



EVERFLON™ PFA

Manual de Recursos

Polyfluoroalkoxy

EVERFLON ACADEMIC

Introdução

O Everflon™ PFA é um copolímero de tetrafluoroetileno (C₂F₄) e perfluoroalcoxi-etileno. Como mostra o diagrama abaixo, na estrutura básica do Everflon™ PFA, todos os átomos de carbono estão fortemente ligados a átomos de flúor.

Como resultado, em uma ampla faixa de temperaturas, o Everflon™ PFA apresenta excelentes propriedades químicas, elétricas, mecânicas e de superfície. Além disso, em comparação com o Everflon™ PTFE, ele é fluido quando fundido e, portanto, adequado para injeção, extrusão, sopro, transferência e outros métodos de processamento por fusão.

Este folheto técnico é fornecido para auxiliar os usuários no desenvolvimento de diversas aplicações que exploram as propriedades do Everflon™ PFA. O documento fornece uma descrição abrangente das propriedades do material Everflon™ PFA e informações sobre como usar a resina em processos de moldagem.

Fluoropolímeros Everflon™ PFA disponíveis comercialmente

Everflon™ PFA Grade	Resin Characteristics	Aplicações
403/S	Resina de baixo MFR para aplicações de moldagem e extrusão	Tubos Revestimento de tubos Filmes Peças moldadas por injeção/sopro
410/S	Resina de MFR intermediário para aplicações de moldagem e extrusão	Isolamento de fios de parede fina Peças moldadas por injeção complexas/pequenas
420/S	Resina de alto MFR para aplicações de injeção e extrusão	Tubos Fios e cabos Peças moldadas por injeção
430/S	Resina de ultra-alto MFR para aplicações de injeção e extrusão	Isolamento de fios de parede fina Peças moldadas por injeção complexas/pequenas
GC403	Resina de baixo MFR com alta resistência à fissuração por tensão para aplicações de moldagem e extrusão	Tubos e conexões Peças moldadas e revestimentos Revestimento em folha para vasos e sistemas de distribuição de produtos químicos em aplicações de alta pureza
GC410	Resina de MFR intermediário para aplicações de moldagem e extrusão	Peças e tubos moldados por injeção em aplicações de alta pureza
GC420	Resina de alto MFR para aplicações de moldagem e extrusão	Peças moldadas por injeção em aplicações de alta pureza (por exemplo, conexões, corpos de válvulas, carcaças de filtros)
GC430	Resina de ultra-alto MFR para aplicações de injeção e extrusão	Isolamento de fios de parede fina Peças moldadas por injeção complexas/pequenas
C403	Resina dissipativa estática de baixo MFR	Tubos, revestimentos e peças moldadas que exigem desempenho de dissipação estática
C410	Resina dissipativa estática de MFR intermediário	Cabos, tubos, revestimentos e peças moldadas que exigem desempenho de dissipação estática
C420	Resina dissipativa estática de alto MFR	Cabos, tubos, revestimentos e peças moldadas que exigem dissipação estática Desempenho
CC04	Concentrado de cor com resina virgem PFA	Cabos, tubos, revestimentos e peças moldadas com requisitos de cores variadas
JP04	Pó para aplicações especiais	Ideal para moldagem por compressão e compostagem
GS04	Pó de alta pureza e fácil fluidez para rotomoldagem e rotomoldagem	Peças ocas Geometrias complexas Revestimentos

Características do Everflon™ PFA

Excelente resistência mecânica sustentada

De -200 °C a +260 °C, o Everflon™ PFA mantém sua resistência mecânica em uma ampla faixa de temperatura e, dentro dessa faixa, os produtos mantêm uma forma estável.

Excelente resistência química

Capaz de resistir à maioria dos solventes, o Everflon™ PFA é um material altamente estável quando usado com produtos químicos.

Excelentes características elétricas

Apresentando uma constante dielétrica e uma tangente dielétrica muito baixas, o Everflon™ PFA é um material excepcional para isolamento elétrico e tem contribuído para aumentar a confiabilidade no setor eletrônico.

Excelente não combustibilidade

O Everflon™ PFA possui um índice de oxigênio superior a 95% e, devido à sua não combustibilidade, está encontrando ampla aplicação em diversos campos.

Excelentes características de superfície

Além do baixo atrito, propriedades antiaderentes, repelência à água e óleo e outras excelentes características de superfície que podem ser utilizadas com bons resultados, o Everflon™ PFA também é altamente confiável e apresenta baixa resistência ao fluxo de fluidos.

