

斜辊矫直机铸焊式机架横梁的优化分析

陈欣, 李俊峰, 曾时金

(广东冠邦科技有限公司, 广东 佛山 528311)

摘要: 通过建立斜辊矫直机机架横梁的数学模型, 运用有限元软件对优化前后的两种铸焊式机架横梁结构进行了分析。结果证明: 模拟仿真过程可获得矫直机矫直过程中机架横梁内部的位移及应力分布的详细数据, 为铸焊式横梁设计及筋板的合理布置提供依据, 从而保证矫直机机架的刚度与强度。

关键词: 斜辊矫直机; 铸焊机架; 横梁; 有限元分析

中图分类号: TG333.2*3 **文献标志码:** B **文章编号:** 1001-2311(2013)01-0071-04

Analysis of Optimization Related to Cast-welded Beam of Skew-roll Straightener Frame

CHEN Xin, LI Junfeng, ZENG Shijin

(Guangdong Tube & Rod Technology Co., Ltd, Foshan 528311, China)

Abstract: The two structures of the beam of the skew-roll straightener frame before and after the optimization are analyzed by means of a math model of the beam as especially established, and relevant Finite Element software. As a result, it is proved that detailed data concerning the displacement and stress distribution as inside the said beam in the straightening process can be obtained via relevant simulation process. Such data will be used as basis for design of the said cast-welded beam, and proper arrangement of the stiffening bars so as to ensure rigidity and strength of the straightener frame.

Key words: skew-roll straightener; cast-welded frame; beam; finite element analysis

斜辊矫直机用于矫直钢管与圆棒料, 使轧件在螺旋前进过程中各断面受到多次弹塑性弯曲, 最终改善轧件的弯曲度和断面的椭圆度^[1]。机架是斜辊矫直机的重要部件, 也是矫直机中一个关键的、非更换的永久性部件, 其结构、受力状况和使用工况都比较复杂, 承受着矫直机工作时的全部载荷。

斜辊矫直机通常采用组合式预应力机架, 由上、下横梁和立柱系统组成, 其中上、下横梁是矫直机机架的关键组成部分, 其强度与刚度直接影响着矫直机的寿命与矫直产品的质量。横梁的设计除要确保矫直机机架在使用过程中的安全性和合理的寿命外, 还要考虑制造工艺的简化。鉴于此, 如何合理可靠地计算横梁强度和刚度是矫直机机架设计

时必须解决的重要问题。

以往的矫直机上、下横梁大多设计为铸件, 铸件的制造周期长, 单件生产成本低, 又容易产生铸造缺陷。近年来多采用铸焊结构, 而因横梁内部有很多筋板, 计算较为复杂。设计时机架力学分析的主要方法是应用简支梁简化模型, 将横梁的受力及截面进行简化, 虽然能够得出横梁大约尺寸(如横梁厚度、上下板厚度等), 但不能获得其内部受力与变形分布的细节; 因此, 要想从设计环节提高产品质量, 对上、下横梁进行模拟仿真分析是十分必要的。

1 矫直机机架

以一条不锈钢钢管六辊矫直机生产线的工程项目为例, 通过有限元结构分析软件 ANSYS 对矫直机机架模型进行模拟仿真分析及优化。该项目矫直

陈欣(1977-), 女, 工程师, 主要从事机械设备的设计工作。

机机架如图 1 所示, 其为立式结构, 上横梁装有压下机构及上矫直辊组, 下横梁装有反弯机构及下矫直辊组。根据结构需要, 下横梁需设置地脚孔, 使整个机架固定在地基上, 故设计时其厚度比上横梁厚很多。在上、下横梁受力相同的前提下可以得出, 该矫直机机架上横梁的刚度、强度比下横梁低; 因此, 本文只对上横梁进行优化分析。

