

蜂窝纸芯成型工艺的改进研究

翟震¹, 杨鹏¹, 曹蕙²

(1. 郑州大学, 郑州 450001; 2. 河南省防伪保密印刷公司, 郑州 450002)

摘要: 鉴于现有蜂窝纸芯成型工艺存在很多不足, 设计了一种改进工艺。该改进工艺结合了缠绕式和叠层式纸芯成型工艺的优点, 避免了这两种常用工艺的不足, 既可以减少生产过程中原纸材料的浪费, 生产出高抗压能力的蜂窝纸芯, 又有很好的生产效率。该改进工艺对蜂窝纸芯的生产具有重要的现实意义。

关键词: 蜂窝; 纸芯; 成型工艺; 改进

中图分类号: TB484.1; TB482 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2013)01-0049-04

Research on Molding Process Improvement of Honeycomb Paper Core

ZHAI Zhen¹, YANG Peng¹, CAO Hui²

(1. Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China; 2. Anti-counterfeit and Secret-technology Printing Company of Henan Province, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: An improved molding process of honeycomb paper core was designed for shortages of current process. The process combines the advantages of winding process and laminating process, which avoids the shortages in these two kinds of common processes. It reduces the waste of raw material and produces compress resistant honeycomb paper core with high production efficiency. The improved molding process is significant for the production of honeycomb paper core.

Key words: honeycomb; paper core; molding process; improvement

近年来, 随着对绿色环保材料认识的深入, 蜂窝纸板也渐渐走近了人们的视线。蜂窝纸板以其较高的性价比和绿色环保的优良特性很快占领了我国的市场。蜂窝纸板生产的关键技术是蜂窝芯的生产, 蜂窝芯以仿生原理为基础, 以求应用最少的原纸材料, 形成具有较大载荷和较好缓冲性能的产品。用蜂窝芯制成的蜂窝纸板与塑料、木材、瓦楞纸相比具有明显的优势^[1]: 与塑料相比可以回收绿色环保, 与木材相比更加节省材料, 与瓦楞纸相比力学性能更好。这些优势为蜂窝纸板的发展打下了有利的基础。

1 蜂窝纸芯的成型原理和工艺

1.1 蜂窝纸芯的成型原理^[2]

蜂窝纸板是由面纸和芯纸经过涂胶复合而成, 芯纸是蜂窝纸板最重要的组成部分。由于其特殊的蜂

窝状结构, 有很好的承载能力, 是蜂窝纸板的主要受力部分。蜂窝纸芯的成型主要是通过芯纸的错位上胶^[3](见图1), 芯纸与芯纸之间按一定的规律错位,

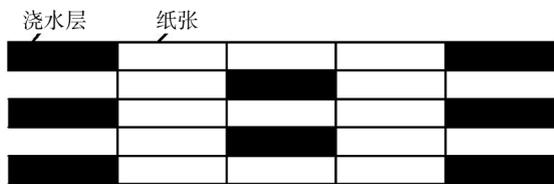


图1 蜂窝纸芯错位涂胶示意

Fig. 1 Sketch map of honeycomb paper core dislocation gluing

形成节距为 $4L$ (L 为蜂窝边长)、上胶宽度为 λL (λ 为形状系数)交替粘接的复合层结构, 将此复合结构拉伸便可形成蜂窝状结构。蜂窝芯纸成型后, 根据其几何参数的变化情况, 可产生多种不同的蜂窝单元。

收稿日期: 2012-10-05

基金项目: 河南省科技攻关计划项目(122102210092)

作者简介: 翟震(1968-), 男, 河南人, 硕士, 郑州大学副教授, 主要研究方向为包装容器结构。

1.2 蜂窝纸芯的成型工艺

目前蜂窝纸芯的成型主要有缠绕式和层叠式。

1.2.1 缠绕式

缠绕式纸芯工艺使用 2 卷原纸,其中一卷纸通过上下涂胶辊的纵向错位涂胶与另一卷纸在复合辊处复合,复合后的纸在八角筒缠绕卷曲,卷至一定厚度(一般为 60~120 mm),经裁切,制成芯纸块,然后把芯纸块裁切成一定长度的蜂窝芯纸条,芯纸条涂胶粘接形成连续的芯纸^[4-6]。缠绕式制芯成型工艺的主要特点:工艺对纸张的浪费较大,被裁去的边角料较多;生产效率高,使用该种方法一次可以生产出 8 块蜂窝芯纸块。

