

成形温度和速度对单瓦钙塑板性能影响的实验研究

王俊艳¹, 冯军²

(1. 石家庄工商职业学院, 石家庄 050091; 2. 浙江大学宁波理工学院, 宁波 315100)

摘要: **目的** 研究钙塑瓦楞的成形温度和速度对单瓦钙塑板的平压性能的影响。**方法** 分别在实验速度为 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0 m/min 和实验温度为 130, 140, 150, 160, 170 ℃ 的情况下, 用钙塑瓦楞机将钙塑片材压制成药塑瓦楞芯纸, 将不同成形温度和速度制成的钙塑瓦楞芯纸与牛皮面纸, 用自制水基胶粘合成单瓦钙塑板并进行平压实验, 最后对实验结果进行分析。**结果** 不考虑温度的影响, 当钙塑瓦楞成形速度为 3.5 m/min 时, 平压强度为 267 kPa, 达到最大值; 不考虑速度的影响, 当钙塑瓦楞成形温度为 130 ℃ 时, 平压强度达到最大值 272 kPa; 当钙塑瓦楞成形温度为 170 ℃ 时, 平压强度达到最小值 220 kPa。将单瓦钙塑纸板与 C 型 3 层、BC 型 4 层、BC 型 5 层瓦楞纸板进行对比, 单瓦钙塑纸板的平压强度超出 3 层瓦楞纸板平压强度 202 kPa; 超出 4 层瓦楞纸板平压强度 123 kPa。**结论** 随着钙塑瓦楞成形速度的增加, 单瓦钙塑板的平压强度呈先骤增后缓增的趋势(最大值为 266 kPa); 随着钙塑瓦楞的成形温度的增加, 单瓦钙塑板的平压强度总体呈减小趋势, 但达到一定值(220 kPa)后不再减小。

关键词: 钙塑瓦楞纸板; 成形; 性能; 实验研究

中图分类号: TB484.1; TB487

文献标识码: A

文章编号: 1001-3563(2014)03-0006-04

Experimental Study on Molding Temperature and Speed of the Single Tile Calcium Plastic Board

WANG Jun-yan¹, FENG Jun²

(1. Shijiazhuang Vocational College of Industry and Commerce, Shijiazhuang 050091, China;

2. Zhejiang University Ningbo Institute of Technology, Ningbo 315100, China)

ABSTRACT: **Objective** To investigate the effects of calcium plastic corrugated molding temperature and speed on the compression performance of single tile calcium plastic board. **Methods** At velocity of 2 m/min, 2.5 m/min, 3.0 m/min, 3.5 m/min or 4.0 m/min and experimental temperature of 130 ℃, 140 ℃, 150 ℃, 160 ℃ or 170 ℃, calcium plastics sheets were made into calcium plastic corrugated core paper using the calcium plastic corrugated machine. The calcium plastic corrugated papers prepared under different molding temperature and speed were adhered together with kraft paper using self-made water-based adhesive to prepare single tile calcium plastic plate for flat crush test, and the experimental results were analyzed. **Results** If the influence of temperature was not considered, when the calcium plastic corrugated molding speed was 3.5 m/min, the compression strength was 267 kPa, reaching the maximum value. If the influence of the speed of calcium plastic corrugated molding was not considered, when the temperature was 130 ℃, the flat compression strength reached a maximum value of 272 kPa; when the calcium plastic corrugated molding temperature was 170 ℃, the flat compression strength reached the minimum value (220 kPa). The comparison of single tile calcium plastic board and the 3 layer C type, BC type, BC type 4 layer 5 layer corrugated cardboard showed that the press strength of flat plastic cardboard with single tile was by 202 kPa higher than that of the 3

收稿日期: 2013-11-17

作者简介: 王俊艳(1978—), 女, 河北人, 石家庄工商职业学院讲师, 主要研究方向为包装印刷。

通讯作者: 冯军(1988—), 男, 陕西人, 浙江大学宁波理工学院硕士研究生, 主要研究方向为包装动力学。

layer corrugated cardboard flat; and by 123 kPa higher than that of the 4 layer corrugated cardboard flat. **Conclusion** The compression strength of single tile calcium plastic plate flat first increased rapidly then slowly (with a maximum value of 266 kPa) with the increase of corrugated plastic molding speed. With the increase of the forming temperature for calcium plastic corrugated tile, the compression strength of single calcium plastic plate flat decreased, but stopped decreasing after reaching a certain value (220 kPa).

