

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2017年10月12日 (12.10.2017)



(10) 国际公布号
WO 2017/173710 A1

- (51) 国际专利分类号:
H02K 49/10 (2006.01) H02K 15/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2016/082565
- (22) 国际申请日: 2016年5月19日 (19.05.2016)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201610218576.4 2016年4月8日 (08.04.2016) CN
- (71) 申请人: 江苏大学 (JIANGSU UNIVERSITY)
[CN/CN]; 中国江苏省镇江市学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。
- (72) 发明人: 赵文祥 (ZHAO, Wenxiang); 中国江苏省镇江市学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。 凌志健 (LING, Zhijian); 中国江苏省镇江市学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。 吉敬华 (JI, Jinghua); 中国江苏省镇江市学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。 刘

国海 (LIU, Guohai); 中国江苏省镇江市学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。 徐媚媚 (XU, Meimei); 中国江苏省镇江市学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。 胡德水 (HU, Deshui); 中国江苏省镇江市学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。

(74) 代理人: 北京德崇智捷知识产权代理有限公司 (JW IP LAW FIRM); 中国北京市朝阳区酒仙桥路 14 号 A5 楼 7 层 701, Beijing 100015 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

[见续页]

(54) Title: SURFACE-MOUNTED MAGNETIC LEAD SCREW AND PROCESSING METHOD THEREFOR

(54) 发明名称: 一种表贴式磁力丝杠及其加工方法

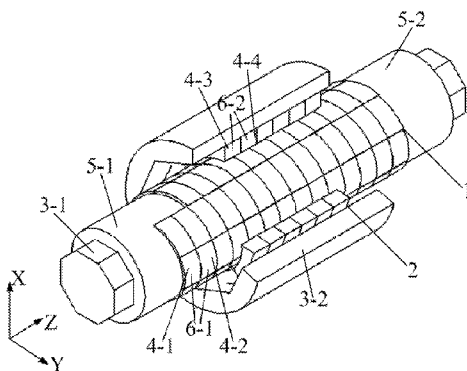


图 1

(57) Abstract: Disclosed are a surface-mounted magnetic lead screw and a processing method therefor, falling within the field of magnetic lead screws. The magnetic lead screw is composed of a segmented permanent magnet, an electric iron rod and a stopper. A magnetic nut is composed of a segmented permanent magnet and an electric iron ring. In the magnetic lead screw, the segmented permanent magnet is surface-mounted on an outer surface of the electric iron rod; and in the magnetic nut, the segmented permanent magnet is surface-mounted on an inner surface of the electric iron ring. The method comprises: flattening the inner diameter of a segmented permanent magnet of a magnetic lead screw, turning an outer surface of an electric iron rod, according to the size of the segmented permanent magnet, to form an electric iron rod the axial section of which is a regular polygon, and at the same time, installing a stopper at an end part of the electric iron rod; and flattening the outer diameter of a segmented permanent magnet of a magnetic nut, and drilling an electric iron ring, according to the size of the segmented permanent magnet, to form an electric iron ring the axial section of which is a regular polygon. By means of cooperation of a permanent magnet and a ferromagnetic material, the processing difficulty of a spiral permanent magnet and the assembly difficulty of a magnetic lead screw can be effectively reduced, and the thrust density and the mechanical strength are improved.

(57) 摘要:

[见续页]

WO 2017/173710 A1



(84) **指定国** (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ,

CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

本发明公开了一种表贴式磁力丝杠及其加工方法, 属于磁力丝杠领域, 磁丝杆由分段永磁体、电工铁棒和限位器构成, 磁螺母由分段永磁体和电工铁环构成。在磁丝杆中, 分段永磁体表贴在电工铁棒的外表面; 在磁螺母中, 分段永磁体表贴在电工铁环的内表面。该方法把磁丝杆分段永磁体的内径削平, 电工铁棒外表面根据分段永磁体的尺寸车削为轴向截面为正多变形的电工铁棒, 同时在电工铁棒的端部安装限位器; 磁螺母分段永磁体外径削平, 电工铁环根据分段永磁体的尺寸凿钻一个轴向截面为正多边形孔的电工铁环; 通过永磁体和铁磁材料之间的相互配合, 能够有效的降低螺旋永磁体的加工难度和磁力丝杠的组装难度, 并且提升推力密度和机械强度。

一种表贴式磁力丝杠及其加工方法

技术领域

本发明涉及一种高推力密度磁力丝杠的制造技术，特别涉及到螺旋磁路的等效技术和磁力丝杠组装的方法。

背景技术

磁力丝杠作动系统的研究在国内外尚处于起步阶段。磁力丝杠具有高推力密度、无接触摩擦、维护简单等特点，通过磁场耦合来实现将旋转运动转化为直线运动，反之亦然。因此在很多场合如航空航天、海洋发电、人工心脏等领域具有很好的应用前景。目前，对磁力丝杠研究较多的是永磁体径向充磁的 N、S 极螺旋交替的表贴式磁力丝杠，而此种结构存在磁力丝杠装配和螺旋永磁体加工的问题。

文献 IEEE TRANSACTIONS ON ENERGY CONVERSION, 30 (1): 41-50, 2015 (Magnetic design aspects of the trans-rotary magnetic gear) 介绍了一种分段式永磁体磁力丝杠，将径向充磁的分段圆弧永磁体表贴在电工铁棒上。虽然这种结构可以减小磁力丝杠永磁体的加工难度，但所介绍的表贴式永磁体磁力丝杠，由于采用分段圆弧永磁体，推力波动会明显增加。为了减小推力波动，采用减小分段永磁体弧度，即增加了分段永磁体个数的方法，这样增加了磁力丝杠的加工复杂度。由于磁力丝杠采用分段永磁体，分段永磁体在表贴到电工铁棒上时，存在拼接精度低和机械强度低的缺点。

文献 IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETISC, 50(11):8205004, 2014 (Electromagnetic lead screw for potential wave energy application) 介绍了一种电磁型磁力丝杠，将电工铁棒，制作成螺旋形槽的结构，在槽中绕制线圈，在线圈中通入直流电，从而获得螺旋形磁路。虽然这种结构可以减小磁力丝杠永磁体的加工难度，但所介绍的电磁型磁力丝杠。由于采用电励磁的方式，磁感应强度会明显下降。产生的推力密度不足永磁型磁力丝杠的四分之一。因此，采用有效的办法解决螺旋永磁体的等效和磁力丝杠的组装就具有重要的意义和实用价值。

发明内容

本发明的目的是为了解决磁力丝杠永磁体加工困难和分段永磁体的组装问题，提出了一种简单有效，工程上易于执行的方法。采用本发明提出的加工方法，在保证高推力密度和低推力波动的同时，极大的降低了磁力丝杠的加工难度，并且提高机械强度。

本发明适用于航空航天、人工心脏泵、海洋发电等领域。相比与传统的直线电机，由于磁力丝杠是磁力传动，所以具有过负载能力强，维护费用低和清洁度高等优点。尤

其在人工心脏泵领域，传统的人工心脏泵有，轴流泵和直线心脏泵两种，轴流泵有较大的血损问题，虽然直线心脏泵可以解决血损问题，但是功率密度很低，对人工心脏泵的发展存在不可避免的限制。磁力丝杠与直流无刷电机整合后的人工心脏泵可以同时解决以上问题。

本发明的具有以下技术方案：

一种表贴式磁力丝杠，包括磁丝杆，磁螺母，两者同轴并且之间具有气隙；

所述磁螺母空套在磁丝杆外部，磁丝杆外表面和磁螺母内表面分别表贴有分段永磁体；磁螺母相对磁丝杆做旋转运动，磁丝杆相对磁螺母做直线运动，且磁螺母的轴向长度小于磁丝杆的轴向长度；

