



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1976171 B

(45) 授权公告日 2010.08.11

(21) 申请号 200610110749.7

CN 1128089 A, 1996.07.31, 全文.

(22) 申请日 2006.08.08

CN 1516915 A, 2004.07.28, 说明书第7页第21行到第12页第19行、附图1.

(30) 优先权数据

CN 1388624 A, 全文.

2005-347734 2005.12.01 JP

CN 1180457 A, 1998.04.29, 全文.

(73) 专利权人 爱知 ELEC 株式会社

US 2003/0178905 A1, 2003.09.25, 全文.

地址 日本爱知县春日井市

审查员 史文庆

(72) 发明人 伊藤勋 黑古雅司 铃木光广

真野钟治

(74) 专利代理机构 隆天国际知识产权代理有限公司 72003

代理人 高龙鑫

(51) Int. Cl.

H02K 1/27(2006.01)

(56) 对比文件

CN 1196597 A, 1998.10.21, 说明书第4页第10行到第11页第11行、附图1, 3, 15.

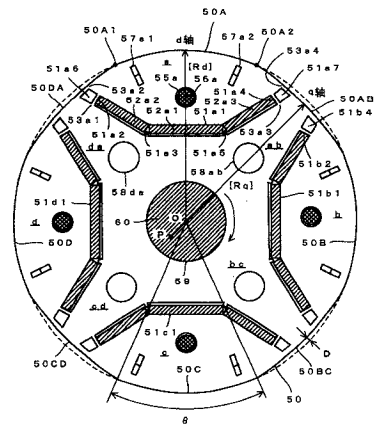
权利要求书 2 页 说明书 23 页 附图 11 页

(54) 发明名称

永磁式旋转机械

(57) 摘要

本发明提供一种能降低将具有大于旋转轴插入孔的内径的外径的旋转轴插入旋转轴插入孔时的影响的永磁式旋转机械。在转子(50)的旋转轴插入孔(59)插入具有大于旋转轴插入孔(59)的内径的外径的旋转轴(60)。在转子(50)的主磁极部(a)设置有磁铁插入孔(51a1)。永久磁铁(52a1 ~ 52a3)以在磁铁插入孔(51a1)和永久磁铁(52a1 ~ 52a3)之间形成有间隙的方式被插入磁铁插入孔(51a1)。相比磁铁插入孔(51a1)在外周侧设置有铆接销插入孔(55a)、在径方向长的铆接部(57a1、57a2)。铆接销(56a)以在铆接销插入孔(55a)和铆接销(56a)之间形成间隙的方式被插入铆接销插入孔(55a)。在辅助磁极部(ab、da)设置有通路孔(58ab、58da)。



1. 一种永磁式旋转机械,其具备定子和转子,在转子上,从与轴方向成直角的截面来看,在圆周方向交互地配置有主磁极和辅助磁极,在主磁极,沿转子的轴方向设置有插入了永久磁铁的磁铁插入孔,还在转子上,沿转子的轴方向设置有插入了旋转轴的旋转轴插入孔和插入了铆接销的铆接销插入孔,在旋转轴插入孔插入具有比旋转轴插入孔的内径大的外径的旋转轴,其特征在于,

转子的外周面从与轴方向成直角的截面来看,由第一外周面和第二外周面构成,该第一外周面与主磁极部的 d 轴交叉,并具有在外周方向形成为突状的第一曲线形状,该第二外周面与辅助磁极部的 q 轴交叉,并具有在外周方向形成为突状的第二曲线形状,

第一外周面的第一曲线形状形成为以 d 轴上的转子的中心为曲率中心、具有半径 R_d 的圆弧形状,第二外周面的第二曲线形状形成为以 q 轴上的、从转子的中心向与该第二外周面相反侧离开的点为曲率中心、具有比半径 R_d 大的半径 R_q 的圆弧形状,使得第二外周面和定子的内周面之间的距离的最大值大于第一外周面和定子的内周面之间的距离的最大值,

铆接销插入孔被设置在辅助磁极上,

永久磁铁以在磁铁插入孔和永久磁铁之间形成间隙的方式被插入磁铁插入孔,

铆接销以在铆接销插入孔和铆接销之间形成间隙的方式被插入铆接销插入孔。

2. 根据权利要求 1 所述的永磁式旋转机械,其特征在于,在转子的辅助磁极部,通路孔沿轴方向被设置。

3. 根据权利要求 2 所述的永磁式旋转机械,其特征在于,通路孔相比铆接销插入孔被设置在内周侧。

4. 根据权利要求 1 所述的永磁式旋转机械,其特征在于,在转子的主磁极部或者辅助磁极部的至少一方,设置有在转子的径方向长的铆接部。

5. 根据权利要求 2 所述的永磁式旋转机械,其特征在于,在转子的主磁极部或者辅助磁极部的至少一方,设置有在转子的径方向长的铆接部。

6. 根据权利要求 3 所述的永磁式旋转机械,其特征在于,在转子的主磁极部或者辅助磁极部的至少一方,设置有在转子的径方向长的铆接部。

7. 根据权利要求 4 至 6 中任一项所述的永磁式旋转机械,其特征在于,在转子的径方向长的铆接部相比铆接销插入孔或者通路孔被设置在外周侧。

8. 根据权利要求 1 至 6 中任一项所述的永磁式旋转机械,其特征在于,在第二外周面,在与磁铁插入孔的外周侧端壁对向的位置上形成有凹部。

9. 一种永磁式旋转机械,其具备定子和转子,在转子上,从与轴方向成直角的截面来看,在圆周方向交互地配置有主磁极和辅助磁极,在主磁极部,沿转子的轴方向设置有插入了永久磁铁的磁铁插入孔,还在转子上,沿转子的轴方向设置有插入了旋转轴的旋转轴插入孔、插入了铆接销的铆接销插入孔和通路孔,其特征在于,

转子的外周面从与轴方向成直角的截面来看,由第一外周面和第二外周面构成,该第一外周面与主磁极部的 d 轴交叉,并具有在外周方向形成为突状的第一曲线形状,该第二外周面与辅助磁极部的 q 轴交叉,并具有在外周方向形成为突状的第二曲线形状,

第一外周面的第一曲线形状形成为以 d 轴上的转子的中心为曲率中心、具有半径 R_d 的圆弧形状,第二外周面的第二曲线形状形成为以 q 轴上的、从转子的中心向与该第二外周面相反侧离开的点为曲率中心、具有比半径 R_d 大的半径 R_q 的圆弧形状,使得第二外周面和

定子的内周面之间的距离的最大值大于第一外周面和定子的内周面之间的距离的最大值，
铆接销插入孔在转子的主磁极部，相比磁铁插入孔被设置在外周侧，
通路孔被设置在转子的辅助磁极部，
永久磁铁以在磁铁插入孔和永久磁铁之间形成间隙的方式被插入磁铁插入孔，
铆接销以在铆接销插入孔和铆接销之间形成间隙的方式被插入铆接销插入孔。

10. 根据权利要求 9 所述的永磁式旋转机械，其特征在于，在转子的主磁极部或者辅助磁极部的至少一方，设置有在转子的径方向长的铆接部。

11. 根据权利要求 10 所述的永磁式旋转机械，其特征在于，在转子的径方向长的铆接部相比铆接销插入孔或者通路孔被设置在外周侧。

12. 根据权利要求 9 至 10 中任一项所述的永磁式旋转机械，其特征在于，在第二外周面，在与磁铁插入孔的外周侧端壁对向的位置上形成有凹部。

13. 一种压缩机，具有电动机，其特征在于，使用了权利要求 1 至 12 中任一项所述的永磁式旋转机械作为电动机。

14. 一种汽车，其安装了电动机，其特征在于，使用了权利要求 1 至 12 中任一项所述的永磁式旋转机械作为电动机。

永磁式旋转机械

技术领域

[0001] 本发明涉及一种永久磁铁被插入设置在转子上的磁铁插入孔中的永磁式旋转机械,特别是涉及一种降低在转子轴插入孔插入旋转轴时的影响的技术。

背景技术

[0002] 作为驱动被设置在空气调节机(空调设备)或者电冰箱等的压缩机的电动机,使用具备在磁铁插入孔中插入了永久磁铁的转子的永磁式电动机(被称为“永久磁铁埋入式电动机(Interior Permanent Motor:IPM Motor)”)。

[0003] 在永磁式电动机,具备:有齿的定子和、经由齿的前端面和间隙可旋转地被配置的转子。以往,公知有 JP 特开平 7-236239 号公报记载的永磁式电动机。这种以往的永磁式电动机的转子 850 如图 11 所示。图 11 是转子 850 的与轴方向成直角的横截面图。

[0004] 转子 850 是层叠多张电磁钢板而形成的。转子 850 的外周面由构成磁极的凸极部 850A1 ~ 850A4 和、凹部 850B1 ~ 850B4 构成。在转子 850 设置有旋转轴插入孔 859、磁铁插入孔 851a ~ 851d、铆接销插入孔 855a ~ 855d、铆接部(interlock)857ab ~ 857da、通路孔 858ab ~ 858da。

[0005] 具有大于旋转轴插入孔 859 的内径的外径(具有过盈量)的旋转轴 860,通过“热压配合方法”或者“压配合方法”而被插入旋转轴插入孔 859。“热压配合方法”是通过加热转子 850 而扩大了旋转轴插入孔 859 的内径之后,将旋转轴 860 插入旋转轴插入孔 859 的方法。“压配合方法”是通过用强力的力量推旋转轴 860,将旋转轴 860 插入旋转轴插入孔 859 的方法。

[0006] 永久磁铁 852a ~ 852d 通过压配合方法被插入磁铁插入孔 851a ~ 851d。

[0007] 用于一体化层叠了的电磁钢板的铆接销 856a ~ 856d 被插入铆接销插入孔 855a ~ 855d。

[0008] 作为铆接部 857ab ~ 857da,设置有在圆周方向长的铆接部。铆接部 857ab ~ 857da 是在层叠电磁钢板时用于固定电磁钢板的。

[0009] 通路孔 858ab ~ 858da 作为油通路来使用。

[0010] 在图 11 所示的现有例的转子 850 中,旋转轴 860 通过“热压配合方法”或者“压配合方法”而被插入转子 850 的旋转轴插入孔 859。因此,若将旋转轴 860 插入旋转轴插入孔 859,则旋转轴插入孔 859 的内周面被旋转轴 860 挤压,转子 850 的外径如图 11 的虚线所示那样地扩大。若转子 850 的外径扩大,则定子绕线的感应电压所包含的高次谐波成分增加,由高次谐波成分引起的铁损也增加。因此,电动机的性能会降低。此外,当因转子 850 的外径扩大,而使定子的内周面和转子的外周面之间的间隙不均匀地变窄时,声音和振动会增加。

[0011] 进而,在现有例的转子 850 中,永久磁铁 852a ~ 852d 通过压配合方法被插入磁铁插入孔 851a ~ 851d。因此,扩大转子外径的应力会施加给永久磁铁 852a ~ 852d,从而有可能导致永久磁铁 852a ~ 852d 破碎或者裂口。特别是使用“热压配合方法”将旋转轴 860

插入旋转轴插入孔 859 时,因转子 850 的热膨胀率和永久磁铁 852a ~ 852d 的热膨胀率的差异而产生的应力也会施加给永久磁铁 852a ~ 852d。因此,导致永久磁铁 852a ~ 852d 破碎或者裂口的可能性更高。

[0012] 另外,为了降低施加给永久磁铁 852a ~ 852d 的应力,若使过盈量 (= 旋转轴的外径 - 旋转轴插入孔的内径) 减小,则恐怕旋转轴 860 会空转。

[0013] 发明内容

[0014] 本发明是鉴于上述问题而提出的,目的在于提供一种降低将具有大于旋转轴插入孔的内径的外径的旋转轴插入旋转轴插入孔时的影响的技术。

[0015] 一种永磁式旋转机械,其具备定子和转子,在转子上,从与轴方向成直角的截面来看,在圆周方向交互地配置有主磁极和辅助磁极,在主磁极,沿转子的轴方向设置有插入了永久磁铁的磁铁插入孔,还在转子上,沿转子的轴方向设置有插入了旋转轴的旋转轴插入孔和插入了铆接销的铆接销插入孔,在旋转轴插入孔插入具有比旋转轴插入孔的内径大的外径的旋转轴,其特征在于,转子的外周面从与轴方向成直角的截面来看,由第一外周面和第二外周面构成,该第一外周面与主磁极部的 d 轴交叉,并具有在外周方向形成为突状的第一曲线形状,该第二外周面与辅助磁极部的 q 轴交叉,并具有在外周方向形成为突状的第二曲线形状,第一外周面的第一曲线形状形成为以 d 轴上的转子的中心为曲率中心、具有半径 R_d 的圆弧形状,第二外周面的第二曲线形状形成为以 q 轴上的、从转子的中心向与该第二外周面相反侧离开的点为曲率中心、具有比半径 R_d 大的半径 R_q 的圆弧形状,使得第二外周面和定子的内周面之间的距离的最大值大于第一外周面和定子的内周面之间的距离的最大值,铆接销插入孔被设置在辅助磁极上,永久磁铁以在磁铁插入孔和永久磁铁之间形成间隙的方式被插入磁铁插入孔,铆接销以在铆接销插入孔和铆接销之间形成间隙的方式被插入铆接销插入孔。

[0016] 一种永磁式旋转机械,其具备定子和转子,在转子上,从与轴方向成直角的截面来看,在圆周方向交互地配置有主磁极和辅助磁极,在主磁极部,沿转子的轴方向设置有插入了永久磁铁的磁铁插入孔,还在转子上,沿转子的轴方向设置有插入了旋转轴的旋转轴插入孔、插入了铆接销的铆接销插入孔和、通路孔,其特征在于,转子的外周面从与轴方向成直角的截面来看,由第一外周面和第二外周面构成,该第一外周面与主磁极部的 d 轴交叉,并具有在外周方向形成为突状的第一曲线形状,该第二外周面与辅助磁极部的 q 轴交叉,并具有在外周方向形成为突状的第二曲线形状,第一外周面的第一曲线形状形成为以 d 轴上的转子的中心为曲率中心、具有半径 R_d 的圆弧形状,第二外周面的第二曲线形状形成为以 q 轴上的、从转子的中心向与该第二外周面相反侧离开的点为曲率中心、具有比半径 R_d 大的半径 R_q 的圆弧形状,使得第二外周面和定子的内周面之间的距离的最大值大于第一外周面和定子的内周面之间的距离的最大值,铆接销插入孔在转子的主磁极部,相比磁铁插入孔被设置在外周侧,通路孔被设置在转子的辅助磁极部,永久磁铁以在磁铁插入孔和永久磁铁之间形成间隙的方式被插入磁铁插入孔,铆接销以在铆接销插入孔和铆接销之间形成间隙的方式被插入铆接销插入孔。

[0017] 本发明以具有定子和转子的永磁式旋转机械为对象,其中,该转子设置有插入了永久磁铁的磁铁插入孔和、插入了旋转轴的旋转轴插入孔。在转子上,在圆周方向交互地配置有主磁极部和辅助磁极部。在主磁极部设置有磁铁插入孔。由此,能够利用由永久磁铁

的磁通所产生的磁转矩、和由辅助磁极部的凸极性所产生的磁阻转矩这两者。转子由层叠了多张电磁钢板的层叠体构成。

[0018] 在一个发明中,旋转轴的外径形成得比旋转轴插入孔的内径大。作为将具有大于旋转轴插入孔的内径的外径的旋转轴插入旋转轴插入孔的方法,典型地使用“压配合方法”或者“热压配合方法”。

[0019] 永久磁铁以在磁铁插入孔和永久磁铁之间形成间隙的方式被插入磁铁插入孔。典型地是通过“间隙配合法”插入。例如,将永久磁铁的与轴方向成直角的截面的外周形状形成得比磁铁插入孔的与轴方向成直角的截面的内周形状小。此时,以至少在转子的径方向形成间隙的方式形成永久磁铁的外周形状或者磁铁插入孔的内周形状。

[0020] 由此,将旋转轴插入旋转轴插入孔时产生的、起到扩大转子的主磁极部的外径的作用的应力,由磁铁插入孔和永久磁铁之间的间隙吸收。因此,能够在降低转子的主磁极部的外径的扩大量的同时,防止永久磁铁破碎或者裂口。

[0021] 铆接销插入孔被设置在辅助磁极部。并且,铆接销以在铆接销插入孔和铆接销之间形成间隙的方式被插入铆接销插入孔。典型地通过“间隙配合法”插入。例如,铆接销的外周形状(典型地是外径)形成得比铆接销插入孔的内周形状(典型地是内径)小。此时,以至少在转子的径方向形成间隙的方式形成铆接销的外周形状或者铆接销插入孔的内周形状。铆接销用于使层压了的电磁钢板的层叠体一体化。

