

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2015年9月24日(24.09.2015)



(10) 国際公開番号

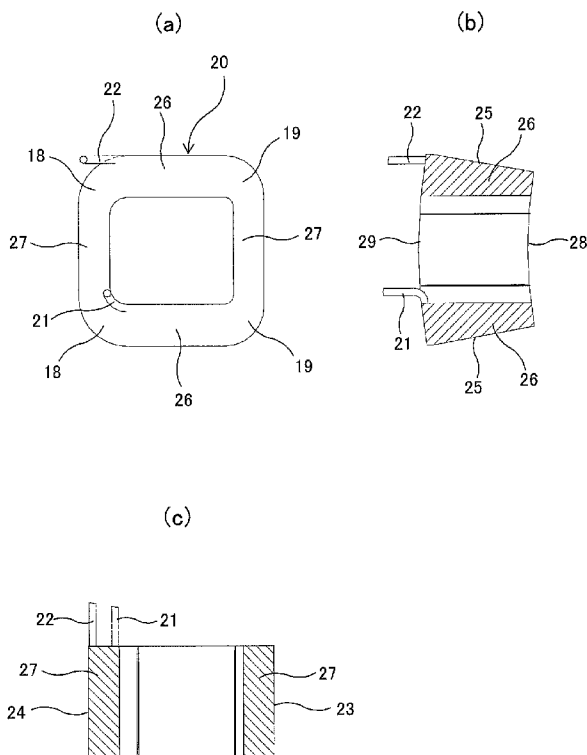
WO 2015/140970 A1

- (51) 国際特許分類:
H02K 3/18 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/057604
- (22) 国際出願日: 2014年3月19日(19.03.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 株式会社安川電機(KABUSHIKI KAISHA YASKAWA DENKI) [JP/JP]; 〒8060004 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 Fukuoka (JP).
- (72) 発明者: 野中 剛(NONAKA Tsuyoshi); 〒8060004 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 株式会社安川電機内 Fukuoka (JP). 牧野 省吾(MAKINO Shogo); 〒8060004 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 株式会社安川電機内 Fukuoka (JP). 加茂 光則(KAMO Mitsunori); 〒8060004 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 株式会社安川電機内 Fukuoka (JP).
- (74) 代理人: 益田 博文, 外(MASUDA Hirofumi et al.); 〒1100015 東京都台東区東上野1-7-1 3東上野上村ビル2階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロシヤ (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,

[続葉有]

(54) Title: ROTATING ELECTRIC MACHINE AND ROTATING ELECTRIC MACHINE MANUFACTURING METHOD

(54) 発明の名称: 回転電機及び回転電機の製造方法



(57) Abstract: The present invention enables a decrease in axial direction length without impairing the heat release property of a rotating electric machine. A rotating electric machine (10) having a rotor (50) and a stator (30) has: a stator iron core (32) equipped with tooth portions (33); and air core coils (20) mounted on the tooth portions (33) and equipped with curved end surfaces (28, 29) that constitute a part of a substantially cylindrical shape on the radial direction inner and outer sides, substantially flat end surfaces (25, 25) on both sides in a circumferential direction, and substantially flat end surfaces (23, 24) on both sides in an axial direction.

(57) 要約: 回転電機の放熱性を損なうことなく軸方向長さを短縮可能とする。回転子(50)及び固定子(30)を有する回転電機(10)であって、ティース部(33)を備えた固定子鉄心(32)と、ティース部(33)に装着され、径方向内側及び外側に実質的に円筒形状の一部を構成する曲面状となる端面(28, 29)を備えると共に周方向両側に実質的に平面状となる端面(25, 25)、及び軸方向両側に実質的に平面状となる端面(23, 24)を備えた空芯コイル(20)と、を有する。



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:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 回転電機及び回転電機の製造方法

技術分野

[0001] 開示の実施形態は、回転電機及び回転電機の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 特許文献 1 には、固定子コイルの負荷側コイルエンドがコイルエンドの内周面、外周面及び端面の少なくとも 2 面で絶縁体を介し負荷側ブラケットの凹部と密着した回転電機が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第 2008/1421B49 号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 上記従来技術では、コイルエンドの軸方向の断面形状が径方向外側程寸法が大きくなる略扇形であり、且つ、反負荷側コイルエンドが整列巻きでなく加圧成形もされていないので、コイルエンドの軸方向長さが比較的大きくなる傾向にあった。このため、回転電機の軸方向長さの短縮化を図る上で更なる改善の余地があった。

[0005] 本発明はこのような問題点に鑑みてなされたものであり、放熱性を損なうことなく軸方向長さを短縮できる回転電機及び回転電機の製造方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 上記課題を解決するため、本発明の一の観点によれば、回転子及び固定子を有する回転電機であって、ティース部を備えた固定子鉄心と、前記ティース部に装着され、径方向内側及び外側に実質的に円筒形状の一部を構成する曲面状となる端面を備えると共に周方向両側及び軸方向両側に実質的に平面状となる端面を備えた空芯コイルと、を有する回転電機が適用される。

[0007] また、本発明の別の観点によれば、回転子及び固定子を有する回転電機の製造方法であって、固定子コイルの線材を巻き治具に巻回することと、巻回により形成された空芯コイルの径方向内側及び外側の端面を円筒形状の一部を構成する曲面状のプレス治具で加圧成形することと、前記空芯コイルの周方向両側及び軸方向両側の端面を平面状のプレス治具で加圧成形することと、を有する回転電機の製造方法が適用される。

[0008] また、本発明のさらに別の観点によれば、回転子及び固定子を有する回転電機であって、ティース部を備えた固定子鉄心と、前記ティース部に装着される空芯コイルと、前記空芯コイルの径方向両側、軸方向両側、周方向両側の端面の加圧成形を可能とする手段と、を有する回転電機が適用される。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、回転電機の放熱性を損なうことなく軸方向長さを短縮できる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]第1実施形態に係る回転電機の軸方向断面図である。

[図2]第1実施形態に係る回転電機の横断面図である。

[図3]固定子鉄心のティース部に装着された空芯コイルを表す平面図である。

[図4]空芯コイルの平面図、周方向断面図、及び軸方向断面図である。

[図5]空芯コイルの巻線構成を表す説明図である。

[図6]空芯コイルの巻回方法を表す説明図である。

[図7]空芯コイルの巻き治具の正面図、水平断面図、及び側面図である。

[図8]空芯コイルの上パンチによる加圧成形を表す説明図である。

[図9]空芯コイルの横パンチによる加圧成形を表す説明図である。

[図10]加圧成形後の空芯コイルの巻線の断面形状の一例を表す説明図である。

[図11]回転電機の用途の一例を表す説明図である。

[図12]第2実施形態に係る回転電機の軸方向断面図である。

[図13]空芯コイルの巻線構成を表す説明図である。

[図14]空芯コイルの巻回方法を表す説明図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、一実施の形態について図面を参照しつつ説明する。なお、以下では、回転電機等の構成の説明の便宜上、上下左右等の方向を適宜使用するが、回転電機等の各構成の位置関係を限定するものではない。

[0012] <1. 第1実施形態>

(1-1. 回転電機の概略構成)

図1及び図2を用いて、第1実施形態に係る回転電機の概略構成について説明する。図1及び図2に示すように、本実施形態の回転電機10は、固定子30と、固定子30の内側に配置された回転子50とを備え、軸方向長さを短縮した扁平なインナーロータ型のモータである。この回転電機10は、後述の図11に示すように、例えば産業用ロボットの関節部7を駆動するモータ11等に使用される。

[0013] 回転電機10はシャフト51を備えている。シャフト51は、回転電機10の軸方向一方側（図1中左側）に設けられた反負荷側ブラケット42（筐体の一例に相当）及び軸方向他方側（図1中右側）に設けられた負荷側ブラケット41（筐体の一例に相当）に、それぞれ反負荷側軸受44及び負荷側軸受43を介して回転自在に支持されている。シャフト51の反負荷側端部には、エンコーダ40が設けられている。なお、エンコーダ40は設置されなくてもよい。負荷側ブラケット41は、円筒状のフレーム部41aを一体に備えている。フレーム部41a、負荷側ブラケット41及び反負荷側ブラケット42は、回転電機10の筐体を構成する。

[0014] なお、本明細書において「負荷側」とは回転電機10に対してシャフト51が突出する方向（図1中右側）を指し、「反負荷側」とは負荷側の反対方向、すなわち回転電機10に対してエンコーダ40が配置される方向（図1中左側）を指す。

[0015] (1-2. 回転子の構成)

回転子50は、固定子30と径方向に磁気的間隙を空けて、シャフト51

の外周側に設けられている。回転子 5 0 は、周方向に配置された複数の永久磁石 5 8 と、永久磁石 5 8 の径方向外側及び径方向内側を挟むように配置された外側の回転子鉄心 5 2 及び内側の回転子鉄心 5 3 とを備える。複数の永久磁石 5 8 は、軸方向から見て実質的に V 字状に配置された 1 対の永久磁石 5 8 が複数対（この例では 1 6 対）、周方向に沿うように配列されている。複数対の永久磁石 5 8 は、各対の永久磁石 5 8 の互いに向かい合う側の磁極同士が同極の N 極又は S 極となり、かつその N 極同士、S 極同士の磁極が周方向に交互に繰り返されるように配置されている。永久磁石 5 8、外側の回転子鉄心 5 2、及び内側の回転子鉄心 5 3 は、ボルト 5 7 によってシャフト 5 1 に固定された円環状の大径の負荷側プレート 5 5 と、該第 1 プレート 5 5 の反負荷側に配置された狭幅の円環状の反負荷側プレート 5 6 との間に挟持される。そして、永久磁石 5 8 及び回転子鉄心 5 2、5 3 は、回転子鉄心 5 2、5 3 の各々を貫通して負荷側プレート 5 5 及び反負荷側プレート 5 6 を結合したボルト 5 4 によって一体に固定され、負荷側プレート 5 5 を介してシャフト 5 1 に支持されている。

[0016] (1-3. 固定子の構成)

固定子 3 0 は、ヨーク部 3 1 から径方向内側に突出したティース部 3 3 を有するとともに、フレーム部 4 1 a の内周面に周方向に配置されて環状に連結された複数（この例では 1 8 個）の固定子鉄心 3 2 と、ティース部 3 3 に装着された複数（この例では 1 8 個）の空芯コイル 2 0（固定子コイルの一例に相当）とを備えている。隣り合うティース部 3 3、3 3 間にはスロット 3 4 が形成され、ティース部 3 3 に装着された空芯コイル 2 0 は、周方向両側部がスロット 3 4 内に装着される。空芯コイル 2 0 の巻き始め側のリード端部 2 1、巻き終り側のリード端部 2 2 は、空芯コイル 2 0 の反負荷側から径方向外側に引き出されて結線部 3 9 で結線され、外部の給電ケーブル 8 と接続される。

