

EVERFLON™ PFA

Manuel des fonctionnalités

Polyfluoroalkoxy

EVERFLON ACADEMIC

Introduction

L'Everflon™ PFA est un copolymère de tétrafluoroéthylène (C₂F₄) et de perfluoroalcoxyéthylène. Comme le montre le schéma ci-dessous, dans sa structure de base, tous les atomes de carbone sont fortement liés à des atomes de fluor.

De ce fait, l'Everflon™ PFA présente d'excellentes propriétés chimiques, électriques, mécaniques et de surface sur une large plage de températures. De plus, contrairement à l'Everflon™ PTFE, il est fluide à l'état fondu et se prête donc à l'injection, à l'extrusion, au soufflage, au transfert et à d'autres procédés de transformation à l'état fondu.

Cette brochure technique a pour but d'accompagner les utilisateurs dans le développement d'applications exploitant les propriétés de l'Everflon™ PFA. Ce document décrit en détail les propriétés du matériau et fournit des informations sur son utilisation dans les procédés de moulage.

Commercially Available Everflon™ PFA Fluoropolymers

Everflon™ ETFE Grade	Resin Characteristics	Applications
403/S	Résine à faible indice de fluidité (MFR) pour le moulage et l'extrusion	Tubes Revêtement de tuyauterie Films Pièces moulées par injection/soufflage
410/S	Résine à indice de fluidité moyen (MFR) pour le moulage et l'extrusion	Isolation de fils à paroi mince Pièces moulées par injection de petite taille/complexes
420/S	Résine à indice de fluidité élevé (MFR) pour l'injection et l'extrusion	Tubes Fils et câbles Pièces moulées par injection
430/S	Résine à très haut indice de fluidité (MFR) pour l'injection et l'extrusion	Isolation de fils à paroi mince Pièces moulées par injection de petite taille/complexes
GC403	Résine à faible indice de fluidité (MFR) à haute résistance à la fissuration sous contrainte pour le moulage et l'extrusion	Tubes et tuyauteries Pièces moulées et revêtements Revêtement en feuilles pour cuves et systèmes de distribution de produits chimiques de haute pureté
GC410	Résine à indice de fluidité moyen (MFR) pour le moulage et l'extrusion	Pièces moulées par injection et tubes pour applications de haute pureté
GC420	Résine à indice de fluidité élevé (MFR) pour l'injection et l'extrusion	Pièces moulées par injection pour applications de haute pureté (ex. : raccords, corps de vannes, boîtiers de filtres)
GC430	Résine à très haut indice de fluidité (MFR) pour l'injection et l'extrusion	Isolation de fils à paroi mince Pièces moulées par injection de petite taille/complexes
C403	Résine antistatique à faible indice de fluidité (MFR)	Tubes, revêtements et pièces moulées nécessitant une dissipation statique
C410	Résine antistatique à indice de fluidité moyen (MFR)	Câbles, tubes, revêtements et pièces moulées nécessitant une dissipation statique
C420	Résine antistatique à indice de fluidité élevé (MFR)	Câbles, tubes, revêtements et pièces moulées nécessitant une dissipation statique
CC04	Concentré de couleur avec résine vierge PFA	Câbles, tubes, Revêtements et pièces moulées de couleurs variées
JP04	Poudre pour applications spéciales	Idéal pour le compoundage et le moulage par compression
GS04	Poudre fluide et de haute pureté pour le rotomoulage et le roto-revêtement	Pièces creuses Géométries complexes Revêtement

Caractéristiques de l'Everflon™ PFA

Excellente résistance mécanique durable

De -200 °C à +260 °C, l'Everflon™ PFA conserve sa résistance mécanique sur une large plage de températures et, dans cette plage, les produits conservent une forme stable.

Excellente résistance chimique

Résistant à la plupart des solvants, l'Everflon™ PFA est un matériau très stable au contact de produits chimiques.

Excellentes caractéristiques électriques

Avec une constante diélectrique et une tangente diélectrique très faibles, l'Everflon™ PFA est un matériau exceptionnel pour l'isolation électrique et contribue à améliorer la fiabilité dans le secteur de l'électronique.

Excellente incombustibilité

Grâce à son indice d'oxygène supérieur à 95 %, l'Everflon™ PFA trouve de nombreuses applications dans divers domaines.

