

双螺杆挤出机螺杆组合对 GFRPA66 力学性能的影响

吴昊 杨春兵 高志秋 章玉斋 陶 炜 金文兰 何长征

(中国兵器工业集团第五三研究所, 济南 250031)

摘要 介绍双螺杆挤出机各种规格的螺杆元件及3种螺杆组合,分析了不同螺杆组合方式对玻璃纤维增强尼龙66(GFRPA66)挤出工艺和材料力学性能的影响,并设计出一种适合于GFRPA66加工的螺杆组合方式。结果表明,通过适当的螺杆组合可改善GFRPA66的挤出工艺,提高材料的力学性能。

关键词 同向双螺杆挤出机 玻璃纤维 尼龙66 增强增韧 挤出工艺 力学性能 螺杆组合

同向啮合双螺杆挤出机与单螺杆挤出机相比,具有混合塑化能力强、排气性能好、物料在螺杆中停留时间短等优点,因而被广泛应用于热塑性树脂的填充、增强和增韧。它的螺杆组合采用模块化,螺杆元件可灵活拆卸,并根据所加工材料的配方及加工工艺情况(喂料量、加工温度、主机转速、主机电流等)将不同形状和功能的螺杆元件有机地组合起来,使所加工的材料达到最佳的综合性能。笔者利用南京科亚公司生产的TE-70型同向啮合双螺杆挤出机,根据经验-理论-实践的过程,依次对螺杆元件进行优化组合,通过使用优化的螺杆组合先后解决了玻璃纤维(GF)长度的控制、螺杆排气效率低等问题,并分析了螺杆组合对GF增强尼龙66(GFRPA66)力学性能的影响^[1-3]。

1 实验部分

1.1 原材料

PA66: 相对粘度 2.60~2.75, 江苏太湖尼龙厂;
马来酸酐接枝(乙烯/丙烯/二烯)共聚物(EPDM-g-MAH): 自制;
高强 GF: SC8-12(24)×40, 南京玻璃纤维研究院;
无碱 GF: EC8-1200(2400)R, 江西九江玻璃纤维厂;
其它助剂: 市售。

1.2 主要设备和仪器

同向啮合双螺杆挤出机: TE-70 型, 南京科亚公司;
扫描电子显微镜(SEM): S-200 型, 英国剑桥公司;
注塑机: BA950/500 型, 奥地利 Battenfield 公司;
高速混合机: SH-100A 型, 江苏白熊集团;
烘箱: XF-20A 型, 江阴干燥设备公司;

万能试验机: 英国 Instron 公司;
冲击试验机: X CJ-22 型、X CJ-40 型, 承德试验机总厂。

1.3 GFRPA66 试样制备

GFRPA66 试样的制备工艺流程如图 1 所示。

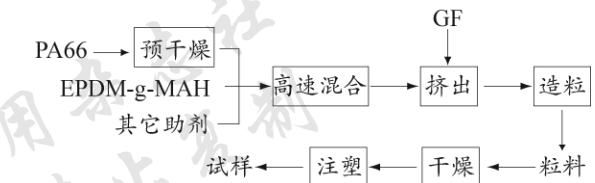


图 1 GFRPA66 试样制备工艺流程图

按配方称取经预干燥的 PA66、增韧剂 EPDM-g-MAH 和其它助剂,进行高速混合后加入 GF,用双螺杆挤出机挤出造粒。将 GFRPA66 粒料干燥后用注塑机在表 1 所列的注塑工艺条件下制成试样。

表 1 GFRPA66 试样注塑工艺条件

注射温度 /℃				注塑压力 ¹⁾ /MPa
背段	中段	前段	喷嘴	
235~255	255~265	250~270	260~280	7.5~12.0

注:1) 指表压。

1.4 性能测试

弯曲强度按 GB/T 9341-2000 测试,试样尺寸为(80₀⁺²⁰)mm×(10±0.5)mm×(4±0.2)mm;
缺口冲击强度按 GB/T 1043-1993 测试,试样为 II 型试样 C 型缺口;
GF 含量按 GB/T 2577-1989 测试。

2 结果与讨论

2.1 不同螺杆组合对 GFRPA66 挤出工艺的影响

双螺杆挤出机的螺杆由螺杆元件构成。所用的螺杆元件及其规格见图 2、表 2。经反复试验发现,使用不同的螺杆组合对 GFRPA66 挤出工艺和 GFR-PA66 材料的性能有很大影响。表 3 列出 3 种不同

