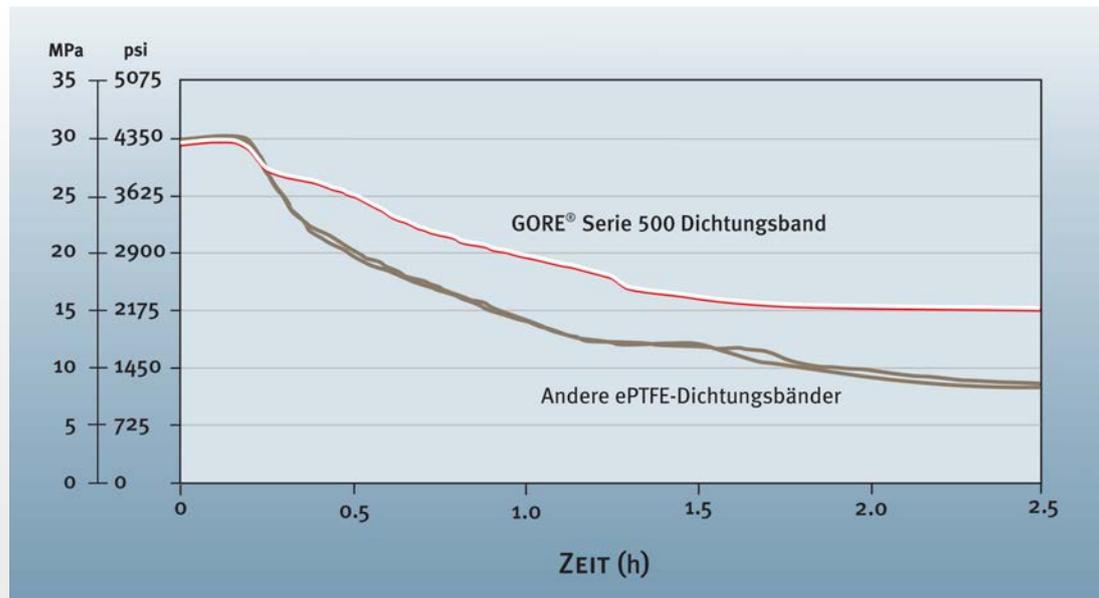


Gore hat mit Joint Sealant bereits 1971 das erste Dichtungsband aus expandiertem PTFE auf den Markt gebracht. Den breiten Einsatz auf Rohrbündelwärmetauschern hat aber erst die multiaxial expandierte PTFE-Technologie vereinfacht.



WÄRMETAUSCHER ZUVERLÄSSIG DICHT HALTEN

Verbindungen an Wärmetauschern mit ePTFE abdichten

– Trotz seiner hohen chemischen Resistenz wird Polytetrafluorethylen (PTFE) für Verbindungen an Rohrbündelwärmetauschern kaum als Dichtungsmaterial eingesetzt, weil die Kriechneigung des Materials eine zuverlässige Dichtung gefährdet. Ein spezielles Verfahren, um PTFE zu expandieren und so seine Kriechbeständigkeit zu steigern, verbessert die Zuverlässigkeit der abgedichteten Verbindung.

