

小型辊压机机架结构与稳定性分析

秦 攀

邢台纳科诺尔精轧科技股份有限公司, 河北 邢台 054001

[摘要]小型辊压机是常用于实验或者小批量压制工艺的一种设备,它有着结构紧凑以及功能灵活的特点,在材料加工、科研实验等诸多领域都有广泛应用。机架作为辊压机极为关键的支撑结构,其设计质量会对整机的工作性能以及结构稳定性产生直接影响。文章依据小型辊压机的实际功能需求,对其机架设计需求展开系统分析,给出合理的结构设计方案,还运用有限元方法针对机架实施静力学和模态分析,进而推进稳定性方面的研究工作。研究结果说明,经过优化之后的机架结构具备不错的受力性能以及稳定性,可切实保障设备运行时的可靠性与安全性。

[关键词]小型辊压机;机架结构设计;稳定性分析

DOI: 10.33142/ect.v3i8.17504

中图分类号: TH122

文献标识码: A

Structural Design and Stability Analysis of Small Roller Press Frame

QIN Pan

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

Abstract: A small roller press is a commonly used equipment for experimental or small batch pressing processes. It has the characteristics of compact structure and flexible function, and is widely used in many fields such as material processing and scientific research experiments. As a crucial support structure for the roller press, the design quality of the frame will directly affect the overall performance and structural stability of the machine. Based on the actual functional requirements of a small roller press, this article conducts a systematic analysis of its frame design requirements, provides a reasonable structural design scheme, and uses finite element method to conduct static and modal analysis on the frame, thereby promoting research on stability. The research results indicate that the optimized rack structure has good stress performance and stability, which can effectively ensure the reliability and safety of equipment operation.

Keywords: small roller press; rack structure design; stability analysis

引言

小型辊压机在材料成形、科研试验、微型制造等范畴有着关键作用,因其结构紧凑、操作灵活,越来越多地出现在实验室和小型加工场景里。机架作为承载载荷、固定机构且确保设备整体结构稳定的要素,其设计会直接影响到辊压机的整体性能以及使用寿命。所以,针对小型辊压机机架结构展开合理设计以及稳定性分析,有十分重要的工程应用价值。本文会围绕小型辊压机机架的设计需求、结构优化、有限元分析以及稳定性研究这四个方面展开深入探讨,目的是为相关设备的结构设计给予理论依据以及工程参考。

1 小型辊压机机架设计需求分析

1.1 小型辊压机工作原理

小型辊压机的关键工作原理在于,其会借助一对或者多对呈平行方式布置的压辊来给材料施加压力,进而促使材料产生塑性变形,或者实现压实成型的效果。具体来讲,是通过电机驱动传动装置,以此带动主动辊开始旋转,然后再依靠所产生的摩擦力进一步带动被动辊一同运动起来。而夹持在两辊之间的材料,在如此强大的压力作用之下,便会发生相应的变形情况,最终达成压延或者是压实

的目的。此设备自身结构较为紧凑,其工作空间也是相对有限的,所以对于机架而言,不但要能够承受周期性的载荷,而且还得具备较高的刚性以及稳定性,唯有如此,才能够确保在压制过程当中能够维持一定的精度,并且保障操作的安全性。

1.2 机架设计基本要求

机架属于整个设备的关键支撑架构,得符合相当的刚度以及强度方面的要求,务必要保证在承载着高载荷并且处于复杂工况的情形之下不会出现明显的变形情况或者产生失稳状况。就结构设计来讲,要妥善地去分布那些受力的各个部件,防止出现应力集中的情况,以此来促使整体的抗疲劳性能得以提升。机架还应当具备不错的可制造性以及装配性,从而能够契合不同的工艺以及生产方面的各类需求。在朝着小型化发展的这样一个前提条件之下,其结构布局应当尽最大可能地做到紧凑一些,把所占的面积减少下来,进而提高空间的利用效率,并且方便后续的维护操作以及升级事宜。

