

HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類 :

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約 : このロータの製造方法は、非円形形状を有するシャフト挿入孔の頂点とシャフトの外周面との距離が第1距離となるとともに、シャフトの外周面とシャフト挿入孔の辺との距離が第1距離よりも小さい第2距離となるように、シャフトをシャフト挿入孔に挿入する挿入工程と、ハイドロフォーミングによりシャフトを積層コアに固定する固定工程とを備える。

明 細 書

発明の名称：ロータの製造方法およびロータ

技術分野

[0001] 本発明は、ロータの製造方法およびロータに関する。

背景技術

[0002] 従来、シャフトが挿入されるロータの製造方法およびロータが知られている。このようなロータの製造方法およびロータは、たとえば、特開2001-268858号公報に開示されている。

[0003] 上記特開2001-268858号公報には、パイプ構造を有した中空形状の回転軸と、回転軸が挿入された積層鉄心とを備えるモータ用ロータが開示されている。回転軸は、積層鉄心の中央に設けられた貫通孔に挿入されている。また、回転軸には、ハイドロフォーミング法により形成された抜止部が設けられている。抜止部は、ハイドロフォーミング法により、回転軸が外径側に膨張することによって形成されている。また、抜止部は、積層鉄心を軸方向に挟み込むように設けられている。

[0004] また、積層鉄心は、キー溝が1つ設けられたケイ素鋼板が積層されることにより形成されている。これにより、ハイドロフォーミング法により回転軸が膨張することにより、キー溝に噛み合う凸部が形成される。凸部とキー溝とが噛み合うことにより、回転軸に対する積層鉄心の回転方向のずれが抑制される。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2001-268858号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、上記特開2001-268858号公報に記載のロータでは、積層鉄心の回転方向（周方向）において、キー溝が設けられる1箇所のみ

みにより、回転軸に対する積層鉄心の回転方向のずれが抑制される。このため、キー溝が1箇所に向けられることにより、軸方向視においてシャフトの形状がアンバランスになるという不都合がある。このため、ロータの回転におけるバランスが悪化するという問題点がある。

[0007] 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、ハイドロフォーミングによりシャフトを積層コアに固定する場合に、シャフトに対する積層コアの回転方向のずれを防止しながら、ロータの回転におけるバランスが悪化するのを防止することが可能なロータおよびロータ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

[0008] 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の製造方法は、筒状のシャフトが挿入されるシャフト挿入孔と、永久磁石が挿入される磁石挿入孔とを含む積層コアを備えるロータの製造方法であって、積層コアの軸方向から見て、積層コアの中央部に設けられるとともに複数の頂点を含む非円形形状を有するシャフト挿入孔の頂点とシャフトの外周面との距離が第1距離となるとともに、シャフトの外周面とシャフト挿入孔の辺との距離が第1距離よりも小さい第2距離となるように、シャフトをシャフト挿入孔に挿入する挿入工程と、積層コアのシャフト挿入孔にシャフトが挿入された状態で、シャフトの内部に充填された液体が加圧されることによって膨張されるハイドロフォーミングにより、軸方向から見てシャフトの外周面をシャフト挿入孔の内周面に沿うように非円形形状に変形させることによって、シャフトを積層コアに固定する固定工程と、を備える。

[0009] この発明の第1の局面によるロータの製造方法では、上記のように、積層コアの軸方向から見て、複数の頂点を含む非円形形状を有するシャフト挿入孔の頂点とシャフトの外周面との距離が第1距離となるとともに、シャフトの外周面とシャフト挿入孔の辺との距離が第1距離よりも小さい第2距離となるように、シャフトをシャフト挿入孔に挿入する挿入工程と、ハイドロフォーミングにより、軸方向から見てシャフトの外周面をシャフト挿入孔の内

周面に沿うように非円形形状に変形させることによって、シャフトを積層コアに固定する固定工程と、が行われる。これにより、複数の頂点の各々において、シャフトに対する積層コアの回転方向のずれが規制される。その結果、シャフト挿入孔の頂点が1つのみの場合に比べて、シャフトに対する積層コアの回転方向のずれをよりバランス良く防止することができる。これにより、シャフトに対する積層コアの回転方向のずれを防止しながら、ロータの回転におけるバランスが悪化するのを防止することが可能なロータの製造方法を提供することができる。

[0010] この発明の第2の局面におけるロータは、筒状のシャフトと、永久磁石と、シャフトが挿入されるシャフト挿入孔と、永久磁石が挿入される磁石挿入孔とを含む積層コアと、を備え、シャフトは、シャフトの内部に充填された液体が加圧されることによって膨張されるハイドロフォーミングにより積層コアに固定されており、シャフト挿入孔は、積層コアの軸方向から見て、積層コアの中央部に設けられるとともに、複数の頂点を含む非円形形状を有し、積層コアは、シャフト挿入孔の頂点および辺の数が、極数の整数倍、または、極数を極数以外の極数の約数で除した数になるように構成されている。

[0011] この発明の第2の局面によるロータでは、上記のように、シャフト挿入孔は、積層コアの軸方向から見て、複数の頂点を含む非円形形状を有する。これにより、複数の頂点の各々において、シャフトに対する積層コアの回転方向のずれが規制される。さらに、積層コアは、シャフト挿入孔の頂点および辺の数が、極数の整数倍、または、極数を極数以外の極数の約数で除した数になるように構成されている。これにより、シャフト挿入孔の頂点および辺の数が極数の整数倍である場合は、複数の極の各々に対して頂点（辺）が均等に配置されるようにロータを形成することを容易に行うことができる。また、頂点および辺の数が極数を極数以外の極数の約数で除した数である場合は、上記約数ごとの極のグループの各々に対して頂点（辺）が均等に配置されるようにロータを形成することを容易に行うことができる。その結果、複数の極の各々に対して、または、上記約数ごとの極のグループの各々に対し

て、シャフトに対する積層コアの回転方向のずれをよりバランス良く防止することができる。これにより、シャフトに対する積層コアの回転方向のずれを防止しながら、ロータの回転におけるバランスが悪化するのを防止することができる。

発明の効果

[0012] 本発明によれば、シャフトに対する積層コアの回転方向のずれを防止しながら、ロータの回転におけるバランスが悪化するのを防止することができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]第1実施形態によるロータ（回転電機）の構成を示す平面断面図である。

[図2]図1の磁極形成部の近傍の部分拡大図である。

[図3]第1実施形態による積層コアおよびシャフトの軸方向に沿った断面斜視図である。

[図4]第1実施形態によるロータの製造方法を示すフロー図である。

[図5]第1実施形態によるシャフトを積層コアに挿入する前のシャフトおよび積層コアの構成を示す斜視図である。

[図6]第1実施形態によるシャフトを積層コアに挿入した状態の軸方向に沿った断面図である。

[図7]第1実施形態によるシャフトを積層コアに挿入した状態で、かつ、ハイドロフォーミングを行う前の状態の平面断面図である。

[図8]第1実施形態によるハイドロフォーミング時の軸方向に沿った断面図である。

[図9]第2実施形態によるロータ（回転電機）の構成を示す平面断面図である。

[図10]図9の磁極形成部の近傍の部分拡大図である。

[図11]第2実施形態によるロータの製造方法を示すフロー図である。

[図12]第1実施形態の変形例による積層コアの構成を示す平面断面図である。

。

[図13]第2実施形態の変形例による積層コアの構成を示す平面断面図である

。

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] [第1実施形態]

図1～図8を参照して、第1実施形態によるロータ1およびロータ1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の回転軸線Cに沿った方向を意味し、図中のZ方向を意味する。また、「径方向」とは、ロータ1の径方向（R1方向またはR2方向）を意味し、「周方向」は、ロータ1の周方向（E1方向またはE2方向）を意味する。

[0017] (ロータの構造)

まず、図1を参照して、第1実施形態のロータ1の構造について説明する

。

[0018] 図1に示すように、回転電機100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、第1実施形態では、回転電機100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（ロータコア4）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、エンジンや車軸等に接続されている。たとえば、回転電機100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。

[0019] また、ロータ1は、ロータコア4を備える。ロータコア4は、複数の電磁鋼板4a（図3参照）が積層され、電磁鋼板4aの積層方向に延びる磁石挿入孔10aを有する積層コア4bを含む。また、ロータ1（ロータコア4）は、永久磁石5を含む。永久磁石5は、積層コア4bの磁石挿入孔10aに

挿入（配置）されている。

[0020] 磁石挿入孔10aは、積層コア4bに複数（第1実施形態では16個）設けられている。すなわち、回転電機100は、埋込永久磁石型モータ（IPMモータ：Interior Permanent Magnet Motor）として構成されている。

[0021] 積層コア4bは、周方向に隣り合う一对の磁石挿入孔10aと、一对の磁石挿入孔10aの磁石挿入孔10a同士の間配置されるブリッジ部10b（図2参照）とを含む、磁極を形成する複数の磁極形成部10を含む。ブリッジ部10bは、積層コア4bの径方向内側部分4hと、積層コア4bの径方向外側部分4iとを連結するように設けられている。磁極形成部10は、積層コア4bにおいて、回転軸線C方向から見て、周方向に沿って、等角度間隔に8つ設けられている。また、磁極形成部10における一对の磁石挿入孔10aは、V字状に配置されている。

