

WorkNC 的自动二次开粗在高速加工中的应用

上海交通大学机械与动力工程学院 苏青卿

【摘要】 本文阐述了高速加工在模具、产品加工中的独特优势，分析了在高速加工 CAM 编制过程中面临的要点及难点，得出高速加工编程的核心问题——满足等量切削的加工条件。最后论述了 WorkNC 提供的解决方案如何实现等量切削这一目标。

关键词：WorkNC 高速加工 CAM 编程 二次开粗 等量切削

WorkNC Re-roughing Strategy used in High Speed Milling

【Abstract】 This article analyzes the features and advantages as well as the difficulties of HSM application in mold and part machining and NC programming and points out "Cutting with Equal Rest Material" is the key point in HSM programming. The article also presents how WorkNC roughing and re-roughing solution based on Dynamic Stock Model fulfils the key point.

Key word: WorkNC HSM CAM Re-Roughing Cutting with Equal Rest Material

1. 引言

在如今的市场环境下，模具制造商面临了诸多不利因素，商品模具的价格逐步走低，交货期越来越短，原材料涨价，但是对模具质量要求更高。许多模具企业通过引进先进的高速加工设备，提升技术能力，摆脱传统的作业模式来面对挑战，赢得市场的机遇。高速加工技术极大的提高了模具铣削速度、减少了加工工序与耗时的钳修工作，一次加工即可获得很高的加工精度和表面质量，从而极大地缩短了模具的生产周期。

高速加工技术随着高性能数控加工设备，刀具技术以及 CAM 系统的发展而日益成熟。来自法国的 **SESCOI** 公司与世界知名的机床与刀具厂商有着广泛深入的合作，其研发的自动化 CAM 系统 **WorkNC**，通过优化的加工策略生成高可靠性，高效率，高品质的刀路来满足复杂型面的模具、零件、快速成型产品等的高速加工。

2. 高速加工的优点

1. 高速加工的分类

模具加工工序通常分为 2 类，一类是以去除毛坯材料为目的的加工（粗加工，半精加工），一类是以达到产品质量要求的为目的的加工（精加工），因此高速加工按照加工工序而言也分为两类：

①通过高线速度或高进给速度切屑，在短时间内充分发挥机床和刀具的性能，大量切削去除被切材料的加工方法（HSC 或 HSM，有时也称作高效率加工）。



②通过高线速度加工来提高模具、产品表面精度及光洁度，以及通过高线速度加工提升较小的刀具的切削能力，达到直接加工模具、产品的细部形状从而替代 EDM 加工。

2. 高速加工的优点

(1)效率高

研究表明，高速切削的速度可达到普通切屑加工的 5 倍以上，由于采用高的切削线速度或高的进给速度，高速加工能在单位时间内切除更多的金属材料，因而切削效率高。

(2)产品精度高，表面光洁度优

在高速加工的时候，需要采用较小的 A_p 及 A_e ，达到提高零件表面质量的目的，采用高速加工技术，可以使得模具、产品表面达到镜面的效果；由于高速加工时随着切削速度的提高，切削力会降低 15~30%、大部分切削热被切屑带走，因而工件的热变形大大减少；高转速，高切削速度使得机床可以轻易跨过系统振动频率，因而整个加工系统振动小，工作平稳，有利于提高被加工零件的精度和表面质量；

(3)缩短工艺路线

普通铣削粗加工只能在淬火之前进行，通过高速加工可以直接对硬质材料进行加工；高速加工提升了较小刀具的切削能力，可以节省 EDM 加工；高速加工提高了模具的精度和表面光洁度节省了钳修和抛光的时间。

