

废旧聚酯纤维、棉纤维/聚丙烯纤维 复合材料的开发研究*

邱冠雄 冯秀文 李嘉禄 吴晓青 李学明 崔振兴 (天津工业大学,天津,300160)

摘 要: 本文将聚酯纤维、棉纤维、聚丙烯纤维混合制毡,通过热压成型制备热成型复合材料,并探讨了聚丙烯纤维含量以及温度、时间、压力等工艺参数对材料的力学性能的影响,得出试片在 10 MPa 的成型压力下的最佳成型条件为:聚丙烯纤维含量为 40%、成型温度 200℃、成型时间 4 min,所制备的复合材料力学性能最佳。

关键词: 聚丙烯纤维,聚酯纤维,棉纤维,弯曲强度,拉伸强度

中图分类号: TS106.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-7093(2002)02-0019-05

0 前言

近些年来,由于环保运动成为全球性运动,天然资源尤其是木材的开采受到了一定的限制。且由于科技进步,人们对材料品质的要求越来越高,部分传统材料已达不到要求,故一些质轻、强度高、弹性好的纤维复合材料应运而生,以满足各方面的需求。

作为三大化工原料之一的化学纤维近几年来产量在急剧增加,由于大多数的化学纤维都具有不可降解性,其产品的废弃物和纺织厂的下脚料对环境所产生的污染越来越受到人们的重视。目前纺织工业的生产原料中,聚酯纤维的用量最多而且仍处在持续增长中。据专家预测聚酯纤维将以每年百分之五的速度增长,预计到 2010 年聚酯纤维将占有纤维市场的 40%,相对而言,其所产生的废弃物也最多,如能将这些废料加以回收再利用,制成高附加值的产品,一方面可以减少废

料处理的问题、降低对环境污染,具有环保效应;另一方面可以降低生产成本,具有经济效益^[3]。

本文将废旧聚酯纤维、棉纤维及聚丙烯纤维按一定的比例混合,利用传统的纺织设备,采用新的工艺制造出了热成型纤维复合材料。该材料制作工艺简单、成本低,可修复熔接、隔音、防潮,是极具潜力的可与木制板材相抗衡的新型材料。

1 理论

1.1 开棉和清棉

废旧织物及纺织厂的下脚料回收后必须开松成纤维状,同时尽量清除其夹杂物。开松时,由于织物结构较为紧密很容易拉断纤维,使纤维变短,影响其后的复合材料力学性能,所以开棉工程须由粗到细。

1.2 混棉及成网

混棉主要目的是将聚酯纤维、棉纤维及聚丙烯纤维充分混合均匀,在热压时可增进纤维与聚丙烯基体的含浸均匀。将初步混合的聚酯纤维、棉纤维、聚丙烯纤维混合料喂入罗拉式梳理机中,进一步进行梳理、开松、混合,最后将梳理成的薄网通过交叉折叠铺网机制成一定重量的聚酯纤

* 本项目获天津市科委自然科学基金资助,编号 99362411。

收稿日期:2001-11-23

作者简介:邱冠雄,男,1940年生,教授。主要从事多轴向针织织物及复合材料的科研与教学。

维、棉纤维/聚丙烯纤维网,以满足针刺的要求。由于回收的纤维易断、长度均匀度差,在梳理过程中损伤较多,采用梳理成网的方法应适当放大隔距,减少梳理部件转速,以降低对纤维的打击力度,避免过多的纤维损伤^[1]。

1.3 针刺成毡

将聚酯纤维、棉纤维/聚丙烯纤维混合网在针刺机上经三次针刺加工成毡,主要有以下作用:①通过针刺,纤维网具有一定的强度、密度,能够抵抗卷绕及复合过程中所受的强力而不会产生变形。②通过针刺对纤维网的反复针刺,产生了成千上万个垂直纤维簇,从而增加了针刺毡的透气性,这有利于以后热熔粘合时热气渗透,保证热粘合的均匀^[2]。③通过针刺作用,纤维网中的纤维与纤维之间产生纠缠,相互约束,实现了纤维间的进一步混合。试验用的针刺毡克重为:45 g/m²。

