

引用格式:杨旭,江艳华,李天祥.热阻薄壁套数控车削工艺设计及零件加工[J].有色设备,2024,38(6):93-97.

YANG Xu, JIANG Yanhua, LI Tianxiang. Hot nozzle thin-wall sleeve CNC lathing process design and parts processing [J]. Nonferrous Metallurgical Equipment, 2024, 38(6): 93-97.

热阻薄壁套数控车削工艺设计及零件加工

杨旭^{1,2}, 江艳华^{1,2}, 李天祥^{1,2}

(1. 成都工贸职业技术学院, 四川 成都 611731; 2. 成都市技师学院, 四川 成都 611731)

[摘要] 为了解决热阻薄壁套零件能够快速完成数控车削加工,根据零件加工要求,本文确定了合理的数控车削工艺,选择了合适的夹紧方案、刀具类型,并确立了高效的切削加工参数,确保加工任务顺利进行。通过数控车削试车加工,当主轴转速为2000 r/min,背吃刀量为0.15 mm,进给速度为0.08 mm/r时,达到了图样上的设计要求。采用合理的数控车削加工工艺、软卡爪辅助装夹以及涂层硬质合金刀具,不仅保证了零件的加工尺寸和表面质量,还有效防止了零件变形,提高了生产效率,为类似零件的加工提供了实际依据。

[关键词] 热阻薄壁套; 数控车削; 工艺设计; 零件变形; 零件加工

[中图分类号] TG659 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1003-8884(2024)06-0093-05

DOI:10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2024.06.014

0 引言

随着加工制造业的飞速发展,薄壁零件的应用日益广泛。为满足薄壁零件的加工需求,技术人员针对不同零件采用了多种加工方法。通过优化加工工艺,解决了超薄薄壁套在加工中产生的振动变形问题,从而保证了其加工精度和生产效率^[1-2]。将优化工艺与可变径心轴夹具相结合,进一步提高了薄壁套的生产率和加工精度,缩短了生产周期^[3]。针对薄壁套的粗精加工,选择不同的夹具、切削用量和切削液,有效提升了零件的加工精度^[4]。通过向内孔中填充锯末并注水膨胀的方法,增强了薄壁套的工艺刚性,解决了外圆车削时的振动难题^[5]。合理选择刀具几何参数和切削用量,并使用衬套工装,减少了工件热变形对加工精度的影响^[6]。通过使用外径夹具来消除零件变形的径向力,减少了装卡找正时间,保证了尺寸精度、表面粗糙度,并提高了加工效率^[7]。此外,采用软卡爪或开口套来增大接触面,确保薄壁零件不被夹坏,防止变形^[8]。

模具产品的尺寸精度和表面质量要求极高,这

对加工制造人员提出了很高的技术要求。模具零件的完美配合是保证模具正常开模的关键。在零件的位置精度和表面粗糙度不断提高的前提下,普通车削精度难以达到图样上的加工要求,因此需要在数控车床上完成加工。本研究对象主要是某模具公司加工的模具零件——热阻薄壁套。本次共计2件属于单件生产,根据现有的数控车床对该零件进行加工。

1 零件加工工艺难点分析

热阻套的单边壁厚为5.5 mm,总长为60 mm。在夹紧力和切削力的共同作用下,热阻套产生不同程度的变形,因此对零件的装夹要求较高。由于零件在加工时装夹部分有限,处于悬伸状态,在数控车削过程中容易发生振动,且刚性较差,容易对表面形状和尺寸精度造成影响。在加工过程中,应合理控制零件装夹的重心,确保零件端面紧贴主轴端面,以有效控制惯性力和回转力的大小,从而提高零件的加工质量。在实际加工热阻薄壁套时,应控制悬伸长度,以满足切削加工的要求。根据零件的加工要求,选择合理的装夹方式可以提高零件的刚度和强度,确保零件与夹具之间、与机床主轴轴线完全同轴,从而降低装夹过程中产生的基本误差,提升工件的整体加工精度。

不同刀具类型的选择、优化的切削参数以及不同

[收稿日期] 2024-09-20

[第一作者] 杨旭(1985—),男,四川遂宁人,高级讲师,大学本科,主要研究方向为机械工程及自动化、数控技术及应用研究。

切削液的使用均会对切削力产生影响,因此应根据实际情况及时调整设置。在实际车削加工中,使用半合成微乳型冷却液,其冷却效果和润滑效果的综合性能较好,能够提高刀具的耐用度,改善表面质量并减小表面粗糙度。为减少工件热变形对加工精度的影响,可采取分阶段加工的方法;为减少工件装夹变形,可采取增加装夹接触面和采用轴向夹紧夹具等措施。

