

PVC/木粉复合材料挤出发泡成型的研究

薛 平 贾明印 王 哲 丁 筠

(北京化工大学塑料机械及塑料工程研究所, 北京 100029)

摘要 介绍木塑复合材料挤出发泡成型的发展和加工难点, 针对聚氯乙烯(PVC)/木粉复合材料挤出发泡的成型方法, 从原料、配方、工艺、设备等方面作了详细分析。简述了 PVC/木粉复合材料挤出发泡制品的性能及影响制品性能的主要因素。

关键词 聚氯乙烯 木粉 复合材料 挤出发泡

1 概述

目前, 市场上的塑料增强填料大多为碳酸钙和玻璃纤维, 分别占 40% 和 31%, 其它无机填料有滑石粉、玻璃微珠等。这些传统的填料可使复合材料的性能发生很大变化, 且这些填料的成本较低。在过去几年一些天然有机增强填料如纤维素填料正逐渐渗透到这个领域, 因为它们的优点比许多普通矿物填料要多, 如原料易得、成本低、密度小、对设备的磨损小、原料可循环利用、无污染、可降解等。此外, 用这些有机填料替代无机填料可显著减小制品密度, 降低成本, 但不会减小复合材料的刚度。在这些纤维素填料中木质纤维最为显著, 正得以广泛地应用。木塑复合材料正是在此基础上发展起来的^[1,2]。

木塑复合材料兼有木材和塑料的双重特性, 制品不怕虫蛀、不生真菌、抗强酸强碱、不吸收水分、不易变形、力学性能好、耐用性比单纯的木质制品高数倍, 具有坚硬、强韧、耐久、耐磨、尺寸稳定等优点。一般来说, 木塑复合材料的硬度比处理木材提高 2~8 倍, 耐磨性可提高 4~5 倍, 耐磨性甚至比大理石还高, 其吸湿性和吸湿膨胀率也较低, 耐大气腐蚀能力较强。若加上各种添加剂, 则可赋予木塑复合材料各种特殊的性能。此外, 它也是一种环保材料, 原料廉价丰富且可回收, 在减少环境污染、保护森林资源、促进经济发展方面都有良好的社会效益和生态效益^[3,4], 因而木塑复合材料正在得到广泛的应用, 具体包括家具桌椅、包装托盘、风景园林材料、栅栏、窗框、汽车内饰件等。

尽管木塑复合材料已经工业化生产, 但目前制品性能的缺陷使其不能应用到其它工业领域, 特别是在承受冲击或加载结构的工业场合应用中还存在诸多问题。亲水性的木纤维和疏水性的塑料之间的粘结力很小, 导致制品的力学强度较低, 木塑复合材料的拉伸强度和弯曲强度比未填充塑料要小。此外, 由于木纤维的弹性模量较高, 木塑复合制品较未填充塑料脆性大, 冲击强度也相应降低, 而且其密度一般比纯塑料和木材要高(密度为传统木制品的近 3 倍), 这主要是由于木纤维在加工过程中被压缩致密所致。

为了扩大木塑复合材料的应用范围, 必须解决上述缺陷。为此, 研究者们进行了大量的研究, 比如在配方中加入偶联剂对木粉进行表面改性, 可提高木塑复合材料的强度,

使木塑复合材料的拉伸弹性模量和弯曲弹性模量得到很大提高, 但这类方法仍不能提高复合材料的耐冲击性和延展性, 不能降低制品的脆性和密度。

研究表明, 用连续或间歇式挤出发泡成型复合材料可有效克服上述缺点。通过使木塑复合材料发泡可形成良好的泡孔结构, 这些泡孔可钝化裂纹尖端并有效阻止裂纹的扩展, 从而显著提高材料的耐冲击性和延展性, 并大大降低制品的密度^[5]。

