

轮胎橡胶材料生热率的测定及分析

何 燕¹, 马连湘², 黄素逸¹, 刘志春², 刘纪炎²

(1. 华中科技大学 能源与动力工程学院, 湖北 武汉 430074; 2. 青岛科技大学 机电工程学院, 山东 青岛 266042)

摘要:介绍轮胎橡胶材料生热率的测定原理。采用动态力学分析技术测定轮胎各部位胶料的生热率。对胶料生热率测定结果的分析表明,随着温度的升高,胶料由粘弹性为主向弹性为主变化,轮胎各部位胶料的生热率除内衬层外都趋于减小;轮胎的内衬层胶、胎冠胶及胎圈三角胶等变形较小的部位所用胶料的生热率较大,变形较大的胎侧所用胶料的生热率较小。

关键词:轮胎;橡胶;生热率;滞后损失

中图分类号:TQ330.7;TQ336.1

文献标识码:B

文章编号:1000-890X(2004)01-0053-03

生热率是材料热学方面的重要性能参数,是指单位体积材料在单位时间内产生的热量。生热率与材料的种类、所受周期性应力的的大小和频率以及材料所处的温度环境等因素有关。由于橡胶材料力学性能呈非线性和粘弹性,因此只能用试验方法测定其生热率。本工作采用动态力学分析技术对 205/75R15 半钢子午线轮胎不同部位橡胶材料的生热率进行了测试,并分析了生热的原因。

1 实验

1.1 原理

轮胎在运行时的生热主要是橡胶材料的滞后损失转换成热量造成的。

汽车行驶时,轮胎承受周期性的变形,其应力(或应变)与时间的关系符合正弦曲线的变化规律,见式(1)^[1]。但由于粘性阻力的存在,使得应变滞后于应力。

$$\begin{cases} \epsilon = \epsilon_0 \sin \omega t \\ \sigma = \sigma_0 \sin(\omega t + \delta) \end{cases} \quad (1)$$

式中 ϵ ——应变的瞬时值;

ϵ_0 ——应变振幅的最大值;

σ ——应力的瞬时值;

σ_0 ——应力振幅的最大值;

ω ——周期变形的角频率;

t ——时间, s;

δ ——应力与应变之间的相位差(损耗角)。

将应力公式展开:

$$\sigma = \sigma_0 \sin \omega t \cos \delta + \sigma_0 \cos \omega t \sin \delta$$

可见应力由与应变同相位的 $\sigma_0 \cos \delta$ 和与应变相位相差 90° 的 $\sigma_0 \sin \delta$ 两部分组成,如图 1 所示。

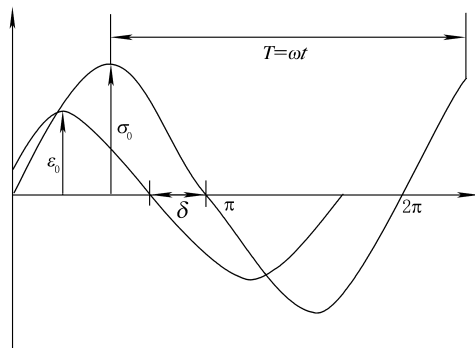


图 1 应力和应变的相位关系示意

于是应力和应变的关系可用一个与应变同相位的量和一个与应变相差 90° 的量表示如下:

$$\sigma = \epsilon_0 E_1 \sin \omega t + \epsilon_0 E_2 \cos \omega t \quad (2)$$

其中

$$E_1 = \frac{\sigma_0 \cos \delta}{\epsilon_0} \quad (3)$$

$$E_2 = \frac{\sigma_0 \sin \delta}{\epsilon_0} \quad (4)$$

式中, E_1 为储存弹性模量, E_2 为损失弹性模量。

E_1 相当于静态变形时的弹性模量,用于克服理想橡胶的收缩力,所承受的应变能是不损耗的,只是在往复变形的过程中交替地储存和释放。 E_2 用于克服橡胶的粘性,是完全损耗的,将全部

转化为热量,引起轮胎的温升。若用 E 代表整体模量,分析 E_1 , E_2 和 E 三者之间的关系可知, E_1 和 E_2 是相互垂直且互不影响,而 E 是 E_1 和 E_2 的合成,三者之间的关系可用矢量图 2 表示。

