

文章编号:1006-9798(2002)04-0078-04

新型碳纤维摩阻材料的研究

杨淑静

(青岛大学化工系,山东 青岛 266071)

摘要:介绍了以碳纤维为增强材料,以开环聚合酚醛树脂为基体研制成的新型摩阻材料,并对其性能进行研究。结果表明,该摩阻材料具有适宜的摩擦系数和磨损量,各项性能指标优于市售摩阻材料,且具有较好的耐热性和较强的抗热衰退性,是具有广阔应用前景的新型摩阻材料。

关键词:碳纤维;钢纤维;摩阻材料;开环聚合酚醛树脂;摩阻性能

中图分类号: TB332 **文献标识码:**A

摩阻材料广泛应用于交通车辆、工程机械离合器与制动器,由于其使用范围很广,使用工况十分复杂,且随着车辆和机械的发展而越来越苛刻,因此,对摩阻材料性能要求越来越高^[1],要求它能够在高速、高载荷、高温下具有良好的摩擦磨损性能和耐热性。

以往常用的石棉增强聚合物基摩阻材料,虽然具有摩擦系数高、制造工艺简便等优点,但其在高速高载荷下使用“热衰退”现象严重,故只能用于低温,且由于石棉对环境、人体危害严重,所以更加限制了该材料的使用,有的国家甚至禁止使用石棉产品^[2]。目前,许多国家正在积极开发研究无石棉摩阻材料以替代已具有应用局限性的石棉摩阻材料。复合材料因具有可以根据使用条件的要求进行设计和制造,以满足各种特殊用途的特性而受到人们的青睐,成为最有希望满足现代摩阻材料要求的首选,所以人们致力于对复合摩阻材料的研究,相继出现了玻璃纤维摩阻材料、钢纤维摩阻材料、芳纶纤维摩阻材料、碳纤维摩阻材料及混杂纤维摩阻材料。

其中的碳纤维摩阻材料以其强度高、弹性模量大、耐热耐腐蚀性强、重量轻、膨胀系数小等优点受到发达国家的高度重视,成为最有前景的摩阻材料。专家预测,它将取代传统的石棉基和粉末冶金摩阻材料^[3]。

我国对碳纤维摩阻材料的研究起步较晚,以致在许多领域内摩阻材料性能不能满足使用要求。特别是目前国内列车全面提速。列车速度的提高,意味着需要更高制动性能的闸瓦材料,闸瓦材料性能的改进直接关系到提速后的制动安全性和可靠性,进而制约着火车提速的限度,因而研制一种高摩阻性能的摩阻材料成为一项非常紧迫的任务。我们研究碳纤维摩阻材料的目的,正是利用综合性能优良的碳纤维开发出用于高速列车闸瓦的新型摩阻材料。

1 试验部分

1.1 试验原材料及设备

PAN 基 12 K 碳纤维:山东工业大学提供,使用时短切至 2~3 mm;

钢纤维:南阳金属纤维公司生产;

开环聚合酚醛树脂:四川联合大学提供;

摩擦性能调节剂、填料等:市售。

压力机 Y/AD71 - 45A:天津锻压机械厂出产;

收稿日期:2002-04-19

作者简介:杨淑静(1973-),女,硕士,1999 年毕业于山东工业大学,研究方向:轿车轮胎的设计研究。

高搅机 SK/ II:张家港轻工业机械厂制造;
DMS:石堰汽车设备厂制造。

1.2 模压成型工艺流程

制模压料 模压料预热 装模 压制 脱模 试件 后处理

1.3 性能测试

1.3.1 机械性能测试

硬度(洛氏硬度) HRM:参照 GB - 9342;

冲击强度:参照 GB/ T1043;

压缩模量、压缩强度:参照 GB/ T1041;

吸水性测试:参照 GB1034 - 86。

1.3.2 摩擦磨损性能测试

参照 GB5763 - 86,采用 D - MS 定速式摩擦试验机,压强为 9.81×10^5 Pa;圆盘转速为 480 r/ min;对偶材质为 HT200,170 ~ 210 HB。测试 100、150、200、250、300、350 时的摩擦性能。

2 试验结果及分析

2.1 碳纤维的性能

试验所用 ST300 碳纤维的性能如表 1 所示,碳纤维具有抗拉强度高、弹性模量大、比重低、抗蠕变、抗疲劳、热导性好,耐腐蚀等优良的物理、化学性能,是其它任何纤维所不能媲美的,是理想的增强材料,它赋予复合材料良好的机械性能和抗高温、耐磨损性能。