的螺杆组合及其挤出效果; 表 4 为采用 3 种不同螺杆组合时挤出 GFRPA66 的工艺条件。

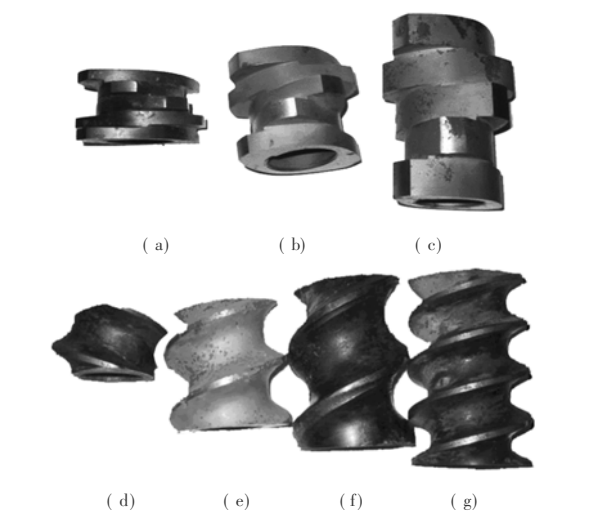


图 2 螺杆元件

表 2 螺杆元件规格

名 称	序号	代 号	功 能
剪切元件	a	K45°/5/36 ¹⁾	用于对物料进行剪切、混合、熔融
	b	K45°/5/56	
	c	K45°/5/96	
输送元件	d	72/36 左 ²⁾	用于输送物料, 通过螺距和螺槽的变化建立压力
	e	72/72	
	f	96/96	
	g	56/112	

注: 1) 45°指捏合盘转角, 5 指有 5 个捏合盘, 36 指元件总长度为 36 mm, 其它类同;

2) 72 指螺距为 72 mm, 36 指总长度为 36 mm, 左指螺纹转向, 其它类同。

由表 3 可知, 3 种螺杆组合方式中, 1[#]螺杆组合挤出工艺较差, 2[#]和 3[#]螺杆组合挤出工艺较好。图 3 为 1[#]螺杆组合挤出时剪切不完全的成簇长玻纤与正常挤出料粒的比较。造成这种现象的原因主要是 1[#]螺杆组合为追求材料中 GF 长度的最大化, 忽略

表 3 3 种螺杆组合方式及其挤出工艺情况

组合号	螺杆组合					螺杆总长度/mm	挤出工艺情况
	加料段	塑化段	剪切段	排气段	挤出段		
1 [#]	56/28、96/96 × 2、72/144 × 2、56/56	K45°/5/96、96/96、72/36 左、56/56、K45°/5/56、96/96 × 3、56/56	K45°/5/56、56/56、K45°/5/36、56/112、K45°/5/56、56/56、72/36 左、K45°/5/56	72/36 左、72/144 × 2	56/112 × 2、56/56	2036	挤出口模处常有长约 1 ~ 3 cm 的成簇长 GF 外露, 使挤出料条相互干扰而使料条断开, 过多的搭接断条极易堵塞切粒机, 对切粒工序有影响, 且挤出料条中空、表面粗糙, 吸附冷却水较多
2 [#]	56/28、96/96 × 2、72/144 × 2、56/56	K45°/5/96、96/96、72/36 左、56/56、K45°/5/56、96/96 × 3、56/56	K45°/5/56、56/56、K45°/5/36、K45°/5/56、56/112、72/36 左、K45°/5/56 × 2	72/36 左、96/96 × 3	56/112 × 2、56/56	2036	料条表面光滑, 料条内部密实, 挤出过程中口模几乎无断条现象发生, 机头挤出压力正常, 料条切粒均匀, 挤出工艺性好, 螺杆组合对 GF 剪切效果好, GF 长度分布均匀, 但树脂与增韧剂混合剪切效果差, 材料性能较低
3 [#]	56/28、96/96 × 2、72/144 × 2、56/56	K45°/5/96 × 2、72/36 左、56/56、K45°/5/56、96/96 × 3、56/56	K45°/5/56、56/56、K45°/5/36、K45°/5/56、56/112、72/36 左、K45°/5/56 × 2	72/36 左、96/96 × 3	56/112 × 2、56/56	2036	料条表面光滑, 料条内部密实, 挤出过程中口模几乎无断条现象发生, 机头挤出压力正常, 料条切粒均匀, 挤出工艺性好, 螺杆组合对 GF 剪切效果好, 树脂与增韧剂混合塑化效果好, 材料性能高, 但主机电流偏大

