

Die Autoren:
Dipl.- Ing (FH) Walter Schuhmacher und
Dr. Michael Schlipf, ElringKlinger
Kunststofftechnik GmbH,
Heidenheim - BietigheimBissingen

Füllstoffe sorgen für Variabilität

Maßgeschneiderte Werkstoffe auf Basis von PTFE und modifiziertem PTFE

Produkte aus Polytetrafluorethylen (PTFE/TFM) und PTFE/TFM-Compounds kommen in nahezu allen Bereichen der Technik zum Einsatz - in der Automobilindustrie und im Anlagen- und Maschinenbau ebenso wie in der Elektroindustrie und in der Medizintechnik. Individuell lassen sich diese Werkstoffe auf das jeweilige Anwendungsprofil einstellen.



Der nach wie vor wichtigste Vertreter der vollfluorinierten Materialien ist PTFE, ein teilkristalliner Werkstoff aus Tetrafluorethylen (TFE). Die Schmelztemperatur liegt bei 327 °C. Auf Grund des sehr hohen Molekulargewichtes von bis zu 10^8 g/mol ist die Schmelzviskosität jedoch so hoch, dass eine Verarbeitung nur nach

speziellen Press- und Sintertechniken oder durch die sogenannte Pastenextrusion möglich ist. Die wichtigsten Eigenschaften von PTFE sind: Nahezu universelle Chemikalienbeständigkeit; Einsatztemperatur von -250 °C bis +250 °C; keine Wasseraufnahme; unbegrenzt witterungsbeständig; keine Versprödung, kein Altern und hohe Antiadhäsivität. Außerdem besitzt PTFE den niedrigsten Reibungskoeffizienten aller festen Stoffe sowie ausgezeichnete dielektrische Eigenschaften. Durch Copolymerisation mit einer geringen Menge eines ebenfalls perfluorierten Modifiers, Perfluorpropylvinylether (PPVE) und Absenkung des Molekulargewichtes entsteht ein neues Produkt, das zwar noch nach den für PTFE üblichen Methoden verarbeitet wird, das aber ein nochmals verbessertes Eigenschaftsprofil aufweist. Hier sind vor allem der reduzierte Kaltfluss und die verringerte Permeation, sowie das reduzierte Porenvolumen und der niedrigere Stretch-Void-Index (SVI) zu benennen. Der SVI beschreibt die Tendenz des Werkstoffes, bei der Reckung Poren zu bilden.

Die Rolle von Füllstoffen

PTFE und TFM-PTFE durchläuft bei der Verarbeitung einen Sinterschritt, bei dem eine maximale Temperatur von ca. 370 bis 380 °C erreicht wird. Es können deshalb nur hochtemperaturbeständige Füllstoffe eingesetzt werden. Typische anorganische Füllstoffe sind Glasfasern, Kohle (Pulver/Fasern), Graphit, Bronze, Molybdändisulfid, Stahlpulver, Aluminiumoxid, Calciumfluorid und Glimmer. Organische

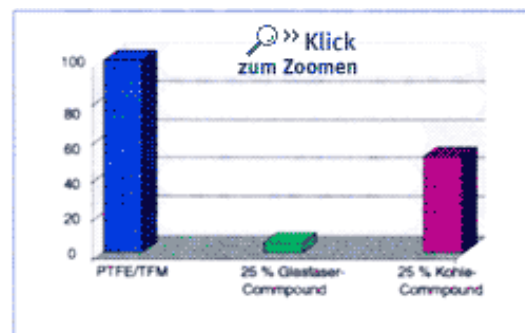


Bild 2: Vergleich von Abrieb I Verschleiß (in $\text{cm}^3/\text{N m}$)

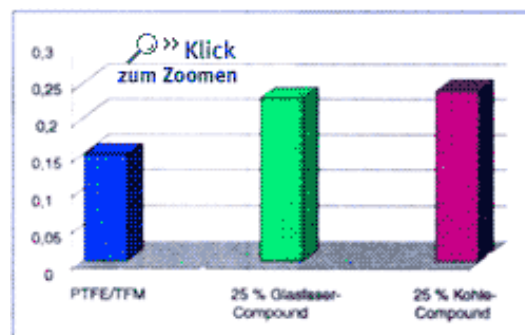


Bild 3: Vergleich der statischen Reibungskoeffizienten



Bild 4: Der Kaltfluß von PTFE/TFM-Compounds lässt sich durch FÜLLstoffvariation variieren

Füllstoffe mit hoher Temperaturbeständigkeit sind Polyimid P1, Polyphenylsulfid PPS, Polyamidimid PAI, Polyetheretherketon PEEK, Polyphenylsulfon PPSO₂ Aromatischer Polyester und Aramid.

Die Hauptaufgabe der Füllstoffe in PTFE Compounds ist die Reduzierung des Abriebes bei dynamischen Anwendungen im Kontakt mit einem Gegenlaufpartner (Bild 2) und die Reduzierung des für PTFE typischen Kaltflusses bei Druckbelastung (Bild 4). Da Compounds üblicherweise einen höheren Reibungskoeffizienten aufweisen als PTFE oder TFM-PTFE ungefüllt (Bild 3), ist es häufig erforderlich, zur Verminderung der Reibung einen zusätzlichen 'internen Schmierstoff' zuzusetzen. Typische anorganische Füllstoffe, die diese Funktion erfüllen, sind Grafit und Molybdändisulfid. Organische Füllstoffe erhöhen den Reibungskoeffizienten deutlich weniger als dies für anorganische Füllstoffe der Fall ist; deshalb kommen organisch gefüllte PTFE Compounds zumeist ohne zusätzliches Schmierstoffadditiv aus.

