

Moldflon®

Die neue Dimension in der PTFE-Verarbeitung



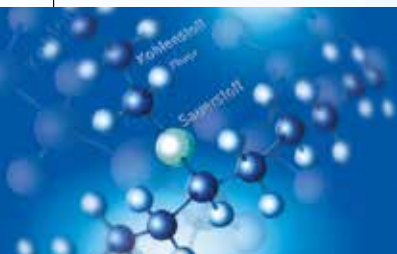
elringklinger
Kunststofftechnik

Moldflon® – das thermoplastisch verarbeitbare PTFE: Eigenschaften und Anwendungen

Seite 4–17

Seite 18–19

Seite 20–23



Basiseigenschaften
Spezielle Eigenschaften
DMTA-Daten, Werkstoffpositionierung

Verarbeitungstechnologien
Spritzgießen, Extrusion,
Faserspinnen, Kalandrieren,
Thermoformen, Transfer-
Moulding

Anwendungen
Automobilindustrie,
Medizintechnik,
Elektrotechnik, Chemie-
technik



Innovationen aus Kunststoff

Mit Dichtungen und Konstruktionselementen ist ElringKlinger Kunststofftechnik seit mehr als 50 Jahren einer der Technologieführer. Für unsere Kunden auf der ganzen Welt entwickeln und produzieren wir individuelle und praxisgerechte Lösungen aus PTFE bzw. PTFE-Compounds und anderen Hochleistungskunststoffen sowie PTFE-Verbundteile mit anderen Kunststoffen oder mit Metallen. Unsere Lösungen erfüllen die härtesten Anforderungen in der Praxis – wirtschaftlich und sicher.

Moldflon® – maßgeschneiderter thermoplastischer Werkstoff für wirtschaftliche Verarbeitung

Moldflon® ist ein neuartiger thermoplastischer Werkstoff, der in seiner Zusammensetzung weitgehend dem herkömmlichen modifizierten Polytetrafluorethylen (PTFE) entspricht. Im Gegensatz dazu ist der Thermoplast jedoch aus der Schmelze verarbeitbar – ein ganz erheblicher Vorteil in puncto Wirtschaftlichkeit und Verarbeitbarkeit bei PTFE-Großserien.



Technische Beratung

Gerne unterstützen wir Sie bei der Auswahl Ihres optimalen Werkstoffes. Damit Sie für Ihr Anwendungsgebiet maßgeschneidert die funktionalste und wirtschaftlichste Lösung erhalten.

Qualitäts- und Umweltpolitik

Spitzenqualität und aktiver Umweltschutz sind Voraussetzungen für den nachhaltigen Erfolg von ElringKlinger Kunststofftechnik am Markt. Deshalb sind wir zertifiziert nach ISO/TS 16949 und DIN EN ISO 14001.

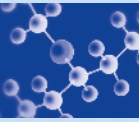


Kohlenstoff

Kohlenstoff
Fluor

Sauerstoff

Moldflon® – der innovative thermoplastische Werkstoff



Durch seine thermoplastische Verarbeitbarkeit erschließt Moldflon® neue Anwendungsmöglichkeiten für PTFE – so sind auch aufwendige, durch Zerspanung bisher schwer oder nicht herstellbare Bauteilgeometrien realisierbar. Die Innovation bei Moldflon® besteht darin, dass

es im Gegensatz zu PTFE schmelzverarbeitbar ist – eine neue Dimension in puncto Wirtschaftlichkeit und Verarbeitung von PTFE-Großserien.



Auch die Extrusion von Endlosprofilen, Fasern und Folien sowie die Fertigung von Teilen nach dem Transfer-Moulding-Verfahren sind möglich. Moldflon® erlaubt wirtschaftliche Systemlösungen nicht zuletzt durch weitgehende Vermeidung von Abfall, der bei der spanabhebenden Verarbeitung von PTFE unumgänglich ist.

Thermoplastverarbeitung

Hohe Wirtschaftlichkeit durch:

- Maßgeschneiderte Formgebung
- Großserienproduktion
- Kurze Durchlaufzeiten
- Angussrecycling
- Schonenden Ressourcenverbrauch
- Geringen Betreuungsaufwand
- Hohe Prozesssicherheit/-stabilität

PTFE herausragende Eigenschaften:

- Hochtemperaturbeständig
- Nahezu universell chemikalienbeständig
- Licht- und witterungsbeständig
- Sehr gute Gleiteigenschaften
- Anti-adhäsiv
- Nicht brennbar
- Elektrisch isolierend
- Physiologisch unbedenklich

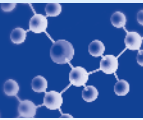
Basiseigenschaften

Physikalische Kennwerte im Vergleich: PTFE, modifiziertes PTFE, Moldflon®, PFA, MFA, FEP

Moldflon® zeichnet sich durch ein ausgewogenes Eigenschaftsspektrum aus. Im Umfeld der vollfluorierten PTFE- und Thermoplastprodukte nimmt es einen Platz zwischen modifiziertem PTFE und PFA ein. Mit einem Schmelzpunkt im Bereich zwischen 324 °C und 315 °C schließt es unmittelbar an modifiziertes PTFE an.

Physikalische Eigenschaften von vollfluorierten Kunststoffen

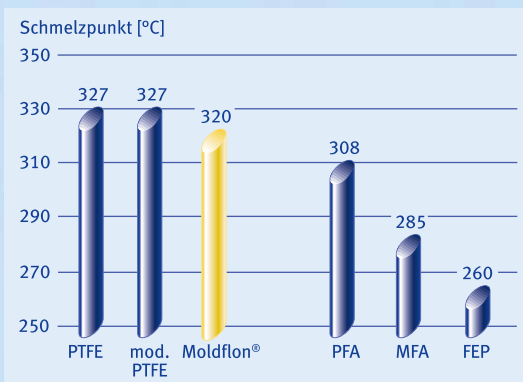
Eigenschaft	Einheit	PTFE	Mod. PTFE	Moldflon®	PFA	MFA	FEP
Allgemein							
Dauergebrauchstemperatur	°C	260	260	260	250	250	205
Spezifische Dichte	g/cm ³	2,13–2,20	2,13–2,19	2,14–2,18	2,12–2,17	2,12–2,17	2,12–2,17
Brennbarkeit	UL Brand-klasse	V-0	V-0	V-0	V-0	V-0	V-0
Sauerstoffindex	%	>95	>95	>95	>95	>95	>95
Wasseraufnahme	%	<0,01	<0,01	0,01	0,03	<0,03	<0,01
Thermisch							
Schmelzpunkt	°C	327	327	315–324	300–310	280–290	253–282
Wärmeleitfähigkeit	W/K x m	0,22–0,23	0,22–0,23	0,22–0,23	0,22	0,22	0,2
Wärmeausdehnungskoeffizient	1/K x 10 ⁻⁵	12–17	12–17	12–16	10–16	12–20	8–14
Spezifische Wärme bei 23 °C	KJ/kg x m	1,01	1,01	1,03	1,09	1,09	1,17
Mechanisch							
Reißfestigkeit bei 23 °C	MPa	29–39	29–39	23–32	27–32	22–36	19–25
Reißdehnung	%	200–500	300–600	150–450	300	300–360	250–350
Zug-E-Modul bei 23 °C	MPa	400–800	650	400–630	650	440–550	350–700
Shorehärte D		55–72	59	55–65	60–65	59	55–60
Reibungskoeffizient dyn. Stahl, trocken		0,05–0,2	0,05–0,2	0,05–0,2	0,2–0,3	0,2–0,3	0,2–0,35
Elektrisch							
Spez. Durchgangswiderstand	Ohm x cm	10 ¹⁸	10 ¹⁸	10 ¹⁸	10 ¹⁸	10 ¹⁸	10 ¹⁸
Dielektrizitätskonstante bei 10 ⁶ Hz		2,0–2,1	2,0–2,1	2,0–2,1	2,1	2,0	2,1
Dielektrischer Verlustfaktor bei 10 ⁶ Hz	X10 ⁻⁴	0,7	0,7	0,7–1,1	<5		<9
Oberflächenwiderstand	Ohm	10 ¹⁷	10 ¹⁷	10 ¹⁷	10 ¹⁷	10 ¹⁷	10 ¹⁶
Durchschlagfestigkeit	KV/mm	40–100	50–110	50–100	50–80	34–38	50–80



