

聚丙烯\木粉复合材料的性能研究

摘要

随着新一代科技和产业变革加速发展,环境问题已深得人心,加上病毒在全球的蔓延,如何利用有限的资源来应对当前面临的各个严峻问题,是各国政府和各行各业应该首当其冲考虑并解决的。为制得一种环保节能、成本低廉、可回收再利用的新型复合材料,科学家们将作为基体相的塑料与作为增强相的木纤维熔融共混,并得到一种具有良好力学性能和特性的木塑复合结构材料(WPC)以此来应用于各个领域。

WPC作为复合结构材料,由两种及以上不同性质的材料共混合成具有新性质的材料。各单相材料均保留其本身成分和特性,通常来说不会熔融溶解,只是达到相互作用的结果。木纤维作为天然高分子材料,含有大量的官能团成分,特性十分复杂。研究表明,将木质材料与塑料这两种不同性质的材料复合在一起,将生产出一种优于复合前性能的新型材料。

本课题利用将预处理后的聚丙烯(PP)与改性MPP,分别加入20%含量的木粉(WF),再与含量不同的壳粉(SP)共混制备出PP/改性MPP+WF+SP的木塑复合材料,再将制得的木塑复合材料薄膜裁剪成既定形状进行力学性能和SEM测试。本实验以不同含量的PP或不同含量的改性MPP为基体,探究了加入20%木粉后与不同含量的填充体——壳粉时,所对木塑复合材料性能的影响及其机理。以材料的各项力学性质为指标,进行实验,得到影响复合材料性能指标的参数。结果分析表明:随着壳粉含量的不断增加,PP/改性MPP的木塑复合结构材料的断裂强度、屈服强度、断裂伸长率呈不同的趋势进行变化。

关键词:聚丙烯;改性MPP;木粉;壳粉;复合材料;力学性能;

第一章 绪论

1 前言

近年来,全球可利用资源问题日益严峻,各种环保问题深得人心。科学家们终于在绿色环保领域内取得了重大突破——利用天然纤维来增强热塑性塑料复合材料的性能。作为增强相的纤维,包括麻纤维、甘蔗渣、麦秸杆、椰壳纤维、竹类纤维、木纤维等天然纤维,它们具有质轻、价低、来源广、能降噪、能生物降解及良好力学性能的特点

,在市场上同时具有极大利用价值和优势。聚丙烯作为热塑性塑料,在生产加工整个流程下来,只有物理性质的变化,而不会因化学成分结构改变而产生有害物质污染环境;相反,作为还会发生各种化学反应的热固性塑料,会对环境进一步产生污染。因此,热塑性塑料作为复合材料的基体,具有更高

的环保效应，它也被称为新世纪以来的绿色材料。在当今资源日益枯竭及环保问题深得人心的情况下，利用天然纤维与热塑性塑料复合制备的新型环保复合材料——木塑复合材料，将具有更好的力学性能，它作为新材料能更好地替代原化工厂、木厂、纸厂开采加工的木材，极大保护了自然环境。

作为新型环保复合材料——木塑复合材料（WPC），它在各领域内的发展极快，效益也更好。采用废旧塑料和旧木材作为制备 WPC 的原料，将其经高温下加热至熔融状态共混后，使木纤维填充改性原塑料的力学性能，再经加压从挤出机中挤出或注入模具模腔中加工成型，最后生产出了具有优良性能的新型板材。

由于作为 WPC 基体材料的聚丙烯，具有密度小、化学稳定性好、力学性能优良的特点，而作为增强相的木粉则具有价廉、高比强度、低密度、可再生、可生物降解、价廉、高比强度、低密度等一系列优点，因此，两者共混成的新型复合材料，将具有极高的市场竞争力及应用价值。

木粉表面具有强极性，而作为基体相的聚丙烯则是非极性分子，它们的相容性极差，因此，聚丙烯在填充了大量的木粉以后，制得的木塑复合材料的力学性能也极差。为了改善制得的木塑复合材料的力学性能，在共混之前，首先要对木粉进行预处理，即通过改变木粉的表面极性以此来提高木粉与聚丙烯表面间的黏合能力。

