



EVERFLON™ ETFE

Manual de funciones

Ethylene-Tetrafluoroethylene Copolymer

EVERFLON ACADEMIC

Introducción

Everflon™ ETFE es un fluoropolímero termoplástico desarrollado por C&F Group. Es un copolímero compuesto de tetrafluoroetileno (C₂F₄) y etileno (C₂H₄).

Los fluoropolímeros Everflon™ ETFE son termoplásticos procesables por fusión. Forman parte de la familia de productos a base de flúor que incluye las resinas fluoropoliméricas Everflo™ PTFE, FEP y PFA.

Este manual presenta datos para ingenieros y otros profesionales involucrados en la selección de materiales y el diseño de productos. Contiene información detallada para la evaluación de Everflon™ ETFE en aplicaciones eléctricas, mecánicas y químicas.

Todas las propiedades presentadas en este manual deben considerarse valores típicos y no deben utilizarse para fines de especificación.

Existe una variedad de composiciones naturales y reforzadas, lo que permite la selección de resinas según aplicaciones o necesidades de procesamiento específicas.

Para obtener datos técnicos adicionales, información sobre la línea actual de grados de ETFE Everflon™ o asistencia de diseño para una aplicación en particular, comuníquese con su representante de ventas.

Fluoropolímeros de ETFE Everflon™ disponibles comercialmente

Everflon™ETFE Grade	Características de la resina	Aplicaciones
4003	Resina de fluoropolímero premium con un caudal relativamente bajo, una vida útil considerablemente mejorada y resistencia a la tensión ambiental.	Componentes, revestimientos y piezas moldeadas para uso en entornos térmicos, mecánicos y químicos inusualmente extremos
4010	Resina de fluoropolímero de uso general con un caudal intermedio. La temperatura máxima de servicio recomendada es de 150 °C (302 °F).	Manguitos eléctricos, bobinas, conectores, enchufes e interruptores
4020	Excelente resistencia al agrietamiento por tensión con propiedades mecánicas superiores a altas temperaturas. El MFR más alto entre las resinas de ETFE.	Componentes, revestimientos y piezas moldeadas para uso en entornos térmicos, mecánicos y químicos inusualmente extremos
4030	El MFR más alto entre las resinas de ETFE.	Ideal para moldeo por inyección y extrusión de paredes delgadas
C-4003	Resina semiconductor disipadora de estática con bajo MFR.	Tubos, tuberías y otros perfiles extruidos para mangueras Revestimientos de componentes utilizados en industrias de procesamiento químico Película industrial Artículos moldeados por inyección y soplado que requieren propiedades eléctricas, químicas y térmicas superiores, así como resistencia al agrietamiento por tensión
C-4010	Resina semiconductor disipadora de estática.	Tubos, tuberías y otros perfiles extruidos para mangueras Artículos moldeados por inyección y soplado que requieren propiedades eléctricas, químicas y térmicas superiores
JP-40	Polvo para aplicaciones especiales.	Ideal para cuando los materiales deben dispersarse en una matriz de ETFE. Los materiales pueden dispersarse bien en el polvo y luego moldearse por compresión o mezclarse en fusión para su posterior procesamiento.
GS-40	Grado para rotomoldeo y rotorrevestimiento.	Piezas huecas Geometrías complejas Revestimiento
X-40	Resina de ETFE reticuable.	Alambre de reticulación radiográfica

La especificación de material ASTM para Everflon™ ETFE es la D3159. Everflon™ ETFE también se utiliza en diversas especificaciones industriales y militares para tubos, piezas moldeadas y películas, así como en numerosas aplicaciones de cables y alambres.

Propiedades generales de los fluoropolímeros Everflon™ ETFE

El Everflon™ ETFE se describe como un termoplástico robusto con un excelente equilibrio de propiedades.

Mecánicamente, es resistente y presenta una rigidez media (1170 MPa [170 000 psi]), resistencia al impacto y a la abrasión. Su vida útil depende del grado utilizado.

El Everflon™ ETFE se considera típicamente con una temperatura de uso continuo sin carga de 150 °C. En ciertas aplicaciones específicas, el Everflon™ ETFE puede alcanzar una temperatura de servicio superior a 230 °C. Consulte la sección "Propiedades térmicas" para obtener una descripción más completa de la clasificación térmica.

El Everflon™ ETFE es resistente a la intemperie, inerte a la mayoría de los disolventes y productos químicos, y estable hidrolíticamente. Tiene una excelente resistencia a la radiación, pero no es inmune a los daños causados por la exposición prolongada a la radiación gamma, especialmente a temperaturas elevadas. Cuando se deban cumplir requisitos específicos de radiación, se deben realizar pruebas adecuadas de la aplicación propuesta en el entorno de radiación para determinar la idoneidad de Everflon™ ETFE para esta aplicación.

Desde el punto de vista eléctrico, Everflon™ ETFE es un excelente dieléctrico de bajas pérdidas con una uniformidad de propiedades eléctricas que no se encuentra normalmente en otros termoplásticos.

Everflon™ ETFE se puede extruir o moldear por inyección fácilmente mediante técnicas convencionales y, por lo tanto, no presenta problemas inusuales de capacitación del operador. Se recomiendan equipos resistentes a la corrosión para tiradas de producción prolongadas. Se recomiendan matrices calentadas eléctricamente para moldes de inyección.

Everflon™ ETFE puede funcionar correctamente en aplicaciones donde otros materiales carecen de tenacidad mecánica, amplia capacidad térmica, capacidad para soportar condiciones ambientales severas o están limitados por problemas de fabricación.

Property	ASTM Method	Unit	Everflon™ ETFE
Mecánico			
Índice de fluidez	D3159	g/10 min	2-40
Resistencia máxima a la tracción, 23 °C	D638	MPa (psi)	46 (6,500)
Elogación máxima, 23 °C	D638	%	300
Resistencia a la compresión, 23 °C	D695	MPa (psi)	17 (2,500)
Módulo de flexión	D790	MPa (psi)	600–1,200 (85,000–170,000)
Resistencia al impacto, 23 °C	D256	J/m (ft·lb/in)	No Break
Dureza, durómetro, Shore D	D2240		67
Coefficiente de fricción, metal/película	D1894		0.23
Deformación bajo carga, 23 °C, 1000 psi, 24 h	D621	%	0.3
Coefficiente de expansión lineal	E831	mm/mm· °Cx10 ⁻⁵ (in/in· °Fx10 ⁻⁵)	
0-100 °C			13.1 (7.3)
100-150 °C			18.5 (10.3)
150-200 °C			25.2 (14)
Gravedad específica	D792		1.71
Absorción de agua, 24 h	D570	%	0.007
Eléctrico			
Resistividad superficial	D257	ohm·sq	>10 ¹⁶
Resistividad volumétrica	D257	ohm·cm	>10 ¹⁶
Rigidez dieléctrica, 23 °C	D149	kV/mm (V/mil)	
0,25 mm			64 (1,600)
3,20 mm			15 (370)
Constante dieléctrica, 22 °C, 1 MHz	D1531		2.6
Factor de disipación, 22 °C, 1 MHz	D1531		0.007
Resistencia al arco eléctrico	D495	sec	122
Térmico			
Punto de fusión	DSC D3417	°C (°F)	220–280 (428–536)
Calor de Fusión	DSC D3417	kJ/kg (Btu/lb)	50.7 (21.8)
Calor específico	DSC	kJ/kg·K (cal/g·°C)	
25 °C			0.25
100 °C			0.3
150 °C			0.34
300 °C (Fusión)			0.38
Calor de combustión	D240	MJ/kg (Btu/lb)	13.7 (5,900)
Conductividad térmica		W/m·K (Btu·in/hr·ft²·°F)	0.24 (1.65)
Índice límite de oxígeno (LOI)	D2863	%	30-32
Temperatura de deflexión térmica	D648	°C (°F)	
455 kPa (66 psi)			81 (177)
1620 kPa (264 psi)			51 (123)
Temperatura de servicio continuo		°C (°F)	150 (302)

Propiedades mecánicas

Resistencia y rigidez

El ETFE Everflon™ es menos denso, más tenaz y rígido, y presenta mayor resistencia a la tracción y a la fluencia que las resinas de fluoropolímero Everflon™ PTFE y Everflon™ FEP. Sin embargo, es similarmente dúctil. Las composiciones de ETFE Everflon™ presentan relaciones tensión-deformación relativamente no lineales, características de casi todos los materiales dúctiles.

