

包装材料

具有调湿功能的缓冲包装材料制备及性能

余丽萍, 鄂玉萍, 屠晓芬, 王家俊
(浙江理工大学, 杭州 310018)

摘要: **目的** 研究一种既具有湿度调节功能, 又具有缓冲吸能特性的新型缓冲包装材料的制备及性能, 解决部分精密仪器运输存贮中受潮或过于干燥影响精度的问题。**方法** 利用微波发泡方法制备得到具有调湿功能的发泡缓冲包装材料, 研究影响该材料发泡性能、调湿性能、缓冲性能的因素, 并对最佳组分配比下制得发泡材料的性能进行测试。**结果** 微波发泡功率为 122.5 W, 丙烯酸-丙烯酸钠与丙烯酰胺质量比为 4:1, KGM 基调湿材料初始含水体积为 6.5 mL 时, 所制得调湿发泡材料的性能最佳, 能在 180 min 内将密闭容器内环境的相对湿度调节至(50±5)%, 同时该材料还具有优异的缓冲吸能特性, 单位体积总吸收能量为 1.73 J/cm³, 最小缓冲系数为 3.32。**结论** 影响该新型发泡材料的发泡性能、调湿性能和缓冲性能的因素有微波发泡功率, 丙烯酸-丙烯酸钠与丙烯酰胺的质量比, 魔芋葡甘聚糖(KGM)基调湿材料的初始含水体积。

关键词: 调湿功能; 发泡材料; KGM 基调湿材料

中图分类号: TB484 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)11-0038-07

Preparation and Performance of Cushion Packaging Material with Humidity Regulation Function

YU Li-ping, E Yu-ping, TU Xiao-fen, WANG Jia-jun
(Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

ABSTRACT: The work aims to research the preparation and performance of a new cushion packaging material with the humidity regulation function and buffer energy-absorption property, so as to solve the problem that the precision is affected because part of the precision instruments is damped or excessively dry during the transportation and storage. The foaming buffer packaging material with humidity regulation function was prepared by microwave foaming process. The factors affecting the foaming performance, humidity regulation performance and cushioning performance were researched. The performances of foaming material prepared under the best component ratio were tested. When the microwave foaming power was 122.5 W, the mass ratio of acrylic acid-sodium acrylate and acrylamide was 4:1, and the initial water content of KGM-based humidity regulation material was 6.5 mL, the prepared foaming humidity regulation material had the best performance, and such material could regulate the relative humidity of an air-tight container to (50±5)% within 180 min; meanwhile, such material had excellent buffer energy absorption property, with total absorbed energy in unit volume of 1.73 J/cm³ and the minimum cushioning coefficient of 3.32. The factors affecting the foaming performance, humidity regulation performance and cushioning performance of such new foaming material include microwave foaming power, mass ratio of acrylic acid-sodium acrylate and acrylamide, and initial water content of konjac glucomannan (KGM)-based humidity regulation material.

KEY WORDS: humidity regulation function; foam material; KGM-based humidity regulation material

收稿日期: 2016-10-31

基金项目: 国家自然科学基金(51303160); 浙江理工大学 521 人才培养计划

作者简介: 余丽萍(1992—), 女, 浙江理工大学硕士生, 主攻环保包装材料制备与性能。

通讯作者: 王家俊(1963—), 男, 博士, 浙江理工大学教授, 主要研究方向为仿生材料、环保包装材料。

缓冲吸能材料常用于物流环节产品的防护包装^[1]。很多产品的破损失效除与跌落和冲击有关外,也深受储存和运输的过程中空气湿度变化的影响。在空气湿度偏高或偏低的情况下,部分精密仪器如气相色谱仪的精度会受到影响,从而导致测试结果不准确^[2-3],因此,若发泡材料在具备缓冲防护的功能基础上,还具备湿度调节功能,则可很好地解决上述问题。

调湿材料是一种主动调节环境空气湿度的材料。该材料无污染、可重复利用^[4-5],广泛应用于图书馆、博物馆、包装等领域。目前应用的调湿材料多为颗粒状或凝胶状^[6],若能将其进行发泡,则能作为缓冲材料应用于产品的运输包装。徐鹏飞^[7]探索使用冷冻干燥方法将调湿材料进行发泡,这种方法成本高,耗能大,时间长,发泡倍数不佳,不适合作为缓冲材料,因此文中利用反相悬浮聚合法及微波发泡方法对 KGM 基调湿材料进行发泡,并对影响发泡 KGM 基调湿材料性能的因素进行分析,确定最佳组分配比和制备工艺。

