

Dipl.-Ing. (FH) Wolfgang Abt

Eine Universaldichtung, die nicht altert – Wunschtraum oder Realität?

CHEMIE – In der chemischen Industrie werden eine Vielzahl von Stoffen hergestellt, gefördert und umgewandelt. Die sichere Beherrschung der komplexen Prozesse ist dabei ein wichtiger Gesichtspunkt. Gleichzeitig stehen mögliche Emissionen, auch die so genannten „diffusen“, z.B. solche aus Flanschverbindungen, zunehmend im Fokus der Öffentlichkeit. Daraus ergeben sich vielfältige Anforderungen an die beteiligten Anlagenkomponenten und somit auch an die verwendeten Dichtungswerkstoffe.

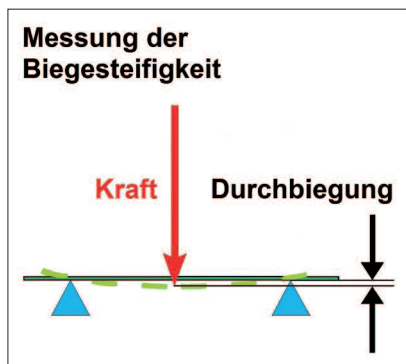
Ein idealer Dichtungswerkstoff für die chemische Industrie sollte daher folgende Anforderungen erfüllen:

- Universelle Einsetzbarkeit, d.h. chemisch beständig gegen möglichst viele Medien wie Säuren, Laugen, organische Lösungsmittel, Dampf etc.
- Hohe Betriebssicherheit im langfristigen Einsatz, d.h. kein Aushärten und kein Verspröden
- Weitgehende Nachzugsfreiheit, d.h. Aufrechterhaltung der Schraubenvorspannkraft durch günstiges Relaxationsverhalten und geringes Setzen unter Betriebstemperatur
- Anforderungsgerechtes Leckageverhalten, d.h. niedrige Leckraten bereits bei geringen Flächenpressungen
- Nachweis der Hochwertigkeit im Sinne der TA Luft, d.h. Einhaltung des Dichtheitskriteriums nach VDI 2440 von $1,0 \cdot 10^{-4} \text{ (mbar} \cdot \text{l)} / (\text{s} \cdot \text{m})$
- Verfügbarkeit der Dichtungskennwerte nach EN 13555 zur Flanschberechnung
- Keine Produktverunreinigungen durch heraus gespülte Dichtungsbestandteile, physiologisch inert

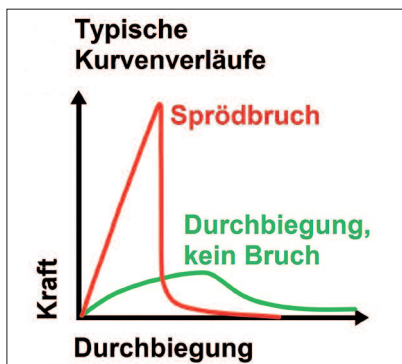
Mit dem High-grade PTFE KLINGER®top-chem 2000 steht ein Flachdichtungswerkstoff für die genannten Anforderungen zur Verfügung.

Materialbasis

Bei PTFE-Dichtungen ist der verwendete Füllstoff entscheidend für die Leistungsfähigkeit der Dichtungsplatten, da reines PTFE aufgrund des starken



>>1: Drei-Punkt-Biegeversuch



>>2: Bruchverhalten

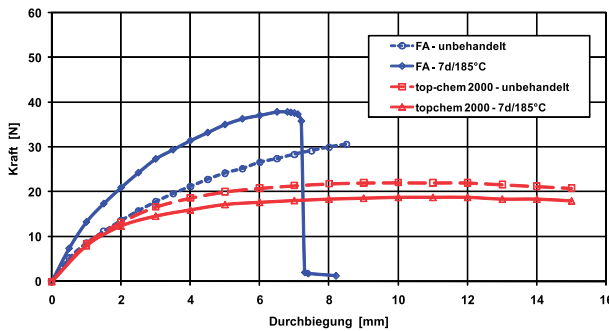
Setzens und des Kaltflusses zu einem starken Schraubenkraftabfall und somit zu einer unzulässigen Entspannung der Dichtverbindung führt. Die neue Dichtung enthält als einzige PTFE-Dichtung am Markt Siliciumcarbid (SiC) als Füllstoff. Mit SiC liegen in der chemischen Industrie bereits in anderen Anwendungen entsprechende Erfahrungen vor, denn es wird dort seit langem als produktberührender Werkstoff in Chemiepumpen für Gleitlager eingesetzt. Zusammen mit dem Herstellverfahren verleiht der hohe Anteil an SiC dem Material sein Eigenschaftsprofil, das nachfolgend etwas näher betrachtet werden soll.

