

文章编号:1674-2869(2014)08-0060-05

型砂性能检测装置横梁的有限元静态分析

吴和保,程 坦

武汉工程大学机电工程学院,湖北 武汉 430205

摘 要:横梁是自行设计的型砂性能检测装置中最重要的承载部件. 横梁体积大,为了优化结构、节约材料,提出在不影响其性能的情况下增加减重孔. 利用索达系统公司开发的三维软件对横梁进行三维建模,通过其中的有限元分析模块分析横梁的受力情况,建立合理的约束及载荷模型,并对横梁进行有限元网格划分,最后通过计算机对其进行求解,获得了在工作情况下横梁的应力、应变图. 结果表明,在有、无减重孔时横梁危险截面处的最大应力分别为 26.211MPa 和 21.358MPa,横梁的最大挠度分别为 0.005531mm 和 0.003665mm,均远小于许可值,横梁在强度及刚度方面均有较大裕度,为其进行结构优化设计和成本的降低提供了重要依据.

关键词:横梁;静态分析;优化设计

中图分类号:TP 391.7

文献标识码:A

doi:10.3969/j.issn.1674-2869.2014.08.011

0 引 言

一直以来,我国铸造业仍以粘土砂铸造为主,在其生产过程中,型砂的性能质量对铸件有着直接和重要的影响. 其中,型砂的湿压强度是最基本的检测指标之一^[1]. 国内现有的型砂湿压强度检测设备多种多样,最主要的是国产的 SWY 型强度试验机. 该机采用手摇手轮的方式测量,指针式读表,自动化程度不高;也有许多装置采用机械系统加载的数显方式测量,其传动机构比较复杂^[2-3]. 武汉工程大学自行设计的型砂性能在线检测设备,采用 PLC 控制、液压驱动的方式能够快速、方便地完成型砂强度试样的制备和检测. 该装置的紧实冲头通过夹具安装在横梁上(如图 1 所示),工作时,横梁需承受较大工作压力,是整个装置最重要的承载部件,并对检测精度有较大影响. 因此,有必要对新装置中横梁的强度及刚度进行验证,对其进行有限元静态分析,观察它的应力应变情况,检验其是否满足设计要求. 此外,横梁是铸件、体积较大,因而考虑在不影响其性能的情况下增加减重孔、对其进行结构优化以减轻横梁的重量,从而降低成本.

Simulation 是 Solidworks 公司推出的一种功能强大的有限元分析软件,能够进行应力、应变、频率、疲劳、热量和优化分析等^[4-5]. 利用 Solidworks Simulation,工程技术人员可以对产品进行分析,快速地得到相应的计算分析结果,极大地缩

短产品的开发周期,降低试验成本、提高产品质量,最终获得更大利润^[6-10].

本文利用 Solidworks Simulation 对型砂性能检测设备中的横梁进行有限元静态分析,为其结构优化提供重要依据.

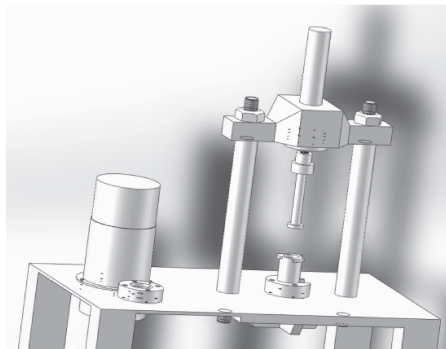


图 1 型砂性能在线检测装置

Fig. 1 Sand properties on-line detection device

1 Solidworks 有限元分析过程

1.1 横梁模型的建立与选材

用 Solidworks Simulation 进行有限元分析的一般过程如图 2 所示. 在满足其力学性能的前提下,将横梁的结构进行简化,以便为后续利用 Simulation 对其进行分析时提供方便,大大减少计算机的计算时间、节约计算机资源. 45 号钢是一种中碳结构钢,机械性能较好,价格低廉,来源广泛,适于铸造^[11-13]. 从使用性能和实际成本出发,横梁的材料选为 45 号钢.

