

纤维表面改性对 PLA/Flax 复合材料性能的影响

夏学莲¹, 史向阳¹, 刘文涛², 赵海鹏¹, 丁明洁¹, 赵亚奇¹

(1.河南城建学院, 平顶山 467036; 2.郑州大学, 郑州 450001)

摘要: **目的** 研究纤维表面改性对复合材料结晶、热稳定性、动态力学性能、尺寸稳定性、吸水率等的影响。**方法** 采用碱、碱+马来酸酐、碱+KH550 这3种处理方法对纤维表面进行改性, 通过熔融挤出与聚乳酸(PLA)混合制备聚乳酸/亚麻纤维(PLA/Flax)复合材料。**结果** 亚麻纤维经表面改性后使 PLA 更容易发生冷结晶, 结晶结构更加致密、完善, PLA/Flax 尺寸稳定性优于 PLA。纤维的加入提高了 PLA 的吸水率, 但热稳定性能有所降低。纤维表面改性降低了 PLA/Flax 的储能模量。**结论** 碱+KH550 处理纤维与 PLA 共混所得复合材料的结晶性、尺寸稳定性最佳, 为高性能 PLA/Flax 复合材料的制备提供了一定的实验及理论依据。

关键词: 聚乳酸; 亚麻纤维; 热分析; 动态力学性能; 吸水率; 尺寸稳定性

中图分类号: TB484 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)01-0091-06

Effects of Fiber Surface Modifications on Performances of PLA/Flax Composites

XIA Xue-lian¹, SHI Xiang-yang¹, LIU Wen-tao², ZHAO Hai-peng¹, DING Ming-jie¹, ZHAO Ya-qi¹

(1.Henan University of Urban Construction, Pingdingshan 467036, China;

2.Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

ABSTRACT: The work aims to study the effect of fiber surface modification on the crystallization, thermal stability, dynamic mechanical performance, dimensional stability and water absorption of the composites. The fiber surface was modified by alkali, alkali+maleic anhydride and alkali+KH550. The PLA (polylactic acid)/Flax composites were prepared by mixing the PLA through the melting extrusion. The introduction of flax fibers with modified surface made it easier for PLA cold crystallization, and made the crystalline structure more compact and perfect. The dimensional stability of PLA/Flax composite was better than that of the PLA. The incorporation of fibers improved the water absorption of PLA, but lowered its thermal stability. Through fiber surface modification, the energy storage modulus of PLA/Flax reduced. The crystallinity and dimensional stability of composites prepared by the mixture of the fibers treated by alkali+KH550 and the PLA are the best, which provides certain experimental and theoretical basis for the preparation of the high-performance PLA/Flax composite.

KEY WORDS: polylactic acid; flax fiber; thermal analysis; dynamic mechanical performance; water absorption; dimensional stability

石油资源日益枯竭, 生态环境逐渐恶化, 对于可再生资源且废弃后可降解的新型材料的需求更加迫切, 聚乳酸(PLA)应运而生。PLA 具有高强度、高模量、可降解性、生物相容性和可再生性, 在包装、医药、农业等领域应用日趋广泛。PLA 韧性差, 大量研究将其与纤维、二氧化钛^[1]、橡胶^[2]、纳米晶体^[3]、CaSO₄^[4]、环氧大豆油^[5]、石墨烯^[6]等混合以改善其性

能。植物纤维密度小、强度高、刚度高、韧性好、价廉^[7]、资源丰富^[8]、可降解、可再生^[9], 被广泛应用于 PLA 的改性。Okubo 等^[10]制备了 PLA/竹纤维复合材料, 力学强度得到显著提高。Nakagaito^[11]采用造纸法制备纤维素微纤/PLA 8 层复合材料, 材料强度增加。李新功等^[12]将竹纤维表面进行改性后与 PLA 混炼制备复合材料, 热老化过程中结晶度降低, 强度降

收稿日期: 2017-06-05

作者简介: 夏学莲(1987—), 女, 博士, 河南城建学院讲师, 主要研究方向为可降解高分子材料、包装材料。

低。李春光^[13]制备了 PLA/玉米秸秆微晶纤维素复合膜,其热稳定性、力学性能均比纯聚乳酸优异。Xia 等^[14]制备了 PLA/亚麻纤维复合材料,韧性得到提高,并分析了纤维对 PLA 的增韧机理。