间歇式发泡过程形成泡孔结构一般经过气体饱和、气泡成核和气泡生长三个步骤。尽管气泡成核和气泡生长只需几分钟, 但气体达到饱和一般需要几个小时或几天。因此间歇式发泡不是经济有效的方法, 很难实现工业化生产。连续挤出发泡法以其成本低、效率高、耗时短且易于实现工业化等优点而正在逐步取代间歇式发泡法, 成为发泡塑料成型的主要方法。对此许多研究者也作了大量的研究工作。

F. G. Torres 等研究了单螺杆挤出机挤出发泡过程中的泡孔结构。结果表明, 气泡的泡孔结构在很大程度上依赖于木塑混合物的加料特性, 如果木纤维在加料段分散很均匀, 则最终能得到气泡分布均匀的制品, 否则气泡分布不均且尺寸较大。

L. M. Matuana 等^[6]研究了用木纤维中的水分作发泡剂来发泡成型硬质聚氯乙烯(PVC)/木粉复合材料。他们研究了木纤维中的水分含量、丙烯酸改性剂含量、化学发泡剂(AC)含量及机头温度对发泡过程的影响, 发现木纤维中的水分含量和 AC 含量之间没有协同增效作用。在硬质 PVC/木粉复合材料的发泡配方中加入丙烯酸, 可明显降低制品密度, 而且如果丙烯酸含量合适, 机头温度设定合理, 不用任何化学发泡剂也可使硬质 PVC/木粉复合材料发泡成型。

F. Mengelgus 等^[7]研究了用吸热型和放热型发泡剂挤出发泡成型硬质 PVC/木粉复合材料的过程。发现放热型发泡剂得到的泡孔尺寸要比吸热型发泡剂的小。他们还研究了 PVC/木粉复合材料发泡制品的力学性能, 发现发泡后 PVC/木粉复合材料的延展性得到了提高, 空隙率可达 35%, 但与此同时也造成拉伸弹性模量和拉伸强度的降低^[8]。

Li Qingxiu 等^[9]研究了高密度聚乙烯(HDPE)/木粉复合材料的挤出发泡,并讨论了发泡剂的含量、类型、形式及偶联剂类型对发泡材料泡孔结构的影响。发现对于 HDPE/木粉复合材料的挤出发泡成型,无论用什么类型的化学发泡剂,其含量对泡孔尺寸的影响并不大,而且若用聚合物携带化学发泡剂,可有效增强其分散性。在 HDPE/木粉复合材料配方中加入适量的偶联剂可得到空隙率较大的发泡制品。

G. Rizvi 等^[10]用木纤维中的水分作发泡剂来挤出发泡高抗冲聚苯乙烯(HIPS)/木粉复合材料。研究表明,在合适的挤出加工温度和木纤维的含水量下,可利用木纤维中的水分成功发泡 HIPS/木粉复合材料,并可得到很大的体积膨胀率(达 20 倍)。

北京化工大学塑料机械及塑料工程研究所在成功开发出多种木塑(包括 PE、PP、PVC)复合材料的基础上,正进一步研究 PVC/木粉复合材料的挤出发泡成型过程,且已取得较大进展。

2 PVC/木粉复合材料挤出发泡成型的加工难点

2.1 混料和喂料

由于木粉具有较强的吸水性,且极性很强,而 PVC 则为非极性,具有疏水性,所以两者之间的相容性很差,界面的粘结力也很小。此外木粉的密度较低,与其它矿物填料相比,它与树脂基体的混合较困难。而要得到良好的泡孔结构,必须使木纤维在 PVC 基体中分散均匀。

亲水性的木纤维有相互缠结的倾向,但与疏水性的聚合物之间却没有这种倾向。因此木纤维在通过大多数加工设备的较小加料口时很容易堆积,而聚合物却很容易加入挤出机中。这不仅导致木纤维在 PVC 基体中的分散不均,而且有时还会堆料,堵塞挤出机。因此为了均匀加料,需严格控制加料速率,并要防止加料过程的堵塞。