KEY WORDS: calcium plastic corrugated board; molding; performance; experimental study

钙塑瓦楞板与瓦楞纸板相比,具有防水、防潮、高强度、质轻耐用、尺寸稳定、可回收反复利用、机械力学性能好等优点。冯军^[1]等人对单瓦钙塑板的平压强度、边压强度和戳穿强度进行了实验研究,并且与 5 层瓦楞纸板性能进行了比较。结果表明,单瓦钙塑板的平压强度、边压强度和戳穿强度均优于 5 层瓦楞纸板。王冬梅^[2]对不同结构的 4 种瓦楞复合材料进行了静态压缩吸能研究,得出了瓦楞/蜂窝/瓦楞的优点及其应用范围。孙颜^[3]在瓦楞纸底板的表面上复合了一种钙塑纸,发明了钙塑-纸复合瓦楞板,这种瓦楞板具有瓦楞纸板和钙塑瓦楞纸板的优点,弥补了二者的不足,开拓了包装材料的新领域,填补了该类包装材料的空白。Jarimopas^[4-6]等人对瓦楞纸板的力学本构关系和应用进行了研究。卢富德、高德^[7]对 C 楞瓦楞纸板进行了动压性能建模,并且识别了其模型中的参数,最后进行了算例验证,结果表明所建立的模型可以直接应用于缓冲包装设计。Zhang^[8-12]等人建立了宏观的瓦楞纸板的本构模型,较方便地预测了缓冲系统在受到激励后的最大加速度响应,为设计提供了基本数据。以上的研究均未对单瓦钙塑板的成形温度和速度进行研究。鉴于此,文中对单瓦钙塑板的成形温度和速度进行研究,结合静态压缩实验对不同成形温度和速度所生产的单瓦钙塑板进行性能分析,总结了单瓦钙塑板的性能特点,为单瓦钙塑板在包装行业的应用提供依据。

1 单瓦钙塑板的制备

文中研究的单瓦钙塑板^[1],结构见图 1,实物见图 2。

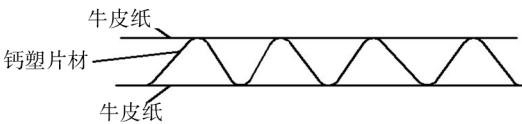


图 1 单瓦钙塑板结构

Fig. 1 Structure of single tile calcium plastic board

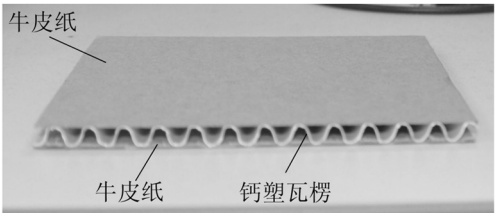


图 2 单瓦钙塑板实物

Fig. 2 Actual image of single tile calcium plastic board

1.1 面纸的选择和芯纸的制备

单瓦钙塑板的芯纸用的是钙塑片材,它是由改性填充母料和 HDPE 按 5 : 5 的比例混合,经过塑料片材机加热、挤出、压延而成。经测定,钙塑片材定量为 328 g/m²;面纸选用的是牛皮面纸,测定定量为 200 g/m²;改性填充母料(RS-PP003),由荣盛塑业制造有限公司提供;HDPE,由独山子石化公司提供。

