[刀具]

开创航空制造业难加工材料的新蓝图

飞机设计师利用更轻、更坚硬、更耐热且抗蚀性更佳的材料来突破极限。这些材料需要最先进的刀具解决方案。

文 / 山高刀具（上海）有限公司

飞机设计的发展与全新材料的发展齐头并进。因此，现在的飞机能飞得更远、更快，载重量更大。与此同时，飞机使用更少的燃料，这意味着污染物排放量更少、成本更低。

有三种难加工材料可用于制造机身、机翼以及起落架和飞机发动机等硬件。它们分别是高温合金、钛合金和复合材料。后者包括全新的碳纤维增强塑料 (CFRP) 和较新的玻璃纤维增强塑料 (GRP)。一般情况下，CFRP 和 GRP 已被层压，或其表面已金属化（比如铝合金）。所有这些整体式材料和层压材料都很难加工。随着发动机温度的升高，发动机效率也相应提高。喷气式飞机发动机的发热区温度比以往更高，高温合金（主要是镍基和钴基合金）依然保持优异的机械和化学特性。与钢件组件相比，高温合金零件的尺寸更小，且重量更轻。发动机重量每减少 1 kg，就意味着在发动机服役期间可减少 150 000 美元的燃料成本。高温合金约占新型发动机总重量的 50%。钛合金可提供极高的强度重量比和优异的抗蚀性能。它们的强度与钢件相当，但重量仅有钢的 40%；它们的强度是铝合金的两倍，但重量仅比铝高 60%。从 20 世纪 50 年代开始，市场上可供应的轻合金明显无法满足机身和发动机零件更加苛刻的要求，这使得钛合金的重要性日益显著。

据预测，钛合金越来越广泛地应用于结构零件、起落架和其他硬件设备。复合材料（主要是 CFRP）在飞机中的应用也越来越普遍了。它们具备高的强度重量比、良好的抗蚀性能和低的热膨胀；它们的特性能被调整以满足特定的应用。CFRP 广泛应用于机翼主梁、机翼和机身蒙皮。复合材料由取自塑料基质的纤维组成，这些纤维还可用于织物造型而无需任何基质。波音 787 梦幻客机 50% 的主要结构（包括机身和机翼）由复合材料制成。

为何这些材料都这么难加工呢？高温合金和钛合金的高温强度意味着在切削温度下具有高的硬度和刚度，会对刀具的切削刃产生更大的切削力，从而导致切削刃的微崩和变形。在弯曲（在形成切屑期间）时并由于热导性不佳，这些金属会产生更多的热量，从而使切削温度达到很高的水平。随着材料的高温强度、韧性和延展性的增加，切屑的折断变得更困难。加工热处理合金经

常会产生磨损切削刃的磨粒，还会引起工件表面硬化，以致难以维持精密公差。加工过程中会损坏零件表面的金相完整性，降低疲劳强度。复合材料中的碳纤维有很好的韧性，导致切削刃迅速变钝。切削速度使用不当，会引起工件剥落和微崩，并形成毛刺。孔加工会引起高树脂含量的普通复合材料脱层以及高纤维含量的复合材料开裂。对于叠层（层压）的复合材料，在钻削过程飞溅出去的金属切屑可能会损坏此类复合材料的表面。

未来将会如何呢？激烈的市场竞争促使设计师们迫不及待地寻求更轻、更坚固且耐热与抗蚀性更佳的材料，以使飞机满足日益严峻的要求。冶金家、化学家和塑料工程师致力于研发可满足日后需要的材料。从不利的方面说，几乎可以肯定，已改善其物理和化学特性的材料更加难以加工，但这正是山高要着手应对的挑战。

山高提供一系列关于高效、高精密铣削、车削、切削和钻削航空材料的先进刀具解决方案。

带有 CVD 金刚石镀层的 Jabro™ 系列铣刀可降低磨损，专用于多层碳纤维和玻璃纤维等复合材料以及高性能工业塑料（比如聚醚醚酮 PEEK）以及蜂窝材料的无毛刺（顶部和底部）加工、侧铣、3D 仿形铣削、铣轮廓和铣槽操作。

对于加工 Inconel 和其他高温合金，Secomax™ PCBN 刀具拥有和碳化钨材料一样的使用寿命，但其切削速度快 10 倍，从而促使切削长度有所增加。Secomax CBN170 是全新材质等级，其中的晶须陶瓷粘结剂具有该应用领域无与伦比的切削刃强度。为了扩展用于钛合金和高温合金（分别是 T 和 M 槽型）的 Seco Feedmax™ 钻头系列，山高已经推出一系列带 CVD 金刚石镀层的全新整体硬质合金钻头，适用于对 CFRP 材料进行孔加工。凭借其特别研发的钻尖几何角度，能钻出高质量、不脱层的孔，同时金刚石镀层还延长了刀具寿命并提高生产率。此钻头系列包括常规（单一直径）钻头和带倒角的钻头（一体化钻头）。MM