

轮胎外胎硫化条件计算方法

庄学修

(广州市星球轮胎厂 510280)

摘要 根据轮胎外胎硫化传热属一维薄板传热而模板热源温度不同的情况,将傅立叶热传导方程中一维薄板稳态热传导微分方程和一维薄板非稳态热传导微分方程联立,建立了轮胎外胎硫化过程的传热计算数学模型,并得到实际硫化测温数据的初步验证,再结合阿累尼乌斯方程提出系列外胎硫化条件计算方法。

关键词 轮胎硫化, 传热, 硫化条件计算

轮胎生产中,外胎硫化工序的过热水温度和蒸汽温度常有波动,仅控制硫化时间,难以保证产品品质的一致性。无损测温等效硫化时间控制方法能较好地保证产品硫化程度一致,并提高硫化机的生产效率。

轮胎硫化条件的理论计算是无损测温等效硫化时间控制仪设计的依据。而硫化过程中轮胎内部的温度变化与外部温度和时间的关系式是轮胎硫化条件计算的关键。

华南理工大学利用数理分析对傅立叶非稳态热传导方程式的一维薄板的特解式的研究已有多年^[1,2],认为该特解式适用于有压力的热平板硫化橡胶模型制品,并假设上下模板的温度相同而且恒定为 t_s ,而橡胶制品的长度和宽度都要大于厚度 L 的 10 倍以上。因此,该特解式不能直接应用于轮胎硫化条件计算。

本文在分析轮胎硫化工艺及实际硫化测温数据的基础上,应用稳态热传导理论对该特解式进行补充,使之适合轮胎硫化过程中胎内任意层的温度计算,并提出机内冷却阶段和后充气阶段的胎内温度计算原理,结合阿累尼乌斯方程提出系列轮胎硫化条件的计算方法。

1 非稳态热传导方程式的特解^[1,2]

傅立叶热传导方程一维非稳态热传导微

分方程式为:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} \quad (1)$$

式中 t ——薄板内任意层的温度,℃;

τ ——传热时间,s;

x ——薄板内任意层与表面的距离,mm;

a ——热扩散系数, $\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$;

设薄板加热时的原始温度为 t_0 ,表面温度为 t_s ,薄板厚度为 L ,并假设

初始条件:

当 $\tau=0$ 时, $t=t_0$; $\tau \rightarrow \infty$ 时, $t=t_s$

边界条件:

当 $x=0$ 时, $t=t_0$; $x=L$ 时, $t=t_s$

应用数理分析,当满足上述边界条件时,微分方程(1)的特解为:

$$t = t_s - (t_s - t_0) \frac{4}{\pi} \left[\exp\left(-\frac{\pi^2 a \tau}{L^2}\right) \cdot \sin \frac{\pi x}{L} + \frac{1}{3} \exp\left(-\frac{9\pi^2 a \tau}{L^2}\right) \cdot \sin \frac{3\pi x}{L} + \frac{1}{5} \exp\left(-\frac{25\pi^2 a \tau}{L^2}\right) \cdot \sin \frac{5\pi x}{L} \right] \quad (2)$$

2 热源温度不同的热传导方程式

当薄板上下模板温度不同时,非稳态热传导方程式的特解式需作修正。

实际上,薄板硫化的传热过程是从非稳态热传导向稳态热传导转化的过程,在稳态热传导状态下,一维薄板温度分布^[3]为

$$\partial^2/\partial x^2=0$$

设薄板上下模板热源温度分别为 t_1 和 t_2 ,薄板厚度为 L ,薄板内任意层与上表面的距离为 x ,薄板内任意层的温度为 t 。依式(2),当 $\tau \rightarrow \infty$ 时达到稳态热传导状态,即 $t = t_s$,则上式经二次积分得:

$$t_s = (t_2 - t_1)x/L + t_1 \quad (3)$$

将式(3)与(2)联立,即可计算出薄板上、下模板热源温度不同时薄板内任意层的温度。

3 轮胎硫化过程的传热计算

采用定型硫化机硫化轮胎外胎时,传热过程包括正硫化阶段的升温过程、机内冷却阶段的降温过程和后充气冷却阶段的自然冷却过程。正硫化阶段的升温过程和机内冷却阶段的降温过程都属热传导过程,式(2)和(3)适用。后充气冷却阶段的自然冷却过程,既有将热量从轮胎内部扩散到轮胎表面的热传导过程,也有将热量从轮胎表面扩散到周围环境中去的对流和辐射过程。考虑到厚橡胶制品内热阻大,而从轮胎表面扩散到周围环境中的外热阻相对稳定,后充气冷却过程的传热主要取决于轮胎内部热传导的速度。若能根据轮胎硫化实际测温资料找出相对一致的后充气冷却阶段的热扩散系数,则式(2)和(3)也同样适用于后充气冷却过程的温度计算。

