



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106030989 B

(45)授权公告日 2018.09.11

(21)申请号 201480075629.0

(22)申请日 2014.08.11

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106030989 A

(43)申请公布日 2016.10.12

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2016.08.16

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2014/071252 2014.08.11

(87)PCT国际申请的公布数据
W02016/024324 JA 2016.02.18

(73)专利权人 富士电机株式会社
地址 日本神奈川县

(72)发明人 持田敏治 今盛聪

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100

代理人 胡秋瑾

(51)Int.Cl.
H02K 1/27(2006.01)
H02K 19/10(2006.01)

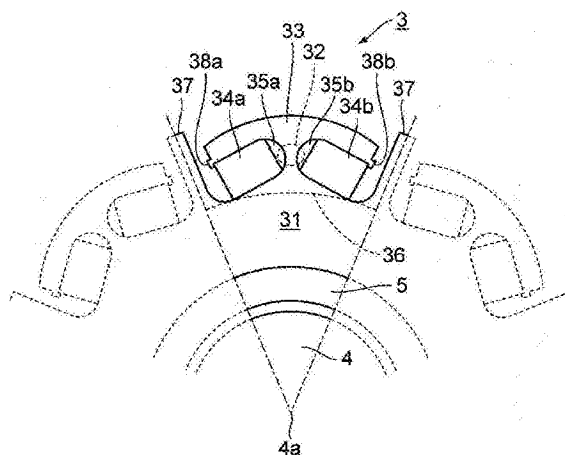
(56)对比文件
JP 2011004480 A,2011.01.06,
CN 101188369 A,2008.05.28,
审查员 周飞

权利要求书1页 说明书11页 附图5页

(54)发明名称
旋转电机

(57)摘要

本发明提供一种转子强度优异、能以低成本制造并能增加转子所产生的转矩的旋转电机。转子(3)上沿着周向对每一极形成有两个孔(35a、35b)。两个孔(35a、35b)与转子外周连通,各极中,两个孔的转子半径方向外侧的外周缘部(33)经由这两个孔之间的中央桥部(32)与转子半径方向内侧的芯部(31)相连。该中央桥部(32)被非磁性化或低磁导率化。因此,即使加宽中央桥部(32)的宽度,也能降低经由中央桥部(32)的漏磁通。



1. 一种旋转电机,其特征在于,
具有对每个极形成偶数个孔而构成的转子,该偶数个孔隔着中央桥部在周向上相邻,
所述转子的各极中,隔着所述中央桥部设置的偶数个孔在所述中央桥部的相反侧与所述转子的外周连通,
所述偶数个孔的内周壁的旋转中心轴侧的区域自离开相邻的极之间的中心起,以向远离所述旋转中心轴侧的方向倾斜的方式接近所述中央桥部,
使所述中央桥部非磁性化或使其磁导率低于所述转子的所述中央桥部以外的部分。
2. 如权利要求1所述的旋转电机,其特征在于,所述中央桥部通过利用热处理或加工硬化产生变性或应变,由此来进行非磁性化或低磁导率化。
3. 如权利要求2所述的旋转电机,其特征在于,所述中央桥部位于比所述偶数个孔的内切圆更靠所述转子的半径方向外侧的位置。
4. 如权利要求1所述的旋转电机,其特征在于,所述转子在相邻的极之间具有向远离转子旋转中心轴的方向突出的q轴突起。
5. 如权利要求2所述的旋转电机,其特征在于,所述转子在相邻的极之间具有向远离转子旋转中心轴的方向突出的q轴突起。
6. 如权利要求1所述的旋转电机,其特征在于,
所述中央桥部位于比所述偶数个孔的内切圆更靠所述转子的半径方向外侧的位置,
所述转子在相邻的极之间具有向远离转子旋转中心轴的方向突出的q轴突起。
7. 如权利要求3所述的旋转电机,其特征在于,所述转子在相邻的极之间具有向远离转子旋转中心轴的方向突出的q轴突起。
8. 如权利要求1至7的任一项所述的旋转电机,其特征在于,所述孔对永磁体进行保持,所述旋转电机为永磁体嵌入式旋转电机。
9. 如权利要求8所述的旋转电机,其特征在于,
外周缘部的外周面的一部分或全部具有比从转子旋转中心轴到转子最外周部的距离要小的曲率半径。
10. 如权利要求8所述的旋转电机,其特征在于,所述孔的内壁中的所述转子半径方向外侧的区域具有对所述永磁体的移动进行限制的定位突起。
11. 如权利要求8所述的旋转电机,其特征在于,利用粘结剂辅助所述永磁体的固定。
12. 如权利要求1至7的任一项所述的旋转电机,其特征在于,所述旋转电机为同步磁阻旋转电机。
13. 如权利要求12所述的旋转电机,其特征在于,
外周缘部的外周面的一部分或全部具有比从转子旋转中心轴到转子最外周部的距离要大的曲率半径。

旋转电机

技术领域

[0001] 本发明涉及电动机、发电机等旋转电机。

背景技术

[0002] 图8(a)、图8(b)是表示现有的永磁体嵌入式旋转电机的一个例子、即IPM电动机的转子结构的剖视图,图8(c)是表示其外周面的图。该现有例的IPM电动机由专利文献1所公开。该IPM电动机将以向转子10的外侧扩展的方式呈V字形配置的两个永磁体13a、13b作为一个极,通过在转子10的内部嵌入多个由两个永磁体13a、13b构成的组来形成多个极。转子10通过如图8(c)所示那样逐个或以数个为单位交替层叠图8(a)所示的层叠钢板11和图8(b)所示的层叠钢板12而构成。

[0003] 如图8(a)所示,层叠钢板11中形成有两个保持孔部18a、18b、两个空洞部14a、14b、以及两个空洞部15a、15b作为一个极,且形成有多组。具体而言,作为一个极形成有:呈V字形配置、并对两个永磁体13a、13b进行保持的两个保持孔部18a、18b;配置在两个保持孔部18a、18b彼此之间的部分(V字的中央部分)、并与各保持孔部18a、18b分别连通的两个空洞部14a、14b;以及配置在与相邻的另一极之间的部分(V字的端部)、并与各保持孔部18a、18b分别连通的两个空洞部15a、15b。

[0004] 保持孔部18a、空洞部14a、空洞部15a成为连续的一个区域(孔),此外,保持孔部18b、空洞部14b、空洞部15b也成为连续的一个区域(孔),在对层叠钢板11进行冲孔加工时,分别作为一个孔来进行冲孔即可。通过冲孔加工,在空洞部15a、15b的外缘侧形成了侧面桥部19a、19b。

[0005] 此外,如图8(a)所示,层叠钢板12上形成有两个保持孔部18a'、18b'、两个空洞部14a'、14b'、以及两个缺口部16a、16b作为一个极,且形成有多组。层叠钢板12上的保持孔部18a'、18b'、空洞部14a'、14b'分别与层叠钢板11上的保持孔部18a、18b、空洞部14a、14b同等。具体而言,作为一个极形成有:呈V字形配置、并对两个永磁体13a、13b进行保持的两个保持孔部18a'、18b';配置在两个保持孔部18a'、18b'彼此之间的部分(V字的中央部分)、并与各保持孔部18a'、18b'分别连通的两个空洞部14a'、14b';以及配置成分别与各空洞部15a、15b重叠、与各保持孔部18a'、18b'分别连通并且打通到层叠钢板12的外缘为止的两个缺口部16a、16b。各缺口部16a、16b配置成各自的内部包含各空洞部15a、15b,由此配置成与各空洞部15a、15b分别重叠。

[0006] 保持孔部18a'、空洞部14a'、缺口部16a成为连续的一个区域(缺口),此外,保持孔部18b'、空洞部14b'、缺口部16b也成为连续的一个区域(缺口),在对层叠钢板12进行冲孔加工时,分别作为一个缺口来进行冲孔即可。

