

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2012.01.010

聚丙烯/秸秆复合材料的成型工艺及性能探究^{*}

陈淙洁,白肃跃,王春红

(天津工业大学纺织学院,天津 300387)

摘要:采用化学方法制备了水稻秸秆纤维,并以水稻秸秆纤维为增强体,聚丙烯为基体,运用纺织技术及热压成型技术制备了聚丙烯/秸秆复合板材。结果表明,采用浓度为4%、浴比为1:20、温度为80℃的NaOH溶液热煮20 min可提取较纯的秸秆纤维;在12.5 MPa、200℃热压30 min条件下,复合板材成型较好;纤维质量分数为45%时,复合材料具有良好的力学性能。

关键词:聚丙烯;水稻秸秆纤维;复合材料;成型工艺

中图分类号: TB332

文献标识码: A

文章编号: 1001-3539(2012)01-0039-04

Study on Molding Technology and Performance of Polypropylene/Straw Composites

Chen Congjie, Bai Suyue, Wang Chunhong

(School of Textiles, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300387, China)

Abstract: Rice straw fiber was extracted through chemical method. With straw fiber as reinforcement, polypropylene as matrix, the composites was made by carding technique and compression molding process. The results showed that the optimal conditions of alkali treatment were that the concentration of sodium hydroxide was 4% and liquor ratio was 1:20, the temperature of extraction was 80℃, the time of extraction was 20 min. At the pressure of 12.5 MPa, the hot-pressing temperature of 200℃ and the hot-pressing time of 30 min, the composite could be shaped well. The composite had good mechanical property when the fiber content was 45%.

Keywords: polypropylene; rice straw fiber; composite; molding technology

我国是传统农业大国,据统计,我国每年农作物秸秆总产量超过7亿t,但是,在我国秸秆利用率却很低,仅有5%左右^[1]。大量农作物秸秆被烧掉,秸秆焚烧不仅浪费资源更是污染环境。而另一方面,我国木材资源却日渐紧缺。据有关部门预测,我国近期木材供应每年将面临6000余万m³的缺口。如何结合我国国情减少木材消费量,寻找木材替代品已成为当务之急。在我国40%~60%的秸秆为小麦秸秆和水稻秸秆,若能利用其中的1%~2%,即可生产600万~1200万m³人造板^[2]。由此可见,利用秸秆制作新型板材,对于减少木材消耗量、保护森林资源和生态环境有非常重要的意义。

经检索发现,目前国内外在秸秆复合材料研究领域做了一定研究,但还不够具体深入。笔者选用水稻秸秆与可回收利用的聚丙烯(PP)作原料,对PP/秸秆复合材料的成型工艺及性能进行了探究。

1 实验部分

1.1 原材料

聚PP纤维:山东德州纤维厂;

水稻秸秆:吉林农村;

NaOH:天津市风船化学试剂科技有限公司。

1.2 仪器及设备

转速数字显示电动搅拌器:WH-S型,天津市威华仪器设备有限公司;

通风式快速八篮烘箱:YG747型,南通宏大实验仪器有限公司;

万能强力仪:3369型,美国Instron公司;

小型数字式梳棉机:DSCa-01型,天津市嘉诚机电设备有限公司;

电子天平:JA3003型,上海舜宇恒平科学仪器有限公司;

热压机:Y/TD71-45A型,天津液压机厂。

2 成型工艺

PP/秸秆复合材料制备工艺流程见图1。

^{*} 中国纺织工业协会科技指导性项目(2008026)、天津工业大学大学生创新实验计划项目(10010)

联系人:王春红,副教授,研究方向为绿色复合材料

收稿日期:2011-11-04

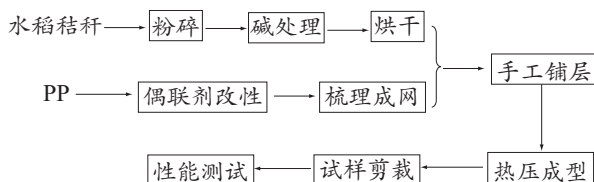


图1 复合材料制作工艺流程图

2.1 秸秆处理

将采集来的秸秆剪切成2 cm长左右进行碱处理。碱处理的目的在于去除部分杂质,提高秸秆中的纤维素比例,从而提高秸秆纤维的性能。

碱处理工艺为:称取等量秸秆纤维浸在不同质量分数(A)及浴比(B)的NaOH溶液中,分别加热不同时间(C)后取出并用蒸馏水洗至中性,再放入烘箱中,采用105℃高温烘干。对碱处理后的纤维进行分析,因素—水平设置见表1,正交试验结果见表2。

