

三种有机泡沫材料的吸放水性及微观结构研究

陈晓丽 王彤伟 蒋荣峰 周德惠

(中国工程物理研究院结构力学研究所, 绵阳 621900)

摘要 采用重量法和扫描电镜研究了硬质聚氨酯泡沫塑料、硅橡胶泡沫材料、半硬质自结皮聚氨酯泡沫塑料的吸、放水性能和微观结构, 比较了这三种泡沫材料的吸、放水性能及其机理。结果表明, 这三种有机泡沫材料的吸、放水能力不同, 硬质聚氨酯泡沫塑料的吸、放水能力 < 硅橡胶泡沫材料 < 半硬质自结皮聚氨酯泡沫塑料, 其吸、放水机理与泡沫开孔有关, 密度越小且泡孔开孔率越高, 吸、放水能力越强。

关键词 泡沫材料 吸水性 放水性 微观结构 机理

泡沫材料具有质轻、绝热、隔音、防震、耐冲击、比强度高等优良性能, 且可根据需要制成不同密度和不同性能的结构组件, 因而在包装、运输行业被广泛用于垫层、支承结构材料^[1]等。过去, 作为生产和使用部门, 虽在泡沫材料的研制及其力学性能、微观结构等方面做了较深入研究^[2~4], 但在吸、放水性能方面研究甚少。

笔者针对自制的硬质聚氨酯泡沫塑料、硅橡胶泡沫材料及半硬质自结皮聚氨酯泡沫塑料, 采用重量法和扫描电镜 (SEM) 研究其吸、放水特性和微观结构, 同时比较了这三种泡沫材料的吸、放水性能并探讨了其机理, 为泡沫材料的应用和系统水分的计算分析提供必要的依据。

1 实验部分

1.1 试件

(1) 硬质聚氨酯泡沫塑料

试件均去表皮, 密度为 $(0.5 \pm 0.02) \text{ g/cm}^3$, 表观尺寸为 $50 \text{ mm} \times 50 \text{ mm} \times 25 \text{ mm}$, 试件数量 4 件。

(2) 硅橡胶泡沫材料

试件密度为 $(0.5 \pm 0.05) \text{ g/cm}^3$, 表观尺寸为 $60 \text{ mm} \times 56 \text{ mm} \times 21 \text{ mm}$, 其两侧面经加工去表皮, 试件数量 4 件。

(3) 半硬质自结皮聚氨酯泡沫塑料

试件密度为 $(0.3 \pm 0.02) \text{ g/cm}^3$, 表观尺寸 $26 \text{ mm} \times 26 \text{ mm} \times 14 \text{ mm}$, 上下表面自结皮, 其余四侧面因切割加工去掉了表皮, 试件数量 4 件。

1.2 仪器与设备

电子天平: AB104 型, 精度为 0.1 mg, 瑞士梅特勒公司;

干燥器皿及温、湿度表: 用于存放试样和监测环境温度、湿度, 市售;

试样架: 用于托放试样。

1.3 试验方法

(1) 增重法

按标准^[5]规定, 将试样放入 $(50 \pm 2)^\circ\text{C}$ 烘箱内干燥 $(24 \pm 1) \text{ h}$, 取出称重后置于 $(23 \pm 1)^\circ\text{C}$ 蒸馏水中浸泡 $(24 \pm 1) \text{ h}$ 。用 (1) 式表示其吸水率:

$$W_m = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100\% \tag{1}$$

式中: W_m ——试样吸水率, %;

m_0 ——浸水前试样的质量, g;

m_1 ——浸水后试样的质量, g。

(2) 减重法

进行过上述吸水性试验的试样取出后置于 $(16 \pm 2)^\circ\text{C}$ 温度和相对湿度为 45% ~50% 环境中, 测定 72 h 放水后质量的变化, 按 (2) 式计算放水率 (即放水量与吸水量之比的百分率)。

$$W_t = \frac{m_1 - m_t}{m_1 - m_0} \times 100\% \tag{2}$$

式中: W_t ——试样的放水率, %;

m_t ——试样放水后的质量, g。

2 结果与分析

2.1 三种泡沫材料吸、放水性能比较

用增重法和减重法分别测定了三种泡沫材料试样的吸、放水性能, 结果见表 1。

表 1 三种泡沫材料的吸、放水性能

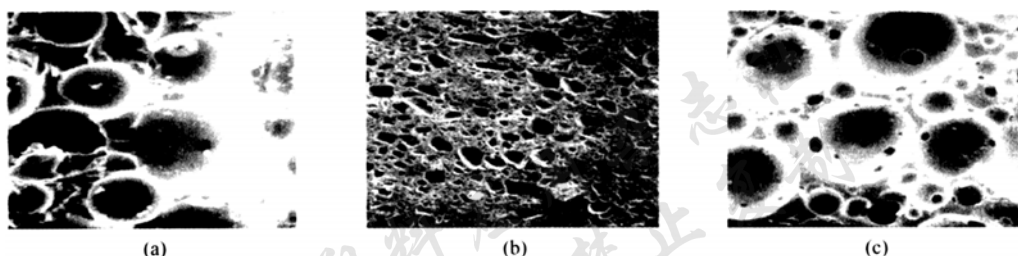
材料种类	硬质聚氨酯泡沫塑料	硅橡胶泡沫材料	半硬质自结皮聚氨酯泡沫塑料
密度 / $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	0.5	0.5	0.3
吸水率 / %	2.0	6.5	103.4
放水率 / %	86.0	99.3	100.6

