

成品胶料高温下的耐疲劳性能研究

陈水良¹, 周慧卿², 毛建清², 程刚³

(1. 杭州朝阳橡胶有限公司, 浙江 杭州 310018; 2. 中策橡胶集团有限公司, 浙江 杭州 310018; 3. 杭州言志机械制造有限公司, 浙江 杭州 311400)

摘要: 研究成品胶料在高温下经过反复伸缩变形后的耐疲劳性能。结果发现: 胶料中的杂质使其耐疲劳性能有潜在的不稳定因素; 成品轮胎在使用中产生的早期损坏、同批产品质量不稳定与胶料中的杂质缺陷有密切关系; 在实际生产中, 原材料杂质、现场工艺和胶料运输过程需要严格控制把关, 避免杂质进入胶料从而影响产品质量。

关键词: 成品胶料; 高温; 耐疲劳性能; 不稳定因素; 杂质; 微观剖析

中图分类号: TQ330.7

文献标志码: A

文章编号: 1006-8171(2021)11-0714-05

DOI: 10.12135/j.issn.1006-8171.2021.11.0714



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

橡胶是轮胎各部件的重要组成材料, 轮胎寿命与其各部件材料的耐疲劳性能有着直接的关系^[1-4], 在实际车辆运行过程中轮胎各部件因受周期性的变形(拉伸、压缩、剪切)和生热老化, 其胶料物理性能会有明显的下降^[5-11]。

本工作研究成品胶料在高温下经过反复伸缩变形后的耐疲劳性能。检测了成品轮胎胎面胶的基本物理性能, 着重分析了胎面胶、基部胶、胎肩垫胶和三角胶疲劳拉伸性能、老化后的拉伸性能变化情况, 并对断裂后的样品断口进行了微观剖析。

1 实验

1.1 样品制备

在胎面胶、基部胶、胎肩垫胶和三角胶等关键部件按标准切取(2±0.2) mm的试片, 按橡胶物理试验方法和通用程序进行样品制备和调节。为避免胶料之间防老剂的迁移, 每个部件制作4个样品, 各试样均选取各部件中间层位置、采用哑铃形二型裁刀进行取样, 具体试样尺寸按公司内部技术要求制作。

1.2 主要设备和仪器

AB320G型切片机, 德国FORTUNA公司产

作者简介: 陈水良(1977—), 男, 浙江常山人, 杭州朝阳橡胶有限公司工程师, 学士, 主要从事轮胎材料剖析等工作。

E-mail: chenshuiang@126.com

品; 拉力机, 中国台湾高铁检测仪器有限公司产品; 橡胶高温拉伸疲劳试验机, 中国台湾(松恕)检测仪器有限公司产品; SZX16型体视显微镜, 日本Olympus公司产品; JSM-7500型扫描电子显微镜(SEM)和JEM-2100型透射电子显微镜(TEM), 日本电子株式会社产品。

1.3 性能测试

(1) 胶料物理性能按照GB/T 528—2009进行测试。

(2) 高温疲劳测试按照GB/T 1688—2008进行。

2 结果与讨论

2.1 基本物理性能

按公司技术要求测试胎面胶的物理性能, 结果如表1和图1所示, 其中, $\tan\delta$ 为损耗因子。

在样品制备中发现境内外各厂家成品轮胎胶料中均存在木屑、砂石、塑料、助剂结晶体、炭黑团聚体和塑料纸等各种杂质。由于胶料中潜在的缺陷会作为应力集中点引发材料发生疲劳损坏, 胶料的疲劳寿命部分依赖于胶料的交联密度及力学性能, 杂质位置没有分子交联、力学性能降低与周围部分强力不匹配, 拉伸时产生剪切疲劳。

