

## 单瓦楞钙塑纸板强度与电晕功率关系的实验研究

奚雯<sup>1</sup>, 樊令强<sup>2</sup>, 舞剑锋<sup>3</sup>, 何军乐<sup>3</sup>

(1. 浙江省钱塘江管理局勘测设计院, 杭州 310016; 2. 天津市天锻压力机有限公司, 天津 300142;  
3. 浙江大学宁波理工学院, 宁波 315100)

**摘要:** **目的** 研究电晕功率对单瓦楞钙塑纸板性能的影响。 **方法** 通过实验方法对经不同电晕功率(30, 60, 90, 120, 150 W)处理后生产的单瓦楞钙塑纸板的剥离强度、平压强度和戳穿强度进行研究。 **结果** 在仅考虑电晕功率影响的条件下, 单瓦楞钙塑纸板在功率为60 W时剥离强度取得最大值319.5 N。不同功率下, 平压应力-应变变化趋势相似, 在功率为90 W时应力取得最大值0.316 MPa。在功率为90 W时, 戳穿强度取得最大值12.57 J。 **结论** 通过对实验数据进行拟合, 得出单瓦楞钙塑纸板的剥离强度、平压强度和戳穿强度随电晕功率的增加呈先增加后降低的趋势, 并且分别在电晕功率为86.7, 92.692, 89.5 W时取得最大值。

**关键词:** 钙塑瓦楞纸板; 电晕处理; 剥离强度; 平压强度; 戳穿强度

**中图分类号:** TB484.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2014)23-0079-05

## Experimental Study on the Relationship of Single-corrugated Plastic Board Strength and the Corona Power

XI Wen<sup>1</sup>, FAN Ling-qiang<sup>2</sup>, WU Jian-feng<sup>3</sup>, HE Jun-le<sup>3</sup>

(1. Zhejiang Qian Tang River Management Bureau Survey Design Institute, Hangzhou 310016, China;  
2. Tianjin City Tianduan Press Ltd., Tianjin 300142, China;  
3. Ningbo Institute of Technology, Zhejiang University, Ningbo 315100, China)

**ABSTRACT:** **Objective** To study the effects of corona power on the properties of single-corrugated calcium plastic board. **Methods** The peel strength, compression strength and puncture strength of single-corrugated calcium plastic board produced after treatment with different corona power (30, 60, 90, 120, 150 W) were studied through experimental methods. **Results** When only considering the influence of corona power, the single-corrugated calcium plastic board achieved the maximum peel strength of 319.5 N when the corona power was 60 W. The flat compression stress-strain showed similar trends under different power. When the power was 90 W, the maximum stress value of 0.316 MPa was achieved, and the maximum puncture strength was 12.57 J. **Conclusion** By fitting the experimental data, it was concluded that the peel strength, compression strength and puncture strength of single-corrugated calcium plastic board first increased and then decreased with the increasing electric power, and the maxima were obtained when the corona power was 86.7, 92.692 and 89.5 W, respectively.

**KEY WORDS:** calcium plastic corrugated cardboard; corona treatment; peel strength; compression strength; puncture strength

收稿日期: 2014-05-19

基金项目: “十二五”科技支撑项目(2011BAD24B01)

作者简介: 奚雯(1967—), 女, 浙江人, 工程师, 主要从事包装机械。

通讯作者: 樊令强(1986—), 男, 山东人, 硕士, 主要从事包装机械。

普通瓦楞纸板存在防水差、防湿差、隔气差、抗压强度低、纸用量大、成本高等问题,由此,研究新型包装材料迫在眉睫。郭彦峰<sup>[1]</sup>等人采用双瓦楞纸板作为衬垫,并进行了动态缓冲特性的研究。王冬梅<sup>[2]</sup>、贺丹华<sup>[3]</sup>等人采用蜂窝和纸板复合生产,并进行了缓冲性能的研究。针对纸板强度不足和降低生产成本的问题,越来越多的人开始研究钙塑纸板。崔玉梅<sup>[4]</sup>、熊慧文<sup>[5]</sup>等人从钙塑瓦楞纸板生产原料和生产工艺上进行了研究,指出生产的钙塑瓦楞纸板符合国家标准(GB/T 6980—80),并大大降低了生产成本。以上的研究只是针对单一包装材料的研究,无法满足新型包装材料的要求,为此,高德、许文才<sup>[6-9]</sup>等人对利用普通牛皮纸和钙塑瓦楞生产的钙塑瓦楞复合纸板的生产工艺和性能进行了研究,研究表明单瓦楞钙塑复合纸板的平压强度、边压强度和戳穿强度均优于5层瓦楞纸板。但钙塑材料是高分子有机化合物,结晶度高,分子结构具有非极性特征,同时在钙塑材料表面易形成油污,降低其黏合性,导致面纸与钙塑瓦楞纸粘结力不够。

