

评价载重轮胎花纹沟底耐疲劳裂纹性能的一种试样制备及测试方法

毛建清¹, 陈水良², 洪志远², 和 燕³

(1. 中策橡胶集团有限公司, 浙江 杭州 310018; 2. 杭州朝阳橡胶有限公司, 浙江 杭州 310018; 3. 北京橡胶工业研究院有限公司, 北京 100143)

摘要:提出一种评价轮胎花纹沟底耐疲劳裂纹性能的试样制备及测试方法, 研究不同形状花纹沟底耐疲劳裂纹性能。结果表明:随着花纹沟宽度的增大, 两种形式花纹沟试样耐疲劳屈挠次数均提升, U形花纹沟试样提升更明显, 其耐疲劳性能明显优于V形花纹沟试样;随着V形花纹沟宽度减小, 其物理性能随着应力集中导致裂纹性能明显降低;改变成品轮胎花纹沟的角度和宽度, 其疲劳测试性能评价效果明显, 对花纹沟裂口评价效果更为突出。

关键词:载重轮胎; 花纹沟; 疲劳裂纹; 试样制备; 测试方法

中图分类号: TQ336.1; TQ330.7

文献标志码: A

文章编号: 1006-8171(2021)10-0654-04

DOI: 10.12135/j.issn.1006-8171.2021.10.0654



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

随着汽车工业新材料和新技术的应用以及汽车各项性能的日趋完善, 对轮胎稳定性、安全性和操控性等性能的要求也越来越高^[1-8]。企业也不断修改各批次原材料抽检指标^[9-10]。

轮胎使用过程中, 胎面胶会出现疲劳现象, 产生早期裂纹, 尤其在轮胎超负荷使用的状况下, 胎面胶压缩变形会导致其加速生热老化, 从而使花纹沟底应力集中的位置产生早期裂纹^[11]。

轮胎胶料配方、混炼工艺、过程控制、硫化体系和花纹沟形式的改变均会引起轮胎耐疲劳性能的波动。

(1) 花纹类型调整。目前调整轮胎花纹类型对轮胎滚动阻力、噪声和抗湿滑性能的影响测试有相关标准, 但对轮胎花纹沟底早期疲劳裂纹的影响无法论证。

(2) 硫化工艺调整。在轮胎生产中, 企业为增加产能需要调整胶料配方以缩短硫化时间, 从而为企业增效。但是硫化工艺调整对轮胎的耐疲劳性能影响及是否能达到预期的效果仍无法论证。

(3) 问题轮胎反馈。通常, 市场上出现早期花

纹沟底裂问题的轮胎及其他使用不当的轮胎, 经断面分析及各部件胶料的物理性能分析, 部分轮胎花纹沟底裂与花纹沟形式有着密切的关系。

目前, 因无相关试样制备和测试方法的国家标准, 无法直接查找和论证轮胎花纹沟底耐疲劳性能。针对现有技术的不足, 本工作提出一种轮胎花纹沟底耐疲劳裂纹性能的试样制备及测试方法。

1 实验

1.1 试样制备

成品轮胎按试样尺寸要求切割成宽度为200~300 mm的断面, 断面数量按试验需求而定, 将切割好的断面清除干净, 做好标识, 并进行解剖修整。

本工作采用U形和V形2种形状和3~5, 5~6, 6~8 mm 3种宽度的花纹沟试样(见图1和2, 取自同一条成品轮胎)进行疲劳测试。

试样制备方法如下:选取合适部位, 采用解剖刀具将胎面胶取出, 按常规花纹类型模拟花纹沟底半径及沟壁角度的大小, 调整切片机刀具切割出不同的深度及角度, 制备成试验所需厚度的试样。模拟花纹角度和宽度开槽应为一次形成, 不能重刀(重刀开槽会导致沟槽的变形)。