本课题则选用木粉\聚丙烯为研究对象，以加入不同含量的壳粉作为变量因素，首先确定确定合适的加工工艺参数，经流变仪熔融共混后制备出不同配方的纯样、1%SP、2%SP、3%SP、4%SP 六种不同壳粉含量的木塑复合材料，再通过硫化机压模成型，最后取样进行力学性能和电镜测试，研究壳粉含量的增加对复合材料性能的影响。

2 木塑复合材料

2.1 木塑复合材料概述

木塑复合材料（WPC）是一种于二十世纪初为解决环保问题而开发应用，以十分常见的植物纤维和树脂基为主要成分，经表面改性或其他预处理后通过加工成型工艺，最后制备出能够发挥木材与塑料的许多优点的一种新型绿色环保复合材料。之所以能够更好地替代原木材和塑料制品，一来是因为木纤维和植物纤维来源丰富、价格低廉、质量轻、设备损耗小、吸声性能好、可生物降解性好。二来是由于热塑性塑料在作为基体材料时，其成型过程完全是物理变化，与热固性塑料相比，无环境污染，因此 WPC 被称为新世纪的绿色材料，既能有效解决当前世界森林资源匮乏的问题，又能很好的缓解我国木材供应的问题。WPC 从结构上看，是将充当连续相的热塑性树脂作为基体材料，而将位于分散相的木纤维作为增强材料，两者通过如接枝、偶联等化学手段，形成具有高稳定性的分子体系结构，使木塑复

合材料最终能够发挥出原木材和塑料无法比拟的许多优良性能。这是一种具有优良综合性能的新一代结构材料，类似于木材，但优于木材。[1]目前，市面上所使用的木塑复合材料大致分为：PE 木塑复合材料、PVC 木塑复合材料、PP 木塑复合材料、ABS 和 PS 木塑复合材料。其中，PE 木塑复合材料的市场用量占比最大，达 80%；而 PVC 木塑复合材料的占比为 10%；PP 木塑复合材料虽然只有 8%，但是大部分都集中应用在了各种顶尖先进技术领域内，是一类使用较广泛且具有优良性能的通用塑料；而因为配方和技术等方面限制了 ABS 和 PS 木塑复合材料的研发与使用，在市面上的占比仅为 2%。[2]

2.2 木塑复合材料原料

木塑复合材料是一种将植物纤维（稻壳、木粉、秸秆等）填充到塑料基上，通过各种原料预处理和表面改性研发制备的绿色环保型复合材料。它的原料可分为塑料、植物纤维及添加剂三种。下面分别介绍三种不同的原料：

植物纤维：植物纤维作为天然高分子材料，在自然界中天然纤维材料的占比极大，来源丰富，具有价格更低廉、质量较轻、比强度大等优良性质，并且可通过再生利用提高对原料的重复使用率，具有可生物降解性，极大程度降低了对环境的进一步污染，同时，植物纤维在处理加工过程中不会增加对各种设备的耗损，反而作为原料更加有利于产品的加工制备，有很好的发展前景。

(1) 木纤维：木纤维是目前自然界中资源最丰富的天然纤维之一，其中大部分的木粉与木纤维都被视作木塑复合材料的生产原料，应用到各类复合材料的制备中。然而木纤维内存在大量亲水性的极性基团，具有很高的化学极性，根据相似相容原理，在与非极性树脂熔融共混时，会由于树脂基内含有的大量非极性基团而导致相容性较差，界面粘结力也因此减弱，木纤维作为承载载荷的部分，无法有效的传递应力，所以复合材料的力学性能较低。

(2) 麻纤维：我国麻纤维的种类极多，资源十分丰富，该类纤维价格低、质量轻、比强度和比模量大、良好的耐磨性与耐腐蚀性，以麻纤维为增强相的木塑复合材料拥有更好承受载荷的能力。这些优点使以麻纤维为填充料的复合材料用来制造各种建筑板材和工业制件。