CHRISTIAN WIMMER*

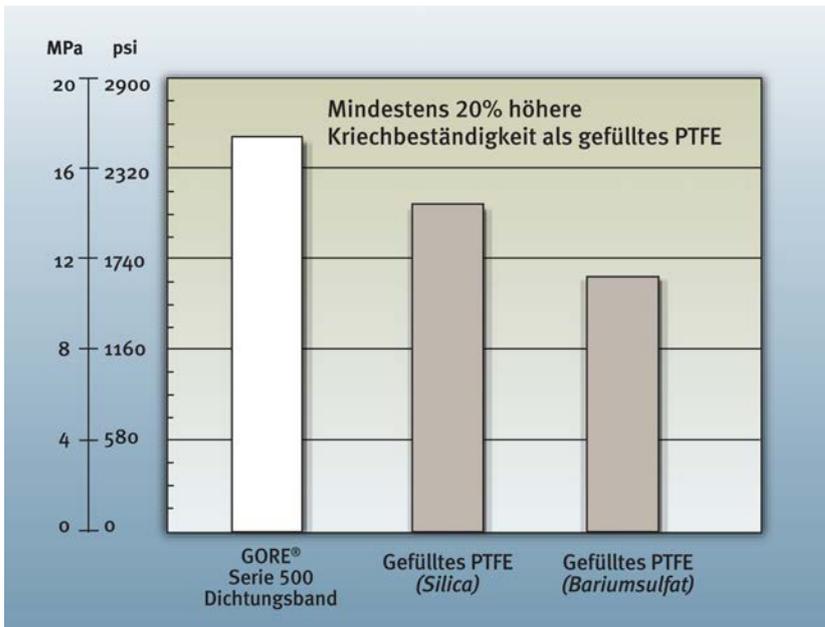
Rohrbündelwärmeübertrager (RWÜ) verfügen in der Regel neben mehreren Stützen u.a. für Medienanschlüsse auch über einen Hauptflansch mit deutlich größerer Nennweite. Der Hauptflansch dichtet zum Rohrbodenflansch und dieser zum Mantelflansch. Diese Verbindungen werden mit dem vollen Betriebsbeziehungswise Prüfdruck von mehreren Dutzend bar belastet und dichten gegen die Umgebung ab. Häufig sind die Rohrbündel zudem in mehreren Zügen angeordnet, die mithilfe von Stegblechen umgelenkt werden. Dies erfordert eine Abdichtung am Kopf des Wärmetauschers und zwischen den Zügen an den Stegblechen, wo die Druckdifferenz jedoch deutlich niedriger ist. Die unterschiedliche Anordnung der Züge erfordert speziell angepasste Dichtungsformen.

Die dichtungstechnischen Herausforderungen an der Hauptflanschstelle bestehen in der Kombination mehrerer Umstände:

- hohe Temperaturen und Drücke
- Temperaturlastwechsel, etwa durch An- und Abfahren des Anlagenteils
- komplexe Dichtungsgeometrien durch Trennstege, oft zusammen mit großen Nennweiten
- chemisch aggressive Medien
- beschädigte Dichtflächen, etwa durch Korrosion oder Verzug
- die wirtschaftliche Notwendigkeit, Stillstandszeiten zu minimieren
- die Anforderung, Rechtskonformität zu dokumentieren.

Zur Abdichtung der statischen Verbindungen an RWÜ werden in einigen Fällen Banddichtungen eingesetzt – Dichtungsmaterialien mit definierter Breite und Dicke, aber undefinierter Länge. Sie verfügen über eine Methode, Stoßstellen funktional zu verbinden, und

* Der Autor arbeitet bei W. L. Gore & Associates Sealant Technologies, Putzbrunn.
Kontakt: Tel. +49-89-4612-2215



können direkt am Bauteil wie gewünscht geformt werden. Hierfür ist keine vollständige Zerlegung des Wärmetauschers, etwa das Herausnehmen von Rohrbündeln, notwendig. Es müssen nur die Dichtflächen ausreichend zugänglich sein. Banddichtungen existieren seit vielen Jahrzehnten in verschiedenen Industriebereichen. Den breiten Einsatz auf Rohrbündelwärmetauschern hat jedoch erst die multiaxial expandierte PTFE-Technologie vereinfacht.

Grund hierfür ist die geringe Kriechresistenz von PTFE. Molekular besteht PTFE aus einer Kohlenstoffkette, die mit Fluoratomen gesättigt ist. Die starke kovalente Bindung von Fluor mit Kohlenstoff begründet das nahezu inerte chemische Reaktionsverhalten dieses Polymers. Die mangelnde Reaktivität bedeutet jedoch auch, dass PTFE sich nicht molekular vernetzen lässt wie etwa manche Elastomere, was in einem ausgeprägten Kalt- und Warmflussverhalten resultiert, auch bekannt als „kriechen“.

