

研究与开发

两次铺装玻璃纤维布对刨花板性能的影响

濮安彬 吕文新

摘要 在普通的玻璃纤维布增强刨花板中,玻璃纤维受刨花挤压呈弯曲的波浪状态,降低了玻璃纤维布的增强作用。本研究采用二次成型法可较好地发挥玻璃纤维的增强作用,静曲强度和弹性模量比普通增强刨花板提高10%左右。施加偶联剂也可以提高玻璃纤维布增强刨花板的强度。

关键词 玻璃纤维布;增强刨花板;偶联剂

Effect of Twice Forming Technology on Properties of Particleboard Reinforced with Woven Glass Fabric

Pu Anbin Lu Wenxin

(Northeast Forestry University, Harbin 150040)

Abstract In ordinary particleboard reinforcing procedure with woven glass fabric, the fiberglass is pressed by particles and appeared waved. The situation decreases reinforcing function of the fiberglass. In order to avoid this event, a twice forming and pressing technology was developed. Experiment results showed that modules of rupture(MOR) and modules of elasticity(MOE) of the board increased by 10%, respectively compared with ordinarily reinforced particleboard with fiberglass. In this study, various coupling agents were also used to improve strength of particleboard.

Keywords Woven glass fabric; Reinforcing particleboard; Coupling agent

1 前言

建筑业的发展为人造板的发展提供了广阔的市场,同时也对人造板的性能提出了更高的要求。应用于建筑领域的刨花板首先必须具有较高的抗弯强度。适用于刨花板的增强材料有许多种,玻璃纤维布以其价格较低常被作为首选材料。然而由于在一次成型的玻璃纤维布增强刨花板中,玻璃纤维呈较严重的波浪状态而且玻璃纤维对树脂的浸润性较差,这就降低了玻璃纤维布作为刨花板增强材料的增强效果。本研究主要采用两次成型和施加偶联剂的方法来提高玻璃纤维布增强刨花板的强度。

2 试验材料与方法

2.1 试验材料

小黑杨(*Populus simonni*) 采自哈尔滨植物园,

削片后制取刨花,干燥后刨花含水率为2%。

DF-Ⅱ型酚醛树脂胶 自制,固体含量42%,粘度240 mPa·s, pH=10.6,施胶量9%。

防水剂石蜡乳液 自制,浓度30%, pH=7.8,施加量0.6% (以固体石蜡计)。

采用的两种无碱无捻玻璃纤维布均取自哈尔滨玻璃钢研究所,玻璃纤维布的经纱和纬纱单纤维公称直径均为 $8\mu\text{m}$ 。两种玻璃纤维布的单位重量和厚度分别为 135 g/m^2 、 0.14 mm 和 190 g/m^2 、 0.22 mm 。

2.2 试验方法

玻璃纤维布在使用前,先在 250°C 烘箱中加热2 h,再浸渍一定量的酚醛树脂胶后凉干。用压缩空气(0.4 MPa)对刨花喷施胶粘剂,并在实验室拌胶机上拌匀。施胶刨花手工铺成 $370\text{ mm}\times 340\text{ mm}$ 的单层板坯,板坯先经预压,再热压成 16 mm 厚的增强刨花板。热压温度 190°C ,最大压力 3.5 MPa ,两次成型需两次铺装和热压,总热压时间为 1 min/mm 。刨花板的设定密度为 0.75 g/cm^3 。玻璃纤维布在刨花板中的位

置见图 1,覆盖玻璃纤维布上的细刨花重量占刨花总量的 20% ,两个表层各占 10%。

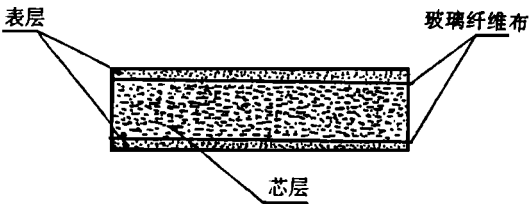


图 1 玻璃纤维布在刨花板中的放置位置

Fig. 1 Position of woven glass fabric in particleboard
压制后的增强刨花板在标准气候 (20℃± 2℃和相对湿度 65± 3%) 条件下放置至恒重后测试板的性能。

