

转矩流变仪用连续循环混合器辅机的研制

王宗明 邱 军* 张 灵

(同济大学材料科学与工程学院, 同济大学先进土木工程材料教育部重点实验室, 上海 201804)

摘要 针对毛细管流变仪和转矩流变仪在研究纤维增强复合材料流变性能方面的不足,设计了一种转矩流变仪用连续循环混合器辅机,它可使纤维增强复合材料在连续循环混合器中受到类似螺杆挤出机的连续剪切作用,并能方便地清理物料。

关键词 流变仪 连续循环混合器 转矩流变仪 毛细管流变仪

流变性是聚合物在温度和应力作用下流动产生的粘弹形变行为,是聚合物成型加工中最基本的工艺参数,其对原料的使用、添加剂的选择、加工工艺参数的确定、成型设备和模具的设计等有重要的指导作用。目前研究材料流变性能的测试仪器主要有毛细管流变仪和转矩流变仪等。

1 毛细管流变仪

毛细管流变仪是最常用的用于聚物流变性能测试的仪器。但对于较大长径比纤维增强聚合物复合材料(以下简称为纤维增强复合材料),由于纤维易堵塞毛细管口模(一般直径为 1 mm),且纤维极易相互缠结,仅经预混的纤维增强复合材料在料筒中易分层,影响实验结果的准确性。如果先将纤维增强复合材料挤出造粒,再利用毛细管流变仪测试纤维增强复合材料的流变性能,则纤维增强复合材料中的纤维在挤出造粒过程中就会被剪断,不能准确反应纤维增强复合材料的流变性能^[1]。因此,不适宜用毛细管流变仪来测量纤维增强复合材料的流变性能,对该类复合材料目前一般通过转矩流变仪来研究。一些学者用转矩流变仪来表征熔体的流变性能,将转子与混合器等效为两对毗邻的同轴圆筒,近似地描述密闭混合器中物料的流动行为^[2]。

2 转矩流变仪

转矩流变仪通过扭矩传感器测量物料混合过程中对转子或螺杆产生的反转矩并记录温度随时间的变化情况。当前聚合物材料正向功能化和专用化方向发展,根据其所配的辅机不同,可以用于模拟聚合物在密炼机、挤出机等高剪切加工环境下的工艺过程。通过记录不同转速下的转矩、温度、压力以及能量消耗等参数,可以有效地研究聚合物在密炼、挤出等加工过程中的流变行为^[3-5]。但转矩流变仪所配置的挤出机、密闭式混合器辅机也存在一些不足之处。例如螺杆挤出机辅机存在的不足之处为:①挤

出机螺杆长径比一般为 20~30,制造如此大长径比的螺杆,对螺杆的生产和加工要求较高;②在模拟加工纤维增强复合材料时,可能会由于纤维分散不均匀使挤出机阻塞,产生巨大的扭矩,可能造成螺杆折断或电机过载等事故;③在模拟加工纤维增强复合材料时,纤维对螺杆和料筒的摩擦和刮伤较为严重;④相对于密闭式混合器,螺杆挤出机物料的用量比较大。密闭式混合器相当于一个小型的密炼机,由一个“∞”形的混合室和一对以不同速度相向旋转的转子组成,其剖面示意图如图 1 所示。密闭式混合器主要通过湍流形成的剪切使聚合物熔体得以很好地混炼。密闭式混合器不仅适用于各种热塑性、热固性聚合物,也适用于各种纤维、填料增强的复合材料。物料在密闭式混合器中主要受到挤压、剪切、搅拌、捏合和撕裂等作用而得以均匀混炼塑化。密闭式混合器的转子包括轧辊转子、凸轮转子、班布里转子和西格玛转子等,都为非螺杆型。密闭式混合器存在的主要不足之处为:①非螺杆型转子对材料的作用与螺杆挤出机中螺杆对材料的作用有较大的差别。在纤维增强复合材料的研究中,密闭式混合器和螺杆挤出机两者之间的剪切关系还未能形成一种转换关系,因此通过密闭式混合器研究螺杆对纤维增强复合材料的影响存在较大的困难;②密闭式

