

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2020.11.012

风力发电叶片叶根的预理工装研究

武卫莉,李响

(齐齐哈尔大学材料科学与工程学院,黑龙江齐齐哈尔 161006)

摘要:针对玻璃纤维增强环氧树脂复合材料制备风力发电叶片的叶根螺栓套预埋、表面处理及工装等出现的质量问题,探讨了这些问题形成的原因和条件。结果表明,预埋螺栓套外表面粗糙度达到 $6\text{ }\mu\text{m}$,喷砂时间为 $6\sim 8\text{ min}$,粒度控制在 $14\sim 16$ 目,缠纱股数为6时预埋螺栓套表面处理最佳。预埋螺栓套周围缝隙填充方式用玻璃钢三角条和楔形块填充,密封方式采用1层硅胶条与3层密封胶带配合效果最佳。环境温度为 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和环氧树脂初始混合时间为 100 min 时,环氧树脂的放热性和渗透性最佳。当上工装倾角为 $3.4^{\circ}\sim 3.7^{\circ}$,下工装倾角为 $3.2^{\circ}\sim 3.4^{\circ}$,端面打磨次数为1,安装扭力为 $700\text{ N}\cdot\text{m}$ 时,预埋叶根的平面度达到 0.45 mm ,端面空腔数降低到7,工装效果最佳。

关键词:风力发电叶片;环氧树脂;真空辅助成型;预埋;工装

中图分类号: TQ325.14 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2020)11-0059-06

Embedment and Tooling of The Wind Turbine Blades Roots

Wu Weili, Li Xiang

(College of Materials Science and Engineering, Qiqihar University, Qiqihar 161006, China)

Abstract : According to the quality problems of bolt sleeve, surface treatment and tooling for embedded root of wind turbine blades prepared by glass fiber reinforced epoxy resin composites, and the causes and conditions of these problems were studied. The results show that the surface treatment of the embedded bolt sleeve is the best when the surface roughness of the embedded bolt sleeve reaches $6\text{ }\mu\text{m}$, the sandblasting time is $6\sim 8\text{ min}$, the particle size is controlled at $14\sim 16$ mesh, and the yarn number is 6. The gaps around the embedded bolt sleeve are filled with the glass fiber reinforced plastic triangular bar and wedge block, the best sealing effect is achieved by using 1 layer of silicone strip and 3 layers of sealing tape. When the environment temperature is 25°C and initial mixed time of epoxy resin is 100 min , the exothermicity and penetrability of the epoxy resin are the best. When the upper tooling inclination is $3.4^{\circ}\sim 3.7^{\circ}$, the lower tooling inclination is $3.2^{\circ}\sim 3.4^{\circ}$, the grinding number on end face is 1, and the installation torque is $700\text{ N}\cdot\text{m}$, the planeness of the embedded blade root reaches 0.45 mm and the cavities number on end face decreases to 7, the tooling effect is the best.

Keywords : wind turbine blades ; epoxy resin ; vacuum assisted resin infusion ; embedment ; tooling

随着煤、石油、天然气等传统自然能源开采速度日趋加快,伴随着非可再生自然能源的耗尽,越来越多的人更多地关注风能的开发和利用,风力发电已成为能源领域市场关注度最高,投资回报率适中的新兴产业,因此国内外发展迅速^[1]。目前,我国已实现了风电机组装机容量世界第一^[2],据统计,我国2017年新增及累计装机容量分别为 $1.966\times 10^8\text{ kW}$ 和 $1.88\times 10^9\text{ kW}$ ^[3]。传统的风力发电机叶片通常使用“T型螺栓”的连接方式^[4],并不能满足大尺寸叶

片对于疲劳强度的要求^[5],为了解决这个问题,提出了一种新的叶根连接方式,即将真空辅助树脂注射成型(VARI)技术应用于风电叶片叶根预埋成型工艺^[6]。但这种方法在风力发电叶片的生产中仍旧存在问题^[7],如由叶根预埋件的树脂黏度变化引起的渗透性的不均匀、预埋螺栓套表面处理及工装等问题^[8],这些都限制了风电叶片的生产^[9-13]。针对这些问题,笔者在风电叶片叶根预埋工艺中采用VARI工艺闭模成型,对树脂在预埋中黏度变化、预埋螺栓

