

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2013.04.007

纺织废料纤维板力学性能影响因素分析^{*}

焦慧扬,潘汇,张海泉

(江南大学生态纺织教育部重点实验室,江苏无锡 214122)

摘要:对废旧棉纤维、聚酯废丝和聚丙烯废丝三种原料进行开松、混合、梳理,并最终形成纤维网。通过正交试验及相应的补充试验,确定纤维网的最优热压工艺参数。并用此工艺参数对含有不同比例棉纤维的纤维网进行热压。研究了棉纤维含量对废旧棉/聚酯/聚丙烯混合纤维板力学性能的影响。对板材的拉伸性能和弯曲性能的测试及分析表明,随着棉纤维含量的增加,板材的力学性能随之下降。

关键词:纺织废料;纤维板;废旧棉纤维;聚酯废丝;聚丙烯废丝;热压

中图分类号: TQ327.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2013)04-0028-04

Impact Factor Analysis of Mechanical Properties of Textile Waste Fiberboard

Jiao Huiyang, Pan Hui, Zhang Haiquan

(Key Laboratory of Eco-Textile of Education, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: The waste cotton fiber, polyester fiber and polypropylene fiber were opened, blended, carded, and eventually the fiber net was formed. The optimal hot pressing parameters of the fiber net were determined through orthogonal tests and corresponding additional tests. The fiber nets of different cotton fiber proportion were hot pressed under the optimal parameters. The influence of cotton fiber content on the mechanical properties of waste cotton / polyester / polypropylene hybrid fiberboard was studied. Test and analysis of tensile and flexural properties of waste fiberboard show that mechanical properties of fiber plate decrease with the increase of cotton fiber content.

Keywords: textile waste ; fiber board ; waste cotton fiber ; waste polyester fiber ; waste polypropylene fiber ; hot processing

2011 年,中国纺织工业纤维加工总量达到 4310 万 t,其中化学纤维为 2960 万 t,占总产量的 68.7%,而聚酯纤维是实际生产中产量最多的化学纤维,约占化学纤维总量的 70%,聚丙烯纤维的产量也处于前列,仅次于聚酯纤维。而在天然纤维中,棉纤维产量最多,占纤维加工总量的 25.7%^[1-2],因此,其废旧纤维的产量也多。因而,选择聚酯纤维、聚丙烯纤维和棉纤维这三种具有代表性的纤维作为废旧纤维板的原料。

随着时代的发展,目前涤棉织物的混纺比例已由原先的 65:35 发展成 65:35,55:45,50:50,20:80 等各种不同比例^[3-4]。而含有多种纤维的混纺织物,其比例更加复杂。因此,在处理废料时,很难控制其各种纤维的比例^[5-6]。所以,笔者研究在废纺纤维的利用过程中,纤维之间比例的变化对最终的纤维板性能影响的规律。前人的研究着重点在聚丙烯纤维的比例上,且研究较为成熟^[7-8]。因此根据前人的研究成果,固定聚丙烯纤维的比例,来研究棉纤维比例的变化对纤维板性能的影响。

1 实验部分

1.1 原材料

原料来源:化纤厂废丝。

原料性能:对三种废丝原料进行性能测试^[9],结果如表 1 所示。

表 1 废旧棉纤维、聚酯纤维与聚丙烯纤维的性能

纤维名称	断裂强度/MPa	断裂伸长率/%	热分解温度/℃
棉纤维	1.19	3.94	300
聚酯纤维	2.68	26.15	247
聚丙烯纤维	2.41	27.93	198

1.2 设备和仪器

开清棉机:HYFU 218 D 型,江阴恒远机械制造有限公司;

梳棉机:AS181 型,上海东华大学;

热压机:Carver 4128 型,美国 Carver 公司;

万能实验机:Instron 3385H 型,美国 Instron 公司。

^{*} 江苏省自然科学基金项目(BK2010140)

联系人:焦慧扬,硕士,主要从事纺织废料及其复合材料研究

收稿日期:2013-02-05

1.3 废旧纤维板的制备

废旧纤维板的制备过程如下:

废丝原料→混合→梳理→纤维网→压机预热→恒温加压→冷却定型→脱模→标准制样→性能测试^[10]。

1.4 性能测试

拉伸强度按 GB / T 1040-2008 测试。

弯曲强度按 GB / T 1449-2005 测试。

2 实验设计

试验分三步进行,其中两次正交试验时,各纤维比例没有改动。当进行单因素试验时,纤维比例为单一变量。选定聚丙烯纤维质量分数为 50%,这样既能保证产品质量,又有利于对另外两种纤维含量进行分析。其它纤维的具体比例如表 2 所示。

表 2 废旧纤维板的纤维组成 %

纤维类型	正交实验中 各纤维所占比例				单因素试验中 各纤维所占比例			
聚酯废丝	45	40	35	40	30	20	10	
废旧棉纤维	5	10	15	10	20	30	40	

表 4 $L_{27}(3^{13})$ 拉伸强度方差分析表¹⁾

方差来源	离均差平方和	自由度	均方	F 值	显著性
S_A	402.692	2	201.346	10.302	较强
S_e	273.617	14	19.544		

注: 1) 由 F 分布表查得 $F_{0.05}(2, 14)=3.74$, $F_{0.1}(2, 14)=2.73$, $F_{0.05}(4, 14)=3.11$, $F_{0.1}(4, 14)=2.39$ 。

表 5 $L_{27}(3^{13})$ 弯曲强度方差分析表¹⁾

方差来源	离均差平方和	自由度	均方	F 值	显著性
S_A	28.358	2	14.179	3.645	较弱
S_D	73.186	2	36.593	9.407	较强
$S_{B \times D}$	51.611	4	12.903	3.317	较弱
S_e	23.342	6	3.89		

注: 1) 由 F 分布表查得 $F_{0.05}(2, 6)=5.14$, $F_{0.1}(2, 6)=3.46$, $F_{0.05}(4, 6)=4.53$, $F_{0.1}(4, 6)=3.18$ 。

2.2 补充实验

补充试验是为了进一步确定纤维板的最优工艺参数。实验因素与水平如表 6 所示。

表 6 实验因素与水平

水平	A / %	B / °C	C / MPa	D / min
1	10	200	8	7
2	15	210	10	8
3	5	190	12	6

通过实验分析,热压温度、热压压力和热压时间对纤维板拉伸强度和弯曲强度的影响分别如图 1,2,3 所示。

由图 1 可以看出,在 190 °C 时,纤维板力学性能较差,这是由于聚丙烯的熔点为 198 °C,低于此温度,聚丙烯未完全熔融,不能较好地粘结另外两种纤维,而当温度达到 210 °C 时,虽然弯曲强度较好,但是拉伸强度大幅度下降,这是由于在较高的温度下,

2.1 正交实验

首先进行正交试验,通过方差分析法来确定棉纤维含量(A)、热压温度(B)、热压压力(C)、热压时间(D)及棉纤维含量与温度的交互作用(A×B)、热压温度与热压时间的交互作用(B×D)、棉纤维含量与热压时间的交互作用(A×D)这几个因素对纤维板的影响程度。正交试验水平如表 3 所示。

表 3 实验因素与水平

水平	A / %	B / °C	C / MPa	D / min
1	10	190	14	5
2	5	195	12	6
3	15	185	10	4

实验结果见表 4 和表 5。表 4、表 5 分别为拉伸强度和弯曲强度的方差分析表。

通过表 4 及表 5 的分析可以得到因素 A、D 和交互作用 B×D 对试验结果影响显著。因此,结合 $L_{27}(3^{13})$ 正交表的水平值,选用 $L_9(3^4)$ 正交表做补充试验来确定最优参数。

