

# 稻草纤维复合缓冲材料成型工艺研究

陈利科<sup>1</sup>, 张钦发<sup>2</sup>, 雷张峰<sup>1</sup>, 王艳辉<sup>1</sup>, 董信良<sup>3</sup>

(1. 深圳市美盈森环保科技股份有限公司, 深圳 518107; 2. 华南农业大学, 广州 510640; 3. 艾默生网络能源有限公司, 深圳 518057)

**摘要:** 以稻草纤维为主要原料, 采用稻草粒(粗)与细稻草纤维相混合, 以聚乙烯醇、脲醛、淀粉为粘合剂, 采用2段加压加热成型工艺, 研究了成型工艺条件对稻草纤维材料性能的影响。研究表明, 第1段成型压力、温度和时间对材料的性能有较大的影响; 提高成型压力、温度和时间虽然可以提高材料的强度, 但会降低材料的缓冲性能, 而压力和时间不足也会降低材料的强度; 较适宜的成型压力为40~50 kPa, 温度为150~175 ℃, 成型时间为6~10 min。

**关键词:** 稻草; 包装材料; 成型工艺

**中图分类号:** TB484.6; TB485.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)21-0011-04

## Study on Molding Technology of Straw Fiber Composite Cushion Material

CHEN Li-ke<sup>1</sup>, ZHANG Qin-fa<sup>2</sup>, LEI Zhang-feng<sup>1</sup>, WANG Yan-hui<sup>1</sup>, DONG Xin-liang<sup>3</sup>

(1. Shenzhen MYS Environmental Protection & Technology Co., Ltd., Shenzhen 518107, China; 2. South China Agricultural University, Guangzhou 510640, China; 3. Emerson Network Power Co., Ltd., Shenzhen 518057, China)

**Abstract:** Straw fiber-material was prepared using mixture of particles and acerosed straw fiber as raw material, mixture of polyvinyl alcohol (PVA), urea-formaldehyde resin (UF), and starch as bond, with two stages pressing and heating processes. The influence of molding technology on physical and mechanical properties of straw fiber-material was studied. Result showed that molding pressure, molding temperature and molding time in the first stage have great influence on compressive stress and cushioning propriety of the material; increasing molding pressure, temperature, and molding time can enhance the strength, but reduce the cushioning performance of the material; lacking of molding pressure and molding time can also reduce the strength of the material; the appropriate molding pressure is 40~50 kPa, molding temperature is 150~175 ℃, and molding time 6~10 min.

**Key words:** straw fiber; packaging material; molding technology

我国是个农业大国, 使我国成为秸秆资源最为丰富的国家之一, 年生产6.4亿多吨的秸秆, 占世界秸秆总量的1/3, 主要以稻秸、玉米秸和麦秸为主, 约占秸秆总资源量的76%, 秸秆产量最大的是稻秸(稻草), 年生产量约2亿t, 约占总秸秆产量的30%以上, 主要分布于湖南、湖北、广东、广西、江苏、江西、浙江、安徽、四川等省<sup>[1]</sup>。秸秆资源将成为我国可持续性发展的资源之一, 它将成为我国经济发展的资源

主力军。稻草桔杆由于价格低廉、密度小、模量和拉伸强度大, 且具有生物降解性和可再制造性, 被广泛应用于造纸、建材等领域, 特别是用于替代泡沫塑料作为包装缓冲材料方面, 具有很好的应用前景。近年来国内在用玉米秸秆制备纤维缓冲材料工艺方面进行了一些研究<sup>[1-7]</sup>, 而对稻草纤维制备包装缓冲材料, 特别是稻草的粒径及组成对材料性能的影响研究较少。笔者以稻草桔杆为原料, 经过预处理, 添加高

**收稿日期:** 2011-09-15

**基金项目:** 深圳市科技计划项目(JSA200903231491A)

**作者简介:** 陈利科(1976—), 男, 深圳美盈森环保科技股份有限公司技术部经理, 主要从事包装技术研发。

聚物作为粘合剂,制备缓冲包装材料,研究成型工艺对纤维材料力学性能的影响。

## 1 实验

### 1.1 原料

稻草秸秆:南农业大学大丰试验田稻草;聚乙烯醇粘合剂:12.5%聚乙烯醇溶液;脲醛树脂:合成制备,固含量35%。

### 1.2 方法与仪器

按 GB/T 8168—2008 包装用缓冲材料静态压缩试验方法,分别采用千分游标卡尺、0.01 g 天平和精度为 0.1 N 的万能材料试验机(OM-999,东莞奥兰仪器有限公司)分别测量材料的厚度( $d$ )、密度  $\rho$ 、 $\sigma$ - $\epsilon$  曲线,得出  $\epsilon=10\%$  时的压缩强度。

