

胡麻纤维脱胶及复合材料在医用夹板上的研究

李宛鑫,石大为*,郭 栋

(内蒙古工业大学 轻工与纺织学院,内蒙古 呼和浩特 010080)

摘要:胡麻纤维脱胶借鉴了亚麻脱胶技术,利用开松、梳理等设备进行初加工,得到胡麻纤维并作为增强体,分别以环氧树脂和聚乳酸为基体;利用真空辅助树脂传递模塑(VARTM)和热压成型工艺,制作出纤维含量分别为10%、20%、30%,尺寸大小为50 cm×50 cm的胡麻/环氧树脂复合材料试样(FER)和胡麻/聚乳酸复合材料试样(FP);对其进行力学性能测试,进行组间和组内对比,对其力学性能进行分析,得出:胡麻纤维为30%时拉伸强力34.76 MPa、弯曲强度79.39 MPa、压缩强度666.59 MPa,FER力学性能最好,可用于医用夹板。

关键词:胡麻纤维;脱胶;复合材料;医用夹板;力学性能

中图分类号:TS 124.7

文献标识码:A

文章编号:1673-0356(2022)07-0026-05

医用夹板是用于固定骨骼的一种外固定器,有着悠久的历史,其材料种类也不断发生变化^[1-2]。从最初的木制材料到后来的石膏,再到现代使用的高分子复合材料,性能也越来越优良^[3-4]。因此寻找一种经济环保型的新型材料,天然植物纤维成为最佳选择。胡麻作为纺织纤维材料有着强力大、稳定性好、透气性好、抗菌性好、绿色可降解、成本低等优势。石大为等对胡麻纤维脱胶工艺进行研究^[5];方培培等对苕麻纤维复合材料医用夹板进行研究^[6]。从原料到用途综合考虑,胡麻纤维复合材料医用夹板是可实现、可操作的。

利用胡麻纤维分别与环氧树脂、聚乳酸通过真空辅助树脂传递模塑(VARTM)和热压成型工艺,制作出纤维含量分别为10%、20%、30%,尺寸大小为50 cm×50 cm的胡麻/环氧树脂复合材料试样(FER)和胡麻/聚乳酸复合材料试样(FP),并对其进行拉伸、弯曲、压缩3种力学性能的测试。研究有着开拓性的意义和前景,也是医用夹板发展的必然趋势^[7-8],符合绿色纺织的理念,可用于医用夹板,具有安全性和有效性。

1 胡麻纤维脱胶

试验采用生物-化学联合脱胶技术,利用果胶酶分

解胡麻纤维中大部分胶质,再用化学方法去除剩余部分胶质^[9-10],使胡麻单纤维达到可纺要求,从而满足胡麻纤维复合材料医用夹板的要求。既保留胡麻纤维的优良性能,又满足胡麻纤维在复合材料中的使用要求而得到精干麻^[11]。

1.1 材料

果胶酶、半纤维素酶、氢氧化钠、过氧化氢、硫酸、JFC渗透剂、硅酸钠、冰醋酸、亚硫酸氢钠、三聚磷酸钠、乙二胺四乙酸二钠、胡麻原纤(内蒙古自治区乌兰察布市)。

1.2 试验仪器

水浴锅、酸度计、电子分析天平、纤维电子强力仪、烘箱、电子显微镜。

1.3 工艺流程

取样→预水煮→生物脱胶→浸酸→水洗→打纤→碱煮→水洗→烘干→麻纤维。

先将胡麻烘干,取5 cm长度的胡麻原纤,称6份,重量为30 g;放入90℃的恒温水浴锅,煮60 min先将水溶性胶质除掉;浴比1:30、温度50℃条件下,加入果胶酶(40 g/L)、漆酶(10 g/L)继续处理3 h;浸入浓度为2 g/L、浴比1:50、温度75℃、煮1.5 h;水洗6次,去除表面残留;经过打纤,使纤维束中的纤维得到分散;加压碱煮,氢氧化钠8.0 g/L、三聚磷酸钠1.5 g/L、亚硫酸氢钠4.0 g/L,然后加入去离子水配成溶液,最后滴入JFC渗透剂0.8 g/L,在90℃的恒温水浴锅中,浴比1:50,煮2 h;水洗6次,去除表面残留;烘干,最终得到精干麻。

