

木塑复合材料挤出技术研究

施桢蓉¹ 张中元² 陈 方³

(1. 连云港杰瑞模具技术有限公司, 连云港 222006; 2. 南京航空航天大学机电学院, 南京 210016;
3. 中船重工第七一六研究所, 连云港 222006)

摘要 在传统聚氯乙烯(PVC)异型材配方、挤出工艺和模具设计的基础上,对生产木粉填充PVC复合材料的挤出技术进行了研究,归纳出适合木塑复合材料的合理配方和工艺条件;提出了新的口模和干湿定型装置的设计参数,并利用Flow2000软件对口模方案进行分析。

关键词 木塑复合材料 挤出技术 配方 模具

由于全球森林资源日益紧缺,国内外木塑制品的技术开发和应用发展迅速。木塑复合材料具有坚硬、强韧、持久、耐磨、尺寸稳定等优点。一般来说,木塑复合材料的硬度较未处理的木材高出2~8倍,耐磨性高出4~5倍,各种添加剂的应用还赋予其许多特殊的性能。它还是一种环保材料,可回收重复使用,且原料廉价丰富,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效益,受到了众多研究者关注。此外,木塑复合材料还具有二次加工性,制作的各产品外形美观。是木材理想的替代品之一。

国外对木塑复合材料早已开始研究,但高含量的木粉填充近几年才有较大发展。如在日本有著名的“爱因木”;奥地利辛辛那提公司及PPT模具公司开发出了各种木塑板材制品;美国一些公司也正在积极开发和推广这类产品。在国内,唐山塑料研究所、国防科技大学、广东工业大学等曾在低含量木粉改性填充树脂体系中进行过一些研究。北京化工大学也在进行木塑产品专用设备的开发。

木塑复合材料挤出技术是在传统塑料异型材配方的基础上,加入木屑、刨花、边角废料及农作物纤维等填料,得到低成本的绿色材料,并设计出和该种配方相适应的模具,应用先进独特的挤出加工方法制成木塑制品。在此笔者探讨了聚氯乙烯(PVC)/木粉复合材料的挤出技术。

1 实验部分

1.1 原料选择^[1]

木粉主要是使用木制品加工行业的边角余料和木屑,经机械粉碎、研磨制得。PVC选择K值为57~60(平均分子量650~750)的原料。另外还应加入发泡剂、偶联剂、助发泡剂、增塑剂、成核剂、润滑剂、着色剂、紫外线稳定剂等助剂。

1.2 试样制备

试样制备流程见图1。

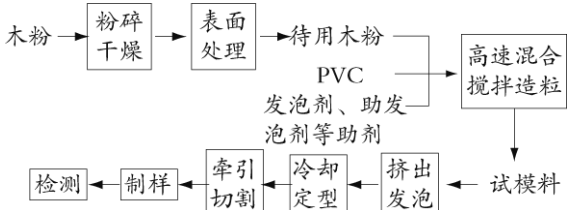


图1 试样制备流程

挤出机各段温度设置见表1。

表1 挤出机温度设置¹⁾ ℃

螺杆	料筒				合流芯 加热	口模	
	I	II	III	IV		I	II
101~105	172~175	171~172	168~178	168~169	168.0~168.5	190~192	188.5~188.8

注:1) 主机电流40 A,加料电流4.2 A。

2 配方及工艺参数确定

2.1 配方确定

配方设计的依据是制品的性能、原辅材料、成型工艺及其设备。这是一种复杂而繁琐的工作,为了稳妥起见,通常只是在原有成熟配方的基础上根据经验作些小改革,然后再通过试验来确定其中符合要求的最优方案。笔者是以普通PVC门窗异型材的配方为基础,加入木粉、发泡剂、助发泡剂、着色剂等,再根据正交试验确定不同原辅材料的用量^[2-3]。

木粉的加入一般会使材料的流动性能变差。随着木粉含量的提高,塑化时间延长,流动性也会越来越低。若材料的流动性太差,木粉将受到较大的剪切作用力,增加在挤出机中的停留时间,使木粉容易烧焦,不利于挤出;反之,如果流动性过大,不能形成足够的挤出压力,也会造成制品的强度缺陷和表面缺陷。所以,在挤出过程中,体系的流变特性对加工

过程和最终制品的各种性能都有较大的影响。表 2 示出不同木粉含量时复合材料的加工性能。

表 2 PVC/木粉复合材料的加工性能

木粉含量/份	塑化时间/min	塑化温度/℃
0	2.1	180.6
10	2.3	180.6
20	2.4	180.6
30	2.7	180.6
40	3.0	181.7
50	3.3	182.4

