

基于复配发泡剂的纸纤维发泡缓冲包装材料制备工艺

巨杨妮¹, 冯建华¹, 江兴亮², 张新昌¹

(1. 江南大学, 无锡 214122; 2. 句容市一马先包装厂, 句容 212400)

摘要:以纸质纤维为主料制得的植物纤维基发泡制品,是近年来出现的一种新型缓冲材料。设计了3个单因素试验,以废纸纤维和淀粉类胶黏剂为主要原料,将2种不同种类的发泡剂以3种组合方式施加到混合物中,采用微波发泡的方法制备了纸纤维发泡材料。通过测定样品成型后的密度、发泡倍率、发泡失重率和干燥失重率,比较了3种不同的发泡剂配方对样品性能及制备过程的影响程度。结果表明:利用各种发泡剂分解温度各异的特点将发泡剂复配,使纸纤维材料在加热过程中分段发泡,具有较好的发泡效果,而且后期干燥的能耗也少。

关键词: 废纸纤维; 发泡; 关键技术

中图分类号: TB484.6; TB485.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)05-0043-04

Preparation Process of Waste Paper Fiber Foam Material Based on Composite Foaming Agent

JU Yang-ni¹, FENG Jian-hua¹, JIANG Xing-liang², ZHANG Xin-chang¹

(1. Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. Jurong First-Horse Packaging Co., Ltd, Jurong 212400, China)

Abstract: Foam material prepared mainly by waste paper fiber is a new cushion material in recent year. Three single-factor tests were designed. Waste paper fiber and starch were used as main materials; two kinds of foaming agent were applied to the material with three kinds of combination; and microwave radiation method was used to prepare paper fiber foam materials. The density, foaming rate, foaming weight loss rate, and dry weight loss rate of the molded samples were tested and the influence of different foaming agent formula on sample properties and fabrication process was compared. The results showed that composite foaming agent has better foaming effect and less energy consumption than single foaming agent.

Key words: waste paper fiber; foam; key technology

随着低碳经济和绿色包装的理念逐步被人们认可,环保型包装材料已得到广泛应用。目前,在缓冲包装材料领域已有数种发泡植物纤维材料问世。已有的研究多是通过将植物纤维与各种助剂混合,使得植物纤维与助剂的混合体系成为易于留住气体且快速定型的混合物,之后通过高温条件使发泡剂分解产气^[1-4]。有的研究者除了采用高温,还采用高压螺杆挤出的方法先将混合物挤出造粒,再粘接成型^[5]。然而,植物纤维材料的结构与物性特点决定了它不能够像高分子材料那样,与同类纤维(分子)通过熔融、交联等反应形成空间网状结构,故该材料的研发距工业

化生产仍有一段距离。

微波加热是采用电磁辐射原理,使物料中的极性分子在快速变化的电磁场作用下,发生有规律的周期运动,极性分子因受到附近分子的干扰和阻碍,产生类似摩擦的效应,使物料温度升高^[6]。该种加热方式具有加热效率高、热辐射均匀的特点,广泛用于果蔬脱水干燥、高分子材料合成以及沥青熔化等工作^[7-8]。笔者以瓦楞纸板废纸纤维为主要原料,利用不同发泡剂分解温度不一的特点,使试样在微波辐照过程中实现2次发泡,成功制备了一种发泡纸纤维缓冲材料。

收稿日期: 2011-11-20

作者简介: 巨杨妮(1988—),女,甘肃人,江南大学硕士生,主攻包装材料与结构。

1 试验

1.1 材料与仪器

原材料: 废弃瓦楞纸板; 玉米淀粉、硼砂; 聚乙烯醇(平均聚合度 1750±50)、碳酸氢钠(分析纯 AR, 相对分子质量 84.01)、甘油(分析纯 AR, 相对分子质量 92.09)、碳酸钙(分析纯 AR, 相对分子质量 100.09); 自来水。

仪器: YJ501 型超级恒温水浴锅; 格兰仕 WP800 型微波炉; QZ77-105 型远红外干燥箱; AE200 电子天平; THS-AOC-100AS 恒温恒湿试验机司; LRX PLUS 万能材料试验机; Quanta-200 型扫描电子显微镜。

1.2 方法

1.2.1 待发泡试样的准备

试样的制备分 3 步进行, 首先将废弃瓦楞纸板原

料进行水力碎浆, 并进行简单洗浆, 滤去大部分水分后依照配比要求分装并置于自封袋内, 保证水分含量不再变化。再按照一定的配方比例, 将聚乙烯醇、淀粉分别与适量水混合, 分别在 90 °C 和 70 °C 条件下溶解、糊化。待其糊化完全后充分混合, 依次加入发泡剂、甘油、碳酸钙及废纸浆并搅拌至均匀状态, 最后加入硼砂溶液, 充分搅拌后放入圆形模具定型发泡。