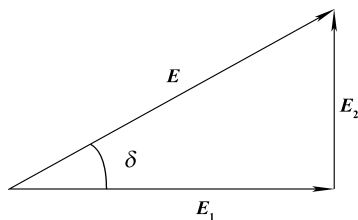


图 2 E_1 与 E_2 的关系示意

此时每个周期所损耗的机械能^[2]为:

$$W = \int_0^{2\pi} \sigma \frac{d\epsilon}{dt} dt \quad (5)$$

将式(1)代入式(5)得到:

$$W = \pi \epsilon_0^2 E_2 \quad (6)$$

因为汽车在行驶中 W 全部转化成热能而使轮胎温度升高,所以轮胎在接地旋转时,每旋转一周所产生的热量 Q 为:

$$Q = \pi \epsilon_0^2 E_2 = \pi E_1 \epsilon_0^2 \frac{E_2}{E_1} = 2\pi \left(\frac{1}{2} E_1 \epsilon_0^2 \right) \tan \delta \quad (7)$$

式中, $\tan \delta$ 为阻尼因子或损耗因子。当 $\delta=0$ 时,作用力完全有效地作用于橡胶分子弹性形变;当 $\delta=\pi/2$ 时,作用力完全用于克服橡胶的粘性阻力,因此损耗角的大小代表了能量损耗的大小。

橡胶材料的生热率 q 为:

$$q = \frac{Q}{Vt_0} = \frac{Qf}{V} = \frac{2\pi f \left(\frac{1}{2} E_1 \epsilon_0^2 \right) \tan \delta}{V} \quad (8)$$

式中 V ——橡胶材料的体积;

t_0 ——载荷周期;

f ——载荷频率。

因此,在试验中只要测得材料的 $\tan \delta$, E_1 和 ϵ_0 ,即可计算材料的生热率。

1.2 试验方法

动态力学分析是在程序控制温度下,测试物质在振动负荷下的动态模量和阻尼与温度关系的一种技术。其优点是只需用很少的试样就可以在宽阔的频率和温度范围内进行连续测试,可在较短时间内获得材料的动态力学性能频谱。本试验采用德国 NETZSCH DMA 242 实验仪,由计算

机控制,对试样施加正弦交变的应力,可直接得到 E_1 , ϵ_0 及 $\tan \delta$ 随温度的变化曲线,并可将试验数据存储到文件中。

2 结果与讨论

试验样品为 205/75R15 半钢子午线轮胎的内衬层胶、胎面基部胶、钢丝带束层胶、胎侧胶、胎冠胶、帘布层胶及胎圈三角胶,这些胶料由轮胎的各部位胶料经硫化而成。

由试验数据整理得到如图 3 和 4 所示的关系曲线。分析图 3 和 4 可以看出如下规律。

(1)随着温度的升高,橡胶材料由粘弹性为主向弹性为主变化。在整体模量中,损失弹性模量所占的比例越来越小,而储存弹性模量所占的比例越来越大。因此,轮胎各部位胶料的损耗因子会随着温度的升高而逐渐减小。