[0017] 図 3 に示すように、ティース部 3 3 は、軸方向（図 3 中左右方向）中央の中央側ティース部 3 3 a と、中央側ティース部 3 3 a の軸方向両側に小さく

突出した負荷側ティース部 33b 及び反負荷側ティース部 33c とを有している。負荷側ティース部 33b 及び反負荷側ティース部 33c は、周方向（図 3 中上下方向）の寸法が中央側ティース部 33a よりも短くなっている。また、反負荷側ティース部 33c は、負荷側ティース部 33b よりも軸方向の寸法が長くなっている。空芯コイル 20 と負荷側ティース部 33b、反負荷側ティース部 33c、中央側ティース部 33a との間にはインシュレータ 37 が介挿されている。また、空芯コイル 20 の軸方向両側の端面 23, 24 と、負荷側ブラケット 41 及び反負荷側ブラケット 42 との間には、図 1 に示すように、絶縁体 36 が密着して配置されている。絶縁体 36 としては、例えば絶縁シート等が用いられるが、空芯コイル 20 を被覆するモールド材や、ブラケットの表面に形成されたコーティング材でもよい。が設けられている。さらに、固定子鉄心 32、空芯コイル 20、及び絶縁体 36 を一体に樹脂成形したモールド樹脂部 38 が設けられている。

[0018] なお、図 3 において、符号 18 は、空芯コイル 20 の反負荷側の角部であり、符号 19 は、空芯コイル 20 の負荷側の角部である。本実施形態では、反負荷側の両側の角部 18 において、空芯コイル 20 の巻線 17（後述の図 5 参照）の巻き位置の移動が行われる。負荷側の両側の角部 19 では、巻線 17 の巻き位置の移動は行われない。上述のように、反負荷側ティース部 33c の軸方向寸法が負荷側ティース部 33b よりも長いことにより、反負荷側の 2 つの角部 18 の曲率半径は負荷側の 2 つの角部 19 よりも大きくなる。

[0019] （1-4. 空芯コイルの形状）

図 4（b）に示すように、空芯コイル 20 は、径方向内側（図 4（b）中右側）及び径方向外側（図 4（b）中左側）に実質的に円筒形状の一部を構成する曲面状となる端面 28 及び端面 29 をそれぞれ備えている。また、空芯コイル 20 は、周方向両側（図 4（b）中上側及び下側）に実質的に平面状となる端面 25, 25 をそれぞれ備えている。また、空芯コイル 20 は、図 4（c）に示すように、軸方向両側の負荷側、反負荷側に実質的に平面状

となる端面 23 及び端面 24 をそれぞれ備えている。これら端面 23 及び端面 24 は、いずれも回転子 50 の回転軸心 AX（図 1 参照）に垂直な面方向の端面となっている。

[0020] なお、上記の説明における「曲面状」及び「平面状」とは、厳密な意味での「曲面」及び「平面」ではない。すなわち、端面 28, 29 については、曲面状のプレス治具により加圧成形された結果得られた「実質的に曲面状」の端面という意味であり、巻線 17 の輪郭による細かな凹凸形状や、コイル端面の形状によりプレス治具との間に隙間が生じた場合の窪み等の形状は許容される。端面 23, 24, 25 についても同様であり、平面状のプレス治具により加圧成形された結果得られた「実質的に平面状」の端面という意味であり、巻線 17 の輪郭による細かな凹凸形状や、コイル端面の形状によりプレス治具との間に隙間が生じた場合の窪み等の形状は許容される。

[0021] また、空芯コイル 20 は、周方向両側にスロット 34 内に装着されるスロット装着部 26、及び、軸方向両側に固定子鉄心 32 の軸方向両側に位置するコイルエンド部 27 を備える。図 4（b）に示すように、スロット装着部 26 の周方向の断面形状は、実質的に径方向外側ほど寸法が大きくなる扇形であり、図 4（c）に示すように、コイルエンド部 27 の軸方向の断面形状は、実質的に長方形である。

[0022] 以上のような空芯コイル 20 の形状により、複数（この例では 18 個）の空芯コイル 20 を固定子鉄心 32 に装着して周方向に配置したとき、1 つの正確な円筒形状が形成され、空芯コイル 20 をブラケット 41, 42 に密着させた固定子 30 を構成することができる。

[0023] （1－5．空芯コイルの巻線の構成）

図 5 に示すように、空芯コイル 20 を形成する巻線 17 は、周方向両側（図 5 中左右両側）と軸方向両側（図 5 中紙面の奥側及び手前側）の 4 つの平面部 13 において整列配置されている。巻線 17 の巻き位置の移動は、空芯コイル 20 の軸方向のいずれか一方側の 2 つの角部、本実施形態では反負荷側（図 5 中紙面の手前側）の両側の角部 18 のみで行われる。

[0024] なお、図5は、反負荷側のコイルエンド部27の側から見た加圧成形前の空芯コイル20の周方向の断面を示している。巻き始めのリード端部21は、巻き治具80の径方向外側より導入され、巻線17（「線材」ともいう。）の巻回が開始される。図5中右側の巻線17に示したX印は、図中右側のスロット装着部26に入って負荷側（図5中紙面の奥側）に向けて巻回される巻線17を示し、図5中左側の巻線17に示した番号は、負荷側に向けて巻回された巻線17が図中左側のスロット装着部26に入って反負荷側に向けて巻回される順序（内側から外側に巻く通常の巻き方式による巻回の順序）を示している。スロット装着部26と負荷側のコイルエンド部27の間は全て整列巻きであり、巻線17の巻き位置の移動は行われない。反負荷側のコイルエンド部27も整列巻きであるが、他の整列巻き部に対し径方向に半ピッチ位置がずれている。この半ピッチの位置ずれとなるように、反負荷側のコイルエンド部27の両側の角部18で巻き位置の移動が行われる。

[0025] このように巻線17の巻き位置の移動が反負荷側の角部18で行われる結果、周方向両側と軸方向両側の4つの平面部13において整列巻きが可能になり、反負荷側のコイルエンド部27を含めた空芯コイル20の外形部の6面全てにおける加圧成形が可能になる。なお、巻線17の巻き位置の移動を行う箇所は反負荷側の角部18のみに限定されるものではなく、4つの角部18, 18, 19, 19のうちいずれか2つの角部において行われればよい。

[0026] 図6（a）に空芯コイル20の巻線17の巻き始め時の様子を示し、図6（b）に空芯コイル20の巻線17の巻き終り時の様子を示す。なお、図6（a）は、巻線17の巻き始めより1層目の巻回を終え、2層目の巻回中の状態である。

[0027] 図6（a）に示すように、巻き治具80に巻回される空芯コイル20の巻線17において、巻き始め側のリード端部21は、空芯コイル20の反負荷側（図6中紙面の手前側）の一方（図6（a）中右側）の角部18において径方向外側の第1層目より引き出される。一方、図6（b）に示すように、

巻き終わり側のリード端部 22 は、空芯コイル 20 の反負荷側の他方（図 6（b）中左側）の角部 18 においてコイル最外層より径方向外側に引き出される。

[0028] なお、例えば結線部 39 が固定子鉄心 32 の負荷側に配置される場合には、2つのリード端部 21, 22 を負荷側の 2つの角部 19, 19 より引き出してもよい。また、例えば結線部 39 がコイルエンド部 27 の径方向内側に配置される場合には、2つのリード端部 21, 22 をコイルエンド部 27 の径方向内側に向けて引き出してもよい。

[0029] （1－6．巻き治具の構成）

空芯コイル 20 は、巻線 17 を定位置に巻回できるような形状の巻き治具 80 に巻回された後、平坦な型に装着されて加圧成形される。図 7（a）、図 7（b）及び図 7（c）に示すように、巻き治具 80 は、空芯コイル 20 の内側の巻き治具本体 87 と、巻き治具本体 87 の径方向両側（図 7（a）中左右両側）にはめ合わされた径方向内側治具 85 及び径方向外側治具 86 とを備えている。この例では、図 7（b）に示すように、巻き治具本体 87 は、負荷側治具 81、反負荷側治具 82、周方向右側治具 83、及び周方向左側治具 84 の 4つの組み合わせで構成されている。

[0030] 反負荷側治具 82、周方向右側治具 83、及び周方向左側治具 84 には、空芯コイル 20 の 1層目の巻線 17 を導く溝 88 が形成されている。これにより、巻き治具 80 における巻線 17 の位置が固定される。反負荷側治具 82 の溝 88 は、他の溝付きの治具である周方向右側治具 83、周方向左側治具 84 に対し半ピッチ、溝位置がずれている。

[0031] 巻き治具本体 87 のうち、負荷側治具 81 には溝がないので、他の反負荷側治具 82、周方向右側治具 83、及び周方向左側治具 84 から取り外し可能である。このため、巻き治具 80 への空芯コイル 20 の巻線 17 の巻回後、初めに負荷側治具 81 が外される。次に、反負荷側治具 82、周方向右側治具 83、及び周方向左側治具 84 が取り外される。そして、巻回された空芯コイル 20 に平坦なコアピン 71（後述の図 8 及び図 9 参照）が装着され

、加圧成形される。

[0032] (1-7. 空芯コイルの加圧成形)

上述のように、巻き治具80に巻線17を巻回して未成形の空芯コイル20を形成した後、空芯コイル20の径方向内側及び外側の端面を円筒形状の一部を構成する曲面状のプレス治具で加圧成形し、空芯コイル20の周方向両側及び軸方向両側の端面を平面状のプレス治具で加圧成形する。この空芯コイル20の加圧成形について図8及び図9を用いて説明する。

[0033] 図8に示すように、まず、巻線17の巻回により形成された未成形の空芯コイル20に、コアピン71が装着される。そして、コアピン71が上パンチ73に取り付けられ、上パンチ73を受容するダイ72の成形穴70にセットされる。

