

可吸收性外科缝线硬度测试

DUH-008

摘要：本文介绍了参考《GB/T 21838.1—2019/ISO 14577-1:2015 金属材料硬度和材料参数的仪器化压入试验》测试标准，使用岛津 DUH-211S 动态超显微硬度计，对直径约为 0.60 mm 的可吸收性外科缝线进行压入测试。试验结果表明，对测试材料进行预设深度加载 - 卸载压入试验可以精确地对其压入硬度进行评价，获取稳定可靠的硬度值。

关键词：DUH-211S 可吸收性外科缝线 硬度

技术特点：

- ❖ DUH-211S 以其载荷高精度、运行高稳定性可以对可吸收性外科缝线进行硬度评价。
- ❖ 丰富的软件分析功能可以轻松查看多种曲线图，从而更直观对比不同数据点之间的特性。

手术缝线是指在外科手术中或外伤处置当中，用于结扎止血、缝合止血以及组织缝合的特殊线。用于组织缝合时，可以保证伤口闭合，支持愈合，降低感染。手术缝线又分为可吸收性缝线和不可吸收缝线。可吸收性外科缝线是一种在人体内可被逐渐降解吸收的缝合材料。目前，可吸收性外科缝线的使用占比在 75% 以上。

可吸收外科缝线其核心特点是生物相容性和可控降解性，使得其具有免除拆线，提升患者体验、降低感染与并发症风险、减少异物反应、适配动态愈合环境、功能化扩展潜力等特点。除了具有的很多优点外，其还具有物理和力学性能等一些局限性。

力学性能中，包括抗拉强度、硬度、弹性模量等数值都需要进行常规测量。例如，硬度是指材料抵抗局部塑性变形（如压痕或划痕）的能力，硬度的指标也在一定程度上反应材料的强度。所以对于不同材质及生产工艺的可吸收性外科缝线评估其硬度值非常重要，为不断使其更好地在临床研究、选择及使用提供可靠的量化依据。

本文中，参考《GB/T 21838.1—2019/ISO 14577-1:2015 金属材料硬度和材料参数的仪器化压入试验》测试标准，使用岛津 DUH-211S 动态超显微硬度计对直径约为 0.60 mm 带有倒刺的可吸收性外科缝线进行压入试验，测试其硬度值。

■ 实验部分

1.1 仪器

DUH-211S 动态超显微硬度计

1.2 分析条件

试验类型：加载 - 卸载试验

试验力精度：±19.6 μN 或显示试验力的 ±1%

位移测量精度：0.0001 μm

试验力范围：0.1~1961 mN

位移测量范围：0~10 μm

显微镜放大倍率：X500 (X50 倍物镜)

■ 试验介绍

本文根据《GB/T 21838.1—2019/ISO 14577-1:2015 金属材料硬度和材料参数的仪器化压入试验》标准进行测试。通过玻氏 115°正三角锥压头对测试材料进行加载 - 卸载压入试验得到的试验力 - 压入深度数据中可求出多种材料参数，比如压入硬度 H_{it} 、弹性模量 E_{it} 等数据。

接下来介绍压入硬度 H_{it} 的测定方法，压入硬度 H_{it} 表征材料抵抗永久变形或损伤的能力。图 1 为 DUH-211S 动态超显微硬度计和可吸收外科缝线样品。图 2 为压头压入材料的横截面示意图。表 1 为样品信息，表 2 为试验条件。

