

IIR 阻尼材料动态力学性能的研究

丁国芳, 王建华, 石耀刚

(中国工程物理研究院 化工材料研究所, 四川 绵阳 621900)

摘要:研究 IIR/树脂硫化剂共混体系的动态力学性能。差示扫描量热法和动态力学分析测试结果均表明 IIR 和树脂硫化剂相容性较好。动态力学性能试验结果表明, 随着树脂硫化剂用量的增大, IIR/树脂硫化剂共混体系的 DMA 曲线向高温区域移动, 调整树脂硫化剂的用量可以改变共混体系的阻尼转变温度; 共混体系的损耗因子极大值随树脂硫化剂用量的增大先减小后增大, 达到一极大值后又迅速减小。

关键词: IIR; 树脂硫化剂; 阻尼性能; 损耗因子; 相容性

中图分类号: TQ333.6; TQ323 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-890X(2004)09-0517-04

目前, 振动阻尼已成为发达国家的一个热门研究课题。聚合物力学阻尼材料是一种以聚合物为基质能消除振动和噪声的功能材料。作为新发展起来的一种新型吸震材料, 它能防止或减轻机械振动对部件的破坏, 已被广泛应用于火箭、导弹、人造卫星、精密机床、精密仪器以及建筑防震等领域^[1,2]。

IIR 因分子链上有很多甲基而具有优异的阻尼性能, 成为广泛应用的阻尼橡胶之一。为了获得性能优异的高阻尼 IIR, 人们对 IIR 各种硫化剂及其本身的化学改性进行了大量研究。本工作在分析聚合物阻尼机理的基础上, 探索采用树脂硫化剂对 IIR 进行硫化, 同时考察共混体系的动态力学性能及其变化规律。

1 实验

1.1 原材料

IIR, 门尼粘度 $[\text{ML}(1+8)100\text{ }^{\circ}\text{C}]$ 为 40~80, 不饱和度为 0.6%~3.0%, 日本产品; 树脂硫化剂, 线形结构, 熔点为 50~51 $^{\circ}\text{C}$, 易分散, 山西省化工研究院产品; 氧化锌, 分析纯, 成都化工厂产品。

基金项目: 中国工程物理研究院预先研究基金资助项目 (42101030104)

作者简介: 丁国芳(1974-), 男, 河南唐河县人, 中国工程物理研究院助理研究员, 硕士, 主要从事高分子材料的配方设计和成型工艺研究。

1.2 试验配方

IIR 100, 树脂硫化剂 10~40, 氧化锌 5。

1.3 试样制备

胶料按常规工艺在开炼机上混炼并出片, 然后置于 400 mm $\times$ 400 mm 平板硫化机中硫化, 硫化条件为 140 $^{\circ}\text{C}$ $\times$ 60 min。

1.4 性能测试

差示扫描量热法(DSC)曲线测定: 采用杜邦公司生产的 2100 型 DSC 测定仪, 升温速率为 10 $^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$, 检测温度范围为 -100~+60 $^{\circ}\text{C}$ 。动态力学分析(DMA)曲线测定: 采用美国 TA 公司生产的 2980 型动态力学分析仪, 单悬臂, 升温速率为 2 $^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$, 测定频率为 125 Hz, 试样尺寸为 4 mm $\times$ 12 mm $\times$ 3 mm, 测量温度范围为 -60~+100 $^{\circ}\text{C}$ 。

2 结果与讨论

2.1 聚合物阻尼机理

聚合物形变性质的重要特征是粘弹性, 聚合物的阻尼机理与其动态力学松弛性质直接相关。聚合物与振动物体相接触时必然吸收一定的振动能量并转化为热能, 使振动受到阻尼作用。聚合物阻尼作用的大小取决于其滞后现象的大小, 聚合物的拉伸-回缩循环变化均需克服链段间内摩擦阻力而耗能。粘弹材料的阻尼性能是通过动态力学性能试验来测定的。橡胶阻尼性能通常用动态力学损耗因子 $\tan\delta$ 表征。为了获得较好的减

