

FACHWISSEN SCHADENSANALYSE VON ELASTOMERBAUTEILEN

Ein Angebot des

O RING

PRÜFLABOR

RICHTER

PRÜFEN BERATEN ENTWICKELN

Quelle: www.o-ring-prueflabor.de

Stand der Information: 05/2017

Thermische Überbeanspruchung “Überhitzung”

Selten ist die Temperatur allein das Problem, sondern meistens die falsche Kombination von Temperatur und Zeit

Autoren:

Dipl.-Ing. Bernhard Richter,

Dipl.-Ing. (FH) Ulrich Blobner

1. Einordnung und Häufigkeit des Schadensbildes

Von den vier Hauptschadensmechanismen wird es der zweiten Gruppe zugeordnet:

1. Medien
- ▶ **2. Temperatur / Alterung**
3. Mechan. / physikal. Einwirkungen
4. Herstellungsfehler

Man kann davon ausgehen, dass haben Auswertungen aus über fünfhundert Schadensanalysen ergeben, dass ca. 10-15% aller Dichtungsausfälle auf diesen Schadensmechanismus zurückgehen.

2. Fachliches Hintergrundwissen zum Schadensbild

Im Gegensatz zu Metallen haben Polymere viel niedrigere Einsatztemperaturen.

Besonders deutlich wird dies beim klassischen Naturkautschuk (NR), der bei Dauereinsatz nicht über 70°C belastet werden sollte. Durch die flächendeckende Einführung und Entwicklung von Synthetikgummen in techn. Anwendungen seit über 80 Jahren stehen nun dem Praktiker auch hochtemperaturbeständige Elastomere zur Verfügung, die allerdings auch ihren Preis haben. So ist bspw. eine Perfluorkautschukmischung (FFKM, Hitzebeständigkeit: ca. 260-300°C) um bis zu 5000mal teurer¹ als eine SBR-Kautschukmischung (Hitzebeständigkeit max. 100°C).

Bei Kunststoffen lassen sich maximal zulässige Dauertemperaturen einfach über den Schmelzpunkt definieren, während dies bei Elastomeren etwas schwieriger ist, weil diese keinen Schmelzpunkt besitzen. Wäre die Zersetzungstemperatur von Elastomeren das Grenzkriterium, käme man auf sehr kurze zulässige Einsatzzeiten.

Damit verlässt man bei der Definition der Temperatureinsatzgrenzen von Elastomeren den sicheren Boden eines eindeutigen physikalischen Grenzkriteriums und bewegt sich damit auf einem schwammigeren Fundament. Bei Elastomerwerkstoffen hat sich im allgemeinen die Vorgehensweise durchgesetzt, dass man als zulässige Dauertemperatur die Temperatur bezeichnet, bei der ein Elastomer mindestens 1000h eingesetzt werden kann. Und als Grenzkriterium für den Verlust an Elastizität in der Alterung durch Wärme und Sauerstoff (also einem chemischen Schadensmechanismus) setzt man den Verlust von 50% der ursprünglichen Reißdehnung an. Aus dieser Definition erklären sich sogenannte Dauertemperaturen für NBR-Elastomere von 100°C, für peroxidisch vernetzte EPDM-Elastomere von 150°C und für FKM-Werkstoffe von mindestens 200°C, welche allerdings nur beispielhaft an Musterrezepturen überprüft wurden bzw. werden.

Die Temperaturabhängigkeit von chemischen Reaktionen folgt dem Arrheniusgesetz, das stark vereinfacht auf die Regel reduziert werden kann, dass um 10 K höhere Temperaturen als diese genannte Dauertemperaturen die zulässigen Einsatzzeiten (1000h) halbieren, Temperaturen um 10 K weniger führen dagegen zu einer Verdoppelung dieser genannten Einsatzzeiten. Damit lässt sich eine thermische Überbeanspruchung bei Elastomeren also auf eine deutliche Überschreitung der zulässigen Einsatzgrenzen aus Temperatur und Zeit beschreiben, bei kurzen Einsatzzeiten sind daher auch relativ hohe Temperaturen zulässig, dafür aber bei langen Einsatzzeiten nur noch erstaunlich niedrige Temperaturen, zum Beispiel 60°C bei NBR-Elastomeren bei ca. 2-5 Jahren Einsatzdauer (kontinuierlich).

¹ NAGDI, Khairi: Gummi-Werkstoffe - Ein Ratgeber für Anwender, Dr. Gupta Verlag, Ratingen, 2002, S. 105

3. Schadensbild

3.1 Genaue Beschreibung des Schadens und problematischer Bereiche (mit Bildbeispielen)

Bei einer thermischen Überbeanspruchung über lange Zeiten hinweg versprödet der O-Ring bzw. die Dichtung über den ganzen Querschnitt. Beim Biegen zeigen sich die Risse bevorzugt zur Luftseite hin oder an den Dichtflächen (siehe **Abb.1 und 3**), an welchen die Wärmezufuhr erfolgte.

Bei EPDM-Compounds, deren Basispolymer nur aus Kohlen- und Wasserstoff besteht, zeigt sich nach Überhitzung in der Regel eine rußige Oberfläche, die beim Reiben mit dem Finger leicht abfärbt bzw. schmiert. Dichtungen aus NBR-Kautschuk bekommen nach thermischer Überbeanspruchung eine glänzende Oberfläche, FKM-Elastomere verkleben dagegen mit der meist metallenen Gegenflächen.

Kurzzeitige starke Überhitzungen führen zu tiefen feinen Rissen (Schalenbildung bzw. Versprödung nur im Randbereich, siehe **Abb.2**), die sich erst beim Ziehen oder Biegen der Dichtungen zeigen, ohne dass die Dichtung insgesamt versprödet. Durch die zeitlich kurze Belastung und die isolierende Wirkung des Gummimaterials kann die zu hohe Temperatur die inneren Bereiche noch nicht sichtbar schädigen.



