

慕尼黑, 德国, 6月2022

锂电池生产中的质量监控：颗粒物检测成为电池生产中的新挑战

不同于化石能源的新能源锂电池需求日益增长，世界各地有数十亿美元投资于此、相应的驱动器和车辆的研究、开发和生产。虽然已经找到了许多技术挑战的良好解决方案，但重点越来越多地转移到操作安全和非常昂贵的储能系统的长期稳定性。

2022年2月亚速尔群岛附近发生的海难清楚地表明了这一点，当时一艘集装箱船沉没，船上载有大约4000辆电动汽车，价值约3.3亿欧元。这场灾难性的火灾是否是由锂离子电池引起或加速的，还有待核实，但不能排除这种可能性。

www.dr.schenk.com



本文的原始版本于2022年6月10日作为头条新闻发表在 <https://battery-news.de/>

本技术简报做了修改。

安全第一!

如何使这种电源变得更加安全？一种方法是通过检测电池电极箔上的颗粒物。这源于电池的设计，带强电的能量载体，即阳极和阴极箔，被厚度仅约5-20微米的多孔塑料薄膜隔开。在充电和放电过程中，当颗粒擦过这些薄膜时，很容易发生短路，导致不受控制的放电，产生高热量，并经常发生几乎不可能扑灭的电池火灾。

申克博士如何检测最小的颗粒物？

Dr. Schenk GmbH公司自2015年以来一直致力于锂离子电池电极箔上的颗粒物检测，并为此开发了一种专用的检测技术。现在不仅可以检测10微米甚至更小的颗粒物，而且可以在最短的时间内完全自动检测。这有助于评估表面的质量或刀片清洁过程的有效性。

为什么这项新的解决方案没有全面应用？

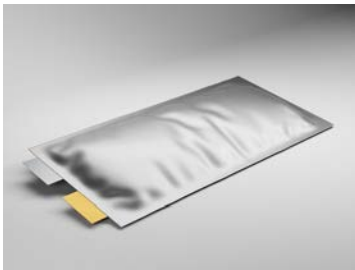
对这种微小颗粒物的可靠检测是一项联动的工作。当电池生产独立工序时，这可能导致采购上的困境。简而言之，这些工序可分为：涂布/干燥-压延-分切-切口-堆垛/卷取。在每个加工步骤之后，通常在各自的生产过程中提供光学质量控制。

至少有三方参与选择和采购。电池制造商的工程师，他们的采购部门和供应商，他们通常在中国，提供完整的解决方案，包括检查。采购的困境来自于各方不同的目标，工程师要求完美和操作的可靠性，采购部门关注采购成本，而组件制造商则要求快速完成项目和最终验收。

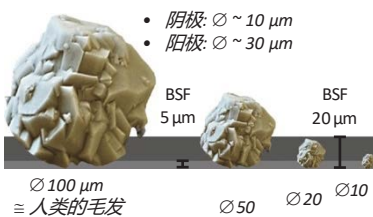
谁负责最终产品的质量？

尽管他们的目标不同，但双方还是能协商出解决方案，例如，产线供应商更喜欢他过去合作过的检测系统供应商。这保证了在检测整合期间的顺利协调，在最终验收期间的互动也已经过测试。但在生产过程中，这给他的客户带来了相当大的额外工作量。整合另一个检测系统，可能更适合电池生产业者的目标，从供应商的角度来看，可能使产线更复杂，更昂贵，并可能危及交付时间。

电池生产业者的采购部门可以接受这些观点，如果有必要，工程师可以调整规格。在采购和实施过程中，很快就达成了协议，目前最短的产线交付时间是最重要的。



锂电池电极涂层上颗粒物的平均大小



锂离子电池电极涂层上的隔膜厚度 (BSF) cp. 与人类毛发和不同大小的颗粒的比例表示。



但关键问题是：谁最终对质量控制和最终产品的长期质量负责？产线供应商与他的首选的检测系统？采购部门，专注于及时和经济的采购？代表电池生产者作为最终客户确保产品质量和安全的工程师们？