[0007] 层叠钢板11上的空洞部14a与空洞部14b之间、以及层叠钢板12上的空洞部14a'与空洞部14b'之间存在中央桥部19c。层叠钢板11、12中,永磁体的内周侧的区域和外周侧的区域通过该中央桥部19c相连。

[0008] 并且,在逐个交替层叠上述层叠钢板11、12的情况下,转子3的外周面成为如图8

(c)所示的外观,缺口部16a、16b分别成列,且隔开一个层叠钢板配置。

[0009] 在该现有例中,层叠钢板11与层叠钢板12交替层叠,层叠钢板12中,磁通通过缺口部16a、16b,因此在层叠钢板11中,即使侧面桥部19a、19b的宽度较粗,也能减少磁短路。具体而言,由于层叠钢板12具有缺口部16a、16b,因此对各钢板上永磁体与转子外周面之间的铁心的截面积求和得到的总截面积(即,对侧面桥部19a、19b的局部截面积求和得到的总截面积)成为1/2,其结果,能减少磁短路。

[0010] 此外,在层叠钢板12中,由于在与相邻的另一极之间的部位形成有缺口部16a、16b,且不存在铁心,因此,能使缺口部16a、16b上的磁阻大于侧面桥部19a、19b上的磁阻。并且,由于交替层叠有层叠钢板11和层叠钢板12,因此与仅使用层叠钢板11的情况相比能增大磁阻。因此,由于缺口部16a、16b上磁短路的减少,从而抑制了漏磁通,能向定子侧提供大量的磁通,从而能提高电动机效率。而且,在层叠钢板12中,由于在d轴磁通、q轴磁通的通过部分存在铁心,因此能维持所期望的磁阻转矩。

[0011] 利用上述结构,即使在为了冲孔加工性、抗离心力性而需要将侧面桥部19a、19b设为规定宽度的情况下,由于缺口部16a、16b的存在,能确保侧面桥部19a、19b具有规定的宽度,并能增大磁阻来抑制漏磁通。

[0012] 现有技术文献

[0013] 专利文献

[0014] 专利文献1:日本专利特开2011-4480号公报

发明内容

[0015] 发明所要解决的技术问题

[0016] 然而,由于上述现有的永磁体嵌入式旋转电机利用形状不同的多种转子钢材构成转子,因此存在以下问题。首先,在制造转子时,需要进行用于制造转子钢材的多个种类的冲压模具,存在部件、模具的管理变得烦杂的问题。此外,形状不同的转子钢材的强度特性互不相同。即便如此,在现有的永磁体嵌入式旋转电机中,需要在多种转子钢材彼此之间使磁体、轴的形状和配置相同。因此,磁体和轴的形状以及配置的设计范围大幅缩小。其结果,只能获得小型的磁体和较细的轴,因此旋转电机的转速或者转矩受到大幅限制。此外,在将形状不同的多种转子钢材进行层叠来构成转子的情况下,在进行转子设计时,需要进行三维的磁场计算和强度计算,导致计算负担增大,且存在计算精度降低的问题。此外,形状不同的多种转子钢材无法通过例如利用线切割等的去除加工来由一体的钢材形成。因此,存在加工成本增大的问题。

[0017] 此外,现有的永磁体埋入式旋转电机中,由于构成转子的两种钢板的其中一种具有侧面桥部19a和19b,因此存在以下问题。首先,由于具有侧面桥部19a和19b,因此仍然会残留相当多的永磁体的漏磁通,磁阻也远大于零。这会对增加转子产生的转矩造成妨碍。此外,由于现有的永磁体嵌入式旋转电机的转子具有侧面桥部19a和19b,因此转子轴向上的通风较差。该转子的通风变差是妨碍转子、尤其是其中的永磁体的冷却的主要因素。此外,由于转子具有侧面桥部19a和19b,因此存在支承永磁体以对抗离心力的力变得不均匀,从而会在永磁体内部产生较大应力的问题。

[0018] 此外,通常,永磁体嵌入式旋转电机在将转子钢材卡合固定于轴的情况下,会在转

子钢材上残留周向上的组装残留应力。该组装残留应力主要残留的范围是在以转子轴为中心的圆周上不存在孔或缺口的半径范围(即,呈环状相连的范围)。对于现有例,由于具有侧面桥部19a和19b,因此在转子的最外周具有环状区域,该最外周的环状区域中会残留拉伸残留应力。此外,在转子旋转时会对侧面桥部19a和19b施加由离心力引起的剪切应力。因此,为了防止侧面桥部19a和19b在转子旋转时损坏,需要扩大侧面桥部19a和19b的宽度。因此,现有例中难以减少漏磁通。

[0019] 此外,现有例中,在中央桥部19c的所在位置附近会残留较大的组装残留应力。除此之外,在转子旋转时,会在中央桥部19c产生由离心力引起的较大的拉伸应力(下面称为离心应力)。对于现有的永磁体嵌入式旋转电机的转子,其产生组装残留应力的区域和产生离心应力的区域较为接近,因而转子的强度设计较为困难。为了实现转子的高速旋转,需要防止在拉伸残留应力的产生范围内产生较大应力。为了实现该应力缓和,例如考虑对中央桥部19c进行曲率半径的大幅倒角。然而,若实施这种曲率半径的大幅倒角,则配置磁体的空间会减少,转矩受到限制。由此,在现有例中,由于没有缓和应力的有效手段,因此存在转子转速受到限制、或者磁体大小受到限制导致转矩受到限制的问题。

[0020] 此外,通常,若在转子的外周面设置凹凸,则能将转子所产生的转矩的高次谐波分量转换为基波分量,能减少转矩脉动,并能增大转矩。然而,在如现有例那样在磁体嵌入孔外侧存在没有孔或凹陷的环状的最外周区域的转子的情况下,会在最外周的环状区域残留组装残留应力。因此,在现有的转子中,难以在这种残留有残留应力的转子的最外周面上设置会导致应力集中的凹凸。因此,现有的永磁体嵌入式旋转电机中难以在转子的外周面设置凹凸来提高转矩。

[0021] 此外,现有例中,由于中央桥部直接使用强磁性材料,因此仍然会残留相当多的永磁体的漏磁通,因而远大于零。这会对增加转子所产生的转矩造成妨碍。

[0022] 本发明鉴于以上情况而完成,其第一目的在于提供一种转子强度优异且能以低成本制造的旋转电机。此外,本发明的第二目的在于,在不降低转子强度的情况下增加转子所产生的转矩。

[0023] 解决技术问题的技术方案

[0024] 本发明提供一种旋转电机,其特征在于,具有对每个极形成隔着中央桥部在周向上相邻的偶数个孔而构成的转子,所述转子的各极中,隔着所述中央桥部设置的偶数个孔在所述中央桥部的相反侧与所述转子的外周连通,将所述中央桥部非磁性化,或使其磁导率低于所述转子的所述中央桥部以外的部分。

[0025] 发明效果

[0026] 根据本发明,由于使一个极的偶数个孔与转子外周连通,因此不会在转子的最外周产生组装残留应力的残余区域。因此,能提高转子旋转时的强度。此外,由于是使一个极的偶数个孔与转子外周连通的结构,原本就不需要侧面桥部,因此无需为了降低漏磁通而使不具有侧面桥部的钢板与具有侧面桥部的钢板相组合来构成转子。因此,能仅层叠一种钢板来制造转子。并且,由于使中央桥部非磁性化或低磁导率化,因此漏磁通极少。由此,即使是相同的磁体量,也能增加有助于输出转矩的磁通。

