电子辐照技术在改善半钢子午线轮胎胎体帘布性能中的应用

李　浩，王建中，徐骏昊，王　英，罗昱坤
（中策橡胶集团有限公司，浙江 杭州　310018）

摘要：在半钢子午线轮胎胎体帘布压延生产过程中增设双窗电子辐照装置，并确保双窗口之间的电子辐照剂量匹配及电子辐照剂量稳定，研究应用电子辐照技术对胎体帘布性能和成品轮胎性能的影响。结果表明：胎体帘布经电子辐照后，帘布表面粘合性能变化不明显，帘布剥离强度相当；成品轮胎胎体帘线排布更加稳定，密度均匀，胶料渗透率大幅降低，帘线物理性能变化不大；轮胎的高速性能和耐久性能相当，滚动阻力略有改善，均匀性和动平衡性能有所改善。

关键词：半钢子午线轮胎；胎体；电子辐照；辐照剂量；帘布性能；均匀性；动平衡性能
中图分类号：TQ330.38^{+}9；TQ330.6^{+}7；TQ336.1　　**文章编号**：1006-8171(2021)0?-0001-03
文献标志码：A　　**DOI**：10.12135/j.issn.1006-8171.2021.0?.0001
OSID开放科学标识码（扫码与作者交流）

目前，电子辐照技术在轮胎企业中应用日趋成熟[1-2]，但行业内相关技术保密性相对较高，几乎无法检索到可参考的相关资料。为了满足纤维帘布压延60～80 m·min^{-1}的生产线速度，我公司首次启用了双窗口电子辐照装置，并摸索出最佳工艺参数。本工作主要研究电子辐照技术应用对胎体帘布性能和成品轮胎性能的影响。

1　设备

采用日新驰威辐照技术（上海）有限公司提供的整套双窗口电子辐照装置（见图1），利用高压电场中加速后的电子射线辐照胎体帘布，通过高能电子与物质的交互作用来电离和激励各种物质分子，从而引发化学反应以改善材料的性能。电子辐照可以增大胶帘布的稳定性和阻挡力，一方面是使帘布包覆胶稳定；另一方面阻挡气密层胶料（一般采用丁基橡胶或卤化丁基橡胶）渗透到胎体帘布胶中，从而起到减小过渡层厚度、节约用胶量的作用。该双窗口电子辐照装置的技术参数如下：加速器最高电压　500 kV，能量不稳定度≤±2%，电压加速上升时间　50 s，辐照剂量误差≤±5%，辐照材料宽度　<160 cm，最大辐照功率　100（50×2）kW，传送速度　0～60 m·min^{-1}，噪声值　<85 dB，双辐照窗口之间保证同步性；在纤维帘布压延升速和降速时设置电流自动调节，以满足辐照剂量要求；设备异常停止时，为了防止辐照过度，使用特殊装置遮蔽辐照窗口，保护纤维帘布。

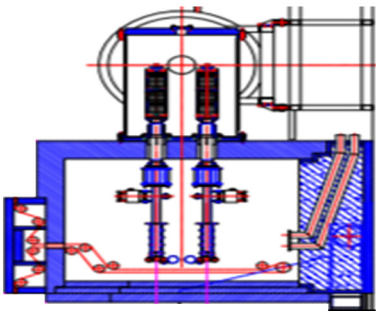


图1　双窗口电子辐照装置示意

2　技术方案

2.1　电子辐照装置在压延生产线上位置的确定

双窗口电子辐照装置安装在冷却辊与后储布之间，在整条压延生产线的顶部二楼平台上。

图2示出了半钢子午线轮胎纤维帘布压延工艺流程。

2.2　胎体帘布电子辐照工艺参数的确定

经过一系列试验验证，确定半钢子午线轮胎

作者简介：李浩（1986—），男，安徽阜阳人，中策橡胶集团有限公司工程师，在读硕士研究生，主要从事轮胎工程改进及技术管理工作。
E-mail：232935454@qq.com

