

粉煤灰增强树脂基摩擦材料的热处理工艺研究

王占红, 侯贵华, 朱 祥

(盐城工学院 江苏省生态环境材料重点建设实验室, 江苏 盐城 224051)

摘要:为了改进粉煤灰增强树脂基摩擦材料的摩擦学性能和制造工艺,对摩擦制动材料的热处理工艺参数:热处理温度和热处理时间分别进行了研究。实验结果表明:热处理温度为 200 ℃, 热处理时间 10 h, 制备的粉煤灰增强树脂基摩擦材料具有良好的力学性能和摩擦磨损性能。

关键词:粉煤灰;树脂基摩擦材料;摩擦磨损;热处理

中图分类号:TH117.1;TB332 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-5322(2010)04-0027-05

粉煤灰增强树脂基摩擦材料是一种新型的摩擦材料。因粉煤灰的主要成分为 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 , 这些成分均具有作为摩擦材料组分的潜质^[1-2]。把工业废渣粉煤灰用于摩擦材料比其它无机填料重晶石、蛭石、云母等节约成本, 又节约原料, 并减少了对环境的污染。近年来, 有研究^[3-4]已证实粉煤灰增强树脂基摩擦材料的可行性, 这些研究基本都从粉煤灰粒度和含量入手进行摩擦材料原料及配方的改进。但在树脂基摩擦材料热压成型过程中, 由于成型的压力、温度、时间等各种因素造成材料内部硫化、硬化不完全, 可能有一些不均匀的内应力存在, 如果不将其改善或者去除, 势必导致摩擦材料性能不稳定, 从而造成严重后果。解决这一问题的主要方法是对材料进行热处理^[5-7]。加热温度和加热时间是热处理工艺的重要工艺参数, 因此, 选择和控制合适的加热温度和时间对粉煤灰增强树脂基摩擦材料性能的稳定非常关键。本研究将在已有研究的基础上, 分别考察了不同热处理温度和不同热处理时间时, 粉煤灰增强树脂基摩擦材料的摩擦磨损性能及力学性能, 确定最佳的热处理工艺, 为粉煤灰增强树脂基摩擦材料发展提供一定的理论依据。

1 实验部分

1.1 原材料

试验用粉煤灰取于盐城市热电厂; 6000 树

脂、丁苯橡胶(SBR)、硫化促进剂、无机填料(BaSO_4 、长石粉、陶土)及其他摩擦改性剂均由盐城市伯瑞克摩擦材料有限公司提供。

1.2 试样组成及制备

将各种原料按照表 1 中的配比进行配料(不含丁苯橡胶), 在混合机中混合 40 min, 得到混合料。再将丁苯橡胶加入 SK-160 开炼机炼 20 min, 混炼机前辊温度 60 ℃, 后辊为 50 ℃, 待橡胶软化, 加入混合料与其混炼均匀, 出片, 剪片, 装入模具热压, 表压为 1 MPa, 热压温度 200 ℃, 保压时间 10 min, 在保压 2.5 min 和 5 min 时分别放气 1 次。最后, 将样品在 140 ~ 220 ℃ 进行热处理, 热处理时间在 4 ~ 12 h, 其制备工艺流程图如图 1 所示。其中热处理工艺参数包括: 热处理温度和热处理时间。通过调整热处理工艺参数进行对比实验, 保证摩擦材料具有良好的摩擦磨损性能和力学性能。

表 1 粉煤灰增强树脂基摩擦材料的配方组成
Table 1 Ingredients of resin-based friction material filled with fly ash %

组成	质量分数
6000 树脂	17
丁苯橡胶	18
硫化剂	6
粉煤灰	50
其他成分	9

收稿日期: 2010-09-07

基金项目: 江苏高校自然科学基金重大基础研究项目(08KJA43009); 江苏省生态环境材料重点实验室开放基金资助项目(XKY2007011)

