



中华人民共和国国家标准

GB/T 3365—2008

代替 GB/T 3365—1982, GB/T 3366—1996

碳纤维增强塑料孔隙含量和纤维体积含量 试验方法

Carbon fiber reinforced plastics—Determination of void content
and fiber volume content

2008-06-30 发布

2009-04-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

前 言

本标准同时代替 GB/T 3365—1982《碳纤维增强塑料孔隙含量检验方法(显微镜法)》和 GB/T 3366—1996《碳纤维增强塑料纤维体积含量试验方法》。

本标准与 GB/T 3365—1982 和 GB/T 3366—1996 相比主要变化如下：

- 将 GB/T 3365—1982 和 GB/T 3366—1996 合并为一个标准；
- 增加规范性引用文件(见第 2 章)；
- 修改孔隙含量试验原理(GB/T 3365—1982 中的第 1 章,本标准的 3.1)；
- 对超声波清洗器试验设备不做要求(GB/T 3365—1982 中的 3.1.4,本标准的 6.2.3)；
- 增加试验环境条件内容(见第 7 章)。

本标准由中国建筑材料联合会提出。

本标准由全国纤维增强塑料标准化技术委员会归口。

本标准起草单位:北京玻璃钢院复合材料有限公司、北京航空材料研究院。

本标准主要起草人:张海雁、沙金伟、王璇、聂磊、陈新文。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB 3365—1982；
- GB 3366—1982、GB/T 3366—1996。

碳纤维增强塑料孔隙含量和纤维体积含量 试验方法

1 范围

本标准规定了测定碳纤维增强塑料孔隙含量和纤维体积分量的原理、试验材料、试验设备、试样、试验条件、试验步骤、计算、试验结果以及试验报告等。

本标准适用于测定单向、正交及多向铺层的碳纤维增强塑料的孔隙含量、纤维体积分量。芳纶和玻璃纤维增强塑料也可参照采用,但不适用于织物增强塑料的纤维体积分量的测定。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 1446 纤维增强塑料性能试验方法总则

3 原理

3.1 孔隙含量试验原理

在碳纤维增强塑料上,通过光学显微镜、图像分析仪或透明方格纸在试样整个截面上测定孔隙总面积与试样截面面积的百分比,即为该试样的孔隙含量。

3.2 纤维体积分量试验原理

在碳纤维增强塑料上,通过图像分析仪或光学显微镜测定观测面内纤维所占面积与观测面积的百分比,即为该试样的纤维体积分量。

4 试验材料

- 4.1 包埋材料。
- 4.2 水磨砂纸,选用 No. 320、No. 400、No. 600、No. 800。
- 4.3 抛光织物,选用丝绒、呢料。
- 4.4 抛光膏,选用 W0.5 或 W1 人造金刚石抛光膏。
- 4.5 照相器材。
- 4.6 计数用的透明方格胶片。

5 试验设备

5.1 孔隙含量试验设备

- 5.1.1 反射显微镜,附有目镜网格、测微尺等附件。
- 5.1.2 图像分析仪。
- 5.1.3 磨片、抛光设备。

5.2 纤维体积分量试验设备

- 5.2.1 图像分析仪,具有定量测量分析软件(颗粒面积,面积百分比)和数据处理系统。
- 5.2.2 金相显微镜,能放大到 1 200 倍以上。

5.2.3 计数器。

5.2.4 求积仪。

5.2.5 磨片、抛光设备。

6 试样

6.1 取样

6.1.1 单向铺层试样,沿垂直于纤维轴向的横截面取样,长为 20 mm、宽为 10 mm、高为试样厚度。孔隙含量试验每组试样不少于 5 个,纤维体积含量试验每组试样不少于 3 个。

6.1.2 正交及多向铺层试样,沿垂直于纤维轴向的横截面上至少各取 3 个横截面长为 20 mm、宽为 10 mm、高为试样厚度的试样。

6.1.3 试样在切取过程中应防止产生分层、开裂等现象。

6.2 制样

6.2.1 测量试样

测定孔隙含量时应先测量试样横截面的长度和宽度,精确至 0.01 mm。

6.2.2 包埋试样

将试样用包埋材料包埋。

6.2.3 磨平和抛光试样

将包埋好的试样在磨片机上依次用由粗到细的水磨砂纸在流动水下湿磨,然后在抛光机上用适当的抛光织物和抛光膏抛光,直至试样截面形貌在显微镜下清晰可见为止。

磨平、抛光过程中,每更换一次砂纸都应将试样彻底清洗干净。如有抛光膏堵塞孔隙现象,可用超声波清洗器清洗试样。

7 试验条件

试验环境条件按 GB/T 1446 的规定。

8 试验步骤

8.1 孔隙含量试验

8.1.1 显微镜标尺测定法

8.1.1.1 将制备好的试样置于反射显微镜的载物台上。

8.1.1.2 在 100 倍放大倍数下迅速观察试样整个截面,调整放大倍数,使绝大部分孔隙面积大于 1/4 格。

8.1.1.3 记录落在孔隙上的格子数目,以 1/4 格为最小计数单位。大于 1/4 格的记作 1/2 格;大于 1/2 格的记作 3/4 格;大于 3/4 格的记作 1 格。目镜网格每格面积要在选定的放大倍数下以测微尺进行标定。