下面参照式(2)和(3),按定型硫化机硫化过程3个阶段的传热方式,提出温度计算公式,并由实测数据验算。

3.1 正硫化阶段的升温传热

参照式(2),得

$$t^{(m)} = t_s - (t_s - t_0) \frac{4}{\pi} \left[\exp\left(-\frac{\pi^2 A m}{L^2}\right) \cdot \sin \frac{\pi x}{L} + \frac{1}{3} \exp\left(-\frac{9\pi^2 A m}{L^2}\right) \right]$$

$$\sin \frac{3\pi x}{L} + \frac{1}{5} \exp\left(-\frac{25\pi^2 A m}{L^2}\right) \sin \frac{5\pi x}{L}]$$

式中 m ——正硫化阶段的某一时间, min;
 t_1 ——蒸汽或热板温度, °C;
 t_2 ——过热水温度, °C;
 L ——胎冠及胶囊总厚度, mm;
 A ——热扩散系数, $\text{mm}^2 \cdot \text{min}^{-1}$;
 $t^{(m)}$ ——合模后时间为 m 时的任意层温度, °C。

与式(3)联立,可以计算出正硫化阶段某一时间的任意层温度。

3.1.1 正硫化阶段胎内任意层的温度计算实例

图1为按大中华橡胶厂12.00—20 10N 1870dtex/2(越野)外胎硫化的有关参数,利用上述两式计算的不同硫化时间的各层温度分布图,计算所得的温度数据基本接近实际硫化测温结果。

3.1.2 正硫化阶段中心层温度计算实例

取 $x/L = 0.50$,根据上述算式可以计算正硫化阶段中心层的温度。实际计算中取 L 为外胎胎冠中部厚度和胶囊厚度的总和。依我厂情况,载重轮胎胎面与缓冲层之间的 $x/L = 0.43—0.47$,平均为0.45;缓冲层与外层间的 $x/L = 0.51—0.54$,平均为0.53。轻载轮胎胎面与缓冲层间的 $x/L = 0.43—0.58$,平均为0.48;缓冲层与外层间的 $x/L = 0.51—0.63$,平均为0.55。因此, $x/L = 0.50$ 时相当于缓冲层部位,但实际测温数据常取自胎面与缓冲层间或缓冲层与外层间,利用这些测温数据测算所得的热扩散系数仅有相对的准确性。依上述算式计算所得的温度-时间曲线与实测数据基本吻合(图2—5)。各厂双模定型硫化机硫化的轮胎热扩散系数 A 约为 $10\text{mm}^2 \cdot \text{min}^{-1}$ (表1)。

3.2 机内冷却阶段的降温传热

参照式(2)和(3),得

表 1 各测试轮胎参数及测试条件

	6.50-16 4N 6PR	6.50-16	9.00-20 8N 1400dtex/2 攻关胎(烟斗)	12.00-20 10N 1870dtex/2(越野)
厂家	桂林	杭州	大中华	大中华
测温部位	胎面-缓冲层	缓冲层-外层	胎肩-缓冲层	缓冲层-第 10 层
外温 $t_1, ^\circ\text{C}$	155	161	145	145
内温 $t_2, ^\circ\text{C}$	160	168	170	170
初温 $t_0, ^\circ\text{C}$	50	50	26	38
总厚 L, mm	32	35	41	51
$A, \text{mm}^2 \cdot \text{min}^{-1}$	10	10	10	10

