

轮胎硫化测温

傅彦杰

(北京橡胶工业研究设计院 100039)

摘要 以 9.00 - 20 14PR 轮胎为试验对象,通过对多条轮胎在不同硫化时间下的温度测定,发现其最低受热部位是胎面下层;硫化温度测定值的标准偏差为 ± 3 , 变异因数小于 2%;不同硫化时间下轮胎在升温和温度保持阶段都有较好的一致性,冷却阶段的降温速率大致相同;平行于降温曲线可以引出任意条硫化时间不同的测温曲线,以确定过硫化轮胎硫化时间的缩短量。

关键词 轮胎,硫化,温度分布,等效硫化

橡胶是热的不良导体,像轮胎这样的橡胶厚制品,在硫化过程中其内部会形成温度场,与硫化模具形成温度梯度。当轮胎表面达到正硫化,甚至过硫时,其中心部位也许仍处于欠硫状态。因此,在确定橡胶厚制品的硫化工艺条件时,首先要考虑使其中心部位必须达到正硫化。在实际生产中,当硫化温度确定后,为了保险起见,在适合正硫化工艺条件下,往往还要延长一定的硫化时间。这种用延长硫化时间来减少欠硫发生的做法,在硫化温度控制水平相对较低的过去,或许不失为一种有效的措施。但是,随着现代自控水平的提高,在硫化温度稳定控制的条件下,因过硫导致轮胎质量降低以及能耗增大等问题则日趋突出。

为了使过硫化轮胎通过缩短硫化时间,尽可能保持良好的硫化状态,本研究以我院罐硫化 9.00 - 20 14PR 轮胎作为试验对象,通过对多条轮胎在不同硫化时间下的温度测定,在弄清轮胎内部温度分布的基础上,进行了适当缩短过硫化轮胎硫化时间的探讨。

1 实验

1.1 测温仪器和设备

采用我院研制的 ZLW-16 型智能硫化测温仪,它可在测温现场即时测出 16 个测温点不同

作者简介 傅彦杰,男,60岁。高级工程师。已发表论文 50 余篇,多篇被美国《化学文摘》(CA)收录,译著 60 余万字。省部级鉴定成果 3 项。主要从事 SR 的应用开发,主持开发和推广实用效果较好的科研项目有橡胶厚制品(轮胎等)在非等温硫化中的温度测定、等效硫化时间计算及最佳硫化匹配技术等。

时间下的温度值。配型热电偶为 0.3 mm 外覆聚四氟乙烯绝缘层的 E 型热电偶。测温补偿导线电缆由 16 对 E 型热电偶组成。

1.2 热电偶的埋置

成型 3 条 9.00 - 20 14PR 轮胎,在成型过程中,将预先配对的热电偶埋置在如图 1 所示的各个测温位置上。为了保证分次测温试验数据的准确性,3 条轮胎均在同一台成型机上,由

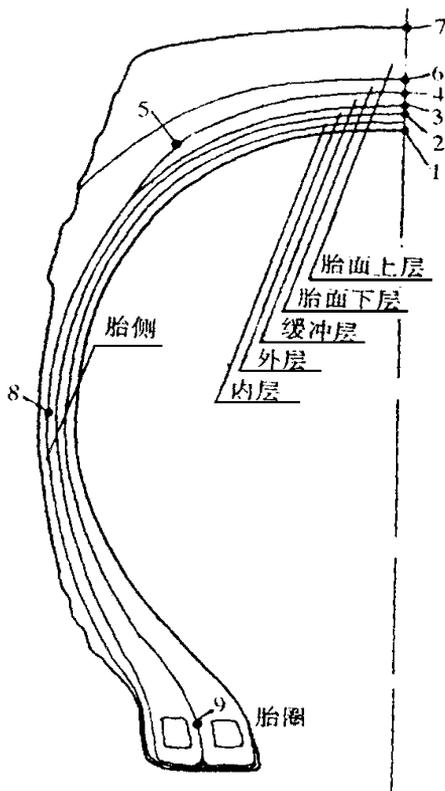


图 1 热电偶埋设位置示意图

- 1—水胎-内衬层;2—内层-外层;3—外层-缓冲层;4—缓冲层-胎面下层;5—胎面下层(肩部)-缓冲层;6—胎面上-下层;
7—胎面-模型;8—胎侧-外层;9—双钢圈间

