

应变率对泡沫硅橡胶压缩力学性能的影响

周红萍,温茂萍,陈天娜,敬仕明

(中国工程物理研究院 化工材料研究所,四川 绵阳 621900)

摘要:试验研究应变率对泡沫硅橡胶压缩力学性能的影响。结果表明,在 $0.005, 0.05, 0.5, 5$ 和 $50 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ 加载速率下,泡沫硅橡胶材料的力学性能不同,其应力和割线模量均随着应变率的增大而提高,并与应变率自然对数基本呈指数变化关系。

关键词:泡沫硅橡胶;应变率;压缩力学性能

中图分类号: TQ333.93; TQ330.7+3 **文献标志码:** B **文章编号:** 1000-890X(2011)11-0662-03

泡沫硅橡胶是一种可压缩的橡胶材料,具有耐低温、耐老化、耐候和电绝缘性能优良等特点,在航空、航天、电子和兵器领域广泛应用,常用作线缆材料、封装材料和垫层材料等。压缩性能是泡沫硅橡胶最主要的性能之一。目前对泡沫硅橡胶力学性能的试验研究一般都是在固定应变率下进行的,而事实上,在不同的使用环境中,如装配、振动、冲击以及意外事故下的跌落等,泡沫硅橡胶可能承受着不同应变率的力学加载作用,一旦应变率发生改变,其力学性能也可能受到影响。因此研究泡沫硅橡胶压缩力学性能对应变率的响应具有重要意义。程和法^[1]研究了含不可压缩硅橡胶的泡沫铝材料的应变率敏感性,而关于应变率对泡沫硅橡胶力学性能影响的研究却鲜有报道。

本工作研究不同应变率下泡沫硅橡胶的压缩力学性能。

1 实验

1.1 试验材料

将甲基乙基硅泡沫硅橡胶裁制成 $65 \text{ mm} \times 12 \text{ mm} \times 0.65 \text{ mm}$ 试样。

1.2 试验设备

Instron-5582 型电子万能试验机,美国 In-

stron 公司产品。

1.3 试验方法

由于泡沫硅橡胶内部孔隙结构差别较大^[2],导致同批次试样在相同应变率下的力学行为分散性较大,因此在不同应变率下的力学性能变化并不能完全真实反映应变率变化所带来的影响。经试验验证卸载 48 h 后泡沫硅橡胶性能基本恢复,因此利用泡沫硅橡胶的超弹性能,采取用同一试样在不同应变率作用下反复测试的方法。根据试验需要,确定加载至 40% 应变时结束试验,使泡沫硅橡胶形变控制在弹性范围内。

2 结果与讨论

2.1 试验结果

对不同泡沫硅橡胶试样进行了 $0.005, 0.05, 0.5, 5$ 和 $50 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ 共 5 个不同加载速率下的压缩应力与应变性能测试,应力-应变曲线如图 1 所示。

4 个试样在不同应变率时特定应变下应力和模量(采取了割线模量,计算模量的起始点和终止点分别对应于应变为 5%~15% 的线段)的平均结果见表 1。

由图 1 和表 1 可以看出:在不同应变率下,压缩应力-应变曲线形状没有明显变化;随着应变率的增大,特定应变下的应力和割线模量都有不同程度的提高,说明泡沫硅橡胶力学性能对应变率变化较敏感。

基金项目:中国工程物理研究院化工材料研究所所长基金资助项目(626010925)

