

轮胎高温硫化条件与胶料硫化特性的关系

宋修信 张浩 丁汝建 单国玲

(三角集团有限公司,威海 264200)

摘要 探讨了轮胎高温硫化条件与各部位胶料硫化特性的关系,确定各部位胶料的硫化特性应满足 t_z (等效正硫化时间) $> t_{\min}$ (最短开模时间), $t_{90} < t_d$ (总等效硫化时间) $< t_{\max}$ (最长硫化平坦时间)的设计原则,以及胶料在硫化过程中达到的最高温度应低于或等于胶料可达到的最高温度 t_{\max} 。按此条件设计并试制的高温硫化 165/70SR 13 子午线轮胎耐久性能、高速性能和实际里程试验性能均与常温硫化轮胎相当。

关键词 高温硫化,子午线轮胎,硫化特性

硫化条件不仅对轮胎的性能至关重要,而且对轮胎的生产成本影响也很大,因此确定合理的硫化条件对轮胎生产十分重要。

近年来,我国轮胎硫化工艺逐渐向高温硫化方向发展。目前我国轮胎高温硫化工艺大体可分为3种:外温 160~165,内温 170~175;外温 165~177,内温 177~190;外温 170~175,内温 206~210。本课题以 165/70SR 13 子午线轮胎为例,探讨第3种高温硫化条件对胶料硫化特性的影响。

1 数据测试与计算

用孟山都 ODR 2000 硫化仪测试胶料的 t_{10} , t_{50} , t_{90} 和最长硫化平坦时间 t_{\max} 。

用阿累尼乌斯方程计算胶料的总等效硫化时间 t_d 、等效正硫化时间 t_z 和等效后硫化时间 t_h 。

2 轮胎硫化条件与胶料硫化特性

2.1 轮胎硫化内温和外温的确定

根据国内外文献报道并综合硫化效应和硫化温度对胶料性能的影响,165/70SR 13 子午线轮胎的硫化条件确定为:外温 170,加热介质 饱和蒸汽;内温 210,加热介质 1.8 MPa 饱和蒸汽。

2.2 轮胎硫化条件与胶料硫化特性的相关性

由于轮胎的硫化效应分为正硫化效应和后

硫化效应,且各部位胶料具有 $t_{90} < t_d < t_{\max}$ 的特性;同时高温硫化具有温度高、时间短的特点,因此高温硫化的后硫化(无压)效应较大。要充分利用后硫化效应除必须考虑最短开模时间 t_{\min} (又称为气泡点,即在该时刻开模胶料中挥发性反应物产生的内压不会导致胶料内气孔生成)外,还要考虑硫化温度对胶料性能的影响,即必须确定各部位胶料硫化时可达到的最高温度 t_{\max} ,并以此温度来确定各部位胶料的物理性能。

2.3 t_{\max} 的确定

由于硫化温度升高,胶料的硫化返原性增大,因此应确定各部位胶料的 t_{\max} ,以保证成品轮胎的性能。由于胎冠、胎侧、胎圈和三角胶等部位胶料的硫化返原性可以通过增大 SR 用量、调整硫化体系和采用抗硫化返原剂等方法来改善,而带束层不仅要求胶料与钢丝的粘合强度高,而且要求胶料的硫质量分数较大,同时钴盐对胶料的硫化返原性也有一定的影响,因此轮胎各部位胶料的 t_{\max} 的确定应以带束层胶料的 t_{\max} 为考虑重点。

按硫化外温为 170、内温为 210 和正硫化时间为 16 min 进行实际测温,结果如图 1 所示。从图 1 可知,在硫化时间为 12~16 min 时,轮胎各部位的温度为 158~175。综合硫化效应及温度对胶料性能的影响,并考虑到试验的简便,确定各部位胶料的 t_{\max} 为 170。