[0022] 由此,将旋转轴插入旋转轴插入孔时产生的、起到扩大转子的辅助磁极部的外径的作用的应力,由铆接销插入孔和铆接销之间的间隙吸收。因此,能够降低转子的辅助磁极部的外径的扩大量。

[0023] 此外,在直接连接转子的内周面和转子的外周面的辅助磁极部,由于用铆接销使转子一体化,所以能够提高转子的强度。

[0024] 在一个发明中,在辅助磁极部,通路孔也可以被设置在转子的轴方向。通路孔,典型地由在旋转轴的轴方向连通的孔构成。通路孔可以用作让压缩机的冷却介质或者润滑油等介质流过的通路。冷却介质也包括空气。

[0025] 此时,起到扩大转子的辅助磁极部的外径的作用的应力,由铆接销插入孔与铆接销之间的间隙以及通路孔的空间吸收。因此能够更进一步减低转子的辅助磁极部的外径的扩大量。

[0026] 在辅助磁极部设置铆接销插入孔和通路孔时,优选将通路孔设置在铆接销插入孔的内周侧。

[0027] 此时,因为起到扩大转子的辅助磁极部的外径的作用的应力,首先由通路孔的空间吸收,所以能够有效地降低转子的辅助磁极部的外径的扩大量。

[0028] 此外,通过在内周侧设置通路孔,与在外周侧设置了通路孔的情况比较,作用于在通路孔内流动的介质的离心力(流体阻力)会被降低。因此,介质能够容易地流过通路孔内。

[0029] 在其他的发明中,旋转轴的外径,形成得比旋转轴插入孔的内径大。作为将具有比旋转轴插入孔的内径大的外径的旋转轴插入旋转轴插入孔的方法,典型地使用“压配合方法”或者“热压配合方法”。

[0030] 在主磁极部设置有磁铁插入孔和铆接销插入孔。铆接销插入孔相比磁铁插入孔被

设置在外周侧。并且,铆接销以在铆接销插入孔和铆接销之间形成间隙的方式被插入铆接销插入孔。并且,在铆接销插入孔中,铆接销以在铆接销插入孔和铆接销之间形成间隙的方式被插着。典型地使用“间隙配合法”插入。

[0031] 由此,将旋转轴插入旋转轴插入孔时产生的、起到扩大转子的主磁极部的外径的作用的应力,由磁铁插入孔和永久磁铁之间的间隙、铆接销插入孔和铆接销之间的间隙吸收。因此,能够在降低转子的主磁极部的外径的扩大量的同时,防止永久磁铁破碎或者裂口。

[0032] 在由层叠了多张电磁钢板的层叠体构成转子时,主磁极部的、相比磁铁插入孔在外周侧的位置有时在轴方向膨胀,而使轴方向的长度变长。在本发明中,在主磁极部的、相比磁铁插入孔在外周侧的位置,通过铆接销而将转子一体化,所以能够抑制主磁极部的、相比磁铁插入孔在外周侧的位置在轴方向膨胀,并能防止轴方向的长度变长。

[0033] 此外,在本发明中,由于在主磁极部的、相比磁铁插入孔的外周侧设置了铆接销插入孔以及铆接销,所以主磁极部的外周侧的磁阻变大。由此,能够降低流到主磁极部的外周侧的、成为声音和振动产生的原因的磁通。

[0034] 在辅助磁极部设置有通路孔。通路孔典型地由在旋转轴的轴方向连通的孔构成。通路孔可以用作让压缩机的冷却介质或者润滑油等介质流过的通路。

[0035] 由此,将旋转轴插入旋转轴插入孔时产生的、起到扩大转子的辅助磁极部的外径的作用的应力,由通路孔的空间吸收。因此,能够降低转子的辅助磁极部的外径的扩大量。

[0036] 在上述一个发明以及其他的发明中,在主磁极部和辅助磁极部的至少一方,设置有在转子的径方向长的铆接部(interlock)。铆接部在层叠电磁钢板形成层叠体时,用于固定电磁钢板。铆接部,通过加工电磁钢板而形成,并形成具有凹凸部的凸起状的楔形。在转子的径方向长的铆接部,典型地是从转子内周侧向转子外周侧以及从转子外周侧向转子内周侧、在轴方向倾斜的楔状的凸起。

[0037] 由此,起到扩大转子的主磁极部或者辅助磁极部的外径作用的应力,也由铆接部的倾斜部吸收。因此,能够进一步降低转子的主磁极部或者辅助磁极部的外径的扩大量。

[0038] 将在转子的径方向长的铆接部设置在主磁极部时,优选设置在主磁极部的相比磁铁插入孔的外周侧。通过将铆接部设置在相比磁铁插入孔的外周侧,能够提高主磁极部的外周侧的磁阻。因此,能够降低流到主磁极部的外周侧的、成为声音和振动产生的原因的磁通。

[0039] 优选铆接部相比铆接销插入孔或者通路孔被设置在外周侧。

[0040] 由于定子的槽(slot)、或者由于PWM(脉冲宽度调制)控制方式的反相器的使用,高频磁通会流到转子的外周部。如果高频磁通流到转子的外周部,则铁损会增加而电动机特性会降低。该高频磁通能够通过提高转子的外周部的磁阻来降低。

[0041] 铆接部通过使电磁钢板变形而被形成。因此,设置了铆接部时的磁阻的增加量,大于设置了铆接销插入孔或者通路孔时的磁阻的增加量。因此,通过在相比铆接销插入孔或者通路孔在外周侧设置铆接部,从而能够有效地降低由流到转子的外周部的高频磁通而导致的铁损。

[0042] 此外,为了避免由转子的离心力产生的影响等,优选避开在转子的外周部配置部件。铆接部不需要附加部件。因此,在转子的外周部设置了铆接部时,由转子的离心力产生

的影响少。

[0043] 上述的应力对辅助磁极部的影响比对配置了永久磁铁的主磁极部的影响大。因此,也存在起到扩大转子的辅助磁极部的外径的作用的应力仅由铆接销插入孔与铆接销之间的间隙、通路孔的空间、铆接部不能吸收的情况。此时,转子的辅助磁极部的外周面与定子的内周面之间的间隙(缝隙)变窄,转子的外周面与定子的内周面之间的间隙不均匀地变窄。如果转子的外周面与定子的内周面之间的间隙不均匀地变窄,会产生齿槽转矩,从而会产生声音或者振动。

[0044] 因此,转子的外周面由与主磁极部的 d 轴交叉的、具有第一曲线形状的第一外周面和、与辅助磁极部的 q 轴交叉的、具有第二曲线形状的第二外周面构成,并且,优选以第二外周面与定子的内周面之间的间隙的最大值大于第一外周面与定子的内周面之间的间隙的最大值的方式形成第一以及第二曲线形状。第一以及第二曲线形状在外周方向形成为突状。

[0045] 主磁极部的 d 轴是连接转子的中心和主磁极部的圆周方向中心的线,辅助磁极部的 q 轴是连接转子的中心和辅助磁极部的中心的线。定子的内周面典型地就是被设置在定子上的齿的前端面(齿前端面)。

[0046] 由此,能够防止因将旋转轴插入旋转轴插入孔时产生的应力使辅助磁极部的外周面和定子的内周面之间的间隙(缝隙)变窄。

[0047] 第一以及第二曲线形状能够形成为适合形状。

[0048] 第一以及第二外周面的宽度或者、第一以及第二外周面与定子的内周面之间的间隙的最大值被适当地设定。

[0049] 此外,通过由与 d 轴交叉的第一外周面和与 q 轴交叉的第二外周面构成的转子的外周面,从而能够抑制磁通在第一外周面与第二外周面的交界部急剧变化。由此,能够抑制定子绕线的感应电压所包含的高次谐波成分的增加。因此,能够提高基于定子绕线的输入电压和输入电流的转子的位置检测精度。

[0050] 典型地,第一曲线形状形成为中心在 d 轴上的圆弧形,第二曲线形状形成为中心在 q 轴上的曲线形状。第一曲线形状以及第二曲线形状既可以形成为具有相同的中心的圆弧形,也可以形成为具有不同中心的圆弧形。形成为具有不同中心的圆弧形时,第二曲线的曲率半径被设定为大于第一曲线形状的曲率半径。

[0051] 由此,转子的制造变得容易。此外,能够有效地抑制磁通在第一外周面与第二外周面的交界部急剧变化。

[0052] 在上述一个发明以及其他的发明中,在转子的外周面,可以在与磁铁插入孔的外周侧端壁对向的位置上形成有凹部。

[0053] 转子的外周面由具有第一曲线形状的第一外周面和具有第二曲线形状的第二外周面构成时,凹部形成于第二外周面。

[0054] 通过在与磁铁插入孔的外周侧端壁对向的位置形成凹部,能够抑制从永久磁铁所产生的磁通经由定子的齿而被短路。由此,能够降低由磁通的短路引起的齿槽转矩。

[0055] 本发明的永磁式旋转机械,能够适于驱动压缩机的电动机、安装在汽车上的电动机。

[0056] 如果使用本发明的永磁式旋转机械,能够降低将具有大于旋转轴插入孔的内径的

外径的旋转轴插入旋转轴插入孔时产生的、起到扩大转子的辅助磁极部的外径的作用的应力带来的影响。例如,能够降低转子的外径的扩大量此外,能够防止永久磁铁破碎或者裂口。由此,能够提高性能。

附图说明

- [0057] 图 1 是使用了本发明的永磁式旋转机械的压缩机的一个例子的纵向截面图。
[0058] 图 2 是本发明的永磁式旋转机械的转子的纵向截面图。
[0059] 图 3 是第一实施例的永磁式旋转机械的定子以及转子的横截面图。
[0060] 图 4 是第一实施例的永磁式旋转机械的转子的横截面图。
[0061] 图 5 是第二实施例的永磁式旋转机械的转子的横截面图。
[0062] 图 6 是第三实施例的永磁式旋转机械的转子的横截面图。
[0063] 图 7 是第四实施例的永磁式旋转机械的转子的横截面图。
[0064] 图 8 是第五实施例的永磁式旋转机械的转子的横截面图。
[0065] 图 9 是第六实施例的永磁式旋转机械的转子的横截面图。
[0066] 图 10 是第七实施例的永磁式旋转机械的转子的横截面图。
[0067] 图 11 是现有例的转子的横截面图。

具体实施方式

[0068] 以下,参照附图说明本发明的实施例。以下,针对采用本发明的永磁式旋转机械作成永久磁铁埋入式电动机的结构进行说明。

[0069] 图 1、图 2 表示使用了本发明的永久磁铁埋入式电动机(以下称为“永磁式电动机”)的压缩机。图 1 是压缩机 10 的纵向剖面图。图 2 是图 1 所示的永磁式电动机 30 的转子 50 的纵向剖面图。

[0070] 压缩机 10 由压缩机构部 20、永磁式电动机 30、储液器(accumulator)70 等构成。压缩机构部 20 和永磁式电动机 30 被配置在密闭容器 11 内。在密闭容器 11 设置有吸入管 71 和排出管 12。

[0071] 储液器 70 分离冷却介质(例如冷却气体)和润滑油。由储液器 70 分离的冷却介质经由吸入管 71 被返回至压缩机构部 20。此外,由储液器 70 分离的润滑油被返回至润滑油存留处 25。

[0072] 压缩机构部 20 具有气缸 21、和由旋转轴 60 驱动的偏心转子 22。压缩机构部 20 利用偏心转子 22 的旋转在气缸 21 内压缩从吸入管 71 吸入的冷却介质。

[0073] 在压缩机构部 20 被压缩的冷却介质通过形成在永磁式电动机 30 的定子 40 的通路(孔、切口)、形成在转子 50 上的通路孔、定子 40 与转子 50 之间的间隙(缝隙)等,从排出管 12 被排出。

[0074] 此外,利用旋转轴 60 的旋转,被存留在润滑油存留处 25 的润滑油被供给到压缩机构部 20 的滑动部。润滑过各滑动部的润滑油,被返回到润滑油存留处 25。

[0075] 在图 1 所示的压缩机 10 中,冷却介质和润滑油混在了一起的介质从排出管 12 被排出。

[0076] 永磁式电动机 30 具有定子 40 和转子 50。

[0077] 本实施方式的定子 40 是由层叠了多张薄板状的电磁钢板的层叠体而构成的。在定子 40 上,如图 3 所示,在内周侧形成有齿 42,在外周侧形成有凹部 44。定子 40 的外周形状被适当地确定。在齿 42 的前端部,在圆周方向的两侧设置有齿端部 42b、42c。并且,在与转子 50 的外周面对向的一侧,在齿端部 42b 和 42c 之间设置有齿前端面 42a。

[0078] 利用定子 40 的相邻的齿 42,形成有槽 43。并且,在槽 43 内,收容定子线圈 41(参照图 1)。定子线圈 41,通过例如分布卷绕方式或者集中卷绕方式而被收容在槽 43 内。

[0079] 定子 40 的凹部 44,形成让在压缩机构部 20 被压缩的冷却介质通过的通路。

[0080] 转子 50 为筒形并且可旋转地被配置在定子 40 的内周侧。此时,转子 50 的外周面和定子 40 的内周面(齿前端面 42a)之间的间隙(缝隙)被设定在规定范围内。

[0081] 转子 50 是由层叠了多张薄板状的电磁钢板的层叠体而构成的。如图 2 所示,在转子 50,沿转子 50 的轴方向形成有旋转轴插入孔 59、磁铁插入孔 51、铆接销插入孔 55。另外,虽然图 2 中没有表示,但是在本实施例的转子 50 中,通路孔(例如图 4 的 58ab、58da)沿转子 50 的轴方向被形成。

[0082] 在旋转轴插入孔 59 插入有旋转轴 60。在本实施例中,旋转轴 60 的外径形成得比旋转轴插入孔 59 的内径大。此时,旋转轴 60 的外径与旋转轴插入孔 59 的内径的差(旋转轴 60 的外径 - 旋转轴插入孔 59 的内径)称为“过盈量”。作为将具有大于旋转轴插入孔 59 的内径的外径的旋转轴 60 插入旋转轴插入孔 59 的方法,典型地使用“压配合方法”或者“热压配合方法”。

[0083] 在“热压配合方法”,通过加热转子 50 而使转子 50 膨胀,来扩大旋转轴插入孔 59 的内径。然后,将旋转轴 60 插入旋转轴插入孔 59。其后,冷却转子 50,由此使转子 50 收缩,从而缩小旋转轴插入孔 59 的内径。由此,旋转轴 60 被牢固地安装到旋转轴插入孔 59 中。在“压配合方法”中,通过给旋转轴 60 施加强力,将旋转轴 60 插入旋转轴插入孔 59。

[0084] 在磁铁插入孔 51 插入有永久磁铁 52。

[0085] 在层叠体的轴方向两端部配置有端板 54。并且,利用被插入到铆接销插入孔 55 的铆接销 56,层叠体和端板 54 被一体化。

[0086] 54a 是用于调整转子 50 的平衡的平衡块(balance weight)。

[0087] 另外,在各电磁钢板,在层叠各电磁钢板时,形成用于固定各电磁钢板的铆接部。

[0088] 接着,下面说明本发明的永磁式电动机的转子的各实施例。

[0089] 此外,在以下的各实施例中,针对磁极数为 4(极对数为 2)的转子进行说明。并且,使用图 1 和图 3 所示的结构定子 40。

[0090] 另外,转子从与轴方向成直角的横截面图来看,在圆周方向交互配置设置有磁铁插入孔的主磁极部和辅助磁极部。下面,用主磁极部 a、b、c、d 表示各主磁极部,用辅助磁极部 ab、bc、cd、da 表示各辅助磁极部。并且,对在各主磁极部设置的要素标注标记 a ~ d 或 A ~ D,对在辅助磁极部设置的要素标注标记 ab ~ da 或 AB ~ DA。另外,由于各主磁极部和各辅助磁极部的结构相同,所以,在下面,主要针对主磁极部 a 的结构和在主磁极部 a 的圆周方向两侧配置的辅助磁极部 ab、da 的结构进行说明。通过在圆周方向交互配置主磁极部和辅助磁极部,从而能够利用由永久磁铁的磁通所产生的磁转矩(magnet torque)、和由辅助磁极部的凸极性所产生的磁阻转矩这两者。通过调整辅助磁极部 ab ~ da 的磁通通路宽度,从而能调整磁阻转矩。

[0091] 另外,将连接旋转轴插入孔的中心(转子的中心)和主磁极部的圆周方向中心的线表示为“主磁极部的中心线”或者“d轴”,将连接旋转轴插入孔的中心(转子的中心)和辅助磁极部的圆周方向中心的线表示为“辅助磁极部的中心线”或者“q轴”。

[0092] [第一实施例]