作者简介: 王占红(1982-), 女, 陕西省宝鸡人, 助教, 硕士, 主要研究方向为摩擦材料。

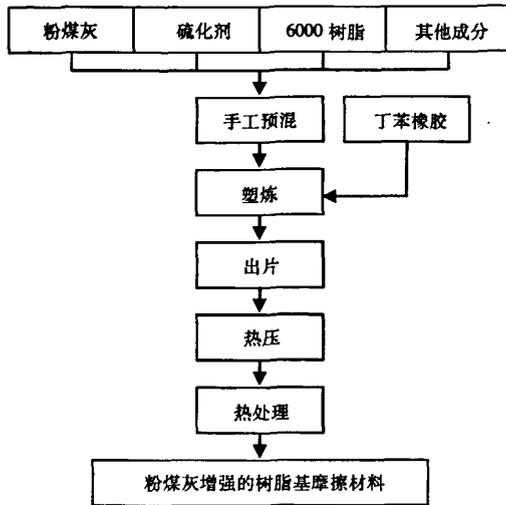


图 1 粉煤灰增强树脂基摩擦材料的制备工艺
Fig. 1 Fabrication process of resin - based friction materials filled with fly ash

1.3 性能测试

利用河北省虹宇仪器设备有限公司生产的 SJ 系列静水力学天平测摩擦材料试样的表观密度。采用 XHR - 150 型塑料洛氏硬度计测试硬度, 执行标准 JB/T 5766 - 86, 试验标尺为 HRL。采用吉林省旺达机械有限公司生产的 D - MS 型定速式摩擦试验机, 按照 GB/T 5764 - 1998 来评价以摩擦材料和圆盘(材质为 GB/T 9439 中灰铸铁牌号 HT250, 硬度牌号 HB200, 圆盘金相组织为珠光体, 其表面应用 JB/T 7 498 中粒度为 P240 砂纸处理)为对偶件在干摩擦条件下的摩擦磨损性能, 试样尺寸为 25 mm × 25 mm × 6 mm, 圆盘转速 480 r/min, 试片的压力为 0.49 MPa, 用精度为 0.01 mm 的千分尺测量各温度段试验前后的试片厚度以计算磨损率。每组试样均经 4 次重复试验, 以 4 组数据中 3 组相近数据的平均值作为试验结果。

2 结果与讨论

2.1 热处理温度对摩擦材料性能的影响

为考察热处理温度对粉煤灰增强的树脂基摩擦材料性能的影响, 以相同的热处理时间 10 h, 不同温度 140 °C、160 °C、180 °C、200 °C、220 °C 热处理的试样进行摩擦磨损实验。测试结果见图 2。

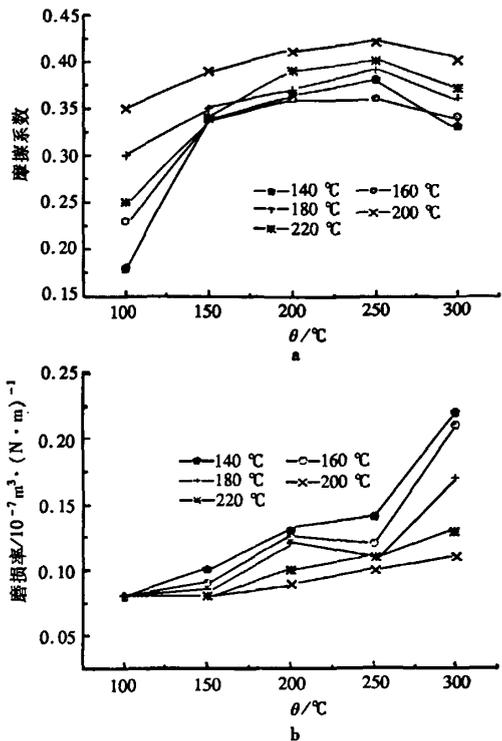


图 2 不同热处理温度对树脂基摩擦材料摩擦磨损性能的影响
Fig. 2 Effect of the different heat treatment temperature on friction and wear properties of the resin - based friction materials

