



DOI:10.13364/j.issn.1672-6510.20150008

## 不锈钢餐具平面抛光机主传动系统的设计

胡俊义, 张峻霞, 傅 旻

(天津科技大学机械工程学院, 天津 300222)

**摘要:** 在分析不锈钢餐具抛光工艺的基础上设计了餐具平面抛光机的主传动系统, 该传动系统包括分度传动机构、立柱支撑机构、定位机构以及中心轴组件等. 对关键零件进行仿真分析并根据分析结果对零件的尺寸进行了优化, 对主传动系统的结构进行了详细设计. 样机运行表明, 主传动系统运行平稳、设计合理、可靠性高.

**关键词:** 餐具抛光机; 传动系统; 结构设计

中图分类号: TH132

文献标志码: A

文章编号: 1672-6510(2015)06-0061-05

## Designing the Main Transmission System of Plane Polishing Machine for Stainless Steel Cutlery

HU Junyi, ZHANG Junxia, FU Min

(College of Mechanical Engineering, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300222, China)

**Abstract:** The structure of the main transmission system of the cutlery polishing machine was designed according to the requirements of polishing process of the cutlery. The transmission system includes dividing transmission mechanism, positioning mechanism, pillar supporting institutions, central shaft components, etc. The stress of the key part was analyzed in simulation, the reasonable size of the chassis was optimized, and the main transmission system was designed in detail. The running of the model machine showed that the main drive system is reasonable in design, flexible in running, and good in reliability.

**Key words:** cutlery polishing machine; drive system; structure design

从上世纪 90 年代初开始,我国不锈钢餐具产业逐渐发展,不锈钢餐具出口规模迅速扩大,至今已出口至全球六大洲 100 多个国家和地区. 目前全国现有 600 多家不锈钢餐具生产企业<sup>[1]</sup>,其规模大小不一,技术水平也参差不齐. 进行设备升级改造,保证不锈钢餐具的质量,提高生产效率,是当前不锈钢餐具企业亟需解决的问题.

抛光是锈钢餐具制造的重要工序. 对锈钢餐具进行抛光处理可以提高餐具的耐腐蚀性、光洁度并获得装饰性外观<sup>[3]</sup>. 餐具的抛光是一项比较复杂的工艺过程,而餐具的抛光质量直接影响到餐具成品的合格率. 国内生产企业大多采用需要人工完成进给动作的半自动抛光设备,与国外的全自动抛光设备相比不仅生产效率低而且抛光质量的稳定性也无法保证. 近几年,部分企业在消化吸收国外先进抛光技术

的基础上开始设计制造针对旋转曲面抛光的自动化抛光设备<sup>[2]</sup>,而对平面抛光的自动化设备的研究较少. 锈钢餐具毛坯的抛光属于平面抛光,费时费力,实现该工序的自动化将会为企业节省大量的人力成本,因此针对中小型餐具加工企业研发经济适用的全自动平面抛光设备是非常适时和必要的.

本文根据红进锈钢制品有限公司生产餐具的抛光的工艺要求,以五工位餐具抛光机为例,设计了针对平面餐具毛坯粗磨的餐具抛光机主传动系统.

### 1 餐具抛光工艺分析

#### 1.1 餐具的抛光

餐具的机械抛光工序主要分为粗磨、中磨和细磨:粗磨是使用砂料对粗糙的餐具毛坯表面进行处

收稿日期: 2015-01-11; 修回日期: 2015-04-14

作者简介: 胡俊义(1987—),男,湖北恩施人,硕士研究生;通信作者: 张峻霞,教授, zjx@tust.edu.cn.

理,除锈打砂、去除宏观的不平整表面;中磨是在粗磨的基础上进一步加工,去除粗磨的磨痕,使餐具表面进一步平整;细磨则可以使餐具达到理想的光亮度,是餐具出厂前的最后一道工序. 本文设计主要是针对餐具的粗磨,即对冲压得到的平板类餐具毛坯进行初始的表面处理.

