

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2012.04.022

空心玻璃微珠对碳纤维增强聚丙烯性能的影响研究*

黄虹,李道喜,明浩,李能文

(重庆理工大学材料学院,重庆 400054)

摘要:以碳纤维(CF)增强聚丙烯(PP)作为基础材料,添加空心玻璃微珠(GB)对其进行共混改性,研究GB的加入量对其流动性能和力学性能的影响。转矩流变性能、拉伸性能、冲击性能和微观形貌的分析与研究结果表明,GB对PP/CF复合材料具有增强增韧的作用。

关键词:空心玻璃微珠;碳纤维;聚丙烯

中图分类号:TQ327.8 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-3539(2012)04-0080-04

Effects of Hollow Glass Beads on Properties of Carbon Fiber Reinforced Polypropylene

Huang Hong, Li Daoxi, Ming Hao, Li Nengwen

(School of Material Engineering, Chongqing University of Technology, Chongqing 400054, China)

Abstract: The carbon fiber reinforced polypropylene (PP) was modified by the filling of the hollow glass beads (GB). The effects of the contents of GB on mechanical properties and flow properties of PP/CF composite were investigated. The result showed that the tensile strength and flexural strength of PP/CF filled with GB were both increased by analyzing the composite material's rheological properties, tensile properties, impact properties and microstructure.

Keywords: hollow glass beads; carbon fiber; polypropylene

空心玻璃微珠(GB)是一种松散、流动性好的粉体材料,具有隔音性、阻燃性、电绝缘性好,密度小,吸油率低,价格低廉,并且强度高特点。由于其优异的流动性能,常在填充改性中用于改善复合体系的流动性能,控制浮纤外露、降低表面粗糙度等。利用GB的这些性能,笔者将其应用于碳纤维(CF)增强聚丙烯(PP)复合材料,在增强增韧的同时降低价格较贵的CF用量,从而使PP/CF复合材料成本降低^[1-3]。

1 实验部分

1.1 原材料

PP:T30S,中国石化新疆独山子石化公司;

CF:聚丙烯腈基,单丝直径0.7 μm,华碳复合材料有限公司;

GB:5 μm,深圳微纳超细材料有限公司;

硅烷偶联剂:KH560,上海晶纯试剂有限公司。

1.2 仪器及设备

开放式塑炼机:SJK-160型,武汉维尔塑料机械有限公司;

电热鼓风干燥箱:CS101-1型,重庆试验设备厂;

注塑机:TTI-95G型,东华机械有限公司;

转矩流变仪:RM-200A型,哈尔滨哈普电气技术有限公司;

悬臂梁冲击试验机:XJU-5.5型,承德市金建检测仪器有限公司;

电子万能(拉力)试验机:CMT型,深圳市新三思材料检测有限公司;

扫描电子显微镜(SEM):JSM-6460LV型,日本电子株式会社。

1.3 试样制备

(1) GB的处理

对GB进行表面处理,处理过程如图1所示。首先用乙醇为溶剂配制浓度为1%的KH560溶液,避光混合浸润GB 1 h;然后滤掉处理液,用等离子水淋洗3~5次;最后,在80℃下烘干后冷却备用。GB的表面处理过程见图1。

(2) 共混工艺

采用PP 100份,CF 5份(直径0.7 μm、长度5 mm),GB用量在0~20份。首先将PP树脂基体置于开炼机中,调整辊距1~2 mm,温度为135

* 重庆市教委科学技术研究资助项目(KJ110803)

联系人:黄虹,主要从事塑料成型加工的教學和研究

收稿日期:2012-02-05

~145℃,两辊间存在温差3~5℃,需料片包覆的辊筒温度应略高,混合时间约10 min,直至树脂基体完全包裹在辊筒上呈透明状时,逐次加入处理后的CF,再进行混合约10 min,再逐次加入处理后的GB混合。在塑炼中对包辊物料实行切割和翻滚,使物料交叉叠合、重新分配,实现界面的无规分布,使沿每条流线上各组分的平均浓度与整个体系基本一致,待料片色泽均匀、表面光滑时,略减少辊距,薄通4~5次,拉片下辊。将片料粉碎成粒。

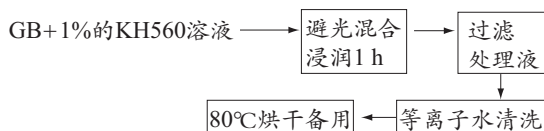


图1 GB的表面处理过程

(3) 试样成型

将共混好的成型物料加入注塑机内,制备拉伸和冲击试样。

1.4 性能测试

采用转矩流变仪对不同试样的流变性能进行研究,温度210℃,转速30 r/min,加料量40 g;

