

多向纤维缠绕复合材料圆筒的研制

谢 震^{1,2} 邱冠雄¹ 姜亚明¹ 刘良森¹ 王 鹏²

(1. 天津工业大学复合材料研究所, 天津 300160; 2. 军事交通学院装运机械系, 天津 300161)

摘要 介绍多向纤维缠绕复合材料圆筒的结构特性及其生产设备, 比较了加入轴向纤维前后的复合材料圆筒的性能。结果表明, 加入轴向纤维后, 多向纤维缠绕复合材料圆筒的轴向性能得到了很大的提高, 能够满足工业生产中, 对高内压及轴向载荷下制品可靠性的要求。

关键词 多向纤维缠绕 轴向缠绕 轴向性能

纤维缠绕是树脂基复合材料制品常用的成型工艺方法。这种方法通过材料力学设计, 可充分发挥纤维拉伸强度高的特性, 用于制造承受内、外压, 弯曲, 扭转, 轴向载荷等情况下的制品。由于纤维缠绕复合材料制品具有比强度高、耐腐蚀、成本低、质量稳定等优点, 而且易于实现机械化、自动化, 生产效率高, 因而应用十分广泛, 如可用于固体火箭发动机壳体、雷达罩、直升飞机叶片、管道和各种压力容器等^[1~5]。专家预计, 纤维缠绕复合材料将在本世纪获得更大发展^[6]。

在目前的纤维缠绕模式中, 主要以螺旋缠绕加环向缠绕为主, 对轴向缠绕的研究鲜有报道。文献[7]提到了轴向缠绕, 并计算了轴向缠绕层厚度。文献[8]对纤维缠绕内压容器进行了分析, 计算了双螺旋缠绕——螺旋缠绕加轴向缠绕、环向缠绕加轴向缠绕时的各层厚度及厚度比。这两篇文献均从理论上对轴向缠绕进行了计算。文献[9]对多向纤维缠绕圆筒在双轴向载荷下的行为进行了研究, 其试件轴向缠绕纤维层的实现采用的是手工铺放工艺。文献[10]对多向玻璃纤维环氧树脂管的双轴向单调行为进行了实验和分析。这两篇文献重点研究的是力学性能, 而对多向纤维缠绕制品的设计与制造过程很少提及。文献[11]介绍了玻璃纤维夹砂管中轴向纤维的各种加入方法, 并对管的轴向拉伸性能进行了分析。笔者采用自行研制的多向纤维缠绕机制备了多向纤维缠绕圆筒, 由于加入了轴向纤维, 其轴向强度较一般的玻璃钢管提高很多。

1 多向纤维缠绕圆筒的结构特点

纤维缠绕工艺具有很强的可设计性, 可按受力情况进行铺层设计, 能充分发挥材料的力学性能。但该工艺有一个明显的局限, 就是沿制品轴向铺设轴向纤维(纤维与筒体母线夹角为 0°)较为困难, 限制了它在某些结构类管状制品制造中的应用^[12]。

多向纤维缠绕复合材料制品是螺旋缠绕、环向缠绕和轴向缠绕等多种方向缠绕制成的一种制品, 图1示出其基本缠绕线型。这种制品的特殊之处在于实现了纯轴向缠绕(缠绕角 $\alpha=0^\circ$)。轴向纤维的加入, 可以使管的轴向强度达到一个较高的水平, 明显大于有关产品标准的要求^[11]。这种多向纤维缠绕结构适应了工业上对高内压和轴向载荷下管的可靠性要求, 其中有很多的铺层用来承受高内压, 而轴向缠绕层用来承受轴向拉伸及弯曲载荷^[10]。因此, 相对于传统的螺旋缠绕加环向缠绕制品来说, 这种多向缠绕结构提高了复合材料制品承受轴向载荷的能力, 更容易实现等强度和等刚度设计, 因而应用更加广泛。

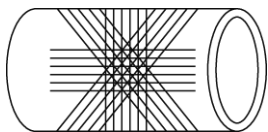


图1 多向纤维缠绕制品的基本缠绕线型

2 多向纤维缠绕圆筒的生产设备

多向纤维缠绕机是生产多向纤维缠绕复合材料制品的设备。图2示出专为加工多向纤维缠绕复合材料圆筒而自行研制的多向纤维缠绕机。其特殊之处在于轴向缠绕的实现, 为此, 在芯模两端各配备有专门设计的轴向挂线圆盘。圆盘的边缘植入有一定强度的数根细钢丝。为防止纱线的脱落, 钢丝端部带有弯钩。而芯模采用整体式结构, 材料为45#钢, 用无缝钢管加工而成, 端部焊接有短轴。为便于脱模, 芯模设计一定的锥度(0.8:1000), 其表面抛光、镀铬, 表面粗糙度达到 $0.1\ \mu\text{m}$ 。