2.4 t_{\min} 的测算

试验在实验室平板硫化机上进行,试样尺寸为 20 mm × 200 mm × 200 mm,平板温度

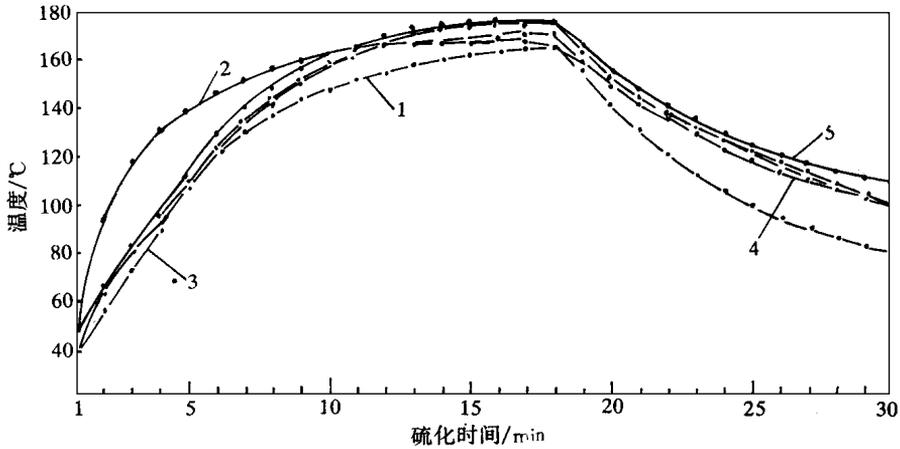


图 1 165/70SR 13 子午线轮胎高温硫化时的实测硫化时间-温度曲线

1—胎圈/三角胶;2—胎侧/帘布;3—胎肩;4—胎面/带束层;5—帘布中

为 148 和 170 ,中心点温度用热电偶测温仪测试,且在不同硫化时间选取试样不同断面。根据不出现气泡的最短硫化时间算出的等效硫化时间即为 t_{min} 。试验确定每种胶料的 t_{min} 约等于 t_{50} ,因此 165/70SR 13 子午线轮胎高温硫化时各部位胶料的 t_{min} 确定为 t_{50} 。

2.5 胶料硫化特性的设计

根据 $t_z > t_{min}, t_{90} < t_d < t_{max}$ 的原则,设计了子午线轮胎 165/70SR 13 各部位胶料在 148 和 170 时的硫化特性,见表 1。据测试,硫化条件为 170 \times 15 min 时轮胎各部位胶料的拉伸强度、300%定伸应力、100%定伸应力虽然比硫化条件为 148 \times 30 min 时下降了约 20%,但仍能满足要求。

3 热传导系数及计算硫化温度场模拟系统的建立

根据实际测温结果确定胶料的热传导系数和根据傅立叶传热方程对轮胎硫化边界条件,

如轮胎断面厚度、胶囊厚度、内温、外温、环境温度做进一步的处理,开发了计算机硫化温度场仿真软件。用该软件可以对不同规格轮胎的硫化温度场进行模拟,并进行相应硫化效应计算,确定合理的硫化条件。

4 轮胎硫化条件和胶料硫化特性的验证

(1)根据测温数据计算 165/70SR 13 子午线轮胎各部位胶料在硫化时间为 10~16 min 的 t_z, t_{50}, t_h, t_d 和达到的最高温度,结果如表 2 所示。从表 1 和 2 分析得出:

硫化时间为 10~11 min 时,各部位胶料的 $t_z < t_{50}$,即 $t_z < t_{min}$;

硫化时间为 12~16 min 时,各部位胶料的硫化特性符合 $t_z > t_{min}, t_{90} < t_d < t_{max}$ 的原则,但硫化时间为 14 min 时带束层胶料的 $t_d > t_{max}$,达到的最高温度高于 $t_{max}(170)$ 。

综上所述,硫化时间为 12 和 13 min 时,各部位胶料的硫化特性满足 $t_z > t_{min}, t_{90} < t_d <$

表 1 设计的 165/70SR 13 子午线轮胎的各部位胶料硫化特性

硫化特性	胎冠	胎侧	带束层	胎体	三角胶	胎圈
硫化温度 148						
t_{10}/min	6~8	7~9	4~6	6~7	3~5	4~6
t_{50}/min	9~12	11~14	8~10	8~10	6~8	7~9
t_{90}/min	17~22	18~24	15~20	17~22	13~17	15~20
t_{max}/min	>60	>60	35	>60	40	>50
硫化温度 170						
t_{10}/min	1.5~2.5	2~3	1~2	1~2	1~2	1~2
t_{50}/min	2.5~3.5	3.5~4.5	2~3	2~3	1.5~2.5	2~3
t_{90}/min	4~5	5~7	4~5	4~5	3~4	4~5
t_{max}/min	>20	>20	10	15	15	20

