

Tech Tip 19

Was > Mechanische Eigenschaften von Epoxiden für FEA

Weshalb > Verstehen von Eigenschaften von Epoxiden unterstützt bei der Produktauswahl wenn Sie FEA benutzen.

Verstehen von mechanischen Eigenschaften von Epoxid-Klebstoff für die Anwendung der Finite-Elemente-Analyse (FEA)

Die einzigartige Molekularstruktur von Epoxiden ermöglicht eine große Vielfalt von mechanischen Eigenschaften durch unterschiedliche Formulierungen. Epoxide können sehr weich, flexibel, sehr hart und starr sein. Weichere Materialien können Stress abbauen, während härtere Produkte für ihre hohe Festigkeit und akustischen Eigenschaften bekannt sind. Die duroplastische Natur der Epoxide führt dazu, dass sie sich anders als Thermoplaste und technische Materialien verhalten, wenn Belastungen einwirken. Das Verständnis dieser Eigenschaften hilft bei der Auswahl des bestmöglichen Produkts und zu unterstützen bei der Anwendung von Finite-Elemente-Analysen (FEA).

Festigkeit

In der Mehrzahl der Anwendungen ist die größte Belastung auf Epoxide die Scherbeanspruchung und nicht die Dehnung. Aus diesem Grund führen wir zwei Arten von Tests durch, um die Scherbeanspruchung von Epoxiden zu bestimmen: *lap shear* und *die shear*.



Der *lap shear* Test entspricht dem Zugscherversuch nach ASTM 1002. Durch die Verbindung von zwei überlappenden definierten Aluminiumprüfkörpern (106 x 25 x 1,6 mm (lxbxh)) und einer definierten Überlappungslänge von 12,5 mm, wird die Zugscherfestigkeit ermittelt. Die Zugscherfestigkeit ist eine Annäherung für die Festigkeit in strukturellen Anwendungen und wird in Einheiten von Pfund pro Quadratzoll (psi) angegeben.

Beim *die shear* Test wird ein 2 x 2mm Gold *Die* auf ein mit Gold beschichtetes mit Kovar® Substrat geklebt und anschließend mit einem Scherwerkzeug die tatsächliche Scherkraft ermittelt. Die Scherkraft wird in Kilogramm (kg) und als Spannung in Einheiten des Drucks (psi) angegeben.

Der *die shear* Test ist die bevorzugte Testmethode in der Halbleiterindustrie.

(Für mehr Details siehe Epoxy Technology Adhesive Application Guide)

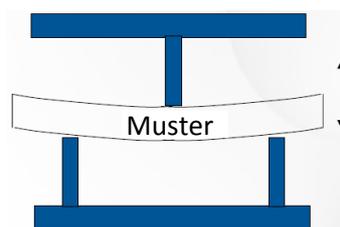
Die Aushärtung des Klebstoffes erfolgt für beide Testmethoden zu den im Datenblatt genannten empfohlenen Bedingungen.

Modul

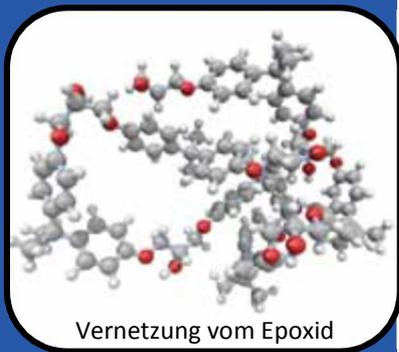
Module sind eine exzellente Eigenschaft für die Beurteilung, wie starr oder flexibel Materialien sind was wiederum in der Anwendung sehr wichtig ist. Epoxide weisen eine stark vernetzte Polymerstruktur auf, die eine elastische Reaktion auf Belastungen zeigt und eine plastische Verformung bewirkt. Die Kombination der Reaktionen wird als Viskoelastizität bezeichnet, die mittels einer dynamisch-mechanischen Analyse (DMA) gemessen wird und eine genauere Charakterisierung des Materials liefert.

Die DMA verwendet einen zyklischen Dreipunkt-Biegetests, der als viskoelastische Antwort auf eine Phasenverschiebung in der Reaktion des Materials gesehen werden kann. Dieser Verlustfaktor, als $\tan(\delta)$ angegeben, kann auch als das Verhältnis zwischen dem Verlustmodul und dem Speichermodul ausgedrückt werden. Das Verlustmodul beschreibt den Energieverlust, während das Speichermodul die reelle oder elastische Reaktion repräsentiert. Dies ermöglicht aus dem Speichermodul näherungsweise auf das Elastizitätsmodul für ein Epoxid abzuleiten.

