



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105191069 A

(43) 申请公布日 2015. 12. 23

(21) 申请号 201480013849. 0

(74) 专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事
务所(普通合伙) 11277

(22) 申请日 2014. 03. 03

代理人 刘新宇

(30) 优先权数据

2013-076053 2013. 04. 01 JP

(51) Int. Cl.

H02K 1/27(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2015. 09. 10

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2014/055225 2014. 03. 03

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/162804 JA 2014. 10. 09

(71) 申请人 富士电机株式会社

地址 日本神奈川县

(72) 发明人 持田敏治 鸟羽章夫 岛田大志

西村博文

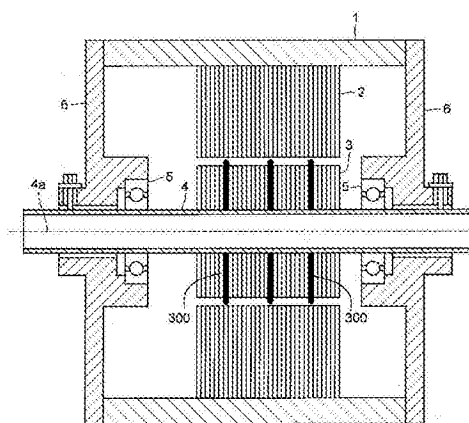
权利要求书1页 说明书8页 附图5页

(54) 发明名称

永磁体嵌入式旋转电机

(57) 摘要

本发明提供一种在制造转子时能够保护转子不会破损的永磁体嵌入式旋转电机。该永磁体嵌入式旋转电机的一个极包括两个永磁体(34a、34b),多个极的永磁体嵌入在转子内部,其特征在于,该永磁体嵌入式旋转电机具有转子外周与磁体嵌入孔(35a、35b)连通的转子(3)。转子(3)具有在相邻的极之间向自转子旋转中心离开的方向突出的q轴突起(37)。磁体嵌入孔(35a、35b)以形成倒V字状的方式排列。永磁体(34a、34b)的外侧的外周缘部(33)具有小于自旋转中心轴线(4a)到转子最外周部的距离的曲率半径。在转子(3)的转子旋转轴方向上的中间设有外径大于转子钢板的外径的圆板状的中间板(300)。



1. 一种永磁体嵌入式旋转电机,在该永磁体嵌入式旋转电机中,一个极包括两个永磁体,多个极的永磁体嵌入在转子内部,其特征在于,
在转子钢材的转子轴向中间配置有一片或多片外周大概为圆形的圆盘状的中间板。
2. 根据权利要求 1 所述的永磁体嵌入式旋转电机,其特征在于,
在转子钢材内,用于收纳上述永磁体的磁体嵌入孔与转子外周连通。
3. 根据权利要求 2 所述的永磁体嵌入式旋转电机,其特征在于,
上述中间板的外径大于上述转子钢材的外径。
4. 根据权利要求 3 所述的永磁体嵌入式旋转电机,其特征在于,
上述中间板由金属材料形成。
5. 根据权利要求 4 所述的永磁体嵌入式旋转电机,其特征在于,
形成上述中间板的金属材料以铁为主要成分。
6. 根据权利要求 5 所述的永磁体嵌入式旋转电机,其特征在于,
在上述中间板的表面形成有非磁性膜。
7. 根据权利要求 6 所述的永磁体嵌入式旋转电机,其特征在于,
上述非磁性膜为非导电性。
8. 根据权利要求 5 所述的永磁体嵌入式旋转电机,其特征在于,
在上述中间板的转子轴向上相邻地配置有非磁性的薄板。
9. 根据权利要求 8 所述的永磁体嵌入式旋转电机,其特征在于,
上述非磁性的薄板为非导电性。
10. 根据权利要求 1 ~ 9 中任意一项所述的永磁体嵌入式旋转电机,其特征在于,
上述中间板具有孔,该孔内的至少一部分区域与上述转子钢材的磁体嵌入孔内的区域相对,且该孔具有与上述磁体嵌入孔不同的形状和大小。
11. 根据权利要求 10 所述的永磁体嵌入式旋转电机,其特征在于,
设于上述中间板的孔为具有能够供嵌入于上述磁体嵌入孔的永磁体贯穿的形状和大小的孔。
12. 根据权利要求 10 所述的永磁体嵌入式旋转电机,其特征在于,
设于上述中间板的孔为具有能包含嵌入于上述磁体嵌入孔的永磁体的一部分且上述永磁体的剩余部分自孔露出的形状和大小的孔。
13. 根据权利要求 1 ~ 9 中任意一项所述的永磁体嵌入式旋转电机,其特征在于,
上述中间板不具有除用于使转子的轴贯通的孔以外的孔。

永磁体嵌入式旋转电机

技术领域

[0001] 本发明涉及电动机、发电机等具有转子的旋转电机,特别涉及一种在转子中嵌入了永磁体的永磁体嵌入式旋转电机。

背景技术

[0002] 图 7 的 (a)、图 7 的 (b) 是表示以往的永磁体嵌入式旋转电机的一例子,即 IPM 电动机的转子的结构的剖视图,图 7 的 (c) 是表示该转子的外周面的图。该以往例的 IPM 电动机为专利文献 1 所公开的电动机。该 IPM 电动机将以朝向转子 10 的外侧扩张的方式配置为 V 字状的两个永磁体 13a、13b 作为一个极,通过在转子 10 的内部嵌入多组两个永磁体 13a、13b 而形成多个极。另外,转子 10 是通过将图 7 的 (a) 所示的层叠钢板 11 和图 7 的 (b) 所示的层叠钢板 12 如图 7 的 (c) 所示那样一片一片地交替层叠而构成的,或是以多片为单位交替层叠而构成的。

[0003] 如图 7 的 (a) 所示,在层叠钢板 11 上,作为一个极形成两个保持孔部 18a、18b、两个空洞部 14a、14b 以及两个空洞部 15a、15b,这样的组合形成有多组。具体而言,作为一个极,形成有:两个保持孔部 18a、18b,上述两个保持孔部 18a、18b 配置为 V 字状,并用于保持两个永磁体 13a、13b;两个空洞部 14a、14b,上述两个空洞部 14a、14b 配置于两个保持孔部 18a、18b 彼此之间的部分(V 字的中央部分)并分别与各保持孔部 18a、18b 连通;以及两个空洞部 15a、15b,上述两个空洞部 15a、15b 配置在与相邻的另一极之间的部分(V 字的端部部分)并分别与各保持孔部 18a、18b 连通。

[0004] 保持孔部 18a、空洞部 14a、空洞部 15a 成为一个连续的区域(孔),另外,保持孔部 18b、空洞部 14b、空洞部 15b 也成为一个连续的区域(孔),在对层叠钢板 11 进行冲切加工时,可以分别作为一个孔进行冲切。通过冲切加工,在空洞部 15a、15b 的外缘侧形成侧桥(日文:サイドブリッジ)19a、19b。

