

整体硬质合金刀具在航空业的应用

厦门金鹭特种合金有限公司 海 天

1. 航空材料的发展和特点

现代航空器使用的主要材料有：碳纤维复合材料、铝合金、钛合金和钢材。目前航空器上越来越多地采用碳纤维复合材料。加工碳纤维复合材料刀具要求刃口锋利且耐磨损；航空铝合金加工必须考虑排屑和润滑问题，可采用高速加工提高生产效率和产品表面质量；航空高温合金又称耐热合金，高温时强度高，属于难加工材料。

2. 碳纤维复合材料加工用整体硬质合金刀具

金刚石涂层硬质合金刀具是复合材料加工的理想工具，其特点是：硬度8 000~10 000HV，高热导率，涂层表面光滑，不受刀具几何外形限制。金刚石涂层硬质合金刀具能保证刀具刃口锋利，耐磨性好，复材不易被烧伤，不易分层，加工效率高。

目前，厦门金鹭合金公司开发亚微晶金刚石涂层、纳米晶金刚石涂层及多层复合金刚石涂层，如图1所示。多层复合金刚石涂层的特点是：纳米晶体涂层表面光滑，刀刃锋利、坚韧，耐磨损能力极强。

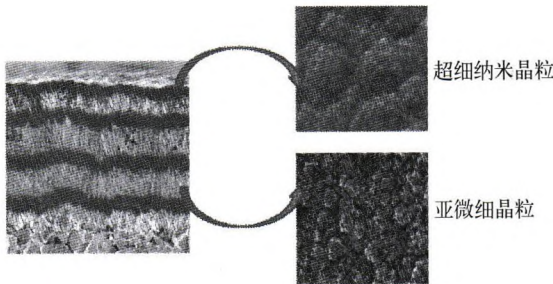


图1 多层复合金刚石涂层

碳纤维复合材料孔加工刀具具有：适合纯复合材料加工的钻铰复合刀具（案例见表1），W形复合材料加工刀具，倒角钻头。适合复材与钛或铝合金叠层板加工的刀具有：钻头、扩孔钻、铰刀及螺纹柄钻头。其中，螺纹柄设计适合于工作空间狭窄时

装配使用。

碳纤维复合材料侧边加工刀具包括：适合粗加工的左右交错菱齿立铣刀（案例见表2），适合精加工的人字形立铣刀，如图2所示。

表1 纯复合材料孔加工用钻铰复合刀具应用案例

合金刀具	金刚石涂层钻铰复合刀具D4.82×54×100		
加工材料	CFRP	切削方式	通孔，Atlas风钻
切削速度	$n=4\ 500\text{r/min}$		$v_c=68.1\text{m/min}$
切削量 a_p/mm	6		
质量要求	上下表面无毛边（见图3）		
结果	加工200孔，零件孔质量符合工艺要求		

表2 复材用菱齿铣刀加工案例

合金刀具	复合材料12刃菱齿铣刀D6×14		
加工材料	CFRP	切削方式	槽铣
切削速度	$n=6\ 360/\text{min}$		$v_c=120\text{m}/\text{min}$
进给速度	$v_f=636\text{mm}/\text{min}$		$f_z=0.008\text{mm}/\text{r}$
切削量/mm	$a_p=7$		$a_c=6$
质量要求	上下表面无毛边（见图4）		
结果	加工30m，零件孔质量符合工艺要求		



图2 复合材料加工刀具

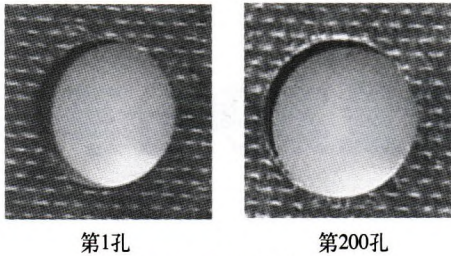


图3 复合材料孔

3. 航空铝合金加工用整体硬质合金刀具

航空铝合金铣削加工用整体硬质合金刀具分为3个系列：高速立铣刀、中速立铣刀和内冷立铣刀。以金鹭公司高速立铣刀为例：刀体采用减振结构，带修光刃，大圆弧槽排屑，刀具动平衡品质：22 000r/minG2.5，刀柄公差为h5，刃部跳动不大于0.005mm。该刀具适合高速型腔和侧铣加工。

金鹭公司D20×24×R3铝合金三刃长颈立铣刀（见图5），加工7075-T651，切削速度 $v_c=1\,256\text{m/min}$ ，进给速度 $f_z=0.2\text{mm/r}$ ，切深5mm，切宽5mm，圆弧顺铣，外冷却。加工42h后，零件表面粗糙度值 $R_a=0.8\mu\text{m}$ 。



图4 复合材料槽



图5 铝合金立铣刀

4. 航空钛合金加工用整体硬质合金刀具

钛合金加工用整体硬质合金立铣刀设计特点为：刀体合金棒材抗弯强度高，硬度高；采用减振设计，切削刃不

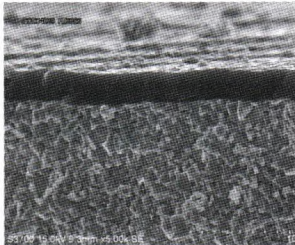


图6 AlCrN 涂层

等分布有效抑制振动；切削刃口采用强化处理技术，刃口锋利且强度高；刀具专用Cr-Al系涂层，耐高温，抗粘结磨损性能好（见图6）。

金鹭公司D12×24×R3钛合金4刃圆角立铣刀，加工TC4，切削速度 $v_c=80\text{m/min}$ ，进给速度 $f_z=0.048\text{mm/r}$ ，切深10.8mm，切宽12mm，内冷却。加工2h后，零件质量符合工艺要求。

5. 航空高温合金加工用整体硬质合金刀具

高温合金刀具采用细晶粒硬质合金，抗弯强度高，红硬性好；刃口钝化处理，采用Cr-Al系涂层。适合高温合金的槽型，切削刃不等分布，能有效抑制振动，如图7所示（加工案例见表3）。



图7 高温合金立铣刀

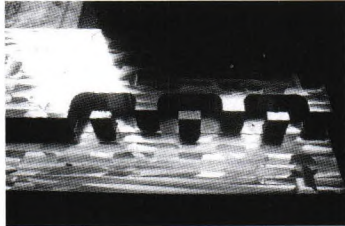


图8 加工零件图

表3 高温合金4刃圆角立铣刀应用案例

合金刀具	高温合金4刃圆角涂层立铣刀 $D12.7 \times R0.7 \times 25.4$		
加工材料	Inconel718	切削方式	侧铣+槽铣，外冷却
切削速度	$n=611\text{r/min}$	$v_c=24.4\text{m/min}$	
进给速度	$v_f=101\text{mm/min}$	$f_z=0.041\text{mm/r}$	
切削量/mm	$a_p=12.7$	$a_e=12.7/6.35$	
结果	加工12个型腔，零件质量符合工艺要求，表面粗糙度值 $R_a=0.8\mu\text{m}$ （见图8）		

MW（收稿日期：20131010）