

SMX-225CT FPD HR Plus 观察氮化硅材料内部结构

SMX-017

摘要： 本文介绍运用 inspeXio SMX-225CT FPD HR Plus 微焦点 X 射线 CT 系统观察氮化硅材料的内部结构。扫描氮化硅材料后通过岛津公司独有软件 MPR 立即显示 CT 截面图，观察内部孔隙缺陷及杂质缺陷。通过 VG 软件计算氮化硅材料的孔隙率和杂质率，呈现立体效果图。

关键词： 微焦点 X 射线 CT 系统 氮化硅 孔隙率 杂质

氮化硅是一种无机物，化学式为 Si_3N_4 。它是一种重要的结构陶瓷材料，硬度大，本身具有润滑性，并且耐磨损，为原子晶体；高温时抗氧化。而且它还能抵抗冷热冲击，在空气中加热到 1000°C 以上，急剧冷却再急剧加热，也不会碎裂。正是由于氮化硅陶瓷具有如此优异的特性，人们常常利用它来制造轴承、气轮机叶片、机械密封环、永久性模具等机械构件。

氮化硅陶瓷具有高强度、耐高温的特点，在陶瓷材料中其综合力学性能最好，耐热震性能、抗氧化性能、耐磨损性能、耐蚀性能好，是热机部件用陶瓷的

第一候选材料。在机械工业，氮化硅陶瓷用作轴承滚珠、滚柱、滚球座圈、工模具、新型陶瓷刀具、泵柱塞、心轴密封材料等。但是在制造过程中，如果内部有孔隙或者杂质，则影响氮化硅材料的压碎载荷比、硬度和断裂韧性。利用工业微焦点 X 射线 CT 可以无损检测成品中内部孔隙及杂质。能够快速的分析内部结构，对于 10 微米以上孔隙及杂质能够清晰检测。本文介绍运用 inspeXio SMX-225CT FPD HR Plus 的微焦点 X 射线 CT 系统检测氮化硅材料的内部结构，观察杂质及孔隙。

■ 实验部分

1.1 仪器

inspeXio SMX-225CT FPD HR Plus 微焦点 X 射线 CT 系统



1.2 分析条件

X 射线 CT 检查分析条件 1:

测试电压: 140 KV

测试电流: 100 μA

图像尺寸: 2048 pixels*2048 pixels

扫描时间: 30 min

SDD: 1200 mm

SRD: 28.315 mm

Number of Views: 1800

Number of Averages: 1

Voxel Spacing: 0.005 mm/voxel

Exposure(ms): 1000.000

Acquisition Mode: Fine

■ 结果与讨论

2.1 微焦点 X 射线 CT 对氮化硅材料的观察

本次检测的是一个直径 5 mm 的氮化硅材料圆球，如图 1 左。图 1 右示出了整个氮化硅材料的 X 光透视图。在整个样品的透视图像中，只看到黑黑的一个小圆，不能分辨内部的孔隙及杂质，只能通过下述的 CT 观察。