1.2.2 层叠式

层叠式纸芯成型工艺是在 2 卷原纸都采用单面横向涂胶,两卷纸之间横向错位粘合,横向切断后堆叠,再经过切纸机切成芯纸条,芯纸条涂胶粘接形成芯纸^[7]。芯纸拉伸以后便可以形成蜂窝状结构。层叠式制芯工艺的特点:生产工艺简单,充分利用了纸张;生产效率较低;该种蜂窝芯生产出的蜂窝纸板强度没有缠绕式工艺生产出来的强度高。

2 改进后的蜂窝纸芯成型工艺

以上两种工艺在目前的生产中使用较多,但是采用缠绕式工艺形成蜂窝状结构浪费原料较多,采用层叠式工艺形成的蜂窝状结构强度不高,生产效率也不高。由此在以上两种工艺的基础上设计了一种新的成型工艺,该工艺充分考虑纸张纵横向差异性对其强度的影响,切纸对原纸材料利用率的影响和生产速度对生产效率的影响等因素。具体设计:利用纵向涂胶机使成型后蜂窝结构的纤维方向和受力方向平行,增加其承载能力;利用层叠式的切纸技术将涂胶后的原纸切断并层叠,避免原纸的浪费;利用多刀片切纸装置切纸,保障生产速度。成型工艺见图 2。

2.1 工艺原理

对使用的 2 卷原纸,以恒定的张力和速度释放,其中一卷芯纸到达涂胶装置后,由表面沿周长方向向开有凹槽和凸面的涂胶辊涂胶。凹槽的宽度是蜂窝芯边长的 3 倍,凸面的宽度等于蜂窝芯边长,使芯纸在纵向上形成连续的胶线。随后,涂胶的芯纸和另一卷未涂胶的芯纸在复合辊复合,并传送到切纸机构。在切断第 1 阶段,并非按常规的需要裁切,而是按 n

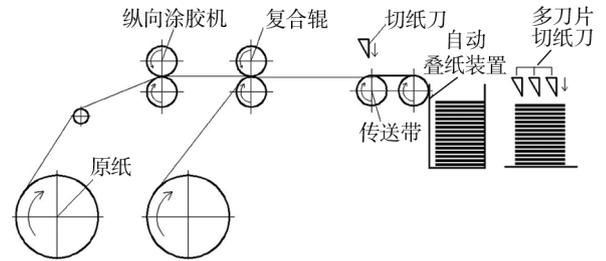


图 2 纸芯成型工艺

Fig. 2 Sketch map of paper core molding process

倍长度进行裁切(n 的取值依据实际情况而定,可以参考缠绕式一次成型 8 块芯, n 取 8),以保证生产效率。在切断第 2 阶段,利用 $n-1$ 个刀片的切纸机将一定堆叠厚度的纸芯切成需要的尺寸,并生产出类似于缠绕式性能的高强度纸芯。

2.2 技术过程

2.2.1 纵向涂胶机

将纵向涂胶机 2 个涂胶辊的凹凸部分错位对齐,见图 3,便于让纸张上形成的胶线错位对齐,保障复

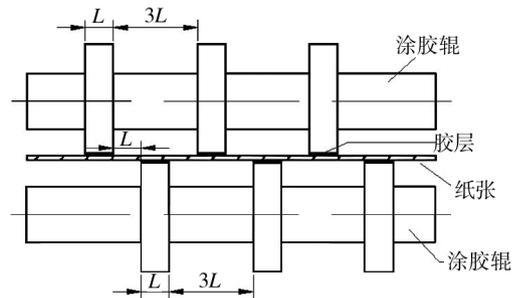


图 3 纵向涂胶

Fig. 3 Sketch map of longitudinal gluing

合质量,所形成的胶线沿纸张的运行方向分布。

2.2.2 自动叠纸装置

自动叠纸装置原理见图 4。切好的芯纸由配备

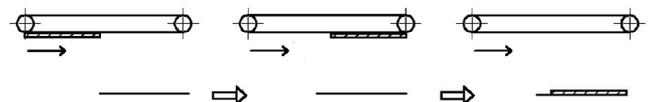


图 4 自动叠纸装置

Fig. 4 Sketch map of automatic stacking device

真空吸附装置的传送带运输,当芯纸传送到指定位置时,释放真空。此时吸附在传送带上的芯纸同时脱离传送带并下落堆叠,另外由于芯纸自身的面积较大,下落高度较低,且自身有一定的硬度,所以堆叠过程