Resistencia al impacto

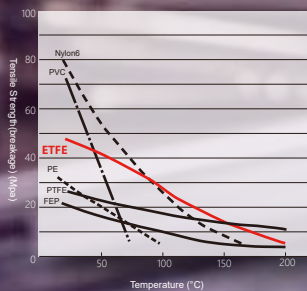
Para evaluar la resistencia al impacto de los plásticos, se utilizan la prueba de impacto Izod, la norma ASTM D256 o la prueba de impacto Charpy. El ETFE Everflon™ tiene una gran capacidad de absorción de energía de impacto y mantiene una excelente resistencia al impacto en un amplio rango de temperaturas, incluso en pruebas de impacto con entalla.

Propiedades de fricción y desgaste

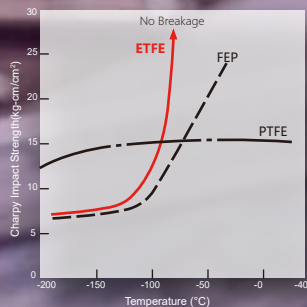
Los coeficientes para determinar las propiedades de fricción y desgaste varían según los métodos y las condiciones elegidos. Por lo tanto, es necesario realizar una prueba comparativa que se adapte a la aplicación deseada. El valor crítico de PV del Everflon™ ETFE es de aproximadamente 2,0 (kg·m/crr·s).

El Everflon™ ETFE también es significativamente resistente al impacto a baja temperatura y, como se desprende de los resultados mostrados en la Figura , no se produce rotura por impacto hasta -80 °C. La destrucción comienza alrededor de -100 °C y la energía necesaria para la rotura en el rango de -120 °C a -200 °C es prácticamente constante. El punto de fragilidad, según la norma ASTM D746, es de -125 °C, lo que sugiere que la temperatura de transición vítrea de la parte no cristalina del Everflon™ ETFE se encuentra en torno a este rango.

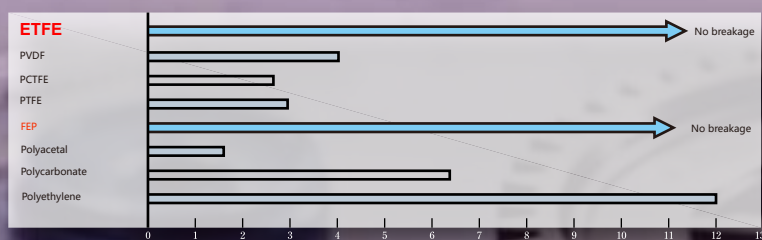
Effect of Temperature on Tensile Elongation



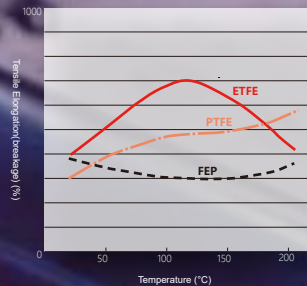
Effect of Temperature on Charpy Impact



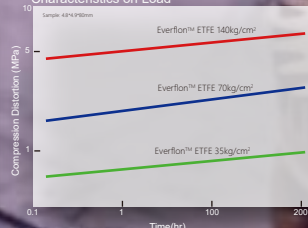
Impact Strength(ft.lb/in with notech, 25°C)



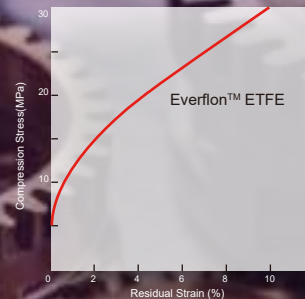
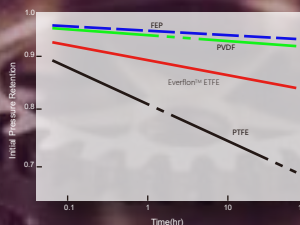
Effect of Temperature on Tensile Strength



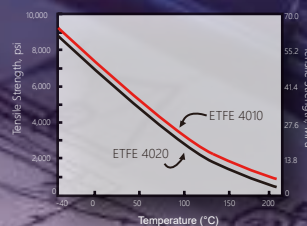
Dependence of Compression Creep Characteristics on Load



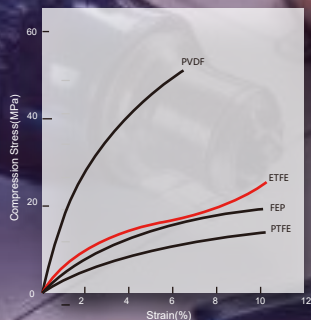
Compression Stress Relaxation



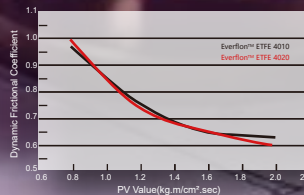
Tensile Strength vs. Temperature



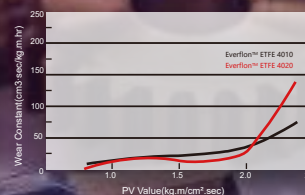
Compression Stress-Strain Curve



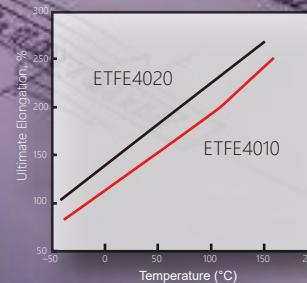
Dynamic Friction Coefficient and PV Value



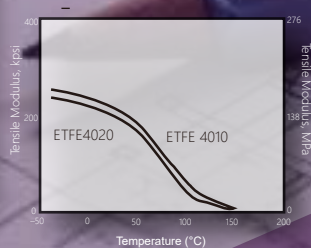
Wear Constant and PV Value



Elongation vs. Temperature



Compression Stress-Residual Strain Curve



Tensile Modulus vs. Temperature

Centro de datos

Propiedades mecánicas de diversos plásticos

	ETFE	PTFE	PFA	ECTFE	PVDF	PE	PVC	Nylone6	Polyacetal
Gravedad específica	1.75	2.2	2.15	2.17	1.75	0.95	1.4	1.1	1.42
Resistencia a la tracción (MPa)	40-54	20-39	32-39	19-22	49-60	10-44	40-70	50-80	60-70
Elongación (%)	350-450	230-600	340-400	250-330	200-300	20-700	2-40	60	16
Módulo de tracción (MPa)	500-800	400	---	670	800-1400	---	2500-4000	2700	3000-4500
Módulo de flexión (MPa)	850-1000	400-600	530-630	350	1400-1800	500-1000	2500-2800	1000-2800	2600-2900
Resistencia a la flexión (MPa)	20-30	13	---	No Breakage	---	11-110	70-110	56-110	100
Módulo de compresión (MPa)	670	410	---	430	1300	---	---	---	4600
Dureza Rockwell	R55	R20	R50	R25	R110	D50-70	M5-120	R100-120	R120
Resistencia al impacto Izod (ft/lb.in, con entalla)	No Breakage	3.0	No Breakage	---	3.5-3.8	0.5-20	0.5-20	1-3.5	1-4
Coefficiente de fricción (contra SUS)	0.20	0.09	0.20	0.20	0.21	0.35	0.45	0.15-0.40	0.14

Propiedades químicas

Agrietamiento por tensión química

Algunos materiales poliméricos se agrietan al exponerse a sustancias químicas durante un período prolongado. La tabla muestra los resultados del método de prueba ASTM D 1693, en el que una tira estrecha de plástico de 2,3 mm de espesor y 38 mm de largo se dobló 180° y se sumergió en sustancias químicas durante 10 días. Posteriormente, se examinó la lámina para detectar la formación de grietas. El ETFE Everflon™ presenta una buena adaptabilidad a la tensión química.

Resistencia química

El ETFE Everflon™ presenta una resistencia excepcional al ataque de sustancias químicas y disolventes que a menudo causan un rápido deterioro de otros materiales plásticos. Solo los fluoropolímeros Everflon™ lo superan en resistencia a sustancias químicas.

