

文章编号:0253-9721(2010)03-0032-04

CPE/涤纶七孔短纤弹性体复合材料的吸声性能

姜生^{1,2}, 晏雄¹

(1. 东华大学 纺织面料技术教育部重点实验室, 上海 201620;

2. 南通纺织职业技术学院 纺织系, 江苏 南通 226007)

摘要 以氯化聚乙烯(CPE)为基体,涤纶七孔短纤(SHPF)为增强体,制备了CPE/SHPF系列弹性体复合材料,并对其吸声性能进行了研究。结果表明这种材料在中频段具有较好的吸声性能。随着纤维质量比的增加,材料的吸声系数明显增加,当CPE/SHPF的质量比达到100/25时,厚度为1 mm的复合材料在2 500 Hz时的吸声系数达到0.364。为分析其吸声机制,对材料进行了动态黏弹性测试发现,该材料的吸声效果与材料的黏弹性呈负相关,这与正常情况相违背,说明另有影响其吸声性能的因素存在。对材料进行了力学性能测试发现,随纤维含量的增加,材料的力学性能获得极大的改善。研究认为CPE/SHPF弹性体复合材料是一种具有工程应用潜力的吸声材料。

关键词 氯化聚乙烯;七孔涤纶短纤;复合材料;吸声材料

中图分类号:TB 332 文献标志码:A

Acoustical absorption property of elastomer composites consisting of chlorinated polyethylene and seven-hole hollow polyester fibers

JIANG Sheng^{1,2}, YAN Xiong¹

(1. Key Laboratory of Textile Science & Technology, Ministry of Education, Donghua University, Shanghai 201620, China;

2. Department of Textile, Nantong Textile Vocational Technology College, Nantong, Jiangsu 226007, China)

Abstract A series of elastomer composites were prepared with chlorinated polyethylene (CPE) as the substrate and seven-hole hollow polyester fibers(SHPF) as reinforcing material. The acoustical absorption property of the samples was studied. The results showed that CPE/SHPF elastomer composites have preferable acoustical absorption property at medium frequency and acoustical absorption coefficient of the samples markedly increased with increasing of the proportion of fibers. Acoustical absorption coefficient of CPE/SHPF composites with 1 mm thickness is 0.364 in 2 500 Hz frequency when the proportion in mass of CPE/SHPF is 100/25. The dynamic viscoelasticity of CPE/SHPF was measured in order to analyze the acoustical absorption mechanism of the composites. It was found that the acoustical absorption is inversely related with their viscoelasticity. This is abnormal, indicating that there are some other factors that influence acoustical absorption of CPE/SHPF. The mechanical properties of the composites were also tested. The mechanical properties of the composites improved significantly with increasing of fibers. As an acoustical absorption material, CPE/SHPF composites have potential applications in engineering field.

Key words chlorinated polyethylene (CPE); seven-hole hollow polyester fibers(SHPF); composites; acoustical absorption material

黏弹性阻尼材料兼具有黏性状态下损耗能量和弹性状态下贮存能量的性能,而高聚物具有其他化

合物所不具有的黏弹性,各国学者纷纷利用高聚物的这一特性研发和应用阻尼减振降噪材料,在阻尼

收稿日期:2009-05-16 修回日期:2009-09-15

作者简介:姜生(1971—),男,副教授,博士生。主要研究方向为阻尼、吸声复合材料的开发和研究。晏雄,通讯作者,E-mail: yaxi@dhu.edu.cn。

减振方面的研究较多^[1-8],如利用氯化聚乙烯作为基体,通过向其加入过量的受阻胺、受阻酚、促进剂DZ等有机小分子,从而使材料获得较好的阻尼性能。在阻尼降噪方面主要采用的是多孔材料^[9]、薄板共振^[10]和空腔共振^[11-12]方式。多孔吸声材料如PU泡沫塑料或玻璃纤维,声波在进入多孔材料的孔中,利用空气的黏滞和空气在孔中的振荡作用而吸收声能,这种材料一般在高频下表现出具有良好的吸声性能,而在低频条件下吸声性能较差,为了能使这种材料在低频区域也具有较好的吸声性能,材料就必须做得很厚。薄板共振和空腔共振则是利用当入射声波频率与结构材料的固有频率相等时,产生共振,前者是利用薄板与其周围的空气产生剧烈的摩擦而消耗声能,后者是利用空气在空腔中共振时产生剧烈的振动,空气与腔壁的摩擦而消耗声能。其只在特定的频率段产生优良的吸声性能。

