

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2012.09.023

废旧塑料回收利用的有效途径^{*}

陈丹, 黄兴元, 汪朋, 梁雄, 周献华

(南昌大学机电工程学院聚合物加工研究室, 南昌 330031)

摘要: 综述了目前国内外几种常用的废旧塑料回收利用技术, 包括填埋法、焚烧法、化学回收法和回收再生法, 论述了各技术的优缺点, 并进行了分析比较, 最后针对回收再生法存在的问题提出了一种热风循环加热熔融废旧塑料再生造粒的方法。

关键词: 废旧塑料; 回收利用; 热风循环加热熔融

中图分类号: TQ320.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2012)09-0092-03

Recycling Effective Ways of Waste Plastics

Chen Dan, Huang Xingyuan, Wang Peng, Liang Xiong, Zhou Xianhua

(Polymer Processing Lab, School of Mechanical and Electrical Engineering, Nanchang University, Nanchang 330031, China)

Abstract: Several kinds of common recycling technologies of waste plastics at home and abroad, including landfill method, incinerating method, chemical recycling method and recovery method, were described. And the advantages and disadvantages of those technologies were analyzed and compared. In view of the problems existed in the recovery method, a recycling technology of cycle hot air melting and granulation of waste plastics was proposed.

Keywords: waste plastic; recycling; cycle hot air melting

塑料作为现代材料领域中的重要组成部分, 与合成橡胶、合成纤维并称为当今不可缺少的三大合成材料。塑料因其具有优越的性能, 在全世界范围内得到了广泛的应用。我国塑料消费总量约占世界总量的1/4, 已成为名符其实的第一大塑料消费国。巨大的塑料消费量在给人们日常生活提供方便的同时, 也带来了大量的废弃塑料。伴随着消费量的增加, 塑料废弃量也在逐渐增长。

目前全球性资源短缺, 如果将废旧塑料回收, 便可减少对资源的浪费, 实现可持续发展。但是废旧塑料的回收情况却令人担忧, 20世纪80年代末, 美国废旧塑料回收率为9%, 而我国大约在5%, 20世纪末仍不足20%^[1]。与开发原生资源相比, 废旧塑料的回收成本较低, 所以废旧塑料的回收具有十分广阔的市场和投资潜力。将废旧塑料回收利用, 可以有效解决生态环境污染, 利国利民。因此, 如何有效地将废旧塑料回收利用, 并且提高其回收率, 是目前塑料行业急需解决的一个重要问题。

笔者综述了目前国内外几种比较常用的废旧塑料回收利用技术, 并提出了一种新的废旧塑料再生造粒方法, 为废旧塑料的回收利用提供一定的思路和借鉴。

1 国内外废旧塑料回收利用技术

1.1 填埋法

填埋法是将废旧塑料作为垃圾送入垃圾场填埋^[2], 此方

法仅将废旧塑料当作垃圾进行处理, 虽然简单易行, 但无法再利用, 是对资源的巨大浪费。选择填埋法处理废旧塑料, 易浪费土地资源并影响土壤结构, 甚至造成地下水污染。

目前填埋法仍然是各国经常使用的方法, 在我国则是主要采用的方法。

1.2 焚烧法

利用焚烧法可减少废旧塑料的体积, 同时回收其热能。焚烧前不需经过预处理, 尤其适用于较难分选的混杂型废旧塑料, 操作方便, 成本低, 效率高。

美国的废旧塑料制作垃圾固形燃料技术即 RDF 技术^[3]应用广泛, 这种技术在废旧塑料中加入石灰、木屑、纤维等添加剂, 经过混合、干燥、加压、固化, 压制成直径为20~50 mm颗粒, 这样便于运输、保存和燃烧。如果用于发电, 其发电效率也会提高到30%以上, 与直接燃烧相比高50%。

德山公司水泥厂先将不含氯的废旧塑料进行粉碎, 再利用空气送入水泥窑, 进行了回转窑喷吹废旧塑料试验^[4]。结果显示废旧塑料的平均发热量比煤粉高, 并且在试验的过程中无需特殊措施, 对水泥的质量无任何影响。随后, 该厂