### 1.2 餐具的粗磨

在粗磨阶段需要按照工艺要求选用不同的抛光轮和抛光蜡进行多次抛光:对刀叉类餐具毛坯分别通过 120#~180#黑刚玉粗砂、240#~280#的海南砂细砂和切削力较强的紫蜡<sup>[4]</sup>三次抛光即可达到除锈打砂、去除宏观不平整表面的目的.

不锈钢餐具在磨削过程中的磨削量受抛光时间、抛光辊速度、进给速度以及径向进给量<sup>[5]</sup>(切入深度)的影响. 根据加工工艺要求,通过调节抛光时间即可调整餐具毛坯的磨削量.

## 2 主传动系统设计

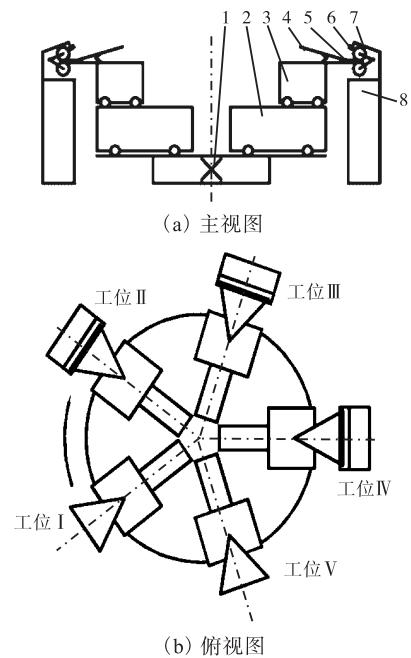
### 2.1 餐具抛光机的总体结构

根据抛光要求和工序过程可知,不锈钢餐具的粗磨阶段主要有上料、黑刚玉粗砂抛光、海南砂细砂抛光、紫蜡抛光、卸料 5 个过程,5 个过程依次进行. 设计了餐具毛坯在各工位之间自动完成转位和进给动作,即在人工上料后,工件依次自动转至黑刚玉粗砂抛光、海南砂细砂抛光、紫蜡抛光等工位,最后到达卸料工位,在重力作用下完成卸料. 各工位间采用流水线作业方式,考虑到厂房空间有限,采用环形布局. 不锈钢餐具抛光机构总体结构如图 1 所示.

不锈钢餐具抛光机由可实现分度和进给的传送机构以及布置在外围的 3 个抛光打蜡机构组成. 餐具抛光机的传动系统主要包括分度底盘和横纵向(沿底盘径向为纵向,垂直于底盘为横向)进给机构,分度底盘在电机的带动下实现间歇转动,带动横纵向进给小车在 5 个工位间传送,进给小车在餐具抛光过程中实现横向和纵向进给,夹头是用于夹持扁平的不锈钢餐具毛坯. 抛光打蜡机构实现对餐具毛坯的平面抛光以及抛光过程中抛光蜡的涂抹.

餐具抛光动作流程如图 2 所示. 抛光过程分为 5 个工位:工位 I 为上料工位,夹头汽缸动作,使夹头打开便于上料,摆动小车不动作,上料完成后,夹持着工件的夹头在横纵向进给机构的带动下随分度底盘一起顺时针做间歇回转运动,转动到下一工位;工位 II (粗砂抛光)、工位 III (细砂抛光)、工位 IV (紫蜡

抛光)为磨削工位,在该工位夹头汽缸夹紧,摆动小车通过前后左右的往复摆动配合抛光机的抛光作业;工位 V 为下料工位,夹头汽缸动作,夹头张开,工件由于重力作用自动完成卸料.



