

ZHUSU FUHE CAILIAO
GONGYI JI GAIXING

竹塑复合材料 工艺及改性

王 会 盛奎川 / 著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

ZHUSU FUHE CAILIAO
GONGYI JI GAIXING

竹塑复合材料 工艺及改性

王 会 盛奎川 / 著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

竹塑复合材料工艺及改性 / 王会, 盛奎川著. —杭州:
浙江大学出版社, 2019. 7
ISBN 978-7-308-19230-9

I. ①竹… II. ①王… ②盛… III. ①树脂基复合材料—研究 IV. ①TB333. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 125210 号

竹塑复合材料工艺及改性

王 会 盛奎川 著

策划编辑 王 波
责任编辑 沈巧华
责任校对 丁沛岚
封面设计 春天书装
出版发行 浙江大学出版社
(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)
(网址: <http://www.zjupress.com>)
排 版 杭州中大图文设计有限公司
印 刷 虎彩印艺股份有限公司
开 本 710mm×1000mm 1/16
印 张 14
字 数 258 千
版 印 次 2019 年 7 月第 1 版 2019 年 7 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-308-19230-9
定 价 56.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社市场运营中心联系方式: 0571-88925591; <http://zjdxcbbs.tmall.com>

前 言

从哥本哈根世界气候变化大会到历年中国的政府工作报告,“节能减排”“低碳”一直是备受关注的热点问题,发展低碳经济正日益成为人类社会和经济向前发展的必然之路。加快低碳林业的发展是发展低碳经济、应对气候变暖最经济、最直接的途径,竹子因其具有易于繁殖、生长迅速、材质均匀、环保及附加值高等特点,成为绿色生活中一种不可忽视的资源。中国是竹资源大国,也是竹子生产、消费和出口大国。在众多竹种中,毛竹是中国竹类资源中分布最广、用途最多的一个竹种,对毛竹的深度开发利用具有积极的意义。

竹塑复合材料是以竹原料为增强组分,与高分子树脂基体复合而成的一种新型材料。该材料具有植物纤维和高分子材料两者的诸多优点,可广泛应用于建材、汽车、货物的包装运输、仓储、装饰材料及日常生活用具等方面。但目前关于采用竹颗粒作为增强材料制备复合材料的研究不多,关于竹颗粒粒度、竹颗粒与基体树脂比例及竹颗粒含水率对复合材料性能的影响的研究还有待深入;由于竹颗粒及 PP、PVC 等基体材料的特殊性,采用竹颗粒制备复合材料所需要的热模压压力、温度与复合材料力学性能、吸水率、厚度膨胀率间的变化关系还有待进一步探索;已有的研究主要是采用化学增容方法处理竹颗粒/PP、竹颗粒/PVC 界面,且主要采用氢氧化钠等试剂,对一些具有特殊性质的改性化学试剂如硅酸钠、高锰酸钾等的研究还不够;关于采用水热增容方式对复合材料界面进行增容的研究还处于起步阶段,关于水热过程温度、催化剂等因素对增容效果的影响的研究还未见报道,尤其是水热处理对复合材料界面的增容可行性及机理还有待探索;关于复合材料的耐紫外特性的研究还需要加强。因此,本书结合我国竹产业加工废弃物资源,研究了目前加工成型工艺及若干改性问题,期望为从业者提供一些经验和借鉴。

目 录

1 概 述	1
1.1 复合材料的定义	1
1.2 复合材料的分类	3
1.3 复合材料的性能特点	6
1.4 复合材料的改性	8
2 木塑复合材料的发展及应用	10
2.1 木塑复合材料的发展	10
2.2 木塑复合材料的应用	11
3 复合材料成型工艺与特点	16
3.1 手糊成型技术与特点	16
3.2 喷射成型技术与特点	18
3.3 树脂传递模塑成型技术与特点	19
3.4 缠绕成型技术与特点	29
3.5 拉挤成型技术与特点	32
3.6 热模压成型技术与特点	33
3.7 其他成型技术与特点	34
4 木塑复合材料的配方及设备	37
4.1 配方的选择	37
4.2 木塑复合材料的成型设备	40
5 毛竹的特性及应用	44
5.1 毛竹、毛竹材料概况	44
5.2 竹塑复合材料利用的背景与意义	53

