

# 钛合金 TC11 深孔钻削刀片材料的选择

朱 林 王克印

(西安石油大学,西安 710065)

**文 摘** 在研究了钛合金材料切削性能的基础上,针对钛合金的特点,选用了五种国内常用的硬质合金刀片材料,对钛合金进行深孔钻削刀具磨损试验。结果表明,确定了适合钻削钛合金 TC11的硬质合金刀片材料。

**关键词** 钛合金,深孔钻削,刀片材料,刀具磨损,硬质合金

## Tool Material Selection for Titanium Alloy TC11 Deep-Hole Drilling

Zhu Lin Wang Keyin

(Xi'an Shiyou University, Xi'an 710065)

**Abstract** Based on the study of cutting properties of titanium alloy, and according to its features, five domestic commonly used cemented carbide cutting tool materials are selected to carry out tool wear experiments of deep-hole drilling for the alloy. The analysis of the experiments results shows the suitable cemented carbide cutting tool material for titanium alloy TC11 deep-hole drilling is identified.

**Key words** Titanium alloy, Deep-Hole drilling, Tool material, Tool wear, Cemented carbide

### 1 前言

随着科学技术的进步,特别是近年来宇航制造、原子能、电力、石油仪器仪表等行业的迅速发展,对机器及其零部件的材料性能提出了更高的要求。钛合金以其优良的力学性能、抗蚀性能、抗磁性能、抗高温氧化性能等,在上述行业得到了迅速的应用<sup>[1]</sup>。同时钛合金愈来愈多地被用来进行深孔加工。但钛合金属于难加工材料,对它的切削十分困难,再加上深孔加工的封闭特性,使其加工难度更大。因此,如何有效地对钛合金进行深孔加工是当前亟待解决的问题。本文通过试验选出适合钻削钛合金 TC11的刀片材料,对提高钛合金材料的可钻削性具有一定的现实指导意义。

### 2 钛合金的特性及加工特点<sup>[2]</sup>

钛合金的性能特点:(1)比强度高;(2)高温强

度高,热稳定性好,在 300~500℃ 时其强度为铝合金的 10倍,可在 500℃ 下长时间工作;(3)化学活性大,能与大气中的 O<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>、CO、CO<sub>2</sub> 及 Cl<sub>2</sub>、S<sub>2</sub>、水蒸汽、氨气等发生化学反应;(4)导热性差,钛的热导率很低,约为 Ni的 1/4、Fe的 1/5,而钛合金的热导率约为钛的 1/2;(5)弹性模量低 ( $E = 108 \text{ GPa}$ ),约为钢的 1/2;(6)抗蚀性好;此外,钛合金还有熔点高、常温回弹大、无磁等特性。

影响钛合金切削加工性的因素:(1)弹性变形大,接近后刀面处材料的回弹量大,后刀面与材料表面摩擦严重;(2)切削温度高,在相同条件下,为 45# 钢的 2倍以上;(3)易形成表面变质硬化层,导致加工表面的硬度和脆性增加;(4)黏刀现象严重,易造成刀具黏着磨损;深孔钻削中形成的切屑不易折断,容易发生阻塞,造成钻头崩刃。

收稿日期:2004-04-09;修回日期:2005-01-07

作者简介:朱林,1958年出生,教授,主要从事现代金属切削理论和刀具、难加工材料及 CAD/CAM等方面的研究工作

### 3 试验方案的拟定

为了提高钛合金材料的切削加工性,针对其特点,可从选择合适的刀片材料<sup>[3]</sup>、优化切削用量<sup>[4]</sup>和刀具的几何角度、增加系统刚度以及加工系统和冷却润滑液等方面考虑。以下着重从刀片材料的选择入手,对钛合金 TC11进行深孔钻削试验。

#### 3.1 刀片材料的选择

根据钛合金的加工特性,要求刀具材料必须具有以下特点:(1)刀片材料硬度必须大于钛合金的硬度;(2)足够的强度和韧性;(3)由于钛合金韧性好,加工时切削刃要锋利,因此刀具材料必须有足够的抵抗磨损能力,这样才能减少加工硬化;(4)由于钛合金化学活性高,因此刀片材料与钛合金亲合能力要差,以免形成溶敷、扩散而形成合金,造成黏刀。另外刀片还必须容易焊接在深孔钻头刀体上、容易刃磨和在切削热作用下不与切削液中的化学元素起反应等特性。