1. 分度底盘; 2. 纵向进给机构; 3. 横向进给机构; 4. 夹头; 5. 餐具毛坯; 6. 抛光蜡; 7. 抛光辊; 8. 抛光打蜡机构

图 1 餐具抛光机总体结构简图

Fig. 1 Overall structure of polishing machine

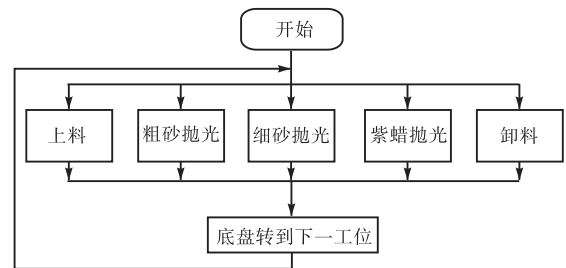


图 2 餐具抛光动作流程图

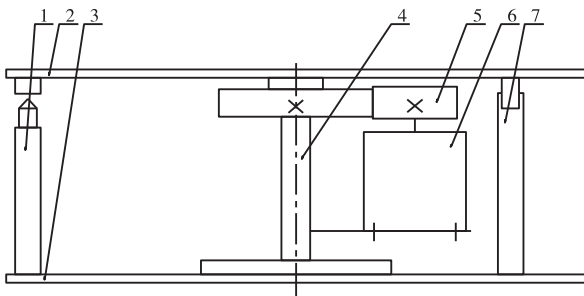
Fig. 2 Flow chart of polishing machine action

餐具抛光机的运行过程由 PLC 控制,5 个均布在底盘上的横纵向进给机构在回转底盘的带动下实现间歇式分度传动,餐具在夹头的夹持下随着横纵向进给机构的转动在各工位间传送. 餐具通过横纵向进给机构上夹料夹头的夹持,伴随横纵向进给机构的运动,在固定的抛光机砂轮的作用下实现粗磨加工. 在实际加工过程中,可根据不同加工需求调节横纵向进给机构的运动行程以及抛光砂轮机与运动执行机构之间的位置. 运动执行机构在 II、III、IV 工位的抛光时间需预先设定. 加工过程中只需要一位工

人进行参数设定及待加工餐具毛坯的辅助上料工作。

## 2.2 结构设计

餐具抛光机主传动系统的结构如图3所示。为了实现餐具在5个工位间的转换,要求底盘能够实现动停比可调的分度间歇回转运动,本设计采用变频电机带动齿轮传动,通过对变频电机转速的调节控制工位间的转换速度,通过对电机的启停控制实现动停比的调节,从而实现对各工位抛光时间的调节。主传动系统主要包括分度传动机构、中心轴组件、立柱支撑机构和定位锁紧机构。



1. 定位锁紧机构; 2. 上底盘; 3. 下底盘; 4. 中心轴组件; 5. 分度传动机构; 6. 蜗轮蜗杆减速器; 7. 立柱支撑机构

图3 主传动系统结构示意图

Fig. 3 Overall design of polishing machine

### 2.2.1 分度传动机构

分度传动机构是主传动系统的核心部件,能够实现间歇分度传动的机构有很多,例如分度凸轮机构、槽轮机构、棘轮机构、不完全齿轮机构、针轮机构、齿轮连杆组合机构等<sup>[6]</sup>。虽然这些机构都能实现回转工作台的间歇式转动,但是无法实现动停比可调的分度传动,不满足餐具抛光的工艺要求。因此,采用YVP变频调速电机,经带传动带动蜗轮蜗杆减速器,再通过一对直齿圆柱齿轮传动从而带动上底盘的分度回转运动,其机构简图见图4。

