

木塑复合材料与包装托盘

薛平 丁筠 钟鑫

(北京化工大学塑料机械及塑料工程研究所)

1 概述

历史上最早的复合材料就是以天然植物纤维作增强体制成的,如中国用稻草增强泥土制成砖坯等。随着科学技术的发展,人们研制了人工合成的高性能的纤维如玻璃纤维和芳纶纤维等作复合材料增强体,但价格昂贵,而天然植物纤维资源丰富,成本低廉。

中国植物纤维复合材料在几千年前就有应用,在2000年前就出现了用麻丝和大漆构成的漆器,且流传至今。利用植物纤维与合成树脂进行复合的研究也具有较长的历史。最初的植物纤维以粉状的形式被用作填料加到热固性塑料中。Leoh.Bend博士^[1]合成的最古老的热固性酚醛树脂在1907年与木粉复合而首先得到了一种复合材料。但由于这一阶段高分子发展水平及技术手段的限制,应用最多的植物纤维是长度较大的韧皮类纤维,被填充的塑料也多为热固性塑料如酚醛树脂、不饱和聚酯等。复合制品也多是采用压合工艺的热固性复合材料,类似于今天的纤维板的加工工艺,主要用作房屋及仓储用建筑材料。

然而,随着科学技术的发展,现代社会对塑料材料有着更多或更为苛刻的要求。既要求其性能好,价格低又要求其耐高温、易成型加工;既要求其有较好的刚性又要求其有较好的韧性。人们开始认识到塑料改性技术可以实现新的突破。将种类有限的单一塑料演变成成千上万种新型塑料,从而满足各方面的要求。可以说这时的改性技术已成为新材料研制、新产品开发和新技术推广方面最为活跃的研究领域,人们都在自觉不自觉地应用塑料改性这个有力武器开发新产品,增强产品的市场竞争能力。而填充改性既可以降低产品成本,又可以提高产品的使用性能,甚至赋予塑料制品全新的功能,从而使塑料老产品获得新生,新型塑料性能更佳,价格更廉,从而拓宽塑料材料的应用领域。因此到了80年代以后,人

们开始着手对塑料填充改性技术进行研究,这方面尤以日本、欧美、印度等国家最为活跃。尽管如此,这期间的塑料也仅有20%~30%使用填料,用木质纤维填料增强的树脂大约仅为塑料消耗量的5%^[2]。

目前,世界各国塑料回收业正广泛兴起。如英国废旧塑料回收率为80%,美国废旧PET、HDPE回收率为30%,日本废旧塑料回收率为49%。我国废旧塑料回收率较低,仅为15%左右^[3]。这说明开发再生制品已成为国内外的热门话题。日本在80年代末就增加了废旧塑料的回收设备,各种破碎机种类规格齐全。以上数据充分说明废旧塑料回收利用已被广泛重视,开发二次加工设备和加工技术,开拓新用途已是必然趋势。

另一方面,由于木材在加工使用过程中会产生25%~30%的加工剩余物是作“废材”处理的,目前各行各业都迫切的希望在技术上解决这些“废材”问题,使之资源化。特别是近几年来,全球森林资源日趋枯竭,社会环境保护意识日渐增强,对木材的应用也提出了更高的要求。在这种情况下为了节约资源,提高木材与塑料的利用率,一种将天然木材与废旧热塑性塑料合成而得到的新材料—木塑复合材料倍受人们的关注。通过改性可以充分利用塑料和木材各自的优点而消除它们的许多固有缺点。

国外的许多学者对聚烯烃类再生热塑性塑料与木质纤维填料复合材料作了大量研究,其发展趋势是从增量作用向功能型填料过渡,形成性能优异的新型改性塑料。

在塑料填充体系中,填料的选择对填充改性的效果和成本影响很大。与常用的无机填料相比,木粉具有密度低、资源丰富、可降解、对加工设备磨损小等优点,且所得的复合材料有良好的木质感。据报道^[4],美国Mobile公司利用废旧塑料膜回收料与锯末掺混做挤出型材,其复合材料

具有对紫外线光稳定、耐湿、着色性良好、有木质感等特点,同时还起到废物利用、减少环境污染的作用。

木粉作为塑料的有机填料,可由锯末、碎木片、刨花或含木质纤维的农作物秸秆等为原料,经过简单的干燥粉碎处理得到。其化学成分比较复杂,但主要是由纤维素和木质素构成的。由于极性很强,它与热塑性塑料之间的相容性较差,极大的影响了复合材料的力学性能,因此,需要对木粉和塑料的界面进行改性,以改善它们之间的相容性。