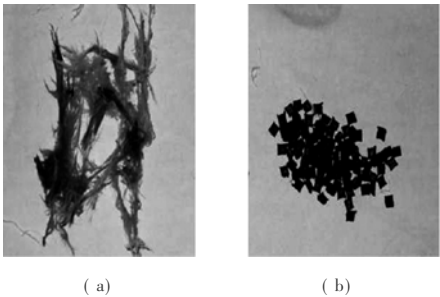
表 4 3 种螺杆组合挤出 GFRPA66 的工艺条件

螺杆温度/℃					机头温度/℃	熔体温度/℃	螺杆转速/r · min ⁻¹	喂料转速/r · min ⁻¹	主机电流/A
一段	二段	三段	四段	五段					
245 ~ 285	245 ~ 285	245 ~ 280	240 ~ 275	235 ~ 275	235 ~ 275	235 ~ 280	150 ~ 240	30 ~ 90	90 ~ 95 ¹⁾

注: 1) 3[#]螺杆挤出时, 主机电流较大, 为 105 ~ 110A。

了增强体系中含有的耐剪切的高强 GF, 其结果导致对 GF 的剪切效果差, 同时排气段元件使用不合理也导致了其排气效率较低。2[#]和 3[#]螺杆组合则在排气段使用了导程较长、螺槽较深的 96/96 输送元件替代 1[#]螺杆组合使用的导程较短、螺槽较浅的 72/72 输送元件, 且在剪切段多用了一组剪切元件, 这样就有效地改善了对 GF 的剪切效果和排气效率。

增加剪切元件可提高 GF 的剪切效率, 控制 GF 的长度, 而螺杆元件导程的加大和螺槽的加深则使挤出过程中熔融的 PA66 料层在经过排气段时变薄, 由于排气孔外接大气, 使物料压力降为零或负压, 物料中的水气、空气、低分子挥发物及多余单体会更充分地释放出来, 并且在螺杆的高速剪切与搅拌下, 气泡破裂, 气体被真空泵吸走, 所以挤出料条时排气效果



a—成簇长玻纤; b—正常挤出的料粒

图 3 1[#] 螺杆组合挤出的成簇长玻纤与正常挤出的料粒比较得到明显改善。

2.2 不同螺杆组合对 GFRPA66 力学性能的影响

3 种螺杆组合对 GFRPA66 力学性能的影响如表 5 所示。

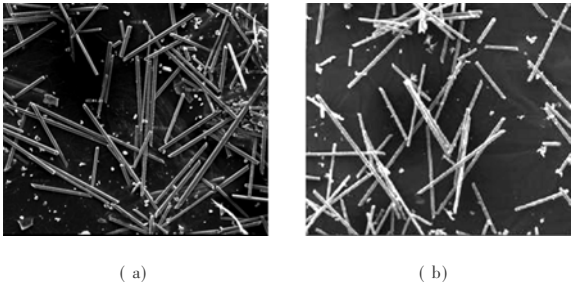
表 5 不同螺杆组合对 GFRPA66 力学性能的影响

项 目	1 [#] 螺杆组合	2 [#] 螺杆组合	3 [#] 螺杆组合
弯曲强度 /MPa	198	177	234
缺口冲击强度 /kJ · m ⁻²	16	14	18
GF 质量分数 /%	33.2	33.5	33.4

由表 5 可知,在 GF 含量几乎完全相同的条件下,3[#]螺杆组合挤出 GFPA66 的力学性能最佳,1[#]螺杆组合次之,2[#]螺杆组合性能最差。表 3 表明,3[#]与 2[#]螺杆组合的主要区别在于塑化段的组合,其它部分完全一样,但挤出材料的性能却相差较大。3[#]螺杆组合挤出材料的弯曲强度与缺口冲击强度分别比 2[#]螺杆组合提高 30% 和 20%,究其原因,主要是 3[#]螺杆组合在塑化段使用了一组 K45°/5/96 剪切元件替代了 2[#]螺杆组合使用的 96/96 输送元件,大大增强了 PA66 与增韧剂在塑化阶段的共混剪切效果。在塑化段,PA66 与增韧剂在机筒内处于熔融液膜与固体颗粒共存的状态,通过螺杆上剪切元件的强制摩擦并剪切固体 PA66 颗粒与增韧剂,将其粉碎剪切成更细小的颗粒,同时产生大量摩擦热,加速了材料由固相向液相的转化,从而提高了 PA66 与增韧剂的混合效果。当材料受到冲击载荷与弯曲载荷时,可以更多地吸收和分散这些载荷,因此 3[#]螺杆组合挤出的材料力学性能较高。同时 3[#]螺杆组合因增大了螺杆与固相材料的摩擦,使其扭矩增大,所以使主机电流也随之加大,由 2[#]螺杆组合的 90 ~ 95A 增加到 105 ~110A。