采用电子万能(拉力)试验机测试材料的拉伸强度,试样哑铃型,试验速度10 mm/min,参考标准GB/T 1040-2006;

采用悬臂梁冲击试验机测试材料缺口冲击强度,采用缺口试验机制作2 mm缺口,试样规格80 mm×10 mm×4 mm,参考标准GB/T 1843-1996;

采用SEM观察不同试样的断面形貌,首先通过SBC-12型离子溅射仪对试样表面进行喷金处理,然后在试样四周粘附导电胶,处理完成后进行观察。

2 结果与讨论

2.1 GB对复合材料流动性能的影响

用转矩流变仪对不同GB用量时PP/CF/GB复合材料的最大转矩及平衡转矩进行测定,结果如表1所示。

由表1可知,当GB用量为5份时,体系的最大转矩为70.2 N·m,相对PP/CF体系有所增加;而随着GB用量的增多,体系的最大转矩逐渐变小,当GB用量达到20份时,体系的最大转矩为50.1 N·m,相对PP/CF体系下降了17.9%;添加GB后,体系的平衡转矩均有所增加,但随着GB用量的增大,平衡转矩有降低的趋势,但均高于未添加GB的PP/CF体系的平衡转矩。平衡转矩反映了物料的流动

性,该值越低,表明流动性越好。加入GB后,体系的流动性变差,但随着GB用量的增多,复合体系的流动阻力逐渐降低,流动性逐渐得到提高。

表1 GB用量对复合材料流变性能的影响

GB用量/份	最大转矩/N·m	平衡转矩/N·m
0	61.0	5.5
5	70.2	10
10	63.4	9.3
15	53.2	9.7
20	50.1	8

2.2 GB对复合材料力学性能的影响

GB用量对复合材料拉伸及缺口冲击性能的影响如图2所示。

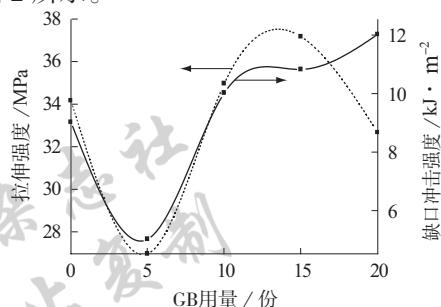


图2 GB用量对复合材料拉伸和缺口冲击强度的影响

(1) 拉伸强度

随着GB用量的增多,复合材料的拉伸强度呈现先降低后提高再降低的趋势,当GB用量为5份时,拉伸强度为最低值27.0 MPa;当GB用量为15份时,拉伸强度达到最大值37.2 MPa,较PP(PP的拉伸强度为25.39 MPa)提高了46.5%,较PP/CF提高了8.8%。

(2) 冲击强度

随着GB用量的增多,复合材料的缺口冲击强度呈现先降低后提高的趋势,但增大趋势逐渐减缓,当GB用量为5份时,缺口冲击强度为最低值5.0 kJ/m²;当GB用量为15份时,缺口冲击强度达10.82 kJ/m²,较PP(PP的缺口冲击强度为9.2 kJ/m²)提高了17.6%,较PP/CF提高了20.2%;GB用量为20份时,缺口冲击强度最大为12.0 kJ/m²,较PP提高了30.4%,较PP/CF提高了33.3%。

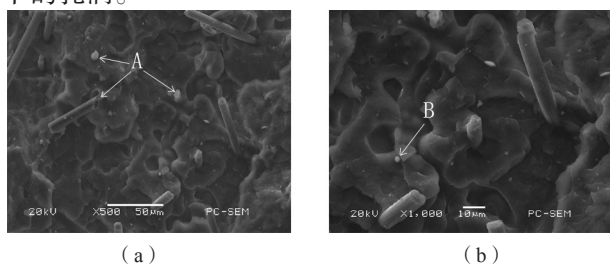
由综合力学性能分析得知,当GB用量为15份时,PP/CF/GB体系具有较好的拉伸和冲击强度,均较PP和PP/CF有一定的提高,其综合力学性能较好,起到了一定的增强增韧作用。但当GB用量为5份时,三元复合体系的力学性能极差,远低于其它试样,也低于未添加GB的PP/CF的拉伸强度和

冲击强度。

2.3 PP/CF/GB 三元复合体系微观形貌分析

(1) GB 用量为 5 份时三元复合体系形貌分析

针对 GB 用量为 5 份的 PP/CF/GB 试样其力学性能远低于同组其它试样的现象,对其冲击断面进行 SEM 分析,如图 3 所示。观察图 3,很难找到完整的 GB 踪影,大量的 GB 呈破裂状(如图 3a 中 A 处),仅有少量粒径小的 GB 呈现完整的球状(如图 3b 中 B 处),同时图像上有大量碳纤维拔出后留下的孔洞。