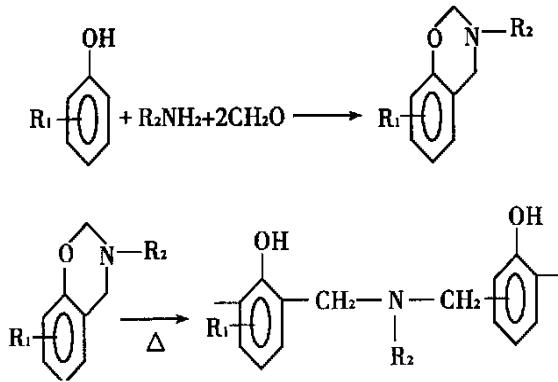
表 1 ST300 型碳纤维主要性能指标

| 密度/ g cm ³ | 单丝直径/ μm | 抗拉强度/ GPa | 拉伸模量/ GPa | 断裂伸长率/ % |
|-----------------------|---------------------|-----------------|----------------|----------------|
| 1.77 | 6.3 | 3.25 (Cv = 6.1) | 261 (Cv = 2.2) | 1.3 (Cv = 3.7) |

注:Cv 为离散系数/ %

2.2 树脂的性能

酚醛树脂以其优良的耐热、耐磨性和成型加工性成为高温制动材料基体的优选对象,且通过树脂改性和增强增韧,可以改进其性脆的弱点。试验基体原料为以酚类化合物和甲醛为原料合成的一类含杂环结构的中间体——苯并恶嗪。在加热和/或催化作用下,苯并恶嗪中间体可发生开环聚合,生成含氮且类似酚醛树脂的网状结构。故该新型树脂称为开环聚合酚醛树脂,其反应路线如下式所示^[4]:



可见开环聚合酚醛树脂聚合时与普通酚醛树脂固化时的缩聚反应不同,它在聚合时无小分子释放,同时又具有稳定的苯环,所以高温摩擦系数稳定,恢复性好,且成型工艺简单,故比较适合做复合摩阻材料基体,开环聚合酚醛树脂性能如表 2 所示。

表 2 开环聚合酚醛树脂的性能

| 测试项目 | 挥发份含量/ % | 游离酚(或胺)含量/ % | 软化点/ | 环化率/ % | 产率/ % |
|------|----------|--------------|---------|--------|-------|
| 性能值 | < 3 | < 5 | 70 ~ 80 | 94 | 94 |

2.3 摩阻材料的机械性能

对制得的试样进行机械性能测试,测试结果与铁路技术要求比较如表 3 所示。由表 3 可见,试验材料的机械性能均达到了铁路技术要求,且该新型摩阻材料具有优良的抗冲击性能。试验材料具有良好的机械性能,主要是由于树脂对增强材料和填料的牢固粘接,使整个材料成为有机整体,载荷能均匀地分布和传递。当然,良好的机械性能也与增强材料和基体材料的良好性能密切相关。

表 3 新型碳纤维摩阻材料的机械性能

| 项 目 | 技术要求 | 新型摩阻材料 |
|----------------------------|----------|--------|
| 压缩弹性模量/ GPa | < 3.0 | 3.0 |
| 冲击强度 / kJ / m ² | > 2.0 | 5.3 |
| 洛氏硬度 / HRM | 60 ~ 100 | 67.9 |
| 压缩强度 / MPa | 25 | 49.8 |
| 吸水率 / % | < 2 | 0.81 |

2.4 摩阻材料的摩擦性能

表 4 为碳纤维摩阻材料摩擦系数和磨损率与市售其它摩阻材料的对比,1~5# 材料分别代表:以开环聚合酚醛树脂为基体的摩阻材料、国产摩阻材料、合资摩阻材料、进口摩阻材料和碳纤维摩阻材料。比较可以看出该碳纤维摩阻增强材料的摩阻性能优于其它摩阻材料,其不仅摩擦系数可满足使用要求,且高温下摩擦系数不下降,具有较高的抗热衰退性,同时,其磨损率比其它摩阻材料低 1~2 个数量级,显示出其优异的耐磨性。

表 4 新型碳纤维摩阻材料与其它摩阻材料的摩阻性能对比表

| | 测试温度/ | 1 # | 2 # | 3 # | 4 # | 5 # |
|---|-------|---------|-------|-------|-------|-------|
| μ | 100 | 0.407 | 0.40 | 0.43 | 0.40 | 0.40 |
| | 150 | 0.419 | 0.49 | 0.42 | 0.38 | 0.40 |
| | 200 | 0.391 | 0.36 | 0.37 | 0.46 | 0.43 |
| | 250 | 0.384 | 0.32 | 0.31 | 0.46 | 0.44 |
| | 300 | 0.379 | 0.30 | 0.38 | 0.52 | 0.41 |
| | 350 | 0.373 | | | | |
| $V \times 10^7 \text{cm}^3/(\text{N} \cdot \text{m})$ | 100 | 0.00795 | 0.075 | 0.070 | 0.102 | 0.113 |
| | 150 | 0.00757 | 0.055 | 0.092 | 0.060 | 0.089 |
| | 200 | 0.00783 | 0.058 | 0.151 | 0.052 | 0.653 |
| | 250 | 0.02310 | 0.269 | 0.272 | 0.068 | 0.057 |
| | 300 | 0.00749 | 0.334 | 0.269 | 0.053 | 0.165 |
| | 350 | 0.03190 | | | | |

