

doi: 10.7690/bgzd.2014.09.022

深孔变截面槽拉刀的优化设计

王新科, 尹健, 陈昌金, 范华献

(中国兵器工业第五八研究所机械电气技术部, 四川 绵阳 621000)

摘要: 针对传统拉刀存在加工困难和刚性差等问题, 对深孔变截面槽拉刀进行优化设计。分析了传统拉刀的误差产生原因, 通过取消刀片的圆弧导向结构, 采用芯子滑槽斜面与新刀片直接连接, 使齿升量与进给量的关系呈线性关系, 简化了芯子、刀片两件的结构, 并使用 Pro Engineer 软件完成拉刀改进设计。分析结果证明: 该优化方法达到了优化目标, 有效降低了试制时间和成本。

关键词: 变截面槽; 深孔; 拉刀; 有限元分析

中图分类号: TP202 **文献标志码:** A

Optimized Design for Broaching Cutter of Variable Section Slot in Deep Hole

Wang Xinke, Yin Jian, Chen Changjin, Fan Huaxian

(Department of Mechanical & Electrical, No. 58 Research Institute of China Ordnance Industry, Mianyang 621000, China)

Abstract: Aiming at the difficult manufacture and bad stiffness of traditional broaching cutter, carry out optimized design for variable section slot broaching cutter in deep hole. Analyze the reason of traditional broaching cutter error, through cancelling arc oriented structure of cutter, use core chute slope to directly link with new cutter, make linear relationship between tooth and feed, simplify the structure between core and cutter. Use Pro Engineer to realize cutter improvement. The analysis results show that the optimized method can realize optimization and effectively decrease test time and cost.

Keywords: variable section slot; deep hole; broaching cutter; FEM (Finite element method)

0 引言

深孔变截面槽的加工目前可在数控深孔拉床^[1]上进行, 但对径向进给和刚性要求较高。具有这种特征的零件也很多, 如驻退机^[2]内消除后坐力用的关重件。传统的拉刀采用圆弧导向, 致使齿升量和进给量呈非线性关系, 不仅加工精度受影响, 且由于拉刀的特殊结构导致加工困难、刚性差, 具有一定的安全隐患。基于此, 笔者通过 Pro Engineer 软件进行建模、机构分析和受力分析等设计的新拉刀^[3]可有效解决前述问题。

1 传统拉刀的误差分析

深孔变截面槽结构示意图如图 1, 传统拉刀的结构如图 2 所示, 其依靠半径为 R 的圆弧面导向, 在进刀时刀片顶点的齿升量 Δy_2 与芯子进给量 Δx 的关系为:

$$\Delta y_1 = k\Delta x \quad (1)$$

$$\Delta y_2 = R[\sin(\theta + \sin^{-1} \frac{\Delta y_1}{R}) - \sin \theta] \quad (2)$$

其中: k 为芯子斜面的斜度; Δy_1 为刀片与芯子接触点的径向位移; θ 为刀片顶点与转轴中心连线和拉刀轴线的夹角。

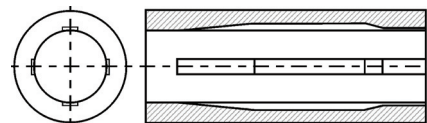


图 1 深孔变截面槽结构

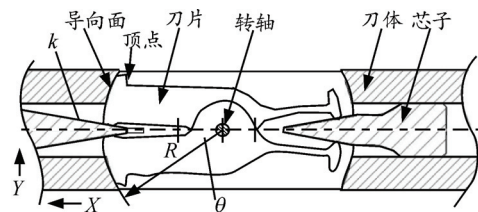


图 2 传统拉刀结构

可见, 此种结构受参数 R 和 θ 的影响, 使进给量 Δx 与齿升量 Δy_2 不成线性关系, 直接导致难以提高变截面槽拉削时的精度。实际生产中, 更是无法按照公式来取值进给, 也仅是忽略式 (2) 的影响, 使 k 取近似值, 强行保持进给量 Δx 与齿升量 Δy_2 的线性关系。

2 拉刀的改进设计

拉刀的改进目标即齿升量与进给量呈线性关系, 以及简化结构。

目标 1 的实现主要依靠取消刀片的圆弧导向结

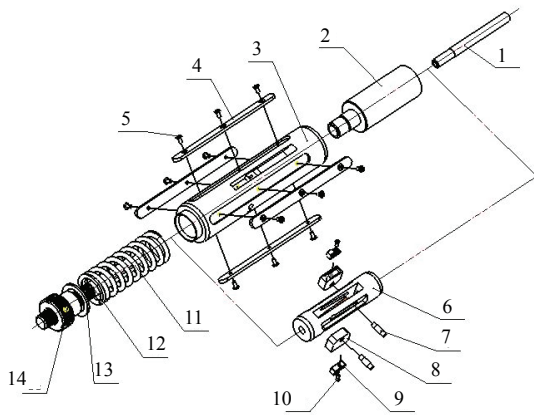
收稿日期: 2014-06-10; 修回日期: 2014-07-12

作者简介: 王新科(1986—), 男, 陕西人, 本科, 助理工程师, 从事数控机床研究。

构, 采用芯子滑槽斜面与新刀片直接连接, 使齿升量与进给量的关系为

$$\Delta y_2 = k \Delta x \quad (3)$$

目标 2 实际上与目标 1 相辅相成, 主要简化芯子、刀片两件的结构, 具体如图 3 所示。



1. 推杆; 2. 拉杆; 3. 本体; 4. 导向条; 5. 铜螺钉; 6. 芯子; 7. 销; 8. 刀座; 9. 刀片; 10. 固定螺钉; 11. 螺旋弹簧; 12. 螺杆; 13. 垫片; 14. 专用螺母。