此外,在 PVC 中加入的木粉大部分为粉料,由于其结构蓬松而不易喂料,同时 PVC 基体与木粉不能以理想的混合体系加入挤出机中,不可避免地会出现“架桥”现象,特别是木粉中含有水分较多时这一现象更为明显。加料的不稳定不仅直接导致挤出产量低,而且还会使挤出出现波动现象,造成挤出质量降低。同时由于加料中断、物料在机筒内停留时间过长而导致物料烧焦变色,影响制品的内在质量和外观。因此必须对加料方式和加料量进行严格的控制,一般采用强制加料装置以保证挤出的稳定^[11]。

2.2 加工过程中的水分

发泡挤出加工过程中的水分主要来自木纤维,木纤维所携带的水分有细胞腔中的自由水、细胞壁中的结合水及分子结构中以羟基形式存在的氢和氧 3 种形式。在木塑复合材料的挤出发泡过程中木纤维中的水分是一个很重要的问题,因为它会引起泡孔结构的劣化。水分对发泡过程影响显著,可能使设备腐蚀,产生较差的泡孔结构,使制品表面出现水迹,以及因水分凝缩而导致制品尺寸收缩等现象。在挤出发泡过程中,如果木纤维中的水分没有及时排除,机筒最后一

段释放的水分和挥发物在高温和压力下会被包裹在熔体中,一旦挤出到机头时由于熔体温度还很高,当压力降低到与大气压相等时水分会立即挥发。在熔体冷却之前这种高温下的快速膨胀会使气泡壁变得很薄,导致气泡破裂和气泡合并的发生。而且当冷却到 100℃ 以下时水分凝缩致使气泡内变为真空,也会导致发泡体的萎缩。

为了能够控制气泡成长和得到均匀的泡孔结构,必须排除木纤维中的水分,而且应该在尽可能高的温度下排除水分。另一个基本问题是无论多么干燥的木纤维,其水分和挥发物是逐渐释放出来的,因此最大程度地降低木纤维中的水分对发泡过程是有利的^[12]。

2.3 加工过程中对温度的精确控制

挤出机各段的温度分布与发泡制品的泡孔结构和分布密切相关,并最终影响到发泡制品的密度和力学性能。因此,为了得到良好的泡孔结构,必须精确控制挤出机各段的温度,这自然对挤出设备和控制系统提出了更高的要求,特别是要有较好的控温系统。

3 PVC/木粉复合材料挤出发泡成型的配方、工艺及设备

3.1 配方

3.1.1 PVC

作为 PVC/木粉复合材料挤出发泡的原料,选择分子质量适当的 PVC 非常重要,因为分子质量影响聚合物的流变性,从而对气泡的生长影响很大。分子质量过低,熔体强度较差,熔体对发泡气体逃逸的阻碍能力差,很难得到泡孔均匀细密的泡沫塑料;若分子量过高,熔体的拉伸强度很大,抑制泡孔的生长,致使发泡不充分,也难以得到高发泡率的泡沫塑料。故选择 K 值为 57~60 的 PVC 较为合适。

3.1.2 木粉

选用木粉多为工业用木粉,尺寸约 147 μm。木粉的填充量一般为(质量分数,下同)30%~40%。填充量越高,越不容易发泡。当木粉含量超过 50% 时基本上不发泡,因为此时木粉占据了整个发泡空间,使发泡过程不能正常进行。