这里采用亚麻纤维(Flax)与 PLA 共混制备复合材料,两者不相容,因此,文中拟采用碱处理、马来酸酐接枝和 KH550 处理等方法改性纤维表面后与 PLA 混合,研究纤维表面改性对其结晶行为、热稳定性、动态力学性能、尺寸稳定性和吸水率的影响。

1 实验

1.1 原料和仪器

主要原料:聚乳酸,6060D,美国 Nature Works; 亚麻纤维,直径为 5~32 μm ,平均长度为 5 mm,旌德县雨燕麻业有限公司;硅烷偶联剂(KH550),南京曙光化工集团有限公司;氢氧化钠、马来酸酐、二甲苯、甲醇,均为分析纯,市售。主要仪器:双螺杆挤出机,TE-34 型,化学工业部化工机械研究所;注射成型机,HTF-80-W2 型,宁波海天股份有限公司;热分析仪,Diamond 型,美国 PerkinElmer 仪器公司。

1.2 亚麻纤维的表面改性

1) 碱处理。配置 NaOH 质量分数为 5% 的 3 L 水溶液,将 200 g 亚麻纤维浸泡其中 7 h 后洗涤至中性,再用蒸馏水清洗,室温风干备用。碱处理纤维标记为 AF。

2) 碱处理+马来酸酐接枝处理。将马来酸酐溶于二甲苯,在 60 $^{\circ}\text{C}$ 下配制质量分数为 20% 的溶液,将 AF 浸泡其中,升温到 100 $^{\circ}\text{C}$ 维持 1 h,依次用自来水、蒸馏水和乙醇清洗,风干备用。该纤维标记为 MF。

3) 碱处理+KH550 处理。将 AF 加入甲醇、水、KH550 的混合溶液中,甲醇和水的体积比为 4:1, KH550 添加量为亚麻纤维质量的 10%。室温下浸泡 1 h,50 $^{\circ}\text{C}$ 下鼓风干燥。该纤维标记为 KF。

1.3 PLA/Flax 复合材料的制备

将 AF、MF、KF、未处理亚麻(UF)与 PLA 在双螺杆挤出机中共混,温度为一区 172 $^{\circ}\text{C}$ 、二区 175 $^{\circ}\text{C}$ 、三区 177 $^{\circ}\text{C}$ 、四区 177 $^{\circ}\text{C}$ 、五区 174 $^{\circ}\text{C}$ 和六区 172 $^{\circ}\text{C}$,螺杆转速为 150 r/min。复合材料熔体水浴冷却,切粒烘干,再在注射成型机中成型,注塑温度为一区 179 $^{\circ}\text{C}$ 、二段 182 $^{\circ}\text{C}$ 、三段 182 $^{\circ}\text{C}$ 和四段 177 $^{\circ}\text{C}$,模具温度为 55 $^{\circ}\text{C}$,射出压力为 65 MPa,保压压力为 55 MPa。所得试样尺寸为 80 mm \times 10 mm \times 4 mm,该批次实验固定纤维含量为复合材料总质量的 5%。制备出的样品标记为 PLA/未处理纤维(PLA/UF)、PLA/碱处理纤维(PLA/AF)、PLA/碱+马来酸

酐处理纤维(PLA/MF)、PLA/碱+KH550 处理纤维(PLA/KF)。

1.4 性能测试

1) 热性能测试。切取 5 mg 注塑成型的样品,在 Diamond 型热分析仪中,于氮气氛围下进行热分析,从 50 $^{\circ}\text{C}$ 升温至 300 $^{\circ}\text{C}$,保温 1 min,又降温至 50 $^{\circ}\text{C}$,保温 1 min,再升温至 300 $^{\circ}\text{C}$,升温、降温速率均为 10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$,得到其 DSC 曲线。

2) 热稳定性测试。切取 5 mg 注塑成型样品,在 NETZSCH TG 209 型热重分析仪中,于氮气氛围下进行热重分析,以 10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的升温速度从 20 $^{\circ}\text{C}$ 升温至 600 $^{\circ}\text{C}$,得到 TG 和 DTG 曲线。

