

ElectroForce™ Apex 1

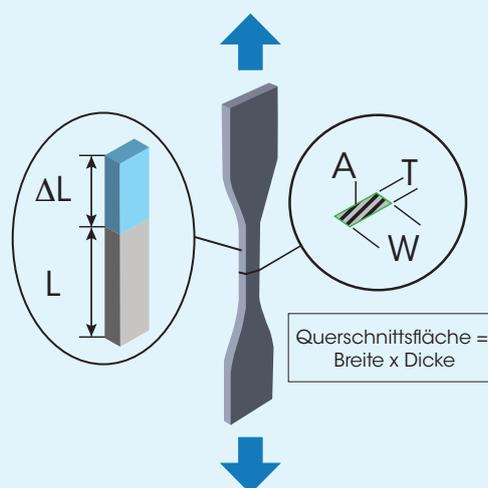
Prüfgerät für mechanische Prüfungen

Mechanische Prüfungen

Mechanische Prüfungen sind entscheidend, um die Leistung und Langlebigkeit der Materialien und Produkte sicherzustellen. Mechanische Prüfungen können eingesetzt werden, um Proben unter relevanten Bedingungen zu beurteilen, zum Beispiel durch Variation der Temperatur, Belastungsmechanismen und Belastungsraten. Mechanische Prüfungen von Materialien und Produkten können die Entwicklung beschleunigen, indem sie die Wiederholungsprüfungen begrenzen und vorzeitige Produktausfälle nach der Markteinführung verhindern.

Der Einsatz des ElectroForce Apex 1 Prüfgeräts im Rahmen der Materialentwicklung ermöglicht schnelle Messungen der Festigkeit und Haltbarkeit und erleichtert damit die Beurteilung der Auswirkungen etwaiger Änderungen bei Formulierung und Verarbeitung. Mit dem ElectroForce Apex 1 Prüfgerät können die folgenden mechanischen Eigenschaften bestimmt werden:

- Elastizitätsmodul
- Streckgrenze/Dehngrenze
- Zugfestigkeit bzw. Bruchfestigkeit
- Bruchdehnung
- Ermüdungslebensdauer
- Kriechnachgiebigkeit
- Spannungsrelaxation
- Bruchzähigkeit
- Ermüdungsrisswachstum

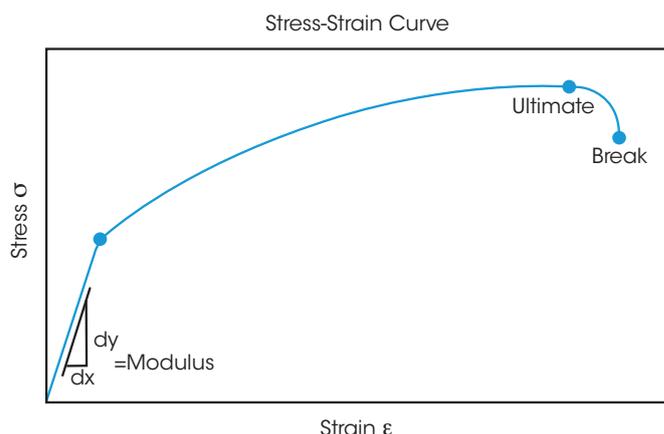


Prüfungen unter monotoner Belastung und Ermüdungsprüfungen

Die Prüfung der Festigkeit und Haltbarkeit eines Materials ist von zunehmender Bedeutung, um die Produktentwicklung bei anspruchsvollen Anwendungen zu beschleunigen – von Flugzeugen bis hin zu Baumaterialien. Im Wettlauf um die Entwicklung hochmoderner Materialien und Produkte benötigen Forschung und Entwicklung eine definitive, anwendungsspezifische Charakterisierung zur Validierung der Materialzuverlässigkeit. Führende Labore und Hersteller nutzen Prüfungen unter quasi-statischer Belastung und Ermüdungsprüfungen in der Regel, um ausschlaggebende Daten zur Materialauswahl und zum Design zu erhalten. Daran schließen sich Leistungsbewertungen der Komponenten und des Produkts an.

