



图1 轻结构材料是飞机制造工业发展的推动力。在过去的20年里，飞机制造领域中CFK碳纤维增强材料的用量已经从原来的7%增长到了现在的50%左右

刀具

量体裁衣的 PKD 刀具

在切削 CFK 碳纤维增强材料时，压力型刀具是避免碳纤维层脱落的最佳解决方案。利用这样的加工刀具可以提高 PKD 切削加工设备的进给速度，延长切削刀具的使用寿命。这样，在 CFK 碳纤维增强材料的机械加工中使用 PKD 刀具比用 AlTiN 刀具进行切削可降低 38% 的加工成本。

文 | DIETHARD THOMAS

汽车工业和航空航天工业对碳纤维材料的需求呈现出超常规的发展趋势，同时也在其他方面的应用带来了很大的吸引力及许多新的合成材料产品。

碳纤维材料产品的产量有明显提高。这也就导致人们要重新思考碳纤维材料产品的生产过程：从人力手工加工到工业化大批量生产，其中包括降低生产成本和提高生产

过程的可靠性。

重量和强度之比应尽可能地小

碳纤维材料产品的整个生产过程在之后的发展中将会更加强烈地受到一系列影响因素的制约，其中影响最大的环节是碳纤维合成材料性能的改进和新材料的研发。碳纤维合成材料最重要的特征参数就是

重量与强度之比了，这一参数应尽可能地小，并能够成为迄今为止轻结构设计、制造中最重要的基石。例如，CFK 碳纤维增强材料在很大程度上把铝合金材料挤出了飞机制造领域（图 1）。在过去的 20 多年里铝合金在所有飞机制造材料中的比例为 70%，而今天已经缩小到了 20%。与此相反的是：CFK 碳纤维增强材料在飞机制造中的比例却由

7% 增长到了 50% 左右。

从手工的单件制造到工业化的大批量生产，碳纤维增强材料零部件的生产制造始终伴随着生产工艺过程、机械设备和工艺装备的改进完善。迄今为止还没有什么通用的刀具，相反每一件刀具都要按照新的碳纤维增强材料零部件进行量体裁衣般地单独设计、制造。这里也没有常规的、通用的、且适合于各种切削加工的经验数据。

在碳纤维材料零部件的切削加工中，LMT 刀具工具厂有着 50 多年的塑料材料切削加工和 100 多年的工业化大批量生产加工刀具的历史和经验。LMT 集团在柏林、Onsrund 和 Kieninger 三地的专家们不断地开发出一些优化的塑料材料切削加工刀具系统，而开发成果连续不断地涌现只能是在与材料生产厂家、用户企业的密切合作中才能实现的。

应避免碳纤维材料层的脱落和散边

在创新性刀具设计中，除了具有过程可靠性的要求之外，加工质量也是一个主要要求。这里的加工质量主要是指碳纤维增强材料的散边和纤维层的脱落，即在刀具切削力的作用下应避免揭开合成材料的任一层。而避免 CFK 碳纤维增强材料在切削加工时复合层脱落的最佳解决方案就是使用压力型切削刀具。

LMT Onsrund 公司研发生产的铣削刀具 DFC Compression Mill (图 2) 具有规定的压缩点，该点以下的切削部位在切削过程中起拉削作用，其上的切削部位起铣削作用。这一刀具是专门针对中小壁厚碳纤维材料零部件的加工而设计的。用户可以从这种刀具很高的切削速度中获益匪浅：加工速度比传统刀具提高了三倍。这种铣刀有金刚石涂层和 AlTiN 涂层的类型可供选用。

由 LMT Belin 厂生产的 PCD Compression Mill 铣刀 (图 3) 使用的是钎焊的 PKD 刀片，它有着最大的容屑空间、很高的每齿进给量和很长的刀具耐用度。它与带有涂层材料的刀具相比较，这种切削刃锋利的刀具在粗加工时就能达到更好的表面质量。

PKD 刀片的刀具优点在切削加工过程中才会真正显现出来。利用这种刀具切削加工 CFK 碳纤维增强材料零部件时，其加工工时和机床设备的成本费用都可以比 AlTiN 涂层刀具减少 38%。而最具决定性意义的是这种刀具具有很高的进给量和很长的耐用度。



图 3 PCD Compression Mill 铣刀使用的是钎焊的 PKD 刀片，它有着很大的容屑槽

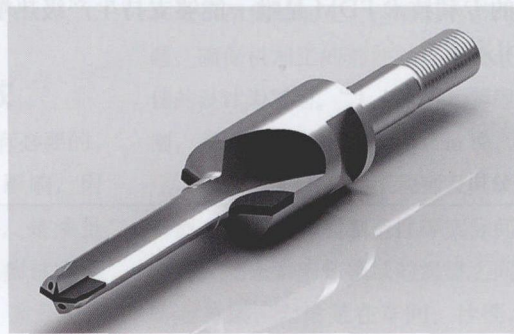


图 4 PKD 刀片的三合一多功能钻铰刀

PKD 刀具提供了极大的合理化潜力

整个使用寿命周期内的成本费用与整个使用寿命周期内的效率之比等方面的综合，平衡显示出 PKD 刀具有着最佳的加工效果，而且这种刀具是可以重新刃磨、反复使用的。因此，PKD 刀具在其使用领域内提供了最大的合理化挖掘潜力。

在 CFK 碳纤维增强材料结构件的铆接中，需要钻削、铰削铆钉孔、在铆钉孔口处倒角。在这三道加工工序中通常要使用三种不同的加工刀具。LMT 柏林厂的研发人员研发设计了一种一次完成钻、铰、倒角三道工序的刀具。这种被他们称之为三合一的钻铰刀具 (图 4) 以很高的功能集成而著称，因此有效地避免了断裂、毛刺和散边。

利用三种不同刀具来完成三种不同的加工与三合一刀具的加工工时相比较，三合一刀具的加工工时实实在在地缩短了 58%。[MM]



图 2 压力型铣刀避免了碳纤维材料铣削加工中的纤维层脱落和散边