

小实验用小型辊压机整体结构与装配研究

宋维轩

邢台纳科诺尔精轧科技股份有限公司, 河北 邢台 054001

[摘要]随着实验教学以及材料加工小试平台对于实验设备的轻量化、精准化需求持续提升,小型辊压机在实验应用场景里凸显出重要的价值。文章针对小实验用小型辊压机的整体结构设计以及装配工艺展开了一系统的探究,依据对辊压成形原理所作的剖析,明晰其在小规模材料压制方面所存在的技术需求,由此提出具备针对性的结构设计方案。对像辊筒、传动系统、机架这类关键零部件展开合理的设计与选型,结合装配工艺流程的优化设计,构建出一套具有良好工作稳定性与装配可行性的实验型辊压机结构体系。

[关键词]小型辊压机;结构设计;关键部件;装配工艺

DOI: 10.33142/ect.v3i8.17493

中图分类号: TQ17

文献标识码: A

Research on the Overall Structure Design and Assembly of a Small Roller Press for Small Experiments

SONG Weixuan

Xingtai Naknor Technology Co., Ltd., Xingtai, Hebei, 054001, China

Abstract: With the continuous increase in the demand for lightweight and precise experimental equipment in experimental teaching and material processing small trial platforms, small roller presses have highlighted their important value in experimental application scenarios. The article systematically explores the overall structural design and assembly process of a small roller press used in small experiments. Based on the analysis of the principle of roller forming, the technical requirements for small-scale material pressing are clarified, and a targeted structural design scheme is proposed. Reasonably design and select key components such as rollers, transmission systems, and frames, and optimize the assembly process to construct an experimental roller press structure system with good working stability and assembly feasibility.

Keywords: small roller press; structural design; key components; assembly process

引言

小型辊压机是材料整形与实验教学领域常用设备,其结构设计合理与否直接影响使用性能和实验效果。传统工业级辊压设备因体积大、能耗高、控制精度低,难以满足精细实验需求。开发适用于实验场景的小型辊压机很有价值。本文从结构设计、关键零件优化、装配工艺、性能测试四方面探讨小型实验辊压机制作过程,提升其实验适用性和制造经济性,为实验教学设备开发提供依据。

1 小型辊压机工作原理与总体设计

1.1 辊压机工作原理分析

辊压机主要是依靠一对朝着相反方向旋转的辊筒来对物料施加挤压操作,进而达成对材料形状或者密度加以改性的目的。辊筒相互之间所存在的间隙调节情况,会对物料受到的压力程度以及最终形成的压制厚度起到把控的作用。在实验的具体场景当中,所需要处理的材料大多属于低强度样品,所以与之相对应的辊筒直径、线速度还有接触压力等各项参数就应当是比较温和的那种状态,只有这样才能够避免出现材料或者设备遭到损坏的状况。电机借助传动系统来驱动那两个辊筒按照一定的速度朝着相反的方向进行旋转,在此期间,物料会凭借重力或者是人工送料的方式进入到辊筒之间并受到压力从而完成成

形的过程。在这个过程当中,由于材料会受到垂直方向的压应力以及相应程度的剪应力的作用,所以能够形成一种密度比较高的且形状可以被人为控制的压制效果。小型辊压机务必要具备结构较为紧凑、调节起来比较方便、传动过程比较平稳等一系列特点,唯有如此才能够契合多变的实验需求。

1.2 小型实验用辊压机的功能需求

小型辊压机,其要满足像占地面积不能大、操作起来要简单、控制精度得高以及安全性能要强这些基本的要求。它有能对小批量的试样实施连续或者间歇式的压制、可调节辊距来适配不同厚度与硬度的材料、有可视化控制与力学反馈的功能、拆装起来方便,以便于不同实验模块能够快速更换等功能。并且,为了确保设备的使用寿命以及实验的稳定性,在设计的时候需要考虑到辊筒材料的耐磨性、传动机构的可靠性还有整体的刚性与抗震性等方面。控制系统还得同时兼顾自动与手动调节的功能,以满足多样化的实验操作场景。

