

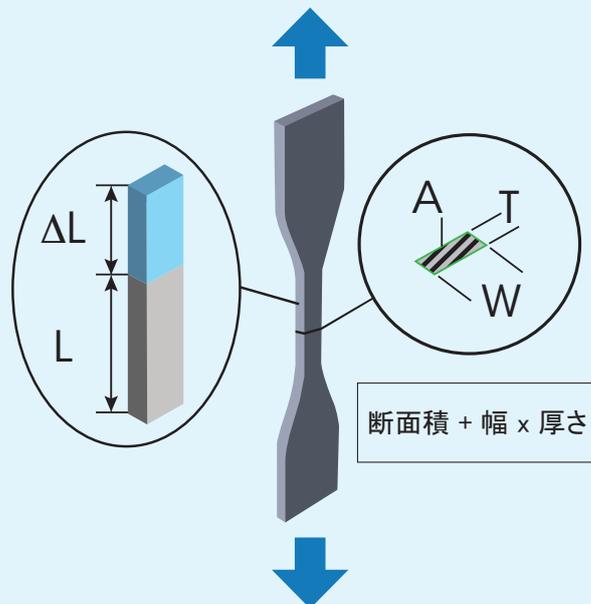
# ElectroForce™ Apex 1 機械分析装置

## 機械分析試験

機械分析試験は、材料や製品の性能および寿命を保証するために必要不可欠な試験です。機械分析試験は、様々な温度、負荷メカニズム、速度をはじめとする関連条件下で材料を評価するために使用されます。材料や製品の機械分析試験を実施すると、製作/試験サイクルを制限することにより開発を加速化することができ、発売後の製品の初期故障を防止することができます。

材料開発で ElectroForce Apex 1 を使用することにより、強度と耐久性の迅速な測定ができ、製法や処理方法の影響を評価する際に役立ちます。ElectroForce Apex 1 では以下の機械的特性を評価することができます。

- ・弾性(ヤング)係数
- ・極限引張強度
- ・疲労寿命
- ・応力緩和
- ・疲労き裂進展
- ・降伏強度
- ・破断伸び
- ・クリープコンプライアンス
- ・破壊靱性



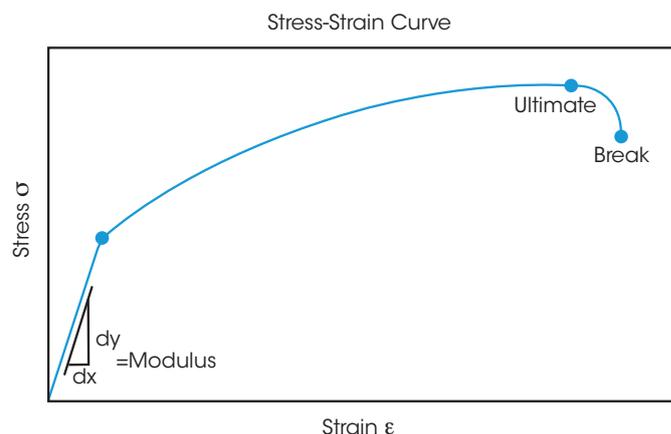
## 単調試験と疲労試験

航空機から建築資材まで、過酷な用途における製品の開発を加速するため、材料の強度や耐久性の試験はますます重要になっています。最先端の材料や製品の開発競争において、設計者やエンジニアは、材料の信頼性を検証するために、明確かつ特定の用途に向けた特性評価を必要としています。一般的な研究所やメーカーでは、材料の選択や設計に必要な情報を得るために単調試験と疲労試験を実施し、続いて部品や製品の性能評価を実施します。

