

# 机械加工表面质量与工艺参数关系研究

周亚卓

北京华航盛世能源技术有限公司烟台分公司 山东 烟台 264000

**摘要:** 机械加工表面质量直接影响被加工件的物理、化学及力学性能,进而影响产品的使用性能、可靠性和寿命。本文旨在研究具体工艺参数对机械加工表面质量的影响,并探讨如何评估表面质量以及优化工艺参数的方法,为提高机械加工表面质量提供理论依据和实践指导。

**关键词:** 机械加工; 表面质量; 工艺参数

## 引言

机械加工表面质量是指零件在机械加工后被加工面的微观不平度,也称为粗糙度。表面质量的好坏直接影响到零件的耐磨性、抗腐蚀性和疲劳强度等性能指标。工艺参数作为影响机械加工表面质量的关键因素,其选择和优化对于提高零件质量具有重要意义。

### 1 工艺参数对机械加工表面质量的影响

#### 1.1 切削速度

切削速度,作为机械加工过程中的核心参数之一,对加工表面的质量具有显著的影响。在机械加工中,提高切削速度可以显著减少切削时间,从而提高生产效率。然而,切削速度的增加并非没有代价。随着切削速度的提高,刀具与工件之间的摩擦和冲击会相应增大,导致刀具的切削刃迅速磨损。这不仅会缩短刀具的使用寿命,还可能因为刀具磨损不均匀而影响加工精度。实验数据表明,切削速度提高20%,刀具耐用度可能会降低一半;若切削速度提高50%,刀具耐用度将降至原来的1/5。此外,切削速度的增加还会对加工表面的质量产生直接影响。在高速加工和硬质合金等材料的切削中,过高的切削速度会导致切削过程中的热量积累过多,进而引起工件表面产生热应力、热变形或热裂纹。这些热效应会破坏工件表面的完整性,降低表面质量。同时,高速切削还可能产生振动,导致加工表面粗糙度增加,影响表面光洁度。具体来说,切削速度的变化会影响切屑的形成和排出过程。在低速切削时,切屑容易形成积屑瘤,这是一种硬度很高的楔状物,会严重影响工件的表面质量。而在高速切削时,虽然可以避免积屑瘤的形成,但过高的切削速度会导致切削力增大,切削温度上升,进而引起工件表面产生热变形和热裂纹。

#### 1.2 进给量

进给量,作为机械加工中的关键参数,直接决定了刀具与工件之间的相对位移量,对加工精度和表面质量

有着至关重要的影响。进给量的大小直接关联到切削过程中的摩擦力。当进给量增大时,刀具与工件之间的接触面积和切削力也随之增加,导致切削过程中的摩擦力显著增强。这种增强的摩擦力不仅加剧了刀具的磨损,还使得切削热增加,工件表面温度上升。高温环境下,工件材料容易发生热塑性变形,进而在加工表面形成微观不平整,如划痕、凹坑等缺陷,从而降低了表面质量<sup>[1]</sup>。具体来说,进给量对表面粗糙度的影响尤为显著。表面粗糙度是衡量机械加工表面质量的重要指标之一,通常以Ra值(轮廓算术平均偏差)来表示。研究表明,随着进给量的增加,加工表面的Ra值呈现上升趋势。例如,在铣削加工中,当进给量从0.1mm/r增加到0.2mm/r时,加工表面的Ra值可能会上升约30%。此外,进给量还会影响到加工精度和切削效率。过大的进给量可能导致刀具在切削过程中产生过大的振动和变形,从而降低加工精度。同时,虽然增加进给量可以提高切削效率,但过大的进给量也可能导致切削力过大,超出机床和刀具的承载能力,造成机床损坏或刀具断裂等严重后果。

#### 1.3 切削深度

切削深度,作为机械加工过程中的一个重要参数,直接决定了刀具在一次切削过程中与工件之间的最大“插入量”。它不仅影响着切削力和切削热的产生,还对加工表面的质量有着至关重要的影响。切削深度的增加会直接导致切削力的增大。切削力是刀具在切削过程中对工件施加的力,它包括主切削力和进给力。根据切削力计算的公式( $F_Z = 150apf^{0.75}$ ,其中 $ap$ 为切削深度, $f$ 为进给量),切削深度加倍时,主切削力也会相应增大一倍。这种增大的切削力会加剧刀具与工件之间的摩擦和磨损,从而影响加工表面的平整度和光洁度。同时,切削深度的增加还会使切削过程中产生的热量增多。切削热是由于刀具与工件之间的摩擦和塑性变形而产生的,它会导致工件表面温度升高,进而引起热变形

