

研究开发

改性酚醛树脂对铝箔贴面 中密度纤维板性能的影响

杨红旗^{1,2}, 陈广辉², 王金林¹

(1. 中国林科院木材工业研究所; 国家林业局木材科学与技术重点实验室, 北京 100091;

2. 河南农业大学, 河南郑州 450002)

摘要: 为扩大中密度纤维板(MDF)的应用领域和附加值,进行了将改性酚醛树脂用于MDF的铝箔贴面试验,探究改性酚醛树脂对板材性能的影响。结果表明,贴面MDF的表面胶合强度均达到1 MPa以上,静曲强度、弹性模量和浸渍剥离性能,亦符合行业标准LY/T 1983-2011中对金属(铜箔、铝箔)饰面人造板的要求。

关键词: 贴面; 铝箔; 中密度纤维板; 酚醛树脂; 胶合强度

中图分类号: S781.2; TS653.6 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2012)04-0009-03

Influence of Modified Phenol-Formaldehyde Resin on Properties of Aluminum Foil Overlayed Medium Density Fiberboard

YANG Hong-qi^{1,2}, CHEN Guang-hui², WANG Jin-lin¹

(1. Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry; Key Lab of Wood Science and Technology of State Forestry Administration, Beijing 100091, China; 2. Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, Henan, China)

Abstract: Decorative wood-based panels, overlayed with metal foil, have become more popular in China due to their appearance and low cost. The authors sought to improve the panel's durability by modifying regular phenol-formaldehyde resin by mixing it with thermoplastic resins and coupling agents to improve the bonding performance between aluminum foil and MDF panels. The results showed that modified phenol-formaldehyde resin improved surface bonding strength and reduced water soakage. Although the modified resin reduced the mechanical properties, they still met the requirement of industry standard LY/T 1983-2011.

Key words: overlay; aluminum foil; medium density fiberboard (MDF); phenol-formaldehyde resin (PF); bond strength

中密度纤维板(MDF)具有优良的物理力学性能,常以刨切单板、三聚氰胺浸渍纸等饰面,用于家具和装饰材料的生产。近年来,采用铝箔、铜箔等金属

箔进行饰面,成为一种新的人造板装饰潮流,既可使装饰板有足够的静曲强度、弹性模量、表面抗冲击能力,又具有美观、防水、阻燃、易加工和易清洗等优点^[1-2]。目前,相关的研究多集中于,以塑料为基材的铝塑板等金属饰面装饰板的表面处理方法和制备工艺,及其所用胶黏剂的改性^[3],鲜见将改性酚醛(PF)树脂用于铝箔贴面装饰MDF等以人造板为基材的金属贴面板研究。

收稿日期: 2011-11-15; 修改日期: 2012-06-04

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAD18B06)。

作者简介: 杨红旗(1973—),男,中国林科院木材工业研究所在职博士;河南农业大学林学院副教授。

通讯作者: 王金林,男,中国林科院木材工业研究所研究员,博士生导师。

酚醛树脂韧性差,用于与金属胶合时强度不高,故需与热塑性树脂混合使用来改善其性能^[4-7]。基于此,为探寻适宜于铝箔贴面 MDF 用 PF 树脂,笔者选用聚乙烯醇、聚乙酸乙烯酯乳液、 γ -氨基丙基三乙氧基硅烷等常见热塑性树脂和偶联剂,对 PF 树脂进行改性^[8-9],再用于 MDF 的铝箔贴面加工,以期开发一种价格低廉、性能优良的金属箔贴面装饰人造板用胶。

1 材料和方法

1.1 试验材料

1) 基材:中密度纤维板,购自柯诺木业有限公司,密度 0.78 g/cm^3 ,含水率 10.6% ,规格(长 $\times$ 宽 $\times$ 厚) $400 \text{ mm} \times 400 \text{ mm} \times 12 \text{ mm}$ 。

2) 饰面材料:铝箔,幅面 $400 \text{ mm} \times 400 \text{ mm}$,厚度 0.27 mm ,外购。

3) 胶黏剂:分别选择 ① 水溶 PF 树脂,固体含量 48% ,黏度 $100 \text{ mPa}\cdot\text{s}$,pH 值 8.9 ,自制;② 醇溶 PF 树脂,块状,外购。

4) 改性剂:① 聚乙烯醇(1799)(PVA),絮状;② 聚乙酸乙烯酯乳液(PVAc),白色乳液;③ 聚乙烯醇缩丁醛(PVB),块状;④ γ -氨基丙基三乙氧基硅烷(KH-550),透明液体。均为外购。

