

# 基于 Inventor 的减定径机架拉杆的有限元分析

贾尚武, 赵西韩, 马强, 刘磊, 王仕杰, 周文浩, 陈灿, 张志娜

(中国重型机械研究院股份公司, 西安 710032)

**摘要:** 为提高减定径机架在棒材生产使用过程中的可靠性, 应用 Inventor 创建机架关键件拉杆的三维模型, 并利用软件自身的有限元模块进行分析。针对拉杆的受力状况对拉杆的主要受力情况进行分析, 从而有针对性地对拉杆圆角部分进行改进, 最终提高了拉杆的使用寿命, 为减定径机架中关键件的设计提供依据和方法。

**关键词:** 减定径; inventor; 有限元; 拉杆

**DOI:** 10.3969/j.issn.1674-6457.2017.05.039

**中图分类号:** TG333 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-6457(2017)05-0238-03

## Finite Element Analysis of Draw Bar Rack of Reducing Sizing Machine Based on Inventor

JIA Shang-wu, ZHAO Xi-han, MA Qiang, LIU Lei, WANG Shi-jie, ZHOU Wen-hao, CHEN Can, ZHANG Zhi-na

(China National Heavy Machinery Research Institute Co., Ltd., Xi'an 710032, China)

**ABSTRACT:** To improve the reliability of the reducing & sizing rack in the use of bar production, Inventor was used in this paper to create a three-dimensional model of the tie rod. Finite element module of the software was also analyzed. According to the force of the rod, the main force of the rod was analyzed to improve the tail of the rod, and ultimately improve the life of the rod and provide basis and method for design of key components for rack.

**KEY WORDS:** reducing & sizing; inventor; finite element; rod

新式的三辊减定径机组具有孔型系统在线可调、机架互换性高、轧制力与轧制力矩高于传统机架、机架更换时间较短等特点, 而且其生产出的产品具有尺寸公差小、表面质量好、冶金特性优越等优点。拉杆作为机架的关键件, 在轧制过程中受力复杂, 以往在使用过程中出现过拉断和塑性变形的状况, 文中应用 Inventor 有限元模块, 对减定径机架的关键件拉杆进行有限元受力分析, 对减定径机架中关键件的设计改进提供新的思路。

一直处于拉伸状态, 假如圆角、粗糙度和裂纹处理不好, 易导致安全事故, 现建立拉杆的三维模型见图 1<sup>[1]</sup>, 对其进行力学分析。

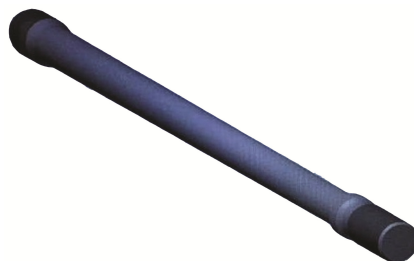


图 1 拉杆的三维模型

Fig.1 Three-dimensional model of rod

## 1 有限元分析

### 1.1 力学模型

拉杆在安装过程中通过预紧力拉紧, 防止轴承及轧辊内套在轧制过程中滑落, 而且拉杆在轧制过程中

### 1.2 材料的确定

在 Autodesk Inventor 中建立三维模型, 并通过自

收稿日期: 2017-08-11

作者简介: 贾尚武(1987—), 男, 硕士, 工程师, 主要研究方向为管、棒材生产工艺及设备。

身的有限元仿真模块进行分析,避免了不同设计软件间的数据共享和交换带来的参数误差以及拓扑处理修复的过程<sup>[2]</sup>。为了保证拉杆的使用可靠性,拉杆材料需进行性能实验和裂纹测试,并按质量等级1的缺陷类别进行超声波探伤。材料为 42CrMo, 含有质量分数为 0.38%~0.45%的 C, 0.17%~0.37%的 Si, 0.50%~0.80%的 Mn, 不大于 0.035%的 P, 不大于 0.035%的 S, 0.90%~1.20%的 Cr, 0.15%~0.30%的 Mo<sup>[3]</sup>。该材料调质后,当截面小于 100 mm 时,材料的极限强度不低于 1100 MPa,屈服强度不低于 650 MPa,材料的性能等级相当于 12.9,须进行机械性能实验<sup>[4]</sup>,且此螺纹必须用滚压成形,不能车制,否则易产生裂纹而断裂<sup>[5]</sup>。

### 1.3 网格的划分

对拉杆过渡圆角部位做网格细化处理<sup>[6]</sup>,最终的划分结果见图 2。



图2 拉杆过渡圆角的网格细化处理  
Fig.2 Mesh refinement of fillet transition

### 1.4 载荷和约束条件

在每次更换辊环时<sup>[7]</sup>,拉杆用 600 kN 的力拉长,打开螺母,抽出拉杆。安装时相反,将拉杆旋入,使用专用油缸将拉杆拉紧,然后旋入螺母<sup>[8]</sup>。此时拉杆轴向受预紧力,在轧制过程中,拉杆始终处于拉紧状态<sup>[9]</sup>。通过 inventor 有限元模拟时,建立的力学模型越接近于实际受力状态,其结果越接近于实际情况。根据实际情况,长螺纹段一头固定不动,短螺纹段受力拉长,并预紧<sup>[10]</sup>。

