

竹纤维/ PHBV 复合材料的力学性能研究

张 瑜

(南通大学,南通,226007)

摘 要:用非织造布技术制作了竹纤维/ PHBV 针刺毡,热压处理后制成竹纤维/ PHBV 复合材料。结合生产实践,从纤维性能及加工工艺参数等方面进行分析和研究,探讨了提高竹纤维/ PHBV 复合材料力学性能的有效措施。

关键词:非织造布 竹纤维 PHBV 复合材料 力学性能

中图分类号:TS 176.5 文献标识码:A 文章编号:0253-9721(2004)06-0038-03

竹纤维是一种绿色环保型纤维材料,具有天然抗菌性、良好的透气性、独特的回弹性、瞬间吸水性及较高的强度等优良特性,也具有良好的韧性、稳定性和防缩水性能。一般用于纺纱,织造的是由竹子经粉碎后采用水解、碱处理及多段式的漂白精制而成浆粕,再经溶解纺丝成再生纤维素竹纤维。而原生竹纤维则是将竹子经过搅碎后,在经高温蒸煮、除糖分、脂肪、消毒、晾干等物理方法制成的竹纤维,这种原生竹纤维强度高、韧性、柔软性好,而且采用纯物理提取,加工成本低,纤维损伤小,是一种真正意义上的环保纤维。

PHBV是以可再生资源淀粉为主要原料,是一种 PHB 的共聚物——羟基丁酸和羟基戊酸共聚物 Poly(hydroxybutyrate-co-hydroxyvalerate),是微生物在不平衡生长条件下以颗粒状态贮存于细胞内的一种高分子聚合物,利用发酵和合成方法制备而成,具有

完全生物降解性和较高的生物相容性、憎水性及较好的物理性能和加工性能,与 PP(聚丙烯)相近,尤其是熔点低(160℃),是一种非常理想的热塑性材料。

采用天然原生竹纤维作增强相、可生物降解热塑性 PHBV 作粘结基体相,用非织造布技术制作竹纤维/ PHBV 针刺毡^[1],通过热压复合制成一种无污染、低能耗、高性能的完全可降解复合材料^[2,3]。如采用模压技术,还可生产出符合特殊形状要求的型材,如汽车内饰件底板、箱包底板及家用装饰材料等。该环保型复合材料既有利于功能性原生竹纤维产品的开发应用,更有利于环境保护和可持续发展^[4]。

1 实验部分

1.1 原材料及性能

原生竹纤维:纤维直径为 0.08 ~ 0.18 mm,纤维长度为 55 ~ 70 mm,含水量为 13.8%,竹粉、竹梗和其它竹纤维的含量小于 18%;PHBV 纤维线密度为 1.332 dtex,长度为 60 ~ 75 mm,长度标准差异为 75%,密度为 0.91 g/cm³,纤维单强为 42.8 cN/tex,断裂伸长为 28%,熔点为 160 ℃。

1.2 内容

拉伸试验按 GB 3354-82 进行;弯曲试验按 GB 3356-82 进行;压缩试验按 GB 3856-82 进行;剪切试验按 GB 3357-82 进行。

1.3 测试设备

WD-5 型电子万能试验机,HD-1 等离子体处理仪。

1.4 试样制作

1.4.1 竹纤维的碱处理 将原生竹纤维浸在 NaClO 溶液中进行碱处理,NaClO 溶液浓度为 1 g/L,溶液浴比为 1:30,时间为 15 min。

1.4.2 PHBV 纤维等离子体处理 采用等离子体处理的方法对 PHBV 纤维表面进行处理,以氧气为载体,频率为 13.56 MHz,真空度为 133 Pa,放电功率为 100 W。

1.4.3 针刺毡 将分别处理后的原生竹纤维和 PHBV 纤维按 70/30 比例混合成网制作针刺毡。面密度为 550 g/m²,针刺深度为 9.8 mm,预针刺频率为 333 刺/min,主针刺频率为 600 刺/min,重复针刺遍数为 2。

1.4.4 热压成材 在热压条件下通过 PHBV 的熔融将竹纤维粘结,制成竹纤维/PHBV 复合材料。温度为 165 ℃,压力为 0.6 ~ 0.7 MPa,保温时间为 120 ~ 150 min。

