



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113196634 B

(45) 授权公告日 2024. 10. 18

(21) 申请号 201980083028.7

(22) 申请日 2019.12.17

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 113196634 A

(43) 申请公布日 2021.07.30

(30) 优先权数据  
2018-235858 2018.12.17 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2021.06.15

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/JP2019/049285 2019.12.17

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02020/129936 JA 2020.06.25

(73) 专利权人 日本制铁株式会社  
地址 日本东京都

(72) 发明人 平山隆 竹田和年

(74) 专利代理机构 北京天达共和知识产权代理  
事务所(特殊普通合伙)  
11586

专利代理师 张嵩 薛仑

(51) Int. Cl.  
H02K 15/02 (2006.01)  
H02K 1/18 (2006.01)  
H01F 41/02 (2006.01)

(56) 对比文件  
JP 2016073109 A, 2016.05.09  
WO 2017033229 A1, 2017.03.02  
US 2009195110 A1, 2009.08.06

审查员 黄震玄

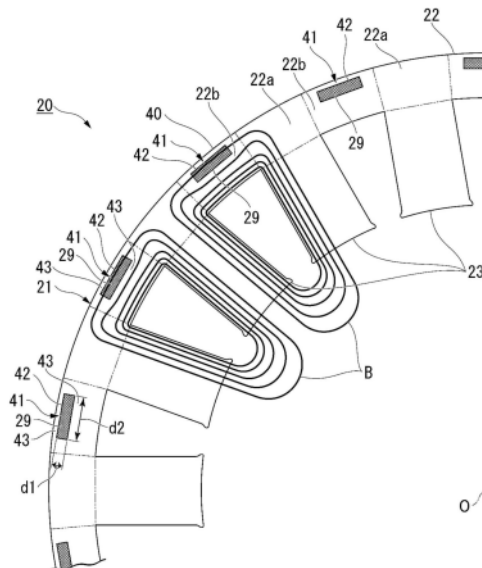
权利要求书2页 说明书12页 附图10页

(54) 发明名称

层叠铁芯及旋转电机

(57) 摘要

层叠铁芯包括:彼此层叠的多个电磁钢板;以及粘合部,其设于在层叠方向上相邻的所述电磁钢板彼此之间,将所述电磁钢板彼此分别粘合,所述电磁钢板具有环状的铁芯背部以及多个齿部,该多个齿部从所述铁芯背部沿所述铁芯背部的径向延伸并在所述铁芯背部的周向上隔开间隔地配置,在所述电磁钢板的所述铁芯背部形成有设有所述粘合部的粘合区域,所述粘合区域在沿着磁通的方向上延伸,该磁通通过与该粘合区域接触的所述电磁钢板的区域。



1. 一种层叠铁芯,包括:  
彼此层叠的多个电磁钢板;以及  
粘合部,其设于在层叠方向上相邻的所述电磁钢板彼此之间,将所述电磁钢板彼此分别粘合;  
所述电磁钢板具有:  
环状的铁芯背部,以及  
多个齿部,其从所述铁芯背部沿所述铁芯背部的径向延伸并在所述铁芯背部的周向上隔开间隔地配置;  
在所述电磁钢板的所述铁芯背部形成有设有所述粘合部的粘合区域;  
所述粘合区域在沿着通过与该粘合区域接触的所述电磁钢板的区域的磁通的方向上延伸;  
所述芯背部具有沿着周向交替排列的第1部位及第2部位;  
所述第1部位在所述齿部的径向外侧与所述齿部在径向上相连;  
所述第2部位在周向上位于所述第1部位彼此之间;  
所述粘合区域仅形成于所述第1部位及所述第2部位中的任意一方,  
所述第1部位与所述第2部位之间的边界线为所述第1部位与所述齿部的连接部处的、从所述齿部的所述周向的端部沿所述径向呈直线地延伸并通过所述芯背部的假想线。
2. 如权利要求1所述的层叠铁芯,其中,  
所述粘合部由粘合剂形成。
3. 如权利要求1所述的层叠铁芯,其中,  
在所述第1部位或所述第2部位中的设有所述粘合区域的部位中,  
在所述粘合区域的周向两侧及径向两侧,配置有未形成所述粘合区域的空白区域。
4. 如权利要求1所述的层叠铁芯,其中,  
所述粘合区域形成于所述第1部位;  
在所述粘合区域的周向两侧未形成所述粘合区域。
5. 如权利要求4所述的层叠铁芯,其中,  
所述粘合区域沿着所述齿部的中心线在径向上延伸。
6. 如权利要求4所述的层叠铁芯,其中,  
所述齿部从所述铁芯背部向径向的内侧延伸;  
所述粘合区域从所述铁芯背部的径向外端向径向内侧延伸;  
所述粘合区域的径向内侧的端部位于比所述芯背部的径向内端靠径向外侧。
7. 如权利要求1所述的层叠铁芯,其中,  
所述粘合区域设于所述第2部位;  
在所述粘合区域的径向两侧未形成所述粘合区域。
8. 如权利要求7所述的层叠铁芯,其中,  
所述粘合区域沿着周向延伸。
9. 如权利要求7所述的层叠铁芯,其中,  
所述齿部从所述铁芯背部向径向的内侧延伸;  
所述粘合区域偏向所述铁芯背部的径向外侧地配置。

10. 如权利要求1至9的任意一项所述的层叠铁芯,其中,所述粘合部的平均厚度为 $1.0\mu\text{m} \sim 3.0\mu\text{m}$ 。
11. 如权利要求1至9的任意一项所述的层叠铁芯,其中,所述粘合部的平均拉伸弹性模量E为 $1500\text{MPa} \sim 4500\text{MPa}$ 。
12. 如权利要求1至9的任意一项所述的层叠铁芯,其中,所述粘合部是包含由含有弹性体的丙烯酸系粘合剂构成的SGA的常温粘合型的丙烯酸系粘合剂。
13. 一种旋转电机,包括如权利要求1至12的任意一项所述的层叠铁芯。

## 层叠铁芯及旋转电机

### 技术领域

[0001] 本公开涉及层叠铁芯及旋转电机。

[0002] 本申请基于2018年12月17日于日本申请的特愿2018-235858号来主张优先权,并将其内容援引于此。

### 背景技术

[0003] 以往,已知如以下专利文献1所述的层叠铁芯。在该层叠铁芯中,在层叠方向上相邻的电磁钢板通过粘合层粘合。

[0004] 在先技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:日本国特开2011-023523号公报

### 发明内容

[0007] 发明要解决的课题

[0008] 在上述现有的层叠铁芯中,对于提高磁特性,存在改善的余地。

[0009] 本发明鉴于上述情况而完成,其目的在于提高层叠铁芯的磁特性。

[0010] 用于解决技术课题的技术方案

[0011] (1)本发明的一个方案是层叠铁芯,包括:彼此层叠的多个电磁钢板;以及粘合部,其设于在层叠方向上相邻的所述电磁钢板彼此之间,将所述电磁钢板彼此分别粘合,所述电磁钢板具有环状的铁芯背部以及多个齿部,该多个齿部从所述铁芯背部沿所述铁芯背部的径向延伸并在所述铁芯背部的周向上隔开间隔地配置,在所述电磁钢板的所述铁芯背部形成有设有所述粘合部的粘合区域,所述粘合区域在沿着通过与该粘合区域接触的所述电磁钢板的区域的磁通的方向上延伸。

[0012] 根据上述构成,粘合部沿着一个方向延伸。通过将粘合部设为沿着一个方向延伸的形状,与在同一范围内间歇地设置点状的粘合部的情况相比,能够增大粘合部的粘合面积而提高粘合强度。

[0013] 一般地,粘合剂在固化时收缩。因此,在作为与粘合部接触的电磁钢板的区域的粘合区域,产生由粘合剂的固化收缩引起的畸变,在该区域中电磁钢板的铁损上升。在此,将与粘合区域接触而因畸变导致铁损上升的区域称为劣化区域。根据上述构成,使粘合区域延伸的方向与沿着通过劣化区域的磁通的方向一致。由此,能够降低磁通的路径截面积中的劣化区域所占的比例,能够抑制通过劣化区域的磁通线的数量。另外,通过降低磁通的路径截面积中的劣化区域所占的比例,磁通容易绕过磁阻高的劣化区域。其结果,能够抑制劣化区域阻碍形成磁路的磁通的流动,能够提高作为定子铁芯的层叠铁芯的磁特性。

[0014] (2)在所述(1)的层叠铁芯中,也可以为以下构成:所述铁芯背部具有沿着周向交替排列的第1部位及第2部位,所述第1部位在所述齿部的径向外侧与所述齿部在径向上相连,所述第2部位在周向上位于所述第1部位彼此之间,所述粘合区域在所述第1部位及所述

第2部位的至少一方沿周向离散地形成。

[0015] 根据上述构成,粘合区域在铁芯背部中沿周向离散地配置。由此,能够平衡良好地固定电磁钢板彼此。此外,由于形成于电磁钢板的劣化区域离散地配置,因此劣化区域难以阻碍磁通的流动。

[0016] (3)在所述(2)的层叠铁芯中,也可以为以下构成:在上述层叠铁芯中,所述粘合区域形成于所述第1部位,在所述粘合区域的周向两侧未形成所述粘合区域。

[0017] 根据上述构成,在劣化区域的周向两侧设有不产生铁损的上升的区域(非劣化区域)。因此,形成磁路的磁通能够迂回而通过非劣化区域,能够提高作为定子铁芯的层叠铁芯的磁特性。

