



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114683097 A

(43) 申请公布日 2022. 07. 01

(21) 申请号 202210223452.0

B24B 41/06 (2012.01)

(22) 申请日 2022.03.07

(71) 申请人 广州大学

地址 510006 广东省广州市番禺区大学城
外环西路230号

(72) 发明人 萧金瑞 吴晓杰 梁忠伟 刘晓初
邹涛 唐睿智 郭超文 周晓阳

(74) 专利代理机构 北京八月瓜知识产权代理有
限公司 11543

专利代理师 秦莹

(51) Int. Cl.

B24B 1/04 (2006.01)

B24B 31/06 (2006.01)

B24B 31/12 (2006.01)

B24B 31/14 (2006.01)

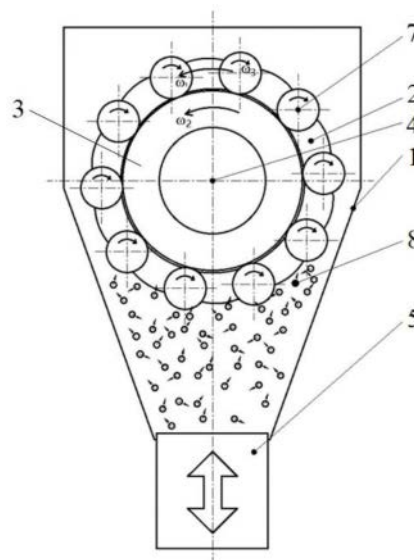
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种圆柱滚子轴承滚动体超声强化加工系
统和方法

(57) 摘要

本发明提供了一种圆柱滚子轴承滚动体超声强化加工系统和方法。本发明的圆柱滚子轴承滚动体超声强化加工系统包括机架、转轮机构、驱动机构和超声振动机构，在机架上设有用于放置研磨料的密闭空腔，转轮机构设置在该密闭空腔中，转轮机构包括固件轮，在固件轮上沿周向开设有多个用于固定工件的卡槽，驱动机构通过转轮机构带动工件公转并在加工状态下自转一周以上，超声振动机构使密闭空腔中的研磨料发生振动以冲击卡槽中的工件。本发明的超声强化加工系统和方法加工效率高，加工效果稳定可靠且高质高效，能够在工件表面加工出高质量的塑变强化层，有利于改善滚子轴承的润滑状况，为滚动轴承承载力的提升提供了技术保障。



1. 一种圆柱滚子轴承滚动体超声强化加工系统,其特征在于,包括机架、转轮机构、驱动机构和超声振动机构,在机架上设有用于放置研磨料的密闭空腔,转轮机构设置在密闭空腔中,转轮机构包括固件轮,在固件轮上沿周向开设有多个用于固定工件的卡槽,驱动机构通过转轮机构带动工件公转并在加工状态下自转一周以上,超声振动机构使密闭空腔中的研磨料发生振动以冲击卡槽中的工件。

2. 根据权利要求1所述的圆柱滚子轴承滚动体超声强化加工系统,其特征在于,转轮机构还包括摩擦轮,固件轮同轴套设在摩擦轮的外部,工件在放置于卡槽时与摩擦轮摩擦接触,驱动机构驱动固件轮和摩擦轮以不同速度转动以带动工件公转并自转。

3. 根据权利要求2所述的圆柱滚子轴承滚动体超声强化加工系统,其特征在于,摩擦轮包括刚性轮和设置在刚性轮表面的软质摩擦层;其中,刚性轮的材质为硬质塑料或金属,软质摩擦层的材质为丁苯橡胶。

4. 根据权利要求2所述的圆柱滚子轴承滚动体超声强化加工系统,其特征在于,驱动机构通过行星齿轮机构带动固件轮和摩擦轮以不同速度转动;其中,摩擦轮通过行星齿轮机构的主动件与驱动机构连接,固件轮通过行星齿轮机构的从动件与驱动机构连接。