2 零件加工工艺方案设计

注塑模具中的热咀,亦称为热流道(hot runner),是用于将熔融塑料注入模具空腔的加热组合组件。其主要组成部分包括热流道板、喷嘴、温度控制器及辅助零件。

如图1所示,零件图上公差尺寸均在0.01~0.03 mm,加工时需将误差控制在取值范围内,并通过百分表进行找正。由于公差数值较小,编程时,若带上公差进行处理较为复杂,因此编程时采用基本尺寸,加工精度通过刀具补偿进行调整设置。零件尺寸标注完整,符合数控加工要求。根据实际设备情况,选择CK6140数控车(FANUC-0i系统)完成零件的外圆和内孔的粗精加工。按照基轴制的原则,先加工外圆,再加工内孔。工艺路线有2种方式。

2.1 数控车削加工方案1:先车外圆柱面再车内孔

1)外圆柱面加工:平端面→装夹 $\phi 72\text{ mm} \times 30\text{ mm}$ 毛坯圆柱→车削 $\phi 68\text{ mm} \times 30\text{ mm}$ 外圆面→调头用软卡爪装夹 $\phi 68\text{ mm} \times 10\text{ mm}$ 圆柱部分→平另一端面,控制总长度至60 mm→车削 $\phi 37.5\text{ mm} \times 50\text{ mm}$ 外圆面→车削 $\phi 35\text{ mm} \times 10.43\text{ mm}$ 外圆面→设置精车加工参数→精车 20° 锥度外圆面→精车 $R4$ 圆弧面→精车 $\phi 37\text{ mm} \times 32.46\text{ mm}$ 外圆柱面→车削 $R1$ 圆弧面。

2)内孔面加工:钻中心孔→扩孔至 $\phi 8\text{ mm}$ →镗孔至 $\phi 12\text{ mm}$ →调头用软卡爪装夹 $\phi 37\text{ mm} \times 10\text{ mm}$ 圆柱部分→扩孔至 $\phi 10\text{ mm} \times 50\text{ mm}$ →扩孔至 $\phi 16\text{ mm} \times 45\text{ mm}$ →扩孔至 $\phi 22\text{ mm} \times 45\text{ mm}$ →车削 $\phi 26\text{ mm} \times 44.11\text{ mm}$ 内圆柱面至→车削 $R2$ 圆弧面→车削 45° 锥度面→车削 $2-R2$ 圆弧面→倒角 $C1$ 。

2.2 数控车削加工方案2:先车内孔再车外圆柱面

1)内孔面加工:平端面→平另一端面并控制总长度至60 mm→钻中心孔→扩孔至 $\phi 8\text{ mm}$ →调头用软卡爪装夹 $\phi 72\text{ mm} \times 30\text{ mm}$ 毛坯圆柱→扩孔至 $\phi 10\text{ mm} \times 50\text{ mm}$ →扩孔至 $\phi 16\text{ mm} \times 45\text{ mm}$ →扩孔至

$\phi 22\text{ mm} \times 45\text{ mm}$ →车削 $\phi 26\text{ mm} \times 44.11\text{ mm}$ 内圆柱面→车削 $R2$ 圆弧面→车削 45° 锥度面→车削 $2-R2$ 圆弧面→倒角 $C1$ 。

2)外圆柱面加工:夹 $\phi 72\text{ mm} \times 10\text{ mm}$ 毛坯圆柱→车削 $\phi 37.5\text{ mm} \times 50\text{ mm}$ 外圆柱面→车削 $\phi 35\text{ mm} \times 10.43\text{ mm}$ 外圆柱→设置精车参数→精车 20° 锥度外圆→再精车 45° 锥度外圆→精车 $R4$ 圆弧面→精车 $\phi 37\text{ mm} \times 32.46\text{ mm}$ 外圆→调头用软卡爪夹持 $\phi 37\text{ mm} \times 10\text{ mm}$ 圆柱部分平另一端面并控制总长度至60 mm→车削外圆柱至 $\phi 68\text{ mm} \times 30\text{ mm}$ 。