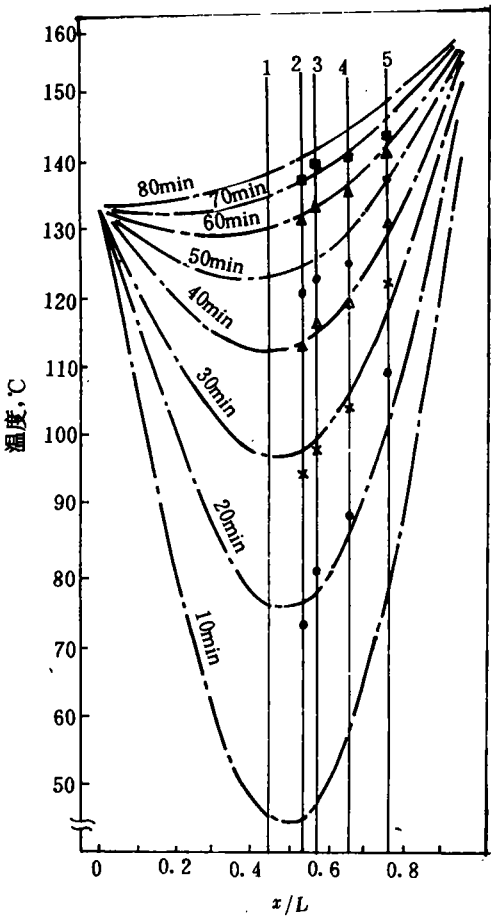


图 1 大中华橡胶厂 12.00-20 10N 1870dtex/2 越野轮胎硫化温度分布图(测温条件见表 1. 下同)
- - - 为计算数据; O × △ ● ▲ ■ 为实测数据; $A=10\text{mm}^2 \cdot \text{min}^{-1}$; $L=51\text{mm}$; $t_0=38^\circ\text{C}$; $t_1=145^\circ\text{C}$; $t_2=172^\circ\text{C}$; $m=80$; 1-缓冲层-胎面 $x/L=0.44$; 2-第 10 层-缓冲层 $x/L=0.53$; 3-第 8 层-第 9 层 $x/L=0.57$; 4-第 4 层-第 5 层 $x/L=0.66$; 5-胶囊-油皮 $x/L=0.76$

$$t_{s'} = (t_4 - t_3)x/L + t_3$$
$$t^{(S)} = t_{s'} - (t_{s'} - t^{(m)}) \frac{4}{\pi} \left[\exp\left(-\frac{\pi^2 AS}{L^2}\right) \cdot \sin \frac{\pi x}{L} + \frac{1}{3} \exp\left(-\frac{9\pi^2 AS}{L^2}\right) \cdot \sin \frac{3\pi x}{L} + \frac{1}{5} \exp\left(-\frac{25\pi^2 AS}{L^2}\right) \cdot \sin \frac{5\pi x}{L} \right]$$

式中 t_3 ——机内冷却阶段的热板温度或模型温度, $^\circ\text{C}$;
 t_4 ——机内冷却阶段的冷却水温度, $^\circ\text{C}$;
 $t_{s'}$ ——机内冷却阶段的轮胎表面温度, $^\circ\text{C}$;
 $t^{(S)}$ ——正硫化阶段结束后冷却时间为 S 时的任意层温度, $^\circ\text{C}$;
 S ——正硫化阶段结束后的冷却时间, min。

机内冷却阶段 L 值和 A 值与正硫化阶段相同。对于热板硫化, 取 $t_3=t_1$, 胶囊中充入冷却水后的温度 t_4 采用经验值。对于蒸汽室硫化, t_3 及 t_4 均采用经验值。

表 2 为机内冷却阶段胎内温度的计算值与实测值的比较。当 $x/L=0.50$ 时, 计算值与实测值基本一致。胎冠部位($x/L=0.10$)和油皮与胶囊间($x/L=0.72-0.79$)计算值与实测值也相当接近。由此可以认为以上算式能较正确地表达机内冷却阶段胎内温度。但是各条轮胎的经验值 t_3 和 t_4 相差太大, 未能找

出规律,用于硫化条件理论计算尚有困难。由于机内冷却阶段时间很短,根据经验数据,对中心层而言,取 $t^{(S)}=t^{(m)}$ 基本符合实际情况,用于硫化条件理论计算比较方便。

3.3 后充气冷却阶段的降温传热

参照式(2),得

$$t^{(n)} = t_c - (t_c - t^{(m)}) \frac{4}{\pi} \left[\exp\left(-\frac{\pi^2 B n}{L^2}\right) \cdot \sin \frac{\pi x}{L} + \frac{1}{3} \exp\left(-\frac{9\pi^2 B n}{L^2}\right) \cdot \sin \frac{3\pi x}{L} + \frac{1}{5} \exp\left(-\frac{25\pi^2 B n}{L^2}\right) \cdot \sin \frac{5\pi x}{L} \right]$$

