

电子辐照技术在全钢载重子午线轮胎生产中的应用

杨振环, 王 博, 徐 伟

(杭州朝阳橡胶有限公司, 浙江 杭州 310018)

摘要:针对全钢载重子午线轮胎过渡层, 在50 kGy剂量下采用不同辐照加速电压进行电子束辐照。结果表明, 过渡层胶料门尼粘度随着辐照电压升高而升高, t_{10} 及 t_{90} 缩短, 粘性下降, 硫化胶物理性能变化不大。过渡层辐照减薄后, 单胎质量减小, 成品轮胎耐久性能基本无差异。

关键词:全钢载重子午线轮胎; 电子束辐照; 加速电压; 过渡层; 耐久性

中图分类号:U463.341⁺.6; TQ330.6⁺7 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-8171(2015)11-0689-04

在轮胎成型和硫化过程中胎体受很大的作用力, 往往会产生变形, 出现胎体胶料厚度不均现象, 从而造成胎里露钢丝等病疵。为了避免发生上述情况, 保证半成品部件在后续加工中结构和性能稳定, 传统的轮胎生产工艺通常采用增大胎体帘布层和内衬层厚度的方法。从20世纪70年代开始, 费尔斯通、米其林、普利司通等公司陆续采用电子辐照工艺以解决上述问题, 从而达到提高轮胎质量、节省原材料的目的^[1]。电子辐照硫化是指在常温常压下高能电子束激活橡胶分子, 引发产生自由基, 自由基再相互结合使橡胶分子交联, 并最终形成三维网状结构^[2]。辐照硫化是一种新型橡胶改性和加工手段, 与化学硫化相比, 辐照硫化具有快速、灵活、节能和环境污染小等特点, 可改善橡胶的化学稳定性和耐热性, 在改善橡胶某些性能方面具有无法比拟的优势^[1]。

本研究采用电子辐照技术, 对全钢载重子午线轮胎内衬层过渡层进行电子辐照试验, 对比电子辐照过渡层的门尼粘度、表面粘性、硫化速度、硫化后胶料的拉伸性能以及制造过程, 研究过渡层减薄后轮胎的剖面中胎体到气密层间胶料厚度的正态分布, 并对成品轮胎的耐久性能进行对比。

作者简介:杨振环(1985—), 男, 湖南益阳人, 杭州朝阳橡胶有限公司工程师, 哈尔滨工业大学在读硕士研究生, 主要从事轮胎生产工艺研究工作。

1 实验

1.1 生产配方

内衬层过渡层胶料配方: 天然橡胶(NR) 100, 炭黑N375 53, 氧化锌 8.6, 203树脂 3.2, 防老剂4020 1, 促进剂GZ-12 18, 促进剂DZ 0.85, 不溶性硫黄 4.7。

1.2 主要设备和仪器

CNE-500型辐照设备, 日本新高压工程株式会社(NHV Corporation)产品; 对顶式内衬层双挤出生产线, 中国化学工业桂林工程有限公司产品; MDR2000型密闭式硫化仪, 美国阿尔法科技有限公司产品; MV2000型门尼试验机, 高铁检测仪器有限公司产品; RZN-II型橡胶自粘性测定仪, 北京万汇一方科技发展有限公司产品。