所述磁丝杆包括电工铁棒，电工铁棒两端分别设有限位器 a、限位器 b；电工铁棒的外表面上表贴多个紧密排列的第一永磁体 a、第一永磁体 b；所述第一永磁体 a、第一永磁体 b 背离气隙的一面（即贴近电工铁棒的一面）做削平处理，正对气隙的一面为圆弧面，引出理想螺旋磁路；电工铁棒的外表面根据第一永磁体 a、第一永磁体 b 的结构尺寸车削为轴向截面呈正多变形；

所述磁螺母包括螺母电工铁环，螺母电工铁环内侧表面表贴多个紧密排列的第二永磁体 a，第二永磁体 b；为方便拼接，第二永磁体 a，第二永磁体 b 的背离气隙的一面（即贴近螺母电工铁环的一面）做削平处理，正对气隙的一面为圆弧面，引出理想螺旋磁路，且与第一永磁体 a、第一永磁体 b 的圆弧面相配合；螺母电工铁环内表面根据第二永磁体 a，第二永磁体 b 的结构尺寸，凿钻出轴向截面为正多变形的通孔。

作为本发明的进一步改进，所述第一永磁体 a 的充磁方向为径向向内，第一永磁体 b 的充磁方向为径向向外；第一永磁体 a 和第一永磁体 b 沿着轴向依次交替表贴在车削为正多边形的电工铁棒的外表面上，二者之间不留缝隙，形成一组第一永磁模块；第一永磁模块再按照圆周方向依次排列拼接形成螺旋结构，中间不留缝隙；多组第一永磁模块形成的螺旋永磁体圈数根据磁力丝杠的要求特性确定。

作为本发明的进一步改进，所述第二永磁体 a 的充磁方向为径向向内，第二永磁体 b 的充磁方向为径向向外；第二永磁体 a 和第二永磁体 b 沿着轴向依次交替表贴在螺母电工铁环的内表面上，二者之间不留缝隙，形成一组第二永磁模块；第二永磁模块再按照圆周方向依次排列拼接形成螺旋结构，中间不留缝隙；多组第二永磁模块形成的螺旋永磁体圈数根据磁力丝杠的要求特性确定。

作为本发明的进一步改进，所述限位器 a、限位器 b 结构相同，分别套在电工铁棒

的两端,所述限位器 a、限位器 b 靠近第一永磁模块的一侧车削为螺旋结构,螺距 λ 为第一永磁模块的轴向长度。

本发明的方法的技术方案为:一种表贴式磁力丝杠的加工方法,包括以下步骤:

步骤 1,磁力丝杠中所需为螺旋磁路,由于永磁体机械性能差,采用分段永磁体拼接形成螺旋磁路,分段永磁体按照 α 度圆弧设计,弧度越小,充磁越均匀;

步骤 2,在保证磁丝杆半径 r_2 、磁螺母和磁丝杆之间的气隙 g 、并且充分考虑到分段永磁体充磁的均匀性和拼接复杂度的情况下,确定第一永磁体 a、第一永磁体 b 和第二永磁体 a,第二永磁体 b 的弧度 α 、极距 τ 和厚度 h ,确定三者的最优配合;为使磁螺母和磁丝杆达到相同的调制关系,第一永磁体 a、第一永磁体 b 和第二永磁体 a,第二永磁体 b 的极距 τ 相同;

步骤 3,在确定永磁体的极距 τ 和厚度 h 后,确定第一永磁体 a、第一永磁体 b 的具体尺寸,永磁体内径为 $r_1=r_2-h$;对第一永磁体 a、第一永磁体 b 的内径侧,即背离气隙侧,做削平处理,正对气隙的一端为第一永磁体 a、第一永磁体 b 的圆弧;对第一永磁体 a、第一永磁体 b 的轴向两侧,做斜平面车削处理,切割的角度为 θ_1 :

$$\theta_1 = \arctan \left[\frac{\tau * \alpha}{2\pi r_1 * \sin(\alpha / 2)} \right];$$

步骤 4,根据第一永磁体 a、第一永磁体 b 的具体尺寸,本发明对电工铁棒限定设计尺寸;由于第一永磁体 a、第一永磁体 b 的弧度为 α ,并且背离气隙侧做削平处理,根据第一永磁体 a、第一永磁体 b 的结构尺寸,把电工铁棒车削为正 n 边形结构, n 取 $2\pi/\alpha$;正 n 边形电工铁棒的截面外切圆半径为 r_l ,电工铁棒的长度为 l_l ,电工铁棒的实际长度根据第一永磁模块的圈数确定;

步骤 5,由于磁丝杆长度比较长,所需第一永磁体 a、第一永磁体 b 的个数较多,为了固定第一永磁体 a、第一永磁体 b 的位置,并且增加磁丝杆的机械强度和拼接精度;本发明提出限位器 a、限位器 b,安装在电工铁棒的两端,限位器 a、限位器 b 由机械特性好,容易加工的非导磁材料制作,所述限位器 a、限位器 b 靠近第一永磁模块的一侧车削为螺旋结构,螺距 λ 为第一永磁模块的轴向长度;

步骤 6,在确定第二永磁体 a、第二永磁体 b 的极距 τ 和厚度 h 后,确定第二永磁体 a、第二永磁体 b 的具体尺寸,内径为 $r_3=r_2+g$;对第二永磁体 a、第二永磁体 b 的外径侧,即背离气隙侧,做削平处理,正对气隙的一端为分段永磁体的圆弧,对第二永磁体

a、第二永磁体 b 的轴向两侧做斜平面车削处理，切割的角度为 θ_2 ：

$$\theta_2 = \arctan \left[\frac{\tau * \alpha}{2\pi r_3 * \sin(\alpha / 2)} \right];$$

步骤 7，根据第二永磁体 a、第二永磁体 b 的具体尺寸，对螺母电工铁环限定设计尺寸；由于第二永磁体 a、第二永磁体 b 的弧度为 α ，并且背离气隙侧做削平处理，根据第二永磁体 a、第二永磁体 b 的结构尺寸，把螺母电工铁环凿钻出轴向截面为正 n 边形孔结构， n 取 $2\pi/\alpha$ ；正 n 边形孔的内切圆半径为 r_3 ，电工铁环的轴向长度为 l_2 ；螺母电工铁环的实际轴向长度根据第二永磁模块的圈数确定；

步骤 8，在电工铁棒表面上拼接完成限位器 a、限位器 b 和第一永磁体 a、第一永磁体 b 后形成磁丝杆；在螺母电工铁环内表面上拼接完成第二永磁体 a、第二永磁体 b 后形成磁螺母；将两者组装起来，磁丝杆和磁螺母之间有气隙 g ，形成磁力丝杠。

进一步，所述分段永磁体的材料采用烧结性钕铁硼。

进一步，所述分段永磁体按照 α 度圆弧设计， α 的取值在 30 度至 60 度之间；磁丝杆半径 r_2 即第一永磁体 a 和第一永磁体 b 的外径为 25mm，磁丝杆和磁螺母之间的气隙 g 的取值为 1mm；第一永磁体 a、第一永磁体 b 和第二永磁体 a、第二永磁体 b 的厚度 h 相同，厚度 h 的取值为 5mm 至 8mm；为使磁螺母和磁丝杆达到相同的调制关系，第一永磁体 a、第一永磁体 b 和第二永磁体 a、第二永磁体 b 的极距 τ 相同，极距 τ 的取值为 8mm 至 12mm；第一永磁体 a、第一永磁体 b 和第二永磁体 a、第二永磁体 b 的轴向两侧，做斜平面车削处理，切割的角度分别为 θ_1 和 θ_2 ；第一永磁体 a、第一永磁体 b 和第二永磁体 a、第二永磁体 b 的弧度 α 取 45 度，厚度 h 的取值为 6mm，极距 τ 的取值为 10mm，切割的角度 θ_1 为 8.3 度， θ_2 为 6.1 度。

