

全钢载重子午线轮胎成型充气后胎体钢丝帘线起筋的原因分析及解决措施

张超, 邵先行, 王浩, 陈洪涛, 李易, 孙凯

(八亿橡胶有限责任公司, 山东 枣庄 277800)

摘要: 分析全钢载重子午线轮胎成型充气后胎体钢丝帘线起筋的原因并提出解决措施。造成胎体钢丝帘线起筋的主要原因是钢丝帘线与胶料之间的粘合性能降低, 成型充气后钢丝帘线与胶料轻微分离, 帘布轴向表面钢丝帘线突出。通过调整胶料配方可提高钢丝帘线与胶料之间的粘合性能, 通过调整压延和成型工艺可提升帘布压延质量, 解决胎体钢丝帘线起筋问题, 提高成品轮胎的耐久性能。

关键词: 全钢载重子午线轮胎; 钢丝帘线起筋; 成型; 粘合性能; 压延质量; 耐久性能

中图分类号: TQ330.38⁺9; U463.341⁺.3/.6

文献标志码: B

文章编号: 1006-8171(2023)10-0623-05

DOI: 10.12135/j.issn.1006-8171.2023.10.0623



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

随着国内经济及物流行业的快速发展, 轮胎行业也得到了长足发展, 特别是全钢载重子午线轮胎, 以其优异的使用性能, 越来越受到广大用户的青睐, 对其使用要求也越来越高^[1-6]。钢丝帘线作为全钢载重子午线轮胎的重要组成部分之一, 可以将车轴的载荷传递给胎冠, 起到承载、缓冲和传递应力以及保护轮胎免受外部冲击破坏的作用^[7-10]。在全钢载重子午线轮胎生产及使用的各个阶段, 都存在由于生产工艺问题或使用不当造成的钢丝帘线的质量问题, 如钢丝帘线稀疏、跳线、漏铜、胎体接头开、钢丝帘线起筋、胎体帘线肩部弯曲大、疏密不均等, 特别是成型充气后胎体帘布轴向表面出现钢丝帘线突出的情况, 即胎体钢丝帘线起筋问题^[11-13](见图1)对成品轮胎的中后期胎肩鼓包、耐久性能和完磨率都有较大的影响。

本工作对全钢载重子午线轮胎在成型充气后胎体钢丝帘线起筋的成因进行分析, 并提出相应的解决措施。

1 胎体钢丝帘线起筋原因分析

胎体钢丝帘线起筋现象主要出现在成型工

作者简介: 张超(1984—), 男, 山东枣庄人, 八亿橡胶有限责任公司工程师, 学士, 主要从事全钢轮胎生产技术管理工作。

E-mail: 13562249009@163.com



图1 胎体钢丝帘线起筋

序, 成型鼓定型充气前钢丝帘线无明显质量问题, 充气后则出现起筋现象。分析原因是钢丝帘线与胶料之间的粘合力减小, 定型充气后钢丝帘线随胎体膨胀(见图2), 导致钢丝帘线与胶料之间呈轻微分离状态。

分别选取正常胎体帘布和存在起筋风险的胎体帘布各6块, 正常胎体帘布每两块相叠, 一端中

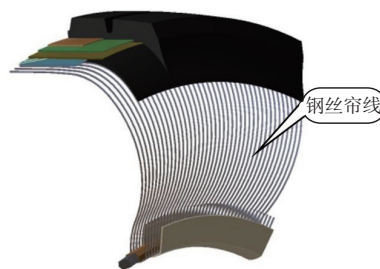


图2 钢丝帘线随胎体膨胀示意

间夹厚度为80 mm的隔离纸,得到1[#]—3[#]试样,存在起筋风险的胎体帘布采用同样的方法得到4[#]—6[#]试样,试样硫化后采用图3所示的方法剥离,1[#]—3[#]硫化试样所需剥离力分别为13.5、14.2和13.7 kN,平均值为13.8 kN,4[#]—6[#]硫化试样所需剥离力分别为11.9、11.4和11.2 kN,平均值为11.5 kN。从试验数据可以看出,存在起筋风险的胎体帘布硫化试样的剥离力明显小于正常胎体帘布,钢丝帘线与胶料之间的粘合力较小。



