

菱形蜂窝纸板的成型工艺

言利容, 谢 勇

(湖南工业大学 包装与材料工程学院, 湖南 株洲 412007)

摘 要: 介绍了一种在实验室条件下制备菱形蜂窝纸板的工艺方法。采用丝网印刷的原理可完成菱形蜂窝芯的实验室制作, 并根据当量密度相当原则推导出了菱形蜂窝纸芯的结构参数。提出了2种实现菱形蜂窝纸板工业化生产的解决方案。

关键词: 菱形蜂窝纸板; 成型; 工艺; 当量密度

中图分类号: TB485.1

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2011)02-0045-04

Forming Process of Rhombic-Core Honeycomb Paperboard

Yan Lirong, Xie Yong

(School of Packaging and Material Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: The moulding process of rhombic honeycomb paperboard in laboratory was presented in detail. The manufacture of rhombic honeycomb cores can be carried out with the principle of silk screen printing while the design parameters of rhombic honeycomb paperboard were deduced on the basis of having equal equivalent density. Two solutions to industrialization production of rhombic honeycomb paperboard were presented.

Key words: rhombic honeycomb paperboard; moulding mechanism; equivalent density

蜂窝纸板是在蜂窝纸芯夹层上、下表面粘贴复合面板而制成的夹层板材, 具有质量轻、比刚度和比强度高优点, 在包装行业中广泛用于制造包装箱、托盘及缓冲衬垫等。但传统的正六边形蜂窝纸板受其本身结构的局限, 存在如侧压强度低、初始缓冲性能差、不易折叠等诸多问题, 严重地制约了其在包装领域的应用^[1]。为此, 文献^[2]提出了一种采用菱形芯子的蜂窝纸板结构设计方案。其研究表明: 通过减小纸芯双壁板的胶结宽度, 能有效降低蜂窝纸板的初始临界载荷, 从而达到改善蜂窝纸板缓冲性能的目的, 并有利于缩短蜂窝纸板生产过程的干燥速度, 降低生产成本。为了深入开展菱形蜂窝纸板力学性能的理论

实验研究, 需要制备大量的纸板试样。为此, 本文提出了一种在实验室条件下有效地制备菱形蜂窝纸板试样的工艺方法; 并在此基础上提出了2种实现菱形蜂窝纸板工业化生产的解决方案。

1 菱形蜂窝芯子的结构设计

菱形蜂窝芯子结构是从正六边形演变而来的, 其粘胶边长远小于邻边, 形状近似菱形。当芯子对角为 90° 时视为正菱形, 但实际生产过程中, 菱形蜂窝芯子很难拉伸成正菱形, 存在“欠拉伸”(小于 90°)或“过拉伸”(大于 90°)的现象。菱形蜂窝芯子的结构

收稿日期: 2010-12-13

基金项目: 中央财政包装行业高新技术研发基金资助项目(湘财企指[2008]155号)

作者简介: 言利容(1985-), 女, 湖南岳阳人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为减震缓冲材料,

E-mail: yanlirong1006@163.com

形式如图 1 所示。

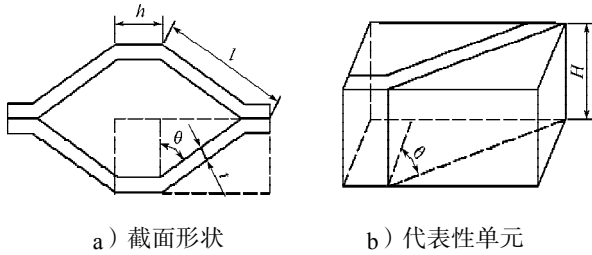


图 1 菱形蜂窝夹芯结构

Fig. 1 The structure of rhombic sandwich core

为了便于将菱形蜂窝纸板的基本性能与传统六边形蜂窝纸板进行直观分析和对比, 因此制备实验样品时采用相同的原材料, 按照当量密度^[3]相当的原则进行菱形蜂窝芯子结构参数的设计。

