

废旧纺织品的回收再利用

陈加敏, 孟家光, 薛 涛

(西安工程大学, 陕西 西安 710048)

摘要:介绍了国内外废旧纺织品的回收再利用方法和现状,详述了废旧全棉、涤纶纺织品和涤棉混纺织物的具体回收方法与其优缺点,展望了废旧纺织品的循环利用前景。

关键词:废旧纺织品;回收再利用;现状;前景

中图分类号:TS102.9

文献标识码:A

文章编号:1673-0356(2016)09-0010-04

随着全球纺织品产量的不断提高,随之而来的废旧纺织品数量也迅速增加。虽然大部分的废旧纺织品可被当作垃圾掩埋或焚烧,但对于腈纶、锦纶和涤纶等不易降解的纺织品,掩埋之后对土壤危害极大;且在焚烧处理过程中若处理不当,会产生 NOX、HCl 等有害气体。这既浪费资源,又带来了许多严重的环境污染问题^[1]。因此做好废旧纺织品的综合利用,不仅可补充纺织行业的原料供给,还可节约用地,减少环境污染^[2]。

1 废旧纺织品来源与回收再利用方法

废旧纺织品的来源主要包括二类,一是化纤厂的废丝、织整工序的残布料、服装加工中裁剪下来的边角料,以及针织生产过程中的各种废料;二是过时的服装,废旧的床上用品和地毯等^[3],且该来源有不断增长的趋势。另外,像聚酯瓶这类具有可利用价值的废旧塑料,也可作为化纤厂原料被再利用。

目前废旧纺织品的回收利用方法主要有4种,分别是能量回收、机械回收、物理回收和化学回收法。能量回收是将废旧纺织品中没有使用价值但热值较高的纤维,通过焚烧转化为热量的方法。该方法简单易操作,回收彻底,但环境污染大,附加值低。

机械回收是将废旧纺织品直接处理后加工成纱线,织出具有穿着性或一定使用功能的面料,或直接将废旧布片经简单加工后使用的方法^[4]。经机械回收生产的产品可用作填充絮料^[5],或对半新旧的纺织品进行改造而成为新的产品^[6-7],例如,做成拖把、抹布或工艺品等。该方法无需对废旧织物做分离处理,附加值也比较低。

物理回收是将废旧纺织品经过简单的机械加工后使之重新有利用价值的方法,常用于单组分的天然纤维或合成纤维如废旧毛纤维、聚酯纤维回收^[8]。这种方法处理对象全面,操作简单,对环境污染小;但对技术要求高,分类困难,成本高,工艺复杂,回收产品力学性能下降。

化学回收是将废旧纺织品中的高分子聚合物解聚得到单体,然后再利用这些单体制造新化学纤维的回收再利用方法。化学回收是对废旧纺织品回收的最佳方式,分解程度深,利用率高;但是对于组成成分不单一的织物回收难度大,产物难提纯分离。

2 国内外废旧纺织品回收再利用现状

2.1 回收现状

在废旧纺织品的回收方面,一些发达国家已经建立了较为完备的回收体系,并制定了相应的法律法规。比如,德国的二元回收系统极具特色,一是街头收集,二是上交式回收^[9]。法国生态和可持续发展部于2007年9月11日发布的《关于新纺织服装产品、鞋及家用亚麻布产生的废物再循环与处理法令草案》,制定了关于纺织废物延伸生产者责任及计划的组织程序^[10]。另外,欧盟从2008年12月12日开始实施新指令,将废旧纺织品及服装列为可循环利用材料,这有利于推动废旧纺织品在欧盟的循环利用。在美国废旧纺织品的回收也成为了一种潮流,且美国对废旧地毯的回收技术已经相当成熟。日本早在1992年就制定了《再生资源利用促进法》,日本严格的垃圾分类制度为此项政策的执行奠定了基础,并且日本的废旧纺织品回收体系也是全球最先进的体系之一^[11-12]。