为研究聚合物基复合材料的吸声性能,制备了CPE/涤纶七孔短纤系列弹性体复合材料,研究涤纶七孔短纤对材料吸声性能的影响,并测试材料的力学性能,以研究这种材料成为工程用吸声材料的可能性。

1 实验部分

1.1 原料

氯化聚乙烯(CPE),牌号为H135A,山东潍坊亚星化工厂生产,氯化度为35%;三维卷曲涤纶七孔短纤(SHPF)线密度为10 dtex,长度为60 mm,仪征化纤股份有限公司;普通涤纶(T),线密度为0.78 dtex,长度为51 mm,仪征化纤股份有限公司。

1.2 试样制备

首先,将基体CPE在温度为65℃的双辊筒混炼机上混合一定的时间;按工艺设计称取一定质量的CPE初混料和涤纶短纤,分别将不同质量比的CPE、涤纶短纤加以混合,混合过程中不断用切刀作人工辅助混合,以使涤纶短纤均匀分布在基体中,待混合均匀后用切刀将其取下制备成薄膜;最后将各自的混炼料铺在模具(厚度为1.0 mm)中,放入温度为140℃平板硫化机内,先预熔3 min,再在10 MPa压力下热压12 min,取出,迅速在冰水中快速冷却,得到试样。

1.3 实验方法

声学性能测试采用北京声望技术公司的SW260系列阻抗管,按照GB/T 18696.2—2002《声

学阻抗管中吸声系数和声阻抗的测量第2部分:传递函数法》测试样品吸声系数。吸声系数仪器的测量安装如图1所示。

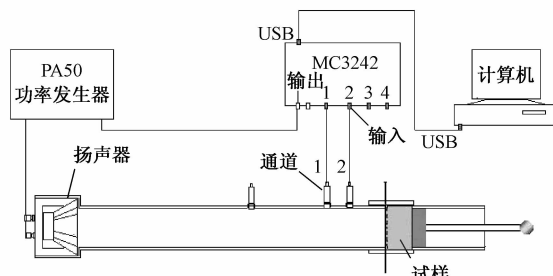


图1 阻抗管测试吸声系数安装图

Fig.1 Assembled diagram of measured sound absorption coefficient with an impedance tube

动力学热分析(DMA)采用美国Perkin Elmer公司的DMA 7e分析仪,试样尺寸为12 mm × 4 mm × 1.0 mm,采用拉伸模式,升温速率为10℃/min,频率为1 Hz,通过DMA测试材料的损耗因子和模量变化。

力学性能测试采用南通宏大实验仪器有限公司的HD026NE型电子织物强度仪,参照GB/T 528—1992《硫化橡胶和热塑性橡胶拉伸性能的测定》进行,试样规格为115 mm × 6 mm × 1.0 mm,每种材料取5个试样,初始标距为25 mm,拉伸速率为500 mm/min。

2 结果与讨论

2.1 吸声性能

图2示出不同纤维含量的CPE/SHPF及CPE/T(100/25)弹性体复合材料的吸声性能。由图可知,纯CPE材料、CPE/SHPF(100/5)以及CPE/T(100/25)时的复合材料均为非吸声材料,而当SHPF达到10以上时,CPE/SHPF黏弹性复合材料已变成了吸声材料;随着SHPF的增加,吸声系数呈明显的上升趋势,且向高频方向偏移。对于CPE/SHPF的质量比分别为100/0,100/5,100/10,100/15,100/20,100/25所构成的复合材料,当频率在1 800 Hz时,所对应的吸声系数分别为0.09,0.20,0.21,0.14,0.18,0.14;而当频率为2 500 Hz时,对应的吸声系数分别为0.07,0.15,0.20,0.24,0.28,0.364。

