



EVERFLON™ FEP

Funktionshandbuch

Fluorinated ethylene propylene

EVERFLON ACADEMIC

Einführung

Everflon™ FEP (fluoriertes Ethylenpropylen) ist chemisch ein Copolymer aus Hexafluorpropylen und Tetrafluorethylen. Es unterscheidet sich von PTFE (Polytetrafluorethylen) dadurch, dass es sich mit herkömmlichen Spritzguss- und Schneckenextrusionsverfahren verarbeiten lässt.

Aus Everflon™ FEP lassen sich Produkte mit einer Kombination aus mechanischen, chemischen, elektrischen, Temperatur- und Reibungseigenschaften herstellen, die von keinem anderen Material erreicht wird.

Die in dieser Publikation präsentierten Konstruktions- und Entwicklungsdaten sollen Anwendern helfen, den optimalen Einsatzort und die optimale Vorgehensweise für Everflon™ FEP zu bestimmen. Wie bei anderen Produkten wird empfohlen, dass Konstrukteure eng mit einem erfahrenen Verarbeiter zusammenarbeiten, da das Herstellungsverfahren nicht nur die Produktionskosten, sondern auch die Eigenschaften des Endprodukts maßgeblich beeinflussen kann.

Alle in diesem Handbuch angegebenen Eigenschaften sind als typische Werte zu verstehen und dürfen nicht für Spezifikationszwecke verwendet werden.

Im Handel erhältliche Everflon™ FEP-Fluorpolymere

Everflon™FEP	Resin Characteristics	Applications
4601/4603	Gute Viskosität, höchste Beständigkeit gegen Spannungsrisse	Extrudierte oder spritzgegossene Teile für die chemische Industrie Ummantelungen für Draht- und Kabelanwendungen
4608/4610	Universalharz mit mittlerer Schmelzflussrate	Draht- und Kabelisolierung Kleinrohre Spritzgussteile
4622/4630	Hohe Produktivität	Isolierungen für Drähte und Kabel mit kleinem Durchmesser und dünnen Wänden Spritzgussteile mit komplexen/dünnen Wänden
4603X	Modifiziertes Harz mit niedrigem Schmelzflussindex (MFI) für hohe Verarbeitungstemperaturen und Spannungsrisssbeständigkeit	Extrudierte oder spritzgegossene Teile für die chemische Industrie Ummantelungen für Draht- und Kabelanwendungen
4610X	Hohe Beständigkeit gegen Spannungsrisse	Ummantelungsharz für eine Vielzahl von Drahtgrößen und Wandstärken
4622X	Harz mit mittlerer Schmelzflussrate und verbesserter Haftung auf Kupferdraht unter spezifischen Bedingungen der Drahtseiltechnik	Isolierung für Drähte und Kabel mit kleinem Durchmesser und dünnen Wänden Industriefolie Spritzgussteile mit komplexen/dünnen Wänden
4630X	Erstklassiger Verlustfaktor bei hohen Frequenzen (>10 GHz). Hohe Beständigkeit gegen Plateaus beim Schmelzextrusionsverfahren	Isolierung für Drähte und Kabel mit kleinem Durchmesser und dünnen Wänden Industriefolie Spritzgussteile mit komplexen/dünnen Wänden
PF/CF 4610	Schäumbares Harz	Koaxialkabel
PF/CF 4622	Schäumbares Harz mit erhöhter Produktionsgeschwindigkeit	Mittelgroße bis große Koaxialkabel
PF/CF 4630	Schäumbares Harz mit hoher Schmelzflussrate (MFR) für überlegene Dämpfung und hohe Produktionsgeschwindigkeit	Dünnwandige Drahtisolierung
CC46	Farbkonzentrat mit FEP-Neuware	Kabel, Schläuche, Auskleidungen und Formteile mit verschiedenen Farbansforderungen
JP46	Pulver für Spezialanwendungen	Ideal zum Compoundieren und Formpressen
D50	Dispersion mit 50 % Feststoffgehalt	Beschichtung

Allgemeine Eigenschaften von Everflon™ FEP-Fluorpolymeren

Thermische Stabilität

Hervorragende Zuverlässigkeit und Beibehaltung der Eigenschaften in einem breiten Temperaturbereich von kryogenen bis hohen Temperaturen (–200 °C bis +200 °C). Chemische Inertheit

Beständig gegen die meisten Einwirkungsbedingungen, einschließlich Hitze, Witterung, Licht und Feuchtigkeit.

