小山 智仁
- 東京都千代田区紀尾井町 4 番 1 3 号 日本ユピカ株式会社内
(72)発明者 小澤 雄一
- 神奈川県平塚市東八幡 5 丁目 3 番 3 号 日本ユピカ株式会社内
(72)発明者 上田 涼
- 神奈川県平塚市東八幡 5 丁目 3 番 3 号 日本ユピカ株式会社内
(72)発明者 櫻庭 悠朔
- 神奈川県平塚市東八幡 5 丁目 3 番 3 号 日本ユピカ株式会社内
審査官 安池 一貴
- (56)参考文献 特開 2 0 1 6 - 1 9 7 9 9 5 (J P , A)
特開平 0 9 - 0 4 6 9 4 4 (J P , A)
特開 2 0 1 0 - 0 1 1 6 2 6 (J P , A)
特開 2 0 0 8 - 2 1 9 9 9 2 (J P , A)
特開 2 0 0 3 - 0 2 6 8 2 0 (J P , A)
特開 2 0 1 3 - 2 1 9 9 7 0 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
H 0 2 K 1 / 2 7 6
H 0 2 K 1 5 / 0 3