

典型缘条类零件的加工方法

中国商飞上海飞机制造有限公司 金杰峰



上海飞机制造有限公司
Shanghai Aircraft Manufacturing Co., Ltd.

引言

结构整体化是新一代大型客机的发展趋势，已经成为现代先进大型飞机设计制造领域的一个重要标志，对研发周期、生产效率和制造成本等具有非常重要的影响。采用整体结构件可以大幅降低连接装配工作量，零件数量少，减重10—30%，密封性能好，结构整体性好。大型客机的带筋整体壁板、整体框和梁缘条等复杂形状结构件的加工均采用高速加工技术。



上海飞机制造有限公司
Shanghai Aircraft Manufacturing Co., Ltd.

高速加工系统



航空整体结构件对高速加工系统的要求



航空整体结构件高效加工目标

航空结构件高效加工目标

更好的质量

- ✚ 高表面质量
- ✚ 低变形加工
- ✚ 稳定加工
- ✚ 低切削力

更高的加工效率

- ✚ 更高切削速度
- ✚ 更高进给量
- ✚ 更大单位时间去除率
- ✚ 更短的停机时间

更低的生产成本

- ✚ 更低的单件加工时间
- ✚ 更少的刀具切削时间
- ✚ 更好的刀具利用率
- ✚ 干切削



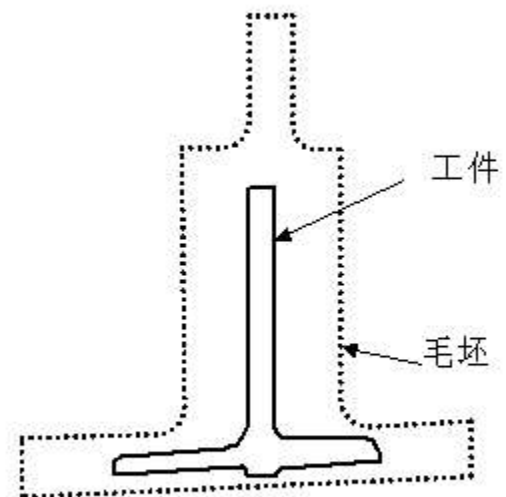
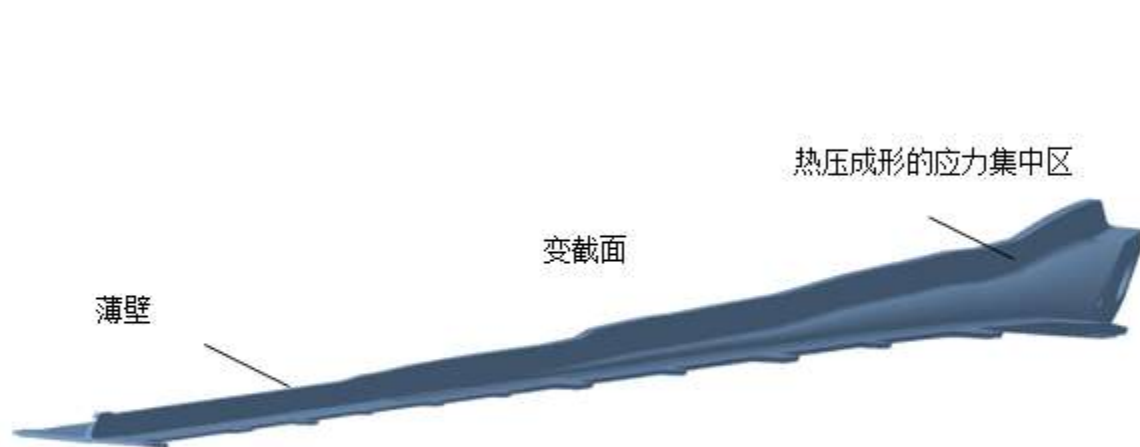
上海飞机制造有限公司
Shanghai Aircraft Manufacturing Co., Ltd.