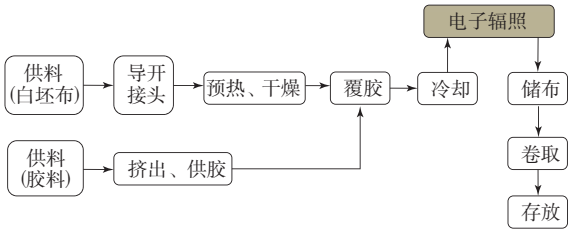


图2 半钢子午线轮胎纤维帘布压延工艺流程

胎体帘布电子辐照的工艺参数如下:辐照电压500 kV,辐照剂量 40 kGy,辐照宽度 160 cm,压延生产线速度 60 m·min^{-1}。

2.3 评价方案

试验轮胎规格为215/75R15,帘布代码为A。对比采用电子辐照前后胎体帘布以及成品轮胎的性能变化。评价项目包括半成品性能(胎体帘布表面粘性、帘布剥离强度)以及成品轮胎性能(帘线排布、帘线物理性能、胶料渗透率、高速性能、耐久性能、滚动阻力、均匀性和动平稳)。

3 结果与讨论

3.1 表面粘合力

在电子辐照前后的胎体帘布上沿幅宽方向平均取5个试样,表面粘合力的测试结果如表1所示。

表1 帘布表面粘合力测试结果 N

项 目	辐照	非辐照
试样1	4.50	4.75
试样2	4.75	5.00
试样3	5.00	6.50
试样4	6.00	4.75
试样5	5.25	5.00
平均值	5.10	5.20

从表1可以看出,电子辐照前后,胎体帘布表面粘合性能变化不明显,电子辐照不影响成型时胎体帘布的贴合[3-6]。

3.2 帘布剥离强度

由于胎体帘布是单面采用电子辐照,因此帘布剥离强度的测试分为辐照-辐照、辐照-非辐照、非辐照帘布3种方案进行对比,分别从3个大卷帘布中取样进行测试,结果如表2所示。

从表2可以看出,经电子辐照后,胎体帘布的剥离强度和覆胶等级与非辐照胎体帘布相当,符合相关标准要求。

表2 帘布表面剥离强度对比

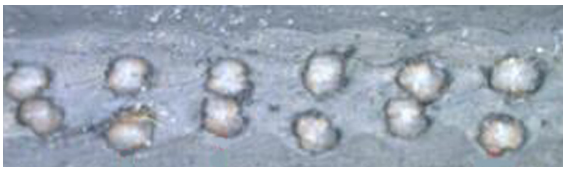
项 目	电子辐照		非电子辐照
	辐照-非辐照	辐照-辐照	
剥离强度/(kN·m^{-1})			
试样1	13.171	12.784	12.754
试样2	12.615	13.023	13.924
试样3	12.828	13.281	11.706
平均值	12.871	13.029	12.795
覆胶等级	5	5	5

注:企业标准J 4675111要求剥离强度≥9.0 kN·m^{-1},覆胶等级≥4。

3.3 成品轮胎性能

3.3.1 帘线排布

采用电子辐照前后的胎体帘布生产轮胎,成品轮胎切开断面,取帘线膨胀最大位置切片,同比例放大60倍,观察帘线排布情况,结果如图3所示。



(a)非电子辐照帘布

(b)电子辐照帘布

图3 成品轮胎胎体帘线排布情况

从图3可以看出,胎体帘布经电子辐照后,轮胎胎体帘线排布更加稳定,帘线间距一致,密度均匀。

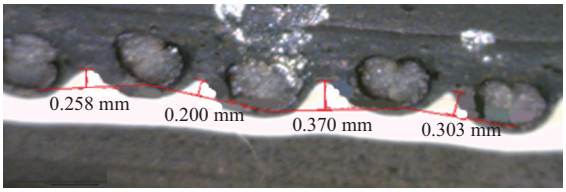
3.3.2 胶料渗透率

成型时在胎体帘布与内衬层之间贴白胶,成品轮胎切开断面,取帘线膨胀最大位置切片,同比例放大60倍,测量胶料渗透情况,结果如图4所示,图中数据为白胶渗入帘布深度(单位mm)。

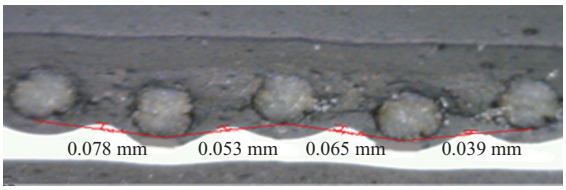
从图4可以看出,胎体帘布经电子辐照后,轮胎胎体帘线排布更加稳定,白胶渗入帘布深度减小,白胶渗透率从53.04%下降到17.50%。