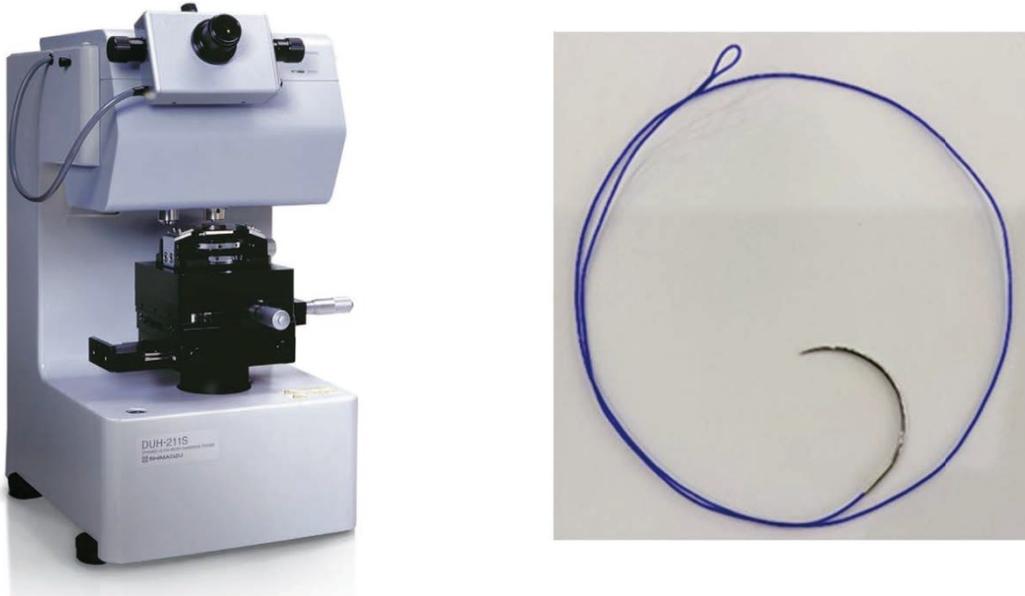


图1 DUH-211S 动态超显微硬度计和可吸收外科缝线样品

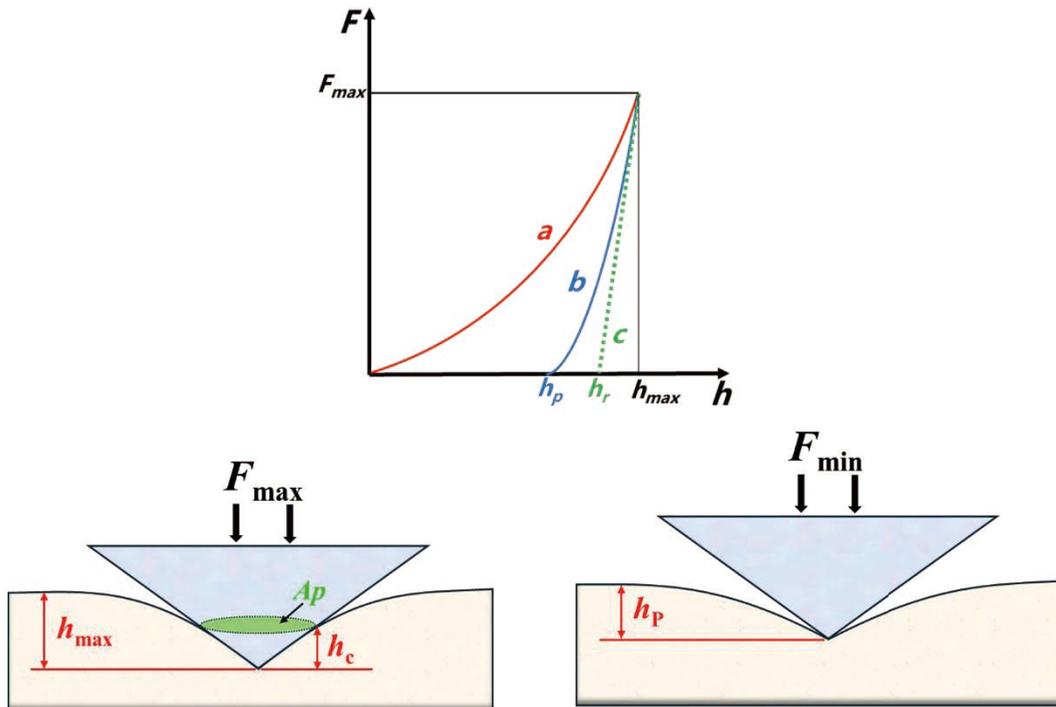


图2 压头压入材料的横截面示意图

本次测试为预设 $8\ \mu\text{m}$ 压入深度加载-卸载模式。将外科缝线置于样品台上固定，通过物镜选取样品测试位置，然后开始试验。压头接触样品表面以 $6.6620\ \text{mN/S}$ 的速度压入样品深度 $8\ \mu\text{m}$ ，并在该位置下试验力下保持 $5\ \text{S}$ ；加载保持时间完成后，卸载试验力至 $1.96\ \text{mN}$ ，并在该试验力下保持 $5\ \text{s}$ ，测试结束。根据压入试验过程中得到的试验力-压入深度曲线中的最大试验力 F_{max} 和压头与试样间接触投影（横截面）面积 A_p ，即可计算压入硬度 H_{it} ，计算过程如下。

