



EVERFLON™ PFA

Manual de funciones

Polyfluoroalkoxy

EVERFLON ACADEMIC

Introducción

Everflon™ PFA es un copolímero de tetrafluoroetileno (C_2F_4) y perfluoroalcoxi-etileno. Como se muestra en el diagrama a continuación, en la estructura básica de Everflon™ PFA, todos los átomos de carbono están fuertemente unidos a átomos de flúor.

Como resultado, en un amplio rango de temperaturas, Everflon™ PFA presenta excelentes propiedades químicas, eléctricas, mecánicas y superficiales. Además, en comparación con Everflon™ PTFE, es fluido en estado fundido, por lo que es apto para inyección, extrusión, soplado, transferencia y otros métodos de procesamiento de fusión.

Este folleto técnico se proporciona para ayudar a los usuarios a desarrollar diversas aplicaciones que aprovechen las propiedades de Everflon™ PFA. El documento ofrece una cobertura completa de las propiedades del material Everflon™ PFA e información sobre cómo utilizar la resina en procesos de moldeo.

Fluoropolímeros Everflon™ PFA disponibles comercialmente

Everflon™PFA Grade	Resin Characteristics	Aplicaciones
403/S	Resina de bajo MFR para aplicaciones de moldeo y extrusión	Tubos Revestimiento de tuberías Películas Piezas moldeadas por inyección/soplado
410/S	Resina de rango medio MFR para aplicaciones de moldeo y extrusión	Aislamiento de cables de pared delgada Piezas moldeadas por inyección de tamaño pequeño o complejo
420/S	Resina de alto MFR para aplicaciones de inyección y extrusión	Tubos Alambres y cables Piezas moldeadas por inyección
430/S	Resina de ultra alto MFR para aplicaciones de inyección y extrusión	Aislamiento de cables de pared delgada Piezas moldeadas por inyección de tamaño pequeño o complejo
GC403	Resina de bajo MFR con alta resistencia al agrietamiento por tensión para aplicaciones de moldeo y extrusión	Tubos y tuberías Piezas moldeadas y revestimientos Revestimiento de láminas para recipientes y sistemas de suministro de productos químicos en aplicaciones de alta pureza
GC410	Resina de rango medio MFR para aplicaciones de moldeo y extrusión	Piezas y tubos moldeados por inyección en aplicaciones de alta pureza
GC420	Resina de alto MFR para aplicaciones de moldeo y extrusión	Piezas moldeadas por inyección en aplicaciones de alta pureza (p. ej., accesorios, cuerpos de válvulas, carcasas de filtros)
GC430	Resina de ultra alto MFR para aplicaciones de inyección y extrusión	Aislamiento de cables de pared delgada Piezas moldeadas por inyección de tamaño pequeño o complejo
C403	Resina disipativa estática de bajo MFR	Tubos, revestimientos y piezas moldeadas que requieren disipación de estática
C410	Resina disipativa estática de rango medio MFR	Cables, tubos, revestimientos y piezas moldeadas que requieren disipación de estática
C420	Resina disipativa estática de alto MFR	Cables, tubos, revestimientos y piezas moldeadas que requieren disipación de estática
CC04	Concentrado de color con resina virgen de PFA	Cables, Tubos, revestimientos y piezas moldeadas con diversos requisitos de color.
JP04	Polvo para aplicaciones especiales	Ideal para compuestos y moldeo por compresión.
GS04	Polvo de alta pureza y fluidez para rotomoldeo y rotorrevestimiento	Piezas huecas. Geometrias complejas. Revestimiento.

Características del Everflon™ PFA

Excelente resistencia mecánica sostenida

De –200 a +260 °C, el Everflon™ PFA mantiene su resistencia mecánica en un amplio rango de temperaturas y, dentro de este rango, los productos mantienen una forma estable.

Excelente resistencia química

Capaz de resistir la mayoría de los disolventes, el Everflon™ PFA es un material altamente estable al usarse con productos químicos.

Excelentes características eléctricas

Con una constante dieléctrica y una tangente dieléctrica muy bajas, el Everflon™ PFA es un material excepcional para el aislamiento eléctrico y ha contribuido a aumentar la fiabilidad en el sector electrónico.

Excelente incombustibilidad

El Everflon™ PFA tiene un índice de oxígeno superior al 95 % debido a su incombustibilidad y se está aplicando ampliamente en diversos campos. Excelentes características superficiales