(Für mehr Details siehe Epoxy Technology Adhesive Application Guide)



Dreipunkt-Biegeversuch Geometrie





Temperatur

Epoxide sind Duromere, dies hat zur Folge, dass sie sich ganz anders als thermoplastische Materialien bei hohen Temperaturen verhalten. Im Gegensatz zu Thermoplasten, werden Epoxide nicht fließen oder schmelzen, wenn sie oberhalb ihrer Glasübergangstemperatur (T_g) belastet werden. Oberhalb seiner T_g wird ein Epoxy weicher was sich durch die Abnahme des Moduls zeigt. Bedingt durch den hohen Vernetzungsgrad wird das Epoxy seine Form und Adhäsion auch oberhalb der Erweichungstemperatur beibehalten. Viele Epoxide werden häufig weit über ihrer T_g mit hervorragenden Ergebnissen eingesetzt. Oberhalb der T_g , kommt es zu einer Zunahme des freien Volumens innerhalb der Struktur, die mehr Bewegung der Polymerketten ermöglicht. Die Erhöhung der Kettenbewegung begründet die Abnahme des Moduls und eine Erhöhung des thermischen Ausdehnungskoeffizienten (CTE).

Tipp: Die Annahme, dass ein geringerer CTE zu einem besseren Ausgleich von thermischen Spannungen führt, ist nicht immer der Fall. Geringere Ausdehnungskoeffizienten eines Epoxy haben eine geringere Ausdehnung, mit einem Anstieg der Temperatur zur Folge. Es ist nahezu unmöglich, exakt den CTE der zu verklebenden Substrate zu treffen. Materialien mit einem geringen CTE sind sehr steif, so dass alle thermischen Belastungen auf die Grenzschicht der Verklebung übertragen werden, dies kann zu einem Adhäsionsbruch führen.

In der Regel eignen sich Materialien mit niedrigerem Modul besser um Spannungen auszugleichen. Ein Epoxidharz mit einem geringen Modul wird, aufgrund von Temperaturänderungen entstehenden Spannungen, besser absorbieren, selbst wenn das Epoxidharz einen höheren CTE-Wert hat. Dies ist besonders wichtig für größere Teile, deren durch die Wärmeausdehnung verursachten Kräfte, proportional höher sind.

Härtegrad

Zusätzlich zur Festigkeit und Modul, ist eine weitere wichtige Eigenschaft die Härte eines Epoxy. Die Härte ist eine brauchbare Näherung für die Steifigkeit eines Epoxy. Zusammen mit dem E-Modul, kann die Härte zusätzliche Daten über die Verwendbarkeit eines Epoxy bieten. Die Härte wird mit einem Shore-Härteprüfer[®] gemessen und beschreibt den mechanischen Widerstand.

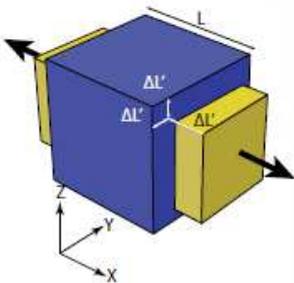
Je höher der Wert der Härte ist umso steifer ist der Klebstoff.

Als Prüfverfahren werden Shore D Messungen für starre Materialien und Shore A Messungen für weichere Produkte eingesetzt.

Die Ergebnisse können von Probe zu Probe und auch innerhalb der gleichen Probe variieren, wenn diese von verschiedenen Anwendern gemessen werden. Dies kann zu einer Abweichung von etwa ± 5 für die meisten Produkte führen.



Poissonsanzahl



Eine weitere nützliche Materialkonstante als Materialkennwert ist die Poissonszahl (ν), oder auch Querkontraktionszahl. Sie beschreibt das Verhältnis der Änderung der Abmessungen eines Materials sowohl in der Axial- und Querrichtung, wenn eine mechanische Spannung einwirkt.

Epoxy Technology misst diesen Wert nicht, aber die meisten Epoxidharze weisen einen Wert von etwa 0,3 bis 0,35 auf. Als Materialkennwert wird 0,3 am häufigsten verwendet.

Schlussfolgerung:

Die oben genannten Informationen stellen eine allgemeine Richtlinie für die Auswahl von Epoxys und der Finite-Elemente-Analyse dar und können bei der Auswahl eines Klebstoffs für spezifische Anwendungen unterstützen. Die Eigenschaften der Klebstoffe und Verklebung können durch Veränderungen der Aushärtebedingungen, Anwendungsverfahren und Oberflächenvorbereitung optimiert werden.