

风力发电机组机舱罩制造简述

The Manufacture Outline on Nacelle Housing of Wind Turbine Generator

王凯 WANG Kai; 史航 SHI Hang; 程林志 CHENG Lin-zhi; 刘二恩 LIU Er-en

(许昌许继风电科技有限公司, 许昌 461000)

(Xuchang Xuji Wind Power Technology Co. Ltd., Xuchang 461000, China)

摘要: 机舱罩作为风力发电机组保护壳体, 其可靠性决定了风电机组运行的稳定性和使用寿命。本文结合玻璃钢材料、成型工艺、模具要求、尺寸控制、质量缺陷等多方面内容对风力发电机组机舱罩的制造过程进行简述。

Abstract: As protective shell of wind turbine generator system(WTGS), the reliability of nacelle housing determines the reliability and service life of WTGS. The paper outlines the manufacturing process of the WTGS nacelle housing, including material of GRP, forming technique, requirements of mold, dimensional control and quality defects.

关键词: 风力发电 玻璃钢 机舱罩

Key words: wind power, GRP, nacelle housing

中图分类号: TM315

文献标识码: A

文章编号: 1006-4311(2013)01-0028-02

1 概述

机舱罩作为风力发电机组的重要部件, 是风力发电机组的防护结构, 使风力发电机组能在恶劣的气象环境中正常工作, 保护内部设备和人员不受风、雨、雪、盐雾、紫外辐射等外部环境因素的侵害。在这种环境条件下要保证风力发电机组正常工作 20 年就要求机舱罩具有高质量、高可靠性。

收稿日期: 2012 年 10 月 16 日。

作者简介: 王凯(1985-)男, 陕西榆林人, 现供职许昌许继风电科技有限公司, 中级工程师, 毕业于西安理工大学, 本科学历, 从事风力发电机组机舱罩开发工作。

法得到多层次聚二烯丙基二甲基氯化铵改性的墨烯石和二氧化锰的复合材料具有较高的电容和较高的循环次数。

综上所述, 随着社会不断地进步, 资源不断地消耗, 经济不断地发展, 石墨烯复合材料必将在未来的电子领域发挥极其重要的作用。

参考文献:

- [1] Geim A K, Novoselov K S, Morozov S V, et al. Electric field effect in atomically thin carbon films. *Science*, 2004, 306, 666.
- [2] Bolotin K I, Sikes K J, Jiang Z, et al. Ultrahigh electron mobility in suspended graphene. *SolidState Commun.*, 2008, 146, 351.
- [3] Balandin A A, Ghosh S, Bao W, et al. Superior thermal conductivity of single-layer graphene. *Nano Lett.*, 2008, 8, 902.
- [4] Stoller M D, Park S, Zhu Y, et al. Graphene-based ultracapacitors. *Nano Lett.*, 2008, 8, 3498.
- [5] Lee C, Wei X, Kysar J W, et al. Measurement of the elastic properties and intrinsic strength of monolayer graphene. *Science*, 2008, 321, 385.
- [6] Zhang Y, Tan Y W, Stormer H L, et al. Experimental observation of the quantum Hall effect and Berry's phase in graphene. *Nature*, 2005, 438, 201.
- [7] Dikin D A, Stankovich S, Zimney E J, et al. Preparation and characterization of graphene oxide paper. *Nature*, 2007, 448, 457.
- [8] Blake P, Brimicombe P D, Nair R R, et al. Graphene-based liquid crystal device. *Nano Lett.*, 2008, 8, 1704.
- [9] Bunch J S, Zande A M, Verbridge S S, et al. Electromechanical resonators from graphene sheets. *Science*, 2008, 320, 1360.
- [10] Zhang K, Zhang L L, Zhao X S, Wu J. Graphene/Polyaniline Nanofiber Composites as Supercapacitor Electrodes. *Chem. Mater.*, 2010, 22, 1392.
- [11] Wang D-W, Li F, Zhao J, Ren W, et al. Fabrication of Graphene/Polyaniline Composite Paper via In Situ Anodic Electropolymerization for High-Performance Flexible Electrode. *Acs Nano*, 2009, 3, 1745.
- [12] Wu Q, Xu Y, Yao Z, Liu A, Shi G. Supercapacitors Based on Flexible Graphene/Polyaniline Nanofiber Composite Films. *Acs Nano*, 2010, 4, 1963.
- [13] Yan X, Chen J, Yang J, Xue Q, Miele P. Fabrication of Free-Standing, Electrochemically Active, and Biocompatible Graphene Oxide-Polyaniline and Graphene-Polyaniline Hybrid Papers. *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 2010, 2, 2521.
- [14] Yan J, Wei T, Shao B, Fan Z, Qian W, Zhang M, Wei F. Preparation of a graphene nanosheet/polyaniline composite with high specific capacitance. *Carbon*, 2010, 48, 487.
- [15] Fan Z, Yan J, Wei T, Zhi L, Ning G, Li T, Wei F. Asymmetric Supercapacitors Based on Graphene/MnO₂ and Activated Carbon Nanofiber Electrodes with High Power and Energy Density. *Adv. Funct. Mater.*, 2011, 21, 2366.
- [16] Li Z, Wang J, Liu X, Liu S, Qu J, Yang S. Electrostatic layer-by-layer self-assembly multilayer films based on graphene and manganese dioxide sheets as novel electrode materials for supercapacitors. *J. Mater. Chem.*, 2011, 21, 3397.

