

木结构覆板用胶合板的防腐处理工艺及性能评价

张景朋, 王朝晖, 马星霞, 屈伟, 蒋明亮

(中国林业科学研究院木材工业研究所, 北京 100091)

摘要: 采用铜唑防腐剂, 测试处理后胶合板的耐腐性能和力学性能。通过评价处理试板的吸液量和透入度, 结合考虑生产效率, 确定的优化真空处理工艺为: 真空 -0.04 MPa 处理 10 min, 常压渗透保持 10 min。在此条件下处理的试板受褐腐菌和白腐菌侵染后的质量损失率均小于 5%, 达强耐腐等级; 弹性模量和静曲强度满足 GB/T 22349—2008《木结构覆板用胶合板》的要求。

关键词: 覆板胶合板; 木结构; 铜唑; 处理工艺; 耐腐性能; 力学性能

中图分类号: S781.7; TS653.3 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654 (2020) 03-0014-04

Evaluation of Processing Technology and Performance of Preservative-treated Plywood for Wood-frame Structures

ZHANG Jing-peng, WANG Zhao-hui, MA Xing-xia, QU Wei, JIANG Ming-liang

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: Copper triazole was chosen to treat the sheathing plywood using vacuum processes at various pressures and treatment durations. The durability and mechanical properties of the treated samples were examined. The results revealed that parameters of the optimized treatment were: vacuum in -0.04 MPa for 10 minutes, then soaking at the atmospheric pressure for 10 minutes. The testing result showed that the preservative-treated plywood presented a high level of durability with less than 5% of mass losses; and the modulus of rupture and modulus of elasticity of the samples met the requirements on sheathing plywood for wood-frame structures of the Chinese national standard GB/T 22349—2008.

Key words: sheathing plywood; wood-frame structures; copper triazole; treatment procedure; durability; mechanical properties

木结构覆板用胶合板是指用于木结构房屋建筑覆板的一种胶合板, 因其在户外使用, 容易遭受虫蛀腐朽, 为保证建筑的安全和提高材料的使用寿命, 木结构覆板用胶合需进行防腐处理。

国内外对胶合板防腐处理主要有 3 种方法^[1-3]:

1) 单板做防腐处理, 干燥后再胶合制板, 此种方法的优点是防腐剂在产品厚度方向分布均匀, 但后续胶合板制备工艺需调整工艺参数;

2) 胶层处理, 即胶黏剂中加入防腐剂, 在胶合过程中使防腐剂渗透到单板中, 起到防腐作用。此种方法简单、无需增加额外的处理设备和工序, 然而, 防腐剂可能会影响胶黏剂的固化, 因而影响板材性能, 另外, 在压制板材时, 化学药剂成分在高温作用下会挥发, 也可能影响处理效果;

收稿日期: 2019-07-02; 修改日期: 2020-03-20

基金项目: “十三五”国家重点研发计划课题“竹装饰材料长效防护与功能改良关键技术”(2017YFD0600803); “十二五”国家科技计划课题“木材和竹材综合利用关键技术研究”(2014BAL03B02)。

作者简介: 张景朋 (1988—), 男, 助理研究员。Email: zhangjp@caf.ac.cn

责任作者: 蒋明亮, 男, 研究员。Email: jiangml@caf.ac.cn

3) 真空(加压)处理胶合板, 采用水载型防腐剂, 已成为胶合板防腐处理的主要方法。

丙环唑/戊唑醇与铜胺复合制剂铜唑(CuPT), 不含铬、砷等重金属成分, 并且具有高效和无 VOC 释放等环保优点^[4], 是应用前景较好的木材防腐剂之一。依据前期研究结果, 防腐处理后辐射松的耐久性与防腐处理过的马尾松、南方松、西部铁杉相当, 可处理性较好^[5]。鉴于此, 笔者参考澳大利亚胶合板防腐处理标准^[6], 使用铜唑(CuPT)防腐剂, 采用真空处理的方法, 对辐射松和杨木组成的木结构覆板用胶合板试样进行防腐处理, 并优化处理工艺, 探究铜唑防腐剂载药量水平对木结构覆板用胶合板力学性能和防腐性能的影响, 为其实际生产与应用提供工艺及技术依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1) 木结构覆板用胶合板: 外购, 共7层, 厚度为12 mm, 表层为2 mm厚辐射松(*Pinus radiata*)单板、芯层为1.6 mm厚杨木(*Populus spp.*)单板, 采用酚醛树脂胶压制。根据试验要求, 试板规格分为300 mm×190 mm(小板)和1 800 mm×910 mm(大板)两种。