3) 线膨胀系数测定。将长为 19~20 mm、宽为 10 mm、高为 4 mm 的样品直立着放入 PRY-300 型膨胀仪中,温度范围为 68~130 $^{\circ}\text{C}$,升温速率设定为 2 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。

4) 动态力学性能测试。将 60 mm \times 10 mm \times 4 mm 的样品放入动态热机械分析仪进行测试。测试条件为:三点弯曲模式,频率选取为 5 Hz,压力为 0.8 N,测试温度范围为 30~130 $^{\circ}\text{C}$,升温速率为 2 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。

5) 吸水率测试试验。吸水性试验参照 GB/T 103—1998《塑料吸水性试验方法》,将 30 mm \times 10 mm \times 4 mm 的样品在(50 \pm 2) $^{\circ}\text{C}$ 下干燥直至质量不变,称其质量(m_1)。将样品浸泡在(28 \pm 2) $^{\circ}\text{C}$ 的蒸馏水中,24 h 后取出,吸去表面浮水迅速称量(m_2)。每组试样重复测试 5 次。吸水率 η 的计算公式为:

$$\eta = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100\%$$

2 结果与讨论

2.1 复合材料的熔融与结晶行为

PLA/Flax 的一次升温 DSC 曲线见图 1,材料在 63 $^{\circ}\text{C}$ 附近发生了玻璃化转变,对应于曲线上微小的

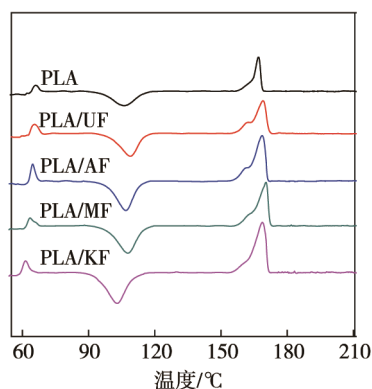


图1 复合材料一次升温 DSC 曲线
Fig.1 DSC of PLA/Flax composites during the first heating process

吸热峰, 该峰与 PLA 的物理老化有关^[15-18]。105 °C 附近出现了放热峰, 表明 PLA 在注塑过程中形成的结晶很不完善, 在升温过程中发生了冷结晶。材料在 168 °C 附近熔融, 对应于 DSC 曲线上的吸热峰, 在 PLA/UF 和 PLA/AF 熔融峰的低温一侧出现了明显的肩峰。可能是 UF, AF 与 PLA 相容性差, 形成结构疏松、不完善的次级晶片, 这些次级晶片在相对较低的温度下熔融。在前期工作中, 已经证实 PLA 与纤维相容性的顺序为 PLA/KF>PLA/MF>PLA/AF>PLA/UF^[15]。

材料在一次升温过程中所得参数见表 1, 纤维加入对材料的熔融温度几乎没有影响。PLA/Flax 的玻璃化温度低于纯 PLA, 结晶放热焓和熔融吸热焓均高于纯 PLA, 表明亚麻纤维的加入降低了材料的热稳定性, 提高了结晶度, 因为亚麻纤维作为结晶成核剂, 使结晶更容易发生。PLA/Flax 的冷结晶峰半高宽比纯 PLA 窄, 且采用表面改性纤维制得的复合材料的半高宽更窄, 表明纤维加入提高了结晶速率, 且相容性越好结晶速率越快。

表 1 复合材料一次升温 DSC 参数
Tab.1 DSC parameters of PLA/Flax composites during the first heating process

复合材料编号	玻璃化温度/°C	冷结晶温度/°C	熔点/°C	结晶放热焓/(J·g ⁻¹)	熔融吸热焓/(J·g ⁻¹)	结晶峰半高宽/°C
PLA	65.9	106.5	168.8	10.0	17.1	12.1
PLA/UF	65.5	109.0	169.0	22.6	25.5	10.0
PLA/AF	64.6	106.8	168.6	20.9	27.4	8.8
PLA/MF	63.4	107.8	170.5	19.0	25.1	8.9
PLA/KF	61.4	103.1	168.8	18.7	23.8	8.8