1.4 脱胶率

根据GB/T 5889—1986测定其含水率、残胶率,

收稿日期:2022-03-06;修回日期:2022-03-14

基金项目:2020年度内蒙古自治区自然科学基金项目(2020LH05007);内蒙古自治区教育厅高等学校科学研究项目(NJZY17100)

第一作者:李宛鑫(1998—),女,硕士研究生,主要研究方向为纺织新材料设计与开发。

*通信作者:石大为(1977—),男,副教授,主要研究方向为纺织新材料设计与开发,E-mail:sdw1996@126.com。

结果见表1。

表1 胡麻脱胶的含水率和残胶率

序号	G ₀ /g	G ₁ /g	G ₂ /g	含水率 W ₁ /%	残胶率 W ₂ /%
1	5.00	4.55	4.30	9.00	5.00
2	5.00	4.60	4.52	8.00	1.60
3	5.00	4.65	4.58	7.00	1.40
4	5.00	4.72	4.56	5.60	3.20
5	5.00	4.74	4.55	5.20	3.80
6	5.00	4.68	4.56	6.40	2.40
平均值	5.00	4.66	4.51	6.87	2.90

试验中胡麻的平均含水率为6.87%，平均残胶率为2.90%，优化后的工艺效果显著，为后续胡麻纤维复合材料医用夹板做了更优越的准备。

1.5 单纤维力学性能

参照国家标准 GB/T 5886—1986^[11] 对6组胡麻单纤维断裂强度及断裂伸长率进行测定，测试胡麻纤维断裂强度并求出平均值、方差。测得脱胶前的胡麻纤维以及脱胶后胡麻纤维的力学性能指标，见表2。

表2 胡麻纤维力学性能指标

胡麻纤维	断裂强力 /cN	断裂强度 / (cN · dtex ⁻¹)	断裂伸长率 /%
原麻	149.29	104.83	2.60
精干麻	86.34	74.88	2.89

从表2中得出，原麻纤维与精干麻纤维的基本性能存在着较大差异，原麻的单纤断裂强力比精干麻多出约1倍，原麻单纤的断裂强度约是精干麻的1.40倍；原麻断裂强度方差为0.03，精干麻断裂强度方差为0.02。但胡麻纤维精干麻的断裂伸长率高于原麻，达到胡麻纤维的可纺要求，这是由于原麻纤维和精干麻纤维的胶质含量不同所引起的。

1.6 纤维形态结构

胡麻脱胶的目的是为了去除胡麻纤维表面的果胶等胶质，使用场发射扫描电子镜来观察胡麻纤维的纵形态结构。图1为脱胶前的胡麻纤维，表面具有很厚的一层胶质，将胡麻纤维紧密地包裹、粘连在一起致使纤维的分散性差，而且胶质的分布不均匀，存在很多毛刺。图2为脱胶后的胡麻纤维形态，清晰地看到纤维表面比较平整光洁。纤维表面没有了胶质的覆盖，且后表面的沟壑也显现出来，改善了胡麻纤维的外貌形态，提高复合材料中增强体的力学性能。