不会产生较大的偏差。

2.2.3 多刀片切刀

多刀片切纸机见图5。一次切纸可以生产多个

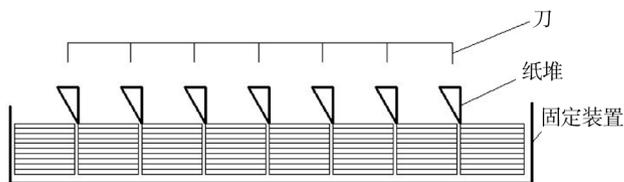


图5 多刀片切纸机示意

Fig.5 Sketch map of multiple blade cutter

产品,切纸效率得到大大提高。刀片数量可根据实际生产的需要安装,同时提供足够大的压力保障切纸效果。

2.3 工艺优势分析

2.3.1 改进工艺与缠绕式纸芯成型工艺对比分析

缠绕式纸芯成型工艺由于复合后的纸是缠绕在八角滚筒上的,所以随着滚筒上缠绕纸厚度的增加,必定导致缠绕在滚筒第1层纸组成的八边形与最外层纸组成的八边形的尺寸大小不一致,所以在切纸阶段也必定会产生很多脚料,造成资源的浪费。该改进工艺并非将纸缠绕在滚筒上,而是直接堆叠在一起,这样最底层纸和最上层纸的尺寸是一致的,不需要切除脚料。通过上述分析可知缠绕式工艺芯纸的浪费量,即为改进工艺可以节省的芯纸量,其节省的芯纸量计算公式如下:

$$a = \frac{d \tan 22.5^\circ + 10}{L + d \tan 22.5^\circ} \times 100\% \quad (1)$$

式中: a 为新工艺节省原纸比例; L 为八角滚筒的边长; h 为缠绕厚度; d 为制芯原纸宽度。

由公式(1)可知,当 d 一定时,随着 L 值的减小, a 值变大。在实际生产中八角滚筒受占用空间等因素的限制, L 的值不能取太大,所以结合实际生产给 L 取一个拟定的较大值。如果 L 小于这个值时, a 值便会变大。以 d 为100 mm, L 为500 mm为例,计算新工艺节省原纸比例,把 d 和 L 的数值带入公式(1)得: $a=9.49\%$ 。由此可知该新工艺可以节省原纸用量9.49%以上。

2.3.2 改进工艺与层叠式纸芯成型工艺对比分析

2.3.2.1 抗压性能比较

利用有限元分析软件 Ansys,在使用相同芯纸情况下,对该工艺与层叠式纸芯成型工艺成型的蜂窝结

构的力学性能进行模拟试验^[8-10]。简化胶层对结构性能的影响,建立单蜂窝结构的有限元模型,并把模型每条边离散成12份。蜂窝结构高度为20mm,内切圆半径为10mm,赋予模型材料参数,试验芯纸参数见表1, E_x 为纵向弹性模量, E_y 为横向弹性模量, G_{xy} 为剪切模量, ν_{xy} 为泊松比, σ 为屈服极限。

表1 芯纸的材料参数

Tab.1 Material parameters of core paper

E_x /GPa	E_y /GPa	G_{xy} /GPa	ν_{xy}	σ /MPa
7.5	5.4	0.1	0.3	3

通过加载求解,获得了2种工艺成型的蜂窝结构在压缩量为1 mm时的变形图(见图6)和临界载荷



图6 蜂窝结构的压缩变形

Fig.6 Compression deformation of honeycomb structure

力。其中改进工艺成型的蜂窝结构的临界载荷力为46.8 N,层叠式纸芯成型工艺成型的蜂窝结构的临界载荷力为39.6 N,利用公式:

$$P = F/S \quad (2)$$

式中: P 为临界抗压强度; S 为蜂窝面积; F 为临界载荷力。把 S 和 F 的相应数值带入(2)得:改进工艺的蜂窝临界抗压强度为0.135 MPa,层叠式纸芯成型工艺的蜂窝结构的临界抗压强度为0.114 MPa。可知改进工艺具有更高的抗压强度。

2.3.2.2 生产速度比较

改进工艺的生产速度在层叠式工艺基础上有所提高。原纸到芯纸块加工阶段,改进工艺与层叠式工艺速度相当;在芯纸块到芯纸条加工阶段,由于采用了多刀片切刀,只要保证足够大的压力,便可以一次成型多个芯纸条,所以提高了芯纸块到芯纸条加工阶段的速度。