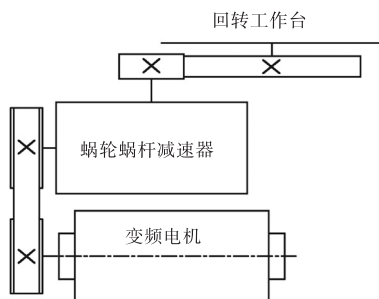


图4 分度传动机构简图

Fig. 4 Diagram of dividing transmission structure

根据工作台的承重(1 000 kg)和最大回转速度(5 r/min),结合设计经验选择电机功率为1.5 kW,电

机参数见表1。

表1 电机参数

Tab. 1 Parameters of the main motor

项目	参数
电机型号	YVP90 L-4
额定功率	1.5 kW
额定电流	4.1 A
额定转速	1 400 r/min
效率	79%
功率因素	0.79
堵转电流	6.5 A
堵转转矩/额定转矩	2.2

餐具抛光机主传动系统的减速比为225,其中变频电机与减速器之间的带传动减速比为1.5,蜗轮蜗杆减速器减速比为30,直齿圆柱齿轮的减速比为5。由此可计算得到小齿轮的输入转速为

$$n_1 = \frac{1400}{1.5 \times 30} = 31.11 \text{ r/min} \quad (1)$$

输入功率约为

$$p = p_0 \eta_1 \eta_2 = 1.5 \times 0.96 \times 0.8 = 1.15 \text{ kW} \quad (2)$$

式中:  $p_0$  为电机功率;  $\eta_1$  为带传动效率;  $\eta_2$  为蜗轮蜗杆减速器的传动效率。

小齿轮传递扭矩为

$$T_1 = 9550 \frac{p}{n} = 9550 \times \frac{1.15}{31.11} = 353.63 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (3)$$

大齿轮传递扭矩为

$$T_2 = T_1 u = 353.63 \times 5 = 1768 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (4)$$

经过分析计算,该力矩能够满足回转工作台在工作过程中的转位动作要求,电机功率的选择合理。

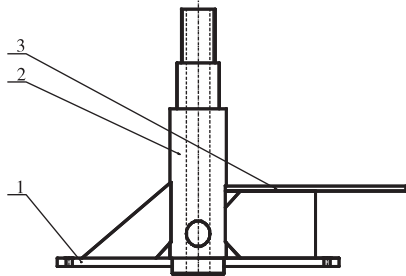
### 2.2.2 中心轴组件

餐具抛光机的底座支撑着可回转的上底盘,同时又与传动部件相连,为上底盘的回转提供动力,底座由小底盘和中心轴组件构成,如图5所示。小底盘与下底盘采用螺栓连接;传动系统固定板焊接在肋板上,为电机减速器动力系统提供安装平台;中心轴设计成阶梯轴以便于轴上零件的布置,中心轴的下部开有圆孔且设计成中空结构,以便于电气及控制线路的布置。

### 2.2.3 立柱支撑机构

餐具抛光机主传动系统的上底盘直径设计为1 500 mm,在上底盘的边缘均布了5个质量约为100 kg的进给小车部件,系统由于自重引起的变形将影响到系统运动过程的平稳性从而影响到餐具的抛光质量。因此,在底盘的边缘设计辅助支撑机构来减小变形量。该支撑机构的设计应当满足以下要求:

(1) 支撑点与上底盘下表面始终保持接触,这样才能起到承重的作用;(2) 支撑点与上底盘下表面之间有沿着底盘圆周方向的相对滑动,这是由底盘的工作特点决定的。

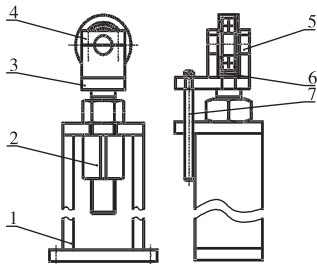


1. 小底盘; 2. 中心轴; 3. 传动系统固定板

图5 中心轴组件

Fig. 5 Component of central axis

设计的立柱支撑机构见图 6. 通过调节螺母可改变立柱组件的高度, 保证在安装及使用过程中辊子上表面始终与底盘下表面接触; 通过定位杆的限位作用保证圆柱辊子的切线方向与底盘旋转的切线方向保持一致; 圆柱辊子由深沟球轴承和轴承套组成, 其中轴承套采用 45 号钢表面淬火, 使其表面硬度达到 45~50 HRC, 提高轴承套的耐磨性且可更换, 从而提高部件中其他零件的使用寿命. 立柱支撑机构共有 5 组, 均布在底盘上。