注:火车闸瓦要求摩擦系数较低,该材料符合要求。

研究发现,碳纤维含量对摩擦性能具有较大的影响,特别是对磨损率的影响很大,随碳纤维含量的增加,磨损率逐渐降低,摩擦系数也逐渐降低。这是因为,一方面选择性磨损使显露出来的纤维承受了部分的载荷,因此降低了纤维增强聚合物的磨损率;另一方面,纤维含量增加,使更多的碳纤维粘附于摩擦面,容易形成具有自润滑性的摩擦膜,从而降低了磨损率。又因为实为乱层石墨结构的碳纤维本身为自润滑材料,所以摩擦系数也随碳纤维含量的增加而降低。由此可知,可以通过调节碳纤维含量使碳纤维摩阻材料的摩擦系数和磨损率在要求的范围内,使其适应于多种条件下摩阻材料的要求。

2.5 摩阻材料的抗热衰退性

摩阻材料的抗热衰退性是重要的性能指标,所谓“热衰退”即在摩擦表面温度较高时,摩擦系数产生较大幅度的降低。从表 4 可看出该碳纤维摩阻材料性能稳定,从 250~300 摩擦系数仅下降 0.005,而从 300~

350 摩擦系数几乎不变。在整个升温过程中,摩擦系数变化很小,从 100 ~ 300 变化幅度为 0.028,说明其具有较强的抗热衰退性。对材料的优良的抗热衰退性分析可从两个方面入手:其一是摩阻材料应具有良好的导热性;其二是摩阻材料的基体应具有良好的耐热性。

首先,摩擦表面的温度高低与摩阻材料的导热性能有很密切的关系。试验摩阻材料选用碳纤维和钢纤维作为增强材料,碳纤维结构实为乱层石墨结构,由于其有一个可活动的键,所以导热性能很强。而钢纤维本身为金属材料,其导热性也很好。因而,试验材料整体的导热性大大增加,能够把因摩擦产生的热量快速带走,使摩擦表面的温度不致过高,从而使材料保持正常的摩擦状态,摩擦系数不下降,减少了热衰退的外因。

其次,开环聚合酚醛树脂具有良好的耐热性能,在试验温度范围内不发生热分解,且通过与其它材料共混处理后,使摩擦表面能够形成一层稳定的界面膜,该膜层既坚实又柔韧且不易脱落,保证了摩阻材料的稳定,从而使摩阻材料具有较强的抗热衰退性。

3 结论

- (1) 所研制的碳纤维摩阻材料具有优良的机械性能和摩阻性能,是具有应用价值的新型摩阻材料。
- (2) 随着碳纤维含量的增加,碳纤维摩阻材料的摩擦系数和磨损率都降低,且碳纤维含量对磨损率的影响较大。
- (3) 该摩阻材料具有较高的抗热衰退性,是碳纤维、钢纤维和开环聚合酚醛树脂共同作用的结果。

参考文献:

- [1] Jacko M G,Tsang P H S,Rhee S K. Automotive friction materials evolution during the past decade[J]. Wear ,1984 ,(100) :503.
- [2] Baker R. Changes caused by legislation against asbestos[J]. Powder Metallurgy ,1992 ,35 (4) :255.
- [3] 周顺隆.国外摩阻材料的研究现状和发展[J].摩擦磨损. 1983(4) :32.
- [4] 黄毅,顾宜,刘新华.耐热性汽车制动材料的研究[J].工程塑料应用. 1997 ,25(4) :1.

STUDIES ON NEW TYPE CARBON FIBER FRICTIONAL MATERIAL

YAN G Shu-jing

(College of Chemical Engineering of Qingdao University ,Qingdao 266071 ,China)

Abstract :This paper introduces the development of a new type frictional material with ring-opening polymerized phenolic resin as a matrix and carbon fiber as a reinforcement. Its properties were studied. Experiment results have shown that the carbon fiber frictional material has high frictional coefficients, and low wear rates and especially it has an excellent heat resistance. It is a new type frictional material which has a wide prospect of application.

Key Words :carbon fiber ;steel fiber ;frictional material ;ring-opening polymerized ;phenolic resin ;friction property