进一步，根据第一永磁体 a、第一永磁体 b 和第二永磁体 a、第二永磁体 b 的具体尺寸，确定电工铁棒和螺母电工铁环的具体尺寸；由于第一永磁体 a、第一永磁体 b 和第二永磁体 a、第二永磁体 b 的弧度 α 取 45 度，所以把电工铁棒车削为轴向截面为正八边形结构，把电工铁环凿钻出轴向截面为正八边形孔的结构；电工铁棒的长度为 l_1 ， l_1 的取值为 500mm，螺母电工铁环的轴向长度为 l_2 ， l_2 的取值为 80mm。

本发明采用上述技术方案后，具有如下有益效果：

1、本发明采用磁丝杆分段永磁体和正多边形电工铁棒，磁螺母分段永磁体和正多边形

形孔的螺母电工铁环的拼接组装。减小了工艺复杂度和加工成本，并且提高磁力丝杠整体的机械强度。

2、本发明采用分段永磁体拼接，根据本发明中提出的对分段永磁体轴向两侧，按照计算的角度进行斜平面车削处理。不仅解决永磁材料机械特性差，而且可以引出理想螺旋形 N、S 极磁路，对磁力丝杠的推力输出和脉动都不会造成影响。

3、本发明采用中，对磁丝杆分段永磁体和磁螺母分段永磁体的背离气隙侧采用削平处理，使得永磁体和电工铁材料拼接在一个平面上。简化了加工复杂度，提高整体的机械强度。

4、本发明采用在电工铁棒的端部安装限位器，限位器靠近永磁体侧为螺旋结构，限位器螺距和分段永磁体拼接一圈后的螺距相等，因而可以提高永磁体的拼接精度，并且提高磁力丝杠的机械强度。

5、本发明采用烧结型钕铁硼永磁材料来替代现有文献中采用的混合磁材料，相比于现有的混合磁材料，烧结型钕铁硼永磁材料具有剩磁高，磁性能强等优点。本发明中限位器采用非导磁材料，减小了端部永磁体不必要的漏磁。

6、在充分考虑到分段永磁体充磁的均匀性和拼接复杂度的情况下，弧度 α 的取值为 45 度。为了避免永磁体的退磁，第一永磁体和第二永磁体的厚度 h 相同。为使磁螺母和磁丝杆达到相同的调制关系，第一永磁体和第二永磁体的极距 τ 相同。由于分段永磁体的弧度 α 取 45 度，所以把电工铁棒车削为轴向截面为正八边形结构，把电工铁环凿钻出轴向截面为正八边形孔的结构，从而增强磁力丝杠整体的机械强度。

附图说明

图 1 是本发明立体结构的半剖示意图；

图 2 是本发明结构的 2D 平面图；

图 3-4 是本发明的工作原理图；

图 5 是磁丝杆分段永磁体（第一永磁体 a，第一永磁体 b）不同表面尺寸标注图；

图 6 是磁丝杆电工铁棒示意图；（a）轴向示意图，（b）立体结构示意图；

图 7 是是限位器示意图；（a）轴向示意图，（b）立体结构示意图；

图 8 磁螺母分段永磁体（第二永磁体 a，第二永磁体 b）不同表面尺寸标注图；

图 9；是磁螺母电工铁环示意图；（a）轴向示意图，（b）立体结构示意图；

图 10 是普通分段永磁体磁力丝杠和改进后的输出推力对比示意图。

图中：1. 磁丝杆；2. 磁螺母；3-1. 丝杆电工铁棒；3-2. 螺母电工铁环；4-1. 第

一永磁体 a；4-2. 第一永磁体 b；4-3. 第二永磁体 a；4-4. 第二永磁体 b；5-1. 限位器 a；5-2. 限位器 b；6-1. 第一聚磁模块；6-2. 第二聚磁模块。

具体实施方式

如图 1 和图 2 所示,本发明为一种永磁体表贴式磁力丝杠的加工方法,包含磁丝杆 1,磁螺母 2,两者同轴并且之间具有气隙。磁丝杆 1 和磁螺母 2 分别表贴有按照本发明提出方法加工的分段永磁体(为了方便解释,磁丝杆 1 上的分段永磁体包括第一永磁体 a4-1,第一永磁体 b4-2;磁螺母 2 上的分段永磁体包括第二永磁体 a4-3,第二永磁体 b4-4)。磁螺母 2 空套在磁丝杆 1 外。磁螺母 2 沿 Z 轴向做旋转运动,根据磁力丝杠的工作原理,磁丝杆 1 沿 Z 轴做直线运动。所以磁螺母 2 的轴向长度小于磁丝杆 1 的轴向长度,具体尺寸根据磁力丝杠的要求特性确定。

根据磁力丝杠的工作原理,由于磁丝杆 1 和磁螺母 2 中均为螺旋永磁磁场,所以通过磁场耦合来实现将旋转运动转化为直线运动,或者将直线运动转化为旋转运动。如图 3 和图 4 所示,为磁力丝杠的工作原理示意图。磁丝杆中分段永磁体产生的磁通穿过气隙,进入相对应的磁螺母分段永磁体,经过螺母电工铁环 3-2 再从相邻的磁螺母分段永磁体穿出,通过气隙,返回到磁丝杆相邻的分段永磁体中。在图 3 中,当磁丝杆 1 和磁螺母 2 的相对位移为零,即两者为正对位置时,两者不产生推力和转矩的转化。随着磁丝杆 1 运动产生的位移,气隙中的磁感应强度的切向分量显著增加,产生推力。当位移在 $\tau/2$ 时,产生最大推力,如图 4 所示。

所述磁丝杆 1 由第一永磁体 a4-1,第一永磁体 b4-2,电工铁棒 3-1 和限位器 a5-1,限位器 b5-2 构成。为方便拼接,分段永磁体的背离气隙侧做削平处理,正对气隙的一端为永磁体的圆弧,引出理想螺旋磁路。电工铁棒外表面根据第一永磁体 a4-1,第一永磁体 b4-2 的结构尺寸车削为轴向截面为正多变形的电工铁棒 3-1。由于磁丝杆 1 中所需的分段永磁体个数较多,在电工铁棒 3-1 的端部安装限位器 a5-1 和限位器 b5-2,引入限位器后,极大的提高了第一永磁体 a4-1,第一永磁体 b4-2 的拼接精度和机械强度。第一永磁体 a4-1 的充磁方向为径向向内;第一永磁体 b4-2 的充磁方向为径向向外。第一永磁体 a4-1 和第一永磁体 b4-2,按照 Z 轴方向依次表贴在车削为正多边形的电工铁棒 3-1 的外表面上,形成一组第一永磁模块 6-1,中间不留缝隙。第一永磁模块 6-1 再按照圆周方向,依次周向排列拼接形成螺旋结构,中间不留缝隙,表贴在电工铁棒 3-1 的外表面上,螺旋永磁体圈数根据磁力丝杠的要求特性确定,限位器也跟随永磁体的圈数改变安装位置。

所述磁螺母 2 由第二永磁体 a4-3, 第二永磁体 b4-4 和螺母电工铁环 3-2 构成。为方便拼接, 分段永磁体的背离气隙侧做削平处理, 正对气隙的一端为第二永磁体 a4-3, 第二永磁体 b4-4 的圆弧, 引出理想螺旋磁路。电工铁环内表面根据第二永磁体的结构尺寸, 凿钻出轴向截面为正多变形孔的螺母电工铁环 3-2。第二永磁体 a4-3 的充磁方向为径向向内, 第二永磁体 b4-4 的充磁方向为径向向外。第二永磁体 a4-3 和第二永磁体 b4-4, 按照 Z 轴方向依次表贴在螺母电工铁环 3-2 的内表面上, 形成一组第二永磁模块 6-2, 中间不留缝隙。第二永磁模块 6-2 再按照圆周方向, 依次排列拼接形成螺旋结构, 中间不留缝隙, 表贴在螺母电工铁环 3-2 的内表面上, 螺旋永磁体圈数根据磁力丝杠的要求特性确定。

