

用于复合材料的小麦秸秆纤维性能及制备工艺

潘刚伟, 侯秀良*, 朱 澍, 王 楠, 赵 展, 黄 丹

(江南大学生态纺织教育部重点实验室, 无锡 214122)

摘要: 针对目前中国小麦秸秆利用率不高以及燃烧秸秆所带来的环境污染问题, 该文研究了利用稀烧碱溶液处理小麦秸秆以制备用于复合材料的小麦秸秆纤维的性能及制备工艺, 研究了氢氧化钠溶液质量分数、液固比、处理温度和处理时间等工艺参数与小麦秸秆纤维失重率的关系, 并对所制备的小麦秸秆纤维的强伸性能、表面性能进行了测试。结果表明, 小麦秸秆经稀烧碱溶液处理(氢氧化钠质量分数 4%、液固比 30 mL/g、处理温度 100℃、处理时间 60 min)后制备的小麦秸秆纤维力学性能与原样相比没有明显损伤, 但内、外表面结构均变得疏松, 比表面积增大, 滴水接触角变小, 从而提高了聚合物聚乳酸对秸秆纤维的浸润性能, 提高了二者之间界面的粘结性。该研究结果为利用小麦秸秆制备秸秆纤维增强聚乳酸复合材料提供参考。

关键词: 秸秆, 纤维, 力学性能, 碱处理, 微观结构, 接触角, 复合材料

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2012.09.047

中图分类号: S216.2; TS102.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2012)-09-0287-06

潘刚伟, 侯秀良, 朱 澍, 等. 用于复合材料的小麦秸秆纤维性能及制备工艺[J]. 农业工程学报, 2012, 28(9): 287-292.
Pan Gangwei, Hou Xiuliang, Zhu Shu, et al. Preparation and properties of wheat straw fibers for composites[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2012, 28(9): 287-292. (in Chinese with English abstract)

0 引言

中国秸秆资源丰富, 年产量高达 7×10^9 t, 列世界第一位, 其中小麦秸秆 1.1×10^9 t, 占秸秆总量的 16%。小麦秸秆中含有纤维素 35%~40%, 半纤维素 20%~30%, 木质素 8%~15%^[1]。农业部发布的《全国农作物秸秆资源调查与评价报告》^[2]显示: 截止目前, 中国农作物秸秆利用率达到 69%。其中, 作为饲料利用占 30.69%, 作为燃料利用(含秸秆新型能源化利用)占 18.72%, 作为肥料利用占 14.78%, 作为食用菌基料占 2.14%, 作为造纸等工业原料占 2.37%。所以, 富含纤维素的小麦秸秆相当一部分是焚烧处理, 不仅造成资源浪费, 而且严重污染环境^[2], 如何合理、高效地利用这些大量的可再生、可降解、价格低廉的小麦秸秆资源, 使其变废为宝已成为目前研究的热点课题。韩鲁佳等^[3]介绍了秸秆是制浆造纸的重要原料, 特别是在中国; Sun Y 等^[4]报道了以氨爆破法、CO₂ 爆破法等预处理后的秸秆经水解、发酵后可制备乙

醇, 但能耗大, 难以产业化; Han G P 等^[5]采用蒸汽爆破法制备小麦秸秆纤维, 改善了秸秆纤维与脲醛树脂之间的界面粘合性能, 但此种方法同样能耗大; Panthapulakkal S 等^[6]采用质量分数为 15% 的氢氧化钠溶液提取得到小麦秸秆纤维(长度 2.7 mm), 再运用注塑方法制备小麦秸秆纤维(颗粒状)增强聚丙烯复合材料, 此种方法碱浓度过高, 秸秆纤维长度短, 增强作用有限; Zou Y 等^[7]以切断的全秸秆或分裂的小麦秸秆制备小麦秸秆增强聚丙烯复合材料。由于聚丙烯不可降解, 小麦秸秆增强聚丙烯复合材料存在环境问题。为解决以上问题, 笔者拟选用可降解、环境友好的聚乳酸为基体、细长状的秸秆纤维为增强体制备生态复合材料, 但在前期研究中发现未处理的小麦秸秆纤维与聚乳酸的粘结性差, 无法成形。因此, 本文选用稀氢氧化钠溶液对小麦秸秆进行预处理以得到细长的秸秆纤维, 优化碱处理工艺参数, 并对碱处理后的秸秆纤维的强伸性能、表面性能以及与聚乳酸制备复合材料的粘结性进行了测试, 为利用小麦秸秆制备秸秆纤维增强聚乳酸复合材料提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

