

对铜箔拉伸试验及应变研究

AGX-006

摘要：本文介绍使用岛津 AGX-V 1kN 电子万能试验机、TRViewX 视频引伸计、500 N 箔材专用夹具，参照标准《GB/T 5230-1995 电解铜箔 拉伸强度、弹性模量、断裂伸长率试验》、《SJ/T 11483-2014 锂离子电池用电解铜箔》、《YB/T 4334-2013 金属箔材 室温拉伸试验方法》，对铜箔试样进行拉伸试验的示例。评估铜箔的抗拉强度、断裂伸长率、弹性模量等力学性能，使用了视频引伸计来精确测量样品变形，样品变形相关数据更加精确、可靠。可为产品开发、品质管理、制造工艺设定、性能鉴别等提供可靠数据。

关键词：Autograph 精密万能试验机 铜箔 拉伸试验 弹性模量

电解铜箔是覆铜板 (CCL) 及印制电路板 (PCB)、锂离子电池制造的重要材料。锂电池主要结构为正极、负极和电解液。锂电池正极集流体一般采用铝箔，负极集流体一般采用铜箔。

锂电池用铜箔，厚度通常在 7-20 μm 之间。锂电铜箔厚度越小，意味着电池的重量将越轻、更小的电阻，电池的性能也将得到提升。因此，减轻电池上铜箔的质量，降低铜箔原材料成本，同时提供更高的能量密度，成为动力锂电池用铜箔关键。未来锂电池铜箔向着缺陷少、光洁度高、强度高、延展性好、更加薄的方向发展。

本篇报告参照国家与行业标准对铜箔试样拉伸试验的示例，GB 标准要求：

1. 量程 1000 N，精度优于 1 级拉力试验机；
 2. 样品宽度 $15 \pm 0.1(\text{mm})$ ，长度约 200 mm 条状试样；
 3. 夹具间的初始距离为 $125 \pm 0.1(\text{mm})$ ，试验速度为 $50 \pm 10(\text{mm}/\text{min})$ 。试样中间划线 50 mm 作为标距；
 4. 评价结果：拉伸强度、断裂延伸率、弹性模量等。
- 试验中使用 TRViewX 视频引伸计测量样品变形，并能录制整个试验过程，可回放查看样品实时受力状态下的画面。

■ 实验部分

1.1 仪器与夹具

AGX-V 1kN 电子万能试验机
500N 气动箔材专用夹具

岛津 TRViewX 视频引伸计
TRAPEZIUM X 软件（单一试验）

1.2 分析条件

试验温度：室温 25°C 左右
载荷传感器：1000N（0.5 级）
夹具气压：0.4-0.6（MPa）

试验速率：1.875mm/min（YB/T 4334-2013 要求，与 GB/T 228.1-2010 同）
夹具间距离：125 mm
标距：50 mm

1.3 样品及处理

本次试验，选取国内主流铜箔生产商的厚度为 6 μm /8 μm 两组铜箔，（长 X 宽为 180X15（mm）的长条状样品。见下图 1）；每组样品各测试 5 件。表 1 是试样的信息。



图 1 铜箔样品图

表 1 试样信息

试样	锂电池铜箔	
试样名	1 组铜箔	2 组铜箔
厚度	6 μm	8 μm
宽度	15mm	15 mm
标距	50 mm	50 mm
夹具间距	125 mm	125 mm

■ 试验介绍

使用 AGX-V 1kN 电子万能试验机和 TRViewX 视频引伸计对铜箔进行了拉伸试验（图 2. 测试系统构成与夹具样品特写）以 1.875 mm/min 的横梁位移速度进行断裂试验。样品为厚度 8 μm 与 6 μm 铜箔，不适合使用接触式引伸计测量变形，此次试验使用岛津 TRViewX 视频引伸计（因样品变形量较小，使用 120 mm 单镜头。），通过摄像头识别、跟踪样品上的标线（试验前使用标线笔绘制），与试样不接触，精度 0.5 级，可以测量从弹性区域至塑性区域全部变形，连续测量，直至样品断裂。）

