

半钢子午线轮胎氮气硫化工艺的改进

唐信军,余雷,赵强,朱建阳,高忠吉

(山东兴鸿源轮胎有限公司,山东 蒙阴 276200)

摘要:在原氮气保压变温硫化工艺的基础上对半钢子午线轮胎的硫化工艺进行改进。结果表明,采用高温蒸汽排放时间分别为12,3和3 s,氮气排放时间为3 s的改进硫化工艺,蒸汽和氮气排凝时间大幅缩短,废气减排显著,轮胎各部位硫化程度符合要求,成品轮胎的高速性能和耐久性能均达到企业标准和国家标准要求。

关键词:半钢子午线轮胎;硫化工艺;高温蒸汽;氮气;硫化程度;成品轮胎性能

中图分类号:TQ330.6⁺7;U463.341⁺.6

文献标志码:B

文章编号:1006-8171(2021)09-0572-03

DOI:10.12135/j.issn.1006-8171.2021.09.0572



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

硫化是轮胎制造过程中至关重要的一步,硫化工艺的选择与制定直接影响轮胎的硫化效果,最终影响轮胎的使用寿命^[1]。近年来,氮气保压变温硫化工艺有了长足的发展,成为众多知名轮胎制造商的首选^[2]。但如何提高硫化过程中的能源利用率、减少硫化废气排放一直是困扰轮胎行业的难题^[3-5]。随着科学技术的进步,利用技术手段可以准确分析轮胎的硫化历程,这使制定更高效的硫化工艺成为可能。

为有效提高硫化热能的利用率,减少硫化废气排放,我公司通过大量试验对半钢子午线轮胎氮气硫化工艺进行改进,取得了良好效果。

1 实验

1.1 主要设备和仪器

LLY-B1220×1800×2型液压式硫化机,山东欧美亚机械科技股份有限公司产品;ZR-RX45型数据记录仪,欧姆龙自动化(中国)有限公司产品;TJR-2-PC(Y)型轿车轮胎耐久高速性能试验机,天津久荣车轮技术有限公司产品。

1.2 硫化工艺方案

在现行硫化工艺的基础上设计多种硫化工艺方案,通过硫化测温筛选出最佳硫化工艺,并以发

泡点试验的形式进行验证。

原氮气保压变温硫化工艺基本流程为:硫化胶囊通入高温蒸汽(200~210℃),时间为3.5~5.5 min,期间蒸汽排凝3次,总时间为33 s;接着通入高压氮气(1.9~2.3 MPa),期间氮气排凝2次,排凝总时间为30 s,保压,达到设定时间后进行氮气回收、泄压、抽真空、开模、卸胎、后充气,整个轮胎硫化过程结束。原硫化工艺排凝时间较长,不仅造成了热能的流失,也增加了废气排放。为解决此工艺问题,选取215/60R16 95H XP1半钢子午线轮胎为例,设计了4种硫化工艺方案(见表1)并进行试验验证。

表1 硫化工艺方案

方 案	蒸汽排放时间			氮气排放时间	
现行方案	21	12	0	18	12
方案1	0	0	0	0	0
方案2	12	0	0	0	0
方案3	12	0	0	3	0
方案4	12	3	3	3	0

胎坯成型后分别在距1[#]带束层边缘5 mm处、距胎体反包边缘5 mm处、距胎圈80 mm的气密层表面预埋E型耐高温补偿导线,测温点如图1所示。硫化时连接欧姆龙数据记录仪,设定以2 s每次的频率精确记录硫化过程中的温度变化;最后利用阿累尼乌斯公式计算出180℃下的等效硫化时间,并计算等效硫化程度^[3]。阿累尼乌斯公式如下:

作者简介:唐信军(1989—),男,山东蒙阴人,山东兴鸿源轮胎有限公司助理工程师,学士,主要从事半钢子午线轮胎材料开发与硫化工艺的研究工作。

E-mail:tangxinjun@xhytyre.com

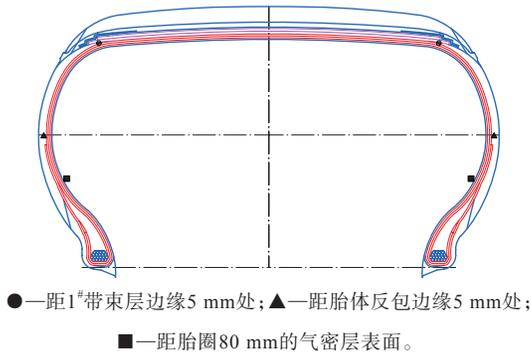


图1 测温点示意

$$\ln\left(\frac{t_1}{t_2}\right) = \frac{E}{R} \times \frac{T_2 - T_1}{T_1 T_2}$$

式中 T_1 和 T_2 ——硫化温度, K;
 t_1 ——温度为 T_1 时的正硫化时间, min;
 t_2 ——温度为 T_2 时的正硫化时间, min;
 R ——气体常数, $8.314 \text{ J} \cdot (\text{mol} \cdot \text{K})^{-1}$;
 E ——硫化反应活化能, $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

2 结果与讨论

2.1 测温结果

对硫化过程记录的温度数据进行计算和分析, 得到方案1—4轮胎各部位的等效硫化程度见表2。由表2可以看出, 采用方案4, 即高温蒸汽排放时间分别为12, 3和3 s, 氮气排放时间为3 s时, 带束层、胎体和内衬层等主要评价点上下模等效硫化程度较大。

表2 等效硫化程度 %

部 位	方案1	方案2	方案3	方案4
上模带束层	422	386	385	425
下模带束层	296	327	313	320
上模胎体	634	677	623	693
下模胎体	461	480	504	470
上模内衬层	394	403	384	420
下模内衬层	170	210	216	206