由于深孔钻削不同于普通车削,因此深孔钻刀片材料的选用较严格。根据深孔钻的特点,在选刀齿时要注意<sup>[5]</sup>:中心齿切削速度相对较低,刀齿的切削力最大,挤压严重,容易断齿,切削条件恶劣,应选用弯曲强度高、抗冲击性好的刀片材料;中间齿突出刀体较多,刃口两侧磨有侧后角,刀片材料应具有足够的强度和韧性;外齿切削速度和扭矩都是最大的,在钻削时很容易磨损,应选用耐磨性和红硬性好的刀片材料。目前国内外加工钛合金时,大多采用的是 YG类刀片材料,其中尤以 YG8的应用最为普遍。本次试验为了选择合理的钛合金深孔钻削刀片材料,没有局限于 YG类刀片材料的选择,试验范围还包括 YT和 YW类。

#### 3.2 试验条件

试验设备:C630改装的深孔钻床;钻头类型:多刃错齿内排屑(BTA)深孔钻头;工件材料:钛合金 TC11;刀片材料:YT798、YT726、YG8、YW1、YD15;切削用量:主轴转速  $n = 150 \text{ r/min}$ ,进给量  $f = 0.10 \text{ mm/r}$ ;钻头直径:  $68.5 \text{ mm}$ ;钻削深度:  $1235 \text{ mm}$ ;切削液:  $20^\circ$ 机械油。刀具角度<sup>[6]</sup>如图 1所示。测量仪器:Y6D-3A动态电阻应变仪、TYPE3036 X-Y记录仪、测力和测扭矩传感器、数字电压表、米尺、工具显微镜。

宇航材料工艺 2005年 第3期

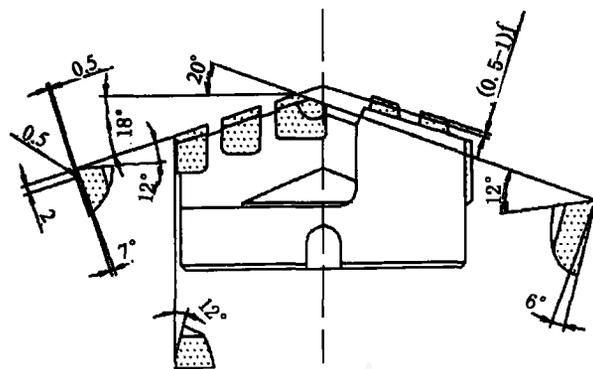


图 1 刀具角度示意图

Fig 1 Cutter angles

#### 3.3 试验步骤及评价指标的确定

用选出的五种不同硬质合金刀片材料制作成  $68.5 \text{ mm}$ 的深孔钻头,各钻头的几何参数和钻削长度相同,用相同的切削用量对钛合金 TC11进行深孔钻削试验。钻削后,测量钻头后刀面磨损量,找出磨损量最小的刀片材料。因为在 BTA 深孔钻的各刀齿中,外齿的磨损量是最大的,因此我们主要测量外齿的磨损量,测量数据包括外齿刀尖处后刀面磨损带宽度 VC值和外齿中间部分的后刀面磨损带宽度 VB值。

### 4 结果及分析

#### 4.1 试验数据

所测钻头后刀面磨损量数据如表 1所示。

表 1 五种不同刀齿材料钻头的磨损数据

Tab 1 Wear data of five drilling bits with different materials

刀片材料	刀尖处磨损量 VC/mm	中间处磨损量 VB/mm
YT798	0.149	0.056
YW1	0.098	0.051
YD15	0.067	0.041
YG8	0.052	0.023
YT726	0.020	0.014

