



NanoTest Xtreme Advantages

- ▶ NanoTest Vantage の 850°C を超える最高1000°C の高温性能
- ▶ -40°Cまでの低温性能。サンプル凍結無し
- ▶ NanoTest Vantage で実証済みの装置デザインによる超低熱ドリフト
- ▶ あらゆる種類のナノメカニカルテストが可能 (例: インデンテーション、スクラッチ、摩耗、摩擦、インパクト)
- ▶ 材料の使用環境に適合させるガス充填機能

NanoTestTM *Xtreme*

極限環境の影響の検査に最適なナノメカニカル試験システム

極限環境

標準的な大気温度近傍での外挿の結果による高温・低温特性の見積りは、現実とは異なっており、誤りを招きがちであることが長く示されてきました。信頼性が高く正確な特性の予測には、実際の環境を厳密に推定したテスト条件が必須です。

Micro Materials 社はすでに NanoTest Vantage というナノメカニカルテストを最も包括的にカバーする製品を提供していますが、NanoTest Xtreme は以下のようなさらに極限の環境でのテストを可能にします:

- ▶ 航空宇宙エンジン部品の高温検査
- ▶ 原子炉被覆管の放射線照射効果
- ▶ 高速加工用 工具コーティング
- ▶ 石油/ガスパイプラインの溶接修理に及ぼす寒冷の影響
- ▶ 発電所の蒸気管のための高温検査

真空テスト

最近までナノメカニカル試験装置は、高温での酸化や氷点下温度での凝縮/着霜によって制限がありました。真空下でのテスト(図1参照)はこれらの問題を解消し、試験可能な温度範囲を拡張します。



図1: 真空チャンバ内に設置した NanoTest Xtreme

1000 °C までの超合金試験

ナノインデンテーションはタービンブレード内のニッケル基超合金を保護する (Ni,Co)CrAlY ボンドコートのような高温材料の開発にも最適です。つい最近までこれら材料の使用温度は、ナノインデンテーションシステムの対象外でした。しかし NanoTest Xtreme のユニークなデザインによって、独国 RWTH Aachen 大学はテスト温度を最高 1000 °C まで上げ、Amdry-386 ボンドコートの硬さとクリープ挙動に関する貴重な情報の収集に成功しました。図2をご参照ください。

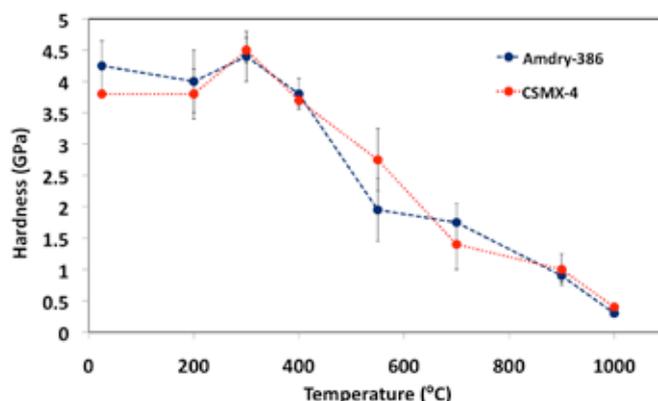


図2: 最近 RWTH Aachen のグループにより 1000°Cでのナノインデンテーション試験が初めて行われました。図は 25-1000 °C 範囲における Amdry-386 ボンドコートおよび超合金基板の硬度の温度依存性です。

NanoTest Xtreme なら -40 ~ 1000 °C の真空環境試験が可能
サンプルの酸化や着霜無し

950 °C までのタングステン試験

高温ナノメカニカルテストは、高温用途に使用される材料の機械的特性を、動作温度近傍で評価できる便利な手段です。このテストでは、室温での測定よりも適切な特性評価結果が得られます。試験機器の進歩に伴い、原子力産業など安全性が重要な分野の材料開発において、高温ナノメカニカル試験は一般的になりつつあります。