[0034] 成形穴70は、空芯コイル20の軸方向両側に対応する前側及び後側が開口した有底の穴である。この成形穴70は、空芯コイル20の径方向内側の外形状を成形する径方向内側用の成形面70aと、空芯コイル20の周方向両側の外形状を成形する周方向用の1対の成形面70bを有する。成形面70aは、円筒形状の一部を構成する曲面状であり、具体的には、空芯コイル20の径方向内側の外形状に対応した所定の曲率で上に凸に湾曲した湾曲壁面からなる。1対の成形面70bは、平面状であり、具体的には、空芯コイル20の周方向両側の外形状に対応した傾斜で成形面70aの左右の辺から外開き状に立ち上がる傾斜壁面からなる。上パンチ73は、空芯コイル20の径方向外側の外形状を成形する成形面73aを有する。成形面73aは、円筒形状の一部を構成する曲面状であり、具体的には、空芯コイル20の径方向外側の外形状に対応した所定の曲率で上に凹に湾曲した湾曲壁面からなる。

[0035] 空芯コイル20がダイ72の成形穴70にセットされたら、図8中白抜きの矢印に示すように、上パンチ73がダイ72に対し所定量降下される。これにより、ダイ72と上パンチ73とにより空芯コイル20の径方向両側の端面が押圧され、空芯コイル20の径方向両側の外形状が加圧成形される。

また、空芯コイル 20 の周方向両側の端面が押圧され、空芯コイル 20 の周方向両側の外形状が加圧成形される。

[0036] 次に、図 9 に示すように、上パンチ 73 とダイ 72 との間に形成された前後両側の 1 対の開口 75 のそれぞれに、横パンチ 74 が図 9 中白抜きの矢印で示すように挿入される。横パンチ 74 は、空芯コイル 20 の周方向断面形状に対応する左右方向の断面形状を有している。また、横パンチ 74 の空芯コイル 20 と接触する側の壁面は、平面状であり、具体的には、空芯コイル 20 の軸方向両側の端面に対応した扇型の外郭を有する垂直な成形面となっている。ダイ 72 の開口 75 に挿入されたそれぞれの横パンチ 74 が所定量前進されると、空芯コイル 20 の軸方向両側の端面が押圧され、空芯コイル 20 の軸方向両側の外形状が軸心 A X に対して略垂直な端面となるように加圧成形される。

[0037] 以上により、空芯コイル 20 の加圧成形が完了する。その後、成形された空芯コイル 20 を熱硬化性等の樹脂で樹脂モールドすることにより、本実施形態で使用する完成品の空芯コイル 20 が得られる。

[0038] なお、成形面 73 a を備えた上パンチ 73 及び成形面 70 a を備えたダイ 72 が曲面状のプレス治具の一例に相当し、1 対の成形面 70 b を備えたダイ 72 及び横パンチ 74 が平面状のプレス治具の一例に相当する。

[0039] (1-8. 加圧成形による巻線の変形)

加圧成形後の空芯コイル 20 の各巻線 17 の断面の様子を図 10 に示す。巻線 17 は、導体 15 をエナメル等の絶縁被膜 16 で被覆した構造である。導体 15 は、例えば銅又はアルミ等からなる。なお、導体 15 にアルミを用いた場合には、空芯コイル 20 を軽量化でき、固定子 30、ひいては回転電機 10 を軽量化できる。各巻線 17 は、加圧成形により丸形の断面が塑性変形した形状（例えば略矩形や略多角形等）となっている。図中の符号 P は、ダイ 72 の成形面 70 b や横パンチ 74 の成形面を表しており、加圧成形により空芯コイル 20 の端面が実質的に平面状に形成されている。これにより、占積率を高めつつ、各端面を所望の形状とした空芯コイル 20 を実現でき

る。

[0040] (1-9. 扁平モータの用途)

例えば産業用ロボットの関節部の駆動に使用するモータには、関節部の肥大化を防ぐためにモータを扁平形状に構成したい要望がある。図11に産業用ロボットの関節部の一例を示す。産業用ロボットの関節部7では、元アーム9と、先アーム12との間をモータ11で連結して、モータ11により関節部7を駆動し、元アーム9に対し先アーム12の回動動作を行わせている。

[0041] 本実施形態の回転電機10は、軸方向に扁平なモータを構成することが可能であるので、産業用ロボットの関節部7等を駆動するモータ11として使用するのに好適である。

[0042] 以上において、空芯コイル20における巻線17の巻き位置の移動を反負荷側の角部18のみで行い、周方向両側と軸方向両側の4つの平面部13において整列巻きとする構成、及び、リード端部21、22を角部18において引き出す構成が、径方向内側又は径方向外側への引き出しが、空芯コイルの径方向両側、軸方向両側、周方向両側の端面の加圧成形を可能とする手段の一例に相当する。

[0043] (1-10. 第1実施形態の効果)

以上説明したように、第1実施形態の回転電機10は、ティース部33を備えた固定子鉄心32と、ティース部33に装着され、径方向内側及び外側に実質的に円筒形状の一部を構成する曲面状となる端面28、29を備えると共に周方向両側に実質的に平面状となる端面25、25及び軸方向両側に実質的に平面状となる端面23、24を備えた空芯コイル20と、を有する。

[0044] このように、空芯コイル20の軸方向両側に実質的に平面状となる端面23、24を備えるので、両端面23、24を負荷側ブラケット41及び反負荷側ブラケット42に十分に密着させることが可能となり、放熱性を向上できる。また、軸方向両側の端面23、24は加圧成形により平面状に形成さ

れるので、軸方向両側のコイルエンド部 27、27 の軸方向長さを短縮できる。したがって、放熱性を損なうことなく軸方向長さを短縮した回転電機 10 を実現できる。

[0045] また、空芯コイル 20 の径方向内側及び外側に実質的に円筒形状の一部を構成する曲面状となる端面 28、29 を備えるので、複数の空芯コイル 20 を各ティース部 33 に装着したときに 1 つの正確な円筒形状が形成され、断面形状が単なる台形状であるコイルに比べて占積率を高めることができる。

[0046] また、本実施形態では特に、空芯コイル 20 の軸方向両側の端面 23、24 が回転子 50 の回転軸心 AX に垂直な面方向の端面として形成される。これにより、例えばコイルエンド部 27 の軸方向の断面形状が径方向外側程寸法が大きくなる略扇形である場合に比べ、空芯コイル 20 の軸方向長さを短縮できる。その結果、軸方向長さの小さい扁平形の回転電機 10 を実現できる。

[0047] また、本実施形態では特に、空芯コイル 20 のスロット装着部 26 の周方向の断面形状が実質的に径方向外側ほど寸法が大きくなる扇形であり、コイルエンド部 27 の軸方向の断面形状が実質的に長方形である。これにより、占積率の高い固定子を構成できる。

[0048] また、本実施形態では特に、空芯コイル 20 は、スロット装着部 26 及びコイルエンド部 27 における各巻線 17 の断面形状が、丸形が加圧成形により塑性変形した形状を含むように構成される。これにより、占積率を高めつつ、各端面 23、24、25、28、29 を所望の形状とした空芯コイル 20 を実現できる。

[0049] また、本実施形態では特に、空芯コイル 20 は、周方向両側に位置する 2 つの平面部 13（端面 25、25 を含む 2 つの平面部）及び軸方向両側に位置する 2 つの平面部 13（端面 23、24 を含む 2 つの平面部）と、この 4 つの平面部 13 の各々の間に位置する 4 つの角部 18、18、19、19 と、を備え、各平面部 13 において巻線 17 が整列に配置され、4 つの角部 18、18、19、19 のうちいずれか 2 つの角部において巻き位置の移動が

行われるように、巻線 17 が巻回されて構成される。このように、巻線 17 の巻き位置の移動が角部のみで行われる結果、周方向両側と軸方向両側の 4 つの平面部 13 において整列巻きが可能となり、反負荷側のコイルエンド部 27 の端面 24 を含めた空芯コイル 20 の 6 面全てに対し加圧成形が可能となる。

[0050] また、本実施形態では特に、空芯コイル 20 は、巻線 17 の巻き位置の移動が行われる 2 つの角部 18 の曲率半径が、巻き位置の移動が行われない他の 2 つの角部 19 の曲率半径よりも大きくなるように構成される。これにより、巻線 17 の巻き位置の移動が行われる角部において、巻き位置の移動を無理なく行うのに必要な長さ（巻線 17 の経路の長さ）を確保できる。

[0051] また、本実施形態では特に、空芯コイル 20 は、反負荷側の 2 つの角部 18、18 よりコイルエンド部 27 の径方向外側に向けて引き出された 2 つのリード端部 21、22 を有する。これにより、2 つのリード端部 21、22 をコイルエンド部 27 の径方向外側に配置された結線部 39 に導くことができる。また、2 つのリード端部 21、22 を加圧成形が行われない角部より引き出すので、加圧成形によるリード端部の損傷を防止できる。

[0052] また、本実施形態では特に、巻き始め側のリード端部 21 は、反負荷側の一方の角部 18 において径方向外側の第 1 層目より引き出され、巻き終わり側のリード端部 22 は、反負荷側の他方の角部 18 においてコイル最外層より引き出される。これにより、巻線 17 を内側から外側に積層して巻回した通常の巻き方式の空芯コイル 20 を実現できる。

[0053] また、本実施形態では特に、空芯コイル 20 の軸方向両側の端面 23、24 と負荷側ブラケット 41 及び反負荷側ブラケット 42 との間に密着して配置された絶縁体 36 を有する。これにより、回転電機 10 の放熱性を損なうことなく、空芯コイル 20 と負荷側ブラケット 41 及び反負荷側ブラケット 42 との絶縁を確保できる。

[0054] また、本実施形態では特に、固定子鉄心 32、空芯コイル 20、及び絶縁体 36 を一体に成形したモールド樹脂部 38 を有する。これにより、固定子

30が一体的に構成されるので、回転電機10の組立時の作業性を向上できる。また、固定子鉄心32と空芯コイル20とのガタつきを防止し、絶縁に対する長期的な信頼性を確保できる。

[0055] また、本実施形態では特に、空芯コイル20のコイルエンド部27の径方向外側に配置され、空芯コイル20のリード端部21、22を結線する結線部39を有する。このように、結線部39がコイルエンド部27の径方向外側に配置されるので、結線部39による回転電機10の軸方向長さの増大を防止できる。

[0056] <2. 第2実施形態>

図12乃至図14を用いて、第2実施形態について説明する。

[0057] (2-1. 回転電機の概略構成)

図12に、第2実施形態に係る回転電機10Aの概略構成を示す。回転電機10Aは、固定子30Aの構成が第1実施形態の回転電機10における固定子30と異なる。回転電機10Aのその他の構成は第1実施形態の回転電機10と同様である。図12において図10と同様な要素については同一の符号を付して適宜説明を省略又は簡略化する。

