



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110224567 A

(43)申请公布日 2019.09.10

(21)申请号 201811580075.6

H02K 1/27(2006.01)

(22)申请日 2014.08.05

H02K 29/03(2006.01)

(30)优先权数据

13/958693 2013.08.05 US

H02K 15/03(2006.01)

(62)分案原申请数据

201410616305.5 2014.08.05

(71)申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72)发明人 P.B.雷迪 A.M.F.艾尔-雷菲

K-K.胡 J.P.亚历山大

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 吴俊 谭祐祥

(51)Int.Cl.

H02K 21/14(2006.01)

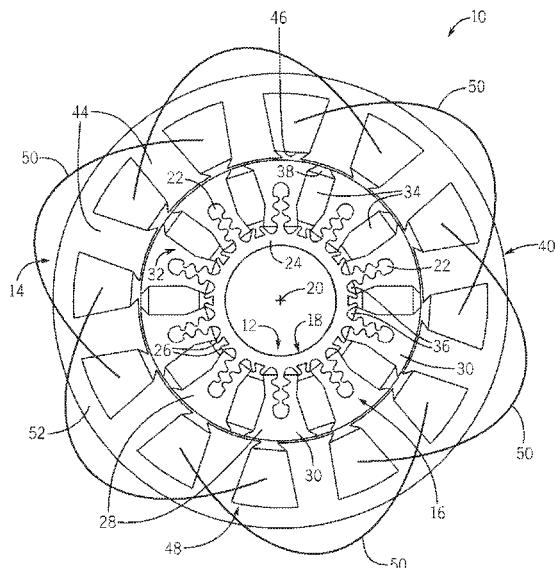
权利要求书3页 说明书9页 附图9页

(54)发明名称

具有减小的扭矩波动的辐条永磁机及其制造方法

(57)摘要

一种内永磁机，包括具有轴的转子组件，该轴包括从主轴本体沿径向向外延伸并绕着主轴本体周向地和沿着主轴本体的轴向长度形成的多个突出部。多个叠片叠堆绕着轴周向地布置，以将多个突出部接收在其中，其中每个叠片叠堆包括沿着轴的长度轴向地布置的多个叠片组，并且其中永磁体设置在叠片叠堆之间。叠片中的每一个包括形成在其中以接收相应的轴突出部的轴突出部切口，并且对于叠片叠堆中的每一个，形成在相应的叠片组的叠片中的轴突出部切口与形成在相邻叠片组中的叠片中的轴突出部切口成角度地偏置。



1. 一种内永磁机,包括:

定子组件,包括:

包括多个定子齿的定子芯;以及

定子绕组,其绕着所述多个定子齿缠绕,以在利用交变电流激励时生成定子磁场;

转子组件,其设置在由所述定子组件限定的空腔内并且构造成相对于所述定子组件旋转,其中所述转子组件包括:

轴,其包括从主轴本体沿径向向外延伸的多个突出部,所述多个突出部绕着所述主轴本体周向地和沿着所述主轴本体的轴向长度形成;

多个叠片叠堆,其绕着所述轴周向地布置以将所述多个突出部接收在其中,其中所述多个叠片叠堆中的每一个包括沿着所述轴的长度轴向地布置的多个叠片组,并且其中所述多个叠片组中的每一个包括多个叠片;以及

多个永磁体,其构造成生成与所述定子磁场相互作用的磁场,以产生扭矩,其中每个永磁体设置在相应的一对相邻叠片叠堆之间;

其中所述多个叠片中的每一个包括形成在其中以接收相应的轴突出部的轴突出部切口,并且其中,对于所述多个叠片叠堆中的每一个,形成在相应的叠片组的所述叠片中的所述轴突出部切口与形成在相邻叠片组中的所述叠片中的所述轴突出部切口成角度地偏置;并且

其中,设置在相应的一对相邻叠片堆叠之间的每个永磁体包括多个磁块,其中磁块与每个叠片组相关联,使得永磁体的每个磁块相对于相邻的磁块移位。

2. 如权利要求1所述的内永磁机,其特征在于,所述轴包括单个连续轴,其中所述多个突出部与所述主轴本体集成地形成。

3. 如权利要求1所述的内永磁机,其特征在于,所述多个叠片叠堆共同地形成转子芯,并且其中所述多个叠片叠堆中的每一个形成所述转子芯的转子磁极。

4. 如权利要求1所述的内永磁机,其特征在于,所述多个叠片组包括第一叠片组、第二叠片组以及第三叠片组,其中所述第二叠片组轴向地定位在所述第一叠片组和所述第三叠片组之间。

5. 如权利要求4所述的内永磁机,其特征在于,形成在所述第二叠片组的叠片中的所述轴突出部切口形成为在所述叠片上居中。

6. 如权利要求5所述的内永磁机,其特征在于,形成在所述第一叠片组的叠片中和所述第三叠片组的叠片中的所述轴突出部切口形成为从所述叠片上的中心偏置,其中形成在所述第一叠片组的叠片中的所述轴突出部切口在第一角度方向上从中心偏置,而形成在所述第三叠片组的叠片中的所述轴突出部切口在与所述第一角度方向相反的第二角度方向上从中心偏置。

7. 如权利要求6所述的内永磁机,其特征在于,形成在所述第一叠片组的叠片中和所述第三叠片组的叠片中的所述轴突出部切口从中心偏置相同的角度,以便绕着形成在所述第二叠片组的叠片中的所述轴突出部切口对称地形成。

8. 如权利要求6所述的内永磁机,其特征在于,形成在所述第一叠片组的叠片中和所述第三叠片组的叠片中的所述轴突出部切口从中心偏置不同的角度,以便绕着形成在所述第二叠片组的叠片中的所述轴突出部切口非对称地形成。

9. 如权利要求1所述的内永磁机,其特征在于,形成在相邻叠片组的所述叠片中的所述轴突出部切口之间的成角度偏置等于或小于定子槽距的一半。

10. 如权利要求1所述的内永磁机,其特征在于,所述定子组件和转子组件构成了具有分布式绕组的分段辐条电动机。

11. 一种用于组装内永磁机的方法,所述方法包括:

提供包括定子芯的定子组件,所述定子芯具有多个定子齿,其中定子绕组缠绕在所述定子齿上,以在利用交变电流激励时生成定子磁场;以及

提供能够在由所述定子组件形成的空腔内旋转的转子组件,其中提供所述转子组件包括:

提供包括多个突出部的轴,其中所述突出部沿着所述轴的轴向长度径向地延伸并且绕着所述轴周向地形成;

将多个叠片叠堆放置到所述轴的多个轴突出部上,使得所述多个叠片叠堆绕着所述轴周向地定位,以及使得所述多个叠片叠堆中的每一个沿着所述轴的轴向长度布置成多个叠片组,其中所述多个叠片叠堆放置到所述轴的多个轴突出部上,使得每个叠片叠堆中的相邻叠片组定位在所述轴上,以具有相对于彼此的角度偏置;以及

将多个永磁体固定在由所述多个叠片叠堆限定的开口中,所述多个永磁体生成与所述定子磁场相互作用的磁场,以产生扭矩,其中,设置在相应的一对相邻叠片堆叠之间的每个永磁体包括多个磁块,其中磁块与每个叠片组相关联,使得永磁体的每个磁块相对于相邻的磁块移位。

12. 如权利要求11所述的方法,其特征在于,提供所述轴包括将所述轴挤压为单个集成轴。

13. 如权利要求11所述的方法,其特征在于,所述方法进一步包括在所述多个叠片叠堆中的每一个叠片中形成轴突出部切口,所述轴突出部切口构造在其中接收轴突出部。

14. 如权利要求13所述的方法,其特征在于,形成所述轴突出部切口包括在所述叠片中激光切割所述轴突出部切口。

15. 如权利要求13所述的方法,其特征在于,对于所述多个叠片叠堆中的每一个,形成在相应的叠片组的所述叠片中的所述轴突出部切口与形成在相邻叠片组中的所述叠片中的所述轴突出部切口成角度地偏置。

16. 如权利要求15所述的方法,其特征在于,相邻叠片组中的所述轴突出部切口之间的所述成角度偏置为定子槽距的一半。

17. 一种用于内永磁机的转子组件,所述转子组件包括:

轴,其包括主轴本体和从所述主轴本体沿径向向外延伸的多个突出部,所述多个突出部沿着所述主轴本体的轴向长度和绕着所述主轴本体周向地形成;

设置在所述径向突出部上的多个叠片叠堆,其中所述多个叠片叠堆中的每一个包括沿着所述轴轴向地布置的多个叠片组,并且其中所述多个叠片组中的每一个包括多个叠片;以及

设置在所述多个叠片叠堆之间的多个永磁体;

