

木塑复合包装材料在线挤出计量及计量误差研究

江太君, 徐成, 陈磊, 张辉

(东莞铭丰包装股份有限公司, 东莞 523049)

摘要: **目的** 研究高填充木塑复合材料在线挤出模压成型包装盒过程中, 采用全自动计量装置计量的可行性, 以及影响精度的因素。**方法** 采用自制的全自动木塑复合包装材料在线挤出计量装置, 对不同材料配方复合材料在不同挤出机转速及熔体温度条件下进行评估, 并计算计量误差。**结果** 随着木塑料复合包装材料中植物纤维含量的增加, 计量稳定性变差, 精度降低; 相同配方条件下, 挤出机的最佳挤出转速为 200 r/min; 熔体温度为 190 °C 时, 计量效果最佳。**结论** 采用自制的在线挤出计量装置对高填充木塑复合包装材料进行计量是可行的, 复合材料的配方、挤出机转速和加工温度都会直接、间接地影响计量精度, 对特定配方通过改变工艺参数可以得到最佳的计量精度。

关键词: 高填充木塑复合材料; 在线挤出模压; 全自动计量装置; 计量误差

中图分类号: TB486 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)11-0133-04

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.11.023

Online Extrusion Measurement and Measurement Error for Wood Plastic Packaging Composites

JIANG Tai-jun, XU Cheng, CHEN Lei, ZHANG Hui

(Dongguan Mingfeng Packaging Co., Ltd., Dongguan 523049, China)

ABSTRACT: The work aims to study the measurement feasibility of automatic measurement setup in the process of online extrusion compression molding of packaging boxes with highly filled wood plastic composite as well as the factors influencing the accuracy. The composites made of different materials were evaluated at different extruder speeds and melt temperatures by the self-made online extrusion measurement setup for the automatic wood plastic packaging composites, and the measurement error was calculated. With the increase of plant fiber content in the wood plastic packaging composites, the measurement stability became poor and the measurement accuracy decreased. Under the same formula, the best extrusion speed of the extruder was 200 r/min. When the melt temperature was 190 °C, the measurement effect was the best. It is feasible to measure the highly filled wood plastic packaging composites with the self-made online extrusion measurement setup. The formula, extruder speed and processing temperature of the composites will directly and indirectly affect the measurement accuracy. By changing the technological parameters of specific formula, the best measurement accuracy can be obtained.

KEY WORDS: highly filled wood plastic composite; online extrusion compression molding; automatic measurement setup; measurement error

木塑复合材料是以植物纤维为主要增强填料, 热塑性树脂为基材经过物理化学作用复合而成的一类新型复合材料^[1-4]。在石化与森林资源日益短缺的现状下, 在包装领域采用高植物纤维填充的木塑复合代

替传统的塑胶与实木材料具有非常重要的意义^[5]。木塑复合材料在热塑性树脂中加入不熔的植物纤维后复合材料的微观结构与加工流变特性就发生了很大变化^[6-8]。在高温高压的成型过程中植物纤维始终以

收稿日期: 2018-01-14

基金项目: 广东省重大科技专项 (2014B090921006)

作者简介: 江太君 (1983—), 男, 硕士, 东莞铭丰包装股份有限公司工程师, 主要研究方向为高分子材料新型加工成型工艺及设备。

固态形式存在,且会因自身受热受压产生的物理化学反应而释放出一些不稳定的化学物质,导致其加工粘度高,润滑性差,甚至会因为植物纤维内部水分溢出强化加工过程中熔体破裂现象^[9-11],导致材料加工成型困难。植物纤维填充热塑性木塑复合材料中植物纤维填充质量分数高于 40%时注塑成型就非常困难,只适合于挤出与模压成型,故该研究将植物纤维质量分数高于 40%的木塑复合材料定义为高填充木塑复合材料,因此传统高填充木塑复合材料成型工艺多为挤出成型,借助锥形双螺杆挤出机强大的轴向推力将复合材料挤压成型,然而挤出成型制品均为型材,结构单一,对于复杂的异形包装盒类产品无法实现一次成型。近年来也出现了少数注塑成型与模压成型加工成型的新工艺^[12-16]。研究采用挤出模压成型工艺对高填充木塑复合材料进行全自动化加工,生产异形包装盒。其核心技术是通过双螺杆挤出机与自制的熔体坯料全自动计量装置将木塑复合材料切割成定量的熔体坯料块,进而转移至模压机的模具型腔内将熔体坯料块压制成型最终包装盒坯。熔体坯料块的计量稳定性与精度将直接影响模压包装盒制品的质量与效率,研究熔体坯料的全自动精确计量对于高填充木塑复合材料在线挤出模压成型包装盒的高效高质生产具有重要意义。

