

Thermal Analysis Premium



TMA/SDTA 2+
STAR® システム

Innovative Technology

Versatile Modularity

Swiss Quality



熱機械測定装置
for All Requirements

METTLER TOLEDO

卓越した測定パフォーマンス スイスの高いクオリティ

熱機械分析とは、物質の温度を一定のプログラムに従って変化させながら、圧縮、引張り、曲げなどの荷重を加えて、その物質の温度に対する変形を測定する手法です。膨張率、ガラス転移温度、軟化点、熱変形温度などを知ることができます。測定中の荷重を変化させることにより、粘弾性を確認することもできます（DLTMAモード）。

メトラー・トレドTMA/SDTA 2+ の特長と利点：

- 幅広い測定温度範囲 – -150°C から 1600°C まで
- SDTA – サンプル温度同時測定により複数の熱挙動を確認
- One Click™ – 簡単操作で効率的な測定
- ナノメートルレベルの分解能 – サンプルのごくわずかな長さの変化も測定可能
- 動的荷重TMA（DLTMAモード） – 軽微な転移や粘弾性を測定
- 幅広い測定範囲 – 大小のサンプルサイズに対応
- モジュラー設計 – 必要に応じ、後から拡張が可能
- ハイフネイテッド技術 – MS、GC-MS、FTIR による発生ガス分析が可能

TMA/SDTA 2+ はスイスの精密技術を取り入れ、 -150°C から 1600°C までの測定に最適な加熱炉システムを採用した4つのモデルを取り揃えています。

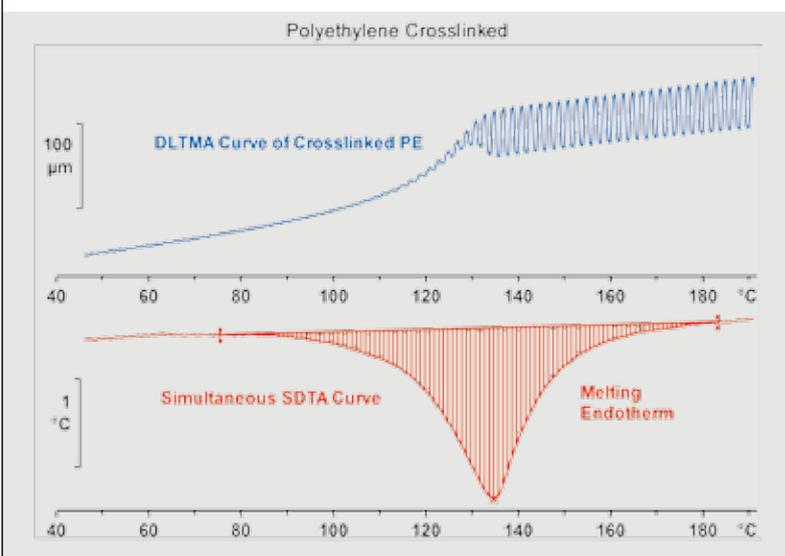


SDTA シグナル 比類なき温度精度



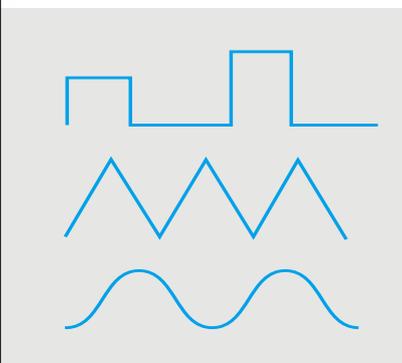
TMA/SDTA 2+ はすべての測定モードでサンプルと非常に近い距離でサンプル温度を測定できる市場で唯一の装置です。標準物質（純粋な金属）の融点や長さ変化を測定することにより温度校正が可能です。

SDTAシグナルはモデル計算されたリファレンス温度（米国特許6146013）と実測のサンプル温度との差です。サンプル長の変化の他に、測定値としてSDTAシグナルが同時に得られることを意味します。多くの場合にTMA測定結果の正しい解析に役立ちます。



動的荷重TMA (DLTMAモード)

DLTMAモードによりサンプルの粘弾性を確認することができます。



独自の温度校正法

メトラー・トレドのTMA装置には2つの熱電対があります：一方は加熱炉の温度を測定し昇温プログラムをコントロールします。他方はサンプル直下に位置しサンプル温度を測定します。この独自の方法で正確な温度校正が可能です。

迅速に結果を提供 革新的技術

簡単なサンプルセット

サンプルホルダと測定プローブの位置はオープンになっており、セットしやすい設計になっています。また、サンプルホルダは決まった位置にのみセットできるようになっており、誰でも簡単に速く任意のホルダを取り付けできます。

測定プローブは磁気によりセンサ(LVDT)に取り付けるようになっており、簡単に交換できます。

各測定モードにはそれぞれ異なるサンプルホルダおよび測定プローブが用意されています。様々なアプリケーションにマッチする最適な測定方法を選択することができます。



熱分析システムをフルラインアップ

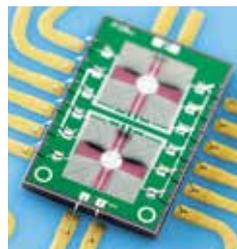
熱分析には4つの異なる測定技術があり、それぞれ特定の方法でサンプル特性に関する情報を得ることができます。これらの結果を包括的に判断することにより、サンプル特性の解析が容易になります。DMAは弾性係数を、DSCおよび超高速DSC (FlashDSC) は熱量を、TGAは重量変化を、TMAはサンプル長の変化を測定します。全ての値は温度の関数として表され、熱に対するサンプルの特性を解析することができます。