5. 根据权利要求1所述的圆柱滚子轴承滚动体超声强化加工系统,其特征在于,密闭空腔呈漏斗状,超声振动机构设置在密闭空腔的底部,转轮机构设置在密闭空腔的顶部,驱动机构的主轴固定在机架上,转轮机构与驱动机构的主轴连接。

6. 根据权利要求1所述的圆柱滚子轴承滚动体超声强化加工系统,其特征在于,还包括用于对工件进行自动装卸的装卸设备。

7. 一种圆柱滚子轴承滚动体超声强化加工方法,其特征在于,采用权利要求1-6任一所述的圆柱滚子轴承滚动体超声强化加工系统对工件进行超声强化加工。

8. 根据权利要求7所述的圆柱滚子轴承滚动体超声强化加工方法,其特征在于,包括如下步骤:

S1:将多个工件分别放置在转轮机构的每一卡槽后,将转轮机构紧固在驱动机构的主轴上;

S2:启动驱动机构和超声振动机构,驱动机构通过转轮机构带动工件公转并在加工状态下自转一周以上,超声振动机构使密闭空腔中的研磨料发生振动以冲击固定于卡槽中的工件;

S3:待工件公转一周后,停止驱动机构和超声振动机构并下料。

9. 根据权利要求8所述的圆柱滚子轴承滚动体超声强化加工方法,其特征在于,研磨料由硬质球、研磨粉和研磨液按照质量配比(14-16):(0.8-1.2):(0.5-1.0)组成;其中,硬质球为直径0.5-2.5mm且表面硬度大于60HRC的单一尺寸陶瓷球或钢球,研磨粉为粒度80-200目的单一粒度棕刚玉粉末,研磨液主要由以下质量百分含量的原料组成:磷酸酯胺盐化合物5-10%,磷酸氢二钠3-5%,对羟基苯甲酸乙酯1-2%,脂肪酸胺0.4-0.8%,其余为水。

10. 根据权利要求8所述的圆柱滚子轴承滚动体超声强化加工方法,其特征在于,控制固件轮以角速度 ω_1 沿第一方向转动,摩擦轮以角速度 ω_2 沿第一方向转动,工件以角速度 ω_3 沿与第一方向相反的第二方向转动。

一种圆柱滚子轴承滚动体超声强化加工系统和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及金属工件表面强化加工技术领域,尤其是涉及一种圆柱滚子轴承滚动体超声强化加工系统和方法。

背景技术

[0002] 滚子轴承属于滚动轴承的一种,是现代化机械中广泛运用的部件之一,具有启动所需力矩小、旋转精度高、选用方便等优点。滚子轴承作为大承载轴承,广泛应用于工业各个领域。作为工业核心基础零部件,滚子轴承的发展越来越向着大负载、高精度方向发展,在这种背景下,提升轴承零部件的刚度、强度以及寿命逐渐成为重要的研究命题。

[0003] 滚子轴承滚动体容易出现塑性变形、点蚀失效,为了提升滚子轴承的承载力和使用寿命,滚子加工完成后通常需要进行一步强化工艺。目前,强化方法多为滚筒强化,利用滚筒翻滚,桶内滚动体靠重力跌落,产生冲击塑性变形强化。该技术方法简单、成本低廉,但存在以下不足:1)加工效率低,一批次滚动体加工时间通常超过十小时,加工周期长,无法满足日益增长的效率要求;2)加工精度低,由于加工过程随机不可控,滚动体的跌落角度、跌落高度、频次等不可控,加工出来的品质参差不齐,需要重筛分组才能使用;3)加工缺陷多,滚动体在桶内翻滚摩擦,表面容易擦伤、破损,同时跌落过程中容易使滚动体端面产生塑性变形,进而降低滚动体承载力。

[0004] 鉴于此,特提出本发明。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种圆柱滚子轴承滚动体超声强化加工系统和方法,其加工效率高,加工效果稳定可靠且高质高效,能够在工件表面加工出高质量的塑变强化层。

