

钛合金加工手册

国防工业出版社

钛合金加工手册

〔美〕H. 汉 森 执笔

王兰荪 李建瑁 译

沈昌治 许德源 校

国防工业出版社

OPERATORS' HANDBOOK
MACHINING TITANIUM
Prepared by H. Hansen
BOEING COMMERCIAL
AIRPLANE DIVISION, 1968

*

钛合金加工手册

〔美〕H. 汉 森 执笔

王兰荪 李建瑁 译

沈昌治 许德源 校

责任编辑 蒋怡

国防工业出版社出版

国防工业出版社印刷厂印装 内部发行

*

850 × 1168¹/₆₄ 印张1¹/₂ 35千字

1984年12月第一版 1984年12月第一次印刷

印数: 0,001—3,000册

统一书号: N15034·2777 定价: 1.05元

序

本手册是为加工钛合金零件的机床操作人员编制的。手册涉及到多方面的内容，是一本获得钛合金优良切削性能所必不可少的参考书。

手册中规定了各种钛合金的切削条件，叙述和说明了钛合金的切削特性、最佳切削方法和一些特殊的切削工艺。对实用的数据列了表格，对有关的术语下了定义，并尽可能用图说明。

然而，钛合金的切削技术一直是在发展之中。随着钛件的广泛应用，钛合金的各种加工工艺、方法和设备都将得到进一步完善。

目 录

钛合金	1
相对切削性	1
表面状态	3
切削加工注意事项	5
钛合金的污染	5
金属	5
切削液	5
标记材料	5
钛合金的易燃性	6
防火	7
火灾的控制	7
灭火	7
切削刀具材料	9
硬质合金	9
高速钢	10
刀具磨损	10

切削液·····	12
合格的切削液·····	12
切削液的使用·····	15
锯削固定设备·····	16
带锯·····	16
普通带锯·····	17
摩擦带锯·····	19
半摩擦带锯·····	20
电动钢锯·····	21
砂轮切割·····	22
砂轮·····	22
机床·····	23
车削与镗削·····	24
车削·····	25
镗削·····	27
刨削·····	28
切割板材·····	28
刨大平面·····	29
刨削挤压型材·····	30
磨削·····	31

砂轮磨削	31
表面磨削条件	32
砂轮规格	33
铣削	34
概况	34
刀具材料	34
刀具设计	34
外圆铣削	35
逆铣和顺铣	35
外圆铣削	37
外表面与棱边铣削	37
内表面——双角铣刀	39
内表面——外圆端面铣	41
槽端面铣	44
平面铣削	45
切屑的粘结	46
粗铣——普通平面加工	47
普通精加工平面铣削	49
高进给率平面铣削	51
雕刻铣	53
侧铣和双面铣	53

圆盘锯和金属开槽锯·····	54
钻削·····	57
固定钻削·····	57
钻头材料·····	57
钻头几何形状·····	58
切削速度·····	59
进给率·····	61
切削液·····	62
深度限制·····	63
精度·····	63
钻头寿命·····	63
干钻削·····	64
铰孔·····	65
铰刀材料·····	66
铰刀几何形状·····	66
切削速度·····	66
进给率·····	67
切削液·····	68
刀具寿命·····	69
铰孔尺寸·····	69
攻丝·····	70

几何形状·····	71
攻丝速度·····	71
切削液·····	71
刀具寿命·····	72
丝锥要求·····	72
丝锥·····	73
去毛刺·····	76
方法·····	76
设备·····	77
参考资料·····	81
硬质合金牌号分类表·····	82
切削速度表·····	86

钛 合 金

钛合金兼有重量轻、强度高和耐热性好等综合性能，特别适用于制造飞机结构件。因此，钛合金的应用在不断增加。在不久的将来，出现一种全钛飞机是很可能的。

相对切削性

令人遗憾的是，使得钛合金成为一种优良结构材料的许多特性给机械加工带来了许多困难。为了保证有效地加工钛合金，需要专门的技术、合适的刀具以及刚性好的设备，还要重视其他的加工细则。

此外，每一种钛合金宜采用不同的加工工

序，因为有些钛合金容易切削，有些很难切削；而且，同一种钛合金在退火状态下容易切削，而在进行完全热处理以后就很难加工。这就是说，每一种钛合金均有各自不同的“切削性”。

表 1 列出波音公司最常用的钛合金在不同热处理状态下的相对切削性。相对切削性是用来确定平均切削速率的一种指标。

表 1 钛和钛合金的相对切削性

热处理状态	钛 合 金			
	6Al4V	工业纯钛	8Al1Mo1V	13V11Cr3Al
I 退火	100%	300%	120%	80%
II 时效	70%	—	—	50%
IV 过时效	80%	—	—	—
V 二相退火	100%	—	120%	—

表 1 中之所以取退火的 6A14V 钛合金的切削性为100%，是因为这种合金在当时是最通用的一种合金。其他所有合金及其热处理状态均与这种合金相比较。例如，一种合金的切削性为50%，就意味着在进行同类切削时，它的切削速度比退火的 6A14V合金所规定使用的切削速度应当减少大约50%。