[0093] 图3以及图4表示第一实施例的永磁式旋转机械的转子50。图3以及图4是本实施例的转子50的、与轴方向成直角的横截面图。

[0094] 在转子50的中央部设置有旋转轴插入孔59。转子50的外周面,由与主磁极部a~d对应的、具有第一曲线形状的第一外周面50A~50D和、与辅助磁极部ab~da对应的、具有第二曲线形状的第二外周面50AB~50DA构成。关于第一外周面50A~50D、第二外周面50AB~50DA的曲线形状在后面叙述。

[0095] 在转子50的主磁极部a~d设置有梯形形状的磁铁插入孔51a1~51d1。梯形形状以在转子50的内周方向成为突状(在外周方向为凹状)的方式被形成。

[0096] 磁铁插入孔51a1插入有永久磁铁。在本实施例中,在梯形形状的磁铁插入孔51a1插入有3个、与轴方向成直角的截面形状为长方形的板状的永久磁铁52a1~52a3。在磁铁插入孔51a1形成有向内侧突出的突部51a3、51a5。通过该突部51a3、51a5来限制在磁铁插入孔51a1内的永久磁铁52a1~52a3的位置。

[0097] 在本实施例中,永久磁铁52a1~52a3以在磁铁插入孔51a1与永久磁铁52a1~52a3之间形成有间隙的方式被插入磁铁插入孔51a1。

[0098] 作为以在磁铁插入孔51a1与永久磁铁52a1~52a3之间形成有间隙的方式将永久磁铁52a1~52a3插入磁铁插入孔51a1的方法,典型地使用“间隙配合法”。例如,在将永久磁铁52a1~52a3插入磁铁插入孔51a1时,以在磁铁插入孔51a1与永久磁铁52a1~52a3之间形成间隙的方式来设定磁铁插入孔51a1的、与轴方向成直角的截面的内周形状或者永久磁铁52a1~52a3的、与轴方向成直角截面的外周形状。磁铁插入孔51a1与永久磁铁52a1~52a3之间的间隙,至少在转子50的径方向形成即可。

[0099] 作为永久磁铁,采用铁氧体磁铁或者稀土类磁铁等。此外,从制造的容易性的观点来看,虽然优选使用与轴方向成直角截面形状为长方形的板状的永久磁铁,但是也可以使用不同形状的永久磁铁。此外,也可以适当地选择插入磁铁插入孔的永久磁铁的个数。

[0100] 使用“间隙配合法”时,与使用“压配合方法”或“热压配合方法”的情况相比,能够更简单地将永久磁铁52a1~52a3插入磁铁插入孔51a1。由此,永久磁铁52a1~52a3不会破损或裂口。此外,也不需要特别的设备。

[0101] 在将旋转轴60插入旋转轴插入孔59时产生的、起到扩大主磁极部a的外径的作用的应力,由磁铁插入孔51a1和永久磁铁52a1~52a3之间的间隙吸收。这样,通过在磁铁插入孔51a1与永久磁铁52a1~52a3之间形成间隙,能够减低主磁极部a的外径的扩大量。

[0102] 另外,上述的应力就发生在将旋转轴插入了旋转轴插入孔的状态。在本说明书中,记载的“在将旋转轴插入旋转轴插入孔时产生的应力”包含“在将旋转轴插入了旋转轴插入孔的状态产生的应力”的情况。

[0103] 永久磁铁52a1~52a3的与轴方向成直角的截面的面积影响磁转矩的大小。因此,优选在能够减低主磁极部a的外径的扩大量的范围内,将磁铁插入孔51a1与永久磁铁

52a1 ~ 52a3 之间的间隙尽可能设定得窄。

[0104] 另外,被插入主磁极部 a ~ d 的磁铁插入孔 51a1 ~ 51d1 中的永久磁铁,以相邻的主磁极部彼此为异极的方式被磁化。即,以 N 极的主磁极部和 S 极的主磁极部在圆周方向交互配置的方式被磁化。

[0105] 另外,作为磁化永久磁铁的方法,例如可以使用在转子 50 的旋转轴插入孔 59 插入了旋转轴 60 之后,给和转子 50 对向的定子 40 的定子线圈 41 通以着磁用电流的方法。

[0106] 在磁铁插入孔 51a 的、转子的外周侧的端壁(外周侧端壁)51a2、51a4 与转子 50 的外周面(在图 4 中为第二外周面 50DA、50AB)之间,设置有空隙(非磁性区域)51a6、51a7。空隙 51a6、51a7,由切割了孔和外周面 50DA、50AB 的凹部而形成。此外,在空隙部 51a6、51a7 也可以填充非磁性材料。

[0107] 在磁铁插入孔 51a1 的外周侧端壁 51a2、51a4 和空隙部 51a6、51a7 之间设置有桥 53a1、53a3。此外,在空隙部 51a6、51a7 和转子 50 的第二外周面 50DA、50AB 之间,设置有桥 53a2、53a4。

[0108] 通过在磁铁插入孔 51a1 的外周侧端壁 51a2、51a4 和转子 50 的外周面之间设置空隙部 51a6、51a7,能够防止被插入到磁铁插入孔 51a1 中的永久磁铁的磁通发生泄漏。

[0109] 此外,通过在磁铁插入孔 51a1 的外周侧端壁 51a2、51a4 和转子 50 的外周面之间设置有桥 53a1 ~ 53a4,能够提高转子 50 相对于离心力的强度。

[0110] 空隙部 51a6、51a7 的形状和形成方法是可以适当变更的。例如也可以省略桥 53a1、53a3,以在转子外周侧形成空隙的方式设置定位永久磁铁 52a2、52a3 的定位部。作为定位部,可以设置和突部 51a3、51a5 相同的突部。

[0111] 此外,在主磁极部 a,相比磁铁插入孔 51 在外周侧,设置有铆接销插入孔 55a。铆接销插入孔 55a 被配置在主磁极部 a 的中心线(d 轴)上。在铆接销插入孔 55a,插入有用于使上述的层叠体和端板 54 一体化的铆接销 56a。

[0112] 在本实施例中,铆接销 56a 以在铆接销插入孔 55a 和铆接销 56a 之间形成间隙的方式被插入铆接销插入孔 55a。

[0113] 作为将铆接销 56a 以在铆接销插入孔 55a 和铆接销 56a 之间形成间隙的方式插入铆接销插入孔 55a 的方法,典型地使用“间隙配合法”。例如,铆接销 56a 被插入铆接销插入孔 55a 时,以在铆接销插入孔 55a 和铆接销 56a 之间形成间隙的方式来设定铆接销插入孔 55a 的、与轴方向成直角的截面的内周形状或者铆接销 56a 的、与轴方向成直角的截面的外周形状。典型地,铆接销 56a 的外径设定得比铆接销插入孔 55a 的内径小。

[0114] 将旋转轴 60 插入旋转轴插入孔 59 时产生的、起到扩大主磁极部 a 的外径作用的应力,被铆接销插入孔 55a 和铆接销 56a 之间的间隙被吸收。这样,通过在铆接销插入孔 55a 和铆接销 56a 之间形成间隙,能够减低主磁极部 a 的外径的扩大量。

[0115] 优选在能够减低主磁极部 a 的外径的扩大量的范围内,将铆接销插入孔 55a 和铆接销 56a 之间的间隙尽可能设定得窄。

[0116] 铆接销插入孔 55a 和铆接销 56a 之间的间隙至少可以在转子 50 的径方向形成。

[0117] 利用层叠了多张电磁钢板的层叠体构成转子时,主磁极部 a 的、相比磁铁插入孔 51a1 在外周侧的位置存在轴方向膨胀,而使轴方向的长度变长。在本实施例中,在主磁极部 a 的、相比磁铁插入孔 51a1 在外周侧的位置,由铆接销 56a 将转子一体化。由此,能够抑制

主磁极部 a 的、相比磁铁插入孔 51a1 在外周侧的位置在轴方向发生膨胀,防止轴方向的长度变长。

[0118] 此外,由于相比磁铁插入孔 51a1 在外周侧设置有铆接销插入孔 55a 以及铆接销 56a,所以能够提高相比磁铁插入孔 51a1 在外周侧的磁阻。由此,能够减低流过磁铁插入孔 51a1 的外周侧的、成为声音或振动的发生原因的磁通。

[0119] 此外,在主磁极部 a,相比磁铁插入孔 51a1 以及铆接销插入孔 55a 在外周侧设置有铆接部 57a1、57a2。铆接部 57a1、57a2,相对于主磁极部 a 的中心轴 (d 轴),被设置在圆周方向的两侧(线对称)。铆接部 57a1、57a2,在层叠多张电磁钢板时,用于固定各电磁钢板。通常,铆接部通过加工电磁钢板而形成。铆接部例如由具有凹凸部的突起构成。

[0120] 在本实施例中,作为铆接部 57a1、57a2,设置有在转子的径方向长的铆接部。在转子的径方向长的铆接部,由从转子 50 的内周侧向外周侧以及从转子 50 的外周侧向内周侧并在轴方向倾斜的楔形的突起构成。

[0121] 将旋转轴 60 插入旋转轴插入孔 59 时发生的、起到扩大主磁极部 a 的外径的作用的应力,由在径方向长的铆接部 57a1、57a2 的倾斜部吸收。这样,通过在主磁极部 a 设置在转子的径方向长的铆接部 57a1、57a2,能够减低主磁极部 a 的外径的扩大量。

[0122] 在此,由于定子 40 的槽 43,或者由于 PWM 控制方式的反相器的使用,高频磁通会流经转子 50 的外周部。如果高频磁通流经转子 50 的外周部,则铁损增加而电动机特性会下降。该高频磁通能够通过提高转子外周部的磁阻来降低。

[0123] 但是,为了避免对转子 50 的离心力的影响等,优选避免在转子 50 的外周处配置部件。

[0124] 铆接部 57a1、57a2,通过加工电磁钢板而形成,因此,设置了铆接部 57a1、57a2 时磁阻的增加量大于设置了铆接销插入孔 55a 时磁阻的增加量。

[0125] 因此,将铆接部 57a1、57a2 设置在相比铆接销插入孔 55a 的外周侧时,与将铆接销插入孔 55a 设置在相比铆接部 57a1、57a2 的外周侧时相比,能够减低流经转子 50 的外周侧的高频磁通。通过减低高频磁通,也能够减低转子 50 的铁损。此外,铆接部不需要铆接销等其他部件。因此,在将铆接部 57a1、57a2 设置了在外周侧的情况,与将铆接销插入孔 55a 设置在了外周侧情况相比,对转子 50 的离心力的影响也会减低。

[0126] 此外,在本实施例中,铆接部 57a1、57a2 相对主磁极部 a 的中心线 (d 轴) 被配置在圆周方向的两侧。由此,不会因铆接部 57a1、57a2 而妨碍磁通向主磁极部 a 的中央部的集中。因此,能够防止电动机效率下降。

[0127] 在转子 50 的辅助磁极部 ab、da,通路孔 58ab、58da 被设置在转子 50 的内周侧。通路孔 58ab、58da,典型地是在轴方向贯通转子 50 的孔(贯通孔)。通路孔 58ab、58da 被设在辅助磁极部 ab、da 的中心线 (q 轴) 上。

[0128] 另外,在本说明书中,所述的“被设置在转子 50 的内周侧”的记载表示的是被设置在相比转子 50 的径方向的长度(转子内周面与外周面之间的距离)的中心的内周侧。此外,所述的“被设置在转子的外周侧”的记载表示的是被设置(被配置)在相比转子 50 的径方向的长度的中心的外周侧。

[0129] 通路孔 58ab、58da 用作流通冷却介质和润滑油等介质的通路。冷却介质也包括空气。

[0130] 将旋转轴 60 插入旋转轴插入孔 59 时发生的、起到扩大辅助磁极部 ab、da 的外径作用的应力,由通路孔 58ab、58da 的空间吸收。这样,通过在辅助磁极部 ab、da 设置通路孔 58ab、58da,能够减低辅助磁极部 ab、da 的外径的扩大量。

[0131] 此外,由于在转子 50 的内周侧设置通路孔 58ab、58da,所以作用于在通路孔 58ab 内流动的介质的离心力与在转子 50 的外周面设置了通路孔的情况相比要小。由此,通路孔 58ab、58da 内流动的介质的流体阻力被降低,从而介质能够容易地在通路孔 58ab、58da 内流动。

[0132] 如果转子的外径通过在将具有大于旋转轴插入孔的内径的外径的旋转轴插入旋转轴插入孔时所产生的应力而扩大,则转子的外周面与定子的内周面之间的间隙会变窄。

[0133] 如果转子的外周面与定子的内周面之间的间隙变窄,则流过间隙的磁通量会增加。此时,如果给永磁式电动机的定子绕线的供给电压的上限被确定了,则永磁式电动机的最大转数会下降。此外,以相同转数、相同转矩进行了比较的情况下,根据永磁式电动机的规格不同,会发生铁损增加,电动机性能恶化的问题。

[0134] 此外,如果由于转子的外径的扩大而导致定子绕线的感应电压紊乱,则流经转子的外周部的高频磁通会增加。如果流经转子的外周部的高频磁通增加,则铁损增加,电动机效率下降。

[0135] 此外,如果转子的外周面与定子的内周面之间的间隙不均匀地变窄,则可能产生声音或者震动。

[0136] 此外,根据状况不同,存在转子的外周面与定子的内周面可能接触的问题。

[0137] 由于在旋转轴 60 被插入旋转轴插入孔 59 时发生的应力所导致的转子的外径的扩大量,其中,辅助磁极部的外径比配置了永久磁铁的主磁极部的外径大。因此,可以认为利用被设置在辅助磁极部 ab、da 的通路孔 58ab、58da,不能充分吸收该应力。

[0138] 在此,对应辅助磁极部 ab、da 的外周面(和辅助磁极部 ab、da 的 q 轴交叉的外周面)50AB、50DA 的形状被形成为和对应主磁极部 a 的外周面(和主磁极部 a 的 d 轴交叉的外周面)50A 的形状不同的形状。在本实施例中,转子 50 的中心 O 和对应辅助磁极部 ab、da 的外周面 50AB、50DA 之间的距离的最大值被设定得小于转子 50 的中心 O 和对应主磁极部 a 的外周面 50A 之间的距离的最大值。即,外周面 50AB、50DA 和定子 40 的内周面(齿前端面 42a)之间的间隙(缝隙)g(参照图 3)的最大值被设定得大于外周面 50A 和定子 40 的内周面之间的间隙 g 的最大值。

[0139] 在本实施例中,对应主磁极部 a 的外周面 50A 的曲线形状被形成为在主磁极部 a 的中心线(d 轴)上具有曲率中心的圆弧形。在图 4 中,形成为以在主磁极部 a 的 d 轴上的、转子 50 的中心为曲率中心、半径为 R_d 的圆弧形。此外,对应辅助磁极部 ab 的外周面 50AB 的曲线形状被形成为在辅助磁极部 ab 的中心线(q 轴)上具有曲率中心的圆弧形。在图 4 中,形成为从在辅助磁极部 ab 的 q 轴上的、转子 50 的中心向和外周面 50AB 相反侧离开的点 P 为曲率中心、半径为 R_q 的圆弧形。在此,半径 R_q 被设定得大于半径 R_d ($R_q > R_d$)。即,转子 50 的外周面由与主磁极部 a ~ d 的 d 轴交叉的、具有第一曲线形状的第一外周面 50A ~ 50D 和、与辅助磁极部 ab ~ da 的 q 轴交叉的、具有第二曲线形状的第二外周面 50AB ~ 50DA 构成。

[0140] 这样,在本实施例中,对应辅助磁极部 ab、da 的外周面 50AB、50DA 和定子 40 的内

周面之间的间隙的最大值大于对应主磁极部 a 的外周面 50A 与定子 40 的内周面之间的间隙的最大值。由此,即使在由于应力而扩大了辅助磁极部 ab、da 的外径时,也能够防止转子 50 的外周面与定子 40 的内周面之间的间隙不均匀地变窄。因此,能够减低齿槽转矩,从而减低由齿槽转矩引起的声音和振动。

[0141] 关于外周面 50A 的宽度(用角度 θ 或者沿圆周方向的长度所表示)或者外周面 50AB 的幅度(用角度或者沿圆周方向的长度所表示)可以进行适当地选择。此时,以在对应于在圆周方向相邻的磁铁插入孔 51a1、51b1 的、在圆周方向相邻的外周侧端壁 51a4、51b2 的位置配置第二外周面 50AB 的方式,形成外周面 50A、50B 或者外周面 50AB。

[0142] 近年来,作为永磁式电动机的控制方式,使用无传感器控制方式。在该无传感器控制方式中,假定定子绕线的感应电压的波形为正弦波,利用输入电压和输入电流检测出转子的位置。在这种无传感器控制方式中,如果定子绕线的感应电动势的波形所包含的高次谐波成分变多,则转子的位置检测精度会降低。如果转子的位置检测精度降低,则不能进行最佳控制,会降低永磁式电动机的效率。