PLA/Flax 二次升温 DSC 曲线见图 2, 纤维表面改性后复合材料的冷结晶峰更高, 峰面积更大, 纤维与 PLA 相容性越好, 冷结晶温度越低, 与 PLA 相比, PLA/KF 的冷结晶温度降低了 11.3 °C。材料在 150 °C 左右发生熔融, PLA/Flax 的熔融吸热焓大于纯 PLA, 且纤维与 PLA 相容性越好, 熔融吸热焓值越大。此外, 熔融出现了双峰, PLA/MF, PLA/KF 与 PLA, PLA/UF, PLA/AF 不同, 高温峰面积明显大于低温峰面积, 结晶中致密、完善的结晶所占比例较大。复合材料二次升温 DSC 参数见表 2, PLA/MF 和 PLA/KF 的冷结晶峰半高宽比纯 PLA 窄, 表明冷结晶速率比 PLA 高。

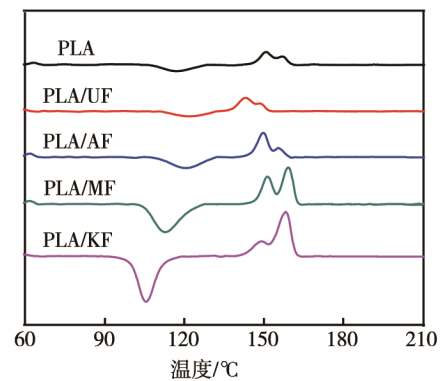


图 2 复合材料二次升温 DSC 曲线
Fig.2 DSC of PLA/Flax composites during the second heating process

表 2 复合材料二次升温 DSC 参数
Tab.2 DSC parameters of PLA/Flax composites during the second heating process

复合材料编号	玻璃化温度/°C	冷结晶温度/°C	熔点 t_1 /°C	熔点 t_2 /°C	结晶放热焓/(J·g ⁻¹)	熔融吸热焓/(J·g ⁻¹)	结晶峰半高宽/°C
PLA	63.0	116.8	150.8	157.4	0.8	9.2	11.6
PLA/UF	63.0	122.1	143.2	149.5	0.8	10.1	13.5
PLA/AF	61.8	120.3	149.8	155.4	1.9	15.3	11.8
PLA/MF	61.6	112.9	151.5	159.3	24.6	26.4	10.9
PLA/KF	58.5	105.5	152.4	158.3	23.2	25.5	7.6

2.2 复合材料的热稳定性能

材料的 TG 曲线见图 3, 热稳定性顺序为 PLA>PLA/AF>PLA/UF>PLA/KF>PLA/MF, 其中 PLA/AF 和 PLA/UF 最快分解温度比 PLA 低 6 °C 左右, PLA/MF 和 PLA/KF 的热稳定性最差, 分解温度与纯 PLA 相比降低了 10 °C 左右。PLA/Flax 的分解温度明

显低于纯 PLA 的, 该结论与很多研究结果相符^[19-20]。这是因为亚麻纤维热稳定性差, 加入后使得材料热稳定性降低。

2.3 复合材料的动态力学性能

PLA/Flax 在频率为 5 Hz 动态力作用下储能模量与温度关系曲线见图 4, 在 50 °C 以下, 储能模量随

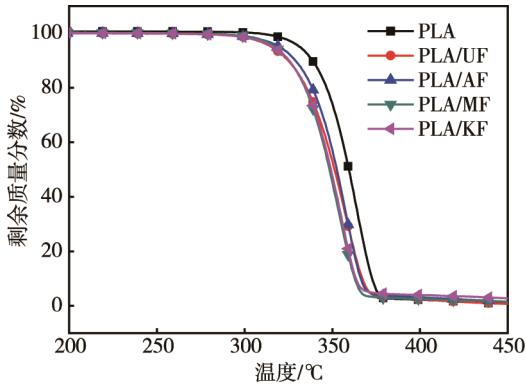


图3 复合材料热失重曲线
Fig.3 The TG curves of composites

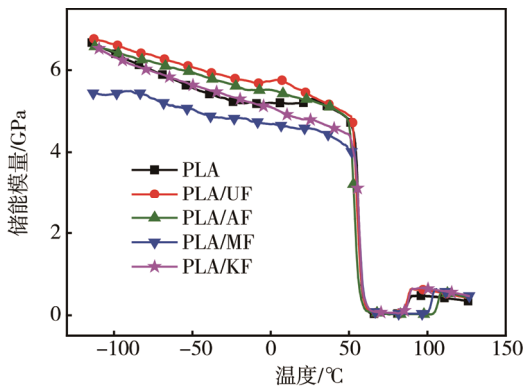


图4 复合材料储能模量与温度关系曲线
Fig.4 Curve of relationship between the energy storage modulus and temperature of composites