为获得最佳螺旋磁路, 本发明提出的磁丝杆和磁螺母的设计方法包括如下步骤:

步骤 1, 磁力丝杠中所需为螺旋磁路, 由于永磁体机械性能差, 采用分段永磁体拼接形成螺旋磁路, 分段永磁体按照 α 度圆弧设计, 弧度越小, 充磁越均匀;

步骤 2, 在保证磁丝杆 1 半径 r_2 、磁螺母 2 和磁丝杆 1 之间的气隙 g 、并且充分考虑到分段永磁体充磁的均匀性和拼接复杂度的情况下, 确定第一永磁体 a4-1、第一永磁体 b4-2 和第二永磁体 a4-3, 第二永磁体 b4-4 的弧度 α 、极距 τ 和厚度 h , 确定三者的最优配合; 为使磁螺母 2 和磁丝杆 1 达到相同的调制关系, 第一永磁体 a4-1、第一永磁体 b4-2 和第二永磁体 a4-3, 第二永磁体 b4-4 的极距 τ 相同;

步骤 3, 在确定永磁体的极距 τ 和厚度 h 后, 确定第一永磁体 a4-1、第一永磁体 b4-2 的具体尺寸, 永磁体内径为 $r_1=r_2-h$; 对第一永磁体 a4-1、第一永磁体 b4-2 的内径侧, 即背离气隙侧, 做削平处理, 正对气隙的一端为第一永磁体 a4-1、第一永磁体 b4-2 的圆弧; 对第一永磁体 a4-1、第一永磁体 b4-2 的轴向两侧, 做斜平面车削处理, 切割的角度为 θ_1 :

$$\theta_1 = \arctan \left[\frac{\tau * \alpha}{2\pi r_1 * \sin(\alpha / 2)} \right];$$

步骤 4, 根据第一永磁体 a4-1、第一永磁体 b4-2 的具体尺寸, 本发明对电工铁棒 3-1 限定设计尺寸; 由于第一永磁体 a4-1、第一永磁体 b4-2 的弧度为 α , 并且背离气隙侧做削平处理, 根据第一永磁体 a4-1、第一永磁体 b4-2 的结构尺寸, 把电工铁棒 3-1 车削为正 n 边形结构, n 取 $2\pi/\alpha$; 正 n 边形电工铁棒的截面外切圆半径为 r_1 , 电工铁棒 3-1 的长度为 l_1 , 电工铁棒的实际长度根据第一永磁模块 6-1 的圈数确定;

步骤 5, 由于磁丝杆 1 长度比较长, 所需第一永磁体 a4-1、第一永磁体 b4-2 的个数

较多,为了固定第一永磁体 a4-1、第一永磁体 b4-2 的位置,并且增加磁丝杆 1 的机械强度和拼接精度;本发明提出限位器 a5-1、限位器 b5-2,安装在电工铁棒的两端,限位器 a5-1、限位器 b5-2 由机械特性好,容易加工的非导磁材料制作,所述限位器 a5-1、限位器 b5-2 靠近第一永磁模块 6-1 的一侧车削为螺旋结构,螺距 λ 为第一永磁模块 6-1 的轴向长度;

步骤 6,在确定第二永磁体 a4-3、第二永磁体 b4-4 的极距 τ 和厚度 h 后,确定第二永磁体 a4-3、第二永磁体 b4-4 的具体尺寸,内径为 $r_3=r_2+g$;对第二永磁体 a4-3、第二永磁体 b4-4 的外径侧,即背离气隙侧,做削平处理,正对气隙的一端为分段永磁体的圆弧,对第二永磁体 a4-3、第二永磁体 b4-4 的轴向两侧做斜平面车削处理,切割的角度为 θ_2 :

$$\theta_2 = \arctan \left[\frac{\tau * \alpha}{2\pi r_3 * \sin(\alpha/2)} \right];$$

步骤 7,根据第二永磁体 a4-3、第二永磁体 b4-4 的具体尺寸,对螺母电工铁环 3-2 限定设计尺寸;由于第二永磁体 a4-3、第二永磁体 b4-4 的弧度为 α ,并且背离气隙侧做削平处理,根据第二永磁体 a4-3、第二永磁体 b4-4 的结构尺寸,把螺母电工铁环 3-2 凿钻出轴向截面为正 n 边形孔结构, n 取 $2\pi/\alpha$;正 n 边形孔的内切圆半径为 r_3 ,电工铁环的轴向长度为 l_2 ;螺母电工铁环 3-2 的实际轴向长度根据第二永磁模块 6-2 的圈数确定;

步骤 8,在电工铁棒 3-1 表面上拼接完成限位器 a5-1、限位器 b5-2 和第一永磁体 a4-1、第一永磁体 b4-2 后形成磁丝杆 1;在螺母电工铁环 3-2 内表面上拼接完成第二永磁体 a4-3、第二永磁体 b4-4 后形成磁螺母 2;将两者组装起来,磁丝杆和磁螺母之间的气隙 g ,形成磁力丝杠。

实施例

作为本发明的具体实施例,下面将结合附图对本发明加以说明,如图 1 和图 2 所示,本发明为一种表贴式磁力丝杠及其加工方法,包含磁丝杆 1,磁螺母 2,两者同轴并且之间具有气隙。磁螺母 2 空套在磁丝杆 1 外。磁螺母 2 沿 Z 轴向做旋转运动,根据磁力丝杠的工作原理,磁丝杆 1 沿 Z 轴做直线运动。所以磁螺母 2 的轴向长度小于磁丝杆 1 的轴向长度,具体尺寸根据磁力丝杠的要求特性确定。

所述磁丝杆 1 由第一永磁体 a4-1,第一永磁体 b4-2,电工铁棒 3-1 和限位器 a5-1,限位器 b5-2 构成。如图 5 所示,永磁体按照 α 度圆弧设计, α 的取值为 45 度,内径

为 r_i , r_i 的取值为 18mm。永磁体的材料采用烧结性钕铁硼, 相比于现有文献中采用混合型磁材料, 烧结性钕铁硼具有剩磁大, 磁性能强的特点。根据步骤 2 中提出的方法, 优化得到第一永磁体 a 和 b 的厚度 h 为 6mm, 极距 τ 为 10mm。采用步骤 3 提出的永磁体加工方法, 为方便拼接和增加机械强度, 对第一永磁体的内径侧, 即背离气隙侧做削平处理。由于磁力丝杠为螺旋磁路, 并且烧结钕铁硼机械特性较差, 不能实现整体螺旋的加工, 采用步骤 3 中提出的方法, 对第一永磁体的轴向两侧进行斜平面切割处理, 切割角度根据公式, 得到 $\theta_i=8.3$ 度。

如图 6 所示, 采用步骤 4 提出的电工铁材料的加工方法, 根据第一永磁体 a4-1 和第一永磁体 b4-2 的具体尺寸, 本发明对电工铁棒限定设计尺寸。由于分段永磁体的弧度为 45 度, 并且背离气隙侧做削平处理, 根据第一永磁体 a4-1 和第一永磁体 b4-2 的结构尺寸, 把电工铁棒车削为正 8 边形结构。正 8 边形电工铁棒 3-1 的截面外切圆半径为 r_i 。切割后的第一永磁体 a4-1 和第一永磁体 b4-2, 充磁方向分别为径向向内和径向向外, 按照 Z 轴方向依次表贴在正 8 边形电工铁棒 3-1 上, 形成第一永磁模块 6-1, 中间不留缝隙。第一永磁模块 6-1 依次延圆周方向排列, 中间不留缝隙, 表贴在正 8 边形电工铁棒 3-1 上, 拼接形成螺旋结构。第一永磁体 a4-1 和第一永磁体 b4-2 的个数为分别 160 个, 形成 20 圈 N、S 交替的螺旋永磁体结构。通过本发明提出的永磁体加工方法可以实现整体螺旋永磁体的效果, 并且提高了磁力丝杠的机械强度。

