

PVC/PNBR 橡塑合金对中低频噪音吸音性能的影响

石 琢, 杨天兵, 傅雅琴

(浙江理工大学先进纺织材料与制备技术教育部重点实验室, 杭州 310018)

摘 要: 为了制备对中低频噪音具有良好吸音性能的材料, 以聚氯乙烯(PVC), 粉末 腈橡胶(PNBR)和邻苯二甲酸二正辛酯(DOP)为主要原材料, 利用常压浇注法制备了不同质量比的 PVC/PNBR 橡塑合金。利用 DMA 测试材料的动态力学阻尼性能, 并对材料可能具备的分子结构进行了预测分析; 分析了材料的力学性能和对中低频噪音的吸音系数。结果表明: 当 PVC、PNBR 与 DOP 质量比为 70 : 30 : 130 时, 材料具有较大的阻尼性和较好的力学性能的同时, 在 250、1000、2000Hz 下有较好的吸声性能; PVC/PNBR 橡塑合金的阻尼性能与吸声性能之间存在着较强的依存关系, 改善材料的阻尼性能是提高材料对中低频噪音吸音性能的途径之一。

关键词: 橡塑合金; 动态力学性能; 拉伸性能; 吸音性能

中图分类号: TB332 文献标识码: A

0 引 言

随着当今社会的发展, 噪声污染已与空气污染、水污染一起被公认为当代三大环境污染^[1], 因此, 对声学功能材料的研究具有非常重要的意义。特别是中、低频噪音, 由于其递减慢, 声波较长, 能轻易穿越障碍物, 长距离穿墙透壁直入人耳, 使阻隔中、低频噪音显得比较困难, 如果通过改变材料性能进而将中低频噪音进行吸收, 对控制低频噪音具有十分重要的作用。

有机高分子材料具有粘弹及内阻尼特性, 容易通过发泡、压制和挤出等加工成型, 进行结构的设计, 进而改变材料的吸声性能。利用高分子材料的粘弹性将机械振动和声振动的能量转变为热能耗散掉, 从而达到减振降噪的目的^[2]。橡塑共混改性制备橡塑合金是一种获得新型材料的简便、迅速、价廉的有效方法。本文通过制备不同具有阻尼性能的聚氯乙烯(PVC)/丁腈橡胶(PNBR)橡塑合金, 研究橡塑合金的阻尼性能与材料对中、低频噪音的吸音性能的关系, 以期对制备对中低频具有良好吸音性能的吸音材料提供参考。

1 实验材料及方法

1.1 实验材料

P-450 聚氯乙烯糊(EPVC, 天津渤海化工有限责任公司); CHEMIGUM P83 粉末丁腈橡胶(PNBR, 丙烯腈含量 33%, 法国伊立欧公司); 邻苯二甲酸二正辛酯(DOP, 工业级, 杭州金生塑化公司); 硬脂酸, 硫黄, 氧化锌, 促进剂 DM, 促进剂 M (工业级, 市售)。

1.2 试样的制备

将 PVC、PNBR、DOP 按照质量比 $X : (100 - X) : 130$ 的比例, 首先将 PVC、PNBR 与适量配合助剂(干粉)混合搅拌 1 h 至各粉末混合均匀, 加入 DOP 使其搅拌充分混合形成浓溶液, 将混合剂浇注到自制模具(直径 10 cm × 厚 1 cm)中, 在开炼机上于 160 °C 条件下塑炼 15 min, 模压成型, 自然冷却, 制得试样, 待用。

收稿日期: 2009-06-09

基金项目: 国家自然科学基金项目(50173033); 长江学者和创新团队发展计划资助(IRT0654)

作者简介: 石 琢(1984—), 男, 黑龙江齐齐哈尔人, 硕士研究生, 从事先进复合技术研究。

1.3 样品的性能测试

动态力学性能测试: 采用 Q800 型动态热机械分析仪(美国 TA 公司)测试材料的动态力学性能, 样品尺寸为直径 12 mm 的圆柱体, 采用 1 Hz 的外频测定样品的阻尼因子、储能模量和损耗模量, 升温速率为 3 °C/min, 采用压缩夹具, 测试温度为-50~60 °C。

