

特点描述

- ◆ 通过根据物镜改变放大率，可以观察到各个项目。
- ◆ 通过观察粘接区域的不均匀性或粘合界面的空隙，可以分析粘合失败的原因。
- ◆ 可以同时分析聚氨酯泡沫内部空隙的体积和壁厚，以帮助提高质量。

■ 引言

由于聚氨酯泡沫的各种性能特征，例如其缓冲、隔热、吸音和过滤特性，其被广泛用于我们的日常生活。

需要通过观察和评价聚氨酯泡沫的内部结构来控制其质量，因为泡沫内部空隙的形状、体积和壁厚会影响其性能。通过用粘合剂将泡沫片粘合在一起，可以适应各种形状，但这可能因粘合剂界面脱粘而导致性能降低。因此，要实现质量控制，还必须了解粘合状态。但将泡沫切开对其进行检查可能会改变孔隙形状或粘附状态，因此应对泡沫进行无损检查。

X 射线 CT 成像提供了一种无损观察和评价聚氨酯泡沫内部结构的有用方法。本文介绍了使用 inspeXio SMX-225CT FPD HR Plus X 射线 CT 检测系统（图 1）扫描消费电子产品的包装材料，并分析粘合界面和空隙。



图 1 inspeXio™ SMX™ -225CT FPD HR Plus

■ 分析目标

在本例中，使用 X 射线 CT 成像系统扫描消费电子产品包装中用作缓冲材料的聚氨酯泡沫（图 2）。该工件用粘合剂粘合在箭头所示的部件之间。（样品由化学评价与研究所提供。）

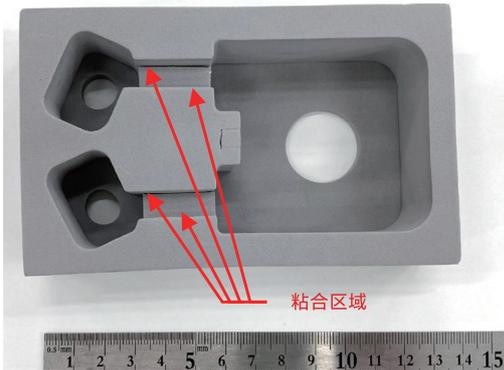


图 2 消费电子产品包装材料

■ CT 扫描设置

为了理解大范围的趋势，如粘合表面的不均匀性，必须以低放大率采集图像。然而，要达到适合被分析区域大小的分辨率水平，需要使用放大的图像。因此，在本例中，使用表 1 中所示的 3 组条件来获取图像。提高放大率会减小体素的大小，这使得可以捕捉更多细节。

图 3 左侧显示了未放大视图和放大视图的照射场。图 3 右图显示了从工件上切下大约 5 mm 见方的泡沫块，以获得必要的空隙放大率。

表 1 观察目的和 CT 扫描设置

	粘合区域概观	粘合区域放大视图	空隙放大视图
目的	总体趋势，如粘合不均匀性	粘合界面的详细观察	空隙和空隙壁等详细区域分析
射线管电压	200 kV	200 kV	120 kV
射线管电流	70 μA	70 μA	70 μA
查看次数	2400	2400	2400
照射场 (FOV)	98.7 mm	36.4 mm	5.8 mm
体素大小	0.1 mm	0.04 mm	0.006 mm

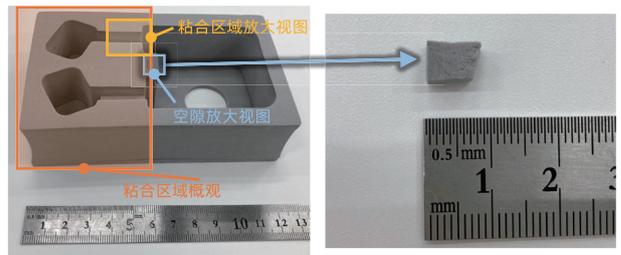


图 3 暴露场

（左：工件概观；右：从工件上切下的一片）

■ 粘合区域影像检查结果

图 4 显示了总体粘合区域的横截面图像。粘合剂呈白色，泡沫呈灰色。鉴于高密度材料通常呈现白色，可以假设粘合剂的密度高于泡沫。

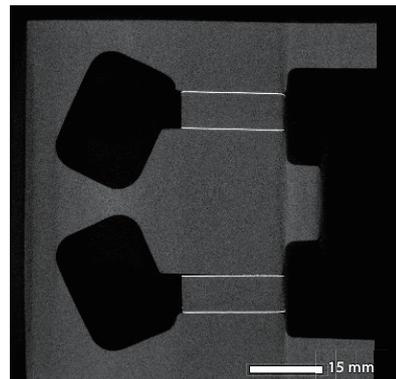


图 4 整体粘接区域的横截面图像

图5显示了使用可选软件VGSTUDIO MAX生成的3D数据。由于粘合剂区域可以被隔离并单独显示，如图5右图所示，因此可以快速检查提取的图像是否有任何粘合剂不均匀性或偏斜。相比之下，在粘合区域和泡沫的横截面图像中（图6），由于分辨率不足，很难确定界面状态。从广阔区域获取的数据适合观察整体区域，但不适合观察细节区域。