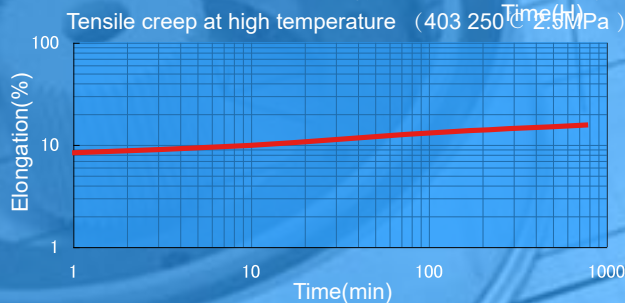
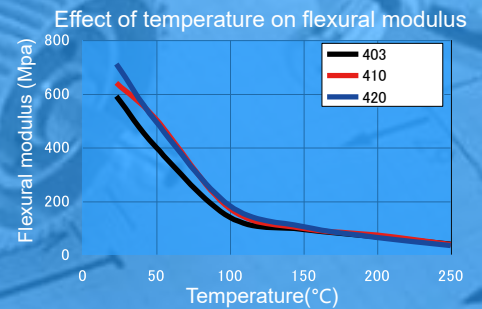
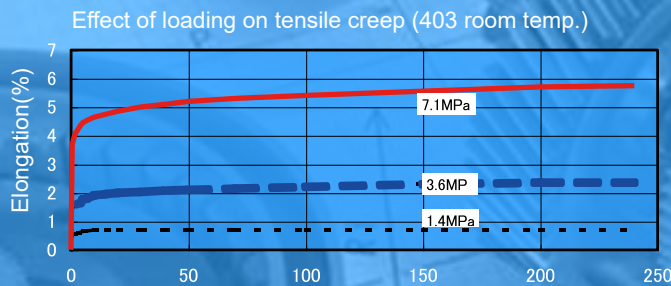
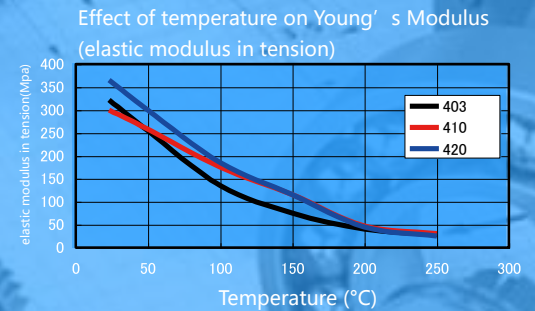
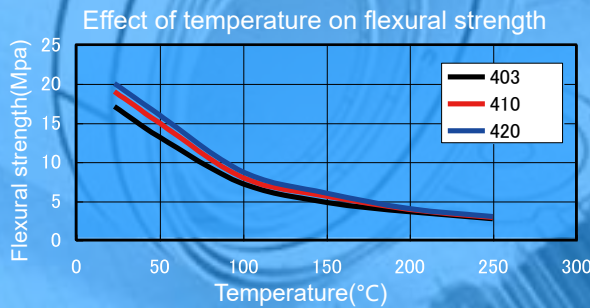
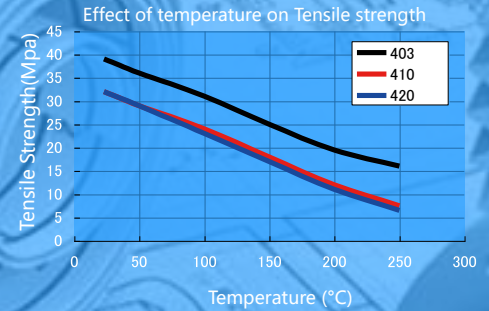
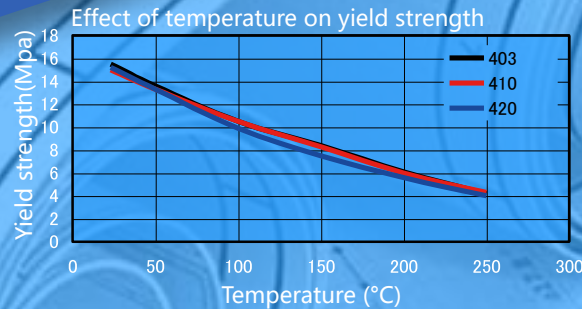
Excelente resistência às intempéries

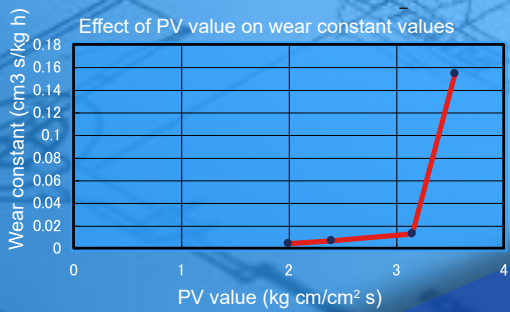
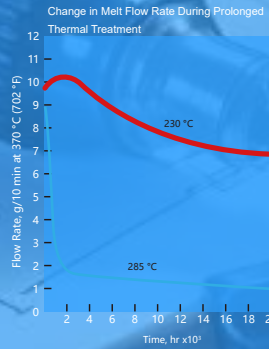
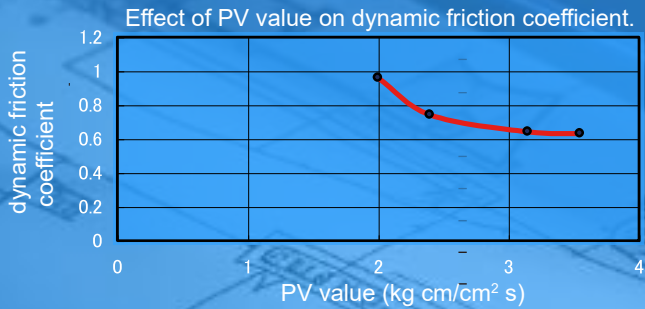
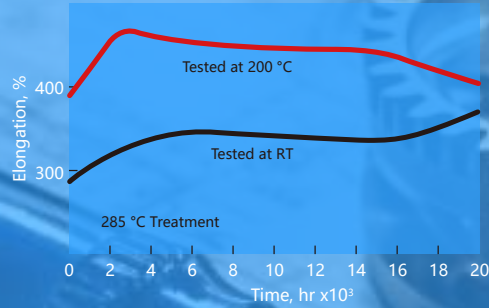
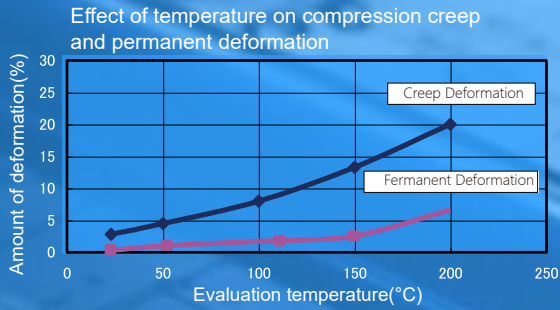
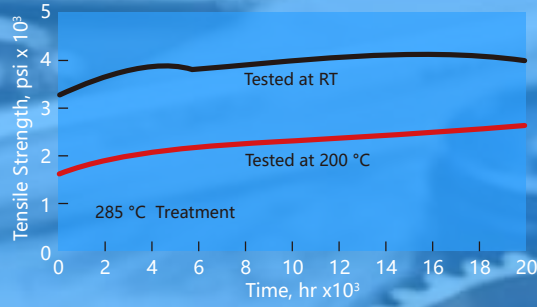
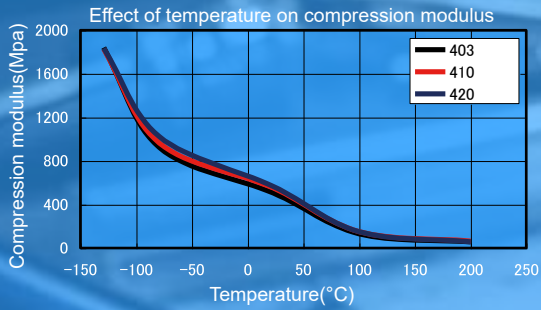
O Everflon™ PFA resiste à luz solar direta, aos rigores do vento e das intempéries, aos gases de escape e a outras condições adversas sem perda de desempenho ou deterioração: mesmo após longa exposição ao ar livre, suas propriedades não são comprometidas.

