

钛合金的切削加工性及其改善方法

魏树国¹ 吴照银¹ 马光锋²

¹ 铜陵学院 ² 辽宁工程技术大学

摘要 :阐述了钛合金切削加工中刀具材料、角度的选择及改善钛合金切削加工性的方法——低温切削加工。

关键词 :钛合金, 切削加工性, 低温加工

Machining Feature and Improving Method of Titanium Alloy

Wei Shuguo Wu Zhaoyin Ma Guangfeng

Abstract : The choosing method of cutting material and angle in cutting titanium alloy process and the cryogenic cutting method to improve titanium alloy's machining features are expatiated.

Keywords : titanium alloy, machining feature, cryogenic cutting

1 引言

近年来,随着宇航制造业、原子能工业、电力工业等行业的迅速发展,新型材料(如钛合金、耐热合金、高锰钢、复合材料等)被大量运用,这些材料的机械、物理特性在某些方面非常优良,如钛合金的比强度相对很高,在宇航制造业已被广泛采用,而且其用量有逐年上升的趋势。但钛合金的切削加工性非常差,从而限制了钛合金的应用。钛合金的相对加工性 K_r (相对于45钢而言, $K_r < 0.5$ 时属于难加工材料)约为0.2~0.4,属于典型的难加工材料。在钛合金中又按 β 型钛合金、 $\alpha + \beta$ 型钛合金、 α 型钛合金为序其可切削性逐步增加,而纯钛的可切削性最好。为使钛合金的应用范围更加广泛,进行钛合金切削加工性的研究具有非常重要的意义。

2 钛合金切削加工性分析

2.1 钛合金切削加工性差的原因

(1)切削温度高。钛合金的导热性差,切屑与前刀面的接触面积很小,切削温度约为切削45钢的2倍;

(2)钛合金在600℃以上时,与气体发生剧烈的化学反应。吸收气体后钛合金表面的硬度明显上升,钛与氧、氮产生间隙固溶体,对刀具有强烈的磨损作用;

(3)钛合金的塑性比较低,特别是当和周围的气体发生化学反应后,硬度增加,剪切角减小。切屑与前刀面的接触长度很小,使前刀面上应力增大,刀刃容易发生破损;

(4)钛合金的弹性模量低,弹性变形大,接近后刀面处工件的回弹量大,所以已加工表面与后刀面的接触面积特别大,摩擦也非常严重;

(5)粘刀现象严重。由于钛的亲合性大、切削温度高、刀具与切屑单位面积上的压力大,加上回弹量等诸多因素综合影响,切削时,钛屑及被切表层与刀具材料咬合,产生严重的粘刀现象,容易引起刀具强烈的粘结磨损;

表1 由万能铣床加工出的铣刀参数

工件号	1 #	2 #	3 #	4 #	5 #
第一测试点螺旋角	35°25'	35°05'	35°35'	35°35'	34°30'
第二测试点螺旋角	35°10'	34°35'	35°25'	35°15'	35°10'
第三测试点螺旋角	35°30'	34°20'	35°00'	35°15'	35°20'
第四测试点螺旋角	35°30'	34°40'	34°05'	35°45'	35°30'
第五测试点螺旋角	35°10'	34°40'	34°00'	35°05'	35°40'
平均值	35°21'	34°40'	34°49'	35°23'	35°14'
误差	1%	-0.90%	-0.50%	1.10%	0.70%

5 结语

本文提出的等螺旋角锥度铣刀加工新工艺不仅可以加工满足设计要求的等螺旋角锥度铣刀,也可

以加工普通的圆柱铣刀,对加工不同参数的铣刀,只要改变控制器的相应参数即可,这种工艺方法在圆满解决多品种、多规格锥铣刀生产问题的同时,也为此类刀具加工所用机床的选择和改造提供了科学的理论依据和实践经验。

参考文献

- 1 机械工业职业技能鉴定指导中心编.高级铣工技术.机械工业出版社,1999 219~230
 - 2 陈光弼.等螺旋角锥铣刀制造实用技术.航天工艺,1991(12) 38~45
- 第一作者:周凤臣,工程师,长春大学科研处,130022 长春市

收稿日期:2005年5月

(6)表层硬化严重。加工钛合金时除了塑性变形产生的表层硬化外,另外由于钛元素化学活性大易形成污染层而导致表层硬化。

2.2 钛合金加工时应注意的问题

根据钛合金切削加工性差的原因和切削特点,在加工时应考虑以下几个方面:

(1)加工钛合金时,不宜使用YT类硬质合金刀片。因为YT类硬质合金刀片中含有钛,它会与被加工的钛合金发生亲和作用,粘掉刀尖。应尽可能使用YG类硬质合金刀具,因为钨钴类硬质合金与钛合金化学亲和力小、导热性好、强度也较高。低速下断续切削时,可选用耐冲击的YG8硬质合金刀片;精车和连续车削时,选用YG3刀片;一般加工选用YG6X刀片。

(2)由于钛合金回弹量大,后刀面与加工表面接触面积大。为减少后刀面与加工表面间的摩擦,需加大后角。从刀具耐用度来看,后角小于或大于 15° ,都会降低车刀的耐用度。此外,后角为 15° 的车刀刀刃比较锋利,并可降低切削温度。因此,大多数切削钛合金的车刀采用 15° 后角。

由于钛合金在切削过程中,会与空气中的氧、氢、氮等形成硬脆化合物,加速刀具磨损,因此钛合金切削应采用较小的前角;另外,钛合金的塑性低,切屑与前刀面的接触面积小,为了降低切削温度也应选用较小的前角。实践表明,在保证工件加工质量的前提下为达到刀具的使用寿命,采用硬质合金刀具车削钛合金时,刀具的前角通常取 5° 左右。

(3)切削速度宜低,以免切削温度过高。高的切削速度使切削刀具剧烈地磨损,并且使钛合金具有从周围大气中吸收氧和氢的能力,产生所谓“组织的 α 化”,并使加工表面强化;进给量应适中,过大易烧刀,过小则因刀刃在加工硬化层中切削而磨损过快;切削深度可较大,使刀尖在硬化层以下切削,有利于提高刀具耐用度。通常在选用切削速度和进给量时,以保持切削温度在 800°C 左右为宜,即当进给量 $f=0.11\sim 0.35\text{mm/r}$,取切削速度 $v=40\sim 60\text{m/min}$ 。

(4)加工时须加冷却液充分冷却。

(5)切削钛合金时吃刀抗力较大,故工艺系统需保证有足够的刚度。由于钛合金易变形,所以切削夹紧力不能大,特别是在某些精加工工序时,必要时可使用一定的辅助支承。

3 改善钛合金切削加工性的方法

改善难加工材料的途径是很多的,首先是通过热处理改变材料的金相组织和物理机械性能以改善

切削加工性;第二就是通过调整材料的化学成分以改善切削加工性;第三采用合理的加工方法和改善切削条件,包括:

①选用合理的刀具材料;②改善切削条件;③选择合理的刀具几何参数和切削用量;④重视切屑的控制;⑤采用合理的加工方式。

钛合金加工性差的原因不在于切削力的大小,而在于加工钛合金时切削温度比较高(切削温度达到 1000°C 以上)。钛合金在切削温度高于 600°C 以上时,钛合金的钛元素很容易与空气中的氧、氮、氢等发生化学反应,从而产生污染层,使工件硬度增加、切削加工性变差。此外,钛合金材料的热导率低、弹性模量小,切削时切削热不易散失,切削温度较高。高的切削温度将直接影响切削表面质量,主要涉及到加工表面的应力分布状态、表面组织结构、冷作硬化程度以及加工产品的变形程度等问题。因此,切削温度是钛合金加工性差的主要因素,通过改变工件的切削温度改善其切削加工性能,是提高钛合金加工质量和效率的重要技术手段。此外,钛合金随着温度降低,塑性、韧性下降,硬度、脆性增加。因此,钛合金适于低温切削加工。

低温切削是一种干式切削,是绿色制造工艺的一种。因此,低温切削钛合金无论可行性还是经济性都是可行的。

通过对BT20钛合金进行低温切削试验(采用液氮作为冷却气体)可知(见图1):在保证工件同样的加工表面粗糙度情况下,低温切削时的速度明显大于常温切削时的速度,从而能够改善钛合金的切削加工性。

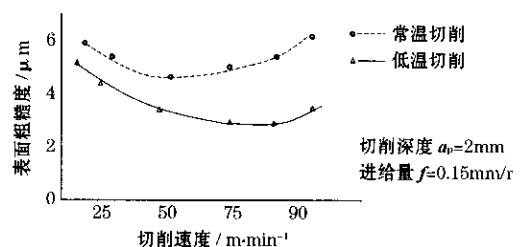


图1 切削速度对表面粗糙度的影响

4 结语

(1)低温切削中,切削条件和冷却温度的合理组合是低温切削的要点,若组合不当达不到预期效果;