1.2.2 试样的发泡及干燥

将定型的试样放入微波炉进行加热, 在高火条件下发泡 10 min, 取出后放入 60 °C 远红外干燥箱干燥 6 h, 即可制得纸纤维发泡缓冲材料。

具体试验配方见表 1。

1.3 试样测试方法

待发泡试样放入微波炉发泡之前, 从微波炉内取出之后以及从远红外干燥箱取出之后, 均分别测量试样的质量, 可得试样的发泡失重率及干燥失重率。

表 1 3 组试验的配方

Tab.1 Formula of three groups of test

原料	纸纤维*/g	淀粉/g	PVA/g	水/g	NaHCO ₃ /g	AC/g	硼砂/g	甘油/mL	CaCO ₃ /g
试验 1	80	10	5	250	1.6	0	1.5	4	1.2
试验 2	80	10	5	250	0	1	1.5	4	1.2
试验 3	80	10	5	250	0.8	0.5	1.5	4	1.2

*: 为打浆之后含水率为 60% 左右的湿纸纤维

试样发泡前后, 分别测量其发泡倍率(由于试样所用模具径向尺寸不变, 故试样发泡之后的高度与发泡之前的高度比率, 即为试样的发泡倍率)。试样经干燥工艺后, 依照 GB/T 8168-2008 包装用缓冲材料静态压缩试验方法, 将试样裁切为 10 cm×10 cm 的标准试样, 在温度(23±2)°C、相对湿度(50±2)% 条件下处理 48 h 后, 测定样品的质量及尺寸, 可得试样的密度。结果见表 2。

表 2 发泡试验结果

Tab.2 Foaming test results

试样密度 (g·cm ⁻³)	发泡 倍率	发泡 失重率/%	干燥 失重率/%
试验 1	0.281	1.35	49.55
试验 2	0.231	1.55	52.70
试验 3	0.136	1.83	63.92

选取表 3 中的一组试样, 随机选取其表面材料, 并截取为 1 cm×1 cm 试样, 进行扫描电镜分析, 结果见图 1。

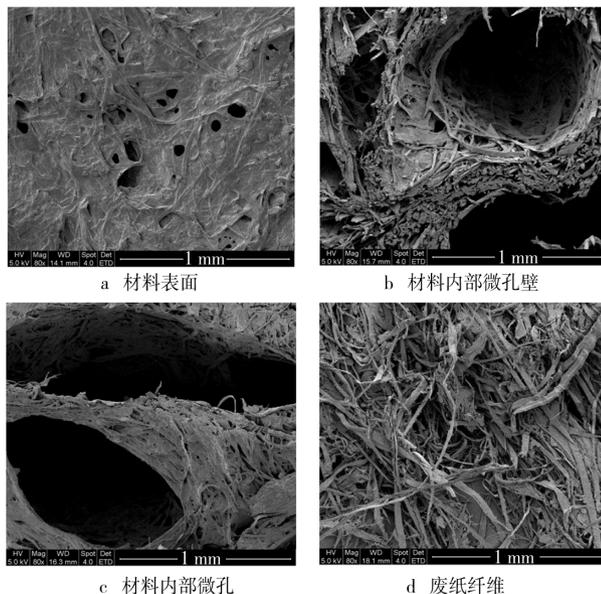


图 1 废纸纤维发泡材料的扫描电镜图(放大倍率: 80)
Fig.1 Scanning electron microscope picture of the waste paper fiber foaming material (magnification: 80)

2 试验结果及分析

2.1 密度与发泡倍率

由表 3 知,当选用碳酸氢钠时,试样的密度最大,选用 AC 发泡剂时试样的密度较小,而碳酸氢钠与 AC 发泡剂复配时,试样发泡效果最好,平均密度为 0.136 g/cm^3 。试样的发泡倍率与发泡密度变化趋势相反,试样密度越小,发泡效果越好,发泡倍率越大,试样发泡效果对比见图 2。

