

# 钢材小余量车削加工中切屑控制的刀具优化

陈贤治

厦门金鹭特种合金有限公司

**摘要:** 随着人工成本的上升,通过对生产线上料装置进行自动化改造,以优化企业人工成本。对生产线进行自动化改造时,特别是开放式车床产线的改造,应重视对切屑的控制,以避免切屑对自动化上下料设备产生影响。基于实际需求案例,针对小余量车削加工中的切屑控制进行优化,控制切屑流向及断屑长度,实现在有限空间内安放自动化设备和满足排屑的双重需求。

**关键词:** 小余量车削;切屑控制;切屑流向;切屑长度

**中图分类号:** TG51;TH162

**文献标志码:** A

**DOI:**10.3969/j.issn.1000-7008.2020.11.018

## Cutting Tool Optimization for Chip Control in Turning Steel with Small Cutting Depth

Chen Xianzhi

**Abstract:** With the increase of labor cost, it is optimized by using the automatic loading and unloading equipment to upgrade the production line. It is very important to control the cutting chips in upgrading the production line, especially the open lathe production line, so as to avoid the influence of chips on the automatic loading and unloading equipment. Based on actual demand cases, the chip control in small cutting depth is optimized, and the chip flow direction and chip breaking length are controlled to meet the needs of equipment installation and chip removal in a limited space.

**Keywords:** small cutting depth; chip control; chip flow direction; chip length

### 1 引言

在切屑控制中,小余量大进给切削工况下的切屑控制难度较大。在小余量切屑过程中,由于切屑厚度薄,卷屑难度大,成屑后切屑受到刀尖圆弧半径及刃口几何尺寸的多重影响,切屑流向随机性较大,导致切屑的断屑长度稳定性差,需要对加工参数、刀尖尺寸、刃口结构及前刀面尺寸等多种因素进行合理匹配,才能达到预期的切屑控制效果。由于机床设备及加工要求限制,无法进行参数调整,需要通过刀具几何结构的优选,达到切屑控制的目的,并满足

刀具优化需求。

### 2 加工工况及切屑控制要求

#### 2.1 设备机床及加工工况

相关条件:工件毛坯直径 58mm,工件成品直径 56.5mm;进给标准 0.38mm/r,根据实际效率需求无法下调。刀具主偏角 75°,采用干式切削,设备无法添加冷却系统,选用 SNMA120412 刀具。

相关加工设备为老式调档型机床设备,转速无法进行无极调整。受加工效率及余量的限制,无法调整切削参数,仅使用现有切削参数。鉴于 0.38mm/r 的进给要求,无法减小刀尖圆弧以优化卷

收稿日期:2020年5月

[10]张永康,张兴权,周建忠,等. LY12CZ 铝合金激光喷丸变形[J]. 中国激光,2006,33(10):1417-1421.

[11]张兴权,张永康,顾永玉,等. 激光喷丸诱导的残余应力的有限元分析[J]. 塑性工程学报,2008,15(4):188-193.

[12]曹子文,邹世坤,张晓兵,等. 水约束层在激光喷丸中的应用研究[J]. 应用激光,2007,27(6):461-464.

[13]李志. 基于固有应变理论的激光喷丸成形建模方法与工艺规律研究[D]. 上海:上海交通大学,2016.

[14]方刚,姚振强,胡永祥. 激光喷丸成形板料预加载建模[J]. 机械设计与研究,2013,29(2):88-91.

[15]解宇飞,胡永祥,姚振强. 激光喷丸成形单曲率几何效应研究[J]. 航空制造技术,2018,61(23):59-63.

[16]Zou Shikun, Gong Shuili, Guo Enming, et al. Surface profile and microstructure of laser peened Ti-6Al-4V [J]. Rare Metals, 2012, 31(5):430-433.