^{*} 国家大学生创新性实验计划项目

联系人: 黄兴元, 教授, 博士生导师, 主要从事聚合物成型理论及成型装置的研究

收稿日期: 2012-06-26

建设了产量 1 万 t/a 的废旧塑料制备装置,在水泥回转窑废旧塑料回收利用方面获得了较好的效果。

与填埋法相比,焚烧法虽然能回收部分能源,但是会造成大气污染。

1.3 化学回收法

(1) 热解

热解是指在无氧或缺氧的条件下进行的不可逆热化学反应,将有机固体废弃物热解后最终生成可燃气、热解焦油和焦炭^[5]。

废旧塑料油化技术原料来源丰富,可以处理混杂的废旧塑料,减小了塑料分拣的工作量,应用前景广泛,在美国、日本等国已得到应用,比如日本利用催化裂解装置,成功地将废旧塑料裂解生成汽油^[6]。国内也有该技术成功应用的实例,如北京双新技术交易公司利用农膜、饮料瓶、食品袋等废旧塑料,运用废旧塑料油化技术生产出 90[#] 汽油和 0[#] 柴油,转化率为 70%,具有较高的经济效益^[7]。

城市废塑料中经常混有其它物质,运用共热解法可以同时处理废旧塑料和其中包含的其它物质,在废旧塑料回收处理上具有很大的优势。E.Jakab 等^[8]研究了聚丙烯(PP)塑料与木头粉末、木质素及木炭等的共热解反应。结果表明,在这些添加物尤其是在木炭类物质能够很好地促进废旧塑料中单体和二聚体的产生,并且也使得废旧塑料热降解温度有所降低。H.S.Yang 等^[9]不仅对木质纤维素与废旧塑料的共热解进行了研究,而且还研究了煤、非木质生物质与塑料的共热解,研究表明,在进行热解反应时塑料的热稳定性都有所下降,从而使得废旧塑料的降解温度有所降低。

但是含有氮、氯等元素的热塑性塑料和部分热固性塑料并不适合作为热解原料。另外,热解时通常需要很高的温度,反应设备的要求高,工艺流程复杂,增加了处理成本和回收难度。

(2) 醇分解 / 水分解

对于一些在热解时会产生有害气体的塑料,如尼龙、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料等含有氯、氮等元素的塑料,不宜热解回收,则可以使用醇分解或水分解技术来降低回收难度,提高回收效率。

日本帝人公司研究了利用乙二醇将废弃聚对苯二甲酸乙二酯(PET)瓶分解为苯二甲酸二甲酯(DMT)和乙二醇(EG)的循环利用工艺^[10]。在乙二醇沸点和 0.1 MPa 的条件下,把粉碎后的 PET 瓶溶解在乙二醇中,此时 PET 瓶就会解聚为对苯二甲酸双羟基乙二醇酯(BHET)。过滤后,在甲醇沸点和 0.1 MPa 的条件下,BHET 与甲醇通过酯交换反应,就会生成 DMT 和 EG。

表 1 示出几种塑料的分解工艺^[3]。

表 1 部分塑料的分解工艺

塑料品种	分解后生成的单体	分解工艺
尼龙	己内酰胺	加水分解
PET	DMT/EG	甲醇/乙二醇分解
聚氨酯	多元醇	乙二醇分解
聚碳酸酯	双酚 A	加水分解

(3) 生物降解^[11]

生物降解是指在自然条件下,通过土壤中的微生物和酶的作用分解废旧塑料。如果塑料本身不具有被微生物降解的组分,可以将生物可降解的物质添加到塑料中。生物降解塑料的研究开发中还有许多问题尚未解决,技术成熟性较低,还不能进行大面积的推广应用。但目前仍有不少学者致力于生物降解的研究,如中国科学院微生物研究所利用淀粉水解糖发酵生产聚羟基丁酸(PHB)^[12],PHB 的熔融温度为 180℃左右,是一种生物降解性优良、可完全分解的热塑性塑料,并且其分解产物可全部为生物利用。

