

PVC/Fe₇₈Si₁₃B₉ 非晶带材复合板力学性能研究^{*}

朱正吼 宋 晖

(南昌大学材料科学与工程学院,南昌 330047)

摘要 设计了一种具有较高强度、同时兼有良好电磁波屏蔽功能的复合板,该复合板以普通 PVC 板为基体,以高强度的 Fe₇₈Si₁₃B₉ 非晶态合金薄带状材料(简称非晶带材)作为增强材料。对 Fe₇₈Si₁₃B₉ 非晶带材和复合板的力学性能研究表明,非晶带材内部应力分布严重不均匀,在拉伸过程中始终处于弹性变形阶段,拉伸强度为 1400~1500 MPa;与 PVC 板相比,随着非晶带材铺层数的增加,复合板的拉伸强度和弯曲强度显著上升。复合板以 4 层非晶带材为宜,其拉伸强度为 42 MPa,较 PVC 板提高了 130%,复合板的弯曲强度达 54 MPa,比 PVC 板的弯曲强度提高了 1 倍以上。

关键词 聚氯乙烯 非晶带材 复合板 屏蔽

非晶态材料由于原子的三维空间呈拓扑无序状排列,结构上没有晶界与堆垛层错等缺陷,因而具有一般晶态材料所不具有的许多独特的物理、化学、力学和电磁性能,已成为材料科学的重要分支之一^[1,2]。由非晶态合金制成的薄带状材料(简称非晶带材),具有优良的力学和电磁性能,如铝基非晶态合金的拉伸强度为 1 000 MPa,而 Al₈₈Ni₁₀Nd₂、Al₈₈Ni₁₀Y₂等非晶合金更是高达 1 300 MPa。当铝基非晶态基体中嵌合或析出部分纳米晶时,由于弥散第二相的强化作用,拉伸强度可比非晶态更高,其拉伸强度可高达 1 560 MPa。纳米晶增强的 Al-RE 非晶的拉伸强度更是高达 1 600 MPa^[3,4]。

铁基非晶态合金具有良好的耐腐蚀性、优异的软磁特性、高硬度、高强度及良好的韧性,在几乎所有的非晶合金材料中具有最高的饱和磁感应强度。由于不存在晶体缺陷和组织、成分不均匀等缺陷,使得它具有很高的导磁率^[5]。据报道,目前铁基非晶带材的最大拉伸强度已经超过 4 000 MPa^[6],相当于碳纤维的强度。相对于碳纤维,铁基非晶带材不仅具有高的比强度,还具有优异的电磁波屏蔽性能,所以选用铁基非晶带材与塑料复合不仅起到良好的增强作用,还具有优异的电磁波屏蔽功能^[7]。

以聚氯乙烯(PVC)与填料组成的 PVC 板材具有韧性较好、成本低廉、生产工艺简便等优点,被广泛应用于工业产品中。但如果 PVC 板作为受力构件,则因其强度较低,而使应用受到限制。笔者将普通 PVC 薄板与 Fe₇₈Si₁₃B₉ 非晶带材复合在一起,制成一种强度高、同时兼有良好屏蔽功能的新型复合板。经测试,当 1 层 Fe₇₈Si₁₃B₉ 非晶带材与 PVC 板复合后,在 100 Hz~20 MHz 频率内的电磁波屏蔽效

能就高达 25 dB,因此该复合板可以广泛应用于电磁波屏蔽设备。同传统的金属屏蔽板材相比,该复合板具有比强度高、屏蔽性能好、生产简便、成本低廉等突出优点^[8]。

1 实验部分

1.1 原材料

邻苯二甲酸二丁酯:含量≥99.5%,上海化学试剂公司;

Fe₇₈Si₁₃B₉ 非晶带材:宽 4.5 mm,厚 25 μm,江西大有公司;

E-51 环氧树脂:凤凰牌 618 型,江苏省无锡市树脂厂;

聚酰胺树脂:低分子 650 型,江西省宜春远大化工有限公司;

三乙烯四胺、KH-550:北京市申达精细化工有限公司。

1.2 仪器与设备

电子万能试验机:WDT 型,中国科学院长春新科公司试验仪器研究所;

金相/显微硬度分析仪:HS-1000AK 型,上海尚光显微镜有限公司。

1.3 试样制备

将 2 mm 厚的 PVC 板加工成长 150 mm、宽 25 mm 的哑铃型长条,以此薄板为基材,将 E-51 环氧树脂、三乙烯四胺、邻苯二甲酸二丁酯、KH-550 按 84 10 5 1 的比例配制成胶液,在基材上涂刷后沿长度方向并列铺 5 片非晶带材,单层带材铺设面积为

^{*} 江西省教育厅科技基金资助项目(2004-13)

收稿日期:2004-09-27

150 mm × 4.5 mm × 5。重复以上步骤, 铺设多层铺层, 所铺设的复合材料为[0°] 层合板。待树脂固化后重新按照检测标准要求修正试样。

1.4 性能测试

(1) 非晶带材的拉伸性能测试 参照 GB/T 228-2002(附录 A), 采用波纹式夹具, 将非晶带材夹到万能试验机的夹头上, 夹持时应做到夹具的中心线与非晶带材的中心线重合、上下两夹头的夹口平行, 测量跨距后录入试样; 缓慢加载, 加载速度 5 mm/min, 直至试样在中间 1/3 区间内断裂。