2.3 检测标准

我国目前尚无酚醛胶刨花板标准 ,主要参照德国室外级刨花板标准 DIN 68763 V 100进行。由于该标准中无弹性模量的检测项目 ,故本研究中的弹性模量项目参照我国刨花板标准 GB /T 4897- 92检测

3 试验结果及分析

3.1 两次成型对玻璃纤维布增强刨花板的影响

表 1 两次成型对玻璃纤维布增强刨花板的物理力学性能的影响

Tab. 1 Effect of twice forming and pressing technology on properties of reinforced particleboard

序号	纤维布单位重量 (g /m ²)	成型方式	实测密度 (g /cm ³)	含水率 (%)	MOR (M Pa)	MOE (10 ³ M Pa)	IB (M Pa)	TS (%)
1	135	二次	0.73	6.57	36.57 /(+ 25.89%)	3.96 /(+ 18.56%)	0.29 /(+ 14.00%)	10.50 /(- 0.85%)
2	190	二次	0.74	6.42	37.80 /(+ 30.12%)	4.11 /(+ 23.03%)	0.26 /(+ 4.00%)	10.16 /(- 4.06%)
3	135	一次	0.74	6.68	32.23 /(+ 10.93%)	3.58 /(+ 7.19%)	0.22 /(+ 12.00%)	10.44 /(- 1.43%)
4	190	一次	0.75	6.34	34.60 /(+ 19.10%)	3.63 /(+ 8.68%)	0.19 /(- 24.00%)	10.23 /(- 3.40%)
5	空白	一次	0.74	6.73	29.05	3.34	0.25	10.59

注: 玻璃纤维布的涂胶量为 50 g /m²; DIN 68763 V 100规定内结合强度 IB≥ 0.15 M Pa(试件沸水煮 2小时);括号内数字为与空白试验对比提高或降低百分数,“+ ”为提高,“- ”为下降。

试验表明,对于增强刨花板强度,两次成型优于一次成型。对于单位面积重量为 135 g /m²的玻璃纤维布来说,同样条件下,一次成型的增强刨花板的静曲强度和弹性模量分别比空白试验增加 10.93%和 7.19%;二次成型刨花板的静曲强度和弹性模量分别比空白试验增加 25.89%和 18.56%,比一次成型时高 13.47%和 10.61%。对于单位面积重量为 190 g /m²的玻璃纤维布来说,在同样条件下,一次成型增强刨花板的静曲强度和弹性模量分别比空白试验结果增加 19.10%和 8.68%;二次成型的增强刨花板的静曲强度和弹性模量分别比空白试验增加 30.12%和 23.03%,比一次成型刨花板高 9.23%和 13.22%。二次成型对增强刨花板的内结合强度和吸水厚度膨胀

玻璃纤维布增强刨花板通常均采用施胶刨花和涂胶的玻璃纤维布一次铺装成型。由于平纹玻璃布的每一根经纱和纬纱都从一根纱下穿过,并压在另一根纱上,这样玻璃纤维布中的所有经纬玻璃纱都呈波浪状态。在刨花板中的刨花都呈片状以及铺装的不均匀性,这样在一次成型的玻璃纤维布增强刨花板中,玻璃纤维将处于更加弯曲的波浪状态(见图 2)。这就影响了玻璃纤维增强作用的发挥。若将 80%施胶刨花首先热压成板,再在此板的两表面铺上涂胶玻璃纤维布,最后在玻璃纤维布上铺加 20%(两边各 10%)施胶细刨花,二次热压,由于玻璃纤维布是铺装比较平整的刨花板上,玻璃纤维布相对弯曲较小,玻璃纤维布的增强作用可相对较大地发挥出来。据此分析所进行的试验,结果见表 1。



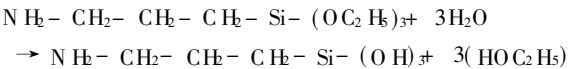
图 2 玻璃纤维布在增强刨花板中的形态

Fig. 2 Pattern of woven glass fabric in reinforced particleboard

率影响不大,内结合强度略有升高。
3.2 偶联剂对玻璃纤维布增强刨花板物理力学性能的影响
3.2.1 偶联剂在玻璃纤维布增强刨花板中的作用机理
玻璃纤维具有很高的拉伸强度,是一种被广泛采用的增强材料。如在聚苯乙烯塑料中加入玻璃纤维后,其拉伸强度和弹性模量均有大幅度提高,但用玻璃纤维布增强刨花板却难以达到这样的效果。另外,在试验中有一部分内结合强度试件在玻璃纤维布胶合面处分层。由此可以断定,酚醛树脂胶并没有牢固地胶合住玻璃纤维。
偶联剂是具有两种或两种以上性质不同官能团的表面处理剂,分子的一端亲玻璃纤维,另一端亲树

