

26 型单功能轴冷温挤压工艺与模具设计

曹治国

(南充职业技术学院, 四川 南充 637000)

摘要:26 型单功能轴为偏心凸轮轴, 精度高, 加工难度大。阐述了采用冷温挤压代替切削加工的优点, 对偏心轴零件进行了分析, 制定了合理的工艺路线并据此设计出了成形模具。经实际生产证明, 所做的工艺理论分析正确可行, 模具设计合理, 使材料利用率和生产效率提高。

关键词:偏心凸轮轴; 冷温挤压; 工艺路线; 模具设计

中图分类号:TG375.41

文献标识码:B

引言

26 型单功能轴是电锤主轴, 该零件选用的材料为 40Cr 钢, 此钢的抗拉强度与屈服强度比相应的碳素钢高 20%, 是重要的传动零件, 工作时承受巨大的冲击载荷, 零件结构复杂, 常规的切削加工, 精度低, 强度不高, 材料消耗大。采用冷温联合挤压的方法生产偏心凸轮轴, 先采用冷挤压成形形成简单的杆部, 再采用温挤压成形形成复杂的头部、盘部。这样, 可以提高精度和效率, 降低成本, 材料利用率高达 80%~90%。此外冷温挤压是靠模具来控制金属流动, 靠金属体积的大量转移来形成零件毛坯的。挤压后金属材料的晶粒组织会更加细小而密实; 同时, 金属材料经冷加工而产生加工硬化, 从而使挤压件的综合机械性能大为提高。

1 零件分析

26 型单功能轴是电锤主轴如图 1 所示, 该零件选用的材料为 40Cr, 此钢的抗拉强度与屈服强度比相应的碳素钢高 20%, 从零件结构上看, 该轴由头部、盘部、杆部三部分组成, 为非对称结构零件。头部和杆部形状细长, 其长度明显大于其他尺寸。由于零件各个截面积差较大, 故可考虑采用挤压工艺, 在零件内部形成合理的纤维流线分布, 使零件的强度远高于原材料的强度^[1]。同时还可以提高工件精度, 降低材料消耗, 减少或部分取消机械加工。

2 工艺方案分析

由于该零件的凸轮部分变形程度过大, 且制造精度要求很高, 要求一次成形而不需进行后续加工, 导致挤压力增大, 毛坯无法完全充填型腔, 零件很有可能报废。同时在工作中零件会与模具型腔内壁剧烈摩擦, 产生的力有可能使模具报废。在挤压件最终成形前加入一道预成形工序, 即先使偏心轴下部的台阶成形, 由于该道工序中零件变形程度不大, 故采用冷挤压成形, 简化模具制造和实际生产时的步骤。此后, 采用温挤压工艺成形零件变形程度较大的凸轮部分和其上的直径 8mm 小台阶。其具体工艺流程为:

车床下料—镟粗—软化热处理—表面处理—润滑—冷挤压预成形(图 2)—表面处理—润滑—加热—温挤压最终成形(图 3)—车加工(图 1)

3 冷挤压毛坯的准备

3.1 下料

由于毛坯用料为 $\Phi 24$ 实心的棒料, 切断前先计算坯料长度。坯料长度按体积不变条件计算, 并应加上修边量。坯料规格为 $\Phi 24 \times 38$, 使用剪切模下料。