DMA



DSC



Flash DSC



TGA



TMA

理想的ソリューション 詳細に至るまで

TMA/SDTA 2+ は One Click™ 機能付きタッチスクリーンを搭載

操作のしやすいカラーターミナルにはクリアで正確な情報が表示され、離れた場所からもはっきり見ることができます。

- One Click™ 機能により、ターミナルのショートカットキーをタッチするだけで、あらかじめ設定されたメソッドを簡単に開始することができます。
- 全ての荷重と有効長の校正はターミナルにてコントロール可能です。信頼性の高い装置校正が簡単に実施できます。
- タッチスクリーンを使ってサンプル長の確定ができ、ソフトウェアへのデータ転送ができます。これによりデータ転送の際のエラーを回避することができます。



スマートセンス機能

例えば非常に精度の高い結果が要求される測定の場合、測定プローブからサンプルに印荷される荷重はごく小さな値です。つまり、測定中に装置に少しでも触れてはいけないうことになります。このような場合、ターミナルに装備された赤外線センサによる非接触操作は非常に有効です。加熱炉の開閉や測定パラメータの選択といった基本的操作を、装置に触れることなく行うことができます。



最適なアクセサリと格納ケース

メトラー・トledoは、高精度なクォーツガラス、サンプルホルダや測定プローブといった繊細なツールやアクセサリを格納するための高品質な木製ケースを用意しています。わずかな衝撃も吸収し大切なツールをダメージから守るつくりになっています。



信頼性の高い、最高級の性能 幅広い温度範囲で

測定原理

熱機械測定は印加する荷重、温度に対するサンプル長の変化を測定します。

幅広い測定レンジ

± 5 mm の測定範囲に対して 16,000,000 のデータポイントで測定できます。

これにより小さなサンプルでも、大きなサンプル（最大 20mm）でも、測定レンジを切り替えることなく 0.5nm の分解能で測定できます。

恒温チャンバ

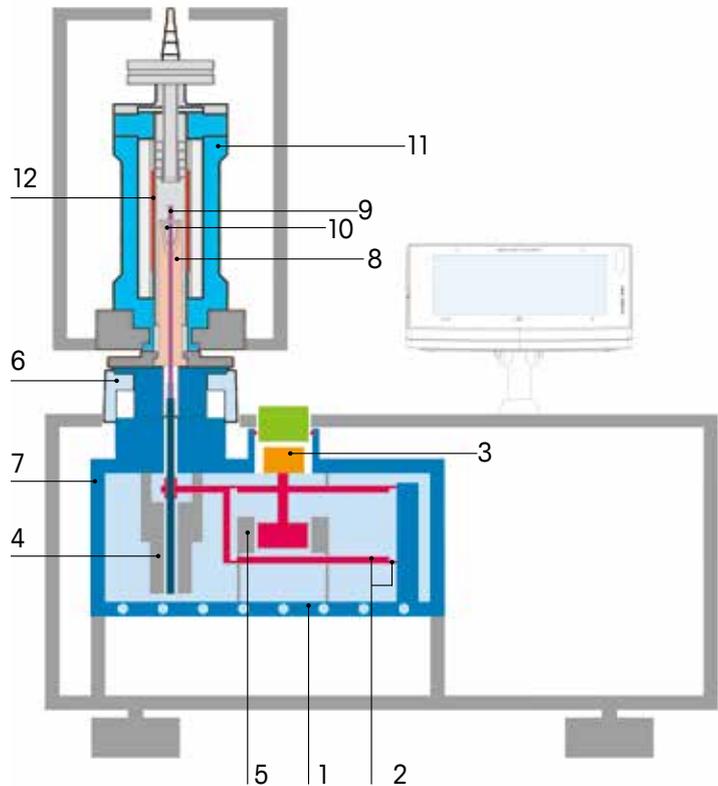
測定セルの機構部は恒温ハウジングの中に格納されています。

これにより卓越した熱膨張率の精度を保証します。

恒温循環水は加熱炉の冷却や冷却時間の短縮のために使用されます。

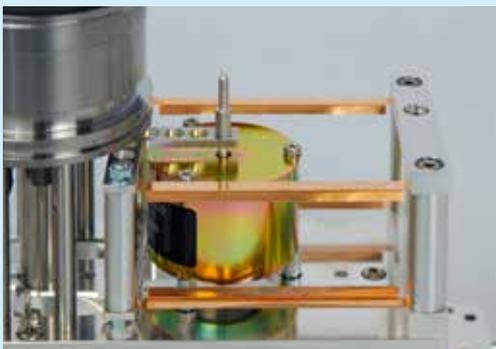
炉内雰囲気

炉室は規定のガスでパージすることができます。このプロセスはソフトウェアで制御され、不活性雰囲気から反応条件への切り替えが非常に簡単になります。



各部

- | | |
|----------------|---------------|
| 1 水冷 | 7 恒温セル |
| 2 パラレルガイド | 8 サンプルサポート |
| 3 内部分銅 | 9 測定プローブ |
| 4 長さセンサ (LVDT) | 10 サンプル温度センサー |
| 5 フォースジェネレータ | 11 水冷加熱炉ジャケット |
| 6 高さ調整機構 | 12 加熱炉 |