[0022] 図2に示すように、ブリッジ部10bは、積層コア4bにおいて、磁石挿入孔10aよりも径方向外側の部分と、磁石挿入孔10aよりも径方向内側の部分とを接続するように設けられている。ブリッジ部10bは、径方向に延びるように設けられている。ブリッジ部10bの周方向の幅W1は、ブリッジ部10bの径方向の長さL1よりも小さい。

[0023] 図1に示すように、ロータコア4は、回転軸線C回りに回転される。また、ロータコア4（積層コア4b）は、積層コア4bの軸方向から見て（Z1方向側から見て）、積層コア4bの中央部に設けられるシャフト挿入孔4cを含む。シャフト3は、積層コア4bのシャフト挿入孔4cに挿入されている。シャフト3が回転することにより、積層コア4bにシャフト3の回転力が伝達され、積層コア4bが回転するように構成されている。

[0024] また、ステータ2は、ステータコア2aと、ステータコア2aに巻回（配置）されたコイル2bとを含む。ステータコア2aは、ロータコア4の径方向外側に配置されている。ステータコア2a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。

[0025] 永久磁石 5 は、軸方向に直交する断面が長方形形状を有している。たとえば、永久磁石 5 は、磁化方向（着磁方向）が短手方向となるように構成されている。また、磁石挿入孔 10 a には、磁石挿入孔 10 a に配置されている永久磁石 5 を固定する図示しない樹脂材が配置されている。

[0026] また、図 3 に示すように、シャフト 3 は、筒状に形成されている。シャフト 3 には、後述するオイル射出部 6 が挿入される挿入孔 3 a が設けられている。

[0027] また、シャフト 3 は、シャフト 3 の内部に充填された液体 800（図 8 参照）が加圧されることによって膨張されるハイドロフォーミングによって積層コア 4 b に固定されている。具体的には、シャフト 3 は、積層コア 4 b に固定される固定部分 3 b を含む。固定部分 3 b とは、シャフト 3 のうち、積層コア 4 b のシャフト挿入孔 4 c に挿入されている部分の全体である。

[0028] また、ロータ 1 は、挿入孔 3 a を介してシャフト 3 の内部に挿入され、シャフト 3 の内部において冷却用オイルを射出するオイル射出部 6 を備える。

[0029] ここで、第 1 実施形態では、図 1 に示すように、シャフト挿入孔 4 c は、軸方向から見て、複数の頂点 4 f を含む非円形形状を有する。具体的には、シャフト挿入孔 4 c は、軸方向から見て、正多角形形状を有する。詳細には、シャフト挿入孔 4 c は、軸方向から見て、正 16 角形形状を有する。なお、シャフト挿入孔 4 c は、軸方向から見て、正 16 角形以外の正多角形（たとえば正 6 角形）を有していてもよい。

[0030] これにより、ハイドロフォーミングにより膨張されたシャフト 3 の外周面

3 e (内周面 3 c) は、軸方向から見て、ロータコア 4 のシャフト挿入孔 4 c に沿うように正 16 角形状を有している。

[0031] また、第 1 実施形態では、積層コア 4 b は、シャフト挿入孔 4 c の頂点 4 f および辺 4 g の数が、極数の整数倍になるように構成されている。具体的には、極数の数 (磁極形成部 10 の数) は 8 つであり、シャフト挿入孔 4 c の頂点 4 f および辺 4 g の数は 16 である。すなわち、シャフト挿入孔 4 c の頂点 4 f および辺 4 g の数は、極数の 2 倍である。

[0032] なお、シャフト挿入孔 4 c の頂点 4 f とは、隣接する辺 4 g 同士の交点に相当する部分であり、必ずしもピン角ではなく、一定の曲率を有していてもよい。また、辺 4 g とは、必ずしも直線である必要はなく、一定の曲率を有していてもよい。

[0033] また、第 1 実施形態では、積層コア 4 b は、軸方向から見て、シャフト挿入孔 4 c の頂点 4 f が、磁極形成部 10 のブリッジ部 10 b (8 つ全てのブリッジ部 10 b) と周方向に重なる位置に配置されるように構成されている。ブリッジ部 10 b と周方向に重ならない頂点 4 f は、周方向に隣り合う磁極形成部 10 同士の周方向における中央部と、周方向に重なる位置に配置される。なお、ブリッジ部 10 b と周方向に重なる位置に配置される頂点 4 f は、ブリッジ部 10 b の周方向における中央近傍と周方向に重なるように設けられる。

[0034] また、積層コア 4 b は、軸方向から見て、磁石挿入孔 10 a が、周方向においてシャフト挿入孔 4 c の辺 4 g と重なる位置に配置されるように構成されている。磁石挿入孔 10 a と辺 4 g との間には、径方向における幅が幅 W2 の径方向内側部分 4 h が形成されている。幅 W2 は、一対の磁石挿入孔 10 a が V 字形状を有していることによって、ブリッジ部 10 b と周方向に重なる位置に配置される頂点 4 f 側に向かって徐々に小さくなる。

[0035] (ロータの製造方法)

次に、図 4 ~ 図 8 を参照して、ロータ 1 の製造方法について説明する。

[0036] まず、図 4 に示すように、ステップ S1 において、積層コア 4 b およびシ

シャフト3を準備する工程が行われる。具体的には、図5に示すように、筒状のシャフト3と、シャフト挿入孔4cが軸方向から見て非円形形状（正16角形）を有する積層コア4bとが準備される。この時点では、シャフト3は、軸方向から見て円形形状（図7参照）を有する。

[0037] また、ステップS1では、軸方向から見て、シャフト挿入孔4cの頂点4fが、周方向に隣り合う磁石挿入孔10a同士の間にはけられたブリッジ部10bと周方向に重なる位置に配置されるように、積層コア4bを形成するコア形成工程が行われる。具体的には、コア形成工程は、軸方向から見て、シャフト挿入孔4cの頂点4fが、複数の磁極形成部10の各々において周方向に隣り合う一対の磁石挿入孔10aの磁石挿入孔10a同士の間にはけられ、積層コア4bの径方向外側部分4lと積層コア4bの径方向内側部分4hとを連結するブリッジ部10bと、周方向に重なる位置に配置されるように、積層コア4bを形成する工程である。なお、ステップS1で行われるコア形成工程は、請求の範囲の「第1コア形成工程」の一例である。

[0038] 次に、図4に示すように、ステップS2において、シャフト挿入孔4cにシャフト3を挿入する（図6参照）挿入工程が行われる。具体的には、図7に示すように、挿入工程は、軸方向から見て正多角形（正16角形）形状を有するシャフト挿入孔4cに、軸方向から見て円形形状を有するシャフト3を挿入する工程である。

[0039] 具体的には、第1実施形態では、挿入工程は、軸方向から見て、シャフト挿入孔4cの頂点4fが、周方向に隣り合う磁石挿入孔10a同士の間にはけられたブリッジ部10b（図2参照）と周方向に重なる位置に配置される積層コア4bのシャフト挿入孔4cに、シャフト3を挿入する工程である。この挿入工程の後（後述する固定工程の前）では、シャフト3の外周面3eと、シャフト挿入孔4cの内周面4iとは、離間した状態である。

[0040] 具体的には、挿入工程は、軸方向から見て、シャフト3の外周面3eとシャフト挿入孔4cの頂点4fとの距離が距離L2となるとともに、シャフト3の外周面3eとシャフト挿入孔4cの辺4gとの距離がL2距離よりも小

さい距離 L_3 となるように、シャフト3をシャフト挿入孔4cに挿入する工程である。具体的には、シャフト3の外周面3eと全てのシャフト挿入孔4cの頂点4fとの距離が距離 L_2 で等しくなるとともに、シャフト3の外周面3eと全てのシャフト挿入孔4cの辺4gとの距離が距離 L_3 で等しくなるように、シャフト3はシャフト挿入孔4cに挿入（配置）される。なお、距離 L_2 は、シャフト3の外周面3eとシャフト挿入孔4cの頂点4fとの最短距離である。また、距離 L_3 は、シャフト3の外周面3eとシャフト挿入孔4cの辺4gとの最短距離である。なお、距離 L_2 および距離 L_3 は、それぞれ、請求の範囲の「第1距離」および「第2距離」の一例である。

[0041] 次に、図4に示すように、ステップS3において、シャフト3を積層コア4bに固定する固定工程が行われる。具体的には、固定工程は、積層コア4bのシャフト挿入孔4cにシャフト3が挿入された状態で、ハイドロフォーミングにより、軸方向から見てシャフト3の外周面3eをシャフト挿入孔4cの内周面4iに沿うように非円形形状（正16角形状）に変形させる（図1参照）ことによって、シャフト3を積層コア4bに固定する工程である。この際、シャフト3の外周面3eとシャフト挿入孔4cの辺4gとの距離 L_3 が、シャフト3の外周面3eとシャフト挿入孔4cの頂点4fとの距離 L_2 よりも小さいので、シャフト3の外周面3eとシャフト挿入孔4cの辺4gとが最初に接触した後、シャフト3の外周面3eとシャフト挿入孔4cの頂点4fとが接触するように、シャフト3が膨張する。

