

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2020.10.006

废弃 PCB 非金属材料增强 PA6 / GF 复合材料的制备及性能

郑夏莲, 马元好

(宜春学院物理科学与工程技术学院, 江西宜春 336000)

摘要: 采用环氧树脂 a 胶对自制的废弃印刷电路板 (PCB) 非金属材料 (N-wPCB) 超细粉体进行表面处理, 然后通过双螺杆熔融共混制备了尼龙 (PA)6 / 玻璃纤维 (GF) 复合材料。研究了在不同的搅拌时间下表面处理剂用量对 N-wPCB 改性 PA6 性能的影响, 在此基础上探讨了在不同 N-wPCB 含量下 GF 含量对 PA6 / GF 复合材料性能的影响。结果表明, 当表面处理剂用量为 N-wPCB 质量的 2% 且表面处理时的搅拌时间为 60 min, N-wPCB 与 PA6 质量比为 1 : 10, GF 含量为 PA6 质量的 20% 时, PA6 / GF 复合材料综合性能最佳, 其拉伸强度为 116 MPa, 弯曲强度为 205 MPa, 缺口冲击强度为 18 kJ/m², 熔体流动速率 (MFR) 为 10.6 g / 10 min。通过加入十溴二苯乙烷进一步制备了阻燃 PA6 / GF 复合材料, 加入 10 份表面改性 N-wPCB 后, 阻燃复合材料的拉伸强度由 103 MPa 提高到了 112 MPa, 弯曲强度由 181 MPa 提高到了 186 MPa, 缺口冲击强度由 10 kJ/m² 提高到了 12 kJ/m², 阻燃等级由 V-1 变成 V-0, 但 MFR 稍有降低。

关键词: 废弃印刷电路板; 非金属; 表面处理; 阻燃剂; 尼龙 6; 玻璃纤维

中图分类号: TQ323.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2020)10-0029-06

Preparation and Properties of PA6 / GF Composites Reinforced by Waste PCB Non-metallic Materials

Zheng Xialian, Ma Yuanhao

(Physics Science and Engineering Technology Institute, Yichun College, Yichun 336000, China)

Abstract : The surface of self-made waste printed circuit board (PCB) non-metallic material (N-wPCB) superfine powder was treated with epoxy a glue as surface treatment agent, then nylon (PA)6 / glass fiber (GF) composites were prepared by twin screw melt blending. The effects of the content of surface treatment agent on the properties of PA6 modified by N-wPCB at different stirring time were studied, on this basis, the effects of the content of GF on the properties of PA6 / GF composite at different N-wPCB content were studied. The results show that, when the content of surface treatment agent is 2% mass of N-wPCB and stirring time in surface treating is 60 min, the mass ratio of N-wPCB / PA6 is 1 / 10, the content of GF is 20% mass of PA6, the composite with the best comprehensive properties is obtained, the tensile strength is 116 MPa, the bending strength is 205 MPa, the notched impact strength is 18 kJ/m², and the melt flow rate is 10.6 g / 10 min. Flame retardant PA6 / GF composites were further prepared by adding decabromodiphenyl ethane, after adding 10 phr surface treated N-wPCB, the tensile strength and flexural strength of the flame retardant composite increase from 103 MPa to 112 MPa and from 181 MPa to 186 MPa, respectively, the notched impact strength increases from 10 kJ/m² to 12 kJ/m², the flame retardant grade changes from V-1 to V-0, but the melting flow rate decreases slightly.