附图说明

[0027] 图1是表示作为本发明的旋转电机的一个实施方式的永磁体嵌入式旋转电机的整体结构的纵向剖视图。

[0028] 图2是表示本实施方式的转子的一个极的结构立体图。

[0029] 图3是从该实施方式的旋转中心轴方向观察转子的一个极的主视图。

[0030] 图4是表示作为本发明的其它实施方式的同步磁阻旋转电机的转子结构的主视图。

[0031] 图5是表示作为本发明的其它实施方式的同步磁阻旋转电机的转子结构的主视图。

[0032] 图6是表示作为本发明的其他实施方式的永磁体嵌入式旋转电机的转子的结构的主视图。

[0033] 图7是表示作为本发明的其他实施方式的永磁体嵌入式旋转电机的转子的结构的主视图。

[0034] 图8是表示现有的永磁体嵌入式旋转电机的转子结构的图。

具体实施方式

[0035] 下面,参照附图,对本发明的实施方式进行说明。

[0036] 图1是表示本发明一个实施方式的永磁体嵌入式旋转电机的整体结构的纵向剖视图。图1中,外框1是覆盖永磁体嵌入式旋转电机整体的筐体,由铁、铝、不锈钢等构成。外框1的内侧设置有中空圆筒状的固定侧铁心2。该固定侧铁心2通过层叠硅钢板而构成。该固定侧铁心2上设置有孔,该孔中插入有由铜线等构成定子绕组(省略图示)。在固定侧铁心2的内侧以与固定侧铁心2之间隔着规定间隙的状态插入有旋转侧铁心、即转子3。该转子3通过层叠硅钢板而构成。转子3的中心被由铁等构成的轴4贯穿。理想情况下,轴4的中心轴即为转子3的旋转中心轴4a。并且,轴4经由由轴承钢等构成的滚动轴承5被设置于外框1的前后两端的罩壳6所支承。

[0037] 该例中,永磁体嵌入式旋转电机为电动机。该电动机中,转子3由定子绕组(未图示)所产生的旋转磁场提供能量,绕旋转中心轴4a旋转。

[0038] 本实施方式的特征在于转子3的结构。图2是表示本实施方式的转子3的一个极的结构立体图。此外,图3是从旋转中心轴4a方向观察转子3的一个极的主视图。另外,图3中,为了便于理解转子3的结构,除了一个极的结构以外,还用虚线示出其旋转方向上两个相邻极的结构。

[0039] 本实施方式的转子3大体上能分为:旋转中心轴4a附近的芯部31;设置于每个极的两个永磁体34a、34b;从旋转中心轴4a观察时位于永磁体34a和34b外侧的由转子钢材构成的各极的外周缘部33;形成于磁体嵌入孔35a和35b之间并与芯部31和外周缘部33分别相连的各极的中央桥部32;以及设置在极与极之间的q轴突起37。

[0040] 一个极的外周缘部33具有大致圆弧状的截面形状,在转子旋转方向中央处经由中央桥部32与芯部31相连。该外周缘部33的外周面具有比从旋转中心轴4a到转子最外周部的距离要小的曲率半径。另外,也可以不像上述那样使整个外周缘部33的曲率半径小于从旋转中心轴4a到转子最外周部的距离,而是使外周缘部33的一部分的曲率半径小于从旋转中心轴4a到转子最外周部的距离。此外,外周缘部33的外周面不一定要是曲面,只要从转子旋

转中心观察时位于通过中央桥部32的延长线上的外周缘部33的外周面相对于其它位置的外周面而言,到转子旋转中心的距离较长即可。由此,通过提高中央桥部32的磁阻,并降低配置在转子外周的定子与外周缘部33的磁阻,从而能增大永磁体嵌入式旋转电机的转矩。

[0041] 在外周缘部33的内侧设有用于保持永磁体34a的磁体嵌入孔35a、以及用于保持永磁体34b的磁体嵌入孔35b。该磁体嵌入孔35a和35b被外周缘部33、中央桥部32、以及芯部31从三个方向包围。外周缘部33在转子3旋转时对抗作用于永磁体34a和34b的离心力,以将永磁体34a和35b向旋转中心轴4a侧支承。与各极相对应的各外周缘部33与相邻的外周缘部之间隔着间隙而排列在转子旋转方向上。两个外周缘部33之间的间隙位于中央桥部32的相反侧、即极与极之间的中央。磁体嵌入孔35a和35b经由这两个外周缘部33之间的间隙与转子外周连通。

[0042] 磁体嵌入孔35a和35b呈倒V字形排列。并且,磁体嵌入孔35a和35b的内周壁的旋转中心轴4a侧的区域(芯部31)随着从相邻的极之间的中心接近两个磁体嵌入孔之间(即、中央桥部32)而向离开旋转中心轴4a的方向倾斜。因此,中央桥部32位于从转子3的所有磁体嵌入孔35a、35b的内切圆36向转子半径方向外侧离开的位置。

[0043] q轴突起37在芯部31的极与极之间的中央位置通过两个外周缘部33之间的间隙并向离心方向(离开旋转中心轴4a的方向)突出。磁体嵌入孔35a和35b中设置有限制永磁体34a和34b向该q轴突起37一侧移动的定位突起38a和38b。该定位突起38a和38b在磁体嵌入孔35a和35b的内壁中的、从永磁体34a和34b观察时位于转子半径方向外侧的区域、即外周缘部33内侧的q轴突起37侧的端部,向旋转中心轴4a突出。永磁体34a和34b与该定位突起38a和38b相抵接,固定在磁体嵌入孔35a和35b内。此时,使用粘结剂来辅助将永磁体34a和34b固定于磁体嵌入孔35a和35b。

[0044] 此外,构成转子3的中央桥部32利用日本专利特开2002-69593号公报所公开的方法进行氮化和加热,从而被奥氏体化(非磁性化),其后通过冷却和退火来去除热应变。具体如下所示。

[0045] 本实施方式中,在制造转子3的层叠钢板时,对中央桥部32进行氮化处理,在该部分生成饱和磁通密度较低的氮化物相,从而使部件一部分的饱和磁通密度降低。作为氮化处理对象的转子钢板例如使用轧制后的强磁性材料板。氮化处理使用离子氮化、离子注入、气体氮化等氮化处理。通常以800℃以下的温度进行处理。此外,无需预先附着非磁性金属等。而且,只要是能进行氮化的强磁性材料即可,其材质不作限定。因此,只要是Fe类材料即可,可以是已经量产且成本比较低廉的Fe-Si类电磁钢板等、或铁氧体类不锈钢等。

[0046] 由于仅使转子钢板中想要减小饱和磁通密度的中央桥部32氮化,因此对于不进行氮化的部分,利用金属板等进行遮蔽。将遮蔽后的转子钢板放置到腔室中,将基板温度加热到500-800℃,在腔室内导入包含氮的气体、例如氮与氢的混合气体后,利用气体产生等离子体来进行氮化处理,从电磁钢板的表面形成氮化物相。

[0047] 由于氮是奥氏体形成元素,因此根据氮化后的冷却速度而形成奥氏体(γ Fe-N)、或者 Fe_4N 、 $Fe_{2-3}N$ 。这些相中, Fe_4N 的饱和磁通密度最大,且饱和磁通密度按照 $Fe_{2-3}N$ 、 γ Fe-N的顺序变小。特别地, γ Fe-N为非磁性相。这些相的饱和磁通密度比 α Fe的值要小。

[0048] 为了加快氮化,可以使母合金中包含其它添加元素,或者在氮化处理中添加其它元素。对于硅钢的情况,Si本身是促进氮化的元素。

[0049] 若在高温下长时间进行氮化处理,则氮化层的厚度也会变厚,饱和磁通密度会减少。因此,能通过改变氮化处理时间等氮化处理条件来使钢板的饱和磁通密度达到目标值。

[0050] 除了这种温度、时间以外,气体种类、气体组成比、气体压力、气体流量、结晶方位、结晶粒径、表面状态、冷却速度、加速电压等也会对氮化物相的形成产生影响。即,为了使氮化合物从表面形成到母材内部,可以举出提高处理温度、选择氮化处理中的气体种类、选择母材的组成的方法。在等离子氮化的情况下,也能应用渗硫氮化(nitrosulphurizing)或者渗碳氮化(carbonitriding)方法。通过选择气体种类和流量比,能使 $Fe_{2-3}N$ 优先于 Fe_4N 生长。