Antihaftwirkung

Niedrigste kritische Oberflächenenergie aller Kunststoffe; ausgezeichnete wasser- und ölabweisende Eigenschaften für Antihaft- und Trennmittelanwendungen. Elektrische Zuverlässigkeit

Niedrige Dielektrizitätskonstante und geringer Verlustfaktor sowie hohe Durchschlagsfestigkeit über einen weiten Frequenz- und Temperaturbereich. Langzeit-Witterungsbeständigkeit

Ausgezeichnete Beständigkeit gegen Ozon, Sonnenlicht und Witterungseinflüsse. Hohe Transparenz

Transparent mit guter Durchlässigkeit für ultraviolette und sichtbare Strahlen; niedrigster Brechungsindex aller Kunststoffe; gekennzeichnet durch sehr geringe Lichtreflexion. Flammwidrigkeit

Nicht brennbar in der Atmosphäre (Sauerstoffindex > 95 %).

	Property	Unit	ASTM standard	4601/4603	4608/4610	4622/4630
Physikalische Eigenschaften	Schmelzpunkt	°C	--		260-270	
	Schmelzfaktor (MFR)	g/10min		1-4	6-12	20-30
	Dichte	--	D792		2.12-2.17	
Mechanische Eigenschaften	Zugfestigkeit bei 23 °C	MPa	D2116	28	24	22
	Dehnung bei 23 °C	%	D2116	380	330	300
	Schlagzähigkeit (Izod)	kg-cm	D256A		No Break	
	Härte (Dorometer)	--	D2240		D56	
	Biegemodul	Mpa	D790	550	620	650
	Druckfestigkeit bei 5 % Dehnung und 23 °C	Mpa	D695		15.2	
	Reibungskoeffizient	--	D1894		0.25	
	Verformung unter Last	%	D621		0.5	
Thermische Eigenschaften	Wärmeleitfähigkeit	W/m.°C	C177		0.2	
	Spezifische Wärmekapazität	cal/°C.g	DSC		0.25	
	Wärmeausdehnung	1/°C	D696		(8~15)×10-5	
	Schmelzwärme	kJ/kg	DSC	9.8	10	11.6
	Maximale Betriebstemperatur	°C			200	
Elektrische Eigenschaften	Widerstandswiderstand	Ω-cm	D257		>10 ¹⁷	
	Oberflächenwiderstand	Ω	D257		>10 ¹⁷	
	Dielektrizitätskonstante	1 MHz	D150		< 2.1	
		1 GHz				
	Dielektrizitätszahl	1 MHz	D150		0.00061	
		1 GHz			0.00094	
	Durchschlagfestigkeit	kV/mm	D149		78	
	Lichtbogenbeständigkeit	sec	D495		165	
Sonstige Eigenschaften	Entflammbarkeit	--	UL94		V-0	
	Sauerstoffindex	--	D2863		>95	
	Lösungsmittelbeständigkeit		D543		Excellent	
	Chemikalienbeständigkeit	--			Excellent	
	Wasseraufnahme	%	D570		< 0.03	

Materialialeigenschaften von Everflon™ FEP

Mechanische Eigenschaften

Formteile aus Everflon™ FEP-Fluorpolymerharzen sind zäh, in dünnen Bereichen flexibel und in dicken Bereichen relativ steif. Mit steigender Temperatur nimmt die Steifigkeit (gemessen am Biegemodul) bis zur maximalen Dauereinsatztemperatur von 204 °C deutlich ab. Die Oberflächen der Formteile weisen einen sehr niedrigen Reibungskoeffizienten auf, der jedoch etwas höher ist als der von Everflon™ PTFE. An Everflon™ FEP haften nur sehr wenige Klebstoffe; die Oberflächen können jedoch speziell vorbehandelt werden, um die Haftung gängiger Industrieklebstoffe zu gewährleisten.

Zugeigenschaften

Everflon™ FEP ist ein technischer Werkstoff, dessen Leistungsfähigkeit in jeder Anwendung – wie bei anderen technischen Werkstoffen – rechnerisch vorhergesagt werden kann. Aus den in diesem Handbuch dargestellten Daten lassen sich Werte auswählen, die – unter Berücksichtigung geeigneter Sicherheitsfaktoren – die Anwendung gängiger Konstruktionsformeln ermöglichen.

Spannungs-Dehnungs-Kurven für Temperaturen im üblichen Auslegungsbereich von Everflon™ FEP 4610 zeigen, dass die Streckgrenze bereits bei relativ geringen Verformungen erreicht wird. Wie bei den meisten Kunststoffen weicht das elastische Verhalten schon bei Dehnungen von wenigen Prozent von der Linearität ab. Daher ist es bei der Auslegung mit Everflon oft ratsam, mit akzeptabler Dehnung zu arbeiten und die entsprechende Spannung zu bestimmen. Typische Spannungs-Dehnungs-Kurven, die die Zugfestigkeit bei –52 °C, 23 °C, 100 °C und 200 °C für Everflon™ FEP 4610, 4603 und 4601 zeigen, sind in den Abbildungen dargestellt. Die Probenvorbereitung, die Geometrie und die Prüfbedingungen beeinflussen die Prüfergebnisse; daher müssen diese Variablen beim Vergleich konstant gehalten werden.