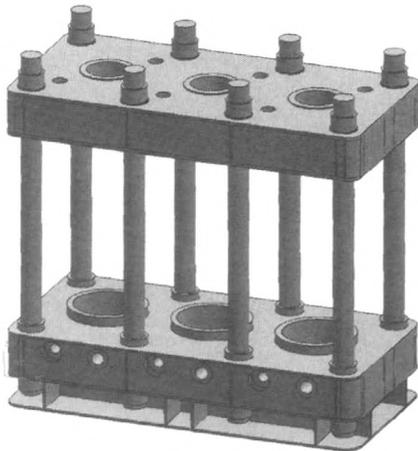


图 1 矫直机机架模型

2 机架上横梁三维模型及分析

2.1 三维建模

根据要矫直的管棒材规格、材质等性能参数及矫直精度等要求, 首先确定辊系型式为对辊六辊结构, 然后确定辊距和立柱位置等结构参数, 再进一步计算出矫直力^[2-5]。利用大型通用的有限元结构分析软件 ANSYS, 根据结构的实际尺寸, 建成如图 2 所示的矫直机机架上横梁模型。

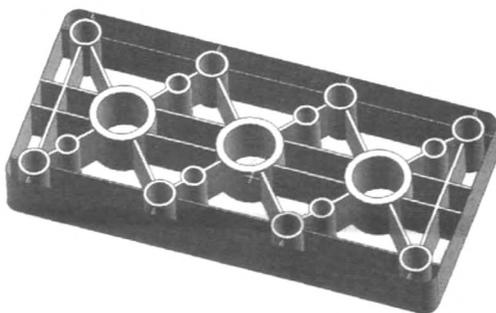


图 2 矫直机机架上横梁模型

2.2 对模型进行加载及约束

2.2.1 上横梁材料的主要性能参数

弹性模量 2.0×10^5 MPa;

泊松比 0.3;
密度 $7\ 850\ \text{kg/m}^3$;
受拉屈服强度 250 MPa;
受压屈服强度 250 MPa;
抗拉强度 460 MPa;

2.2.2 上横梁加载及约束

在上横梁模型(图 2)中, 分别在中间 3 个大圆筒的圆环面向上加载矫直力 2 500 kN, 并分别将周边安装立柱的 8 个圆环面约束固定^[6]。

在将上横梁边界条件及各参数设定后, 开始利用 ANSYS 软件进行单元格划分及计算。

2.3 模型分析

2.3.1 强度分析

矫直机机架的上横梁受力情况如图 3 所示, 可以看出横梁在额定载荷条件下, 最大等效应力为 75.66 MPa(压应力状态); 因此, 立柱孔附近的应力集中状况可以不作强度分析的重点。

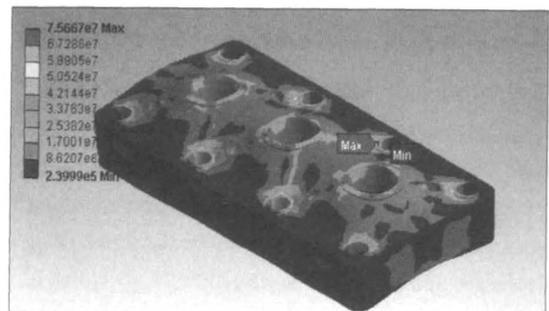


图 3 矫直机机架上横梁受力情况

另外, 从矫直机机架上横梁内部筋板受力情况(图 4)可以看出, 横梁中的部分筋板存在应力集中的情况, 也有部分筋板基本上处于不受力的状态, 如图 4 中标记的 1、2 筋板。虽然在设计的时候, 对主要受力的筋板采用了较厚的钢板, 但其平均应力为 35~42 MPa, 横梁的屈服强度为 250 MPa, 因此安全系数仅为 6.0~7.1。通常设计要求安全系数为 8.0~10.0, 可见横梁偏弱。

