

Fluorpolymere Eigenschaften und Herstellung

Fluorpolymere PTFE –der Ingenieurwerkstoff mit Potenzial

Polytetrafluorethylen, kurz PTFE ist ein moderner Hochleistungskunststoff der in einem weiten industriellen Umfeld Anwendung findet. Bekannt ist dieser Kunststoff auch unter Handelsnamen wie Teflon®, Dyneon™ oder Fluon®. Berghof fertigt aus diesem Werkstoff Aufschlussbehälter für die Probenvorbereitung in der Spurenanalytik sowie Inliner für Hochdruckreaktoren in der Forschung und Entwicklung.

Überzeugende Eigenschaften

Maßgeblich für den Erfolg des Kunststoffes PTFE sind seine besonderen technischen Eigenschaften.

PTFE Produktmerkmale

- Weiter Temperaturbereich von -200 °C bis +260 °C
- Universelle chemische Resistenz, selbst gegen aggressive Säuren wie Königswasser
- Ausgezeichnete, dielektrische Eigenschaften
- Hohe Hydrophobizität
- Extrem antihaftend
- Niedrige Brechzahl von ~1,38
- Physiologisch unbedenklich
- Hervorragend mechanisch bearbeitbar

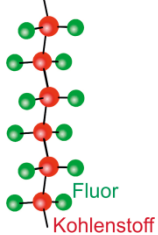
TFM™ PTFE –ein PTFE zweiter Generation

Unter der Markenbezeichnung TFM™-PTFE bietet der Hersteller Dyneon ein so genanntes PTFE zweiter Generation an. Bei diesem ist in die lineare Kette des Polymers ein Modifier in geringen Mengen eingebaut. Diese modifizierte Variante wird wie herkömmliches PTFE verarbeitet, weist aber ein deutlich verbessertes Eigenschaftsprofil auf. Die chemische Beständigkeit, die thermische Stabilität und der breite

Temperatureinsatzbereich sind mit dem von Standard-PTFE vergleichbar. Das modifizierte PTFE besitzt jedoch eine deutlich reduzierte Schmelzviskosität, eine erheblich verringerte Mikroporosität und einen niedrigeren Stretch-Void-Index (SVI). Daraus resultieren porenfreie Bauteile mit niedriger Permeabilität. Die Permeationsrate von Gasen ist deutlich geringer als bei unmodifiziertem PTFE und liegt nur wenig über der von PFA. Durch die Modifizierung ergeben sich weitere positive Eigenschaften. So sind beispielsweise die Verschweißbarkeit und auch die Oberflächenbeschaffenheit gegenüber herkömmlichem PTFE deutlich verbessert.

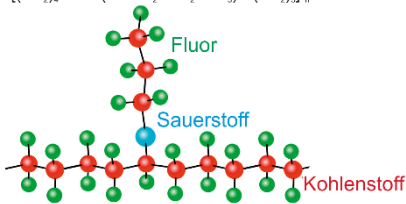
PTFE Struktur

Polytetrafluorethylen (PTFE) ist ein lineares Polymer mit der Formel: $-(CF_2 - CF_2)_n-$ und einem Molekulargewicht zwischen 10^5 und 10^7



Modifiziertes TFM™ PTFE

TFM™ PTFE ist ein verzweigtes Polymer mit der Formel: $-[(CF_2)_x - CF(-O-CF_2-CF_2-CF_3) - (CF_2)_y]_n-$



PTFE und modifiziertes PTFE (TFM™-PTFE)

Verarbeitungskompetenz

Berghof verarbeiten beide Grundstoffe, PTFE und TFM™PTFE einschließlich deren Compounds zu einer Vielzahl von Halbzeugen und Fertigteilen.

Neben den herkömmlichen Fertigungs- und Bearbeitungstechniken verfügt Berghof über besondere Kenntnisse und Fähigkeiten beim isostatischen Pressen und bei der Herstellung von porösem PTFE.

Die Herstellung von Halbzeugen aus PTFE erfolgt durch Extrusion oder durch Pressen. Beim Pressen werden üblicherweise zwei verschiedene Verfahren angewandt. Beim einachsigen Pressen wird das PTFE-Pulver in einer Richtung, beim isostatischen Pressen von allen Seiten gleichmäßig verdichtet.

Die Verarbeitung von PTFE und TFM™PTFE durch Pressen erfolgt in den Verfahrensschritten Verdichten – Sintern – Abkühlen. Durch die Verarbeitung werden Molekulargewicht, Kristallinität und Porengehalt der Formteile und damit deren Qualität wesentlich beeinflusst. Dem Pressen kommt dabei als erstem Verfahrensschritt eine zentrale Bedeutung zu. Fehler, die

dabei entstehen, können in den nachfolgenden Verfahrensschritten nicht mehr korrigiert werden. Um eine optimale Verdichtung und damit beste Materialeigenschaften zu erzielen, wird auf die Methode des isostatischen Pressens gesetzt – ein Verfahren, das von Berghof bereits vor mehr als 50 Jahren entwickelt wurde.