1 实验

1.1 材料

材料: 氢氧化钠 (NaOH, AR, 天津市永大化学试剂有限公司)、丙烯酸 (CP, 天津市科密欧化学试剂有限公司)、丙烯酰胺 (AR, 天津市科密欧化学试剂有限公司)、司班-60 (AR, 上海麦克林生化科技有限公司)、魔芋葡甘聚糖 (KGM, 纯度 $\geq 98\%$, 合肥博美生物科技有限责任公司)、N,N-亚甲基双丙烯酰胺 (AR, 上海麦克林生化科技有限公司)、过硫酸钾 (AR, 天津市永大化学试剂有限公司)、去离子水 (自制)。

1.2 具有调湿功能的缓冲材料的制备

称取适量的 NaOH, 在冷却和电磁搅拌的条件下, 与丙烯酸反应生成丙烯酸钠^[8]。称取一定量的丙烯酰胺并加入到上述共存体系中, 不断进行搅拌, 直到其在溶液中完全溶解。

称取一定量的 KGM, 加入上述反应溶液中快速搅拌 10 min, 然后加入定量的 N,N-亚甲基双丙烯酰胺作为交联剂, 继续搅拌 10 min。再加入定量的司班-60 作为分散剂, 继续搅拌 10 min, 加入定量的引发剂过硫酸钾, 继续搅拌 10 min, 直至完全反应, 得到凝胶状的 KGM 基调湿材料。将 KGM 基调湿材料定量填充到模具中, 放置于微波炉 (P7023TP-K7, 格兰仕有限公司) 中, 微波加热时间为 2 min, 通过调节微波炉的对应档位控制发泡功率, 进行发泡, 制备具有调湿功能的发泡材料。

1.3 性能测试

1.3.1 发泡倍数与泡孔形貌

文中采用模具中的半自由式发泡, 发泡材料的横

截面积一定, 只能纵向生长, 因此试样的发泡倍数以发泡后试样高度与发泡前试样高度之比来表示。通过扫描电子显微镜 (JCM-6000, 日本 JEOL) 观察电镜图 (SEM) 的泡孔形貌与特征。

1.3.2 吸/放湿率的测试

发泡 KGM 基调湿材料的吸/放湿率可参照 WW/T 0005—2007《中华人民共和国文物保护行业标准》^[9]进行测试。取定量发泡调湿材料放入 25 °C 的真空干燥箱 (DZF-6050, 上海精宏实验设备有限公司) 中干燥 12 h, 取出冷却至室温后称质量, 记其质量为 m_0 。然后将该样品放入温度为 2 °C, 相对湿度为 80% 的恒温恒湿箱中 (TEMI880, 江苏淮安中亚试验设备有限公司), 定期从恒温恒湿箱中取出试样并称质量。连续测量, 测量时间间隔为 30 min, 直到相邻 2 次质量变化小于 0.01 g 为止, 记此时的样品质量为 m_a ; 将该充分吸湿后的样品取出, 放入另一个温度为 25 °C, 相对湿度为 30% 的恒温恒湿箱中, 连续称质量, 间隔时间为 30 min, 直到相邻 2 次质量变化小于 0.01 g 为止, 记此时的样品质量为 m_d 。发泡 KGM 基调湿材料的吸湿率 U_a 和放湿率 U_d 分别按照式 (1)~(2) 计算。

$$U_a = \frac{(m_a - m_0)}{m_0} \times 100\% \quad (1)$$

$$U_d = \frac{(m_a - m_d)}{m_a} \times 100\% \quad (2)$$

1.3.3 吸/放湿平衡湿度的测试

吸/放湿平衡湿度的测定是将 KGM 基调湿材料置于恒温恒湿箱中 (温度 25 °C, 相对湿度 50%) 预处理 12 h; 该 KGM 基调湿材料为圆柱形, 尺寸为: 直径 50 mm、高度 60 mm。预处理后样品质量为 9.87 g。该样品水分质量分数为 18.27%。将体积为 2 L 的玻璃容器分别放置于温度均为 25 °C, 相对湿度分别为 80% 和 30% 的 2 个恒温恒湿箱中预处理 2 h, 使玻璃容器内的温湿度达到平衡。将高精度湿度计 (JB913, 美德时仪器仪表有限公司) 和预处理后的 KGM 基调湿材料分别放入 2 个玻璃容器内并立即密封, 记录 2 个玻璃容器内的湿度计读数。当湿度-时间曲线趋于稳定时, 记录此时的湿度即为吸湿/放湿平衡湿度。