2 玻璃钢材料

玻璃钢具有质量轻、强度高、耐化学腐蚀、电绝缘、透微波等许多优良性能, 而且成型方法简单, 可以一次成型各种大型或具有复杂构型的制品^[1]。聚酯玻璃钢和其他材料的拉伸强度与弹性模量等性能对比见表 1^[1]。从表 1 中数据可以看出, 聚酯玻璃钢的比强度高于型钢、硬铝和杉木, 但比模量较低。经过合理的结构设计, 可以弥补其弹性模量的不足, 而且充分发挥其比强度以及其他优良性能^[1]。故综合考虑到机舱罩的性能要求选择玻璃钢作为合适的材料。制造机舱罩的玻璃钢是由不饱和聚酯树脂和玻璃纤维增强材料构成的。

315, 490.

[10] Zhang K, Zhang L L, Zhao X S, Wu J. Graphene/Polyaniline Nanofiber Composites as Supercapacitor Electrodes. *Chem. Mater.*, 2010, 22, 1392.

[11] Wang D-W, Li F, Zhao J, Ren W, et al. Fabrication of Graphene/Polyaniline Composite Paper via In Situ Anodic Electropolymerization for High-Performance Flexible Electrode. *Acs Nano*, 2009, 3, 1745.

[12] Wu Q, Xu Y, Yao Z, Liu A, Shi G. Supercapacitors Based on Flexible Graphene/Polyaniline Nanofiber Composite Films. *Acs Nano*, 2010, 4, 1963.

[13] Yan X, Chen J, Yang J, Xue Q, Miele P. Fabrication of Free-Standing, Electrochemically Active, and Biocompatible Graphene Oxide-Polyaniline and Graphene-Polyaniline Hybrid Papers. *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 2010, 2, 2521.

[14] Yan J, Wei T, Shao B, Fan Z, Qian W, Zhang M, Wei F. Preparation of a graphene nanosheet/polyaniline composite with high specific capacitance. *Carbon*, 2010, 48, 487.

[15] Fan Z, Yan J, Wei T, Zhi L, Ning G, Li T, Wei F. Asymmetric Supercapacitors Based on Graphene/MnO₂ and Activated Carbon Nanofiber Electrodes with High Power and Energy Density. *Adv. Funct. Mater.*, 2011, 21, 2366.

[16] Li Z, Wang J, Liu X, Liu S, Qu J, Yang S. Electrostatic layer-by-layer self-assembly multilayer films based on graphene and manganese dioxide sheets as novel electrode materials for supercapacitors. *J. Mater. Chem.*, 2011, 21, 3397.

表 1 聚酯玻璃钢和其他材料性能比较

材料	相对密度	极限拉伸强度 (平均)/MPa	比强度 * / 10^3 cm	拉伸弹性模量 (平均)/MPa	比模量/ 10^3 cm
聚酯玻璃钢	1.7	352	2076.6	19.7	115.9
型钢	7.8	880	1128.2	204	261.7
硬铝	2.8	458	1634.2	70.4	251.4
杉木	0.5	70.4	1408	9.86	197.2

2.1 不饱和聚酯树脂 不饱和聚酯树脂具有粘度低, 易浸透增强材料, 外观色泽浅, 可调节粘度和凝胶、固化时间, 固化后的树脂综合性能良好, 具有很好的韧性、耐酸性、耐腐蚀性、耐老化性。并且价格相对便宜、品种多的特点。

不饱和聚酯树脂的选用应符合以下基本原则: ①树脂的力学性能满足机舱罩使用要求。②树脂应具有低放热温度。即选择放热峰较低的树脂, 以尽量减小因树脂固化而导致的产品变形量。③树脂应为低粘度型。低粘度树脂易于操作。④树脂具有较长的凝胶时间。⑤树脂应为触变型。⑥树脂应具有良好的耐水、耐老化、耐油脂性能。

2.2 玻璃纤维增强材料 玻璃纤维增强材料是玻璃钢的主要承力材料, 它能大幅度提高树脂的强度和弹性模量, 而且能减少复合材料成型过程中的收缩, 提高热变形温度^[2]。E 玻璃纤维是一种铝硼硅酸盐纤维, 其碱金属氧化物的含量小于 0.8%。这种纤维具有较高的强度, 较好的耐老化性和优良的电性能。其缺点是易被无机酸侵蚀, 广泛用于强度和耐水性要求较高的玻璃钢制品。玻璃纤维增强材料的选用要根据制品的性能要求, 如力学性能、耐热性能、耐腐蚀性能、电性能等, 以及制品的成型工艺和成本要求来确定的。应注意选用的玻璃纤维及其织物应当容易被树脂浸润, 有较好的形变性, 以满足复杂形状制品的成型需要; 满足制品的性能要求, 在满足性能要求的前提下价格便宜。