Schon bei ausschließlicher Betrachtung der Füllstoffe beobachtet man sowohl synergistische als auch gegenläufige Effekte. Noch komplexer werden die Zusammenhänge, wenn man die PTFE/TFM-Matrix mit in die Überlegungen mit einbezieht (Tabelle).

Zwei Fallstudien

Sitzringe und Dichtelemente für Absperrarmaturen in der Chemischen Industrie: Um bei hohem Druck und Temperatur ein sicheres Abdichten der Armatur zu gewährleisten, ist ein Werkstoff mit niederm Kaltfluß gefordert, der eine möglichst universelle Chemikalienbeständigkeit aufweist. Bei hohen Schaltwechselzahlen werden diese Anforderungen noch erweitert durch eine hohe Abriebbeständigkeit.

Einflussgröße	Mechan. Eigenschaft	Kaltfluss	Reibungskoeffizient	Abrieb	Chemikalienbeständigkeit	Ausdehnungskoeffizient	Therm. Leitfähigk.
Matrix PTFE => TFM	➔	➡	➔ ➡	➔	➔ ➡	➔	➔
Füllstoff Anorg./org.	➡	➡	➡	➡ ➡	➡	➡	➡

Tabelle: Einflüsse von Füllstoffen auf das Eigenschaftsprofil

Ein niedriger Kaltfluß läßt sich erreichen durch Verwendung von modifiziertem PTFE in Verbindung mit einer hohen Füllstoffbeladung. Je höher der Füllstoffgehalt gewählt wird, umso mehr werden sich die Schaltkräfte aufgrund des erhöhten Reibungskoeffizienten erhöhen und umso geringer wird die Abriebrate des Dichtelementes sein. Letzteres wirkt sich positiv auf die Lebensdauer aus. Gegenlaufpartner bei diesen Armaturen ist typischerweise Edelstahl. Füllstoffe schränken allerdings die nahezu universelle Chemikalienbeständigkeit des Matrixwerkstoffes ein, erhöhen die Permeationsrate durch den Werkstoff und sind hemmend oder prohibitiv bei speziell erforderlichen Zulassungen, z. B. BGVV oder FDA.

In der Praxis bewährt sich deshalb bei diesen Anwendungen zunehmend modifiziertes PTFE, TFM-PTFE, das nur dann mit einem Füllstoff verstärkt wird, wenn die Anzahl der Schaltzyklen und die daraus resultierende Abriebfestigkeit dies erfordern. Füllstoffe der Wahl können sein: Glasfasern oder Kohle.

Dichtring in der Automobilanwendung in Aluminiumaggregaten: Extrem hohe Laufleistung, minimale Reibkräfte, nahezu Verschleißfreiheit und möglichst schonende Behandlung des weichen Gegenlaufpartners sind typische Anforderungsprofile. Minimaler Verschleiß bei hohen Laufleistungen läßt sich nur über den Einsatz von Füllstoffen erzielen. Die Entscheidung, ob PTFE oder modifiziertes PTFE eingesetzt wird, spielt keine nennenswerte Rolle. Wegen der Forderung zur Schonung des weichen Gegenlaufpartners können nahezu alle anorganischen Füllstoffe ausgeschlossen werden. Die Entscheidung muss auf ein organisches Hochleistungspolymer oder Kohlefaser fallen. Bei Kombination verschiedener organischer Füllstoffe ist es zudem von Vorteil, wenn eine Komponente die Stabilisierungsfunktion übernimmt, stabilisierend gegen Deformation und Abrieb, und die andere Komponente den Reibungskoeffizient vermindert. Typische Produktbeispiele sind:

- Wellendichtungen mit PTFE-Dichtlippen für den Maschinen- und Kraftfahrzeugbau,
- Federunterstützte Nutringe und Memory-Manschetten als Dichtungen in der Hydraulik-Pneumatikindustrie,
- PTFE als Membran- und Faltenbalgwerkstoff für die chemische Industrie, Lackiertechnik, Pharma- und Lebensmittelindustrie,
- Ummantelungen von Kolben, Walzen und Heizelementen als Abrieb- beziehungsweise Korrosionsschutz,
- Isolierwerkstoff für die Elektronik und Elektrotechnik,
- Schläuche für die chemische Industrie, Lackiertechnik und Medizintechnik,
- Isostatisch gepresste Formkörper,
- Lamine und Folien.

Zulassungen

Beim Einsatz von PTFE bzw. PTFE-Compounds in der Medizin-, Pharma- oder Lebensmittelindustrie werden hohe Hygiene-Anforderungen, Sterilisierbarkeit und physiologische Unbedenklichkeit gefordert. Da ungefülltes PTFE physiologisch neutral ist, erfüllt es die Lebensmittelzulassungen nach BGVV bzw FDA problemlos. Auch viele unserer Compounds haben eine BGW-Freigabe bzw. besitzen eine FDA-Konformität. Sehr positiv weist sich in diesem Zusammenhang die Beständigkeit gegen Heißdampf aus, so dass PTFE Teile sehr gut sterilisiert werden können.

Speziell für den medizinischen Einsatz sind aus dem Bereich der Biokompatibilitätsprüfungen besonders die Zytotoxizitätsprüfung und die Prüfung auf kontaktallergene Eigenschaften (Sensibilisierung) zu nennen. Mehrere der PTFE Typen von ElringKlinger Kunststofftechnik besitzen diese Zulassungen..

ElringKlinger Kunststofftechnik GmbH
 Etzelstraße 10
 D-74321 Bietigheim - Bissingen

Tel: +49-(0)7142-583-0
 Fax: +49-(0)7142-583-200
 Email: info@elringklinger-kunststoff.de