

机械数控加工过程刀具使用优化策略研究

刘 迎 徐卫东

中航西安飞机工业集团股份有限公司 陕西 西安 710089

摘 要: 在机械数控加工中, 刀具的使用效果直接影响加工精度、质量和效率。本研究探讨刀具使用优化策略, 包括根据工件形状、材料合理选择刀具, 优化切削用量, 控制刀具磨损, 加强刀具保养和检修, 以及合理调整刀具参数等。通过这些措施, 可延长刀具使用寿命, 提高加工稳定性和一致性, 降低生产成本, 提升企业经济效益, 满足现代制造业对高效率、高质量加工的需求。

关键词: 机械数控加工过程; 刀具使用; 优化策略

引言: 在机械数控加工领域, 刀具的使用效率与寿命直接影响生产成本与产品质量。随着制造业的快速发展, 对加工精度与效率的要求日益提高, 刀具的优化使用显得尤为关键。本文旨在探讨机械数控加工中刀具使用的优化策略, 通过深入分析刀具种类、材料选择、切削参数调整、夹持技术等因素, 以期提出有效的刀具使用优化方案, 为提升加工效率和产品质量提供理论依据和实践指导。

1 机械数控加工中刀具的基本特性

1.1 刀具的种类与结构

(1) 常规刀具与模块化刀具。常规刀具, 如车刀、刨刀、铣刀等, 广泛应用于各类机械加工中, 它们结构简单, 易于操作和维护。而模块化刀具则是现代数控加工技术的一大发展, 通过不同的模块组合, 可以迅速适应不同的加工需求, 提高了加工效率和灵活性。(2) 刀具的结构分类。刀具根据结构可分为整体式、镶嵌式、减振式、内冷式等多种类型。整体式刀具结构简单, 适用于普通加工; 镶嵌式刀具通过将刀片钎焊或机械夹固到刀体上, 提高了刀具的耐用性和可更换性; 减振式刀具则通过内置减振结构, 减少了切削过程中的振动, 提高了加工精度; 内冷式刀具则通过在刀具内部设置冷却液通道, 实现了高效的切削冷却, 延长了刀具的使用寿命。(3) 刀具的材料分类。刀具材料的选择对加工效果至关重要。常见的刀具材料包括高速钢、硬质合金、陶瓷、立方氮化硼(CBN)和金刚石等。高速钢具有良好的力学性能和抗冲击性, 但耐磨性较差; 硬质合金则具有硬度高、耐磨性好的特点, 适用于高速切削; 陶瓷刀具硬度更高, 但脆性较大, 适用于精加工; 立方氮化硼和金刚石刀具则具有极高的硬度和耐磨性, 可用于加工高硬度材料。

1.2 刀具的使用特点

(1) 互换性。互换性是刀具使用中的重要特点之一。在数控加工中, 刀具需要频繁更换以适应不同的加工需求。良好的互换性确保了刀具在更换后能够迅速投入使用, 提高了加工效率和灵活性。(2) 刚性。刚性是衡量刀具在切削过程中抵抗变形的能力。高刚性的刀具能够保持切削刃的稳定性, 减少振动和磨损, 提高加工精度和表面质量。(3) 精密性与材质。精密性是指刀具的尺寸精度和形状精度。高精密度的刀具能够确保加工出的工件尺寸准确、形状一致。而刀具的材质则直接影响了其耐磨性、硬度和使用寿命, 选择合适的材质对于提高加工效率和质量至关重要。

2 机械数控加工中刀具的选择原则

2.1 根据零件材料的切削性能选择刀具

零件材料的切削性能直接影响刀具的磨损速率、切削力和切削温度, 因此, 根据材料特性选择适合的刀具至关重要。(1) 硬质材料(如钛合金)的刀具选择: 钛合金以其高强度、低密度和良好的耐腐蚀性广泛应用于航空、航天等领域。然而, 钛合金的切削加工极具挑战性, 因其硬度高、热导率低, 切削时易产生高热和较大的切削力, 导致刀具迅速磨损。针对钛合金加工, 建议选择具有高硬度、高热硬性和良好耐磨性的刀具, 如硬质合金刀具涂覆碳化钛(TiC)或氮化铝钛(AlTiN)涂层, 以及立方氮化硼(CBN)刀具。这些刀具能在高温和高应力环境下保持稳定的切削性能, 有效延长使用寿命^[1]。(2) 软质材料(如铜)的刀具选择: 铜及其合金具有良好的导电性和导热性, 广泛应用于电气、电子等领域。虽然铜的切削加工相对容易, 但由于其质地较软, 易产生积屑瘤, 影响加工表面质量。因此, 加工铜时, 应优先选择具有较低摩擦系数、良好抗粘附性能和较高刃口锋利度的刀具, 如金刚石刀具或经过特殊表面处理的硬质合金刀具。这些刀具能有效减少积屑瘤的形