Excellentes propriétés de surface

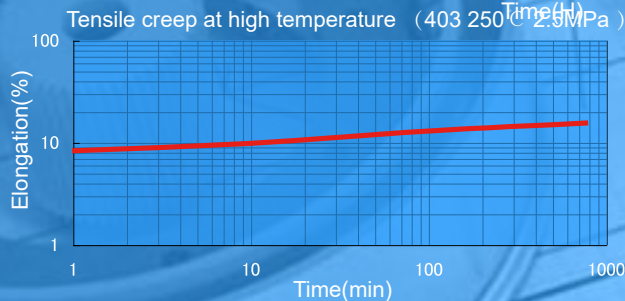
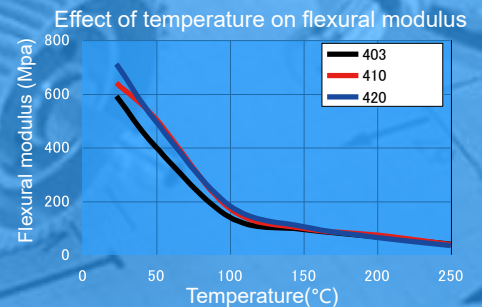
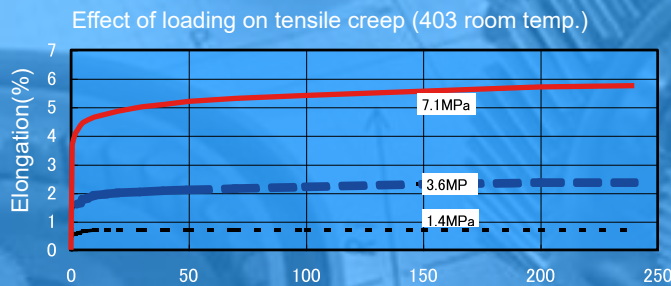
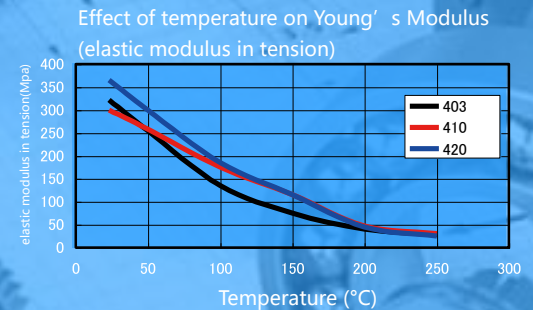
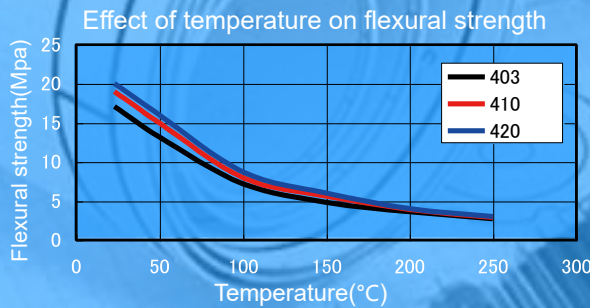
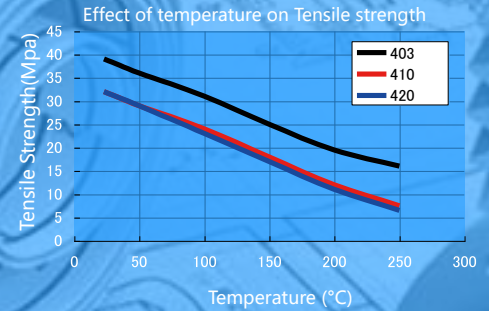
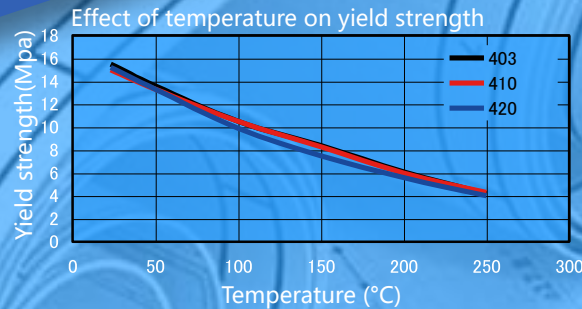
Outre son faible coefficient de frottement, ses propriétés antiadhésives, son hydrofugation, son oléophobie et d'autres excellentes propriétés de surface, l'Everflon™ PFA est également très fiable et présente une faible résistance à l'écoulement des fluides. Excellente résistance aux intempéries

