

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2021.01.010

PVC 型材边角料回收再利用

靳玲,徐冬梅,刘太闯,柳峰
(徐州工业职业技术学院,江苏徐州 221140)

摘要:研究了回收聚氯乙烯(PVC)型材边角料对PVC材料力学性能、热稳定性、流变性能及密度的影响。力学性能结果表明,PVC型材边角料用量10份时试样综合力学性能较好,拉伸强度为45.3 MPa,冲击强度为4.3 kJ/m²。PVC边角料热稳定性较好,几乎可以和PVC材料保持一致,从而保证加工后材料的热稳定性。流变性能测试结果表明,随着回收PVC边角料加入量的增多,塑化扭矩几乎没有增大,平衡扭矩数值变化不大,但到达平衡扭矩的时间变长。总体而言,加入回收PVC边角料对材料流变性能影响不大。通过加入不同含量的发泡剂偶氮二甲酰胺,测试结果表明,对含回收PVC边角料的发泡材料,发泡密度是影响材料力学性能的主要因素。

关键词:边角料;聚氯乙烯;再利用;力学性能

中图分类号: TQ325.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2021)01-0049-04

Recycling of PVC Profile Scrap

Jin Ling, Xu Dongmei, Liu Taichuang, Liu Feng
(Xuzhou College of Industrial Technology, Xuzhou 221140, China)

Abstract : The effects of waste PVC profiles on the mechanical properties, thermal stability, rheological properties and density of PVC materials were studied. The mechanical performance results show that when the amount of waste PVC scrap is 10 parts, the comprehensive mechanical properties are better, the tensile strength is 45.3 MPa, and the impact strength is 4.3 kJ/m². PVC scrap has good thermal stability, which can almost be consistent with PVC materials, so as to ensure the thermal stability of the processed materials. The rheological performance test results show that with the increase in the amount of waste PVC scrap, the plasticizing torque hardly increases, and the balance torque value does not change much, but the time to reach the balance torque becomes longer. But overall, the addition of waste PVC scrap has little effect on the rheological properties of the material. By adding different amounts of blowing agent azodicarbonamide, the results show that for foamed materials containing recycled PVC scraps, the foaming density is the main factor affecting the mechanical properties of the material.

Keywords : scrap ; polyvinyl chloride ; reuse ; mechanical property

聚氯乙烯(PVC)是世界上产量极大的通用塑料,广泛应用于包装材料、人造革等软制品和异型材、管材、板材等硬制品^[1-2]。PVC异型材、型材是我国PVC消费量最大的领域,约占PVC总消费量的25%左右。但每年大量的PVC异型材、型材在生产时产生了大量边角料,如果不有效利用,会造成极大的浪费和污染^[3]。

目前许多国家对废旧塑料的回收非常重视^[4-5]。回收废旧塑料的方法有熔融再生法、热裂解法^[6-7]、

能量法、回收化工原料等方法^[8-9],主要用途是制造多功能树脂、再生颗粒、环保漆、防火装饰板、芳香族化合物等^[10]。

有关PVC回收再利用的研究较多,如徐冬梅等^[11]研究了PVC型材废角料对复合材料性能的影响。刘琳等^[12]利用汽车夹层玻璃生产中所产生的大量边角料聚乙烯醇缩丁醛来改性硬质PVC。O. K. Gohatre等^[13]研究了从废弃的电气和电子材料中回收的PVC和从火力发电厂获得的废粉煤灰开

基金项目:徐州市科技项目重点研发计划项目(KC17131)

通信作者:靳玲,讲师,主要研究方向为高分子材料加工及改性 E-mail: 38137110@qq.com

收稿日期: 2020-10-16

引用格式:靳玲,徐冬梅,刘太闯,等. PVC 型材边角料回收再利用[J]. 工程塑料应用,2021,49(1):49-52.