震效果, $\tan\delta$ 必须满足以下两点要求: ①在制品使用的频率范围和温度区间, $\tan\delta$ 值较大; ② $\tan\delta$ 峰较宽, 以保证在较大的范围内减震效果较好, 降低其对温度和频率的敏感性。

高聚物弹性体的 $\tan\delta$ 值都比较大(见图1)。从图1可以看出, 高聚物由玻璃态转变为高弹态时, 在玻璃化温度 T_g 附近具有较大阻尼作用。因此, 可以利用聚合物在玻璃态转变区的高阻尼特性来提高结构阻尼。

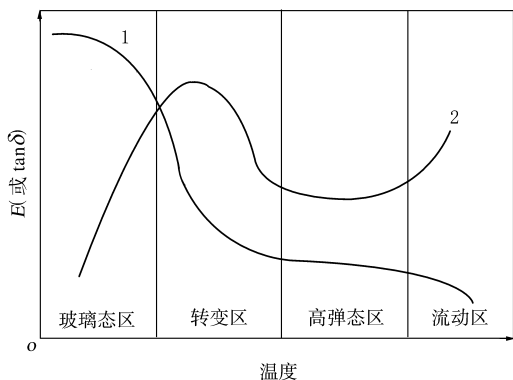


图1 高聚物弹性体储能模量 E 和 $\tan\delta$ 随温度变化的曲线
1— E ; 2— $\tan\delta$ 。

2.2 IIR/树脂硫化剂共混体系的相容性

一般均聚物或共聚物的 T_g 范围都很窄, 能够产生有效阻尼的温度范围大都在其 T_g 周围 $20 \sim 30^\circ\text{C}$ 区域内。理论上, 阻尼复合材料温域不可能超过两组分 T_g 的上下限, 并且形成复合体系后还会产生 T_g 的内移效应, 因此, 宽温域阻尼材料要求其组分的 T_g 相隔远。聚合物共混体系玻璃化转变的特征主要取决于两组分的相容性, 若两组分完全不相容, 则有两个分别对应于两组分的 T_g ; 若两组分完全相容, 则只有一个 T_g 。相容性不仅决定着共混体系是否均一, 而且直接影响着共混体系阻尼性能曲线中 $\tan\delta$ 峰值的大小。运用 DSC 曲线研究 IIR/树脂硫化剂共混体系相容性的原理是, 如果共混体系只有一个 T_g 且介于两组分的 T_g 之间, 则说明两者相容, 反之则不相容。

IIR、树脂硫化剂及 IIR/树脂硫化剂共混体系的 DSC 曲线分别见图2~4。从图2~4可以看出, IIR/树脂硫化剂共混体系硫化胶的 DSC 曲线只出现一个 T_g (-62.45°C), 且介于 IIR 的 T_g (-63.88°C) 与树脂硫化剂的 T_g (30.29°C) 之