同一个成型工连续完成埋线及成型操作。

1.3 硫化

用 850/2200 型立式水压硫化罐以不同的硫化保持时间对 3 条样胎分别进行单胎硫化。硫化工艺条件如表 1 所示。

表 1 硫化工艺条件

工艺操作	工艺条件	时间/min
蒸汽预热水胎	蒸汽压在 0.8 MPa 以上	5
打内压过热水	蒸汽压为 2.8 MPa, 温度在 160 以上	5
外压升温	蒸汽压为 0~0.1 MPa	15
	蒸汽压为 0.1~0.3 MPa	5
硫化保持	蒸汽压为 0.3 MPa	60, 50, 40
罐内后冷却	内冷却水压在 0.7 MPa 以上, 外冷却水漫罐	35

2 结果与讨论

2.1 硫化温度分布

对 3 条样胎硫化时各部位温度测定结果进行比较发现,其内部各测温点的温度变化趋势基本一致。以硫化保持时间为 60 min 的样胎为例,其各测温点的硫化温度变化情况如图 2 所示。

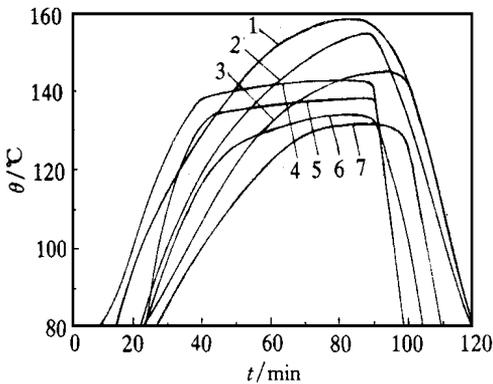


图 2 各测温点的硫化温度变化趋势

- 1—水胎-内衬层; 2—内层-外层; 3—外层-缓冲层;
4—外层-胎侧; 5—胎面-模型; 6—胎面-上层;
7—缓冲层-胎面下层

由图 2 可见,升温最快的是与外模或水胎接近的部位,中心部位升温最慢,外层-缓冲层、内层-外层等处的温度介于中心与外表之间。升温 and 硫化保持阶段的温度分布形态基本相同。由于过热水温度高于外蒸汽,因此接近水胎部位的温度也略高于接近模型部位的温度。最低受热部位是胎面下层,而不是一般认为的

缓冲层,这主要是因为该部位处于冠部的中心(参见图 1)。升温快的部位降温也快,反之,升温慢的部位降温也慢。接近模型部位的降温效果明显优于接近水胎部位。

以上现象的产生,均是由橡胶本身导热性差所致。轮胎在硫化过程中,因与热源距离的不同导致了升温滞后程度不同,从而使各部位在整个硫化过程中的受热历程不同,这即是厚制品的所谓非等温硫化过程。

在对 3 条不同硫化保持时间的轮胎测温后,还对其中两条在第 1 次测温周期结束后,不启模,冷却至正常温度后,再升温,重复第 1 次的操作,进行第 2 和第 3 次测温试验。

将每条重复测温轮胎各部位 3 次测温得到的温度-时间曲线进行对比,发现生胎(第 1 次硫化)与熟胎(第 2 和第 3 次硫化)所测得的结果没有明显差别。

实际上橡胶的硫化反应属于放热反应,硫化胶与未硫化胶的热传导性也有所差别,因而生胎与熟胎的内部温度理应有所差异。而事实上差别不明显可能是由于轮胎胶料中硫黄含量甚少,放热效应较小,同时又被测温误差所掩盖的结果。

2.2 测温误差

轮胎测温试验的误差通常是很大的,这是业内人士的共识,但就误差大小的量化研究尚未见报道。对本试验的多条轮胎和多次温度测定结果进行统计,尽管试样数量有限,但仍可粗略地给出测试的误差范围。

由于升温阶段温度较低而对硫化贡献不大,因此仅取轮胎各部位硫化保持即将结束时的温度测定值进行计算,结果列于表 2。

通过对表 2 中数据的分析可知,温度测定值的标准偏差为 ± 3 , 变异因数小于 2%。

2.3 温度-时间曲线的进一步处理和利用

将不同硫化保持时间的轮胎按测温部位的不同绘制出温度-时间曲线。以内层-外层和胎侧-外层两个部位为例,结果如图 3 和 4 所示。

由图 3 和 4 可见,不同硫化保持时间的轮胎的温度变化趋势,在升温 and 温度保持阶段都具有较好的一致性,在冷却阶段的降温速率大致相同,即曲线降温段具有较好的平行性。