式中 t_c ——环境温度,℃;

B ——后充气冷却阶段的热扩散系数, $\text{mm}^2 \cdot \text{min}^{-1}$;

$t^{(n)}$ ——启模后后充气冷却时间为 n 时的任意层温度,℃;

n ——启模后后充气冷却的某一时间,min。

由于后充气冷却阶段热源介质为周围空气,因此其热扩散系数不同于机内硫化期间的热扩散系数,改用 $B(\text{mm}^2 \cdot \text{min}^{-1})$ 表示。

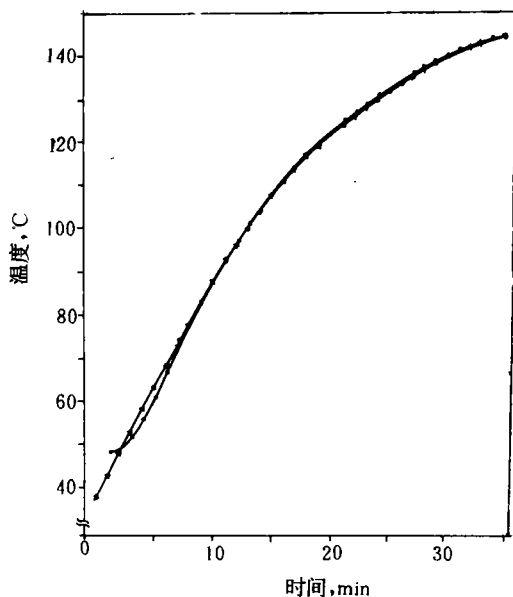


图3 杭州橡胶总厂 6.50—16 轮胎外层-缓冲层间的温度-时间曲线

$t_1=150^\circ\text{C}; t_2=167^\circ\text{C}; t_c=50^\circ\text{C}; D=38\text{mm};$
 $A=10\text{mm}^2 \cdot \text{min}^{-1}$

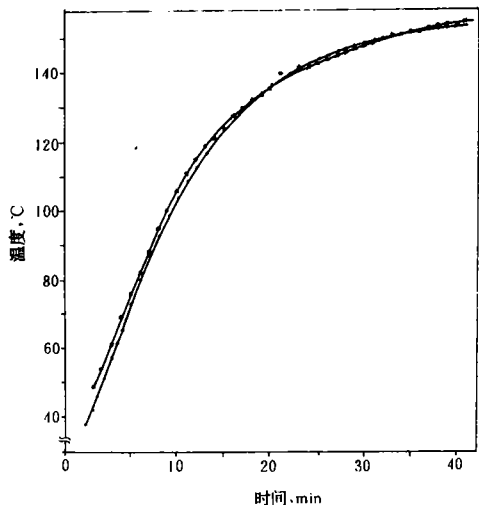


图2 桂林轮胎厂 6.50—16 4N 6PR 轮胎胎面-缓冲层间的温度-时间曲线

* 为实测数据; · 为计算数据。下同。

$t_1=155^\circ\text{C}; t_2=160^\circ\text{C}; t_c=50^\circ\text{C}; D=32\text{mm};$
 $A=10\text{mm}^2 \cdot \text{min}^{-1}$

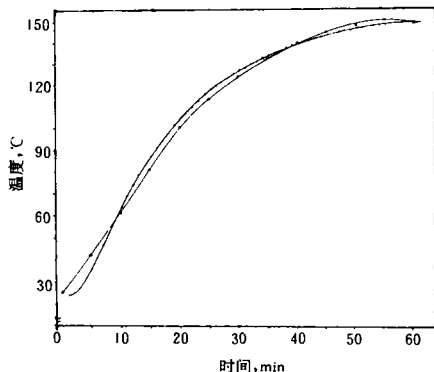


图4 大中华橡胶厂 9.00—20 8N 1400dtex/2 攻关轮胎胎肩-缓冲层间的温度-时间曲线

$t_1=145^\circ\text{C}; t_2=170^\circ\text{C}; t_c=26^\circ\text{C}; D=41\text{mm};$
 $A=10\text{mm}^2 \cdot \text{min}^{-1}$

