

# 机械手动压力机的结构设计与强度分析

吴焕彬 陈继泽

河北科技学院, 河北 唐山 063200

**摘要:** 机械手动压力机是利用人力驱动来加工零件的小型机械设备,主要用于小零件的冲压、弯曲、整形、铆接加工,机械手动压力机的结构是否合理,强度是否可靠是其加工精度、操作安全性及使用寿命的重要保证。本文主要是从机械手动压力机的结构设计和强度分析开始,抛开复杂的理论分析,重点设计和强度分析,确定设备的设计要求和设备功能,完成机械手动压力机的整体结构、传动机构、执行机构、辅助结构设计和实际强度测试,通过对主要零部件的强度是否满足要求进行改进,克服薄弱环节,提高其设备运行的稳定性和安全性,对结构布局和零部件的选择可以进一步提升设备强度,改进后的机械手动压力机可以满足机械手动压力机额定载荷的工作要求。

**关键词:** 机械手动压力机; 结构设计; 强度分析; 零部件校核

## 1 机械手动压力机的设计基础与要求

### 1.1 设备设计用途

机械手动压力机是利用人工的作用压力加工零件的小型机械设备,其作用于小零件的冲压、弯曲、整形、铆接加工过程,其结构合理度和强度的可靠度直接影响着其加工精度、操作安全性和设备寿命。本文主要从机械手动压力机结构设计和强度分析出发,撇开理论推导,关注设计和强度分析,确定设备的设计要求和功能,完成机械手动压力机整体结构、传动机构、执行机构和辅助结构的设计,进行机械手动压力机的实际强度测试和分析,检测出重要零部件强度是否满足使用要求,改善薄弱环节,提高设备运行的稳定性和安全性,进一步优化设备结构布局和零部件可以提高设备强度,优化后的机械手动压力机可以满足额定载荷的工作,从而为机械手动压力机的设计、制造和应用提供支持。

### 1.2 核心设计要求

机械手动压力机的设计需要以实用性、安全性、可靠性为设计原则,主要从压力输出、结构强度、操作便捷性三个方面进行设计。压力输出需要稳定可控,压力定额根据加工要求确定,一般为5-20kN,并能够分级调压,满足不同加工工序的压力要求,冲压要求压力较大,而铆接压装要求压力较小,容易造成零件破坏;结构强度需要满足工作载荷需求,关键零部件需要具有足够的强度和刚度,在加工过程中容易产生变形、断裂等现象,保证设备长期正常运行,同时需要具有一定的抗冲击能力,能够应对加工过程中产生的瞬时冲击载荷;操作便捷性要求设备操作流程简单、不需要人力驱动设备,并且设置合理的操作手柄和限位装置,避免操作过程中产生卡滞,过载的现象发生,

并且保障操作人员的人身安全,降低操作难度,减少操作过程中体力消耗。

## 2 机械手动压力机的整体结构与核心部件设计

### 2.1 整体结构布局

机械手动压力机的整体布局要考虑结构紧凑、操作方便,整体采用立式布局,由机架、传动机构、执行机构、操作机构和辅助防护结构组成,各部件采用螺栓连接定位销固定在机架上,连接紧固不松动和振动,便于零部件的安装拆卸。机架用来支撑整个设备的重量和加工过程的冲击,为框架结构,底部加装防滑垫,加大了设备与地面的摩擦力,保证了设备的稳定性,减少加工时的滑动。传动机构和操作机构安装在机架上,执行机构安装在机架中部,便于操作人员看到加工过程和操作设备,操作高度符合人体工程学,减少操作人员弯腰抬手等动作,减轻操作疲劳;辅助防护结构安装在执行机构周围,防止加工过程中零件飞溅和操作人员误触,保证了操作安全,整体布局合理,占地面积小、操作空间充足,能满足小型加工场景的需求。

### 2.2 传动机构设计

传动机构是将操作人员手动作用力转化为执行机构的压力输出,其是否合理设计将直接影响节能省力和压力传递稳定,是本次设计的重点。根据需要,采用杠杆-齿轮传动,杠杆放大操作人员手动作用力,齿轮改变力方向,减少压力传递不平稳,提高传动效率,减少传动能耗。杠杆高强钢板厚度按受力大小确定,长度按省力比确定,一般省力比为1:5-1:10,操作人员用较小的力能实现额定压力输出。杠杆和齿轮用销连接,销用合金钢淬火,连接牢

固, 动力传递无损耗, 齿轮选用渐开线圆柱齿轮, 模数按照传递力大小确定, 齿数匹配合理, 运行无卡滞、无冲击, 齿轮齿面磨削处理齿面啮合精度, 用润滑脂润滑降低齿轮摩擦损耗。传动机构应兼顾节能省力和简化结构两个方面, 不应选用过多的零部件, 节省结构复杂度和制造成本, 传动平稳可靠, 无噪音。