收稿日期:2014-04-26

作者简介:吴和保(1963-),男,湖北麻城人,教授,博士. 研究方向:金属凝固理论及其数值模拟、金属表面处理与防护、液态金属精确成型、金属雾化制粉、材料自动化检测与控制.

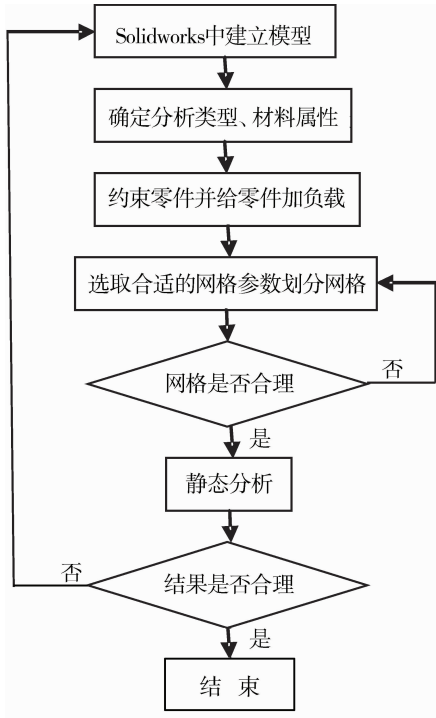


图 2 Solidworks 有限元分析过程

Fig. 2 Finite element analysis process based on Solidworks

建好的横梁三维模型如图 3 所示,总长为 540 mm,总宽为 200 mm,总高为 120 mm. 中间通孔需装入液压缸,根据液压缸的安装尺寸,中间通孔直径为 70 mm. 根据两根立柱支撑的大小,两螺纹孔的公称直径为 42 mm. 为使工作空间充足,梁的跨度为 400 mm. 由于横梁的中部是主要的承载部位,所以将横梁中部的宽度和厚度加大.

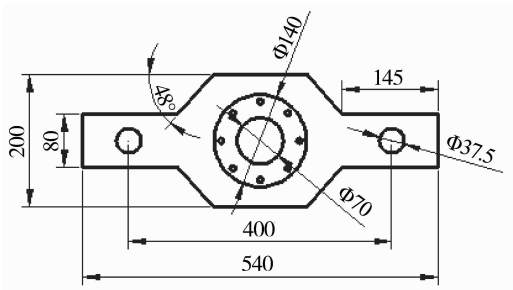


图 3 横梁三维模型

Fig. 3 3d model of beam

1.2 施加约束与载荷

(1)施加约束. 横梁的两端被两根立柱支撑,用两个公称直径为 42 mm 的螺母将其固定. 因此可对横梁底部两个螺纹孔施加固定约束.

(2)施加载荷. 紧实冲头通过夹具与横梁相连,在测试型砂试样湿压强度的过程中,紧实冲头由液压系统驱动,对型砂试样施加 1.6~9.8 kN

的压力,横梁此时受到冲头的反作用力. 为验证横梁的最大强度,在横梁与夹具的接触面上施加 9.8 kN 的均布载荷(如图 4 所示).

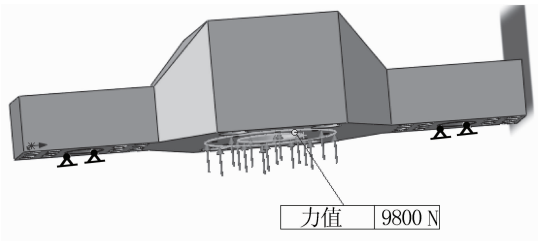


图 4 横梁施加载荷及约束

Fig. 4 Apply loads and constraints

1.3 网格化模型的建立

网格化就是根据有限元分析的基本原理对已建立好的模型进行网格划分,建立相应的有限元模型. 网格划分的好坏将直接影响分析的结果,它是利用 Solidworks Simulation 进行有限元分析时最重要的一步.