5) 助剂:乙醇,分析纯,质量分数 99.7% ,外购。

1.2 试验设备

热压机,电热恒温干燥箱,电热恒温水箱,微机控制电子式人造板试验机,扫描电子显微镜等。

1.3 试验方法

1) 基材及饰面材料的预处理

采用 120 目砂纸对 MDF 进行砂磨后除尘;用砂纸砂磨铝板,用脱脂液脱脂,纯净水冲洗后,放入 50°C 对流干燥箱中烘干。

2) 改性胶的配制和贴面热压工艺

根据已有研究^[10-13]和 PF 树脂的特性,设定改性 PF 树脂中改性剂、助剂和 PF 树脂的质量分数,及贴面工艺参数(见表 1)。

铝箔和 MDF 基材分别涂胶,涂胶量 100 g/m^2 ,陈化 $10\sim 15 \text{ min}$,使部分溶剂挥发,提高初黏度,然后根据表 1 所列贴面工艺参数进行热压。每组试验平行压制 2 张试板。

表 1 改性 PF 树脂的配制和贴面工艺参数

Tab. 1 Modified PF resin contents and overlaying process parameters

试验编号	组分名称	质量分数/%	压力/MPa	时间/min	温度/ $^\circ\text{C}$
1	水溶 PF	100	0.6	15	140
	水溶 PF	88			
2	PVA	6	0.5	35	120
	乙醇	6			
3	水溶 PF	49	0.5	90	80
	PVAc	50			
4	乙醇	1	0.5	60	150
	醇溶 PF	9.1			
5	PVB	9.1	0.5	25	120
	乙醇	81.8			
5	水溶 PF	98	0.5	25	120
	KH-550	2			

1.4 性能检测

按照 GB/T 17657-1999《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》及 LY/T 1983-2011《金属(铜箔、铝箔)饰面人造板》,测试铝箔贴面 MDF 的静曲强度(MOR)、弹性模量(MOE)、表面胶合强度和浸渍剥离性能;并用扫描电子显微镜对断面结构进行观测。

2 结果与讨论

铝箔贴面 MDF 的主要性能检测结果,列于表 2,利用 SPSS 16 软件进行的方差分析见表 3。

表 2 铝箔贴面中密度纤维板的性能

Tab. 2 Aluminum foil overlayed MDF properties

试验号	表面胶合强度/MPa	MOR/MPa	MOE/MPa	浸渍剥离性能/mm
1	0.88	52.00	7 705	>25
2	1.09	36.30	5 742	<25
3	1.36	39.51	5 960	<25
4	1.25	32.15	5 641	<25
5	1.00	37.44	5 687	>25
标准规定值	1.00	25.00	—	<25

注:标准中未规定弹性模量。

2.1 表面胶合强度

表 2 的数据显示,未改性水溶性 PF 树脂胶合的铝箔贴面 MDF,表面胶合强度未达到标准要求。采用改性 PF 树脂胶合的铝箔贴面 MDF,其表面胶合强度较使用未改性常规 PF 树脂的 MDF 增加 $14\%\sim 55\%$,均达到 LY/T 1983-2011 的要求。原因是 PVA 上的羟基,不仅与 PF 树脂的羟甲基反应,形成接枝共

表 3 不同改性剂对铝箔贴面中密度纤维板性能影响的方差分析
Tab. 3 Variance of analysis of aluminum foil overlayed MDF properties
with different modified PF resins

检测指标		误差平方和	自由度	平均误差	F 值	显著水平
表面胶合强度	组间	0.735	4	0.184	4.476	**
	组内	0.821	20	0.041		
静曲强度	组间	1826.469	5	365.294	30.985	**
	组内	341.895	29	11.789		
弹性模量	组间	55200899	5	11040179.71	58.46	**
	组内	5477143.5	29	188867.01		

注: ** 表示在 $\alpha=0.05$ 水平显著。

聚物,增加 PF 胶的韧性,还可与铝箔表面产生配位键,从而提高贴面板的表面胶合强度。

添加的 PVAc 乳液,既增加了胶黏剂的黏度,又增加了与铝箔表面产生配位键的羟基和羰基数量,使得贴面板的表面胶合强度大幅提高。

PVB 改性 PF 树脂属于结构胶黏剂,对金属和木材均具有优良的粘接性能,但 PVB 改性 PF 酚醛树脂的固体含量低,溶剂挥发后,在涂胶量低时,难于形成连续的胶层,在一定程度上影响了表面胶合强度。