1.2 钙塑瓦楞的制备

钙塑瓦楞用改装的钙塑瓦楞生产线在不同温度和速度压制而得到,由于聚乙烯的软化温度为 125 ℃^[13],而且在实验的过程中发现,当温度超过 170 ℃时,钙塑瓦楞在压制成形过程中出现钙塑纸断裂的现象,所以实验速度选择为 2.0,2.5,3.0,3.5,4.0 m/min,温度选择为 130,140,150,160,170 ℃。

1.3 单瓦钙塑板的制备

钙塑瓦楞与牛皮面纸用自制水基胶粘合。将压制好的钙塑瓦楞利用经过改造的涂胶装置、烘干装置和自动切纸装置制成单瓦钙塑板后,在室温下放置 24 h 以上,这样就可以用来使用了。经测定,此单瓦钙塑板的定量为 830 g/m²。

2 平压强度测试及分析

单瓦钙塑板平压强度测试使用的主要设备是 DCP-KY3000A 电脑测控压缩实验仪,由四川长江造

纸仪器有限责任公司提供。

2.1 平压强度测定

根据 GB/T 450 要求切取试样 6 个,试样按照 GB/T 22906.2—2008 进行温湿处理,最后按照 GB/T 22874—2008 进行测试,并且记录仪器读数。

2.2 实验结果及分析

比较同质、同向、同楞型、不同成形温度和速度压制出来的钙塑瓦楞所复合的单瓦钙塑板的平压强度大小,单瓦钙塑板平压压强度实验结果见表 1。

表 1 单瓦钙塑板平压强度实验数据

Tab.1 Experimental data for calcium plastic corrugated board kPa

成形速度 /(m·min ⁻¹)	成形温度 / °C					均值
	130	140	150	160	170	
2.0	215	271	255	209	140	218
2.5	272	252	263	209	249	249
3.0	243	238	220	235	268	241
3.5	284	287	261	255	255	266
4.0	346	292	252	232	188	262
均值	272	268	249	233	220	247

由表 1 可知,不考虑温度的影响,当钙塑瓦楞成形速度为 3.5 m/min 时,平压强度为 266 kPa,达到最大值。

利用 Matlab 数学分析软件将实验数据进行拟合^[14],得到方程:

$$\sigma = -10.5714v^2 + 84.4286v + 95.3429 \quad (1)$$

拟合得到的曲线见图 3。由图 3 曲线可以看出,随着钙塑瓦楞成形速度的增加,单瓦钙塑板的平压强度呈现出先骤增后缓增的趋势。

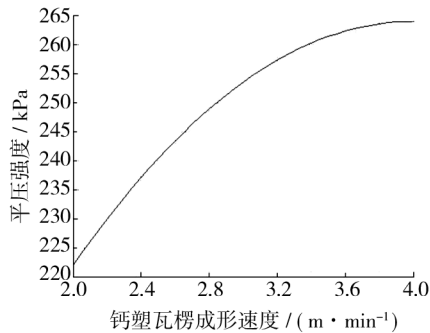


图 3 成形速度对复合纸板平压强度的影响

Fig.3 Effect of molding velocity on the composite board FCT

不考虑速度的影响,当钙塑瓦楞成形温度为 130 °C 时,平压强度达到最大值 317 kPa。当钙塑瓦楞成形温度为 160 °C 时,平压强度达到最小值 233 kPa。

由 Matlab 数学分析软件进行数据拟合,得到拟合方程为:

$$\sigma = 0.0236T^2 - 7.9814T + 915.3429 \quad (2)$$

拟合曲线见图 4,单瓦钙塑板的平压强度随着钙塑瓦楞的成形温度呈现下凹型,但是最小值大于 235 kPa。

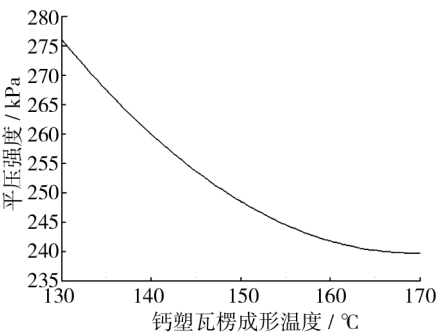


图 4 成形温度对复合纸板平压强度的影响

Fig.4 Effect of molding temperature on the composite board FCT

3 单瓦钙塑板静态缓冲性能测试及分析

3.1 材料变形现象

冯军^[1]对单瓦钙塑板进行了静态压缩实验,材料的变形过程见图 5a。材料的变形过程不仅仅只有这一种情况,还会出现如图 5b 的情况,并且这种情况出现的频率也会很高^[15]。文中材料的变形过程就是后者。