从表1和图1可以看出, 胎面胶老化前物理性能比较理想, 但老化后的拉伸性能急剧下降。

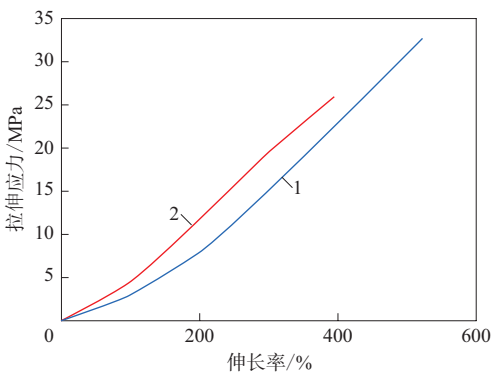
表1 胎面胶的物理性能

项 目	正常	老化后	变化率/%
密度/(Mg·m ⁻³)	1.109		
灰分质量分数×10 ²	3.02		
邵尔A型硬度/度	64	68	+6
50%定伸应力/MPa	1.50	2.00	+33
100%定伸应力/MPa	2.90	4.30	+48
200%定伸应力/MPa	7.80	11.70	+50
300%定伸应力/MPa	15.00	19.60	+31
拉伸强度/MPa	32.5	25.4	-22
拉断伸长率/%	522	387	-26
tanδ			
0℃	0.185	0.169	-9
60℃	0.125	0.119	-5

注:老化条件为100℃×48 h。

2.2 高温疲劳拉伸

胎面胶、基部胶、胎肩垫胶和三角胶的高温疲



1—正常;2—老化后。

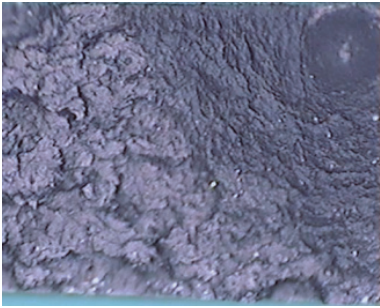
图1 胎面胶老化前后的拉伸应力-伸长率曲线

劳拉伸测试数据如表2所示。各部件胶料高温疲
劳拉伸测试后断口体视显微镜照片、SEM照片和
TEM照片分别如图2—4所示(均选疲劳次数最低

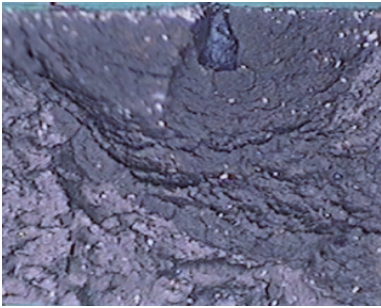
表2 各部件胶料高温疲劳拉伸次数

项 目	胎面胶		基部胶		胎肩垫胶		三角胶	
	正常	老化后	正常	老化后	正常	老化后	正常	老化后
样品1	617 076	56 044	589 371	45 599	42 522	36 692	609 379	48 475
样品2	754 925	54 625	168 771	29 790	25 959	40 487	432 042	46 385
样品3	589 371	53 111	163 771	27 794	13 261	52 162	440 448	48 436
样品4	528 789	55 338	93 793	33 141	43 366	31 971	411 713	54 620
平均值	622 540	54 780	253 927	34 081	31 277	40 328	473 396	49 479