5.3	木塑复合材料研究进展及存在的问题	54
6	加工工艺及物料对比对竹塑复合材料的影响	63
6.1	引言	63
6.2	加工工艺对复合材料性能的影响	63
6.3	物料对比对复合材料性能的影响	69
6.4	总结	78
7	原料特性对竹颗粒增强 PVC 基复合材料性能的影响	80
7.1	材料与方法	80
7.2	结果与分析	82
7.3	总结	84
8	竹颗粒增强 PVC 基复合材料热模压工艺参数研究	86
8.1	材料与方法	86
8.2	结果与分析	87
8.3	总结	91
9	竹颗粒表面化学处理及其增强 PVC 基复合材料性能表征	92
9.1	材料与试验	92
9.2	结果与讨论	94
9.3	总结	105
10	竹颗粒表面高锰酸钾修饰机理及其增强 PVC 基复合材料性能表征	106
10.1	材料与试验	106
10.2	结果与讨论	108
10.3	总结	115
11	竹颗粒无催化水热增容及其增强 PVC 基复合材料性能表征	116
11.1	材料与试验	116
11.2	结果与讨论	121
11.3	总结	130
12	催化剂在竹颗粒水热处理表面修饰中的作用及其对复合材料性能的影响	131
12.1	材料与试验	131

12.2	结果与讨论	133
12.3	总 结	157
13	微生物改性对竹纤维及竹塑复合材料的影响	159
13.1	竹纤维改性及复合材料制备	159
13.2	微生物改性结果及讨论	160
13.3	竹塑复合材料性能表征	166
13.4	总 结	170
14	紫外加速老化对竹塑复合材料的影响	172
14.1	复合材料制备及加速老化试验	172
14.2	结果与讨论	173
14.3	总 结	187
15	复合材料的未来	189
15.1	发展方向	189
15.2	存在的问题	190
15.3	具体措施	192
15.4	宏观产业目标	193
15.5	工作建议	193
	参考文献	195
	索引	215
	后记	218

1 概 述

随着森林资源的减少,木材供应量逐年下降。同时,塑料制品的处理成为一个急需解决的问题。

1.1 复合材料的定义

聚合物基木塑复合材料(wood plastic composites, WPC)是指以经过预处理的植物纤维或粉末(如木、竹、花生壳、椰子壳、亚麻、秸秆等)为主要组分(含量通常达到60%以上),与高分子树脂基体复合而成的一种新型材料。木塑复合材料的加工过程如图 1.1 所示。

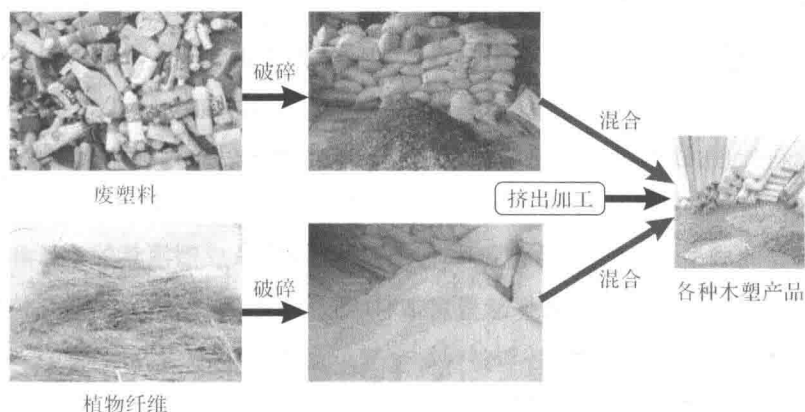


图 1.1 木塑复合材料的加工过程

该材料具有植物纤维和高分子材料两者的诸多优点,能替代木材,可有效地缓解我国森林资源贫乏、木材供应紧缺的状况。其应用范围非常广泛(见图 1.2),主要应用在建材、汽车、货物的包装运输、仓储、装饰材料及日常生活用具等方面。由于植物

