

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2013.03.012

植物纤维发泡材料的发泡机理与成型工艺探讨

石 璞, 欧阳龙, 蔡淑容

(湖南工业大学 包装新材料与技术重点实验室, 湖南 株洲 412007)

摘 要: 在论述了植物纤维发泡材料成型机理相对于传统的聚合物发泡材料成型机理的不同与特殊性的基础上, 总结了植物纤维类发泡材料成型的必要条件。同时, 探究了植物纤维发泡材料的发泡技术和常用成型工艺, 并对一步法成型和两步法成型2种主要发泡成型工艺做了详细介绍。最后, 对植物纤维发泡材料的发展进行了展望。

关键词: 植物纤维; 发泡材料; 发泡机理; 成型工艺

中图分类号: TB322; TQ317.9

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2013)03-0055-04

Discussion on Foaming Mechanism and Molding Process of Foaming Plant Fiber Material

Shi Pu, Ouyang Long, Cai Shurong

(Key Laboratory of Packaging New Material and Technology,
Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: On the basis of the differences and features in molding mechanism by comparing plant fiber with traditional polymer foaming materials, the molding requirements of plant fiber foaming materials are summarized. The foaming technique and common molding processes are studied with the detailed introduction of two major foam molding processes of one step molding and two step molding. The development of plant fiber foaming materials is prospected.

Key words: plant fiber; foaming material; foaming mechanism; molding process

0 引言

由于传统发泡塑料垃圾引起的“白色污染”问题越来越受到世界各国的关注, 许多国家已经立法禁止生产难于降解的泡沫塑料产品。与此同时, 我国的包装材料在出口过程中受到“绿色贸易壁垒”的影响, 大部分产品因为不合格而被拒绝^[1]。因此, 世界各国均在加紧研究开发绿色的可降解泡沫塑料类包装材料。

植物纤维类发泡包装材料是以淀粉和植物纤维(废旧报纸、麦秆和其他植物纤维等)以及添加助剂,

通过发泡工艺制作而成的^[2]。该产品的主要原料是淀粉和植物纤维, 不会对环境造成污染, 因而有效解决了经济增长与资源短缺、环境污染之间的矛盾, 也有利于产品的出口。其次, 产品原料来源广泛, 价格低廉, 生产成本较低, 制作工艺较简单, 并且在防震抗震性能上优于纸浆模塑制品, 与发泡塑料的缓冲性能基本相同^[3]。因此, 近年来, 世界各国竞相把淀粉和植物纤维发泡材料的研究作为包装材料研究和开发的热点^[4-8]。如黄君等人^[4]以秸秆为原料, 加入玉米淀粉、甘油、胶黏剂、填充剂和交联剂后烘

收稿日期: 2012-10-26

作者简介: 石 璞(1976-), 男, 安徽安庆人, 湖南工业大学副教授, 中南大学博士生, 主要从事聚合物共混改性与成型加工方面的研究, E-mail: shipu1976@163.com

焙发泡, 制得发泡体, 并分析了发泡体的密度、力学性能和降解性能。薛盘芳^[5]讨论了聚氯乙烯 (poly (vinyl chloride), PVC) 和秸秆复合发泡材料的3种成型工艺: 挤出发泡工艺、注塑发泡工艺和模压发泡工艺, 并分析了温度、压力等因素对3种工艺的影响。本文拟对植物纤维类发泡包装材料的发泡机理与成型工艺进行总结与分析, 以期为该材料的生产提供有益的帮助。

1 发泡机理

1.1 聚合物发泡成型机理

传统的聚合物发泡成型工艺, 一般需要经过气泡成核、气泡核的生长和气泡的稳定固化3个阶段, 如图1所示。

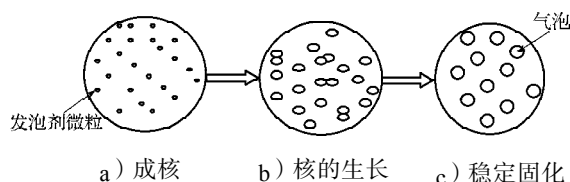


图1 发泡材料气泡成型过程

Fig. 1 The bubble process of foaming material

1) 气泡成核阶段。即把发泡剂加入熔融的聚合物中, 发泡剂在熔体中自由分散。在加热或催化剂的作用下, 发泡剂分解, 产生的气体形成气-液溶液。随着产生的气体的不断增加, 溶液成为过饱和状态, 气体就会从溶液中溢出, 形成气泡核。

