

9. Testverfahren

Es gibt Standard ASTM-, DIN- und ISO-Verfahren, um die gängigsten Prüfungen von elastomeren Werkstoffen durchzuführen. Eine sorgfältige Befolgung dieser Verfahren ist besonders wichtig, um einheitliche Prüfergebnisse zu erzielen. Beispielsweise wird für das Ziehen von Prüfkörpern zur Ermittlung der Zugfestigkeit, Reißdehnung oder dem Modul nach ASTM D 412 eine einheitliche Geschwindigkeit von 500mm (20 Zoll) pro Minute gefordert. Wenn man die Geschwindigkeit auf 50mm (2 Zoll) pro Minute senken würde, ergebe dies eine Verringerung der Zugfestigkeit um 5%. Eine Senkung auf 5mm (0,2 Zoll) pro Minute würde die Zugfestigkeit um sogar 30% verringern.

Prüfkörper

ASTM Prüfverfahren beinhalten für jede Prüfung Beschreibungen von zu verwendenden Standard Prüfkörpern. Oft sind zwei oder mehr Prüfkörper erlaubt – jedoch werden sich Testergebnisse von den verschiedenen Prüfkörpern nur selten gleichen. Die Art, in welcher sich Ergebnisse von verschiedenen Prüfkörpern unterscheiden, ist nicht einheitlich. Mit NBR O-Ringen einer größeren Schnurstärke erreicht man beispielsweise geringere Werte der Zugfestigkeit, Reißdehnung und des Druckverformungsrests. O-Ringe aus EPDM haben ein ähnliches Verhaltensmuster für die Zugfestigkeit und die Reißdehnung, jedoch nicht für den Druckverformungsrest.

Bei FKM-Compounds ändert sich nur die Reißdehnung.

Bei Quellprüfungen in Flüssigkeiten können O-Ringe mit einer kleineren Schnurstärke stärker quellen als O-Ringe mit größerer Schnurstärke; währenddessen weisen kleinere O-Ring Schnurstärken bei Prüfungen der explosiven Dekompression eine bessere Beständigkeit gegenüber Gas bei Hochdruck auf, als größere.



9. Testverfahren

Wie man richtig mit der Härte und dem Druckverformungsrest umgeht

Eine Härteprüfung ist die einfachste Prüfung, die an O-Ringen durchgeführt werden kann. Eine richtige Interpretation der Härte ist jedoch möglicherweise schwierig. Härtegrade, wie sie geläufig in Datenblättern zu finden sind, beziehen sich oft auf Standard ASTM- oder DIN-Messverfahren. Das heißt, dass die Härteprüfung an Standard Prüfplatten von 2mm (.08 Zoll) oder einem Prüfbutton von 12mm (.5 Zoll) Stärke durchgeführt wurde. Härtemessungen an O-Ringen unterscheiden sich von Messungen an Prüfplatten. Zusätzlich variieren die Werte jeder individueller O-Ring Schnurstärke ebenfalls: eine kleine Schnurstärke von zum Beispiel 2mm (.08 Zoll) ergibt höhere Werte, als eine Schnurstärke von 7mm (0.275 Zoll) des gleichen Compounds.

Um es dann noch komplexer zu machen, muss eine Unterscheidung zwischen zwei Messmethoden gemacht werden: Shore A und IRHD. Messungen nach IRHD werden für O-Ringe immer öfter verwendet. Gemessene Werte beider Verfahren können sich unterscheiden. Dabei ist es eigenartig, dass der Unterschied abhängig von der Art des Elastomers ist. HNBR wird einen größeren Unterschied zeigen, als FKM.

Was für eine Schlussfolgerung soll letztendlich gemacht werden? Mit einen Blick auf die Anwendung ist die Härte ein Parameter von relativ geringer Wichtigkeit. Die Betriebsdauer wird sich nicht drastisch verändern, wenn es einen kleinen Unterschied in der Härte gibt. Beachten Sie dabei bitte auch, dass Datenblätter immer eine Toleranz von $\pm 5^\circ$ IRHD oder Shore A aufweisen. Es wird empfohlen, dass bei einer Härteprüfung die Prüfmethode immer gleich sein sollten (gleiche Ausrüstung, gleiche Prüfkörper). Unter diesen Umständen

ist ein Vergleich brauchbar.