Die Auswirkungen der Temperatur auf Zugfestigkeit und Bruchdehnung sind in den Abbildungen zusammengefasst. Von größerer praktischer Bedeutung ist die Streckgrenze. Bei Everflon™ FEP weicht das elastische Verhalten bereits bei Dehnungen von wenigen Prozent von der Linearität ab. Dies wird als Streckgrenze bezeichnet.

Biegemodul

Der Biegemodul ist ein Maß für die Steifigkeit und gehört zu den in Tabelle 1 aufgeführten Eigenschaften. Everflon™ FEP behält seine Flexibilität bis zu sehr niedrigen Temperaturen und ist auch bei kryogenen Temperaturen einsetzbar. Der Einfluss der Temperatur auf den Biegemodul ist in der Abbildung dargestellt.

Druckspannung

Die Spannungs-Dehnungs-Kurven für Druckspannung ähneln denen für Zugspannung bei geringen Dehnungen. Typische Druckkurven für Everflon™ FEP 4610 bei drei Temperaturen und geringen Dehnungen sind in Abbildung 1 dargestellt.

Kriechen und Kaltfließen

Ein Kunststoff, der einer Dauerbelastung ausgesetzt ist, erfährt eine fortschreitende Verformung, die als Kriechen oder „Kaltfließen“ bezeichnet wird. Ein ähnliches Phänomen tritt bei Metallen unter erhöhten Temperaturen auf. Bei den meisten Kunststoffen kann die Verformung jedoch bereits bei Raumtemperatur oder darunter erheblich sein, daher der Name „Kaltfließen“.

Kriechen ist die Gesamtverformung unter Spannung nach einer bestimmten Zeit in einer gegebenen Umgebung, die über die unmittelbar beim Belasten auftretende Dehnung hinausgeht. Unabhängige Variablen, die das Kriechen beeinflussen, sind die Belastung bzw. die Spannungshöhe, die Belastungsdauer und die Temperatur. Die anfängliche Dehnung bzw. Verformung tritt unmittelbar nach dem Aufbringen einer Last auf Everflon™ FEP oder einen anderen Kunststoff auf.

Im Anschluss an diese anfängliche Dehnung folgt eine Phase, in der sich das Bauteil weiter verformt, jedoch mit abnehmender Geschwindigkeit. Daten können über einen weiten Temperaturbereich mittels Zug-, Druck- oder Biegekriechversuchen gewonnen werden. Biegeversuche sind einfacher durchzuführen und am gebräuchlichsten. Zug- und Druckkriechdaten sind jedoch häufig nützlicher für die Bauteilkonstruktion. Typische Daten für Zugbelastungen von Everflon™ FEP 4610 bei vier Temperaturen sind in den Abbildungen grafisch dargestellt. Typische Kurven für die Gesamtverformung über die Zeit unter Druckbelastung sind für Everflon™ FEP 4610 bei zwei Temperaturen in den Abbildungen dargestellt.

Spannungsrelaxation

Werden kriechende oder kaltfließende Materialien als Dichtungen in Flanschverbindungen verwendet, tritt üblicherweise Spannungsrelaxation auf. Bei Everflon™ FEP-Fluorpolymerharz ist dies beispielsweise bei ausgekleideten Ventilen oder T-Stücken relevant, wo üblicherweise eine Verlängerung der Auskleidung als Flanschdichtung dient. In geflanschten Schraubverbindungen fließt Everflon teilweise zwischen den Flanschflächen kalt, was zu einer Verringerung des Schraubendrucks führt. Diese Relaxation im Dichtungsmaterial kann eine undichte Verbindung verursachen. Das Anziehen der Flanschschrauben am ersten Tag nach der Installation erhält in der Regel den Schraubendruck aufrecht und verhindert Leckagen. Anschließend ist die Spannungsrelaxation vernachlässigbar. Typische Kurven für die Zugspannungsrelaxation sind in den Abbildungen dargestellt. Diese veranschaulichen die Geschwindigkeit, mit der die Zugspannung abnimmt, wenn die Probe unter konstanter Dehnung gehalten wird.

Ermüdungsresistenz

Typische Dauerfestigkeitsdaten für Everflon™ FEP 4610 Fluoropolymerharz, die am häufigsten für Spritzguss verwendete Sorte, sind in Tabelle 1 aufgeführt. Everflon™ FEP 4603 und 4601 sind Harze mit höherem Molekulargewicht und benötigen daher voraussichtlich eine höhere Anzahl an Lastwechseln, um bei einer gegebenen Belastungsstufe zu versagen.

Reibung

Everflon™ FEP hat eine glatte Oberfläche und fühlt sich gleitfähig an. Aufgrund des niedrigen Reibungskoeffizienten wurden viele praktische, schmierungsfreie und minimal geschmierte mechanische Systeme entwickelt. Everflon™ FEP-Harze weisen in schmierungsfreien Anwendungen eine sehr geringe Reibung auf, insbesondere bei niedrigen Oberflächengeschwindigkeiten und Drücken über 34 kPa. Der Reibungskoeffizient steigt mit zunehmender Gleitgeschwindigkeit bis zu etwa 30 m/min unter allen Druckbedingungen rapide an.

