

研究与开发

电磁屏蔽功能胶合板的研究

刘贤森, 傅峰

(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)

摘要: 以镍粉、石墨粉、不锈钢纤维和铜纤维作为导电单元, 脲醛树脂为胶黏剂, 制备3层落叶松胶合板, 研究不同导电单元和涂胶量对板材电磁屏蔽效能(ESE)及胶合强度的影响。结果表明, 纯镍粉填充的胶合板的ESE几乎为零; 后3种导电单元填充的胶合板ESE分别达到5~10 dB, 17~21 dB和6~17 dB; 试板的胶合强度除不锈钢纤维添加量为80 g/m²时低于国家标准外, 其余条件下均达到或超过国家相关标准要求。

关键词: 胶合板; 导电单元; 电磁屏蔽效能(ESE); 胶合强度

中图分类号: TS653.3 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2007)03-0021-03

Study on the Effectiveness of Plywood as an Electromagnetic-shield

LIU Xian-miao, FU Feng

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry;

Key Lab of Wood Science and Technology of State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

Abstract: Some electric materials, such as Ni powder, graphite powder, stainless steel fiber and copper fiber, were added to urea-formaldehyde resin to manufacture plywood that would act as an electromagnetic shield. The influence of different electro-conductive elements and adhesive spread on shielding and bonding strength of Larix plywood was investigated. The results showed that shielding from plywood with the addition of pure Ni powder was nearly zero and that the addition of graphite powder, stainless steel fiber and copper fiber were 5~10 dB, 17~21 dB and 6~17 dB respectively. Except the bonding strength was 0.46 MPa, which was lower than the national standard when the spread of stainless steel fiber was 80 g/m², under other conditions, the bonding strength of the plywood could meet or exceed the requirements of the related national standard.

Key words: plywood; electro-conductive elements; electromagnetic-shield effectiveness (ESE); bonding strength

随着各种电子仪器设备的广泛应用, 电磁波辐射造成的电磁污染已经成为一种新的公害。电磁污染可危害人类健康, 干扰电气设备、电子设备的正常运行, 诱发各种事故, 泄漏电脑机密^[1]。采用导电材料进行电磁屏蔽是减少电磁污染的有效方法。

木质基体复合材料(简称木基复合材料)是利用不同维数木质单元为基体的协同效应和加和法则, 通过与异质、异型、异性的增强体或功能体单元混杂, 复

合加工形成的新型多相材料^[1]。木材和纯木质人造板属于电的不良导体, 不具有电磁屏蔽效能, 但与一些金属或非金属复合后, 即可具有一定的电磁屏蔽效能(ESE)。目前, 用于制造导电木基复合材料的导电物质有炭黑、碳纤维、石墨、不锈钢、铜和有机导电物等, 物质形态有粉状(0维)、纤维状(1维)、箔状(2维)等, 复合的方法包括混合、贴面、镀层处理等。在木基复合材料中, 单板是最大体积的木质单元, 具有最小的比表面积, 仅用较少量的导电单元掺入树脂并叠层复合, 即可实现单板之间的胶层导电^[2], 使之具有电磁屏蔽功能。

本研究运用功能复合材料的复合度和联结型理

收稿日期: 2006-07-04; 修改稿: 2007-04-24

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863)课题(2002AA245151)。

作者简介: 刘贤森(1978—), 男, 中国林科院木材工业所博士研究生。

通讯作者: 傅峰, 男, 中国林科院木材工业研究所研究员, 博士生导师。

论^[3],选择镍粉、石墨粉、不锈钢纤维和铜纤维等 4 种不同维数的导电单元,分别与木质单板复合,压制三层结构的胶合板,分析导电单元的添加量及涂胶量对胶合板 ESE 及胶合强度的影响,为电磁屏蔽功能木基复合材料的开发提供依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

木质单元 落叶松(*Larix principis-rupprechtii* Mayr)单板,取自内蒙古根河林业局。规格 200 mm×200 mm×2 mm,气干密度 0.67 g/cm³。

导电单元 见表 1。

表 1 导电单元种类
Tab. 1 The electro-conductive elements

导电单元	规格	密度/ (g·m ⁻³)	电阻率/ (Ω·m)	来源
超细镍粉(Ni)	粒度 400 目	8.6	6.8×10 ⁻³	中国有色金属研究总院
石墨粉(CP)	Ø7 μm	2.3	50	上海胶体化学厂
不锈钢纤维 (SF)	Ø30 μm L=6~7 mm	8.6	9.7×10 ⁻³	河北安平金属网厂
黄铜纤维 (CF)	Ø60 μm L=6~7 mm	8.6	1.7×10 ⁻³	河北安平金属网厂