缘条类零件工艺现状

大型客机梁缘条类零件是典型的大型航空铝合金结构件，是飞机机翼、水平尾翼、垂直尾翼上的重要零件类型。其零件特点是：长度尺寸大，机翼缘条可达20m；明显的薄壁特征，壁厚与壁高比可达1/30；零件截面形状变化大；存在复杂曲面特征。这类零件的这些特点给制造工艺带来了挑战，毛坯的材料去除量大、余量不均匀，大尺寸的薄壁特征易在加工后产生零件变形。

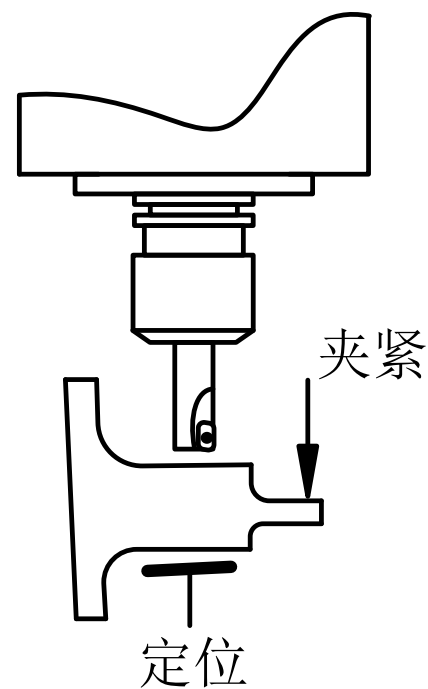
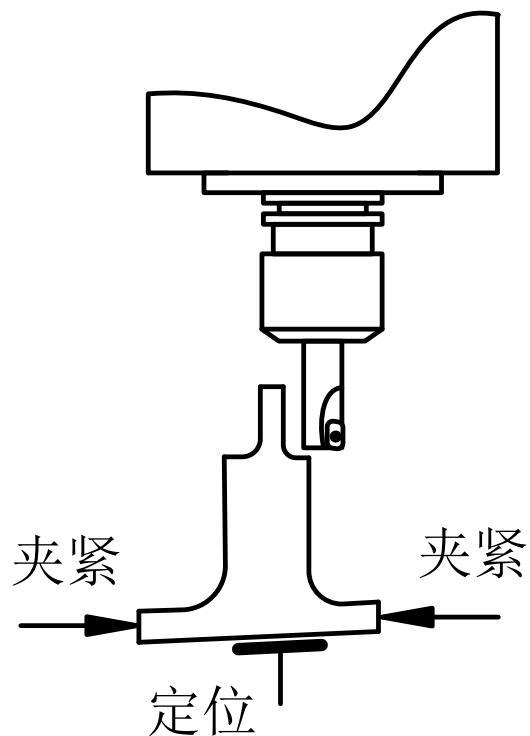


上海飞机制造有限公司
Shanghai Aircraft Manufacturing Co., Ltd.



上海飞机制造有限公司
Shanghai Aircraft Manufacturing Co., Ltd.

装夹方案对比（立装与卧装）

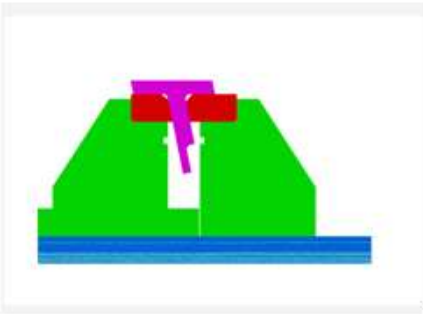
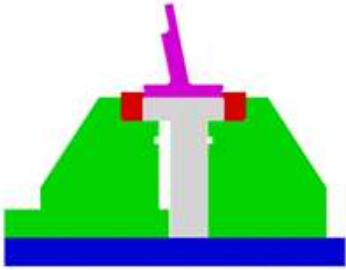


	卧式装夹	立式装夹
工装系统装卸效率	较低	较高
工装系统装卸难易程度	较难	较易
工装系统的柔性	较差	较好，可适用于相似零件
对加工工艺的影响	加工路径柔性较差 大切深加工 加工振动明显 加工表面质量差 切削力较大 加工变形影响精度	加工路径可控性较好 切削参数可合理优化 加工振动可以避免 加工表面质量好 切削力可控 加工变形小
对加工效率的影响	大余量毛坯材料通过切割等方式去除，效率较高	所有余量均通过切削加工方式去除，效率较低



上海飞机制造有限公司
Shanghai Aircraft Manufacturing Co., Ltd.