小麦秸秆, 收集于江苏无锡; 聚乳酸纤维, 海宁新能纺织有限公司; 氢氧化钠(NaOH), 分析纯, 国药集团化学试剂有限公司; 冰乙酸(CH₃COOH), 分析纯, 国药集团化学试剂有限公司; 洗洁精, 上海和黄白猫有限公司。

1.2 小麦秸秆碱处理方法及评价

小麦秸秆纤维制备工艺流程: 小麦秸秆→将秸秆剪

收稿日期: 2011-07-28 修订日期: 2012-04-13

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(JUSRP21102); 江南大学大学生创新训练计划(1009158); 江苏省科技支撑计划(农业)(BE2011404); 江苏省高校科研成果产业化推进项目(JHB2011-27); 江苏省普通高校研究生科研创新计划项目(CXLX11_0499); 教育部长江学者和创新团队发展计划(No.IRT1135)

作者简介: 潘刚伟(1987-), 男, 河南周口人, 主要研究方向为农作物秸秆的资源化。无锡 江南大学生态纺织教育部重点实验室, 214122。Email: pangangwui@163.com

※通信作者: 侯秀良(1968-), 女, 副教授, 主要从事生物质材料在纺织上的应用研究。无锡 江南大学生态纺织教育部重点实验室, 214122。

Email: houxiuliang@163.com

切成长度为 7~8 cm 的小段→纵向劈裂成 4 份→氢氧化钠溶液处理→过滤→碱处理后的秸秆纤维→清洗→酸中和→清洗→烘干→干燥的秸秆纤维。其中碱处理在 Rapid L-12/24A 型常温振荡式染色小样机上进行；过滤在筛网中进行；清洗用去离子水在烧杯中进行；乙酸中和在烧杯中进行；烘干在 101A-1B 电热鼓风干燥箱（上海安亭科学仪器有限公司）中进行。

小麦秸秆经碱处理后，由于麦秸中的纤维素不溶于水及一般有机溶剂，对氢氧化钠溶液具有较好的稳定性，而小麦秸秆中的果胶、木质素、半纤维素以及外表面的蜡质能部分溶解在氢氧化钠溶液中^[8]，因此，测定小麦秸秆经烧碱处理后的失重率，以质量分数表示。失重率越大，说明木质素、半纤维素等被去除得越多。失重率计算方法如下：

$$\text{失重率}(\%) = \frac{\text{处理前秸秆质量} - \text{处理后秸秆质量}}{\text{处理前秸秆质量}} \times 100$$

失重率为 5 次试验的平均值，通过失重率优化小麦秸秆碱处理的工艺条件^[9-11]。

1.3 小麦秸秆纤维成分及性能表征

1.3.1 纤维素含量测定

处理前、后小麦秸秆的纤维素含量依据硝酸乙醇法^[12]测定，纤维素含量以质量分数表示。

1.3.2 强伸性能测试

小麦秸秆纤维在相对湿度为 (65±5)%，温度为 (20±3)°C 条件下放置 24 h，然后用 BZ2.S/TNIS 型万能材料试验机（德国 ZWICK 公司）进行拉伸强度测试，试样长度 50 mm，每个样品取 30 根，最后所求平均值为小麦秸秆纤维的强度^[13]。

