

树脂基复合材料废弃物的回收利用技术

徐 佳 , 孙超明

(北京玻璃钢研究设计院, 北京 102101)

摘要: 介绍了国内外处理复合材料废弃物的主要方法,论述了以下几种主要的处理方法:化学回收、能量回收、物理回收和综合处理方法。指出在国家目前的宏观政策下,应大力发展水泥窑炉处理法等综合处理技术,实现废弃物的资源化回收利用。

关键词: 复合材料; 回收利用; 水泥窑炉回收

中图分类号: TB332 文献标识码: A 文章编号: 1003 - 0999 (2009) 04 - 0100 - 04

复合材料具有比强度高、比模量高、可设计性强、抗疲劳断裂性能好、耐化学腐蚀、耐候性好、结构功能一体化等其他材料不可比拟的优点,极大地推动和扩大了其在国民经济各个行业领域的应用,其用量也逐年递增,用量的上升必然导致其废弃物的不断增加。2008年,我国复合材料废弃物总量已经超过 200万吨,而当年新增复合材料废弃物 10万吨以上。废弃物的大量堆积不仅占据了工业用地,而且对环境构成了威胁,成为阻碍复合材料进一步应用和发展的瓶颈。同时,复合材料的强度高、耐腐蚀性能好等材料特性导致其废弃物的处理非常困难。因此,复合材料废弃物的节能减排与回收利用技术已成为国际上的研究热点之一。

1 复合材料废弃物的回收技术及设备

复合材料废弃物的来源主要有两种,一是制造厂的废弃物,二是使用后报废的产品。后者含有油漆、粘接剂、金属固定件等。应根据废弃物的来源确定需采用的回收工艺。

国内外处理复合材料废弃物的方法不尽相同,但总的来说,可以大致分为以下三种方法:化学回收、能量回收和物理回收<sup>[1]</sup>。不管采用那一种回收方法,复合材料废弃物必须首先切碎成可用的块状,以后是否需进一步切小取决于最终的用途<sup>[2]</sup>。

化学回收

化学回收是利用化学改性或分解的方法使废弃物成为可以回收利用的其他物质(如燃气、燃油等)的一种方法,如热解法。该方法技术难度大,对回收设备要求高,回收费用较高。

表 1 复合材料废弃物回收方法对比

类型	方法	适用范围	回收产物	用 途
化学回收	热解	包括被污染的复合材料废弃物	热解气、热解油、固体副产物	用作燃料和新复合材料等的填料和其他用途
物理回收	粉碎	只适用于未被污染的废弃物	粉料	用于新复合材料、涂料、铺路材料等
能量回收	焚烧	只适用于树脂含量高的废弃物或塑料	热量	发电、热源

美国汽车协会和通用公司共同努力,在 1988 年和 1989 年分别由 Conrad 工业公司和 Wind Gap, J1H1Beers 公司进行了数十吨 SMC 废弃物热解试验,证实了热解法的可行性。热解法是借鉴塑料、橡胶高温分解回收法,将玻璃钢废弃物在无氧情况下,加热分解成为保存能量成份的热解气和热解油,以及以 Ca<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>、玻纤为主的固体副产物。其热解产物随热解温度的不同而不同,一般在 400 ~ 500 以回收热解油为主,在 600 ~ 700 以回收热解气为主。复合材料废弃物热解产物的组成、性能、用途见表 2。一旦热解过程开始,即温度达到 480 ~ 980 ,所产生的热解气具有足够的能量供给热解使用,达到自给,多余部分可存储用作燃料。热解过程和最终产品满足安全性和环保的要求。热解法最大的优点在于可处理被油漆、粘接剂和其他材料污染的玻璃钢废弃物,而金属异物在热解后从固体副产物中除去。