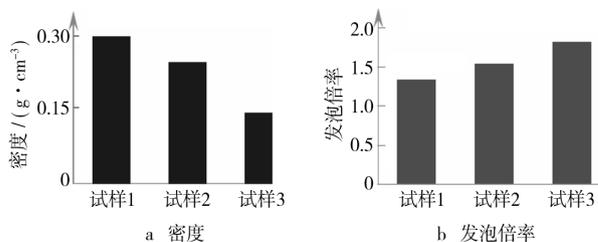


图 2 3 组试样的密度及发泡倍率对比

Fig. 2 Comparison of density and expansion ratio among three groups of sample

在标准大气压下,AC 发泡剂产气量为 220 mL/g , NaHCO_3 产气量为 135 mL/g ,等质量的 AC 与 NaHCO_3 产气量体积比约为 $1.6:1$ 。由表 1 知,3 组配方中,发泡剂单独使用或复配时,各组配方中发泡剂总产气量相近,试样发泡效果出现了较大差异,说明采取发泡剂复配的方式进行发泡,较之单独采用一种发泡剂发泡,更容易得到密度较小的试样。

分析试样的发泡过程可知, $0 \sim 100 \text{ }^\circ\text{C}$ 时, NaHCO_3 将受热分解产气,由于试样内部水分未达到汽化温度,故逸出较少,物料的整体粘度保持不变,对发泡剂分解产生的气体助留作用较小。当体系温度达到 $100 \text{ }^\circ\text{C}$ 左右时,大量自由水分子到达汽化温度,以水蒸气方式逸出,物料内粘度随着水分变少开始增大。当体系温度达到 $100 \sim 300 \text{ }^\circ\text{C}$ 时,AC 发泡剂将开始分解,温度越高,AC 发泡剂的分解活化能越大,越易分解^[9],此时物料粘度随着水分子的急速逸出也快速增大,故试样具有较好的发泡效果。

较之选用某一种发泡剂单独发泡,采取 2 种发泡剂复配发泡,试样的密度及发泡倍率更理想。

2.2 发泡失重率及干燥失重率

由表 3 知,试样 1 的发泡失重率略高于试样 2,试

样 3 发泡失重率最大。

后期干燥过程中,试样 1 的干燥失重率最大,试样 2 次之,试样 3 最小,这一变化趋势与试样发泡失重率变化趋势相反。试样制备过程中质量变化率对比见图 3。

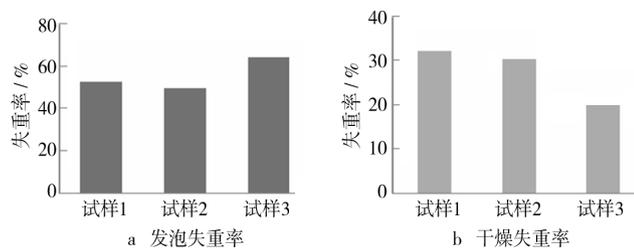


图 3 3 组试样发泡失重率及干燥失重率对比

Fig. 3 Comparison of weight loss rate and dry weight loss among three groups of sample

试样的质量损失主要由两方面引起:水蒸气逸出和发泡剂分解。由于原料中水分质量远多于发泡剂质量,故试样质量变化主要由水分蒸发引起。

体系内的水分子分为两部分:自由水与结合水。自由水以容易受热变为水蒸气逸出的状态存在,结合水中水分子的氢键与纸纤维分子中的羟基结合较难排出。当 2 种发泡剂复配发泡时,试样发泡效果较好,试样内泡孔数目较多,试样内部自由水分子极易吸收能量逸出,即试样发泡失重率较大,后期干燥时,由于发泡过程中已有大量水分子逸出,故此阶段主要以与纸纤维结合的水分子吸收能量缓慢蒸发为主,干燥失重率较小。

该试验结果同时说明,较之选用某一种发泡剂单独发泡,采取 2 种发泡剂复配发泡,试验的发泡失重率较大,干燥失重率较小,即试样中大部分水分在时间较短的发泡过程中逸出,在较耗时的干燥工艺中,试样失重率较小。实际生产中利用这一特性可适当缩短干燥时间,节约能耗。

2.3 试样微观结构分析

图 1d 是打浆之后的废纸纤维,未与任何助剂混合,作对照组。图 1a 是材料表面的扫描结果。由图 1a 知,材料表面较平滑,这是成膜剂、粘胶剂在材料表面形成一层膜状材料所致,发泡过程中气体逸出,在材料表面形成少量孔洞。图 1b 是材料内部泡孔的孔壁结构图。由图 1b 知,材料内部泡孔较丰富,纸纤维在淀粉与 PVA 等助剂的作用下,呈束状紧密粘状态,形成孔壁结构。图 1c 显示,材料内部不仅存在