Dieses Verhalten verhindert Stick-Slip-Effekte. Darüber hinaus treten selbst bei niedrigsten Geschwindigkeiten keine Quietsch- oder Geräuschgeräusche auf. Oberhalb von etwa 45 m/min hat die Gleitgeschwindigkeit bei Druck-Geschwindigkeits-Kombinationen unterhalb der PV-Grenze relativ geringen Einfluss.

Die Abbildung zeigt, dass die statische Reibung von Everflon™ FEP mit steigendem Druck abnimmt. Der Zusatz von Füllstoffen verändert den Reibungskoeffizienten nicht merklich.

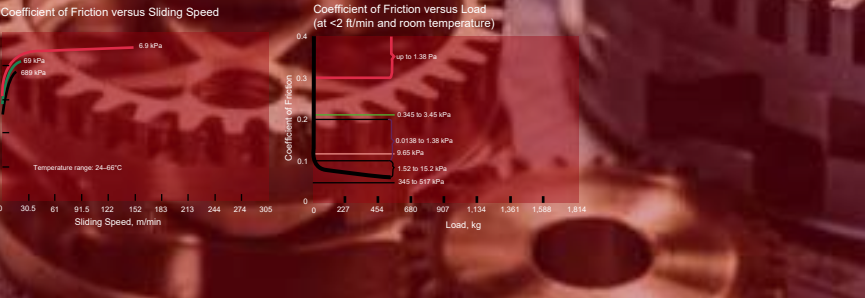
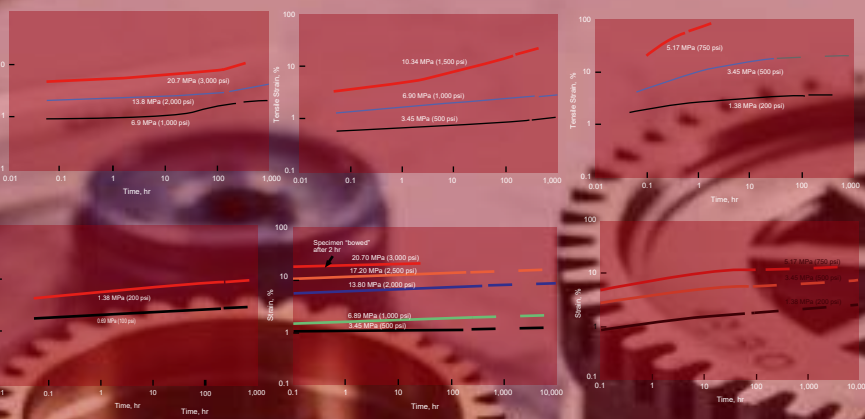
Die in der Tabelle angegebenen PV-Grenzen definieren die maximalen Druckkombinationen, bei denen diese Werkstoffe ohne Schmierung dauerhaft betrieben werden können. Die PV-Grenze definiert nicht zwangsläufig sinnvolle Druck-Geschwindigkeits-Kombinationen, da der Verschleiß bei ihrer Bestimmung nicht berücksichtigt wird.

Die nutzbare PV-Grenze eines Werkstoffs darf die PV-Grenze nicht überschreiten und muss die Verschleiß Eigenschaften der Zusammensetzung sowie den für die Anwendung zulässigen Verschleiß berücksichtigen. Der Schmelzpunkt des Harzes ist ein weiterer begrenzender Faktor.

Der Reibungskoeffizient in Abhängigkeit von der Gleitgeschwindigkeit für Everflon™ FEP 4610 und der Reibungskoeffizient in Abhängigkeit von der Last bei niedrigen Geschwindigkeiten sind in den Abbildungen dargestellt.

Schlagfestigkeit

Everflon™ FEP weist über einen weiten Temperaturbereich eine ausgezeichnete Schlagfestigkeit auf. Im Kerbschlagbiegeversuch nach Izod treten bei Everflon™ FEP 4610, 4603 und 4601 selbst bei Temperaturen bis zu –60°C keine Brüche auf.



Effect of Temperature on Yield Strength			
Temperature		Yield Strength	
°C	°F	MPa	psi
-251	-420	165	24,000
-196	-320	131	19,000
-129	-200	97	14,000
-73	-100	62	9,000
-56	-68	28	4,000
0	32	14	2,000
23	73	12.4	1,800
70	158	6.9	1,000
121	250	3.5	500

Daten-Hub

Chemische Eigenschaften

Everflon™ FEP-Fluorpolymerharze sind im Wesentlichen chemisch inert. Bis zur höchsten Anwendungstemperatur von 200 °C (392 °F) reagieren nur sehr wenige Chemikalien mit diesen Harzen.