1.5 生产工艺路线

原生竹纤维——碱处理
PHBV 纤维——等离子体处理
——针刺——热压——竹纤维/PHBV 复合材料。

2 结果与分析

2.1 力学性能

竹纤维/PHBV 复合材料的力学性能测试结果见表 1。

由表 1 可以看出,竹纤维经碱处理后制得的竹纤维/PHBV 复合材料的纵、横向拉伸强度与模量及层剪强度均较未经碱处理竹纤维制得的产品有明显

提高。这是由于 PHBV 与竹纤维性能差异较大,在热压加工复合材料时,竹纤维与 PHBV 之间的界面粘结性能并不理想。采用碱处理技术后,提高了复合材料中竹纤维、PHBV 之间的界面剪切强度,改善了竹纤维/PHBV 复合材料力学性能。

表 1 竹纤维/PHBV 复合材料力学性能测试结果

性能	纵向拉伸强度(MPa)	纵向拉伸模量(GPa)	横向拉伸强度(MPa)	横向拉伸模量(GPa)	层剪强度(MPa)
未处理	平均值 28.6	52.3	20.4	36.87	5.2
	CV(%) 11.3	8.55	12.2	7.35	5.36
处理	平均值 37.5	68.2	30.5	48.3	7.3
	CV(%) 8.25	11.4	13.5	10.5	9.85

原生竹纤维是天然纤维素纤维,耐碱不耐酸,在稀碱溶液中极为稳定^[5],通过竹纤维碱处理,纤维素与 NaClO 发生反应,生成水合能力极强的纤维素钠盐,使大量水分子进入纤维内部,使之剧烈膨胀。碱液不仅渗透到纤维的无定形区,而且渗透到晶区表面及侧序较低的晶区,结晶度变低,取向度下降,无定形区增大,整个结构变得疏松,纤维的取向度也有所降低,提高了竹纤维的伸长率、柔软度及物理机械性能。

由于 PHBV 具有较高的结晶度,密度小,耐热性好,其力学性能如拉伸强度、弹性模量及硬度较好。具有亚甲基组成的非极性链结构和高结晶度、取向度的聚集态结构,大分子 C、H 两种惰性元素,与基体复合时浸润性差。用氧气为载体,对 PHBV 纤维进行等离子体处理,可在纤维表面生成 —C—O— 极性基团,并产生蜂窝状表面,既提高了纤维的表面能,又增大了纤维的表面积,有利于与竹纤维之间的界面粘合^[6]。

2.2 混合比例

图 1 为竹纤维/PHBV 混合比例对复合材料拉伸强度的影响。竹纤维/PHBV 复合材料是通过 PHBV 的熔融将竹纤维粘结而成,由于改性后的 PHBV 和竹纤维间存在较强界面粘合力,随 PHBV 的混合比例增大,复合材料的拉伸强度增大,但增大趋势在放缓。同时,为充分发挥复合材料中竹纤维的优良性能,故实际选用的 PHBV 的混合比例不宜过大。当然,在一定混合比例时,竹纤维、PHBV 纤维在成网中的分布和集合状态是否均匀,直接影响到复合材料的最佳性能,为此,竹纤维、PHBV 纤维成网前的开松混合、小定量喂给显得尤为重要。

2.3 应力-应变

图 2 为采用竹纤维/PHBV 混合网直接热压和针刺后再热压的两种不同结构复合材料应力-应变曲线。当复合材料中的 PHBV 受力产生变形时,其

中竹纤维间因 PHBV 变形作用发生一定的机械摩擦作用,通过变形作用传递,竹纤维也开始承受应力,当界面粘结强度大于 PHBV 基体强度时,复合材料纤维承受的应力值可达最大。竹纤维/PHBV 网通过针刺后,纤维与纤维之间产生了相应的纠缠,相互约束,具有了一定强度、密度,能够抵抗卷绕及复合过程中所受的张力,可避免意外牵伸而造成定量不匀;刺针的反复穿刺,形成了网中纤维的转移,从而实现了 PHBV 纤维与竹纤维进一步混合作用;刺针的穿刺,将部分水平纤维变成垂直状态,产生了独特的垂直结构,从而增加了针刺毡的透气性,有利于以后热熔粘合时的热气渗透,保证热粘合的均匀。因此,竹纤维/PHBV 混合网针刺后再热压成形的复合材料应力、应变均明显增加。