2 医用夹板

2.1 试验材料

胡麻精干麻纤维、No. 1-692-2A 环氧树脂、No. 1-

692-2B 固化剂、Ingeo4032D 型聚乳酸树脂。

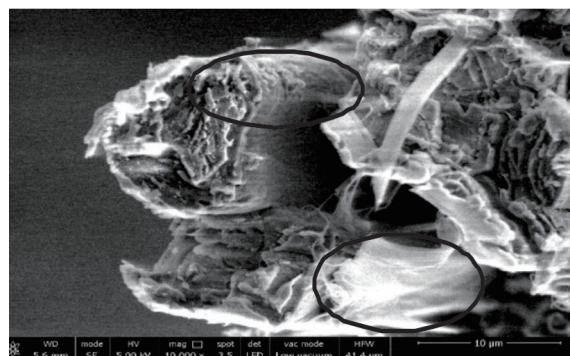


图1 脱胶前的胡麻纤维形态

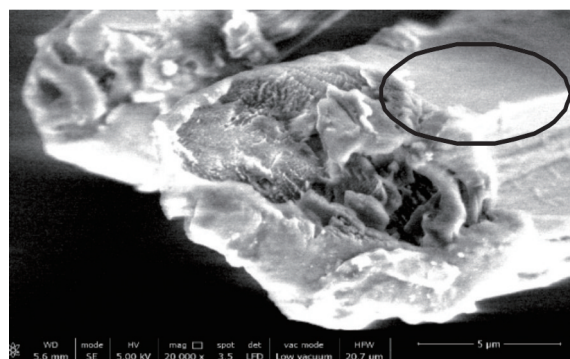


图2 脱胶后的胡麻纤维形态

2.2 试验仪器

DSOP-02 型开松机、DSCA-01 型梳棉机、50 cm × 50 cm 的钢化玻璃板模具、CRVPRO6 型真空泵、DGF-4AB 型高温烘箱、精密电子万能试验机。

2.3 工艺流程与参数

胡麻纤维网刺针密度为50针刺/cm²，针刺道数1道，针深5 mm。环氧树脂通过 VARTM 在温度 30 °C、压力 20 MPa、时间 3 h 条件下成型，聚乳酸通过热压成型在温度 180 °C、压力 20 MPa、时间 3 h 条件下成型，胡麻纤维复合材料医用夹板工艺流程如图3所示。

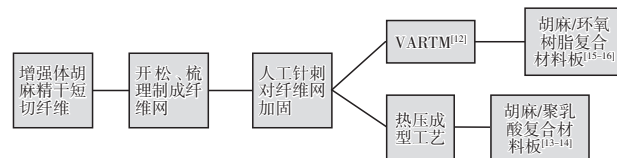


图3 医用夹板复合材料工艺流程

2.4 复合材料力学性能测试

拉伸性能按照 GB/T 1447—2005^[17] 标准进行测试；弯曲性能按照 GB/T 1449—2005^[18] 标准进行测试；压缩性能按照 GB/T 3856—2005^[19] 标准进行测试，为减小误差，每组测试5个试样，求其平均值。复合材料拉伸、弯曲、压缩性能测试数据见表3。

表3 复合材料拉伸、弯曲、压缩性能测试数据

复合材料	胡麻纤维质量分数/%	拉伸载荷 /N	拉伸强度 /MPa	弯曲载荷 /N	弯曲强度 /MPa	压缩载荷 /N	压缩强度 /MPa
FER	10	4 030.51	29.86	200.54	41.14	4 035.22	233.12
	20	4 320.15	32.00	177.56	54.25	5 095.36	347.78
	30	4 693.36	34.76	162.09	79.39	5 598.63	666.59
FP	10	3 323.78	24.61	213.94	49.37	1 500.33	119.39
	20	3 712.45	27.50	247.91	50.85	2 006.36	160.33
	30	3 446.55	25.53	239.36	49.09	989.32	95.29