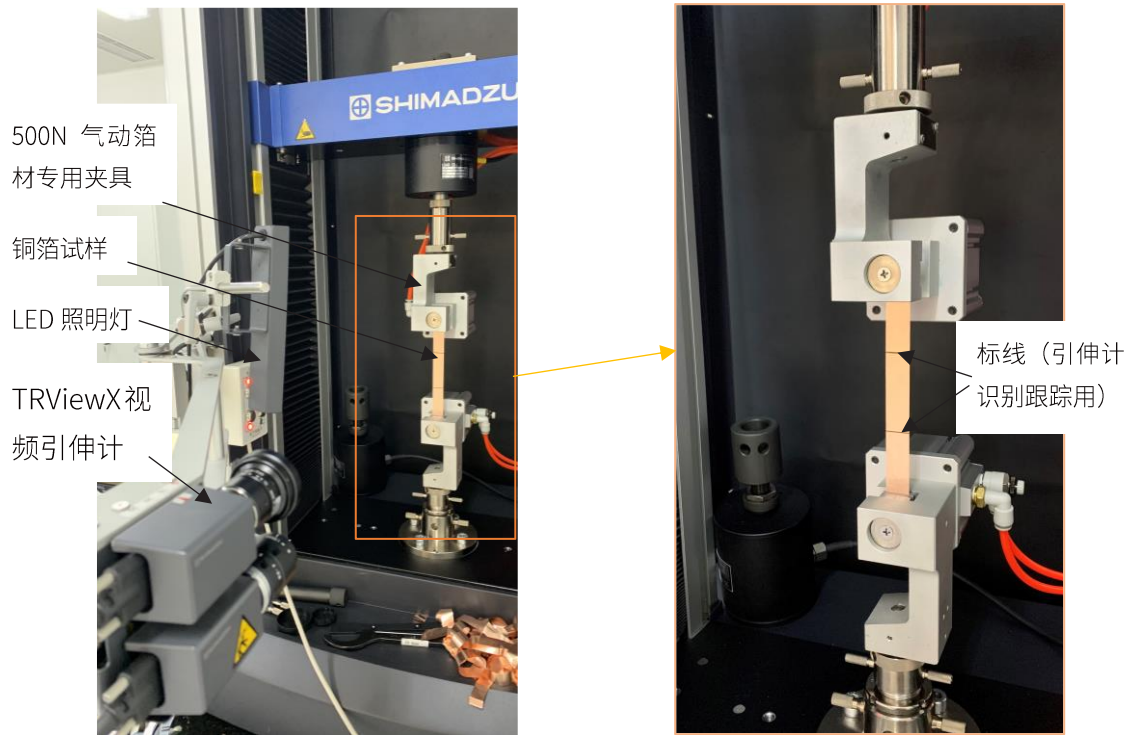


图 2 测试系统构成与夹具、样品特写

■ 结果与结论

3.1 试验结果

图 3 为拉伸试验曲线图（左图为位移 - 载荷图、右图为应变 - 应力图），左图为拉伸载荷与拉伸变形的对应曲线（变形数据由视频引伸计提供。）；右图为应力（试验力除以试样横截面积所得值）和应变（延伸长度除以标距长度所得值）之间的关系。

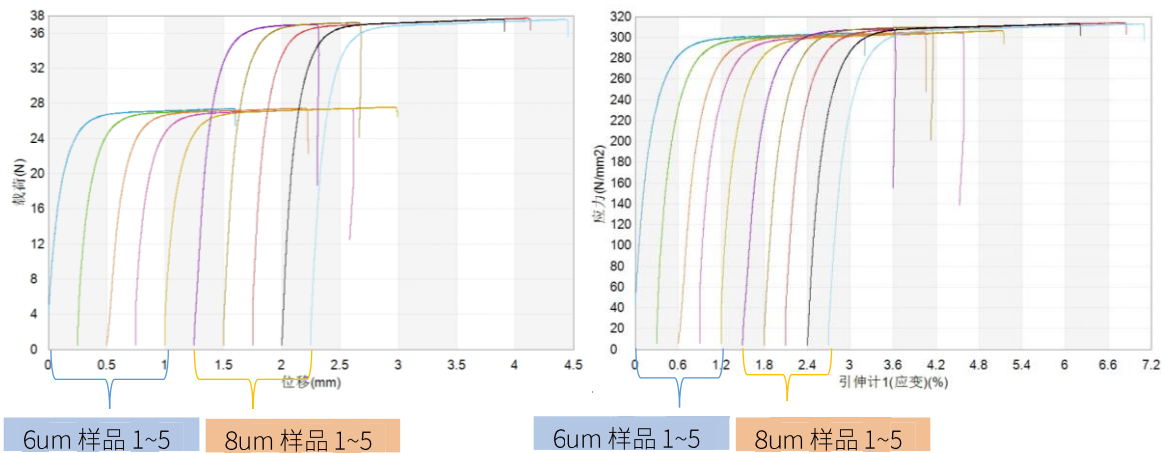


图 3 拉伸试验曲线图（位移 - 载荷图、应变 - 应力图）

表 2 为铜箔拉伸试验数据统计表，包括有弹性模量、拉伸强度（载荷、应力）和断裂点应变。从这些结果可以看出，同一种材料，8 um 样品的弹性模量与抗拉强度要均略高于 6 um 样品，表明铜箔的厚度越薄，材料的均匀性会降低、缺陷率有所增加。在保证铜箔各项性能指标的基础上来减少铜箔的厚度，是铜箔材料研发与工艺改进的重点。每组的 5 个样品的各种数据比较稳定，变化量不大，表明同批次样品的均一性好、测试系统稳定可靠。

表 2 拉伸试验结果

试样	弹性模量 (GPa)	最大点 _ 载荷 (N)	最大点 _ 应力 (MPa)	断裂点 _ 应变 (%)
6um-1	90.59	27.425	304.724	3.205
6um-2	93.93	27.222	302.471	2.230
6um-3	91.45	27.481	305.348	3.461
6um-4	93.82	27.443	304.925	3.625
6um-5	94.20	27.598	306.648	3.945
平均值	92.80	27.434	304.823	3.293
标准差	1.66	0.136	1.513	0.652
8um-1	91.53	37.028	308.569	2.101
8um-2	95.20	37.226	310.218	2.327
8um-3	96.60	37.735	314.459	4.757
8um-4	94.57	37.619	313.492	3.816
8um-5	90.16	37.571	311.091	4.404
平均值	93.62	37.436	311.966	3.481
标准差	2.67	0.297	2.403	1.207

■ 结论

综上所述，使用岛津的电子精密万能试验机配合 TRViewX 视频引伸计、500 N 气动箔材专用夹具，可以满足标准《GB/T 5230-1995 电解铜箔 拉伸强度、弹性模量、断裂伸长率试验》、《SJ/T 11483-2014 锂离子电池用电解铜箔》、《YB/T 4334-2013 金属箔材 室温拉伸试验方法》要求，可精确、全面测取铜箔的各项力学数据，数据稳定可靠。这对于铜箔产业与锂电行业的技术发展非常重要，能够为铜箔的产品研发、品质管理，以及该行业的标准化、规范化提供数据支持与技术保障。

岛津应用云