Jin Ling, Xu Dongmei, Liu Taichuang, et al. Recycling of PVC profile scrap[J]. Engineering Plastics Application, 2021, 49(1):49-52.

发复合材料的方法。Li Y 等^[14]研究了氯化聚乙烯(CPE)和三氧化二锑对回收的PVC/丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共混物的阻燃性和力学性能的影响。S. S. Suresh 等^[15]调查了从数据电缆中回收的PVC的可再加工性。O. K. Gohatre^[16]等研究了涉及隔离和回收废旧计算机电源电缆和与家用物品隔离的电源电线中存在的主要聚合物PVC。S. S. Suresh 等^[17]将数据电缆收集的回收PVC通过熔融共混技术以不同的质量比掺入回收的聚甲基丙烯酸甲酯基质中。

PVC 型材边角料是在 PVC 型材加工时产生的,并未经过长期使用。目前回收 PVC 型材边角料相关研究较少。因此,将回收的 PVC 型材边角料用于制备 PVC 材料对于废旧塑料的循环再利用具有重要的指导意义。

1 实验部分

1.1 原材料

PVC: SG-5, 中国石化青岛炼化化工有限责任公司;

PVC 边角料废料: 型材装配过程中产生的边角料磨成的细粉, 主要成分为 PVC, 复合热稳定剂, 钛白粉, 氯化聚乙烯(CPE), 丙烯酸酯类改性剂(ACR)及碳酸钙, 徐州白鹭塑料制品厂;

ACR: LS-01, 山东瑞丰高分子材料股份有限公司;

CPE: 氯含量 35%, 山东潍坊化工厂;

AC 发泡剂(偶氮二甲酰胺): 江苏索普有限公司;

过氧化二异丙苯(DCP): 中国石油化工股份有限公司;

复合稳定剂: 徐州白鹭塑料制品厂;

氧化锌、碳酸钙: 中国石油化工股份有限公司。

1.2 设备及仪器

高速混合机: GHJ-10A 型, 莱州春瑞机械制造有限公司;

高温开炼机: SK-160 型, 无锡市第一橡塑机械有限公司;

平板硫化机: QLB-25P/Q 型, 无锡市第一橡塑机械有限公司;

哑铃型制样机: QTM2000-A1 型, 深圳三思纵横科技股份有限公司;

缺口制样机: QTM1000 型, 深圳三思纵横科技股份有限公司;

数位冲击试验机: GT-7045-MD2 型, 高铁检测仪器有限公司;

电子万能试验机: UTM4204 型, 深圳三思纵横科技股份有限公司;

热重(TG)分析仪: TG209-F3 型, 耐驰机械仪器有限公司;

转矩流变仪: XSS-300 型, 上海科创橡塑机械设备有限公司。

1.3 试样制备

PVC 型材配方^[18]如下: PVC 100 份; 复合稳定剂 6 份; ACR 4 份; 硬脂酸 1 份; 石蜡 0.5 份; 碳酸钙 10 份; PVC 型材边角料 0~20 份。

PVC 发泡型材配方如下: PVC 100 份; PVC 型材边角料 10 份; 复合稳定剂 10 份; DCP 0.5 份; ACR 10 份; 氧化锌 2 份; 硬脂酸 1 份; 碳酸钙 7 份; AC 发泡剂 0~12 份。

将按照配方称好的原料放到高速混合机中混合 5 min 后放出原料, 进行高温开炼。开炼后模压成型, 之后利用万能制样机裁样。

1.4 性能测试及表征

力学性能测试: 拉伸性能按 GB/T 1040-2006 测试, 1A 型试样, 拉伸速率 50 mm/min; 冲击性能按 GB/T 1843-2008 测试, AB 型试样。