1.3.3 表面形貌观察

在温度 20°C、相对湿度 65% 条件下，采用 HITACHI SU1510 型扫描电子显微镜（日本日立株式会社）对处理前、后小麦秸秆纤维的表面形貌进行观察与分析。为了提高小麦秸秆纤维形貌观察质量，在电镜观察之前将纤维样品在 110 V 电压下进行喷金处理 60 s。

1.3.4 接触角的测试

用 SL200B 接触角仪（美国科诺工业有限公司）测定样品的接触角，测试溶液为去离子水，控制每次滴水 1 μL^[14]。

1.4 复合材料的制备及力学性能测试

先将处理后的秸秆纤维和聚乳酸纤维按照质量比 60:40 进行铺层，然后在温度 175°C、压力 10 MPa、热压时间 5 min（前期试验结果）条件下，使用 Carver 热压机（美国 CARVER 公司）热压成型，最后冷却得到生态环保的小麦秸秆纤维/聚乳酸复合材料。

拉伸试验使用 ASTM D638 标准的矩形试样，拉伸速度 5 mm/min，标距 65 mm；弯曲试验采用三点弯曲法，使用 ASTM D790 标准，弯曲速度 10 mm/min，跨距 40 mm；冲击试验使用 ASTM D256 标准。拉伸和弯曲试验在 KQL 微机控制电子万能试验机（深圳市凯强利试验仪器有限公司）上进行，冲击试验在 MZ-2056 悬臂梁冲击试验机（江都市明珠试验机械厂）上进行。

1.5 数据处理方法

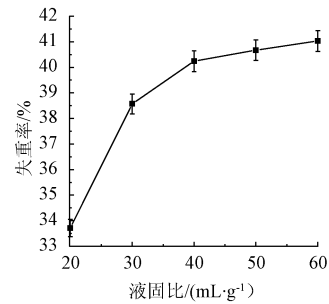
利用 Excel 和 SPSS 统计软件对数据进行统计分析。采用 Duncun's 多重比较各数据之间的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 碱处理工艺参数对小麦秸秆失重率的影响

2.1.1 液固比对小麦秸秆失重率的影响

在氢氧化钠质量分数 4%、处理温度 100°C、处理时间 60 min 条件下，不同液固比 (mL/g) 与小麦秸秆失重率的关系见图 1。



注：氢氧化钠质量分数 4%、处理温度 100°C、处理时间 60 min

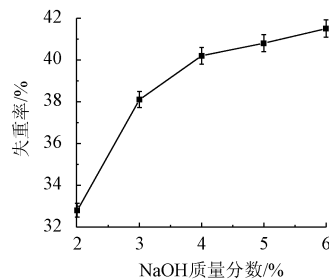
图 1 液固比对小麦秸秆失重率的影响

Fig.1 Effect of liquid-solid ratio on weight loss of wheat straw

由图 1 可以看出，小麦秸秆失重率随液固比的增大而增加，当液固比大于 40 mL/g 时，失重率随着液固比的增加没有显著增大。这是因为当液固比小时，液相不能很好地溶解秸秆中的木质素、半纤维素，处理效率受到限制；当液固比大时，虽然小麦秸秆纤维失重率也有所增加，但会造成水资源的浪费。因此，液固比选择 30 mL/g 较为合适，此时失重率为 38.57%，本文在后续试验中均采用此液固比。

2.1.2 NaOH 质量分数对小麦秸秆失重率的影响

在液固比 30 mL/g、处理温度 100°C、处理时间 60 min 条件下，不同质量分数的氢氧化钠溶液与小麦秸秆失重率的关系见图 2。



注：液固比 30 mL/g、处理温度 100°C、处理时间 60 min

图 2 NaOH 质量分数对小麦秸秆失重率的影响

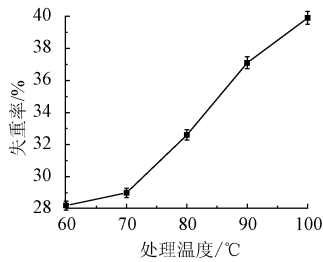
Fig.2 Effect of concentration of sodium hydroxide on weight loss of wheat straw

