

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2013.08.008

连续长铝纤维增强高温尼龙复合材料的力学性能

杨涛, 郭建鹏, 孟成铭, 陈超, 金幸

(上海日之升新技术发展有限公司, 上海 201109)

摘要: 采用自行设计的连续纤维/热塑性树脂浸润模具, 用熔融浸渍法制备了连续长铝纤维增强高温尼龙复合材料, 研究了铝纤维含量、相容剂含量、浸润模具温度、牵引速率对连续长铝纤维增强高温尼龙复合材料力学性能的影响。结果表明, 当铝纤维质量分数为30%、相容剂质量分数为12%、浸渍模具温度为320℃、牵引速率为2.5 m/min时, 制备的连续长铝纤维增强高温尼龙复合材料的力学性能较好, 可满足客户的使用要求, 复合材料的产量为500 kg/h。

关键词: 长铝纤维; 相容剂; 高温尼龙; 熔融浸渍; 力学性能

中图分类号: TQ327.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2013)08-0039-03

Mechanical Properties of Continuous / Long Aluminum Fibers Reinforced High-Temperature Resistant Nylon Composites

Yang Tao, Guo Jianpeng, Meng Chengming, Chen Chao, Jin Xing

(Shanghai Sunny New Technology Development Co. Ltd., Shanghai 201109, China)

Abstract : Continuous / long aluminium fiber reinforced high-temperature resistant nylon composites were prepared by melt impregnation method with self-designed continuous fiber / thermal resin impregnation mold. Effects of aluminium fiber and compatibilizer content, impregnation mold temperature and towing rate on mechanical properties of the composites were studied. The results indicate that when mass fraction of aluminium fiber and compatibilizer are 30% and 12%, impregnation mold temperature is 320℃ and towing rate is 2.5 m/min, the composite has better mechanical properties and can meet the requirements of customers. The yield of the composite is 500 kg/h.

Keywords : long aluminum fiber ; compatibilizer ; high-temperature resistant nylon ; melt impregnation ; mechanical property

高温尼龙具有优异的综合性能,特别是在高温下仍具有高刚性、高强度及极佳的尺寸稳定性。纤维增强高温尼龙具有耐高温、高强度和低密度等特点,因此,被认为是今后以塑代钢的极佳材料,可用于汽车、电子电气等领域。目前,用于增强高温尼龙的纤维有玻璃纤维、碳纤维、铝纤维、不锈钢纤维等。纤维增强高温尼龙的增强方式有两种:短切纤维增强和连续长纤维增强。与传统的短切纤维增强复合材料相比,长纤维增强热塑性复合材料具有更好的综合性能。笔者以长铝纤维为增强材料,采用笔者所在公司自主研发的相容剂,制备了连续长铝纤维增强高温尼龙复合材料,研究了复合材料的性能。

1 实验部分

1.1 主要原材料

高温尼龙: A1000, 美国苏威先进聚合物公司;

长铝纤维: X10-18, 直径为10~18 μm, 宜兴市恒久模具有限公司;

相容剂: 马来酸酐接枝高温尼龙, CMG9806,

上海日之升新技术发展有限公司;

润滑剂: 硅酮, GM-100, 中蓝晨光化工研究设计院有限公司;

受阻酚类抗氧剂: 1098, 汽巴精化(中国)有限公司。

1.2 主要仪器与设备

同向双螺杆挤出机: SHJ-35型, 南京浩特机械设备有限公司;

注塑机: HTF90W1型, 宁波海天集团股份有限公司;

连续纤维/热塑性树脂浸润模具: Sunny B-52型, 自制;

熔体流动速率仪: XRZ400型, 吉林大学科教仪器厂;

电光分析天平: TG328A型, 上海市实验仪器总

联系人: 杨涛, 高级工程师, 研发总监, 兼任市场总监, 负责两个部门的战略定位及日常管理工作

收稿日期: 2013-05-29

厂;

电子万能试验机:LR30K Plus,英国 Lloyd 公司;

冲击试验机:RESIL P/N 6957.000,意大利 Geast 公司;

扫描电子显微镜 (SEM):JSM-6360LA 型,日本电子公司。

1.3 试样制备

首先在双螺杆挤出机上安装连续纤维/热塑性树脂浸润模具,然后将连续长铝纤维穿过浸润模具,再将一定比例的高温尼龙、相容剂、润滑剂、抗氧化剂加入到双螺杆挤出机料斗中。设定双螺杆一、二、三、四、五、六、七、八、九、十区的温度分别为 100, 260, 290, 300, 300, 300, 300, 300, 300, 300 °C。连续纤维/热塑性树脂浸润模具的温度为 320 °C,在连续挤出的同时,使用牵引机牵引料条,通过调整双螺杆挤出机的喂料量、浸润模具的模口孔径和牵引机的牵引速度控制复合材料中铝纤维含量,从而获得连续的高温尼龙/长铝纤维复合材料。制得的料条经水冷却后,使用专用的切粒机切成 15 mm 长的注塑粒料。用注塑机制得标准试样。