3.2 镟粗

在使用剪切模制备坯料时, 剪断的坯料端面比较粗糙, 端面与中心轴线不能保持垂直, 有一定的斜度。因此坯料在剪切后, 用镟平模将坯料端面压平后再进行挤

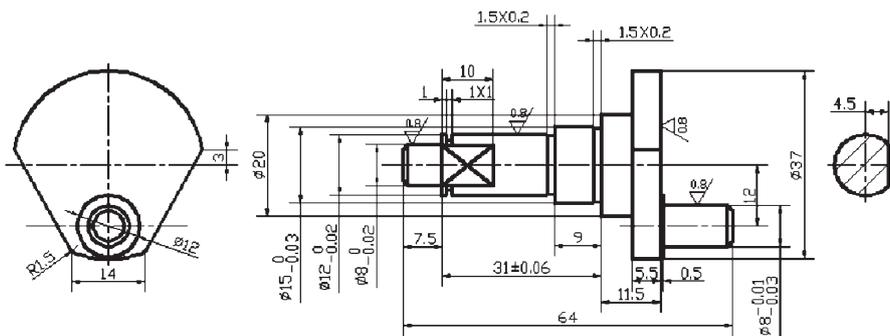


图1 零件图

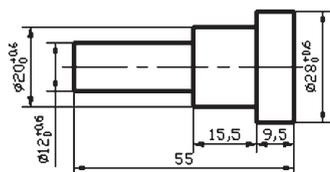


图2 冷挤压件图

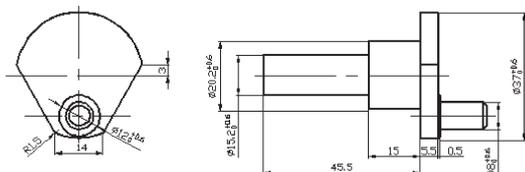


图3 温挤压件图

压。墩平模墩粗后,坯料规格为 $\Phi 27.5 \times 28.3$ 。

3.3 软化热处理

为了改善冷挤压坯料的挤压性能和提高模具的使用寿命,必须进行软化处理,以降低硬度和变形抗力,得到良好的显微组织,消除内应力。从挤压性能上看,球化退火组织为最佳。球化退火组织不仅硬度、强度低,而且塑性较高。对于40Cr来说,其球化退火工艺^[2]为加热至860℃,保温14小时,再随炉冷却至300℃后空冷,处理后硬度为HBS150~163,热处理工艺如图4所示。

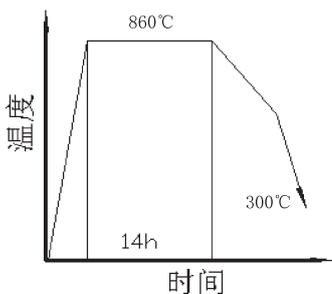


图4 软化热处理工艺图

3.4 表面处理

冷挤压时,金属材料产生剧烈的塑性变形,单位挤压力很大,如果没有良好的润滑,钢坯料的微粒就会与

模型腔焊合(即新金属亲和)而导致工作面严重刮伤,使得挤压力急剧增加,模具使用寿命大大下降,甚至破碎。此外,润滑还能改善挤压时的不均匀流动,避免因为金属材料与模壁之间产生剧烈的摩擦而形成较大的附加拉应力。坯料冷挤压前的表面处理为磷化处理,形成磷酸盐 $Me(HPO_4)$ 和 $Me_3(PO_4)$ (Me代表Fe、Zn或Mn)。磷化反应直接发生在钢毛坯的表面上。磷化反应坚固地附着在钢毛坯的表面上,减少变形金属与模具之间的摩擦。

磷化处理配方:氧化锌(ZnO)9 g/L,磷酸(H_3PO_4)23 mg/L,水(H_2O)1 L。

3.5 润滑处理

合金钢的坯料在磷化表面处理后再需进行润滑处理,皂化是一种常用的方法。

皂化配方:硬脂酸钠($C_{17}H_{35}COONa$)5~9 g/L;水1L;处理温度60℃~70℃,处理时间10 min。经过皂化可以得到有效的硬脂酸锌润滑,硬脂酸锌层牢固地连接在磷化层表面上。

4 冷挤压力的计算

4.1 断面变形程度的计算

正挤压实心件变形程度的计算公式^[3]

$$\varepsilon_F = \frac{F_0^2 - F_1^2}{F_0^2} \times 100\% \quad (1)$$

式中: F_0 —挤压前毛坯的横截面积(mm^2) F_1 —挤压后工件的横截面积(mm^2)。

断面 $\Phi 28 \rightarrow \Phi 20$, $\varepsilon_F = 49\%$, 断面 $\Phi 20 \rightarrow \Phi 12$, $\varepsilon_F = 64\%$ 。

40Cr 钢许用变形程度 $\varepsilon_F = [(85 \sim 90) - 0.2(HBS - 70)]\% = 66 \sim 71\%$, 断面变形程度64%是可行的,因此可冷挤压预成形。