由图 2 可以看出，随着氢氧化钠质量分数的上升，小麦秸秆失重率逐渐增加，说明氢氧化钠溶液质量分数

越大，去除的木质素和半纤维素越多。当氢氧化钠溶液质量分数小于 4%，小麦秸秆失重率随着氢氧化钠溶液质量分数的上升而增加；当氢氧化钠溶液质量分数大于 4% 时失重率增加相对减少。考虑到成本和环境的影响，因此选择碱质量分数 4% 较为合适。

2.1.3 处理温度对小麦秸秆失重率的影响

在氢氧化钠质量分数 4%、液固比 30 mL/g、处理时间 60 min 条件下，不同处理温度与小麦秸秆失重率的关系见图 3。



注：氢氧化钠质量分数 4%、液固比 30 mL/g、处理时间 60 min

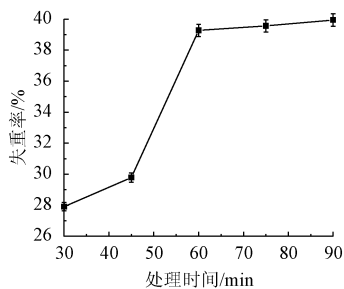
图 3 处理温度对小麦秸秆失重率的影响

Fig.3 Effect of processing temperature on weight loss of wheat straw

由图 3 可以看出，当处理时间相同时，随着处理温度的升高，小麦秸秆失重率增加。这是由于在较高温度下，半纤维素、木质素、果胶等非纤维素物质与碱液反应较快，而且其中有些大分子物质只有在较高的温度下才能溶解。因此我们选择处理温度为 100℃。

2.1.4 处理时间对小麦秸秆失重率的影响

在氢氧化钠质量分数 4%、液固比 30 mL/g、处理温度 100℃ 条件下，不同处理时间与小麦秸秆失重率的关系见图 4。



注：氢氧化钠质量分数 4%、液固比 30 mL/g、处理温度 100℃ 条件下

图 4 处理时间对小麦秸秆失重率的影响

Fig.4 Effect of processing time on weight loss of wheat straw

由图 4 可以看出，小麦秸秆失重率随着处理时间的增加变大，当处理时间达到 60 min 后，失重率随处理时间增加的趋势变得不明显。因此，选择处理时间为 60 min 较合适。

2.2 碱处理后秸秆纤维的性能分析

经碱处理（氢氧化钠质量分数 4%、液固比 30 mL/g、处理温度 100℃、处理时间 60 min）后所得的小麦秸秆纤维的性能如下。

2.2.1 纤维强伸性能

表 1 为秸秆纤维与常规植物纤维的强伸性能比较。由表 1 可以看出，处理后小麦秸秆纤维与处理前秸秆相比，断裂强度和断裂伸长率没有显著差异 ($P < 0.05$)；与微生物法处理后秸秆及竹纤维、黄麻纤维相比有显著差异 ($P < 0.05$)，处理后小麦秸秆纤维的断裂强度好于微生物法处理后秸秆，差于竹纤维、黄麻纤维。

表 1 秸秆纤维与常规植物纤维的强伸性能比较

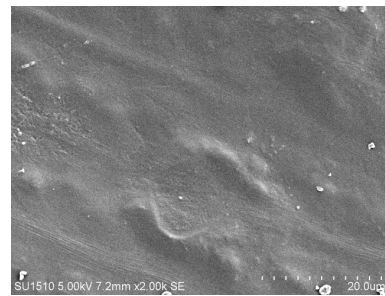
Table 1 Comparison of strength and extension properties of the wheat straw fiber and some conventional plant fibers