图3 帘布剥离方法

1.1 主要原因

胎体帘布压延工序中影响胎体钢丝帘线起筋现象的主要因素为:(1)供胶不均匀,不能保证压延辊筒间的余胶量,余胶过多会导致钢丝帘线排列密度不均,余胶过少则会影响胶料的渗透性能,影响钢丝帘线与胶料的粘合性能^[1];(2)压延速度过快,压延辊筒温度偏低,2[#]与3[#]辊距不合适,影响胎体帘布的覆胶质量,帘布表面凸凹不平,上下侧覆胶厚度不一,如图4所示;(3)胎体帘布胶的门尼粘度偏高,胶料流动性差,与钢丝帘线之间的渗透效果差,钢丝帘线与胶料的粘合力降低,成型充气后钢丝帘线与胶料轻微分离导致起筋现象;

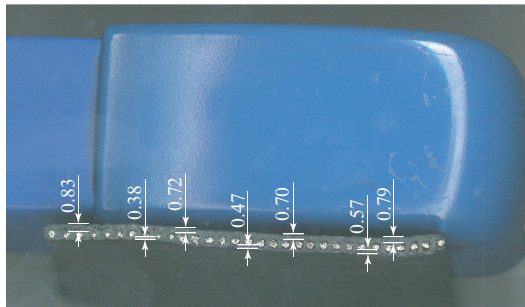


图4 胎体帘布上下侧覆胶厚度不一

(4)成型工序中影响胎体钢丝帘线起筋现象的主要因素为定型鼓充气压力偏高或高压充气时间偏长,定型后胎里内部压力过高导致钢丝帘线过度拉伸。

1.2 次要原因

胎体帘布压延工序其他影响因素包括:

(1)锭子架张力不稳定,钢丝帘线张力偏大或张力不均;(2)胶料粘辊,钢丝帘线与胶料的附着情况差;(3)锭子房温度或湿度超标,钢丝帘线与胶料之间的粘合性能差;(4)整经辊与压力辊使用时间过长,辊筒磨损严重(如图5所示)^[2];(5)冷却过程操作不当,存在帘布骤冷、卷取温度过高或冷却辊结露等情况,造成钢丝帘线与胶料之间的粘合性能降低^[3]。



图5 辊筒磨损

成型工序其他影响因素包括:(1)定型鼓主鼓与胎体贴合时,胎体帘布供料速度与主鼓转速不匹配,导致胎体帘线过度拉伸;(2)定型鼓缩鼓速度偏慢,导致高压充气时胎体抽出量过大。

2 解决措施

2.1 胶料配方

优化胎体胶配方,分别采用硼酰化钴和间苯二酚代替新癸酸钴和间苯二酚-甲醛(间甲)树脂,以期提高钢丝帘线与胶料之间的粘合性能。添加硼酰化钴和新癸酸钴硫化胶的性能对比见表1,添加间苯二酚与间甲树脂胶料的性能对比见表2,其中 G' 是弹性模量, $\tan\delta$ 是损耗因子。

从表1可以看出,与新癸酸钴硫化胶相比,硼酰化钴硫化胶与钢丝帘线的粘合力提高51 N,热氧老化后硫化胶的 G' 增大10%,生热降低12%。这

表1 硼酰化钴与新癸酸钴硫化胶的性能对比

项 目	硼酰化钴 硫化胶	新癸酸钴 硫化胶
初始粘合力 ¹⁾ /N	1 412	1 361
100 ℃×48 h热氧老化后 粘合力 ¹⁾ /N	1 177	1 164
170 ℃×30 min热空气老化后 G' /kPa	1 816	1 653
$\tan\delta$	0.152	0.173

