

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2012.07.010

分流板对长纤维增强聚丙烯挤出过程中 纤维断裂和分散的影响

任璞,戴干策

(华东理工大学化学工程联合国家重点实验室,上海 200237)

摘要:采用自主研发的在线混合生产设备制备了长玻璃纤维增强聚丙烯复合材料。研究了分流板在挤出加工过程中对纤维断裂和分散的影响,测定了复合材料的力学性能。结果表明,分流板的加入会使纤维断裂加剧并且有利于纤维束进一步分散,但是随着纤维含量的增加,这种影响变得不明显。当纤维含量为10%时,分流板的加入不利于复合材料性能的提高,而当纤维含量为20%时,复合材料的性能明显改善。

关键词:分流板;长纤维;断裂;分散;力学性能

中图分类号: TQ320.5

文献标识码: A

文章编号: 1001-3539(2012)07-0041-05

Effect of Breaker Plate on Fiber Degradation and Dispersion During Processing of Long Glass Fiber Reinforced Polypropylene Composites Extrusion

Ren Pu, Dai Gance

(State Key Laboratory of Chemical Engineering, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China)

Abstract : Long glass-fiber reinforced polypropylene composites were prepared by a self-developed in-line plastics processing equipment. The effects of breaker plate on the long glass fiber degradation and dispersion were studied, and the mechanical properties of the composites were also tested. The results showed that the breaker plates played an important role in the degradation of long glass fiber and dispersion of glass fiber bundles. However, the effect of the breaker plates was not obvious with increasing the fiber contents. The mechanical properties decreased at 10% fiber content by adding the breaker plate. However, at the 20% fiber contents the mechanical properties could be improved obviously.

Keywords : breaker plate ; long glass fiber ; degradation ; dispersion ; mechanical properties

以聚丙烯(PP)为基体的长纤维增强热塑性材料具有轻质高强的优点,并且易于制造和实现成本优化,正逐步成为工程塑料和金属材料的替代品,已是汽车轻量化使用的聚合物基复合材料首选^[1-3]。此前对于纤维断裂和分散的研究只是局限于螺杆中^[4-5],对于分流板这一部件对纤维的影响未见报道。在用单螺杆加工长纤维增强PP材料的过程中,分流板是一个很重要的混合部件,在使物料由旋转运动变为直线运动中,可以防止长纤维拧结成束,有利于纤维的分布,并且可以增加料流背压,有利于树脂和纤维之间的浸渍。即使纤维通过螺杆后保留的长度较长,如果分流板的结构不经过特殊设计,纤维通过时断裂严重,最终得到的产品中纤维长度仍然较短。

笔者研究了不同的纤维含量下,分流板对长纤维断裂和分散的影响,并且探讨了材料力学性能与

纤维长度和纤维分散的关系。

1 实验部分

1.1 原材料

PP:M800E,熔体流动速率为8 g/10 min,中国石化上海石油化工股份有限公司;

马来酸酐接枝PP(PP-g-MAH):上海圆原高分子材料科技有限公司;

玻璃纤维:合股无捻粗纱370,浙江巨石集团有限公司;

抗氧剂:Irganox 1010, Irgafos 168,瑞士Ciba精化有限公司。

1.2 主要设备和仪器

在线混合设备和分流板:实验室自主设计开

联系人:戴干策,博导,主要研究方向为热塑性复合材料的制备与加工

收稿日期:2012-04-11

发;

电子式万能试验机: CMT4204 型, 深圳新三思试验设备有限公司;

冲击试验机: XJU-22J 型, 承德试验机有限责任公司。

1.3 试样制备

设定在线混合设备的挤出温度为 180~215℃, 螺杆转速为 60 r/min。PP、增容剂及抗氧剂在高速混合机中混合均匀后, 从主加料口加入到设备中, 玻璃纤维从中间加料口引入, 与熔体混合挤出、定型得到连续复合材料片材。经过机械加工得到标准试样。没有经过分流板得到的样品设为 A 系列, 经过分流板得到的样品设为 B 系列。