1.4 热压成型

热压成型是复合材料加工的最后道工序,主要是利用聚丙烯的熔点较低的物理性质与棉纤维及聚酯纤维熔点的差异,使聚丙烯纤维熔融,包覆在聚酯纤维及棉纤维表面,在一定压力下粘合成型,冷却后即可制成具有一定强度、硬度、厚度的热塑型聚酯纤维、棉纤维/聚丙烯纤维复合材料。

2 实验部分

2.1 实验材料

纺织厂下脚料聚酯纤维:熔点 260℃,密度 1.38 g/cm³;聚丙烯纤维熔点 176℃,密度 0.92 g/cm³。

2.2 实验设备

开棉机:FA104 型六滚筒开棉机

梳毛机:B271(上海第二纺机厂)

针刺机:NL9/S(针号 15×18×25×3.5RB,植针密度为 1 500 枚/m)

塑料制品液压机:YTD71-45A(天津市锻压机床厂)

万能强力实验机:日本岛京 AG-250KEN

2.3 实验条件

本研究探讨不同工艺参数对纤维复合板材力

学性能的影响,选定以成型温度、成型时间、基材与增强材料重量比三项参数相互配置,寻求最佳成型条件,并探讨板材的物性变化。

成型压力:10 MPa

成型温度:170℃、180℃、190℃、200℃、210℃、220℃

成型时间:2 min、4 min、6 min、8 min

纤维所占的比例(聚丙烯纤维:聚酯纤维:棉纤维):①20:52:28;②30:45.5:24.5;③40:39:21;④50:32.5:17.5;⑤60:26:14。其中聚酯纤维与棉纤维的比例始终保持为 65:35。

2.4 制作流程

配比、称重—混合—梳棉成网—头道针刺—二道针刺—三道针刺—热压—冷却—复合板材

2.5 力学性能的测试

弯曲强度:按照 GB1040-79 测试;

拉伸强度:按照 GB1042-79 测试。

3 结果与讨论

3.1 聚丙烯纤维含量对拉伸强度的影响

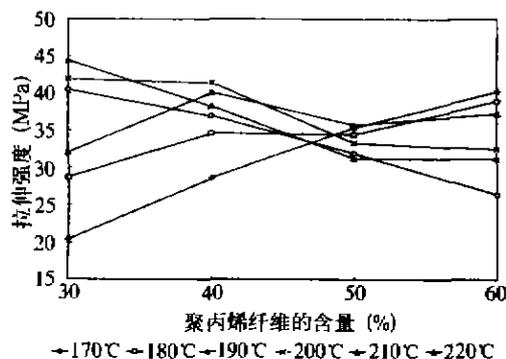


图 1 聚丙烯纤维含量—拉伸强度的曲线关系

图 1 表明了聚丙烯纤维的含量与试片拉伸强度的关系。从图 1 可知,随着聚丙烯纤维含量的增加不同成型温度下的试片拉伸强度有的先增强后降低,有的持续增强,有的则越来越低。当聚丙烯纤维含量为 30% 时,试片的拉伸强度因成型温度的高和低而强和弱。主要由于聚丙烯纤维基体的含量少,成型温度较低,聚丙烯纤维没有充分地熔融,基体不能对纤维起到很好的握持作用,拉伸强度主要来自于聚酯纤维、棉纤维的断裂强度,因

此试片的拉伸强度较低,但在较高的成型温度作用下,聚丙烯纤维充分熔融,所以拉伸强度较高。在210℃成型温度时,试片的拉伸强度高达44.4 MPa,但220℃的拉伸强度却低于210℃的,主要是由于220℃已接近聚丙烯纤维的分解温度230℃,部分聚丙烯出现裂解,基体恶化,不能起到很好的连结作用。从图1中可知,当聚丙烯纤维含量为40%时,成型温度在200℃时,拉伸强度达到41.4 MPa,此时的基体能很好地起到连结纤维的作用。随着聚丙烯纤维含量的进一步增加,试片中的增强体即聚酯、棉纤维不断减少,应力传递效果变差,易于造成应力过于集中,使纤维的拉伸强度降低,例如210℃和220℃的拉伸强度曲线都有所降低,一方面是由于增强纤维的减少造成的拉伸强度降低,另一方面是由于温度较高部分基体裂解造成基体的恶化所致。