温度升高略有降低,在 50~70 °C 之间发生玻璃化转变而急剧降低,在 80 °C 以上某一温度时,材料发生冷结晶使储能模量有所增加,冷结晶结束后几乎不变。材料处于玻璃态、某一特定频率下,PLA, PLA/UF 和 PLA/AF 复合材料的储能模量几乎相等。PLA/KF 和 PLA/MF 的储能模量比 PLA 的还要低,因为纤维处理使得纤维自身强度和硬度降低。

PLA/Flax 损耗因子与温度关系曲线见图 5,50 °C 以下,损耗因子为常数,在玻璃化转变区出现显著的

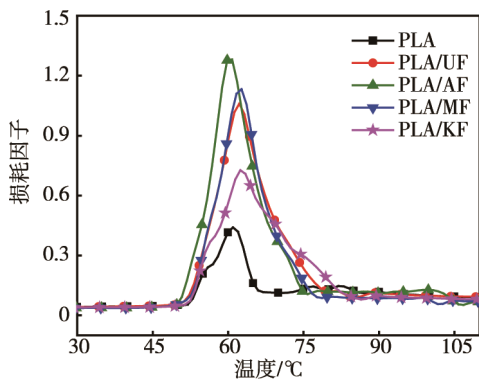


图5 复合材料损耗因子与温度关系曲线
Fig.5 Curve of relationship between loss factor and temperature of composites

峰,峰值温度对应于玻璃化温度。与 PLA 相比,PLA/Flax 的玻璃化温度更高,峰更高,峰面积更大,表明复合材料在玻璃化转变过程中内耗大。这是因为纤维形成空间位阻,妨碍 PLA 分子链段运动,需要在更高温度和消耗更多能量的前提下才能完成玻璃化转变,且纤维表面羟基与 PLA 形成氢键,完成转变需要克服氢键作用。

2.4 复合材料的尺寸稳定性

PLA/Flax 的线膨胀系数与温度的关系见图 6,可以看出尺寸稳定性顺序为 PLA/AF>PLA/MF>PLA/KF>PLA/UF>PLA。相同温度下 PLA/Flax 线膨胀系数明显低于纯 PLA,加入纤维后材料的尺寸稳定性提高了。因为 PLA 受热膨胀的实质是分子链之间自由体积增加,亚麻纤维对聚乳酸分子链段运动有阻碍,分子链段运动自由体积增加受阻。

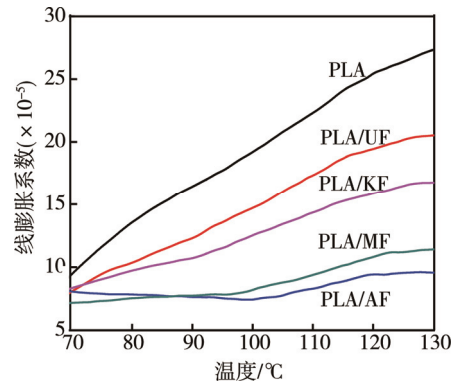


图6 复合材料线膨胀系数与温度关系曲线
Fig.6 Curve of relationship between the coefficient of linear expansion and temperature of composites

2.5 复合材料的吸水率

PLA/Flax 吸水率与时间的关系曲线见图 7,随时间增加吸水率增加,最终达到饱和。复合材料的吸水率约为 PLA 的 2 倍,因为亚麻纤维的结构较为疏松多孔,且具有较强的吸水性,这对材料的水解较为有

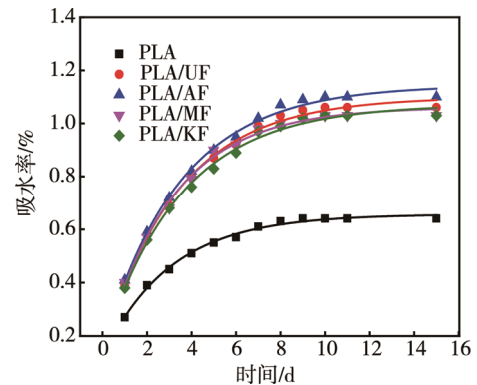


图7 复合材料吸水率与浸泡时间关系曲线
Fig.7 Curve of relationship between the water absorption and soaking time of composites