密度是指单位体积材料的质量, 即质量与体积的比值。然而夹层板并非一种材料, 而是一种结构。从组成上讲, 夹芯结构不是均质的, 但是由于这种结构在工程应用中已被视为一种结构材料, 因此引入了当量密度的概念, 也就是将夹层板当量成一块等体积的均质材料, 其质量与体积的比即当量密度。若两种结构材料的当量密度相同, 则它们的耗材量相等。

从图 1 中蜂窝胞元的结构很容易得出蜂窝芯当量密度为^[4]:

$$\rho_c = \frac{\rho_0(h+l)t}{l \cos\theta(l \sin\theta + h)} \quad (1)$$

式中: ρ_c 为蜂窝夹芯的当量密度; ρ_0 为蜂窝原纸的密度; l 为蜂窝胞元壁长; h 为粘胶边长; t 为蜂窝原纸厚度; θ 为蜂窝纸板单层壁板与双层壁板间夹角与 90° 的差值。

当 $h=l, \theta=30^\circ$ 时, 芯子为正六边形, 由式 (1) 可得到正六边形蜂窝芯子的当量密度为:

$$\rho_{hc} = 1.54(t/l_h)\rho_0 \quad (2)$$

当 $h \ll l$, 如 $h=l/5, \theta=45^\circ$ 时, 芯子形状近似为菱形, 同理可得菱形蜂窝芯的当量密度为:

$$\rho_{rc} = 1.87(t/l_r)\rho_0 \quad (3)$$

根据当量密度相当原理, 即 $\rho_{hc} = \rho_{rc}$, 联立式 (2) 和 (3), 可解得 $l_r \approx 1.215l_h$ 。 (4)

式 (4) 给出了在设定参数 ($h=l/5, \theta=45^\circ$) 和相同耗材量的前提下, 菱形蜂窝芯子边长与正六边形蜂窝芯子边长间的对应关系。也即根据所选实验对照组的正六边形蜂窝纸板结构尺寸, 利用式 (4) 可方便地进行菱形蜂窝试样的结构设计。如对于常用 15 mm 孔径的正六边形蜂窝芯, 其蜂窝边长 l_h 为 12 mm, 由式 (4) 可推算出菱形蜂窝边长 l_r 为 14.58 mm。为实验室制作方便, 取其蜂窝边长为 15 mm, 胶边长为 3 mm。

2 菱形蜂窝纸芯的制备

2.1 菱形蜂窝纸芯的成型机理

蜂窝纸板制造过程中, 纸芯的成型是关键。目前, 蜂窝纸芯的成型原理主要采用错位上胶^[5], 即各层芯纸间按一定的规律性错位上胶, 形成节距为 $2(l+h)$ 、上胶宽度为 h 的交替粘接复合层结构 (如图 2 所示), 将此交替粘接复合层沿垂直于纸面方向拉伸, 即可逐步形成蜂窝状结构。