静态力学性能测试: 采用 RCL-20A 型电子万能试验机(深圳瑞格尔公司)测试拉伸强度及断裂伸长率, 试样为哑铃形, 宽度为 30 mm, 厚度为 1.6~2 mm, 拉伸速率为 30 mm/min。

吸声性能测试: 采用 SW002 驻波管与声望 VS302USB 双声学分析仪(北京声望电技术有限公司)配合使用(图 1), 按照 GB/T 18696.1—2004 国家标准测试材料在中心频率为 125、250、500、1 000、2 000 Hz 下对中、低频率噪音的吸声系数, 试样的规格为直径 10 cm, 厚 1 cm。测量时, 将试样放在驻波管的前端(刚性背衬), 密封, 然后移动传感器, 通过放大器在频谱分析仪上读取数据, 并利用公式计算出吸声系数。其原理是在正入射条件下入射正弦平面波和从试样反射回来的波叠加后产生驻波。吸声系数的计算公式如下:

$$\alpha=\frac{4\times10^{\frac{\Delta L_p}{20}}}{(10^{\frac{\Delta L_p}{20}}+1)^2}$$

(1)

式中 α 为吸声系数; ΔL_p 为声压级极大值 $P_{\max}$ 和极小值 $P_{\min}$ 之差, 单位为 dB。

2 结果与讨论

2.1 试样的动态力学性能

图 2 是不同配比材料的动态力学谱图。从图 2 中可以看到, 虽然材料的组成不同, 但其阻尼峰值均出现在-30 °C附近, 这是由于增塑剂 DOP 加入而引起的玻璃化温度向低温转移。在测试范围内, 可以发现共混体系曲线只有单阻尼峰, 说明 PNBR 与 PVC 之间的相容性好, 形成了互相相溶的高分子合金。其原因是两者有相近的溶解度参数, 分别为 9.5~9.7、9.6~10.3(cal/cm³)^{1/2}[3-4], 共混体系能够达到链段级相容^[5]。从图 2 中还发现, 各材料的阻尼峰峰值并不相同, 原因是在极性高聚物中, 由于高分子聚合物的 1 个分子由 1 000 个以上原子组成, 分子量超过 10 000。橡塑合金材料的分子之间很容易产生相对运动, 分子内的化学单位也能自由旋转, 因此在受到交变应力时, 曲折状的分子链就会产生拉伸、弯曲等变形。当交变应力解除后, 变形的分子链要恢复原位, 分子之间的相对运转也要部分复原, 释放外力所做的功。这部分所做的功转变为热能, 耗散于周围环境中^[6], 由于阻尼的特性通过应力的变化, 分子之间的摩擦体现出来, 因此阻尼峰值

