

高性能碳纤维/环氧树脂复合材料板的制备 及其性能表征研究

丛 庆 林凤森 李光友 曲晓东 王 龙 李丰选

(威海光威复合材料股份有限公司,威海 264202)

摘 要 采用拉挤成型工艺制备了结构均一有序、外貌光亮顺滑的高性能碳纤维/环氧树脂复合材料板,并对其进行了力学性能测试。研究表明:高性能碳纤维/环氧树脂复合材料板,在 0°条件下,拉伸强度 1889MPa,拉伸模量 141GPa,压缩强度 1212MPa,压缩模量 130GPa,弯曲强度 1107MPa,弯曲模量 136GPa;在 90°条件下,弯曲强度 86MPa;层间剪切强度 61.834MPa,具有较好的力学性能。

关键词 拉挤成型,碳纤维,复合材料,性能表征

Study on preparation and characterization of carbon fiber/epoxy resin composite plate with high performance

Cong Qing Lin Fengsen Li Guangyou Qu Xiaodong Wang Long Li Fengxuan

(Weihai Guangwei Composites Co., Ltd., Weihai 264202)

Abstract A kind of carbon fiber/epoxy resin composite plate with high performance was prepared by pultrusion, which had uniform orderly structure and smooth appearance. Also the tensile, compression, bending and shearing properties of pultruded carbon fiber reinforced composite were measured by using the mechanical performance testing machine. Under the test condition of 0°, the tensile strength was 1889MPa, and the tensile modulus reached 141GPa. The compressive strength was 1212MPa, and the tensile modulus was up to 130GPa. Also the bending strength was 1107MPa, and the bending modulus reached 136GPa. Under the test condition of 90°, the bending strength was 86MPa. Furthermore, the inter-laminar shear strength was 61.834MPa. In conclusion, this pultruded carbon fiber reinforced composite plate had good mechanical properties.

Key words pultrusion, carbon fiber, composite, performance characterization

碳纤维作为一种新型高性能纤维,具有高强度、高模量、耐高温、耐腐蚀、抗疲劳、抗蠕变和导电传热等特性,作为增强体制得的高性能复合材料广泛应用于军事、航空航天、民用和工业等领域^[1]。

拉挤成型工艺是一种连续生产固定截面纤维增强复合材料的成型方法,该技术始于 1948 年的美国,并在全世界得以发展推广。拉挤型材广泛应用于电气设备、耐腐蚀部件、建筑工程、运输行业及军事等领域,发展十分迅速。拉挤成型从理论上可以生产出任意长度的制品,典型的拉挤线速度为 0.2~1.5m/min,快速成型速率可以达到 4m/min 以上,并且可以同时生产多件产品,从而极大提高了

成型效率,适用于大批量生产;此外,生产过程可以完全实现自动化控制,产品截面形状实现系列化与标准化,显著降低了复合材料制品的离散性,性能稳定,纤维含量高,最高可达 80%,由于成型时纤维在张力作用下充分展直,纤维性能可以得到充分发挥,纵向力学性能突出,原材料利用率也可达到 95%以上^[2]。

采用拉挤成型工艺制备的碳纤维复合材料(CFRP)具有长度不受限制、截面形状稳定和成本相对低廉等优点,且由于纤维沿单一方向延伸,具有很高的纵向拉伸强度,因此广泛应用于工业工程领域^[3-4]。本研究采用拉挤成型方法制得了性能优异、

品质优良的高性能碳纤维/环氧树脂复合材料板(以下简称高性能复合材料板),并对其力学性能进行了探究。

1 实验部分

1.1 材料

T300 级高强大丝束碳纤维(TZ-3522JH-24K 型),威海拓展纤维有限公司;玻璃纤维(TCR920W-2400-17 型),泰山玻璃纤维有限公司;环氧树脂(高性能双酚 A 型环氧树脂)、固化剂(液体酸酐类固化剂)、促进剂(液体叔胺类固化剂),均为工业纯,兰科化工(张家港)有限公司;脱模剂(环氧型脱模剂,工业纯),科拉斯公司;脱模布(高强度尼龙 PA66),嘉兴佑威复合材料有限公司。