其中叠片叠堆的所述多个叠片组中的每一个中的所述叠片的形状与叠片叠堆中的所述多个叠片组中的其它叠片组中的所述叠片的形状不同;并且

其中,设置在相应的一对相邻叠片堆叠之间的每个永磁体包括多个磁块,其中磁块与每个叠片组相关联,使得永磁体的每个磁块相对于相邻的磁块移位。

18. 如权利要求17所述的转子组件,其特征在于,所述多个叠片中的每一个包括形成在其中的轴突出部切口,以接收相应的轴突出部,并且其中,对于所述多个叠片叠堆中的每一个,形成在相应叠片组的所述叠片中的所述轴突出部切口与形成在相邻叠片组中的所述叠片中的所述轴突出部切口成角度地偏置。

19. 如权利要求18所述的转子组件,其特征在于,相邻叠片组中的所述轴突出部切口的所述成角度偏置引入了等于单个定子槽移位的等同电角度的净转子移位。

20. 如权利要求17所述的转子组件,其特征在于,所述轴包括单个连续的轴,其中所述多个突出部与所述轴本体集成地形成。

21. 如权利要求17所述的转子组件,其特征在于,形成每个永磁体的所述磁块与彼此成角度地偏置,以便在所述转子组件旋转时在不同的时间经过相同定子线圈,以便减小扭矩波动。

## 具有减小的扭矩波动的辐条永磁机及其制造方法

[0001]

[0002]

### 技术领域

[0003] 本发明的实施例大体涉及电机，并且更具体地涉及辐条转子永磁机，其中，转子叠片沿着机器的轴向长度移位以减小扭矩波动，同时还提供用于使用单个挤压转子轴和块磁体。

### 背景技术

[0004] 内永磁(IPM)机器诸如IPM马达或发电机已被广泛用于多种应用，包括飞行器、汽车以及工业使用，并且目前是混合汽车应用中利用的优选机器。因此，用于轻质和高功率密度IPM机器的要求已经导致了较高速度马达和发电机的设计，以最大化功率与重量比。因此，趋势是提高提供高机器速度、高功率密度、减小的质量和成本的IPM机器的认可。

[0005] 在常规的IPM机器中，多个永磁体嵌入在转子的多个叠片内部。转子中的机械应力集中在多个桥部和中心柱中。为了较高速度应用，多个桥部和中心柱的厚度必须增大用于转子和多个其它部件的提高的结构强度。增加的厚度导致更多的磁通泄漏进入多个桥部和中心柱中，其中此类泄漏显著地减小机器功率密度，以便导致机器的降低的效率。

[0006] IPM机器中的辐条转子的使用可通过消除对桥部和中心柱的需要而解耦IPM机器中的电磁和机械要求。这基本上增大了机器功率密度。此外，辐条构造具有磁通集中效果，这进一步增大机器功率密度。将转子叠片燕尾接合到轴上允许转子外径的较高速度，这进一步增大机器功率密度。转子组件和多个相关联的构件可构造成提供最大功率密度和最小涡流损失。此外，具有辐条转子的IPM机器在小体积、重量和成本方面为有利的。辐条转子IPM机器因此允许高效率永磁机。

[0007] 然而，具有分布式绕组的辐条电动机遇到了高扭矩波动的问题。扭矩波动在电动机中是不合乎需要的，因为其导致瞬态损失并增加机器控制的复杂性以及动力传动系统中的机械问题。具有带分布式绕组的定子的马达通常遇到高扭矩波动，同时辐条转子与具有分布式绕组的定子一起的使用增加了额外的谐波，进一步增大了扭矩波动。

[0008] 用以减小扭矩波动的标准方法包括通过槽距的定子移位，并且标准技术引入为槽的一半的定子移位。遗憾地，沿着轴线的定子移位或步进可在狭槽中的绝缘材料上产生应力并且减小机器中的扭矩容量。此外，定子移位产生可切入狭槽绝缘部中的尖锐边缘，从而影响马达的坚固性和可靠性。

[0009] 已知为转子移位的另一种减小扭矩波动的方法消除关于绝缘的问题，但是转子移位为困难的，因为其使转子的构造复杂，导致更复杂的轴以及磁体在移位的转子叠片中的手工插入。转子构造中的挤压轴的使用可降低制造的复杂，但是可仍要求磁体在不同的轴向位置处的手工插入或用于不同的轴向长度的挤压。

[0010] 因此，合乎需要的是，提供辐条永磁机，其具有减小扭矩波动的构造，同时消除与

现有定子移位和转子移位技术和构造相关联的问题。

## 发明内容

[0011] 根据本发明的一个方面,一种内永磁机包括定子组件,其包括具有多个定子齿的定子芯和绕着多个定子齿缠绕以在利用交变电流激励时生成定子磁场的定子绕组。内永磁机还包括转子组件,其设置在由定子组件限定的空腔内并且构造成相对于定子组件旋转,其中转子组件进一步包括轴,其包括从主轴本体沿径向向外延伸并绕着主轴本体和沿着主轴本体的轴向长度周向地形成的多个突出部;多个叠片叠堆,其绕着轴周向地布置以将多个突出部接收在其中,并且均包括沿着轴的长度轴向地布置的多个叠片组,并且其中多个叠片组中的每一个包括多个叠片;以及构造成生成与定子磁场相互作用以产生扭矩的磁场的多个永磁体,其中每个永磁体设置在相应的一对相邻叠片叠堆之间。多个叠片中的每一个包括形成在其中的轴突出部切口,以接收相应的轴突出部,并且其中,对于多个叠片叠堆中的每一个,形成在相应的叠片组的叠片中的轴突出部切口与形成在相邻叠片组中的叠片中的轴突出部切口成角度地偏置。

[0012] 根据本发明的另一方面,一种用于组装内永磁机的方法包括提供包括定子芯的定子组件,该定子芯具有多个定子齿,其中定子绕组缠绕在定子齿上,以在利用交变电流激励时生成定子磁场,以及提供能够在由定子组件形成的空腔内旋转的转子组件。提供转子组件的步骤进一步包括提供包括多个突出部的轴,该多个突出部沿着旋转轴的轴向长度径向地延伸并且绕着轴周向地形成,以及将多个叠片叠堆放置到轴的多个轴突出部上,使得多个叠片叠堆围绕轴周向地定位,并且使得多个叠片叠堆中的每一个沿着轴的轴向长度布置成多个叠片组,其中,多个叠片叠堆放置到轴的多个轴突出部上,使得每个叠片叠堆中的相邻叠片组定位在轴上,以具有相对于彼此的角度偏置。提供转子组件的步骤还进一步包括将多个永磁体固定在由多个叠片叠堆限定的开口中,多个永磁体生成与定子磁场相互作用的磁场,以产生扭矩。

[0013] 根据本发明的另一方面,一种用于内永磁机中的转子组件包括轴,该轴具有轴本体和从轴本体沿径向向外延伸的多个突出部,其中多个突出部沿着轴的轴向长度和绕着轴周向地形成。转子组件还包括设置在径向突出部上的多个叠片叠堆,其中多个叠片叠堆中的每一个包括沿着轴轴向地布置的多个叠片组,并且其中多个叠片组中的每一个包括多个叠片,以及设置在多个叠片叠堆之间的多个永磁体。叠片叠堆的多个叠片组中的每一个中的叠片的形状与叠片叠堆中的多个叠片组中的其它叠片组中的叠片的形状不同。

[0014] 一种内永磁机,包括:

[0015] 定子组件,包括:

[0016] 包括多个定子齿的定子芯;以及

[0017] 定子绕组,其绕着多个定子齿缠绕,以在利用交变电流激励时生成定子磁场;

[0018] 转子组件,其设置在由定子组件限定的空腔内并且构造成相对于定子组件旋转,其中转子组件包括:

[0019] 轴,其包括从主轴本体沿径向向外延伸的多个突出部,多个突出部绕着主轴本体周向地和沿着主轴本体的轴向长度形成;

[0020] 多个叠片叠堆,其绕着轴周向地布置以将多个突出部接收在其中,其中多个叠片

叠堆中的每一个包括沿着轴的长度轴向地布置的多个叠片组，并且其中多个叠片组中的每一个包括多个叠片；以及

[0021] 多个永磁体，其构造成生成与定子磁场相互作用的磁场，以产生扭矩，其中每个永磁体设置在相应的一对相邻叠片叠堆之间；

[0022] 其中多个叠片中的每一个包括形成在其中以接收相应的轴突出部的轴突出部切口，并且其中，对于多个叠片叠堆中的每一个，形成在相应的叠片组的叠片中的轴突出部切口与形成在相邻叠片组中的叠片中的轴突出部切口成角度地偏置。