[0018] (4)在所述(3)的层叠铁芯中,也可以为以下构成:在上述层叠铁芯中,所述粘合区域沿着所述齿部的中心线在径向上延伸。

[0019] 从齿部向铁芯背部流动的磁通,在铁芯背部的第1部位中沿着径向延伸,在第1部位的径向的中间处向周向两侧分支。根据上述构成,由于粘合区域沿着齿部的中心线而沿着径向延伸,因此粘合区域延伸的方向与在第1部位上磁通延伸的方向一致。因此,能够抑制劣化区域阻碍磁通的流动,能够提高定子铁芯的磁特性。

[0020] (5)在所述(3)或所述(4)的层叠铁芯中,也可以为以下构成:所述齿部从所述铁芯背部向径向的内侧延伸,所述粘合区域从所述铁芯背部的径向外端向径向内侧延伸。

[0021] 磁通流动的路径容易取得磁阻低的最短距离。根据上述构成。由于粘合区域从铁芯背部的径向外端延伸,因此难以阻碍通过最短距离的磁通的流动。

[0022] (6)在所述(2)的层叠铁芯中,也可以为以下构成:所述粘合区域设于所述第2部位,在所述粘合区域的径向两侧未形成所述粘合区域。

[0023] 根据上述构成,在劣化区域的径向两侧设有非劣化区域。因此,形成磁路的磁通能够迂回而通过非劣化区域,能够提高作为定子铁芯的层叠铁芯的磁特性。

[0024] (7)在所述(6)的层叠铁芯中,也可以为以下构成:所述粘合区域沿着周向延伸。

[0025] 流过铁芯背部的磁通在第2部位沿着周向流动。根据上述构成,由于粘合区域沿着周向延伸,因此劣化区域难以阻碍磁通的流动。

[0026] (8)在所述(6)或所述(7)的层叠铁芯中,也可以为以下构成:所述齿部从所述铁芯背部向径向的内侧延伸,所述粘合区域偏向所述铁芯背部的径向外侧地配置。

[0027] 根据上述构成,由于粘合区域偏向铁芯背部的径向外侧地配置,因此难以阻碍通过最短距离的磁通的流动。

[0028] (9)在所述(2)的层叠铁芯中,也可以为以下构成:所述粘合区域跨越一个所述第1部位和一个所述第2部位地设置。

[0029] 根据上述构成,粘合区域相对于齿部的中心线非对称地形成。因此,在相对于齿部的周向一侧与另一侧,磁通密度彼此不同,这样的层叠铁芯在用于仅向一个方向旋转的旋转电机的情况下,能够提高旋转电机的能量效率。

[0030] (10)在所述(1)至所述(9)的任意一项所述的层叠铁芯中,所述粘合部的平均厚度也可以为 $1.0\mu\text{m} \sim 3.0\mu\text{m}$ 。

[0031] (11)在所述(1)至所述(10)的任意一项所述的层叠铁芯中,所述粘合部的平均拉伸弹性模量E也可以为 $1500\text{MPa} \sim 4500\text{MPa}$ 。

[0032] (12) 在所述(1)至所述(11)的任意一项所述的层叠铁芯中,所述粘合部也可以是包含由含有弹性体的丙烯酸系粘合剂构成的SGA的常温粘合型的丙烯酸系粘合剂。

[0033] (13) 本发明的一个方案的旋转电机是包括所述(1)至所述(12)的任意一项所述的层叠铁芯的旋转电机。

[0034] 根据上述构成的旋转电机,由于具有磁特性优异的层叠铁芯,因此能够提高旋转电机的能量效率。

[0035] 发明效果

[0036] 根据本发明,能够提高层叠铁芯的磁特性。

## 附图说明

[0037] 图1是本发明的一实施方式的旋转电机的剖视图。

[0038] 图2是图1所示的旋转电机所具备的定子的俯视图。

[0039] 图3是图1所示的旋转电机所具备的定子的主视图。

[0040] 图4是图2及图3所示的定子的电磁钢板及粘合区域的示意图。

[0041] 图5是变形例1的定子的粘合区域的示意图。

[0042] 图6是变形例2的定子的粘合区域的示意图。

[0043] 图7是变形例3的定子的粘合区域的示意图。

[0044] 图8是变形例4的定子的粘合区域的示意图。

[0045] 图9是变形例5的定子的粘合区域的示意图。

[0046] 图10是表示模型No.1~模型No.4的铁损的模拟结果的图表。

[0047] 图11是作为比较例的模型No.4的定子铁芯的示意图。

## 具体实施方式

[0048] 以下,参照附图,对本发明的一实施方式的旋转电机进行说明。此外,在本实施方式中,作为旋转电机举出电动机,具体而言举出交流电动机,更具体而言举出同步电动机,进一步具体而言举出永磁体励磁型电动机作为一个示例进行说明。这种电动机例如适合用于电动汽车等。

[0049] 如图1及图2所示,旋转电机10包括定子20、转子30、外壳50、以及旋转轴60。定子20及转子30被收容于外壳50。定子20被固定于外壳50。

[0050] 在本实施方式的旋转电机10中,例如,对定子20的各相施加有效值10A、频率100Hz的励磁电流,随之,转子30及旋转轴60以转速1000rpm旋转。

[0051] 在本实施方式中,作为旋转电机10,采用转子30位于定子20的内侧的内转子型。但是,作为旋转电机10,也可以采用转子30位于定子20的外侧的外转子型。另外,在本实施方式中,旋转电机10是12极18槽的三相交流电动机。但是,例如极数或槽数、相数等可以适当变更。

[0052] 定子20具备定子铁芯(层叠铁芯)21和未图示的绕组。

[0053] 定子铁芯21具备环状的铁芯背部22和多个齿部23。以下,将定子铁芯21(铁芯背部22)的轴向(定子铁芯21的中心轴线0方向)称为轴向,将定子铁芯21(铁芯背部22)的径向(与定子铁芯21的中心轴线0正交的方向)称为径向,将定子铁芯21(铁芯背部22)的周向(绕

定子铁芯21的中心轴线0环绕的方向)称为周向。

[0054] 在从轴向观察定子20的俯视观察下,铁芯背部22形成为圆环状。

[0055] 多个齿部23从铁芯背部22向径向的内侧(沿着径向向铁芯背部22的中心轴线0)延伸。多个齿部23在周向上隔开同等的间隔地配置。在本实施方式中,以中心轴线0为中心的中心角每隔20度地设有18个齿部23。多个齿部23形成为彼此同等的形状且同等的大小。

[0056] 所述绕组卷绕于齿部23。所述绕组可以集中卷绕,也可以分布卷绕。

[0057] 转子30相对于定子20(定子铁芯21)配置于径向的内侧。转子30具备转子铁芯31和多个永磁体32。

[0058] 转子铁芯31形成为与定子20同轴地配置的环状(圆环状)。在转子铁芯31内配置有所述旋转轴60。旋转轴60被固定于转子铁芯31。

[0059] 多个永磁体32被固定于转子铁芯31。在本实施方式中,两个一组的永磁体32形成一个磁极。多组永磁体32在周向上隔开同等的间隔地配置。在本实施方式中,以中心轴线0为中心的中心角每隔30度地设有12组(整体为24个)永磁体32。

[0060] 在本实施方式中,作为永磁体励磁型电动机采用嵌入磁体型电动机。在转子铁芯31上形成有在轴向上贯通转子铁芯31的多个贯通孔33。多个贯通孔33与多个永磁体32对应地设置。各永磁体32在配置于对应的贯通孔33内的状态下被固定于转子铁芯31。各永磁体32相对于转子铁芯31的固定例如能够通过用粘合剂将永磁体32的外表面与贯通孔33的内表面粘合等来实现。此外,作为永磁体励磁型电动机也可以替代嵌入磁体型电动机而采用表面磁体型电动机。

[0061] <层叠铁芯>

[0062] 如图3所示,定子铁芯21是层叠铁芯。定子铁芯21通过多个电磁钢板40层叠而形成。即,定子铁芯21具备在厚度方向上层叠的多个电磁钢板40。

[0063] 此外,定子铁芯21的层叠厚度例如为50.0mm。定子铁芯21的外径例如为250.0mm。定子铁芯21的内径例如为165.0mm。但是,这些值只是一个示例,定子铁芯21的层叠厚度、外径及内径并不限于这些值。在此,定子铁芯21的内径以定子铁芯21中的齿部23的前端部为基准。即,定子铁芯21的内径是与所有齿部23的前端部内切的假想圆的直径。

[0064] 形成定子铁芯21及转子铁芯31的各电磁钢板40例如通过对作为母材的电磁钢板进行冲裁加工等而形成。作为电磁钢板40,可以使用公知的电磁钢板。电磁钢板40的化学组分没有特别限定。在本实施方式中,作为电磁钢板40采用无取向性电磁钢板。作为无取向性电磁钢板,例如可以采用JIS C 2552:2014的无取向性电钢带。

[0065] 但是,作为电磁钢板40也可以替代无取向性电磁钢板而采用取向性电磁钢板。作为取向性电磁钢板,可以采用JIS C 2553:2012的取向性电钢带。

[0066] 为了改善电磁钢板的加工性、层叠铁芯的铁损,在电磁钢板40的两面设有绝缘覆膜。作为构成绝缘覆膜的物质,例如可以应用(1)无机化合物、(2)有机树脂、(3)无机化合物与有机树脂的混合物等。作为无机化合物,例如可举出(1)重铬酸盐与硼酸的复合物、(2)磷酸盐与二氧化硅的复合物等。作为有机树脂,可举出环氧系树脂、丙烯酸系树脂、丙烯酸苯乙烯系树脂、聚酯系树脂、硅系树脂、氟系树脂等。