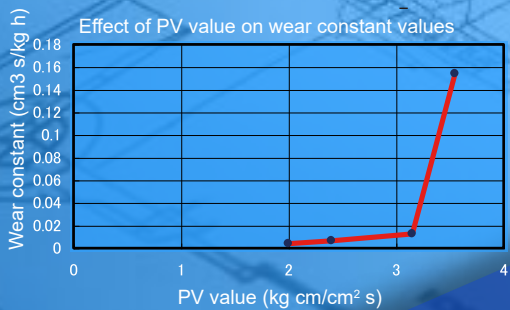
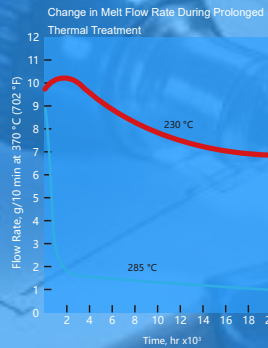
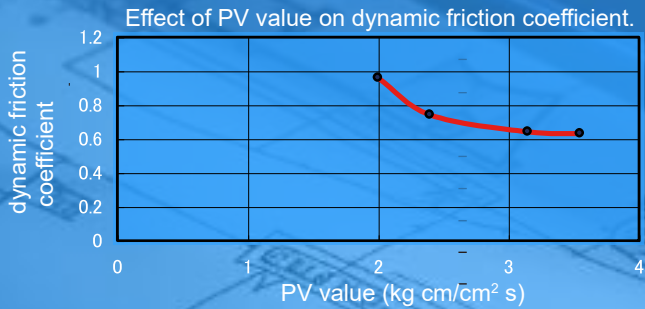
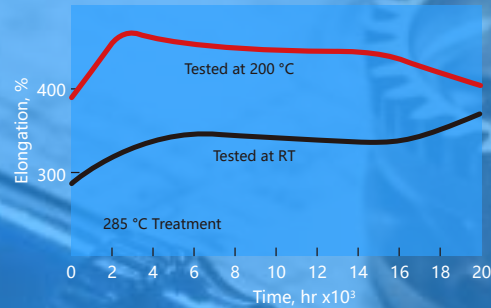
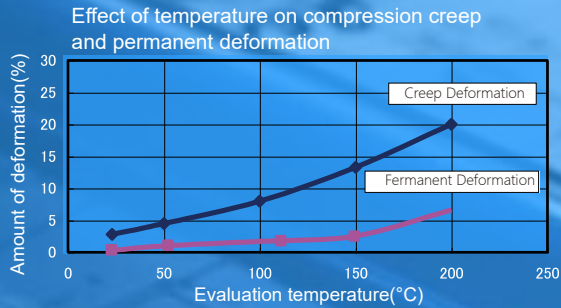
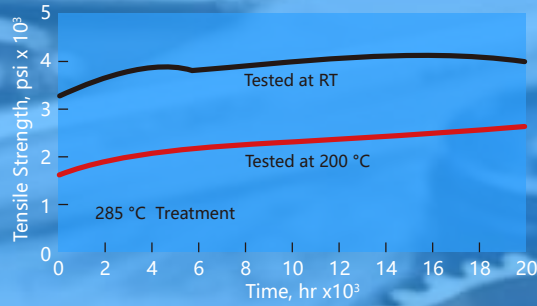
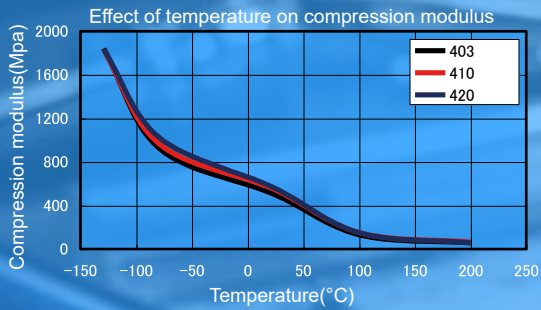
L'Everflon™ PFA résiste à la lumière directe du soleil, aux rigueurs du vent et des intempéries, aux gaz d'échappement et à d'autres agressions sans perte de performance ni détérioration : même après une longue exposition en extérieur, ses propriétés restent intactes.

Propriétés des matériaux de l'Everflon™ PFA

	Property	Unit	ASTM standard	403	410	420	430
Physique	Point de fusion	°C	--	305-315			
	MFR	g/10min		1-3	6-12	20-30	35-45
	Densité relative	--	D792	2.12-2.17			
Mécanique	Résistance à la traction à 23 °C	MPa	D638	30	28	24	22
	250 °C			16	8	7	
	Allongement à 23 °C	%	D638	380	350	330	300
	250 °C						
	Résistance aux chocs (Izod)	kg-cm/cm (J/M)	D256A	No Break			
	Dureté (Doromètre)	--	D1706	D60			
	Module de flexion	10 ³ kg/cm ² (GPa)	D790	5.5 0.54	6.3 0.62	6.5 0.64	6.5 0.64
	Durée de vie en flexion (MIT)	Times	D2176	500,000	20,000	10,000	10,000
	Thermique	Conductivité thermique	10-4cal/cm/sec °C	C177	6.0		
Chaleur spécifique		cal/°C.g		0.25			
Coefficient de dilatation thermique linéaire		10 ⁵ °C	D696	14		15	15
Température sous pression de bille		°C		230		230	--
Température maximale de service		°C		260			
Électrique	Résistivité volumique	Ω-cm	D257	>10 ¹⁷			
	Résistivité superficielle	Ω	D257	>10 ¹⁷			
	Constante diélectrique	60Hz	D150	< 2.1			
		10 ³ Hz					
		10 ⁶ Hz					
		10 ⁹ Hz					
	Tangente diélectrique	60Hz	D150	< 0.0003			
10 ³ Hz							
	10 ⁶ Hz						
Résistance à l'arc	S	D495		>300			
Autres	Absorption d'eau	%	D570	< 0.03			
	Inflammabilité	--	UL94		V-0		
	Indice d'oxygène	--	D2863	>95			

Propriétés mécaniques





Centre de données

Résistance aux chocs (ASTM D256)

L'essai de choc Izod sur éprouvette entaillée est une méthode d'évaluation de la résistance aux chocs des plastiques. Lors de cet essai, une éprouvette entaillée est soumise à un impact et l'énergie absorbée jusqu'à rupture est mesurée. L'Everflon™ PFA ne se rompt pas à température ambiante.

Température	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

Effets des températures cryogéniques

Des essais réalisés à la température de l'azote liquide indiquent que les résines fluoropolymères Everflon™ PFA offrent d'excellentes performances dans les applications cryogéniques.