[0006] 本发明提供一种圆柱滚子轴承滚动体超声强化加工系统,包括机架、转轮机构、驱动机构和超声振动机构,在机架上设有用于放置研磨料的密闭空腔,转轮机构设置在密闭空腔中,转轮机构包括固件轮,在固件轮上沿周向开设有多个用于固定工件的卡槽,驱动机构通过转轮机构带动工件公转并在加工状态下自转一周以上,超声振动机构使密闭空腔中的研磨料发生振动以冲击卡槽中的工件。

[0007] 进一步地,转轮机构还包括摩擦轮,固件轮同轴套设在摩擦轮的外部,工件在放置于卡槽时与摩擦轮摩擦接触,驱动机构驱动固件轮和摩擦轮以不同速度转动以带动工件公转并自转。

[0008] 进一步地,摩擦轮包括刚性轮和设置在刚性轮表面的软质摩擦层;其中,刚性轮的材质为硬质塑料或金属,软质摩擦层的材质为丁苯橡胶。

[0009] 进一步地,驱动机构通过行星齿轮机构带动固件轮和摩擦轮以不同速度转动;其中,摩擦轮通过行星齿轮机构的主动件与驱动机构连接,固件轮通过行星齿轮机构的从动件与驱动机构连接。

[0010] 进一步地,密闭空腔呈漏斗状,超声振动机构设置在密闭空腔的底部,转轮机构设

置在密闭空腔的顶部,驱动机构的主轴固定在机架上,转轮机构与驱动机构的主轴连接。

[0011] 进一步地,本发明的圆柱滚子轴承滚动体超声强化加工系统还包括用于对工件进行自动装卸的装卸设备。

[0012] 本发明还提供一种圆柱滚子轴承滚动体超声强化加工方法,采用上述圆柱滚子轴承滚动体超声强化加工系统对工件进行超声强化加工。

[0013] 具体地,本发明的圆柱滚子轴承滚动体超声强化加工方法,包括如下步骤:

[0014] S1:将多个工件分别放置在转轮机构的每一卡槽后,将转轮机构紧固在驱动机构的主轴上;

[0015] S2:启动驱动机构和超声振动机构,驱动机构通过转轮机构带动工件公转并在加工状态下自转一周以上,超声振动机构使密闭空腔中的研磨料发生振动以冲击固定于卡槽中的工件;

[0016] S3:待工件公转一周后,停止驱动机构和超声振动机构并下料。

[0017] 进一步地,研磨料由硬质球、研磨粉和研磨液按照质量配比(14-16):(0.8-1.2):(0.5-1.0)组成;其中,硬质球为直径0.5-2.5mm且表面硬度大于60HRC的单一尺寸陶瓷球或钢球,研磨粉为粒度80-200目的单一粒度棕刚玉粉末,研磨液主要由以下质量百分含量的原料组成:磷酸酯胺盐化合物5-10%,磷酸氢二钠3-5%,对羟基苯甲酸乙酯1-2%,脂肪酸胺0.4-0.8%,其余为水。

[0018] 进一步地,控制固件轮以角速度 ω_1 沿第一方向转动,摩擦轮以角速度 ω_2 沿第一方向转动,工件以角速度 ω_3 沿与第一方向相反的第二方向转动。

[0019] 本发明的实施,至少具有以下优势:

[0020] 1、本发明的超声强化加工系统和方法采用超声加工技术,利用超声机械振动驱动强化研磨料高速冲击工件,实现了强化加工效果的稳定可靠和高质高效,同时能够在工件表面加工出高质量的塑变强化层;

[0021] 2、本发明的超声强化加工系统和方法通过转轮机构同时对多个工件进行固定,从而能够同时对多个工件进行强化加工;此外,由于超声加工技术冲击力强、冲击频次高,加工效率较传统滚筒式具有质的提升,同时受益于超声加工技术,能量转化和能量利用率能够得到有效提升;

[0022] 3、本发明的超声强化加工系统设置密闭空腔放置研磨料,同时将转轮机构设置于密闭空腔中,使得工件的加工表面受控喷射,强化质量可控性增强,同时损伤率也得到进一步降低,端面需要保证平整度的非加工表面可以避免损伤,保护了非加工面和滚动体的承载性能;