根据材料的压缩强度( $F$ )与变形( $X$ )曲线,再根据  $F$ - $X$  曲线方程计算得到静态缓冲系数( $C$ )值,最后作出应力( $\sigma_m$ )与静态缓冲系数( $C$ )的关系曲线,求出最小静态缓冲系数  $C_{\min}$  [8]。

### 1.3 工艺流程

1) 纤维切碎工艺:把稻草秆切成 5~8 mm 的秸秆颗粒,部分被粉碎成  $\phi 0.1\text{ mm} \times 5\text{ mm}$  细稻草纤维,把秸秆颗粒与细稻草纤维按 2:1 的质量比均匀混合成混合纤维。

2) 纤维表面处理工艺:混合纤维在室温下用 3% 的 NaOH 水溶液浸泡 10 min 后,过滤烘干备用。

3) 混合:向表面处理后的混合纤维中加入聚合物等然后混匀。

4) 成型:将混合均匀的物料加入到模具,加压、加热成型。

## 2 结果与分析

材料成型分 2 次加压、加热成型,第 1 次加压( $p_1$ )成型主要是使纤维与胶粘剂有较好的接触粘合,并形成良好的发泡,再降低压力( $p_2$ ),使材料中的孔隙膨胀扩大,降低材料的密度,并进一步使粘合剂固化成型,因此第 1 次加压成型是成型工艺的关键。

称取 100 g 表面处理后的混合纤维,并加入聚乙烯醇、脲醛树脂、淀粉(质量比为 70:18:10)128 g 及 EPS 15 g,按图 1 工艺流程进行成型,测定不同成型压力条件下所制备材料的力学性能和缓冲性能。

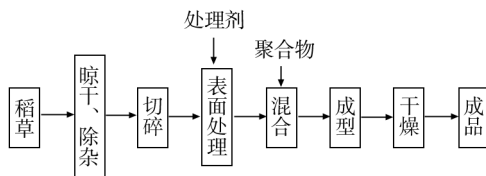


图 1 稻草纤维材料制备工艺流程

Fig. 1 Flow chart of preparing straw fiber materials

### 2.1 成型压力 $p_1$ 对材料性能的影响

材料成型必须施加一定的压力,使纤维与纤维有较好的粘合,从而可增加材料的强度,特别是第 1 段加压,其主要作用是纤维间的粘合,从而使纤维形成相互间的连接,给纤维材料间的空隙提高强度保证。当  $T=175\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $t_1=8\text{ min}$ ;  $p_2=30\text{ kPa}$ ,  $t_2=35\text{ min}$  条件下,不同的第 1 段压力条件下成型的材料性能见图 2—4。

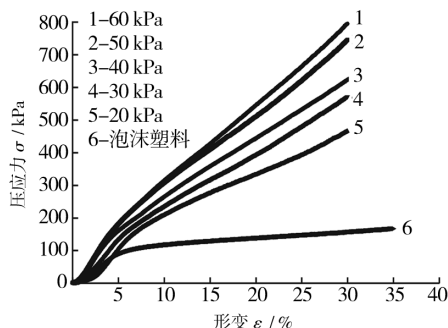


图 2 不同成型压力  $p_1$  条件下的  $\sigma$ - $\epsilon$  曲线

Fig. 2 Compressive stress strain curves( $\sigma$ - $\epsilon$ ) of material molded at various molding pressures( $p_1$ )

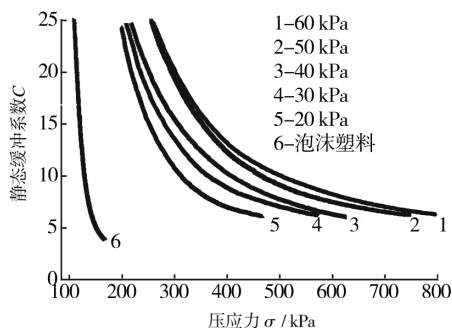


图 3 不同成型压力  $p_1$  条件下的  $C$ - $\sigma$  曲线

Fig. 3 Plot of cushioning coefficient ( $C$ ) vs. compressive stress ( $\sigma$ ) of the material molded at various molding pressures ( $p_1$ )