Shore A Härtemessungen an tatsächlichen O-Ringen sind notorisch variabel, da O-Ringe eine gekrümmte Oberfläche haben und die Messung womöglich nicht immer an der stärksten Stelle des O-Ringes durchgeführt wird, welche die verlässlichsten Werte einer Messung liefert. Daher ist es besser, Prüfbuttons, wie sie zum Beispiel auch für Prüfungen des Druckverformungsrests verwendet werden, aus der gleichen Fertigungscharge des O-Rings zu bestellen.

Ebenso sollte beim **Druckverformungsrest** beachtet werden, dass die Informationen aus einem Datenblatt sorgfältig gelesen werden. In den meisten Fällen wurde der darin genannte Druckverformungsrest an einer Platte oder einem Button ermittelt. Dies ergibt vollkommen andere Werte, als Messungen an tatsächlichen O-Ringen. O-Ringe zeigen darüber hinaus je nach Schnurstärke unterschiedliche Ergebnisse. Kleine Schnurstärken ergeben höhere Werte, als große Schnurstärken. Druckverformungsrest-Werte von NBR und EPDM werden für gewöhnlich bei 100°C (212°F); peroxidisch vernetztes EPDM bei 150°C (300°F) und Silikon und FKM bei 200°C (390°F) angegeben.

Je geringer die Werte, desto besser ist im Allgemeinen die Dichtleistung. Siehe dazu auch die Berechnungen der Betriebsdauer, in welchen dieses Thema weitgehend behandelt wird. Der Druckverformungsrest von ERIKS Standard O-Ringen wird an einem O-Ring mit 3,53mm (.139 Zoll) Schnurstärke gemessen. Folglich können alle Qualitäten verglichen werden.

Änderungen in der Umgebung

Änderungen einer Flüssigkeit können durch den Einfluss von Hitze sowie Verschmutzung während des Betriebs auftreten, so dass ein Elastomer,

welches von einer neuen Flüssigkeit nahezu nicht beeinflusst wird, von einer Flüssigkeit, die schon eine bestimmte Zeit im Einsatz ist, angegriffen wird. Aus diesem Grund ist es manchmal besser, Prüfungen in „alten“ Flüssigkeiten durchzuführen.

Alterung

Die Degeneration nach Zeit oder Alterung bezieht sich auf die Natur der Bindungen der Elastomermoleküle. Drei grundsätzliche Arten von chemischen Reaktionen werden der Alterung zugeordnet:

- **Risse.** Die molekularen Bindungen reißen und teilen die Molekulkette in kleinere Segmente. Ozon, ultraviolette Licht und Strahlung führt zu einem Verfall dieser Art.
- **Vernetzung.** Ein Oxidationsprozess, wodurch zusätzliche zwischenmolekulare Bindungen entstehen. Dieser Prozess kann regenerativ sein. Hitze und Sauerstoff sind Grundbestandteile, die zu einem Angriff dieser Art führen.
- **Modifikation der Seitengruppen.** Eine Änderung des Molekularkomplexes aufgrund einer chemischen Reaktion. Feuchtigkeit kann diese Aktivität zum Beispiel vorantreiben.

Alle Mechanismen, durch die ein Elastomer nach einer gewissen Zeit angegriffen wird, können Umgebungsbedingungen zugeschrieben werden. Der Hauptgegenstand dieses Handbuchs ist die Auswahl und Anwendung von O-Ringen, um eine akzeptable Betriebsdauer zu erreichen.