[0051] 除了等离子氮化以外,也能利用离子注入法或气体氮化法来进行氮化。例如在使用离子注入法的情况下,在注入氮离子的部分形成上述化合物,饱和磁通密度得以减少。利用上述方法,也能通过优化条件来降低饱和磁通密度 B_s 。

[0052] 由于通过氮化处理来降低饱和磁通密度是因为形成了氮化物,因此不仅是硅钢板,只要是碳素钢、铁氧体类不锈钢等包含Fe的强磁性合金钢,都能通过氮化处理来实现饱和磁通密度的降低。特别是,由于容易与氮形成化合物的合金元素、C(碳)的存在,氮化物相的厚度会产生变化,因此为了获得所设定的饱和磁通密度,需要考虑这些母材的合金元素浓度。

[0053] 为了在氮化处理后消除应变或者使应变扩散而进行追加热处理。

[0054] 以上是使中央桥部32非磁性化的方法的细节。

[0055] 本实施方式的转子3的磁体嵌入孔35a、35b采用与转子外周连通的结构。下面说明采用该结构的理由。

[0056] 在电动机的制造过程中,利用冷缩配合等过盈配合来对轴和转子钢材进行组装的方法较为普遍。在该过盈配合工序中,会在转子钢材上残留沿周向的拉伸应力。该转子组装时产生的残留应力在转子高速旋转过程中也会残留。本申请发明人通过有限元法计算后确认到,该残留应力几乎不会产生在转子钢材的与孔、凹陷等所在部分具有相同半径的圆周上(即,应力仅残留在没有孔和凹陷、且呈环状连接的部分)。

[0057] 另一方面,在转子旋转时、特别是高速旋转时,转子的各部分会产生强大的离心力。此时,在如现有例那样转子具有中央桥部和侧面桥部的情况下,该中央桥部和侧面桥部会产生较大的离心应力。该情况下,因转子的旋转而产生的离心力会导致对中央桥部作用拉伸应力,而对侧面桥部产生剪切应力。因此,为了防止高速旋转引起的转子损坏,与中央桥部相比,更需要充分提高侧面桥部的强度,这一点增加了转子强度设计的难度。

[0058] 此外,在现有例中,为了同时实现降低漏磁通和确保转子强度这两个目的,通过将具有侧面桥部的转子钢板和没有侧面桥部的转子钢板相组合来构成转子。因此,现有例的转子存在制造成本高昂等问题。

[0059] 为此,本实施方式中,作为转子结构,采用使磁体嵌入孔35a和35b与转子外周连通的结构,即采用现有例中没有侧面桥部的结构。根据本实施方式,由于转子的最外周不具有侧面桥部,因此不会在转子最外周残留组装残留应力。因转子旋转时的离心力所产生的离心应力虽然会集中于中央桥部,但由于作用于该中央桥部的离心应力是拉伸应力,因此能容易地通过调整中央桥部的宽度等来进行防止中央桥部损坏的处理。而且,磁体嵌入孔35a和35b与转子外周连通的转子结构还具有以下所述的巨大优势。

[0060] 首先,与现有例不同,本实施方式的转子3无论以与转子转轴垂直的哪个平面进行切断,截面形状都相同。因此,本实施方式的转子3具有制作方面的优点。在利用层叠钢板形成转子3的情况下,也无需准备孔形状不同的多种钢板,仅使用一种钢板即可。因此,无论从用于形成钢板的冲压模的投资费用方面,还是部件管理方面,或是强度和磁场设计方面来看,都能将钢板成本控制在极低水平。

[0061] 此外,本实施方式的转子3与具有侧面桥部的现有例相比,磁通的泄漏路径较少。因此,磁体磁通容易与绕组交链,这有助于转矩的增加。

[0062] 而且,本实施方式的转子3还具有冷却方面的优点。即,转子3的转轴方向上的通风较好,因而有利于冷却、尤其是磁体冷却。因此,通过采用本实施方式的转子3,能缓解与电动机容量有关的限制。

[0063] 并且在使所有磁体嵌入孔35a和35b与转子外周连通的情况下,永磁体34a和34b在整个长度上被外周缘部33以均匀的应力所支承。因此,不容易在永磁体34a、34b的内部产生应力,能保护永磁体34a、34b不受损坏。

[0064] 本实施方式的其它特征还有q轴突起37。该q轴突起37能产生较强的磁阻转矩,有助于增加转子所产生的转矩。

[0065] 作为本实施方式的其它特征,还有外周缘部33的形状。若在转子的外周面设置凹凸,则能将转子所产生的转矩的高次谐波分量转换为基波分量,能减少转矩脉动,并能增大转矩。另一方面,众所周知,若对凹凸部施加作用力,则会由于被称为应力集中的现象而在局部产生较高的应力。

[0066] 在现有例那样磁体嵌入孔不与转子外周连通且最外周呈环状连续的转子的情况下,会在转子外周面附近的环状区域中残留组装残留应力。因此,在现有例的转子中,难以在这种残留有残留应力的转子的最外周面上设置会导致应力集中的凹凸。

[0067] 然而,本实施方式中,由于使磁体嵌入孔35a、35b与转子外周连通,因此不会在转子3的最外周区域、即外周缘部33上残留残留应力。因此,本实施方式中,容易在转子3的最外周区域、即外周缘部33的外周面上设置凹凸来增大转矩。

[0068] 为此,本实施方式中,使从转子旋转中心观察时位于永磁体外侧的外周缘部33的外周面的曲率半径小于从转子旋转中心到转子最外周部的距离。由此,本实施方式中,能在不提高产生应力的情况下减少转子3所产生的转矩脉动,能增大转矩。

[0069] 此外,作为本实施方式的特征,还有呈倒V字形排列的磁体嵌入孔35a、35b。以下说明由该特征获得的效果。

[0070] 首先,在将轴4过盈配合于转子3的工序中,会在转子钢材上残留沿周向的拉伸应力。该残留应力在与磁体嵌入孔35a、35b具有相同半径的圆周上几乎不会产生。因此,在本实施方式的转子3中,在磁体嵌入孔35a、35b的内切圆36的转子半径方向外侧几乎不会残留组装残留应力。

[0071] 另一方面,在转子3旋转时,会在中央桥部32上产生由离心力引起的拉伸应力(离心应力)。在将磁体嵌入孔35a、35b呈倒V字形排列的情况下,该中央桥部32的位置与残留应力主要发生的内切圆36内相比更向转子半径方向外侧远离。

[0072] 由此,根据本实施方式,在转子3旋转时离心应力集中的中央桥部32远离因过盈配合加工而引起的残留应力主要产生的内切圆36内,因此能提高转子3旋转时中央桥部32的

强度。

[0073] 此外,本实施方式中,在从永磁体34a、34b观察时位于半径方向外侧的外周缘部33上设置有定位突起38a、38b。因此,通过使永磁体34a、34b与定位突起38a、38b相抵接来固定,从而能防止成为一个极的两个永磁体34a、34b上产生的离心力的不平衡,并能防止各永磁体所产生的磁通分布的不平衡。

[0074] 另外,也有像现有例那样在从永磁体观察时位于半径方向内侧的转子钢材上设置定位突起的方法,但在将磁体嵌入孔35a、35b呈倒V字形配置来进行这种设置的情况下存在问题。这是因为会将定位突起设置在产生组装残留应力的范围附近。若设置定位突起,则会同时产生凹陷。凹陷原本就容易产生应力集中。该情况下,若能增大倒角半径来进行凹部的倒角,则能在一定程度上缓解应力集中,但能充分缓解应力的倒角半径大多情况下与磁体厚度相同,或者更大,因而无法用于定位。由此,在现有例那样在从永磁体观察时位于半径方向内侧的转子钢材上设置定位突起的情况下,由于会减弱定位突起对于组装残留应力的强度,因此并不优选。

[0075] 除此以外,本实施方式中,通过将中央桥部32非磁性化来大幅减少以中央桥部为路径的永磁体的漏磁通。由此能增加与定子绕组交链的磁体磁通,从而有助于提高转矩。

