

机械制造工艺及精密加工技术

宋 旭

赛克科技发展有限公司 广西 柳州 545007

摘 要：近年来，我国机械制造业随现代化建设蓬勃发展，高精度零件需求激增促加工技术迭代。本文剖析了现代机械制造与精密加工技术，概述基本原则并探讨工艺设计问题。介绍了CO₂焊、搅拌摩擦焊等现代工艺及精密研磨、纳米加工等前沿技术。提出提高加工精准度、优化管理等策略，促进高端智能化发展。展望未来，精密加工技术前景广阔，将助力制造业转型升级与高质量发展。

关键词：机械制造工艺；精密加工；技术

1 机械加工基本原则

机械加工的四大基本原则确保了工艺的高效与产品的高质量，具体阐述如下：（1）基准优先原则：机械加工的首要步骤是确立并加工精基准面。这意味着，在所有后续工艺之前，必须先精确加工出作为定位基准的表面。以高精度轴承类零件为例，应先以外圆面作为精基准进行加工，随后才能依此基准进行孔位的精准定位及表面的粗加工。此原则直接关联到机械加工的整体精度与产品质量。（2）先孔后面加工原则：在处理如箱体、连杆等复杂机械部件时，遵循先加工孔位后加工其他表面的顺序尤为关键。这样的加工顺序有助于确保孔位的精确度，为后续精加工奠定坚实基础，从而提升整体组装性能与耐用度。（3）设备适配原则：机械加工应根据不同阶段的需求选择合适的设备。粗加工阶段，鉴于对精度要求相对较低，可采用精度与功率适中的设备进行高效加工；而在细加工阶段，则必须选用高精度设备以确保产品的最终精度。特别是对于既含孔又含面的零件，应优先确保基准面的粗加工完成，再细致处理孔的尺寸、形状等，最后进行面的精加工。此过程强调了对加工设备精度与适用性的精准把控。（4）热处理优化原则：热处理技术的应用需依据机械产品的具体特性与需求灵活调整。旨在消除材料内应力的热处理应在粗加工之后、精加工之前进行；而旨在提升产品整体性能的热处理则应在所有加工工序完成之后实施。合理的热处理安排能够有效改善材料性能，提高产品的稳定性与耐用性。

2 机械制造加工在工艺设计环节存在的主要问题分析

2.1 加工设备的精准度无法有效保证

在机械制造加工领域，加工设备的精准度是决定产品质量的关键因素之一。当前工艺设计环节中存在的一个显著问题是，加工设备的精准度往往难以得到有效保证。这主要源于几方面原因：首先，部分老旧设备由

于技术限制和长期使用磨损，其加工精度已难以满足现代高精度产品的要求；其次，新设备的引进与调试过程中，若未能充分考虑工艺需求与设备性能的匹配，也可能导致加工精度不达标；再者，工艺设计人员在制定加工方案时，若对设备性能了解不足或评估不准确，也可能设计出超出设备能力范围的加工路径，从而影响加工精度。

2.2 工艺设计自身存在的缺陷

除了加工设备精准度的问题外，工艺设计环节本身也存在诸多缺陷，这些缺陷直接影响到机械制造加工的效率与效果。一方面，部分工艺设计过于依赖传统经验，缺乏科学的理论指导和数据支持，导致设计出的工艺方案可能不是最优解，甚至存在潜在的质量隐患；另一方面，工艺设计人员在制定方案时，可能未能充分考虑实际生产条件、材料特性、设备性能等多种因素的综合影响，导致工艺方案在实际操作中难以顺利实施或效果不佳。另外，工艺设计的灵活性不足也是一大问题，面对多变的市场需求和复杂的产品结构，若工艺设计缺乏足够的灵活性和适应性，将难以快速响应市场变化，满足客户的多样化需求^[2]。

3 现代化的机械制造工艺

3.1 二氧化碳气体保护焊工艺

二氧化碳气体保护焊（简称CO₂焊）作为一种现代化的机械制造工艺，在工业生产中发挥着重要作用。该工艺利用CO₂气体作为保护介质，通过焊丝与焊件之间的电弧熔化金属，实现高质量的焊接。CO₂焊具有生产效率高、敷化金属量大、焊后变形小等特点，适用于多种金属材料的焊接。其明弧焊接方式使得熔池可见度好，便于操作和控制，特别有利于全位置焊接和机械化、自动化生产。另外，CO₂焊的成本较低，因为CO₂气体来源广泛且价格低廉，使得这种焊接工艺在市场竞争中占据一