Medienbeständigkeit

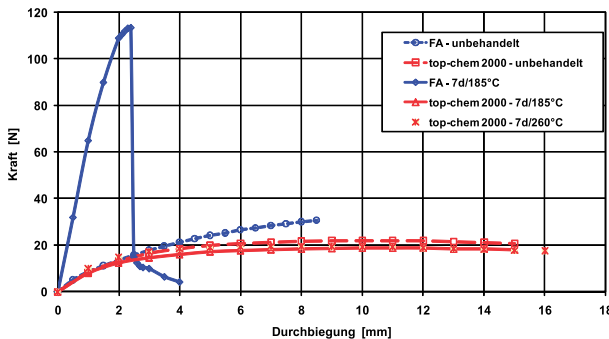
Reines PTFE wird, abgesehen von einigen Fluorverbindungen und Metallschmelzen, nicht chemisch angegriffen. Die Medienbeständigkeit von Dichtungen auf PTFE-Basis wird daher vom verwendeten Füllstoff bestimmt. Siliciumcarbid ist hier gegenüber den üblicherweise eingesetzten Füllstoffen Quarz bzw. Schwespat im Vorteil, da es gegenüber starken Säuren und Laugen gleichermaßen gut beständig ist. SiC widersteht auch bei höheren Temperaturen den Angriffen von Chlor, Schwefel, Sauerstoff und starken Säuren, wie z.B. rauchender Salpetersäure und Flusssäure.

Keine Versprödung

Das Versprödungsverhalten kann leicht in einem Drei-Punkt-Biegeversuch nachvollzogen werden. Das Prinzip zeigt >>1. Dazu werden die Proben unter Temperatur gelagert und danach das Biegebruchverhalten mit denen der unbehandelten Proben verglichen. Typische Kurvenverläufe sind in >>2 dar-



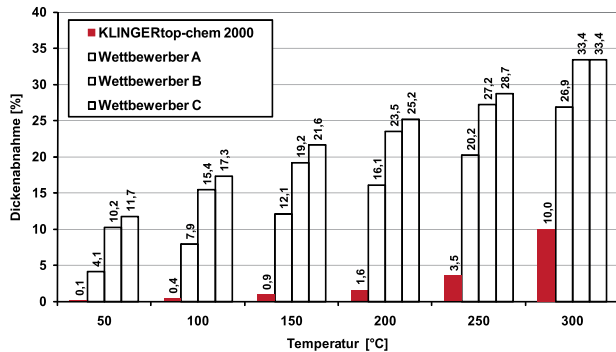
>>3: Prüfung der Versprödung – Drei-Punkt-Biegeversuch Lagerung /d in Dampf 185 °C



>>4: Prüfung der Versprödung – Drei-Punkt-Biegeversuch Lagerung 7 d in Heißluft

gestellt. Ein ausgehärtetes Material zeigt dabei ein ausgeprägtes Sprödbruchverhalten, gekennzeichnet durch ein schlagartiges Materialversagen, während ein nicht ausgehärtetes Material nur eine mehr oder weniger starke plastische Verformung (Durchbiegung) aufweist. >>3 zeigt die gemessenen Kurvenverläufe nach sieben Tage Lagerung in Heißdampf bei 185 °C für dieses Material sowie, zum Vergleich, für ein Material auf Faserbasis nach dem Stand der Technik. Das Sprödbruchverhalten des FA-Materials ist deutlich zu erkennen. >>4 zeigt den gleichen Versuch, jedoch nach Lagerung in Heißluft bei 185 °C. Hierbei ist das Sprödbruchverhalten des FA-Materials noch stärker ausgeprägt, während bei dem Material auch der zusätzlich durchgeführte Versuch nach Lagerung bei 260 °C praktisch keinen Unterschied zur unbehandelten Probe erkennen lässt.