这一事实为合理缩短过硫化轮胎的硫化时

表2 各部位温度测定值与试验误差

项 目	内层-外层	外层-缓冲层	缓冲层-胎面下层	胎面上-下层	胎侧-外层	双钢圈间	模型	水胎出口
硫化保持时间/min								
60	—	144	—	133	—	—	143	—
60	154	—	132	133	142	142	143	—
60	152	148	138	131	143	145	143	163
50	147	—	132	133	139	—	142	—
50	151	145	136	130	143	143	144	162
40	148	144	135	131	142	141	143	167
平均值(\bar{x})	150.4	145.3	134.6	131.8	141.8	142.8	143.0	164.0
方差根(S) ¹⁾	2.9	1.9	2.6	1.3	1.6	1.4	1.4	2.6
变异系数(σ)/% ²⁾	1.9	1.3	1.9	1.0	0.7	1.0	1.0	1.6

注:1) $S = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$; 2) $\sigma = \frac{S}{\bar{x}} \times 100\%$ 。

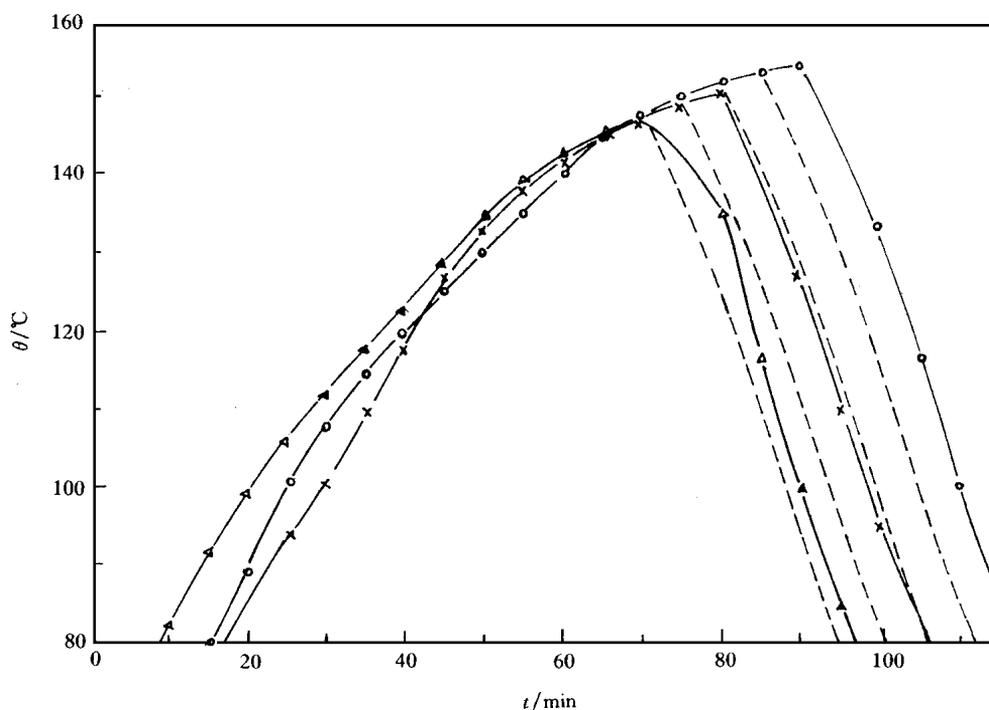


图3 不同硫化时间内层-外层实测与引出温度曲线的比较

—硫化保持 60 min; ×—硫化保持 50 min; ·—硫化保持 40 min

——实测值; - - - 引线值

间提供了帮助,即可以在每条实测温度-时间曲线上,按硫化时间缩短量的不同,平行于该曲线的降温部分(即斜率相同),引出任意条降温曲线,形成许多条完整的升、降温曲线(参见图3和4)。以硫化保持时间为60 min的测量曲线为基准,分别引出缩短5,10,15和20 min的4条降温曲线。可以看出,引出线与实测线基本吻合,从而可以获得硫化保持时间分别为60,55,50,45和40 min的5条完整的温度-时间曲线。