[0143] 在本实施例中,因为对应辅助磁极部 ab、da 的外周面 50AB、50DA 的曲率半径设定得大于对应主磁极部 a 的外周面 50A 的曲率半径,所以转子 50 的外周面在外周面 50A 和外周面 50AB、50DA 的交界部不急剧地变化。由此,外周面 50A 和外周面 50AB、50DA 的交界部,在通过配置了定子 40 的齿 42 的位置时,抑制了流到定子 40 的齿 42 的磁通的急剧的变化。通过抑制流到齿 42 的磁通的急剧的变化,减少了定子绕线的感应电压所包含的高次谐波成分。因此,即使使用无传感器控制方式,也能够进行最佳的控制,从而能够提高永磁式电动机的效率。

[0144] 在本实施例中,对应主磁极部 a ~ d 的 50A ~ 50D,与本发明的“和主磁极部的 d 轴交叉并具有在外周方向形成为突状的第一曲线形状的第一外周面”对应。此外,对应辅助磁极部 ab ~ da 的外周面 50AB ~ 50DA,与本发明的“和辅助磁极部的 q 轴交叉并具有在外周方向形成为突状的第二曲线形状的外周面”对应。

[0145] 另外,对应辅助磁极部 ab、da 的外周面 50AB、50DA 的曲线形状和对应主磁极部 a 的外周面 50A 的曲线形状不限于圆弧形。

[0146] 在本实施例中,永久磁铁 52a1 ~ 52a3,以在磁铁插入孔 51a1 和永久磁铁 52a1 ~ 52a3 之间形成间隙的方式被插入在被设置在主磁极部 a 的磁铁插入孔 51a1 中。此外,铆接销 56a 以在铆接销插入孔 55a 和铆接销 56a 之间形成间隙的方式被插入在被设置在主磁极部 a 的铆接销插入孔 55a 中。此外,在主磁极部 a,设置有在径方向长的铆接部 57a1、57a2。由此,在将旋转轴 60 插入旋转轴插入孔 59 时产生的、起到扩大转子 50 的主磁极部 a 的外径作用的应力,由磁铁插入孔 51a1 和永久磁铁 52a1 ~ 52a3 之间的间隙、铆接销插入孔 55a 和铆接销 56a 之间的间隙、在径方向长的铆接部 57a1、57a2 吸收。因此,能减低主磁极部 a 的外径的扩大量,此外还能防止永久磁铁破损或裂口。

[0147] 此外,在辅助磁极部 ab、da 设置有通路孔 58ab、58da。由此,在将旋转轴 60 插入旋转轴插入孔 59 时产生的、起到扩大转子 50 的辅助磁极部 ab、da 的外径作用的应力,由通路孔 58ab、58da 的空间吸收。因此,能够减低辅助磁极部 ab、da 的外径的扩大量。

[0148] 此外,转子 50 的外周面由对应主磁极部 a 的第一外周面 50A 和对应辅助磁极部 ab、da 的第二外周面 50AB、50DA 构成。并且,第二外周面 50AB、50DA 和定子 40 的内周面之

间的间隙的最大值设定得大于第一外周面 50A 和定子 40 的内周面之间的间隙的最大值。由此,由于将旋转轴 60 插入旋转轴插入孔 59 时产生的应力,即使在转子 50 的辅助磁极部 ab、da 的外径被扩大的情况下,也能够防止转子 50 的外周面和定子 40 的内周面之间的间隙变窄。

[0149] 因此,在能够提高电动机性能的同时,还能够防止永久磁铁的破损或者裂口的发生、声音或者振动的发生。

[0150] 此外,第二外周面 50AB、50DA 的曲率半径设定得大于第一外周面 50A 的曲率半径。由此,抑制了转子 50 的外周面在第一外周面 50A 和第二外周面 50AB、50DA 的交界部急剧地变化。因此,能够抑制流过齿 42 的磁通的急剧的变化,能够减低感应电压所包含的高次谐波成分。

[0151] 此外,铆接销插入孔 55a 以及铆接部 57a1、57a2 被设置在主磁极部 a 的、相比磁铁插入孔 51a1 的外周侧。由此能够提高主磁极部 a 的、相比磁铁插入孔 51a1 的外周侧的磁阻。因此,能够减低成为声音或者振动的发生原因的、流过主磁极的外周侧的磁通。

[0152] 此外,铆接销插入孔 55a 被设置在相比磁铁插入孔 51a1 的外周侧。由此,能够防止因转子 50 的、相比磁铁插入孔 51a1 在外周侧的位置在轴方向膨胀而使轴方向的长度变长。

[0153] 此外,铆接部 57a1、57a2 被设置在相比铆接销插入孔 55a 的外周侧。由此,能够减低流过转子 50 的外周侧的高频磁通,从而减低转子 50 的铁损。

[0154] [第二实施例]

[0155] 第二实施例的永磁式电动机的转子 150 如图 5 所示。图 5 是转子 150 的横截面图。

[0156] 在本实施例的转子 150 的旋转轴插入孔 159 插入有具有大于旋转轴插入孔 159 的内径的外径的旋转轴 160。

[0157] 在主磁极部 a 设置有形成为弓形形状的磁铁插入孔 151a1。弓形形状在转子 150 的内周方向形成为突状(在外周方向为凹状)。

[0158] 在磁铁插入孔 151a1 插入有弓形形状的永久磁铁 152a。永久磁铁 152a,以在磁铁插入孔 151a1 和永久磁铁 152a 之间形成间隙的方式被插入磁铁插入孔 151a1 中。例如,使用“间隙配合法”来插入。

[0159] 在磁铁插入孔 151a1 的外周侧端壁 151a2、151a3 和转子 150 的外周面(图 5 中为 150DA、150AB)之间设置有桥 153a1、153a2。

[0160] 在主磁极部 a,在磁铁插入孔 151a1 的外周侧,设置有在圆周方向长的铆接部 157a。

[0161] 此外,在主磁极部 a,相比铆接部 157a 在外周侧(转子 150 的外周侧)设置有铆接销插入孔 155a。在铆接销插入孔 155a 插入有铆接销 156a。在本实施例中,铆接销 156a,以在铆接销插入孔 155a 和铆接销 156a 之间形成间隙的方式被插入铆接销插入孔 155a 中。例如,用“间隙配合法”被插入。

[0162] 铆接销插入孔 155a 被配置在转子 150 的外周侧时,被插入铆接销插入孔 155a 的铆接销插入孔 156a 也被配置在转子 150 的外周侧。由此,由于转子 150 的旋转平衡好,所以平衡块 54a(参照图 2)的高度能够降低。因此,能够缩短转子 150 的轴方向的长度,使转子 150 小型化。

[0163] 铆接部 157a、铆接销插入孔 155a 被配置在主磁极部 a 的中心线 (d 轴) 上。

[0164] 此外,在主磁极部 a,通路孔 158a1、158a2 被设置在相比铆接部 157a 的外周侧。通路孔 158a1、158a2 相对于主磁极部 a 的中心线 (d 轴) 被设置在圆周方向的两侧 (线对称)。

[0165] 在辅助磁极部 ab、da,在转子 150 的内周侧,设置有通路孔 158ab、158da。

[0166] 此外,在辅助磁极部 ab、da,相比通路孔 158ab、158da 在外周侧形成有在径方向长的铆接部 157ab、157da。

[0167] 通路孔 158ab、158da、铆接部 157ab、157da,被配置在辅助磁极部 ab、da 的中心线 (q 轴) 上。

[0168] 转子 150 的外周面,和第一实施方式的转子 50 同样,由对应主磁极部 a ~ d 的外周面 (第一外周面) 150A ~ 150D 和、对应辅助磁极部 ab ~ da 的外周面 (第二外周面) 150AB ~ 150DA 构成。

[0169] 对应主磁极部 a 的外周面 150A 被形成为以在主磁极部 a 的中心线 (d 轴) 上的、转子 150 的中心 O 为曲率中心、半径为 R_d 的圆弧形状。此外,对应辅助磁极部 ab 的外周面 150AB 被形成为以从在辅助磁极部 ab 的中心线 (q 轴) 上的、转子的中心 O 向和外周面 150AB 相反侧离开的点 P 为曲率中心、半径为 R_q 的圆弧形状。在此,半径 R_q 被设定得大于半径 R_d ($R_q > R_d$)。即,外周面 150AB 和定子 40 的内周面之间的间隙 g 的最大值,被设定得大于外周面 150A 和定子 40 的内周面之间的间隙 g 的最大值。

[0170] 另外,外周面 150A 以及 150AB 的曲线形状和曲率中心可以适当地设定。

[0171] 在本实施方式中,在将旋转轴 160 插入旋转轴插入孔 159 时产生的、起到扩大主磁极部 a 的外径作用的应力,由磁铁插入孔 151a1 和永久磁铁 152a 之间的间隙、铆接销插入孔 155a 和铆接销 156a 之间的间隙、通路孔 158a1、158a2 的空间吸收。由此,能够减低由应力导致的主磁极部 a 的外径的扩大量。

[0172] 此外,在将旋转轴 160 插入旋转轴插入孔 159 时产生的、起到扩大辅助磁极部 ab、da 的外径作用的应力,由通路孔 158ab、158da 的空间、径方向长的铆接部 157ab、157da 吸收。由此,能够减低由应力导致的辅助磁极部 ab、da 的外径的扩大量。

[0173] 并且,转子 150 的外周面由对应主磁极部 a 的外周面 (第一外周面) 150A 和对应辅助磁极部 ab、da 的外周面 (第二外周面) 150AB、150DA 构成。并且,外周面 150AB、150DA 和定子 40 的内周面之间的间隙 g 的最大值设定得大于外周面 150A 和定子 40 的内周面之间的间隙 g 的最大值。由此,即使在因将旋转轴 160 插入旋转轴插入孔 159 时产生的应力而将转子 150 的辅助磁极部 ab、da 的外径扩大了的情况下,也能够防止转子 150 的外周面和定子 40 的内周面之间的间隙变窄。

[0174] 因此,能够在提高电动机性能的同时,防止永久磁铁的裂口或破损、以及发生声音或振动。

[0175] 此外,第二外周面 150AB、150DA 的曲率半径设定得大于第一外周面 150A 的曲率半径。由此,抑制了转子 150 的外周面在第一外周面 150A 和第二外周面 150AB、150DA 的交界部急剧地变化。因此,能够抑制流过齿 42 的磁通的急剧的变化,能够减低感应电压所包含的高次谐波成分。

[0176] 此外,铆接销插入孔 155a 以及通路孔 158a1、158a2 被设置在主磁极部 a 的、相比磁铁插入孔 151a1 的外周侧。由此能够提高主磁极部 a 的、相比磁铁插入孔 151a1 的外周

侧的磁阻。因此,能够减低成为声音或者振动的发生原因的、流过主磁极的外周侧的磁通。

[0177] 此外,铆接销插入孔 155a 被配置在转子 150 的外周侧。由此,由于转子 150 的旋转平衡变好,所以能够降低平衡块 54a 的高度,能使转子 150 小型化。

[0178] 此外,铆接销插入孔 155a 被设置在相比磁铁插入孔 151a1 的外周侧。由此,能够防止转子 150 的、相比磁铁插入孔 151a1 的外周侧的位置在轴方向膨胀。

[0179] 此外,因为通路孔 158ab、158da 被设置在相比铆接部 157ab、157da 的内周侧(转子 150 的内周侧),所以会减低作用在流经通路孔 158ab、158da 内的介质上的离心力。由此,所以会减低流经通路孔 158ab、158da 内的介质的流体阻力,从而介质能容易地在通路孔 158ab、158da 内流动。

[0180] [第三实施例]

[0181] 第三实施例的永磁式电动机的转子 250 如图 6 所示。图 6 是转子 250 的横截面图。

[0182] 在转子 250 的旋转轴插入孔 259 插入有具有大于旋转轴插入孔 259 的内径的外径的旋转轴 260。

[0183] 在转子 250 的主磁极部 a,呈 V 字状地设置有磁铁插入孔 251a1 和 251a4。V 字状在转子 250 的内周方向形成为突状(在外周方向为凹状)。在磁铁插入孔 251a1 和 251a4 之间(主磁极部 a 的中央部)设置有桥 253a1。

[0184] 在磁铁插入孔 251a1 和 251a4 插入有与轴方向成直角的截面形状为长方形的板状的永久磁铁 252a1、252a2。在磁铁插入孔 251a1、251a4 形成有用于定位永久磁铁 252a1、252a2 的位置的突部 251a3、251a6。由此,在磁铁插入孔 251a1、251a4 的外周侧端壁 251a2、251a5 和永久磁铁 252a1、252a2 的端部之间形成空隙。利用该空隙抑制永久磁铁 252a1、252a2 的磁通被短路。

[0185] 永久磁铁 252a1、252a2 以在磁铁插入孔 251a1、251a4 和永久磁铁 252a1、252a2 之间形成间隙的方式被插入磁铁插入孔 251a1、251a4 中。例如,使用“间隙配合法”被插入。

[0186] 在主磁极部 a,相比磁铁插入孔 251a1、251a4 在外周侧,设置有在径方向长的铆接部 257a。铆接部 257a 被设置在主磁极部 a 的中心线(d 轴)上。

[0187] 在辅助磁极部 ab、da,在转子 250 的外周侧,设置有铆接销插入孔 255ab、255da。在铆接销插入孔 255ab、255da 中,插入有铆接销 256ab、256da。在本实施例中,铆接销 256ab、256da,以在铆接销插入孔 255ab、255da 和铆接销 256ab、256da 之间形成间隙的方式被插入铆接销插入孔 255ab、255da 中。例如,使用“间隙配合法”被插入。

[0188] 铆接销插入孔 255ab、255da 被配置在转子 250 的外周侧时,被插入铆接销插入孔 255ab、255da 的铆接销 256ab、256da 也被配置在转子 250 的外周侧。由此,由于转子 250 的旋转平衡变好,所以平衡块 54a(参照图 2)的高度能够降低。因此,能够缩短转子 250 的轴方向的长度,使转子 250 小型化。

[0189] 此外,在辅助磁极部 ab、da,相比铆接销插入孔 255ab、255da 在外周侧设置有通路孔 258ab1、258ab2、258ab3、258da1、258da2、258da3。

[0190] 铆接销插入孔 255ab、255da 和内径大的通路孔 258ab1、258da1 被配置在辅助磁极部 ab、da 的中心线(q 轴)上。内径小的通路孔 258ab2、258ab3、258da2、258da3,相对于辅助磁极部 ab、da 的中心线(q 轴)被配置在圆周方向两侧(线对称)。

[0191] 铆接销插入孔 255ab、255da 被配置在转子 250 的外周侧,通路孔 258ab1 ~

258ab3、258da1 ~ 258da3 被配置在转子 250 的内周侧。

[0192] 转子 250 的外周面,和第一实施方式的转子 50 的外周面同样,由对应主磁极部 a ~ d 的外周面(第一外周面)250A ~ 250D 和对应辅助磁极部 ab ~ da 的外周面(第二外周面)250AB ~ 250DA 构成。

[0193] 对应主磁极部 a 的外周面 250A 被形成为以在主磁极部 a 的中心线(d 轴)上的、转子 250 的中心 O 为曲率中心、半径为 R_d 的圆弧形。此外,对应辅助磁极部 ab 的外周面 250AB 被形成为以从在辅助磁极部 ab 的中心线(q 轴)上的、转子的中心 O 向和外周面 250AB 相反侧离开的点 P 为曲率中心、半径为 R_q 的圆弧形。在此,半径 R_q 被设定得大于半径 R_d ($R_q > R_d$)。即,外周面 250AB 和定子 40 的内周面之间的间隙 g 的最大值被设定得大于外周面 250A 和定子 40 的内周面之间的间隙 g 的最大值。

[0194] 另外,外周面 250A 以及 250AB 的曲线形状和曲率中心可以适当地设定。

[0195] 如果从被插入磁铁插入孔 251a1、251a4 的永久磁铁 252a1、252a2 发生的磁通经由定子 40 的齿 42 而被短路,则流过齿 42 的磁通发生变动,发生齿槽转矩。一旦发生齿槽转矩,就会发生声音或振动。

[0196] 在此,在本实施例中,在对应辅助磁极部 ab、da 的外周面(第二外周面)250AB、250DA,在与磁铁插入孔 251a1、251a4 的外周侧端壁 251a2、251a5 对向的位置设置有凹部 250a1、250a2。凹部 250a1、250a2 的宽度 A(用角度或者沿圆周方向的长度来表示)、深度 h 的最小值,以能够抑制由永久磁铁 252a1、252a2 发生的磁通经由齿 42 被短路的方式来设定。此时,也要考虑电动机效率来设定。另外,凹部 250a1、250a2 的宽度 A 被设定得大于磁铁插入孔 251a1、251a4 的外周侧端壁 251a2、251a5 的宽度(用角度或者沿圆周方向的长度来表示)。

