

数控铣削加工中顺铣和逆铣对加工表面粗糙度的影响分析

郭宝珍

(深圳职业技术学院, 广东 深圳 518055)

摘要: 顺铣和逆铣作为铣削加工中的两种铣削方法被广泛地使用, 两种方法的加工特点好像已经被默认在大家的脑海中。但是, 随着数控加工技术的发展和运用, 顺铣和逆铣的选择对保证产品质量和提高生产效率更显示出它们的重要性。文章通过数控铣削加工中采用顺铣和逆铣两种方法对加工表面粗糙度的对比以及数据分析, 得出一些新的结论, 供大家借鉴。

关键词: 顺铣 逆铣 表面粗糙度 数控铣削加工

中图分类号: TH161 **文献标识码:** A

Influence Factors Analysis of Climb Milling and Conventional Milling on Surface Roughness in CNC Milling

GUO Baozhen

(Shenzhen Polytechnic, Shenzhen 518055, CHN)

Abstract: Climb milling and conventional milling serving as two milling methods are widely used in the industry. Fabricating characteristics of these two methods are accepted with no doubt in people's mind. However, choice of the two methods acts more important in proving the quality of product and productivity by the development of CNC milling technology. In this paper, comparison of effect of climb milling and conventional milling on surface roughness is analyzed by experiment data, and new results are concluded for application.

Keywords: Climb Milling; Conventional Milling; Surface Roughness; CNC Milling

顺铣和逆铣无论在卧式铣床还是立式铣床上, 无论是采用周铣还是端铣都是在生产实践中经常采用的两种铣削方法, 顺铣时切削点的切削速度方向 (或刀具作用在工件上的切削力方向) 在进给方向上的分量与进给速度方向一致, 逆铣则相反。在铣削加工中, 工件已加工表面的粗糙度是产品质量的一项重要指标, 主要表现在零、部件的配合性、密封性、耐磨性以及耐腐蚀性和抗疲劳性等方面。影响工件已加工表面粗糙度的因素可分为几何因素和非几何因素两个方面, 几何因素主要表现为转速和进给速度等, 这个方面可以通过一定的几何关系求出其理论值, 这个值是相对稳定的。非几何因素主要表现为刀具的性能、被加工材料的性能、冷却液的性能以及工艺系统刚性等, 它的影响是不确定的、随机的, 但通过采取一定的措施又是相对可控的, 生产实际中可以找到很多这样的实例。

实际加工中采用顺铣还是逆铣是每一个数控编程工作人员在编程时必须考虑的工艺问题, 因为它直接

影响到产品的质量和已加工表面的粗糙度。根据数控铣削加工中顺铣和逆铣的加工特点以及业界的共识, 普遍认为粗加工时采用逆铣较好, 精加工时采用顺铣较好, 顺铣是为获得良好的表面质量而经常采用的加工方法。在常规的切削加工条件下, 实际情况究竟如何, 下面通过一些实验数据进行分析说明。

1 表面粗糙度数据采集

实验条件: 刀具采用高速钢立铣刀 $\phi 16$ mm; 工件采用普通碳素钢材料, 尺寸为 100 mm \times 100 mm \times 30 mm; 仪器采用北京时代的 TR210 手持式表面粗糙度仪; 设备采用协鸿 850 三轴立式加工中心。

加工实验中, 采用背吃刀量 a_p 为 30 mm, 通过改变不同的切削参数, 获得数据。

(1) 实验方法一: 改变径向切深 (侧吃刀量) $a_e = 0.3 \sim 0.7$ mm, 以转速 $n = 600$ r/min, 进给量 $f = 200$ mm/min 的方法切削工件, 对每一个加工面都采集两

端和中间三个区域的数据,并计算出平均值如表 1。

表 1 改变 a_e 时的表面粗糙度实测数据 μm

侧吃刀量 a_e/mm	前端区域		中间区域		后端区域		平均值	
	顺铣	逆铣	顺铣	逆铣	顺铣	逆铣	顺铣	逆铣
0.3	2.007	0.646	1.035	0.411	2.165	0.519	1.725	0.525
0.4	2.166	0.532	2.515	0.378	1.921	0.545	2.201	0.485
0.5	2.318	0.371	2.007	0.447	2.678	0.466	2.119	0.428
0.6	2.174	0.391	2.217	0.275	2.032	0.459	2.141	0.375
0.7	2.325	0.396	2.314	0.329	2.169	0.476	2.269	0.400

