



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1708889 B

(45) 授权公告日 2010.07.21

(21) 申请号 200380102002.1  
 (22) 申请日 2003.10.27  
 (30) 优先权数据  
 10250261.7 2002.10.28 DE  
 (85) PCT申请进入国家阶段日  
 2005.04.25  
 (86) PCT申请的申请数据  
 PCT/EP2003/011917 2003.10.27  
 (87) PCT申请的公布数据  
 W02004/038905 DE 2004.05.06  
 (73) 专利权人 科莱克特集团公司  
 地址 斯洛文尼亚伊德里亚  
 (72) 发明人 乔泽·波托克尼克  
 (74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所  
 11105  
 代理人 侯宇 陶风波

(51) Int. Cl.  
*H01R 39/16* (2006.01)  
*H01R 43/06* (2006.01)  
 (56) 对比文件  
 CN 2501221 Y, 2002.07.17, 全文.  
 US 1928325 A, 1933.09.26, 全文.  
 US 3280354 A, 1966.10.18, 全文.  
 US 3864821 A, 1975.02.11, 全文.

审查员 傅琦

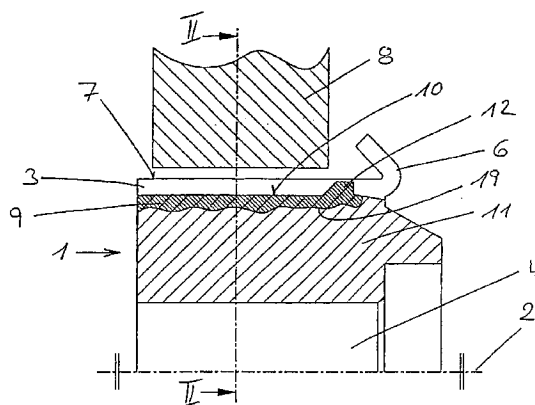
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 3 页

(54) 发明名称

用于电机的换向器及其制造方法

(57) 摘要

本发明涉及一种电机的换向器,其包括一个用模塑材料制的支承体(1)和多个绕换向器轴线(2)均匀地排列在支承体上的金属导体段(3),后者带有设在其上的接线元件,其中,支承体(1)有两个用不同模塑材料制成的互相形状闭合地压合的区域,亦即支承体基体(11)和漏电防护层(9),在导体段(3)之间设置具有沿径向对外敞开的承受漏电负荷的绝缘表面(10)的漏电防护层(9),它用第一种模塑材料组成,这种模塑材料比制成支承体基体(11)的第二种模塑材料更耐泄漏电流。



1. 一种电机的换向器,其包括一个由模塑材料制的支承体(1)和多个绕换向器轴线(2)均匀地排列设置在该支承体上的金属导体段(3),后者有设在其上的接线元件,其中,在每两个相邻的导体段之间有一空气绝缘间隙,其特征为:所述支承体(1)具有两个由不同的模塑材料制成的、相互形状闭合地压靠在一起的区域,亦即一支承体基体(11)和一漏电防护层(9),其中,该漏电防护层(9)在各导体段(3)之间具有沿径向对外敞开的承受漏电负载的绝缘表面(10),并且由一第一种模塑材料制成,该第一种模塑材料比制成所述支承体基体(11)的第二种模塑材料更耐泄漏电流。

2. 按照权利要求1所述的换向器,其特征为:所述漏电防护层(9)的模塑材料基于聚酯、三聚氰胺-甲醛、环氧化物、烯丙酯或另一种耐漏电流的树脂,或基于这些树脂中的多种的一组合,或基于这些树脂中的至少一种与酚醛树脂的一组合。

3. 按照权利要求1或2所述的换向器,其特征为:所述支承体基体(11)有比漏电防护层(9)更好的机械性质。

4. 按照权利要求1或2所述的换向器,其特征为:所述支承体基体(11)有比漏电防护层(9)更高的耐热强度。

5. 按照权利要求1所述的换向器,其特征为:所述支承体基体(11)由一种含酚醛树脂的模塑材料组成。

6. 按照权利要求1所述的换向器,其特征为:所述漏电防护层(9)的各单个区域沿周向测量的最大宽度,比在每两个相邻导体段(3)之间形成的空气绝缘间隙的宽度大。

7. 按照权利要求6所述的换向器,其特征为:所述漏电防护层(9)的各单个区域的宽度沿径向从外向内增加,其中,该漏电防护层的各单个区域沿其整个层厚形状闭合地分别贴靠在两个相邻的导体段(3)上。