[0076] 本实施方式那样利用一根中央桥部支承磁体离心力的结构由于以下理由而在使转子的一部分非磁性化方面具有优势。

[0077] 铁氧体、马氏体为体心立方晶格,晶格间距较长。另一方面,奥氏体为面心立方晶格,晶格间距较短。即,通常具有通过使铁氧体·马氏体变性为奥氏体来缩小尺寸的性质。

[0078] 作为与本实施方式同样利用桥部的奥氏体化来进行非磁性化从而提高转矩的例子,有日本专利特开2002-69593号公报、日本专利特开2005-269840号公报、日本专利特开2013-143791号公报等,但这些专利在进行非磁性化处理的同时会产生较大的应力。其原因在于,上述专利使以转轴为中心呈环状相连的部分奥氏体化。

[0079] 若采用这种形状,则桥部的尺寸会受到限制,因此若产生伸缩,则会产生较大的应力。例如对于通常的电磁钢板,杨氏模量为200[GPa]左右,即便产生例如0.1[%]左右的小幅伸缩,通过单纯计算可知会产生200[MPa]的应力。然而,由于通常电磁钢板的屈服应力为400[MPa]左右,因此需要对组装残留应力、离心应力进行设计,将其限制在剩余的200[MPa]范围内。基于上述理由,日本专利特开2002-69593号公报、日本专利特开2005-269840号公报、日本专利特开2013-143791号公报等在非磁性化的时刻会在桥部上产生较大应力,其结果,导致可允许的离心应力变小。这会成为转速的限制、磁体量的限制,从而限制电动机性能。

[0080] 另外,这对于具有侧面桥部的中央桥部也同样(侧面桥部导致中央桥部的尺寸受到限制)。

[0081] 与此相对,在如本实施方式的结构那样利用一根中央桥部支承磁体离心力的情况下,只要将不受尺寸限制的部位(中央桥部)奥氏体化,则能杜绝漏磁通。由于使不受尺寸限制且能自由伸缩的部位非磁性化,因此不会产生应力。

[0082] 如上所述,本实施方式与日本专利特开2002-69593号公报、日本专利特开2005-269840号公报、日本专利特开2013-143791号公报等所公开的内容相比,强度上更具优势。

[0083] 如上所述,根据本实施方式,能够实现转子的强度优异且能以低成本制造的永磁体

嵌入式旋转电机。此外,根据本实施方式,能在不降低转子强度的情况下增加转子所产生的转矩。

[0084] 以上,对本发明的一个实施方式进行了说明,但本发明也能考虑其它实施方式。

[0085] (1) 例如上述实施方式中,作为奥氏体化的例子举出了预先进行氮化处理的情况,但也可以没有氮化处理。

[0086] (2) 此外,上述实施方式中举出了不添加奥氏体稳定化元素即Ni、Cr的例子,但也可以添加Ni、Cr。

[0087] (3) 上述实施方式中,作为非磁性化的例子,举出了变性,但也能利用加工硬化、热应变来降低磁导率。例如在制造转子时,也可以利用激光或电子束对转子钢板的中央桥部进行局部加热后,进行渐冷,从而降低中央桥部的磁导率。加工或应变的产生必然会伴随着尺寸变化,因此在具有侧面桥部的情况下会产生应力。然而,对于中央桥部的情况,即使因加工硬化等而产生尺寸变化,也不会产生这种应力。

[0088] (4) 上述实施方式中,使用硅钢板作为转子材料,但也可以使用一般钢材,也可以使用铁氧体类·马氏体类的强磁性不锈钢或利用加工硬化使奥氏体类不锈钢强磁性化后的材料。

[0089] (5) 上述实施方式中,作为与轴的结合方法举出了过盈配合,但也可以采用在间隙配合的基础上利用键(key)来进行转矩传输的方法、或利用花键、或者与之类似的结构来进行转矩传输的方法。在间隙配合的情况下,即使存在侧面桥部也不会产生组装残留应力,但会因为奥氏体化或热应变引起的尺寸变化而产生应力,还会因离心力产生剪切应力。

[0090] (6) 上述实施方式中将本发明应用于电动机,但本发明显然也能应用于发电机。

[0091] (7) 上述实施方式中,举出了永磁体嵌入式电动机的例子,但也能应用于同步磁阻电动机等无磁体电动机。图4是表示本发明的其它实施方式的同步磁阻电动机的转子3' 的结构的主视图。该转子3' 中,孔35a、35b不对磁体进行保持,而起到减小横轴电感的作用。为了实现转矩提升,图4中,优选外周缘部33的外周面的一部分或全部具有比从转子旋转中心轴4a到转子最外周部的距离要大的曲率半径。此外,外周缘部33的外周面不一定是曲面,只要从转子旋转中心观察时位于通过中央桥部32的延长线上的外周缘部33的外周面相对于其它位置的外周面而言,到转子旋转中心的距离较短即可。该形状具有增大磁阻电动机中的转矩的效果。对于这种同步磁阻电动机的情况,由于没有磁体,因而离心应力相应减小,但若存在侧面桥部,则会在该侧面桥部上产生残留应力,由于外周缘部33上产生的离心力,也会产生剪切应力。在图4所示的结构中,孔35a、35b与转子外周连通,因此不会产生这种问题。此外,通过使中央桥部32非磁性化或低磁导率化,能获得与上述实施方式同样的效果。

[0092] (8) 上述实施方式中,在转子上形成了将中央桥部夹在中间的两个孔,以形成一个极。然而,对一个中央桥部设置的孔并不限于两个,只要是偶数个即可。例如,可以在转子旋转方向上沿着转子半径方向形成多对将中央桥部32夹在中间的孔对来形成一个极。图5是表示这种同步磁阻电动机的转子的构成例的图。该例中,在中央桥部32的转子旋转方向左侧具有沿转子半径方向排列的两个横轴孔35a1、35a2,在中央桥部32的转子旋转方向右侧具有沿转子半径方向排列的两个横轴孔35b1、35b2。各横轴孔35a1、35a2、35b1、35b2在中央桥部32的相反侧与转子外周连通。另外,该例中,在转子半径方向上形成了两对将中央桥部

32夹在中间的孔对来形成一个极,但也可以形成三对或更多孔对。此外,该结构不仅能适用于同步磁阻旋转电机,也能适用于永磁体嵌入式旋转电机。即,可以将图5的横轴孔用作用于嵌入永磁体的孔,来构成永磁体嵌入式旋转电机的转子。

[0093] (9) 上述实施方式中,在转子的中央桥部的转子旋转方向两侧各形成一个孔来形成一个极,但也可以在转子旋转方向两侧各形成两个以上的孔来形成一个极。图6是表示这种永磁体嵌入式旋转电机的转子的构成例的图。该例中,在中央桥部32的转子旋转方向左侧具有沿转子旋转方向排列的两个永磁体嵌入孔35a3、35a4,在中央桥部32的转子旋转方向右侧具有沿转子旋转方向排列的两个永磁体嵌入孔35b3、35b4。另外,该例中,形成将中央桥部32夹在中间的孔35a3、35b3的对以及孔35a4、35b4的对来形成一个极,但也可以形成三对或更多孔对。

[0094] (10) 上述实施方式中,在转子旋转方向上对每个极设置了一个中央桥部,但也可以在转子旋转方向上对每个极设置多个中央桥部。图7是表示这种永磁体嵌入式旋转电机的转子3b的结构图。

[0095] 在该转子3b中,沿着转子旋转方向对每个极形成了两个中央桥部32。各中央桥部32的转子旋转方向两侧形成有两个孔35。转子3b的芯部31经由各中央桥部32分别与孔35的转子旋转方向外侧的外周缘部33连接。一个极内的四个孔35中的中央两个孔35中,沿着转子旋转方向分别嵌入有两个磁体34。此外,一个极内的四个孔35中的转子旋转方向外侧的两个孔35分别在转子旋转方向内侧嵌入有一个磁体34,在转子旋转方向外侧嵌入有一个配重34a。此外,在转子3b中,在磁极间的边界附近突出有两个辐射突起39,在磁极中央附近突出有一个辐射突起39a。以上是转子3b的一个极的简要结构。并且,在图7所示的示例中,转子3b整体上由四个极构成。

