

不同木质结构的蜂窝夹芯板性能研究

阳培翔

(四川省宜宾普拉斯包装材料有限公司, 宜宾 644007)

摘要: 木质蜂窝夹芯板是一种具有良好性能的环保材料,主要应用在家具与包装行业中。根据夹层结构原理,对不同木质结构的蜂窝夹芯板的性能进行了研究。结果表明:蜂窝夹芯板的侧压强度主要由面板强度决定;不同面板对夹芯板的平压强度影响不大;采用胶合板作为面板时,其抗弯性能最好,其抗弯强度和弯曲模量分别达到了 7.720 MPa 和 1582 MPa。

关键词: 木质蜂窝夹芯板;侧压强度;平压强度;抗弯性能

中图分类号: TB484.1; TB487 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2013)05-0053-03

Performance Study of Honeycomb Sandwich Board with Different Wood Structure

YANG Pei-xiang

(Plastic Packaging Materials Co., Ltd., Yibin 644007, China)

Abstract: Wood honeycomb sandwich board is a green material with good performance, which is mainly used in furniture and packaging industry. The performance of the honeycomb sandwich board with different wood structure was studied according to the principle of sandwich construction. The results showed that the lateral pressure strength of the board is mainly decided by the faceplate strength; the effect of different faceplate on flat compressive strength is not significant; when the plywood is used as the faceplate, the bending resistance is the best and the bending strength reaches 7.720 MPa and the bending modulus reaches 1582 MPa.

Key words: wood honeycomb sandwich board; lateral compressive strength; flat compressive strength; bending resistance

蜂窝结构是具有棱柱形六边形空穴的规则排列,以最小的材料消耗,构成了极为坚固的结构。根据夹层结构原理,结合蜂窝结构的优点,利用金属和非金属材料制成了蜂窝夹芯结构。目前,非金属蜂窝材料主要为绿色环保的纸蜂窝材料,现已被大力推广;主要应用在包装、交通运输、建筑、家具等行业中。纸蜂窝夹芯结构在包装和交通运输行业中即蜂窝纸板,其研究主要集中在其静态、动态的缓冲特性和平压性能方面^[1-4];在家具、建筑和包装行业中多采用木质材料作为面板,其研究主要集中在其生产工艺和联接件上面^[4-6],而对其性能研究方向相对较少。

蜂窝夹芯结构作为结构复合材料,可对其结构进行设计,以达到不同的使用要求。笔者对不同结构的蜂窝夹芯板进行了性能研究,为今后在建筑和家具行

业中推广应用打下理论基础。由于结构设计涉及到不同的木质面板、不同的蜂窝参数以及不同的厚度,这样组合设计内容较多,所以笔者对蜂窝夹芯材料进行芯层等厚度实验,以便进行分析。

1 实验

1.1 方案

试样分为 I, II, III, IV, V 共 5 种夹芯结构,其中结构 I 采用蜂窝纸板。所有蜂窝纸芯孔径均为 8 mm,孔径比均为 1,单孔壁厚度均为 0.20 mm,名义厚度均为 10 mm,其中面纸是定量为 250 g/m² 的 B 级纸,芯纸是定量为 130 g/m² 的高强瓦楞纸。具体试样构成见表 1。

收稿日期: 2013-01-18

作者简介: 阳培翔(1978-),男,重庆人,四川省宜宾普拉斯包装材料有限公司工程师,主要研究方向为包装材料。

表1 实验材料
Tab.1 Experimental material

结构类型	面板	面板厚度 t / mm	芯层	芯层厚度 c / mm
I	纸	0.31	纸芯	9.53
II	沙比利单板	0.50	纸芯	9.53
III	沙比利单板	0.50	纸板	10.52
IV	三层胶合板	2.22	纸板	10.52
V	中密度纤维板	2.46	纸板	10.52

