

实心轮胎变温硫化工艺的研究

李元敬, 苟登峰

(贵州轮胎股份有限公司, 贵州 贵阳 550008)

摘要:研究实心轮胎变温硫化工艺。结果表明:与普通硫化工艺相比,采用变温硫化工艺可以明显降低轮胎的过硫程度,提高轮胎的硫化均匀性;成品轮胎的耐久性能和胎面胶物理性能提高,外观缺陷明显减少,从长期连续生产来看可以降低能源消耗。

关键词:实心轮胎;变温硫化工艺;硫化均匀性;成品性能

中图分类号:TQ330.6⁺7;U463.341

文献标志码:A

文章编号:1006-8171(2022)02-0113-04

DOI:10.12135/j.issn.1006-8171.2022.02.0113



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

轮胎作为一种橡胶厚制品,在硫化过程中会出现明显的温度梯度,从而导致硫化不均匀。在橡胶厚制品硫化过程中,持续加热一定时间后停止热循环,依靠设备及橡胶内部积蓄的热量保证制品硫化程度最弱部位持续硫化到终点,制品其余部位过硫程度大幅降低,从而提高轮胎硫化程度的均匀性^[1-4]。

实心轮胎的传统硫化工艺均以轮胎中心部件的硫化效应作为硫化终点的判定标准。该标准虽然能保证轮胎整体硫化程度均达到正硫化,但是轮胎外层胶料在硫化后期均处于过硫状态,轮胎整体硫化程度差异很大,特别是胎面胶过硫程度高会直接影响轮胎的使用性能^[5-6]。

本工作主要基于硫化过程中持续加热一定时间后停止热循环,降温后轮胎较深部位受影响较小仍可继续硫化,既保证了轮胎内部充分硫化,又能避免或减少轮胎外部的过硫现象的原理进行研究,并开展该原理在实心轮胎硫化工艺领域的实际应用及相关的试验验证。

1 实验

1.1 试验方案

选取6.50-10/5.0-OB502实心轮胎,分别在

作者简介:李元敬(1982—),男,贵州铜仁人,贵州轮胎股份有限公司工程师,硕士,从事橡胶配方设计及硫化工艺管理工作。

E-mail:liyuanjing@gtc.com.cn

其胎面胶、中间胶和基部胶的中心位置埋入测温线,测定硫化过程中各部位的温度变化,并计算等效硫化时间。

普通硫化工艺如下:硫化温度为 $(145 \pm 2)^\circ\text{C}$,硫化机合模压力为21 MPa,硫化过程持续加热210 min出模,轮胎出模后在室温下自然冷却。

变温硫化工艺如下:硫化温度为 $(145 \pm 2)^\circ\text{C}$,硫化机合模压力为21 MPa,硫化过程持续加热165 min,停止蒸汽循环持续45 min,总硫化时间为210 min,轮胎出模后在室温下自然冷却。

1.2 埋线及硫化过程温度的测定

实心轮胎的埋线测温点如图1所示。

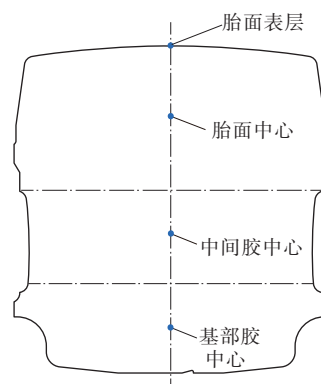


图1 实心轮胎的埋线位置示意

分别采用普通硫化工艺和变温硫化工艺对实心轮胎进行硫化,每隔3 min记录1次各测温点的实际温度,轮胎出模后持续记录后硫化温度的变化。

2 结果与讨论

2.1 硫化过程中的温度分布

在轮胎硫化过程中,各测温点的硫化温度如表1所示。

从表1可以看出:在变温时间点之前,变温硫化工艺与普通硫化工艺各测温点的温度非常接近,变温时间点之后的温度差异逐渐明显;变温

阶段变温硫化轮胎基部胶和胎面胶的温度逐渐降低,中间胶的升温速度也明显变慢;在变温硫化过程中胎面表层温度仅在变温时间段内与普通硫化过程有较为明显的差异;胎面胶在变温硫化过程的后硫化阶段温度均比普通硫化工艺低6~8℃。可见在一定的温度和压力下保持热循环后,停止热循环,持续到硫化结束,硫化温度在硫化过程中

表1 变温和普通硫化过程及后硫化期间轮胎各测温点的硫化温度℃

时间/min	基部胶		中间胶		胎面胶		胎面表层	
	变温硫化	普通硫化	变温硫化	普通硫化	变温硫化	普通硫化	变温硫化	普通硫化
0	79	78	96	97	95	98	48	52
15	80	80	97	97	97	97	125	125
30	84	84	96	96	102	101	130	130
45	89	89	96	96	105	104	134	134
60	94	93	97	97	110	109	136	137
75	100	100	99	99	115	114	139	139
90	103	103	101	101	118	119	140	140
105	108	107	104	104	123	123	141	141
120	112	111	107	108	126	126	141	141
135	117	116	111	111	127	128	141	142
150	120	119	114	114	129	129	141	142
变温阶段								
165	123	112	118	117	130	131	142	141
180	122	127	121	123	128	132	139	140
195	120	128	125	126	126	132	136	140
210	118	129	126	128	125	133	133	141
后硫化阶段								
225	117	131	129	129	123	129	85	87
240	115	129	129	129	120	127	78	79
255	114	125	126	128	118	125	73	74
270	113	122	123	126	115	122	68	69
285	112	118	118	124	113	120	64	65
300	110	116	116	122	110	118	59	60
315	109	114	113	120	108	116	56	55