Temperaturbeständigkeit im Vergleich: PTFE, modifiziertes PTFE, Moldflon®, PFA, MFA, FEP

Die signifikant reduzierte Thermostabilität gegenüber PTFE und modifiziertem PTFE, die bisher bei der Schaffung thermoplastischer Verarbeitbarkeit in Kauf genommen werden musste, entfällt nun weitgehend. Je nach Anforderungsprofil kann eine Schmelztemperatur im Bereich 324–320 °C oder 320–315 °C eingestellt

werden. Weitere physikalische und mechanische Werte, wie z. B. die elektrischen Eigenschaften oder die Biegegewichselfestigkeit, sind an den eingestellten Schmelzbereich gekoppelt und ändern sich entsprechend. Moldflon® kann für spezielle Anwendungen somit sehr fein abgestimmt und auf die Anwendung hin optimiert werden.



Chemische Beständigkeit

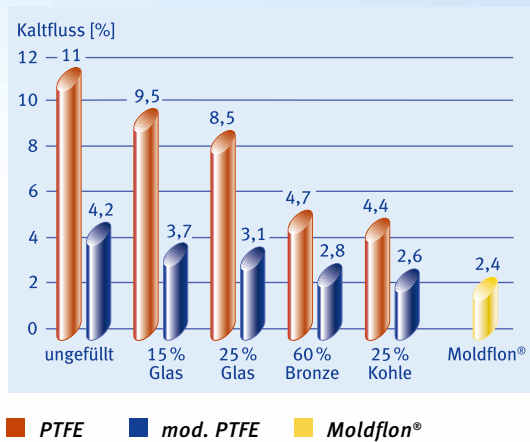
Die Chemikalienbeständigkeit von Kunststoffen wird üblicherweise in Listen angegeben. Da Moldflon® als neuer Vertreter der PTFE-Produktklasse nahezu gegenüber allen Chemikalien oder Lösemitteln beständig ist, kann die Erstellung

einer solchen Beständigkeitsliste entfallen. Es müssen nur wenige Ausnahmen berücksichtigt werden, die in folgender Tabelle zusammengefasst sind:

Chemikalie	Auswirkung
Fluorierte Kohlenwasserstoffe	Aufquellen, bei kurzfristiger Exposition reversibel, bei längerem Kontakt irreversibel
Alkalimetalle, gelöst oder geschmolzen	Fluor-Eliminierung und Polymerzerstörung
Halogene, elementares Fluor, Chlortrifluorid	Bei erhöhten Temperaturen chemische Reaktion möglich Materialzerstörung, u. U. heftige Reaktion
Nitriersäure: Gemisch aus konz. Schwefel- und Salpetersäure	Über 100 °C langsame Materialzersetzung, Carbonisierung
Monomere: Styren, Butadien, Acrylnitril u. a.	Können in den Werkstoff penetrieren Im Falle spontaner Polymerisation: Quellen oder Polymerzerstörung, Popcorn-Effekt
Physikalische Einwirkung: ionisierende Strahlung	Gamma- und Beta-Strahlung: 10 kGy-Dosis können die mechanischen Eigenschaften um mehr als 50 % reduzieren

Spezielle Eigenschaften

Kaltfluss



Neben dem hohen Schmelzpunkt liegt ein weiterer signifikanter Vorteil von Moldflon® in dem sehr niedrigen Kaltfluss begründet. Dieser ist für ungefülltes Moldflon® niedriger als der Kaltfluss aller gängigen PTFE-Compounds und vergleichbar mit dem Wert hochgefüllter Compounds auf Basis von modifiziertem PTFE. Erreicht wird dies, ohne die durch Füllstoffe bedingten Nachteile von PTFE-Compounds, wie z. B. die Einschränkung der Chemikalienbeständigkeit, der Zulassungsbereiche für Lebensmittel-, Sauerstoff- oder anderer kritischer Anwendungen, in Kauf nehmen zu müssen. Hinsichtlich weiterer für PTFE typischer Eigenschaften, wie z. B. der guten Antihafteigenschaften, der Beständigkeit gegenüber Licht oder der Alterungsbeständigkeit, steht Moldflon® PTFE in nichts nach.

Elektrische Kennwerte

Elektrische Kennwerte, ermittelt bei 25 GHz, im Vergleich PTFE, Moldflon®, PFA.

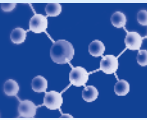
Die Dielektrizitätskonstante $\epsilon_r = 2.1$ von Moldflon® weist den für alle vollfluorierten Werkstoffe günstigen Wert auf und belegt damit die exzellenten dielektrischen Eigenschaften dieses Werkstoffes.

Hinsichtlich des Dämpfungskoeffizienten $\tan \delta$ (dielektrischer Verlustfaktor) wird erneut die Positionierung von Moldflon® in unmittelbarer Nähe zu PTFE und modifiziertem PTFE deutlich:

Eigenschaft	PTFE	Moldflon®	PFA
Relative Dielektrizitätskonstante ϵ_r	2.1	2.1	2.1
Dämpfungskoeffizient $\tan \delta$ (dielektrischer Verlustfaktor)	0.2×10^{-3}	0.25×10^{-3}	$0.6-1.0 \times 10^{-3}$

Während die Dämpfungseigenschaften von Moldflon® bei 25 GHz gegenüber PTFE nur leicht erhöht sind, liegt der entsprechende Wert für PFA im Vergleich zu PTFE um den Faktor 3 bis 5 höher.

Deshalb ist Moldflon® der ideale Werkstoff für Isolationsanwendungen im Hochfrequenzbereich, die zusätzlich ökonomisch und ökologisch vorzugsweise nach dem Schmelzeextrusions- oder Spritzgussverfahren hergestellt werden können.