利, 纤维表面改性对复合材料吸水性影响不大。PLA 是可生物降解高分子材料, 废弃后可在环境中降解, 生成二氧化碳和水, 可减轻环境污染。降解初期主要是在潮湿或有水存在的条件下发生水解, 主链上的酯键断裂, 相对分子质量降低; 降解后期低相对分子质量聚乳酸在生物降解和水解的协同作用下, 最终完全降解。从绿色环保的角度, 纤维加入不会妨碍 PLA 的降解性, 还会对其降解起促进作用。

3 结语

纤维表面改性对复合材料结晶速率、结晶结构、结晶温度均有影响。两相相容性顺序为 PLA/UF < PLA/AF < PLA/MF < PLA/KF, 相容性越好, 冷结晶速率越大, 形成的结晶结构越致密、完善, 结晶温度降低得越多。热稳定性顺序为 PLA > PLA/AF > PLA/UF > PLA/KF > PLA/MF, 其中 PLA/AF 和 PLA/UF 最快分解温度比 PLA 低 6 °C 左右, PLA/MF 和 PLA/KF 的热稳定性最差, 分解温度与纯 PLA 相比降低了 10 °C 左右。PLA/UF 和 PLA/AF 的储能模量与 PLA 很相近, PLA/MF 和 PLA/KF 略低于纯 PLA; PLA/Flax 的玻璃化温度和损耗因子均比 PLA 的高, PLA/AF 的最高。随着动态力频率增加, 损耗峰高增加, 峰面积减小, 频率对储能模量没有明显影响。尺寸稳定性顺序为 PLA/AF > PLA/MF > PLA/KF > PLA/UF > PLA。PLA/Flax 的吸水率约为 PLA 的 2 倍, 这对完全可降解复合材料意义重大, 纤维表面改性对复合材料吸水性影响不大。

参考文献:

- [1] MAN C, ZHANG C, LIU Y, et al. Poly(lactic acid)/titanium Dioxide Composites: Preparation and Performance under Ultraviolet Irradiation[J]. *Polymer Degradation and Stability*, 2012, 97: 856—862.
- [2] ZHAO Q, DING Y, YANG B, et al. Highly Efficient Toughening Effect of Ultrafine Full-vulcanized Powdered Rubber on Poly(lactic acid)(PLA)[J]. *Polymer Testing*, 2013, 32: 299—305.
- [3] FORTUNATI E, PELTZER M, ARMENTANO I, et al. Effects of Modified Cellulose Nanocrystals on the Barrier and Migration Properties of PLA Nano-biocomposites[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2012, 90: 948—956.
- [4] IMRE B, KELEDI G, RENNER K, et al. Adhesion and Micromechanical Deformation Processes in PLA/CaSO₄ Composites[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2012, 89: 759—767.
- [5] XIONG Z, YANG Y, FENG J, et al. Preparation and Characterization of Poly(lactic acid)/starch Composites Toughened with Epoxidized Soybean Oil[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2013, 92: 810—816.
- [6] PINTO A M, MOREIRA S, GONCALVES I C, et al. Biocompatibility of Poly(lactic acid) with Incorporated Graphene-based Materials[J]. *Colloids and Surfaces B-biointerfaces*, 2013, 104: 229—238.
- [7] JOHN M J, THOMAS S. Biofibres and Biocomposites[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2008, 71: 343—364.
- [8] JOHN M J, ANANDJIWALA R D. Recent Developments in Chemical Modification and Characterization of Natural Fiber-reinforced Composites[J]. *Polymers & Polymer Composites*, 2008, 29: 187—207.
- [9] ZINI E, FOCARETE M, NODA L, et al. Bio-composite of Bacterial Poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyhexanoate) Reinforced with Vegetable Fibers[J]. *Composites Science and Technology*, 2007, 67(10): 2085—2094.
- [10] OKUBO K, FUJII T, THOSTENSON E T. Multi-scale Hybrid Biocomposite: Processing and Mechanical Characterization of Bamboo Fiber Reinforced PLA with Microfibrillated Cellulose[J]. *Composites Part A-applied Science and Manufacturing*, 2009, 40: 469—475.
- [11] NAKAGAITO A N, FUJIMURA A, SAKAI T, et al. Production of Microfibrillated Cellulose (MFC)-reinforced Polylactic Acid (PLA) Nanocomposites from Steets Obtained by a Papermaking-like Process[J]. *Composites Science and Technology*, 2009, 69: 1293—1297.
- [12] 李新功, 郑霞, 吴义强, 等. 竹纤维增强聚乳酸复合材料热老化性能[J]. *复合材料学报*, 2013, 30(5): 101—106.
- [13] 李春光, 徐鹏飞, 李云霞, 等. 玉米秸秆微晶纤维素/聚乳酸复合膜的制备与性能[J]. *复合材料学报*, 2011, 28(4): 94—98.
- [14] LI Chun-guang, XU Peng-fei, LI Yun-xia, et al. Preparation and Properties of Corn Stalks Cellulose Microcrystal Reinforced Poly(lactic acid) Composite Film[J]. *Acta Materiae Compositae Sinica*, 2013, 30(5): 101—106.
- [15] XIA X, LIU W, ZHOU L, et al. Study on Flax Fiber Toughened Poly(lactic acid) Composites[J]. *Journal of Applied Polymer Science*, 2015, 132(38): 1—10.
- [16] LI Chun-guang, XU Peng-fei, LI Yun-xia, et al. Preparation and Properties of Corn Stalks Cellulose Microcrystal Reinforced Poly(lactic acid) Composite Film[J]. *Acta Materiae Compositae Sinica*, 2011, 28(4): 94—98.
- [17] XIA X, LIU W, ZHOU L, et al. Modification of Flax Fiber Surface and Its Compatibilization in Polylactic