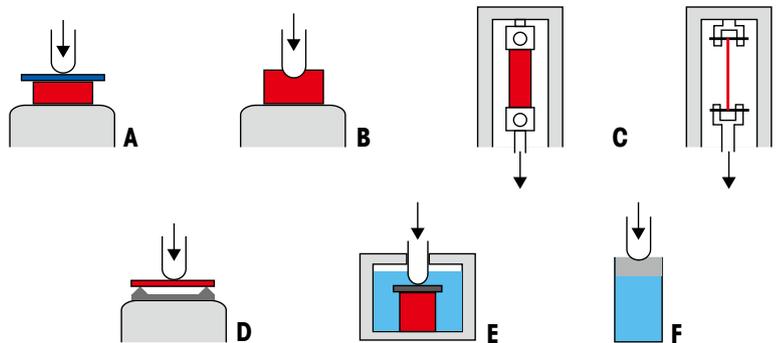


パラレルガイド方式

TMAセルの重要な機能は測定プローブのパラレルガイド機構です。これは世界的に賞嘆されているメートル・トレドの天秤の技術がベースとなり、極めて精密な機構に用いられています。この技術のおかげで、どんな摩擦力からも解放され上下に動くことができます。そのため荷重は極めて正確に作用します。

最適化されたサンプルホルダ 素早く、簡単な取り付けのために

TMA/SDTA 2+ には様々な異なった変形モードで測定できるアクセサリをご用意しています。
特定のアプリケーションに対する最適な測定モードは、そのサンプルの性質や特性に依存します。



様々な測定モード

膨張率測定モード(A):これは熱機械測定において最も一般的な分析で使用されます。熱膨張係数は温度の関数として得られます。このモードではサンプルに非常に小さな荷重を与えます。

圧縮モード(A):このモードではサンプルに大きな荷重を与えます。

針入モード(B):針入モードでの測定の目的はサンプルの軟化点の分析です。このモードは通常ボールポイントプローブを使用します。

引張りモード(C):引張り測定ではファイバーあるいはフィルムアクセサリが測定に使用されます。収縮または膨張によるサンプル長の変化を測定できます。

3点曲げモード(D):このモードはファイバー強化ポリマーのような硬いサンプルの弾性の測定に適しています。

膨潤モード(E):多くの物質は液体に浸すと膨潤します。膨潤アクセサリを使用してその結果生じるサンプルの体積や長さの変化を測定することができます。

体積膨張(F):液体も固体と同様、膨張します。この新しいアクセサリにより液体の体積変化の測定が可能となりました。



高精密石英ガラス製測定プローブ及びホルダ

スイスの誇る高品質測定プローブやサンプルホルダ。以下のタイプの石英ガラスのプローブとサンプルホルダをご用意しています。

- 0~10mmの測定レンジのサンプルホルダ
- 10~20mmの測定レンジのサンプルホルダ

多彩な装置構成 測定に最適な仕様をご提案

4種類のTMA/SDTA 2+

TMA/SDTA 2+ は4種類の装置構成をご用意しています。

- ・室温～1600℃まで測定用の高温炉タイプ (HT/1600)
- ・室温～1100℃まで測定用の標準タイプ (LF/1100)
- ・-80～600℃まで測定用の電気冷却タイプ (IC/600)
電気冷却は液体窒素を使用しない最も効率的な冷却方式です。
- ・-150～600℃まで測定用の液体窒素冷却タイプ (LN/600)

それぞれのタイプのTMAから他のタイプへ改造は可能です。(弊社サービス技術者にご相談ください)



IC/600



LN/600



LF/1100



HT/1600

TMA/SDTA 2+ 装置構成

冷却装置	IC/600	LN/600	LF/1100	HT/1600
循環恒温槽 – 冷却能力 >600 W				●
循環恒温槽 – 冷却能力 >400 W			●	
循環恒温槽 – 冷却能力 >100 W	●	●		

- ・フィルムアクセサリ
- ・ファイバーアクセサリ
- ・3点曲げアクセサリ
- ・膨潤及び体積膨張測定用アクセサリ
- ・ボールポイントプローブ (φ3mm)
- ・フラットエンドプローブ (φ1.1mm、3.0mm)
- ・ナイフエッジプローブ

高温測定 (～1600℃) 用のボールポイントプローブ測定で測定範囲が0～10mmの時に使用できるアルミナ製サンプルホルダもご用意しています。

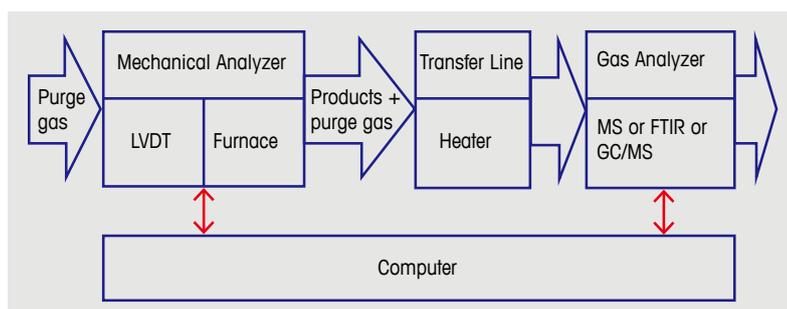
モジュラーデザイン 将来の拡張のために

サンプルホルダ	TMA/SDTA 2+ 装置構成			
	IC/600	LN/600	LF/1100	HT/1600
0~10mm用ホルダ,石英ガラス	Kタイプ (標準)		Rタイプ (標準)	Rタイプ (オプション)
10~20mm用ホルダ,石英ガラス	Kタイプ (オプション)		Rタイプ (オプション)	
ファイバーアタッチメントアクセサリ, 1フックタイプ,石英ガラス	Kタイプ (オプション)		Rタイプ (オプション)	
フィルムアタッチメントアクセサリ, 2フックタイプ,石英ガラス	Kタイプ (オプション)		Rタイプ (オプション)	
0~10mm用ホルダ,アルミナ	-		オプション	Rタイプ (標準)

