

木/塑纤维复合材料力学性能平衡性初探

中国林科院木材工业研究所木质纤维复合材料专题组

摘要 用于轿车内衬件的木/塑纤维复合材料,既要求有一定的力学强度又要求有一定的弹性和韧性,本文就木/塑纤维复合材料力学性能的平衡性(主要指静曲强度与弹性模量的平衡)进行了研究。试验表明:不同的胶粘剂对木/塑纤维复合材料的力学性能的平衡性具有很显著的影响。

关键词 木/塑纤维复合材料; 力学性质; 力学平衡性

Preliminary Study on Mechanical Properties Balance of Wood/Plastic Fiber Composite

Research group of wood/plastic fiber composite

(Research Institute of Wood Industry, CAF, Beijing 100091)

Abstract The paper describes the balance of modulus of rupture (*MOR*) and modulus of elasticity (*MOE*) of wood/plastic fiber composites with conclusion that adhesive used is one of the main factors affecting the balance.

Keywords Wood/plastic fiber composite; Mechanical properties; Balance

1 引言

关于木/塑纤维复合材料的概念、用途、现状及前景等过去已有阐述。表征木/塑纤维复合材料的性能指标很多,如模压性、静曲强度、弹性模量、吸水率、吸水厚度膨胀率等,本文主要就其力学性能的平衡性做一初步探讨,因为做为汽车内衬材料的木/塑复合材料,不仅要求具有一定的强度(主要以静曲强度体现),而且要求具有较好的弹性。这也是木/塑纤维复合材料研制过程中的技术难点之一。

影响木/塑纤维复合材料力学平衡性的因素主要来自所使用的胶粘剂和复合材料基材的组分及比例,首先考察不同胶粘剂的影响。

试验中,为了较好地、定量地观察和分析试验结果和数据,引入了弹性模量与静曲强度之比 $R = MOE/MOR$,其含义是:在 *MOR* 相同的情况下, *R* 值反映了材料的弹性。*R* 值大说明材料的弹性差(刚性好),反之说明材料的弹性好。考察 *MOR* 与 *R* 值可以较好地反映材料的强度与弹性的平衡性。

2 试验材料与方法

2.1 试验材料

木纤维 制作木纤维的红松(*Pinus koraiensis*),产于吉林省松江河林业局。试材经锯截、削片、热磨后,制成符合要求的木纤维,纤维筛分值见表1。

表1 纤维筛分值(%)

Tab. 1 Wood fiber screen distribution

序号	留于16目	留于32目	留于60目	留于115目	通过115目
1	61.4	16.4	14.6	6.2	1.4
2	77.3	10.4	6.3	5.0	1.0

合成纤维 试验选用聚丙烯(Polypropylene,缩写PP)纤维,产自北京燕山石化总公司,比重 0.90 g/cm^3 ,熔点 $165^\circ\text{C} \sim 170^\circ\text{C}$,断裂伸长率 18%,纤维长度 51 mm。

胶粘剂 采用自行研制的热固性改性酚醛树脂。要求粘度小、固体含量高、生活期长,在高频加热状况下,不允许电击穿。

其它添加剂 添加适量预处理剂,提高木纤维与合成纤维之间的界面结合力,并添加少量的耐水剂和阻燃剂,增加材料的耐水性和阻燃性。

2.2 试验方法

2.2.1 原材料配比 木纤维:聚丙烯纤维:胶粘剂:

收稿日期 1997-12-08

本文执笔人:李阜东,中国林科院木材工业研究所助理研究员,北京100091
专题组成员:吴健身,王正,史广兴,李阜东,郭文静,王建军,曾珍,黄泽恩

石蜡·预处理剂=100∶8∶20∶1.5∶3.5

2.2.2 复合材料制造工艺过程

①木纤维制备 原料经鼓式削片机削片,筛选后经水洗送入间歇式热磨机分离纤维。热磨机型号:CC-12/12-ICP(奥地利 Sprout-Waldron 公司生产)试验用热磨机,一次装绝干木片 3.0 kg。纤维制备过程中加入石蜡耐水剂。

②纤维施胶、干燥 采用德国 GEBR ÜDER LÖDIGE 公司生产的间歇式拌胶机施胶。施胶后的木纤维送入气流式干燥机干燥备用。

③合成纤维预处理 聚丙烯纤维用预处理剂处理后,经开松机开松,干燥备用。

④纤维混合开松、铺网、针刺加固、成卷 施胶干燥后的木纤维和经过预处理的聚丙烯纤维,按照一定配比混合,经过纤维开松机开松后形成混合纤维,送入特殊结构的气流成网机制成松软板坯,板坯用薄型无纺布衬底,经针刺加固后使木纤维与聚丙烯纤维较紧密地交织起来,形成具有一定强度和韧性的连续板坯,齐边后再用成卷机卷成卷材备用。根据对卷材的要求选择针型、刺针排列、针刺密度和针刺深度。