1.3.4 静态压缩性能测试

实验前根据 GB/T 4857.2—2005《包装运输包装件基本试验》^[10]中规定, 在温度为 25 °C, 相对湿度为 50% 的条件下对调湿发泡材料进行 24 h 预处理。将试样置于万能材料试验机 (RGL-214, 深圳市瑞格尔仪器有限公司), 以 12 mm/min 的速度对试样施加载荷。记录载荷-位移数据, 绘制成试样的应力-应变曲线。根据数据绘制缓冲系数曲线, 缓冲系数的最小值一般表示缓冲包装材料的最佳使用情况。

2 结果与讨论

2.1 影响缓冲包装材料发泡性能的因素

根据大量预备性实验,可得到影响缓冲包装材料发泡性能的因素主要包括微波发泡功率、丙烯酸-丙酸钠与丙烯酰胺的质量比以及KGM基调湿材料的初始含水体积。

1) 微波发泡功率的影响。分别采用 70, 122.5, 175, 210 W 的微波功率进行微波发泡,发泡得到的试样用游标卡尺测量高度,得到发泡倍数分别为 6.2 倍、6.5 倍、8 倍和 10 倍。4 种微波功率下的缓冲包装材料的 SEM 图见图 1。由测试结果和 SEM 图可得,随着微波功率的增加,发泡倍数越大。在 70 W 条件下(图 1a),发泡倍数增加不明显,泡孔较小;功率为 122.5 W(图 1b)时泡孔增大,分布趋向均匀;在 210 W 的功率条件下,泡孔出现严重的破裂(图 1d)。分析其原因,可能是由于随着微波功率的增加,水分子等受微波辐射影响而产生剧烈运动,使得发泡变得剧烈和不可控,导致缓冲包装材料断裂。

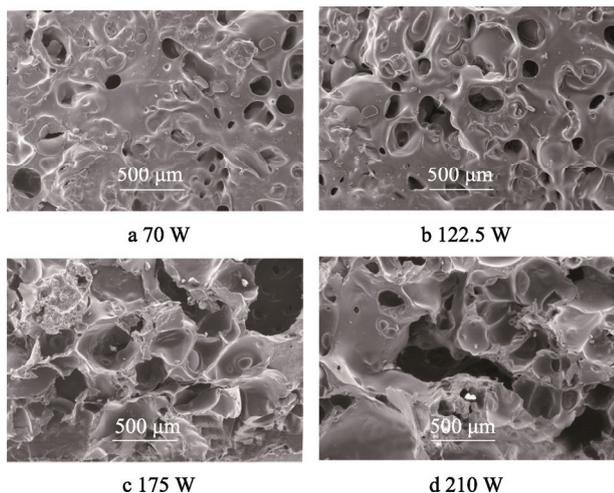


图 1 不同微波功率条件下的发泡 KGM 基调湿材料 SEM 图

Fig.1 SEM of the foamed KGM humidity regulating materials under different microwave power

2) 丙烯酸-丙酸钠与丙烯酰胺质量比的影响控制。当质量比分别为 5 : 1, 4 : 1, 3 : 1, 2 : 1, 其他条件控制不变,得到试样的发泡倍数分别为 5 倍、6.5 倍、8 倍和 11 倍。发泡倍数随着丙烯酸-丙酸钠与丙烯酰胺质量比的减小而快速增加。不同丙烯酸-丙酸钠与丙烯酰胺质量比条件下的缓冲包装材料的 SEM 图见图 2。当质量比为 5 : 1(图 2a)时,泡孔不明显,且分布不均匀;质量比为 4 : 1 时,泡孔更为均匀;质量比为 2 : 1 时,根据宏观观察发泡过程,调湿材料泡孔出现崩塌(图 2d)。分析其原因可得,丙烯酸-丙酸钠与丙烯酰胺的质量比越大,在丙烯酸-丙酸钠质量不变的情况下,丙烯酰胺的量减小,

体系浓度越小,泡孔长大得越快。

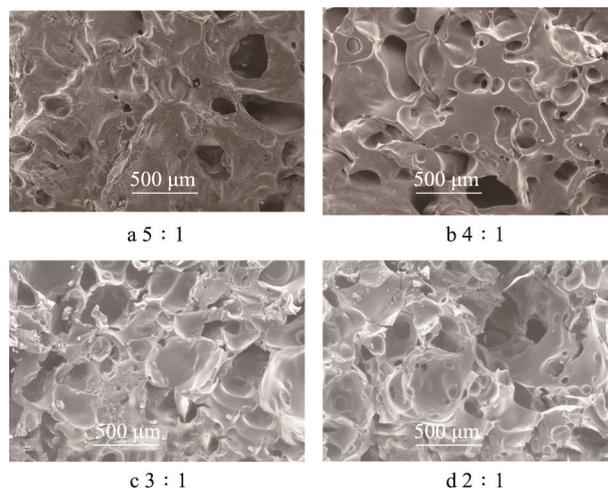


图 2 丙烯酸-丙酸钠与丙烯酰胺质量比不同时发泡 KGM 基调湿材料的 SEM 图

Fig.2 SEM of the foamed KGM humidity regulating materials with different quality ratios of (AA+ AAS): AM