缓慢下降。

变温和普通硫化过程及后硫化期间轮胎胎面胶的温度曲线如图2所示。

从图2可以看出,采用变温硫化工艺后轮胎胎面胶在变温时间点之前的温度变化较小,在变温时间点之后直至后硫化效应结束硫化温度明显低于普通硫化工艺,该温度条件下轮胎的硫化程度也大幅降低。说明采用变温硫化工艺可以明显降低轮胎的过硫程度,提高轮胎的硫化均匀性。

变温和普通硫化过程及后硫化期间轮胎中间胶的温度曲线如图3所示。

从图3可以看出:由于轮胎在变温之前已经持

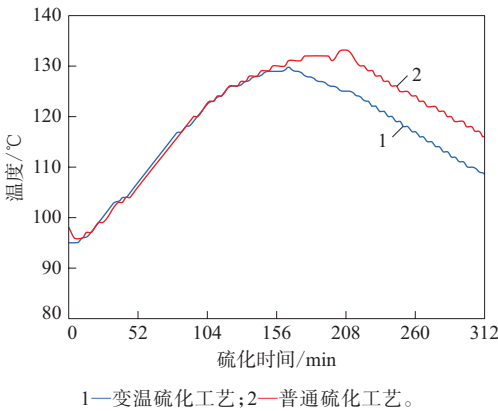


图2 变温和普通硫化过程及后硫化期间轮胎胎面胶的温度曲线

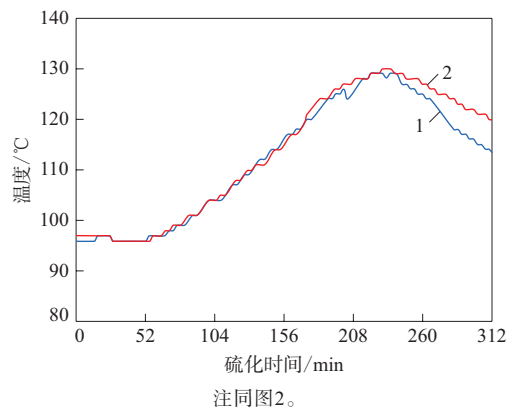


图3 变温和普通硫化过程及后硫化期间轮胎中间胶的温度曲线

续加热165 min,橡胶及硫化模具已积蓄了足够的热量,变温硫化与普通硫化过程中轮胎中间胶在轮胎出模前的硫化温度变化较小;轮胎出模后,由于胎面胶和基部胶的温度均有不同程度降低,轮胎积蓄的热量也在硫化过程中被大量消耗,因此硫化温度开始有较大幅度的降低。

2.2 等效硫化时间及过硫程度

变温和普通硫化过程及后硫化期间轮胎各部位的等效硫化时间变化曲线如图4所示。

从图4可以看出:在变温硫化过程中,胎面胶的等效硫化时间上升速率明显低于普通硫化过程;中间胶的等效硫化时间上升速率略有下降,这表明实心轮胎的硫化均匀性明显提高。

轮胎后硫化结束时各部位的等效硫化时间及过硫程度如表2所示。

从表2可以看出,与普通硫化工艺相比,变温硫化工艺轮胎后硫化结束后各部位中心位置的过硫程度明显降低,轮胎硫化均匀性明显提升,胎面

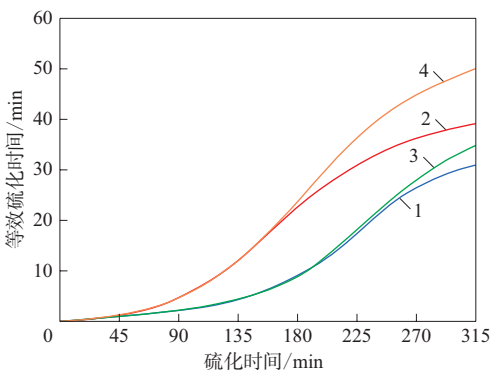


图4 变温和普通硫化过程及后硫化期间轮胎各部位的等效硫化时间变化曲线

表2 轮胎后硫化结束时各部位的等效硫化时间及过硫程度

轮胎部位	变温硫化		普通硫化	
	等效硫化时间/min	过硫程度/%	等效硫化时间/min	过硫程度/%
基部胶	23.03	54	35.08	134
中间胶	31.04	11	34.83	24
胎面胶	39.32	97	49.92	149
胎面表层	88.60	343	93.09	360