⑤模压成型 将卷材裁成 340 mm×360 mm 的幅面,按目标密度组坯后送入热压机上下模具之间热压,型面复合材料板材厚度由上下模具的间隙来控制,起模后进行修边整理。

2.2.3 试材规格 340 mm×360 mm×2.5 mm

2.2.4 试件检测 试材陈放 48 小时后,锯割成试件,按照 GB 12626-90 和 GB 11718-89 检测主要技术指标:密度、静曲强度、吸水率、吸水厚度膨胀率。以日本进口样品的测试结果为目标指标(密度为 0.75 g/cm³,静曲强度为 28.87 MPa,抗弯弹性模量为 2 604 MPa)。

3 结果与分析

3.1 试验结果

表 2 试验结果

Tab. 2 Test results

序 号	树脂 胶号	密度 (g/cm ³)	静曲强度 (MPa)	弹性模量 (MPa)	MOE/ MOR	吸水率 (%)	吸水厚度 膨胀率 (%)
1	PF1	0.797	34.70	2751	79.3	53.09	18.75
2	PF1	0.793	28.77	2191	76.2	60.89	18.04
3	PF1	0.793	29.63	2332	78.7	62.93	18.93
4	PF2	0.690	25.17	2292	91.1	54.11	12.19
5	PF2	0.710	26.97	2543	94.3	51.74	12.58
6	PF2	0.743	26.30	3061	116.4	48.92	13.27

(续表 2)

序 号	树脂 胶号	密度 (g/cm ³)	静曲强度 (MPa)	弹性模量 (MPa)	MOE/ MOR	吸水率 (%)	吸水厚度 膨胀率 (%)
7	PF3	0.783	39.03	3339	85.5	49.95	12.86
8	PF3	0.740	33.37	2967	88.9	60.38	12.72
9	PF3	0.737	31.97	2833	88.6	56.98	14.26
10	PF4	0.737	20.17	1542	76.5	66.90	33.60
11	PF4	0.767	23.13	1767	76.4	68.44	27.22
12	PF4	0.800	21.33	1779	83.4	63.23	26.71
13	PF5	0.803	30.97	2165	69.9	61.39	19.53
14	PF5	0.717	23.30	1789	76.8	54.79	17.12
15	PF5	0.720	22.00	1654	75.2	62.62	16.91

试验条件:胶粘剂分别采用自行研制的改性酚醛树脂胶粘剂 PF1、PF2、PF3、PF4、PF5,施胶量 20%;耐水剂添加量 1.5%;预处理剂添加量 3.5%;热压温度 175℃±5℃,热压压力 1.0~3.25 MPa,热压时间 3.5 min。其它条件从略。

3.2 试验结果分析

对表 2 中 MOE/MOR 的数据进行方差分析,结果排于表 3。

表 3 方差分析

Tab. 3 Variance analysis on MOE/MOR data

变源	SS	自由度	MS	F	P-值	临界值
组间	1356.270	4	339.067	7.529	0.005	3.478
组内	450.367	10	45.037			
总和	1806.637	14				

注:SS—平方和;MS—均方;F—方差;显著水平 α=0.05

R 值方差分析 $F=7.529>F_{0.05}=3.48$,说明试验中所选用的不同胶粘剂对木/塑纤维复合材料的力学性能的平衡性有特别显著的影响。根据表 2 得出结果见表 4。

表 4 试验结果平均值

Tab. 4 Test mean values

序 号	密度① (g/cm ³)	MOR① (MPa)	密度② (g/cm ³)	MOR② (MPa)	R (MOE/MOR)	备注
1	0.794	31.03	0.750	29.31	78.06	PF1
2	0.714	26.15	0.750	27.46	100.6	PF2
3	0.753	34.79	0.750	34.65	87.67	PF3
4	0.768	21.54	0.750	21.04	78.77	PF4
5	0.747	25.42	0.750	25.52	73.97	PF5

注:密度②是为了便于比较而设定,为 0.750g/cm³;MOR②是将 MOR①按密度②换算的数值(因密度①与密度②相差不大,在此范围内,可将静曲强度看成与密度成正比关系,故按正比关系换算,以便比较)。

由表 4 显示,序号 2、4、5 的 MOR 均低于目标指标,序号 1、3 的 MOR 均高于目标指标,但序号 1 的 R 值较低,说明其弹性较好(刚性较低),换言之,使用 PF1 制做的试材既具有合格的静曲强度也具有较

(下转第 24 页)