[0023] 轴包括单个连续轴，其中多个突出部与主轴本体集成地形成。

[0024] 设置在相应的一对相邻叠片叠堆之间的每个永磁体包括一定数量的磁块，其中磁块对应于叠片组中的每一个。

[0025] 多个叠片叠堆共同地形成转子芯，并且其中多个叠片叠堆中的每一个形成转子芯的转子磁极。

[0026] 多个叠片组包括第一叠片组、第二叠片组以及第三叠片组，其中第二叠片组轴向地定位在第一叠片组和第三叠片组之间。

[0027] 形成在第二叠片组的叠片中的轴突出部切口形成为使得在叠片上居中。

[0028] 形成在第一叠片组的叠片中和第三叠片组的叠片中的轴突出部切口形成为使得从叠片上的中心偏置，其中形成在第一叠片组的叠片中的轴突出部切口在第一角度方向上从中心偏置，而形成在第三叠片组的叠片中的轴突出部切口在与第一角度方向相反的第二角度方向上从中心偏置。

[0029] 形成在第一叠片组的叠片中和第三叠片组的叠片中的轴突出部切口从中心偏置相同的角度，以便绕着形成在第二叠片组的叠片中的轴突出部切口对称地形成。

[0030] 形成在第一叠片组的叠片中和第三叠片组的叠片中的轴突出部切口从中心偏置不同的角度，以便绕着形成在第二叠片组的叠片中的轴突出部切口非对称地形成。

[0031] 形成在相邻叠片组的叠片中的轴突出部切口之间的成角度偏置等于或小于定子槽距的一半。

[0032] 定子组件和转子组件构成了具有分布式绕组的分段辐条电动机。

[0033] 一种用于组装内永磁机的方法，该方法包括：

[0034] 提供包括定子芯的定子组件，该定子芯具有多个定子齿，其中定子绕组缠绕在定子齿上，以在利用交变电流激励时生成定子磁场；以及

[0035] 提供能够在由定子组件形成的空腔内旋转的转子组件，其中提供转子组件包括：

[0036] 提供包括多个突出部的轴，其中突出部沿着旋转轴的轴向长度径向地延伸并且绕着轴周向地形成；

[0037] 将多个叠片叠堆放置到轴的多个轴突出部上，使得多个叠片叠堆绕着轴周向地定位，以及使得多个叠片叠堆中的每一个沿着轴的轴向长度布置成多个叠片组，其中多个叠片叠堆放置到轴的多个轴突出部上，使得每个叠片叠堆中的相邻叠片组定位在轴上，以具有相对于彼此的角度偏置；以及

[0038] 将多个永磁体固定在由多个叠片叠堆限定的开口中，多个永磁体生成与定子磁场相互作用的磁场，以产生扭矩。

[0039] 提供轴包括将轴挤压为单个集成轴。

[0040] 该方法进一步包括在多个叠片叠堆中的每一个叠片中形成轴突出部切口,轴突出部切口构造成在其中接收轴突出部。

[0041] 形成轴突出部切口包括在叠片中激光切割轴突出部切口。

[0042] 对于多个叠片叠堆中的每一个,形成在相应的叠片组的叠片中的轴突出部切口与形成在相邻叠片组中的叠片中的轴突出部切口成角度地偏置。

[0043] 相邻叠片组中的轴突出部切口之间的成角度偏置为定子槽距的一半。

[0044] 一种用于内永磁机的转子组件,转子组件包括:

[0045] 轴,其包括轴本体和从轴本体沿径向向外延伸的多个突出部,多个突出部沿着轴的轴向长度和绕着轴周向地形成;

[0046] 设置在径向突出部上的多个叠片叠堆,其中多个叠片叠堆中的每一个包括沿着轴轴向地布置的多个叠片组,并且其中多个叠片组中的每一个包括多个叠片;以及

[0047] 设置在多个叠片叠堆之间的多个永磁体;

[0048] 其中叠片叠堆的多个叠片组中的每一个中的叠片的形状与叠片叠堆中的多个叠片组中的其它叠片组中的叠片的形状不同。

[0049] 多个叠片中的每一个包括形成在其中的轴突出部切口,以接收相应的轴突出部,并且其中,对于多个叠片叠堆中的每一个,形成在相应叠片组的叠片中的轴突出部切口与形成在相邻叠片组中的叠片中的轴突出部切口成角度地偏置。

[0050] 相邻叠片组中的轴突出部切口的成角度偏置引入了等于单个定子槽移位的等同电角度的净转子移位。

[0051] 轴包括单个连续的轴,其中多个突出部与轴本体集成地形成。

[0052] 设置在相应的一对相邻叠片叠堆之间的永磁体包括多个磁块,其中磁块与多个叠片组中的每一个相关联;并且

[0053] 其中形成每个永磁体的磁块与彼此成角度地偏置,以便在转子组件旋转时在不同的时间经过相同定子线圈,以便减小扭矩波动。

[0054] 多个其它特征和优点将从下面的详细描述和附图中变得显而易见。

## 附图说明

[0055] 附图示出了目前构想用于执行本发明的优选实施例。

[0056] 在附图中:

[0057] 图1A和1B是根据本发明的示例实施例的包括定子组件和转子组件的内永磁(IPM)机器的横截面图。

[0058] 图2是根据本发明的示例实施例的图1A的IPM机器的局部横截面图。

[0059] 图3是根据本发明的示例实施例的图1A的IPM机器的透视图。

[0060] 图4和5是根据本发明的示例实施例的用于图3的IPM机器中的转子叠片的视图,该转子叠片具有形成在其中的轴突出部切口,其在第一方向上从中心成角度地偏置。

[0061] 图6和7是根据本发明的示例实施例的用于图3的IPM机器中的转子叠片的视图,该转子叠片具有形成在其中的居中轴突出部切口。

[0062] 图8和9是根据本发明的示例实施例的用于图3的IPM机器中的转子叠片的视图,该转子叠片具有形成在其中的轴突出部切口,其在第二方向上从中心成角度地偏置。

## 具体实施方式

[0063] 本发明的实施例涉及IPM机器中扭矩波动的减小,特别是在具有分布式绕组的分段辐条转子电机中,在提供此类扭矩波动减小的同时,不增加机器制造的复杂性。扭矩波动的减小通过在机器的轴向长度上使转子叠片和在叠片之间的磁体移位而发生。在一个实施例中,所有的移位都可在转子侧发生,防止定子移位在定子绝缘和绕组插入上产生消极影响。

[0064] IPM机器包括叠片的叠堆,其优选地成形为燕尾构造用于与多个永磁体接合,该叠片安装在周向地围绕转子组件中的轴的多个突出部上。如本文中使用的,用语“燕尾”指的是风扇形特征,其在转子叠片和轴之间形成紧密的互锁接头。叠片叠堆进一步成组地构造,该组可与相邻组成角度地偏置,以便在不同的时间点经过定子绕组。

[0065] 图1A示出了包括转子组件12和定子组件14的内永磁(IPM)机器 10的横截面图。如图1A所示,IPM机器10构造为分段式辐条转子永磁机。转子组件12包括设置在转子轴18上的转子芯16,其中转子芯16构造成绕着IPM机器10的纵向轴线20旋转。轴18构建成具有形成在主轴本体24上的多个突出部22,其中突出部22绕着主轴本体 24和沿着主轴本体24的轴向长度周向地形成。在示出的实施例中,轴18还包括相对于多个突出部22交替地布置的多个底部特征26。

[0066] 如图1A所示,转子芯16构建为由多个分离的凸出转子磁极28 形成的分段式转子。转子磁极28中的各个由设置在相应的突出部22 上的叠片堆叠30形成。形成转子磁极28的叠片叠堆30围绕轴18周向地布置(即,燕尾状),使得磁极间间隙32(即燕尾状凹部)形成在相邻的转子磁极28之间。永磁体34设置在转子芯16内的相邻叠片叠堆30之间,其中永磁体34生成磁场,以在转子组件12和定子组件 14之间的气隙中被径向地引导。由永磁体34生成的磁场进一步与定子磁场相互作用,以产生扭矩。永磁体34提供如下布置,该布置为特别良好地适于高速应用的燕尾辐条构造。燕尾辐条构造提供了优越的磁通集中效果,从而提高了机器的功率密度。在一个实施例中,永磁体34可由钕铁硼制成。在其它实施例中,永磁体34由钐钴、或铁氧体、或铝镍钴合金、或这些磁体的任何组合制成。