### 1.5 分析结果

通过对模型材料、网格划分、约束和载荷的添加,

得到最终的仿真分析结果<sup>[11]</sup>,拉杆两头的 Mises 等效应力分别见图 3a 和 3b,旋入端螺纹末端受力最大,而且出现在过渡边缘处<sup>[12]</sup>。受力端拉杆小径过渡段受力也较大<sup>[13]</sup>。受力后拉杆伸长 3.618 mm,此值可通过卡尺测量,从而确定拉杆是否达到 600 kN 的预紧力,从而保证正常的使用<sup>[14]</sup>。位移图见图 4,位移图是指拉杆受力后<sup>[15]</sup>,所有受力节点移动的位移分布图<sup>[16]</sup>。

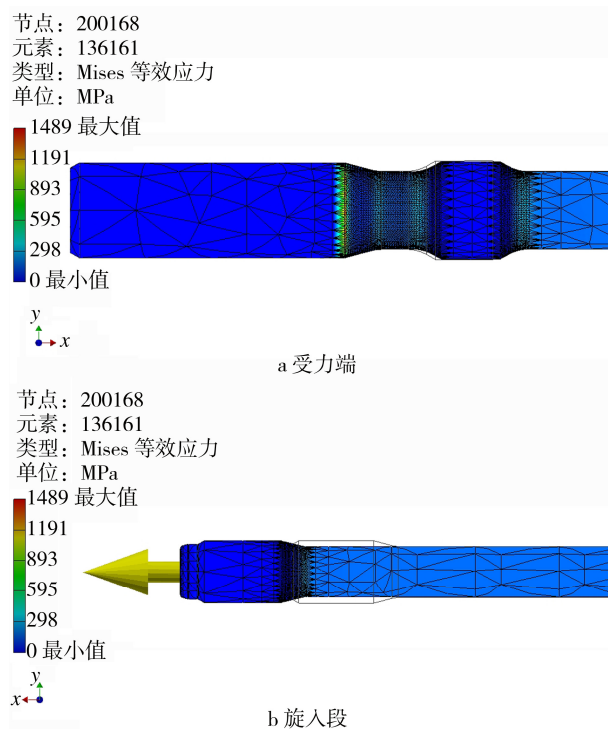


图3 拉杆 Mises 等效应力  
Fig.3 Mises equivalent stress of rod

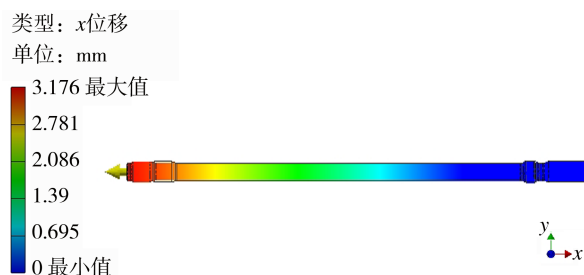


图4 位移  
Fig.4 Displacement

## 2 实验验证

通过 deform 分析得出的改进方案,将拉杆改进结构,并应用于国内某钢厂定径机实际生产中。使用液压工具 600 kN 拉紧拉杆,使拉杆处于拉紧状态。并通过专用工具测量伸长量,保证拉杆的预应力。拉杆在减定径机架的连续工作中,未出现拉断事故,并在更换辊环时,卸下拉杆测量其长度,发现其长度并未有明显变化。

### 3 结论

在以往的使用中, 拉杆出现过变形和拉断, 导致生产事故。此部位空间受限, 只能通过优化拉杆的结构, 来解决此问题。通过有限元模拟, 确定旋入端的螺纹末端受力最大, 故而在设计时应注意此部位的粗糙度和加工圆角, 从而保证应力分布均匀, 为整个机架关键件的设计提供新的思路和方法, 最终保证的机架在生产线上的正常使用。