Keywords : waste printed circuit board ; non-metallic ; surface treatment ; flame retardant ; nylon6 ; glass fiber

废弃印刷电路板 (PCB) 作为电子废弃物的的重要组成部分, 含有各种重金属和有害物质, 具有潜在的环境污染风险; 另一方面, 它们含有铜等各种常

见金属和金银等稀有金属, 具有回收利用价值。废弃 PCB 作为一种特殊而有价值的二次资源, 在回收技术的发展中变得越来越重要, 其回收后有金属和

基金项目: 江西省教育厅科技项目 (GJJ180834)

通信作者: 郑夏莲, 博士, 副教授, 主要从事功能复合材料的研究 E-mail : zxlian_095@126.com

收稿日期: 2020-07-20

引用格式: 郑夏莲, 马元好. 废弃 PCB 非金属材料增强 PA6 / GF 复合材料的制备及性能 [J]. 工程塑料应用, 2020, 48(10) : 29-34.

Zheng Xialian, Ma Yuanhao. Preparation and properties of PA6 / GF composites reinforced by waste PCB non-metallic materials[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(10) : 29-34.

非金属两部分。其中,金属部分是含有高附加值的金和铜等,而非金属部分的回收利用方法主要是焚烧回收热值、在沥青中用作填充材料或者应用于建筑材料和埋在地下^[1-3]。这些回收和处理方法导致大量污染。在废物回收过程中,可将废弃 PCB 非金属材料(N-wPCB)应用于有机材料,如聚合物复合材料或玻璃纤维增强塑料制品,这可以扩大废物应用范围和降低产品的成本^[4-6]。如何高效地在复合材料中再利用 N-wPCB,成为实现废弃 PCB 98% 以上再利用的关键^[7],也成为解决热固性复合废弃物污染问题的一个重要发展方向^[8]。

将 N-wPCB 应用到聚合物材料中来制备复合材料是一种环保经济的方法,既解决了废弃物的环境污染问题,又降低了制备聚合物基复合材料的成本,同时还提高了聚合物基复合材料的某些性能。目前有一些学者研究用 N-wPCB 粉末填充热塑性塑料^[9-10]、热固性塑料^[11-12],都能够明显地改善复合材料的力学性能。在 N-wPCB 填充改性尼龙(PA6)方面,欧阳杰等^[13]用环氧树脂 E-44 作为反应性的增容剂,采用熔融共混的方法制备了 PA6/N-wPCB 复合材料,向复合材料中加入少量的 E-44 能改善复合材料的力学性能和热变形温度;郑佳星^[14]利用 N-wPCB 粉末中的玻璃纤维(GF)对 PA6 进行增强改性,既减少废弃 PCB 板产生的环境问题,又降低了成本,主要研究了复合材料的流变行为、熔融行为和结晶动力学。但目前,将 N-wPCB 用于改性 PA6/GF 复合材料的研究较少。

由于环氧树脂 a 胶中的环氧基会与 N-wPCB 粉体表面的羟基发生缩合反应,形成稳定的三维交联状化合物,故笔者采用环氧树脂 a 胶对自制的超细 N-wPCB 粉体^[15]进行表面处理,并通过熔融挤塑添加到 PA6/GF 复合材料中,先研究了表面处理时不同搅拌时间下表面处理剂用量对 N-wPCB 改性 PA6 性能的影响,以确定最佳的搅拌时间和表面处理剂用量,然后在此基础上研究了不同 N-wPCB 含量下 GF 含量对 PA6/GF 复合材料的影响,最后加入常规的阻燃剂制备得到一种新型的具有优异力学性能和阻燃性能的复合材料,为 N-wPCB 的高值化回收利用提供了一种参考。

1 实验部分

1.1 主要原料

超细 N-wPCB 粉体:粒径 1.3 μm ,自制^[15];

环氧树脂 a 胶:202A,石家庄利鼎电子材料有

限公司;

PA6:M2800,广东新会美达锦纶股份有限公司;

GF:988A,巨石集团有限公司;

十溴二苯乙烷:HT-106,山东泰星新材料股份有限公司;

Sb_2O_3 :HT-105,山东泰星新材料股份有限公司;

抗氧剂 1010 和 1068:巴斯夫化工有限公司。

1.2 主要仪器及设备

高速搅拌机:SRL-500/1000 型,张家港市科培达机械有限公司;

