

基于ANSYS的橡胶微波加热的数值分析

董林福, 刘 辉

(沈阳化工大学 机械工程学院, 辽宁 沈阳 110142)

摘要:利用ANSYS有限元软件分析天然橡胶(NR)在传统加热方式和微波加热方式下的加热效果,得出NR在两种不同加热方式下温度随时间的变化曲线,以及NR胶料芯部与表面温差随时间的变化曲线。证明了微波加热技术比传统加热方式效率高、加热时间短,为微波加热技术应用于橡胶制品的加热硫化提供一定的参考。

关键词:天然橡胶;硫化;温度;微波;有限元分析

中图分类号:TM924.76;TQ332;O242.21 **文献标志码:**B **文章编号:**1000-890X(2016)04-0245-03

硫化是橡胶制品加工的最后道工序,橡胶制品硫化质量的好坏直接决定其使用寿命。传统的橡胶硫化加热方式有蒸汽加热、电加热和导热油加热等。这些加热方式本质上都是通过表面热传导实现内部温度升高,热量从表面传导到内部所需要的时间长,加热不均匀,效率低,厚制品还会产生外焦里嫩的现象,对制品的性能影响很大。微波是一种特殊的电磁波,可以直接深入到物体内部,从内部对物体进行加热,属于内热源^[1]。作为一种新兴的加热技术,微波加热已经得到了广泛的应用。在微波加热过程中,物料在吸收微波的时候整个物料同时被加热,解决了传统加热时从外向内进行热传递而导致的加热效率低的问题。

本工作利用ANSYS有限元软件分析天然橡胶(NR)应用传统加热方式和微波加热方式的加热效果,以期对微波加热技术应用于橡胶制品的硫化提供参考。

1 传统加热方式的模拟

本工作模拟采用的NR试样为圆柱形,且形状对称,因此仅对一部分圆柱体进行分析。模拟采用的NR试样物理模型如图1所示,NR试样的半径为0.05 m,高度为0.01 m。NR试样的密度为 $0.913 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$,热导率为 $0.2 \text{ W} \cdot (\text{m} \cdot ^\circ\text{C})^{-1}$,比热容为 $1700 \text{ J} \cdot (\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})^{-1}$ 。定义试样的初始温度为

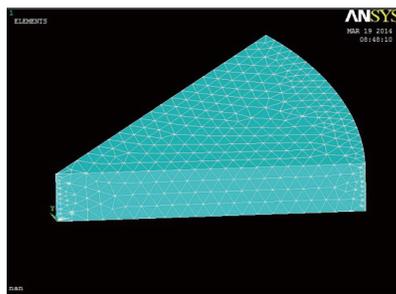


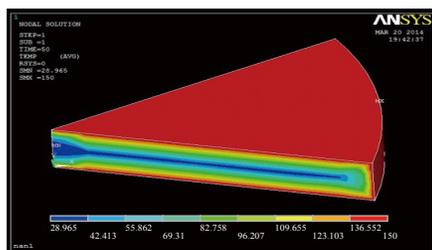
图1 NR试样的有限元分析模型

0°C ,对试样上下表面及外表面进行加载,载荷温度为 150°C 。因为要提供分析不同加热时间NR试样的温度,所以采用瞬态热分析^[2]。共进行4次模拟,加热时间分别为50,100,150和200 s。图2所示为不同加热时间的NR试样温度分布。从图2可以看出:加热50 s后,试样热传导开始进行,试样上下表面及外表面开始传导热量到内部,此时内部温度为 28.965°C ,外表面温度明显高于内部,温差为 121.035°C 。加热至100 s后,试样内部温度升至 60.328°C ,内外温差仍然很大,为 89.672°C 。加热150 s后,内外温差逐渐缩小,内部最低温度为 86.803°C ,内外温差达到 63.197°C ,但是内外温差仍然很大。加热200 s后,最低温度达到 106.472°C ,温差为 43.528°C 。由此可以看出,传统加热方式加热时间长,效率低,温差大。