试样	断裂强度/MPa	断裂伸长率/%	断裂强度不均匀率/%
处理前秸秆	251.55b	0.79c	31.28b
处理后秸秆	235.17b	0.81c	43.14a
微生物法处理后秸秆 ^[15]	139.23c	—	—
竹纤维 ^[16]	351.00a	24a	—
黄麻 ^[17]	304.20a	3.14b	—

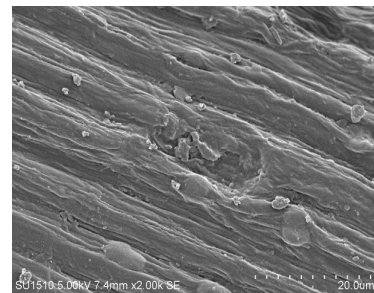
注：不同字母表示在 $P < 0.05$ 水平差异显著。

2.2.2 表面形貌

小麦秸秆碱处理前、后表面形貌结构的扫描电镜照片见图 5—7。



a. 处理前外表面



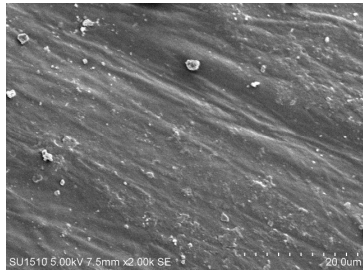
b. 处理后外表面

图 5 小麦秸秆处理前、后纵向外表面微观结构 (×2000 倍)

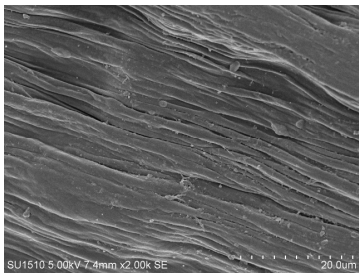
Fig.5 SEM images of outer surface of untreated and treated wheat straw (×2000 times)

从图 5、6 小麦秸秆处理前、后纵向内、外表面微观结构可以看出，未处理的小麦秸秆外表面结构致密、有序，且很光滑，内表面也较光滑，但内表面与外表面相比，组织较为疏松，没有角质层，有部分凸起状颗粒；碱处理后的小麦秸秆内、外表面结构均变得疏松，且具有凹凸状裂纹，比表面积增加，与处理前表面结构相比产生了很大变化，表明小麦秸秆外表面的光滑蜡状角质层^[14]经碱处理过程消失。小麦秸秆处理后纤维素质量分

数由处理前的 45.51% 提高到 71.40%，表明碱处理去除了秸秆中的部分木质素和半纤维素。由于部分木质素、半纤维素及果胶等成分被去除，各单纤间的结合较疏松、连接不紧密，有利于复合材料制备过程中聚乳酸基体的渗入，提高聚乳酸与小麦秸秆纤维之间的界面粘合效果。

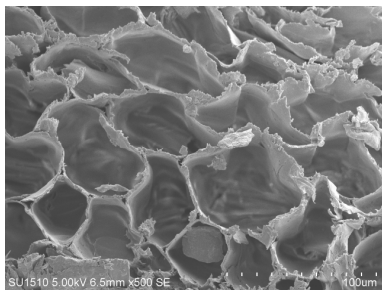


a. 处理前内表面

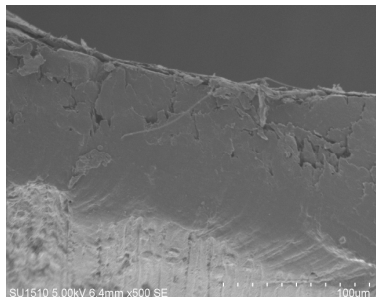


b. 处理后内表面

图 6 小麦秸秆处理前、后纵向内表面微观结构 (×2000 倍)
Fig.6 SEM images of inner surface of untreated and treated wheat straw(×2000 times)



a. 处理前横截面



b. 处理后横截面

图 7 小麦秸秆处理前、后横截面微观结构 (×500 倍)
Fig.7 SEM images of cross section of untreated and treated wheat straw(×500 times)