[0005] 另外,如图 7 的 (b) 所示,在层叠钢板 12 上,作为一个极形成两个保持孔部 18a'、18b'、两个空洞部 14a'、14b' 以及两个切口部 16a、16b,这样的组合形成有多组。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 等同。具体而言,作为一个极,形成有:两个保持孔部 18a'、18b',上述两个保持孔部 18a'、18b' 配置为 V 字状,并用于保持两个永磁体 13a、13b;两个空洞部 14a'、14b',上述两个空洞部 14a'、14b' 配置于两个保持孔部 18a'、18b' 彼此之间的部分(V 字的中央部分)并分别与各保持孔部 18a'、18b' 连通;以及两个切口部 16a、16b,上述两个切口部 16a、16b 配置为分别与各空洞部 15a、15b 重叠,并分别与各保持孔部 18a'、18b' 连通并且上述两个切口部 16a、16b 连通至层叠钢板 12 的外缘。各切口部 16a、16b 配置为分别在内部包含各空洞部 15a、15b,由此,配置为分别与各空洞部 15a、15b 重叠。

[0006] 保持孔部 18a'、空洞部 14a'、切口部 16a 成为一个连续的区域(切口),另外,保持孔部 18b'、空洞部 14b'、切口部 16b 也成为一个连续的区域(切口),在对层叠钢板 12 进行冲切加工时,可以分别作为一个切口进行冲切。

[0007] 在层叠钢板 11 上的空洞部 14a 与空洞部 14b 之间、层叠钢板 12 上的空洞部 14a' 与空洞部 14b' 之间具有中间桥（日文：セントブリッジ）19c。在层叠钢板 11 和层叠钢板 12 上，比永磁体靠内周侧的区域和靠外周侧的区域借助该中间桥 19c 连接起来。

[0008] 而且，在将上述层叠钢板 11、12 一片一片交替层叠的情况下，转子 10 的外周面成为图 7 的 (c) 所示的外观，切口部 16a、16b 分别成为一列，并隔着一片层叠钢板地进行配置。

[0009] 在该以往例中，将层叠钢板 11 和层叠钢板 12 交替层叠，在层叠钢板 12 上，磁通通过切口部 16a、16b，因此，即使在层叠钢板 11 上不减小侧桥 19a、19b 的宽度，也能够降低磁短路。具体而言，由于在层叠钢板 12 具有切口部 16a、16b，因此，将各钢板上的永磁体与转子外周面之间的铁芯的截面积总计而得到的总截面积（即，将侧桥 19a、19b 的部分的截面积总计而得到的总截面积）成为 1/2，其结果，能够降低磁短路。

[0010] 另外，在层叠钢板 12 上，在与邻接的另一极之间的部位形成有切口部 16a、16b，由于不存在铁芯，因此，能够使切口部 16a、16b 处的磁阻大于侧桥 19a、19b 处的磁阻。而且，由于将层叠钢板 11 和层叠钢板 12 交替层叠，因此，能够使磁阻大于仅使用了层叠钢板 11 的情况下的磁阻。因而，通过降低切口部 16a、16b 处的磁短路，能够抑制磁通泄漏，从而能够向定子侧供给更多的磁通，能够谋求提高电动机效率。而且，在层叠钢板 12 上，由于在 d 轴磁通、q 轴磁通所通过部分存在有铁芯，因此，能够维持期望的磁阻转矩。

[0011] 根据上述结构，由于冲切加工性、耐离心力性，即使在需要将侧桥 19a、19b 设为规定的宽度的情况下，由于存在切口部 16a、16b，因此能够确保规定的宽度作为侧桥 19a、19b 的宽度，并且能够增大磁阻而抑制磁通泄漏。

[0012] 现有技术文献

[0013] 专利文献

[0014] 专利文献 1：日本特开 2011-4480 号公报

发明内容

[0015] 发明要解决的问题

[0016] 然而，上述以往的永磁体嵌入式旋转电机在其制造过程中存在使转子旋转轴水平并将转子直接放置在地面上的情况。此时，存在有可能使应力集中在中间桥而可能导致转子破损的问题。

[0017] 该发明即是鉴于以上的情况而做成的，其目的在于提供一种具有保护转子不会破损的方案的永磁体嵌入式旋转电机。

[0018] 用于解决问题的方案

[0019] 该发明提供一种永磁体嵌入式旋转电机，该永磁体嵌入式旋转电机的一个极包括两个永磁体，多个极的永磁体嵌入在转子内部，其特征在于，在转子钢材的转子轴向中间配置有一片或多片外周大概为圆形的圆盘状的中间板。

[0020] 根据该发明，在转子的制造工序中，在使转子旋转轴水平并将转子直接放置于地面上的情况下，利用中间板支承转子。因而，在制造旋转电机时，能够防止向转子各部施加较大的应力，而能够保护转子不会破损。

[0021] 在优选的方案中，在转子钢材内用于收纳上述永磁体的磁体嵌入孔与转子外周连

通。

[0022] 根据该方案,由于为使磁体嵌入孔与转子外周连通的结构,且不存在侧桥,因此,成为仅利用中间桥支承转子的比中间桥靠离心方向外侧的区域。然而,由于转子具有中间板,因此,在转子的制造工序中,在使转子旋转轴水平并将转子直接放置于地面上的情况下,能够利用中间板支承转子,而能够缓和施加于中间桥的应力。

[0023] 在优选的方案中,上述中间板的外径大于上述转子钢材的外径。另外,上述中间板由金属材料构成,更优选的是由以铁为主要成分的金属材料构成。由于该材料的弹性、强韧性优异,因此能够保护中间板自身不会破损,另外能够保护转子不会破损。

[0024] 在优选的方案中,在上述中间板的表面形成有非磁性膜。根据该方案,能够抑制磁通泄漏。

[0025] 另外,在优选的方案中,上述非磁性膜为非导电性。根据该方案,能够防止涡电流,而能够防止转子过热。

[0026] 另外,代替在上述中间板的表面形成非磁性膜,还可以在上述中间板的转子轴向相邻地配置非磁性的薄板。另外,该情况下的非磁性的薄板可以为非导电性。

[0027] 另外,在优选的方案中,上述中间板不具有除用于使转子的轴贯通的孔以外的孔。根据该方案,能够使中间板成为非常坚固的中间板。

[0028] 在其他优选的方案中,上述中间板具有孔,该孔内的至少一部分区域与上述转子钢材的磁体嵌入孔内的区域相对,且该孔具有与上述磁体嵌入孔不同的形状和大小。根据该方案,由于在中间板上具有孔,因此,能够增加自永磁体经由中间板回到收纳永磁体的转子钢材的路径上的磁阻,而减少泄漏磁通量。另外,由于设于中间板的两侧的转子钢材的磁体嵌入孔借助中间板的孔连通,因此,透气性良好。