表层因为紧靠热源,过硫程度下降不明显。

2.3 成品性能

2.3.1 耐久性能

分别采用普通硫化工艺和变温硫化工艺制备6.50-10/5.0-OB502实心轮胎,按GB/T 22391—2017《实心轮胎耐久性能试验方法》进行耐久性测试,试验结果如表3所示。

从表3可以看出,采用变温硫化工艺制备的轮胎的耐久性能明显优于采用普通硫化工艺制备的

表3 成品轮胎的耐久性试验结果

项 目	试验阶段									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
负荷率/%	50	60	70	80	90	100	100	100	100	100
负荷/kg	1 360	1 663	1 900	2 170	2 445	2 715	2 715	2 715	2 715	2 715
普通硫化工艺										
行驶时间/min	15	15	15	15	15	15	15	15	48	
胎面温度/℃	49	68	77	89	99	109	121	142	162	
变温硫化工艺										
行驶时间/min	15	15	15	15	15	15	15	15	60	38
胎面温度/℃	46	61	70	77	84	92	98	108	165	178

注:采用普通硫化工艺制备的轮胎在试验第9阶段出现冠空,累计行驶时间为168 min;采用变温硫化工艺制备的轮胎在试验第10阶段出现冠空,累计行驶时间为218 min。

轮胎。

2.3.2 物理性能

对成品轮胎胎面胶进行物理性能测试,结果如表4所示。

表4 成品轮胎胎面胶的物理性能

项 目	变温硫化工艺轮胎	普通硫化工艺轮胎
邵尔A型硬度/度	69	70
100%定伸应力/MPa	3.3	3.0
300%定伸应力/MPa	9.5	8.7
拉伸强度/MPa	21.6	20.1
拉断伸长率/%	550	544

从表4可以看出,采用变温硫化工艺生产的成品轮胎胎面胶的物理性能比采用普通硫化工艺生产的成品轮胎胎面胶略有提高。根据数据判断,实际生产中采用变温硫化工艺,轮胎胎面胶过硫程度大幅降低,有效减轻了实心轮胎硫化程度不均匀的现象。

2.3.3 外观质量

针对实心轮胎花纹挂坏问题而影响一次合格率的情况,选取合格率较低的几种规格轮胎,分别采用变温硫化工艺和普通硫化工艺进行生产,成品出模挂坏发生率对比结果如表5所示。

从表5可以看出,采用变温硫化工艺后,成品出模挂坏发生率明显降低。

3 结论

(1)采用变温硫化工艺可以提高实心轮胎硫

表5 成品出模挂坏发生率对比

轮胎规格	变温硫化工艺轮胎		普通硫化工艺轮胎	
	生产数量/条	发生率/%	生产数量/条	发生率/%
8.25—20/6.5(7.0)	52	3.84	50	18.0
28×9—15/7.0	100	3.00	100	11.0
9.00—20/7.0	22	4.54	20	10.0

化均匀性,使成品外观缺陷减少,合格率提高。

(2)在变温硫化工艺生产过程中可调节变温时间点所占比例,既能保证轮胎整体达到正硫化,同时可大幅度降低轮胎表面过硫程度,该工艺值得在实心轮胎生产工艺领域推广。

(3)由于变温硫化工艺在变温阶段停止了蒸汽热循环,蒸汽使用量会略有减小,从长期连续生产来看,可以降低能源消耗。

参考文献:

[1] 梁星宇,周木英. 橡胶工业手册(修订版) 第三分册 配方与基本工艺[M]. 北京:化学工业出版社,1989.

[2] 汪文忠. 供应商橡胶硫化工艺的过程控制研究[J]. 广东橡胶,2019(12):20-21.

[3] 承友昕,章华军,华斌,等. 斜交轮胎氮气硫化工艺的研究[J]. 轮胎工业,2020,40(5):302-304.

[4] 王中江,魏利萍,孙洪广. 硫化工艺对轮胎性能的影响[J]. 特种橡胶制品,2016,37(3):49-52.

[5] 陈华,沈哲炎,黄在青,等. 阿伦尼乌斯方程在全钢载重子午线轮胎硫化计算中的应用研究[J]. 橡胶工业,2021,68(6):409-414.

[6] 魏利萍. 基于硫化测温技术的轮胎硫化工艺改善和配方优化[D]. 青岛:青岛科技大学,2015.

收稿日期:2021-09-28

Study on Variable Temperature Vulcanization Process for Solid Tire

LI Yuanjing, GOU Dengfeng

(Guizhou Tire Co., Ltd., Guiyang 550008, China)

Abstract: The variable temperature vulcanization process for solid tire was studied. The results showed that, compared with the common vulcanization process, the variable temperature vulcanization process could significantly reduce the degree of over vulcanization and improve the vulcanization uniformity of the tire. The durability of the finished tire and the physical properties of the tread compound were improved, and the appearance defects were significantly reduced. From the perspective of long-term continuous production, the energy consumption could be reduced.

Key words: solid tire; variable temperature vulcanization process; vulcanization uniformity; finished tire performance