2) 气泡核生长阶段。气泡形成后, 由于气泡内的压力与半径成反比, 气泡越小, 内压就越大。当2个气泡靠近时, 气体就会从小气泡扩散到大气泡中, 使得气泡的半径增大。在气泡增长的过程中, 聚合物熔体的表面张力和黏度是阻碍气泡增长的主要原因, 归根到底是相互临近的气泡在膨胀过程中的相互作用问题^[9]。Moris Amon 等人^[10]提出了“细胞”模型, 研究被聚合熔体液膜包围的单个气泡的生长时, 采用球形单元细胞模型, 假定气体的扩散只发生在液膜所溶的气体与气泡之间, 认为死细胞周围的温度和压力与时间无关, 并且进一步研究了被牛顿流体液膜包围的气泡的扩散控制生长, 模拟在发泡模塑过程中大量泡孔生长的情况。事实证明, 细胞模型有效地解决了相互临近的气泡在膨胀合并过程中的相互作用问题。

3) 气泡的稳定固化阶段。由于气泡不断生长, 形成了无数的气泡, 使得泡沫的体积和表面积增大, 气泡壁的厚度变薄, 气泡变得极不稳定。但气体体积

增大引起的内压不可能达到足以使气泡壁再变形的程度, 导致气泡无法继续膨胀, 于是气泡结构稳定固化。聚合物的熔体强度是影响气泡稳定固化的关键因素, 合适的熔体强度可以防止气泡壁进一步变薄, 有利于气泡壁包住气泡, 从而稳定气泡。

1.2 植物纤维类发泡材料的机理特点

由于植物纤维类大分子的结构和一般的塑料聚合物分子结构有所不同, 所以其发泡过程和机理也与上述聚合物发泡机理有所区别。

植物纤维类发泡材料具有如下特点: 首先, 植物纤维类原料是一种通过纤维表面的氢键连接而形成的内部交联结构, 纤维分子之间存在较大的空隙, 不利于发泡过程中气体的保存; 其次, 纤维类大分子其长短和大小都不均匀; 第三, 杂质较多, 像废纸类纤维中含有造纸过程中加入的化学药品和印刷过程中残留在纤维表面的油墨; 第四, 由于植物类纤维是亲水性物质, 其吸湿性较大^[11]。

由植物纤维类发泡材料的特点, 可以看出其发泡成型必备的条件为: 第一, 植物纤维类原料作为发泡基体材料时, 其粒径不应该过于细小。如在化学发泡过程中, 若其粒径过于细小, 则植物纤维和胶黏剂的缠结作用减弱, 不利于气体的保存。第二, 必须是在流体或熔体状态下, 才能使发泡剂作为气泡核在体系内均匀分散。第三, 胶黏剂是增加植物纤维类发泡材料强度方面必不可少的原料, 是成型的主要条件, 应谨慎选择胶黏剂。

2 成型工艺

2.1 植物纤维发泡技术

植物纤维发泡材料的发泡工艺与一般发泡塑料的相比, 具有生产工艺简单, 且无需多次发泡和冷却的优势。目前, 植物纤维发泡材料的发泡技术主要可分为不使用化学发泡剂的和使用化学发泡剂的2种^[12]。

不使用化学发泡剂的发泡技术主要通过水蒸气进行发泡, 使用该技术生产的发泡纤维制品在生产和使用过程中都对环境有益, 其除了具有优良的生物降解性外, 还可以回收后重新加工。

使用化学发泡剂的植物纤维发泡制作工艺方法和不使用化学发泡剂的有所不同, 它不是通过水蒸气发泡, 而是利用化学发泡剂受热产生的气体进行发泡。该方法容易控制, 常用的发泡剂有: 碳酸氢钠、偶氮二异丁氰、尿素、甲苯磺酰肼等^[13], 其中, 有些发泡剂对环境存在不利影响, 应尽量选择使用