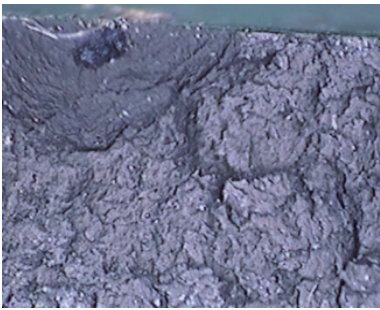
注:同表1。



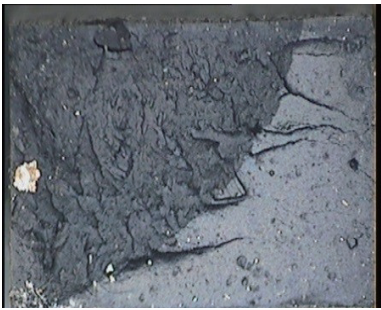
(a) 胎面胶



(b) 基部胶



(c) 胎肩垫胶



(d) 三角胶

图2 各部件胶料高温疲劳拉伸测试后断口体视显微镜照片

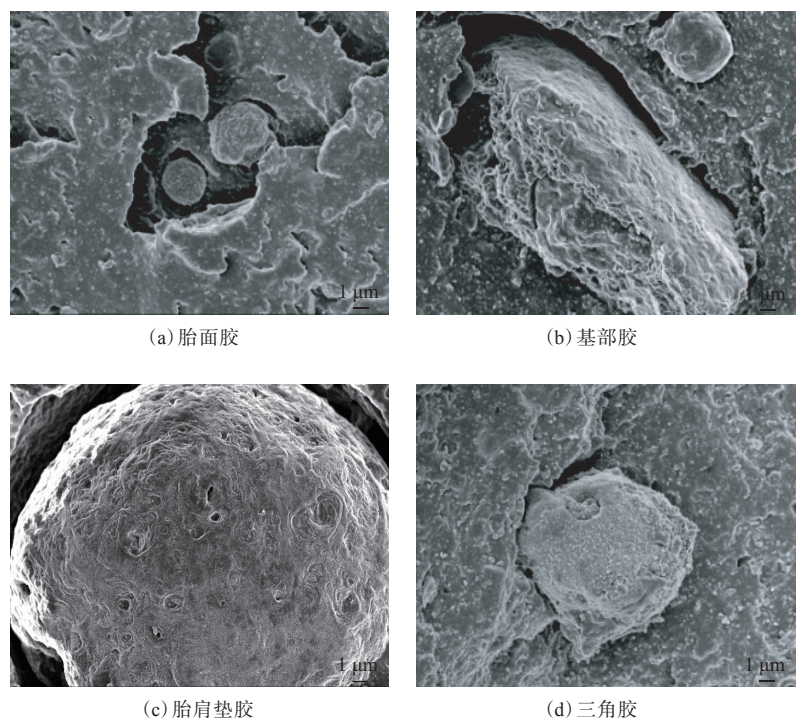


图3 各部件胶料高温疲劳拉伸测试后断口SEM照片

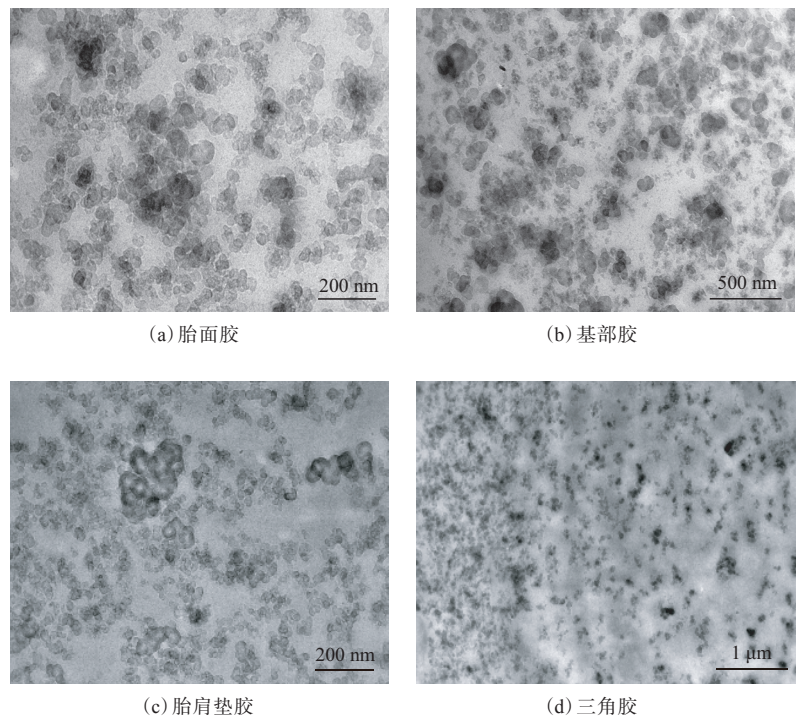


图4 各部件胶料高温疲劳拉伸测试后断口TEM照片

的情况)。

胎面胶、基部胶、胎肩垫胶和三角胶胶料中的杂质如图5所示。

从表2可以看出:正常胎面胶疲劳拉伸次数最高为754 925,最低为528 789;基部胶疲劳拉伸次数最高为589 371,最低为93 793;胎肩垫胶疲劳拉

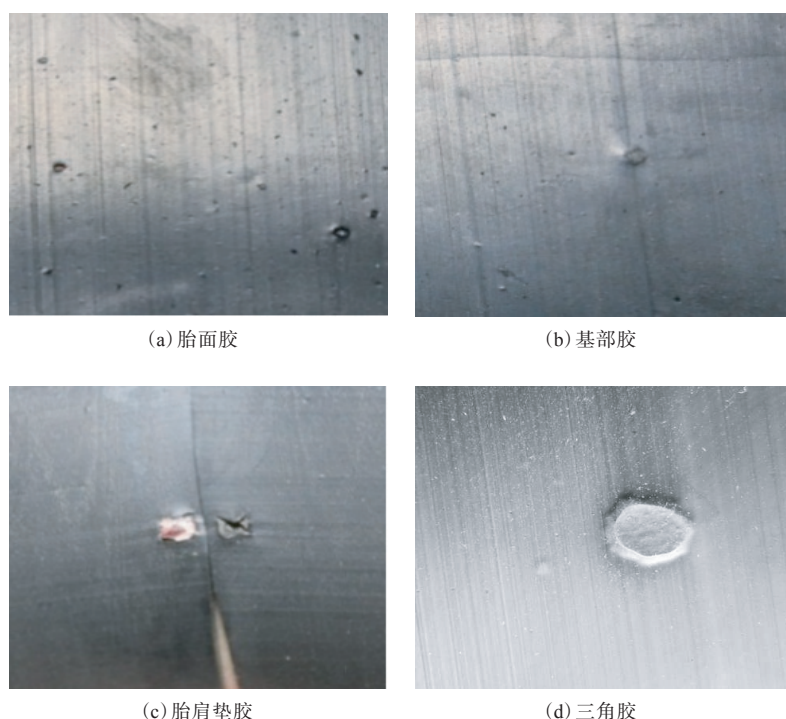


图5 轮胎各部件胶料中的杂质