[0197] 凹部 250a1、250a2 的深度 h,是使对应辅助磁极部 ab、da 的外周面 250AB、250DA 沿圆周方向延长了的假想外周面(图 6 的虚线)和凹部 250a1、250a2 的底面之间的距离。

[0198] 在本实施例中,将旋转轴 260 插入旋转轴插入孔 259 时发生的、起到扩大主磁极部 a 的外径作用的应力,由磁铁插入孔 251a1、251a4 和永久磁铁 252a1、252a2 之间的间隙、径方向长的铆接部 257a 吸收。由此,能够减低由应力引起的主磁极部 a 的外径的扩大量。

[0199] 此外,在将旋转轴 260 插入旋转轴插入孔 259 时产生的、起到扩大辅助磁极部 ab、da 的外径作用的应力,由通路孔 258ab1 ~ 258ab3 的空间以及铆接销插入孔 255ab 和铆接销 256ab 之间的间隙、通路孔 258da1 ~ 258da3 的空间以及铆接销插入孔 255da 和铆接销 256da 之间的间隙吸收。由此,能够减低由应力引起的辅助磁极部 ab、da 的外径的扩大量。

[0200] 并且,转子 250 的外周面由对应主磁极部 a 的外周面(第一外周面)250A 和对应辅助磁极部 ab、da 的外周面(第二外周面)250AB、250DA 构成。并且,外周面 250AB、250DA 和定子 40 的内周面之间的间隙 g 的最大值被设定得大于外周面 250A 和定子 40 的内周面之间的间隙 g 的最大值。由此,即使在因将旋转轴 260 插入旋转轴插入孔 259 时产生的应力而使转子 250 的辅助磁极部 ab、da 的外径扩大了的情况下,也能够防止转子 250 的外周面与定子 40 的内周面之间的间隙变窄。

[0201] 因此,在能够提高电动机性能的同时,还能够防止永久磁铁的破损或者裂口的发生、声音或者振动的发生。

[0202] 此外,外周面 250AB、250DA 的曲率半径被设定得大于外周面 250A 的曲率半径。由

此,抑制了转子 250 的外周面在外周面 250A 与外周面 250AB、250DA 的交界部急剧地变化。因此,能够抑制流过齿 42 的磁通急剧地变化,能够减低定子绕线的感应电压所包含的高次谐波成分。

[0203] 此外,铆接部 257a 被设置在主磁极部 a 的、相比磁铁插入孔 251a1、251a4 的外周侧。由此能够提高主磁极部 a 的、相比磁铁插入孔 251a1、251a4 的外周侧的磁阻。因此,能够减低成为声音或者振动的发生原因的、流过主磁极的外周侧的磁通。

[0204] 此外,铆接销插入孔 255ab、255da 被设置在辅助磁极部 ab、da。由此,在直接连接转子 250 的内周面和外周面的辅助磁极部 ab、da 的位置,通过铆接销 256ab、256da 而使转子一体化。因此,能够提高转子 250 的强度。

[0205] 此外,铆接销插入孔 255ab、255da 被配置在转子 250 的外周侧。由此,由于转子 250 的旋转平衡变好,所以平衡块 54a 的高度能够降低,能够使平衡块 54a 小型化。因此,能够缩短转子 250 的轴方向的长度,使转子 250 小型化。

[0206] 此外,因为通路孔 258ab1 ~ 258ab3、258da1 ~ 258da3 被设置在相比铆接销插入孔 255ab、255da 的内周侧(转子的内周侧),所以会减低作用于流过通路孔 258ab1 ~ 258ab3、258da1 ~ 258da3 内的介质的离心力。由此,因为流过通路孔 258ab1 ~ 258ab3、258da1 ~ 258da3 内的介质的流体阻力被减低,所以介质能够容易地在通路孔 258ab1 ~ 258ab3、258da1 ~ 258da3 内流动。

[0207] 此外,在对应辅助磁极部 ab、da 的外周面(第二外周面)250AB、250DA,在与磁铁插入孔 251a1、251a4 的外周侧端壁 251a2、251a5 对向的位置设置有凹部 250a1、250a2。由此,能够防止永久磁铁的磁通经由定子 40 的齿 42 而被短路,减低齿槽转矩。因此,能减低由齿槽转矩引起的声音和振动。

[0208] [第四实施例]

[0209] 第四实施例的永磁式电动机的转子 350 如图 7 所示。图 7 是转子 350 的横截面图。

[0210] 在转子 350 的旋转轴插入孔 359 插入有具有大于旋转轴插入孔 359 的内径的外径的旋转轴 360。

[0211] 在转子 350 的主磁极部 a 设置有梯形形状的磁铁插入孔 351a1。梯形形状在转子 350 的内周方向形成为突状(在外周方向为凹状)。在磁铁插入孔 351a1,插入有 3 个与轴方向成直角的截面形状为长方形的板状的永久磁铁 352a1、352a2、352a3。在磁铁插入孔 351a1 形成有用于定位永久磁铁 352a1 ~ 352a3 的突部 351a3、351a5。永久磁铁 352a1 ~ 352a3 以在磁铁插入孔 351a1 和永久磁铁 352a1 ~ 352a3 之间形成间隙的方式被插入磁铁插入孔 351a1。例如使用“间隙配合法”被插入。

[0212] 在转子 350 的主磁极部 a、辅助磁极部 ab、da,和第三实施例的转子 250 同样,设置有铆接部、铆接销插入孔、通路孔。

[0213] 在主磁极部 a,相比磁铁插入孔 351a1 在外周侧,设置有在径方向长的铆接部 357a。

[0214] 在辅助磁极部 ab、da,在转子 350 的外周侧,设置有铆接销插入孔 355ab、355da。此外,在辅助磁极部 ab、da,相比铆接销插入孔 355ab、355da 在内周侧,设置有通路孔 358ab1、358ab2、358ab3、358da1、358da2、358da3。铆接销 356ab、356da,以在铆接销插入孔 355ab、355da 和铆接销 356ab、356da 之间形成间隙的方式被插入铆接销插入孔 355ab、355da。例

如使用“间隙配合法”被插入。

[0215] 铆接销插入孔 355ab、355da 被配置在转子 350 的外周侧时,被插入铆接销插入孔 355ab、355da 的铆接销 356ab、356da 也被配置在转子 350 的外周侧。由此,由于转子 350 的旋转平衡变好,所以平衡块 54a(参照图 2)的高度能够降低。因此,能够缩短转子 350 的轴方向的长度,能使转子 350 小型化。

[0216] 此外,转子 350 的外周面,由对应主磁极部 a ~ d 的外周面(第一外周面)350A ~ 350D 和对应辅助磁极部 ab ~ da 的外周面(第二外周面)350AB ~ 350DA 构成。

[0217] 转子 350 的中心 O 和对应于辅助磁极部 ab 的外周面 350AB 之间的距离的最大值被设定得小于转子 350 的中心 O 和对应于主磁极部 a 的外周面 350A 之间的距离的最大值。即,外周面 350AB 和定子 40 的内周面之间的间隙 g 的最大值被设定得大于外周面 350A 和定子 40 的内周面之间的间隙 g 的最大值。

[0218] 在本实施例中,对应主磁极部 a 的外周面 350A 被形成为以在主磁极部 a 的中心线(d 轴)上的、转子 350 的中心 O 为曲率中心、半径为 R_d 的圆弧形状。此外,对应辅助磁极部 ab 的外周面 350AB 被形成为在辅助磁极部 ab 的中心线(q 轴)上的、转子 350 的中心 O 为曲率中心、半径为 R_q 的圆弧形状。半径 R_q 被设定得小于半径 R_d ($R_q < R_d$)。换言之,对应辅助磁极部 ab 的外周面 350AB 是切割对应主磁极部 a 的外周面 350A 在圆周方向延伸的假想外周面(图 7 的虚线)形成的凹部 350ab 的底面。

[0219] 外周面 350A 的宽度(用角度 θ 或者沿圆周方向的长度来表示)或者外周面 350AB 的幅度(用角度或者沿圆周方向的长度来表示),以能够抑制由永久磁铁产生的磁通经由齿 42 被短路的方式来设定。外周面 350AB 被配置在对应于在圆周方向相邻的主磁极部 a、b 的磁铁插入孔 351a1、351b1 的、在圆周方向相邻的外周侧端壁的位置。

[0220] 在本实施例中,将旋转轴 360 插入旋转轴插入孔 359 时发生的、起到扩大主磁极部 a 的外径作用的应力,由磁铁插入孔 351a1 和永久磁铁 352a1 ~ 352a3 之间的间隙、在径方向长的铆接部 357a 吸收。由此,能够减低由应力引起的主磁极部 a 的外径的扩大量。

[0221] 此外,在将旋转轴 360 插入旋转轴插入孔 359 时产生的、起到扩大辅助磁极部 ab、da 的外径作用的应力,由通路孔 358ab1 ~ 358ab3 的空间、铆接销插入孔 355ab 和铆接销 356ab 之间的间隙、通路孔 358da1 ~ 358da3 的空间、铆接销插入孔 355da 和铆接销 356da 之间的间隙吸收。由此,能够减低由应力引起的辅助磁极部 ab、da 的外径的扩大量。

[0222] 并且,转子 350 的外周面,由对应主磁极部 a 的外周面(第一外周面)350A 和对应辅助磁极部 ab、da 的外周面(第二外周面)350AB、350DA 构成。而且,外周面 350AB、350DA 和定子 40 的内周面之间的间隙 g 的最大值被设定得大于外周面 350A 和定子 40 的内周面之间的间隙 g 的最大值。由此,即使在因将旋转轴 360 插入旋转轴插入孔 359 时产生的应力而使转子 350 的辅助磁极部 ab、da 的外径扩大了的情况下,也能够防止转子 350 的外周面和定子 40 的内周面之间的间隙变窄。

[0223] 因此,在能够提高电动机性能的同时,还能够防止永久磁铁的破损或者裂口的发生、声音或者振动的发生。

[0224] 此外,铆接部 357a 被设置在主磁极部 a 的、相比磁铁插入孔 351a1 的外周侧。由此,能够提高主磁极部 a 的磁铁插入孔 351a1 的外周侧的磁阻。因此,能够减低成为声音或者振动的发生原因的、流过主磁极的外周侧的磁通。

[0225] 此外,铆接销插入孔 355ab、355da 被设置在辅助磁极部 ab、da。由此,在直接连接转子 350 的内周面和外周面的辅助磁极部 ab、da 的位置,通过铆接销 356ab、356da 而使转子一体化。因此,能够提高转子 350 的强度。

[0226] 此外,铆接销插入孔 355ab、355da 被配置在转子 350 的外周侧。由此,由于转子 350 的旋转平衡变好,所以平衡块 54a 的高度能够降低,能够使转子 350 小型化。

[0227] 此外,因为通路孔 358ab1 ~ 358ab3、358da1 ~ 358da3 被设置在相比铆接销插入孔 355ab、355da 的内周侧(转子 350 的内周侧),所以会减低作用于流过通路孔 358ab1 ~ 358ab3、358da1 ~ 358da3 内的介质上的离心力。因为流过通路孔 358ab1 ~ 358ab3、358da1 ~ 358da3 内的介质的流体阻力被减低,从而介质能够容易地在通路孔 358ab1 ~ 358ab3、358da1 ~ 358da3 内流动。

[0228] 此外,在与磁铁插入孔 351a1 的外周侧端壁 351a2、351a4 对向的位置设置有凹部 350da、350ab。由此,能够抑制永久磁铁的磁通经由定子 40 的齿 42 而被短路,减低齿槽转矩。因此,能减低由齿槽转矩引起的声音和振动。

[0229] 以上,说明了将本发明的技术用在与辅助磁极部对应的外周面的形状不同于与主磁极部对应的外周面的形状的转子的情况。

[0230] 本发明的技术,也可以用于对应辅助磁极部的外周面的形状和对应主磁极部的外周面的形状相同的转子。

[0231] [第五实施例]

[0232] 第五实施例的永磁式电动机的转子 450 如图 8 所示。图 8 是转子 450 的横截面图。

[0233] 转子 450 的外周面,由对应主磁极部 a ~ d 的外周面 450A ~ 450D 和对应辅助磁极部 ab ~ da 的外周面 450AB ~ 450DA 构成。外周面 450A ~ 450D 以及 450AB ~ 450DA,形成为以转子 450 的中心 O 为曲率中心、半径为 R 的圆弧形。

[0234] 在主磁极部 a 设置有梯形形状的磁铁插入孔 451a1。梯形形状在转子 450 的内周方向形成为突状(在外周方向为凹状)。在磁铁插入孔 451a1,插入有 3 个与轴方向成直角的截面形状为长方形的板状的永久磁铁 452a1 ~ 452a3。在磁铁插入孔 451a1 形成有用于定位永久磁铁 452a1 ~ 452a3 的突部 451a3、451a5。永久磁铁 452a1 ~ 452a3 以在磁铁插入孔 451a1 和永久磁铁 452a1 ~ 452a3 之间形成间隙的方式被插入磁铁插入孔 451a1。例如使用“间隙配合法”被插入。

[0235] 在磁铁插入孔 451a1 的外周侧端壁 451a2、451a4 和转子 450 的外周面之间,经由桥 453a1 ~ 453a3 设置有空隙 451a6、451a7。

[0236] 在主磁极部 a,相比磁铁插入孔 451a1 在外周侧设置有铆接销插入孔 455a。铆接销插入孔 455a 被配置在主磁极部 a 的中心线(d 轴)上。此外,在主磁极部 a,相比铆接销插入孔 455a 在外周侧,设置有在径方向长的铆接部 457a1、457a2。铆接部 457a1、457a2 相对于主磁极部 a 的中心轴(d 轴),被设置在圆周方向的两侧(线对称)。铆接销 456a 以在铆接销插入孔 455a 和铆接部 457a1、457a2 之间形成间隙的方式被插入铆接销插入孔 455a。例如,使用“间隙配合法”被插入。

[0237] 在辅助磁极部 ab、da,在转子 450 的内周侧设置有通路孔 458ab、458da。通路孔 458ab、458da 被设置在辅助磁极部 ab、da 的中心线(q 轴)上并在转子 450 的内周侧。

[0238] 在本实施例中,将旋转轴 460 插入旋转轴插入孔 459 时产生的、起到扩大主磁极部

a 的外径作用的应力,由磁铁插入孔 451a1 和永久磁铁 452a1 ~ 452a3 之间的间隙、铆接销插入孔 455ab 和铆接销 456ab 之间的间隙、在径方向长的铆接部 457a1、457a2 吸收。由此,能够减低由应力引起的主磁极部 a 的外径的扩大量。

[0239] 此外,在将旋转轴 460 插入旋转轴插入孔 459 时产生的、起到扩大辅助磁极部 ab、da 的外径作用的应力,由通路孔 458ab、458da 的空间吸收。由此,能够减低由应力引起的辅助磁极部 ab、da 的外径的扩大量。

[0240] 因此,能够在提高电动机性能的同时,防止永久磁铁的裂口或破损、以及发生声音或振动。

[0241] 此外,铆接销插入孔 455a 以及铆接部 457a1、457a2 被设置在主磁极部 a 的、相比磁铁插入孔 451a1 的外周侧。由此能够提高主磁极部 a 的、相比磁铁插入孔 451a1 的外周侧的磁阻。因此,能够减低成为声音或者振动的发生原因的、流过主磁极部 a 的外周侧的磁通。

[0242] 此外,铆接销插入孔 455a 被设置在相比磁铁插入孔 451a1 的外周侧。由此,能够抑制转子 450 的、相比磁铁插入孔 451a1 的外周侧的位置在轴方向膨胀,从而能够防止轴方向的长度变长。

[0243] 此外,铆接部 457a1、457a2 被设置在相比铆接销插入孔 455a 的外周侧。由此,能够减低流过转子 50 的外周侧的高频磁通,从而减低转子 50 的铁损。

[0244] 此外,因为通路孔 458ab、458da 被设置在转子 450 的内周侧,所以会减低作用于流过通路孔 458ab、458da 内的介质上的离心力。由此,因为流过通路孔 458ab、458da 内的介质的流体阻力被减低,所以介质能够容易地在通路孔 458ab、458da 内流动。

[0245] [第六实施例]

[0246] 第六实施例的永磁式电动机的转子 550 如图 9 所示。图 9 是转子 550 的横截面图。

[0247] 转子 550 的外周面,由对应主磁极部 a ~ d 的外周面 550A ~ 550D 和对应辅助磁极部 ab ~ da 的外周面 550AB ~ 550DA 构成。外周面 550A ~ 550D 以及 550AB ~ 550DA,形成为以转子 550 的中心 O 为曲率中心、半径为 R 的圆弧形。

