

SMX-225CT FPD HR 测试口罩呼吸阀

SMX-001

摘要：本文介绍了一个运用 SMX-225CT FPD HR 微焦点 X 射线 CT 系统对呼吸阀口罩的实例观察。先是整个呼吸阀口罩的全部扫描，清晰的观察到内部的结构，再对口罩上的呼吸阀进行放大扫描，更详细的观察呼吸阀的内部结构及缺陷，最后使用专业分析软件对呼吸阀进行逆向工程、设计物 / 实物对比分析、壁厚分析及孔隙率 / 夹杂物分析。

关键词：微焦点 X 射线 CT 系统 口罩 呼吸阀

呼吸阀口罩是为了人类的健康而设计的，用于过滤且阻止空气中对人体有害的可见或不可见的物质。从而不会给人体带来不好的影响。

在湿热或者通风较差或者劳动量较大的环境中，佩戴具有呼吸阀的口罩可帮助人们在呼气时更感舒适。呼吸阀的作用原理是当呼气时排出气体的正压将阀片吹开，以迅速将气体内废气排除，降低使用口罩时的闷热感，而吸气时的负压会自动将阀门关闭，以避免吸进外界环境的污染物。然而，口罩上的呼吸阀生产

及制造涉及到一定程度的缺陷。因此，需要检查及有效检测呼吸阀上的阀片是否闭合，检查呼吸阀的孔隙及杂质等。在研发过程中，需要验证生产出来的产品和设计的产品是否一致。使用微焦点 X 射线透视已经没有办法满足观察要求，此时需要使用专用工业微焦点 X 射线计算机断层扫描（CT）系统观察确定。本文介绍了一个运用 SMX-225CT FPD HR 的微焦点 X 射线 CT 系统对呼吸阀口罩的实例观察。

■ 实验部分

1.1 仪器

inspeXio SMX-225CT FPD HR 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：130KV

测试电流：100 μ A

图像尺寸：1024pixels*1024pixels

扫描时间：10min

SDD：800mm

SRD：356.567mm

Number of Views：2400

Number of Averages：1

Voxel Spacing：0.175mm/voxel

Exposure(ms)：250.000

Acquisition Mode：Fine



X 射线 CT 检查分析条件 2:

测试电压: 130KV

测试电流: 100 μ A

图像尺寸: 1024pixels*1024pixels

扫描时间: 10min

SDD: 800mm

SRD: 239.513mm

Number of Views: 2400

Number of Averages: 1

Voxel Spacing: 0.054mm/voxel

Exposure(ms): 250.000

Acquisition Mode: Fine

■ 结果与讨论

2.1 样品外观图

本次测试的呼吸阀口罩为市场上购买品 (图 1)。外观尺寸是长 120mmX 宽 120mmX 厚 10mm。红框内是呼吸阀。本测试分两次测试: 第一次扫描整个口罩; 第二次扫描呼吸阀。



图 1 呼吸阀口罩外观图

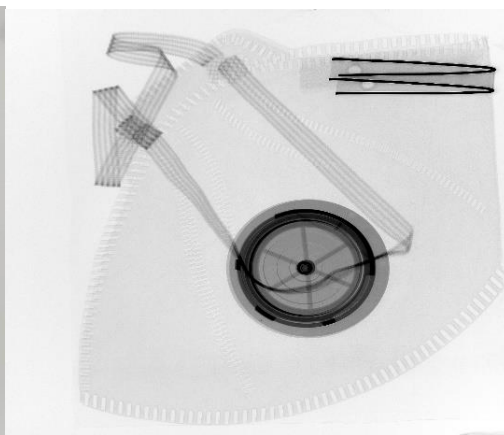


图 2 呼吸阀口罩透视图

2.2 呼吸阀口罩观察

由于 inspeXio SMX-225CT FPD HR 的接收部分使用了 16 英寸的平板检测器, 因此最大的可视视野约为 300X300mm, 因此整个呼吸阀口罩可以显示在单个图像中。使用 Shimadzu 微焦点 X-ray CT 系统 inspeXio SMX-225CT FPD HR 拍摄呼吸阀口罩, 得出图 2 中的透视图。如果口罩中含有杂质和裂痕可以通过透视观察。