[0058] 本実施形態における固定子30Aの固定子鉄心32Aは、ヨーク部31の軸方向両側に環状鉄心35を設けて、ヨーク部31及び両側の環状鉄心35からなるヨーク部31Aを有する。この構造により、ヨーク部31Aはティース部33より軸方向寸法が大きくなる。これにより、ティース部33の磁路の大きさを確保したままヨーク部31Aの内径を大きくすることができ、その分、ティース部33に装着する空芯コイル20Aのコイル寸法を大きく設計できる。

[0059] (2-2. 空芯コイルの巻線の構成)

なお、空芯コイル20Aを、第1実施形態で説明した空芯コイル20のように、巻き始め側のリード端部21を第1層目のコイルエンド部27の径方向外側に引き出す構成とした場合、環状鉄心35に干渉する可能性があることから、環状鉄心35に干渉しないようなリード端部の設け方を工夫する必

要がある。

[0060] そこで、本実施形態では、図13に示すように、空芯コイル20Aの一方のリード端部21A（巻き終り側のリード端部に相当）は、径方向内側のコイル最外層より角部18を経て、コイルエンド部27の径方向外側に引き出され、もう一方のリード端部22A（巻き始め側のリード端部に相当）は、コイル最外層より角部18を経て、コイルエンド部27の外側に引き出されるように構成される。

[0061] すなわち、空芯コイル20Aの巻線17の巻回はいわゆる α 巻き方式となっており、2本のリード端部21A、22Aが外側に形成される。なお、第1実施形態と同様に、巻線17の巻き位置の移動は、反負荷側の両側の角部18のみで行われ、周方向両側と軸方向両側の4つの平面部13において整列巻となり、反負荷側のコイルエンド部27を含めた空芯コイル20Aの外形6面全てで加圧成形される。

[0062] 図13に示すように、巻線17の巻き始めは径方向内側より行われる。一方のリード端部22Aは巻き治具80Aの径方向外側へ1, 2, 3, ...と15ターン巻回して1層目とし、これを2層目、3層目、...と巻回し、6層目の69ターン（符号22aで示す）で巻回を終了する。もう一方のリード端部21Aは径方向内側を2層目、3層目と巻回し、2ターン（符号21aで示す）で巻回を終了するため、空芯コイル20Aのターン数は第1実施形態の空芯コイル20と同じ71ターンである。

[0063] 巻き治具80Aは、径方向外側治具86のリード端部21Aの位置が変更される以外は、第1実施形態で使用する巻き治具80と同じ形状である。

[0064] 図14（a）に空芯コイル20Aの巻線17の巻き始め時の様子を示し、図14（b）に空芯コイル20Aの巻線17の巻き終り時の様子を示す。なお、図14（a）は、巻線17の巻き始めより1層目の巻回を終え、2層目の巻回中の状態である。

[0065] 空芯コイル20Aの一方のリード端部21Aは、径方向内側のコイル最外層より反負荷側のコイルエンド部27の周方向右側の角部18を経て、コイ

ルエンド部 27 の外側に引き出される。もう一方のリード端部 22 A は、コイル最外層より反負荷側のコイルエンド部 27 の周方向左側の角部 18 を経て、コイルエンド部 27 の外側に引き出される。そのため、図 12 で示した環状鉄心 35 に干渉せずにリード端部 21 A, 22 A を結線部 39 に導くことができる空芯コイル 20 A が得られる。

[0066] (2-3. 第 2 実施形態の効果)

以上説明した第 2 実施形態によれば、リード端部 21 A, 22 A の両方を最外層より引き出した、いわゆる α 巻き方式の空芯コイル 20 A を実現できる。この場合、両方のリード端部 21 A, 22 A をコイルエンド部 27 の軸方向外側位置で引き出すことができるので、固定子鉄心 32 A のヨーク部 31 A の軸方向寸法をティース部 33 よりも大きくした場合でも、リード端部 21 A, 22 A とヨーク部 31 A との干渉を防止できる。

[0067] また、本実施形態では特に、固定子 30 A は、ティース部 33 及びティース部 33 よりも軸方向寸法が大きいヨーク部 31 A を備えた固定子鉄心 32 A を有する。これにより、ティース部 33 の磁路の大きさを確保しつつ、ヨーク部 31 A の内径を大きくすることが可能となり、その分空芯コイル 20 A の寸法を大きく設計できる。また、空芯コイル 20 A の寸法を増大させない場合には、ヨーク部 31 A の外径を小さくすることが可能となり、回転電機 10 A の径方向寸法を小型化できる。

[0068] <3. 変形例>

以上では、回転電機 10, 10 A がモータである場合を一例として説明したが、本実施形態は、回転電機 10, 10 A が発電機である場合にも適用することができる。

[0069] なお、以上の説明における「垂直」とは、厳密な意味での垂直ではない。すなわち、「垂直」とは、設計上、製造上の公差、誤差が許容され、「実質的に垂直」という意味である。

[0070] また、以上既に述べた以外にも、上記実施形態による手法を適宜組み合わせ利用しても良い。

[0071] その他、一々例示はしないが、上記実施形態は、その趣旨を逸脱しない範囲内において、種々の変更が加えられて実施されるものである。

符号の説明

[0072]	10, 10A	回転電機
	13	平面部
	17	巻線
	18	角部
	19	角部
	20, 20A	空芯コイル（固定子コイル）
	21	リード端部
	21A	リード端部
	22	リード端部
	22A	リード端部
	23, 24	端面
	25	端面
	26	スロット装着部
	27	コイルエンド部
	28	端面
	29	端面
	30, 30A	固定子
	31A	ヨーク部
	32, 32A	固定子鉄心
	33	ティース部
	36	絶縁体
	38	モールド樹脂部
	39	結線部
	41	負荷側ブラケット（筐体）
	42	反負荷側ブラケット（筐体）

5 0	回転子
7 2	ダイ（プレス治具）
7 3	上パンチ（プレス治具）
7 4	横パンチ（プレス治具）

請求の範囲

- [請求項1] 回転子及び固定子を有する回転電機であって、
 ティース部を備えた固定子鉄心と、
 前記ティース部に装着され、径方向内側及び外側に実質的に円筒形状の一部を構成する曲面状となる端面を備えると共に周方向両側及び軸方向両側に実質的に平面状となる端面を備えた空芯コイルと、
 を有することを特徴とする回転電機。
- [請求項2] 前記空芯コイルは、
 軸方向両側に前記回転子の回転軸心に垂直な面方向の前記端面を備える
 ことを特徴とする請求項1に記載の回転電機。
- [請求項3] 前記空芯コイルは、
 スロット装着部及びコイルエンド部を備え、
 前記スロット装着部の周方向の断面形状が実質的に径方向外側ほど寸法が大きくなる扇形であり、前記コイルエンド部の軸方向の断面形状が実質的に長方形である
 ことを特徴とする請求項1又は2に記載の回転電機。
- [請求項4] 前記空芯コイルは、
 前記スロット装着部及び前記コイルエンド部における各巻線の断面形状が、丸形が加圧成形により塑性変形した形状を含むように構成される
 ことを特徴とする請求項3に記載の回転電機。
- [請求項5] 前記空芯コイルは、
 周方向両側及び軸方向両側に位置する4つの平面部と、
 前記平面部の各々の間に位置する4つの角部と、を備え、
 前記平面部において巻線が整列に配置され、前記4つの角部のうちいずれか2つの角部において巻き位置の移動が行われるように、前記巻線が巻回されて構成される

ことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の回転電機。

[請求項6]

前記空芯コイルは、

前記巻線の巻き位置の移動が行われる前記 2 つの角部の曲率半径が、前記巻線の巻き位置の移動が行われない他の 2 つの角部の曲率半径よりも大きくなるように構成される

ことを特徴とする請求項 5 に記載の回転電機。

[請求項7]

前記空芯コイルは、

軸方向一方側の 2 つの前記角部又は軸方向他方側の 2 つの前記角部よりコイルエンド部の径方向外側又は内側に向けて引き出された 2 つのリード端部を有する

ことを特徴とする請求項 5 又は 6 に記載の回転電機。

[請求項8]

巻き始め側の前記リード端部は、

軸方向一方側の一方の角部において径方向外側の第 1 層目より引き出され、

巻き終わり側の前記リード端部は、

軸方向一方側の他方の角部においてコイル最外層より引き出されることを特徴とする請求項 7 に記載の回転電機。

[請求項9]

巻き始め側の前記リード端部は、

軸方向一方側の一方の角部において径方向内側のコイル最外層より引き出され、

巻き終わり側の前記リード端部は、

軸方向一方側の他方の角部においてコイル最外層より引き出されることを特徴とする請求項 7 に記載の回転電機。

[請求項10]

前記空芯コイルの軸方向両側の前記端面と筐体との間に密着して配置された絶縁体をさらに有する

ことを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の回転電機。

[請求項11]