2.4 改进工艺存在的问题

该改进工艺虽然具有很多优势,但也存在一些问题,如生产速度无法达到高速生产的缠绕式工艺那么

快,二次切纸需要提供比一般工艺更大的动力,增加了电量的消耗等。由此该工艺还可以通过后续工作进一步改善。

3 结语

蜂窝纸芯的生产是蜂窝纸板生产的关键技术,通过对现有的蜂窝纸芯生产工艺的研究和探讨,设计了一个新的蜂窝纸芯的生产工艺,该工艺结合了缠绕式工艺与层叠式工艺的优点。理论计算表明:该新工艺与制芯原纸宽度为 100 mm,八角滚筒边长为 500 mm 的缠绕式工艺相比,至少节省 9.49% 的用纸量。工艺分析和模拟试验表明:该新工艺与层叠式工艺相比,在芯纸块到芯纸条加工阶段,加工速度更快,成型的蜂窝状结构抗压能力更强。

参考文献:

- [1] 刘大利. 蜂窝纸芯制造工艺即其装备的研究[D]. 淮南:安徽理工大学,2008.
LIU Da-li. Research on Manufacturing Technology of Honeycomb Paper Core and Equipment [D]. Huainan: Anhui University of Science & Technology,2008.
- [2] 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 Xi-hai, HU Xie-fang, LING Yi-ping, et al. Research and Discussion on Forming Mechanism of Honeycomb Cardboard and Process [J]. Packaging Engineering, 2003, 24(3):13-15.
- [3] 崔立华,朱婷婷,黄俊彦. 蜂窝纸板生产工艺技术[J]. 中国印刷与包装研究,2009,1(3):8-13.
CUI Li-hua, ZHU Ting-ting, HUANG Jun-yan. Production Technology of Honeycomb Cardboard [J]. China Printing and Packaging Study,2009,1(3):8-13.
- [4] 王建清,韩永生,彭彦平,等. 包装材料学[M]. 北京:中国轻工业出版社,2009.
WANG Jian-qing, HAN Yong-sheng, PENG Yan-ping, et al. Packaging Material [M]. Beijing: China Light Industry Press,2009.
- [5] 唐勇,黄利强. 蜂窝结构对蜂窝纸板平压性能影响的研究[J]. 包装工程,2012,33(5):56-58.
TANG Yong, HUANG Li-qiang. Influence of Honeycomb Structure on Flatwise Compressive Performance [J]. Packaging Engineering,2012,33(5):56-58.
- [6] 韩炬,裴未迟,崔晓波. 双芯纸搭配型蜂窝纸板的平压性能及加工工艺研究[J]. 包装工程,2011,32(1):63-64.
HAN Ju, PEI Wei-chi, CUI Xiao-bo, Research on Flat Crush Resistance and Processing Technology of Dual-core Honeycomb Paperboard [J]. Packaging Engineering,2011,32(1):63-64.
- [7] 叶婷,王莉. 蜂窝纸芯加工技术及关键参数[J]. 轻工机械,2010,28(2):52-54.
YE Ting, WANG Li. Honeycomb Paper Core Processing Technology and Key Parameter [J]. Light Industry Machinery,2010,28(2):52-54.
- [8] 张丽,王宝升,武华. 基于芯纸环压强度的蜂窝纸板临界应力模型研究[J]. 包装工程,2012,33(7):54-57.
ZHANG Li, WANG Bao-sheng, WU Hua. Research on Critical Stress Model of Honeycomb Paperboard Based on Ring Crush [J]. Packaging Engineering,2012,33(7):54-57.
- [9] 李晓丽,张安宁,潘先锋. 基于 ANSYS11.0 的蜂窝纸芯静压特性研究[J]. 包装工程,2010,31(11):46-48.
LI Xiao-li, ZHANG An-ning, PAN Xian-feng. Research on Static Pressure Performance of Honeycomb Paper Core Based on ANSYS11.0 [J]. Packaging Engineering,2010,31(11):46-48.
- [10] 曾广胜,江太君,刘跃军,等. 垂直载荷作用下蜂窝纸板的非线性屈曲分析[J]. 包装学报,2010,2(1):24-27.
ZENG Gang-sheng, JIANG Tai-jun, LIU Yue-jun, et al. Nonlinear Buckling Analysis of Honeycomb Paperboard under Vertical Load [J]. Packaging Journal,2010,2(1):24-27.