接下来使用 CT 扫描观察整个呼吸阀口罩, 并生成多平面重建 (MPR) 图像 (图 3)。MPR 是将记录的 CT 图像排列在虚拟空间并显示任意截面的图像的功能。如图 3 所示, 可以显示如 (1) 所示的 CT 图像, 如 (2) 和 (3) 所示的与 (1) 正交的横截面的图像, 以及任意角度的横截面的图像, 如 (4) 所示。

由于也可以显示必要的剖面图像，因此可以进行详细的检查和观察。在这些 MPR 图像中，（1）表示呼吸阀口罩中心附近的横截面。（2）和（3）是从（1）的横截面垂直和水平正交的横截面。（4）表示从（2）截面中的横截呼吸阀口罩表面的部分。也可以放大任意截面图像，如（5）所示。由于 CT 成像显示白色的是密度较高的区域，因此呼吸阀区域显得更白。因此，可以从这些图像中确认呼吸阀和无纺织物的连接处是否牢固。

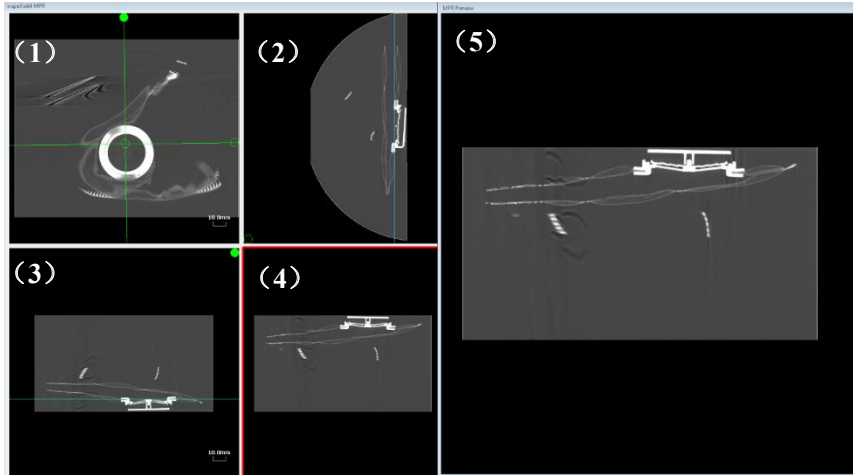


图 3 呼吸阀口罩的 MPR 图像

可以使用 3D 处理软件 VGSTUDIO MAX (Volume Graphics GmbH) 显示 CT 图像的立体渲染图 (VR)，并且通过观察更接近实际物体的形状的 3D 图像 (图 4)。

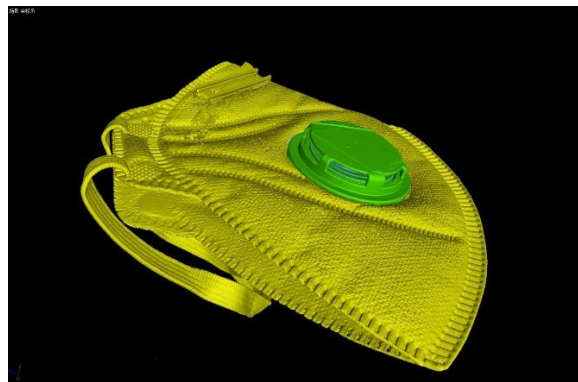


图 4 呼吸阀口罩 CT 3D 渲染图

2.3 呼吸阀 CT 观察

针对图 1 中的红框内的呼吸阀进行 CT 放大扫描，得到呼吸阀结构 CT 横截面图 (图 5)。口罩上的呼吸阀当呼气时阀门打开，吸气或者不使用时阀门闭合。从呼吸阀结构 CT 横截面图中可以看到阀片和塑料是闭合的，说明这是一款合格的口罩，但是在观察过程中，发现了其他缺陷，看到塑料部分中有孔隙和杂质。如果孔隙太多，有漏气的风险。含有杂质，对人体有危害。图 6 左边示出了呼吸阀中有孔隙的 CT 横截面图像，红色圆圈中黑色部分为孔隙，图片右边在 3D 图中示出了左边横截面位置。图 7 左边示出了呼吸阀中有杂质的 CT 横截面图像，红色箭头所指白色亮点为杂质，图片右边在 3D 图中示出了左边横截面位置。