3) KGM 基调湿材料初始含水体积的影响。控制 KGM 基调湿材料初始含水体积分别为 5, 6.5, 8 mL, 即水含量与丙烯酸之比分别为 6.5 : 5, 1 : 1, 6.5 : 8, 得到发泡倍数分别为 6.2 倍、6.5 倍和 7 倍。随着水分子的数量增多,物料初始粘度变小,会导致气泡膨胀所受阻力变小,泡孔易膨胀长大。观察 3 种不同初始含水体积条件下的缓冲包装材料的 SEM 图(图 3)可知,初始含水体积为 5 mL 时(图 3a),体系中水分子不够多,运动不够剧烈,因此泡孔较小;当初始含水体积为 8 mL 时(图 3c),体系中水分子含量过多,运动过于剧烈,KGM 基调湿材料出现严重的分层和空洞现象。

2.2 影响缓冲包装材料调湿性能的因素

影响缓冲包装材料调湿性能的因素^[1]有微波发泡功率、丙烯酸-丙酸钠与丙烯酰胺质量比以及 KGM 基调湿材料的初始含水体积。各因素对制得的缓冲包装材料调湿性能的影响见表 1。由表 1 可知,微波功率越大,吸放湿率越大。由于随着微波功率的增大,水分子运动剧烈,因此所得的样品泡孔越大,可实现物理吸附水的量也越大,调湿性能也就较好。

丙烯酸-丙酸钠与丙烯酰胺质量比越大,孔径越大,可实现物理吸附水量大。丙烯酸-丙酸钠与丙烯酰胺质量比越大,形成吸水材料聚丙烯酸钠的量也越大。复合材料的吸湿率的大小主要取决于聚丙烯酸钠,聚丙烯酸钠高分子聚合物所占的比例越大,KGM 调湿材料的吸放湿率越大。水含量越大,吸/放湿率越大。随着水含量的增大,水分子运动剧烈,泡孔越大,可实现物理吸附水的量也越大,其吸/放湿率越高,调湿性能就越好。

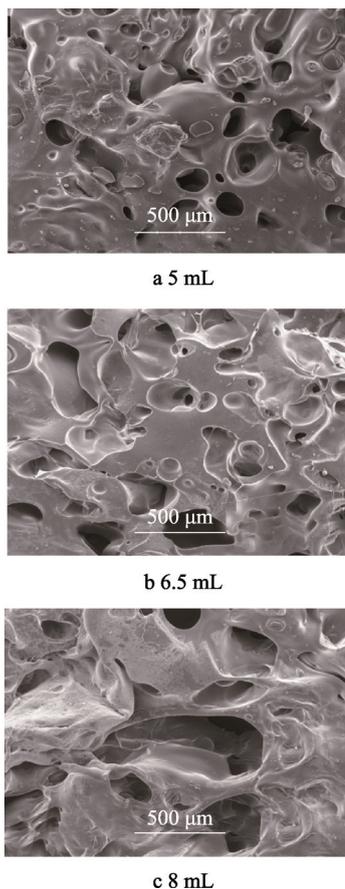


图 3 不同初始含水体积条件下的发泡 KGM 基调湿材料 SEM 图

Fig.3 SEM of the foamed KGM humidity regulating materials with different initial water content

2.3 影响缓冲包装材料力学性能的因素

影响缓冲包装材料力学性能的因素有微波发泡功率、丙烯酸-丙酸钠与丙烯酰胺质量比以及 KGM 基调湿材料的初始含水体积。各因素对制得的缓冲包装材料力学性能的影响见图 4。可以看出，122.5 W 时屈服平台趋于平缓，应力最大，缓冲效果较好。该功率下的调湿发泡材料纵向发泡快速且发泡倍数大，横向受阻，截面面积小，得到其应力-应变曲线屈服平台高且宽。综合其发泡倍数与形貌特征，122.5 W 功率为最佳发泡功率。当丙烯酸-丙酸钠与丙烯酰胺的质量比为 4 : 1 时，其平台阶段应力较大，范围较宽，调湿发泡材料泡孔分布均匀，发泡倍数适当。