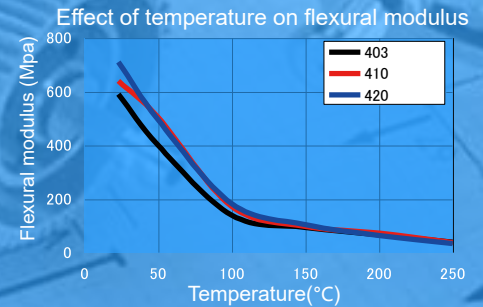
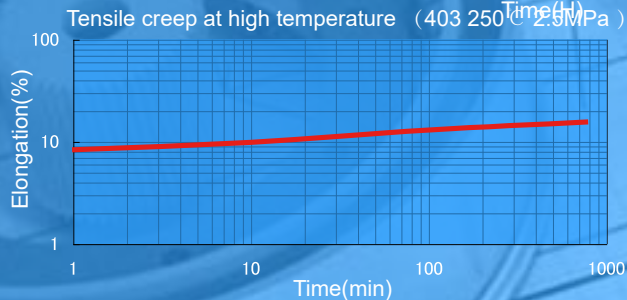
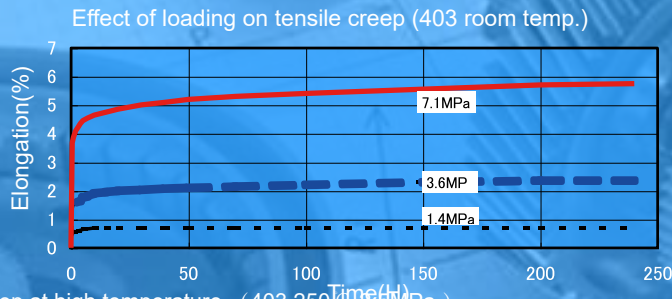
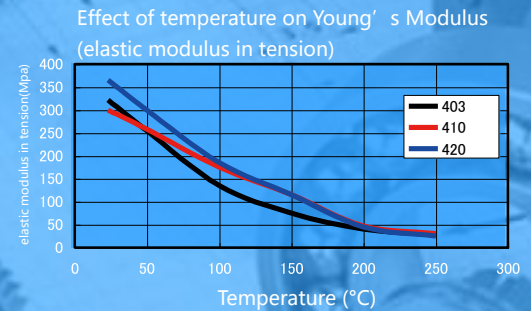
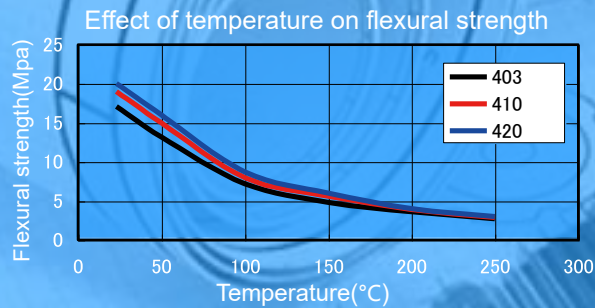
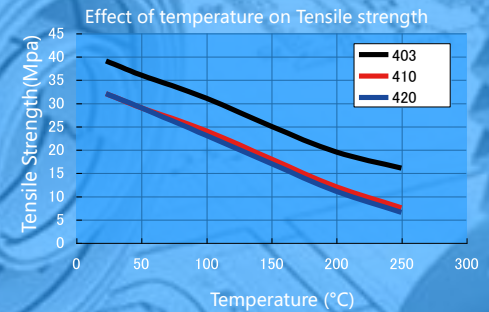
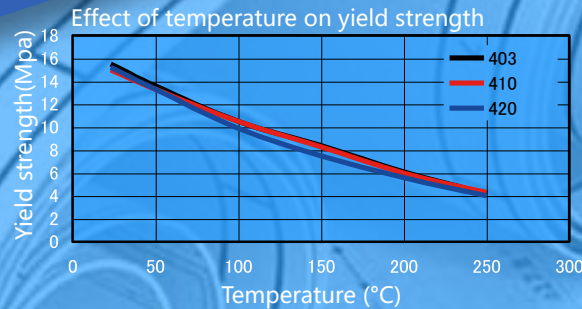
Además de su baja fricción, propiedades antiadherentes, repelencia al agua y al aceite, y otras excelentes características superficiales que permiten un uso eficaz, Everflon™ PFA también es altamente confiable y presenta baja resistencia al flujo de fluidos.

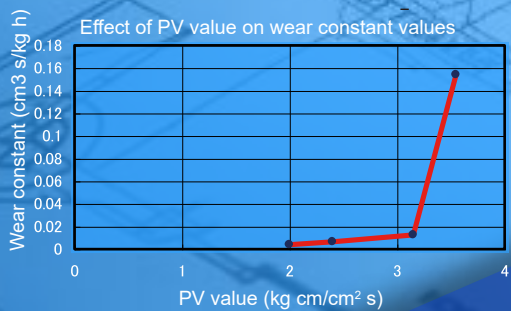
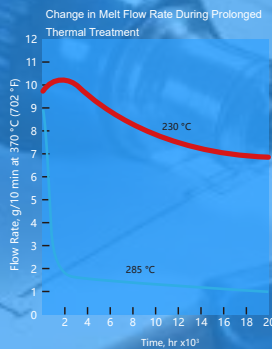
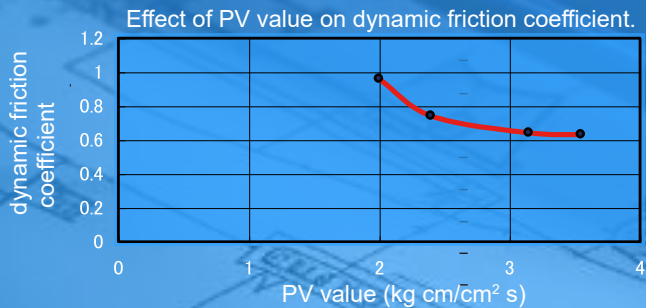
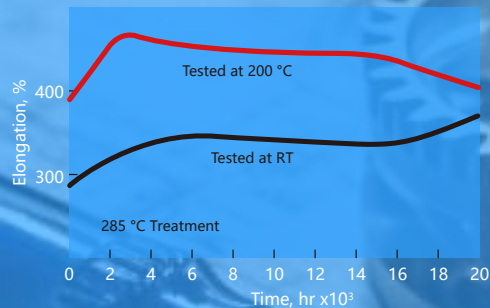
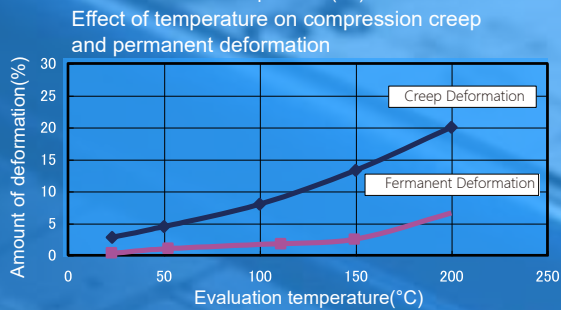
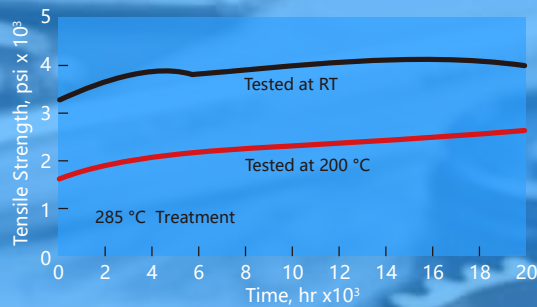
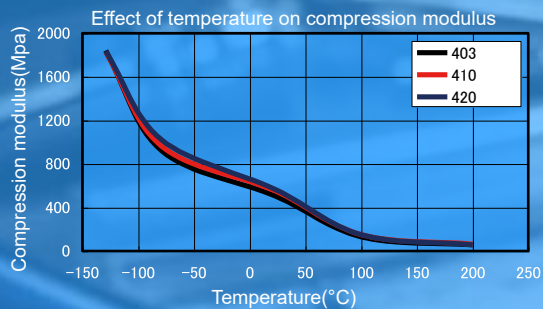
Excelente resistencia a la intemperie

