

doi:10.16576/j.ISSN.1007-4414.2022.03.030

高精度汽车粉末冶金里程表转子的实验研制*

高源

(陕西省机械研究院,陕西咸阳 712000)

摘要:随着汽车产业的不断发展升级,对汽车零部件的要求也在进一步提升。提出一种采用粉末冶金工艺制备高精度汽车变速箱里程表转子的方法,通过制定开发方案,对压型、烧结、整形等工艺进行研究并设计检测专用工装。试制的零件经过检测及客户台架试验,达到用户技术要求及使用标准,成功配套汽车市场,进一步降低车速传感器的故障率,提升运行质量。

关键词:粉末冶金;里程表转子;压型;检测

中图分类号:U468

文献标志码:A

文章编号:1007-4414(2022)03-0101-03

Experimental Development of High Precision Odometer Rotor for Automotive Powder Metallurgy

GAO Yuan

(Shaanxi Mechanical Research Institute, Xianyang Shaanxi 712000, China)

Abstract: With the continuous development and upgrading of the automobile industry, the requirements of auto parts are also further improved. By developing a development plan and studying the molding, sintering and shaping processes, a method of preparing high-precision odometer rotors of automobile transmission is put forward by using powder metallurgy technology in this paper, and the special testing tools are designed. The trial-produced parts have been tested by users to meet the technical requirements and standards of users, successfully supporting the automobile market, further reducing the failure rate of the speed sensor, and improving the operation quality.

Key words: powder metallurgy; odometer rotor; pressing; detection

0 引言

为进一步促进空气质量改善和汽车产业高质量发展,国家已在大中型城市相继实施了国六排放标准。X型变速器以其优越的舒适性、安全性、经济性和可靠性成为了国六车型升级换代的首选。里程表转子是X型变速器里程表中的重要零件,汽车行驶时,里程表与变速器输出主轴一起转动。里程表转子质量的优劣影响着汽车里程表计数是否准确,进而影响用户舒适、可靠的驾乘体验。

粉末冶金工艺因具有材料利用率高、高效节材等特点而被广泛应用于汽车、工程机械、石油机械等领域。近年来,伴随着汽车产业不断升级及轻量化发展趋势,传统的粉末冶金里程表转子已发展较为成熟,但仍未达到欧美标准。X型变速器是一款对标欧美、面向国际市场的系列全新高端产品,对里程表精度、故障率都有了更高的要求。笔者尝试以粉末冶金工艺制造里程表转子为研究对象,通过原材料的选型,压型、整形工艺过程的试验,检测工装的设计等,最终确定了高精度粉末冶金里程表转子的生产工艺路线,实现了高精度粉末冶金里程表转子的批量化生产。

1 产品分析及工艺方案拟定

里程表转子成品如图1所示,为多齿轴套类零件,属典型的粉末冶金“T”型零件。齿形部分机械加工一致性差,效率低,成本高。粉末冶金作为少切削或无切削的成型工艺,其最大的优势在于耗材低,效率高,批量生产成本低,采用粉末冶金工艺制备该零件非常适宜。产品非特殊复杂结构,现有设备上二下三模架及吨位均能够满足压制需求。

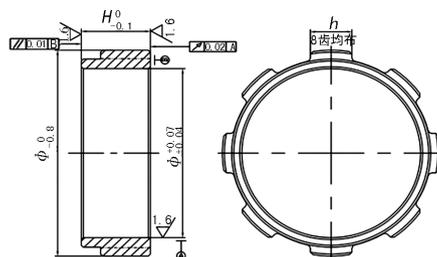


图1 产品示意图

产品尺寸精度较高,两端面平行度 0.01 mm,端面对内孔跳动 0.02 mm,内孔直径公差 0.03 mm。仅通过传统的压、烧无法保证,需要通过精整来保证大部分精度要求,而精度要求极高的内孔、端跳,则需要

* 收稿日期:2022-03-10

作者简介:高源(1988-),陕西兴平人,工程师,主要从事粉末冶金新产品及技术研发方面的科研工作。

通过加工来保证。综上考虑,初步拟定试制工艺方案为:混料-压型-烧结-精整-加工-后处理-检验-清洗-包装。

2 制备

2.1 材料选型及配料

里程表转子的理化性能要求为:密度 6.7 g/m^3

以上,硬度 $HRB60$ 以上。根据以往开发经验,选用材料配方为 $0.8\% \text{ C}$ 、 $1.0\% \text{ Cu}$ 、 Fe 余量,松装密度在 $3.0 \sim 3.3$,流速在 $30 \sim 35 \text{ s}$ 之间的粉末为佳。配料工序是粉末冶金工艺第一道工序,成分的配比、微观形态、混料均匀程度都会影响零件最终的使用性能^[1]。具体的材料配比及选型见表 1 所列。