收稿日期: 2009-01-15  
基金项目: 国家科技支撑计划项目  
作者简介: 徐佳 (1979-), 女, 主要从事树脂基复合材料方面的研究。



碎机粉碎后与 CMT新料按 20: 80的比例掺混再复合成新的片材,其性能无明显下降。

大日本油墨化学工业株式会社以 BMC制品的废弃物为对象开发了适合于资源再利用的新型人行道铺路材料。这种铺路材料是把废 BMC制品的破碎物作为人行道的下层,再生橡胶作为上层。其橡胶层厚度为 8mm ,BMC碎片层为 32mm。开发这一产品的目的在于 把废 BMC制品尽可能多地消耗掉; 经济实用; 可与其他铺路材料相竞争。这种用途的 BMC破碎物不用分粒度,可简化粉碎工艺。铺路材料所用的 BMC破碎物用树脂硬化,其树脂用量仅为 10%。如果在上层的橡胶层中混入 SMC制品破碎物,还可以提高综合物理性能,特别是对降低成本有效果。BMC、SMC废品可以用普通破碎机破碎。其废料的利用率可达 90%。

北京玻璃钢院复合材料有限公司承担过国家科技部“热固性复合材料 (SMC)综合处理与再生技术研究”项目的研究工作,在粉碎技术及装备设计,粉碎物在 SMC/BMC中的应用技术等方面已取得阶段性成果。研制生产了 SCP - 640型玻璃钢专用破碎机,处理能力为 300kg/h,建立了一条 SMC废弃物回收利用示范生产线,可回收利用 SMC废弃物 30吨 /年。以下为一组回收料添加不同份数对 BMC制品性能的影响,从表中可以看到,当回收料份数小于 40份时,BMC制品的弯曲强度随着用量的增加没有明显影响,但是当回收料用量达到 40份以上时,BMC制品的弯曲强度随着回收料用量的增加明显降低。

表 5 回收料添加量对 BMC制品性能的影响

回收料 份数	弯曲强 度 /MPa	弯曲模 量 /GPa	拉伸强 度 /MPa	拉伸模 量 /GPa
0	81. 2	10. 7	24. 3	11. 4
5	75. 25	10. 6	28. 1	11. 8
10	105. 3	10. 9	21. 5	10. 9
15	105. 3	10. 9	21. 5	10. 9
20	75	11. 1	24. 2	12. 4
40	108. 6	12. 0	26. 8	12. 3
50	63. 6	8. 7	22. 3	10. 9
60	48. 4	8. 1	18. 8	10. 9

在物理回收方法中,复合材料废弃物的破碎设备研究是一个关键。废弃物在分检出金属等异物解体后,依次要经过切断、破碎、粉碎,达到要求粒径后,方可作为填料使用。该技术主要受废弃物形状

的影响,另外,切割玻纤对刀刃的磨损,废弃物中金属等异物和污染状态等也有不同程度的影响。

日本四国工业技术研究所研究表明,复合材料废弃物的破碎按作用力方式分,有压缩型破碎、冲击型破碎、切断型破碎、压缩切断型破碎、冲击切断型破碎等方式。破碎条件不同会产生粒度不同的粉碎品。其中最有效的方法是用冲击切断破碎。

日本竹田化学工业公司最近研究开发成功一套破碎能力为 300kg/h的粉碎专用设备。该设备在不使用过滤网的情况下的废弃物的破碎粒度为 40 ~ 50mm。瑞士 SD公司开发的双轴和单轴破碎机破碎能力为 1000 ~ 100000kg/h,破碎粒度为 30 ~ 300mm,并且粒度可调。

国内开展复合材料废弃物破碎技术研究的单位有北京玻璃钢院复合材料有限公司,在热固性 SMC (Sheet Moulding Compound)制品的破碎方面积累了一定的经验。



图 3 剪切式破碎机

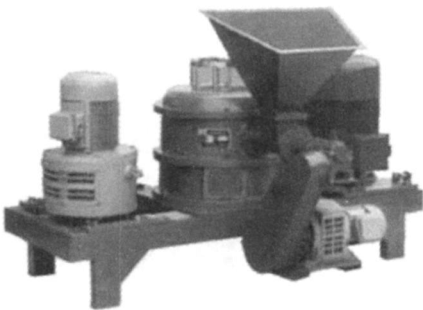


图 4 微粉机

2 综合回收处理技术

目前,国外先进的处理技术倾向于利用其他工业基础,综合使用以上方法,充分利用废弃物特点,同时回收能量、物质,最大程度地实现废弃物的回收

和利用。如水泥窑炉资源化处理技术<sup>[3]</sup>。该方法通过将复合材料废弃物粉碎后加入到水泥窑炉中,水泥窑炉燃烧温度为 800 ~ 1500 ,物料在高温区域的停留时间在一小时左右,有机物焚烧转化为能源,无机物转化为水泥原材料,实现复合材料废弃物的资源化处置。

