

关于一种定心空心钻结构的研究

蔡彬彬 阮罗辉

慈溪汇丽机电股份有限公司 浙江 慈溪 315333

摘要：在机械加工领域，对于薄壁类零部件径向圆弧面上的大直径孔加工难度较大。传统普通卧式镗床难以保证圆弧面径向孔的精度与表面质量要求，且易导致零件变形。为此，设计了一种新型的定心空心钻结构，通过优化定心与切削方式，能有效提高加工稳定性，在确保孔加工质量的同时显著提升效率，满足薄壁件圆弧面大直径孔的高效高质加工需求。

关键词：定心；空心钻；圆弧面孔

引言：在机械加工领域，特别是针对薄壁轮毂等需在径向圆弧面上加工大直径孔类的零件时，通常加工方式采用卧式加工中心，通过多把刀具（钻头、扩刀、镗刀）依次进行钻、扩、镗工序来完成孔加工。这种加工方式虽然能够保证一定的精度，但存在明显不足：一是刀具数量多，加工步骤繁琐，导致单件加工时间长，设备占用率高；二是卧式加工中心设备成本高，当订单量较大时，容易造成设备排产紧张，形成生产瓶颈。此外也有部分企业尝试使用卧式镗床加工，但受限于普通卧镗的刀具系统和定心精度，难以直接完成大直径孔高效精密加工。

1 研究过程

1.1 我司开发了几款薄壁轮毂产品，要求在在轮毂径向圆弧面上加工大孔三维图如图 1，工序安排在卧式加工中心加工，此孔需要 5 把刀，每个孔的加工时间需要 13 分钟，如图 2。

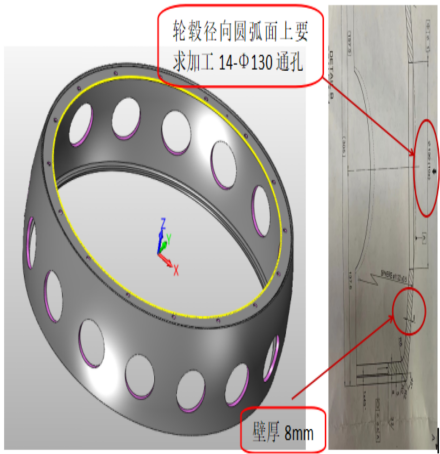


图 1

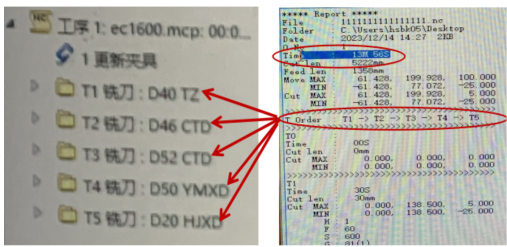


图 2

1.2 订单量大的话，仅卧式加工中心加工一条方案势必会导致设备瓶颈，现设计了一种定心空心钻，可满足普通卧镗设备加工此产品。

2 定心空心钻附图说明：

如图 3、图 4 为定心空心钻结构的示意图及实物示意图；

示意图介绍：1、钻头；2、引导棒；3、衬套；4、刀齿；11、刀头部；12、安装部；13、装配槽；14、安装槽；15、刀槽；21、定位部；111、小径段；112、大径段；121、装配面。

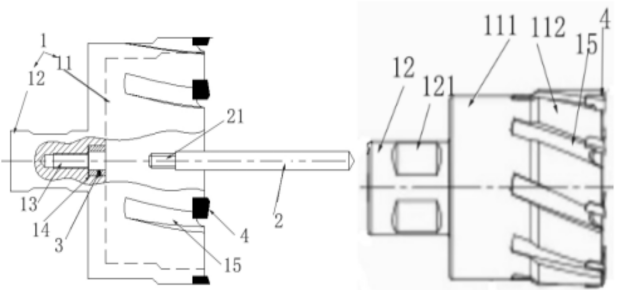


图 3



图 4

3 空心钻使用及核心介绍说明

3.1 空心钻使用说明

如图 3 为定心空心钻结构的结构示意图；如图 4 为空心钻结构的实物示意图，如图 3 所示：钻头 1、引导棒 2 和衬套 3，钻头 1 包括同轴连接的安装部 12 和刀头 11 部，安装部 12 用于与卧镗设备装配连接，刀头 11 部为空心结构，且刀头 11 部与装配部上同轴设置有装配槽 13，装配槽 13 的槽口同轴设置有安装槽 14，引导棒 2 设置于刀头 11 部内，且引导棒 2 的一端同轴连接有定位部 21，定位部 21 的直径小于引导棒 2 的外径，且定位部 21 可拆卸地定位安装在装配槽 13 内，定位部 21 与引导部的连接处与安装槽 14 的槽底限位抵触，引导棒 2 的另一端呈锥形结构，衬套 3 同轴设置于安装槽 14 内，并套设在引导棒 2 的外部。