1.3 整体结构设计方案比选

为了契合实验方面的需求,在初步构思的阶段,提出了三种整体结构方面的设计方案。其一是直立式的对称布置结构,其二是卧式的分体式结构,其三是采用一体化模

块组合式的结构。针对这三种方案,从空间利用率、装配复杂程度、结构稳定性以及成本等诸多维度展开对比分析之后,最终确定将直立式的对称布置结构作为本设计的主要方案。该结构把辊筒、机架以及传动系统都垂直地布置起来,如此一来,结构显得较为紧凑,受力情况也较为合理,而且便于进行相关操作,同时还能够有效地对装配误差加以控制。电机处在底部的位置,借助减速机构来将动力传递到辊轴上,调节机构则位于上部,能够通过手轮或者电动推杆来控制辊距,整体而言,这样的结构布局对于提高系统的稳定性以及实验操作的安全性都是很有利的。

2 小实验用小型辊压机关键零部件结构设计

2.1 辊筒结构与计算

辊筒属于辊压机极为关键的部件,它的结构以及所用材料会直接影响到压制性能以及使用寿命。在设计环节,选用高碳铬轴承钢 GCr15 当作辊筒的材料,这种材料有着较高的硬度,同时还有着十分出色的耐磨性能。针对辊筒表面,通过热处理淬火的方式使其硬度达到 HRC58 及以上,以此来确保它在持续不断的压制操作当中能够维持形状的稳定状态。就尺寸设计而言,依照最大试样的宽度以及压制力来对辊筒的直径和长度展开相应的计算,最终确定辊筒的直径为 80mm,有效长度则为 120mm。借助对辊筒所承受的正向压应力以及剪切应力展开分析,运用简支梁模型来开展强度方面的校核工作,并且还引入了安全系数 1.5,从而保证在极限载荷的情况之下也不会出现塑性变形或者疲劳破坏等状况。

2.2 传动系统设计与选型

传动系统得把电动力给减速、增矩,并且要同步输出,得保证辊筒能对称反向旋转起来。本设计用的是电动机、蜗轮蜗杆减速器以及同步齿轮组合成的三级传动方案。挑选了 0.75kW 的单相交流电机当作动力来源,借助蜗轮蜗杆减速器来完成初步的降速还有转向操作,之后依靠齿轮对把动力传递到两个辊筒轴上,达成反向等速旋转的效果。鉴于设备运行期间转速稳定性和传动效率方面的情况,把蜗轮减速器的传动比设定为 15:1,齿轮的模数以及齿数是依据辊筒轴径来选定搭配的。整个系统采取封闭式的结构,起到防尘防油的作用,并且在联轴器还有轴承座的位置设计了缓冲以及限位装置,以此来降低震动以及传动误差。

2.3 机架结构与受力分析

机架属于设备的支撑以及安装方面的基础,其结构所具备的刚度还有稳定性对于整机性能而言有着保障的作用。在本设计当中,机架选用的是矩形钢管焊接而成的结构,再结合加强筋以及底板一起,从而构建出一个较为稳定的承载框架。依照在辊压过程里所产生的集中载荷以及扭矩情况,去着手建立有限元模型,进而针对机架整体展开静力分析。经过分析得出的结果显示,在处于最大工作载荷的状态之下,结构发生的变形程度是小于 0.2mm 的,

这样的情况是能够满足精度方面的要求的。在设计的过程中,对于振动传导的具体路径以及装配连接的方式都给予了充分的考量。通过将橡胶减震垫和螺栓连接相互组合起来的方式,以此来提升整体所具有的抗震性能,同时也能提高模块化装配的工作效率。