**>>5: Setzverhalten
unter Temperatur im
Kurzzeitversuch
Dicke: 1,5 mm;
Flächenpressung = 50
MPa = const.**

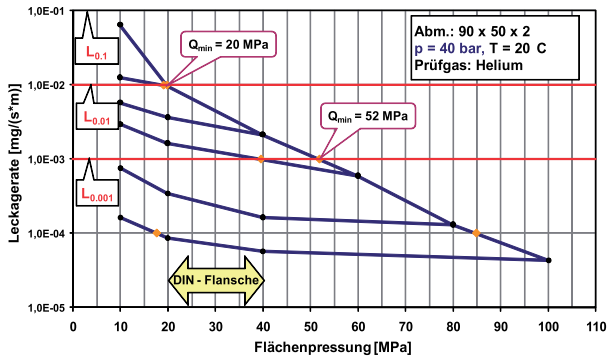


Nachzugsfreiheit

Ein Dichtungswerkstoff kann als (annähernd) nachzugfrei angesehen werden, wenn die Schraubenkräfte im Betriebszustand soweit als möglich aufrecht erhalten werden können. Dies bedingt ein möglichst geringes Setzverhalten unter Last und Temperatur. **>>5** zeigt das Setzverhalten in einem Kurzzeitversuch für eine konstante Flächenpressung von 50 MPa bei verschiedenen Temperaturen im Vergleich zu drei handelsüblichen, gefüllten PTFE-Materialien. Hier werden die Vorteile des Werkstoffs deutlich: Selbst bei 250 °C beträgt die Dickenabnahme weniger als 5%, während handelsübliche Produkte Werte zwischen 20 und 30% aufweisen. Dieser Trend verstärkt sich weiter, wenn statt der geprüften Dicke von 1,5 mm größere Dicken dem Test unterzogen werden.

Anforderungsgerechtes Abdichtverhalten

Ein leistungsfähiger Dichtungswerkstoff soll niedrige Dichtheitsklassen bereits bei möglichst geringen Flächenpressungen erreichen, um so Produktverluste und Luftverunreinigungen so gering wie möglich zu halten. Dieser Anforderung kommt besondere Bedeutung zu, weil die üblichen DIN-Flansche mit glatter Dichtleiste meist nur Flächenpressungen zwischen 20 und 40 MPa zulassen. So wird in EN 1092-1 [1] im Anhang E für Flachdichtungen aus nichtmetallischem Werkstoff pauschal eine Mindestflächenpressung von $Q_{\min} = 25$ MPa angenommen, ohne allerdings Bezug zu einer Dichtheitsklasse zu nehmen. **>>6** zeigt eine gemessene Leckagekurve nach DIN EN 13555 [2] für den neuen Werkstoff. Neben den Werten für $Q_{\min}$ können aus den Entlastungskurven auch die Werte für die erforderliche Mindestflächenpressung im Betriebszustand $Q_{s\min}$ für die jeweiligen Dichtheitsklassen entnommen werden. Man erkennt, dass die Dichtheitsklasse $L_{0,1}$ bereits bei $Q_{\min} < 10$



>>6: Leckagekennlinie
(Fotos: Klinger GmbH)

MPa und die Dichtheitsklasse $L_{0,01}$ bei $Q_{min} = 20 \text{ MPa}$ erreicht wird. Das Dichtheitskriterium von $L \leq 10^{-4} \text{ (mbar} \cdot \text{l)} / (\text{s} \cdot \text{m})$ entsprechend der TA-Luft nach VDI 2440 [3] wird mit $4,5 \cdot 10^{-6} \text{ (mbar} \cdot \text{l)} / (\text{s} \cdot \text{m})$, gemessen bei 30 MPa und 250 °C, ebenfalls sicher unterschritten.