图 4 为 1[#]、2[#]两种螺杆组合挤出 GFRPA66 烧蚀后的 SEM 照片。由图 4 可知,由于 2[#]螺杆组合中剪切元件比 1[#]螺杆组合多一组,对 GF 的剪切效率较高,使材料中 GF 的长度分布较为均匀,为 0.2 ~0.4

mm,而 1[#]螺杆组合对 GF 的剪切效率较低,材料中有部分 GF 的长度超过 0.5 mm。



a—1[#] 螺杆组合; b—2[#] 螺杆组合

图 4 两种螺杆组合挤出 GFRPA66 烧蚀后的 SEM 照片

鉴于复合材料的强度与纤维、树脂的强度和体积分数的关系式为:

$$S_c = KS_f \cdot V_f + S_m V_m$$

式中: S_c ——复合材料的强度, MPa;

K ——增强系数;

S_f ——纤维的强度, MPa;

V_f ——纤维的体积分数, %;

S_m ——树脂的强度, MPa;

V_m ——树脂的体积分数, %。

在 S_f 、 S_m 、 V_f 、 V_m 一定的前提下, S_c 的大小取决于 K 值,即与 GF 的长度有关,GF 越长,复合材料的强度越大,所以 1[#]螺杆组合挤出的材料性能优于 2[#]螺杆组合挤出的材料。

2.3 优化螺杆组合的试验结果

如上所述,在挤出不同配方的材料时,首先应针对材料配方进行制备工艺和加工设备方面的研究,其中选用何种螺杆组合是一项重要的研究内容。只有通过反复试验研究,确定与配方、工艺参数匹配合理的螺杆组合才能充分发挥材料的性能。笔者认为,3[#]螺杆组合的塑化段组合合理,对 PA66 与增韧剂的剪切、混合效果较好,致使螺杆的剪切效率、排气效果优良,适合于挤出增强改性材料,但在生产时应适当控制喂料量,防止因主机电流过大而频繁出现过载停机的现象。

3 结论

(1) 挤出玻璃纤维增强尼龙 66 时,采用合理的螺杆组合可以提高玻璃纤维的剪切效率,控制纤维长度,改善挤出工艺,从而提高设备的使用效率及生产效率,降低生产成本。

(2) 双螺杆挤出机的螺杆组合对玻璃纤维增强尼龙 66 的力学性能影响较大,采用合理的螺杆组合是获得材料最佳综合性能的必要条件。

参考文献

- 1 耿孝正. 塑料混合及设备. 北京: 中国轻工业出版社, 1992.
- 2 李丽, 王海庆, 庄光山. 优化螺杆组合提高 CFRPA 性能的研究. 工

程塑料应用, 2000, 28(5): 12

- 3 刘志刚, 杨云波. 同向双螺杆挤出机螺杆元件组合及其应用. 工程塑料应用, 2001, 29(5): 33

INFLUENCE OF SCREW ASSEMBLE OF CO-ROTATING TWIN SCREW EXTRUDER ON MECHANICAL PROPERTY OF GFRPA66

Wu Jiong, Yang Chunbing, Gao Zhiqiu, Zhang Yuzhai, Tao Wei, Jin Wenlan, He Changzheng
(CNGC Institute 53, Jinan 250031, China)

ABSTRACT The different size of screw elements and three screw assemblies of co-rotating twin screw extruder were presented. The influence of different screw assemble on the mechanical property of GFRPA66 and extruding process was analyzed. A type of screw assemble which could suit to GFRPA66 was designed. The results of experiments showed that proper screw assemble could improve extruding process and increase the mechanical property of GFRPA66.

