

(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2017-17919

(P2017-17919A)

(43) 公開日 平成29年1月19日(2017.1.19)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
H02K 15/02 (2006.01)	H02K 15/02 F	5H601
H02K 1/27 (2006.01)	H02K 1/27 501K	5H615
H02K 15/03 (2006.01)	H02K 1/27 501B	5H622
H02K 1/22 (2006.01)	H02K 15/03 C	
H02K 1/28 (2006.01)	H02K 15/02 K	
審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 15 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2015-134251 (P2015-134251)	(71) 出願人	000001247
(22) 出願日	平成27年7月3日 (2015.7.3)		株式会社ジェイテクト
			大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号
		(74) 代理人	100089082
			弁理士 小林 脩
		(74) 代理人	100130188
			弁理士 山本 喜一
		(74) 代理人	100190333
			弁理士 木村 群司
		(72) 発明者	三尾 巧美
			大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号
			株式会社ジェイテクト内
		(72) 発明者	西 幸二
			大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号
			株式会社ジェイテクト内
			最終頁に続く

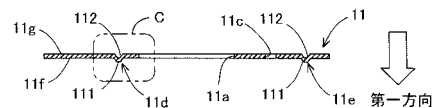
(54) 【発明の名称】 ロータの製造方法及びロータ

(57) 【要約】

【課題】ロータコアに軸部材を圧入することによる凹凸部のカシメ力の低下を抑制することができるロータの製造方法を提供する。

【解決手段】各電磁鋼板(11)は、一方面(11f)に凸部(111)と、他方面(11g)に凸部(111)に対応する位置に凹部(112)とを備え、重なり合う電磁鋼板(11)における凸部(111)と凹部(112)とが嵌合することによって、複数の電磁鋼板(11)が結合される。軸部材(20)のロータコア(10)への挿入方向は、凸部(111)の突出方向に一致する。

【選択図】図5B



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

中心孔及び軸線方向両側に開口する磁石用凹所を備えるロータコアと、前記ロータコアの前記中心孔に嵌合される軸部材と、前記磁石用凹所に配置される磁石と、を備えるロータの製造方法であって、

複数の電磁鋼板を軸線方向に積層して前記ロータコアを形成するコア形成工程と、

前記コア形成工程の後に、前記ロータコアの端面を支持した状態で、前記ロータコアの前記中心孔に前記軸部材を挿入する挿入工程と、

を備え、

各前記電磁鋼板は、一方面に凸部と、他方面に前記凸部に対応する位置に凹部とを備え

10

、重なり合う前記電磁鋼板における前記凸部と前記凹部とが嵌合することによって、前記複数の電磁鋼板が結合され、

前記軸部材の前記ロータコアへの挿入方向は、前記凸部の突出方向に一致する、ロータの製造方法。

【請求項 2】

各前記電磁鋼板は、前記中心孔及び前記磁石用凹所のそれぞれに対応する貫通孔が打ち抜き加工により形成され、

前記軸部材の前記ロータコアへの挿入方向は、各前記電磁鋼板の打ち抜き方向に一致する、請求項 1 に記載のロータの製造方法。

20

【請求項 3】

前記ロータの製造方法は、

前記挿入工程の後に、少なくとも磁粉を含む前記磁石の素材を前記磁石用凹所に配置する配置工程と、

前記配置工程の後に、前記ロータコアを成形型の一部として用い、パンチ部材により前記磁石用凹所内において前記素材を前記ロータの軸線方向に圧縮して成形体を成形する成形工程と、

を備える、請求項 1 又は 2 に記載のロータの製造方法。

【請求項 4】

前記磁粉は、F e - N 系化合物，R - F e - N 系化合物（R：希土類元素）の一種以上よりなる硬磁性体の磁粉であり、

30

前記ロータの製造方法は、前記成形工程の後に、圧縮成形された前記成形体を前記磁石用凹所に配置した状態において、前記成形体を前記磁粉の分解温度未満の温度で加熱して、前記磁粉を結着させる加熱工程を備える、請求項 3 に記載のロータの製造方法。

【請求項 5】

前記素材は、前記磁粉及び前記磁粉同士を結着する結着剤を含み、

前記加熱工程は、前記結着剤を加熱により硬化させて、硬化した前記結着剤により前記磁粉同士を結着させると共に、前記磁粉と前記磁石用凹所とを結着させる、請求項 4 に記載のロータの製造方法。

【請求項 6】

40

請求項 1 - 5 の何れか一項に記載のロータの製造方法により製造されるロータ。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、ロータの製造方法及びロータに関するものである。

【背景技術】**【0002】**

特許文献 1 には、各電磁鋼板に凹凸面を形成して、凹部と凸部とのカシメにより、複数の電磁鋼板を結合することが記載されている。特許文献 2 には、複数の電磁鋼板を積層して形成されるロータコアの磁石挿入孔に、磁石を挿入すると共に、結着剤としての樹脂材

50

を充填することで、ロータコアに磁石を保持させることが記載されている。また、磁粉を加圧成形してなる圧粉成形体の製造方法が、特許文献 3 に記載されている。当該製造方法は、筒状のダイ（固定型）のキャビティに磁粉を充填し、第一、第二パンチにより加圧して、圧粉成形体を製造する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2014 - 176127 号公報

【特許文献 2】特開 2015 - 100157 号公報

【特許文献 3】特開 2013 - 214665 号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 1 では、電磁鋼板の凹凸部のカシメにより電磁鋼板が結合しているが、ロータコアの製造後に、モータの出力シャフトである軸部材をロータコアに圧入することによって、凹凸部のカシメ力が低下するおそれがあることが分かった。

【0005】

また、特許文献 2 の製造方法においては、ロータコアの磁石挿入孔に結着剤としての樹脂材を充填可能な程度に、磁石挿入孔と磁石との間に隙間を形成する必要がある。さらに、磁石挿入孔に磁石を挿入しやすくするために、磁石の外形が磁石挿入孔よりある程度小さくする必要がある。さらに、磁石を形成する場合に、金型からの離型性を考慮して、外周面を傾斜した形状に形成することも必要となる。これらの理由により、ロータコアに対する磁石の体積比が小さくなってしまふ。そのため、磁石の体積比を大きくすることにより、モータの性能の向上が求められる。