[0067] 根据一个实施例,转子组件12还包括设置在轴18的底部结构26 上的多个底部楔块36。多个底部楔块36布置成保持转子组件中的多个叠片叠堆30和多个永磁体34,并且进一步防止在高速旋转期间散开。在一个实施例中,底部楔块36为用于减小转子芯16中的涡流损失的非金属楔块,以及在具有较低转子涡流损失的情况下为金属突出部。在特定实施例中,转子组件12还设有覆盖转子组件12的外周边的多个顶部楔块38,以防止永磁体34由于在高速转子芯16中生成的离心力而散开。

[0068] 如本文中所示的,叠片叠堆30和永磁体34的燕尾辐条构造提供了优越的磁通集中效果,从而提高了IPM机器10的机器功率密度。底部楔块36优选地为非金属的并且不允许磁通线流穿过它们,从而防止磁通泄漏。相似地,顶部楔块38也优选为非金属的并且防止磁通流穿过它们,从而避免磁通泄漏。在一个实施例中,多个顶部楔块 38和多个底部楔块36设在多个永磁体34的侧向相对端部上。非金属顶部楔块38和底部楔块36用于阻隔磁通流,并且从而保证磁通从永磁体34离开并且与定子绕组耦合而基本上没有泄露。

[0069] 尽管图1A中示出的转子组件12的实施例包括设置在轴18的底部结构26上的底部楔块36,但认识到的是,在一些情况下,例如具有较低涡流损失,这些较低金属楔块36可由

轴18替代地占据,如在图1B中示出的转子组件的实施例中。即,在一些情况下,分离的楔块元件36可不需要并且可被移除,并且轴18可构造(即,突出)成将多个叠片叠堆30和多个永磁体34保持在转子组件中,以防止在高速旋转期间散开。

[0070] 参照图1A和1B,并且关于IPM机器10的定子组件14,IPM机器10的定子组件14包括定子芯40,其具有周向地布置的多个定子齿44,以便在定子芯40的中央形成空腔46。定子组件14生成磁场并且与限定空腔46的内表面一起沿着纵向轴线20延伸。如以上论述的转子组件12设置在由定子芯40限定的空腔46内。定子组件14包括定子槽48,用于将缠绕在齿44上的分布式绕组50接收在其中。绕组50可形成为例如铜线圈,并且用于在由AC电流激励时在气隙中产生完全正弦旋转磁场。定子组件14还包括定子护铁52。

[0071] 现在参照图2,示出示例性转子组件12的局部横截面图,其中单个凸出转子磁极28的大体结构被更详细地示出。转子磁极28由设置在轴18的突出部22上的叠片叠堆30形成。如本文中所示,每个转子叠片30大体上具有燕尾构造,使得形成转子芯的多个转子磁极28为周向地围绕轴18的燕尾状。相邻叠片叠堆30之间的磁极间间隙(即,燕尾状凹部)32接收永磁体34,从而使永磁体34能够克服由旋转引起的离心力54被径向地保持在相邻的叠堆之间。此外,在特定实施例中,转子组件12设有覆盖转子组件12的外周边的多个顶部楔块38,以积极地约束永磁体34。此外,每个叠片设有部分地覆盖顶部楔块38的唇状特征56。这也确保永磁体34牢固地保持在转子组件12的燕尾凹部32中。

[0072] 在一个实施例中,转子组件12设有多个底部楔块36,其设置在轴18的多个底部结构26上。在优选实施例中,底部楔块36是非金属的并且防止磁通泄漏,从而进一步减小涡流损失。在又一个实施例中,底部楔块36和底部结构186构造成使得底部楔块36的一部分在多个永磁体34之下位于叠片叠堆30之间的燕尾状凹部32中。这防止多个叠片叠堆30的散开,该散开是由于离心力作用在叠片30中的“燕尾”特征的散开面和突出部22上而引起的。然而,认识到的是,较低金属楔块36可由轴18(参见图1B)替代地占据,其中轴18被构建(即,突出),以将多个叠片叠堆30和多个永磁体34保持在转子组件中,以防止在高速旋转期间散开。

[0073] 关于图2中示出的转子磁极28,看到的是,轴突出部切口58形成在转子叠片中(诸如通过激光切割到叠片中),其构造成接收相应的轴突出部22。根据本发明的示例性实施例,形成在叠片30中的轴突出部切口58的位置可在形成相应的转子磁极28的叠片之间变化。即,对于形成特定转子磁极28的叠片叠堆30,轴突出部切口58的地点/位置可变化,使得对于叠片叠堆中的不同叠片30,其位于不同的角度位置处。因此,尽管轴突出部切口58在图2中示出为在叠片30上居中,但叠片叠堆转子磁极28中的其它叠片30将包括与中心成角度地偏置的轴突出部切口58。轴突出部切口58在形成转子磁极28的转子叠片30中的此类角度变化用于在转子组件12中引入净转子移位,其减小IPM机器10中的扭矩波动。轴突出部切口58在转子叠片30中的角度变化提供了减小的扭矩波动,同时仍实现在转子组件12中使用单个挤压转子轴18和可用于形成永磁体34的“磁块”,如下面将进一步说明的。

[0074] 现在参照图3,提供了IPM机器10的透视图,其中通过使用具有形成在其中的成角度变化的轴突出部切口58的转子叠片30而引入转子移位。如在图3中看到的,转子组件12包括共同地形成分段式转子芯16的多个转子叠片30的叠堆60,其中每个叠片30的叠堆60形成分段式转子芯的相应凸出转子磁极28。如在图3中进一步看到的,每个叠片30的叠堆60被

分为沿着转子轴18轴向地(方向68)布置的一定数量的叠片组62、64、66,其中叠片组中的每一个由多个叠片30形成。根据本发明的示例性实施例,形成相应转子磁极28的每个叠片30的叠堆60包括第一叠片组62、第二叠片组64以及第三叠片组66,但是,认识到的是,对于每个转子磁极28,可限定更多数量的叠片组。转子组件12的结构的进一步特征可在于,对于转子组件12的特定轴向位置,特定轴向位置处的转子叠片30可被共同地称为转子叠片“集”70。因此,例如,在图3中在转子组件12的前端部处可见的前转子叠片30将被共同地称为叠片30的集70。

[0075] 根据本发明的实施例,形成在相应叠片组62、64、66的叠片30中的轴突出部切口58与形成在相邻叠片组62、64、66中的叠片30中的轴突出部切口58成角度地偏置,如下面将进一步详细描述的。由于形成在相应叠片组62、64、66的叠片30中的轴突出部切口58与形成在其它叠片组62、64、66的叠片30中的轴突出部切口58成角度地偏置,故每个叠片组62、64、66的角度位置相对于其它组移位,以便适应使用单个挤压转子轴18。即,通过使叠片叠堆60中的叠片组62、64、66成角度地移位,转子轴18被允许穿过形成在相应叠片叠堆60(即,转子磁极28)的叠片组62、64、66中的成角度偏置的轴突出部切口58。进一步认识到的是,对于特定轴向位置处的转子叠片集70,集70中的每一个转子叠片30将包括形成在叠片内的相同位置处的轴突出部切口58。

[0076] 如图3进一步所示,插入在相邻的每对转子磁极28之间的永磁体34实际上由一定数量的磁块72形成,其中磁块72对应于叠片组62、64、66中的每一个(即,对于每个永磁体34,分离的磁块72与每个叠片组62、64、66相关联)。在用于转子磁极28的叠片叠堆60的每个叠片组62、64、66相对于转子磁极28的其它组62、64、66的角度移位之后,永磁体34的每个磁块72相对于其它磁块72移位,使得在IPM机器10的操作期间,在转子组件12旋转时,特定永磁体34的磁块72将在不同的时间经过相同定子绕组50,从而减小IPM机器10中的扭矩波动。如可在图3中看到的,每个永磁体34的磁块72具有一致的尺寸和形状,以便简化块34插入到转子组件12中的过程。

[0077] 现在参照图4-9,并且仍然参照图3,根据本发明的实施例示出将包括在叠片组62、64、66中的转子叠片30的变化构造/形状。叠片30可大体上描述为具有“标准”叠片构造或“非标准”叠片构造,其中标准叠片具有在叠片30上居中的轴突出部切口58,并且非标准叠片具有与叠片30上的中心偏置的轴突出部切口58。

[0078] 首先参照图4和5,具有第一非标准叠片构造的转子叠片74被示出,其中形成在叠片74中的轴突出部切口58在第一角度方向78上从中心(即,中心线76)偏置。根据本发明的实施例,转子叠片74用于在多个叠片叠堆60中的每一个上形成第一叠片组62。就此而言,转子集70中具有落入第一叠片组62的轴向长度内的轴向位置的每个转子叠片74(即,在特定轴向位置处周向地绕着轴布置的所有叠片落入第一组内)将具有第一非标准叠片构造74。如图4和5中所示,轴突出部切口58形成为使得从中心偏置一角度,该角度指示为80,其在叠片74的制造期间选定。轴突出部切口58偏离中心定位的角度80具有为槽距的大约一半的最大值,其限定为两个槽之间的角度乘以磁极对数。认识到的是,轴突出部切口58从中心76的角度偏置80可小于该最大值。