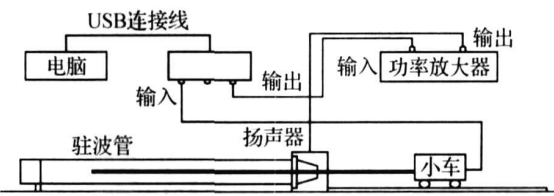


图 1 吸声测试连接图

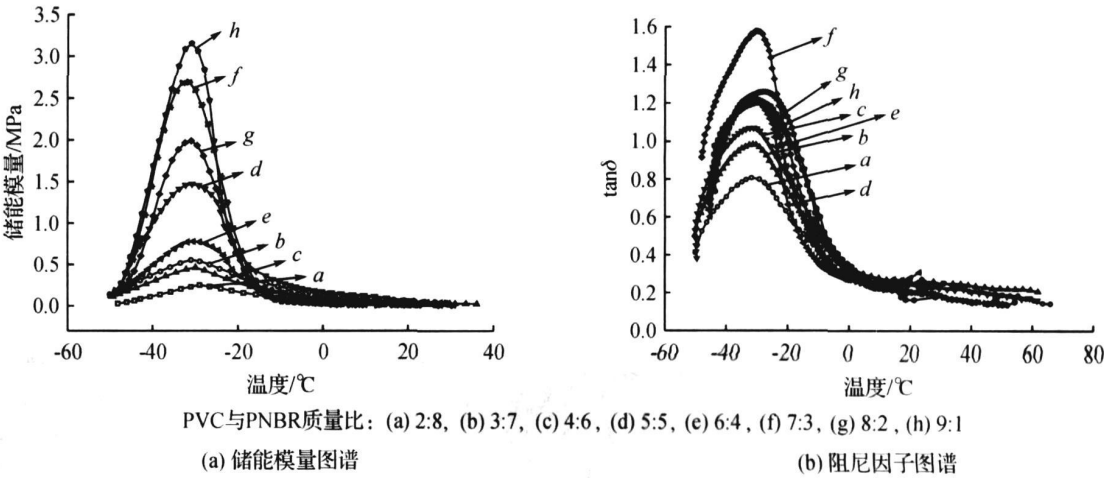


图 2 不同配比材料的动态力学图谱

的大小不同说明了其分子结构的复杂程度, 阻尼值大的材料说明其分子结构较复杂, 因此造成了材料的内耗值大。以上原因造成了不同组分的分子运动的难易程度不同, 因此图2中不同组分材料 $\tan \delta$ 大小不同。

2.2 试样的静态力学性能

图3是复合材料中组成变化与试样拉伸强度和断裂伸长率的关系图。从图3中可看出, 不同配比的材料的力学性能变化较大。随着PNBR在复合材料中质量分数的增加, 试样的拉伸强度呈逐步下降趋势; 而断裂伸长率随PVC与PNBR质量比的变化呈先上升后下降, 在质量比为8:2时达到最大。这是因为PVC和PNBR共混时, PNBR相易形成包覆有PVC的细胞状结构, 并分散于PVC连续相中形成“海岛”结构。连续的PVC相保持材料的力学特征, 但分散于PVC相中的细胞状PNBR相形成材料的应力集中点, 因此导致材料的拉伸强度下降^[7]。纯PVC硬度大, 导致其断裂伸长率较小, 由于橡胶PNBR的加入, 使材料的伸长率增加, 在PVC与PNBR质量比为8:2时达到最大; 而后随PNBR的增加, 断裂伸长率逐渐降低, 主要是由于随着PVC的比例逐渐减少, 而PNBR粉末颗粒较大, 其溶解程度不如PVC好, 导致浓溶液的黏度变大, 使加工过程变困难, 并且材料存在气泡等缺陷, 因此使应力和应变都随PNBR的增多而降低。

2.3 阻尼性能与吸声性能的相关性分析

图4为不同配比材料在不同声频率下的吸声系数的变化规律。从中可以发现, 随着配比的变化, 材料在不同频率下其吸声系数变化规律相似, 而对声波吸收强度不同。其中在125、500 Hz频率下, 吸声性能较差; 而250、1 000、2 000 Hz时材料有较好的吸声特性。当声波在两种密度和声速不同的介质界面传播时, 会发生声波的反射和折射。橡塑合金的吸声系数与声波的频率有很大关系^[8], 同时材料的配比对其吸声系数也有较大的影响。从图4和图5的对比中可以发现, 吸声系数的变化与材料的DMA峰值有相同的规律, 说明吸声性能与材料的阻尼特性有一定的依存关系。通过在低温条件下测试材料可能存在的分子结构可以探求吸声机理。由于声波具有一定的穿透力, 当有声波作用到材料上时, 会传播至材料内部并对表面产生一定的压力, 材料的阻尼值大说明其分子网络结构复杂, 克服变化应力时需做的功大, 加之橡塑合金中的氟基、氯原子和甲基都是较大的侧基基团, 其存在使得改变分子振动变得困难, 当一定能量的声波入射到上述材料内部时, 必将做更多的功改变分子的振动, 从而消耗更多能量, 使声波相对衰减较快, 从而达到吸声的目的^[11], 因此a与DMA峰值变化规律相同, 但是不同频率的声波的能量不同, 当作用到材料分子的时候, 当与分子固有频率接近时, 由于共振消耗了更多的声能, 因此不同频率下的吸声系数存在较大差异。

从图5中可以看出, PVC与PNBR质量比为7:3时阻尼值最大, 说明当有外力作用时, 大分子链运动困难, 由于这种应变滞后于应力的作用, 聚合物的拉伸一回缩循环变化均需要克服其本身的大分子链段之间的内摩擦阻尼而产生内耗, 最终聚合物以放热的形式将机械能转化为热能。该橡塑合金中, 由于极性基团或氢键的相互作用, 在分子链间形成了许多物理交联点^[9] (如图6)。PNBR/PVC橡塑合金是由小而简单的化