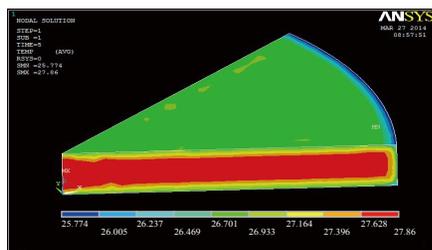
2 微波加热方式的模拟

运用ANSYS软件对微波加热NR试样进行数值模拟,在矩形谐振腔中进行加热,微波频率为

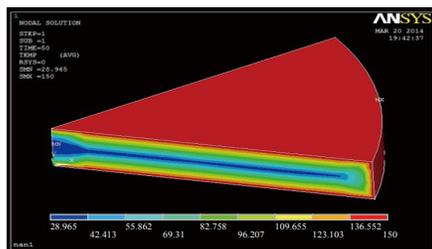
作者简介:董林福(1957—),男,辽宁庄河人,沈阳化工大学教授,学士,主要从事高分子材料加工机械的教学与研究工作。



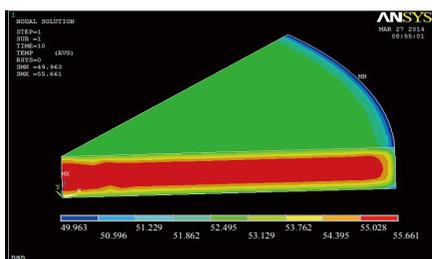
(a) 50 s



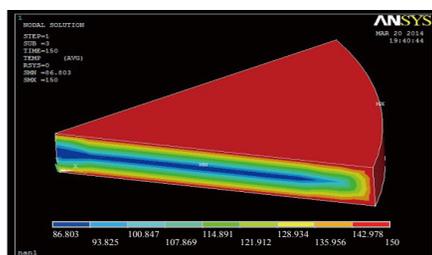
(a) 5 s



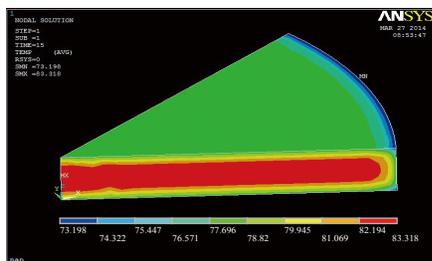
(b) 100 s



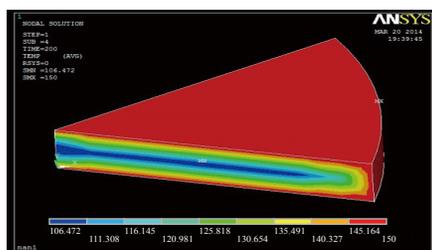
(b) 10 s



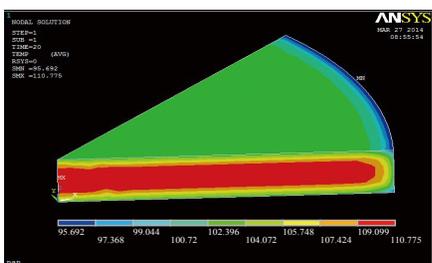
(c) 150 s



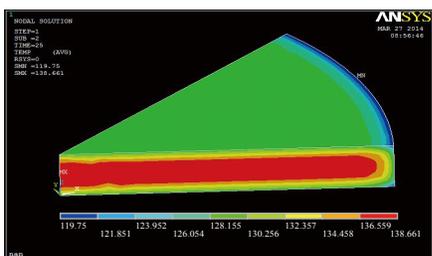
(c) 15 s



(d) 200 s



(d) 20 s



(e) 25 s

图2 不同加热时间的NR试样温度分布

2 450 MHz, 试样的相对介电常数为3, 初始温度为0 °C, 其他参数与传统加热方式一样^[3]。微波功率为1 200 W, 微波加热时间分别为5, 10, 15, 20和25 s。首先建立微波加热分析模型(与传统加热方式相同, 见图1), 微波从圆柱面上表面射入, 试样可以吸收入射的微波能量, 微波可以穿透试样, 整个试样都可以同时加热^[4]。