4.2 冷挤压力计算

采用实验公式法,这种方法将每一种因素对挤压力

的影响,皆分别以某一定的系数代表之。挤压力计算公式^[3]

$$P = Fxn\sigma_b \quad (2)$$

式中: P —总挤压力(kN) F —毛坯横截面积(mm^2) x —模具形状系数(正挤压阶梯形取 1.0) n —挤压系数(由断面变形程度确定, $\varepsilon_F = 64\%$ 为 3) σ_b —材料的强度。

$$P = Fxn\sigma_b = 615 \times 1 \times 3 \times 1000N = 1845kN$$

考虑安全系数选用设备:四柱万能液压机 Y32—300(公称压力 3 000 kN,滑块行程 800 mm,顶出力 300 kN,活动横梁至工作台最大距离 1 240 mm)。

5 冷挤压模具设计

冷挤压模具的结构设计^[4]如图 5 所示。工作部分由组合凹模、凸模和顶杆组成,采用凹模模口导向,保证了导向精度,闭合高度为 550 mm。

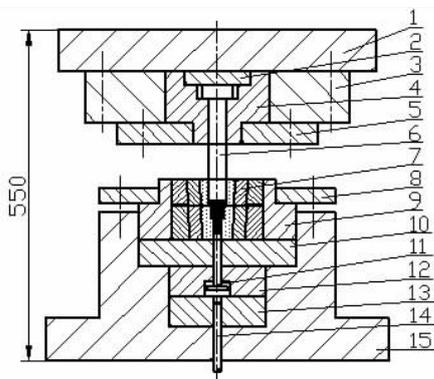


图 5 冷挤压模具图

- 1—上模板 2—凸模垫块 3—凸模固定圈 4—凸模套 5—固定圈
6—凸模 7—组合凹模 8—固定圈 9—凹模固定圈 10—凹模垫块
11—顶料杆 12—支撑圈 13—垫块 14—顶杆 15—下模座

6 温挤压件的准备

6.1 温挤压前润滑

由于 750 °C 时, 45Cr 钢的抗拉强度 $\sigma_b = 200 \text{ MPa}$, 变形抗力大大降低, 因此温挤压前或工序之间不需要进行软化退火处理, 只需进行表面处理及润滑。

当挤压温度在 250 °C 以上时, 采用冷挤压时的润滑方法, 会使磷化层和皂化层烧毁, 使润滑条件恶化, 因此, 在温挤压时, 对润滑剂有更高的要求。

在 600 °C ~ 800 °C 范围内, 采用水剂石墨(成分: 石墨、二硫化钼、滑石粉、纤维素和水)为润滑剂。挤压前将坯料作喷砂或抛丸等处理, 清理锈迹、污垢等。然后加热至 200 °C 左右, 出炉浸入水剂石墨润滑剂中, 快速捣匀, 吊起沥干残液, 浸涂润滑剂后的坯料表面必须留有 0.03 ~ 0.1 mm 厚的薄膜, 呈黑炭色, 在干燥处摊开晾干

后的坯料即可进行加热、挤压。

6.2 加热

成形温度是温挤压工艺能否顺利进行的关键因素。40Cr 的温塑性变形温度通常在 600 °C ~ 800 °C 之间, 高于 800 °C 时工件的氧化变得剧烈, 低于 600 °C 时工件的变形抗力迅速增大。由于工件的变形程度较大, 故将温挤压温度定在 750 °C, 在这温度下 40Cr 的变形抗力为常温下的 15%, 氧化极微。考虑到加热温度的波动, 最终将始锻温度定为 750 °C ± 20 °C。

7 温挤压成形变形程度

温挤压属复合挤压^[5], 变形程度计算公式同冷挤压变形程度的计算公式。

断面 $\Phi 28 \rightarrow \Phi 12$, $\varepsilon_F = 82\%$, 断面 $\Phi 12 \rightarrow \Phi 8$, $\varepsilon_F = 56\%$ 。