普通加工与高速加工的工艺路线对比：

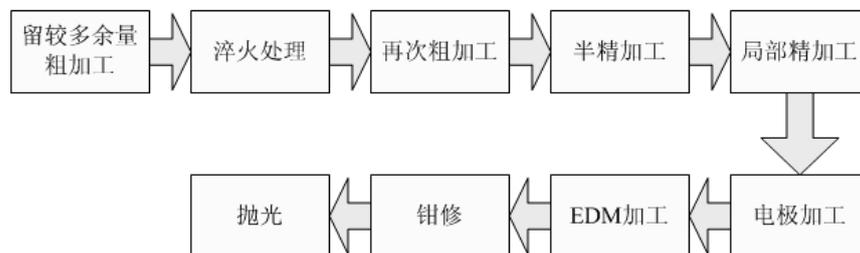


图1.普通加工工艺路线

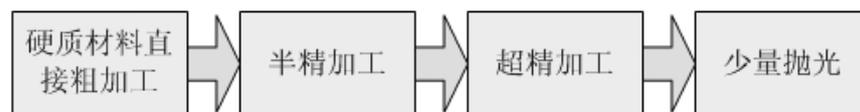


图2.高速加工工艺路线

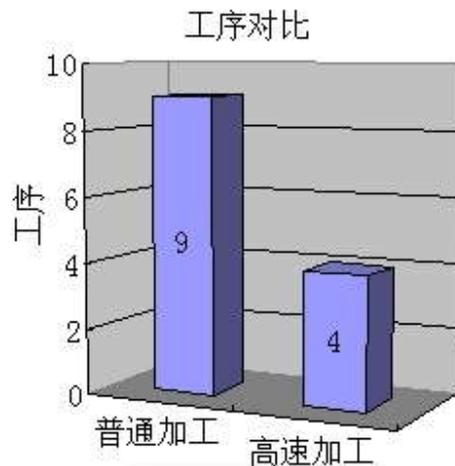


表1.工序对比

(4)综合性能的优势极大的缩短了交货期

高速加工提升了加工效率，减少了人工钳修、抛光时间，简化了工艺路线，对缩短交货期起了绝对的作用。

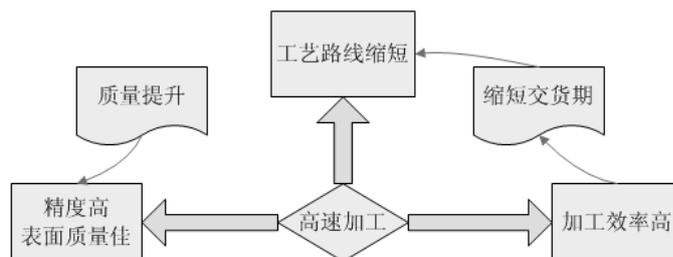


图3.高速加工优点

3. 高速加工 CAM 编程的难点

有些企业具备了性能优异的高速加工中心，动平衡刀柄，价格昂贵的刀具，硬件性能一流，但是却无法真正发挥出高速加工的特点。

1. CAM 编程人员的困惑：

- ◆ 为什么半精加工容易出现刀具磨损严重、崩刃、甚至断刀的现象？
- ◆ 为什么精加工品质不高，清角加工会产生明显的接刀痕迹或断差？

2. 高速加工 CAM 编程的要点

- (1) 刀具路径需要恒速恒量的切削，避免快速变向和加减速。
- (2) 避免过切，高速加工以普通加工 5~10 倍的切削速度加工，一旦发生过切，对工件、刀具，以及机床都会产生严重后果。
- (3) 控制加工刀具的长径比，高速加工要求刀具装夹长度为直径的 3~5 倍，否则容易产生刀具抖动。
- (4) 合理的进退刀以及顺铣加工将会提升加工品质减少刀具磨损。

