

聚丙烯/亚麻纤维复合材料的成型工艺及力学性能研究^{*}

崔萍 楚晓 艾宏玲 陈莉萍 王雪梅 戴黎春

(兰州理工大学机电工程学院,兰州 730050)

摘要 选取聚丙烯(PP)纤维为基体材料,亚麻纤维为增强材料。运用正交设计法,探讨了PP/亚麻纤维复合材料的模压成型工艺。研究分析了两种纤维的质量比、模压温度、热压保温时间对复合材料力学性能的影响。结果表明,两种纤维的质量比为50/50、模压温度为180℃、热压保温时间为60 min时,PP/亚麻纤维复合材料的力学性能最佳。

关键词 聚丙烯/亚麻纤维 复合材料 质量比 模压成型工艺 热压保温时间 力学性能

近年来,天然植物纤维以其质轻、价廉、易得和环境协调性优异等特点而引起人们的关注。在各种天然纤维中,麻类纤维除具有价廉、可再生性好、分布广等特点外,还具有拉伸强度、结晶度、取向度、模量均较高等优点,称为高性能天然纤维。同时,麻类纤维微观结构独特,连续长度较长,具有较好的加工性^[1-3]。国外对麻类纤维复合材料及其制品的研究开发工作进展较早,目前已经将大量麻类纤维用作木材、玻璃纤维的替代品来增强聚合物基体^[4-5],用作建筑业中的装潢材料、汽车工业中的内装饰板材、车用零部件等材料,并在欧美等国家逐渐形成高新产业^[6-8]。其中,麻纤维在汽车加固材料上的应用研究已经取得了较大进展,并逐步走向产业化。

亚麻纤维具有高强度、高模量、耐摩擦、耐高温、散热快、吸尘率低、无静电、耐酸碱、在水中不易腐烂等特点,且其本身表现出了复合材料的特征,高取向度、高结晶度使纤维强韧,拉伸强度较大,可作为复合材料的增韧纤维,而且亚麻容易种植、生长周期短、价格低廉、可生物降解、便于回收利用,是追求绿色环保的首选增强纤维原料。亚麻在我国资源充足,作为产业用原材料有利于环境保护和可持续发展,具有一定的社会意义。

聚丙烯(PP)纤维强度和初始模量较高,在高应力下的模量和断裂强度高于涤纶,是一种强韧的纤维。以PP为树脂基体的热塑性复合材料,具有优异的力学性能,低廉的价格,耐腐蚀和无毒性,可重复加工和使用,可避免产生三废,有利于环保。

笔者选取PP纤维为基体材料,亚麻纤维为增强材料。利用亚麻纤维和可降解PP纤维混合成网后,热压成型制得全降解型复合材料,研究模压温度、热压保温时间、两种纤维混合质量比对复合材料力学性能的影响,确定了最佳模压工艺与最佳纤维

混合质量比。

1 实验部分

1.1 主要原材料

亚麻纤维:脱胶处理,兰州三毛股份有限公司;

PP纤维:密度约为 0.91 g/cm^3 ,长度38 mm,甘肃纺织研究所。

1.2 主要设备及仪器

平板硫化机:QLB25-Q 350×350×2型,青岛光越橡胶机械制造有限公司;

梳理机:双锡林双道夫,青岛宏鼎机械有限责任公司;

微机控制电子万能试验机:WDW-100型,济南君澜试金试验设备有限公司。

1.3 实验方案

亚麻纤维与PP纤维以不同质量比混合,然后模压成型。PP与亚麻质量比选取了60:40、50:50、40:60 3个水平。笔者选用平板硫化机为模压成型机,为保证PP纤维能热熔并能完全流动,根据PP的熔融温度,模压温度选择了170、180、190℃ 3个水平。热压保温时间由平板硫化机自动控制,温度升到设计的模压温度后,采用保温压制,根据经验,保温时间选择了40、60、80 min 3个水平。由于笔者所用平板硫化机的工作压力不能调节,故制作试样时工作压力保持为12.5 MPa。