和热裂纹等缺陷。高温还会使工件材料发生热软化,降低材料的硬度和强度,从而影响加工表面的质量和精度。具体来说,切削深度对表面粗糙度的影响尤为显著。表面粗糙度是衡量机械加工表面质量的重要指标之一。实验数据表明,随着切削深度的增加,加工表面的粗糙度值(如Ra值)会呈现上升趋势。例如,在切削铝合金材料时,当切削深度从1mm增加到2mm时,加工表面的Ra值可能会上升约20%至30%。

#### 1.4 切削力

切削力,是指在切削加工过程中,刀具与工件之间相互作用产生的力。这一力对机械加工表面质量的影响不容忽视,它不仅直接关系到刀具的磨损情况,还直接影响着工件表面的平整度。首先,切削力的大小直接影响着刀具的磨损速率。当切削力增大时,刀具与工件之间的摩擦力和冲击也会相应增加,这会加速刀具的磨损。刀具磨损后,刃口会变得越来越钝,切削区域的切削角变小,与工件间的接触面变大,形成的摩擦力就会增大,从而导致切削力进一步增加,形成恶性循环。刀具磨损的加剧不仅会缩短刀具的使用寿命,还会因为磨损不均匀而影响加工表面的平整度。其次,切削力对工件表面的平整度也有着显著的影响。在切削过程中,切削力会使工件材料发生弹性和塑性变形<sup>[2]</sup>。当切削力过大时,这种变形会更为明显,导致加工表面出现凹坑、波纹等不平整现象。此外,切削力还会引起工件内部的残余应力,这些残余应力在释放过程中也可能导致工件表面发生变形,从而影响表面质量。具体来说,切削力对表面粗糙度的影响尤为显著。表面粗糙度是衡量机械加工表面质量的重要指标之一,通常以Ra值(轮廓算术平

均偏差)来表示。实验数据表明,切削力增大时,加工表面的Ra值也会随之增加。例如,在切削钢件时,当切削力增大20%时,加工表面的Ra值可能会上升约10%至15%。

#### 1.5 冷却液流量

冷却液流量是指在切削过程中用于降低切削区域温度和减少滑动摩擦的冷却液量。冷却液流量的大小对机械加工表面质量有着显著的影响,具体表现如下:冷却液流量越大,对切削区域的冷却效果越好。冷却液能够有效地吸收并带走切削过程中产生的热量,降低切削区域和刀具的温度,从而防止工件和刀具因过热而发生热变形或热损伤。这有助于保持刀具的锋利度和切削性能,进而保证加工表面的平整度。同时,冷却液流量的大小还影响着切削过程中的润滑效果。适量的冷却液能够在刀具与工件之间形成一层润滑膜,减少切削过程中的摩擦力和磨损,降低切削力,从而减小工件表面的粗糙度。实验数据表明,当冷却液流量从低水平增加到适宜水平时,加工表面的粗糙度值(如Ra值)会显著降低。然而,冷却液流量并非越大越好。过大的冷却液流量可能会导致切削液飞溅,不仅浪费资源,还可能对工作环境造成污染。此外,过高的流量还可能对切削液的流动性产生不利影响,影响其在切削区域的均匀分布。

### 2 机械加工表面质量评估指标

以下表格这些评估指标共同构成了机械加工表面质量的全面评价体系,有助于确保零件满足设计要求和性能要求。在实际应用中,应根据零件的具体用途和性能要求,选择合适的评估指标和检测方法,以获得准确的表面质量信息。

表1 机械加工表面质量评估指标

评估指标	定义	衡量标准	对零件质量的影响
表面粗糙度	衡量机械加工表面微小几何形状误差的指标	Ra、Rq、Rz等代号加数字表示,数值越小表面越光滑	影响零件的耐磨性、密封性、外观及使用寿命
平整度	零件表面与参照面之间的平均距离	平整度越高,零件表面越接近理想的平面或曲面	保证零件的精度、稳定性和减少摩擦磨损
圆度	零件外形与圆的完整度和一致性	圆度越高,零件表面越接近理想的圆形	保证零件的配合精度、旋转运动的平稳性和减少振动
直线度	零件表面的平面程度和垂直于基准面的倾斜度	直线度越高,零件表面越接近理想的直线	保证零件的装配精度、传动效率和减少运动误差
垂直度	零件表面法线与参照面法线之间的夹角	垂直度越高,零件表面越接近理想的垂直状态	保证零件的装配精度、稳定性和减少装配间隙

