

综 述

电磁屏蔽木基复合材料的研究现状和发展趋势

卢克阳, 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: 在介绍电磁屏蔽原理的基础上, 概述国内外对电磁屏蔽木基复合材料的研究状况, 并展望电磁屏蔽木基复合材料的研究趋势和应用前景。

关键词: 电磁屏蔽木基复合材料; 发展趋势; 应用前景

中图分类号: TS61 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2007)03-0001-03

Review of Research on Electromagnetic Shielding Wood Composites

LU Ke-yang, 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: This paper summarizes the research on electromagnetic shielding for wood composites both in China and abroad. It also analyzes the future development and potential applications of electromagnetic shielding of wood composites.

Key words: electromagnetic shielding wood composite; future development; application prospect

随着各类电子产品越来越普遍的使用, 由此而产生的电磁波辐射已经成为了一种新的公害。电磁辐射不仅会影响周围电子产品的性能, 而且严重危害人类和其他生物体的生殖系统、神经系统和免疫系统, 因此引起了人们的广泛关注。国际无线电抗干扰特别委员会(CISPR)制定了相关的国际标准和试验方法^[1], 许多发达国家也制定了相应的法规及标准, 如德国的 VDE 法规、美国的 FCC 法规。我国相继制定了《环境电磁波卫生标准》和《电磁辐射防护规定》等法规, 并从 2000 年 1 月 1 日起强制执行。

辐射源产生电场和磁场交互变化, 能量以波动形式由近向远传播, 形成电磁波。电磁屏蔽是利用屏蔽体的反射、吸收等作用, 减弱辐射源的电磁场效应。木材是自然界唯一可再生、可自然降解的生物材料。

以木质单元为主体, 通过与其他材料单元(合成高聚物、金属、非金属等)复合而成的电磁屏蔽木基复合材料, 具有遮挡或吸收电磁波的功能, 可防止电磁信号的泄露和外部的电磁干扰。本文总结、分析国内外电磁屏蔽木基复合材料的研究现状与趋势, 旨在为电磁屏蔽材料的开发提供参考, 促进其应用。

1 电磁屏蔽木基复合材料的发展现状

目前, 研究和应用较多的电磁屏蔽木基复合材料主要有 2 大类: 一是复合型, 包括表面导电型和填充型; 二是高温炭化型。

1.1 复合型

表面导电型电磁屏蔽材料通常采用化学镀金、真空喷镀、贴金属箔、金属熔射以及真空喷镀等技术, 使绝缘的木材表面覆盖一层导电层, 从而达到遮挡电磁波的目的。填充型电磁屏蔽材料通常是借助胶黏剂的作用, 使导电材料与木质单元粘结复合, 再通过热压或冷压而制成。

收稿日期: 2006-07-31; 修改稿: 2007-04-13

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

作者简介: 卢克阳(1979—), 男, 中国林科院木材工业研究所博士研究生。

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。

1.1.1 表面导电型

1) 化学镀金 是采用非电解法在木材表面镀上一层具有电磁屏蔽特性的金属导电层,从而达到电磁屏蔽的目的。长泽长八郎^[2]等采用滴注电镀液的方式,使木刨花上形成导电的镍层,制得的刨花板具有较低的表面电阻率和体积电阻率,在 10~600 MHz 的范围内,板材的屏蔽效能(Shielding Effectiveness, SE)值大于 30 dB,并随着镀镍刨花含量和单位压力的增大而提高。黄金田^[3]等研究了木材单板 and 刨花化学镀镍工艺技术,并测试了镀镍单板、镀镍刨花所制得的木质电磁屏蔽材料的 SE 值,发现恰当的镀液成分和工艺参数可以得到理想的金属沉积速率和镀层;木材基体的预处理对木材化学镀镍层的含磷量、结晶化程度以及镀层的组织结构有显著的影响;化学镀镍单板的导电性具有各向异性,平行于纤维方向的表面电阻率要低于垂直于纤维方向的表面电阻率;用镀镍杉木刨花压制的刨花板,其 SE 值达到 21.26~43.31 dB(5 kHz~1 500 MHz)。

化学镀金法是目前唯一不受材料形状及大小限制,而在所有平面上均能获得均匀厚度导电层的方法。由于化学镀金材料在使用过程中,其镀层容易产生剥离,二次加工性能较差,因此,化学镀金法的关键是提高镀层与基体之间的粘附力。可通过预先对木材表面进行清理、去除杂质处理,使其表面变得粗糙,从而提高金属镀层的粘附性。

采用化学镀金法对木材表面进行屏蔽处理时,还必须考虑所用金属镀层的屏蔽效果是否能够满足产品最终的使用要求。现阶段木材多数使用单一化学镀镍方法,无法满足某些特殊高科技尖端产品的要求,需要镀覆更厚的镀层或其他金属层。