基于上述原因,文中通过实验方法,分析经不同电晕功率处理<sup>[10]</sup>的钙塑片材制备的单瓦楞钙塑纸板的剥离强度<sup>[11]</sup>、平压强度和戳穿强度,研究电晕功率对单瓦楞钙塑纸板性能的影响,为单瓦楞钙塑纸板的生產提供依据。

## 1 单瓦楞钙塑纸板的制备

### 1.1 材料

实验材料:HDPE(DMDA-8008),中国石油天然气股份有限公司独山子石化分公司;工业沉淀CaCO<sub>3</sub>(HG/T22262000),浙江常山金雄有限公司;水基胶(DT-32A),广州德太胶粘剂有限公司;普通牛皮纸,定量为200 g/m<sup>2</sup>。

### 1.2 仪器与设备

实验仪器与设备:HSJP-110A型塑料片材生产线,浙江宏华机械塑胶有限公司;RY-CTY系列电晕处理机,浙江省瑞安市瑞昱工控仪器厂;DRN98-1型钙塑瓦楞热粘合机组,常州市弗雷德机械制造有限公司。

## 1.3 材料制备

### 1.3.1 钙塑片材的制备

钙塑片材是由HDPE和CaCO<sub>3</sub>按质量比5:5均匀混合,通过HSJP-110A型塑料片材生产线加热、挤出、压延、裁切而成,经测定,钙塑片材定量为236 g/m<sup>2</sup>,幅宽为75 mm。

### 1.3.2 钙塑片材的电晕处理

将钙塑片材在RY-CTY系列电晕处理机上进行双面电晕处理,电晕处理机通入高频高压电,通过电晕放电,产生细小密集的紫蓝色火花,空气中电离产生的各种等离子在强电场的作用下冲击通过电晕处理机的钙塑片材,使其表面分子化学键断裂而降解,增大表面粗糙度。电晕处理时,还会产生臭氧,使其表面氧化产生羰基化合物和过氧化物,同时还可去除材料表面油污、水汽和尘垢。通过上述物理和化学改性后,可明显改善钙塑片材表面的润湿性和附着性。经测定,电晕处理速度为6 m/min,电晕功率选定为30,60,90,120,150 W。

### 1.3.3 单瓦楞钙塑纸板的制备

电晕处理后的钙塑片材在相同生产温度和速度的条件下,经钙塑瓦楞热粘合机组生产钙塑瓦楞,然后与牛皮纸通过水溶性纸塑胶黏合、烘干、裁切,生产出实验所需的单瓦楞钙塑纸板,并分成1—5组。经测定,单瓦楞钙塑纸板定量为865 g/m<sup>2</sup>,厚度为5 mm。

## 2 剥离强度测试与分析

在每组单瓦楞钙塑纸板中分别切取10块25 mm×80 mm的试样,保证瓦楞方向与短边的方向一致。按照GB/T 10739对试样进行温湿度处理,然后依据GB/T 6548—1998对试样进行剥离强度测定。测试时首先针式件均匀插入瓦楞孔隙间,并装入剥离架,然后放置在压缩试验仪下压板的中心位置,开动压缩试验仪,以12.5 mm/min的速度对试样进行剥离测试,直至楞峰与面纸完全分离。记录每组实验数据,并对同一组求其平均值。单瓦楞钙塑纸板剥离强度实验结果见表1。

通过实验数据的采集,利用Matlab数据分析软件对其进行拟合,得:

$$F=-0.0242 W^2+4.2W+114.35 \quad (1)$$

表1 单瓦楞钙塑纸板剥离强度实验数据

Tab.1 Peeling strength test data of single-corrugated plastic cardboard

| 电晕功率/W | 剥离强度/N |        |
|--------|--------|--------|
|        | 最大值    | 平均值    |
| 30     | 226    | 197.75 |
| 60     | 338    | 319.5  |
| 90     | 313    | 301.25 |
| 120    | 254    | 224    |
| 150    | 254    | 223    |

对方程进行曲线拟合得到单瓦楞钙塑纸板剥离强度变化曲线见图1。

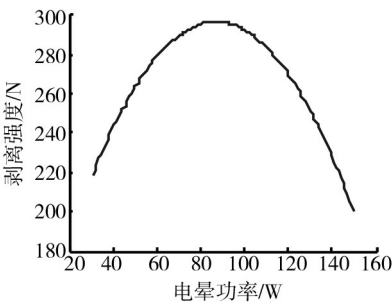


图1 电晕功率对单瓦楞钙塑纸板剥离强度的影响

Fig.1 Influence of corona power on the peeling strength of single-corrugated calcium plastic cardboard