El ETFE Everflon™ es inerte a muchos ácidos minerales fuertes, bases inorgánicas, halógenos y soluciones de sales metálicas. Los ácidos carboxílicos, anhídridos, hidrocarburos aromáticos y alifáticos, alcoholes, aldehídos, cetonas, éteres, ésteres, clorocarbonos y disolventes poliméricos clásicos tienen poco efecto sobre el Everflon™ ETFE. En condiciones de alta tensión, algunos disolventes con muy baja tensión superficial tienden a reducir la resistencia al agrietamiento por tensión de los productos de menor peso molecular. Los ácidos oxidantes muy fuertes, como el nítrico, las bases orgánicas, como las aminas, y los ácidos sulfónicos, en altas concentraciones y cerca de sus puntos de ebullición, afectarán al Everflon™ ETFE en diversos grados.

Efectos de la radiación

El Everflon™ ETFE es mucho más resistente a los rayos de electrones y a la radiación gamma que otros fluoropolímeros. Diversas pruebas han demostrado que tanto las temperaturas elevadas como la presencia de oxígeno tienen un efecto perjudicial sobre las propiedades físicas cuando el Everflon™ ETFE se expone a la radiación gamma. El efecto sobre las propiedades físicas se reduce significativamente en una atmósfera inerte, como la de nitrógeno. El ETFE Everflon™ parece degradarse mucho menos con la radiación de haz de electrones que con la radiación gamma a niveles equivalentes de exposición total. La diferencia probablemente se deba a la dosis mucho mayor bajo condiciones de haz de electrones. Esta dosis mayor aparentemente permite que predominen las reacciones de reticulación, mientras que la dosis mucho menor bajo radiación gamma aparentemente permite que predominen las reacciones competitivas de oxidación y degradación. La exposición controlada a bajos niveles de radiación de haz de electrones, especialmente en atmósferas inertes, parece resultar en un bajo nivel de reticulación con una mejora inherente en algunas propiedades. Sin embargo, la exposición a niveles más bajos en condiciones controladas produce efectos perjudiciales en las propiedades físicas. Al igual que con la radiación gamma, las reacciones de oxidación se inhiben en atmósferas inertes.

Estabilidad hidrolítica y absorción de agua

La estabilidad hidrolítica se indica por la ausencia de deterioro de las propiedades físicas tras largos periodos de exposición al agua hirviendo. Utilizando la resistencia a la tracción y el alargamiento a temperatura ambiente como propiedades de control, el ETFE Everflon™ prácticamente no se ve afectado tras 3000 horas de exposición al agua hirviendo. Los datos se muestran en la Tabla. La absorción de agua del ETFE Everflon™ sin relleno es inferior al 0,03 % en peso, según la norma ASTM D570.

Resistencia al agua caliente

La absorción de agua del ETFE Everflon™ se midió según la norma ASTM D570, donde una lámina de 6 mm de espesor se sumerge en agua hirviendo durante 2 horas. La absorción de agua es extremadamente baja, lo que indica que las propiedades eléctricas y mecánicas no se ven afectadas por la presencia de humedad.

La tabla muestra la variación de la resistencia del ETFE Everflon™, medida a temperatura ambiente tras sumergir una lámina de 1 mm de espesor en agua hirviendo durante un tiempo determinado. Como sugieren los datos de resistencia química, el ETFE Everflon™ también muestra una excelente resistencia al agua caliente.

Producto	psi	Resistencia a la tracción	Mpa	Elongación, %
4010 (sin exposición)	5800		40	400
3000 h en agua hirviendo	5800		40	390

Permeabilidad de gases y humedad

La permeabilidad de oxígeno, nitrógeno, dióxido de carbono, etc., se mantiene prácticamente constante independientemente del espesor de la película. La energía de activación es de 6-8 kcal/mol. La permeabilidad a gases y humedad del Everflon™ ETFE es similar a la del polietileno o polipropileno. La permeabilidad a gases se obtuvo mediante la norma ASTM D1434, y la permeabilidad a humedad mediante el método de copa de la norma ASTM E96.

Material	Permeabilidad, cm³/100 pulg. 224 h·atm/mil
Dióxido de carbono	250
Nitrógeno	30
Oxígeno	400

Resistencia a la llama y emisión de humo

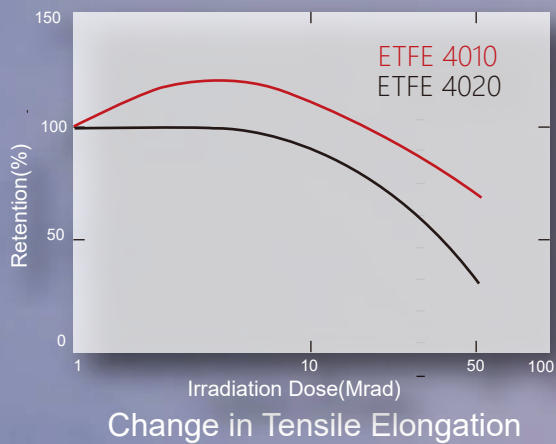
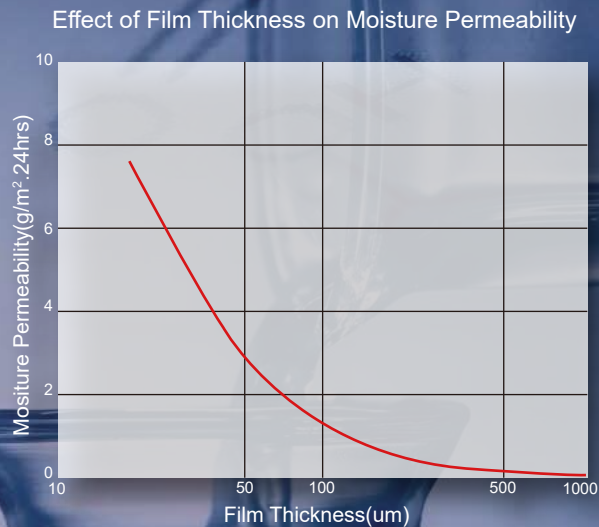
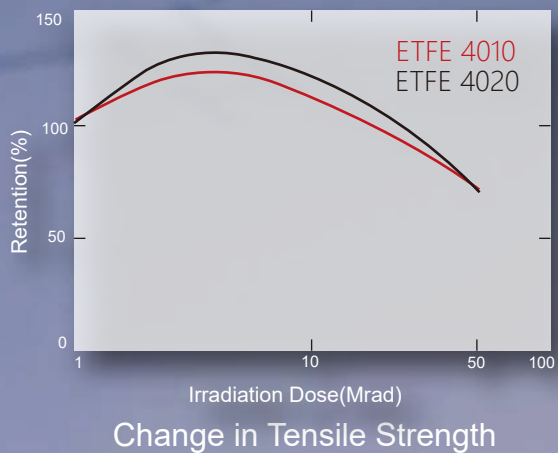
Everflon™ ETFE cuenta con la certificación UL 94 V-0 para resinas no pigmentadas de hasta 0,062 pulgadas de espesor. Su índice límite de oxígeno (LOI) es de 30 según la norma ASTM D2863, lo que significa que se requiere una atmósfera con al menos un 30 % de oxígeno para mantener la combustión en una llama descendente. Según la norma ASTM D635, Everflon™ ETFE tiene un tiempo medio de combustión (ATB) inferior a 5 segundos y una longitud media de combustión (ALB) de 10 mm (0,39 pulgadas).

Pérdida de peso con el envejecimiento

La pérdida de peso del ETFE Everflon™ por debajo del punto de fusión es del 0,1 al 0,3 %, la mayor parte de la cual corresponde a humedad.

Resistencia a la intemperie

Everflon™ ETFE presenta una buena resistencia a la intemperie, y la película "Techyours™ ETFE Film", obtenida mediante moldeo por extrusión, no altera sus propiedades incluso al utilizarse en exteriores como material de recubrimiento.