定优势。然而，CO₂焊也存在一些局限性，如气孔问题和氧化性气体的影响，需要通过优化焊接工艺和选用合适的焊丝来克服。

3.2 搅拌摩擦焊工艺

搅拌摩擦焊（FSW）是另一种创新的机械制造工艺，它利用旋转工具产生的摩擦热来连接金属件，而无需熔化材料。FSW工艺最初由英国剑桥焊接研究所发明，并广泛应用于航空航天、汽车、船舶等领域。该工艺通过搅拌头的旋转和前进，在工件之间形成固态连接，具有焊接强度高、热影响区小、变形小等优点。FSW特别适用于高强度材料和难以使用传统焊接方法连接的材料，如铝合金、钛合金等；FSW工艺还可以实现复杂形状和结构的焊接，为制造业提供了更多的设计自由度。然而，FSW工艺对设备和操作技术要求较高，需要精确控制焊接参数和工具路径，以确保焊接质量。

3.3 埋弧焊工艺

埋弧焊是一种电弧在焊剂层下燃烧进行焊接的方法，因其生产效率高、焊缝质量稳定而广泛应用于机械制造行业。在埋弧焊过程中，焊丝在焊剂层下与工件形成电弧，电弧热量熔化焊丝和工件金属形成熔池，随后冷却凝固形成焊缝。埋弧焊具有无弧光、烟尘少、热效率高优点，适用于焊接各种钢板结构和重型钢结构^[3]。埋弧焊还可以实现自动化和半自动化生产，提高焊接效率和质量。然而，埋弧焊工艺对工件边缘准备和装配质量要求较高，且一般只适用于水平位置或倾斜度不大的焊缝。因此，在实际应用中需要根据具体情况选择合适的焊接方法和工艺参数。

4 机械制造精密加工技术

4.1 精密研磨技术

精密研磨技术是现代机械制造中的一项关键技术，其广泛应用于高精度零件的加工与表面处理。该技术通过精确的研磨工具和磨料颗粒，对工件表面进行微量去除和修整，以达到极高的尺寸精度和表面光洁度。精密研磨技术不仅要求设备具备高度的稳定性和精度控制能力，还需要对研磨液、磨料粒度、研磨时间等参数进行精确控制。在高端制造领域，如航空航天、半导体制造、精密仪器等，精密研磨技术的重要性尤为突出。例如，氮化硅球作为一种高性能陶瓷材料，其精密研磨技术的应用正在逐步引领行业的新风尚。通过精确控制研磨过程中的各项参数，可以确保氮化硅球在长时间使用过程中保持尺寸精确度和表面光洁度，从而满足高端轴承、研磨介质等领域的苛刻要求；精密研磨技术还促进材料科学、测量技术及表面工程等相关领域的发展，推

动了制造业的整体进步。

4.2 纳米加工技术

纳米加工技术作为精密加工技术的前沿领域，正逐步成为现代制造业的重要组成部分。该技术旨在实现对原子和分子级别的精确控制和操作，以满足超精密加工和纳米尺度器件制造的需求。纳米加工技术集成了现代机械学、光学、电子、计算机、测量及材料科学等领域的先进技术成就，使得加工的精度从微米级提升至纳米级甚至更高。在国防、航空航天、电子信息等领域，纳米加工技术发挥着至关重要的作用。例如，在武器惯导仪表的精密陀螺、激光核聚变反射镜、大型天体望远镜反射镜等高精度元件的制造中，纳米加工技术确保了这些元件的尺寸精度和表面质量，从而提升了整个系统的性能和可靠性。此外，纳米加工技术还促进了新型功能材料的研发和应用，如纳米传感器、纳米复合材料等，为制造业的创新发展提供了有力支持。

4.3 超精密抛光技术

超精密抛光技术是精密加工技术中的一项重要环节，其对于实现工件表面的全局平坦化和超光滑度具有决定性作用。在现代制造业中，超精密抛光技术广泛应用于集成电路、医疗器械、汽车配件、数码产品等领域，对提升产品质量和市场竞争力的具有重要意义。该技术通过采用高精度抛光设备和特定抛光工艺，对工件表面进行微量去除和修整，以达到纳米级甚至更高级别的表面粗糙度和平整度。超精密抛光技术的关键在于对抛光过程中的各项参数进行精确控制，如抛光压力、抛光速度、抛光液成分及浓度等；还需要考虑到抛光过程中产生的热变形和应力分布等因素，以确保抛光后的工件表面质量符合设计要求。在超大规模集成电路制造中，超精密抛光技术对于改善晶片质量、提高芯片性能和可靠性具有重要作用^[4]。同时，随着科技的不断发展和工业生产的不断精细化，超精密抛光技术将在更多领域展现其巨大潜力和价值。