[0079] 现在参照图6和7,示出了具有标准叠片构造的转子叠片82,其中形成在叠片中的轴突出部切口58在叠片上居中,即,绕着中心线76居中。根据本发明的实施例,转子叠片82

用于在多个叠片叠堆60 中的每一个上形成第二叠片组64。就此而言,转子集70中具有落入第二叠片组64的轴向长度内的轴向位置的每个转子叠片82将具有标准叠片构造。

[0080] 现在参照图8和9,示出了具有第二非标准叠片构造的转子叠片 84,其中形成在叠片84中的轴突出部切口58在与第一角度方向78(图 4)相反的第二角度方向86上从中心(即,中心线76)偏置。根据本发明的实施例,转子叠片84用于在多个叠片叠堆60中的每一个上形成第三叠片组66。就此而言,转子集70中具有落入第三叠片组66的轴向长度内的轴向位置的每个转子叠片84将具有第二非标准叠片构造。如图8和9中所示,轴突出部切口58形成为使得从中心76偏置一角度,该角度指示为88,其在叠片制造期间选定。轴突出部切口58偏离中心定位的角度88具有为槽距的大约一半的最大值,其限定为两个槽之间的角度乘以磁极对数。认识到的是,轴突出部切口58与中心的角度偏置88可小于该最大值。

[0081] 根据本发明的实施例,形成在第一叠片组62的叠片74中和第三叠片组66的叠片84中的轴突出部切口58可从中心76偏置相等的角度(即,角度80等于角度88),以便绕着形成在第二叠片组64的叠片 82中的轴突出部切口58对称地形成。可选地,根据本发明的另一个实施例,形成在第一叠片组62的叠片74中和第三叠片组66的叠片 84中的轴突出部切口58可从中心76偏置不同的角度(即,角度80不等于角度88),以便绕着形成在第二叠片组64的叠片82中的轴突出部切口58非对称地形成。IPM机器10的设计考虑可指示叠片74、84 中的轴突出部切口58绕着叠片82中的轴突出部切口58对称地或非对称地形成。

[0082] 有利地,本发明的实施例因此提供具有减小的扭矩波动的分段式辐条转子IPM电机10。将具有形成在其中的轴突出部切口58的转子叠片74、82、84并入在变化的角度/位置处用于在IPM机器10中引入等于单个定子槽移位的等同电角度的净转子移位。转子叠片74、82、84的并入提供了该减小的扭矩波动,同时保持了实现使用挤压辐条式转子轴、简单的定子构造(不具有定子移位),以及一致尺寸形状的永磁块(而不是不同的磁块)的优点,从而降低了制造转子组件方面的复杂性。另外,由于将叠片切割成所需的形式是机械化工艺,故IPM机器10的制造被进一步简化,然而用于减小扭矩波动的其它技术具有额外的制造复杂性。

[0083] 因此,根据本发明的一个实施例,内永磁机包括定子组件,其包括具有多个定子齿的定子芯和绕着多个定子齿缠绕以在利用交变电流激励时生成定子磁场的定子绕组。内永磁机还包括转子组件,其设置在由定子组件限定的空腔内并且构造成相对于定子组件旋转,其中转子组件进一步包括轴,其包括从主轴本体沿径向向外延伸并绕着主轴本体和沿着主轴本体的轴向长度周向地形成的多个突出部;多个叠片叠堆,其绕着轴周向地布置以将多个突出部接收在其中,并且均包括沿着轴的长度轴向地布置的多个叠片组,并且其中多个叠片组中的每一个包括多个叠片;以及构造成生成与定子磁场相互作用以产生扭矩的磁场的多个永磁体,其中每个永磁体设置在相应的一对相邻叠片叠堆之间。多个叠片中的每一个包括形成在其中的轴突出部切口,以接收相应的轴突出部,并且其中,对于多个叠片叠堆中的每一个,形成在相应的叠片组的叠片中的轴突出部切口与形成在相邻叠片组中的叠片中的轴突出部切口成角度地偏置。

[0084] 根据本发明的另一个实施例,用于组装内永磁机的方法包括提供包括定子芯的定子组件,该定子芯具有多个定子齿,其中定子绕组缠绕在定子齿上,以在利用交变电流激励时生成定子磁场,以及提供能够在由定子组件形成的空腔内旋转的转子组件。提供转子组

件的步骤进一步包括提供包括多个突出部的轴,该多个突出部沿着旋转轴的轴向长度径向地延伸并且绕着轴周向地形成,以及将多个叠片叠堆放置到轴的多个轴突出部上,使得多个叠片叠堆围绕轴周向地定位,并且使得多个叠片叠堆中的每一个沿着轴的轴向长度布置成多个叠片组,其中,多个叠片叠堆放置到轴的多个轴突出部上,使得每个叠片叠堆中的相邻叠片组定位在轴上,以具有相对于彼此的角度偏置。提供转子组件的步骤还进一步包括将多个永磁体固定在由多个叠片叠堆限定的开口中,多个永磁体生成与定子磁场相互作用的磁场,以产生扭矩。

[0085] 根据本发明的又一个实施例,用于内永磁机中的转子组件包括轴,该轴具有轴本体和从轴本体沿径向向外延伸的多个突出部,其中多个突出部沿着轴的轴向长度和绕着轴周向地形成。转子组件还包括设置在径向突出部上的多个叠片叠堆,其中多个叠片叠堆中的每一个包括沿着轴轴向地布置的多个叠片组,并且其中多个叠片组中的每一个包括多个叠片,以及设置在多个叠片叠堆之间的多个永磁体。叠片叠堆的多个叠片组中的每一个中的叠片的形状与叠片叠堆中的多个叠片组中的其它叠片组中的叠片的形状不同。

[0086] 该书面的描述使用实例以公开本发明(包括最佳模式),并且还使本领域技术人员能够实践本发明(包括制造和使用任何装置或系统并且执行任何并入的方法)。本发明的可专利范围由权利要求限定,并且可包括本领域技术人员想到的其它实例。如果这些其它实例具有不与权利要求的字面语言不同的结构元件,或者如果这些其它实例包括与权利要求的字面语言无显著差别的等同结构元件,则这些其它实例意图在权利要求的范围内。