如图 7 所示, 由于磁丝杆 1 中所需的第一永磁体 a4-1, 第一永磁体 b4-2 个数较多, 为了方便拼接, 提高加工精度, 在正八边形电工铁棒 3-1 的两端安装限位器 a5-1 和限位器 b5-2。限位器 a5-1 和限位器 b5-2 靠近第一永磁模块 6-1 侧为螺旋结构, 螺距与第一永磁体拼接一圈后的螺距, 即 2 倍的极距 τ 相等, 螺距为 20mm。

所述磁螺母 2 由第二永磁体 a4-3, 第二永磁体 b4-4 和螺母电工铁环 3-2 构成。如图 8 所示, 第二永磁体 a4-3, 第二永磁体 b4-4 按照 α 度圆弧设计, α 的取值为 45 度, 内径为 r_3 , r_3 的取值为 25mm。永磁体的材料采用烧结性钕铁硼, 相比于现有文献中采用混合型磁材料, 烧结性钕铁硼具有剩磁大, 磁性能强的特点。根据步骤 2 中提出的方法, 优化得到第二永磁体的厚度 h 为 6mm, 极距 τ 为 10mm。第二永磁体 a4-3 和第二永磁体 b4-4, 充磁方向分别为径向向内和径向向外。采用步骤 6 提出的永磁体加工方法, 为方便拼接和增加机械强度, 对第二永磁体的外径侧, 即背离气隙侧做削平处理。由于磁力丝杠为螺旋磁路, 并且烧结钕铁硼机械特性较差, 不能实现整体螺旋的加工, 采用步骤 6 中提出的方法, 对第二永磁体的轴向两侧进行斜平面切割处理, 切割角度根据公式,

得到 $\theta = 6.1$ 度。

如图 9 所示, 电工铁环内表面根据第二永磁体 a4-3 和第二永磁体 b4-4 的结构尺寸, 凿钻出轴向截面为正八边形的螺母电工铁环 3-2, 螺母电工铁环 3-2 的截面内切圆半径为 r_4 , r_4 的取值为 31mm。切割后的第二永磁体 a4-3 和第二永磁体 b4-4, 按照 Z 轴方向依次表贴在螺母电工铁环 3-2 的内表面上, 形成第二永磁模块 6-2, 中间不留缝隙, 其中第二永磁体 a4-3 和第二永磁体 b4-4 充磁方向分别为径向向内和径向向外。第二永磁模块 6-2 依次延圆周方向排列, 中间不留缝隙, 表贴在螺母电工铁环 3-2 的内表面上, 拼接形成螺旋结构。第二永磁体 a4-3 和第二永磁体 b4-4 的个数为分别 24 个, 形成 3 圈 N、S 交替的螺旋永磁体结构。通过本发明提出的永磁体加工方法可以实现整体螺旋永磁体的效果, 并且提高了磁力丝杠的机械强度。

如图 10 所示, 为普通分段式永磁体磁力丝杠和改进后磁力丝杠输出推力的比较图, 图中 A1 为改进前的普通分段永磁体磁力丝杠的推力输出波形, B1 为改进后的推力输出波形, 可以看到在保持其余参数不变的情况下, 改进后磁力丝杠在大大降低加工难度的情况下, 保证了高推力密度, 低推力波动的特点。

权 利 要 求 书

1、一种表贴式磁力丝杠，其特征在于，包括磁丝杆（1），磁螺母（2），两者同轴并且之间具有气隙；

所述磁螺母（2）空套在磁丝杆（1）外部，磁丝杆（1）外表面和磁螺母（2）内表面分别表贴有分段永磁体；磁螺母（2）相对磁丝杆（1）做旋转运动，磁丝杆（1）相对磁螺母（2）做直线运动，且磁螺母（2）的轴向长度小于磁丝杆（1）的轴向长度；

所述磁丝杆（1）包括电工铁棒（3-1），电工铁棒（3-1）两端分别设有限位器 a（5-1）、限位器 b（5-2）；电工铁棒（3-1）的外表面上表贴多个紧密排列的第一永磁体 a（4-1）、第一永磁体 b（4-2）；所述第一永磁体 a（4-1）、第一永磁体 b（4-2）背离气隙的一面做削平处理，正对气隙的一面为圆弧面，用于引出理想螺旋磁路；电工铁棒（3-1）的外表面根据第一永磁体 a（4-1）、第一永磁体 b（4-2）的结构尺寸车削为轴向截面呈正多变形；

所述磁螺母（2）包括螺母电工铁环（3-2），螺母电工铁环（3-2）内侧表面表贴多个紧密排列的第二永磁体 a（4-3），第二永磁体 b（4-4）；为方便拼接，第二永磁体 a（4-3），第二永磁体 b（4-4）的背离气隙的一面做削平处理，正对气隙的一面为圆弧面，用于引出理想螺旋磁路，且与第一永磁体 a（4-1）、第一永磁体 b（4-2）的圆弧面相配合；螺母电工铁环（3-2）内表面根据第二永磁体 a（4-3），第二永磁体 b（4-4）的结构尺寸，凿钻出轴向截面为正多变形的通孔。

2、根据权利要求 1 所述的一种表贴式磁力丝杠，其特征在于，所述第一永磁体 a（4-1）的充磁方向为径向向内，第一永磁体 b（4-2）的充磁方向为径向向外；第一永磁体 a（4-1）和第一永磁体 b（4-2）沿着轴向依次交替表贴在车削为正多边形的电工铁棒（3-1）的外表面上，二者之间不留缝隙，形成一组第一永磁模块（6-1）；第一永磁模块（6-1）再按照圆周方向依次排列拼接形成螺旋结构，中间不留缝隙；多组第一永磁模块（6-1）形成的螺旋永磁体圈数根据磁力丝杠的要求特性确定。

3、根据权利要求 1 所述的一种表贴式磁力丝杠，其特征在于，所述第二永磁体 a（4-3）的充磁方向为径向向内，第二永磁体 b（4-4）的充磁方向为径向向外；第二永磁体 a（4-3）和第二永磁体 b（4-4）沿着轴向依次交替表贴在螺母电工铁环（3-2）的内表面上，二者之间不留缝隙，形成一组第二永磁模块（6-2）；第二永磁模块（6-2）再按照圆周方向依次排列拼接形成螺旋结构，中间不留缝隙；多组第二永磁模块（6-2）形成的

螺旋永磁体圈数根据磁力丝杠的要求特性确定。

4、根据权利要求 2 所述的一种表贴式磁力丝杠，其特征在于，所述限位器 a (5-1)、限位器 b (5-2) 结构相同，分别套在电工铁棒 (3-1) 的两端，所述限位器 a (5-1)、限位器 b (5-2) 靠近第一永磁模块 (6-1) 的一侧车削为螺旋结构，螺距 λ 为第一永磁模块 (6-1) 的轴向长度。

5、一种表贴式磁力丝杠的加工方法，其特征在于，包括以下步骤：

步骤 1，磁力丝杠中所需为螺旋磁路，由于永磁体机械性能差，采用分段永磁体拼接形成螺旋磁路，分段永磁体按照 α 度圆弧设计，弧度越小，充磁越均匀；

步骤 2，在保证磁丝杆 (1) 半径 r_2 、磁螺母 (2) 和磁丝杆 (1) 之间的气隙 g 、并且充分考虑到分段永磁体充磁的均匀性和拼接复杂度的情况下，确定第一永磁体 a (4-1)、第一永磁体 b (4-2) 和第二永磁体 a (4-3)，第二永磁体 b (4-4) 的弧度 α 、极距 τ 和厚度 h ，确定三者的最优配合；为使磁螺母 (2) 和磁丝杆 (1) 达到相同的调制关系，第一永磁体 a (4-1)、第一永磁体 b (4-2) 和第二永磁体 a (4-3)，第二永磁体 b (4-4) 的极距 τ 相同；