TG 测试: 氮气气氛, 升温速率 10℃/min, 温度范围 50~800℃。

流变性能测试: 粉状试样, 温度 180℃, 转速 50 r/min。

2 结果与讨论

2.1 力学性能

不同 PVC 型材边角料用量时试样力学性能见表 1。

表 1 不同 PVC 型材边角料用量时试样力学性能测试结果

边角料 用量/份	拉伸强度/ MPa	断裂伸长 率/%	冲击强度/ (kJ·m ⁻²)
0	44.8	1.51	5.0
5	45.2	1.90	4.7
10	45.3	2.02	4.3
15	45.6	2.51	3.9
20	43.8	1.12	5.4

从表 1 可以看出, 试样拉伸强度随边角料用量增加先增大后减小, 未添加边角料时拉伸强度为 44.8 MPa, 添加 15 份时拉伸强度最佳, 为 45.6 MPa。添加 20 份时拉伸强度减小, 为 43.8 MPa。这是因为 PVC 型材边角料本身含有碳酸钙等刚性物料, 随其用量增加, 起到增强剂的作用。

用,材料的拉伸强度变好。添加 20 份时拉伸强度减小是由于边角料在之前的加工时,高温剪切等作用会导致热降解,分子链断裂,分子量下降这个因素起到了主导作用,因此拉伸强度变差。

由表 1 还可以看出,随着边角料用量增加,试样的冲击强度先呈下降趋势。未添加边角料时试样冲击强度为 5.0 kJ/m^2 ,加入 15 份时冲击强度最低,为 3.9 kJ/m^2 。但边角料用量为 20 份时冲击强度又呈现上升的态势,为 5.4 kJ/m^2 。这是因为 PVC 型材边角料中含有分子量略低的 PVC、填料以及抗冲改性剂等,分子量略低的 PVC、填料的加入会导致材料的冲击强度下降,而抗冲改性剂的加入有利于提高 PVC 的韧性。因此,边角料的加入对材料冲击强度的影响受这两方面因素的影响。当加入量较少时,表现为冲击强度降低,加入较多时,抗冲击改性剂含量增大,从而使材料的冲击强度提高。

2.2 热稳定性

对不加 PVC 型材边角料的材料以及边角料分别进行了 TG 测试,结果如图 1 所示。

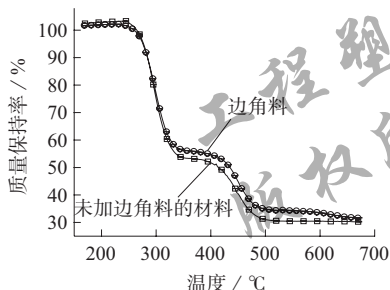


图 1 未添加 PVC 型材边角料的材料与边角料 TG 曲线对比

从图 1 可以看出,不加 PVC 型材边角料的材料与边角料的 TG 曲线差别很小,几乎重叠。这也充分说明边角料和 PVC 材料的热稳定性几乎可以保持一致,从而保证加工后材料的热稳定性。

2.3 流变性能

图 2 为不同 PVC 型材边角料用量时材料的流变曲线,相关数据见表 2。由图 2 及表 2 可知,未添加边角料时材料塑化扭矩为 $5.5 \text{ N} \cdot \text{m}$,平衡扭矩为 $2.2 \text{ N} \cdot \text{m}$,到达平衡扭矩的时间为 247 s。随着 PVC 型材边角料加入量的增多,塑化扭矩几乎没有增大,平衡扭矩数值变化不大,但到达平衡扭矩的时间变长。说明加入 PVC 型材边角料后材料相容性变差,摩擦力变大,并且边角料所残留的各种助剂如碳酸钙在作受迫运动中的摩擦作用会产生影响,因而影响材料的加工性能。但总体而言,加入 PVC 型材边角料对材料流变性能影响不大。