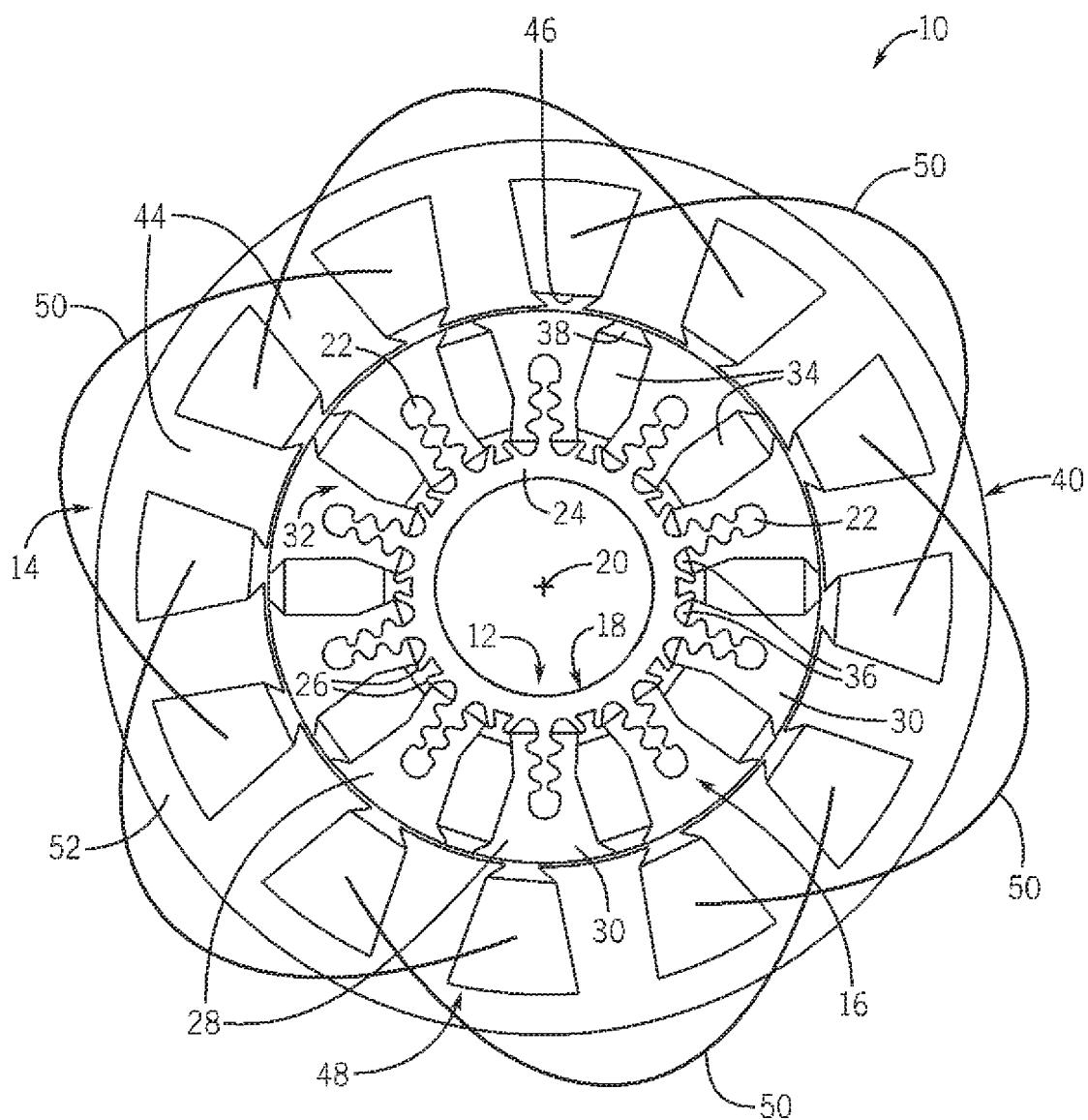


图 1A

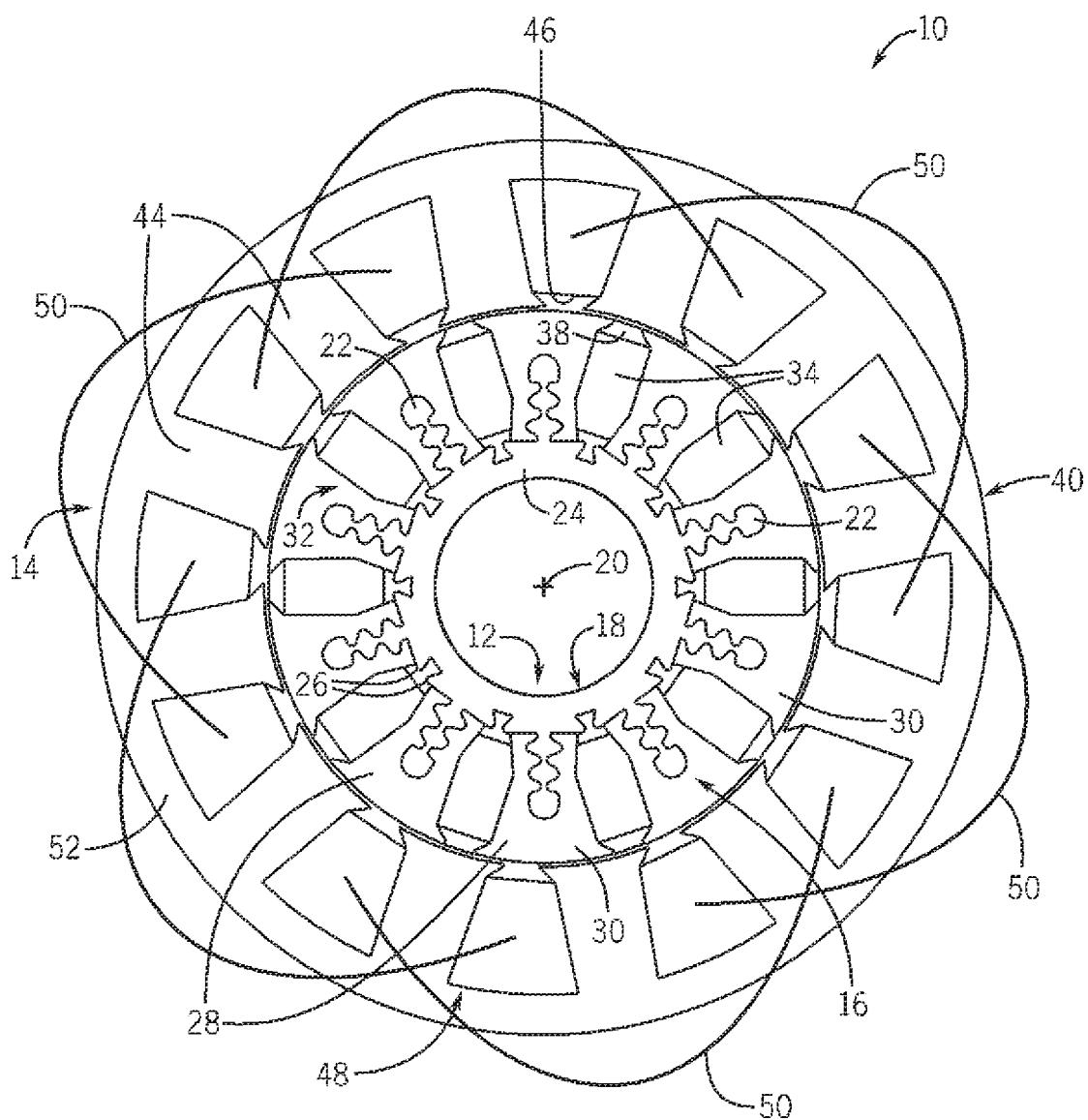


图 1B

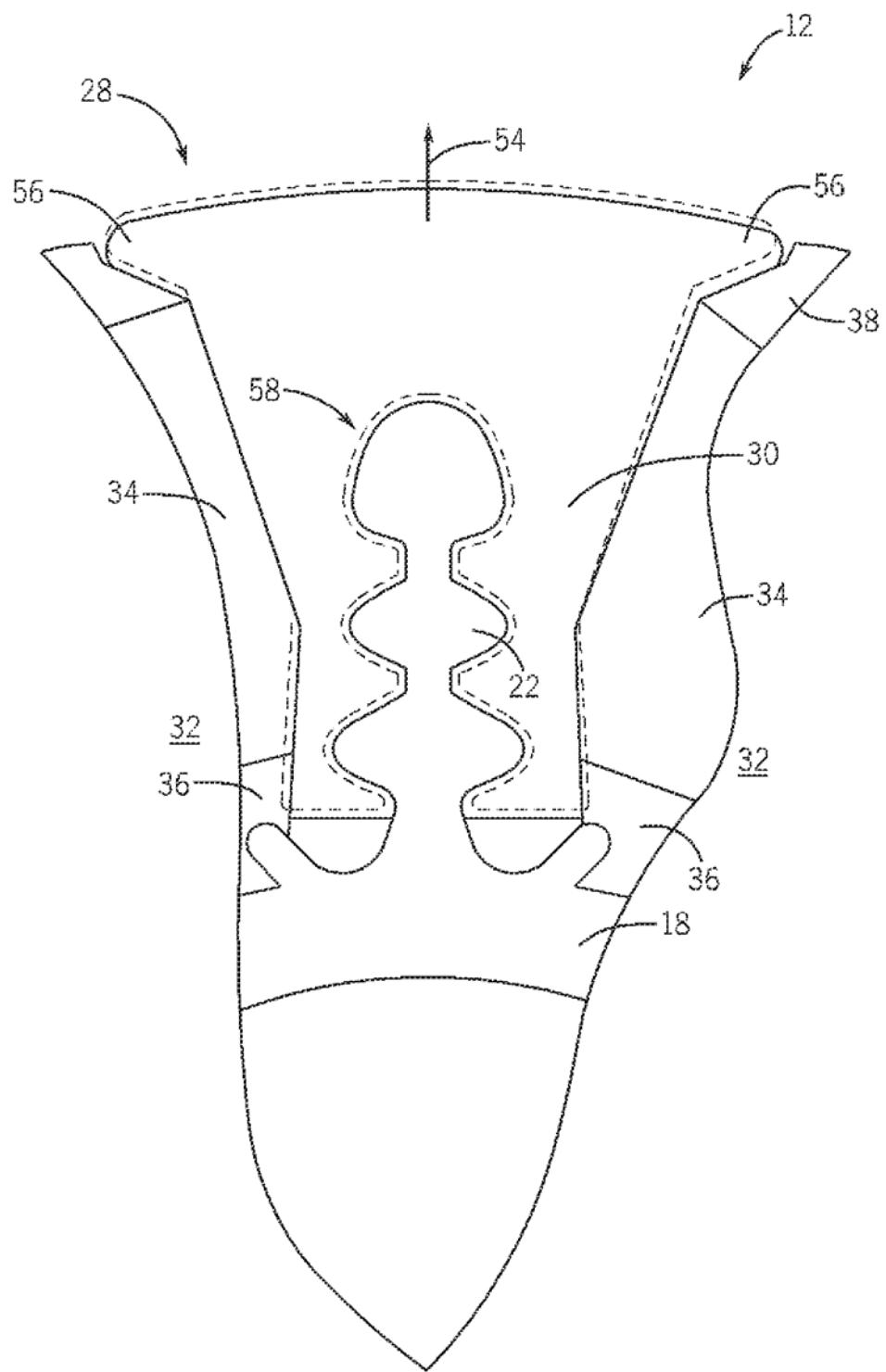


图 2

