

钛合金在数控车床上的切削加工

中国三江航天集团红林机械厂 (湖北孝感 432006) 邹峰 刘钢

钛合金因其性能的优越性,在航空、航天、石油、化工、汽车等工业生产领域得到了广泛应用,但在数控加工钛合金过程中,存在切削效率低下,刀具耐磨性差,切屑排屑困难等加工难题。为此,笔者通过反复研究和试验,总结出一套加工钛合金的方法,取得了较为理想的切削效果。

1. 钛合金的分类

钛合金是利用钛在不同温度下形成的两种不同组织结构,加入不同种类数量的元素,使其相变温度及相含量逐渐改变而得到的,钛合金主要有以下几类:工业纯钛 TA1,此类材料容易切削; α 钛合金 TA7,此类材料较易切削; β 钛合金 TB1,此类材料很难切削; $\alpha+\beta$ 钛合金 TC11,此类材料较难切削。

2. 钛合金的性能特点

(1) 强度高 钛合金密度小,强度高,其强度大于超高强度钢。

(2) 导热性差 钛合金的导热、导热系数小,仅为铝合金的 1/15,45 钢的 1/5,切削热不宜散发,势必造成切削加工过程中产生较大温差和热应力,导致刀具磨

损加快。

(3) 切削力小 钛合金的切削力虽然只有 45 钢的 1/2~1/3,但其切削与前刀面接触面积小,因此刀刃部位承受的压力远远大于切削 45 钢的压力。

(4) 化学性能活泼 钛合金在高温情况下,与空气中的 N 元素起化学反应,形成 TiN 加工硬化层。

(5) 钛合金摩擦系数大,变形系数小 钛合金切削加工时刀具与工件摩擦系数大,回弹变形大,工件容易受力变形,严重影响工件的加工精度。

3. 钛合金在数控加工中存在的主要技术问题

(1) 加工钛合金时,刀具磨损较快,更换频繁,有时加工一件活就需要换一个刀尖,严重影响产品表面粗糙度和尺寸精度,极易产生废品。

(2) 加工钛合金时变形较大,尺寸不易控制。

(3) 钛合金加工时,易产生带状切屑,易拉伤工件表面。

(4) 由于钛合金本身的材料特点,加工时,易造成刀具折断和损坏,需要加工者时常注意刀具的锋利和磨损程度。

又如 CrWMn 这种材料在退火和正火状态下硬度为 207~255HBW,属易加工材料,但经如下淬火、回火处理后,硬度达到非常高,难以切削。

表 3 不同热处理对 CrWMn 力学性能影响

淬火回火 (1)	加热至 830~850℃油淬, 320~360℃低温回火	54~58 HRC
淬火回火 (2)	加热至 830~850℃油淬, 180~220℃低温回火	60~64 HRC

故大家在制定工艺、选择刀具时,不光要知道是加工什么工件材料,而且要知道材料加工前经过什么热处理、化学热处理,实际合金成分,有否变化、实际已达到硬度为多少,这样才能及时采取相应措施,根据实际硬度才可选择合理刀具材料、相应的刀片几何形状、断

屑槽及切削条件等,目前在一些大的刀具厂商样本中,将碳钢与合金钢类被切削材料按硬度分成软钢 (<180 HBW); 180~280HBW; 280~350HBW; >350HBW; 淬硬钢等五类,分别推荐相应的刀具材料,断屑槽与不同的切削条件。

归纳这类工件材料的被切削性:当为软钢时,切屑易粘接、熔接在刀具上,易生成积屑瘤,加工表面质量不好,此时可用金属陶瓷刀片,因与软钢亲和性差、高速切削加工效果好;180~280HBW 的碳钢,被削性好,为提高寿命,可在刀具上加涂层,也可用金属陶瓷刀具;大于 280HBW 时,也可用涂层刀具,硬度更高或合金成分更多时,属其他类材料,在以后讨论。

(待续) (收稿日期:20070620)