图 2—4 表明,随着第 1 段压力的增加,材料的抗压强度增加,静态缓冲系也下降,缓冲性能增加。这

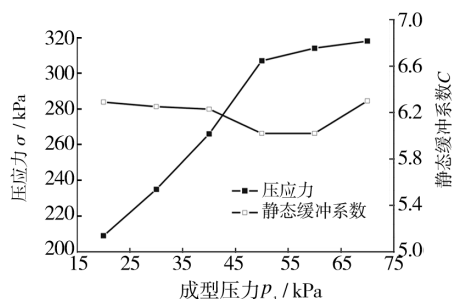
图4 成型压力  $p_1$  与  $\sigma$  和  $C$  的关系

Fig. 4 Plot of compressive stress ( $\sigma$ ) and cushioning coefficient ( $C$ ) vs. molding pressures ( $p_1$ )

是由于压力的增加可以增加纤维间的粘合,提高纤维材料强度和孔隙强度,从而提高材料的压应力和缓冲性能;但压力过大,也会降低材料的孔隙率以及破坏稻草颗粒的中空结构,降低缓冲性能。

结果表明,成型压力为 40~60 kPa 较为适宜。

## 2.2 成型温度 $T_1$ 对材料性能的影响

稻草纤维复合材料是在一定的压力和温度条件下成型的,压力保证纤维、粘合剂紧密接触,以取得较强的粘合强度,而温度保证粘合剂快速固化。只有当材料中的纤维与粘合剂有良好的接触,同时较好地固化,才能确保材料具有高的粘合强度,从而使材料具有良好的抗压强度。同时温度也是产生材料中良好发泡的重要因素。当  $P_1 = 50$  kPa,  $t_1 = 8$  min;  $P_2 = 30$  kPa,  $T_2 = 175$  °C,  $t_2 = 35$  min 条件下,不同的第 1 段成型温度条件下成型的材料性能见图 5—7。

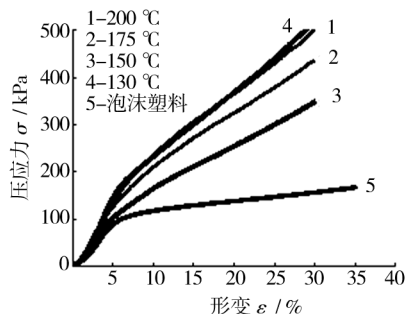
图5 不同成型温度  $T_1$  条件下的  $\sigma$ - $\epsilon$  曲线

Fig. 5 compressive stress strain curves ( $\sigma$ - $\epsilon$ ) of material molded at various molding temperature ( $T_1$ )

从图 5—7 可知,第 1 次成型温度对材料的强度和缓冲性能有较大的影响。温度太高和太低虽然都可以提高材料的抗压强度,但同时也会降低材料的缓冲性能。这是由于温度太高,会造成纤维变脆和发

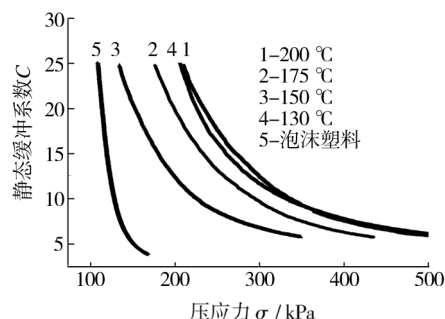
图6 不同成型温度  $T_1$  条件下的  $C$ - $\sigma$  曲线

Fig. 6 Plot of cushioning coefficient ( $C$ ) vs. compressive stress ( $\sigma$ ) of material molded at various molding temperatures ( $T_1$ )

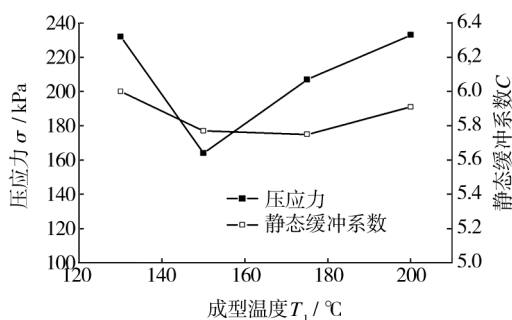
图7 成型温度  $T_1$  与  $C$ 、 $\sigma$  的关系曲线

Fig. 7 Plot of compressive stress ( $\sigma$ ) and cushioning coefficient ( $C$ ) vs. molding temperature ( $T_1$ )

泡的泡体被破坏;而温度太低,又会使材料不能较好地发泡,会使材料的孔隙降低,材料的密度增加,虽然强度增加,但材料的缓冲系数也会增加,缓冲性能下降。较适合的温度为 150~175 °C。