步骤 3，在确定永磁体的极距 τ 和厚度 h 后，确定第一永磁体 a (4-1)、第一永磁体 b (4-2) 的具体尺寸，永磁体内径为 $r_1=r_2-h$ ；对第一永磁体 a (4-1)、第一永磁体 b (4-2) 的内径侧，即背离气隙侧，做削平处理，正对气隙的一端为第一永磁体 a (4-1)、第一永磁体 b (4-2) 的圆弧；对第一永磁体 a (4-1)、第一永磁体 b (4-2) 的轴向两侧，做斜平面车削处理，切割的角度为 θ_1 ：

$$\theta_1 = \arctan \left[\frac{\tau * \alpha}{2\pi r_1 * \sin(\alpha / 2)} \right];$$

步骤 4，根据第一永磁体 a (4-1)、第一永磁体 b (4-2) 的具体尺寸，本发明对电工铁棒 (3-1) 限定设计尺寸；由于第一永磁体 a (4-1)、第一永磁体 b (4-2) 的弧度为 α ，并且背离气隙侧做削平处理，根据第一永磁体 a (4-1)、第一永磁体 b (4-2) 的结构尺寸，把电工铁棒 (3-1) 车削为正 n 边形结构， n 取 $2\pi/\alpha$ ；正 n 边形电工铁棒的截面外切圆半径为 r_1 ，电工铁棒 (3-1) 的长度为 l_1 ，电工铁棒的实际长度根据第一永磁模块 (6-1) 的圈数确定；

步骤 5，由于磁丝杆 (1) 长度比较长，所需第一永磁体 a (4-1)、第一永磁体 b (4-2) 的个数较多，为了固定第一永磁体 a (4-1)、第一永磁体 b (4-2) 的位置，并且增加磁丝杆 (1) 的机械强度和拼接精度；本发明提出限位器 a (5-1)、限位器 b (5-2)，安装在

电工铁棒的两端，限位器 a (5-1)、限位器 b (5-2) 由机械特性好，容易加工的非导磁材料制作，所述限位器 a (5-1)、限位器 b (5-2) 靠近第一永磁模块 (6-1) 的一侧车削为螺旋结构，螺距 λ 为第一永磁模块 (6-1) 的轴向长度；

步骤 6，在确定第二永磁体 a (4-3)、第二永磁体 b (4-4) 的极距 τ 和厚度 h 后，确定第二永磁体 a (4-3)、第二永磁体 b (4-4) 的具体尺寸，内径为 $r_3=r_2+g$ ；对第二永磁体 a (4-3)、第二永磁体 b (4-4) 的外径侧，即背离气隙侧，做削平处理，正对气隙的一端为分段永磁体的圆弧，对第二永磁体 a (4-3)、第二永磁体 b (4-4) 的轴向两侧做斜平面车削处理，切割的角度为 θ_2 ：

$$\theta_2 = \arctan \left[\frac{\tau * \alpha}{2\pi r_3 * \sin(\alpha/2)} \right];$$

步骤 7，根据第二永磁体 a (4-3)、第二永磁体 b (4-4) 的具体尺寸，对螺母电工铁环 (3-2) 限定设计尺寸；由于第二永磁体 a (4-3)、第二永磁体 b (4-4) 的弧度为 α ，并且背离气隙侧做削平处理，根据第二永磁体 a (4-3)、第二永磁体 b (4-4) 的结构尺寸，把螺母电工铁环 (3-2) 凿钻出轴向截面为正 n 边形孔结构， n 取 $2\pi/\alpha$ ；正 n 边形孔的内切圆半径为 r_3 ，电工铁环的轴向长度为 l_2 ；螺母电工铁环 (3-2) 的实际轴向长度根据第二永磁模块 (6-2) 的圈数确定；

步骤 8，在电工铁棒 (3-1) 表面上拼接完成限位器 a (5-1)、限位器 b (5-2) 和第一永磁体 a (4-1)、第一永磁体 b (4-2) 后形成磁丝杆 (1)；在螺母电工铁环 (3-2) 内表面上拼接完成第二永磁体 a (4-3)、第二永磁体 b (4-4) 后形成磁螺母 (2)；将两者组装起来，磁丝杆和磁螺母之间有气隙 g ，形成磁力丝杠。

6、根据权利要求 5 所述的一种表贴式磁力丝杠的加工方法，其特征在于，所述分段永磁体的材料采用烧结性钕铁硼。

7、根据权利要求 5 所述的一种表贴式磁力丝杠的加工方法，其特征在于，所述分段永磁体按照 α 度圆弧设计， α 的取值在 30 度至 60 度之间；磁丝杆 (1) 半径 r_2 即第一永磁体 a (4-1) 和第一永磁体 b (4-2) 的外径为 25mm，磁丝杆和磁螺母之间的气隙 g 的取值为 1mm；第一永磁体 a (4-1)、第一永磁体 b (4-2) 和第二永磁体 a (4-3)、第二永磁体 b (4-4) 的厚度 h 相同，厚度 h 的取值为 5mm 至 8mm；为使磁螺母和磁丝杆达到相同的调制关系，第一永磁体 a (4-1)、第一永磁体 b (4-2) 和第二永磁体 a (4-3)、第二永磁体 b (4-4) 的极距 τ 相同，极距 τ 的取值为 8mm 至 12mm；第一永磁体 a (4-1)、第

一永磁体 b (4-2) 和第二永磁体 a (4-3)、第二永磁体 b (4-4) 的轴向两侧, 做斜平面车削处理, 切割的角度分别为 θ_1 和 θ_2 ; 第一永磁体 a (4-1)、第一永磁体 b (4-2) 和第二永磁体 a (4-3)、第二永磁体 b (4-4) 的弧度 α 取 45 度, 厚度 h 的取值为 6mm, 极距 τ 的取值为 10mm, 切割的角度 θ_1 为 8.3 度, θ_2 为 6.1 度。

8、根据权利要求 5 所述的一种表贴式磁力丝杠的加工方法, 其特征在于, 根据第一永磁体 a (4-1)、第一永磁体 b (4-2) 和第二永磁体 a (4-3)、第二永磁体 b (4-4) 的具体尺寸, 确定电工铁棒(3-1)和螺母电工铁环(3-2)的具体尺寸; 由于第一永磁体 a (4-1)、第一永磁体 b (4-2) 和第二永磁体 a (4-3)、第二永磁体 b (4-4) 的弧度 α 取 45 度, 所以把电工铁棒(3-1)车削为轴向截面为正八边形结构, 把螺母电工铁环 (3-2) 凿钻出轴向截面为正八边形孔的结构; 电工铁棒 (3-1) 的长度为 l_1 , l_1 的取值为 500mm, 螺母电工铁环 (3-2) 的轴向长度为 l_2 , l_2 的取值为 80mm。