通信作者:武卫莉,博士,教授,主要从事高分子材料加工改性及复合材料研究 E-mail: wuweili2001@163.com

收稿日期: 2020-09-01

引用格式:武卫莉,李响. 风力发电叶片叶根的预理工装研究[J]. 工程塑料应用, 2020, 48(11):59-64.

Wu Weili, Li Xiang. Embedment and tooling of the wind turbine blades roots[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(11):59-64.

套表面处理、预埋螺栓的密封方式、预埋螺栓周围缝隙填充方式和端面工装与模具之间的密封条件进行了研究,从而提出了优化叶片预埋及工装条件。

1 实验部分

1.1 主要原材料

玻璃钢楔子: $5\text{ mm} \times 36\text{ mm} \times 150\text{ mm}$, 北京玻璃钢研究院;

环氧树脂: RIM035C/RIMH037, 迈图高新材料(中国)有限公司;

单轴玻璃纤维缝编织物: E-H1200, 泰玻新型复合材料有限公司;

预埋螺栓套搭配预埋螺栓: M36, 上海申光高强度螺栓有限公司;

玻璃钢三角条: $6\text{ mm} \times 8\text{ mm} \times 10\text{ mm}$, 河北嘉普环保设备有限公司;

硅胶条: $10\text{ mm} \times 10\text{ mm}$, 南通亿硕新材料科技有限公司;

丁基橡胶密封带: $3\text{ mm} \times 15\text{ mm}$, 南通亿硕新材料科技有限公司。

1.2 主要设备及仪器

叶片壳体模具: SINOMA59.5型, 浙江南光泵业有限公司;

端面工装: SINOMA59.5型, 山东鑫亚工业股份有限公司;

喷砂机: JCK-9080D型, 东莞佰特研磨材料有限公司;

端面打磨机: SD-150型, 青岛德瑞祥机械制造有限公司;

平面度测试仪: CN61M/CCD型, 北京中西远大科技有限公司;

差示扫描量热仪: HS-DSC-101型, 上海精密仪器仪表有限公司;

缠纱机: QBX-097型, 上海深蓝包装机械有限公司;

气密性检漏仪: AL-2000型, 沈阳金科精密仪器设备有限公司。

1.3 试样制备

首先需要在模具表面按叶片设计铺设结构玻璃纤维布层, 再通过端面工装将带内螺纹的螺栓套预先固定在叶片根端铺层结构中, 其中螺栓套和楔形块之间间隙的填充方式共有三种如图1所示。

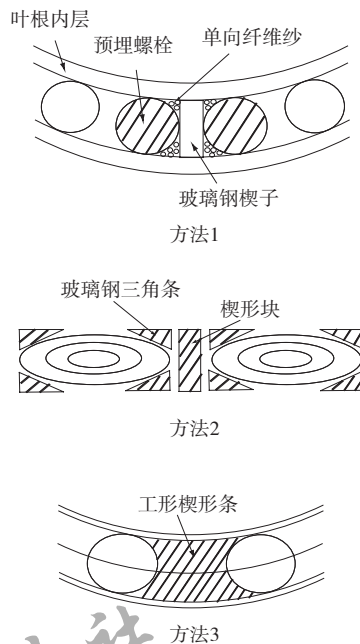


图1 螺栓套间隙的三种填充方法

其中, 方法一是利用单向布或捆扎的UD纱束填充螺栓套和楔形块之间的缝隙;

方法二是利用玻璃钢三角条和楔形块填充其缝隙;

方法三是工形楔形条包裹预埋螺套。然后在真空的作用下将树脂导入模腔, 使预埋件与结构纤维布层连接结在一起进行固化, 最后对端面进行处理。所制备的叶片的叶根直径为 2400 mm 。