	Property	Unit	ASTM standard	403	410	420	430
Físicas	Ponto de fusão	°C	--	305-315			
	MFR	g/10min		1-3	6-12	20-30	35-45
	Gravidade específica	--	D792	2.12-2.17			
Mecânicas	Resistência à tração 23 °C	MPa	D638	30	28	24	22
	250 °C			16	8	7	
	Alongamento 23 °C	%	D638	380	350	330	300
	250 °C						
	Resistência ao impacto	kg-cm/cm (J/M)	D256A	No Break			
	Dureza (Dorômetro)	--	D1706	D60			
	Módulo de flexão	10 ³ kg/cm ² (GPa)	D790	5.5 0.54	6.3 0.62	6.5 0.64	6.5 0.64
	MIT (Flex life)	Times	D2176	500,000	20,000	10,000	10,000
	Condutividade térmica	10 ⁻⁴ cal/cm/sec °C	C177	6.0			
Calor específico	cal/°C.g		0.25				
Térmicas	Coefficiente de expansão térmica linear	10 ⁵ °C	D696	14		15	15
	Temperatura de pressão da esfera	°C		230	230	--	
	Temperatura máxima de serviço	°C		260			
	Resistividade volumétrica	Ω-cm	D257	>10 ¹⁷			
Elétricas	Resistividade superficial	Ω	D257	>10 ¹⁷			
	Constante dielétrica	60Hz	D150	< 2.1			
		10 ³ Hz					
		10 ⁶ Hz					
		10 ⁹ Hz					
	Tangente dielétrica	60Hz	D150	< 0.0003			
10 ³ Hz							
	10 ⁶ Hz						
Resistência ao arco elétrico	S	D495	>300				
Outras	Absorção de água	%	D570	< 0.03			
	Inflamabilidade	--	UL94	V-0			
	Índice de oxigênio	--	D2863	>95			

Propriedades do material Everflon™ PFA

Propriedades Mecânicas





Centro de dados

Resistência ao impacto (ASTM D256)

O teste de impacto Izod com entalhe é um método para avaliar a resistência ao impacto de plásticos. Neste teste, uma peça de plástico com entalhe é submetida a um impacto e a quantidade de energia absorvida na ruptura é medida. O Everflon™ PFA não se rompe à temperatura ambiente.

Temperature	Unit: J/m		
	403	410	420
-40 °C	700	680	570
25 °C	No breakage	No breakage	No breakage

Test piece: 64*12.7*3.2mm

Efeitos em temperaturas criogênicas

Testes realizados em temperaturas de nitrogênio líquido indicam que as resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA apresentam bom desempenho em aplicações criogênicas.

Property	ASTM Method	Unit	Value	
			Room Temperature, 23°C	Cryogenic Temperature, -196°C
Limite de Escoamento	D1708	MPa (psi)	15 (2,100)	No Yield
Resistência à Tração Máxima	D1708	MPa (psi)	18 (2,600)	129 (18,700)
Alongamento	D1708	%	260	8
Módulo de Flexão	D790-71	MPa (psi)	558 (81,000)	5,790 (840,000)
Resistência ao Impacto (Izod com Entalhe)	D256-72	J/m (ft-lb/in)	No Break	64 (1.2)
Resistência à Compressão	D695	MPa (psi)	24 (3,500)	414 (60,000)
Deformação por Compressão	D695	%	20	35
Módulo de Elasticidade	D695	MPa (psi)	69 (10,000)	4,690 (680,000)

Adesão

As resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA, quando usadas como adesivos termofusíveis de película fina, proporcionam ligações fortes e altamente resistentes à água a uma variedade de substratos termicamente resistentes. Metais, vidro e outros materiais termicamente resistentes foram aderidos usando esta técnica.

Vida útil à flexão (método MIT ASTM D2176)

Utilizando o método MIT, a vida útil à flexão do PFA foi medida como um meio simples de avaliar a resistência à fissuração por tensão. Os corpos de prova eram tiras curtas de 1,25 mm * 130 mm * 0,23 mm, que foram flexionadas a $\pm 135^\circ$ a uma taxa de 175 vezes por minuto até se romperem; o número de flexões foi registrado. Os resultados mostram que o Everflon PFA tem uma vida útil mais longa do que materiais similares fabricados por outras empresas.

Grade	403	410	420
Cycles	50×10^4	2.5×10^4	1.8×10^4

Dureza

A dureza das resinas fluoropolímeras Everflon™ PFA é de 55–57 Shore A. Este resultado foi obtido em testes realizados em painéis moldados por compressão de acordo com a norma ASTM D2240.

Exposição térmica

As resinas fluoropolímeras Everflon™ PFA são classificadas para uso contínuo em temperaturas de até 260 °C. No entanto, o tratamento térmico de longa duração de placas de resina fluoropolímera Everflon™ PFA, barras de tração e fios revestidos a 285 °C indica que a resina pode ser exposta continuamente a essa temperatura sem deterioração de suas propriedades mecânicas ou elétricas.

Dados de Desgaste e Atrito

Testes de atrito e desgaste foram realizados em resinas fluoropolímeras Everflon™ PFA para indicar o nível de desempenho (sem carga) em aplicações mecânicas, como mancais e vedações. Os testes foram realizados em mancais axiais moldados a 0,7 MPa (100 psi) contra aço AISI 1018, Rc20, 16AA; os testes foram realizados em condições ambientais, no ar, sem lubrificação.

Velocity, ft/min	Wear Factor, $K \times 10^{-10}$	Dynamic Coefficient of Friction	Duration, hr
3	1,591	0.210	103
10	1,837	0.214	103
30	983	0.229	103
50	694	0.289	103

Propriedades Químicas

As resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA são conhecidas por manterem altos níveis de desempenho mecânico após exposição a produtos químicos; na verdade, a série de resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA totalmente fluoradas é conhecida por apresentar os mais altos níveis de inércia química devido à ausência de grupos terminais reativos.