タングステンとその合金は、核融合炉の主なプラズマ対向材料とされています。オックスフォード大学と共同で、NanoTest Xtreme により、最高 950°C の高真空中での多結晶タングステンの機械的特性をテストしました。タングステンは空気中では 500°C 以上で急速に酸化するため、高真空下での試験が不可欠でした。

この試験では、850°C 以上で顕著な時間依存性変形が観察されました。押し込みクリープデータの解析によって決定されたひずみ速度感度は、温度上昇に伴って増加しました(図3を参照)。

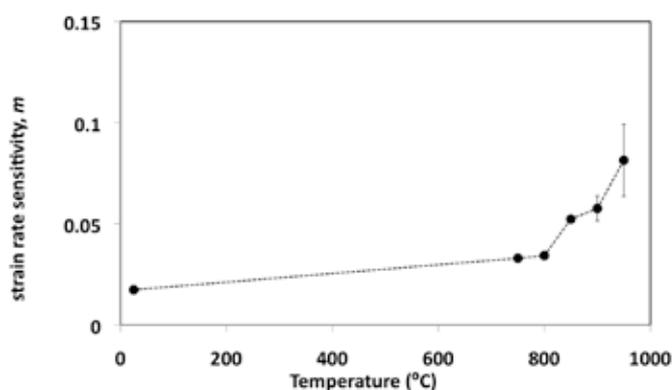


図3: 多結晶タングステンの温度変化に対するひずみ速度感度

750~950 °Cでの熱ドリフトは通常 0.05 nm/s と低いため、NanoTest Xtreme は全温度範囲にわたって長時間のインデンテーションクリープ試験を実行できる安定性を有します(図4参照)。

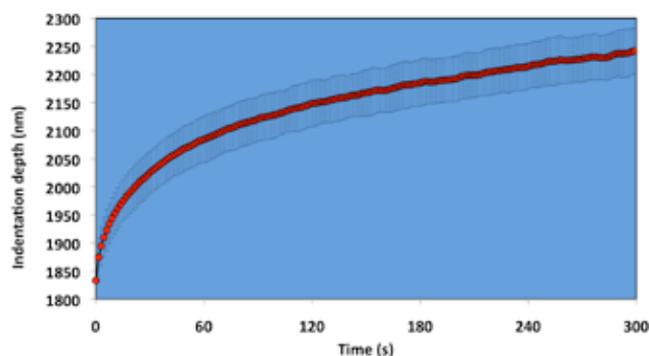


図4: 945°C、300秒間のインデンテーションクリープ。200 mN で3回の繰り返し試験による平均値と標準偏差。

高温における究極のナノポジショニング

NanoTest Xtremeの局所加熱設計により、機器の他の部分は室温よりわずか数度だけ高い温度に保たれます。このデザインの主な利点は、SPMナノポジショニングステージ(高温ステージの下部に設置)を全温度範囲で使用できることです。高温で取得された画像は、その温度での精密な押し込み位置決め、または微小圧縮試験用のピラーやマイクロスケール曲げ実験用のカンチレバーなど特定ターゲットへの位置決めを可能にします。

オックスフォード大学材料学科では、770°C までの温度において立方晶窒化ホウ素製圧子を用いたマイクロスケールカンチレバーの曲げ試験を NanoTest Xtreme により実施しました(図5参照)。図5: Si上にFIBミリングしたマイクロカンチレバー。一体型 SPM ナノポジ

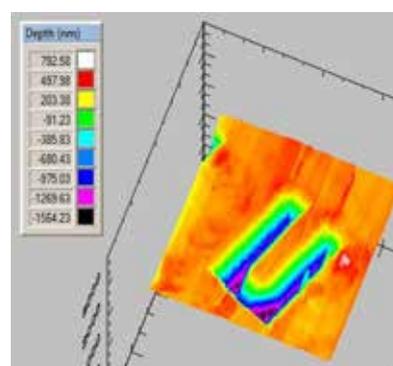
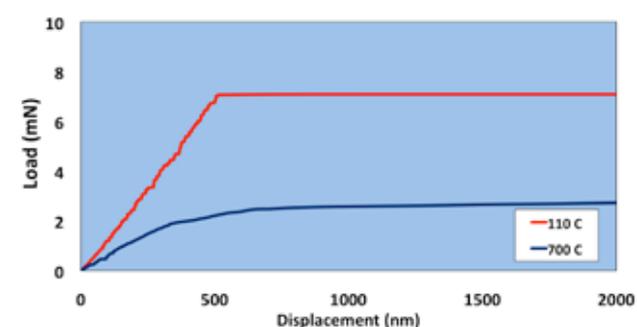


