

Regel(ge)recht dicht Abdichtung von axial bewegten Ventilspindeln gemäß TA Luft

Bei der Genehmigung von Anlagen in der Chemie und Prozesstechnik müssen die Vorschriften der TA Luft eingehalten werden. Die Richtlinie legt entsprechende Emissionswerte für alle relevanten Luftschadstoffe fest. Armaturen und Komponenten werden schon unter diesen Voraussetzungen konzipiert und entwickelt. Die Anforderungen an die Dichtungen in Armaturen sind dabei von zentraler Bedeutung.

DiPL.-inG. MIROSLAV DIMITROV

Für Spindeldurchführungen in Regel- und Absperrarmaturen haben sich reibungsarme, selbstnachstellende Dichtringpackungen aus PTFE bewährt. Das Dichtsystem besteht aus einer auf die jeweiligen Betriebsbedingungen abgestimmten Anzahl von V-förmigen Dachmanschetten, eingefasst von je einem Grund- und Schlussring (Abb. 1). Die Bauform bzw. Flexibilität der Dachmanschetten richten sich gleichfalls nach den Betriebsbedingungen (Tabelle). Grund- und Schlussring werden im Falle von Spaltextrusion aus metallischen Werkstoffen ausgeführt.

Der komplette Dichtungssatz wird mit einer kontinuierlichen Federkraft belastet, so dass sich eine gleichmäßige Dichtwirkung einstellt. Der Werkstoff PTFE ist für diesen Einsatzfall durch seinen breiten thermischen Einsatzbereich und die sehr guten Gleiteigenschaften in besonderem Maße geeignet.



Abb. 1: V-manschettenpackung:
Bei der Auslegung der Dichtung ist zur Erfüllung der Kriterien neben der Bauform die Auswahl eines geeigneten Werkstoffes entscheidend.

Kein Stick-Slip-Effekt sowie geringe Losbrechkräfte selbst nach längeren Stillstandzeiten sind weitere Pluspunkte, die für PTFE sprechen.

Spezielle Füllstoffe im PTFE sorgen dabei für eine gute Verschleißfestigkeit und damit für eine lange Lebensdauer der Dichtung. Ein weiterer entscheidender Vorteil dieser Dichtungspackung aus PTFE ist die sehr gute chemische Beständigkeit. Somit ist die Armatur für ein breites Anwendungsspektrum geeignet:

- chemische und petrochemische Industrie,
- Fernwärme und Energieversorgung,
- Lebensmittel- und Aseptikbereich,
- Herstellung industrieller Gase,
- Gebäudeautomation,
- Laboranwendungen und industrielle Forschung,
- Kryotechnik. Harte Füllstoffpartikel im PTFE-Gefüge haben neben den zahlreichen Vorteilen auch

Einsatzgrenzen verschiedener V-Manschetten-Bauarten

Bauart	HN 7001	HN 7002
Gleitgeschwindigkeit	max. 0,5 m/s	max. 0,5 m/s
Temperaturbereich	-200 bis +240 °C	-200 bis +240 °C
Betriebsdruck	max. 300 bar	max. 100 bar

die nachteilige Wirkung, dass die Gegenläufigkeit je nach Betriebsbedingungen beschädigt werden kann. Um die Dichtwirkung über eine lange Lebensdauer hinweg zu gewährleisten, ist es deshalb wichtig, die Qualität der Gegenläufigkeit entsprechend zu gestalten. Hier kommt es in erster Linie darauf an, dass die PTFE-Packung einen gehärteten Gegenlaufpartner hat. Eine geschliffene und nachträglich rollierte Spindeloberfläche mit einer Oberflächengüte von $Rz \leq 1 \mu m$ minimiert zudem den Verschleiß.

Werkstoff ist entscheidend für TA Luft-Anerkennung

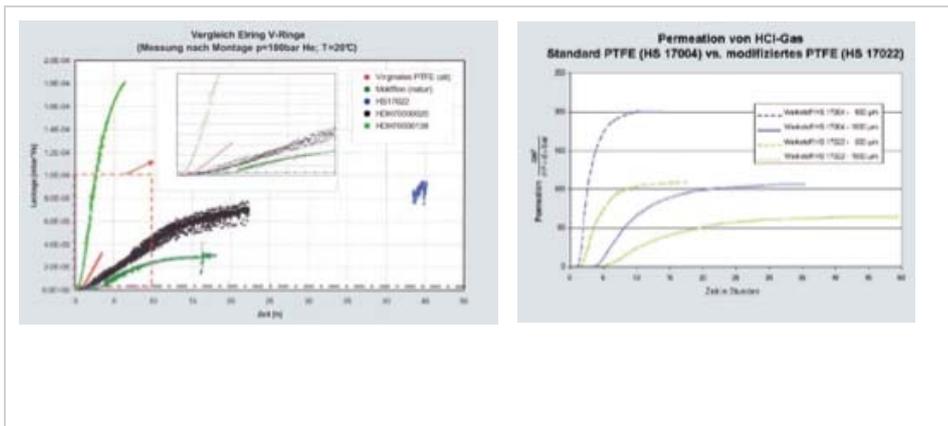
Die Abdichtung der Spindel in einer Regelarmatur ist im Sinne TA Luft als kritische Stelle anzusehen. Hier können unter bestimmten Umständen Emissionen auftreten, welche die zulässigen Höchstwerte überschreiten. Aus diesem Grund wird heute bei der Entwicklung einer Armatur das Augenmerk insbesondere auf die Dichtung gelegt. Die Anforderungen an Absperrung Regelorgane sind nach den Vorgaben der Richtlinien DIN EN ISO 15848 oder TA Luft/VDI 2440 (Nov. 2000) eindeutig festgelegt. Die Leckageraten dürfen demnach bei Verwendung von Dichtringpackungen aus PTFE nach einer Prüfdauer von 24 Stunden einen Grenzwert von $1 \cdot 10^{-4} \text{ mg}/(\text{s} \cdot \text{m})$ bei Temperaturen bis 250 °C nicht überschreiten. Die Einhaltung dieser Vorgaben muss durch eine spezielle Bauartprüfung nachgewiesen werden. Die Prüfung wird mit dem Testgas Helium durchgeführt und erfolgt unter Betriebsbedingungen. Damit wird der Armatur bescheinigt, dass im Betrieb eine bestimmungsgemäße Funktion nach den Richtlinien der TA Luft zu erwarten ist.

