

NanoTest Xtreme 优势

- ▶ 将高温能力扩展到1000°C - 超出 NanoTest Vantage提供的850°C
- ▶ 将低温能力提高至-40°C，且无样品结霜
- ▶ 超低的热漂移归因于与NanoTest Vantage相同的仪器设计原理
- ▶ 完整的纳米力学测试(例如压痕、划痕、磨损、摩擦、冲击)
- ▶ 能够填充气体以匹配材料操作环境

NanoTestTM *Xtreme*

为研究极端环境的影响而优化的纳米机械测试中心

极端环境

长期以来，从环境温度或接近环境温度推断结果以预测高温和低温特性一直是不现实的，并且容易出错。为了提供最可靠和准确的性能预测，测试环境必须接近真实环境。

尽管Micro Materials已经通过NanoTest Vantage为研究人员提供了最全面的纳米力学测试选项，但我们的NanoTest Xtreme现在使您能够研究比以往任何时候都更极端的环境，包括：

- ▶ 航空发动机部件的高温
- ▶ 用于高速加工的工具涂层
- ▶ 电站蒸汽管的高温
- ▶ 核反应堆覆层中的辐射效应
- ▶ 低温对油气管道焊缝修复的影响

真空测试

直到现在，纳米力学测试仪器还受到高温氧化和低温冷凝/结霜的限制。在真空中进行测试（参见图1）可以消除这些问题，从而扩大了可以进行测试的温度范围。

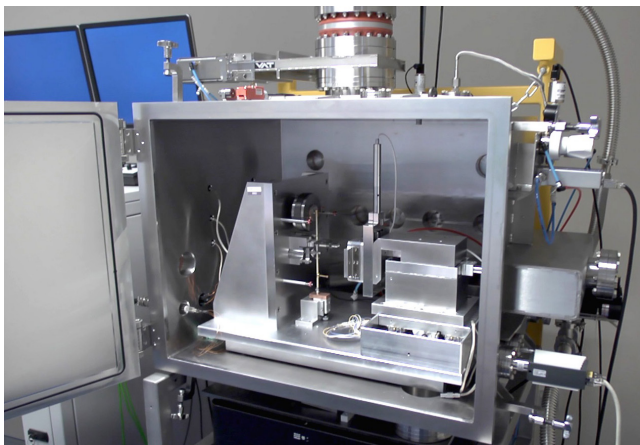


图1：位于真空室内的NanoTest Xtreme。

在1000°C下测试高温合金

纳米压痕非常适合进一步开发高温材料，例如用于保护涡轮叶片中镍基高温合金的(Ni, Co)CrAlY粘合剂涂层。直到最近，纳米压痕系统仍无法达到这些材料的工作温度。但是，NanoTest Xtreme的独特设计使德国亚琛工业大学的科学家能够将测试温度提高至1000°C，并收集有关Amdry-386粘合涂层的硬度和蠕变行为的有价值的信息。参见图2。

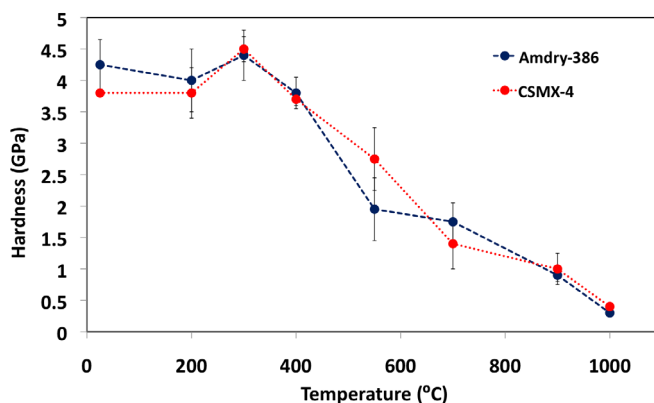


图2. 亚琛工业大学的科学家们最近已成为第一批在1000°C进行纳米压痕测试的小组。Amdry-386粘结涂层和超合金基材的硬度在25-1000°C范围内的温度依赖性。

