[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl[7]
H01F 13/00

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 98105373.4

[45] 授权公告日 2003 年 10 月 22 日

[11] 授权公告号 CN 1125474C

[22] 申请日 1998.2.26 [21] 申请号 98105373.4

[30] 优先权

[32] 1997. 2.28 [33] JP [31] 061996/1997

[71] 专利权人 株式会社三协精机制作所

地址 日本长野县

[72] 发明人 岩波孝志

审查员 应志红

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所

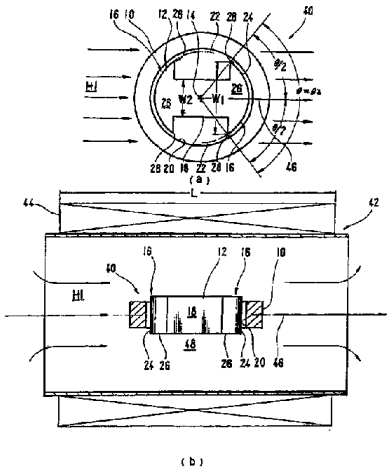
代理人 沈昭坤

权利要求书 1 页 说明书 9 页 附图 9 页

[54] 发明名称 圆环状永久磁铁的充磁装置及充磁方法

[57] 摘要

本发明提供对磁铁充磁到饱和状态，而且能够将齿槽效应转矩抑制在较小数值的圆环状永久磁铁的充磁装置及充磁方法。 充磁时，在进行充磁的圆环状永久磁铁材料 10 的圆环内插入 2 极充磁轭铁，设置于脉冲电流形成的外部充磁磁场 H1 中。2 极充磁轭铁 12 形成时满足如下条件：伞形凸部 26 的弧 24 的弦的长度 W1 与凸极 16 的基部 18 的宽度 W2 的关系为 W1≥W2，弧 24 的中心角满足电角度为 70～145 度的条件。



ISSN1008-4274

1. 一种在圆环状永久磁铁材料上形成2n个磁极的圆环状永久磁铁的充磁装置，其中，n为1或1以上的整数，其特征在于，该充磁装置包括：由在所述磁铁材料外部径向相对设置的励磁头构成的励磁装置，以及配置于所述磁铁材料内侧的磁性材料形成的充磁轭铁；所述充磁轭铁具有沿径向突出的2n个凸极，各凸极分别具有基部及在该基部的前端部向两侧展开、沿着与所述磁铁材料的内圆周同心的圆周成弓形展开的弓形凸部；所述弓形凸部的弦的长度(W1)比所述基部的宽度(W2)大或与其相等。

2.根据权利要求1所述的圆环状永久磁铁的充磁装置，其特征在于，将所述充磁轭铁的弓形凸部的最大中心角(θ)做成相当于所述磁极的电角度(θa)在70～145度的范围内的角度。

3.根据权利要求1所述的圆环状永久磁铁的充磁装置，其特征在于，将所述充磁轭铁的弓形凸部的最大中心角(θ)做成相当于所述磁极的电角度(θa)在90～110度的范围内的角度。

4..一种将圆环状磁铁材料设置于充磁磁场内，利用从外部沿径向贯穿所述磁铁材料的磁通进行励磁，形成2n个磁极的充磁方法，其中，n为1或1以上的整数，其特征在于，在所述磁铁材料的内侧配置有2n个沿径向突出的凸极的、磁性材料形成的充磁轭铁进行励磁，所述充磁轭铁的所述各凸极分别具备基部及在该基部的前端部向两侧展开，沿着与所述磁铁材料的内圆周同心的圆周成弓形展开的弓形凸部，并且所述弓形凸部的弦的长度(W1)比所述基部的宽度(W2)大或与其相等。

5.根据权利要求4所述的圆环状永久磁铁的充磁方法，其特征在于，将所述充磁轭铁的弓形凸部的最大中心角(θ)做成相当于所述磁极的电角度(θa)在70～145度的范围内的角度。

6.根据权利要求4所述的圆环状永久磁铁的充磁方法，其特征在于，利用与所述磁铁材料的饱和充磁磁场相同或更高的充磁磁场进行励磁。

圆环状永久磁铁的充磁装置及充磁方法

本发明涉及作为小型电动机的定子或转子使用的圆环状永久磁铁，更具体地说，涉及向这样的圆环状永久磁铁材料充磁的装置及其方法。

已有的圆环状永久磁铁材料的充磁手段通常考虑下述三种。第1种充磁方法是在圆环状永久磁铁材料的内侧设置充磁线圈的方法，在特开平8－19198号专利申请中，揭示了该方法，如图4(a)所示，是将板状磁性材料卷曲加工形成圆环状的圆环状永久磁铁材料101用压缸(cylinder)102推入内侧导轨103和外侧导轨104之间整形成为规定的圆环形状。或将一开始就形成圆环状的圆环状永久磁铁材料101以同样的方法压入内侧导轨103和外侧导轨104之间。

接着如图4(b)所示，压缸102进一步沿着外侧导轨104的内壁将圆环状永久磁铁材料101推进到绕有充磁线圈105的充磁轭铁106的外围能够最有效地接受充磁的位置。在这里，向充磁线圈105通脉冲电流，从磁铁材料101的内侧加磁场，使磁铁材料101磁化。

磁化了的磁铁材料101受到压缸102的进一步推动，沿着外侧导轨104的内壁前进，如图4(c)所示，被推入设置于接受台107的电动机机壳108中，图5是沿着图4(b)的Y-Y线横切的充磁轭铁线圈组件110的剖面图，图5(a)表示2极充磁的情况，图5(b)表示4极充磁的情况。图中相同的部分使用相同的符号。图中的箭头表示磁场Ha、Hb。

第2种充磁方法，是在特开平78－274450号专利申请中揭示的方法，如图7(a)侧面图所示，板状磁性材料201的一个面上紧压着绕有线圈202的充磁轭铁203，以平板状态进行充磁后，如图7(b)立体图所示进行卷曲加工形成圆环状，作为电动机用的圆环状永久磁铁204。图7(c)以立体图表示将这样的圆环状永久磁铁204嵌入或压入电动机机壳205并以粘接材料固定的情况。

第3种充磁方法是利用来自环状永久磁铁材料外侧的磁场充磁的方法，在将平板状磁性材料卷曲加工成环状的磁性材料或一开始就做成环状的磁性材料的外侧设置充磁头，或者对圆环内空心充磁，或者将圆柱状磁性体构成的辅助轭铁(铁心)插入圆环内充磁。

图 8 表示有关第 3 种充磁方法的各种状态，图 8(a)是对空心的圆环状永久磁铁材料 301 进行 2 极充磁的情况，图 8(b)是将空心的圆环状永久磁铁材料 302 插入卷曲用的圆环或电动机机壳 303 进行 2 极充磁的情况，图 8(c)是将圆柱状铁心 306 插入圆环状永久磁铁材料 305 的圆环内进行 2 极充磁的情况．都是借助于充磁头 307 的外部磁场 Hc 的作用进行充磁．

而图 8(d)表示借助于圆柱状铁心 306 对圆环状永久磁铁材料 308 进行有心 4 极充磁时的外部磁场 Hd，而图 8(e)表示借助于圆柱状铁心 306 对圆环状永久磁铁材料 309 进行 6 极充磁时的外部磁场 He．