8. 按照权利要求1所述的换向器,其特征为:所述漏电防护层(9)沿径向朝向外面的所述绝缘表面(10)各有一个沿径向向外指向的舌片(12)与所述导体段端侧的接线片(6)相邻。

9. 按照权利要求1所述的换向器,其特征为:所述漏电防护层(9)和支承体基体(11)分别在一公共的界面(19)上互相贴靠。

10. 按照权利要求1或2所述的换向器,其特征为:所述漏电防护层(9)有一个向外开口并沿其部分厚度延伸的槽(22),该槽对准相关的空气绝缘间隙并使该空气绝缘间隙沿径向向内延续。

11. 按照权利要求9所述的换向器,其特征为:所述界面(19)有非平面的凹凸不平状结构,使得所述漏电防护层(9)和支承体基体(11)形状闭合地互相啮合。

12. 按照权利要求9所述的换向器,其特征为:所述界面(19)是平的。

13. 按照权利要求1所述的换向器,其特征为:所述导体段(3)具有锚固部分(5),后者不仅锚固在所述漏电防护层(9)内而且锚固在所述支承体基体(11)内。

14. 一种制造按照权利要求1所述换向器的方法,包括下列步骤:

- 将金属导体段(3)置入一模具内,该模具包括外模(13)和一第一内模;

- 在两个彼此相邻的导体段(3)之间形成的空隙(18)内充填第一种耐泄漏电流的模塑材料,所述空隙(18)沿径向在内部以所述第一内模(14)的一肋(17)为界,所述各导体段(3)刚开始是一个一体结构的导体坯件的组成部分,只是在所述支承体(1)成型后才被

相互分隔开,所述空隙(18)沿径向在外部以所述导体坯件的桥连部分为界,该桥连部分将各个导体段(3)相互连接起来;

- 拆除第一内模(14);
- 装上一第二内模,它确定要成形的支承体(1)的轮廓形状;
- 在所述模具内压注入第二种耐热和形状稳定的模塑材料,此时,所述两种模塑材料通过第二种模塑材料的压力和热量相互交联并硬化;
- 从该模具中取出换向器。

15. 一种制造按照权利要求1所述换向器的方法,包括下列步骤:

- 将金属导体段(3)置入一模具内,该模具包括外模(13)和一第一内模;
- 在两个彼此相邻的导体段(3)之间形成的空隙(18)内充填第一种耐泄漏电流的模塑材料,所述空隙(18)沿径向在内部以所述第一内模(14)的一肋(17)为界,采用各个预制好的导体段(3),这些导体段(3)被装入一安装笼筐中,所述空隙(18)沿径向在外部以定距条(16)为界,该定距条(16)是所述安装笼筐的组成部分;

- 拆除第一内模(14);
- 装上一第二内模,它确定要成形的支承体(1)的轮廓形状;
- 在所述模具内压注入第二种耐热和形状稳定的模塑材料,此时,所述两种模塑材料通过第二种模塑材料的压力和热量相互交联并硬化;
- 从该模具中取出换向器。

16. 按照权利要求14或15所述的方法,其特征为:所述第一种模塑材料基于热固性塑料并在压注入第二种模塑材料的时刻尚未硬化,使得所述第一种模塑材料在压注入第二种模塑材料期间变形。

17. 按照权利要求14或15所述的方法,其特征为:所述第一种模塑材料基于聚酯、三聚氰胺-甲醛、环氧化物、烯丙酯或其他耐漏电流的树脂,或基于这些树脂的组合。

18. 一种制造按照权利要求1所述的一种电机的换向器的方法,它包括下列步骤:

- 将金属导体段(3)置入一第一模具内;
- 在第一模具的一个配属的空腔内压注入所述两种模塑材料之一;
- 让首先压注入的模塑材料硬化;
- 从第一模具中取出包括所述导体段(3)和硬化的模塑材料的中间产品,并将该中间产品置入一第二模具内;
- 将另一种模塑材料压注入该第二模具的一配属的空腔内;
- 让在第二个压注步骤中压注入的模塑材料硬化;
- 从该模具中取出换向器。

19. 按照权利要求18所述的方法,其特征为:用于制造所述漏电防护层的模塑材料是一种耐泄流电流的热塑性塑料。

## 用于电机的换向器及其制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种电机的换向器,其包括一个用模塑材料制的支承体和多个绕换向器轴线均匀地排列在支承体上的金属导体段,它们有设在其上的接线元件。其中,在每两个相邻的导体段之间形成有一空气绝缘间隙。此外,本发明涉及一种制造这种换向器的方法。