- Elas não são degradadas por sistemas químicos comumente encontrados em processos químicos.

- São inertes a:

- Ácidos minerais fortes – Bases inorgânicas – Agentes oxidantes inorgânicos – Soluções salinas

- Também são inertes a compostos orgânicos como:

- Ácidos orgânicos – Anidridos – Aromáticos – Hidrocarbonetos alifáticos – Álcoois – Aldeídos –

- Cetonas – Éteres – Ésteres – Clorocarbonos – Fluorocarbonos – Misturas dos compostos acima

Assim como outros produtos perfluorados, as resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA podem ser atacadas por certos complexos halogenados contendo flúor. Estes incluem trifluoreto de cloro, trifluoreto de bromo, pentafluoreto de iodo e o próprio flúor. As resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA também podem ser atacadas por metais como sódio ou potássio, especialmente em seus estados fundidos. Deve-se ter muito cuidado ao misturar fluoropolímeros finamente divididos com metais finamente divididos, como alumínio, magnésio ou bário, pois estes podem reagir violentamente se inflamados ou aquecidos a altas temperaturas. Certos complexos desses metais com amônia ou naftaleno (em qualquer um dos solventes) também atacam o produto.

De fato, esses complexos são usados para fornecer filmes ou tubos de resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA com uma superfície cimentável. Certos hidretos metálicos, como boranos (B_2H_6), cloreto de alumínio ($AlCl_3$) e certas aminas também foram observados atacando resinas de fluorocarbono em temperaturas elevadas.

Danos físicos resultantes da absorção de vários produtos químicos nas paredes dos artigos fabricados (principalmente quando combinados com ciclos de temperatura), mudanças rápidas de pressão e abuso mecânico são as causas mais frequentes de falhas em artigos fabricados com resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA.

A tabela mostra o desempenho em ensaios de tração e o ganho de peso de peças fabricadas com resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA após imersão em meios químicos inorgânicos. Geralmente, não há efeito mensurável dos reagentes inorgânicos comuns nas propriedades de tração das resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA; no entanto, se houver, observa-se um ganho ou perda de peso mensurável. O cloreto de sulfurila apresenta um caso especial em que um composto “híbrido” é absorvido pelas formas fabricadas, resultando em baixa retenção de propriedades. Em nenhum dos casos acima foram observadas interações quimicamente degradantes.

A tabela também mostra a mudança nas propriedades de tração e o ganho de peso quando as formas fabricadas com resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA são submetidas a líquidos orgânicos típicos que representam uma gama de compostos clássicos. As resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA apresentam desempenho de resistência química equivalente ou superior.

Esses dados mostram que líquidos que umedecem a resina tendem a causar altos ganhos de peso e baixa retenção de resistência à tração, especialmente quando aquecidos a altas temperaturas.

O Everflon™ PFA possui excelente resistência química a outros ácidos e bases inorgânicos e solventes orgânicos. Deve-se observar, no entanto, que o Everflon™ PFA compartilha com o PTFE e outras fluororesinas a propensão a reagir com metais alcalinos (sódio metálico) e flúor.

Chemical	Temp	Days	Number of cracked
Ciclo térmico não químico		21	0/5
Tolueno	100°C	7	0/5
Nitrobenzeno	100°C	7	0/5
Acetofenona	100°C	7	0/5
Percloroetileno	100°C	7	0/5
Cloreto de sulfurila	23°C	7	0/5
Tetracloroeto de carbono	75°C	7	0/5

Efeito da imersão química nas resinas fluoropolímeras da série Everflon™ PFA (168 h)

Produtos químicos		Test Temperature		% Retained Physicals		
		°C	°F	Tensile	Elongation	% Weight Gain
Substâncias Químicas Inorgânicas						
Ácidos Minerais	Ácido clorídrico (concentrado)	120	248	98	100	0.0
	Ácido sulfúrico (concentrado)	120	248	95	98	0.0
	Ácido fluorídrico (60%)	23	73	99	99	0.0
	Ácido sulfúrico fumegante	23	73	95	96	0.0
Ácidos Oxidantes	Água régia	120	248	99	100	0.0
	Ácido crômico (50%)	120	248	93	97	0.0
	Ácido nítrico (concentrado)	120	248	95	98	0.0
	Ácido nítrico fumegante	23	73	99	99	0.0
Bases Inorgânicas	Hidróxido de amônio (concentrado)	66	150	98	100	0.0
	Hidróxido de sódio (50%)	120	248	93	99	0.4
Peróxidos	Peróxido de hidrogênio (30%)	23	73	93	95	0.0
	Bromo	23	73	99	100	0.5
Halógenos	Bromo	59	138	95	95	0.5
	Cloro	120	248	92	100	0.5
	Soluções de Sais Metálicos					
Outras Substâncias Inorgânicas	Cloreto férrico	100	212	93	98	0.0
	Cloreto de zinco (25%)	100	212	96	100	0.0
	Cloreto de sulfurila	69	156	83	100	2.7
	Ácido clorossulfônico	151	304	91	100	0.7
	Ácido fosfórico (concentrado)	100	212	93	100	0.0