2.4 导向与调节机构设计

为了保证在辊筒压制过程中能够维持平行度以及达成同步性,设计环节特别引入了双导向柱的结构形式,同时也加入了丝杠调节装置。具体来讲,将导向柱安置在辊筒的两侧位置,并且借助线性轴承和支架相互连接起来,如此一来便能够实现高精度的线性运动效果。对于调节机构而言,可以选用梯形丝杠和手轮组合成的形式,当然也可以根据实际情况选配电动升降推杆,以此来实现电控调节的目的,其调节精度能够达到 0.1mm 这样的程度。在设计时还特意设置了刻度尺以及限位器,从而能够确保操作过程既直观又安全可靠。调节的部分还设有锁紧机构,目的是防止因振动而引发的位移变化情况出现,进而提升压制的一致性水平。

2.5 润滑与安全保护结构设计

润滑系统运用的是集中式的油杯润滑方式,油杯是分别安置在轴承座以及齿轮箱的顶部的,如此一来便于定期给相关部位加注润滑油,进而能够有效地减少出现摩擦以及磨损的情况。为了进一步提升操作时的安全性,特意设计出了多级的安全防护结构,这里面包含了透明防护罩、急停按钮、限位开关等诸多方面。具体来讲,防护罩是采用聚碳酸酯这种材料来制作的,如此便能够在不妨碍人们进行观察的前提之下,切实有效地防止飞屑伤到人;急停按钮被设置在主控面板上那十分醒目的位置,倘若一旦发生任何异常情况,就能够迅速地将电源切断掉,以此来保障人员以及设备都能够处于安全的状态之中。

3 装配设计与工艺流程

3.1 装配总体方案与原则

小型辊压机在进行装配设计的时候,需要依照模块化、标准化以及可维护性的相关原则来开展工作,如此一来便能够促使装配效率得以提升,进而让整机的可靠性也获得增强。其整个装配流程是以机架当作基础,然后按照一定的顺序依次对动力源、传动系统、辊筒组件以及调节装置加以安装,并且要借助工装夹具给予辅助,以此来保证各个部件位置能够实现精准的对位处理。要是想让装配具备更高的一致性以及更强的可控性,在装配方案当中就需要引入关键尺寸控制点以及装配间隙公差方面的设定,从而确保在结构装配完成之后,其平行度、同轴度还有辊距精度都能够符合设计所提出的要求。与此在装配的过程之中,务必要留心对传动件的初始间隙做出调整操作,同时也得把控制好轴承的预紧力,通过这样的方式来避免在后续运行的过程中出现异常磨损或者发生位移等情况。

3.2 装配流程与步骤设计

装配流程包括基础结构组装、传动系统安装、辊筒组件配合、调节机构连接以及整体调试等五个步骤。把已经焊接完成并且经过检验确认合格的机架稳固地固定在装配平台上,同时安装好减震垫并做好水平方面的调整工作。接着安装电机以及减速器,然后借助联轴器来连接传动轴,以此完成传动路径的搭建。第三步是安装两组辊筒组件,在此过程中要保证轴承座与支撑座的装配尺寸以及对称性都符合要求。第四步安装导向柱、丝杠还有调节手轮,并且针对升降运动展开相应的调试操作。最后开展整体紧固方面的检查工作以及手动空载试运转,等到确认没有出现干涉情况以及异响之后,再接入电源实施初步的通电测试。

3.3 装配工艺规程与工装夹具设计

为了保障装配流程的准确性和高效性,特意设计了专门针对辊筒以及导向系统的装配定位夹具和调整工装,在工艺规程里,针对每一个关键工序都制定了相应的操作标准,清晰地明确了操作顺序、扭矩控制的具体范围还有需要开展的检测项目。各个部位在连接的时候采用的是标准紧固件,并且借助扭矩扳手来施加预紧力,以此来避免因人为方面出现的误差而致使连接出现松动或者材料遭到破坏的情况发生。就传动链条与齿轮啮合间隙的调整而言,还设置了将检验规矩和游标量具搭配起来使用的方法,从而提升装配精度所具有的一致性以及重复性。

