

铣刀

整体硬质合金立铣刀的创新结构

可换刀头整体硬质合金立铣刀无论在刀体结构、加工能力、加工效率、加工质量还是经济性方面，较以往刀型都具有飞跃性的突破。

文 | 尚亚国际贸易公司

立铣刀在总体结构上，大致分为整体立铣刀和带可转位刀片立铣刀。两大类立铣刀为满足加工需要，各公司设计制造出不同尺寸的刀头、结构形状、螺旋角和齿数等系列产品。整体立铣刀材料过去主要是高速钢，为了提高加工效率和加工质量，目前硬度更高、更耐磨、刚性更好且加工精度更高的整体硬质合金立铣刀越来越广泛。由于是整体硬质合金，故价格比较贵，特别是大型且直径较粗的。于是就像车刀、面铣刀一样，立铣刀也装

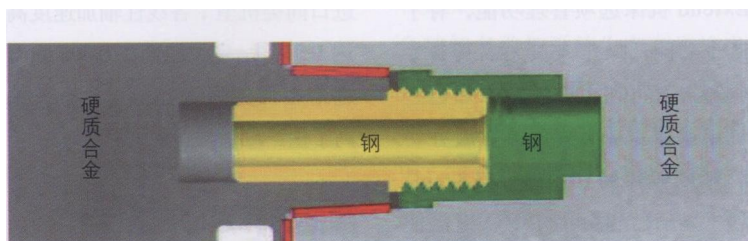


图2 刀头和刀柄的联结结构

上了可转位刀片，来顺应加工要求，可转位刀片可做成多种多样，构成不同功能的立铣刀。

小型模具型腔及小型复杂且零部件的成形表面，主要是用几种不同的整体立铣刀加工出来的。大型模具和大型零部件为经济起见，粗加工常用带可转位刀片的立铣刀加工，精加工用自身精度高、较昂贵且直径较细的整体立铣刀加工。目前整体硬质合金立铣刀直径大约由 $\Phi 0.1 \sim \Phi 25$ （高速钢可以做得较粗，甚至达到 $\Phi 60$ 以上）。带有可转位刀片的立铣刀就可以根据需要做到 $\Phi 160$ 甚至更大。但是它的最小尺寸会受到限制，因为使用的刀片要小，固定刀片的螺钉会更细，而受到的强度却不足制约。一般最小直径为 $\Phi 10$ 。功能单纯，个别情况，如只加工倒角等的立铣刀可能做得更细些，甚至做到 $\Phi 4$ 。

带可转位刀片的立铣刀由于较粗，为节省刀杆，许多公司开发了可更换的带可转位刀片的刀头。刀头损伤了，更换一个刀头可继续使用。由于连接的方式和尺寸一致，还可换其他加工功能的立铣刀刀头，加工零件的多种形状表面，从而实现工艺集中，一次装卡完成或大部分完成所有加工，大大提高工效和各表面相互位置精度。

可转位刀片的刀头可以更换，昂贵的整体硬质合金立铣刀磨损后，经过几次重磨，若达不到加工尺寸精度要求，就必须报废。这实在是很大的资源浪费。三菱公司为此开创性地开发了可以更换刀头的整体硬质合金立铣刀，此举意义非常重大，值得采用、借鉴并大力推广。这款世界首发的整体立铣刀杆+可换整体硬质合金刀头的iMX系列（图1），刀