[0096] 一个极内的三个辐射突起中位于转子旋转方向两侧的两个辐射突起39向离开旋转中心轴4a的方向突出。该辐射突起39的转子旋转方向两侧的侧面上形成有山形的侧面突起391,该侧面突起391的顶部朝向辐射突起39两侧的外周缘部33的外周面的角部。此外,一个磁极内的三个辐射突起中的中央的辐射突起39a呈伞形。为此,以下将该转子旋转方向中央的辐射突起39a称为伞形辐射突起39a。该伞形辐射突起39a具有从转子外周侧覆盖转子旋转方向两侧的两个外周缘部33的一部分或全部的侧面突起392。与此相对,虽然两个辐射突起39具有山形的侧面突起391,但该侧面突起391在转子旋转方向上与外周缘部33的端部相离。即,该方式中,转子旋转方向上与外周缘部33的距离在多个辐射突起之间不同,位于磁极中央的伞形辐射突起39a与外周缘部33的距离比位于磁极间边界的带状的辐射突起39与外周缘部33的距离要短。

[0097] 此外,该方式中,位于磁极中央的伞形辐射突起39a的较侧面突起392更靠转子半径方向内侧部分的宽度(转子旋转方向的尺寸)比该转子旋转方向两侧的带状的辐射突起39的宽度小。

[0098] 此外,该方式中,位于磁极中央的伞形辐射突起39a的最外周与旋转中心轴4a之间的距离比外周缘部33的最外周与旋转中心轴4a之间的距离长。即,伞形辐射突起39a的最外周比外周缘部33的最外周更接近定子。

[0099] 该方式中,转子外周面上,外周缘部33与分别具有侧面突起391及392的辐射突起39、39a大致平滑连接,因而不容易产生气流的剥离。因此,根据该方式,能降低转子3b的风

阻。

[0100] 此外,该方式中,与上述实施方式(参照图2、图3)相比,能降低转子3b的磁极数。下面,说明该效果。

[0101] a.首先,该方式中,磁极中央的伞形辐射突起39a将该转子旋转方向两侧的外周缘部33的大范围覆盖,且与外周缘部33的距离较近。因此,该方式中,磁极中央的伞形辐射突起39a与两个外周缘部33之间的磁阻较小。

[0102] b.磁极中央的伞形辐射突起39a与外周缘部33相比更接近定子,因而与定子之间的磁阻较小。因此,磁通容易通过伞形辐射突起39a所在的磁极中央。

[0103] c.伞形辐射突起39a的半径方向中央附近部分的宽度较小。因此,不容易产生以伞形辐射突起39a为路径的磁短路。

[0104] d.本方式中,在转子旋转方向两侧配置有不具有磁动势的配重34a,使得伞形辐射突起39a附近的磁动势变高。因此,在一个磁极的范围内,获得接近一正弦波的磁动势的分布。

[0105] 由于以上a~d的效果,该方式中,如图7所示,将包含两个中央桥部32的范围作为一个磁极,能将整个转子的磁极数减半。因此,与每一个磁极包含一个中央桥部32的转子相比,能使驱动永磁体嵌入式旋转电机的逆变器的控制速度降低到一半。

[0106] 并且,本方式中,与上述实施方式(图2和图3)同样,使中央桥部32非磁性化。因此,与上述实施方式同样,能提高中央桥部32的转子旋转方向上的宽度,从而能提高转子3b旋转时中央桥部32的强度。