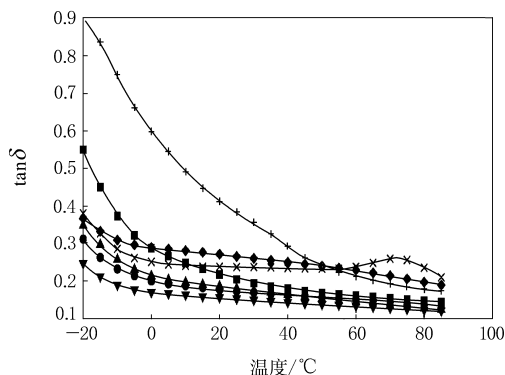


图 3 轮胎各部位胶料的损耗因子与温度的关系曲线

十—内衬层胶;■—帘布层胶;◆—胎冠胶;×—胎圈三角胶;▲—钢丝带束层胶;●—胎面基部胶;▼—胎侧胶。

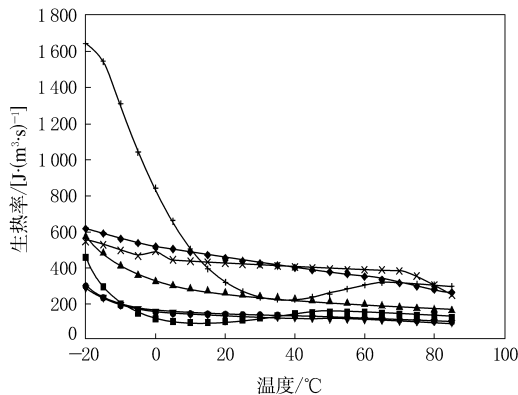


图 4 轮胎各部位胶料的生热率与温度的关系曲线

注同图 3。

(2) 损失弹性模量所占比例的减小意味着滞后损失的减小, 而滞后损失又是生热的主要原因, 因此随着温度的升高, 轮胎各部位胶料的生热率除内衬层外都趋于减小。

3 结语

通过对轮胎各部位胶料生热率的研究, 可以得出以下结论。

(1) 损耗因子是表征轮胎能量损失的重要参数, 其值越小, 轮胎的生热越低。损耗因子与轮胎所用材料的性能有关, 为了延长轮胎的使用寿命, 轮胎配方设计人员应尽量改善轮胎所用材料性能, 降低损耗因子。

(2) 轮胎各部位胶料的生热率不同。内衬层

胶、胎冠胶及胎圈三角胶等变形较小的部位所用胶料的生热率较大, 变形较大的胎侧所用胶料的生热率较小。

测量轮胎各部位胶料的生热率是深入研究轮胎热力学性能的基础。本试验所得数据为轮胎热力学计算, 特别是为轮胎温度场的计算提供了可靠依据。

参考文献:

- [1] 朱 敏. 橡胶物理与化学[M]. 北京: 化学工业出版社, 1984. 213-217.
- [2] 崔玉福, 郑慕侨. 实心橡胶轮胎瞬态温度场影响因素的研究[J]. 华北工学院测试技术学报, 2000, 14(2): 93-98.

收稿日期: 2003-07-14

国内外简讯 9 则

△由中橡集团炭黑工业研究设计院、全国橡胶工业信息总站炭黑分站联合举办的第八期炭黑专业高级技术培训班于 2003 年 11 月 10 日在四川省自贡市圆满结束, 来自全国 15 家炭黑生产企业的 41 名学员参加了培训。经过为期一个月的学习, 学员对炭黑的基本性能、炭黑的生产与应用有了较为系统的了解, 专业理论知识水平和实际工作能力有了较大程度的提高, 为其尽快成为企业的技术骨干打下了坚实的基础。

(中橡集团炭黑工业研究设计院 徐 忠供稿)

△2003 年 10 月, 化学工业胶鞋监督检验中心对双星集团的产品进行了监督性抽查。本次抽查的是双星集团瀚海公司生产的冲击波足球鞋。经检验, 其外观和各项物性指标均达到标准, 这是该集团连续第 8 年顺利通过国家监督性抽查。

(双星集团宣传处 王开良 苏家栋供稿)

△2003 年 10 月 24 日, 国家橡胶机械质量监督检验中心对双星橡胶机公司生产的橡胶硫化机系列产品进行了抽样检验。抽取的 XLB-Q600×600×2 平板硫化机一次检验合格。

(双星集团宣传处 张艾丽供稿)

△青岛双星集团股份有限公司研制成功双氧树脂金属专用粘合结构胶, 该胶适用于铁、铝等金属制品的粘合。

(青岛双星集团股份公司 高建德供稿)

△德固萨公司宣布自 2003 年 5 月 1 日起将每吨轮胎和橡胶工业制品用炭黑的价格提高 30 欧元, 此后还将根据油价涨落对炭黑价格进行微调。

ERJ, 185[7/8], 16(2003)

△日本 Rogers 与 Inoac 以 50/50 投资组建的合资公司 Rogers Inoac 计划在中国苏州建立一条新的生产线, 生产 Poron 聚氨酯材料。新生产线预计于 2004 年第 3 季度投产, 它可以生产各个品级的 Poron 聚氨酯。

RW, 228[3], 6(2003)

△Trelleborg 签订了兼并韩国汽车配件公司 Kunhwa 公司 51% 股份的协定。Kunhwa 年销售额约为 2 500 万欧元, 有 218 名雇员, 主要产品为减震垫和小汽车行李箱。

RW, 228[3], 6(2003)

△2003 年第 1 季度是自 2000 年第 1 季度以来世界 SR 增长最强劲的一个季度, 比 2002 年第 4 季度增长 3.9%, 而比 2002 年第 1 季度增长 8% 以上。北美和西欧产销增长率分别为 6.9% 和 4.8%, 而中国最近的增长率超过了 13%。

RW, 228[3], 12(2003)

△巴斯夫开始在中国上海漕泾化学工业园区内建设聚四氢呋喃和四氢呋喃生产厂。该厂预定于 2004 年第 4 季度竣工, 向中国迅速壮大的 Spandex 弹性纤维市场提供原料。

RW, 228[5], 6(2003)