Kriechen ist die mechanische Verformung eines Bauteils – hier: der Dichtung – unter Last und Temperatur. Dichtungen in Flanschverbindungen funktionieren unter anderem, weil die durch die Schrauben aufgebrachte Flächenpressung das Ausfüllen von Unregelmäßigkeiten an den Dichtflächen und das Verpressen von

dichtungsinternen Leckagekanälen ermöglicht. Dadurch wird die Leckage – abhängig vom Verhalten des Dichtungswerkstoffes – auf ein akzeptables Maß reduziert. Leckage in diesem Sinne ist der zugelassene Stoffstrom, ungeachtet des vorherrschenden Mechanismus, also die Summe aller Masseflüsse, von der Fick’schen Diffusion bis zur Grobleckage.

Diese Dichtfunktion wird durch die Kriechneigung entscheidend gestört. In einer Flanschverbindung erfolgt das Kriechen eines Dichtwerkstoffes so, dass bei einer bestimmten Temperatur die anliegende Last reduziert wird, bis ein Gleichgewicht zwischen interner Festigkeit der Dichtung und der externen Last erreicht ist. Dieses Verhalten heißt Kriechbeständigkeit. Beim Erreichen des Gleichgewichtes hat eine Verformung stattgefunden. Bei einer Dichtung ist diese eine Dickenreduzierung, die zur Folge hat, dass die Schraubenlängung und somit die Vorspannung verringert wird. Das bedeutet schließlich einen Kraft- bzw. Flächenpressungsverlust, der in seiner Größe von der Steifigkeit des Dichtsystems abhängig ist. Dieser Flächenpressungsverlust heißt „Kriechrelaxation“ und kann so groß sein, dass sich die Schrauben vollständig lockern. Kriechen und die zugehörige Relaxation geschehen primär in Aufheiz- und Abkühlungsphasen, also bei Tem-

peraturveränderungen. Die Kriechrelaxation ist die Hauptursache dafür, dass einfaches PTFE – oft durch Sintern in Form gebracht – in Wärmetauschern, die ihrem Zweck gemäß häufig großen Temperaturlastwechseln unterliegen, kaum eingesetzt werden kann.

Kriechbeständigkeit von PTFE streichern

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, um die Kriechneigung von PTFE zu verringern. Eine Methode ist das Beimengen von Füllstoffen. Diese Technik eignet sich jedoch nur bedingt für Dichtungsbänder, da die Flexibilität von gefülltem PTFE stark begrenzt ist. Aus dem gleichem Grund eignen sich auch einfache Streifen aus PTFE nur wenig, da sie sich am Flansch nur schwierig in Form bringen lassen. Eine effektive Lösung ist es, den Werkstoff zu expandieren. Hierbei entsteht eine mikroporöse Struktur durch mechanisches Recken. Diese Struktur verursacht eine deutliche Eigenschaftsveränderung: Zum einen verbessert sich die Anpassungsfähigkeit wegen der höheren Verpressbarkeit und zum anderen die Kriechbeständigkeit.

Hierbei ist es wichtig, dass die Expansion möglichst gleichmäßig geschieht. Das ist wichtig, damit die Dichteigenschaften an allen Stellen der Dichtung gleich sind und bleiben. Eine Textur kann trotzdem zulässig sein, obwohl sie nicht umfänglich in der Dichtung ausgeprägt ist – bei einem Band also entlang der Länge. In der Tat kann eine kontrollierte transverse

Textur (bei einer kreisförmigen Verlegung radial) die Verlegbarkeit und Biegesteifigkeit positiv beeinflussen. Eine solche Struktur verändert zwar die Dichteigenschaften – etwa die Querfestigkeit –, aber dies kann konstruktionstechnisch berücksichtigt werden. Die Expansion ermöglicht es, Bänder herzustellen, die flexibel genug sind, um selbst in engen Radien verlegt zu werden.