材料的吸声性能与材料本身的阻尼性能^[12]以及引入材料中的空气量特别是相互贯穿的空气量^[10]的

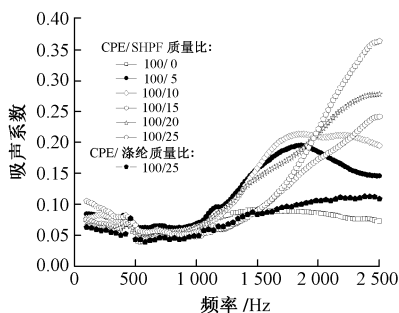


图 2 不同纤维含量的 CPE/SHPF 弹性体复合材料的吸声性能

Fig. 2 Sound absorption property of CPE/SHPF elastomer composites with proportions in mass

多少呈正相关。从图 3 的材料损耗因子曲线上可知,纤维的增加一方面使损耗因子的峰值下降,另一方面损耗因子 $\tan\delta$ 对应的温度略向高温方向转移。正常情况下,材料阻尼性能下降应使材料的吸声性能下降,实际情况与此相反,说明这种材料的吸声性能的提高不是由材料的阻尼性能所做的贡献。SHPF 的引入(复合材料中纤维长度不能太短,这样才能形成较长贯穿的空气量),使材料内部拥有空气。

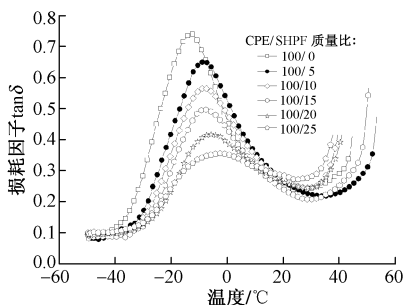


图 3 不同纤维含量的 CPE/SHPF 材料的损耗因子 $\tan\delta$ 随温度变化的曲线

Fig. 3 Temperature dependence on $\tan\delta$ for CPE/SHPF elastomer composites with proportions in mass

当声波入射到材料表面时,一部分声波被反射回去,另一部分折射进入材料内部扰动材料内的质点形成应力波,应力波在 CPE/SHPF 复合材料内部传播过程中引起七孔纤维内部空气振荡,孔隙中空气的黏滞作用、空气与孔隙壁的摩擦作用的耗能,引起吸声性能的提高。

从图 2 也可以看到,由普通涤纶纤维与 CPE 制成的复合材料的吸声系数与 CPE 相比基本上没有多大的变化,说明七孔中空涤纶短纤的加入使材料的空隙率增大是材料吸声系数提高的主要原因。

2.2 力学性能

图 4 示出 CPE/SHPF 系列弹性体复合材料(纤

维主体方向)的拉伸性能曲线。从图中不难发现,随着纤维含量的增加,材料的性能发生了急剧变化:没有加入纤维时,CPE 材料是完全的弹性体;当 CPE/SHPF 质量比达到 100/10 时,材料呈现了一定的刚性;当达到 100/25 时,材料的伸长率从无纤维时的 500% 变到 16.12%,同时材料的应力也从 3.88 MPa 变到 12.73 MPa。由于材料的混合是在双辊筒混炼机上完成的,纤维与 CPE 混炼时,采用较大的辊间距,复合材料中纤维的长度基本上保持原纤维的长度,经模压后纤维具有一定的取向性。从含纤复合材料取向方向的拉伸曲线也可以看出:当少量纤维加入时,由于纤维量少,所以基体仍起主要作用,但纤维的存在有效改变了材料的低强度高伸特性,由于纤维的作用,尽管复合材料的断裂强度在基体的基础上有所上升,但仍较小。当受到最大作用力作用后出现了一个较大的蠕变过程,这是由于纤维和基体在受力的起始阶段同步受力,当二者受力达到最大值时,内部的一部分纤维发生断裂,此时所有的作用力作用于剩余的伸直平行的纤维上,加速了纤维的断裂。因纤维少,纤维断裂后,基体仍在承受外力,而基体的特性结合前期的作用形成了蠕变。随纤维量的增多,这种蠕变现象明显得以改善。

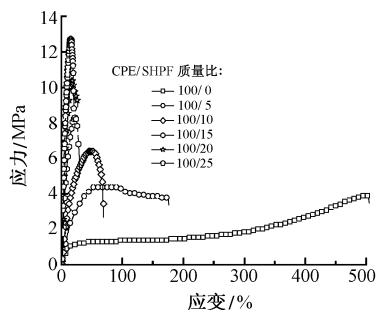


图 4 不同纤维含量的 CPE/SHPF 材料拉伸应力-应变曲线

Fig. 4 Stress-strain curves of CPE/SHPF elastomer composites with proportions in mass