Permeabilidade

unit $\times 10^{-10} \text{cm}^3 \text{ cm/sec cm}^2 \text{ cmHg}$

	403	410	420
Oxigênio	4.4	3.6	3.6
Nitrogênio	1.5	1.4	1.6

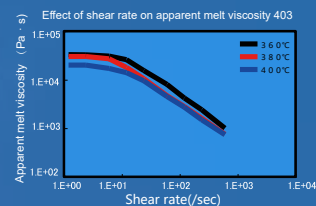
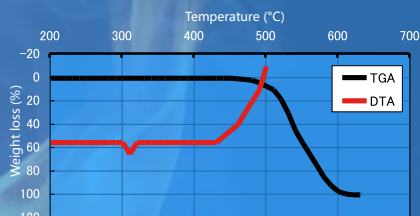
Produtos químicos		Test Temperature		% Retained Physicals		
		°C	°F	Tensile	Elongation	% Weight Gain
Produtos químicos orgânicos						
Ácidos/Anidridos	Ácido acético glacial	118	244	95	100	0.4
	Anidrido acético	139	282	91	99	0.3
	Ácido tricloroacético	196	384	90	100	2.2
Hidrocarbonetos	Isooctano	99	210	94	100	0.7
	Nafta	100	212	91	100	0.5
	Óleo mineral	180	356	87	95	0.0
	Tolueno	110	230	88	100	0.7
Compostos Funcionais Aromáticos	o-cresol	191	376	92	96	0.2
	Nitrobenzeno	210	410	90	100	0.7
Álcool	Álcool benzílico	205	401	93	99	0.3
	Anilina	185	365	94	100	0.3
Aminas	n-butilamina	78	172	86	97	0.4
	Etilenodiamina	117	242	96	100	0.1
Éter	Tetraidrofurano	66	151	88	100	0.7
	Benzaldeído	179	355	90	99	0.5
Cetonas Aldeídos	Cicloexanona	156	312	92	100	0.4
	Metil etil cetona	80	176	90	100	0.4
	Acetofenona	202	396	90	100	0.6
	Ácido fosfórico (concentrado)	220	392	98	100	0.3
Ésteres	Dimetilftalato	220	392	98	100	0.3
	n-butilacetato	125	257	93	100	0.5
	Tri-n-butil fosfato	200	392	91	100	2.0
Clorados Solventes	Cloreto de metileno	40	104	94	100	0.8
	Percloroetileno	121	250	86	100	2.0
	Tetracloroeto de carbono	77	171	87	100	2.3
Solventes Poliméricos	Dimetilformamida	154	309	96	100	0.2
	Dimetilsulfóxido	189	372	95	100	0.1
	Dioxano	101	214	92	100	0.6

Propriedades térmicas

Decomposição Térmica

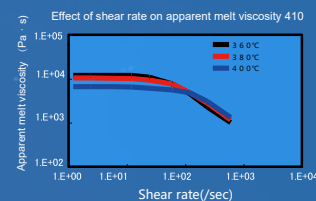
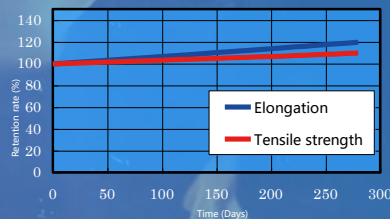
Até aproximadamente 400 °C, observa-se excelente estabilidade térmica sem perda de massa. Além disso, a 700 °C não houve resíduos de decomposição.

	Unit: (°C)		
Grade	403	410	420
Initial weight loss	400	400	400
10% weight loss	510	510	510
50% weight loss	540	542	539



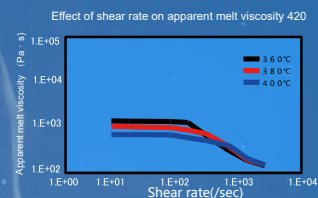
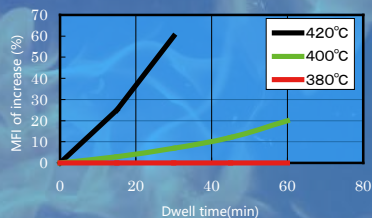
Envelhecimento Térmico

Após ser mantida a 280 °C por 280 dias, os valores de resistência à tração e alongamento foram superiores aos valores obtidos no início do experimento.



Estabilidade Térmica

Após ser mantida nessas temperaturas, pelos períodos especificados, a taxa de fluidez (MFR) foi avaliada. Após ser mantida a 380 °C por mais de 1 hora, não houve alteração na MFR da resina.



Temperatura de distorção térmica

As temperaturas são aquelas em que corpos de prova submetidos a carga, um sob 0,45 MPa e o outro sob 1,81 MPa, apresentaram curvatura de 0,254 mm à medida que a temperatura era aumentada a uma taxa de 2 °C/min.

Temperatura de distorção térmica

Loading	403	410	420
0.45MPa	91	92	93
1.81MPa	56	57	57

Temperatura de amolecimento Vicat

Os valores mostrados são as temperaturas em que uma agulha de 1 mm de diâmetro, sob uma carga de 1 kg, colocada no centro de um corpo de prova, penetrou 1 mm no corpo de prova à medida que a temperatura era aumentada a uma taxa de 50 °C/h.

403	410	420
287°C	281°C	270°C

Coefficiente de expansão térmica linear

Faixa de temperatura °C	403	410	420
-100~-75	9	9	8
-75~-15	12	11	12
-15~100	14	14	15
100~150	16	16	17
150~210	21	21	21

Propriedades Elétricas

As aplicações elétricas incluem revestimentos extrudados para diversas construções de fios, cabos de aquecimento, eletrodutos de parede espessa, revestimento de cabos e cabos geofísicos. As resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA também são moldadas por injeção em componentes de interruptores elétricos, insertos de conectores, buchas isolantes e isoladores de espaçamento.

Constante dielétrica e tangente dielétrica (ASTM D150)

A constante dielétrica das resinas Everflon™ PFA é inferior a 2,1 em uma ampla faixa de frequências, temperaturas e densidades. Os valores de densidade das resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA variam pouco (2,13–2,17), e a constante dielétrica varia apenas cerca de 0,03 unidades nessa faixa — entre as mais baixas de todos os materiais sólidos. Não há efeito mensurável da umidade na constante dielétrica das resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA.

Rigidez Dielétrica

A rigidez dielétrica (curto prazo) de todas as resinas fluoropoliméricas Everflon™ PFA é de 80 kV/mm (2.043 V/mil) quando medida em filmes de 0,25 mm (10 mil) pelo método ASTM D149. Filmes finos de resina FEP apresentam resultados semelhantes, enquanto filmes de PTFE são tipicamente medidos em 47 kV/mm (1.200 V/mil). Assim como outras resinas fluoropoliméricas, a Everflon™ PFA perde rigidez dielétrica na presença de descarga corona.

Fator de Dissipação

O fator de dissipação das resinas fluoropoliméricas Everflon™ PFA varia com a frequência e a temperatura. O fator de dissipação em baixa frequência (10^2 – 10^4 Hz) aumenta com o aumento da temperatura. Observa-se pouca variação com a temperatura no fator de dissipação em frequências na faixa de 10^4 – 10^7 Hz. À medida que as frequências aumentam para 10^{10} Hz, observa-se um aumento constante no fator de dissipação. Os aumentos são maiores quando medidos à temperatura ambiente. Há também indícios de um máximo em torno de 3×10^9 Hz. Os grupos terminais totalmente fluorados presentes nas resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA resultam em fatores de dissipação mais baixos em altas frequências. As resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA são preferíveis quando consideradas para uso como material de isolamento elétrico em altas frequências.