纤维的可再生性、可被环境消纳性,所以 WPC 是一种极具发展前途的绿色环保材料,其生产技术也被认为是一项有生命力的创新技术。

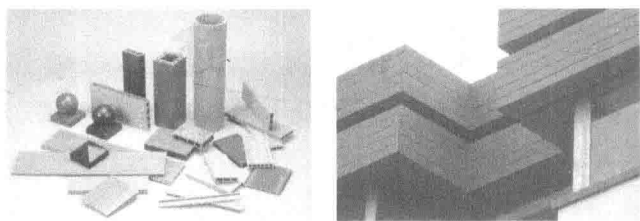


图 1.2 无处不在的木塑复合材料

WPC 用途广泛,价格便宜,但是要生产出各方面性能优异的产品却不太容易。主要原因是:①因含有大量的亲水性基团——羟基,植物纤维具有很强的极性,而常见的树脂基体通常为非极性、不亲水的,故植物纤维和树脂基体间的相容性很差,界面黏结强度低,影响了 WPC 的机械性能;②由于羟基间可形成氢键,植物纤维之间有很强的相互作用,使得植物纤维在树脂基体中的分散极差,要达到均匀分散较为困难;③成型加工时植物填料易降解变色,同时高分子材料也会热降解,不适合的配混和加工工艺会导致 WPC 的性能下降。所以生产 WPC 制品的关键是在保证植物纤维高填充量的前提下,确保 WPC 的高加工流动性,树脂与木粉之间有良好的相容性,以达到最佳力学性能,最终用较低的生产成本生产出具有较高使用性能的 WPC 制品。因此聚合物基 WPC 的生产需解决以下三个方面的问题:

(1)原料处理:以提高高分子材料与植物纤维之间的界面相容性为主要目的;

(2)配方设计;

(3)制品的成型设备及成型工艺:如何通过成型机械、成型模具的设计和工艺条件(成型温度和压力)的设定,达到保持稳定加料、进行有效脱挥、提高木粉在体系中共混分散、保证产品性能的主要目的。

下面将会就这些问题进行具体阐述。

非极性或弱极性的高分子材料与强极性的植物纤维相容性差,因而未经预处理或未加任何添加剂的 WPC 性能极差。要改善 WPC 的性能,必须对两个组分进行相应的改性,以使得两者相容。对于聚合物基 WPC,改善其相容性主要有三种途径:对基体材料进行处理,对增强材料进行处理以及对界面特性进行改良。

1.2 复合材料的分类

1.2.1 复合材料按基体分类

WPC 兼有木材和塑料的特点,其硬度、耐磨强度、顺纹抗压强度、横纹抗压强度、尺寸稳定性等各项性能均较未处理木材强。同时,WPC 的吸湿膨胀性、热导率、阻燃性、耐腐蚀性和抗生物性能也比未处理木材要好。根据塑料树脂的品种不同,木塑复合材料可分为以下几大类。

1. 聚乙烯基木塑复合材料

Norma 等(2003)在挤出机中有过氧化物存在的条件下,在 LLDPE(linear low density polyethylene,线性低密度聚乙烯)上接枝马来酸酐(maleic anhydride, MA, 顺丁烯二酸酐),和未处理的木粉复合,制得复合材料。结果表明:改性后的 LLDPE 的结晶度下降,但随着木粉的加入结晶度又上升,复合材料的拉伸强度、延展性和耐蠕变性都因为接枝马来酸酐而提高。

Lin(2002)研究了不同类型相容剂对 HDPE(high density polyethylene,高密度聚乙烯)/木粉复合材料的力学性能的影响。相容剂包括马来酸酐接枝聚丙烯、马来酸酐接枝低密度聚乙烯、马来酸酐接枝高密度聚乙烯。Rsj 等(1991)以 0~40% 木粉增强 HDPE 为研究对象,研究了硬脂酸、矿物油、聚乙烯蜡的马来酸酐接枝物和硅酸钠对复合材料拉伸强度和冲击强度的影响。浙江大学的方征平等(1999)讨论了乙烯-丙烯酸共聚物(ethylene acrylic acid, EAA)对 LLDPE/木粉复合材料力学性能的影响,发现 EAA 对该体系有良好的增容作用,能明显提高材料的拉伸强度和冲击强度。北京化工大学的朱晓群等(2001)用木粉与 HDPE 复合制备了能代替木材的复合材料,考察了木粉含量、粒度、界面相容剂用量对复合材料力学性能、流动性的影响。