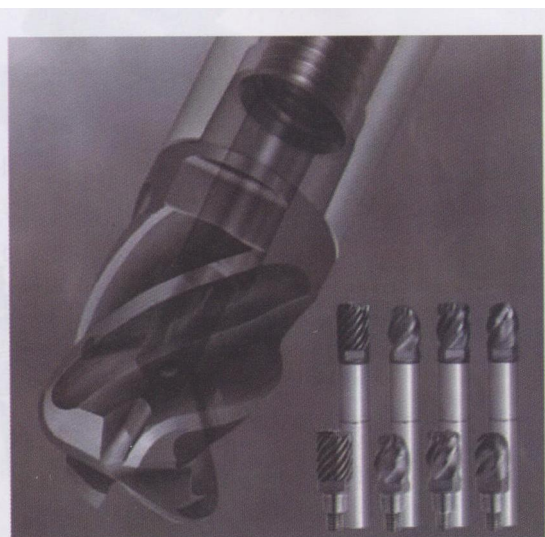


图1 iMX的几种刀头和刀柄

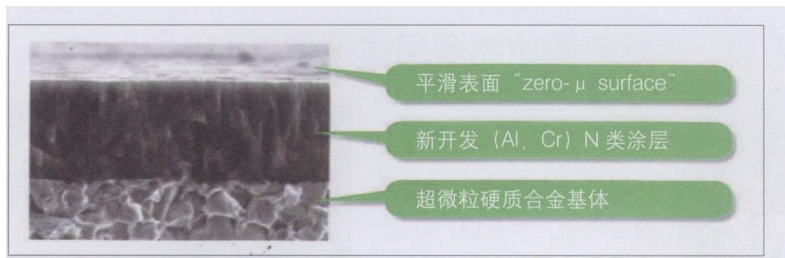


图3 涂层断面组织

头内和刀杆内都装有可构成螺栓螺母的结构, 该螺栓螺母结构为钢制, 耐冲击、韧性好, 可起到更换连接作用。两者的对中定位则是依靠两硬质合金件的圆锥体、圆锥孔和它们的肩面和端面实现的。这是刚性很高的两面约束定位方式 (图2)。钢刀杆的弹性模量是 2×10^4 , 硬质合金刀杆的弹性模量达 6×10^4 , 除连接部分是钢件, 支承定位安装部分完全是硬质合金件, 故可知刚性得到大大提高, 由于是两体结合, 故刚性稍次于整体硬质合金立铣刀, 但比其他结构的连接方式刚性高出许多, 约达 30%。为连接牢靠, 不同直径立铣刀规定了须达到的紧固扭矩数值。两体结合装配在一起, 径向振摆精度在 $\Phi 10 \sim \Phi 20$ 时, 可达 0.015。在 $\Phi 20$ 时, 也可在 0.02 以内。刀头更换轴向精度可达 ± 0.02 。

iMX 系列立铣刀除在连接结构上具有独特的优点外, 在涂层材料和刀齿结构上也有特色。涂层是采用新 SMART MIRACLE 技术生成的 (Al, Cr)N 涂层 (图3), 它的耐磨性能比起以往有大幅度提高, 且在涂层的表面进行了“Zero- μ ”表面平滑处理, Zero- μ 意为接近 $0 \mu\text{m}$, 这样使切削刃非常锋利而平滑, 摩擦系数小, 抗黏结, 并使排屑性能提高, 切削阻力降低, 刀具损伤小从而寿命得到延长。这种优秀的涂层材料的特点还包括:

- 在难加工材料的切削上发挥

作用, 可顺利地切削不锈钢、钛合金和 INCONEL718 等耐热合金。加工这些难加工材料时, 加水溶性冷却液效果更好, 寿命更高。

● 由于结构和材料的优势, iMX 系列立铣刀相比一般产品, 因切削力低, 故能提高进给量, 以更高的效率加工, 如加工钛合金 Ti-6Al-4V(32HRC)20 mm 宽的槽, 在立式加工中心上, 用 $\Phi 20$ 的 iMX 系列下挖式刀柄的立铣刀刀头, 以 $V_c=69 \text{ mm/min}$, 背进给量 $a_p=10 \text{ mm}$, 侧进给量 $a_e=20 \text{ mm}$, 悬伸长度 72 mm。此时每齿进给量可达 0.2 mm, 连接部分无损可靠, 可继续加工。而一般其他结构连接的可换刀头, 每齿进给量达到 0.12 mm 或 0.16 mm 时, 加工不久连接部分就已经损坏了。若以同样的切削条件加工 INCONEL718 耐热合金 (43HRC) 时, iMX 系列的寿命比其他结构的高出许多。

可换刀头整体硬质合金立铣刀和不能更换刀头的整体硬质合金立铣刀比较, 在经济上, iMX 立铣刀明显具有优势, 在加工过程中, 成本优势越来越大, 加工质量上也有优势, 因为一体的整体立铣刀为了持久使用, 磨损后需要重磨, 重磨使尺寸发生改变, 加工质量下降, 刀具性能降低。而 iMX 系列立铣刀不会发生尺寸变化和性能下降等情况。采用可换硬质合金立铣刀头不但节约资源, 而且对保护环境也具有深远影响。MM