20

【0006】

本発明は、ロータコアに軸部材を圧入することによる凹凸部のカシメ力の低下を抑制することができるロータの製造方法及びロータを提供すること、並びに、磁石の体積比を向上することによりモータ性能を向上できるロータの製造方法及びロータを提供することの何れかを目的とする。

【課題を解決するための手段】

30

【0007】

（ 1 . 第一発明のロータの製造方法 ）

第一発明に係るロータの製造方法は、中心孔及び軸線方向両側に開口する磁石用凹所を備えるロータコアと、前記ロータコアの前記中心孔に嵌合される軸部材と、前記磁石用凹所に配置される磁石と、を備えるロータの製造方法であって、複数の電磁鋼板を軸線方向に積層して前記ロータコアを形成するコア形成工程と、前記コア形成工程の後に、前記ロータコアの端面を支持した状態で、前記ロータコアの前記中心孔に前記軸部材を挿入する挿入工程とを備える。

【0008】

各前記電磁鋼板は、一方面に凸部と、他方面に前記凸部に対応する位置に凹部とを備える。重なり合う前記電磁鋼板における前記凸部と前記凹部とが嵌合することによって、前記複数の電磁鋼板が結合される。前記軸部材の前記ロータコアへの挿入方向は、前記凸部の突出方向に一致する。

40

【0009】

軸部材のロータコアへの挿入方向と凸部の突出方向とが一致することによって、軸部材がロータコアの中心孔に挿入される力が、凸部が凹部に入り込む方向への力を作用する。そのため、軸部材が挿入される前に比べて、凸部と凹部とがより強固に結合される。従って、ロータコアに軸部材を挿入することによって、凹凸部のカシメ力を向上させることができる。その結果、重なり合う電磁鋼板同士の隙間が小さくなる。

【0010】

50

(2 . ロータ)

本発明のロータは、上述したロータの製造方法により製造されるロータである。本発明によれば、上述したロータの製造方法による効果と同様の効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 1 】

【図 1】本実施形態のロータの軸線方向断面図である。

【図 2】ロータの製造方法を示すフローチャートである。

【図 3 A】図 2 のステップ S 1 3 における混合粉（磁粉及び潤滑剤）の形成工程の初期状態を示す模式図である。

【図 3 B】混合粉の形成工程の終了状態を示す模式図である。

10

【図 4】図 2 のステップ S 1 5 にて磁粉と結着剤とが混合した状態を模式的に示す断面図である。

【図 5 A】図 2 のステップ S 2 1 にて形成される電磁鋼板を軸線方向から見た図である。

【図 5 B】図 5 A に示す電磁鋼板の A - A 断面図である。

【図 6】図 5 B の C 部拡大図である。

【図 7】図 2 のステップ S 2 2 にて形成されるロータコアの軸線方向断面図であって、図 5 A の B - B 断面図である。

【図 8】図 2 のステップ S 3 1 にて軸部材がロータコアに挿入された状態の軸線方向断面図である。

【図 9】図 2 のステップ S 4 1 にて型が配置された状態の軸線方向断面図である。

20

【図 1 0】図 2 のステップ S 4 2 にて磁石の素材が磁石用凹所に配置された状態の軸線方向断面図である。

【図 1 1】図 2 のステップ S 4 3 にてパンチ部材により磁石が成形された状態の軸線方向断面図である。

【図 1 2】図 2 のステップ S 4 4 にて圧縮成形された磁石の成形体が加熱された後の磁石の構成を模式的に示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 2 】

(1 . ロータ 1 の概要)

本実施形態のロータ 1 は、IPM モータのロータ及びSPM モータのロータに適用される。ロータ 1 は、IPM モータのロータに好適に用いられる。ロータ 1 は、図 1 に示すように、ロータコア 1 0 と、軸部材 2 0 と、磁石 3 0 とを備える。ロータコア 1 0 は、複数の電磁鋼板 1 1 を積層して形成される。複数の電磁鋼板 1 1 は、カシメによって結合される。軸部材 2 0 は、モータの出力軸であり、ロータコア 1 0 の中心孔 1 2 に圧入される。本実施形態においては、ロータコア 1 0 の中心孔 1 2 及び軸部材 2 0 とは、スプライン嵌合される。磁石 3 0 は、ロータコア 1 0 の複数の磁石用凹所 1 3 に配置される。各磁石用凹所 1 3 は、中心孔 1 2 と外周面との間に、軸線方向両側に開口するように貫通形成される。

30

【 0 0 1 3 】

(2 . ロータ 1 の製造方法)

40

ロータ 1 の製造方法について、図 2 ~ 図 1 2 を参照して説明する。ロータ 1 の製造方法は、磁石 3 0 の素材を生成する磁石 3 0 の素材生成工程（ステップ S 1 0）、ロータコア 1 0 を形成するロータコア 1 0 の形成工程（ステップ S 2 0）、ロータコア 1 0 に軸部材 2 0 を挿入する軸部材 2 0 の挿入工程（ステップ S 3 1）、続いてロータコア 1 0 にて磁石 3 0 を形成する磁石 3 0 の形成工程（ステップ S 4 1 ~ S 4 5）を備える。

【 0 0 1 4 】

(2 - 1 . 磁石 3 0 の素材生成工程（ステップ S 1 1 ~ S 1 5）)

磁石 3 0 の素材生成工程（ステップ S 1 0）について、図 2 のステップ S 1 1 ~ S 1 5、図 3 A、図 3 B 及び図 4 を参照して説明する。図 2 のステップ S 1 1 に示すように、磁石 3 0 の素材の一つである磁粉 3 1 を準備する。

50

【0015】

磁粉31は、磁性材料の粒子の集合体である粉末が用いられる。磁粉31の磁性材料は、限定されるものではないが、硬磁性体よりなることが好ましい。硬磁性体としては、例えば、フェライト磁石、Al-Ni-Co系磁石、希土類元素を含む希土類磁石、窒化鉄磁石を挙げることができる。

【0016】

硬磁性体の磁粉31としては、Fe-N系化合物、R-Fe-N系化合物（R：希土類元素）の一種以上よりなる化合物を用いることが好ましい。なお、Rで示される希土類元素としては、いわゆる希土類元素として知られている元素（Sc, Y, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Ac, Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm, Bk, Cf, Es, Fm, Md, No, Lr）であればよく、Dy以外の希土類元素（R：Dyを除く希土類元素）であることがより好ましい。これらのうち、特に軽希土類元素がさらに好ましく、その中でもSmが最も好適である。ここでいう軽希土類元素は、ランタノイドの中で、Gdよりも原子量が小さい元素、すなわちLa~Euである。Fe-N系化合物は、窒化鉄磁石に含まれる。R-Fe-N系化合物は、希土類磁石に含まれる。