偶联剂 KH-550 水解后,可与铝箔表面的氧化物形成配位键,使得贴面 MDF 的表面胶合强度增加。

从表 3 可见,贴面用 PF 胶的改性,对试材表面胶合强度的影响非常显著。其中,3 号改性水溶 PF 贴面的铝箔 MDF 胶合强度最优。观察试样发现,破坏均发生在 MDF 基材层,试样木破率为 100%。

2.2 静曲强度

表 2 显示,与未改性常规 PF 树脂相比,使用改性 PF 树脂贴面的 MDF,其 MOR 均有降低,但仍符合 LY/T 1983-2011 的要求。主要是未改性常规 PF 树脂自身脆性大,用其胶合的铝箔贴面 MDF 的 MOR 高;添加改性剂后,虽然改善了 PF 树脂的脆性,但也使得贴面 MDF 的 MOR 产生不同程度的降低。

由表 3 可见,PF 树脂的改性对试材 MOR 的影响显著。其中,3 号改性水溶 PF 贴面铝箔 MDF 的 MOR 在 4 种改性 PF 树脂中最高。试验结果还显示,2、3 号试样发生了铝箔断裂、胶层未分离。

2.3 弹性模量

从表 2、3 看出,相比未改性常规 PF 树脂,采用改性 PF 树脂胶合的 MDF 贴面板的 MOE 降低。虽然添加的热塑性树脂等改性剂,改善了 PF 树脂的脆性,但影响了贴面板的 MOE,且改性剂的添加对

MOE 影响显著。

2.4 浸渍剥离性能

因基材 MDF 耐水性能较差,因此,采用Ⅲ类浸渍剥离试验。由表 2 可知,2、3、4 号贴面 MDF 的浸渍剥离性能,优于 1 号和 5 号,可能是由于 2、3、4 号贴面 MDF 的热压时间较长,胶黏剂充分固化,纤维间形成氢键,降低 MDF 的吸水性,使得浸渍剥离长度显著减小。

观察破坏试样发现,剥离试样的铝箔表面粘覆一层细小纤维,胶层完好无损,表明改性 PF 胶与铝箔胶接强度高。

铝箔贴面 MDF 板横断面结构如图 1 所示,进一步验证铝箔表面全部被改性 PF 树脂包围,看不到缝隙或空穴,说明胶黏剂与铝箔之间结合良好。

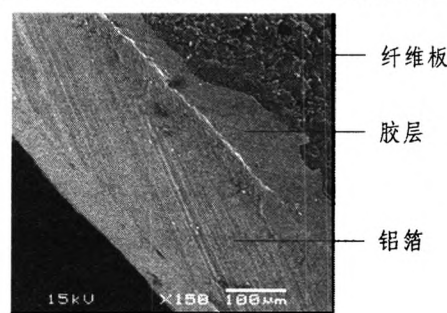


图 1 铝箔贴面中密度纤维板的横断面微观电镜图

Fig. 1 SEM micrograph of aluminum foil overlayed MDF cross section

3 结论

1) 与未改性常规 PF 胶相比,4 种改性 PF 树脂胶贴面的铝箔 MDF 的表面胶合强度均有显著提高;2、3、4 号改性胶黏剂的浸渍剥离性能均有改善;虽然静曲强度和弹性模量有一定程度的降低,但仍可满足 LY/T 1983-2011 的要求。

2) 在本试验范围内,分别采用改性水溶 PF 树脂和醇溶 PF 树脂,胶合的铝箔 MDF 的性能差别不明显。综合考虑热压能耗及原料价格等因素,改性方案 3 较优,即水溶 PF 树脂、PVAc、乙醇添加的质量分数,分别为 49%、50% 和 1%。

3) 今后仍需对铝箔贴面 MDF 用胶黏剂的改性、热压工艺做进一步研究,在提高板材表面胶合强度的同时,尽量减少板材静曲强度和弹性模量的降幅。

(下转第 15 页)

其剪切强度、木破率和浸渍剥离率的平均值分别为13.62 MPa、84.6%和1.9%。由此结果可知,在制材和木材分等时,可将25 mm以下的节子保留,以提高木材的出材率和利用率。

图5为“有节-有节”组坯方式下,试样胶合性能的变化趋势。可以看出,节子尺寸<25 mm时,对应的剪切强度和木破率,明显高于节子尺寸>25 mm的试样。当胶合面均为小尺寸节子(25 mm以下)时,试样的胶合性能指标基本上满足JAS MAFF, Notification No. 992标准要求,其胶合剪切强度、木破率和浸渍剥离率分别为11.4 MPa、72.8%和0%。