2.4.1 拉伸性能

胡麻纤维复合材料拉伸强度受胡麻纤维质量分数、试验仪器夹头、拉伸速率、端部加固等因素的影响,胡麻纤维复合材料拉伸性能实际反应了基体和增强体2种材料的浸润性即胡麻纤维与环氧树脂和聚乳酸的黏结效果^[20],从而反映出FER、FP的延展性。从图4可得出,在胡麻纤维质量分数相同的条件下,FER的拉伸强度比FP的拉伸强度分别高5.25、4.5、9.23 MPa。FER的拉伸强度在质量分数为30%时,拉伸强度最大为34.76 MPa,此时环氧树脂浸润性减弱,两者之间的黏结作用减小。由于胡麻纤维自身断裂强度的影响,FER的拉伸强度有所提高。FP的拉伸强度在胡麻质量分数为20%时,最大为27.50 MPa,此时胡麻纤维分布均匀而且与聚乳酸之间的浸润黏结最充分;随胡麻纤维质量分数增加会导致聚乳酸对纤维的浸润受阻,进而影响FP复合材料的拉伸性能;当胡麻纤维质量分数在20%以下时,胡麻纤维与聚乳酸黏结度较好,基体的自身性质占主要影响因素,FP拉伸强度较低^[21]。

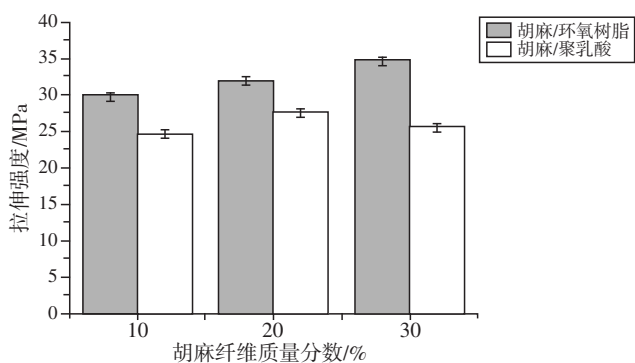


图4 拉伸强度对比

2.4.2 弯曲性能

从图5可得出,随胡麻纤维质量分数不断增加,FER的弯曲强度不断增大,在纤维质量为30%时,弯曲强度最大为79.39 MPa,FP的弯曲强度随质量分数的改变不大。原因是FER是VARTM成型,FP是热

压成型,FP在成型过程胡麻纤维有严重的聚集现象,基体与增强体之间的黏结能力较差,使复合材料板分层。

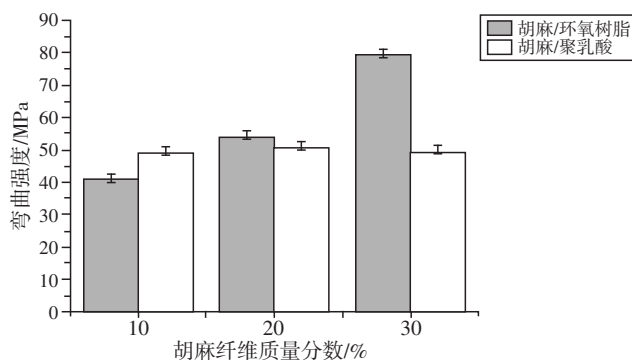


图5 弯曲强度对比

2.4.3 压缩性能

从图6可得出,2种材料的压缩性能差异较大。总体来说FER的压缩强度比FP的压缩强度大得多,即前者比后者的韧性大。FER最大压缩强度值为666.59 MPa,这是由于胡麻纤维自身结构所影响,FP最大压缩强度值为160.33 MPa。原因在于胡麻纤维较少时聚乳酸用量较大,浸润性好,黏结作用好^[22-23];当胡麻纤维较多时,胡麻纤维密度较大,显现纤维聚集,浸润性变差产生分层的现象,所以胡麻/聚乳酸复合材料压缩性能变差。

