

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl<sup>7</sup>

H02K 19/10

H02K 1/06 H02K 1/14

# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 98806795.1

[43]公开日 2000年8月2日

[11]公开号 CN 1261992A

[22]申请日 1998.7.2 [21]申请号 98806795.1

[30]优先权

[32]1997.7.2 [33]DE [31]19728172.9

[86]国际申请 PCT/DE98/01826 1998.7.2

[87]国际公布 WO99/01924 德 1999.1.14

[85]进入国家阶段日期 1999.12.30

[71]申请人 沃尔夫冈·希尔

地址 德国卡尔斯鲁厄

[72]发明人 沃尔夫冈·希尔

[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所

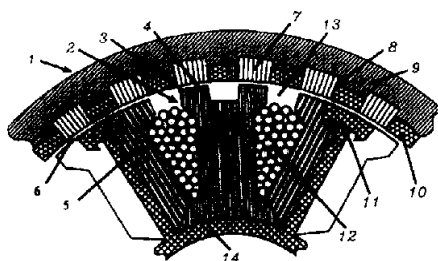
代理人 张兆东

权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图页数 1 页

[54]发明名称 具有软磁性齿的电机及其制造方法

[57]摘要

按磁阻原理工作的电机在其运动和静止部件之间具有做成齿形的气隙表面。齿的可磁化性直接影响到电机的效率。根据本发明,突出于气隙中的齿由这样一种材料所组成,它相对于普通的软磁体具有一更有利的可磁化性和/或一更高的饱和磁通密度。该材料优选地作为一种晶粒取向的电工钢片或一种钴铁合金。替代性地或补充性地可将该其中配置有线圈的软磁体经一种合适的分段也完全由晶粒取向的材料来制造,其中每个第二磁极未被绕制且由两个半极组成,该两半极由一非磁性保持件所隔离。利用斜向轧制的钢片同样也有助于在旋转电机、尤其是在横向磁通导向情况下更好地利用空间和材料。根据本发明的结构形式特征在较小的冲压边角料条件下可提高在气隙表面上具有软磁齿的电机的效率且降低其损耗。



ISSN 1008-4274

## 权 利 要 求 书

1. 一种电机，它具有至少两个相对运动的组件（2，8），它们经一气隙（6）被相互隔离且它们各自具有至少一个软磁体（4，5，7，21），其中该至少两个组件（2，8）的指向气隙（6）的表面的部分区域具有对于磁通非均匀的性质，其特征在于：至少一个软磁体（21）具有在气隙（6）附近的一部分区域（7，17），该区域（7，17）由这样一种材料组成，该材料与属于相同磁回路的软磁体（21）的另一配置在离开气隙处的部分区域（9，16）相比具有更高的可磁化性和/或更高的饱和磁通密度。

2. 如权利要求1所述的电机，其特征在于：至少一个软磁体在气隙上具有由晶粒取向的电工钢片组成的齿（7）且软磁体的至少另一部分（9）由非晶粒取向的电工钢片组成。

3. 如权利要求1所述的电机，其特征在于：一软磁体（21）在气隙上具有由一种钴铁合金制成的齿（17）且软磁体（21）的至少另一部分（16）由一种另外的铁合金组成。

4. 一种电机，它具有至少两个相对运动的组件（2，8），它们经一气隙（6）被相互隔离且它们各自具有至少一个软磁体（4，5，7，21），其中该至少两个组件（2，8）的指向气隙（6）的表面的部分区域具有对于磁通非均匀的性质，其特征在于：至少一个软磁体（21）具有可变钢片厚度的电工钢片。

5. 如权利要求4所述的电机，其特征在于：在一种旋转电机中，软磁体（21）在切向上被叠装且钢片厚度随半径一起增加。

6. 一种电机，它具有至少两个相对运动的组件（2，8），它们经一气隙（6）被相互隔离且它们各自具有至少一个软磁体（4，5，7），其中该至少两个组件（2，8）的指向气隙（6）的表面的部分区域具有对于磁通非均匀的性质，其特征在于：至少一个组件具有至少两个电磁单元（2），它们由至少一个已绕制的磁极段（4）和两个未绕制的半极段（5）所组成且半极段（5）在磁轭区平躺在至少一个磁极段（4）