3.3.3 帘线物理性能

成品轮胎胎体帘线取样做定负荷伸长率、断



(a)非电子辐照帘布



(b)电子辐照帘布

图4　胎体帘布胶料渗透情况

裂强力和断裂伸长率的对比,结果如表3所示。

表3　成品轮胎胎体帘线物理性能对比

项　　目	电子辐照	非辐照
定负荷伸长率/%		
44.1 N	4.9	5.1
58.0 N	6.3	6.5
66.6 N	7.1	7.3
88.2 N	9.1	9.2
断裂强力/N	123.8	126.2
断裂伸长率/%	12.4	12.7

从表3可以看出,胎体帘布经电子辐照后,成品轮胎胎体帘线的物理性能变化不明显。

3.3.4　高速性能和耐久性能

胎体帘布经电子辐照后,成品轮胎的高速和耐久性能满足产品技术要求,与现有产品相当。

3.3.5　滚动阻力

胎体帘布经电子辐照后,成品轮胎的滚动阻力系数为10.69 N·kN^{-1},相比现有产品的10.97 N·kN^{-1},轮胎的滚动阻力性能略有改善。

3.3.6　均匀性和动平衡性能

胎体帘布经电子辐照后,批量生产的成品轮胎胎体帘线排布不规则变化减小、稳定性提升,成品轮胎的膨胀均匀性有所改善[7],从而有效改善了轮胎的均匀性和动平衡性能。表4示出了成品轮胎的均匀性和动平衡性能测试结果。

从表4可知,胎体帘布经电子辐照后,成品轮胎的均匀性有所改善,径向力波动和一次谐波均减小了2 N,动平衡单面不平衡量减小了2.8 g。

表4　成品轮胎的均匀性和动平衡性能

项　　目	电子辐照	非辐照
均匀性/N		
径向力波动		
最大值	82	85
最小值	51	52
平均值	75	77
径向力一次谐波		
最大值	51	55
最小值	45	46
平均值	49	51
动平衡单面不平衡量/g		
最大值	30.5	31.2
最小值	16.8	22.3
平均值	24.6	27.4

注:各抽取300条轮胎进行对比测试。

4　结语

半钢子午线轮胎胎体帘布经过电子辐照后,胎体帘线覆胶稳定性得到提升,胶料渗透率下降,可以适当减小胎体帘布厚度和内衬层厚度,给企业带来直接经济效益,同时成品轮胎的高速性能和耐久性能相当,滚动阻力略有改善,均匀性和动平衡性能有所改善,可以提高轮胎的安全性,产品技术含量和竞争力提高。电子辐照技术的应用应快速推广,但各轮胎企业胎体胶料配方和工艺上存在差异,技术路线的制定要经过严谨的试验论证。

参考文献:

[1] 王福业,王玉海,高新兵,等.电子辐照预硫化轮胎技术探讨[J].橡塑技术与装备,2015,41(13):45-47.

[2] 李鹏,王培滨,孙宝余,等. 电子辐照预硫化在载重子午线轮胎内衬层中的应用[C]. “赛轮金宇杯”第19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,2016:477-480.

[3] 刘永强,姜斌,慈婷楠,等. 电子束辐照预硫化工艺对全钢子午线轮胎过渡层胶性能的影响[J]. 轮胎工业,2019,39(6):362-364.

[4] 黄光威,张允飞. 电子束辐照预硫化在全钢载重子午线轮胎生产中的应用[J]. 轮胎工业,2019,39(10):620-622.

[5] 薛彬彬,陈建军,倪海超. 间苯二酚-甲醛树脂HT1005在全钢载重子午线轮胎胎体胶中的应用[J]. 橡胶科技,2019,17(11):629-631.

[6] 焦文秀,韩玉瑶,张海盟,等. 环保粘合树脂PN760在轿车轮胎胎体胶中的应用[J]. 橡胶科技,2019,17(12):687-690.

[7] 刘程,刘振国,张新峰,等. 轿车轮胎均匀性影响因素试验研究[J]. 橡胶工业,2019,66(1):3-12.

收稿日期:2020-07-22