

粉末冶金曲轴主轴承盖的研制

曹燕¹, 宋正和¹, 王明²

(1. 江苏泰州职业技术学院 机电学院, 江苏 泰州 225300; 2. 泰州市公安局, 江苏 泰州 225300)

摘要: 分析了汽车发动机曲轴主轴承盖 473QB 的结构和性能特点, 采用粉末冶金材料取代铸铁或球墨铸铁, 降低了生产成本。制定了合理的开发方案, 确定了材料配方、生产工艺流程, 并设计了模具。通过试制进行产品金相分析, 改进了粉末冶金工艺和模具结构, 成功研制出了符合要求的可承受复杂载荷的粉末冶金曲轴主轴承盖。

关键词: 粉末冶金; 主轴承盖; 材料; 工艺; 模具

中图分类号: TF12 **文献标识码:** A

文章编号: 1674-6457(2012)04-0049-04

Development of Main Bearing Cover for Crankshaft by Powder Metallurgy Process

CAO Yan¹, SONG Zheng-he¹, WANG Ming²

(1. Department of Mechanical and Electronic Engineering, Taizhou Polytechnical College, Taizhou 225300, China;

2. Taizhou Public Security Bureau, Taizhou 225300, China)

Abstract: The structure and performance characteristics of the main bearing cover 473QB for automotive engine crankshaft are analyzed. Powder metallurgy is used instead of cast iron or spheroidal graphite cast iron. The production cost is reduced. Rational scheme is made which determines the material composition and process flow, and the mould is designed. By testing and metallographic analysis the powder metallurgy process and mould structure are improved. The powder metallurgy main bearing cover for crankshaft which can bear complex load and meet requirement is developed successfully.

Key words: powder metallurgy; main bearing cover; material; process; mould

随着新材料、新技术、新工艺的应用, 粉末冶金技术不断地向高水平新领域开拓。特别是铁基制品方面, 随着生产设备和生产工艺的提高, 制品进一步向高密度、高强度和形状复杂的结构件方向发展, 从而使得粉末冶金技术在汽车零部件制造中得到迅速的发展和应用^[1-3]。图1所示为某汽车公司采用引进技术生产的汽车发动机 473QB 曲轴主轴承盖, 它起到固定曲轴、承受冲击载荷的作用, 精度和性能要

求均较高, 是一个重要的异形粉末冶金结构件。它的精度和性能直接影响着主机的性能和寿命。在分析零件精度和结构性能的基础上, 结合中国原料资源和工艺装备情况, 制定了合理的开发方案。经多次试验, 最终使粉末冶金主轴承盖实现了国产化, 材料利用率高达 98%, 具有显著的经济效益和社会效益。

收稿日期: 2012-03-01

基金项目: 江苏省精密制造工程研发中心开放基金资助项目(ZK09-30-01); 泰州职业技术学院 2011 年重点科研课题(TZY11-01)