3 多向纤维缠绕圆筒的研制

3.1 原材料

无碱玻璃纤维有捻细支纱: DLT EC8, 拉伸断裂

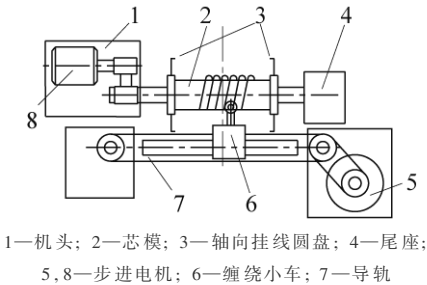


图2 多向纤维缠绕机总体结构图

强度大于0.3 N/Tex,单根纱线线密度为162 Tex,常州天马集团公司;

环氧树脂: TDE - 86[‡],中温固化,固化工艺为130℃/2 h + 150℃/2 h + 160℃/8 h + 180℃/3 h,天津东化工厂。

3.2 铺层设计

为了研究多向纤维缠绕复合材料圆筒在加入轴向纤维前后的力学性能变化情况,特设计两种铺层结构:1号试件为加入轴向纤维的多向纤维缠绕结构,其铺层结构为(90°,90°,0°,±70.07°)₂;2号试件是未加入轴向纤维的普通铺层结构,其铺层结构为(90°,90°,±70.07°,±77.04°,±70.07°,90°,90°)。两者的铺层数均为10层。

3.3 成型工艺

采用湿法缠绕工艺。为了提高制品的质量,在缠绕过程中注意了以下几点:尽量降低树脂粘度以减少气泡的产生;尽可能使树脂浸润充分;每缠绕完一层,通过人工加压方式将纤维中的气泡挤出;尽量保持张力稳定。

其主要缠绕工艺参数如下:

(1) 两个试件均采用16根纱线同时进纱,以提高缠绕速度。纱片宽度为9 mm,纱片厚度为0.35 mm。

(2) 环向缠绕:绕丝头以接近90°的缠绕角(实测为87.62°)进行缠绕,芯模转一圈,绕丝头前进一个纱片宽度9 mm,按此循环,直至纱线布满芯模表面为止。

(3) 螺旋向缠绕:芯模绕自身轴线匀速转动,绕丝头按一定的速度沿轴线方向往复运动。这样,当纱线均匀布满芯模表面时实际已构成了双层,即±70.07°两层实际是同时形成的,±77.04°铺层也是如此。

(4) 轴向缠绕:采用轴向挂线圆盘,芯模不动,小车带动纱线从芯模一端运动到另一端后停止,然后芯模转一定角度,小车再继续运动到芯模另一端,

芯模再转一同样角度,如此类推,直到纱线铺满整个芯模表面。

3.4 试件的性能

图3示出制备的2种不同缠绕结构圆筒试件。观察发现,试件的内表面异常光滑,外表面较粗糙,可看出清晰的纤维缠绕轨迹。

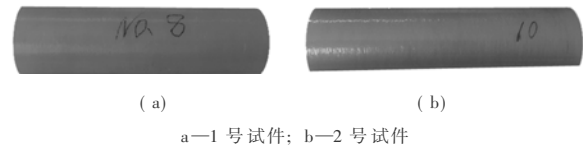


图3 不同缠绕结构复合材料圆筒试件实物图

表1列出2种试件的主要几何参数和轴向压缩强度。由表1可以看出,与2号试件相比,1号试件的纤维体积含量低6.19%,壁厚大7.14%,而其轴向压缩强度是2号试件的2倍多。究其原因,是因为1号试件中以轴向纤维代替了2号试件中的±77.04°纤维,从而使其轴向强度得到大幅度提高。

表1 试件的几何参数及轴向压缩强度

试件编号	纤维体积含量/%	内径/mm	外径/mm	轴向压缩强度/MPa
1号	45.02	100	106	171.3
2号	47.99	100	105.6	84.9

4 多向纤维缠绕圆筒的应用

多向纤维缠绕复合材料圆筒具有一般玻璃钢管的优点,如耐腐蚀性好,能够抵抗酸、碱、盐等的腐蚀;耐热、抗冻性好;比强度高;质量轻,运输安装方便;内表面异常光滑,摩擦阻力小,输送能力强;电、热绝缘性能好;可修复性强,维修方便;设计灵活性强,可使制品实现等强度结构,即制品材料的强度与实际承受的强度基本一致。因此,多向纤维缠绕复合材料圆筒适用于工业生产中的各种管道,如石油管道、腐蚀性液体的管道、电力管道、污水管道、抽拔腐蚀性气体烟囱等。另外,由于轴向纤维的存在,增强了制品的轴向强度,满足了工业生产中対高内压及轴向载荷下制品可靠性的要求,因而多向纤维缠绕复合材料圆筒更适用于一些轴向强度要求较高的场合,如高压管道、炮筒、火箭发射筒等。相信随着研究的深入,多向纤维缠绕复合材料圆筒会在化工、医疗、军事等方面获得巨大的发展。

5 结语

通过在芯模两端配备专门设计的轴向挂线盘,设计了可实现轴向缠绕的多向纤维缠绕机。研制的多向纤维缠绕复合材料圆筒比一般的玻璃钢管轴向强度提高很多,因而能够满足工业生产中対高内压