2) 铜唑(CuPT)防腐剂: 参照文献[7]配制质量分数为10.4%的铜唑(CuAz-4)防腐剂。

3) 菌种: 白腐菌(彩绒革盖菌 *Trametes versicolor*)和褐腐菌(密粘褶菌 *Gloeophyllum trabeum*), 中国林业科学研究院木材工业研究所菌虫标本馆提供。

1.2 试验设备

VPI-1200x1500 型真空加压浸渍罐, 5582 万能力学试验机等。

1.3 处理工艺

为达到防腐要求, 胶合板的表层单板需完全浸透(通过显色剂检验), 因此需优化出最佳处理工艺, 既满足防腐处理要求, 又节能省时, 提高生产效率。试验分两步进行:

1) 真空处理工艺优化:

① 以小板试材为处理对象, 采用质量分数0.20%的铜唑药剂进行真空浸渍处理。设置5种真空度, -0.01、-0.02、-0.03、-0.04 和-0.08 MPa, 真空

下保持1~15 min后, 再常压保持5~15 min。取出试样, 擦去表面药剂, 自然气干。

根据试材吸液量和药剂透入深度两项指标评价处理工艺, 每组重复试验3次, 结果取平均值。

② 根据小板的试验结果, 优化真空处理参数, 并用于大板进行验证。考虑大板与小板吸液量及实际操作的差别, 同时参考铜唑处理辐射松的耐腐蚀性能特点^[4], 处理大板的药剂质量分数提高为0.255%。

重复处理8组, 测试处理材的吸液量和透入度。

2) 载药量水平影响评价: 实际应用中, 在到达强防腐效果的前提下, 药剂用量越低越经济、环保。为此设置了0.2%、0.4%和0.8%共3个质量分数水平, 调控载药量水平, 以期获得铜唑处理辐射松胶合板的合理载药量。

胶合板锯解至尺寸20 mm×20 mm×12 mm, 四个端面涂饰环氧树脂密封, 防止防腐剂从端面进入, 固化干燥后再真空处理, 达到药剂渗透2 mm厚表层辐射松单板, 干燥后进行耐腐试验^[8]。

1.4 性能检测

1.4.1 吸液量和透入度

吸液量根据处理前后试件质量差和表层单板体积计算得到; 透入度参照 GB/T 23229—2009《水载型木材防腐剂分析方法》测试。

1.4.2 防腐性能

参照 LY/T 1283—2011《木材防腐剂对腐朽菌毒性试验室试验方法》, 分别测试白腐菌和褐腐菌侵染后试样的质量损失率。试件尺寸20 mm×20 mm×12 mm, 每组重复试验6个, 结果取平均值; 按照 GB/T 13942.1—2009《木材耐久性能 第1部分: 天然耐腐性实验室试验方法》, 评价耐腐等级。

1.4.3 力学性能

从处理大板制取试件, 试件尺寸为276 mm×90 mm×12 mm, 按照 GB/T 22349—2008《木结构覆板用胶合板》测试其弹性模量(MOE)和静曲强度(MOR)。每组重复试验3次, 结果取平均值。

2 结果与分析

2.1 真空处理工艺的优化

小试板在不同工艺条件下的吸液量、透入度测试结果, 列于表1。

表1 胶合板小试板的防腐处理工艺

Tab.1 Preservative treatment procedure for small-sized plywood samples

序号	真空度/ MPa	真空时间/ min	常压浸渍/ min	吸药液量/ (kg·m ⁻³)	透入度/ %
1	-	-	10	49	20
2	-	-	20	64	25
3	-	-	50	81	35
4	-	-	60	81	35
5	-0.01	5	5	97	40
6	-0.02	5	5	153	60
7	-0.02	5	10	165	60
8	-0.02	5	15	183	80
9	-0.03	10	10	186	80
10	-0.04	10	10	239	100
11	-0.04	10	15	243	100
12	-0.08	2	5	447	100

结果显示：不采用真空处理，仅靠常压浸渍，即使处理时间延长到 60 min，试板的吸药液量也只能到达 81 kg/m³，表层单板透入度仅为 20%~35%，远远达不到防腐处理表层单板完全渗透的要求。

真空处理条件下，随着真空度增大以及处理时间和常压浸泡时间的延长，试板的吸药液量逐渐增加。在真空度-0.04 MPa、真空处理 10 min、常压浸渍 10 min 的工艺条件下，试板吸药液量为 239 kg/m³，表层单板透入度为 100%，达到处理要求。