由于试验所使用的木粉粒径较大、密度小,随着填充量的增加,木粉填料在体系中所占体积比增大,对润滑剂、增塑剂、加工助剂等吸附量大。加工过程中虽能产生较大的摩擦热使塑化速度加快,但不足以抵消由于增塑剂、加工助剂等被吸附而使塑化速度减慢致使塑化时间增加的影响,从而使 PVC 的塑化延迟。而木粉含量越大,吸收的加工助剂越多,这样会使塑化时间增长,加工性能变差。最终确定选择木粉含量为 30 份。

其它原料用量为 PVC 100 份、三盐基性硫酸铅 3 份、二盐基性硫酸铅 1.5 份、硬脂酸铅 0.5 份、硬脂酸钙 0.4 份、硬脂酸 0.8 份、聚乙烯蜡 0.3 份、丙烯酸酯类共聚物 5 份、氯化聚乙烯 6 份、CaCO₃ 15 份、AC 发泡剂 0.9 份、ZB530 5 份、铁黄 0.31 份、铁棕 0.15 份。

2.2 螺杆转速对挤出成型的影响

从固体输送理论公式和粘性流体输送理论公式^[4]可知生产能力与转速成正比。

提高转速可以有效地增加挤出产量、降低成本和提高生产效率,是工业化生产的需要。但转速的提高受到功率、塑化质量和挤出温度的限制。从粘性流体输送理论中的功率计算公式可知,随着转速的提高,功率消耗增加。

试验中还发现当螺杆转速逐渐提高的过程中有如下现象:①螺杆转速很小时,物料以层流向前推进,挤出物出口模后制品表面光滑,只是产量很低;②螺杆转速增加,物料在口模中逐渐向滑流过渡,如果滑流不顺利或受阻就会出现制品质量问题。所以随着螺杆转速的不断提高,物料的受热历程缩短及其在口模中的融合效果变差而产生内应力,出口模后造成制品表面粗糙甚至破裂;其次,螺杆转速的升高会使物料在挤出机内停留时间缩短,物料的混合质量有所降低,影响最终产品的强度;再次,PVC 和木粉都是热敏性材料,过高的螺杆转速容易导致物

料的降解和糊化;最后,针对木塑挤出模具,在口模的出口段设计一段冷却板,若用较高的螺杆转速时,物料来不及冷却就被顶出来,这样会使制品冷却不均匀造成制品表面出现波纹,影响制品外观和挤出成型的质量,严重时造成制品不成型,使生产间断,不能连续生产。因此,只有在满足物料的挤出温度、混合质量及生产线设计的经济指标的前提下,才能最大限度地提高转速以提高生产率。最终确定加料转速为 8.2 r/min;主机转速为 8.8 r/min。

2.3 挤出温度对挤出成型的影响

由于木粉的吸水率高,一般含水率在 40% 以上,这容易使材料在受热或长时间放置时变形,特别是在成型加工过程中水分的蒸发和木质素等成分的分解,在 180℃ 以上时易发生“烧伤”而成褐色,使制品外观不良、弯曲强度和冲击强度下降。所以挤出机的温度控制十分重要。

试验发现,木塑复合体系的粘度对温度非常敏感。随着温度的升高,复合体系的熔体表观粘度大为降低。在同一剪切速率下,160℃ 的熔体粘度要比 200℃ 的熔体粘度高一个数量级。从分子运动的角度来看,粘度与物料流动时分子的内摩擦扩散和取向等因素有关,当温度升高时,分子链段的活动能力增加,体积膨胀,分子间的相互作用力减弱,流动性增加,粘度降低。

木塑复合材料在挤出加工过程中常受机筒温度和口模温度的影响。

机筒温度对复合材料的混炼塑化效果具有决定性的影响,而口模温度则对挤出成型有重要的影响^[5]。由于挤出机各段职能及粘流状态不同,片面地采用全冷却或全加热的方式都是不适宜的,必须适当地选择挤出机各段温度范围。从固体输送理论中摩擦系数的分析,并结合试验体会可以发现,加料段温度的高低会影响物料与机筒的摩擦系数的大小,摩擦系数随加热温度的变化而变化。生产时,机筒与螺杆的温度应根据不同的物料作相应的选择和控制在,保证物料与机筒有较大的摩擦力,以满足固体输送的需要。对塑化段而言,由于它是加料段向挤出段的过渡区,对生产能力的影响不十分明显,但由于此段是起塑化作用的,它的加热温度必须保持在物料的粘流温度范围内,以保证满足塑化温度及挤出段起始温度的要求。挤出段的温度受到前两段温度的影响,一般根据不同的物料可选择在其相应的粘流温度与分解温度之间的某一范围内。