[0042] また、図8に示すように、ハイドロフォーミングを行う際、積層コア4bおよびシャフト3は、ハイドロフォーミング成形機900に配置（セット）される。ハイドロフォーミング成形機900は、積層コア4bをZ1側から押圧する上型901と、積層コア4bをZ2側から押圧する下型902とを含む。また、ハイドロフォーミング成形機900は、積層コア4bの径方向の移動を径方向外側から規制する規制部903を含む。

[0043] また、ハイドロフォーミング成形機900は、シャフト3のZ1側の端部をシールする上側シール部904と、シャフト3のZ2側の端部をシールす

る下側シール部905とを含む。上側シール部904および下側シール部905には、それぞれ、シャフト3の内部に液体800を導入するための導入路904aおよび905aが設けられている。

[0044] そして、図4に示すように、ステップS4において、永久磁石5（図1参照）を磁石挿入孔10aに挿入するとともに、図示しない樹脂材を磁石挿入孔10aに充填することにより永久磁石5を固定する工程が行われる。すなわち、ハイドロフォーミングは、磁石挿入孔10aに永久磁石5が挿入（配置）されていない状態で行われる。

[0045] [第2実施形態]

次に、図9～図11を参照して、第2実施形態によるロータ11およびロータ11の製造方法について説明する。第2実施形態のロータ11では、シャフト挿入孔4cの頂点4fとブリッジ部10bとが周方向において重なるように配置される上記第1実施形態とは異なり、シャフト挿入孔14cの辺14gがd軸と周方向において重なる位置に配置される。なお、上記第1実施形態と同様の構成は、第1実施形態と同じ符号を付して図示するとともに説明を省略する。

[0046] （ロータの構造）

まず、図9を参照して、第2実施形態のロータ11の構造について説明する。

[0047] 図9に示すように、回転電機200は、上記第1実施形態の回転電機100のロータ1の代わりに、ロータ11を備える。

[0048] また、ロータ11は、ロータコア14を備える。ロータコア14は、磁石挿入孔10aを有する積層コア14bを含む。また、ロータコア14（積層コア14b）は、積層コア14bの軸方向から見て（Z1方向側から見て）、積層コア14bの中央部に設けられるシャフト挿入孔14cを含む。

[0049] ここで、第2実施形態では、図10に示すように、積層コア14bは、軸方向から見て、シャフト挿入孔14cの辺14gが、周方向において積層コア14bのd軸と重なる位置に配置されるように構成されている。ここで、

d軸とは、ロータコア14（積層コア14b）において磁極が作る磁束の方向を意味する。図10に示す例では、磁束はブリッジ部10bを通過するので、d軸は、軸方向から見て、回転軸線Cからブリッジ部10bへ向かう方向である。

[0050] ロータコア14（積層コア14b）には、ブリッジ部10bが8つ設けられているので、それぞれのブリッジ部10bに対応するようにd軸は8つ存在する。そして、それぞれのd軸は、シャフト挿入孔14cの辺14gと周方向において重なる位置に形成される。なお、図9に示すように、シャフト挿入孔14cの頂点14fは、周方向に隣り合う磁極形成部10同士の間的位置と周方向に重なるように配置される。

[0051] （ロータの製造方法）

次に、図11を参照して、ロータ1の製造方法について説明する。

[0052] まず、図11に示すように、ステップS11において、積層コア14bおよびシャフト3を準備する工程が行われる。

[0053] また、ステップS11では、軸方向から見て、シャフト挿入孔14cの辺14gが、周方向において積層コア14bのd軸と重なる位置に配置されるように、積層コア14bを形成するコア形成工程が行われる。なお、ステップS11で行われるコア形成工程は、請求の範囲の「第2コア形成工程」の一例である。

[0054] 次に、ステップS12において、シャフト挿入孔14cにシャフト3を挿入する挿入工程が行われる。第2実施形態では、挿入工程は、軸方向から見て、シャフト挿入孔14cの辺14gが、周方向において積層コア14bのd軸と重なる位置に配置される積層コア14bのシャフト挿入孔14cに、シャフト3を挿入する工程である。

[0055] 次に、図11に示すように、ステップS13において、シャフト3を積層コア14bに固定する固定工程が行われる。具体的には、固定工程は、積層コア14bのシャフト挿入孔14cにシャフト3が挿入された状態で、ハイドロフォーミングにより、軸方向から見てシャフト3の外周面3eをシャフ

ト挿入孔4 cの内周面1 4 iに沿うように非円形形状（正1 6角形状）に変形させる（図1参照）ことによって、シャフト3を積層コア1 4 bに固定する工程である。

[0056] なお、第2実施形態のその他の構成は、上記第1実施形態と同様である。

[0057] [第1および第2実施形態の効果]

第1および第2実施形態では、以下のような効果を得ることができる。

[0058] （ロータの効果）

第1および第2実施形態では、上記のように、シャフト（3）は、シャフト（3）の内部に充填された液体（800）が加圧されることによって膨張されるハイドロフォーミングにより積層コア（4 b、1 4 b）に固定されている。また、シャフト挿入孔（4 c、1 4 c）は、積層コア（4 b、1 4 b）の軸方向から見て、積層コア（4 b、1 4 b）の中央部に設けられるとともに、複数の頂点（4 f、1 4 f）を含む非円形形状を有する。また、積層コア（4 b、1 4 b）は、シャフト挿入孔（4 c、1 4 c）の頂点（4 f、1 4 f）および辺（4 g、1 4 g）の数が、極数の整数倍、または、極数を極数以外の極数の約数で除した数になるように構成されている。これにより、シャフト挿入孔（4 c、1 4 c）の頂点（4 f、1 4 f）および辺（4 g、1 4 g）の数が極数の整数倍である場合は、複数の極の各々に対して頂点（4 f、1 4 f）（辺（4 g、1 4 g））が均等に配置されるようにロータ（1、1 1）を形成することを容易に行うことができる。また、頂点（4 f、1 4 f）および辺（4 g、1 4 g）の数が極数を極数以外の極数の約数で除した数である場合は、上記約数ごとの極のグループの各々に対して頂点（4 f、1 4 f）（辺（4 g、1 4 g））が均等に配置されるようにロータ（1、1 1）を形成することを容易に行うことができる。その結果、複数の極の各々に対して、または、上記約数ごとの極のグループの各々に対して、シャフト（3）に対する積層コア（4 b、1 4 b）の回転方向のずれをよりバランス良く防止することができる。これにより、シャフト（3）に対する積層コア（4 b、1 4 b）の回転方向のずれを防止しながら、ロータ（1、1

1) の回転におけるバランスが悪化するのを防止することができる。

[0059] (ロータの製造方法の効果)

また、第1および第2実施形態では、上記のように、ロータ(1、11)の製造方法は、軸方向から見て、複数の頂点(4f、14f)を含む非円形状を有するシャフト挿入孔(4c、14c)の頂点(4f、14f)とシャフト(3)の外周面(3e)との距離が第1距離(L2)となるとともに、シャフト(3)の外周面(3e)とシャフト挿入孔(4c、14c)の辺(4g、14g)との距離が第1距離(L2)よりも小さい第2距離(L3)となるように、シャフト(3)をシャフト挿入孔(4c、14c)に挿入する挿入工程を備える。また、ロータ(1、11)の製造方法は、積層コア(4b、14b)のシャフト挿入孔(4c、14c)にシャフト(3)が挿入された状態で、シャフト(3)の内部に充填された液体(800)が加圧されることによって膨張されるハイドロフォーミングにより、軸方向から見てシャフト(3)の外周面(3e)をシャフト挿入孔(4c、14c)の内周面(4i、14i)に沿うように非円形状に変形させることによって、シャフト(3)を積層コア(4b、14b)に固定する固定工程を備える。これにより、複数の頂点(4f、14f)の各々において、シャフト(3)に対する積層コア(4b、14b)の回転方向のずれが規制される。その結果、シャフト挿入孔(4c、14c)の頂点(4f、14f)が1つのみの場合に比べて、シャフト(3)に対する積層コア(4b、14b)の回転方向のずれをよりバランス良く防止することができる。これにより、シャフト(3)に対する積層コア(4b、14b)の回転方向のずれを防止しながら、ロータ(1、11)の回転におけるバランスが悪化するのを防止することが可能なロータ(1、11)の製造方法を提供することができる。

[0060] また、第1実施形態では、上記のように、ロータ(1)の製造方法は、軸方向から見て、少なくとも一部のシャフト挿入孔(4c)の頂点(4f)が、周方向に隣り合う磁石挿入孔(10a)同士の間設けられたブリッジ部(10b)と周方向に重なる位置に配置されるように、積層コア(4b)を

形成する第1コア形成工程を備える。ここで、ハイドロフォーミングにおいて、シャフト(3)の外周面(3e)は、最初にシャフト挿入孔(4c)の辺(4g)に接触した後に、シャフト挿入孔(4c)の頂点(4f)に接触するように膨張する。これにより、シャフト挿入孔(4c)の辺(4g)にかかる応力よりも、シャフト挿入孔(4c)の頂点(4f)にかかる応力の方が小さくなる。また、ブリッジ部(10b)は、周方向の幅(W1)が比較的小さいため、機械的強度が比較的低い。したがって、機械的強度が比較的低いブリッジ部(10b)にかかる応力を小さくすることができる。