### 背景技术

[0002] 上述类型的换向器已知两种根本不同的结构形式,亦即筒式换向器和平面换向器。筒式换向器有绕换向器轴线布置的圆柱形电刷接触面,而在平面换向器中电刷接触面处于一个垂直于换向器轴线设置的平面内。在筒式换向器中通常设计为套筒状的支承体用于在变换的工作条件下按金属导体段预定的布局固定它们的位置,保证各导体段彼此的绝缘以及换向器在装备此换向器的电机转子轴上的固定,与此同时也实现导体段相对于转子轴的绝缘。鉴于这些功能,支承体通常用绝缘的基于酚醛树脂的模塑材料成形,有时也称压制塑料或塑胶的模塑材料在压铸模的一个相应的型腔内如此围绕导体段的锚固部分压铸,即,将该锚固部分牢固地埋入以后的支承体内。

[0003] 在两种结构形式的换向器制造的范围内,可考虑使用一个个预制的导体段,或使用包括这些导体段的导体坯件,在上述第二种情况下导体坯件在支承体压铸后通过切割或车削分成一个个彼此绝缘的导体段。

[0004] 还已知一些换向器,它们的支承体不用或至少不仅仅用模塑材料组成。例如 EP 0325353B1 和 DE 19642138A1 分别介绍筒式换向器的各导体段预装配在一个用塑料预制的安装笼筐上,在下一个过程中从外部注入模塑材料,并以此方式构成换向器永久的整体的组成部分。按 DE 3714098A1,支承体包括一个套筒状的可以用金属或绝缘材料制成的轮毂部分,以及一个薄壁的绝缘套(软管、卷筒薄膜之类)。导体段围绕此支承体排列并借助护环压靠在支承体上。在导体段之间形成的空隙接着可以(但非必须)用模塑材料充填。

[0005] 最后还例如由 US 1928325A, US 3280354A 和 US 3864821A 已知一些在各导体段之间没有空气绝缘间隙的筒式换向器。按照 US 1928325A,沿径向靠外与电刷接触面邻接地在两个相邻的导体段之间设有绝缘子。该绝缘子由不同于喷塑制成支承体的另一种材料制成。因此,在这种换向器中,不是由模塑材料注塑成型的支承体来完全充填满在每两个相邻导体段之间的空隙;而是在将制好的换向器毛坯件从压铸模具中取出后,将一些预制好的绝缘成型件沿轴向装入每两个相邻的导体段之间的空隙的一个沿径向在外部与电刷接触面邻接的区域内。该区域在注塑成型支承体期间被模具的舌片充满并因此没有充填有模塑材料。

[0006] 许多涉及此类换向器的结构方面的建议对这种结构类型实用的换向器提出了许多要求。同时,由此也可以看出,还存在许多迄今未能令人满意地解决的问题。

[0007] 这主要与在已知的该类换向器中各种要求部分互相矛盾有关;其中尤其包括这些要求:恰当的结构尺寸、尤其在高的电流强度时高的效率、低的生产成本和高的可靠性和换向器长的使用寿命。正是在最后提到的两个准则方面取决于支承体的设计。因此对于这些

换向器,它们的支承体采用普通的基于酚醛树脂的模塑材料制造,尤其在导体段之间空气绝缘间隙区域内支承体露天的表面形成有利于泄漏电流的炭化作用时,以相同的方式使换向器的效率、可靠性和使用寿命降低。另一方面,即使这些换向器它们的支承体用比较耐泄漏电流的模塑材料制造,也只有不能令人满意的使用寿命,因为在这种情况下支承体只有较低的尺寸稳定性,所以电刷接触面在工作中尤其在高温情况下对于筒式换向器会变得不圆(换向片断裂、偏心等)或对于平面换向器会变得不平。