1.4 性能测试

螺栓套缠纱试验: 用缠纱机分别测试1股, 3股, 6股, 9股和12股时螺栓套上纱线张力, 以及所用时间。

黏度测试: 在 $10 \sim 100\,000\text{ MPa} \cdot \text{s}$ 的测量范围内, 按照标准 GB/T22314-2008 测试树脂黏度。

树脂放热性能测试: 按照标准 GB/T13464-1992 进行测试, 在氮气保护条件下, 将样品以 $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的升温速率从 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 升到 $600\text{ }^{\circ}\text{C}$, 得到样品的升温曲线。

螺栓套喷砂试验: 用喷砂机分别测试粒度10目 ($1700\text{ }\mu\text{m}$), 12目 ($1400\text{ }\mu\text{m}$), 14目 ($1180\text{ }\mu\text{m}$), 16目 ($1000\text{ }\mu\text{m}$), 18目 ($880\text{ }\mu\text{m}$) 和20目 ($830\text{ }\mu\text{m}$) 对预埋螺栓套表面喷砂。

预埋螺栓周围缝隙填充气密性测试: 使用 AL-2000型气密性检漏仪观察检漏仪的数值确定气密效果。

2 结果与讨论

2.1 喷砂、缠砂工艺对预埋螺栓套的质量影响

图2为喷砂工艺对螺栓套表面粗糙度的影响。

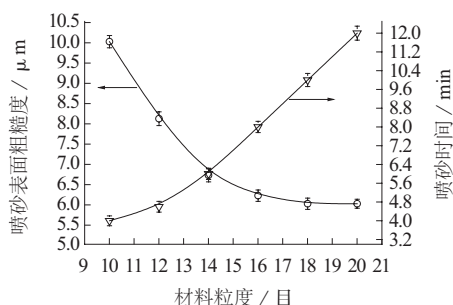
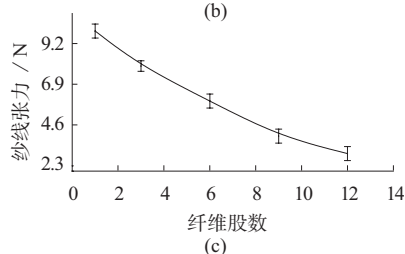
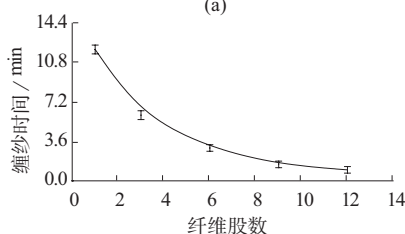
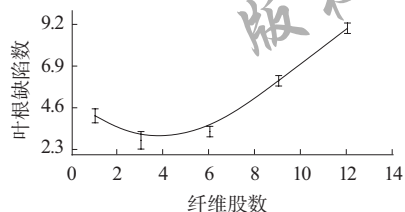


图2 不同喷砂工艺时螺栓套表面粗糙度

由图2可看到,喷砂后表面粗糙度随着喷砂粒度的增加而逐渐降低,当预埋螺栓套其外表面粗糙度达到 $6\mu\text{m}$ 时,可达到叶根拉伸强度的要求^[14]。而随着材料粒度增加,要求螺栓套喷砂时间逐渐变长,所以喷砂时间为 $6\sim 8\text{ min}$,粒度控制在 $14\sim 16$ 目($1000\sim 1180\mu\text{m}$)之间为宜。这可能是喷砂粒度过小不起作用,而太大会使螺栓套表面粗糙、不易密封和紧密结合的缘故。为增加螺栓套强度,需要在螺栓套表面缠纱线,图3为缠纱股数对预埋叶根缠纱条件影响。由图3可知,随着纱线股数增加,纱线张力逐渐变小,螺栓套缠纱时间逐渐减少,当缠纱股数为3和6时缺陷较少,缠纱股数为6时缠纱时