Zu diesen gehören geschmolzene Alkalimetalle, Fluor und einige Fluorchemikalien wie Chlortrifluorid (ClF_3) oder Sauerstoffdifluorid (OF_2), die bei erhöhten Temperaturen leicht freies Fluor freisetzen.

Die einzigartige Inertheit von Everflon™-Fluorpolymerharz beruht auf seiner chemischen Struktur. Die Moleküle von Everflon™ FEP-Fluorpolymerharzen bestehen ausschließlich aus starken Kohlenstoff-Kohlenstoff- und extrem starken Kohlenstoff-Fluor-Bindungen; zudem bilden die Fluoratome eine Schutzhülle um den Kohlenstoffkern jedes Moleküls.

Diese Struktur führt außerdem zu weiteren besonderen Eigenschaften wie Unlöslichkeit und niedriger Oberflächenspannung (wodurch viele Lösungsmittel das Material nicht benetzen), niedrigem Reibungskoeffizienten und hervorragenden Antihafteigenschaften. Beispielsweise lassen sich Folien oder Bauteile aus Everflon™-PTFE-Harzen mit geschmolzenem Everflon™-FEP mit Metall verbinden.

Absorption

Everflon™-FEP weist im Vergleich zu anderen Thermoplasten eine ungewöhnlich geringe Absorption auf. Es absorbiert praktisch keine gängigen Säuren oder Basen selbst bei Temperaturen bis zu 200 °C und einer Expositionsdauer von einem Jahr. Auch die Absorption von Lösungsmitteln ist sehr gering. Die Gewichtszunahme beträgt im Allgemeinen weniger als 1 %, wenn das Material über längere Zeiträume erhöhten Temperaturen ausgesetzt ist. Wässrige Lösungen werden von Everflon™-FEP nur sehr geringfügig absorbiert. Die Feuchtigkeit-saufnahme liegt typischerweise unter 0,01 % bei Umgebungsbedingungen.

Bewitterung

Everflon™-FEP bleibt nach 25 Jahren Bewitterung im Freien praktisch unverändert. Die Zugfestigkeit bleibt unbeeinträchtigt, obwohl die Bruchdehnung etwas abzunehmen scheint. Der Wert ist jedoch weiterhin recht hoch.

Kryogener Service

Everflon™ FEP hat sich im kryogenen Einsatz bei Temperaturen unterhalb der von flüssigem Stickstoff bewährt. Nach sorgfältiger Reinigung von organischen Substanzen ist Everflon™ FEP gegenüber flüssigem Sauerstoff inert und wird häufig in Anwendungen mit flüssigem Sauerstoff eingesetzt.

Schimmelbeständigkeit

Everflon™ FEP erwies sich in Tests in einer Klimakammer mit Sporensuspension sowie in einem dreimonatigen Bodenvergrabungstest als vollständig resistent gegen Schimmelpilzbefall.

Permeabilität

Viele Gase und Dämpfe durchdringen Everflon™ FEP deutlich langsamer als andere Thermoplaste. Im Allgemeinen steigt die Permeation mit Temperatur, Druck und Kontaktfläche und sinkt mit zunehmender Dicke. Die Tabelle zeigt die Durchlässigkeitsraten verschiedener Gase durch Everflon™ FEP E4610-Folie sowie die typischen Dampfdurchlässigkeitsraten. Der angegebene Druck entspricht dem Dampfdruck des jeweiligen Materials bei der angegebenen Temperatur.

Die Abbildung zeigt die Wasserdampfdurchlässigkeitsrate der Everflon™ FEP-Folie bei 40°C als Funktion der Dicke.

FDA-Konformität

Everflon™ FEP darf gemäß FDA-Verordnung 21 CFR 177.1550 als Artikel oder Bestandteil von Artikeln verwendet werden, die mit Lebensmitteln in Kontakt kommen.

Optische Eigenschaften

In dünnen Schichten oder Folien lässt Everflon™ FEP einen hohen Anteil an ultravioletttem und sichtbarem Licht durch. Die solare Transmission von Everflon™ FEP in Dünnschichtform beträgt ca. 96 %. Everflon™ FEP ist im Infrarotbereich des Spektrums deutlich transparenter als Glas.