Everflon™ PFA resiste la luz solar directa, los rigores del viento y el clima, los gases de escape y otras condiciones adversas sin disminuir su rendimiento ni deteriorarse: incluso después de una larga exposición al aire libre, sus propiedades no se ven comprometidas.

	Property	Unit	ASTM standard	403	410	420	430
Físicas	Punto de fusión	°C	--	305-315			
	MFR	g/10min		1-3	6-12	20-30	35-45
	Gravedad específica	--	D792	2.12-2.17			
Mecánicas	Resistencia a la tracción 23 °C	MPa	D638	30	28	24	22
	250 °C			16	8	7	
	Elongación 23 °C	%	D638	380	350	330	300
	250 °C						
	Resistencia al impacto	kg-cm/cm (J/M)	D256A	No Break			
	Dureza (Dorómetro)	--	D1706	D60			
	Módulo de flexión	10³kg/cm² (GPa)	D790	5.5 0.54	6.3 0.62	6.5 0.64	6.5 0.64
	MIT (Vida útil a la flexión)	Times	D2176	500,000	20,000	10,000	10,000
	Térmicas	Conductividad térmica	10-4cal/cm/sec °C	C177	6.0		
Calor específico							
Coeficiente de expansión térmica lineal		cal/°C.g		0.25			
		10⁵°C	D696	14		15	15
Temperatura de presión de bola		°C		230	230	--	
Temperatura máxima de servicio		°C		260			
Eléctricas	Resistividad volumétrica	Ω-cm	D257	>10¹⁷			
	Resistividad superficial	Ω	D257	>10¹⁷			
	Constante dieléctrica	60Hz	D150	< 2.1			
		10³Hz					
		10⁶Hz					
		10⁹Hz					
	Tangente dieléctrica	60Hz	D150	< 0.0003			
		10³Hz					
10⁶Hz							
Resistencia a la corrosión	S	D495	>300				
Otras	Absorción de agua	%	D570	< 0.03			
	Inflamabilidad	--	UL94		V-0		
	Índice de oxígeno	--	D2863	>95			

Propiedades mecánicas





Centro de datos

Resistencia al impacto (ASTM D256)

La prueba de impacto Izod con entalla es un método para evaluar la resistencia al impacto del plástico. En esta prueba, una pieza de plástico con entalla se somete a un impacto y se mide la energía absorbida por la rotura. Everflon™ PFA no se rompe a temperatura ambiente.

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

Test piece:64*12.7*3.2mm

Efectos de la temperatura criogénica

Las pruebas realizadas a temperaturas de nitrógeno líquido indican que las resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA tienen un buen rendimiento en aplicaciones criogénicas.

Property	ASTM Method	Unit	Value	
			Room Temperature, 23°C	Cryogenic Temperature, -196°C
Límite elástico	D1708	MPa (psi)	15 (2,100)	No Yield
Resistencia máxima a la tracción	D1708	MPa (psi)	18 (2,600)	129 (18,700)
Elongación	D1708	%	260	8
Módulo de flexión	D790-71	MPa (psi)	558 (81,000)	5,790 (840,000)
Resistencia al impacto (Izod con entalla)	D256-72	J/m (ft-lb/in)	No Break	64 (1.2)
Resistencia a la compresión	D695	MPa (psi)	24 (3,500)	414 (60,000)
Deformación por compresión	D695	%	20	35
Módulo de elasticidad	D695	MPa (psi)	69 (10,000)	4,690 (680,000)

Adhesión

Las resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA, utilizadas como adhesivos termofusibles de película delgada, proporcionan uniones fuertes y altamente resistentes al agua a una variedad de sustratos termorresistentes. Se han adherido metales, vidrio y otros materiales termorresistentes mediante esta técnica.

Vida útil a la flexión (método MIT ASTM D2176)

Utilizando el método MIT, se midió la vida útil a la flexión del PFA como un método sencillo para evaluar la resistencia al agrietamiento por tensión. Las probetas consistieron en tiras cortas de 1,25 mm x 130 mm x 0,23 mm, dobladas a $\pm 135^\circ$ a una velocidad de 175 flexiones por minuto hasta su rotura; se registró el número de flexiones. Los resultados muestran que Everflon PFA tiene una vida útil más larga que grados similares de otras empresas.

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

Dureza

La dureza de las resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA es de 55-57 durómetros. Este resultado se obtuvo en pruebas realizadas en paneles moldeados por compresión según la norma ASTM D2240.

Exposición térmica

Las resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA están clasificadas para uso continuo a temperaturas de hasta 260 °C. Sin embargo, el tratamiento térmico a largo plazo de las placas, barras de tracción y alambres recubiertos de resina de fluoropolímero Everflon™ PFA a 285 °C indica que la resina puede estar expuesta continuamente a esta temperatura sin que se deterioren sus propiedades mecánicas o eléctricas.

Datos de desgaste y fricción

Se han realizado pruebas de fricción y desgaste con resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA para indicar su nivel de rendimiento (sin relleno) en aplicaciones mecánicas, como cojinetes y sellos. Las pruebas se realizaron en cojinetes de empuje moldeados a 0,7 MPa (100 psi) contra acero AISI 1018, Rc20, 16AA; las pruebas se realizaron a temperatura ambiente, en aire sin lubricación.