Property	ASTM Method	Unit	Value	
			Room Temperature, 23°C	Cryogenic Temperature, -196°C
Limite d'élasticité	D1708	MPa (psi)	15 (2,100)	No Yield
Résistance à la traction maximale	D1708	MPa (psi)	18 (2,600)	129 (18,700)
Allongement	D1708	%	260	8
Module de flexion	D790-71	MPa (psi)	558 (81,000)	5,790 (840,000)
Résistance aux chocs (Izod sur éprouvette entaillée)	D256-72	J/m (ft-lb/in)	No Break	64 (1.2)
Résistance à la compression	D695	MPa (psi)	24 (3,500)	414 (60,000)
Déformation en compression	D695	%	20	35
Module d'élasticité	D695	MPa (psi)	69 (10,000)	4,690 (680,000)

Adhésion

Utilisées comme adhésifs thermofusibles en film mince, les résines fluoropolymères Everflon™ PFA forment des liaisons solides et très résistantes à l'eau sur divers substrats thermorésistants. Cette technique a permis de coller des métaux, du verre et d'autres matériaux thermorésistants.

Durée de vie en flexion (méthode MIT ASTM D2176)

La durée de vie en flexion du PFA a été mesurée selon la méthode MIT, un moyen simple d'évaluer sa résistance à la fissuration sous contrainte. Les éprouvettes étaient de courtes bandes de 1,25 mm × 130 mm × 0,23 mm, pliées à ±135° à une vitesse de 175 cycles par minute jusqu'à rupture ; le nombre de pliages a été enregistré. Les résultats montrent que le PFA Everflon™ présente une durée de vie supérieure à celle de qualités similaires fabriquées par d'autres entreprises.

Grade	403	410	420
Cycles	50*10 ⁴	2.5*10 ⁴	1.8*10 ⁴

Dureté

La dureté des résines fluoropolymères PFA Everflon™ est de 55 à 57 duromètres. Ce résultat a été obtenu lors de tests réalisés sur des panneaux moulés par compression, conformément à la norme ASTM D2240.

Résistance à la chaleur

Les résines fluoropolymères PFA Everflon™ sont conçues pour une utilisation continue à des températures allant jusqu'à 260 °C. Cependant, un traitement thermique prolongé à 285 °C des plaques, barres de traction et fils revêtus en résine fluoropolymère Everflon™ PFA indique que cette résine peut être exposée en continu à cette température sans altération de ses propriétés mécaniques ou électriques.

Données d'usure et de frottement

Des essais de frottement et d'usure ont été réalisés sur les résines fluoropolymères Everflon™ PFA afin d'évaluer leur niveau de performance (sans charge) dans des applications mécaniques, telles que les roulements et les joints d'étanchéité. Ces essais ont été effectués sur des butées moulées à 0,7 MPa (100 psi) contre de l'acier AISI 1018, Rc20, 16AA ; ils ont été réalisés dans des conditions ambiantes, à l'air libre et sans lubrification.

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

Propriétés chimiques

Les résines fluoropolymères Everflon™ PFA sont reconnues pour leur excellente tenue aux variations chimiques, même après exposition à des produits chimiques. La gamme de résines fluoropolymères Everflon™ PFA entièrement fluorées présente une inertie chimique exceptionnelle grâce à l'absence de groupements terminaux réactifs.

- Elles ne sont pas dégradées par les systèmes chimiques couramment rencontrés dans les procédés chimiques.

- Ils sont inertes vis-à-vis :

- des acides minéraux forts – des bases inorganiques – des agents oxydants inorganiques – des solutions salines

- Ils sont également inertes vis-à-vis des composés organiques suivants :

- acides organiques – anhydrides – composés aromatiques – hydrocarbures aliphatiques – alcools – aldéhydes – cétones – éthers – esters – chlorocarbures – fluorocarbures – mélanges des composés ci-dessus

Comme pour d'autres produits perfluorés, les résines fluoropolymères Everflon™ PFA peuvent être attaquées par certains complexes halogénés contenant du fluor. Il s'agit notamment du trifluorure de chlore, du trifluorure de brome, du pentafluorure d'iode et du fluor lui-même. Les résines fluoropolymères Everflon™ PFA peuvent également être attaquées par des métaux tels que le sodium ou le potassium, en particulier à l'état fondu. Il convient d'être extrêmement prudent lors du mélange de fluoropolymères finement divisés avec des métaux finement divisés, tels que l'aluminium, le magnésium ou le baryum, car ces derniers peuvent réagir violemment en cas d'inflammation ou de chauffage à haute température. Certains complexes de ces métaux avec l'ammoniac ou le naphthalène (dans l'un ou l'autre solvant) attaquent également le produit.

Ces complexes sont d'ailleurs utilisés pour conférer aux films ou tubes de résines fluoropolymères Everflon™ PFA une surface cimentable. Certains hydrures métalliques, tels que les boranes, le chlorure d'aluminium et certaines amines, sont également susceptibles d'attaquer les résines fluorocarbonées à haute température.

