



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200410010855.9

[43] 公开日 2005 年 3 月 9 日

[11] 公开号 CN 1592044A

[22] 申请日 2004.5.12

[21] 申请号 200410010855.9

[71] 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130031 吉林省长春市东南湖大路 16 号

[72] 发明人 吴一辉 白 越

[74] 专利代理机构 长春科宇专利代理有限责任公
司

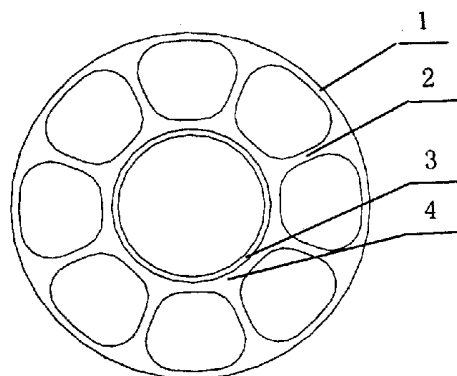
代理人 梁爱荣

权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 1 页

[54] 发明名称 高储能密度飞轮轮毂结构及其制作方法

[57] 摘要

本发明属于航空设计及精密制造技术领域，涉及储能飞轮轮毂的结构设计及其制作方法。结构一包括轮毂外环 1、辐条 2、轮毂内环 4。结构二包括轮毂外环 1、辐条 2、导磁环 3、轮毂内环 4。制作方法：选用高强度钛合金材料做轮毂坯体并粗车、在离子氮化炉中时效 24 小时后，在轮毂坯体上铣出辐条并放在离子氮化炉中时效 48 小时、精车制成轮毂结构；用浓度为 5% 的氢氟酸溶液对轮毂结构表面进行清洗，则完成轮毂结构的制作。本发明的轮毂都具有结构紧凑、材料使用效能高及储能密度大的优点。制作时采用了两次离子氮化炉时效的处理方法，使轮毂加工时的内应力充分释放，从而使轮毂具有高的形位公差。用浓度为 5% 的氢氟酸溶液对轮毂表面清洗，可增强轮毂和复合材料环的连接强度。



1、高储能密度飞轮轮毂结构，包括轮毂外环(1)、辐条(2)、轮毂内环(4)，其特征在于还包括输出轴(3)，在轮毂外环(1)与轮毂内环(4)之间有四根或四根以上的辐条(2)，在辐条(2)本体的中心位置制备有输出轴(3)，辐条(2)之间倒角的曲率半径是轮毂外环(1)的 $1/10-1/20$ 。

2、根据权利要求1所述的高储能密度飞轮轮毂结构，其特征在于：轮毂外环(1)、辐条(2)、输出轴(3)、轮毂内环(4)采用高强度钛合金材料。

3、高储能密度飞轮轮毂结构，包括轮毂外环(1)、辐条(2)、轮毂内环(4)，其特征在于还包括导磁环(3)，在轮毂外环(1)与轮毂内环(4)之间有四根或四根以上的辐条(2)，辐条(2)之间倒角的曲率半径是导磁环(3)的 $1/5-1/10$ ，导磁环(3)与轮毂内环(4)内环面固定连接。

4、根据权利要求3所述的高储能密度飞轮轮毂结构，其特征在于：轮毂外环(1)、辐条(2)、轮毂内环(4)采用高强度钛合金材料，导磁环(3)采用纯铁材料。

5、高储能密度飞轮轮毂结构的制作方法，其特征在于包括以下步骤：(a) 选用高强度钛合金材料做轮毂坯体；(b) 粗车轮毂坯体；(c) 将粗车后的轮毂坯体在离子氮化炉中时效24小时；(d) 在轮毂坯体上铣出中间的辐条；(e) 将铣出辐条的轮毂坯体在离子氮化炉中时效48小时；(f) 精车轮毂坯体制成轮毂结构；(g) 用浓度为5%的氢氟酸溶液对轮毂结构表面进行清洗，则完成轮毂结构的制作。

高储能密度飞轮轮毂结构及其制作方法

技术领域：本发明属于航空设计及精密制造技术领域，涉及储能飞轮轮毂的结构设计及其制作方法。

背景技术：利用高速旋转的飞轮储能是一种很古老的储能思想。飞轮作为一种简单的机械装置，已经被人们利用了几千年，但受转速、材料强度等限制，一般应用都是以匀速为目的，其存储的能量少、存储时间短。因此，二十世纪前几十年一直没有大的技术突破和实用化。

