环冷机台车摇臂装置的仿真分析与优化

吕云勇[1]，邓学求[2]，龙轩尧[2]
（1. 宝山钢铁股份有限公司 运输管理部，上海 宝山 201900；
2. 中冶长天国际工程有限责任公司，湖南 长沙 410007）

摘 要：为适应环冷机厚料层工况的需要，对环冷机台车的摇臂装置进行分析，以保证摇臂装置的结构强度。以计算仿真学软件 ansys 为基础，采用有限元法，对该装置进行仿真计算，并根据对仿真计算结果的分析，采用局部结构优化的方法，改善摇臂装置的整体结构强度，为今后的设计及制造提供理论基础。

关键词：环冷机；台车摇臂装置；仿真分析；结构优化
中图分类号：TF3；TF046.4 文献标识码：A 文章编号：1000－8764(2016)05－0010－03
doi：10.13403/j.sjqt.2016.05.056

Simulation analysis and optimization of the rocker device for pallet of circular cooler

Lv Yunyong[1]，Deng Xueqiu[2]，Long Xuanyao[2]
（1. *Transport Department*，*Baoshan Iron & Steel Co.*，*Ltd.*，*Baoshan* 201900，*Shanghai*；
2. *Zhongye Changtian International Engineering Co.*，*Ltd.*，*Changsha* 410007，*Hunan*）

Abstract In order to meet the thick layer working condition of the circular cooler，the rocker device for the pallet of the circular cooler was analyzed to ensure the structural strength of the rocker device. The rocker device was simulated and analyzed by using finite element method based on the computer simulation software ansys platform. According to the result of the simulation computation，the method of local structure optimization was adopted to improve the strength of the whole structure of the rocker device，providing theoretical basis for future design and manufacturing.

Key words circular cooler；rocker device of pallet；simulation analysis；structure optimization

1 前 言

近年来，节能减排工作越来越受到人们的重视。钢铁行业作为高能耗行业，已成为节能降耗的重点行业。烧结工序余热回收系统能够有效回收烧结矿显热并发电自给，其可大幅度降低烧结工序的生产成本，在烧结行业得到了普遍应用[1～3]。有研究表明，冷却机厚料层冷却有利于提高烧结矿的余热回收率，厚料层冷却已成为烧结矿冷却的一种趋势[4,5]。

图1为环冷机台车与摇臂装置的结构示意图。如图1所示，环冷机台车与摇臂装置通过一根通轴相连，摇臂装置安装在通轴内侧一端，摇臂装置的一端装有辊轮，环冷机台车行走时，辊轮被压轨压住，迫使台车处于水平状态。只有当台车进入卸料区时，摇臂上的辊轮才不被压轨压住，台车在料层及本身重力作用下向下转动而卸料。在环冷机的运行过程中，摇臂装置需要克服台车及料层自身重力、压轨压力、周向摩擦阻力以及离心力等，因此辊臂需要具备一定的强度以确保台车正常运行。环冷机的料层加厚会增加摇臂装置的负载，为适应环冷机

收稿日期：2016－08－30
作者简介：吕云勇(1976－)，男，本科，从事机械设计制造及自动化设备研究。
通讯作者：邓学求(1982－)，男，本科，从事机械工程设计。

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

厚料层的冷却工况，本文对摇臂装置进行应力分析并对摇臂装置的结构进行局部优化，以改善摇臂装置的受力情况。

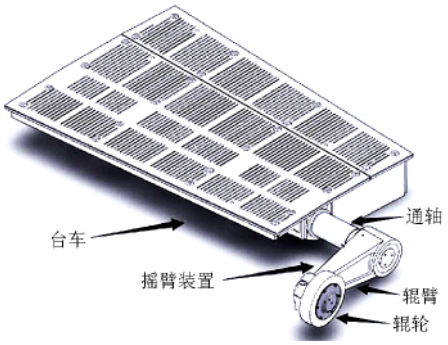


图 1　台车与摇臂装置

2　仿真计算

2.1　物理模型

以某钢厂的环冷机为研究对象，采用实比例建模方式建立环冷机台车摇臂装置的仿真模型(如图 2 所示)。可见，台车摇臂装置包括了辊轮、轴套、腹板、翼板等结构。其中腹板和翼板组成台车摇臂装置的主要构件，受力情况复杂，既需要克服压轨产生的弯矩，又需要克服由于辊轮偏载所产生的扭矩，采用理论计算的方法很难对其进行准确计算。