国内虽然从70年代就开始研究木质纤维材料填充塑料,但研究得到的复合材料大多数是采用压制烧结成型的方法,该方法成型工艺复杂、生产周期较长、无法实现连续生产,效率低下,也无法连续加工较长的制品。而通过挤出成型法生产木塑复合材料制品,可实现连续生产,生产效率高,利于扩大产品的品种及应用领域。

2 木塑复合材料制备关键、性能特点及应用领域

2.1 生产木塑复合材料较为先进的技术为挤出复合技术

这是用50%~70%的农作物秸秆粉或锯木粉等各类木质纤维粉混合物和50%~30%的废旧塑料制成的新一代环保复合材料挤压技术,它较好地解决了以下几个关键问题:

(1) 废旧塑料与秸秆粉等类的木纤维粉之间的相容性的研究,包括偶联剂、粘结剂、填料等的种类及比例的确定,提高了共混复合物的强度。

(2) 废旧塑料与秸秆粉等木纤维粉复合材料制粒的研究,对螺杆的设计要求避免剪切过度而导致木质纤维的热降解而焦化,提高高体积的木质纤维在复合体系中的均匀混合分散,同时保证物料中水分与低分子挥发物在螺杆输送过程中有效逸出和足够的输送能力。

(3) 高体积分数的木质纤维的加入,使复合体系的粘度降低,常规挤出形成不了足够的挤出压力,研究适合挤出该复合材料的专用螺杆与成型模具,在挤出系统中建立起足够稳定的高挤出压力,保证制品的质量。

(4) 研究最佳的成型工艺,包括温度、挤出速度、压力等工艺参数,既要保证物料的均匀塑化,又不能使木质纤维焦化;深入研究影响复合材料制品的弯曲模量、拉伸强度、冲击强度等力

学性能的主要因素。

2.2 木塑复合材料的性能特点

(1) 98%的原料为废旧材料,所以原料成本较低;

(2) 可制成各种规格、尺寸的制品;

(3) 质轻、价廉、加工性能好、设备磨损小、产品可100%的回收再利用;

(4) 产品不怕虫蛀、不长真菌、抗强酸强碱、不吸收水分、不易变形;

(5) 机械性能好,制品耐用性能比单纯的木质材料高10倍左右;

(6) 耐候耐腐、隔热绝缘;

(7) 木粉填充后的制品质感接近木材,技术性能可靠。维护简单。

2.3 应用领域

家具:可用于制造桌椅板凳、沙发、书架、茶几、衣服箱等。建筑:可用制造窗框、门板、天棚、地板,尤其适宜踩踏频率高的公共场所,如展览馆、机场大厅、超市等场所的地面装修(在美国木塑地板有20年的质量保证)。运输包装物:可用于制造水果箱、点心箱、鸡蛋箱等各种搬运周转箱,叉车货板,以及托盘和包装箱的生产,木塑托盘不仅保留塑料托盘和木托盘的优点,而且还克服了它们的缺点。

若我国能将每年回收的150万吨废旧塑料全部用于生产各种木塑制品,产量可达500万吨,工业产值近100亿元^[5]。

由于开发这种新型复合材料具有良好的社会效益和经济效益,它已成为我国塑料工业研究者们竞相开发的课题。

木塑复合材料主要机械物理性能见表1:

表1 木塑复合材料的物理机械性能

项目	单位	测试标准	数据
密度	g/cm ³	GB1033	0.96~1.1
线膨胀系数(20℃)	mm/mm/℃	GB1036	≤3.5 × 10 ⁻⁵
吸水性	%	GB1034	≤0.3
断裂伸长率	%	GB/T 1040-92	≥3
抗弯强度	MPa	GB9341-88	≥40
抗弯模量	GPa	GB9341-88	≥2
压缩强度	MPa	GB/T 1041-92	≥25
无缺口冲击强度	J/m	GB/T 1843-92	≥155
螺钉拔出力(4.4mm直径25.4mm深)	kg	300~320 (5mm螺钉)	