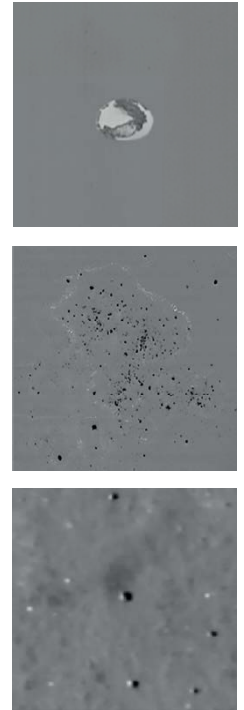
如何补救这种潜在的危险情况？

对于锂离子电池生产中严苛的质量要求，客户方面的另一个战略调整是由电池生产者主导质量控制过程，选择一个检测系统供应商，并强制要求所有产线供应商安装该检测系统供应商的产品，前提是他能应对不同过程的挑战，特别是颗粒物检测。

虽然产线供应商是其自身工艺的专家，但在检测方面却不是这样。从前面提到的包含检测系统的完整解决方案来看，锂电池生产中的光学质量控制还没有被确立为一个分布并且独立于各道工序的工艺流程。产线供应商实际上是在检测自己的工艺制成，这可能导致缺乏清晰度。而电池生产者则面临着多元化系统的操作问题。

什么让这种碎片化检测变得特别具有挑战性？

电池生产者正在注意到对电极箔的颗粒物检测的重要性。这些颗粒物（在涂层各自的数量级上，约10-30微米）是由片状分离切割过程产生的。机械和激光工具从分层的电极箔（活性涂层-金属-活性涂层）中切割出单独的薄片，导致碎片大多在切割边缘附近出现。由于对比度低，因此很难检测到微晶上的或者背景信噪比较大的材料上的颗粒物。与离型膜相比，碎屑是巨大的，很容易穿透薄膜，对锂电池的功能和长期稳定性构成严重威胁。



锂电池生产中不一致的质量保证体系可能产生的负面影响



生产与检验的替代性配合可能的样子。

从质量保证的角度来看，光学工艺和质量控制在电池生产中被确立为一个独立的、跨单元的、协调的生产过程，甚至达到其真正的目的，并且更好地服务于其最终的、独立的检查机构。电池质量和长期稳定性得到了独立于产线供应商的保证，并符合工程师提出的标准。

技术领先

什么是申克博士的AOI解决方案？

对于这种比较复杂的检测任务和所有其他电池生产过程，申克博士开发了一种保证安全生产的在线和离线解决方案。申克博士的模块化 EasyInspect 包括精确匹配 8K 双线 CMOS 相机的安装梁、具有动态冷却功能并且与材料相同宽度的超亮 LED 光源模组、一体式电控柜和包括屏幕、计算机、键盘和鼠标的操作员终端机。

超亮的LED光源模组照亮了机器整个宽度上的一条狭窄的材料。相机聚焦在这一区域，逐行扫描卷筒纸或切纸的材料，没有间隙。光学分辨率由相机的数量（横跨机器方向的分辨率）和每秒的扫描次数（机器方向的分辨率）决定。高于可调节阈值的视频信号被视为局部偏差（缺陷），并进行详细评估。

正确的缺陷分类有多重要？

申克博士特别关注缺陷的分类。主要是通过正确的分类，可以确定和消除缺陷的原因。除了简单的阈值和基于特征的分类外，申克博士还使用基于神经网络的分类。后者甚至可以将低对比度的缺陷从其周围的灰色图像中分割出来并进行分类，与阈值无关。区域内的特殊缺陷和关键缺陷的累积会触发一些事件，如报警或向打标机发出信号。

为什么说相机和光源同步如此重要？

专门用于检测不同电池箔的AOI配置，同样考虑到了基材和待检测缺陷的各自光学特性。主要目标是通过优化缺陷信号将其与基材区分开来，从而确保生产安全的质量监控。

为此，最多可以将六种不同的光源与一排相机同步计时。观察角度、光源方向、光的具体分布、波长和光强度都可以单独变化。通过这种方式，可以根据缺陷的对比效果（光吸收）、光遮挡（变形）和方向或这些特性的混合来检测缺陷。