由表 1 看出, 三种泡沫材料在水中浸泡 $(24 \pm 1) \text{ h}$ 后的吸水率不同, 半硬质自结皮聚氨酯泡沫塑

料的吸水能力远大于硅橡胶泡沫材料和硬质聚氨酯泡沫塑料,而硅橡胶泡沫材料的吸水能力大于硬质聚氨酯泡沫塑料。

同样,这三种泡沫材料的放水能力按硬质聚氨酯泡沫塑料、硅橡胶泡沫材料、半硬质自结皮聚氨酯泡沫塑料的顺序依次增大,硬质聚氨酯泡沫塑料所吸入的水量中有 14% 未放出,硅橡胶泡沫材料所吸入的水已基本放出,半硬质自结皮聚氨酯泡沫塑料已将所吸入的水全部放出。

图 1 是三种泡沫材料的放水率随时间的变化曲线。由图 1 可知,在同一试验条件下三种泡沫材料放水速度和放水平衡时间有所不同。



a—硬质聚氨酯泡沫塑料($\times 140$); b—硅橡胶泡沫材料($\times 30$); c—半硬质自结皮聚氨酯泡沫塑料($\times 20$)

图 2 三种泡沫材料的 SEM 照片

图 2 中,由于三种泡沫材料试样均通过模具成型后再经机加工去表皮而成一定形状的试样,被切割的表面为开孔泡,因此,水分子被很快吸附,其吸水量与表面开孔体积(或称切割面泡孔体积)成正比,这是一个快过程,继而水分子逐渐扩散和渗透进入基体,这是一个慢过程。如图 2 所示,两种聚氨酯泡沫塑料的泡孔虽呈闭孔球形结构,但泡体壁上存在与相邻泡孔相连通的小孔,说明其具有开孔型泡沫塑料的性质(见图 2 a、图 2 c);而硅橡胶泡沫材料的制备工艺决定其为开孔泡沫,其微观结构见图 2 b。由此表明,三种泡沫材料之所以会吸、放水分,是由于开孔所致,开孔率越高则吸水率越大。

三种泡沫材料的吸、放水性能之所以存在差别,除了与材料种类及其尺寸大小、表面状态有关外^[6],还与泡沫材料密度和泡孔结构直接相关。一般来说,密度越大,空隙率越低,反之空隙率越高。就硬质聚氨酯泡沫塑料与半硬质自结皮聚氨酯泡沫塑料来说,前者密度为 0.5 g/cm^3 ,后者密度为 0.3 g/cm^3 ,而且从 SEM 照片看出,前者泡孔直径和开孔数量远小于后者,说明后者的疏水面积大,水的出入通道多,因此半硬质自结皮聚氨酯泡沫塑料的吸水率和放水率远大于硬质聚氨酯泡沫塑料。而硬质聚氨酯泡沫塑料和硅橡胶泡沫材料的密度均为 0.5

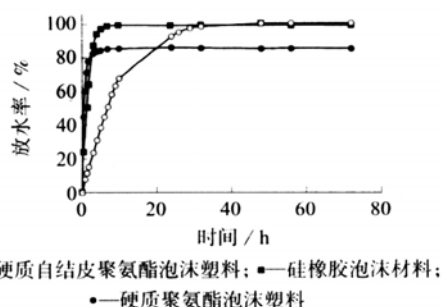


图 1 三种泡沫材料的放水率随时间的变化曲线

2.2 吸、放水机理探讨

为分析三种泡沫材料的吸、放水机理,用扫描电镜对其微观结构进行观察,其 SEM 照片见图 2。

g/cm^3 ,但后者的开孔率较高,因此在相同吸、放水条件下,硅橡胶泡沫材料的吸水率和放水率要比同样密度的硬质聚氨酯泡沫塑料大。

3 结论

三种泡沫材料会不同程度地吸、放水,这是由于开孔所致。密度为 0.5 g/cm^3 的硬质聚氨酯泡沫塑料和硅橡胶泡沫材料的吸、放水能力远小于密度为 0.3 g/cm^3 的半硬质自结皮聚氨酯泡沫塑料,其饱和吸水率依次达到 2%、6.5%、103.4%;同样,三种泡沫的放水率依次增大,分别为 86.0%、99.3%、100.6%。出现这种差异的主要原因是前者的密度小、泡孔开孔率低。