1.4 性能测试

(1) 纤维表征

纤维质量分数采用灰分法测定。称量坩埚的质量, 记为 m_0 , 然后将复合材料放入坩埚中, 称量质量, 记为 m_1 。将坩埚和试样在 600℃ 的马弗炉中焙烧 4 h, 此时坩埚内只剩玻璃纤维。取出坩埚, 冷却, 然后称量坩埚质重, 记为 m_2 。根据式(1)进行玻璃纤维质量分数(ω)的计算:

$$\omega = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \times 100\% \quad (1)$$

纤维分散度的测定: 将焙烧后的玻璃纤维放到黑色的光学级塑料板上, 用镊子挑出肉眼可见的纤维束, 称出其质量, 记为 m_3 。纤维单丝的质量占焙烧后纤维总质量的百分比为纤维分散度, 记为 ε , 由式(2)计算。

$$\varepsilon = \left(1 - \frac{m_3}{m_2 - m_0}\right) \times 100\% \quad (2)$$

纤维长度测试方法如下: 将少量焙烧后的玻璃纤维放入有机硅烷的水溶液中, 缓慢搅拌, 使其完全分散, 形成玻璃纤维悬浮液。然后将悬浮液倾倒在黑色的光学级塑料板上, 使玻璃纤维均匀分散。用数码相机获取玻璃纤维图像。用图像分析软件进行玻璃纤维图像的处理, 得到玻璃纤维长度 l_i 和对应长度的玻璃纤维数量 n_i , 然后由式(3)和(4)进行纤维数均长度(L_n)和重均长度(L_w)的计算(一般玻璃纤维数量控制在 1000 根左右)。

$$L_n = \frac{\sum n_i l_i}{\sum n_i} \quad (3)$$

$$L_w = \frac{\sum n_i l_i^2}{\sum n_i l_i} \quad (4)$$

纤维束大小的表征: 裁取 200 mm × 350 mm 的板材, 在板材的背面用强光照射, 纤维束的形态用相机拍摄, 用 Image-pro Plus 软件处理图形得到纤维束的面积分布。计算出纤维束的平均面积(S , 以 S_A, S_B 分别表示 A, B 系列的面积)。

(2) 力学性能测试

拉伸性能按 ISO 527-1997 测定;

弯曲性能按 ISO 178-2001 测定;

Izod 缺口冲击强度按 ISO 180-2000 测定。

2 结果与讨论

2.1 分流板对不同纤维含量下纤维长度的影响

表 1 示出分流板对不同玻璃纤维含量下纤维长度的影响。从表 1 可以看出, 对于样品 A, 随着纤维含量的增加, 纤维与纤维之间接触的概率增大, 从而产生更多的摩擦力使纤维断裂严重。 L_w 从 20.84 mm 下降到 15.90 mm, L_n 从 9.68 mm 下降到 7.85 mm。在相同纤维含量下, 样品 B 的纤维长度要小于样品 A 的纤维长度, 并且在纤维含量为 10% 时, 这种变化趋势很明显, L_w 从 20.84 mm 下降到 13.72 mm。随着纤维含量的提高, 这种趋势逐渐减小。当纤维含量达到 40% 时, L_w 只是从 15.90 mm 下降到 15.58 mm。从样品 B 可以看出, 纤维长度随着纤维含量的增加反而增加了。这就说明在实际加工过程中, 当纤维含量低时, 分流板对于纤维有很大的损伤, 尽量避免使用这一部件, 防止纤维的过度断裂。在高纤维含量下, 分流板对于纤维的损伤减小。