图 2为在工具显微镜下,将五种深孔钻头的外齿放大后所拍摄的后刀面磨损情况照片。

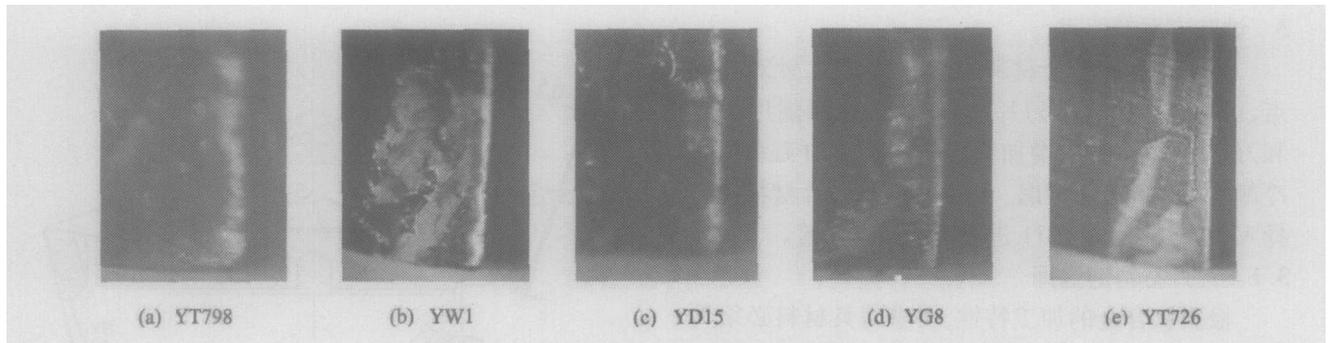


图 2 外齿后刀面磨损情况放大照片 42 ×

Fig 2 Magnification photos on the back side of the cutter

## 4 2 结果分析

从测得的钻头后刀面磨损量数据可以看出:无论是从刀尖的磨损量  $VC$  还是从外齿中间部分的磨损量  $VB$  来看,刀片的磨损是按 YT798、YW1、YD15、YG8、YT26 的顺序逐渐减少的。其中, YT26 刀片几乎没有磨损,后刀面上只能看到刀片在切削高温下产生的氧化膜, YT798 刀片后刀面磨损量最大,由图 2 可以明显的看出。

产生上述结果的原因,从刀具材料的分类来看, YT798 属于 P 类, YW1 属于 M 类,而 YT26、YG8、YD15 属于 K 类。由于 P 和 M 类硬质合金中含有较多的 TC 成分,因此这两类硬质合金极易与钛合金产生亲和性,磨损量较大。所以, K 类硬质合金应该是加工钛合金的最佳刀具材料。

从刀具材料的硬度来看, YT26 的硬度 (92.5 HRA) 高于 YG8 (89 HRA) 和 YD15 (91.5 HRA),这是 YT26 耐磨性较高的原因之一。

从图 2 可以看出,用这五种刀片材料钻削钛合金时,在后刀面上切削刃附近都产生了高温氧化膜(烧焦),说明钻削钛合金时的温度是比较高的。因此,选用良好的切削液,进行充分的冷却和润滑是必不可少的,这样可减少刀具与工件之间的黏着和扩散,减轻刀具磨损,提高刀具寿命。

对导向块的磨损进行观察。由于与外齿呈 90 方向的导向块承受的挤压力是最大的,因此主要以此导向块为依据。观察发现用这五种材料做成的导向块上都产生了黏着磨损、剥落磨损(图 3)。从磨损程度和面积来看,用 YG8 做成的导向块的黏着磨损量最少, YT798 导向块磨损量最大。

在 K 系中 YT26 的外齿耐磨性高于 YG8,而 YG8 的韧性高于 YT26。

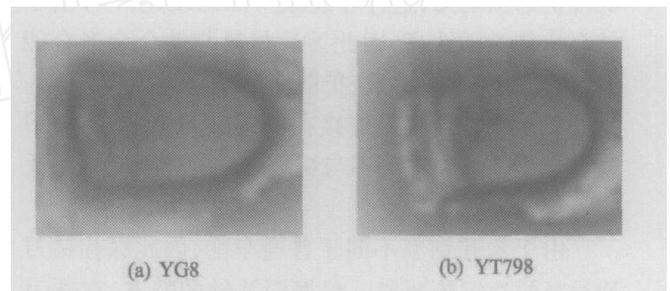


图 3 导向块磨损照片

Fig 3 Photos of the wearing guide pads

## 5 结论

(1)用所选的五种硬质合金刀齿材料,在钻削钛合金 TC11 时, YT26 的耐磨性优于其它材料。

(2)在设计深孔钻头时可以用 YT26 作刀齿材料,用 YG8 作导向块材料,这样的组合可以提高钻头的使用寿命。

### 参考文献

- 1 Ramulu M, Branson T, Kim D. A study on the drilling of composite and titanium stacks Composite Structures, 2001; 54: 67 ~ 77
- 2 韩荣第, 于启勋. 难加工材料切削加工. 北京: 机械工业出版社, 1996: 87 ~ 103
- 3 Chen Wenchou, Liu Xiaodong. Study on the various coated twist drills for stainless steels drilling Journal of Materials Technology, 2000; 99: 226 ~ 230
- 4 Gao C H, Cheng K, Kirkwood D. The investigation on the machining process of BTA deep hole drilling Journal of Materials Processing Technology, 2000; 107: 222 ~ 227
- 5 王世清, 朱林. 深孔加工技术. 西安: 西北工业大学出版社, 2003: 61 ~ 67
- 6 朱林. 小直径、超细长钛合金深孔钻削技术. 机械工程师, 2002; (6): 12 ~ 14

编辑 吴坚)