从表1和图1可得,仅考虑电晕处理功率对单瓦楞钙塑纸板剥离强度的影响时,剥离强度会随着处理功率的增加呈先增大后降低的趋势,并在电晕功率为86.7 W时,取得最大值为296.5802 N。

单瓦楞钙塑纸板的剥离强度和钙塑材料表面性质有密切关系<sup>[12-14]</sup>,钙塑材料作为一种高分子有机化合物,结晶度高,分子结构具有非极性特征,同时在钙塑材料表面易形成油污,降低其黏合性。而电晕处理对钙塑纸进行电冲击,使其表面起毛,增大粗糙度,在进行黏合时,胶粘剂会渗透进被拉毛的凹沟内,增强纸板的物理黏合性。同时在进行电晕处理时,空气中的氧产生电离形成臭氧,有利于祛除钙塑材料表面的油污,并对钙塑材料进行氧化,增大分子间的极性,提高表面张力,增强对胶粘剂的亲和力,提高黏合强度。随着电晕处理强度的增加,钙塑纸受到的电冲击程度越强,氧化程度越高,黏合力越大,所以在对钙塑表面进行电晕处理时呈增长趋势。随着电晕处理功率的增加,纸板的剥离逐渐由

纸板黏合点的剥离过渡到面纸的撕裂,所以当电晕处理功率高于86.7 W时,单瓦楞钙塑纸板的剥离强度呈降低趋势。

3 平压强度测试与分析

3.1 材料的变形现象

在每组试样中利用平压试样取样刀切取面积为64.5 cm<sup>2</sup>的实验试样,按照GB/T 10739对试样进行温湿度处理,然后放在下压板的中心,开动试验仪,使上压板以12.5 mm/min的速度向下运动,直至瓦楞被压溃,记录瓦楞被压溃前试样承受的最大压力。从实验现象可得,单瓦楞钙塑纸板平压变化过程<sup>[15]</sup>见图2,变形实物见图3。

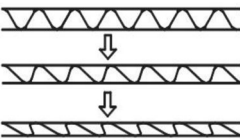


图2 单瓦楞钙塑纸板平压变形过程

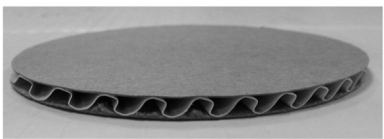


图3 单瓦楞钙塑纸板平压变形实物

Fig.2 Flat compression deformation process of single-corrugated plastic board

Fig.3 Physical image of single-corrugated plastic board flat compression deformation

3.2 应力-应变曲线分析

利用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),对经不同电晕功率处理的单瓦楞钙塑纸板的平压强度进行测试,其实验结果见图4。

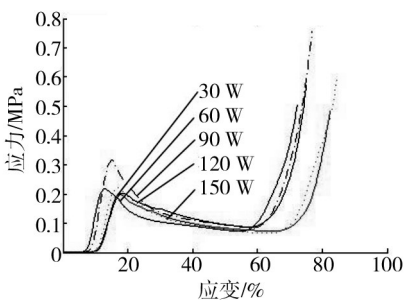


图4 单瓦楞钙塑纸板平压应力-应变曲线

Fig.4 Flat compressive stress-strain curves of single-corrugated plastic board

由图4可知,在不同电晕功率处理条件下,单瓦楞钙塑纸板平压应力-应变变化趋势相似,在变形的初级阶段都经过一段近似弹性变形的过程,这一阶段纸板的变形为均匀变形,然后再经过屈服阶段、应变软化阶段、发展大变形阶段和应变硬化阶段。同时还可以看出,随着电晕功率的增加,单瓦楞钙塑纸板所承受的最大应力呈先增加后降低的趋势,并且在90 W时取得最大值,30 W和120 W时最大承受能力基本相同,60 W和150 W时最大承受能力基本相同。

对不同电晕功率处理下的单瓦楞钙塑纸板所承受的最大应力进行数据拟合,得:

$$\sigma = -0.0167 W^2 + 3.0959 W + 117.8477 \quad (2)$$

式(2)的拟合曲线见图5。由图5可知,单瓦楞钙塑纸板承受最大平压强度的能力随着电晕功率的增加呈先增加后降低的趋势,并在电晕功率为92.692 W时,取得最大值261.3281 kPa。