### 发明内容

[0008] 本发明的目的是创造一种前言所述类型的换向器,它能比较便宜地生产和与此同时尽管可靠性高和使用寿命长,尤其在大的电流强度时仍有高的效率。

[0009] 为达到上述目的,按本发明规定支承体有两个用不同模塑材料制的互相形状闭合地压合的区域,亦即支承体基体和漏电防护层,在导体段之间设置具有沿径向对外敞开的承受漏电负荷的绝缘表面的漏电防护层,它用第一种模塑材料组成,这种模塑材料比支承体基体的第二种模塑材料更耐泄漏电流。因此,按本发明尤其重要的是,支承体由两种不同的有不同材料性质的模塑材料组成,其中,设在导体段之间各有一个沿径向向外敞开的承受漏电负载的绝缘表面的漏电防护层,具有比构成支承体基体的其余模塑材料区高的耐泄漏电流的强度。按本发明设计的换向器一个突出的优点在于其具有高可靠性的同时特别高的效率,而这些品质并不导致无理的制造费用。因此,采用本发明可以生产其支承体尺寸非常稳定的换向器,甚至在极端的工作条件下也不会导致电刷接触面明显的不圆度或不平度,与此同时将基于泄漏电流的效率损失或换向器故障减少到最低程度。在这方面业已证明特别有利的是,在按本发明的换向器中,全部三种对于换向器而言传统的结构方式易形成漏电的表面,亦即在每两个导体段之间的绝缘表面,在与连接元件相邻的漆保护区内和在与连接元件相对置的端侧区内,均有效地防止了炭化作用。

[0010] 虽然本发明特别适合在筒式换向器内实现,但本发明不限于此。确切地说,本发明原则上可按相应的方式也使用于平面换向器。因此,以下为了说明本发明大体上针对的是筒式换向器,但也并不使本发明限于这种结构类型的换向器。

[0011] 按本发明第一种优选的进一步发展规定,漏电防护层的模塑材料基于聚酯、三聚氰胺-甲醛、环氧化物、烯丙酯或其他耐漏电树脂,或基于这些树脂多种的组合或这些树脂中至少一种与酚醛树脂的组合。在这种情况下,与通常整个支承体用酚醛树脂相比,在支承体危险的表面估计有约两倍那么大的耐泄漏电流的稳定性。相比之下,支承体基体有比漏电防护层更高的机械强度,尤其有更高的热强度和形状稳定性;它尤其优选地用一种基于酚醛树脂的或含有酚醛树脂的模塑材料制成。为了在以上所说明的方面对按本发明的换向器在实际工作中重要的性质进行优化,漏电防护层有较小的径向层厚就够了,此层厚在换向器中常见的尺寸例如可在 0.5 与 3mm 之间。

[0012] 按本发明另一项优选的进一步发展规定,漏电防护层各区域沿周向测量的最大宽度,比在各两个相邻导体段之间形成的空气绝缘间隙的宽度大。在这里,尤其漏电防护层各区域的宽度沿径向从外向内可以增加,以及,漏电防护层沿其整个层厚形状闭合地贴靠在两个相邻的导体段上。这一设计对尺寸稳定性和漏电防护层可靠的固定并因而对于按本发明的换向器的使用寿命起有利的作用。尤其是,按本发明另一项优选的进一步发展,导体段

有沿径向向内指向的锚固部分,当它们不仅锚固在漏电防护层内而且锚固在支承体基体内时,可导致上述效果。

[0013] 本发明再一项优选的进一步发展的特征在于,漏电防护层有朝向外面的沿其部分厚度延伸的槽,它们对准相关的空气绝缘间隙并使空气绝缘间隙沿径向向内延续。如此进一步发展的换向器的特点是使由于泄漏电流受损的危险性特别小。

[0014] 按本发明另一项优选的进一步发展规定,漏电防护层和支承体基体在公共的界面上互相贴靠。在这里,该界面可尤其是非平面的凹凸不平状结构,所以漏电保护和支承体基体形状闭合地互相啮合。另一方面,界面也可以设计为平的。在这里很大程度上取决于按本发明的换向器是按什么方法制造的。制造方法在下面要相当详细地阐述。

[0015] 按本发明的换向器,漏电防护层的各区域沿径向朝向外面的绝缘表面尤其相邻于连接元件,可各有一个向外朝向电刷接触面方向的舌片。

[0016] 一种制造按本发明的换向器特别优选的方法包括下列步骤:将金属的导体段置入模具内;将比较耐泄漏电流的第一种模塑材料注入各两个彼此相邻的导体段之间形成的空隙内,空隙沿径向在内部以第一内模的肋为界;拆除第一内模;装上第二内模,它确定要成形的支承体的轮廓形状;在模具内压注入第二种比较耐热和形状稳定的模塑材料,这两种模塑材料通过第二种模塑材料的压力和热量交联和硬化。在此方法中特别有利的是,只需要唯一的一次模塑材料压注过程,因为第一种模塑材料可以在无压力的情况下充填在上面所述的空隙内,因此也只需要一个适用于挤压支承体的模具。在这里第一种模塑材料在充填时优选地是粘稠的,所以一方面在拆除第一内模后它不会从模具流出,而另一方面可在压注入模具内的第二种模塑材料的压力下变形。在这方面业已证实特别有利的是,第一种模塑材料基于热固性塑料以及在压注入第二种模塑材料的时刻尚未硬化,所以第一种模塑材料在压注入第二种模塑材料期间变形,从而形状闭合地贴靠在导体段上。在这里第一种模塑材料尤其可以基于聚酯、三聚氰胺-甲醛、环氧化物、烯丙酯或其他耐漏电的树脂,或基于这些树脂的组合。