由于 40Cr 在 700 °C 的极限断面收缩率不得大于 84%。断面变形程度 82% 是可行的, 因此可复合温挤压成形。

因此, 成形件可以一次挤压成形。

8 温挤压力的计算

温挤压力的计算采用图算法^[3]。

根据断面收缩率 $\varepsilon_A = 82\%$, 挤压温度 750 °C, 查图得 40Cr 的凸模单位挤压力 P 约为 1600 MPa。

实际挤压力^[3]: $F = PA$

式中: P —单位挤压; A —凸模面积。

温挤压力 $F = PA = 1600 \times 898 = 1436 \text{ kN}$, 可选用四柱万能液压机 Y32 - 200。

9 温挤压模具设计

温挤压模具的结构设计^[6]如图 5 所示。模具闭合高度为 600 mm。

由于偏心轴为非对称零件, 上、下模相对位置必须固定可靠, 因此用导柱模具结构形式。在中高温温度下(500 °C ~ 800 °C)的温挤压成形, 模具冷却系统的设计显得尤其重要。水冷却可以保证温挤压的连续成形并有利于延长模具寿命。

10 车加工

塑性成形后, 由于挤压机械加工精度^[7]及零件尺寸公差无法达到图纸要求, 部分尺寸需要进行切削加工至零件尺寸如图 6。

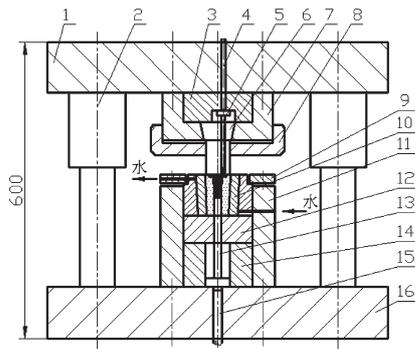


图6 温挤压模具图

1-上模板 2-导柱 3-凸模垫块 4-打杆 5-打料杆
6-凸模 7-凸模固定圈 8-上螺母 9-凹模固定圈
10-组合凹模 11-下固定圈 12-凹模垫块 13-顶料杆
14-下垫块 15-顶杆 16-下模板

11 结束语

冷挤压成形技术是先进的零件制造工艺方法之一,得到同行和研究者的青睐。26型单功能轴的冷温联合挤压成型技术的研究拓展了冷挤压技术的应用范围。本次设计的零件采用了预成形和成形两道工序完成,其中最主要的成形工序采用温挤压工艺,模具设计充分考虑了冷挤压和温挤压工艺的特点,成功挤出盘部、头部,

提高了生产效率,节约了原材料,取得了较好的经济效益。

参考文献:

- [1] 韩豫,刘金坤.非贯通内齿轮冷挤压成形工艺研究[J].锻压技术,2009,34(6):27-31.
- [2] 贾俐俐.挤压工艺及模具[M].北京:机械工业出版社,2004.
- [3] 洪慎章.实用冷挤压模具设计与制造[M].北京:机械工业出版社,2010.
- [4] 洪慎章.实用冷挤压模具结构图册[M].北京:化学工业出版社,2009.
- [5] 张梦,曾建忠,马月青.复杂形状零件冷挤压成形数值分析和工艺优化[J].上海工程技术大学学报,2010(1):74-77.
- [6] 王义林.模具 Cad 基础[M].北京:机械工业出版社,2011.
- [7] 许光彬,慕灿,杨辉.UG 高速铣削技术在塑料模具制造中的应用[J].四川理工学院学报:自然科学版,2011,24(5):519-521.

Cold-warm Extrusion Process and Mold Design for 26 Model Single-function Axis

CAO Zhi-guo

(Nanchong Vocational and Technical College, Nanchong 637000, China)

Abstract: 26 model single function axis is an eccentric camshaft, which demands a higher precision and leads to more difficult process. The advantages of the cold temperature extrusion instead of cutting process is described through analyzing the eccentric shaft, the reasonable process line, the corresponding forming mold is designed. Practice proved that the process theoretical analysis is correct and feasible, mold design is rational, and the material utilization and production efficiency are greatly improved.

Key words: eccentric camshaft; cold temperature extrusion; process route; mold design