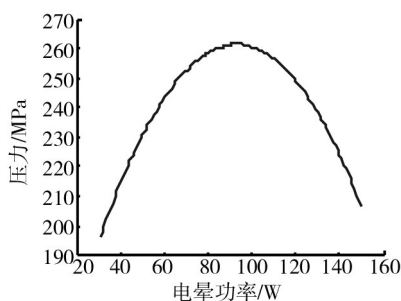


图5 电晕功率对单瓦楞钙塑纸板最大承受性能的影响

Fig.5 Effect of corona power on the maximum bear performance of single-corrugated calcium plastic board

#### 4 戳穿强度测试与分析

在每组试样中切取175 mm × 175 mm的试样8张,按照GB/T 10739对其进行温湿度处理,然后按照GB/T 2679.7—2005对其进行戳穿强度实验。实验前调节摆锤平衡、指针零点、校准指针摩擦阻力、摆锤摩擦阻力和防摩擦套环阻力,选择合适的砝码,将带测试样夹在上、下夹板之间,然后打开释放保险,释放摆锤,使戳穿头穿过试样,读取测试结果,并求其平均值,结果见表2。

由表2可知,仅考虑电晕功率对单瓦楞钙塑纸板戳穿强度的影响时,单瓦楞钙塑纸板戳穿强度随电晕功率的增加呈先增加后降低的趋势,这是因为随着电

晕功率的增加,钙塑芯纸和面纸的黏合强度得到提高,增强了纸板整体的承受能力,但当电晕功率高于一定值时,钙塑纸表面会出现被击穿的现象,在相同的生产条件下,生产出的钙塑芯纸变薄,并伴有凹沟出现,在一定程度上降低了纸板的戳穿强度。由戳穿强度平均值可得,在电晕功率为90 W左右时,单瓦楞钙塑纸板的戳穿强度最大。

表2 单瓦楞钙塑纸板戳穿强度实验数据

Tab.2 Strength test data of single-corrugated plastic board

| 电晕功率/W | 戳穿强度/J |       |
|--------|--------|-------|
|        | 最大值    | 平均值   |
| 30     | 10.27  | 10.23 |
| 60     | 12.45  | 12.16 |
| 90     | 12.62  | 12.57 |
| 120    | 12.36  | 10.84 |
| 150    | 11.15  | 10.65 |

通过实验数据的采集,利用Matlab数据分析软件对戳穿强度平均值进行数据拟合,得:

$$Q = -0.0005 W^2 + 0.0895 W + 8.2440 \quad (3)$$

式(3)的拟合曲线见图6。由图6可知,单瓦楞钙塑纸板戳穿强度随纸板电晕功率的增加呈先增大后减小的趋势,并在电晕功率为89.5 W时,取得最大值为12.2490 J。

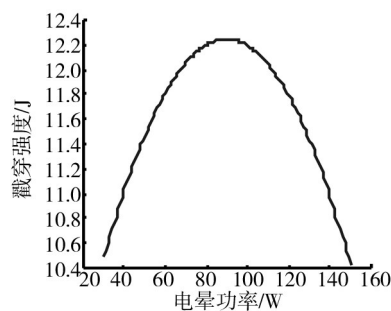


图6 电晕功率对单瓦楞钙塑纸板戳穿强度的影响

Fig.6 Effect of corona power on the strength of single-corrugated calcium plastic board

#### 5 结语

文中通过实验方法研究了电晕功率和单瓦楞钙塑纸板性能的关系,结果表明,仅考虑电晕处理功率对纸板性能的影响时,单瓦楞钙塑纸板的剥离强度、最大承受应力和戳穿强度,随电晕功率的增加呈先增

加后降低的趋势,并在电晕功率为 86.7, 92.692, 89.5 W 时分别取得最大值。电晕处理可提高单瓦楞钙塑纸板的性能,指出电晕处理的必要性,为单瓦楞钙塑纸板的生产提供一定的参考依据。

