

智慧铣削铝及铝合金策略

Gaby Zehavi, Andrei Petrilin

伊斯卡刀具国际贸易（上海）有限公司 上海 201108

摘要：基于铝及铝合金材料加工的特性，介绍了伊斯卡为实现高效高速加工、高金属去除率、易于排屑以及更好的抗振性等，精心设计和开发的多款铣刀系列产品。

关键词：铣削；铝；铝合金；铣刀；加工；刀具

1 序言

铣削铝及铝合金（以下简称铣铝）看上去是一个非常容易的加工过程，不直接参与铣铝加工的人们可能会持此错误观点。他们认为，采用经动平衡的、锋利的且抛光处理的刀具，并以最大转速旋转，设置中等进给速度，就可以像切黄油那样轻松地切削铝材。

2 铝加工特性

相比于钢的加工，加工铝及铝合金（以下简称铝）所需的切削力更小，因此铣刀切削刃承受的机械负荷相对较低。铝的导热系数高，因而铝加工过程生成的切屑会传导出大量的切削热，其结果是显著降低作用于切削刃的热载荷。源于以上属性，铣铝具有超高切削速度及进给的特征。然而，这并不能确保铣铝加工就会非常轻松。

铝的材料特性会导致切削过程易产生积屑瘤（BUE）。这一现象增加了作用于切削刃的机械载荷，使得高效排屑难以达成，破坏了旋转刀具的动平衡，导致整个加工过程变得低效。

采用错误的刀具也会影响切屑的排出。如果刀具的排屑槽容屑空间不足，铣铝过程生成的长切屑就会堵塞刀具。为克服这一障碍，需使用齿数更少的刀具或降低切削参数，但这种行为会对生产率带来消极的影响。

从可加工性的角度来看，铝并不是一种分布均衡的材料。合金元素（尤其是硅）、材料类型（锻

造、铸造）和材料处理方法都会影响切削性能。工件形状、工装条件以及加工需求（精度和表面粗糙度等）等因素增大了其自身的加工局限性，但同时这些因素也是选择加工策略及刀具时必要的考虑因素。因此，在许多案例中铝加工特别是铣铝加工，往往并不是看上去那么简单。

3 加工刀具

刀具制造企业在开发刀具时需要考虑铣铝刀具的特定特点。铣铝刀具开发成功的关键是对切削部分的几何形状、刀具材料及刀口处理方式做出正确的组合，此外还需对切削液供应做出优化。

铣铝主要应用在大型飞机部件如机翼部件、机舱门、机舱窗框等的加工中。通常而言，这类工件由整块材料制成，毛坯往往重达数吨，为得到最终所需形状的零部件，必须去除的材料质量常达毛坯质量的80%~85%。此外，全球汽车行业也是铝的一大消费领域，已引入大量硬铸铝材料用于汽车零部件的生产制造。虽然这一举措提高了这类零部件的耐蚀性，但同时也给加工中所使用的刀具带来了更易磨损的负面影响。

伊斯卡是一家全系列刀具产品供应商，已专门为铝的高效加工而设计开发出全套可转位铣刀。这些高品质刀具的每一系列都具有整体式或轻量化刀体设计、独特的硬质合金刀片夹持机构原理、带调整结构的刀夹、各种磨制及抛光的带不等刀尖圆角半径的刀具，以及在铝加工中非常普及的带多晶金

刚石（PCD）刀尖的刀片，绝大多数刀具带有贯穿刀体的内冷却通孔。伊斯卡HELIALU可转位铣刀系列能实现铝的高效高速加工（HSM），确保强大的金属去除率（MRR），获得高精度及出色的表面质量，可满足所有铝部件制造加工的全部品质需求。

金属加工工业中无论是制造大型铝部件还是制造小型铝部件，都需要尺寸更适中的铣刀，这些刀具的尺寸不适用于装夹可转位刀片，而整体硬质合金刀具则有着明显的优势。此外，整体硬质合金立铣刀的高精度使得其在大型零部件的精密加工中是无可比拟的。因此，伊斯卡大力参与先进整体硬质合金铣铝刀具的设计及开发。最近增添的革新产品进一步丰富了刀具的产品范围，再一次提升了为全球工业领域用户带来的价值。

伊斯卡ECR-B3-R-C系列整体硬质合金立铣刀带3个齿，可用于在高金属去除率下的粗铣加工。技术创新的立铣刀带有锯齿状切削刃，铣铝加工时（见图1）能将宽的切屑撕裂为易于排出的窄小切屑，



图1 整体硬质合金立铣刀铣铝加工中

同时还可提高抗振性能。切削液流经内冷却通孔直达每一切削刃，使得切削液不间断地输送至切削区域。这些独特的设计，结合抛光槽，显著提高了排屑能力，大幅提高了生产率。此外，刀具还进行了缩颈设计，将有助于在大悬伸加工中提高切削的稳定性。为什么ECR-B3-R-C系列整体硬质合金立铣刀仅有3个齿，而没有提供更多齿数？这是因为在铣铝加工过程中，最重视良好的抗振性能。各种研究及金属加工实践表明，三齿结构是90°主偏角的整体硬质合金铣铝立铣刀的最优设计。在高效铣削中，这种结构确保了容屑槽体积足够，这也是保证切屑流动所必需的，同时并不增大刀振。此外，铣铝立铣刀的主流齿型都是基于此，伊斯卡ECR-B3-R-C系

列立铣刀产品也不例外。

然而伊斯卡并不满足于现状，不断提高铣刀生产率的愿景促使伊斯卡开发出技术创新的四齿立铣刀——CHATTERFREE ECA-H4立铣刀系列，比三齿铣刀额外多出一个齿，不管是用于粗铣加工还是精铣加工，都有助于提高金属去除率（MRR）。尽管是四齿结构，但这个系列的立铣刀集不等螺旋角及不等齿距于一体，仍然具有令人印象深刻的抗振性能。此外，伊斯卡的刀具设计师们还成功地开发出芯部直径及排屑槽截面面积与现有同等直径三齿立铣刀ECA-H3相近的四齿铣刀。

为了满足模具工业及航空航天领域三维曲面精密加工用小直径铣刀的需求，伊斯卡最新推出了整体硬质合金球头立铣刀EBA-B2，带有抛光排屑槽，直径为1~6mm，专为苛刻而精密的需求而设计。该新系列铣刀还拓展开发了8~25mm直径的变形金刚可换头式立铣刀头MM EBA，如图2所示。



图2 整体硬质合金球头铣刀及变形金刚立铣刀头

变形金刚立铣刀系列组合刀具，包括不同配置及各种可换式铣刀头，是铣铝加工的理想刀具，尤其是在需刀具大悬伸的应用中。大悬伸整体硬质合金立铣刀由整体长度值相当大的高成本硬质合金棒料制成。尽管仅由立铣刀的刀头部分直接参与切削，但在刀具磨损或突然折损后丢弃的却是整个昂贵的棒料。而在这样的应用中采用变形金刚立铣刀的用户仅需更换切削刀头，相比之下，优势显而易见。

4 结束语

综上所述，公平公正地说，在睿智加工的前提下，铣铝是容易的。应用智慧、高效的加工策略，正确使用伊斯卡精选的铣刀，就能轻松得到成功的铣铝加工结果。

MW 20210828