Fire-Safe

Fire-Safe Prüfungen beziehen sich auf die Prüfung von Armaturen. Dabei müssen definierte Leckageraten während und nach des Versuchs eingehalten werden. Die Temperatureinwirkung beträgt dabei 650 °C (offene Flamme) für eine Dauer von 30 Minuten. Diese Anforderungen lassen sich prinzipiell auch auf Dichtungen übertragen. Die Dichtung wird also stets in Verbindung mit einer entsprechenden Armatur geprüft. Damit eine Weichstoffdichtung den Fire-Safe Test bestehen kann, muss sie eine hohe Standfestigkeit unter Temperatur aufweisen. Zudem muss sie in der Lage sein, während der gesamten Testdauer eine ausreichend hohe Flächenpressure zur Abdichtung aufrecht erhalten zu können. Aufgrund der besonderen Materialzusammensetzung ist diese Dichtung bisher weltweit die Einzige auf PTFE-Basis, die die genannten Anforderungen erfüllen kann.

Große Nennweiten

Dichtungsplatten aus dem Material stehen in den üblichen Abmessungen von 1.500 x 1.500 mm in den Dicken von 1,0 bis 3,0 mm zur Verfügung. Für Apparatedichtungen mit einem Außendurchmesser von mehr als 1.500 mm besteht die Möglichkeit, diese aus einzelnen angeschafften Segmenten mit einer speziellen Schweißfolie kraftschlüssig zu einer einteiligen Dichtung zu verbinden. Die Schweißfolie besteht aus dem gleichen Grundwerkstoff wie die Dichtungsplatte. Im Gegensatz zu Schweißfolien aus FEP oder PFA-Folien

entsteht dadurch keine chemische Schwächung der Verbindung und auch die Temperaturbeständigkeit wird nicht negativ beeinflusst. Zur Verbindung müssen die Segmente in einer Vorrichtung fixiert, verpresst und auf ca. 350 °C erhitzt werden. Nach dem Verschweißen wird die überschüssige Schweißfolie abgeschnitten und die Oberfläche vorsichtig plan geschliffen. Bei sachgerechter Ausführung erreicht die Verbindungsstelle die gleiche Festigkeit wie der Grundwerkstoff. Dieses Verfahren ist einfach und kostengünstig anzuwenden.

Weiter Einsatzbereich und hohe Betriebssicherheit

Der universelle Dichtungswerkstoff bietet sich für eine Vielzahl von Anwendungen in der chemischen Industrie an. Er eignet sich für Chemie- und Dampfanwendungen im Temperaturbereich von -270 °C bis +260 °C gleichermaßen und ermöglicht so eine hohe Standardisierung der eingesetzten Dichtungen. Da weder Versprödung noch Alterung auftreten können, ist auch der Einsatz unter Wechsellast unkritisch. Durch die gute Standfestigkeit unter Temperatur sind Dichtungen aus diesem Werkstoff praktisch „nachzugsfrei“. Haupteinsatzgebiet sind Flachdichtungen im Krafthauptschluss für Flanschverbindungen und wegen der hohen Standfestigkeit auch schmalrandige Verschraubungsdichtungen. Für die in der chemischen Industrie ebenfalls verwendeten Kunststoff- und Emailflansche steht ergänzend mit top-chem 2003 ein spezieller Dichtungswerkstoff zur Verfügung. Er zeichnet sich durch eine gute Anpassungsfähigkeit bei den dort üblichen niedrigen Flächenpressungen (< 10 MPa) aus.

Literatur

- [1] EN 1092-1 „Flansche und ihre Verbindungen – Runde Flansche für Rohre, Armaturen, Formstücke und Zubehörteile, nach PN bezeichnet“ (2007-11)
- [2] DIN EN 13555 „Flansche und ihre Verbindungen – Dichtungskennwerte und Prüfverfahren für die Anwendung der Regeln für die Auslegung von Flanschverbindungen mit runden Flanschen und Dichtungen“ (2005-02)
- [3] VDI Richtlinie 2440 „Emissionsminderung Mineralölraffinerien“ (2000-11)