当初始含水体积为 5 mL 和 8 mL 时，屈服平台很窄；当初始含水体积为 6.5 mL 时，屈服平台趋于

平缓，应力最大，范围宽，这是因为初始含水体积为 6.5 mL 的复合调湿材料在发泡时由于适量的水分子受微波辐射影响，适当的运动，使得物料初始粘度变小，所受阻力变小^[12]，泡孔膨胀长大，生成的泡孔均匀且发泡倍数适当。KGM 基缓冲包装材料主要通过泡孔的屈服破坏来吸收能量。各影响因素下缓冲包装材料的缓冲系数曲线见图 5。

缓冲系数越小，代表单位体积的缓冲材料吸收的能量越多。从图 5 中可以看出，3 种影响因素的 KGM 基缓冲包装材料在应力小于 0.1 时，缓冲系数很大，且缓冲迅速降低；应力到达 0.1 以后，缓冲系数基本稳定在 5 以下。不同微波功率下的调湿发泡材料的可以看出，122.5 W 时缓冲系数为 3.18，在各功率中最小，122.5 W 功率下的调湿发泡材料纵向发泡快速且发泡倍数大，为最佳功率。

当丙烯酸-丙酸钠与丙烯酰胺的质量比为 3 : 1 时缓冲系数为 2.93，在各比例条件中最小，但是观察其形貌特征，其调湿发泡材料有局部缺陷，泡孔出现崩塌现象；质量比为 4 : 1 时缓冲系数为 3.84。这是因为，此比例调湿发泡材料泡孔分布均匀，发泡倍数适当，为最佳比例。当初始含水体积为 6.5 mL 时缓冲系数为 2.96，在各含水体积中最小，这是因为初始含水体积为 6.5 mL 的复合调湿材料在发泡时由于适量的水分子受微波辐射影响，产生适当强度的运动，生成的泡孔均匀且发泡倍数适当。

2.4 最佳配比下具有调湿功能的缓冲包装材料的性能

综合考虑微波发泡功率、调湿发泡材料的含水体积和丙烯酸-丙酸钠与丙烯酰胺质量比可知，丙烯酸-丙酸钠与丙烯酰胺的质量比为 4 : 1，KGM 基调湿材料初始含水体积为 6.5 mL，微波发泡功率为 122.5 W 时，所制得的具有调湿功能的发泡材料的性能最佳。此时的发泡倍数为 6.5 倍，泡孔丰富，分布较为均匀，同时具有开孔与闭孔的泡孔（图 6a）；由图 6b 所示发泡 KGM 基调湿材料放大 110 倍的 SEM 形貌图可以看出，每个泡孔的表面均有一些圆形坑状的孔穴，这些圆形坑状孔穴可实现物理吸附水，从而达到调节湿度的目的。

参照 1.3.3 节实验方法，测得发泡 KGM 基调湿材料在吸湿和放湿状态下的平衡湿度测试结果见图 7。由图 7 可知，放湿条件下密闭容器内的相对湿度在 100 min 内由 30% 逐渐变化到 50% 左右，能在短

表 1 缓冲包装材料调湿性能的影响因素

Tab.1 The influencing factors of humidity regulating performance of the foamed KGM humidity regulating materials

	微波功率/W				丙烯酸-丙酸钠与丙烯酰胺的质量比				初始水体积/mL		
	70	122.5	175	210	5 : 1	4 : 1	3 : 1	2 : 1	5	6.5	8
吸湿率	48	51.5	53.5	56.3	55.8	51.5	48.6	46.2	45.3	51.5	54.8
放湿率	41.4	50.8	50.9	51.2	51.3	50.8	46.7	42.3	39.8	50.8	52.3