表3为不同轮胎后充气冷却阶段热扩散系数 B 的测定值。图6和7为不同轮胎后充气冷却时中心层的温度-时间曲线,由图可见,计算值与实测值基本吻合。图8和9为不同轮胎后充气时油皮-胶囊间的温度-时间曲线,计算值与实测值同样基本吻合,但计算中

表 2 机内冷却阶段温度计算值和实测值

6.50—16 4N 6PR			6.50—16		9.00—20 8N 1400dtex/2		
厂家	桂林		杭州		大中华		
$A, \text{mm}^2 \cdot \text{min}^{-1}$	10		10		10		
总厚 L, mm	32		35		41		
$t_3, ^\circ\text{C}$	156		161		140		
$t_4, ^\circ\text{C}$	100		70		110		
测算部位	胎面-缓冲	油皮-胶囊	缓冲-外层	油皮-胶囊	胎面-模型	外层-缓冲	油皮-胶囊
x/L	0.50	0.72	0.50	0.76	0.10	0.50	0.75
时间, min	温度, $^\circ\text{C}$						
0	158(157)	158(158)	155(154)	160(160)	144(144)	153(153)	163(163)
1	158(158)	156(158)	155(155)	156(160)	141(—)	153(—)	162(—)
2	157(158)	151(151)	155(155)	147(158)	140(—)	153(—)	158(—)
3	156(157)	147(141)	153(154)	141(142)	140(—)	153(—)	155(—)
4	154(155)	144(141)	151(151)	136(125)	139(—)	152(—)	152(—)
5	151(154)	141(142)	149(147)	132(115)	139(139)	151(152)	149(147)
6	149(—)	139(—)	146(—)	129(—)	—	—	—

注:括号内为实测值。

采用的 x/L 值较实际的 x/L 值小。如 9.00—20 8N 1400dtex/2 实际 x/L 值为 0.75, 计算值为 0.67; 6.50—16 4N 6PR 实际 x/L 值为 0.72, 计算值为 0.61。说明在后充气冷却阶段, 温度降低缓慢, 基本接近于有胶囊无充气轮胎时的降温速度。所以, 在后充气冷却阶段胎内温度计算中, 厚度仍取 L 值的假设基本合理。

4 轮胎硫化条件计算

在轮胎生产中, 为避免欠硫和过硫, 制订

合理的轮胎硫化条件十分必要。定型硫化机硫化轮胎时, 总硫化效应为正硫化阶段、机内冷却阶段和后充气冷却阶段三部分硫化效应的总和。机内冷却时间、后充气冷却时间一般在轮胎生产工艺规程中已有规定。因此, 硫化

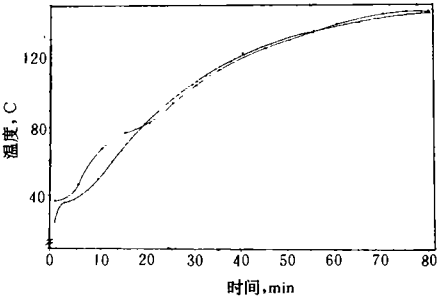


图 5 大中华橡胶厂 12.00—20 10N 1870dtex/2 轮胎第 10 层-缓冲层间的温度-时间曲线
 $t_1=145^\circ\text{C}; t_2=170^\circ\text{C}; t_c=38^\circ\text{C}; D=51\text{mm};$
 $A=10\text{mm}^2 \cdot \text{min}^{-1}$

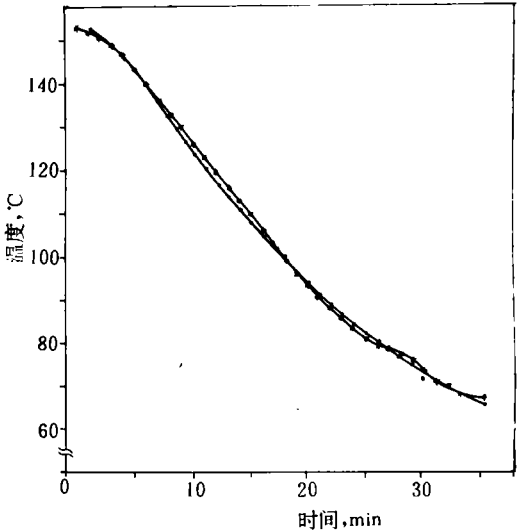


图 6 6.50—16 4N 6PR 轮胎胎面-缓冲层间的温度-时间曲线
 $t_c=35^\circ\text{C}; D=32\text{mm}; B=4.4\text{mm}^2 \cdot \text{min}^{-1};$
 $t_m=154^\circ\text{C}; n+2$