a—叶根缺陷数;b—缠纱时间;c—纱线张力

图3 不同缠纱股数时预埋叶根缠纱条件及工艺

间最短为 3 min ,纱线张力为 6 N ,所以确定纱线股数为6。

2.2 预埋螺栓套填充和密封方式对预埋叶根质量影响

图4为填充方式对叶根质量的影响。从预埋螺栓周围缝隙填充的三个方法可以看出,方法二的密封方式的螺栓密封数合格的均值是三种方法中最高的,说明此种方法螺栓密封数的成品率最高。而方法三的空腔数(产品出现孔洞数量)均值只比方法二略低,比方法一低很多,但螺栓密封合格数均值明显低于方法一和方法二;因此用方法二优点更显著。此外,研究中发现方法二中树脂的分散性较方法一与方法三更好,说明方法二的填充效果最佳,综合以上方面因素考虑,方法二的预埋螺栓套周围缝隙填充方式最佳^[15]。

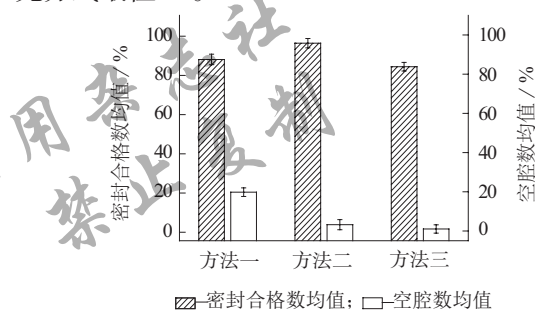


图4 填充方式对叶根质量的影响

研究中发现,密封方式对叶根的质量也有影响。表1为密封方式对叶根质量的影响。

表1 密封方式对叶根质量的影响

密封方式	真空度 / kPa	产品缺陷数
硅胶条	-85	11
密封胶带	-85	12
密封胶带+1根硅胶条	-86	10
密封胶带+2根硅胶条	-86	9
密封胶带+3根硅胶条	-87	9
密封胶带+4根硅胶条	-87	9
密封胶带+5根硅胶条	-87	9
硅胶条+1层密封胶带	-86	10
硅胶条+2层密封胶带	-87	10
硅胶条+3层密封胶带	-89	7
硅胶条+4层密封胶带	-89	7
硅胶条+5层密封胶带	-89	7

从表1中看出,当硅胶条数量为1及密封带层数 ≥ 3 时,模具真空度达到最大值 -89 kPa 。随着密封带层数的增加,真空度变化不大,而叶根上的缺陷数(空隙和缺料部位)由11减少为7,下降了4。当密封胶带为1层时硅胶条根数大于等于3时,模具真空度也能达到最大值 -87 kPa 。但随着硅胶条根数的增加,真空度变化不明显,且叶根上的缺陷数

只由 11 减少为 9,下降了 2,因此得出最优气密性保证方案为硅胶条 1 条与 3 层密封胶带的工艺方式。此实验结果说明单独用硅胶条或密封带对密封效果影响不大,只有两者共同采用,才有效果,即在螺栓套上用硅胶条和密封带共同缠结,才能达到最佳的密封效果。但过多(密封带超过三层)就没有意义了,造成浪费。由此可见,通过调整端面工装与模具的填充和密封方式,可获得最佳填充和密封效果。

2.3 环境温度和混合时间对树脂黏度及放热影响

对于环氧树脂来说,注塑时黏度不易过大,以免影响注射成型。实验中通过提高温度来降低树脂黏度。图 5 为环境温度对树脂的初始黏度的影响。由图 5 可知,随着环境温度的升高,树脂的初始黏度逐渐降低,当环境温度低于 25℃ 时,随着温度的升高使树脂初始混合黏度快速降低;当温度高于 25℃ 时,树脂黏度随着温度的升高缓慢降低甚至趋于恒定。因此初步确定,环境温度为 25℃。