2. 聚丙烯基木塑复合材料

近年来,世界各国广泛开发改性 PP(polypropylene,聚丙烯)以替代工程塑料。已有不少文献报道了无机填料如滑石粉、硅灰石、碳酸钙填充改性 PP 的研究。结果表明:无机填料填充改性 PP 可提高其拉伸强度和弯曲强度,但其脆性提高,韧性下降,表现为断裂伸长率、冲击强度分别有不同程度的降低;而以木纤维作为填充材料改性

PP,可制得力学性能较好的复合材料。

Hristov 等(2004)研究了以 PP-g-MAH 为相容剂,木粉为填料制得的复合材料的力学性能;Oksman 等(1998)用未改性木粉制备 PP/木粉复合材料。结果表明:与纯 PP 相比,加入木粉的复合材料的拉伸强度和冲击强度降低,无缺口冲击强度显著下降,杨氏模量和弯曲模量有所提高,传统的云母与滑石粉改性 PP 的效果要比木粉的效果好;将木粉和云母或滑石粉混合加入,强度比单独加木粉时高,这可能是因为木粉与无机粒子相互作用有助于分散。

李思良等(1998)用松木粉、杉木粉对 PP 填充改性,初步探讨了木粉的种类、表面处理和填充量对木粉填充改性 PP 性能的影响。利用 NaOH 溶液处理杉木粉,对提高杉木粉填充改性 PP 的断裂伸长率、拉伸强度、弯曲强度与冲击强度有较明显效果。添加 2.5%~5% 的杉木粉对 PP 填充改性,在拉伸强度略有下降而冲击强度与弯曲强度有一定程度提高的情况下,可有效提高 PP 的断裂伸长率。林群芳等(2002)以废弃木粉为增强材料,制备了木粉增强聚丙烯复合材料,研究了以改善废弃木粉来增强聚丙烯复合材料力学性能的途径。

3. PVC 基本塑复合材料

PVC(polyvinyl chloride,聚氯乙烯)/木粉复合材料是工业化较早的木塑复合材料之一,使用量增长迅速。影响 PVC 基本塑复合材料性能的因素很多,例如热稳定剂、加工助剂、冲击改性剂、润滑剂、加工工艺、木粉的表面处理等都会对复合材料的性能产生影响。

Jiang 等(2004)研究了以铜氨络合物处理木粉对 PVC/木粉复合材料力学性能的影响。处理过的木粉使复合材料的无缺口冲击强度、弯曲强度明显提高。钟鑫等(2004)讨论了利用接枝的方法对木粉改性,提高其与 PVC 树脂的界面黏合性,并比较了硅烷偶联剂处理、碱浸泡与硅烷偶联剂双重处理、接枝改性 3 种木粉处理方法的优劣。赵义平(2001)研究了不同木粉处理方法对 PVC 基本塑复合材料性能的影响。采用了 4 种处理剂对木粉进行处理,处理过的木粉可以明显提高复合材料的拉伸强度,但冲击强度稍有降低;木粉采用碱处理后再用处理剂处理可明显提高相容性。

4. 废旧塑料/木粉复合材料

用木纤维与废旧塑料生产复合材料,既可充分利用丰富的天然资源,也可解决废旧塑料的处理问题,国内外的学者在这方面做了大量的研究工作。Dintcheva 等

(1999) 研究了分别以马来酸酐接枝聚丙烯、离子交换纤维为相容剂,在 PP 和 PE (polyethylene, 聚乙烯)混合的废旧塑料中加入 20%~40%木纤维制得的复合材料的性能。结果表明:弹性模量显著提高,断裂伸长率和冲击强度下降,拉伸强度几乎不变,相容剂的加入提高了力学性能。赵义平等(2005)做了木粉填充废旧 LDPE(low density polyethylene, 低密度聚乙烯)的研究。结果表明:经碱处理的木粉与未处理的木粉相比可显著提高复合材料的力学性能。张明珠等(2000)对木粉/再生热塑性塑料复合材料的相容性、流动性、加工工艺做了研究。