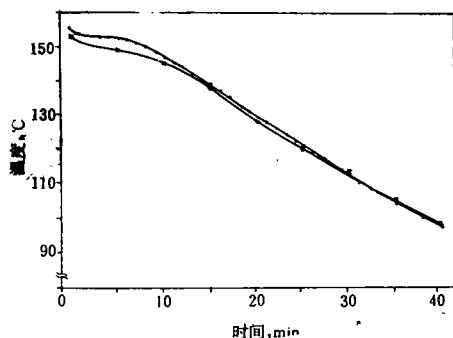


图7 9.00—20 8N 1400d tex/2 轮胎(烟斗花纹)

外层-缓冲层间的温度-时间曲线

$$t_c = 35^\circ\text{C}; D = 41\text{mm}; B = 3.5\text{mm}^2 \cdot \text{min}^{-1};$$

$$t_m = 155^\circ\text{C}; n + 2$$

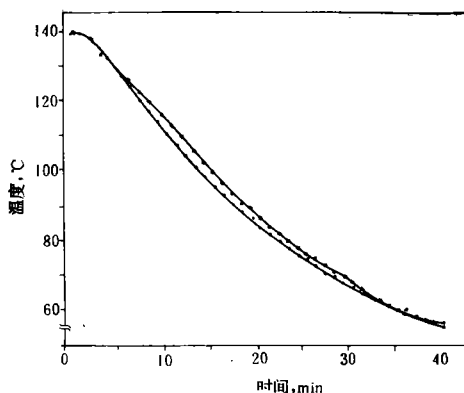


图8 6.50—16 4N 6PR 轮胎胶囊-油皮间的

温度-时间曲线

$$t_c = 35^\circ\text{C}; D = 32\text{mm}; B = 4.4\text{mm}^2 \cdot \text{min}^{-1};$$

$$t_m = 144^\circ\text{C}; x/L = 0.61; n + 2$$

表3 轮胎后充气冷却热扩散系数
B 的测定值

	6.50—16 4N 6PR	9.00—20 8N 1400d tex/2(烟斗)
厂家	桂林	大中华
测温部位	胎面-缓冲层	外层-缓冲层
环境温度, °C	35	35
初温, °C	154	155
L, mm	32	41
B, mm ² · min ⁻¹	4.4	3.5
备注	n+2	n+2

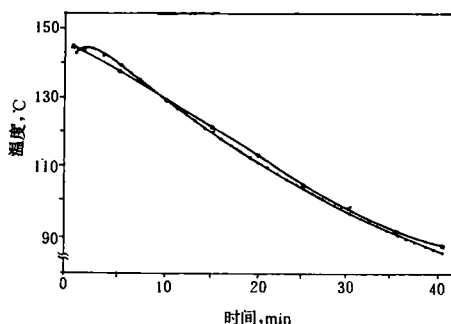


图9 9.00—20 8N 1400d tex/2 轮胎(烟斗花纹)

胶囊-油皮间的温度-时间曲线

$$t_c = 35^\circ\text{C}; D = 41\text{mm}; B = 3.5\text{mm}^2 \cdot \text{min}^{-1};$$

$$t_m = 147^\circ\text{C}; x/L = 0.67; n + 2$$

条件计算的关键是确定正硫化时间。

若取轮胎胎冠和胶囊厚度之和为 L , 其中心层部位 ($x/L = 0.50$) 接近硫化测温的最低温度部位, 可以该部位的温度作为制订硫化条件的计算依据。假设 m 代表正硫化阶段的时间, S_2 代表机内冷却时间, n 代表后充气冷却时间。取 80°C 为计算等效硫化时间的参照温度, 等效硫化时间的计算采用阿累尼乌斯方程, 通过以下各式计算正硫化时间 M 。

