

MUF-EMDI 胶制备室外家具型中密度纤维板的 工艺及性能评价

韦淇峰, 唐运表, 魏云和, 詹满军, 李匀曦

(广西丰林木业集团股份有限公司, 广西南宁 530226)

摘要: 以乳化二苯基甲烷二异氰酸酯 (EMDI) 与三聚氰胺改性脲醛树脂 (MUF) 混合作为胶黏剂, 制备室外家具型中密度纤维板 (MDF-FN-EXT), 探讨三聚氰胺用量、EMDI 用量、热压时间对其防潮性能的影响。结果表明, 以优化工艺参数 EMDI 用量 4%, 三聚氰胺用量 9%, 热压时间 3 min 制备的试板, 性能指标满足 GB/T 11718-2009《中密度纤维板》中室外家具型要求。

关键词: 乳化二苯基甲烷二异氰酸酯; 三聚氰胺改性脲醛树脂; 室外家具型中密度纤维板

中图分类号: TS653 文献标识码: B 文章编号: 1001-8654 (2018) 03-0039-04

Manufacturing Technology and Properties of Medium Density Fiberboard Bonded with MUF-EMDI Adhesives for Making Exterior Furniture

WEI Qi-feng, TANG Yun-biao, WEI Yun-he, ZHAN Man-jun, LI Yun-xi

(Guangxi Fenglin Wood Industry Group Co., Ltd., Nanning 530226, Guangxi, China)

Abstract: Medium density fiberboard samples to be used for making exterior furniture (MDF-FN-EXT) were made with mixed adhesives of emulsified diphenyl methane di-isocyanate (EMDI) and melamine modified urea-formaldehyde resin (MUF). Effect of dosage of melamine and EMDI as well as hot pressing time on humidity resistance of the samples were evaluated.

The results showed that optimum manufacturing parameters were 4% of EMDI, 9% of melamine, and 3 min of hot pressing time. Properties of the samples could meet the requirements of exterior furniture type in GB/T 11718-2009.

Key words: emulsified diphenyl methane di-isocyanate (EMDI); modified urea-formaldehyde resin (MUF); medium density fiberboard for making exterior furniture (MDF-FN-EXT)

室外家具型中密度纤维板 (MDF-FN-EXT), 多用于建筑的门窗板、室外挂板、装修板、活动房墙

板等场合。由于长期暴露在自然环境中, 对 MDF 制造使用的胶黏剂和板材的防潮性能、耐水性及耐老化性均提出了更高要求。

常规 MDF 生产使用脲醛树脂 (UF) 或三聚氰胺改性脲醛树脂 (MUF), 板材无法满足 E₁ 级室外家具型 MDF 高防潮性能的要求; 而采用异氰酸酯 (MDI) 或酚醛树脂 (PF) 制备的 MDF, 虽然性能可达到室外使用的要求, 但合成设备、施加装置、生产工艺

收稿日期: 2017-09-08; 修改日期: 2018-03-22

基金项目: 国家木竹联盟科研计划“室外用家具型中纤板制造技术研究”(TIAWBI201506); 广西区工信委技术创新“室外型环保中密度纤维板开发”项目[2015] 267号。

作者简介: 韦淇峰 (1980—), 男, 广西丰林木业集团股份有限公司高级工程师。

要求高, 原料价格昂贵, 限制了大规模生产应用。

为了简化工艺、降低成本, 生产中通常先将 MDI 乳化 (EMDI), 延缓异氰酸酯与水反应, 再加入 UF 中。热压时 EMDI 重新释放异氰酸酯基 (-NCO), 与 UF 胶以及木质材料反应, 实现胶联^[1]。基于 EMDI 的特质和优点, 为解决 MDF-FN-EXT 的防潮、耐水、耐候性及游离甲醛释放等问题, 笔者采用带有亲水基团的乳化聚合 EMDI 与自制 MUF 混合, 制备环保 MDF-FN-EXT, 并探讨三聚氰胺用量、EMDI 用量和热压时间等因素对板材性能的影响, 旨为室外家具型 MDF 的工业化生产提供依据。