立式装夹示意图

夹具名称: ↻	梁缘条类零件立式液压夹具 ↻	
	一、三工位夹具 ↻	二工位夹具 ↻
装夹方式示意图: ↻	一工位: ↻  三工位: ↻ 	

加工变形控制策略



加工工序安排（以三工位为例）

第一工位主要完成：

梁缘条零件底面的粗加工；

第二工位装夹定位面加工。

第二工位主要完成：

梁缘条零件顶面的粗精加工；

筋板面及腹板面的粗精加工。

第三工位主要完成：

梁缘条零件底面的精加工；

割外形，去工艺搭子。



上海飞机制造有限公司
Shanghai Aircraft Manufacturing Co., Ltd.

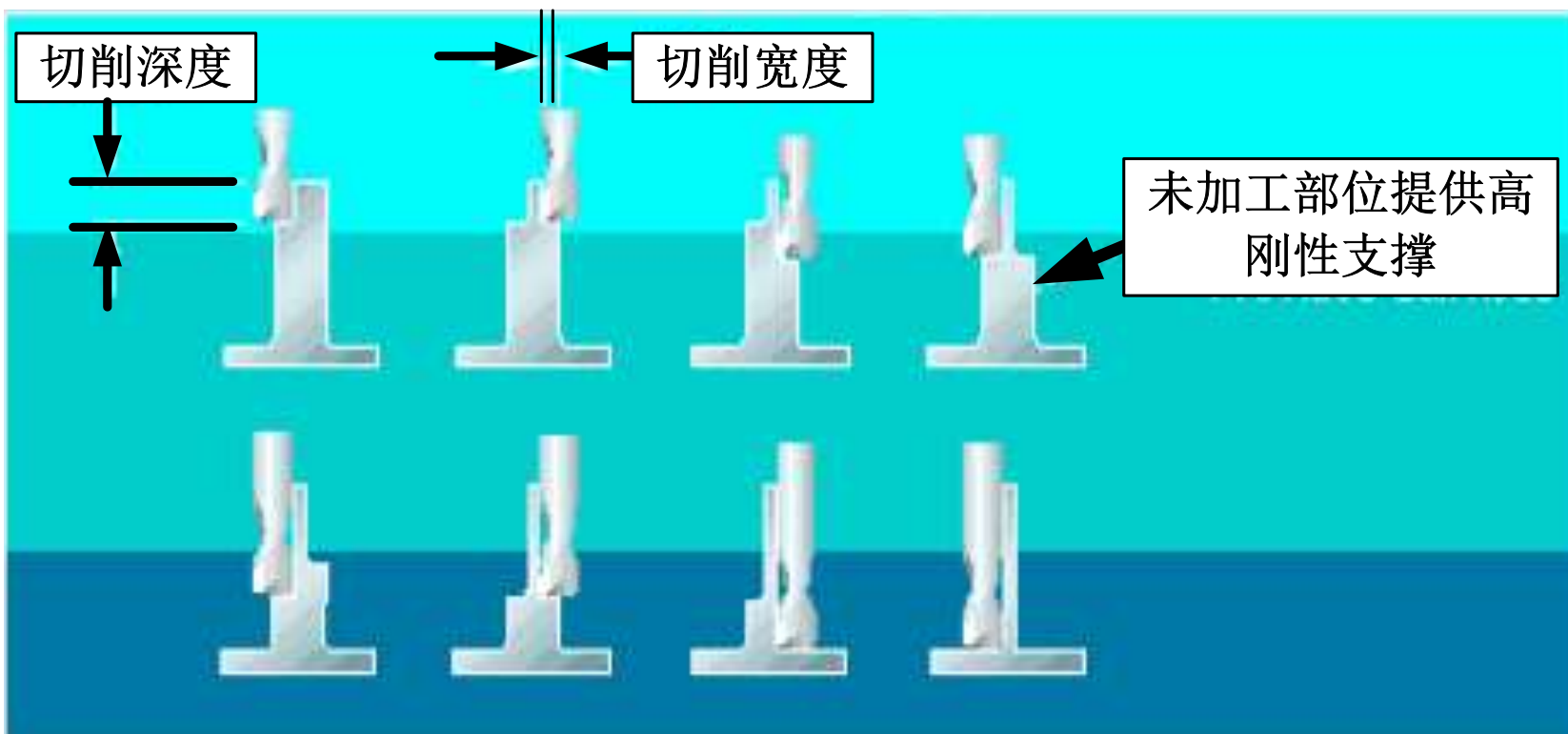
切削路径优化

对于缘条类零件，其主要加工特征为侧壁加工，径向切削力对加工变形的影响最大，刀具和工件的径向刚度对加工变形影响大，可采取的控制策略主要有：

1. 采用分层环切的刀具路径，可以使零件在加工过程中局部保持高刚度。



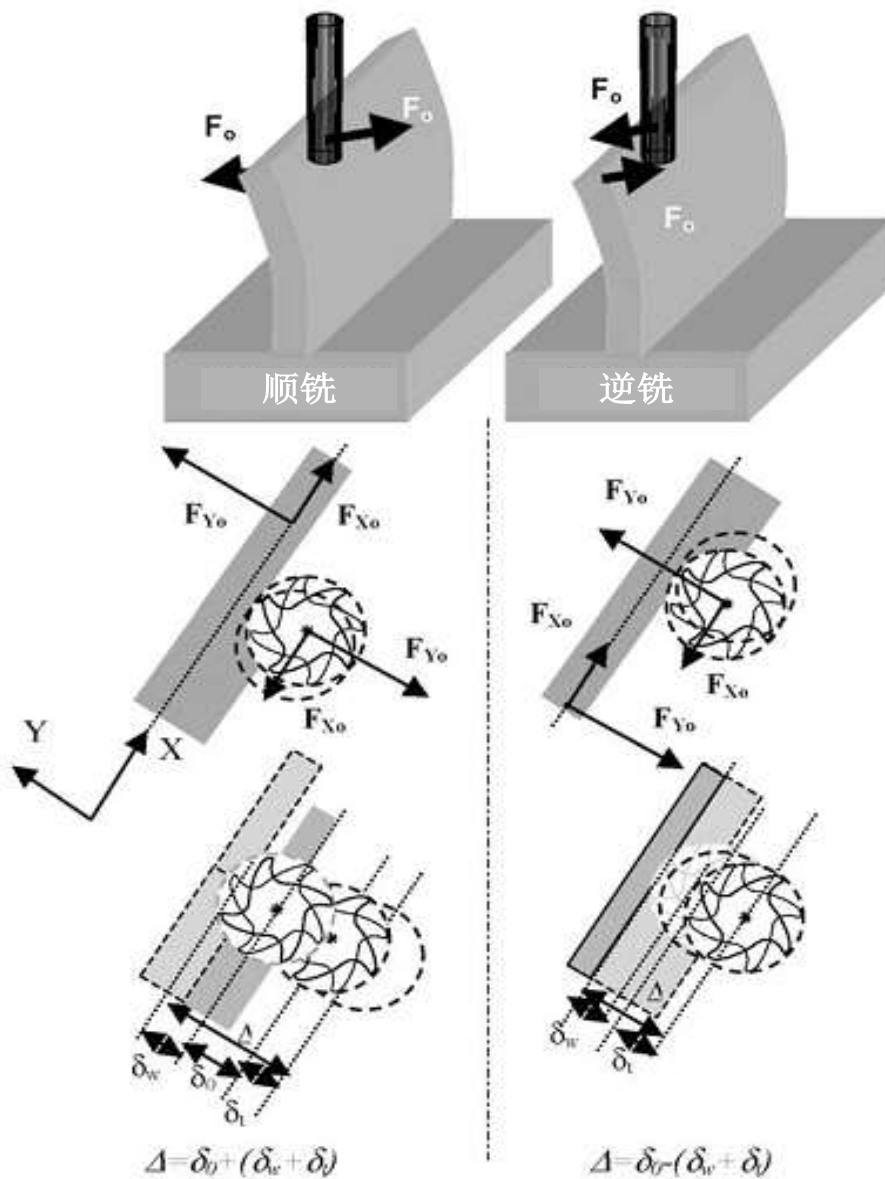
上海飞机制造有限公司
Shanghai Aircraft Manufacturing Co., Ltd.