作者简介: 曹燕(1976—), 女, 江苏泰州人, 副教授, 工学硕士, 主要研究方向为机械制造。

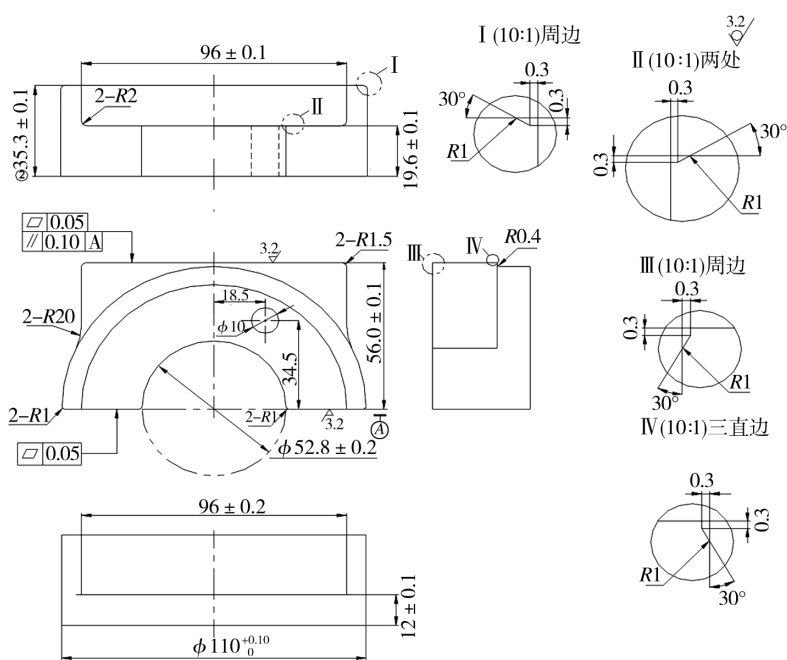


图1 473QB曲轴主轴承盖

Fig. 1 473QB crankshaft main bearing cover

1 产品分析和材料工艺

发动机运转时,曲轴将活塞的往复运动转换成旋转运动,从而驱动车轮转动。主轴承盖既要使曲轴安全地保持在原位,又要能自由旋转,同时还要承受发动机的燃烧应力和交变负载。传统上这个零件是由铸铁或球墨铸铁经切削加工生产,现由于粉末冶金切削加工量小、节材、省能,大大降低了生产成本^[4-5],故采用粉末冶金取代铸铁或球墨铸铁。

如图1所示,该产品从外形结构上看,与普通的轴承盖不同,其外形结构较复杂,尺寸最小的地方只有0.3 mm,两边均有 $R=0.1$ mm的圆弧尖角;几何尺寸及形位精度高,部分尺寸的精度为 ± 0.1 mm。故模具制造难度较大。经分析和研究,初步确定采用一上二下的组合模具结构,避免薄弱处在压制中被损坏。

根据使用要求,主轴承盖应具有较好的综合力学性能及较高的精度。该产品的物理力学性能要求如下所述。

- 1) 密度 ≥ 6.5 g/cm³。
- 2) 硬度:45~90HRB。

3) 磁力探伤,不得有裂纹,探伤后退磁。

4) 零件表面不允许有磕碰现象,不得有毛刺、气孔、疏松等缺陷。

参考日本材料标准 JMPA1—1970 及 GB/T 14667.1—1993 选择了 Fe-C-Cu-系粉末冶金材料。为了保证产品质量,选择了压缩性、成形性好的水雾化 300W 铁粉,其性能和化学成分见表1、表2^[6-7]。

添加合金元素碳可显著增加制品的力学强度;添加铜对制品的物理力学性能起到进一步强化作用,而且可以有效抑制制品的烧结收缩;添加硫化锰可提高制品的加工性能。辅助原材料的性能见表3,材料配比见表4。

表1 主要原材料铁粉的物理性能

Table 1 The physical properties of the iron powder

性能	粒度 /目	松装密度 /(g·cm ⁻³)	流动性/ (s·(50g) ⁻¹)	压缩性(600 MPa) /(g·cm ⁻³)
指标	+180	2.85~3.05	<30	≥ 7.05

表2 主要原材料铁粉的化学成分

Table 2 The chemical composition of the iron powder

成分	Fe	C	Mn	Si	P	S	H ₂ 损耗
指标(质量 分数)/%	余量	<0.02	<0.30	<0.05	<0.02	<0.02	<0.25

表3 辅助材料的性能

Table 3 The performance of the supporting materials

成分	电解铜粉	石墨	硬脂酸锌
纯度/%	≥ 99.7	≥ 99	锌:10.3~11.3 游离酸: ≤ 1.0
颗粒度/目	-200	-325	-325

表4 轴承盖材料配方

Table 4 The formulation of bearing cover materials

成分	Fe	Cu	MnS	C	硬脂酸锌
质量分数/%	余量	1~5	0.5	0.2~1	0.4~1

根据材料的不同配比,选取了3个实验配方在相

同的工艺条件下按照 GB 2865—86 和 GB 2866—86 压制各种试棒,烧结,然后进行强度试验、硬度测试及金相分析。同时压制产品样件,同等条件下烧结,检测尺寸变化规律、形位精度及硬度等。从中选出性能较好、尺寸变化小的材料,重新制备试样及样件进行检测。经装机试验后确定产品材质及生产工艺。

2 生产工艺流程

主轴承盖的生产工艺流程为:混粉→压制→烧结→去毛刺→倒角→光饰→清洗→防锈处理→检验→包装^[8-10]。

1) 混粉:将主料和辅料按配方称好,按一定顺序加入 1 000 kg 双锥形混料机中,混合 1.5 h 制成混合粉。

2) 压制:在 4 000 kN 机械式全自动粉末制品压机上压制,压制速率为 10 件/min。容积法装粉,阴模、芯棒及下内冲浮动压制,采用下拉式脱模方式。压坯密度为 $6.7 \sim 6.8 \text{ g/cm}^3$ 。

