

木塑复合材料产业化现状及制造关键技术

王伟宏,李春桃,王清文

(东北林业大学生物质材料科学与技术教育部重点实验室,黑龙江 哈尔滨 150040)

摘要:木塑复合材料(WPC)是一类环保型材料。本文介绍了 WPC 的特点、主要用途、国内外的产业发展现状和发展方向,并重点指出了该产业发展中存在的技术问题。

关键词:塑料;木材;复合材料;关键技术

中图分类号:TQ-9;TQ32

文献标识码:A

文章编号:0253-4320(2010)01-0006-05

Industrial development status and key technologies of wood plastics composites

WANG Wei-hong, LI Chun-tao, WANG Qing-wen

(Key Laboratory of Bio-based Material Science & Technology of Education Ministry(Northeast Forestry University), Harbin 150040, China)

Abstract: Wood plastic composite (WPC) is a kind of environment-friendly material. In this paper the features and major application, the development status quo and trends of WPC at home and abroad are introduced, with focusing on the problems of key technology in its industrial development.

Key words: plastic; wood; composite; key technology

木塑复合材料(wood plastic composites)是将一定比例的木纤维经过预处理使之与热塑性聚合物或其他材料结合而成的一种新型材料,也被简称为WPC。制造WPC不需要优质木材资源,以采伐剩余物、木材加工剩余物等废弃木材为主要原料,并大量地使用了回收的废弃塑料,对缓解木材资源紧张状况和解决塑料污染问题起到了重要作用。自20世纪80年代从北美开始兴起以来,木塑复合材料一直以惊人的速度发展,生产量和使用量急剧增加。

1 木塑复合材料的优势

木塑复合材料所能利用的木纤维和植物纤维来源丰富、价格低廉,制品尺寸稳定性好,电绝缘性优良,生产和使用过程中无毒,可反复加工利用^[1]。木纤维有废木粉、刨花、锯末,植物纤维为粉碎处理过的稻秆、花生壳、椰子壳、甘蔗、亚麻、泽麻、黄麻、大麻等。热塑性塑料主要为聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)、聚苯乙烯(PS)等聚烯烃和聚氯乙烯(PVC),包括新料、回收料和二者混合料^[2]。

大力发展这种环保型材料在我国具有特别重要的意义。我国每年有约7亿t以上的秸秆需要处理,目前主要的处理方式是焚烧,这样会产生严重的

空气污染,甚至影响到航空的正常运营。而木塑复合材料能够广泛利用农林废弃物(如废弃木材、农作物秸秆等),既有利于保护森林资源,又可增加农民收入。此外,我国的城市垃圾中塑料废弃物已占到垃圾总量的25%~35%,据了解,我国每年废弃塑料的总量高达7000万t以上,废弃塑料在填埋后需要上百年才能分解完毕,且分解过程会对土质造成破坏^[3],因塑料废品处理不当而造成的白色污染问题已经成为一大环保难题。因此,在自然资源与石油资源日益紧缺的背景下,大量利用废弃木材生物质资源来制造生物质纤维-聚合物复合材料,为废旧塑料和废弃生物质资源的大规模综合利用开辟了新的道路。木塑复合材料是一类涵盖面广、产品种类多、形态结构多样的基础性材料,它极大地体现了我国发展“循环经济”和建设“节约型社会”的理念。

2 木塑复合材料的用途

木塑复合材料主要用于对结构性能要求较低的建筑材料,约占木塑复合用品总量的75%^[4]。按照行业的不同,木塑复合材料的应用范围可大致分为以下几个领域:

(1)木塑托盘、包装箱等包装制品

收稿日期:2009-12-14

基金项目:国家自然科学基金项目(30671644和C0206102)

作者简介:王伟宏(1968-),女,博士,教授,从事生物质复合材料和天然胶黏剂方面的研究工作,weihongwang2001@yahoo.com.cn;王清文(1961-),男,博士,教授,从事木材保护和生物质复合材料方面的研究工作,通讯联系人,qwwang@nefu.edu.cn。

