

# 铁基粉末冶金同步器锥环销孔铰刀的改进设计

杨聪斌, 邵 瑞, 王留永, 张江学, 李 虎

(陕西省机械研究院, 陕西咸阳 712000)

**摘要:** 具有高形位精度公差要求的多孔加工是粉末冶金 (PM) 零件中最具代表性加工。本文以铁基粉末冶金同步器锥环销孔铰削加工为研究对象, 在问题成因分析与 PM 零件特殊加工性能研究的基础上, 改进设计了销孔加工铰刀。为 PM 零件铰削加工刀具的选用与设计提供了有益的参考。

**关键词:** 粉末冶金 (PM); 铰削加工; 铰刀

**中图分类号:** TG713.4      **文献标识码:** B      **文章编号:** 1009-9492 (2009) 10-0103-03

## 1 引言

提及粉末冶金 (PM) 烧结零件, 人们关注最多的是零件的成分结构与性能指标, 对 PM 零件加工方面的研究较少。这是因为 PM 工业的初衷之一是消除所有机加工。其实 PM 零件大多是“接近最终形状”, 需要经过最终的精加工, 获得要求的精度及表面粗糙度。

PM 零件复杂曲面的形状与精度主要依靠模具保证, 机加工部位大多集中在高精度的外圆、孔及平面。由于受密度、烧结参数等的影响, 烧结零件的形位尺寸变化不一, 使得有高精度形位公差要求的多孔加工成为烧结零件加工中的难点。

铰削容易实现高精度、低粗糙度加工要求, 被广泛应用于孔的精加工与半精加工。笔者单位在铁基粉末冶金同步器锥环销孔加工中就采用了铰削工艺。由于 PM 零件加工方面可供参考的数据与资料较少, 使得对 PM 零件加工性能认识不足, 在铰孔中出现了许多问题。在成因分析与 PM 零件特殊加工性能研究的基础上, 对销孔铰刀进行了多次试验改进, 解决了问题。

## 2 铰孔中出现的问题

铰刀各部分参数及几何角度参照有关硬质合金铰刀标准制造, 刀片材料为 YG8<sup>[1-3]</sup>。使用中出现问题较多, 调整加工条件、参数等对问题改观效果不大, 产品报废率达到 15%~20%。主要问题如下:

- (1) 刀具报废较快;
- (2) 孔内拉伤、划痕现象严重;
- (3) 孔表面不规则走刀纹;
- (4) 表面粗糙度达不到图纸要求。

## 3 问题分析与改进设计

### 3.1 加工条件及参数

- (1) 材料成分标准: FC0205R/S (美国标准);
- (2) 产品主要生产工艺流程: 压制—烧结—发蓝—机加工—粘接摩擦材料—包装;
- (3) 金相组织: 70%~80%珠光体+铁素体+1%~2%渗碳体+空隙;
- (4) 密度: 6.8~6.9g/cm<sup>3</sup>, 硬度: HRB70~80;
- (5) 铰孔工艺: 扩孔 (底孔预成型) ——铰孔;
- (6) 加工设备: 台湾丽伟 V-20i 立式加工中心;
- (7) 加工参数: 铰削余量  $2\alpha_p=0.10\sim0.15\text{mm}$ , 线速度  $v=12\text{m/min}$ , 进刀量  $f=0.25\text{mm/r}$ ;
- (8) 切削液: 水基防锈切削液;
- (9) 产品工序简图如图 1 所示。