定心空心钻结构，包括：钻头、引导棒和衬套，所述钻头包括同轴连接的安装部和刀头部，所述安装部用于与卧镗设备装配连接，所述刀头部为空心结构，且所述刀头部与所述装配部上同轴设置有装配槽，所述装配槽的槽口同轴设置有安装槽，所述引导棒设置于所述刀头部内，且所述引导棒的一端同轴连接有定位部，所述定位部的直径小于所述引导棒的外径，且所述定位部可拆卸地定位安装在所述装配槽内。本空心结构以及内部可拆卸的引导棒组件，不仅实现了空心钻与引导棒的快速装配与精确定心，而且提升了设备兼容性和工艺灵活性，减少了换刀次数和加工时间。

3.2 空心钻结构设计核心说明

该结构设计主要是为了满足我司普通卧式镗床上能满足加工薄壁轮毂径向圆弧面上加工大直径孔类所设计。其设计的核心由三个部件组成，一是钻头，二是引导棒，三是衬套。三个部件之间相互配和自定心，从而实现高精度、高效率的加工。该设计的核心思路是空心钻头内部设计的可拆卸式的引导组件，加工时首先通过

引导棒与工件进行精确的轴向定位，解决普通卧式镗床在加工薄壁轮毂径向圆弧面上大直径孔时中心晃动导致的中心偏离、影响产品加工精度的问题^[1]。

3.3 引导棒设计说明

首先引导棒设计考虑引导棒大于 300mm 长度延伸时，与空心钻的配合还能实现较高的精度配合且延时这么长时，引导棒不易变形。设计时选用 $\Phi 12$ 的直径引导棒，前端采用 55° 的引导，普通卧式镗床用加 $\Phi 12$ 的钻头加工作为引导孔的精度也是相对较为精准，如我司开发的轮毂产品需加工 $14-\Phi 130 \pm 0.2$ ，就是先利用工装定向孔定向转动产品角度，先把产品 $14-\Phi 12$ 的孔加工出，然后我司卧式镗床装上空心钻，先利用引导棒和产品孔进行定向，然后进行 $\Phi 130$ 钻削。

3.4 刀体设计说明

刀体结构整体采用内空结构，刀体整体较轻，大大减少旋转时的离心力和主轴的负载。刀头部尺寸我们设计与我司开发的轮毂尺寸 $\Phi 130$ 固定，引导加工时钻削直接成型，刀头的前端边缘设置有切削刃和排屑槽，有利于刀体钻削过程的排屑效果。刀体的头部的内部，沿轴向同轴设置有一个透空孔。该孔可满足引导棒与钻头的轴向前、后方向延伸，贯穿刀头部的内部。

4 设计结构的优化分析

第一个优势体现在空心钻的定心精度方面。我们分析了普通卧式镗床加工 $\Phi 12$ 精度较为精准，且空心钻孔内部设置了同轴的 $\Phi 12$ 引导棒，引导棒前端的定位部与钻头的装配槽之间实现了精密配合，引导棒的中心线与钻头的旋转轴线保持了较好的一致性。在钻削时，引导棒首先以产品 $\Phi 12$ 导向，迫使卧式镗床预定轴线进给，有效避免了普通卧式镗床由于主轴间隙或刀具偏摆而导致的孔位偏差和孔径扩大问题。

第二个优势体现在设备兼容性及工艺灵活性方面。空心钻结构部件采用分体式设计，即切削作用的刀头部与定心作用的引导棒相互独立且可拆卸，而无须更换整体，工艺方面解决了普通卧式镗床加工轮毂径向圆弧面上加工大孔难点，方便生产排产的设备选择。

第三个优势体现在加工效率及成本方面，见图 2。原工艺方案采用卧式加工中心加工此孔需要 5 把刀，每个孔的加工时间需要 13 分钟，现用普通卧镗试制加工，先用麻花钻钻导向孔，然后空心钻通过刀具中心的中心引导杆定心，进行钻削每个孔仅需 3 分钟，大大提高了加工效率且降低了设备工时成本。

结束语

1 满足普通卧镗设备的加工需求

通过设计定心空心钻的方案，成功解决了我司普通

卧式镗床在加工薄壁轮毂类零件时所面临的设备精度难题。普通卧式镗床由于其主轴定位精度相对较差加工此类轮毂径向圆弧面上的大直径孔精度不够,在薄壁轮毂的径向圆弧面上,容易出现孔位偏差、孔径不规则、孔壁振纹以及因切削力不均导致的轮毂变形等质量问题。这些问题,迫使我起初工艺安排不得不放弃使用卧式镗床而转向卧式加工中心进行加工^[2]。