(3) 竹纤维：竹纤维相比原木材在自然界中的存在，含量较低。这种纤维的内部结构不同于原木材，内部分子排列紧密，是一种十分结实材料，同时在加工成型过程中具有很强的可塑能力。尽管内部结构差异巨大，但是它们的化学成分却如出一辙。竹纤维以建材家具及装修的应用居多。

(4) 稻壳纤维：作为易从自然界中大量获得的稻壳纤维，是一种由稻米加工生产后所得到的副产物，纤维长度远小于木材，成分稳定，相比木粉作原料而言，利用稻壳来增强塑料将具有更加结实紧密的结构特点。近年来我国科学家对稻壳粉作为复合材料原料的研究颇多，胡圣飞团队研究了 PVC/

稻壳粉复合材料的结构性能；邓巧云团队则系统研究了 PE/稻壳木塑复合材料所具有的良好耐磨性能。

(1) 其他植物纤维：在某些具有特定性能的木塑复合材料生产中，常常也会采用特定的植物纤维来作为填充料，目前常用的有杆、秸秆、玉米秸、椰壳粉等。

塑料：塑料分为热塑性塑料与热固性塑料两类，热塑性塑料由于其在成型过程中完全是物理变化，不会产生其他有害类物质污染环境，因此，相比热固性塑料，热塑性塑料作为复合材料基体原料的使用更多。

(1) 聚丙烯：聚丙烯作为一种热塑性塑料，具有无毒无味、低透明度、刚性大、高强度高硬度以及良好的耐热性等优点，利用植物纤维填充改性聚丙烯，可以获得优良的力学性能。

(2) 聚氯乙烯：聚氯乙烯的来源十分广，且价格低廉，性能优良，具有良好的阻燃性及高稳定性，因此科学家们便利用聚氯乙烯来作为复合材料的一种基体原料。研究表明，以木粉与聚氯乙烯作为原料的木塑复合材料能够达到一定的阻燃作用。但是由于聚氯乙烯在高温下的有毒性，释放的气体会极大程度造成对环境的污染，所以不适合用作包装等环保型材料。

(3) 其他塑料：聚苯乙烯、ABS 塑料、聚乳酸等热塑性塑料仍然可用作制备木塑复合材料的基体原料，但由于其受限于配方技术的因素，使用较少。然而采取用它们作为原料也能具备一些独特的性能，如利用聚苯乙烯为原料制备的木塑复合材料可应用于发泡木塑复合材料。

添加剂：由于植物纤维具有很高的化学极性，而塑料基内的大部分非极性基团使其具有非极性，因此，当植物纤维填充到塑料基内时，无法很好的相容，界面结合力也很弱，导致复合材料的性能达不到理想效果。为改善它们的相容性问题，往往采取加入偶联剂、相容剂的方法来提高二者的界面结合能力。目前常用的偶联剂包括：硅烷类、氯酸酯类、异氰酸酯类等。[3]

2.3 木塑复合材料特点

木塑复合材料是由树脂基体和木纤维共混制成的，其中树脂基体多为高分子材料，而木纤维是在植物中提取而出的天然聚合物原料。复合材料的性质决定了它同时具有树脂和木材的一些特性。主要特点有：

(1) 环保。将废物转化为宝藏，这是 WPC 最大的优点。大部分木塑复合材料以植物纤维和热塑性塑料为原料，在生产和使用过程中，不会产生有害物质污染自然界，也不会危害人类的身体健康，同时，除材料本身可以回收利用外，其原料也可回收再生产。

(2) 良好的物理性能。木塑复合材料具有类似木材的外观但又优于木材性能的特点，材料的尺寸稳定性高，不容易产生裂痕、缝隙。WPC 在具有与原木材相似的力学性能之下，还拥有比木材更高的弹性模量和更强的耐久性。

[4]