2) 贴金属箔和金属网 加藤昭四郎^[4]采用胶合板与金属箔复合,制得的材料在 30~500 MHz 频率范围内的 SE 值都大于 30 dB,其中铜箔和铝箔复合的胶合板的 SE 值达 50~80 dB,与铁箔复合的胶合板 SE 值达 30~60 dB。张显权^[5]等采用在施胶纤维中加入铜丝网的方法制造木材纤维/铜丝网复合 MDF,在 9 kHz~1.5 GHz 频率范围内,当在 MDF 双表面复合网目数>60 目的铜丝网时,其 SE 值可大于 60 dB。

采用贴金属箔和金属网等方法制备表面导电型材料时,导电层除了贴在表层外,也可以夹在二层木材或者纤维之间,其特点是粘接牢度高、导电性能优良、屏蔽效果好,但不能制成形状复杂壳体材料。制

备这类材料的关键在于提高金属导电层与木材或者木基复合材料之间的粘合力,通常采用改性胶黏剂的方法,使导电层与木材之间具有较好的粘结强度,从而达到使用的要求。

1.1.2 填充型 通常将导电材料通过胶黏剂与木质单元实现粘结,然后热压或冷压制。傅峰等^[6]采用意杨单板为原料,将 3 种导电填料施加到 UF 胶中压制胶合板,结果发现,3 种介质都能有效地提高胶合板的导电性,使胶合板的胶层面积电阻率降到 100 Ω 以下。刘贤森^[7]以铜纤维为导电填料,加入 UF 树脂胶中压制落叶松胶合板,结果发现铜类纤维(长度 9~10 mm)施加量为 120 g/m²、涂胶量为 250 和 300 g/m² 时,胶合板的 SE 值能达到 35 dB,已初具有实用价值。张显权^[8]等采用不锈钢纤维与木纤维复合压制 MDF,结果表明:不锈钢纤维的施加比率及其在 MDF 中的复合位置,对复合 MDF 的 SE 值影响显著;当钢/木纤维混合比率为 3:1,并复合在 MDF 的两侧表面时,MDF 的 SE 值可达 55 dB 以上。

填充型屏蔽材料的导电机理比较复杂,一般从导电回路形成,以及回路形成后如何导电两个方面来分析。Miyasaka^[9]等认为,基体与导电填料之间的界面效应,对复合体系中导电回路的形成具有重要的影响。在导电回路形成后,导电性主要取决于基体中的导电填料的电子传输。总之,材料导电性能主要是导电通道效应、隧道效应、场致效应等 3 种机理相互竞争的结果表现;在不同情况下,出现以其中一种机理为主导的导电现象。

填充型复合材料的屏蔽效果取决于填充材料的性质、用量、形状、分布及复合工艺等^[10]。一般随着导电材料填充量增加,复合材料体积电阻率开始缓慢下降,当导电材料的加量增至某一临界值时,导电粒子相互连接形成“导电通道”,此时导电材料任何细微的变化都会带来复合材料导电性的急剧变化,此临界值常称为渗滤阈值。当导电材料的加量超过临界值,复合材料导电性能的变化不再明显。

导电填料的形态对复合材料的屏蔽效果影响较大。导电填料的长径比较大,用较少的填充量就可显著改善复合材料的导电性能。此外,导电填料的表面状态以及填料在基体中的分散状态,都影响复合材料的屏蔽效果。使用具有多孔质、粒径小、表面积大、易于分散的导电填料,容易获得好的屏蔽效果。复合工艺亦对屏蔽效果有重要影响,一般单位压力高时,压制的板材的屏蔽效果好。

1.2 高温炭化型

炭材料通常在无氧(氮气保护)的状态下烧制,炭化温度和升温速度对炭化材料的形态和电磁屏蔽效果有着很大的影响^[11]。Wang^[12]等在氮气保护状态下烧制6个不同树种的木炭,烧制温度为500~1 100℃,测试其在1.5~2.7 GHz频率范围内的电场屏蔽效能,结果发现:1 000℃下木炭(厚8 mm)的SE值随着烧制温度的升高而提高,随着升温速度的增快而降低,并提出适宜升温速度在3℃/min以下。蔡旭芳^[13]等采用相思树木为原料烧制木炭板,研究不同制板条件对复合材料电磁屏蔽效能的影响,结果表明:复合材料的SE值随木炭层厚度的增加而增大,木炭层厚度为2、5和7 mm时,材料的SE值分别为28.4、54.2和69.5 dB。