磁粉31は、Fe-N系化合物、R-Fe-N系化合物であれば具体的な組成は限定されない。磁粉31は、 $Sm_2Fe_{17}N_3$ 、又は $Fe_{16}N_2$ の粉末が最も好ましい。

【0017】

磁粉31は、その粒子径（平均粒径）が限定されるものではない。平均粒径（D50）が2~5μm程度であることが好ましい。また、磁粉31には、粒子表面の全てに酸化膜が形成されていないものを用いる。

【0018】

図2のステップS12に示すように、潤滑剤32を準備する。潤滑剤32は、通常の条件下（大気雰囲気下、常温）で固体の物質（固体潤滑剤）を好適に用いることができる。本実施形態では、潤滑剤32には、粉末状の潤滑剤を用いる。

【0019】

潤滑剤32には、金属石けん系の潤滑剤（固体潤滑剤粉末）を用いる。潤滑剤32として、例えば、ステアリン酸亜鉛などのステアリン酸系金属の粉末を用いる。潤滑剤32の粉末の平均粒径（D50）は、10μm程度である。ここで、潤滑剤32の平均粒径は、磁粉31の平均粒径より大きいことが好ましい。潤滑剤32の比重は、磁粉31の比重より小さい。そのため、潤滑剤32の初期状態の大きさをある程度大きくすることで、潤滑剤32の1粒あたりの質量を大きくすることができ、後述のステップS13の工程で混合する際に潤滑剤32が舞い散ることを抑制できる。

【0020】

磁粉31と潤滑剤32の混合割合は、任意に設定できる。磁粉31と潤滑剤32の混合割合は、体積割合で、磁粉31：80~90体積%、潤滑剤32：5~15体積%とすることが好ましい。なお、潤滑剤は固体物質に限られない。例えば後述する結着剤としての熱硬化型シリコン組成物を潤滑剤及び結着剤として併用することもできる。また、磁粉31と潤滑剤32以外に、添加剤を添加しても良い。添加剤としては、その後の加熱により消失する有機溶剤等の添加剤を挙げることができる。

【0021】

図2のステップS13に示すように、先の2つの工程で準備した磁粉31と潤滑剤32を混合して混合粉を得る。混合粉31, 32を形成する方法は、図3Aに示したように、混合用容器36にて、磁粉31と潤滑剤32をすり潰しながら混合する。すり潰しながら混合することにより、図3Bに示したように、結合強度の低い潤滑剤32が細分化され、潤滑剤32の粒径が全体的に小さくなる。本工程の終了時には、粒子の大きさが異なる潤滑剤32が存在している。

【0022】

更に、混合粉31, 32は、磁粉31だけによる塊状の部分を少なくすること（磁粉3

10

20

30

40

50

１の二次粒子を解砕すること）ができ、潤滑剤３２の大きさを小さくできる。つまり、磁粉３１の各粒子に近接した位置に、細かくされた潤滑剤３２を存在させることができる。

【００２３】

続いて、図２のステップＳ１４に示すように、混合粉３１，３２を加熱して磁粉３１の表面に吸着膜３３を形成する。先の工程（ステップＳ１３）で混合した磁粉３１と潤滑剤３２の混合粉３１，３２を、加熱温度Ｔ１で加熱して、磁粉３１の表面に潤滑剤３２の吸着膜３３を形成する。このときの混合粉３１，３２の加熱温度Ｔ１は、磁粉３１の分解温度Ｔ２未満であって、潤滑剤３２の融点Ｔ３以上の温度である（ $T_3 > T_1 > T_2$ ）。

【００２４】

混合粉３１，３２を、加熱温度Ｔ１で加熱すると、磁粉３１が分解することなく、潤滑剤３２が溶融する。溶融した潤滑剤３２は、磁粉３１の粒子の表面に沿って流動し、磁粉３１の表面を被覆する。そして、磁粉３１の表面に吸着膜３３を形成（生成）する。

【００２５】

加熱温度Ｔ１での加熱時間は、混合粉３１，３２に付与される熱量によるため、限定されるものではない。つまり、加熱温度Ｔ１が高温になれば、混合粉３１，３２に与えられる時間あたりの熱量が増加するため、加熱時間を短くできる。また、加熱温度Ｔ１が比較的低い温度である場合には、加熱時間を長くすることが好ましい。

【００２６】

加熱温度Ｔ１と加熱時間について、混合粉３１，３２に付与される熱量が大きくなるほど、磁粉３１の表面に凝集した吸着膜３３を生成でき、後の加圧成形工程（ステップＳ４３）で被膜切れを生じなくなる。

【００２７】

続いて、図１のステップＳ１５に示すように、吸着膜３３が形成された磁粉３１の表面に、例えば、シリコン組成物よりなる未硬化の結着剤３４を配する。この結着剤３４は、室温でゲル状～液体状であり、流動性を持つ。結着剤３４を磁粉３１と混合することで、結着剤３４が磁粉３１（の粒子）の表面に配される。この状態では、図４に断面を模式図で示したように、隣接する磁粉３１の粒子同士の間には結着剤３４が介在する。ただし、この状態においては、結着剤３４が全ての磁粉３１同士を結着するように存在しているのではなく、一部の磁粉３１同士の間には介在しているだけである。つまり、この時点における磁石の素材は、粉体状で存在しており、ボンド磁石の素材のように射出成形が可能な流動状態を示すものとは異なる。

【００２８】

結着剤３４のシリコン組成物としては、シロキサン結合による主骨格を持つ組成物を用いることができる。より具体的には、シリコン組成物としてシリコン樹脂を用いる。シリコン組成物は、磁粉３１の表面に配されるときは未硬化（ゲル状～液体状）で、その後の工程で硬化する。熱硬化型のシリコン組成物は、硬化温度（硬化開始温度）Ｔ４が、磁粉３１の分解温度Ｔ２未満である。