9. Testverfahren

Betriebsdauer eines O-Ringes

Berechnungen der Betriebsdauer

Für die Berechnung der Betriebsdauer machen wir die Unterstellung, dass die Betriebsdauer eines O-Ringes null erreicht, wenn der Druckverformungsrest 100% beträgt. Dies zeigt an, dass das Elastomer praktisch keine Elastizität mehr hat und die Dichtkraft so minimal wurde, dass sich eine Leckage leicht entwickeln kann. Die beste Methode zur Bestimmung dieser Werte ist die Durchführung von Langzeittests bei einer bestimmten Temperatur unter einem bestimmten Druck in einem bestimmten Medium. Dies wird im Allgemeinen in Luft durchgeführt, da Luft am empfänglichsten gegenüber Alterung ist. Praxistests zeigten, dass sich die zu erreichende Betriebsdauer von Dichtungen gleicher Polymere stark unterscheiden, beispielsweise zwischen 1.000 und 6.000 Stunden. Wir testeten verschiedene Compounds über Tausende von Stunden, um die Zeit zu bestimmen, nach der eine Leckage unter spezifizierten Bedingungen auftritt. Wie zuvor erwähnt, hängt die Betriebsdauer von sowohl der Mischungsqualität als auch der Produktqualität zusammen. Die Mischungsqualität zeigt die maximalen Eigenschaften eines Compounds an. Sie wird im Allgemeinen an jeder Fertigungscharge geprüft. Die Produktqualität hängt stark von der Kontrolle des Produktionsprozesses ab.

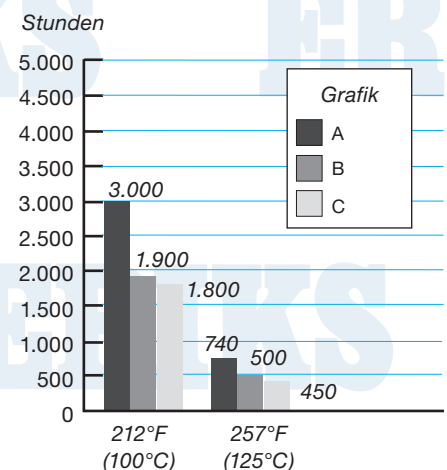
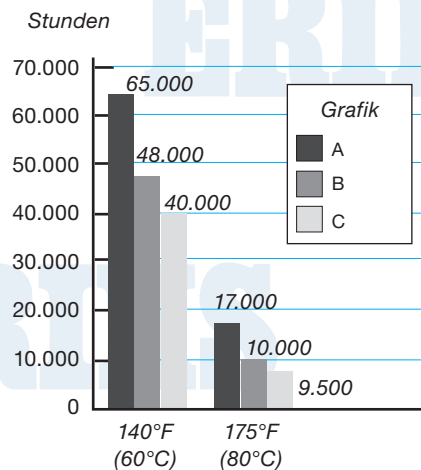
Lebensdauerprüfungen

Für die Bestimmung der O-Ring Betriebsdauer führten wir umfangreiche Prüfungen durch. Anhand dieser Prüfungen sammelten wir Erfahrungen, durch die wir heute in der Lage sind, die Betriebsdauer anhand von Kurzzeitprüfungen, beziehungsweise Betriebsdauerprüfungen, voraussehend einzuschätzen. Eine Betriebsdauerprüfung ist ein Laborverfahren zur Bestimmung der Menge und Dauer der Widerstandsfähigkeit eines Produkts gegenüber festgelegte schädigende Kräfte oder Bedingungen. Heutzutage ist es möglich, solche Tests unter gleichen Bedingungen durchzuführen, wie sie in tatsächlichen Anwendungssituationen vorherrschen. Auf diese Art und Weise kann ein Bild der zu erreichenden Betriebsdauer einer Dichtung erreicht werden.

Bitte beachten Sie, dass die Betriebsdauer in Abhängigkeit von der O-Ring Schnurstärke und der Temperatur variiert. Neueste und modernste Computerprogramme können nun Betriebsdauervorhersagen für jede individuelle Schnurstärke berechnen und grafisch darstellen. Untenstehend finden Sie Beispiele der Ergebnisse dieser nach ISO 815 durchgeführten Betriebsdauerprüfungen.