2.3.2 刚度分析

矫直机机架横梁在额定载荷条件下, 最大位移为 0.339 mm, 如图 5 所示。

3 机架上横梁改进结构的模型及分析

3.1 结构改进

从上述的计算结果可以看出, 矫直机机架上横

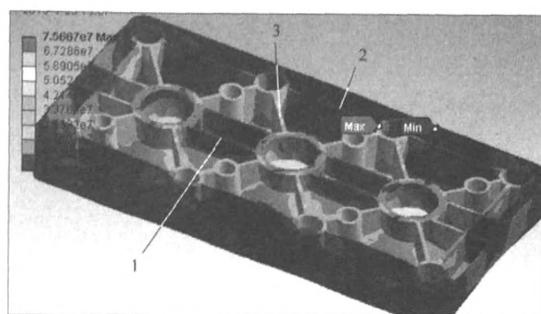


图4 矫直机机架上横梁内部筋板受力情况

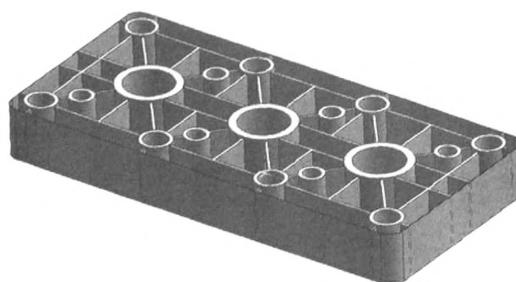


图6 矫直机机架上横梁改进模型

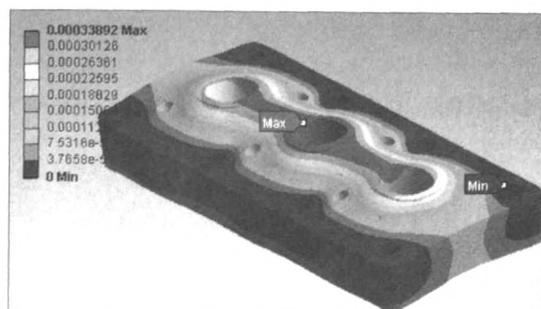


图5 矫直机机架上横梁变形位移

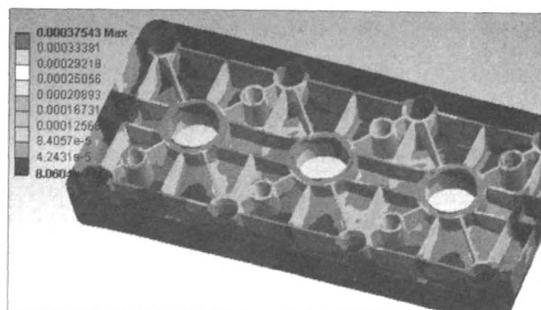


图7 改进后机架上横梁的内部筋板受力情况

梁受力偏大，安全系数不够，因此需要改进。

(1) 加强筋板厚度。从图4中可以看出，筋板3为主要受力板，将此板加厚10mm，重新分析计算，结果显示筋板3的受力稍微减小，但改善效果不明显。可以得出结论：不改变筋板布置、仅加强筋板厚度的办法对横梁的受力改善不大。

(2) 改变筋板布置。根据横梁的受力与约束条件可以看出，当正常工作时，3个矫直辊全部受力，横梁中间部分以立柱孔为固定点整体向受力方向弯曲，因而筋板3受力很大，筋板1、2几乎不受力。改进措施：在不改变横梁筋板厚度的前提下，将不受力的筋板与受力点或固定点连接起来，于是在筋板1与固定点(立柱筒)之间增加筋板、在筋板2与中间受力筒之间增加筋板，模型如图6所示。重新分析计算，结果是内部各筋板均受力，且受力更均匀，应力减小明显。