【００２９】

結着剤３４の混合割合は、任意に設定できる。例えば、磁粉３１（吸着膜３３が形成された状態）の体積を１００vol％としたときに、５～１５vol％とすることができ、８～１２vol％とすることがより好ましい。なお、結着剤３４を硬化する方法は限定されない。例えば、加熱、紫外線の照射、水等の反応開始剤を接触させて硬化を開始する等の方法でも構わない。

【００３０】

（２－２．ロータコア１０の形成工程（ステップＳ２１～Ｓ２２））

ロータコア１０の形成工程（ステップＳ２０）について、図２のＳ２１～Ｓ２２、及び、図５Ａ，図５Ｂ，図６～図７を参照して説明する。ロータコア１０は、上述したように、複数の電磁鋼板１１を積層して形成される。

【００３１】

電磁鋼板１１は、平板状の鋼板をプレス加工することによって、図５Ａ及び図５Ｂに示

10

20

30

40

50

す形状に形成される（図２のＳ２１）。電磁鋼板１１は、外周面を円形に形成される。電磁鋼板１１の中心には、中心孔１１ａが、打ち抜き加工によってスプライン状に形成される。さらに、電磁鋼板１１には、中心孔１１ａと外周面との間に、周方向に複数の凹所１１ｃが、打ち抜き加工によって等角度間隔で貫通形成される。つまり、凹所１１ｃは、電磁鋼板１１の軸線方向に貫通し且つ軸線方向周りを囲まれた貫通孔である。なお、本実施形態においては、各凹所１１ｃは、径方向外方に開口するＶ字形状に形成されるが、他の形状でもよい。

【００３２】

中心孔１１ａ及び凹所１１ｃの打ち抜き加工による打ち抜き方向は、図５Ｂに示す第一方向に一致する。そのため、中心孔１１ａの周縁は、打ち抜き方向に向かってダレ１１ａ１を生じる。つまり、中心孔１１ａの周縁における打ち抜き方向の先側に位置する面が、わずかに突出するようになるのに対して、打ち抜き方向の打ち抜き方向の手前側に位置する面がわずかに凹状になる。

【００３３】

さらに、支持部材４０に接する電磁鋼板１１は、重なり合う電磁鋼板１１に結合するために、第一カシメ部１１ｄ及び第二カシメ部１１ｅを備える。第一カシメ部１１ｄは、周方向に隣り合う凹所１１ｃの間の角度位置であって、凹所１１ｃの径方向位置より径方向内側に設けられる。第一カシメ部１１ｄは、図６に示すように、一方面１１ｆ（図６の下面）に突出して形成される凸部１１１と、他方面１１ｇ（図６の上面）に凹状に形成される凹部１１２とを備える。凸部１１１と凹部１１２とは、表裏に対応する位置に設けられる。

【００３４】

第二カシメ部１１ｅは、各凹所１１ｃのＶ字形状の開口部の間、すなわち、各凹所１１ｃの径方向外方に設けられる。第二カシメ部１１ｅは、図５Ｂに示すように、第一カシメ部１１ｄと同様に凸部１１１と凹部１１２とを備える。第一カシメ部１１ｄ及び第二カシメ部１１ｅの凸部１１１の突出方向は、中心孔１１ａの打ち抜き方向（第一方向）に一致する。

【００３５】

電磁鋼板１１を１枚重ねる際に、カシメ部材４２を第一方向に移動させ、カシメ部材４２の図略の第一カシメ突起により第一カシメ部１１ｄを形成すると共に、凹部１１２に凸部１１１を嵌合させ、図略の第二カシメ突起により第二カシメ部１１ｅを形成すると共に凹部１１２に凸部１１１を嵌合させる。第一カシメ突起及び第二カシメ突起は、カシメ部材４２の支持部材４０側の面に第一方向に突出している。このようにして、図７に示すように、各電磁鋼板１１が積層されて、ロータコア１０が形成される（図２のＳ２２）。このとき、重なり合う電磁鋼板１１の凸部１１１と凹部１１２とが嵌合されることにより、重なり合う電磁鋼板１１が結合される。

【００３６】

このようにして形成されたロータコア１０は、各電磁鋼板１１の中心孔１１ａを軸線方向に連続して形成された中心孔１２を備え、さらに、各電磁鋼板１１の凹所１１ｃを軸線方向に連続して形成された磁石用凹所１３を備える。

【００３７】

（２－３．軸部材２０の挿入工程（ステップＳ３１））

次に、ロータコア１０に軸部材２０の挿入工程（ステップＳ３１）について、図２のＳ３１及び図８を参照して説明する。ロータコア１０の中心孔１２に、軸部材２０が挿入される（挿入工程）。ここで、軸部材２０の外周面及びロータコア１０の中心孔１２は、スプライン状に形成される。軸部材２０がロータコア１０の中心孔１２に挿入されることで、軸部材２０の外周面とロータコア１０の中心孔１２がスプライン嵌合される。

【００３８】

図８に示すように、ロータコア１０の端面を支持部材４０により支持した状態（規制した状態）で、軸部材２０を支持部材４０とは反対側からロータコア１０に挿入する。ここ

10

20

30

40

50

で、図 8 に示すように、軸部材 20 のロータコア 10 への挿入方向は、第一方向である。すなわち、軸部材 20 のロータコア 10 への挿入方向は、電磁鋼板 11 の打ち抜き方向及び電磁鋼板 11 の凸部 111 の突出方向に一致する。つまり、支持部材 40 は、凸部 111 が突出する側の面 11f に当接して支持する。

【0039】

軸部材 20 がロータコア 10 の中心孔 12 に第一方向に挿入される力によって、凸部 111 が凹部 112 に入り込む方向への力が作用する。そのため、軸部材 20 が挿入される前に比べて、凸部 111 と凹部 112 とがより強固に結合される。つまり、上記力が、重なり合う電磁鋼板 11 同士の隙間が小さくなる方向に作用する。

【0040】

10

さらに、軸部材 20 がロータコア 10 の中心孔 12 に第一方向に挿入される力によって、各電磁鋼板 11 の中心孔 11a のダレ 11a1 の方向と軸部材 20 の相対移動方向とが一致する。そのため、軸部材 20 の挿入動作によって、重なり合う電磁鋼板 11 同士の隙間がより小さくなる方向に作用する。仮に、中心孔 11a のダレ 11a1 の方向と軸部材 20 の相対移動方向とが逆方向であると、軸部材 20 がダレ 11a1 のエッジ部（図 6 の中心孔 11a の下側のエッジ部）に引っ掛かり、重なり合う電磁鋼板 11 同士の隙間を大きくする方向に作用する可能性がある。しかし、上記方向に軸部材 20 を挿入することで、重なり合う電磁鋼板 11 同士の隙間を大きくすることはない。