[0061] また、第1実施形態では、上記のように、積層コア(4b)は、磁極を形成する磁極形成部(10)を複数含む。また、第1コア形成工程は、軸方向から見て、少なくとも一部のシャフト挿入孔(4c)の頂点(4f)が、複数の磁極形成部(10)の各々において周方向に隣り合う一対の磁石挿入孔(10a)の磁石挿入孔(10a)同士の間設けられ、積層コア(4b)の径方向外側部分(4l)と積層コア(4b)の径方向内側部分(4h)とを連結するブリッジ部(10b)と、周方向に重なる位置に配置されるように、積層コア(4b)を形成する工程である。これにより、頂点(4f)にかかるハイドロフォーミングの応力は比較的小さいので、複数の磁極形成部(10)の各々に設けられるブリッジ部(10b)にかかるハイドロフォーミングによる応力を小さくすることができる。

[0062] また、第2実施形態では、上記のように、軸方向から見て、シャフト挿入孔(14c)の辺(14g)が、周方向において積層コア(14b)のd軸と重なる位置に配置されるように、積層コア(14b)を形成する第2コア形成工程をさらに備える。ここで、軸方向から見て、シャフト挿入孔(14c)の辺(14g)は、シャフト挿入孔(14c)の頂点(14f)よりも径方向内側に配置されている。これにより、シャフト挿入孔(14c)の辺(14g)が比較的径方向内側に配置されている分、d軸の周方向の一方側に隣り合うq軸から、d軸の周方向の他方側に隣り合うq軸に流れる磁束が通る磁路の幅を大きくすることができる。その結果、磁束を流れやすくする

ことができるので、磁束の低下に起因してモータ出力が低下するのを防止することができる。

[0063] [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請求の範囲によって示され、さらに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。

[0064] たとえば、上記第1および第2実施形態では、シャフト挿入孔（4c、14c）は、正多角形状を有する例を示したが、本発明はこれに限られない。たとえば、シャフト挿入孔は、正多角形でない多角形状を有していてもよい。また、シャフト挿入孔は、多角形でない形状であるとともに頂点が設けられる形状を有していてもよい。

[0065] また、上記第1および第2実施形態では、シャフト挿入孔（4c、14c）の頂点（4f、14f）および辺（4g、14g）の数が、極数の整数倍である例を示したが、本発明はこれに限られない。シャフト挿入孔の頂点および辺の数が、極数を極数以外の極数の約数で除した数（第1および第2実施形態では4つ）であってもよい。

[0066] また、上記第1および第2実施形態では、シャフト挿入孔（4c、14c）の頂点（4f、14f）および辺（4g、14g）の数が、極数の2倍である例を示したが、本発明はこれに限られない。たとえば、シャフト挿入孔の頂点および辺の数が、極数と等しくてもよい。

[0067] また、上記第1実施形態では、シャフト挿入孔4cの頂点4fが、周方向において全てのブリッジ部10bと重なる位置に配置される例を示したが、本発明はこれに限られない。シャフト挿入孔4cの頂点4fが、8つのブリッジ部10bのうちの一部と周方向において重なる位置に配置されていてもよい。

[0068] また、上記第1および第2実施形態では、磁極形成部10が、周方向に隣り合う一对の磁石挿入孔10aとブリッジ部10bとにより構成される例を

示したが、本発明はこれに限られない。たとえば、図12Aおよび図13Aに示すように、磁極形成部110は、周方向に延びる1つの磁石挿入孔110aのみを含んでいる。この場合、周方向において隣り合う磁石挿入孔110a同士の間がブリッジ部110bとなる。図12Aに示すように、シャフト挿入孔4cの頂点4fは、全てのブリッジ部110bと周方向において重なる位置に配置される。また、図13Aに示すように、シャフト挿入孔14cの辺14gは、d軸（回転軸線Cから磁石挿入孔110aの周方向中央に向かう方向）と周方向において重なる位置に配置されている。

[0069] また、図12Bおよび図13Bに示すように、磁極形成部210は、一对の磁石挿入孔10aと、一对の磁石挿入孔10a同士の間のブリッジ部10bと、一对の磁石挿入孔10aの径方向外側において周方向に延びる磁石挿入孔210aとを含んでいる。図12Bに示すように、シャフト挿入孔4cの頂点4fは、全てのブリッジ部10bと周方向において重なる位置に配置される。また、図13Bに示すように、シャフト挿入孔14cの辺14gは、d軸（回転軸線Cからブリッジ部10bおよび磁石挿入孔210aの周方向中央に向かう方向）と周方向において重なる位置に配置されている。

[0070] また、図12Cおよび図13Cに示すように、磁極形成部310は、周方向に隣り合う一对の磁石挿入孔310aと、一对の磁石挿入孔310aの径方向外側において周方向に延びる磁石挿入孔311aとを含んでいる。磁石挿入孔310a同士の間のブリッジ部310bには、フラックスバリア310cが設けられている。図12Cに示すように、シャフト挿入孔4cの頂点4fは、全てのブリッジ部310b（フラックスバリア310c）と周方向において重なる位置に配置される。また、図13Cに示すように、シャフト挿入孔14cの辺14gは、d軸（回転軸線Cからブリッジ部310bおよび磁石挿入孔311aの周方向中央に向かう方向）と周方向において重なる位置に配置されている。

[0071] また、図12Dおよび図13Dに示すように、磁極形成部410は、一对の磁石挿入孔310aと、ブリッジ部310bと、一对の磁石挿入孔310

aの径方向外側において周方向に隣り合うように設けられる一対の磁石挿入孔410aとを含んでいる。一対の磁石挿入孔410a同士の間にはブリッジ部410bが設けられている。図12Dに示すように、シャフト挿入孔4cの頂点4fは、全てのブリッジ部310b（ブリッジ部410b）と周方向において重なる位置に配置される。また、図13Dに示すように、シャフト挿入孔14cの辺14gは、d軸（回転軸線Cからブリッジ部310bおよびブリッジ部410bに向かう方向）と周方向において重なる位置に配置されている。

[0072] また、上記第1および第2実施形態では、ハイドロフォーミングを行った後に永久磁石5を磁石挿入孔10aに挿入する工程を行う例を示したが、本発明はこれに限られない。永久磁石5を磁石挿入孔10aに挿入した後にハイドロフォーミングを行ってもよい。

符号の説明

- [0073] 1、11 ロータ
- 3 シャフト
- 3e 外周面
- 4b、14b 積層コア
- 4c、14c シャフト挿入孔
- 4f、14f 頂点
- 4g、14g 辺
- 4h 径方向内側部分
- 4i、14i 内周面
- 4l 径方向外側部分
- 5 永久磁石
- 10、310、410 磁極形成部
- 10a、110a、210a、310a、311a、410a 磁石挿入孔
- 10b、110b、310b、410b ブリッジ部

800 液体

L 2 距離 (第 1 距離)

L 3 距離 (第 2 距離)