以第 1 种充磁方法充磁的电动机的特性示于图 12、图 13．图 12 是以所施加的脉冲充磁电压(伏特: V)为横轴，充磁了的电动机磁铁的磁通(微韦伯: μWb)的实际测量值为纵轴所作的图。而图 13 是以充磁电压(伏特: V)为横轴，以电动机的齿槽效应转矩(毫牛顿米: mN m)的变化为纵轴所作的图。将两图加以比较即可了解到，在齿槽效应转矩显示最小值的充磁电压范围内，磁通(磁化的状态)随充磁电压的变动变化较大，因此在大量生产的情况下，一边使齿槽效应转矩保持较小，一边为得到稳定的磁通以便有良好的电动机特性而进行充磁管理是困难的。

亦即，使用以大充磁电压产生的饱和充磁磁场进行稳定充磁的永久磁铁的电动机，对于转矩可以增加，以满足电动机额定值，但是齿槽效应转矩也将增大，因此不能够提供合适的使用性能。又，在齿槽效应转矩变小的区域，由于充磁电压小，圆环状永久磁铁处于磁化不充分的未饱和状态，因此不能发挥良好的电动机特性．在图 13，齿槽效应转矩最小的点见于充磁电压 100 伏特附近，该位置根据图 12 判断，是处于磁化接近饱和的不稳定位置，一点点电压变动就会对磁通密度发生很大影响，因此，进行产品管理，监视并控制充磁条件，将磁化限制在一定范围是不容易的．

又，如图 6 所示的例子，即使是相同形状的充磁轭铁 106，充磁特性也因充磁线圈 105 的绕制状态的不同而不同，绕制状态的变化因线圈劣化而产生，因此问题在于，当使用多个充磁轭铁线圈组件 110 进行大量生产时，要加以管理，使充磁轭铁线圈组件 110 相互之间没有不同，各组件总是处于同一状态。

例如在图 6(a)，充磁线圈 105 “缠绕整齐”，但是也有由于劣化等原因如图 6(b)所示产生鼓状的“绕组中间鼓起”的情况，又有如图 6(c)所夸张表示的那样

不能预测的不均匀的“绕组直径偏差”的情况，维持充磁轭铁线圈组件 110 的均匀性的条件未必相同。

而且围绕图 4(b)中的充磁轭铁 106 的外围的充磁位置，由于为了避免充磁轭铁 106 的外围与圆环状永久磁铁材料 101 的内表面的互相作用而设置间隙 d，因此引起径向位置不稳定，在图 5(a)(b)，右侧的间隙 d1 和左侧的间隙 d2 受插入操作的微小的误差的影响，因而未必相等。而且，图 4(b)上以箭头 E 表示的充磁轭铁 106 与圆环状永久磁铁材料 101 在轴向上的相对位置估计也有偏差，因此对压入深度的监视和控制需要有某些措施。在这样的充磁轭铁 106 和圆环状永久磁铁材料 101 之间产生的径向和轴向两种相对位置偏差对充磁的均匀性有很大的影响，因此这些位置的设定管理成了重要的课题。

而且，由于必须将充磁轭铁线圈组件 110 配置于圆环状永久磁铁 101 的圆环内部，充磁轭铁线圈组件 110 所占有的物理空间受到制约。因此，使充磁线圈 105 发生的热量散开的散热机构复杂化，而且充磁线圈 105 的发热导致线圈绕组电阻值的增加，妨碍充磁轭铁 106 的充磁特性，因此成为使充磁效率下降，同时还使充磁线圈的绝缘性能劣化，使充磁头破损的主要原因。

又，上述第 2 种充磁方法通常以饱和磁场进行充磁，因此能够确保充分的磁场强度，但是通常有齿槽效应转矩大的缺点。而且，如图 7(c)所示，在充磁之后形成圆环状、并用手操作装入电动机机壳的工序中，由于永久磁铁磁化(磁力)的影响，操作不便，效率下降，影响生产率。

另一方面，用上述第 3 充磁方法，如图 8(a)所示的空心情况下对圆环状永久磁铁 301 进行 2 极充磁时的实测值的变化以图 9 及图 10 的 Mv 、 Tv 表示。在这种情况下，如图 9 的充磁电压与磁通的关系图中的曲线 Mv 所示，磁化强度最低，即使给予超过圆环状永久磁铁材料 301 的饱和磁场的充磁磁场，也达不到上述第 1 或第 2 充磁方法产生的磁化强度，导致电动机特性上充磁不够。还有，图 9 是以所施加的脉冲充磁电压(V)为横轴，以相对于该变化的电动机磁铁的磁通(μ Wb)的实测值为纵轴作出的图。

图 10 是充磁电压与齿槽效应转矩的关系图，根据该图 10，从表示对图 8(a)的圆环状永久磁铁材料 301 空心进行 2 极充磁的情况的曲线 Tv 了解到，使用空心充磁手段则齿槽效应转矩总体上变小。该图 10 是以电动机的齿槽效应转矩(mMm)相对于横轴的充磁电压(V)的变化产生的实测值为纵轴作图的。

从而，对该圆环状永久磁铁材料 301 空心充磁的手段，由于在要求将齿槽效应转矩抑制于较小数值的电动机规格中，如果限定于在饱和充磁磁场以上的区域充磁，则饱和磁场中的电压变化对充磁强度几乎没有影响，因此，在大量生产的情况下，与上述第 1 种方法相比，是质量管理格外容易的极其有用的充磁方法．但是，使用这样的方法时必须牺牲较理想的电动机特性。

又，图 8(c)所示的在圆环状永久磁铁材料 305 的圆环内插入圆柱铁心 306 的情况，以曲线 Mc 及曲线 Tc 描绘于图 9 及图 10．在这样的有心充磁的情况下，给予超过饱和磁场的磁场，可充磁到与上述第 2 手段相同的程度。

但是，如图所示，由于齿槽效应转矩也一起变得非常大，不能满足产品标准．又，在该情况下虽然齿槽效应转矩也因降低充磁电压而变小，但是在该磁化区域，电压的变动使得磁场及齿槽效应转矩不稳定，因此难以进行管理使磁通及齿槽效应转矩稳定于特定值，而且由于磁通的减少导致充磁强度下降，因此不能期望产品在总体上均匀和电动机特性的提高。

因此，本发明的目的在于提供一种充磁装置及充磁方法，通过改进上述第 3 种手段插入圆环状永久磁铁材料的圆环内的铁心的形状，采用充磁电压管理容易、并且能够稳定地确保对电动机特性的提高有效的充磁强度的饱和充磁，而且能够抑制齿槽效应转矩于较小数值。

为了达到上述目的，本发明的要点是，使圆环状磁铁材料形成 2n(n 为 1 以上的整数)个磁极的充磁装置，由利用从所述圆环状磁铁材料的外部沿径向贯穿该磁铁材料的磁通进行励磁的励磁手段，以及配置于所述磁铁材料内侧的磁性材料形成的充磁轭铁构成，所述充磁轭铁具有沿径向突出的 2n 个凸极，各凸极分别具有基部及在该基部的前端部向两侧展开、沿着与所述磁铁材料的内圆周同心的圆周成弓形展开的弓形凸部，所述弓形凸部的弦的长度(W1)比所述基部的宽度(W2)大或与其相等。