### 単調試験

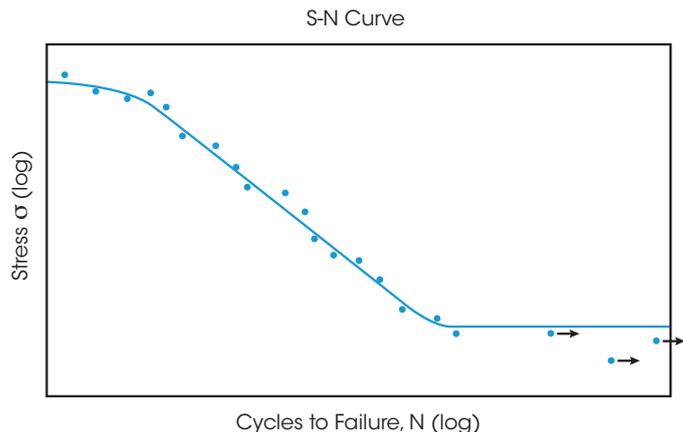
単調試験は、TAの合理化されたワークフローと自動データ分析で容易に実行可能です。ElectroForce Apex 1 テクノロジーにより、オペレータの入力をほとんど必要とせずに材料の弾性係数、降伏強度、その他の多くの特性を測定することができます。

試験の実施に必要な情報は、サンプルの寸法と基本的な試験情報のみで、データ取得のセットアップ、制御システムのチューニング、データの手動分析の必要性を軽減あるいは排除します。



## 疲労試験

疲労試験では、繰り返し荷重をかけ、その結果生じる材料の損傷や破損を測定します。開発者は通常、疲労試験を使用して材料が破壊する時期「疲労破壊」を評価したり、材料が特定用途の条件下で機能する「耐久性」を確認したりします。疲労試験は、単調試験と全く同じ変形モードで実行することができます。疲労評価では通常、さまざまな繰返し応力で一連の疲労試験を行い、さまざまな応力レベルでの材料の予想寿命を示す応力寿命 (S-N) 曲線を作成します。

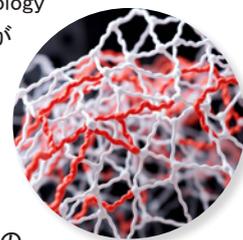


単調試験と疲労試験を合わせることで、とりわけ試験中に実際の温度や環境と組み合わせる場合に、幅広い用途におけるポリマーの強度と耐久性の詳細な分析が可能になります。開発の早い段階で単調試験や疲労試験を実施することで、検証段階中さらには発売後のように膨大なコストが発生する前に材料の選択や設計の弱点を特定して排除してコストを削減することができます。

## ポリマーアプリケーション - サンプルデータ

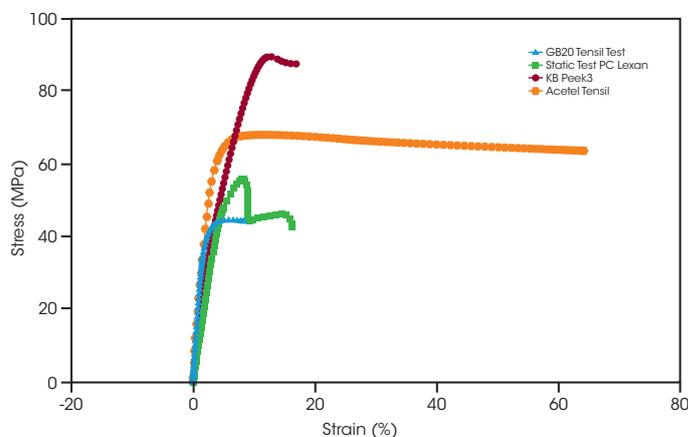
単調試験は、TAの合理化されたワークフローと自動データ分析で容易に実行可能です。ElectroForce Apex Technologyにより、オペレータは入力をはほとんど必要とせずに材料の弾性係数、降伏強度、その他の多くの特性を測定することができます。試験の実施に必要な情報は、サンプルの寸法と基本的な試験情報のみです。データ取得のセットアップ、制御システムのチューニング、データの手動分析は不要です。

材料特性は、試験完了後、数秒で確認することができます。インテリジェント分析は、単調試験データを分析し、弾性率、降伏強度、極限引張強度、その他の特性を迅速に報告し、材料と試験ゴールに合わせてカスタマイズすることもできます。ASTM D638、ASTM E8、ASTM D790、ISO 527、およびその他の国際基準の分析機能を備えており、特定のニーズに合わせて調整することができます。