1. 立柱; 2. 高度调节螺母; 3. 轴座; 4. 轴盖; 5. 轴; 6. 轴承套; 7. 定位杆

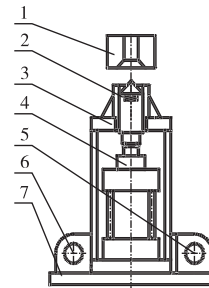
图6 立柱支撑机构

Fig. 6 Pillar support institutions

### 2.2.4 定位锁紧机构

上底盘在停止时由于惯性可能会导致定位不准确, 并且抛光机在对餐具进行磨削加工时对餐具有一定的作用力, 该作用力通过夹头和进给小车传导到底盘上从而引起底盘在磨削工位时的晃动, 进而影响到餐具的抛光质量. 因此设计了图 7 所示的由顶尖和固定在上底盘下表面的顶尖座组成的定位锁紧机构. 该机构一方面能够在竖直方向上提供顶尖和顶尖座的结合力, 另一方面还能保证顶尖在工作过程中保持

良好的导向定位; 与此同时, 当上底盘的摆动作用力超过阈值时, 为防止烧坏底盘驱动电机和保护定位锁紧机构, 该机构的安全销会断裂, 从而起到对电机和其他部件的保护作用。



1. 顶尖座; 2. 顶尖; 3. 气缸支架; 4. 气缸; 5. 安全销; 6. 圆柱销; 7. 底座

图7 锁紧机构

Fig. 7 Locking mechanism

### 2.3 上底盘厚度选择及支撑效果分析

上底盘作为进给小车的工作平面, 其运转的平稳性和支撑刚度直接关系到餐具抛光机能否满足加工工艺要求. 因此对该零件进行有限元分析, 并对其强度和变形进行计算。

上底盘在静止状态下受到来自 5 个质量约为 100 kg 的进给小车的重力作用, 会引起上底盘变形, 最大变形量位于上底盘的外边缘. 经测试, 当上底盘外边缘的变形量大于 0.05 mm 时, 将会对餐具的加工质量造成影响, 不能达到餐具抛光的工艺标准。

在有限元分析过程中对上底盘的结构和受力进行了适当简化, 将进给小车的重力简化为位于大盘上对应位置的平板上施加的等效作用力, 边缘的支撑机构简化为在对应位置竖直方向上向下的位移约束, 如图 8 所示。

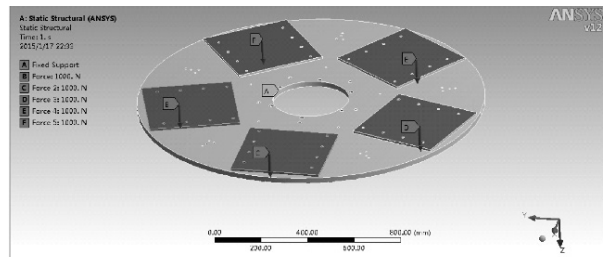
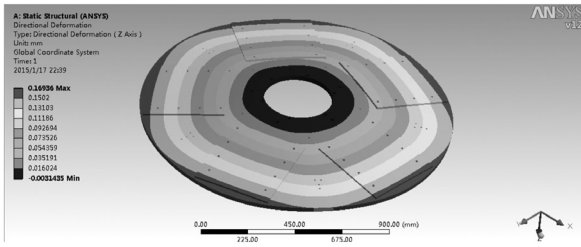