表 1 实验材料配比表

组元	Fe (还原粉)	Fe (雾化粉)	C (石墨)	Cu (电解铜粉)	硬脂酸锌	机油
形态	-200 目	-200 目	399/398	-200 目	-325	20#
配方/%	50	50	0.8	1.0	0.75	0.03

铁粉选择各 50% 的还原粉和雾化粉,以便于调节尺寸收缩率;碳常以石墨形式添加,石墨是天然的润滑剂,它的添加既保证了碳含量,也有助于脱模。为改善粉末压制性能,提高润滑性还需添加一定量的硬脂酸锌,混料时,为使各种粉末能够尽可能地混合均匀,往往需要添加少量机油。混料采用 V 型混料机,混料 30 min,混料后检测粉末物理性能,采用 V 型漏斗、电子天平等对混后粉末进行松装密度及流速的检测。经检测:松装密度为 3.2,流速为 34 s,满足使用要求。

2.2 压型

(1) 压模设计

根据产品几何形状,齿形与 B 部分可设计为一体或分离。若采用分离设计,将齿形与 B 端面分离,8 处齿形冲头独立加工,模具成本高、齿形一致性稍差,且由于装配累计误差,8 处齿部垂直度及装粉高度一致性均不及一体设计,因此,我们选择采用一体设计,齿部由阴模成型,设计模具结构如图 2 所示。

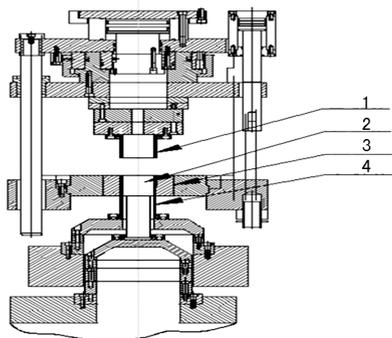


图 2 模具总装图

1.上模冲 2.中心芯棒 3.组合阴模 4.下模冲

模具尺寸设计需综合考虑压坯弹性后效、烧结收缩、整形余量。在确定整形方式和整形余量后,由整形余量倒推计算出烧结件尺寸,再由烧结件尺寸倒推计算压坯尺寸,最后由压坯尺寸推算模具尺寸^[2-3],

然而,实践中常由烧结件直接推算模具尺寸。在模具设计前,需进行必要的材料收缩试验,测得所用材料的收缩率。通过材料试验,按照测得的收缩率确定实际模具加工尺寸。

(2) 压制

由于齿部由阴模成型,装粉高度一定,该处密度无法通过调整模具装粉高度来实现,只能通过调整粉末工艺性、装填方式等来实现。在粉末已混好的情况下,我们尝试了不同装粉方式的压制。自动装粉方式主要分三种:落入式、吸入式、多余填充式。受压机功能限制,多余填充装粉方式无法实现,因此,我们采用了落入式和吸入式两种自动装粉方式,在其余参数未变的情况下分别压制,毛坯具体情况见表 2 所列。

表 2 不同装粉方式压制密度对比

毛坯类别	装粉方式	整体密度	齿部密度
		$\text{/(g/cm}^3\text{)}$	$\text{/(g/cm}^3\text{)}$
A 类	落入式	6.79	6.73
B 类	吸入式	6.80	6.76

在脱模方面,里程表转子外轮廓带齿,其外轮廓表面积远大于一般回转体零件,脱模时所受摩擦力较大,易造成模具拉伤。因此在脱模时,不能按照传统保护脱模方式进行脱模。在压制完成后,芯棒先下拉,上冲再回程,最后阴模下拉,坯料完全脱出模腔。

2.3 烧结

烧结是粉末冶金零件生产的一个关键工序,它是一种高温热处理,对产品的最终性能起着决定性作用。如果烧结过程控制不当,往往会出现氧化、欠烧、脱碳等质量问题^[4-5]。将压制的坯料置于平面度为 0.05 mm 以内的专用烧结垫板上(零件基准面向下),以保证烧结件基准面平面度 $\leq 0.08 \text{ mm}$,在氨分解和氮气保护气氛下送入 460#连续式网带烧结炉进行烧结,烧结温度见表 3。

表3 烧结工艺参数表

温区	预烧、脱脂区			烧结、相变区				
	一区	二区	三区	四区	五区	六区	七区	八区
烧结温度/℃	300	500	700	800	950	1 040	1 040	1 040

烧结工序控制要点:

(1) 硬度 \geq HRB60;