5. 其他树脂制备的木塑复合材料

除了上面常用的制备木塑复合材料的树脂外,也有学者用 PS(polystyrene, 聚苯乙烯)、ABS(acrylonitrile butadiene styrene copolymers, 丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物)等制备木塑复合材料。王玮等(2005)通过研究 ABS/木粉复合材料的力学性能,比较了马来酸酐增容、马来酸酐原位增容、马来酸酐接枝 ABS 增容等不同增容方法对复合体系的增容效果,发现 ABS 接枝物的增容效果优于原位增容效果;同时在 ABS/木粉体系中引入复合基体 PVC,在确定 ABS/PVC 配比为 70/30 的基础上,考察了木粉含量对体系性能的影响。肖亚航等(2004)用热模压成型的方法制备了不同木粉用量的木粉/ABS 复合材料,并对其热模压成型工艺进行了探讨。结果表明:木粉用量高达 60phr 时仍可热模压成型,但以不高于 40phr 为优。宋永明等(2004)用热塑性弹性体对聚苯乙烯塑料进行增韧,以达到对木粉/再生聚苯乙烯复合材料增韧改性的目的,并添加马来酸酐改性的苯乙烯聚合物作为复合材料的界面相容剂。结果表明:热塑性弹性体的加入显著提高了复合材料的冲击性能,而且弯曲性能和拉伸性能保持得较好。

木塑复合材料未来的发展方向是原料多样化、设备工艺专业化、产品高档化,开发纤维含量高、应用领域广、综合性能高、使用寿命长的木塑制品。利用废旧塑料和废弃的木材加工生产的木塑复合材料,不仅有利于治理污染,而且能节约木材资源,具有良好的社会效益和经济效益,将是一种极有应用前景的复合材料。

1.2.2 复合材料按增强体分类

目前木塑复合材料的制造方式主要有两种,一种是将塑料单体或者低聚合度树脂浸入实体木材中,通过加热或辐射引发塑料单体或者低聚合度树脂在木材中进行自由基

聚合,所得复合材料称为塑合木。这种复合方式可以提高木材的尺寸稳定性、耐腐蚀性、防蛀性,以及木材的物理力学性能。所浸注的单体一般采用苯乙烯和甲基丙烯酸甲酯等。另一种是将木材以刨花、纤维和木粉的形态作为增强材料或填料添加到热塑性塑料中,并通过加热使木材与熔融状态的热塑性塑料进行复合而得到复合材料。

从木塑复合材料的基体与功能体结合方式考虑,可将其分为以下三类:

(1)实体木材/塑料复合材料:此类材料以基体与功能体之间或功能体在基体内部的化学合成反应为主要特征。

(2)木纤维(木粉)/塑料复合材料:此类材料以木质纤维材料为基体与高分子塑料直接复合,其结合方式以两种材料表面(或界面)物理结合为主。此种材料的制造工艺是将木纤维或木粉与塑料充分混合,在混合过程中塑料熔化形成制品。当木材组分低于 50% 时,称为木质填料塑料;而木材组分高于 60% 时,则称为热塑性树脂增强型复合材料。该种复合材料的某些物理力学指标优于纯木材制品,可再加工成各种模压制品,在包装、家具、房屋建筑及汽车内饰件等领域具有广泛的应用。

(3)木材/塑料合金复合材料:将实体木材或单板用一种聚合物的单体或预燃物浸注,然后使其在木材中聚合。一般来说,这种聚合物不能进入木材的细胞壁,而是存在于细胞腔内。此种聚合材料比原有材料具有更高的强度、刚度、耐磨性及其他一些优良的物理性能,可制成地板、乐器、运动设备及装饰材料等。木材-塑料合金复合材料要求木材高分子与塑料完全融合,具有类似于金属材料以及共混高分子材料所达到的那种状态。该种复合材料制作过程中首先要对木材的化学组分进行改性,使其能溶于某些溶剂或在高分子塑料中均匀分散。

1.3 复合材料的性能特点

木塑复合材料结合了木材和塑料的长处,因此具有以下优点:

(1)社会经济性好,符合可持续发展理念,特别适于我国“保护天然林”的国策。

(2)耐用、寿命长,有类似于木质的外观,比塑料硬度高。

(3)具有优良的物性,比木材稳定性好,不会产生裂缝、翘曲,无木材竹疤、斜纹,加入着色剂、覆膜或复合表层可制成各种色彩绚丽的制品。

(4)具有热塑性塑料的加工性,容易成型,用一般塑料加工设备稍加改造后便可进

行成型加工。加工设备投入资金少,便于推广应用。

(5)有类似于木材的二次加工性,可切割、粘接,用钉子或螺栓连接固定。

(6)可用于装潢、装饰,可涂漆美化,产品规格形状可根据用户要求调整,灵活性大。

(7)不怕虫蛀,耐老化,耐腐蚀,吸水性小,不会吸湿变形。

(8)能重复使用和回收再利用,可以生物降解,保护环境。

(9)有利于环境保护,可用废弃木材、农作物纤维和废弃塑料作材料。

(10)资源丰富,费用低廉,成本低。

木材和塑料复合,复合材料也继承了两者的部分缺点。尽管广大的科研和工程人员做了不懈努力,但木塑复合材料在各种使用场合中仍存在着一些不足,主要表现为:

(1)密度高,通常为木材的 2~4 倍。

(2)产品的安装费用相对较高(由于复合材料的密度较大,在组装时需要使用射钉枪或自攻螺钉)。

(3)耐热和耐紫外线能力较差。

(4)制品的硬度和载荷能力较木材差。

具体到产品使用过程中,有以下表现:

(1)制品抗冲击性能差,脆性大,易损坏断裂。其原因有:废旧塑料及木粉(天纤)质量不合格,选择不当,配方及工艺条件不合理,原料含水量高,加工时产生气泡,水解或热分解使树脂分子量降低。

(2)制品结构不密实,有气孔、蜂窝,剥离或分层。其原因有:原料混合不均匀,混炼效果不好,没有应用塑料改性技术,使两种极性不同的物质(塑料/天然纤维)不相容,不能牢固黏结。

(3)制品表面不平整,有斑孔、翘曲、变形。其原因有:螺杆、料筒有伤痕缺陷而引起物料滞留或炭化,原料不符合规格要求,含有杂质,没有选用流动性适宜、收缩率和各向异性小的基体树脂,对定型模冷却控制不好。

由于木塑复合材料具有单纯的木材和塑料无法比拟的诸多优点,已受到国内外的广泛关注。该材料是绿色环保材料,生产过程中可以回收利用低成本的废弃木材和塑料,木塑复合材料可取代木材,有效地缓解我国因森林资源贫乏而木材供应紧缺的矛盾。木塑复合材料生产技术既符合国家经济形势发展的需要,也符合国家的产业政

策,而且产品使用范围广。因此,可以相信木塑复合材料是一种极具发展前途的材料,也是一项有生命力、有市场开发前景的新技术,具有广阔的市场前景和良好的经济效益和社会效益。

1.4 复合材料的改性

鉴于木塑复合材料的性能和使用过程中的问题,需要对材料进行改性。总体来说,改性方式分为以下几类。

1.4.1 对木质部分进行处理

对木质的处理主要分化学和物理两大类方法。

1. 化学方法

(1)表面接枝法:接枝是一种有效的改性方法,可以在复合前或复合时对植物纤维进行接枝。如可以用马来酸酐、异氰酸盐等接枝植物纤维。

(2)界面偶合法:用偶联剂与植物纤维形成共价键来改变界面黏合性。如采用硅烷偶联剂、钛酸酯偶联剂、铝酸酯偶联剂等(殷东平等,2010)处理纤维,改善纤维与树脂的相容性。偶联剂的最佳用量与偶联剂在木粉颗粒表面的覆盖程度有关。如果偶联剂用量太小,会因为填料表面的包覆不完全,难以形成良好的偶联分子层,而起不到理想的偶联和增容作用。用量太大,则偶联剂过剩,在木粉表面会覆盖过多的偶联剂分子,形成多分子层,易造成填料与树脂之间界面结构不均匀,且偶联剂中未反应的其他基团也会产生不良作用,从而降低复合材料的力学性能。

(3)乙酰化处理法:植物纤维表面的羟基经乙酸酐或烯酮处理后,木材上的极性羟基基团被非极性的乙酰基取代而生成酯。在工业上通常使用乙酸酐、冰乙酸、硫酸的混合液进行乙酰化处理。