图7显示了从粘合区域的放大扫描获得的横截面图像。它表明，当外部可见脱粘位置（图7中的绿框）的原点附近的区域被放大时，可以看到界面的一侧空隙较少并且紧密附着，而另一侧已经开始脱粘，并且空隙更多。即使在没有脱粘的位置（图7中的黄框），一侧有许多空隙，另一侧紧密附着，这可能表明空隙更多的一侧脱粘可能性很高。

图6和图7右侧的放大图像的比较表明，粘合剂和泡沫之间的空隙在识别的容易程度上有很大差异。然而，即使在图7中，泡沫内部的小空隙也很模糊，因此对其进行分析可能需要额外的放大。

因此，观察粘合剂和泡沫材料之间的整体粘合剂不均匀性和空隙的能力使得能够分析粘合剂失效的原因。

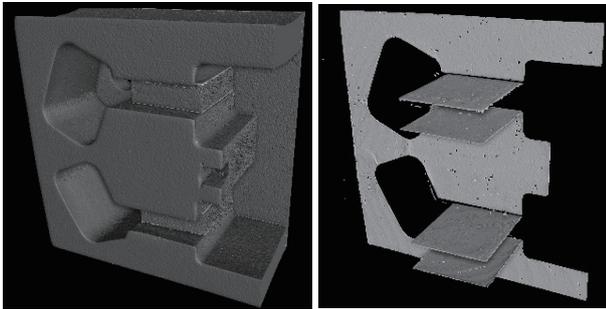


图5 粘合区域的3D视图
(左：整个泡沫；右：从粘合区域切割的工件)

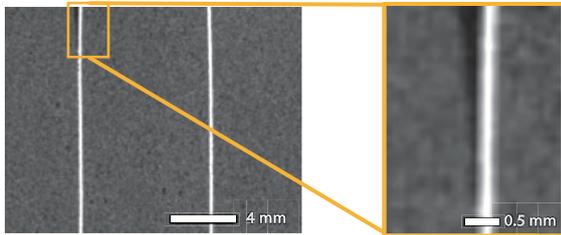


图6 整体粘接区域的横截面图像

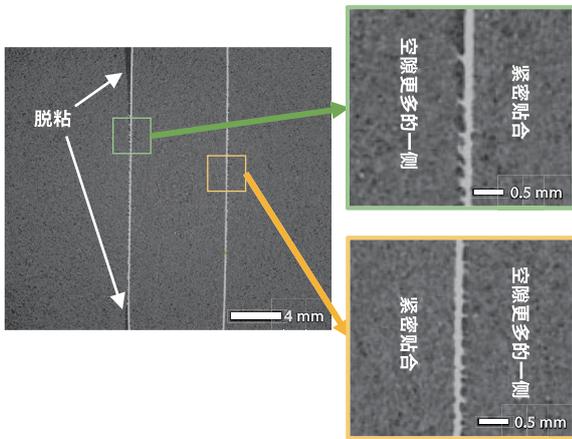


图7 放大粘接区域的横截面图像

■ 空隙的影像分析结果

图8显示了影像的放大横截面图像。与图7相比，在图8中可以清楚地识别每个空隙，这表明大多数空隙是互连的孔。图8（右图）还显示了图7中不可见的泡沫中存在的微粒。

VGSTUDIO MAX 包括泡沫粉末分析功能，可用于分析多孔材料中的空隙和空隙壁厚。它可以分离相互连接的孔隙，按体积对它们进行颜色编码（图9），并输出相应的体积分布直方图（图10）。在相关的应用新闻文章（编号 N138）中，分析了 5 mm^3 和更小的空隙。然而，在本例中，通过从工件上切下一片并使用放大影像检查来分析 0.005 mm^3 和更小的空隙。

此外，图11示出了使用相同功能分析空隙壁厚的例子。与图9中空隙体积相同的方式可以获得按壁厚颜色编码的图像如上所述，同时分析体积和壁厚可评价缓冲和其他泡沫特性。

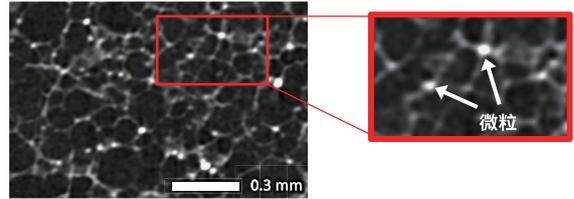


图8 空隙的放大横截面图像

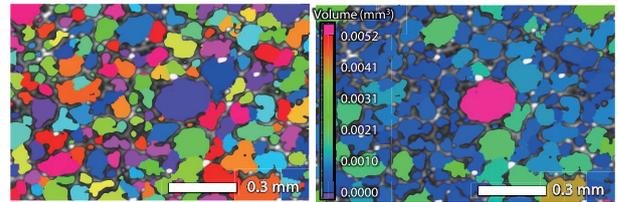


图9 泡沫粉末分析结果
(左：互连孔比率；右：按体积进行颜色编码)