利用正交设计方法,设计不同模压温度(A)、不同PP:亚麻质量比(B)、不同热压保温时间(C)的实验方案,即3因素3水平表,见表1。

1.4 复合材料板材的制备

(1) 纤维的开松与混合

先将亚麻工艺纤维切成10 mm长,与PP纤维

^{*} 甘肃省自然科学基金资助项目(3ZS062-B25-035)

收稿日期:2010-01-25

表 1 3 因素 3 水平因子水平表			
水 平	因 素		
	A /℃	B	C/min
1	170	60 : 40	40
2	180	50 : 50	60
3	190	40 : 50	80

平均长度一样,并在亚麻与 PP 纤维混合前进行适当的开松,使其能更好的均匀混合。

(2) 纤维梳理与成网工艺

将经过初步开松与混合的纤维原料梳理成基本由单纤维组成的薄网。笔者采用双锡林双道夫的梳理机梳理成单纤维的薄网。将梳理机输出的薄网通过交叉式铺叠成网方法铺叠成一定厚度的纤维网。研究^[9]表明,铺叠层数至少 6 ~8 层,层数越多,纤维网均匀度越好,但超过一定层数后,均匀度改善不显著。为保证纤维网的均匀度,选择铺网层数为 8 层。最后将纤维网裁剪成 250 mm ×200 mm 的矩形并称重,每块纤维网的质量约为 55 g。

(3) 热压成型工艺路线

将脱模剂均匀涂抹在平板模的上、下表面→将裁剪好并称好质量的纤维网放入平板模内→将平板模放入平板硫化机内→加压 12.5 MPa,加温至正交设计温度→按正交设计时间进行保温保压→卸压、自然冷却至室温→脱模、板材修整。

笔者制备的复合材料板材厚度为 2 mm,质量约为 50 g。

2 结果与讨论

2.1 试样制备

复合材料试样的几何尺寸为 120 mm ×10 mm ×2 mm,在拉伸性能测试中为了防止夹头夹断纤维,保障试样断裂尽可能发生在中部,在试样的端部粘结了加强片,加强片选用长 ×厚为 30 mm ×3 mm 的铝板制作,胶接加强片所用的胶粘剂为环氧树脂,两侧加强片在粘结中对称,形成亚铃状。图 1 为拉伸试样形状示意图。

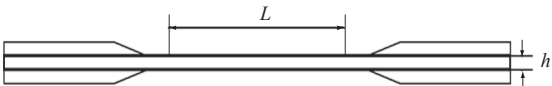


图 1 拉伸试样形状示意图

2.2 实验条件

(1) 试样状态调节和拉伸性能按 GB/T 1446 - 1983、GB/T 1040 - 1992 进行。

(2) 用夹具夹持试样时,使试样纵轴方向中心与上、下夹具中心连线重合,并且松紧适宜,不能使

试样在受力时滑脱或夹持过紧在夹口处损坏。

(3) 拉伸试验在微机控制电子万能试验机上进行,拉伸速度为 5 mm/min、钳距为 100 mm;弯曲试验采用三点弯曲法,弯曲速度为 5 mm/min,跨距为 95 mm。

2.3 结果与讨论

根据正交设计方案,复合材料板材各项性能测试结果见表 2。表 3 示出正交设计各项指标测试结果

表 2 正交设计各项指标的测试结果							
实验号	因 素			拉伸强度 / MPa	拉伸弹性模量 /GPa	弯曲强度 / MPa	弯曲弹性模量 /GPa
	A	B	C				
1	1	1	1	18.24	3.46	29.23	1.59
2	1	2	2	23.60	4.32	31.41	1.77
3	1	3	3	20.96	3.75	30.69	1.70
4	2	1	2	32.54	5.06	33.76	1.97
5	2	2	3	34.46	5.68	36.65	2.15
6	2	3	1	20.03	3.84	28.31	1.78
7	3	1	3	30.12	3.64	28.01	1.62
8	3	2	1	34.55	5.70	32.24	1.98
9	3	3	2	31.04	3.86	30.35	1.79