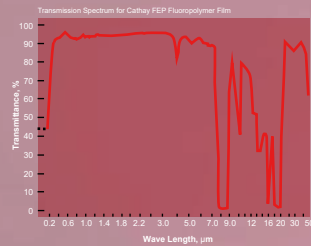
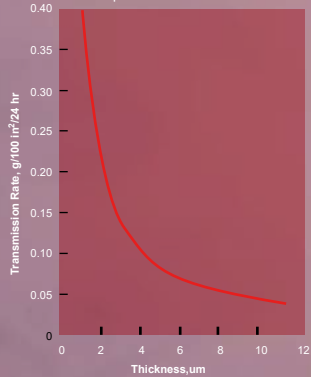
Typische Dampfdurchlässigkeitsraten

(1 mil film, ASTM E96 modified test)

Vapor	Temperature		Vapor Transmission Rate	
	°C	°F	g/m ² .d	g/100 in ² .d
Essigsäure	35	95	6.3	0.41
Aceton	35	95	14.7	0.95
Benzol	35	95	9.9	0.64
Tetrachlorkohlenstoff	35	95	4.8	0.31
Ethylacetat	35	95	11.7	0.76
Ethylalkohol	35	95	10.7	0.69
F-12	23	73	372	24
Hexan	35	95	8.7	0.56
Salzsäure	25	77	<0.2	<0.01
Salpetersäure (rauchend)	25	77	160	10.5
Natriumhydroxid, 50 %	25	77	<0.2	<0.01
Schwefelsäure, 98 %	25	77	2×10^{-4}	1×10^{-5}
Wasser	39.5	103	7.0	0.40

Water Vapor Transmission Rate of Cathay FEP

Film at 40°C per ASTM E96



Daten-Hub

Thermische Eigenschaften

Everflon™ FEP ist ein Copolymer aus Hexafluorpropylen und Tetrafluorethylen und weist daher einen Schmelzbereich anstelle eines scharfen Schmelzpunktes auf. Der Schmelzpunkt, ermittelt durch Differenzthermoanalyse (DTA), liegt bei 257–263 °C.

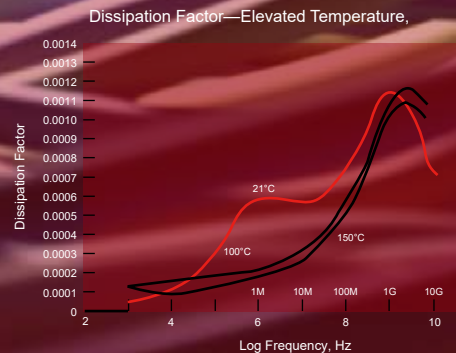
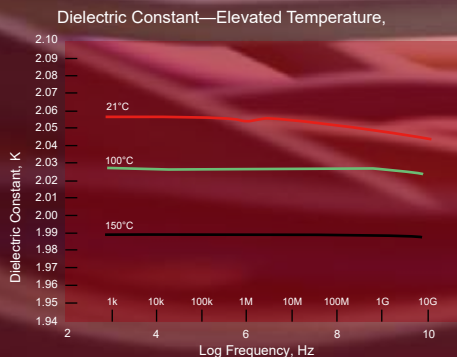
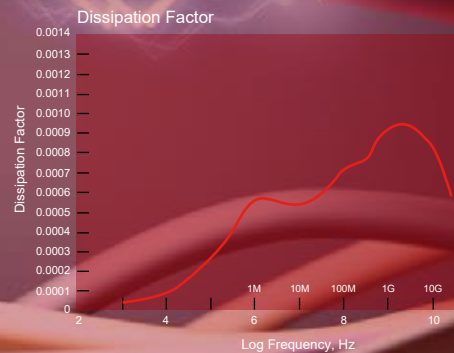
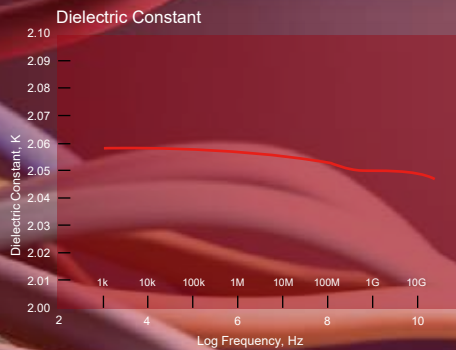
Die Verbrennungswärme von Everflon™ FEP ist extrem niedrig. Diese Eigenschaft in Kombination mit dem sehr hohen Sauerstoffindex macht das Produkt besonders geeignet für Bereiche, in denen Brandgefahren minimiert werden müssen.

Property	Test method	Everflon™ FEP	PTFE
Schmelzviskosität bei 380 °C		$(1.5\sim60)\times10^4$	$10^{11}\sim10^{12}$
Spezifische Wärmekapazität (J/kg·°C)		1.2×10^3	1.0×10^3
Schmelzpunkt (°C)		265~275	327
Wärmeleitfähigkeit (W/m·°C)	ASTM C 177	0.2	0.23
Wärmeausdehnung (1/°C)	ASTM D 696 (-50°C~+100°C)	$(8\sim15)\times10^{-5}$	$(11\sim14)\times10^{-5}$

Property	FEP	ETFE	PVDF
Sauerstoffindex (Vol.-%)	>95	31	43
UL-94-Flammklasse	V-0	V-0	V-0
Verbrennungswärme (J/g)	7,700	15,620	18,300