[0023] 4、本发明的超声强化加工系统和方法能够使滚动体工件表面产生塑变微织构层,能够进一步改善滚子轴承的润滑状况,为滚动轴承承载力的提升提供技术保障。

附图说明

[0024] 为了更清楚地说明本发明具体实施方式或现有技术中的技术方案,下面将对具体实施方式或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施方式,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0025] 图1为本发明一实施方式的圆柱滚子轴承滚动体超声强化加工系统的结构示意图；

[0026] 图2为本发明一实施方式的转轮机构的结构示意图；

[0027] 图3为本发明一实施方式的驱动机构的传动原理图。

[0028] 附图标记说明：

[0029] 1:密闭空腔;2:固件轮;3:摩擦轮;4:主轴;5:超声振动机构;6:行星齿轮机构;7:工件;8:研磨料。

具体实施方式

[0030] 应该指出,以下详细说明都是例示性的,旨在对本申请提供进一步的说明。除非另有指明,本文使用的所有技术和科学术语具有与本申请所属技术领域的普通技术人员通常理解的相同含义。

[0031] 需要注意的是,这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式,而非意图限制根据本申请的示例性实施方式。如在这里所使用的,除非上下文另外明确指出,否则单数形式也包括复数形式,此外,还应当理解的是,当在本说明中使用术语“包含”和/或“包括”时,其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。

[0032] 下面将结合实施例对本发明的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0033] 实施例1

[0034] 结合图1至图3所示,本实施例的圆柱滚子轴承滚动体超声强化加工系统包括机架、转轮机构、驱动机构和超声振动机构5,在机架上设有用于放置研磨料8的密闭空腔1,转轮机构设置在密闭空腔1中,转轮机构包括固件轮2,在固件轮2上沿周向开设有多个用于固定工件7(例如圆柱滚子轴承滚动体)的卡槽,驱动机构通过转轮机构带动工件7公转并在加工状态下自转一周以上,超声振动机构5使密闭空腔1中的研磨料8发生振动以冲击卡槽中的工件7。

[0035] 在本实施例中,机架主要用于为其它部件提供支撑;在机架上设有用于放置研磨料8的密闭空腔1,密闭空腔1的形状可以呈漏斗状,此时超声振动机构5可以设置在密闭空腔1的底部,转轮机构可以设置在密闭空腔1的顶部,同时驱动机构的主轴4固定在机架上,转轮机构与驱动机构的主轴4连接。此外,可以理解,在密闭空腔1上设有密闭门,该密闭门在工件7加工状态下处于关闭状态。

[0036] 转轮机构(也称为夹具)主要用于在驱动机构的驱动下带动工件7公转同时带动工件7在加工状态下自转一周以上;此外,转轮机构应当沿周向设置多个用于固定工件7的卡槽,以便在转动过程中能够同时对多个工件7进行超声强化加工。可以理解,工件7在固定于卡槽时,由于超声强化加工过程中只有面向研磨料8冲击区域的部分才能实现有效加工,因此工件7的至少部分表面应当暴露在密闭空腔1中,以便研磨料8在发生振动时能够高速冲击工件7表面以实现超声强化加工。

[0037] 在本实施例中,工件7的加工状态指的是工件7位于密闭空腔1中且研磨料8能够高

速冲击工件7表面的状态,该状态即工件7公转进入可加工角度至工件7出可加工角度之间,此时工件7应当自转至少大于一圈,以保证工件7的整个表面能够得到超声强化加工。在上述设置方式下,加工表面受控喷射,强化质量可控性增强,同时损伤率得到进一步降低,端面需要保证平整度的非加工表面可以避免损伤,进而保护了非加工面和滚动体的承载性能。

[0038] 具体地,转轮机构可以包括固件轮2和摩擦轮3,固件轮2同轴套设在摩擦轮3的外部,在固件轮2上沿周向开设有多个用于固定工件7的卡槽,工件7在放置于卡槽时与摩擦轮3摩擦接触,驱动机构驱动固件轮2和摩擦轮3以不同速度转动以带动工件7公转并自转。