2.3 毛坯及装夹方案设计

热咀薄壁套零件图纸如图1所示。该零件主要由内圆柱面、外圆柱面、内锥度面、外锥度面及孔等组成。根据图纸确定零件毛坯为 $\phi 72\text{ mm} \times 62\text{ mm}$ 的棒料,材料选用预硬塑料模具钢P20,牌号为3Cr2Mo,出厂硬度为HRC30~42,广泛应用于大中型精密模具、长期生产的高质量塑料模具及大型模架等。P20钢材经过硬化处理,硬度达到285~330 HB(30~36 HRC),可直接用于制模加工,满足一般用途需求,模具寿命可达50万模次,具有良好的尺寸稳定性。该零件属于薄壁零件,且尺寸精度要求高,在加工过程中需特别注意防止零件变形。

薄壁零件的装夹方式有多种,常用的主要包括开口套、软卡爪和芯轴等。辅助装夹元件开口套(图2),其制作相对简单,但尺寸精度受设备和操作者水平的影响较大,通常用于精度要求不高的薄壁零件装夹。软卡爪(图3)作为车床的重要辅助元件,软卡爪具有较高的精度,因此常用于重要薄壁零件的加工。芯轴辅助装夹(图4)主要用于结构简单、大型的薄壁类零件的辅助加工。此外,薄壁零件还可以采用工艺凸台、真空夹具、石膏填充等方式进行辅助加工。使用真空夹具既能起到支撑作用,又能实现吸附作用,对抑制切削过程中的振动有显著效果,是目前提高薄壁零件侧壁加工质量的有效手段。在装夹热咀薄壁套时,主要目的是防止变形,增加接触面面积。由于热咀薄壁套属于高精度的小型零件,因此在加工时选择软卡爪进行辅助装夹。

本次加工采用悬臂方式进行装夹。方案一:先完成零件外圆的车削,再进行内孔车削。首先车削出基准面,然后完成其他部分的车削加工,工件跳动较小,有利于保证尺寸精度。方案二:直接先装夹零件毛坯外圆,完成内孔车削后再进行外圆车削。这种以粗基