固定子鉄心、前記空芯コイル、及び前記絶縁体を一体に成形したモールド樹脂部をさらに有する

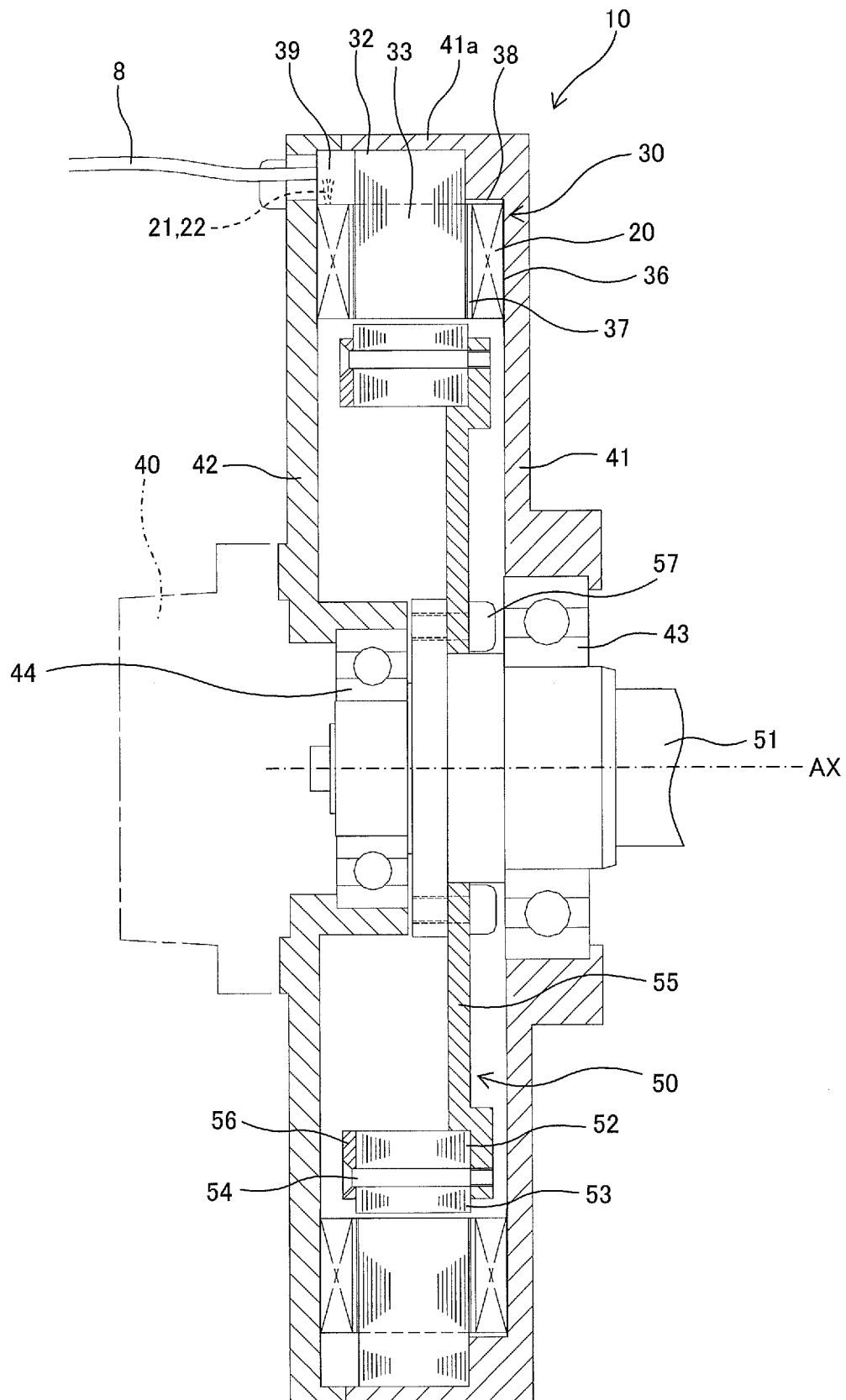
ことを特徴とする請求項 10 に記載の回転電機。

[請求項12] 前記空芯コイルのコイルエンド部の径方向外側又は内側に配置され、前記空芯コイルのリード端部を結線する結線部をさらに有することを特徴とする請求項 1 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の回転電機。

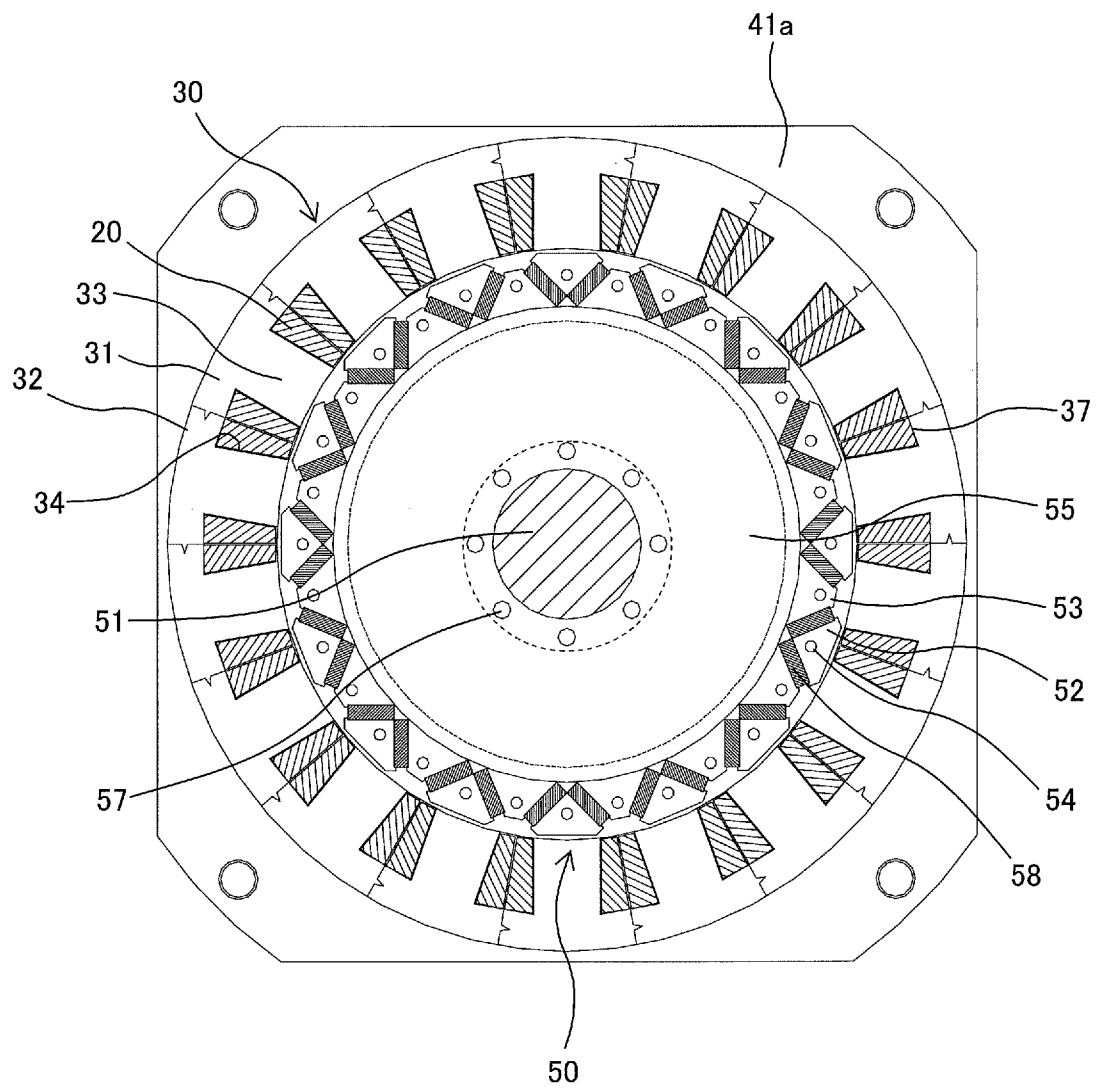
[請求項13] 前記固定子は、
ティース部及び前記ティース部よりも軸方向寸法が大きいヨーク部を備えた固定子鉄心を有することを特徴とする請求項 1 乃至 12 のいずれか 1 項に記載の回転電機。

[請求項14] 回転子及び固定子を有する回転電機の製造方法であって、
固定子コイルの線材を巻き治具に巻回することと、
巻回により形成された空芯コイルの径方向内側及び外側の端面を円筒形状の一部を構成する曲面状のプレス治具で加圧成形することと、
前記空芯コイルの周方向両側及び軸方向両側の端面を平面状のプレス治具で加圧成形することと、
を有することを特徴とする回転電機の製造方法。

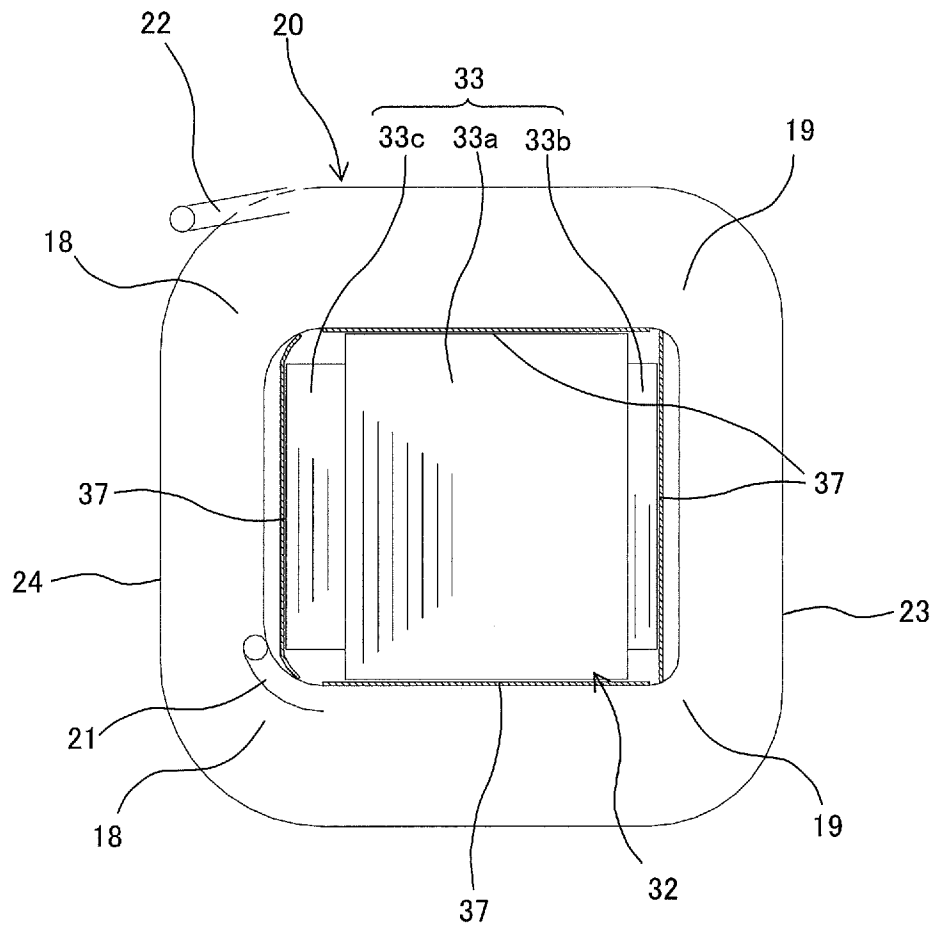
[図1]