[0067] 为了确保相互层叠的电磁钢板40间的绝缘性能,绝缘覆膜的厚度(电磁钢板40的每个单面的厚度)优选为0.1 $\mu\text{m}$ 以上。

[0068] 另一方面,随着绝缘覆膜增厚,绝缘效果饱和。另外,随着绝缘覆膜增厚,定子铁芯21中的绝缘覆膜所占的比例增加,定子铁芯21的磁特性降低。因此,绝缘覆膜在能够确保绝缘性能的范围较薄为好。绝缘覆膜的厚度(电磁钢板40的每个单面的厚度)的优选为 $0.1\mu\text{m}$ 以上且 $5\mu\text{m}$ 以下,进一步优选为 $0.1\mu\text{m}$ 以上且 $2\mu\text{m}$ 以下。

[0069] 随着电磁钢板40变薄,铁损的改善效果逐渐饱和。另外,随着电磁钢板40变薄,电磁钢板40的制造成本增加。因此,如果考虑铁损的改善效果及制造成本,则电磁钢板40的厚度优选为 $0.10\text{mm}$ 以上。

[0070] 另一方面,如果电磁钢板40过厚,则电磁钢板40的冲压冲裁作业变得困难。因此,如果考虑电磁钢板40的冲压冲裁作业,则电磁钢板40的厚度优选为 $0.65\text{mm}$ 以下。

[0071] 另外,如果电磁钢板40增厚则铁损增大。因此,如果考虑电磁钢板40的铁损特性,则电磁钢板40的厚度优选为 $0.35\text{mm}$ 以下,更优选为 $0.20\text{mm}$ 或 $0.25\text{mm}$ 。

[0072] 考虑上述的点,各电磁钢板40的厚度,例如为 $0.10\text{mm}$ 以上且 $0.65\text{mm}$ 以下,优选为 $0.10\text{mm}$ 以上且 $0.35\text{mm}$ 以下,更优选为 $0.20\text{mm}$ 或 $0.25\text{mm}$ 。此外,电磁钢板40的厚度也包含绝缘覆膜的厚度。

[0073] 形成定子铁芯21的多个电磁钢板40被粘合部41粘合。粘合部41设于在层叠方向上相邻的电磁钢板40彼此之间,是不被分断而固化的粘合剂。在粘合剂中,例如使用基于聚合结合的热固化型的粘合剂等。作为粘合剂的组合物,可以应用含有(1)丙烯酸系树脂、(2)环氧系树脂、(3)包含丙烯酸系树脂及环氧系树脂的组合物等。作为这样的粘合剂,除了热固化型的粘合剂之外,也可以使用自由基聚合型的粘合剂等,从生产性的观点出发,优选使用常温固化型的粘合剂。常温固化型的粘合剂在 $20^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ 下固化。作为常温固化型的粘合剂,优选丙烯酸系粘合剂。代表性的丙烯酸系粘合剂有SGA(第二代丙烯酸系粘合剂。Second Generation Acrylic Adhesive)等。在不损害本发明的效果的范围内,可以使用厌氧性粘合剂、速干粘合剂、含弹性体的丙烯酸系粘合剂中的任意一种。此外,在此所说的粘合剂是指固化前的状态,粘合剂固化后成为粘合部41。

[0074] 粘合部41的常温( $20^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ )下的平均拉伸弹性模量E为 $1500\text{MPa} \sim 4500\text{MPa}$ 的范围内。如果粘合部41的平均拉伸弹性模量E小于 $1500\text{MPa}$ ,则产生层叠铁芯的刚性降低的不良情况。因此,粘合部41的平均拉伸弹性模量E的下限值为 $1500\text{MPa}$ ,更优选为 $1800\text{MPa}$ 。相反地,如果粘合部41的平均拉伸弹性模量E超过 $4500\text{MPa}$ ,则产生形成于电磁钢板40的表面的绝缘覆膜剥离的不良情况。因此,粘合部41的平均拉伸弹性模量E的上限值为 $4500\text{MPa}$ ,更优选为 $3650\text{MPa}$ 。

[0075] 此外,平均拉伸弹性模量E通过共振法进行测量。具体而言,依据JIS R 1602:1995测量拉伸弹性模量。

[0076] 更具体而言,首先制作测量用的样品(未图示)。该样品通过利用测量对象的粘合剂将2张电磁钢板40间粘合并使其固化而形成粘合部41,从而得到。该固化在粘合剂为热固化型的情况下,通过在实际操作上的加热加压条件下进行加热加压来进行。另一方面,在粘合剂为常温固化型的情况下,通过在常温下进行加压来进行。

[0077] 然后,通过共振法测量该样品的拉伸弹性模量。通过共振法进行的拉伸弹性模量的测量方法,如上所述,依据JIS R 1602:1995进行。之后,通过计算从样品的拉伸弹性模量(测量值)除去电磁钢板40自身的影响量,可求出粘合部41单独的拉伸弹性模量。

[0078] 由于这样根据样品求出的拉伸弹性模量与作为层叠铁芯整体的平均值相等,所以将该数值视为平均拉伸弹性模量E。设定组分,以使得平均拉伸弹性模量E在沿着其层叠方向的层叠位置、绕层叠铁芯的中心轴线的周向位置几乎不变。因此,平均拉伸弹性模量E可以设为对处于层叠铁芯的上端位置的、固化后的粘合部41进行测量而得到的数值。

[0079] 电动机在驱动时发热。因此,如果粘合部41的熔点低,则由于发动机的发热导致粘合部41熔融从而粘合区域42的形状变化,不能得到期望的效果。一般地,在卷绕于定子铁芯21的绕组的表面设有绝缘性的包覆(漆包)。该包覆的耐热温度例如为180°C程度。因此,一般的电动机以成为180°C以下的方式进行驱动。即,发动机可以升温到180°C程度。在本实施方式中,粘合部41的熔点优选为180°C以上。进而,考虑到考虑了局部存在成为高温的部位的安全率,粘合部41的熔点进一步优选为200°C以上。

[0080] 作为粘合方法,例如可以采用在电磁钢板40上涂布粘合剂后,通过加热及压接中的任意一方或双方来进行粘合的方法。此外,加热手段例如可以是高温槽或电炉内的加热,或进行直接通电的方法等各种手段。

[0081] 为了得到稳定且充分的粘合强度,粘合部41的厚度优选为1 $\mu$ m以上。

[0082] 另一方面,如果粘合部41的厚度超过100 $\mu$ m则粘合力饱和。另外,随着粘合部41增厚,占空系数降低,层叠铁芯的铁损等磁特性降低。因此,粘合部41的厚度优选为1 $\mu$ m以上且100 $\mu$ m以下,进一步优选为1 $\mu$ m以上且10 $\mu$ m以下。

[0083] 此外,在上述中,粘合部41的厚度是指粘合部41的平均厚度。

[0084] 粘合部41的平均厚度更优选为1.0 $\mu$ m以上且3.0 $\mu$ m以下。如果粘合部41的平均厚度小于1.0 $\mu$ m,则不能如上述这样确保充分的粘合力。因此,粘合部41的平均厚度的下限值为1.0 $\mu$ m,更优选为1.2 $\mu$ m。相反地,如果粘合部41的平均厚度超过3.0 $\mu$ m而增厚,则产生由热固化时的收缩导致的电磁钢板40的畸变量大幅增加等不良情况。因此,粘合部41的平均厚度的上限值为3.0 $\mu$ m,更优选为2.6 $\mu$ m。

[0085] 粘合部41的平均厚度是作为层叠铁芯整体的平均值。粘合部41的平均厚度在沿着其层叠方向的层叠位置、绕层叠铁芯的中心轴线的周向位置几乎不变。因此,粘合部41的平均厚度可以设为在层叠铁芯的上端位置上,在圆周方向10处以上测量的数值的平均值。

[0086] 此外,粘合部41的平均厚度例如可以通过改变粘合剂的涂布量来调整。另外,粘合部41的平均拉伸弹性模量E例如在热固化型的粘合剂的情况下,可以通过变更粘合时施加的加热加压条件以及固化剂种类的一方或双方来调整。

[0087] 接着,基于图4,对电磁钢板40和粘合部41以及粘合区域42的关系进行说明。

[0088] 如图4所示,在层叠方向上相邻的电磁钢板40彼此没有进行相互整面粘合。这些电磁钢板40彼此相互局部地粘合。粘合部41设于电磁钢板的多个铁芯背部22。铁芯背部22通过粘合部41被粘合。即,多个电磁钢板40通过粘合部41而相互粘合。

[0089] 在电磁钢板40中朝向层叠方向的面(以下,称为电磁钢板40的第1面)上,形成有粘合区域42和空白区域43(非粘合区域)。粘合区域42是指电磁钢板40的第1面中的设有粘合部41的区域。更具体而言,粘合区域42是指电磁钢板40的第1面中的设有固化的粘合剂的区域。空白区域43是指电磁钢板的第1面中的未设有粘合部41的区域。

[0090] 在此,将电磁钢板40的铁芯背部22划分为第1部位22a和第2部位22b。第1部位22a和第2部位22b沿着周向交替排列。即,铁芯背部22具有沿着周向交替排列的第1部位22a和

第2部位22b。第1部位22a与第2部位22b的边界线在径向上呈直线状延伸。第1部位22a在齿部23的径向外侧与齿部23相连。第2部位22b在周向上位于第1部位22a彼此之间。