(4)低温等离子处理法:用低温等离子处理能引起化学修饰、聚合、自由基产生以及植物纤维的结晶度改变等物理变化。

2. 物理方法

(1)物理加工法:通过拉伸、压延和热处理等方法对木纤维或木粉等进行预处理,这种方法不改变其表面的化学组成,但是可改变纤维的结构与表面性能。

(2)碱处理法:用 NaOH 等溶解木质中部分果胶、木质素和半纤维素等低分子杂质,不改变主体纤维素的化学结构,使微纤旋转角减小,分子取向提高,从而提高微纤的断裂强度等。其处理效果主要取决于碱金属溶液的类型及溶液的浓度。

(3)酸处理法:用低浓度的酸液处理木质部分,主要除去影响材料性能的果胶等杂质。

(4)有机溶剂处理法:主要洗脱木质中的蜡质,从而提高木质部分和聚合物基体间的黏结性。

(5)原纤的表面放电处理:主要采用溅射放电、电晕放电等,以引起物理方面的变化,使植物纤维表面变得粗糙以增强界面间的黏结性能。

1.4.2 对树脂部分的处理

通过在基体树脂上引入极性基团改变其极性,常用的方法是用马来酸酐(MA)接枝处理聚合物。如用马来酸酐对 LLDPE 作改性处理,在自由基存在的条件下用马来酸酐对线性低密度聚乙烯进行接枝反应,将 MA 上的极性基团引入非极性的聚乙烯分子上,形成 LLDPE-MA 共聚物。LLDPE 改性后,大分子上的羧基极性基团与木纤维分子中的羟基,由于极性相近,分子间的作用力增强,使得两者间的相容性增强,从而提高了 WPC 的整体性能。

1.4.3 添加相容剂

目前,添加相容剂是改善相容性采用最多的一条途径。添加的相容剂一般是一端含有极性基团,另一端含有非极性基团的化合物。根据相似相容原则,含有极性基团的一端与木质部分相容,而含有非极性基团的一端则与树脂部分相容,起到桥梁作用而将两者结合在一起。一般相容性的改善是通过降低两相间的界面能,促进木纤维在树脂相中的分散,降低木纤维之间的凝聚力,提高聚合物基体的容纳能力而实现的;另外还通过增加高分子链与纤维间的机械缠绕而提高界面的黏结力,得到优良性能的产品。这类物质主要有乙烯-丙烯酸酯共聚物、马来酸酐改性聚丙烯、酚醛树脂等。

2 木塑复合材料的发展及应用

2.1 木塑复合材料的发展

早在几十年前,美国就开始了对于木塑复合材料的研究,但由于加工技术不成熟,与塑料和纯木材制品相比,木塑复合材料有很多性能缺陷,其一直没有迅猛地发展。随着工业技术水平的提高,新的加工工艺使得木塑复合材料的使用性能大幅度提高,木塑制品的市场迅速打开。大规模的工业化木塑复合材料生产始于 20 世纪 80 年代,随着汽车工业的迅猛增长,汽车内饰件的需求空前加剧,随后木塑复合材料一直保持稳定增长。随着市场的进一步开拓与挖掘,木塑复合材料越来越多地应用于房地产、公共设施等方面。1991 年,国际木塑复合材料会议在美国召开。在 20 世纪 90 年代的十年间,美国的木塑行业获得了长足的发展,每年的增长都在 10% 以上。经过多年的发展,美国已经有 50 多家年产量在万吨以上的木塑企业,其中最大的几家公司已在纽约证券交易所上市,形成了一个从产品开发、原材料收集、设备制造、模具研发、制成品生产到营销的完整工业。欧洲木塑工业总体发展不如北美地区,但近年来有加快走向。欧洲木塑企业不多,产量和科技水平与中国企业相称,但其拥有强盛的装备制造能力,发展潜力不可小视。欧洲人对木塑材料的要求比较细腻,对品种花色的需求也大于北美,室内装修装饰和户外建筑齐头并进,但使用的技术和商品行情还不甚成熟,有增长的空间。日本由于地理原因和环境保护意识,木塑材料的使用比较普遍,产品质量亦优良。日本的木塑研发机构经过十多年的努力,研发出高品质的木塑材料。其产品具有自然的木材色泽和质感,已在房屋建设和内装饰领域得到广泛应用,是目前世界上品质最高的产品之一,代表了木塑材料替代天然木材的质量水平和发展趋势。