

## **PolyTetraFluoroEthylen (PTFE)**

Das Material hat aufgrund seiner starken C-F Bindung eine außergewöhnliche Beständigkeit gegen nahezu alle bekannten Chemikalien.

PTFE zeigt eine Reihe von einzigartigen Eigenschaften:

- nahezu universelle chemische Beständigkeit (Ausnahmen: elementares Fluor, CF<sub>3</sub>, geschmolzene Alkalimetalle)
- unlöslich in allen Lösungsmitteln unterhalb 300 ° C
- hohe Einsatztemperaturen (Temperaturbeständigkeit bis 250 ° C)
- sehr geringe Haftfähigkeit
- sehr niedrige Reibungszahl
- extrem hydrophob
- physiologisch inert, Schadstoff frei
- sehr gute elektrische (hoher Widerstand) und dielektrische (sehr niedrige Dielektrizitätszahl und Verlustfaktor) Eigenschaften
- nicht brennbar
- witterungsbeständig (UV-beständig)
- gute mechanische Eigenschaften: obwohl elastisch, leicht zu verarbeiten

## **Warum PTFE - compounds?**

Obwohl PTFE bemerkenswerte Eigenschaften hat, kann es in verschiedenen Anwendungen nicht als Dichtungsmaterial verwendet werden. Der Einsatz von Füllstoffen und PTFE verändern die Eigenschaften des Materials, damit es in verschiedenen/mehreren Anwendungen eingesetzt werden kann.

Die folgenden dichtungsrelevanten Eigenschaften können durch Füllstoffe zur Verbesserung des Anwendungsbereiches beeinflusst werden:

- Verschleißwiderstand wird erhöht und der Abrieb verringert
- Verbesserung des Kriechverhaltens und der Spannungsrelaxation, die Wärmeformbeständigkeit erhöht sich gleichzeitig.
- Wärmeleitfähigkeit kann bis zu einem Faktor 3 bis 5 erhöht werden
- abhängig von der Menge des Füllstoffes kann der thermischen Ausdehnungskoeffizient bis zum Faktor 5 verringert werden
- der entsprechende Füllstoff ist in der Lage die elektrischen Eigenschaften von PTFE zu verändern

PTFE-Verbindungen sind in der Regel mit 5-40% der Füllstoffe modifiziert. Ein Füllstoffanteil <5 macht keinen großen Unterschied, aber Pigmente können immer noch zu einer wesentlichen Verbesserung der Eigenschaften führen. Füllstoffanteile >40% können weitere Verbesserungen in den Eigenschaften des Materials bringen.

Die Füllstoffe sind nach ihrer Strukturen hier angeführt:

- **kugelförmige Füllstoffe**  
Zum Beispiel: Bronze als kugelförmige oder einzelne Teile mit einer unregelmäßigen Struktur, Teile mit einer Partikelgröße < 60 µm
- **aus Pulver gebildete Füllstoffe**  
Zum Beispiel: Kohlenstoff-Pulver mit unregelmäßigen Partikelgrößen zwischen 5 und 150 µm Durchmesser

- **aus Fasern gebildete Füllstoffe**  
Glas in verschiedenen Längen mit 10 µm Durchmesser, Kohlefaser oder verschiedene Mineralfasern

### Welche Art von Füllstoffen?

Praktisch jedes Material, das bei PTFE-Sinter-Temperatur stabil bleibt, kann als Füllstoff verwendet werden. Die Eigenschaften der Compounds werden durch die charakteristische Partikelgröße, Formen, chemische Zusammensetzung der Füllstoffe und die Verarbeitungsparameter beim Sintern bestimmt.

Die essentiell wichtigsten Eigenschaften von allgemein modifizierten PTFE Dichtung compounds:

- **Glasfaser**  
Glasfasern werden häufig als Füllstoffe verwendet. Sie verbessern das Kriechverhalten von PTFE bei niedrigen und bei hohen Temperaturen und ist chemisch stabil (außer bei starken Laugen und Flusssäure). Der Einfluss auf die elektrischen Eigenschaften ist gering, Verschleiß- und Reibungsverhalten werden verbessert.  
  