Centro de datos

Fisura por Tensión Química del ETFE Everflon™

Características Químicas	Temperatura (°C)	Número de piezas fisuradas	
		ETFE 4010	ETFE 4020
Nitrobenceno	121	0/5	0/5
Anilina	121	0/5	0/5
Benzaldehído	121	0/5	0/5
Clorobenceno	121	0/5	0/5
Etilendiamina	117	0/5	0/5
Dimetilformamida	121	0/5	0/5
Dimetilsulfóxido	121	0/5	0/5
Dimetilacetamida	121	0/5	0/5
Ácido nítrico al 60%	121	0/5	0/5

Fisura por Tensión Química del ETFE Everflon™

Characteristics	Tiempo de Exposición (h)	15um ETFE Film			25um ETFE Film		
		0	1000	2000	0	1000	2000
Resistencia a la Tracción (MPa)		48	48	48	48	48	48
Retención a la Tracción (%)		-	102	102	-	102	102
Elongación (%)		340	390	390	340	390	390
Retención del Módulo (%)		-	116	116	-	116	116
Módulo de Tracción (MPa)		780	800	800	780	800	800

Pérdida de Peso Inicial de las Resinas de ETFE Everflon™ por encima de 300 °C

Temperatura		Everflon™ ETFE 4010 wt loss, %/hr
°C	°F	
300	572	0.05
330	626	0.26
35	662	0.86
370	698	1.60

Pruebas de laboratorio reales sobre la compatibilidad química de Everflon™ ETFE con sustancias químicas representativas

Química	Punto de ebullición		Temperatura de prueba		Días	Propiedades conservadas (%)		
	°C	°F	°C	°F		Aumento de peso		
Ácidos/Anhídridos								
Ácido acético (glacial)	118	244	118	244	7	82	80	3.4
Anhídrido acético	139	282	139	282	7	100	100	0
Ácido tricloroacético	196	384	100	212	7	90	70	0
Hidrocarburos alifáticos								
Aceite mineral	—	—	180	356	7	90	60	0
Nafta	—	—	100	212	7	100	100	0.5
Hidrocarburos aromáticos								
Benceno	80	176	80	176	7	100	100	0
Tolueno	110	230	110	230	7	—	—	—
Aromáticos funcionales								
o-Cresol	191	376	180	356	7	100	100	0
Aminas								
Anilina	185	365	120	248	7	81	99	2.7
Anilina	185	365	120	248	30	93	82	—
Anilina	185	365	180	356	7	95	90	—
N-Metilanilina	195	383	120	248	7	85	95	—
N-Metilanilina	195	383	120	248	30	100	100	—
N, N-Dimetilanilina	190	374	120	248	7	82	97	—
n-Butilamina	78	172	78	172	7	71	73	4.4
Di-n-Butilamina	159	318	120	248	7	81	96	—
Di-n-Butilamina	159	318	120	248	30	100	100	—
Di-n-Butilamina	159	318	160	320	7	55	75	—
Tri-n-Butilamina	216	421	120	248	7	81	80	—
Tri-n-Butilamina	216	421	120	248	30	100	100	—
Piridina	116	240	116	240	7	100	100	1.5
Disolventes clorados								
Tetracloruro de carbono	78	172	78	172	7	90	80	4.5
Cloroformo	62	144	61	142	7	85	100	4.0
Dicloroetileno	77	170	32	90	7	95	100	2.8
Cloruro de metileno	40	104	40	104	7	85	85	0
CFC-113	46	115	46	115	7	100	100	0.8
Éteres								
Tetrahidrofurano	66	151	66	151	7	86	93	3.5
Aldehídos/Cetonas								
Acetona	56	132	56	132	7	80	83	4.1
Acetofenona	201	394	180	356	7	80	80	1.5
Ciclohexanona	156	312	156	312	7	90	85	0
Metiletilcetona	80	176	80	176	7	100	100	0

Química	Punto de ebullición		Temperatura de prueba		Días	Propiedades conservadas (%)		
	°C	°F	°C	°F		Aumento de peso		
Ésteres								
Acetato de n-butilo	127	260	127	260	7	80	60	0
Acetato de etilo	77	170	77	170	7	85	60	0
Disolventes poliméricos								
Dimetilformamida	154	309	90	194	7	100	100	1.5
Dimetilformamida	154	309	120	248	7	76	92	5.5
Dimetilsulfóxido	189	373	90	194	7	95	90	1.5
Otros compuestos orgánicos								
Alcohol bencílico	205	401	120	248	7	97	90	—
Cloruro de benzoilo	197	387	120	248	7	94	95	—
Otros compuestos orgánicos (continuación)								
Cloruro de benzoilo	197	387	120	248	30	100	100	—
Decalina	190	374	120	248	7	89	95	—
Cloruro de ftaloilo	276	529	120	248	30	100	100	—
Ácidos								
Clorhídrico (concentrado)	106	223	23	73	7	100	90	0
Clorhídrico (concentrado)	106	223	106	223	7	96	100	0.1
Clorhídrico (concentrado)	125	257	125	257	7	100	100	—
Clorhídrico (concentrado)	—	—	23	73	7	97	95	0.1
Sulfúrico (concentrado)	—	—	100	212	7	100	100	0
Sulfúrico (concentrado)	—	—	120	248	7	98	95	0
Sulfúrico (concentrado)	—	—	150	302	*	98	90	0
Agua regia	—	—	90	194	*	93	89	0.2
Nítrico: 25 %	100	212	100	212	14	100	100	—
Nítrico: 50 %	105	221	105	221	14	87	81	—
Nítrico: 70 % (concentrado)	120	248	23	73		100	100	0.5
Nítrico: 70 % (concentrado)	120	248	60	140	53	100	100	—
Nítrico: 70 % (concentrado)	120	248	120	248	2	72	91	—
Nítrico: 70 % (concentrado)	120	248	120	248	3	58	5	—
Nítrico: 70 % (concentrado)	120	248	120	248	7	0	0	—
Crómico	125	257	125	257	7	66	25	—
Fosfórico (concentrado)	—	—	100	212	7	—	—	—
Fosfórico (Conc.)	—	—	120	248	7	94	93	0
Halógenos								
Bromo (Anhidro)	59	138	23	73	7	90	90	1.2
Bromo (Anhidro)	59	138	57	135	7	99	100	—
Bromo (Anhidro)	59	138	57	135	30	94	93	3.4
Cloro (Anhidro)	—	—	120	248	7	85	84	7

Química	Punto de ebullición		Temperatura de prueba		Días	Propiedades conservadas (%)		
	°C	°F	°C	°F		Aumento de peso		
Bases								
Hidróxido de amonio	—	—	66	150	7	97	97	0
Hidróxido de potasio (20 %)	—	—	100	212	7	100	100	0
Hidróxido de sodio (20 %)	—	—	120	248	7	94	80	0.2
Peróxidos								
Peróxido de hidrógeno (30 %)	—	—	23	73	7	99	98	0
Grabadores de sales metálicas								
Cloruro férrico (25 %)	104	220	100	212	7	95	95	0
Cloruro de zinc (25 %)	104	220	100	212	7	100	100	0
Otros inorgánicos								
Cloruro de sulfurilo	68	115	68	155	7	86	100	8
Tricloruro fosfórico	75	167	75	167	7	100	98	—
Oxicloruro fosfórico	104	220	104	220	7	100	100	—
Tetracloruro de silicio	60	140	60	140	7	100	100	—
Agua	100	212	100	212	7	100	100	0
Varios								
Skydrol	—	—	149	300	7	100	95	3.0
Aerosafe	—	—	149	300	7	92	93	3.9
Solución decapante A-20	—	—	140	284	7	90	90	—

Propiedades térmicas

Se considera que el ETFE Everflon™ tiene una temperatura de uso continuo sin carga de 150 °C. Esta clasificación de temperatura de uso continuo se basa en pruebas de envejecimiento de 10 000 horas que implican la exposición de muestras de ensayo de tracción estándar y aislamientos de cables a una serie de temperaturas elevadas para determinar la tasa de cambio de diversas propiedades físicas con el tiempo. La elongación y la resistencia a la tracción son propiedades que cambian significativamente con la exposición a la temperatura.

En la práctica, la temperatura máxima de servicio de un material depende de la naturaleza específica de la aplicación final. Según Underwriters Laboratory, el nivel de propiedades fijas y el porcentaje de propiedades no envejecidas son dos criterios de fin de vida útil que parecen tener la mayor relevancia en relación con las aplicaciones finales. Las tablas contienen estimaciones de las temperaturas máximas de servicio en función de los diferentes requisitos de uso final. Estos resultados son coherentes con la información proporcionada gráficamente en las figuras. Las temperaturas máximas de servicio reales pueden diferir de los resultados de la tabla, dependiendo de factores como el envejecimiento bajo carga, la exposición a productos químicos, el soporte del sustrato, etc. Estas temperaturas máximas de servicio deben utilizarse como guía. Se deben realizar pruebas de rendimiento en el uso final para verificar la aceptabilidad de Everflon™ ETFE para cada aplicación específica.