3.1.3 发泡剂

用于发泡塑料的发泡剂种类很多,这里主要讨论化学发泡剂。化学发泡剂主要有吸热型发泡剂(如 NaHCO₃)和放热型发泡剂(如偶氮二甲酰胺、AC)两种。由于它们的热分解行为不同而影响聚合物熔体的粘弹性和发泡形态。化学发泡剂的类型对泡沫塑料的气泡结构形态有很大的影响:吸热型发泡剂可冷却基体和稳定气泡结构;而放热型发泡剂可能导致不可控制的热量发展并降低熔体粘度,结果出现气泡合并或产生大气泡现象。因此采用吸热型发泡剂通常能得到良好的气泡结构,而采用放热型发泡剂通常得到较差的气泡结构和大尺寸的气泡^[13,14]。但是用木粉作填料时化学发泡剂的类型对复合材料发泡成型中气泡结构形态的影响有所不同。因为木粉的加入使得复合材料呈现较高的刚性,改变了熔体的流动性,同时木纤维在加工过程中逐渐释放出的水分和其它挥发物也使 PVC/木粉复合材料的发泡机理与纯

PVC 的发泡机理有所不同。此外, 放热型发泡剂主要的分解产物氮气在 PVC 基体中的溶解性比吸热型发泡剂的主要分解产物二氧化碳要低, 其分散性比二氧化碳要好。综合考虑各方面的因素, 宜选择 AC 作 PVC/木粉复合材料发泡用的发泡剂, 其分解温度为 160 ~200℃, 发气量为 220 mL/g, 最佳用量为 0.5% ~1%。

3.1.4 偶联剂

由于 PVC 为憎水性物质, 而木粉为亲水性物质, 因而两者的界面结合力很差, 为使木粉在 PVC 基体中均匀分布, 从而得到均匀的泡孔结构, 必须添加偶联剂来提高 PVC 与木粉的相容性。常用的偶联剂主要有异氰酸盐、过氧化异丙苯、铝酸酯、酞酸酯类、硅烷偶联剂、马来酸酐接枝聚丙烯、(乙烯/丙烯酸酯) 共聚物。研究表明, 由于氨基硅烷能为木纤维提供氨基, 使木纤维具有更强的碱性和供电子能力, 而 PVC 经氨基硅烷处理后具有更强的酸性。因此氨基硅烷使 PVC 与木粉在界面处发生化学反应, 成为有效的偶联剂^[15]。一般偶联剂的添加量为木粉添加量的 1% ~8%。

3.1.5 助发泡剂

常用的化学发泡剂如 AC 热分解温度高, 分解剧烈, 易产生泡孔合并现象, 且分解温度过高, 会导致木粉烧焦降解, 因此必须添加一些助发泡剂, 通过助发泡剂的活化引发它的分解, 降低它的热分解温度, 使分解温度与 PVC 挤出温度相适应(可降到 160 ~170℃)。常用的助发泡剂是三盐基硫酸铅、二盐基亚磷酸铅、硬脂酸钙、硬脂酸锌等。AC 发泡剂与助发泡剂的使用比例为 1 (1 ~3)。

3.1.6 增塑剂

增塑剂的作用是促使 PVC 塑化熔融, 并提高熔体强度和延展性, 使发泡过程较稳定。研究表明, 对 PVC/木粉复合材料挤出发泡, 丙烯酸是一种非常有效的增塑剂。在配方中加入丙烯酸可降低熔体的刚性和粘度, 有利于气体扩散和气泡生长, 对减小制品的密度效果明显。其最佳用量为 6% ~8%^[16]。其它常用的增塑剂有邻苯二甲酸二丁酯、邻苯二甲酸二辛酯及癸二酸二辛酯等。

3.1.7 成核剂

成核剂的作用是为聚合物提供有适当表面能的中心, 降低聚合物的表面张力, 从而提供大量的成核点, 促进气泡成核。与聚合物粘性好的成核剂不能促进成核, 甚至会阻碍成核。木塑复合材料经常使用的成核剂是二氧化钛、二氧化硅和碳酸钙等, 成核剂的粒径越小、分散越好, 对成核越有利。

3.1.8 润滑剂

PVC 的流动性较差, 为提高其流动性、形成光滑的表面, 必须加入适量的润滑剂。此外, 润滑剂还会影响制品的表面光泽性和发泡气体在熔体中的混合与分布, 从而影响泡孔结构。常用润滑剂分内润滑剂和外润滑剂, 如烃类、石蜡、环氧大豆油等。用量一般为 1% ~5%。