注:硫化条件为151 ℃×30 min;1)试样宽度为25 mm。

表2 间苯二酚与间甲树脂胶料的性能对比

项 目	间苯二酚 硫化胶	间甲树脂 硫化胶
硫化仪数据(151 ℃)		
t_{90} /min	14.95	13.97
F_{max} /(dN·m)	30.95	26.97
初始粘合力 ¹⁾ /N	1 552	1 546
100%定伸应力/MPa	5.5	4.3
100 ℃×48 h热空气老化后 粘合力 ¹⁾ /N	1 405	1 370
100%定伸应力/MPa	10.5	8.6
G' /kPa	1 960	1 870
$\tan\delta$	0.114	0.118

注:同表1。

是因为硼酰化钴的有效成分二价钴离子含量高,反应活性高,可以提高硫化胶的耐热氧老化性能。

从表2可以看出:与间甲树脂胶料相比,间苯二酚胶料的 t_{90} 略长, F_{max} 较大,初始粘合力 and 老化后粘合力均有提高,100%定伸应力提高;热空气老化后100%定伸应力和 G' 提高,生热略小。这是因为间苯二酚的反应温度低、反应活性高,而间甲树脂是间苯二酚与甲基给予体预缩聚的产品,其有效成分间苯二酚的含量小。

胎体帘布胶料门尼粘度需控制在74~86之间,可以防止压延过程中胶料粘辊,提高钢丝帘线与胶料之间的附着能力。

2.2 压延工艺

压延工艺从以下方面进行优化:(1)通过控制压延速度、压延辊筒温度以及2[#]与3[#]辊的间距来保证帘布厚度以及上下侧覆胶厚度的一致性,四辊压延过程如图6所示;(2)锭子架张力控制均匀、稳定,穿丝操作要规范,控制钢丝帘线张力为0.12~0.15 MPa;(3)严格控制锭子房的温度和湿度,温度比室外温度高2~10 ℃,湿度不大于40%;(4)严格控制卷取温度,防止温度过高或冷

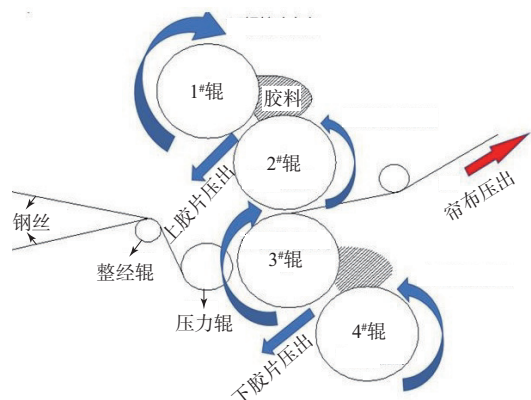


图6 四辊压延示意

却辊结露等情况。

2.3 成型工艺

成型工艺从以下方面进行优化:(1)主鼓与胎体贴合时,调整贴合速度和模板供料速度,控制胎体拉伸率不大于5%;(2)适当降低成型充气时的充气高压和低压,高压由(0.40±0.05) MPa调整为(0.35±0.05) MPa,低压由(0.12±0.01) MPa调整为(0.10±0.01) MPa,降低胎里内压,减小胎体的膨胀率;(3)适当提高成型鼓缩鼓速度,匹配定型充气压力,减小胎体的拉伸;(4)适当减小填充胶压合压力,由(0.35±0.05) MPa调整为(0.30±0.05) MPa;(5)成型工序冠部压合完成后,胎侧反包前,不再拉平宽。