1 材料与方

1.1 试验材料

桉木 (*Eucalyptus* spp.) 纤维: 自制。长度 ≥ 2.1 mm, 占 20%; 0.15~2.1 mm, 占 70%; ≤ 0.15 mm, 占 10%。

三聚氰胺改性脲醛树脂 (MUF): 自制。黏度 120~180 mPa·s (25 °C), 固体含量 53%~54%, pH 值 8~9。

乳化二苯基甲烷二异氰酸酯 (EMDI): 黏度 200~300 mPa·s (25 °C), 异氰酸酯基 (-NCO) 含量 25%~28%。外购。

1.2 仪器设备

万能试验压机; 搅拌机; 力学性能试验机; 恒温恒湿箱; 电热鼓风干燥箱; 快速水分测定仪等。

1.3 试验设计

1) 在前期试验研究的基础上, 采用正交试验, 重点考察三聚氰胺用量、EMDI 用量、热压时间, 对试板性能的影响。每个因素取 3 个水平, 见表 1。

表 1 正交试验因素及水平

Tab.1 Factors and levels of orthogonal test

因素	水平		
	1	2	3
A 三聚氰胺用量/%	9	12	15
B EMDI 用量/%	3	4	5
C 热压时间/s	2	3	4

2) 根据正交试验结果确定的较优工艺参数, 进行单因素试验, 研究各因素对 MDF 性能的影响。

1.4 试验方法

1.4.1 胶黏剂制备与调配

选取 m (甲醛) : m (尿素) = 1.6~1.7 : 1, 分

别添加不同比例 (表 1) 的三聚氰胺改性剂, 制备三种 E₁ 级 MUF 胶。

施胶前 1~2 min, 按设定的比例 (表 1) 分别添加 EMDI, 与 MUF 胶均匀混合后, 备用。

1.4.2 试板制备

根据前期试验, 确定施胶量为 14%, 热压温度为 195 °C, 热压压力为 2 MPa。设定试板的名义厚度为 12 mm, 密度为 0.77 g/cm³, 幅面为 500 mm×500 mm。每一试验条件制备 3 块试板。

1.5 性能测试

依据 GB/T 17657-2013 《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》, 经循环处理后, 检测试板的内结合强度 (IB_循)、湿静曲强度 (MOR_湿)、湿弹性模量 (MOE_湿)、吸水厚度膨胀率 (TS); 沸腾试验后, 检测试板的内结合强度 (IB_沸), 及甲醛释放量 (F)。

每个指标检测 3 个有效试件, 结果取其平均值。

2 结果与分析

2.1 正交优化试验

MDF 试板的物理力学性能测试结果列于表 2, 极差分析结果列于表 3。

由表 2 可知, 9 组试验中, 除了第 1 组 (A₁B₁C₁) 中的 MOR_湿, 其余组的性能指标全部满足 GB/T 11718-2009 《中密度纤维板》中 MDF-FN-EXT 的要求。试验过程中发现, 三聚氰胺添加量为 12% 时, MUF 胶的合成反应较激烈, 不易控制, 胶黏剂的贮存