[0017] 在上述制造方法的框架内,导体段可以最初是一个整体的导体坯件的组成部分,只是在支承体成形后才彼此分离,例如通过锯切或车削各导体段互相连接的桥连部分。在这种情况下,其中充填第一种用于形成漏电防护层的模塑材料的空隙,沿径向在外部可以导体坯件的桥连部分为界。但以同样的方式,上述制造方法也可以在使用一个个预制的导体段时实施,它们按已知的方式装入一个安装笼筐内。在这种情况下特别有利的是,所述的空隙沿径向在外部以作为安装笼筐一部分的定距条为界。

[0018] 按本发明用于制造换向器的另一种方法包括下列步骤:将金属导体段置入第一模具内,在第一模具的一个配属的空腔内压注入两种模塑材料之一;让压注入的模塑材料硬化;从第一模具取出包括导体段和硬化的模塑材料的中间产品,以及将此中间产品置入第二模具内;将另一种模塑材料压注入第二模具配属的空腔内;令在第二个压注步骤中压注入的模塑材料硬化。这种制造方法的一个特别的优点是,也可以使用在其加工的时刻有比较好的流动性的第一种耐漏电的模塑材料;也可以使用耐漏电的热塑性模塑材料来制造漏电防护层,而这在上面早已说明的第一种方法的方案中并不是毫无疑问地可行。当然,在两种构成支承体的模塑材料彼此独立地受到挤压时,需要两个相应地适用的模具。

[0019] 仅为了完整性起见应当指出,本发明可同样应用于有加固环的换向器和没有加固

环的换向器。因此,虽然下面说明的本发明优选的实施例仅涉及没有加固环的换向器,也不会导致对本发明的限制。

### 附图说明

[0020] 下面借助两种在附图中表示的分别涉及一种筒式换向器的优选实施例详细说明本发明。其中:

[0021] 图 1 表示按本发明设计的筒式换向器第一种实施形式的轴向剖面;

[0022] 图 2 表示沿线 II-II 通过图 1 所示筒式换向器的放大横截面;

[0023] 图 3 表示图 1 和 2 所示筒式换向器的局部侧视图;

[0024] 图 4 表示在制造相应的筒式换向器的一个中间步骤期间被用于制造图 1 至 3 所示筒式换向器的模具的横截面;以及

[0025] 图 5 表示按本发明设计的筒式换向器第二种实施形式的横截面。

### 具体实施方式

[0026] 在图 1 至 3 中表示的筒式换向器作为重要的构件包括一个用模塑材料制的支承体 1 和均匀地围绕换向器轴线 2 排列的导体段 3。在两个彼此相邻的导体段 3 之间分别形成一个空气绝缘间隙。支承体 1 有一个与轴线 2 同心的孔 4,后者用于将换向器安装在一转子轴上。

[0027] 沿径向在内部设在导体段 3 上的锚固部分 5 埋入支承体 1 的模塑材料内,使导体段即使在高转速时产生的离心力作用下也能可靠地锚固。在导体段 3 的端侧设有设计为接线片 6 的连接元件,它们按已知的方式用于在换向器上连接绕组线。可以看出,取代接线片也可以按其他恰当的方式设计连接元件,例如缝的形式或设计为钎焊凸缘。导体段 3 排列在圆柱面上的沿径向的外表面 7 构成电刷 8 的接触面。

[0028] 在上述设计的范围内,图 1 至 3 表示的换向器与充分已知的先有技术一致,所以不需要进一步说明。

[0029] 支承体 1 由两种不同的模塑材料组成,它们有不同的材料性质;支承体包括一个漏电防护层 9,它的各区域分别有一个设在导体段 3 之间沿径向向外敞开的绝缘表面 10,以及包括一个支承体基体 11,它占据支承体 1 的其余部分。按本发明,只有比较小的径向厚度的漏电防护层 9 比支承体基体 11 有更高的耐泄漏电流强度。在图示的实施例中,为达到这一点采取的措施是,令支承体基体 11 用一种含有酚醛树脂的模塑材料制成,而漏电防护层 9 则用一种含有聚酯树脂、三聚氰胺树脂和 / 或环氧树脂的模塑材料制成。在这样的材料组对中,支承体基体 11 比漏电防护层 9 有更好的机械性能,尤其是更高的耐热强度。