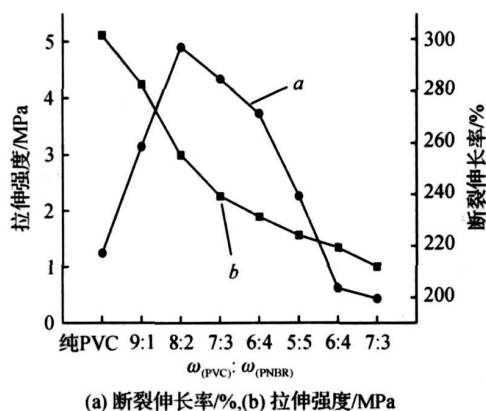


图3 不同配比材料的拉伸性能曲线

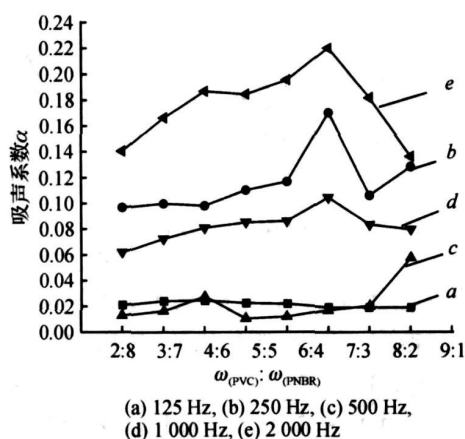


图4 常温下不同配比材料不同频率下的吸声系数

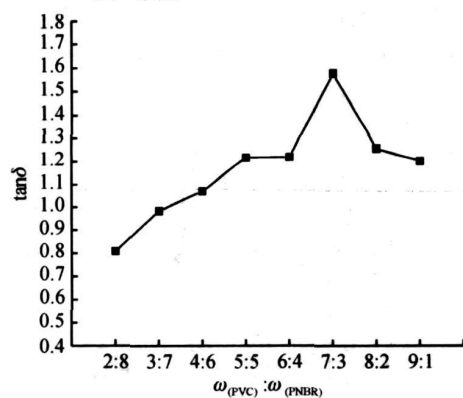


图5 -30℃下不同配比材料的阻尼峰值

学单元(链节)构成长链分子, 成千上万个分子缩聚而成^[10], 从而形成三维分子网。据此, DMA 图谱表示的变化规律可推断出材料分子结构, 即交联程度的大小, 阻尼值大, 说明其支链较多, PNBR 与 PVC 产生了较大的分子结构, 这样材料具有不同的峰形。当 PVC 与 PNBR 质量比为 7 : 3 时, 材料的分子互相缠结多, 形成大分子结构且支链较多, 当声波入射到材料内部时, 声波会使内部大分子产生振动, 并且当声波频率与分子的固有频率接近或者相同时, 材料的吸声性能较好。

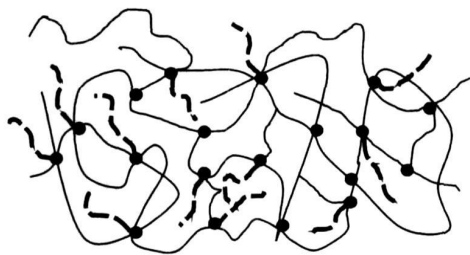


图 6 PNBR 与 PVC 的物理交联结构

3 结 论

a)不同配比 PVC/PNBR 橡塑合金阻尼峰值均出现在 -30°C 附近, 并且在 PVC 与 PNBR 质量比为 7 : 3 时阻尼值最大, 阻尼因子为 1.6, 说明材料该比例时具有较复杂分子结构, 因此可以产生较大内耗, 对声波产生衰减。

b)PNBR 在复合材料中的含量对橡塑合金力学性能的影响很大。随着 PNBR 质量分数的增加, 拉伸强度变小, 但拉伸断裂伸长率出现先增后降的现象, 当 PVC 与 PNBR 质量比为 8 : 2 时断裂伸长率最大。

c)PVC/PNBR 橡塑合金的阻尼性能, 对中低频噪音的吸音性能有较强的影响, 特别是当噪音频率为 250、1 000、2 000 Hz 时, 阻尼性能与材料对中、低频噪音的吸音性能之间存在着明显的依存关系, 有望通过改变材料的阻尼性能来达到提高材料对中、低频噪音吸音性能的目的。