1.3 试验条件

电子辐照试验: 辐照剂量 50 kGy, 辐照电压 300, 350, 400, 500 kV。

门尼粘度试验: ML(1+4) 100 ℃。

硫化速度试验: 150 ℃×60 min。

2 结果与讨论

2.1 门尼粘度与硫化速度

胶料经过电子辐照发生分子交联, 辐照加速电压越高, 交联越深。图1示出了辐照加速电压对胶料门尼粘度的影响。由图1可以看出, 随着电压

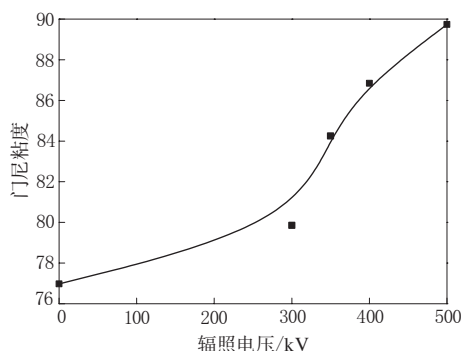


图1 辐照加速电压对胶料门尼粘度的影响
的增高,门尼粘度呈增大的趋势。

图2示出了辐照电压对胶料硫化速度的影响。由图2可以看出,随着辐照加速电压的增高, t_{10} 及 t_{90} 均有所缩短,但变化不大。 t_{90} 缩短,硫化速度加快。硫化速度的加快对返回胶的处理带来一定影响,并且由于形成的是C—C交联键,返回胶需要进行单独处理。辐照工艺一般伴随着过渡层的减薄,硫化时热量能更快地达到轮胎内部,从而达到缩短轮胎硫化时间、降低能耗、提高生产效率的目的。

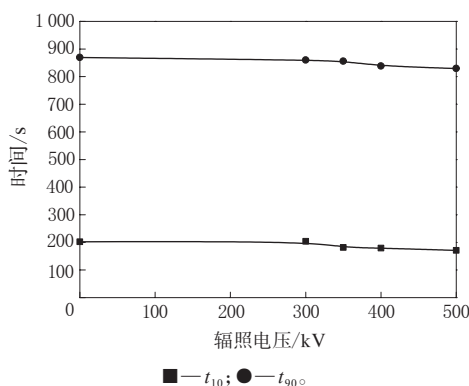


图2 辐照加速电压对硫化速度的影响

2.2 胶料表面粘性

胶料表面粘性采用对接粘性试验方法进行检测。将宽度为12 mm的标准胶条固定在一个轮状夹持器上,以 $200 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ 的压合速度匀速接触到放置于测试机平台上的试样表面,停留1 s后再以 $200 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ 的速度匀速分离,测量分离时所需的最大力。轮状夹持器周向均匀转动4次,一组得到5个值,去掉最大值和最小值,取剩下3个值的平均值。在时间和压力相同的情况下,聚合物表面分子链越短,分子间活性越大,则粘合力越高。

电子辐照后,胶料表面发生了碳-碳交联,分子运动受到限制,表面粘合力下降。辐照加速电压主要影响交联深度,故不同高速电压情况下粘性基本一致(如图3所示)。值得注意的是,在成型过程中,高膨胀率轮胎在高辐照加速电压作用下,容易由于膨胀回缩力过大将内衬层从胎体上拉开而形成气泡。

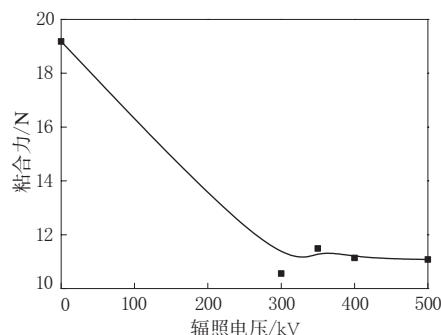


图3 辐照加速电压对粘合力的影响

2.3 硫化胶物理性能

试验模拟生产过程的时间、温度、压力($150^\circ\text{C} \times 60 \text{ min}$),对比不同辐照加速电压下过渡层硫化胶的物理性能。图4和5示出了不同辐照电压下过渡层硫化胶的定伸应力、拉伸强度和拉断伸长率。由图4和5可以看出,电子辐照后硫化胶的100%和300%定伸应力有一定程度的上升,而拉伸强度和拉断伸长率有所下降。辐照时交联生成的C—C键比较短,在经过热硫化后,C—C键仍然存在,键长较短、键能较大,使得随着电压增高定伸应力略有提高,拉伸强度和拉断伸长率下降。