特别是，所述充磁轭铁的弓形凸部的最大中心角(θ)最好是做成相当于所述磁极的电角度(θ a)为 70 ~ 145 度的范围。

图 1 是本发明的圆环状永久磁铁的充磁装置及充磁方法中的充磁单元的第 1 实施例，(a)是平面图，(b)是侧面图。

图 2 是本发明的圆环状永久磁铁的充磁装置及充磁方法中的第 2 实施例，(a)是 4 极充磁的平面图，(b)是(a)的沿着 X-X 线的剖面图。

图 3 是本发明的圆环状永久磁铁的充磁装置及充磁方法的其他实例，其中(a)是第 3 实施例，(b)是第 4 实施例，(c)是第 5 实施例，(d)是第 6 实施例，以上均为侧面图。

图 4 是已有的充磁方法的第 1 种手段的侧面剖面图，(a)是整形工序，(b)是充磁工序，(c)是装入电动机机壳的工序。

图 5 是沿着图 4(b)的 Y-Y 线横切的剖面图，(a)是 2 极充磁的情况下的平面图，(b)是相同条件下的 4 极充磁的情况下的平面图。

图 6 表示已有的充磁方法的第 1 种手段的充磁轭铁线圈的缠绕情况，(a)是缠绕整齐的情况，(b)为说明绕组中间鼓起的变形缠绕情况的例子，(c)为说明绕组直径有偏差的变形缠绕情况的例子。

图 7 是已有的充磁方法的第 2 种手段，(a)是充磁工序的模式的侧面图，(b)是卷曲工序的立体图，而(c)是表示装入电动机机壳的工序的立体图。

图 8 是已有的充磁方法的第 3 种手段，(a)空心 2 极充磁，(b)是插入机壳的圆环状永久磁铁材料的空心 2 极充磁，(c)是使用实心圆柱的有心 2 极充磁，(d)是 4 极充磁，而(e)表示 6 极充磁，以上均为平面图。

图 9 表示本发明的采用外部充磁磁场的充磁手段的实验结果，是以充磁轭铁的弓形凸部两端的中心角为参数的充磁电压与电动机磁铁的磁通的关系图。

图 10 表示本发明的采用外部充磁磁场的充磁手段的实验结果，是以充磁轭铁的弓形凸部两端的中心角为参数的充磁电压与电动机齿槽效应转矩的关系图。

图 11 表示本发明的采用外部充磁磁场的充磁手段的实验结果，是以充磁电压为参数的充磁轭铁弓形凸部两端的中心角与电动机的齿槽效应转矩的关系图。

图 12 是已有的采用内部磁场的充磁手段的充磁电压与磁通的关系图。

图 13 是已有的采用内部磁场的充磁手段的充磁电压与电动机的齿槽效应转矩的关系图。

图 14 表示图 1 的第 1 实施例的变形例。

下面根据图 1 对本发明的圆环状永久磁铁的充磁装置及充磁方法的实施形态的概要加以说明。图 1 是表示进行充磁的圆环状永久磁铁材料 10 的圆环内插入磁性材料形成的 2 极充磁轭铁 12 设置于外部平行充磁磁场 H1 内进行 2 极充磁的

充磁手段的平面图.

如图所示，2极充磁轭铁12在中心14两侧具有2个凸极16，各凸极16具有共同的基部18．而且还具有在该基部18的前端部向两侧对称展开、沿着与圆环状永久磁铁材料10的内圆20同心的圆周22成弓形延伸的弓形凸部26．

这里，发明者着眼于借助于充磁轭铁12的形状，使充磁后的磁铁材料的磁通和齿槽效应转矩发生变化，通过改变充磁轭铁12的中心与弓形凸部26的两端所成的展开角、即中心角θ，进行了各种实验。

具体地说，对使弓形凸部26的中心角θ在70～110度的范围间隔5度改变，110～160度的范围间隔10度改变形成的2极充磁轭铁12的各试样，在相同的条件下对圆环状永久磁铁材料10进行充磁，测定充磁电压的变化引起的磁通变化，以中心角作为参数作图。

将全部数据表示在图上只会使图复杂化，因此只将适当提取出的4个试样的数据以一组曲线My表示于图9中.以本发明涉及的中心角θ作为参数的曲线My集中于所述圆柱状铁心的有心充磁的曲线Mc与无心充磁的曲线Mv之间的区域内，全部集中于以斜线表示的极其狭窄的范围内.

将上述充磁条件充磁的圆环状永久磁铁材料10使用于未图示出的电动机，测定齿槽效应转矩的结果示于图10．为了避免使画面复杂化，将适当提取出的试样数据以一组曲线Ty表示．在图10中，以上述中心角θ为参数的各齿槽效应转矩相对于充磁电压的关系曲线Ty在800V以下无序地交错，要把握其倾向是困难的，但是在超过800V的饱和区域表示出与中心角θ有关的一定倾向．因此，以适当的充磁电压a、b、c为参数，以横轴表示中心角θ(度)，纵轴表示齿槽效应转矩(mN m)作图的结果如图11所示。

根据有关实验，可以清楚了解，如图11所示，存在着与充磁电压无关、而使齿槽效应转矩减小的中心角θ的区域．根据图11，该区域是中心角θ＝70～145度，而且还判明，使齿槽效应转矩为0.3mN m以下的合适的中心角θ处于θ＝70～110度的范围。

还有，在图1中，由于圆环状永久磁铁材料10的磁极数目为2极，所以电角度360度与机械角度360度为一致，但是在圆环状永久磁铁材料10的磁极数目为4极的情况下，电角度360度相当于机械角度180度，因此在该情况下的合适的中心角θ处于机械角35～72.5度的范围.

回到图 1，设充磁轭铁 12 的弓形凸部 26 的两端 28 之间的宽度为 W1，基部 18 的宽度为 W2，则存在 W1 ≥ W2 的关系。根据实验判明，在圆环状永久磁铁材料的饱和充磁磁场弱的情况下，将 W2 设定得比 W1 小，而在圆环状永久磁铁材料的饱和充磁磁场强的情况下，将 W2 设定得与 W1 接近相等是合适的。

亦即，在圆环状永久磁铁材料 10 的圆环内，插入具备满足规定的条件的基部 18 及弓形凸部 26、且凸部两端 28 的中心角为 70 ~ 145 度的凸极 16 构成的 2 极充磁轭铁 12，以此可以确保良好的电动机特性，而且在对充磁电压管理容易的、与磁铁材料 10 的饱和磁通密度相同或更高的磁通密度励磁的外部充磁磁场产生的充磁饱和区域内，能够减小齿槽效应转矩。上面所述的是关于 2 极充磁的情况，因此几何学上的中心角 θ 与电角度 θ a 一致，而在一般的 2n 极情况下，θ = θ a / n。

下面参照附图对本发明的实施例作更加具体的说明。图 1 是第 1 实施例，表示进行 2 极充磁的情况。亦即图 1(a)表示在作为被充磁物体的圆环状永久磁铁材料 10 的中央插入 2 极充磁轭铁 12 构成的充磁单元 40，图 1(b)表示在空心线圈构成的励磁手段 42 内设置充磁单元 40，向线圈 44 通脉冲电流使圆环状永久磁铁材料 10 磁化的情况。