(1) 预设最低限度等效硫化时间 Q_0

$$Q_0 = S_0 \cdot e^{\frac{E}{R}(\frac{1}{353} - \frac{1}{T+273})}$$

(2) 预设总等效硫化时间 Q

$$Q = S_1 \cdot e^{\frac{E}{R}(\frac{1}{353} - \frac{1}{T+273})}$$

(3) 正硫化阶段中心层等效硫化时间

 $Q_1^{(m)}$

$$t_s = (t_1 + t_2) / 2$$

$$t^{(m)} = t_s - (t_s - t_0) \frac{4}{\pi} \left[\exp\left(-\frac{\pi^2 A m}{L^2}\right) - \frac{1}{3} \exp\left(-\frac{9\pi^2 A m}{L^2}\right) + \frac{1}{5} \exp\left(-\frac{25\pi^2 A m}{L^2}\right) \right]$$

$$Q_1^{(m)} = \sum_{k=1}^m e^{\frac{E}{R}(\frac{1}{353} - \frac{1}{t^{(k)}+273})}$$

(4) 机内冷却阶段中心层等效硫化时间

 $Q_2^{(m)}$

$$Q_2^{(m)} = S_2 \cdot e^{\frac{E}{R}(\frac{1}{353} - \frac{1}{t^{(m)}+273})}$$

(5)后充气冷却阶段中心层等效硫化时间 $Q_3^{(m)}$

$$t^{(n)} = t_c - (t_c - t^{(m)}) \frac{4}{\pi} \left[\exp\left(-\frac{\pi^2 B n}{L^2}\right) - \frac{1}{3} \exp\left(-\frac{9\pi^2 B n}{L^2}\right) + \frac{1}{5} \exp\left(-\frac{25\pi^2 B n}{L^2}\right) \right]$$

$$Q_3^{(m)} = \sum_{t^{(n)}=t^{(m)}}^{100} e^{\frac{E}{R} \left(\frac{1}{353} - \frac{1}{t^{(n)}+273} \right)}$$

(6)正硫化时间 M

当 $Q_0 - Q_1^{(m)} - Q_2^{(m)} \leq 0$; 且 $Q - Q_1^{(m)} - Q_2^{(m)} - Q_3^{(m)} \leq 0$ 时, 其 m 值即为正硫化时间 M 。

上述式中, $t^{(m)}$ 为合模后时间为 m 时中心层温度($^{\circ}\text{C}$), $t^{(n)}$ 为启模后时间为 n 时中心层温度($^{\circ}\text{C}$), S_0 为基准温度下预设最短硫化时间(min), S_1 为基准温度下预设最长硫化时间(min), S_2 为工艺规定的机内冷却时间(min)。硫化条件计算中时间间隔为 1min。

在实际生产中,根据不同的工艺要求,利用上述算式可以有两种求解正硫化时间的方法。一是要求总硫化效应相同,过硫程度一致,即,使 S_1 大于 S_0 与后硫化效应之和,如表 4 所示。二是要求启模时轮胎达到预期的硫化效果,而后硫化效应只作参考,即,使 $S_1 = S_0$, 如表 5 所示。我厂按表中硫化条件生产的轮胎成品物理机械性能均合格。

5 结论

(1)将傅立叶非稳态热传导方程式的一维薄板的特解式与稳态热传导方程式的一维薄板的积分解结合,可以解决薄板上下模板热源温度不同时的热传导理论计算问题,适用于轮胎外胎硫化过程的热传导计算。后充气冷却过程中胎内热传导在散热冷却过程中起主导作用,非稳态热传导方程式的一维薄板的特解式的模式也可用来计算后充气冷却

表 4 外胎硫化条件计算(1)

轮胎规格	硫化机	δ	D	M	N	Q_1	Q_2	Q_3	$Q_1+Q_2+Q_3$	Q_1+Q_2	OC
11.00-20 16PR	B 型	32	44	56	39	1690.08	462.59	1589.21	3741.88	2152.67	106.23
9.00-20 14PR	B 型	31	41	51	34	1703.73	492.83	1444.99	3641.55	2196.56	100.70
6.50-16 8PR	A 型	19	28	31	17	2111.20	648.91	958.19	3718.29	2760.10	104.93