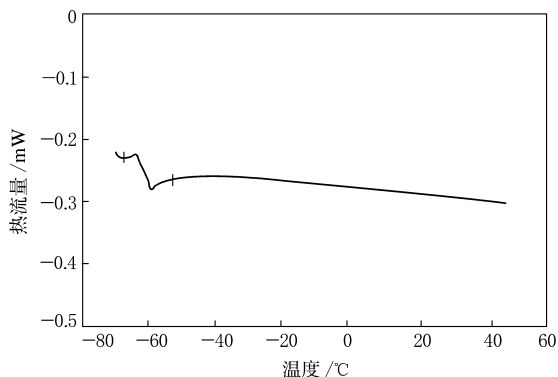


图2 IIR 的 DSC 曲线

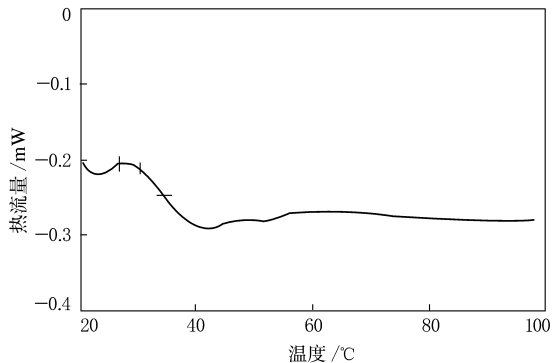


图3 树脂硫化剂的 DSC 曲线

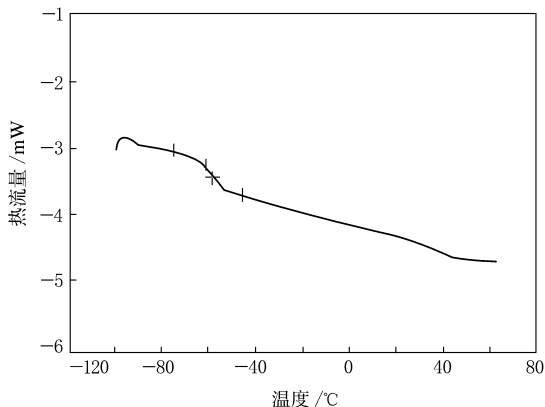


图4 IIR/树脂硫化剂共混体系的 DSC 曲线

间, 说明所选树脂硫化剂与 IIR 有很好的相容性。

2.3 IIR/树脂硫化剂共混体系的动态力学性能

2.3.1 树脂硫化剂对比对有效阻尼温域的影响

IIR/树脂硫化剂共混体系的 DMA 曲线见图5。从图5可以看出, 采用树脂硫化剂硫化的 IIR 的 DMA 曲线上只出现一个宽而大的 $\tan\delta$ 峰, 这表明树脂硫化剂既是 IIR 的硫化剂, 又是共混体系的组成部分, 树脂硫化剂与 IIR 之间有很好的

相容性,这与前面 DSC 测试结果所得结论一致。从图 5 也可以看出,随着树脂硫化剂用量的增大,IIR/树脂硫化剂共混体系的 DMA 曲线向高温区域移动,这是由于树脂硫化剂用量增大时,一部分树脂与 IIR 进行硫化形成化学键结合在一起,提高了阻尼材料复合体系的动态转变温度。因此,可以通过调整树脂硫化剂的用量来调整阻尼材料复合体系的阻尼转变温域,这对研制不同使用温度下的同类阻尼材料有很大意义。同时也表明了所选择的树脂硫化剂与 IIR 基体形成了很好的热力学相容体系,部分树脂与 IIR 形成化学键结合,剩余部分树脂与 IIR 形成物理相容状态。