3 结果与讨论

(1)胡麻脱胶采用生物-化学联合脱胶,提高胡麻纤维的脱胶率,改善胡麻纤维表面结构,提高可纺性。

(2)从拉伸测试结果来看,2种复合材料拉伸性能较好,但总体胡麻纤维质量分数为30%时FER试样的拉伸性能最好。

(3)从弯曲测试结果来看,FER复合材料的弯曲性能优于FP复合材料的弯曲性能,30%含量的FER试样弯曲性能最好。

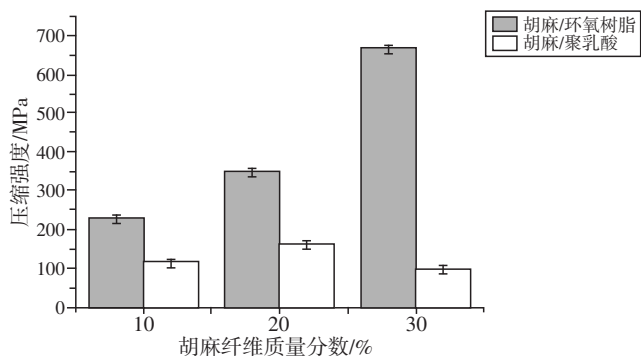


图6 压缩强度对比

(4)从压缩测试结果来看,FER复合材料的压缩性能优于FP复合材料的压缩性能,30%含量的胡麻/环氧树脂试样压缩性能最好。

从胡麻纤维增强体原材料的制备,到FER、FE的成型,进行了3种力学测试分析,探究了胡麻纤维复合材料作为医用夹板在力学性能方面的可行性。纤维的质量分数和不同树脂作为变量,通过组内和组间的对比与分析,总体上得出2种不同材料制得的复合材料夹板在力学性能上都满足医用夹板的使用条件,2种材料各有优势,胡麻/环氧树脂复合材料夹板的力学性能较优,胡麻/聚乳酸复合材料可降解且环保。试验得出FER的力学性能优于FP材料的力学性能,FER在纤维的质量分数为30%时力学性能最优。

参考文献:

- [1] 许树柴,袁凯,刘军,等. 中医骨科小夹板的现状及今后发展的思考[J]. 医学与哲学(临床决策论坛版),2011,32(6):47-49.
- [2] 侯关荣,宋治中. 医用高分子夹板:CN2482977Y[P]. 2002-03-27.
- [3] 苏靖. 医用复合夹板的研究[D]. 青岛:青岛大学,2008.
- [4] KONG L, CHENG L, WAN P, et al. Development and intellectualization of ramie fiber composites medical splint [J]. Materials Review, 2018. DOI: 10.11896/j.issn.1005-023X.2018.07.024.
- [5] 石大为,王瑞,陈旭,等. 基于射频处理的胡麻生物脱胶工艺[J]. 纺织学报,2018,39(3):73-78.
- [6] 万培培,成玲. 智能医用夹板的开发与应用[J]. 纺织导报,2015(8):86-88.
- [7] 李伟,黄虹云,吴永庆. VARTM制备麻纤维增强环氧树脂复合材料研究[J]. 湖南大学学报(自然科学版),2015,42(12):15-20.
- [8] 鲁博,张林文,曾竟成,等. 天然纤维复合材料[M]. 北京:

化学工业出版社,2005.