由图 2a 和 2b 可知, 在摩擦温度为 100 ~ 300 °C 之间, 树脂基摩擦材料的摩擦系数和磨损率曲线变化相似。但不同热处理温度处理过的样品摩擦系数和磨损率略有差别, 表现为 140 °C 的, 低温摩擦时摩擦系数较低, 磨损率随着温度升高上升很快, 达到 250 °C 以后, 其摩擦系数随温度升高而降低, 出现“热衰退”现象, 磨损极为严重。这一方面是由于热处理温度过低, 使得摩擦材料性能不稳定, 另一方面, 高温时树脂分解, 其粘结性大大降低, 也会影响材料的性能。

160 °C、180 °C、200 °C 热处理过的摩擦材料在低温摩擦时, 摩擦系数均随着热处理温度的升高而增大, 磨损略有降低; 在 250 °C 以后摩擦时, 磨损率曲线趋于平缓, 且磨损率随热处理温度升高而略有降低。其中热处理温度为 180 °C 和 200 °C 的摩擦材料在整个摩擦磨损过程中摩擦系数曲线变化比较平直, 而 200 °C 处理过的摩擦材料磨损率更低。

对热处理温度为 220 ℃ 的样品, 高低温摩擦系数均有降低, 虽然高温磨损率较低, 但比 200 ℃ 下热处理的样品稍差一些, 这是由于热处理温度过高导致材料被过烧或老化。

因此, 粉煤灰增强的树脂基摩擦材料在 250 ℃ 热处理后其摩擦磨损性能较好。

表 2 是不同热处理温度下粉煤灰增强树脂基摩擦材料的一些其他性能。从表中可以看出, 热处理温度从 140 ℃ 到 200 ℃ 的样品, 其表观密度和硬度随着热处理温度升高而增大。其中 140 ℃ 的表观密度和硬度值最低, 而 200 ℃ 的均达到最大值, 性能相对较好, 结合图 3a 和 3b 的断面结构 SEM 照片, 进一步说明控制合适的热处理温度可使粉煤灰增强的树脂基摩擦材料结构趋于致密化和均匀化。当热处理温度大于 200 ℃, 表观密度和硬度值均稍有下降, 这是由于热处理温度过高造成样品被过烧或老化。

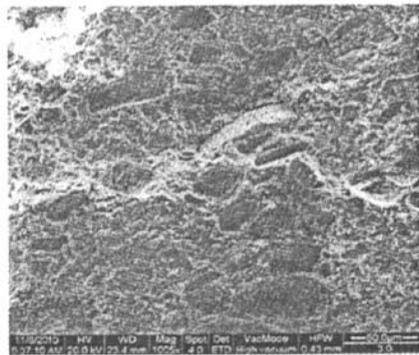
表 2 不同热处理温度对树脂基摩擦材料其他性能的影响

Table 2 Effect of the different heat treatment temperature on other properties of the resin - based friction materials

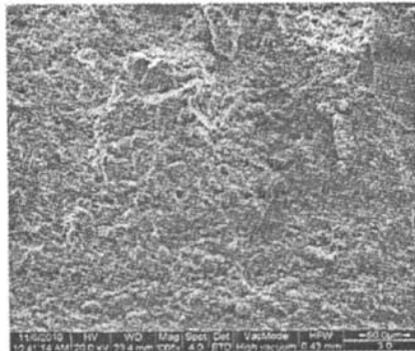
$\theta/^\circ\text{C}$	表观密度 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	硬度 HRL
140	1.137	101
160	1.238	101
180	1.257	102
190	1.260	102
200	1.263	103
210	1.256	101
220	1.251	100

2.2 热处理时间对摩擦材料性能的影响

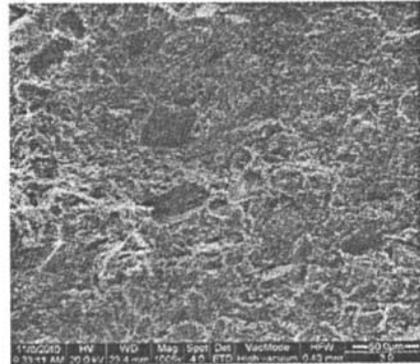
热处理过程中, 材料内部结构转变需要一定的时间, 因为当材料表面达到要求的加热温度时, 还须在此温度保持一定时间, 使内外温度一致, 使显微组织转变完全, 这段时间称为保温时间。热处理时间就是材料从开始加热到材料内部的组织转变结束。因此, 热处理时间直接关系到热处理效果的好坏, 考察合适的热处理时间对摩擦材料性能非常重要。本节将主要讨论热处理时间对粉煤灰增强的树脂基摩擦材料性能的影响, 保持热处理温度为 200 ℃, 不同的热处理时间(4 h、6 h、8 h、10 h、12 h)对试样进行摩擦磨损实验。测试结果分别见图 4。