伸次数最高为43 366,最低为13 261;三角胶疲劳拉伸次数最高为609 379,最低为411 713;因杂质影响,胎面胶、基部胶、胎肩垫胶和三角胶的疲劳拉伸次数分别降低了226 136,495 578,30 105和197 666;胶料高温老化后疲劳拉伸性能变化更大,胎面胶耐疲劳性能下降91%,基部胶耐疲劳性能下降87%,胎肩垫胶耐疲劳性能上升29%,三角胶耐疲劳性能下降90%。

由图2—5可以发现,胶料中存在明显的杂质、助剂结晶和炭黑分散不均结团等情况,导致胶料疲劳损坏。结块物或杂质一方面是由原材料混炼加工和环境因素造成,另一方面由胶料混炼中无机填料及炭黑未分散均匀产生的结团造成。胶料与结块物或杂质在轮胎行驶中受周期性应力作用,因硬度不匹配导致的早期蠕变、剪切撕裂效应会使胶料快速破坏,形成微裂,一旦裂纹产生,胶料受到剪切力的作用,性能会加倍损失。

综上所述,胶料中的杂质对其耐疲劳性能危害严重,老化后各胶料的拉伸性能急剧下降,常温下胶料的疲劳寿命显著依赖其力学性能,高温老化后胶料性能随交联情况变化而变化,更会受到潜在杂质引起的缺陷大小的影响。