3. 高速加工 CAM 编程的难点

每把刀具的切削量要均匀，因此对于上道工序的切削余量必须均匀，否则在高速加工模式下刀具突然遇到大的残余量区域，切削阻力陡然提升，那么刀具会很

快磨损及至崩刃、断刀也将不可避免。

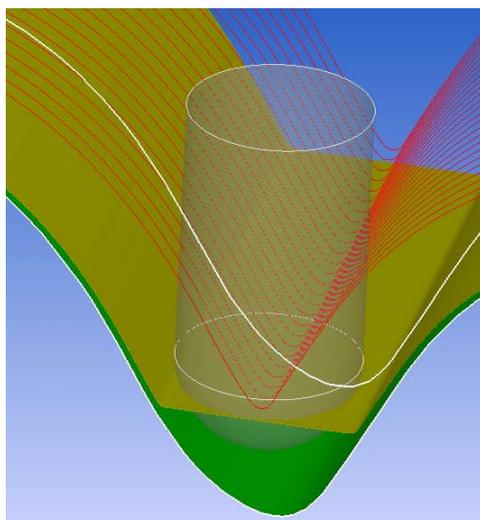


图 4. 粗加工残余毛坯不均匀，造成半精加工
刀具损坏

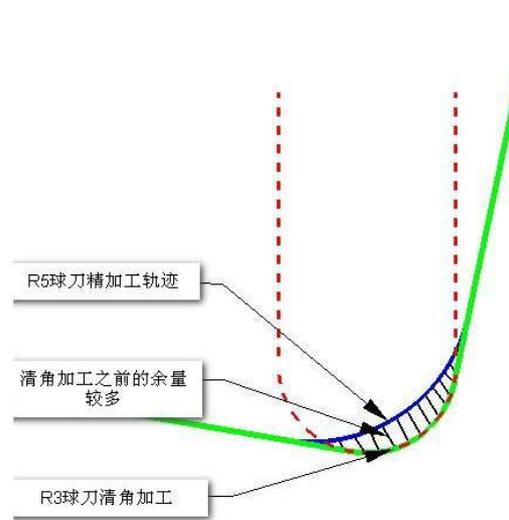


图 5. 精加工之后残留余量不均匀，造成清角加
工后曲面有接刀痕迹或断差。

4. 高速加工 CAM 编程的核心技术——相等余量切削。

在半精加工、精加工、清角加工刀路编制过程中，每个步骤之前都需要把多余的残料清除均匀，只有刀具在相等余量的切削状态下，才能保证实现高速加工的优势。

4. WorkNC 实现相等余量切削的解决方案

1. WorkNC 二次开粗刀路策略——全局粗加工/再粗加工介绍

WorkNC 具备强大的二次开粗刀路策略功能，它的使用可以贯穿于整付模具、产品的刀路编制过程中，而不仅仅局限于使用在粗加工工序步骤中。

全局粗加工/再粗加工刀路策略具备如下特点：

(1) 自动识别残余毛坯模型

WorkNC 可以自动、智能的识别上一把刀具切削后的毛坯状态，并建立新的毛坯模型以便后续刀路加工。此毛坯模型可以被继承并更新，始终贯穿于整个刀路编制过程中。

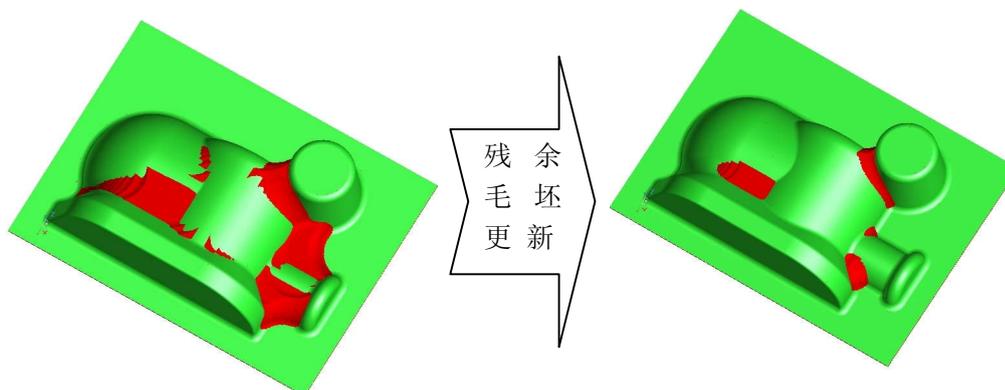


图 6.自动识别残余毛坯及毛坯模型的自动更新

(2) 顺铣螺旋下切减少提刀

高速加工的目的之一就是提高加工效率，不同于其它软件为了避免提刀而退而求其次采取顺逆铣的加工方式，以加重刀具的磨损来换取加工效率的提升，WorkNC 在针对残留毛坯的时候，采用顺铣并螺旋往下切削来避免提刀，保证了刀路切削的连续性和稳定性。

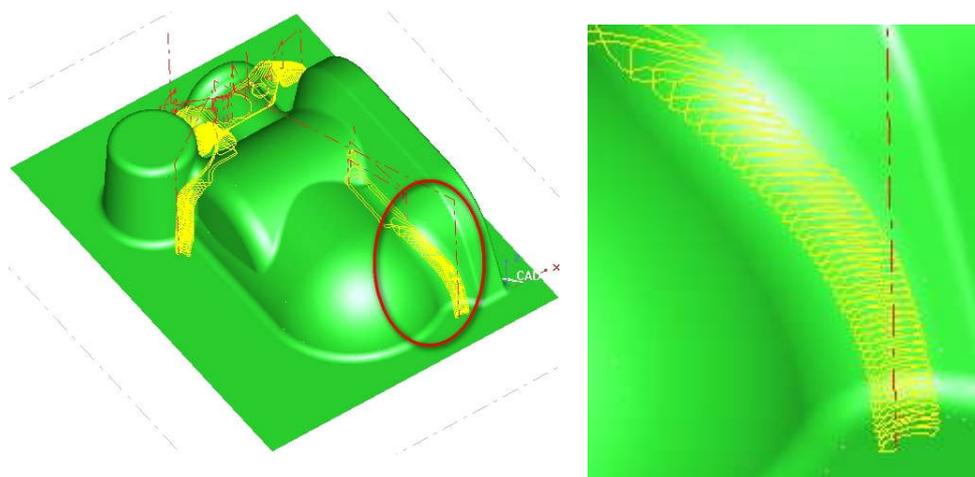


图 7.顺铣螺旋下切减少提刀

(3) 等量切削提升刀具切削进给速度

WorkNC 针对高速加工率先提出了基于“动态毛坯模型”的编程技术，对毛坯的实时把握使得刀具的切削量始终保持恒定，极大的提高了高速加工的刀具进给速度和切削稳定性，并完全避免了空切。