(2)冷却方式对工件的加工效果起着很大的作用,根据材料的性质及实际情况,确定低温加工时的冷却方式。

回转体刀具 CAD/CAPP 关键技术的研究

潘昊亮 苏智剑 张爱梅 田小永

郑州大学

摘要 :基于面向制造的设计思想,采用制造法造型技术对回转体刀具进行了三维形体设计,同时对造型过程中涉及的与加工制造密切相关的工艺数据进行提取与存储,最终自动生成工艺卡文件,实现了复杂回转体刀具的 CAD/CAPP 系统集成。

关键词 :制造法实体造型, 工艺数据, 工艺卡, CAD/CAPP, 集成

Research on CAD/CAPP Key Technology of Gyration Cutting Tool

Pan Haoliang Su Zhijian Zhang Aimei et al

Abstract : Based on the design idea of aiming at manufacturing, three-dimensional molding design of gyration cutting tool is done by manufacture-molding technology. The process data are extracted and stored which are closely related to machining in process of molding to automatically generate the process card finally and realize CAD/CAPP system's integration of complex gyration cutting tool.

Keywords : manufacturing solid modeling, process data, process card, CAD/CAPP, integration

1 引言

在机械加工领域,复杂回转体刀具用途非常广泛。但由于其具有复杂空间曲面,按照传统设计方法,设计人员很难快速和高效地设计出所需的回转体刀具;其次,要在二维图纸上准确地表达出回转体刀具上的复杂曲面也是棘手的问题;此外,在一般的刀具设计和制造中,刀具的设计与其加工工艺的编制是分开进行的,许多工艺设计中所需的数据不能从 CAD 系统直接传输到 CAPP 系统,降低了工艺设计的效率。为此,本文提出了以制造法造型为基础实现复杂回转体刀具设计的 CAD/CAPP 系统的集成方法,并通过对现有 CAD 软件进行二次开发的方法构建了一套实用的回转体刀具 CAD/CAPP 系统。

2 制造法三维实体造型

设计与制造是两个密不可分的过程,在设计时要尽可能地考虑加工制造因素,如果所设计零件的加工工艺性较差或者难以加工制造,这样的设计结果是不能满足企业需要的。所以,在产品的设计过程中,引入面向制造的设计思想是很重要的。面向制造的设计思想要求在产品的设计过程中不但要考虑产

品的功能和性能指标,还要同时考虑其制造的可能性、高效性和经济性,即产品的可制造性。在复杂回转体刀具的设计过程中,采用面向制造的设计思想,对回转体刀具进行制造法三维造型,不但可以准确地设计出刀具的型面,还可以模拟其加工制造过程,是一种先进的刀具设计技术。

复杂回转体刀具,如复合孔加工刀具、复合铣刀、铰刀等,因为其具有复杂的空间曲面,很难用二维平面图来准确表示其具体结构。在采用 CAD 技术后,目前对这类刀具复杂曲面的设计主要采用两种方法:①通过啮合原理或测量得到刀具曲面上的一批离散点,然后用反求技术,对离散点进行曲面拟合,得到以参数方程形式表示的曲面数学模型^[1];②采用制造法造型技术构建刀具复杂曲面^[2~5]。虽然采用第一种方法可获得精确的空间曲面,但对设计者的理论水平要求较高,不便于在一般企业推广应用。相反,由于可以通过现有的各类 CAD 系统平台或通过对其进行二次开发来获得所需的制造法造型功能,因此第二种方法对一般制造企业来讲更便于掌握和应用。

以锥柄麻花钻为例,下面简要介绍制造法造型的原理。在麻花钻螺旋槽设计时,首先建立工件与加工刀具坐标系,刀具与工件的相对位置如图 1 所

收稿日期 2005 年 4 月

参考文献

- 1 魏树国. BT20 钛合金低温切削机理的研究[硕士学位论文],辽宁工程技术大学,2004
- 2 沈兴东,张鑫. 钛合金可切削性的研究及加工刀具设

计. 工具技术,2003(12)

3 毛文革. 钛合金的切削加工. 航空制造技术,2001(1)

4 周泽华. 金属切削原理. 上海科学技术出版社,1989

第一作者:魏树国,铜陵学院机械工程系,244000 安徽省铜陵市