同向双螺杆挤出机:SHJ-35 型,南京科倍隆机械有限公司;

热风循环高精度干燥箱:XTDQ-101-0A 型,江苏兴泰电器有限公司;

注塑机:HDX50 型,宁波海达塑料机械有限公司;

电子万能试验机:WDW-10-1000 型,宁波德迅检测设备有限公司;

冲击试验机:JJ-20 型,长春市智能仪器设备有限公司;

熔体流动速率(MFR)测定仪:SN-400A 型,昆山市顺诺仪器有限公司;

阻燃系数测定仪:815 型,杭州百铭仪器有限公司。

1.3 试样制备

(1) N-wPCB 的表面处理。

取一定量的环氧树脂 a 胶,加入到磁力搅拌器中,慢慢加入甲醇溶液(环氧树脂 a 胶与甲醇的质量比为 1:5)至均匀,取超细 N-wPCB 粉体加入高速搅拌机中,缓慢加热到 60℃,然后将环氧树脂 a 胶/甲醇溶液在 6 个大气压下成雾状喷入到高速搅拌的超细粉体中,然后再高速搅拌 30~90 min。

(2) 复合材料的制备。

向高速搅拌机中加入 PA6 粒子,高速搅拌 5 min 后加入表面处理的 N-wPCB 及其它辅料或助剂,继续搅拌至均匀,放入双螺杆挤出机进料仓中,GF 从螺杆第六节纤维专用加料口加入,挤塑得到 PA6/GF 复合材料粒料,然后经注塑机注塑成标准试样。双螺杆挤出温度为 210,215,220,220,230,245,250,240,238,250℃,进料速度为 50~120 r/min,螺杆主机转速为 300 r/min;注塑机的温度为 245,255,255,260℃。

1.4 性能测试

拉伸强度按 ASTM D 638-2008 测试,拉伸速度为 5 mm/min;

弯曲强度按 ASTM D 790-2008 测试,弯曲速度为 2 mm/min;

缺口冲击强度按 ASTM D 256-2008 测试;

MFR 按 ASTM D 1238-2010 测试,测试条件为 2.16 kg, 245℃;