[0029] 在其他优选的方案中,设于上述中间板的孔为具有能够供嵌入于上述磁体嵌入孔的永磁体贯穿的形状和大小的孔。在该方案中,永磁体能够沿转子旋转轴方向移动。因而,根据转子的构造,存在转子的组装变得简单的情况。

[0030] 在其他优选的方案中,设于上述中间板的孔为具有包含嵌入于上述磁体嵌入孔的永磁体的一部分、且上述永磁体的剩余部分自孔露出的形状和大小的孔。在该方案中,中间板阻止永磁体沿转子旋转轴方向移动。因而,根据转子的构造,存在转子的组装变得简单的情况。

附图说明

[0031] 图 1 是表示该发明的第 1 实施方式的永磁体嵌入式旋转电机的结构的纵剖视图。

[0032] 图 2 是表示该实施方式的转子的结构的立体图。

[0033] 图 3 是表示该实施方式的转子的结构的主视图。

[0034] 图 4 是表示该发明的第 2 实施方式的转子的结构的立体图。

[0035] 图 5 是表示该实施方式的转子的结构的主视图。

[0036] 图 6 是表示该发明的第 3 实施方式的转子的结构的主视图。

[0037] 图 7 是表示以往的永磁体嵌入式旋转电机的转子的结构的图。

具体实施方式

[0038] 以下,参照附图说明该发明的实施方式。

[0039] 第 1 实施方式

[0040] 图 1 是表示该发明的第 1 实施方式的永磁体嵌入式旋转电机的整体结构的纵剖视图。在图 1 中,框架 1 为覆盖永磁体嵌入式旋转电机整体的框体,由铁、铝、不锈钢等形成。在框架 1 的内侧设有中空圆筒状的固定侧铁芯 2。该固定侧铁芯 2 通过层叠硅钢板而成。在该固定侧铁芯 2 上设有孔,在该孔内贯穿有由铜线等制作的定子绕组(省略图示)。作为旋转侧铁芯的转子 3 以转子 3 与固定侧铁芯 2 之间夹持有规定的间隙的状态在固定侧铁芯 2 的内侧贯穿。该转子 3 通过层叠硅钢板而成。另外,还存在通过将单纯的铁块切削加工而构成转子 3 的情况。转子 3 的中心贯通有由铁等形成的轴 4。在理想情况下,轴 4 的中心轴线成为转子 3 的旋转中心轴线 4a。而且,轴 4 借助由轴承钢等形成的滚动轴承 5 支承于设在框架 1 的前后方向两端的端盖(shield)6。

[0041] 在该例子中,永磁体嵌入式旋转电机为电动机。在该电动机中,转子 3 在由定子绕组(未图示)产生的旋转磁场的作用下被给予能量,而绕旋转中心轴线 4a 旋转。

[0042] 本实施方式的特征在于转子 3 的结构,具体而言在于设于转子 3 的中间板 300。图 2 是表示本实施方式中的转子 3 的结构的立体图。另外,图 3 是从旋转中心轴线 4a 方向观察转子 3 的主视图。另外,在图 2 和图 3 中,为了容易理解转子 3 的结构,示出了利用在旋转中心轴线 4a 上正交的两个平面切除了一部分的状态下的转子 3 的结构。

[0043] 本实施方式的转子 3 能够大致分为:芯部 31,其靠近于旋转中心轴线 4a;两个永磁体 34a、34b,在每个极均设有上述两个永磁体 34a、34b;各极的外周缘部 33,从旋转中心轴线 4a 观察时,各极的外周缘部 33 位于永磁体 34a、34b 的外侧,且各极的外周缘部 33 由转子钢材形成;各极的中间桥 32,其分别连接芯部 31 和外周缘部 33;以及 q 轴突起 37,其设于极之间。

[0044] 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,外周缘部 33 经由中间桥 32 与芯部 31 相连接。该外周缘部 33 的外周面具有小于自旋转中心轴线 4a 到转子最外周部的距离的曲率半径。这是因为,根据本申请发明人们进行的磁场计算,明确了通过将外周缘部 33 设为这样的形状,能够削减转矩的高次谐波成分,使得在转子 3 上产生的转矩的基波成分增加与该被削减的量相对应的量。另外,还可以不针对外周缘部 33 整体,而是将外周缘部 33 的一部分的曲率半径设为小于自旋转中心轴线 4a 到转子最外周部的距离。

[0045] 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 和用于保持永磁体 34b 的磁体嵌入孔 35b。该磁体嵌入孔 35a、35b 被外周缘部 33、中间桥 32 以及芯部 31 从三个方向包围。外周缘部 33 克服在转子 3 旋转时作用于永磁体 34a、34b 的离心力而将永磁体 34a、35b 向旋转中心轴线 4a 侧支承。与各极相对应的各外周缘部 33 以在与相邻的外周缘部之间隔有间隙的方式沿转子旋转方向排列。两个外周缘部 33 之间的间隙位于极之间的中央。磁体嵌入孔 35a、35b 经由该两个外周缘部 33 之间的间隙与转子外周连通。

[0046] 磁体嵌入孔 35a、35b 以倒 V 字状排列。而且,磁体嵌入孔 35a、35b 的内周壁中的靠旋转中心轴线 4a 侧的区域(芯部 31)随着自相邻的极之间的中心离开并向两个磁体嵌入孔之间(即、中间桥 32)靠近而向自旋转中心轴线 4a 离开的方向偏离。因此,中间桥 32 位于自转子 3 的全部的磁体嵌入孔 35a、35b 的内切圆向转子半径方向外侧离开的位置。

[0047] q 轴突起 37 在芯部 31 的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（自旋转中心轴线 4a 离开的方向）突出。在磁体嵌入孔 35a 设有用于限制永磁体 34a 向该 q 轴突起 37 侧移动的定位突起 38a，在磁体嵌入孔 35b 设有用于限制永磁体 34b 向该 q 轴突起 37 侧移动的定位突起 38b。从永磁体 34a、34b 观察时，在磁体嵌入孔 35a、35b 的内壁中的位于转子半径方向外侧的区域，即外周缘部 33 的内侧的靠 q 轴突起 37 侧的端部，该定位突起 38a、38b 朝向旋转中心轴线 4a 突出。永磁体 34a、34b 被该定位突起 38a、38b 推压而固定在磁体嵌入孔 35a、35b 内。此时，为了辅助永磁体 34a、34b 相对于磁体嵌入孔 35a、35b 的固定，而使用粘接剂。