复合材料废弃物水泥窑炉资源化处理技术的研究重点主要集中在复合材料废弃物的原材料化研究和燃烧配方设计上。有机物含量不同,必然导致无机物的残余量不同,无机物含量的波动有可能会影响水泥制品的性能。同时,重金属和酸性物质如氯固化到水泥晶格中必然会导致添加废弃物的水泥与普通水泥性能上的差异。日本对复合材料废弃物烧制的水泥性能方面的研究很多。日本秩父小野田公司进行了以复合材料废弃物为原料的水泥性能研究。研究表明,当复合材料废弃物灰分的添加量达到水泥用量的 10%时,水泥的凝胶时间、抗折强度与普通水泥相比没有明显区别。

表 6 水泥和 FRP制品燃烧残渣的主要化学成分 / %

化学成分	波特兰水泥	FRP制口燃烧残渣
CaO	64	17 ~ 40
SiO <sub>2</sub>	22	60 ~ 65
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5	0 ~ 20
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3	/

为了充分利用复合材料废弃物燃烧产生的热量,复合材料废弃物燃烧配方设计也成为燃料化的研究重点。复合材料产品的种类很多,各个产品的有机物含量也各不相同,导致焚烧过程中所放出的热量不同,最终影响炉内烧结温度的波动。如果不能妥善处理烧结温度的波动,将影响生产的水泥的烧制工艺,最终影响水泥熟料的性能。试验表明,通过对复合材料废弃物分类后与废油、废烯烃等复合,将复合材料废弃物燃料的放热量调整到 5000kcal/kg以上,可以满足水泥生产的需要。

3 结 论

- (1)复合材料废弃物的回收利用有多种方法,具体采用那种方法应依据废弃物的种类和回收单位的具体情况而定,但不管采用哪一种方法,都要先对废弃物进行破碎处理,对破碎设备的研究比较关键;
- (2)在国家目前的宏观政策下,应大力发展复合材料废弃物的综合处理技术,实现废弃物的资源化回收利用。

参考文献

[1] 焦斌,蔡晴等.热固性玻璃钢废弃物的回收利用[J].玻璃钢/复合材料,1997,(6):38~41.  
[2] 王继辉,邓京兰.热固性复合材料的回收与利用[J].玻璃钢/复合材料,1997,(5):37~40.  
[3] 高桥仪德,白淳岳.日本废旧复合材料再生利用现状[J].纤维复合材料,2007,(1):59~61.

RECYCLING TECHNOLOGY OF COMPOSITE MATERIAL

XU Jia, SUN Chao-ming

(Beijing FRP Research and Design Institute, Beijing 102101, China)

**Abstract:** This paper presents some methods of composite wastes recycling technology, compares the properties of several main methods which called chemical recycling, energy recycling, physical recycling and integrated approach. Points out that according to the country's current macroeconomic policy, integrated approach such as cement kiln recycling should be greatly developed.

**Key words:** composite; reuse; cement kiln recycling

(上接第 108页)

OVERVIEW OF THE DEVELOPMENT FOR FIBER REINFORCE  
COMPOSITE WIND TURBINE BLADE

GAO Hui-huan

(Bright Crystals Technology INC., Beijing 100018, China)

**Abstract:** The current development of the wind power-generation and the fiber reinforce composite wind turbine blade at home and aboard is briefly introduced, then the blade material, structural and aerodynamics design, and molding of the technology are also elaborated. Finally the development of turbine blade is described.

**Key words:** fiber reinforce composite; wind power generation; turbine blade