測定プローブ	IC/600	LN/600	LF/1100	HT/1600
ボールポイントプローブ,3mm, 石英ガラス製	標準			オプション
ボールポイントプローブ,3mm, アルミナ製	-		オプション	標準
フラットエンドプローブ,3mm,石英ガラス製	オプション (1100°Cまで使用可能)			
フラットエンドプローブ,1.1mm, 石英ガラス製	オプション (1100°Cまで使用可能)			
ナイフエッジプローブ	オプション (1100°Cまで使用可能)			
3点曲げアクセサリ	オプション (1100°Cまで使用可能)			
膨潤アクセサリ	オプション (1100°Cまで使用可能)			
体積膨張アクセサリ (液体)	オプション (1100°Cまで使用可能)			

EGA (Evolved Gas Analysis) による発生ガスの組成分析

TMA測定セルはMS (質量分析装置)、FTIR (赤外分光器) とカップリングが可能です。得られる追加の情報は、測定カーブにより良い解釈を提供します。



サポートと修理

技術的な問題が発生した場合のサポートと診断。



導入時のサービスと定期保守

技術者による機器の設置 (IQ、OQ) および装置の最適性能の確保 (点検・調整) など有償オプションを多数用意。

品質保証

点検後、検査報告書の発行。



セミナーとアプリケーションのサポート

専門的なアプリケーションのサポート、基本およびアドバンスのセミナーコース、包括的なアプリケーションの文献の提供。

熱機械測定

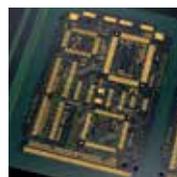
多彩なアプリケーション

TMA/SDTA 2+ は幅広い温度範囲に加え、圧縮モードや引っ張りモードでの負荷のパラメータの幅広い選択肢を備えているため、さまざまなアプリケーションに使用できます。そのため、TMA/SDTA 2+ は、非常に薄い膜、大きなシリンダー状サンプル、細い繊維、フィルム、プレート、軟質および硬質ポリマー、単結晶など様々な種類のサンプルに関する情報を、迅速に得ることができます。

補完技術として

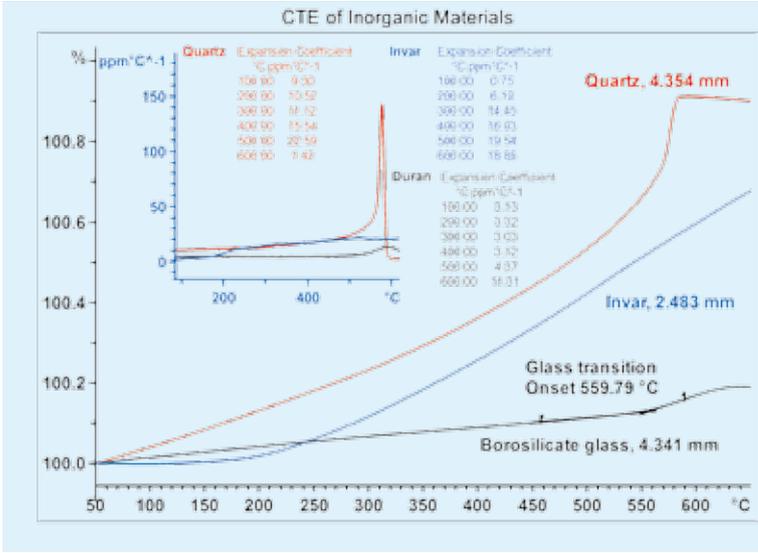
DSCに追加するならTMAが最適です。TMAは膨張率の測定に加え、DSCでは十分な測定ができないガラス転移（高充填材料など）も測定できる優れた手法です。