[0048] 在本实施方式中，转子 3 在沿着转子轴向的一个或多个位置（在图示的例子中为三个位置）具有外周为大概圆形的圆盘状的中间板 300。被该中间板 300 划分的转子钢板在转子旋转轴方向上的厚度充分大于中间板 300 的厚度。另外，中间板 300 不具有除用于使轴 4 贯通的孔以外的孔。另外，如附图所示，中间板 300 的外径大于转子 3 的钢材的外径。而且，中间板 300 由金属材料构成。更具体而言，中间板 300 由钢、不锈钢等以铁为主要成分的金属材料构成。

[0049] 在本实施方式中，使用表面形成有非磁性膜的板材作为中间板 300。另外，形成在中间板 300 上的非磁性膜为非导电性。另外，代替在中间板 300 的表面形成非磁性膜，也可以在中间板 300 的转子轴向两侧相邻地配置非磁性的薄板。另外，该非磁性的薄板也可以为非导电性。

[0050] 以上为本实施方式的转子 3 的结构。

[0051] 本实施方式的转子 3 成为磁体嵌入孔 35a、35b 与转子外周连通的结构。该结构具有本实施方式的一个特征。以下说明采用了该结构的理由。

[0052] 在制造电动机时，通常使用通过热压配合等静配合组装轴和转子钢材的方法。在该静配合的工序中，在转子钢材上沿周向残留拉伸应力。该残余应力在转子的高速旋转中也保持残留的状态。本申请发明人们在根据有限元法进行了计算，确认了：该残余应力几乎不会在转子钢材上的具有与存在孔、凹陷等的部分的半径相同的半径的圆周上产生（即，若不是没有孔、凹陷而以环状相连接的部分，则不会残留应力）。

[0053] 另一方面，在转子旋转时，特别是在高速旋转时，在转子的各部分产生强大的离心力。此时，如以往例所示，在转子具有中间桥和侧桥的情况下，在该中间桥和侧桥产生较大的应力。在该情况下，在因转子的旋转而产生的离心力的作用下，对中间桥作用拉伸应力，而在侧桥上产生剪切应力。因此，为了防止因高速旋转而使得转子破损，相比于中间桥，需要更加充分地提高侧桥的强度，而这一点使得转子的强度设计变得较难。

[0054] 另外，在以往例中，为了达成降低泄漏磁通量的目的和确保转子的强度的目的这两个目的，将有侧桥的转子钢板和无侧桥的转子钢板组合而构成了转子。因此，在以往例的转子中，存在制造成本增加等的问题。

[0055] 于是，在本实施方式中，作为转子的结构采用了使磁体嵌入孔 35a、35b 与转子外周连通的结构，即采用了没有以往例中的侧桥的结构。根据本实施方式，由于转子在最外周不具有侧桥，因此，在转子的最外周不残留组装残余应力。因转子旋转时的离心力而产生的应力集中在中间桥，但作用于该中间桥的应力为拉伸应力。另外，通过将磁体嵌入孔 35a、35b 以倒 V 字状配置，从而在中间桥附近也不残留残余应力。因此，通过调整中间桥的宽度

等就能够容易地进行应对,而使得中间桥不发生破损。而且,磁体嵌入孔 35a、35b 与转子外周连通的转子结构还能带来以下所述的较大的优点。

[0056] 首先,与以往例不同,本实施方式的转子 3 中的被中间板 300 划分的转子钢材在与转子旋转轴垂直的任何平面上进行切断都成为相同的截面形状。因此,本实施方式的转子 3 具有制造方面的优点。即,本实施方式的转子 3 能够从整体构件的金属块切出。另外,在通过层叠钢板来形成本实施方式的转子 3 的情况下,也不需要准备孔形状不同的多种钢板,而只要准备一种钢板即可。因而,无论是从用于形成钢板的冲孔模具的投资费用方面、部件管理方面还是强度、磁场设计方面,都能够压倒性地将钢板的成本抑制地较低。

[0057] 另外,与具有侧桥的以往例相比,本实施方式的转子 3 的磁通的泄漏路径较少。因此,磁体磁通容易与绕组交链,这有助于增加转矩。

[0058] 而且,在使磁体嵌入孔 35a、35b 与转子外周连通的情况下,永磁体 34a、34b 成为利用外周缘部 33 在转子轴向上的整个长度上由均匀的应力支承。因此,难以在永磁体 34a、34b 的内部产生应力,而能够保护永磁体 34a、34b 不会破损。

[0059] 本实施方式的其他的特征在于 q 轴突起 37。该 q 轴突起 37 能够产生较强的磁阻转矩,能够有助于增加在转子上产生的转矩。

[0060] 而且,本实施方式的另一其他的特征在于外周缘部 33 的形状。若在转子的外周面设置凹凸,则能够将在转子上产生的转矩的高次谐波成分转化为基波成分,能够减少转矩脉动,能够增加转矩。但是,在如以往例那样使磁体嵌入孔不与转子外周连通,而最外周以环状连续的转子的情况下,在转子外周面附近的环状的区域残留组装残余应力。因此,在以往例的转子中,难以在转子的残留有这样的残余应力的最外周面设置用于引起应力集中的凹凸。然而,在本实施方式中,由于使磁体嵌入孔 35a、35b 与转子外周连通,因此,在转子 3 的最外周区域即外周缘部 33 未残留残余应力。因而,在本实施方式中,能够为了使转矩增大而在转子 3 的最外周区域即外周缘部 33 的外周面设置凹凸。于是,在本实施方式中,将从转子旋转中心观察位于永磁体的外侧的外周缘部 33 的外周面的曲率半径设为小于自转子旋转中心到转子最外周部的距离。因此,在本实施方式中,能够减少在转子 3 上发生的转矩的脉动,增加转矩。

[0061] 另外,本实施方式的其他的特征在于以倒 V 字状排列的磁体嵌入孔 35a、35b。以下说明利用该特征能够获得的效果。

[0062] 首先,在轴 4 相对于转子 3 的静配合工序中,在转子钢材上沿周向残留拉伸应力。该残余应力随着自旋转中心轴线 4a 远离而变小,但在具有与磁体嵌入孔 35a、35b 相同的半径的圆周上,因磁体嵌入孔 35a、35b 而使得环状的连接间断,因此几乎不会产生残余应力。因而,在本实施方式的转子 3 中,由应力集中导致的残余应力在磁体嵌入孔 35a、35b 的内切圆 36 的圆周上成为最大。另一方面,在转子 3 旋转时,在中间桥 32 上产生由离心力导致的拉伸应力。在将磁体嵌入孔 35a、35b 以倒 V 字状排列的情况下,该中间桥 32 的位置自残余应力成为最大的内切圆 36 上的位置向转子半径方向外侧远离。这样,根据本实施方式,由于在转子 3 旋转时由离心力导致的拉伸应力所集中的中间桥 32 所位于的区域几乎不产生因静配合加工而导致的残余应力,因此,能够提高转子 3 旋转时的中间桥 32 的强度。