将测温轮胎各部位的温度-时间曲线均进

行上述处理,便可通过一次测温试验获得多次进行缩短硫化时间的试验结果。

表3列出了外层部位在不同硫化时间下,采用实测与引线两种方法,按胶料硫化反应活化能的大小,通过对“相对硫化速度表”查找累加计算^[1]得到的等效硫化时间。

由表3可见,两种方法所得结果相近。

2.4 合理缩短硫化时间

采用上述的引线法,将被测轮胎所有部位的测温曲线均进行同样处理,按照最低受热部位的硫化状态,如果轮胎存在过硫化现象,则可

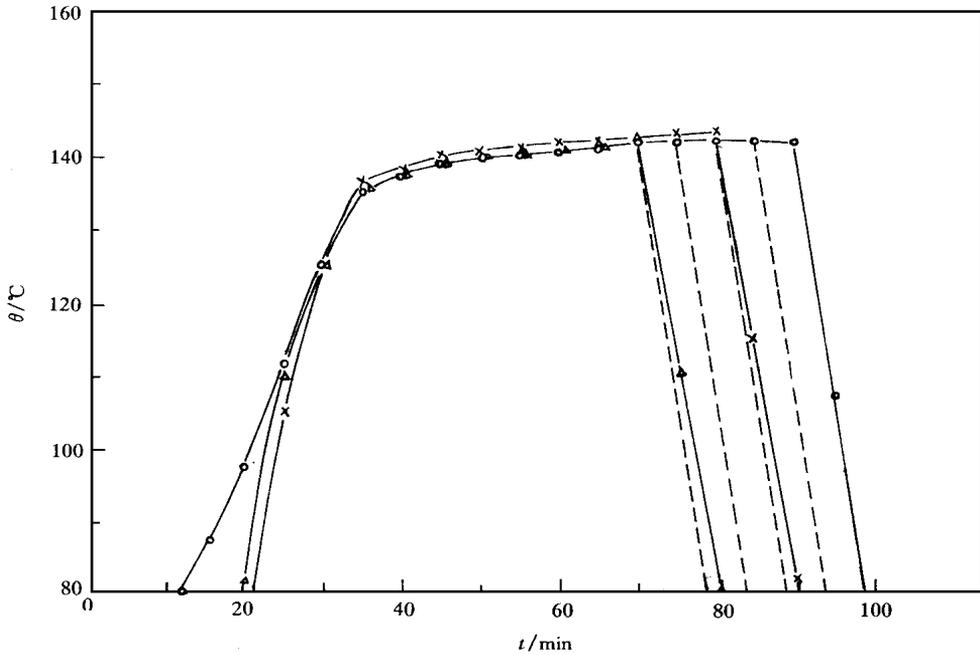


图 4 不同硫化时间下胎侧-外层实测与引出温度曲线的比较

注同图 3

表 3 外层部位实测法与引线法计算的等效硫化时间对比

部 位	硫化保持时 间/ min	等效硫化时 间/ min	过硫程度/ %	
内层-外层 实测法	60	69.5	253	
	50	49.1	149	
	40	40.7	107	
	引线法	55	59.9	204
		50	50.7	157
		45	41.8	112
胎侧-外层 实测法	40	35.6	81	
	60	55.5	182	
	50	47.8	143	
	40	35.7	81	
	引线法	55	50.7	157
		50	46.0	134
		45	41.2	109
		40	35.7	81

注:1)基准温度为 143 ;2)外层胶 t_{90} 为 19.7 min;3)过硫程度 = (等效硫化时间 - t_{90}) / t_{90} × 100 %。

以确定在所有条件不变的前提下轮胎硫化时间的缩短量。当然,在实际生产中,缩短硫化时间必须留有一定的余地。

3 结论

(1) 轮胎在硫化过程中,其表层与中心部位

存在较大的温差。试验测得 9.00 - 20 14PR 规格轮胎的最低受热部位是胎面下层。

(2) 轮胎经反复多次硫化后,生胎与熟胎的温度测定结果差异不大。

(3) 硫化温度测定值的标准偏差为 ± 3 , 变异因数小于 2 %。

(4) 在所有条件基本一致的前提下,硫化时间不同的轮胎温度-时间曲线上降温部分的斜率具有良好的一致性,可以平行于实测降温曲线引出任意条硫化时间不同的测温曲线,以确定过硫化轮胎硫化时间的缩短量。

多年来,在对国内数家轮胎厂进行测温技术服务过程中,采用此方法对过硫化轮胎缩短硫化时间,不仅使轮胎的内在质量有所提高,而且还可节能降耗和提高生产效率。近年来,此法又推广到翻新轮胎、巨型橡胶护舷、大型橡胶隔震垫、预缩毯和胶辊等制品的生产中,同样也获得了良好效果。

参考文献

1 傅彦杰. 橡胶厚制品硫化温度与等效硫化时间的测定. 橡胶工业, 1997, 44(9): 552

收稿日期 1999-08-20

Temperature Measurement of Tire during Vulcanization

Fu Yanjie

(Beijing Research and Design Institute of Rubber Industry 100039)

Abstract The temperature measurements were made on many 9.00 - 20 14PR tires with different curing periods. It was found that the lowest temperature during vulcanization occurred in the tread base; the standard deviation for the temperature measurement was ± 3 , and the variation coefficient was smaller than 2%; the temperature rises and retentions of tire with different curing periods were in accordance with each other, and their temperature dropdowns during cooling were similar; the different measured temperature curves with any curing period, which were parallel to the measured temperature dropdown curve, could be derived to determine the reduction of curing time.

Key words tire, vulcanization, temperature profile, equivalent vulcanization