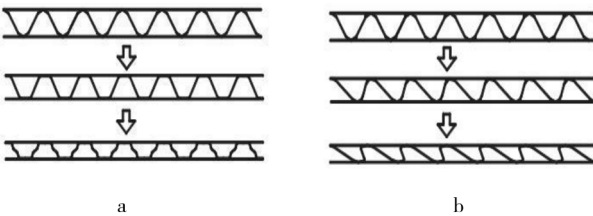


图 5 单瓦钙塑板变形过程

Fig.5 Deformation process of calcium plastic corrugated board

3.2 测试

单瓦钙塑板静态缓冲性能测试的主要设备是 CMT6103 型微机控制电子万能试验机(深圳市世纪天源仪器有限公司)。对材料按照 GB 8168—87^[15]和 GB/T 4857.2—2005^[16]进行处理,对成形温度为 170,

160,150,140 ℃ 的单瓦钙塑板,在温度为 23 ℃,相对湿度为 50%,位移变化率为 12 mm/min 下,进行准静态压缩实验,其实验结果见图 6。

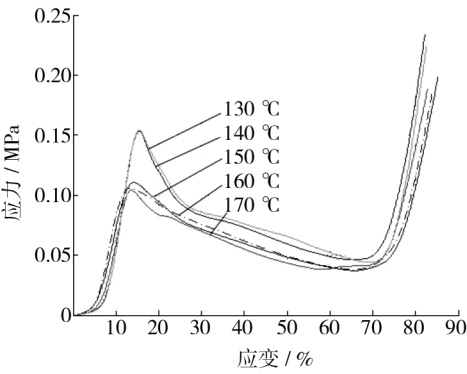


图 6 单瓦钙塑板压缩应力-应变曲线
Fig. 6 Compressive stress-strain curve of calcium plastic corrugated board

从图 6 可知,不同成形温度下的钙塑瓦楞所制成的单瓦钙塑板,压缩应力-应变变化趋势相近,都经过弹性形变阶段、屈服阶段、应变软化阶段、发展大形变和应变硬化阶段;但是随着单瓦钙塑板成形温度的增加,相同应变下的单瓦钙塑板的承载能力逐渐降低。130 ℃ 时单瓦钙塑板的最大承压性能最大,成形温度为 140 ℃ 与 130 ℃ 时的承压性能相近。综上所述,130 ℃ 时制成的钙塑瓦楞所复合的单瓦钙塑板的整体承压性能,优于其他成形温度下的承压性能。

3.3 单瓦钙塑板与 3,4,5 层瓦楞纸板的对比

3,4,5 层瓦楞纸板的实测数据见表 2。在成形温度为 130 ℃,成形速度为 3.5 m/min 的情况下,测定单瓦钙塑板的平压强度,选择所有测量值的平均值 287 kPa。

表 2 瓦楞纸板实验数据

Tab. 2 Experimental data for the corrugated board

	瓦楞纸板平压强度/kPa	定量/(g · m ⁻²)
3 层瓦楞纸板	45	7169
4 层瓦楞纸板	124	8810
5 层瓦楞纸板	383	11 980
单瓦钙塑板	247	830

从表 2 可以看出,与 5 层瓦楞纸板相比,单瓦钙塑板的平压强度远小于 5 层瓦楞纸板的平压强度,究其原因,主要是由纸板的内部瓦楞受力情况决定的。对于单瓦钙塑板,当受到一定的平压力时,同一个区域起支撑作用的瓦楞个数远远小于 5 层瓦楞纸板。