木塑复合材料应用于包装行业主要是用来做托盘(东南亚地区也称卡板)、包装箱、集装箱器具等^[5-8]。据报道,美国的托盘拥有总量为15亿~20亿个,日本的托盘拥有总量约10亿个,韩国的托盘拥有量接近10亿个;此外,澳大利亚、欧洲等国家和地区的托盘化运输应用也非常广泛。据第2次全国托盘现状调研报告(2008年)显示,我国现有各类托盘1.9亿~2.2亿个(一次性托盘、非正规生产托盘不计在内),与2002年相比增加了3倍。其中,木托盘所占的比例为86%,比2002年减少了4%,这是由于木材资源短缺,出口需要熏蒸或高温消毒等原因所致;塑料托盘所占比例为11%,与2002年相比增加了3%。增加比较明显的是复合材料托盘,如塑木托盘、胶合板托盘等。这是因为复合材料托盘大量利用木屑、废塑料、刨花等成本低的废弃物作为原材料,符合绿色物流、综合利用、节约型经济要求,也是今后的发展方向^[5]。

仅以上述托盘为例,其中木塑托盘将会越来越受到青睐,必将占据一定市场份额。

(2) 铺板、铺梁等仓储制品

木塑复合材料因具有耐潮、耐腐、防虫蛀等特点,主要应用于仓储行业使用的货架铺板、枕木、铺梁、地板等^[8,10-11]。在我国,仓储行业应用木塑复合材料虽然起步较晚,但在2002年上半年,应用于制药业、粮储业的木塑仓储铺板用量就已达8万多 m^2 ,应用于军事领域的木塑枕木使用量也高达20万 m^2 。

(3) 汽车内饰

WPC加工成型方便,具有较好的装饰效果,被大量地用于汽车内饰基材,如美国的“福特”,德国的“奔驰”、“奥迪”、“高尔夫”、“宝马”,日本的“丰田”,法国的“雪铁龙”,瑞典“沃尔沃”等名牌轿车的内装饰基材,均在不同程度上使用了WPC材料。从近几届国际汽车博览会推出的轿车零部件产品来看,采用WPC材料制造轿车内装饰件基材,已经成为此类产品发展的趋势^[5,8,12-14]。

(4) 园林及室外设施

WPC具有防水、防潮、防腐等特点,而且寿命长、价格低,可制作成室外桌椅、庭院扶手及装饰板、露天铺地板、废物箱等。木塑复合材料制成的凉亭、坐椅、花盆、垃圾桶等,在北美地区普遍使用。加拿大温哥华市的花园、路边坐椅70%以上使用的都是木塑复合材料。在我国,随着建设节约型社会口号的提出,在这些方面木塑复合材料取代木材的趋势

也愈加明显^[12]。

(5) 房屋、地板、建筑模板等建材用品

近年来,北美地区应用木塑复合材料制作的房屋、室外地板、阳光房、码头、护栏等产品愈来愈多,加工制造这类产品每年实现的产值就高达上亿美元。这些产品成为用量最大的WPC板材市场,从2001年的4.1亿美元增加为2006年的9亿美元,靠不断改进性能和公众对高压处理木材利弊认识的提高,栅栏和围墙同期从1.63亿美元提高为3.15亿美元^[8]。

门窗市场也存在巨大潜在消耗。室内装璜方面应用包括各种装饰条、装饰板、窗帘圈及装饰件、天花板、壁板等^[5]。

(6) 其他方面

随着人们对木塑复合材料认识的不断提高和木塑复合材料加工技术的不断升级,WPC产品的应用领域不断扩大,几乎可替代木材、塑料、铝合金材料在各个方面的使用,例如高速公路的噪音隔板、防护栏;船舶座舱的隔板;办公室的隔板、储存箱、活动架、百叶窗;铁道防护栏、车厢箱板、枕木;农业用大棚支架、槽、水桶;军工方面用的子弹箱、枪托;市政用电缆护管、井盖等。上述这些产品有的已经大规模生产使用,如铺板、护栏、桌椅,有的已从试验阶段步入应用测试阶段,相信在不远的将来,木塑复合材料产品的应用领域仍将进一步扩大。

3 木塑复合材料在国内外的的发展状况

3.1 国外发展状况

木塑复合材料的产业化推广始于20世纪80年代,最初是将木粉作为改性塑料的填料来使用的,随着技术水平的不断提高,逐渐发展成一类性能优良的新材料。目前,各类木塑制品在美国、加拿大、德国、英国、荷兰、日本和韩国等国家已得到较为广泛的应用,形成了比较规范的产业和市场。