Für die Durchführung wurden 70° Shore A harte O-Ringe der Schnurstärke 3,53mm (.139 Zoll) aus verschiedenen NBR-Compounds verwendet. Die Ergebnisse zeigen, dass verschiedene NBR 70 Compounds eine unterschiedliche Betriebsdauer erreichen.

Lebensdauer-Tests an NBR 70° Shore A O-Ringen 3,53mm (.139 Zoll) Schnurstärke / nach ISO 815 / Druckverformungsrest 100% / heiße Luft



NBR Compound	Compound A	Compound B	Compound C
Bei 60°C (140°F)	65.000 Stunden (6,5 Jahre)	48.000 Stunden (4,8 Jahre)	40.000 Stunden (4 Jahre)
Bei 80°C (175°F)	17.000 Stunden (1,7 Jahre)	10.000 Stunden (1 Jahr)	9.500 Stunden (11 Monate)
Bei 100°C (212°F)	3.000 Stunden (4 Monate)	1.900 Stunden (2,3 Monate)	1.800 Stunden (9 Wochen)
Bei 125°C (257°F)	740 Stunden (4 Wochen)	500 Stunden (18 Tage)	450 Stunden (16 Tage)

*Sprechen Sie uns bitte für weiteren Lebensdauerprüfungen an.

9. Testverfahren

Lebensdauerprüfungen an 70° Shore A harten O-Ringen mit einer Schnurstärke von 3,53mm (.139 Zoll) aus zum einen, einem schwefelvernetzten EPDM-Compound und zum anderen, einem peroxidisch vernetzten EPDM-Compound ergeben die folgenden Werte. Diese Werte zeigen die großen Unterschiede zwischen diesen beiden Vernetzungssystemen.

EPDM Compound	schwefelvernetzt	peroxidisch vernetzt
Bei 60°C (140°F)	100.000 Stunden (10 Jahre)	1.000.000 Stunden (100 Jahre)
Bei 80°C (175°F)	52.000 Stunden (5,2 Jahre)	250.000 Stunden (25 Jahre)
Bei 100°C (212°F)	8.000 Stunden (10 Monate)	34.000 Stunden (3,4 Jahre)

Faktoren für kleine Schnurstärke 1,78mm (.070 Zoll)	Faktoren für große Schnurstärke 6,99mm (.275 Zoll)
Bei 80°C (175°F): x 0,75	: x 1,80
Bei 100°C (212°F): x 0,65	: x 1,60
Bei 125°C (257°F): x 0,65	: x 1,50

Im Allgemeinen reicht die Betriebsdauer der verschiedenen NBR-Compounds in Luft bei 100°C (212°F) von 2.000 bis 3.000 Stunden. EPDM O-Ringe halten diesen Bedingungen je nach deren Vernetzungssystem – Schwefel oder Peroxid – von 8.500 bis 34.000 Stunden stand. Lebensdauer-Tests für andere ERIKS Compounds sind ebenfalls erhältlich. Bitte setzen Sie sich mit uns für nähere Informationen in Verbindung.

Diese Testergebnisse geben die zu erwartenden Stunden an, nach denen der Druckverformungsrest in Luft 100% erreicht. Wenn solche Prüfungen in Ölen stattfinden, ist die zu erwartende Lebensdauer um einiges höher (nicht für EPDM).
Warme Luft kann für Elastomere ein sehr aggressives Medium sein.

Zusätzlicher Service für Ihre O-Ringe

Angelehnt an unsere eigenen Testverfahren bieten wir Ihnen verschiedene Möglichkeiten der Qualitätssicherung:

- Druckverformungsrest-Tests
- Härteprüfungen nach Shore A oder IRHD
- Oberflächenkontrolle nach Sortenmerkmal S
- spezielle Messungen von Sondertoleranzen
- Prüfungen der Zugfestigkeit
- Prüfungen der Reißdehnung
- Ozonprüfungen
- Lebensdauerprüfungen
- Überprüfung der chemischen Beständigkeit
- Infrarotspektroskopie
- TGA-Analysen
- Migrationsprüfungen nach FDA
- TOC-Analysen
- FEA-Berechnungen