作者简介:毛建清(1973—), 女, 浙江江山人, 中策橡胶集团有限公司教授级高级工程师, 博士, 主要从事工程机械轮胎设计工作。

E-mail: maojianqing@163.com

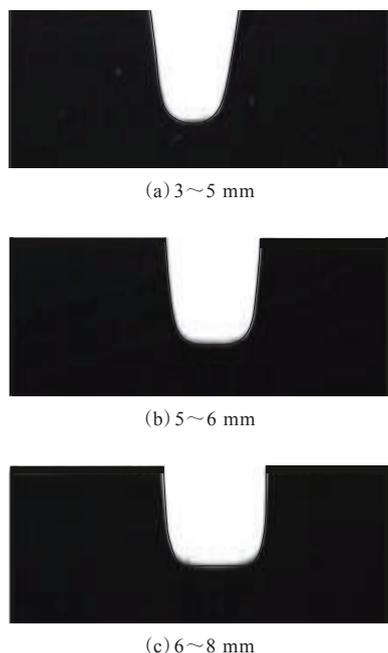


图1 U形花纹沟试样示意

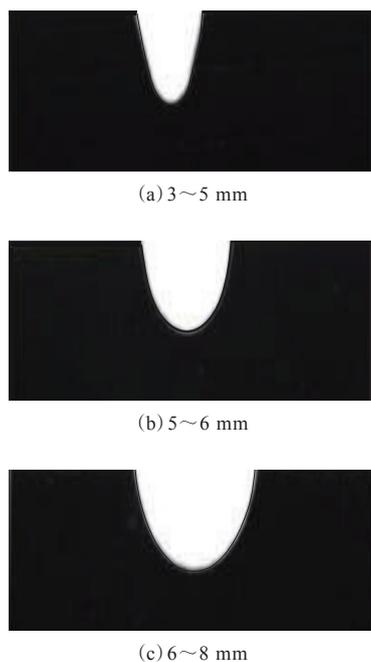


图2 V形花纹沟试样示意

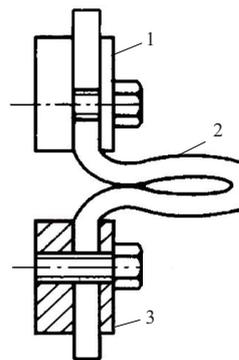
试样制备完成后按照GB/T 2941—2006《橡胶物理试验方法试样制备和调节通用程序》进行调节。

1.2 主要设备和仪器

AB320G型切片机,德国FORTUNA公司产品;RC414型开槽机,德国蒂普拓普公司产品;GT-7011-D型屈挠试验机,中国台湾高铁检测仪器有限公司产品;SZX16型体视显微镜,日本OLYMPUS公司产品。

1.3 性能测试及评价

根据GB/T 13934—2006按试样实际尺寸调整夹持器位置(见图3),以保证试样在花纹沟中心位置出现变形。



1—上夹持器;2—试样;3—下夹持器。

图3 夹持试样示意

测试中,试样每进行0.9万次屈挠,设备停机检查1次,测试过程中记录每个试样产生初始裂纹的屈挠次数,检测到最后一个试样产生裂纹后停止试验,中间记录每个试样裂纹增长的级别(一级、二级和三级)。

裂纹级别判断按照企业标准进行。

2 结果与讨论

成品轮胎胎面胶疲劳测试屈挠次数如表1所

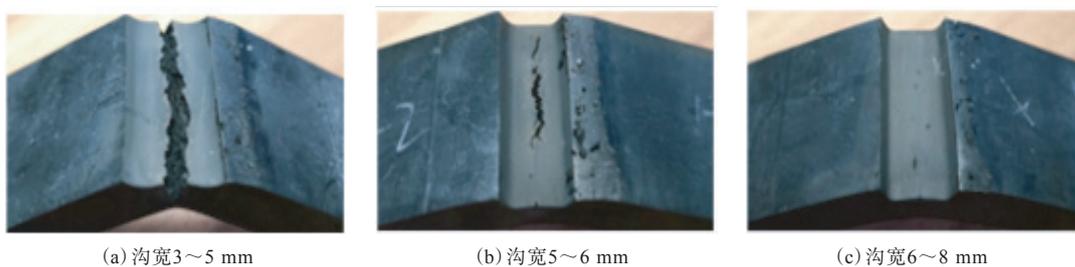
表1 成品轮胎胎面胶疲劳测试屈挠次数

项 目	U形花纹沟宽度/mm			V形花纹沟宽度/mm		
	3~5	5~6	6~8	3~5	5~6	6~8
裂纹级别						
一级	54 000	90 000	126 000	18 000	18 000	36 000
二级	72 000	126 000	234 000	36 000	36 000	54 000
三级	90 000	216 000	342 000	54 000	54 000	72 000
屈挠断裂次数	108 000	306 000	360 000	54 000	72 000	126 000

示。疲劳测试结束后的U形和V形花纹沟试样分别如图4和5所示,U形和V形花纹沟各级裂口分别如

图6和7所示。

从表1可以看出:对U形和V形花纹沟试样,其



(a) 沟宽3~5 mm

(b) 沟宽5~6 mm

(c) 沟宽6~8 mm

图4 疲劳测试结束后的U形花纹沟试样



(a) 沟宽3~5 mm

(b) 沟宽5~6 mm

(c) 沟宽6~8 mm

图5 疲劳测试结束后的V形花纹沟试样



(a) 一级裂口

(b) 二级裂口

(c) 三级裂口

图6 6~8 mm沟宽U形花纹沟裂口的体视显微镜图像



(a) 一级裂口

(b) 二级裂口

(c) 三级裂口

图7 5~6 mm沟宽V形花纹沟裂口的体视显微镜图像

花纹沟宽度越小,由弯曲变形时应力集中和胶料物理性能下降导致的疲劳损坏裂纹出现越早;随着试样花纹沟宽度加大,U形花纹沟底应力集中

降低,耐疲劳性能明显提升;与U形花纹沟相比,V形花纹沟底窄,屈挠变形时应力集中导致生热老化加速,耐疲劳性能明显下降。

从图4和5可以看出:试样花纹沟宽度较小时,其裂口形貌呈I形裂开;随着花纹沟宽度增大,弯曲变形出现应力分散,裂纹形貌由I型转变为小S形;U形花纹沟宽度为6~8 mm的试样耐疲劳裂纹性能最佳;评价花纹沟底疲劳裂纹时,沟底半径为1.5~4.0 mm的试样裂口评价效果更为突出。