[0030] 导体段 3 沿径向向内指向的锚固部分 5,通过相应地埋入各自的模塑材料内,不仅埋入漏电防护层 9 而且埋入支承体基体 11 内锚固。

[0031] 漏电防护层 9 沿径向朝向外面并相对于电刷接触面向内错移的绝缘表面 10,各有一个向外指向的舌片 12 与接线片 6 相邻。

[0032] 图 4 表示制造图 1 至 3 所示筒式换向器时的工艺步骤,其中从构成用比较耐漏电的模塑材料制的漏电防护层 9 开始。在这里采用一个多部分组成的模具,它包括外模 13 和第一内模 14。外模 13 本身包括一个外壳 15,安装笼筐的定距条 16 贴靠在其内表面上。它

们规定每两个彼此相邻的导体段 3 之间的距离,并由此确定了筒式换向器以后的空气绝缘间隙的尺寸。第一内模 14 包括沿径向向外指向的肋 17。它们将侧向密封面分别贴靠在两个彼此相邻的导体段 3 的锚固部分 5 上。以此方式通过两个彼此相邻的导体段 3,一个设在它们之间的定距条 16 和一个同样设在涉及的导体段 3 之间的肋 17,构成一个空腔 18 的边界,如图 4 中所示,空腔 18 可以充填第一种耐漏电的模塑材料,以便分别形成漏电防护层 9 的一个区域。

[0033] 在拆除第一内模 14 后,置入图中没有表示的第二内模,它通过一相应的型腔规定要制造的支承体的轮廓形状。在该型腔内压注入为构成支承体基体 11 需要数量的形状稳定性比较好的模塑材料,此时,第一种模塑材料在适当的压力和温度作用下形状闭合和牢固地贴靠在相关的导体段 3 上。如图 1 和 2 所示,在这里导致在支承体基体 11 与漏电防护层 9 之间构成一种非平面的凹凸不平状结构化的界面 19,在界面 19 处这两种模塑材料形状闭合地互相啮合。基于通过第二种模塑材料加入的热量,也导致第一种模塑材料交联和硬化。

[0034] 图 5 表示采用另一种制造方法制造一个(有不同的结构细节的)按本发明的筒式换向器。在第一个加工步骤中,通过使用第一模具制造支承体基体 11,为此将一种形状稳定的模塑材料在压力下注入第一模具相应的型腔内。在以此方式制成的支承体基体 11 硬化后,将此中间产品置入第二模具,在第二模具内通过将第二种耐漏电的模塑材料注入相应的型腔构成漏电防护层 9 的各区域 20,以及,以此方式完成支承体 1 的制造。漏电防护层 9 的各区域 20 两侧啮合在导体段 3 相应的凹槽 21 内。漏电防护层 9 的各区域 20 在它们的绝缘表面 10 的区域内各有一个槽 22,它们对准各相关的空气绝缘间隙以及使空气绝缘间隙沿径向向内延续。

[0035] 可以看出,在本发明的范围内,上述工艺方法也可以将两个加工步骤按相反的顺序进行。

[0036] 仅仅为了清楚起见应补充指出,在图 5 中所表示的换向器可看出也可以采用第一种方案的方法制造,同样,第二种方案的方法也适用于制造按图 1 至 3 的换向器,必要时特殊设计的界面 19 除外。