Una definición convencional de temperatura máxima de servicio es la temperatura más baja a la cual una de las propiedades físicas clave se reduce a la mitad después de 20 000 h. Según las Tablas 1 y 2, Everflon™ ETFE 4010 tiene una vida media de aproximadamente 159 °C a las 20 000 h. (Para Everflon™ ETFE, la elongación disminuye más rápidamente que la resistencia a la tracción; por lo tanto, la vida media de 20 000 h para la resistencia a la tracción es de 176 °C).

Otra definición de temperatura máxima de servicio es la temperatura a la cual la elongación se reduce al 50 % después de 20 000 h de exposición. La temperatura máxima de servicio esperada sería de 175 °C.

Descomposición Térmica

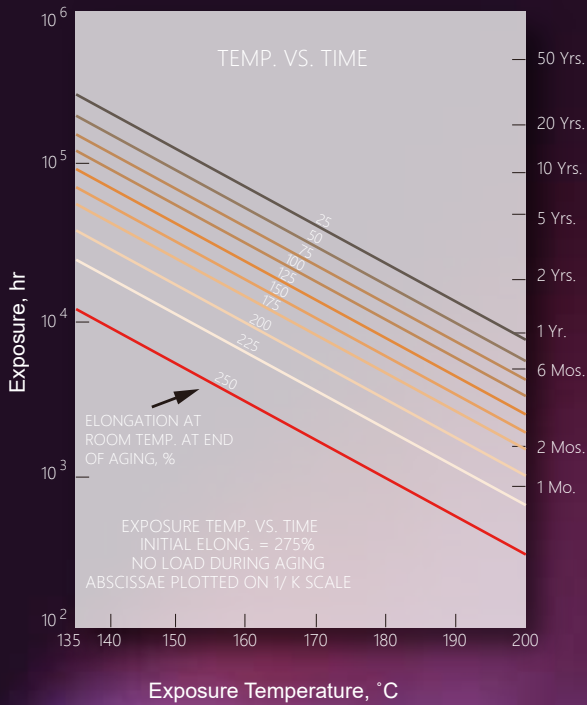
La temperatura de terminación de la pérdida de peso, cuando la temperatura se eleva a una velocidad de 10 °C, se encuentra en el rango de 350-360 °C en aire y de 390-400 °C en nitrógeno. La energía de activación de la descomposición térmica es de aproximadamente 30 kcal/mol en aire y de aproximadamente 55 kcal/mol en nitrógeno.

Por lo tanto, a la temperatura de moldeo normal, no se produce descomposición térmica. Sin embargo, incluso alrededor de 300 °C, si se mantiene durante un período prolongado, se produce pérdida de peso debido a la descomposición. En tal situación, el gas generado por la descomposición consiste principalmente en fluoruro de hidrógeno.

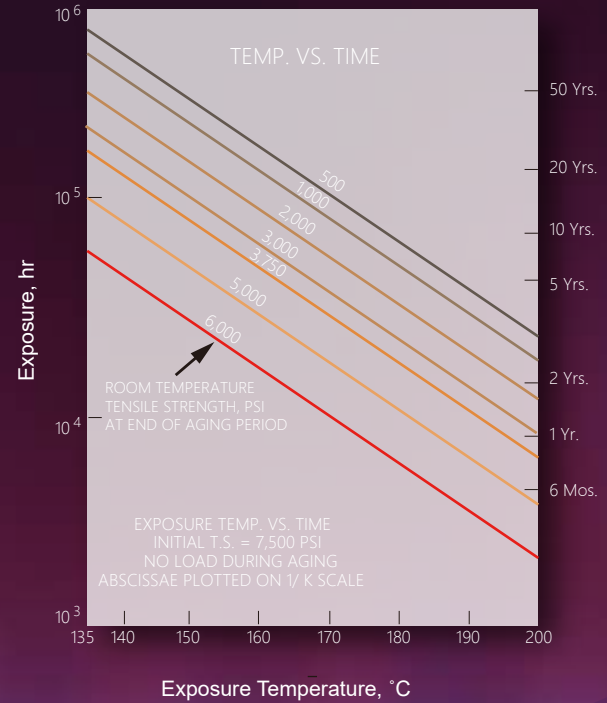
Inflamabilidad

Aunque Everflon™ ETFE tiene unidades C_2H_4 en la cadena principal, según las evaluaciones de la norma UL tema 94, tiene una inflamabilidad de 94V-0. Los resultados de la norma ASTM D 165 también muestran que es incombustible. Además, el índice de oxígeno basado en ASTM D 2863 es del 32%.

Retención de la elongación a temperatura ambiente tras el envejecimiento — Everflon™ ETFE 4010



Retención de la resistencia a la tracción a temperatura ambiente tras el envejecimiento — Everflon™ ETFE 4010



Centro de datos

Temperaturas máximas de servicio estimadas (°C), criterio de fin de vida útil por envejecimiento térmico sin carga basado en la elongación y el tiempo de exposición

Criterio de fin de vida útil		Tiempo de exposición (h)					
Elongación real (%)	Elongación retenida, %	1000	3000	10,000	20,000	50,000	100,000
135	50	210	195	172	159	143	132
50	18	**	211	188	175	158	147
25	9	**	**	196	182	165	153

Temperaturas máximas de servicio estimadas (°C), criterio de fin de vida útil por envejecimiento térmico sin carga basado en la resistencia a la tracción y el tiempo de exposición

Criterio de fin de vida útil		Tiempo de exposición (h)			
Resistencia a la tracción real	Resistencia a la tracción retenida, %	10,000	20,000*	50,000*	100,000*
26 MPa (3,750 psi)	50	190	176	159	147
14 MPa (2,000 psi)	27	204	190	172	158

Temperatura de distorsión térmica del fluoroplástico

Distribución del calor Temperatura en °C	Everflon™ ETFE	Everflon™ PTFE	Everflon™ FEP	Everflon™ PFA	Everflon™ PVDF
4.6 kg/ cm2	80	120	70	70	150
18.5 kg/ cm2	50	50	50	50	90

Coefficiente de expansión térmica lineal del fluoroplástico

Coefficiente de expansión térmica lineal	Everflon™ ETFE	Everflon™ PTFE	Everflon™ FEP	Everflon™ PFA	Everflon™ PVDF
4.6 kg/ cm2	9~14	9~11	8~11	11~13	3~6

Propiedades eléctricas

Resistencia al arco eléctrico

La resistencia al arco eléctrico de Everflon®ETFE, medida según la norma ASTM D495, es de 120 segundos. Se ha reportado que es de 300 segundos o más para PTFE y de 170 segundos o más para FEP. Se dice que este alto valor se debe a que el polímero descompuesto por el arco eléctrico se dispersa en forma de fluorocarbono de bajo peso molecular, y los materiales conductores como el carbono no permanecen en el polímero.

Aislamiento

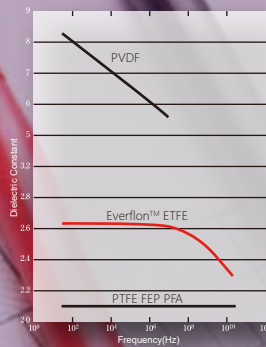
La resistencia de aislamiento generalmente se representa mediante la resistencia específica de volumen, que indica el grado en que el polímero, como aislante, resiste el flujo de corriente eléctrica a través de sí mismo.

Cuanto mayor sea este valor, mejor será el polímero como aislante. Respecto a la tensión de ruptura del aislamiento, otra característica importante de los materiales aislantes, el Everflon™ ETFE demuestra ser un material excelente. La tensión de ruptura del aislamiento depende del espesor de la muestra.

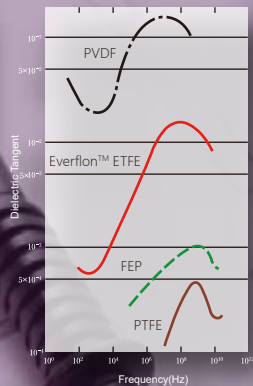
Los resultados del efecto del espesor de la película sobre la tensión de ruptura indican que esta es proporcional a 0,65 veces el espesor hasta 100 µm.

Entre las propiedades eléctricas de los polímeros, las más importantes son las propiedades aislantes y dieléctricas. En el rango de alta frecuencia, la energía eléctrica se convierte en energía térmica por efecto dieléctrico, lo que provoca la pérdida de energía eléctrica. El Everflon™ ETFE presenta alta resistividad y bajas pérdidas.