Elektrische Eigenschaften

Everflon™ FEP weist über einen weiten Frequenzbereich von 1 kHz bis 13 GHz eine Dielektrizitätskonstante von 2,04–2,05 auf. Der Verlustfaktor steigt langsam von 0,00006 bei 1 kHz auf 0,0006 bei 30 MHz an und erreicht bei 1 GHz einen Maximalwert von 0,001. Diese Zusammenhänge sind in den Abbildungen grafisch dargestellt. Die Auswirkungen der Temperatur auf diese Eigenschaften sind ebenfalls in den Abbildungen dargestellt. Ein Blick auf die Abbildungen zeigt, dass die Temperatur einen signifikanten Einfluss auf den Verlustfaktor hat, die Kurvenverläufe jedoch ähnlich sind. Die Daten wurden an Everflon™ FEP 4610 gemessen; die Werte für Everflon™ FEP 4603 und 4601 sollten jedoch vergleichbar sein.



Fertigungsleitfaden

Everflon™ FEP ist ein thermoplastisches Polymer und lässt sich mit den meisten für diesen Harztyp geeigneten Verfahren verarbeiten. Je nach Sorte und damit der Schmelzviskosität (Schmelzflusszahl) kann Everflon™ FEP durch Spritzgießen, Pressen, Transfergießen oder Rotationsformen verarbeitet werden. Es kann zu einer Vielzahl komplexer Formen extrudiert werden, darunter Stäbe, Rohre und Folien, und als Primärisolierung oder Ummantelung auf Drähte aufgebracht werden. Everflon™ FEP 4601 ist in der Regel das bevorzugte Material für das Transfergießen von Auskleidungen, Rohren usw., wo eine hohe Beständigkeit gegen Spannungsrisse erforderlich ist.

Die sehr hohe Schmelzviskosität dieses Produkts führt jedoch zu deutlich geringeren Produktionsraten und schränkt seine Anwendung für einige Verarbeitungsarten ein. Everflon™ FEP 4610 ist aufgrund seiner niedrigeren Viskosität und der damit verbundenen besseren Verarbeitbarkeit das bevorzugte Harz für Spritzgießen und allgemeine Extrusionsanwendungen. Everflon™ FEP 4603 ist von mittlerer Viskosität und wird üblicherweise dort eingesetzt, wo eine moderate Verbesserung der Spannungsrissbeständigkeit erforderlich ist, aber eine gewisse Reduzierung der Produktionsrate toleriert werden kann.

Eine Eigenschaft des Everflon™ FEP-Fluorpolymerharzes ist seine außergewöhnlich niedrige Wärmeleitfähigkeit. Es absorbiert und leitet die an der Schneide entstehende Wärme nicht schnell ab.

Wird zu viel Wärme in der Schnittzone gespeichert, führt dies zu Werkzeugverschleiß und Überhitzung des Harzes. Daher sind Kühlmittel während der Bearbeitung, insbesondere bei Schnittgeschwindigkeiten über 150 m/min, empfehlenswert.

In Verbindung mit der niedrigen Wärmeleitfähigkeit kann die hohe Wärmeausdehnung von Everflon™ FEP-Fluorpolymerharzen (fast zehnmal so hoch wie die von Metallen) zusätzliche Probleme verursachen. Jede Entstehung und Lokalisierung von überschüssiger Wärme führt zu einer Ausdehnung des Fluorpolymermaterials an der betroffenen Stelle. Abhängig von der Wandstärke und dem durchgeführten Bearbeitungsvorgang kann eine lokale Ausdehnung zu Über- oder Unterschnitten und zum Bohren eines konischen Lochs führen.

Bearbeitungsverfahren, insbesondere bei hohen Schnittgeschwindigkeiten, müssen daher Wärmeleitfähigkeit und Wärmeausdehnung berücksichtigen. Schnittgeschwindigkeiten von 60 bis 150 m/min sind für Feindrehbearbeitungen optimal; bei diesen Geschwindigkeiten ist kein Kühlmittel erforderlich. Höhere Schnittgeschwindigkeiten sind mit sehr geringen Vorschüben oder für Schruppbearbeitungen möglich, jedoch ist dann Kühlmittel zur Abfuhr der entstehenden Wärme unerlässlich. Ein geeignetes Kühlmittel besteht aus Wasser und wasserlöslichem Öl im Verhältnis 10:1 bis 20:1.

Die Vorschübe im Schnittgeschwindigkeitsbereich von 60 bis 150 m/min sollten zwischen 0,05 und 0,25 mm/Umdrehung liegen. Bei Schlichtbearbeitungen mit hoher Schnittgeschwindigkeit (z. B. an einer Drehautomaten mit 240 m/min) muss der Vorschub entsprechend reduziert werden. Die empfohlene Schnitttiefe variiert zwischen 0,005 und 6,3 mm.