5 机械加工制造环节提高工艺合理化水平的设计策略分析

5.1 设计环节将加工精准度作为主要前提

在机械加工制造过程中，提高工艺合理化水平的设计策略首先且最为关键的是将加工精准度作为设计环节的主要前提。这一策略的实施贯穿于从产品设计到工艺制定的全过程。在设计初期，应充分考虑材料的物理特性、加工设备的精度范围以及最终产品的使用要求，制定出既符合技术可行性又满足精度要求的初步设计方案。在工艺设计阶段，需进一步细化加工流程，对每一

个加工步骤的精度控制进行精确计算和分析,确保每一步操作都能达到预定的精度标准。这包括合理选择刀具材料、切削参数、工装夹具等,以减少加工过程中的误差累积,提高整体加工精度;引入先进的测量和检测技术,如激光测量、三坐标测量等,对加工过程中的关键尺寸和形位公差进行实时监控和反馈调整,也是提高加工精度的重要手段。通过这一系列措施,可以确保机械加工制造环节的工艺设计更加科学合理,有效提升产品的加工质量和市场竞争力。

5.2 工艺的管理与优化

在机械加工制造过程中,工艺管理的科学性和有效性直接关系到工艺合理化水平的提升。因此,制定并实施一套完善的工艺管理制度是至关重要的;应建立健全的工艺管理体系,明确各级管理职责和权限,确保工艺管理活动的有序进行;加强对工艺文件的编制、审核、批准和执行的管理,确保工艺文件的准确性和指导性。同时,建立工艺变更管理机制,对工艺变更进行严格的审批和控制,防止随意更改工艺导致的产品质量问题;工艺管理还应注重持续改进和优化。通过定期组织工艺评审、工艺试验、工艺改进等活动,及时发现并解决工艺过程中存在的问题和不足,推动工艺水平的不断提高;加强工艺人员的技术培训和交流,提升他们的专业素养和技能水平,为工艺管理的持续优化提供有力支持。通过这些措施的实施,可以构建起一个高效、规范、科学的工艺管理体系,为机械加工制造环节工艺合理化水平的提升奠定坚实基础。

5.3 提高机械制造标准

在设计环节需要对设计标准做出合理化、科学化的设计,保证机械制造的整个过程能够有据可依,同时针对各项制造操作流程实行合理规范。机械制造产品的质量会受到零部件在制造环节的影响,所以需要严格管控零部件的制造标准,确保机械产品在生产制造环节的质量和效率能够得到合理提升。齿轮和传动轴对加工的要求较高,主要涉及连接强度和安装后的运行情况,因此需高度重视齿轮内花键的细节加工。控制位置精度时,需要采用精密的拉削工艺。精密拉削时应分析渐开线内

花键分度圆和齿轮内孔间存在的同轴度要求,采用不同的拉刀结构开展精密拉削^[5]。例如:针对导向和齿轮内孔在加工的各个环节产生的接触进行全面分析,通过了解这两个环节产生的精度,可以实现对同轴度的控制。还可以使用一套由后导向套、工件固定座以及前导向套等形成的夹具,采用内定位的方式将拉刀和夹具相互配合,从而有效控制和积极应对拉刀后导向带产生的影响。

5.4 机械设计在制造环节的发展趋势

在机械设计制造环节,需要合理应用信息化技术,让生产制造、计算机技术实现有机融合,生产人员只需要在计算机中对生产参数完成设置,就可以确保机械设备完成自动化的生产。对于机械制造设计和信息技术的有机融合,通过创造信息化、机械化、智能化的设计模式,可以有针对性地提高机械产品的整体制造质量和设计精度,推动机械设备朝着高端化、智能化的方向不断发展。

结束语

综上所述,机械制造工艺及精密加工技术的不断发展对于提升产品质量、满足市场多样化需求具有重要意义。通过不断优化工艺设计、提高设备精准度、融合先进技术,并注重工艺管理的科学性与有效性,能够推动机械制造业的持续进步与创新。未来,随着科技的进一步发展,我们有理由相信机械制造工艺及精密加工技术将迎来更加广阔的发展前景。

参考文献

- [1]李佳胜,林媚,贾增畔.浅探现代机械制造工艺及精密加工技术[J].科学技术创新,2021(31):174-176.
- [2]郭廷华.现代机械制造工艺及精密加工技术的应用探讨[J].内燃机与配件,2021(6):89-90.
- [3]陈志,魏协奔.现代机械制造工艺及精密加工技术应用[J].内燃机与配件,2021(17):103-104.
- [4]吴兆平.现代化机械设计制造工艺及精密加工技术研究[J].科学技术创新,2021(12):56-57.
- [5]张鑫.现代化机械设计制造工艺及精密加工技术探讨[J].中国设备工程,2021(04):160-161.