### 2.3 执行机构设计

执行机构压力加工, 将传动机构传递给零件的力加工成对零件的压力, 进行零件的冲压弯曲等加工。执行机构由滑块、导轨、冲头等构成。滑块沿着导轨滑动, 滑块沿导轨上下往复运动; 冲头是由滑块底部对应工作台面, 滑块向下运动可向下输出压力。滑块是采用铸铁调质处理, 刚度较大, 不易变形, 滑块底部有T型槽进行安装和更换冲头, 可满足冲头不同规格的需求, 通用性强; 滑块是导向槽固定在滑块底部, 滑块有导轨, 滑块上下往复运动。导轨为矩形导轨, 位于机架内, 导轨表面粗磨可以减少滑块与导轨的磨擦, 滑块运动平稳无卡滞现象, 导轨有防尘槽防止灰尘堵塞导轨间隙, 滑动不畅; 冲头为合金钢淬火, 提高冲头硬度和耐磨性, 冲头形状可根据加工不同零件设计。冲头与滑块可通过螺栓连接可拆卸; 滑块上有限位装置, 限制滑块下行, 防止冲头下行, 使零件或设备失去控制, 限位装置用螺栓调节, 可根据加工厚度调节。

## 3 机械手动压力机关键零部件强度设计与校核

### 3.1 机架强度设计与校核

机架由机架所加工的所有冲击载荷以及机架自身重量所构成, 机架强度与刚度决定了设备的可靠性与使用寿命, 强度校核重点为强度计算。机架材料为铸铁, 铸铁强度高、刚度大, 抗冲击性能强, 适合承载冲击载荷, 铸铁价格低、加工难度小, 适合小型设备生产, HT200灰铸铁抗拉强度不小于200MPa, 满足额定载荷强度要求。机架尺寸根据额定压力与冲击载荷计算得出, 框架式结构壁厚宜薄不宜厚, 太厚会增加设备重量及成本, 拐角处拐角处应圆角, 减少应力集中, 减少机架断裂的可能性。强度计算为机架在额定压力作用下应力分布, 采用实际受力分析方法, 不建立理论模型, 机架最大应力不大于材料许用应力, 校核机架刚度, 避免机架变形过大影响加工精度, 变形量在0.03mm以内, 通过实际计算与校核, 改善机架尺寸, 在机架受力集中处设置加强筋, 加强筋与机架本体采用一体铸造工艺提高连接强度,

增强机架承载能力, 保证机架能够承载额定工作载荷, 长期运行不变形、不损坏。

### 3.2 滑块强度设计与校核

滑块接受传动机构的力与零件反作用力带动冲头进行加工, 滑块过软会引起滑块变形、断裂, 影响加工精度及设备安全, 是强度校核不可或缺的零部件。滑块是铸铁材料, 要通过调质提升材料综合力学性能, HT150灰铸铁材料综合力学性能满足滑块受力要求, 滑块结构尺寸按滑块受载量确定, 滑块厚度与滑块宽度相一致, 滑块强度与刚度相一致, 滑块重量合理, 滑块运动灵活性不可过大, 通过调整结构尺寸, 在滑块受压部位增加壁厚, 圆角过渡减少应力集中。强度校核重点校核滑块最大压力下的应力, 即滑块与导轨接触部位, 滑块与冲头连接部位应力, 该处是受力集中点, 容易造成滑块损坏, 通过调整结构尺寸, 在滑块受压部位增加壁厚, 圆角过渡减少应力集中。通过校核滑块连接部位应力大, 需要调整连接结构增加连接部位厚度, 圆角过渡减少应力集中, 滑块最大应力不超过材料许用应力, 滑块运动过程中容易变形、断裂, 滑块运动灵活性不合理, 滑块上下运动无卡滞达到加工要求。

### 3.3 传动部件强度校核

传动部件主要包含杠杆、齿轮和传动轴, 当发生动力传递时, 传动部件受力会产生一定的扭矩和弯矩, 强度过大会造成部件损坏, 影响动力传递稳定, 也会影响设备运行。杠杆强度主要计算杠杆手动作用力、传动反作用力应力, 杠杆的受力点集中在两端和中间, 重点计算杠杆最大应力不大于材料的许用应力, 同时要校核杠杆的挠度, 不能出现杠杆弯曲变形, 影响动力传递, 挠度在0.05mm以内。齿轮强度主要计算齿轮的齿面接触应力和齿根弯曲应力, 齿面接触应力不大于材料的接触许用应力, 齿根弯曲应力不大于材料的弯曲许用应力, 不能出现齿面磨损、齿根折断的情况; 检查齿轮的啮合精度, 不能出现齿轮啮合间隙过大导致传动冲击, 影响设备运行稳定性; 传动轴强度主要计算传动轴的扭矩作用下的剪应力, 剪应力不大于材料的许用剪应力, 同时要校核传动轴的刚度, 不能出现传动轴弯曲变形, 影响齿轮的啮合精度, 不能出现齿轮啮合间隙过大, 影响动力传递稳定性; 传动轴选用45号钢调质处理, 综合力学性能能承受额定扭矩。