Solidworks Simulation 分析零件或装配体模型时,模型必须能够被正确且足够小的有限元所划分,否则将无法进行分析. 所谓小的概念,是指网格中单元的数量,而并非表示单元尺寸的大小. 对网格的这种特殊要求具有十分重要的意义.

由于横梁并不是等截面梁,在对其进行网格划分时,对于其截面变化处和梁上孔的周围,需使用更小的网格进行划分,这样能使分析结果更精确,划分后的模型及网格参数如图 5 和图 6 所示.

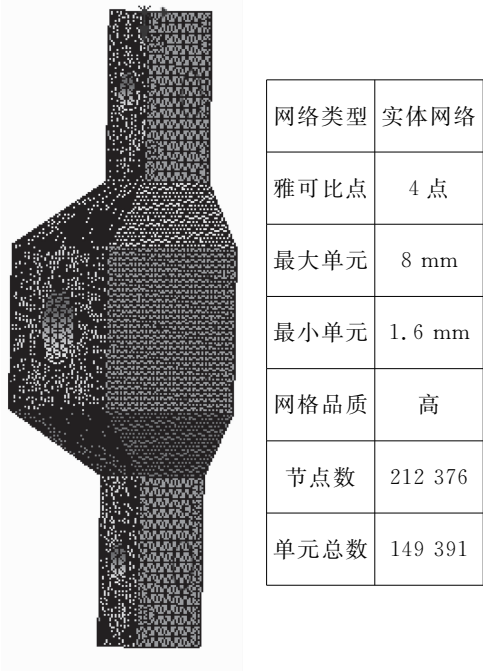


图 5 无减重孔横梁的网格参数

Fig. 5 Mesh parameter of beam without lightening hole

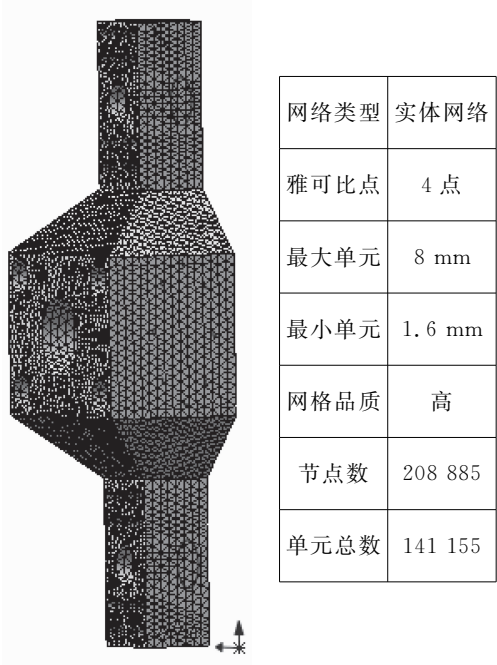


图 6 有减重孔横梁的网格参数

Fig. 6 Mesh parameter of beam with lightening hole

无减重孔横梁划分网格后,雅可比点 4 点,单元数 149 391,最大单元 8 mm,最小单元 1.6 mm,节点数 212 376;有减重孔横梁划分网格后,雅可比点 4 点,单元数 141 155,最大单元 8 mm,最小单元 1.6 mm,节点数 208 885. 模型端面均有超过 5 层网格满足精度要求,所以此网格划分是正确的.

1.4 横梁应力及应变分析

计算机求解完成以后,可以利用 Solidworks Simulation 的后处理器直观地看到横梁的应力、应变分析结果如图 7、8、9、10 所示.