第一作者:高国强,硕士,研究级高级工程师,西安飞机工业(集团)有限责任公司,西安市 710089

First Author: Gao Guoqiang, Master, Senior Engineer, AVIC Xi'an Aircraft Industry (Group) Company Ltd., 710089 Xi'an, China

屑状态。

### 2.2 切屑控制要求

加工设备见图1,加工设备及区域构成见图2,伺服工作台后端增设自动上下料装置。

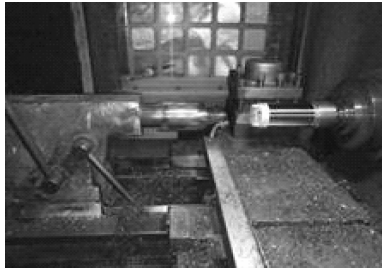


图1 加工设备的加工区域

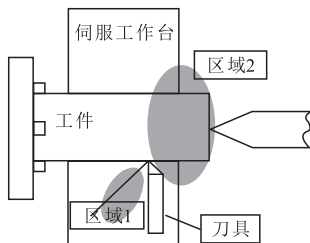


图2 加工区域构成

加工切屑长短不一,若与工件已加工表面出现刮擦,不仅会损伤已加工表面,还会使切屑飞溅,出现在区域2位置中的伺服工作台后端,影响自动化设备运行。需控制切屑流向区域1,且切屑长度能够达到可控范围,使断屑脱落后的掉落区域更加固定。

## 3 切屑形成及卷屑分析

### 3.1 切屑成形流向分析

根据刀具几何尺寸及加工条件,由于切削深度为0.75mm,小余刀尖圆弧半径1.2mm,考虑到即使刀片主偏角75°,其主切削刃依然未参与切削,所以实际切削模型属于圆角切削,即切削过程可类比于半径1.2mm的圆刀片进行切削。切削过程中的切削成型可通过推导平均主偏角、切屑宽度和平均切削厚度等指标,确定流向角度及卷曲,流屑角可用式(2)计算<sup>[1-3]</sup>,有

$$\kappa_w = \arcsin \sqrt{\frac{a_p}{2R_0}} \quad (1)$$

$$\varphi = \arcsin \sqrt{\frac{a_p}{2R_0}} - \arctan \frac{2a_p}{2\sqrt{a_p(2R_0 - a_p)} + f} \quad (2)$$

经计算可得,在现有条件下,平均主偏角及流屑角为

$$\kappa_w = \arcsin \sqrt{\frac{a_p}{2R_0}} = \arcsin \sqrt{\frac{0.75}{2 \times 1.2}} = 34^\circ \quad (3)$$

$$\varphi = \arcsin \sqrt{\frac{0.75}{2.4}} - \arctan \frac{2 \times 0.75}{2\sqrt{0.75(2.4 - 0.75)} + 0.38} = 4^\circ \quad (4)$$

在水平方向,切屑流向与进给方向的夹角 $\alpha = \kappa_w - \varphi = 30^\circ$ 。在相关刀具及参数条件下,其它数据值及切屑流向见图3。

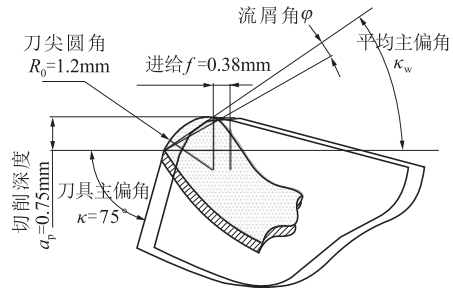


图3 切屑形成及流出

由此可知,切屑在刀尖处成型后,刀具前刀面流动角 $\theta = 90^\circ - \alpha = 60^\circ$ 。

### 3.2 卷屑断屑分析

将卷屑分为上向卷曲及横向进行分析,在无限屑槽情况下,自然上向卷曲与切屑厚度、工件材料及切削速度关系较密切。对于断屑槽类型刀具,卷屑半径主要受槽型几何结构影响,尤其是在横向卷曲分量进行分析的过程中,槽宽结构对于卷屑角的影响最明显。根据切屑流向角并结合其它参数可知,流向的控制关键在于横向流向的分析,横向切屑流动见图4。

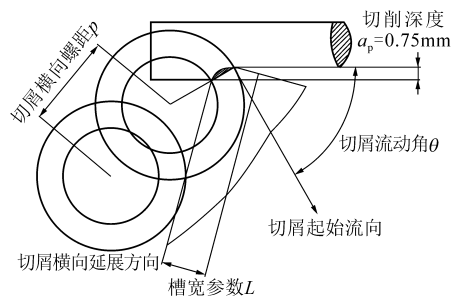


图4 横向切屑流动

图中,模型以大槽宽结构为分析载体,切屑第二卷开始卷曲至主切削刃之外,后期的切屑主要受主后刀面及自重的约束。在此模型下,切屑横向延展方向水平分量小于切屑流动角,有利于避免切屑与待加工表面的刮碰,引起流向波动。在形成螺旋屑情况下,横线卷曲机理使切屑在卷曲过程中受到自重引起的偏摆力矩影响,切屑剪切区使切屑断裂。同时,在槽型的作用下,切屑的横向延展角度小于主偏角且大于切屑流动角的余角,其具体值取决于前角及槽宽。