Abb. 1: Thermisch geschädigter O-Ring, komplett durchgehärtet, beim Biegen Risse an Anlageflächen sichtbar



Abb. 2: Querschnitt eines stark überhitzten O-Rings (kurze Betriebszeit) durch trockenen Anlauf einer Gleitringdichtung, auffällig sind bleibende Verformung und nur lokale Versprödung, der Kern ist noch voll elastisch.



Abb. 3: Versprödeter NBR O-Ring zeigt beim Biegen Risse (umlaufende Riefen sind ein Abdruck der Gegenfläche) Abgrenzung zu Ozonrissen: Verhärtung rissiger Zonen. Bei Ozon- oder Ermüdungsrissen sind Risse in der noch elastischen Elastomermatrix.

Objektiv Z20:X20

Neigungswinkel: 0 Grad

1,00mm

Bei einer Langzeitüberhitzung wird die ganze Dichtung – wie in einer beschleunigten Heißluftalterung – eher homogen geschädigt. Bei einer Kurzzeitüberhitzung wird oft nur der Bereich geschädigt, an welchem die übermäßige Temperatur anlag.

3.2 Auswirkungen des Schadens

Bei kurzzeitiger starker thermischer Überbeanspruchung wird die Oberfläche der Dichtung stark versprödet, sodass bereits kleine lokale Dehnungen, zum Beispiel durch die druckbedingte Walkarbeit bei O-Ringen oder die Mikroverformung der Dichtkante eines Radialwellendichtrings, zu Rissbildungen und damit zu Leckagen führen. Bei einer kontinuierlichen thermischen Überbeanspruchung wird der ganze Dichtungsquerschnitt spröde, kann sich nicht mehr unter Betriebsbedingungen verformen, ist selber stark deformiert und kann damit wechselnden Dichtspalten nicht mehr folgen.

3.3 Abgrenzung zu ähnlichen Schadensbildern

Das Schadensbild „Überhitzung“ ist nicht immer leicht von einem chemischen Angriff abzugrenzen. Bei letzterem finden sich Risse bevorzugt auf der Produktseite, die Dichtung selbst ist oft noch elastisch, bricht aber bei starkem Biegen oder Ziehen.

4. Präventionsmaßnahmen

Folgende Fragen können dem Praktiker helfen diesen Schaden zu vermeiden:

- Sind die tatsächlichen Temperaturbelastungen der Anwendung bekannt?
- Welche max. Dauergebrauchstemperatur hat mein elastomerer Werkstoff?
- Gibt es Temperaturspitzen? Wie hoch, wie lange?
- Entstand die Überhitzung durch fehlende Schmierung? (z.B. Überhitzung einer Gleitringdichtung an den Anlageflächen des Gleitringes durch trockenen Anlauf)
- Findet ein Energieeintrag statt, z.B. durch Schwingungen, der dann zu einer inneren Erwärmung führt?

5. Praxistipps (Prüfmöglichkeiten / Normempfehlungen)

Generell empfiehlt es sich die Temperaturgrenzen eines Werkstoffes mit Hilfe der Heißluftalterung zu bestimmen (z.B. nach ISO 188, DIN 53508 oder ASTM D573). Wenn die max. Temperaturbelastungen und die dazugehörigen Zeiten einer techn. Anwendung relativ gut abgeschätzt werden können, also Temperaturkollektive bekannt sind, kann über vereinfachte Arrheniusmultiplikatoren eine isotherme Ersatzbeanspruchung ermittelt werden. Wenn man nun nach letzterer prüft, kann man eine reale Anwendung sehr gut in der Labor-Heißluftalterung simulieren.²

Erfahrungsgemäß werden rezepturbedingte Einflüsse unterschätzt. Bereits Heißluftalterungen über 1-2 Wochen oder entsprechend lange Druckverformungsrestversuche reichen aus um aufzuzeigen, ob tatsächlich ein guter Stand der Technik bei der jeweiligen Mischung vorliegt (Vergleich mit Rezepturvorgaben aus ISO 3601-5 empfehlenswert).

Bei sehr kritischen Anwendungen empfiehlt sich, wo möglich, eine Heißluftalterung am Bauteil (z. B. O-Ring) durchzuführen. So bekommt nicht nur eine Aussage über den

² Weiterführende Informationen: BLOBNER, U. und RICHTER, B.: Heißluftalterung von Elastomeren: Prüftechnische Grundlagen und wissenswerte Besonderheiten, 06/2015, http://www.o-ring-prueflabor.de/files/fachwissen_hei_luftalterung_06_2015.pdf

Werkstoff, sondern auch über dessen Verarbeitung, welche die Hitzebeständigkeit nachhaltig beeinflussen kann.

6. Sonstiges

Dieser Artikel erschien bereits in einer Kurzfassung in der Zeitschrift DICHT!, Ausgabe 02/2017.

O RING

PRÜFLABOR

RICHTER

O-Ring Prüflabor Richter GmbH
Kleimbottwarer Str. 1
71723 Großbottwar

Telefon 07148 / 16602-0
Fax 07148 / 16602-299
info@o-ring-prueflabor.de
www.o-ring-prueflabor.de

Geschäftsführer:
Dipl.-Ing. Bernhard Richter
Ust-ID-Nr. DE 277600966
Steuer-Nr. 71342/02407 FA LB

Sitz der Gesellschaft:
Großbottwar
Amtsgericht Stuttgart
HRB 737482

Volksbank Ludwigsburg
IBAN DE96 6049 0150 0820 5810 03
SWIFT GENODES1LBG