Les dommages physiques résultant de l'absorption de divers produits chimiques par les parois des articles fabriqués (en particulier en cas de variations de température), de changements rapides de pression et de contraintes mécaniques constituent la cause la plus fréquente de défaillance des articles fabriqués à partir de résines fluoropolymères Everflon™ PFA.

Le tableau présente les performances en traction et la prise de masse des pièces en résine fluoropolymère Everflon™ PFA après immersion dans des milieux chimiques inorganiques. En général, les réactifs inorganiques courants n'ont pas d'effet mesurable sur les propriétés de traction des résines Everflon™ PFA ; toutefois, le cas échéant, une prise ou une perte de masse mesurable est observée. Le chlorure de sulfuryle constitue un cas particulier : un composé « hybride » est absorbé par les pièces, ce qui entraîne une faible rétention des propriétés. Dans aucun des cas mentionnés, des interactions de dégradation chimique ne sont observées.

Le tableau présente également l'évolution des propriétés de traction et la prise de masse des pièces en résine fluoropolymère Everflon™ PFA lorsqu'elles sont exposées à des liquides organiques typiques représentant une gamme de composés classiques. Les résines Everflon™ PFA présentent une résistance chimique équivalente, voire supérieure. Ces données montrent que les liquides qui mouillent la résine ont tendance à entraîner des prises de poids importantes et une faible rétention de la résistance à la traction, notamment lorsqu'ils sont chauffés à haute température.

L'Everflon™ PFA présente une excellente résistance chimique aux autres acides et bases inorganiques ainsi qu'aux solvants organiques. Il convient toutefois de noter que l'Everflon™ PFA, comme le PTFE et d'autres fluororésines, a tendance à réagir avec les métaux alcalins (sodium métallique) et le fluor.

Chemical	Temp	Jours	Jours Nombre de fissures
Cycle thermique non chimique		21	0/5
Toluène	100°C	7	0/5
Nitrobenzène	100°C	7	0/5
Acétophénone	100°C	7	0/5
Perchloroéthylène	100°C	7	0/5
Chlorure de sulfuryle	23°C	7	0/5
Tétrachlorure de carbone	75°C	7	0/5

Effet de l'immersion chimique sur les résines fluoropolymères de la série Everflon™ PFA (168 h)

Chimique	Température d'essai		% de matière physique retenue			
	°C	°F	Tensile	Elongation	% Weight Gain	
Produits chimiques inorganiques						
Acide minéral	Acide chlorhydrique (concentré)	120	248	98	100	0.0
	Acide sulfurique (concentré)	120	248	95	98	0.0
	Acide fluorhydrique (60 %)	23	73	99	99	0.0
	Acide sulfurique fumant	23	73	95	96	0.0
Acides oxydants	Eau régale	120	248	99	100	0.0
	Acide chromique (50 %)	120	248	93	97	0.0
	Acide nitrique (concentré)	120	248	95	98	0.0
	Acide nitrique fumant	23	73	99	99	0.0
Bases inorganiques	Hydroxyde d'ammonium (concentré)	66	150	98	100	0.0
	Hydroxyde de sodium (50 %)	120	248	93	99	0.4
Peroxyde	Peroxyde d'hydrogène (30 %)	23	73	93	95	0.0
halogènes	Bromure	23	73	99	100	0.5
	Bromure	59	138	95	95	0.5
	Chlore	120	248	92	100	0.5
Solutions de sels métalliques	Chlorure ferrique	100	212	93	98	0.0
	Chlorure de zinc (25 %)	100	212	96	100	0.0
Autres composés inorganiques	Chlorure de sulfuryle	69	156	83	100	2.7
	Acide chlorosulfonique	151	304	91	100	0.7
	Acide phosphorique (concentré)	100	212	93	100	0.0

Perméabilité

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

	403	410	420
Oxygène	4.4	3.6	3.6
Azote	1.5	1.4	1.6

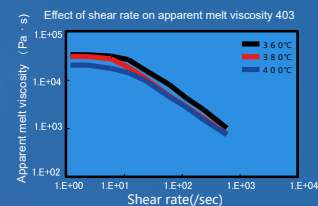
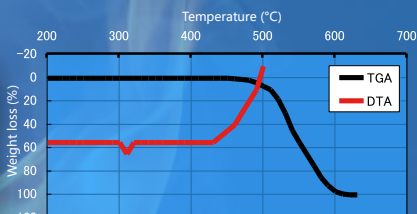
Chimique		Température d'essai		% de matière physique retenue		
		°C	°F	Tensile	Elongation	% Weight Gain
Produits chimiques organiques						
Acides/Anhydrides	Acide acétique glacial	118	244	95	100	0.4
	Anhydride acétique	139	282	91	99	0.3
	Acide trichloracétique	196	384	90	100	2.2
Hydrocarbures	Isooctane	99	210	94	100	0.7
	Naphta	100	212	91	100	0.5
	Huile minérale	180	356	87	95	0.0
	Toluène	110	230	88	100	0.7
Fonctionnel Aromatique	o-Crésol	191	376	92	96	0.2
	Nitrobenzène	210	410	90	100	0.7
Alcool	Alcool benzylique	205	401	93	99	0.3
	Aniline	185	365	94	100	0.3
Amines	n-Butylamine	78	172	86	97	0.4
	Éthylènediamine	117	242	96	100	0.1
Éther	Tétrahydrofurane	66	151	88	100	0.7
	Benzaldéhyde	179	355	90	99	0.5
Cétones Aldéhydes	Cyclohexanone	156	312	92	100	0.4
	Méthyléthylcétone	80	176	90	100	0.4
	Acétophénone	202	396	90	100	0.6
	Acide phosphorique (concentré)	220	392	98	100	0.3
Esters	Phtalate de diméthyle	220	392	98	100	0.3
	Acétate de n-butyle	125	257	93	100	0.5
	Phosphate de tri-n-butyle	200	392	91	100	2.0
Chlorés Solvants	Chlorure de méthylène	40	104	94	100	0.8
	Perchloroéthylène	121	250	86	100	2.0
	Tétrachlorure de carbone	77	171	87	100	2.3
Solvants polymères	Diméthylformamide	154	309	96	100	0.2
	Diméthylsulfoxyde	189	372	95	100	0.1
	Dioxane	101	214	92	100	0.6