Velocity, ft/min	Wear Factor, K x 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

Propiedades químicas

Las resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA son conocidas por mantener un alto rendimiento mecánico tras la exposición a sustancias químicas. De hecho, la serie de resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA totalmente fluoradas es conocida por presentar los mayores niveles de inercia química debido a la ausencia de grupos terminales reactivos.

- No se degradan por los sistemas químicos habituales en los procesos químicos.
- Son inertes a:
 - Ácidos minerales fuertes
 - Bases inorgánicas
 - Agentes oxidantes inorgánicos
 - Soluciones salinas
- También son inertes a compuestos orgánicos como:
 - Ácidos orgánicos
 - Anhídridos
 - Aromáticos
 - Hidrocarburos alifáticos
 - Alcoholes
 - Aldehídos
 - Cetonas
 - Éteres
 - Ésteres
 - Clorocarbonos
 - Fluorocarbonos
 - Mezclas de los compuestos anteriores

Al igual que otros productos perfluorados, las resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA pueden ser atacadas por ciertos complejos halogenados que contienen flúor. Estos incluyen trifluoruro de cloro, trifluoruro de bromo, pentafluoruro de yodo y el propio flúor. Las resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA también pueden ser atacadas por metales como el sodio o el potasio, especialmente en estado fundido. Se debe tener mucho cuidado al mezclar fluoropolímeros finamente divididos con metales finamente divididos, como aluminio, magnesio o bario, ya que estos pueden reaccionar violentamente si se encienden o se calientan a altas temperaturas. Ciertos complejos de estos metales con amoníaco o naftaleno (en cualquiera de los disolventes) también atacan el producto.

De hecho, estos complejos se utilizan para proporcionar una superficie cementable a películas o tubos de resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA. También se ha observado que ciertos hidruros metálicos, como los boranos (BH_3), el cloruro de aluminio ($AlCl_3$) y ciertas aminas, atacan las resinas de fluorocarbono a temperaturas elevadas.

El daño físico resultante de la absorción de diversas sustancias químicas en las paredes de los artículos fabricados (en particular, cuando se combina con ciclos de temperatura), los cambios bruscos de presión y el maltrato mecánico son la causa más frecuente de fallo en los artículos fabricados con resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA.

La tabla muestra el rendimiento en ensayos de tracción y el aumento de peso de piezas fabricadas con resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA tras la inmersión en medios químicos inorgánicos. Normalmente, no se observa un efecto medible de los reactivos inorgánicos comunes sobre las propiedades de tracción de las resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA; sin embargo, si lo hay, se observa un aumento o pérdida de peso medible. El cloruro de sulfurilo presenta un caso especial en el que un compuesto "híbrido" es absorbido por las formas fabricadas, lo que produce una baja retención de propiedades. En ninguno de los casos anteriores se observan interacciones químicamente degradantes.

La tabla también muestra el cambio en las propiedades de tracción y el aumento de peso cuando las formas fabricadas con resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA se someten a líquidos orgánicos típicos que representan una gama de compuestos clásicos. Las resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA tienen una resistencia química equivalente o superior. Estos datos muestran que los líquidos que humedecen la resina tienden a producir altas ganancias de peso y baja retención de la resistencia a la tracción, especialmente al calentarse a altas temperaturas.

Everflon™ PFA presenta una excelente resistencia química a otros ácidos y bases inorgánicos, así como a disolventes orgánicos. Sin embargo, cabe destacar que Everflon™ PFA comparte con el PTFE y otras fluororresinas la propensión a reaccionar con metales alcalinos (sodio metálico) y flúor.

Chemical	Temp	Days	Number of cracked
Ciclo térmico no químico		21	0/5
Tolueno	100°C	7	0/5
Nitrobenceno	100°C	7	0/5
Acetofenona	100°C	7	0/5
Percloroetileno	100°C	7	0/5
Cloruro de sulfurilo	23°C	7	0/5
Tetracloruro de carbono	75°C	7	0/5

Efecto de la inmersión química en resinas de fluoropolímero de la serie Everflon™ PFA (168 h)

Químico		Temperatura de prueba		% de retención de componentes físicos		
		°C	°F	Tensile	Elongation	% Weight Gain
Productos químicos inorgánicos						
Ácidos minerales	Clorhídrico (concentrado)	120	248	98	100	0.0
	Sulfúrico (concentrado)	120	248	95	98	0.0
	Fluorhídrico (60%)	23	73	99	99	0.0
	Sulfúrico fumante	23	73	95	96	0.0
Ácidos oxidantes	Agua regia	120	248	99	100	0.0
	Crómico (50%)	120	248	93	97	0.0
	Nítrico (concentrado)	120	248	95	98	0.0
	Nítrico fumante	23	73	99	99	0.0
Bases inorgánicas	Hidróxido de amonio (concentrado)	66	150	98	100	0.0
	Hidróxido de sodio (50%)	120	248	93	99	0.4
Peróxidos	Peróxido de hidrógeno (30%)	23	73	93	95	0.0
Halógenos	Bromo	23	73	99	100	0.5
	Bromo	59	138	95	95	0.5
	Cloro	120	248	92	100	0.5
Soluciones de sales metálicas	Cloruro férrico	100	212	93	98	0.0
	Cloruro de zinc (25%)	100	212	96	100	0.0
Otros productos inorgánicos	Cloruro de sulfurilo	69	156	83	100	2.7
	Ácido clorosulfónico	151	304	91	100	0.7
	Ácido fosfórico (concentrado)	100	212	93	100	0.0