(a) (b)

a—放大 500 倍; b—放大 1000 倍

图 3 PP/CF/GB 试样冲击断面形貌

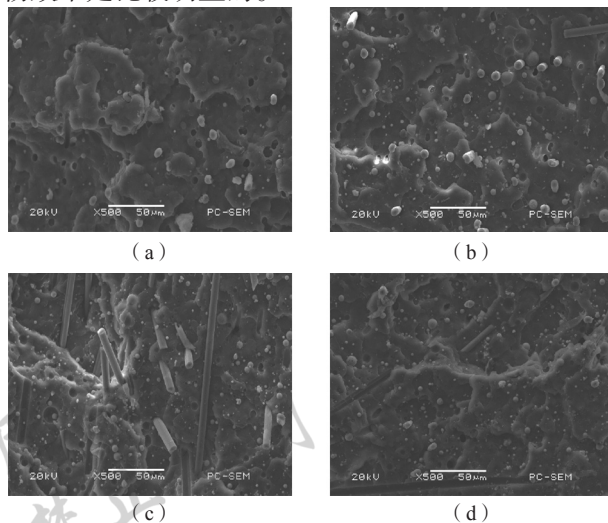
在三元复合体系中, CF 的强度较高, GB 和 CF 与基体 PP 的结合均较好,强度也较高,相比之下, GB 自身的强度不高,成为三元复合体系中较薄弱的环节。当 GB 用量较少时,复合体系单位面积上的 GB 数量也少,当受到外力作用时,外力通过界面层传递到 GB 和碳纤维上,每个 GB 所受的力较大,一旦大于它自身的强度,就会破裂,形成裂纹源,裂纹再扩展,导致三元复合体系断裂,碳纤维被拔出。在宏观上,表现出 PP/CF/GB 三元复合体系的拉伸强度和冲击强度减小,所以三元复合体系的力学性能出现骤降现象。同时也正是因为空心球体破裂,导致了复合体系的流动性能变差,最大扭矩和平衡转矩均增大。

(2) GB 用量增大时三元复合体系形貌分析

将不同 GB 用量的试样冲击断面进行 SEM 扫描,结果如图 4 所示。通过对比发现,随着 GB 用量的增加,相同面积内 GB 的数量增多, GB 受冲击剥落的痕迹有所增加,但 GB 的破裂率有所降低; CF 被拔出形成的孔洞也随着 GB 用量的增多而有所减少。

这主要是因为随着 GB 用量增加,在复合体系中所占的比例增大,复合体系单位面积上的 GB 数量也随之增多,当受到外力作用时,外力通过界面层传递到 CF 和 GB,每个 GB 所受的力相对减小,不易破裂。当外力进一步增大时,大于 GB 自身的强

度,才会破裂,形成裂纹源,裂纹再扩展,导致三元复合体系断裂, CF 被拔出。在宏观上表现出随着 GB 用量的增多,三元复合体系的拉伸强度和冲击强度增大, GB 对于三元复合体系具有增强增韧的作用。 GB 用量为 20 份时,三元复合体系的冲击强度增大,而拉伸强度下降,这表明 GB 对三元复合体系的增韧效果是比较明显的。



a—5 份; b—10 份; c—15 份; d—20 份

图 4 不同 GB 用量试样的冲击断面形貌 SEM 照片

(3) 增强增韧原理分析

加入 GB 后,外力由原来通过界面层传递到 CF,导致 CF 拔出消耗能量,变成通过界面层传递到 GB,使 GB 破裂、剥落而消耗能量,而后才是 CF 被拔出。当 GB 用量较小时,每个 GB 上所受的力较大,易破裂。当 GB 用量较大时,每个 GB 上所受的力相对较小,要在较大的外力作用下才产生破裂,而后才是 CF 被拔出,在宏观上表现出三元复合体系的拉伸强度和冲击强度增大。同时也正是因为空心球体破裂减少,使复合体系的流动性能有所改善,最大扭矩和平衡转矩减小。

3 结论

(1) PP/CF/GB 体系随着 GB 的加入平衡转矩增大,流动性变差;但随着 GB 用量的增加,体系的最大转矩和平衡转矩有下降的趋势。

(2) 随着 GB 用量的增加, PP/CF/GB 体系的拉伸性能和冲击性能得到改善。当 GB 用量为 15 份时, PP/CF/GB 体系的拉伸和冲击性能最好, GB 对该三元体系具有增强增韧作用。

(3) 当 GB 用量为 5 份时,三元复合体系的力学性能极差,加工流动性也较差,因此 GB 的用量不宜太小。

参考文献

- [1] 胡友良,乔金梁,吕立新.聚烯烃功能化及改性——科学与技术[M].北京:化学工业出版社,2006.
- [2] 赵稼祥.2008年世界碳纤维前景会[J].高科技纤维与应用,2008,33(5):1-6.
- [3] 张晓明,刘亚雄.纤维增强热塑性复合材料及其应用[M].北京:化学工业出版社,2007.

