

弓形座热力耦合有限元分析

胡海明,李新荣*,王 芹,叶 杨

(青岛科技大学 机电工程学院,山东 青岛 266061)

摘要:建立弓形座力学模型,利用Abaqus软件进行有限元分析。结果表明:弓形座材料、上盖闭滑板结构、弓形座角度均对弓形座受力状况产生影响。弓形座材料由QT450-10球墨铸铁改为40Cr合金调质钢时,弓形座最大等效应力变化不大,但竖直方向最大位移减小;上盖闭滑板由梯形改为扇形时,弓形座最大等效应力减小29%;弓形座角度由32°改为25°时,弓形座最大等效应力增大25%。

关键词:弓形座;热力耦合;应力-应变;有限元分析

中图分类号:TQ330.4⁺1;O241.82

文献标志码:A

文章编号:1000-890X(2019)12-0936-03

DOI:10.12136/j.issn.1000-890X.2019.12.0936



弓形座是轮胎模具壳体部分的重要零件,其内表面通过螺栓与花纹块连接。闭模时,硫化机上热板带动中套下移,在导向条作用下弓形座径向收缩,花纹块收紧,实现合模;开模时,上盖在压力水缸作用下保持不动,硫化机上热板带动中套上移,弓形座带动花纹块径向张开而脱离胎面花纹,实现开模。轮胎硫化阶段,弓形座长时间承受高温与力的综合作用,呈热力耦合状态。

1 弓形座受力分析

弓形座受力分两类,一类为主动力,即弓形座背部通过中套传递的合模力 F_1 、弓形座上侧通过上盖传递的合模力 F_2 、胶囊内部压力 F_3 ;另一类为模具的其他零件对弓形座的约束力,即上下侧板通过花纹块传递到弓形座内表面的约束力 F_4 、底座通过底座耐磨板传递到弓形座底部的约束力 F_5 。

弓形座受力如图1所示。

2 弓形座有限元分析

以1188轮胎活络模具为研究对象,弓形座角度为32°,运用三维软件UG对弓形座建模并装配,

作者简介:胡海明(1964—),男,山东青岛人,青岛科技大学教授,硕士,主要从事模具计算机辅助设计的教学与科研工作。

*通信联系人(17863970670@163.com)

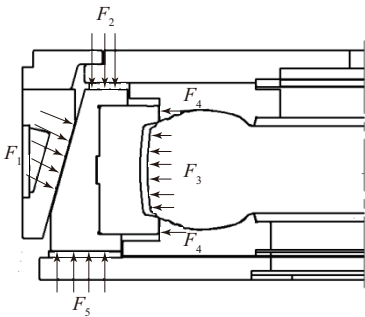


图1 弓形座受力示意

并将文件转化成Abaqus所能识别的x-t文件。

2.1 材料参数

本研究所用弓形座材料为QT450-10球墨铸铁与40Cr合金调质钢,花纹块材料为45#钢,材料参数如表1所示^[1-4]。

2.2 接触设置

常规花纹块与弓形座的接触如图2所示,两者之间用螺栓连接,螺栓位置靠近B和C配合处。

表1 弓形座材料参数

项 目	QT450-10 球墨铸铁	40Cr合金 调质钢	45#钢
弹性模量/ $\times 10^5/\text{MPa}$	1.69	2.11	2.09
泊松比	0.257	0.277	0.269
线膨胀系数/ $\times 10^5/^{\circ}\text{C}^{-1}$	1.01	1.20	1.17
密度/ $(\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3})$	7.06	7.87	7.89
热导率/ $[\text{W} \cdot (\text{m} \cdot \text{K})^{-1}]$	47	48	48
比热容/ $\times 10^{-8}/[\text{kJ} \cdot (\text{kg} \cdot \text{K})^{-1}]$	5.1	4.6	4.5

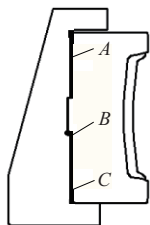


图2 花纹块与弓形座的接触示意

根据弓形座实际受力分析,硫化状态下弓形座把合模力(压力)传递给花纹块,则两者间产生位移。因此,花纹块和弓形座的接触设置可将A处设置为直接接触,B和C处设置为捆绑接触。