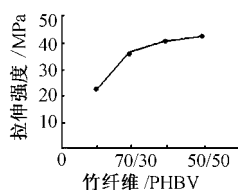


图1 混合比例对复合材料拉伸强度的影响

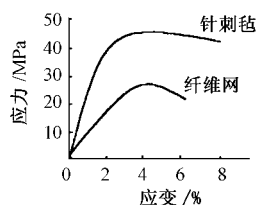


图2 不同结构复合材料应力-应变曲线

2.4 针刺密度

图3为针刺密度对复合材料拉伸强度的影响。竹纤维/PHBV 毡在复合时需要一定的针刺密度的保证,达到针刺效果,但针刺密度过大时纤维的损伤会增加,复合材料拉伸强度反而有所下降。因此,应该针对所用竹纤维及 PHBV 纤维的特性,合理选择针刺的型号及针刺深度、针刺频率等工艺参数,面密度较大的产品可采用上、下针刺的方式,最好不要采用过多的重复针刺,避免纤维的过度损伤。

2.5 粘合温度

图4为粘合温度对复合材料拉伸强度的影响。热压成形是复合材料加工的最后道工序,利用低熔点 PHBV 纤维作热塑性粘合剂,将混合针刺毡在一定的温度、压力条件下进行热粘合成形,制成具有强度、硬度、手感、厚度的新型竹纤维复合板材。粘合温度对材料尺寸稳定性产生影响,主要是纤维无定形区分子链受热后松弛和解取向的结果,粘合温

度增加,材料的弯曲刚度增大,柔软性减小。粘合压力的选择取决于复合毡的厚度、纤维的混合比例,既要通过加压提高材料的密度,增加纤维的接触面积,又要保证轧辊到纤网的热量传递,促进熔融纤维的流动。因此,要有一个最佳压力才能形成良好的粘合条件。对一般面密度的产品,适当增加粘合温度和粘合压力,即可保证热量有效地渗透到内层中去,使 PHBV 纤维与竹纤维有较好的粘结效果。

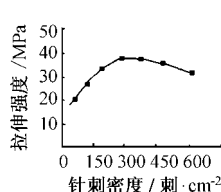


图3 针刺密度对复合材料拉伸强度的影响

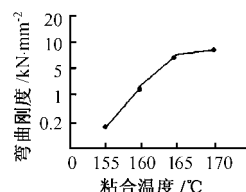


图4 粘合温度对复合材料弯曲刚度的影响

3 结语

1. 采用非织造布技术制作的功能性原生竹纤维/PHBV 复合材料是一种无污染、低能耗的完全可降解复合材料,有利于环境保护和可持续发展。

2. 采用化学改性和等离子体处理技术以提高复合材料中竹纤维、PHBV 之间的界面粘结强度,可有效改善竹纤维/PHBV 复合材料力学性能。

3. 采用合理的非织造布工艺将 PHBV 纤维与竹纤维制成具有一定结构和强力的纤维针刺毡,有助于纤网中混合纤维的均匀分布和复合结构的改善,从而达到提高复合材料的力学性能的目的。

参 考 文 献

- 1 王延熹. 非织造布生产技术. 上海:中国纺织大学出版社,1998:195~196.
- 2 王善元等. 纤维增强复合材料. 上海:中国纺织大学出版社,1998:126~127.
- 3 张 瑜等. 新型 PP 纤维/麻复合材料的开发. 产业用纺织品,1998(12):18~21.
- 4 山本良一. 环境材料. 北京:化学工业出版社,1996:103~105.
- 5 姚 穆等. 纺织材料学(第二版). 北京:纺织工业出版社,1990:29~30.
- 6 Garton A et al. J. Polym Sci., 1985(4):1031.

《纺织学报》、《纺织科普》报、《纺织学会动态》、《纺织空调除尘》

订阅热线 010-65017711/55 转 8008