胶黏剂 低毒脲醛树脂胶(UF),外购。固体含量 50%,黏度 110~170 mPa·s(30℃)。固化剂:20%氯化铵溶液。

1.2 试验方法

1) 制板工艺 为使单板达到所需含水率和增加平整度,采用热压干燥法干燥,温度 100℃,压力 0.5 MPa,时间 1 min,干燥后含水率为 6%~7%。

粉末导电单元,采用水浴加热与胶进行混炼的方法添加,搅拌速度为 400 r/min,温度控制在 50℃左右,以降低树脂黏度,利于导电粒子表面空气的排除及其在树脂中的分散,同时加入 1%的 NH₄Cl。UF 胶均匀涂布于芯板两侧;纤维导电单元,采用涂胶后手工撒放的方法添加。经大量前期试验,确定导电单元添加量为 40 g/m² 和 80 g/m²、涂胶量为 250 g/m² 和 400 g/m²(双面)。

组坯后的板坯经闭合陈化 1 h,再置于衬垫间送入压机,按温度 120℃、单位压力 1 MPa 和时间 1 min/mm 的常规热压工艺制板,并重复一次。

2) ESE 测试 电磁屏蔽的方式包括对电磁波的吸收和反射 2 种,其电磁屏蔽效能(ESE)用 dB 值表示。dB 值大,表明屏蔽性能好。

试件制作及 ESE 的测试,参照 SJ 20524-1995

《材料屏蔽效能的测量方法》。试样外径 115⁰_{-0.5} mm,开孔试样孔径 12⁰_{+0.5} mm;使用 DN 15115 型立式法兰同轴测试装置,连接 HP E7401A EMC 频谱分析仪,在 9 kHz~1.5 GHz 频率对试件进行评价与测试。

测试步骤:1) 在空载(无试件)的条件下设置好各参数,打开信号源,仪器屏幕显示一条抖动的水平曲线,即为 ESE 基准曲线,固定该曲线;2) 保持参数设置不变,进行加载(有试件)测试,旋开同轴法兰,放入试件后旋紧,打开信号源,出现扫描线,固定该曲线,两线之差即为试件的屏蔽效能,以 SF250-40A1 试件为例(见图 1)。

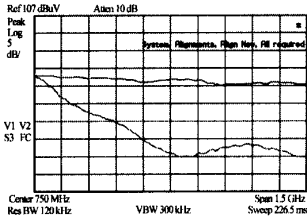


图 1 试件 SF250-40A1 屏蔽效能曲线
Fig. 1 ESE curve of the plywood sample SF250-40A1

3) 胶合强度测试 参照 GB 9846.7-2004《胶合板试件的锯制》和 GB/T 17657-1999《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》进行。测试仪器为岛津公司 AGS-500B 力学试验机。

2 结果与分析

2.1 测试结果

ESE 取 4 个试件的平均值和最大值,二者有相同的变化趋势,变异系数均为 10%~15%;胶合强度为 4 个试件的平均值,变异系数 10%~20%。结果见表 2。

2.2 导电单元对板材 ESE 及胶合强度影响

1) 对 ESE 的影响 从图 2 可见,在相同添加量的条件下,添加不锈钢纤维胶合板的 ESE 明显大于添加其他导电单元;添加纯镍粉时胶合板的 ESE 几乎为零(图中略)。分析原因在于,复合材料的导电性与导电物质加入量的大小有关。只有加入足够的导电物质,才能使复合内部形成导电网络。网络的网链多、网眼密,材料导电性就好^[4]。在涂胶量一定时,不锈钢纤维与铜纤维都是以短纤维(1 维)的形式存在于胶层(3 维)中,但不锈钢纤维直径小(30 μm),在添加量相同的情况下,不锈钢纤维的体积量大,明显有利于导电单元之间的相互交织,所以胶合板的导电性

表 2 胶合板的 ESE 及胶合强度测定结果

Tab. 2 The ESE and bonding strength of the plywood

试件编号	涂胶量/ (g·m ⁻²)	导电单元添加 量/(g·m ⁻²)	ESE/ dB	胶合强度/ MPa
CF250-40	250	40	6.34	1.03
CF250-80	250	80	17.19	1.31
SF250-40	250	40	21.14	1.21
SF250-80	250	80	19.02	0.46
Ni250-40	250	40	0.00	1.29
Ni250-80	250	80	0.00	1.24
CP250-40	250	40	5.62	1.46
CP250-80	250	80	10.59	1.26
CF400-40	400	40	8.37	1.37
CF400-80	400	80	10.95	0.84
SF400-40	400	40	17.06	1.37
SF400-80	400	80	17.63	1.27
Ni400-40	400	40	0.00	1.36
Ni400-80	400	80	0.00	1.24
CP400-40	400	40	5.28	1.64
CP400-80	400	80	9.45	1.58

