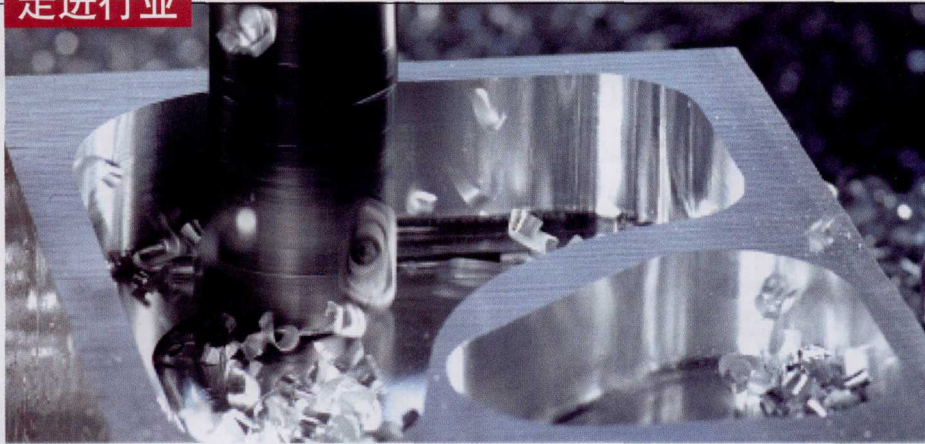




【刀具】

铝合金加工的新水平



航空工业铝合金零件的加工对刀具有很高的要求，刀具在具有高性价比的同时还必须满足高质量加工的需求，目前，整体硬质合金刀具逐渐取代了传统的高速钢刀具。

文 / 山特维克可乐满

航空工业铝合金零件的加工对刀具有很高的要求，刀具在具有高性价比的同时还必须满足高质量加工的需求。由于整体硬质合金刀具具有非常锋利的切削刃和槽型，其在铝合金精加工中切削力小，并且具有容屑空间大，排屑顺畅等优点，因此整体硬质合金刀具逐渐取代了传统的高速钢刀具。

此外，硬质合金的弹性模量大约是钢的3倍，这就意味着在负载相同的情况下，整体硬质合金刀



心轴式 CoroMill 790 铝合金切削刀具

具的变形量仅为可转位刀具的1/3。整体硬质合金立铣刀还可以做成螺旋刃，这样就能平稳地进行切入和切出，排屑也很平稳顺畅，这些都助于减小切削力的波动从而抑制由此带来的振动趋势。

可转位刀片刀具系统可以为粗加工和精加工带来潜在的优势，特别是使用25 ~ 100mm的中等至大直径刀具时，用于铝合金加工的可转位立铣刀无需重磨，具有更好的安全性、通用性和更高的金属去除率，具有无与伦比的性能。然而，很多情况下的精加工都不能达到所需的水平。但是，现在山特维克可乐满的CoroMill 790通过全新的切削刃、刀片、刀片座以及夹紧技术即可以实现。

CoroMill 790 的改进

在研发用于铝合金加工的新型立铣刀概念时，可以通过修改



CoroMill 790 铝合金加工

一系列参数来取得使用可转位刀片进行径向铣削时关键性的突破。主要的技术难点包括：平稳的切削作用；良好的切屑形成；极高的材料去除率；低功耗；很好的表面粗糙度和最小的接刀痕迹；确保高转速下刀具的安全性。

加工铝合金，尤其是在小余量切削的精加工时，可转位刀片刃口通常显得较钝，常常导致“犁削”效应的产生，切削刃也容易猛然切入工件，引起切削力突然增加。切削力的突然增加导致让刀过大以及功率需求过高。上述问题因切削刃的需求而变得更为复杂，精加工时必须使用锋利的正前角切削刃，而粗加工时为确保金属去除率，要求切削刃具有足够强度。因此，考虑到切削力、切削刃切入、切屑形成、稳定性以及刀片定位和夹紧，需要一种新的方法来使用可转位刀片。

切削刃上产生的切削力

当铣削刀具的切削刃切入工件时，猛然的撞击将引起刀具的振动。所产生的切削力主要取决于切屑厚度，该厚度与进给成一定比例。最初诱发的刀具振动将改变后续的

切屑厚度，随后当切削力变化而反过来引起加工系统的振动加剧时，该厚度可能还会继续增加。切削力的方向和变动幅度在很大程度上决定了振动趋势。此类再生振动也称作颤振，如果不加以抑制，切削力的变化幅度就会增大，从而使切削后的表面粗糙度下降，产生接刀，甚至导致切削刃和刀具损坏，此外还会对机床主轴产生不利影响。