与 3,4 层瓦楞纸板相比,单瓦钙塑板的平压强度超出 3 层瓦楞纸板 202 kPa;超出 4 层瓦楞纸板 123 kPa。

4 结语

实验研究了钙塑瓦楞成形温度和速度对单瓦钙塑板平压强度的影响,可得以下几点结论:随着钙塑瓦楞成形速度的增加,单瓦钙塑板的平压强度呈现先骤增后缓增的趋势;随着钙塑瓦楞成形温度的增加,单瓦钙塑板的平压强度总体呈减小趋势,但达到一定值后不再减小;130 ℃ 时制成的钙塑瓦楞所复合的单瓦钙塑板,整体承压性能优于其他温度制成的钙塑瓦楞复合的单瓦钙塑板;单瓦钙塑板完全可以代替 3 层或 4 层瓦楞纸板,可以节约生产成本。研究数据对单瓦钙塑板在包装行业的推广应用有一定的参考价值。

参考文献:

[1] 冯军,高德. 单瓦钙塑板性能的实验研究[J]. 包装工程, 2013,34(11):43—45.
FENG Jun, GAO De. Study on Properties of the Calcium Plastic Composite Corrugated Board[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(11): 43—45.

[2] 王冬梅. 瓦楞复合材料静态压缩吸能性能研究[J]. 包装工程, 2007,28(12):71—73.
WANG Dong-mei. Static Compression and Energy Absorption Properties of Corrugated Composites[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(12): 71—73.

[3] 孙颜,颜荣森. 钙塑-纸复合瓦楞板及其制造方法:中国, 1215783A[P].
SUN Yan, YAN Rong-sen. Calcium Plastic-paper Composite Corrugated Board and Its Manufacturing Methods: China, 1215783A[P].

[4] JARIMOPAS B, SINGH S P. Measurement and Analysis of Truck Transport Vibration Levels and Damage to Packaged Tangerines during Transit[J]. Packaging Technology and Science, 2005, 18(4): 179—188.

[5] CHONHENCHOB V, SINGH S P. Packaging Performance Comparison for Distribution and Export of Papaya Fruit [J]. Packaging Technology and Science, 2005, 18(2): 125—131.

[6] CHONHENCHOB V, KAMHANGWONG D. Comparison of Reusable and Single-use Plastic and Paper Shipping Containers for Distribution of Fresh Pineapples[J]. Packaging Technology and Science, 2008, 21(2): 73—83.