用这种木塑复合材料制成的托盘性能见表2所示。与其他种类托盘性能比较见表3所示。

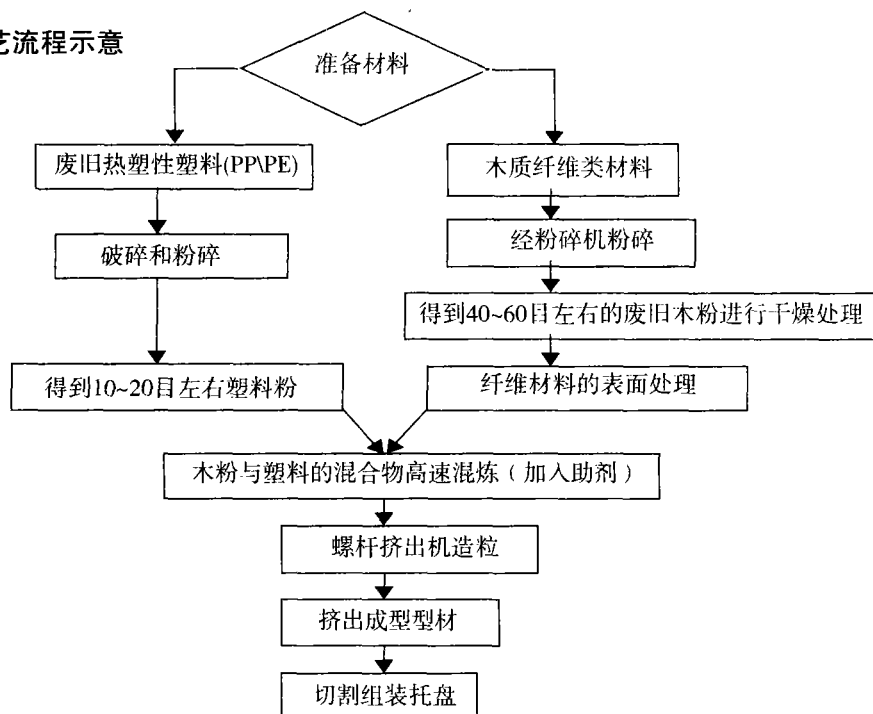
表2 1.0m×1.2m木塑托盘性能

性能	数值	性能	数值
密度(g/cm ³)	0.96~1.1	可回收性	100%
吸水率(24h水中)	0.2%	原料	废旧PE、锯木粉、秸秆粉、花生壳、特殊粘接剂等
抗弯、抗压强度	与硬木相当	现有型材	宽60~140
冲击强度	能经受搬运过程中各种冲击	尺寸(mm)	高15~100
工作温度	-25℃~45℃		长度无限制
结构尺寸	公差小, 稳定性高	托盘重量(kg)	17~35
标准托盘承载	2~5t	常见托盘规格(m)	1.0×0.8 1.0×1.0
货架承载	1~2t		1.0×1.1 1.0×1.2
最大变形量(cm)	常温静载 0.4		1.0×1.4 1.1×1.0
(载荷3~5t)	45℃静载 1.3		1.2×1.0 3.0×3.0
	动载 0.4		

表3 各种类型重载包装托盘的综合性能比较

性能	研制的木塑托盘	木制托盘	塑料托盘
每次使用的费用	最低	高	较低
结构尺寸稳定性	高	有限	高
重复使用寿命(耐用性)(年)	3~5	1~2	3~5
强度	高	高	低
货架储存性	高	高	不适用
吸水性	无	高	无
被污染性	无	成为废弃物	成为废弃物
可回收性	完全回收	低	低
安全性(尖钉/木制)	高	低	高
维修率	低	高	不能维修
顾客定制尺寸	随意	随意	固定尺寸
与现有运输设备的相容性	无问题	无问题	很难

3 托盘生产工艺流程示意



4 木塑托盘模型的建立和分析^[6]

为了验证这种木塑托盘的使用性能,根据GB/T 15234-94的实验标准,利用ANSYS软件对木塑托盘的均载强度进行模拟分析。单元需要定义的材料参数有弹性模量、泊松比和密度等。将基体树脂和木纤维的材料特性代入复合材料的公式中,可得到木塑复合材料的基本物理特性如下:

$$E_m=0.7\text{GPa}, E_f=10\text{GPa}, V_m=0.4, V_f=0.25, \\ \rho_m=0.96\text{g/cm}^3, \rho_f=0.85\text{g/cm}^3, g_m=0.5, g_f=0.5 \\ E_m、E_f \text{ 为基体树脂和木纤维的弹性模量,} \\ V_m、V_f \text{ 为基体树脂和木纤维的主泊松比,} \\ \rho_m、\rho_f \text{ 为树脂和木粉的密度} \\ g_m、g_f \text{ 为树脂和木粉的质量百分率}$$