## 4 机械手动压力机强度测试与问题优化

### 4.1 强度测试方案

机械手动压力机强度测试需模拟实际加工

工况,合理设计测试方案,保证测试数据的准确性、可靠性,检验设备及零部件是否达到设计要求。采用负载测试法,在设备工作台放置相应的负载,负载大小根据设备设计的额定压力确定,操作手柄施加压力达到设备设计压力后保持额定压力30h,观察零部件变形、异响等情况,判断零部件是否达到设计要求。主要检测机架、滑块、传动部件的应力与变形,采用应力传感器和位移传感器采集数据,传感器安装在受力集中部位,数据采集准确,每个测试点测试3次,平均值即为最终测试结果。记录设备的运行状态,检查零部件是否松动、卡滞等情况,测试过程安全无危害。测试完成后,整理分析设备强度是否达标,强度薄弱点是否明显。

#### 4.2 强度测试结果分析

通过实测的强度获得设备、零部件的应力和变形情况,通过测试结果可知,大部分零部件的强度、刚度满足要求,能够满足额定工作载荷,机架在额定压力作用下应力分布均匀,最大应力未超过材料允许应力,变形量在允许范围内,运行过程无明显异响和松动,能够承载加工过程中的冲击载荷;滑块应力分布均匀,连接部位应力经过优化后均有降低,未发生变形和裂纹。滑块运动平稳,无卡滞,限位装置能够确定滑块下行距离;杠杆、传动轴应力均满足要求,齿轮啮合平稳,无卡滞。但齿轮齿面有轻微磨损,由于润滑不够,润滑油未能进入齿面造成齿面摩擦加剧;滑块和导轨之间摩擦阻力大,长期运行会影响设备的操作灵活性、零部件的寿命,主要是由于导轨表面润滑不够,防尘效果不理想,灰尘进入导轨间隙导致摩擦加剧。

#### 4.3 强度薄弱环节优化

针对强度测试存在的问题,结合设计运行情况改善强度薄弱部位和不合理部位,增强设

备强度、增强设备的运行稳定性。针对齿轮齿面比较小的磨损,改定期润滑为连续润滑,齿轮箱内加适量润滑油,使用相应的极压润滑脂,齿轮啮合时充分润滑减少齿面摩擦损耗,定期检查润滑油情况,更换老化润滑油,提高齿轮使用寿命。齿轮箱内有观察油位的孔,方便操作人员观察润滑油液位。针对滑块与导轨摩擦阻力大的问题,针对滑块与导轨表面镀铬提高导轨表面的耐磨、光滑性,降低摩擦系数、增加润滑孔数量,使滑块与导轨间润滑充分,在导轨防尘槽内加防尘毡防尘,防止灰尘进入导轨间隙,增加摩擦阻力,提高滑块的灵活性。调整机架受力集中的加强筋厚度和数量,提高机架的强度和刚度,避免长期运行变形,长期稳定。

#### 5 结论

机械手动压力机的设计应该根据小型零件的加工需求进行实用性、安全性、可靠性的设计,通过合理的整体结构、核心部件设计使得人力驱动与压力输出的比例实现平衡。立式框架结构,传动机构采用杠杆齿轮组合,省力省力传递压力,执行机构采用滑块导轨结构,可以实现运动精度、通用性,操作机构和辅助机构便捷可靠,设备结构简单,操作方便、运转平稳。重要零部件进行强度设计和校核,采用实际强度测试,验证设备和零部件强度满足工作载荷要求,对设备润滑不足、摩擦阻力大等问题进行优化后,设备的使用可靠性和寿命提升。优化后的机械手动压力机可以稳定完成小型零件冲压、弯曲等工序,压力输出可调,精度高、操作简单,满足小型加工场景,结构合理、制造成本适宜,可有效提高小型零件加工效率和质量,为机械手动压力机的设计和制造提供可靠的实际参考。

#### 参考文献:

- [1] 詹思蒙,高远. 闭式机械压力机高刚性机身结构优化设计与仿真分析[C]// 江西省汽车工程学会. 第二届工程技术与新能源经济学术研讨会论文集. 扬力集团股份有限公司, 2026:1324-1326.
- [2] 孙珊珊,李尚达,袁闯,等. 隔振垫对机械压力机振动特性的影响研究[J]. 锻压装备与制造技术, 2025,60(05):36-38.
- [3] 洪琳,杨栋. 多工位热模锻压力机锻件工位转运机械手研制[J]. 锻压技术, 2025,50(11):236-242.

**作者简介:** 吴焕彬(2004.07—),男,河北省石家庄市,专科,研究方向:机械制造及自动化。