針入モードは、非常に薄いコーティングなど測定の難しいサンプルのガラス転移の特性を明らかにするのに最適です。



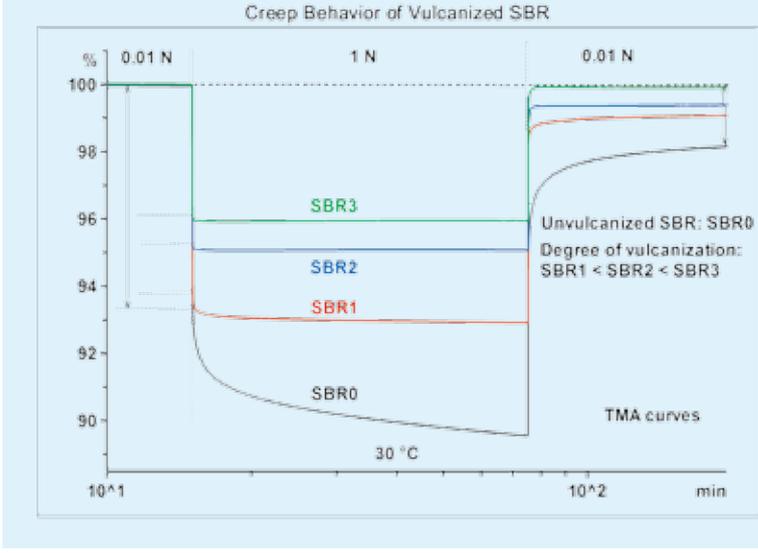
TMA/SDTA 2+ で測定できる現象と特性

- | | |
|--------------------|---------------|
| • 粘弾性挙動 (ヤング率) | • ゲル化 |
| • ガラス転移 | • 相転移 |
| • 膨張率 | • 硬化、架橋反応 |
| • フィルムやファイバーの膨張・収縮 | • 膨潤挙動 |
| • 軟化 | • 体積膨張 |
| • 粘性流 | • 医薬品や食品の熱的現象 |
| • 融解、結晶化 | |



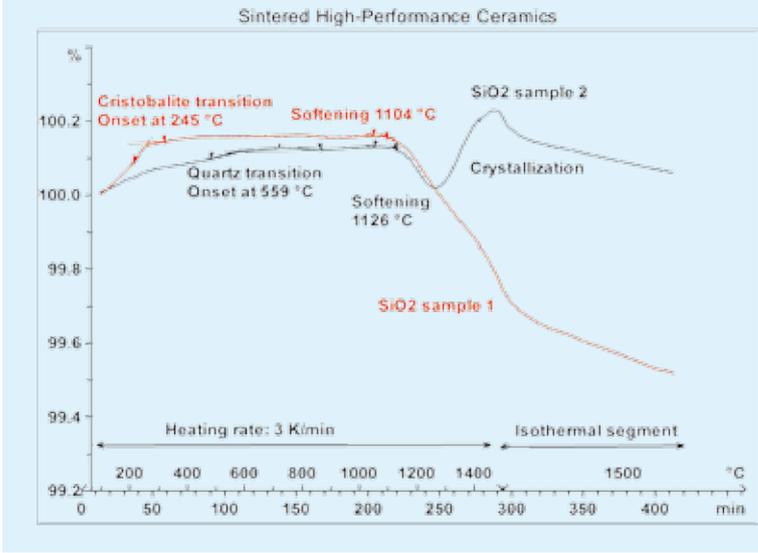
熱膨張率 (CTE) 測定

熱膨張率 (CTE) はTMAで測定することができます。図は圧縮での膨張測定カーブです。3つの異なる材料について膨張率求めています。ホウケイ酸 (Borosilicate) ガラスはガラス状態で 3.3ppmのCTE、550°Cでガラス転移します。Invarは鉄-ニッケル合金で、150°Cまではほとんど膨張していません。石英α晶は一定の膨張率で膨張し、約575°Cでβ晶へ固相-固相転移します。さらに熱するとサンプルは収縮し始めます。



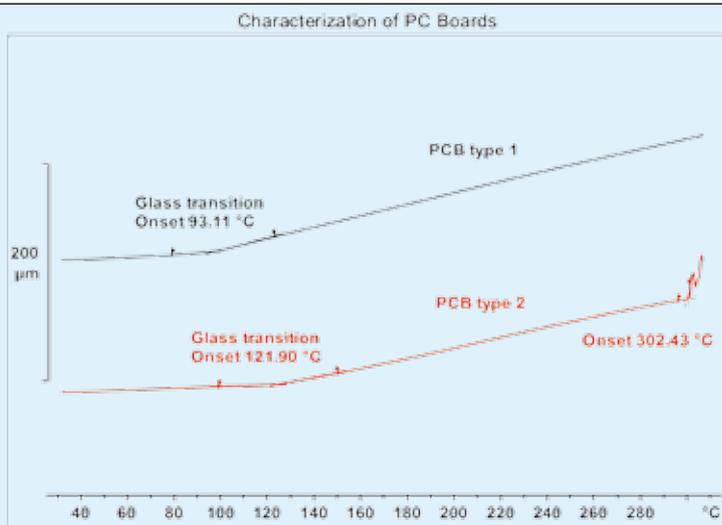
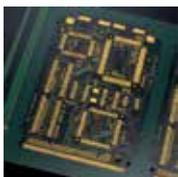
エラストマーのクリープ挙動

シール材にとって重要な特性は、クリープ挙動と復元挙動です。クリープ変形は、可逆な粘弾性緩和と不可逆な粘性流の要素から成り立っています。このアプリケーションでは、加硫度合いが異なるスチレンブタジレンゴム (SBR) を用いて調査しました。加硫されていないSBR0は最も大きなゴム変形(矢印左)と不可逆変形(矢印右)を示しています。加硫を増加するに従って、ゴム変形および粘性流が減少します。粘性流を示さない方がよいシール材となります。