Resistividade elétrica

As resistividades volumétrica e superficial das resinas fluoropoliméricas são altas e não são afetadas pelo tempo ou pela temperatura.

Medições da resistividade volumétrica das resinas fluoropoliméricas Everflon™ PFA pelo método descrito na norma ASTM D257 apresentaram um valor superior a 10^{18} ohm-cm. A resistividade superficial foi superior a 10^{18} ohm/sq.

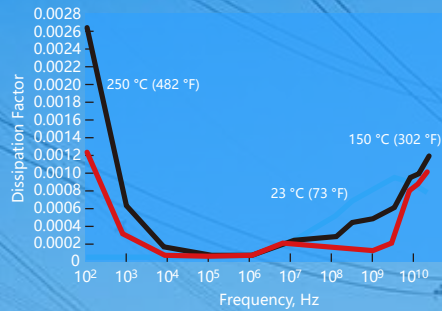
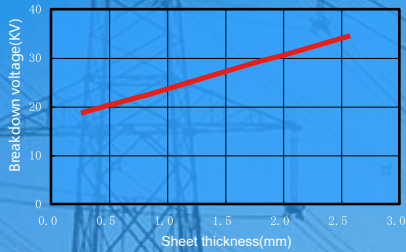
Quando as resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA foram testadas pelo método descrito na norma ASTM D495, utilizando eletrodos de aço inoxidável, não foi observada nenhuma trilha condutora durante todo o teste (180 segundos), indicando que a resina não forma um caminho condutor carbonizado.

Efeito da temperatura na resistividade volumétrica ASTM D257

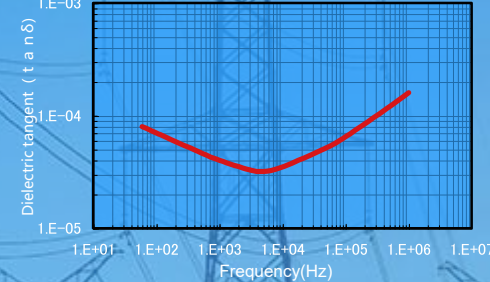
Temperatura (°C)	23	50	100
Resistividade volumétrica (Ωcm)	$3 \cdot 10^{17}$	$5 \cdot 10^{17}$	$3 \cdot 10^{17}$

Insulation

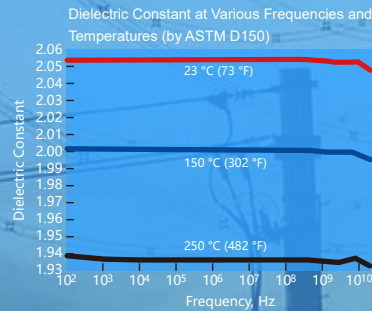
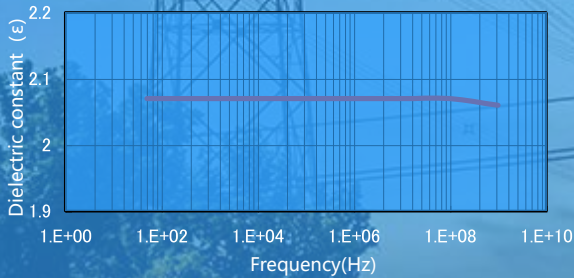
Dependence of insulation breakdown voltage on material thickness.



Effect of frequency on dielectric tangent

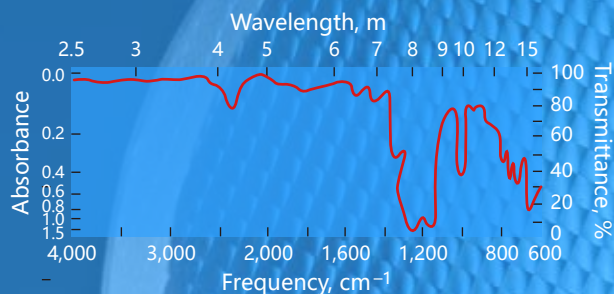


Effect of frequency on dielectric constant



Propriedades Ópticas

Em forma de filme, as resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA apresentam excelentes propriedades ópticas com baixa opacidade, conforme medido pelos métodos ASTM. Os valores específicos de porcentagem de transmissão para determinados comprimentos de onda são mostrados na Tabela. O índice de refração do filme feito com resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA é medido em um comprimento de onda de 546 nm (luz verde) e à temperatura ambiente. Um espectro infravermelho das resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA é apresentado na Figura. Essa "impressão digital" é frequentemente útil para identificar a resina entre outros polímeros fluorocarbonados.



Property	Test Method	Value
Índice de refração	ASTM D542-50	1.350
Opacidade	ASTM D1003-52	4%
Transmissão de luz		
UV (0,25-0,40 μm)	(Cary Model 14)	77-91%
Visível (0,40-0,70 μm)	Spectrophotometer,	91-96%
Infravermelho (0,70-2,4 μm)	100-gauge (0.025-mm) film thickness	96-98%

Resistência às Intempéries

As resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA são extremamente hidrofóbicas e repelem a água quase completamente. Uma absorção de umidade inferior a 0,03% foi relatada após 24 horas em água à temperatura ambiente, seguidas de 2 horas em água fervente. Elas também são praticamente inalteradas pelo oxigênio, ozônio e luz visível ou ultravioleta. Amostras de teste, expostas por muitos anos a praticamente todas as condições climáticas, demonstraram que as resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA são totalmente resistentes às intempéries. Não houve alterações significativas nas propriedades de tração, densidade ou índice de fluidez após essa exposição. Os resultados não mostram envelhecimento nem fragilização. Como não são utilizados plastificantes, antioxidantes ou outros aditivos durante o processamento, não há lixiviação de substâncias.

Resistência à radiação

Se o Everflon™ PFA for exposto a uma grande quantidade de radiação, por ser uma perfluoresina, a cadeia principal na estrutura do copolímero fica sujeita a quebras, o que reduz a resistência à tração e o alongamento na tração.