1.2 仪器与设备

履带式拉挤生产线(NLL-7T 型),南京诺尔泰复合材料设备制造有限公司;电子万能试验机(Instron[®] 2382 型),英斯特朗(上海)试验设备贸易有限公司;数码相机(尼康 D3400 型),尼康株式会社。

1.3 样品的制备

高性能复合材料板由主体、左侧保护层、上脱模

布、右侧保护层和下脱模布等组成。

将长度为 900mm 的拉挤成型模具,固定在履带式拉挤生产线(NLL-7T 型,南京诺尔泰复合材料设备制造有限公司)的模具固定架上。称取规定数量的 T300 级高强大丝束碳纤维(纤维体积含量 50%~80%,丝束中单丝数量不少于 12000 根)安装在纱架上,并依次通过浸胶槽、预成型模、成型模具(分为预热区、凝胶区和固化区 3 个区域),温度按要求设定并升温,等成型模具温度均衡后,将调配好的树脂[配合比为环氧树脂:固化剂:促进剂:脱模剂=100:(80~110):(0.5~2.0):(0.5~2.5)]加入浸胶槽,纤维分 2~4 层浸胶,采用履带式复合材料拉挤机(NLL-7T 型,南京诺尔泰复合材料设备制造有限公司)进行拉挤,拉挤速度设定为 0.2~0.5m/min,碳纤维浸胶后通过挤胶辊、预成型模等 4 道逐级挤胶,充分降低入模前浸胶碳纱的含胶量,并与上脱模布、下脱模布随纤维一起进入成型模具进行成型。成型后的板材经风箱冷却降温后,采用履带式拉挤生产线(NLL-7T 型,南京诺尔泰复合材料设备制造有限公司)中牵引机进行牵引,收卷机进行收卷,即制得高性能复合材料板。拉挤工艺流程示意图见图 1。

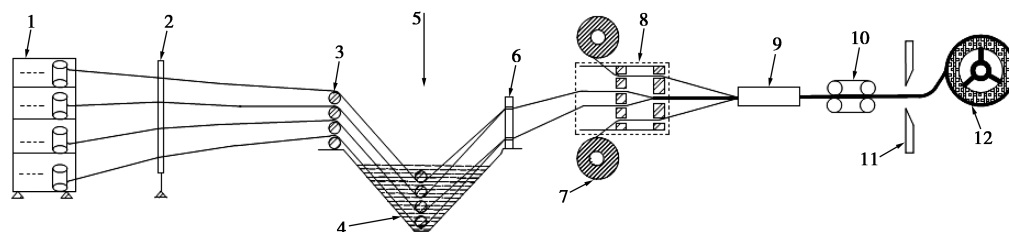


图 1 拉挤生产工艺流程示意图

(1:纱架;2:集纱板;3:分层纱板;4:浸胶槽;5:混胶;6:挤胶辊;7:脱模布;8:预成型模;9:成型模具;
10:牵引装置;11:切断装置;12:收卷装置)

1.4 样品的测试

采用数码相机(尼康 D3400 型,尼康株式会社)对样品除去脱模布后打磨表面的形貌进行拍摄,观察高性能复合材料板材内部纤维的直线度及分布的均匀程度。采用电子万能试验机[Instron[®] 2382 型,英斯特朗(上海)试验设备贸易有限公司]在室温干态的大气环境条件下,按照相应测试标准对样品进行力学性能测试,其中 0°方向的拉伸性能按照 ISO 527《塑料拉伸性能测试方法》进行测试,压缩性能按照 ASTM D 6641《用组合载荷压缩(CLC)固定试验设备测定聚合物基复合材料层压板压缩特性的

标准试验方法》进行测试,0°和 90°的弯曲性能按照 ISO 14125《纤维增强塑料复合材料弯曲性能的测定》进行测试,层间剪切性能按照 ISO 14130《纤维增强塑料复合材料用短梁法表面层间剪切强度测定》进行测试。