表 面 状 态

本手册推荐的方法是针对未污染基体材料的。然而，任何一种钛合金都可能有称为“ α 层”的脆性表面层，这种表面层使切削加工复杂化。

α 层经常在轧制板材、锻件和挤压件的表面以及热切割断面上产生，也可能在热处理和消除应力工序时产生。 α 层通常是很薄的，但是它的硬度却达到RC55。刀具在这样高的硬度表面上切削，会很快磨损。

在钛合金切削之前，推荐采用化学铣切方

法去掉 α 层。所有污染表面至少应当去掉0.015英寸。对于有麻点的不均匀表面，或有其他可见缺陷的表面（如氧化皮），应去掉更多一些。

对去掉热切割断面上的 α 层，化学铣削不能称是最好的方法。切实可行的方法是采用硬质合金刀具铣削。不过，这种方法的切削速度要比通常的低，也会缩短刀具的寿命。

在其他情况下，用砂轮或研磨机进行粗加工，这就要化更多的时间，而且要注意防止基体材料受热而遭污损。随后的零件铣切必须符合BAC5492的规定。

最终的方法是考虑使用高速钢（HSS）铣刀。如果表面层在零件转角处已被磨掉，则不能采用滚铣方法切削边缘，而要使用常规铣削方法，但切削速度要比通常的低，刀具寿命也会缩短。

切削加工注意事项

钛合金的污染

金属

铅、锡、镉和锌不能接触钛合金表面，否则会污染钛合金，而且很难去掉。在生产或使用过程中，这些金属的任何残余物都可能引起钛合金零件的裂纹。

切削液

切削液中的有些元素，如果不清除干净，也会污染钛合金。图纸规定可参考 BAC5008 “润滑液的使用” 或 BAC5492 “钛合金的机加和切削” 等文件，这些文件都规定了必要的控制措施。

标记材料

工艺说明书 BAC5307 对临时性和永久性的标记材料作了严格的限制，只有 BAC5307 许可的材料，才能用于钛合金。

钛合金的易燃性

通常情况下，钛合金是不燃烧的，但合金碎片和碎末（切屑或磨屑）则是可以点燃和燃烧的。

钛合金切屑不像镁合金那样容易点燃，也不会像镁合金那样强烈地燃烧。然而，在一定条件下，钛合金切屑也可以点燃和燃烧，并且很快变成炽热的灰烬。

采取一些简单措施就能防止大多数火灾，一旦着火，这些措施也很容易将火灾控制住。

所有机械加工操作人员必须阅读“工厂危险事故控制通报”（IHCB）第54号“钛”一节。它对钛合金加工的危险事故作了详细说明，并且规定了钛合金着火时需要采取的应急措施。

注：每当进行钛合金加工时，都应贴出引人注目的标志。

防火

可燃物受热会引起火灾。因此，可以通过减少热量来减少着火的机会。

- 刀具一旦变钝，就需更换，因为钝刀产生的热可以引燃。
- 如果钛合金表面受到污染，切削时应大大降低切削速度。因为这些污染物能产生火花，引起火灾。
- 应保持较高的进给率，使切屑变厚。厚的切屑不像薄的切屑那样容易点燃。

火灾的控制

- 经常清除机床周围的切屑，将它堆放在有识别标记的容器里。
- 不允许大量的切屑积存。切屑越少，燃烧可能性越少。
- 如果切屑堆积，而且又不能及时清除，则应在切削刀具离开后，用水基冷却液弄湿。

灭火

- 应保证随时备有适当数量的滑石粉。

● 采取 IHC B No.54 列出的各项应急措施
(见表 2)。

表 2 IHC B No.54 列出的灭火应急措施

火灾:

1. 通知消防队;
 2. 使用绝对干燥的滑石粉、碳酸钙, 或水基灭火剂。
而不能使用二氧化碳、四氯化碳或通常用的干化学灭火剂。
 - (a) 如果使用滑石粉或类似的粉剂, 则应:
 - (1) 均匀地撒一层 1 英寸半或更厚的粉末, 但要小心, 不得把燃烧金属扩散开。如果燃烧金属掉落在易燃物的表面上, 那么要在易燃物表面上撒一层 2 英寸厚的粉末, 把燃烧的金属铲到粉末层上。
 - (2) 对还在冒烟的区域, 应轻轻地盖上更多的粉末灭火剂。
 - (b) 水泵槽灭火器对扑灭少量钛屑的火是有效的。可以把水泼在火源上。
 3. 如果不能控制火灾的蔓延, 则应对火灾加以限制, 设法隔离未燃烧的金属层。
 4. 避免燃烧金属与混凝土地面接触。
 5. 对于大堆钛屑的火灾, 应集中灭火力量保护暴露的易燃物。
 6. 灭火时应戴上验证过的深色防护镜或其他防护眼镜。
-