[0248] 在主磁极部 a 设置有梯形形状的磁铁插入孔 551a1。在磁铁插入孔 551a1,插入有 3 个与轴方向成直角的截面形状为长方形的板状的永久磁铁 552a1 ~ 552a3。在磁铁插入孔 551a1 形成有用于定位永久磁铁 552a1 ~ 552a3 的突部 551a3、551a5。永久磁铁 552a1 ~ 552a3 以在磁铁插入孔 551a1 和永久磁铁 552a1 ~ 552a3 之间形成间隙的方式被插入磁铁插入孔 551a1。例如使用“间隙配合法”被插入。

[0249] 在磁铁插入孔 551a1 的外周侧端壁 551a2、551a4 和转子 550 的外周面之间,经由桥 553a1 ~ 553a3 设置有空隙 551a6、551a7。

[0250] 在主磁极部 a,相比磁铁插入孔 551a1 在外周侧,设置有在径方向长的铆接部 557a。铆接部 557a 被配置在主磁极部 a 的中心线(d 轴)上。

[0251] 在辅助磁极部 ab、da,在转子 550 的外周侧,设置有铆接销插入孔 555ab、555da。此外,在辅助磁极部 ab、da,相比铆接销插入孔 555ab、555da 在内周侧,设置有在径方向长的铆接部 557ab、557da。此外,在辅助磁极部 ab、da,相比铆接部 557ab、557da 在内周侧,设置有通路孔 558ab1、558ab2、558da1、558da2。铆接销插入孔 555ab、555da,铆接部 557ab、557da 被配置在辅助磁极部 ab、da 的中心线(q 轴)上。通路孔 558ab1、558ab2、558da1、

558da2, 相对辅助磁极部 ab、da 的中心线 (q 轴) 被配置在圆周方向的两侧 (线对称)。并且, 铆接销 556ab、556da 以在铆接销插入孔 555ab、555da 和铆接销 556ab、556da 之间形成间隙的方式被插入铆接销插入孔 555ab、555da。例如使用“间隙配合法”被插入。

[0252] 铆接销插入孔 555ab、555da 被配置在转子 550 的外周侧时, 被插入铆接销插入孔 555ab、555da 的铆接销 556ab、556da 也被配置在转子 550 的外周侧。由此, 由于转子 550 的旋转平衡变好, 所以平衡块 54a (参照图 2) 的高度能够降低。因此, 能够缩短转子 550 的轴方向的长度, 能使转子 550 小型化。

[0253] 在本实施例中, 将旋转轴 560 插入旋转轴插入孔 559 时产生的、起到扩大主磁极部 a 的外径作用的应力, 由磁铁插入孔 551a1 和永久磁铁 552a1 ~ 552a3 之间的间隙、在径方向长的铆接部 557a 吸收。由此, 能够减低由应力引起的主磁极部 a 的外径的扩大量。

[0254] 此外, 在将旋转轴 560 插入旋转轴插入孔 559 时产生的、起到扩大辅助磁极部 ab、da 的外径作用的应力, 由通路孔 558ab1、558ab2、558da1、558da2 的空间、在径方向长的铆接部 557ab、557da、铆接销插入孔 555da 和铆接销 556da 之间的间隙吸收。由此, 能够减低由应力引起的辅助磁极部 ab、da 的外径的扩大量。

[0255] 因此, 能够在提高电动机性能的同时, 防止永久磁铁的裂口或破损、以及发生声音或振动。

[0256] 此外, 铆接部 557a 被设置在主磁极部 a 的、相比磁铁插入孔 551a1 的外周侧。由此, 能够提高主磁极部 a 的、相比磁铁插入孔 551a1 的外周侧的磁阻。因此, 能够减低成为声音或者振动的发生原因的、流过主磁极部 a 的外周侧的磁通。

[0257] 此外, 铆接部 557a 被设置在转子 550 的外周侧。由此, 能够减低流过转子 550 的外周侧的高频磁通, 能够减低转子 550 的铁损。

[0258] 铆接销插入孔 555ab、555da 被设置在辅助磁极部 ab、da。由此, 在直接连接转子 550 的内周面和外周面的辅助磁极部 ab、da 的位置, 通过铆接销 556ab、556da 而使转子一体化。因此, 能够提高转子 550 的强度。

[0259] 此外, 铆接销插入孔 555ab、555da 被配置在转子 550 的外周侧。由此, 由于转子 550 的旋转平衡变好, 所以平衡块 54a 的高度能够降低, 能够使转子 550 小型化。

[0260] 此外, 因为通路孔 558ab1、558ab2、558da1、558da2 被设置在转子 550 的内周侧, 所以会减低作用于流过通路孔 558ab1、558ab2、558da1、558da2 内的介质上的离心力。由此, 因为流过通路孔 558ab1、558ab2、558da1、558da2 内的介质的流体阻力被减低, 从而介质能够容易地在通路孔 558ab1、558ab2、558da1、558da2 内流动。

[0261] [第七实施例]

[0262] 第七实施例的永磁式电动机的转子 650 如图 10 所示。图 10 是转子 650 的横截面图。

[0263] 转子 650 的外周面, 由对应主磁极部 a ~ d 的外周面 650A ~ 650D 和对应辅助磁极部 ab ~ da 的外周面 650AB ~ 650DA 构成。外周面 650A ~ 650D 以及 650AB ~ 650DA, 形成为以转子 650 的中心 O 为曲率中心、半径为 R 的圆弧形。

[0264] 在主磁极部 a 设置有直线形状的磁铁插入孔 651a1。直线形状以与转子 650 的径方向垂直的方式而被形成。在磁铁插入孔 651a1, 插入有与轴方向成直角的截面形状为长方形的板状的永久磁铁 652a。在磁铁插入孔 651a1 形成有用于定位永久磁铁 652a 的突部

651a3、651a5。由此，永久磁铁 652a 的端部和磁铁插入孔 651a1 的外周侧端壁 651a2、651a4 之间形成空隙。永久磁铁 652a 以在磁铁插入孔 651a1 和永久磁铁 652a 之间形成间隙的方式被插入磁铁插入孔 651a1。例如使用“间隙配合法”被插入。

[0265] 在主磁极部 a，相比磁铁插入孔 651a1 在内周侧，设置有通路孔 658a。

[0266] 在辅助磁极部 ab、da，在转子 650 的外周侧，设置有在径方向长的铆接部 657ab、657da。此外，在辅助磁极部 ab、da，相比铆接部 657ab、657da 在内周侧，设置有铆接销插入孔 655ab、655da。铆接销插入孔 655ab、655da、铆接部 657ab、657da 被配置在辅助磁极部 ab、da 的中心线（q 轴）上。并且，铆接销 656ab、656da 以在铆接销插入孔 655ab、655da 和铆接部 656ab、656da 之间形成间隙的方式被插入铆接销插入孔 655ab、655da。例如使用“间隙配合法”被插入。

[0267] 并且，在转子 650 的外周面，在与磁铁插入孔 651a1 的外周侧端壁 651a2、651a4 对向的位置形成有凹部 650a1、650a2。凹部 650a1、650a2 的宽度（用角度或者沿圆周方向的长度来表示）A、深度 h 的最小值，以能够抑制由永久磁铁 652a 发生的磁通经由齿 42 被短路的方式来设定。此时，也要考虑电动机效率来设定。另外，凹部 650a1、650a2 的宽度 A 设定得大于磁铁插入孔 651a1 的外周侧端壁 651a2、651a4 的宽度（用角度或者沿圆周方向的长度来表示）。

[0268] 凹部 650a1、650a2 的深度 h，是转子 650 的主磁极部 a 沿圆周方向延伸的的假想外周面（图 10 的虚线）和切割了该假想外周面而形成的凹部 650a1、650a2 的底面之间的距离。

[0269] 在本实施例中，将旋转轴 660 插入旋转轴插入孔 659 时发生的、起到扩大主磁极部 a 的外径作用的应力，由磁铁插入孔 651a1 和永久磁铁 652a 之间的间隙、通路孔 658a 吸收。由此，能够减低由应力引起的主磁极部 a 的外径的扩大量。

[0270] 此外，在将旋转轴 660 插入旋转轴插入孔 659 时产生的、起到扩大辅助磁极部 ab、da 的外径作用的应力，由铆接销插入孔 655ab、655da 和铆接部 656ab、656da 之间的间隙、在径方向长的铆接部 657ab、657da 吸收。由此，能够减低由应力引起的辅助磁极部 ab、da 的外径的扩大量。

[0271] 因此，能够在提高电动机性能的同时，防止永久磁铁的裂口或破损、以及发生声音或振动。

[0272] 此外，铆接部 657ab、657da 被设置在转子 650 的外周侧。由此，能够减低流过转子 650 的外周侧的高频磁通，能够减低转子 650 的铁损。

[0273] 此外，铆接销插入孔 655ab、655da 被设置在辅助磁极部 ab、da。由此，在直接连接转子 650 的内周面与外周面的辅助磁极部 ab、da 的位置，通过铆接销 656ab、656da 而使转子一体化。因此，能够提高转子 650 的强度。

[0274] 此外，因为通路孔 658a 被设置在转子 650 的内周侧，所以会减低作用于流过通路孔 658a 内的介质上的离心力。由此，因为流过通路孔 658a 内的介质的流体阻力被减低，从而介质能够容易地在通路孔 658a 内流动。

[0275] 此外，铆接部 657ab、657da 被设置在相比铆接销插入孔 655ab、655da 的外周侧。由此，转子 650 的外周侧的磁阻增加。因此，能够减低流过转子 650 的外周侧的高频磁通。

[0276] 本发明关于转子的主磁极部，至少可以采用在磁铁插入孔和永久磁铁之间形成间

隙的结构。并且,除了这种结构,也可以采用各种其他的结构。例如,可以采用将铆接销插入孔、通路孔或者在径方向长的铆接部设置在磁铁插入孔的外周侧或者内周侧的结构中的某一个或者多个组合。另外,铆接销以在铆接销插入孔和铆接销之间形成间隙的方式被插入铆接销插入孔。

[0277] 此外,关于转子的辅助磁极部,可以采用设置铆接销插入孔、通路孔或者在径方向长的铆接部的结构中的某一个或者多个组合。并且,除了这种结构,还可以采用将对应辅助磁极部的外周面和定子的内周面之间的间隙的最大值设定得大于对应主磁极部的外周面和定子的内周面之间的间隙的最大值的结构、在转子的外周面并在与磁铁插入孔的外周侧端端壁对向的位置设置凹部的结构。

[0278] 通过组合与主磁极部相关的上述结构以及与辅助磁极部相关的上述结构,而能够在各种组合分别获得固有的效果。

[0279] 另外,铆接销插入孔、通路孔、铆接部的大小、配设位置、数量能够进行适当地选择。

[0280] 本发明不仅限于在实施方式中所说明的结构,可以进行各种变更、追加、删除。

[0281] 例如,能够适当地选择磁铁插入孔的形状、配设位置、数量等。能够适当地选择插入到磁铁插入孔的永久磁铁的形状、数量等。永久磁铁的材料,可以进行适当地选择。

[0282] 转子和定子的结构并不限于在实施例说明的结构。

[0283] 本发明的永磁式旋转机械,可以适用于驱动被设置在空气调节机(空调设备)或者电冰箱等的压缩装置的压缩机的电动机、被安装在汽车等车辆上的电动机(驱动汽车的电动机、驱动被安装在汽车上的窗玻璃、雨刷、座位、方向盘、门)等的车载设备的电动机。