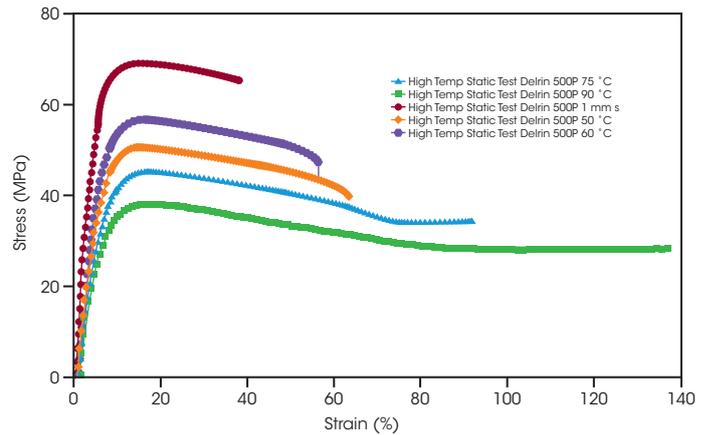
## 様々なポリマーの引張特性

単調引張試験 (引張試験) は、材料がゆっくりと変形する場合の機械的反応についての重要な情報を提供します。サンプルは一定のひずみ速度で変形し、応力応答が装置によって測定されます。引張試験は、材料の弾性率、強度、伸びについての、信頼性の高い測定値を提供します。この図が示すように、応力ひずみ曲線に示される特性からも、材料の特性に関する重要な洞察が得られます。材料の完全な応力ひずみ曲線を把握することは、応力が最大強度そしてそれ以上に達するつれて応力がどのように変化するのかわかる上で重要です。

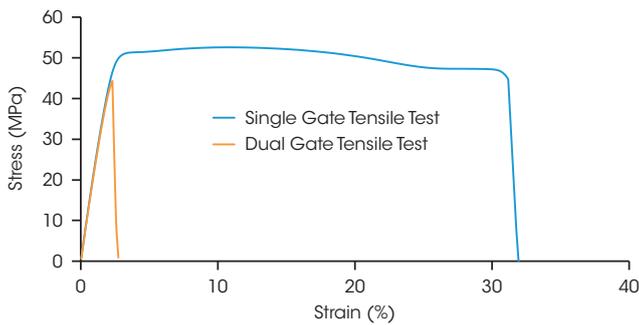


## アセタールの引張特性に対する温度の影響

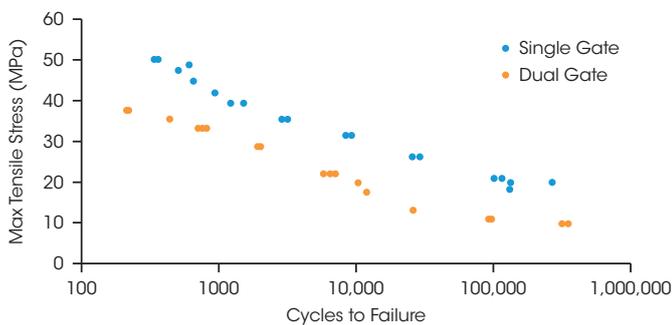
ポリマー材料の特性は、温度に大きく左右されます。この応力ひずみデータが示すように、温度の上昇は材料の特性に様々な影響を与えます。アセタール材料では、温度が上昇すると、弾性率(グラフ始点付近の傾斜で示される)が低下し、強度(ピーク応力の低下)が低下し、伸び(破断時のひずみ)が増大します。また材料は、さらに高温でさらに大きいひずみで固有の異なる挙動を示し始めます。様々な温度で試験を行うことは、予想される保管温度と動作温度の範囲での材料の挙動を把握する上で非常に重要です。



シングルゲートおよびデュアルゲートサンプルの引張曲線



シングルゲートおよびデュアルゲートサンプルの疲労寿命



## 製造アーチファクトによる耐久性の低下

材料特性試験は通常、理想的な条件で実施されます。これにより、一貫性のある再現可能な測定値が得られますが、特定の用途における材料の性能が過大評価される傾向もあります。代表的な例は標準的な引張試験に使用される「ドッグボーン」試験片で、最適な材料の流れと分子鎖のもつれあいを提供するシングルゲートで成形されています。実際の部品では、ドッグボーン形状内の材料性能を再現できることはほとんどありません。このデータは、サンプルを成形する際に、材料が型内で一緒に流れてニットラインを形成しなければならない場合に材料の強度と耐久性に与える影響を示しています。