脂,从而起到玻璃纤维与树脂间的桥梁作用,将两者粘结在一起

玻璃纤维表面上随机地分布着许多氧化物基团,其成分与玻璃纤维的成分有关。一些氧化物,如 SiO_2 、 Fe_2O_3 和 Al_2O_3 本身是不吸湿的,但以羟基的形式 ($-\text{M}-\text{OH}$,其中 M 代表 Si 、 Fe 或 Al)及通过氢键将水分子吸附到这些羟基上。偶联剂的主要功能是在玻璃纤维表面的氧化物分子团和树脂的聚合物分子之间建立很强的化学键合。对于硅烷偶联剂,其化学通式为 $\text{R}-\text{SiX}_3$,这是一个多官能团的分子,其一端 X_3 与玻璃纤维表面起反应,另一端 R 则与聚合物起作用。如偶联剂 A-1100(γ -氨基丙基三乙基硅烷),其中与 Si 键合的乙氧基基团 $-\text{OC}_2\text{H}_5$ 可被水解成为相对应的硅醇



三羟基硅醇能够与玻璃纤维表面的水通过氢键与纤维表面的羟基结合。当热压时,水被脱去,在硅醇与纤维表面之间,以及纤维表面的相邻的硅醇分子之间,发生可逆的缩聚反应,其结果为得到与玻璃纤维表面键合的聚硅氧烷层。经硅烷涂层的纤维给未经固化的酚醛树脂提供一个 R 基团表面。在固化过程中,树脂中的活性基团与有机官能团 $\text{R}[\text{NH}_2-(\text{CH}_2)_3-$ 发生反应,使这些有机官能团紧紧地联结在固化后的树脂上(图3)。

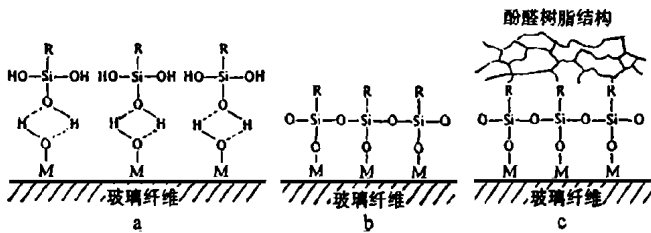


图3 硅烷偶联剂的功能

Fig. 3 Function of silicone coupling agent

(a)硅醇与玻璃纤维上羟基的氢键结合;(b)聚硅氧烷与玻璃纤维表面结合;
(c)官能团 R 与酚醛树脂反应, R 为 $\text{NH}_2-(\text{CH}_2)_3$

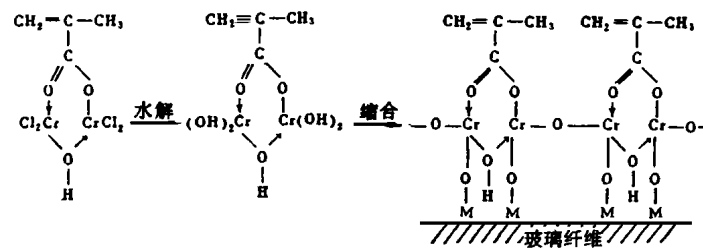


图4 铬类偶联剂的功能

Fig. 4 Function of chrome coupling agent

对于铬类偶联剂,如 Volan(甲基丙烯酸氯代铬盐络合物)与玻璃纤维的作用机理,首先是 Volan水解,水解后的 Volan 能够与玻璃纤维表面的水通过氢键与纤维表面的羟基结合,热压时水被脱去,再与纤维之间以及玻璃纤维表面相邻的 Volan 之间,发生可逆的缩聚反应,结果 Volan 与玻璃纤维表面键合。酚醛树脂和偶联剂的另一端发生反应(图4)因而酚醛树脂和玻璃纤维被胶合到一起