[0091] 粘合区域42设于铁芯背部22的第2部位22b。另外,粘合区域42不设于铁芯背部22的第1部位22a。粘合区域42在一个第2部位22b设有一个。粘合区域42位于第2部位22b的周向中央。另外,粘合区域42在第2部位22b中偏向径向外侧地配置。

[0092] 粘合区域42是在俯视观察下以与径向正交的方向为长边方向的大致矩形状。即,粘合区域42沿着周向延伸。根据本实施方式,通过将粘合区域42设为沿着一个方向延伸的形状,与在同一范围内间歇地设置点状的粘合区域的情况相比,能够增大粘合部41的粘合面积而提高粘合强度。

[0093] 通过增大粘合部41的宽度尺寸d1,在制造工序中能够容易地形成粘合部。另外,通过减小粘合部41的宽度尺寸d1,不会由于粘合剂的压缩应力而使电磁钢板40局部地产生较大的畸变,能够抑制作为电磁钢板40整体的铁损的劣化。

[0094] 此外,粘合区域42的宽度尺寸是指粘合区域42的短边方向的尺寸,在本实施方式中,是粘合区域42的径向上的尺寸。在本实施方式中,粘合区域42是指在电磁钢板40的第1面上设有粘合部41的区域,因此粘合区域42的宽度尺寸与粘合部41的宽度尺寸相同。

[0095] 相对于粘合区域42的宽度尺寸d1的长度尺寸d2的比率( $d2/d1$ ,纵横比)优选为3.5以上。通过将粘合区域42的纵横比设为3.5以上,能够抑制电磁钢板40的畸变并且确保电磁钢板40彼此的粘合强度。

[0096] 在本实施方式中,粘合剂在固化时收缩。因此,在与粘合部41接触的电磁钢板40的区域产生由粘合剂的固化收缩引起的畸变,在该区域中电磁钢板40的铁损上升。在此,将与粘合部41接触而因畸变使铁损上升的区域称为劣化区域29。劣化区域29从层叠方向观察是与粘合区域42重合的区域。劣化区域29与其他区域(非劣化区域)相比磁阻较高。

[0097] 此外,在本说明书中,有时将铁损的值上升称为“铁损的劣化”。

[0098] 通过电流在定子20的绕组(省略图示)中流动,在电磁钢板40形成磁通B。磁通B形成通过齿部23及铁芯背部22的磁路。磁通B在铁芯背部22的第2部位22b上沿着周向延伸。

[0099] 根据本实施方式,粘合区域42位于第2部位22b,沿着周向延伸。即,粘合区域42延伸的方向与在第2部位22b中磁通B延伸的方向一致。换言之,粘合区域42沿着通过与该粘合区域42接触的电磁钢板40的劣化区域29的磁通B的方向延伸。因此,能够降低磁通B的路径截面积中的劣化区域29所占的比例,能够抑制通过劣化区域29的磁通线的数量。另外,通过降低磁通的路径截面积中的劣化区域29所占的比例,磁通B容易绕过磁阻高的劣化区域29。其结果,能够抑制劣化区域29阻碍形成磁路的磁通B的流动,与通过铆接将电磁钢板彼此相互固定的情况相比,能够提高定子铁芯21的磁特性。

[0100] 如图4所示,在粘合区域42的径向外侧及粘合区域42的径向内侧,分别设有未设有粘合区域42的空白区域43。即,在粘合区域42的周向两侧,未形成粘合区域42。与空白区域43重合的电磁钢板40的区域,不被赋予伴随粘合剂的固化收缩的应力。因此,该区域与劣化区域29相比,铁损不上升。在本说明书中,将不产生铁损的上升的电磁钢板40的区域称为非劣化区域。根据上述构成,由于在劣化区域29的径向两侧设有非劣化区域,因此形成磁路的磁通B能够迂回而通过非劣化区域,能够提高定子铁芯21的磁特性。

[0101] 磁通B具有流过磁阻低的最短距离的倾向。因此,在铁芯背部22中,随着从径向内

侧朝向径向外侧,磁通密度变低。在本实施方式中,粘合区域42偏向铁芯背部22的径向外侧地配置。因此,能够使电磁钢板40的劣化区域29形成于磁通密度较低的区域,能够抑制因设置粘合部41导致的定子铁芯21的磁特性的降低。

[0102] 根据本实施方式,粘合区域42设于第2部位22b,不设于第1部位22a。因此,粘合区域42在铁芯背部22中沿周向离散地配置。由此,能够平衡良好地固定电磁钢板40彼此。此外,由于形成于电磁钢板40的劣化区域29离散地配置,因此劣化区域29难以阻碍磁通B的流动。此外,这样的效果是即使在粘合区域42设于第1部位22a而不设于第2部位22b的情况下也能够得到的效果。即,粘合区域42只要在第1部位22a及第2部位22b中的至少一方上沿周向离散地设置,就能够得到上述效果。

[0103] 在本实施方式中,转子铁芯31与定子铁芯21相同,是层叠铁芯。即,转子铁芯31具备在厚度方向上层叠的多个电磁钢板。在本实施方式中,转子铁芯31的层叠厚度与定子铁芯21相等,例如为50.0mm。转子铁芯31的外径例如为163.0mm。转子铁芯31的内径例如为30.0mm。但是,这些值只是一个示例,转子铁芯31的层叠厚度、外径及内径并不限于这些值。

[0104] 在本实施方式中,形成转子铁芯31的多个电磁钢板通过铆接C(销,参照图1)而相互固定。但是,形成转子铁芯31的多个电磁钢板40也可以通过与定子铁芯21相同的粘合部而被相互粘合。

[0105] (变形例1)

[0106] 接着,基于图5对上述实施方式可采用的变形例1的粘合部141及粘合区域142进行说明。此外,对与上述实施方式相同方式的构成要素标注相同的附图标记,并省略其说明。

[0107] 与上述实施方式同样,在铁芯背部22形成有设有粘合部141的粘合区域142。本变形例的粘合区域142设于铁芯背部22的第1部位22a。另外,粘合区域142不设于铁芯背部22的第2部位22b。粘合区域142在一个第1部位22a设有一个。粘合区域142位于第1部位22a的周向中央。

[0108] 粘合区域142在俯视观察时是以径向为长边方向的大致矩形状。粘合区域142的纵横比( $d_2/d_1$ )与上述实施方式相同,优选为3.5以上。

[0109] 粘合区域142沿着齿部23的中心线CL沿径向延伸。中心线CL是沿径向地通过齿部23中的周向的中心的假想线。粘合区域142的径向外侧的端部位于铁芯背部22的径向外端。即,粘合区域142从铁芯背部22的径向外端向径向内侧延伸。另外,粘合区域142的径向内侧的端部位于比铁芯背部22的径向内端靠径向外侧。

[0110] 通过电流流过定子20的绕组(省略图示),在电磁钢板40形成磁通B。磁通B形成通过齿部23及铁芯背部22的磁路。磁通B在铁芯背部22的第1部位22a中沿着径向延伸,在第1部位22a的径向的中间处向周向两侧分支。磁通B相对于齿部23的中心线CL向对称的方向分支。

[0111] 根据本变形例,粘合区域142位于第1部位22a,沿着齿部23的中心线CL沿径向延伸。即,粘合区域142延伸的方向与在第1部位22a中磁通B的至少一部分延伸的方向一致。换言之,粘合区域142沿着通过与该粘合区域142接触的电磁钢板40的劣化区域129的磁通的至少一部分的方向延伸。因此,能够降低磁通B的路径截面积中的劣化区域129所占的比例,能够抑制通过劣化区域129的磁通线的数量。另外,通过降低磁通B的路径截面积中的劣化区域129所占的比例,磁通B容易绕过磁阻高的劣化区域129。另外,在本变形例中,粘合区域

142由于沿着齿部23的中心线CL延伸,因此相对于中心线CL向对称方向分支的磁通B容易绕过劣化区域129。其结果,能够抑制劣化区域129阻碍形成磁路的磁通B的流动,与通过铆接将电磁钢板彼此相互固定的情况相比,能够提高定子铁芯21的磁特性。

[0112] 如图5所示,在粘合区域142的周向两侧,分别设有未设有粘合区域142的空白区域143。在与空白区域143重合的电磁钢板40的区域,形成有不被赋予伴随粘合剂的固化收缩的应力的非劣化区域。根据上述构成,由于在劣化区域129的周向两侧设有非劣化区域,因此形成磁路的磁通B能够迂回而通过非劣化区域,能够提高定子铁芯21的磁特性。

[0113] 磁通B具有流过磁阻低的最短距离的倾向。因此,在铁芯背部22中,随着从径向内侧朝向径向外侧,磁通密度变低。在本变形例中,粘合区域142从铁芯背部22的径向外端延伸。因此,能够使电磁钢板40的劣化区域129形成于磁通密度较低的区域,能够抑制因设置粘合区域142导致的定子铁芯21的磁特性的降低。

[0114] (变形例2)

[0115] 接着,基于图6对上述实施方式可采用的变形例2的粘合部241及粘合区域242进行说明。此外,对与上述实施方式相同方式的构成要素标注相同的附图标记,并省略其说明。

[0116] 与上述实施方式同样,在铁芯背部22形成有设有粘合部241的粘合区域242。本变形例的粘合区域242设于铁芯背部22的第1部位22a。另外,粘合区域242不设于铁芯背部22的第2部位22b。粘合区域242在一个第1部位22a设有一个。粘合区域242位于第1部位22a的周向中央。另外,粘合区域242在第1部位22a中偏向径向内侧地配置。

[0117] 粘合区域242在俯视观察时是以与径向正交的方向为长边方向的大致矩形状。另外,粘合区域242的纵横比( $d2/d1$ )与上述实施方式相同,优选为3.5以上。