表 3 正交设计各项指标测试结果的极差、优方案分析				
项 目	数 值			
拉 伸 强 度 / MPa	K1	62.80	80.90	72.82
	K2	87.03	92.61	87.18
	K3	95.71	72.03	85.54
	k1	20.93	26.97	24.27
	k2	29.01	30.87	29.06
	k3	31.90	24.01	28.51
	极差	10.97	6.86	4.79
	优方案	A3	B2	C2
拉 伸 弹 性 模 量 /GPa	K1	11.53	12.16	13.00
	K2	14.58	15.70	13.24
	K3	13.20	11.45	13.07
	k1	3.84	4.05	4.33
	k2	4.86	5.23	4.41
	k3	4.40	3.82	4.36
	极差	1.02	1.41	0.08
	优方案	A2	B2	C2
弯 曲 强 度 / MPa	K1	91.33	91.00	89.78
	K2	98.72	100.30	95.52
	K3	90.60	89.35	95.35
	k1	30.44	30.33	29.93
	k2	32.91	33.43	31.84
	k3	30.20	29.78	31.78
	极差	2.71	3.65	1.91
	优方案	A2	B2	C2
弯 曲 弹 性 模 量 /GPa	K1	5.06	5.18	5.35
	K2	5.90	5.90	5.53
	K3	5.39	5.27	5.47
	k1	1.69	1.73	1.78
	k2	1.97	1.97	1.84
	k3	1.80	1.76	1.82
	极差	0.28	0.24	0.06
	优方案	A2	B2	C2

果的极差、优方案分析。结合表2的正交设计各项指标测试结果,表3中K1这一行的3个数,分别是因素A、B、C的第一水平所对应的测试指标之和,K2、K3对应因素A、B、C的第二、第三水平。 k_1 、 k_2 、 k_3 分别为K1、K2、K3的平均数。极差为 k_1 、 k_2 、 k_3 中最大值减最小值^[10]。由表2、表3可知,两种纤维的质量比对复合材料板材的拉伸弹性模量、弯曲强度的影响最显著,模压温度的变化对复合板材的拉伸强度、弯曲弹性模量的影响显著,而热压保温时间对复合材料板材的力学性能影响相对较小。

(1) 质量比对复合材料板材力学性能的影响

当模压温度为180℃、热压保温时间为60 min时,亚麻纤维含量对复合材料板材力学性能的影响如图2所示。

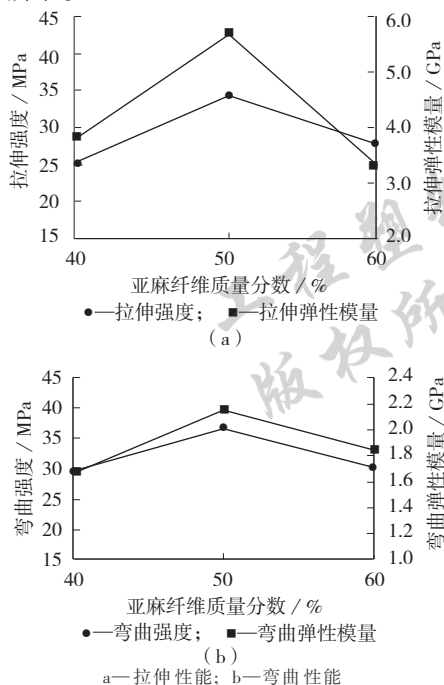


图2 亚麻纤维含量对复合材料力学性能的影响

由表2、表3和图2可以看出,当两种纤维质量比为50:50时,其拉伸性能、弯曲性能均高于其它两种比例的板材。说明当亚麻纤维质量分数小于50%时,亚麻纤维对熔融后PP纤维基体的增强作用不够充分,使复合材料板材性能降低;当亚麻纤维质量分数大于50%时,PP纤维含量变少,熔融后的PP不能充分浸润亚麻纤维,使亚麻纤维受到PP树脂的束缚相对减小,制品出现贫脂区及干点等瑕疵,同样影响复合板材的力学性能。