为此，必须在切削开始时就抑制切削力的剧烈变动，从而抑制振动趋势，这也是采用防振刀具的主要原因。不过在许多情况下，这是通过对刀片结构参数进行优化而实现的。

建立合乎要求的模型（能够准确计算和预测切削力）是开发新刀片槽形的主要依据之一。随后，高级 FEM 仿真给出了许多答案，涉及刃线、前角和断屑器的组合式设计以及刀片后刀面上的切削刃新特性的开发与优化。这在很大程度上基于通过测定的模态参数而计算出的振动波形。

刃带的因素

众所周知，在铣削铸铁时，后刀面的磨损会形成一定程度的振动阻尼。后刀面的磨损区域与已加工面摩擦，吸收振动能量，从而导致振幅衰减。从逻辑上讲，该效应也应该能够用于抑制其他类型的铣削振动。该项技术所面临的难点是如何合理地将专门设计的后刀面磨损带用作主后刀面。为了获得正确的阻尼效应，它在刀片上的位置、角度、宽度以及用在切削刃上的范围都需要相当精确，并且与刀片上的其他设计因素也应具有正确的关系。

如果这种技术应用得当，起缓冲作用的后刀面刃带可抑制刀具变形量的增加，从而控制切屑厚度与

径向切削力。山特维克可乐满已获专利的新型刀片设计的秘密在于，当刀片有偏离工件的趋势时，其刃带将在刀具开始向后弯曲的瞬间与工件上相应形成的已加工曲面接触——从而防止在加工期间刀具振幅的增加。这意味着该刀片有持续的稳定效应，该效应也是切削作用的一部分。

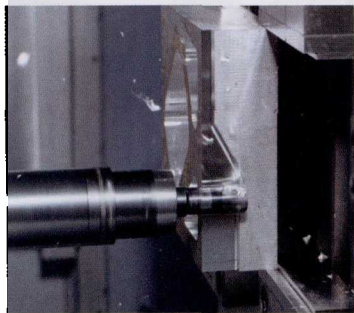
该技术成功的关键在于主后角刃带相对于刀片几何构型和刀具直径的尺寸和位置。然后，通过具有切削过程仿真功能的有限元分析来评估切削合力、切屑形成以及刀片中应力水平的分布。

直径的因素

对于径向切削力的影响来说，小到中等直径刀具刚性不好，较易发生偏斜，而大直径刀具则比较稳定，它们对防振的要求也不一样。此外还发现，进给率不是影响径向切削力的主要因素，在刀具不同的进给之间（通常每齿进给量为 0.25mm 和 0.35mm），径向切削力的大小只有很小的变化。对于典型的直径 25mm 铝合金立铣刀，其刀片上的刃带呈 1° 、0.1mm 宽，并且与曲线形切削刃完全匹配。

铝合金是一种具有良好可加工性的材料，其材料单位切削力约为钢的 $1/3$ ，熔点为 625°C 。这种低熔点意味着无论切削速度有多高，切削区的温度都不会超过 625°C 。在出现过度磨损、且对切削刃的强度没有影响之前，硬质合金刀片可以承受很高的温度。

更高的切削速度对功率的要求也会随之提高。事实上，铝合金高速加工时的一个常见问题是需要很大的机床功率，这往往会导致单位功耗下金属去除率偏低。因此，通常要求机床在高转速下仍能提供



CoroMill 790 立铣刀 CoroGrip Coromant Capto

尽可能大的输出功率——在高速加工铝合金时，由于刀具的改进而使所需功率降低是非常有益的。新型的 CoroMill 790 刀片设计就大大降低了功率要求。

轻松切入

在铣削加工时，为了防止初始切削力的急剧增加，切削刃需要尽可能地逐步切入工件（如沿着整体硬质合金立铣刀的螺旋线逐步切入），这将影响径向切削力的大小、方向以及增长率，并由此影响刀具变形以及工件形状误差的大小。

山特维克可乐满发现通过设计新型 CoroMill 790 刀片槽形进行设计，使其能够以更大的速度和深度进行切削，可产生有利的切入延长效应——显著减缓进入时的冲击效应，从而使零件径向铣削面的接刀误差最小化。通过加深刀片前刀面上的断屑槽，降低了切削力，优化切屑成形和排屑。这种槽形的刀-屑接触面更小，摩擦力更低，切削更平稳，能获得更大的切削深度。

尽管刀片的切削刃看上去因其更加锋利和断屑槽更深而显得较脆弱，但实际上其应力水平不会高于相对较钝的切削刃。借助更加系统化的设计方法、更完善精密的计算、仿真和测试手段，可以开发出更加合理的刀片结构，切削性能更加优异，而且足够安全。[MM]