3.2 成型工艺

PVC/木粉复合材料挤出发泡成型可采用两步法和一步

法两种工艺路线。两步法即先造粒后成型, 其工艺流程见图 1。将经干燥处理和表面改性的木粉与 PVC 置于高速混合机中, 经充分搅拌后由单螺杆或双螺杆挤出机挤出造粒, 该方法可提高木纤维在 PVC 基体中的分散性, 且造粒后加料也较容易, 但会使整个工艺过程比较复杂。一步法即采用表面改性后的木粉与 PVC 粉经高速混合后直接加料挤出, 可省去造粒这一工序, 但这对设备的要求更高。

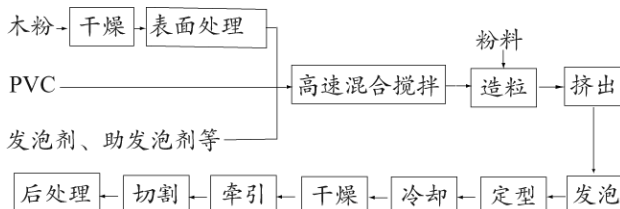


图 1 PVC/木粉复合材料两步挤出发泡的成型工艺流程

3.3 主要成型设备

3.3.1 单螺杆挤出机

单螺杆挤出机可以完成物料的输送和塑化任务。但是, 单螺杆挤出机的输送作用主要是靠摩擦。由于木粉结构蓬松, 不易对挤出机螺杆喂料, 且木粉的填充使聚合物熔体粘度增大, 增加了挤出难度, 所以用于填充木粉的单螺杆挤出机必须采用特殊设计的螺杆, 该螺杆应具有较强的混炼塑化能力。由于单螺杆挤出机的排气效果较差, 不能有效地排出木纤维在挤出过程中释放的水分和挥发物, 使物料在料筒中停留的时间较长。在挤出过程中, 当木粉用量较大时挤出物的颜色变深, 有木粉烧焦的气味; 且熔体强度随木粉填充量的增加而迅速降低, 难以进行挤出发泡, 这使得单螺杆挤出机的应用受到较大的限制。目前在 PVC/木粉复合材料的挤出发泡成型中, 单螺杆挤出机主要用于混炼造粒。

3.3.2 双螺杆挤出机

双螺杆挤出机依靠正位移原理输送物料, 没有压力回流, 加料较容易, 排气效果很好, 能够充分地排除木粉中的可挥发成分, 且螺杆互相啮合, 强烈的剪切作用使物料的混合、塑化效果更好。当木粉用量相对较低时, 物料在双螺杆中停留时间短, 不会出现木粉烧焦现象。因此, 目前 PVC/木粉复合材料的主要加工设备为锥形双螺杆挤出机与单螺杆挤出机。

3.3.3 串联式挤出机^[10]

目前, 串联式挤出机是国外发展的一种新式挤出发泡系统。这种系统弥补了以前设备的缺点, 在连续挤出过程中能有效地排出挥发物、水分等, 从而能得到具有良好泡孔结构的木塑复合材料发泡制品。这种串联式挤出机的排气口恰好位于两阶挤出机的交接处, 排气温度很容易调整, 因而可很好地控制第二阶挤出机中挥发物的量。但是, 为防止化学发泡剂的提前分解, 排气口的温度也要受到控制。在这种挤出系统的第一阶挤出机中聚合物熔融塑化良好, 也能与木纤维充分地混合, 同时随着加工温度的提高, 木纤维中逐渐释放的挥发物可在两阶挤出机的交接处有效地排出。

4 PVC/木粉复合材料挤出发泡制品的性能

PVC/木粉复合材料挤出发泡制品不但兼有木材和塑料的双重特性,而且由于制品中存在良好的泡孔结构,可有效地克服未发泡木塑复合材料的缺点。此外,挤出发泡过程中通过特殊表面处理可生产出多品种、多花色、多功能的制品,其优越性可明显地表现在以下几方面:

(1) 制品不怕虫蛀、不生真菌、抗强酸强碱,阻燃效果好、不吸收水分、不易变形,其外观可实现逼真的木纹效果。

(2) 制品力学性能好,可以像木材一样进行锯、刨、钉等机械加工,具有坚硬、强韧、耐久、耐磨的性能。

(3) 发泡后形成大量均匀规整的泡孔,可使制品得到较大的空隙率,因此可减小制品密度,有效地节约成本。实验表明,与未发泡的 PVC/木粉复合材料相比,挤出发泡后密度可减小 50%,为 $0.6 \sim 1.0 \text{ g/cm}^3$ 。

(4) 发泡后均匀规整的泡孔结构可钝化裂纹尖端,有效阻止裂纹的扩展,因此可显著提高制品的缺口冲击强度和断裂伸长率^[17]。

(5) 与未发泡的 PVC/木粉复合材料相比,发泡制品的拉伸应力和拉伸弹性模量有所降低,但仍比纯 PVC 发泡的要大。

(6) 是一种环保材料,原料廉价丰富,可回收,可减少环境污染、保护森林资源。

5 影响 PVC/木粉复合材料挤出发泡制品性能的主要因素

5.1 木粉的干燥处理

由于木粉的吸水性强,一般含水率高达 20%,而木纤维中的水分会对加工过程和最终的制品质量产生负面影响。水分会严重影响制品泡孔结构,使泡孔分布不均、制品表面质量差或表面出现水迹现象,最终导致 PVC/木塑复合材料发泡制品力学性能降低。此外,木粉中还含有易挥发物质,挤出发泡时会发烟并在表面产生不光洁现象,影响产品外观。因此要提高发泡制品的性能,在混合之前必须对木粉进行干燥处理,有效地除去水分和挥发性物质。

5.2 木粉的表面处理^[18]

因木粉具有较强的吸水性,且极性很强,而热塑性塑料多数为非极性,具有疏水性,所以两者之间的相容性较差,界面的粘结力很小,应力不能有效地从 PVC 基体传递给能承载的木纤维,结果导致制品力学性能的降低。要提高制品的力学性能,可以使用偶联剂对木粉表面进行处理。因为偶联剂能提高木纤维与 PVC 基体之间的粘结力,它通过化学键的结合、氢连接、酸基间的相互反应、分子间的缠结等作用使木纤维与 PVC 粘结在一起,从而提高制品的强度。

5.3 配方

配方中各组分及其含量与最终发泡制品的性能密切相关,如化学发泡剂 AC 的用量不同,得到发泡制品中的泡孔密度也不同,因此必须在试验基础上确定各组分最佳用量。此外,高填充量的木粉在熔融的热塑性塑料中分散效果更差,常以某种聚集状态的形式存在,使得熔体流动性变差,

挤出成型加工困难,需加入多种添加剂以改善其加工性能及其制品的使用性能。

5.4 加工工艺条件

5.4.1 温度^[19]

挤出机各段温度是影响挤出发泡正常进行的重要参数之一。因为发泡率主要取决于气泡数量和气泡的生长,而气泡的生长主要由发泡温度和发泡时间决定,发泡温度影响熔体强度和气体的扩散速度,而最终影响泡孔结构。总的来说,挤出温度应根据 PVC 的熔融、分解温度和发泡剂的分解温度及木粉烧焦降解的温度来设定。