4 结构强度分析与性能测试

4.1 有限元分析与建模方法

为保障小实验用小型辊压机于工作之时的安全性以及稳定性,运用有限元分析(FEA)技术针对机架与关键零部件展开结构强度以及刚度方面的仿真分析。起初借助三维建模软件搭建起整体结构模型,着重对辊筒、机架还有传动系统予以细化处理操作。运用实体单元来开展网格划分工作,务必要让关键受力部位的网格密度足够高,从而能够捕捉到应力集中所产生的效应。将边界条件设置成可模拟实际工作期间机架固定支撑的状态,并且施加最大预估的工作载荷,以此来呈现实际的压力环境状况^[1]。凭借线性静力分析来计算变形情况以及应力分布状况,尤其要留意最大应力有没有超出材料的屈服强度,同时变形是否符合结构刚度方面的要求。有限元分析的结果显示,所设计的结构能够达到安全使用的标准,可以有效地承受工作载荷,进而保障设备运行时的稳定性以及使用寿命。

4.2 关键部件强度校核

依据有限元分析所得到的结果,针对辊筒、机架还有传动轴等这些关键部件展开了细致的强度校核工作。辊筒属于主要用来承载压缩力的部件,在此部件上,其最大的应力集中情况出现于辊筒和轴相互连接的那个地方。不过经过相关计算可以发现,该处的最大应力是远远低于材料

的屈服极限的,而且其安全系数也能够符合设计方面的要求^[2]。就机架而言,借助有限元模拟得出的数据来看,其最大位移是小于 0.2mm 的,如此便切实保障了整体结构的稳固性以及加工时的精度。在传动轴这一部分,重点针对扭转应力以及弯曲应力进行了校核。选取了高强度合金钢作为材料,并且还配合着合理的截面尺寸,如此一来便有效地防止了可能出现的疲劳损伤以及过载破坏等情况,进而确保了传动系统能够在长时间内保持可靠的运行状态。

4.3 整机调试与性能测试

完成结构装配之后,便着手开展了整机调试以及性能测试相关工作。调试所涉及的内容涵盖了对辊筒间隙调节灵活性的测试、针对传动系统平稳性的检测以及对安全防护装置有效性展开的验证^[3]。在性能测试环节,运用标准试样来实施压制试验,期间需详细记录下辊筒的转速情况、压力反馈状况以及压制后的厚度数据,以此来确认设备可以达成预期的压制效果,并且具备重复性精度。在整个测试进程当中,设备的运行状态较为平稳,没有出现异常的振动或者噪声现象,辊距调节也十分精准,完全符合预先设定的设计指标。最终的测试结果清晰地说明,此次装配设计是合理的,结构强度也是足够的,该装置完全能够满足实验室开展小批量材料成形工作的需求。

5 结语

文章针对小实验用小型辊压机的整体结构设计以及装配展开了较为系统的探究。通过对工作原理加以分析并明确功能需求之后,制定出了一套较为合理的整体结构设计方案,并且着重完成了关键零部件的相关设计以及计算工作。依照模块化装配的理念,设计出了科学的装配工艺流程以及工装夹具,使得装配精度以及效率都得到了提升。运用有限元的方法对结构强度以及刚度进行了验证,同时结合整机的调试情况以及性能测试结果,证实了设计方案具备科学性与可行性。此次研究取得的成果,一方面给小型辊压机的实验应用给予了可靠的技术支撑,另一方面也为后续小型化、模块化辊压设备的研发打下了较为坚实的基础。未来的工作将会把重心放在智能控制系统的集成以及结构轻量化优化方面,以此来进一步提高设备的性能以及应用范围。

【参考文献】

- [1]黄金成,石海川,孙登建.辊压机辊轴断裂行为仿真分析与结构优化[J].水泥工程,2025,38(2):53-55.
- [2]龙珍珠,李现国.辊压机用密封方案的优化选型分析[J].水泥,2024(1):87-89.
- [3]左洪川,吴玉辉.辊压机扭矩支撑板结构与优化[J].水泥工程,2022(6):10-12.

作者简介:宋维轩(1996—),男,籍贯:河北省邢台市信都区,职务:机械工程师,(助理工程师)2019年6月毕业于河北农业大学现代科技学院最高学历,本科,工作:机械工程师。