NanoTest Xtreme允许在-40至1000°C的真空环境下进行测试.....
而不会氧化或结霜。

测试钨到950°C

高温纳米力学测试为表征高温应用中或接近其工作温度的材料的机械性能提供了便利的途径。与室温下的测量相比，该测试提供了更多相关的特性。随着测试仪器的不断进步，高温纳米力学测试在诸如核工业等安全关键领域的材料开发中正变得越来越普遍。

钨及其合金被认为是聚变反应堆中主要的等离子体处理材料。在与牛津大学的科学家合作下，NanoTest Xtreme已被用于在高达950°C的高真空下测试多晶钨的机械性能。高真空下的测试至关重要，因为钨在空气中 > 500°C 时会迅速氧化。

从850°C观察到更显著的时间相关性变形。通过压痕蠕变数据分析确定的应变率灵敏度随温度的升高而增加（参见图3）。

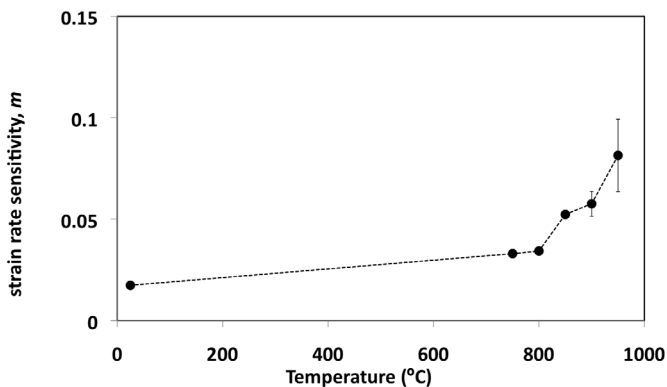


图3. 多晶钨的应变率灵敏度与温度的关系。

在750至950°C的热漂移通常低至0.05 nm / s的情况下，NanoTest Xtreme具有在整个温度范围内进行更长时间压痕蠕变试验的稳定性（参见图4）。

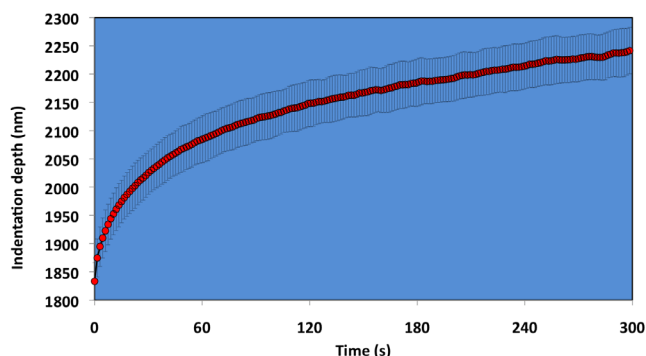


图4. 945°C下300 s内压痕蠕变的发展。在200 mN下进行3次重复测试的平均值和标准差。

高温下的终极纳米定位

NanoTest Xtreme的局部加热设计使仪器的其余部分只比室温高几度。该设计的主要优势在于，可以在整个温度范围内使用SPM纳米定位台（靠近热平台）。高温下采集的图像可以在温度下精确地进行压痕定位或瞄准特定特征，例如用于微柱压缩测试或用于微型弯曲实验的悬臂。

牛津大学材料系的研究人员已经使用NanoTest Xtreme使用立方氮化硼压头在高达770°C的温度下对微型悬臂进行了弯曲测试（参见图5）。

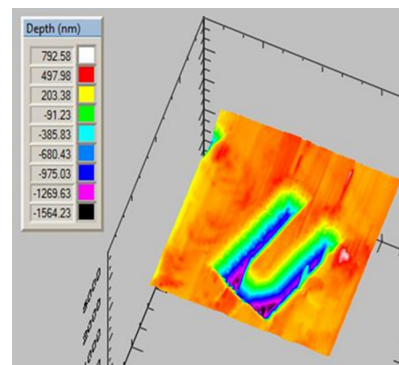
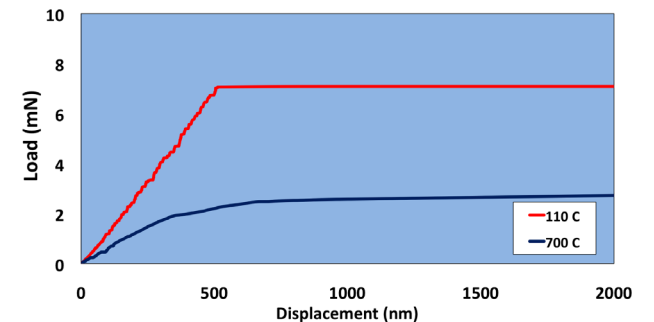