【0041】

（2 - 4. 磁石の形成工程（ステップ S41 ~ S45））

20

次に、磁石 30 の形成工程（ステップ S41 ~ S45）について、図 2 の S41 ~ S45 及び図 9 ~ 図 12 を参照して説明する。磁石 30 は、S11 ~ S15 にて準備した磁石 30 の素材を用いて、ロータコア 10 の磁石用凹所 13 に配置される。ここで、磁石 30 の素材を加圧成形した後に加熱する必要があるが、既に形成したロータコア 10 自身、特に軸部材 20 が挿入されたロータコア 10 を成形型の一部として用いる。以下に、詳細に説明する。

【0042】

図 2 のステップ S41 及び図 9 に示すように、軸部材 20 が挿入されたロータコア 10 に対して、図略のヒータを内蔵した型 51, 52, 53, 54 が配置される。まず、軸部材 20 が挿入されたロータコア 10 の外周側に、拘束型 51 が配置される。拘束型 51 は、筒状部材を周方向に複数に分割した円弧状に形成される。拘束型 51 がロータコア 10 の外周面に当接されることで、ロータコア 10 は径方向外方への変形が規制される。

30

【0043】

ここで、既に説明したように、ロータコア 10 には軸部材 20 が挿入されている。つまり、軸部材 20 は、ロータコア 10 の内周側に配置される拘束型として機能する。従って、軸部材 20 によって、ロータコア 10 は、径方向内方への変形が規制される。

【0044】

さらに、図 9 に示すように、ロータコア 10 の両端面のそれぞれに、押さえ型 52, 53 が配置される。押さえ型 52, 53 は、電磁鋼板 11 とほぼ同様の形状に形成される。つまり、押さえ型 52, 53 は、磁石用凹所 13 と同形状の凹所 52a, 53a を備える。ただし、押さえ型 52, 53 は、電磁鋼板 11 の第一、第二カシメ部 11d, 11e を有しない。押さえ型 53 は、第一、第二カシメ部 11d, 11e と干渉しないよう、これらを受け入れる図略の凹みを有している。

40

【0045】

また、押さえ型 52, 53 の厚みは、電磁鋼板 11 に比べて厚く形成される。押さえ型 52, 53 は、図示しないが、外周側にて、拘束型 51 又は拘束型 51 に締め付ける型に、軸線方向に締結される。従って、押さえ型 52, 53 によって、ロータコア 10 は軸線方向に圧縮される状態となる。

【0046】

つまり、ロータコア 10 は、拘束型 51 及び軸部材 20 によって、径方向外方及び径方

50

向内方への変形が規制され、押さえ型 5 2 , 5 3 によって、軸線方向への変形が規制される。さらに、磁石用凹所 1 3 と押さえ型 5 2 , 5 3 に形成される各凹所 5 2 a , 5 3 a が連通し、軸線方向両側に開口する。

続いて、下側パンチ部材 5 4 の一部が、押さえ型 5 3 の凹所 5 3 a に挿入される。つまり、下側パンチ部材 5 4 が、押さえ型 5 3 の凹所 5 3 a の開口部を閉塞する。

【 0 0 4 7 】

続いて、図 2 のステップ S 4 2 及び図 1 0 に示すように、磁石 3 0 の素材が磁石用凹所 1 3 に配置される（配置工程）。この磁石 3 0 の素材は、図 2 のステップ S 1 1 ~ S 1 5 にて生成した粉体である。このとき、図 1 0 に示すように、粉体状の磁石 3 0 の素材は、ロータコア 1 0 の磁石用凹所 1 3 のみならず、押さえ型 5 2 , 5 3 の凹所 5 2 a , 5 3 a にも配置される。磁石 3 0 の素材の量は、後の成形工程において磁石 3 0 の素材である粉体間の隙間が詰められることにより磁石 3 0 の素材の体積が減少する分を考慮して、決定される。

10

【 0 0 4 8 】

続いて、図 2 のステップ S 4 3 及び図 1 1 に示すように、上側パンチ部材 5 5 の一部が、押さえ型 5 2 の凹所 5 2 a に挿入される。さらに、上側パンチ部材 5 5 及び下側パンチ部材 5 4 を軸線方向に移動させることにより、磁石用凹所 1 3 内において、磁石 3 0 の素材が、磁石用凹所 1 3 の両側の開口からロータの軸線方向に圧縮されて成形体として成形される（成形工程）。上側パンチ部材 5 5 及び下側パンチ部材 5 4 による成形体の加圧、減圧を繰り返し行う。そうすることで、成形体の密度が高まる。成形された磁石 3 0 の成形体は、ロータコア 1 0 の磁石用凹所 1 3 に対応する範囲に充填される。上述した実施形態は、磁石 3 0 の素材の 1 回の投入で磁石用凹所 1 3 に成形体を成形した。他の実施形態として、磁石 3 0 の素材の投入と、上側パンチ部材 5 5 及び下側パンチ部材 5 4 による加圧、減圧を繰り返すことにより、磁石用凹所 1 3 に層を積み重ねるような形で成形体を成形してもよい。なお、いわゆるボンド磁石の場合には圧縮により体積が減少することはなく、この点においても、本実施形態の磁石 3 0 の素材とボンド磁石とは相違する。

20

【 0 0 4 9 】

ここで、磁石 3 0 の素材が磁石用凹所 1 3 にて圧縮される際において、ロータコア 1 0 の磁石用凹所 1 3 は膨張するように作用する。しかし、ロータコア 1 0 は、外周側、内周側及び両端面において、それぞれ、拘束型 5 1、軸部材 2 0、及び、押さえ型 5 2 , 5 3 により変形が規制される。そのため、磁石 3 0 の素材が磁石用凹所 1 3 にて圧縮される際において、ロータコア 1 0 は変形しない。