(3) 具有良好的热塑性、加工性好，可调性好。回收塑料是木塑复合材料的主要原料之一。重复加工虽然会降低 WPC 的力学性能，但加工性能却得以提高。只要有模具即能进行一次成型木塑制品加工无剩余物。同时也具有与木材相似的二次加工性，通过切割、摩擦、固定等可多次用来加工成型。

(4) 具有耐腐蚀、耐老化、很好的防潮性、不繁殖微生物、不易被虫蛀、不长真菌的特点。同时使用寿命长，可达 50 年以上。

(5) 比塑料硬度高。

(6) 原材料来源广泛。[5]

2.4 木塑复合材料的发展

关于人们使用天然纤维作为增强材料的研究已经有很多年的历史。木塑材料的产业化最早要推广到二十世纪八十年代的美国，美国的一家化学纺织品公司——Milliken 公司，历经多年研究，研制出了一种能够近乎完美地替代原热塑性塑料制件（GMT）的新型材料——100%聚丙烯复合材料。这种新研发的材料相比 GMT 而言，具有近乎一样的机械强度和力学性能，同时还因为塑料原料为 100%聚丙烯而拥有更高的回收利用性能，使之在生产和使用过程中更加环保安全。随着技术水平的不断提高，美国逐渐成为全球第一个大规模研发和应用木塑复合材料的国家。[6]木塑复合材料具有优于木材、塑料等材料的许多特性，并且通过对废弃木材、植物纤维和塑料制品资源的回收利用，有效解决了环保问题，成为了一种新世纪绿色材料。它由美国研发使用一段时间以后，随后在欧洲、日本等发达国家中也发现了被大量广泛应用的现象，欧洲木塑产业虽然近年来趋势加快，但总体水平不如美国，相比之下日本具有较欧洲更加领先的技术水平，其国内的木塑产业已经形成了相对规范的产业和市场了，后传入我国。

我国作为原料生产大国，每年光生产的植物纤维和塑料废料就达几千万吨，过去在有限的技术条件下，给大自然造成了极大的污染。面对如此之多的废料，如何更好地利用这些有限的资源，将废物转化为宝藏以便更好地回收利这一问题以深得人心。于 1998 年，我国木材研究所正式开始了研发生

产使用木塑复合材料。在长达二十多年的研究发展过程中，科学家秉持悉心专研的精神，如今我国现有的木塑制造厂约达 2000 家，光 2019 年一年的木塑生产量更是多达 300 多万吨，这在整个全球的木塑产量总比重中高占七成之多。我国无论在生产和消费总量而言还是出口总量而言，都傲视全球，同时，木塑生产技术也达到了国际水平，步入了木塑生产大国的行列中。如今，我国依旧重视木塑的生产和应用，始终将环保放在第一位，并不断研发新的应用领域。[7]

2.5 木塑复合材料的应用现状

目前，以木塑复合材料代替原木质材料，是解决绿色环保问题的第一选择。由于木塑复合材料所具备的优良特性，如今已被广泛应用于人们日常生活的各个领域：

(1) 建筑模板。传统建筑模板以钢模板和胶合板为主。其中，钢模板的成本较高、冶炼困难同时工业生产中会产生有害废弃污染环境；而胶合板的使用寿命较短，导致无法重复回收利用，作为建筑模板的应用较不利。取而代之的是木塑建筑模板，在近乎完美替代钢模板和胶合板的性能同时，还可以回收再生多次利用，利于环保。[8]

(2) 景观园林。木塑复合材料能够防水防潮，同时能有效地抵抗昆虫和微生物的侵蚀，不易腐烂，加上其具有很强的可塑性，能够应对不同的场景和环境来改变其结构、尺寸、纹理，最后实现理想构造，可再生性使之资源回收率高，利于环保。根据这些特性，木塑复合材料被用来作景观栈道、观景台以及公共设施。[9]

