

铣削

实现复杂型面 更高质量更高效的铣削

模具、动力和航空等工业的一些零部件常具有复杂的型面，为加工这些表面可以利用数控机床多轴联动，以及先进的 CAM 软件，一般采用减少步进距离，密集进给点的分布用球面拟合切削以降低加工误差，但使用效率不高，特别是有些复杂的侧壁表面和较小的转角。尽管数控加工、智能制造等技术发展得很快，但最后执行切削的实际是靠小小的刀具，“公欲善其事必先利其器”，改进刀具研发出先进的刀具可以简化复杂的程序，更高效高质量地完成加工。



更多精彩请扫描二维码

文 | 章宗城，尚亚国际贸易公司



图 1 两种分段圆弧立铣刀（左：锥型；右：切向型）

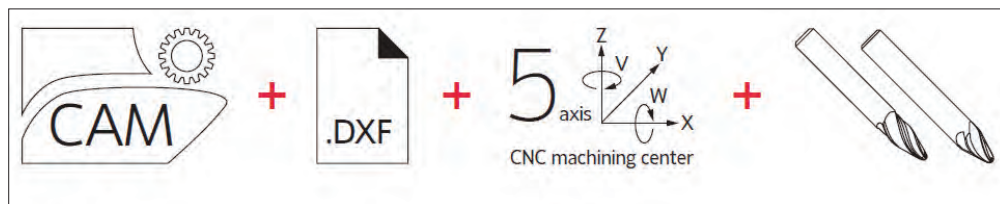


图 2 两种立铣刀结合先进的 CAM 和特殊工艺软件 DXF 提高铣削能力

葡萄牙的 PALBIT 公司是一家百年企业，应对上述需要研发了两种分段圆弧立铣刀 (RAD-INTED)，在五轴数控机床上采用先进 CAM 软件 (MASTERCAM®) 能自由有效地发挥这些最新工艺技术的最大潜力，实现了新的铣削可能性。提高了这些复杂表面的加工精度和效率。

图 1 中所示铣刀的外观并不起眼，但其效能不可小觑。目前的产品，一种称为锥型 (Conical)，它具有较明显分段圆弧锥，顶端球头直径为 $\Phi 8 \sim 16$ ，后侧圆弧半径 $800 \sim 1200$ ，两部分弧度相差较大，形成明显分段锥形。另一种称为切向型 (Tangential)，其顶端球头直径为 $\Phi 6 \sim 16$ ，后侧圆弧半径较小

为 $85、90、95$ 与球头连接较顺近乎切线。图 2 展示了两种分段圆弧锥立铣刀结合先进的 CAM 和切削特殊轮毂工艺软件 DXF 在五轴联动数控机床上，能够实现新的铣削加工能力，而 DXF 文件可以从 PALBIT 公司的网站下载。

侧面复杂形状的加工时，刀具的直径受到侧面形状转角的限制，刀具的工作长度为达到侧壁高度的加工要求，必须伸长，但过长，刀具刚性则不足，利用五轴联动数控机床，分段式圆弧立铣刀由于侧倾角可调整，比一般立铣刀避让间隙更大，因此可以加工出较小的转角，再利用刀具前端的较小半径的球头可以加工出更小的零件根部圆弧和转角，因此具有更大的灵活性，如图 3 所示。

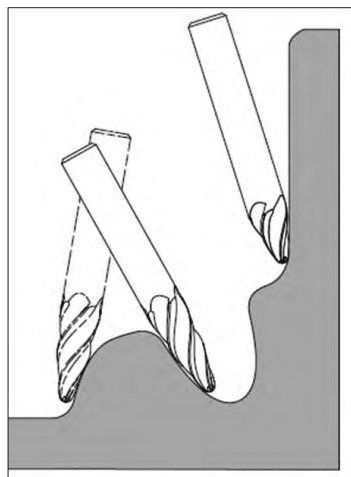


图 3 灵活的侧壁铣削

根据需要还可以调节刀具直径，提高刀具刚性，提高生产效率。

图 4 所示为普通球头立铣刀和分段

圆弧立铣刀在加工时的比较,可见后者更适宜于侧壁高效加工。立铣刀加工时,常以 a_p 表示轴向切削深度、 a_e 表示径向切削长度。在加工侧壁时铣刀回转一圈刀具移动一段距离就是一个 a_e ,所以 a_e 又可称为一个周期进给 pf 。由切削原理知,加工表面的粗糙度高度 R_t 的计算公式为 $R_t=(pf)^2/8RM$ 。公式中 RM 是切削刃口半径,球头立铣刀是它的球头半径,分段圆弧立铣刀是它侧面的圆弧半径值。可见分段圆弧立铣刀由于比一般球头立铣刀圆弧半径大得多,进给量和加工效率比一般球头立铣刀提高了许多,加工表面粗糙度也比一般球头立铣刀降低许多。图中红色表示分段圆弧立铣刀,蓝色表示普通球头立铣刀。

PALIBIT 公司分段圆弧立铣刀材料牌号为 PHP920 和 PHH920,它们分别适合于加工钢、合金钢、铸铁和不锈钢、耐热钢。而带有不同的 PVD 物理气相沉积涂层,需要查阅样本,样本中列出了它们在加工不同强度的钢、合金钢、不锈钢、铸铁、耐热钢推荐采用的最大最小切削速度,进给量。按照推荐的条件下加工,一般零件侧壁半精加工精度可达到 $0.02 \sim 0.3$,精加工可达到