[0063] 另外,在本实施方式中,在从永磁体 34a 观察位于半径方向外侧的外周缘部 33 设有定位突起 38a,在从永磁体 34b 观察位于半径方向外侧的外周缘部 33 设有定位突起 38b。

因而,通过将永磁体 34a、34b 由定位突起 38a、38b 推压并固定,能够防止在一个极所包括的两个永磁体 34a、34b 上产生的离心力的失衡,并且能够防止各永磁体所产生的磁通分布的失衡。

[0064] 而且,本实施方式的重要的特征在于设于转子 3 的转子旋转轴方向上的中间的位置的中间板 300。在电动机的制造过程中,存在有以使转子旋转轴水平的方式将转子 3 直接放置于地面上的情况。此时,应力集中在中间桥 32 上。特别是在本实施方式中,由于使磁体嵌入孔 35a、35b 与转子外周连通,且仅利用中间桥 32 支承外周缘部 33、永磁体 34a、34b,因此,应力集中在该中间桥 32 上。然而,本实施方式的转子 3 在沿着转子轴向的一个或多个位置具有外周大概为圆形的圆盘状的中间板 300。而且,该中间板 300 的外径大于转子 3 的钢材的外径。因此,在将转子 3 直接放置于地面上的状态下,转子钢材成为利用中间板 300 支承,而能够缓和施加于中间桥 32 的应力。另外,中间板 300 不具有除用于使轴 4 贯通的孔以外的孔。而且,中间板 300 由钢、不锈钢等、以铁为主要成分的金属材料构成。而且,该材料富有弹性、韧性,且强度较高。因此,中间板 300 极耐应力,而起到防止中间板 300 自身损伤,并且保护转子钢材的效果。

[0065] 另外,在本实施方式中,由于使用表面形成有非磁性膜的板材作为中间板 300,因此,能够阻碍磁通在转子旋转轴方向上流动,而抑制磁通泄漏。因而,即使不将永磁体设为强力的永磁体,也能够使在转子 3 上产生的转矩增大。或者,由于即使减少磁体的量也能够产生相同的转矩,因此能够使电动机高速化。另外,在本实施方式中,形成在中间板 300 上的非磁性膜为非导电性。根据该方式,能够防止产生涡电流,从而能够防止过热。

[0066] 另外,代替在中间板 300 的表面形成非磁性膜,而在中间板 300 的转子轴向两侧相邻地配置有非磁性、非导电性的薄板的情况也能够获得同样的效果。

[0067] 第 2 实施方式

[0068] 图 4 是表示该发明的第 2 实施方式的转子 3A 的结构的立体图。另外,图 5 是从旋转中心轴线 4a 方向观察转子 3A 的主视图。另外,在图 4 和图 5 中,为了容易理解转子 3A 的结构,示出了利用在旋转中心轴线 4a 上正交的两个平面切除了一部分的状态下的转子 3A 的结构。另外,在图 4 和图 5 中,对与上述图 2 和图 3 所示的部分相同的部分标注共同的附图标记,并省略该说明。

[0069] 在本实施方式的转子 3A 中,中间板 300A 具有孔 301a、301b,该孔 301a、301b 内的至少一部分的区域与转子钢材的磁体嵌入孔 35a、35b 内的区域相对,且该孔 301a、301b 具有与磁体嵌入孔 35a、35b 不同的形状和大小。更详细而言,该孔 301a、301b 具有包含嵌入于磁体嵌入孔 35a、35b 的永磁体 34a、34b 的一部分、且永磁体 34a、34b 的剩余的部分自孔露出的形状和大小。

[0070] 由于本实施方式的中间板 300A 具有孔 301a、301b,因此在强度方面差于上述第 1 实施方式的中间板 300。但是,由于中间板 300A 的孔小于以往例那样的设于转子钢板的孔,因此,中间板 300A 能够获得足以支承转子的充分的强度。另外,在本实施方式中,中间板 300A 成为阻止永磁体 34a、34b 沿转子旋转轴方向移动。因而,根据转子 3A 的构造,存在转子 3A 的组装变得简单的情况。而且,本实施方式的转子 3A 具有冷却方面的优点。即,由于转子 3A 的位于中间板 300A 的两侧的转子钢板内的磁体嵌入孔 35a、35b 经由中间板 300A 的孔 301a、301b 连通,因此,旋转轴方向上的通风良好,而有利于冷却,特别是有利于磁体

冷却。因而,通过采用根据本实施方式的转子 3A,能够缓和对于电动机容量的限制。

[0071] 第 3 实施方式

[0072] 图 6 是从旋转中心轴线 4a 方向观察该发明的第 3 实施方式的转子 3B 的主视图。另外,在图 6 中,为了容易理解转子 3B 的结构,示出了利用在旋转中心轴线 4a 上正交的两个平面切除了一部分的状态下的转子 3B。另外,在图 6 中,对与上述图 3 所示的部分相同的部分标注共用的附图标记,并省略该说明。

[0073] 本实施方式的转子 3B 与上述第 2 实施方式相同具有开有孔的中间板 300B。然而,在本实施方式中,设于中间板 300B 的孔 302a、302b 具有能够供嵌入于磁体嵌入孔 35a、35b 的永磁体 34a、34b 贯穿的形状和大小。

[0074] 在本实施方式中也能够获得与上述第 2 实施方式相同的效果。另外,在本实施方式中,中间板 300B 不妨碍永磁体 34a、34b 沿转子旋转轴方向移动。因而,根据转子 3B 的构造,能够使转子 3B 的组装工序简单。

[0075] 附图标记说明

[0076] 3、转子 ;34a、34b、永磁体 ;35a、35b、磁体嵌入孔 ;4a、旋转中心轴线 ;31、芯部 ;32、中间桥 ;33、外周缘部 ;37、q 轴突起 ;38a、38b、定位突起 ;300、300A、300B、中间板 ;301a、301b、302a、302b、孔。