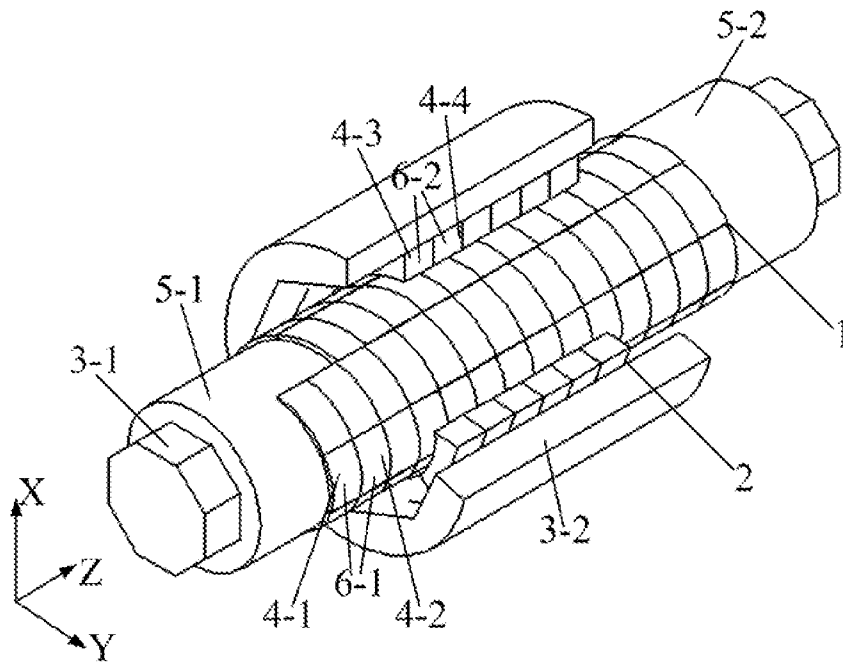


图 1

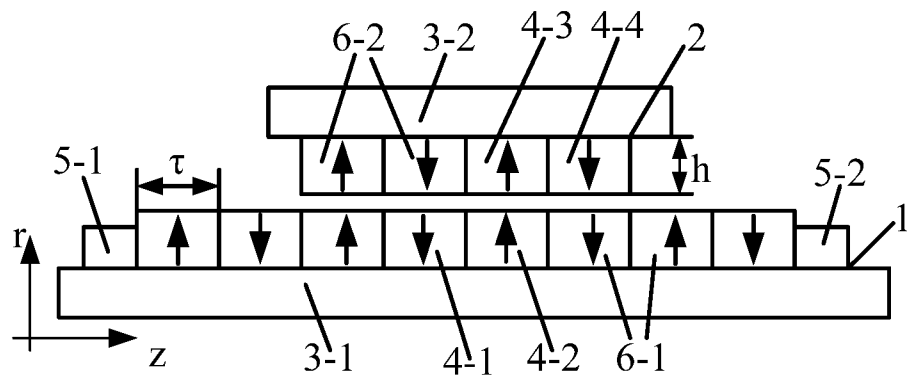


图 2

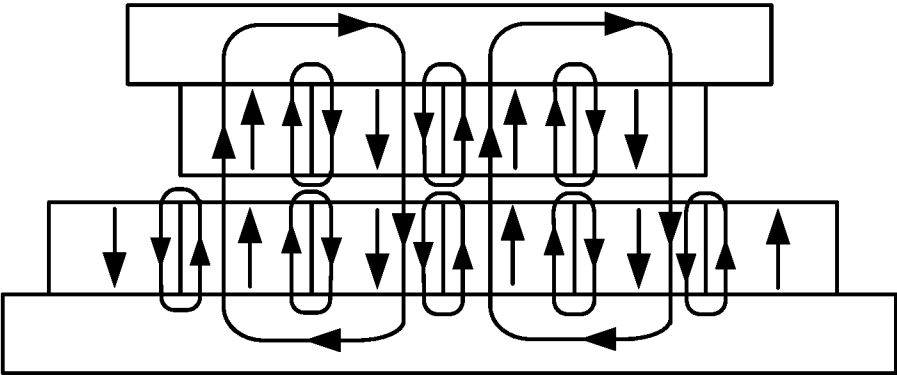


图 3

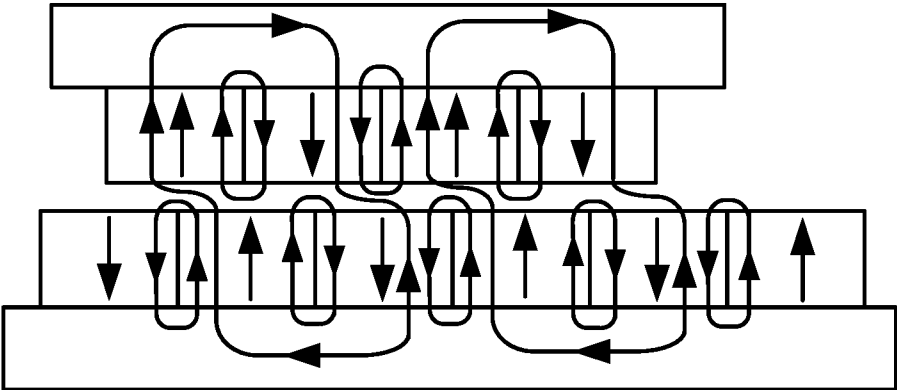


图 4

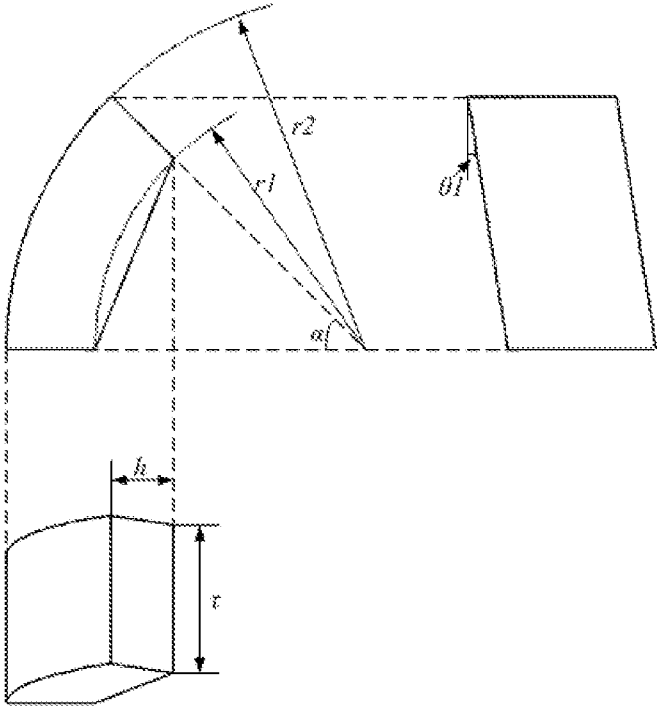


图 5

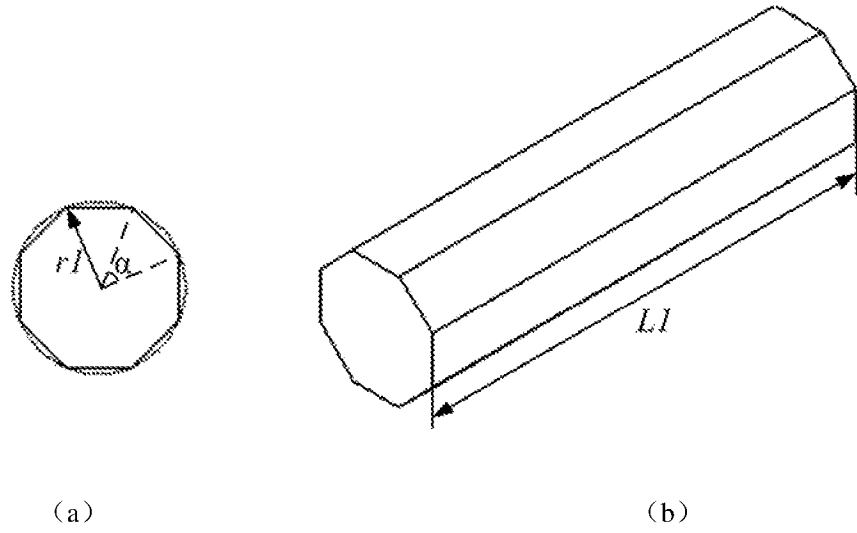


图 6

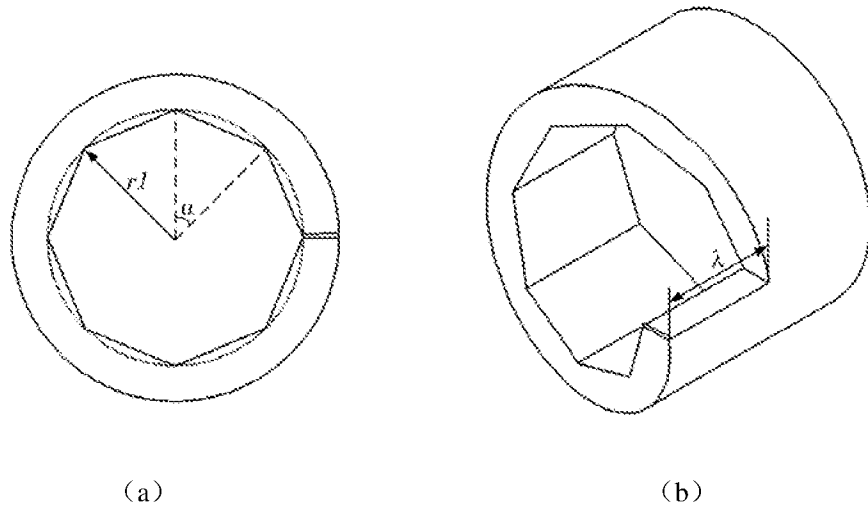


图 7

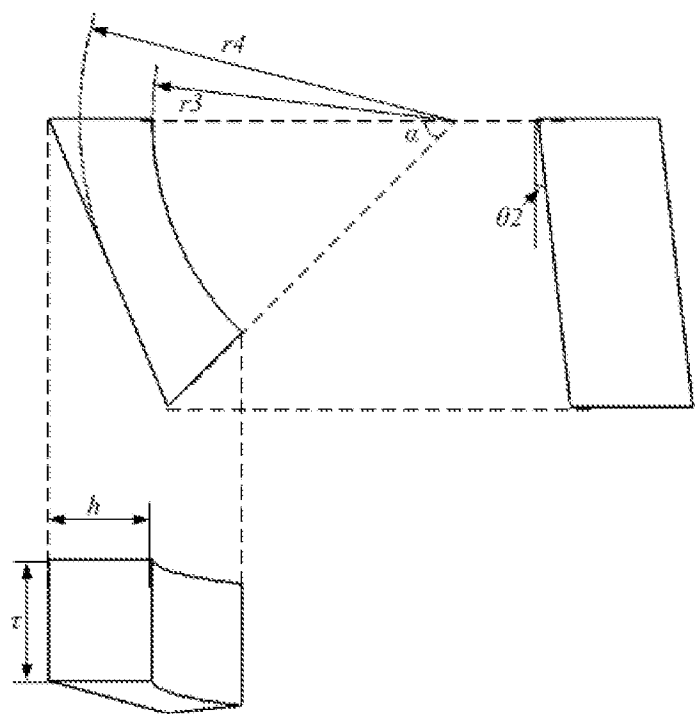


图 8

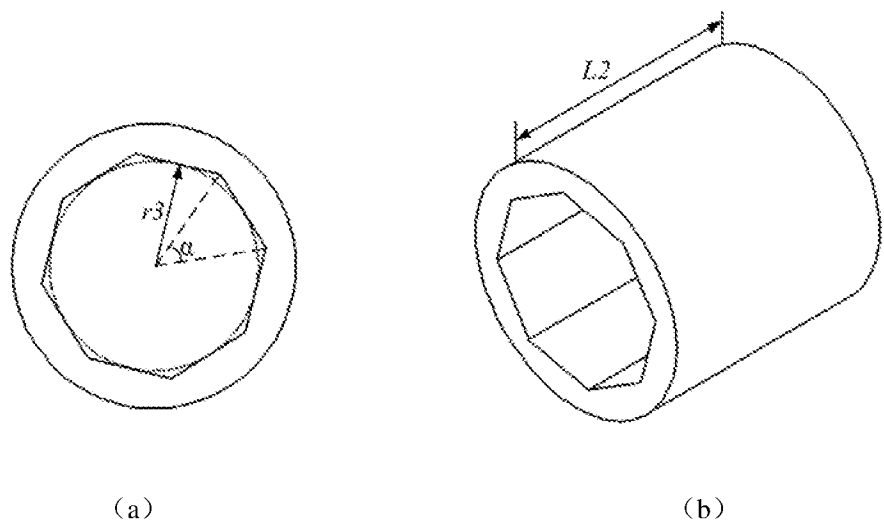


图 9

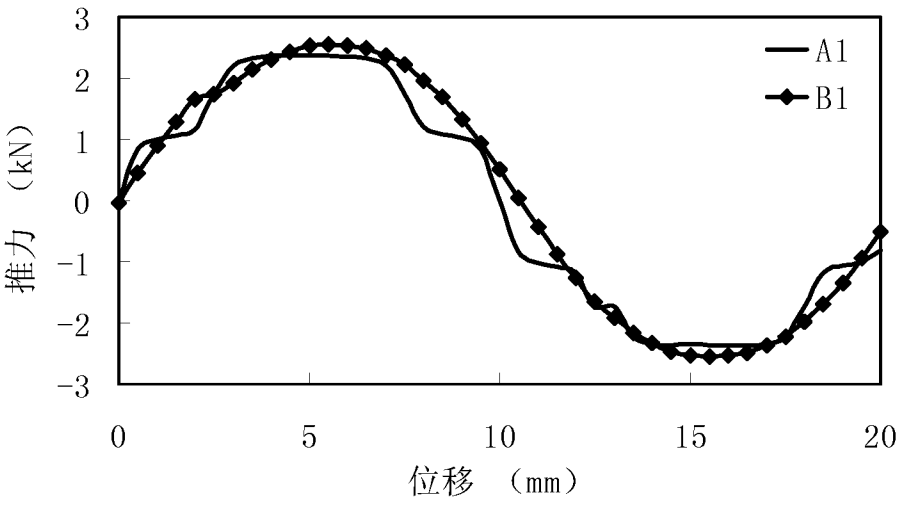


图 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2016/082565

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02K 49/10 (2006.01) i; H02K 15/00 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNKI, DWPI, CNABS: screw rod, permanent magnet, lead, screw, nut, magnetic, magnet, arc

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 105186832 A (JIANGSU UNIVERSITY), 23 December 2015 (23.12.2015), description, paragraphs 0014-0021, and figures 1-2	1-8
Y	CN 204110933 U (LIU, Zhongchen), 21 January 2015 (21.01.2015), claims 1-2, and figures 3-4	1-8
A	CN 105141189 A (SHANGHAI MARITIME UNIVERSITY), 09 December 2015 (09.12.2015), the whole document	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
05 December 2016 (05.12.2016)

Date of mailing of the international search report
10 January 2017 (10.01.2017)

Name and mailing address of the ISA/CN:
State Intellectual Property Office of the P. R. China