1.2 木质蜂窝夹芯材料的复合工艺

1.2.1 蜂窝夹芯结构II的制作工艺

胶粘剂采用改性聚醋酸乙烯脂乳液,涂胶量为 230 g/m^2 ;压力为 0.4 MPa ,常温冷压 5 h ;放置 72 h 后进行实验。具体工艺流程见图1。

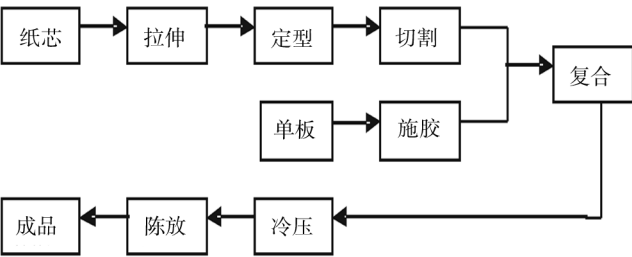


图1 夹芯材料II复合工艺流程

Fig.1 The composite process flow of sandwich material II

1.2.2 蜂窝夹芯结构III,IV,V的制作

结构III,IV,V的制作工艺相对简单,直接在单板、胶合板或纤维板上施胶,再与蜂窝纸板进行复合。其中胶粘剂也采用改性聚醋酸乙烯脂乳液,涂胶量均为 230 g/m^2 ,同样施以 0.4 MPa 的压力,常温冷压 5 h ,陈放 72 h 后进行实验。

1.3 环境条件和仪器

实验环境条件:环境温度为 $(26 \pm 2)^\circ\text{C}$,环境相对湿度为 $(50 \pm 5)\%$ 。实验仪器主要为 CMT 微型电子万能实验机。

1.4 方法

平压强度实验和侧压强度测试实验参照 GB 1453—1987 进行。静态弯曲强度和弹性模量测试实验参照 ISO 5628—1990 进行。

平压强度和侧压强度试样大小为 $60 \text{ mm} \times 60 \text{ mm}$ 。其中结构I,II,III抗弯强度和弹性模量实验试样尺寸为 $60 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$,跨距为 180 mm ;结构IV和V抗弯强度和弹性模量实验试样尺寸为 $60 \text{ mm} \times 350$

mm ,跨距为 300 mm 。加载速率均为 10 mm/min 。

2 结果与讨论

2.1 共面力学性能

对于六边形的蜂窝体,这里首先对共面和异面性能进行区分。六边形蜂窝体示意图见图2,其共面性

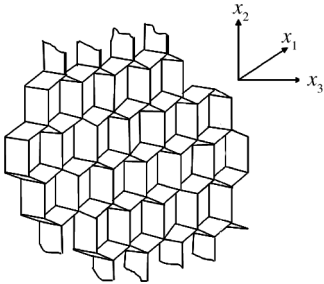


图2 蜂窝结构及受力方向示意图

Fig.2 The structure of honeycomb and the directions of loads

能即指那些涉及在 x_1 - x_2 面内加载而具有的性能,主要指标是侧压强度;而涉及在 x_3 方向上施加载荷具有的性能则是指异面性能,主要指标是平压强度。

在相同的纸芯条件下,蜂窝夹芯材料侧压强度与面板有着很大的关联。蜂窝纸芯、蜂窝纸板单板复合后,侧压强度较原蜂窝纸板大大增强。对于结构II,III和IV需考虑到单板、胶合板以及中密度纤维板和蜂窝纸芯复合方向,这主要是因为木材为各向异性材料,纵向强度远远大于横向强度,所以侧压 x_1 较侧压 x_2 强度大。结构V由于面板中密度纤维板各向异性程度不明显,所以2个方向性能无太大差别。由结构设计可以看出,使用不同木质面板,夹芯复合结构的共面强度较蜂窝纸板可提高 $8 \sim 12$ 倍,见表2。

表2 蜂窝夹芯材料的共面及异面力学性能

Tab.2 The coplanar and different face mechanical properties of honeycomb sandwich material

结构	侧压强度 $\sigma_{x_1} / \text{MPa}$	侧压强度 $\sigma_{x_2} / \text{MPa}$	平压强度 $ / \text{MPa}$
I	0.373	0.317	0.186
II	0.517	0.387	0.183
III	0.620	0.590	0.150
IV	4.720	2.673	0.205
V	4.783	4.560	0.213

2.2 异面力学性能

结构I,II和III拥有相同的芯层材料,和不同面

板复合后,在常温下,结构Ⅱ和Ⅲ的平压强度比结构Ⅰ小。这主要是因为纸芯加工工艺中,切割纸芯致使纸芯端部局部压溃,导致了纸芯强度损失;另外在纸芯复合时,施胶后的纸芯与面纸的复合须施加一定的压力,并采用堆压自然干燥工艺,从而导致了芯纸端部的挤压破坏,并留有局部微小残余变形,从而降低了纸芯的平压强度^[3]。另外有研究表明,纸芯端部压溃或挤压破坏实质上是使蜂窝壁板具有初挠度,而纸蜂窝的平压强度对缺陷非常敏感。结构Ⅳ和Ⅴ的平压性能相近。