其中：

F_{max} ：最大试验力； F_{min} ：最小试验力；

曲线 a：试验力加载曲线；曲线 b：试验力卸载曲线；曲线 c：曲线 b 在 F_{max} 的切线；

h_{max} ：最大试验力下的最大压入深度；

h_r ：曲线 b 的最大试验力处的切线 c 与压入深度坐标轴的交点

h_c ：最大试验力下压头与试样的接触压入深度；

$$h_c = h_{max} - 0.75(h_{max} - h_r)$$

h_p ：卸载试验力后残余压入深度；

A_p ：从压头顶端到 h_c 处的压头接触投影面积；

$$A_p = 23.96 \times h_c^2$$

H_{it} ：压入硬度，

$$H_{it} = F_{max} / A_p$$

表 1 样品信息

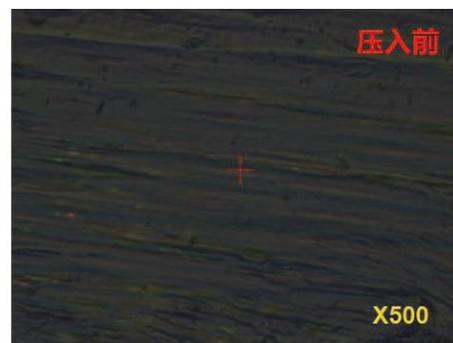
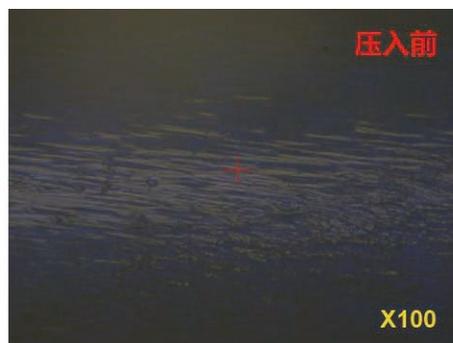
样品名称	样品尺寸
可吸收性外科缝线	直径约为 0.60 mm

表 2 试验条件

参数	参数设定
试验模式	预设压入深度加载 - 卸载测试
仪器	DUH-211S 动态超显微硬度计
压头	玻氏 115°正三角锥压头（金刚石）
预设深度（ μm ）	8
最小试验力（mN）	1.96
加载最大力保持时间（s）	5
卸载最小力保持时间（s）	5
加载速度（mN/s）	6.6620

■ 试验结果

图 3 为可吸收性外科缝线压入试验前后图，可以看出压入试验结束后在样品表面留下的压痕。表 3 为压入试验测试结果，测试共 5 个数据，压入硬度 H_{it} 平均值为 164 Mpa。图 4 预设深度加载 - 卸载测试载荷 - 深度曲线图。