从图 7 处理前、后小麦秸秆横截面微观结构可以看出，未处理的小麦秸秆由多层纤维细胞构成的纤维组织

带组成，具有细长的细胞腔，这些具有中腔的纤维细胞又相互联系在一起形成蜂窝状结构；碱处理后小麦秸秆的蜂窝状结构消失，整个横截面变成一个整体。这可能是因为小麦秸秆中连接各单纤维的木质素、半纤维素等物质被大部分去除，蜂窝状结构塌陷成为一体，具体的作用原理还有待做进一步的研究。

2.2.3 接触角测试

小麦秸秆碱处理前、后的接触角如图 8 所示，小麦秸秆处理前、后的润湿性能见表 2。由图 8 和表 2 可知，未处理的小麦秸秆刚接触水滴时接触角几乎为 90°，表面能和粘附功都较小，15 s 后接触角有所减小，表面能和粘附功有所增大，但变化不显著 ($P < 0.05$)，说明未处理时小麦秸秆的润湿性能较差；经过碱处理后小麦秸秆纤维刚接触水滴时接触角为 77.8°，经过 15 s 后接触角变为 21.54°，接触角变小，表面能和粘附功大幅度变大，变化非常显著 ($P < 0.05$)，这说明小麦秸秆纤维的浸润性能得到很大改善，制备复合材料时聚合物基体熔融后较易进入到秸秆纤维内部，界面结合好。处理后小麦秸秆纤维浸润性能得到改善的原因是表面蜡质大部分被去除，秸秆表面变得疏松，且具有凹凸状裂纹，液体容易进入。

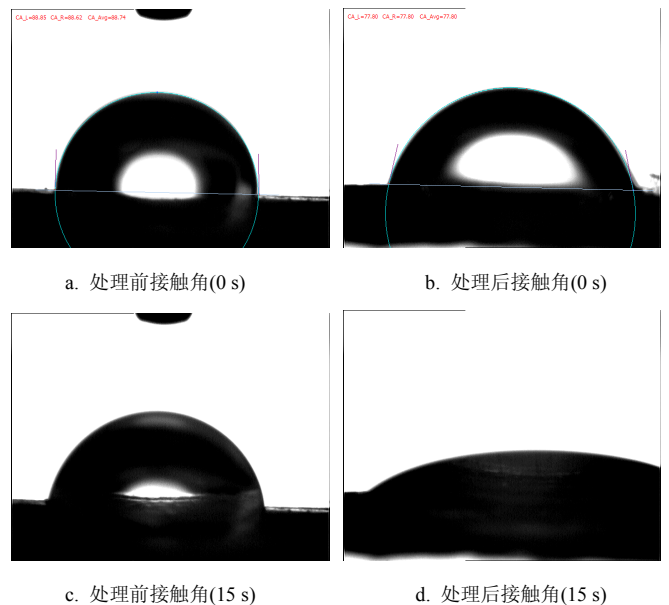


图 8 小麦秸秆处理前、后接触角
Fig.8 Contact angle of untreated and treated wheat straw

表 2 小麦秸秆处理前、后表面润湿性能
Table 2 Surface wettability of untreated and treated wheat straw

试样	左接 接触角/(°)	右接 接触角/(°)	平均 接触角/(°)	表面能/ (mJ·m ⁻²)	粘附功/ (mJ·m ⁻²)
处理前秸秆(0 s)	88.85a	88.62a	88.74a	24.51 c	74.40 c
处理前秸秆(15 s)	76.75b	76.50b	76.62b	32.60b	89.64b
处理后秸秆(0 s)	77.80b	77.80b	77.80b	31.78b	88.18b
处理后秸秆(15 s)	15.49c	27.58c	21.54c	67.99 a	140.52 a