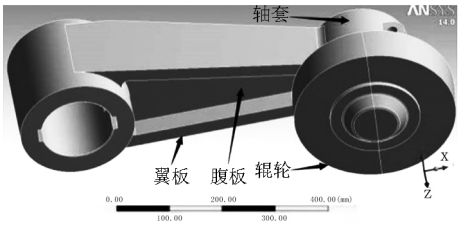


图 2　台车摇臂装置物理模型

2.2　材料属性

台车摇臂装置材料的属性参数如表 1 所示。

表 1　材料属性参数表

材料	弹性模量/GPa	泊松比	材料密度/kg·m^{-3}
碳钢	200	0.3	7 850

2.3　网格划分

网格划分的质量对有限元的仿真计算结果往往有较大的影响[6,7]。本文采用整体与局部加密的方式进行网格划分，对受力集中的位置采用局部加密，网格尺寸为 5 mm，其余位置网格尺寸设置为 10 mm，摇臂装置最终的网格模型如图 3 所示。

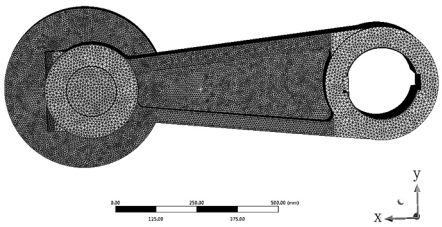


图 3　摇臂装置网格模型

2.4　边界条件

根据环冷机台车摇臂装置在实际工作中的受力情况，对摇臂装置施加必要的约束与载荷。在摇臂装置与台车轴的接触面施加固定约束，模拟台车轴对摇臂装置的作用；在辊轮上表面施加竖直向下的均布力载荷，模拟实际工作过程中为了使台车保持水平状态，辊轮承受的压轨的压力。

2.5　结果分析

通过 ansys workbench 软件计算出环冷机台车摇臂的综合应力，其应力分布云图如图 4 所示。从图中可以看出，台车摇臂装置最大应力点在靠近辊轮端，两翼板与轴套连接处的内侧。其原因在于摇臂装置从台车轴至辊轮位置腹板高度逐渐减小，应力逐渐加大，同时，摇臂在受力过程中，轴套端部连接的台车和压轨不仅对摇臂施加了压力，还产生了扭力矩的作用，所以摇臂装置的最大应力点位于腹板与轴套相连接处的圆弧倒角位置，此处为机械结构的应力集中点。

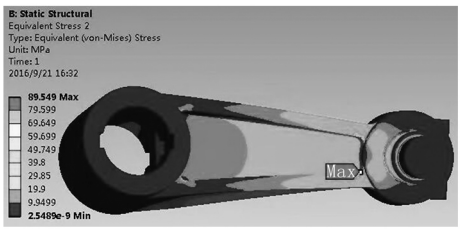


图 4　台车摇臂应力分布云图

3　结构参数影响分析

为了能够优化台车摇臂装置的结构，改善

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

其受力情况，对引起台车摇臂装置受力情况的相关参数进行了分析，进而通过改变翼板夹角以及翼板厚度对模型进行优化。

3.1 翼板夹角对台车摇臂装置受力的影响

图5为环冷机台车摇臂最大应力值随翼板夹角的变化曲线。可见，环冷机台车摇臂最大应力值随着翼板夹角的增加而变大，并且随着翼板夹角的不断增加，最大应力的数值增加越来越缓慢，当翼板夹角增加到13°时，环冷机台车摇臂的最大应力值趋于最大值93 MPa。这是因为在同样外力载荷加载的条件下，随着翼板夹角的增加，环冷机台车摇臂腹板较窄一端与轴套的接触面积减小，从而导致环冷机台车摇臂最大应力值逐渐增加，但是当翼板的夹角增加到一定的角度时，这种影响逐渐减小。因此，要改善环冷机台车摇臂最大应力值，其翼板夹角不宜太大。