表2 偶联剂对玻璃纤维增强刨花板物理力学性能的影响

Tab. 2 Effect of coupling agent doses and forming methods on properties of reinforced particleboard

成型方式	偶联剂用量(%)	实测密度(g/cm³)	含水率(%)	MOR(MPa)	MOE(10³MPa)	IB(MPa)	TS(%)
一次	0	0.75	6.34	34.60	3.63	0.19	10.23
一次	1	0.74	6.50	35.71	3.82	0.20	10.20
一次	2	0.76	6.47	35.89	3.86	0.22	10.12
一次	3	0.77	6.63	36.00	3.93	0.20	9.97
二次	0	0.74	6.42	37.80	4.11	0.26	10.16
二次	1	0.75	6.57	39.45	4.15	0.24	10.12
二次	2	0.76	6.55	40.10	4.26	0.27	9.78
二次	3	0.75	6.78	40.27	4.29	0.26	10.07
空白试验(未加玻璃纤维)		0.74	6.73	29.05	3.34	0.25	10.59

目前国际上已开发的偶联剂达百余种之多,但流通于市场的仅 50 余种左右^[1],国产的偶联剂有 10 余种^[2]。偶联剂有硅烷类和铬类以及最近国外正在研究发展的钛酸酯类偶联剂^[3]。

用偶联剂处理玻璃纤维的方法有前处理、后处理及迁移法 3 种。前处理是用偶联剂代替石蜡型浸润剂,直接用于玻璃纤维拉丝集束,故用这种纤维作复合材料时毋需脱蜡处理,纤维强度仍能保留无损,较其它二种处理方法的强度要高些,但纤维的柔软性较差。后处理方法是先将纤维先经过热处理脱蜡(纤维经热处理后强度略有下降),然后浸渍偶联剂 30~60 s,再经预烘、用蒸馏水洗涤、干燥等工序。迁移法是将偶联剂直接加入树脂配方中,使其在浸胶和成型过程中迁移到玻璃纤维表面发生偶联作用,因其简便,在玻璃钢制品中常采取这种方法。

3.2.2 偶联剂对玻璃纤维布增强刨花板物理力学性能的影响 本试验主要利用迁移法,将偶联剂 Volan 加入酚醛树脂中用于浸渍玻璃纤维布,再用处理后的纤维布压制增强刨花板,试验结果见表 2。图 5 与图 6 试验所用玻璃纤维布单位重量为 190 g/m²。

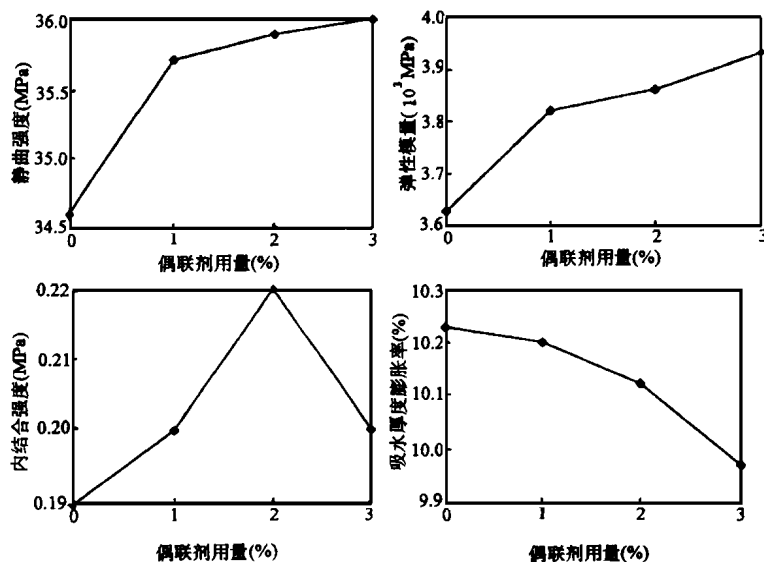


图5 偶联剂用量对刨花板性能的影响 (一次成型)

Fig. 5 Effect of coupling agent doses on properties of particleboard (one-stage forming)