北美是目前世界上木塑复合材料市场最大的地区,其中铺板(包括平台、路板、站台、垫板)用量占总量的60%以上。天然纤维复合材料的各种优势吸引了美国和加拿大政府众多大学、研究机构、军方以及企业的大量资金和研究方面的投资。在美国,已形成从研发、原材料收集、设备制造、模具、制成品到市场营销的完整产业链。几家最大的木塑复合材料公司,如TREX公司等都在纽约证券交易所上市。TREX的年营业额已超过5亿美元。加拿大安大略省的材料和制造中心一直坚持与美国国家森林

实验室一起主办木塑复合材料会议并资助研究人员和公司。经过 10 多年的努力,在加拿大也形成了有 10 多家企业为主体,年产量 4 万 t 的木塑复合材料企业^[1,13]。在欧洲,尽管目前 WPC 用量不大,但由于欧共同体有可能以法规形式严格地限制使用 PVC,所以存在木塑窗框替代 PVC 窗框的巨大潜在市场和机会。

WPC 产业在欧洲的突出特点是应用于汽车工业,欧洲的汽车公司,包括大众、沃尔沃、奥迪、宝马等,在其生产的汽车里均采用了 WPC,2005 年,欧洲汽车工业消费的 WPC 达到 7 万 t。由于汽车报废新法规的颁布,汽车厂家普遍对 WPC 良好的回收性表现出浓厚兴趣。在欧洲,汽车的年产量在 1 600 万辆左右,如果全部采用 WPC,其需求量将达到 8 万 ~ 16 万 t/a^[1,14]。

日本拥有 WPC 产业化的成套生产技术和设备,产品精细、质量较高,广泛应用于水产养殖设施和运输业,特别是住宅建材领域。2004 年,日本全国的生产量已经超过 10 万 t。日本 EIN Engineering 公司开发出了专门用于医院、诊所、候诊室、厕所等场所的抗菌木塑复合材料技术^[1]。

3.2 国内发展状况

WPC 在欧美等发达国家经过近 30 年的发展正向成熟期过渡,而在我国还是一个相对新兴的行业。我们国家从 2000 年以后才开始研发和产品制造,发展历史不足 10 年,但其强劲的发展势头颇为引人注目。据不完全统计,截至 2007 年底,全国直接从事木塑复合材料研发、生产的企事业单位已逾 160 家,生产能力大幅度提高,木塑制品年产量已接近 15 万 t,年产值可达 20 亿元人民币^[15]。木塑企业集中分布在珠三角和长三角地区,东部远远超过中、西部。东部个别企业工艺水平较为领先,南方企业则占有产品数量和市场的绝对优势。行业内主要技术代表企业的试验样品已达到或超过国际先进水平^[16]。

尽管如此,与国外相比我国对木塑复合材料的开发及应用还存在很大差距。国家已经意识到发展这种绿色环保材料的重要性,从 2002 年开始国家科技部“863”项目和国家林业局“948”计划都将木塑复合材料列入了生物质重组课题;2001—2007 年国家发展和改革委员会将木塑复合材料项目列入“国家高科技产业化新材料专项”;北京奥组委早在 2006 年 9 月就推荐 WPC 作为部分场馆、设施建设的专用材料;北京奥运会世奥森林公园破例为 WPC 指定了

一处近 2 000 m² 的空地搭建实验建筑。目前,上海世博会也采用 WPC 作为建设用材^[17]。所有这些都体现出我国政府对 WPC 行业的重视与支持。

4 木塑复合材料产业未来发展方向

木塑复合材料最初以其环保优势赢得了消费者的青睐,人们对它也赋予了更高的期待,但目前仍存在成熟产品种类单一、制品性能有待进一步提高、原材料种类受到限制、大量的非木质生物资源利用率低等问题。因此,WPC 加工领域未来的发展将注重以下几方面的开发:

(1) 木塑制品的多样化与功能化

木塑复合材料从发展之初的托盘、包装箱、汽车内饰件等制品,经过户外铺板、栅栏、桌椅等的开发应用,目前已开始向市场更加广阔的建筑结构领域渗透,努力达到房屋结构件等制品的力学性能要求和外在装饰效果,包括门窗制品、装饰板、家具板材、房屋基础件等。相应地,对材料性能也提出了更高要求,如对园林经管类户外制品,要做到抗老化、防脱色、使用寿命长;对室内门窗及装饰材料要有良好的阻燃性能;对房屋基础件承载类制品要有很高的力学性能,需要进行增强、抗蠕变改性。随着节能要求的提高,建筑业也对木塑复合材料制品的节能效果提出了更高要求^[18]。因此,木塑复合材料正朝着功能化、高附加值方向发展,以适应广阔的应用领域,阻燃型、增强型、抗老化型、抗蠕变型、保温隔热型、储能调温型等都成为亟待开发的产品。

(2) 扩大原料选择范围,提高木塑复合材料生物质成分的构成比例

随着新产品的开发,制备木塑复合材料的原材料构成也需要加以调整,除主要原料木粉和塑料以外,在产品中需要加入专用添加剂,如着色剂、光稳定剂、抗菌剂等,产品由低附加值(如木塑托盘、仓储地板)向高附加值(如室内装饰材料)发展^[12]。此外,所能利用的生物质原料除目前应用较多的木纤维和稻壳粉以外,稻草、麦草等丰富的农作物秸秆也将被大量用于木塑复合材料的加工,并有可能导致加工方式的重大变革。目前的木塑复合材料里,木纤维所占比重一般在 50% ~ 60%,并以粉末形态为主,远未达到人们利用生物质资源的期待值,今后将向更高比例和长纤维形态发展,充分体现生物质纤维的增强作用。

(3) 混合类聚合物的应用

现在的木塑复合材料多采用单组分塑料(PP、

PE、PVC等)与木粉复合,但回收的废旧塑料往往是多组分的混合物尤其是国内的废旧塑料,难以按种类严格区分。如何利用多组分混合的回收塑料直接与木粉复合,以降低成本,提高资源利用率,仍然是一个非常有价值的研究方向。

(4)多种成型工艺并存

挤出成型是当前木塑复合材料制品成型加工的主流方法,适用于制造型材、管材、窄长板材等。随着木塑制品的多样化,如木塑多层复合管材、木塑微发泡地板,对挤出工艺提出了更高要求,其研发方向是多层木塑复合共挤、包覆共挤、钢塑木共挤、塑料塑木共挤等^[18]。

注射成型主要用于开发木塑专用零部件及汽车零部件,注塑木塑复合材料所用的塑料原料主要是工程塑料,随着汽车工业的发展,木塑制品在汽车零部件上的应用也越来越多。注射成型工艺发展新趋势是大型制品开发及工程塑料(如ABS)木塑制品。模压成型方法与工艺是当前木塑复合材料制品研发的新趋势,如多层多工位间歇式、热挤冷压以及连续滚压式,特别是宽幅厚壁板材等大型木塑制品的开发,利用模压成型工艺可大大提高工作效率并降低生产成本,生产出其他方法难以实现的产品^[18]。

此外,为适应产品性能要求需要开发新型加工工艺,例如,引入发泡工艺技术,降低材料成本,扩展材料使用范围。生物质纤维/塑料复合材料虽然有许多优点,但是密度较大是其最大缺点,限制了其应用范围。为了降低生物质纤维/塑料复合材料的密度,同时又不降低复合材料的物理力学性能,对生物质纤维/塑料复合材料提出了轻质高强的要求。生物质纤维/塑料复合材料发泡后不仅降低了密度,而且提高了部分物理力学性能,使它可以用作汽车工业要求的质量轻而强度高的部件、运动器械、包装、建筑行业的保温与隔热材料等^[19]。

(5)建立木塑产品的表面修饰与连接技术

为提高木塑复合材料制品的使用性和表面美观性,对木塑产品表面进行后处理也是不可或缺的。表面后处理技术主要有:砂带砂光处理、压纹处理、水转印与热转印、UV印刷、实木皮复合等。将这些技术成功应用于木塑复合材料表面的后处理可以大大提高其美观性及附加值^[18]。木塑复合材的装饰效果还可以在成型过程中同步实现,但需要更高水平的技术,包括对加工设备的改进和助剂的研发。