%

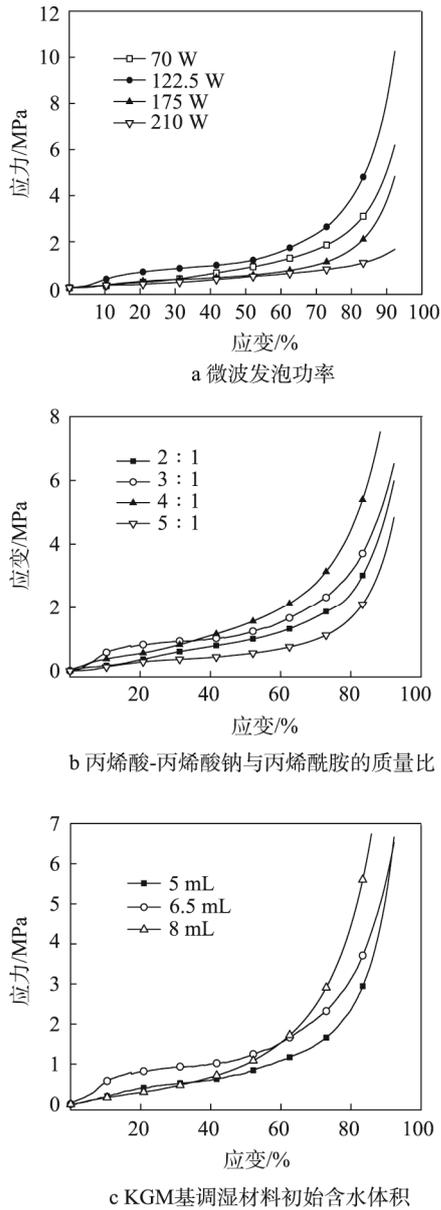


图4 影响发泡KGM基调湿材料力学性能的因素

Fig.4 Factors affecting mechanics performance of the foamed KGM humidity regulating materials

时间内将内空间湿度控制到一定平衡范围;在吸湿条件下,密闭容器内相对湿度由80%自动变化到50%左右,在180 min后调节到了平衡湿度,表明了调湿发泡材料优良的放湿功能。

综合吸湿和放湿条件下的平衡湿度,可知发泡KGM基调湿材料可主动调节密闭容器内环境的相对湿度,使内环境相对湿度保持在(50±5)%左右,从而有效解决一些仪器的精度受湿度影响的包装问题。

发泡KGM基调湿材料的应力-应变曲线见图8a,发泡KGM基调湿材料单位体积总吸收能量为1.73 J/cm³。发泡KGM基调湿材料缓冲系数曲线见图8b,其最小缓冲系数为3.32左右,与发泡聚苯乙烯的缓冲系数相当,具有良好的缓冲性能。

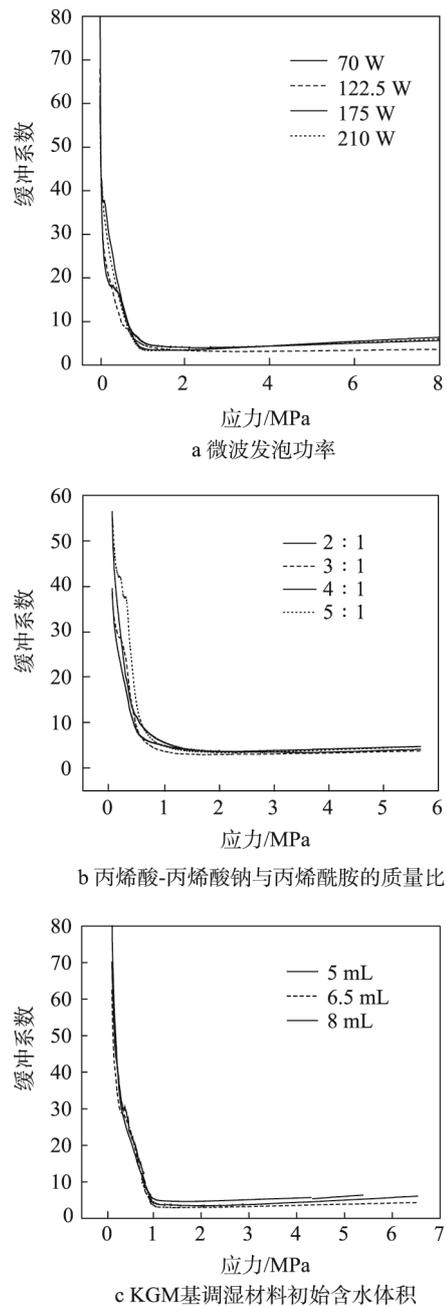


图5 各影响因素下缓冲包装材料的缓冲系数曲线
Fig.5 Cushioning coefficient curve of cushion packaging material under influencing factors

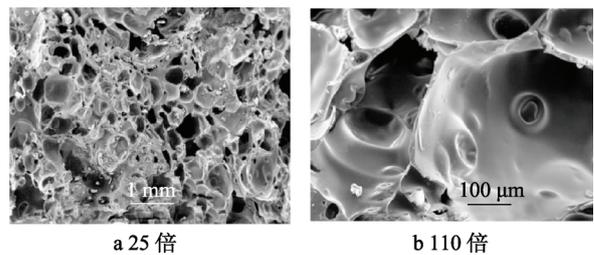


图6 最佳配比下具有调湿功能缓冲包装材料的SEM形貌
Fig.6 The SEM topography of the foamed KGM humidity regulation material under the optimal proportion

