

数控铣削加工中两种加工误差问题的分析

郑州航天电子技术有限公司 (河南驻马店 463000) 郭爱国

在数控铣削加工中, 刀具半径补偿功能是数控系统的一项重要功能, 它简化了数控程序的编制。但数控程序编制时刀具半径补偿不当引起的过切现象, 以及刀具的变形补偿不够而造成的尺寸加工误差在加工中经常发生。下面就上述两个方面分析一下尺寸误差形成原因及具体防止措施。

1. 刀具半径补偿中过切引起的加工误差问题

(1) 刀补建立或取消时程序轨迹不当引起过切 刀具半径补偿过程分为三个部分: 刀具补偿的建立、刀具补偿进行和刀具补偿撤销。图1所示为刀具(左)补偿建立的路径, P_1A 段为刀具补偿的建立段, P_1 为刀补建立程序的起始点, B 为终点, AB 为工件外形的一部分。当走完 P_1A 段后, 刀具中心位于垂直段 AB 方向距点 A 刀具半径处, 刀补建立完成。在刀补取消时, 刀具中心如图2所示回到刀补取消程序段的终点 P_e 。

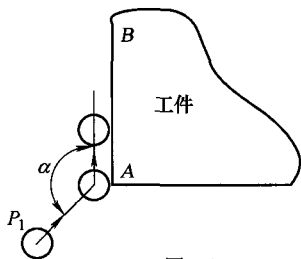


图 1

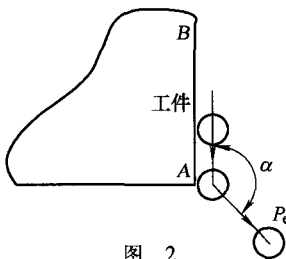


图 2

在刀补建立和取消时, 经常由于程序轨迹方向不当而发生過切。如图3、4所示, 当刀具由 P_1 建立刀补或取消刀补回到点 P_e 时, 若 $\alpha > 180^\circ$ 时, 刀具轨迹与工件轮廓会发生干涉而产生过切。

在对于这种情况, 可适当调整 P_1 、 P_e 的位置,

如图1、2所示, 使刀补建立或取消时的 $\alpha \leq 180^\circ$, 从而避免过切。

(2) 无坐标轴移动类指令一起的过切 在半径补偿模式下, 使用无坐标轴移动类指令, 即两个或两个以上连续程序段内无指定补偿平面内的坐标移动, 会导致过切现象。无坐标轴移动类指令大致有以下几种: M代码; S代码; 某些G代码, 如G90、G91、X0等; 非指定补偿平面坐标移动, 如G17 Z200.0等。

如图5所示工件的精加工(工件坐标系Z轴零点设在工件表面上), 以下是一个过切程序实例。

```

O0001
N1 G90 G54 G17 G00 X0
Y0 S1000 M03
N2 Z100.0
N3 G41 X20.0 Y10.0 D01
N4 Z2.0
N5 G01 Z-10.0 F100
N6 Y50.0 F200
N7 X50.0
N8 Y20.0
N9 X10.0
N10 G100 Z100.0
N11 G40 X0 Y0 M05
N12 M30
    
```

半径补偿从N3程序段开始建立时, 数控系统只能

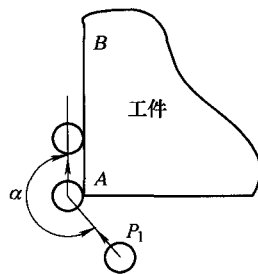


图 3

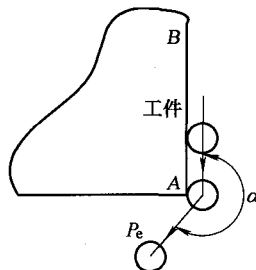


图 4

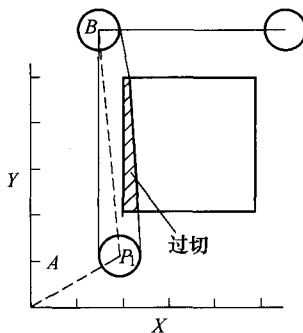


图 5

预读两个程序段,而N4、N5两个程序段都为Z轴移动,没有XY平面内的坐标移动,系统无法判断下一步补偿的矢量方向,作不出矢量。此时尽管用G41进入了刀补模式,但刀具中心未加上刀补,执行N3程序段后,刀具不会到达点A,而是直接运动到点 $P_1(20, 10)$ 。当在点 P_1 执行完N4、N5段后,再执行N6段,刀具中心从点 P_1 移到点B,于是发生过切。