- [9] 张含飞,张元明,郁崇文,等. 苧麻生物脱胶与化学脱胶精干麻纤维性能对比[J]. 上海纺织科技,2010,38(3):44-46,54.
- [10] BRUHIMANN F, LEUPIN M, ERISMANN K H, et al. Enzymatic degumming of ramie bast fibers[J]. Journal of Biotechnology, 2000, 76(1):43-50.
- [11] 苧麻纤维支数试验方法:GB/T 5884—1986[S].
- [12] MOHAMED M, SELIM M M, NING H, et al. Effect of fiber prestressing on mechanical properties of glass fiber epoxy composites manufactured by vacuum-assisted resin transfer molding[J]. Journal of Reinforced Plastics and Composites, 2020, 39(1-2):21-30.
- [13] 展江湖,王迎宵,杨志浩,等. 苧麻纤维增强聚乳酸复合材料性能研究[J]. 工程科学学报,2021,43(7):952-959.
- [14] LI Z G, LIU J H, GAO Z P, et al. Preparation of environmentally friendly hemp fiber reinforced polylactic acid composites[J]. Journal of Jilin University (Engineering and Technology Edition), 2019,49(2):536-543.
- [15] 张旭锋,乌云其其格,黎迪晖,等. 苧麻纤维增强生物基环氧树脂基复合材料性能研究[J]. 高科技纤维与应用, 2020,45(4):20-26.
- [16] 汤栋,赵玉萍,赵明. 黄麻纤维/环氧树脂复合材料的力学性能[J]. 大连工业大学学报,2011,30(6):461-464.
- [17] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 单向纤维增强塑料平板拉伸性能试验方法:GB/T 1447—2005[S].
- [18] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 单向纤维增强塑料平板弯曲性能试验方法:GB/T 1449—2005[S].
- [19] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 单向纤维增强塑料平板压缩性能试验方法:GB/T 3856—2005[S].
- [20] XIA X, SHI X, LIU W, et al. Effect of flax fiber content on polylactic acid (PLA) crystallization in PLA/flax fiber composites[J]. Iranian Polymer Journal, 2017, 26(9):693-702.
- [21] 李志刚,刘俊辉,高智鹏,等. 环保型汉麻纤维增强聚乳酸基复合材料的制备[J]. 吉林大学学报(工学版),2019,49(2):536-543.
- [22] DEL BORRELLO M, MELE M, CAMPANA G, et al. Manufacturing and characterization of hemp-reinforced epoxy composites[J]. Polymer Composites, 2020, 41(6):2316-2329.
- [23] 张璐,黄故. 亚麻增强热塑性树脂复合材料板材的研究与应用[J]. 工程塑料应用,2009,37(6):40-43.

Study on Flax Fiber Degumming and Composite Medical Splint

LI Wanxin, SHI Dawei*, GUO Dong

(College of Light Industry and Textile, Inner Mongolia University of Technology, Hohhot 010080, China)

Abstract: The flax fiber degumming draws lessons from flax degumming technology, by preliminary processing with opening and carding equipment, flax fiber was obtained and used as reinforcement, respectively, with epoxy resin and polylactic acid as matrix. The flax/epoxy resin composite sample (FER) and flax/polylactic acid composite sample (FP) with fiber content of 10%, 20% and 30% and size of 50 cm × 50 cm were prepared by vacuum assisted resin transfer molding (VARTM) and hot-pressing molding process. The mechanical properties were tested. The comparison between groups and within groups was carried out, and the mechanical properties were analyzed. It was concluded that the mechanical properties of FER were the best when the flax fiber was 30%, and the tensile strength was 34.76 MPa, the bending strength was 79.39 MPa, and the compression strength was 666.59 MPa, which realized the function of medical splint.

Key words: flax fiber; degumming; composite material; medical splint; mechanical property

(上接第 25 页)

Visual Analysis of Research Progress of Kansei Engineering in Garment Domain

FANG Leilei

(College of Art Design and Fashion, Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou 310000, China)

Abstract: In order to explore the research status and development trend of Kansei engineering in the garment domain, 142 literatures retrieved from CNKI during 1998-2021 were taken as data samples, and the literature metrology method and CiteSpace visualization software were used to analyze the annual number of published literatures, sources, authors, institutions and keywords in this research field. It was found that the research and development of Kansei Engineering in the field of garment had a certain stage, mainly centering on three hot topics: perceptual research on clothing appearance attributes, perceptual research on clothing cultural attributes and differences in consumers' perceptual cognition. In recent years, the heat of relevant research continues to rise, and the perceptual research of functional clothing is a hot frontier in recent two years. In terms of research methods, the integration and application of new technologies such as big data and artificial intelligence will be the future research trend.

Key words: Kansei engineering; garment; CiteSpace; visual analysis; research status; evolution trend

欢迎订阅《纺织科技进展》杂志!

邮发代号:62-284
海外发行代号:DK51021