

研究简报

植物纤维膨化材料的研究

谢拥群¹, 陈彦¹, 张璧光²

(1. 福建农林大学材料工程学院, 南平 353001 福建; 2. 北京林业大学材料工程学院, 北京 100083)

摘要: 本文对植物纤维膨化材料进行了理论分析和试验研究。在膨化试验过程中, 气泡的分布和大小影响着材料的各项物理力学性能。纤维在气泡张力和顶托力的作用下实现了自由的联结, 形成立体交叉网络结构。胶黏剂和表面活性剂使这种结构得到了加强。

关键词: 植物纤维; 膨化; 包装材料; 气泡

中图分类号: TS721 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-8654(2004)02-0030-03

Study on a Foamed Material from Plant Fibers

XIE Yong-qun¹, CHEN Yan¹, ZHANG Bi-guang²

(1. Fujian Agriculture and Forestry University, Nanping 353001, Fujian, China; 2. Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: Theoretical and experimental research on a foamed material from plant fibers was conducted. Results showed that all the chemical and physical properties of the foamed material were affected by the distribution and size of the bubbles. Plant fibers freely joined each other forming a three-dimensional structure as a result of the tension and force of the bubbles. At the same time, the tri-dimensional structure was further strengthened by the action of an adhesive and a surface activating agent.

Key words: Plant fiber; Foam; Packing material; Bubble

随着工业的高速发展, 对包装材料的需求量越来越大, 尤其是具有缓冲功能的包装材料如塑料发泡材料, 在近 20 年的时间中占有举足轻重的位置。然而, 由于塑料发泡材料的废弃物在自然界中长期不能生物降解, 给环境造成严重的“白色污染”, 已经被许多国家禁止使用, 我国也将逐步禁止使用。植物纤维材料具有悠久的历史, 木材、纸箱等均是传统的植物纤维包装材料, 但作为具有缓冲功能的包装材料, 其物理力学性能无法与泡沫塑料制品相比拟。而植物纤维膨化包装材料除了具有天然材料的可自然降解、可重复利用、可再生和资源广泛等特点外, 还具有塑料发泡包装材料的轻质、抗冲击性能、保温隔热、吸音防震等特点。植物纤维膨化包装材料不仅将给包装材料领域带来一场变革, 也为植物纤维的应用拓展了空间。

1 理论基础

作为天然植物纤维材料的木材及其它各种植物材料基本上是由纤维素、木质素和半纤维素三大部分所构成。纤维素的实验式为 $C_6H_{10}O_5$, 其大分子的 2, 3, 6 位置上有 3 个游离羟基—OH, 一根微纤丝由 300~500 个葡萄糖基组成, 纤维束含有大量微纤丝, 纤维束尾端的活性羟基基团可以通过“帚化”使其更多地显露出来^[1]。不同纤维上活性基团之间次价键力(氢键力、范德华力)的相互作用, 具有使纤维相互联结架桥的作用^[2]。理想的植物纤维膨化材料的结构应为立体网状结构, 这一结构的强度取决与纤维束自身的强度和纤维束之间的联结强度。为保证这一结构的实现, 应使离散状态的纤维在一定介质的作用下架成网状结构, 并使纤维间相互联结, 当介质除去后形成人们所期待的植物纤维膨化材料。大自然中最廉价的介质是水, 利用水在物理和化学物质作用下的成泡性, 产生大量分布于各纤维间的气泡, 利用气泡张力

对纤维形成的“托起”作用;同时,纤维间的活性基团由于与水分子间氢键作用被相互牵扯到一起,即在气泡表面张力和次价键力取向的作用下“架起”所需的“立体网”。在蒸发水分的干燥过程中,由于起连接作用的“水桥”不断缩短,直到消失,使相邻的纤维不断的相互接近,最终产生联结,形成具有一定强度的“立体网”。当然,这种联结形成的“立体网”结构还需要施加增强剂等其它化学物质以提高其强度,以达到工业应用的要求。

要使“立体网”结构的形成并达到使用的要求,其关键是要控制气泡的大小和分布。因为不同大小的气泡其表面张力也不同,而且还直接影响到膨化率;另外气泡大小和分布的均匀度将直接影响制品的各项性能。控制不同的膨化率和相关性能,可以制定出满足不同用途的植物纤维包装材料的生产工艺。

发泡的方法有物理法、化学法、机械法,本研究采用机械和化学两种方法相互结合的二次发泡以促进并控制气泡的形成。即在纤维中加入一定量的水形成高浓度的纤维浆料,并在机械搅拌的同时,通入少量气体形成溶于浆料中的小气核,随后加入化学发泡剂和泡沫稳定剂。由于在第一次发泡过程中形成的微小气泡成为第二次发泡的泡核,促进了气泡的迅速生长,同时增加了气泡的细度。气泡数量越多越细,其分布越均匀,形成的材料性能就越稳定。为了控制气泡的大小,在纤维浆料中加入了泡沫稳定剂(即表面活性剂),以降低浆料的表面张力。另外,提高纤维浆料浓度也有利于控制气泡的大小和均匀度。气泡形成后,气泡内气体压力与其半径成反比,气泡愈小,内部压力就愈高。在气泡的成长过程中,纤维间的空隙被不断地充胀,加上机械搅拌的作用使纤维始终处于运动的状态。当发泡过程稳定、搅拌结束后,纤维在气泡的顶托和次价键力的作用下,构成了“立体网”。