表 1 分流板对不同纤维含量下纤维长度的影响

样品编号	纤维含量/%	L_n /mm	L_w /mm
A	10	9.68	20.84
	20	9.07	18.93
	30	8.54	16.81
	40	7.85	15.90
B	10	6.80	13.72
	20	7.08	14.58
	30	7.25	14.75
	40	7.50	15.58

2.2 分流板对不同纤维含量下纤维分散度的影响

表 2 示出分流板对不同玻璃纤维含量下复合材料中纤维分散度的影响。从表 2 可以看出, 对于样品 A, 纤维的分散度随着纤维含量的增加而减小。当纤维含量为 10% 时, 纤维的分散度达到了 83.14%, 纤维几乎以单丝的形态存在, 分流板的加入对于纤维束的分散作用有限, 分散度只是提高到 85.16%。纤维含量为 20% 时, 分流板对于纤维束

的分散起到了很大的作用,纤维的分散度从 64.69% 提高到 73.54%。当纤维含量达到 30% 时,纤维的分散度略有提高。当纤维含量达到 40% 时,纤维的分散度几乎没有变化。

表 2 分流板对不同纤维含量下纤维分散度的影响

样品编号	纤维含量 / %	纤维分散度 / %
A	10	83.14
	20	64.69
	30	52.80
	40	43.24
B	10	85.16
	20	73.54
	30	56.30
	40	44.52