随着真空度增大或者浸渍时间延长（即处理序号 11、12），虽然处理试板的透入度均能满足要求，但对设备要求亦更高，同时造成生产效率降低，因此不是最优先考虑的工艺。

从提高生产效率考虑，尺寸 30 cm × 19 cm 的小试板合适的处理工艺：真空-0.04 MPa 处理 10 min，常压渗透保持 10 min。

将上述优化工艺用于大板防腐处理验证试验，药剂质量分数为 0.255%时，大板的吸液量和载药量测试结果列于表 2。

试样观察可见，大板表层单板防腐剂的透入度均为 100%，吸液量为 205~254 kg/m³，平均载药量为 0.52~0.65 kg/m³，折算成表层辐射松单板的载药量为 1.57~1.94 kg/m³。说明按照本试验确定的优化工艺处理整张胶合板，试板的载药量能够达到防腐处理要求。

表2 防腐处理胶合板的吸药量和透入度

Tab.2 Liquid absorbing and penetration of preservative-treated plywood samples

序号	吸药液量/ (kg·m ⁻³)	平均载药量/ (kg·m ⁻³)	表层单板	
			载药量/(kg·m ⁻³)	透入度/%
1	212	0.54	1.62	100
2	215	0.55	1.64	100
3	225	0.57	1.72	100
4	254	0.65	1.94	100
5	242	0.62	1.85	100
6	205	0.52	1.57	100
7	256	0.65	1.96	100
8	228	0.58	1.74	100

2.2 防腐处理胶合板的性能

2.2.1 耐腐蚀性能

在铜唑药剂 3 种质量分数水平下，处理试板的表层单板载药量和防腐性能测定结果，列于表 3。

表3 防腐处理胶合板的耐腐蚀性能

Tab.3 Durability of preservative-treated plywood samples

制剂	质量分数/ %	表层单板载药量/ (kg·m ⁻³)	质量损失率/%	
			褐腐菌	白腐菌
CuPT	0.2	1.10	2.5	22.0
	0.4	1.50	0	1.3
	0.8	2.85	0	0
未处理	-	0	21.1	37.9

结果表明，未处理的对照胶合板，受褐腐菌侵染的质量损失率为 21.1%，受白腐菌侵染质量损失率达到 37.9%，说明未处理的胶合板本身不耐腐。

药剂质量分数为 0.4%时，大板载药量达到 1.5 kg/m³，受褐腐菌和白腐菌侵染后，试板的质量损失率分别为 0 和 1.3%，均低于 5%，依据 GB/T 13942.1—2009，试板达到强耐腐等级。

2.2.2 力学性能

按优化真空工艺处理的试板，平均载药量为 0.57 kg/m³，折算成表层单板的载药量为 1.72 kg/m³，其弹性模量和静曲强度测试结果列于表 4。

表 4 显示，经过真空处理试件的力学性能比未处理试件有一定程度下降，其中横纹 MOR 和 MOE 降幅均小于 5%，而顺纹 MOR 和 MOE 分别下降 23.6%和 17.0%。控制试样防腐处理吸液量，可使处理后试样的不可逆膨胀较小，试样的弯曲性能虽略有下降

但不明显, 仍可满足 GB/T 22349—2008《木结构覆板用胶合板》对 12 mm 厚胶合板的要求。

表 4 防腐处理试板的弹性模量和静曲强度
Tab.4 MOE and MOR of preservative-treated plywood samples

试板类型	静曲强度/MPa		弹性模量/MPa	
	横纹	顺纹	横纹	顺纹
真空处理	38.62	42.61	4 236.33	5 960.25
未处理	37.63	55.79	4 435.92	7 184.75
GB/T 22349—2008 限值	≥20	≥24	≥3 500	≥5 500

3 结论

1) 采用铜唑防腐剂处理表层为辐射松单板的木结构覆板用胶合板, 优化处理工艺为: 真空-0.04 MPa 处理 10 min, 常压渗透 10 min。按此工艺处理的胶合板表层单板的防腐剂透入度为 100%, 防腐性能达到 GB/T 13942.1—2009 规定的强耐腐等级。

2) 采用铜唑防腐剂, 按优化的真空工艺处理大尺寸胶合板, 试板的弹性模量和静曲强度虽然比未处理板材略有下降, 但仍可满足 GB/T 22349—2008《木结构覆板用胶合板》的限值要求。

参考文献:

- [1] Aydin I, Colakoglu G. Variation in surface roughness, wettability and some plywood properties after preservative treatment with boron compounds[J]. Building & Environment, 2007, 42(11): 3837-3840.
- [2] 姬宁, 杨守禄, 李丹. 单板类人造板防腐研究概述[J]. 林业科技开发, 2015, 29(3): 7-10.
- [3] 周冠武, 李春高, 虞华强, 等. 结构人造板防腐防虫技术的应用及发展[J]. 木材工业, 2012, 26(5): 32-35.
ZHOU G W, LI C G, YU H Q. Current state and development of technologies for protecting structural board against decay and insect attack[J]. China Wood Industry, 2012, 26(5): 32-35.
- [4] 席丽霞, 马星霞, 蒋明亮. 三唑制剂的防腐及防白蚁性能[J]. 林业科学, 2013, 49(7): 123-128.
XI L X, MA X X, JIANG M L. Decay and termite resistant performance of triazole preservatives[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2013, 49(7): 123-129.
- [5] 席丽霞, 蒋明亮, 马星霞. 三唑制剂及其铜唑制剂处理材的防腐性能[J]. 木材工业, 2015, 29(3): 14-17.
XI L X, JIANG M L, MA X X. Decay resistance of wood treated with triazole and copper triazole preservatives[J]. China Wood Industry, 2015, 29(3): 14-17.
- [6] AS/NZS1604.3:2012, Specification for preservative treatment Part 3: Plywood[S].
- [7] 蒋明亮, 刘君良, 江泽慧, 等. 铜唑木材防腐剂: 中国, ZL 200310124153.9[P], 2003-12-31.
- [8] MA Xingxia, JIANG Mingliang, WU Yuzhang, et.al. Effect of wood surface treatment on fungal decay and termite resistance[J]. BioResource, 2013, 8(2): 2366-2375.

(本文编校 向 琴)

(上接第 13 页)

- [5] 苏艳炜, 欧彬. 木塑家具表面装饰性设计研究[J]. 轻工科技, 2015 (9): 105-106.
SU Y W, OU B. Study on decorative design of wood-plastic furniture surface[J]. Light Industry Science and Technology, 2015 (9): 105-106.
- [6] 蔡莹莹, 魏长智, 韦双颖. 水披覆转印技术对 PP、PE 木塑材表面装饰[J]. 森林工程, 2016, 32(5): 40-43.
CAI Y Y, WEI C Z, WEI S Y. Surface decoration of PP, PE wood - plastic composites using the water transfer printing technology[J]. Forest Engineering, 2016, 32(5): 40-43.
- [7] 姚爱莹, 宋魁彦. 木塑复合材料表面装饰研究[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(3): 226-229.
YAO A Y, SONG K Y. The study of surface decoration for wood plastic composite materials[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2015, 43(3): 226-229.
- [8] 吴燕, 毛泽南, 汪菲, 张叙俊, 吴智慧. 木塑复合材料薄木贴面工艺初探[J]. 林业科技开发, 2013, 27(5): 92-94.
WU Y, MAO Z N, WANG F, ZHANG X J, WU Z H. Initial study on veneer overlaying technology for wood plastic composites[J]. China Forestry Science and Technology, 2013, 27(5): 92-94.
- [9] 郭丽敏, 王伟宏, 王清文. 木粉—HDPE 复合材料的单板贴面效果研究[J]. 西南林业大学学报, 2014, 34(5): 95-98.
GUO L M, WANG W H, WANG Q W. Study on veneer overlaid of wood-flour/HDPE composites[J]. Journal of Southwest Forestry University, 2014, 34(5): 95-98.

- [10] 徐开蒙, 李凯夫, 曹馨蕾, 李腊梅. PVC 基木塑复合材料界面结合改性研究进展[J]. 塑料工业, 2014, 42(2): 9-19.
XU K M, LI K F, CAO X L, LI L M. Research progress of interfacial bonding modification of PVC-based wood plastic composites[J]. China Plastics Industry, 2014, 42(2): 9-19.
- [11] 王丹丹, 曹阳, 王翠翠, 韦文榜, 张双保. 硅烷偶联剂对桉木单板--聚氯乙稀膜复合材料性能的影响[J]. 北京林业大学学报, 2016, 38(2): 120-123.
WANG D D, CAO Y, WANG C C, WEI W B, ZHANG S B. Effect of silane coupling agent on mechanical properties of eucalyptus veneer/polyvinyl chloride (PVC) composites[J]. Journal of Beijing Forestry University, 2016, 38(2): 120-123.
- [12] 袁杰, 路琴, 唐健锋. GF 及偶联剂改性 PVC/稻壳木塑复合材料[J]. 工程塑料应用, 2017, 45(2): 42-45, 55.
YUAN J, LU Q, TANG J F. PVC/Rice husk wood composites modified with glass fiber and coupling agent[J]. Engineering Plastics Application, 2017, 45(2): 42-45, 55.
- [13] 王辉, 杨伟军, 邸明伟, 王清文. 偶联剂处理对木塑复合材料胶接性能的影响[J]. 东北林业大学学报, 2013, 41(4): 112-115.
WANG H, YANG W J, DI M W, WANG Q W. Effect of surface treated by silane coupling agent on bonding properties for wood/polyethylene composites[J]. Journal of Northeast Forestry University, 2013, 41(4): 112-115.

(本文编校 孟凡丹、向 琴)