按照不同的径向切深,顺铣和逆铣表面粗糙度测量的平均值如图 1。

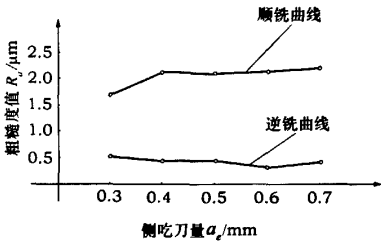


图 1 a_e 与 R_a 对照图

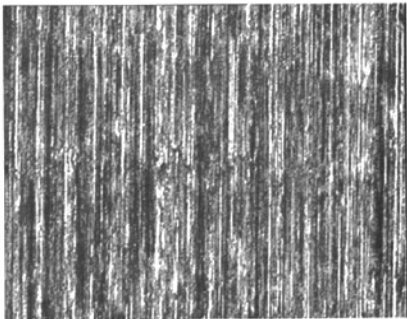


图 2 $a_e=0.5\text{mm}$ 时的逆铣图片



图 3 $a_e=0.5\text{mm}$ 时的顺铣图片

径向切深(侧吃刀量) a_e 为 0.5 mm,转速 n 为 600 r/min,进给量 f 为 200 mm/min,以逆铣方法切削工件表面微观图如图 2 所示;以顺铣方法切削工件表面微观图如图 3 所示。

(2) 实验方法二:改变进给量 $f=100 \sim 500$ mm/min,以转速 $n=600$ r/min,径向深切(侧吃刀量) $a_e=0.5$ mm 的方法切削工件,对每一个加工面都采集前后两端和中间三处区域的数据,并计算出平均值如表 2。

表 2 改变进给量 f 时的表面粗糙度实测数据 μm

进给量 $f/(\text{mm}/\text{min})$	前端区域		中间区域		后端区域		平均值	
	顺铣	逆铣	顺铣	逆铣	顺铣	逆铣	顺铣	逆铣
100	0.983	0.422	1.233	0.173	1.806	0.208	1.341	0.255
200	1.323	0.430	1.583	0.557	1.925	0.458	1.610	0.81
300	1.754	0.723	1.397	0.629	1.822	0.695	1.657	0.685
400	2.580	0.857	2.265	0.720	2.861	0.962	2.568	0.846
500	3.209	0.986	2.958	0.896	3.029	1.073	3.065	0.985

按表 2 采用不同的进给量,顺铣和逆铣表面粗糙度测量的平均值如图 4。

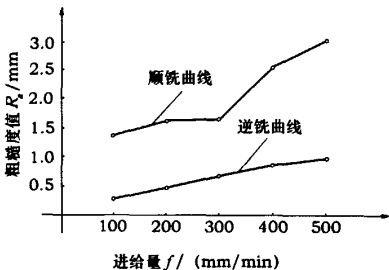
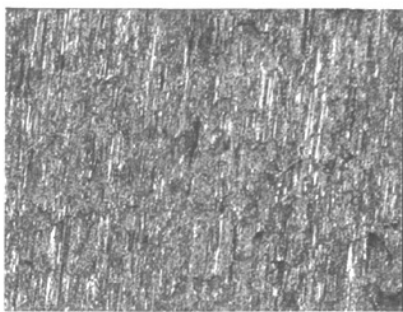


图 4 f 与 R_a 对照图

进给量 f 为 300 mm/min,转速 n 为 600 r/min,径向切深(侧吃刀量) a_e 为 0.5 mm,以逆铣方法切削工件表面微观图如图 5 所示;以顺铣方法切削工件表面微观图如图 6 所示。