参考文献:

- [1] 周新祥. 噪声控制及应用实例[M]. 北京: 海洋出版社, 1999: 1.
- [2] 周 洪, 黄光速, 陈喜荣, 等. 高分子吸声材料[J]. 化工进展, 2004, 16(3): 450-455.
- [3] Olabisi O. Polymer-polymer Miscibility[M]. New York: Academic Press, 1979.
- [4] Brandrup J, Immergut E H. Polymer Handbook[M]. New York: John Wiley and Sons, 1975.
- [5] 罗 宁, 张隐西. PVC/NBR 共混型热塑性弹性体的形态结构[J]. 高分子材料科学与工程, 1990, 6(6): 94-99.
- [6] 修玉英, 谢菲菲, 洪秋童, 等. 蜜氨基聚脲多元醇对聚氨酯泡沫性能的影响[J]. 热固性树脂, 2005, 20(1): 28-30, 42.
- [7] 李军伟. 影响 PVC/PNBR 热塑性弹性体力学性能的因素[J]. 上海塑料, 2007(3): 21-23.
- [8] 黄 君, 孙 斌, 戴干策. 轻质热塑性复合片材吸声性能[J]. 功能高分子学报, 2008, 21(2): 177-181.
- [9] 何曼君, 陈维孝, 董西侠, 等. 高分子物理[M]. 上海: 复旦大学出版社, 2002: 133.
- [10] 崔 升, 沈晓冬, 高志强, 等. 高阻尼材料的研究进展[J]. 材料导报, 2006, 20(3): 33-36.
- [11] Mott P H, Roland C M, Corsaro R D. Acoustic and dynamic mechanical properties of a polyurethane rubber[J]. Journal of Acoustical Society of America, 2002, 111 (4): 1782-1790.

(下转第 78 页)

Preliminary Study on the Structural Design of Seamless Riding Sports Wears

HU Xiu-juan, YAN Yu-xiu, CHEN Hui-ji

(School of Fashion, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Based on the research on the existing riding sports wears, the authors find that their structures make athletes feel uncomfortable in the bicycle movement, and the seams of clothes will lead to the body friction. In this study the manual measurement method is used to measure the size of athletes under erect-standing state and riding state, and the specification sizes of seamless riding sports wears that conform to the riding state are determined, and the appropriate structural design of seamless riding sports wears is completed, thus seamless riding sports wears are produced by advanced seamless knitting machines. Comparing seamless riding sports wears with those worn by athletes in the bicycle movement, the authors see that the structural design of the former can meet the comfort requirement much better for athletes while riding.

Key words: seamless; cycling clothing; structural design

(责任编辑: 张祖尧)

(上接第 25 页)

Sound-Absorbing Performance of PVC/PNBR Rubber & Plastic Alloy at Low and Middle Frequency Noise

SHI Zhuo, YANG Tian-bing, FU Ya-qin

(The Key Laboratory of Advanced Textile Materials and Manufacturing Technology
(Zhejiang Sci-Tech University), Ministry of Education, Hangzhou 310018, China)

Abstract: In order to prepare material with better sound absorption at low and middle frequency noise, polyvinyl chloride (PVC), nitrile rubber powder (PNBR) and dioctyl phthalate (DOP) were taken as main raw materials, PVC/PNBR rubber & plastic alloys with different mass ratio were prepared by the method of normal pressure casting. Dynamic mechanical damping properties of the material was tested by DMA, and the analysis on molecular structure could be carried out; mechanical properties and sound-absorbing coefficient at low and middle frequency noise of materials were analyzed by universal testing machine and acoustic standing wave tube two channel analyzer separately. The results showed that: When the mass ratio of PVC, PNBR and DOP was 70: 30: 130, samples have better damping properties and mechanical properties at the same time, and better noise performance at the 250 Hz, 1000Hz, 2000Hz; Damping performance and acoustic performance own interdependent relationship in the PVC / PNBR rubber & plastic alloy, so improving damping performance of materials is one way of improving sound absorption property at low and middle frequency noise.

Key words: Rubber & plastic alloy; Dynamic mechanical properties; Tensile properties; Acoustic performance

(责任编辑: 张祖尧)