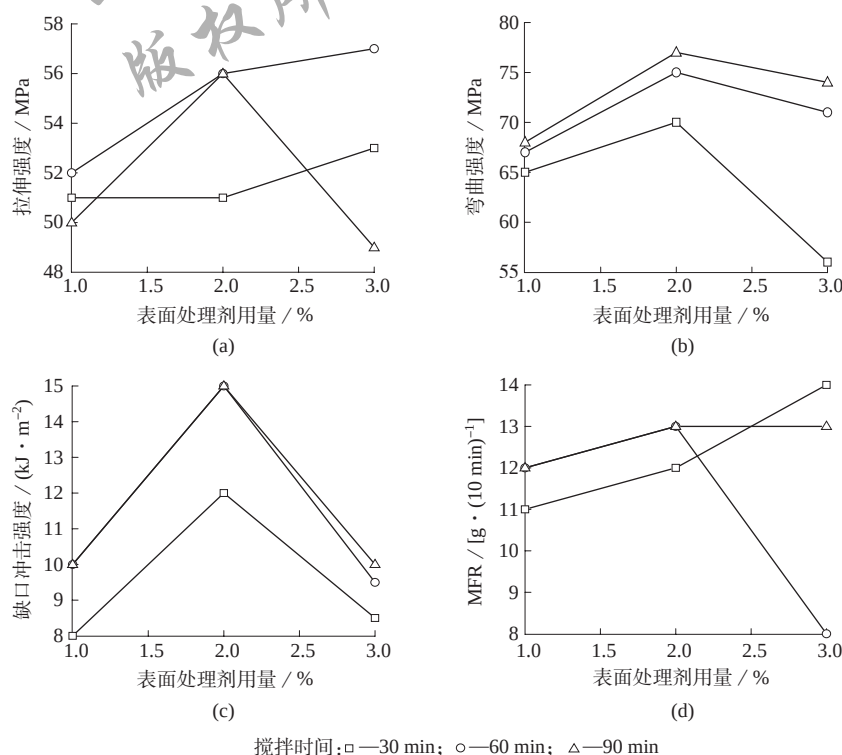
阻燃等级按 UL 94-2006 测试,试样厚度为 2 mm。

2 结果与讨论

2.1 表面处理对 N-wPCB 改性 PA6 性能的影响

表面处理剂环氧树脂 a 胶用量分别为 N-wPCB 质量的 1%, 2%, 3%, N-wPCB 与 PA6 的质量比固定为 1/10, 通过双螺杆挤塑制备了 N-wPCB 改性 PA6, 考察了表面处理时不同搅拌时间和表面处理剂用量对改性 PA6 拉伸强度、弯曲强度、缺口冲击强度和 MFR 的影响, 结果如图 1 所示。从图 1a 可以看出, 搅拌 30 min 得到的材料的拉伸强度在表面处理剂用量较低时处于稳定状态, 但表面处理剂用量较高 (>2%) 时, 拉伸强度显著增加; 搅拌 60 min 得到的材料的拉伸强度随着表面处理剂用量的增加

而增加, 而搅拌 90 min 得到的材料的拉伸强度随着表面处理剂用量的增加, 先升高后降低。从图 1b 和图 1c 可以看出, 搅拌不同时间得到的材料的弯曲强度和缺口冲击强度均随着表面处理剂用量的增加, 先升高后降低。从图 1d 可以看出, 搅拌 30 min 得到的材料的 MFR 随着表面处理剂用量的增加而升高, 而搅拌 60 min 得到的材料的 MFR 随着表面处理剂用量的增加, 先升高后明显降低, 搅拌 90 min 得到的材料的 MFR 随着表面处理剂用量的增加, 先升高后基本稳定。表面处理剂用量较低 (1%) 时, 对材料性能的提高不明显, 而在大部分情况下, 表面处理剂用量较高 (3%) 反而会降低材料的性能尤其是韧性, 这是因为表面处理剂本身是脆性材料, 用量较高会导致材料的韧性变差。表面处理剂用量为 2% 时, 搅拌时间为 60 min, 表面处理剂对材料性能有明显的提升效果, 再延长搅拌时间各项性能指标未见明显提高, 并且会造成一定的能耗。综合考虑, 表面处理剂环氧树脂 a 胶的用量为 N-wPCB 质量的 2% 且搅拌时间为 60 min 时, N-wPCB 改性 PA6 具有较好的综合性能, 其拉伸强度为 56 MPa, 弯曲强度为 75 MPa, 缺口冲击强度为 15 kJ/m², MFR 为 13 g/10 min。