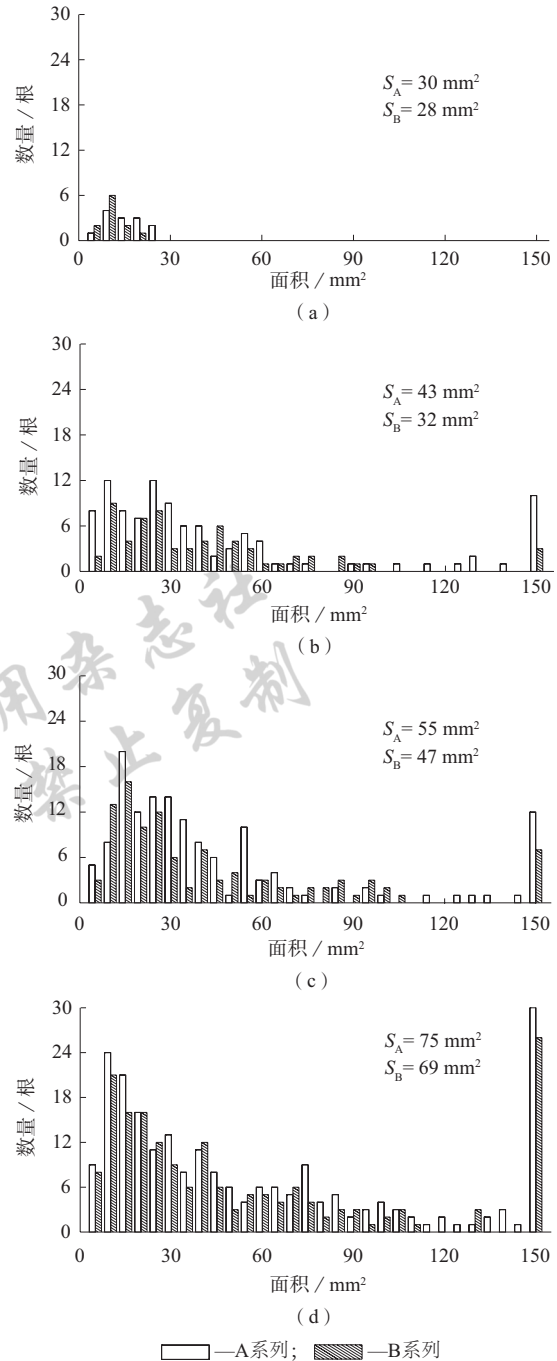
2.3 分流板对不同纤维含量下纤维束大小的影响

图 1 示出不同玻璃纤维含量时纤维束面积的分布。在图 1 中,横坐标 5 mm^2 代表的是面积大于等于 2.5 mm^2 而小于 7.5 mm^2 的数据, 10 mm^2 代表的是面积大于等于 7.5 mm^2 而小于 12.5 mm^2 的数据,以此类推; 150 mm^2 包括所有面积大于 150 mm^2 的超大纤维束。M. H. K. Melody 等^[6-7]通过研究纤维束初始分散问题,提出纤维束分散机理的两种假设:一是大的纤维束分成多个小的纤维束;另一个就是大的纤维束只分成一个小的纤维束,其它的纤维以单丝的形式存在。第一种形式纤维束的分散度不变,而第二种形式引起纤维束分散度的变化。

从图 1 可以看出,纤维含量在 10% 时,经过螺杆和分流板后纤维束的数量很少,并且没有大的纤维束,纤维束平均面积由 30 mm^2 下降到 28 mm^2 。结合纤维分散度和纤维长度变化,可以认为分流板引起了小纤维束的断裂。在图 1b 中,纤维束平均面积由 43 mm^2 下降到 32 mm^2 ,纤维束的大小分布发生了急剧的变化,并且纤维束的分散度有了较大的提高,这说明纤维束的分散形式包括以上两种。当纤维含量为 30% 时,纤维束的平均面积和大小分布略有变化,纤维束的分散形式以第一种为主。当纤维含量达到 40% 时,纤维束的平均面积和大小分布几乎没有发生变化。

2.4 分流板对不同纤维含量下复合材料力学性能的影响

图 2、图 3 示出复合材料拉伸弹性模量和弯曲弹性模量随纤维含量的变化。从图 2 和图 3 可以看出,复合材料的拉伸弹性模量和弯曲弹性模量随着纤维含量的增加而增加。



a—10%; b—20%; c—30%; d—40%

图 1 不同纤维含量时纤维束面积的分布图

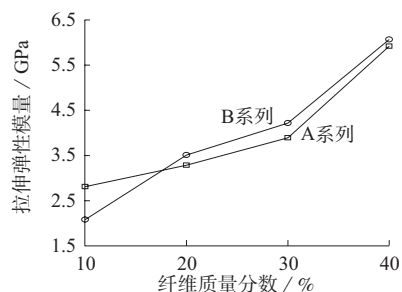


图 2 拉伸弹性模量随纤维含量的变化

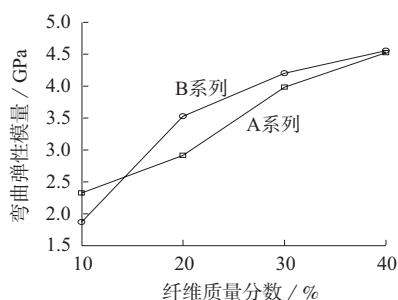


图3 弯曲弹性模量随纤维含量的变化

在纤维含量为10%时,样品B的模量要小于A的模量。这是因为绝大多数纤维束在经过螺杆后都变成了单丝,经过分流板后,进一步加剧纤维的断裂,导致B模量的降低。但是对于纤维含量为20%的样品,包含有很多大的纤维束,当经过分流板后,大的纤维束分成许多小的纤维束,其中小的纤维束会分成单丝,从而增加了纤维与树脂的接触面积,样品B的模量提高了。因此,虽然纤维长度的增加有利于提高材料的刚度,但是纤维束的存在会使这种影响不明显,不能使每根纤维起到传递应力的作用。当纤维含量达到30%以上时,只有小部分大的纤维束分成小的纤维束,所以模量变化不明显。

由此可以看出纤维含量和分散度对于材料模量的影响较大。

图4示出复合材料拉伸强度随纤维含量的变化。从图4可以看出,拉伸强度随着纤维含量的增加呈线性增长,相对于纤维含量,纤维长度和分散度对于拉伸强度的影响较小。在纤维含量为40%时,B样品的拉伸强度明显高于A样品的拉伸强度。这是因为在A样品中存在较多的大纤维束,导致A样品的孔隙率大于B样品。