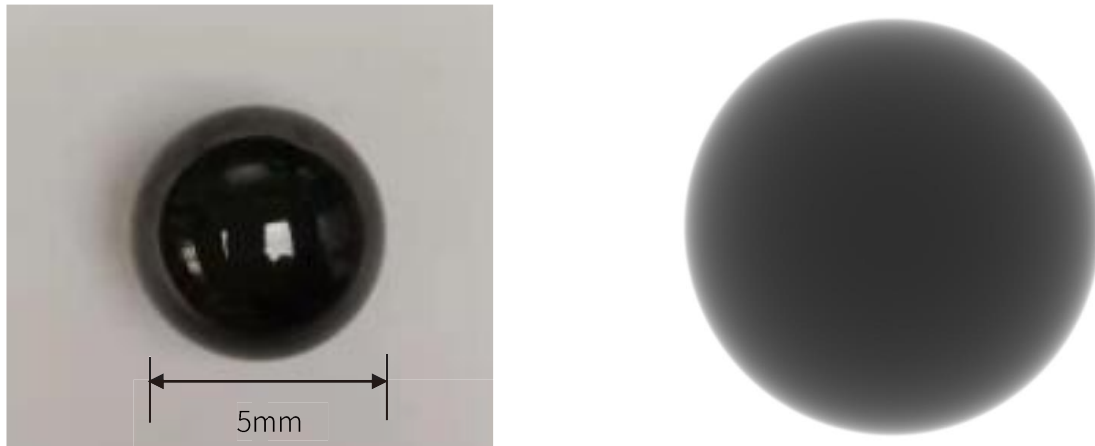


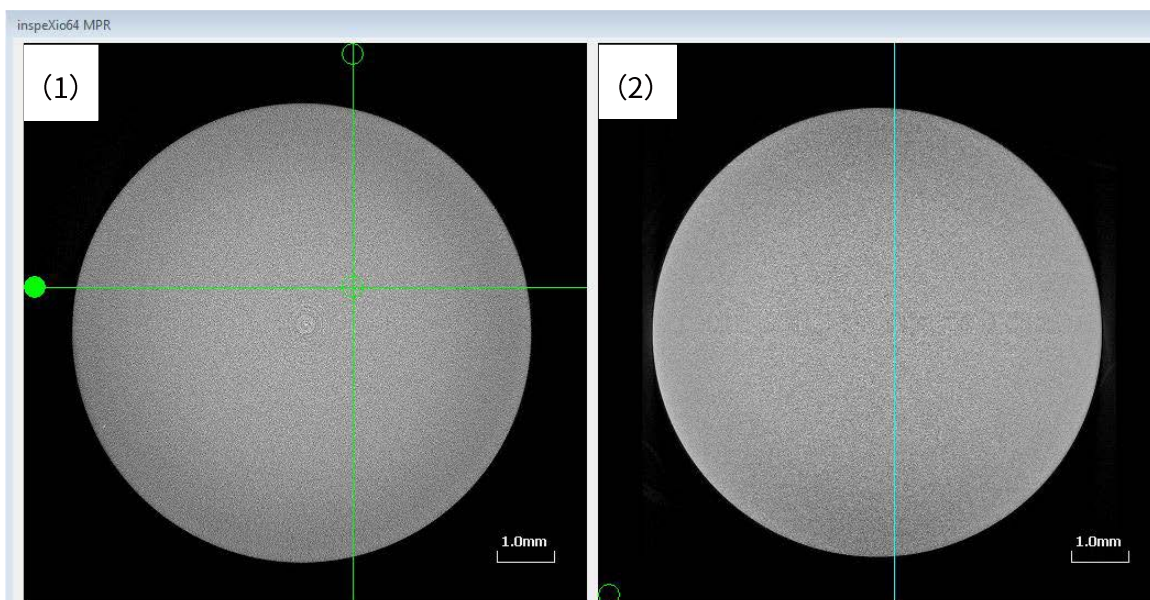
图 1 氮化硅材料圆球外观及透视图

图 2 显示了 MPR（多平面重建）图像。在 MPR 显示图中，将多个 CT 图像堆叠在一个虚拟空间中，从而排列四张图像：CT 图像（1）；相互正交的纵向图像（2）和（3）；以及与纵向截面图像（4）正交的任意截面图像。