(2) 复合板的拉伸性能测试 参照 GB/T 13022-1991, 采用楔形夹具, 保证试样的轴线与上下夹头中心线一致, 施加初载(约为破坏载荷的 5%)后, 检查并调整试样及变形(或应变)测量系统, 使其处于正常工作状态; 试样在拉伸区间内断裂有效。

(3) 弯曲性能测试 参照 GB/T 1456-1988, 将试样编号、划线并测量工作段任三点的宽度和厚度, 取算术平均值; 调节跨距, 准确到 0.5 mm。加载压头的轴线位于支座中间, 且与支座相平行, 将试样置于两支座中心位置上, 并使试样长度方向与支座和加载压头相垂直, 录入试样后按要求设置试验参数, 加载速度 5 mm/min; 下移横梁使压头与试样下表面相接触, 施加初载(约为破坏载荷的 5%), 检查和调整仪表, 使整个系统处于正常状态; 连续加载至试样破坏, 记录破坏载荷, 保存、处理所得数据, 不在跨距中间 1/3 内破坏的试样, 应予作废。

(4) 复合板的断口形貌观察 断口形貌观察在金相/显微硬度分析仪上进行。

2 结果与分析

2.1 非晶带材的拉伸试验结果

图 1 是非晶带材拉伸曲线。由图 1 可见, 非晶带材在拉伸时为弹性形变, 当缓慢拉伸带材到应力 1500 MPa 以上时, 带材会突然崩溃。非晶带材的拉伸强度为 1400 ~ 1500 MPa。试验中还发现, 如果带材被折叠 180°, 拉伸时会首先从折叠痕处断裂。

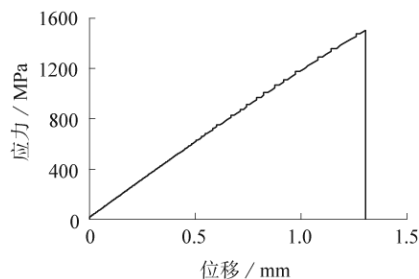
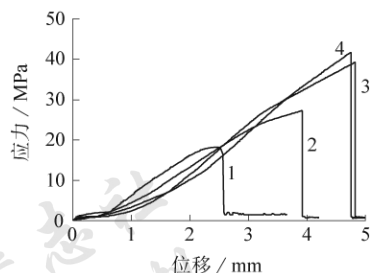


图 1 非晶带材拉伸曲线

2.2 复合板的拉伸试验结果

图 2 为不同铺层数时复合板的拉伸曲线。图 3 为铺层数与复合板拉伸强度的关系。从图 2、图 3 可以看出, 与 PVC 板相比, 随着铺层数的增加, 复合板试样的拉伸位移也明显增加, 试样经过较长的弹性变形阶段后直接断裂, 复合板的拉伸仍以弹性变形为主。复合板的拉伸强度随着铺层数的增加而提高, 但铺层数超过 3 以后, 拉伸强度提高速度趋缓。因此, 该复合板以 4 层铺层为宜, 此时复合板拉伸强度为 42 MPa, 较 PVC 板提高了约 130%。



1—PVC 板; 2—铺 1 层非晶带材;
3—铺 2 层非晶带材; 4—铺 3 层非晶带材

图 2 不同铺层数时复合板的拉伸曲线

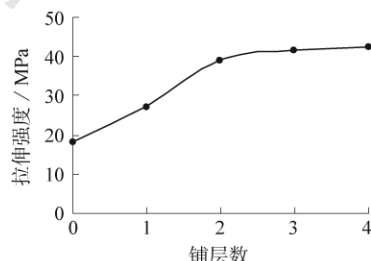
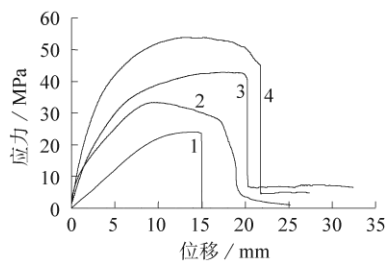


图 3 铺层数与拉伸强度的关系

2.3 材料的弯曲试验结果

图 4 是不同铺层数时复合板的弯曲曲线, 图 5 是铺层数与复合板弯曲强度的关系。从图 4、图 5 可以看出, PVC 板的弯曲性能非常差, 加入非晶带材作增强材料后, 弯曲强度有很大提高, 当铺层数为 4 时, 其弯曲强度达 54 MPa, 比 PVC 板提高了 1 倍以上。但是随着非晶带材铺层数增加到 4 以后, 其