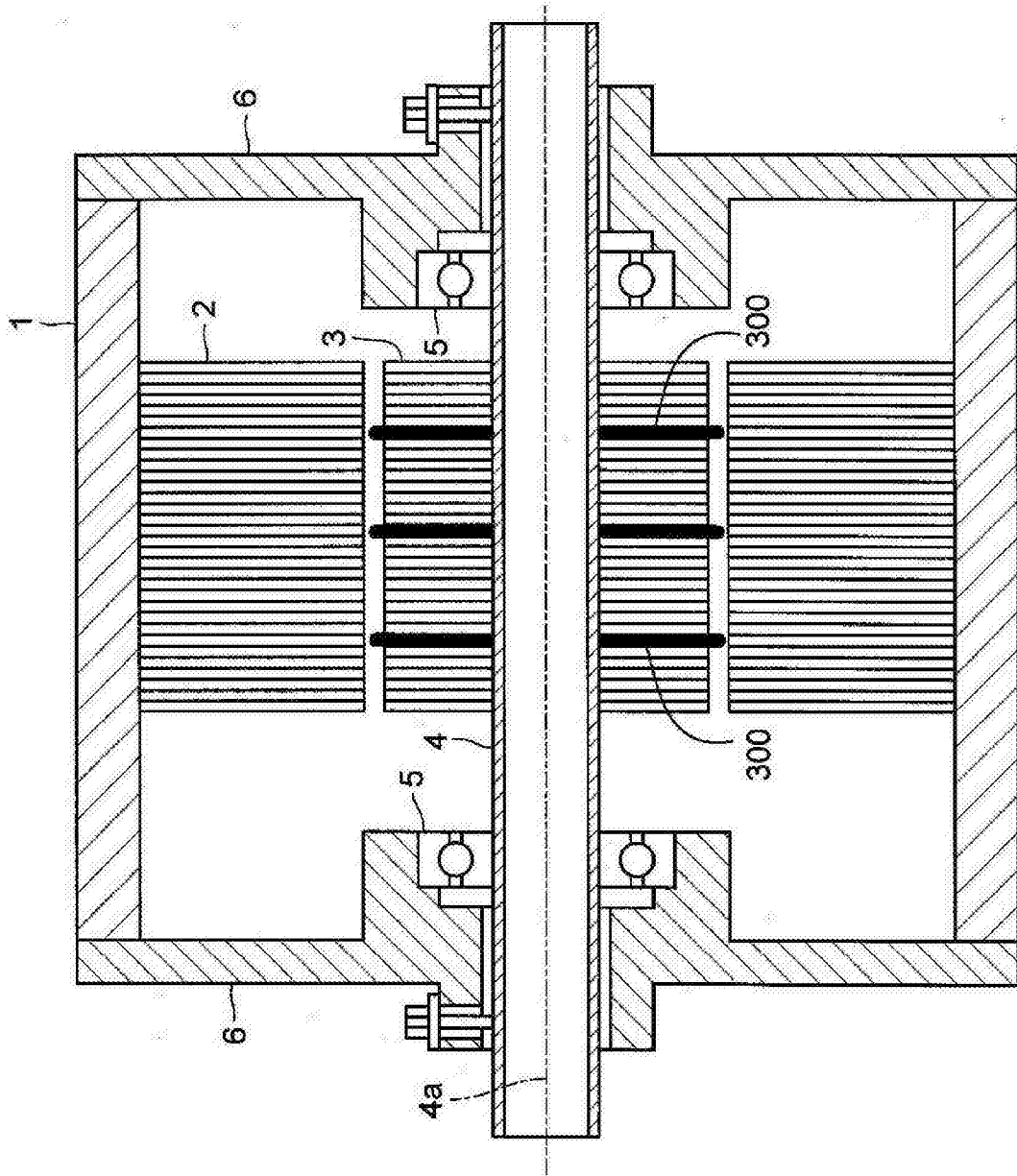


图 1

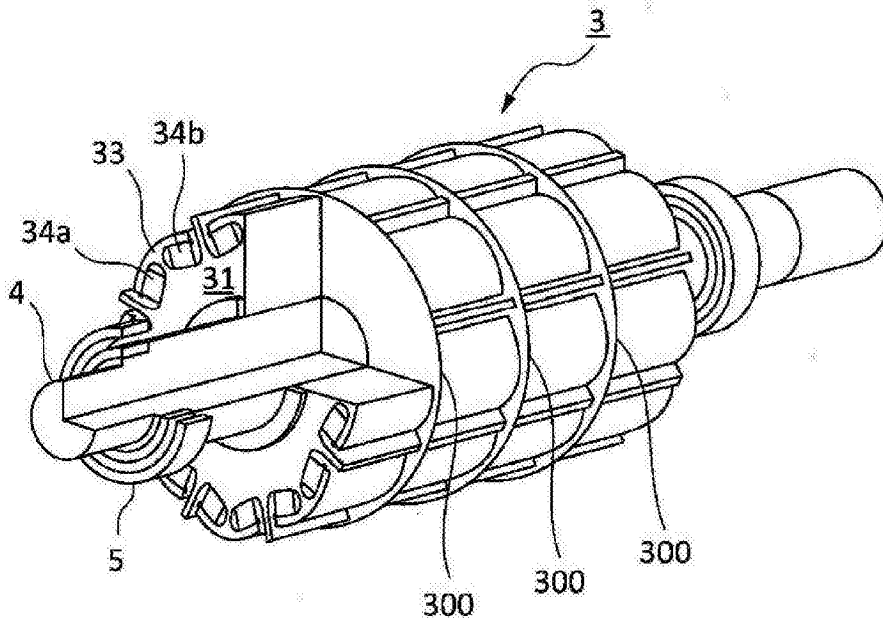


图 2