上。

7. 如权利要求 6 所述的电机, 其特征在于: 在两相邻的半极段(5)之间配置有一 T 形保持件, 该保持件将电磁单元(2)磁性隔离开且阻碍靠在其上的半极段(5)的一种运动。

8. 用于制造一种电机的方法, 该电机具有至少两个相对运动的组件(2, 8), 它们经一气隙(6)被相互隔离且它们各自具有至少一个软磁体(4, 5, 7, 21), 其中该至少两个组件(2, 8)的指向气隙(6)的表面的部分区域具有对于磁通非均匀的性质, 其特征在于: 电工钢片在冲压前、中或后被变形, 其变形的形式是钢片厚度改变。

9. 用于制造一种电机的方法, 该电机具有至少两个相对运动的组件(2, 8), 它们经一气隙(6)被相互隔离且它们各自具有至少一个软磁体(4, 5, 7, 21), 其中该至少两个组件(2, 8)的指向气隙(6)的表面的部分区域具有对于磁通非均匀的性质, 其特征在于: 一磁极段的软磁体独立于软磁体的其它部分被预加工且在涂敷铁芯绝缘层之后用张紧的导线加以绕制, 且在该预加工的已绕制的磁极上紧接着从不同的两侧连接上两个未绕制的半极。

# 说明书

## 具有软磁性齿的电机及其制造方法

本发明有关一种在气隙表面上具有软磁性齿的电机及其制造方法。

在气隙表面上具有软磁性齿的电机在名称为步进电机或开关式磁阻电机之下已知有多种结构形式。通过这些齿，在转子运动时磁阻对导经气隙的磁通发生变化。可用的力取决于齿的几何形状、软磁材料的可磁化性以及气隙的磁通密度。

一种以其简单的绕组技术而特别出众的结构形式是横向磁通电机。软磁体在圆周方向上具有空隙，它们对应于大约一半的板宽。在空隙中，流经线匝的电流仅产生弱的磁场，这样这些圆周段更多地是产生损耗功率而不是产生有用功率。

从 DE 43 25 740 C1 中已知有一种横向磁通电机，其中围绕着线匝配置有 U 形软磁铁芯，其切向宽度随半径增大而不成比例地增加。由此在圆周方向上铁芯的径向内端部之间产生空隙，它们的宽度大于铁芯宽度。

在 DE - OS 28 05 333 和 DE 40 40 116 C2 中描述了分段式软磁体，其中齿芯叠层垂直于磁轭钢片叠层。

从 DE 34 14 312 A1 中已知一种具有电磁铁组的永磁电机，它们在运动方向上在两端部具有未绕制的半极。通过在电极装置间的一空隙则可形成相移。磁极和半极具有极靴，它们以一种平的气隙表面仅留出窄的槽隙用于安放线圈绕组。电磁铁组的电磁铁芯回路被做成单件式的。

此外，从 DE 42 41 085 A1 中已知用燕尾榫接合将极靴连接到极芯上。

本发明的任务是：进一步发展一种根据磁阻原理工作的电机，使之在合理的制造费用下来增大与气隙面积有关的切向力并降低电阻损耗和磁损耗。

这一任务是通过在权利要求 1、4、6、8 或 9 中的特征所描述的发明来解决的。

根据本发明，与气隙表面相邻接的软磁性齿是由这样一种材料所组成，该材料相对普通的软磁体在同样的磁场强度条件下具有更高的磁通密度和/或更高的磁饱和磁通密度。优选地在齿中采用晶粒取向的电工钢片或一种钴钢合金。

为不损坏效率提高的效果，普通的软磁体在磁通方向上整体上具有比与气隙邻接的齿表面积总和更大的截面。

例子：通过采用钴铁合金，齿中的磁通密度在流经电机的相同电流条件下可最大提高 20%（替代 1.9T 的值而为 2.3T）。在相同的气隙表面或约相同的电机大小情况下，电机的效率提高为 44%。