2.4 成品轮胎断面

为评价电子辐照对过渡层胶料流动的抑制效

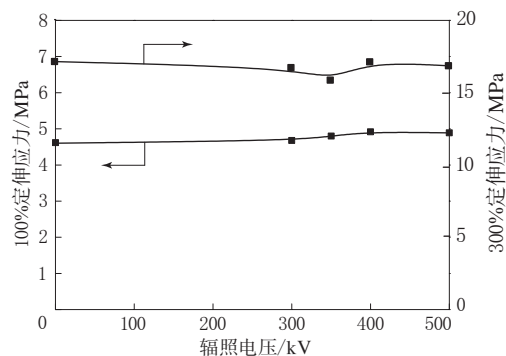


图4 辐照加速电压对硫化胶定伸应力的影响

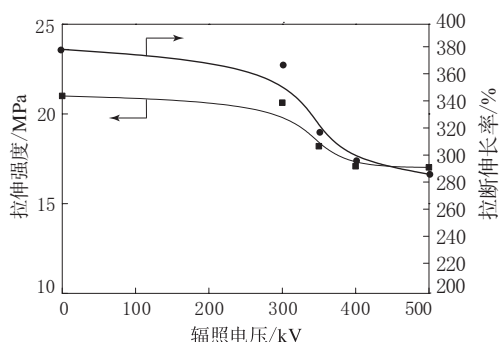


图5 辐照加速电压对硫化胶拉伸强度和
拉断伸长率的影响

果,选取应用了电子辐照技术的12R22.5规格成品轮胎进行解剖(如图6所示)。在最容易产生胶料流动的肩部截取各小断面。用带刻度的电子放大镜检查小断面每根胎体钢丝到气密层的胶料厚度(h),各取约300个数据,断面测量示意图7。



图6 轮胎解剖示意

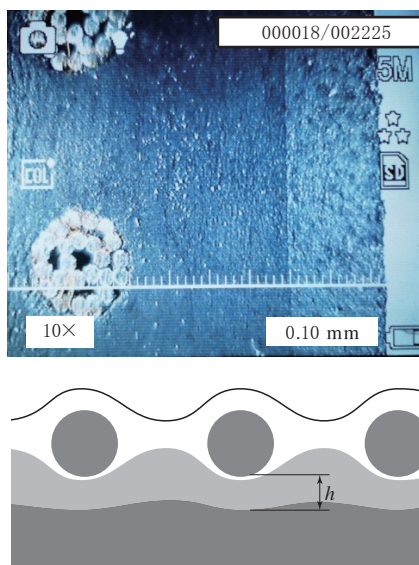


图7 断面测量示意

表1示出了辐照减薄的过渡层厚度分布与正常对照方案的比较。从表1可见:经过电子辐照的胎体钢丝到气密层胶料厚度的波动(σ ,标准偏差)从0.13缩小到0.08,正态分布缩小;经过辐照的胶料流动量($h' - h$)比未辐照的胶料减小3/4。据此判断,电子辐照2.4 mm过渡层厚度方案可确保在未辐照的2.8 mm厚度方案水平以上的品质。

表1 辐照减薄的过渡层厚度分布与
正常对照方案的比较

项 目	辐照过渡层设计厚度2.4 mm	未辐照过渡层设计厚度2.8 mm
样本数(n)	300	300
计算胶料厚度(h')/mm	1.60	1.87
平均厚度(h)/mm	1.57	1.68
$h' - h$ /mm	0.03	0.19
最小厚度/mm	1.40	1.45
最大厚度/mm	1.78	2.10
σ	0.08	0.13

2.5 轮胎耐久性能

经过电子辐照之后过渡层胶料的流动性明显降低,因此可以适当减小过渡层厚度。在张本尚等^[3]和李淑凤等^[1]的研究试验中,成品轮胎的尺寸和性能都达到了国家标准水平。我们对生产的绝大部分规格的全钢载重子午线轮胎进行了辐照减薄试验,并且进行了轮胎室内耐久性试验。图8和表2示出了室内耐久性试验数据。试验结果表明,经过电子辐照减薄和正常对比方案的成品轮胎耐久性试验结果平均值接近,两方案对平均值的概率分布也趋于相似。两组数据都接近正态分布,对其进行显著性和相关性检验。两组数据为辐照试验