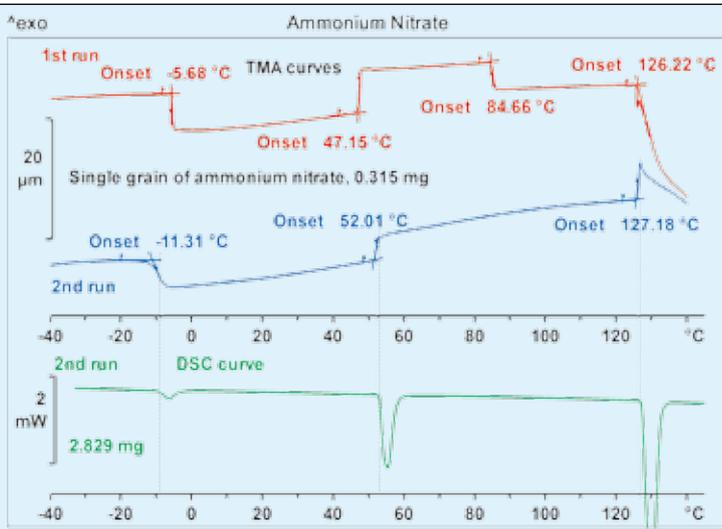
高性能焼結セラミック

高性能なセラミックスは高温での安定性に優れています。この図では二酸化ケイ素を焼結した2つのサンプルを測定したものを示しています。サンプル1は通常の二酸化ケイ素、サンプル2が異なるタイプのもので、サンプル1のクリストバライト転移は245°Cではっきりと確認することができます。この転移により急激かつ頻りに材料にクラックが生じます。サンプル2では、より高温でゆっくりとした結晶転移を示し、クラックなどのリスクが減少します。サンプル2は結晶化核も含んでいます。すなわち約1,200°C以上から結晶化が生じます。これらの特性から、サンプル2が高性能セラミックスといえます。



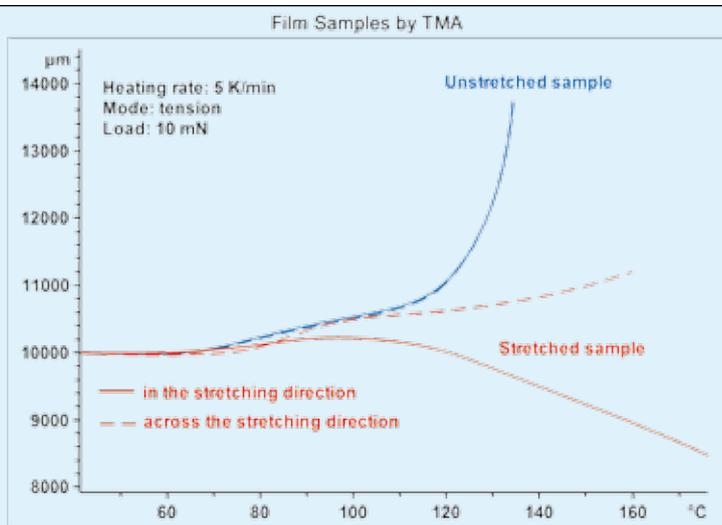
コンポジットの層間剥離

プリント回路基板 (PCB) は、熱硬化樹脂マトリックスで埋め込まれたガラスファイバーが複層ラミネートされてきています。PCBにとってガラス転移温度 (Tg) や温度安定性が重要となります。TMAによってガラス転移温度や温度安定性のどちらも測定することが可能です。左のグラフでは2つの異なるPCBのTMAカーブを示しています。93°Cおよび122°Cでのカーブの傾きの変化はPCBのTgに相当します。樹脂マトリックスの分解にはガスの放出が伴います。この分解により層間剥離が生じ、TMAカーブにスパイクが出現します。図ではPCB1のほうが、PCB2よりも安定であることを示しています。



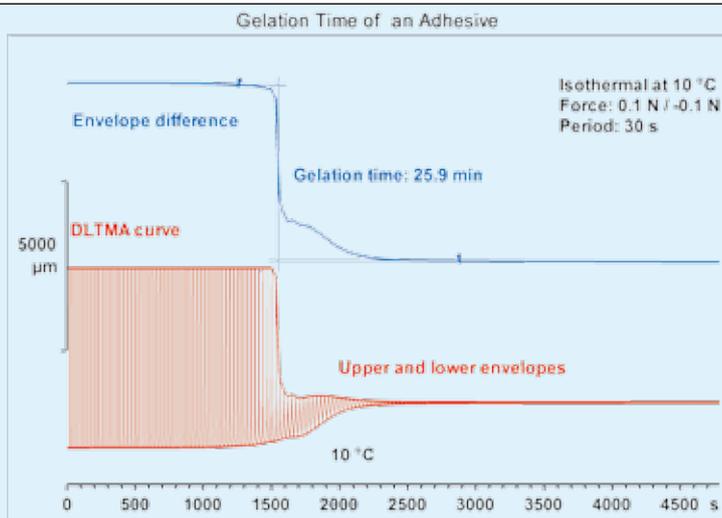
TMAとDSCによる固相 - 固相転移の分析

固相 - 固相転移は一般に体積変化が伴います。このような転移ではTMAカーブのステップが観測されます。この実験では硝酸アンモニウムの単一粒子を用いて行いました。硝酸アンモニウムは肥料や爆薬物に使用されています。このカーブは構造変化がとてまはやく起こることを示しています。転移温度は、サンプル中の内部ストレスと熱履歴に依存します。これが、1st runと2nd runで測定したカーブが異なる形状となる理由です。比較のためDSCカーブ (2nd run) を示します。