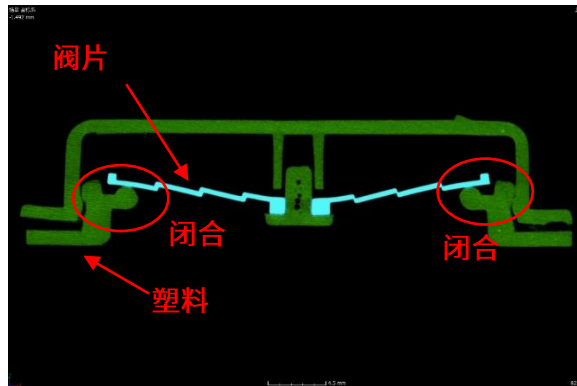


图 5 呼吸阀结构 CT 横截面图

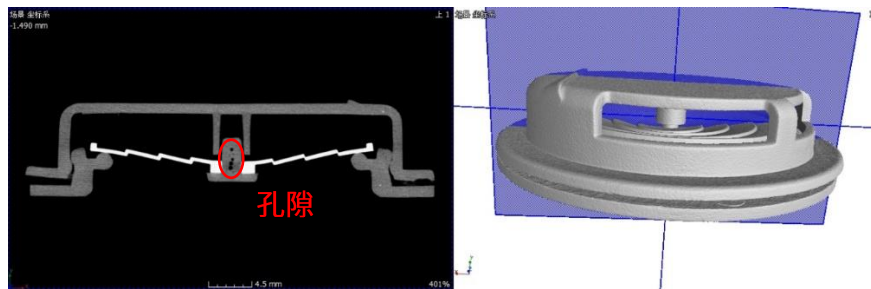


图 6 呼吸阀结构 CT 横截面图 (有孔隙)

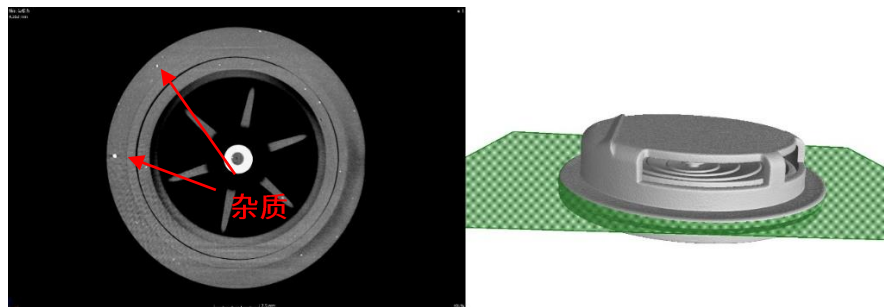


图 7 呼吸阀结构 CT 横截面图 (有杂质)

2.4 呼吸阀 CT 数据分析

(一) 逆向工程

把 CT 三维数据导入到专用软件中，可以得到呼吸阀的 3D 图形。图 8 示出了呼吸阀 CT 3D 图。并且可以轻松地把呼吸阀中的塑料和阀片分开，这样就可以连接 3D 打印机直接把呼吸阀打印出来。

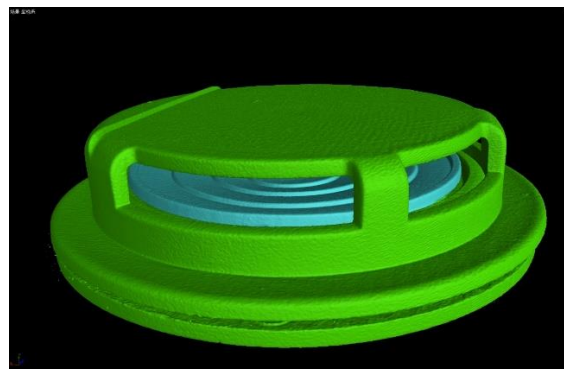


图 8 呼吸阀 CT 3D 图

(二) 设计物 / 实物对比

通过扫描出来的 CT 三维数据可以和设计件 CAD 数据或者相同产品的 CT 三维数据进行比较，验证实际生产出来的产品和理想中设计的产品偏差是否在允许公差范围内，比常规方法效率更高。图 9 是通过扫描两个相同产品的口罩呼吸阀进行比较。通过不同颜色对应不同的数据展示分析效果，结果显示两个产品的尺寸偏差值在 +/-0.01mm 之间。（如果偏差值为 0 是最好的，表示两个产品外观尺寸完全一致）。