a—拉伸强度; b—弯曲强度; c—缺口冲击强度; d—MFR

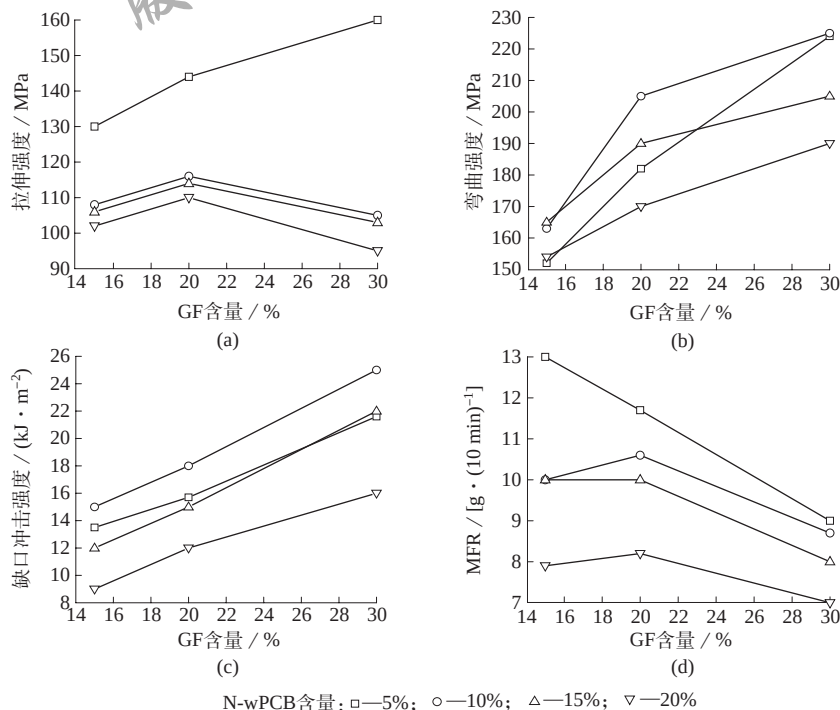
图1 不同搅拌时间下不同表面处理剂用量的 N-wPCB 改性 PA6 的性能

2.2 N-wPCB 及 GF 含量对 PA6 / GF 复合材料性能的影响

在 2.1 的基础上,将表面处理的 N-wPCB 含量分别选为 PA6 质量的 5%,10%,15% 和 20%, GF 含量分别选为 PA6 质量的 15%,20% 和 30%,考察了两者含量对 PA6 / GF 复合材料拉伸强度、弯曲强度、缺口冲击强度和 MFR 的影响,结果如图 2 所示。从图 2a 可以看出,随着 GF 含量的增加, N-wPCB 低含量 (5%) 时拉伸强度升高, N-wPCB 高含量 ($\geq 10\%$) 时拉伸强度先升高后降低且明显低于 N-wPCB 低含量 (5%) 时的值。这可能是由于在低含量下, N-wPCB 可与 GF 互补,形成较为完善的空间网络结构,有利于应力的传递,从而提高增强效果;但 N-wPCB 含量较高 ($\geq 10\%$) 时会造成 N-wPCB 颗粒团聚,从而削弱了增强效果^[10]。从图 2b 和图 2c 可以看出, N-wPCB 含量不同的复合材料的弯曲强度和缺口冲击强度均随着 GF 含量的增加而升高,并且随着 N-wPCB 含量的增加复合材料的弯曲强度和缺口冲击强度均先升高后降低,总体上在 N-wPCB 含量为 10% 时最佳,这可能是由于 GF 在基体中形成了空间网络结构,而该网络结构中存在一定的间隙,当一定量的 N-wPCB 填充在间隙中时可形成稳定空间网络结构,复合材料

的弯曲强度和缺口冲击强度达到最大,当填充过量时, N-wPCB 颗粒引起 GF 网络结构变形,导致性能变差^[16]。从图 2d 可以看出,复合材料的 MFR 在 N-wPCB 含量为 10% 和 20% 时,随着 GF 含量的增加而出现先略有升高后降低的现象,在 N-wPCB 含量为 5% 和 30% 时,随着 GF 含量的增加而降低,总体上高含量 GF 的加入均会引起 MFR 显著下降,这可能是由于加入过多的 GF 以后,空间网络结构链接更加紧密,在熔融状态下流动更加困难。

从图 2 可见, N-wPCB 在复合材料中的含量不宜过高。当 N-wPCB 含量过高时,容易在 PA6 基体中发生团聚现象,会破坏基体的连续性,从而导致复合材料的强度、刚度和韧性均呈下降趋势,也会导致复合材料的加工流动性变差。因此, N-wPCB 适宜的含量为 10%。在此 N-wPCB 含量下,虽然 GF 含量为 30% 时,复合材料的弯曲强度和缺口冲击强度更高,但加工流动性变差,同时考虑到高 GF 含量易导致各种制品外观缺陷,故根据该复合材料计划的实际应用和操作情况以及相应的经济效益,通过综合考虑分析得出当 GF 含量为 20%, N-wPCB 含量为 10% 时复合材料的综合性能较为优异,拉伸强度为 116 MPa,弯曲强度为 205 MPa,缺口冲击强度为 18 kJ/m², MFR 为 10.6 g/10 min。