注：不同字母表示在 $P < 0.05$ 水平差异显著。

2.3 小麦秸秆纤维复合材料的力学性能

未处理的小麦秸秆纤维与聚乳酸粘结性差，无法形

成复合材料; 以 2.2 中碱处理后的秸秆纤维为增强纤维、以聚乳酸为基体压制复合材料, 成型良好, 其力学性能见表 3, 并与纯聚乳酸以及 Yi Zou 等^[7]制备的多孔轻型小麦秸秆/聚丙烯复合材料性能作比较。由表 3 可知, 与聚乳酸、小麦秸秆/聚丙烯复合材料相比, 小麦秸秆纤维/聚乳酸复合材料的力学性能好, 表明经过碱处理后的小麦秸秆纤维有利于聚乳酸基体的渗入, 提高二者界面粘合效果, 从而提高了复合材料的力学性能。

表 3 复合材料的力学性能比较

Table 3 Comparison of mechanical properties of composites

复合材料	拉伸强度/MPa	弯曲强度/MPa	冲击强度/(J·m ⁻¹)
小麦秸秆纤维/聚乳酸	13.07	39.55	190.28
小麦秸秆/聚丙烯 ^[6]	9.8	19.5	56.4
聚乳酸	3.41	9.27	27.86

注: 表中聚乳酸是指单独采用聚乳酸所压制的片状材料。

3 结 论

1) 小麦秸秆经碱处理后表面形貌发生很大变化, 内、外表面由光滑、紧密状变成有凹凸裂纹状、比表面积增加, 横截面蜂窝状结构消失, 表面蜡质及连接纤维的部分木质素、半纤维素等成分被去除, 接触角变小, 表面能和粘附功变大, 浸润性能提高。

2) 碱处理后的小麦秸秆纤维有利于聚乳酸基体的渗入, 提高二者界面粘合效果, 小麦秸秆纤维/聚乳酸复合材料力学性能好。

3) 小麦秸秆碱预处理工艺条件为: 氢氧化钠质量分数 4%、液固比 30 mL/g、处理温度 100℃、处理时间 60 min。

4) 处理后小麦秸秆纤维与处理前秸秆相比, 断裂强度和断裂伸长率没有显著差异 ($P < 0.05$); 与微生物法处理后秸秆及竹纤维、黄麻纤维相比有显著差异 ($P < 0.05$), 处理后小麦秸秆纤维的断裂强度好于微生物法处理后秸秆, 差于竹纤维、黄麻纤维。

[参 考 文 献]

[1] 曾晶, 龚大春, 田毅红, 等. 碱法—酶法处理麦秆木质纤维素的工艺研究[J]. 农产品加工·学刊, 2007(10): 7—9. Zeng Jing, Gong Dachun, Tian Yihong, et al. Study on the process of pretreatment and hydrolysis of lignocellulosic wheat straw through alkali-enzymatic method[J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2007(10): 7—9. (in Chinese with English abstract)

[2] 农业部科技教育司. 全国农作物秸秆资源调查与评价报告[J]. 农业工程技术(新能源产业), 2011(2): 2-5.

[3] 韩鲁佳, 闫巧娟, 刘向阳, 等. 中国农作物秸秆资源及其利用现状[J]. 农业工程学报, 2002, 18(3): 87—91. Han Lujia, Yan Qiaojuan, Liu Xiangyang, et al. Straw resources and their utilization in China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2002, 18(3): 87—91. (in Chinese with English abstract)

[4] Sun Y, Cheng J Y. Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review[J]. Bioresource Technology, 2002, 83(1): 1—11.

[5] Han G P, Deng J, Zhang S Y, et al. Effect of steam explosion treatment on characteristics of wheat straw[J]. Industrial Crops and Products, 2010, 31(1): 28—33.

[6] Panthapulakkal S, Zereskian A, Sain M. Preparation and characterization of wheat straw fibers for reinforcing application in injection molded thermoplastic composites[J]. Bioresource Technology, 2006, 97(2): 265—272.

[7] Zou Y, Huda S, Yang Y Q. Lightweight composites from long wheat straw and polypropylene web[J]. Bioresource Technology, 2010, 101(6): 2026—2033.