2. 合理选用加工方式。根据加工情况不同，采用逆铣方式可以避免让刀造成的加工误差；采用顺铣方式可以避免由于刀具和工件相互靠近造成的过切。在梁缘条加工过程中，粗加工过程主要混合使用两种加工方式，可以省去机床来回的空载时间，提高效率。精加工过程，当不影响变形时，使用顺铣进行加工，这样可以提高表面质量。



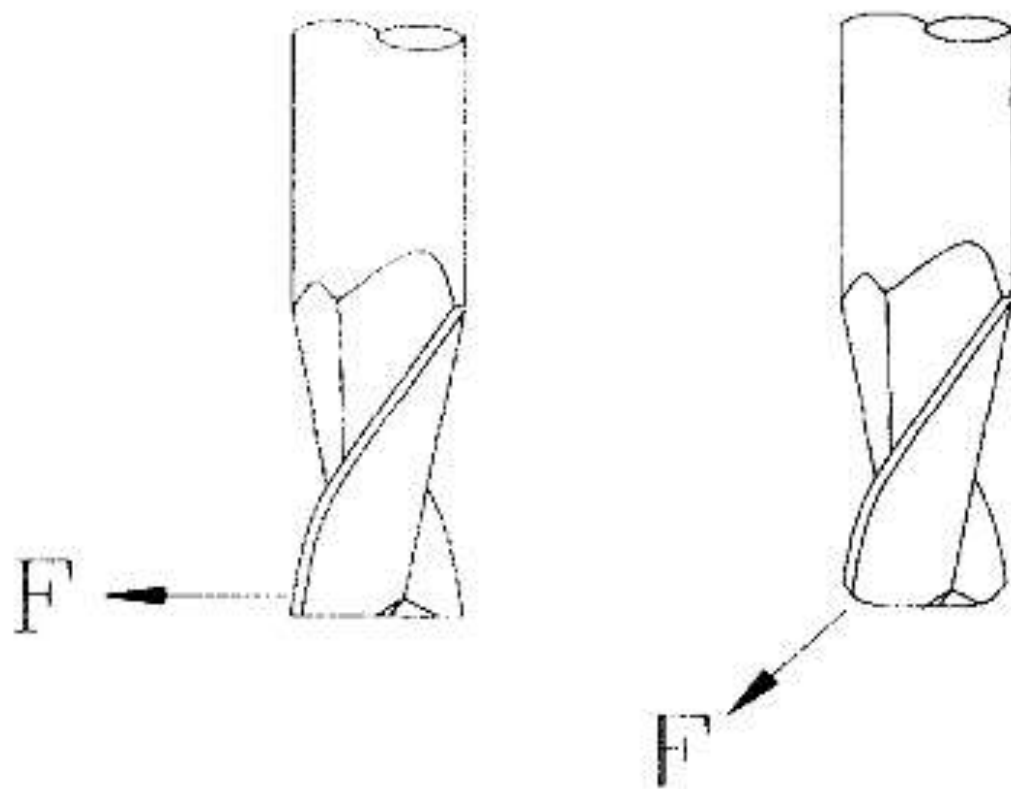
上海飞机制造有限公司
Shanghai Aircraft Manufacturing Co., Ltd.