2 电磁屏蔽木基复合材料的研究趋势和应用前景

2.1 研究趋势

电磁屏蔽木基复合材料的研究涉及木材科学、材料科学、电磁场理论、电磁波吸收理论、生态学、环境理论、数学等,目前的研究主要集中在把这些相关学科引入到电磁屏蔽木基复合材料的设计工作中。未来电磁屏蔽木基复合材料的主要研究趋势有:

1) 宽频吸收型 现阶段研究的电磁屏蔽木基复合材料主要是反射型屏蔽材料,通过对电磁波的反射来达到屏蔽目的,涉及频带很窄。电磁兼容设计对屏蔽材料有2个基本要求^[14]:无反射(即完全吸收)和屏蔽频带尽可能宽。到目前为止,虽然屏蔽材料的种类较多,但是仍然无法做到无反射吸收,因此对宽频吸收型屏蔽材料的研究尤为重要。

2) 纳米技术 纳米材料是物质从宏观到微观的过渡,物质的表面态超过体内态,量子效应十分显著,纳米材料的特殊结构导致特殊的表面效应和体积效应,使其具有特殊的微波吸收性能,同时还具有吸收频带宽的特点^[15]。将木质材料和无机材料在纳米尺寸上结合,制得具有屏蔽功能的材料,这种复合技术将成为未来电磁屏蔽木基复合材料的一个重要方向。

3) 多层型 单层屏蔽材料通常只在某些频段有较好的屏蔽效能,无法满足一些特殊场合要求。根据电磁波理论及材料与电磁波的交互作用原理,引入多元复合思路,设计出具有高吸收、低反射电磁波能力的电磁屏蔽材料,将是新型电磁屏蔽材料的一个研究趋势。

4) 工程应用 现阶段国内外电磁屏蔽木基复合

材料的研究尚在材料的开发阶段,对材料的实际工程应用鲜有研究。完善材料从开发到应用的一体化研究,将是发展电磁屏蔽木基复合材料的关键。

2.2 应用前景

高科技电子产品在给人们带来便利和享受的同时,所产生的电磁辐射问题也日益严重,随着人们对电磁污染认识的提高,电磁屏蔽木基复合材料的应用领域逐渐拓宽。木材作为自然界中最典型的生物复合材料,虽然具有诸如强重比大、加工能耗低等优点,但也有性质变异性大、各向异性、易生物败坏、易燃烧等缺陷。将木质单元与其他材料单元复合或者高温炭化,制得各种电磁屏蔽木基复合材料,既能够有效地解决木质材料的天然缺陷问题,又赋予木质材料新的电磁屏蔽功能或装饰性能,因而具有广泛的应用前景。如日本^[16]将制得的磁化木材应用于饭店、宾馆、戏剧院等建筑中。在现代城市建设中,高层建筑之间很容易造成电磁波的多次反射和干扰,将电磁屏蔽木基复合材料开发成为具有装饰、电磁污染防治、室内电磁信号泄密/失密防护功能的商品,将具有较好的发展潜力。

3 结束语

在电子工业高速发展的时代,电磁屏蔽木基复合材料是一种防止电子公害所必需的防护型功能材料。研究电磁屏蔽木基复合材料,可利用人工林木材为原料,缓解我国木材的供求矛盾,促进人工林的可持续发展。研究电磁屏蔽木基复合材料的制造技术,实现产品的环境认证(如ISO 14 000)和安全认证(如CE标记),有助于增加木质板材产品的附加值,扩展产品的应用领域,因此产品的应用前景广阔,具有重要的经济和社会效益。

参考文献:

- [1] 高俊刚,张苏慧.电磁兼容技术展望[C].电磁辐射污染预防技术应用研讨交流会议论文集,2005:1-19.
- [2] Chohachiro Nagasawa, Yaomo Kumagai, Kei Urabe, et al. Electromagnetic shielding particleboard with nickel-plated wood particles[J]. Journal of Porous Materials, 1999(6): 247-254.
- [3] 黄金田,赵广杰.化学镀镍单板的导电性和电磁屏蔽效能[J].林产工业,2006,33(1):14-17.
- [4] 加藤昭四郎,黑须博司,村山敏博.多层层积木质复合材料的电磁屏蔽效应及其他特性[J].森林综合研究所研究报告(日),1991(360):171-184.
- [5] 张显权,刘一星.木材纤维-铜丝网复合MDF的研究[J].林产工业,2004,31(5):15-19.