图3所示为功率1 200 W、不同微波加热时间的NR试样的温度分布, 其内部最高温度、外部最低温度及温差如表1所示。

图3 不同微波加热时间的NR试样温度分布

图4所示为微波加热时温度随时间的变化曲线和试样内外温差随微波加热时间的变化趋势。

表1 不同微波加热时间的NR试样内部最高温度、外部最低温度及温差

微波加热时间/s	内部最高温度/℃	外部最低温度/℃	温差/℃
5	27.860	25.774	2.086
10	55.661	49.963	5.698
15	83.318	73.198	10.120
20	110.775	95.692	15.083
25	138.661	119.750	18.911

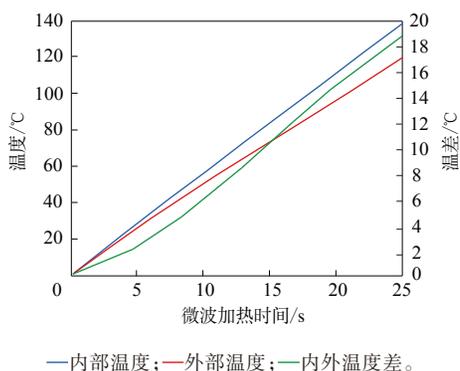


图4 温度和温差随微波加热时间的变化曲线

试样内部最高温度与外部最低温度之间温差的变化趋势曲线显示出微波加热升温快、效率高的特点。从温差随加热时间的变化趋势来看,传统加热方式随加热时间的延长,温差逐渐减小,但温差减小的速度缓慢;微波加热时随加热时间的延长,温差会逐渐加大,但从发展趋势来看,其达到硫化温度时的温差比传统加热方式的温差小。如当微波功率为1 200 W、加热25 s时,试样外部最低温度为119.75 ℃,温差为18.911 ℃,基本达到硫化温度,而传统加热方式加热200 s时,外部最低温度为106.472 ℃,温差为43.528 ℃。

采用同样的方法,对不同的微波功率、相同的加热时间进行模拟。加热时间设定为20 s,微波功率分别为500,800和1 200 W。其内部最高温度、外部最低温度及温差如表2所示。

由表2可以看出,在微波加热过程中,随着微

波功率的增大,内部最高温度和外部最低温度越来越高,温差也越来越大。

表2 不同微波功率的NR试样内部最高温度、外部最低温度及温差

微波功率/W	内部最高温度/℃	外部最低温度/℃	温差/℃
500	49.234	42.53	6.704
800	73.85	63.795	10.055
1 200	110.775	95.692	15.083

3 结语

本工作运用ANSYS软件分析得出了采用传统加热方式和微波加热方式的NR温度模拟结果。通过比较分析,得出以下结论。

(1) 微波加热方式比传统加热方式加热效率高、时间短,在很短的时间内就可以加热到硫化所需温度。

(2) 微波加热方式比传统加热方式加热均匀。

(3) 微波加热胶料的温度随着微波加热时间的延长、微波功率的增大而升高,内部最高温度与外部最低温度之间的温差随着时间的延长、微波功率的增大而升高。因此在进行微波加热时,要合理选择微波加热时间和微波功率,以减小内部最高温度与外部最低温度之间的温差。

参考文献:

- [1] 王峰,王安英.微波加热技术的发展概况[J].佛山陶瓷,1998,10(1):2-3.
- [2] 唐兴伦,范群波. ANSYS工程应用教程[M].北京:中国铁道出版社,2005:52-53.
- [3] 王文,李自光,游小平. 沥青路面微波加热快速维修技术和设备的研究[D].长沙:长沙理工大学,2007:60.
- [4] 李涛,陈海龙,杨广志. 橡胶微波加热的数值模拟研究[J].工程热物理学报,2012,33(9):3.

收稿日期:2015-10-04

一种环保阻燃橡胶配方

中图分类号:TQ333.1;TQ336.4⁺2 文献标志码:D

由安徽泓光网络工程有限公司申请的专利(公开号 CN 104558721A,公开日期 2015-04-29)“一种环保阻燃橡胶配方”,涉及的阻燃橡胶配方为:丁苯橡胶(SBR) 100,白炭黑 40,炭黑

10,氧化锌 5,硬脂酸 2,阻燃剂 30~40,红磷 10,防老剂4010NA 1,促进剂NOBS 1.5。该发明利用工业废料铝灰和硼泥制成以水滑石为主要成分的阻燃剂,可提高SBR的阻燃性,环保效果好。

(本刊编辑部 赵敏)