1.4 性能测试

悬臂梁缺口冲击强度按 GB/T 1843-2008 测试,V 型缺口,缺口深 2 mm;

拉伸强度按 GB/T 1040-2006 测试;

弯曲强度按 GB/T 9341-2008 测试;

断面形貌观察:将断面进行真空喷金处理,用 (SEM) 观察断面形貌。

2 结果与讨论

2.1 铝纤维含量对复合材料力学性能的影响

设定浸润模具温度为 320 °C,相容剂的质量分数为 10%,牵引速率为 2.5 m/min,铝纤维含量对复合材料力学性能的影响如表 1 所示。由表 1 可以看出,复合材料的力学性能随着长铝纤维含量的增加而提高,当铝纤维质量分数达到 30% 时,随着铝纤维含量的进一步增加,复合材料力学性能的增幅放缓。这是因为铝纤维本身具有比高温尼龙更高的力学性能,铝纤维的加入可明显提高复合材料的力学性能。当铝纤维质量分数增加到 30% 后,由于长铝纤维含量过高,在注塑成型过程中,铝纤维之间的摩擦会使其在一定程度上受到折损,导致铝纤维的增强作用减弱,而使复合材料的力学性能增幅放缓。选择复合材料中铝纤维的质量分数为 30%。

表 1 铝纤维含量对复合材料力学性能的影响

铝纤维质量 分数/%	弯曲强度 / MPa	冲击强度 / (kJ·m ⁻²)	拉伸强度 / MPa
0	100	50	79
5	125	80	113
10	150	110	130
15	190	132	155
20	215	155	176
25	245	175	200
30	290	200	220
35	295	207	223
40	302	211	225

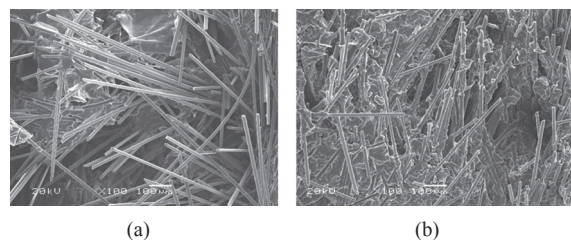
2.2 相容剂含量对复合材料力学性能的影响

设定铝纤维的质量分数为 30%,浸润模具的温度为 320 °C,相容剂的质量分数为 10%,牵引速率为 2.5 m/min,相容剂含量对复合材料力学性能的影响如表 2 所示。

表 2 相容剂含量对复合材料力学性能的影响

相容剂质量 分数/%	弯曲强度 / MPa	冲击强度 / (kJ·m ⁻²)	拉伸强度 / MPa
0	65	50	70
2	170	114	120
4	220	130	160
6	252	160	174
8	270	180	205
10	290	200	220
12	290	206	222
14	283	187	205

由表 2 可以看出,复合材料的力学性能先是随着相容剂含量的增加而增大,当相容剂的质量分数为 12% 时,随着相容剂含量的进一步增加,其力学性能降低。这是因为相容剂的加入可明显改善铝纤维和高温尼龙界面间的结合力 (见图 1),相容剂可将高温尼龙与铝纤维牢牢地粘接在一起,在一定比例范围内,相容剂的含量越高,界面间的粘接力越强,复合材料的力学性能越好^[2-5]。但是,当相容剂的含量超过一定比例时,由于相容剂的力学性能明显低于高温尼龙,因此,复合材料的力学性能下降。选择复合材料中相容剂的质量分数为 12%。



相容剂质量分数: a—0; b—12%

图 1 不同相容剂含量的复合材料 SEM 照片

2.3 浸渍模具温度对复合材料力学性能的影响^[6-7]

设定铝纤维的质量分数为 30%,相容剂的质量

分数为 12%,牵引速率为 2.5 m/min,浸渍温度对复合材料力学性能的影响如表 3 所示。

表 3 浸渍温度对复合材料力学性能的影响

浸渍温度 / ℃	弯曲强度 / MPa	冲击强度 / (kJ · m ⁻²)	拉伸强度 / MPa
280	210	155	170
290	215	175	195
300	254	185	200
310	275	190	205
320	290	200	220
330	285	197	215
340	259	155	167