从图 2 的图像（1）至（4）中，可以观察到氮化硅材料圆球在三个直角相交的方向截面图中的孔隙及杂质（黑色小点为孔隙，白色小点为杂质）。

图 3 放大显示了 CT 截面图中的孔隙，图中箭头所指黑色小点为孔隙。

图 4 放大显示了 CT 截面图中的杂质，图中箭头所指白色小点为杂质。



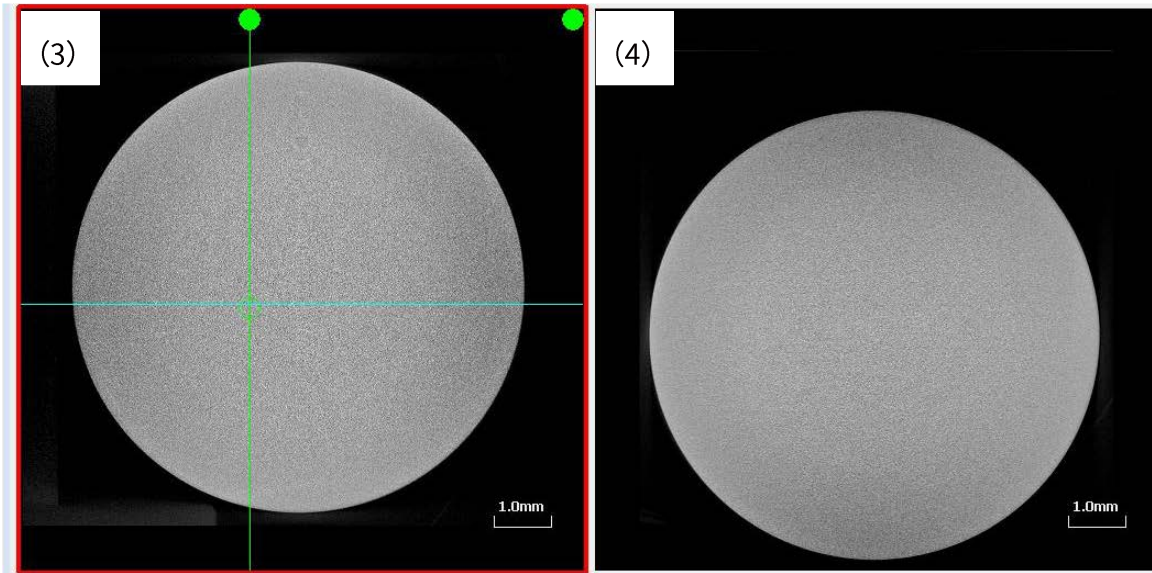


图 2 氮化硅材料圆球 MPR 图

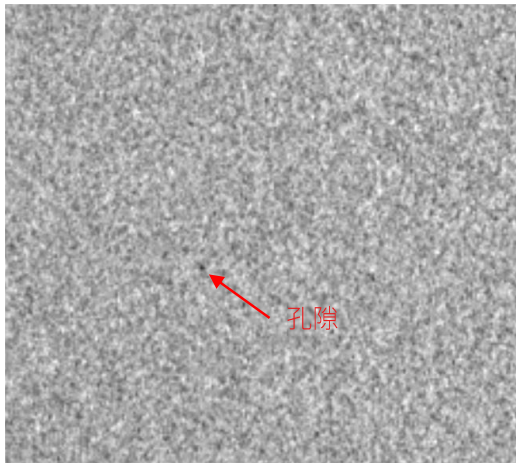


图 3 氮化硅材料孔隙

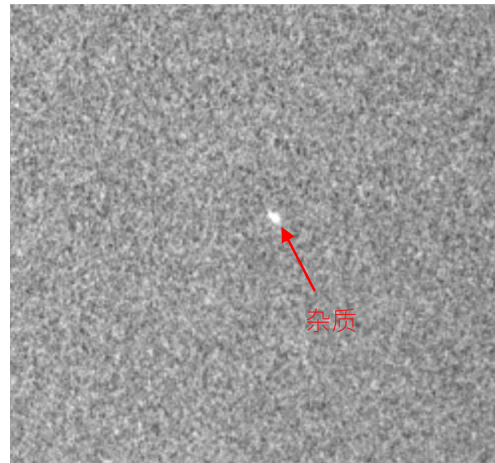


图 4 氮化硅材料杂质

针对 CT 图像中的孔隙和杂质，使用测量软件对其精确测量。图 5 是对孔隙进行尺寸测量，测量尺寸为 0.013 mm；图 6 是对杂质进行尺寸测量，测量尺寸为 0.055 mm。

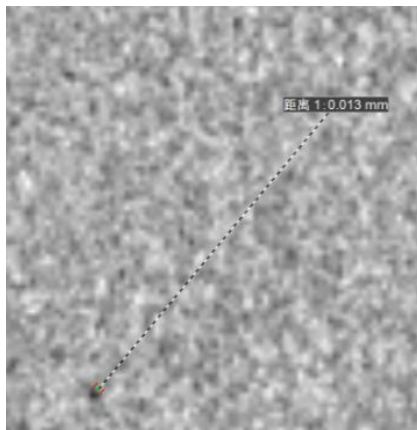


图 5 孔隙尺寸测量

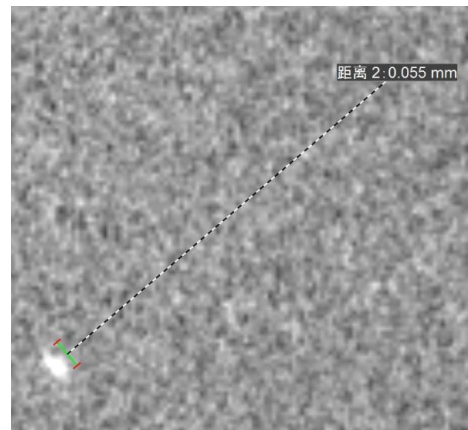


图 6 杂质尺寸测量

2.2 氮化硅材料样品数据分析

在氮化硅材料制造过程中，如果内部有孔隙或者杂质，则影响氮化硅材料的压碎载荷比、硬度和断裂韧性。杂质及孔隙过多过大都容易使产品断裂。利用专用软件分析孔隙缺陷，计算出孔隙缺陷分布效果图（图7）。并用不同颜色标注不同大小尺寸的孔隙。图8是氮化硅材料CT孔隙缺陷统计图，统计出材料总体积是261.0925 mm³，孔隙缺陷总体积0.1678 mm³，孔隙缺陷百分比0.06%。通过特征分布图可直观观察孔隙直径和体积的特征分布。