仿木代木一直是木塑产品追求的目标之一,但木塑复合材料的密度大、硬度高、表面为非极性,现

场加工和安装性远不如木质材料那样方便。以常规的木工手段使用存在一定困难,例如刀具磨损严重,无法粘接等,尤其是门窗、管材等需要无缝连接的场所。因此,开发安装技术,提供完整的使用方案,对扩大WPC应用领域具有重要作用。

5 需要解决的技术问题

为适应上述木塑复合材料产品的发展,研究部门与生产企业还需要攻克大量的技术难题,主要集中于以下几个方面:

(1)良好的界面相容性

界面相容性一直是木塑复合材料研究的热点。作为增强材料的木质材料表面含有大量的羟基,具有极性和吸水性;采用的热塑性聚合物主要是PE、PP、PS、PVC等,这些聚合物的表面一般系非极性或极性很小。因此,木塑复合材料需要解决如何使亲水的极性的木纤维的表面与疏水的非极性的塑料基体界面之间具有良好的相容性的问题,从而使木纤维的表面层与塑料基体的表面层之间达到分子级的融合,形成比原来单一材料性能更加优良的新型复合材料^[20]。

经过科研人员和生产企业的不断探索,界面相容性问题已经得到一定程度的解决,可以对木纤维的表面进行预处理,使其表面极性降低或由极性变为非极性,与塑料表面的极性相似,从而改善两者间的界面相容性;可以对塑料的表面进行预处理,使其表面由非极性变为具有一定的极性,使之与木纤维表面的极性相似;可以在复合体系中加入界面相容剂,相容剂的极性链段可以与木纤维部分结合,非极性链段则与塑料部分结合,使木塑之间的界面结合强度增大^[20]。

尽管如此,木塑复合材料的强度距建筑结构材料的要求还有很大差距,尚需要更深入的、突破性的研究,包括木质纤维材料预处理技术,如木质纤维原料的选择与均混处理、形态和尺寸的控制、化学处理、表面处理、热处理与干燥;废旧塑料的再生改性技术,如废旧塑料的分选、清洗与均混、废旧塑料的共混改性、废旧塑料接枝改性、混合废旧塑料的共混/接枝改性等等。

(2)多样化的配方技术

为适应木塑制品功能化、多样化的需求,需要开发新的工艺配方,包括聚合物基体的选择、木质纤维材料的用量、界面相容剂/偶联剂的选用、润滑剂/流变调解助剂、着色剂、抗老化助剂以及其他助剂(如

抗霉菌药剂)的选择与使用方式、添加比例等。原料品质的变动对最终制品也会带来影响,在生产过程中应该对配方加以灵活调整。原材料品质的控制、组分的严格量化对保证产品质量恒定起到重要作用。

(3) 关键设备与生产线

设备是工艺的载体,为适应不断改进的加工技术,需要配备专门的加工设备,包括现有挤出机在温控、减压、排气、磨损、螺杆形状的改进,专用模具(流变特点、温度分布、冷却速率)的开发,喂料系统的改进,自动控制与设备间的协调,模压与注塑等专用设备的开发、兼顾生产效率与产品性能的设备改进等。

(4) 功能改良技术

高性能、功能化产品制造涉及到热塑性基质的增韧、增强等技术,功能材料需要开发阻燃、防静电、空气净化等技术。尤其对室外建筑结构材料来说,在材料的物理力学性能、耐老化性能、抗蠕变性能等方面的要求都比目前所能达到的水平高得多,急需开发各种能够使 WPC 材料性能优化的技术。

(5) 理论难点与研究热点

作为对工艺技术的支撑,基础理论研究在 WPC 熔体流变学规律、木质纤维材料的高效低成本表面改性处理方法、WPC 的老化与变色控制、蠕变及其控制、脆性与增韧等方面需要做深入的研究。