$0.01 \sim 0.2$,精细加工可达到 $0.005 \sim 0.1$ (图5)。

图6所示为在五轴机床上加工模具的实景图,如以加工模具侧面的效率和加工表面质量,以分段圆弧立铣刀与普通球头立铣刀相比,设切削速度二者同为 200 m/min ,每刀齿进给量 f_z ,分段圆弧立铣刀可变化为 $0.07 \sim 0.11 \text{ mm}$,球头立铣刀固定为 0.08 mm ,但径向进给量 a_e 即周期进给 pf 前者可达 $4 \text{ mm} \sim 3 \text{ mm}$ 后者仅为

1.2 mm 。这样加工时间前者为 $2 \text{ min}59 \text{ s}$,后者则需要 $9 \text{ min}22 \text{ s}$ 。加工表面粗糙度前者为 $Ra1.1 \mu\text{m} \sim 3.6 \mu\text{m}$ 后者为 $7.7 \mu\text{m}$ 前者比后者改善 320% ,加工(进给)效率也提高了3倍。图中红色表分段圆弧立铣刀,蓝色表普通球头立铣刀。图7所示为加工汽轮机叶片根部图,也取得了高效和高表面质量,和其他公司同类型的相比,刀具的寿命也高于同类产品,在同样的切削条件下约高 22% 左右。

由以上可知新的分段圆弧立铣刀结合五轴加工中心比一般立铣刀有着更广泛的加工能力,可以实现铣出以往难以加工触及的自由表面。可加工更高更深的侧壁、更小的转角,同时加工侧壁和底角,以大半径侧铣刀加工使加工时间大大缩短。此外,能够获得更高的加工表面质量,加工复杂表面可减少机床主轴的转动和摆动幅度,提高机床效率。

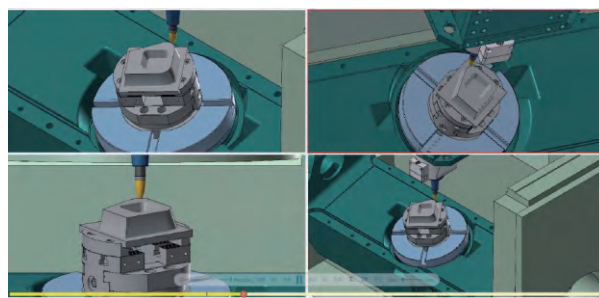
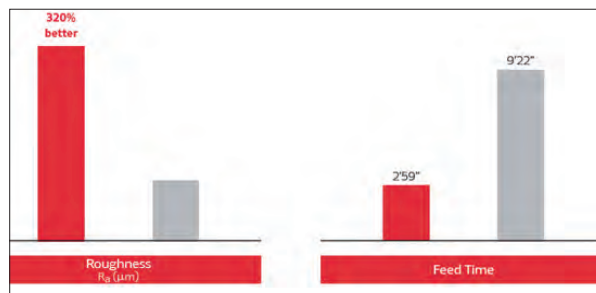


图6分段圆弧立铣刀加工模具实景与加工侧壁质量及效率比较

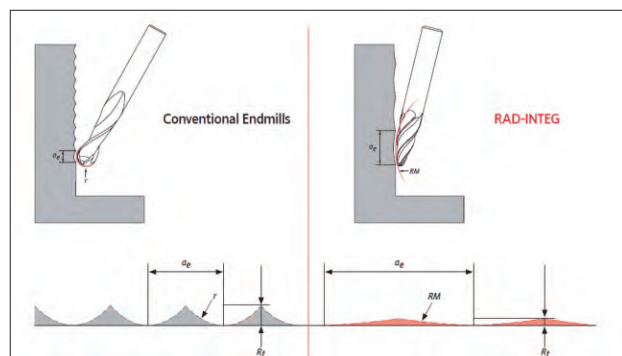


图4分段圆弧立铣刀与球头立铣刀加工粗糙度比较

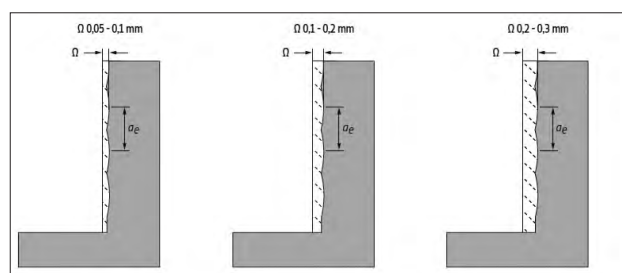


图5不同精加工工序比较(左:精细加工;中:精加工;右:半精加工)

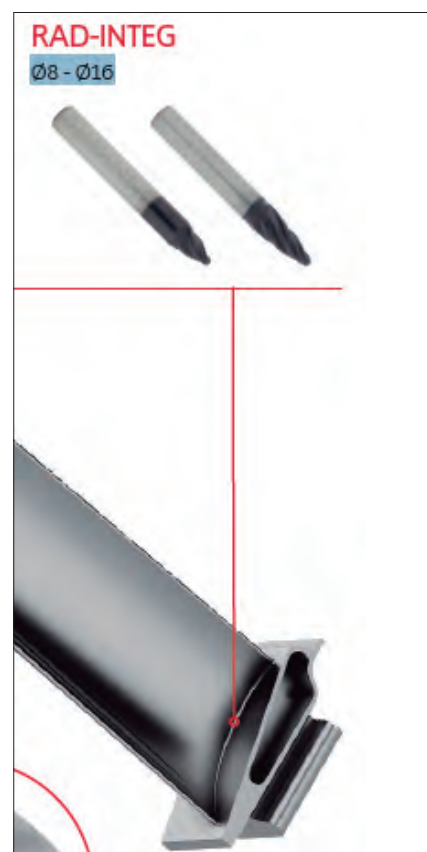


图7叶片根部加工

按要求选用一定型号分段圆弧立铣刀并结合选用不同的顶部球头半径后,可广泛用与多种行业复杂型面的高效加工。小小刀具的改进变化也将引来一片新的天地。MM