着直径较大的孔洞,材料孔壁上,纤维之间,存在着大量小孔。这些小孔结构,为材料提供了较好的缓冲性能。

3 结论

在保证产气量相近、发泡效果接近的情况下,利用各种发泡剂分解温段不一进行分段发泡的效果,优于采用单一发泡剂。选用复合发泡剂时,试样在发泡时可以有更多水蒸气逸出,有利于试样成型,后期干燥的能耗也较少。

参考文献:

- [1] 丁毅,李尧,曾珊珊,等. 植物纤维类缓冲包装材料的研制[J]. 包装工程,2006,27(2):50-51.
DING Yi, LI Yao, ZENG Shan-qi, et al. Development of Plant Fiber Cushion Packaging Material[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(2): 50-51.
- [2] 索晓红,李新平. 纤维素纤维发泡缓冲包装材料制备工艺初探[J]. 包装工程, 2006,27(6):116-118.
SUO Xiao-hong, LI Xin-ping. Research on Preparation of Fiber for Foaming and Buffering Packaging Material[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(6): 116-118.
- [3] 骆光林,裴璐. 纸浆发泡缓冲材料研究[J]. 包装工程, 2007,28(5):46-48.
LUO Guang-lin, PEI Lu. Study on Pulp Foaming Buffer Material[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(5): 46-48.
- [4] 李媛媛. 发泡植物纤维模压制品的关键生产技术研究[D]. 重庆:重庆工商大学,2008.
- [5] LI Yuan-yuan. Research about Key Technology in the Process of Producing Foaming Plant Fiber Molding Products[D]. Chongqing: Chongqing Technology and Business University, 2008.
- [5] 苏笑海. 双发泡植物纤维包装材料:中国, CN 00114543. 6[P]. 2000-10-25.
SU Xiao-hai. Double Foaming Plant Fiber Packing Materials; China, CN 00114543. 6[P]. 2000-10-25.
- [6] SCHUBE H, REGIER M. 食品微波加工技术[M]. 徐树来,郑先哲,译. 北京:中国轻工业出版社,2008.
SCHUBE H, REGIER M. Microwave Processing of Foods[M]. XU Shu-lai, ZHENG Xian-zhe, Transl. Beijing: China Light Industry Press, 2008.
- [7] 邹继兆,曾燮榕,熊信柏. 微波热解 CVI 法制备 C/C 复合材料[J]. 新型炭材料, 2009, 24(2): 136-140.
ZOU Ji-zhao, ZENG Xie-rong, XIONG Xin-bo. Microwave Assisted Chemical Vapor Infiltration to Prepare Carbon/Carbon Composites[J]. New Carbon Materials, 2009, 24(2): 136-140.
- [8] 李自光,任武,黄樱,等. 基于 ANSYS 的微波加热再生沥青路面温度控制仿真与试验[J]. 中国工程机械学报, 2010, 8(2): 204-207.
LI Zi-guang, REN Wu, HUANG Ying, et al. ANSYS-based Temperature Control and Simulation and Experiment on Microwave-heating Recycling Asphalt Pavement[J]. Chinese Journal of Construction Machinery, 2010, 8(2): 204-207.
- [9] 许治国,石耀刚. 发泡剂 AC 分解动力学研究[J]. 橡胶工业, 2007, 54(2): 80-83.
XU Zhi-guo, SHI Yao-gang. Kinetics of Decomposition of Blowing Agent AC[J]. China Rubber Industry, 2007, 54(2): 80-83.
- [5] MAHALIK Nitaigour P. Processing and Packaging Automation Systems; a Review[J]. Sens & Instrumen Food Qual, 2009(3): 12-25.
- [6] 王志伟. 现代包装力学[J]. 包装工程, 2002, 23(1): 1-5.
WANG Zhi-wei. Modern Packaging Mechanics[J]. Packaging Engineering, 2002, 23(1): 1-5.
- [7] 段晨东,郭妍. 可编程控制器 PLC 在电池包装机上的应用[J]. 西北轻工业学院学报. 1999, 17(3): 102-105.
DUAN Chen-dong, GUO Yan. Programmable Logical Controller (PLC) Application on Battery Packaging Machine[J]. Journal of Northwest Institute of Light Industry, 1999, 17(3): 102-105.
- [8] 沈萌红,王贤成,黄方平. 一体化年糕生产包装机控制系统设计[J]. 包装工程, 2008, 29(10): 138-139.
SHEN Meng-hong, WANG Xian-cheng, HUANG Fang-ping. Design of the Control System for Integrated Cake Packaging Machine[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(10): 138-139.

(上接第 5 页)