在图 1 的状态下进行充磁时，按照使充磁单元 40 的中心与空心线圈装置 42 的中心一致的要求定位，将 2 极充磁轭铁 12 的长轴 46 的方向设置得与充磁磁场 H1 的方向一致。人们已经知道，在空心线圈装置 42 的中央部分 48，相当于线圈 44 的总长度 L 的一半的长度区域 L/2 能够得到均匀的平行的充磁磁场，由圆环状永久磁铁材料 10 与 2 极充磁轭铁 12 构成的充磁单元 40 被设置于该部分接受充磁。

还有，在图 1 的实施例中，充磁轭铁 12 的基部 18 与弓形凸部 26 所成的角度为直角，但是该部分也可以如图 14(a)、(b)所示形成曲线状或斜坡状。

本发明的圆环状永久磁铁的充磁装置及充磁方法的第 2 实施例是 4 极充磁，如图 2 所示，充磁头 50n、50s 构成的励磁手段在圆环状永久磁铁材料 52 的径向沿着正交轴 54、56 配置。4 极充磁轭铁 58 的 4 个凸极 60 沿着与圆环状永久磁铁材料 52 的径向相同的正交轴 54、56 一致的方向设置，各前端部具有与第 1 实施例相同的弓形凸部 62。

通常，对于 2n 极充磁，将具有上述电角度的 1/n 倍的中心角的弓形凸部的充

磁轭铁设置于充磁的圆环状永久磁铁材料中，从与各凸极轴平行的方向给予磁场可以得到相同的效果．亦即，在图 2(a)的 4 极充磁中，由于 n = 2，弓形凸部 62 的中心角设定于 35 ~ 72.5 度的范围内，并且弦长 W1 与凸极 66 的基部 68 的宽度 W2 的关系做成与 2 极充磁的情况相同的 W1 ≥ W2 即可．

因此，4 极充磁轭铁 58 与圆环状永久磁铁材料 52 构成的充磁单元 70 做成使各凸极 60 的长轴 72 与各不同磁极垂直配置的充磁头 50n 、 50s 的长轴 74 一致，同时使相对的充磁头 50n 、 50s 之间形成的空间的中心 76 与 4 极充磁轭铁 58 的中心 78 一致．而且充磁单元 70 如沿着图 2(a)的 X-X 线的剖面图图 2(b)所示，圆环状永久磁铁材料 52 必须是中心轴 C 的方向垂直于脉冲磁场 H2，并且厚度 t 的中心线 79 位于脉冲磁场 H2 的中央。

充磁头 50n 、 50s 形成的脉冲磁场 H2，从充磁头 50n 到充磁头 50s，形成沿着各长轴 74 垂直偏转的磁通，对圆环状永久磁铁材料 52 进行磁化．如果像该第 2 实施例那样采用使用相对的一对充磁头 50n 、 50s 的充磁手段，使用第 1 实施例的 2 极充磁轭铁 12，借助于将两个充磁头 50n 、 50s 相对配置，可以不利用空心线圈装置 42 进行 2 极充磁．这样，采用充磁头的充磁手段，将第 2 实施例的 4 极充磁加以扩展，形成满足上述相同的条件的 2n 极充磁轭铁，就能够实现 2n 个充磁头同样配置的 2n 极多极充磁，其图示及详细说明省略。

图 3 是关于上述充磁单元的其他实施例，各实施例均可有任意充磁极数，设置合适的外部充磁磁场 Hn 进行充磁．图中相同的构件使用同一符号．图 3(a)是第 3 实施例，在圆环状永久磁铁材料 80 的内圆环面 81 与充磁轭铁 82 的外圆周面 83 之间不留间隙互相紧贴，构成充磁单元 84，借助于此，圆环状永久磁铁材料 80 确保与充磁轭铁 82 的外圆周面 83 的摩擦配合，因此，在设置于外部充磁磁场 Hn 内时，只要支持圆环状永久磁铁材料 80 或充磁轭铁 82 的任何一方即可，装置的结构得到简化。

图 3(b)是第 4 实施例，以将圆环状永久磁铁材料 80 嵌入支持环 85 的状态插入充磁轭铁 82 构成充磁单元 86．而图 3(c)是第 5 实施例，以将圆环状永久磁铁材料 80 压入或粘接于电动机机壳 87 的状态插入充磁轭铁 82 构成充磁单元 88．第 4 实施例和第 5 实施例在组装时均不受磁力的影响，因此组装操作容易，可以提高操作性。

图 3(d)是第 6 实施例，如夸张的图形所示，在充磁轭铁 90 的外圆周面 89 形

成带有坡度的圆锥面．因此，充磁轭铁 90 的外圆周面 89 与圆环状永久磁铁材料 80 的圆环的内表面 81 之间的间隔有变化，随着这一变化，充磁磁场强度也将发生变化．亦即越往充磁轭铁 90 的外圆周面 89 的最接近圆环状永久磁铁 80 的圆环内表面 81 的下端部 91 磁场强度越强．因此，在组装电动机时指向电动机内部的轴向吸引力有效地起作用，有助于转子的轴向位置的稳定．

如上所述，采用本发明的圆环状永久磁铁的充磁装置及充磁方法，在使用外部充磁磁场的充磁中，在圆环状永久磁铁中插入特定形状的充磁轭铁，借助于此，可以不设置内部充磁的情况下的那种充磁线圈散热机构，而且能够得到与内部充磁相同强度的磁化．又借助于在磁通的饱和磁场区域充磁，可以使充磁电压变动的允许偏差变大，因此充磁管理容易，可以得到稳定的磁化强度

而且在使用于小型电动机的情况下，如果电动机机壳的壁厚为 1 毫米以下，则在将圆环状永久磁铁材料装入电动机机壳后能够充磁，因此组装容易，生产效率提高．

还有，将采用这样的充磁手段的圆环状永久磁铁使用于电动机，可以减小齿槽效应转矩而不使电动机特性降低．而且齿槽效应转矩由几何形状决定，不必考虑对充磁电压变动进行控制即可，因此管理容易，能够在提高生产率的同时提供质量稳定的电动机．