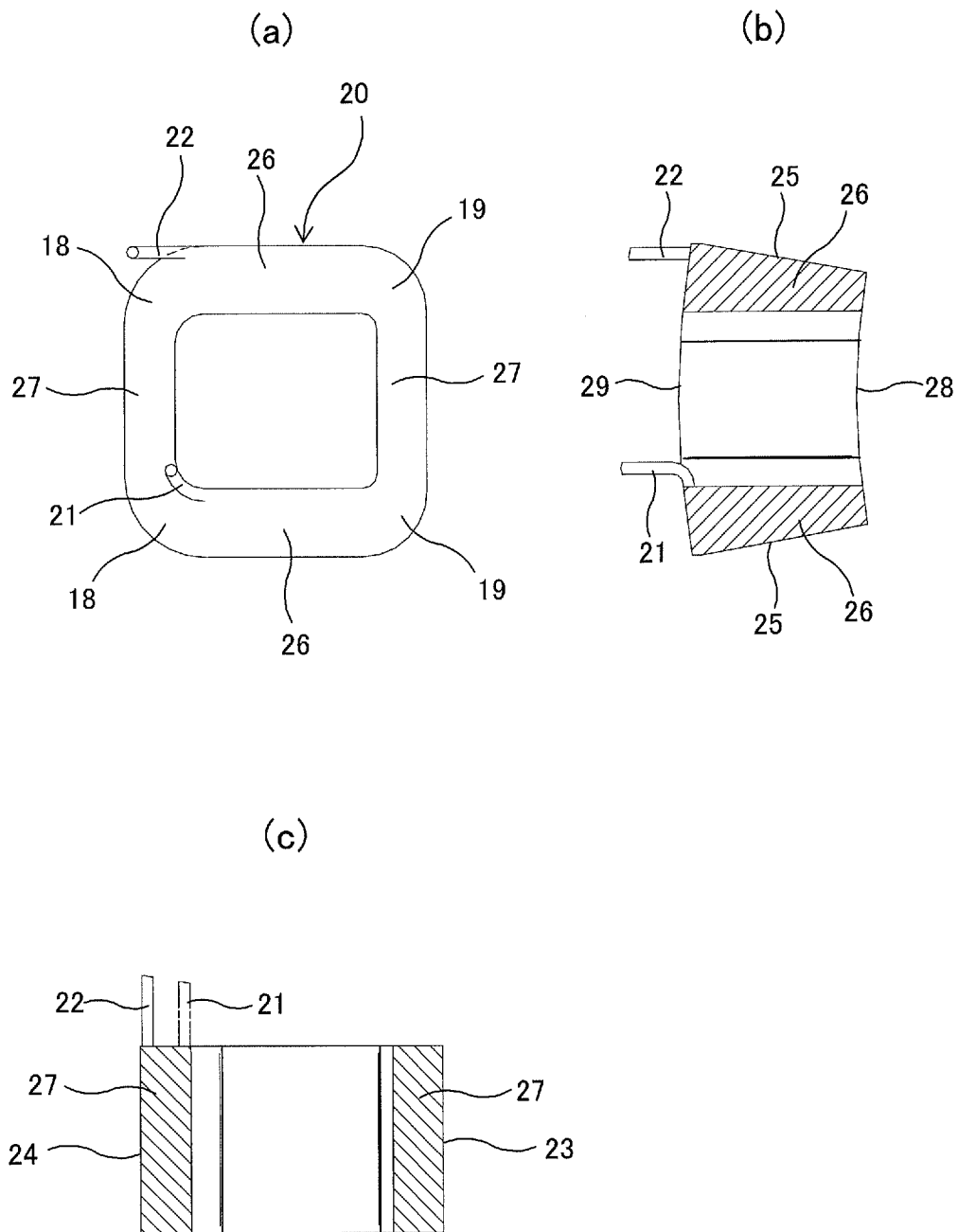
[図2]



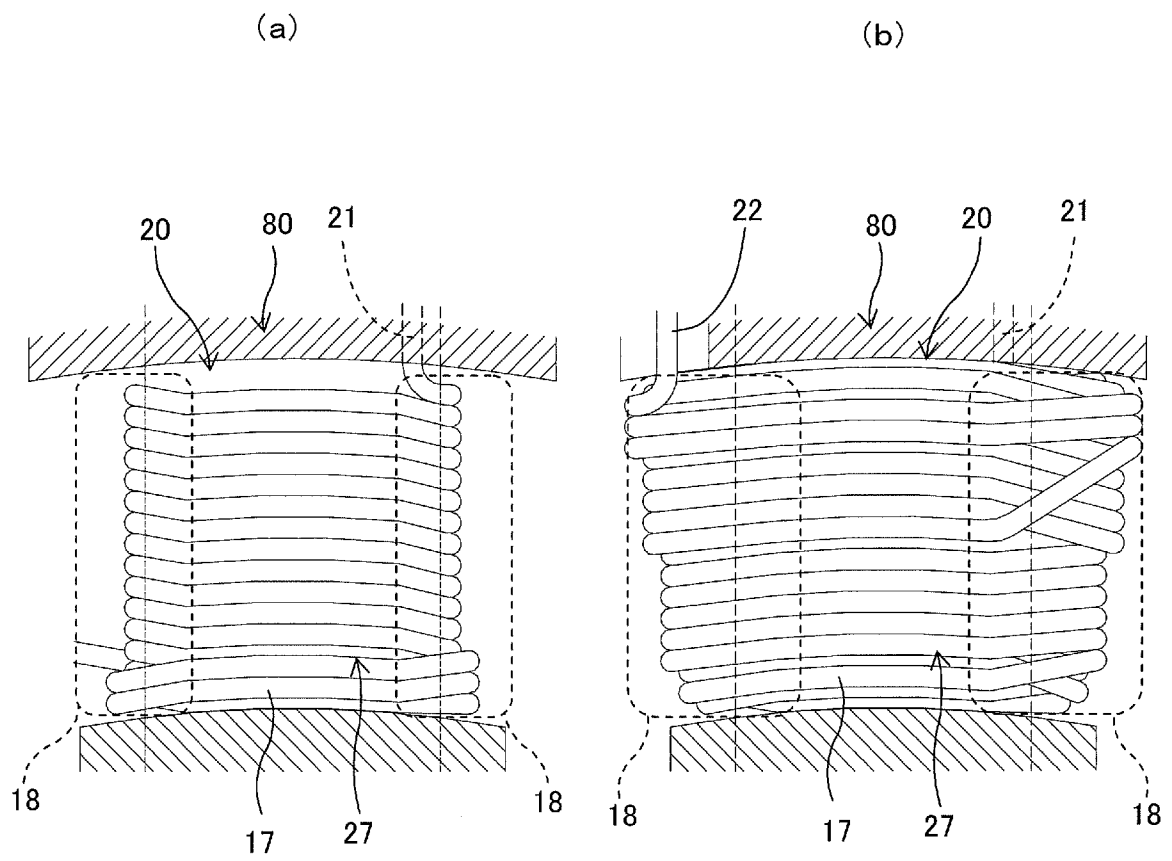
[図3]



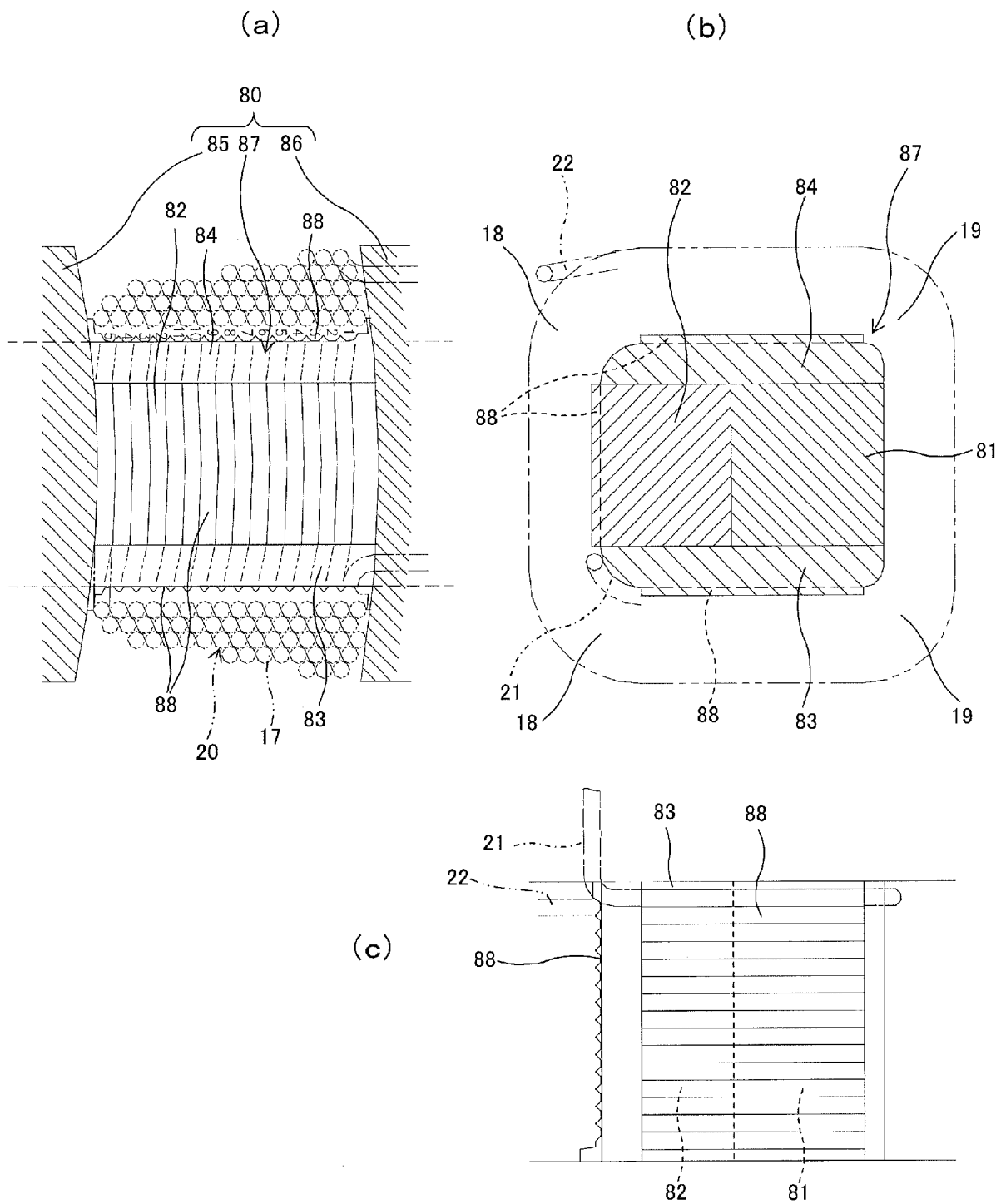
[図4]