Permeabilidad

unit ×10⁻¹⁰cm³ cm/sec cm² cmHg

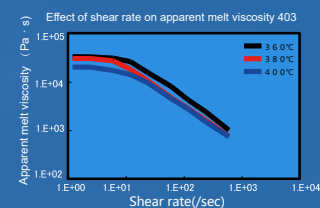
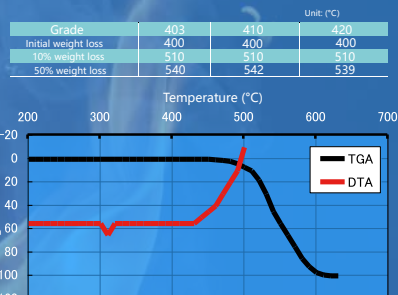
	403	410	420
Oxígeno	4.4	3.6	3.6
Nitrógeno	1.5	1.4	1.6

Químico		Temperatura de prueba		% de retención de componentes físicos		
		°C	°F	Tensile	Elongation	% Weight Gain
Productos químicos orgánicos						
Ácidos/Anhídridos	Ácido acético glacial	118	244	95	100	0.4
	Anhídrido acético	139	282	91	99	0.3
	Ácido tricloroacético	196	384	90	100	2.2
Hidrocarburos	Isooctano	99	210	94	100	0.7
	Nafta	100	212	91	100	0.5
	Aceite mineral	180	356	87	95	0.0
	Tolueno	110	230	88	100	0.7
Funcionales AromáticosAlcohol	o-Cresol	191	376	92	96	0.2
	Nitrobenceno	210	410	90	100	0.7
Alcohol	Alcohol bencílico	205	401	93	99	0.3
	Anilina	185	365	94	100	0.3
Aminas	n-Butilamina	78	172	86	97	0.4
	Etilendiamina	117	242	96	100	0.1
Éteres	Tetrahidrofurano	66	151	88	100	0.7
	Benzaldehído	179	355	90	99	0.5
Cetonas Aldehídos	Ciclohexanona	156	312	92	100	0.4
	Metiletilcetona	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-Butilfosfato	200	392	91	100	2.0
Clorados Disolventes	Cloruro de metileno	40	104	94	100	0.8
	Percloroetileno	121	250	86	100	2.0
	Tetracloruro de carbono	77	171	87	100	2.3
Disolventes poliméricos	Dimetilformamida	154	309	96	100	0.2
	Dimetilsulfóxido	189	372	95	100	0.1
	Dioxano	101	214	92	100	0.6

Propiedades térmicas

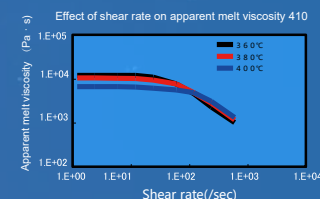
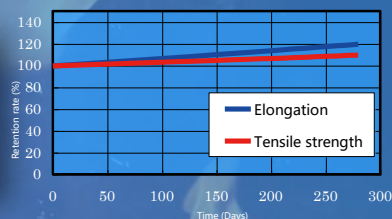
Descomposición térmica

Hasta aproximadamente 400 °C, presenta una excelente estabilidad térmica sin pérdida de peso. Además, a 700 °C no se observaron residuos de descomposición.



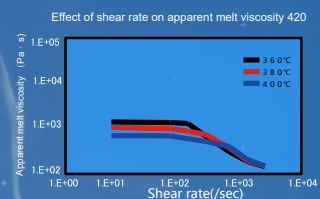
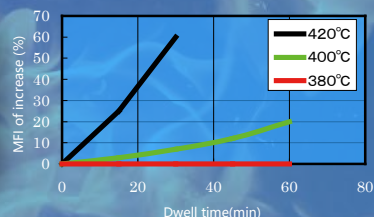
Envejecimiento térmico

Tras mantenerse a 280 °C durante 280 días, los valores de resistencia a la tracción y elongación fueron superiores a los obtenidos al inicio del experimento.



Estabilidad térmica

Tras mantenerse a estas temperaturas, en los tiempos especificados, se evaluó la MFR. Tras mantenerse a 380 °C durante más de una hora, no se observaron cambios en la MFR de la resina.



Temperatura de Distorsión Térmica

Las temperaturas corresponden a las cuales las probetas sometidas a carga, una a 0,45 MPa y la otra a 1,81 MPa, presentaron una flexión de 0,254 mm al aumentar la temperatura a una velocidad de 2 °C/min.

Temperatura de Distorsión Térmica

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

Temperatura de Reblandecimiento Vicat

Los valores mostrados corresponden a las temperaturas a las cuales una aguja de 1 mm de diámetro, con una carga de 1 kg, colocada en el centro de una probeta, penetró 1 mm en la probeta al aumentar la temperatura a una velocidad de 50 °C/h.

403	410	420
287°C	281°C	270°C

Coeficiente de expansión térmica lineal

Rango 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

Propiedades Eléctricas

Las aplicaciones eléctricas incluyen recubrimientos extruidos para diversas construcciones de cables, cables calefactores, conductos de pared gruesa, revestimientos de cables y cables geofísicos. Las resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA también se moldean por inyección en componentes de interruptores eléctricos, insertos de conectores, casquillos aislantes y aisladores de separación.

Constante dieléctrica y tangente dieléctrica (ASTM D150)

La constante dieléctrica de las resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA es inferior a 2,1 en un amplio rango de frecuencias, temperaturas y densidades. Los valores de densidad de las resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA varían solo ligeramente (2,13–2,17), y la constante dieléctrica varía solo alrededor de 0,03 unidades en este rango, entre los más bajos de todos los materiales sólidos. No se observa un efecto medible de la humedad en la constante dieléctrica de las resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA.

Rigidez dieléctrica

La rigidez dieléctrica (a corto plazo) de todas las resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA es de 80 kV/mm (2043 V/mil) medida en películas de 0,25 mm (10 mil) según la norma ASTM D149. Las películas delgadas de resina FEP arrojan resultados similares, mientras que las películas de PTFE suelen medirse a 47 kV/mm (1200 V/mil). Al igual que con otras resinas de fluoropolímero, Everflon™ PFA pierde rigidez dieléctrica en presencia de una descarga de corona.