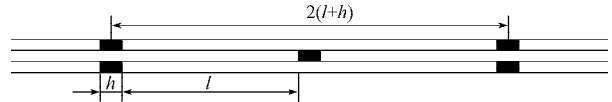


图 2 蜂窝纸芯错位上胶

Fig. 2 The interleaving rubberizing of paper honeycomb core

制芯工艺有层叠式和缠绕式两种^[6], 其主要工艺流程如图 3 所示。

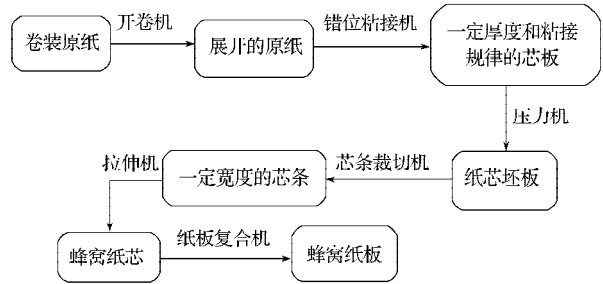


图 3 传统六边形蜂窝纸板制造流程图

Fig. 3 The manufacture flow chart of traditional hexagonal honeycomb paperboard

菱形蜂窝芯仍可采用上述流程按错位上胶方式成型, 然后按照板厚要求裁切芯条, 芯条经拉伸涂胶覆面后制成纸板。

2.2 菱形蜂窝纸芯的实验室制备

在无市售菱形蜂窝纸板的情况下, 本文采用丝网印刷原理在实验室完成菱形蜂窝纸芯的上胶, 面纸上胶方式为手工滚涂, 芯纸拉伸方式采用插销定位芯格、手工逐次平行拉伸, 手工覆面成板。菱形蜂窝纸板的成型加工工艺流程如图 4 所示。

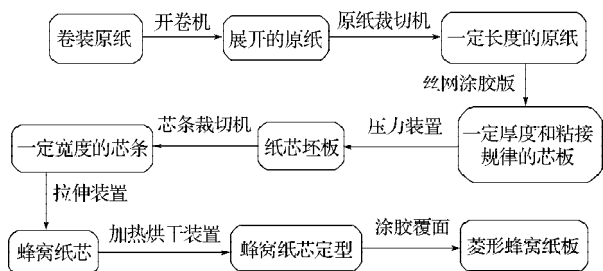


图 4 菱形蜂窝纸板制造流程图

Fig. 4 The manufacture flow chart of rhombic honeycomb paperboard

2.2.1 丝网涂胶版的制作

根据菱形蜂窝芯的单层壁板长和双层壁板长确定丝网版的通孔宽和闭孔宽, 丝网版经原稿制作、选择丝网和网框、绷网、配制和涂布感光胶、烘干、剥离片基、曝光、显影、烘干、修版、二次曝光、封网等^[7]工艺制成, 本实验中所制得的丝网版如图5所示, 其中a)图中深色条纹为漏胶部分, 该部分在b)图中为浅色条纹部分。

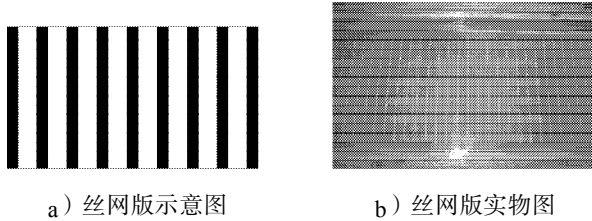


图5 丝网涂胶版

Fig. 5 The screen printing plate

2.2.2 蜂窝芯的拉伸

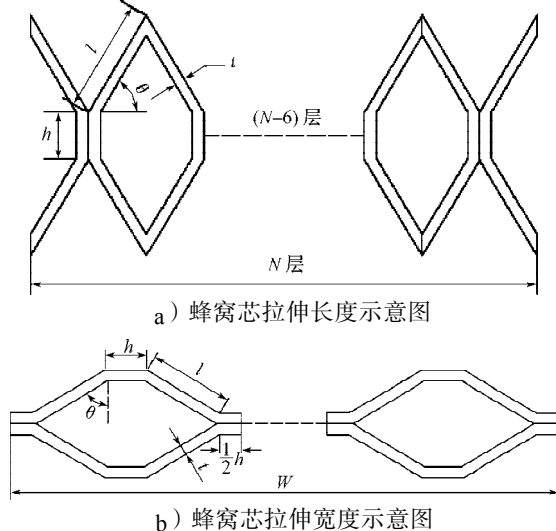
机制传统六边形蜂窝芯的拉伸主要有限宽拉伸、差速拉伸、差速和限宽结合拉伸、横向拉伸等形式。实验室制菱形蜂窝纸芯时, 纸芯的拉伸长度主要根据蜂窝边长、拉伸成型角度和芯纸的层数确定, 并采用插销定位芯格、手工逐次平行拉伸形成蜂窝纸芯。菱形蜂窝芯子拉伸过程如图6所示。根据图6中的a)图, 可确定蜂窝芯的拉伸长度为:

$$L = N \times l \times \cos\theta + N \times t, \quad (5)$$

其中: N 为芯纸的层数; L 为蜂窝芯拉伸长度, 即为所制蜂窝纸板的最大长度。

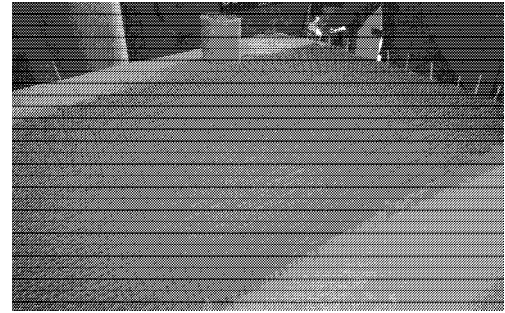
蜂窝芯拉伸的最大宽度与丝网涂胶版的长度 L' 有关, 如图6中b)图所示, 可确定蜂窝芯的最大宽度, 即蜂窝纸板的最大宽度为:

$$W = \frac{L'}{l+h} G(h+l \sin\theta). \quad (6)$$



a) 蜂窝芯拉伸长度示意图

b) 蜂窝芯拉伸宽度示意图



c) 蜂窝芯拉伸实物图

图6 菱形蜂窝芯的拉伸

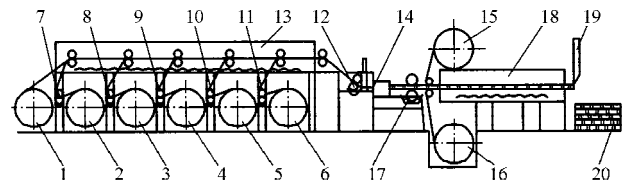
Fig. 6 The stretching of rhombic honeycomb core

3 菱形蜂窝纸板工业化生产解决方案

菱形蜂窝纸芯是一种尚未面世的新型蜂窝纸芯, 目前市场上没有专门的生产设备, 但是对现有正六边形蜂窝芯和瓦楞纸板生产设备进行改造和利用, 仍可实现菱形蜂窝芯的工业化生产。

一种解决菱形蜂窝芯工业化生产的方案是更换现有正六边形蜂窝芯生产设备的涂胶辊, 涂胶辊的上胶面宽度为菱形蜂窝芯的胶边长。因为粘胶边长变短, 则黏着力会相应减小, 因此, 纸芯拉伸过程中应当减小拉伸差速。

另一种解决菱形蜂窝芯工业化生产的方案^[8]是利用瓦楞纸板生产线, 在多组单面瓦楞机上, 采用V型瓦楞辊, 根据菱形芯子边长、胶边宽尺寸和芯纸厚度, 设计合适的齿高和齿顶(底)半径; 再按错位上胶方式对蜂窝芯纸进行压楞、上胶和复合; 然后在横切机上按蜂窝板厚要求裁切成单元芯条, 各单元芯条仍按错位上胶方式黏结在一起, 从而形成连续的蜂窝芯纸, 最后在贴面机上覆以上、下面纸制成蜂窝纸板; 其加工过程如图7所示。



1-6—芯纸放卷; 7-12—单面机压楞、印胶; 13—固化炉; 14—蜂窝芯切断、胶接、拉伸; 15,16—面纸放卷; 17—蜂窝芯涂胶机; 18—贴面机; 19—横切; 20—成品

图7 菱形蜂窝纸板连续式生产线流程示意图

Fig. 7 The sketch map of the continual production line of rhombic honeycomb paperboard