图8 上底盘的简化有限元模型

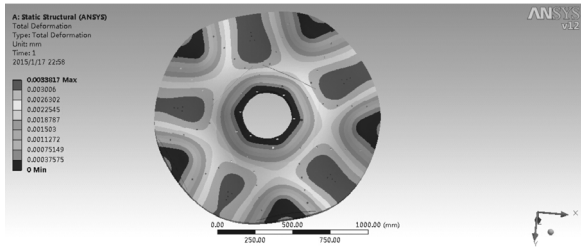
Fig. 8 Simplified finite element model of the upper plate

在相同的受力载荷条件下, 分别对外边缘有无立柱支撑机构、不同上底盘厚度时上底盘的变形量进行分析, 结果见图 9 和图 10。





(a) 无边缘支撑



(b) 有边缘支撑

图 9 有边缘支撑和无边缘支撑时 24 mm 厚上底盘的变形

Fig. 9 Deformation of the 24 mm upper plate with support and without support

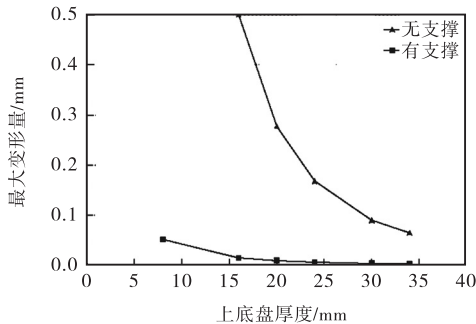


图 10 不同厚度的上底盘在相同载荷下的变形量

Fig. 10 Deformation of different upper plates under the same load

由图 9 和图 10 的对比可以看出:分布在边缘的立柱支撑机构能够有效地减小底盘的最大变形量;随着上底盘厚度的增加,其变形量也明显减小;当板厚超过 30 mm 时,无需边缘的立柱支撑也能够满足大盘的刚度要求,但是随着底盘厚度的增加,其自重也

会增加,从而增大了整个运行机构的惯性,不利于对运动的控制。

通过图 10 还可得出:在有边缘支撑的情况下,当板厚达到 16 mm 时,继续增加厚度对上底盘边缘变形量的影响较小,因此上底盘的厚度选择 16 mm。

### 3 结 语

本文在分析不锈钢餐具抛光工艺的基础上,以五工位餐具抛光机为例提出了餐具抛光机主传动系统的设计方案。通过仿真分析确定了工作台的支撑形式及上底盘厚度,在此基础上针对餐具抛光机的各部分结构进行设计。经样机运行,测得工作台边缘的跳动公差在抛光工艺所允许的范围内,加工的餐具表面满足粗磨的工艺要求。

设计的抛光机由 1 名工人辅助上料就能够完成多工位餐具抛光加工,在一定程度上实现了餐具抛光的自动化,与半自动化抛光相比可节省 2/3 的人力成本。本传动系统是针对具体企业部分餐具的工艺要求设计的,对于其他需要不同加工工序的餐具产品,改变部分结构的尺寸即可实现更多工位的餐具加工。

### 参考文献:

- [1] 包斯文. 我国不锈钢厨具市场现状及发展趋势[N]. 中国冶金报, 2012-03-03 (B04).
- [2] 徐造坤. 不锈钢薄壁材料工件自动化机械抛光技术研究及工艺优化[D]. 武汉: 华中科技大学, 2013.
- [3] 姚彤. 不锈钢的抛光[J]. 情报指挥控制系统与仿真技术, 1998(8): 62-64.
- [4] 李宝膺, 华丽, 石占先. 不锈钢抛光工艺与磨具选择[J]. 金刚石与磨料磨具工程, 2007, 160(4): 72-74.
- [5] 黄旭辉. 不锈钢的磨削加工[J]. 机械工程师, 1999(3): 43-44.
- [6] 傅旻. 玻璃器皿套色印花机的设计与研究[D]. 天津: 天津大学, 2007.

责任编辑: 常涛