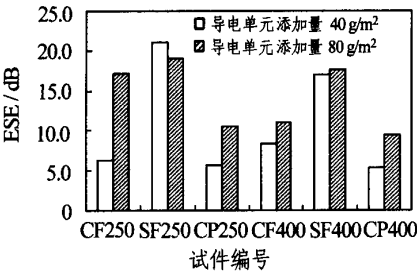


图 2 导电单元对胶合板电磁屏蔽性能影响

Fig. 2 Effects of electro-conductive elements spread on ESE of the plywood

好, ESE 值较高。

碳素材料具有高导电性、低密度、化学稳定性、低价格、无毒等优点, 石墨和镍粉都是以粉末(0 维)的形式存在于胶层(3 维)中。当粉末之间只有相互紧密接触的机率大时, 才能形成良好的导电通道^[5]。由于石墨的密度为 1.5 g/cm³, 远远低于镍粉的密度 8.6 g/cm³, 在相同添加量情况下, 石墨粉末的颗粒数量远大于镍粉, 可以形成一定的导电网络, 而纯镍粉则很难形成有效的导电通道^[6-8]。

2) 对胶合强度的影响 由图 3 可见, 除胶合板的胶合强度随铜纤维添加量的增加而增加以外, 胶合板的胶合强度均随导电单元添加量的增加而降低, 特别是在涂胶量为 250 g/m² 时, 胶合强度随不锈钢纤维添加量的增加而显著降低。

分析原因在于, 涂胶量恒定时, 在相同添加量的情况下, 不锈钢纤维的体积比较大, 大量不锈钢纤维

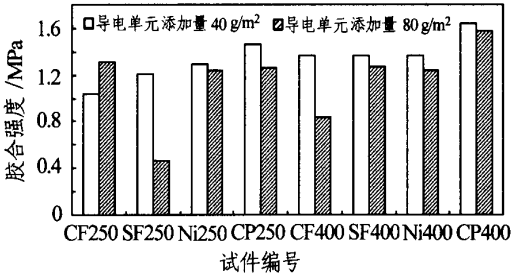


图 3 导电单元对胶合板胶合强度的影响

Fig. 3 Effects of electro-conductive elements on bonding strength of the plywood

的加入, 造成复合层严重缺胶。同时, 大量不锈钢纤维存在胶中, 不利于热压时水分的排出, 甚至产生轻微鼓泡现象, 致使胶合强度急剧下降(见图 3 中 SF250); 另外, 对于 CF250, 原因有待进一步研究。有可能是因为适量铜纤维的加入, 起了增强作用。

2.3 涂胶量对胶合板 ESE 及胶合强度的影响

1) 对 ESE 的影响 从图 4 可见, 胶合板 ESE 性能随着涂胶量的增大有不同程度的减小。其原因在于, 胶层导电性由填充率的大小决定, 填充率大, 混合胶层导电性好, 胶合板的电磁屏蔽性能也提高^[2,6,9]。在导电单元添加量相同的条件下, 涂胶量增大, 胶液总体积也增大, 导电单元填充率下降, 混合胶层导电性降低, 致使胶合板的电磁屏蔽性能也减弱。

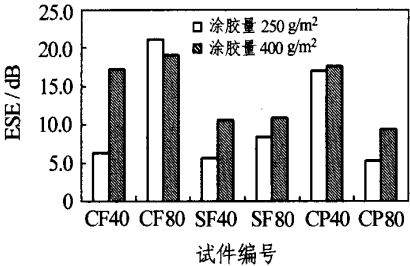


图 4 涂胶量对胶合板 ESE 的影响

Fig. 4 Effects of adhesive spread on ESE of the plywood

2) 对胶合强度的影响 从图 5 可以看出, 除铜纤维添加量为 80 g/m² 时, 胶合板的胶合强度随涂胶量增大而减小之外, 其他情况均随涂胶量的增加而增加。分析原因, 涂胶量增大, 用于胶合导电单元以及木质单元的胶量也增多, 有利于胶合。但涂胶量过大, 胶层增厚, 应力增大, 会使胶合强度下降。而涂胶量太小, 则不易使胶液从一张单板表面向另一张单板表面转移, 形成不了连续胶层, 也会使胶合强度下降。

(下转第 35 页)

装货,到达目的地仓库卸货,中途更换车、船均无需将家具产品从箱内取出,降低了家具包装破坏的风险。集装箱既是一种运输器具,也是一种包装方式,其以箱为计费单位,空间利用率越高,运输成本则越低。但由于家具包装尺寸差异较大,若不进行精心设计,常出现空间利用率较低、装载数量不准确、产品摆放混乱等问题。因此,家具包装应采用标准化设计,减少包装的规格和型号,使同类产品可以互相通用。可以利用 Truckfill 集装箱装箱优化系统、LoadExpert 装柜专家、SmartPacker 集装优化软件、Greatfox packer 火狐智能装箱专家等计算机软件进行装载设计^[4],提高集装箱的装载利用率和装载效率。