3.2 强度分析

在同样的材料属性和同样的边界条件下，对改进后的图6模型进行分析，其内部筋板受力情况如图7所示。

上横梁改进之后的模型筋板受力状况有了很大程度的改善，各个筋板得到充分利用，应力分布比

较均匀。根据计算结果，筋板上的最大等效应力都在25~30MPa之间，所以其安全系数为8.3~10.0，改进后的结构完全满足设计要求的安全系数。

3.3 刚度分析

改进后的矫直机机架上横梁在额定载荷条件下，最大位移为0.276mm，如图8所示。

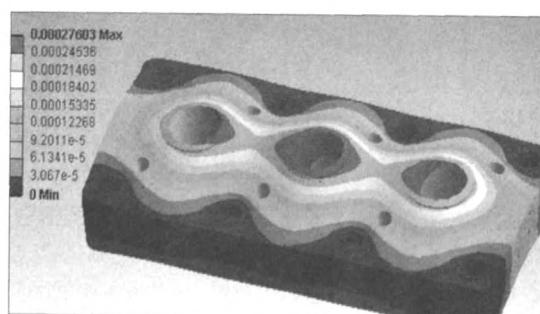


图8 改进后机架上横梁的变形位移情况

4 机架上横梁改进前后性能对比

4.1 强度对比

对矫直机机架上横梁的筋板进行重新布置、优化后，在额定载荷条件下，其受力由原来的35~42MPa减小为25~30MPa，强度性能大约提高了

25%，并且受力分布也更加均匀。

4.2 刚度对比

上横梁的筋板进行重新布置、优化后，横梁在额定载荷条件下，最大位移由原来的 0.339 mm 变为 0.276 mm，整体刚度提高了 18.6%。

4.3 安全性对比

上横梁的筋板进行重新布置、优化后，横梁内部筋板的安全系数由原来的 6.0~7.1 提高到 8.3~10.0，安全系数大大提高。

5 结 语

利用有限元结构分析软件 ANSYS 对矫直机机架的上横梁进行应力与变形分析，可获得矫直过程中横梁内部的位移及应力分布等详细数据，为铸焊式横梁设计及筋板合理布置提供依据。

6 参考文献

- [1] 于凤琴. 钢管矫直机力能参数研究[J]. 钢管, 2008, 37(5): 26-29.
- [2] 马斯基列逊 A M. 管材矫直机[M]. 西安重型机械研究所一室, 译. 北京: 机械工业出版社, 1979.
- [3] 崔甫. 矫直机原理与矫直机械[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2002.
- [4] 曲洪德, 徐素文, 汪恩辉. 多环节组合辊列不等辊距布置提高管材矫直精度[J]. 焊管, 2001, 24(4): 35-37.
- [5] 李强, 李建文. 六辊管材矫直机矫直力计算体系的分析与探讨[J]. 包头钢铁学院学报, 1995(1): 63-67.
- [6] 于凤琴. 圆钢压力矫直的有限元研究[J]. 重型机械, 2007(4): 20-25.

(收稿日期: 2012-06-11; 修定日期: 2012-07-15)

● 信 息

内蒙古包钢钢联股份有限公司 $\Phi 159$ mm PQF 三辊连轧管机组 成功生产抗 H_2S 腐蚀管线管

内蒙古包钢钢联股份有限公司设计开发的具有抗 H_2S 腐蚀性能的 L290NS、L360QS 管线管，采用低碳当量，低 P、S 设计，添加耐 H_2S 腐蚀的 Cr、Mo 元素，复合添加 V、Ti，以达到细晶强化和析出强化效果。产品具有强韧性匹配高，焊接性能好的优点。L290NS 管线管在 $\Phi 159$ mm PQF 三辊连轧管机组试制了 $\Phi 168.3$ mm \times 7.11 mm 规格，实验室检验后各项性能指标都符合 API Spec 5L 标准要求。L360QS 管线管送中国石油集团石油管工程研究院进行氢致开裂(HIC)及应力腐蚀开裂(SSC)评价获得成功。抗 H_2S 腐蚀管线管的成功生产标志着内蒙古包钢钢联股份有限公司管线管的生产水平又迈上了一个新台阶。

(内蒙古包钢钢联股份有限公司 乔爱云)

衡阳华菱钢管有限公司成功开发出 545 mm 周期轧管孔型

2012 年 12 月 20 日，衡阳华菱钢管有限公司(简称华菱衡钢)720 分厂利用新开发的 545 mm 周期轧管孔型成功轧制出 $\Phi 538.7$ mm \times 27.1 mm 规格 K55、L80 等钢级多个批次钢管共 251 t。经检测，产品几何尺寸、内外表面质量完全满足标准要求。

新孔型的开发源于华菱衡钢 2012 年 11 月末接到的一批 $\Phi 538.7$ mm \times 27.1 mm 规格 L80 钢级钢管的合同，该合同要求钢管必须通径，且对内径的几何尺寸要求严格，而 720 分厂当时与之相近的孔型只有 540 mm 和 575 mm 孔型，定径机是 530 mm 和 560 mm 孔型。新开发的 545 mm 孔型可将轧后荒管外径控制在 543 mm，压孔型轧制不仅可保证较好的壁厚精度，而且有利于合金钢管脱芯棒。

(衡阳华菱钢管有限公司 许莹)

2012 年 1—11 月俄罗斯油井管生产情况

2012 年 1—11 月俄罗斯油井管产量与 2011 年同期相比则保持了增长的态势。2012 年 1—11 月俄罗斯的石油套管产量共计 75.9 万 t，同比增长了 15.4%；石油油管产量为 40.34 万 t，同比增长了 10.5%；钻杆产量为 3.54 万 t，同比增长了 6.8%。

(攀钢集团成都钢铁有限公司 杜厚益)