口模温度过高或过低都会造成熔体破裂。如果温度过低,则会加大熔体与流道之间的摩擦作用,影响滑移,造成熔体破裂;还会增大木塑复合材料的粘度,造成流动困难,使流道壁面处的料流过早冷却固化,不能充满机头流道,难以挤出成型;还会使物料塑化不良,不能充分包裹木粉,使制品的强度受到影响。若将温度升高,则挤出制品的表面质量会有很大改善,物料通过过渡段进入定型段流道时呈熔融状态。为保证挤出顺利进行,机头的温度应分段控制,即温度逐渐降低。

2.4 挤出压力对挤出成型的影响

挤出机的挤出压力和温度有密切的关系。挤出温度高,机头压力低,使挤出的型材不密实,因此导致制品性能缺陷,破坏木粉作为填充剂的优良性质,并且严重影响外观。当机头压力较低时,制品表面出现条纹,并产生分段现象,挤出不成型,出现物料堆积现象,得不到连续的外观质量好的制品,影响生产的连续性。在压力许可范围内,挤出压力越高,挤出制品越密实,挤出质量就越好。对排气挤出机而言,机头压力与第二计量段的充满长度有关。该段充满程度取决于供料量,当充满长度超过排气口时,挤出机的螺杆扭矩上升并且从排气口冒料,影响挤出的稳定,则挤出制品出现“波纹状”,即不稳定的压力使物料不能均匀地流过机头流道,这种时快时慢的熔体流动造成了挤出成型制品中存在着一段一段的裂纹,严重影响了制品的物理力学性能。

当机头温度下降时,机头压力升高,这时挤出物成型性较好,制品表面较光滑。但机头压力很大时,机头挤出的物料得到很好的冷却,制品较硬,后面还没冷却的物料较软,顶不动前面的硬制品,导致物料大部分在排气口溢出,使机头处供料不均匀,挤出不稳定,制品表面出现分段的条纹,影响制品外观质量。

所以,合理地增加挤出机的挤出压力,使得熔融物料平稳顺利挤出,既可保证制品的外观质量又可使制品致密、强度高。

3 模具设计

3.1 口模设计

口模是和挤出机接口相连的部件,其主要作用是使熔融物料由旋转运动变为直线运动,产生必要的成型压力,成型出所需截面形状的塑料制品^[6]。木塑复合材料模具除以上作用外,还必须在模具的平直段以前给熔融物料提供足够的压力,以保证物

料在挤出机、合流芯、机头等模具入口部分不发泡,在口模出口部分将机头压力缓慢释放,出口模前在成剂周围形成均匀的微泡。

异型材机头的流道结构一般分为过渡段、分流段、压缩段和定型段4个部分。

3.2 定型装置设计

定型装置是用来将物料由高弹态按制品要求最终成型到固态。应考虑到出口模后物料的温度还很高,在定型模内发泡并未完全停止,物料仍继续膨胀;木塑复合材料冷却收缩率较差,后期收缩较大。

定型装置分为干湿定型两部分。其中干定型部分即通常所说的定型模,湿定型部分则是指水箱。型材通过定型模时是靠真空吸附使型材与定型模紧密接触,冷却水流经水孔带走热量,与型材完成热交换,使型材冷却,但是型材本身不与水接触。湿定型部分采用浸浴式真空涡流水箱,最大限度地对制品进行冷却和定型。图2、图3分别为定型模和水箱的总装图。