表 2 MDF 试板的物理力学性能

Tab.2 Physical and mechanical properties of MDF samples

编号	因子与水平	MOR _湿 /MPa	MOE _湿 /MPa	IB/MPa		TS/%	F/(mg·100 g ⁻¹)
				循环	沸腾		
1	A ₁ B ₁ C ₁	9.1	795	0.40	0.29	6.1	7.4
2	A ₁ B ₂ C ₂	12.3	789	0.47	0.34	6.0	7.1
3	A ₁ B ₃ C ₃	14.0	863	0.52	0.42	3.4	7.3
4	A ₂ B ₁ C ₂	15.5	940	0.71	0.37	5.0	7.0
5	A ₂ B ₂ C ₃	15.9	964	0.52	0.39	7.5	6.8
6	A ₂ B ₃ C ₁	13.9	944	0.65	0.60	7.0	6.3
7	A ₃ B ₁ C ₃	13.2	1 076	0.28	0.22	9.2	6.5
8	A ₃ B ₂ C ₁	14.2	899	0.49	0.42	6.5	6.2
9	A ₃ B ₃ C ₂	19.3	1 281	0.61	0.55	7.5	6.1
GB/T 11718-2009		12.0	—	0.35	0.22	12.0	8.0

表3 MDF试板物理力学性能的极差分析
Tab.3 Range analyses on physical and mechanical properties of MDF samples

性能指标	因子	均值 1	均值 2	均值 3	极差
MOR _湿 /MPa	A	11.80	15.10	15.57	3.77
	B	12.60	14.13	15.73	3.13
	C	12.40	15.70	14.37	3.30
MOE _湿 /MPa	A	815.67	949.33	1 085.33	269.66
	B	937.00	884.00	1 029.33	145.33
	C	879.33	1 003.00	967.67	123.67
IB _沸 /MPa	A	0.46	0.63	0.46	0.17
	B	0.46	0.49	0.59	0.13
	C	0.51	0.60	0.44	0.16
IB _沸 /MPa	A	0.35	0.45	0.40	0.10
	B	0.29	0.38	0.52	0.23
	C	0.44	0.42	0.34	0.10
TS/%	A	4.73	6.50	7.73	3.00
	B	6.77	6.23	5.97	0.80
	C	6.53	5.73	6.70	0.97
F/(mg·100 g ⁻¹)	A	7.33	6.70	6.27	1.06
	B	7.00	6.73	6.57	0.43
	C	6.67	6.77	6.87	0.20

稳定性亦差；另外，胶黏剂的固化时间延长，生产效率降低，导致生产时需添加更多的固化剂才能保证胶黏剂固化完全。

综合考虑产品质量和经济成本等因素，笔者最终筛选了A₁B₂C₂的方案，即三聚氰胺用量9%，EMDI用量4%，热压时间3 min。

2.2 验证试验

根据优化工艺参数进行单因素试验，研究各因素对MDF板材性能的影响。

2.2.1 三聚氰胺用量

EMDI用量为4%，热压时间为3 min时，三聚氰胺用量变化，对MDF物理力学性能的影响，如图1所示。

由图1可知，随着三聚氰胺用量增加，MDF的IB_沸、IB_湿和MOR_湿均呈上升趋势，TS逐渐下降。原因是随着三聚氰胺的加入，其优先与甲醛聚合反应生成三聚氰胺甲醛树脂，有效封闭了部分-OH⁻、-CO-NH-等亲水基团，提高了MUF树脂的水解活化能；随着三聚氰胺加入量进一步增大，树脂中热稳定性较好的三氮杂环链节增多^[2]，使板材耐沸水的性能增强，防水性能进一步得到提高。

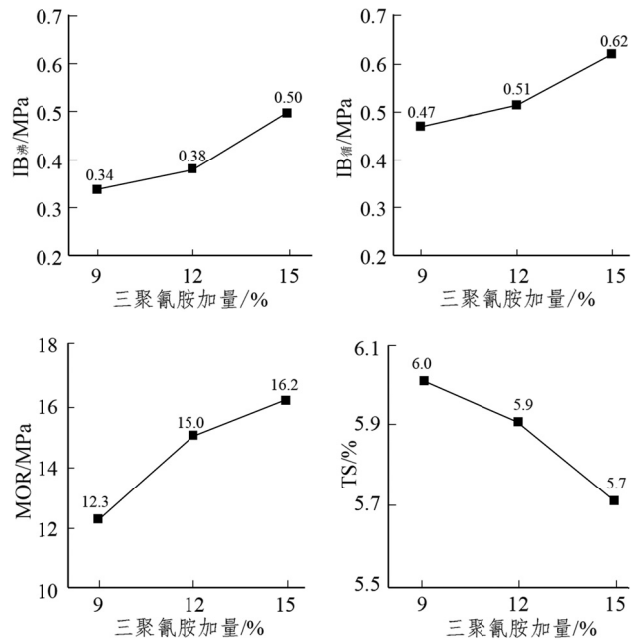


图1 三聚氰胺用量对MDF物理力学性能的影响
Fig.1 Influence of melamine dosage on properties of MDF samples