請求の範囲

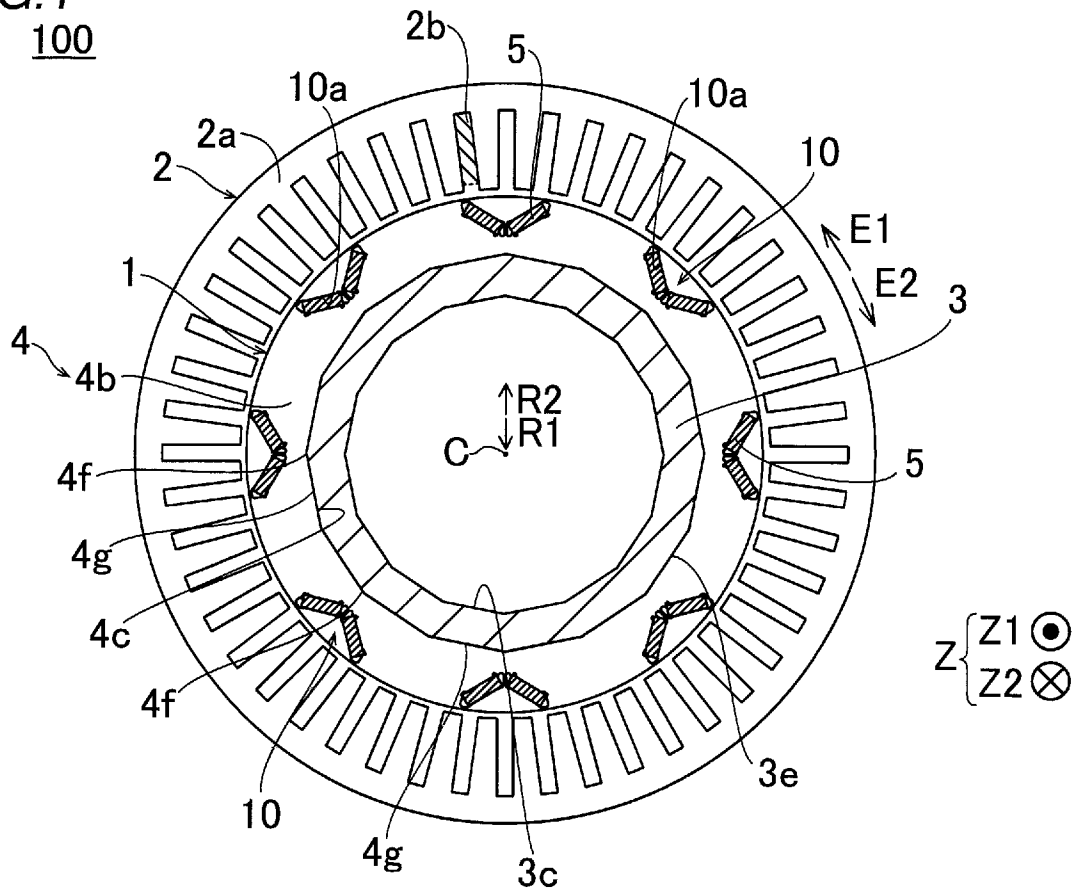
- [請求項1] 筒状のシャフトが挿入されるシャフト挿入孔と、永久磁石が挿入される磁石挿入孔とを含む積層コアを備えるロータの製造方法であって、
- 前記積層コアの軸方向から見て、前記積層コアの中央部に設けられるとともに複数の頂点を含む非円形形状を有する前記シャフト挿入孔の前記頂点と前記シャフトの外周面との距離が第1距離となるとともに、前記シャフトの前記外周面と前記シャフト挿入孔の辺との距離が前記第1距離よりも小さい第2距離となるように、前記シャフトを前記シャフト挿入孔に挿入する挿入工程と、
- 前記積層コアの前記シャフト挿入孔に前記シャフトが挿入された状態で、前記シャフトの内部に充填された液体が加圧されることによって膨張されるハイドロフォーミングにより、前記軸方向から見て前記シャフトの前記外周面を前記シャフト挿入孔の内周面に沿うように非円形形状に変形させることによって、前記シャフトを前記積層コアに固定する固定工程と、を備える、ロータの製造方法。
- [請求項2] 前記軸方向から見て、少なくとも一部の前記シャフト挿入孔の前記頂点が、周方向に隣り合う前記磁石挿入孔同士の間設けられたブリッジ部と前記周方向に重なる位置に配置されるように、前記積層コアを形成する第1コア形成工程をさらに備える、請求項1に記載のロータの製造方法。
- [請求項3] 前記積層コアは、磁極を形成する磁極形成部を複数含み、
- 前記第1コア形成工程は、前記軸方向から見て、少なくとも一部の前記シャフト挿入孔の前記頂点が、前記複数の磁極形成部の各々において前記周方向に隣り合う一対の前記磁石挿入孔の前記磁石挿入孔同士の間設けられ、前記積層コアの径方向外側部分と前記積層コアの径方向内側部分とを連結する前記ブリッジ部と、前記周方向に重なる位置に配置されるように、前記積層コアを形成する工程である、請求

項 2 に記載のロータの製造方法。

[請求項4] 前記軸方向から見て、前記シャフト挿入孔の辺が、周方向において前記積層コアの d 軸と重なる位置に配置されるように、前記積層コアを形成する第 2 コア形成工程をさらに備える、請求項 1 に記載のロータの製造方法。

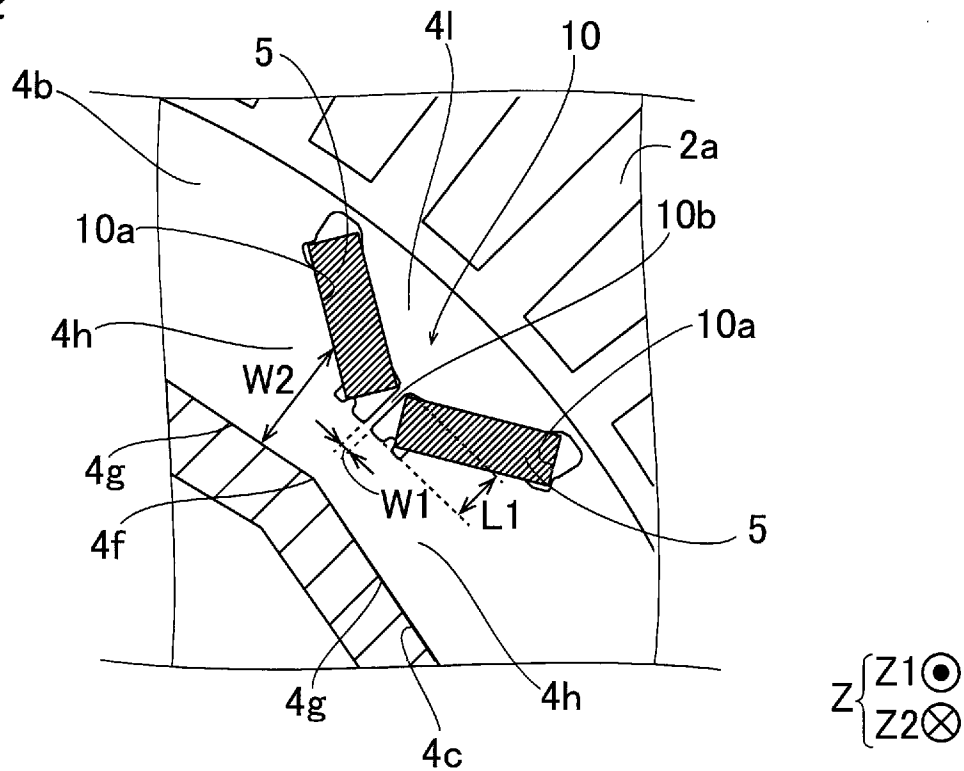
[請求項5] 筒状のシャフトと、
永久磁石と、
前記シャフトが挿入されるシャフト挿入孔と、前記永久磁石が挿入される磁石挿入孔とを含む積層コアと、を備え、
前記シャフトは、前記シャフトの内部に充填された液体が加圧されることによって膨張されるハイドロフォーミングにより前記積層コアに固定されており、
前記シャフト挿入孔は、前記積層コアの軸方向から見て、前記積層コアの中央部に設けられるとともに、複数の頂点を含む非円形形状を有し、
前記積層コアは、前記シャフト挿入孔の前記頂点および辺の数が、極数の整数倍、または、極数を極数以外の極数の約数で除した数になるように構成されている、ロータ。

[図1]

FIG.1
100

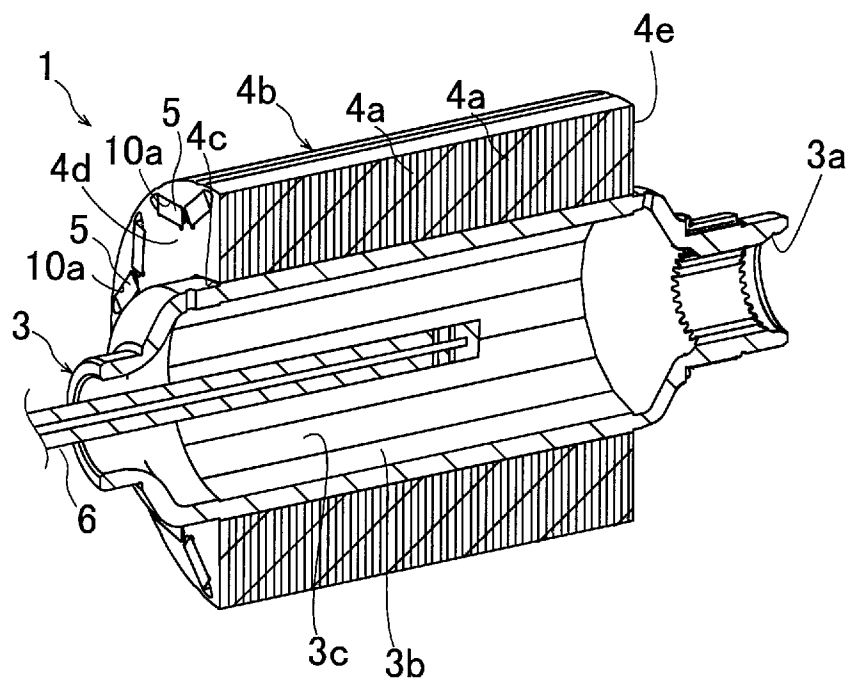
[図2]

