

钳工铰孔工艺中的常见问题与系统性解决方案探究

王祥, 李佩玲

江苏省扬州技师学院, 江苏 扬州 225091

DOI: 10.61369/VDE.2026040040

摘 要 : 钳工在进行铰孔作业时, 常见的问题包括孔径尺寸超差、孔壁表面质量不佳、位置精度不准, 以及刀具磨损或损坏等情况。这些问题通常是由于切削参数不当、铰孔刀具存在问题、切削液选择不合理、机床精度不高、操作流程不符合标准所导致的。为解决这些问题, 可以采取优化切削参数、修磨铰刀切削刃、选择合适的铰刀、改善冷却与润滑条件、定期对机床进行检查和维护保养、规范操作流程等措施, 可以显著提升铰孔作业的精度。

关 键 词 : 铰孔概述; 常见问题; 解决方案

Exploration of Common Problems and Systematic Solutions in the Benchwork Reaming Process

Wang Xiang, Li Peiling

Yangzhou Polytechnic College, Yangzhou, Jiangsu 225091

Abstract : When benchworkers perform reaming operations, common problems include over-tolerance of hole diameter, poor surface quality of hole walls, inaccurate positional accuracy, and tool wear or damage. These problems are usually caused by improper cutting parameters, defects in reaming tools, unreasonable selection of cutting fluid, low machine tool accuracy, and non-standard operation procedures. To solve these problems, measures such as optimizing cutting parameters, regrinding the cutting edges of reamers, selecting appropriate reamers, improving cooling and lubrication conditions, regularly inspecting and maintaining machine tools, and standardizing operation procedures can be taken, which can significantly improve the accuracy of reaming operations.

Keywords : reaming overview; common problems; solutions

引言

铰孔作为一种精密孔加工方法之一, 在机械加工领域中起着至关重要的作用。然而, 在实际操作中, 常常会遇到各种问题, 比如孔径尺寸超差、表面粗糙度值过高、孔的形状公差超差等。这些问题不仅会影响到加工质量和装配精度, 还会增加生产成本。因此, 深入系统的分析这些问题的原因, 探究有效的解决方案, 对于提升铰孔加工的质量具有重要意义。本文旨在探讨在铰孔作业过程中常见的各种问题及其相应的解决措施, 从而为该领域的从业者提供有价值的参考依据。

一、铰孔概述

(一) 铰孔加工的原理和特点

1. 铰孔的定义与分类

铰孔是用铰刀从工件孔壁上切除微量金属层, 以提高孔的尺寸精度和表面质量的工序。

2. 铰孔的基本原理

铰刀为多刃刀具, 在较低的切削速度下对孔壁进行微量切削。通过铰刀的旋转与进给运动, 逐步切除孔壁余量, 从而提高孔的尺寸精度并降低表面粗糙度。

3. 铰孔加工的主要特点

铰孔主要优点: ①加工精度可达 IT7 ~ IT9, 表面粗糙度值

可达 Ra0.2 ~ 1.6 μ m, 满足精密零件加工要求; ②切削余量小, 进给量大, 切削阻力与切削热均较低, 适合批量生产; 导向性好, 切削过程平稳; ④适用范围广, 铰刀结构细长, 适合加工深孔, 可用于钢、铸铁、有色金属等多种材料的加工, 同时能获得光滑孔壁, 适合对密封性、耐磨性要求高的场合。

铰孔主要缺点: ①铰孔不能修正孔轴线的偏斜或孔与其他表面的位置精度, 需由前道工序保证; ②一把铰刀通常只适用于一种公称直径和公差等级, 更换规格需更换刀具; ③难以加工阶梯孔、盲孔; ④底孔余量、圆度、同轴度直接影响铰孔质量, 余量过大易导致铰刀崩刃或积屑瘤, 过小则无法去除刀痕; ⑤手工铰孔易因倾斜造成孔口喇叭形; 机铰若夹具刚性不足或主轴偏心, 会导致孔径超差。

（二）铰孔加工的设备与工具

1. 铰孔加工所需的主要设备。铰孔加工所需的主要设备包括钻床、镗床或专用铰孔机床。钻床适用于小孔径的铰孔；镗床则适用于大孔径和深孔的铰削；专用铰孔机床则针对特定孔径和加工要求设计，具有更高的加工精度和效率。在选择设备时，需要考虑工件的材质、孔径大小、加工精度要求以及生产批量等因素。

2. 铰刀的种类、结构与选择原则。铰刀种类较多，钳工常用铰刀主要包括：①整体式圆柱铰刀，分为机用和手用两种。为提高铰孔质量，手用铰刀的齿距在圆周上呈 180° 对称的不等距分布，而机用铰刀则采用等距分布。②可调手用铰刀，标准直径范围为 $6 \sim 54 \text{ mm}$ ，适用于特殊尺寸通孔的铰削。③螺旋槽铰刀，铰刀容屑槽呈螺旋状，铰孔时切屑排出平稳，加工表面光滑，可避免普通铰刀易产生的纵向刀痕。④锥铰刀，用于铰削圆锥孔。