[0039] 进一步地,摩擦轮3可以包括刚性轮和设置在刚性轮表面的软质摩擦层;其中,刚性轮的材质可以为硬质塑料或金属,软质摩擦层的材质可以为丁苯橡胶。该结构的摩擦轮3能够提供更大的接触面积和更大的摩擦力,同时方便工件7的装填与夹紧。

[0040] 驱动机构主要用于通过转轮机构带动工件7公转并在加工状态下自转一周以上;具体地,驱动机构可以通过行星齿轮机构6带动固件轮2和摩擦轮3以不同速度转动;其中,摩擦轮3可以通过行星齿轮机构6的主动件与驱动机构连接,固件轮2可以通过行星齿轮机构6的从动件与驱动机构连接,从而实现固件轮2和摩擦轮3以不同速度转动。行星齿轮机构6能够实现固件轮2与摩擦轮3的转速差,其各自的速度可以通过行星齿轮配比实现调配和设计。

[0041] 具体地,在超声强化加工时,可以控制固件轮2以角速度 ω_1 沿第一方向转动,摩擦轮3以角速度 ω_2 沿第一方向转动,工件7以角速度 ω_3 沿与第一方向相反的第二方向转动。该方式能够加大工件7自转与公转的速度差,容易在加工区域实现工件7的表面加工全覆盖。

[0042] 超声振动机构5主要用于使密闭空腔1中的研磨料8发生振动以高速冲击卡槽中的工件7;超声振动装置可以采用本领域的常规装置,其通过工具头输出超声机械振动,驱动放置其上的研磨料8高速冲击位于其正上方的工件7,产生剧烈塑性变形,实现滚动体的表面局部强化;依靠驱动机构的主轴4驱动工件7自转与公转,将局部强化均化为整个工件7滚动面的强化。由于利用超声机械振动驱动研磨料8高速冲击工件7,实现了强化加工效果的稳定可靠和高质高效,并且能够在工件7表面加工出高质量的塑变强化层;同时,由于超声加工技术冲击力强、冲击频次高,加工效率较传统滚筒式具有质的提升,能量转化和能量利用率得到有效提升。

[0043] 对超声强化加工过程所采用的研磨料8不作严格限制;具体地,研磨料8可以由硬质球、研磨粉和研磨液按照质量配比(14-16):(0.8-1.2):(0.5-1.0)组成;其中,硬质球可以为直径0.5-2.5mm且表面硬度大于60HRC的单一尺寸陶瓷球或钢球,研磨粉可以为粒度80-200目的单一粒度棕刚玉粉末,研磨液主要由以下质量百分含量的原料组成:磷酸酯胺盐化合物5-10%,磷酸氢二钠3-5%,对羟基苯甲酸乙酯1-2%,脂肪酸胺0.4-0.8%,其余为水。

[0044] 此外,本实施例的圆柱滚子轴承滚动体超声强化加工系统还可以包括用于对工件7进行自动装卸的装卸设备;设置自动化的装卸设备对工件7进行自动上下料,从而能够进一步提升滚动体超声强化效率。

[0045] 利用上述系统对工件7进行超声强化加工,包括如下步骤:

[0046] S1:将多个工件7分别放置在转轮机构的每一卡槽后,将转轮机构紧固在驱动机构的主轴4上;

[0047] S2:启动驱动机构和超声振动机构5,驱动机构通过转轮机构带动工件7公转并在加工状态下自转一周以上,超声振动机构5使密闭空腔1中的研磨料8发生振动以冲击固定于卡槽中的工件7;

[0048] S3:待工件7公转一周后,停止驱动机构和超声振动机构5并下料。

[0049] 本实施例的圆柱滚子轴承滚动体超声强化加工系统通过驱动机构和转轮机构带动多个工件7公转并且每一工件7在加工状态下自转一周以上,同时超声振动机构5使密闭空腔1中的研磨料8发生振动高速冲击卡槽中的工件7,不仅加工效率高,并且能量转化和能量利用率高,实现了强化加工效果的稳定可靠和高质高效;特别是,该系统在超声强化加工时能够在工件7表面加工出高质量的塑变强化层,有利于进一步改善滚子轴承的润滑状况,为滚动轴承承载力的提升提供了技术保障。