进入二十世纪九十年代，由于在高强度复合材料、电力电子新技术、低损耗轴承三个方面取得了突破，给飞轮储能技术的发展带来了新的活力和契机。飞轮储能在航空航天、电动汽车、电力调峰等方面开拓了广阔的应用前景。轮毂是电机转子和复合材料飞轮的连接部件，其结构设计直接关系到飞轮的极限转速和储能密度。国外的储能飞轮轮毂大多设计成中间轴四辐条结构，如加拿大 Energy system 公司的飞轮轮毂。结构如图 1 所示，包括轮毂外环 1、辐条 2，材料一般采用的是铝合金。这种结构的轮毂由于轮毂辐条 1 根部厚，辐条 2 之间倒角的曲率半径是轮毂外环 1/2-2/3。当轮毂外环 2 已经达到材料强度使用极限时，轮毂辐条 1 的应力还远远小于许用应力，导致这种结构的轮毂材料使用效能不够充分，降低了整个飞轮的储能密度。这种结构的轮毂中间没有输出轴，在和外部电机连接时易出现较大的安装误差，同时在高速旋转工作时会因为轮毂和连接轴的膨胀率的不同而导致轮毂和连接轴脱离，出现事故。同时这种结构的轮毂仅能与内转子电机相连接，无法和外转子电机连接，限制了它的使用范围。

本发明的详细内容：针对储能飞轮轮毂要求有高的材料使用效能与高的储能密度，同时解决与外转子电机的连接问题，本发明的目的将要设计两种结构的飞轮轮毂：一种用于与内转子电机连接；另一种用于与外转子电机连接，同时给出轮毂的制作方法。

本发明的第一种轮毂结构如图 2、图 3 所示，包括轮毂外环、辐条、输出轴、轮毂内环，区别的其特征在于：在轮毂外环与轮毂内环之间有四根或四根以上的辐条，在辐条本体的中心位置制备有输出

轴，辐条之间倒角的曲率半径是轮毂外环的 $1/10-1/20$ 。轮毂外环、辐条、输出轴、轮毂内环采用高强度钛合金材料。

本发明的第一种轮毂结构工作时：其输出轴与内转子电机转轴固定连接，将电机转动传递给轮毂及飞轮，

本发明的第二种轮毂结构如图 4、图 5 所示，包括轮毂外环、辐条、导磁环、轮毂内环，区别的其特征在于：在轮毂外环与轮毂内环之间有四根或四根以上的辐条，辐条之间倒角的曲率半径是导磁环的 $1/5-1/10$ ，导磁环与轮毂内环内环面固定连接。轮毂外环、辐条、轮毂内环采用高强度钛合金材料，导磁环采用纯铁材料。

本发明的第二种轮毂结构工作时：将外转子电机磁极按电机设计要求粘接在导磁环的内侧，电机驱动轮毂带动飞轮转动，从而实现电能向机械能的转换。

本发明的制作方法包括以下步骤：(a)选用高强度钛合金材料做轮毂坯体；(b)粗车轮毂坯体；(c)将粗车后的轮毂坯体在离子氮化炉中时效 24 小时；(d)在轮毂坯体上铣出中间的辐条；(e)将铣出辐条的轮毂坯体在离子氮化炉中时效 48 小时；(f)精车轮毂坯体制成如图 2 与图 4 所示的轮毂结构；(g)用浓度为 5% 的氢氟酸溶液对轮毂结构表面进行清洗，则完成轮毂结构的制作。

本发明的优点：

由于本发明提供了两种结构的飞轮轮毂：一种用于与内转子电机连接；辐条接近输出轴的根部与图 1 所示的轮毂相比更薄，背景技术中辐条之间倒角的曲率半径是轮毂外环 $1/2-2/3$ ，而本发明辐条之间倒角的曲率半径是轮毂外环 $1/10-1/20$ ，使材料的使用效能在整个轮毂中都达到最大，充分利用了材料的使用效能，从而提高了储能密度。

本发明的另一种用于与外转子电机连接，本发明的第二种轮毂：将外转子电机磁极按电机导磁环粘接在一起，此时电机转子和轮毂已经集成为一体，这样使飞轮结构更加紧凑、储能密度更高。

这两种结构的飞轮轮毂都具有结构紧凑、材料使用效能高及储能密度大的优点。

本发明的制作方法采用了两次离子氮化炉时效的处理方法，使轮毂加工时的内应力得到充分释放，从而使轮毂具有高的形位公差。用

浓度为 5% 的氢氟酸溶液对轮毂表面清洗，可增强轮毂和复合材料环的连接强度。

附图说明：

图 1 是加拿大 Energy system 公司的飞轮轮毂实物图；

图 2 是本发明第一种轮毂的结构示意图；

图 3 是本发明第一种轮毂的剖视图；

图 4 是本发明第二种轮毂的结构示意图；

图 5 是本发明第二种轮毂的剖视图；

具体实施方式：

本发明的第一种轮毂结构如图 2、图 3 所示，包括轮毂外环 1、辐条 2、输出轴 3、轮毂内环 4，轮毂外环 1、辐条 2、输出轴 3、轮毂内环 4 采用高强度钛合金材料。