(3) 汽车内饰。木塑复合材料具备良好的隔声吸音性、隔热能力、耐腐蚀能力、加工性、可调性、吸水性、可塑性和高强度的特点，以及木质材料的基本外观和纹理，在触感和视角上赋予较好的美学价值，因此，被广泛应用于汽车的内饰配件中，如门扶手、方向盘、仪表盘、内饰板等。[10]

3 木塑复合材料生产制备和原料处理

3.1 木塑复合材料的生产工艺生产工艺流程如下 3 种：

(1) 挤出成型工艺。这是一种传统塑料制品挤出工艺，技术指标要求其植物纤维原料以木粉形式加入料筒时粒径大小须控制在 100 目内，后与熔融状态下的塑料熔融共混挤出成型。工艺流程如图 1-1：

WPC 的挤出成型工艺又分两大类，即一步直接挤出法与预先造粒两步法。其中，一步法是指将处理过后的木纤维和塑料原料及助剂直接加入到挤出机中，在挤出机混均匀，再干燥后通过既定形状的模具挤出成型。该方法对挤出机的要求更高，在制备过程中具有时间短、效率高、成本低且能够连续

生产的优点。与一步法不同，两步法采取的是先预先混合造粒，后通过挤出机挤出成型得到制品的流程。较一步法而言，两步法将造粒过程和挤出成型分开进行，这样使操作更加灵活更加简单。

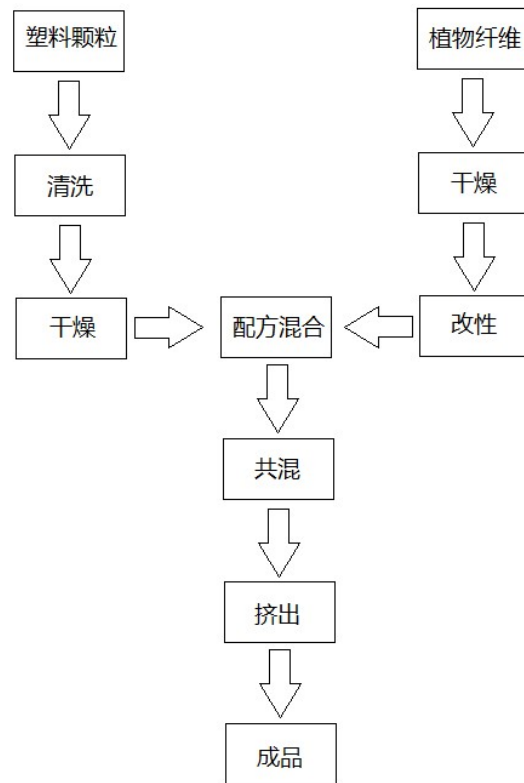


图 1-1 挤出成型工艺成型过程

(1) 热压成型工艺。一般适用于木纤维含量达到 70%以上木塑复合材料的生产制备。工艺流程如图 1-2:

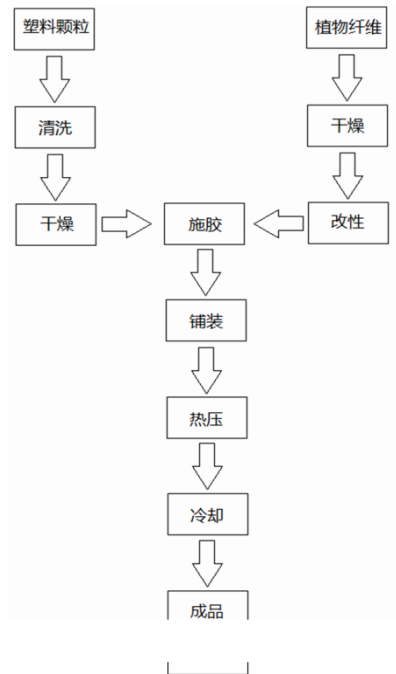


图 1-2 热压成型工艺成型过程

该工艺的特点是将不同形态的木纤维在常温下简单混合后，再与塑料颗粒一并热压加工成复合材料，用以制备一定规格下的不连续板材，如木质单板、木塑复合板材及模压制品。

- (1) 注射成型工艺。该工艺是将木纤维和塑料原料在高温条件下加热达到固化状态后，再加压使其经过注塑机最终注入到模具模腔中，从而制得成品。工艺流程如图 1-3：