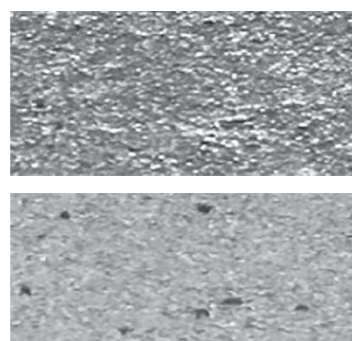
在一条扫描线上最多有六个独立的光学通道。它们可以检测典型的涂层缺陷，电极上的肿块、划痕和颗粒，以及隔膜和铝塑膜上的黑点、凝胶、凹痕和低对比度缺陷。通过这种MIDA（多图像缺陷分析）检测结构，所有六个通道每秒可切换14万次。各通道的结果被一起评估，通过最佳的缺陷检测实现全面的材料控制。



申克博士EasyInspect 解决方案（可用于塑料薄膜检测的4个摄像头配置的示例图片）



申克博士天狼星光技术（SLT）为材料表面提供更多光线



结晶型锂电池电极表面的颗粒物

上图为传统的光源配置下的缺陷图，下图为申克博士SLT光源配置下的缺陷图。检测颗粒物所需的分辨率显示了铝箔的光学噪声微晶结构。只有专门的光学配置才能将颗粒物与铝箔的表面结构明确区分开来。



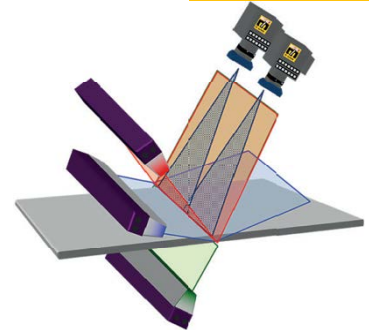
由Sirius Light技术的LED光源提供了比较高的光源强度，满足了相机和不同光学通道高速同步的周期时间，同时满足高速生产的需要。使用SLT结合穿透光学通道，甚至可以监测光学密度高达3.3的涂布箔。

■ 申克博士解决方案能否检测到材料到大面积变化？

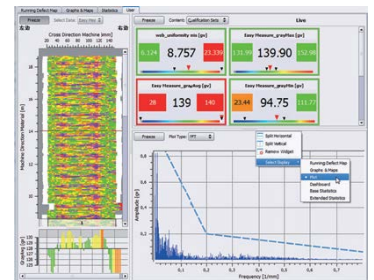
使用 EasyMeasure可以实现。EasyMeasure使用EasyInspect硬件提供了可选的同步区域分析。检测系统检测材料的局部偏差（即缺陷）并只评估这些，然而EasyMeasure使用所有相机像素作为单个亮度传感器。所有的信号都被全部用于分析该区域。它们以高精度和可重复性被记录下来，作为整个材料宽度和长度上的厚度或反射变化，然后用统计功能进行解释。

表面由数万个信号组成的像素点被实时评估。像素点的大小可以根据各自的材料进行调整。一旦偏离超出设定的目标值，可以立即在生产线上做出对应的措施。

除了厚度或反射率监测外，集成快速傅里叶变换（可选项）来计算产品中不需要的规则性，提供干扰周期和频率的指示。例如，这些可能是由变形辊、挤出机螺杆或调整不当的工艺参数造成的。



申克博士电池箔检测MIDA光学设计



集成快速傅里叶变换可帮助识别干扰期和频率

EasyInspect
缺陷的检测、分类和质量判定

EasyMeasure
监测整体材料的特性变化

申克博士是什么？

德国申克博士公司为自动化质量保证和生产过程控制提供检测和测量解决方案 - 例如塑料、纺织材料、非织造布、纸张、金属或玻璃，适用于众多市场，如显示玻璃、汽车、包装、医疗、可再生能源等。申克博士的300多名员工在全球范围内不断为表面检测设定新的标准。超过18,000平方米的现代化、具有洁净室功能的生产和测试设施可用于研究、开发和生产，将尖端的光学和电子技术应用于客户的应用。由标准化的设备到客制化产品，我们对质量的要求，近乎执着！





获取更多信息请咨询:

www.dr.schenk.com

Dr. Schenk GmbH Industriemesstechnik Headquarters

Bussardstr. 2
82166 Graefelfing
GERMANY

Phone: +49-89-85695-0
Fax: +49-89-85695-200

关于地区销售及服务代表的更多信息, 请登陆 www.dr.schenk.com/contact.html