铰刀的结构（见图1）主要由柄部、颈部和工作部分组成。柄部用于连接机床或手工工具，颈部则起到过渡和支撑作用，工作部分则是进行切削的主要部分。在选择铰刀时，需要考虑加工孔的精度要求、材料硬度、孔径大小以及加工环境等因素^[1]。一般来说，加工高精度孔时，应选择精度较高的铰刀；加工硬度较高的材料时，应选择硬度较高、耐磨性好的铰刀；加工大孔径时，应选择刚性好的铰刀，以保证切削过程的稳定性。此外，还需要注意铰刀的切削刃数、螺旋角、校准部分长度等参数的选择，以满足加工要求。

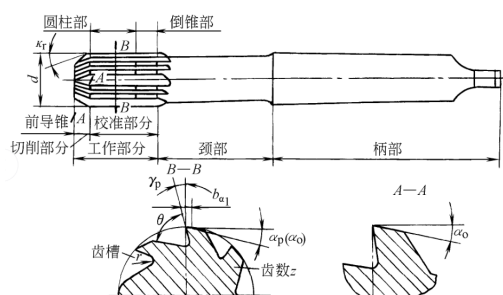


图1 铰刀结构

二、钳工铰孔过程中的常见问题

（一）孔径尺寸超差问题

1. 孔径尺寸增大或缩小的现象及原因分析

孔径尺寸超差是指铰孔后孔径尺寸不符合图纸要求，主要表现为孔径尺寸增大或缩小。

孔径尺寸增大的可能原因包括：①铰刀尺寸不标准；②在铰孔过程中，由于铰刀与铰孔相对位置偏差，机床主轴径向跳动偏差过大，造成铰刀的轴线与铰孔的轴线不对齐，从而导致铰刀发生过度偏摆；③进给速度过快、铰削力度过大，使铰刀温度上升，造成直径增大；④在手动铰孔过程中，如果双手施加的手力不均匀，导致铰刀摇晃。⑤切削液选用不当或用量不足，影响热量的有效散发，导致切削刃因受热而膨胀。⑥铰孔进给速度过快、工件材料的硬度不均匀，或是工件内部存在缺陷，也都能

引发类似问题。

铰孔尺寸缩小的可能原因包括：①铰刀尺寸不标准；②使用已经磨损严重的铰刀进行加工；③持续使用切削刃钝化的铰刀会导致切削热增大，使孔径收缩；④在铰削钢材时，切屑量过大，而铰削完成后孔壁会恢复弹性，从而导致孔径变小；⑤在铰削铸件时使用煤油作为冷却液，也会导致孔径缩小。

1. 孔径尺寸超差对工件性能的影响

孔径偏差过大会直接影响工件的装配精度和功能性能。对于那些需要精密配合的部件来说，这一问题尤为突出。在安装过程中，这种偏差可能导致间隙不当或出现干涉现象，从而影响装配的稳定性与运动的精确性。对于对密封性有极高要求的工件来说，孔径的偏差可能会导致密封失效，进而引发泄漏或使设备无法正常使用。此外，过大的孔径偏差会削弱工件的强度和刚性，从而缩短其使用寿命^[2]。

（二）孔壁表面粗糙度达不到要求

1. 孔壁表面粗糙度值高的现象及产生原因

孔壁表面粗糙度值高表现为孔壁不平整，存在划痕、刀痕、毛刺、波纹等缺陷。其产生原因主要包括：铰刀刃口不锋利，切削部分及修整部分光洁度不足；切削刃上附着积屑瘤，容屑槽内切屑堆积过多；铰削余量过大或过小；工件材料含有杂质或硬度不均，导致切削刃崩损；铰刀偏摆过大，切削过程中受力不均，产生振动；切削液选用不当或供给不足，使切削刃与工件表面摩擦加剧等原因。

1. 孔壁表面粗糙度达不到要求的影响

孔壁表面粗糙度值高会加速孔壁磨损与腐蚀，使配合间隙变大，影响零件的配合精度与密封性能，导致装配后工件性能下降。粗糙的内孔表面容易积存污垢与杂质，影响零件的运动精度与工作稳定性。

（三）铰出的内孔圆度超差

1. 圆度超差的现象及原因分析

圆度超差是指加工后孔的形状偏离正圆，表现为椭圆、多边形或波浪形等。其产生原因主要包括：铰刀刚性不足，切削过程中发生铰刀弯曲或振动；铰削余量过大或切削刃不锋利，导致铰刀产生“啃切”现象；底孔不圆，使铰孔时铰刀发生弹跳；钻床主轴振摆过大等原因。