Anwendung: Hydraulikdichtungen im mittleren Druckbereich. Als Alternative für eine Glasfaserfüllung ist es auch möglich, mineralische Füllstoffe zu verwenden. Sie sind weicher und weniger abrasiv, haben aber eine geringere Formschlüssigkeit.
- **Kohlenstoff** Amorpher Kohlenstoff ist der beste chemikalienbeständige Füllstoff, außer in stark oxidierenden Bereichen, in denen Glas eine bessere Lösung ist. Kohlenstoff verbessert die Kriechfestigkeit, daraufhin erhöhen sich Härte und Wärmeleitfähigkeit. Außerdem ergibt es hervorragende Verschleißigenschaften in Kombination mit Graphit. Er ist auch häufig als Standard-Compound für Rotation und dynamische Dichtungen in der Hydraulik bei etwa 30 MPa. Für Wasser- und Meerwasser Verwendung ist es möglich, dass ein Teil des Graphites zu galvanischer Korrosion führt.
- **Kohlefaser** Durch die Beimischung von Kohlefaser verändert PTFE seine physikalischen Eigenschaften in der gleichen Weise wie bei Glasfaser: kleinere Druckverformung, höhere Druck- und E-Modul sowie größere Härte.  
Eine kleinere Menge von Kohlefasern hat die gleiche Wirkung wie eine größere Menge von Glasfasern. Kohlefasern sind chemisch neutral und sind auch resistent gegen starke Laugen und Flusssäure. PTFE-Verbindungen mit Kohlenstofffasern haben eine höhere thermische Leitfähigkeit und einen geringeren Wärmeausdehnungskoeffizient als Verbindungen mit der gleichen Menge von Glas, sie sind aber leichter.  
Gute Verschleißigenschaften.  
  
Anwendungen: Rotation-, Kolben- und Stangen-Dichtungen in Kombination mit verschiedenen Füllstoffen
- **Bronze** Bronze gefülltes (90/10 Cu/Sn) PTFE hat, durch seine verschiedenen Verbindungen, eine geringere Extrusionsneigung bei verbesserten Gleiteigenschaften und Verschleißigenschaften. Nicht geeignet sind Bewegungen mit hohe Frequenzen und kleinen Amplituden. Erfordert gutes Schmieren.
- **Molybdändisulfid (MoS<sub>2</sub>)** MoS<sub>2</sub> verbessert die Härte und Steifigkeit und vermindert die Reibung. Es beeinflusst die elektrischen Eigenschaften jedoch in einem sehr geringen Maß. Es zeigt keine chemischen Reaktionen und löst sich nur in stark oxidierenden Säuren. Normalerweise wird es in kleinen Proportionen und in Verbindung mit anderen Füllstoffen verwendet.
- **Organische Füllstoffe** Organische Füllstoffe kommen mehr und mehr (auch bei sehr

verschleiß-festen Polymeren) als Füllstoffe zur Anwendung. Im Vergleich zu z. B. Kohlenstoff-Pulver oder Glasfasern sind die Verschleiß-Eigenschaften wesentlich verbessert. Die Metall-Gegenauflfläche zeigt keine Schäden. Obwohl mit Druckbeaufschlagung müssen höheren Leckage-Werte erwartet werden.

- **Pigmente** Pigmente werden als Farbstoffe eingesetzt und haben praktisch keinen Einfluss auf die Materialeigenschaften.

COMPOUND	EIGENSCHAFTEN	ANWENDUNGEN
PTFE-virgin DMH PTFE virginal	nahezu universelle chem. Beständigkeit, sehr gute Gleiteigenschaften, hohe Temperaturbeständigkeit, gute dielektrischen Eigenschaften	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chem. Apparatebau,</li> <li>• Isolierteile für die Elektrotechnik und Elektronik,</li> <li>• Federunterstützter Nutring</li> </ul>
PTFE mit Glas DMH PTFE I	Druckbeständig, gutes Verschleißverhalten, gute chem. Beständigkeit, bessere Wärmeleitfähigkeit, gute dielektrische Eigenschaften, nicht für weiche Gegenauflflächen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wellendichtungen,</li> <li>• Konstruktionsteile für Chemie und Lebensmittelindustrie,</li> <li>• Dichtkegel und Ventilsitze, Isolierteile</li> </ul>
PTFE mit Kohle DMH PTFE Carbon	hohe Druckfestigkeit und Härte, gute Gleit- und Verschleiß-eigenschaften, gute Wärmeleitfähigkeit, weitgehende chemische Beständigkeit, elektrisch leitend, antistatisch	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dicht- und Führungselemente für Kompressoren und Verdichter, Gleitlager, Wellendichtungen</li> <li>• Nutring</li> </ul>
PTFE mit Bronze DMH PTFE II	geringer Kaltfluß, hohe Druckfestigkeit, gute Wärmeleitfähigkeit, gute Gleit und Verschleiß-Eigenschaften	Hydraulikzylinder, Führungsringe und Dichtungen
PTFE mit Graphit DMH PTFE Grafit	gute Gleiteigenschaften, niederer Reibungswert, gute el. Leitfähigkeit, gute Wärmeleitfähigkeit, sehr gute chemische Beständigkeit, antistatisch	Nutringe, Radialwellendichtungen
PTFE mit Polymer DMH PTFE Ekonol	gutes Verschleißverhalten, geringe Extrusion, gute Trockenlaufeigenschaften	Rot. Anwendungen, Dichtungen für weiche Oberflächen