图5. 在Si上微悬臂FIB的图像。图像是通过集成的SPM纳米放置台在700°C下获得的。以微悬臂梁为例，进行了温度高于和低于脆性-延性转变的试验。

独立的压头和样品加热用于确保等温接触，从而消除热漂移。使用SPM纳米定位平台的高温图像定位压头并执行微悬臂弯曲测试。这些测试能够确定与温度相关的模量，屈服应力和断裂行为，并能够研究随温度升高而产生的延展性差异。

技术指标

加载框架	高度抛光的铝，用于快速脱气
加载应用	电磁
标准压头最大负载	500 mN
最大负载，可选高负载头	30 N
位移传感器	电容式
负载分辨率	3 nN
位移分辨率	0.002 nm
重新定位精度	< 0.4 μm
样品处理	手动控制，网格压痕，特定位置选择，多个同时安装的样本
热漂移	< 0.005 nm/s
符合标准	符合ISO 14577和ASTM 2546标准
高温平台	
最高温度	1000 °C
压头尖端加热	是
可测试样本区	16 mm x 16 mm
温度控制	反馈和恒定功率
温度精度	< 0.1 °C
低温平台	
最低温度	-40 °C
SPM纳米定位平台	
扫描范围	100 μm x 100 μm
X Y定位精度	2 nm
真空	
工作模式	真空或气体吹扫
真空度	极限 10^{-7} (标准 10^{-6}) mbar
选件	
	纳米划痕，纳米磨损，纳米冲击，动态硬度

参考文献

On extracting mechanical properties from nanoindentation at temperatures up to 1000 °C, J.S.K.-L. Gibson, S. Schröders, Ch. Zehnder, S. Korte-Kerzel, *Extreme Mechanics Letters* 17 (2017) 43–49.

Development of high temperature nanoindentation methodology and its application in the nanoindentation of polycrystalline tungsten in vacuum to 950 °C, A.J. Harris, B.D. Beake, M.J. Davies, D.E.J. Armstrong, *Exp. Mech.* 57 (2017) 1115–1126.

Bend testing of silicon cantilevers from 21 °C to 770 °C, D.E.J. Armstrong and E. Tarleton, *Journal of Materials* 67 (2015) 2914–2920.

NanoTest Xtreme的主要功能

- ▶ 500 mN加载头在真空下最高测试温度：1000°C
- ▶ 30 N加载头在真空下的最高测试温度：800°C
- ▶ 真空下的最低测试温度：-40°C
- ▶ 极限真空度： 10^{-7} mbar
- ▶ 与真空下所有标准纳米测试技术兼容（纳米压痕、纳米划痕、纳米磨损、纳米冲击、纳米微动）
- ▶ 可选配第二个加载头，最大负载从500 mN增加到30 N
- ▶ 填充功能可在非空气环境中进行测试
- ▶ 高分辨率光学显微镜
- ▶ 可选配在整个温度范围内均可使用的SPM成像/纳米定位平台

Micro Materials Ltd

自1988年以来，我们一直处于纳米力学创新的前沿：

- ▶ 第一个商用高温纳米压痕平台
- ▶ 第一台商用纳米冲击测试仪器
- ▶ 第一个商用液体池
- ▶ 第一台用于高真空、高温纳米力学的商用仪器

北京正通远恒科技有限公司

地址：北京市朝阳区胜古中路2号院7号楼A座611室
 邮编：100029
 办事处：上海、苏州、合肥、广州、成都
 电话：010-64415767 | 010-64448295 | 18911587211
 网址：www.honoprof.com.cn
 电邮：info@honoprof.com