

碳纤维含量对改性酚醛摩阻材料性能的影响

张西奎 王成国 王海庆 陈海燕

(山东大学材料科学与工程学院, 济南 250061)

摘要 利用 D-MS 摩擦试验机研究了碳纤维含量对改性酚醛摩阻材料摩擦磨损性能的影响。碳纤维含量对摩阻材料的摩擦磨损性能影响显著,摩阻材料的摩擦系数和磨损率随碳纤维含量的增加而减小,提出改性酚醛摩阻材料中碳纤维含量不宜超过 5%。扫描电镜分析表明,材料的摩擦磨损机理与碳纤维含量密切相关。

关键词 碳纤维 摩阻材料 改性酚醛 摩擦磨损

随着车辆逐渐向高速、重载、安全舒适等方向发展,对制动摩阻材料的性能要求亦越来越高,特别是对高温制动的稳定性和制动的环保性能要求日益突出。传统的石棉摩阻材料在高温制动时易出现摩擦性能“热衰退”,产生的石棉粉尘对人体有害。因此,许多国家都以玻璃纤维、钢纤维、芳纶纤维和碳纤维等代替石棉制成无石棉摩阻材料。碳纤维具有比强度高、比模量高、耐热性好、耐磨损等优点^[1],是增强效果很好的石棉代用品。目前国内对碳纤维增强摩阻材料的研究不多,为研制性能优良的新型摩阻材料,笔者就碳纤维含量对改性酚醛摩阻材料性能的影响进行了系统的研究。

1 实验部分

1.1 原材料的选择

汽车摩阻材料通常由基体树脂、增强纤维和摩擦性能调节剂等组成。笔者选用的基体树脂由自行研制的酚醛树脂的三聚氰胺-腰果壳油改性物及丁腈橡胶粉末组成;增强纤维由钢纤维、碳纤维的短纤维混杂而成;摩擦性能调节剂由高岭土、 CaCO_3 、 BaSO_4 等组成。

1.2 摩阻材料的配方优化

应用正交设计理论及混杂理论进行配方设计,选定试验指标为:摩擦系数、磨损率、冲击强度。根据实际情况,选择改性酚醛树脂含量、丁腈橡胶含量和增强纤维含量三个因素。相应分别取三个水平,用正交表 $L_9(3^4)$ 设计,并结合性能试验结果等多因素方差分析进行配方优化,得到摩阻材料的配方为:

基体树脂 25%;

增强纤维 25% ~35%;

摩擦性能调节剂 40% ~50%。

1.3 摩阻材料的成型工艺

笔者选用干法热压成型工艺制备摩阻材料。根据试验分析研究,压制成型工艺条件为:

温度 $(160 \pm 5)^\circ\text{C}$; 压力 8 ~10 MPa; 时间 3 min/mm; 热处理时间 160°C 保持 4 h。

摩阻材料的压制工艺流程见图 1。

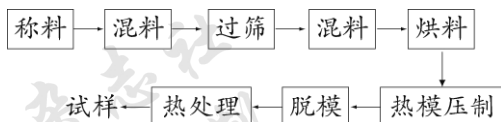


图 1 摩阻材料的压制工艺流程图

1.4 摩阻材料的性能测定与表征

冲击强度: 依据 GB 5765-86《摩擦材料冲击强度测定法》,在 SJJU-5.5 摆锤式冲击试验机上对研制出的摩阻材料进行冲击试验,冲击强度值为 10 件试样测试平均值。

硬度: 在 XHR-150 型塑料洛氏硬度计上测定。

摩擦磨损性能: 依据 GB 5763-1998,在 D-MS 定速式摩擦试验机上进行摩擦磨损性能试验。摩擦盘材质为 GB/T 9439 中灰铸铁牌号规定的 HT250 灰铸铁,系珠光体组织,硬度为 HB 180 ~220,滑动线速度为 7.5 m/s。

1.5 摩阻材料的表面结构分析

应用日本 JXA-840 型扫描电子显微镜 (SEM) 进行摩擦材料表面结构与形貌分析。

2 结果与讨论

2.1 碳纤维含量对摩阻材料冲击强度和硬度的影响

摩阻材料的冲击强度和硬度随碳纤维含量的变化见表 1。由表 1 可以看出,在所选定的碳纤维含量范围内,随着碳纤维含量的增加,冲击强度有所增大。这是由于碳纤维本身有比强度高的特性,并且其在摩擦材料中结成网状结构,起到了增强增韧作用。材料的冲击强度完全符合 GB 5783-1998 及日本 JISD4411-1993 标准规定的要求,为摩阻材料