将发泡好的浆料倒入成型容器中定型干燥,即可得到要求的植物纤维膨化包装材料。在干燥过程中,由于浆料中的水分逐渐地被蒸发,纤维间的游离羟基—OH 距离越来越小,当干燥完毕,纤维也完成了联结。

2 试验过程

2.1 试验材料

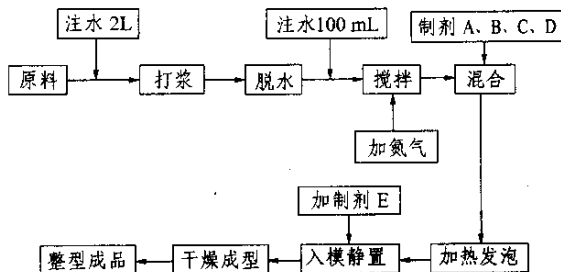
纤维浆料 试验选用了 4 种纤维浆料:漳州糖厂的蔗渣化学纸浆;将乐纸厂生产的杉木间伐材绒毛机械浆;华南理工大学国家造纸实验室制取的马尾松爆破浆;南平造纸厂的新闻纸废纸浆。

助剂 A. 复合胶黏剂,自制^[3~5];B. 成泡剂,采用酰胺类发泡剂^[6~9];C. 纤维延伸剂,采用聚乙酸乳液胶;D. 填料,采用碳酸钙粉;E. 防水剂,自制^[10]。

试验仪器 高压真空反应釜、打浆机、万能试验机、烘箱、搅拌机、数字电子秤。

2.2 试验过程

制作工艺流程



注:由于试验用原料为工厂提供的干料,为达到疏解的作用需首先进行注水打浆;打浆后脱水再加水,以便调整和控制浆料的含水率,从而保证试剂的配比准确。

2.3 试验结果

本试验选择以不同注水量、搅拌机转速在固定的加热温度、静置时间和干燥温度等条件下进行植物纤维膨化材料的制备,各因素的水平见表 1。

表 1 膨化材料制备的工艺参数

Tab. 1 Processing parameters for manufacturing a foamed material from plant fibers

工艺条件	试件 1	试件 2	试件 3	试件 4
注水量/mL	70	100	120	165
搅拌机转速/($r \cdot \min^{-1}$)	36	45	60	90
加热温度/ $^{\circ}C$	40	40	40	40
静置时间/min	60	60	60	60
干燥温度/ $^{\circ}C$	110	110	110	110

表 2 杉木机械浆膨化材料的物理力学性能

Tab. 2 Properties of a foamed material from Chinese Fir mechanical pulps

项目	试件 1	试件 2	试件 3	试件 4
密度/($g \cdot m^{-3}$)	0.233	0.136	0.062	0.027
拉伸强度/MPa	0.152	0.085	0.036	0.009
压缩强度/MPa	0.524	0.337	0.216	0.177
极限抗压强度/MPa	116.0	114.0	113.0	114.0
压缩弹性模量/MPa	0.364	0.238	0.156	0.110
冲击回弹率/%	73.5	68.7	73.2	72.8
露天降解时间/d	21	15	10	6

通过控制制剂 A、制剂 B 和纤维(绝干)的比值(0.006 : 0.02 : 1)~(0.01 : 0.08 : 1)和加热发泡时间(10~30 min)可以获得不同膨化率的制品。参照国家标准 GB/T 11680,杉木机械浆和马尾松化学浆膨

化制品的物理力学性能列于表 2 和表 3,图 1 所示为经过膨化的试件坯料外观,图 2 为膨化材料的内部微观结构图。

表 3 马尾松化学浆膨化材料的物理力学性能
Tab. 3 Properties of a foamed material from
Masson's Pine chemical pulps

项目	试件 1	试件 2	试件 3	试件 4
密度/(g·m ⁻³)	0.307	0.187	0.074	0.016
拉伸强度/MPa	0.178	0.117	0.043	0.008
压缩强度/MPa	0.656	0.463	0.319	0.226
极限抗压强度/MPa	121.0	119.0	122.0	117.0
压缩弹性模量/MPa	0.359	0.225	0.131	0.065
冲击回弹率/%	81.6	78.8	75.4	70.2
露天降解时间/d	26	22	14	9