Factor de disipación

El factor de disipación de las resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA varía con la frecuencia y la temperatura. El factor de disipación a baja frecuencia (10^4 – 10^4 Hz) aumenta a temperaturas más altas. Se observa poca variación con la temperatura en el factor de disipación con frecuencias en el rango de 10^4 – 10^7 Hz. A medida que las frecuencias aumentan a 10^9 Hz, se observa un aumento constante del factor de disipación. Los aumentos son mayores cuando se miden a temperatura ambiente. También se observa un máximo a aproximadamente 3×10^9 Hz. Los grupos terminales totalmente fluorados presentes en las resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA resultan en factores de disipación más bajos a altas frecuencias. Las resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA son las preferidas para su uso como material de aislamiento eléctrico a altas frecuencias.

Resistividad eléctrica

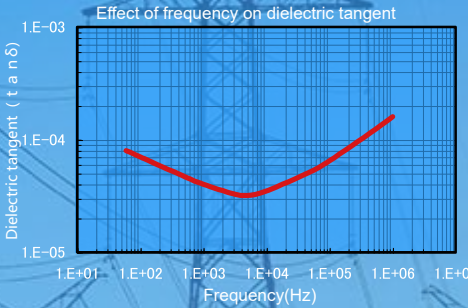
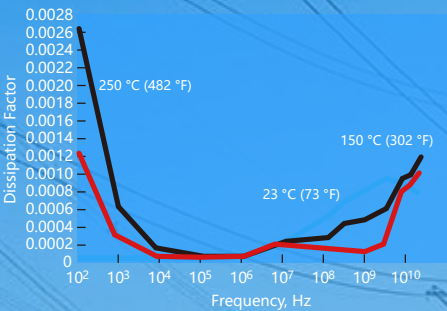
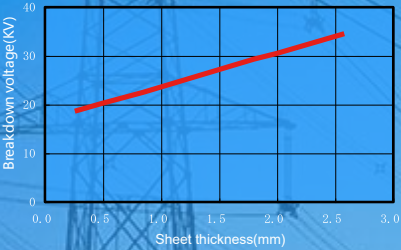
Las resistividades volumétrica y superficial de las resinas de fluoropolímero son altas y no se ven afectadas por el tiempo ni la temperatura.

Las mediciones de la resistividad volumétrica de las resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA mediante el método descrito en la norma ASTM D257 arrojaron un valor superior a 1018 ohm-cm. La resistividad superficial fue superior a 1018 ohm/sq. Al analizar las resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA según el método descrito en la norma ASTM D495 con electrodos de acero inoxidable, no se observó trazabilidad durante la prueba (180 s), lo que indica que la resina no forma una trayectoria conductora carbonizada.

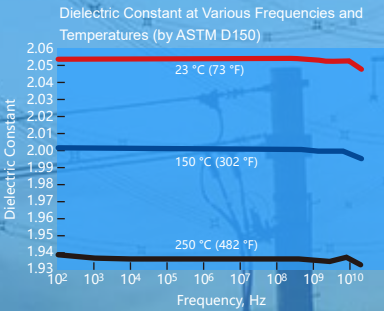
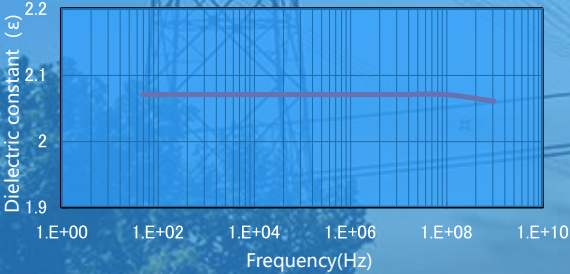
Efecto de la temperatura en la resistividad volumétrica, ASTM D257

Temperatura (°C)	23	50	100
Resistividad volumétrica (Ωcm)	3*10 ¹⁷	5*10 ¹⁷	3*10 ¹⁷

Insulation
Dependence of insulation breakdown voltage on material thickness.

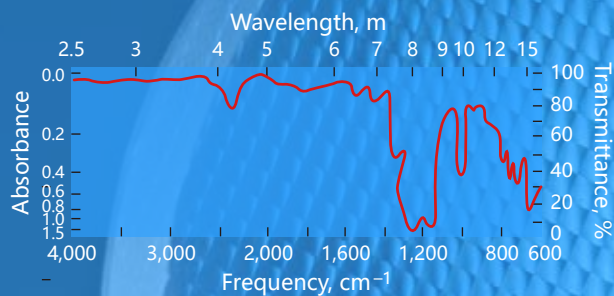


Effect of frequency on dielectric constant



Propiedades ópticas

En forma de película, las resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA presentan excelentes propiedades ópticas con baja turbidez, según las mediciones de la norma ASTM. Los valores específicos del porcentaje de transmisión para las longitudes de onda dadas se muestran en la Tabla. El índice de refracción de la película fabricada con resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA se mide a una longitud de onda de 546 nm (luz verde) a temperatura ambiente. La Figura muestra el espectro infrarrojo de las resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA. Esta "huella digital" suele ser útil para identificar la resina entre otros polímeros de fluorocarbono.



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

Intemperización

Las resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA son extremadamente hidrófobas y repelen el agua casi por completo. Se ha reportado una absorción de humedad <0,03 % después de 24 horas en agua a temperatura ambiente, seguidas de 2 horas en agua hirviendo. Además, son prácticamente inafectadas por el oxígeno, el ozono y la luz visible o UV. Las muestras de prueba, expuestas durante muchos años a prácticamente todas las condiciones climáticas, han demostrado que las resinas de fluoropolímero Everflon™ PFA son totalmente resistentes a la intemperie. No se observaron cambios significativos en las propiedades de tracción, la gravedad específica ni la velocidad de flujo de fusión tras esta exposición. Los resultados no muestran envejecimiento ni fragilización. Al no utilizar plastificantes, antioxidantes ni otros aditivos durante su procesamiento, no se produce lixiviación de sustancias.