的机加工等提供了保障。而摩阻材料的硬度相应降低,这也许是碳纤维的含量增多,其它组分的比表面积相对减小,基体树脂的含量相对减少,粘结力下降造成的。

表 1 不同碳纤维含量的摩阻材料的冲击强度和硬度

项 目	碳纤维含量 / %				
	1	3	5	8	10
冲击强度 / $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$	4.72	5.00	5.22	5.43	5.70
洛氏硬度	78.6	76.8	71.2	68.5	66.4

2.2 摩擦磨损性能

不同温度下摩阻材料的摩擦系数和磨损率随碳纤维含量的变化测试结果列于表 2、表 3。由表 2、表 3 可以看出,在选定的碳纤维含量范围内,摩擦系数和磨损率都随碳纤维含量的增加而减小。这是因为碳纤维大多具有“乱层石墨”结构,表现出良好的自润滑性和减摩性能^[2]。同时,笔者发现在高温时摩阻材料的摩擦系数明显变小,这是由于摩阻材料在高温摩擦时形成了一层润滑膜,致使摩擦系数明显降低,造成热衰退^[3]。同时,润滑膜在摩擦过程中很容易被破坏,又造成磨损加剧,磨损率明显增大。另外,经 300℃ 试验后,再做 100℃ 试验,发现其摩擦系数又有大幅度的提高,但还是低于初期 100℃ 下的摩擦系数,说明热历史对摩擦系数有明显影响,这有待于今后进一步研究。同时,笔者发现碳纤维含量为 8% 和 10% 两组配方的摩阻材料在高温下的摩擦系数偏低,所以碳纤维的含量不宜过高。

表 2 不同碳纤维含量的摩阻材料的摩擦系数

碳纤维含量 / %	温度 / $^{\circ}\text{C}$					
	100	150	200	250	300	100 ¹⁾
1	0.44	0.46	0.43	0.32	0.28	0.38
3	0.40	0.39	0.37	0.31	0.27	0.34
5	0.38	0.39	0.40	0.32	0.27	0.34
8	0.38	0.39	0.30	0.25	0.23	0.33
10	0.38	0.39	0.32	0.25	0.20	0.32

注:1) 经 300℃ 试验后的试验温度。

表 3 不同碳纤维含量的摩阻材料的磨损率 $\times 10^7 \text{ cm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$

碳纤维含量 / %	温度 / $^{\circ}\text{C}$					
	100	150	200	250	300	100 ¹⁾
1	0.0956	0.1217	0.1835	0.2693	0.2799	0.0984
3	0.1000	0.1148	0.1553	0.2336	0.2562	0.0940
5	0.0967	0.1111	0.1606	0.2386	0.2453	0.1086
8	0.0987	0.1100	0.1622	0.2317	0.2411	0.0912
10	0.0789	0.1086	0.1598	0.2185	0.2381	0.0871

注:1) 经 300℃ 试验后的试验温度。

不同碳纤维含量的摩阻材料的 SEM 照片表明,在不同碳纤维含量的摩阻材料中,碳纤维分散均匀,由于碳纤维具有高的比强度和比模量,在滑动过程

中不易折断,且具有良好的自润滑性^[4],所以在摩阻材料中,碳纤维含量低时,摩阻材料表现出高摩擦系数和低磨损率;随着碳纤维含量的增加,碳纤维与对偶件的接触增多,导致摩擦系数减小,耐磨性增强。

2.3 微观结构与摩擦磨损机理探讨

聚合物基摩阻材料的摩擦错综复杂,不同温度下的摩擦磨损机理也不一样^[5]。分析认为,聚合物基摩阻材料在制动摩擦过程中,体现为磨粒磨损、粘着磨损、疲劳磨损和热磨损。