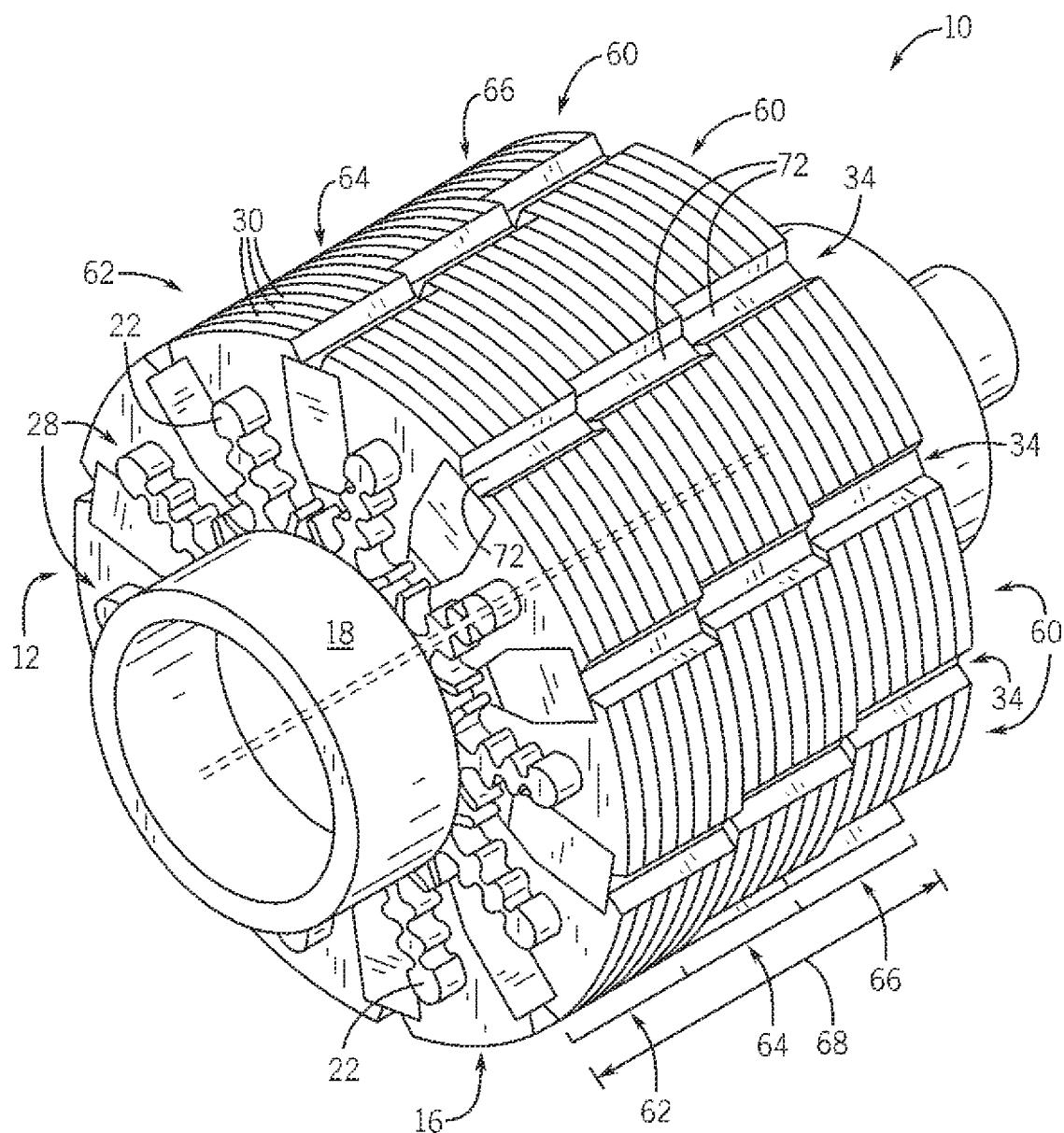


图 3

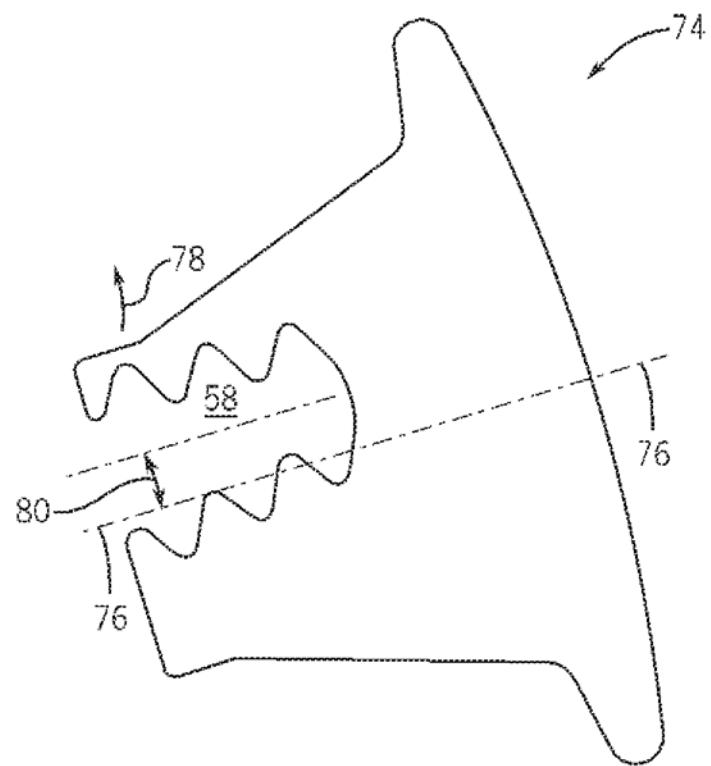


图 4

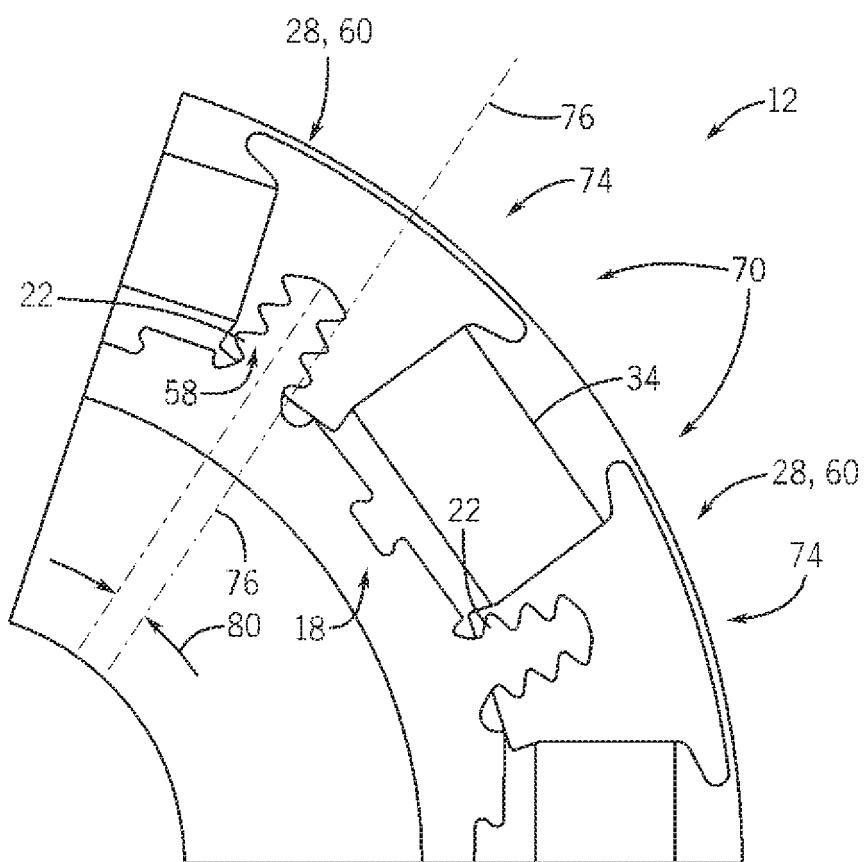


图 5

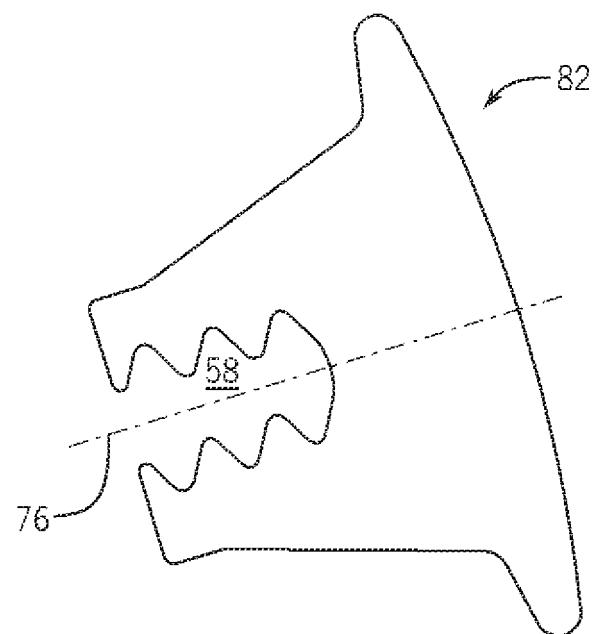