作为替代或补充方案，其中配置有导线线圈的软磁体由单个预先加工好的极段组成，这些极段优选地由晶粒取向的电工钢片制造而成。每个第二极是未绕制的且由两半极所组成，两半极经一非磁性保持件相连接。在被绕制极的气隙表面上的齿数对应于一半极的双倍齿数。优选地为 T 形形状的保持件由一种具有低导磁和导电性的材料所组成且阻碍半极在气隙中磁通方向上的运动。半极则又将被绕制的磁极零件固定在其位置上。

这种模块式结构对应于本发明的第二个基本思想且同样能优越性地采用晶粒取向材料，其中在气隙范围和在某些导线材料和铁芯材料间必须分配空间的电机范围内，则可最佳地利用这种好的可磁化性。有关磁阻的对电机效率的显著性提高发生在晶粒取向的磁极段中首先在约 1.9T 的磁通密度时。与之相对，同样的磁阻的提高在非晶体取向电工铁片中则在 1.6T 时便已产生，只有采用了较之已有技术为新型的对被绕制体的分段技术才能在磁极槽范围内最佳地利用晶粒取向性。

极中的高磁通密度使之能在相同的气隙直径和相同的磁势之下来增大槽宽，且该增加的槽空间又能降低绕组损耗。此外，磁极绕组必须不被一种狭窄的槽隙所穿过。

例子：从一常规的电机出发，该电机的磁极宽 = 槽范围中央的槽宽，则通过用晶粒取向的电工钢片来制造磁极段则在气隙中相同的磁通密度时将极宽降低 15%。另外，由于采用更有利的绕

制技术，磁极绕组也能以 65% 的叠层系数而不是 50% 的叠层系数来加以制造。总起来则可得到每槽 50% 的铜截面增加，且绕组损耗下降了 33%。

这种改进的主要之点是对在已绕制磁极和未绕制半极中的已绕制软磁体的分段，其中半极形成至少一个在气隙中的齿。已绕制磁极和两与之在磁轭范围内相连接的半极形成一磁单元，该磁单元经非磁保持元件与相邻的具有相同结构的磁单元隔离。由保持件隔开的半极的齿在运动方向上具有比磁单元内部的齿更大的间距且因此在相邻的电磁单元间产生一相移。

非磁性保持件避免了因不希望的杂散磁通而产生的恢复力且因此也提高了电机的力密度。次级气隙的负影响经磁极段的相互压入来加以避免，而过渡面积的明显提高也可经一斜截面来加以进一步避免。此外，还可避免在磁轭区中磁阻的提高，当槽深方向上的磁轭密度对应于被绕制极的约 75% 的宽度时。下述效应的结合：

- 经晶粒取向的磁极段达到更有利的磁化，
- 磁极线圈的紧凑性绕制技术，
- 经磁隔离的单元达到短的磁通路程和相位间的解耦，

导致功率密度的明显提高。

除了改善功率和取得更低的绕组损耗之外，根据本发明的分段方法也避免了所需冲压刀具的复杂性和冲压边角料，对磁极线圈的绕制变得简单且通过许多预制的磁极件而带来的附加安装费用也通过使用柔性安装自动机变得合理。根据本发明的这种双凸极电机的分段适用于带径向和轴向气隙磁场的旋转结构形式且也适用于线性驱动机构，

采用斜向轧制的钢片同样有助于更好地利用旋转电机、尤其是横向磁通导向的电机中的空间和材料。迄今为止在电机制造中无一例外地均采用具有恒厚度的电工钢片。根据本发明的第三个基本思想，钢片在冲压前、中或后在钢片厚度上发生变形。这一点优选地进行在冲压前的一轧制过程中，其中电工钢带具有一梯形截面。