3.2 运输管理的要求

为了方便运输管理,家具包装除了有条形码和操作标志外,还应粘贴商品包装运输标志,其形式和内容一般由当事人在合同中或信用证上规定,如果没有规定,可由卖方自由决定。

运输标志是在运输过程中辨认货物的基础,也是一般贸易合同、发货单据、保险文件中记载有关标志

事项的基本部分。运输标志通常包括客户名称、目的地、合约号码、件数号码,以及包装件体积和重量标志等。内销家具产品的包装上应印有厂家的地址、电话等信息,而出口家具需要印上原产国的标志。

4 结语

物流是现代经济的基础性产业,一直被看作企业的“第三利润源”,能降低成本、降低风险、提高服务质量,而根据物流的各个环节要求进行家具包装设计,是保证物流系统顺畅运行的基本条件。家具企业必须重视家具包装与企业物流的关系,提高家具包装的技术水平,满足物流各环节的要求。

参考文献:

- [1] 彭彦平,王晓敏. 物流与包装技术[M]. 北京:中国轻工业出版社,2004.
- [2] 孙诚. 纸包装结构设计[M]. 2 版. 北京:中国轻工业出版社,2006.
- [3] 周启蕾. 物流学概论[M]. 北京:清华大学出版社,2005.
- [4] 王东爱,王岭松,乔志霞. 集装箱装箱优化与纸箱优化设计[J]. 包装工程,2005,26(5):123-125. (责任编辑 向琴)

(上接第 23 页)

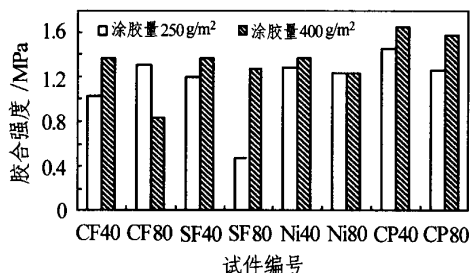


图 5 涂胶量对胶合板胶合强度影响

Fig. 5 Effects of adhesive spread on bonding strength of the plywood

3 结论与建议

1) 在本试验范围内,相同条件下,添加不锈钢纤维时胶合板的 ESE 最大,铜纤维、石墨粉次之,添加纯镍粉几乎没有电磁屏蔽效能。

2) ESE 不仅与导电单元种类、形态和添加量有关,而且与胶合板的胶合强度有关,胶合强度高,ESE 亦增高;胶层的导电单元填充率与 ESE 呈正相关关系;涂胶量为 250 g/m² 时,添加铜纤维有利于胶合板胶合强度的提高。在其他条件下,导电单元加入对胶合板胶合强度有负面影响。

3) 在导电单元添加量相同的条件下,涂胶量的

增大,胶合板的 ESE 减小,胶合强度增加。但同时涂胶量过大会引入更多的水分,使胶合强度降低。

4) 本试验在涂胶量为 250 g/m² 时,胶合板的胶合强度随铜纤维的添加量增加而增加,其原因有待进一步探索。

参考文献:

- [1] 傅峰. 我国近期木基复合材料的研究概况[J]. 中国农业科技导报,2003,5(3):10-13.
- [2] 傅峰,华毓坤,吕斌,等. 导电功能木质复合板材的渗透阈值[J]. 林业科学,2001,37(1):117-120.
- [3] 吴人洁. 复合材料的未来发展[J]. 机械工程材料,1994,18(1):16-19.
- [4] 连宁,范顺宝. 电磁屏蔽导电涂料的研究[J]. 涂料工业,1991(2):9-15.
- [5] 黄兴. 炭黑填充型导电塑料的研究与应用现状[J]. 中国塑料,2000,14(12):17-20.
- [6] 刘贤森,傅峰. 电磁屏蔽效能功能胶合板初探[J]. 木材工业,2005,19(5):20-22.
- [7] 罗朝晖,朱家琪,黄泽恩. 木材/金属复合材料的研究[J]. 木材工业,2000,14(6):25-27.
- [8] Lambuth A L. Electrically conductive particleboard[R]. Proceedings of the 23rd International Particleboard/Composite Materials Symposium, Pullman, WA: Washington State University, 1989: 117-128.
- [9] 谭松庭,章明秋,容智敏,等. 金属纤维/聚合物导电复合材料的性能研究[J]. 材料工程,1998(5):15-18.

(责任编辑 姜征、赖威)