

使用微焦 X 射线 CT 系统观察连接的金属和橡胶部件

01-00724-CN

Kayo Migita

特点描述

- ◆ 在橡胶与金属接触的地方，可以无损地评价橡胶劣化的进展。
- ◆ 即使没有明显异常的位置也可以进行无损检测，以帮助提高或保持质量。

■ 引言

由于金属和橡胶材料特性不同，因此将他们一起使用可提高强度、达到减震效果、减轻重量、紧密密封，以及实现单独使用一种或另一种材料无法实现的其他各种特性。因此，橡胶与金属结合的机械部件被广泛用于汽车、工艺和机械和其他领域。然而，连接特性不同的部件会因制造过程或产品使用过程中的热量、振动或其他因素而导致缺陷。特别是，由于金属温度高，橡胶可能在金属接触表面变质，但不会表现出任何足以发现变质的明显症状。因此，需要进行无损检测，以便在劣化和缺陷出现之前对其进行评价。

X 射线 CT 系统提供了一种无损检测。它们可以直观地显示连接的金属橡胶零件的内部状态，以便在不损坏部件的情况下评价内部缺陷的位置和形状。本文描述了使用 inspeXio SMX-225CT FPD HR Plus 微焦 X 射线 CT 系统（图 1）观察由与金属结合的橡胶制成的辊轮。



图 1 inspeXio™ SMX™ -225CT FPD HR Plus

■ 分析目标

在本例中，辊轮由重金属、轻金属和橡胶的组合组成。如图 2 所示，一个铝部件连接在主要由钢制成的轴承周围，橡胶连接在铝部件的周边。

涉及三种工件，实际使用的产品（工件 A）和两种供试样品（工件 B 和 C）。每个工件的橡胶材料和负载测试参数设置如表 1 所示。每个工件都有凸起（图 3）。

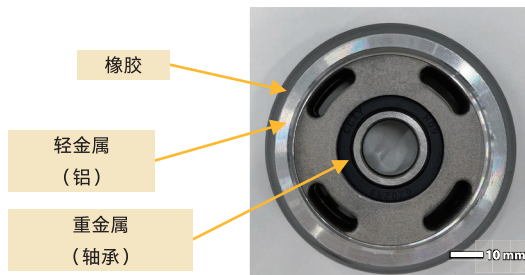


图 2 辊轮

表 1 测试参数

工件	A: 实际使用的部件	B: 工件 1	C: 工件 2
橡胶材料	天然橡胶	丁腈橡胶	丁腈橡胶
温度	未知 ^{*1}	70°C	60°C
测试载荷	未知 ^{*1}	900 N	700 N
行进距离	未知 ^{*1}	1000 km	2600 km

*1: 由于使用正常，未测量所有参数。



图 3 工件凸起（左：工件 A 上的 2 个位置；中：工件 B 上的 1 个位置；右：工件 C 上的 2 个位置）

■ 影像检查参数设置

各工件的 CT 扫描设置如表 2 所示。使用两组不同的 CT 扫描设置获得整个工件的概观图像和凸起的放大图像。对于从远处可以看到两个凸起的工件 C，对照射场进行调整，包括两个凸起周围的区域。

表 2 工件 CT 扫描设置

工件	A: 实际使用的部件		B: 工件 1		C: 工件 2	
	概述	放大	概述	放大	概述	放大
照射范围	225 kV	225 kV	225 kV	225 kV	225 kV	225 kV
射线管电压	225 kV	225 kV	225 kV	225 kV	225 kV	225 kV
射线管电流	300 μA	300 μA	300 μA	300 μA	300 μA	300 μA
查看次数	2400	2400	2400	2400	2400	2400
平均计数	3	3	3	3	3	3
体素大小	0.090 mm	0.037 mm	0.096 mm	0.034 mm	0.096 mm	0.071 mm

■ 凸起区域观察

凸起横截面图像和横截面的位置如图 4 所示。然而，对于工件 A 和 C，仅示出了两个凸起中的一个。在两个工件中，凸起内侧的区域（在图 4 中用红色箭头表示）比橡胶的其余部分更暗。在横截面图像中，密度越低，颜色通常越深。这表明有凸起的区域可能比橡胶的其余部分密度低。

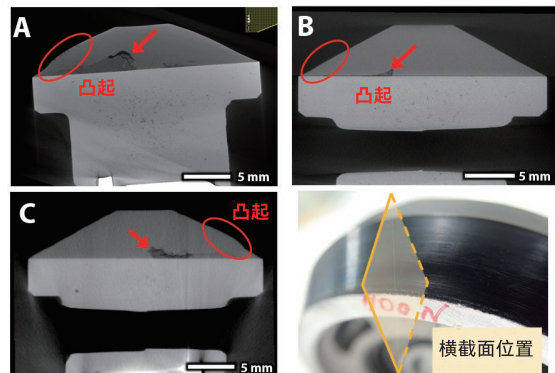


图 4 凸起的横截面图像（左上：A；右上：B；左下：C；右下：横截面位置示意图）

图 5 是工件 A 上凸起内部的放大横截面图像。如上所述，凸起的内部区域比原始橡胶材料更暗。这大概是由于其密度较低所致。橡胶内部密度较低的一个可能原因是产生空气，但在图 5 中看不到气泡或裂缝。因此，可能产生小于体素尺寸（在表 2 中表示为 0.037 mm）的气泡。对其他位置进行更详细的观察发现，在相应的位置出现了分层裂纹和比其他橡胶更深的颜色。这表明，在劣化区域内，劣化程度各不相同。同时还证实凸起区域表面上的所有裂纹延伸到大约相同的深度，这表明不仅在内部而且在外部都可以观察到劣化的程度。