4. 使用数控机床加工钛合金的方法

根据钛合金的性能特点和加工中存在的主要技术问题，以加工 $\alpha + \beta$ 型钛合金为例，在数控机床上加工钛合金时应注意以下问题：

(1) 车削钛合金时应避免选用 CVD（化学涂层）刀片，而应选用 PVD（物理涂层）刀片，使刀具具有非常良好的耐磨性和切削刃锋利性，且刀具在切削时不易因高温作用而与钛合金产生亲合性，造成刀具耐磨性变差。

(2) 车削钛合金时应选择功率大、刚性好，有较大变速和机床振动小的数控机床。

(3) 精加工时夹紧力不要太大，减小加工零件的变形量。

(4) 车削钛合金时应注意切削刀具及切削参数的选择（表 1、表 2），如选择不合适，必然造成加工效率低下，产品质量差。表 1 为切削刀具及切削参数的选择；表 2 为镗孔车刀几何参数的选择。

表 1 切削刀具及切削参数选择

刀具名称	材质	断屑槽形	进给量 $f/$ $\text{mm}\cdot\text{r}^{-1}$	切削速度 $v/$ $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$	背吃刀量 $a_p/$ mm	现加工零件数量	原加工零件数量
粗车外圆刀	KC 5010	FF	0.2	50	2	20	1
精车外圆刀	KC 5010	LF	0.15	50	0.25	30	10
外螺纹刀	KC 5025	CB	2	60	1.25	15	3
内螺纹刀	1020	C	2	55	1.25	30	3
镗孔刀	KC 5010	F1	0.15	50	1.2	20	10
钻头	高速钢		0.06	10	21	70	5
立铣刀	高速钢		0.02	8	2	60	5
内沟槽刀	CP50	FG	0.03	50	4	30	5
小孔镗孔刀	涂层硬质合金		0.04	15	21	70	20

表 2 镗孔车刀几何参数选择

加工方式	前角 r_o (°)	主偏角 κ_r (°)	后角 α_o (°)	背吃刀量 $a_p/$ mm	进给量 $f/$ $\text{mm}\cdot\text{r}^{-1}$	切削速度 $v/$ $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$
粗加工	18	93	0	6	0.2	50
精加工	10	93	7	0.2	0.12	60

(5) 断屑槽形如选择不合适，易产生带状屑，影响工作表面粗糙度和加工效率，钛合金加工时切削余量的选择不易过小，过小将使刀具磨损加快，刀具寿命短。

(6) 车削钛合金时应选用水基极压切削液，流量不能小于 15L/min，使切削加工时的切削温度控制在 600 ~ 800℃。

(7) 使用平底钻头或立铣刀时，注意切削速度，同时还要注意刀具锋利，刀具切削刃不要太平直，否则会因切削扭矩太大引起机床振动。

(8) 采用恒线速控制机床转速，以达到比较理想的切削效果。

(9) 在加工完成后，对工件轮廓按最后一次走刀路线再加工一次，消除因切削力造成的工件变形。

5. 结语

通过以上的加工方法，不仅解决了钛合金在数控加工中存在的问题，在实际生产中取得了较好的加工效果，而且还延长了刀具的使用寿命，提高了生产加工效率，使数控加工钛合金不再成为困扰加工者的一道难题。 (收稿日期：20070630)

《刀具》栏目征稿启事

征稿内容：

- (1) 新结构高效刀具及刀具的革新。
- (2) 如何选好、用好数控刀具、超硬刀具、进口刀具的经验。
- (3) 高速切削、干切削技术及其刀具的选用。
- (4) 难加工材料（淬硬钢、高锰钢、不锈钢、耐热合金、钛合金等）加工用刀具的选用。
- (5) 合理选用切削刀具，提高切削效率的经验。
- (6) 刀具系统的合理选用。
- (7) 刀具管理经验。

征稿要求：

(1) 稿件字数一般不超过 3000 字，插图应符合国家标准，图样清晰。

(2) 稿件最好通过 E-mail 或寄送光盘或软盘的形式发送到编辑部。

(3) 稿件请注明联系地址、邮编、电话以及身份证号码。

联系人：王天谏