在等量切削的状态下，对于模具细部结构，完全可以直接采用小直径刀具进行局部毛坯的去除，对最终清角加工的品质提升起到了显著作用。

(4) 动态毛坯解决小刀夹持长度

对深腔模具或细部结构我们通常会采用长短刀分别加工模具的不同深度部分。WorkNC 通过实时计算刀柄与动态毛坯模型的干涉控制刀具的夹持长度，对相同直径但不同夹持长度的刀具分配各自的切削参数，综合提升切削效率和切削稳定性。

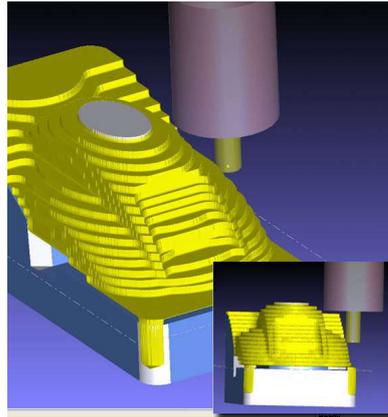
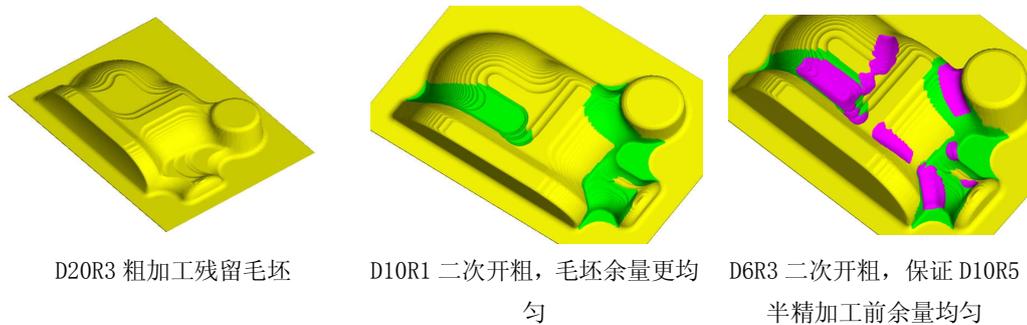


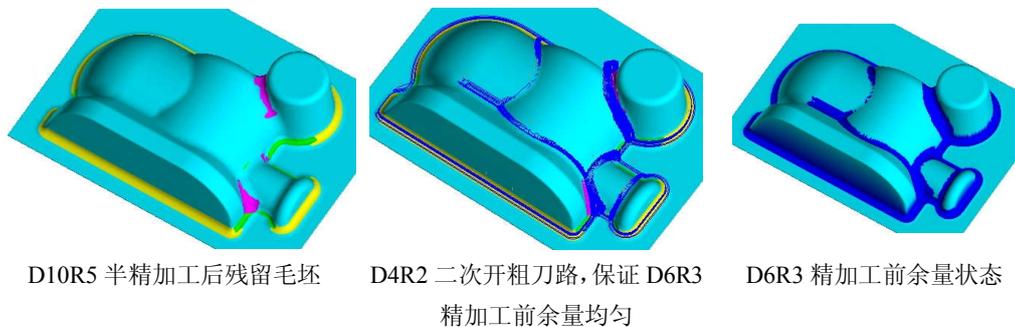
图 8. 动态毛坯解决小刀夹持长度

2. 毛坯残留均匀化实施步骤

(1) 半精加工前的毛坯余量均匀化处理

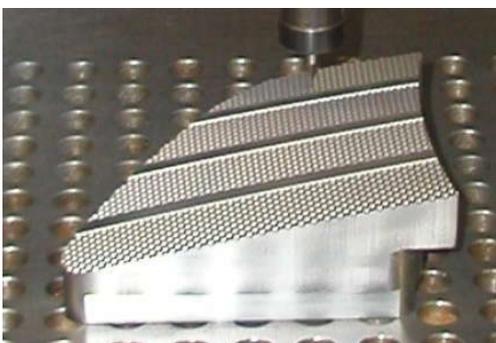


(2) 精加工、清角加工前的残留余量均匀化处理



清角加工前的残留余量均匀化处理实施步骤与精加工类似, 经过余量均匀化处理后, 不论是半精加工, 还是精加工及清角加工, 切削时始终保持等量切削, 对最终加工品质和加工效率的提升作用显著。

5. 应用案例



上海小糸车灯有限公司是国内最大最专业的汽车灯具厂商, 该公司模具生产部门依托 WorkNC 的二次开粗功能, 使精加工之前的残留余量绝对均匀, 在等量切削条件

下，最小使用 $\phi 0.4$ 的球刀对玉米花纹进行高速加工。加工结果精度高——满足车灯光学配光标准；品质好——镜面效果，省去了难度极大的手工抛光作业，实现了高速加工的独特优势。