图 3 优化后的拉刀结构

3 建模及校核

通过使用 Pro Engineer 软件可完成拉刀改进设计^[4], 其中的建模过程文中不再赘述, 仅对机构运动和受力分析进行说明。

由式 (1)、式 (2) 可见, 难以由计算的方法得到进给量范围内的齿升量数据, 但是采用三维辅助设计中的运动分析模块可有效降低设计难度。主要步骤如下: 将刀体固定, 芯子与刀体间设置为滑动杆连接, 新刀片与刀体的导向槽、芯子斜面分别设置为平面连接; 在芯子的驱动电机参数中定义进给量范围和运动方式; 设置对刀片顶点径向位移的测量。

最终通过采集到的数据形成齿升-进给量图, 由图 4 可见, 传统拉刀仅简化为式 (1) 的方式确定齿升量会产生不小于 2% 的误差。

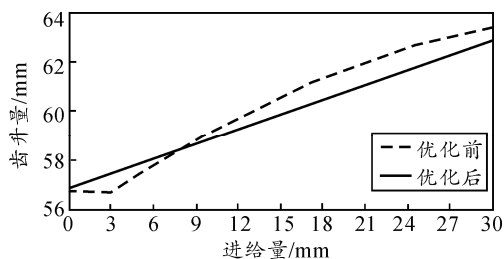


图 4 优化前后齿升-进给量对比

另外, 由于拉削工件的深孔直径较小, 拉刀简化后结构更紧凑, 为保证拉刀的刚度和强度, 使用 ProE mechnica 模块进行受力分析。具体参数设置如下: 深孔变截面槽拉削时的拉力根据拉削试验, 可确定为 2 kN; 优化后的拉刀与新刀片接触面不大于 4 处 5 mm×5 mm; 安全系数 S 为 2.5, 可简化设置拉力为 5 kN; 芯子材料赋予合金钢。最终分析结果如图 5、图 6 所示, 应力不超过 200 MPa, 应变不超过 0.007 mm, 满足优化目标。

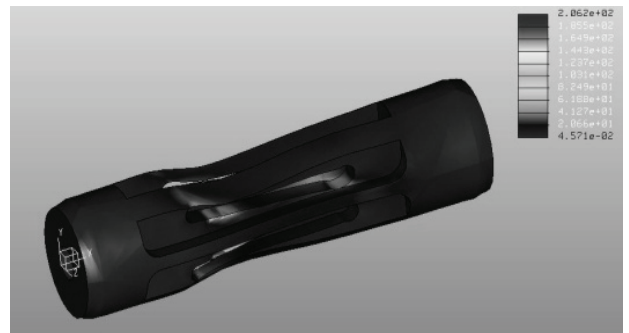


图 5 优化后芯子的应力

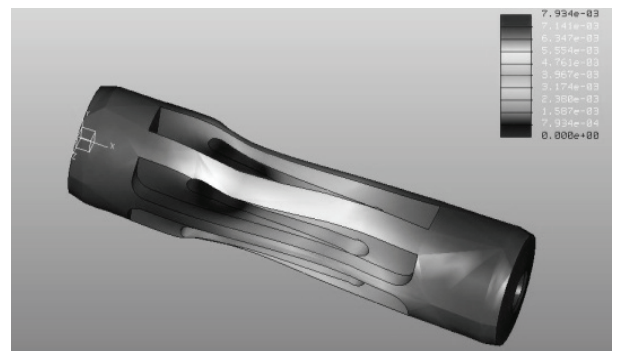


图 6 优化后芯子的应变

4 结束语

生产结果表明: 通过使用 Pro Engineer 软件改进设计的拉刀有效解决了原刀具精度不高、强度和刚度不易提高、安装调整困难及安全隐患等问题。

参考文献:

[1] 陈昌金, 尹健. 虚拟样机技术在数控深孔螺旋拉床整机设计中的应用[J]. 兵工自动化, 2008, 27(2): 65-67.

[2] 谭胜龙, 龚运环. 火炮驻退杆变深度沟槽测量专机设计与应用[J]. 制造技术与机床, 2012(1): 123-125.

[3] 袁哲俊, 刘华明. 金属切削刀具设计手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2008: 6.

[4] 尹健, 龚运环. 虚拟样机技术在透平实验平台位移机构设计中的应用[J]. 四川兵工学报, 2011, 32(7): 115-116.