避免这种过切现象,可以有两种方法,如在半径补偿模式建立后,选择一个安全的位置,让刀具在Z轴一次性进刀至切削深度;也可以在建立半径补偿之前,先以G00模式使Z轴快速接近工件,建立刀补之后再以G01模式使Z轴进给至切深。

经过对以上两种情况下过切引起的加工误差问题的分析讨论,可以总结归纳出一个结论,就是在使用刀具半径补偿时虽然会出现表现形式不同的过切现象,但只要对刀补建立、进行和取消三部分原理和刀具路径情况确切掌握,就可以避免上述原因引起的过切。

2. 刀具变形引起的加工误差问题

(1) 数控铣削加工中刀具的受力分析 在数控铣削加工中,往往由于刀具尺寸受工件结构尺寸的限制,所能选用的铣刀直径是一定的,这就要求在加工中必须适当选取切削用量保证加工精度,而实际也存在另一种情况,铣刀尺寸不受工件结构尺寸的限制,这时,可根据实际情况选用较粗的刀具,粗加工时可减小刀具的变形对工件的影响。下面以这种情况为例分析计算一下刀具的变形。

螺旋槽立铣刀在切削时,所产生的切削力可分解为相互正交的三个分力,即沿铣刀轴线的分力 F_x 、垂直方向的分力 F_y 和水平方向分力 F_H ,其中, F_y 将引起刀具在工件轮廓法向变形,该变形将直接映射到加工表面形成加工误差。逆铣时,刀具受到的分力指向工件对刀具的变形影响不大;顺铣时刀具受到 F_y 的分力背离工件表面,如图6所示,这时,该力对刀具变形的影响较大。根据切削理论,顺铣时刀具所受切向力为

$$F_c = CF t^{0.86} Z f_z^{0.72} D^{-0.86}$$

式中, CF 为常数,切削碳钢时 $CF=669$; t 为切削深度(mm); Z 为铣刀齿数; f_z 为每齿进给量; D 为铣刀的当量直径(mm)。

$$F_y = (0.75 \sim 0.8) F_c$$

切削过程中,刀具在垂直切削分力的作用下产生一个沿工件轮廓法向的变形。如图7所示,点B处的弯曲变形为 δ_B 、点C的变形为 δ_C 。上述变形中, δ_B 将使加工中刀具中心的实际轨迹偏离编程轨迹,在工件上以尺寸偏差的形式出现。 δ_C 的存在,一方面引起工件的尺寸偏差,另一方面

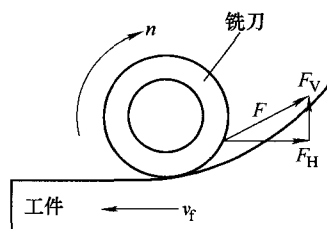


图 6

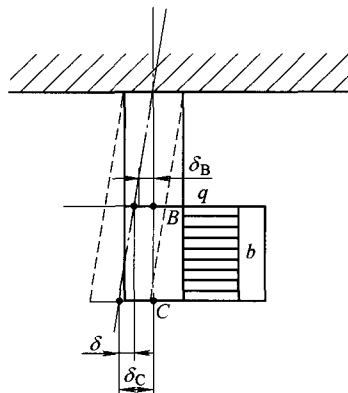


图 7

引起工件的尺寸偏差,另一方面

点C相对点B的弯曲变形还将产生加工表面的形位偏差,形位偏差的大小为

$$\delta = \delta_B - \delta_C$$

(2) 加工误差的补偿与控制 由 δ_B 、 δ_C 所引起的尺寸误差可以通过修正刀具轨迹加以消除,而由 δ_C 所引起的形位误差可以通过适当选取刀具的尺寸或切削用量加以预防。刀具轨迹的修正可通过对刀补值的设定来实现,即将点B的变形量 δ_B 计算到刀具半径补偿中去,从而使因刀具弯曲变形所引起的加工误差得以消除。在切削用量一定时,增大刀具半径以减小刀具变形或在刀具半径一定时,选取适当的切削用量,使切削力减小,从而减小刀具的变形,都可达到减小因刀具的变形所引起的加工表面形位误差的目的。

3. 结语

本文就数控铣削加工中产品两种常见尺寸误差问题作了浅显简要的分析,在我们的实际产品加工中,也许会遇到更多各种各样的引起质量问题的现象,都值得我们去分析原因以及应对措施,以使我们的加工技术不断完善,对数控加工技术的运用有更新、更全面的认识,不断提高产品机械加工质量。MW

(收稿日期: 20111015)