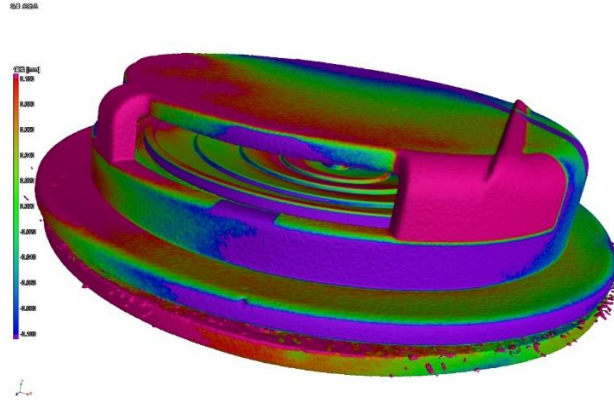


图 9 两个口罩呼吸阀产品比较分析图

(三) 壁厚分析功能

产品厚薄不均匀，影响产品质量和使用舒适性。使用分析功能可以很容易用于数据分析及整理，在 CT 三维数据上自动定位壁厚的位置，计算出壁厚然后用颜色显示分析结果。图 10 是口罩呼吸阀的壁厚分析效果图，图 11 示出了口罩呼吸阀的壁厚分析数据统计。结果显示最大壁厚 2.377mm, 壁厚偏差 0.492mm。

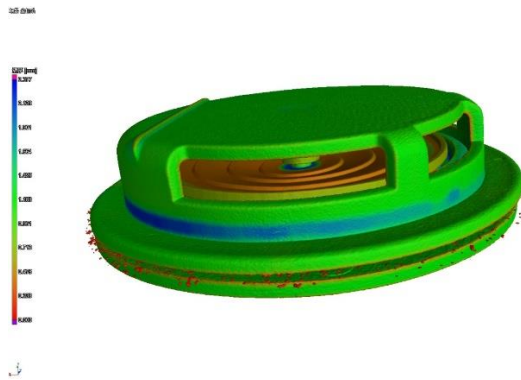


图 10 口罩呼吸阀的壁厚分析效果图

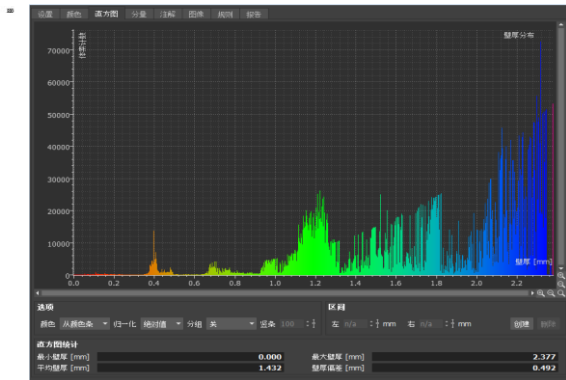


图 11 口罩呼吸阀的壁厚分析数据统计图

(四) 孔隙率 / 夹杂物分析功能

使用专用软件分析孔隙缺陷，计算出孔隙缺陷分布效果图 (图 12)。并用不同颜色标注不同大小体积的孔隙。最大孔隙体积是 0.04919mm³。图 13 是口罩呼吸阀 CT 孔隙缺陷统计图，统计出材料总体积是 4672.64209 mm³，孔隙缺陷总基体 1.19039 mm³，孔隙缺陷百分比 0.03%。