1 实验

1.1 材料

木塑复合材料中填充的植物纤维为 60 目的橡木粉(亦称栎木,学名为 QUERCUS SPP,文中所采用的橡木源产地为美国),含水率为 7%;塑料基体为 HDPE,牌号为 5000S;相容剂为马来酸酐接枝 PE,牌号为 EPA-830H,由杭州海一高分子材料有限公司生产;润滑剂为复合润滑剂,牌号为 HY3205,由杭州海一高分子材料有限公司生产。所采用的木塑复合材料配方见表 1。

表 1 生物质复合材料配方
Tab.1 Formulas of bio-composites

配方	质量分数/%			
	橡木粉	HDPE	接枝 PE	复合润滑剂
A	70	25	3.8	1.2
B	60	35	3.8	1.2
C	50	45	3.8	1.2
D	40	55	3.8	1.2

1.2 仪器与设备

采用的高填充木塑复合材料包装盒在线挤出模压生产线见图 1,其主要包括高混机、75/40 同向平

行双螺杆挤出机、自制全自动计量装置、250T 平板模压机,其中复合材料熔体坯料全自动计量装置的结构见图 2。

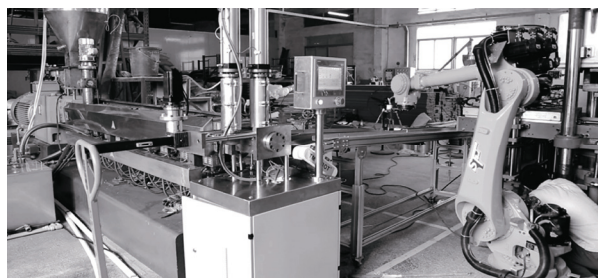


图 1 在线挤出模压生产线

Fig.1 Online extrusion compression molding production line

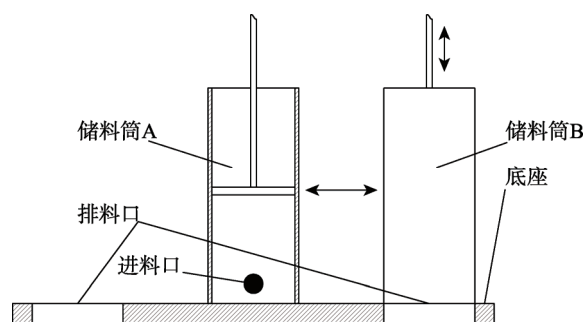


图 2 全自动计量装置结构

Fig.2 Structure of automatic measurement setup

该装置由 2 个储料筒及底座构成,底座与同向平行双螺杆挤出机机头相连,底座上设置有 2 个排料口。储料筒内置带电子尺功能的活塞,通过活塞的行程可以间接计量复合材料熔体质量(或体积)。储料筒 A 与储料筒 B 可在底座上水平滑动,随着 2 个储料筒的移动挤出机可以通过进粒口为储料筒供料,2 个排料口与 1 个进料口共同构成一个储料工位与 2 个排料工位,实现熔体坯料的连续循环计量。

1.3 在线挤出计量及精度计算

1.3.1 在线挤出计量流程

1) 将橡木粉、HDPE 树脂及马来酸酐接枝 PE 放入高混机中高速混合至温度达到 100℃,再加入润滑剂混合 2 min 放出冷却至 60℃以下。

2) 混合好的材料进入 75/40 同向平行双螺杆挤出机料斗,挤出机 1—9 区温度设定为: 130, 160, 190, 200, 205, 210, 200, 185, 170℃;