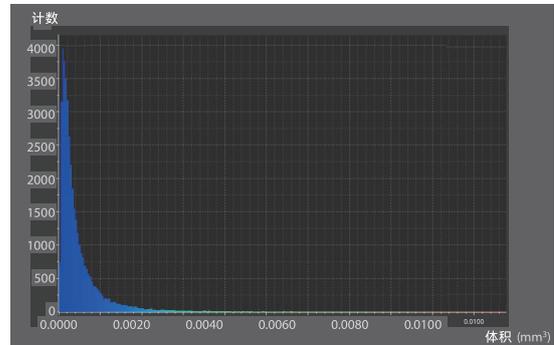


图10 空隙体积分布直方图（使用泡沫粉末分析）

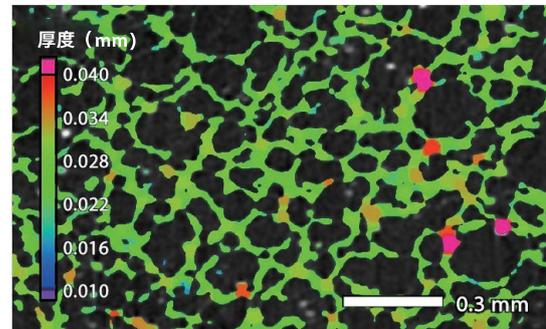


图11 空隙壁厚分析结果（使用泡沫粉末分析）

最后，下图显示了放大空隙的 3D 图像（图 12）。除了按体积和壁厚对空隙进行颜色编码之外，图 8 中的微粒也可以用任何颜色进行颜色编码，这使得可以通过三维方式观察它们各自的位置和分布。在这种情况下，扫描的是实际使用的市售包装材料。图像显示空隙体积、壁厚和添加剂分布均匀。在产品开发或缺陷检查期间，可以同时观察和分析所有这些分布，从而有助于评估质量。

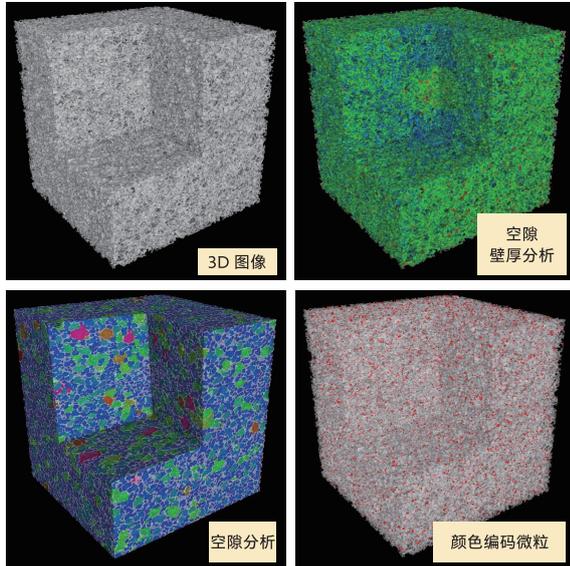


图 12 3D 图像

■ 结论

使用微焦 X 射线 CT 系统观察聚氨酯泡沫与粘合剂粘合区域（消费电子产品的包装材料）的粘合区域，并分析空隙。通过根据观察目的调整 CT 扫描设置，可以获得各种数据，从观察粘合区域的概观到分析详细的空隙。这有助于通过分析粘合失效的原因或分析空隙或壁厚数据来提高聚氨酯泡沫的质量。

致谢

非常感谢化学评价与研究本文为文的撰写提供的慷慨帮助，例如提供样品。

相关应用

1. 使用 inspeXio™ SMX™ - 225CT FPD HR Plus 观察洗碗海绵 [应用新闻 N138](#)

岛津应用云



inspeXio 和 SMX 是岛津制作所或其在日本和其他国家 / 地区子公司的商标。



岛津企业管理（中国）有限公司
岛津（香港）有限公司

<http://www.shimadzu.com.cn>

用户服务热线电话： 800-810-0439
400-650-0439

免责声明：

* 本资料未经许可不得擅自修改、转载、销售；
* 本资料中的所有信息仅供参考，不予任何保证。
如有变动，恕不另行通知。

第一版发行日：2024 年 9 月