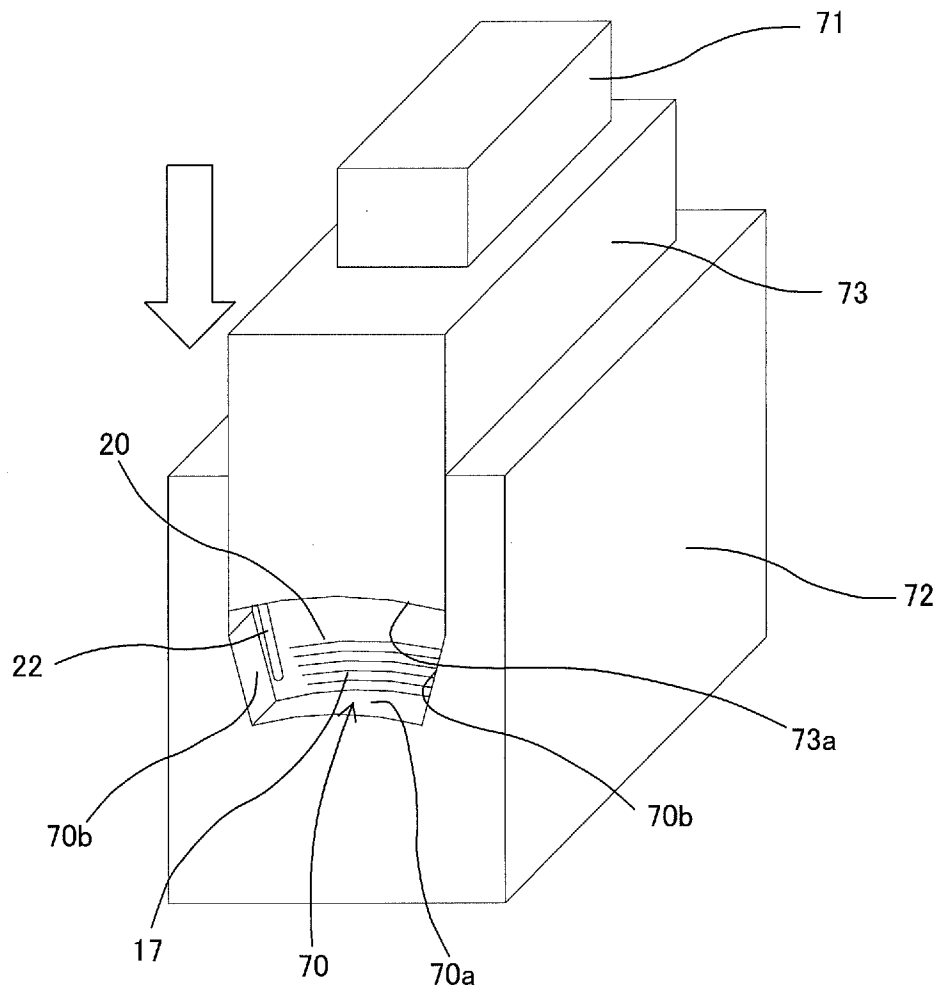
[図6]



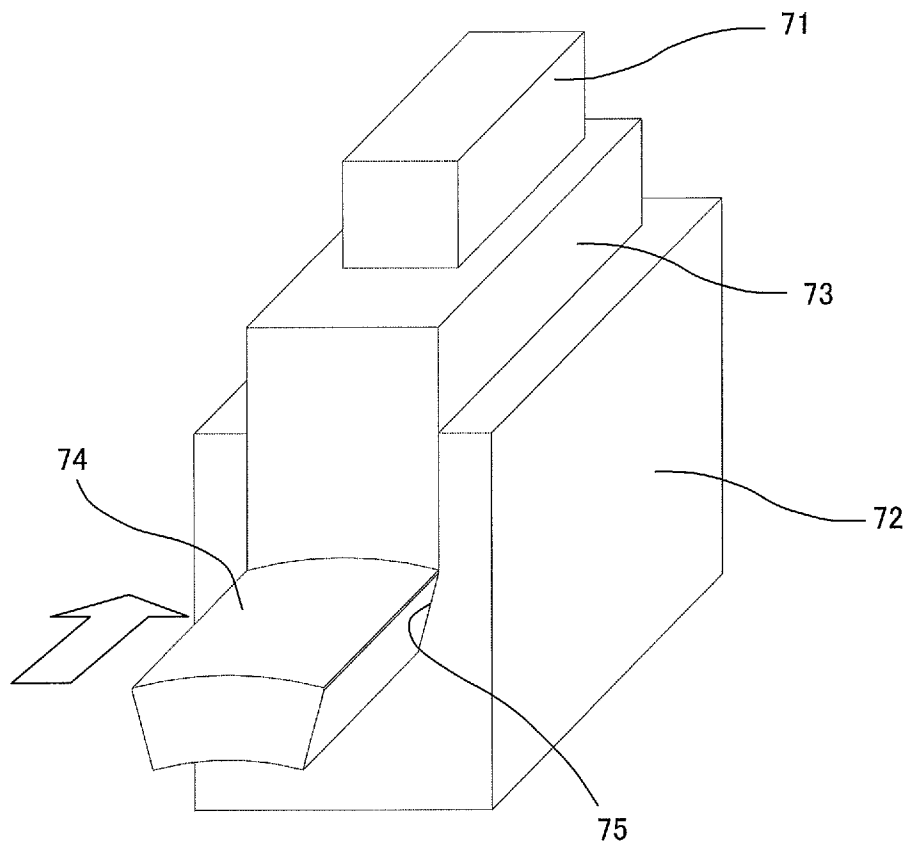
[図7]



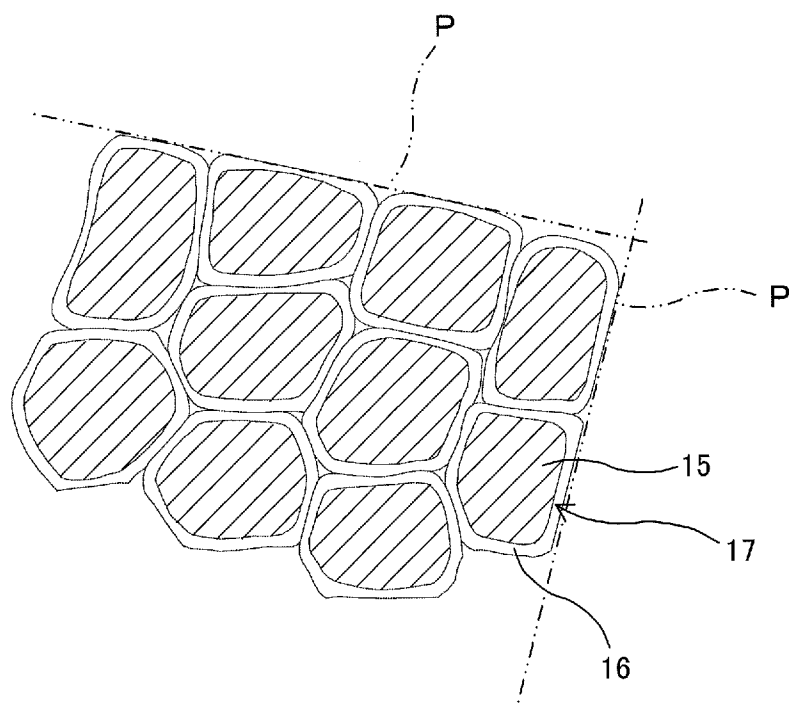
[図8]



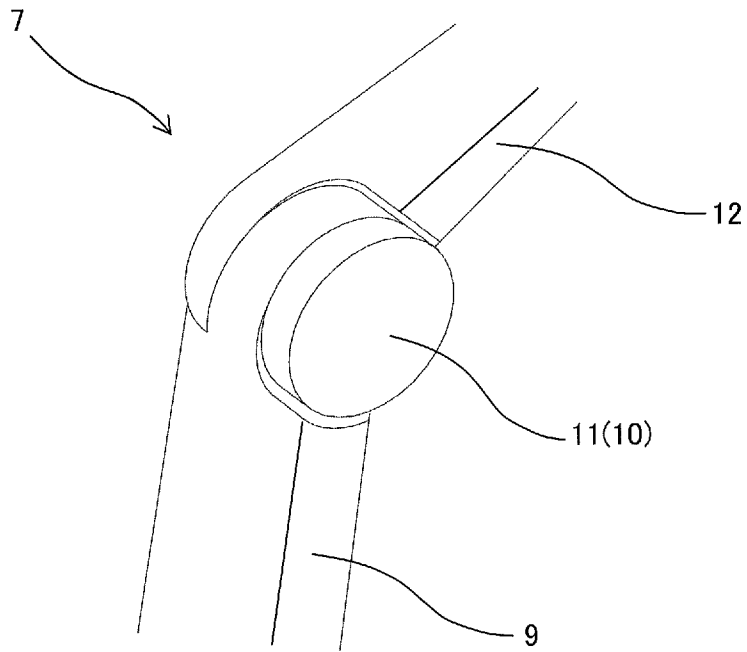
[図9]



