

# 超硬材料车削参数选择及优化

□ 李丙才<sup>1</sup> □ 郑和伟<sup>1</sup> □ 李艳<sup>2</sup>

1. 兰州理工大学 机电工程学院 兰州 730050

2. 中国石油渤海物资设备有限公司 兰州石油化工机械厂 兰州 730060

**摘要:**以抽油泵叶轮口环为研究对象,对超硬材料进行车削加工,并对所用刀具材料、车刀参数进行选择。在单优化目标函数数学建模的基础上,采用线性加权法建立多目标函数,并采用罚函数法,使约束条件直接加在目标函数中。最后应用遗传算法对切削参数进行合理选择与优化,并将优化结果应用于实际生产中,取得了良好的成效。

**关键词:**超硬材料 遗传算法 车削 优化

中图分类号: TG519.1; TG506.7

文献标识码: A

文章编号: 1000-4998(2011)11-0046-03

镍基、钴基合金因具有较高的抗氧化和抗腐蚀性、良好的热稳定、抗热疲劳性及抗断裂韧性等优点,常用于燃气轮机涡轮盘、涡轮叶片与导向叶片、燃烧室及其它高温承力件与紧固件等的制造<sup>[1]</sup>。喷涂镍基、钴基合金后其硬度可达到 65HRC 左右,属于超硬切削加工。金属切削加工参数的选择及优化对保证加工质量、提高生产率和经济效益具有重要意义,对超硬材料的加工尤为重要。

对于超硬材料可以采用磨削加工,但效率较低。用于磨削高硬度等离子喷涂层的沙粒材料有金刚石、  
收稿日期:2011年5月

碳化硅等,金刚石砂轮造价较高,且粗糙度达不到要求,而碳化硅砂轮耐用度低,损耗严重,且磨削速度慢,效率较低。采用车削加工超硬材料,可大大提高生产效率,也保证了加工精度。

本文以喷涂 Ni60 后抽油泵叶轮口环为研究对象,对超硬材料的车削参数进行选择及优化。

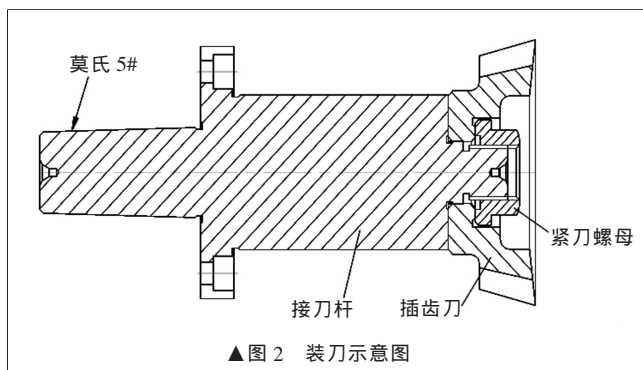
## 1 刀具材料的选择<sup>[2]</sup>

硬质合金材料业已广泛应用于高温合金的加工,添加 TaC、NbC 等的超细晶粒硬质合金,其耐磨性和抗振性能是较高的。加工喷涂层较好的牌号有 YD05

有径向定位的作用,调整螺栓轴端镶铜,保证了零件表面在调整时不被破坏。通过该夹具很好地解决了轴类零件在插齿机上不方便装夹的工艺难点,零件轴向径向均双重定位,整个工装实用可靠,操作方便,功能广泛,可实现不同尺寸轴类零件内花键的插齿加工。

## 3 刀具设计

90 输出轴内花键参数为模数 3 mm,齿数 23,压力角 30°,此内花键小径 60 mm 左右,远远小于插齿机直径 100 mm 的主轴,因此必须设计一根足够细的过渡刀杆,另外刀杆的直径大小也与插齿机有关系,工件齿数 23,为了对工件不产生顶切以及保证插齿刀有一定的刃磨量,选定插齿刀齿数为 16,变位系数 0.1,插齿刀定位台阶圆为 38,因此将过渡刀杆的直径定为 38 mm。设计了如图 2 所示的装刀方案:将碗型插齿刀通过紧刀螺母固定在过渡刀杆上,过渡刀杆末端的莫氏 5# 与主轴相连。这样不仅解决了插齿加工的主轴与工件干涉问题,而且降低了夹具的高度,使插齿时更加稳定可靠。



▲图2 装刀示意图

## 4 实际成效

通过实践验证,采用此方案在插齿机上加工轴类零件内花键取得了成功。不仅加工成本低,效率高,而且加工的内花键精度完全能满足设计要求。此方案已获得国家专利授权,发明专利号为:ZL 2009 1 0028089.0,实用新型专利号为:ZL 2009 2 0037980.7。

△  
(编辑 功成)