Resistencia a la radiación

Si Everflon™ PFA se expone a una gran cantidad de radiación, al ser una perfluororesina, la cadena principal de la estructura del copolímero es propensa a romperse, lo que reduce la resistencia a la tracción y la elongación por tracción.

Guía de fabricación

Extrusión

Los fluoropolímeros Everflon™ PFA son aptos para la extrusión mediante técnicas que se aplican habitualmente a otros plásticos termoprosesables, siempre que la extrusora esté equipada con aleaciones resistentes a la corrosión. Se recomiendan extrusoras con una relación L/D de 20:1 a 30:1. Las extrusoras deben estar equipadas con calentadores de control independiente capaces de controlar con precisión la temperatura hasta 450 °C.

Se pueden utilizar diversos diseños de husillo. Se recomiendan husillos de una sola hélice, evitando los de barrera. Un diseño típico de husillo consta de una sección de alimentación larga (al menos 12 hélices), seguida de una sección de transición de 2 a 6 hélices y una sección de dosificación de 5 a 7 hélices. Normalmente, no se utilizan placas separadoras ni paquetes de malla, ni siquiera con masterbatch de color.

En la Tabla se presenta un resumen de los requisitos de temperatura, herramientas y equipos para la extrusión de cables. Las temperaturas establecidas deben seleccionarse y ajustarse según el tamaño de la extrusora y el caudal máximo alcanzable. En general, a mayor caudal, mayor perfil de temperatura, y a menor longitud de la extrusora, mayor perfil de temperatura. Cabe destacar que la temperatura más efectiva para modificar la temperatura de fusión y, por lo tanto, la presión en la matriz y la velocidad de la línea, es la temperatura en la zona de dosificación.

La velocidad máxima de línea alcanzable en la práctica con las resinas Everflon™ PFA está limitada por la aparición de la fractura de fusión o resonancia de estirado (en la extrusión de tubos, la fractura de fusión suele aparecer primero en la superficie interior del cono). Este fenómeno puede reducirse aumentando la temperatura en la matriz hasta que se produzcan ampollas o degradación térmica. También se puede obtener una pequeña reducción de la fractura de fusión calentando la punta interior. La velocidad crítica de cizallamiento del polímero puede considerarse un buen parámetro para predecir la velocidad máxima de extrusión. Cuanto mayor sea este valor, mayor será la velocidad de línea alcanzable.

Por ejemplo, a una temperatura de 372 °C, Everflon™ PFA 410 tiene una velocidad crítica de corte de entre 50 y 70 sec-1, mientras que Everflon™ PFA 403 tiene un valor de entre 10 y 15 sec-1.

	[°C]
Z1	250
Z2	320
Z3	355
Z4	360
Z5	380
Brida	380
Adaptador	380
Cruceta	380
Matriz	400
Temperatura de fusión	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

La DRB debe mantenerse cerca 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
Diámetro del cable	6 mm
Espesor de pared	0.25 mm
Relación de estirado	25
Equilibrio de la relación de estirado	1
Precalentamiento del cable	–
Velocidad del husillo	5 rpm
Presión	40 bar
Separación de agua	200-400mm
Velocidad de línea	5 m/min
Diámetro del husillo = 35 mm, L/D = 25	

	Value
Diámetro del cable	1.5 mm
Espesor de pared	0.25 mm
Relación de estirado	110
Equilibrio de la relación de estirado	1
Precalentamiento del cable	180 °C
Velocidad del husillo	20 rpm
Presión	21 bar
Separación de agua	200-400mm
Velocidad de línea	61 m/min
Diámetro del husillo = 35 mm, L/D = 25	

Guía de fabricación

Moldeo

Moldeo por transferencia

Everflon™ PFA se puede utilizar para producir artículos revestidos mediante moldeo por transferencia. Esta técnica consta básicamente de los siguientes pasos:

- Fusión y plastificación
- Inyección en un molde caliente
- Empaquetado y enfriamiento

Las resinas típicas para moldeo por transferencia son las de bajo MFI, como Everflon™ PFA 403.

La temperatura del molde se suele ajustar por encima del punto de fusión de la resina, a diferencia del moldeo por inyección, donde el molde se mantiene a una temperatura mucho más baja. Los mejores resultados se obtienen normalmente utilizando velocidades de inyección lentas y aplicando un cierto tiempo de espera antes del enfriamiento. Se recomienda entonces un enfriamiento rápido.

Las condiciones de operación deben optimizarse para cada aplicación. Por ejemplo, se recomiendan bajas temperaturas de fusión para piezas grandes o cuando la resina se funde y plastifica en un horno. Se recomiendan altas temperaturas de fusión para piezas delgadas o cuando la fusión y plastificación se realiza mediante una extrusora.

Moldeo por compresión

Everflon™ PFA se puede moldear por compresión para obtener piezas semielaboradas como láminas, varillas y películas. Las condiciones de moldeo más adecuadas deben seleccionarse según el proceso específico y la forma del producto final. En todos los casos la temperatura de moldeo estará en el rango de 340 – 380 °C.

Guía de fabricación

Moldeo por inyección

El Everflon™ PFA se puede moldear por inyección siguiendo los mismos procesos que las resinas termoplásticas convencionales. Los grados de baja viscosidad están especialmente diseñados para el moldeo por inyección de formas complejas.

Se recomienda utilizar tres zonas de calentamiento con control independiente para el cuerpo y una para el adaptador. Los controladores del calentador deben ser capaces de controlar con precisión la temperatura hasta 450 °C.

Se recomienda el uso de equipos de tornillo recíprocante para asegurar una plastificación adecuada y reducir el estancamiento del polímero y la degradación térmica. El tornillo debe tener una sección de transición corta, un paso constante y una relación de profundidad de filete desde la sección de alimentación hasta la sección de dosificación de aproximadamente 3:1.