#### 参考文献:

- [1] 李民, 张安平. 三辊棒材减定径机组孔型设计及力能参数计算[J]. 轧钢, 2007, 24(5): 23—27.  
LI Min, ZHANG An-ping. Pass Design and Performance Parameters Calculation of 3-Roll Reducing & Sizing Block for Bar[J]. Steel Rolling, 2007, 24(5): 23—27.
- [2] 聂国旗, 姜洋. 基于 Autodesk inventor 参数化设计的斜梯模块化与批量化设计[C]. 传承、创新、智慧与合作: 首届物流工程国际会议, 2012.  
NIE Guo-qi, JIANG Yang. Modularization and Batch Design of Inclined Ladder Based on Autodesk Inventor Parametric Design[C]. Inheritance, Innovation, Wisdom and Cooperation: The First International Conference on Logistics Engineering, 2012.
- [3] 李恒征, 张斌辉. 基于 Inventor 的掘进机镐形截齿的有限元分析[J]. 煤矿机械, 2016, 37(2): 160—162.  
LI Heng-zheng, ZHANG Bin-hui. Finite Element Analysis on Point-attack Pick of Heading Machine Based on Inventor[J]. Coal Mine Machinery, 2016, 37(2): 160—162.
- [4] 王巧花, 郭昌军, 姚建松. 基于单片机的超声波测距系统设计[J]. 煤矿机械, 2014, 35(6).  
WANG Qiao-hua, WU Chang-jun, YAO Jian-song. Design of Ultrasonic Ranging System Based on Microcontroller[J]. Coal Mine Machinery, 2014, 35(6).
- [5] 谭鑫平, 何祖顺, 林昇捷, 等. 基于 Inventor FEA 模块的移栽机械手提升手臂静力学分析[J]. 机床与液压, 2012, 40(24): 81—84.  
TAN Xin-ping, HE Zu-shun, LIN Yi-jie, et al. Study of Static Analysis for lifting Arm Device of Conveying Manipulator Based on Inventor FEA Module[J]. Hydraulics and Pneumatics Engineering, 2012, 40(24): 81—84.
- [6] ANDREI O C, TANASESCU L A, MARGARIT R, et al. Stress Study of Removable Partial Denture with Attachments Using Finite Element Analysis[J]. Applied Mechanics & Materials, 2014, 658: 389—394.
- [7] PÉREZ-CERDÁN J C, LORENZO M, REVERIEGO A, et al. Innovative Approach for Teaching Graphical Engineering Focused on CAD/CAM/CAE Systems[J]. Key Engineering Materials, 2014, 572(1): 311—314.
- [8] 徐春, 王全胜, 张弛. 型钢孔型设计[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008.  
XU Chun, WANG Quan-sheng, ZHANG Chi. Steel Hole Design[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2008.
- [9] 张小勇, 陈果, 周家林. 热连轧圆钢成品孔型的有限元分析[J]. 武汉科技大学学报, 2010, 33(4): 371—375.  
ZHANG Xiao-Yong, CHEN Guo, ZHOU Jia-Lin. FEM Analysis of the Finished Groove in Hot-rolled Round Steel[J]. Journal of Wuhan University of Science and Technology, 2010, 33(4): 371—375.
- [10] 刘立忠, 刘相华, 王国栋. 轧制过程的显式动力学有限元模拟[J]. 东北大学学报, 2001, 22(35): 328—330.  
LIU Li-zhong, LIU Xiang-hua, WANG Guo-dong. Simulation on the Strip Rolling by Dynamic Explicit FEM[J]. Journal of Northeastern University, 2001, 22(35): 328—330.
- [11] 李小龙, 程卫国, 周立新, 等.  $\Phi 16$  mm GCr15 轴承钢棒材 KOCKS 轧机热连轧工艺数值模拟和分析[J]. 特殊钢, 2016, 37(5): 5—9.  
LI Xiao-long, CHENG Wei-guo, ZHOU Li-xin, et al. Numerical Simulation and Analysis on Hot Continuous Rolling Process of KOCKS Mill for  $\Phi 16$  mm GCr15 Bearing Steel Bar[J]. Special Steel, 2016, 37(5): 5—9.
- [12] 何立波, 黄宝, 高真凤, 等. 特殊钢棒线材工艺技术发展现状[J]. 冶金信息导刊, 2009(6): 11—15.  
HE Li-bo, HUANG Bao, GAO Zhen-feng, et al. Recent Developments in Modern Special Steel Bar and Wire Rod Rolling Equipment and Technology[J]. Metallurgical Information Review, 2009(6): 11—15.
- [13] 郑金辉. 基于 Deform 的汽车仪表板支架冲压模具有限元分析[J]. 吉林化工学院学报, 2016, 33(9): 52—56.  
ZHENG Jin-hui. Finite Element Analysis of Stamping Die for Automobile Instrument Panel Bracket Based on Deform Software[J]. Journal of Jilin Institute of Chemical Technology, 2016, 33(9): 52—56.
- [14] 沈宏, 吴利明. 基于 DEFORM 的钨板热轧的研究[J]. 吉林化工学院学报, 2011, 45(6): 81—83.  
SHEN Hong, WU Li-ming. Research on Tungsten Plate Hot Rolling Based on DEFORM[J]. Tool Engineering, 2011, 45(6): 81—83.
- [15] 聂闻, 李成让, 张伟, 等. 基于 Deform 的 304 不锈钢的车削仿真与实验研究[J]. 装备制造技术, 2014(5): 55—57.  
NIE Wen, LI Cheng-rang, ZHANG Wei, et al. Deform Simulation and Experimental Research on Turning Process of 304 Stainless Steel[J]. Equipment Manufacturing Technology, 2014(5): 55—57.
- [16] 黄美霞, 武文革. 基于 Deform 3D 的高速车削加工仿真研究[J]. 工具技术, 2009(11): 91—94.  
HUANG Mei-xia, WU Wen-ge. FEM Simulation of High-speed Turning Based on Deform-3D[J]. Tool Engineering, 2009(11): 91—94.