作者简介:周红萍(1977—),女,四川德阳人,中国工程物理研究院化工材料研究所高级工程师,硕士,主要从事材料性能研究工作。

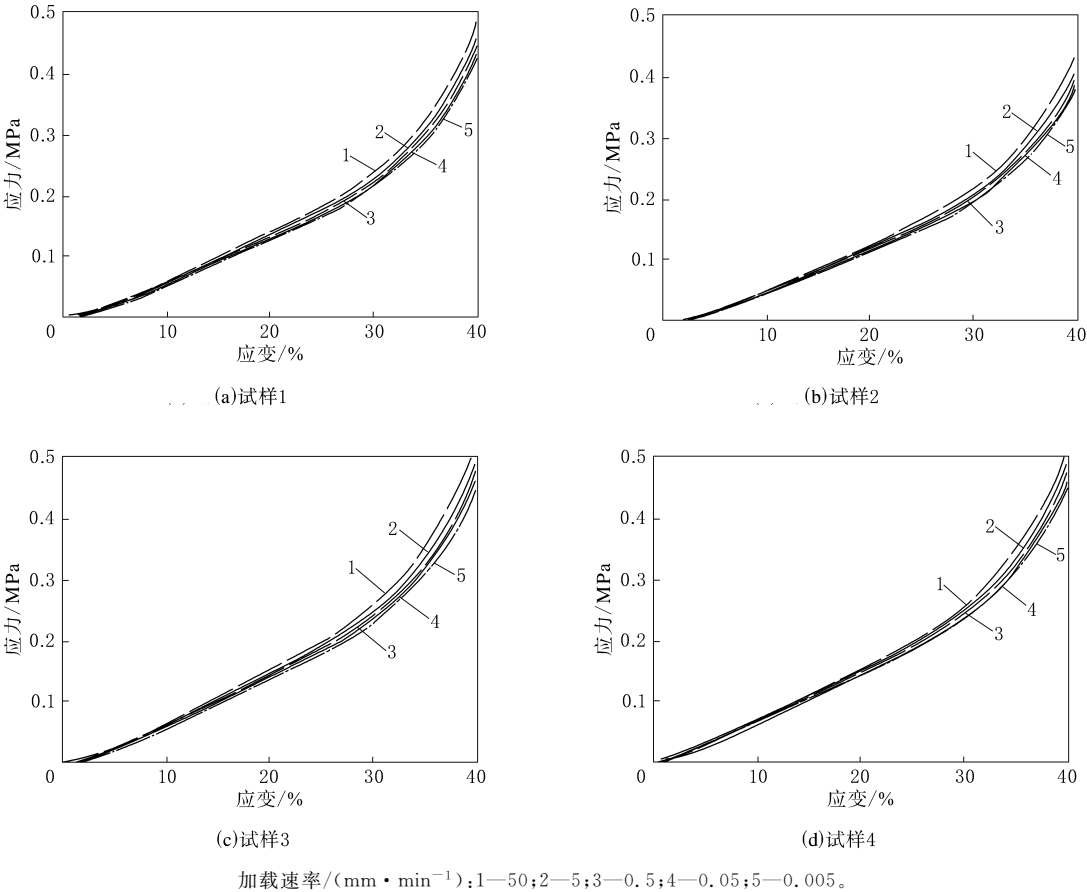


图 1 不同应变率下泡沫硅橡胶的压缩应力-应变曲线

项 目	加载速率/(mm·min ⁻¹)				
	0.005	0.05	0.5	5	50
应变率/s ⁻¹	0.000 166 7	0.001 667	0.016 67	0.166 7	1.667
应力/MPa					
20%应变	0.132	0.133	0.136	0.139	0.142
30%应变	0.221	0.222	0.227	0.232	0.240
40%应变	0.432	0.437	0.448	0.463	0.488
模量/MPa	0.760	0.762	0.778	0.796	0.803

2.2 关系曲线拟合

对泡沫硅橡胶不同应变率下的力学性能进行拟合,30%和40%应变下应力与应变率的关系拟合曲线分别如图2和3所示,其中 σ 为应力, $\dot{\epsilon}$ 为加载应变率, $\dot{\epsilon}_0$ 为参考应变率。

根据应力随应变率的变化曲线,总结出应力应变率的关系函数如下:

$$\sigma = \sigma_0 + A \exp[B \ln(\dot{\epsilon}/\dot{\epsilon}_0)] \tag{1}$$

式中, σ_0 为参考应力,A和B为待定系数,由拟合

得到。拟合参数如表2所示。

对泡沫硅橡胶在不同应变率下的割线模量进行拟合,关系曲线如图4所示。根据模量(E)随应变率的变化曲线,建立如下关系式:

$$E = E_0 + A \exp[B \ln(\dot{\epsilon}/\dot{\epsilon}_0)] \tag{2}$$

式中, E_0 为参考模量。

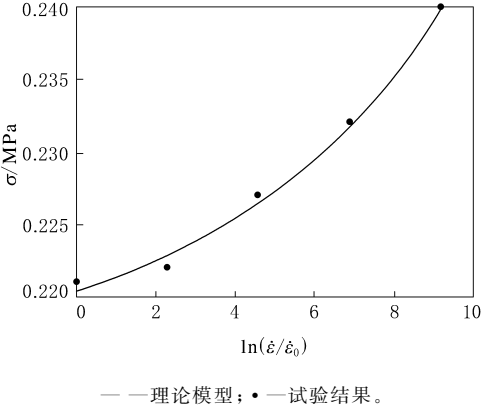
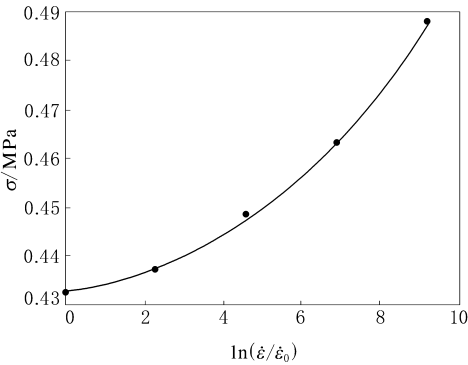
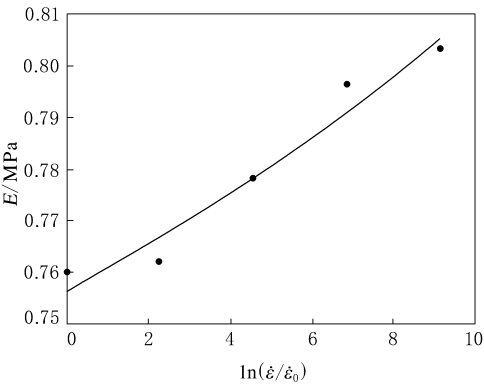


图 2 30%应变下应力与应变率的关系曲线



注同图 2。

图 3 40%应变下应力与应变率的关系曲线



注同图 2。

图 4 割线模量与应变率的关系曲线

表 2 应力与应变率的拟合参数

项 目	σ_0	A	B	R^2
20%应变	0.123 30	0.008 40	0.087 80	0.992 01
30%应变	0.215 78	0.004 80	0.177 20	0.994 65
40%应变	0.421 48	0.010 18	0.204 10	0.999 54

注： R^2 为衡量拟合关系优劣的主要特征指标，值为 0~1，越接近 1 拟合效果越好。

泡沫硅橡胶割线模量与应变率的拟合参数如下： E_0 0.123 30， A 0.008 40， B 0.087 80， R^2 0.992 01。

以上结果表明，可以定量地总结出泡沫硅橡胶力学性能随应变率变化的关系，应力和模量随应变率变化的关系可以用指数函数表示。

3 结语

对泡沫硅橡胶在 5 个不同数量级的加载速率下进行了压缩力学性能测试研究，结果表明，泡沫硅橡胶的割线模量和应力均随着应变率的增大而提高，拟合得出泡沫硅橡胶的应力和割线模量与应变率自然对数基本呈指数变化关系。

参考文献：

[1] 程和法. 含硅橡胶的泡沫铝应变率敏感性研究[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版), 2003, 26(4): 1157-1160.
[2] 贺传兰, 丁国芳, 雷卫华. 硅橡胶海绵材料孔隙结构对力学性能的影响[J]. 特种橡胶制品, 2009, 30(1): 15-18.

收稿日期: 2011-05-19

朗盛加大在汽车领域的投入

中图分类号: F276.7; TQ333 文献标志码: D

2011 年 10 月 8 日, 朗盛公司宣布了 3 项新的重大投资举措, 涉及投资总额约为 3 000 万欧元。朗盛将以其高科技材料为不断增长的汽车市场提供创新性的解决方案。

这 3 项投资计划包括朗盛将在巴西圣保罗费利斯港新建两家工厂。第 1 家工厂将生产高科技工程塑料产品——杜力顿 (Durethan) 和保根 (Pocan), 这两种产品主要用于汽车行业, 可减小车身的质量, 使其更加节能。新工厂将由朗盛半结晶产品业务部负责运营, 年产能将达 2 万 t, 计划于 2013 年年中投产。

位于费利斯港的第 2 家工厂将生产橡胶添加剂 Rhenogran 以及轮胎硫化胶囊 Rhenoshape。

预分散橡胶添加剂 Rhenogran 能显著提高橡胶产品的质量和耐用性。该工厂将由朗盛子公司莱茵化学运营。新厂将具备年产 2 000 t 橡胶添加剂和 17 万条硫化胶囊的规模。工厂将于 2012 年第 4 季度正式启动。

第 3 项投资涉及朗盛的一项创举, 即使用生物基原材料生产 SR。朗盛公司正在改造其在巴西特里温福工厂的部分设施, 以使用生物基乙烯原料生产 EPDM。巴西 Braskem S. A. 公司将在 2011 年 11 月通过管道向朗盛输送从甘蔗中提取的生物基乙烯, 这将是全世界第 1 款生物基 EPDM 产品, 命名为 Keltan Eco。朗盛特里温福工厂年产量 4 万 t 的 1/4 将为 Keltan Eco 产品。

(本刊编辑部 黄丽萍)