[0050] 实施例2

[0051] 本实施例的圆柱滚子轴承滚动体超声强化加工方法,采用实施例1的圆柱滚子轴承滚动体超声强化加工系统对工件7进行超声强化加工,具体步骤如下:

[0052] 1)将待加工的工件7(圆柱滚子轴承滚动体)装夹于转轮机构的卡槽中,等转轮机构所有卡槽放满工件7后,将工件7紧固于转轮机构上;

[0053] 2)将装夹完毕的转轮机构置于驱动机构的主轴4卡槽内并锁紧,完成整个工件7的夹持,主轴4固定于机架上,主轴4卡槽位于密闭空腔1内部,密闭空腔1为漏斗状密闭空腔,与机架相连;

[0054] 3)关闭密闭空腔1的密闭门后,启动驱动机构的主轴4,并启动超声振动机构5,超声振动机构5为现有常规机构,其通过工具头输出超声机械振动,超声振动机构5的工具头放置于漏斗状密闭空腔1的底部,驱动放置其上的研磨料8高速冲击位于其正上方的工件7上,产生剧烈塑性变形,实现工件7的表面局部强化,依靠主轴4驱动工件7自转与公转,将局部强化均化为整个工件7滚动面的强化;

[0055] 4)转轮机构的固件轮2公转一圈后即完成了整个转轮机构上的所有工件7表面的可控超声强化,此时停止超声振动机构5和驱动机构,打开密闭空腔1的密闭门,更换工件7即可开启下一批次加工,如此循环。

[0056] 具体地,步骤1)中的转轮机构是一种双层复合转轮结构,分别为外层的固件轮2和内层的摩擦轮3,固件轮2上沿周向分布有多个凹形的卡槽用于放置工件7,工件7卡放于卡槽后与摩擦轮3接触,固件轮2带动工件7公转,摩擦轮3的转动速度与固件轮2存在差别,摩擦轮3与固件轮2的转速满足工件7公转进入可加工角度到出可加工角度之间时工件7自转至少大于一圈的要求。

[0057] 摩擦轮3由刚性本体和固定于刚性本体外表面的软质表层组成,刚性本体为圆环状硬质塑料或金属件,软质表层为丁苯橡胶,以提供更大接触面积、更大摩擦力的同时方便工件7的装填与夹紧。

[0058] 固件轮2与摩擦轮3的转速差可以通过行星齿轮机构6实现;参见图3,转动速度通过驱动机构的主轴4输入,转轮机构的外壳通过夹具固定于机架,摩擦轮3固定于主轴4的输出端,因此其转速等于主轴4的转速,固件轮2连接于星齿轮机构的行星架(从动件)输出转

速,其速度可通过行星齿轮配比实现调配和设计。由于超声强化加工过程中只有面向研磨料8冲击区域的部分才能实现有效加工,因此工件7在公转从进入到离开有效加工角度(区域)时,需要完成一周以上的自转圈数,基于该参数设计行星轮系。

[0059] 步骤2)中,主轴4卡槽可采用现有气动夹具通用圆锥卡槽,用于实现转轮机构与驱动机构的主轴43的快速对接与夹紧。参照图3,摩擦轮3的转速等于主轴4转速,即 ω_1 ,方向为顺时针,固件轮2的转速与摩擦轮3的转速同向,转速为 ω_2 ,工件7的转速为 ω_3 ,转速方向则为逆时针,该设计能够加大工件7自转与公转的速度差,容易在加工区域实现工件7表面加工全覆盖。