30

【 0 0 5 0 】

さらに、ロータコア 1 0 が成形型の一部として用いられており、且つ、磁石 3 0 の素材は粉体状であるため、仮に、電磁鋼板 1 1 同士の軸線方向の隙間が存在していると、当該隙間に粉体状の磁石 3 0 の素材が侵入するおそれがある。しかし、図 2 のステップ S 3 1 において、軸部材 2 0 がロータコア 1 0 に既に挿入されていること、且つ、押さえ型 5 2 , 5 3 がロータコア 1 0 を軸線方向に圧縮することにより、当該隙間が極めて小さくなる。そのため、ロータコア 1 0 が成形型の一部として用いられるとしても、粉体状の磁石 3 0 の素材が電磁鋼板 1 1 同士の隙間に侵入することは規制される。従って、磁石 3 0 の素材は、確実に、磁石用凹所 1 3 にて充填された状態で成形される。つまりは、磁石 3 0 の素材を圧縮成形した成形体は、磁石用凹所 1 3 の内周面に当接した状態となる。

40

【 0 0 5 1 】

続いて、図 2 のステップ S 4 4 及び図 1 1 に示すように、磁石 3 0 の素材を圧縮成形した成形体の状態、すなわち、軸部材 2 0 が挿入されたロータコア 1 0 に、各型 5 1 ~ 5 3 及びパンチ部材 5 4 , 5 5 が配置された状態で、加熱温度 T 6 になるまで型 5 1 , 5 2 , 5 3 , 5 4 のヒータで磁石 3 0 の成形体を加熱する（加熱工程）。磁石 3 0 の成形体に対する加熱温度 T 6 は、熱硬化型のシリコン組成物の硬化温度 T 4（硬化開始温度）以上であり、且つ、磁粉 3 1 の分解温度 T 2 未満である。この加熱温度 T 6 は、潤滑剤 3 2 の融点 T 3 未満の温度であることが好ましい。結着剤 3 4 の硬化後は、型 5 1 , 5 2 , 5 3

50

、54のヒータをオフにし、ロータコア10及び磁石30の成形体を自然冷却する。

【0052】

加熱後の磁石30においては、図12の模式図で示すように、硬化した結着剤34によって磁粉31の粒子同士が結着する。さらに、硬化した結着剤34は、図示しないが、ロータコア10の磁石用凹所13の内周面と磁粉31とを結着する。従って、実質的に、形成された磁石30は、ロータコア10の磁石用凹所13の内周面との間に隙間なく配置されることになる。なお、磁粉31同士の間、及び、磁粉31と磁石用凹所13との間に、微細な空隙が形成されることはある。

続いて、図2のステップS45に示すように、拘束型51、押さえ型52、53及びパンチ部材54、55が取り除かれると、図1に示すロータ1が出来上がる。

10

【0053】

(3.効果)

上述したように、ロータ1は、中心孔12及び軸線方向両側に開口する磁石用凹所13を備えるロータコア10と、ロータコア10の中心孔12に嵌合される軸部材20と、磁石用凹所13に配置される磁石30とを備える。そして、ロータ1の製造方法は、複数の電磁鋼板11を軸線方向に積層してロータコア10を形成するコア形成工程(図2のS22)と、コア形成工程(S22)の後に、ロータコア10の端面を支持した状態で、ロータコア10の中心孔12に軸部材20を挿入する挿入工程(図2のS31)とを備える。

【0054】

そして、各電磁鋼板11は、一方面11fに凸部111と、他方面11gに凸部111に対応する位置に凹部112とを備え、重なり合う電磁鋼板11における凸部111と凹部112とが嵌合することによって、複数の電磁鋼板11が結合される。さらに、軸部材20のロータコア10への挿入方向は、凸部111の突出方向に一致する。

20

【0055】

軸部材20のロータコア10への挿入方向と凸部111の突出方向とが一致することによって、軸部材20がロータコア10の中心孔12に挿入される力が、凸部111が凹部112に入り込む方向への力を作用する。そのため、軸部材20が挿入される前に比べて、凸部111と凹部112とがより強固に結合される。従って、ロータコア10に軸部材20を挿入することによって、凸部111と凹部112のカシメ力を向上させることができる。その結果、重なり合う電磁鋼板11同士の隙間が小さくなる。

30

【0056】

また、各電磁鋼板11は、中心孔12及び磁石用凹所13のそれぞれに対応する貫通孔11a、11cが打ち抜き加工により形成され、軸部材20のロータコア10への挿入方向は、各電磁鋼板11の打ち抜き方向に一致する。

【0057】

打ち抜き加工によって、電磁鋼板11の中心孔11aにはダレ11a1が生じる。そして、軸部材20がロータコア10の中心孔12に挿入される力によって、各電磁鋼板11の中心孔11aのダレ11a1の方向と軸部材20の相対移動方向とが一致する。そのため、軸部材20の挿入動作によって、重なり合う電磁鋼板11同士の隙間がより小さくなる方向に作用する。これにより、一对の電磁鋼板11間への磁粉の漏れを少なくできる。仮に、中心孔11aのダレ11a1の方向と軸部材20の相対移動方向とが逆方向であると、軸部材20がダレ11a1のエッジ部に引っ掛かり、重なり合う電磁鋼板11同士の隙間を大きくする方向に作用する可能性がある。しかし、上記方向に軸部材20を挿入することで、重なり合う電磁鋼板11同士の隙間を大きくすることはない。

40

【0058】

また、ロータ1の製造方法は、挿入工程(図2のS31)の後に、少なくとも磁粉31を含む磁石30の素材を磁石用凹所13に配置する配置工程(図2のS42)と、配置工程(図2のS42)の後に、ロータコア10を成形型の一部として用い、パンチ部材54、55により磁石用凹所13内において磁石30の素材をロータ1の軸線方向に圧縮して成形体を成形する成形工程(図2のS43)とを備える。

50

【 0 0 5 9 】

成形工程（Ｓ４３）において、ロータコア１０自身を成形型の一部として用いて、磁石３０の素材を圧縮して成形体を成形する。その後に、成形された磁石３０は、ロータコア１０から離脱させる必要はなく、ロータコア１０に配置された状態のまま、ロータ１が製造できる。つまり、従来のように、ロータコア１０と磁石３０の間に隙間を設ける必要はない。従って、ロータコア１０に対する磁石３０の体積比を高めることができ、結果として、モータ性能を高めることができる。