我国从上世纪90年代初就有了将废旧服装面料重新加工成再生纤维的实践,也是从那时起我国开始自主设计并生产多功能的切割开松设备,但由于受生

收稿日期:2016-06-21

作者简介:陈加敏(1991-)女,安徽马鞍山人,硕士研究生,主要研究方向为纺织工程。

产成本和消费市场等因素的限制没有得到进一步的发展。有调查表明只有 18.9% 的人曾将废旧服装作为废品卖给废品回收站,其原因是普通回收机构一般不接受废弃服装;而 54.6% 的人则将废旧服装作为生活垃圾直接丢弃^[13]。另外,出于对回收成本的考虑,我国的纺织品生产企业大多选择对生产过程中产生的下脚料进行回收处理再利用。

2.2 再利用技术现状

近年来有不少国内外纺织工作者在致力于研究废旧纺织品的再利用技术,由于大多数纺织品都是由多种纤维混纺而成的,这给废旧纺织品的回收再利用带来了极大的困难。

胡雪敏等^[14]将涤棉混纺织物中的聚酯降解,然后滤除棉纤维,达到将聚酯和棉纤维分离的目的。谢飞等^[15]利用粘胶法和铜氨法将涤棉混纺织物中的棉纤维降解,也达到了将聚酯和棉纤维分离的目的;分离后再将两种纤维分别加以利用,其中聚酯可以重新合成新的聚酯纤维,棉纤维可以用来加工成黏胶纤维。目前合成纤维纺织品的回收商业化技术最成熟的也是聚酯的回收^[16-19]。对于由多种合成纤维混纺的织物,东华大学的研究人员^[20]首先将其切割粉碎置于水中,根据各种合成纤维的密度不同先进行大致的分离;然后采用离心系统可以将粉碎后的织物做进一步分离。此外,分离合成纤维混纺织物的另一种方法是在批量加工中采用超临界流体(SCF)法。

在废旧纺织品不分离再利用上,2010年解放军总后勤部军需装备研究所、浙江富润纺织有限公司、四川大学等单位合作,成功地将废旧军服经过破碎、开棉、纺丝等多道工序后变成再生纤维,用于纺制服装、毛毯、箱包等产品;其性能可以和普通材料纺制的产品相媲美,解决了全军每年几万吨废旧军装的回收利用问题。此外,王建坤等^[21]将废地毯经开松、撕裂后得到的纤维添加到混凝土中,用于增强混凝土的力学性能,实验表明这种添加再生纤维的混凝土其抗压、抗剪切等力学性能较普通混凝土有较大提高。

3 常见废旧纺织品的回收利用

3.1 废旧全棉纺织品

(1)机械回收法 在 20 世纪 90 年代我国已设计出多功能切割开松设备用于废旧棉纺织品回收,织物通过切割机切割为适当的碎片,再经开松机进行纤维加工,根据不同原料的开松要求选择锡林组数,以渐进

式物理作用达到开松的目的。废旧棉织物经切割、开松后得到的纤维分为可纺纤维和不可纺纤维两种,对可纺纤维可利用摩擦纺、转杯纺和平行纺等纺纱技术进行纺纱。

(2)化学回收法 棉纤维中纤维素含量占 90%~95%,纤维素是制造再生纤维的主要原料。因此以废旧棉制品为原料,经制浆、碱化、黄化等工序后再溶于稀碱液中制成黏胶,再生黏胶纤维有良好的耐碱性和尺寸稳定性,其湿强也比经湿法纺丝而制成的普通黏胶纤维高很多。采用 NMMO 有机溶剂溶解和干湿法纺丝工艺制成的 Lyocell 纤维对环境无污染,具有良好的亲水性、吸湿性和悬垂性等。