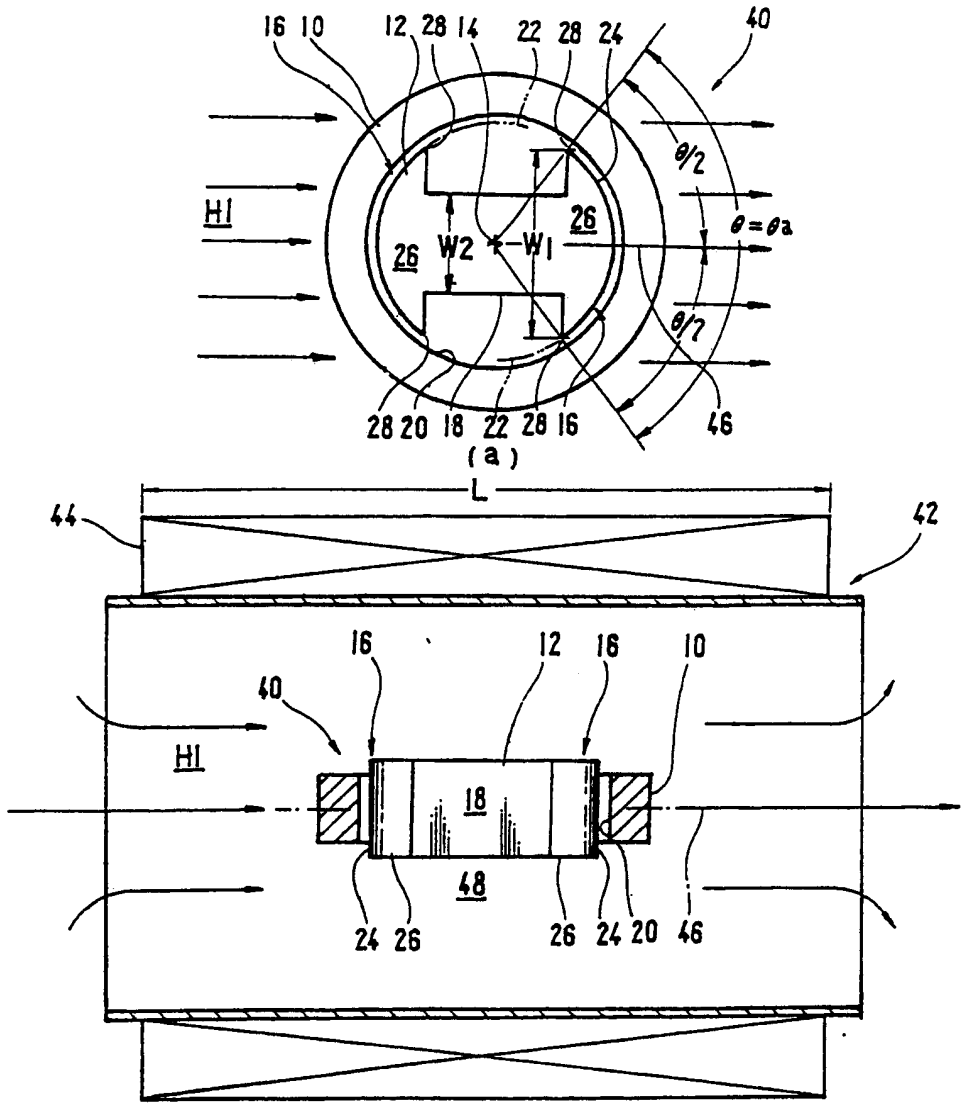

16 10 12 28 14 22 28 24 40
θ/2
θ=θa
HI
26
W2
W1
26
θ/2
28 20 18 22 28 16 46
(a)
L
44
42
16 12 16 10
40
HI
18
48
24 26 26 24 20 46
(b)

图 1

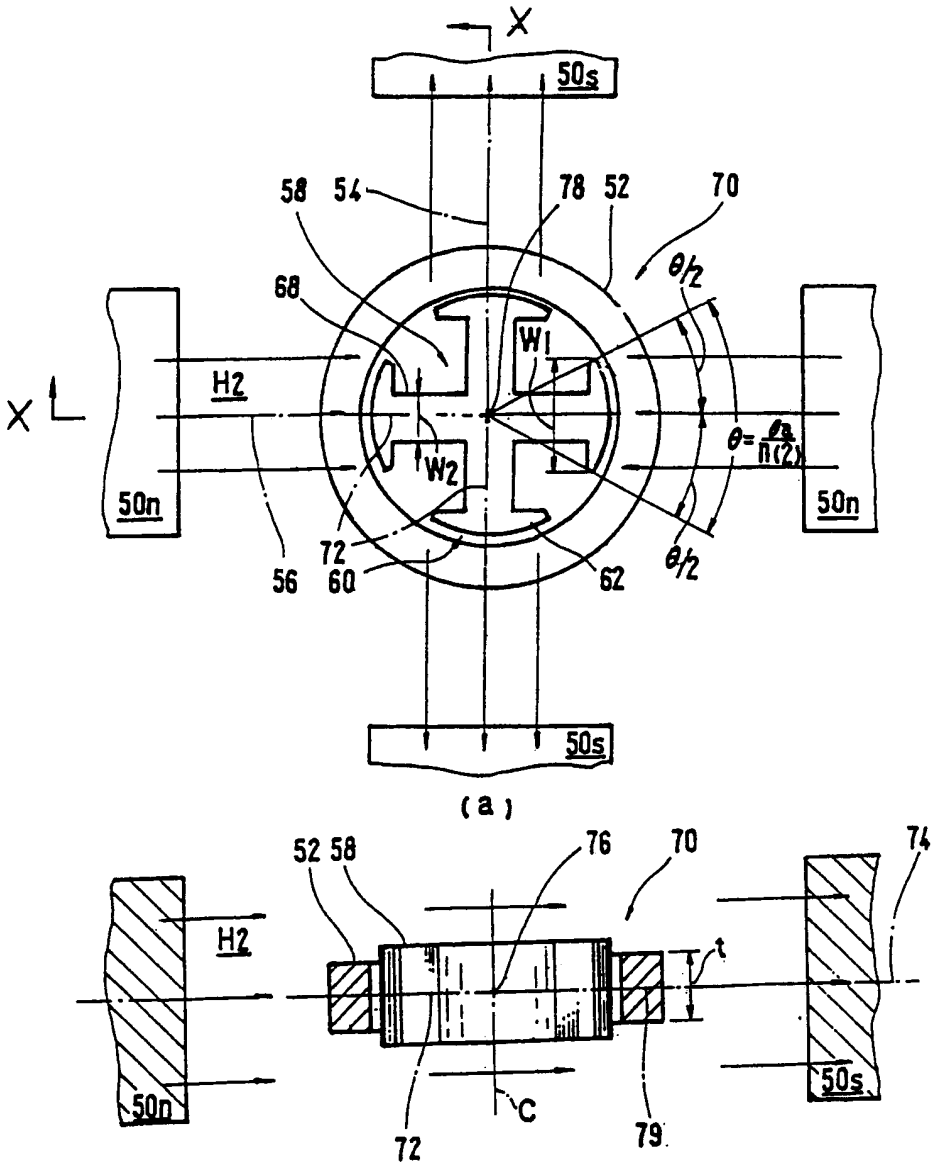

X
50s
58
54
78
52
70
θ/2
68
W1
H2
X
W2
θ=θ/n(2)
50n
50n
72
56
60
62
θ/2
50s
(a)
52
58
76
70
74
H2
t
50n
50s
C
72
79
(b)