欢迎订阅 2012 年《工程塑料应用》、《化学分析计量》及合订本光盘

邮发代号 24-42, 24-138 全国各地邮局均可订阅

也可直接通过邮局或银行汇款向《工程塑料应用》杂志社订阅《工程塑料应用》、《化学分析计量》及合订本光盘,请注明订阅期刊/光盘的名称、收件人、邮编及地址。

《工程塑料应用》国内外公开发行的全国性塑料专业技术类刊物,月刊,大 16 开本,每月 10 日出版。本刊为中文核心期刊,是中国工程塑料工业协会会刊,荣获首届、第二届、第三届全国期刊奖等 26 项国家、省部委级优秀期刊奖,入选美国化学文摘(CA)千种表。2012 年定价 15 元/期,全年 180 元。1986 年以来的期刊价目见表 1。欢迎读者来函(附名片)免费索取样刊。

《化学分析计量》国内外公开发行的全国性分析、计量专业技术类刊物,双月刊,大 16 开本,单月 20 日出版。本刊为中国科技核心期刊,荣获 6 项省部委级优秀期刊奖,入选美国化学文摘(CA)千种表。2012 年定价 15 元/期,全年 90 元。创刊号以来的期刊价目见表 2。欢迎读者来函(附名片)免费索取样刊。

《工程塑料应用》、《化学分析计量》合订本光盘 我社已将《工程塑料应用》自创刊号(1973 年)至 2010 年底共 38 卷 254 期的期刊电子化,并制成合订本光盘,现公开发售;同时也将《化学分析计量》自创刊号(1992 年)至 2010 年底共 19 卷 77 期的期刊电子化,并制成合订本光盘,现公开发售。分别利用这两种合订本光盘既可按作者、文题、关键词、年、期等分类查阅各期刊已发表的所有科技文章和科技信息的全文,又可根据读者自定义的关键词进行全文检索,非常方便、实用。

《工程塑料应用》合订本光盘优惠售价 500 元;《化学分析计量》合订本光盘优惠售价 200 元。

邮局汇款:

收款单位: 山东济南市天桥区田庄东路 3 号杂志社

邮编: 250031 传真: (0531)85947355 85878057

电话: (0531)85878057 85878223 85878278

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

网上订阅: <http://www.epa1973.com>

表 1 《工程塑料应用》单册期刊、合订本价格表

年份	期数	每册单价 / 元	全年定价 / 元	合订本 / 元
1986 ~ 1989	16	0.825	13.2	19
1990 ~ 1992	12	1.4	16.8	23
1993、1994	10	2.4	24	30
1995	6	2.8	16.8	23
1996	6	3	18	24
1997	6	3.5	21	27
1998	12	3.5	42	48
1999	12	4	48	54
2000	12	5	60	66
2001	12	5.5	66	78 (两本)
2002	12	6	72	84 (两本)
2003	12	6.5	78	90 (两本)
2004	12	7	84	96 (两本)
2005	12	7.5	90	102 (两本)
2006	12	8	104	116 (两本)
2007	12	9	108	120 (两本)
2008	12	10	120	132 (两本)
2009	12	12	144	156 (两本)
2010	12	13	156	168 (两本)
2011	12	15	180	192 (两本)
2012	12	15	180	180 (单册)
合计	237		1200 (优惠)	1300 (优惠)

表 2 《化学分析计量》单册期刊、合订本价格表

年份	期数	每册单价 / 元	全年定价 / 元	合订本 / 元
创刊号 ~ 1998	9	3	27	33
1998 ~ 2001	14	4	56	62
2002	6	5	30	72
2003	6	6	36	
2004	6	7	42	93
2005	6	7.5	45	
2006	6	8	48	108
2007	6	9	54	
2008	6	10	60	66
2009	6	12	72	78
2010	6	13	78	84
2011	6	15	90	96
2012	6	15	90	90 (单册)
合计	89		600 (优惠)	650 (优惠)