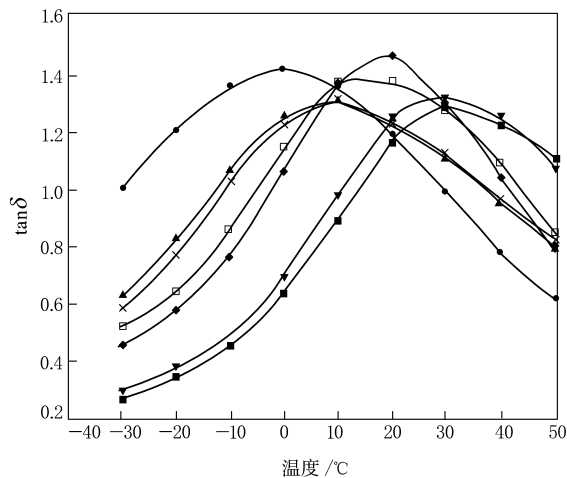


图 5 IIR/树脂硫化剂共混体系的 DMA 曲线
树脂硫化剂用量(份):●—20;▲—30;×—40;
□—42;◆—43;▼—45;■—50。

2.3.2 树脂硫化剂对 $\tan\delta$ 极大值的影响

对 IIR/树脂硫化剂共混体系的 DMA 曲线 $\tan\delta$ 最大峰处理得图 6。从图 6 可以看出,树脂硫化剂用量较低时,IIR/树脂硫化剂共混体系在较低温域的 $\tan\delta$ 值主要来自 IIR 的贡献;当树脂硫化剂用量超过一定值时,IIR/树脂硫化剂共混体系在高温域的 $\tan\delta$ 值主要来自未与 IIR 发生硫化交联反应的树脂的贡献。DMA 曲线也表明以树脂为主要贡献的高温域损耗所对应的测试温

度区间与树脂硫化剂 T_g 温域一致,这也论证了在较高温域 IIR/树脂硫化剂共混体系的 $\tan\delta$ 值主要来自于树脂硫化剂的贡献。

从图 6 也可以看出,采用树脂硫化剂硫化 IIR 可以很好地弥补 IIR 在高温域 $\tan\delta$ 值较低的缺点,这是以降低 $\tan\delta$ 极大值为代价的,但只要找到一个合适的树脂硫化剂用量,可以取得较好的综合效果。

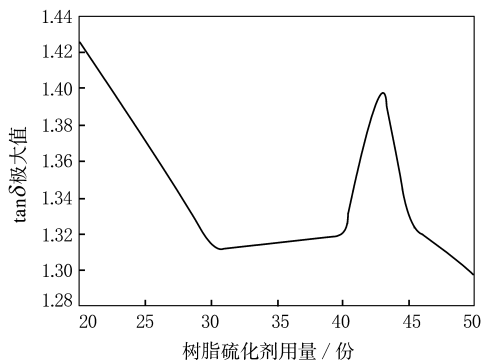


图 6 $\tan\delta$ 极大值与树脂硫化剂用量关系

3 结语

(1) 试验所选择的树脂硫化剂与 IIR 有很好的相容性。

(2) 随着树脂硫化剂用量的增大,IIR/树脂硫化剂共混体系的 DMA 曲线向高温区域移动,调整树脂硫化剂的用量可以调整共混体系的阻尼转变温域。

(3) 共混体系的损耗因子极大值随树脂硫化剂用量的增大先减小后增大,当损耗因子达到一极大值后又迅速减小。

参考文献:

- [1] 万里鹰,肖 凌. 高聚物力学阻尼材料的研究进展[J]. 高分子材料科学与工程,1999,15(2):1-5.
- [2] 王 勇,周祖福,梅启林,等. 新型高分子阻尼材料的研究[J]. 武汉工业大学学报,2000,22(4):22-24.

收稿日期:2004-03-09

Study on dynamic mechanical properties of IIR damping material

DING Guo-fang, WANG Jian-hua, SHI Yao-gang
(Institute of Chemical Materials, CAEP, Mianyang 621900, China)

Abstract: The dynamic mechanical properties of IIR/resin curative blend system were investiga-

ted. It was found by DSC and DMA that IIR was quite compatible to resin curative. The test results of dynamic mechanical properties showed that the DMA curve of IIR/resin curative blend system shifted to the region of high temperature as the level of resin curative increased, and the temperature region for damping change of blend system could be changed by adjusting the level of resin curative; and the maximum $\tan\delta$ of blend system decreased at first, increased to a peak later, and then decreased rapidly as the level of resin curative increased.