3 结语

通过疲劳拉伸试验可以发现,因内部杂质的存在,成品胶料的耐疲劳性能有潜在的不稳定因素。因此,成品轮胎在使用中产生的早期损坏、同批产品质量不稳定与胶料中的杂质缺陷有密切关系。在实际生产中,原材料杂质、现场工艺和胶料运输需要严格控制把关,做到生胶、混炼胶和半成品胶料不落地,避免杂质进入胶料,从而影响产品质量。

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] 林孔勇,金晟娟,梁星宇. 橡胶工业手册(修订版) 第六分册 工业橡胶制品[M]. 北京:化学工业出版社,1989.
- [3] 何川,姜明磊,臧孟炎,等. 载重子午线轮胎带束端部疲劳寿命仿真研究[J]. 机械设计与制造工程,2017,46(9):52-56.
- [4] 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.
- [5] 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.

- [6] 李佳. 某轮毂电机驱动轮胎耐久性分析[D]. 北京:北京林业大学, 2018.
- [7] 贺玉函,张雨昕,张震,等. 轮胎橡胶的热氧老化降解研究进展[J]. 合成材料老化与应用,2020,49(6):126-134.
- [8] 余本伟,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.
- [9] 邢程,余本伟,蔡莹莹. 轮胎老化耐久性能的研究[J]. 橡胶科技, 2019,17(3):146-150.
- [10] 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.
- [11] 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.
- 收稿日期:2021-05-12

Study on Fatigue Resistance of Finished Tire Compound under High Temperature

CHEN Shuiliang¹, ZHOU Huiqing², MAO Jianqing², CHENG Gang³

(1. Hangzhou Chaoyang Rubber Co., Ltd, Hangzhou 310018, China; 2. Zhongce Rubber Group Co., Ltd, Hangzhou 310018, China; 3. Hangzhou Yanzhi Machinery Manufacturing Co., Ltd, Hangzhou 311400, China)

Abstract: The fatigue resistance of the finished tire compound after repeated stretching deformation at high temperature were studied. The results showed that there were potential unstable factors in the fatigue resistance because of the impurities. The early damage of the finished tire in use and the unstable quality of the same batch of products were closely related to the impurities in the compound. In the actual production, raw material impurities, on-site process and rubber transportation process needed to be strictly controlled to prevent impurities from entering the compound and affecting the product quality.

Key words: finished tire compound; high temperature; fatigue resistance; unstable factor; impurity; microscopic analysis

硅宝科技创制功能性复合弹性体 完成国家重点研发计划项目

日前,由成都硅宝科技股份有限公司(简称硅宝科技)牵头承担的“新型功能性复合弹性体制备技术”项目课题综合绩效评价会议在硅宝科技总部成功召开。

该项目为“十三五”国家重点研发计划项目,由硅宝科技牵头、董事长王有治任项目负责人,联合北京化工大学、常州大学、四川大学、南开大学、上海交通大学、江苏大学、山东玲珑轮胎股份有限公司、山东道恩集团公司、万力轮胎股份有限公司10家单位共同承担。项目自2017年7月启动,2021年6月项目实施期满。

评价会议由硅宝科技组织,与会代表30余人,包括中国工程院院士王玉忠教授,国家重点专项总体专家组组长、清华大学潘峰教授,北京化工大学副校长张立群教授,中科院宁波材料所黄政仁

所长,吉林大学张海博教授等专家,以及各课题负责人和参与单位代表等。

专家组现场查看了千吨级有机硅橡胶复合弹性体生产线,听取了各课题负责人的详细汇报(包括课题科技报告、绩效评估报告、课题组织管理情况等),通过视频了解各课题组的研究成果及相关示范生产线建设,并按照任务书中的有关要求进行了质询和讨论。专家组一致认为,各课题组圆满完成了任务书规定的各项考核指标,综合绩效评价通过。

经过4年的努力研究,项目各课题组圆满完成了任务目标。项目创制3类新型功能性弹性体材料,实现产业化应用示范,填补国际相关功能性弹性体材料的空白。项目的实施将有力提升我国橡胶产业技术创新能力,促进产业转型升级,为我国基础材料提升和产业化提供强有力的支撑。

(本刊编辑部)