但是,只要有一个胶合面上的节子尺寸>25 mm,就可能产生部分试件的剪切强度和浸渍剥离率不达标,且木破率低于标准要求值。

对于尺寸>40 mm的节子,其对试样胶合剪切强度的影响,与节子尺寸在25~40 mm时无差异($\alpha=0.05$),同时也不能满足标准中关于单边胶线剥离率<1/4的要求。

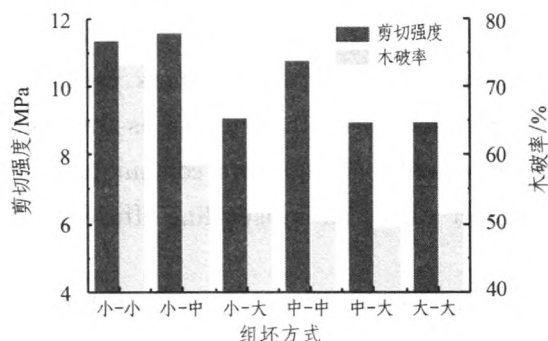


图5 有节-有节组坯时节子尺寸对胶合性能的影响

Fig. 5 Effect of knot size on shear strength of knot-knot samples

以上结果表明,节子尺寸>25 mm时,对木材的胶合性能有显著影响。节子尺寸越大,其四周倾斜纹理的斜率越陡,木材的强度损失越大,胶合性能越低。

3 结论

1) 胶合面上节子的存在,会影响木材的胶合性能。“有节-无节”组坯方式下,其胶合性能满足JAS标准要求;而“有节-有节”组坯方式下,平均胶合性能不能满足JAS标准要求。在实际生产中,应避免两个胶合面上的节子区域直接对接胶合。

2) 节子尺寸对木材的胶合性能影响显著,而节子类型的影响不显著;胶合性能随着两胶合面节子面积的增加而降低。在结构集成材的实际生产中,建议去除尺寸在25 mm以上的节子,或者避免胶合面中两个尺寸>25 mm节子的对接,以消除节子尺寸对胶合性能的影响。

3) 研究过程中发现,樟子松木材的树脂含量亦对胶合性能产生影响,有待于进一步研究。

参考文献:

- [1] 陈东升,金钟跃,李凤日,等. 樟子松节子的大小及分布[J]. 东北林业大学学报,2007,35(5):20-21.
- [2] GB/T 4823-1995, 锯材缺陷[S].
- [3] 张玉萍. 六种人工林木材实木胶合性能的研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院,2006.
- [4] 赵喜龙,傅峰,张海升. 人工林杨树胶合工艺及不同纹理方向胶合性能研究[J]. 内蒙古农业大学学报,2004,25(2):91-94.
- [5] 柯病凡. 节子对马尾松木构件抗弯强度及抗弯弹性模量的影响[J]. 安徽农学院学报,1982(2):11-21.

(责任编辑 向 琴、孟凡丹)

(上接第11页)

参考文献:

- [1] 杨红旗,陈志林,王金林. 铝木复合装饰人造板的研究现状与展望[J]. 木材工业,2011,25(3):34-37.
- [2] 周兆,芮秉泉. 铝箔覆面刨花板[J]. 木材工业,2000,14(1):32-34.
- [3] 王孟钟,黄应昌. 胶粘剂应用手册[M]. 北京: 化学工业出版社,1993:406-418.
- [4] 李春华,齐暑华,张剑,等. 酚醛树脂的增韧改性研究进展[J]. 国外塑料,2006,26(4):35-39.
- [5] 陈平. 热固性树脂的增韧方法及其增韧机理[J]. 复合材料学报,1999,16(3):19-22.
- [6] 伊廷会. 高性能酚醛树脂改性研究进展[J]. 塑料技术,2001(4):28-33.

- [7] 张明珠,文志红,杨德超. 聚醋酸乙烯乳液的改性研究[J]. 化学与粘合,2004(4):157-158.
- [8] 高学敏,黄世德,李全,等. 粘接和粘接技术手册[M]. 成都: 四川科学技术出版社,1990:354-358.
- [9] 夏志远. 木材工业实用大全 胶黏剂卷[M]. 北京: 中国林业出版社,1996:49-74.
- [10] 王良贤. 硅烷偶联剂对粘接性能的影响[J]. 航天工艺,1995(2):15-18.
- [11] 张玉龙. 粘接技术手册[M]. 北京: 中国轻工业出版社,2001:7-8.
- [12] 李和平. 木材胶黏剂[M]. 北京: 化学工业出版社,2009:9.
- [13] 顾继友. 胶接理论与胶接基础[M]. 北京: 科学出版社,2003:196.

(责任编辑 张一萍、姜 征)