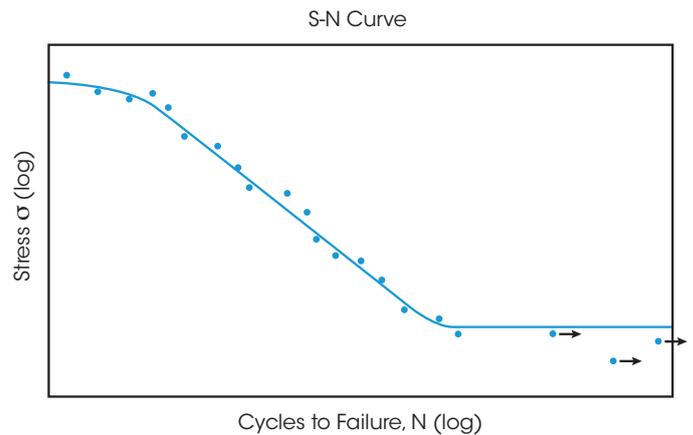
Prüfungen unter monotoner Belastung

Mit unserem bewährten Workflow und der automatisierten Datenanalyse lassen sich Prüfungen unter quasi-statischen Bedingungen problemlos durchführen. Die ElectroForce Apex 1 Technologie ermöglicht es, das Modul, die Streckgrenze und viele andere Eigenschaften eines Materials mit nur wenigen Eingaben seitens des Bedieners zu messen. Zur Durchführung einer Prüfung sind nur Probenabmessungen und grundlegende Informationen erforderlich, wodurch der etwaige Aufwand einer Einrichtung der Datenerfassung, eines Tunings des Steuerungssystems oder einer manuellen Datenanalyse stark reduziert oder eliminiert wird.



Ermüdungsprüfungen

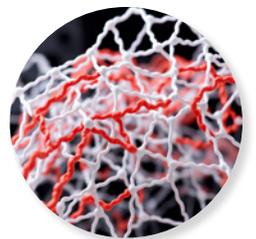
Bei Ermüdungsprüfungen werden wiederholte Belastungen durchgeführt und die daraus resultierenden Beschädigungen und Ausfälle des Materials erfasst. Entwickler verwenden bei Ermüdungsprüfungen häufig die Methode „Belasten bis Bruch“ (Fatigue to fracture, FtF), um zu ermitteln, wann das Material versagt, oder die Methode „Belasten bis zum Erfolg“ (Test to Success), um sicherzustellen, dass das Material unter Anwendungsbedingungen funktioniert und nicht ausfällt. Ermüdungsprüfungen können in denselben Verformungsmodi wie Prüfungen unter quasi-statischer Belastung durchgeführt werden. Die Ermüdungsbewertung umfasst häufig eine Reihe von Ermüdungsprüfungen bei unterschiedlichen zyklischen Belastungen, um eine Belastungs-Zyklen-Kurve (S-N-Kurve) zu erstellen, die die erwartete Lebensdauer eines Materials bei verschiedenen Belastungsstärken darstellt.



Prüfungen unter quasi-statischer Belastung und Ermüdungsprüfungen ermöglichen zusammen eine detaillierte Analyse der Festigkeit und Haltbarkeit von Polymeren für unterschiedlichste Anwendungen, insbesondere in Kombination mit realistischen Temperaturen und Umgebungen während der Prüfung. Die Durchführung von Prüfungen unter quasi-statischer Belastung und von Ermüdungsprüfungen bereits zu Beginn der Entwicklung kann Kosten senken, indem Schwächen bei der Materialauswahl und dem Design identifiziert und beseitigt werden, bevor sie in der Validierungsphase oder gar nach der Markteinführung im Markt kostspielig werden.