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao
Haidian District, Beijing 100088, China
Facsimile No.: (86-10) 62019451

Authorized officer
PAN, Li
Telephone No.: (86-10) **010-62411325**

International application No.
PCT/CN2016/082565

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 2009)

A. 主题的分类		
H02K 49/10(2006.01)i; H02K 15/00(2006.01)i		
按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类		
B. 检索领域		
检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)		
H02K		
包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献		
在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))		
CNKI, DWPI, CNABS: 丝杠, 丝杆, 螺母, 永磁, 圆弧, lead, screw, nut, magnetic, magnet, arc		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
Y	CN 105186832 A (江苏大学) 2015年 12月 23日 (2015 - 12 - 23) 说明书0014-0021段, 附图1-2	1-8
Y	CN 204110933 U (刘忠臣) 2015年 1月 21日 (2015 - 01 - 21) 权利要求1-2, 附图3-4	1-8
A	CN 105141189 A (上海海事大学) 2015年 12月 9日 (2015 - 12 - 09) 全文	1-8
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期		国际检索报告邮寄日期
2016年 12月 5日		2017年 1月 10日
ISA/CN的名称和邮寄地址		受权官员
中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088		潘莉
传真号 (86-10)62019451		电话号码 (86-10)010-62411325

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2016/082565

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	105186832	A	2015年 12月 23日	无	
CN	204110933	U	2015年 1月 21日	无	
CN	105141189	A	2015年 12月 9日	无	