挤出成型温度的设定应满足 PVC 树脂与助剂等物料在挤出机机筒内的物理化学反应过程的需要。加料段的温度不应过高,以避免化学发泡剂在加料段内提前分解。通过挤出温度设定使 PVC 等物料能快速熔融是必要的,目的是形成对喂料口的熔体密封,并且于发泡剂开始分解之前在机筒内形成高压,以防止化学发泡剂分解的气体(即使在加料段内发泡剂已开始分解)逸出并促进气体在熔体中溶解。因此其压缩段和计量段温度要足够高以保证化学发泡剂的正常分解和 PVC 树脂的充分塑化,但温度设置也不能过高,否则会使 AC 发泡剂的分解速率过高、木粉烧焦或 PVC 分解等,影响口模处的挤出发泡效果。

机头温度对发泡的影响尤其重要。一般要得到表面良好的发泡制品,必须使所含气熔体在机筒内与机头处不发泡,直到离开机头后因压力突然释放而使溶于熔体的气体处于过饱和状态,发生两相分离而发泡。因此在机头内使熔体保持良好的流动性的同时,还要保证足够的熔体粘度,以维持机头内的熔体处于高压下,使之在机头内不发泡。机头温度的高低势必影响机头内的 PVC 熔体粘度,从而影响发泡。

5.4.2 压力

挤出压力不足会造成制品表面粗糙、强度低,而较高的挤出压力不仅能控制机头内的含气熔体不提前发泡,而且使机头口模内外压差大,从而使降压速率高,有利于气泡成核,成核的气泡数量增多,发泡率也随之增大,有利于得到均匀细密的泡孔结构。但挤出压力过高对泡孔的生长不利。要得到适宜的机头压力,可以通过调节螺杆转速、机头温度及口模形状来实现。

5.4.3 螺杆转速

螺杆转速对挤出发泡的影响主要体现在几个方面:一是影响挤出压力,转速越高,挤出机内压力越大,从而越有利于成核,成核的泡孔数目也越多,发泡率也就越高,但压力过高时成核的泡孔生长受到抑制,影响泡孔的充分生长;二是螺杆转速越高,剪切作用越强,剪切作用过强时容易使泡孔合并或破裂,影响发泡体质量和低密度泡沫塑料的形成;三是螺杆转速过高或过低,使停留时间过短或过长,容易发生提前发泡或发泡剂分解不充分等现象,不利于形成均匀细密的泡孔结构。因此在其它影响因素不变的情况下,螺杆转速存在一个最佳值。

6 结语

挤出发泡的 PVC/木粉复合材料因存在良好的泡孔结构可有效地克服木塑复合材料的脆性大、密度高、延展性和抗冲击应力低的缺点, 为其应用开拓了更为广阔的空间, 且其成型工艺及设备也日趋完善。它可广泛应用于家具、建筑装饰、工业消耗材料、包装运输等领域, 尤其在建筑业和汽车工业中存在巨大的市场空间。目前作为我国国民经济支柱产业之一的汽车工业日益兴旺, 而在国际上以木塑复合材料为主的汽车内饰件在我国尚处于起步阶段。对国内的制造商来说, 这是一个良好的发展机遇。同时, 中国将举办 2008 年奥运会, 各奥运体育场馆及临时设施的建设, 对以生产木塑复合材料为主的建材制品的制造商来说又是一巨大商机。总之, 木塑复合材料是一种应用前景非常好、性能优异且利于环保的新型材料。

参考文献

- 1 Storck W. Chem Eng News, 2002, 15: 6 544
- 2 Kline L, et al. Presented at 6th International Conference on Wood Fiber-Plastics, 2001-05-14
- 3 Craig Clemons. 人造板通讯, 2002(11): 19