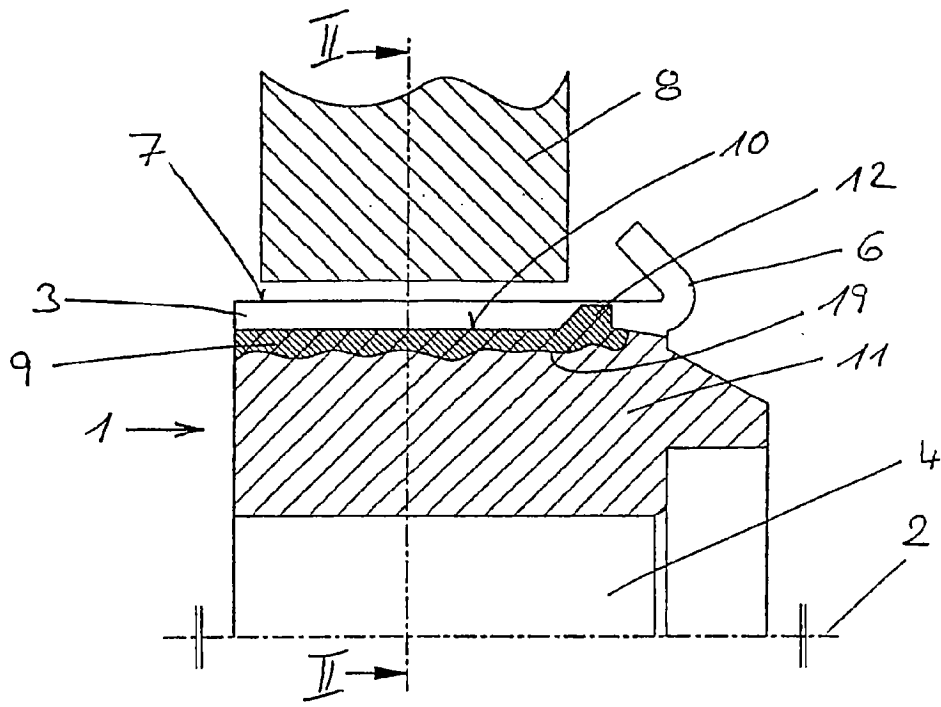


图 1

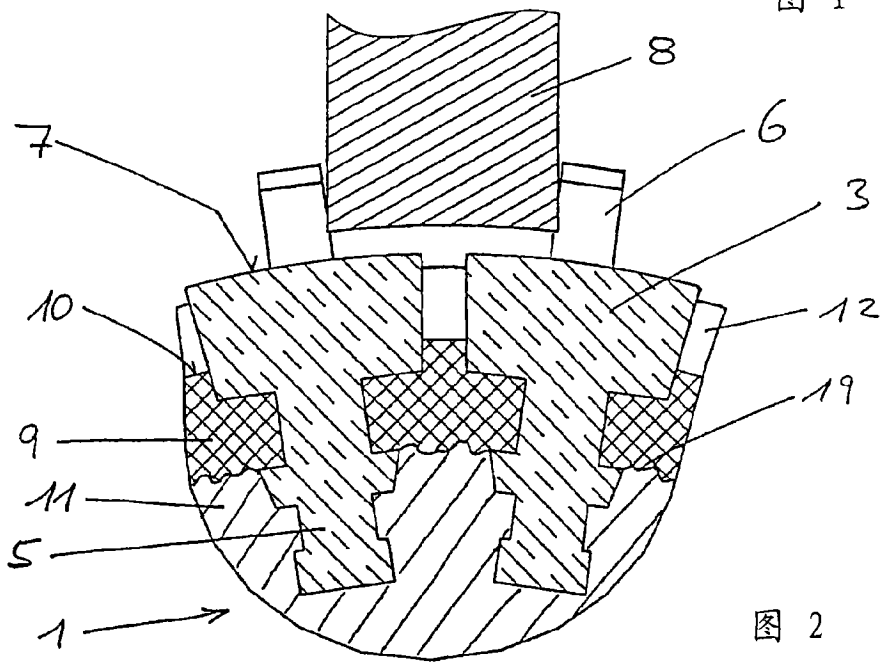


图 2

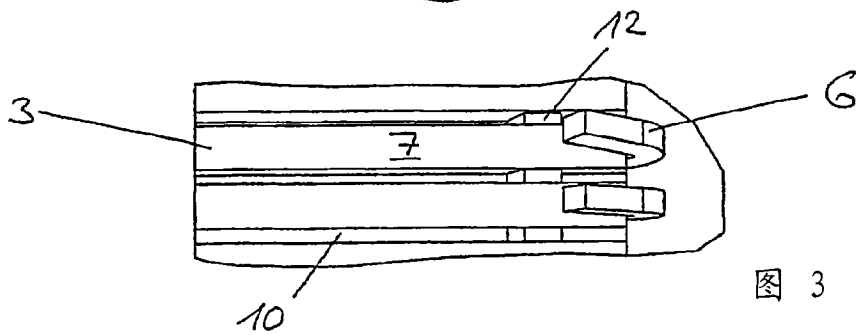