1—PVC 板; 2—铺 1 层非晶带材;
3—铺 2 层非晶带材; 4—铺 4 层非晶带材

图 4 不同铺层数时复合板的弯曲试验曲线

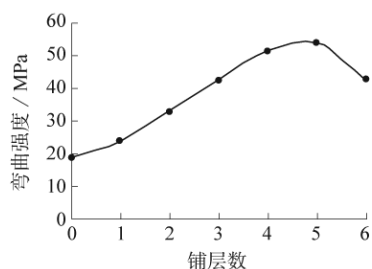


图5 铺层数与弯曲强度的关系

弯曲强度的提高趋缓,自铺层数为5时开始降低。

2.4 复合板的断口形貌

图6为复合板的断口形貌。试样拉断后,宏观断口不平整,存在大的起伏,但照片上显现出来的局部断口表面却比较平整。非晶带材断裂时处于弹性变形阶段;断裂面不是一个平面,而是起伏很大的曲面,这进一步表明非晶带材内部应力分布严重不均匀,分布情况非常复杂。

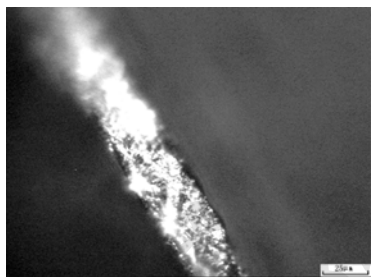


图6 复合板的断口形貌

3 结论

(1) $\text{Fe}_{78}\text{Si}_{13}\text{B}_9$ 非晶带材在拉伸过程中始终处

于弹性变形阶段,其拉伸强度在 1 400 ~ 1 500 MPa 之间。非晶带材内部应力分布严重不均匀,分布情况非常复杂。

(2) 与 PVC 板相比,随着铺层数的增加,复合板的拉伸强度和弯曲强度显著提高。复合板以 4 层非晶带材为宜,其拉伸强度为 42 MPa,较 PVC 板提高了 130%;复合板的弯曲强度达 54 MPa,比 PVC 板的弯曲强度提高了 1 倍以上。

(3) 因为 $\text{Fe}_{78}\text{Si}_{13}\text{B}_9$ 非晶带材是当前综合性能最好的电磁波屏蔽材料,因此复合板也具有良好电磁波屏蔽功能。

参考文献

- 汪卫华,王文魁. 新型多组元大块非晶合金材料的发现与研究进展. 物理, 1998, 7(7): 398
- 张云黔,张颖,彭芬,等. 非晶态材料的开发和应用. 贵州化工, 2002, 27(3): 7
- 孙军,张国君,刘刚. 大块非晶合金力学性能研究进展. 西安交通大学学报, 2001, 35(6): 640
- 黄劲松,张贵兴. 铝基非晶态合金的性能. 湖南冶金, 2003, 31(5): 14
- Forster G D, Pankhurst Q A, Parkin I P. Preparation of FeMnB alloys by chemical reduction. J Mater Sci Lett, 1999, 18(1): 39
- 詹捷,孙智富,陈元芳. 铁基非晶态合金在制造业中的应用. 现代制造工程, 2002(10): 5
- 孙桂琴,喻晓军. 非晶及纳米晶合金研究进展. 金属功能材料, 1999, 6(4): 156
- 管登高,黄婉霞,陈家钊,等. 低频电磁波磁屏蔽复合涂料研究. 电工技术杂志, 2002, 12: 29

STUDY ON MECHANICAL PROPERTIES OF PVC/ $\text{Fe}_{78}\text{Si}_{13}\text{B}_9$ AMORPHOUS RIBBONS COMPOUND BOARDS

Zhu Zhenghou, Song Hui

(College of Materials Science and Engineering, Nanchang University, Nanchang 330047, China)

ABSTRACT A kind of compound board which has high strength and electromagnetism shield is designed, using normal PVC boards as matrices, $\text{Fe}_{78}\text{Si}_{13}\text{B}_9$ amorphous ribbons as reinforcements. The mechanical property shows that the stress distribution in the amorphous ribbons is badly uneven, the amorphous ribbons stay in the elastic distortion all the time, and the tensile strength is 1 400 ~ 1 500 MPa. Compared with PVC matrices, with the increasing of number of layers, the tensile strength and flexural strength of compound boards improve obviously. The better number of layers is 4, the tensile strength of compound boards is 42 MPa which increases by 130%, the flexural strength of compound boards raises to 54 MPa which is over 2 times than that of normal PVC boards.

KEYWORDS poly(vinyl chloride), amorphous ribbons, composite, shield

《工程塑料应用》又被评为山东省优秀科技期刊

2004 年 12 月 22 日,山东省科学技术厅以鲁科函字[2004]362 号文公布了山东省科技期刊质量评估结果。《工程塑料应用》杂志被评为优秀期刊。

为加强对科技期刊的管理,提高办刊水平和期刊质量,促进科技期刊事业的繁荣与发展,山东省科技厅组织专家对全省自然科学技术期刊进行质量评估,将期刊划分为优秀期

刊、良好期刊、合格期刊和不合格期刊,《工程塑料应用》杂志被评为优秀期刊。

成绩来之不易,荣誉与大家共享,我们衷心感谢各位编委和广大作者、读者、广告主多年来对本刊的关心、支持、爱护和帮助! 让我们共同努力,再接再厉,把《工程塑料应用》办得更好。