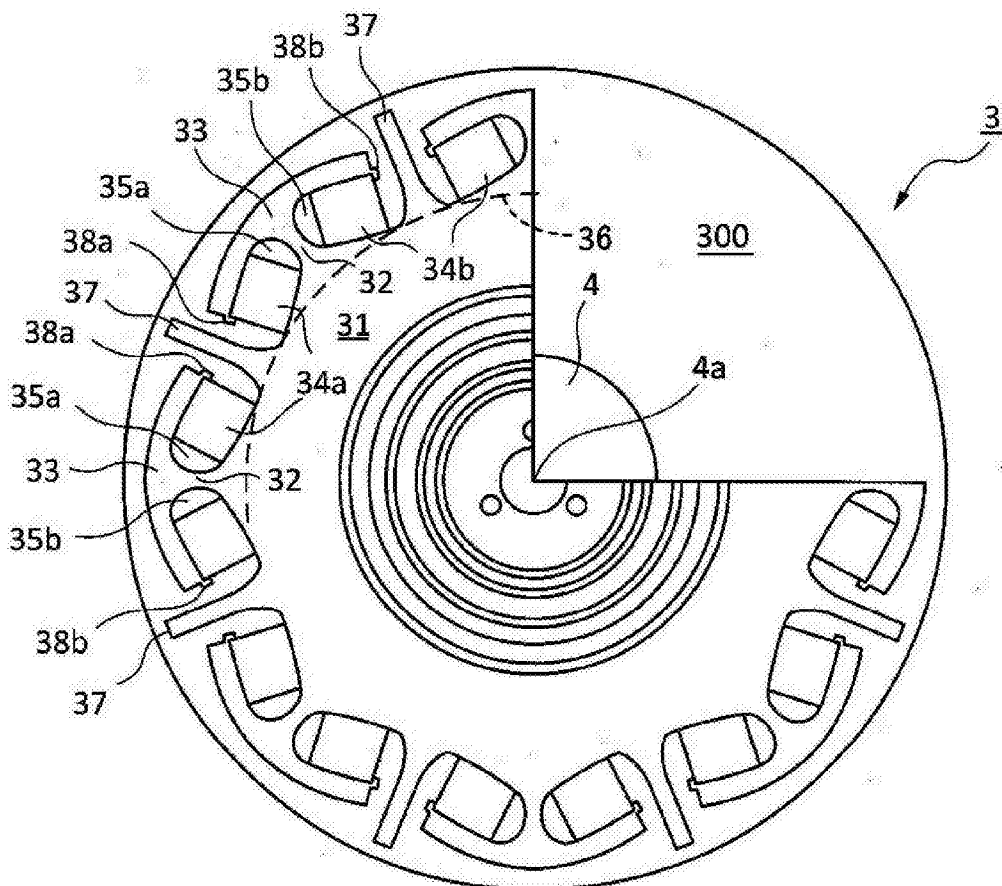


图 3

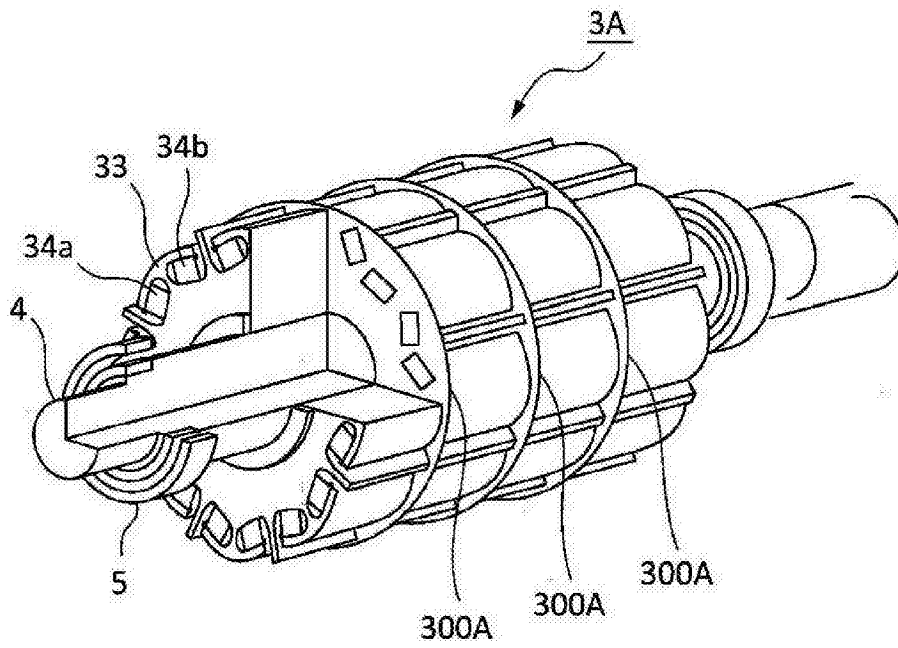


图 4

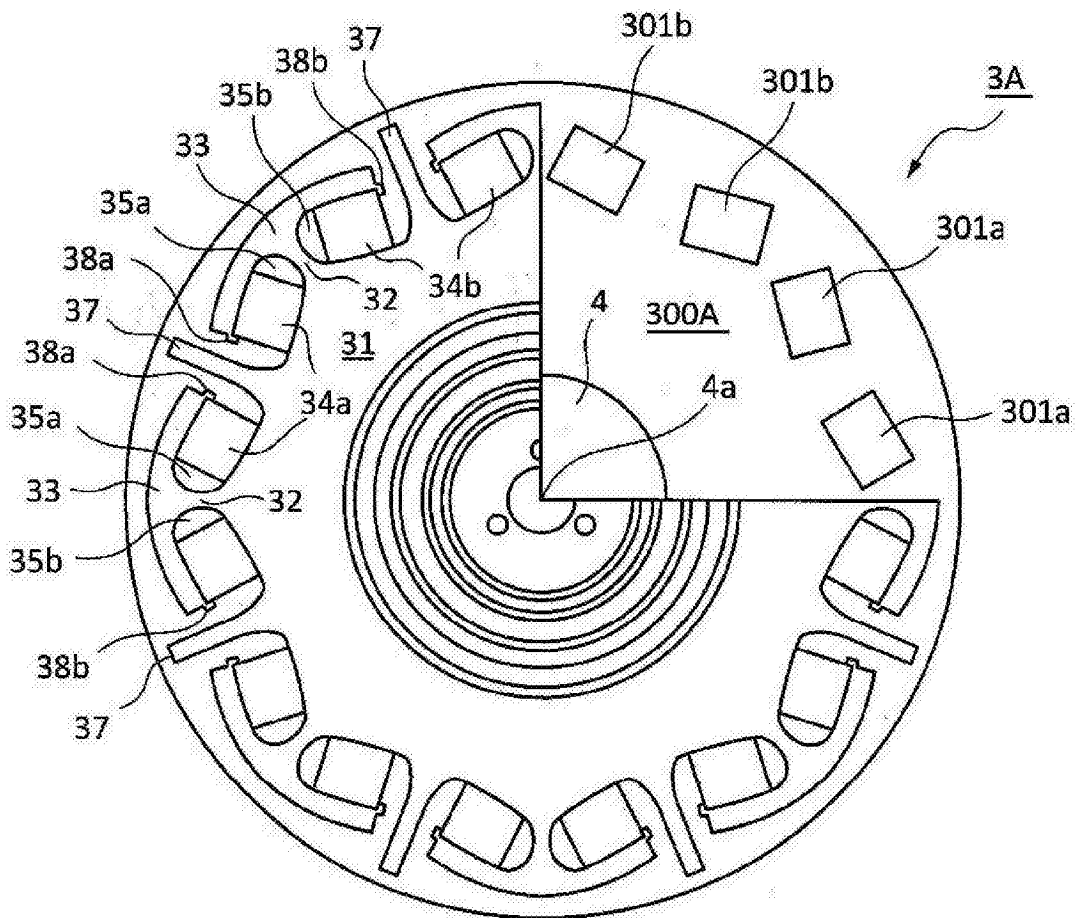