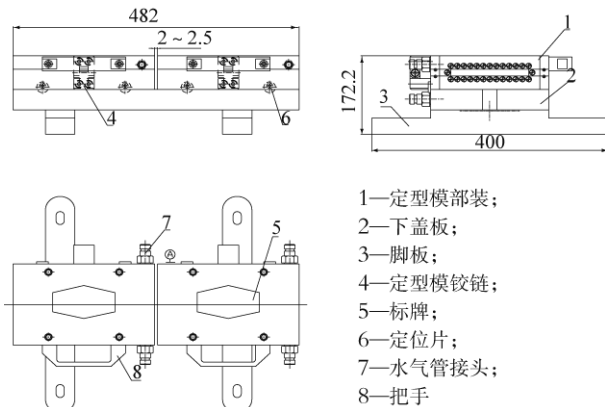


图2 定型模总装图

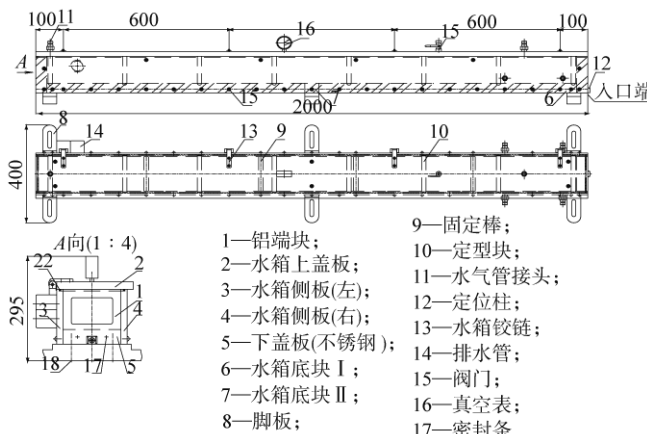


图3 水箱总装图

3.3 软件分析

Flow2000 是 Compu Plast 国际公司专为塑料挤

出工业开发的工业应用软件。该系统共有 12 个模块(包括三维流动、挤出机、型材模头、型材冷却等)。现利用异型材模头系统分析口模设计方案。异型材口模系统是基于有限元方法的任意形状异型材模头的设计和分析,适用于 PVC 门框窗框型材。现以口模出口处的断面(图 4)进行分析,分析过程为:①输入。将断面图存为 dxf 格式并输入;②有限元划分。在编辑几何图形的环境下将断面图划分成小单元,并自动生成网格;③计算。输入材料、设备挤出量、挤出速度等参数,进行计算。计算结果见图 5。

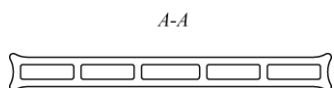


图 4 口模出口断面图

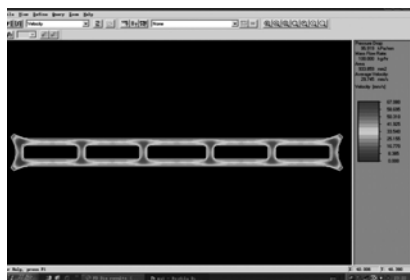


图 5 计算结果

3.4 模具方案确定

从图 5 可看出,由于边界效应,物料靠近模腔外壁和内壁的部分流速较慢,中心部分流速较快,在内筋与主壁的交汇处及拐角处物料流速也较快。

从 Flow2000 的分析结果看,采用最初的设计方案,料流基本均匀,能够符合挤出要求,确定该方案为最终方案。如在调试过程中制品仍有缺陷,可以在调试过程中予以修整。

4 结语

挤出加工是改性塑料的重要成型方法之一,在挤出加工过程中必然要涉及到加工对象性能的问题。加工物料的性能不仅对制品的使用性能起着决定性的作用,而且对挤出质量、产量有极大的影响。因此,研究改性塑料的性能与挤出过程的关系有着重要的现实意义。木塑复合材料挤出技术的挤出过程是非常复杂的,影响因素很多,工艺、配方和模具的综合作用造成了变量之间的不确定性^[7]。木塑复合材料挤出技术的关键问题是:①原材料的选择(如木粉的品种)及如何提高塑料基体与木粉之间的界面结合力;②成型设备和成型工艺选择;③成型模具设计。木塑复合材料挤出技术是未来最为重要的发展方向之一,其挤出产品具有很大的市场潜力,但在最终生产出窗用型材之前,还需要很多人的辛勤工作。

参考文献

- [1] Matuana L M, Mengelloglu F. Foaming of rigid PVC/wood - flour composites through a continuous extrusion process[J]. Journal - Vinyl & Additive Technology, 2001, 7(3): 142 - 148.
- [2] 胡定国,张润楚.多元数据分析方法——纯代数处理[M].天津:南开大学出版社,1990.
- [3] 陈希甯.机会的数学[M].北京:清华大学出版社,2000.
- [4] (德) 劳温德尔.塑料挤出[M].陈文瑛译.北京:中国轻工业出版社,1996.
- [5] 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[D].北京:北京化工大学,2001.
- [6] 杨安昌.塑料异型材挤出模具技术[M].北京:机械工业出版社,1999.
- [7] 薛平,丁筠,何继敏,等.木塑复合材料的研发与产业发展.广州:中国塑料加工工业协会 2005 年年会暨塑料加工高新技术及产业化研讨会,2005.

STUDY ON EXTRUSION TECHNIQUE OF WOOD-FIBER FILLED PVC COMPOSITE

Shi Zhenrong¹, Zhang Zhongyuan², Chen Fang³

(1. Lianyungang Jari Tooling Technology Co. Ltd., Lianyungang 222006, China;

2. College of Mechanical and Electrical Engineering, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016;

3. Institute 716 of China Shipbuilding Industry Corporation, Lianyungang 222006, China)

ABSTRACT Based on the formula, extrusion process and mould design of traditional PVC profile, the extrusion technique of wood-fiber filled PVC composite is studied. Proper formula and technical conditions which suit wood-fiber plastics composite are discovered. New parameters of designing die, calibrator and tank are put forward, and the die design project is analyzed by software flow2000.

KEYWORDS wood-fiber plastics composite, extrusion technique, formula, mould