试验过程中发现，三聚氰胺用量增大至15%时，MUF胶的合成反应激烈不易控制，且树脂固体含量增大，胶黏剂固化时间延长；同时，胶的成本也显著提高。故笔者选择三聚氰胺的添加量为9%。

2.2.2 EMDI添加量

三聚氰胺比例为9%，热压时间为3 min时，EMDI添加量对MDF性能的影响结果，见图2。

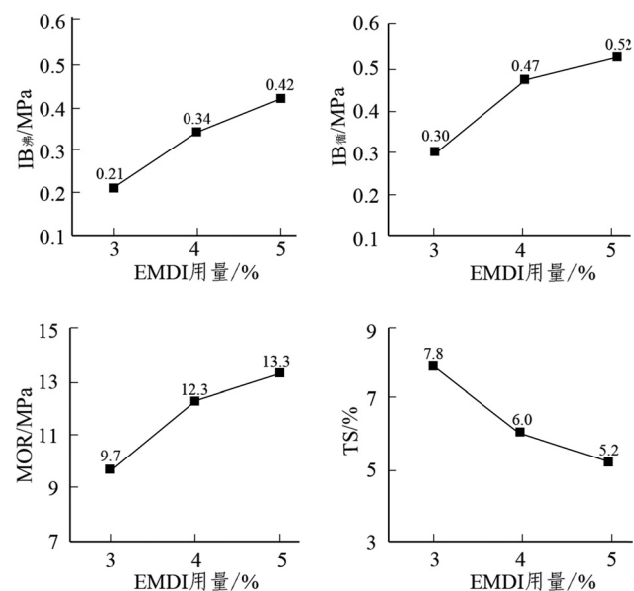


图2 EMDI添加量对MDF物理力学性能的影响
Fig.2 Effect of emulsified MDI dosage on properties of MDF samples

由图2可知, MDF试板的IB_沸、IB_循和MOR_湿等性能, 随EMDI用量的增加而增大, TS则呈相反趋势。

主要原因是: ① EMDI本身为二聚体、三聚体和高聚合度异氰酸酯的混合物^[3], 随着施加量增加, 反应活性高的异氰酸酯基、酯基、醚基、酰胺基成分相应增多, 能够充分与多孔木质纤维发生化学交联反应; ② 该类基团反应性和极性高^[3], 随着用量的增加, 其与木质纤维中纤维素、半纤维素的结合水, 木质素的羟基、酚羟基生成的化学键增多, 与纤维反应生成稳定、高强度的聚合物随之增多; ③ EMDI本身可自聚, 产生的三聚体为环状结构, 比较稳定。随着用量增多, 板材内化学键的断裂分离和受破坏影响程度也下降。

当EMDI用量为3%时, MDF的MOR_湿为9.7 MPa, 未达到GB/T 11718-2009中MDF-FN-EXT的要求(MOR_湿≥12 MPa); EMDI用量增至4%和5%时, MDF的各项性能均满足要求。考虑经济成本因素, 笔者最终选择EMDI用量为4%。