从结构、美学和环保角度来看,WPC 要想发挥自身潜力,提高性能,代替木质铺板、栏杆和屋顶材料,还有很长的路要走。除上述问题需要解决外,尚有大量的细节问题有待于我们不断地深入探究,例如,木材抽提物对 WPC 材料外观和性能的影响、回收塑料对 WPC 性能的影响及其与原生塑料相比较的定量特征、用于结构(工程、承重)WPC 材料的塑料、WPC 铺板的长期蠕变、WPC 产品的抗污染性、WPC 产品的防褪色性、利用聚合物合金提高 WPC 性能、以测量 WPC 热熔流变性的简单方法来确定和预测 WPC 产品性能、测量 WPC 耐用性的简单方法;耐用性的明确标准、建立 WPC 产品材料性能模型、改善纤维在塑料基质中的分散性、减小 WPC 产品的热膨胀-收缩、WPC 产品中紫外稳定剂的评价、开发与地面接触使用的 WPC 产品、WPC 屋瓦、瓦片、石板用的抗氧化剂和紫外稳定剂、挤出过程中塑料和纤维素纤维降解的定量评价与对策、WPC 铺板材固定件的使用、WPC 铺板材的耐摩擦性、WPC 板材的防滑性与实际措施^[21]。

WPC 作为新型的环保材料,几乎可以使用在所有目前使用塑料、木材、铝合金的场所,这种广泛的

适应性为 WPC 发展提供了巨大的市场空间,但同时也存在着众多需要解决的技术问题。这些越来越复杂的问题相互交织在一起,并非某一专业可以完全解决的,来自塑料、木材加工、机械和化工等等众多行业的共同参与将从不同角度推进 WPC 的发展,为我们的生产和生活提供更加优良的产品。木塑复合材料无可比拟的环保性能加之不断优化的产品品质,将赢得更多消费者的喜爱和满足更广阔的市场需求。

参考文献

- [1] 黄臻,程秀才,赵颖峰,等.木塑复合材料的发展与应用前景展望[J].木材工业,2008(10):38-40.
- [2] Alireza Ashori. Wood-plastic composites as promising green-composites for automotive industries[J]. Bioresource Technology, 2008, 99(11): 4661-4667.
- [3] 木塑新材料:800亿元的神话? [N/OL][2006-04-12]. 中国经济时报. <http://finance.sina.com.cn>
- [4] Carlota H Fmaurano, Liliane L Portal, Ricardo Baumhardtneto, et al. Functionalization of styrene-butadienestyrene (SBS) triblock copolymer with maleic anhydride[J]. Polym Bull, 2001, 46(6):491-498.
- [5] 席军,刘廷华.木塑复合材料的生产应用现状[J].塑料制造, 2006(3):25-29.
- [6] 朱德钦,刘希荣,生瑜,等.聚合物基木塑复合材料的研究进展[J].塑料工业,2005,33(12):1-4.
- [7] 刘思颖.塑木复合材料托盘[J].市场周刊:新物流,2009(70):34.
- [8] 雄戈.塑木复合材料的技术进步及应用拓展[J].国外塑料, 2008,26(11):70-73.
- [9] 易振.塑木复合托盘力学性能分析[D].广州:暨南大学,2009.
- [10] 林建国,浦鸿汀.木塑复合材料的研究和应用进展[J].广东塑料, 2006(3):17-20.
- [11] Muasher M, Sain M. The efficacy of photostabilizers on the color change of wood filled plastic composites[J]. Polymer Degradation and Stability, 2006,91(5):1156-1165.
- [12] 王立,宋国君,王海龙,等.热塑性木塑复合材料研究进展[J].化学推进剂与高分子材料,2006,4(3):10-12,16.
- [13] 程晓春,张强华.木塑复合材料及其产业化现状[J].新材料产业,2007(11):51-54.
- [14] 赵子,王澜,王佩璋.木塑复合材料的研究开发进展[J].塑木复合材料,2007(3):35-39.
- [15] 节能环保木塑复合材料前景看好[J].建材与装饰,2009(6):45
- [16] 王焯,王庆.大力发展木塑产业,促进木材节约代用[J].节能与环保,2008(8):44-46.
- [17] 方明锋,黄华.木塑复合材料的研究及应用[J].现代农业科技, 2009(3):8-10,14.
- [18] 薛平,贾明印,温安华,等.塑木复合材料的研究与发展趋势[J].中国塑料,2007,21(8):1-6.
- [19] 张桂兰,王正.生物质纤维/塑料复合材料微孔发泡技术研究概述[J].中国人造板,2008(12):8-11.
- [20] 崔益华,周叶青.木纤维增强热塑性复合材料的界面研究现状[J].纤维复合材料,2006(1):53-57,36.
- [21] Anatole A Klyosov. Wood plastic composites[M]. NJ: Wiley-Interscience, 2007. ■