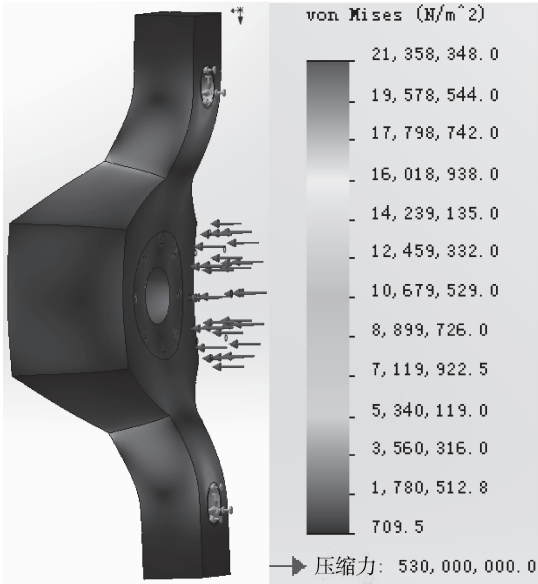


图 7 无减重孔的横梁应力图

Fig. 7 Stress of beam without lightening hole

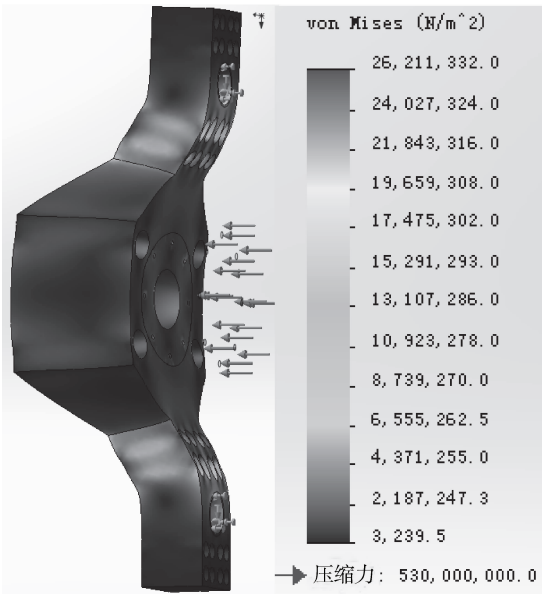


图 8 有减重孔的横梁应力图

Fig. 8 Stress of beam with lightening hole

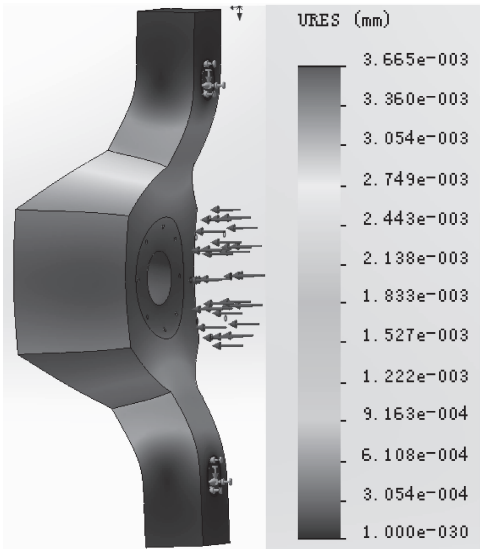


图 9 无减重孔的横梁位移图

Fig. 9 Strain of beam without lightening hole

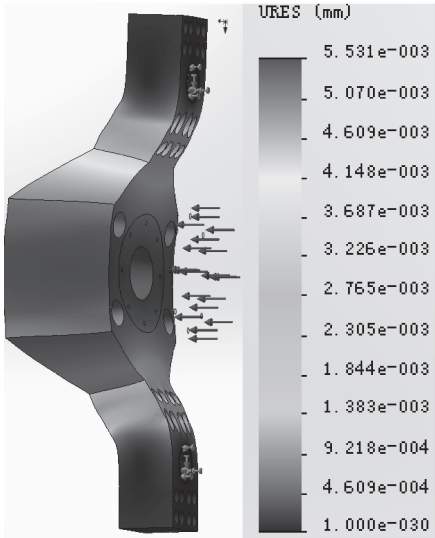


图 10 有减重孔的横梁位移图

Fig. 10 Strain of beam with lightening hole

无减重孔的横梁应力云图如图 6 所示,敏感区域产生的最大应力为 21.358 MPa,在横梁中间的通孔处产生局部应力集中,但远低于其应力屈服极限 530 MPa。位移云图如图 7 所示,敏感区域产生的最大位移为 3.665 μm ,发生在横梁中间的通孔处。