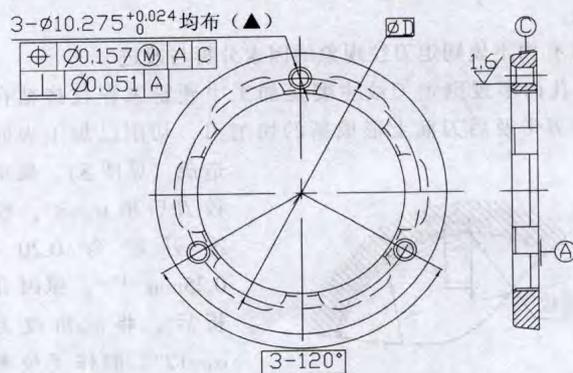


图 1 产品简图

### 3.2 分析与改进设计

#### 3.2.1 刀具报废较快的因素分析与改进

刀具报废较快主要是由于PM零件中的孔隙与软、硬质相<sup>[4-6]</sup>，导致严重而急剧的刃口微崩磨损，从而报废，只能从刀片材料方面改进。目前国内研究领域推荐的刀具材料主要是立方氮化硼(CBN)、金属陶瓷以及涂层烧结硬质合金<sup>[4]</sup>。由于陶瓷刀具易于崩刃，选用硬质合金刀具涂TiCN层、CBN刀具进行了试验。

试验结果：TiCN涂层刀具对抗积屑瘤能力以及正常磨粒磨损效果较好，但对切屑刃的崩碎磨损效果不大。立方氮化硼(CBN)刀具在低速铰削中优势不明显，反而使刀具成本上升。

改进设计：根据笔者单位多年PM零件加工经验，最终选择YT5作为刀刃材料<sup>[1][3]</sup>。经加工对比：YT5刀具较YG8刀具耐磨性提高了13%，较CBN刀具成本降低了46%，较涂层刀具成本降低了18%。

#### 3.2.2 孔内拉伤、划痕现象的因素分析与改进

孔内拉伤、划痕主要是容屑空间与容屑槽形状设计不合理，造成铁屑夹卡，划伤已加工表面。最初分析：销孔为短通孔，铰削余量不大，且铁屑为细碎状，在切削液连续冲洗下，排屑比较容易，容屑空间应该足够；为了达到

低的表面粗糙度，选择了6齿铰刀。在出现孔内拉伤、划痕后改为4齿铰刀，情况得到较好改善，但还存在拉伤、划痕现象。原因分析：PM零件的铁屑除细碎屑外还有杂质颗粒拉起的片状铁屑<sup>[7]</sup>，这些片状铁屑夹在容屑槽内，使排屑不畅，造成铁屑对孔表面的划伤；且容屑槽根部无圆弧或圆弧不光滑，表面堆积有焊点，容易造成铁屑夹卡(见图2)。

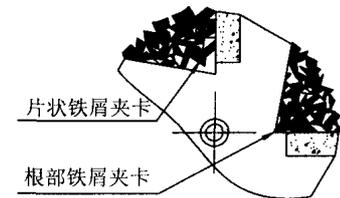


图2 容屑槽夹卡铁屑

改进设计：刀具改为4齿，容屑槽根部增加了R2的光滑圆弧过渡(见图4)，孔表面拉伤、划痕现象得到彻底解决。

改进设计：刀具改为4齿，容屑槽根部增加了R2的光滑圆弧过渡(见图4)，孔表面拉伤、划痕现象得到彻底解决。

#### 3.2.3 孔内不规则走刀纹现象的因素分析与改进

孔内不规则走刀纹主要是加工中硬粉末颗粒挤粘在校准刃带及后刀面上形成新的切削刃，切削已加工表面造成(见图3)。最早铰刀后角 $\alpha_0=8^\circ$ ，校准刃带为0.20~0.25mm<sup>[1][4]</sup>。原因分析后，将后角改为 $\alpha_0=12^\circ$ ，制作了校准刃带为0.18、0.15、0.10和0.08四个规格