该梯形带可优越地应用在横向磁通电机中，其中用两不同的钢片截面可将一完整的铁芯环配置在线匝周围。磁通则仅仅在靠近磁作用气隙

的地方集中在齿中，这些齿则优选地由一种钴铁合金制成。采用具有梯形截面的电工钢叠片在径向磁通型和轴向磁通型电机中、尤其是在中间定子和中间转子中也是有优越性的。

在附图中示出了本发明的具有优点的实施形式。

图 1 示出一具有外转子带极靴罩和组合转子环的步进电机的截面的一部分圆周段，

图 2 示出一横向磁通电机的半个截面，该电机使用一种钴铁合金齿，

图 3 示出图 2 中横向磁通电机的软磁体的轴向侧视图的局部。

图 1 示出一根据本发明的磁阻电机 1 的截面的一段，该电机由各具有四个齿 3 的六个结构相同的电磁单元 2 组成。在该局部图中仅示出了一个电磁单元，它由一被绕制的磁极段 4 和两个相同结构的、未绕制的半极段 5 组成。磁极段和半极段由轴向相继叠层的晶粒取向电工钢片组成，其中优选方向为径向对准的。半极在指向气隙 6 的表面上具有一齿 3。24 个定子齿 3 与转子 8 的齿段 7 相对而立。相邻半极 5 的齿 3 的间距要大于一电磁单元内部的齿间距。每个电磁单元的齿数可以是 4、8、12、16（或  $4 \times k$ ，其中  $k$  为整数）而电磁单元数可以是相数的任意倍数字。

为不使转子齿 7 在定子齿 3 之前就已产生提高了的磁阻，因此它们同样由晶粒取向的电工钢片组成。与此相对，转子环 9 则由非晶粒取向的电工钢片组成。切向叠切的转子齿 7 具有一轻微成梯形的横截面。该截面通过采用梯形轧制的电工钢带来实现。这些钢带被作为叠装条压入一加热了的转子磁轭环中，经过冷却使转子环 9 对转子齿 7 的压力升高，这样能保证一稳定的配合。此外，在转子齿之间的切向空间用一种机械性能稳定的绝缘材料 10 加以充满，该材料同样也对稳定性有所贡献。

在定子中，不同电磁单元的相邻齿 3 之间的空间由 T 形保持件 11 的宽端部所充填。保持件同样也由一具有低电导率和高机械强度的非磁性材料组成。

磁极线圈 12 在一之前加工步骤中被绕制在极段 4 上。在此经过将受拉应力作用的导线作精确的放置，比之经过槽隙 13 来安放绕组来说

可实现一高得多的叠装系数。接下来将两邻接的半极 5 切向压下且由此优选地经粘接加以连接。已装配好的电磁单元 2 现在被轴向推入预热过的保持体 14 中。经过冷却，T 形保持件 11 收缩且产生一预应力，该预应力使得电磁单元的该三件式软磁体即使在磁法向力产生大的波动时也能稳定在气隙中。另外该结构在装配之后被浇注。另外也可在磁极段的槽中嵌接一爪形体（图中未示出）来进一步加强稳定性。

图 2 中示出一两相横向磁通电机 15 的半个截面。在由非晶粒取向的电工钢片组成的钢片截面 16 中连接有钴铁合金组成的小齿接头 17。在运动方向上与同样由一钴铁合金组成的转子段 18 相对立的始终只有齿接头或槽 19。与之相对，钢片截面 16 在线匝 20 的整个圆周上环抱住线匝 20 且磁通密度也在最大的磁通密度时在普通的软磁体 21 的齿接头 17 中被限制在有利于磁损耗功率的  $1.2 \sim 1.4T$  的值上。由于软磁体 21 将线匝 20 无空隙地在切向上三面埋入，因此电流在整个导线长度上可均匀地产生磁场。仅仅在磁通的临界收缩处才使用十分昂贵的高导磁率材料。

转子段和齿接头在软磁体重量上占的份额可通过根据本发明的结构形式被降至  $10 \sim 20\%$ 。由此在差不多相同的功率条件下材料的费用相对于完全由钴铁合金组成的常规结构形式的电机要有很大的节省。

对将电能转变为磁能方面的性能改善在这里也通过采用具有可变厚度的电工钢片而达到。图 3 中可见：一无空隙的软磁体环 21 是如何通过将具有梯形截面的电工钢片 22 作切向叠装来制造出来的。

如图 1 中转子齿所示的那样，具有梯形截面的电工钢片也可具有优点地被用在径向磁通电机中。这种经过改造的电工钢片进一步也可被用来更好地利用分段式轴向磁通电机的空间并由此来提高该电机的效率。

在软磁性齿之间的空间中也可将永磁铁使用成磁扼流圈。本发明并不仅仅局限于一种磁阻式电机，而且也包括混合式电机和发电机，它们除了具有在气隙上的软磁齿结构外还具有永磁铁、鼠笼绕组或励磁绕组。

说明书附图