a 140 ℃, 10 h



b 200 ℃, 10 h



c 200 ℃, 4 h

图 3 不同热处理工艺下粉煤灰增强树脂基摩擦材料断面的 SEM 图

Fig. 3 SEM photographs of the section microscope of resin - based friction materials with different heat treatment process

从图 4a 和 4b 可以看出, 热处理时间为 4 h 的样品高低温摩擦系数较低、磨损较大, 摩擦磨损性能极不稳定, 这一方面是由于热处理时间过短, 树脂基摩擦材料内部的转变未完全; 另一方面, 树脂高温分解致使其粘结剂的作用减弱, 材料结构变得松散, 性能变差。

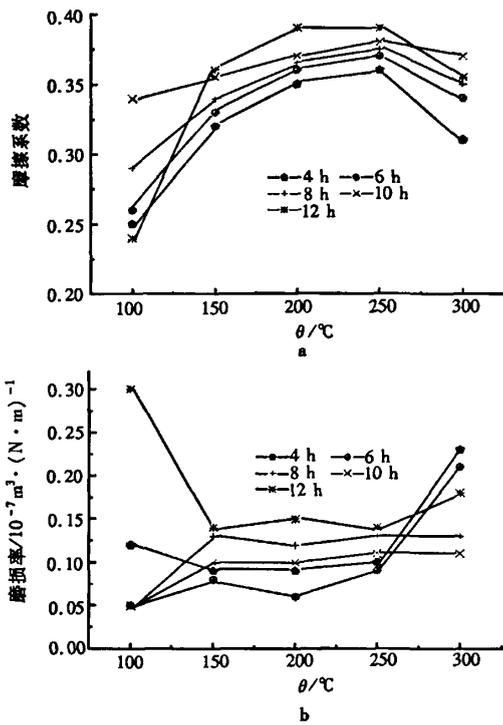


图 4 不同热处理时间的树脂基摩擦材料其摩擦磨损性能变化情况
Fig. 4 Friction and wear properties of the resin - based friction materials with different heat treatment time

将热处理时间分别延长至 6 h、8 h、10 h, 样品低温摩擦系数依次增加, 随着摩擦过程中温度升高摩擦系数曲线逐渐趋于平缓, 磨损率均较小, 其中 10 h 热处理的样品摩擦磨损性能相对较优。

热处理时间为 12 h 的样品摩擦系数和磨损率变化最为明显, 低温摩擦系数较低, 高温出现“热衰退”现象, 且高温下磨损非常严重, 这可能是热处理时间过长造成样品老化, 因而性能急剧下降。

参考文献:

[1] 翟玉生, 张金中, 李安, 等. 无石棉自增强摩擦材料的研制与性能研究[J]. 摩擦学学报, 1996, 16(3): 221 - 225.
 [2] Sudarshan, Surappa M K. Dry sliding wear of fly ash particle reinforced A356 Al composites[J]. Wear, 2008, 265: 349 - 360.
 [3] 熊党生. 粉煤灰填充聚氟乙烯复合材料的摩擦学特性研究[J]. 摩擦学学报, 2003, 23 (2): 154 - 157.
 [4] 王占红, 侯贵华. 粉煤灰增强树脂基复合材料力学性能和摩擦学性能的研究[J]. 润滑与密封, 2009, 34(4): 46 - 50.
 [5] 张红波, 辛伟, 左劲旅, 等. 热处理温度对添加碳化硼炭/炭复合材料摩擦磨损性能的影响[J]. 摩擦学学报, 2003 (1): 44 - 47.