3. 合理选择刀具参数。刀具圆角对切削力的分配具有重要的影响，在侧壁加工过程中，选用带有一定圆角的刀具，可以使加工过程中的径向力向轴向力转换。



上海飞机制造有限公司
Shanghai Aircraft Manufacturing Co., Ltd.



上海飞机制造有限公司
Shanghai Aircraft Manufacturing Co., Ltd.

切削刀具分析

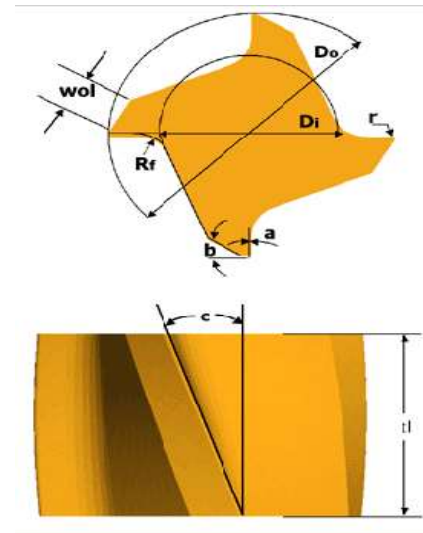
刀具材料、切削方式确定后刀具切削部分的几何参数就成为影响刀具性能的主要因素，对切削变形、切削力、切削温度和刀具磨损等有着重要的影响。在铣削加工中刀具重要的几何参数有：刀具的前角、后角、螺旋角等。



上海飞机制造有限公司
Shanghai Aircraft Manufacturing Co., Ltd.

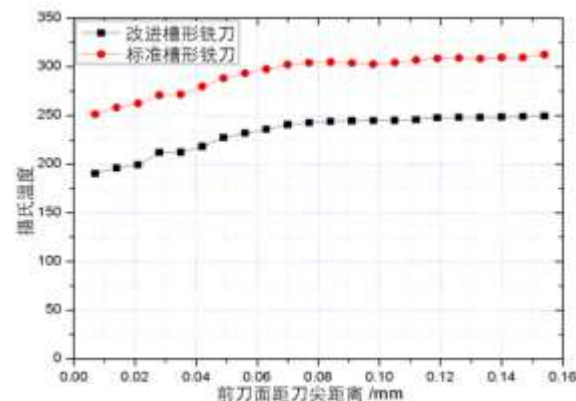
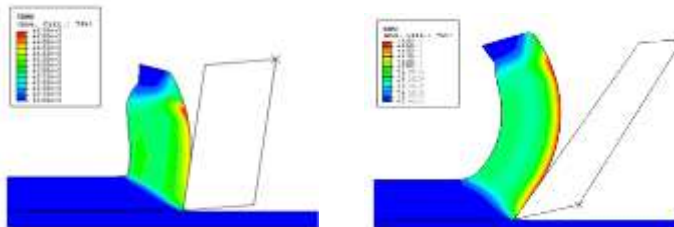
前角

- 前角较小时，切屑流出阻力较大，使得切削力增大。但是当前角过大时，因刀具散热体积较小，所以导致切削温度的上升。故此前角的选择需要根据具体铝合金的性能和加工条件进行优化选择，以期达到更好的加工效果。



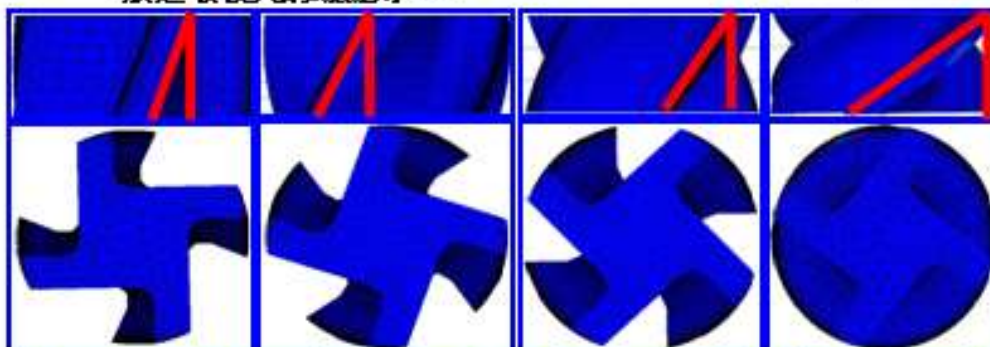
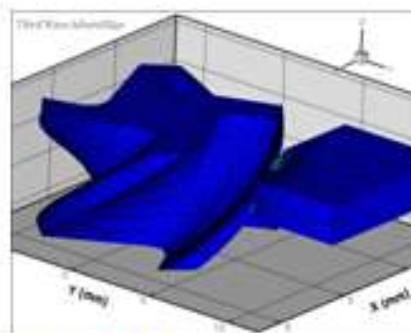
后角