Verschleiß

Ungefüllt: PTFE, modifiziertes PTFE, Moldflon®

Bei der Kurzzeitverschleißprüfung hebt sich Moldflon®, insbesondere im ungefüllten Zustand, signifikant von PTFE und modifiziertem PTFE ab. Wie der Grafik zu entnehmen ist, beträgt der Abrieb bei diesem Test nur ca. 10 % des Wertes verglichen mit PTFE und modifiziertem PTFE. Dieser Qualitätssprung ist in dem speziellen molekularen Aufbau von Moldflon® begründet.

Gefüllt: Kohlefaser-Compound

Im Langzeitverschleißtest zeigen Compounds auf Basis von Moldflon® bei gleichem Füllstoffanteil einen geringeren Verschleiß als Compounds auf PTFE-Basis. In der folgenden Abbildung ist dies am Beispiel von Kohlefaser-Compounds mit einem Füllstoffgehalt im Bereich von 10 bis 20 % aufgezeigt.

Kurzzeitverschleißprüfung an PTFE, modifiziertem PTFE und Moldflon®

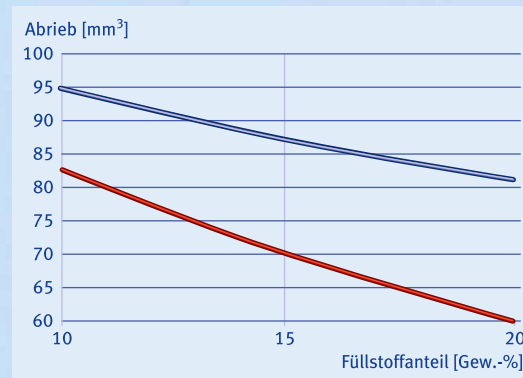
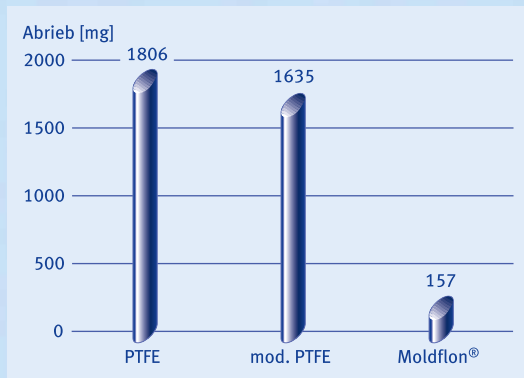
Prüfbedingungen:

Gegenlaufmaterial:	X210Cr12
Rz:	$\leq 1,91 \mu\text{m}$
Prüfatmosphäre:	Luft
Spez. Belastung:	$0,21 \text{ N/mm}^2$
Temperatur:	$100 \text{ }^\circ\text{C}$
Gleitgeschwindigkeit:	4 m/s
Prüfdauer:	1h

Langzeitverschleißprüfung an Kohlefaser-Compounds auf Basis von PTFE und von Moldflon®

Prüfbedingungen:

Gegenlaufmaterial:	X210Cr12
Prüfatmosphäre:	Luft
T =	$100 \text{ }^\circ\text{C}$
p =	$0,52 \text{ N/mm}^2$
v =	4 m/s



■ Moldflon® + Kohlefaser
■ PTFE + Kohlefaser

Darüber hinaus erkennt man, dass die abriebvermindernde Wirkung mit zunehmendem Füllstoffanteil bei Moldflon®-Compounds höher ist als bei Compounds auf Basis von PTFE. Die Ursache liegt in der besseren Einbindung der Füllstoffpartikel in die Polymermatrix. Je besser die Fixierung der Füllstoffe in der Polymermatrix, desto länger dauert die abriebvermindernde Wirkung an.

Permeation

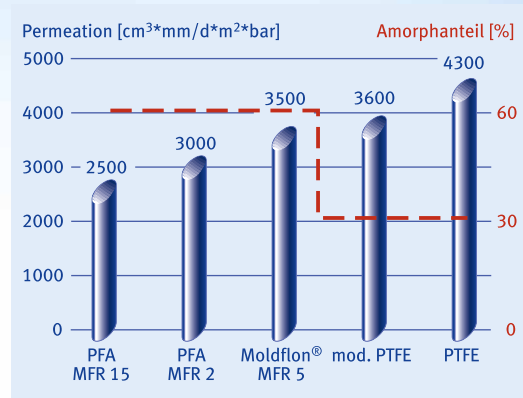
Gemessen mit Helium

Hinsichtlich der Permeation, gemessen mit Heliumgas, positioniert sich Moldflon® zwischen PFA und modifiziertem PTFE. Gegenüber PTFE erweist es sich als Werkstoff mit deutlich erhöhter Barrierewirkung.

Als aus der Schmelze verarbeitbarer, thermoplastischer Werkstoff weist Moldflon®, wie auch PFA, so gut wie keinen Porengehalt mehr auf und man würde bei alleiniger Betrachtung des Porenvolumens einen größeren Unterschied hinsichtlich der Barrierewirkung zwischen den beiden Produktklassen Thermoplast und PTFE erwarten. Jedoch ist der für die Permeation verantwortliche amorphe Polymeranteil bei den Thermoplasten PFA und Moldflon® im Vergleich zu klassischem PTFE und modifiziertem PTFE deutlich erhöht: Während gesintertes PTFE einen Amorphanteil von ca. 30 % aufweist, liegt dieser bei den thermoplastisch verarbeitbaren Werkstoffen PFA und Moldflon® mit ca. 60 % doppelt so hoch. Die Überlagerung beider Effekte bewirkt die vergleichsweise geringen Barriereunterschiede zwischen PFA und Moldflon® einerseits und PTFE und modifiziertem PTFE andererseits.

Permeation, gemessen mit Helium an PFA, Moldflon®, mod. PTFE und PTFE, unter dem Einfluss verschiedener Amorphanteile

Messgas: Helium

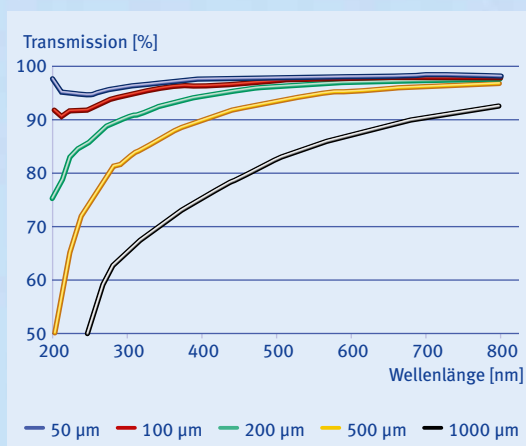


Transmission

Moldflon® ist aufgrund seines hohen Amorphanteiles und seiner extrem feinverteilten kristallinen Phase hochtransparent, insbesondere in dünnen Folien und Beschichtungen. In der folgenden Abbildung ist die Transmission verschieden dicker Folien für den UV-Bereich, 200 – 4000 nm, und den Wellenlängenbereich des sichtbaren Lichtes, 400 – 800 nm, dargestellt. Moldflon®-Folien mit einer Dicke von $\leq 100 \mu\text{m}$ zeigen insbesondere bei der für viele Anwendungen technisch interessanten Wellenlänge von 254 nm eine sehr hohe Transparenz von $> 94 \%$.