a—拉伸强度; b—弯曲强度; c—缺口冲击强度; d—MFR

图2 不同 N-wPCB 含量下不同 GF 含量的 PA6 / GF 复合材料的性能

2.3 N-wPCB 在阻燃 PA6 / GF 复合材料中的应用
加入 N-wPCB 前后阻燃 PA6 / GF 复合材料配方体系见表 1,两体系的性能对比见表 2。

表 1 加入 N-wPCB 前后阻燃 PA6 / GF 复合材料各组分用量 份

组 分	材料编号	
	1 [#]	2 [#]
PA6	100	100
GF	20	20
十溴二苯乙烷	13	13
Sb ₂ O ₃	4.5	4.5
N-wPCB	0	10
表面处理剂	0	0.2
抗氧剂 ¹⁾	2	2

注: 1) 抗氧剂中 1010 / 1068 质量比 = 1 / 1。

表 2 加入 N-wPCB 前后阻燃 PA6 / GF 复合材料的性能对比

性 能	材料编号	
	1 [#]	2 [#]
拉伸强度 / MPa	103	112
弯曲强度 / MPa	181	186
缺口冲击强度 / (kJ · m ⁻²)	10	12
MFR / [g · (10 min) ⁻¹]	10	9
阻燃等级	UL 94 V-1	UL 94 V-0

结合图 2 和表 2 可以看出,加入阻燃剂后复合材料的各项性能均有所降低。同时对比加入 N-wPCB 前后的阻燃复合材料发现,加入 N-wPCB 后阻燃复合材料的拉伸强度由 103 MPa 提高到 112 MPa,弯曲强度由 181 MPa 提高到 186 MPa,缺口冲击强度由 10 kJ / m² 提高到了 12 kJ / m²,都有一定的提升,阻燃等级由 V-1 变成 V-0,但是加入 N-wPCB 后材料的 MFR 稍有降低。N-wPCB 中含有 GF,因此具有一定的增强效果,而 N-wPCB 中的环氧部分有一定的韧性,也可以提高材料的韧性。最为显著的变化是材料的阻燃效果得到大幅度提升,因为 N-wPCB 中含有一定的阻燃成分,不易燃烧,在微观条件下与阻燃剂十溴二苯乙烷混合,形成复合阻燃剂,提高了十溴二苯乙烷的阻燃效果。

3 结论

(1) 加入 N-wPCB 质量 2% 的表面处理剂,并在表面处理时高速搅拌 60 min,得到的表面处理 N-wPCB 改性 PA6 具有较好的综合性能,其拉伸强度为 56 MPa,弯曲强度为 75 MPa,缺口冲击强度为 15 kJ / m²,MFR 为 13 g / 10 min。

(2) 按 N-wPCB / PA6 质量比为 1 / 10,将表面处理后的 N-wPCB 粉体与 PA6 混合,再加入 PA6 质量 20% 的 GF,制得的复合材料综合性能较为优异,拉伸强度为 116 MPa,弯曲强度为 205 MPa,缺口冲击强度为 18 kJ / m²,MFR 为 10.6 g / 10 min,此

复合材料可以用于进一步制备具备一定阻燃效果的增强 PA6 复合材料。

(3) 加入阻燃剂后复合材料的各项性能均有降低。对比阻燃复合材料在加入 N-wPCB 粉体前后的性能发现,加入 N-wPCB 后复合材料的拉伸强度由 103 MPa 提高到了 112 MPa,弯曲强度由 181 MPa 提高到了 186 MPa,缺口冲击强度由 10 kJ / m² 提高到了 12 kJ / m²,阻燃等级由 V-1 变成 V-0,但 MFR 稍有降低。