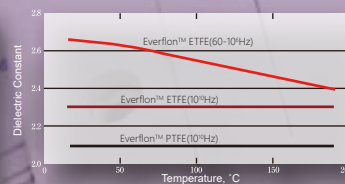
El Everflon™ ETFE tiene una constante dieléctrica de 2,5-2,6 a frecuencias inferiores a 10 MHz. A frecuencias más altas, el valor disminuye a aproximadamente 2,3 a 10 GHz. El factor de disipación es inferior a 0,001 en frecuencias bajas, pero aumenta gradualmente hasta un pico de aproximadamente 0,023 a aproximadamente 100 MHz, después de lo cual disminuye a menos de 0,01 a 10 GHz.



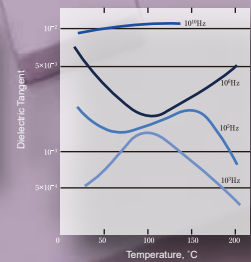
Effect of Frequency on Dielectric Constant



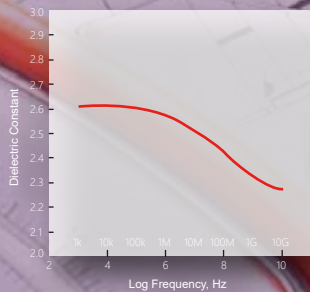
Effect of Frequency on Dielectric Tangent



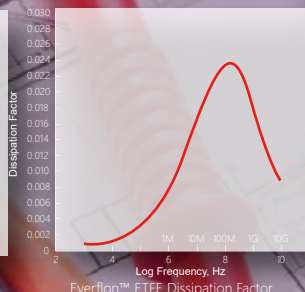
Effect of Frequency on Dielectric Constant



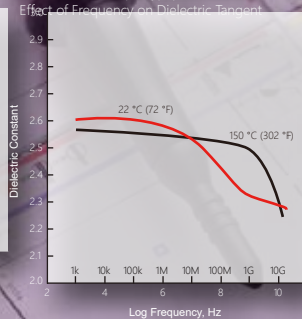
Effect of Temperature on Dielectric Tangent



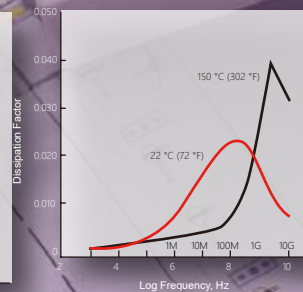
Everflon™ ETFE Dielectric Constant



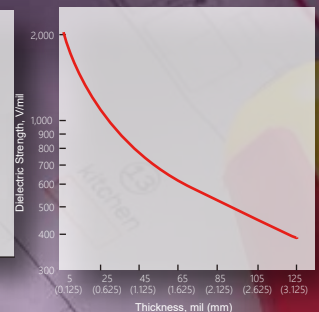
Everflon™ ETFE Dissipation Factor



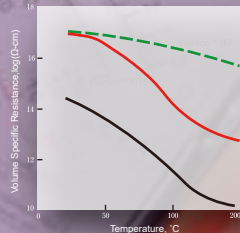
Everflon™ ETFE Dielectric Constant



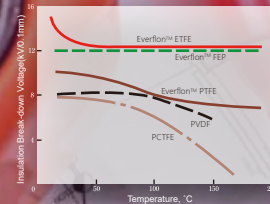
Everflon™ ETFE Dissipation Factor



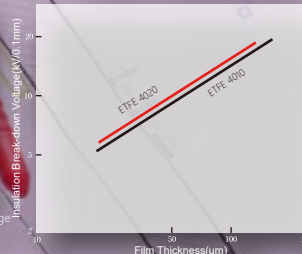
Everflon™ Dielectric Breakdown Strength



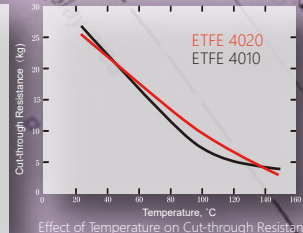
Temperature Dependence of Volume Specific Resistance



Temperature Dependence of Insulation Break-down Voltage



Dependence of Insulation break-down Voltage



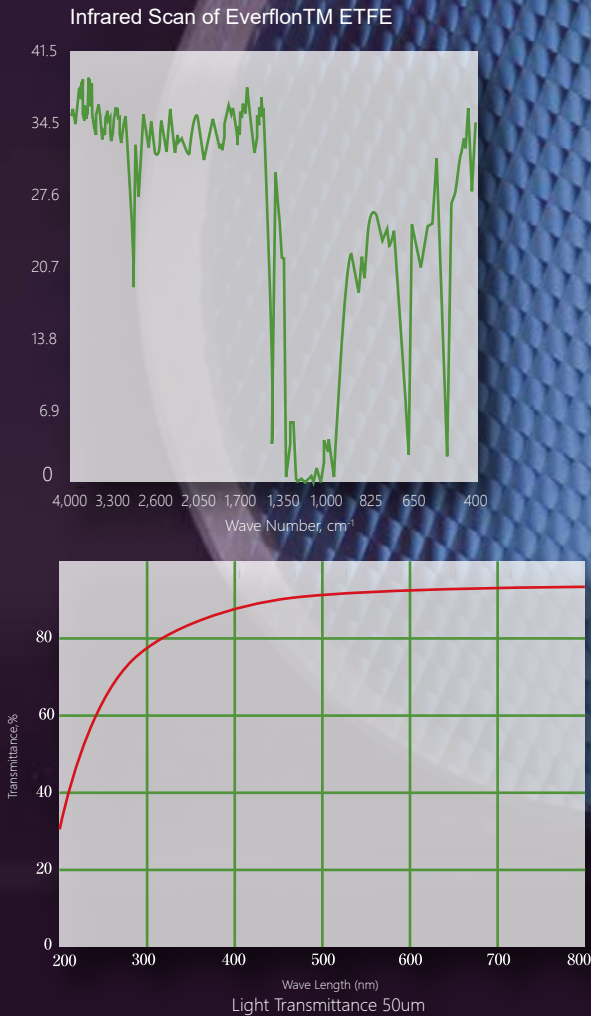
Effect of Temperature on Cut-through Resistance

Centro de datos

Propiedades ópticas

Datos de transmitancia vs. longitud de onda
Normalizado a películas de 0,025 mm (1,0 mil)

Wavelength, nm	Cathay ETFE Film Transmittance, %
Ultraviolet Range	
200	91.5
250	92
300	92
350	93
400	94
Visible Range	
500	94
94	
600	94
700	95
800	95



Aplicaciones típicas



Ninguna otra resina plástica se acerca tanto a los fluoropolímeros en cuanto a propiedades químicas y eléctricas, a la vez que ofrece un alto nivel de robustez mecánica y un procesamiento sencillo y económico. Everflon™ ETFE ofrece diversas oportunidades para que los ingenieros de diseño logren un mejor rendimiento del producto en diversas áreas de aplicación.

Las abrazaderas para cables y líneas hidráulicas, las correas para cables y otros sujetadores moldeados con Everflon™ ETFE funcionan en entornos corrosivos y de alta temperatura. Las aplicaciones nucleares son posibles gracias a la resistencia a la radiación de Everflon™ ETFE. Su baja absorción de humedad proporciona uniformidad en las propiedades mecánicas independientemente de la humedad. La alta resistencia al impacto y la resistencia a los rayos UV son ventajas adicionales.

Sus excelentes propiedades eléctricas, resistencia a disolventes, clasificación de inflamabilidad SE-O y excelentes características de envejecimiento a alta temperatura hacen de Everflon™ ETFE un material ideal para componentes eléctricos de alto rendimiento. Las formas de bobina, conectores, piezas encapsuladas, zócalos y aislantes son aplicaciones



El resistente aislamiento de Everflon™ ETFE se utiliza en conductores que van desde AWG #30 para terminaciones de computadoras revestidas hasta 535 MCM para circuitos de alta potencia. Everflon™ ETFE ofrece un excelente rendimiento en cables de acerías, cables para fuselaje de aeronaves, cables para registro de pozos petrolíferos, cables de control de vagones de tránsito rápido y locomotoras, y otros cables para servicios pesados. Se está considerando especialmente su uso en centrales nucleares y otras áreas con exposición a la radiación.