2.2.3 热压时间

三聚氰胺用量9%, EMDI用量4%时, 热压时间变化对MDF性能的影响, 结果如图3所示。

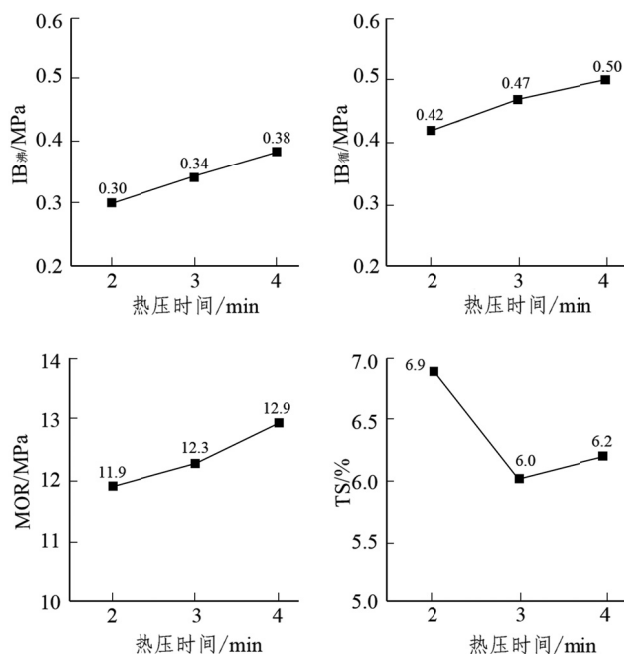


图3 热压时间对MDF物理力学性能的影响
Fig.3 Effect of hot pressing time on properties of MDF samples

从图3可以看出, 随着热压时间的延长, MDF的IB_沸、IB_循和MOR_湿逐渐上升, TS则呈先降后升的趋势。

当热压时间为2 min时, MDF的MOR_湿为11.9 MPa, 低于GB/T 11718-2009中MDF-FN-EXT的要求; 延长热压时间至4 min时, MDF的TS增大, 耐水性能降低。另外, 时间延长降低生产效率, 综合考虑选择热压时间为3 min。

根据上述单因素试验结果确定的工艺参数制备MDF试板, 按GB/T 11718-2009检测性能, 结果列于表4。

表4 优化工艺制备MDF的物理力学性能
Tab.4 Properties of MDF samples by optimum technology

编号	密度/ (g·cm ⁻³)	MOR _湿 / MPa	MOE _湿 / MPa	IB/MPa		TS/ %	F/(mg· 100 g ⁻¹)
				沸腾	循环		
1	0.768	13.4	851.0	0.41	0.47	4.3	6.2
2	0.766	12.9	866.0	0.39	0.43	4.1	7.1
3	0.764	13.2	837.0	0.35	0.41	4.7	5.7
平均值	0.766	13.2	851.3	0.38	0.44	4.4	6.3
标准限值	0.65-0.80	≥12.0	—	≥0.22	≥0.35	≤12	≤8

表4显示, 制备的MDF各项性能均优于GB/T 11718-2009《中密度纤维板》中MDF-FN-EXT的性能要求。

3 结论

1) 本试验确定的优化工艺参数为: 三聚氰胺用量9%, EMDI用量4%, 热压时间3 min。此条件下制备的MDF, 性能优于GB/T 11718-2009《中密度纤维板》中MDF-FN-EXT的性能要求。

2) 采用EMDI与MUF混合制备的MDF, 具有优越的胶合强度、防潮耐水性, 可应用于室外家具型MDF的生产制造, 拓宽纤维板的应用领域。

参考文献:

- [1] 张彦华, 顾继友, 邱明伟, 等. 异氰酸酯改性脲醛树脂胶粘剂的研究进展[J]. 粘接, 2008, 29(4): 32-35.
- [2] 闫文涛, 张永娟, 张雄. 改性三聚氰胺-尿素-甲醛共缩聚树脂胶粘剂的合成[J]. 中国胶粘剂, 2008, 17(9): 31-32.
- [3] 王恺. 木材工业实用大全: 胶粘剂卷[M]. 北京: 中国林业出版社, 1996: 75-78.

(责任编辑 孟凡丹、向琴)