基体开始裂解,聚丙烯握持能力下降,因此最佳热压温度为 200 °C。由图 2 可以得到,随着压力的增加,纤维板的力学性能随之增加,这是由于较高的成型压力可以促进粘结纤维的流动,增加纤维的接触面积,提高纤维板的力学性能。由图 3 可以看出,在热压时间为 7 min 时纤维板的力学性能最优,这是由于热压时间短,聚丙烯纤维熔融不充分,而时间过长,基体易裂解。再结合上一步正交实验,可以得到纤维板力学性能最优时的工艺参数:热压温度 200 °C,热压压力 12 MPa,热压时间 7 min。图 4 为棉纤维含量对纤维板拉伸强度和弯曲强度的影响。

由图 4 可知,随着棉纤维质量分数的增加,纤维板的拉伸强度和弯曲强度都随着下降,这主要是两方面的原因:首先,棉的单纤维强度为 1.19 cN / dtex,而聚酯纤维的单纤维强度 2.68 cN / dtex,

因此,随着棉纤维的增加和聚酯纤维的减少,承受拉伸及弯曲载荷的纤维强力降低,纤维板的力学性能随之下降;其次,聚酯纤维的耐热性较好,优于棉纤维,在同一温度一定时间作用后,聚酯纤维的剩余强度高于棉纤维。实测棉纤维和聚酯纤维在 130℃ 下经过 20 d 后的剩余强度,棉纤维的剩余强度为初始强度的 38%,而聚酯纤维为 95%^[11]。因此,在纤维网进行热压工艺时,棉纤维的含量越多,纤维板的力学性能越差。尤其是其质量分数从 10% 增加到 30% 时,力学性能下降非常大。

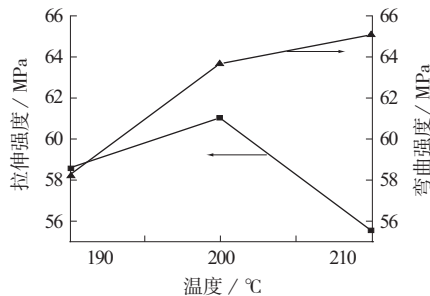


图1 热压温度对纤维板拉伸强度和弯曲强度的影响

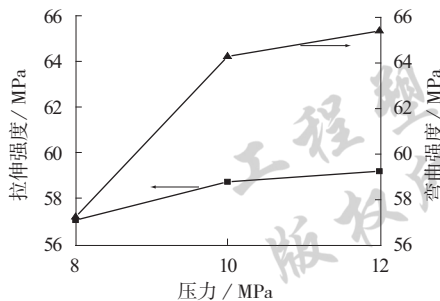


图2 热压压力对纤维板拉伸强度和弯曲强度的影响

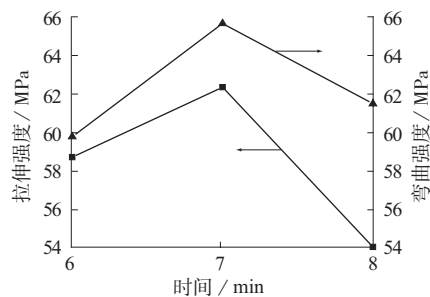


图3 热压时间对纤维板拉伸强度和弯曲强度的影响

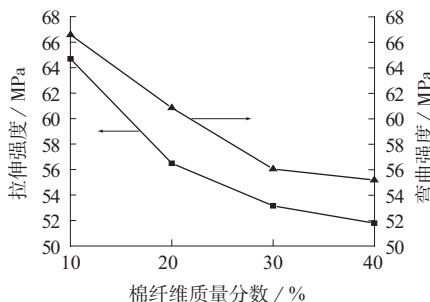


图4 棉纤维含量对纤维板拉伸强度和弯曲强度的影响

3 结论

(1) 棉纤维在纤维板中所占比例的大小对纤维板的力学性能影响较大。这是由于棉纤维本身的强度及耐热性都不及聚酯纤维。所以,随着纤维网中棉纤维的增加,聚酯纤维不断减少,纤维板的力学性能也就不下降。

(2) 通过正交试验及补充试验,得到废旧棉/聚酯/聚丙烯纤维板的最优热压工艺为:热压温度 200℃,热压压力 12 MPa,热压时间 7 min。在此条件下,纤维板的力学性能最优。