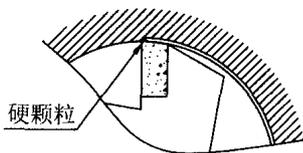


图3 硬粉末颗粒形成切削刃

的刀具进行了对比试验。

试验结果：刃带为0.18时，情况得到较好改善；刃带为0.15、0.10时，效果理想，现象基本消除；刃带在0.08时，效果好，但刀刃崩碎磨损严重，刀具寿命短。

改进设计：最终从销孔表面粗糙度、导向及刀具强度等方面考虑，选择后角 $\alpha_0=12^\circ$ ，校准刃带为0.12~0.16mm。

#### 3.2.4 粗糙度超差的因素分析与改进

粗糙度超差主要是铰刀的主偏角不合理，增大了校准部分对表面的挤压与摩擦，使表面粗糙度恶化。最初设计分析：导向由机床保证，为提高生产效率，缩短切入、切出时间，选取铰刀主偏角 $\kappa_r=45^\circ$ 切削锥长1mm<sup>[1][4]</sup>。加工中，表面粗糙度达不到图纸要求的废品率达到6.3%。原因分析后，制作了主偏角 $\kappa_r=30^\circ$ 、 $15^\circ$ 、 $5^\circ$ 三个规格的刀具，对切削部分长度也选取如下：(1)引导锥0.7x45，切削部分长1.3mm；(2)引导锥1x45，切削部分长2.0mm，将这两种方案进行对比试验。

试验结果： $\kappa_r=30^\circ$ 时，改善效果不明显； $\kappa_r=15^\circ$ 时，效果较理想； $\kappa_r=5^\circ$ 时，效果好，但刀具耐用度降低。切削部分长度改进试验结果表明：方案(2)表面粗糙度明显优于方案(1)。

改进设计：选取铰刀主偏角 $\kappa_r=13^\circ$ ，引导锥1x45，切削刃长2.0mm，表面粗糙度达到了Ra1.6~0.8 $\mu\text{m}$ 。

### 3.3 铰刀改进部分简图

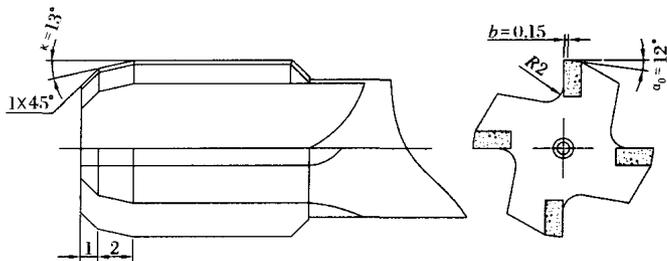


图4 铰刀改进设计部分简图

## 4 结论

本文通过对铁基粉末冶金同步器锥环销孔加工铰刀的改进设计与研究，得到如下结论。

(1) 烧结零件特殊的切削性能，使得刀具材料的选择必须以零件的显微组织与切削条件等为根据。在低速区内，硬质合金刀具反而比CBN和金属陶瓷刀具性价比高，性能稳定。

(2) 烧结零件软、硬质相混合存在的材料性能，使得表面粗糙度质量的提升比较困难。铰削应选择具有引导锥与较长切削部分的刀具，不可盲目认为较宽的校准棱边对降低表面粗糙度有益。

(3) 烧结零件的片状铁屑不如卷屑容易排出。铰刀设计时应注意齿数与容屑槽形状的合理优化。

到目前为止, 还不能用公式表出烧结零件的技术性能与其机加工性之间的普适关系式。本文的研究也只是停留在经验数据的表面, 普适关系式的建立还需要进行更多的试验与研究。

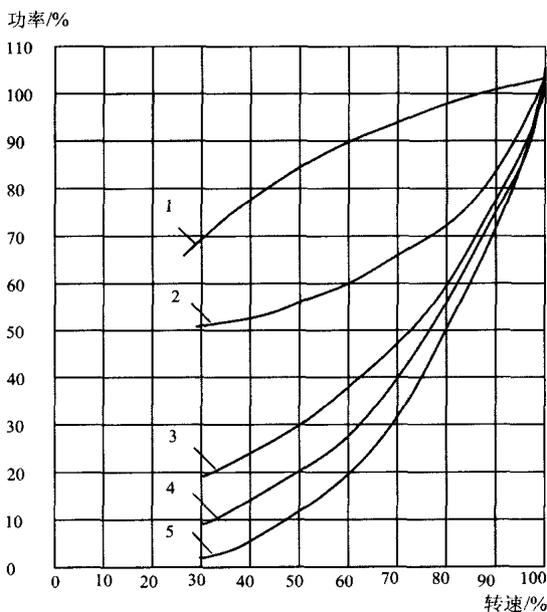
参考文献:

[1] 徐邦学. 最新刀具设计制造与质量检验标准实用手册 [M]. 长春: 吉林音像出版社, 2003.  
 [2] GB/T 4251-2004. 硬质合金直柄机用铰刀 [S].  
 [3] GB/T 4253-2004. 硬质合金铰刀技术条件 [S].  
 [4] 韩凤麟. 粉末冶金零件实用手册 [M]. 北京: 兵器工业出版社, 1996.