塑料垃圾对海洋生物的危害十分严重,因此开发使用于水域环境中的生物降解材料也尤为重要。日本催化剂公司经过研究,将碳酸盐引入到聚丁二酸丁二醇酯(PBS)中,成功地开发出了耐水可降解性塑料^[13]。

1.4 回收再生法

(1) 简单再生

简单再生法指不经改性,将废旧塑料经过分选、清洗、破碎、熔融、造粒后,直接用于成型加工的回收方法^[14]。简单再生技术工艺简单,成本低,投资少,所加工的塑料制品应用广泛。但是简单再生法不适合制作高档次的塑料制品,其应用面受到一定的限制。

早在 20 世纪 70 年代,该技术就被江浙一带所采纳,如将废软聚氨酯泡沫塑料按一定的尺寸要求破碎后,用作包装容器的缓冲填料和地毯衬里料;或将废旧的聚氯乙烯制品经过破碎及直接挤出后用于建筑物中的电线护管^[15]。

(2) 改性再生

改性再生技术是指将废旧塑料通过化学接枝或者机械共混进行改性后再成型加工,也可改性后生产新型材料^[16]。随着技术的发展,以废旧塑料为原料或者与其它材料混合生产新材料,已受到越来越多的关注,具有十分广阔的开发及应用前景。但该技术工艺复杂,需要专用的机械设备,投资较大,生产成本较高。

宋学君等^[17]利用废旧聚苯乙烯(PS)泡沫塑料通过改性制得了品质优良的涂料。该涂料常温下速干,漆面平整,其稳定性、防水性等指标均达到生产要求。莫志深^[18]以废旧热塑性塑料为原料,加入粉煤灰等添加剂,经过共混、熔融挤出,所制得的复合材料井盖坚固可靠,性能优越,其力学性能超过了国家标准所规定的指标。王新杰等^[19]利用废旧线

路板中的回收塑料和 PP 制备了复合材料,结果表明回收塑料提高了复合材料的弯曲强度和阻燃性能。

中国科学院兰州分院利用废旧 PS 泡沫塑料,经过化学处理,成功开发出水泥减水剂,其可以将混凝土拌制时的用水量大大减少,同时保持较好的流动性,从而将废旧塑料变成环保型产品^[20]。张智勇等^[21]利用废塑料改善道路沥青的性能,结果表明,在沥青中加入适量的废塑料,能显著改善沥青及沥青混凝土的高温稳定性能,降低沥青的温度敏感性。

G.Grubbstrom 等^[22]对废旧低密度聚乙烯/木粉复合材料的力学性能进行了研究,结果显示经过交联处理的复合材料,其弯曲强度提高了 2 倍,抗蠕变性、强度和硬度都有提高。A.Alireza 等^[23]利用废旧 PP 和废纸,添加适量的马来酸酐接枝 PP (PP-g-MAH),采用热压成型工艺制备了纤维增强复合材料,结果表明,PP-g-MAH 可以很好地改善纤维与塑料基体之间的界面相容性,复合材料的弯曲强度、拉伸强度、使用性能等都有所提高。

比较以上几种废旧塑料的回收利用技术,可以看出,回收再生法绿色环保、成本低,真正实现了资源的循环利用,提高了资源的利用效率,有利于我国实现资源节约型社会,并且将会带来较高的经济效益,是回收方法中的首选。回收再生法适合所有的热塑性材料和部分热固性材料,其回收效果越来越受到人们的重视,目前在欧美、日本等发达国家已实现商业化操作,在我国也有比较广泛的应用。尽管如此,回收再生法在应用时还存在以下问题:

(1) 利用回收再生法处理废旧塑料的过程中均需经过粉碎环节,粉碎过程会造成飞尘的飞扬,产生噪音,能量消耗较大,影响环境,工人劳动条件差。

(2) 粉碎后的废旧塑料体积大,运输时增加运输成本,储放时占用场地的空间位置大。

(3) 在废旧塑料清洗过程中产生的废水容易造成环境问题。

2 热风循环加热熔融废旧塑料再生造粒法

针对废旧塑料再生利用过程存在的问题,笔者提出一种热风循环加热熔融废旧塑料再生造粒方法,其工艺流程如图 1 所示。采用的设备由加热装置、搅拌装置及剪切装置等组成,其结构如图 2 所示。

由图 1 和图 2 可以看出,该方法无需将废旧塑料预先粉碎,通过控制热风的风度可防止塑料在熔融过程中的过热降解,余热全部得到利用,高效节能,降低成本,并且无废水、废气排放,不会产生二次污染,具有十分广阔的应用前景。

3 结语

废旧塑料的回收再生利用技术能够实现真正意义上的资源回收利用,针对回收再生利用过程中产生的问题,需要

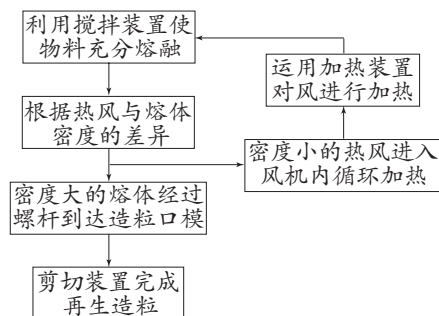


图 1 热风循环加热熔融废旧塑料再生造粒的工艺流程

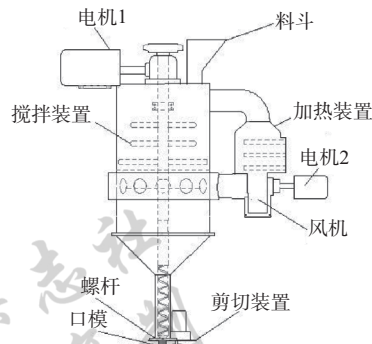


图 2 热风循环加热熔融废旧塑料再生造粒的设备结构

组织力量进行研究解决,从而使废旧塑料作为一种宝贵资源继续为人类所利用,而不是对环境造成危害。

参考文献

- [1] 丁明洁,等. 中国资源综合利用,2004(6):36-39.
- [2] 王艳彦,等. 废旧塑料的处理及回收利用[C]. 深圳:中国工程塑料工业协会,2004
- [3] 周莉萍,等. 家电科技,2006(2):58-61.
- [4] 徐惠忠. 固体废弃物资源化技术[M]. 北京:化学工业出版社,2004.
- [5] 马占峰,等. 中国塑料,2009,23(7):1-5.
- [6] 高涛,等. 机电工程,2009,26(6):5-8.
- [7] 曹玉亭,等. 当代化工,2011,40(2):190-192.
- [8] Jakab E, et al. Anal Appl Pyrolysis,2000,56(2):273-285.
- [9] Yang H S, et al. Therm Anal Calorim,2005,82(1):151-160.
- [10] 钱伯章. 橡塑资源利用,2007(2):12-17.
- [11] 汪海,等. 中国资源综合利用,2009(7):11-13.
- [12] 刘春. 塑料工业,2005,33(8):1-2.
- [13] 陈晓蕾,等. 海洋渔业,2009,31(1):106-112.
- [14] 黄海滨. 工程塑料应用,2009,37(7):56-59.
- [15] 张耀东,等. 安全与环境,2007(3):36-37.
- [16] 孔萍,等. 科技,2008(11):40-42.
- [17] 宋学君,等. 中国塑料,2005,19(4):92-94.
- [18] 莫志深. 再生资源与循环经济,2008,1(1):24-26.
- [19] 王新杰,等. 化工学报,2010,61(3):796-800.
- [20] 吴自强. 再生资源研究,2003(2):10-13.
- [21] 张智勇,等. 国外建材科技,2008,29(3):29-31.
- [22] Grubbstrom G, et al. Composites,2010,41(5):678-683.
- [23] Alireza A. Bioresource Techn,2008,99(11):4661-4667.