(3)水热法回收法 水热处理时纤维素发生脱氢、脱氧反应,促进了纤维素炭化。M. Sevilla 等人通过水热法利用微晶纤维素制备出直径为 2~10 μm 的球形碳材料,并详细分析了纤维素的炭化机理。太原理工大学的高晓月等人利用水热法将棉浆粕炭化制备碳纤维材料,并讨论了反应条件对产物表观形貌的影响。利用这些方法回收再利用棉织物,得到的产物附加值较其他方法要高,且不会出现纺纱中的粉尘污染,以及黏胶纤维和造纸过程的环境污染,开辟了棉纤维化学再利用的新途径,值得更多研究者深入探讨。

3.2 废旧涤纶纺织品

(1)水解法 涤纶水解法是全球最先报道的化学法,它是指以水为介质,在高温高压环境下将涤纶水解为 TPA 和 EG,它们是合成 PET 的主要化学原料。利用 TPA 和 EG 直接合成 PET 的技术逐渐成熟,因此用水解法再利用废旧涤纶织物日益受到国内外专家学者的推崇。根据水介质的酸碱程度不同,水解法又可细分为酸性、碱性及中性水解。酸性水解会消耗大量浓酸和强碱且难以循环再使用,同时易对环境造成污染,反应降解生产的 EG 难以回收再利用。碱性水解可处理高污染的废旧 PET,工艺较简单、成本较低廉,不足是反应时间、温度、碱液浓度及溶剂改变都会影响到水解速度;同时碱液的使用不仅对反应容器造成严重腐蚀,而且处理不当还会对环境造成污染。中性水解是在高温高压环境下,利用水蒸气使废旧涤纶织物降解为 TPA 和 EG。由于不采用酸碱溶液不产生废液,不会带来环境污染等问题,因此被称为环境友好型工艺,具有很好的发展前景。

Masudat 等^[22]研究中性水解通常在温度 200~300 $^{\circ}\text{C}$,压力为 1~4 MPa 反应釜中进行,过量的热水

或水蒸汽将PET降解为TPA和EG。Lixin Liu等^[23]研究了纯水中PET在微波辐射作用下的降解,在压强为2 MPa,温度220℃,PET和水质量比为1:10条件下,反应90~120 min,PET完全降解为TPA、EG和二甘醇(少量)。

(2)醇解法 醇解法的基本原理是将PET与EG按一定比例混合,加入醋酸盐类作为催化剂,其反应温度为180~220℃,压力0.1~0.6 MPa,反应时间1~4 h。醇解法又可分为甲醇、乙醇及多元醇醇解法。甲醇醇解是指废旧涤纶织物在适当条件的甲醇溶液中降解生成DMT和EG,乙醇醇解是将废旧涤纶织物降解成对苯二甲酸二乙酯和EG的一种醇解法,乙二醇醇解法是将废旧涤纶织物降解为对苯二甲酸二乙二醇酯(BHET)和EG的一种醇解法。

(3)热裂解法 热裂解可分为热水解、热氧化、高温分解。在高温作用下PET大分子的酯键断裂生成丙烯酸和羧酸(断裂的酯键是随机的),反应一般在400~730℃下进行,产物主要是CO、CO₂、乙醛等小分子气体和以芳香族化合物、苯及其衍生物为主的残留物,经过除杂等处理后可作为清洁燃油^[24]。

3.3 废旧涤纶混纺织物

(1)物理法 物理法是利用特制的溶剂将棉纤维或涤纶溶解掉,将未溶解的部分滤出,进而分别利用。荣真等^[25]使用离子液体1-丁基-3-甲基咪唑氯盐([BMIM]Cl)将涤/棉混纺织物中的棉纤维溶解,得到聚酯。该方法有效分离了涤纶纤维与棉纤维,被溶解的棉纤维则变成固态纤维素,用于造纸或与热塑性材料混合后制成各种型材和板材等。