FIG.2



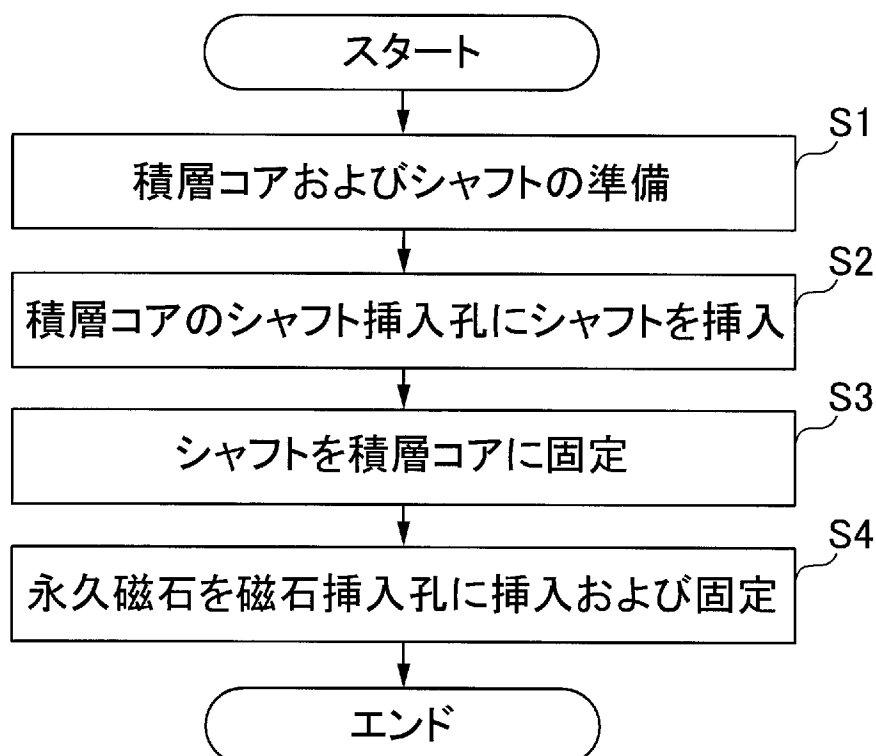
[図3]

FIG.3



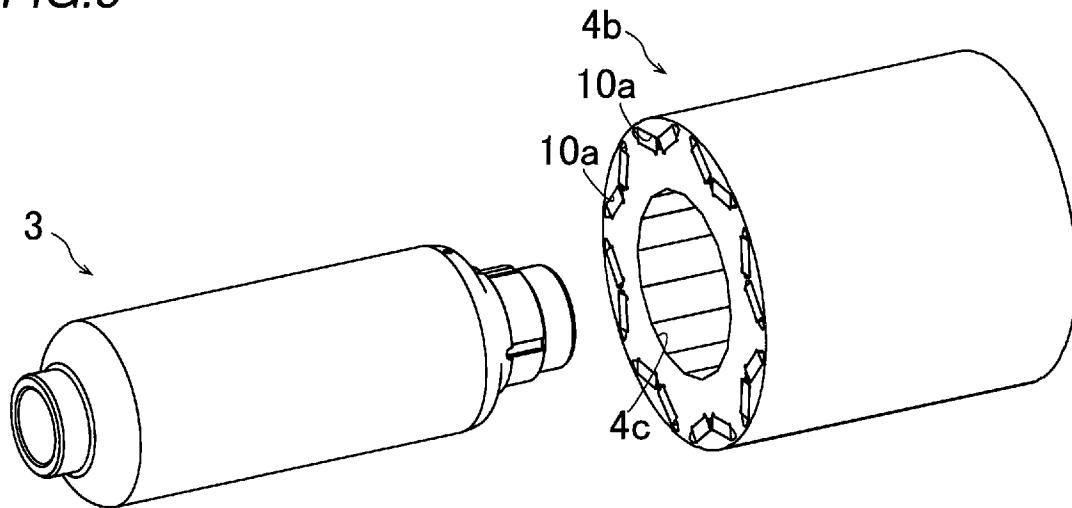
[図4]

FIG.4



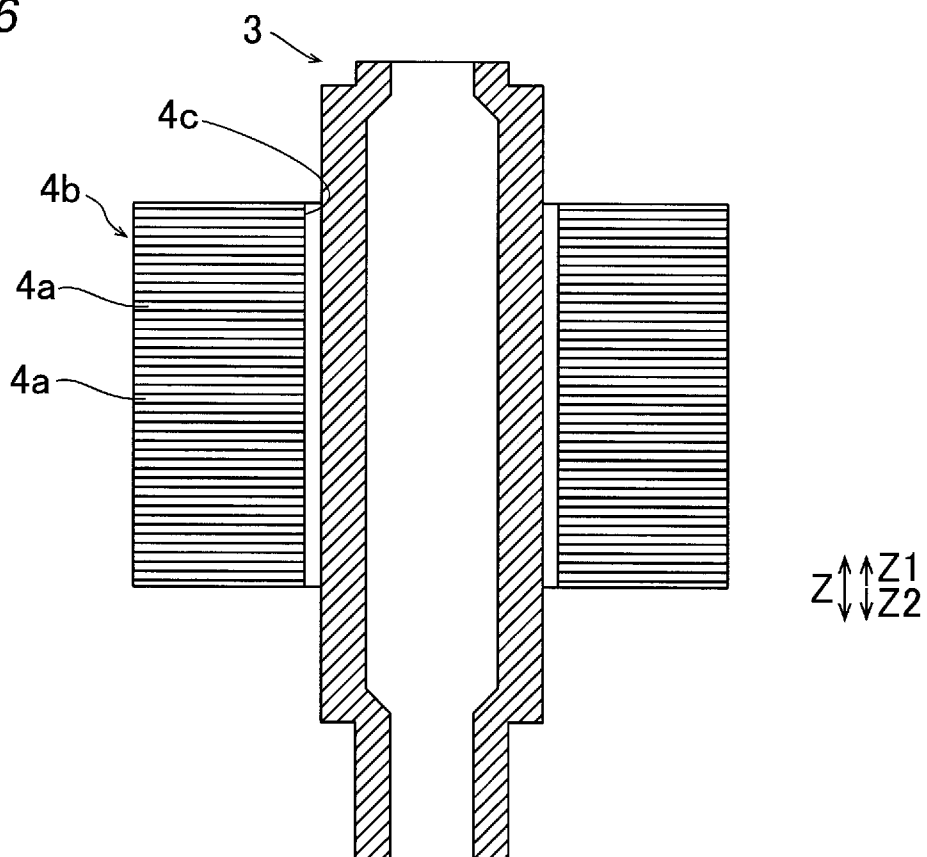
[図5]

FIG.5



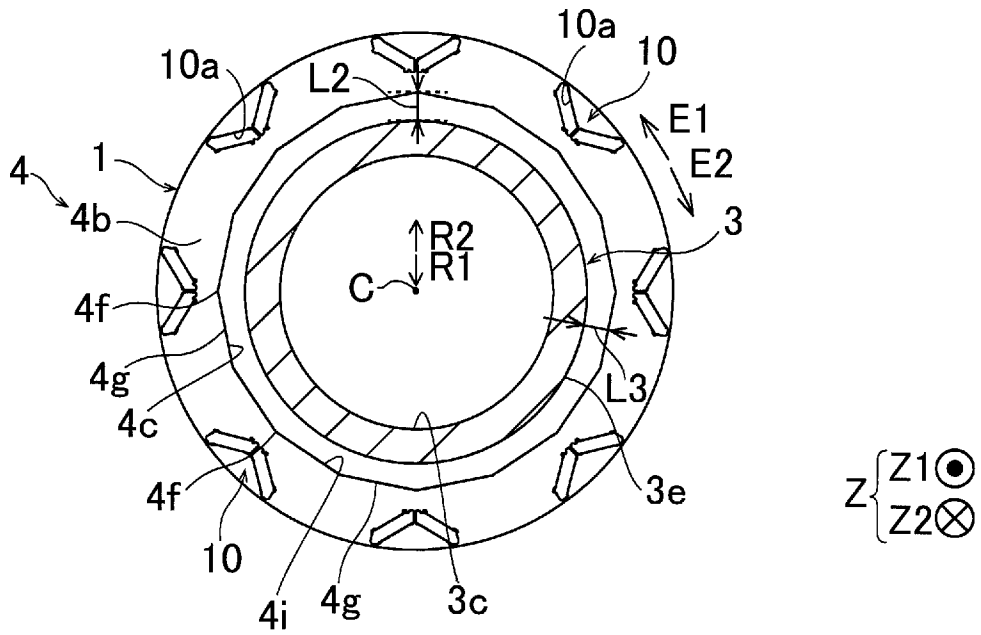
[図6]

FIG.6



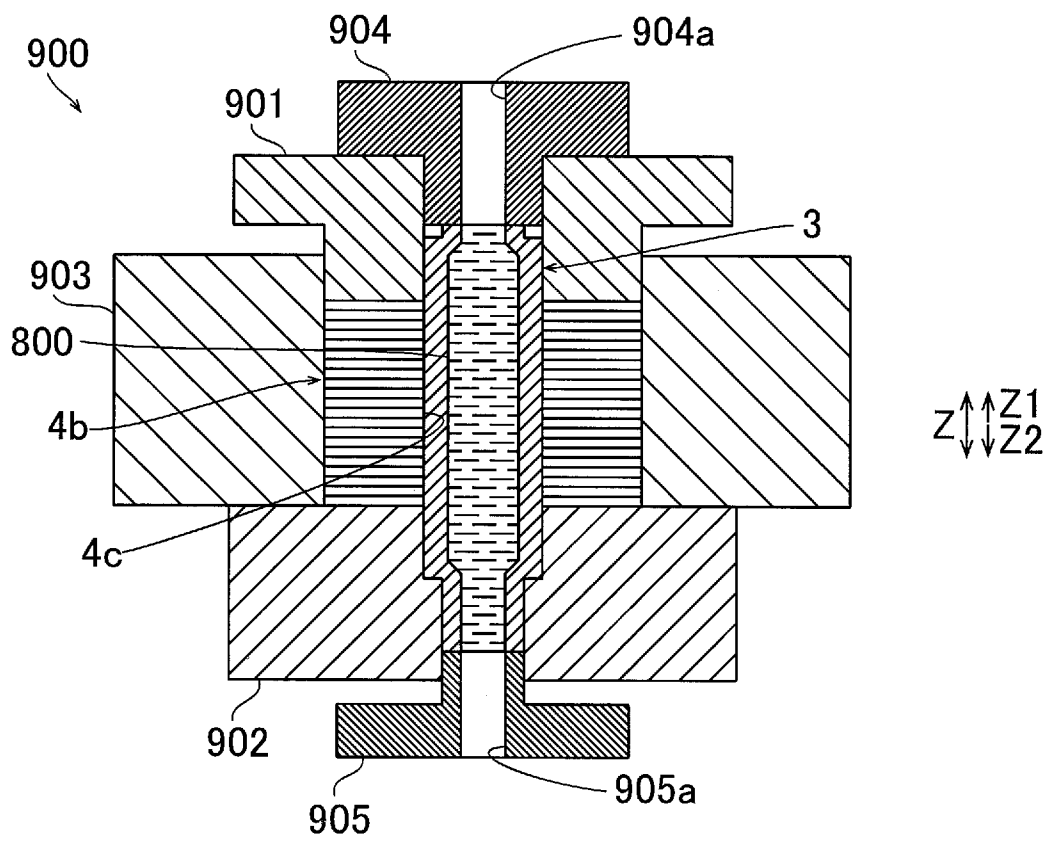
[図7]