(3) 在废旧棉/聚酯/聚丙烯纤维板的热压过程中,纤维的比例对纤维板的力学性能影响较大,而纤维的比例和温度、纤维的比例和时间及温度和时间这三个交互作用对纤维板的影响可以忽略。

参考文献

- [1] 孙茂龙,耿佳欣,任继勤.我国化学纤维制造业的发展趋势和前景分析[J].化工管理,2012(6):39-42.
Sun Maolong, Geng Jiixin, Ren Jiqin. Analysis of trends and prospects of China's chemical fiber manufacturing[J]. Chemical Enterprise Management, 2012(6):39-42.
- [2] 柴金艳,黄海峰.纺织产业与循环经济[M].北京:中国轻工业出版社,2010.
Chai Jinyan, Huang Haifeng. Textile industry and recycling economy[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2010.
- [3] 裘愉发.废弃纺织品的综合利用[J].江苏纺织,2007(6):68-70.
Qiu Yufa. Comprehensive utilization of waste textiles[J]. Jiangsu Textile, 2007(6):68-70.
- [4] 张效林,王汝敏,王志彤,等.废旧塑料在复合材料领域中回用技术的研究进展[J].材料导报,2011,25(8):92-95.
Zhang Xiaolin, Wang Rumin, Wang Zhitong, et al. Research advances in the recycling technologies of waste plastics in composites field[J]. Materials Review, 2011, 25(8):92-95.
- [5] 张敏杰,赵国樑.合成纤维的回收再利用技术[J].合成纤维工业,2012,35(2):48-52.
Zhang Minjie, Zhao Guoliang. Recycling techniques of synthetic fibers[J]. China Synthetic Fiber Industry, 2012, 35(2):48-52.
- [6] 何春霞,顾红艳,薛盘芳.四种植物纤维粉/聚丙烯复合材料应用性能[J].农业工程学报,2010,26(2):381-384.
He Chunxia, Gu Hongyan, Xue Panfang. Performances of polypropylene composite material filled with four kinds of plant fiber powders[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(2): 381-384.
- [7] 吴晓青,邱冠雄,冯秀文.废旧纤维板材成型工艺的优化[J].东华大学学报:自然科学版,2003,29(5):96-99.
Wu Xiaoqing, Qiu Guanxiong, Feng Xiuwen. Optimization of forming process of composite plate made by the recycled textile fiber[J]. Journal Of Donghua University: Natural Science

- Edition,2003,29(5):96-99.
- [8] 杜兆芳,张元明,黄晨,等. 黄麻/聚丙烯复合板材热压工艺参数的优化[J]. 纺织学报,2006,27(9):47-50.
- Du Zhao Fang, Zhang Yuanming, Huang Chen, et al. Optimization of the hot pressing process parameters of jute/polypropylene fiber composite plate[J]. Journal of Textile Research,2006,27(9):47-50.
- [9] 杨中文,刘西文. 芦苇纤维/废旧聚乙烯复合材料的研制[J]. 塑料工业,2010,38(7):80-83.
- Yang Zhongwen, Liu Xiwen. Study on the reed fiber/waste polyethylene composites[J]. China Plastics Industry,2010,38(7):80-83.
- [10] 王建青. 废纤维开发汽车用无纺布[J]. 纺织服装周刊,2008,(2):43.
- Wang Jianqing. Waste fiber developed non-woven in car [J]. Textile & Apparel Weekly,2008,(2):43.
- [11] 于伟东. 纺织材料学[M]. 北京:中国纺织出版社,2006.
- Yu Weidong. Textile Materials Science[M]. Beijing: China Textile Press,2006.

日本率先开发可燃冰,能源格局再添变数

日本经济产业省近日公布,已成功从近海地层蕴藏的甲烷水合物(一般称天然气水合物,俗称“可燃冰”)中分离出天然气,这一消息让非常规天然气再度趋热。

相比过去两年全球热炒的页岩气,可燃冰蕴藏的天然气资源量还要多出很多倍。可燃冰,是否会继页岩气之后再度引发新一轮能源革命?