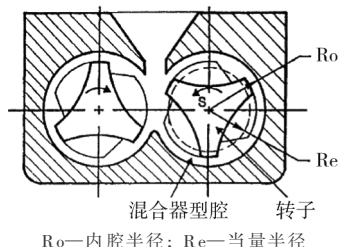


图 1 密闭式混合器的结构

* 通讯作者

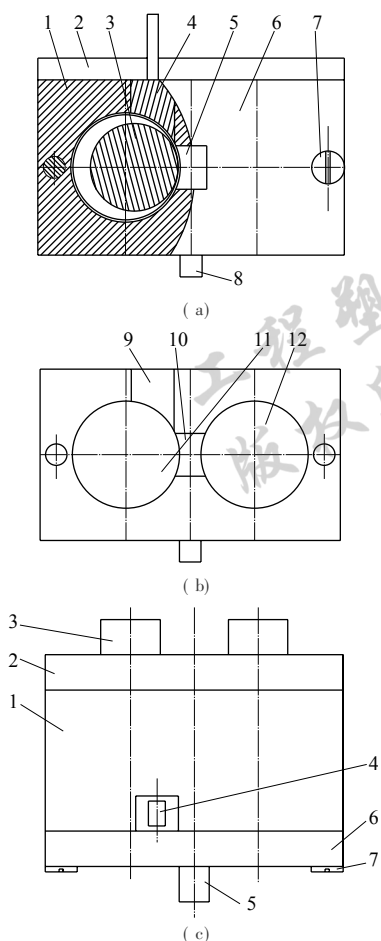
收稿日期: 2010-09-18

混合器辅机属于间歇性工作的实验设备,在清理物料时,必须将混合器拆卸,在工序上比较繁琐,实验时间较长。

目前还很难找到一种实验设备能够很好地表征纤维增强复合材料的流变性能。结合以上两种辅机的优缺点,笔者设计了一种有效整合二者优点的转矩流变仪用辅机——连续循环混合器,它能够在用料较少的情况下,研究螺杆对纤维增强复合材料的连续剪切作用,并能够方便地清理物料,节约实验时间。

3 连续循环混合器

图2示出笔者设计的连续循环混合器。



1—腔体; 2—后板; 3—转子; 4—密闭阀;

5—流向控制阀; 6—前板; 7—螺钉; 8—温度测控调节系统;

9—加料口; 10—型腔通道; 11—主型腔; 12—副型腔

a—局部剖视图; b—型腔体; c—俯视图

图2 连续循环混合器

由图2可知,连续循环混合器由腔体1、后板2、转子3、密闭阀4、流向控制阀5、前板6、螺钉7和温度测控调节系统8组成。后板2、腔体1和前板6依

次通过螺钉7连接组成混合器;腔体1内设有主型腔11和副型腔12,主型腔11和副型腔12两端分别通过型腔通道10连接,构成“回”字形结构。加料口9位于主型腔11的顶部,加料口9上设有密闭阀4,当加料口9完成加料后由密闭阀4密封。流向控制阀5位于型腔通道10内,用于控制主型腔和副型腔之间物料的流向。后板2、腔体1和前板6分别连接温度测控调节系统8。混合器的主副型腔可为单螺杆转子型腔、双螺杆转子型腔、三螺杆转子型腔或行星螺杆转子型腔中的任一种或其组合。

实验时检查好设备并设定实验参数,然后开启驱动部分的电源预热一段时间,再驱动传动装置,运行本辅机。将物料经加料口9处加入腔体1中,加料完成后,关闭密闭阀4。通过对转子3扭矩数据的采集及处理,由信息输出单元和显示单元记录转子的扭矩值。物料在转子3的作用下,经过剪切混合并沿转子转动方向向前输送,物料从主型腔11通过型腔通道10进入副型腔12,在副型腔12中,在转子3的作用下,物料从另一型腔通道10进入主型腔11中,如此连续循环。实验完成,通过流向控制阀5的开启,切断物料循环运动,物料在转子的作用下从混合器挤出。