3 结论

空气的介入对提高材料的吸声性能有较大的影响(尤其是贯穿的空气),纤维量越多,引入材料中的空气越多,材料中的空隙率也就越大,在孔径合适的情况下,材料的吸声系数也就增加。实验结果表明,随七孔中空涤纶纤维的增加复合材料的声学性能得到明显改善,当 CPE/SHPF 质量比达到 100/25 时,1 mm 厚复合材料在 2 000 ~ 2 500 Hz 的平均吸声系数达到 0.30 以上。

实验结果表明 CPE/SHPF 质量比达到 100/25 时,材料的应力是基体材料的 3 倍,而应变从基体的 500% 下降到 16.12%,大大改善了材料的力学性能,使其在工程结构上作为吸声材料成为可能。

FZXB

参考文献:

- [1] WU Chifei, YAMAGISHI Tada-aki, NAKAMOTO Yoshiaki, et al. Organic hybrid of chlorinated polyethylene and hindered phenol: I. dynamic mechanical properties [J]. Journal of Polymer Science: Part B, 2000, 38:2285 - 2295.
- [2] WU Chifei, YAMAGISHI Tada-aki, NAKAMOTO Tada-aki, et al. Organic hybrid of chlorinated polyethylene and hindered phenol: II. influence of the chemical structure of small moleculars on viscoelastic properties[J]. Journal of Polymer Science: Part B, 2000, 38:1496 - 1503.
- [3] WU Chifei, YAMAGISHI Tada-aki, NAKAMOTO Yoshiaki, et al. Organic hybrid of chlorinated polyethylene and hindered phenol: III. influence of the molecular weight and chlorine content of polymer on the viscoelastic properties[J]. Journal of Polymer Science: Part B, 2000,38:2943 - 2953.
- [4] WU Chifei. Organic hybrid of chlorinated polyethylene and hindered phenol: IV. modification on dynamic mechanical properties by chlorinated paraffin [J]. Journal of Polymer Science: Part B, 2001, 39: 1496 - 1503.
- [5] WU Chifei, YAMAGISHI WU, NAKAMOTO Yoshiaki, et al. Dynamic properties of an organic hybrid of chlorinated polyethylene and hindered phenol compound[J]. Journal of Applied Polymer Science,2001, 82:1788.
- [6] ZHAO Xinying, XIANG Ping. Nitrile butadiene rubber/hindered phenol nanocomposites with improved strength and high damping performance[J]. Materials Letters, 2007, 61:3273 - 3275.
- [7] REMILLAT C. Damping mechanism of polymers filled with elastic particles[J]. Mechanics of Materials,2007, 39:525 - 537.
- [8] 丁新波,张慧萍,晏雄. 杂化材料中有机小分子的形态对阻尼性能的影响[J]. 材料工程,2008(4): 23 - 26.
- DING Xinbo, ZHANG Huiping, YAN Xiong. Effect of the state of organic small molecule in hybrid materials on damping properties [J]. Journal of Materials Engineering, 2008(4): 23 - 26.
- [9] SGARD F C, ONLY X, ATALLA N, et al. On the use of perforations to improve the sound absorption of porous materials[J]. Journal of Applied Acoustics, 2005,66: 625 - 651.
- [10] 马广斌,朱正吼,夏小鸽. 一种新型中低频吸声材料的研制[J]. 功能材料,2008,39(5):168 - 170.
- MA Guangbin, ZHU Zhenghou, XIA Xiaoge. Development of a new type of medium and low frequency sound absorption material [J]. Journal of Functional Materials, 2008, 39(5):168 - 170.
- [11] WANG C N. A numerical scheme for the analysis of perforated intruding tube muffler components [J], Journal of Applied Acoustics,1995,44: 275 - 286.
- [13] 于小强,孟岩,李宏途,等. 聚合物材料的吸音系数、温度及频率关系的研究[J]. 高等学校化学学报, 2003,24(5):913 - 916.
- YU Xiaoqiang, MENG Yan, LI Hongtu, et al. Studies on the relationships among sound absorption coefficient, temperature and frequency on polymer [J]. Chemical Journal of Chinese Universities, 2003, 24 (5): 913 - 916.