2.3 抗弯性能分析

各种不同木质面板的夹芯材料抗弯力学性能,随着面板强度的增加而增大,见表3。

表3 不同面板夹芯材料的力学性能

Tab.3 The mechanical properties of different faceplate material

结构	相对密度/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	抗弯强度/ 度/MPa	弹性模量/ 量/MPa	比强度/ ($\text{MPa} \cdot \text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$)	比模量/ ($\text{MPa} \cdot \text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$)
Ⅰ	0.072	1.215	231	16.88	3208
Ⅱ	0.103	2.275	376	22.08	3646
Ⅲ	0.137	2.590	536	18.92	3914
Ⅳ	0.217	7.720	1592	35.58	7335
Ⅴ	0.271	7.050	1483	26.01	5473

通常采用比强度和比模量进行力学性能的比较,比强度=抗弯强度/相对密度,比模量=弹性模量/相对密度,它们表示在质量相当情形下材料的承载能力和刚度,其值越大,表示性能越好。由表3可知,胶合板和蜂窝纸板复合,获得了最大的比强度和比模量。其中胶合板作为面板时,抗弯强度和弯曲模量分别达到了7.720 MPa和1582 MPa,比强度达到了35.58 MPa·cm³/g,比模量达到了7335 MPa·cm³/g。这说明该结构符合结构设计原理,在木质复合材料中,胶合板较适宜做贴面材料。

3 结论

不同木质结构的蜂窝夹芯板侧压性能与面板有着很大的关联。其不同方向侧压强度的大小与木质面板的方向具有一致性,其侧压强度较蜂窝纸板可提高8~12倍。不同木质结构的蜂窝夹芯板平压性能主要由芯层决定。采用胶合板和中密度纤维板作为

夹芯材料的面板,夹芯材料抗弯性能较蜂窝纸板大为提高,其中以胶合板作为面板时,抗弯性能最好。

参考文献:

[1] 骆光林,朱大鹏. 蜂窝纸板缓冲机理[J]. 包装工程, 2002,23(5):118-120.
LUO Guang-lin,ZHU Da-peng. The Cushion Mechanism of the Honeycomb Fibreboard [J]. Packaging Engineering, 2002,23(5):118-120.

[2] ZHANG J,ASHBY M F. Buckling of Honeycomb under In-plane Biaxial Stresses[J]. Int J Mech Sci,1992,34:491-509.

[3] 平幼妹,余本农,邵文泉,等. 蜂窝纸板平压实验的研究[J]. 包装工程,2005,26(5):115-117.
PING You-mei,YU Ben-nong,SHAO Wen-quan. Investigation on the Flat Crush Test of Honeycomb Paperboard[J]. Packaging Engineering,2005,26(5):115-117.

[4] 孙亚平,卢立新. 纸蜂窝结构参数对面外承载能力的影响[J]. 江南大学学报(自然科学版),2004,3(1):52-55.
SUN Ya-ping,LU Li-xin. Effects of the Structure Parameters on the Out-Plane Load of Paper Honeycomb[J]. Journal of Southern Yangtze University (Natural Science Edition), 2004,3(1):52-55.

[5] 王道静,吴智慧. 无框蜂窝板家具封边工艺及专用五金件的应用[J]. 林产工业,2008,35(5):40-43.
WANG Dao-jing,WU Zhi-hui. Edge Treatment Technigue and Special Hardware for Frame-free Honeycomb Core Board Furniture[J]. China Forest Products Industry,2008,35(5):40-43.

[6] 刘晓红,高新和,何杰. 蜂窝复合板及其在家具中的应用[J]. 木材工业,2003,17(5):9-12.
LIU Xiao-hong,GAO Xin-he,HE Jie. Composite Honeycomb Panel Manufacturing and Its Application to Furniture Industry[J]. China Wood Industry,2003,17(5):9-12.

[7] 余历军,雷阎盈,杜继涛,等. 新型建筑蜂窝夹心板的生产工艺及应用[J]. 西北大学学报(自然科学版),2002,32(6):651-653.
YU Li-jun,LEI Yan-ying,DU Ji-tao,et al. Appliccation and Producing Process of Paper Honeycomb Core Sandwich Board[J]. Journal of Northwest University(Natural Science Edition), 2002,32(6):651-653.

[8] 王兴业,杨孚标. 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,2007:159-161.