有减重孔的横梁应力云图如图 8 所示,敏感区域产生的最大应力为 26.211 MPa,在横梁中间的通孔处产生局部应力集中,仍远低于其应力屈服极限 530 MPa。位移云图如图 9 所示,敏感区域产生的最大位移为 5.531 μm 。仍发生在横梁中间的通孔处。

由以上分析证明:有、无减重孔时横梁的危险截面都在其中间的通孔处。横梁设计时所允许的最大挠度为 $[f] = (0.0001 - 0.002)l = 0.04 \text{ mm} - 0.08 \text{ mm}$ (l 为横梁跨度),而横梁的实际最大挠度为 5.531 μm ,说明横梁满足刚度要求。

2 结果分析

通过对比分析横梁周围的应力、应变分布图,可以得出以下结论:

(1)横梁在有、无减重孔的情况下,其危险截面处最大应力均远低于它的应力屈服极限 530 MPa,横梁的最大挠度 5.531 μm 远低于其挠度的最大许可值。横梁在强度、刚度方面均有较大裕度,说明横梁的选材及结构设计是合理的。

(2)有减重孔横梁的敏感区域产生的最大位移为 5.531 μm ,虽然比无减重孔横梁的敏感区域产生的最大位移 3.665 μm 大,但本系统在工作中无高速运动,不存在振动问题,所以有无减重孔对系统正常工作不会产生影响。

(3)由于横梁是铸件,结构尺寸较大,无减重孔横梁质量为 64.56 kg,有减重孔横梁质量为 56.31 kg,比无减重孔时轻了 12.78%,横梁在有无减重孔的情况下都满足设计的要求,从节约材料、降低成本考虑,选择有减重孔的方案。

3 结 语

在上述建立的型砂性能在线检测装置中横梁的结构模型基础上,利用 Solidworks Simulation 对其进行了静态应力分析,从而确定了横梁选材和结构设计的合理性。通过对比分析横梁在有无减重孔情况下的应力、应变图,选择了有减重孔的方案,对实现节约材料,低成本设计要求具有重要的意义。

致 谢

感谢武汉工程大学机电工程学院对本研究的支持,同时也感谢为本研究提供帮助的蒋文明老师和史昆玉老师。

参考文献:

- [1] 杨恢飞,朱世根,傅增明,等.型砂质量的自动检测与控制研究现状[J].东华大学学报,2006,32(2):130-133.
YANG Hui-fei, ZHU Shi-gen, FU Zeng-ming, et al. Automatic detection and control research status quo of sand quality [J]. Journal of Donghua University, 2006, 32 (2) : 130-133. (in Chinese)
- [2] 张立光,刘升迁,吴浚郊,等.型砂性能在线检测与控制系统[J].清华大学学报,2000,40(4):1-3.
ZHANG Li-guang, LIU Sheng-qian, WU Jun-jiao, et al. Sand properties on-line detection and control system [J]. Journal of Tsinghua University, 2000, 40 (4) : 1-3. (in Chinese)
- [3] 于震宗.湿型砂性能检测技术[J].现代铸造,2010(2):69-73.
YU Zhen-zong. Green sand performance testing technology [J]. Modern Casting, 2010 (2) : 69-73. (in Chinese)
- [4] 江洪,陈燎,王智,等.Solidworks 有限元分析实例解析[M].北京:机械工业出版社,2008.
JIANG Hong, CHEN Liao, WANG Zhi, et al. Instance analysis of Solidworks finite element analysis [M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2008. (in Chinese)
- [5] 关鼎,肖平阳.Solidworks 三维造型典型实例教程[M].北京:机械工业出版社,2006.
GUAN ding, XIAO Ping-yang. Typical instance tutorial of Solidworks three-dimensional modelling [M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2006. (in Chinese)
- [6] 陈永当,鲍志强,任慧娟,等.基于 Solidworks Simulation 的产品设计有限元分析[J].计算机技术及发展,2012,22(9):177-180.
CHEN Yong-when, BAO Zhi-jiang REN Hui-juan, et al. The finite element analysis of product design based on Solidworks Simulation [J]. Computer Technology and Development, 2012, 22 (9) : 177-180. (in Chinese)
- [7] 董吉,黄涛.基于 Solidworks 环模单体有限元分析方法研究[J].农业科技与装备,2013,229(7):26-29.
DONG Ji, HUANG Tao. The study of finite element analysis method for ring mold monomer based on Solidworks [J]. Agricultural Science and Tech-