1.3 受力分析与载荷特性

小型辊压机在工作的时候,会受到复杂的载荷作用,

像辊压力、摩擦力、驱动扭矩以及设备自重等等。其中, 辊压力是最主要的载荷来源, 它有较强的冲击性还有周期性的特点, 这就要求在设计机架的时候, 得有不错的动态响应性能。传动系统产生的扭矩以及转动惯量也会给机架带来一些影响, 在启动和停止的时候, 特别容易引发结构局部应力出现波动情况。所以, 精准地去分析各类载荷的分布状况以及它们的传递路径, 这可是实现结构合理化并且达成优化设计的一个关键环节。

2 机架结构设计方案

2.1 设计原则

机架结构设计要遵循这样的原则: 强度得足够, 刚度需合理, 稳定性要可靠, 并且制造起来也得简便。在能够满足基本的承载功能之外, 还得把结构轻量化以及装配便利性考虑进去。在设计的时候务必要防止出现结构冗余以及无效加固的情况, 要保证受力路径是连续的, 受力也是均匀的。对于那些关键的连接部位, 应当选用高强度的连接件或者加强筋结构, 以此来提升整体结构对抗冲击的能力以及疲劳寿命。

2.2 结构方案比较与选择

小型辊压机的使用环境以及功能需求, 给出了三种机架结构设计方案, 分别是: 一体式框架结构、分体式组合结构还有模块化装配结构。对这三种方案从加工制造难度、力学性能、结构稳定性以及经济性等方面来综合比较, 发现一体式框架结构在制造成本和工艺难度上都比较高, 不过它的整体刚度比其他方案要好很多, 能更有效地对抗运行时产生的振动和冲击, 适合那些对机架稳定性要求较高的应用场合。与之相比, 分体式组合结构在装配灵活性和运输便捷性方面表现得比较突出, 方便设备的拆卸和维护, 但是因为存在多个连接部件, 所以结构整体的刚性和稳定性就比较差, 容易成为潜在的薄弱环节。模块化装配结构侧重于生产的标准化和模块互换性, 方便实现批量生产和快速组装, 不过其复杂的连接设计不但增加了制造和装配的难度, 还可能影响结构的整体刚度。综合考虑机械性能、生产工艺和经济效益之后, 最终选定了一体式框架结构作为小型辊压机机架的设计基础, 以此来确保机架有优异的结构稳定性和良好的承载能力。

2.3 材料选用与性能分析

材料选取于机架设计而言极为关键, 它关乎机架结构性能、使用寿命以及整体经济效益, 为使机架有足够承载力且抗疲劳性能优异, 本文主要采用 Q235B 结构钢作机架主体材料, 此钢材机械性能好, 强度较高, 韧性良好, 可焊接性与成形性能佳, 利于后续制造加工, Q235B 材料资源多、价格适中, 能控制制造成本, 提升工程经济性, 对于机架关键连接区与高应力集中部位, 为增强结构抗疲劳性能与抗腐蚀能力, 选用高强度低合金钢如 Q345 作局部加固材料, Q345 钢比普通结构钢强度高, 耐腐蚀性与

韧性优, 可延长机架寿命, 降低维护频次, 经对这两种材料性能对比及实际应用验证, 确定该材料组合方案既满足机架力学性能严苛要求, 又兼顾制造工艺性与经济性, 体现结构设计科学合理性。

3 有限元分析与仿真

3.1 建立有限元模型

要精准剖析机架于实际工况之中的受力变形特性, 便运用 ANSYS 软件针对设计结构展开建模以及仿真方面的分析工作。依照实际的几何尺寸还有结构所具有的特点, 把机架简约为壳单元和实体单元相互混合而成的模型, 并且为其做好合理的网格划分事宜。为了让仿真的精度得以提升, 在应力出现集中的区域去设置加密网格, 从而能够更为准确地对高应力梯度区域的响应特性予以捕捉。凭借合理的几何建模以及单元划分操作, 进而给后续的分析环节给予可靠的根基保障。