参考文献

- [1] 赵春虎. 废旧印制电路板中非金属的热解处理及金的回收技术研究 [D]. 广州: 华南理工大学, 2017.
Zhao Chunhu. Study on the pyrolysis treatment of nonmetal and gold recovery technology in waste printed circuit boards[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2017.
- [2] 苏日古格. 废旧电路板资源的回收及利用研究 [J]. 中国资源综合利用, 2017, 35(10): 54-56.
Suriguge. Research on recycling and utilization of waste circuit board resources[J]. China Resources Comprehensive Utilization, 2017, 35(10): 54-56.
- [3] 孙春旭, 郭杰, 王建波, 等. 废旧印刷电路板中电子元器件回收处理技术进展 [J]. 材料导报, 2016, 30(9): 105-109.
Sun Chunxu, Guo Jie, Wang Jianbo, et al. Technological progress of electronic components recycling in waste printed circuit boards[J]. Materials Guide, 2016, 30(9): 105-109.
- [4] 熊煦, 刘日鑫, 陈晓松. 增容改性对 PP / 废 PCB 粉复合材料力学性能的影响 [J]. 塑料科技, 2016, 44(1): 59-63.
Xiong Xu, Liu Rixin, Chen Xiaosong. Effect of compatibilization on mechanical properties of PP / waste PCB composite[J]. Plastics Science and Technology, 2016, 44(1): 59-63.
- [5] Xian Jiaming, Li Mingqing, Lin Zhidan, et al. Crystallization and thermal behavior of recycled polypropylene composites containing nonmetallic printed circuit board powder and β -nucleating agents[J]. Journal of Thermal Analysis & Calorimetry, 2017, 130(2): 869-878.
- [6] Muniyandi S K, Sohaili J, Hassan A. Encapsulation of nonmetallic fractions recovered from printed circuit boards waste with thermoplastic[J]. Journal of the Air & Waste Management Association, 2014, 64(9): 1085-1092.
- [7] Jin Yuqi, Tao Lin, Chi Yong, et al. Conversion of bromine during thermal decomposition of printed circuit boards at high temperature[J]. Journal of Hazardous Materials, 2011, 186(1): 707-712.
- [8] 杨春刚, 戈保梁, 李飞, 等. 废旧印刷线路板的再资源化技术及新进展 [J]. 矿产综合利用, 2016(5): 6-9.
Yang Chungang, Ge Baoliang, Li Fei, et al. Recycling technology and new progress of waste printed circuit boards[J]. Comprehensive

Utilization of Minerals, 2016 (5):6-9.

- [9] 庄燕,陆文雄,李小亮,等.废弃线路板中非金属材料的回收和利用[J].上海化工,2008,33(6):1-5.

Zhuang Yan, Lu Wenxiong, Li Xiaoliang, et al. Recovering and reusing ways for abandoned printed circuit boards nonmetals[J]. Shanghai Chemical Industry, 2008, 33(6):1-5.

- [10] Wang Xinjie, Guo Yuwen, Liu Jingyang. PVC-based composite material containing recycled non-metallic printed circuit board (PCB) powders[J]. Journal of Environmental Management, 2010, 91(12):2505-2510.

- [11] 张宗科,周玉敬,吴国清,等.废旧线路板粉末增强复合材料的制备与性能[J].玻璃钢/复合材料,2008(2):20-22,29.

Zhang Zongke, Zhou Yujing, Wu Guoqing, et al. Preparation and properties of waste printed wiring board powder reinforced composites[J]. Fiber Reinforced Plastics / Composites, 2008(2):20-22, 29.

- [12] 向东,段广洪,汪劲松,等.一种利用废弃线路板的非金属粉末制作玻璃钢制品的方法:CN1792618A[P].2006-06-28.

Xiang Dong, Duan Guanghong, Wang Jinsong, et al. Method for mfg. glass fiber reinforced plastic product by nonmetal powder of waste circuit board:CN1792618A[P].2006-06-28.