3.2 聚丙烯纤维的含量对弯曲强度的影响

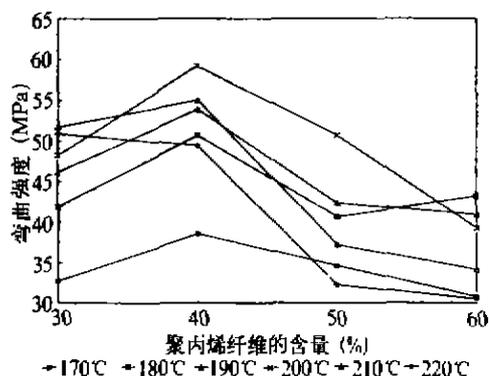


图2 聚丙烯纤维含量—弯曲强度的关系图

图2显示了聚丙烯纤维含量与试片弯曲强度的关系。从图中可知,随着聚丙烯纤维含量的增加除220℃成型的试片外其余的弯曲强度都先增加后降低。当聚丙烯纤维含量为30%时,试片的弯曲强度相对较低,主要由于基体的含量少和部分基体没能熔融,试片中的很多纤维无法粘结或粘结不好,不能对纤维起到很好的握持作用。但成型温度210℃时纤维的弯曲强度较高,是因为较高的温度使试片中的聚丙烯纤维基体全部熔融,基体的含量相对增加,使内部结构有所改善,因此弯曲强度较高;220℃成型温度接近了聚丙烯基体的分解温度,基体部分裂解,使弯曲强度有所

下降,低于210℃时的弯曲强度。从图中可知,当聚丙烯纤维含量为40%、成型温度在200℃时,最大的弯曲强度达到59.2 MPa,此时的基体能很好地起到连结纤维的作用。随着聚丙烯纤维含量的进一步增加,试片的硬度随之提高,挠度因而降低,试片中聚酯纤维、棉纤维含量减少,应力传递效果变差,易于造成应力过于集中,一旦产生裂纹易于扩大断裂,因而随着聚丙烯纤维含量的增加弯曲强度降低。

3.3 成型温度对弯曲强度的影响

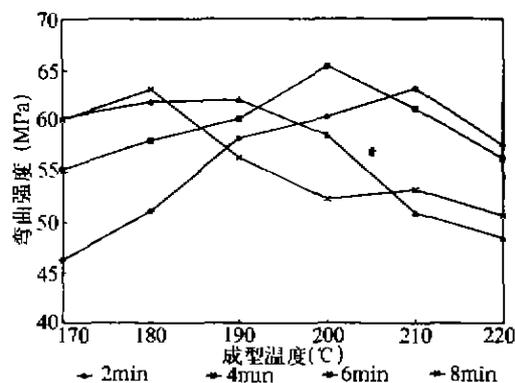


图3 成型温度—弯曲强度关系图

图3表明试片成型温度与弯曲强度的关系,可以看出成型温度与弯曲强度曲线有先升后降的趋势。当成型时间为2 min时,成型温度由170℃上升至210℃时,弯曲强度随之上升,由46.2 MPa增加至63.2 MPa;当成型温度达到220℃时,其拉伸强度下降至57.6 MPa。这主要是因为成型温度较低时,聚丙烯纤维未充分熔融,不能均匀地渗透到纤维之间形成很好的握持纤维的效果,故纤维的弯曲强度较低。随着成型温度的上升弯曲强度也逐渐提高,这是由于成型温度上升,聚丙烯纤维充分熔融且基体的粘度也随之降低,流动性能增加,愈易于流入到纤维间,含浸效果愈佳,弯曲强度增加。弯曲强度达到最大值后,随着温度的进一步提高试片弯曲强度反而降低,是由于成型时间过长造成基体开始裂解,即聚丙烯基材的第三级碳的分子链被切断^[4],致使基体的握持性不良,握持强度下降,使纤维板的整体机械性能变差,故弯曲强度下降。