Montage von ePTFE-Dichtungsbändern

Die Montage von ePTFE-Dichtungsbändern erfolgt mithilfe eines Klebestreifens. Der Klebstoff ist nur eine Montagehilfe und hat keinen oder kaum Einfluss auf die Dichtwirkung. Der Kleber ist zudem weniger temperatur- und chemikalienbeständig als das ePTFE. Das bedeutet, dass er im Betrieb meistens zersetzt wird. Das wiederum erleichtert eine zukünftige Demontage. Beim Schließen einer Dichtung aus ePTFE-Band ist zu beachten, dass die Enden mit der richtigen Methode überlappt werden. Grundsätzlich lassen sich zwei Arten von Bandmaterialien unterscheiden, die unterschiedliche Überlappungsmethoden erfordern: monoaxial und multiaxial expandiertes PTFE.

Die monoaxiale Expansion ist die ältere Technik der Herstellung. Hierbei wird das PTFE nur längs des Bandes gereckt. Die dadurch entstehende Textur bedingt die kleinere Querfestigkeit. Das resultiert in einer starken Verbreiterung beim Verpressen, was konstrukti-

onstechnisch berücksichtigt werden muss. Verbreiterungen von 20 % und mehr sind üblich. Der Vorteil von monoaxial expandierten Bändern liegt darin, dass sie sich bereits beim Einbau sehr dünn verpressen. Dadurch haben sie eine sehr gute Anpassungsfähigkeit an Mikrounebenheiten. Makrounebenheiten lassen sich dagegen oft schwieriger mit dieser Art Bänder kompensieren. Zudem können die Enden, ungleich zur multiaxialen Expansion, in der Regel überlappt werden.

In Wärmetauscher-Anwendungen werden monoaxial expandierte Bänder jedoch nur selten eingesetzt, weil die mangelnde Querfestigkeit eine höhere Kriechneigung bedingt. Zwar kompensiert die kleine Einbaudicke dies zu einem gewissen Grad, aber der Unterschied zu multiaxial expandierten PTFE-Bändern wird zunehmend größer mit steigenden Temperaturen.

Die multiaxiale Expansion des Materials erfolgt in Richtung von zwei rechtwinklig zueinander stehenden Vektoren. Daraus ergibt sich eine multiaxiale, also in alle Richtungen gehende Orientierung der entstehenden Fibrillen. Durch eine unterschiedliche Stärke der Expansion kann die transverse Textur erzeugt werden. Es ist unter anderem vorteilhaft, Knoten klein zu halten, da dieses unverstreckte Material die Kriechneigung begünstigt. Die multiaxiale Expansion hat vor allem den Vorteil der starken Querfestigkeit und ermöglicht besonders kriechstabile Bänder.

Durch das Verfahren der Expansion gelingt es, den Nachteil des Werkstoffes PTFE – seine hohe Kriechneigung – zu kompensieren und ein chemisch beständiges Dichtungsmaterial zu entwickeln. Geschieht die Expansion multiaxial, nimmt die Kriechneigung des Materials so stark ab, sodass es sich zum Einsatz als Dichtungswerkstoff unter extremen Anforderungen wie chemisch aggressiven Medien sowie häufigen, großen Temperaturlastwechseln eignet. Dadurch zeichnen sich Dichtungsbänder aus multiaxial ePTFE für den Einsatz an Rohrbündelwärmetauschern aus.

PROCESS-Tipp

• Besuchen Sie W. L. Gore auf der **Achema** und lassen Sie sich von den **Dichtungsexperten** in Halle 8.0, Stand E71 beraten.

Eigenschaften von Dichtungsbändern aus ePTFE

SIEBEN GUTE GRÜNDE FÜR DEN EINSATZ

- leichte und schnelle Anpassung auch an komplexe Flanschgeometrien
- Konstruktionsflexibilität wegen unterschiedlicher Breiten, die so höhere Flächenpressungen (höhere Dichtheitsklassen) erlauben
- hohe Kriechbeständigkeit im Vergleich zu anderen PTFE-basierten Materialien
- sehr gute Anpassungsfähigkeit an Flanschunregelmäßigkeiten
- nicht alternd, UV-beständig
- beständig gegen alle Medien (pH 0 bis 14)
- lange lagerfähig