【 0 0 6 0 】

さらに、成形工程（Ｓ４３）において、ロータコア１０自身を成形型の一部として用いて、磁石３０の素材を圧縮して成形体を成形するとき、ロータコア１０の磁石用凹所１３は膨張するように作用する。しかし、ロータコア１０の中心孔１２には軸部材２０が既に挿入されているため、ロータコア１０は、軸部材２０によって径方向内方に変形することが規制される。従って、パンチ部材５４，５５に高い荷重を付与して、磁石３０の素材を圧縮させることができるため、磁粉３１の体積比を高めることができる。このことから、モータ性能を高めることになる。

10

【 0 0 6 1 】

仮に、磁石３０の素材を磁石用凹所１３にて圧縮して成形体を成形した後に、軸部材２０をロータコア１０の中心孔１２に挿入するとする。磁石３０の素材を圧縮することにより、ロータコア１０が径方向内方に変形してしまうと、軸部材２０の圧入代が大きくなり軸部材２０を挿入することができないか、若しくは、軸部材２０の挿入によって磁石３０に負荷をかけて、場合によっては磁石３０に亀裂が生じるおそれがある。しかし、本実施形態によれば、上記の問題が生じない。

20

【 0 0 6 2 】

また、磁粉３１は、Ｆｅ－Ｎ系化合物，Ｒ－Ｆｅ－Ｎ系化合物（Ｒ：希土類元素）の一種以上よりなる硬磁性体の磁粉であり、ロータ１の製造方法は、成形工程（Ｓ４３）の後に、圧縮成形された磁石３０の成形体を磁石用凹所１３に配置した状態において、磁石３０の成形体を磁粉３１の分解温度Ｔ２未満の温度で加熱して、磁粉３１を結着させる加熱工程（図２のＳ４４）を備える。このように、ロータコア１０が、成形工程のみならず、加熱工程における固定型としても用いられる。

【 0 0 6 3 】

ここで、一般に、磁粉３１が焼結により結着される場合には、磁粉３１同士の結着力が高い。しかし、上記化合物からなる磁粉３１の場合には、磁粉３１の分解温度Ｔ２は焼結温度より低温である。そのため、上記化合物からなる磁粉３１の場合には、焼結できない。そのため、上記化合物からなる磁粉３１である場合に、磁粉３１同士の結着力が弱くなる。しかし、磁石３０がロータコア１０の磁石用凹所１３から取り出されることがないため、磁粉３１同士が強固な結着力により結着している必要はなく、磁石用凹所１３内において磁粉３１同士が保持される程度の結着力で足りる。従って、上記化合物からなる磁粉３１を用いる場合には、本実施形態による製造方法は有効である。

30

【 0 0 6 4 】

また、磁石３０の素材は、磁粉３１及び磁粉３１同士を結着する結着剤３４を含み、加熱工程（Ｓ４４）は、結着剤３４を加熱により硬化させて、硬化した結着剤３４により磁粉３１同士を結着させると共に、磁粉３１と磁石用凹所１３とを結着させる。つまり、磁石３０自身を構成する結着剤３４が、磁粉３１と磁石用凹所１３とを結着させる。このように、磁石３０と磁石用凹所１３とを結着するための専用の結着剤が不要となる。

40

【 0 0 6 5 】

また、本実施形態のロータ１の製造方法は、複数の電磁鋼板１１を軸線方向に積層してロータコア１０を形成するコア形成工程（Ｓ２２）と、コア形成工程（Ｓ２２）の後に、形成されたロータコア１０の中心孔１２に軸部材２０を挿入する挿入工程（Ｓ３１）と、挿入工程（Ｓ３１）の後に、少なくとも磁粉３１を含む磁石３０の素材を磁石用凹所１３に配置する配置工程（Ｓ４２）と、配置工程（Ｓ４２）の後に、ロータコア１０を成形型

50

の一部として用い、パンチ部材 5 4 , 5 5 により磁石用凹所 1 3 内において磁石 3 0 の素材をロータ 1 の軸線方向に圧縮して成形体を成形する成形工程 (S 4 3) とを備える。

【 0 0 6 6 】

当該製造方法によって、成形された磁石 3 0 は、ロータコア 1 0 から離脱させる必要はなく、ロータコア 1 0 に配置された状態のまま、ロータ 1 が製造できる。従って、ロータコア 1 0 に対する磁石 3 0 の体積比を高めることができ、結果として、モータ性能を高めることができる。さらに、ロータコア 1 0 の中心孔 1 2 には軸部材 2 0 が既に挿入されているため、ロータコア 1 0 は、軸部材 2 0 によって径方向内方に変形することが規制される。従って、パンチ部材 5 4 , 5 5 に高い荷重を付与して、磁石 3 0 の素材を圧縮させることができるため、磁粉 3 1 の体積比を高めることができる。このことから、モータ性能を高めることになる。