Se recomienda una boquilla cónica inversa de tipo convencional. El orificio debe ser lo más grande posible y cónico para evitar puntos muertos o cambios bruscos en la velocidad de la resina. La válvula antirretorno evita que la resina fundida fluya en sentido inverso a lo largo de los filetes del tornillo durante el proceso de inyección.

La temperatura del molde debe ajustarse como mínimo a 180 °C (355 °F) para reducir la delaminación de la pieza. La optimización de la temperatura del molde debe tener en cuenta el espesor de la pieza para minimizar la contracción, el aspecto de la superficie y la duración total del ciclo.

La presión de inyección debe ajustarse lo más baja posible, dependiendo del elemento a moldear. En general, las presiones de inyección bajas reducen la deformación, lo que resulta en una mejor estabilidad dimensional. La presión de inyección debe ajustarse en función del elemento moldeado, su espesor y la presencia de líneas de soldadura. En la mayoría de los casos, se debe aplicar una presión de mantenimiento para reducir la contracción y los huecos. La velocidad de inyección debe ser moderadamente lenta, lo que resulta en una buena apariencia superficial sin rugosidades.

Por el contrario, deben evitarse las velocidades de inyección demasiado bajas, ya que afectan negativamente a la etapa de llenado. Generalmente, se requieren velocidades de rotación bajas, aunque una contrapresión moderadamente baja podría resultar en una mejor homogeneización sin partículas sin fundir. El aumento de la contrapresión debe controlarse cuidadosamente para evitar un aumento de la temperatura de fusión. El perfil de temperatura a lo largo del cilindro de inyección debe aumentarse desde la zona trasera hasta la boquilla, como se indica a continuación, para evitar la degradación térmica. La temperatura de fusión no debe superar los 400 °C (750 °F) y el tiempo de retención o residencia debe reducirse significativamente si se opera a las temperaturas más altas.

Condiciones típicas de moldeo para Everflon™ PFA

	Units	410	420
Z1	°C	300	320
Z2	°C	325	345
Z3	°C	335	355
Z4	°C	340	360
Boquilla	°C	360	380
Temperatura de fusión	°C	380	380
Temperatura del molde	°C	200–240	200–240
Presión de inyección	kg/cm ² (psi)	270 (3,850)	345 (4,900)
Presión del empaque	kg/cm ² (psi)	270 (3,850)	345 (4,900)
Velocidad del tornillo	cm/s (mil/s)	0.2 (80)	0.2 (80)
Rotación del tornillo	rpm	21	21
Tiempo de ciclo	s	100	100

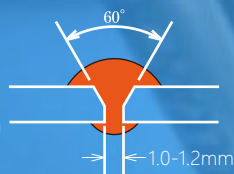
Dimensiones del molde: disco de 102 mm, 3 mm de espesor

Guía de fabricación

Soldadura



Temperatura aparente de soldadura
340-450 °C



Temperatura aparente de soldadura



Temperatura en el centro de la
llama a 5 mm de la punta de la pistola

Everflon™ PFA son materiales termoplásticos que pueden soldarse mediante las técnicas estándar para plásticos comunes, como el PE o el PVC. En particular, la soldadura con gas caliente se utiliza habitualmente para termosoldar los revestimientos de Everflon™ PFA. Las pruebas de tracción realizadas en las costuras soldadas han demostrado que las fusiones son tan fiables como el material original. Las siguientes recomendaciones generales se aplican a la soldadura con gas caliente de revestimientos de Everflon™ PFA.

Equipo

Utilice pistolas de soldadura con un buen control de temperatura de hasta 650 °C y una potencia de calentamiento de 900 a 1000 W o superior. Una medición correcta de la temperatura es crucial para garantizar soldaduras consistentes. Es recomendable medir la temperatura del flujo de gas dentro de la boquilla, a 5-7 mm de la salida.

Si se utiliza aire para la soldadura, asegúrese de que esté limpio y seco. Hay diferentes boquillas de soldadura disponibles. Las puntas de soldadura de alta velocidad se utilizan para la soldadura primaria, mientras que las puntas de fijación se pueden utilizar para mantener en su lu-

Soldadura

Utilice varillas de soldadura redondas del mismo grado de Everflon™ PFA que los perfiles a soldar. No se recomienda soldar perfiles de diferentes grados.

Raspe con cuidado las superficies a soldar. Si utiliza láminas con soporte de tela, retire la tela a lo largo de la línea de soldadura (2-3 mm en cada lámina) para evitar inclusiones de fibra. Alinee y sujete las dos láminas a soldar a una distancia no mayor de 0,5-1 mm.

Perfore la ranura en V entre las dos láminas con la espátula adecuada. Evite el uso de herramientas improvisadas, ya que podría producir un cordón de soldadura irregular. Limpie a fondo la zona de soldadura y la varilla de soldadura.

Limpie la boquilla de la pistola de soldar con un cepillo de latón, ajuste el caudal de aire a 50-60 litros/minuto estándar y ajuste la temperatura de la pistola de soldar como se indica en la tabla a continuación. Suelde sujetando la pistola en un ángulo de 45-60° y ajuste la presión y la velocidad de soldadura, asegurándose de que la varilla y las láminas se fundan simultáneamente. Las velocidades de soldadura de 5-30 cm/min (2-12 pulgadas/min) suelen ser adecuadas.

Si la velocidad es demasiado baja, la varilla se sobrecalentará y podría romperse; por otro lado, si es demasiado alta, la varilla no se fundirá correctamente y la ranura entre las dos láminas no se rellenará correctamente con el material fundido. De igual manera, si la presión de soldadura es demasiado baja, la ranura entre las dos láminas no se rellenará completamente, mientras que una fuerza excesiva puede causar hendiduras a lo largo del cordón de soldadura que eventualmente actuarán como concentradores de tensión.



Everflon Academic Center

Tel: +86-185-7168-9228

info@everflon.com

www.everflon.com

Para obtener más información sobre nuestra empresa, productos y servicios, visite nuestro sitio web en www.everflon.com o www.everflonultra.com