成, 保证加工表面的光洁度。

2.2 根据零件的加工阶段选择刀具

零件的加工过程通常分为粗加工、半精加工和精加工三个阶段, 每个阶段对刀具的要求不同。(1) 粗加工与精加工阶段的刀具选择: 粗加工阶段的主要任务是快速去除大量材料, 对刀具的耐用性和切削效率要求较高。因此, 应选择具有较大切削刃、较高强度和良好耐磨性的刀具, 如大进给铣刀或重型车刀。这些刀具能快速去除材料, 提高切削效率, 减少切削时间和刀具更换次数。进入精加工阶段, 主要任务是保证加工精度和表面质量, 对刀具的精度、刃口的锋利度和表面粗糙度要求较高。因此, 应选择具有高精度、良好刃口锋利度和表面粗糙度的刀具, 如精密铣刀、金刚石刀具等。(2) 车削、钻削、镗削、铣削等工艺中的刀具应用: 不同加工工艺对刀具的要求各异。车削时, 刀具需承受较大的切削力和扭矩, 应选择具有良好刚性和耐磨性的刀具; 钻削时, 刀具需适应复杂的切削环境和多变的切削条件, 应选择具有较长钻头和良好导向性的钻削刀具; 镗削时, 刀具需保证孔壁的光洁度和同轴度, 应选择具有高精度和良好排屑性能的镗削刀具; 铣削时, 刀具需同时考虑切削效率、表面质量和刀具寿命的平衡, 应选择具有合适切削刃数和几何形状的铣削刀具。

2.3 考虑制造成本与加工效率

制造成本和加工效率是刀具选择中不可忽视的因素。合理的刀具选择能在保证加工质量的同时, 降低生产成本和提高生产效率。(1) 成本效益分析: 刀具的成本包括购置成本、维护成本和更换成本。在选择刀具时, 需进行成本效益分析, 权衡刀具价格与使用寿命之间的关系。虽然高性能刀具的购置成本较高, 但其使用寿命长, 更换频率低, 长期来看可能更具成本效益。因此, 在选择刀具时, 应综合考虑其购置成本、使用寿命和维护成本, 选择性价比最高的刀具。(2) 高效率刀具的选择: 高效率刀具能有效提高加工效率, 缩短加工周期, 从而降低成本。然而, 高效率刀具往往价格也较高。在选择时, 需根据加工任务的需求和生产效率的要求进行权衡。对于大批量生产或高精度要求的零件加工, 选择高效率刀具通常能带来显著的经济效益。而对于小批量生产或加工精度要求不高的零件, 可能更倾向于选择价格适中、耐用性较好的刀具。

3 机械数控加工中刀具使用的优化策略

3.1 切削量的优化

切削量是影响加工效率和刀具寿命的关键因素之一, 合理的切削量能够显著提升加工性能。(1) 切削

量的计算与调整。切削量的计算需综合考虑材料性质、刀具类型、机床性能及加工要求等多方面因素。切削深度、进给量和切削速度是切削量的三个主要参数。切削深度的选择应确保刀具能够承受的切削力, 同时避免过大的切削负荷导致刀具损坏; 进给量需根据加工表面粗糙度要求与刀具承载能力进行设定; 切削速度则需根据材料的热导率、硬度及刀具材料的热稳定性来确定。在实际加工过程中, 切削量并非一成不变, 而是需要根据加工进度、刀具磨损情况及加工质量要求灵活调整。通过实时监测加工过程中的切削力、振动及温度等参数, 结合刀具磨损模型, 可以实现对切削量的智能调整, 以达到最优的加工效果^[2]。(2) 切削量与加工效率的关系。切削量的优化直接关系到加工效率的提升。在保证加工质量和刀具寿命的前提下, 适当增大切削量可以显著缩短加工周期, 提高生产效率。然而, 切削量过大也可能导致刀具过快磨损, 甚至引发机床故障, 因此需要在切削量与加工效率之间找到平衡点。

3.2 夹持力的合理选择

夹持力是确保刀具稳定切削的关键。合理的夹持力能够减少刀具振动, 提高加工精度。(1) 夹持力的测量与控制。夹持力的测量通常通过专用的测力传感器实现, 确保夹持装置施加给刀具的力在合理范围内。夹持力的控制依赖于夹持装置的设计与调整, 如夹头、刀柄及夹持系统的精度与刚性。合理的夹持力应既能确保刀具的稳定切削, 又能避免对刀具造成过大的应力, 延长刀具使用寿命。(2) 夹持力对刀具寿命的影响。夹持力过小可能导致刀具在切削过程中产生振动, 加速刀具磨损; 夹持力过大则可能使刀具柄部承受过大的应力, 导致变形或断裂。因此, 选择合适的夹持力对于保护刀具、提高加工精度至关重要。