(2)化学法 该法是将织物中涤纶或棉降解为低聚体或单体,而另一种纤维不发生化学变化的方法。如NaOH可将涤/棉混纺织物中的聚酯解聚为对苯二甲酸和乙二醇,在此条件下棉纤维不发生化学变化且可以滤出。棉纤维可用热NMMO水溶液溶解,纺丝制成Lyocell纤维;用乙二醇醇解聚酯而保持棉纤维不发生黄变等变化,滤出的棉纤维性能和原生纤维相仿,且醇解所得产物对苯二甲酸二乙酯更利于聚酯的重新聚合^[26]。

4 结语

目前我国废旧纺织品回收利用技术尚不够成熟,生产成本比较高,废弃纺织品的混合度高,欲将其按纤维成分进行分离、分解,对技术的要求很高。然而从经

济和社会效益看,发展废旧纺织品的回收利用势在必行。对发展废旧纺织品的循环利用,只要做到:一培养人们的环保意识,对垃圾进行分类管理;二企业进行技术攻关,推进这方面的生产改造和技术创新,降低成本;三政府在政策上对再生纺织品生产企业给予必要的产业扶持,从政策规范、法律保护、标准制定、市场引导等多方面推动废旧纺织品的回收利用,就能让“再生产品”不断走进我们的生活。

参考文献:

- [1] 庄小兰.纺织厂废棉及回丝回收利用的措施[J].棉纺织技术,2010,38(2):64.
- [2] 王中珍.废旧纺织品的回收再利用与展望[J].济南纺织技术,2013,(2):90-95.
- [3] 史 晟,戴晋明,牛 梅,等.废旧纺织品的再利用[J].纺织学报,2011,32(11):147-152.
- [4] 严涛海,李金水.废旧纺织品回收利用的探讨[J].山东纺织科技,2012,53(2):43-45.
- [5] 姚培建.纺织废料的回收与利用[J].纺织服装周刊,2008,22(2):29-30.
- [6] 陶 辉,王小雷,Pammi Sinha.废弃纺织服装再循环利用方法研究与再思考[J].国际纺织导报,2009,37(12):55-56.
- [7] 彭 梅.浅谈纺织品库存及其再利用设计[J].纺织导报,2007,(7):115-116.
- [8] 张桂松,张 倩,肖宏晓.废旧纺织品回收再利用探讨[J].中国纤检,2013,33(7上):32-34.
- [9] 甘佳虔,邵家瑜,周琪瑶.纺织服装业循环经济发展策略探析[J].国际纺织导报,2009,(8):78-82.
- [10] 梁建芳.中国纺织服装再循环利用的比较分析[J].丝绸,2011,48(5):58-63.
- [11] 苗建青.论循环经济的效率问题:日本废弃物回收政策研究[J].外国经济与管理,2007,27(12):51-63.
- [12] 苗建青.废弃物回收政策与循环经济[J].环境与可持续发展,2006,(2):21-23.
- [13] 祖倚丹,李晓英,崔少英.家庭废旧服装存放及处理的调查分析[J].生态经济,2010,(10):180-182.
- [14] 胡雪敏,张海燕.废弃纺织品的回收和再利用现状[J].纺织导报.2006,24(7):52-53.
- [15] 谢 飞,齐美洲,代 琛,等.纤维素溶剂的研究进展[J].合成纤维,2010,39(10):11-14.
- [16] 石 娜,武志云,汪少朋,等.溶剂法回收废旧聚酯纺织品技术[J].纺织学报,2012,(7):33-38.
- [17] 张敏杰,赵国栋.合成纤维的回收再利用技术[J].合成纤维工业,2012,35(2):48-52.
- [18] 张敏杰.废旧聚酯纺织品的回收再利用研究[D].北京:北

京服装学院,2012.