干燥时间=5.86¹。因每个树种的初含水率不同,其干燥速度的差异变得更大,最大¹最小干燥速度(全程)=24.79¹。因此,百度试验中,为使干燥速度更具有可比性,一般按含水率从30%降至5%所需的干燥时间作为干燥特性的速度分级指标。8个树种中,刺槐的干燥速度最慢,为4级,长白落叶松和日本落叶松次之,为3级,其它5个树种的干燥速度比较接近,为1级。对于不同初含水率,含水率从初始降至1%时,火炬松的干燥时间最短,而马尾松的干燥速度最快;含水率从30%至5%时,则是火炬松的干燥速度最快(4.9%/小时),与干燥速度最慢的刺槐相比为5.44¹。

需要指出的是,表2中毛白杨的干燥速度等级为1级,而事实上,有1/3的毛白杨试件在百度干燥试验中,虽然其试件重量在干燥后期已接近恒定不变,但试验结束后,锯开检测其中部含水率仍>1%,这可能是由于毛白杨试件中含有湿心材(wetwood)。其特征是含水率高,还有细菌存在(但不是木腐菌),其邻近部位木材的pH值高,渗透性较正常材低,干燥特别缓慢^{3~5]}。表5中所列毛白杨含水率从初始至1%的干燥时间未把这部分试件统计在内。但湿心材作为一种现象,应在以后的炉干试验中予以重视。8个短周期树种中,刺槐是相对较难干燥的木材。然而由于运输等原因,刺槐试材的初含水率较低,其百度试验干燥特性没有完全反映出来,仅为2级(表4),而其干燥速度所对应的特性等级为4级。从刺槐和毛白杨两个树种的结果可以看出,百度试验过程中,除分析3个主要的特性指标外,还应考虑其他的干燥特性作为补充。

3 结论

3.1 8个树种中,长白落叶松和日本落叶松的初期开裂最为严重,特性等级为3级;杉木和毛白杨的初

期开裂程度最小,仅有端裂产生,特性等级为1级;其它4种试材均介于它们之间,为2级。

3.2 8个树种的试样都未产生内部开裂,对应干燥特性等级均为1级。

3.3 马尾松和湿地松的截面变形最小,对应的特性等级为1级,其它5个树种均为2级。

3.4 径板作为对照和参考试样,同弦板同时进行百度试验。结果表明,8个树种径板的初期开裂均低于弦板,而截面变形大于弦板。

3.5 含水率从30%降至5%的过程中,刺槐的干燥速度最慢,对应的特性等级为4级;长白落叶松和日本落叶松次之,为3级;其它5个树种的干燥速度较快,均为1级。

3.6 百度试验的综合干燥特性等级主要由前3项指标确定,同时还需考虑干燥速度等其它干燥特性的影响。特别是当试样的初含水率较低时(如刺槐的初含水率为34.7%),由于初期开裂等干燥特性因初含水率太低而不能完全表现出来时,考虑干燥速度等因素作用的影响就显得更为重要。

3.7 对个别树种如毛白杨,除上述干燥特性外,在百度试验中还发现湿心现象,尚有待于在炉干试验时进一步论证和解决。

4 参考文献

- 1 何定华等. 24种南方阔叶树材的干燥特性及窑干基准. 中国林学会木材工业学会论文集(6),《林产工业》编辑部,1991.1,73~75
- 2 滕通谦等. 速生桉树材加工利用若干应用基础问题的研究. 林产工业,1994,(4)
- 3 何定华、滕通谦、郭焰明. 毛白杨和沙兰杨木材气干过程和窑干工艺的研究. 木材工业,1987,1(2):2~6
- 4 Cech, M. Y. & F. Pfaff. Kiln Operator's Manual for Eastern Canada. Eastern Forest Products Laboratory, 1977
- 5 Rasmussen. Dry Kiln Operator's Manual. U. S. Department of Agriculture, 1968
- 6 戴于龙等. 推广预测木材干燥基准的百度试验法的可行性探讨. 北京林学院学报,1985,(1)
- 7 朱政贤主编. 木材干燥. 中国林业出版社,1994
- 8 成俊卿主编. 木材学. 中国林业出版社,1985

(上接第20页)

好的弹性。所以PF1是应选用的胶粘剂。

4 结论

4.1 不同胶粘剂对木/塑纤维复合材料的力学性能的平衡性有特别显著的影响。

4.2 使用PF1制做的试材既具有合格的静曲强度

也具有较好的弹性。PF1是应选用的胶粘剂。

5 参考文献

- 1 王恺. 木质纤维复合材料——一种有发展前景的复合材料. 木材工业,1994,8(2):32~35
- 2 中国科学院数学研究所统计组. 方差分析. 科学出版社,1977
- 3 木质纤维复合材料专题组. 聚丙烯纤维对木/塑纤维复合材料性能影响的初步研究. 木材工业,1997,10(6):5~7