Im direkten Vergleich mit PFA, modifiziertem PTFE und klassischem PTFE erweist sich Moldflon® als der Werkstoff mit der höchsten Transmission dieser Werkstoffeigenschaft. Dies kann man sich z. B. bei Schlauchanwendungen für Entkeimungsverfahren mit Licht zunutze machen: Eine hohe Lichtausbeute, insbesondere im UV-Bereich, ist der anwendungstechnische Vorteil dieser Werkstoffeigenschaft.

Transmission im Bereich des sichtbaren Lichtes und im UV-Bereich von Moldflon®-Folien



Zulassungen

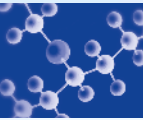
Moldflon® besitzt zahlreiche Zulassungen und wird damit auch als Werkstoff für viele Anwendungen erfolgreich eingesetzt. Folgende Zertifikate sind für die Naturtypen und in besonderen Fällen auch für Compounds verfügbar:

- FDA, EU, BgVV: Anwendung mit Lebensmittelkontakt
- In vitro Zytotoxizität: keine extrahierbaren zytotoxischen Anteile
- USP Class VI: Pharmaindustrie und Biotechnologie
- W270: Schutz des Trinkwassers vor Mikroorganismen

Da Moldflon® zwischen modifiziertem PTFE und PFA positioniert ist, gehen wir davon aus, die folgenden Zulassungen zu erhalten:

- BAM: Anwendung in Gegenwart von Sauerstoff
- 3 A Sanitary: Produktion, Verarbeitung und Beförderung von Milch- und Molkeprodukten
- KTW: Fertigartikelprüfung für Kontakt mit Trinkwasser

Mit diesen verfügbaren Zulassungen kann der Anwender sofort in die Entwicklung einsteigen und reduziert dadurch bei der Entwicklung seiner Produkte eigene Prüfkosten und gewinnt so Entwicklungszeit.



DMTA-Daten

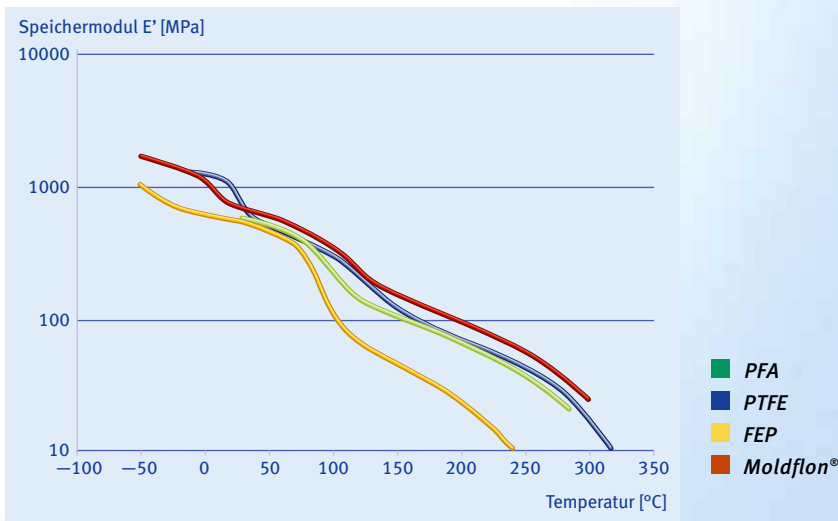
Produktvergleich: PTFE , Moldflon[®], PFA, FEP

Durch die DMTA (Dynamisch-mechanische Thermoanalyse) lassen sich die viskosen (fließenden) und elastischen (federnden) Eigenschaften eines Werkstoffes bestimmen. Dabei wird die zu untersuchende Probe einer periodisch wirkenden Kraft ausgesetzt, wobei sowohl die Temperatur als auch die Belastungsfrequenz variiert werden können. Der bei der Deformation wiedererhaltene Energieanteil, der elastische Anteil, wird durch die Größe des Speichermoduls E' beschrieben. Er ist ein Maß für die mechanische

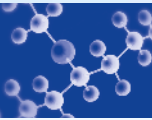
Belastbarkeit des Werkstoffes. In der Abbildung ist der Speichermodul von Moldflon[®], ermittelt bei einer Messfrequenz von 10 Hz, im Vergleich zu den bekannten vollfluorierten Fluoropolymeren PFA, FEP und PTFE dargestellt.

Man erkennt, dass unter den genannten Werkstoffen Moldflon[®] bis über 300 °C der am höchsten belastbare Werkstoff ist.

Der Speichermodul E' als Maß für die mechanische Belastbarkeit, gemessen im Temperatur-Sweep



Werkstoffpositionierung

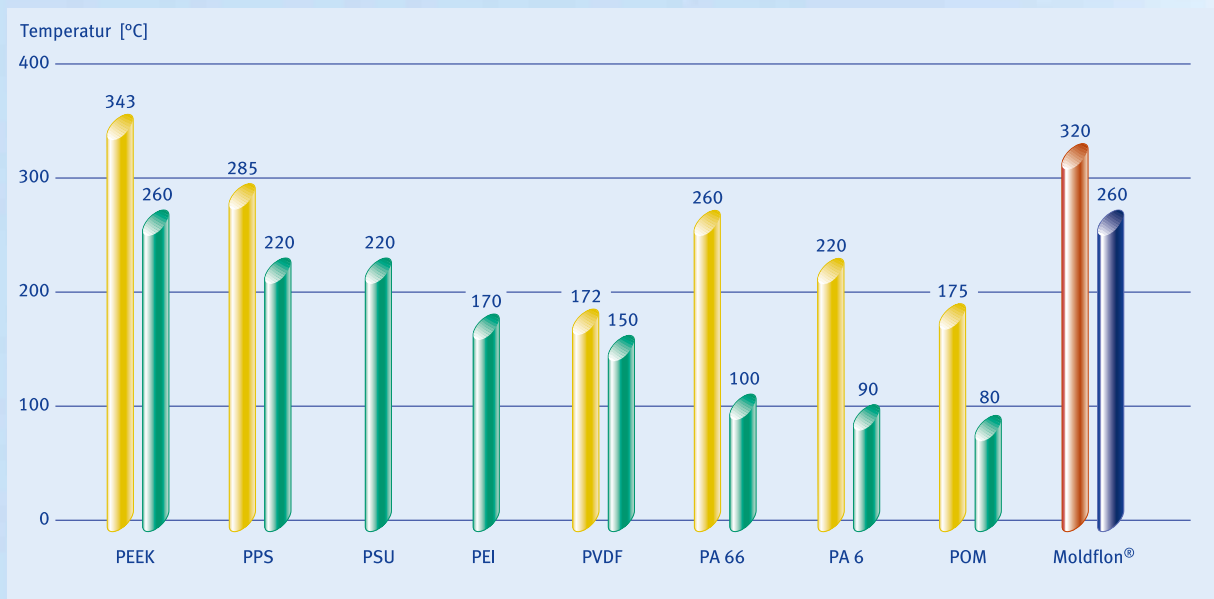


Die wichtigsten Märkte für Moldflon® sind Automobil, Elektronik, Halbleitertechnik, Medizin, Luft- und Raumfahrt und sonstige Industrieanwendungen. Neue Systemlösungen sind bei diesen Anwendungen unter Verwendung von Moldflon® möglich. Daneben steht das neue thermoplastisch verarbeitbare PTFE aber auch im Wettbewerb zu existierenden Werkstoffen, insbesondere zu Hochleistungsthermoplasten, aber auch zu Metallen und Keramiken. Vor diesem Hintergrund werden im Folgenden die besonderen Eigenschaften und Vorteile von Moldflon® im Vergleich zu bestehenden Kunststoffen erläutert.