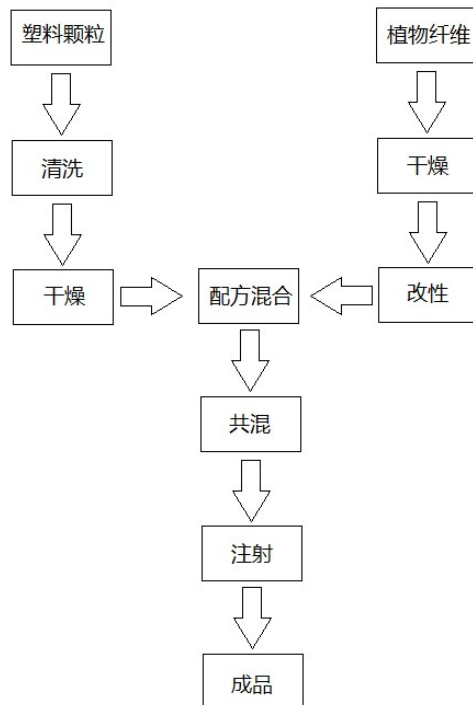


图 1-3 注射成型工艺成型过程

注塑成型工艺是目前一个较为全新的生产工艺，主要用于制备生产三维立体制品。该工艺具有生产效率高的优点，同时能改善产品的表面质量，并且能实现产品的自动化生产，还包括能够制得一些形状尺寸较为复杂的产品。

注塑成型工艺正迅速地在各行业普及，制得的注塑成型制品也以极快的速度增长。[11-12]

3.1.1 木塑复合材料生产工艺的技术要点

WPC 作为一种聚合物基复合材料，性能在受原料的化学结构和组成的影响以外，同时很大程度上取决于生产加工工艺流程中的各个技术因素，这些工艺因素往往导致材料内部结构的形成，从而影响材料的最终性能。同时，加工工艺条件也是作为提高产品生产率的关键因素。以下因素会导致产品的最终性能或工艺效益。

- (1) 加工时间。加工时间对 WPC 的晶态结构影响并不大，然而随着加工时间的延长，WPC 原料间的界面作用力得到提高。[13]
- (2) 注射速度。工艺上关于注射速度的要求严格，为获得具有连续均匀微孔结构的 WPC，关键在于对注射速度的把控。若在挤出成型过程中采取以较高的注射速度通过，可以使产品在一定程度上质量有所提高。然而注射速度过高过低均会导致不理想的产品结果，如速度过高会降低产品的表面质量；注射速度太低的话又会提高产品在挤出机中的流动阻力，使其难以成型，并降低了材料的发泡率，最终导致产品的质量密度不均匀现象且存在应力等问题。
- (3) 注塑压力。气体在混料中的溶解度与注塑压力密切相关，往往当注塑压力提高会伴随着挤出机内气体的溶解度升高。当然，若一直提高注塑压力往往事与愿违，研究表明，当气体受过高压力在挤出机里流通，会大大产生细小的泡孔，导致产品质量差。
- (4) 加工温度。温度过低，会阻止熔料中气泡的产生；温度过高，会使产生的气泡过早分解，气泡数量降低。

[14]

- (5) 螺杆转速。在一定限度下，螺杆转速越高，WPC 的挤出生成量越大。因此，适当提高螺杆转速能有效提高生产效率、降低生产成本。但过高的螺杆转速会影响产品的质量。[15]

3.2 提高木塑复合材料的界面相容性

木塑复合材料是一种天然高分子材料，由植物纤维、塑料基及各种助剂组成。木纤维原料本身就是一种性能复杂的材料，由于其内部含有大量亲水性的极性基团——大多由羟基和酚醛基官能团组

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/738041143041007001>