本发明的第二种轮毂结构如图 4、图 5 所示，包括轮毂外环 1、辐条 2、导磁环 3、轮毂内环 4，轮毂外环 1、辐条 2、轮毂内环 4 采用高强度钛合金材料，导磁环 3 采用纯铁材料。

用精密机械加工的方法制作出如图 4 所示为导磁环 3 形状，导磁环 3 采用过盈方式与轮毂连接成如图 4 所示的结构，或采用胶接。

利用本发明的制作轮毂的方法包括以下七个步骤：(a) 选用高强度钛合金材料做轮毂坯体；(b) 用普通车床粗车轮毂坯体；(c) 将粗车后的轮毂坯体放在离子氮化炉中时效 24 小时；(d) 用数控铣床在轮毂坯体上同时铣出所需的辐条数目；(e) 将铣出辐条的轮毂坯体在离子氮化炉中时效 48 小时；(f) 用超精车床精车出如图 2 与图 4 所示的轮毂结构；(g) 用浓度为 5% 的氢氟酸溶液对轮毂结构表面清洗，则完成轮毂结构的制作。

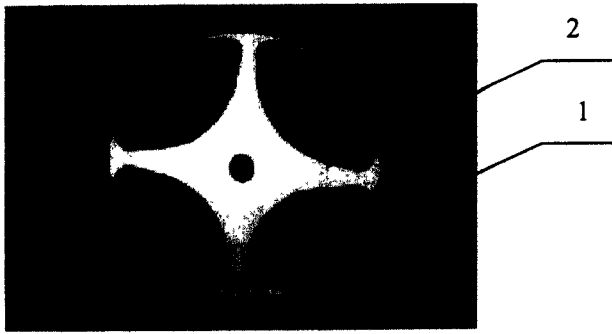


图 1

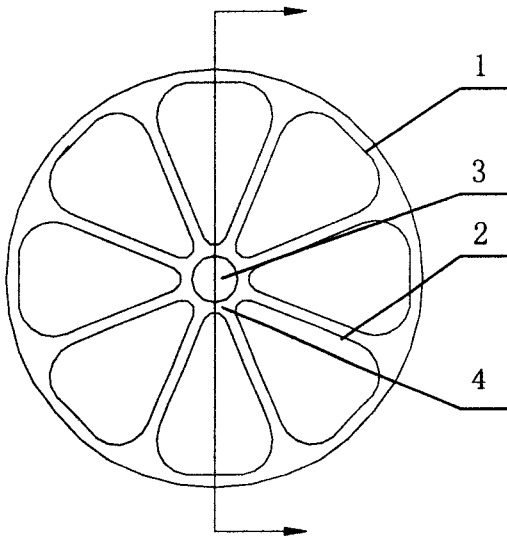


图 2

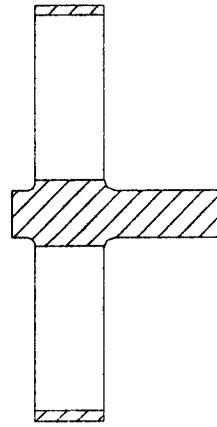


图 3

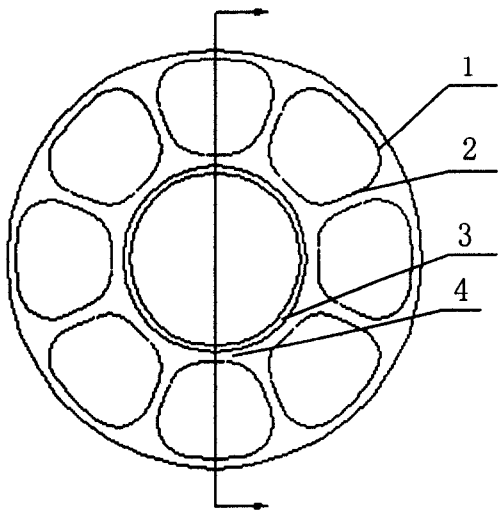


图 4

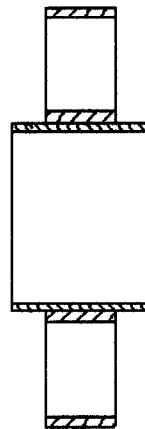


图 5