第一种解决方案只需更换涂胶辊, 即可利用现有蜂窝纸板生产线实现菱形蜂窝纸板的连续生产, 但对芯纸胶黏剂的黏结牢度和拉伸工艺的技术条件要求较高, 否则易出现芯子脱胶现象。

第二种解决方案巧妙地利用了现有的瓦楞纸板生产线,可实现蜂窝纸板的高效生产。由于芯纸在上胶过程中同时进行了压楞处理,减小了芯子成型时的拉伸张力和成型后的回弹力,芯子定型性能更好,且不易产生脱胶现象,但V型瓦楞辊的加工难度较大。

4 结语

为了对比分析新型菱形蜂窝纸板与现有六边形蜂窝纸板的性能特点,本文首先基于耗纸量相同(当量密度相等)的原则,讨论了菱形蜂窝芯子结构尺寸的计算方法,为芯子上胶装置的设计与制作提供了依据。然后介绍了在实验室条件下制作菱形蜂窝纸板的简便方法,即芯子丝网上胶、人工拉伸覆面。采用此法可方便地制取各种尺寸规格的菱形蜂窝纸板试样,以满足与市售六边形蜂窝纸板样品进行对比实验研究的需要。最后,提出了2种实现菱形蜂窝纸板工业化生产的工艺方案:一是借助现有蜂窝纸板生产线,减小涂胶辊的上胶宽度;二是借助瓦楞纸板生产线,采用V型瓦楞辊压楞上胶,并简要分析了这2种方案的优缺点。所提出的工艺方案尚有待在实践中进一步验证,但其思路具有可借鉴性。

参考文献:

- [1] 言丽容,谢勇.蜂窝纸板/EPE组合材料的动态缓冲性能[J].包装工程,2010,31(19):13-16.
Yan Lirong, Xie Yong. Dynamic Cushioning Properties of Combination of Honeycomb Paperboard and EPE[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(19): 13-16.
- [2] 谢勇.一种基于菱形蜂窝构型的夹层板及其基本性能[J].湖南工业大学学报,2008,22(6):1-5.
Xie Yong. A Composite Sandwich Plate Based on Rhombic Honeycomb Configuration and Its Basic Performance[J]. Journal of Hunan University of Technology, 2008, 22(6): 1-5.
- [3] 王兴业,杨孚标,曾竟成,等.夹层结构复合材料设计原理及其应用[M].北京:化学工业出版社,2006:102-117.
Wang Xinye, Yang Fubiao, Zeng Jingcheng, et al. Sandwich Structure Composite Materials Design Principle and Its Application[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2006: 102-117.
- [4] Gibson L J, Asbby M F. Cellular Solids: Structures and Properties[M]. 2nd ed. Oxford: Cambridge University Press, 1997: 93-174.
- [5] 郝喜海,胡协方,林益平,等.蜂窝纸板成型机理及工艺的研究与探讨[J].包装工程,2003,24(3):13-15.
Hao Xihai, Hu Xiefang, Lin Yiping, et al. The Study of the Moulding Mechanism and Process of Honeycomb Fibreboard[J]. Packaging Engineering, 2003, 24(3): 13-15.
- [6] 叶婷,王莉.蜂窝纸板生产设备与加工工艺[J].轻工机械,2008,26(5):15-17.
Ye Ting, Wang Li. Production Equipment and Processing Technology of Honeycomb Paperboard[J]. Light Industry Machinery, 2008, 26(5): 15-17.
- [7] 任玉峰.丝网印刷的手工操作工艺[J].网印工业,2010,3(12):20-22.
Ren Yufeng. Manual Screen Printing Process[J]. Screen Printing Industry, 2010, 3(12): 20-22.
- [8] 谢勇,彭涛.一种菱形蜂窝夹层板及制作方法:中国,200810030501.9[P].2008-07-09.
Xie Yong, Peng Tao. Method for Manufacturing Honeycomb Sandwich Plate Using Rhombic-Core: China, 200810030501.9 [P]. 2008-07-09.

(责任编辑:廖友媛)