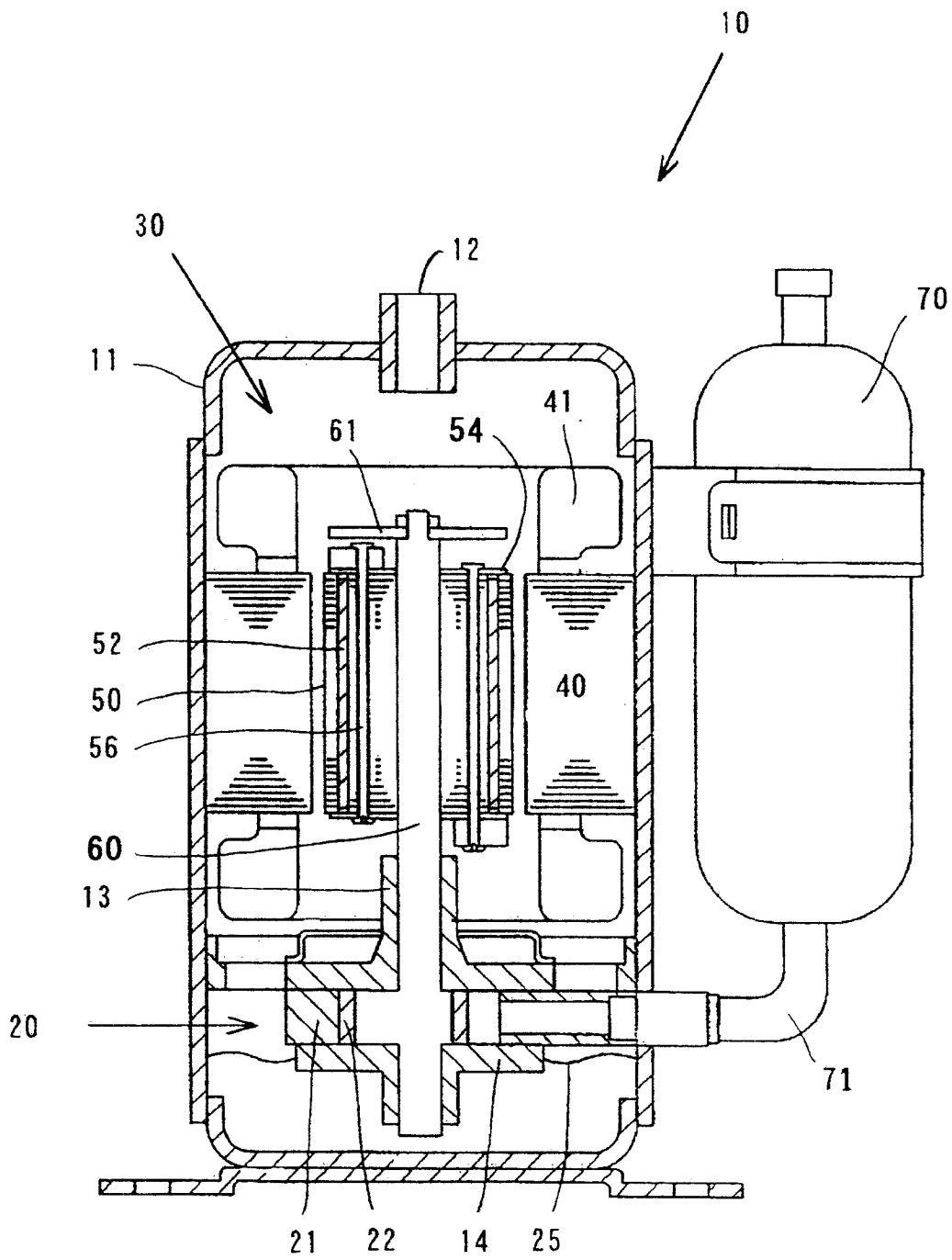


图 1

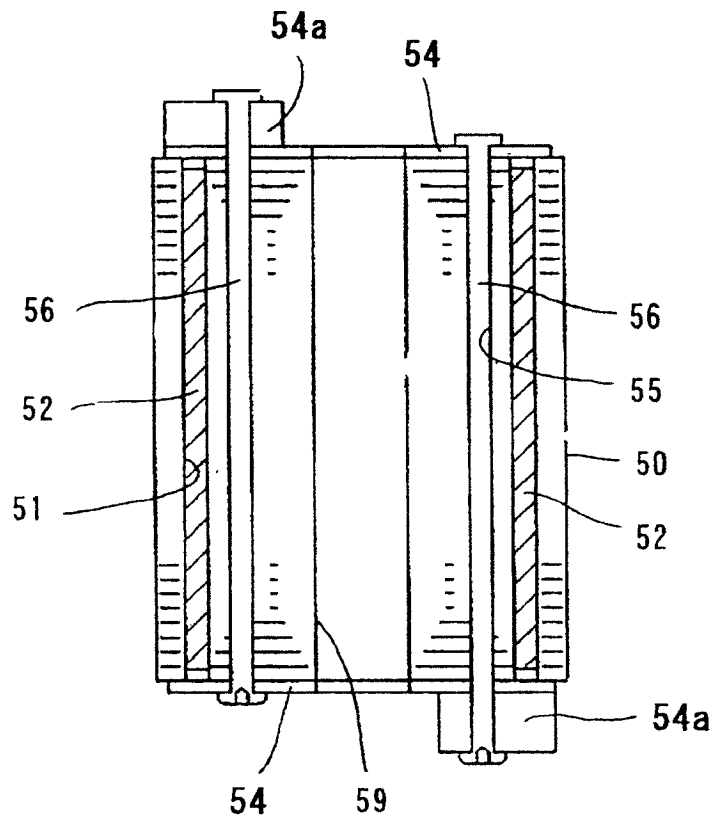


图 2

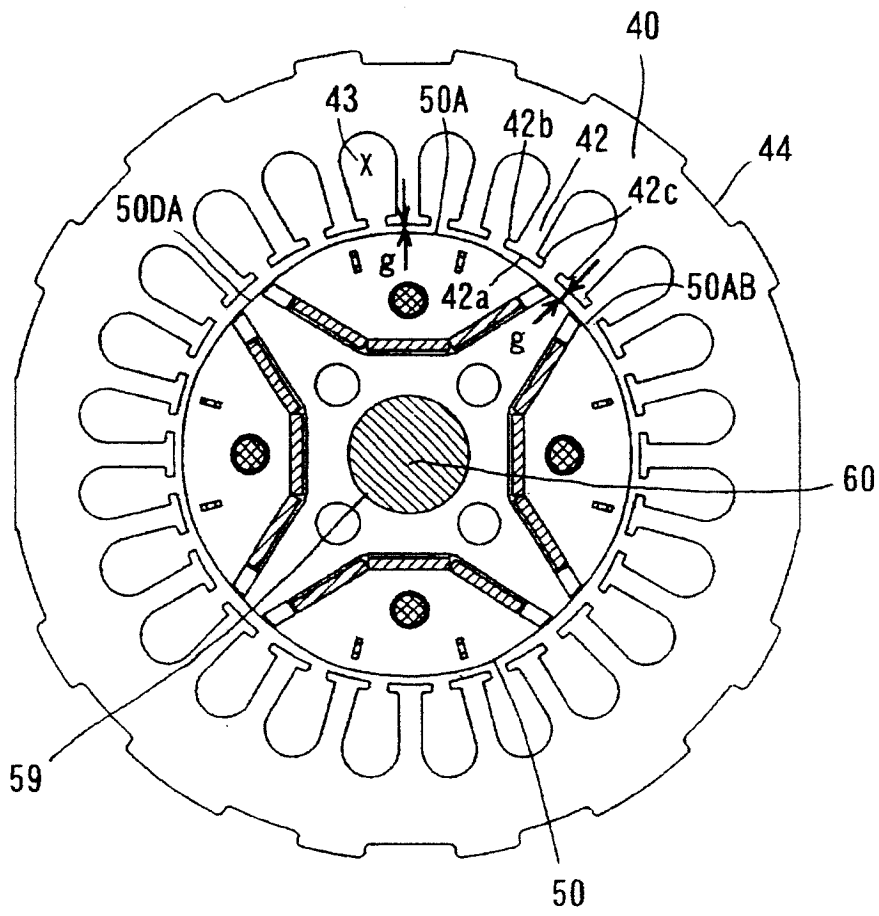


图 3

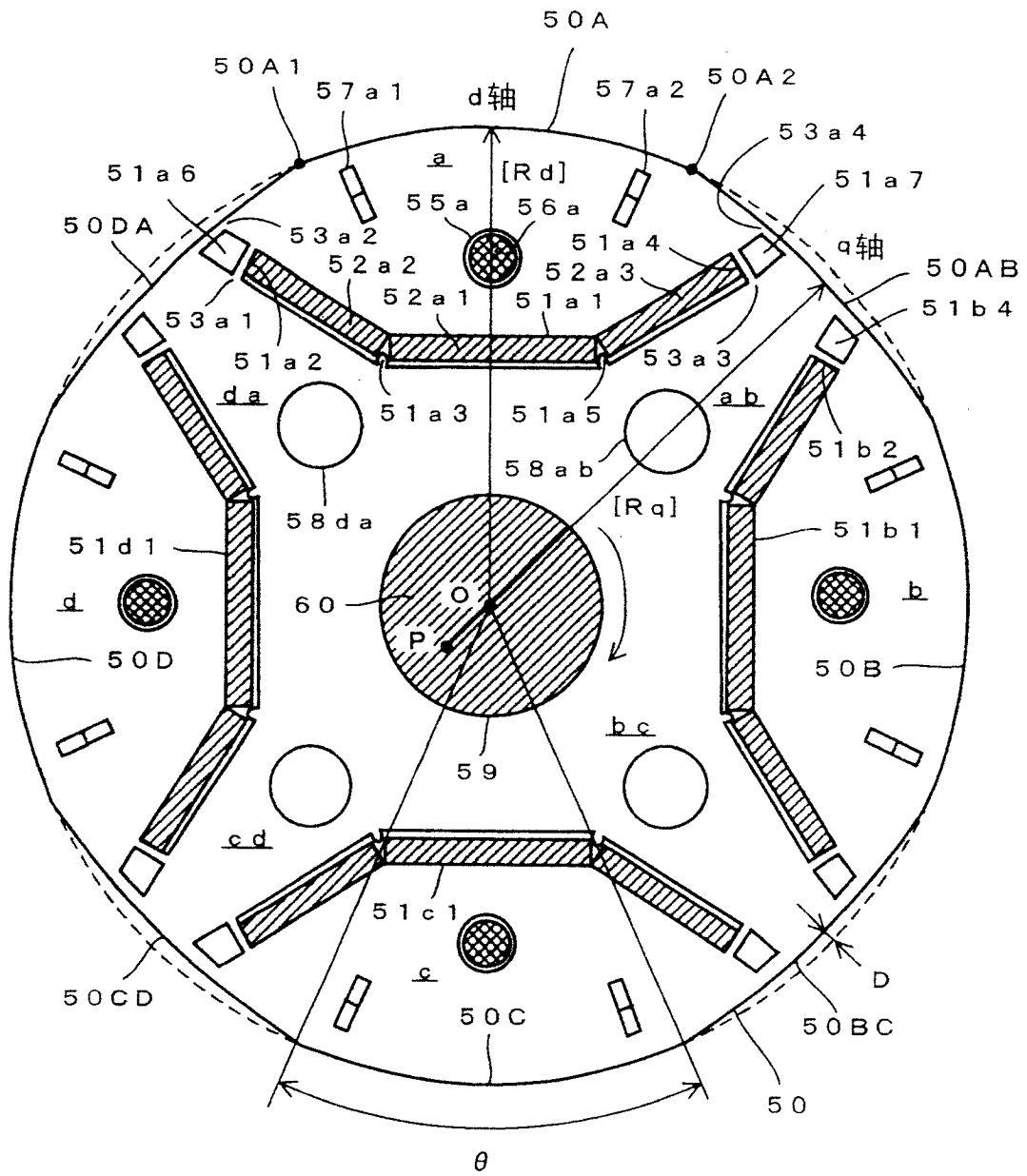


图 4

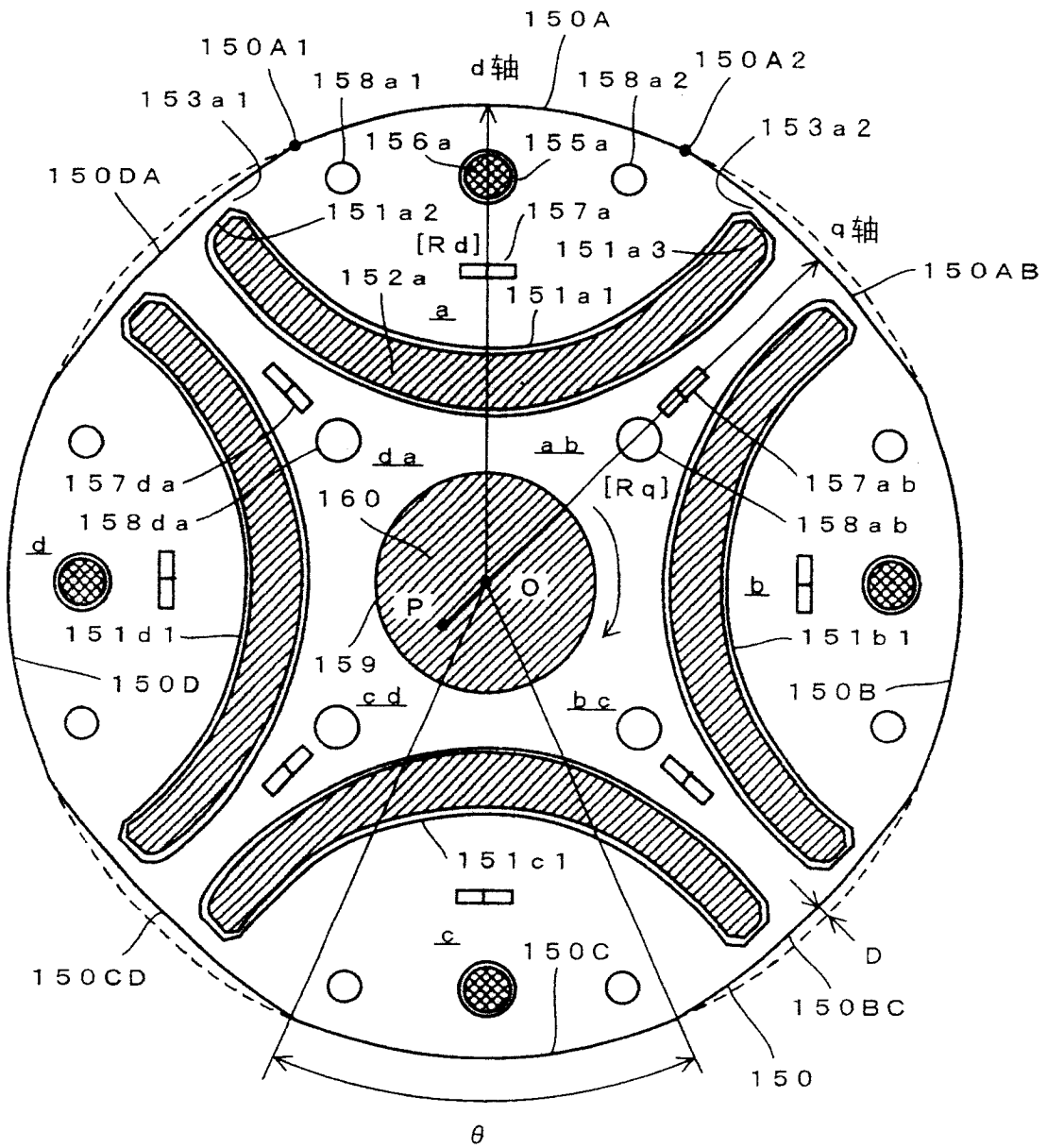


图 5

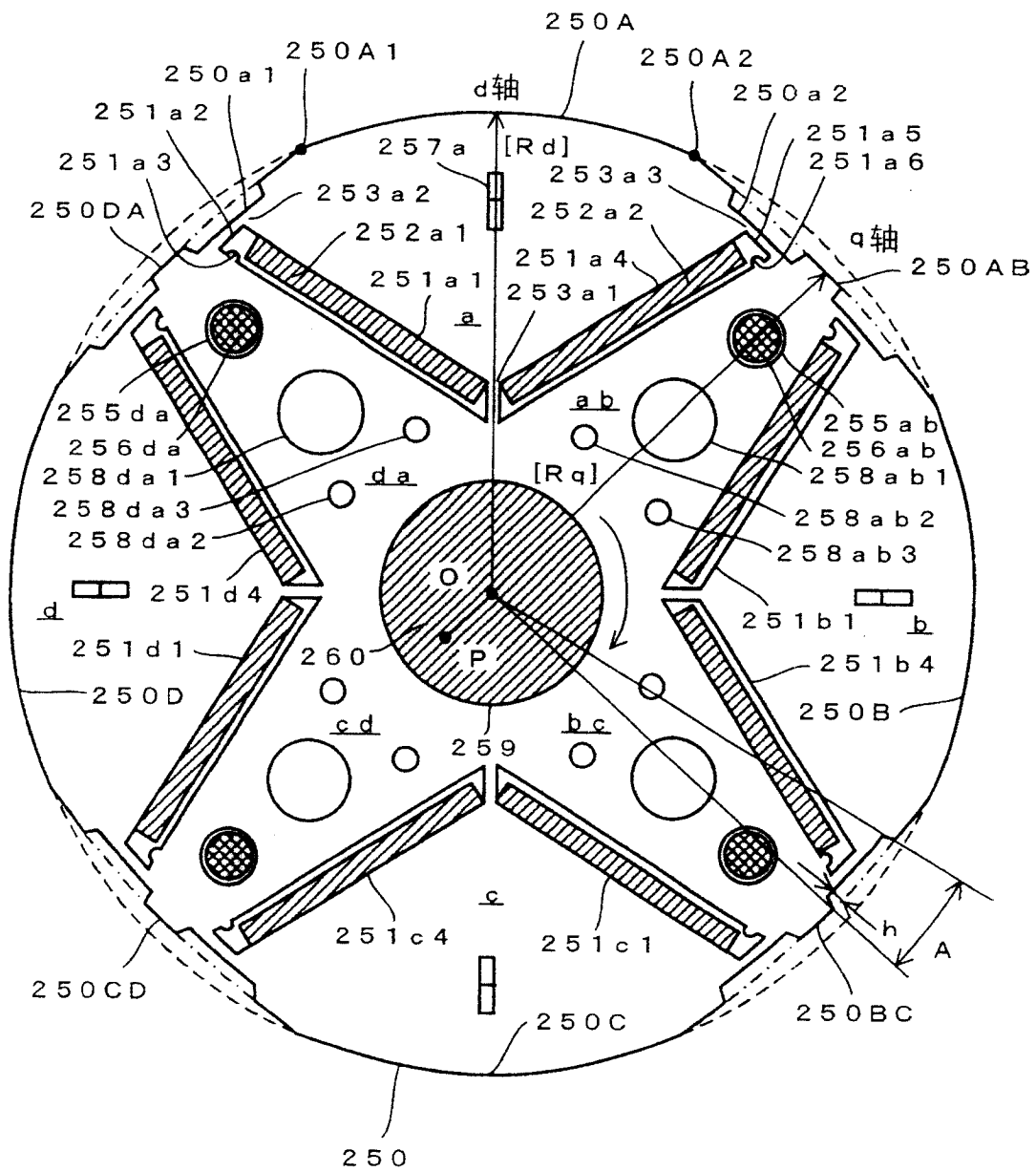