其输出的结果主要有模型各处的应力、应变、主应力、主应变等。

图1表示的是自由托盘的三维有限元模型。尺寸规格是800×1000mm,图2为均载强度试验示意图。根据GB/T15234-94的实验标准,实验负载为1100kg。

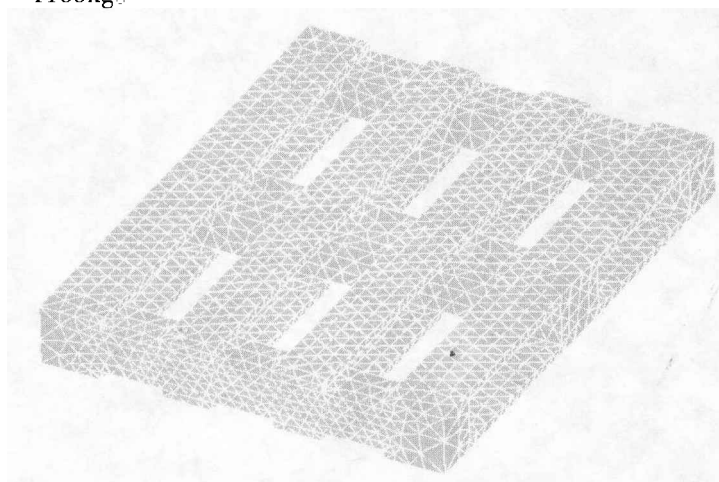


图1 自由托盘的三维有限元模型

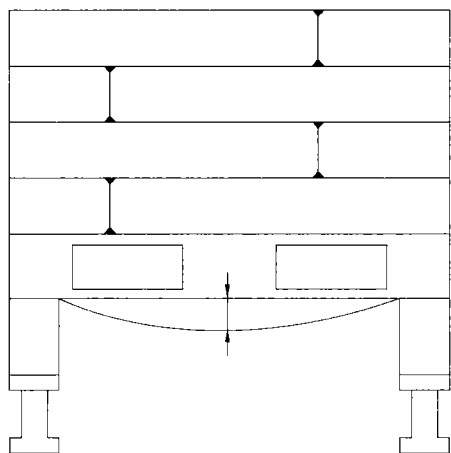


图2 加均布载荷的托盘示意图

通过分析计算可得到托盘受力时总的变形量分布图,其最大变形量为19.217mm。

$$\text{挠曲率} \quad \phi = \frac{\delta}{L} \times 100 \\ \phi = 2.4\%$$

其中: δ —负荷为1100kg时最大变形量19.217mm;

L —托盘的长度800mm。

远远小于国标规定的木质材料的最大挠曲变形量6.8%,因此,挠曲变形量满足要求。

通过托盘受力的应力分析可得到最大的等效应力为 $0.161 \times 10^7\text{Pa}$,远远低于华山木质托盘所规定的许用应力 $10.8 \times 10^7\text{Pa}$ 。

综上所述,用这种木塑复合材料制成的托盘完全满足国标所规定的使用要求。

5 结论

根据国家标准中规定的木质托盘均载强度实验法则,模拟木塑托盘受均载时的应力情况,结果表明用这种木塑复合材料制成的托盘完全满足国家标准所规定的使用要求,它的综合性能和价格等各方面的因素都要优于其它种类的托盘。随着我国森林资源的紧缺,社会环保意识的日益提高,为了保护有限的木材资源,必须寻找合适的木材替代品,以塑代木,是有效的途径之一。

参考文献

- 1 R.G.Raj and B.V.kokta .Compounding of Cellulose Fiber with Polypropylene:Effect of Fiber Treatment on Dispersion in he Polymer Matrix.Appl.Poly.Sci.Vol. 31, No.18 , 1987-1986, 1989
- 2 M.Xanthos. Processing Conditions and Coupling Agent Effect in Polypropylene/Wood Flour Composites. Plastics and Rubber Proc. Appl. Vol3, No.3, 223-228, 1983
- 3 程兆瑞.以热塑性塑料为基材的复合材料的研制.塑料科技, No.3, 11-14, 1987
- 4 杨玉和,候雅丽.木粉填充PE的研究.现代塑料加工应用, Vol.7, No.6 , 10-13, 1995
- 5 李 华.锯末/废旧塑料复合材料的开发研究.塑料科技, No.1, 41-44,1990
- 6 张明珠.木质纤维填充热塑性塑料复合材料与挤出成型的研究.硕士论文,北京化工大学,2001

(责任编辑 关绍娴)