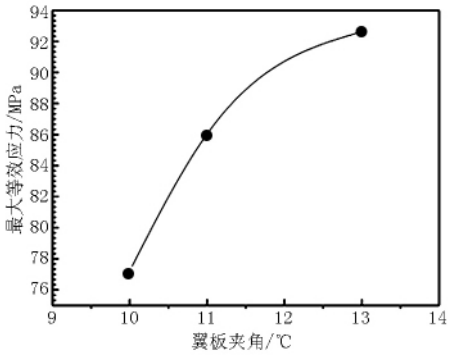


图5 台车摇臂最大应力值随翼板夹角的变化曲线

3.2 翼板壁厚对台车摇臂装置受力的影响

图6为环冷机台车摇臂最大应力值随翼板壁厚的变化曲线。可见，环冷机台车摇臂最大应力值随着翼板壁厚的增加而减小，并且当翼板壁厚增加至50 mm时，环冷机台车摇臂的最大应力值为73 MPa，再增加翼板的壁厚至55 mm时，环冷机台车摇臂的最大应力值72 MPa。因此，当翼板壁厚达到50 mm时再增加翼板壁厚对环冷机台车摇臂最大应力值的改善并不是十分明显。这是因为在同样外力载荷加载的条件下，翼板壁厚的增加能提升翼板的强度，从而使环冷机台车摇臂的最大应力值降低，但是当翼板的壁厚增加到一定厚度时，翼板厚度的增加对翼板强度的提高作用并不明显。因此，适宜的翼板壁厚为50 mm左右。

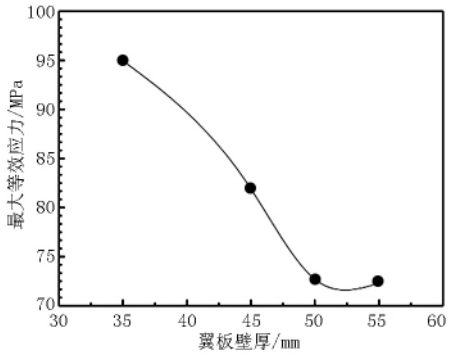


图6 台车摇臂最大应力值随翼板壁厚的变化曲线

4 优化设计仿真计算

4.1 优化方案

根据以上仿真结果，提出了台车摇臂装置的优化设计方案(如图7所示)。可见，要改善台车摇臂装置的受力情况，可首先改变腹板的形状，将腹板的夹角由原先的12°减小至9°，以增加腹板较窄一端与轴套的接触面积；然后将两侧翼板40 mm加厚至45 mm以增强翼板强度；最后在腹板前后增加两块20 mm的肋板，以增强辊臂的抗扭性。

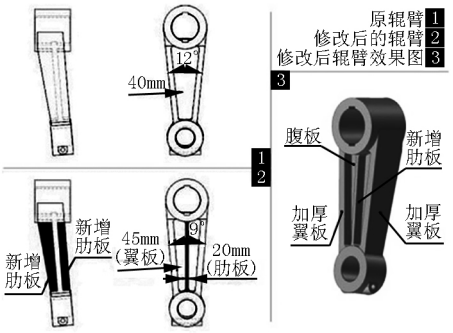


图7 摇臂装置优化方案示意图

4.2 仿真结果分析

为验证以上优化设计方案，用ansys workbench对优化后的台车摇臂装置进行仿真计算得到台车摇臂的应力，其应力分布云图如图8所示。从图中可以看出，最大应力由原89.5 MPa下降至70.7 MPa，其他部位的受力均有不

(下转第37页)

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

消失，用其制备的球团的预热和焙烧温度显著降低。随着硫酸渣粒度从小于 75 μm 占 69.47% 降低到小于 25 μm 占 100%，预热球抗压强度达到 500 N/个的温度从 1 150 ℃降低到 1 050 ℃，焙烧球抗压强度达到 2 500 N/个的温度从 1 320 ℃降低到 1 170 ℃。硫酸渣的粒度继续变细，球团的预热和焙烧温度反而有所升高。

参考文献

[1] 王莹，廖康程. 2013 年我国磷肥、硫酸行业生产运行情况及发展趋势[J]. 磷肥与复肥，2014，29(4)：1－5.