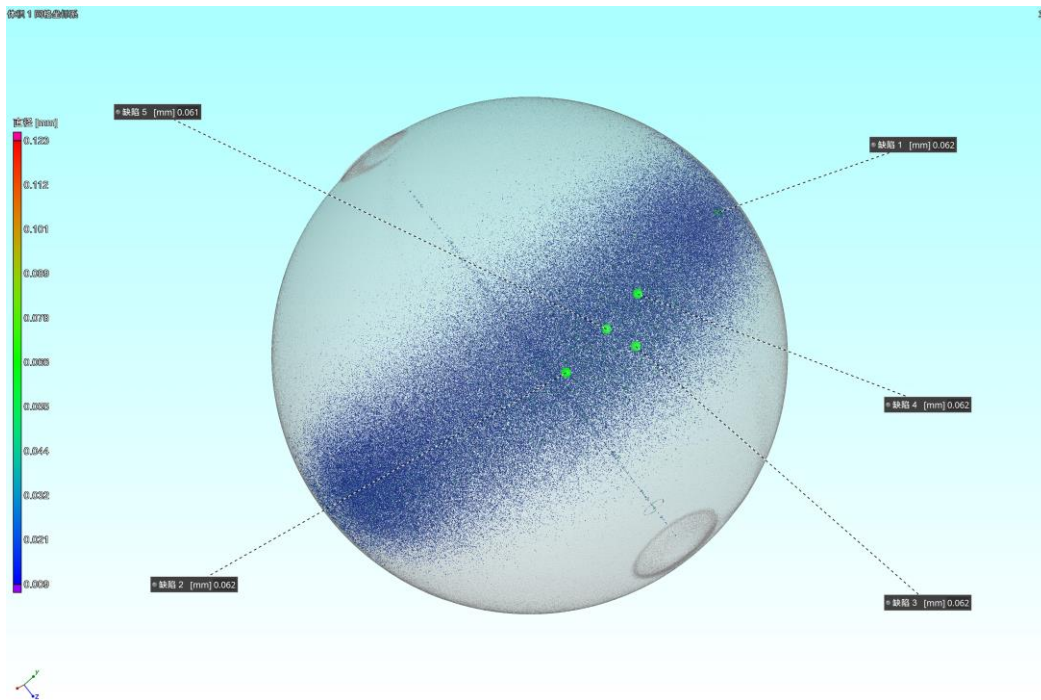


图7 氮化硅材料孔隙缺陷分布图

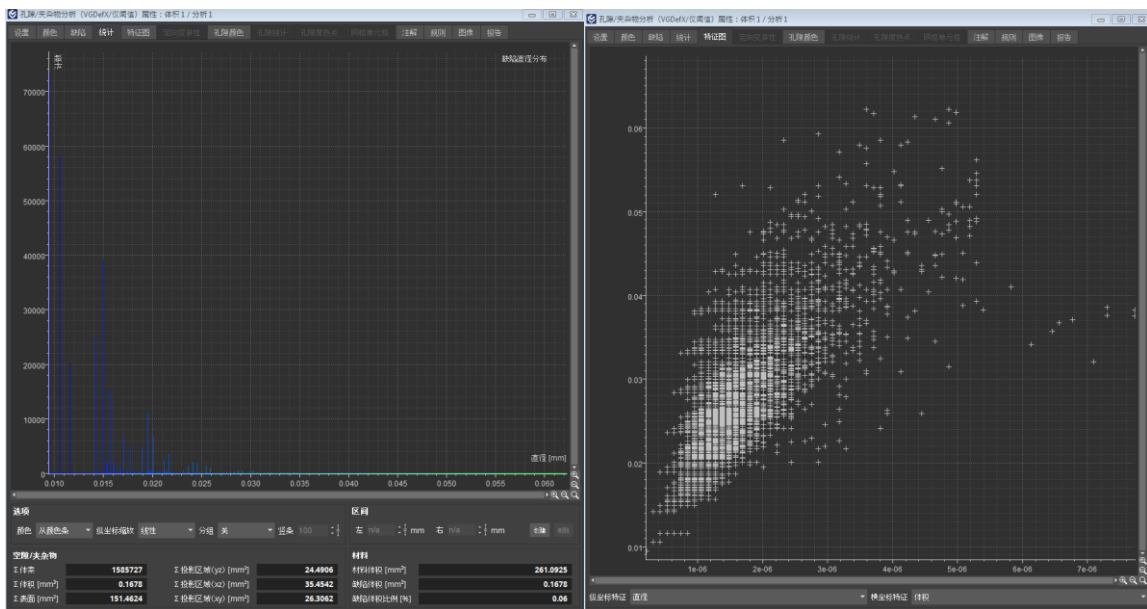


图8 氮化硅材料孔隙缺陷统计图

利用专用软件分析杂质缺陷，计算出杂质缺陷分布效果图（图 9）。并用不同颜色标注不同大小尺寸的杂质。图 10 是氮化硅材料 CT 杂质缺陷统计图，统计出材料总体积是 260.2532 mm³，杂质缺陷总体积 0.4727 mm³，杂质缺陷百分比 0.18%。通过特征分布图可直观观察杂质直径和体积的特征分布。