3) 烧结:用推杆式或网带式烧结炉烧结。预烧段、高温段、保温段炉温分别为 800, 1 140, 850 °C,高温段停留时间为 1 h,每 6.5 min 推舟一次,冷却速率约为 260 °C/h。保护气氛为分解氨,露点为 -40 °C。

4) 防锈处理:用特制防锈液处理并烘干。

3 模具设计及制造

压制模具结构初步设计如图 2 所示,根据产品精度及性能要求和压机特点,模具设计应动作可靠,使用方便,寿命长。由此,初步设计此模具为一上二下式组合结构,主要由上冲、阴模、下冲(2 件)、芯棒(2 件)及一些垫座和压盖组成。模具材料除垫座外均采用 Cr12MoV,在 4 000 kN 机械压机上压制制品^[8]。另外,考虑到此零件尺寸较大,模具尺寸也相应较大,尺寸和形位公差要求严格,所以采用精密的线切割机床、电火花加工机床、车床、磨床等设备加工模具,并制定详细的加工工艺确保模具质量。设计时还要对主要零件的强度进行校核。

4 产品的试制

4.1 试样金相分析

由试样金相分析可知,主轴承盖金相组织为:珠

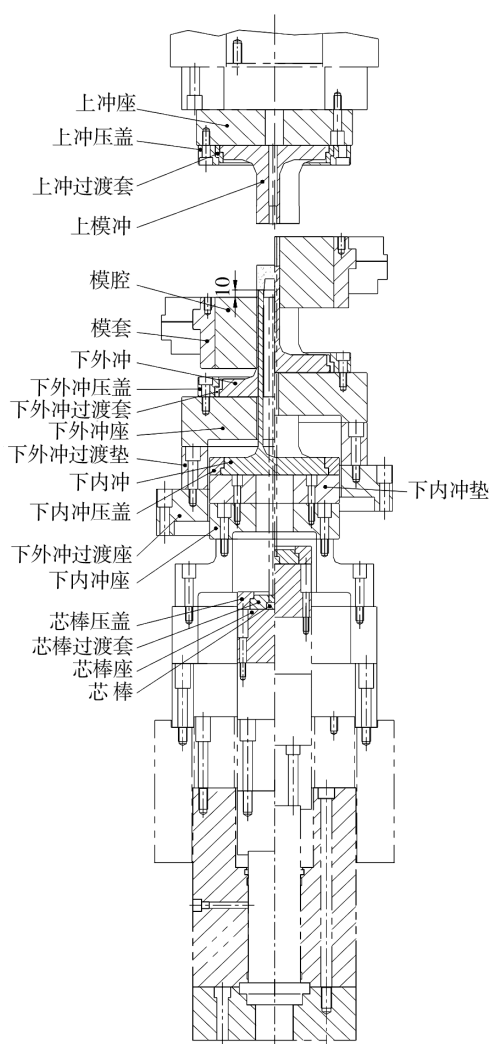


图2 压制模具结构(一上二下)

Fig. 2 Pressing mould structure

光体+铁素体+游离铜+石墨。添加铜形成液相烧结,起到固溶强化作用;铜可强化铁素体。由此可见,铁基烧结材料以碳为主,在提高强度硬度的基础上添加铜,可进一步提高其物理力学性能。在开发过程中进行了小批量试验,经过台架试验和装车试验,各项性能指标均达到了设计要求,得到了用户认可。之后进行了批量生产,产品质量稳定可靠。

4.2 试样反映模具设计问题及改进措施

1) 零件在压制中直边处出现裂纹,经分析为零件脱模时模腔的锐利直边造成的,因此将模腔直边修($2^\circ \sim 3^\circ$) $\times 15 \text{ mm}$ 锥面,重新压制时裂纹消除。

2) 由于零件有 3 处凸台,截面厚度不一样,采用一上二下组合方式压制,压制中模具调整不方便,

且3个台阶的密度不一样,台阶厚的部分密度较低,在零件由厚到薄的过渡面存在一个密度的分界区,使得零件的强度明显存在一个强度分界区。零件在工作时,密度分界区会因疲劳首先产生裂纹,导致零件损毁。由此决定改用一上三下的模具结构进行压制,从而保证零件密度均匀一致,满足了产品的质量要求,改进后压制模具结构如图3所示^[9-10]。