- nology and Equipment, 2013, 29 (7) : 26-29. (in Chinese)
- [8] 周学斌,何东升,黄大新,等. 基于 Solidworks 设计及有限元分析在机械工程中的应用[J]. 科技信息, 2008(31):461-463.
ZHOU Xue-bin, HE Dong-sheng, HUANG Da-xin, et al. Application of design and the finite element analysis in mechanical engineering based on Solidworks [J]. Science and Technology Information, 2008(31):461-463. (in Chinese)
- [9] 刘伟,赵春花,王振强. 基于 Solidworks Simulation 对玉米剥皮机剥皮齿的有限元分析[J]. 设计制造·技术, 2011(9):109-111.
LIU Wei, ZHAO Chun-hua, WANG Zhen-qiang. The finite element analysis of the corn peeling machine peeling teeth based on Solidworks Simulation [J]. Design and Manufacturing Technology, 2011 (9) : 109-111. (in Chinese)
- [10] 陈威,王伟,李伟,等. 基于 Solidworks 的基座有限元分析[J]. 电子工业专用设备, 2011(10):29-32.
CHEN Wei, WANG Wei, LI Wei, et al. The finite element analysis of base based on Solidworks [J]. Special Equipment of Electronics Industry, 2011 (10) : 29-32. (in Chinese)
- [11] 周凤云. 工程材料及应用[M]. 武汉:华中科技大学出版社, 2002.
ZHOU Feng-yun. Engineering materials and its application [M]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 2002. (in Chinese)
- [12] 张彦华. 工程材料学[M]. 北京:科学出版社, 2010.
ZHANG Yan-hua. Engineering materials science [M]. Beijing: Science Press, 2010. (in Chinese)
- [13] 吴和保,李晓微,龙玉阳,等. 基于 BP 神经网络蠕铁性能的快速预测[J]. 武汉工程大学学报, 2013, 35 (10):63-67.
WU He-bao, LI Xiao-wei, LONG Yu-yang, et al. Fast prediction of vermicular cast iron property base on BP neural network[J]. Journal of Wuhan Institute of Technology, 2013, 35 (10):63-67. (in Chinese)

Finite element static analysis on detection device beam of sand properties

WU He-bao, CHENG Tan

School of Mechanical and Electrical Engineering, Wuhan Institution of Technology, Wuhan 430205, China

Abstract: The beam is the most important bearing part in detection device beam of sand properties. To optimize structure and save materials of the beam without affecting its performance, the method of increasing lightening hole was proposed. The model of the beam was established using a three-dimensional software (Solidworks) developed by SAUDER system company. The reasonable constrain and load model was set up by the module of finite element analysis which also meshes the beam. Finally, the stress and strain diagram about the beam in working conditions was got through the computer. The results show that the maximum stress of dangerous section in the beam with lightening hole is 26.211MPa and without lightening hole is 21.358MPa; the maximum deflection with lightening hole is 0.005531mm and without lightening hole is 0.003665mm, which are far less than the permit value. So, it demonstrates that the beam of strength and stiffness has significant margin, which provides important basis for the structure optimization design and cost reduction.

Keywords: beam; static analysis; optimization design .

本文编辑:陈小平