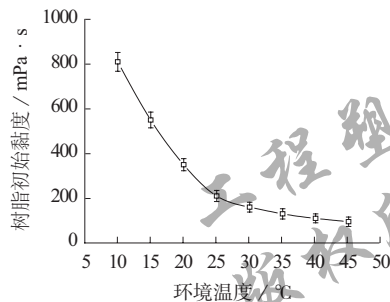


图 5 不同环境温度时树脂初始混合黏度

实验中除了研究树脂的环境温度外,也研究了混合时间的影响。图 6 为不同环境温度下的 100 g 树脂放热温度与混合时间关系曲线。由图 6 可知,随着环境温度升高,树脂的反应速度加快,同时反应放热加剧,当环境温度高于 30℃ 时树脂开始发生剧烈放热,而当环境温度在 35~50℃ 之间,100 g 树脂混合 150 min 之内,其最高放热温度均能够超过 150℃,这会使树脂黏度剧增,严重影响树脂填充玻

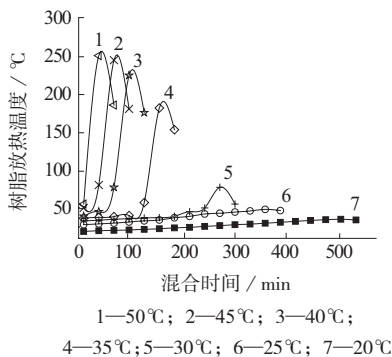
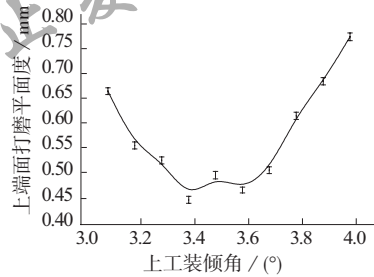
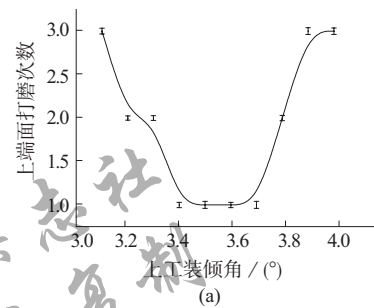


图 6 不同环境温度时树脂放热温度与混合时间关系曲线

璃纤维的渗透性,所以控制环境温度和树脂混合时间对树脂流动性至关重要^[16-17]。由图 5~图 6 可知,将环境温度控制在 25℃,树脂混合时间为 100 min 以内,能有效减小树脂放热,改善树脂渗透性,从而减少风电叶片预埋件的缺陷^[18],有助于环氧树脂在预埋工艺中起到良好填充作用。

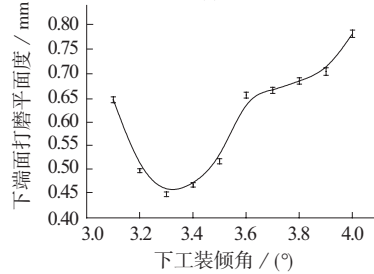
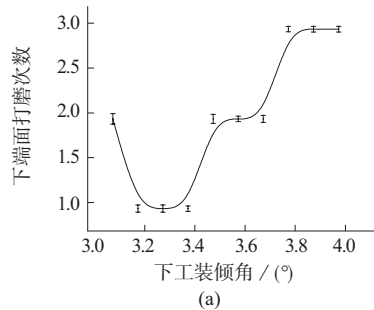
2.4 端面工装倾角对预埋叶根打磨次数和平面度影响

叶根预埋密封后需要经过工装和打磨处理,以确保产品质量。图 7 和图 8 为上、下半模工装倾角对平面度的影响。



a—打磨次数;b—打磨平面度

图 7 不同上半模工装倾角时打磨次数及平面度



a—打磨次数;b—打磨平面度

图 8 不同下半模工装倾角时打磨次数及平面度

由图 7 和图 8 可以看出,上、下工装倾角增加到一定值时,会提高上、下端面打磨的平面度。当上工装倾角为 $3.4^{\circ} \sim 3.7^{\circ}$,下工装倾角为 $3.2^{\circ} \sim 3.4^{\circ}$ 时,端面打磨次数最少(1 次),平面度最低(0.45 mm),打磨的合格率最高。说明模具倾角在合适的情况下,更适合打磨,找到了打磨的最佳角度,进而使打磨次数减少。