(2) 烧结收缩率与试验测得的数值基本一致, 角度 ≤ 0.15 m, 且基准面平面度 ≤ 0.08 mm, 该基准面将作为加工基准面, 直接影响加工精度, 必须在烧结工序保证。

对比两类零件烧结后尺寸, A类零件外圆(含齿部)椭圆度较B类零件大, 并且收缩超出设计烧结体尺寸, 难以通过整形校正, 不再进行后续试制。

2.4 精整

里程表转子采用全整形方式进行整形, 设计保留整形余量: 径向为 $0.04 \sim 0.08$ mm, 轴向为 $0.05 \sim 0.12$ mm。对B类零件进行整形, 保证零件尺寸精度基本达到成品要求(内孔除外)。

2.5 加工

零件内孔要求 $\varphi_{+0.07}^{+0.04}$, 两端面平行度 0.01 , 端面对内孔跳动 0.02 , 光洁度 1.6 , 通过整形均难以保证, 需加工来保证。工艺为: 以零件基准面A面及外圆定位, 精车内孔, 保证内孔尺寸及光洁度; 再对零件进行双面研磨, 保证尺寸、平行度及光洁度等要求。

2.6 后处理

研磨 10 min, 以去除零件表面毛刺, 再分别采用 KDL-161010H、KDL-28K40ST-1C 超声波清洗槽对零件进行 20 min 粗洗和 10 min 精洗, 保证清洗后零件表面洁净, 满足用户特殊要求。

3 产品检测

3.1 理化检测

采用 AR3202CN 型电子分析天平检测零件密度, HR-150A 型洛氏硬度计检测 B类零件表面硬度。经检测, 零件密度 6.87 g/cm³, 表面硬度在 $62 \sim 70$ HRB, 符合产品技术指标要求。

3.2 尺寸检测

尺寸检测以游标卡尺和千分尺为主, 端面跳动采用偏摆仪、百分表、专用工装进行检测, 设计专用工装如图3所示, 使跳动检测不受零件内孔尺寸影响。检测时, 零件装夹于涨套右端圆环处, 压锥压紧, 支撑涨套膨胀, 撑紧待测工件以防止其检测旋转过程脱落, 压锥压紧后与芯轴锁死, 再将整套工装夹装于偏摆仪上, 采用百分表进行跳动检测。B类零件经检测, 尺寸及形位公差等符合图纸要求。

成品零件经用户检测及装机台架测试后, 达到台

架试验技术指标, 符合使用要求, 且装机路试未出现异常, 效果良好, 目前已批量使用。

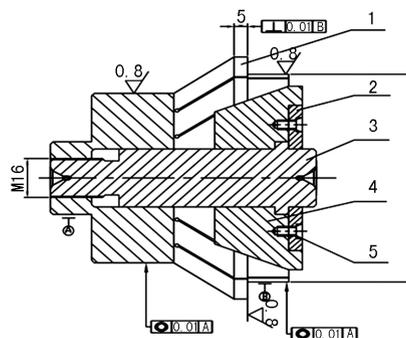


图3 跳动检测工装

1.涨套 2.压板 3.芯轴 4.压锥 5.螺栓

4 结语

通过对产品进行综合分析, 拟定试制工艺路线。重点设计工艺过程参数, 主要包括配料、压型、烧结等工艺, 明确工艺关键点, 进行样品试制, 同时, 为及时了解样件质量状态, 设计专用检测工装, 全面把控样件质量关键点。检测结果表明, 按照以上工艺路线实施制备的B类零件符合图纸要求, 已通过用户验证, 上述工艺路线是可行的。在粉末冶金工艺实施过程中, 混料后粉末的工艺性能是保证压坯质量的前提。压制所采用的粉末装填方式对压坯密度均匀分布有一定影响, 采用吸入法装粉时压坯密度均匀性优于落入法。在一定条件下, 压坯密度越均匀, 烧结后尺寸收缩率一致性越好。

检验措施的完善, 有助于新品开发过程及后期批量生产过程中的质量控制, 是产品合格出厂的基本保障。粉末冶金里程表转子的成功试制, 进一步降低车速传感器的故障率, 提升质量, 配套X型变速器, 助力X型变速器以优越的舒适性、安全性、经济性和可靠性赢得更广阔的市场空间。

参考文献:

- [1] 廖寄乔. 粉体材料科学与工程实验技术原理与应用[M]. 长沙: 中南大学出版社, 2001.
- [2] 王鑫鑫. 粉末冶金学[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2005.
- [3] 韩凤麟. 粉末冶金基础教程——基本原理与应用[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2005.
- [4] 张华诚. 粉末冶金实用工艺学[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2004.
- [5] 韩凤麟. 粉末冶金汽车关键零件开发与应用[M]. 北京: 北京工业出版社, 2015.