Thermische Beständigkeit und hohe Dauergebrauchstemperaturen

Moldflon® zeichnet sich insbesondere durch seine hohe Dauergebrauchstemperatur aus. Wie das Diagramm unten zeigt, wird im Umfeld der teilkristallinen Thermoplaste die thermische Beständigkeit von Moldflon® nur noch durch PEEK erreicht. Mit einer Schmelztemperatur von etwa 320 °C und einer Dauergebrauchstemperatur von ca. 260 °C liegen die Einsatztemperaturen deutlich oberhalb der traditionellen Hochtemperaturthermoplaste, wie Polyphenylensulfide (PPS), Polysulfone (PSU), Polyamide (PA) und deren Derivate.

Thermische Beständigkeit verschiedener Kunststoffe



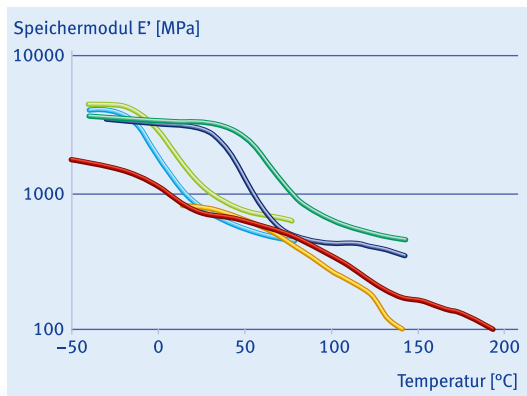
■ Schmelztemperatur ■ Dauergebrauchstemperatur
■ Schmelztemperatur ■ Dauergebrauchstemperatur

Ein weiterer wesentlicher Vorteil von Moldflon® im Vergleich zu den Hochleistungsthermoplasten ist der Erhalt der mechanischen Eigenschaften bis nahe an den Schmelzpunkt. Dies drückt sich u. a. in dem engen Zusammenliegen von Dauergebrauchstemperatur und Schmelztemperatur aus. Im Vergleich zu den Polyamiden (PA 6, PA 66) und Polyacetal (POM) zeigt Moldflon® auch unter extrem hohen Temperaturen noch gute mechanische Eigenschaften (Diagramm unten). Es ist also überall dort der Werkstoff der Wahl, wo andere Thermoplaste bereits aufgrund ihres niedrigeren Schmelzpunktes bzw. der niedrigen Dauergebrauchstemperatur versagen.

Der Speichermodul E', ein Maß für die mechanische Belastbarkeit, als Funktion der Temperatur von verschiedenen Kunststoffen

tr = trocken

lf = luftfeucht



- Moldflon®
- PA 6 (tr)
- PA 6 (lf)
- PA 66 (lf)
- PA 66 (tr)
- POM

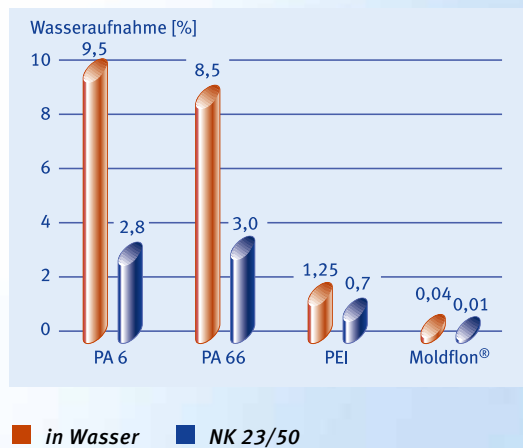
Die Eigenschaften von Moldflon® bleiben auch in feuchter Umgebung konstant

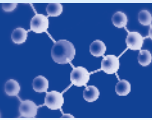
Polyamide neigen sehr stark zur Wasseraufnahme; diese kann in direktem Wasserkontakt bis zu 9% betragen. Die Abnahme der mechanischen Belastbarkeit ist eine unmittelbare Folge dieser Wasseraufnahme (Diagramm unten).

Wasseraufnahme verschiedener Kunststoffe

NK 23/50 = Normklima: 23 °C und 50 % rel.

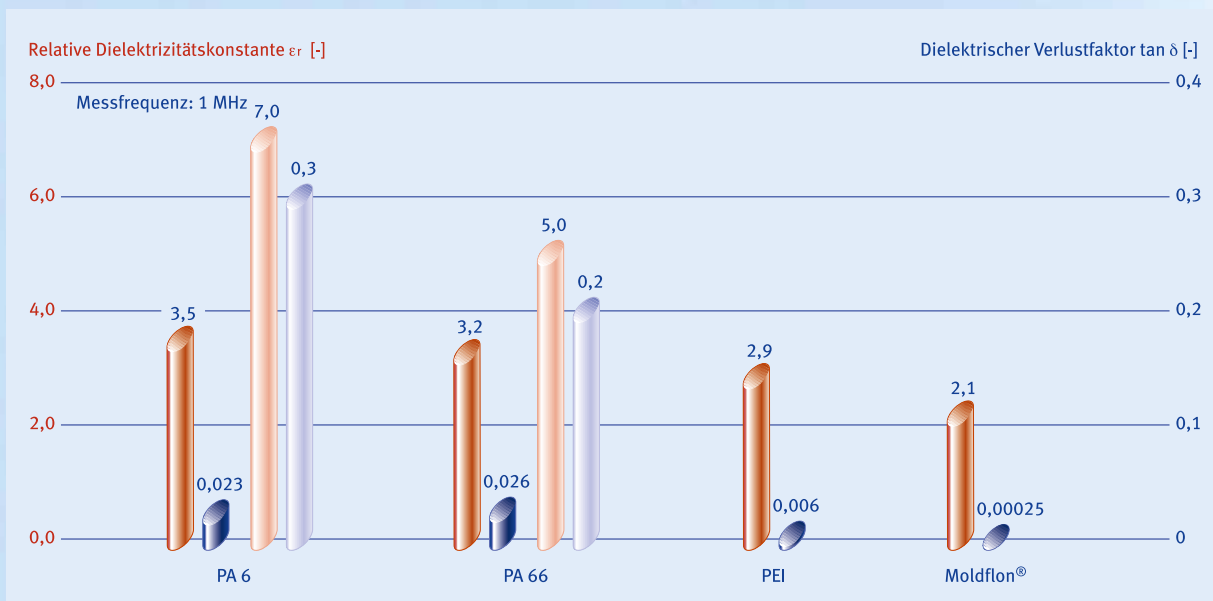
Luftfeuchtigkeit





Ein weiterer nachteiliger Effekt der Wasseraufnahme der Polyamide ist die konstruktive Eingrenzung in Bezug auf die Dimensionsstabilität. Somit sind eng tolerierte Bauteile aus Polyamid kaum möglich. Im Gegensatz dazu lassen sich durch Moldflon[®], dessen Wasseraufnahme vernachlässigbar ist, Präzisionsteile realisieren, deren Dimensionen auch in feuchter Umgebung stabil bleiben. Polyamide zeichnen sich im Neuzustand durch ihre guten elektrischen Eigenschaften aus. Allerdings verursacht die extreme Feuchtigkeitsaufnahme eine drastische Verschlechterung der dielektrischen Kennwerte (Diagramm unten).