2.5 端面工装安装扭力对预埋叶根平面度及空腔数影响

图 9 是安装扭力对平面度端面质量和端面空腔数的影响。

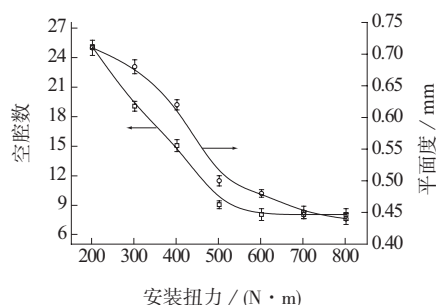


图 9 不同安装扭力时端面平面度和空腔数

图 9 显示,叶根平面度和空腔数都随着安装扭力的增大而呈下降趋势,当安装扭力在 $700 \text{ N} \cdot \text{m}$ 时,预埋叶根的平面度达到 0.45 mm 、端面空腔数降低到 7。继续增大安装扭力,叶根平面度和空腔数变化趋于平缓,其原因可以归结当端面扭力增大时,预埋叶根在外力作用下,树脂和纤维及螺栓套之间被压实,导致空腔数和平面度降低^[19],提高了叶根的生产质量,而扭力过大时则不会对叶根平面度和空腔数产生较大影响。

3 结论

预埋螺栓套外表面粗糙度达到 $6 \mu\text{m}$,喷砂的时间为 $6 \sim 8 \text{ min}$,粒度控制在 $14 \sim 16$ 目 ($1000 \sim 1180 \mu\text{m}$) 之间为最佳喷砂条件;缠纱股数为 6 时缠纱时间最短为 3 min ,所用纱线张力为 6 N ,叶根缺陷数最少。预埋螺栓周围缝隙填充方式以用玻璃钢三角条和楔形块填充其缝隙为最佳;密封方式采用 1 层硅胶条与 3 层密封胶带配合,模具真空度可达到最大值 -89 kPa ,叶根上的缺陷数由 11 减少为 7,下降了 4。当环境温度为 25°C 和树脂初始混合时间为 100 min 时,树脂的放热性和渗透性最佳,树脂的预埋效果最佳。当上工装倾角为 $3.4^{\circ} \sim 3.7^{\circ}$,下工装倾角为 $3.2^{\circ} \sim 3.4^{\circ}$,端面打磨次数为 1,安装扭力为 $700 \text{ N} \cdot \text{m}$ 时,预埋叶根的平面度达到 0.45 mm ,端面空腔数降低到 7,工装效果最佳。