Guia de Fabricação

Extrusão

Os fluoropolímeros Everflon™ PFA são adequados para extrusão utilizando técnicas normalmente aplicadas a outros plásticos termoprocessáveis, desde que a extrusora esteja equipada com ligas resistentes à corrosão. Recomenda-se o uso de extrusoras com relação L/D de 20:1 a 30:1. As extrusoras devem ser equipadas com aquecedores controlados independentemente, capazes de controle preciso de temperatura até 450 °C.

Diversos designs de rosca podem ser utilizados. Roscas de rosca simples são recomendadas, enquanto roscas com barreira devem ser evitadas. Um design típico de rosca consiste em uma longa seção de alimentação (pelo menos 12 espiras), seguida por uma transição de 2 a 6 espiras e uma seção de dosagem de 5 a 7 espiras. Placas de quebra e telas de proteção normalmente não são utilizadas, mesmo com o uso de masterbatches de cor.

Uma visão geral dos requisitos de temperatura, ferramentas e equipamentos para extrusão de cabos é apresentada na Tabela.

As temperaturas definidas devem ser escolhidas e ajustadas de acordo com o tamanho da extrusora e a vazão máxima alcançável. Em geral, quanto maior a vazão, maior deve ser o perfil de temperatura e, quanto menor o comprimento da extrusora, maior o perfil de temperatura. Vale ressaltar que a temperatura mais eficaz para alterar a temperatura de fusão e, portanto, a pressão na matriz e a velocidade da linha, é a temperatura na zona de dosagem.

A velocidade máxima da linha que pode ser alcançada com as resinas Everflon™ PFA é limitada pelo aparecimento da fratura da fusão ou ressonância de estiramento (na extrusão de tubos, a fratura da fusão geralmente aparece primeiro na superfície interna do cone). Esse fenômeno pode ser reduzido aumentando-se a temperatura na matriz até que ocorram bolhas ou efeitos de degradação térmica. Uma pequena redução da fratura da fusão também pode ser obtida pelo aquecimento da ponta interna. A taxa de cisalhamento crítica do polímero pode ser considerada um bom parâmetro para prever a velocidade máxima de extrusão. Quanto maior for esse valor, maior será a velocidade da linha alcançável. Por exemplo, à temperatura de 372 °C, o Everflon™ PFA 410 tem uma taxa de cisalhamento crítica na faixa de 50 a 70 sec-1, enquanto o valor do Everflon™ PFA 403 está na faixa de 10 a 15 sec-1.

	[°C]
Z1	250
Z2	320
Z3	355
Z4	360
Z5	380
Flange	380
Adaptador	380
Cabeçote transversal	380
Matriz	400
Temperatura de fusão	390-400

Grade	Wall Thickness	DDR
Everflon PFA 403	0.80-1.20 mm	50-25
	1.20-2.00 mm	25-5
Everflon PFA 410	0.10-0.25 mm	250-100
	0.25-0.45 mm	100-50

O DRB deve ser mantido próximo de 1

$$DDR = \frac{D_{die}^2 - D_{tip}^2}{d_{wire}^2 - d_{copper}^2}$$

$$DRB = \frac{D_{die}/D_{tip}}{d_{wire}/d_{copper}}$$

	Value
Diâmetro do cabo	6 mm
Espessura da parede	0.25 mm
Taxa de estiramento	25
Equilíbrio da taxa de estiramento	1
Pré-aquecimento do fio	-
Velocidade da rosca	5 rpm
Pressão	40 bar
Espaçamento de água	200-400mm
Velocidade da linha	5 m/min
Diâmetro da rosca = 35 mm, L/D = 25	

	Value
Diâmetro do cabo	1.5 mm
Espessura da parede	0.25 mm
Taxa de estiramento	110
Equilíbrio da taxa de estiramento	1
Pré-aquecimento do fio	180 °C
Velocidade da rosca	20 rpm
Pressão	21 bar
Espaçamento de água	200-400mm
Velocidade da linha	61 m/min
Diâmetro da rosca = 35 mm, L/D = 25	

Guia de Fabricação

Moldagem

Moldagem por transferência

O Everflon™ PFA pode ser usado para produzir itens revestidos por moldagem por transferência. Essa técnica consiste basicamente nas seguintes etapas:

- Fusão e plastificação
- Injeção em molde quente
- Compactação e resfriamento

As resinas típicas para moldagem por transferência são as de baixo índice de fluidez (MFI), como o Everflon™ PFA 403.

A temperatura do molde é geralmente ajustada acima do ponto de fusão da resina, diferentemente da moldagem por injeção, onde o molde é mantido a uma temperatura muito mais baixa. Os melhores resultados são normalmente obtidos com velocidades de injeção lentas e aplicando-se um determinado tempo de espera antes do resfriamento. Recomenda-se, então, um resfriamento rápido.

As condições de operação devem ser otimizadas para cada aplicação específica. Por exemplo, baixas temperaturas de fusão são recomendadas para peças grandes ou quando a resina é fundida e plastificada em um forno. Altas temperaturas de fusão são recomendadas para peças finas ou quando a fusão e a plastificação são realizadas por uma extrusora.

Moldagem por Compressão

O Everflon™ PFA pode ser moldado por compressão para obter peças semiacabadas, como chapas, barras e filmes. As condições de moldagem mais adequadas devem ser selecionadas de acordo com o processo específico e o formato da peça final. Em todos os casos, a temperatura de moldagem estará na faixa de 340 a 380 °C.

Guia de Fabricação

Moldagem por Injeção

A Everflon™ PFA pode ser moldada por injeção seguindo os mesmos processos utilizados para resinas termoplásticas comuns. Os graus de baixa viscosidade são especialmente projetados para moldagem por injeção de formas complexas.

Recomenda-se o uso de três zonas de aquecimento controladas independentemente para o cilindro e uma para o adaptador. Os controladores de aquecimento devem ser capazes de controlar com precisão a temperatura até 450 °C.

Recomenda-se o uso de rosca recíprocante para garantir a plastificação adequada e reduzir a estagnação do polímero e a degradação térmica. A rosca deve ter uma seção de transição curta, um passo constante e uma relação de profundidade da rosca entre a seção de alimentação e a seção de dosagem de aproximadamente 3:1.