表1 因素—水平设置

水平	因素		
	A/%	B	C/min
1	3	1:50	20
2	4	1:20	30

表2 碱处理对纤维产率的正交试验分析¹⁾

试验号	因素水平			纤维产率 Y/%
	A	B	C	
1	1	1	1	59.41%
2	1	2	2	44.35%
3	2	1	2	48.82%
4	2	2	1	37.14%
Y1	51.88%	54.12%	48.28%	
Y2	44.98%	40.75%	46.59%	
R	6.90%	13.37%	1.69%	
优水平	A2	B2	C2	
主次因素	B > A > C			
最优组合	A2B2C2			

注:1)Y_j为j水平下纤维产率的均值,R为极差;稻草的全纤维素质量分数约为36.02%^[4]。

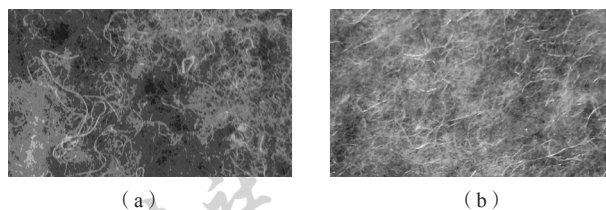
由表2可以看出,影响纤维产率的主要因素是浴比。提取纤维的最优组合为A2B2C2。对于加热时间,R只有1.69%,即加热时间的长短对纤维提取率影响程度很小,从节能的角度综合考虑,采用4% NaOH、浴比为1:20、加热20 min的工艺提取纤维较好。

2.2 PP纤维梳理

PP原料呈纤维块状或纤维束状,纤维间排列紊乱。梳理就是将纤维集合体进行松解,在尽可能减少纤维损伤的前提下提高纤维的分离度,使纤维束比较完整地分离成单根纤维状态。

(1) 给油

在梳理之前对纤维集合体进行恰当的给油处理可确保梳理步骤顺利进行。给油对梳理步骤的效果体现在:其一,增加纤维集合体回潮率以提高其导电性,从而减少梳理过程中静电的产生;其二,增强纤维表面的柔软润滑性,减小其在梳理过程中因多次撕扯、摩擦和拉伸所受的损伤;其三,提高纤维集合体间抱合力,减少梳理过程中纤维扩散现象,提高成网均匀性^[3]。图2示出给油及未给油梳理一次所制纤维网对比。



a—未给油;b—给油

图2 给油及未给油梳理一次所制纤维网对比

(2) 梳理

由于梳理机所输出的纤维网经叠层后就是实验用预成型件,所以梳理输出纤维网的好坏直接影响复合材料的性能。

实验中所采用的PP纤维长度类似棉纤维的长度,所以采用梳理棉纤维的盖板式梳理机。纤维层经喂给板由喂入罗拉喂入。先由刺辊进行松解梳理,然后进入由锡林和盖板组成的大梳理区。纤维在大梳理区受到盖板和锡林两个针面的反复细致的梳理与混合,再被转移到由锡林和道夫组成的小梳理区。经过小梳理区的梳理,纤维由剥取罗拉剥下形成纤维网。梳理后的纤维网见图3。

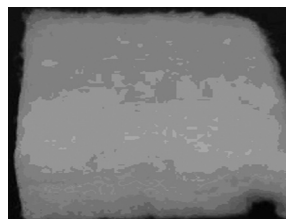


图3 梳理后的纤维网

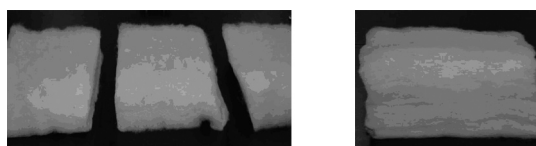
在梳理过程中影响分梳的主要工艺因素有隔距和速比^[5]。隔距是指两个作用机件对纤维作用时的最近距离。盖板式梳理机的隔距主要是指盖板与锡林之间的距离。其大小是自进口到出口由大到小再到小。速比是指锡林表面速度与工作辊表面速度的比值。当喂入纤维量一定时,速比增大,纤维在梳理区停留的时间长,能够得到长时间的梳理,梳理效

果好。

梳理时道夫、锡林及盖板上粘附的纤维杂质会混入实验纤维中,所以在梳理前应对梳理机进行清洁。

2.3 叠层

将梳理机输出的片状纤网裁剪成 12 cm × 8 cm 大小,随后依照所要制备材料的要求进行叠层,并将秸秆纤维颗粒均匀撒在纤维层间。叠层的具体过程见图 4。



(a) (b)
a—裁切后纤网集合体; b—叠层后预成型件

图 4 叠层工艺过程

2.4 热压成型

根据本次试验特点,采用干法热压成型工艺。具体过程为:将预成型件放入模具中,随后在热压机内通过温度、压力的作用,使热塑性树脂发生熔融浸渍,后经冷却固化而获得复合材料制品。