KEYWORDS co-rotating twin screw extruder, glass fiber, PA66, reinforcing and toughening, extruding process, mechanical property, screw assemble

三井 - Takeda 公司将进一步扩大在华聚氨酯业务

日前, 三井 - Takeda 化学公司 (MCTI) 已与其合作伙伴就双方的合资公司——天津 Cosmo 聚氨酯公司 (TCPC) 股份转移事宜达成协议, 以更好地满足中国快速增长的聚氨酯 (PUR) 市场需求。

MCTI 是由三井化学公司和 Takeda 化学工业公司组建的合资公司, 主要生产、销售和开发 PUR 原材料、PUR 树脂和有机酸业务。随着 TCPC 中 MCTI 所持股份的增大 (由 45% 增至 70%), 投资额将由 3 000 万元增至 9 000 万元, TCPC 将成为 MCTI 的旗下企业。新增生产装置将在 TCPC 所在的天津工厂内建设, 预计于 2006 年 7 月开始商业运营, 生产能力达到 1.7 万 t/a, 产品主要应用于 PUR 树脂涂料、颜料和柔韧性包装材料添加剂。

(黎)

南京轻机展出全自动旋转吹瓶机

在最近召开的“2005 中国国际饮料工业科技展”上, 南京轻工业机械集团展出了自行研制的 12000 瓶/h XCP10 型全自动旋转式吹瓶机。这款外观设计新颖大方、视觉通透的大型吹瓶机成为此次展会饮料设备的亮点。

据介绍, 这款吹瓶机适用于 PET、PEN、PP 等材料以瓶坯加温、拉伸吹制等工序制成所需的瓶型, 可广泛用于啤酒、饮料、食品、生物制药等行业灌装瓶生产。该机采用可独立控制的红外线加温系统、高精度吹瓶控制系统, 实现了瓶坯炉和拉伸吹瓶一体化, 结构紧凑, 操作简便, 而且设备智能化程度高, 生产平稳高效, 产品质量可靠。此外, 该机拥有良好的人机界面、完善的在线检测与处理功能, 以及可选配的远程诊断模块。

(金陵)

道达尔公司将成为世界第四大 PP 生产商

据美国《化学周刊》报道, 道达尔石化公司将加快扩增 PP 生产能力, 计划于 2005 年底使美国得州拉波特的 PP 生产能力提高 10 万 t/a, 这样当地的 PP 总生产能力可达到 106 万 t/a。道达尔还将使位于比利时弗雷的 PP 装置扩大 10% 的生产能力, 达到 80 万 t/a。再加上在法国贡贝维尔和拉维

拉的 PP 装置扩大生产能力, 将使道达尔石化公司的 PP 总生产能力达到 220 万 ~ 230 万 t/a, 成为继巴塞尔公司、中国石化集团公司和亿诺公司之后的世界第四大 PP 生产商。

(高枫)

幕墙型材保护膜在闽通过鉴定

由福建师范大学化学与材料学院和厦门美嘉杰环保建材有限公司共同研制成功的幕墙型材保护膜, 最近通过福建省教育厅组织的技术鉴定, 并在厦门获得成功推广。该产品是在国家“十五”重点科技攻关项目——“可环境消纳聚丙烯专用树脂”的基础上, 利用自主合成的稀土配合物和滑石粉, 将聚丙烯专用树脂吹制成膜, 再通过热成型方法制成, 具有可环境消纳性, 可替代污染较严重的不干胶保护膜, 是一种环保型建筑装饰包装材料, 使用性能及降解性能优良, 而且综合成本较低, 可广泛应用于建筑领域。

(美辉)

大型防渗膜基地落户武汉

最近英国坦萨集团在中国的首家土工合成材料 (防渗膜) 大型生产基地在湖北武汉开发区投运。土工合成材料是以无纺布为原料用新技术制作的土工布, 防渗性极强, 在建筑中用于稳定土层、提升建筑强度。20 世纪 70 年代末, 英国坦萨集团首创高性能土工合成材料技术, 至今已有数亿平方米土工合成材料成功应用于世界各国的公路、铁路、水运及市政工程。据悉, 作为英国坦萨在华独资企业, 武汉坦萨公司对该基地总投资为 2.2 亿元人民币, 产品除内销外, 还将出口东南亚地区。

(邓周)

WEEE 指令青睐可循环塑料材料

Frost & Sullivan 最新研究显示, 欧盟 WEEE (电子电气装备废弃物) 指令将逐渐减少电子电气产品中塑料的应用选择性, 而青睐可循环塑料。该研究显示, 像聚丙烯这样容易改性而又可同时满足多种使用性能的塑料材料将会日渐受到设备制造商的重视, 而且他们还将更多地选择标准级可循环利用原料。塑料可回收利用的难易程度将成为电子电气设备制造商选择材料的决定因素之一。

(晓孟)