## 2.3 成型时间 $t_1$ 对材料性能的影响

在一定的温度和压力下,成型时间决定了材料中粘合剂的固化状况,它主要与材料的成型加热方式有关。当  $p_1 = 50$  kPa;  $T_1 = 175$  °C,  $p_2 = 30$  kPa,  $T_2 = 175$  °C,  $t_2 = 35$  min 条件下,不同的第 1 段成型时间条件下成型的材料性能见图 8—10。

从图 8—10 发现,第 1 段成型时间对材料的性能也有较大的影响,随着成型时间的增加,其抗压强度增加,而缓冲系数是先下降后增加。这是由于随着成型时间增加,粘合剂固化越好,其粘合强度越大,故材料的抗压强度越大;但是成型时间过长,会使材料的孔隙减小,造成材料的缓冲性能下降,因此第 1 次成型时间为 6~10 min 较为适宜。

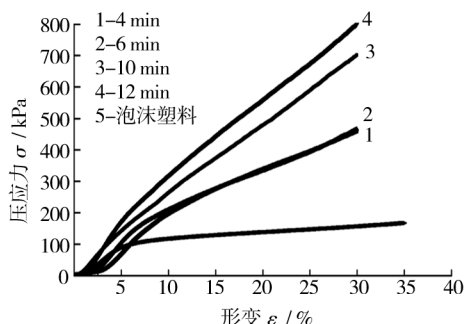


图 8 不同成型时间  $t_1$  条件下的  $\sigma$ - $\epsilon$  曲线

Fig. 8 Compressive stress strain curves( $\sigma$ - $\epsilon$ ) of the material molded at various molding times( $t_1$ )

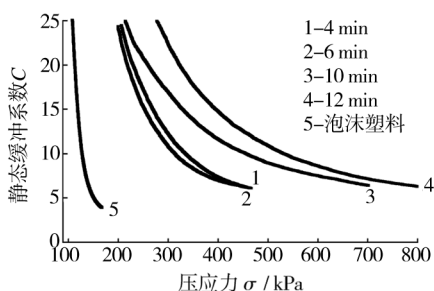


图 9 不同成型时间  $t_1$  条件下的  $C$ - $\sigma$  曲线

Fig. 9 Plot of cushioning coefficient ( $C$ ) vs. compressive stress ( $\sigma$ ) of the material molded at various molding time( $t_1$ )

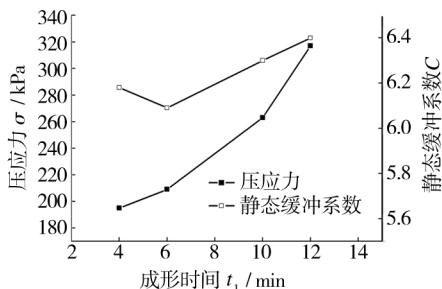


图 10 成型时间  $t_1$  与  $C$  和  $\sigma$  的关系曲线

Fig. 10 Plot of compressive stress ( $\sigma$ ) and cushioning coefficient ( $C$ ) vs. molding time ( $t_1$ )

### 3 结论

1) 成型压力是确保材料粘合效果的重要保证,压力太小,粘合效果不佳,强度太小,但压力太大,会降低材料的缓冲性能。成型压力在 50~60 kPa 较佳。

2) 成型温度太高会使纤维变脆和泡体破坏,太低不能较好地发泡,从而降低材料的缓冲性能。较适合的成型温度为 150~175 ℃。

3) 成型时间越长,抗压强度越大,但时间太长或不足均会降低材料的缓冲性能。第 1 次成型时间为 6~10 min 较为适宜。

### 参考文献:

- [1] 刘德桃,陈奇峰. 植物纤维缓冲材料的研究进展[J]. 包装工程, 2007,28(4):15—18.
- [2] 高德,孙智慧. 可降解缓冲包装材料的现状及发展前景[J]. 包装工程,2002,23(5):141—144.
- [3] 郁青,何春霞. 淀粉/秸秆纤维缓冲包装材料的制备及其性能[J]. 材料科学与工程报,2010,28(1):136—139.
- [4] 张钦发,陈利科,许霞,等. 聚合物对稻草纤维材料的性能的影响研究[J]. 包装工程, 2010,31(23):4—6.
- [5] 景晓辉,杨静新. 植物纤维泡沫包装材料的研究[J]. 包装工程, 1999,20(6):12—14.
- [6] 刘壮,王勇. 玉米秸秆纤维复合缓冲包装材料的研究[J]. 哈尔滨商业大学学报(自然科学版), 2006,22(4): 91—93.
- [7] 王沛,刘炼. 玉米秸秆缓冲包装材料的研制及性能测试[J]. 包装工程,2009,30(2):16—18.
- [8] 彭国勋. 物流运输包装设计[M]. 北京:印刷工业出版社, 2006.