- mination of Trace Formaldehyde Dissolving from Disposable Tableware and Beverage Containers[J]. Science and Technology of Food Industry, 2012, 33(8): 49—51.
- [9] 王成云, 钟声扬, 李泳涛, 等. 一次性纸杯浸泡液中痕量甲醛的柱前衍生/超高效液相色谱法测定[J]. 广东化工, 2011, 38(2): 161—163.
- WANG Cheng-yun, ZHONG Sheng-yang, LI Yong-tao, et al. Determination of the Leached Trace Formaldehyde in Disposable Paper Cups by Pre-column Derivation/Ultra Performance Liquid Chromatograph[J]. Guangdong Chemical Industry, 2011, 38(2): 161—163.
- [10] 张伟来. 甲醛的检测方法及相关进展[J]. 中国医药科学, 2012, 2(13): 45—46, 56.
- ZHANG Wei-lai. Research Progress in Analysis Methods for Formaldehyde[J]. China Medicine and Pharmacy, 2012, 2(13): 45—46, 56.
- [11] 姜欢, 商贵芹, 陈智栋, 等. 脲醛树脂制品中甲醛在食品模拟物中迁移的规律[J]. 食品与机械, 2013, 29(2): 73—76.
- JIANG Huan, SHANG Gui-qin, CHEN Zhi-dong, et al. Research on Migration Rules of Urea Formaldehyde in Food Simulants[J]. Food & Machinery, 2013, 29(2): 73—76.
- [12] 吴鸿伟. 分光光度法测一次性纸杯浸泡液中残留甲醛的含量[J]. 枣庄学院学报, 2010, 27(5): 72—76.
- WU Hong-wei. Determination of Residual Formaldehyde Content of Disposable Paper Cups in Soaking Solution by Spectrophotometric Method[J]. Journal of Zaozhuang University, 2010, 27(5): 72—76.
- [13] 黄海, 罗炬, 黄育英. 牙签中甲醛的测定方法和结果分析[J]. 中国卫生检验杂志, 2010, 20(12): 3538—3539.
- HUANG Hai, LUO Ju, HUANG Yu-ying. Measuring Method and Results Analysis of Formaldehyde in the Toothpick[J]. Chinese Journal of Health Laboratory Technology, 2010, 20(12): 3538—3539.
- [14] 张跃东. 牙膏中甲醛含量测定方法探讨[J]. 辽宁化工, 2013, 42(3): 318—319, 322.
- ZHANG Yue-dong. Discussion on Methods of Formaldehyde Content Determination in Toothpaste[J]. Liaoning Chemical Industry, 2013, 42(3): 318—319, 322.
- [15] 张以春. 测定蔬菜中的甲醛的乙酰丙酮分光光度法[J]. 职业与健康, 2012, 28(24): 3094—3096.
- ZHANG Yi-chun. Determination of Formaldehyde in Vegetables by Acetylacetone Spectrophotometry[J]. Occupation and Health, 2012, 28(24): 3094—3096.
-
- (上接第9页)
- [7] 卢富德, 高德. C 楞瓦楞纸板动态缓冲模型及应用[J]. 功能材料, 2012, 33(1): 39—41.
- LU Fu-de, GAO De. Cushion Model and Its Application of C-flute Corrugated Paper Board[J]. Journal of Functional Materials, 2012, 33(1): 39—41.
- [8] ZHANG J, KIKUCHI N, LI V, et al. Constitutive Modeling of Polymeric Foam Material Subjected to Dynamic Crash Loading[J]. International Journal of Impact Engineering, 1988, 21(5): 369—286.
- [9] AVALLE M, BELINGARDI G, IBBA A. Mechanical Models of Cellular Solids: Parameters Identification from Experimental Tests[J]. International Journal of Impact Engineering, 1988, 21(5): 369—286.
- [10] JEONG K Y, CHON S S, MUNSHI M B. A Constitutive Model for Polyurethane Foam with Strain Rate Sensitivity[J]. International Journal of Impact Engineering, 2012, 26(7): 2033—2038.
- [11] YANG L M, SHIM V P W. Avisco-hyperelastic Constitutive Description of Elastomeric Foam[J]. International Journal of Impact Engineering, 2004, 30(8/9): 1099—1110.
- [12] POURIAYEVALI H, GUO Y B, SHIM V P W. A Constitutive Description of Elastomer Behavior at High Strain Rates: a Strain-dependent Relaxation Time Approach[J]. International Journal of Impact Engineering, 2012, 47(9): 71—78.
- [13] 刘昌浆, 吴述杨. 塑料几种耐热性能关系的探讨[J]. 化工新型材料, 1983(6): 25—31.
- LIU Chang-jiang, WU Shu-yang. Several Plastic Relationship between Heat Resistance[J]. New Chemical Materials, 1983(6): 25—31.
- [14] 董辰辉, 彭雪峰. MATLAB 全程指南[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009.
- DONG Chen-hui, PENG Xue-feng. MATLAB Full Guide[M]. Beijing: Electronics Industry Press, 2009.
- [15] GB 8168—87, 包装用缓冲材料静态压缩试验方法[S]. GB 8168—87, Testing Method of Static Compression for Package Cushioning Materials[S].
- [16] GB/T 4857.2—2005, 包装温湿度调节处理进行预处理环境处理[S]. GB/T 4857.2—2005, Packaging Temperature and Humidity Conditioning Pretreatment Processing Environment[S].