(2) 模压温度对复合材料板材力学性能的影响

当PP/亚麻纤维质量混合比为50:50、热压保温

时间为60 min时,模压温度对复合材料板材力学性能的影响如图3所示。

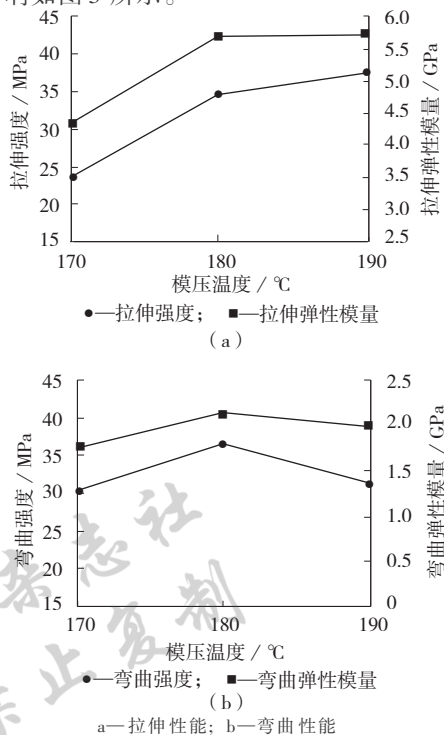


图3 模压温度对复合材料力学性能的影响

由表2、表3和图3可以看出,不同模压温度对板材的力学性能有很大的影响,模压温度过低,PP纤维不能完全热融,不能完全浸润亚麻纤维,复合材料板材的强度较低,而且容易分层,复合材料板材过软;当模压温度过高时,复合材料板材过硬,弯曲强度下降,脆性增加,韧性较差,而且复合材料板材的颜色变深。综上分析,最佳模压温度为180℃。

(3) 保温时间对复合材料板材力学性能的影响

当PP/亚麻纤维质量比为50:50、模压温度为180℃时,热压保温时间对复合材料板材力学性能的影响如图4所示。由表2、表3和图4可以看出,热压保温时间对复合材料板材的力学性能有一定的影响。热压保温时间太长,既浪费时间又浪费能源,而且还影响板材质量,导致板材分解变色;热压保温时间太短,则会导致板材整体性能下降,容易分层,粘结不好。因此,选取热压保温时间为60 min。

3 结论

(1) PP/亚麻纤维复合材料板材的PP与亚麻纤维的最佳质量比为50:50时,其复合材料板材的拉伸性能、弯曲性能均达到最大值。

(2) PP/亚麻纤维复合材料板材的最佳模压温度为180℃。模压温度过高,复合材料板材变脆、颜

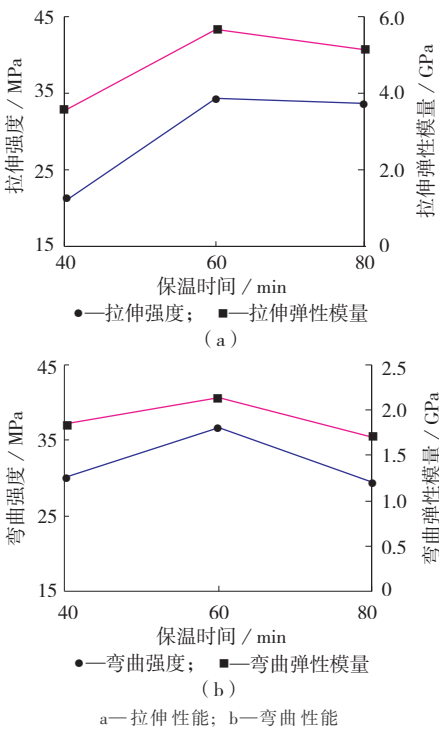


图 4 热压保温时间对复合材料力学性能的影响

色变深;模压温度过低,复合材料板材的拉伸强度不够且易分层。

(3) PP/亚麻纤维复合材料板材的最佳热压保温时间为 60 min。热压保温时间太长,既浪费时间又浪费能源,而且还影响板材质量,导致板材分解变色;热压保温时间太短,则会导致板材整体性能下

降,容易分层,粘结不好。

笔者制备的 PP/亚麻纤维复合材料板材拉伸、弯曲性能较好,质地轻薄,健康环保,可用于汽车、家具、装潢等行业。同时采用的加热模压成型工艺流程短、成本低、适合工业化生产。

参考文献

[1] 唐建国,胡克整.天然植物纤维的改性树脂基复合材料[J]. 高分子通报,1998(2):56-61.