### 3 工艺参数优化以提升机械加工表面质量的策略

#### 3.1 整体规划和定制工艺

在工艺参数优化策略中,整体规划和定制工艺是关键环节。首先,要对整个工艺流程进行细致的分析和评

估,识别并消除不必要的加工环节和冗余操作。这有助于简化流程,提高生产线的连续性和流畅性,从而减少生产过程中的时间浪费和资源消耗。其次,提高生产线的自动化程度是优化工艺的重要方向。通过引入先进的

自动化设备和智能控制系统,可以显著降低人工干预,提高加工效率和精度<sup>[3]</sup>。自动化生产线还能够减少人为因素导致的误差和不良品率,进一步提升产品质量。在定制工艺方面,要根据零件的具体要求和特性,制定合理、高效的加工工艺规程。这包括选择合适的加工方法、确定合理的加工顺序和工序时间,以及优化切削参数等。通过科学定制工艺,可以确保加工过程的稳定性和可控性,从而满足零件的高精度和高质量要求。

### 3.2 合理选择刀具和切削参数

在工艺参数优化过程中,合理选择刀具和切削参数至关重要。首先,需根据加工材料的性质,如硬度、韧性等,以及加工要求,如精度、表面质量等,精心挑选刀具类型和规格。例如,对于硬度较高的材料,应选择耐磨性较好的刀具;对于精度要求较高的加工,则应选用精度等级较高的刀具。其次,切削参数的优化是提升加工效率和保证表面质量的关键环节。为实现这一目标,可以采取试验设计、数值模拟等多种方法。在试验设计过程中,通过系统地改变切削速度、进给量和切削深度等参数,观察它们对加工效率和表面质量的影响。这种方法能够直观地揭示各参数与加工效果之间的关系,为参数优化提供有力依据。数值模拟技术则允许我们在计算机上模拟切削过程,通过调整参数来预测加工结果。这不仅能够减少实际试验的次数和成本,还能更深入地理解切削机理,为参数优化提供理论指导。

### 3.3 采用先进设备和自动化技术

为了进一步提升加工精度和效率,引进先进的数控机床、加工中心以及机器人等设备是必要之举。这些设备具备高精度、高速度以及高稳定性的特点,能够显著提升加工质量和生产效率。例如,采用五轴联动加工中心,可以实现复杂曲面的一次性加工,减少装夹次数和加工误差。同时,自动化技术和系统的应用也是提升生产效率的关键。通过配备自动换刀装置,可以实现刀具的快速更换,减少换刀时间,提高机床的利用率。而自动检测装置则能够在加工过程中实时监测工件的状态和尺寸,及时发现并纠正加工误差,确保产品质量的稳定性<sup>[4]</sup>。此外,还可以考虑引入智能化管理系统,对生产过程进行全面监控和优化。通过数据分析和挖掘,可以及

时发现生产中的问题和瓶颈,为工艺参数的优化提供有力支持。

### 3.4 加强质量控制

加强质量控制是确保产品质量的关键环节。首先,要建立完善的质量管理体系,从原材料采购到成品出厂的每一个环节都要进行严格的质量控制。这包括制定详细的质量标准和检测规范,确保产品质量符合客户要求和行业标准。其次,要优化质量控制手段,引入先进的测量设备和检测方法。例如,使用高精度数控机床自带的检测装置,在加工过程中实时监测工件尺寸和形状,及时发现并纠正偏差。同时,还可以采用无损检测技术,如超声波检测、X射线检测等,对工件内部质量进行全面检查。此外,要加强质量数据的收集和分析,及时发现质量问题并追溯原因。通过持续改进和优化加工工艺,减少加工偏差和缺陷的发生,提高产品质量的稳定性和可靠性。加强质量控制是确保产品质量、提升客户满意度的重要手段。通过建立完善的质量管理体系、优化质量控制手段以及加强质量数据的收集和分析,可以全面提升企业的产品质量水平。

### 结语

工艺参数对机械加工表面质量具有重要影响。通过合理选择刀具、优化切削参数、采用先进设备和自动化技术,以及加强质量控制,可以显著提高机械加工表面质量,进而提升产品的使用性能、可靠性和寿命。未来,随着机械加工技术的不断发展,对表面质量的要求将越来越高,工艺参数的优化也将成为机械加工领域的重要研究方向。

### 参考文献

- [1]李云峰.机械加工工艺参数对铝合金零件表面质量的影响研究[J].南方农机,2024,55(15):168-171.
- [2]佟逸辉.影响机械加工表面质量的因素及改进措施[J].工程机械与维修,2022,(03):42-44.
- [3]张立荣,孟祥海,张伟.机械加工过程中金属材料表面质量及精度控制方法[J].中国金属通报,2022,(02):52-54.
- [4]邢超华.影响机械加工表面质量的因素及控制措施[J].化学工程与装备,2021,(03):174-175.