FIG. 7



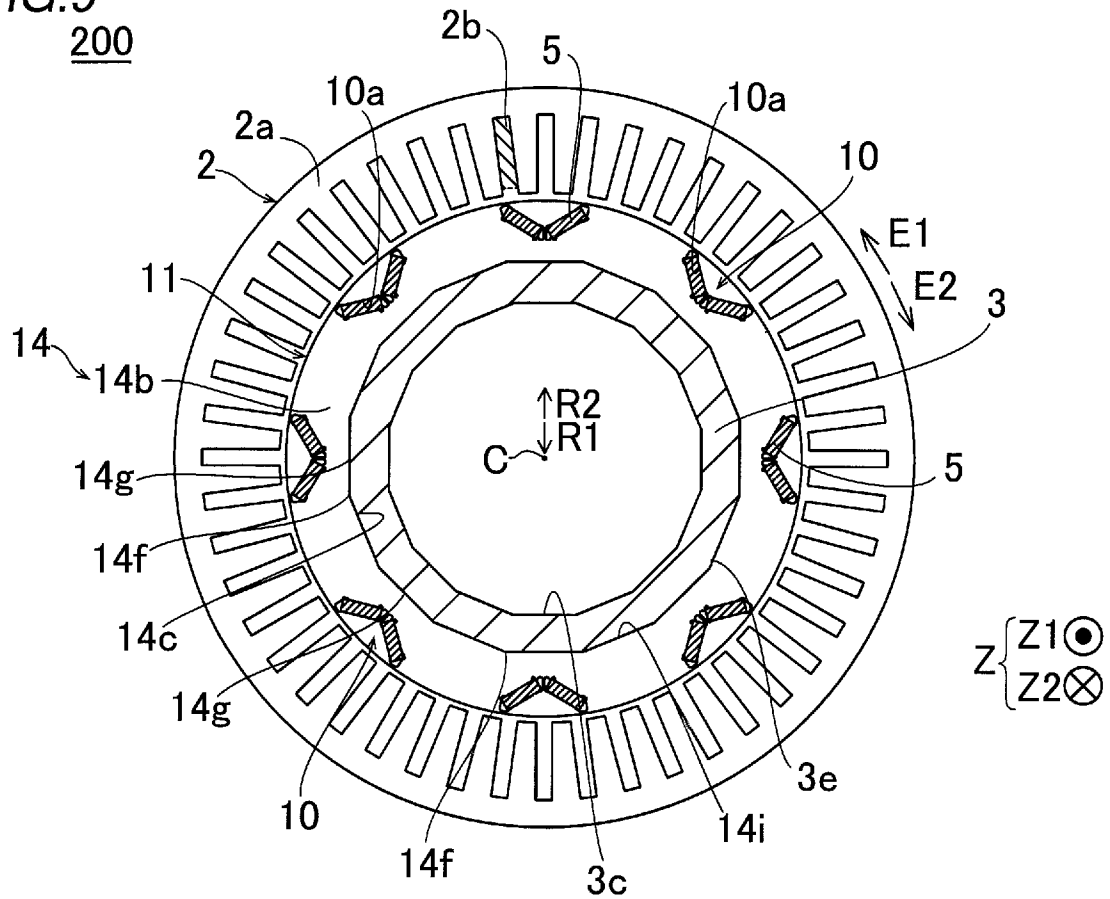
[図8]

FIG. 8



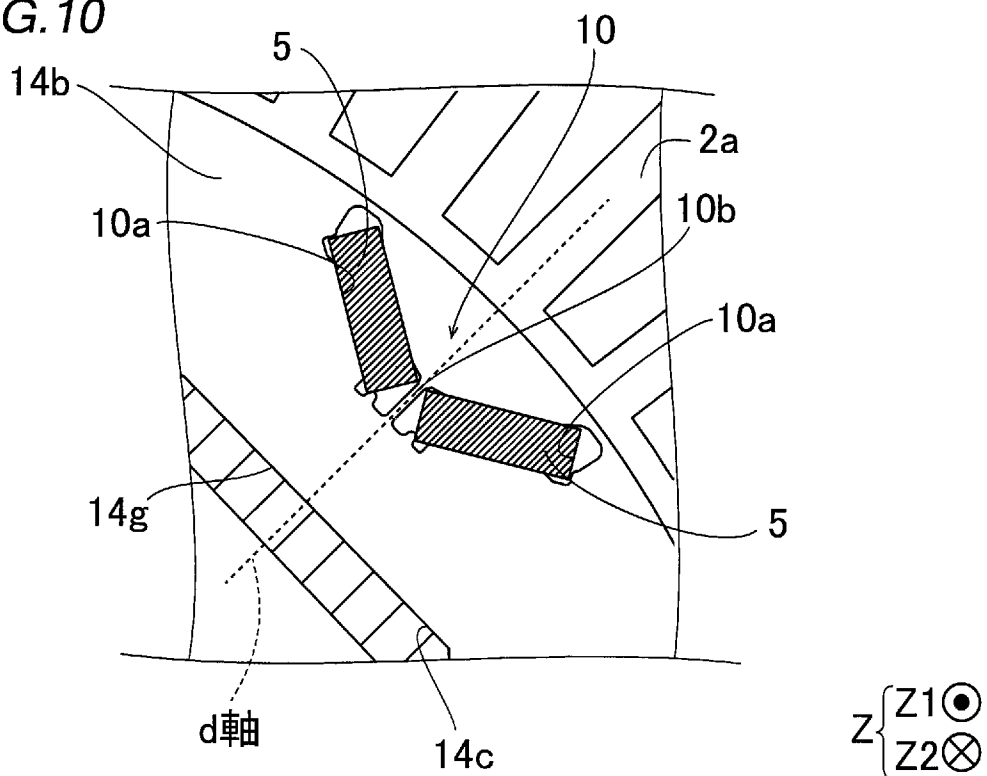
[図9]

FIG.9
200



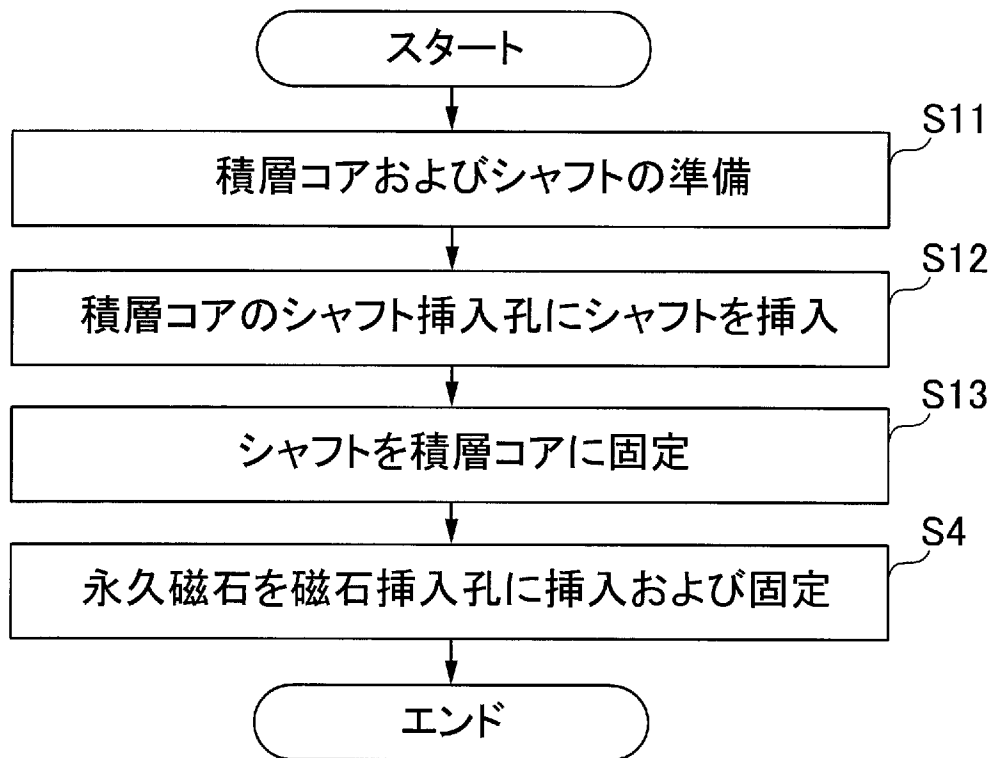
[図10]