如果使用可选软件 VGSTUDIO MAX 对图像进行颜色编码，则可以三维观察到预期区域的劣化位置和形状（图 6）。使用软件计算颜色编码部分的体积，得到不等式 $A > C > B$ 。对辊轮外部进行目视检查以比较凸起的尺寸，得到相同的 $A > C > B$ 关系，这表明外部凸起和内部劣化的体积之间存在相关性。基于表 1 工件 B 和 C 与已知测试参数的比较，也证实了与行进距离的相关性。在该例子中，将 CT 数据与外部凸起的视觉尺寸进行比较，但凸起的程度也可以通过将 CT 数据与设计（CAD）数据比较来进行数字化。

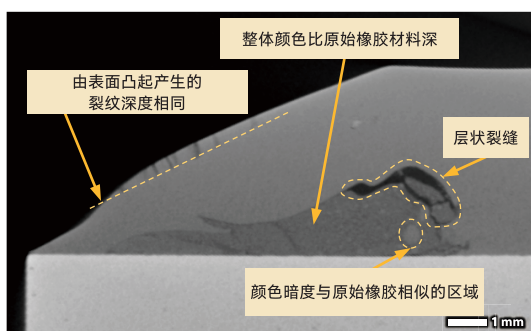


图 5 工件 A 上凸起附近的放大视图

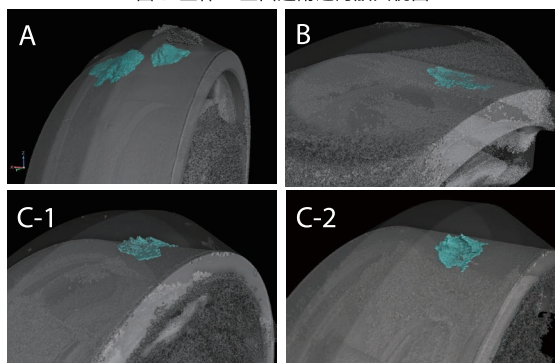


图 6 凸起的颜色编码内部

(C 中的凸起由于它们之间的距离而显示在单独的图像中。)

■ 橡胶脱粘的观察

概观横截面图像显示了表面上看起来正常的工件 A 和 B 区域的内部空隙（图 7）。鉴于凸起内部为深灰色，黑色的空隙可能表明橡胶从金属上脱粘。

脱粘区域可以采用与图 6 所示相同的方式进行颜色编码，以便能够同时观察内部橡胶劣化和脱粘情况（图 8）。因此，X 射线 CT 成像可用于发现内部缺陷，即使在没有任何外部不规则的区域。

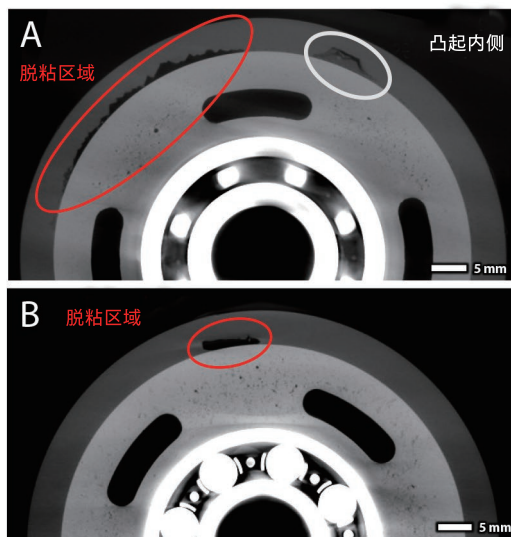


图 7 橡胶脱粘

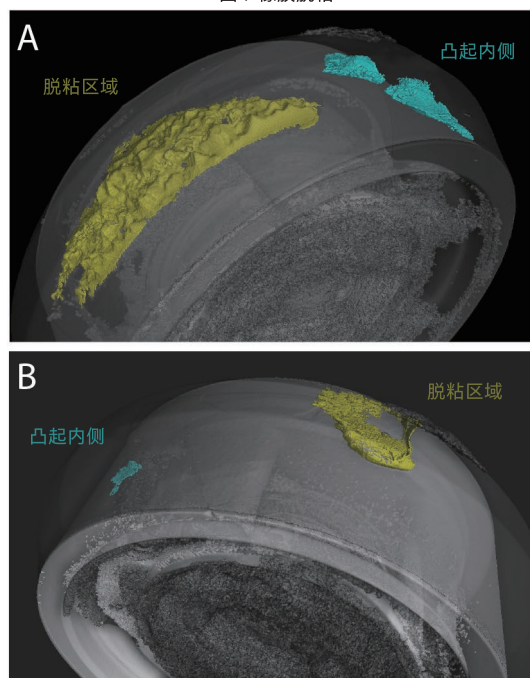


图 8 橡胶脱粘（3D 颜色编码空隙）

■ 结论

本文描述了使用 inspeXio SMX-225CT FPD HR 微焦 X 射线 CT 系统扫描由与金属粘接的橡胶制成的滚轮。

该系统能够无损发现橡胶劣化和脱粘，无论外部是否正常。可以通过详细观察横截面图像或通过比较劣化部分的体积来观察橡胶劣化的进展。对劣化或脱粘区域进行颜色编码可以有助于对这些区域的位置和形状进行 3D 理解。因此，X 射线 CT 成像提供了一种有用的方法来由与金属粘接的橡胶制成的部件的质量。

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 10 月