(YC09)、YC08、YC10、643M、726、610等。此外,陶瓷刀具和立方氮化硼也是加工热喷涂层较为理想的刀具材料。

## 2 车刀的几何参数

切削喷涂层的刀具,应该满足刀头强度高、散热条件好、能够保证刀具的耐用度以及加工质量等要求。车削叶轮口环时,其刀具主要几何参数如下。

### 2.1 前角 $\gamma_0$

当加工硬度较高的喷涂层时,前角应选用 $-5\sim-10^\circ$ ,否则容易崩刀,或由于刀刃部位散热条件差而加剧磨损。用硬质合金刀具 YD05 切削喷涂 Ni60 的叶轮口环,经试验,前角  $\gamma_0=-5^\circ$  时其刀具耐用度较高。

### 2.2 后角 $\alpha_0$

后角的主要作用是减小刀具后面与工件表面之间的摩擦,后角一般为  $8\sim12^\circ$ 。

### 2.3 主偏角 $\kappa_r$ 和副偏角 $\kappa_r'$

主偏角和副偏角主要影响刀具耐用度和加工表面的粗糙度。当主偏角较小时,刀刃工作长度增加,刀尖角增大,改善了刀刃的散热条件,从而保证了刀具有较高的耐用度。主偏角一般取  $10\sim30^\circ$ 。而当主、副偏角较小时,还可以提高表面光洁度,副偏角的取值一般为  $10\sim15^\circ$ 。

## 3 切削用量的选择

### 3.1 优化变量

优化设计就是在给定的设计指标和限制条件下,选出最优设计参数,使设计指标达到最优值。对于车削加工而言,切削用量对于保证加工质量、提高刀具切削效率、保证刀具寿命和降低加工成本有重要的影响。通过确定切削速度  $v$ 、切削深度  $a_p$ 、进给量  $f$  的合理组合,可以达到切削加工最优化的目的。

优化模型是一个单走刀模型,即假定加工所要求的几何形状仅需一次走刀。切削深度  $a_p$  往往根据切削余量确定,故在优化时一般将  $a_p$  作为常量,而将  $v$  与  $f$  作为设计变量。

### 3.2 目标函数

优化的目标应和技术经济指标一致。切削加工的主要技术指标包括产品质量、生产率、经济性 3 个方面。生产率和加工成本都和切削用量有关,因此,可以把生产率和加工成本作为切削用量的优化目标函数。

1) 单件工序的工时:生产率可以通过单件工序的工时来体现,即最高生产率和最短单件工序的工时是一致的。单件工序的工时  $t_w$  为<sup>[3]</sup>:

$$t_w = t_m + t_{ct} \frac{t_m}{T} + t_{ot} \quad (1)$$

式中: $t_m$  为切削时间,  $t_m = \pi d l_w \Delta / (1000 a_p f)$ ,  $d$  为工件直径,  $l_w$  为工件切削部分长度,  $\Delta$  为加工余量;  $t_{ct}$  为换刀一次所用的时间;  $T$  为刀具寿命,  $T = C_T / (v_x^x f_y^y a_p^z)^{[3]}$ ,  $C_T$  为寿命系数,  $x, y, z$  是各切削量对刀具寿命影响的程度;  $t_m/T$  为换刀次数;  $t_{ot}$  为除换刀外的其它辅助工时。

2) 每个工件的工序成本<sup>[3]</sup>:

$$C = t_m M + t_{ct} \frac{t_m}{T} M + \frac{t_m}{T} C_i + t_{ot} M \quad (2)$$

式中: $M$  为该工序单位时间的生产成本;  $C_i$  为刀具成本。

3) 多目标函数:在实际生产中,往往既要实现最高生产率(最短加工时间),又要达到最低生产成本的要求。采用权重系数变换法,建立多目标函数:

$$\min u = \sum_{i=1}^2 \omega_i f_i(x) = \omega_1 t(v, f) + \omega_2 C(v, f) \quad (3)$$

式中: $\omega_1, \omega_2$  为权重系数,  $\omega_1 + \omega_2 = 1$ 。

### 3.3 约束条件

生产中会受到很多条件的限制,其主要约束条件有机床功率、切削速度、进给量的范围、主轴转速、硬质合金刀片强度、表面粗糙度等。

1) 机床允许的最大切削功率约束条件<sup>[3]</sup>:

$$P_c \leq P_E \eta_m \quad (4)$$

式中: $P_c$  为切削功率,  $P_c = F_c v$ ,  $F_c$  为切削力;  $P_E$  为机床主电动机功率;  $\eta_m$  为机床传动效率。

2) 切削速度约束条件:

$$v_{\min} \leq v \leq v_{\max} \quad (5)$$

式中: $v_{\min}$  为机床允许的最小切削速度;  $v_{\max}$  为机床允许的最大切削速度。

3) 进给量约束条件:

$$f_{\min} \leq f \leq f_{\max} \quad (6)$$

式中: $f_{\min}$  为机床最小进给量;  $f_{\max}$  为机床最大进给量。

4) 硬质合金刀片强度约束:

$$f \leq f_i \quad (7)$$

式中: $f_i$  是刀片强度允许的进给量。

5) 表面粗糙度约束<sup>[3]</sup>:

车削加工时的表面粗糙度函数可表示为:

$$R_a = f^2 / (8r_\epsilon) \leq R_{\max} \quad (8)$$

式中: $R_a$  为表面粗糙度;  $r_\epsilon$  为刀尖圆弧半径。

在约束中,切削速度和进给量约束可作为被优化对象的选择范围。切削功率、刀片强度约束及表面粗糙度约束为:

$$\begin{aligned} g_1(v, f) &= P_c - P_E \eta_m \leq 0 \\ g_2(v, f) &= f - f_i \leq 0 \\ g_3(v, f) &= f^2 / (8r_\epsilon) - R_{\max} \leq 0 \end{aligned} \quad (9)$$

约束条件通过罚函数法直接加到目标函数中:

$$\min f(v, f) = \omega_1 t(v, f) + \omega_2 C(v, f) \lambda_1 \max[0, g_1(v, f)]$$

# 镗滚复合加工技术在油缸加工中的应用

□ 曾新亮<sup>1</sup> □ 李永芳<sup>2</sup> □ 李新宁<sup>1</sup> □ 张启萍<sup>3</sup> □ 杨锦斌<sup>3</sup>

1. 青海华鼎机电设备有限责任公司 西宁 810003

2. 青海交通职业技术学院 西宁 810003

3. 青海一机数控机床有限责任公司 西宁 810018

**摘要:**以某机构一细长油缸为例,从加工实例、加工参数确定、刀具设计等几方面介绍镗滚复合刀具进行工序复合加工的工艺技术。

**关键词:**细长油缸 镗削珩磨加工 镗滚复合加工

**中图分类号:** TG723;TG668

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1000-4998(2011)11-0048-02

随着制造技术的不断发展,液压技术在各个领域内得到广泛应用,如机床(刀库、托盘升降机构和锁紧机构、托盘交换机构、主轴箱平衡机构、松刀油缸及液压夹具等机构)、工程机械(伸臂伸缩、支腿等机构)等。油缸作为液压系统的主要零件,其加工精度(尺寸公差、形位公差及表面粗糙度)对油缸的运行性能至关重要。油缸的加工一般采用镗削之后进行珩磨,虽基本能保证油缸的加工精度,但存在加工工序较长、珩磨加工时间较长和油缸密封性较差的缺陷,导致零件加工生产效率低下,浪费人力资源和物力资源,对企业带来了不少的经济损失。

收稿日期:2011年5月

为此,对油缸的加工工艺进行了研究,采取用滚压替代珩磨的工艺手段,初期工艺路线为镗削→铰削→滚压,加工时间有所缩短,油缸密封性也有一定改善,但效果不是太明显。经过进一步研究,最终采取了镗滚复合刀具进行工序复合加工的方案,本文从加工实例、加工参数确定、刀具设计等几方面加以叙述,以飨读者。

## 1 零件加工实例

加工中心某机构有一细长油缸,见图1所示。此件为该机构的关键件,其加工精度、粗糙度的好坏直接影响该机构的动作准确性及密封性。

$$+\lambda_2 \max[0, g_2(v, f)] + \lambda_3 \max[0, g_3(v, f)] \quad (10)$$

式中: $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ 是罚函数系数。

## 4 加工实例

在CW6140万能车床上加工喷涂Ni60合金的轴套。技术要求:工件加工后直径为300mm,表面粗糙度为0.8 $\mu$ m,加工行程30mm,加工余量 $\Delta=0.5$ mm。刀具材料及参数:硬质合金YD05,  $C_1=10$ 元/片,  $\gamma_0=-5^\circ$ ,  $\kappa_r=30^\circ$ ,  $r_e=0.8$ mm,  $a_p=0.5$ mm,  $t_{c1}=0.65$ min/次,  $t_{a1}=0.8$ min。

应用Matlab软件中遗传算法与直接搜索工具箱,编写M函数,最后运行求解,得到切削用量优化结果如表1所示。

表1 切削用量优化结果

切削速度 $v/(m \cdot \min^{-1})$	进给量 $f/(mm \cdot r^{-1})$
13	0.16

## 5 结束语

切削用量是影响机械加工效率、加工成本以及加

工质量的重要因素。经实验证明,应用遗传算法对切削参数优化后,表面加工质量、切削效率以及刀具使用寿命等都取得了较好的效果。

我们给中石油渤海公司兰州石油化工机械厂研制生产的泥浆泵、油浆泵叶轮口环及轴套就是采用这种工艺,并取得了良好的成效。车削完成的工件在加工精度和表面质量上均达到磨削水平。

## 参考文献

- [1] 韩荣第,于启勋.难加工材料切削加工[M].北京:机械工业出版社,1996.
- [2] 李企芳.难加工材料的加工技术[M].北京:北京科学技术出版社,1992.
- [3] 黄健求.机械制造技术基础[M].北京:机械工业出版社,2005.
- [4] 高东强,黎忠炎,毛志云.镍基合金高速切削性能分析及参数优化[J].组合机床与自动化加工技术,2010(12):10-12.

△

(编辑 丁 罡)