3.4 成型时间对弯曲强度的影响

图 4 表明了试片成型时间与弯曲强度的关系。从图中的曲线可知除 210℃ ~ 220℃ 成型温度外试片的弯曲强度是随着温度的上升而提高。当成型温度较低时,弯曲强度上升得较多,而温度提高时,弯曲强度提升较少,甚至强度降低。这是由于成型温度较低时,短时间内试片内部还未达预定温度,且聚丙烯纤维基体的粘度较大,造成基体无法均匀进入纤维中,因此成型初期弯曲强度较差。在相同的温度下,随着成型时间的增加,试片内部达到预定的温度,试片受热熔融的状况较好,含浸效果增加,故弯曲强度提高。从图中可以看出在相同温度时,成型时间为 2 min 的情况下,基体没有充足的时间含浸纤维,因此弯曲强度较低;成型时间提高至 4 min 时,基体得到了充分的时间流动,含浸效果较好,对整个结构内部的纤维握持性提高,因而弯曲强度增加。因此,时间的增加有助于基体对试片内的纤维进行充分的含浸。在高温时,虽然含浸效果好,但长时间加温造成基体更容易产生热裂解的现象,试片结构因基体的裂解而破坏,且随时间的增加裂解越趋严重。因此,成型温度高时,成型时间越长试片的弯曲强度反而降低。

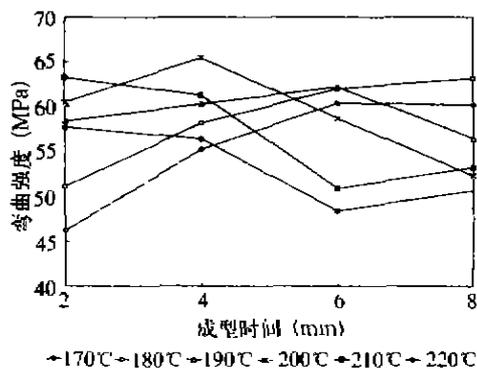


图 4 成型时间—弯曲强度关系图

从图 3 中也可以看出,成型时间为 2 min 时,弯曲强度最大值 63.2 MPa,所对应的成型温度为 210℃;成型时间为 4 min 时,弯曲强度最大值 65.4 MPa,对应的成型温度为 200℃;成型时间为 6 min 时,弯曲强度的最大值 62.1 MPa,对应的成型温度为 190℃;成型时间为 8 min 时,弯曲强度的最大值 63.1 MPa,对应的成型温度为 180℃,从

中可知随着成型时间的增加,弯曲强度达到最大值所对应的成型温度呈降低趋势。这主要是由于成型时间的增加,作为基体聚丙烯纤维在相对较低的温度下能充分熔融,同样能起到较好的连结纤维的作用,所以弯曲强度较好。