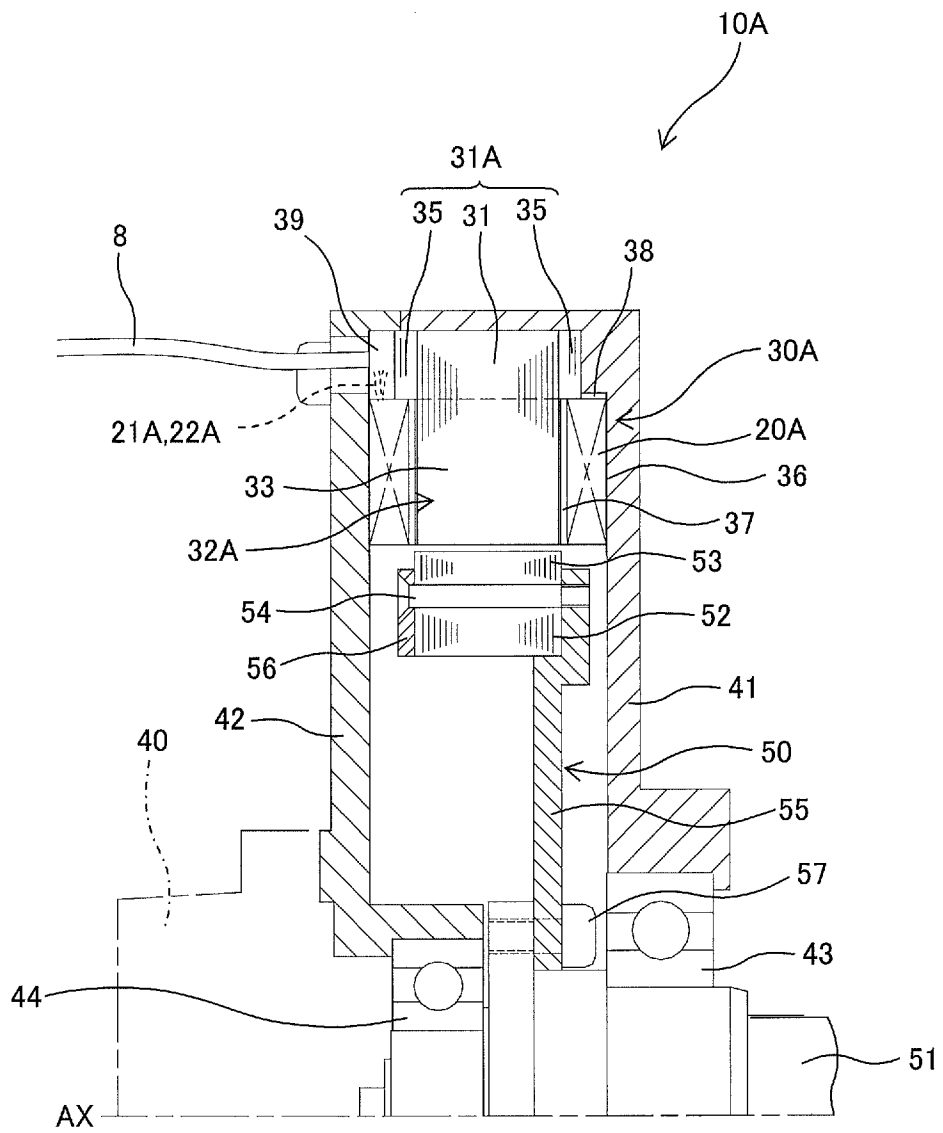
[図10]



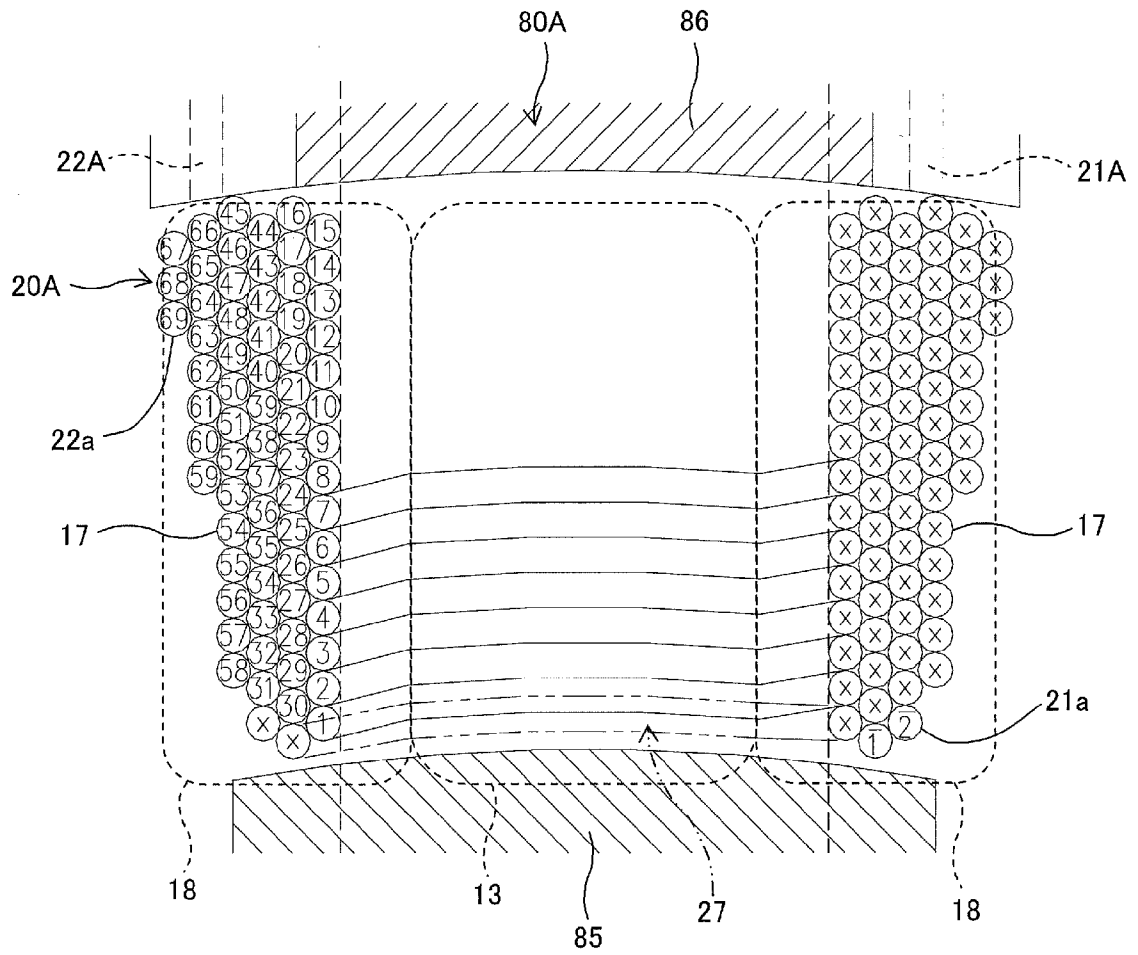
[図11]



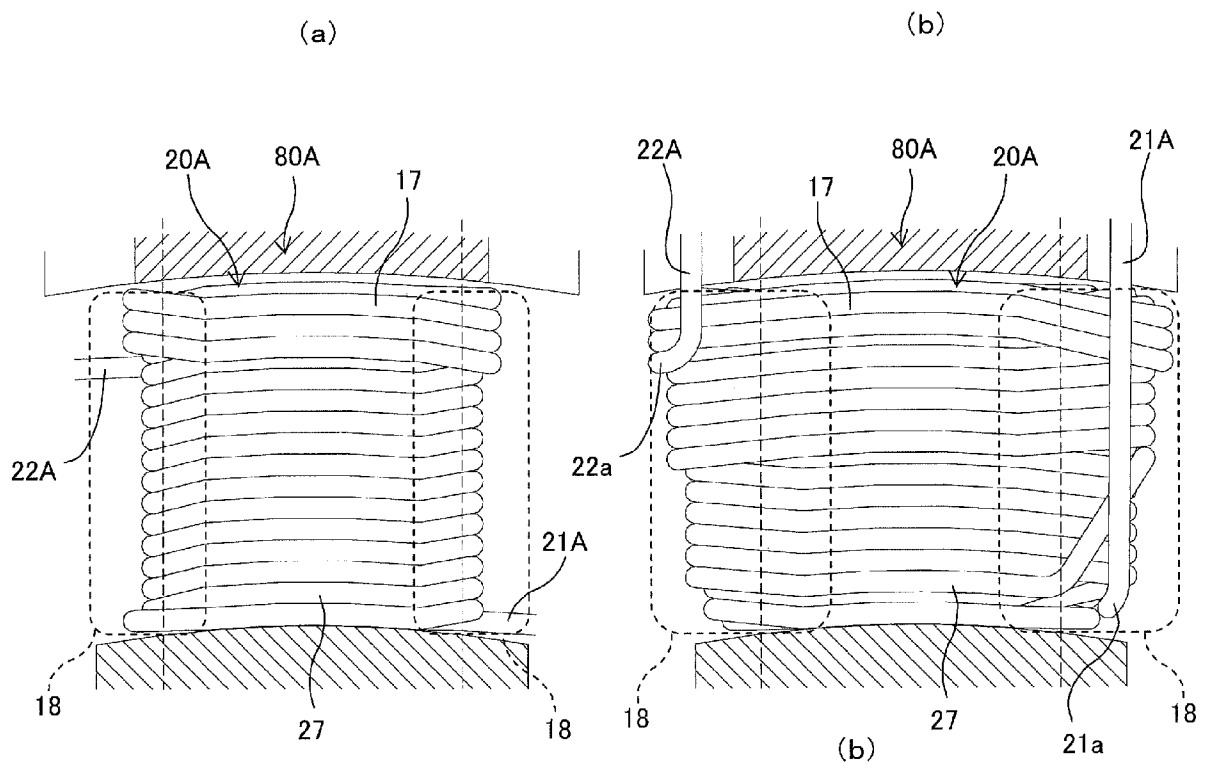
[図12]



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/057604

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02K3/18(2006.01) i

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)

H02K3/18

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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.
X A	WO 2014/030214 A1 (Yaskawa Electric Corp.), 27 February 2014 (27.02.2014), paragraphs [0020] to [0027], [0031] to [0035], [0073]; fig. 1 to 9, 15 (Family: none)	1-4, 10-14 5-9
X A	WO 2014/030359 A1 (Yaskawa Electric Corp.), 27 February 2014 (27.02.2014), paragraphs [0022] to [0029], [0033] to [0037], [0105]; fig. 1 to 9, 20 (Family: none)	1-4, 10-14 5-9
A	JP 2004-254421 A (Daikin Industries, Ltd.), 09 September 2004 (09.09.2004), fig. 2, 8, 15 (Family: none)	1-14

☐ 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
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "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)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"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
 "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
 "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
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
04 June, 2014 (04.06.14)

Date of mailing of the international search report
17 June, 2014 (17.06.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H02K3/18(2006.01)i

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（I P C））

Int.Cl. H02K3/18

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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
X A	WO 2014/030214 A1（株式会社安川電機）2014.02.27, [0020]-[0027]、 [0031]-[0035]、[0073]、図1-9、図15（ファミリーなし）	1-4, 10-14 5-9
X A	WO 2014/030359 A1（株式会社安川電機）2014.02.27, [0022]-[0029]、 [0033]-[0037]、[0105]、図1-9、図20（ファミリーなし）	1-4, 10-14 5-9
A	JP 2004-254421 A（ダイキン工業株式会社）2004.09.09, 図2、図 8、図15（ファミリーなし）	1-14

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ 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

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的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

「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矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「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

0 4 . 0 6 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

1 7 . 0 6 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

槻木澤 昌司

3 V

9 3 2 6

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 5 7