钛合金材料的切削加工

中国电科第三十八研究所制造部精密加工分厂 （安徽合肥 230031） 张宁健

1. 钛合金的材料特性

钛合金的比强度（强度与重量比）在金属结构材料中是很高的，它的强度与钢材相当，但其重量仅为钢材的57%。另外，钛及其合金的耐热性很强，在500℃的大气中仍能保持良好的强度和稳定性，短时间工作温度甚至还可更高些。钛合金具有比重小、热强度高、热稳定性和抗腐蚀性好等特性，但该材料切削加工困难、加工效率低。多年来，很多企业都在研究解决钛合金加工困难、加工效率低的技术难题。

2. 钛合金难切削加工的几种可能因素

（1）材料中含有硬度很高的质点，硬度或高温硬度高，加工硬化大。

（2）导热性差，切削温度高。

（3）化学活性大，特别是高温强度大，易与刀具粘接，造成其切削加工性差。

（4）钛合金在300℃以上高温下极易与刀具材料产生亲和，切削时刀具材料中的一些元素不是溶于钛中，便是与钛起化学作用，造成导热性差，热扩散率很小，切削温度很高，钛合金的切削温度比45钢高1倍以上。

（5）钛合金切削力虽然不大，约为碳钢的75%。但是切削钛合金时刀尖所受的应力却是切削碳钢时的15倍，造成钛合金加工硬化现象很严重，因而对切削加工性的影响也更大。

3. 用于钛合金切削的刀具材料

按照钛合金材料自身的加工特性，要求刀具材料应具有抗变强度高、硬度高、韧性好、热硬性好、耐磨性好及散热性好等性能。目前，国内外用于钛合金切削的刀具材料主要有：

（1）TiC（N）基硬质合金 有很高的硬度和耐磨性。

（2）涂层硬质合金 涂层刀具是在韧性较好的刀体上，涂覆一层或多层耐磨性好的难熔化合物，使刀具既有高的韧性，又有很高的硬度和耐磨性，涂层刀具的寿命比未涂层刀具要高2～5倍。

（3）陶瓷刀具 经高温高压烧结而成，具有很好的导热性和耐磨性及高的硬度，但是性质较脆，容易沿晶体的理体面破裂导致大块崩刃。

（4）聚晶金刚石PCD和立方氮化硼等 这是在高温高压下将微细的立方氮化硼CBN材料通过结合烧结在一起的多晶材料，具有很高的热稳定性（可

试验应用，我们找出的规律是：以1Cr18Ni9材料为例，调整垫片厚度为0.15～0.3mm时，定心刃（内刃）锋角$2\phi'=30°$，切削刃锥角$\varepsilon_r=25°$；调整垫片厚度为0.4～0.5mm时，$2\phi'=40°$、$\varepsilon_r=20°$。定心刃（内刃）和切削刃的高度差δ根据调整垫片的厚度进行调整，一般δ取$t+$（0.05～0.1）mm为佳。横刃长b_ψ不应过大，一般取$b_\psi=0.1\sim0.3$mm。切削刃的刃倾角就是麻花钻的螺旋升角。切削刃的后角根据材料和垫片厚度而变化，难加工材料和厚垫片前角取小，易加工材料和薄垫片后角取大；定心刃修磨成接近于圆锥形。切削用量方面，因为垫片很薄，所以在钻床上采用手动进给，切削速度为20m/min左右。

3. 结语

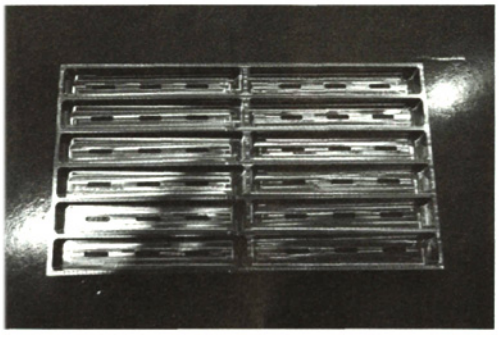
实践证明，本钻头在加工厚度为0.15～0.5mm的调整垫片时，具有加工方法简单、操作方便、加工效率高、加工成本低、孔周围不产生毛刺等优点，是加工超薄零件孔很好的一种刀具。**MW**

（收稿日期：20101223）

承受1 200℃以上的切削温度）、硬度和耐磨性。

4. 举例

附图所示是一待加工的钛合金零件，零件的设计工艺要求很高，平面度要求0.1mm、平行度±0.05mm、所有的型腔及缝槽的精度±0.02mm。高精度钛合金零件的加工，对零件的装夹、刀



钛合金零件

具路径及下刀点、切削参数和使用的刀具要求是非常严谨和匹配的，特别是在前期刀具的选用上。选用进口刀具固然好，但成本也高。以下是笔者选用国产合金刀具做的一组实验，供大家参考。

试验选用的是TiC（N）基硬质合金和涂层硬质合金两种刀，一系列工艺试验结果如表1、表2所示。

表1 TiC（N）基硬质合金试验情况

转数/（r·min^{-1}）	进给速度/（mm·min^{-1}）	切削深度/mm	试验结果
20 000	6 000	0.5	刀具磨损太快、失败
15 000	6 000	0.5	刀具磨损太快、失败
10 000	4 000	0.3	刀具磨损太快、失败
6 000	3 000	0.2	刀具磨损太快、失败
6 000	600	0.2	刀具磨损太快、失败
6 000	450	0.2	刀具磨损太快、失败
3 500	300	0.2	刀具磨损太快、失败
2 500	400	0.1	刀具磨损太快、失败

表2 涂层硬质合金试验情况

转数/（r·min^{-1}）	进给速度/（mm·min^{-1}）	切削深度/mm	试验结果
20 000	6 000	0.5	刀具磨损太快、失败
15 000	6 000	0.5	刀具磨损较快、失败
6 000	3 000	0.2	刀具磨损太快、失败
6 000	600	0.1	刀具磨损可以、零件变形0.4mm
6 000	450	0.1	刀具磨损可以、零件变形0.25mm
3 500	400	0.25	刀具磨损可以、零件变形0.4mm
2 500	350	0.5	刀具磨损可以、零件变形0.35mm
2 500	400	0.07	刀具磨损可以、零件变形0.08mm

从加工成形的零件检测结果来看：使用涂层硬质合金刀，转数2 500r/min、进给速度400m/min、切削深度0.07mm。这组数据的效果最好，基本到达了设计工艺要求，可以基本证实并分析出以下特性：

（1）涂层硬质合金刀能基本满足钛合金加工制造。

（2）采用低转速，降低刀具磨损、延长刀具使用寿命。

（3）快进给速度，每刀刃切削在0.08mm左右，不易产生加工硬化现象。

（4）小切削量，避免造成切削温度过高，产生变形。

（5）加工切削转速不能太高也不太低，在2 500～4 000r/min之间。

5. 结语

通过加工试验，验证了钛合金加工性能，得到了一组可行的加工参数。从这组数据可以说明，采用2 500r/min、进给速度400mm/min、切削深度0.07mm，钛合金零件达到了工艺要求，而且从刀具消耗来说，这种材质的刀具价格只有70元左右，成本较低。**MW**

（收稿日期：20101115）