4 结语

连续循环混合器流变仪可在用料较少的情况下,使物料受到转子的连续剪切作用,这种作用接近于螺杆挤出机的实际加工情况,特别适用于玻璃纤维、植物纤维和碳纤维等剪切敏感型纤维增强复合材料流变性能的研究。实验完成时,通过流向控制阀的开启,切断物料循环运动,物料在转子的作用下从混合器挤出。可以在不必关闭主驱动系统情况下将物料清理出混合器,减少对设备的疲劳损害,缩短实验时间。

参考文献

- [1] Marquez A, Rios R, Quijano J, et al. Evaluation by torque-rheometer of suspensions of semi-rigid and flexible natural fibers in a matrix of poly (vinyl chloride) [J]. Polymer Composites, 1997, 18 (4): 549-560.
- [2] 周持兴. 聚合物流变实验与应用[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2003.
- [3] 张怀志. 转矩流变仪在高分子材料研究中的应用[J]. 炼油与化工, 2007, 18(1): 32-35.
- [4] 张洁, 郝晓东. HAAKE 转矩流变仪及其应用[J]. 塑料科技, 2003(5): 41-43.
- [5] 张安强, 林雅铃, 王炼石. Brabender 转矩流变仪在橡胶加工性能评价中的应用[J]. 弹性体, 2007, 17(6): 53-59.

AUXILIARY OF CONTINUOUS LOOP MIXER FOR TORQUE RHEOMETER

Wang Zongming, Qiu Jun, Zhang Ling

(School of Materials Science and Engineering, Tongji University,

Key Laboratory of Advanced Civil Engineering Materials of Education of Ministry, Tongji University, Shanghai 201804, China)

ABSTRACT As the deficiencies of capillary rheometer and torque rheometer in researching the rheological properties of the fiber composites, a continuous loop mixer for torque rheometer was designed, in which the fiber composites received continuous shearing similar to the screw extruder's shearing and it was facilitate to clean up.

KEYWORDS rheometer, continuous loop mixer, torque rheometer, capillary rheometer

我国成为世界最大玻璃纤维生产国

我国已成为世界上最大的玻璃纤维生产国,预计对玻璃纤维的需求将很快超过美国,并正在成为全球玻璃纤维产业需求和应用的最大市场,这也正是全球顶级玻纤企业越来越关注亚洲市场的主要原因。其主要应用领域首先是航空领域,2008 年全球各地航空产业消耗的复合材料达到 21 万吨。美国著名的增长咨询公司——弗若斯特沙利文,在 2009 年发表了全球航空聚合物基复合材料行业的研究报告,报告认为随着全球航空业的发展,聚合物基复合材料市场将有望在 2014 年前仍保持两位数的增长。据预测 2008 ~ 2014 年,全球航空领域对复合材料的使用量将每年增长 11%。能源电力是老牌又是新兴应用领域:一是风能,2009 年全球风电能力达到 159213 MW,2009 年新增 38312 MW,风电的年增长率达到了自 2001 年以来最高的 31.7%,到 2009 年年底全球风力发电 340 万亿瓦,相当于世界第七大经济体意大利的全部电力需求、也相当于全球电力消费的 2%;中国继续其在国际风电产业中的火车头角色,2009 年新增 13800 MW 能力,为新增风机最大的市场,其连续第 4 年装机能力增加 1 倍,预测 2010 年我国风能新增 15000 MW。二是烟气脱硫,火力发电量占全球发电量的一半以上,因此煤炭在至少未来几十年内仍将是主要的燃料。所有的火力电厂最终都要安装洗涤塔和脱硫系统,而玻璃钢则是这一应用领域内性价比最高的材料。其烟气脱硫(FGD)未来投资主要是在亚洲,而不是美国和欧洲,中国将成为 FGD 系统的最大市场,占到世界总量的 40% 以上。在我国玻璃钢在脱硫系统的应用还处于上升阶段,已有少数玻璃钢企业能够提供满足 FGD 系统使用要求的玻璃钢产品,并且玻璃钢产品还仅限于喷淋管、极少数烟塔合一脱硫设施的烟道和浆液管道。在未来 20 年内,中国燃煤电厂的脱硫容量将增长 1 倍以上,如果玻璃钢行业采取适当的措施,加强产品开发、设备制造和技术更新,加强市场宣传和拓展,必将为玻璃钢产品在 FGD 市场的应用开拓出广阔的市场。2010 年我国烟塔一体脱硫系统用 ECR 玻璃纤维预测比 2009 年增长 50% 以上。三是输变电设施,由于玻璃钢具有质量轻、强度高、绝缘性好、耐疲劳、耐腐蚀、加工成型方便、易维护等特点,在电力行业得到了广泛应用。玻璃钢复合材料在电力行业的应用除传统输变电设备、设施外,玻璃钢杆塔和复合电缆芯成为行业关注的热点之一。近年来,随着输电走廊用地