可燃冰,从中能分离出甲烷,即天然气,是替代传统能源的一种清洁能源,国内通常将之纳入非常规天然气种类。

公开资料显示,全球可燃冰蕴藏的天然气资源总量,相当于全球已探明传统化石燃料碳总量的2倍,一些估算甚至更高。

日本曾估算,周边海域可燃冰的天然气潜在蕴藏量相当于日本100年的天然气消费量。除日本之外,世界各国都在积极进行可燃冰的科研工作。中国南海和青藏高原也有丰富的可燃冰资源,国内也已经开展了可燃冰前期研究和调查工作。

在可燃冰的舞台上,各国已经展开竞逐。

20世纪60年代到70年代,苏联和美国等少数国家就开始了陆地冻土区和海洋的可燃冰资源调查。加拿大取得了陆地冻土带中可燃冰的实物样品,美国在深海钻探岩心中发现了海洋可燃冰。苏联也在其远东地区发现可燃冰矿藏后,开发了世界上第一座可燃冰矿田。

此后的80年代,许多国家都制定了国家计划以评估本国的可燃冰资源。参与的国家不完全统计,涉及美国、加拿大、日本、印度、俄罗斯、德国等。

评估调查之外,各国在此时期还开展技术研发,为可燃冰试开采做技术储备。进入21世纪后,已经有国家进行试开采,不过试开采的数据都没有公布。

日本此次在海洋可燃冰领域的突破正是这种潮流之一,广州及青岛海洋地质调查局一位高级工程师称,日本乃是全球从海洋可燃冰中分离出天然气的首个国家。广州海洋地质调查局,以及中科院广州能源所是国内目前参与可燃冰研究的主要机构。

上述高级工程师分析说,目前日本进行的是试开采,效果如何尚待分析。需要连续观察天然气产量,持续日产量稳定在几千立方米才能进一步评估经济性。同时,是否能持续

长期开采,也是评估可燃冰矿藏的一个指标。

按照中国工程院院士金庆焕的判断,现在可燃冰总体还处于试开采阶段。这意味着商业化到来尚需时日。目前各国的竞争领域主要还体现在科技攻关、调查评估上。

各国在20世纪90年代和21世纪初制定了可燃冰调查研究和开发计划。

美国1997年启动的计划是准备投入10亿美元,在2015年实现商业开采。

日本则在1995年启动投入6亿美元的计划,希望在2018年实现商业开采。

德国在2001年投入2.3亿欧元用于相关研究。

我国对可燃冰调查研究起步较晚。

1999年,国土资源部下属的中国地质调查局启动“西沙海槽区天然气水合物资源调查与评价”项目,初步确认西沙海域中可燃冰资源的存在。随后的2002年,国务院批准设立“我国海域天然气水合物资源调查与评价”国家专项,在南海北部陆坡西沙海槽、神狐、东沙及琼东南等海域开展调查评价。2007年,在南海北部神狐海域钻探获取了含可燃冰岩心样品。此外,陆地永久冻土区可燃冰调查研究也开始启动。2008年,国土部在青海祁连山南缘取得可燃冰实物样品,在陆地可燃冰上取得突破。

资源调查之外,国内更多精力放在基础理论研究、实验模拟以及勘探开发工程技术研发。金庆焕团队说,目前他们建立了小型测试装置,进行了开采技术的模拟实验研究。

中国对战略替代能源可燃冰勘探开发技术的新一轮系统性研究也已启动,被科技部批准纳入国家863计划重点项目实施,执行期为4年。

该项目首席科学家王宏斌公开称,该项目执行年度为2013~2016年,下设“可燃冰地球物理立体探测技术”、“可燃冰流体地球化学精密探测技术”和“可燃冰样品保压转移及处理技术”等三个课题。

除此,国内的可燃冰开采目前还在寻找试开采点的过程中。页岩气革命后,能源格局已经从中东向北美倾斜。研究人员称,如果未来可燃冰开采成功,能源格局将重新洗牌,能源生产也更为分散,现存的世界能源市场格局将完全改变。

不过,可燃冰商业开采的前景,谁也没有时间表,何时能有大的突破也是未知的。

(慧聪网)