及轴向载荷下制品可靠性的要求。

参考文献

- 1 Evans R N. Development of the filament wound composite motorcase for the compact kinetic energy missile. SAMPE Journal, 2000, 36(4): 42
- 2 张福承. 机头雷达罩及其缠绕法. 纤维复合材料, 2000, 17(1): 30
- 3 Kaempfen C E. Double wall composite municipal pipe: combining concrete with filament winding technology. SAMPE Journal, 2003, 39(4): 34
- 4 陈宏章, 孙雨虹. 中、高压玻璃钢管在中国油田中的应用. 纤维复合材料, 2000, 17(3): 36
- 5 Robert G, James H, Michael H. Composite overwrapped pressure vessels for space applications. SAMPE Journal, 2003, 39(2): 44

- 6 杜善义, 沃丁柱, 章怡宁, 等. 复合材料及其结构的力学、设计、应用和评价. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2000.
- 7 张福承. 纤维缠绕大型立式储罐. 纤维复合材料, 1996, 13(3): 19
- 8 王耀先. 复合材料结构设计. 北京: 化学工业出版社, 2001.
- 9 Ellyin F, Carroll M, Kujawski D, et al. The behaviour of multidirectional filament wound fibreglass/epoxy tubulars under biaxial loading. Composites Part A, 1997, 28(9/10): 781
- 10 Martens M, Ellyin F. Biaxial monotonic behavior of a multidirectional glass fiber epoxy pipe. Composites Part A, 2000, 31(9): 1001
- 11 周仕刚. RPM 管中轴向纤维的应用及其性能. 玻璃钢/复合材料, 2005(2): 41
- 12 丁传荣. 拉挤一缠绕设备与工艺技术研究. 纤维复合材料, 1998, 15(4): 21

DEVELOPMENT OF MULTIDIRECTIONAL FILAMENT WOUND COMPOSITE TUBE

Xie Xia^{1, 2}, Qiu Guanxiong¹, Jiang Yaming¹, Liu Liangsen¹, Wang Peng²

(1. Textile Composites Research Institute, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300160, China;

2. Department of Handling Facilities, Military Traffic Institute, Tianjin 300161, China)

ABSTRACT The structure characteristics and producing equipment of multidirectional filament wound composite tube are summarized, and the properties of the tube before and after adding axial filament are compared. The results show that the axial properties of the multidirectional filament wound tube are strengthened after incorporating the axial filament. As a result, this tube can meet the need of high pressure and reliability under axial loading in the industry.

KEYWORDS multidirectional filament winding, axial winding, axial property

LG化学(天津)工程塑料有限公司



LG化学

SolutionPartner

本公司是由韩国LG化学株式会社独资成立的企业, 成立于二零零四年十二月, 于二零零五年十月正式投产。主要生产聚对苯二甲酸丁二酯、PC聚碳酸酯、聚丙烯树脂、ABS等工程塑料。公司坐落于天津新技术产业园区武清开发区, 位于京津塘高速公路杨村出口处, 距天津市区四十公里, 距北京市八十公里, 地理位置优越, 交通方便, 并为员工提供班车、高档餐厅, 实行人性化的经营。公司将通过培养核心的本土人才及先进的管理方法, 确保国际水准的产品质量, 提高产品的市场占有率, 从而实现Business System本土化, 成为主导国内工程塑料产业的一流企业。现需求工程塑料方面的中高级管理人员, 公司会提供和能力相当的年薪和待遇。

生产总监

职位描述

1. 制定生产策略, 合理调配人力及设备资源, 以确保生产运作高效进行及客户交货期。
2. 负责生产部日常工作的管理, 以确保制定的各项工作目标实现。
3. 激发并推动有关生产力、设备利用力以及生产品质等方面的改善活动。
4. 对下属员工培训, 激发员工的积极性, 确保其技能不断提高以满足公司业务发展的需要。

任职资格

1. 大专及以上学历, 化学类专业, 年龄在30岁~35岁。
2. 有工程塑料方面的知识, 具备工程塑料方面的生产管理岗位工作经验3年以上。
3. 熟悉生产现场管理, 善于人际沟通, 具有较强的抗压能力和协调能力。
4. 具有一定的英语水平。

销售总监

职位描述

1. 负责公司产品的销售, 客户维护和市场开拓。
2. 进行科学的客户关系管理, 设计、实施、持续优化客户服务流程以及客户满意度。
3. 管理销售团队, 具备优秀的团队领导能力, 指导员工完成销售工作。
4. 对下属员工培训, 激发员工的积极性, 确保其技能不断提高以满足公司业务发展的需要。

任职资格

1. 大专及以上学历, 年龄在30岁~35岁。
2. 具备工程塑料方面的销售工作经验3年以上, 具备优秀的市场维护和开拓能力。
3. 有丰富的市场销售经验和知识, 有良好的沟通能力和团队合作意识。
4. 具有一定的英语水平。

公司地址: 天津市武清开发区泉发路13号

邮编: 301700

www.chemwide.com

TEL: 022-82113388-170, 赵小姐 FAX: 022-82103683 Mail: zdmei@lgchem.com