2.3 载荷与约束设置

模拟采用顺序热力耦合分析。

(1)热载荷:弓形座背部斜平面温度载荷设置为 $160\text{ }^{\circ}\text{C}$,与上盖闭滑板接触部分及与底座耐磨板接触部分温度载荷设置为 $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ^[5-6]。

(2)力载荷:硫化机合模力为 $4\ 220\text{ kN}$, F_1 为 $1\ 630\text{ kN}$, F_2 为 230 kN , F_3 为 249 kN 。

(3)约束:弓形座与底座耐磨板接触部分为固定约束;花纹块与上下侧板接触部分及花纹块与花纹块接触部分为周向和径向约束,轴向无约束限制。

2.4 弓形座有限元分析

弓形座有限元分析云图如图3所示。

从图3可以看出:弓形座最大等效应力为 211.4 MPa ,出现在弓形座内表面上侧部分,小于QT450-10球墨铸铁的许用应力 280 MPa ;竖直方向最大位移(挠度)为 0.23 mm ,出现在弓形座悬臂处,由此可知,弓形座上侧悬臂处的厚度及长度尺寸设计尤为重要,花纹块与弓形座在该处的公差要留充足,以防弓形座变形过大卡住花纹块。

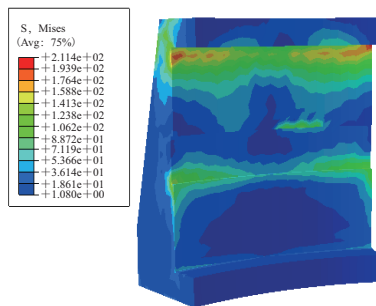
3 其他因素对弓形座的影响

3.1 材料

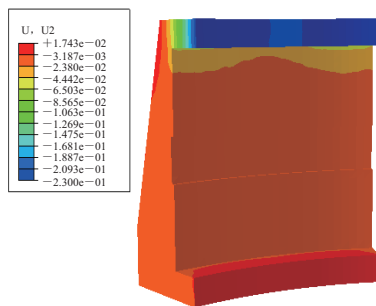
弓形座材料由QT450-10球墨铸铁改为40Cr合金调质钢,其最大等效应力为 227.3 MPa ,与原弓形座相近,且小于材料许用应力 314 MPa ;竖直方向最大位移为 0.18 mm ,比原弓形座减小 21% 。

3.2 上盖闭滑板结构

原梯形上盖闭滑板面积为 $6\ 965\text{ mm}^2$,改上盖



(a) 弓形座等效应力云图



(b) 弓形座竖直方向位移云图

图3 弓形座有限元分析云图

闭滑板为扇形,面积为 $10\ 806\text{ mm}^2$,即扇形上盖闭滑板面积增大 55% 。弓形座材料为QT450-10球墨铸铁时,扇形上盖闭滑板弓形座最大等效应力为 149.6 MPa ,比原梯形上盖闭滑板弓形座减小 29% ;竖直方向最大位移约为 0.23 mm ,与原梯形上盖闭滑板弓形座相当。弓形座材料为40Cr合金调质钢时,扇形上盖闭滑板弓形座最大等效应力为 187.9 MPa ,比原梯形上盖闭滑板弓形座减小 17% ;竖直方向最大位移为 0.17 mm ,比原梯形上盖闭滑板弓形座减小 6% 。

3.3 弓形座角度

弓形座角度由常规设计的 32° 改为 25° ,轮胎模具热传递时温度变化比较小,但提高了材料的利用率^[7],且弓形座上接触面积减小为 $5\ 827\text{ mm}^2$ 。由模拟结果知:弓形座材料为QT450-10球墨铸铁时, 25° 弓形座最大等效应力为 264.7 MPa ,比 32° 弓形座增大 25% ,小于材料许用应力;竖直方向最大位移为 0.32 mm ,比 32° 弓形座增大 39% 。弓形座材料为40Cr合金调质钢时, 25° 弓形座最大等效应力为 261.1 MPa ,比 32° 弓形座增大 15% ,小于材料许用应力;最大竖直方向位移为 0.25 mm ,比 32° 弓形座增大 38% 。