图 3

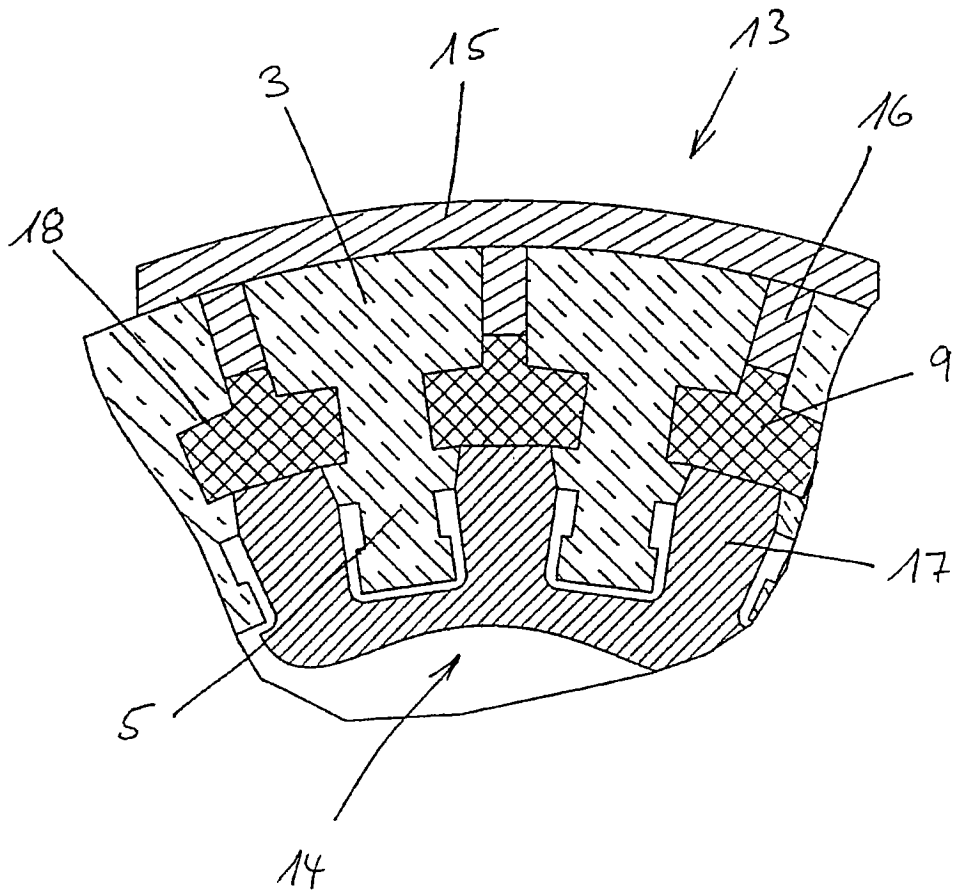


图 4

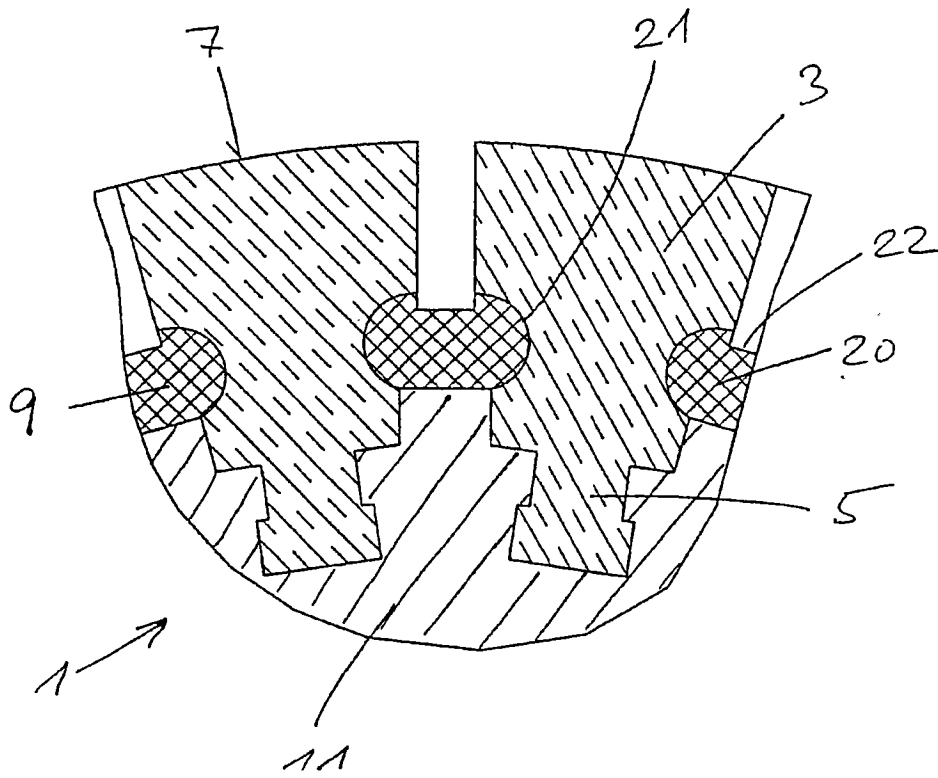


图 5