3.3 减少振动与提高稳定性

振动是影响刀具切削稳定性和加工质量的主要因素之一。(1) 振动的来源与控制方法。振动的来源主要包括机床振动、刀具振动及工件振动。机床振动可能源于主轴、导轨或进给系统的误差; 刀具振动则与切削力不平衡、刀具动态性能不佳有关; 工件振动则可能因夹持不稳或工件刚性不足导致。控制振动的方法包括提高机床刚性、优化刀具设计、改进夹持装置以及采用减振技术等。例如, 通过增强机床结构的刚性、优化刀具的几何形状与动态性能、使用高性能的夹持装置以及安装减振器等, 可以显著降低切削过程中的振动, 提高加工稳定性。(2) 提高刀具切削稳定性的措施。提高刀具切削稳定性的措施还包括合理选择切削参数、采用高刚性

刀具及优化刀具安装等。通过调整切削深度、进给量和切削速度等参数,可以降低切削过程中的不稳定因素;选用高强度、高刚性的刀具材料,如硬质合金、立方氮化硼等,可以提高刀具的抗振性能;优化刀具安装,确保刀具与机床主轴的同轴度,可以减少切削过程中的振动,提高加工精度^[3]。

3.4 冷却液的充分利用

冷却液在机械数控加工中起着冷却、润滑与清洗的作用,对于保护刀具、提高加工质量至关重要。(1)冷却液的作用与选择。冷却液的主要作用包括降低切削温度、减少刀具磨损、提高加工表面质量以及清洗切削区域等。冷却液的选择需根据加工材料、切削参数及加工环境等因素综合考虑。例如,对于难加工材料,如钛合金、高温合金等,应选择具有高冷却性能、良好润滑性及抗高温性能的冷却液;对于易产生积屑瘤的材料,如铝、铜等,则应选用具有良好清洗性和抗粘附性能的冷却液。(2)冷却液喷雾技术的应用。冷却液喷雾技术是一种高效的冷却与润滑方式,通过将冷却液以微小液滴的形式喷射到切削区域,可以显著提高冷却液的利用率,降低切削温度,减少刀具磨损,同时减少冷却液的用量,降低对环境的污染。喷雾技术的应用需要考虑喷雾压力、喷雾角度、喷雾量以及喷雾时机等因素,以确保冷却液能够准确、高效地到达切削区域。

3.5 刀具的研磨与维护

刀具的研磨与维护是确保刀具长期稳定运行、延长使用寿命的关键环节。(1)刀具研磨的必要性。刀具在切削过程中会逐渐磨损,切削刃变钝,切削力增大,导致加工质量下降。定期研磨刀具可以恢复其切削刃的锋利度,提升切削效率和加工质量。同时,研磨还能去除刀具表面的微小裂纹和缺陷,有效防止裂纹扩展引发的刀具断裂,保护刀具的整体性能。(2)研磨次数与研磨方法的控制。研磨次数和研磨方法的恰当控制对刀具保

护和使用寿命延长至关重要。过度研磨会导致刀具刃口过度钝化,切削性能下降;研磨不足则无法有效去除磨损层,影响研磨效果。因此,研磨时需严格控制研磨次数和力度,选择适合刀具材质、磨损程度及加工需求的研磨方法和研磨剂,确保研磨后的刀具能够满足加工要求^[4]。(3)刀具的定期检查与保养。为确保刀具稳定运行和延长寿命,需定期进行检查和保养。检查内容涵盖刀具磨损、切削刃锋利度、几何形状准确性及夹持装置紧固程度等。磨损严重刀具应及时研磨或更换,切削刃钝化或几何形状变形刀具需修复或调整。同时,需定期检查和维修夹持装置,确保其夹持力稳定准确。保养工作包括清洗刀具表面切削屑和冷却液残留、涂抹防锈油防锈以及存放在干燥通风环境,避免受潮和腐蚀,从而保障刀具性能和延长使用寿命。

结束语

综上所述,机械数控加工中刀具使用的优化是提升加工效率与产品质量的关键环节。通过合理选择刀具、优化切削参数、增强夹持稳定性、充分利用冷却液以及重视刀具研磨与维护,可以显著提升刀具的使用寿命与切削性能。未来,随着智能制造技术的发展,刀具使用优化策略将更加注重智能化与自动化,为实现高效、精准、绿色的机械数控加工提供更为坚实的理论与实践支撑。

参考文献

- [1]王雪,薛影,白新宁.机械数控铣加工过程刀具使用优化探讨[J].河北农机,2021,(12):116-117.
- [2]闵福均,顾永广.关于机械数控加工过程中刀具的合理使用控制与研究[J].内燃机与配件,2021,(09):86-87.
- [3]刘毅斌.试论机械数控加工过程中刀具的合理使用控制[J].内燃机与配件,2021,(08):83-84.
- [4]李丽辉.关于机械数控加工过程中刀具的合理使用控制和研究[J].内燃机与配件,2021,(07):70-71.