参考文献

- [1] 李奎. 风电叶片真空灌注成型工艺质量问题研究 [J]. 现代工业经济和信息化, 2017, 13(8): 20-21.
Li Kui. Study on quality of vacuum casting molding technology for wind turbine blades [J]. Modern Industrial Economy and Informationization, 2017, 13(8): 20-21.
- [2] 李斌. 风电叶片的季节性灌注生产管理和工艺措施 [J]. 天津科技, 2018, 45(7): 65-70.
Li Bin. Seasonal perfusion production of wind turbine blade and technical measures [J]. Tianjin Science & Technology, 2018, 45(7): 65-70.
- [3] Martin R W, Sabato A, Schoenberg A, et al. Comparison of nondestructive testing techniques for the inspection of wind turbine blades/spar caps [J]. Wind Energy, 2018, 21(11): 980-996.
- [4] 赵晓昱, 张博明, 廉一龙, 等. 复合材料电池箱真空辅助树脂灌注快速成形工艺 [J]. 中国机械工程, 2018, 29(21): 2565-2570.
Zhao Xiaoyu, Zhang Boming, Lian Yilong, et al. VARI rapid prototyping processes for battery boxes of composite materials [J]. China Mechanical Engineering, 2018, 29(21): 2565-2570.
- [5] Madra A, Breilkopf P, Rassineux A, et al. Image-based model reconstruction and meshing of woven reinforcements in composites [J]. International Journal For Numerical Methods In Engineering, 2017, 112(9): 1235-1252.
- [6] Chen Xiao. Fracture of wind turbine blades in operation part I: a comprehensive forensic investigation [J]. Wind Energy, 2018, 21(11): 1046-1063.
- [7] Simacek P, Advani S G. Resin flow modeling in compliant porous media: an efficient approach for liquid composite molding [J]. International Journal of Material Forming, 2018, 11(4): 503-515.
- [8] 杜遥雪, 石绍伟, 胡建朋, 等. 聚合物加工叶片塑化输运单元动力学模拟研究 [J]. 中国塑料, 2014, 28(6): 88-92.
Du Yaoxue, Shi Shaowei, Hu Jianpeng, et al. Study on dynamic simulation of vane plasticizing transportation unit during polymer processing [J]. China Plastics, 2014, 28(6): 88-92.
- [9] 吴彦波, 余旭. 复合材料风电叶片新型一体式螺栓预埋结构测试研究 [J]. 天津科技, 2017, 44(7): 91-92.
Wu Yanbo, Yu Xu. New type one-piece bolt pre-buried structural test for composite wind blades [J]. Tianjin Science & Technology, 2017, 44(7): 91-92.
- [10] Wang Changchun, Bai Guanghui, Wang Yang, et al. Permeability tests of fiber fabrics in the vacuum assisted resin transfer molding process [J]. Applied Composite Materials, 2015, 22(4): 363-375.
- [11] Yenilmez B, Caglar B, Sozer E M. Viscoelastic modeling of fiber preform compaction in vacuum infusion process [J]. Acta Materialia Composita Sinica, 2017, 51(30): 4189-4203.
- [12] 李赓, 邢素丽, 彭超义, 等. 拉挤-真空导入成型聚氨酯/玻璃纤维复合材料及其力学性能 [J]. 工程塑料应用, 2018, 46(10): 103-106.
Li Geng, Xing Suli, Peng Chaoyi, et al. Mechanical properties

- of polyurethane / glass fibercomposites prepared by pultrusion-vacuum infusion[J]. Engineering Plastics Application, 2018, 46(10):103-106.
- [13] 白会超, 苏少昌, 张文伟, 等. 典型参数对风电叶片预埋型叶根连接螺栓承载性能的影响 [J]. 复合材料科学与工程, 2019(9):38-43.
- Bai Huichao, Su Shaochang, Zhang Wenwei, et al. Influence on bolts of wind turbine blade rootbushing connection by connection parameters[J]. Fiber Reinforced Plastics / Composites, 2019(9):38-43.
- [14] 贾寓真, 吴懿萍, 欧阳武, 等. 喷砂工艺对双金属带锯条锯切性能和疲劳寿命的影响 [J]. 工具技术, 2017, 51(8):37-40.
- Jia Yuzhen, Wu Yiping, Ou Yangwu, et al. Effects of shot peening on cutting life and fatigue resistance of bi metal bandsaw blade [J]. Tool Engineering, 2017, 51(8):37-40.
- [15] Tarfaoui M, Nachtane M, Khadimallah H, et al. Simulation of mechanical behavior and damage of a large composite wind turbine blade under critical loads[J]. Applied Composite Materials, 2018, 25(2):237-254.
- [16] Wang Changchun, Bai Guanghui, Yue Guangquan, et al. Optimization of resin infusion processing for composite pipe key-part and K / T type joints using vacuum-assisted resin transfer molding[J]. Applied Composite Materials, 2018, 23(5):1 065-1 078.
- [17] 李丹曦, 马亚运, 高晓平. 两轴向经编复合材料风机叶片拉伸性能试验研究 [J]. 上海纺织科技, 2016, 44(11):12-14.
- Li Danxi, Ma Yayun, Gao Xiaoping. Tensile property of biaxially warp composite wind turbine blades[J]. Shanghai Textile Science & Technology, 2016, 44(11):12-14.
- [18] Imbert M, Aisset C E, Comas C S, et al. Efficient dual-scale flow and thermo-chemo-rheological coupling simulation during on-line mixing resin transfer molding process[J]. Materials, 2018, 52(3):313-330.
- [19] Yang S M, Ji H S, Shim D S, et al. Conical roll-twist-bending process for fabrication of metallic archimedes spiral blade used in small wind power generator[J]. International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-green Technology, 2017(4):431-439.