FIG.10

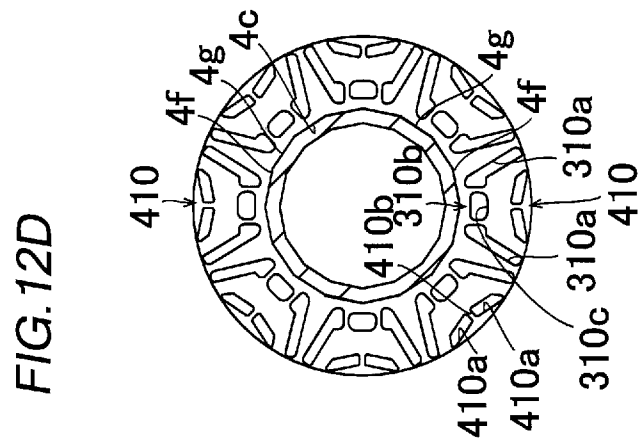
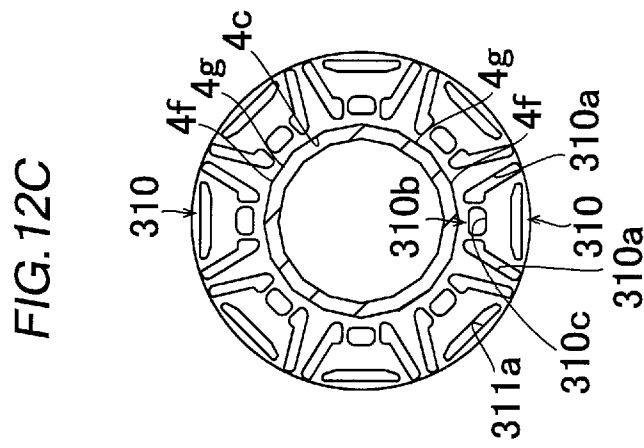
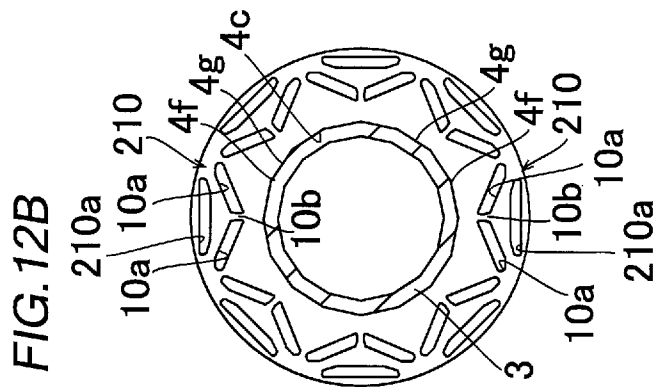
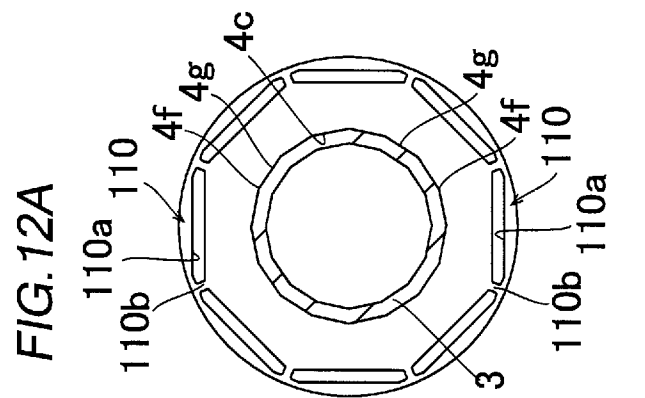


[図11]

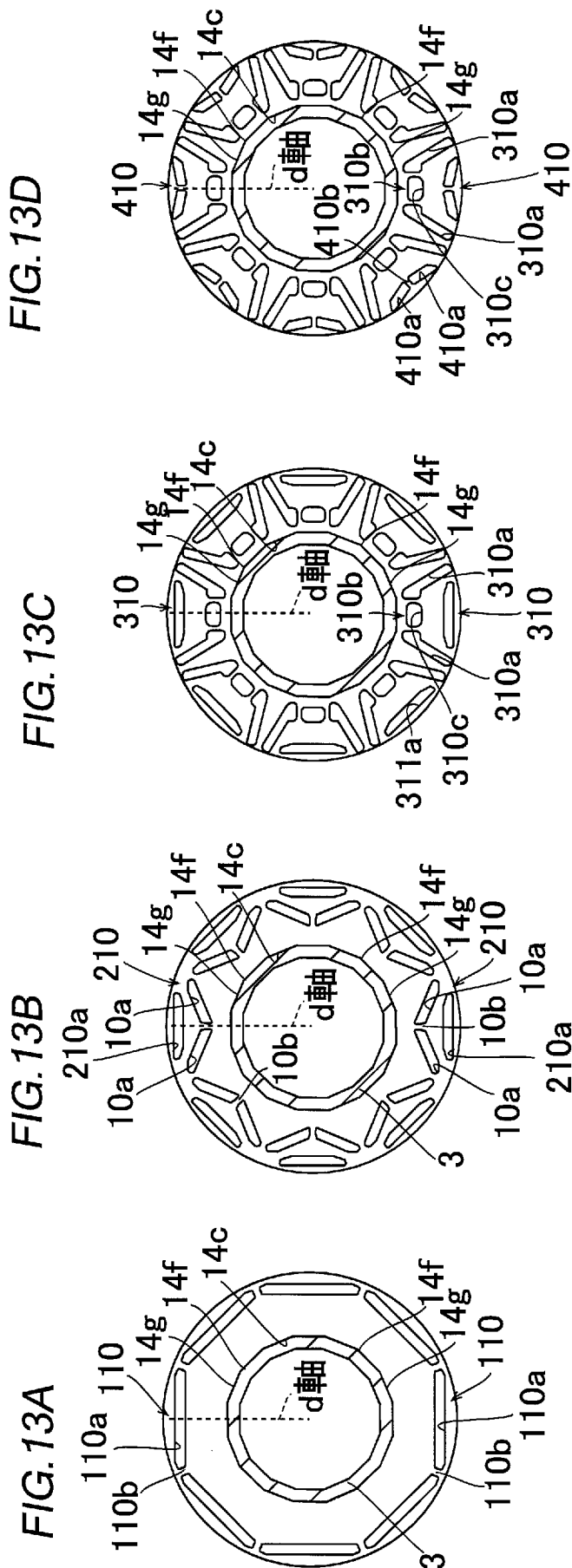
FIG. 11



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/011728

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. H02K15/02 (2006.01) i, H02K1/28 (2006.01) i
 FI: H02K1/28 A, H02K15/02 K

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl. H02K1/28, H02K15/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2021
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2021
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 53-149608 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 27 December 1978, p. 2, upper right column, line 8 to lower left column, line 17, fig. 3-6	1-5
Y	JP 2019-75877 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 16 May 2019, paragraphs [0023]-[0043], fig. 1-7	1-5
Y	US 2014/0097711 A1 (KUBES, Larry) 10 April 2014, paragraph [0017], fig. 1-4	1-5

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	“&” document member of the same patent family
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 11.05.2021	Date of mailing of the international search report 18.05.2021
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2021/011728

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 53-149608 A	27.12.1978	(Family: none)	
JP 2019-75877 A	16.05.2019	US 2019/0115812 A1 paragraphs [0049]- [0069], fig. 1-7 CN 109672306 A	
US 2014/0097711 A1	10.04.2014	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H02K 15/02(2006.01)i; H02K 1/28(2006.01)i FI: H02K1/28 A; H02K15/02 K		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） H02K1/28; H02K15/02 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2021年 日本国実用新案登録公報 1996-2021年 日本国登録実用新案公報 1994-2021年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 53-149608 A（三菱電機株式会社）27.12.1978（1978-12-27） 第2頁右上欄8行-左下欄17行, 図3-6	1-5
Y	JP 2019-75877 A（トヨタ自動車株式会社）16.05.2019（2019-05-16） 段落0023-0043, 図1-7	1-5
Y	US 2014/0097711 A1（KUBES, Larry）10.04.2014（2014-04-10） 段落0017, 図1-4	1-5
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献	
国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日	
11.05.2021	18.05.2021	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 服部 俊樹 3V 3736 電話番号 03-3581-1101 内線 3357	

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/011728

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 53-149608 A	27.12.1978	(ファミリーなし)	
JP 2019-75877 A	16.05.2019	US 2019/0115812 A1 段落0049-0069, 図1-7 CN 109672306 A	
US 2014/0097711 A1	10.04.2014	(ファミリーなし)	