Polymeranwendung – Probendaten

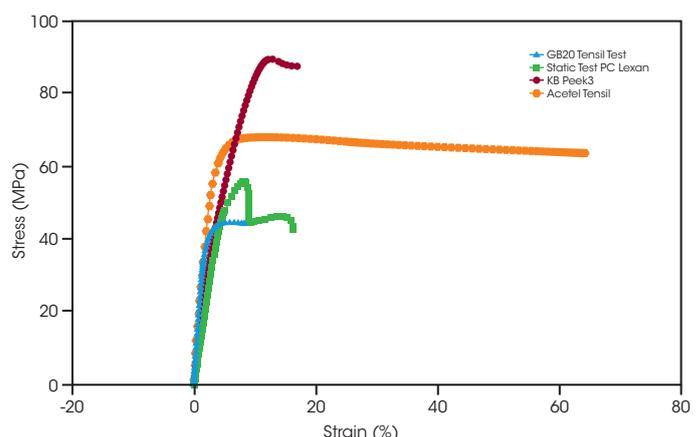
Mit unserem leicht ausgeführten Workflow und der automatisierten Datenanalyse lassen sich Prüfungen unter quasi-statischen Bedingungen problemlos durchführen. Die ElectroForce Apex Technologie ermöglicht es, den Modul, die Streckgrenze und viele andere Eigenschaften eines Materials mit nur wenigen Eingaben seitens des Bedieners zu messen. Zur Durchführung einer Prüfung sind nur Probenabmessungen und grundlegende Informationen erforderlich. Dadurch entfällt der Aufwand einer Einrichtung der Datenerfassung, eines Tunings des Steuerungssystems oder einer manuellen Datenanalyse.



Materialeigenschaften können Sekunden nach Abschluss der Messung überprüft werden. Intelligent Analysis analysiert die Daten von Prüfungen unter monotonen Bedingungen und gibt innerhalb kurzer Zeit Elastizitätsmodul, Streckgrenze, Zugfestigkeit und zusätzliche Eigenschaften an, einschließlich von Anpassungen an das jeweilige Material und die jeweiligen Zielsetzungen der Prüfung. Analysefunktionen für ASTM D638, ASTM E8, ASTM D790, ISO 527 und andere internationale Standards sind enthalten und können an die spezifischen Anforderungen angepasst werden.

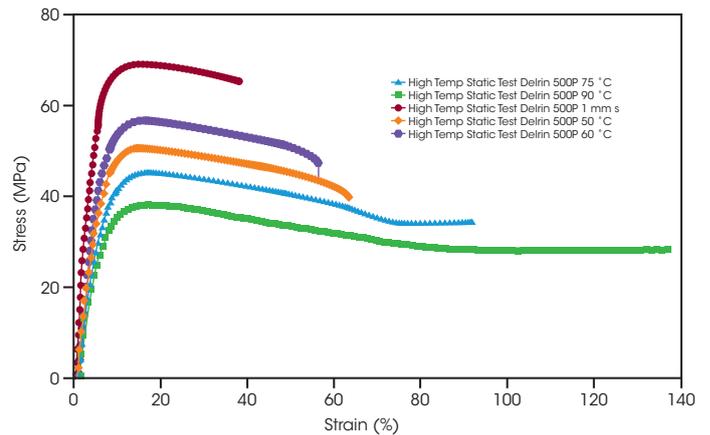
Zugfestigkeitseigenschaften einer Reihe von Polymeren

Zugfestigkeitsprüfungen unter monotoner Belastung liefern wichtige Informationen über die mechanische Reaktion eines Materials unter langsamer Verformung. Während die Probe mit einer konstanten Dehnungsrate verformt wird, wird das Spannungssignal vom Prüfgerät gemessen. Zugfestigkeitsprüfungen liefern eine zuverlässige Messung des Moduls, der Festigkeit und der Dehnung des Werkstoffs. Wie diese Abbildung zeigt, liefern die in der Spannungs-Dehnungs-Kurve gezeigten Eigenschaften auch wichtige Einblicke in die Eigenschaften eines Werkstoffs. Die Kenntnis der vollständigen Spannungs-Dehnungs-Kurve eines Werkstoffs ist wichtig, um zu wissen, wie sich die Reaktion des Werkstoffs ändert, wenn er bis zur maximalen Festigkeit und darüber hinaus beansprucht wird.