投稿须知

1 稿件内容

稿件应注重科学性、实用性及时效性,要求技术新颖,论点明确,论据可靠,数据准确,文字通顺、简练。稿件内容必须真实,避免抄袭,请作者文责自负。引用他人成果时,请按《著作权法》有关规定说明出处。内容应未曾发表过或被其他出版物刊载过,且无一稿多投。

2 稿件要求

凡属于重大科技获奖的论文和重点项目资助的论文,请在来稿第一页注明名称及批准号,我刊将优先刊登。

(1) 题目、作者署名及单位。题目力求简明、醒目,反映出文章的主题,一般不超过 20 个汉字。作者姓名在题目下按序排列,不同工作单位的作者,应在姓名右上角加注阿拉伯数字序号。作者单位须写全称并注明省份、城市和邮政编码。联系人信息(包括姓名,学历或职称,主要研究方向)注在第一页下方。

(2) 摘要及关键词。论文需要同时提供中文和英文摘要,摘要以提供论文的内容梗概为目的,不加评论和补充解释,应简明、确切地论述研究目的、原理和结论,具有相对独立性。中文和英文摘要均要求采用报道性摘要类型。具体要求:中英文摘要均为一段式,内容比较具体,一般需要列举关键数据。中英文摘要内容基本一致,中文摘要以 200~300 字为宜,英文摘要可略详。关键词要求 3~8 个。

(3) 正文。正文各部分都应简洁明了。层次标题一律用阿拉伯数字连续编号,尽量减少层次;不同层次的数字之间用小圆点相隔,末位数字不加标点符号。如“1”,“1.1”等。文中量、单位及符号的使用应符合国际标准和国家标准。

(4) 图表。图表要设计合理,简单自明。每一幅图都应有图序和简短确切的图名,横纵坐标均要注明物理量及其单位,线条图要用矢量格式的图,或将 *.opg, *.dwg, *.eps 等格式的图打包压缩随投稿一起上传。表格请使用三线表,每一表格都应有表序和简短确切的表题。图表标题一律用中文表达。

(5) 参考文献。以作者亲自阅读过的主要原始文献为限,不可引用非公开出版或发表的文献,不能引用其他文章中引用的但未经核对原文的文献,要注意引用最新的文献。参考文献要有一定的数量,研究性论文至少 15 篇。参考文献的著录按文章中引用的顺序依次排列,中文参考文献要有对照英文部分(英文部分不编号)。无论中外文的作者,一律采用姓前名后的形式著录;作者不超过 3 人时可全部著录,超过 3 人时,只著录前 3 位,其后加“等”或“et al”。综述类论文的参考文献著录项目适当简化,可参见本刊相关栏目文章样式。作者对所引文献的准确性和完整性负责。

3 投稿方式

请作者登陆“工程塑料网”(http://www.epa1973.net),进入杂志社之页,点击“网上投稿”后投稿。来稿请注明详细地址、电话、邮箱等信息,便于通知联系。一般一个月左右可以查询稿件审理意见,超过 3 个月未收到修改意见或回复的可自行处理。

4 注意事项

为适应我国信息化建设需要,扩大学术交流渠道,本刊已编入国内外著名数据库。稿件一经录用,将同时被数据库收录,作者著作权使用费与本刊稿酬一次性给付。如作者不同意收录,请在投稿时声明,否则将视为同意。