[5] HOGANAS Handbook For Sintered Components [Z]. HOGANAS CHINA CO.,LTD.2005.  
 [6] 张华诚. 粉末冶金实用工艺学 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2004.  
 [7] 包崇望. 烧结钢的切削加工性 [A]. 全国粉末冶金学术及应用技术会议论文集 [C]. 山东莱芜: 中国机械工程学会粉末冶金分会, 2005.

第一作者简介: 杨聪斌, 男, 1978年生, 陕西岐山人, 大学专科, 助理工程师。研究领域: 机械设计制造、粉末冶金零件制造。  
 (编辑: 王智圣)

(上接第97页)



1.出口挡板控制 2.入口挡板控制 3.液力变速器  
 4.变频器控制 5.理想曲线

图2 鼓风机采用不同调节方法功率消耗

能降耗的目的。

通过对国内外各种品牌变频器的综合比较, 选择了性能价格比较高的, 日本富士电机公司型号为 FRN7S-4 的风机、泵类负载变频器。标准适配电机容量 15kW, 三相电源电压 380~480V, 频率 50/60Hz [2]。

4 变频器外部接线图

变频器外部接线图如图3所示。变频器的 R、S、T 端与三相电源连接, 相序与电机转向无关, 一般通过改变电机端 U、V、W 的连接顺序来改变电机转向。特别应注意电源端与电机端不能接反, 否则会烧坏变频器; R<sub>0</sub>、T<sub>0</sub> 为控制电源辅助输入端子, 作为抗干扰滤波器电源和风扇备用电源; P<sub>1</sub>、P 端装有直流电抗线圈, 用以提高系统的功率因数; 11、12、13 端连接外接电位器, 进行频率设定, 其输入阻抗为 22kΩ; A1、M 端为模拟电流信号输入端, 压力变送器把检测到的空气静压信号变换为 4~20mA 的直流

电流信号由此输入, 与频率设定信号比较, 二者的差值作为电机转速的控制信号; FWD、REV、CM 端为开关量输入端, FWD 为正转启停, REV 为反转启停, CM 为公共端。

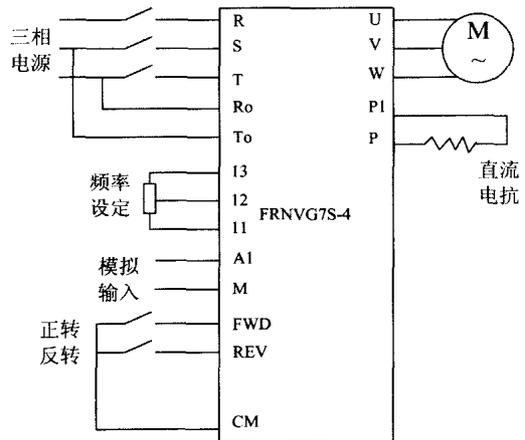


图3 变频器外部接线图

5 结语

- 1) 采用变频调速空调静压自动控制, 取代挡板静压控制, 节电幅度在 40%~60%。
- 2) 所选变频器为典型的交-直-交电压型通用变频器, 技术成熟, 控制简单, 经济可靠。
- 3) 电机启动特性改善, 使启动电流小于 1.5 倍额定电流, 实现电机软启动。
- 4) 保护功能齐全, 提高了自控系统调节控制质量和节能运转的可靠性, 变频器设有故障显示, 便于分析和排除故障。

参考文献:

[1] 张子慧. 热工测量与自动控制 [M]. 北京: 建筑工业出版社, 1999.  
 [2] 冯珠生. 变频器的应用于维护 [M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2001.

第一作者简介: 郑运廷, 男, 1955年生, 河南内乡人, 大学本科, 教授。研究领域: 机械设计与电器控制。已发表论文 16 篇。  
 (编辑: 向 飞)