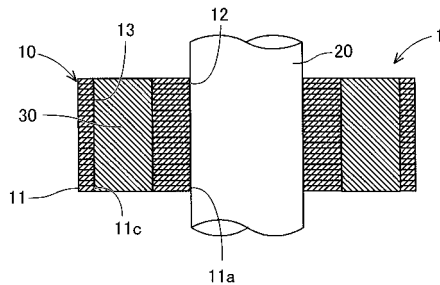
10

【 符号の説明 】

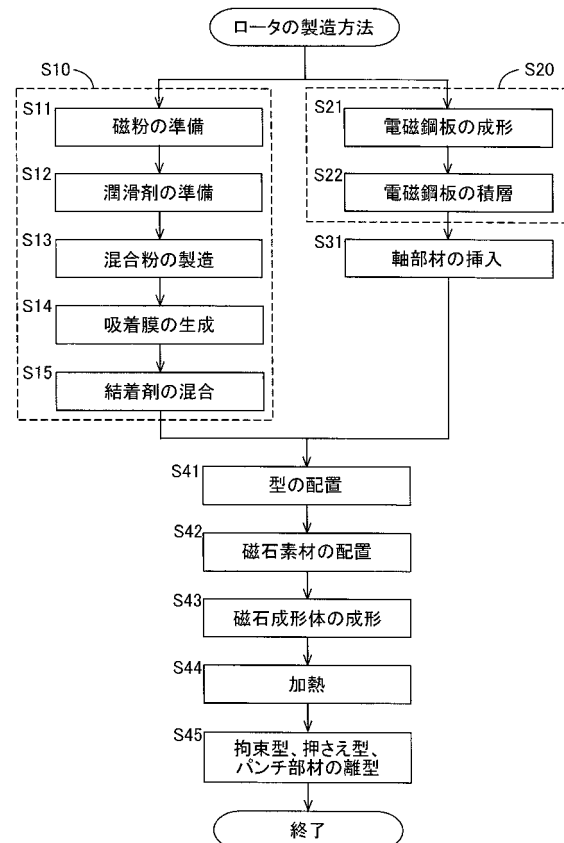
【 0 0 6 7 】

1 : ロータ、 1 0 : ロータコア、 1 1 : 電磁鋼板、 1 1 a : 中心孔、 1 1 a 1 : ダレ、 1 1 c : 凹所、 1 1 d : 第一カシメ部、 1 1 e : 第二カシメ部、 1 1 f : 凸部、 1 1 g : 凹部、 1 2 : 中心孔、 1 3 : 磁石用凹所、 2 0 : 軸部材 (拘束型) 、 3 0 : 磁石、 3 1 : 磁粉、 3 4 : 結着剤、 4 0 : 支持部材、 5 1 : 拘束型、 5 2 , 5 3 : 押さえ型、 5 4 : 下側パンチ部材、 5 5 : 上側パンチ部材、 T 2 : 分解温度

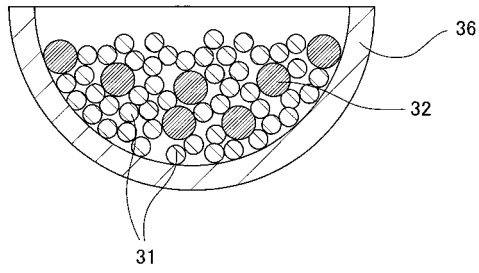
【 図 1 】



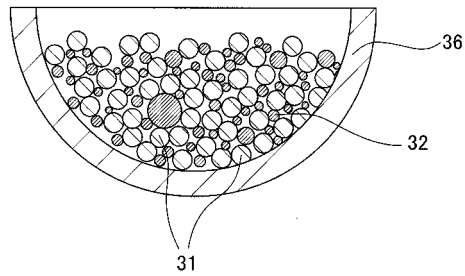
【 図 2 】



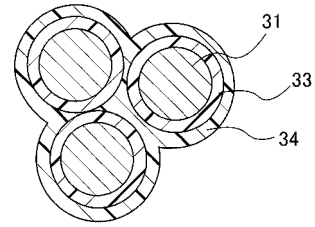
【図 3 A】



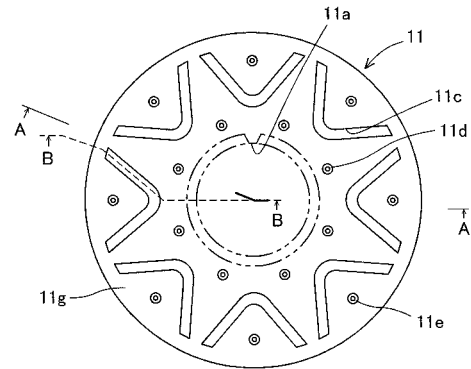
【図 3 B】



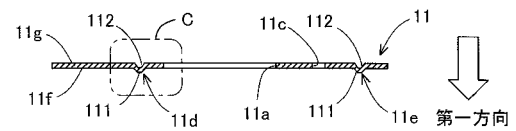
【図 4】



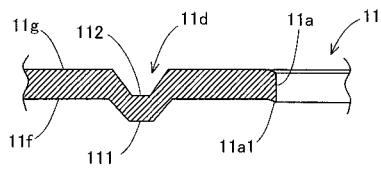
【図 5 A】



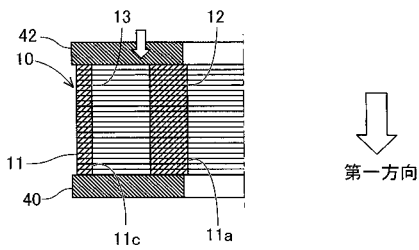
【図 5 B】



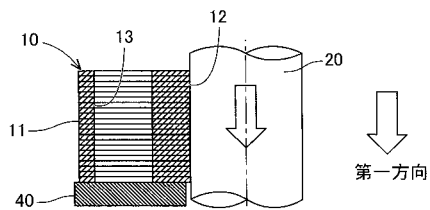
【図 6】



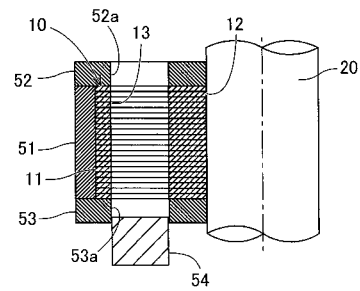
【図 7】



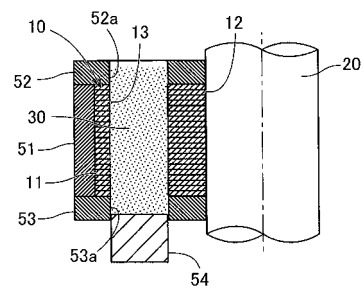
【図 8】



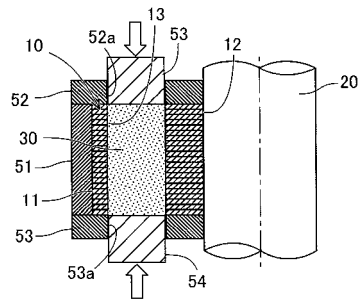
【図 9】



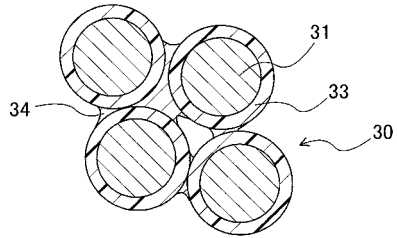
【図 10】



【図 1 1】



【図 1 2】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
	H 0 2 K 1/22	A
	H 0 2 K 1/28	A

(72)発明者 田村 高志

大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号 株式会社ジェイテクト内

(72)発明者 木元 雄輔

大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号 株式会社ジェイテクト内

Fターム(参考) 5H601 AA08 AA29 BB01 CC15 DD01 DD09 DD11 GA24 GC12 GC34
KK08 KK12 KK30
5H615 AA01 BB07 BB14 PP02 PP06 SS05 SS19
5H622 AA03 CA02 CA14 CB05 DD01 DD02 DD03 DD04 QA02