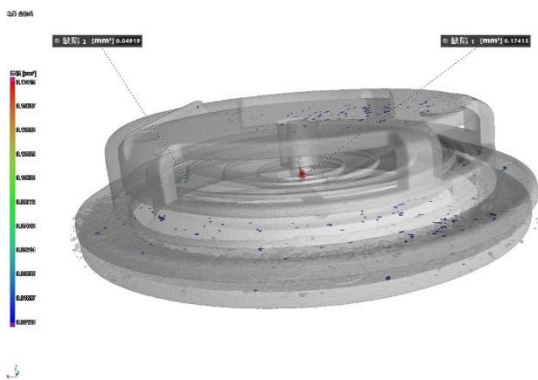


图 12 口罩呼吸阀 CT 孔隙缺陷分布图

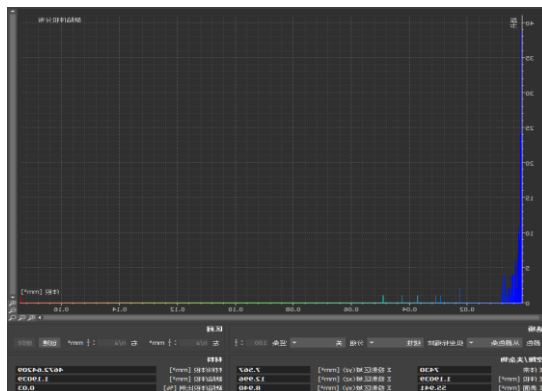


图 13 口罩呼吸阀 CT 孔隙缺陷统计图

利用专用分析软件分析杂质，计算出杂质分布效果图（图 14）。并用不同颜色标注不同大小基体的杂质。最大杂质体积是 0.19562 mm³。图 15 是口罩呼吸阀 CT 杂质统计图，统计出材料总体积是 4669.68066 mm³，杂质总体积 4.04604 mm³，杂质百分比 0.09%。

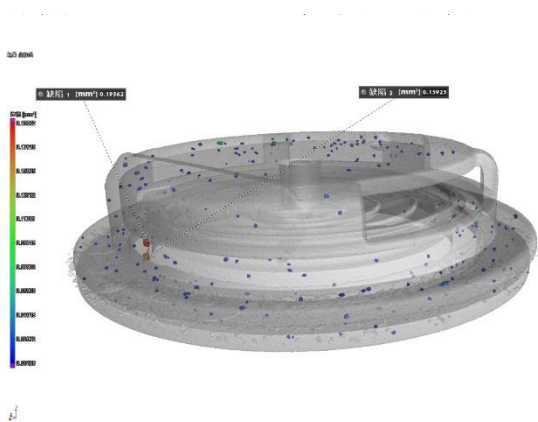


图 14 口罩呼吸阀 CT 杂质缺陷分布图

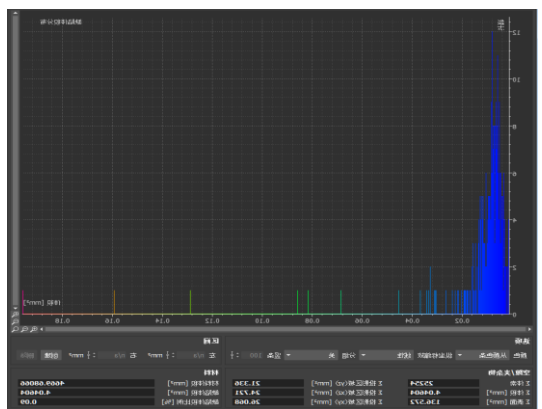


图 15 口罩呼吸阀 CT 杂质缺陷统计图

■ 结论

采用岛津公司的 SMX-225CT FPD HR 微焦点 X 射线 CT 系统对呼吸阀口罩检查，不仅仅可以扫描整个口罩，检查口罩的内部结构。还可以放大观察口罩上的呼吸阀，检测呼吸阀中的结构及缺陷。使用专业分析软件对呼吸阀进行逆向工程、设计物 / 实物对比分析、壁厚分析及孔隙率 / 夹杂物分析。

本文使用 X 射线 CT 系统对呼吸阀进行详细的检查及分析，同样这些检查及分析功能还适用于铝压铸件分析及树脂分析。

岛津应用云