Das Emissionsverhalten der Regelarmatur wird nicht alleine durch die Bauform und Geometrie der Manschettenpackung beeinflusst. Neben der Grenzflächenproblematik (Dichtwirkung zwischen relativ zueinander bewegten Flächen) ist die Permeation durch den Dichtungswerkstoff hindurch eine entscheidende Größe, die es zu betrachten gilt. In der Diskussion um Emissionsobergrenzen wird der Zusammenhang zwischen der Leckagerate und der Werkstoffdichte schnell deutlich.

In Abb. 3 sind die Messergebnisse einer Versuchsreihe mit Manschettenpackungen aus verschiedenen PTFE-Typen dargestellt. Im Rahmen der TA Luft-Zertifizierung wurden hier neben einigen ungefüllten Werkstoffen, hier bezeichnet mit Virginales PTFE (StandardPTFE), Moldflon (Thermoplastischer Werkstoff) und HS 17022 (modifiziertes PTFE), je eine Type mit einem organischen und einem anorganischen Füllstoff untersucht.

Die Leckage über die Packungen hinweg ist über die Dauer der Messung durch einen sigmaförmigen Verlauf gekennzeichnet. Dieses Verhalten ist bekannt und wird ursächlich auf die Materialeigenschaften von PTFE zurückgeführt. In zahlreichen Laboruntersuchungen der Werkstoffhersteller wurde dieser Verlauf als charakteristisches Merkmal für die Durchlässigkeit von PTFE nachgewiesen.

Eine wesentliche Verbesserung der Verschleißfestigkeit wird durch mineralische bzw. metallische Füllstoffe, wie Kohle, Graphit, Glas und Kohlefasern und Bronze oder durch organische Füllstoffe erreicht. Die Füllstoffanreicherung trägt jedoch auch zur Lockerung des Werkstoffverbundes bei. Mit zunehmendem Füllstoffgehalt nimmt die Werkstoffdichte des PTFE-Compounds ab. Durch das erhöhte Porenvolumen zwischen den Molekülen im PTFE-Gefüge steigt die Durchlässigkeit des Werkstoffs. Das in den Werkstoff eingedrungene Medium verteilt sich dabei in alle Richtungen.



Es stellt sich nun die Frage welche Möglichkeiten es gibt, die Barrierewirkung der Dichtung zu erhöhen ohne deutliche Einbußen bei der Verschleißfestigkeit in Kauf zu nehmen. Folgende Maßnahmen müssen diesbezüglich in Betracht gezogen werden.

- Verwendung von modifiziertem PTFE anstelle von Standard-PTFE (Abb. 4).
- Erhöhung der Schichtstärke: Abb. 4 zeigt am Beispiel der Permeation von HCl-Gas, dass bei Verdoppelung der Bauteilstärke die Permeation um ca. 50 Prozent reduziert werden kann. Es bleibt daher abzuwägen, ob die Bauraumsituation und die Reibungsverhältnisse eine Hinzunahme weiterer V-Manschetten zur Herabsetzung der Durchlässigkeit der Packung erlauben.
- Die kristallinen Bereiche im PTFE-Gefüge gelten als impermeabel. Der für die Permeation verantwortliche amorphe Anteil im Gefüge wird durch die Abkühlgeschwindigkeit beim Sintervorgang beeinflusst. Eine Absenkung der Abkühlgeschwindigkeit um ca. 40 °C/Stunde hat eine um 20 bis 25 Prozent reduzierte Heliumdurchlässigkeit zur Folge.
- Reduzierung der Einsatztemperatur: Durch Temperaturabsenkung um 12 bis 15 °C lässt sich die Permeationsrate halbieren.

Eine weitere Möglichkeit, die Barrierewirkung der Dichtung zu erhöhen, besteht darin, als Dichtungsmaterial den Werkstoff Moldflon einzusetzen. Moldflon ist ein neuartiger thermoplastischer Werkstoff der in seiner Zusammensetzung weitgehend dem herkömmlichen modifizierten PTFE entspricht. Im Gegensatz dazu ist der Thermoplast jedoch aus der Schmelze verarbeitbar und hat daher so gut wie kein Porenvolumen. Gegenüber PTFE erweist sich Moldflon als ein Werkstoff mit deutlich erhöhter Barrierewirkung. Dies geht auch aus den bisherigen Heliumleckageuntersuchungen im Rahmen der TA luftThematik (Abb. 3) deutlich hervor.

Durch Zugabe geeigneter Füllstoffe lassen sich die ohnehin guten Festigkeitswerte des Werkstoffs weiter erhöhen. Dies ist insbesondere für Bauteile die hohen Druckbelastungen bei gleichzeitig hohen Temperaturen ausgesetzt sind von hohem Nutzen. Darüber hinaus bewirkt dies eine Verbesserung des Abriebverhaltens. Die Abrieb mindernde Wirkung des Füllstoffes ist deutlich höher als bei entsprechenden Compounds auf Basis von PTFE. In Anbetracht dieser Vorteile bietet sich Moldflon als eine mögliche Werkstoffalternative für Dichtungen in Regelund Absperrarmaturen an.