图 5

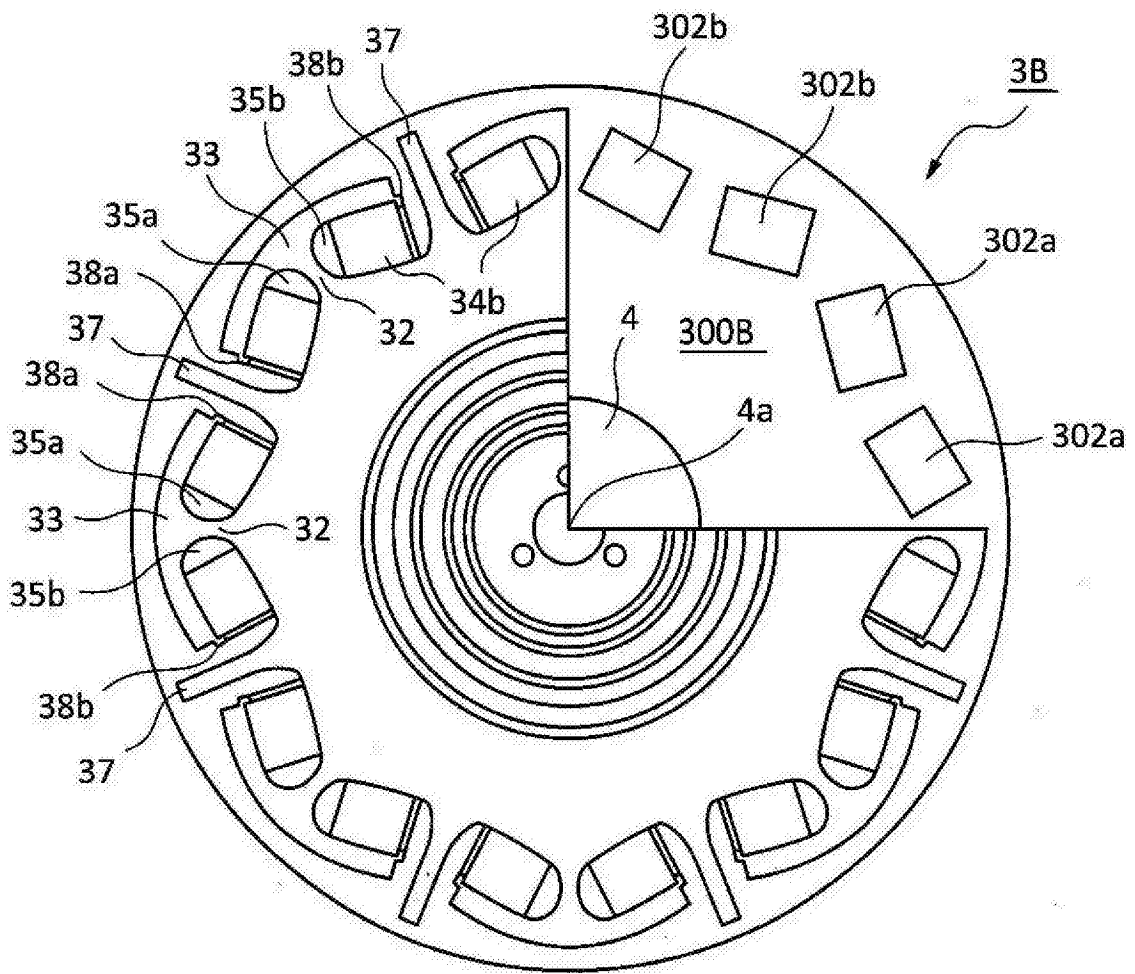


图 6

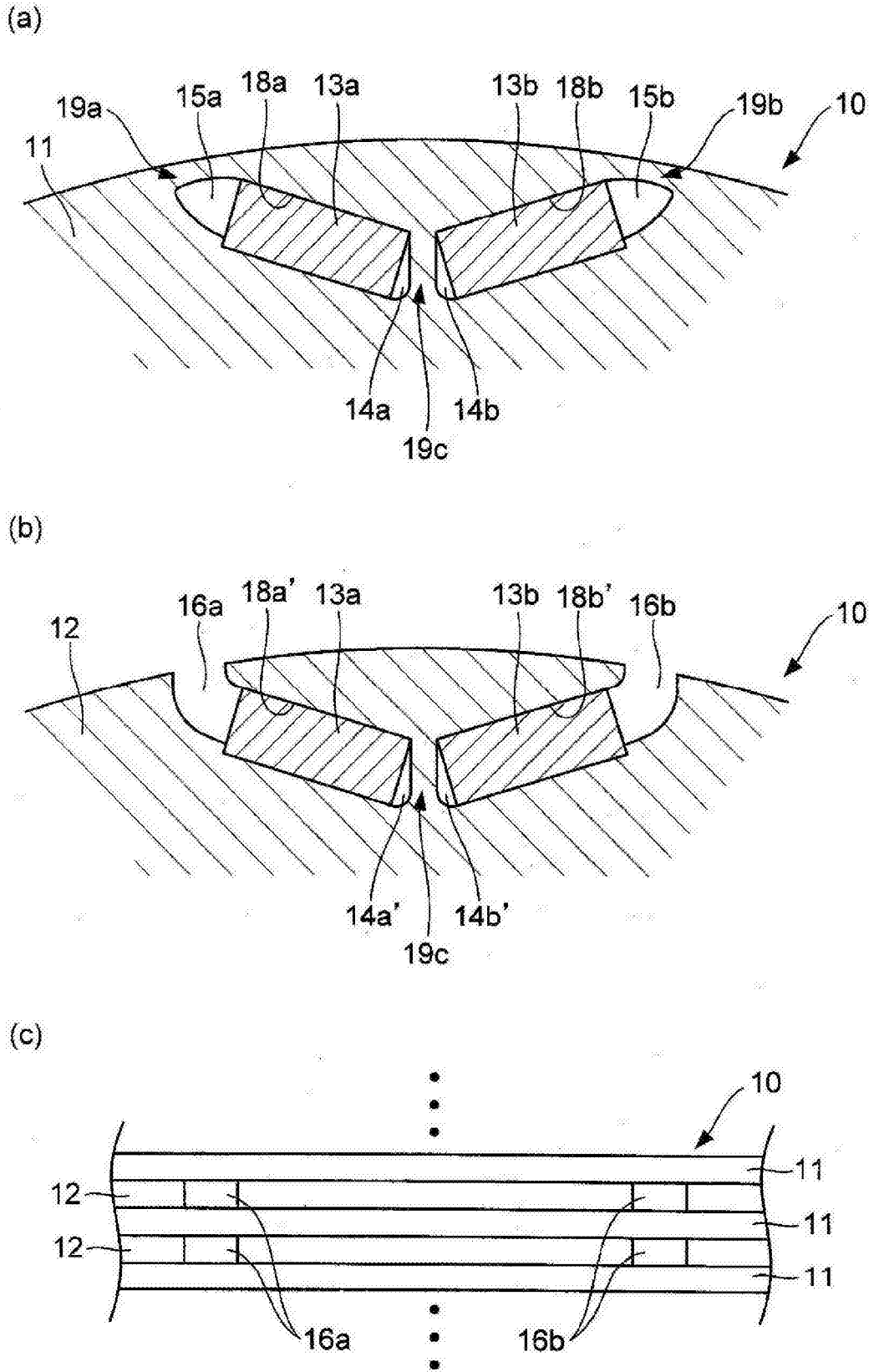


图 7