

顺铣在铣削高密度高韧性难加工材料中的应用

伍 燕 姚 庆 任长洁

(西安航天动力机械厂, 西安 710025)



摘要: 随着难加工材料在航天型号产品上的广泛应用, 如何在现有条件下解决高密度、高韧性难加工材料(不锈钢、钛合金、高温合金等)的铣削加工显得尤为重要。在生产实践中, 经过不断的探索与总结, 改变传统铣削加工方式, 调整工艺参数, 克服了不锈钢、钛合金等高密度、高韧性材料的铣削加工难点, 较好地保证了某重点军工产品加工精度的要求, 同时, 该技术亦具备良好的加工经济性。

关键词: 顺铣; 难加工材料; 切削参数; 加工经济性

Application of Down Milling in Milling High Density and Toughness Hard-to-cut Materials

Wu Yan Yao Qing Ren Changjie

(Xi'an Aerospace Power Machine Factory, Xi'an 710025)

Abstract: Along with the broad application of hard-to-cut materials on the aerospace products, it is so important to solve the milling and turning process of hard-to-cut materials with high density and toughness (stainless steel, titanium alloy, high temperature alloy). In practice, through continuous exploration and summary, changing the traditional milling way and adjusting process parameters, the machining difficulties of those materials are overcome. It ensures machining precision requirements of a key military products, while the technology also has good processing economy.

Key words: down milling; hard-to-cut materials; cutting parameter; processing economy

1 引言

随着难加工材料在航天型号产品上的广泛应用, 给现有条件下的生产制造也带来了一定困难, 特别是在高密度、高韧性的难加工材料(不锈钢、钛合金、高温合金等)的铣削加工中, 显得尤为突出: 刀具磨损快, 刀具消耗递增, 加工时间延长, 表面粗糙度和尺寸精度不能稳定控制……随之带来产品不能完全满足图纸要求, 加工进度拖期, 单位成本增加, 利润减少。

在西安航天动力机械厂现有的军品型号生产中, 经常会遇到不锈钢、钛合金等高密度、高韧性材料的铣削加工。在生产实践中, 通过不断的摸索、实践, 总结了诸多的经验、教训, 运用改变传统铣削加工方

式, 选择更为合理的切削参数等方法, 克服了上述问题, 较好地保证了产品表面加工质量和尺寸精度, 取得了较为合理的加工经济性。

2 顺铣和逆铣

铣削加工从铣削方式上划分, 分为顺铣和逆铣两种。顺铣时, 切削点切削速度的方向在进给方向上的分量与进给速度方向一致。通俗地讲顺铣就是铣刀的旋转方向与工件的运动方向一致, 见图 1。顺铣时刀具刚切入工件产生的切屑厚度为最大, 随后逐渐减小, 产生的切削热较小, 具有较小的后刀面磨损。逆铣是切削点的切削速度方向在进给方向上的分量与进给速度方向相反, 也就是说铣刀的旋转方向与工件

作者简介: 伍燕(1976-), 工程师, 机械制造及自动化专业; 研究方向: 固体火箭金属件数控编程及工艺。

收稿日期: 2011-03-15

的运动方向相反, 见图 2。逆铣时, 因工作台丝杆与螺母能始终保持螺纹的一个侧面紧密贴合, 使刀具和工件之间切削力较为恒定, 铣削动作较为平稳, 工件的加工质量稳定, 在粗加工和半精加工得到普遍应用。