3) 启动挤出机,全自动计量装置自动工作,连续将木塑复合材料熔体坯料输送至模压机模具型腔内。

4) 在机器人的配合下完成包装盒坯的模压成型。

1.3.2 计量误差计算

通过计算设定计量熔体坯料块的质量为 m_0 , 取

每块熔体坯料块的质量为 m_x , 每种实验条件取 20 个样, 取 20 组误差绝对值的平均值来表征计量误差, 即 $y = \sum |m_x - m_0| / 20m_0$ 。

2 结果与讨论

2.1 橡木粉含量对计量误差的影响

按照表 1 的配方进行重复实验, 得到不同橡木粉含量的木塑复合材料在挤出计量过程中的计量误差, 见图 3。从图 3 中可以看出, 随着橡木粉含量的增加, 木塑复合材料的熔体的计量误差逐渐升高, 计量精度降低, 稳定性变差。在挤出加工过程中橡木粉受到高温热与挤出机螺杆元件剪切双重作用而吸收大量热量使其内部的结合水快速挥发出来并转化成高压水蒸气。在对储料筒进行充填过程中, 水蒸气进入木塑复合材料熔体内快速膨胀形成剧烈的熔体破裂现象, 甚至使在熔体内部形成泡孔。最终导致储料筒内的熔体坯料未能压实, 表观密度与复合材料实际密度产生误差, 从而影响了复合材料的计量精确性。

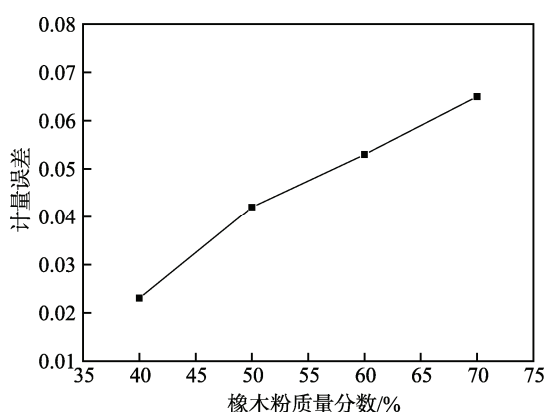


图 3 不同橡木粉含量的复合材料的计量误差
Fig.3 Measurement error for composites of different wood fiber contents

2.2 挤出机转速对计量误差的影响

采用表 1 中 B 配方木塑复合材料进行实验, 取平行双螺杆挤出机的转速为 50, 80, 110, 140, 170, 200, 230, 260 r/min, 保持喂料机转速与主机转速同步, 同步比例为 1:20, 得到不同转速下复合材料熔体坯料的挤出计量误差见图 4。

从图 4 可以看出, 当平行双螺杆挤出机转速在 100~200 r/min 区间时, 复合材料的计量误差波动不大, 计量动作稳定, 当转速超过 200 r/min 时, 熔体坯料的计量误差迅速增大。复合材料在低转速区间 (100~200 r/min) 进行挤出时物料输送比较稳定, 挤出机螺杆元件的剪切作用产生的热效应表现还不显著, 高温下橡木粉挥发水分引起的熔体流动与熔体密度不稳定现象并不显著。随着转速的提高, 螺杆对复

合材料的剪切作用加强, 因热效应引发的计量不稳定作用加强。

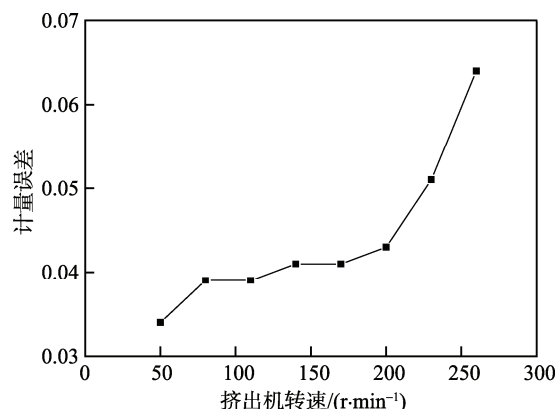


图 4 不同转速下复合材料的计量误差
Fig.4 Measurement error for composites at different extrusion speeds