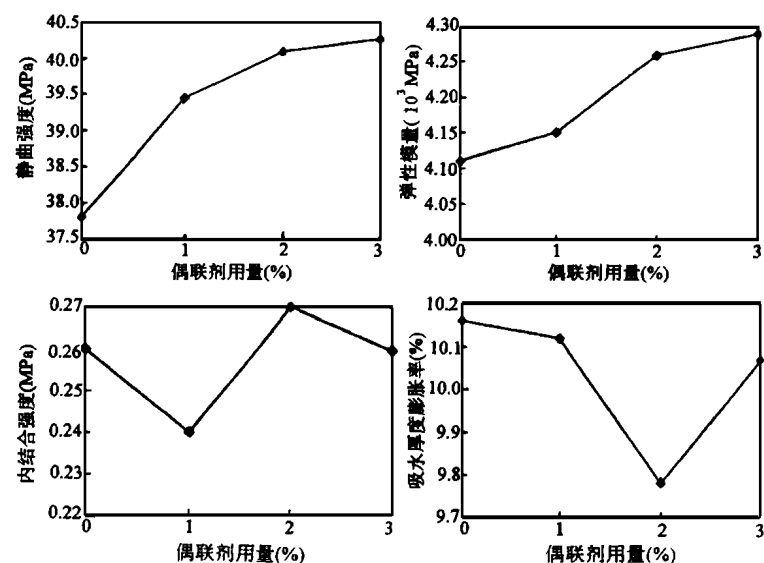


图6 偶联剂用量对刨花板性能的影响 (二次成型)

Fig. 6 Effect of coupling agent doses on properties of particleboard (twice forming)

利用偶联剂处理的玻璃纤维布可以改善增强刨花板的物理力学性能。随着浸渍酚醛树脂中偶联剂施加量的提高,增强刨花板的物理力学性能有变优的趋势。在二次成型的增强刨花板中,当偶联剂的用量由0提高到3%时,增强刨花板的静曲强度由37.80 MPa提高到40.27 MPa,提高6.53%;弹性模量由 4.11×10^3 MPa提高到 4.29×10^3 MPa,提高了4.38%;内结合强度和吸水厚度膨胀率影响不大,有时略有改善,改善结果小于4%。从表2和图6中可以看出,当偶联剂施加量由0到1%和由1%提高到2%时,增强刨花板的

物理力学性能改善更大,而由2%提高到3%时,改善较小,故偶联剂施加量以2%比较经济合理。在一次成型增强刨花板中,施加偶联剂的试验取得了类似的结果,当偶联剂用量由0提高到3%,增强刨花板的静曲强度由34.60 MPa提高到36.00 MPa,提高了4.05%;弹性模量由 3.63×10^3 MPa提高到 3.93×10^3 MPa,提高了8.26%;内结合强度和吸水厚度膨胀率也有改善,但变化幅度较小。

在二次成型的增强刨花板中,当偶联剂施加量为2%和3%时,静曲强度和弹性模量比空白试验的普通刨花板分别提高38.04%~38.62%和27.54%~28.44%。

4 结论

一次成型的玻璃纤维增强刨花板中,玻璃纤维受刨花挤压呈弯曲的波浪状态,降低了玻璃纤维的增强作用。二次成型的玻璃纤维增强刨花板改善了玻璃纤维在刨花板中所处的状态,较大地发挥了玻璃纤维作为承载材料的作用,静曲强度和弹性模量均提高10%以上。吸水厚度膨胀率和内结合强度变化不大。

偶联剂的加入可改善酚醛树脂和玻璃纤维之间的胶合。当偶联剂用量为酚醛树脂胶用量的3%,静曲强度和弹性模量分别提高6.53%和4.38%,而内结合强度和吸水厚度膨胀率改善不大,内结合强度测试时玻璃纤维布和刨花胶层间分层现象减少。

在二次成型的玻璃纤维增强刨花板中,当偶联剂施加量为2%时,静曲强度和弹性模量分别比普通刨花板提高38.04%和27.54%;当偶联剂施加量为3%时,静曲强度和弹性模量分别比普通刨花板提高38.62%和28.44%。

5 参考文献

- 顾里之编著.纤维增强复合材料.北京:机械工业出版社,1988
- 李国荣等编者.合成树脂及玻璃钢.北京:化学工业出版社,1995
- 田植村次,牧广主编,贾丽霞,白淳岳译.高性能复合材料最新技术.北京:中国建筑工业出版社,1989