Propriétés thermiques

Décomposition thermique

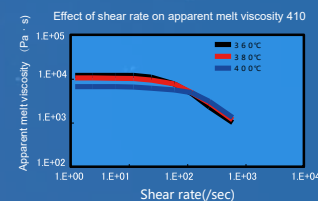
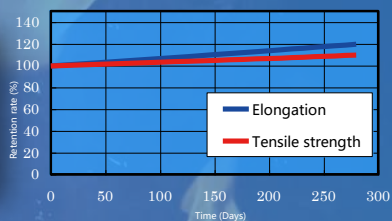
Jusqu'à environ 400 °C, la stabilité thermique est excellente, sans perte de masse. De plus, à 700 °C, aucun résidu de décomposition n'a été observé.

	Unit: (°C)		
Grade	403	410	420
Perte de poids initiale	400	400	400
Perte de poids de 10 %	510	510	510
Perte de poids de 50 %	540	542	539



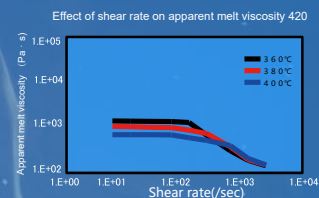
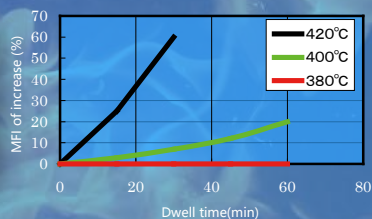
Viellissement thermique

Après un maintien à 280 °C pendant 280 jours, la résistance à la traction et l'allongement sont supérieurs aux valeurs initiales.



Stabilité thermique

Après maintien à ces températures pendant les durées spécifiées, l'indice de fluidité (MFR) a été évalué. Après un maintien à 380 °C pendant plus d'une heure, l'indice de fluidité



Température de déformation thermique

Les températures indiquées correspondent aux températures auxquelles des éprouvettes, soumises à une charge de 0,45 MPa et de 1,81 MPa, ont présenté une déformation de 0,254 mm lors d'une augmentation de température de 2 °C/min.

Température de déformation thermique

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

Température de ramollissement Vicat

Les valeurs indiquées correspondent aux températures auxquelles une aiguille de 1 mm de diamètre, soumise à une charge de 1 kg et placée au centre d'une éprouvette, a pénétré de 1 mm dans celle-ci lors d'une augmentation de température de 50 °C/h.

403	410	420
287°C	281°C	270°C

Coefficient de dilatation thermique linéaire

Temperature Range °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

Propriétés électriques

Les applications électriques comprennent les revêtements extrudés pour de nombreuses constructions de câbles, les câbles chauffants, les conduits à paroi épaisse, le gainage de câbles et les câbles géophysiques. Les résines fluoropolymères Everflon™ PFA sont également moulées par injection pour la fabrication de composants d'interrupteurs électriques, d'inserts de connecteurs, de traversées isolantes et d'isolateurs d'écartement.

Constante diélectrique et tangente diélectrique (ASTM D150)

La constante diélectrique des résines Everflon™ PFA est inférieure à 2,1 sur une large gamme de fréquences, de températures et de densités. La densité des résines fluoropolymères Everflon™ PFA varie très peu (2,13–2,17) et leur constante diélectrique ne varie que d'environ 0,03 unité sur cette plage, ce qui la place parmi les plus faibles de tous les matériaux solides. L'humidité n'a aucun effet mesurable sur la constante diélectrique des résines fluoropolymères Everflon™ PFA.

Rigidité diélectrique

La rigidité diélectrique (à court terme) de toutes les résines fluoropolymères Everflon™ PFA est de 80 kV/mm (2 043 V/mil) lorsqu'elle est mesurée sur des films de 0,25 mm (10 mil) selon la norme ASTM D149. Les films minces de résine FEP donnent des résultats similaires, tandis que les films de PTFE sont généralement mesurés à 47 kV/mm (1 200 V/mil). Comme les autres résines fluoropolymères, l'Everflon™ PFA perd de la rigidité diélectrique en présence d'effet corona.