图 2

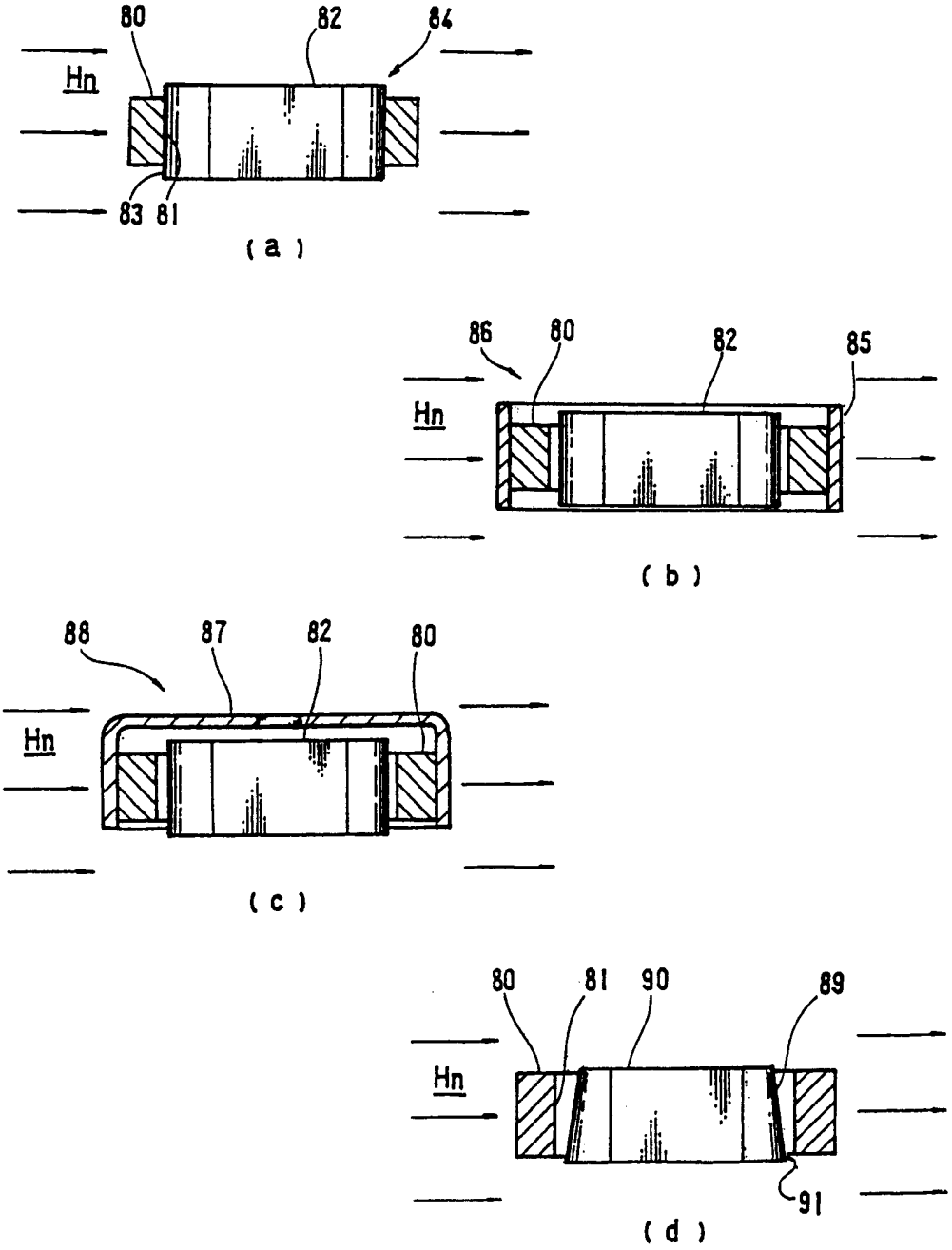


图 3

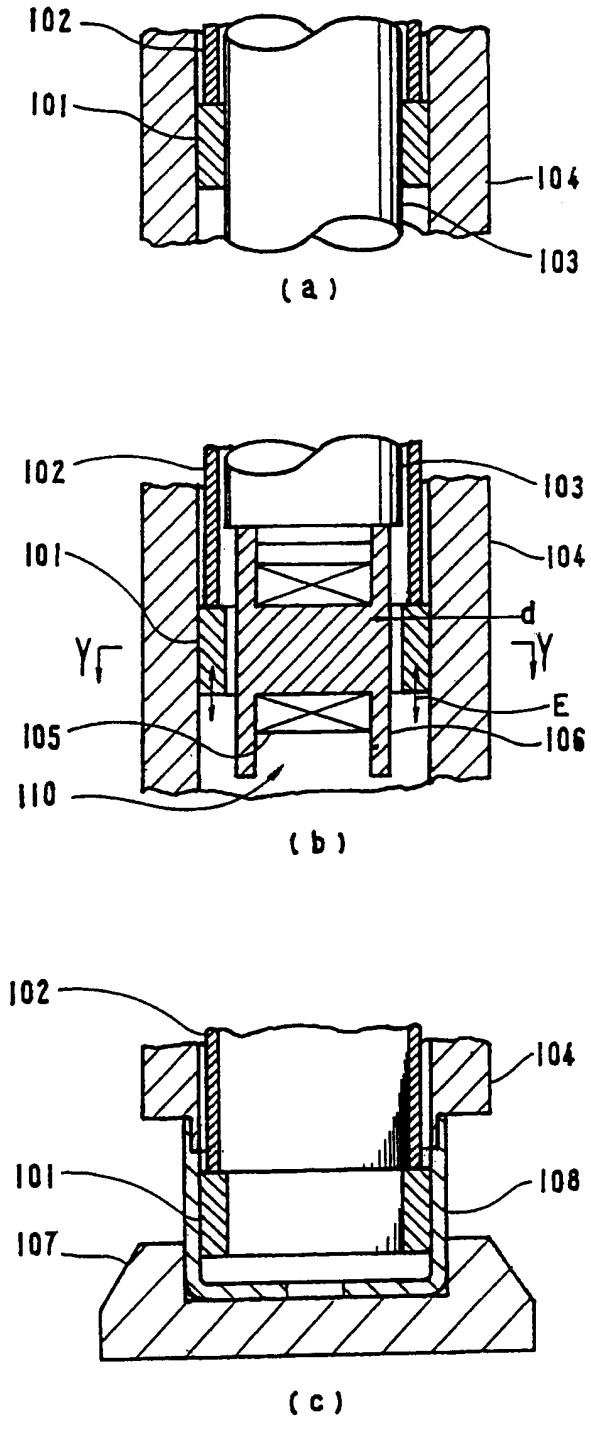

102
101
104
103
(a)
102
103
101
104
d
Y
Y
E
105
106
110
(b)
102
104
101
108
107
(c)

图 4

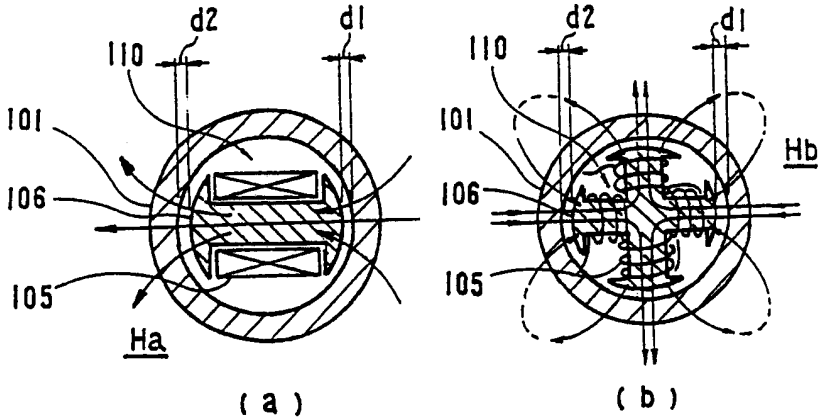

d2
d1
110
101
106
105
Ha
Hb
(a)
(b)