Keywords: IIR; resin curative; damping behaviour; $\tan\delta$; compatibility

北京航空材料研究院生产

MS21919 系列卡箍

中图分类号: TQ336.8

文献标识码: B

北京航空材料研究院生产的 MS21919 系列卡箍由金属骨架和橡胶套组成, 其结构如图 1 所示, 主要用于军用、民用飞机和航天器管道及电线束的一般支撑和紧箍。

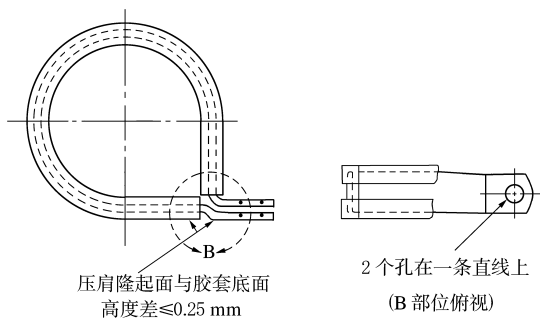


图 1 MS21919 卡箍的结构示意

根据组成材料, MS21919 卡箍分成 11 种类型(括号内为最高使用温度): 铝合金骨架与 EPDM 套组合型(100 °C)、铝合金骨架与 NBR 套组合型(100 °C)、铝合金骨架与 CR 套组合型(100 °C)、不锈钢骨架与 EPDM 套组合型(135 °C)、不锈钢骨架与 NBR 套组合型(100 °C)、不锈钢骨架与硅橡胶套组合型(204 °C)、不锈钢骨架与 CR 套组合型(100 °C)、不锈钢骨架与氟硅橡胶套组合型(232 °C)、低碳钢骨架与 NBR 套组合型(232 °C)、低碳钢骨架与 CR 套组合型(100 °C)、低碳钢骨架与硅橡胶套组合型(204 °C)。其中, 低碳钢骨架与 NBR 套组合型卡箍、低碳钢骨架与 CR 套组合型卡箍和低碳钢骨架与硅橡胶套组合型卡箍不推荐用于新设计的飞机。

由于橡胶套和金属骨架材质的差异, 不同类型的 MS21919 卡箍使用性能不同:

- 铝合金骨架卡箍质量小, 原则上用于低振动和无腐蚀环境下电线束的紧箍;

- 不锈钢骨架卡箍具有优异的耐腐蚀和耐高温(−127~+373 °C)性能;

- EPDM 套(紫色)卡箍抗撕裂、阻燃和耐臭氧性能好, 使用温度范围为 −53~+135 °C, 耐磷酸酯液压油及其它合成油, 但不耐石油基油;

- NBR 套(黄色)卡箍耐臭氧、阻燃、耐腐蚀, 使用温度范围为 −53~+100 °C, 主要用于燃油浸渍或燃油蒸发的环境和部位, 不耐磷酸酯基油, 不能用于钛材料管线的紧箍;

- CR 套(黑色)卡箍耐水、臭氧性及耐候性好, 使用温度范围为 −40~+100 °C, 一般用于石油基油污染的环境和部位, 不耐磷酸酯类液压油, 不能用于钛材料管线的紧箍;

- 硅橡胶套(白色)卡箍用于温度较高或温度变化及磷酸酯类油和其它合成油污染的环境和部位, 不耐石油基油, 使用温度范围为 −53~+204 °C。

- 氟硅橡胶套(蓝色)卡箍耐臭氧, 使用温度范围为 −57~+232 °C, 用于石油基油污染的环境和部位, 不耐磷酸酯类合成油。

MS21919 系列卡箍的特点为: ①规格齐全, 内径按 1.59 mm 级差分级; ②材料系列化、规格标准化, 互换性好, 安装方便; ③标识鲜明, 外形整齐, 不易混淆。

目前, 北京航空材料研究院的 MS21919 系列卡箍年产量已超过 300 万件, 产品质量完全符合美军 MIL-C-8603 标准, 绝大部分产品销售给美国 KIRKILL-TA 公司, 主要用在波音公司、庞巴迪公司、巴西航空工业公司、雷神公司、洛克韦尔公司、史密斯工业公司和美国国防部等生产的飞机及航天器上; 国内也有几家航空公司试用, 反映良好。

(北京航空材料研究院 彭亚岚 王景鹤供稿)