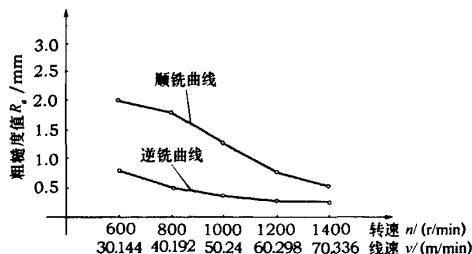
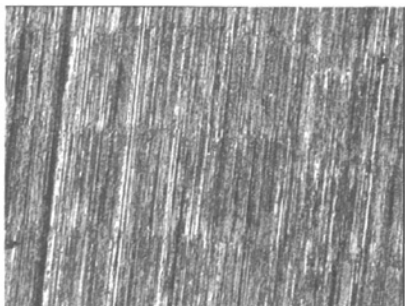
图 5 $f=300\text{mm}/\text{min}$ 时的逆铣图片

图6 $f=300\text{mm/min}$ 时的顺铣图片

(3) 实验方法三: 改变转速 $n=600 \sim 1\,400 \text{ r/min}$, 以进给量 $f=200 \text{ mm/min}$, 径向深切(侧吃刀量) $a_e=0.5 \text{ mm}$ 的方法切削工件, 对每一个加工面都采集前后两端和中间三处区域的数据, 并计算出平均值如表3。

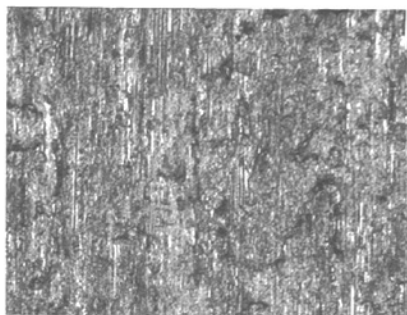
表3 改变转速 n 时的表面粗糙度实测数据 μm

转速 $n/(r/min)$	前端区域		中间区域		后端区域		平均值	
	顺铣	逆铣	顺铣	逆铣	顺铣	逆铣	顺铣	逆铣
600	1.556	1.255	2.239	0.686	2.397	0.609	2.058	0.850
800	1.731	0.421	1.628	0.473	1.933	0.524	1.764	0.473
1 000	1.122	0.312	1.086	0.463	1.643	0.362	1.284	0.379
1 200	0.925	0.296	0.747	0.327	0.678	0.297	0.783	0.306
1 400	0.836	0.287	0.693	0.308	0.598	0.256	0.612	0.283

图7 n 与 R_a 对照图图8 $n=1\,000\text{r/min}$ 时的逆铣图片

按表3在不同转速下顺铣和逆铣表面粗糙度测量的平均值如图7。

进给量 f 为 200 mm/min , 转速 n 为 $1\,000 \text{ r/min}$, 径向切深(侧吃刀量) a_e 为 0.5 mm , 以逆铣方法切削工件表面微观图如图8所示; 以顺铣方法切削工件表面微观图如图9所示。

图9 $n=1\,000 \text{ r/min}$ 时的顺铣图片

2 数据分析

通过以上三组实验数据可以看出, 在通常的铣削条件下, 逆铣加工的表面粗糙度要优于顺铣加工的表面粗糙度。在实验方法一中, 通过改变刀具的径向切深获得数据, 从图1顺铣和逆铣各自的曲线中可以看出, $a_e=0.3 \text{ mm}$ 时, 顺铣曲线略低, 逆铣曲线略高, 随后趋于平稳, 但随着切深数据的加大, 曲线又出现上升的趋势; 在实验方法二中, 通过改变进给量获得数据, 从图4顺铣和逆铣各自的曲线中可以看出, 随着进给量的增大, 两曲线各自呈上升态势, 进给量越大, 残留面积越大, 表面粗糙度值越大, 主要表现为几何因素的影响; 在实验方法三中, 通过改变主轴转速获得数据, 从图7顺铣和逆铣各自的曲线中可以看出, 随着转速的提高曲线呈下降的趋势, 这个趋势也是由于几何因素的残留面积造成的。转速越高曲线越平缓, 两条曲线的走向趋于接近, 但对于 R_a 值还是逆铣小于顺铣。

通过计算和作图可以知道, 在顺铣和逆铣加工中, 如果两种方法的切削参数一致, 已加工表面微观不平度的残留几何高度值是一样的。可以得出这样的结论, 在数控铣削加工中, 顺铣和逆铣两种不同的加工方法对已加工表面粗糙度的影响属于非几何因素, 而且逆铣的表面粗糙度值要小于顺铣的表面粗糙度值。