- 由于高速铣削铝合金时，进给速度很高，刀具后刀面和已加工工件表面之间的第3变形区就成为不可忽视的一个发热源。为了减小刀具和工件之间的摩擦，需要选取较大的后角。



螺旋角

- 螺旋角影响了切屑流出的方向和各切削力的大小，因为铝合金是塑性材料，切屑形态为带状切屑，为了改善排屑条件，一般选取较大的螺旋角。



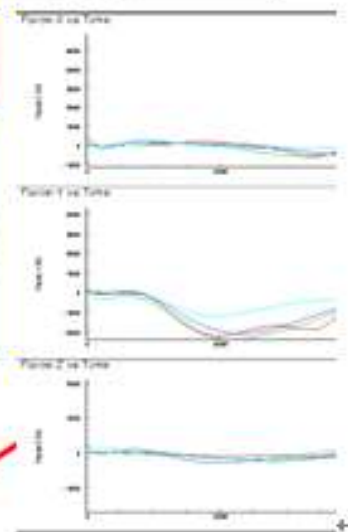
20deg

30deg

35deg

55deg

随着螺旋角的增大，y方向（径向）的切削力减小，x,z方向的切削力影响不大。



现如今，刀具结构的变革正朝着可转位、多功能、专用复合刀具和模块式方向发展，刀具结构不断创新。



上海飞机制造有限公司
Shanghai Aircraft Manufacturing Co., Ltd.

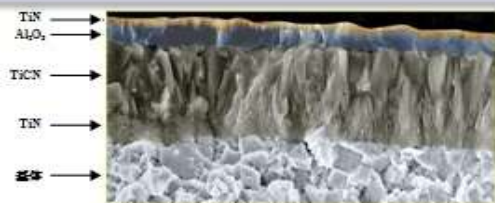
刀具结构

- 可转位、多功能、专用复合刀具和模块式方向发展，刀具结构不断创新。



刀具涂层

- 多层梯度复合涂层和高强度耐热纳米涂层。

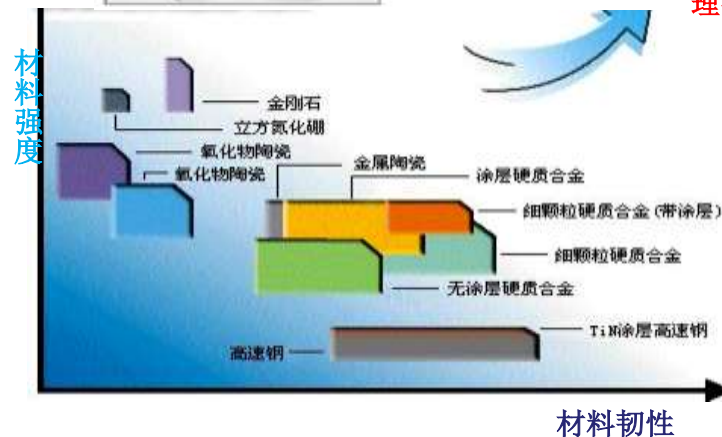


刀具材料

- 超细晶粒硬质合金刀具和超硬材料刀具获得广泛应用。



理想材料



谢 谢！



上海飞机制造有限公司
Shanghai Aircraft Manufacturing Co., Ltd.