复合材料热压成型工艺分为五个步骤,分别为秸秆颗粒烘干、脱模剂涂刷、低压预热、加热加压及冷却定型,其中加热加压步骤最为关键。

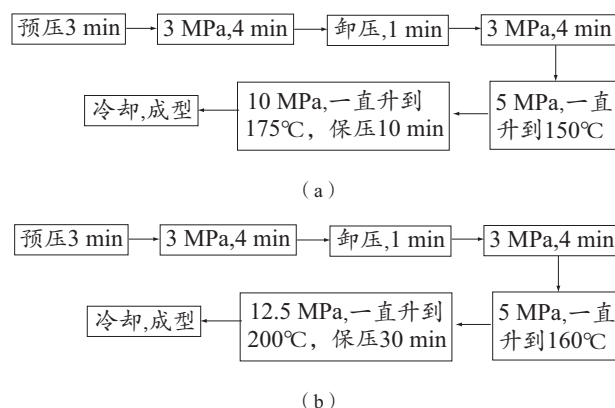
由于秸秆颗粒有较强的吸湿性,所以秸秆纤维中有一定量的残余水分。这些水分会在后续的高温加热过程中挥发,导致材料中产生空隙,进而影响材料的力学性能。实验采用 105℃ 下烘干 30 min 工艺除去水分。

实验所用液压机的上下模板为高锰钢板。PP 纤维在熔融后会粘附到钢板上,使得最终成型材料难以取下。为了避免这种情况发生,应在模板上均匀涂刷脱模剂。

低压预热的目的在于在纤维柔软时最大限度排出预成型件内部的空气,调整预成型件表、里层间的温度分布,使两部分温度相近。具体措施为:首先将液压机上下加热模板预热至 80℃,把预成型件铺放在涂有脱模剂的模板上,上下模板盖好,然后放入液压机的加热板之间预热 3 min,再启动压机,对预成型件施加约 3 MPa 压力,维持 4 min 之后释放压力 1 min,随后重复上述步骤一次。

PP 的熔点在 160~175℃。为了探究适合的加热温度及压力,实验采用了两种加压加热工艺,如图

5 所示。

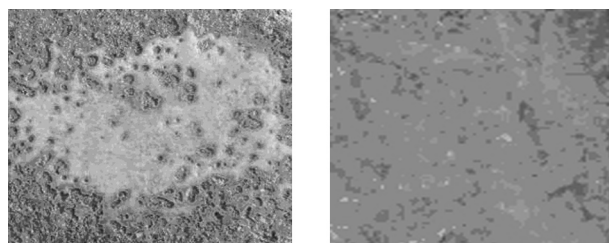


a—低温热压工艺; b—高温热压工艺

图 5 热压工艺

加热加压步骤可分为初始压实和 PP 流动两个过程。初始压实过程是指把 PP 纤维与秸秆纤维紧密压合消除其自由空间的过程。这个阶段 PP 纤维没有完全熔融,因此温度和压力不需要太高。当温度上升到 PP 熔点以上时,PP 纤维开始熔融,熔融流体在外界压力下开始流动,并逐渐浸渍秸秆纤维。

材料压实成型后,PP 需要冷却一段时间后方能固化。在冷却固化过程中为了克服纤维网的回弹性,保持材料的一定形状,压力应保持不变。温度降到 80℃ 左右后,再释放压力取出材料,不同工艺制得的复合板见图 6。由图 6 可以明显看出,低温工艺制得的复合板中 PP 未完全流开,聚集在材料表面的 PP 熔体固化后形成白色斑块。而高温工艺制得复合板则成型性较好,PP 流动均匀,完全浸渍了秸秆颗粒。一般情况下,PP 在 240℃ 下具有良好的流动性。但温度过高会导致材料表面因热积聚而部分炭化。综合考虑,采用高温工艺复合板成型较好。