3 改进效果

3.1 改进前

3.1.1 胎体接头缝隙

由于钢丝帘线与胶料之间的粘合力减小,导致成型充气后胎体接头处钢丝帘线间距过大,超过标准范围,如图7所示。

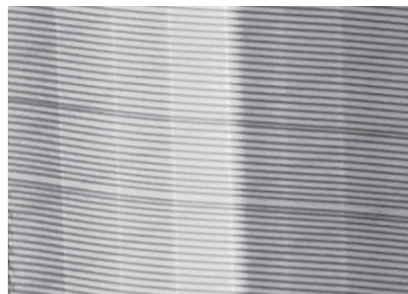


图7 改进前胎体接头处钢丝帘线间距过大

3.1.2 X光测试

由于钢丝帘线与胶料之间的粘合力小,成型鼓定型充气后胎体帘线与胶料之间轻微分离,在成型工序表现为钢丝帘线轴向突出,采用X光测试成品轮胎钢丝帘线排布情况如图8所示。

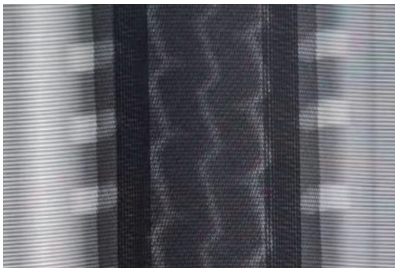


图8 改进前钢丝帘线排布情况

3.1.3 耐久性能

胎体钢丝帘线起筋轮胎在使用前期表现与正常轮胎相当,中后期易出现肩空现象(见图9),导致轮胎的使用寿命缩短,完磨率降低。



图9 轮胎使用中后期肩空现象

3.2 改进后

3.2.1 压延质量

通过优化胎体胶配方,提高了钢丝帘线与胶料之间的粘合性能,显著改善了帘布的压延质量(见图10)。

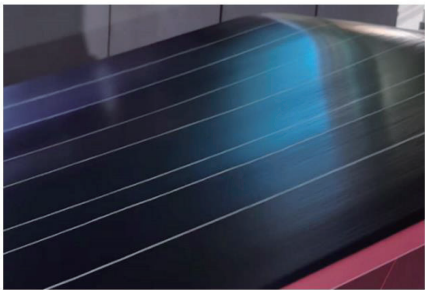


图10 改进后帘布压延情况

3.2.2 覆胶厚度

2[#]与3[#]辊之间的辊距调整后采用0.25+(6+12)×0.225HT钢丝帘线进行压延试验,在帘布上选取5个点位测量上、下侧覆胶厚度,测量结果如表3所示。

表3 帘布上、下侧覆胶厚度					mm
项 目	点位1	点位2	点位3	点位4	点位5
上侧	0.62	0.53	0.48	0.50	0.66
下侧	0.59	0.58	0.51	0.52	0.62
差值	0.03	0.05	0.03	0.02	0.04