[0118] 通过电流流过定子20的绕组(省略图示),在电磁钢板40形成磁通B。磁通B形成通过齿部23及铁芯背部22的磁路。磁通B在铁芯背部22的第1部位22a中沿着径向延伸,在第1部位22a的径向的中间处向周向两侧分支。

[0119] 根据本变形例,粘合区域242位于第1部位22a,沿着周向延伸。即,粘合区域242延伸的方向与在第1部位22a中分支并沿周向延伸的磁通B的方向部分一致。换言之,粘合区域242的至少一部分沿着通过与该粘合区域242接触的电磁钢板40的劣化区域229的磁通B的方向延伸。因此,不仅能够降低磁通B的路径截面积中的劣化区域229所占的比例,还使磁通B容易绕过磁阻高的劣化区域229。其结果,能够抑制劣化区域229阻碍形成磁路的磁通B的流动,与通过铆接将电磁钢板彼此相互固定的情况相比,能够提高定子铁芯21的磁特性。

[0120] 如图6所示,在粘合区域242的周向两侧,分别设有未设有粘合区域242的空白区域243。在与空白区域243重合的电磁钢板40的区域,未形成有不被赋予伴随粘合剂的固化收缩的应力的非劣化区域。根据上述构成,由于在劣化区域229的周向两侧设有非劣化区域,因此形成磁路的磁通B能够通过非劣化区域,能够提高定子铁芯21的磁特性。

[0121] (变形例3)

[0122] 接着,基于图7对上述实施方式可采用的变形例3的粘合部341及粘合区域342进行说明。此外,对与上述实施方式相同方式的构成要素标注相同的附图标记,并省略其说明。

[0123] 与上述实施方式同样,在铁芯背部22形成有设有粘合部341的粘合区域342。本变形例的粘合区域342与变形例2的粘合区域242的构成类似。本变形例的粘合区域342与变形例2的粘合区域242的不同点在于,在第1部位22a中偏向径向外侧地配置。

[0124] 由于磁通B具有流过磁阻低的最短距离的倾向,因此在铁芯背部22中,随着从径向内侧朝向径向外侧,磁通密度变低。在本变形例中,粘合区域342偏向铁芯背部22的径向外侧地配置。因此,能够使电磁钢板40的劣化区域329形成于磁通密度较低的区域,能够抑制因设置粘合区域342导致的定子铁芯21的磁特性的降低。

[0125] 根据本变形例,粘合区域342偏向第1部位22a的径向外侧地配置,沿着周向延伸。因此,粘合区域342与变形例2的粘合区域242相比,在更大范围内与在第1部位22a中分支并沿周向延伸的磁通B的方向平行地延伸。因此,不仅能够进一步降低磁通B的路径截面积中的劣化区域329所占的比例,还使磁通B更容易绕过磁阻高的劣化区域329。其结果,能够抑制劣化区域329阻碍形成磁路的磁通B的流动,与变形例2相比能够进一步提高定子铁芯21的磁特性。

[0126] (变形例4)

[0127] 接着,基于图8对上述实施方式可采用的变形例4的粘合部441及粘合区域442进行说明。此外,对与上述实施方式相同方式的构成要素标注相同的附图标记,并省略其说明。

[0128] 与上述实施方式同样,在铁芯背部22形成有设有粘合部441的粘合区域442。本变形例的粘合区域442跨越一个第1部位22a和一个第2部位22b地设置。另外,本变形例的粘合区域442偏向铁芯背部22的径向外侧地配置,沿着周向延伸。

[0129] 在本变形例中,粘合区域442相对于一个第1部位22a,设于与周向一侧的第2部位22b的边界线上,不设于与周向另一侧第2部位22b的边界线上。因此,粘合区域442相对于齿部23的中心线CL非对称地形成。从齿部24流到铁芯背部22的磁通B的密度,与设有粘合区域442的周向一侧相比,在未设有粘合区域442的周向另一侧容易升高。即,根据本实施方式,在相对于中心线CL的周向一侧与另一侧,磁通密度彼此不同。这样的层叠铁芯在用于旋转方向被限制为一个方向的旋转电机的情况下,能够提高旋转电机的能量效率。

[0130] (变形例5)

[0131] 接着,基于图9对上述实施方式可采用的变形例5的粘合部541及粘合区域542进行说明。此外,对与上述实施方式相同方式的构成要素标注相同的附图标记,并省略其说明。

[0132] 与上述实施方式同样,在铁芯背部22形成有设有粘合部541的粘合区域542。本变形例的粘合区域542俯视观察为T字状,可以认为是将变形例1的粘合区域142和变形例3的粘合区域342组合的构成。根据本变形例,在享受变形例1和变形例3的效果的同时,能够确保粘合区域542具有充分的面积,提高粘合强度。如本变形例所示,也可以采用将实施方式和各变形例的构成组合的构成而得到组合的效果。

[0133] 此外,本发明的技术范围并不限定于所述实施方式及其变形例,在不脱离本发明的主旨的范围内可以施加各种变更。

[0134] 在上述实施方式及其变形例的定子铁芯中,多个电磁钢板在设于铁芯背部的粘合区域相互固定。但是,电磁钢板彼此除了铁芯背部之外,也可以在齿部相互固定。在这种情况下,可以在齿部设有铆接,另外,也可以在齿部另外设有粘合区域。进而,电磁钢板彼此除了由粘合区域进行的粘合固定之外,也可以相互焊接固定。

[0135] 在上述实施方式及其变形例中,说明了粘合区域的宽度尺寸遍及粘合区域的全部长度为一样的情况。但是,粘合区域的宽度尺寸也可以未必一样。作为一个示例,粘合区域的宽度方向两端部也可以沿着长度方向弯曲延伸。

[0136] 定子铁芯的形状并不限定于所述实施方式所示的方式。具体而言,定子铁芯的外径及内径的尺寸、层叠厚度、槽数、齿部的周向与径向的尺寸比率、齿部与铁芯背部的径向的尺寸比率等,可以根据期望的旋转电机的特性而任意地设计。

[0137] 在所述实施方式中的转子中,两个一组的永磁体32形成一个磁极,但本发明并不限于此。例如,也可以由一个永磁体32形成一个磁极,也可以由三个以上的永磁体32形成一个磁极。

[0138] 在所述实施方式中,作为旋转电机,举例说明了永磁体励磁型电动机,但旋转电机的结构如以下例示并不限于此,进而也可以采用以下未例示的各种公知的结构。

[0139] 在所述实施方式中,作为同步电动机,举例说明了永磁体励磁型电动机,但本发明并不限于此。例如,旋转电机也可以是磁阻型电动机或电磁体励磁型电动机(绕组励磁型电动机)。

[0140] 在所述实施方式中,作为交流电动机,举例说明了同步电动机,但本发明并不限于此。例如旋转电机也可以是感应电动机。

[0141] 在所述实施方式中,作为电动机,举例说明了交流电动机,但本发明并不限于此。例如旋转电机也可以是直流电动机。

[0142] 在所述实施方式中,作为旋转电机,举例说明了电动机,但本发明并不限于此。例如旋转电机也可以是发电机。

[0143] 在所述实施方式中,例示了将本发明的层叠铁芯应用于定子铁芯的情况,但也可以应用于转子铁芯。

[0144] 此外,在不脱离本发明的主旨的范围内,能够适当地将所述实施方式及其变形例中的构成要素置换为周知的构成要素,另外,也可以将所述变形例适当组合。

[0145] [实施例]

[0146] 实施了验证试验,对由粘合部的压缩应力引起的电磁钢板的铁损的劣化的抑制进行验证。此外,本验证试验,通过使用软件的模拟来实施。作为软件,利用JSOL株式会社制造的有限元法电磁场解析软件JMAG。作为模拟中使用的模型,设想以下说明的模型No.1~模型No.4的定子铁芯(层叠铁芯)。各模型中使用的电磁钢板使用通过对板厚0.25mm的薄板进行冲裁加工而制作的电磁钢板。电磁钢板的形状与图2所示的形状相同。

[0147] 模型No.1~No.3的定子铁芯与模型No.4的定子铁芯的电磁钢板彼此的固定的结构不同。在模型No.1~模型No.3的定子铁芯中,在电磁钢板彼此之间设有粘合部,电磁钢板彼此相互粘合固定。另一方面,模型No.4的定子铁芯通过铆接将电磁钢板彼此相互固定。

[0148] 模型No.1的粘合部相当于图4所示的粘合部41。模型No.1的粘合部的粘合区域在铁芯背部的第2部位上沿着周向延伸。

[0149] 模型No.2的粘合部相当于图5所示的粘合部141。模型No.2的粘合部的粘合区域在铁芯背部的第1部位上沿着径向延伸。

[0150] 模型No.3的粘合部相当于图6所示的粘合部241。模型No.3的粘合部的粘合区域在铁芯背部的第1部位上沿着周向延伸。

[0151] 将模型No.4的定子铁芯1021示于图11。定子铁芯1021将与上述实施方式的定子铁芯21相同形状的电磁钢板40在厚度方向上层叠而构成。定子铁芯1021与上述实施方式的定子铁芯21相比,不同点在于电磁钢板40彼此被铆接固定。即,定子铁芯1021的电磁钢板40通

过铆接1042(销)而相互固定。铆接1042位于铁芯背部22的第2部位22b。

[0152] 关于各模型,将通过模拟软件计算电磁钢板的铁损的计算结果示于图10。另外,图10所示的计算结果的铁损(纵轴),将模型No.4的铁损设为1.0,将其他模型的铁损表示为相对于模型No.4的铁损的比率。