[2] 肖加余,曾竟成.高性能天然纤维复合材料及其制品研究与开发现状[J]. 玻璃钢/复合材料,2000(2):38-40.

[3] 曾竟成,肖加余,梁重云,等.黄麻纤维增强聚合物复合材料工艺与性能研究[J]. 玻璃钢/复合材料,2001(3):30-33.

[4] Homsby P R, Hinrichsen E, Tarverdi K. Preparation and properties of polypropylene composites reinforced with wheat and flax straw fibers[J]. J Mater Sci, 1997(2):443-449.

[5] 张一甫,张长安.苧麻落麻纤维增强热固性树脂复合材料的制备及性能研究[J]. 玻璃钢/复合材料,2002(1):13-14.

[6] Springer G S. Environmental Effects on Composite Materials[M]. Westport: Technomic Publishing Company, 1981:75-76.

[7] Li Yan, Mai Yiuwing, Ye Lin. Sisal fiber and its composites: a review of recent developments[J]. Composites Science and Technology, 2000, 60(8):2017-2055.

[8] 吴德隆,沈怀荣.纺织结构复合材料的力学性能研究[J]. 力学进展,2001(4):583-591.

[9] 王延喜.非织造布生产技术[M]. 北京:中国纺织大学出版社, 1986:80-150.

[10] 陈魁.应用概率统计[M]. 北京:清华大学出版社,2000:262-274.

STUDYING ON THE MOULDING PROCESS AND MECHANICAL PROPERTIES OF POLYPROPYLENE/FLAX COMPOSITES

Cui Ping, Chu Xiao, Ai Hongling, Chen Liping, Wang Xuemei, Dai Lichun

(School of Mechanical & Electronical Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China)

ABSTRACT By using flax fibers as materials-reinforced and polypropylene fibers as materials-radix, the compression moulding process of polypropylene/flax fibres composites was discussed with orthogonal design method. The effects of the mass ratio of fibres, molded temperature and heat-preservation time on the mechanical properties of the composite were investigated. The results showed that the mechanical properties of the polypropylene/flax fibers composite was best when the mass ratio of fibers was 50 50, moulding temperature was 180 °C and heat-preservation time was 60 min.

KEYWORDS polypropylene/flax fibers, composites, mass ratio, compression moulding, heat-preservation time, mechanical property

台湾宜得世成功开发微注塑成型机

近日,宜得世股份有限公司推出自行开发的微注塑成型机,希望凭借这些成本较低的机型与目前称霸较高端市场的日德产高价机器展开竞争。这是非日本和德国产的首批微注塑成型机。这家台湾公司将以比现有机型低 30% 的价格将其打入市场,希望凭此夺取市场份额。这家总部位于台湾台北的公司行政主管 Wu Mei 说:“我们拥有开发此类机器的技术与技能,同时更具价格优势。宜得世的微注塑成型机

使用的是柱塞喷射系统,配备了日本的伺服电机和德国的齿轮泵。”该公司认为这是通过其新品打入实力强劲的台湾电子元件成型行业的绝佳机会,并由此打开缺口,进一步拓宽至电子和医疗等应用领域。在 2010 年 3 月 5 日~9 日台北国际塑橡胶工业展会上,该公司展出了“Atom”品牌的五台系列机型,锁模力从 5 t~60 t 不等。虽然这些机器刚刚面世,但已帮助该公司摘取了台湾区机器工业同业公会(TA-MI)在展会期间颁发的本年度塑料机械类大奖。(慧聪)