(下转第7页)

远低于常规干燥材(图 2)。即常规干燥材 EMC 为 9%时,热处理材的 EMC 只有 4%左右。故热处理材 4%含水率时的各项力学强度与常规干燥材 9%含水率时的强度更有可比性,见表 2。

表 2 不同工艺处理的白蜡木力学性能对比
Tab. 2 The comparison of mechanical properties of White ash wood treated with different temperature

试材 种类	弦向弹模/MPa		弦向抗弯/MPa		顺纹抗压/MPa	
	MC ^a	MC ^b	MC ^a	MC ^b	MC ^a	MC ^b
热处理材	10816.57	10816.57	101.03	101.03	65.28	65.28
常规材	10693.79	10373.50	126.54	106.38	63.88	52.55
变化率/% ^c	+1.15	+4.27	-20.16	-5.03	+2.19	+24.21

a:相同含水率时的力学性能指标;b:以实际使用含水率为准的力学性能指标;c:热处理材与常规干燥材的同项指标之差与常规干燥材指标之比。

由表 2 还可见,若以实际使用的含水率为准,热处理材的各项力学强度指标,除弦向抗弯强度略有下降之外,其余均高于常规干燥材,特别是顺纹抗压强度增大 24.21%。因此,热处理材实际使用时,大部分强度指标并没有下降。

4 结论

- 1) 超高温热处理实木地板的吸湿性和实际使用时的平衡含水率与普通实木地板相比显著降低,尺寸稳定性明显提高。
- 2) 18 mm 厚的热处理实木地板的导热效能优于 12 mm 厚的实木复合地板,但略低于 8 mm 厚的强化木地板。
- 3) 以实际使用含水率为准的各项力学强度指标除弦向抗弯强度之外,均高于常规干燥的实木地板。

参考文献:

[1] 顾炼百. 木材加工工艺学[M]. 北京:中国林业出版社,2003: 122-277.
[2] A O Rapp. Review on heat treatments of wood[R]. Proceedings of the special seminar of COST ACTION E22. Antibes, France, 2001.
[3] Hillis W E. High temperature and chemical effects on wood stability. Part 1: General considerations[J]. Wood Science and Technology, 1984: 281-293.

(责任编辑 姜 征、赖 威)

(上接第 3 页)

[6] 华毓坤,傅峰. 导电胶合板的研究[J]. 林业科学, 1995, 31(3): 254-259.
[7] 刘贤森. 木基电磁屏蔽功能复合材料(叠层型)的工艺与性能[D]. 北京:中国林业科学研究院, 2005: 119-121.
[8] 张显权,刘一星. 不锈钢纤维/木纤维复合中纤板的研究[J]. 木材工业, 2005, 19(2): 12-16.
[9] Miyasaka K, Watanabe K, Jojima E, et al. Electrical conductivity of carbon polymer composites as a function of carbon content [J]. Journal of Materials Science, 1982, 17 (6): 1610-1616.
[10] Celzard A, Treusch O, Mareche J F, et al. Electrical and elastic properties of new monolithic wood-based carbon materials[J]. Journal of Materials Science, 2005(40): 63-70.
[11] S K 巴塔查里. 金属填充聚合物-性能和应用[M]. 北京:中国石化出版社, 1992.

[12] Wang S Y, Hung C P. Electromagnetic shielding efficiency of the electric field of charcoal from six wood species[J]. The Japan Wood Research Society, 2003(49): 450-454.
[13] 蔡旭芳,王永松. 木炭板与木炭粉被覆木质复合板之电磁波屏蔽效应[J]. 林产工业(台湾), 2002, 21(3): 207-216.
[14] 蔡仁刚. 电磁兼容原理、设计和预测技术[M]. 北京:航空航天大学出版社, 1997.
[15] 万刚,李荣德. 电磁屏蔽材料的进展[J]. 屏蔽技术与屏蔽材料, 2003(1): 40-41, 45.
[16] Oka H. Magnetic wood blocks mobile phone signals[EB/OL]. (2002-06-27). <http://www.NewScientist.com>.

(责任编辑 向 琴)

“第 11 次全国木材干燥学术讨论会”征文

中国林学会木材工业分会木材干燥研究会和中国林产工业协会木材干燥专业委员会初步商定,于 2007 年 11 月中旬,在福州市(具体地点和日期另行通知)联合召开第 11 次全国木材干燥学术讨论会。

本次会议重点讨论如何强化木材干燥技术创新力度,极大提高木材干燥质量,发挥木材干燥在实现木材资源高效和节约利用方面的重要作用。现广泛征集论文。

论文将由会务组统一汇集编印成册,截稿时间为 2007 年 8 月 10 日。

具体事宜联系方式:

★ 论文征集:谢拥群教授
邮编:350002
地址:福建省福州市金山 福建农林大学材料学院
电话:0591-83708361; 87223926
传真:0591-83715175
电邮:fafuxyq@yahoo.com.cn;
fafuywb@163.com
★ 参会咨询:杨文斌老师
电话:0591-83789422; 87634922; 83568686
手机:13705917787