对环境有利的发泡剂, 以减小对环境的影响。

2.2 发泡成型工艺

2.2.1 主要工艺

目前, 植物纤维发泡制品的制作方法主要有一步成型法和二步成型法 2 种^[14]。

一步法成型工艺采用的是整体浇注发泡成型, 其过程如图 2 所示。

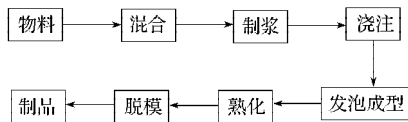


图 2 一步法成型工艺流程图

Fig. 2 One-step molding process diagram

一步法成型工艺流程为: 将纤维物料粉碎后和发泡剂及其他助剂混炼, 然后放入专用的模具中, 在模具限定的形态中经发泡后定型。

采用一步法成型工艺制作的包装衬垫的特点是: 产品的缓冲性能界于纸浆模塑产品和发泡聚苯乙烯 (expanded polystyrene, EPS) 发泡塑料制品之间, 但其模具的结构设计和加工要求均比二步法所用模具的难度大。

二步法成型工艺流程如图 3 所示。其工艺过程为: 将植物纤维经粉碎碾成 5 mm² 以下的纤维状, 使其和淀粉按一定的比例混合, 以与淀粉混合造粒。将混合后的粒子送入挤压机, 制成圆柱颗粒。在挤压机内的造粒过程中, 原料受到水蒸气的作用而发泡, 形成发泡颗粒。将发泡颗粒送入热压成型机的专用金属模具中, 在金属模具中进行受压发泡。最后, 可根据制造的不同金属模具形状, 得到相应不同形状的材料制品。

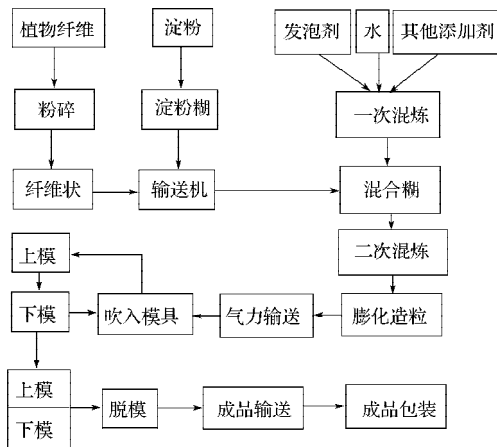


图 3 二步法成型工艺流程图

Fig. 3 Two-step molding process flow diagram

一般说来, 制作体积较大、质量较重的缓冲包装制品, 应采用二步法成型工艺; 制作体积较小、质

量较轻的缓冲包装制品, 则采用整体工艺难度较小的一步法成型工艺。

2.2.2 成型模具的特点

植物纤维发泡材料成型所需要的模具具有其自身的特点。在其专用的模具设计中, 应对不同制品在不同制作及使用条件下的各种因素进行充分考虑, 对模具几何机构、脱模方法、传热梯度、制品的刚度与强度、物料的流动性、制品的表面粗糙度、模具的装夹结构、材料的选用等进行研究, 以确定理想的参数。

3 发展展望

植物纤维发泡缓冲包装材料的研究在近几年取得了很大的成绩, 但也存在较多问题, 特别是在发泡工艺和技术上, 总的说来有以下几个方面:

1) 植物纤维发泡技术的发泡方法, 主要是采用添加化学发泡剂来进行的, 对环境和使用者来说, 有一定危害。

2) 植物纤维发泡缓冲材料的研究大多还停留在实验室阶段, 距离大规模的工业化生产还存在一定的差距。

3) 现阶段对植物缓冲包装材料的性能方面的研究较多, 而对其工艺参数的选择、专用设备的研究、专用模具的设计等相对较少。

针对植物纤维发泡缓冲包装材料研究中存在的问题, 笔者认为今后这方面的研究工作应从以下几个方面开展:

1) 应重点发展以水蒸气为发泡剂的发泡技术, 彻底杜绝发泡材料的生产与应用给环境带来的影响。

2) 应进行一系列的工艺试验研究, 以确定最佳的生产工艺与方法; 同时, 加强植物纤维发泡生产成型技术及设备的研制, 尤其是在实现满足连续化、自动化生产的要求方面应有所突破。

3) 应对植物纤维发泡包装材料特性进行全面、系统的研究, 以便进行针对性的改进, 以提高植物纤维发泡包装制品的综合使用性能。

总的说来, 在人类资源日益贫乏、环保意识日益增强的情况下, 植物纤维发泡缓冲包装材料的研究是缓冲包装材料发展的大趋势。可以预见, 在不久的将来, 植物纤维缓冲包装材料必将取代传统的塑料缓冲包装材料。

参考文献:

[1] 齐贵亮. 泡沫塑料成型新技术[M]. 北京: 机械工业出版社

- 社, 2010: 12.
- Qi Guiliang. Foam Molding Technology[M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2010: 12.
- [2] 周盛华. 植物纤维发泡材料的研究背景、现状及工艺探讨[J]. 包装工程, 2007, 28(11): 239-242.
- Zhou Shenghua. Discussion on the Background, Present Condition, and Craft of Foaming Vegetable Fiber Material [J]. Packaging Engineering, 2007, 28(11): 239-242.
- [3] 刘德桃, 陈奇峰, 李 军, 等. 植物纤维缓冲材料的研究进展[J]. 包装工程, 2007, 28(4): 15-16.
- Liu Detao, Chen Qifeng, Li Jun, et al. Research Progress of Plant Fiber Cushioning Material[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(4): 15-16.
- [4] 黄 君, 王华林. 秸秆/淀粉发泡材料的制备与表征[J]. 安徽化工, 2011, 37(2): 21-23.
- Huang Jun, Wang Hualin. Synthesis and Characterization of Foamed Com Straw/Starch Material[J]. Anhui Chemical Industry, 2011, 37(2): 21-23.
- [5] 薛盘芳. PVC/秸秆复合发泡材料成型工艺初探[J]. 工程塑料应用, 2007, 35(8): 36-38.
- Xue Panfang. Study on Molding Technology of PVC/Straw Composite Foam[J]. Engineering Plastics Application, 2007, 35(8): 36-38.
- [6] 罗辉甲. 植物纤维缓冲材料的研究现状与发展展望[J]. 印刷质量与标准化, 2009(12): 30-33.
- Luo Huijia. Research Status and Development Prospect of Plant Fiber Cushioning Material[J]. Printing Quality & Standardization, 2009(12): 30-33.
- [7] 曾广胜, 徐 成, 林瑞珍, 等. 植物纤维增强聚丙烯复合材料力学性能的研究[J]. 包装学报, 2011, 3(1): 44-47.
- Zeng Guangsheng, Xu Cheng, Lin Ruizhen, et al. Exploration of Mechanical Performances of Fiber Reinforced PP Composites[J]. Packaging Journal, 2011, 3(1): 44-47.
- [8] 曾广胜, 徐 成, 庞立楠, 等. 植物纤维增强 LDPE 复合材料的性能研究[J]. 包装学报, 2011, 3(3): 1-5.
- Zeng Guangsheng, Xu Cheng, Pang Linan, et al. Investigation on Mechanical Performances of Fiber Reinforced LDPE Composites[J]. Packaging Journal, 2011, 3(3): 1-5.
- [9] Amon M, Denson C D. A Study of the Dynamics of Foam Growth: Analysis of the Growth of Closely Spaced Spherical Bubbles[J]. Polymer. Engineering and Science, 1984, 24(13): 1026-1034.
- [10] Amon M, Denson C D. A Study of the Dynamics of Foam Growth: Simplified Analysis and Experimental Results for Bulk Density in Structural Foam Molding[J]. Polymer Engineering and Science, 1986, 26(3): 255-267.
- [11] 郭 震, 黄俊彦. 植物纤维类发泡材料的成型机理及生物发泡方法探究[J]. 包装工程, 2010, 31(8): 55-56.
- Guo Zhen, Huang Junyan. Discussion on the Forming Mechanism of Plant Fiber Foaming Material and Biological Foaming Method[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(8): 55-56.
- [12] 何继敏. 新型聚合物发泡材料及技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009: 24.
- He Jimin. New Polymer Foam Material and Technical[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2009: 24.
- [13] 李绍唐, 迪特·肖尔茨. 泡沫塑料: 法规、工艺和产品技术与发展[M]. 张玉霞, 王向东, 译. 北京: 化学工业出版社, 2011: 38-39.
- Lee Shau Tarnng, Dieter Scholz. Polymeric Foams : Technology and Developments in Regulation, Process, and Products[M]. Zhang Yuxia, Wang Xiangdong, Translated. Beijing: Chemical Industry Press, 2011: 38-39.
- [14] 吴其叶. 植物纤维发泡包装材料关键技术的研究及探讨[J]. 中国包装工业, 2003(11): 27-29.
- Wu Qiye. Research and Discuss for Important Technology of Plant Fiber Foaming Material[J]. China Packaging Industry, 2003(11): 27-29.

(责任编辑: 廖友媛)