图 5

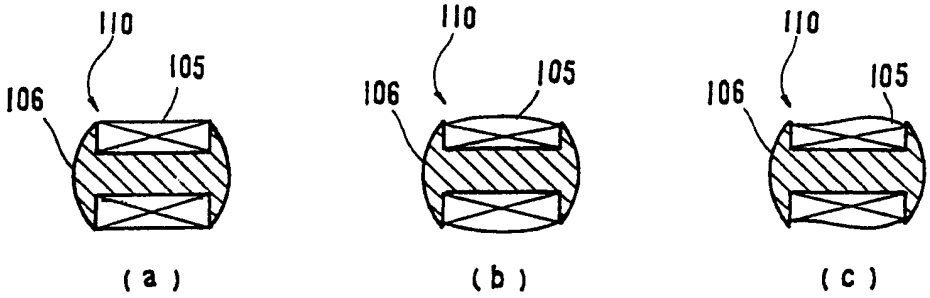

110
105
106
(a)
(b)
(c)

图 6

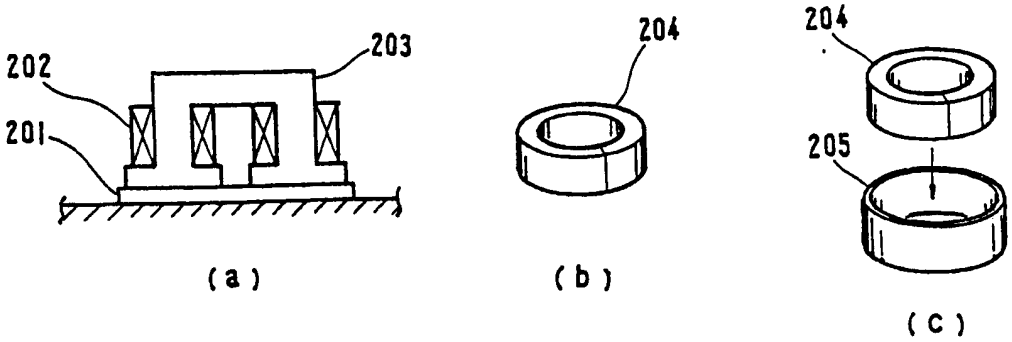

202
203
201
204
205
(a)
(b)
(c)

图 7

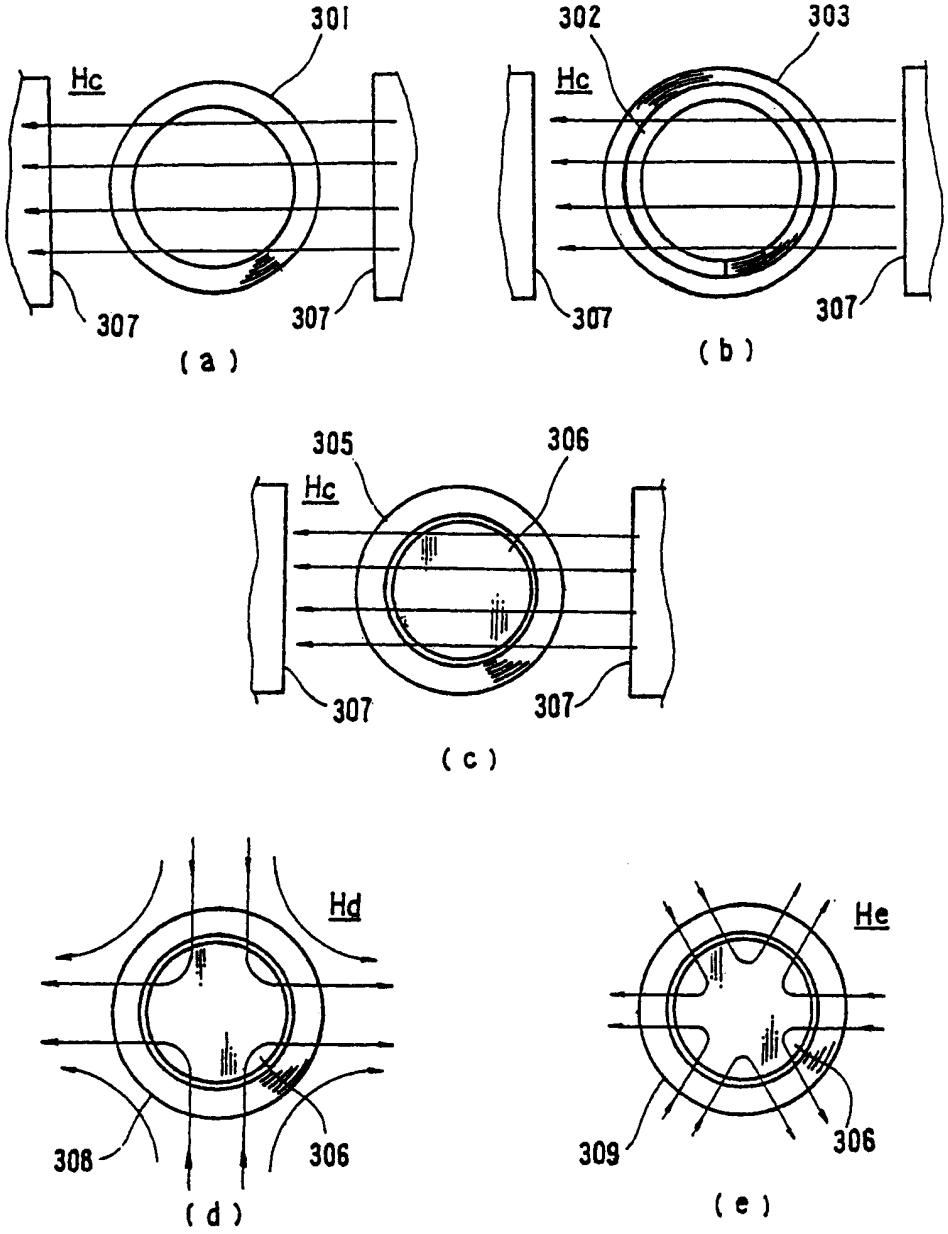

301
Hc
307
307
(a)
302
303
Hc
307
307
(b)
305
306
Hc
307
307
(c)
Hd
308
306
(d)
He
309
306
(e)

图 8

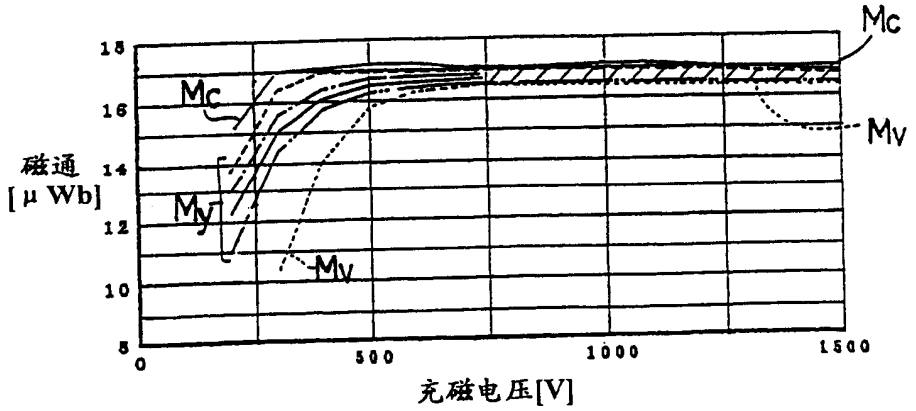

Mc
Mv
My
磁通
[μWb]
15
16
14
12
10
5
0
500
1000
1500
充磁电压[V]