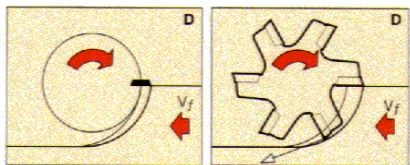


图 1 顺铣示意图

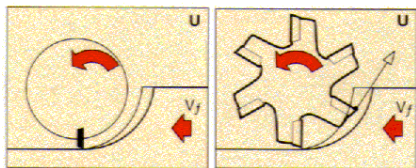


图 2 逆铣示意图

3 刀具的磨损

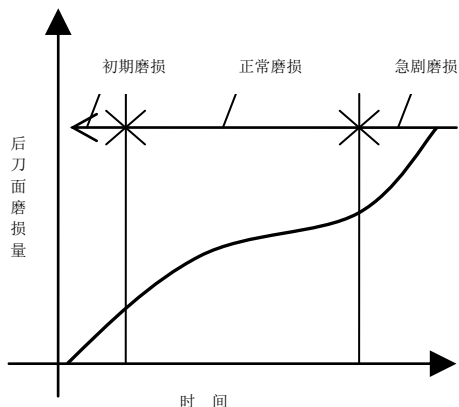


图 3 典型的磨损曲线

难加工材料之所以“难加工”就是因为刀具磨损严重, 不能将被加工材料切削到所要求的形状和尺寸。刀具的磨损包括以下两种形态: 由于机械作用而出现的磨损, 如崩刃或磨粒磨损等; 由于热及化学作用而出现的磨损, 如粘结、扩散、腐蚀等磨损, 以及由切削刃钝化、溶融而产生的破断、热疲劳、热龟裂等。多数难加工材料均具有热传导率较低的特点, 切削时产生的热量很难扩散, 致使刀具刃尖温度很高, 切削刃受热影响极为明显。这种影响, 会使刀具材料中的粘结剂在高温下粘结强度急剧下降, WC (碳化钨) 或 TiC (碳化钛) 等粒子易于分离出去, 从而加速了刀具磨损。另外, 难加工材料中的成分和刀具材料中的某些成分在切削高温条件下产生反应, 出现成

析出、脱落, 或生成其他化合物, 这将加速形成崩刃等刀具磨损现象的产生, 使刀具单位时间内的寿命快速缩短。铣削高密度、高韧性的难加工材料时, 上述两种形态的刀具磨损并存。刀具磨损从时间分为初期磨损、正常磨损和急剧磨损, 见图 3。急剧磨损期刀具已无可用价值, 所以必须慎重选择铣削方式、刀具品种及铣削条件, 以获得最理想的加工效果。

4 顺铣加工的优势

总结多年的生产实践可以发现, 在同等条件下采用顺铣方式加工高密度、高韧性难加工材料 (不锈钢、钛合金、高温合金等), 切削效果非常显著。由于顺铣时, 切屑厚度是由厚变薄, 铣削时切削阻力小, 刀具后刀面与工件之间摩擦效应较小, 产生的热量相对较小, 产生的冷硬现象 (加工后的表面产生 0.2mm 左右硬化层) 要比逆铣时轻得多, 重要的是刀具的后刀面磨损小, 刀具在初期磨损和正常磨损期内工作时间长, 使用寿命相对于逆铣长得多; 机床的功率消耗比逆铣时可减少 14% 左右。

4.1 普通高速钢圆柱铣刀的应用

在粗加工和半精加工高硬度、高密度、高韧性难加工材料 (不锈钢、高温合金钢) 时, 可采用如下切削参数:

主切削刃: 普通高速钢圆柱铣刀端齿;

主轴线速度 v ($v = \pi \times D \times N / 1000$): 选择 7~10m/min, D 为刀具直径;

切削深度 (刀具的轴向): $H \leq 30\% D$;

切削宽度 (刀具的径向): $B \leq 80\% D$;

加注冷却液: 水溶性冷却液或乳化液。

顺铣时, 高速钢圆柱铣刀可连续使用 4~6h, 重新刃磨后还可继续多次重复使用 (可达 3 次以上)。例如, 在进行某型号舵体 (材料 1Cr18Ni9Ti) 铣加工时, 原工艺方案采用进口刀具 $\Phi 63$ 可转位端铣刀。按月产 25~28 件计算, 刀片消耗在 6800 元/月左右; 通过选用上述参数, 并改用 $\Phi 36$ 普通高速钢圆柱铣刀加工, 生产能力可提高到月产 35~42 件, 消耗却低于 900 元, 提高功效 30%, 节约刀具费用 70% 以上, 粗糙度和尺寸精度完全符合图纸要求。

在加工另一类产品高温合金模具时, 曾尝试使用多种刀具和切削参数, 但效果都不理想。采用上述刀具和参数, 用普通高速钢圆柱铣刀顺铣加工后, 功效提高了 2~3 倍, 刀具费用也只是原来的 1/10。