4 结论

(1) 40Cr合金调质钢弓形座的竖直方向最大位移小于QT450-10球墨铸铁弓形座,弓形座材料可优先选用40Cr合金调质钢。

(2) 上盖闭滑板结构由梯形改为扇形,弓形座最大等效应力与竖直方向最大位移明显减小。

(3) 32°弓形座最大等效应力与竖直方向最大位移均比25°弓形座小,且两种角度弓形座最大等效应力均未超过材料许用应力。

(4) 正常工况下,弓形座上侧不会卡住花纹块,但经多次开合模后,弓形座上侧悬臂可能出现塑性变形,导致花纹块被卡,因此弓形座与花纹块在上侧悬臂的配合公差要留充足。

参考文献:

- [1] 陈定方,卢全国.现代机械设计师手册[M].北京:机械工业出版社,2013:205-234.
- [2] 刘海超,杨卫民,商文禄,等.橡胶厚制品硫化工艺优化的数值模拟研究[J].橡胶工业,2016,63(11):688-692.
- [3] 胡海明,李新荣,王芹.全钢子午线轮胎活络模具传热性能分析[J].橡胶工业,2019,66(7):547-550.
- [4] 胡海明,李新荣.半钢轮胎活络模具弓形座疲劳寿命分析[J].制造技术与机床,2019(8):154-156.
- [5] 张建,王国林,秦文龙,等.橡胶材料参数对轮胎硫化特性的影响[J].橡胶工业,2017,64(1):9-13.
- [6] 唐霞,贺建芸,张金云,等.扁平轮胎硫化工艺的有限元分析[J].橡胶工业,2015,62(11):690-693.
- [7] 胡海明,李新荣,赵昕.弓形座结构对轮胎模具温度场的影响[J].模具技术,2017(2):16-18.

收稿日期:2019-08-11

Finite Element Analysis of Slider under Thermal Mechanical Coupling

HU Haiming, LI Xinrong, WANG Qin, YE Yang

(Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266061, china)

Abstract: The mechanical model of slider was established, and the finite element analysis was carried out by Abaqus software. The results showed that the materials of the slider, the structure of the top cover and the angle of the slider all affected the stress state of the slider. When the material of slider was changed from QT450-10 ductile iron to tempered 40Cr alloy steel, the maximum equivalent stress of the slider changed little, but the maximum vertical displacement decreased. When the top cover was changed from trapezoid to sector form, the maximum equivalent stress of the slider decreased by 29%. When the angle of the slider was changed from 32° to 25°, the maximum equivalent stress of the slider increased by 25%.

Key words: slider; thermal mechanical coupling; stress-strain; finite element analysis

防震轮硫化机 由常州市飞腾工业自动化技术有限公司申请的专利(公开号 CN 109834879A, 公开日期 2019-06-04)“防震轮硫化机”,涉及的防震轮硫化机由把手、支架、上模、开关盒、底座、电动机、轮子、减震块、电机箱和下模组成。其中,把手安装在电机箱上,底座安装在电机箱下方,电动机安装在电机箱上方,支架安装在电动机上方,下模安装在支架上,开关盒安装在电机箱右侧,上模安装在支架中间,轮子安装在电机箱上,减震块安装在轮子内部。该防震轮硫化机设计合理,结构简单,把手上设置绝缘橡胶层,大大降低了触电的几率,提高了安全性;增设轮子可使机器移动、搬运更加方便、快捷;减震块能减少机器移动时产

生的震动,提高精确度。

(本刊编辑部 赵 敏)

一种高强度氯丁橡胶及其制备方法 由蔡悦申请的专利(公开号 CN 109851878A, 公开日期 2019-06-07)“一种高强度氯丁橡胶及其制备方法”,涉及的氯丁橡胶(CR)配方主要组分及用量为:CR 100~110,丁苯橡胶 10~15,表面改性白炭黑 24~27,纳米氧化锌 4~5,纳米氧化镁 4~5,硬脂酸 7~9,防老剂NBC 0.5~0.8。该CR具有较高的拉伸强度和撕裂强度,且制备工艺较为简单。

(本刊编辑部 赵 敏)