[0060] 步骤3)中,研磨料8由硬质球、研磨粉、研磨液按照质量百分比15:1:0.8组成,硬质球为直径0.5-2.5mm且表面硬度大于60HRC的单一尺寸陶瓷球或钢球,研磨粉为粒度80-200目的单一粒度棕刚玉粉末,研磨液由以下质量百分比的原料组成:磷酸酯胺盐化合物8%、磷酸氢二钠4%、对羟基苯甲酸乙酯1.5%、脂肪酸胺0.6%,其余为水。

[0061] 为了进一步提升滚动体超声强化效率,可以采用自动化设备实现工件7自动上下料,优选采用的气动夹头能够很方便的配合自动化快速完成整个夹具自动更换工作。

[0062] 本实施例的圆柱滚子轴承滚动体超声强化加工方法利用超声机械振动驱动研磨料8高速冲击工件7,实现了强化加工效果的稳定可靠和高质高效,能够在工件7表面加工出高质量的塑变强化层;由于超声加工技术冲击力强、冲击频次高,加工效率较传统滚筒式具有质的提升,同时受益于超声加工技术,能量转化和能量利用率得到有效提升;该方法加工表面受控喷射,强化质量可控性增强,同时损伤率得到进一步降低,端面需要保证平整度的非加工表面可以避免损伤,保护了非加工面和滚动体的承载性能;此外,由于工件7表面产生塑变微织构层,从而能够进一步改善滚子轴承的润滑状况,为滚动轴承承载力的提升提供技术保障。

[0063] 最后应说明的是:以上各实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述各实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围。

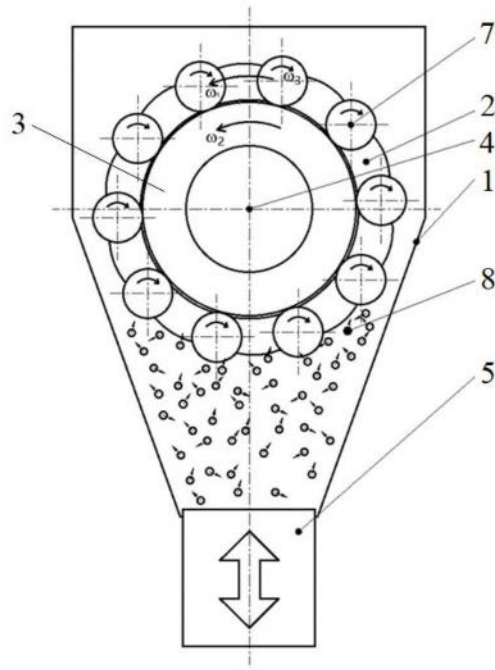


图1

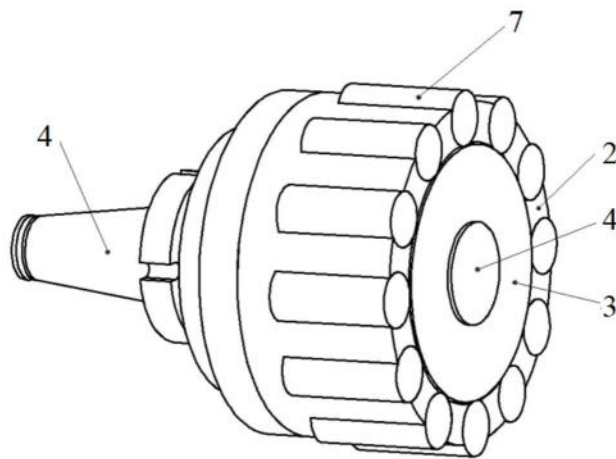


图2

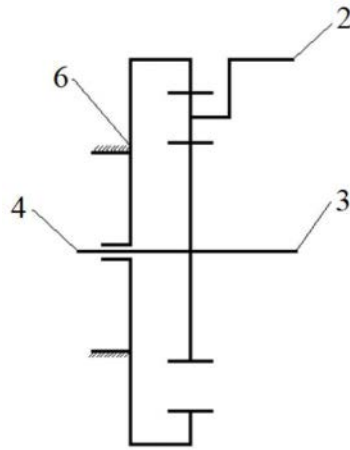


图3