フィルムの収縮

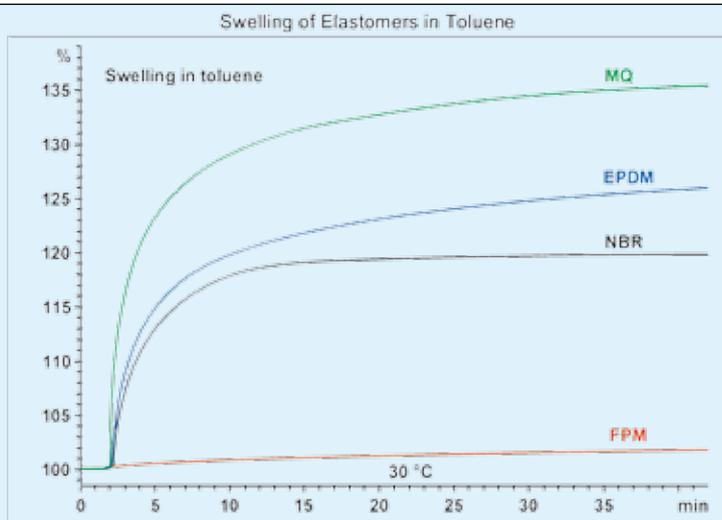
延伸されたフィルムが異方性のある機械特性を示すことはよくあります。これはTMAを用いた膨張、収縮測定で分析できます。図は異なる2種類のポリエーテルサルフォン (PES) フィルムの測定カーブです。赤色カーブは延伸フィルムの延伸方向とその垂直方向の測定結果です。青色カーブは未延伸フィルムの結果で、互いに直交する2方向で測定しました。未延伸サンプルは明確に等方性の挙動を示した一方で、延伸サンプルは延伸方向とその垂直方向で大きく異なる挙動を示しました。



DLTMAによるゲル化の分析

ゲル化時間(ポットライフ)は熱硬化樹脂で分子がゲル化するのにかかる時間です。ゲル化してしまうとももとは液体だった樹脂はもはや成形できません。したがって、ゲル化時間の情報は樹脂の加工性に関して非常に実用的に重要です。ゲル化時間はDLTMAで容易に測定できます。

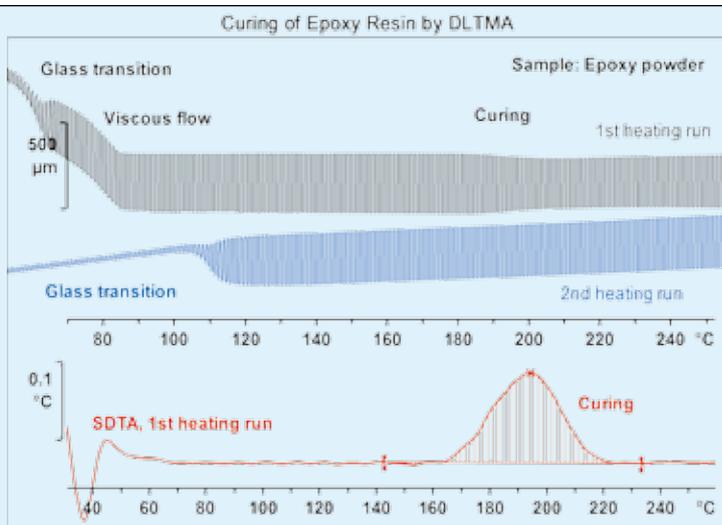
サンプルが液体の間はプローブは周期的な荷重下で最大・最小の位置に切り替わります。ゲル化するとプローブはサンプル中で固まり変位振幅が急速に減少します。



ゴムの膨潤

シール材の溶媒中での膨潤挙動がその実用において重要となることがよくあります。膨潤挙動はTMA/SDTA 2+で専用アクセサリを用いて測定できます。図は異なる4種類のゴムの30°C、トルエン中の膨潤カーブです。フッ素ゴム(FPM)は測定方向に約2%しか膨潤していません。

FPMは明らかにトルエン耐性があり、この溶媒にさらされてもシール材として用いることができます。他の3つのゴムは大きく膨潤しています。例えばシリコンゴム(MQ)は35分間で測定方向に35%以上膨潤しました。



DLTMAによるエポキシ樹脂の硬化測定

予備硬化させたエポキシ樹脂をDLTMAで測定しました。ガラス状態では、樹脂は硬く、周期的荷重に対して小さな変位振幅を示します。この振幅はガラス転移で増加します。その後、樹脂は液体になり、流動し始めます。一定に保持された振幅は、約190°Cで樹脂の硬化により減少します。硬化プロセスは同時測定のSDTAカーブで発熱ピークとしても見られます。DLTMAの2nd heatingでは、完全に硬化したサンプルのガラス転移が約110°Cに検出されます。

ウェビナーのご紹介

メトラー・トレドのインターネットセミナー

メトラー・トレドでは、ライブおよびオンデマンドのインターネットセミナーを幅広く提供しています。成功事例、そして適用例や製品、業界動向および標準に関する最新情報を随時更新しております。

インターネットに接続したパソコンやタブレット端末があれば場所や時間を問わず受講が可能です。皆様の業務に役立つ情報をお届けしておりますので、ぜひ一度ご覧くださいませ。

www.mt.com/webinars

カタログ、ウェビナー、ビデオ
技術資料

- ▶ 製品
- ▶ 業界
- ▶ アプリケーション

以下で絞り込む

文書
ホワイトペーパー、ガイド、カタログ...