图 9

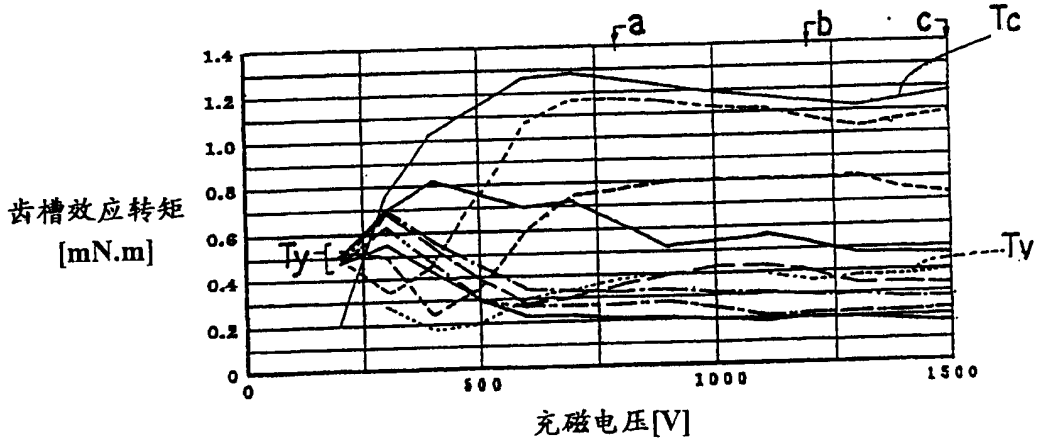

a
b
c
Tc
Ty
齿槽效应转矩
[mN.m]
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0
500
1000
1500
充磁电压[V]

图 10

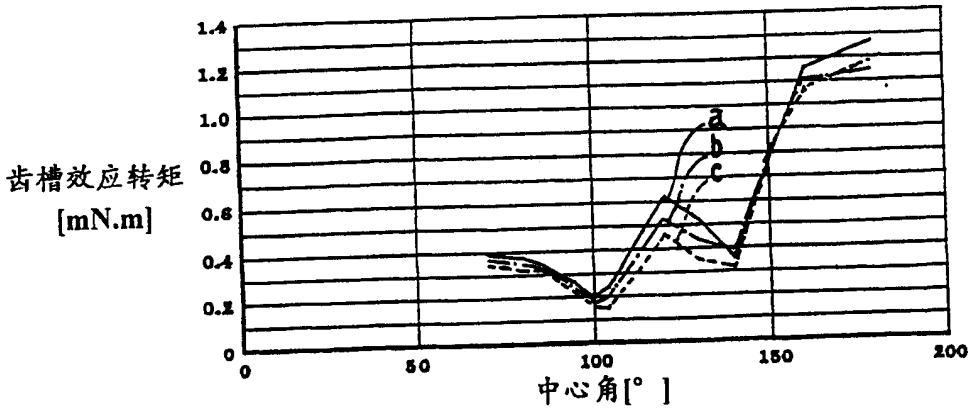

a
b
c
齿槽效应转矩
[mN.m]
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0
50
100
150
200
中心角[°]

图 11

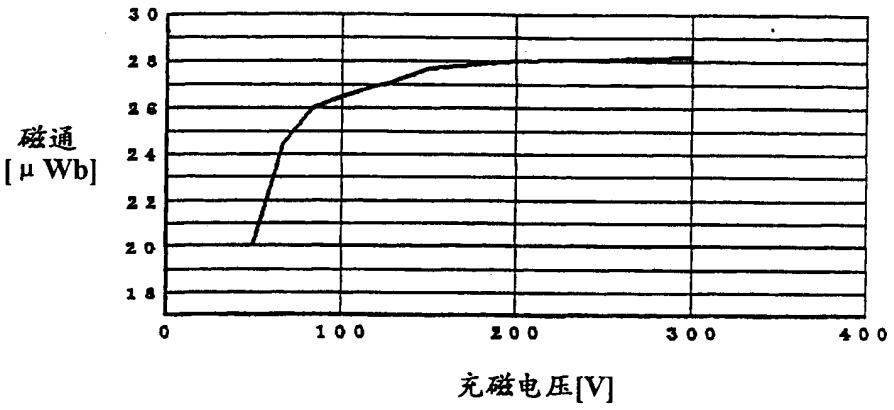

磁通
[μWb]
30
28
26
24
22
20
18
0
100
200
300
400
充磁电压[V]

图 12

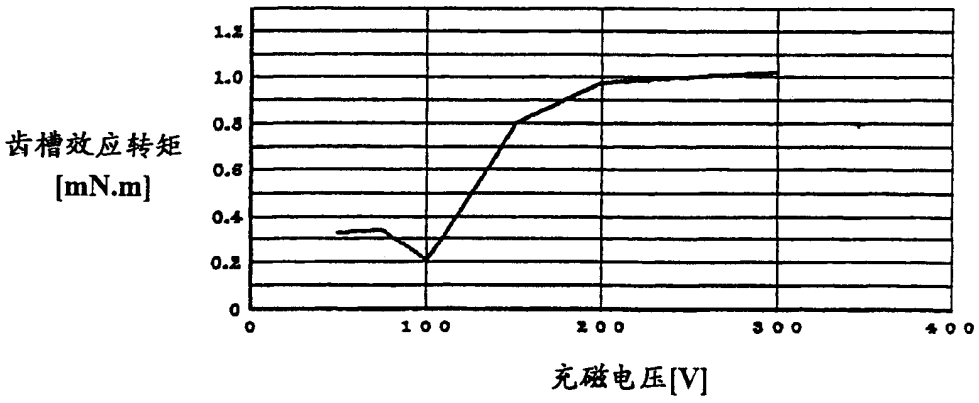

齿槽效应转矩
[mN.m]
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0
0
100
200
300
400
充磁电压[V]

图 13

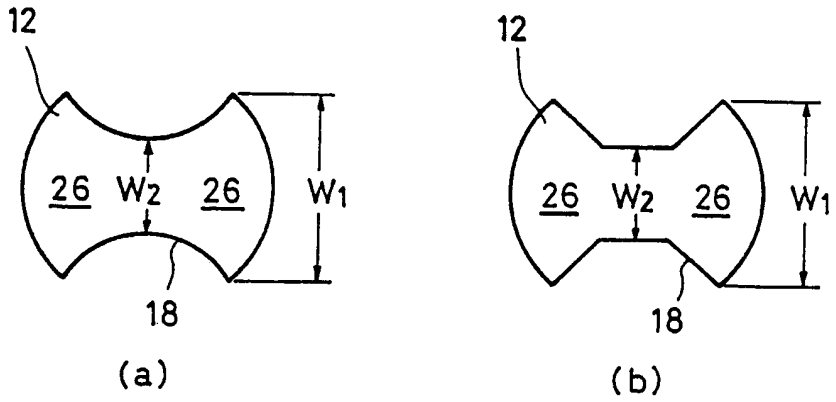


图 14