高性能复合材料板的标准力学性能指标见表 1。

表 1 高性能复合材料板的标准力学性能指标

序号	项目	标准性能指标
1	0°拉伸强度	≥1650MPa
2	0°拉伸模量	≥120GPa

续表

序号	项目	标准性能指标
3	0°压缩强度	≥1050MPa
4	0°压缩模量	≥110GPa
5	层间剪切强度	≥50MPa
6	0°弯曲强度	≥950MPa
7	0°弯曲模量	≥110GPa
8	90°弯曲强度	≥20MPa

2 结果与讨论

2.1 表观形貌分析

高性能复合材料板的形貌图见图 2。从图可以看出,高性能复合材料板表面光洁,无气泡、杂质、裂纹等缺陷,色泽均匀,纤维方向一致,是良好的复合材料拉挤制品。



图 2 高性能复合材料板的形貌图

2.2 力学性能分析

高性能复合材料板的力学性能图见图 3。高性能复合材料板的力学性能数据见表 2。从图 3 和表 2 可知,制得的高性能复合材料板具有较好的力学性能,在 0°条件下,拉伸强度达到 1889MPa,拉伸模量达到 141GPa,压缩强度达到 1212MPa,压缩模量达到 130GPa,弯曲强度达到 1107MPa,弯曲模量达到 136GPa;在 90°条件下,弯曲强度达到 86MPa;

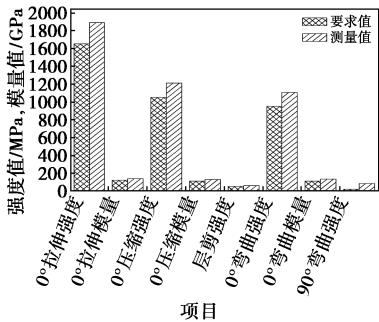


图 3 高性能复合材料板的力学性能图

表 2 高性能复合材料板的力学性能数据

项目	标准值	测量值	离散系数
0°拉伸强度/MPa	≥1650	1889	0.0258
0°拉伸模量/GPa	≥120	141	0.0121
0°压缩强度/MPa	≥1050	1212	0.0471
0°压缩模量/GPa	≥110	130	0.0310
0°弯曲强度/MPa	≥950	1107	0.0252
0°弯曲模量/GPa	≥110	136	0.0240
90°弯曲强度/MPa	≥20	86	0.0417
层间剪切强度/MPa	≥50	62	0.0106

层间剪切强度达到 61.834MPa,均比材料设计的要求值高。研究表明,拉挤成型工艺制备的高性能复合材料板的性能优异,稳定性好,可靠度高,可以满足有关规定的各项要求。

3 结论

制备了一种结构均一有序、外貌光亮顺滑的高性能碳纤维/环氧树脂复合材料板。采用拉挤成型工艺制得的高性能碳纤维/环氧树脂复合材料板,表观品质良好,力学性能优异,稳定性良好,是一种优质高强的复合材料制品。

高性能碳纤维/环氧树脂复合材料板,在 0°条件下,拉伸强度达到 1889MPa,拉伸模量达到 141GPa,压缩强度达到 1212MPa,压缩模量达到 130GPa,弯曲强度达到 1107MPa,弯曲模量达到 136GPa;在 90°条件下,弯曲强度达到 86MPa;层间剪切强度达到 61.834MPa,具有较好的力学性能,可以满足实际应用的要求。

参考文献

[1] 李芝华,甘卫平.建材用碳纤维复合材料应用的新进展[J].纤维复合材料,1998(1):46-48.
[2] 张玉龙.先进复合材料制造技术手册[M].北京:机械工业出版社,2003,6-297.
[3] 黄亚新,苗大胜,程曦,等.不同种类拉挤 FRP 筋材压缩强度研究[J].工程塑料应用,2012,40(8):81-85.
[4] 陈博.我国复合材料拉挤成型技术及应用发展情况分析[J].玻璃钢/复合材料,2014(9):34-41.

收稿日期:2017-11-23

修稿日期:2019-01-17