Los tubos termorretráctiles, lisos y corrugados están disponibles en una amplia gama de espesores y diámetros. Se utilizan a altas temperaturas como aislamiento eléctrico y en servicio con productos químicos fuertes. Los tubos termorretráctiles se adaptan a terminaciones eléctricas, conexiones de mangueras y otros componentes para aislar, proteger contra la abrasión y prevenir la corrosión.

La alta resistencia al impacto, la resistencia química, la resistencia a la esterilización a altas temperaturas y la facilidad de procesamiento son propiedades necesarias para aplicaciones biomédicas y de material de laboratorio. Algunos ejemplos son los componentes de los respiradores de oxígeno, las válvulas de los analizadores de sangre, los platos de evaporación y los tubos de centrifuga.



La alta resistencia al impacto, la resistencia química, la resistencia a la esterilización a altas temperaturas y la facilidad de procesamiento son propiedades necesarias para aplicaciones biomédicas y de laboratorio.

La película de ETFE Everflon™ se puede sellar, termoformar, soldar, laminar y recubrir para fabricar cintas sensibles a la presión, circuitos impresos flexibles, bolsas para líquidos y otras construcciones que requieren resistencia, resistencia térmica e integridad eléctrica.



El Eveflon™ ETFE ha reemplazado a otros polímeros y al vidrio como revestimiento de válvulas. La excelente resistencia del Eveflon™ ETFE a ácidos, bases y disolventes en un amplio rango de temperaturas, combinada con la resistencia a la abrasión y la facilidad de procesamiento, da como resultado una válvula duradera y económica.

Guía de Fabricación

Everflon™ ETFE, como polímero termoplástico, puede procesarse mediante la mayoría de las técnicas aplicables a este tipo de resina. Entre ellas se incluyen:

- Moldeo por inyección
- Moldeo por compresión
- Moldeo rotacional
- Extrusión

Everflon™ ETFE también puede moldearse, mecanizarse, colorearse e imprimirse mediante las técnicas descritas en los boletines de procesamiento correspondientes.



Guía de Fabricación

Extrusión

El Everflon™ ETFE se puede moldear mediante extrusión en varillas, tubos, tuberías y revestimiento de cables eléctricos de diámetro pequeño (hasta 10 mm), y mediante el uso de una matriz en T o mediante moldeo por inflado en películas. También es posible el moldeo por soplado y el moldeo por extrusión con molde de perfil uniforme. Las condiciones de moldeo estándar se muestran a continuación.



	Specification	Electric Wire Covering	Film	Tube
Extruder	Screw diam	40 mm	40 mm	35 mm
	Screw type	metering	metering	metering
	Screw L/D	25	22	22
	Screw comp ratio	2.6:1	2.8:1	2.5:1
	Screen	80,100,200 mesh 2 each	80,100,200 mesh 2 each	80,100,200 mesh 1 each
Die	Die i.d.	4.3 mm	Coat hanger type manifold die	13.5 mm
	Nipple o.d.	2.0 mm		12.1 mm
	Rand Length	20 mm	Lip spacing 0.2 mm	
Product		core: tin-plated soft coper wire	film thickness: 25 um	tube i.d.: 9 mm
		core diam:0.26 mm	film width: 400 mm	tube i.d.: 10 mm
		thickness:0.15 mm		thicknesss: 0.5mm
		final diam:0.56 mm		
Processing Conditions	Cylinder temp			
	C1	250-260 C	270 C	270 C
	C2	270-290 C	290 C	290 C
	C3	330-340 C	310 C	300 C
	Cross head	330-340 C		
	Die	350-360 C	315 C	310 C
	Air gap		80 mm	100 mm
	Draw down ratio	59		die diameter/sizing die diameter 1.35
	Pull speed	80-150 m/min	5 m/min cooling roller temp 120 C	4 m/min vacuum sizing

Guía de Fabricación

Recubrimiento en polvo

Para el recubrimiento de ETFE Everflon™ se pueden utilizar métodos de recubrimiento en polvo como el electrostático, la inmersión en fluidos, etc. La selección de la resina cruda depende del espesor deseado y de la aplicación. El polímero no es higroscópico, pero el flujo del polvo se ve afectado por el contenido de humedad. Por lo tanto, el aire comprimido utilizado para el flujo debe secarse antes del proceso. Además, dado que el polvo mezclado con el polímero puede causar poros y coloración, el envase o la tolva no deben dejarse abiertos.



Material y Forma del Sustrato

Siempre que el material resista temperaturas de 290-340 °C, el ETFE Techyours™ puede recubrirse no solo sobre superficies metálicas, sino también sobre vidrio y cerámica. Los bordes tienden a reducir su espesor al solidificarse. Por lo tanto, es necesario proporcionar una redondez de IR, en revestimientos de capa fina y, para revestimientos gruesos de 0,4-1 mm, de 3R o mayor en extrusiones y de 5R o mayor en intrusiones.

Pretratamiento

Material de acero (revestimiento grueso)	Desengrasado: horneado a 400 °C durante 2 horas o más Engrosamiento: chorreado con malla de acero de 60 mesh y arena (presión del chorro: 3-7 kg/cm ²)
Acero, acero inoxidable, aluminio (30-50 µm)	Desengrasado: lavado con tricloroetileno Engrosamiento: chorreado con malla de acero de 100 mesh y arena (presión del chorro: 3-7 kg/cm ²)
Cobre y aleaciones de cobre	Durante el horneado, se forma una película de oxidación frágil. Por lo tanto, se realiza un recubrimiento metálico o un tratamiento de película de óxido de cobre (ebullición de 5 minutos en una mezcla de 1 parte de persulfato de potasio, 4 partes de hidróxido de sodio y 95 partes de agua).
Vidrio	Tratamiento con agente de acoplamiento de silano: lavado; inmersión en ácido nítrico al 30 % a 60 °C durante 2 horas; remojo en Solución de etanol al 1 % de agente de acoplamiento de silano (Union Carbide A-1120) durante 24 horas; secado al aire; recubrimiento

Recubrimiento

Aplique un voltaje de 60-90 kV con una máquina de recubrimiento electrostático y apáguela inmediatamente antes de inducir la repulsión electrostática. Se pueden obtener espesores de película de 30-150 µm para los grados naturales y de 1 mm para el JP40, repitiendo de 5 a 7 capas de recubrimiento. Mediante la inmersión en fluido del GS40, se puede obtener un espesor de película de 0,6 mm con un sustrato de 5 mm de espesor y un precalentamiento de 340-360 °C.