[0107] 标号说明

[0108] 1 外框

[0109] 2 铁心

[0110] 3、3'、3b 转子

[0111] 31 芯部

[0112] 32 中央桥部

[0113] 33 外周缘部

[0114] 34a、34b 永磁体

[0115] 35a、35b、35a1~35a4、35b1~35b4 孔

[0116] 36 内切圆

[0117] 37 q轴突起

[0118] 38a、38b 定位突起

[0119] 39、39a 辐射突起

[0120] 391、392 侧面突起

[0121] 4 轴

[0122] 4a 旋转中心轴

[0123] 5 滚动轴承

[0124] 6 罩壳

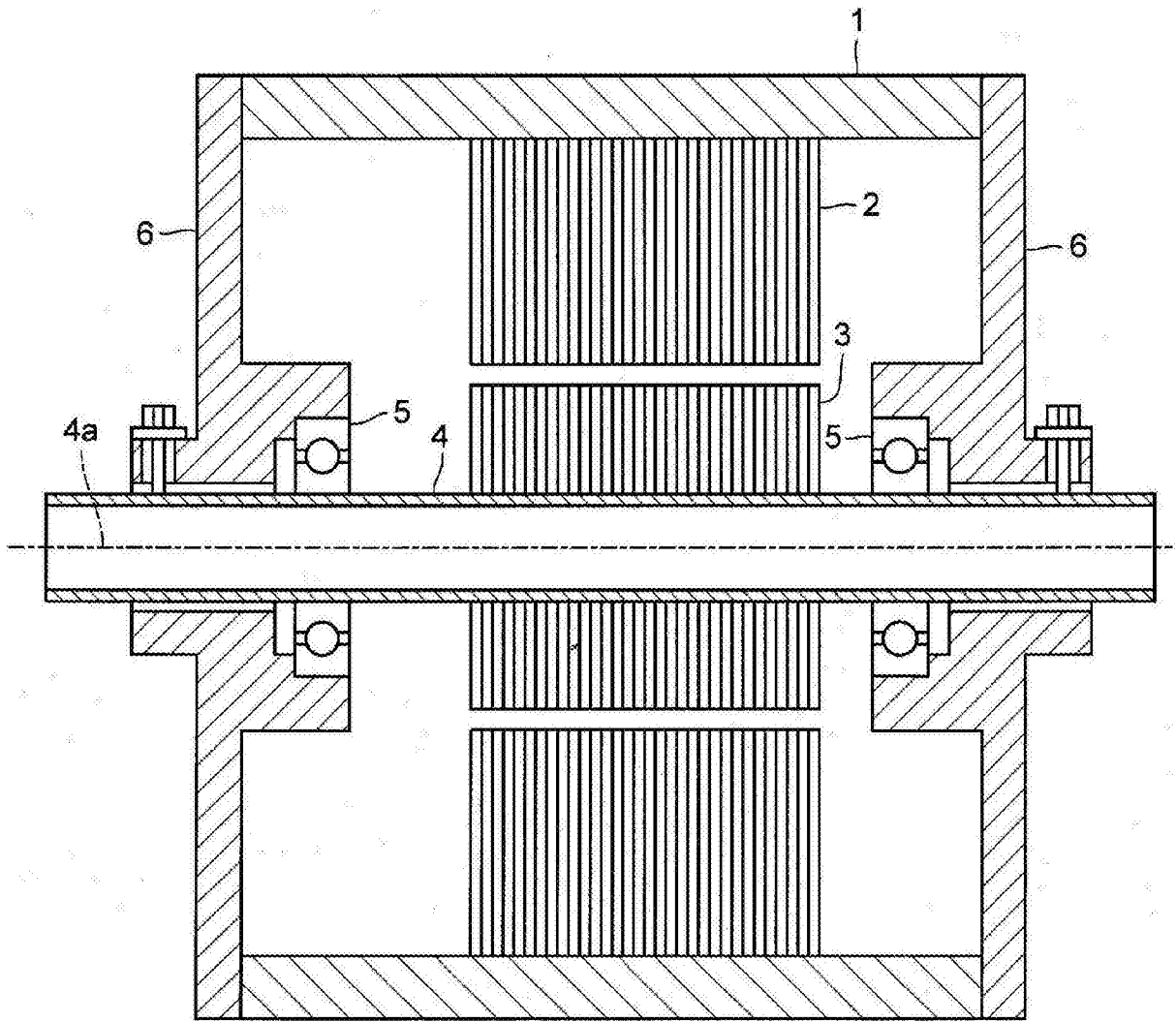