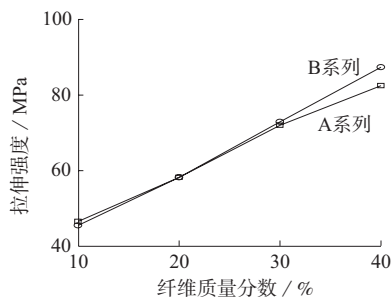


图4 拉伸强度随纤维含量的变化

图5示出复合材料弯曲强度随纤维含量的变化。从图5可以看出,弯曲强度也随着纤维含量的增加而增大。纤维含量为10%时,B样品中的纤维长度短于A样品,并且纤维大多以单丝的形式存在,

这样B样品纤维末端的应力集中点多于A样品,所以弯曲强度有所下降。当纤维含量为20%时,分流板对于纤维束的分散作用明显,极大地增大了纤维与树脂的接触面积,弯曲强度提高较多。当纤维含量达到30%以上时,只有小部分大的纤维束分成小的纤维束,所以弯曲强度变化不明显。

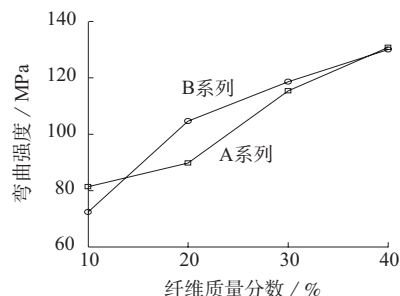


图5 弯曲强度随纤维含量的变化

从上述分析可以看出拉伸强度取决于纤维含量,而弯曲强度取决于纤维含量和纤维分散度。

图6示出复合材料缺口冲击强度随纤维含量的变化。在冲击过程中,纤维增强复合材料吸收能量的方式有以下几种:纤维断裂,基体断裂,纤维拔出。其中纤维拔出吸收的能量最多。由图6可知,缺口冲击强度随着纤维含量的增加几乎呈线性增长。在纤维含量低时,纤维大多以单丝的形式存在,经过分流板后纤维长度下降严重,所以缺口冲击强度下降。随着纤维含量的增加,少数纤维以纤维束的形式存在。冲击断裂的过程中,纤维束拔出这一机理起到了主导作用,所以在高纤维含量时,材料的冲击性能变化不大。

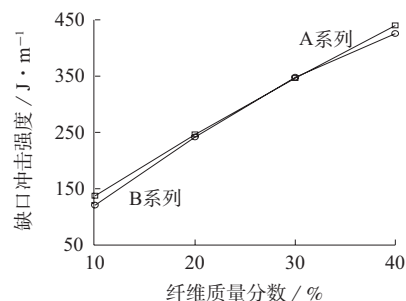


图6 缺口冲击强度随纤维含量的变化

从上述分析可以看出缺口冲击强度与纤维含量有关。在没有纤维束存在的情况下,与纤维长度有关;如果存在纤维束,则与纤维长度关系较小。

3 结论

当纤维含量为10%时,所设计的分流板会引起纤维长度的急剧下降,甚至促使纤维束断裂。当纤

维含量为 20% 时,分流板虽然对纤维长度有一定的影响,但是对于纤维束的分散影响也很大,导致一部分大的纤维束分成小的纤维束,一部分单丝从纤维束上游离出来。当纤维含量高于 30% 时,分流板对纤维长度和分散度影响不大,但有利于物料的分布。纤维含量对材料的力学性能影响很大,相对纤维长度,纤维分散度对于复合材料性能的影响较大。在纤维含量为 20% 时,虽然经过分流板后纤维长度降低,但是纤维束的分散度有了较大提高,复合材料的性能改善明显。