注:1)有关参数:合模时胎坯中心温度 $t_0=35^{\circ}\text{C}$; 预设的半成品硫化温度 $T=143^{\circ}\text{C}$; 预设的最长硫化时间 $S_1=60\text{min}$; 硫化时热扩散系数 $A=10\text{mm}^2 \cdot \text{min}^{-1}$; 气体常数 $R=8.3143 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$; 标准硫化条件 $143^{\circ}\text{C} \times 30\text{min}$; 蒸汽或热板的实际温度: A 型 $t_1=160^{\circ}\text{C}$, B 型 $t_1=150^{\circ}\text{C}$; 后充气冷却时环境温度 $t_c=35^{\circ}\text{C}$; 过热水实际温度 $t_2=170^{\circ}\text{C}$; 预测的最短硫化时间 $S_0=25\text{min}$; 后充气冷却时热扩散系数 $B=4\text{mm}^2 \cdot \text{min}^{-1}$; 胶料活化能 $E=79.23\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$; $n+2$; 工艺规定的机内冷却时间: A 型 $S_2=4\text{min}$, B 型 $S_2=5\text{min}$;

2)表中符号: δ —胎冠厚度, mm; M —正硫化时间, min; Q_1 —正硫化效应; Q_2 —外胎冷却至 100°C 时的硫化效应; OC —过硫程度, %; D —胎冠与胶囊总厚度, mm; N —冷却至 100°C 所需时间, min; Q_2 —硫化结束至启模时的硫化效应; Q —总硫化效应(理论值 3628.779); Q_0 —预设的硫化阶段最低等效硫化效应(理论值 1511.991)。

表 5 外胎硫化条件计算(2)

轮胎规格	硫化机	δ	D	M	N	Q_1	Q_2	Q_3	$Q_1+Q_2+Q_3$	Q_1+Q_2	OC
11.00-20 16PR	B 型	32	44	56	39	1690.08	462.59	1589.21	3741.88	2152.67	106.23
9.00-20 14PR	B 型	31	41	51	34	1703.73	492.83	1444.99	3641.55	2196.56	100.70
6.50-16 8PR	A 型	19	28	28	16	1635.85	600.28	886.29	3122.42	2236.12	72.90

注:1)有关参数:预设的最长硫化时间 $S_1=35\text{min}$, 预设的最短硫化时间 $S_0=35\text{min}$, 其余同表 4;

2)表中符号:同表 4。 Q 理论值 2116.788, Q_0 理论值 2116.788。

过程的传热。

(2)对照实际轮胎硫化过程的测温数据,按本文所建立的数学模型进行计算,所得的温度-时间曲线与实测数据接近。由不同厂牌不同规格的轮胎在不同的硫化条件下的测温数据求得的热扩散系数基本一致。

(3)应用本文提出的轮胎外胎硫化条件计算方法求出的硫化条件经生产实践证明可行,成品物理机械性能符合要求,硫化机生产效率比原来有所提高。

致谢 本厂吴秋明、叶青协助进行大量的微机计算和工艺试验工作。杭州橡胶总厂、桂林

轮胎厂、上海轮胎公司大中华橡胶厂、云南轮胎厂、广州轮胎厂提供轮胎硫化测温原始资料作为本文研究和数学计算的依据。在此表示感谢。

参考文献

- 1 刘 鸿,姚钟尧. 硫化期间橡胶胶料热扩散系数的测定及其应用. 特种橡胶制品, 1985;6(6):11
- 2 朱敏庄. 用数理分析法计算橡胶制品硫化热传导. 橡胶工业, 1988;35(4):211
- 3 A. Г. 卡萨特金著. 大连工学院译. 化工原理(上册). 北京:重工业出版社, 1953:205

收稿日期 1993-12-01

Calculation of Vulcanizing Conditions of Tyre Casing

Zhuang Xuexiu

(Guangzhou Xingqiu Tyre Factory 510280)

Abstract A mathematic model for calculating the heat transfer during the vulcanization of tyre casing was established by making the differential equation of the stable heat transfer of one-dimension sheet simultaneous with that of the unstable heat transfer of one-dimension sheet in Fourier heat transfer equation based on the fact that the heat transfer during the vulcanization of tyre casing involved in the heat transfer of one-dimension sheet and the temperatures of heated mould were different. The model proved primarily with the measured temperature data during the vulcanization. A calculating method of the vulcanizing conditions was proposed by the said model combined with Arrhenius equation.

Keywords tyre vulcanization, heat transfer, vulcanizing conditions

16-250 传动带成型机转让

湖南橡塑密封件厂现有呼和浩特产、1993年7月出厂的全新16-250传动带成型机一台,欲原价转让。有意者请速与该厂联系。

联系人 张 勇 铁光杰
电 挂 5110

地址 湖南省南县武圣宫镇
电话 (07473)811009

邮编 413212
厂长 铁有顺