表2 165/70SR13子午线轮胎高温硫化时各部位胶料的硫化特性

硫化特性	硫化时间/min						
	10	11	12	13	14	15	16
胎面							
t_z /min	6.50	10.20	14.20	18.50	23.20	28.00	33.20
t_H /min	11.70	15.02	18.10	21.00	23.60	25.80	27.10
t_d /min	18.20	25.22	32.30	39.50	46.80	53.80	60.30
达到的最高温度/	161	164	166	169	170	171	172
带束层							
t_z /min	6.90	9.60	12.60	15.70	19.10	22.00	25.80
t_H /min	8.31	11.70	15.30	18.60	21.20	23.10	24.68
t_d /min	15.22	21.30	27.90	34.30	40.30	45.10	50.48
达到的最高温度/	161	165	167	169	171	172	174
胎体							
t_z /min	8.90	11.80	16.10	20.90	26.00	31.20	36.30
t_H /min	16.20	20.10	24.30	28.20	33.90	35.87	37.21
t_d /min	25.10	31.90	40.40	49.10	59.90	67.07	73.51
达到的最高温度/	166	169	170	172	174	175	177
胎侧							
t_z /min	11.70	14.40	17.20	20.10	23.10	26.20	29.30
t_H /min	5.57	8.09	10.60	15.70	18.00	20.20	22.23
t_d /min	17.27	22.49	27.80	35.80	41.10	46.40	51.53
达到的最高温度/	163	164	165	166	167	168	168
三角胶							
t_z /min	4.20	5.70	8.40	9.40	11.70	14.10	16.70
t_H /min	10.50	12.87	23.42	27.88	31.50	35.00	37.80
t_d /min	14.70	18.57	23.42	27.88	31.50	35.00	37.80
达到的最高温度/	151	154	157	160	162	163	165
胎圈							
t_z /min	4.26	6.15	9.54	11.38	14.61	18.02	21.41
t_H /min	9.84	13.25	16.40	19.30	21.70	23.60	25.80
t_d /min	14.06	19.04	25.94	30.68	36.33	41.62	47.21
达到的最高温度/	157	161	163	165	167	169	170

t_{\max} 的设计原则,且硫化过程中各部位胶料达到的最高温度低于 t_{\max} 。考虑到胶料硫化特性和硫化工艺条件的波动,取 65/70SR13 子午线轮胎的正硫化时间为 13 min。

(2) 根据前面确定的高温硫化条件,即外温为 170,内温为 210,正硫化时间为 13 min,试制了 165/70SR13 子午线轮胎,轮胎成品的性能见表 3。从表 3 看出,高温硫化轮胎的耐久性能、高速性能和实际里程试验性能均与常温硫化轮胎相当。

5 结论

高温硫化轮胎的胶料硫化特性必须满足

表3 高温硫化和常温硫化轮胎成品性能对比

性能	高温硫化	常温硫化
耐久性能	200 h 未坏	200 h 未坏
高速性能(180 km·m ⁻¹)	7 min 起肩泡	10 min 起肩泡
实际里程/km	72 000	72 100
累积平均磨耗/ km·mm ⁻¹	9 738	9 743

$t_z > t_{\min}, t_{90} < t_d < t_{\max}$ 的设计原则,且硫化过程中各部位胶料达到的最高温度低于或等于

t_{\max} 。

第十届全国轮胎技术研讨会论文

(下转第 443 页)

(上接第 426 页)

Relationship between Curing Conditions and Curing Characteristics for Tire Cured at Elevated Temperature

Song Xiuxin, Zhang Hao, Ding Rujian and Shan Guoling

(Triangle Group Co., Ltd., Weihai 264200)

Abstract The relationship between the curing conditions and the curing characteristics of various components for the tire cured at the elevated temperature has been investigated. It is found that the curing characteristics of various components should be determined based on the design principle that t_z (equivalent optimum cure time) $> t_{\min}$ (minimum mold open time), $t_{90} > t_d$ (total equivalent cure time) $< t_{\max}$ (maximum plateau cure time), and the maximum temperature, which the compound encounters during vulcanization, the maximum temperature t_{\max} , which is critical point for the compound reversion. The endurance, speed performance and treadlife of 165/70SR13 radial tire cured at the elevated temperature based on the above principle are comparable to those of the tire cured at normal temperature.

Key words elevated temperature vulcanization, radial tire, curing characteristics