- [19] S R Shukla, Ajay M Harad, Laxmikant S Jawale. Recycling of waste PET into useful textile auxiliaries[J]. Waste Manage, 2006, (130): 113-118.
- [20] 马会英. 纺织品循环加工及再利用[M]. 北京: 中国纺织出版社, 2008.
- [21] 王建坤, 高晓平. 纺织废料再生纤维增强混凝土力学性能的研究[J]. 天津工业大学学报, 2010, 24(4): 12-15.
- [22] M Asuda T, M Iw A Y, Tamagaw A A, *et al*. Degradation of waste poly (ethylene terephthalate) in a steam atmosphere to recover terephthalic acid and to minimize carbonaceous residue[J]. Polymer Degradation and Stability, 1997, 58(3): 315-320.
- [23] Liu L, Zhang D, An L, *et al*. Hydrolytic depolymerization of poly (ethylene terephthalate) under microwave irradiation[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2005, 95 (3): 719-723.
- [24] Botelho G, Queiros A, Liberal S, *et al*. Studies on thermal and thermo-oxidative degradation of poly (ethylene terephthalate) and poly (butylene terephthalate)[J]. Polymer Degradation and Stability, 2001, 74(1): 39-48.
- [25] 荣真, 陈昀, 唐世君. 离子液体溶解法分离废弃涤纶混纺织物[J]. 纺织学报, 2012, 33(8): 24-28.
- [26] 路怡斐, 武志云, 汪少朋, 等. 乙二醇分离回收废弃涤纶混纺织物[J]. 聚酯工业, 2014, 27(4): 21-23.

Recycling and Reusing of Waste Textiles

CHEN Jia-min, MENG Jia-guang, XUE Tao

(Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China)

Abstract: The methods and status of recycling and reusing of domestic and foreign waste textile were introduced. The recovering methods, pros and cons of several common fabrics were introduced, such as cotton, polyester waste products and cotton/polyester blended waste products. The prospects of the recycling of waste textiles were proposed.

Key words: waste textile; recycling and reusing; current situation; prospect

(上接第9页)

Analysis of Pigment Printing Cover Special Paste

HAN Li-juan^{1,2}, TAN Hong¹, HUANG Yu-hua^{1,2}, LUO Yan-hui^{1,2}, LIANG Juan^{1,2}

(1. Sichuan Institute of Textile Science, Chengdu 610072, China;

2. High-tech Organic Fibers Key Laboratory of Sichuan Province, Chengdu 610072, China)

Abstract: The main components of the cover-printing white pastes, the transparent paste and knitting white slurry were detailed. The development trends of pigment printing in the future were proposed.

Key words: pigment printing; cover-printing white pastes; transparent printing paste; knitting white slurry

欢迎订阅 2017 年《国际纺织导报》

《国际纺织导报》(Melliand 中国)(月刊), 大 16 开, 全彩页印刷, 每册定价 12.00 元, 全年 144.00 元, 中国标准连续出版物号: ISSN 1007-6867
CN 31-1743/TS, 邮发代号: 4-245

《国际纺织导报》由东华大学主办, 德国著名的专业出版机构协办, 已入编中国知网中国学术期刊网络出版总库、万方数据——数字化期刊群、中文科技期刊数据库(全文版)、超星期刊域出版平台等数据库。

《国际纺织导报》与世界纺织界知名刊物《Melliand》和《Chemical Fiber》同步报道国际上纺织及化纤领域内的各类研究成果和工艺发展趋势, 介绍国际间重要的学术会议及专业领域内的技术经济信息, 并同时容纳我国纺织及相关领域

内科研、生产方面的成果和信息报道。

《国际纺织导报》将利用丰富的信息源架起欧洲与中国纺织行业间的桥梁, 推进中国纺织业的不断发展。

欢迎订阅, 订单函索即寄。

《国际纺织导报》承接相关广告, 并热情为客户宣传, 欢迎有意者来电来函或发 E-mail 联系。

地址: 上海延安西路 1882 号东华大学教学大楼 15 层
邮政编码: 200051

电话: 021-62378228, 62373227

传真: 021-62373898

E-mail: mc@dhu.edu.cn