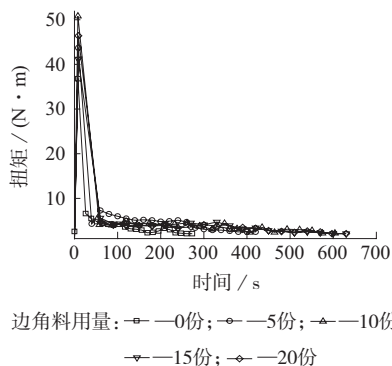


图 2 不同 PVC 型材边角料用量时材料的流变性能

表 2 材料的流变行为

边角料 用量 / 份	加料峰		塑化峰		平衡点	
	扭矩 / ($\text{N} \cdot \text{m}$)	时间 / s	扭矩 / ($\text{N} \cdot \text{m}$)	时间 / s	扭矩 / ($\text{N} \cdot \text{m}$)	时间 / s
0	36.8	8	5.5	39	2.2	247
5	43.7	9	7.3	60	2.5	390
10	50.8	8	4.5	116	2.2	575
15	41.2	9	5.6	60	2.1	600
20	46.4	9	4.9	120	2.1	597

2.4 发泡性能

PVC 型材边角料回收应用的方向之一是制备 PVC 本塑板材料制品,为了使板材制品的密度与木材密度接近,通常要加入一定量的发泡剂来进行发泡,从而降低密度。实验探索了 AC 发泡剂用量为 0, 3, 6, 9, 12 份时材料的拉伸强度、冲击强度和密度,如图 3 和图 4 所示。

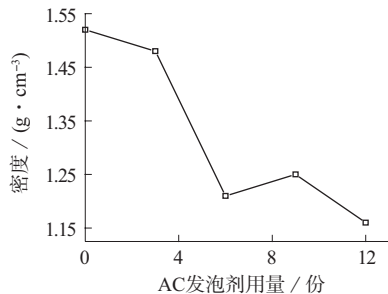


图 3 不同 AC 发泡剂用量时含 PVC 型材边角料的发泡材料密度

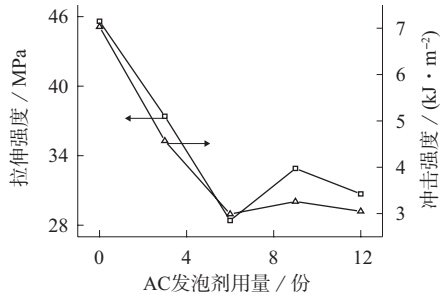


图 4 不同 AC 发泡剂用量时含 PVC 型材边角料的发泡材料力学性能

由图 3 可见,发泡材料的密度随着发泡剂用量增加呈下降趋势。在硬质 PVC 发泡材料中,泡孔尺寸较大,在材料体系中形成应力集中点,发泡材料

密度越低,形成应力集中点越多,对材料的力学性能越不利,结合图3和图4可见,拉伸强度、冲击强度与材料密度的变化趋势一致,说明在PVC发泡材料中,发泡密度是影响材料力学性能的主要因素。