[2] Liu Z C，Zheng Y J. Hexagonal hematite platelets synthesized from pyrite cinders by hydrothermal process[J]. Journal of central south university of technology，2011，18：1 377－1 382.

[3] Kovkov I V，Abdrakhimov V Z. Thermomechanical studies of ceramic tile made from technogenic raw materials[J]. Glass and Ceramics(English translation of Steklo i Keramika)，2011，68：128－130.

[4] Alp I，Deveci H，Yazici E Y，et al. Potential use of pyrite cinders as raw material in cement production：Results of industrial scale trial operations[J]. Journal of Hazardous Materials，2009，166：144－149.

[5] 曾文波，蓝庆滔，李要武. 铜陵有色高配比硫酸渣球团生产实践[J]. 烧结球团，2010，35(5)：40－44.

[6] 刘树立. 铜陵有色高配比硫酸渣球团技术的工业化应用[J]. 烧结球团，2010，35(1)：15－20.

[7] 朱德庆，陈栋，潘建. 高压辊磨和润磨预处理强化硫酸渣球团对比研究[J]. 中南大学学报(自然科学版)，2011，42：1 825－1 832.

[8] 白国华，周晓青. 硫酸渣配加磁铁矿制备氧化球团试验研究[J]. 中南大学学报(自然科学版)，2009，44(7)：7－10.

[9] Zhu，D. Q.，Chen，D.，Pan，J.，et al. Pretreatment of Pyrite Cinder Before Pelletization by High Pressure Roller Grinding[J]. Journal of Iron and Steel Research International，2009，16：345－349.

[10] 范晓慧，袁晓丽，姜涛，等. 铁精矿粒度对球团强度的影响[J]. 中国有色金属学报，2006，16(11)：1 965－1 970.

(上接第 12 页)

同程度的减小。台车摇臂装置的受力情况有所改善，其性能得到提高，适应性加强。

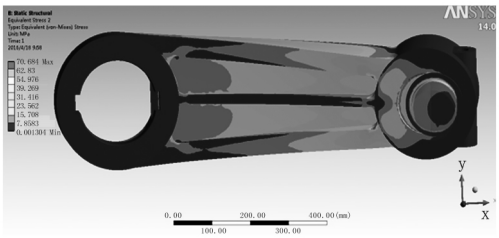


图 8　台车摇臂应力分布云图

5　结　论

1) 利用 ansys workbench 软件，建立了环冷机台车摇臂装置的三维物理模型和仿真模型。

2) 基于环冷机台车摇臂装置正常工况的分析对仿真模型加载，进而对环冷机台车摇臂装置进行仿真计算。

3) 通过对翼板角度和翼板厚度等引起摇臂装置受力因素的分析，得到减少翼板角度与适当增大翼板厚度可改善摇臂装置的受力情况。并通过此结果对摇臂装置进行了优化设计，且其仿真计算结果表明，该优化设计方案可减少摇臂装置的最大应力，改善摇臂装置的整体结构强度。其为今后的设计及制造提供了理论基础。

参考文献

[1] P. M. Pelagagge，A. C. Caputo and G. Cardareli. OPTIMIZATION CRITERIA OF HEAT RECOVERY FROM SOLID BEDS[J]. Applied thermal engineering，1997，17(1)：57－64.

[2] 蔡九菊，董辉，杜涛，等. 烧结过程余热资源分级回收与梯级利用研究[J]. 钢铁，2011，46(04)：88－92.

[3] 冯军胜，董辉，王爱华，等. 烧结余热罐式回收系统及其关键问题[J]. 钢铁研究学报，2015，27(6)：8－11.

[4] 张小辉，张家元，戴传德，等. 烧结矿冷却过程数值仿真与优化[J]. 化工学报，2011，62(11)：3 081－3 087.

[5] 田万一，张家元，戴传德，等. 基于环冷机集热罩的烧结矿余热回收优化[J]. 东北大学学报(自然科学版)，2015，36(8)：1 130－1 135.

[6] 彭威，王磊，卢德唐. 局部到整体的六面体网格质量优化算法[J]. 机械工程学报，2014，50(23)：140－146.

[7] 李海峰，吴冀川，刘建波，等. 有限元网格剖分与网格质量判定指标[J]. 中国机械工程，2012，23(3)：368－377.

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net