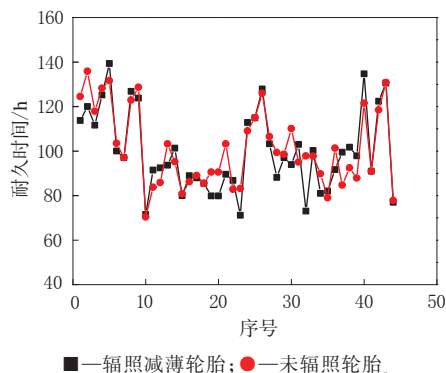


图8 室内耐久性试验数据比较

表2 耐久试验数据对比			h
耐久时间	辐照减薄方案	未辐照对比方案	
平均值	99.57	101.13	
中位值	97.00	97.74	
最大值	139.35	135.79	
最小值	71.15	70.35	

注:44条试验轮胎。

轮胎与同批次未辐照轮胎的试验数据,可以视为配对数据,对数据进行配对样本T检验,以验证其显著性和相关性。

辐照减薄与未辐照对比的皮尔逊相关系数为0.889,为强相关,显著性为 3.12×10^{-17} ,有显著性相关。由此可以看出,经过电子辐照减薄气密层后的轮胎耐久时间与未辐照对比轮胎基本一致。电子辐照有抑制硫化时胶囊对胎里给予压力导致胎体附胶向轮胎外侧流动的效果,保证其最小厚度与减薄前相同,试验显示效果明显。过渡层经过电子辐照减薄后,轮胎的性能基本保持一致。因此,全钢载重子午线轮胎采用电子辐照技术后可以减轻轮胎质量,更大程度地降低轮胎的生产

成本。

3 结语

全钢载重子午线轮胎过渡层经过电子辐照后,门尼粘度随辐照电压的增高而增大,硫化时间缩短,粘性下降,硫化胶物理性能各有增减,但影响较小。电子辐照后,半成品在后序加工中流动性减小,厚度分布更集中,可以减小过渡层厚度,从而降低成本,且对轮胎性能无不良影响。采用电子辐照技术还可以缩短硫化时间,有利于提高产能和节约能源。

参考文献:

[1] 李淑凤,陆永俊,矫阳,等. 辐射预硫化在子午线轮胎生产中的应用[J]. 轮胎工业,2008,28(12):742-746.
[2] 何小海,董毛华,谢春梅. 电子束辐照硫化的原理及应用[J]. 轮胎工业,2010,30(1):42-46.
[3] 张本尚,刘克波,李召朋,等. 全钢载重子午线轮胎过渡层的辐射预硫化及组胎后性能研究[J]. 核技术,2012,35(8):596-600.

收稿日期:2015-05-25

Application of Electron Beam Irradiation Technology in Production of Truck and Bus Radial Tire

YANG Zhen-huan, WANG Bo, XU Wei

(Hangzhou Chaoyang Rubber Co., Ltd, Hangzhou 310018, China)

Abstract: In this study, the transition layer compound of truck and bus radial tire was exposed to 50 kGy electron beam at different acceleration voltage. The test results showed that, Mooney viscosity of the compound increased as the acceleration voltage increased, while the t_{10} , t_{90} and tackiness were reduced. The physical properties of the vulcanizates changed little. With the electron beam irradiation technology, the designed thickness of transition layer could be smaller, and thus the tire weight was reduced. The test results showed that finished tire possessed the same level of endurance performance.

Key words: truck and bus radial tire; electron beam irradiation; acceleration voltage; transition layer compound; endurance

实心轮胎胎边结构

中图分类号:TQ336.1 文献标志码:D

由厦门正新橡胶工业有限公司申请的专利(公开号 CN 104875556A, 公开日期 2015-09-02)“实心轮胎胎边结构”,涉及的实心轮胎胎边结构包括实心轮胎的胎体以及位于胎体两侧的其上设有

内凹导流槽的胎边部。本发明可将热量通过导流槽由深向浅导出,加快了槽内空气的流动与置换,在确保轮胎整体刚性的同时,增强了轮胎的乘坐舒适性及散热性能,从而延长了实心轮胎的使用寿命。

(本刊编辑部 马 晓)