方案4各测温点在整个硫化过程中的温度历程如图2所示。

从图2可以看出: 在0~5.5 min期间, 即蒸汽通入阶段, 温度上升迅速; 在5.5~12.5 min期间, 即氮气通入阶段, 温度缓慢上升并逐渐达到最高温度。在这两个阶段, 温度并没有因排凝而降低, 说明该方案排凝时间比较合理, 因此选取方案4进行进一步试验验证。

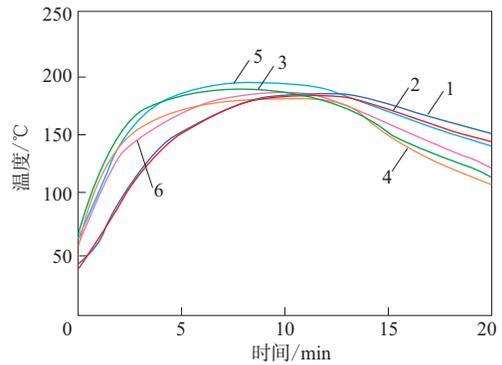


图2 方案4各测温点在整个硫化过程中的温度历程
 1—上模带束层; 2—下模带束层; 3—上模胎体; 4—下模胎体;
 5—上模内衬层; 6—下模内衬层。

2.2 发泡点试验

2.2 发泡点试验

方案4的发泡点试验结果见表3, 气泡点示例见图3。

表3 方案4的气泡点时间、硫化时间和硫化程度

规 格	气泡点时间/min	硫化时间/min	硫化程度/%
165/65R14	8.5	11.5	135
215/60R16	10.0	12.0	125
235/45R18	11.5	15.0	130
285/50R20	13.0	16.5	127



图3 气泡点示例

由表3可见, 在不改变硫化时间的情况下, 采用新工艺硫化的不同规格轮胎硫化程度依然较高。

2.3 成品性能

对采用改进硫化工艺硫化的215/60R16 95H成品轮胎按照GB/T 4502—2016进行高速性能和耐久性试验^[4]。表4和5分别示出了轮胎高速性能和耐久性试验条件。结果表明, 轮胎在高速性能试验中累计行驶时间为1.88 h, 耐久性试验中累计行驶时间为70.58 h, 均达到企业标准和国家标准要求。

表4 轮胎高速性能试验条件

阶段	试验速度/(km·h ⁻¹)	试验时间/min
1	0~230	10
2	230	10
3	240	10
4	250	10
5	260	10
6	270	10
7	0	停机检测
8	0~270	10
9	280	10
10	290	10
11	300	10
12	310	10
13	320	3

表5 轮胎耐久性试验条件

阶段	负荷率/%	负荷/kg	试验时间/h
1	85	523	4
2	90	554	6
3	100	615	24
4	—	—	停机检测
5	100	615	1.5
6	100	615	4
7	110	677	4
8	120	738	4
9	130	738	4
10	140	738	4
11	150	738	4
12	160	738	4
13	170	738	4
14	180	1 107	3.08

2.4 效果

采用改进硫化工艺后,半钢子午线轮胎硫化工艺蒸汽和氮气排凝时间分别缩短了45%和90%,整个硫化过程中废气减排67%。改进硫化工艺在提升轮胎品质的同时充分利用热能,大幅降低了废气排放,为公司的绿色发展提供了有力支撑。

3 结语

在原氮气保压变温硫化工艺的基础上对半钢子午线轮胎的硫化工艺进行改进。结果表明,采用高温蒸汽排放时间分别为12,3和3 s,氮气排放时间为3 s的改进硫化工艺,蒸汽和氮气排凝时间大幅缩短,废气减排显著,轮胎气泡点时间相近,硫化程度符合要求,成品轮胎的高速性能和耐久性均达到企业标准和国家标准要求。

参考文献:

- [1] 杨慧,游长江. 现代橡胶技术丛书:轮胎[M]. 北京:化学工业出版社,2013:173-178,190-191.
- [2] 黄蕊芬,李海鹏,李华美,等. 轮胎保压变温硫化方法[P]. 中国:CN 104385506A,2015-03-04.
- [3] 杨清芝. 实用橡胶工艺学[M]. 北京:化学工业出版社,2005:420-428.
- [4] 杨慧,游长江. 现代橡胶技术丛书:橡胶分析与检验[M]. 北京:化学工业出版社,2013:198-199.
- [5] 武梅丞,李文东,杨茂林,等. 巨型工程机械子午线轮胎的变温硫化工艺研究[J]. 橡胶工业,2019,66(2):142-145.

收稿日期:2021-03-08

Improvement of Nitrogen Curing Process for Steel-belted Radial Tire

TANG Xinjun, YU Lei, ZHAO Qiang, ZHU Jianyang, GAO Zhongji

(Shandong Xinghongyuan Tyre Co., Ltd, Mengyin 276200, China)

Abstract: The curing process of steel-belted radial tire was improved on the basis of the original nitrogen curing process with fixed pressure and variable temperature. The results showed that the improved curing process with high-temperature steam discharge time of 12, 3 and 3 s and nitrogen discharge time of 3 s could greatly shortened the steam and nitrogen condensation time, significantly reduced the emission of exhaust gas, and the curing degree of all parts of the tire met the production requirements. The high-speed performance and durability of the finished tire met the requirements of enterprise standards and national standards.

Key words: steel-belted radial tire; curing process; high temperature steam; nitrogen; curing degree; finished tire performance