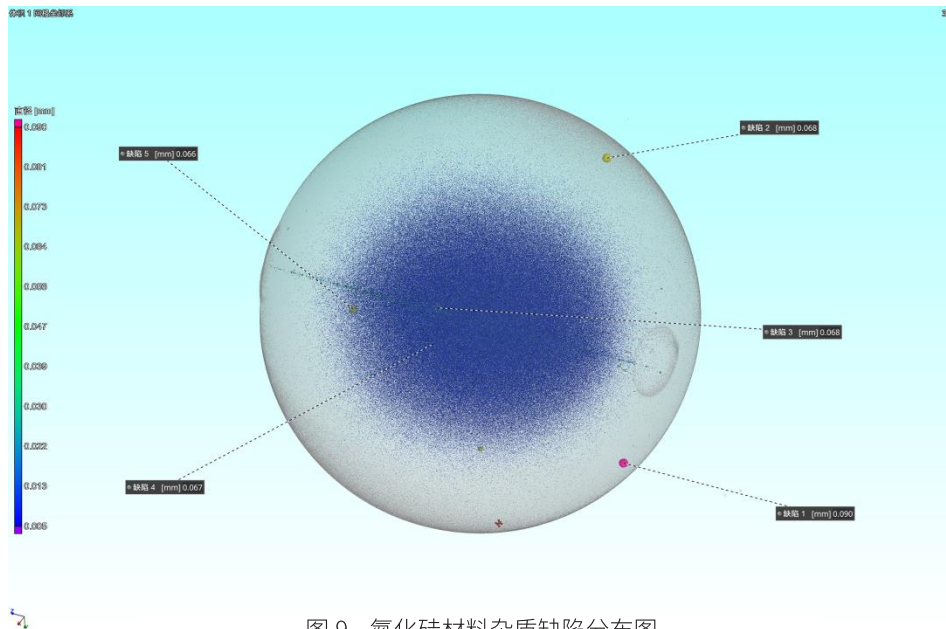


图 9 氮化硅材料杂质缺陷分布图

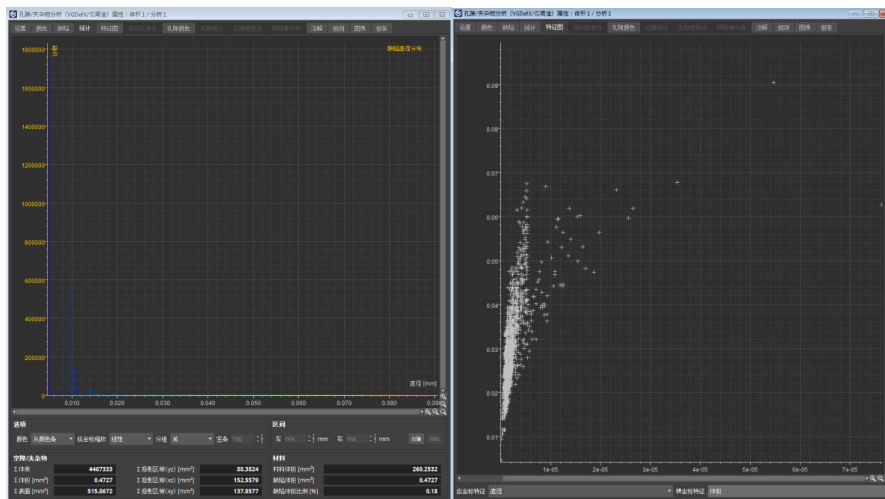


图 10 氮化硅材料杂质缺陷统计图

■ 结论

采用岛津公司的 inspeXio SMX-225CT FPD HR Plus 微焦点 X 射线 CT 系统检测氮化硅材料的内部结构，通过 CT 直观观察氮化硅材料内部孔隙及杂质。通过 VG 软件计算汽车氮化硅材料的孔隙率和杂质率，有助于工厂品质部管控和研发部产品开发。

岛津应用云