参考文献

- [1] Robert C C, Louis N K. Long glass fiber composites: Rapid growth and change [C]. ANTEC, 2002, 60 (2): 2140-2143.
- [2] 欧文斯科宁(中国)投资有限公司. 长纤增强热塑性塑料(LFT) [J]. 上海建材, 2005, (4): 9.
- [3] Oelgarth A, Dittmer H, Stockreiter W, et al. A comparison of long-fibre-reinforced thermoplastics [J]. Kunststoffe, 1998, 88 (4): 480-485.
- [4] Gupta V B, Mittal R K, Sharma P K. Some studies on glass fiber-reinforced polypropylene, part I: Reduction in fiber length during processing [J]. Polymer Composites, 1989, 10 (1): 8-15.
- [5] Wolf H J. Screw plasticating of discontinuous fiber filled thermoplastic: Mechanisms and prevention of fiber attrition [J]. Polymer Composites, 1994, 15 (5): 375-383.
- [6] Melody M H K, Chris E S. Initial dispersion mechanisms chopped glass fibers in polystyrene [J]. Polymer Composites, 2002, 23 (3): 395-405.
- [7] Melody M H K, Chris E S. Blade geometry effects on initial dispersion of chopped glass fibers [J]. Polymer Composites, 2002, 23 (5): 828-838.

优惠销售 2000 ~ 2011 年中国工程塑料加工应用技术研讨会《论文集》及论文集光盘

中国工程塑料工业协会加工应用专委会为了配合 2000 ~ 2011 年先后召开的中国工程塑料加工应用技术研讨会共编辑、出版了 12 本《论文集》。其内容涉及工程塑料及通用塑料的合成与改性、加工、应用、测试、模具、设备新技术,以及文献综述、评论等,突出了我国工程塑料行业发展规划、热点分析。现尚有部分《论文集》,以及应广大读者要求加工制作的论文集光盘,以优惠价格(含邮费)销售,欢迎订阅。

1. 《论文集》, 优惠价为 300 元 / 套, 单册价格如下:

- 《2011 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》, 论文 100 篇, 正文 369 页, 50 元 / 册;
- 《2010 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》, 论文 100 篇, 正文 371 页, 45 元 / 册;
- 《2009 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》, 论文 100 篇, 正文 351 页, 40 元 / 册;
- 《2008 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》, 论文 100 篇, 正文 351 页, 35 元 / 册;
- 《2007 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》, 论文 100 篇, 正文 343 页, 30 元 / 册;
- 《2006 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集》, 论文 100 篇, 正文 346 页, 25 元 / 册;
- 《2005 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》, 论文 100 篇, 正文 338 页, 20 元 / 册;
- 《2004 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集》, 论文 100 篇, 正文 337 页, 20 元 / 册;
- 《2003 年塑料助剂和塑料加工应用技术研讨会论文集》, 论文 105 篇, 正文 373 页, 20 元 / 册;
- 《2002 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集》, 论文 100 篇, 正文 351 页, 20 元 / 册;
- 《2001 年中国工程塑料加工及模具技术研讨会论文集》, 论文 80 篇, 正文 270 页, 20 元 / 册;
- 《2000 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集》, 论文 100 篇, 正文 339 页, 20 元 / 册。

2. 论文集光盘, 优惠价为 200 元 / 盘。

本光盘除收录上述 12 本《论文集》的全部内容外, 还包括约 2400 人次的会议代表通讯录。

凡需购买《论文集》或论文集光盘的读者, 请尽快办理邮购手续。汇款时请注明“论文集”或“论文集光盘”。

邮编汇款

收款单位: 山东济南市田庄东路 3 号杂志社

邮编: 250031

电话: (0531) 85878057 85878223 85878278

传真: (0531) 85947355 85878057

银行汇款

户 名: 中国兵器工业集团第五三研究所

开户银行: 济南市工商银行经十一路支行

帐 号: 1602001229014425546

网上订购: <http://www.epa1973.com>