Elektrische Eigenschaften von Polyamiden, Polyetherimiden und Moldflon[®]



■ trocken
■ luftfeucht

Moldflon® bietet im Vergleich zu Polyamid (PA) und Polyetherimid (PEI) unübertroffene dielektrische Eigenschaften. Aufgrund seines speziellen Polymeraufbaues zeigen sowohl die Dielektrizitätskonstante ϵ_r als auch der dielektrische Verlustfaktor $\tan \delta$ (Dämpfungskoeffizient) bei Moldflon® die niedrigsten Werte, was einen enormen Leistungsvorteil für Anwendungen in der Elektronik und der Halbleitertechnik bedeutet. Analog gilt diese Aussage auch für den Produkt-vergleich Polyimid (PI) mit Moldflon®.

Ein erheblicher zusätzlicher Vorteil ist die hervorragende Chemikalien- und Temperaturbeständigkeit, wodurch sich Moldflon® für das bleifreie Löten auch bei Anwendungen im Hochfrequenzbereich eignet.

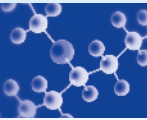
Geringer Verschleiß und niedriger Reibungskoeffizient

Verglichen mit POM zeichnet sich Moldflon® durch ausgezeichnetes Gleitreibverhalten bei guter Verschleißfestigkeit aus, insbesondere bei hohen Temperaturen. Mit einem Reibungskoeffizienten von 3,4 liegt POM bereits deutlich oberhalb des Reibungskoeffizienten von PTFE mit 0,2. Moldflon® zeichnet sich bereits ungefüllt durch einen noch geringeren Abrieb als PTFE aus. Als unmittelbare Folge ergibt sich hieraus eine deutlich längere Nutzungsdauer tribologisch beanspruchter Bauteile (Diagramm Kurzzeitverschleiß, Seite 9). Füllstoffe ermöglichen außerdem die Anpassung der tribologischen Eigenschaften entsprechend den jeweiligen Anforderungen (Diagramm Langzeitverschleiß von Kohlefaser-Compounds, Seite 9). Maßgeschneiderte Moldflon®-Werkstoffe zeichnen sich dank des thermoplastischen Compoundier-Verfahrens durch exzellente Füllstoffhomogenität aus.

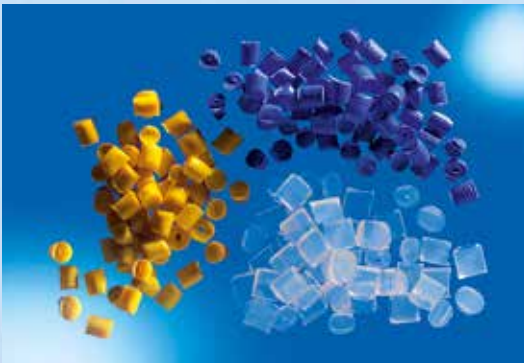
Werkstoffkennwerte verschiedener Kunststoffe im Vergleich

Werkstoffkennwerte	Einheit	Moldflon®	PVDF	POM	PA6 (tr)	PA66 (tr)	PEI	PSU	PPS	PEEK
Dichte	g/cm ³	2,16	1,78	1,42	1,13	1,14	1,27	1,24	1,35	1,32
Zug-E-Modul	N/mm ²	460	2500	3000	3000	3100	2600	2600	3700	3500
Reißfestigkeit	N/mm ²	25	38-50	70	90	80	105	80	75	95
Reißdehnung	%	380	20	45	15	4	6	6	4	25
Schmelzpunkt (10 °C/min)	°C	320	172	175	220	260	–	–	285	343
Formbeständigkeitstemp. (1,8 MPa)	°C	–	115	95	65	80	170	215	110	150
Dauergebrauchstemp.	°C	260	150	80	90	100	160	200	220	260
Rel. Dielekt. Konstante (1 MHz)	–	2,1	6,4	3,7	3,5	3,6	3	3,1	4,1	3,2
Dielekt. Verlustfaktor (1 MHz)	–	0,00025	0,17	0,004	0,023	0,026	0,003	0,005	0,001	0,003
Feuchteaufnahme (23 °C/50 % rel. Luftfeuchtigkeit)	%	<0,01	≤0,01	0,25	3,4	2,8	0,7	0,2	0,01	0,1
Wasseraufnahme (23 °C)	%	<0,01	≤0,04	1	9	8,5	1,25	0,8	0,02	0,5

Compounds



Seit der Markteinführung von Moldflon® im Jahr 2006 wurden mehrere Compounds entwickelt, um den stetig steigenden Anforderungen der Abnehmerbranche an das Eigenschaftsprofil der Werkstoffe gerecht zu werden.



Farbige Moldflon®-Granulate

Durch Einmischen von Füllstoffen in Moldflon® können viele Eigenschaften anwendungsbezogen angepasst werden.

- Verminderung des Kaltflusses, d. h. die Kriechneigung wird reduziert und die Druckbelastbarkeit erhöht
- Reduzierung des Verschleißes (z. B. zur Erhöhung der Lebensdauer)
- Erzielen einer elektrischen oder thermischen Leitfähigkeit
- Erhöhung der mechanischen Festigkeit und Steifigkeit (z. B. von dauerbelasteten Konstruktionselementen)
- Dezimierung der thermischen Längenausdehnung und Steigerung der Wärmestabilität
- Verringerung der Dichte für den Einsatz in Leichtbaukonstruktionen

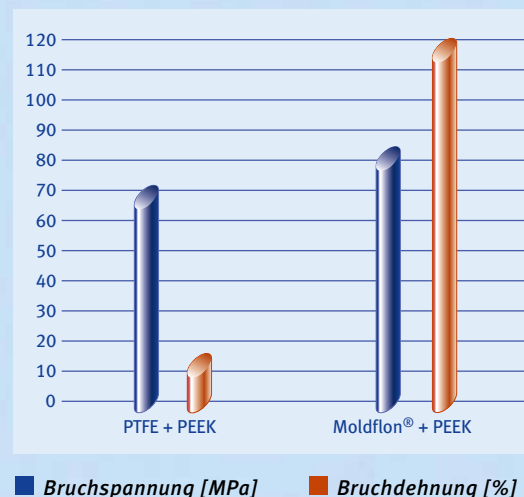
Moldflon®-Compounds zeichnen sich insbesondere durch ihre sehr gute Füllstoffhomogenität aus. Aufgrund der thermoplastischen Verarbeitbarkeit von Moldflon® vermischen sich die Füllstoffpartikel in der Schmelze zu einer gleichmäßigen Masse und bilden in der Folge eine homogene Gefügestruktur aus. Aus diesem Grund zeigen Compounds auf Basis von Mold-

flon® bei gleichem Füllstoffanteil auch einen geringeren Verschleiß als Compounds auf PTFE-Basis (siehe Langzeitverschleißprüfung an Kohlefaser-Compounds auf Seite 9). Zudem weisen Moldflon®-PEEK-Compounds ausgezeichnete mechanische Kennwerte auf. So ist deren Bruchdehnung um das Zehnfache höher als die der PTFE-PEEK-Compounds.