图1

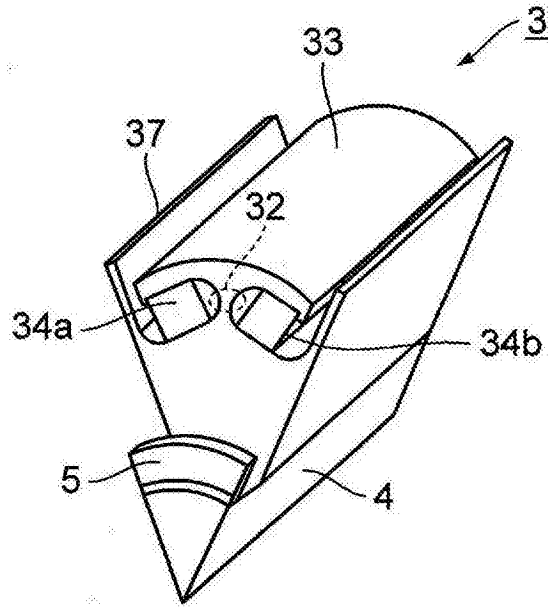


图2

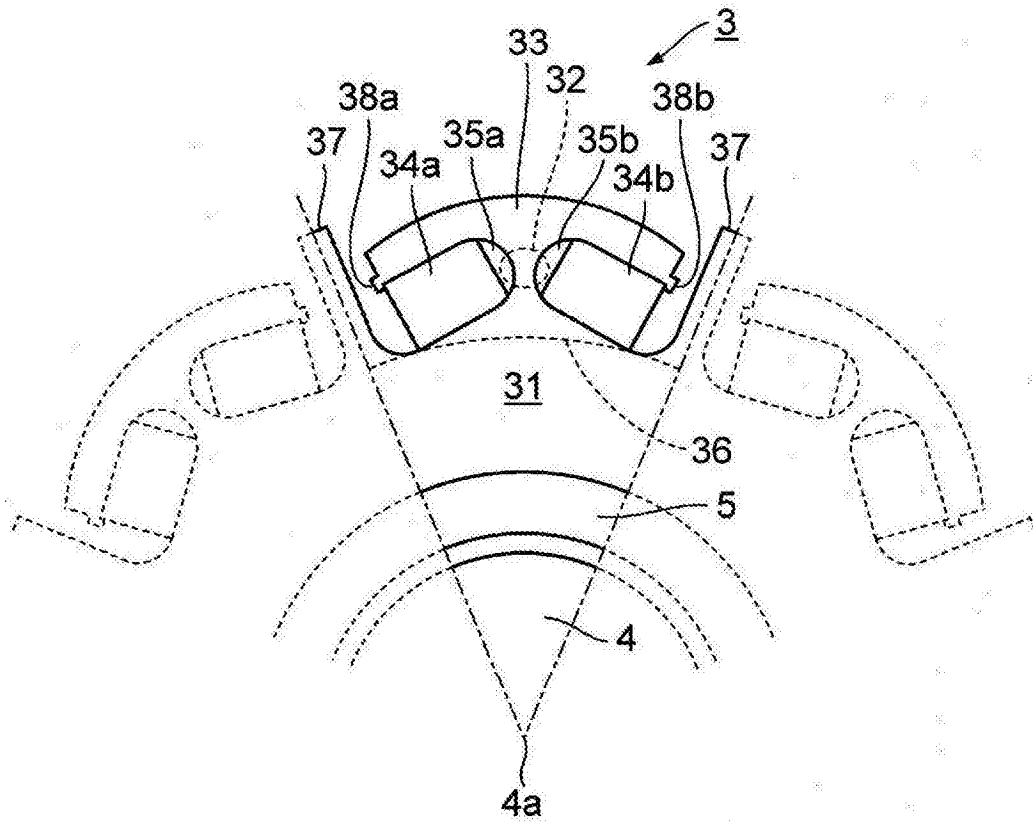


图3

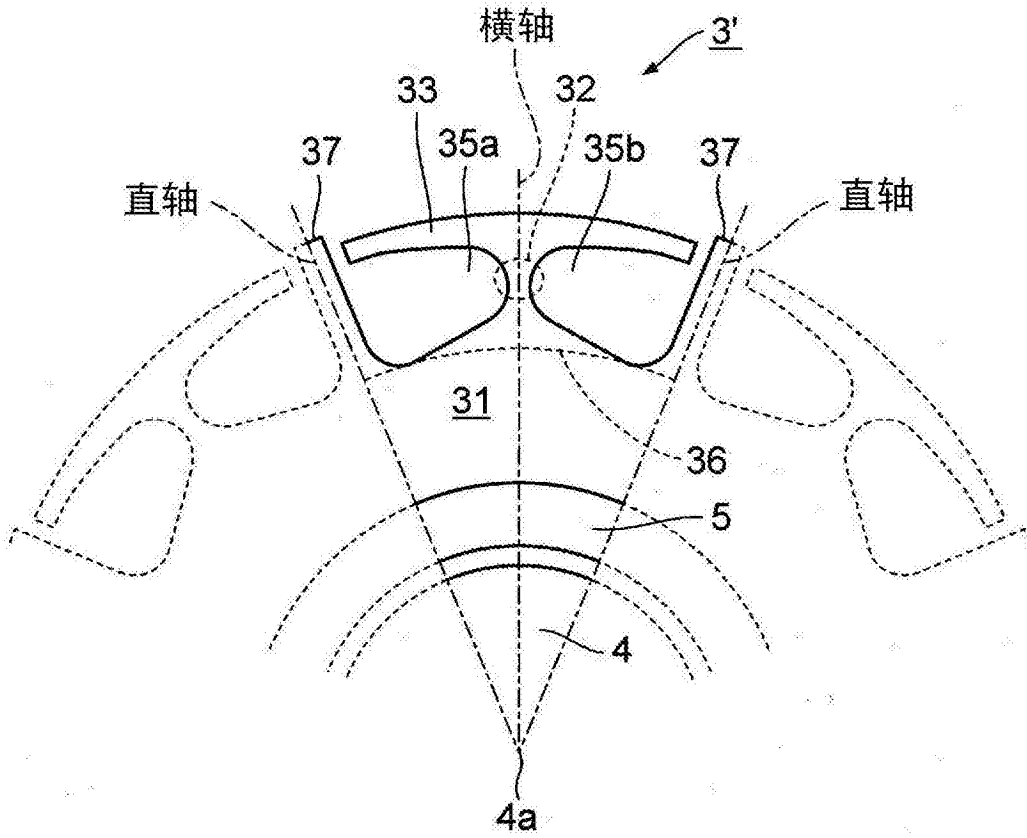


图4

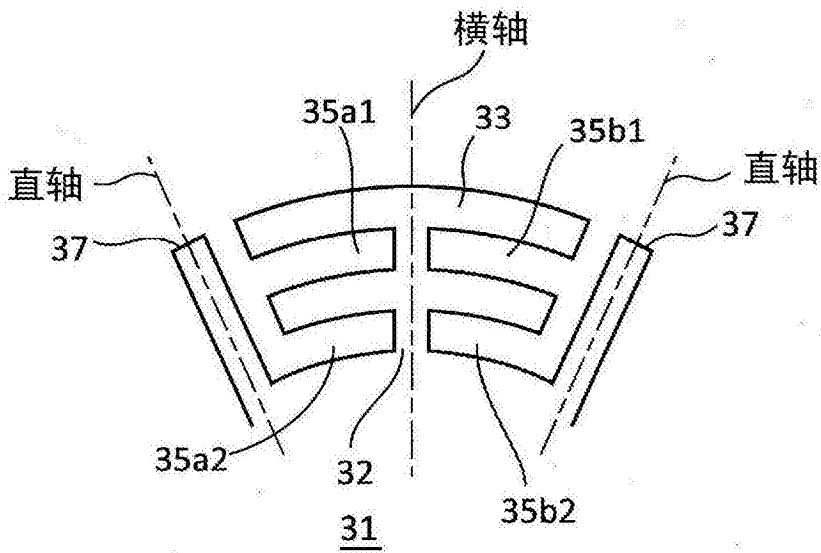


图5

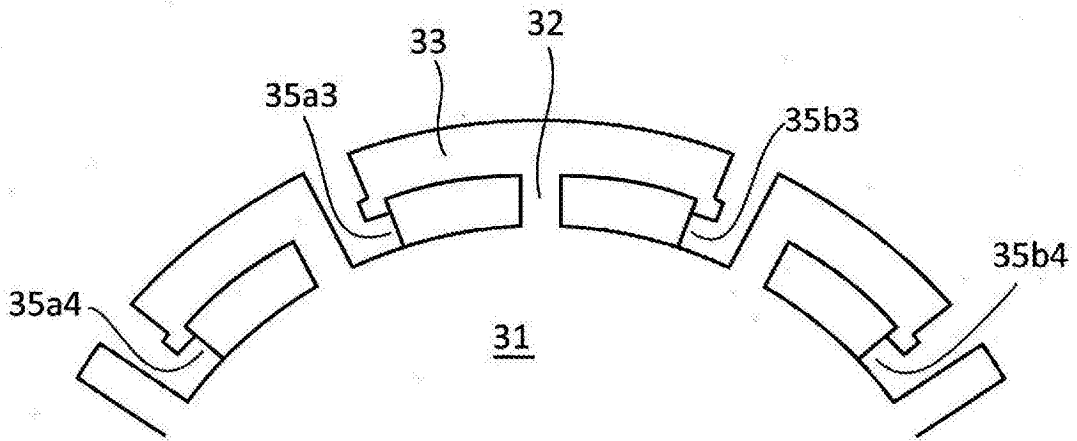


图6

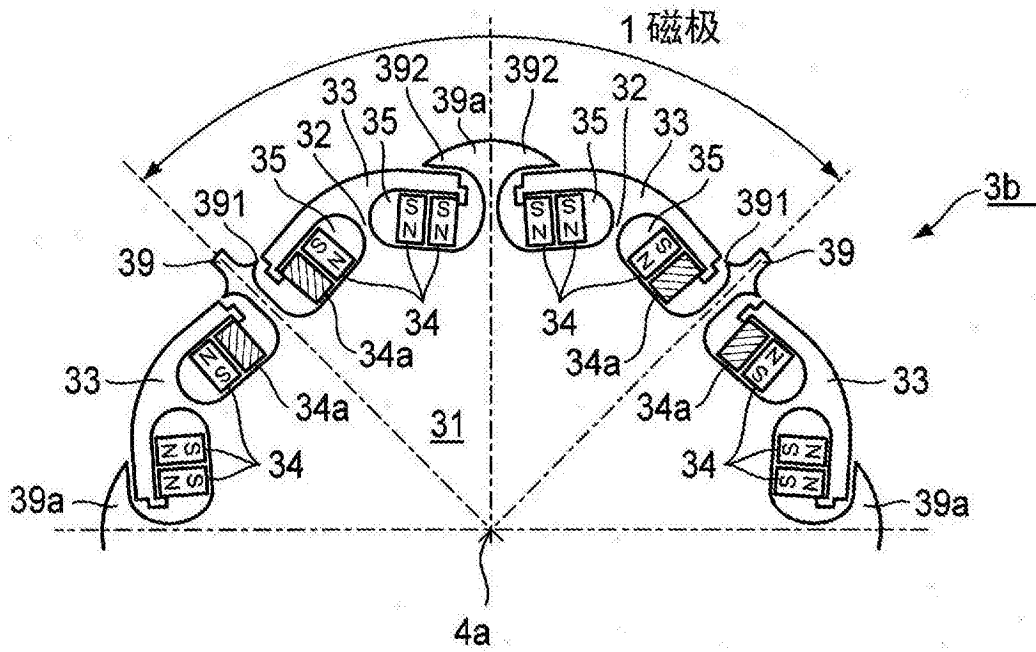


图7

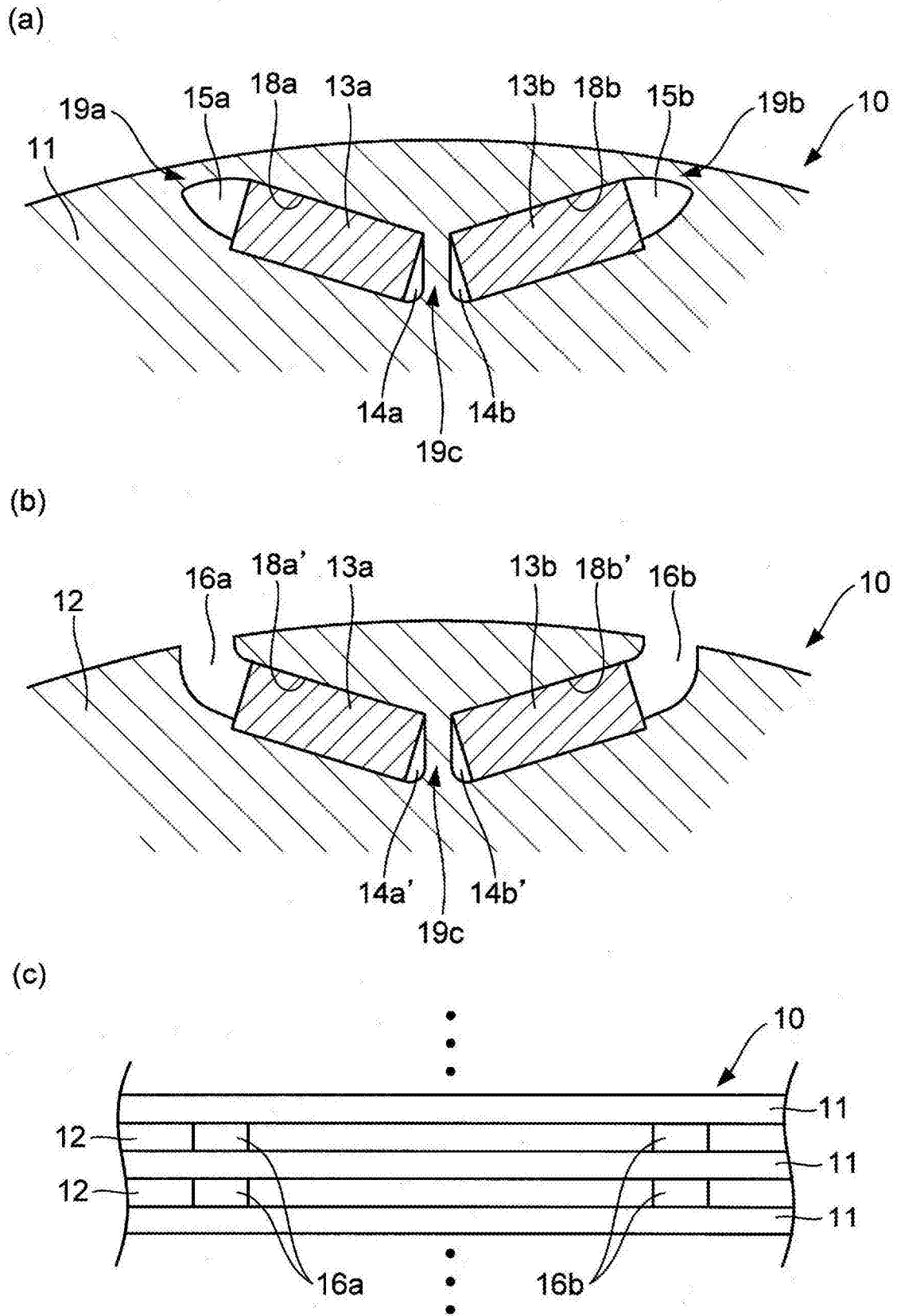


图8