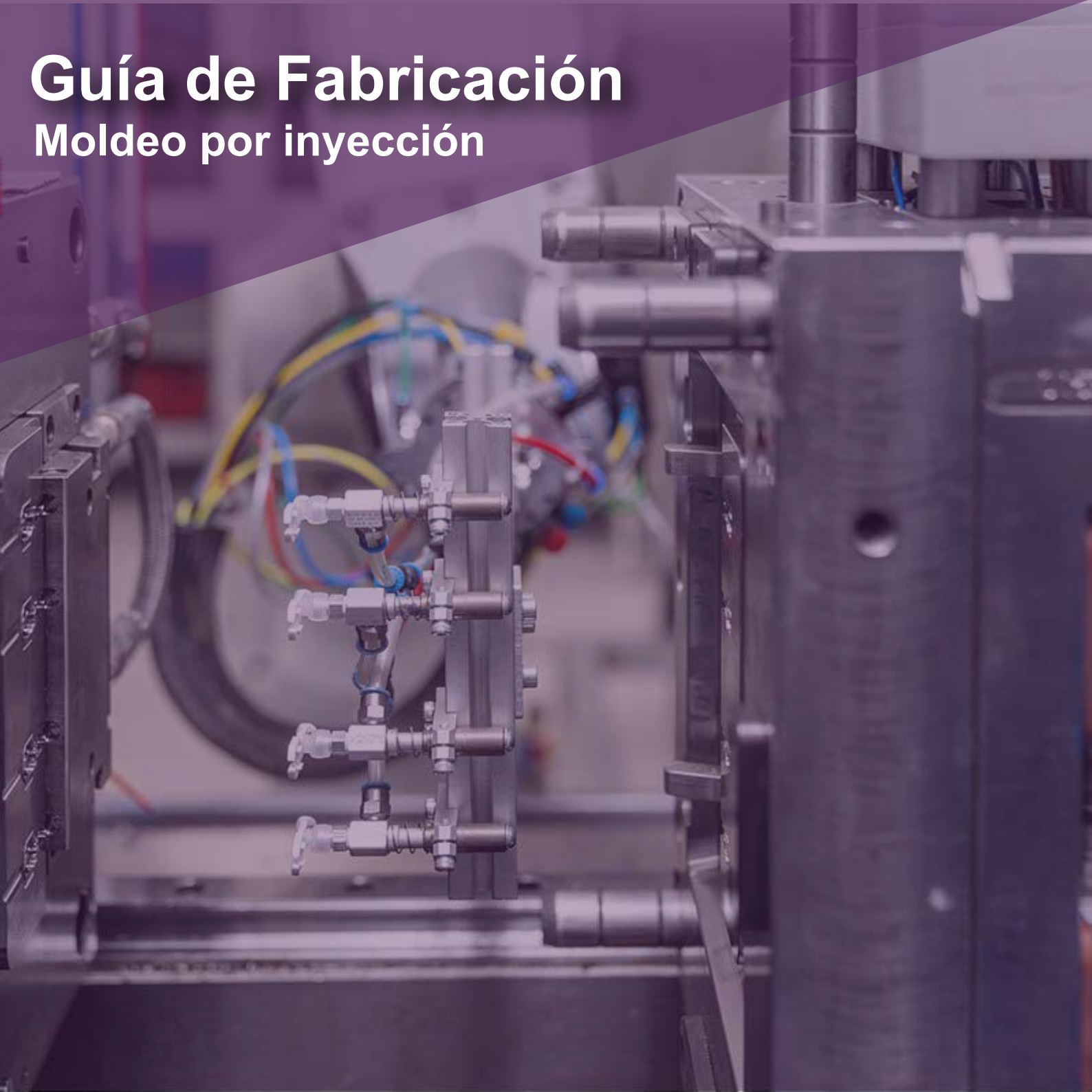
Horneado

El horneado debe realizarse a una temperatura de 290-340 °C durante 10-16 minutos, dependiendo del espesor del sustrato, el material y el espesor de película deseado.

La película formada se prueba mediante un método similar al de la película de PTFE, así como mediante otros métodos, como la prueba de espesor de película, la prueba de microporos, la prueba de Erichsen, la prueba de resistencia a la corrosión, etc., según la aplicación.

Guía de Fabricación

Moldeo por inyección



Máquina de inyección y material de moldeo

Se pueden utilizar para el moldeo máquinas de inyección de émbolo o de tornillo en línea, siempre que el calentador tenga una capacidad térmica de hasta 340 °C. Se recomienda el uso de materiales resistentes a la corrosión como Hastelloy-C, aleación X 306, Duranickel, etc., para las piezas en contacto con el polímero (superficie interior del cilindro, tornillo, torpedo, boquilla, etc.). Si no se utiliza exclusivamente para Everflon™ ETFE, también se pueden utilizar materiales nitrurados y cromados duros.

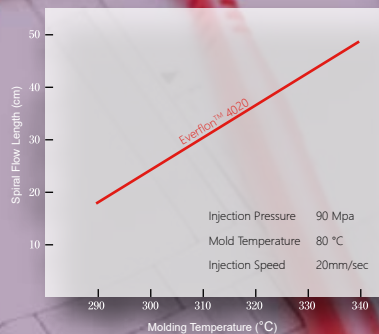
Molde

El molde utilizado, aunque dependerá del número de inyecciones, debe ser cromado duro sobre materiales comunes y estar diseñado para soportar temperaturas de hasta 120 °C. La estructura de la compuerta puede ser lateral, de precisión, de película, etc., según el producto deseado. El canal debe tener una sección transversal redonda y la longitud mínima posible.

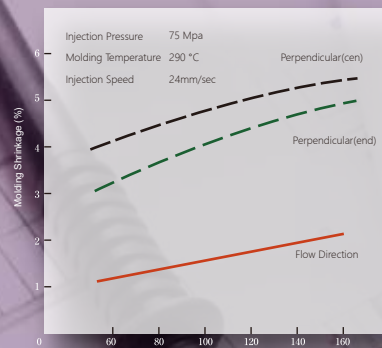
Condiciones de Moldeo

La tabla describe las condiciones típicas para el moldeo de Everflon™ ETFE. Para moldeo de espesores finos (menores a 0,5 mm), se debe aumentar la velocidad, mientras que para moldeo de espesores gruesos (mayores a 5 mm), se debe aumentar el tiempo de enfriamiento. Además, para obtener una superficie lisa, se debe reducir la velocidad de inyección.

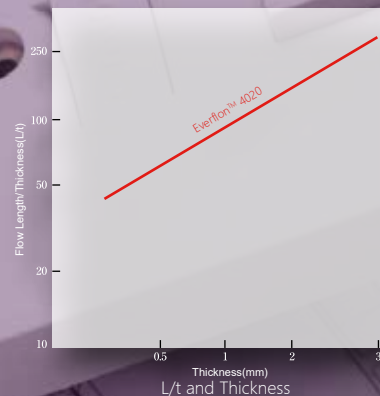
		ETFE 4010
Temperatura de Procesamiento (°C)	Back	260-280
	Middle	270-290
	Front	280-300
	Nozzle	290-320
Temperatura del Molde (°C)		60-120
Presión de Inyección (MPa)		50-120
Velocidad de Inyección (velocidad del pistón) (mm/s)		1-15
Ciclo de Moldeo (s)		30-120



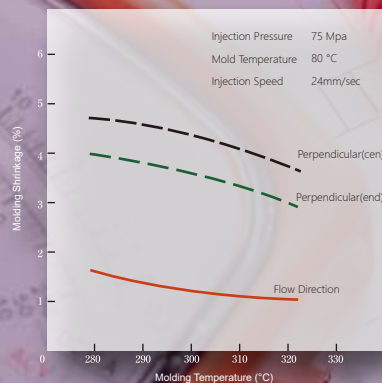
Molding Temperature and spiral Flow Length



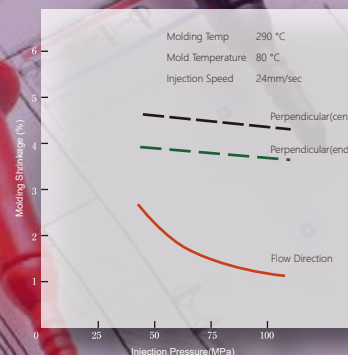
Mold Temperature and Molding Shrinkage



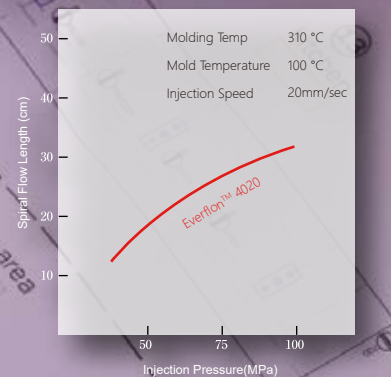
L/t and Thickness



Molding Temperature and Molding Shrinkage



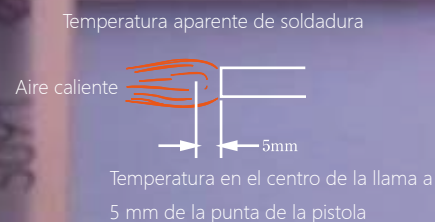
Injection Pressure and Molding Shrinkage



Injection Pressure and Spiral Flow Length

Centro de datos

Guía de Fabricación Soldadura

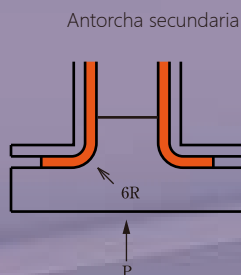
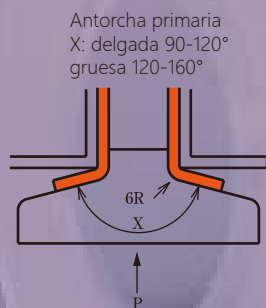


La soldadura requiere cierta habilidad, pero prestando especial atención a la zona a soldar y convirtiendo tanto el material base como la varilla de soldadura en un estado ceroso, es posible obtener una resistencia equivalente al 60 % de la del material base y alcanzar una velocidad de soldadura de 80 mm/min.

Guía de Fabricación

Procesamiento de Abocardado

El abocardado a 90° de tuberías y piezas moldeadas por inyección de Everflon ETFE se puede realizar utilizando herramientas especiales. Calentando el material de la herramienta a 130-150 °C, el abocardado puede realizarse a una velocidad de 60 mm/min.





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