(a) (b)

a—低温热压工艺; b—高温热压工艺

图 6 不同工艺制得的复合板

3 材料弯曲性能分析

本实验制作了秸秆质量分数为 45% 和 50% 两种复合板。根据 ASTM 790-03 复合材料弯曲性能实验标准,使用万能强力机测试了材料的弯曲载

荷。试样尺寸为 60 mm×12.5 mm×3 mm,跨距为 48 mm,加载速率为 2 mm/min。

表 3 示出两种试样在最大值弯曲载荷处的弯曲性能指标。从表 3 可以看出,秸秆质量分数在 45% 时复合材料弯曲性能较好,当秸秆质量分数上升到 50% 时弯曲性能反而下降。这是由于复合材料中秸秆是受力的主要承载体,当秸秆质量分数在 45% 时,PP 基体对秸秆颗粒有较好的握持作用,秸秆纤维间有较大的粘结力。当秸秆质量分数上升到 50% 时,由于 PP 基体的减少使得对秸秆纤维的握持力下降,进而导致秸秆纤维间的粘结力下降,从而使得复合材料的弯曲性能下降。

表 3 两种试样的弯曲性能指标

秸秆质量 分数 / %	弯曲应力 / MPa	弯曲载荷 / N	弯曲位移 / mm
45	15.158	23.685	4.199
50	12.233	19.761	3.468

4 结论

(1) 用浓度为 4%、浴比为 1:20、温度为 80℃

的 NaOH 溶液热煮 20 min 可提取较高纯度的秸秆纤维。

(2) 在 12.5 MPa、200℃、热压 30 min 条件下,PP 熔融较好,能够完全浸渍秸秆纤维,复合板材成型性较好。

(3) 秸秆纤维质量分数在 45% 时,PP 基体对秸秆纤维握持较好,复合材料具有良好的弯曲性能。

参考文献

- [1] 肖立光,李会生,张奇志. 秸秆纤维水泥基复合材料性能的研究[J]. 吉林建筑工程学院学报,2005,22(1): 1-6.
- [2] 赵军,高常飞,郎咸明,等. 秸秆资源化利用与新型环保农村建设研究[J]. 黑龙江农业科学,2010(11): 49-52.
- [3] 王春红. 植物纤维增强复合材料制备及力学降解性能研究[D]. 天津: 天津工业大学,2008.
- [4] 许民,陶红梅,陈磊,等. 偶联剂含量对植物纤维/高密度聚乙烯复合材料力学性能的影响[J]. 东北林业大学学报,2007,35(10): 33-34.
- [5] 杨锁廷. 纺纱学[M]. 北京: 中国纺织出版社,2008: 117-119.

优惠销售 2000~2011 年中国工程塑料加工应用技术研讨会《论文集》及论文集光盘

中国工程塑料工业协会加工应用专委会为了配合 2000~2011 年先后召开的中国工程塑料加工应用技术研讨会共编辑、出版了 12 本《论文集》。其内容涉及工程塑料及通用塑料的合成与改性、加工、应用、测试、模具、设备新技术,以及文献综述、评论等,突出了我国工程塑料行业发展规划、热点分析。现尚有部分《论文集》,以及应广大读者要求加工制作的论文集光盘,以优惠价格(含邮费)销售,欢迎订购。

1. 《论文集》,优惠价为 300 元/套,单册价格如下:

《2011 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》,论文 100 篇,正文 369 页,50 元/册;
《2010 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》,论文 100 篇,正文 371 页,45 元/册;
《2009 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》,论文 100 篇,正文 351 页,40 元/册;
《2008 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》,论文 100 篇,正文 351 页,35 元/册;
《2007 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》,论文 100 篇,正文 343 页,30 元/册;
《2006 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集》,论文 100 篇,正文 346 页,25 元/册;
《2005 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》,论文 100 篇,正文 338 页,20 元/册;
《2004 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集》,论文 100 篇,正文 337 页,20 元/册;
《2003 年塑料助剂和塑料加工应用技术研讨会论文集》,论文 105 篇,正文 373 页,20 元/册;
《2002 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集》,论文 100 篇,正文 351 页,20 元/册;
《2001 年中国工程塑料加工及模具技术研讨会论文集》,论文 80 篇,正文 270 页,20 元/册;
《2000 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集》,论文 100 篇,正文 339 页,20 元/册。

2. 论文集光盘,优惠价为 200 元/盘。

本光盘除收录上述 12 本《论文集》的全部内容外,还包括约 2400 人次的会议代表通讯录。

凡需购买《论文集》或论文集光盘的读者,请尽快办理邮购手续。汇款时请注明“论文集”或“论文集光盘”。

邮编汇款

收款单位: 山东济南市田庄东路 3 号杂志社 邮编: 250031

电话: (0531) 85878057 85878223

858978278

传真: (0531) 85947355 85878057

银行汇款

户名: 中国兵器工业集团第五三研究所

开户银行: 济南市工商银行经十一路支行

帐号: 1602001229014425546

网上订购: <http://www.epa1973.com>