- 4 薛平, 等. 建材工业信息, 2003(12): 6
- 5 Li Qingxiu. [Doctor Dissertation]. Michigan Technological University, 2002.
- 6 Matuana L M, et al. SPE ANTEC Technical Papers, 2002.
- 7 Mengelloglu F, et al. SPE ANTEC Technical Papers, 2001.
- 8 Mengelloglu F. [Ph. D. Thesis]. Houghton: Michigan Technological University, 2001.
- 9 Li Qingxiu, et al. Appl Polym Sci, 2003, 88(14): 3 139
- 10 Rizivi G, et al. Polym Eng Sci, 2000, 40(10): 2 124
- 11 Rizivi G M. [Doctor Dissertation]. Department of Mechanical & Industrial Engineering, University of Toronto, 2003.
- 12 Naguib H E, et al. Foams-2002, Houston, Texas, 2002-10-22
- 13 Heck R L. J Vinyl Addit Technol, 1998, 4(2): 113
- 14 Kosin J A, et al. J Cellular Plat, 1990, 26: 332
- 15 Matuana L M, et al. Journal-Vinyl & Additive Technology, 2001, 7(3): 142
- 16 Matuana L M, et al. Polym Eng Sci, 1998, 38(5): 765
- 17 Matuana L M, et al. Polym Eng Sci, 1998(11): 1 862.
- 18 Lu J Z, et al. Wood Fiber Sci, 1993, 32(1): 88
- 19 Guo C, et al. Journal of Applied Polymer Science, 2003, 91: 621

STUDY ON EXTRUSION FOAMING PROCESSING OF PVC/WOOD-FLOUR COMPOSITES

Xue Ping, Jia Mingyin, Wang Zhe, Ding Yun

(Institute of Plastics Machinery and Engineering, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

ABSTRACT The development trend and processing difficulties of polyvinyl chloride(PVC) / wood-flour composites were presented. And the extrusion foaming methods of PVC/wood-flour composites were analyzed in detail from several aspects such as raw material, formula, processing parameters and equipment. The performances of products and main influence factors for PVC/wood-flour composites were discussed finally.

KEYWORDS polyvinyl chloride, wood-flour, composite, extrusion foaming

欢迎订阅《2004 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集》

为推动我国工程塑料加工应用技术进步, 中国工程塑料工业协会加工应用专委会于 2004 年 9 月 25 日 ~30 日在成都召开“2004 年中国工程塑料加工应用技术研讨会”。为配合本次会议, 《工程塑料应用》杂志社从会议征集的众多来稿中精选出 88 篇优秀论文, 连同 12 篇深受读者欢迎的塑料成型加工实用技术讲座, 编辑出版了会议的《论文集》。在这些论文中, 既有对行业发展有指导意义的专论、综述, 也有反映塑料行业技术前沿的专项研究成果; 既有高屋建瓴的理论性分析, 又有丰富具体的技术实践。内容涉及工程塑料、改性塑料、加工、应用、测试、设备与模具及市场等方方面面。

这篇百篇论文, 紧密结合科研、生产实际, 内容丰富翔实, 技术水平较高, 集中研讨了全行业人士关心的“热点”、“难点”问题, 对塑料行业今后的发展大有裨益。这篇百篇论文, 集中反映了我国塑料行业蓬勃发展的现状, 展示了我国工程塑料加工应用领域的高新技术成果。她以丰富的内容、翔实的资料为从事工程塑料研究、生产和教学的同行们提供了一本不可多得的宝贵文集, 架起了一座相互交流、共同发展的桥

梁。该《论文集》50 元/册。另我社尚有部分 2003 年、2002 年、2001 年和 2000 年编辑出版的《论文集》, 价格优惠, 共 120 元。全套论文集 170 元, 欢迎广大读者同时订阅。

《2004 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集》 50 元/册;
《2003 年塑料助剂和塑料加工应用技术研讨会论文集》 45 元/册;
《2002 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集》 30 元/册;
《2001 年中国工程塑料加工及模具技术研讨会论文集》 25 元/册;
《2000 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集》 20 元/册。

邮局汇款

收款单位: 山东省济南市 108 信箱杂志社
邮政编码: 250031 传真: 0531 - 5816706 - 808 5947355
电话: 0531 - 5816706 - 805, 802 5947355

银行汇款

户名: 中国兵器工业集团第五三研究所
开户银行: 济南市工商银行八一分理处
帐号: 1602001209014424079