3.2 载荷与边界条件设定

在有限元仿真的操作当中, 载荷的设置是参照实际的工作环境来进行的, 这其中涵盖了垂直压辊载荷、水平侧向摩擦力以及扭转载荷这几方面的内容。就边界条件而言, 给机架底部设置了完全约束, 以此来模拟它和地基那种刚性连接的状态, 在辊轴支撑点会施加与之相应的集中载荷, 同时还会施加驱动扭矩。为了让模拟的状态能够更加接近实际运行时的情形, 还会在连接螺栓处施加预紧力来进行模拟, 进而提升整个模拟的精度。这样的设置能够保证仿真所得到的结果和实际的情况达成高度的一致, 有着比较强的工程参考价值。

3.3 应力、变形分析

从仿真的结果来看, 在处于最大工作载荷的情况之下, 机架结构所呈现出来的最大应力, 主要是聚集在辊轴支撑所在的区域以及各个关键的连接节点之处。这些部位因为要承受相对较大的集中载荷, 并且还存在着结构转折的情况, 所以就变成了典型的应力集中区。通过运用 ANSYS 有限元来进行仿真分析能够看出, 尽管这些区域存在着一定程度上的应力有所提升的现象, 然而其最大的应力值却始终没有超出所选取材料的屈服强度所处的范围, 这就说明整体结构有着比较高的强度裕度以及可靠性。就结构整体而言, 其变形的趋势也是比较理想的, 变形量大多集中在侧梁所在的区域以及受载比较集中的那一端, 其中最大的位移值是小于 0.3mm 的, 这一数值远远低于设计所允许的变形限值, 从而有效地确保了设备在运行过程当中能够保持应有的精度以及稳定性。再进一步去对比在不同加载条件以及边界条件之下的应力与位移分布所得到的结果, 可以发现结构的响应表现出了很好的一致性与稳定性, 并且没有出现明显的局部屈曲或者异常变形的区域, 而且也没有引发潜在的共振风险, 这无疑为后续开展优化设计给出了清晰明确的方向以及定量方面的参考依据。

3.4 模态分析

为了避免设备在运行期间出现结构共振方面的相关问题,针对机架结构展开了模态分析的操作,借此来获取该结构的固有频率以及振型特征,进而对整体的抗振性能加以评估。模态分析属于一种颇为重要的结构动力学分析方法,其能够将结构在自由振动状态之下的固有响应特性给揭示出来,对于判断潜在存在的共振风险而言有着不容忽视的重要意义。经由有限元仿真的途径可以知晓,机架的前五阶固有频率全都明显地高于设备实际的工作频率范围,这就意味着在正常的工况状况之下,机架结构是不会与外部激励频率出现重合情况的,如此便能够有效地防止共振情况的发生。在这其中,第一阶振型呈现的是侧向弯曲模态的特点,其主要集中于顶部横梁所在的区域,由此可以看出结构局部存在着刚度变化的趋势;而高阶模态所呈现出的则是整体扭转或者局部复杂变形的相关特征。就整体结构的振动响应情况来看,其是比较分散的,并且没有观察到那种明显的低频共振趋向,这也就进一步地验证了机架设计所具备的合理性以及抗振稳定性。模态分析所得到的结果,为结构设计在动态性能方面的评估给予了可靠的依据,同时也为后续有可能实施的振动抑制措施以及结构优化的方向提供了基础数据层面的支持以及理论方面的参考内容。

4 机架稳定性分析

4.1 稳定性分析理论基础

结构稳定性称得上是关键指标,它能够体现该结构面对外力作用时抵御失稳的能力。就机架结构而言,在承受着相当大的轴向压力或者呈现出较为复杂的载荷情况之时,很可能会因为临界载荷超出限定而冒出诸如屈曲、侧移亦或是整体失稳等种种问题。依照欧拉屈曲理论以及极限平衡分析法,并且把实际的几何尺寸和边界条件也综合考量进去,便能够对机架处在不同载荷作用之下所呈现出来的临界稳定状态予以预测^[1]。本文把线性屈曲理论当作基础,同时搭配上非线性数值模拟,进而着手展开针对结构稳定性的相关分析。