- Acid/Flax Composites[J]. Iranian Polymer Journal, 2016, 25: 25—35.
- [16] 罗文波, 唐欣, 李其抚. 物理老化对玻璃态高聚物非线性蠕变行为的影响[J]. 固体力学学报, 2008, 29(1): 104—108.
- LUO Wen-bo, TANG Xin, LI Qi-fu. Effect of Physical Aging on Nonlinear Creep Behavior of Glassy Polymers[J]. Acta Mechanica Solida Sinica, 2008, 29(1): 104—108.
- [17] FOX T G, FLORY P J. Second-order Transition Temperatures and Related Properties of Polystyrene[J]. Journal of Applied Physics, 1950, 12: 581—591.
- [18] 全大萍, 廖凯荣, 赵剑豪. 物理老化对聚乳酸玻璃化转变行为的影响[J]. 高分子学报, 2004(5): 726—730.
- QUAN Da-ping, LIAO Kai-rong, ZHAO Jian-hao. Effect of Physical Aging on Glass Transition Behavior of Poly(lactic acid)[J]. Acta Polymerica Sinica, 2004(5): 726—730.
- [19] PANDEY J K, LEE C S, AHN S H. Preparation and Properties of Bio-nanoreinforced Composites from Biodegradable Polymer Matrix and Cellulose Whiskers[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2010, 115: 2493—2501.
- [20] DOBREVA T, BENAVENTE R, PERENA J M. Effect of Different Thermal Treatments on the Mechanical Performance of Poly(L-lactic acid) Based Eco-composites[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2010, 116: 1088—1098.

《智能包装与活性包装》特色栏目征稿函

智能包装与活性包装是包装工程技术领域的发展趋势,也是全球包装行业研发和应用的焦点。智能包装新技术与活性包装新材料的应用,能改善包装物条件的体系(通过释放物质、排除或抑制SU),延长包装物使用寿命;提高卫生安全性;改善气味和口感特性的同时保证其品质不变。利用新型的包装材料、结构与形式对商品的质量和流通安全性进行积极干预与保障,通过信息收集、管理、控制与处理技术完成对运输包装系统的优化管理等。

鉴于此,本刊拟围绕“智能包装与活性包装”这一主线,作系列专项报道。本刊编辑部特邀请相关专家为该栏目撰写稿件,以期进一步提升本刊的学术质量和影响力。稿件以研究论文为主,也可为综述性研究,请通过网站投稿,编辑部将快速处理并优先发表。

编辑部电话: 023-68792294 网址: www.packjour.com

《包装工程》编辑部