3 结论

(1) PVC型材边角料用量10份时试样综合力学性能较好,拉伸强度为45.3 MPa,冲击强度为4.25 kJ/m²。

(2) TG分析结果表明,PVC型材边角料和PVC材料的热稳定性几乎可以保持一致,从而保证加工后材料的热稳定性。

(3) 流变性能分析结果表明,加入PVC型材边角料对材料流变性能影响不大。

(4) 对含PVC型材边角料的发泡材料,发泡密度是影响材料力学性能的主要因素。

参考文献

- [1] 朱晓军,王兴翠,郭中丽. 废旧塑料回收再利用的研究现状[J]. 科学之友,2012(2):19-20.
Zhu Xiaojun, Wang Xingcui, Guo Zhongli. The research status of waste plastic recycle and reuse[J]. Friend of Science Amateurs, 2012(2):19-20.
- [2] 柯伟席,王澜. 废旧PVC塑料的回收利用[J]. 塑料制造, 2009(9):41-46.
Ke Weixi, Wang Lan. Recycling of waste PVC materials[J]. Plastics Manufacture, 2009(9):41-46.
- [3] Correa C A, de Santi C R, Leclerc A. Green-PVC with full recycled industrial waste and renewably sourced content[J]. Journal of Cleaner Production, 2019, 229:1 397-1 411.
- [4] Ye L, Qi C, Hong J, et al. Life cycle assessment of polyvinyl chloride production and its recyclability in China[J]. Journal of Cleaner Production, 2017, 142:2 965-2 972.
- [5] Seike T, Isobe T, Harada Y, et al. Analysis of the efficacy and feasibility of recycling PVC sashes in Japan[J]. Resources Conservation & Recycling, 2018, 131:41-53.
- [6] Shogo, Kumagai, Toshiaki. Feedstock recycling via waste plastic pyrolysis[J]. Journal of the Japan Petroleum Institute, 2016, 59(6):243-253.
- [7] Vouvoudi E C, Achilias D S. Pyrolytic degradation of common polymers present in packaging materials[J]. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2019, 138(4):2 683-2 689.
- [8] Mehdi M M E, Hanane B, Denis R, et al. Recent advances in polymer recycling:A short review[J]. Current Organic Synthesis, 2017, 14(2):171-185.
- [9] Kawecki D, Scheeder P R W, Nowack B. Probabilistic material flow analysis of seven commodity plastics in Europe[J]. Environmental Science & Technology, 2018, 52(17):9 874-9 888.
- [10] 汪东清. 废旧PVC电线电缆料的再利用研究[D]. 广州:华南理工大学, 2015.
Wang Dongqing. Research on the reuse of recycled PVC wire and cable[D]. Guangzhou:South China University of Technology, 2015.
- [11] 徐冬梅,周春萍,袁晓龙,等. 正交法研究PVC型材边角料的回收再利用[J]. 江苏建筑职业技术学院学报, 2013, 13(2):19-22.
Xu Dongmei, Zhou Chunping, Yuan Xiaolong, et al. On recycling and reusing of PVC profile scraps with orthogonal method[J]. Journal of Jiangsu Jianzhu Institute, 2013, 13(2):19-22.
- [12] 刘琳,戴光宇. PVB边角料用于硬质聚氯乙烯的改性研究[J]. 工程塑料应用, 2008, 36(8):19-21.
Liu Lin, Dai Guangyu. PVB scrap on the toughness modification of PVC[J]. Engineering Plastics Application, 2008, 36(8):19-21.
- [13] Gohatre O K, Biswal M, Mohanty S, et al. Study on thermal, mechanical and morphological properties of recycled poly(vinyl chloride)(r-PVC) / fly ash composites[J]. Polymer International, 2020, 69(6):552-563.
- [14] Li Y, Lv L, Wang W, et al. Effects of chlorinated polyethylene and antimony trioxide on recycled polyvinyl chloride / acryl-butadiene-styrene blends:Flame retardancy and mechanical properties[J]. Polymer, 2020, 190.doi:10.1016/j.polymer.2020.122198.
- [15] Suresh S S, Mohanty S, Nayak S K. Composition analysis and characterization of waste polyvinyl chloride (PVC) recovered from data cables[J]. Waste Management, 2017, 60(2):100-111.
- [16] Gohatre O K, Jaidev K, Suresh S S, et al. Composition and recyclability analysis of poly (vinyl chloride) recovered from computer power cables and commercial wires[J]. Journal of Vinyl and Additive Technology, 2019(8).doi:10.1002 / vnl.21734.
- [17] Suresh S S, Mohanty S, Nayak S K. Effect of recycled poly(vinyl chloride) on the mechanical, thermal and rheological characteristics of recycled poly(methyl methacrylate)[J]. Journal of Material Cycles and Waste Management, 2020, 22(3):698-710.
- [18] 赵明. 废旧塑料回收利用技术与配方实例[M]. 北京:印刷工业出版社, 2014:66-70.
Zhao Ming. Waste plastic recycling technology and formulation examples[M]. Beijing:Printing Industry Press, 2014:66-70.