4.2 屈曲与失稳分析

运用 ANSYS 软件里的线性屈曲分析模块,针对机架在压辊载荷作用之下所呈现出来的临界屈曲载荷展开了仿真的计算操作,其主要目的在于对机架整体结构所具备的稳定性裕度予以评估。经仿真得出的结果显示,该结构的最小屈曲载荷大概相当于正常工作载荷的 2.7 倍左右,这无疑说明在当下的结构设计状况以及材料选型条件之下,机架拥有着相对较高的稳定性安全系数,是能够有效地抵御由于外力作用所引发起来的屈曲失稳方面的风险的^[2]。就屈曲模式分析所得出的结果来看,在临界状态的时候,该结构主要是呈现出顶部框架区域朝着外侧发生整体侧向屈曲的情况,这一变形的趋势和之前在模态分析当中所提到的第一阶振型特征基本上是一致的,进而也证实了结构动力学响应和屈曲失稳形式之间存在着极高

的相关性。再者说,通过对不同区域的应变情况以及形变轨迹展开分析之后可以发现,结构的拐角过渡区还有主要连接节点在屈曲的过程当中应力集中表现得十分突出,这属于典型的结构薄弱环节。这些区域因为存在几何形状的突变并且受力情况也比较复杂,所以特别容易成为引发局部失稳的起始之处,所以在后续的设计环节当中应当借助于设置加强筋、对局部结构予以优化或者提升连接刚度等办法来对其进行强化处理,以此进一步增强整体结构的抗屈曲能力以及稳定性可靠性。

4.3 稳定性安全性评估

在屈曲分析相关工作的基础之上,再充分结合材料所具有的强度特性、结构本身的刚度状况以及载荷的具体分布情形,去较为全面且细致地对机架结构的稳定性安全系数展开评估考量。经过这样一番操作之后所呈现出的结果说明,整体结构的稳定性安全系数大致处于 2.5 至 3.2 这样的区间范围之内,而这显然是能够符合国家机械设计规范当中所明确规定的各项安全方面的要求的^[3]。通过针对不同设计方案之间的稳定性进行对比分析,进而发现,经过优化处理之后的结构,不仅能够一定程度上把重量给减小下来,而且还能够让稳定性得以切实提升,从而也就为小型设备结构设计给出了行之有效的应对策略。

5 结语

文章针对小型辊压机机架结构设计以及稳定性分析展开了较为系统的探究工作。从设计方面的需求出发,再到结构方案的确定,最后经过有限元仿真的操作以及稳定性分析的过程,对机架的结构性能以及工程应用特性展开了较为详尽的探讨。借助于结构方面的优化举措以及对材料进行合理的选用方式,所设计出来的机架结构拥有不错的强度、刚度以及稳定性。通过有限元仿真这一手段,能够对结构在实际工况之下的应力变形状况予以验证。而模态分析以及屈曲分析的结果则说明该机架具备相当高的抗振能力以及抗失稳的能力。此项研究给小型压制设备结构设计给予了理论层面的依据以及实践方面的指导,后续还可以进一步结合动态载荷以及疲劳寿命等方面内容来开展更为深入的优化以及拓展相关工作。

【参考文献】

- [1]葛惠溪,赵文杰,陈红涛,等.辊压机上机架的改造和应用[J].新世纪水泥导报,2023,29(1):47-48.
- [2]陈代彦.HFCG 辊压机关键部件的安装与维护[J].中国水泥,2020(8):89-92.
- [3]周丹红.辊压机减速机振动大的原因分析及处理[J].水泥,2024(2):73-74.

作者简介:秦攀(1991—),就职于邢台纳科诺尔精轧科技股份有限公司,河北省沙河市人,现任职机械设计工作,2015年7月毕业于燕山大学机械设计制造及其自动化专业,最高学历本科,现主要从事辊压机设计工作。