2.3 熔体温度对计量误差的影响

采用表 1 的 B 配方木塑复合材料进行实验, 设定挤出机转速为 140 r/min, 喂料机转速为 7 r/min, 取机头温度分别为 170, 180, 190, 200, 210 °C, 不同机头温度条件下复合材料熔体坯料的计量误差见图 5。

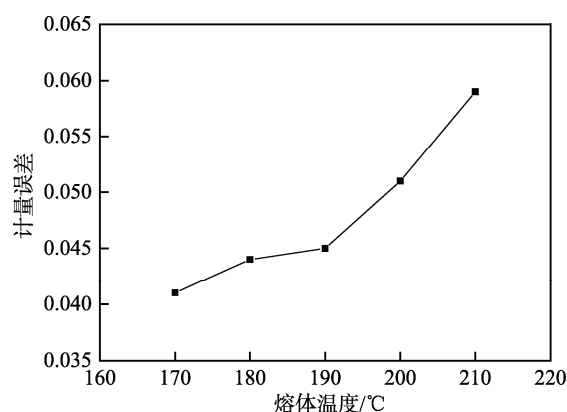


图 5 不同熔体温度下的计量误差
Fig.5 Measurement error for composites at different melt temperatures

从图 5 中可以看出, 熔体温度对木塑复合材料熔体的计量误差影响非常显著, 当熔体温度达到 190 °C 以上时, 计量稳定性显著变差。主要原因是橡木粉中结合水的挥发温度就在该温度区间, 当熔体温度超过 190 °C 时橡木粉中的水分挥发速度加快, 同时当温度达到 150 °C 以上时, 化学组分已开始缓慢热分解, 尤其是半纤维素, 析出 CO, CO₂ 和少量有机挥发物, 引发木塑复合材料内部强烈的发泡效应, 导致复合材料熔体破裂, 形成挤出不稳定现象。对于热塑性木塑复合材料, 温度直接影响其流动性, 加工过程中在保证计量稳定性与误差需求的基础上尽量通过提升熔体温度, 提高复合材料流动性与挤出产量, 故最佳挤出

计量温度为 190 ℃。

从上述讨论可以得出,对于不同橡木粉填充质量分数低于 50% 的木塑复合材料配方,在合适的工艺条件下均可以将计量误差控制在 5% 以内,满足包装盒加工成型及客户的需求。

3 结语

随着高填充木塑复合材料中橡木粉含量的增加,在线挤出计量装置的计量稳定性变差,计量误差降低。

对相同配方的木塑复合材料,挤出机转速对挤出稳定性与计量误差影响呈非线性,当挤出机转速在 200 r/min 以下时,计量稳定,计量误差较高,一旦超过 200 r/min,计量稳定性开始转差,计量误差降低。

对相同配方木塑复合材料在相同挤出机转速条件下,熔体温度对在线挤出计量装置的计量稳定性及计量误差的影响非常显著,当熔体温度控制在 190 ℃ 左右时计量最稳定,精度与效率最高。

采用该木塑复合材料全自动在线挤出计量装置计量高填充复合材料熔体用于包装盒坯的模式成型可以满足包装盒质量误差(5%)的要求,是可行的。

参考文献:

- [1] 斯泽泽,曹积微,盛清泉,等. 可生物降解木塑复合材料的国内外研究进展[J]. 安徽农业科学, 2016(2): 101—103.
SI Ze-ze, CAO Ji-wei, SHENG Qin-quan, et al. Research Progress of Biodegradable Wood Plastic Composite at Home and Aboard[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2016(2): 101—103.
- [2] 宋永明,王青文. 木塑复合材料流变行为研究进展[J]. 林业科学, 2012, 48(8): 143—149.
SONG Yong-ming, WANG Qing-wen. Research Progress on Rheological Behavior of Wood-Plastic Composite[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2012, 48(8): 143—149.
- [3] 刘彬,李彬,王怀栋,等. 木塑复合材料应用现状及发展趋势[J]. 工程塑料应用, 2017, 45(1): 137—141.
LIU Bing, LI Bing, WANG Huai-dong, et al. Application Status and Development Trend of Wood Plastic Composite[J]. Engineering Plastics Application, 2017, 45(1): 137—141.
- [4] 王光照,郝建秀,王伟宏. 高附加值生物质复合材料研究现状[J]. 中国人造板, 2017, 24(7): 11—16.
WANG Guang-zhao, HAO Jian-xiu, WANG Wei-hong. Research Achievements on High Value-added Biomass Composites[J]. China Wood-Based Panels, 2017, 24(7): 11—16.
- [5] 李冬. 塑料与传统材料在工业产品中的应用[J]. 塑料工业, 2017, 45(5): 20—23.
LI Dong. Application of Plastics and Traditional Materials in Industrial Product[J]. China Plastics Industry, 2017, 45(5): 20—23.
- [6] 朱明源,易红玲,林珩,等. 木塑复合材料的力学性能、微观结构与流变性能的研究[J]. 塑料工业, 2013, 41(2): 74—78.
ZHU Ming-yuan, YI Hong-ling, LIN Hang, et al. Research on Mechanical Properties, Micro-structure and Rheological Properties of Wood-plastic Composites[J]. China Plastics Industry, 2013, 41(2): 74—78.
- [7] 李正印,王伟宏. 高木材纤维含量聚丙烯基复合材料的制备及其性能[J]. 林业工程学报, 2017, 2(2): 9—15.
LI Zheng-yin, WANG Wei-hong. Preparation and Properties of Polypropylene Based Composites with High Wood Fibers Content[J]. Journal of Forestry Engineering, 2017, 2(2): 9—15.
- [8] 赵忠玉. 浅谈木塑复合材料挤出加工工艺参数对成型性能的影响[J]. 橡塑技术与装备, 2017(2): 50—52.
ZHAO Zhong-yu. Effect of Extrusion Process Parameters on the Molding Properties of Wood Plastic Composite Materials[J]. China Rubber/Plastics Technology and Equipment, 2017(2): 50—52.
- [9] GWON J G, LEE S Y, CHUN S J, et al. Physical and Mechanical Properties of Wood-plastic Composites Hybridized with Inorganic Fillers[J]. Journal of Composite Materials, 2012, 46(3): 301—309.
- [10] ASHRAFI M, VAZIRI A, NAYEBHASHEMI H. Effect of Processing Variables and Fiber Reinforcement on the Mechanical Properties of Wood Plastic Composites[J]. Journal of Reinforced Plastics & Composites, 2011, 30(30): 1939—1945.
- [11] PRISCO U. Thermal Conductivity of Flat-pressed Wood Plastic Composites at Different Temperatures and Filler Content[J]. Science & Engineering of Composite Materials, 2014, 21(2): 197—204.
- [12] 葛正浩,司丹鸽,张双琳. 聚乙烯/秸秆粉发泡木塑复合材料的压制成型及性能[J]. 塑料, 2015, 44(4): 115—118.
GE Zhen-hao, SI Dan-ge, ZHANG Shuang-lin. Press Forming and Properties of Foamed Wood Plastic Composite Material of Polyethylene/Straw Flour[J]. Plastic, 2015, 44(4): 115—118.
- [13] 司丹鸽,葛正浩,韩啸宇,等. 秸秆粉/聚乳酸生物降解木塑复合材料压制成型工艺及性能[J]. 塑料, 2016, 45(1): 115—117.
SI Dan-ge, GE Zhen-hao, HAN Xiao-yu, et al. Pressing Forming Process and Properties of Biodegradable Wood Plastic Composite Material of Straw Flour/PLA[J]. Plastic, 2016, 45(1): 115—117.
- [14] HE C, HOU R, XUE J, et al. Performances of PP Wood-plastic Composites with Different Processing Methods[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2012, 28(15): 145—150.
- [15] GARDNER D J, HAN Y, WANG L. Wood-plastic Composite Technology[J]. Current Forestry Reports, 2015, 1(3): 139—150.
- [16] GUPTA R, NORAZIAH A, GUPTA A, et al. Overview of Simulation in Wood Plastic Composites Manufacturing[J]. Indian Journal of Science & Technology, 2017, 10(7): 1—5.