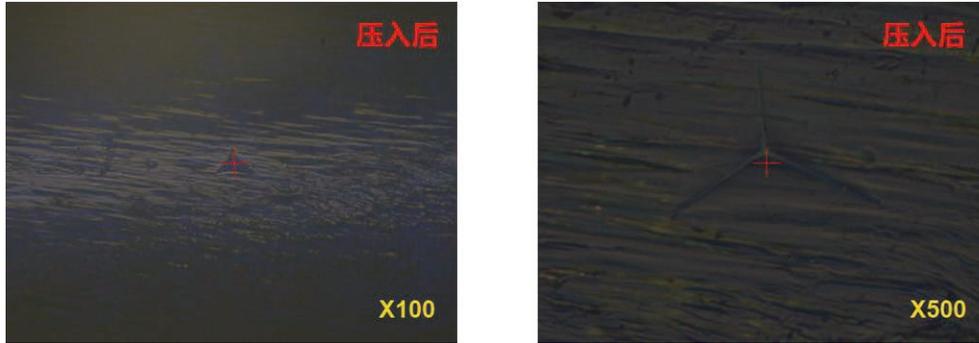


图3 玻璃纤维单丝压入试验前后图

表3 试验结果

序号	F_{max} (mN)	h_{max} (μm)	h_p (μm)	h_r (μm)	H_{it} (MPa)
1	165.47	8.2236	2.9222	5.7782	165
2	174.84	8.2755	2.7989	5.7857	174
3	154.85	8.2210	2.8811	5.7763	155
4	175.44	8.2555	2.9133	5.8019	174
5	175.44	8.2368	2.9133	5.8019	152
平均值	165.52	8.2289	2.8739	5.8108	164

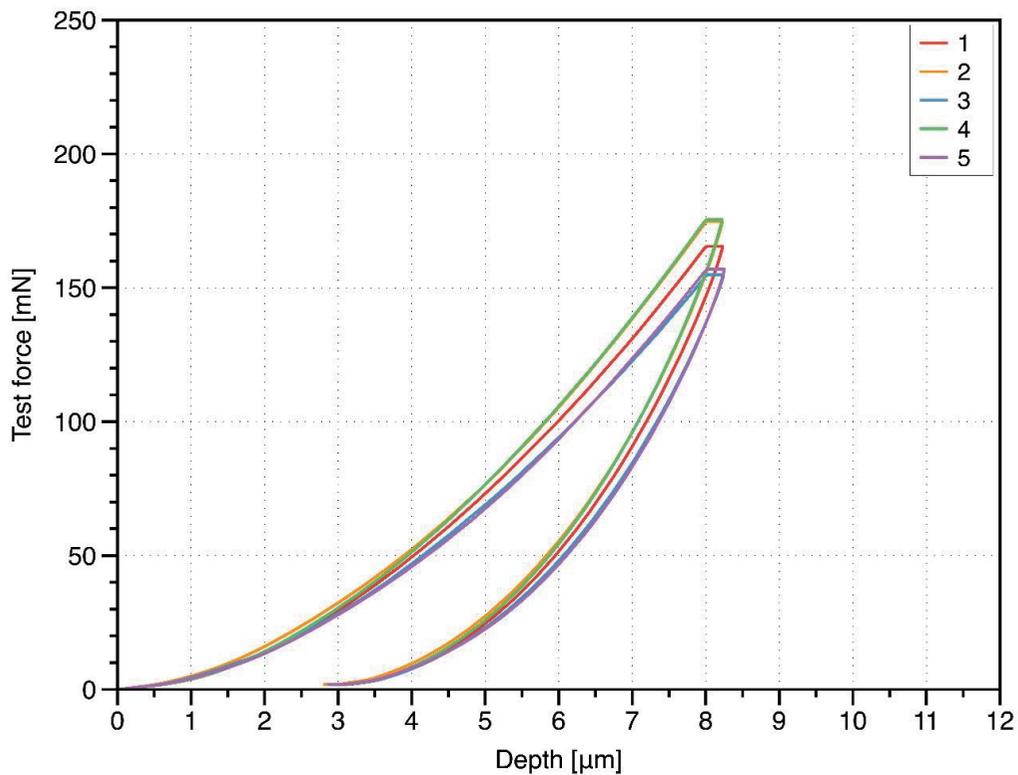


图4 载荷 - 深度曲线图

■ 结论

综上所述，参考《GB/T 21838.1—2019/ISO 14577-1:2015 金属材料硬度和材料参数的仪器化压入试验》测试标准，使用将精度和易用性提升到新水平的岛津 DUH-211S 动态超显微硬度计，对直径约为 0.60 mm 的可吸收性外科缝线进行压入测试，可以精确地对其压入硬度进行评价，获取稳定可靠的硬度值，从而为可吸收性外科缝线在临床研究、选择及使用提供可靠的量化依据。

岛津应用云