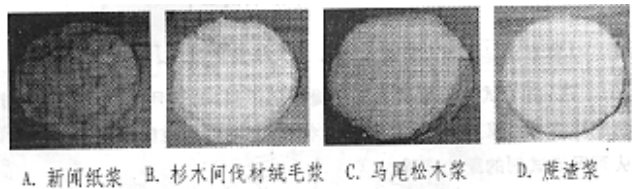


图 1 植物纤维膨化材料坯料外观
Fig. 1 Comparison of appearances among four kinds
of foamed materials from different plant fibers

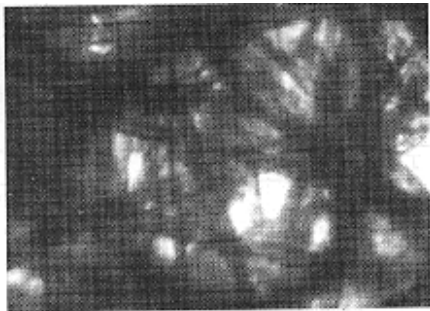


图 2 膨化材料内纤维联结形态
Fig. 2 The inner linking form of the foamed material

3 讨论与结论

从试验结果中可见,植物纤维经过膨化处理后取得了良好的效果,同时也从侧面证实了理论分析:

- 1)从试验样品的物理性能可以看出,不同的配方及工艺条件可以制成具有不同包装用途的制品;
- 2)机械木浆、机械化学木浆、化学纸浆等不同浆料均适合于膨化工艺,但不同的浆料制成的膨化包装材料制品的性能不同;
- 3)气泡的成长和分布是膨化工艺的关键,膨化材料内部的纤维架构受气泡性能左右。从图 2 可以观察到:膨化材料内纤维、与气泡形态相关的立体交叉椭圆球状架构,证明了气泡对纤维的张力作用是存在的。

膨化材料内纤维间的联结是在干燥前就已形成,气泡的张力及对纤维的顶托力使纤维呈悬浮状态,从而解除相互间的约束。纤维在相对较小约束的情况下,纤维上的羟基—OH 的氢键力等次价键力以及胶黏剂黏合力使纤维自由联结,构成“立体”膨化材料。

参考文献:

[1] 陈国符,郭义明. 植物纤维化学[M]. 北京:轻工业出版社,1984. 127-198.
[2] 杨之礼. 纤维素与粘胶纤维(中册)[M]. 北京:纺织工业出版社,1985,215-226.
[3] 廖增琨. 合成胶粘剂[M]. 北京:科学出版社,1980.
[4] 汪锡安. 粘合剂及其应用[M]. 上海:上海科学技术文献出版社,1981.
[5] 贺曼罗. 胶粘剂与其应用[M]. 北京:中国铁道出版社,1987.
[6] 戚文彬. 表面活性剂与分析化学[M]. 北京:中国计量出版社,1986.
[7] 赵国玺. 表面活性剂物理化学[M]. 北京:北京大学出版社,1984.
[8] 刘程. 表面活性剂应用大全[M]. 北京:北京工业大学出版社,1991.
[9] 北原文雄. 表面活性剂[M]. 北京:化学工业出版社,1984.
[10] 龚云表. 合成树脂与塑料手册[M]. 上海:上海科学技术出版社,1993.

(上接第 29 页)

工业化生产的主要问题。国内外对竹材的防腐都进行了多方面的研究,但采用新型的低毒防腐剂处理竹材在我国还尚未实施。为竹材防腐选择高效、低毒、环保的防腐剂还有待进一步的研究。

参考文献:

[1] 张精一. 浅论竹材开发利用现状与发展前景[J]. 中南林业调查规划, 1997, 16(1):49-52.
[2] 张齐生. 科学、合理地利用我国的竹材资源[J]. 木材加工机械, 1995(4): 23-27.
[3] 唐永裕. 竹材资源的工业性开发利用[J]. 竹子研究汇刊,1997, 16(2):26-33.
[4] 吴旦人. 竹材防护[M]. 长沙:湖南科技技术出版社,1992.
[5] 汤宜庄,张厚培. 竹材防霉防腐处理实验研究[J]. 木材工业, 1990,4(2):1-6.
[6] Zeuita B. 竹子结构与性质和利用的关系[C]. 北京:国际竹类工业利用研讨会, 1992:95-97.
[7] Liese W. Research on Bamboo[J]. Wood Sci & Technology, 1987, 21:189-209.
[8] Kumar Satish, Dobriyal. Treatability and Flow Path Studies in Bamboo Part- II [J]. Wood and Fiber Science,1992,24(2):113-117.
[9] Liese W. Bamboo Preservation and Soft-rot[R]. F. A. O. Report to Govt. of India, 1959, No.1106.
[10] 杨校生. 国内外竹子化学利用及其研究概况[J]. 林业科技发展, 1997(2): 8-10.
[11] Satish Kumar, K S Shukla, Tndra Dev, et al. Bamboo Preservation Techniques: A Review[R]. International Network for Bamboo and Rattan and Indian Council of Forestry Research Education, 1994.
[12] 方桂珍,任世学,金钟铃. 木材防腐剂的研究进展[J]. 东北林业大学学报, 2001, 29(5): 88-90.