参考文献

- 方禹声,朱吕民.聚氨酯泡沫塑料.第二版.北京:化学工业出版社,1994.
- 卢子兴,李怀祥,田常津.聚氨酯泡沫塑料胞体结构特性的确定.高分子材料科学与工程,1995,11(2):86
- 郝松林,曲明.聚氨酯泡沫塑料的粘弹性.高分子材料科学与工程,1997,13(6):77
- 姚国萍,胡义,王桂芝,等.韧性硅泡沫橡胶的压缩化学应力松弛.高分子材料科学与工程,1998,14(6):68
- GB/T 1034-1998 塑料吸水性试验方法.
- Schilling U, Kraaz M. Water absorption of polyurethane foam. Euro-heat and Power/Fernwarme International,2001,30(3):38

STUDY ON THE WATER ABSORPTION-DESORPTION AND THEIR MICROSTRUCTURE OF
THREE TYPES OF FOAM MATERIALS

Chen Xiaoli, Wang Tongwei, Jiang Rongfeng, Zhou Dehui

(Institute of structural Mechanics, Chinese Academy of Engineering Physics, Mianyang 621900, China)

ABSTRACT The microstructure, water absorption-desorption of rigid polyurethane, silicon-rubber and half-rigid self-skinning-polyurethane foam materials are studied with gravimetric method and scanning electric microscope(SEM) . The water absorption-desorption and their mechanism are analyzed and compared. The result shows that three types of foam materials have different water absorption-desorption: rigid polyurethane foam < silicon rubber foam < semi-rigid self-skinning polyurethane foam, which are dependent on the open cell ratio of the foam materials. Lower density makes open-cell ratio higher, which leads to higher water absorption-desorption.

KEYWORDS foam material, water absorption, water desorption, microstructure, mechanism

欢迎订阅《2002 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集》

为推动我国工程塑料加工应用技术进步,中国工程塑料工业协会加工应用专委会于2002年10月26日~29日在浙江余姚市召开“2002年中国工程塑料加工应用技术研讨会”。为配合这次会议,《工程塑料应用》杂志社从本次会议征集的众多来稿中优选了100篇优秀论文,编辑出版了本次会议的论文集。论文内容涉及有关工程塑料的合成、改性、生产、加工、应用、测试、模具、加工设备、文献综述、供需市场及预测等。在这些论文中,既有“WTO与中国石油和化学工业”、有“入世后的中国工程塑料工业”、“我国塑料机械制造业概况及展望”等对行业发展有关的指导性专论;也有塑料加工新工艺、塑料改性新技术、塑料新材料及其应用,以及热流道模具技术、塑料模具优质材料及表面处理技术、计算机在塑料模具设计制造中的应用等反映塑料改性、加工、应用等最新发展的论文;还有聚甲醛树脂的合金化及复合化、单螺杆挤出机中熔体混合理论的研究、熔融共混制备聚合物/纳米无机粒子复合材料的研究、塑料管材用原材料及其模具设计和成型技术等专项研究成果。

该论文集内容丰富、技术水平高,集中研讨了当前行业

人士关心的“热点”、“难点”问题,全面揭示了加入WTO后我国塑料行业所面临的机遇与挑战,给塑料行业今后的发展指出了明确的方向。适于从事工程塑料研究、生产和教学的工程技术人员、大专院校师生阅读。另我社尚有部分2000年、2001年编辑出版的论文集,价格优惠,欢迎广大读者同时订阅。

- 《2002 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集》 50 元/册;
- 《2001 年中国工程塑料加工及模具技术研讨会论文集》 36 元/册;
- 《2000 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集》 40 元/册。

邮局汇款

收款单位: 山东省济南市 108 信箱杂志社
邮政编码: 250031
电话: 0531 - 5816706 - 802, 805 5947355

银行汇款

户名: 中国兵器工业第五三研究所
开户银行: 济南市工商银行八一分理处
帐号: 1602001209014424079

欢迎查询有关广告

对于在我刊刊登的所有广告,如读者需要查询更详细的资料或了解情况,请填好《读者查询广告资料服务卡》后寄回或来函。本杂志社将为您提供或转请有关单位提供资料,以满足您的要求。如需购买任何广告单位的材料、设备、仪器及配件等产品,我社将帮助您联系,以保证产品质量,争取优惠价格。欢迎各单位在我刊刊登广告。刊登办法函索即寄。

《工程塑料应用》读者查询广告资料服务卡 No. _____

读者姓名 _____ 单位 _____
通讯地址 _____ 电话 _____ 邮政编码 _____
欲获得《工程塑料应用》 _____ 年第 _____ 期第 _____ 页 _____
广告中有关 _____ 的详细资料。

如空位不够,请另附纸。填好后请寄回。

山东省济南市 108 信箱杂志社 邮政编码: 250031