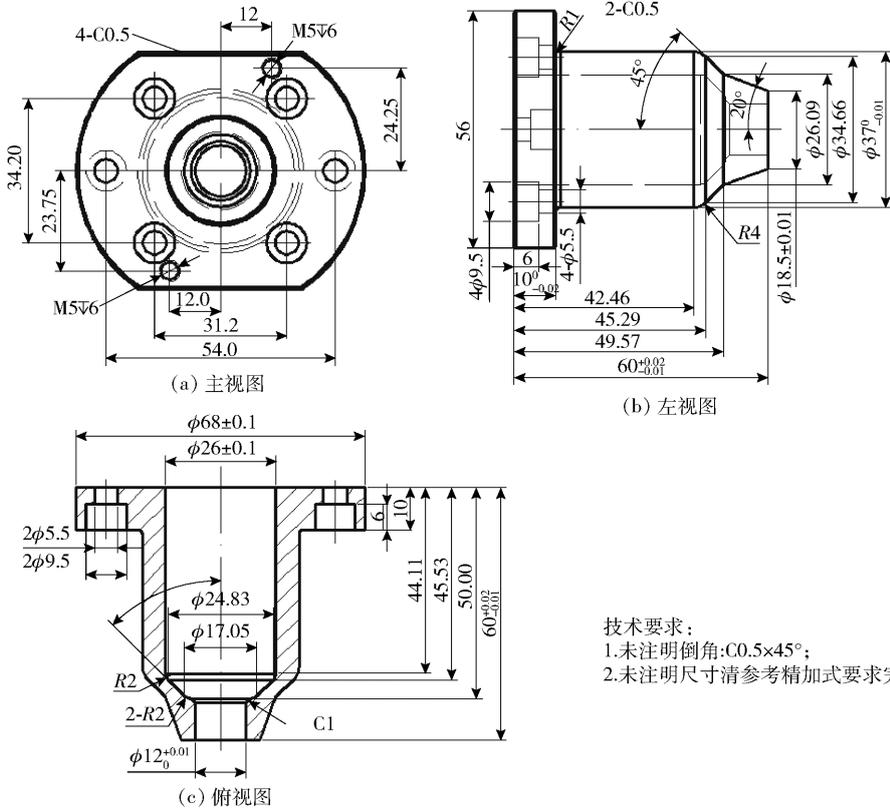


图 1 热阻套零件

Fig. 1 Hot-Runner sleeve component diagram

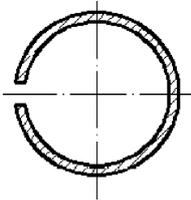


图 2 薄壁开口套示意

Fig. 2 Schematic diagram of thin-walled open-ended sleeve

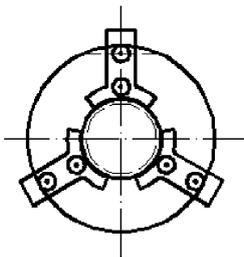


图 3 三爪软卡卡爪示意

Fig. 3 Schematic diagram of three-jaw soft chuck jaws

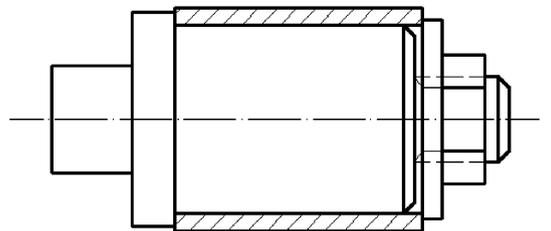


图 4 圆柱芯轴示意

Fig. 4 Schematic diagram of cylindrical mandrel

需采用辅助装夹,以增加零件的刚度和强度,方可满足要求。综合考虑,本次加工采用方案一进行完成。

3 刀具选择及车削用量设计

3.1 刀具选型设计

常用的加工刀具材料主要包括涂层硬质合金刀具、陶瓷刀具和立方氮化硼刀具 3 种。

涂层刀片在切削过程中比普通刀具的使用寿命高出 3~5 倍,切削速度可提高 20%~70%,加工精度提升 0.5~1 级,同时刀具消耗费用降低 20%~50%。然而,由于其表面的耐磨层较薄,不利于长时间的加工。

准为参考的加工方式存在一定误差,且加工出的外圆面跳动较大,精度无法保证。为达到零件图纸要求,

陶瓷刀具有优异的耐磨性,其耐磨性是金属刀具的60倍。此外,此刀具还具有耐高温和红硬性好的优点,可在1200℃的高温下连续切削,其切削效率是传统刀具的3~10倍。陶瓷刀具不仅适用于精加工,还能承受较大冲击力的加工;在切削过程中不易发生黏连现象,因此在相同条件下损耗较低。

立方氮化硼在解决难加工材料的生产效率方面具有显著优势,有助于精确控制工件的形状和尺寸精度,从而有效提高工件的加工质量。立方氮化硼具有高硬度、热稳定性和化学惰性以及良好的透红外性能和较宽的禁带宽度等优异特性。其硬度仅次于金刚石,可达8000~9000HV。抗弯强度和断裂

韧性介于硬质合金和陶瓷之间,热稳定性远高于人造金刚石,在1300℃时仍能保持良好的切削性能。立方氮化硼具有很高的抗氧化能力,在1000℃时也不会产生氧化现象,对铁系金属元素具有较大的化学稳定性,1200~1300℃高温时也不易发生化学反应。然而,在1000℃左右时,立方氮化硼会与水发生水解作用,导致大量CBN被磨耗。

本次产品共计2件,属于单件非标件生产。为充分发挥机床性能和刀具切削性能,保证刀具寿命,达到零件加工精度和表面粗糙度要求,并实现高效加工,本次选择涂层硬质合金刀具进行加工,具体参数如表1所示。

表1 数控加工刀具
Table 1 CNC machining tool table

刀具号	刀具规格及名称	数量	加工表面	刀尖半径/刀具直径/mm	刀杆型号
T01	涂层硬质合金90°外圆车刀	1	粗、精车端面及外轮廓各表面	0.1	18×18×100 mm
T02	涂层镗孔车刀	1	粗精镗圆柱面、圆弧面、圆锥面、倒角	0.1	16×16×100 mm
T03	φ4 mm 中心钻	1	钻中心孔	φ4	—
T04	φ10 mm 麻花钻	1	扩孔	φ10	—
T05	φ16 mm 麻花钻	1	扩孔	φ16	—
T06	φ22 mm 麻花钻	1	扩孔	φ22	—

3.2 数控车削用量设计

车削用量主要包括主轴转速 n 、背吃刀量 a_p 和进给量 f 。在粗车时,车削用量的选择原则是尽可能采用较大的背吃刀量,以减少走刀次数,从而提高生产效率。同时,选择较大的进给量有助于断屑。最后,根据刀具和机床的能力确定合适的切削速度。只有综合运用这三者,才能加工出理想的零件表面质量。本次加工时,精车保留余量0.1~0.15 mm即可,根据平时车削加工经验选择切削用量,具体参数如表2所示。

表2 数控车削用量表
Table 2 CNC turning parameter

名称	主轴转速 n / ($r \cdot \min^{-1}$)	背吃刀量 a_p /mm	进给量 f / ($\text{mm} \cdot r^{-1}$)
粗车	800	1.5	0.2
精加工	2000	0.15	0.08