Facteur de dissipation

Le facteur de dissipation des résines fluoropolymères Everflon™ PFA varie en fonction de la fréquence et de la température. À basse fréquence (10^2 – 10^4 Hz), le facteur de dissipation augmente avec la température. Il varie peu avec la température pour les fréquences comprises entre 10^4 et 10^7 Hz. Lorsque la fréquence augmente jusqu'à 10^{19} Hz, le facteur de dissipation croît de façon constante. Cette augmentation est maximale à température ambiante. On observe également un maximum aux alentours de 3×10^9 Hz. Les groupements terminaux entièrement fluorés des résines fluoropolymères Everflon™ PFA entraînent des facteurs de dissipation plus faibles aux hautes fréquences. Les résines fluoropolymères Everflon™ PFA sont donc privilégiées comme matériau d'isolation électrique à hautes fréquences.

Résistivité électrique

Les résistivités volumique et superficielle des résines fluoropolymères sont élevées et indépendantes du temps et de la température.

La mesure de la résistivité volumique des résines fluoropolymères Everflon™ PFA, effectuée selon la méthode décrite dans la norme ASTM D257, a donné une valeur supérieure à $10^{18} \Omega \cdot \text{cm}$. La résistivité superficielle était également supérieure à $10^{18} \Omega/\square$.

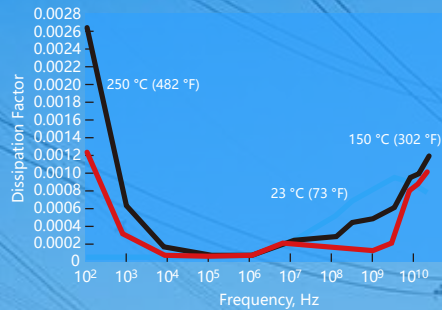
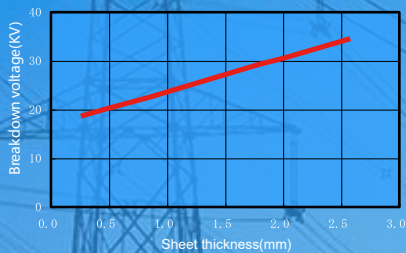
Lors des essais réalisés sur les résines fluoropolymères Everflon™ PFA selon la méthode décrite dans la norme ASTM D495, avec des électrodes en acier inoxydable, aucune trace de courant n'a été observée pendant toute la durée de l'essai (180 s), ce qui indique que la résine ne forme pas de chemin conducteur carbonisé.

Influence de la température sur la résistivité volumique (ASTM D257)

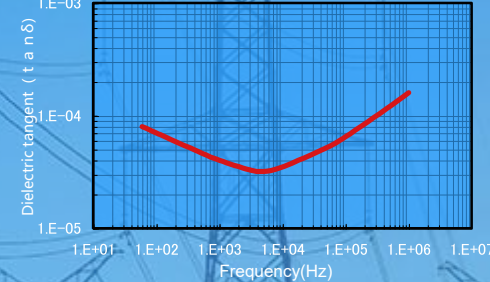
Température (°C)	23	50	100
Résistivité volumique ($\Omega \cdot \text{cm}$)	$3 \cdot 10^{17}$	$5 \cdot 10^{17}$	$3 \cdot 10^{17}$

Insulation

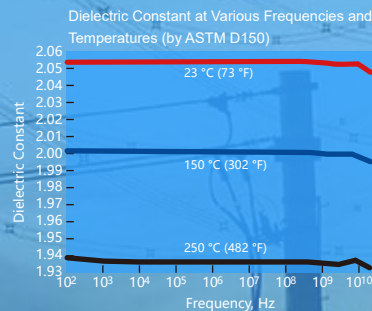
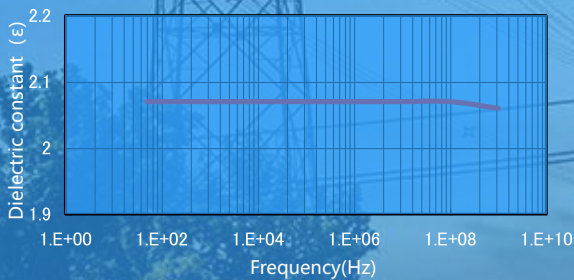
Dependence of insulation breakdown voltage on material thickness.



Effect of frequency on dielectric tangent

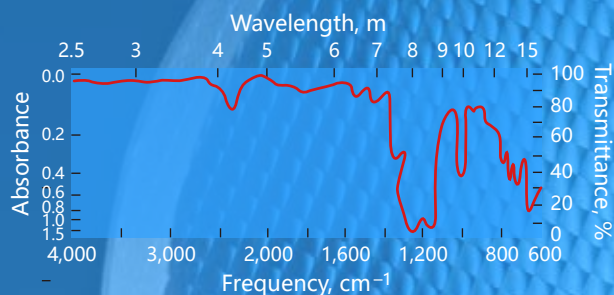


Effect of frequency on dielectric constant



Propriétés optiques

Sous forme de film, les résines fluoropolymères Everflon™ PFA présentent d'excellentes propriétés optiques, avec un faible voile, mesurées selon les méthodes ASTM. Les valeurs spécifiques de transmission en pourcentage pour des longueurs d'onde données sont indiquées dans le tableau. L'indice de réfraction du film fabriqué à partir de résines fluoropolymères Everflon™ PFA est mesuré à une longueur d'onde de 546 nm (lumière verte) et à température ambiante. Le spectre infrarouge des résines fluoropolymères Everflon™ PFA est présenté dans la figure. Cette « signature » est souvent utile pour identifier la résine parmi d'autres polymères fluorocarbonés.