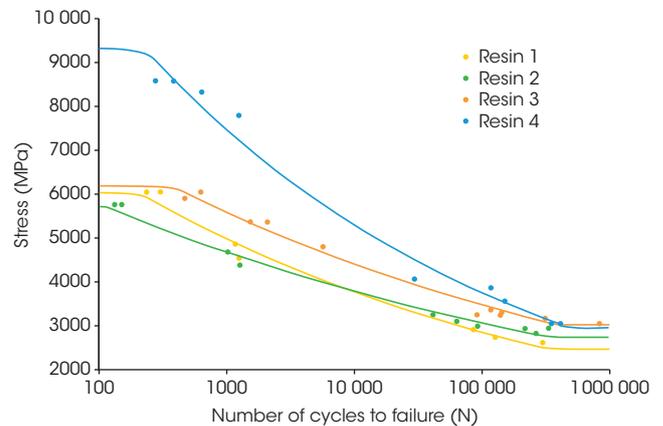
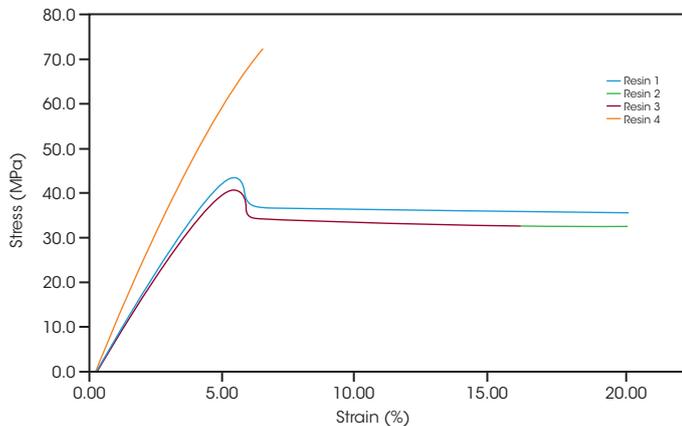
この引張試験データでは、強度はわずかに低下していますが、伸びは大幅に低下しています。疲労試験データは、繰り返し応力レベル(y軸)と破損までのサイクル数(x軸)をプロットしたS-N曲線で示されています。特定の応力レベルで、デュアルゲートサンプルが破損するまでのサイクル数が大幅に低くなっています。ポイドや充填剤の配向など他の製造アーチファクトも同様の影響を及ぼす可能性があります。材料が加工され、実際の部品に成形された後の材料性能を理解することが重要です。



## 様々な材料ブレンドの強度と耐久性

ポリマー材料には、様々なブレンド、様々な種類や量の充填剤、処理に使用される様々な添加剤やその他性能特性に対する数多くのオプションを備えた多種多様な製法があります。データシートでは、特性は非常に類似しているように見えるかもしれませんが、性能が同じであるとは限りません。

このデータは、3種類の異なる ABS 樹脂ブレンドとベース SAN 樹脂を示しています。3種類の ABS 樹脂は引張試験で同様の反応を示しましたが、疲労性能は著しく異なります。また、引張試験データから疲労に最適な材料を予測することは不可能なことも分かります。



## 様々な温度での材料のクリープ特性評価

ポリマー材料の粘弾性とは、一定荷重下で変形し続ける特性のことです。この挙動はクリープと呼ばれます。温度が上昇すると、分子鎖の可動性が高くなるため、クリープ挙動が加速します。耐クリープ特性は、ポリマー材料の重要な特性として見過ごされがちな特性です。クリープは、様々な方法で構造を破壊します。1つ目は、材料が一定荷重下で変形してしまい、その機能を果たせなくなる場合です。2つ目のクリープ破壊はクリープ破断で、クリープのために材料が脆性破壊する場合です。

材料の耐クリープ特性の詳細は、温度を徐々に上昇させて連続的にクリープ測定を行う方法で確認することができます。ElectroForce Apex 1 は、高い荷重容量と長いモーターストロークを備えており、このようなタイプの実験に特に有用で、幅広い材料やユースケースで信頼性の高い測定値を保証します。