3 机舱罩成型工艺

机舱罩成型工艺的选择应满足材料性能、产品质量、制造成本、生产效率等要求, 并且需要根据产品的结构形状、尺寸大小来选择合适的工艺, 工艺选取直接决定了机舱罩成品质量的优劣。玻璃钢机舱罩常用的成型工艺有手糊成型工艺、真空袋成型工艺、LRTM 成型工艺和喷射成型工艺等。工艺选择可根据机舱罩外形尺寸、结构形状、模具型式、模具成本、制品表面质量、制品要求厚度精度等方面综合考虑, 依据实际情况选择最优的成型工艺。

下面列出手糊成型工艺、真空袋成型工艺、LRTM 成型工艺和喷射成型工艺的特点对比。(表 2)

表 2 玻璃钢机舱罩的几种成型工艺对比表

玻璃钢机舱罩的几种成型工艺对比表			
	手糊成型工艺	真空袋成型工艺	LRTM 成型工艺
制品尺寸限制	任意大小的产品	受限于真空泵的大小	小于 30m ² 的产品
制品形状限制	任意形状的产品	形状不太复杂的产品	无内倾角的产品
模具型式	单面模	带宽边的单面模	带宽边的对模
模具成本	低	较低	高
制品成本	低	较高	中
材料综合损耗	低	较高	中
玻纤含量	40~55	50~65	35~50
制品厚度控制精度	一般	较好	好
			差

4 机舱罩制造流程

机舱罩一般制造流程如图 1。

5 机舱罩模具

模具是机舱罩成型工艺中的主要装备, 模具的结构形式、强度、表面质量对机舱罩制品的质量、生产成本和生产



图 1

效率有非常大的影响。故模具的制造需要符合以下基本原则: ①模具首先要符合制品设计的精度要求^[2]。变形小、精度高的模具可保证制品尺寸准确, 因此, 对尺寸精度要求高的制品, 一般根据经验给出收缩余量和变形余量。②模具要有足够的强度和刚度^[2]。足够的强度和刚度可以减少模具的变形, 并且在产品制造过程中减少起模、搬运等外力对模具的损坏, 延长模具的使用寿命。③模具要易于使用, 方便脱模^[2], 目前多数机舱罩的尺寸非常大, 如 2.0MW 机组的机舱罩模具长度有 17m 左右, 宽度和高度达到 4~6m, 而 6.0MW 机组机舱罩尺寸将更大。因此, 在模具设计时要充分考虑产品的制造和脱模方式, 设置相应的脱模角度和机构来提高生产效率。④根据机舱罩产品的质量和产量要求选择合适的模具材料。模具一般均比较昂贵, 故选用不同的材料对模具的质量和成本影响巨大, 所以应结合模具本身造价和使用寿命进行材料选择。

6 机舱罩制造尺寸的控制

兆瓦级玻璃钢机舱罩尺寸大, 曲面结构较为复杂, 内部结构件定位较为困难, 故在尺寸控制方面可依靠模具精度和定位工装来保证。对于模具制造时, 可利用 Solidworks、Pro/e 等三维软件结合 AutoCAD 二维软件对型面进行精确数据提取, 成品模具尺寸控制可用激光标线仪结合木型卡板的传统方式进行测量, 但该方法测量精度低, 更精确的控制可利用三坐标测量仪、三维摄影测量系统甚至可采用激光跟踪仪等先进的测量系统将模具三维数据提取出来与机舱罩 3D 模型进行对比控制。

内部结构件则可设计钢制定位工装来保证成品尺寸要求, 具体工装方案根据产品结构及制造经验来确定。

7 玻璃钢常见质量缺陷

通常玻璃钢质量缺陷包括表面质量缺陷和结构层质量缺陷两方面。表面缺陷主要有胶衣流挂、起皱、砂眼或针孔、纤维外露、开裂、起泡等。结构层缺陷主要有制品变形较大、制品硬度低、气泡多、流胶、分层等。

影响缺陷的因素很多, 例如胶衣流挂可能由于胶衣过量, 喷涂的太厚或是喷涂压力、喷嘴大小、角度不合适, 也可能胶衣粘度太低, 凝胶时间过慢。在分析其产生原因时应根据机舱罩的具体结构和工艺措施做详细的分析。

8 结束语

在机舱罩的制造过程中, 原材料的选用、合适的成型工艺、高品质的模具和完善的质量控制、分析等均对机舱罩产品的质量产生重要的影响。随着风电技术的发展, 希望机舱罩的制造技术不断优化, 生产出可在极端复杂环境条件下使用的高性能机舱罩。

参考文献:

- [1]沈开猷.不饱和聚酯树脂及其应用.北京:化学工业出版社, 2005.
- [2]倪礼忠,陈麒.复合材料与工程.合肥:科学出版社, 2002.
- [3]崔慧娟,郑甲红,孙静.850KW 风力发电机组轮毂的有限元分析[J].价值工程,2012,(08).