## 4 刀具优化选择

### 4.1 刃口几何尺寸选择

刃口几何结构对于切屑的截面形成有着直接影响。为保证切屑稳定,刀具刃口处刃宽的选择应大于切屑厚度或采取无刃宽设计,但由于文中的切削工况为圆弧切削,其切屑宽度随刀尖圆弧变化,故如需采取刃宽设计,则刃宽值需要大于切屑厚度最大值  $h_{\max}$ ,有

$$h_{\max} = 2 \frac{f}{R_0} \sqrt{a_p (2R_0 - a_p^2)} \quad (5)$$

由式(5)得,  $h_{\max} = 0.372\text{mm} \approx f$ 。即如果采用刃宽设计,则刃宽需大于  $0.38\text{mm}$ 。

### 4.2 刀具前刀面及槽型参数选择

由图4可知,螺旋屑断屑需求最优解为切屑第二卷开始卷曲至主切削刃之外,后期的切屑主要受主后刀面及自重的约束。在考虑使用刃宽大于最大切屑厚度的情况下,可直接使用无前角的平板型刀片和无刃宽的刀具,因被加工材料为45钢,使用大前角的刀片类型进行切削。






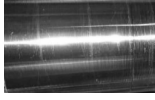



针对槽型参数,另一个重要指标是反屑面。当其角度大于前刀片角度时,切屑的反屑处卷曲将受到更多的压力,使切屑卷曲半径和螺距减小,切屑后期与后刀面的接触存在不确定性,对切屑控制极为不利;当反屑面角度小于前刀面时,切屑的卷曲半径增加,虽然增加了切屑卷曲的不确定性,但切屑将稳定流向待加工表面,有利于切屑控制。因此,在槽型选取上应尽量保证前角与反屑面角度一致或接近。

### 4.3 刀具优选加工效果

根据优化结果,选择厦门金鹭R-TS槽型系列改型的通槽无刃宽刀片以及SF槽型的无刃宽三维槽型刀片产品,与客户现阶段使用的平板刀片进行切削对比(见表1)。

由表1可知,R-TS系列改型无刃宽通槽刀片切削效果最好,三维槽型刀片由于切屑反屑约束多,虽然断屑较理想,但无规律,且工件刮伤现象较其它两种刀片更多,平板槽型切屑卷曲状态比通槽刀片差,同时切屑存在刮伤已加工表面的现象。

表1 优化刀具切屑对比

| 刀片   | 切屑类型  | 工件情况  |
|--|---|---|
| <br>R-TS 槽型 |  |  |
| <br>SF 槽型   |  |  |
| <br>平板      |  |  |

## 5 结语

断屑性是车削刀片的重要标准,随着断屑机理及槽型设计的不断研究及发展,针对不同的断屑要求,均能够根据具体需求找寻到合适的刀具类型。随着机械行业的发展,在实际切削加工中断屑要求也会出现新的需求点,通过对工件加工进行优化,分析切屑的卷曲及断屑,可以解决特定断屑条件的刀具优选。

### 参考文献

- [1]李昕,李振加,王志刚,等.车铣两用圆刀片切屑形成机理研究[J].哈尔滨理工大学学报,2007,12(5):12-15.
- [2]李振加,郑敏利,韦银利,等.切屑空间运动轨迹及其约束方程的研究[J].机械工程学报,2001,37(12):42-46.
- [3]李振加.切屑折断界限的理论分析及探讨[J].哈尔滨科学技术大学学报,1985,1(2):1-8.

作者:陈贤治,硕士研究生,工程师,厦门金鹭特种合金有限公司,361000福建省厦门市

Author: Chen Xianzhi, Postgraduate, Engineer, Xiamen Golden Egret Special Alloy Co., Ltd., Xiamen, Fujian 361000, China