摩阻材料经 100℃ 和 300℃ 摩擦后的表面形貌 SEM 照片表明,经 100℃ 摩擦后,材料表面有清晰的平行于摩擦力方向的摩擦痕迹。这是由于摩阻材料的硬质点(包括衬片中的高硬度填料或对偶件表面的凸峰)在切向力作用下,将材料表面划伤或犁出沟槽。同时,表面分布着在磨粒磨损作用下形成的磨屑,并且还有较小的带片形态的粘着磨损特征。经 300℃ 摩擦后,表面几乎看不到纤维,摩擦痕迹也不明显,表面较平滑,这是由于在高温摩擦条件下摩阻材料主要体现为疲劳磨损和热磨损,摩擦热使摩阻材料表面层中的基体树脂发生热分解产生 CO₂、H₂ 等气体和焦油状物质,在摩擦界面上分别起气垫作用和润滑作用,使摩擦阻力减小、摩擦系数降低。同时发现,在摩擦表面有的地方有较小程度的微裂纹和凹槽,可以解释为这些粘着点受剪切所产生的摩擦阻力大于表面膜与基体材料的流动极限时,在法向力和切向力的作用下,表面膜被撕裂,造成磨损率增大。

总之,摩阻材料的磨损,在低温区主要体现为磨粒磨损和粘着磨损,而在高温区,则受磨粒磨损、粘着磨损、热磨损和疲劳磨损影响,但后两者作用强度远大于前两者,高温磨损主要为疲劳磨损和热磨损。

3 结论

碳纤维含量对其增强改性酚醛摩阻材料的摩擦磨损性能有显著影响,在选定的碳纤维含量范围内,随着碳纤维含量的增加,冲击强度有所增大,摩擦系数减小,磨损率降低,经过综合测试比较,碳纤维的含量不宜超过 5%。

参考文献

1 贺福,王茂章.碳纤维及其复合材料.北京:科学出版社,1995.
2 Nannaji S, Szeto Nelson K, Turgay E. Friction and wear of fiber-reinforced metal-matrix composites. Wear, 1992, 157: 339
3 徐仁泉,胡庆.冷压盘式刹车片摩擦磨损性能的研究.摩擦学报,1998, 18(3): 260

4 Gopal P, Dharani L R, Blum F D. Load, speed and temperature sensitivities of a carbon sensitivities of a carbon fiber reinforce phenolic materials. *Wear*, 1995, 181 – 183 (2) : 913

5 刘家浚. 材料磨损原理及其耐磨性. 北京: 清华大学出版社, 1993.

EFFECT OF THE CARBON FIBER CONTENT ON THE PROPERTIES OF THE MODIFIED PHENOLIC FRICTION MATERIALS

Zhang Xikui, Wang Chengguo, Wang Haiqing, Chen Haiyan

(School of Materials Science and Engineering, Shandong University, Jinan 250061, China)

ABSTRACT The influence of the carbon fiber content on the friction and wear behavior of the modified phenolic friction materials was studied using a D – MS wear tester. The experimental results showed that the friction and wear properties of the materials were significantly affected by the carbon fiber content. The friction coefficient and wear rate of the materials decrease with the increase of the carbon fiber content. The carbon fiber content of the friction materials should not surpass 5% . SEM was used to analyze the friction surface, it was showed that the wear mechanism of the friction materials was closely related with the carbon fiber content.

KEYWORDS carbon fiber, friction material, modified phenolic resin, friction and wear

阿托菲纳氟聚合物泡沫材料性能优异
阿托菲纳公司现已成为世界上第一家拥有由氟聚合物制备实用泡沫材料技术的公司。采用该公司所拥有的专有技术,不使用发泡剂,以公司本身所生产的聚偏氟乙烯树脂为原料可生产出软泡或硬泡沫材料。这类氟聚合物泡沫材料具有非常优异的抗紫外线及耐老化性能,有较高的回弹性和自熄性,可长期暴露在 70℃ 的温度下而不受损。同时,它

们的耐化学药品性能也相当好。该氟聚合物泡沫材料的密度,低的为 0.3 ~0.35 g/cm³,高的可达 0.7 ~0.8 g/cm³。该公司可生产出定制模量的泡沫材料并且可添加较长的玻璃纤维或其他填料。目前,阿托菲纳公司正在寻找有兴趣使用该泡沫材料来开发新产品的公司进行合作。氟聚合物泡沫材料用途广泛,如可用作阻燃绝缘材料、过滤器、填料、座垫等,还可用作电子设备上的高纯度抛光材料等。 (尚建)

工程塑料应用
版权所有