3 顺铣和逆铣的特点

刀具切削金属的过程是一个非常复杂的过程, 切削层在主切削刃和前刀面的挤压作用下, 发生剪切滑

数控加工刀具半径补偿矢量算法的研究与实现

赵玉刚 张 健 于光伟 李海洋

(山东理工大学机械工程学院, 山东 淄博 255049)

摘 要: 刀具半径补偿是数控系统的一个基本功能, 使得不同半径的刀具编程轨迹具有通用性。采用矢量算法实现编程轨迹的转接, 并对插入转接类型在原来基础上进行修改, 缩短刀具路径, 提高加工效率。

关键词: 刀具半径补偿 转接类型 矢量算法

中图分类号: TH161 **文献标识码:** A

Study and Implement of Vector Algorithm in NC Cutter Radius Compensation

ZHAO Yugang, ZHANG Jian, YU Guangwei, LI Haiyang

(School of Mechanical Engineering, Shandong University of Technology, Zibo 255049, CHN)

Abstract: The cutter radius compensation is a basic function in CNC system, and it is used to universal programming track toward different radius tools. This paper utilizes vector algorithm to realize the transfers of programming track, and modifies the insert-type base on the original base which shortens the tool path and raises processing efficiency.

Keywords: Cutter Radius Compensation; Transfer Type; Vector Algorithm

工件加工中, 刀具半径的存在使得刀具中心的运动轨迹并不等于所要加工工件的轮廓轨迹, 依据轮廓特性, 向内或向外偏移一个刀具半径的距离, 这种偏移

习惯上称为刀具半径补偿。刀具半径补偿作为数控系统的一个基本功能, 其功能的好坏直接影响数控机床加工工件的质量。由于B功能刀补采用读一段、算一

移和塑性变形, 影响着切削加工的稳定性和工件的表面质量。顺铣和逆铣由于切屑厚度的变化不同, 直接影响着切屑的塑性变形, 同时影响着切削力、切削温度以及刀具与工件和切屑之间的摩擦特性。根据前面的实验数据, 得出顺铣和逆铣的特点如下:

顺铣的特点: (1) 每齿切削厚度从大到小, 较厚的切屑变形较大; (2) 切入工件时造成的冲击力较大; (3) 由于丝杠和轴承有间隙, 造成切削过程不稳定; (4) 立铣时径向切削分力远离工件; (5) 与逆铣比较, 已加工表面粗糙度值较大。

逆铣的特点: (1) 切入工件时切削从薄到厚, 但不是从零开始; (2) 因为切出时切屑最厚, 所以较厚处的切屑塑性变形较小; (3) 立铣时径向分力拉向工件, 当径向切削尺寸较大时容易产生过切; (4) 由于可以排除丝杠和轴承的间隙, 并且切屑变形较小, 因此切削过程较平稳; (5) 与顺铣比较, 已加工表面粗糙度值较小。

4 结语

刀具在切削过程中, 参加切削的主要部分包括前

刀面、后刀面、刀具的圆弧半径和刀具的刃口半径, 它们的不同组合都会对加工质量、刀具耐用度和切削功率产生不同的影响。随着制造技术的不断发展, 高速加工、超硬加工、精密加工等各项技术难点正在被业界突破和应用。以上一些实验数据并不能充分说明顺铣和逆铣在加工过程中的一些现象和特点, 各项技术指标还有待进一步的研究和探索。

参 考 文 献

- [1] 刘杰华, 任昭蓉. 金属切削与刀具实用技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2006.
- [2] 陈锡渠, 彭晓南. 金属切削原理与刀具[M]. 北京: 北京大学出版社, 2006.
- [3] 陈富安. 数控机床原理与编程[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2004.
- [4] 陈虹. 数控加工工艺与编程[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2005.

作者: 郭宝珍, 男, 1959年生, 大专, 工程师, 高级技师, 教师, 主要从事数控车、数控铣的教学工作。

(编辑 孙德茂)

(收稿日期: 2010-05-25)

文章编号: 110233

如果您想发表对本文的看法, 请将文章编号填入读者意见调查表中的相应位置。