图 6

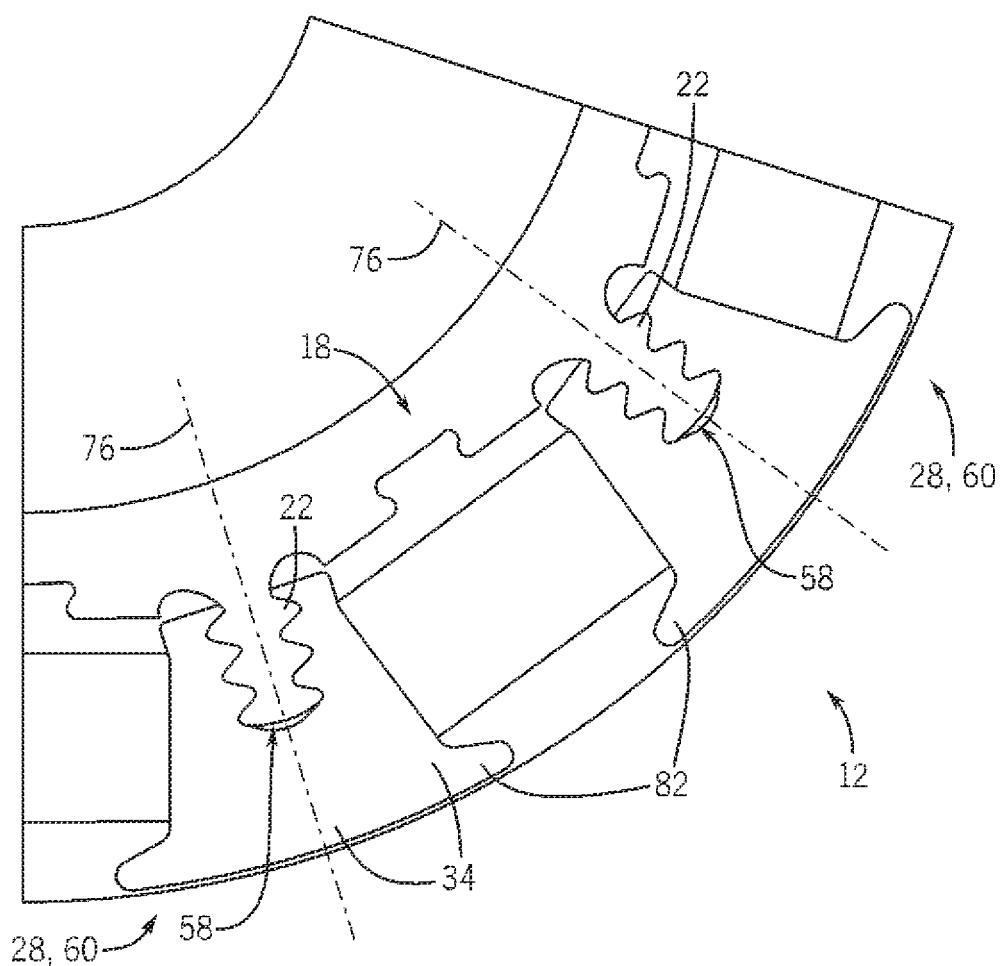


图 7

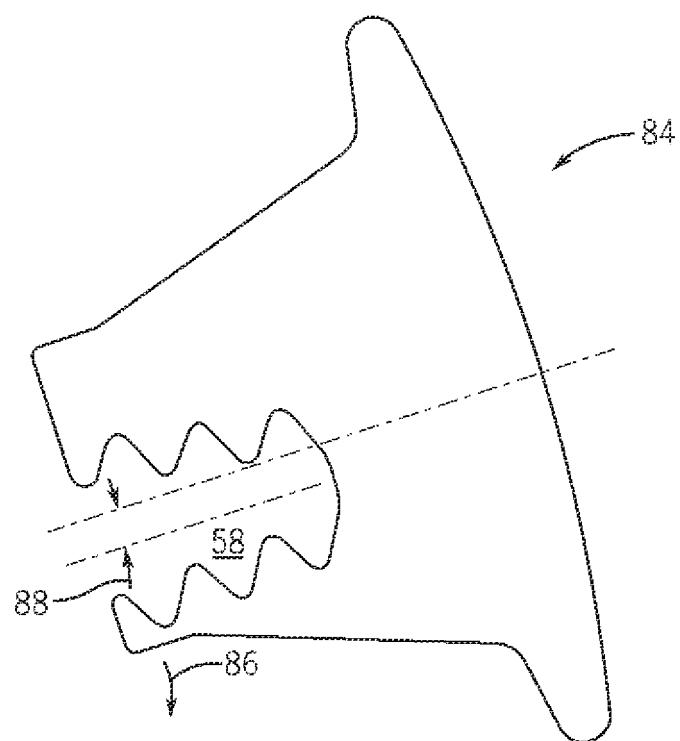


图 8

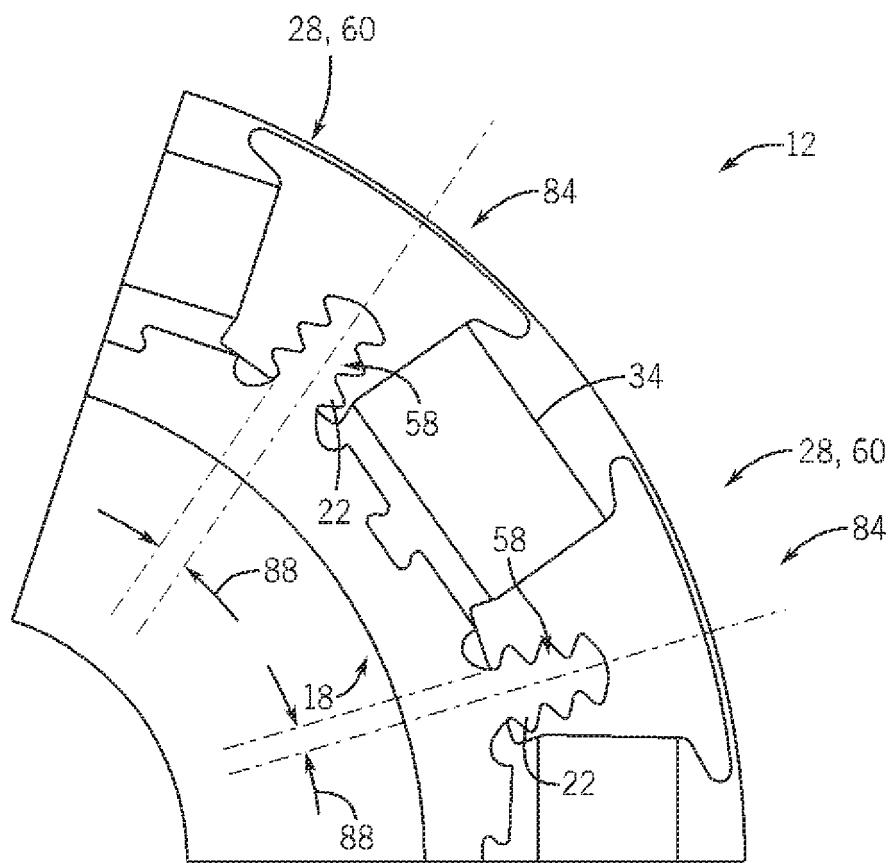


图 9