4 零件加工验证

在车削热咀薄壁套时,采用上述优化的方案一数控加工工艺,通过软卡爪进行辅助装夹,增大零件装夹的接触面积,有效防止零件在装夹和车削过程中发生变形。使用百分表进行找正,确保零件的加工精度。合理设置切削加工参数,并根据零件实际表面情况,通过数控面板上的主轴倍率和进给倍率进行调整,完成零件的最终加工。此次选用的FANUC-0i数控系统具备外圆粗车循环指令G71和G70,这些指令能够减少加工程序,优化零件的外圆和内孔加工。通过数控刀具补偿的设置,可对零件加工精度进行有效控制,从而达到图纸规定的要求。

5 结语

针对热咀薄壁套在实际加工过程中如何保障质量的问题,本文通过深入研究零件图纸,制定出合理

的数控车削工艺方案,确立了粗精加工相应切削参数,粗加工主轴转速为 800 r/min,背吃刀量为 1.5 mm,进给量为 0.2 mm/r,精加工主轴转速为 2 000 r/min,背吃刀量为 0.15 mm,进给量为 0.08 mm/r。明确了零件的装夹方式、刀具材料类型的选择。基于上述研究主要得出以下结论:

1) 根据热咀薄壁套的材料加工要求,P20 材料还是具有一定硬度,粗加工时零件主要是去除多余余量为主,需大背吃刀量快进给。精加工主要是降低表面粗糙度为主,需小背吃刀量慢进给。

2) 通过采用软卡爪装夹技术,可增加了零件与卡爪之间的接触面积,从而有效减少了车削过程中零件的变形和振动,保证零件加工精度,提高了表面质量。

3) 本次选择涂层硬质合金刀具进行加工,充分发挥机床的性能和刀具切削性能,保证刀具的寿命,达到零件加工精度和表面粗糙度和高效率完成加工。这一系列工艺优化手段,成功解决了热咀薄壁

套在加工过程中常见的变形和振动问题,为提升产品质量提供了有力保障。

[参考文献]

- [1] 郭君. 超薄薄壁套的加工工艺制定[J]. 设备管理与维修,2023(8):87-88.
- [2] 吴静涛,陆德光. 某套类零件数控车削工艺分析与加工[J]. 内燃机与配件,2022(19):66-69.
- [3] 杨旭,田志勇,欧易. 双配合零件数控车削工艺设计及加工[J]. 有色设备,2022,36(1):33-35,64.
- [4] 黄科峰. 薄壁套类零件数控车削加工工艺分析[J]. 内燃机与配件,2021(5):90-91.
- [5] 刘学元,冯娇. 薄壁套零件的外圆加工方法[J]. 金属加工(冷加工),2020(1):30-31.
- [6] 张小强,赵娜,徐雪飞. 高精度薄壁钢套类零件制造工艺[J]. 冶金设备,2020(1):17-20,45.
- [7] 教传艳,吴敬. 高精度薄壁铜套加工工艺优化及夹具设计[J]. 机床与液压,2017,45(10):195-196.
- [8] 祝日东,裴岩,高军. 薄壁套类零件工艺优化及夹具设计研究[J]. 造纸装备及材料,2021,50(5):34-37.

Hot nozzle thin-wall sleeve CNC lathing process design and parts processing

YANG Xu^{1,2}, JIANG Yanhua^{1,2}, LI Tianxiang^{1,2}

(1. Chengdu Industry and Trade Technical College, Chengdu 611731, China;

2. Chengdu Technician College, Chengdu 611731, China)

Abstract: To address the challenge of rapidly completing CNC turning for the hot-runner thin-walled sleeve component, this paper formulated a reasonable CNC turning process based on the machining requirements of the part. Appropriate clamping solutions, tool types, and efficient cutting parameters were selected to ensure the smooth progress of the machining task. Through CNC turning trial machining, when the spindle speed was 2 000 r/min, the depth of cut was 0.15 mm, and the feed rate was 0.08 mm/r, the design specifications on the drawings were met. The adoption of a reasonable CNC turning process, soft-jaw auxiliary clamping, and coated cemented carbide tools not only guaranteed the machining dimensions and surface quality of the part but also effectively prevented part deformation, enhancing production efficiency. This paper provides practical evidence for the machining of similar components.

Keywords: thin-wall sleeve of hot nozzle; CNC lathing; process design; parts deformation; parts processing