8.1.2 图像分析仪法

8.1.2.1 可采用试样及显微照片两种方式在图像分析仪上测定孔隙含量。

8.1.2.2 将制备好的试样置于图像分析仪的载物台上。

8.1.2.3 调节图像分析仪的放大倍数,能清晰观测试样截面。可摄取试样照片或直接测定试样整个截面上孔隙绝对面积或孔隙面积与试样截面面积的百分比数值并记录试验结果。

8.1.3 放大方格计数法

8.1.3.1 将制备好的试样置于显微镜的载物台上。

8.1.3.2 调节显微镜的放大倍数,摄取放大 10 倍显微镜照片并在照片上覆盖透明方格纸或透明毫米纸。

8.1.3.3 记录落在孔隙上的格子数,计数同 8.1.1.3。透明方格纸的方格面积要事先进行标定。

8.2 纤维体积含量试验

8.2.1 图像分析仪法

8.2.1.1 将制备好的试样置于图像分析仪的载物台上。

8.2.1.2 调节观测面亮度及聚焦平面以获得清晰的纤维截面形貌。观测面内不得有空隙。

8.2.1.3 调节图像分析仪的放大倍数到 500 倍以上,并能清晰区分单根纤维。

8.2.1.4 测定纤维所占面积与观测面积的百分比数值并记录试验结果。每个试样不少于 3 个视野。

8.2.2 显微镜法

8.2.2.1 将制备好的试样置于金相显微镜的载物台上。

8.2.2.2 在 200 倍放大倍数下每个试样摄取 3 个观测面的照片各一张,用来测定各观测面积及其内的纤维根数。观测面内不得有孔隙。

8.2.2.3 在 1 200 倍(或大于 1 200 倍)放大倍数下摄取显微照片一张,用来测定纤维的平均截面积。

8.2.2.4 在按 8.2.2.2 摄得的照片上用求积仪或其他方法求得 25 根纤维的平均截面积。如纤维为圆形截面,可测量直径来计算截面积。

9 计算

9.1 孔隙含量的计算

9.1.1 显微镜标尺测定法、图像分析仪法或放大方格计数法均应求出每个试样被测面积内的孔隙个数,孔隙面积的最大值和最小值,孔隙的总面积和孔隙含量。

9.1.2 孔隙含量按式(1)计算:

$$X = \frac{N_v \cdot A_g}{A} \times 100 \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

X ——孔隙含量,%;

N_v ——试样孔隙所占格子数;

A_g ——每格面积,单位为平方毫米(mm^2);

A ——试样截面面积,单位为平方毫米(mm^2)。

9.2 纤维体积含量的计算

9.2.1 图像分析仪法的纤维体积含量按式(2)计算:

$$V_f = \frac{\sum_{i=1}^n V_{fi}}{n} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

V_f ——纤维体积含量,%;

V_{fi} ——第 i 个观测面内纤维体积含量,%;

n ——试样观测面个数。

9.2.2 显微镜法的纤维体积含量按式(3)计算:

$$V_f = \frac{N \cdot A_f}{A} \times 100 \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

V_f ——每个观测面内的纤维体积含量,%;

N ——观测面内的纤维根数;

A_f ——单根纤维的平均截面积,单位为平方微米(μm^2);

A ——观测面积,单位为平方微米(μm^2)。

10 试验结果

孔隙含量和纤维体积分量的算术平均值、标准差和离散系数按 GB/T 1446 的规定。

11 试验报告

试验报告的内容应包括以下各项全部或部分：

- a) 试验项目名称及执行标准号；
 - b) 试样来源及制备情况，材料规格和牌号；
 - c) 试样编号和外观质量；
 - d) 试验选用的测试方法；
 - e) 试验设备；
 - f) 试验环境条件；
 - g) 试验结果包括每个试样的孔隙含量值、纤维体积分量值，每组试样的算术平均值、标准误差和离散系数；
 - h) 根据需要，提供孔隙分布图及形貌说明；
 - i) 试验人员、日期及其他。
-