Einfluss der Temperatur auf Zugfestigkeit von Acetal

Die Eigenschaften von Polymermaterialien werden stark von der Temperatur beeinflusst. Wie diese Spannungs-Dehnungs-Daten zeigen, beeinflussen steigende Temperaturen die Eigenschaften des Materials auf verschiedene Weise. Bei Acetal führen steigende Temperaturen zu einem niedrigeren Modul (angezeigt durch die Steigung der Anfangskurve), einer geringeren Festigkeit (geringere Peak-Belastung) und einer höheren Dehnung (Bruchdehnung). Darüber hinaus entwickelt das Material bei höheren Temperaturen und Dehnungen ein deutlich anderes Verhalten. Prüfungen bei unterschiedlichen Temperaturen sind sehr wichtig, um zu verstehen, wie sich das Material bei den voraussichtlichen Lager- und Betriebstemperaturen verhält.

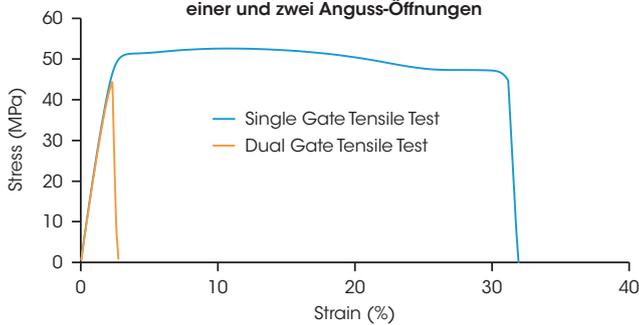


Haltbarkeitsverlust durch Fertigungsartefakte

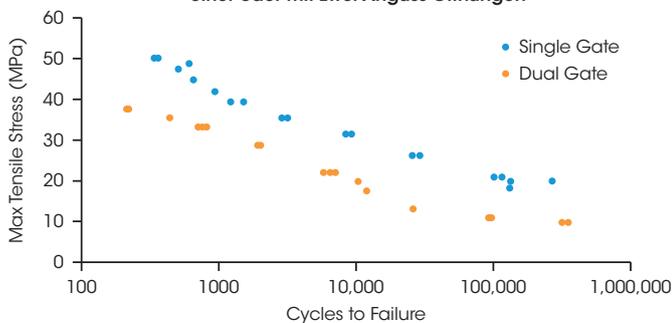
Materialeigenschaften werden normalerweise unter idealen Bedingungen geprüft. Dies dient dazu, eine konsistente und reproduzierbare Messung zu liefern, es besteht aber auch die Gefahr, die Leistungsfähigkeit eines Materials in einer bestimmten Anwendung zu überschätzen. Ein gutes Beispiel sind „Dogbone“-Prüfkörper für Standardzugfestigkeitsprüfungen, die mit einer einzigen Anguss-Öffnung geformt werden, was einen optimalen Materialfluss und eine optimale Verflechtung der Molekülketten gewährleistet. Reale Teile können die Leistung des Materials in dieser „Dogbone“-Form selten replizieren. Diese Daten zeigen die Auswirkungen auf die Festigkeit und Haltbarkeit eines Materials, wenn die Probe geformt wird und das Material in der Gussform zu einer Schweißnaht zusammenfließt.

Diese Daten aus der Zugfestigkeitsprüfung zeigen einen geringen Festigkeitsverlust, aber eine deutlich geringere Dehnung. Die Daten aus der Ermüdungsprüfung sind als S-N-Kurve dargestellt, die die zyklische Belastungsstärke (y-Achse) mit den Zyklen bis zum Versagen (x-Achse) abbildet. Bei einer bestimmten Belastungsstärke war die Anzahl der Zyklen bis zum Versagen bei der Probe mit zwei Anguss-Öffnungen deutlich niedriger. Andere Herstellungsartefakte wie Hohlräume oder die Ausrichtung des Füllmaterials könnten ähnliche Auswirkungen haben. Es ist wichtig zu verstehen, welche Leistungseigenschaften ein Material hat, nachdem es verarbeitet und zu einem echten Teil geformt wurde.