[8] 孟召辉. 麦秸秆纤维、废旧塑料与聚丙烯树脂相容性的研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2008. Meng Zhaohui. Study on Compatibility of Wheat Straw Fiber, Waste Plastic and Polypropylene Plastic[D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2008. (in Chinese with English abstract)

[9] Zhu Shengdong, Wu Yuanxin, Yu Ziniu, et al. Pretreatment by microwave/alkali of rice straw and its enzymic hydrolysis[J]. Process Biochemistry, 2005, 40(9): 3082—3086.

[10] 邓辉, 李春, 李飞, 等. 棉花秸秆糖化碱预处理条件优化[J]. 农业工程学报, 2009, 25(1): 208—212. Deng Hui, Li Chun, Li Fei, et al. Optimized conditions for saccharification of cotton stalk by alkali pretreatment[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2009, 25(1): 208—212. (in Chinese with English abstract)

[11] Curreli N, Fadda M B, Rescigno A, et al. Mild alkaline/oxidative pretreatment of wheat straw[J]. Process Biochemistry, 1997, 32(8): 665—670.

[12] 王林凤, 程远超. 硝酸乙醇法测定纤维素含量[J]. 化学研究, 2011, 22(4): 52—55, 71. Wang Linfeng, Cheng Yuanchao. Determination the content of cellulose by nitric acid-ethanol method[J]. Chemical Research, 2011, 22(4): 52—55, 71. (in Chinese with English abstract)

[13] 杨震, 孙斌, 张玉高, 等. 高温脱胶对棉秆皮纤维成分与结构的影响[J]. 纺织学报, 2009, 30(10): 90—94. Yang Zhen, Sun Bin, Zhang Yugao, et al. Effect of high temperature degumming of cotton stalk bark fiber on its composition and structure[J]. Journal of Textile Research, 2009, 30(10): 90—94. (in Chinese with English abstract)

[14] Jiang H, Zhang Y, Wang X F. Effect of lipases on the surface properties of wheat straw[J]. Industrial Crops and Products, 2009, 30(2): 304—310.

[15] Mohini Sain, Suhara Panthapulakkal. Bioprocess preparation of wheat straw fibers and their characterization[J]. Industrial Crops and Products, 2006, 23(1): 1—8.

[16] 于伟东. 纺织材料学[M]. 北京: 中国纺织出版社, 2006: 396.

[17] 瞿彩莲, 窦明池, 王波. 几种新型植物纤维及其应用[J]. 中国纤检, 2006(5): 32—34. Qu Cailian, Dou Mingchi, Wang Bo. Several kinds of new

Preparation and properties of wheat straw fibers for composites

Pan Gangwei, Hou Xiuliang^{*}, Zhu Shu, Wang Nan, Zhao Zhan, Huang Dan

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

Abstract: In order to make effective utilization of wheat straw and reduce environment pollution from the burning of wheat straw, this paper investigated the pretreatment method with the dilute alkali for wheat straw as raw material in composites. The effects of the concentration of sodium hydroxide solution, liquid-solid ratio, processing temperature and time on the weight loss rate of wheat straw were studied. The mechanical properties, surface structures and contact angles of the treated wheat straws were tested. The results showed that the optimized processing parameters with dilute alkali were as follow: liquid-solid ratio was 30, concentration of sodium hydroxide solution was 4%, processing temperature was 100°C and processing time was 60 min. The mechanical properties of wheat straw fibers prepared with above processing parameters had no significant changes. Compared with untreated wheat straw, the inner and outer surface structures of the treated wheat straws were looser, their specific surface area increased and contact angle decreased. The above structure changes would improve the infiltration property of polylactic acid to the wheat straw fibers and the interfacial bondability. The research can provide a reference for further research on new eco-friendly composites based on wheat straw fibers and polylactic acid.

Key words: straw, fibers, mechanical properties, alkali treatment, microstructure, contact angle, composite