由表 3 可以看出,随着浸润模具温度的升高,复合材料的力学性能明显提高,但是当浸润模具温度达到 320℃时,随着浸润模具温度的进一步升高,复合材料的力学性能下降。这是因为随着浸润模具温度的提高,高温尼龙树脂的黏度下降,高温尼龙树脂会更容易地浸润到铝纤维中,两者在界面间能更有效地结合,表现为复合材料的力学性能提高。但是,当浸润模具温度高于 330℃时,高温尼龙会部分分解,温度越高,分解的程度越大,相应复合材料的力学性能会下降。选择浸润模具温度为 320℃。

2.4 牵引速率对复合材料力学性能的影响

设定铝纤维的质量分数为 30%,相容剂的质量分数为 12%,浸润模具温度为 320℃,牵引速率对复合材料力学性能的影响如表 4 所示。

表 4 牵引速率对复合材料力学性能的影响

牵引速率 / (m · min ⁻¹)	弯曲强度 / MPa	冲击强度 / (kJ · m ⁻²)	拉伸强度 / MPa
0.5	325	223	243
1.0	305	215	235
1.5	300	212	232
2.0	293	205	226
2.5	290	200	220
3.0	287	197	205
3.5	259	159	160

由表 2 可以看出,随着牵引速率的降低,复合材料的力学性能明显提高。这是因为随着牵引速率的降低,铝纤维在模具内停留的时间增加,高温尼龙树脂对铝纤维的浸润时间增加,高温尼龙会有更充裕的时间浸润到铝纤维中,因此,复合材料的力学性能提高。虽然牵引速率越慢浸润效果越好,复合材料的力学性能越好,但是,牵引速率越慢意味着生产效率越低。当牵引速率为 2.5 m/min 时,复合材料的产量为 500 kg/h,此时,复合材料的力学性能满足

客户要求,所以,兼顾生产效率和材料性能,选择牵引速率为 2.5 m/min。

3 结语

采用自行设计的连续纤维/热塑性树脂浸润模具,用熔融浸渍法制备了连续长铝纤维增强高温尼龙复合材料。结果表明,当铝纤维质量分数为 30%、相容剂质量分数为 12%、浸渍模具温度为 320℃、牵引速率为 2.5 m/min 时,制备的连续长铝纤维增强高温尼龙复合材料的力学性能较好,可满足客户要求,复合材料的产量为 500 kg/h。

参考文献

- [1] 根赫特,米勒.塑料添加剂手册[M].,成国祥,译.北京:化学工业出版社,2000.
Gachter R, Muller H. Plastics additives handbook[M].Translator: Cheng Guoxiang. Beijing:Chemical industry press, 2000.
- [2] 周晓东,林群芳,戴干策.环境因素对玻璃纤维增强聚丙烯界面的损伤[J].塑料工业,2000,28(1):18-19,24.
Zhou Xiaodong, Lin Qunfang, Dai Gance. Environmental damage to interface of GF/PP[J]. China Plastics Industry, 2000, 28(1):18-19, 24.
- [3] 陈平,于祺,路春.纤维增强聚合物基复合材料的界面研究进展[J].纤维复合材料,2005,22(1):53-59.
Chen Ping, Yu Qi, Lu Chun. Advance in the study of interface of fiber reinforced polymer matrix composites[J]. Fiber Composites, 2005, 22(1):53-59.
- [4] Kumar K S, Bhatnagar N, Ghosh A K. Development of long glass fiber reinforced polypropylene composites:mechanical and morphological characteristics[J].Journal of Reinforced Plastics and Composites, 2007, 26(3):239-249.
- [5] 张宇,刘恩,段召华,等.相容剂对长玻纤增强尼龙 66 树脂力学性能和流变行为的影响[J].塑料工业,2011,39(1):93-96.
Zhang Yu, Liu En, Duan Zhaozhua. The influence of compatilizer on mechanical properties and rheological behavior of long glass fiber reinforced nylon 66[J]. China Plastics Industry, 2011, 39(1):93-96.
- [6] 邓杰,李辅安,刘建超.连续纤维增强 PEEK 预浸带制备中的纤维分散[J].纤维复合材料,2004,21(3):12-14.
Deng Jie, Li Fuan, Liu Jianchao. Study of fiber bundles dispersion in the production process of continuous fiber reinforced PEEK Prepreg[J].Fiber Composites, 2004, 21(3):12-14.
- [7] Lafranche E, Krawczak P, Ciolczyk J P, et al. Injection moulding of long glass fiber reinforced polyamide 66:Processing conditions / microstructure / flexural properties relationship[J]. Advances in Polymer Technology, 2005, 24(2):114-131.

山东海冠化工聚酯树脂项目投产

山东海冠化工科技有限公司聚酯树脂项目日前投产。

该项目总投资 3 亿元,年产 5 万 t 环保粉末涂料专用聚酯树脂,年产值可达 8 亿元。
(工程塑料网)