从表3可以看出,2[#]与3[#]辊之间的辊距调整后帘布上、下侧的覆胶厚度均匀。

3.2.3 X光检测

采用X光测试改进后成品轮胎钢丝帘线排布情况如图11所示。

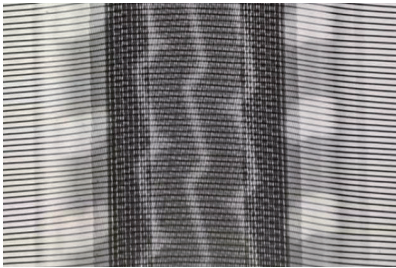


图11 改进后钢丝帘线排布情况

从图11可以看出,调整后成品轮胎钢丝帘线排布较好,无明显疏密不均现象。

3.2.4 定型充气效果

通过对成型工序定型高压和低压、缩鼓速度以及填充胶压合压力等的调整,减小了胎里内压力和胎体伸张,改善了中鼓定型后胎体钢丝帘线起筋现象,见图12。



图12 胎体起筋改善

3.2.5 耐久性能

以12.00R20轮胎为例,胎体帘线起筋改善后轮胎在耐久试验中累计行驶时间为83.88 h,试验结束时轮胎胎冠起鼓,轮胎的耐久性能有较大改善。

3.2.6 使用效果

胎体钢丝帘线起筋情况得到较大改善后,于2021年9月生产约600条12.00R20成品轮胎发往广西和浙江地区进行道路试验,截至目前无不良反馈。

4 结语

胎体钢丝帘线起筋是全钢载重子午线轮胎生产过程中较常出现的问题,主要是由于钢丝帘线与胶料之间的粘合性能降低导致。通过调整胶料配方改善了胎体钢丝帘线与胶料的粘合性能,通过调整压延和成型工序提升了帘布压延质量,改善了胎体钢丝帘线起筋现象,稳定了轮胎质量,保证了产品性能。

参考文献:

[1] 俞志高,姜培玉,罗奕文. 轮胎钢丝帘线技术发展[J]. 轮胎工业,

2021,41(3):202-209.

[2] 程继强,雷振,叶强,等. 钢丝帘布斜裁质量缺陷的产生原因及应对措施[J]. 橡胶科技,2022,20(8):400-402.

[3] 李新,刘晓光,路晓冬. 应用图像识别系统分析浸胶帘布胶斑的方法[J]. 橡胶工业,2020,67(2):149-152.

[4] 张立新,纪文刚,傅小美. 子午胎帘布布边的测量及对其定位的讨论[J]. 自动化仪表,2003,24(5):36-38.

[5] 罗奕文. 高强度ST/UT帘布线在低滚动阻力轮胎中的应用[C]. 2021中国橡胶年会论文集. 北京:中国橡胶工业协会,2012:190-192.

[6] 王欢,张春学. 超高强度钢丝帘线的压延工艺研究[J]. 轮胎工业,2020,40(12):756-760.

[7] 周志嵩,姚海东,孙忍,等. 极高强帘布生产工艺探索[J]. 金属制品,2020,46(2):1-6.

[8] 蒋延华,曹进忠,王树举,等. 一款新型钢丝帘线在带束层中的应用[J]. 橡塑技术与装备,2021,47(9):46-49.

[9] 张俊伟,汪彬,罗建刚. 2×0.30ST钢丝帘线在轿车轮胎带束层中的应用[J]. 橡胶科技,2020,18(4):206-208.

[10] 黄书达. 影响钢丝帘布压延工艺的因素及解决措施[J]. 橡塑资源利用,2017(3):17-18.

[11] 曹小峰. 3×0.28ST超高强度帘布线的性能及应用[J]. 冶金管理,2019(23):21-23.

[12] 韦帮风. 新型间甲树脂在轮胎缓冲帘布胶中的应用[J]. 中国橡胶,2022,38(1):42-44.

[13] 漆利娟,季永义. 新型鼓式斜交胎帘布筒成型机的研发[J]. 橡塑技术与装备,2022,48(6):70-72.

收稿日期:2023-05-16

Cause Analysis and Solution Measures of Steel Cord Stiffening in Carcass of All-steel Radial Truck and Bus Tire after Building Inflation

ZHANG Chao, SHAO Xianxing, WANG Hao, CHEN Hongtao, LI Yi, SUN Kai

(Bayi Rubber Co., Ltd, Zaozhuang 277800, China)

Abstract: The causes of steel cord stiffening in the carcass of all-steel radial truck and bus tire were analyzed and the solution measures were proposed. The main reasons of steel cord stiffening in the carcass were the reduced adhesive property between the steel cord and the compound decreased, the steel cord was slightly separated from the compound after building and inflation, and the steel cord on the axial surface of the cord was protruding. The adhesive property between the steel cord and the compound could be improved by adjusting the formula of the compound, and the calendaring quality of the steel cord fabric could be improved by adjusting the calendaring and building processes, thereby solving the problem of the carcass steel cord stiffening and improving the durability of the finished tire.

Key words: all-steel radial truck and bus tire; steel cord stiffening; building; adhesive property; calendaring quality; durability