Aufgrund ihrer schlechten Fixierung bzw. Einbindung in die PEEK-Matrix wirken die PTFE-Partikel als Störelemente und beeinflussen die mechanischen Eigenschaften nachteilig. Deshalb reduziert sich beim PTFE-gefüllten PEEK die Bruchspannung, während das Moldflon®-PEEK-Compound die hohe Bruchspannung des PEEKs vollkommen ausschöpfen kann. Auf diese Weise ist nun ein Hochleistungswerkstoff verfügbar, der die besten Eigenschaften der beiden Basispolymere kombiniert und ungünstige Eigenschaften ausmerzt. Somit können die bisher für Fluorpolymere und PEEK bestehenden Grenzen ihrer Einsatzbereiche erweitert werden.

Gerne unterstützten wir Sie bei der Auswahl Ihres optimalen Werkstoffes. Damit Sie für Ihr Anwendungsgebiet die funktionalste und wirtschaftlichste Lösung erhalten.

Bruchspannung und Bruchdehnung von Compounds mit PEEK



Verarbeitungstechnologien

Moldflon® verbindet die herausragenden Materialeigenschaften von PTFE mit der Wirtschaftlichkeit von Thermoplast-Verarbeitungsverfahren.

Bei klassischem PTFE sind mindestens drei Schritte – Pressen, Sintern und Zerspanen – zur Erzeugung eines Bauteils erforderlich. Die thermoplastische Verarbeitung von Moldflon® ermöglicht es, auch aufwendige, durch Zerspanung bisher nicht zugängliche Bauteilgeometrien in einem Schritt zu verwirklichen. Durch die maßgeschneiderte Formgebung und die weitgehende Vermeidung von Abfall, der bei der spanabhebenden Verarbeitung von PTFE unumgänglich ist, erlaubt Moldflon® nun wirtschaftliche Systemlösungen.

Spritzgießen

Besonders bei Großserien bietet das Spritzgießverfahren die Möglichkeit, komplexe Bauteile wirtschaftlich zu fertigen. Dies erlaubt unseren Kunden die Entwicklung neuer Hightech-Produkte, ohne dabei den Faktor Kosten aus den Augen zu verlieren.

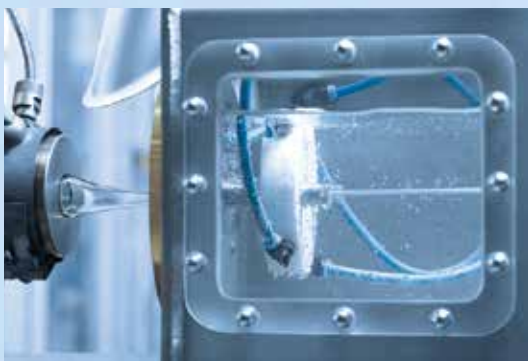


Einen weiteren wirtschaftlichen Vorteil bietet das Um- oder Anspritzen von Moldflon® um kleinste Bauteile. Dadurch entfallen zusätzliche kostspielige Montageprozesse oder Nachbearbeitungsschritte. Notwendige Trennlinien und Angusspunkte können durch eine optimale Platzierung so ausgeführt werden, dass diese das Bauteil optisch und funktional nicht beeinträchtigen.

Die Herstellung von Musterteilen ist mit dem Hochleistungswerkstoff Moldflon® durch Prototypenwerkzeuge mit vertretbaren Kosten und geringerem Zeitaufwand realisierbar. Diese Werkzeuge können zudem auch für Kleinserien verwendet werden.

Extrusion

Durch die Extrusion können nahtlose Folien, Schläuche, Rohre und Profile aus Moldflon® und Moldflon®-Compounds mit über der Länge konstantem Querschnitt hergestellt werden. Das kontinuierliche Verarbeitungsverfahren ermöglicht die Fertigung von Moldflon®-Produkten in theoretisch beliebiger Länge. Das ist bei der automatisierten Konfektionierung von Bauteilgruppen von Vorteil.



Hohe Prozesssicherheit und Prozessstabilität sind durch die immer gleichbleibenden Prozessbedingungen bei der thermoplastischen Extrusion von Moldflon® gegeben. Dadurch können auch komplexe Formen mit geringen Fertigungstoleranzen produziert werden.

Hochreine Profile und Schläuche mit nahezu universeller Chemikalienbeständigkeit und hoher Temperaturbeständigkeit können mit verschiedenen Geometrien und Dimensionen endlos gefertigt werden. Farbige Pigmentierungen und Markierungen sind ideal für eine einfache Unterscheidung und zusätzliche Funktionalisierung in der Medizintechnik zur präzisen Führung von chirurgischen Instrumenten.

Moldflon® zeichnet sich insbesondere durch die thermische Verschweißbarkeit seiner Endprodukte aus. Dadurch können erstmalig PTFE-Komponenten an Bauteile ohne den bestehenden Nachteilen mit üblichen Klebmaterialien, direkt angebunden werden.

Durch die Schmelzeverarbeitbarkeit von Moldflon® können natürlich alle klassischen, thermoplastische Verarbeitungstechnologien genutzt werden:

- Transfer-Moulding zum Auskleiden von Armaturen
- Blasformen und Tiefziehen von Behältern, Flaschen, Schalen usw.
- Beschichtung von Walzen, Behältern, Werkzeugen usw.
- Kalandrieren zur Herstellung von Laminaten mit Glasfasergeweben, Metallfolien usw.
- Oberflächenmodifizierung mittels chemischer Ätzung



**Spritzguss
(einstufiger Prozess)**
Wirtschaftliche Fertigung durch Spritzguss mit minimalem Abfall.

Zerspanungsprozess
Arbeits- und kostenintensiver Fertigungsprozess; Bsp.: Materialabfall größer 90 %.

Anwendungen

Automobilindustrie

Höhere Drücke, stetig steigende Temperaturen – diese typischen Einsatzbedingungen im Automobilbereich stellen höchste Ansprüche an die Bauteile. Aber nicht nur die mechanischen Eigenschaften, sondern auch die chemische Beständigkeit eines Werkstoffes sind ausschlaggebend. Oft müssen unterschiedliche Medien, wie Öle, additivierte Kohlenwasserstoffe oder auch Säuren und Laugen, abgedichtet werden.