Zugfestigkeitskurven von Proben mit einer und zwei Anguss-Öffnungen



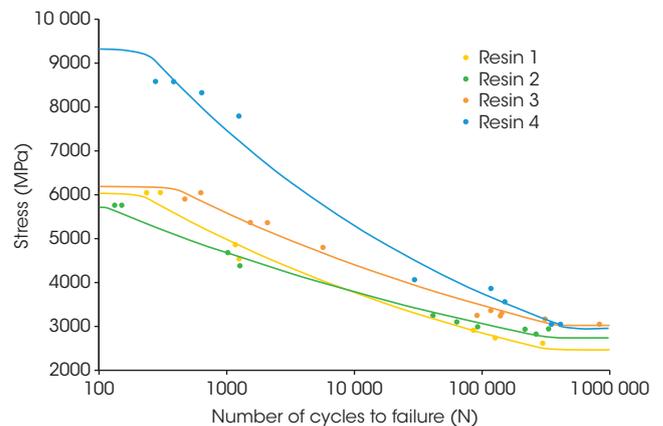
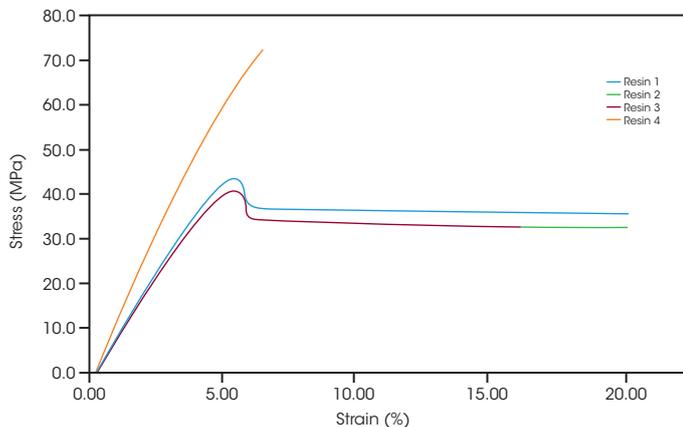
Ermüdungslebensdauer von Proben mit einer oder mit zwei Anguss-Öffnungen



Festigkeit und Haltbarkeit verschiedener Materialmischungen

Polymermaterialien gibt es in einer Vielzahl von Formulierungen mit zahlreichen Optionen für verschiedene Mischungen, verschiedene Arten und Mengen von Füllstoffen und verschiedene Additive für die Verarbeitung und andere Leistungsmerkmale. Ihre Eigenschaften auf dem Datenblatt mögen zwar sehr ähnlich aussehen, aber das bedeutet nicht, dass sie die gleiche Leistung haben.

Diese Daten zeigen drei verschiedene ABS-Harzmischungen und das SAN-Basisharz. Die drei ABS-Harze reagieren in der Zugfestigkeitsprüfung ähnlich, weisen jedoch ein deutlich unterschiedliches Ermüdungsverhalten auf. Es liegt daher auf der Hand, dass sich das im Hinblick auf die Ermüdung optimale Material nicht anhand der Daten aus der Zugfestigkeitsprüfung vorhersagen lässt.



Untersuchung des Kriechverhaltens eines Materials bei verschiedenen Temperaturen

Aufgrund ihrer viskoelastischen Natur verformen sich Polymermaterialien unter konstanter Belastung weiter. Dieses Verhalten wird als Kriechen bezeichnet. Steigende Temperaturen führen aufgrund der höheren Beweglichkeit der Molekülketten zu einem beschleunigten Kriechverhalten. Die Kriechfestigkeit wird oft als wichtige Eigenschaft von Polymermaterialien übersehen. Kriechen kann aber auf verschiedene Weise zum Versagen von Komponenten führen, zum Beispiel wenn sich das Material unter konstanter Belastung verformt und seine Funktion nicht mehr erfüllen kann. Darüber hinaus kann es zu einem Kriechbruch kommen, bei dem das Material aufgrund von Kriechen einen Sprödbbruch entwickelt.

Durch aufeinanderfolgende Kriechmessungen bei zunehmend höheren Temperaturen lässt sich ein vollständigeres Bild der Kriechfestigkeit eines Materials erhalten. Das ElectroForce Apex 1 Prüfgerät ist mit seiner hohen Kraftkapazität und dem langen Motorhub für diese Art von Experimenten besonders gut geeignet und ermöglicht Messungen unterschiedlichster Materialien und Anwendungsfälle.