表 3 是热处理不同时间的粉煤灰增强树脂基摩擦材料其他性能测试结果。由表中可见, 热处理时间对粉煤灰增强树脂基摩擦材料的物理力学性能影响很大。具体来说, 表观密度和硬度曲线都有先增加后减小的趋势。热处理时间在 10 h 以内, 树脂基摩擦材料的表观密度和硬度随着热处理时间增加而上升, 在 10 h 时两者均表现出较高值(图 3c 和 b 断面微观结构可证明); 热处理温度延长至 12 h, 由于热处理时间过长, 样品出现老化, 表观密度和硬度曲线又开始降低。

表 3 不同热处理时间对树脂基摩擦材料其他性能的影响

Table 3 Effect of the different heat treatment time on other properties of the resin - based friction materials

t/h	表观密度 g · cm ⁻³	硬度 HRL
4	1.638	99
6	1.648	101
8	1.660	101
9	1.660	102
10	1.663	103
11	1.659	101
12	1.657	100

3 结论

(1) 在低于 200 °C 的温度下热处理, 随着热处理温度升高, 树脂基摩擦材料的性能逐渐提高。但热处理温度过高(超过 200 °C), 样品可能老化或被过烧, 性能下降。因此, 200 °C 为最佳的热处理温度, 该温度处理的样品表观密度和硬度较大, 摩擦磨损性能较佳。

(2) 热处理时间适当延长, 可以稳定并提高摩擦材料的性能。但热处理时间过长, 可能造成样品老化。10 h 热处理的树脂基摩擦材料各项性能均较好。

- [6] 于澍,李溪滨,刘根山,等. 最终热处理对炭/炭复合材料摩擦磨损性能的影响[J]. 航空材料学报,2004,24(1):22-27.
- [7] 李海红,阎逢元. 热处理对石墨填充高岭土基矿物聚合物复合材料摩擦学性能的影响[J]. 润滑与密封,2007,32(8):106-110.

Research on Heat Treatment Process of Resin – based Friction Material Filled with Fly Ash

WANG Zhan-hong, HOU Gui-hua, ZHU Xiang

(Key Laboratory for Ecological – Materials of Jiangsu, Yancheng Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224051, China)

Abstract: Two heat treatment process parameters: heat treatment temperature and heat treatment time were studied for resin – based on friction materials containing fly ash in order to improve the tribology performance and forming techniques. It is indicated by experimentation that much better properties of friction and wear are achieved for resin – based on friction materials added fly ash on the condition of the heat treatment temperature 200 °C, the heat treatment time 10 hours.

Keywords: fly ash; resin – based friction material; friction and wear; heat treatment

(责任编辑:范大和;校对:沈建新)

(上接第26页)

参考文献:

- [1] 杨宝胜,董荣风. 弹簧的质量对弹簧谐振子角频率的影响[J]. 物理通报,1986(4):8-9.
- [2] 戴宝印,代娜. 有质量弹簧的振动解[J]. 鞍山师范学院学报,2003,5(2):45-47.
- [3] 陈秉乾. 物理学难题集萃[M]. 北京:高等教育出版社,1999:299.
- [4] 魏功民. 弹簧质量对耦合摆小振动角频率的影响[J]. 大学物理,1997,16(7):19-27.
- [5] 龚善初. 失调耦合摆振动分析[J]. 大学物理,2005,24(8):21-24.
- [6] 康文秀. 弹簧质量对振子运动的影响[J]. 保定师范专科学校学报,2004,17(2):25-27.
- [7] 蔡旭初,高脐雯,吴文英. 双弹簧振子的振动分析[J]. 东华大学学报,2004,30(5):136-137.

The effect of mass on the motion of Oscillator

QIAN Hong

(President's office, Jiangyin Polytechnic College, Jiangsu Jiangyin 214405, China)

Abstract: Oscillator is a typical model in physics. We have found that there are many differences between the experimental result and the theory about stiffness frequency. Though there are many reasons, the main one is the effect to the stiffness by the quality. This paper will adopt four bands Runge – Kutta method to solve the result of the equation on motion of oscillator, and analyze the effect to the stiffness by the oscillator quality.

Keywords: Oscillator; fourth order Runge – Kutta method; mass of spring

(责任编辑:张英健;校对:沈建新)