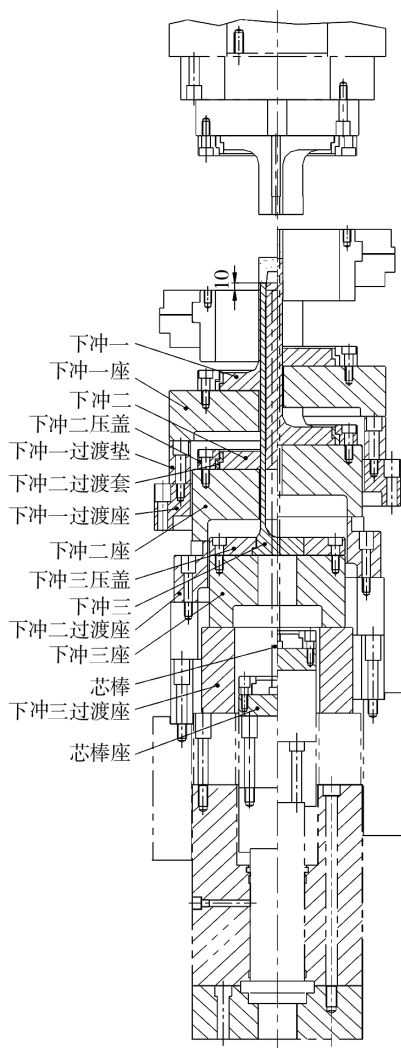


图3 改进后的压制模具结构(一上三下)

Fig. 3 Improved suppress mould structure (take a 3)

改进后一上三下压制模具的工作过程如下:首先阴模充填向上运动,芯棒座在工装上随阴模一起向上运动,下板一(下冲一所在的模板)、下板二(下冲二所在的模板)同时向上运动,运动到各自设定的位置,送料盒送料,送料完成,这时上滑块向下运动,进入模腔。进入模腔一定距离后,模腔开始浮动,下冲一、下冲二受到上滑块向下的压力也开始向下运

动。当上滑块运行到 155° 时,下板一的滑块就被压到成形块上。此时粉料基本不再发生横移,只有向下移动准备成形。上滑块运动到 165° 时,气压复位,向下气压开启,上滑块继续运动到 180° 成形。随后,机床的脱模动作开始,阴模脱开零件后继续向下脱模,这时阴模板下面的脱模顶杆顶到下板一的斜楔,斜楔打开下板一滑块,下板一开始脱模。同时阴模板上的下板二脱模顶杆也重复下板一的脱模动作,将下冲二拉下,使其成形部分脱离冲头。阴模脱模到 270° 时,上滑块回程,芯棒脱模,脱模完成。

5 结语

试制开发的473QB主轴承盖产品经南京东睦粉末冶金有限公司及主机配套厂的检验,几何尺寸、形位精度及外观,各项物理、力学性能指标均达到了设计要求,得到了用户认可。由此可见,主轴承盖的模具设计合理,生产工艺可靠,产品质量稳定,生产效率高、成本低,为今后开发类似的产品提供了较好的参考。

参考文献:

- [1] 韩风麟. 粉末冶金零件在汽车发动机中的应用[J]. 现代零部件, 2003(1): 73-76.
- [2] 徐宾如. 粉末冶金结构零件的材料与质量[J]. 粉末冶金工业, 1995, 28(4): 143-145.
- [3] 毛志强. 粉末冶金零件在汽车上的应用[J]. 粉末冶金工业, 2003, 13(1): 8-11.
- [4] ILIA Edmond, O'NEILL Mike, LEE Jordan, 等. 一种直列式6缸发动机主轴承盖的开发[J]. 粉末冶金技术, 2007, 25(4): 305-311.
- [5] CADLE T M, JARRETT M A, MILLER W L. 汽车发动机用粉末冶金主轴承盖[J]. 粉末冶金技术, 2009, 27(5): 388-393.
- [6] 黄培云. 粉末冶金原理[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1982.
- [7] 韩风麟. 粉末冶金机械零件[M]. 北京: 机械工业出版社, 1990.
- [8] 杨宏亮. 粉末冶金模具设计原理及应用[J]. 模具制造, 2003, 28(11): 41-43.
- [9] 《粉末冶金模具设计手册》编写组. 粉末冶金模具设计手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1978.
- [10] 陈晨. 粉末冶金模具设计中的影响因素[J]. 模具制造, 2006, 31(12): 74-76.