Auswahlleitfaden für Everflon™ FEP-Materialien

Processing	Grade			
	4630/4622	4610/4608	4603	4601
Extrusionsformung				
Kabel- und Drahtisolierung				
Dünnwandig (0,1–0,17 mm)	Y			
Dünnwandig (0,17–0,3 mm)		Y		
Dünnwandig (0,3–0,5 mm)			Y	Y
Mantel			Y	
Schläuche und Rohre				
Spaghetti-Schläuche	Y	Y		
Standardschläuche		Y	Y	
Wärmeschrumpfschläuche			Y	Y
Ausgekleidete Rohre				Y
Folien und Platten				
< 250 µm Dicke	Y			
250–2400 µm Dicke				
Stäbe				
				Y
Monofilamente				
	Y	Y		Y
Transferformung				
Rohrauskleidungen				Y
Ventilauskleidungen				Y
Spritzgießen				
	Y			
Pressformen				
			Y	Y

Fertigungsleitfaden

Extrusion

Überschreitet die Schergeschwindigkeit während der Verarbeitung von Everflon™ FEP die kritische Schergeschwindigkeit, kommt es zu Schmelzbruch und damit zu einer rauen Formoberfläche. Daher muss das verwendete Formgebungsverfahren eine Schergeschwindigkeit aufweisen, die unterhalb der oben genannten kritischen Schergeschwindigkeiten liegt.

Kritische Scherrate von Everflon™ FEP
(360~400°C)

Grade	Critical shear rate (sec ⁻¹)
4622/4630	60-130
4608/4610	20-40
4603	10-15
4601	1-5

Verarbeitungsbedingungen für Everflon™ FEP zur Draht- und Kabelbeschichtung

	4622	4610	4603
Isolierter Drahtdurchmesser (mm)	0.51*0.86	0.7*1.4	1.0*2.4
Extruder			
Zylinderdurchmesser (mm)	50	30	40
Schnecken-L/D	32	22	20
Kompressionsverhältnis	2.7	2.74	3.0
Düsenöffnung (mm)	4.7×7.9	7×13	11×24
Temperatur (°C)			
Z1	330	330	320
Z2	360	360	340
Z3	380	380	340
Adapter	380	380	340
Düse	380	380	370
Schneckendrehzahl (U/min)	25	30	12
Abzugsverhältnis (DDR)	100	82	95.5
Isoliergeschwindigkeit (m/min)	200	40	14

Verarbeitungsbedingungen für Everflon™ FEP zur Schlauchherstellung

	4610	4603	4601
Schlauchgröße	8×10mm	16×19mm	16×19mm
Extruder			
Schnecken-L/D	20	20	20
Kompressionsverhältnis	2.85	2.85	2.85
Düsenöffnung	4.5×8.5	13×17	13×17
Temperatur			
Z1	320	320	320
Z2	350	340	360
Z3	350	340	360
Düsenkopf	360	360	380
Düse	370	370	370
Schneckendrehzahl (U/min)	12	12	12
Schlauchgeschwindigkeit (m/min)	4	2	1

Fertigungsleitfaden

Spritzgießen

Everflon™ FEP weist eine hohe Schmelzviskosität auf und erfordert im Vergleich zu herkömmlichen Thermoplasten eine höhere Verarbeitungstemperatur. Es ist notwendig, eine Schneckenspritzgießmaschine mit möglichst geringem Abstand zwischen Angusskanal und Verteiler zu verwenden. Die Werkzeugtemperatur muss 200–230 °C erreichen.

Für das Formpressen von Everflon™ FEP-Granulat werden folgende Wandstärken empfohlen:

Everflon™ 4603: $\leq 22 \pm 10$ mm

Everflon™ 4601: $\geq 40 \pm 10$ mm

Die Typen 4610, 4603 und 4601 können bei 330–350 °C verarbeitet werden. Bei Temperaturen über 350 °C kann es zu Entformungsproblemen oder Korrosion an der Werkzeugoberfläche kommen. Der optimale Formdruck liegt zwischen 4,9 und 7,8 MPa. Während des Abkühlens sollte dieser Druck aufrechterhalten werden, bis die Temperatur der Form auf etwa 200°C gesunken ist; andernfalls können Einfallstellen oder Lufteinschlüsse in den Formteilen zurückbleiben.

Zylindertemperatur

Z1	300°C
Z2	320~340 °C
Z3	340~360 °C
Düsentemperatur	360~380 °C
Formtemperatur	200°C
Schneckengeschwindigkeit	180rpm
Einspritzdruck	29.4~68.6 MPa
Gegendruck	2.9 MPa
Haltezeit	20 s
Einspritzrate	9.5(scale)
Abkühlzeit	60 s
Zykluszeit	120 s/cycle



Everflon Academic Center

Tel: +86-185-7168-9228

info@everflon.com

www.everflon.com

Weitere Informationen über unser Unternehmen, unsere Produkte und unseren Service finden Sie auf unserer Website unter www.everflon.com oder www.everflonultra.com