与此同时,定心空心钻的内部空心结构大幅减小了刀头重量,可使得卧式镗床刀具的转速提高起来,刀头部位的切削槽降低了刀体与产品的接触面积降低了切削力峰值和切削热的产生量。对于薄壁轮毂这类刚性较差、对切削力敏感的零件而言,切削力的降低意味着加工过程中零件所承受的机械应力的减小,有效抑制了切削力引起的弹性变形和塑性变形,从而使得径向圆弧面上的孔的尺寸精度及圆度误差也能控制在允许范围内。

2 设备瓶颈问题的解决

我司原加工工艺方案中,此类薄壁轮毂径向大直径孔的加工依赖于卧式加工中心。但在实际生产中面临一个普遍性的困境,即卧式加工中心设备资源有限而生产任务繁重的难题。此类产品订单量较大或交货期较为紧迫时,有限的卧式加工中心设备往往成为整个生产流转环节中主要的瓶颈环节。现通过设计定心空心钻,可将薄壁轮毂的大直径孔的加工任务从卧式加工中心转移到普通卧式镗床上进行加工。普通卧式镗床在许多机械加工企业中属于较为常见的加工设备,其数量也是通常较多,且设备闲置率相对较高。我们将此类轮毂产品排产至普通卧式镗床后,原有的加工中心设备资源得以有效释放,也可提高普通卧镗的设备利用率,从而实现设备资源的优化配置和合理利用,也给生产计划排产多了选择路线。

从加工效率的角度而言,定心空心钻的设计带来了显著的效率提升。原卧式加工中心加工此产品采用钻头、扩刀、镗刀等5把刀具依次加工的方式,每更换一把刀具都需要占用换刀时间,而加工中心虽然配备有自动换刀装置,而单件加工的总耗时也相对较长。设计的定心空心钻在卧式镗床上仅需钻孔和扩孔两个工步,即可直接满足此类薄壁轮毂径向圆弧面的大孔加工,大幅缩短了切削时间和辅助时间,卧式镗床设备利用率也得到提升,生产周期也相应缩短^[3]。

3 综合经济效益分析

定心空心钻的应用在多个维度上实现了成本的降低,经济效益也显著。由于普通卧式镗床相对简单,其对操作难度和成本均大幅度的低于卧式加工中心。

增加了卧式镗床这种低成本且高效的工艺方案使其具备了承接此类大直径孔加工订单的能力,降低了加工成本同时也提高了我们去市场对订单报价的竞争力。在刀具成本方面,我们可拆式的分体设计,较为灵活,经过长期的切削消耗,更换部位无需整体更换,其费用也远低于整体更换一把大直径钻头或镗刀的成本。同时,由于将卧式加工中心的5把刀合并为2个工步,所需准备的刀具种类和数量减少,刀具成本显著降低,同时也降低了刀具库存成本。

在人工成本方面,加工效率的提高也意味着产量的提升。由于普通卧式镗床的操机相对简单,相对于企业里操作数控卧式加工中心设备的要求难度要低,可以在一定程度上缓解技术工人短缺带来的用工压力和人力成本上升的压力,而且企业培养两个不同岗位的周期和成本也降低了很多,培养一个普通卧镗设备的操作工相对卧式加工中心操作工人人员的成本要低的很多,且培养普通卧镗操作工相比卧式加工中心的操作工周期要短的多。在生产排产方面,计划科可更顺畅的排产此类薄壁轮毂径向圆弧孔的工序,显著提高了批产品的工序流转效率,降低了此类产品的整体交期时间,也显著的提高了普通卧式镗床的设备开机率,同时也大幅度的释放了卧式加工中心的设备瓶颈问题,大大降低了此类轮毂加工的工时成本。为以后设计开发奠定了良好的设计思路,在遇见产品设备瓶颈时可从其他设备或者刀具的角度去研究、分析是否有新的加工方案,使得生产更加顺畅和参考的思路和基础。

参考文献

- [1] 孙雪娜,夏青.镗铣环形槽高效振荡式加工工艺研究[J],林业机械与木工设备,2026,54(04):1-5,
- [2] 张黎中.薄壁壳体类零件加工变形问题的解决方案[J],金属加工(冷加工),2026,(06):35-39.
- [3] 贺玉岭,侯彦军,雷宁宁,陈天野.工程机械结构件镗铣加工效率提升及应用[J],工程机械与维修,2023,(04):9-11.