从图6和7可以看出,因花纹沟底疲劳裂纹级别的变化,花纹沟损坏界面由垂直裂纹发展为剥离界面。

3 结论

(1) 改变测试样品花纹沟的角度和宽度,其耐疲劳测试性能评价效果明显;花纹沟底半径为1.5~4.0 mm时,花纹沟底半径大小对裂口评价效果更为突出。

(2) 随着花纹沟宽度增大,U形花纹沟试样耐疲劳屈挠次数明显提升,相应的V形花纹沟试样耐疲劳屈挠次数提升幅度较小,U形花纹沟试样的耐疲劳性能明显优于V形花纹沟试样。

(3) 随着V形花纹沟试样宽度减小,其物理性能随着应力集中导致耐裂纹性能明显降低,实际运行过程中胎面胶受到压力影响,导致花纹沟底胶料产生拉伸应力。因此,在周期性的压缩变形时,花纹沟底宽度小更容易导致其早期疲劳裂纹的产生。

(4) 设计轮胎花纹时,考虑花纹沟底的处理可以避免轮胎产生早期损坏。

参考文献:

- [1] 苏泽浩. 基于热疲劳寿命理论的轮胎结构改进设计[D]. 北京:北京林业大学,2020.
- [2] 余本祎,邢程,蔡莹莹. 提高轻型载重子午线轮胎老化耐久性能的结构优化设计[J]. 轮胎工业,2020,40(10):588-592.
- [3] 苏泽浩,李佳,雍占福,等. 基于稳态温度场对轮胎寿命的有限元分析[C]. “万力杯”第20届中国轮胎技术研讨会论文集. 北京:中国化工学会橡胶专业委员会、全国橡胶工业信息中心,2018:119-125.
- [4] 苏博,张造成. 国内外轮胎整胎老化测试研究[J]. 橡塑技术与装备,2017,43(5):28-33.
- [5] 刘世元. 一种基于汽车行驶安全性的轮胎结构优化设计[J]. 内燃机与配件,2018(21):79-81.
- [6] 高天奇,王兆波. 轿车轮胎耐臭氧老化性能研究[J]. 青岛科技大学学报(自然科学版),2018,39(S1):88-91.
- [7] 孙晓峰,张凯凯,王龙庆,等. 轮胎结构参数对侧偏性能的影响[J]. 橡胶科技,2020,18(12):682-685.
- [8] 王昊,危银涛,王静. 橡胶材料疲劳寿命影响因素及研究方法综述[J]. 橡胶工业,2020,67(10):723-735.
- [9] 杨萍. 天然橡胶检验检测结果的控制方法[J]. 化工管理,2020(25):37-38.
- [10] 吕荫妮. 轮胎橡胶逐级裂解-气相色谱/质谱分析[J]. 福建分析测试,2021,30(2):6-12.
- [11] 孙崇志. 高性能轮胎胎面用橡胶复合材料组成、微观结构与性能间关系的研究[D]. 北京:北京化工大学,2019.

收稿日期:2021-05-07

A Sample Preparation and Test Method for Evaluating Fatigue Crack Resistance of Tread Pattern Groove Bottom of Truck and Bus Tire

MAO Jianqing¹, CHEN Shuiliang², HONG Zhiyuan², HE Yan³

(1. Zhongce Rubber Group Co., Ltd., Hangzhou 310018, China; 2. Hangzhou Chaoyang Rubber Co., Ltd., Hangzhou 310018, China; 3. Beijing Research and Design Institute of Rubber Industry Co., Ltd., Beijing 100143)

Abstract: A sample preparation and test method for evaluating the fatigue crack resistance of tire tread pattern groove bottom was proposed to study the fatigue crack resistance of tread pattern groove bottom with different shapes. The results showed that with the increase of the pattern groove width, the fatigue flexing resistance of both U-shape and V-shape types of pattern groove samples were improved, the improvement of U-shaped pattern groove samples was more obvious, and the fatigue resistance of U-shaped pattern groove samples was obviously better than that of V-shaped pattern groove samples. With the decrease of the width of V-shaped pattern groove, its physical properties decreased significantly due to the stress concentration. By changing the angle and width of the finished tire pattern groove, the evaluation of the fatigue test performance was effective, and the evaluation effect of the pattern groove crack was more prominent.

Key words: truck and bus tire; pattern groove; fatigue crack; sample preparation; test method