当用周齿做为主切削刀时,主轴线速度要略微提高到 15~20m/min,其他参数也要作相应的调整,刀具耐用度和其他方面也要比逆铣强很多。

4.2 可转位硬质合金面铣刀的应用

针对较大加工表面难加工材料的铣削,应采用可转位硬质合金面铣刀。它同时具备了使用方便、高效、耐用等优点。总体来说,进口品牌的优势要强于国产品牌。国产硬质合金刀片(以 798 和 813 为例)的耐用度较低,刀体的结构和切削角度不够合理。但进口品牌刀体和涂层硬质合金刀片价格太高,性价比不好。在使用进口品牌刀具时,如何延长硬质合金刀片的使用寿命,成了降低生产成本的关键。在实践中发现:在同等参数条件下,顺铣加工仍然要优于逆铣,表面粗糙度小,尺寸精度易于控制,使用寿命延长 1~1.5 倍。例如加工某型号收敛段和扩张段(钛合金材料)的试样(55mm×10.5±0.1mm×10.5±0.1mm)时,用日本三菱(MITSUBISHI)Φ100 端铣刀(6 片专用加工钛合金四方刀片可用四个刀尖)主轴选用 210 r/min,走刀量 27.5mm/min,刚开始采用逆铣加工,只能加工一组(三件),而采用顺铣后可加工六到八组试样。再如在加工某批量民用零件时,材料为 3Cr13 锻件(110mm×65mm×60mm),它是一种强度高、塑性好的中碳马氏体不锈钢,在普通 X53K 铣床上加工外形(六面和两个复合面)用 SECOΦ100 刀盘(7 片 8 角刀片),主轴选用 375 r/min,走刀量 125mm/min,刚开始采用逆铣加工,每批次(60 件)需用刀片 7 片(合计 441 元),在采用顺铣后 7 个刀片约能加工一个半批次(90 件),大大延长了刀具的使用寿命,减少了单位时间内的消耗。

再以 SECOΦ100 刀盘,铣加工某型号专用热处理吊具中 1Cr18Ni9Ti 锻件上盖(450mm×320mm×110mm)为例,主轴线速度 v 选择 98.9~120.3m/min,走刀量 F 选择 60~135mm/min(可根据材料热处理状态作相应调整),吃刀深度 2~3.5mm,吃刀宽度 65~85mm(加工过程中加注冷却润滑液),采用顺铣加工,刀具的耐用度和加工表面粗糙度($R_a \leq 1.6\mu\text{m}$)、尺寸精度都达到图纸设计要求,效果非常显著。

如图 4 所示,用 SECO250 刀片在主轴 315r/min,走刀量 115mm/min 下加工不锈钢(1Cr18Ni9Ti),逆铣 0.5h 左右的切屑,切屑过热已变色,边缘成锯齿状片屑,说明刀片磨损较快,已有缺损。

如图 5 所示,用 SECO250 刀片在主轴 315 r/min,走刀量 115mm/min 下加工不锈钢(1Cr18Ni9Ti),顺铣 0.8h 左右的切屑,切屑略有变色,边缘较规整的卷

屑,说明刀片虽略有缺损,但依然锋利。



图 4 SECO250 刀片及加工切屑



图 5 SECO250 刀片及切屑

5 结束语

无论是普通圆柱形高速钢立铣刀还是硬质合金刀片,在采用顺铣加工难加工材料时,都要调整好机床的间隙和刚性,选择较小的刀具悬伸量,使刀具具有足够刚性来传递扭矩,这是加工的前提。顺铣尤其适合在普通机床上加工余量比较大的高密度、高韧性难加工材料工件。顺铣加工难加工材料时绝对优于逆铣,它产生的切削热小,排屑好,使刀具更易切入,切削平稳,从而减少刀具磨损,延长了使用寿命,降低了加工成本。在生产实践中合理使用顺铣方式加工难加工材料能起到事半功倍的作用,所产生的经济效益是非常可观的。

顺铣加工方式还在非金属和有色金属及复合材料(双金属)的加工方面也有上佳的表现,这里就不一一细述了。

顺铣加工高密度、高韧性难加工材料只是针对现阶段条件下的应对措施,具有很强的现实意义。随着新技术、新工艺、新材料、新设备的发展,将使更多的高密度、高韧性难加工材料的铣削加工制造技术水平得到很好的改善和进一步提高,使难加工材料在航天产品中的应用更加尽善尽美。

参考文献

- 1 郑文虎. 难切削材料加工技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2008
- 2 陈志毅. 铣工基本技能[M]. 北京: 中国劳动社会保障出版社, 2009