图 6

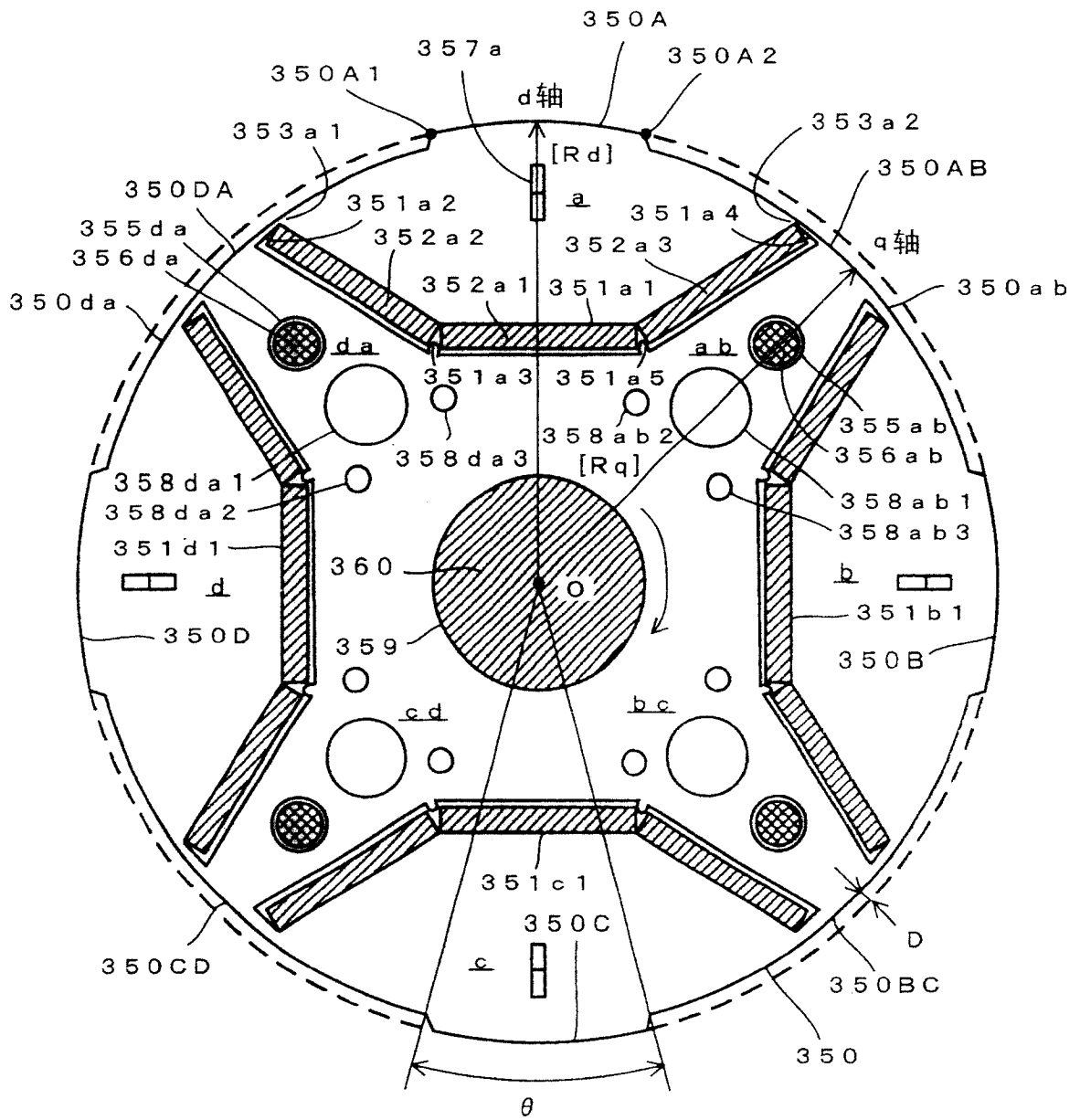


图 7

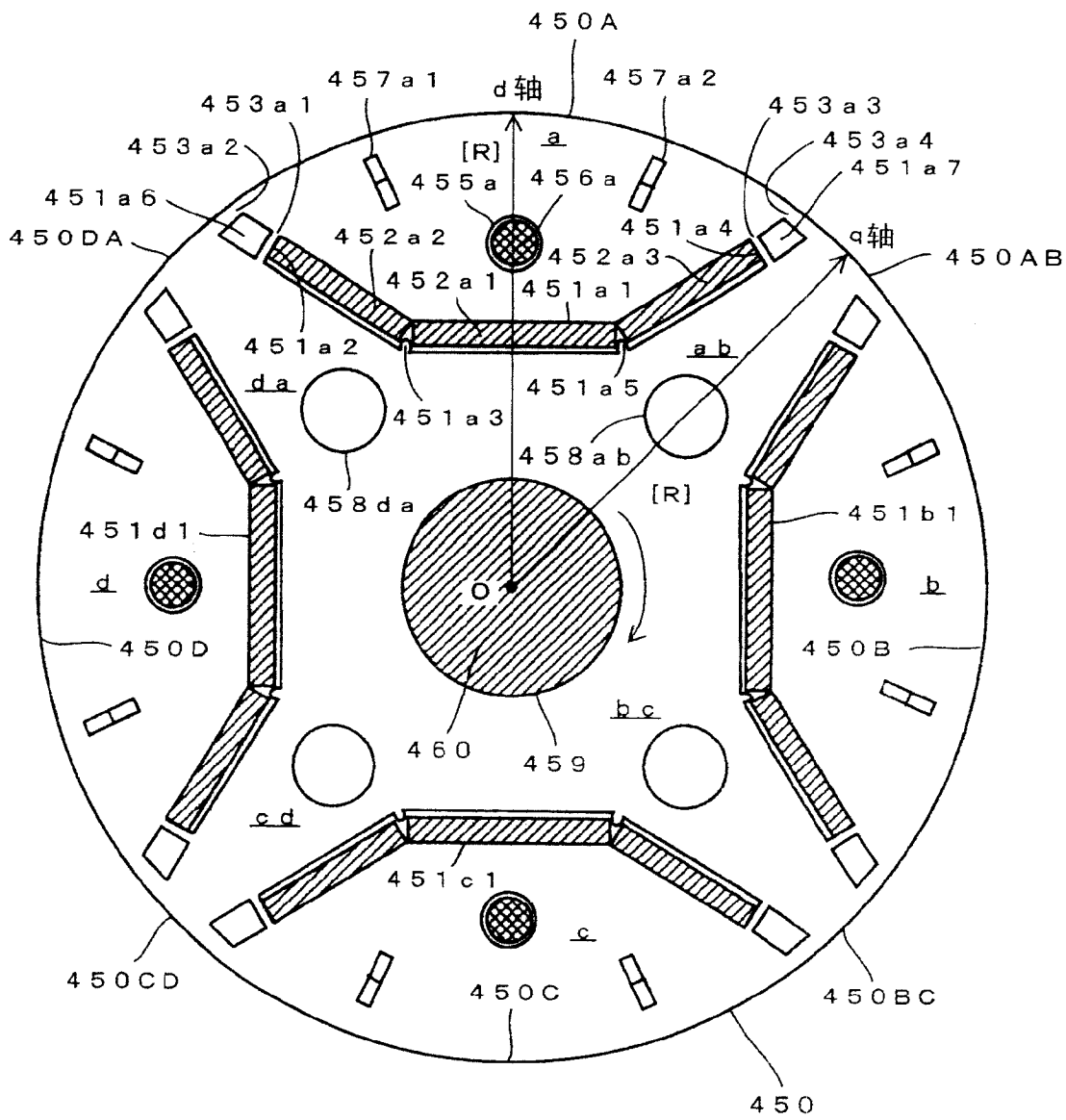


图 8

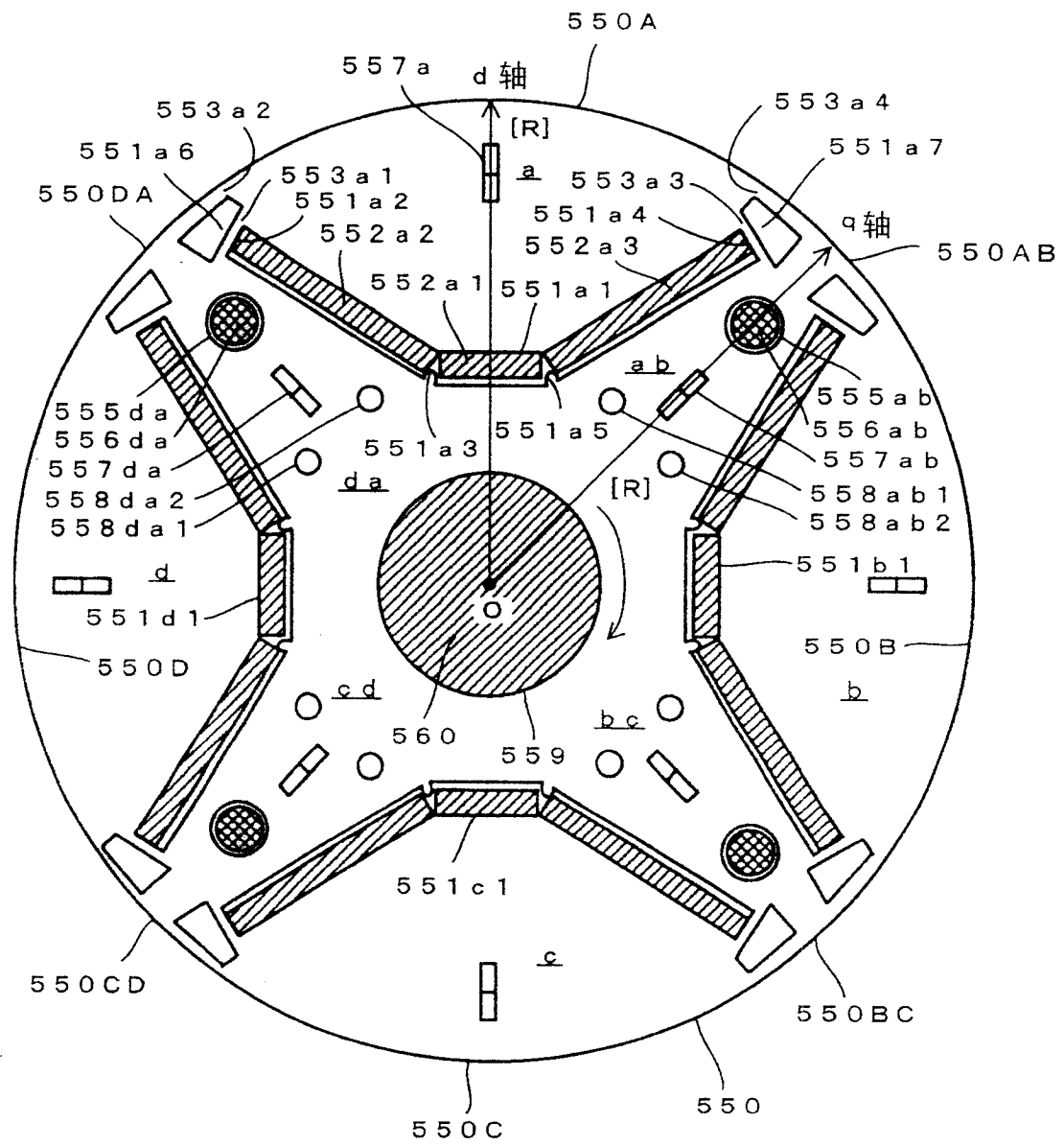


图 9

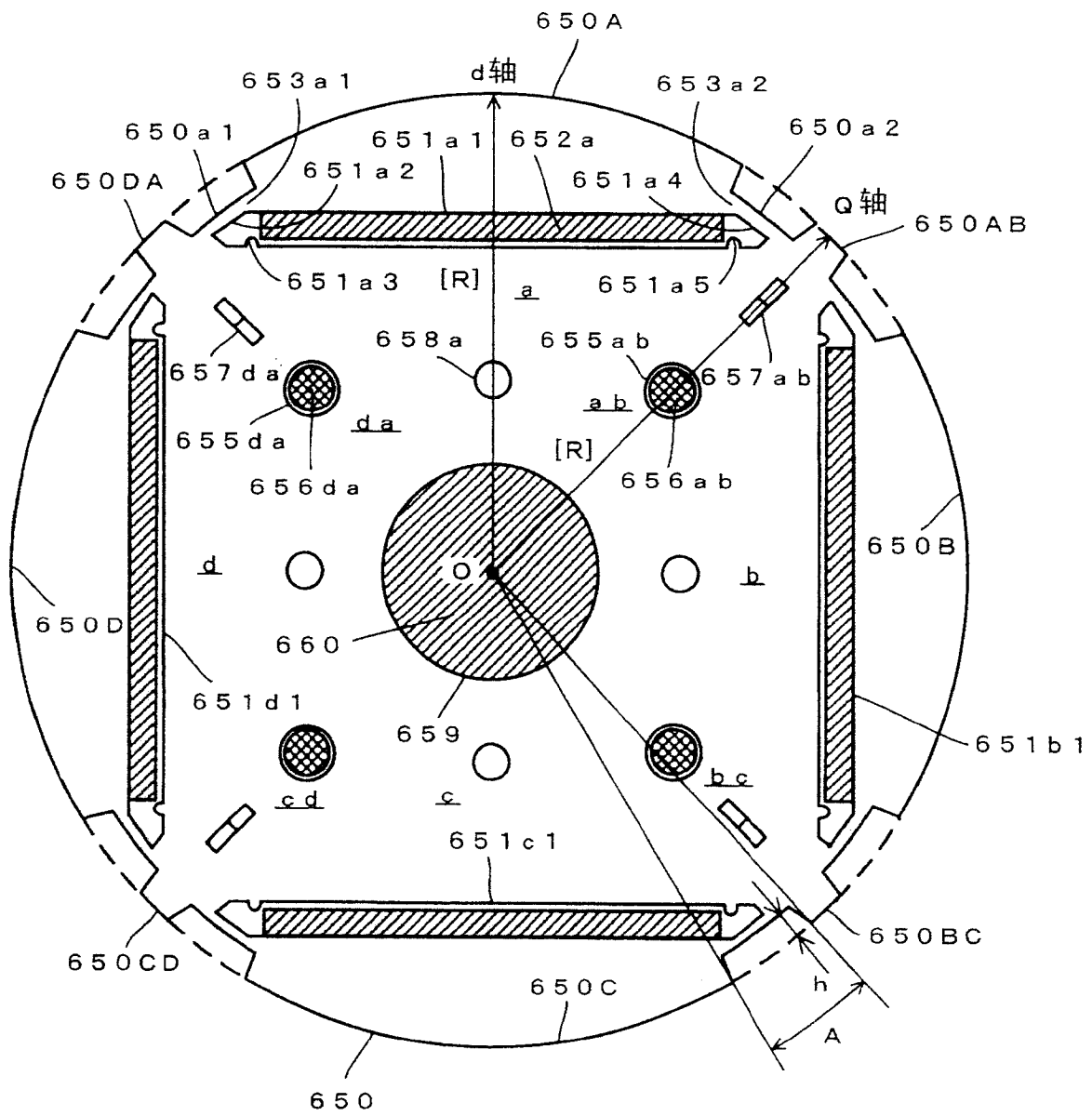


图 10

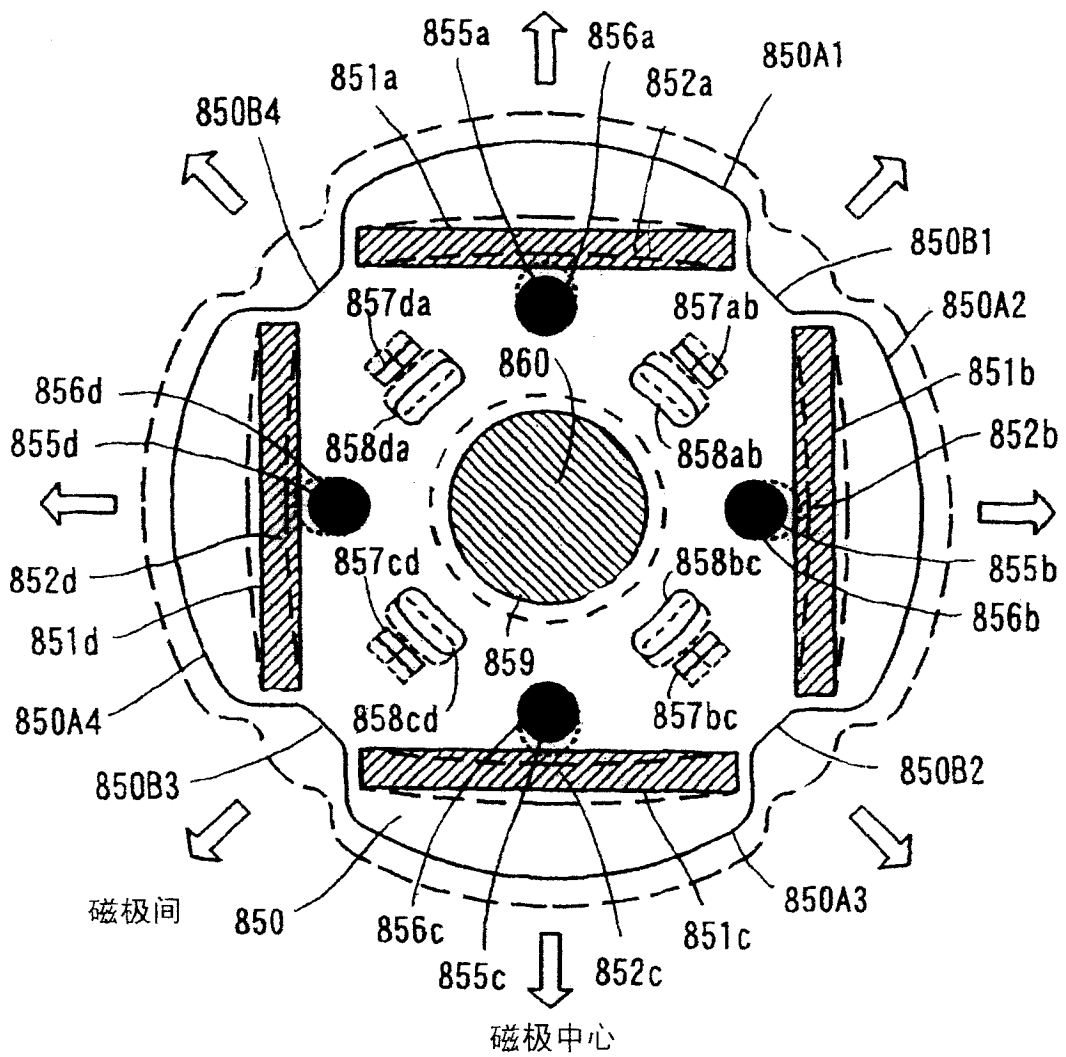


图 11