Recomenda-se o uso de bico de injeção cônico reverso convencional. O diâmetro interno deve ser o maior possível e cônico para evitar pontos mortos ou mudanças bruscas na velocidade da resina. A válvula de retenção impede que a resina fundida flua para trás ao longo das roscas da rosca durante o processo de injeção.

A temperatura do molde não deve ser inferior a 180 °C (355 °F) para reduzir a delaminação da peça. A otimização da temperatura do molde deve levar em consideração a espessura da peça para minimizar a contração, o acabamento superficial e o tempo total do ciclo.

A pressão de injeção deve ser a mais baixa possível, dependendo da peça a ser moldada. Em geral, baixas pressões de injeção reduzem a deformação, resultando em maior estabilidade dimensional. A pressão de injeção deve ser ajustada em função da peça moldada, sua espessura e a presença de linhas de solda. Na maioria dos casos, deve-se aplicar uma pressão de recalque para reduzir a contração e a formação de vazios. A velocidade de injeção deve ser moderadamente lenta, resultando em uma boa aparência superficial, sem rugosidades.

Por outro lado, velocidades de injeção muito baixas devem ser evitadas, pois afetam negativamente a etapa de preenchimento. Geralmente, são necessárias baixas velocidades de rotação, mesmo que uma contrapressão moderadamente baixa possa resultar em melhor homogeneização, sem partículas não fundidas. O aumento da contrapressão deve ser cuidadosamente monitorado para evitar o aumento da temperatura de fusão.

O perfil de temperatura ao longo do cilindro de injeção deve ser aumentado da zona traseira até o bico, conforme descrito a seguir, para evitar a degradação térmica. A temperatura de fusão não deve ser superior a 400 °C (750 °F) e o tempo de retenção ou residência deve ser reduzido significativamente se a operação for realizada nas temperaturas mais altas.

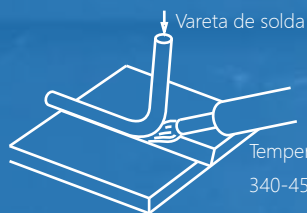
Condições típicas de moldagem para Everflon™ PFA

	Units	410	420
Z1	°C	300	320
Z2	°C	325	345
Z3	°C	335	355
Z4	°C	340	360
Bico	°C	360	380
Temperatura de fusão	°C	380	380
Temperatura do molde	°C	200–240	200–240
Pressão de injeção	kg/cm ² (psi)	270 (3,850)	345 (4,900)
Pressão de compactação	kg/cm ² (psi)	270 (3,850)	345 (4,900)
Velocidade da rosca	cm/s (mil/s)	0.2 (80)	0.2 (80)
Rotação da rosca	rpm	21	21
Tempo de ciclo	s	100	100

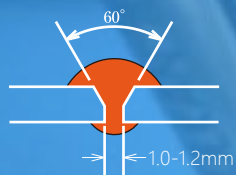
Dimensões do molde: disco de 102 mm, 3 mm de espessura

Guia de Fabricação

Soldagem



Temperatura aparente de soldagem
340-450°C



Temperatura aparente de soldagem



Temperatura no centro da
chama a 5 mm da ponta da pistola

Os revestimentos Everflon™ PFA são materiais termoplásticos que podem ser soldados utilizando as técnicas padrão conhecidas para plásticos comuns, como PE ou PVC. Em particular, a soldagem a gás quente é rotineiramente utilizada para a termosoldagem de revestimentos Everflon™ PFA. Testes de tração realizados nas juntas soldadas comprovaram que as fusões são 100% confiáveis, assim como o material original. As seguintes recomendações gerais se aplicam à soldagem a gás quente de revestimentos Everflon™ PFA.

Equipamentos

Utilize pistolas de solda com bom controle de temperatura até 650 °C e com potência de aquecimento de 900 a 1.000 W ou superior. A medição precisa da temperatura é crucial para garantir soldas consistentes. É uma boa prática medir a temperatura do fluxo de gás dentro do bocal, a 5-7 mm da saída.

Se for utilizado ar comprimido para a soldagem, certifique-se de que esteja limpo e seco. Diferentes bicos de solda estão disponíveis. As pontas de soldagem de alta velocidade são usadas para a solda primária, enquanto as pontas de ponteamento podem ser usadas para manter no lugar as várias seções do revestimento.

Soldagem

Use varetas de solda redondas feitas do mesmo grau de Everflon™ PFA dos perfis a serem soldados. Não é recomendável soldar perfis feitos de graus diferentes.

Raspe cuidadosamente as superfícies a serem soldadas. Ao usar folhas com reforço de tecido, remova o tecido ao longo da linha de solda (2 a 3 mm em cada folha) para evitar inclusões de fibra. Alinhe e segure as duas folhas a serem soldadas a uma distância não superior a 0,5 a 1 mm.

Faça um sulco em forma de V entre as duas folhas usando o raspador apropriado. Evite o uso de ferramentas improvisadas, pois isso pode resultar em um cordão de solda irregular. Limpe completamente a área de soldagem e a vareta de solda.

Limpe o bocal da pistola de solda com uma escova de latão, ajuste o fluxo de ar para 50 a 60 litros/minuto padrão e defina a temperatura da pistola de solda conforme indicado na tabela abaixo.

Solde segurando a pistola em um ângulo de 45 a 60° e ajuste a pressão e a velocidade de soldagem, garantindo que o eletrodo e as chapas derretam simultaneamente. Velocidades de soldagem na faixa de 5 a 30 cm/min (2 a 12 pol/min) geralmente são adequadas.

Se a velocidade for muito baixa, o eletrodo superaquecerá e poderá quebrar; por outro lado, se a velocidade for muito alta, o eletrodo não derreterá corretamente e o sulco entre as duas chapas não será devidamente preenchido pelo material fundido. Da mesma forma, se a pressão de soldagem for muito baixa, o sulco entre as duas chapas não será completamente preenchido, enquanto uma força excessiva pode causar ondulações ao longo do cordão de solda, que eventualmente atuarão como concentradores de tensão.



Everflon Academic Center

Tel: +86-185-7168-9228

info@everflon.com

www.everflon.com

Para obter mais informações sobre nossa empresa, produtos e serviços, visite nosso site em www.everflon.com ou www.everflonultra.com.