ウェビナー

ビデオ

結果 [1 - 20] 合計 約 [228]



熱分析について

このウェビナーでは、さまざまなサンプルを分析した結果をご紹介します。

おすすめ
オンデマンドウェビナー



GMPの要件に従ったラボ用機器の校正と適格性評価

校正、適格性評価、そして適切な日常点検は、高精度の結果と法規制への準拠を確保するために非常に重要です。

おすすめ
オンデマンドウェビナー



Accurate Weighing in the Food Industry

The Webinar deals with the cornerstones for evaluating and selecting an appropriate weighing system: Measurement Uncertainty and Minimum Weight.

おすすめ
オンデマンドウェビナー



リスクに基づく評価による校正業務の最適化（英語版）

2015年に改定されたISO9001の大きな変更点として、リスクに基づく考え方が全ての基準に反映されている点が挙げられます。また、この変更は校正業務にも影響しています。

おすすめ
オンデマンドウェビナー

14

ラボライブラリのご紹介

研究室向けオンラインライブラリ

研究者向けのオンラインライブラリがオープンいたしました。ラボライブラリでは、熱分析を始め計測および計量のノウハウに関する様々な情報を無償で提供しております。

- ・ 計測/計量ガイドブックやハンドブック
- ・ ウェビナー
- ・ ホワイトペーパー
- ・ アプリケーションノート

こちらでご覧いただけます www.mt.com/labguides



ラボライブラリ

メトラー・トレドのラボライブラリへようこそ！ウェブナーや文庫、参考資料など、さまざまな情報を集約してお届けしております。

研究室で機器を操作されている方から習得をされている方まで、幅広いお客様のニーズにお応えする情報を弊社のスペシャリストが選定いたしました。オンデマンドのインターネットセミナーやホワイトペーパー、動画などトピックに合わせたフォーマットで提供しております。

定期的に更新しておりますので、ぜひ「お気に入り」にご登録ください！

一般的なトピック

- ▶ 主要な計測手法：研究室で高品質の測定を行うためのガイド (日本語)
- ▶ 研究室向けデータインテグリティガイド (日本語版)
- ▶ 研究室における食品規制ガイド (日本語版)

熱分析に関する最新情報、ヒントやアプリケーションについてまとめた技術冊子 UserCom の専用サイトはこちら www.mt.com/TA-UserComs

熱分析アプリケーションマガジン UserCom

概要 関連文書

熱分析の革新

- 革新的な技術
- 多様なモジュール性
- スイス品質

UserComはメトラー・トレドが年二回発行している熱分析に関する技術冊子です。さまざまな分野に活用できる実用的なヒントやアプリケーションをご紹介しております。熱分析装置に関する最新の情報も含まれています。

熱分析に携わるユーザー様が日常経験されている分析についての問題解決に役立つ情報が満載です。他のユーザー様と共有したい熱分析アプリケーションがございましたら、UserComの中でご紹介させていただきますので、お気軽にお問い合わせください。

- UserComバックナンバーの詳細内容

最新版のUserComを購読希望



TMA/SDTA 2+ 仕様

温度	LF/1100	HT/1600	IC/600	LN/600
温度範囲	室温~1100 °C	室温~1600 °C	-80~600 °C	-150~600 °C
温度精度 (室温~最高温度)	±0.25 °C	±0.5 °C	±0.25 °C	±0.25 °C
温度精度 (-70/-100 °C~室温)		n.a.	±0.35 °C	±0.35 °C
温度精度 (-150~-100 °C)		n.a.	n.a.	±0.5 °C
温度再現性	±0.15 °C	±0.35 °C	±0.25 °C	±0.25 °C
昇温 (室温~最高温度)	8 min	22 min	<6 min	<6 min
昇温 (-70/-150~600 °C)		n.a.	<7 min	<6 min
冷却 (最高温度~室温)	20 min	<40 min	13 min	<15 min
冷却 (室温~-70/-150 °C)		n.a.	22 min	15 min

長さ

最大サンプル長	20 mm			
測定範囲	±5 mm			
分解能	0.5 nm			
ノイズ (RMS)	5 nm			
再現性	±100 nm	±300/±500 nm (1100/1600 °C)	±100 nm	±50 nm

荷重

荷重範囲	-0.1~1.0 N			
------	------------	--	--	--

DLTMA

周波数	0.01~1 Hz			
-----	-----------	--	--	--

SDTA®-(Single differential Thermal Analysis)

SDTA® 分解能	0.005 °C			
SDTA® ノイズ (RMS)	0.01 °C	0.01 °C	0.02 °C	0.02 °C
SDTA® センサ種類	R type		K type	
SDTA® 時定数	33 s	33 s	38 s	38 s

データサンプリング

サンプリング	最大 10データポイント/秒			
--------	----------------	--	--	--

Approvals

IEC/EN61010-1, IEC/EN61010-2-010
 CAN/CSA-C22.2 No. 61010-1-04 & -2-010
 IEC61326-1 / EN61326-1 (class B)
 IEC61326-1 / EN61326-1 (Industrial requirements)
 FCC, Part 15, class A
 AS/NZS CISPR 11, AS/NZS 61000.4.3
 Conformity Mark: CE, CSA, C-Tick

www.mt.com/TMA

For more information

メトラー・トレド株式会社
 ラボインスツルメンツ事業部 熱分析チーム
 TEL : 03-5815-5515

代理店名

©12/2022 Mettler-Toledo K.K.,
 Printed in Japan

●製品の仕様は予告なく変更することがありますので、あらかじめご了承ください