図6: ナノポジショニングステージによる700°Cでのイメージング。脆性 - 延性遷移の上下の温度で実施したマイクロカンチレバー試験の例。

等温接触を確実に実行して熱ドリフトを排除するため、圧子と試料を独立に加熱します。SPMナノ位置決めステージを用いた高温画像は、圧子の位置決めとマイクロカンチレバー曲げ試験の実行に使用されました。この試験により、温度依存性弾性率、降伏応力、破壊挙動を決定することができ、温度の上昇に伴う延性の差を調査できました。

仕様

荷重フレーム	高速真空排気のための高研磨アルミニウム
荷重方式	電磁式
最大荷重, 標準ヘッド	500 mN
最大荷重, 高荷重ヘッド(オプション)	30 N
変位センサ	静電容量センサ
荷重分解能	3 nN
変位分解能	0.002 nm
再位置決め精度(特定の場所選択)	< 0.4 μm
サンプル操作	手動コントロール, グリッド・インデンテーション, 特定の場所選択, 複数の同時マウントサンプル
熱ドリフト	<0.005 nm/s
準拠規格	ISO 14577 および ASTM 2546 完全準拠
高温ステージ	
最高温度	1000 °C
圧子先端加熱	あり
テスト可能サンプルエリア	16 mm x 16 mm
温度制御	フィードバックおよび定電力
温度精度	< 0.1 °C
低温ステージ	
最低温度	-40 °C
SPM ナノポジショニングステージ	
スキャン範囲	100 μm x 100 μm
X Y 位置決め精度	2 nm
真空	
操作モード	真空またはガス充填
真空度	超高真空 10 ⁻⁷ (代表値 10 ⁻⁶) mbar
オプション	
	ナノスクラッチ、ナノウェア、ナノインパクト、動的硬度

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 主な特長

- ▶ 最高テスト温度 (真空)
500 mN 荷重ヘッドで 1000 °C
- ▶ 最高テスト温度 (真空)
30 N 荷重ヘッドで 800 °C
- ▶ 最低テスト温度 (真空): -40 °C
- ▶ 超高真空対応: 10⁻⁷ mbar
- ▶ 真空下であらゆる標準 NanoTest 技術(ナノインデンテーション、ナノスクラッチ、ナノウェア、ナノインパクト、ナノフレットング)に対応
- ▶ 第2荷重ヘッドオプションで最大負荷を 500mN から 30N に増強可能
- ▶ 任意ガス環境下テストのための充填機能
- ▶ 高解像度光学顕微鏡
- ▶ 全温度範囲で使用可能な SPMイメージング/ナノポジショニングステージ(オプション)

Micro Materials Ltd

1988年の設立以来、以下の通りナノメカニクス・イノベーションの最前線に立ち続けています:

- ▶ 初の商業用 高温ナノインデンテーション・ステージ
- ▶ 初の商業用 ナノインパクト・テスター
- ▶ 初の商業用 液体セル
- ▶ 初の商業用 高真空・高温ナノメカニクス装置

Micro Materials Ltd

Willow House, Yale Business Village | Ellice Way, Wrexham, LL13 7YL, UK | Tel: +44 1978 261615

Email: info@micromaterials.co.uk

Web: www.micromaterials.co.uk

日本代理店:



URL: <https://www.japanlaser.co.jp/>
E-mail: meas@japanlaser.co.jp

東京本社 新宿区西早稲田2-14-1

TEL 03-5285-0861 FAX 03-5285-0860

大阪支店 大阪市東淀川区東中島1-20-12

TEL 06-6323-7286 FAX 06-6323-7283

名古屋支店 名古屋市中区錦3-1-30

TEL 052-205-9711 FAX 052-205-9713