[0153] 如图10所示,确认到模型No.1~模型No.3的定子铁芯与模型No.4的定子铁芯相比,铁损的值较小。

[0154] 模型No.3的定子铁芯与模型No.1及模型No.2的定子铁芯相比,铁损较大。如图6所示,在模型No.3的定子铁芯中,粘合区域位于齿部与铁芯背部的边界附近。因此,认为由于通过由粘合区域引起的劣化区域的磁通增加而磁阻升高。因此,在模型No.3的定子铁芯中,如图7所示,认为通过将粘合区域偏向铁芯背部的径向外侧地配置,能够降低铁损的值。

[0155] 工业可利用性

[0156] 根据本发明,能够提高磁特性。由此,工业可利用性很大。

[0157] 附图标记说明

[0158] 10…旋转电机,20…定子,21…定子铁芯(层叠铁芯),22…铁芯背部,22a…第1部位,22b…第2部位,23…齿部,40…电磁钢板,41、141、241、341、441、541…粘合部,42、142、242、342、442、542…粘合区域,43、143、243…空白区域,B…磁通,CL…中心线。

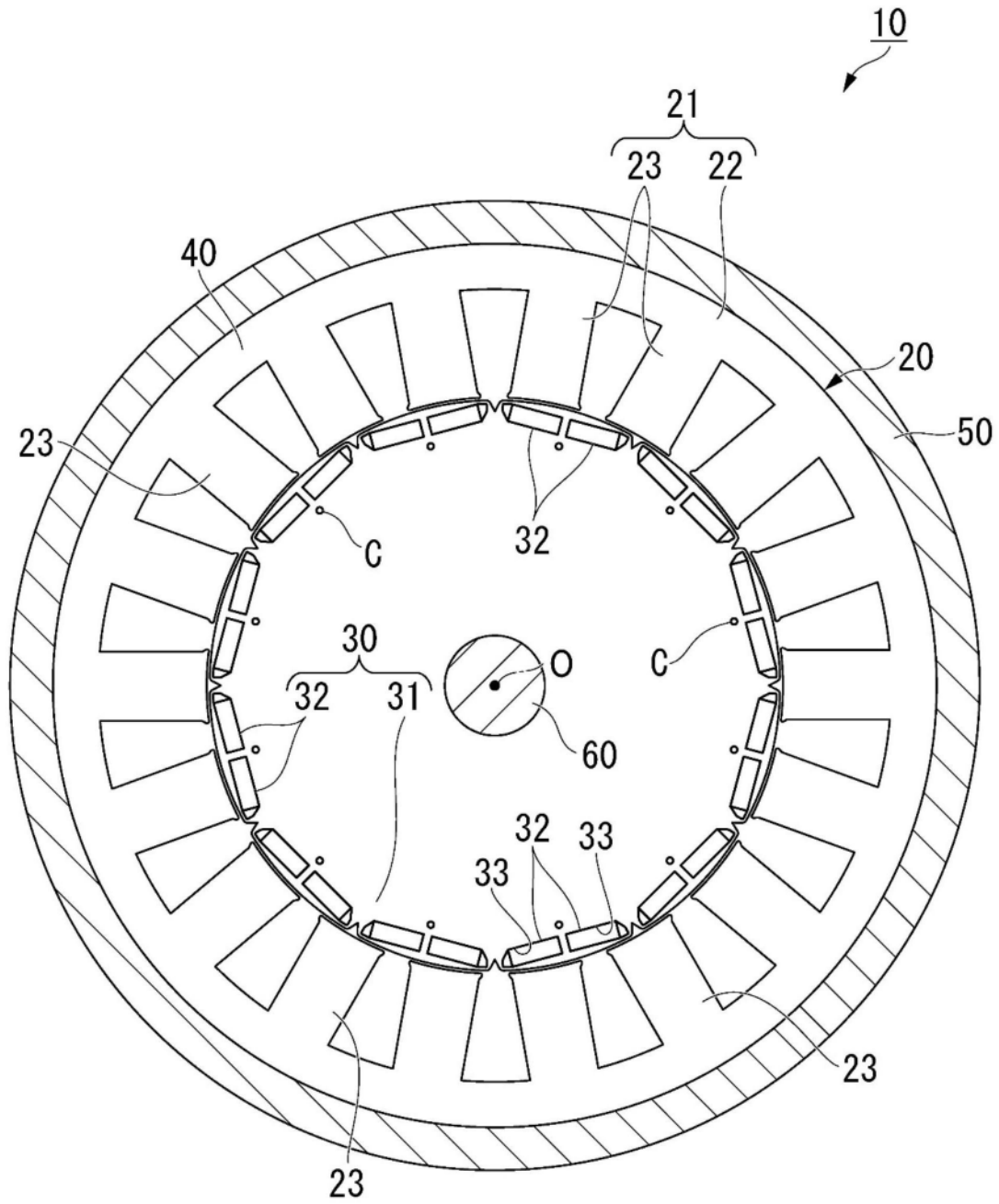


图1

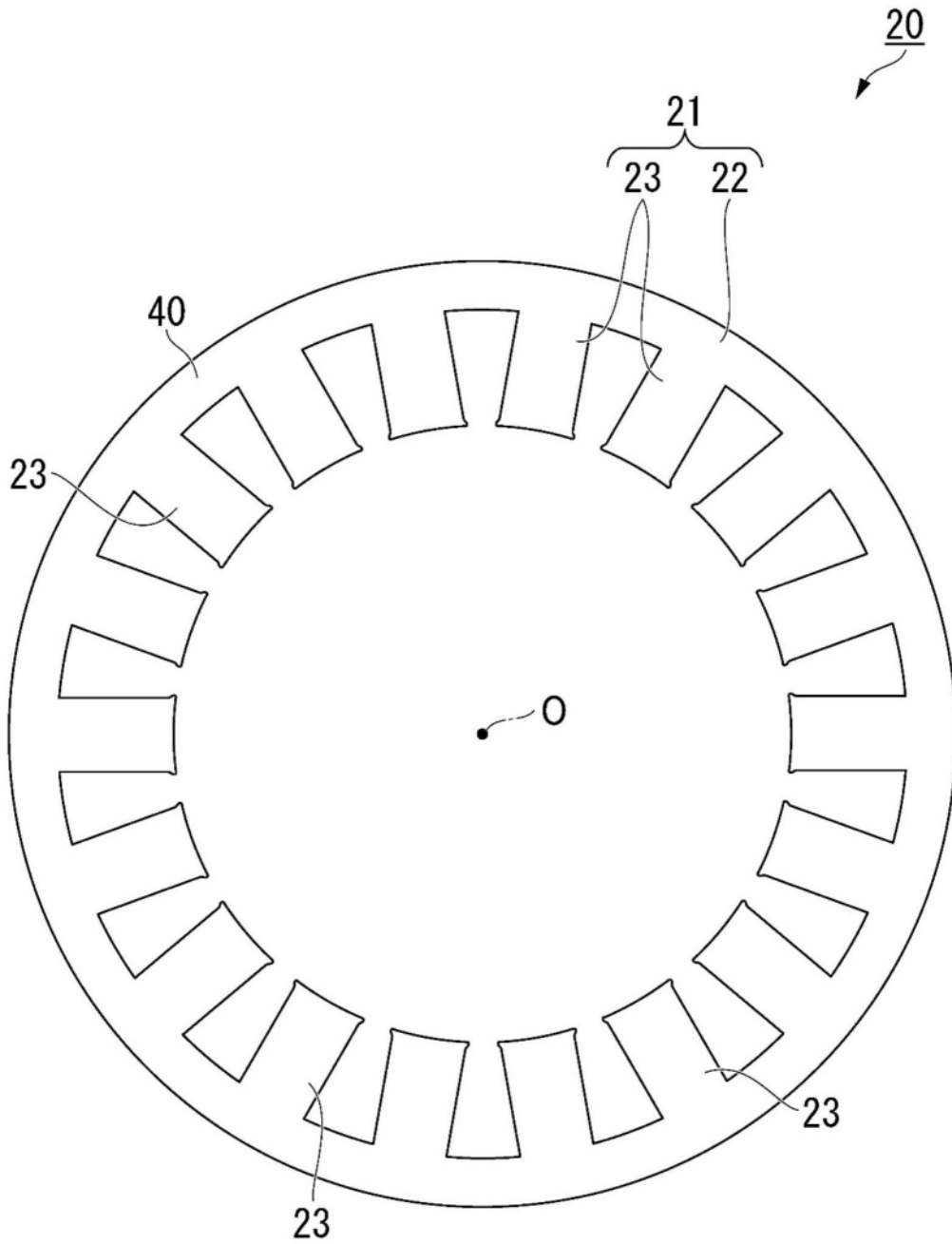


图2

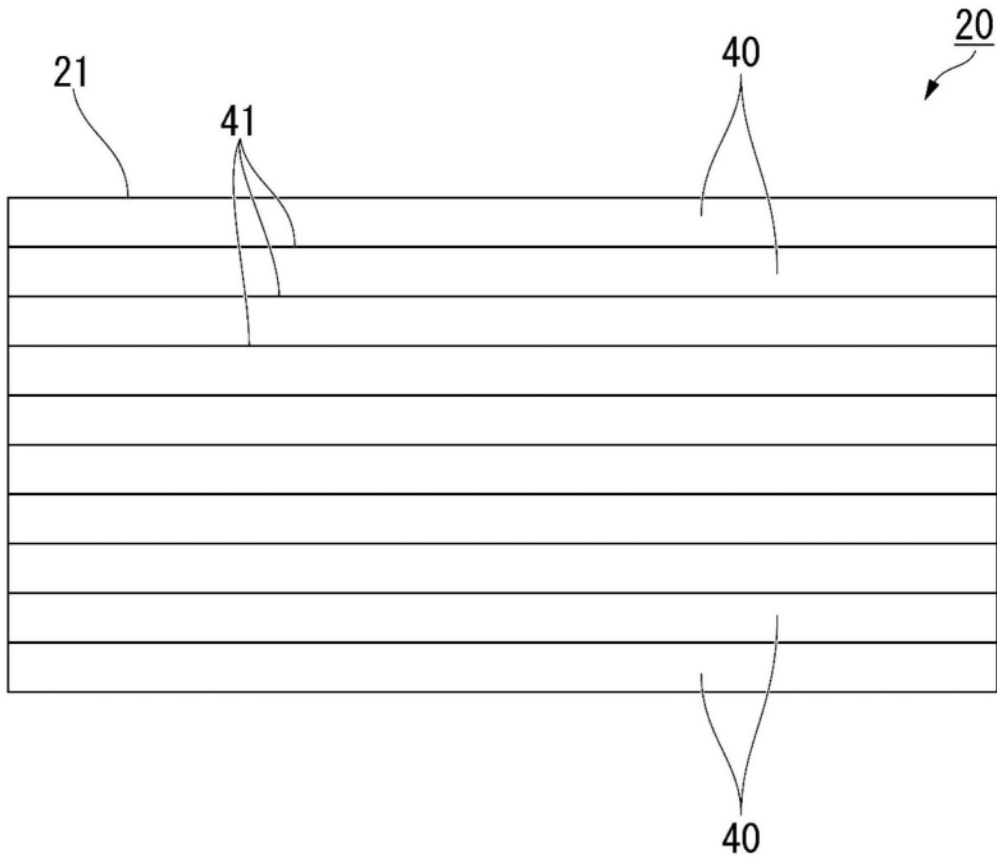