3.5 成型时间、成型温度对拉伸强度的影响

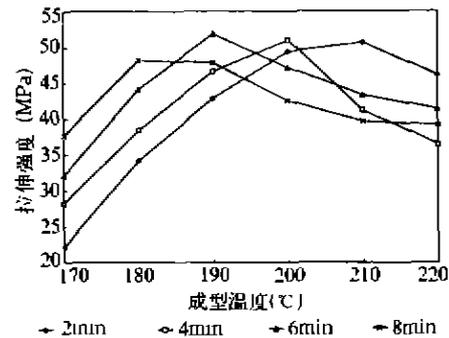


图 5 成型温度—拉伸强度的曲线关系

图 5 表明了成型时间、成型温度与弯曲强度的曲线关系。从图中的曲线可知试片的拉伸强度是随着温度的上升而提高,当成型温度较低时拉伸强度上升得较多,而温度提高时,拉伸强度提升较少,甚至强度降低。这是由于成型温度低时,短时间内试片内部还未达预定温度,聚丙烯纤维基体没有充分熔融,无法连结增强纤维,达不到基体的连结效应,因此成型初期拉伸强度较差;在相同的温度下,随着成型时间的上升,试片内部达到预定的温度,试片受热熔融的状况较完全,含浸效果增加,故拉伸强度提高。从图中还可以看出在相同温度时,在曲线的起始阶段,随成型时间增加,拉伸强度随之增大,随着成型温度升高和成型时间进一步增加,拉伸强度却降低。这主要因为开始阶段温度较低,成型时间短,基体没有充足的时间含浸纤维,因此拉伸强度较低;随着成型温度的提高,较短的时间就能达到较好的含浸效果,因而拉伸强度较高;相反,在高温时,成型时间过长,虽然含浸效果好,但在长时间加温下,同时也造成聚丙烯基体热裂解的现象,试片结构因基体的裂解而破坏,且随时间的增加裂解越趋严重,因此成型温度高时,成型时间过长试片的拉伸强度反而降低。

4 结论

(1)当成型温度在 170℃ ~ 190℃时,弯曲、拉伸强度随温度的增加而相对增加,当成型温度在 200℃ ~ 210℃内,其弯曲强度随成型温度的增加而趋于降低,当成型温度超过 210℃以后,受热裂解的影响,弯曲、拉伸强度有明显的下降趋势。

(2)当成型时间为 4 min 时,成型温度 200℃的试片有最好的弯曲强度和拉伸强度,超过 4 min 时,其弯曲、拉伸强度随时间的增加而下降。

(3)聚丙烯纤维的含量为 40%时,试片有较好的拉伸强度和最佳弯曲强度。

综上所述,试片在 10 MPa 的成型压力下,最

佳成型条件为:成型温度 200℃、成型时间 4min、聚丙烯纤维所占比例为 40%,所制的纤维板试片有较好的拉伸强度和最佳的弯曲强度。

参 考 文 献

- [1] 张俞,朱军. 新型 PP 纤维/麻复合材料的开发. 产业用纺织品, 1998, 16(12): 18~22
- [2] 王延熹. 非织造布生产技术. 北京:纺织工业出版社, 1986
- [3] 李文仁,李贵琪. 废弃物回收再制纤维板之可行性研究. 华网纺织期刊, 1997, 4(3): 233~241
- [4] 高木谦行,佐琢木平三著,赖耿阳译. 聚丙烯树脂原理与应用. 北京:纺织工业出版社, 1993, 41~43

New Composite Material Was Investigated by Using the Recycled Waste Textile Material

Qiu Guanxiang, Feng Xiuweng, Li Jialu, Wu Xiaoqing, Li Xueming and Cui Zhenxing

(Tianjin Polytechnic University)

Abstract: In this paper, polyester fiber, cotton fibre mixed polypropylene fiber at certain proportion was used as raw material. Through making use of the needle punching to stabilize the web and hot-press forming, thermoplastic composites were obtained, and relation between processing parameters and material mechanics property was investigated.

Keywords: polypropylene fibre, polyester fibre, cotton fibre, tensile strength, bending strength

耐 1 200℃ 高温的 belCoTex 纤维系列产品

在 2000 年,德国 Brand-Erbisdorf 的 belChem 纤维材料公司就与其业务伙伴联合开发出世界上最轻的纤维纸,单重仅为 35 g/m² ~ 50 g/m² 和由全新纤维增强的模塑(铸压)零件,它们都具有极高的耐热性、很高的强度和均质性。他们在 2001 年国际产业用纺织品展览会上推出一系列能够抗(耐)1 200℃ 高温的非织造布、机织物、针织物、编织结构产品和纤维增强模塑(铸压)零件、纤维纸等高科技产品,这些都是由他们开发的耐高温纤维 belCoTex 为原料生产的。这种 belCoTex 短纤维已在欧洲有专利权,现已在世界范围申请专利。

已有多家独立研究机构对 belCoTex 纤维的保健和卫生安全性给予确认。这种纤维不可燃,具有极好的抗高温性,能制成具有优异隔热性能、重量轻、耐高温的结构材料,广泛用于隔热、隔声、耐高温、防火等场合,还可作密封、过滤器材及纤维增强材料等。目前他们在北美、欧洲和亚洲等地都有特定的合伙人从事 belCoTex 产品的批发和制造等业务。

许元巨 译

译自:Technical Textiles, 2001, (4): Z70