PTFE vor dem Sintern

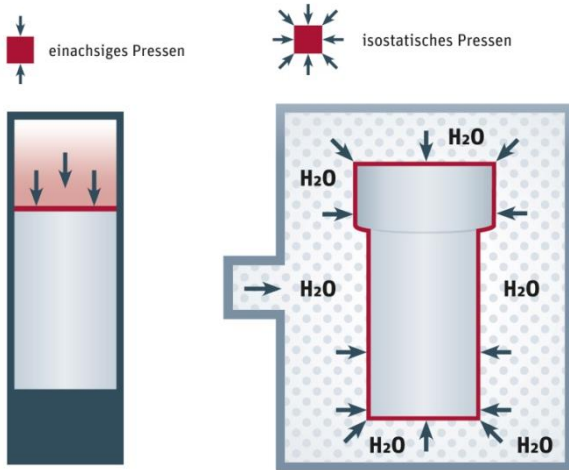
Das Isostatische Pressen gestattet die Fertigung von Teilen mit anspruchsvoller, geometrischer Formgebung, die mit herkömmlichen Pressverfahren nicht erreichbar ist. Eine Variante des isostatischen Pressens wird zur Herstellung hochreiner Gefäße genutzt, wie sie beispielsweise in der Spurenanalytik benötigt werden. Dabei wird das TFM™PTFE- Pulver auf einen der Gefäßform entsprechenden Kunststoffdorn aufgespresst. Durch dieses Verfahren ist eine abschließende mechanisch Nachbearbeitung der Gefäße nicht mehr erforderlich und Kontaminationen der Gefäße durch den Abrieb der metallischen Bearbeitungswerkzeuge sind ausgeschlossen.

Isostatisches Pressen

Beim konventionellen, einachsigen Pressverfahren wird das Material in der Regel in einer Form mit einem Stempel vertikal verdichtet. Aufgrund der einseitigen Druckbeaufschlagung und der inneren Reibung erhält man eine inhomogene Verdichtung des Materials.

Beim Isostatischen Pressverfahren hingegen wirkt die Kraft über ein hydraulisches Medium gleichmäßig und gleichzeitig aus allen Raumrichtungen auf das Material ein und verdichtet es homogen. Dadurch wird eine optimale Verdichtung erzielt, woraus geringste Porosität, eine verbesserte Oberflächenstruktur sowie höchste Zug- und Druckfestigkeit resultieren. Vorzugsrichtungen werden nicht ausgebildet und isotrope Materialeigenschaften bleiben erhalten. Insbesondere die Zug- und Druckfestigkeit des Materials ist in allen Raumrichtungen gleichmäßig gegeben. In der Praxis wird eine mit PTFE- oder TFM™PTFE- Pulver gefüllte und anschließend flüssigkeitsdicht verschlossene Gummiform in den Druckbehälter

einer Pressenanlage gebracht. Der Druck, der über die Flüssigkeit im Druckbehälter allseitig auf die Gummiform wirkt, komprimiert das eingeschlossene PTFE-Pulver gleichmäßig. Nach dem Pressen wird das PTFE-Presteil aus der Gummiform entnommen und im Ofen einem Sinterzyklus unterzogen.



Pressverfahren im Vergleich

Qualitätsvorteile durch Isostatisches Pressen

Die Vorteile des Isostatischen Pressens lassen sich mittels REM-Aufnahmen unter entsprechender Vergrößerung verdeutlichen. Im einachsiger gepresstem PTFE erkennt man bei 100-facher Vergrößerung noch die Granulat-Partikel des Ausgangsmaterials.

Isostatisch gepresstes PTFE weist demgegenüber eine deutlich gleichmäßigere Oberflächenstruktur auf. Sie entspricht in etwa der von einachsiger gepresstem TFM™PTFE. Mit isostatisch gepresstem TFM™PTFE erzielt man dagegen eine deutlich feinere und glattere Struktur.

Bei 2.500-facher Vergrößerung werden in einachsiger gepresstem Material zudem Fehlstellen sichtbar die in isostatisch gepresstem TFM™PTFE nicht mehr auftreten.

Comparison of PTFE vs TFM™-PTFE				
Material	PTFE		TFM™-PTFE	
Compression-molding technique	Single axis	Isostatic	Single axis	Isostatic
Density (g/cm³)		2.15	2.16	2.16
Tensile strength (N/mm²)	38.9	41.3	44.0	45.1
Elongation at rupture	289	333	484	489
REM image 100-fold magnification				
REM image 2500-fold magnification				

Vergleich PTFE und TFM™-PTFE

Druckgefäße aus Fluorpolymeren:

Eine besondere Kernkompetenz von Berghof ist die Herstellung von Druckgefäßen aus oder in Kombination mit Fluorpolymeren. Das isostatische Pressen ist Grundvoraussetzung, um Druckgefäße ohne Stützmantel aus hochreinem TFM™PTFE fertigen zu können. Die nach diesem Verfahren hergestellten Gefäße zeichnen sich durch hohe Reinheit des Materials und eine lange Lebensdauer von mind. 3 Jahren aus.

Blindwertkonzentration Berghof Aufschlussgefäße (Blindaufschluss mit 10mL HNO ₃ , 200°C, 15 min)	
Element	Konzentration [µg/L] (ppb)
Ag	<0,025
Al	<0,1
As	<0,025
Ba	<0,05
Be	<0,25
Bi	<0,025
Ca	<0,2
Cd	<0,025
Co	<0,025
Cr	<0,05
Cu	<0,025
Hg	<0,25
Fe	<0,1
K	<0,5
Li	<0,025
Mg	<0,1
Mn	<0,05
Na	<0,1
Ni	<0,025
Pb	<0,05
Sr	<0,025
U	<0,001
V	<0,025
Zn	<0,1