- [13] 欧阳杰,李渊,王曦,等.环氧树脂 E-44 反应增容尼龙 6 / 废印

刷电路板非金属粉复合材料的力学性能和热变形温度研究[J].精细化工中间体,2011,41(5):61-66.

Ouyang Jie, Li Yuan, Wang Xi, et al. Study on the mechanical and heat distortion temperature of polyamide 6 / nonmetals recycled from waste PCB composites compatibilized by epoxy resin (E-44) [J]. Fine Chemical Intermediates, 2011, 41(5):61-66.

- [14] 郑佳星.废弃印刷电路板非金属粉增强尼龙 6 复合材料的制备及性能研究[D].太原:中北大学,2013:18-29.

Zheng Jiaxing. Research on the preparation and properties of polyamide 6 composites reinforced with nonmetals recycled from waste printed circuit boards[J]. Taiyuan:North University of China, 2013:18-29.

- [15] 郑夏莲,马元好,郑明春.废弃 PCB 非金属材料的回收处理及高值化利用[J].工程塑料应用,2019,47(12):134-138.

Zheng Xialian, Ma Yuanhao, Zheng Mingchun. Recovery processing and higher value application of waste PCB non-metallic materials[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(12):134-138.

- [16] Ogunsona E O, Misra M, Mohanty A K. Impact of interfacial adhesion on the microstructure and property variations of biocarbons reinforced nylon 6 biocomposites[J]. Composites:Part A, Applied Science & Manufacturing, 2017, 98:32-44.

欢迎订阅 2021 年《工程塑料应用》、《化学分析计量》及合订本光盘

邮发代号 24-42, 24-138 全国各地邮局均可订阅

也可直接通过邮局或银行汇款向《工程塑料应用》杂志社订阅《工程塑料应用》、《化学分析计量》及合订本光盘,请注明订阅期刊/光盘的名称、收件人、邮编及地址。

《工程塑料应用》国内外公开发行的全国性塑料专业技术类刊物,月刊,大 16 开本,每月 10 日出版。本刊为中文核心期刊,是中国合成树脂供销协会会刊,荣获首届、第二届、第三届全国期刊奖等多项国家、省部级优秀期刊奖,入选美国化学文摘(CA)千种表。2021 年定价 20 元/期,全年 240 元。目前杂志社尚有部分 2000 年以来的单册和合订本库存,如需订阅,请联系杂志社。

《化学分析计量》国内外公开发行的全国性分析、计量专业技术类刊物,月刊,大 16 开本,每月 20 日出版。本刊为中国科技核心期刊,荣获多项省部级优秀期刊奖,入选美国化学文摘(CA)千种表。2021 年定价 20 元/期,全年 240 元。目前杂志社尚有部分 2000 年以来的单册和合订本库存,如需订阅,请联系杂志社。

《工程塑料应用》、《化学分析计量》合订本光盘 杂志社已将《工程塑料应用》自创刊号(1973 年)至 2019 年底共 47 卷 362 期的期刊电子化,并制成合订本光盘,现公开发售;同时也将《化学分析计量》自创刊号(1992 年)至 2019 年底

共 28 卷 134 期的期刊电子化,并制成合订本光盘,现公开发售。合订本光盘既可按作者、文题、关键词、年、期等分类查阅各期刊已发表的所有科技文章和科技信息的全文,又可根据读者自定义的关键词进行全文检索,非常方便、实用。《工程塑料应用》合订本光盘优惠售价 550 元;《化学分析计量》合订本光盘优惠售价 250 元。

邮局汇款:

收款地址:济南市天桥区田庄东路 3 号

收款单位:《工程塑料应用》杂志社

邮编:250031

电话:(0531)85878223 85878057 85878278

传真:(0531)85947355

银行汇款:

户名:山东非金属材料研究所

开户银行:中国工商银行济南市经十一路支行

账号:1602001229014425546

网上订阅: <http://www.epa1973.com>