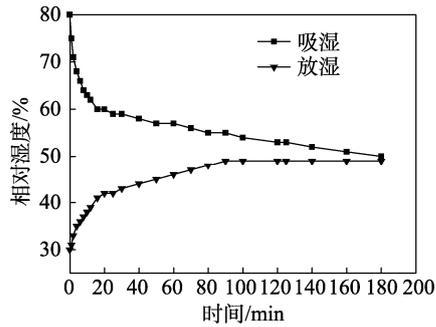


图 7 最佳配比下具有调湿功能缓冲包装材料的调湿性能
Fig.7 The humidity regulating performance of the foamed KGM humidity regulation material under the optimal proportion

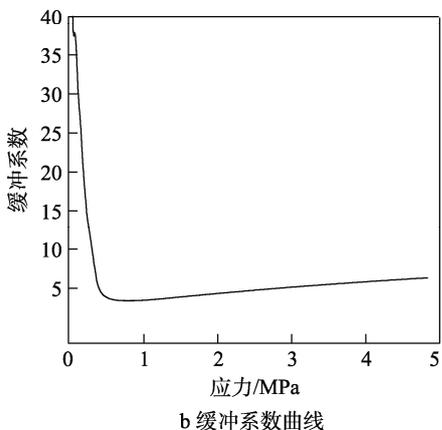
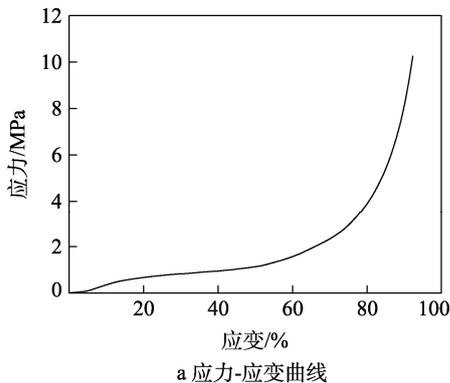


图 8 最佳配比下具有调湿功能缓冲包装材料的力学性能
Fig.8 Mechanics performance of the foamed KGM humidity regulation material under the optimal proportion

4 结语

使用微波发泡方法制备发泡 KGM 基调湿材料, 研究其发泡性能、调湿性能和缓冲性能的因素, 并对最佳组分配比和制备工艺条件下制得的发泡材料性能进行了实验, 得出如下结论。

1) 随着微波功率的增加, 泡孔越大, 可实现物理吸附水的量也越大, 其吸放湿率越高, 调湿性能也就越好。从其结构与调湿性能结果可以看出, 其发泡性能对调湿性能有直接作用。

2) 随着丙烯酸-丙烯酸钠与丙烯酰胺质量比的减小, 发泡倍数越大, 吸放湿率越大。

3) 随着水含量的增加, 发泡倍数越大, 吸放湿率越高。

4) 综合考虑各个参数, 丙烯酸-丙烯酸钠与丙烯酰胺的质量比为 4:1, KGM 基调湿材料初始含水体积为 6.5 mL, 微波发泡功率为 122.5 W 时, 所制得的调湿发泡材料性能最佳。

5) 调湿发泡材料能在 100 min 内将密闭容器内的高低相对湿度调节至(50±5)%, 同时, 该材料最小缓冲系数为 3.32 左右, 与发泡聚苯乙烯的缓冲系数接近, 是一种既具有良好缓冲性能又具有主动双向湿度调节功能的新型缓冲包装材料。

参考文献:

- [1] 周淑娥, 崔永敏. 聚丙烯发泡材料的应用及研究进展[J]. 广东化工, 2009, 36(10): 219—221.
ZHOU Shu-e, CUI Yong-min. Application and Research Progress of Polypropylene Foam Material[J]. Guangdong Chemical Industry, 2009, 36(10): 219—221.
- [2] LEUNG S N, WONG A, PARK C B, et al. Ideal Surface Geometries of Nucleating Agents to Enhance Cell Nucleation in Polymeric Foaming Processes[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2008, 108(6): 3997—4003.
- [3] 郭鹏, 吕明福, 吕芸, 等. 聚丙烯发泡材料的研究进展[J]. 石油化工, 2011, 40(6): 679—684.
GUO Peng, LYU Ming-fu, LYU Yun, et al. The Research Progress of Polypropylene Foam Material[J]. Journal of Petroleum Chemical Industry, 2011, 40(6): 679—684.
- [4] 肖远文. 储存条件对精密仪器的影响[J]. 医疗卫生装备, 1991, 30(2): 43.
XIAO Yuan-wen. Storage Conditions Influence on Precision Instrument[J]. Journal of Medical and Health Care Equipment, 1991, 30(2): 43.
- [5] 周云令, 阮红斌, 张新昌. 环保型瓦楞纸箱用疏水防潮助剂的试验研究[J]. 包装工程, 2013, 34(3): 96—99.
ZHOU Yun-ling, RUAN Hong-bin, ZHANG Xin-chang. Environmental Protection Corrugated Carton with Hydrophobic Moisture Proof Agent Experimental Study[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(3): 96—99.
- [6] 郭孟洁, 王吉会. 锂皂石/玉米秸秆基复合调湿材料的制备与性能研究[D]. 天津: 天津大学, 2012.
GUO Meng-jie, WANG Ji-hui. Lithium Saponite/wet Corn Stover Matrix Composite Material Preparation and Properties of Research[D]. Tianjin: Tianjin University, 2012.
- [7] 徐鹏飞. 魔芋葡甘聚糖基调湿材料及其调湿性能研究[D]. 杭州: 浙江理工大学, 2014.
XU Peng-fei. Konjac Glucan-Mannan Glycan Tone

- Wet Materials and Their Performance Research[D]. Hangzhou: Zhejiang University of Science and Technology, 2014.
- [8] 覃崇益. 高效调湿材料的试制和性能研究[D]. 杭州: 浙江理工大学, 2013.
TAN Dong-yi. Efficient Manufacture of Damping Material and Performance Study[D]. Hangzhou: Zhejiang University of Science and Technology, 2013.
- [9] WW/T 0005—2007, 中华人民共和国文物保护行业标准[S].
WW/T 0005—2007, The Protection of Cultural Relics of the People's Republic of China Industry Standard[S].
- [10] GB/T 4857.2—2005, 包装运输包装件基本试验[S].
GB/T 4857.2—2005, The Packing and Shipping Package Basic Experiment[S].
- [11] 孙自顺. 玉米秸秆复合高吸水树脂的制备与性能[D]. 成都: 成都理工大学, 2012.
SUN Zi-shun. Preparation and Properties of Maize Straw Composite High Absorbent Resin[D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2012.
- [12] 周灵青, 王家俊, 余丽萍, 等. 魔芋葡甘聚糖缓冲包装材料的制备及性能[J]. 包装工程, 2016, 37(13): 1—7.
ZHOU Ling-qing, WANG Jia-jun, YU Li-ping, et al. Konjac Glucan-Mannan Glycan the Preparation and Performance of the Cushion Packaging Material[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(13): 1—7.
- [13] CHEN Z, ZONG M, LI G. Lipase-catalyzed Acylation of Konjacglucomannan in Organic Media[J]. Process Biochemistry, 2006, 41(7): 1514—1520.
- [14] XIE C, FENG Y, CAO W, et al. Novel Biodegradable Flocculating Agents Prepared by Phosphate Modification of Konjac[J]. Carbohydrate Polymers, 2007, 67(4): 566—571.
- [15] 符英, 于国玲. 环保型聚碳酸亚丙酯复合调湿材料的性能研究[J]. 河南化工, 2014(11): 36—38.
FU Ying, YU Guo-ling. Environmental Protection the Propylene Carbonate Composite Damping Material Performance Study[J]. Journal of Henan Chemical Industry, 2014, 35(11): 36—38.

《纳米材料》特色栏目征稿函

纳米技术作为一种最具有市场应用潜力的新兴科学技术,其潜在的重要性毋庸置疑,纳米技术正成为各国科技界所关注的焦点。在国内,许多科研院所、高等院校也组织科研力量,开展纳米技术的研究工作,并取得了一定的研究成果,纳米技术基础理论研究和新材料开发等应用研究都得到了快速的发展,并且在各领域均得到了广泛的应用。在包装领域,纳米材料也得到了诸多应用。

鉴于此,本刊拟围绕“纳米材料”这一主线,作系列的专项报道。本刊编辑部特邀请纳米材料领域的专家为本栏目撰写稿件,以期进一步提升本刊的学术质量和影响力。稿件以研究论文为主,也可为综述性研究,请通过网站投稿,编辑部将快速处理并优先发表。

编辑部电话: 023-68792294 网址: www.packjour.com

《包装工程》编辑部