

# 一种测定碳纤维中孔洞缺陷的相对取向的简便方法

肖杰<sup>1</sup>, 陈晓<sup>1\*</sup>

(1. 东华大学 分析测试中心, 上海 201620)

**摘要:** 本文提供一种利用 X 射线散射仪研究碳纤维内部孔洞的相对取向的简便方法, 可以作为碳纤维内部缺陷取向程度的一个技术指标, 分析简便, 满足测试需求。

**关键词:** X 射线散射技术; 碳纤维; 纤维取向;

**中图分类号:** 0657.32 **文献标识码:** B

## A Method for Determining the Relative Orientation of Hole Defects in Carbon Fibers

XIAO Jie<sup>1</sup>, CHEN Xiao<sup>1\*</sup>

(1. Research Center for Analysis and Measurement, Donghua University, Shanghai 201620, China)

**Abstract:** Small x-ray scattering (SAXS) techniques can be used to study the relative orientation of internal holes in carbon fiber, can be used as a technical index of the orientation degree of internal defects in carbon fiber.

**Keywords:** X-ray scattering techniques; Carbon fiber; Fiber orientation

碳纤维因其高强度、高模量而被广泛用于复合材料中的增强材料, 广泛应用于航天航空、国防军事等高科技领域以及高级体育用品、医疗器械等民用行业。然而纤维中的内部缺陷严重影响了其实际使用强度及模量, 包括: 聚合物链结构缺陷、孔洞、孔隙、晶体错位、错层、杂志等, 其中孔洞的影响较大, 其主要影响因素包括孔洞的大小、分布以及取向程度等<sup>1,2</sup>。

X 射线散射仪具有无损、快速、便捷等优点而被广泛用于研究纳米尺寸的结构, 其原理是通过物质内几至数百纳米范围内的电子密度起伏所产生的相干散射效应来获得散射体的大小、形状和分布等信息, 特别适合研究多孔材料的结构。因此可以利用小角 X 射线散射仪研究碳纤维内部孔洞缺陷的相对取向可以作为碳纤维内部缺陷的一个技术指标<sup>1,2</sup>。

## 1 仪器与材料

### 1.1 仪器

## 1.2 材料

三种碳纤维 T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>

## 2 制样与测试分析步骤

- 1.1 取长度为 10 mm 的三种碳纤维各 20 根，用样品梳梳理整齐，涂覆火棉胶液体将纤维样品包埋，静置待火棉胶凝固，使得碳纤维呈平行伸展状态。
- 1.2 将样品放置 X 射线散射仪真空环境中进行测试，测试功率为 40KV，50Ma，测试时长 20 min。
- 1.3 将测得的二维图像进行 180 度强度积分，得到方位角扫描的积分数据。
- 1.4 利用取向度计算方法  $f_{\text{相对}} = (180^\circ - H_{\text{半高峰宽}}) / 180^\circ \cdot 100\%$

## 3 结果与讨论

三种碳纤维的 X 射线散射二维图如下所示：

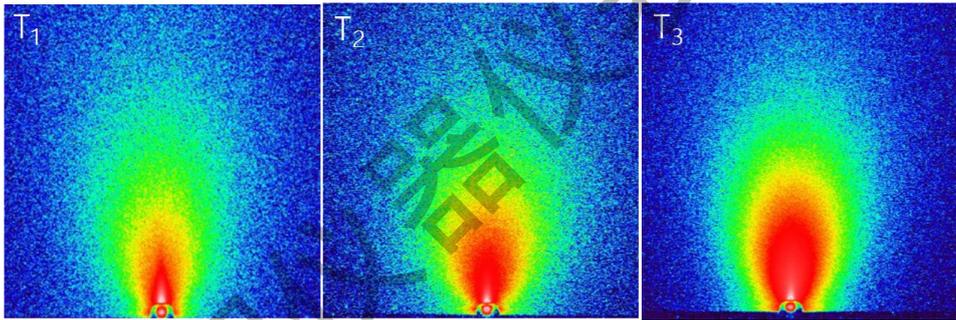


图 1 三种碳纤维的 SAXS 二维图

从图一中可以看出三种碳纤维的散射光斑的强度是不均匀的椭球体，这是碳纤维内部取向结构形成的，且光斑的形状、亮度以及分布不同，也说明了三种碳纤维的取向程度不同。将三种碳纤维的二维散射光斑去光源后积分得到 0 到 180° 方位角积分的曲线，如图二所示。

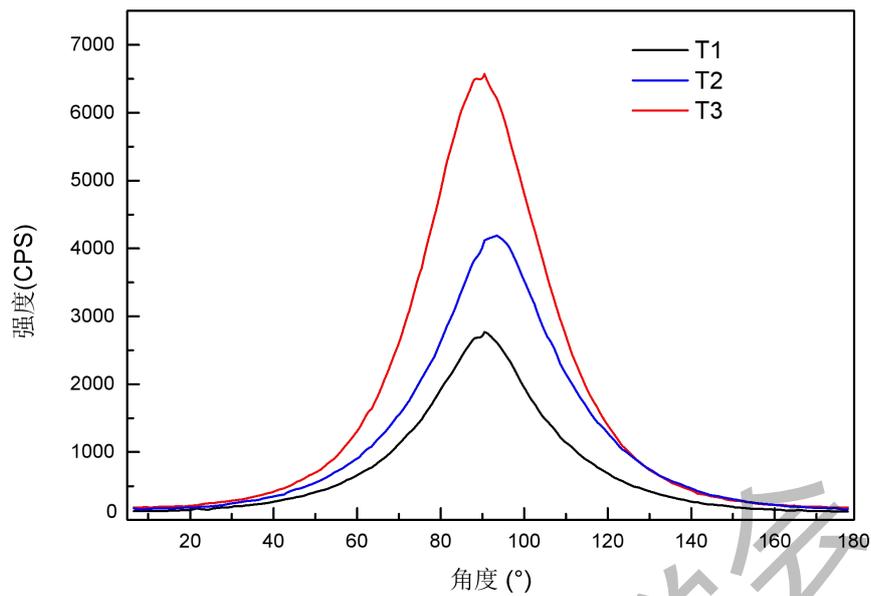


图2 三种碳纤维方位角积分后曲线

从图二可以看出，三种碳纤维积分后的散射强度不同，积分后根据取向计算公式得到三种碳纤维的相对取向分别是：53.2%、64.7%、77%，因而得出较其他两种碳纤维，碳纤维3内部空洞缺陷的取向程度最高。

#### 4 结论

用小角X射线散射技术分析碳纤维中空洞缺陷的相对取向操作分析简便，对于研究碳纤维中孔洞的缺陷具有一定的指导意义。

#### 参考文献

- [1] 左婷婷, 宋西平. 小角X射线散射技术在材料研究中的应用[J], 理化检验-物理分册, 2011, 47, 12.
- [2] 李小芸, 田丰, 高学平, 等. WAXS /SAXS, SAXS 二维全谱拟合研究 PAN 基碳纤维预氧化、炭化过程中微观结构演变[J], 新型炭材料, 2017, 32(2):0130.