2. 圆度超差对工件装配和性能的影响

圆度超差会导致工件装配困难，甚至无法装配。对于需精密配合的工件，圆度超差会造成配合间隙不均，影响装配后的工件性能与稳定性。此外，圆度超差还会加速零件的磨损与腐蚀，降低其使用寿命。

三、钳工铰孔过程中常见问题的解决方案

（一）孔径超差的解决方案

1. 孔径增大的解决方案。①新的标准圆柱铰刀（铰刀结构见下图），直径上留有研磨余量，而且棱边的表面粗糙度值也较大，需要对铰刀进行研磨以达到所需要的尺寸精度。②采用浮

动夹头或浮动铰刀柄，补偿轴线偏差，确保底孔与铰刀轴线对中；③手铰时保持匀速转动、双手用力均匀，避免晃动；④预留合适的铰削余量，粗铰余量一般为0.2 ~ 0.3mm，精铰余量0.05 ~ 0.15mm，或采用分段铰削或增加粗铰、半精铰工序。⑤机铰时合理控制切削速度与进给量，适当降低进给速度，保持切削平稳；⑥对工件进行预热处理，减少内应力影响；⑦选用合适的切削液，保证切削液流量充足，充分冷却与润滑。

2. 孔径缩小的解决方案。①定期检查铰刀尺寸与磨损情况，超差时及时更换；②建立刀具寿命管理制度，按加工数量或加工时间强制换刀。③铰刀磨钝后及时刃磨，保持刃口锋利；④控制切削温度，避免因热变形导致孔径异常。⑤减小铰削余量，采用分次铰削，铰孔后增加一道推孔或挤压工艺，稳定尺寸。⑥根据工件材质合理选择切削液类型，铸铁件铰孔宜采用乳化液或干切，避免使用煤油。

（二）孔壁表面粗糙度达不到要求的解决方案

1. 检查并修磨铰刀刃口

铰刀使用前应检查切削刃工作部分的刃口表面粗糙度，特别是切削部分与校准部分过渡处，若铰刀刃口表面粗糙，应采用油石进行精细修磨，确保刃口光滑锋利。

2. 优化铰刀主偏角 K_r

铰刀主偏角是影响内孔表面粗糙度的关键因素之一。主偏角过大易使切削力与切削热增加，恶化表面质量。刃磨时应合理控制主偏角，以维持铰刀良好的切削性能。

3. 控制铰孔余量及其均匀性

铰孔余量的大小与均匀性对表面粗糙度影响显著。余量过大会增大每齿切削负荷，破坏切削稳定性，增加切削热，易使切屑呈撕裂状，导致孔径扩张、表面粗糙度升高；余量不均匀则会引起切削力波动，进一步影响表面质量。余量过小则无法修正前道

工序缺陷，如钻孔或扩孔留下的刀痕、氧化层、硬化层无法被完全去除，导致表面粗糙度值偏高。

4. 合理选择切削速度与切削液

切削速度过高会导致切削热积聚，加剧刀具与工件磨损，使表面粗糙度增大。应根据工件材料及铰刀类型，合理选择切削速度，并选用适宜的切削液，以有效降低切削温度、减少摩擦阻力，改善表面质量。

（三）圆度超差的解决方案

1. 选用刚性好的铰刀，减少振动

铰刀的刚性是影响内孔圆度的关键因素之一。刚性不足的铰刀在切削过程中易产生振动，导致孔的形状失真。因此，应优先选用刚性好的铰刀，确保切削过程的稳定性和加工精度。

2. 合理增大铰刀主偏角 K_r ，优化刃带宽度 ba_1 。

适当增大铰刀主偏角有助于减小切削力与切削热，有利于保持内孔圆度。同时，选择合适的刃带宽度可在切削过程中提供良好支撑，减少振动。在实际选用时，应根据工件材料、孔径大小等因素综合确定主偏角与刃带宽度。

3. 选用合格毛坯，确保内孔表面无缺陷

毛坯的内孔表面质量直接影响铰孔圆度。若存在砂眼、气孔等缺陷，在铰孔过程中易被放大，导致圆度超差。因此，应严格检查毛坯内孔表面质量，及时更换或修复存在缺陷的毛坯。

综上所述，钳工铰孔过程中的常见问题虽不容忽视，但通过科学分析与精准应对，均可得到有效解决。优化切削参数、合理选用并维护铰刀、改善冷却润滑条件、严格规范操作过程，是提升铰孔质量与效率的关键。未来，随着加工技术与工艺水平的持续进步，铰孔工艺将不断完善，为机械制造领域的高质量发展提供更加坚实的支撑。

参考文献

[1] 李惠昌, 刘汉蓉, 李昌年, 等. 钳工工艺学 / 技工学校机械类通用教材编审委员会编, - 第5版. 北京: 机械工业出版社, 2022

[2] 张明远. 精密铰孔加工中的常见缺陷分析与质量控制 [J]. 机械制造与自动化, 2022, (04): 47-48.