### 参考文献:

- [1] 郭彦峰,付云岗,马宴苹. 折叠型双瓦楞纸板衬垫动态缓冲特性的试验研究[J]. 包装工程, 2008, 29(2): 1—3.  
GUO Yan-feng, FU Yun-gang, MA Yan-ping. Experimental Research on Dynamic Cushioning Property of Folded-type Double-wall Corrugated Paperboard Cushion[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(2): 1—3.
- [2] 王冬梅. 蜂窝纸板压缩破坏机理研究[J]. 包装工程, 2006, 27(1): 37—39.  
WANG Dong-mei. Compression Breakage Properties Research on the Honeycomb Fibreboard[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(1): 37—39.
- [3] 贺丹华,王双飞,黄崇杏,等. 蜂窝/E形瓦楞复合纸板的缓冲特性的研究[J]. 包装工程, 2008, 29(2): 15—16.  
HE Dan-hua, WANG Shuang-fei, HUANG Chong-xing, et al. Research on the Cushion Properties of Honeycomb/E Corrugated Composite Cardboard[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(2): 15—16.
- [4] 崔玉琴,石莲. 挤出成型生产钙塑瓦楞纸板[J]. 塑料科技, 2001(2): 33—34.  
CUI Yu-qin, SHI Lian. Calcium Plastic Corrugated Board Production by Means of Extrusion[J]. Plastics & Technology, 2001(2): 33—34.
- [5] 熊慧文,孙剑. 钙塑瓦楞板及其生产方法: 中国, CN102700213A[P]. 2012-06-07.  
XIONG Hui-wen, SUN Jian. Calcium Plastic Corrugated Board and Production Methods: China, CN102700213A [P]. 2012-06-07.
- [6] WANG Zhao-xia, GAO De, XU Wen-cai. Effects of Coupling Agents on the Mechanical Properties of Calcium Carbonate-plastic Composite Packaging Materials[J]. Applied Mechanics and Materials, 2012, 200: 321—324.
- [7] 王召霞,许文才,高德,等. 钙塑双螺杆挤出机工作参数对片材拉伸强度影响研究[J]. 包装工程, 2012, 33(13): 1—4.  
WANG Zhao-xia, XU Wen-cai, GAO De, et al. Research on Effect of Operating Parameters of Calcium Carbonate-plastic Twin-screw Extruder on Tensile Strength of Sheet Material[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(13): 1—4.
- [8] ALBANO C, ICHAZO M. Effects of Coupling Agents on Mechanical and Morphological Behavior of the PP/HDPE Blend with Two Different  $\text{CaCO}_3$ [J]. European Polymer Journal, 2002, 38: 2465—2475.
- [9] 冯军,高德. 单瓦楞钙塑板性能的实验研究[J]. 包装工程, 2013, 34(11): 43—45.  
FENG Jun, GAO De. Experimental Study on Properties of Calcium Plastic Composite Corrugated Board[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(11): 43—45.
- [10] 何伟德. 浅谈电晕处理工艺[J]. 塑料, 2000, 29(2): 42—43.  
HE Wei-de. Discussion on the Corona Treatment[J]. Plastic, 2000, 29(2): 42—43.
- [11] 王斌,金志浩,丘哲明,等. 电晕处理对高性能PBO纤维的表面性能及其界面粘接性能的影响[J]. 复合材料学报, 2003, 20(4): 101—106.  
WANG Bin, JIN Zhi-hao, QIU Zhe-ming, et al. Effect Corona Treatment on the Surface and Interfacial Adhesion Properties of High Performance Poly (PBO) Fibre[J]. Acta Materiae Compositae Sinica, 2003, 20(4): 101—106.
- [12] PRIORYL R, CECHE V, BALKOVA R, et al. Functional Interlayers in Multiphase Materials[J]. Surface and Coatings Technology, 2003, 174(1): 858—862.
- [13] 戚东涛,陶继志,王秀云. 电晕处理对超高分子量聚乙烯纤维表面性能的影响[J]. 材料科学与工艺, 2006, 14(5): 535—537.  
QI Dong-tao, TAO Ji-zhi, WANG Xiu-yun. Effect of Corona Discharge Treatment on the Surface Properties of Ultra-high Molecular Weight Polyethylene Fiber[J]. Materials Science & Technology, 2006, 14(5): 535—537.
- [14] PAN Z W, DAI Z R, WANG Z L. Nanobelts of Semiconducting Oxides[J]. Science, 2001, 291(5510): 1947—1949.
- [15] WANG Dong-mei. Cushioning Properties of Multi-layer Corrugated Sandwich Structures[J]. Journal of Sandwich Structures and Materials, 2009, 11(1): 57—66.

(上接第73页)

Raman Spectra of Oriented Isotactic Polypropylene[J]. Spectrochim Acta Part A, 1995, 51(12): 2117—2124.

[15] 杨迎春,管自生,冯文辉,等. 激光刻蚀 sol-gel  $\text{TiO}_2$  薄膜的

浸润性研究[J]. 化学学报, 2002(10): 1773—1777.

YANG Ying-chun, GUAN zi-sheng, FENG Wen-hui, et al. The Infiltration of Laser Etching of Sol-gel  $\text{TiO}_2$  Thin Films on [J]. Chemical Journal, 2002(10): 1773—1777.