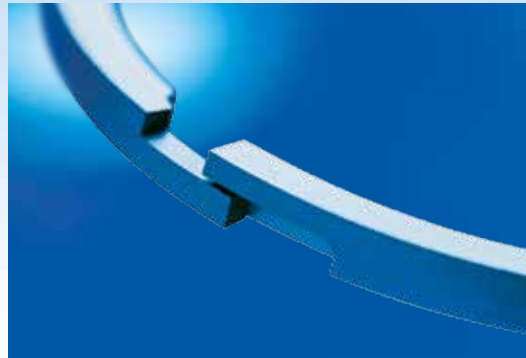
Moldflon® erfüllt nicht nur aufgrund der hervorragenden Werkstoffeigenschaften das Anforderungsprofil dieser Anwendungen. Durch neue Fertigungstechnologien in der PTFE-Verarbeitung, wie beispielsweise Spritzguss, können Großserien wirtschaftlicher hergestellt werden. Für Anwendungen im Hochdruckbereich wurden neue Moldflon®-Compounds entwickelt, um die geforderte Verschleißfestigkeit noch weiter zu erhöhen.

Durch den Einsatz von Moldflon®-Dichtungen mit geringsten Reibungs- und Verschiebekräften können die Antriebssysteme minimiert und somit kann Gewicht eingespart werden. Dies wirkt sich positiv auf die CO₂-Reduzierung aus.

Gleitlager

ElringKlinger bietet standardmäßig eine Palette von Gleitlagern aus verschiedenen Moldflon®-Compounds an, die sich im Wesentlichen in der maximalen Umfangsgeschwindigkeit, der maximalen statischen Flächenpressung und dem maximalen p x v-Wert von marktgängigen Produkten unterscheiden.

Siehe hierzu unsere Broschüre „Gleitlager aus PTFE und Moldflon®“.



Kolbenring für die schaltbare Pumpe im Kühlwasserkreislauf



Federunterstützter Nutring zur Abdichtung der Steuerung im Bypass-Turbolader



Gleitlager aus Moldflon® und Moldflon®-Compounds

Medizintechnik

Unterschiedlichste Verarbeitungsverfahren ermöglichen es, Komplettsysteme, die auf einem Werkstoff basieren, kostengünstig zu produzieren.

In der Medizintechnik sind multifunktionale Bauteile aus Moldflon®, z. B. Dichtungen mit integriertem Gleitlager, Gehäusebauteile, kleinste Lagerschalen und umspritzte Isolationsschichten, bereits seit Jahren erfolgreich im Einsatz.

Weitere Moldflon®-Produkte, die neue interessante Möglichkeiten für den medizinischen Instrumentenbau bieten, sind:

- Dünnwandige hochtransparente Schläuche, die nachveredelt werden können, z. B. zusätzliches Verjüngen oder Aufweiten an den Enden, Aufbringen von extrem abriebfesten Farbringen oder Kennzeichnungen
- Dünne Folien mit Folienstärken $> 30 \mu\text{m}$
- Moldflon®-Fasern oder -Gewebe
- Moldflon®-Lamine
- Moldflon®-Profile

Bauteile aus Moldflon® zeichnen sich besonders durch die hohe Antiadhäsivität sowie eine sehr glatte Oberflächenstruktur aus. Aufgrund der hohen chemischen Beständigkeit von Moldflon® können Sterilprozesse sehr oft am Produkt durchgeführt werden, ohne dass sich deren Eigenschaften ändern.



Schläuche verjüngt



Sterilisierbarer Schlauchanschluss



Endlosprofil mit konstantem Querschnitt



Elektrotechnik

In der Elektrotechnik wird Moldflon® eingesetzt, um nicht nur die herausragenden dielektrischen Eigenschaften, sondern auch die hohe Temperaturbeständigkeit sowie die geringe Kaltflussneigung zu nutzen.

Ein weiterer Vorteil bietet die Herstellung der Teile im Spritzgießverfahren. Dadurch können komplizierte Bauteilgeometrien wirtschaftlich hergestellt werden.

Moldflon®-Folien eignen sich aufgrund der sehr guten dielektrischen Kennwerte und der so gut wie nicht vorhandenen Wasseraufnahme für elektrische Bauelemente, wie z. B. in Kondensatoren oder als Basismaterial für flexible Leiterplatten.

Der sehr niedrige dielektrische Verlustfaktor $\tan \delta$ von $0,3 \times 10^{-3}$ (25 GHz) sorgt für geringe Energieverluste insbesondere bei hohen Frequenzen. Durch die niedrige Dielektrizitätskonstante ϵ_r von 2,1 können geringe Bauteilabstände realisiert werden.



Schutzkappe für Hochspannungsschalter



Elektrodenhalter



Flexible Leiterplatte

Chemietechnik

Bauteile aus Moldflon® besitzen eine glatte Oberflächenstruktur und sind somit SIP- und CIP-fähig (SIP = Sterilization in place; CIP = Cleaning in place). Armaturen oder Anlagen müssen zur Reinigung nicht mehr in die einzelnen Bauteile zerlegt werden, wodurch sich die Anlagenverfügbarkeit signifikant erhöht.

Bei Produkten, die in der Getränke-, Nahrungsmittel-, Kosmetik- oder auch in der pharmazeutischen Industrie eingesetzt werden, sind die hygienischen Anforderungen besonders hoch. Kurze Durchlaufzeiten bei stetig steigenden Produktionsmengen sollen vor allem bei den durchzuführenden Reinigungszyklen von Tanks, Abfüllmaschinen etc. realisiert werden. Speziell in der Düsentechnik bietet Moldflon® als Werkstoff einen entscheidenden Vorteil. Da Moldflon® eine hohe Temperatur- sowie Chemikalienbeständigkeit aufweist und darüber hinaus CIP- und SIP-fähig ist, können Durchlauf- und Stillstandszeiten im Prozess zusätzlich minimiert werden.



Tangentiale Vollkegeldüse

Für die Reinigung von Kleintanks oder auch Lagerbehältern.



Kükenhähne können mit Moldflon® umspritzt werden

Vorteile

- Sehr gute Gleiteigenschaften
- Geringes Losbrechmoment
- Glatte Oberflächenstruktur
- Antiadhäsives Verhalten



Fordern Sie unser Kunststoff-Know-how.

Die hier gemachten Angaben – aus langjähriger Erfahrung und Erkenntnis – erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Etwaige Ersatzansprüche aufgrund dieser Informationen können nicht anerkannt werden. Einbau aller Ersatzteile nur durch geschultes Fachpersonal. Änderungen im Leistungsspektrum und technische Änderungen vorbehalten. Keine Gewähr bei Druckfehlern.



ElringKlinger Kunststofftechnik GmbH | Etzelstraße 10 | D-74321 Bietigheim-Bissingen
Fon +49 7142 583-0 | Fax +49 7142 583-200
Werk Heidenheim | Badenbergsstraße 15 | D-89520 Heidenheim
Fon +49 7321 9641-0 | Fax +49 7321 9641-24
sales.ekt@elringklinger.com | www.elringklinger-kunststoff.de



DQS zertifiziert nach ISO/TS 16949 (Reg.-Nr. 002504 TS2/003) | DIN EN ISO 14001 (Reg.-Nr. 002504 UM)