图3





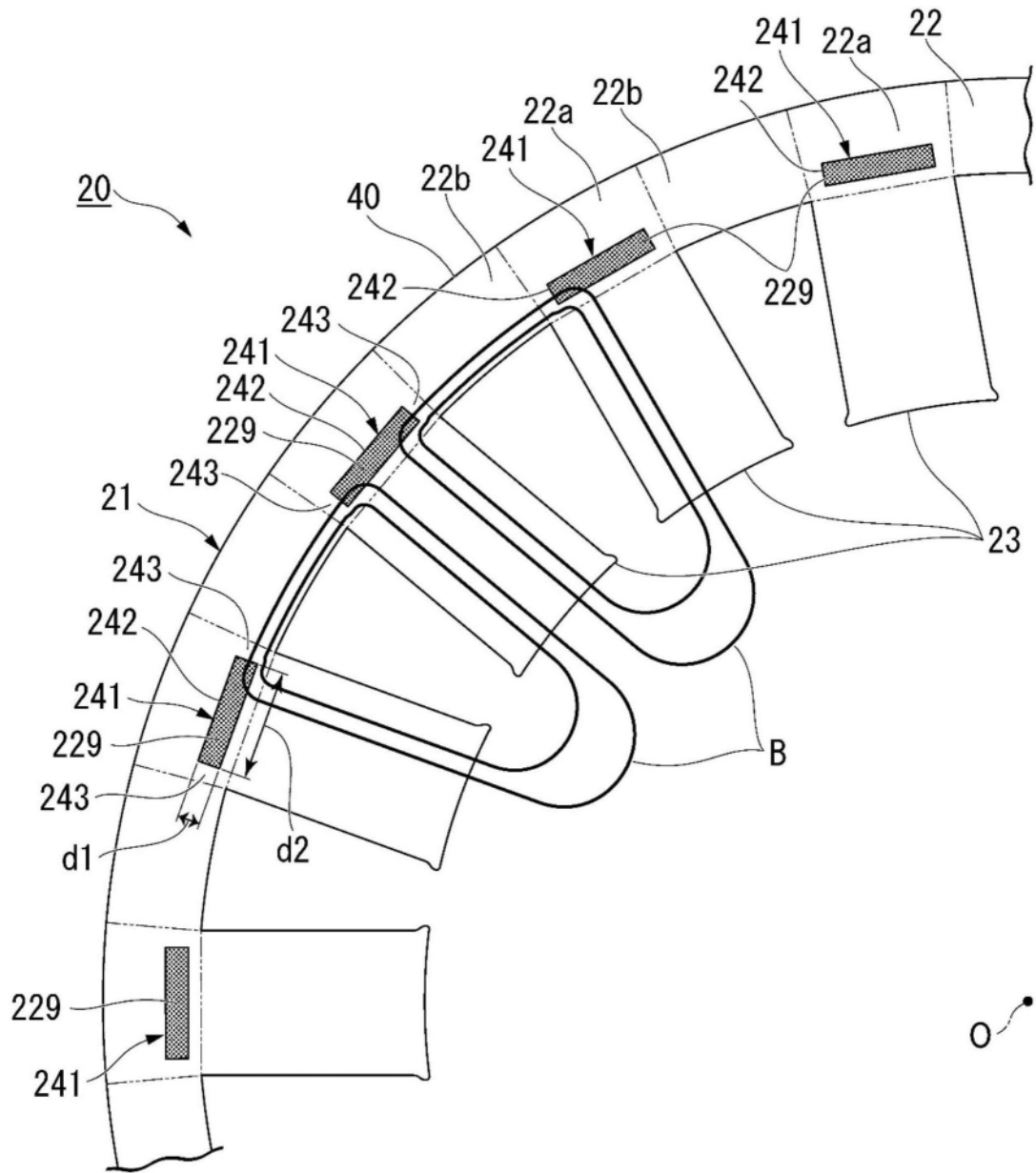


图6

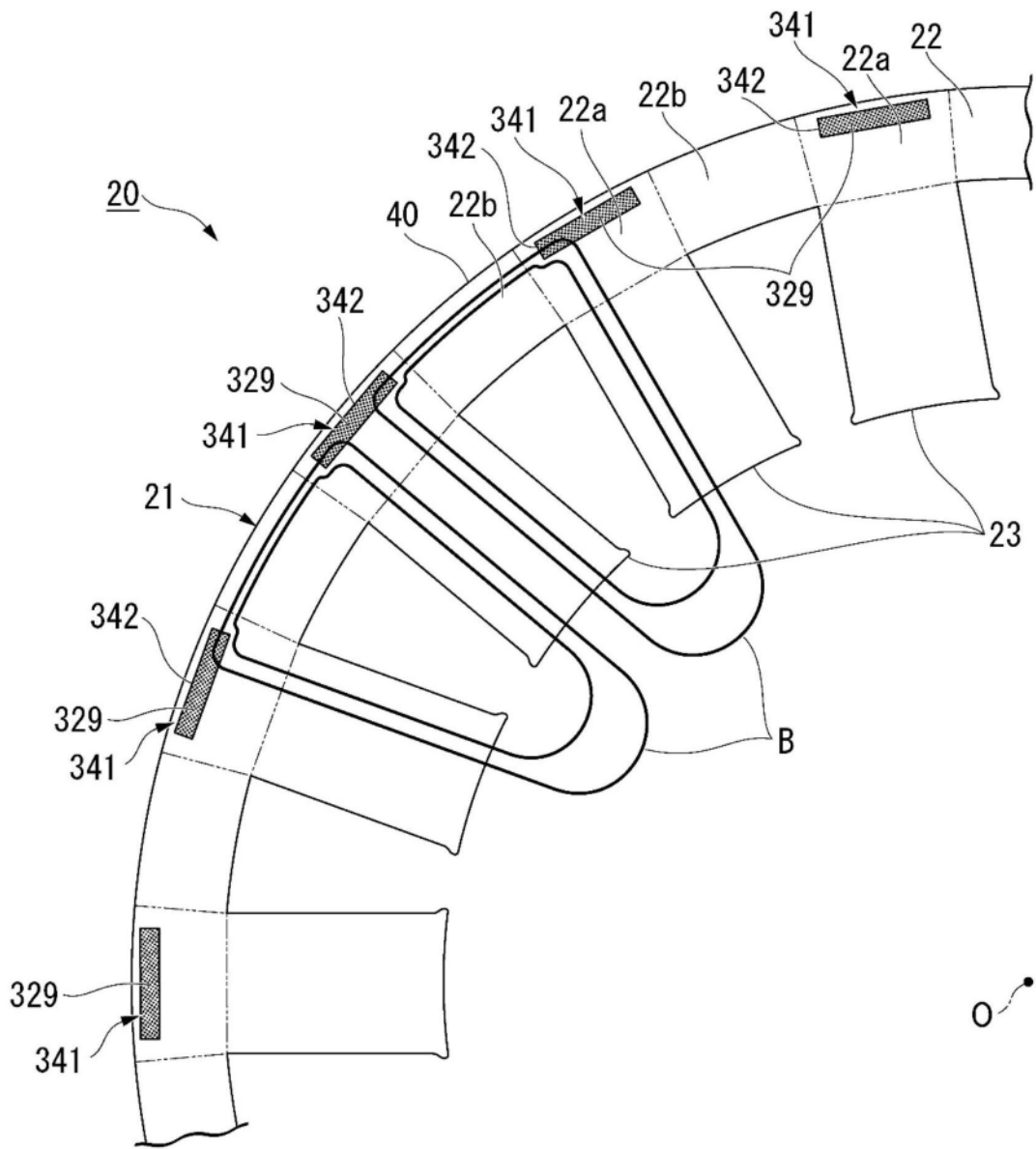


图7

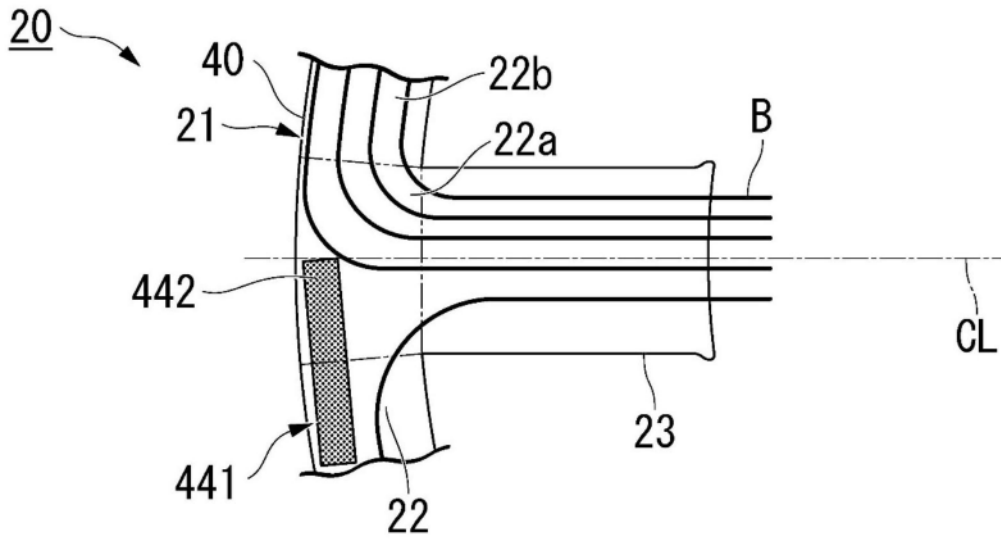


图8

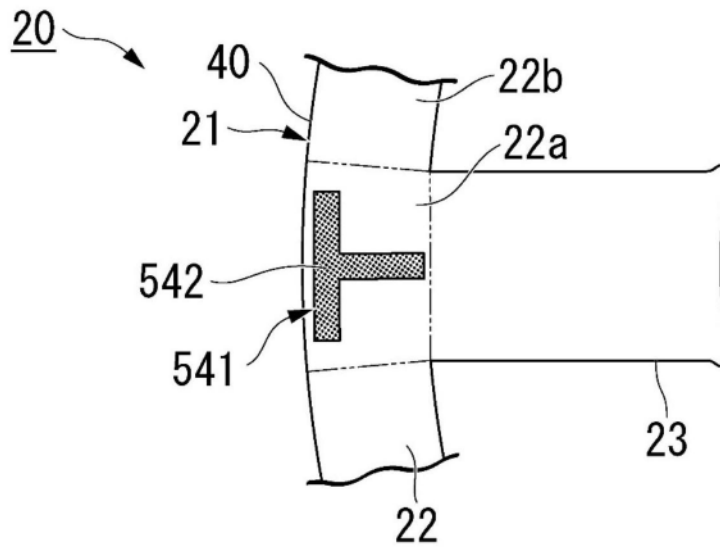


图9

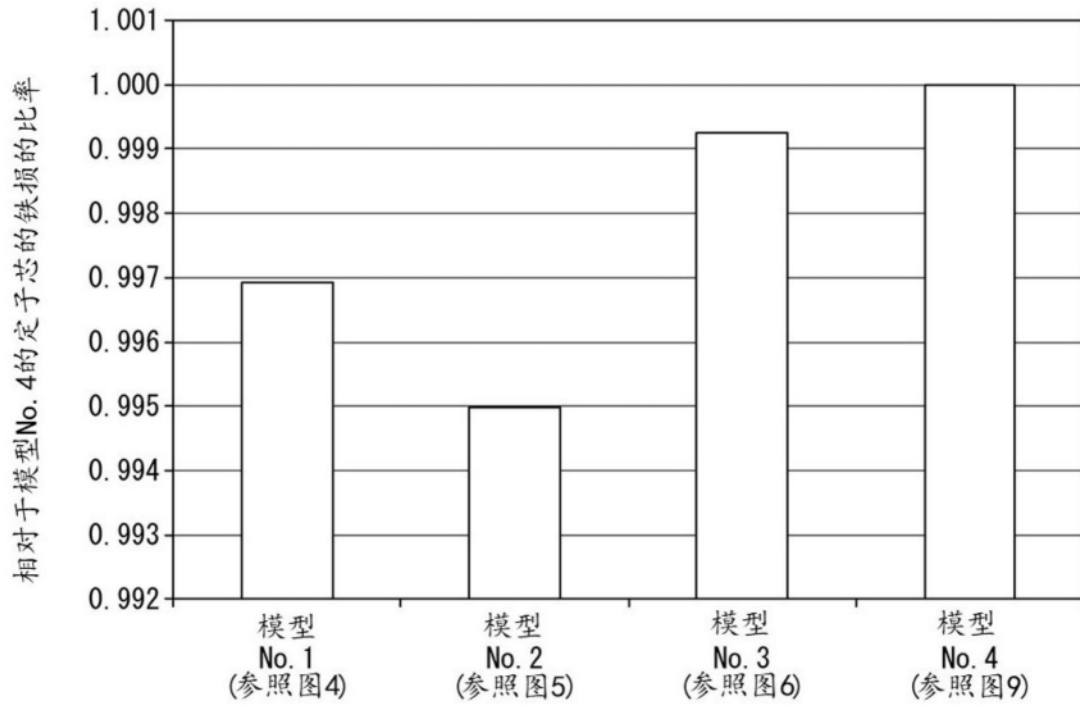


图10

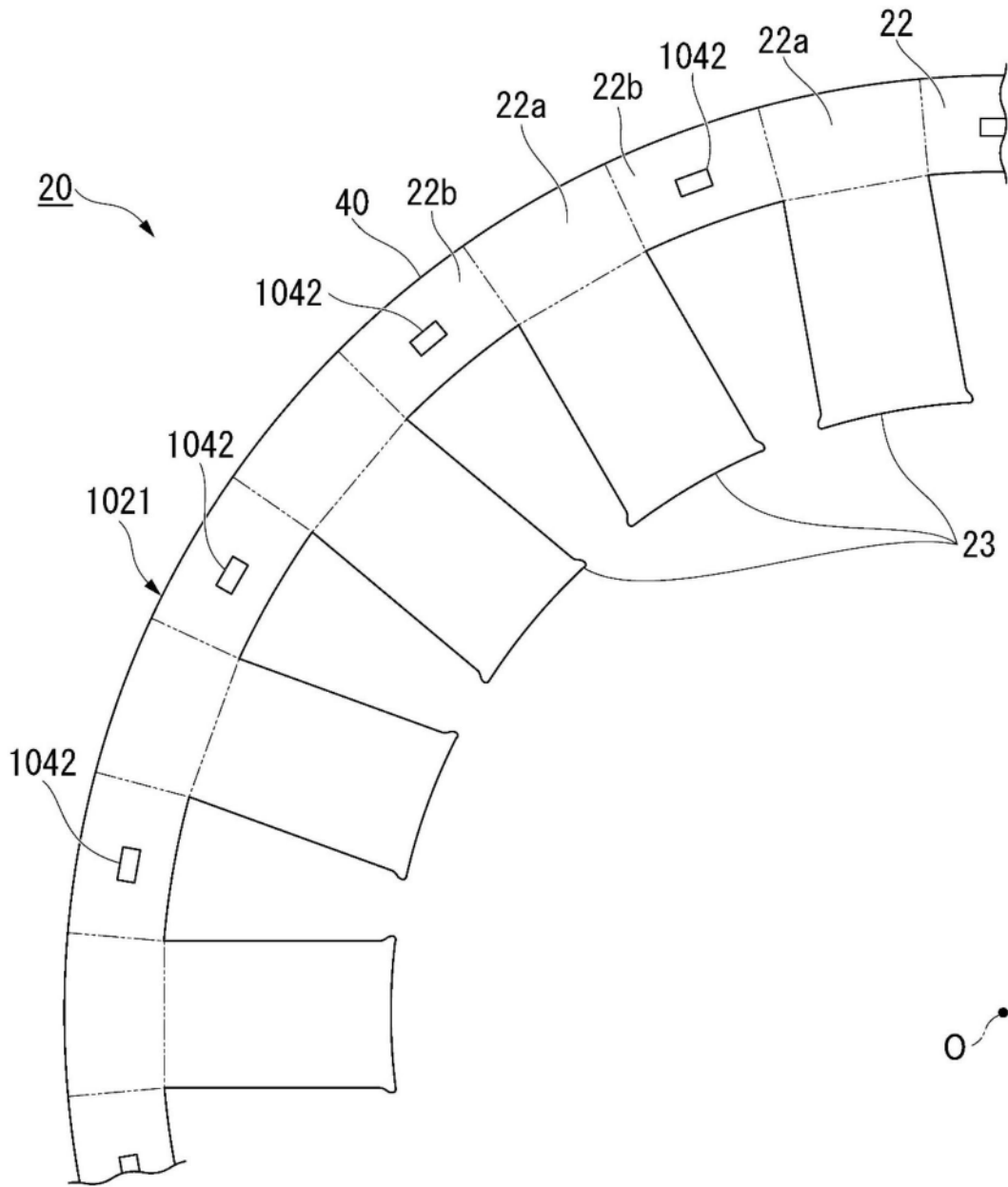


图11