的日益紧张,复合材料用于输电杆塔的优势日益突显。

利用复合材料的优良性能,不仅可以克服传统的输电杆塔普遍存在的质量重、易腐、锈蚀或开裂等缺陷,还可以增加杆塔绝缘间隙及绝缘爬距,提高线路的绝缘水平,进一步压缩输电线路走廊宽度,降低输电线路建设及运行维护成本。随着国内玻璃钢复合材料成型工艺技术和产品性能的进步与提升,制造成本的降低,玻璃钢杆塔的研究与应用条件已经具备,许多部门开展了应用研究工作,并已进入线路试验阶段。在交通运输方面首看轨道车辆,2010 ~ 2015 年间,我国规划建设的城市快速轨道交通项目总长度达 1700 公里,5000 多亿元投资将聚集在这一领域。玻璃钢在轨道交通上的应用发展从玻璃钢零部件到全玻璃钢的机头、箱体等都展示了巨大的优势及其在轨道交通领域广泛的应用前景。国内除应用现有技术和工艺,为轨道车辆研发生产、车体内装件和设备、设施外,应深入研究具有自主知识产权的玻璃钢制造技术及其批量化产品,促进我国高速轨道交通事业的发展。当前我国正处在轨道交通建设的繁荣时期,已经成为世界上最大的城市轨道交通市场。对于玻璃钢而言,这是一个大有可为的应用领域,行业应抓住这一契机不断开发新产品,拓展玻璃钢复合材料在轨道交通领域的应用。

2009 年我国汽车产销量达 1300 万辆。随着国家振兴汽车产业规划出台,将加速提升玻璃钢制品在汽车上的应用总量。同时国家节能减排政策和新能源电力汽车的发展,以及汽车材料轻量化的发展趋势,也为玻璃钢制品在汽车上的应用提供了更加广阔的市场发展空间。玻璃钢制品在建筑领域的应用除传统产品,如冷却塔、风机、水箱、管道、门窗、采光瓦、装饰装修等和建筑材料外,建筑补强和玻璃钢在桥梁上的应用成为新的关注点。

石油化工是玻璃钢的重要应用领域之一,除传统防腐工程外,玻璃钢高压管道、贮罐、塔器等产品持续增长,玻璃钢在地下贮油罐和海洋石油工程中的应用成为关注热点。

随着国家相关产业振兴规划和加大基础设施投资力度,对于玻璃钢行业来讲,建筑业和交通运输业是玻璃纤维用量最大的应用领域,同时,新能源和电力等行业对玻璃纤维的需求也将持续增长。玻璃纤维增强热塑性复合材料愈来愈受到关注,玻璃纤维增强热塑性复合材料市场有望在近几年大幅增长。根据我国玻璃钢行业的发展情况,预计近年对玻璃纤维的需求每年将有两位数的增长。(中聚网)