Property	Test Method	Value
Indice de réfraction	ASTM D542-50	1.350
Dissipation du voile	ASTM D1003-52	4%
Transmission lumineuse		
UV (0,25-0,40 μm)	(Cary Model 14)	77-91%
Visible (0,40-0,70 μm)	Spectrophotometer,	91-96%
Infrarouge (0,70-2,4 μm)	100-gauge (0.025-mm) film thickness	96-98%

Résistance aux intempéries

Les résines fluoropolymères Everflon™ PFA sont extrêmement hydrophobes et repoussent l'eau de façon quasi totale. Une absorption d'humidité inférieure à 0,03 % a été observée après 24 h dans l'eau à température ambiante, suivies de 2 h dans l'eau bouillante. Elles sont également pratiquement insensibles à l'oxygène, à l'ozone et à la lumière visible ou UV. Des échantillons tests, exposés pendant de nombreuses années à pratiquement toutes les conditions climatiques, ont démontré que les résines fluoropolymères Everflon™ PFA sont parfaitement résistantes aux intempéries. Aucune modification significative des propriétés de traction, de la densité ou de l'indice de fluidité à chaud n'a été observée après cette exposition. Les résultats ne montrent ni vieillissement ni fragilisation. L'absence de plastifiants, d'antioxydants et d'autres additifs lors de sa fabrication empêche toute migration de substances.

Résistance aux radiations

En cas d'exposition à une forte dose de radiations, la chaîne principale de la structure copolymère de l'Everflon™ PFA, étant une perfluororésine, est susceptible de se rompre, ce qui réduit sa résistance à la traction et son allongement.

Guide de fabrication

Extrusion

Les fluoropolymères Everflon™ PFA conviennent à l'extrusion selon les techniques habituellement utilisées pour les autres plastiques thermotransformables, à condition que l'extrudeuse soit équipée d'alliages résistants à la corrosion. Les extrudeuses présentant un rapport L/D de 20:1 à 30:1 sont recommandées. Elles doivent être équipées de résistances chauffantes à commande indépendante permettant un contrôle précis de la température jusqu'à 450 °C.

Différents types de vis peuvent être utilisés. Les vis à un seul filet sont recommandées, tandis que les vis à filets barrières sont à éviter. Une vis typique se compose d'une longue section d'alimentation (au moins 12 filets), suivie d'une section de transition de 2 à 6 filets et d'une section de dosage de 5 à 7 filets. L'utilisation d'une plaque de rupture ou d'un système de filtration est généralement inutile, même avec des mélanges-maîtres de couleur.

Un aperçu des exigences en matière de température, d'outillage et d'équipement pour l'extrusion de câbles est présenté dans le tableau.

Les températures de consigne doivent être choisies et ajustées en fonction de la taille de l'extrudeuse et du débit maximal atteignable. En général, plus le débit est élevé, plus le profil de température doit être élevé ; de même, plus la longueur de l'extrudeuse est courte, plus le profil de température doit être élevé. Il est important de noter que la température la plus efficace pour modifier la température de fusion, et donc la pression à la filière et la vitesse de ligne, est celle de la zone de dosage.

La vitesse de ligne maximale pratique atteignable avec les résines Everflon™ PFA est limitée par l'apparition de la rupture de la phase fondue ou de la résonance d'étirage (dans l'extrusion de tubes, la rupture de la phase fondue apparaît généralement d'abord sur la surface interne du cône). Ce phénomène peut être réduit en augmentant la température dans la filière jusqu'à l'apparition de cloques ou de phénomènes de dégradation thermique. Une légère réduction de la rupture de la phase fondue peut également être obtenue en chauffant l'extrémité interne. Le taux de cisaillement critique du polymère peut être considéré comme un bon paramètre pour prédire la vitesse d'extrusion maximale. Plus cette valeur est élevée, plus la vitesse de ligne maximale atteignable est importante.

Par exemple, à une température de 372 °C, l'Everflon™ PFA 410 présente un taux de cisaillement critique compris entre 50 et 70. Un aperçu des exigences en matière de température, d'outillage et d'équipement pour l'extrusion de câbles est présenté dans le tableau.

	[°C]
Z1 (rear barrel)	250
Z2	320
Z3	355
Z4	360
Z5 (front barrel)	380
Bride	380
Adaptateur	380
Traverse	380
Filtre	400
Température de fusion	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

Le DRB doit être maintenu proche de 1

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

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

	Value
Diamètre du câble	6 mm
Épaisseur de paroi	0.25 mm
Taux d'étirage	25
Équilibre du taux d'étirage	1
Préchauffage du fil	-
Vitesse de vissage	5 rpm
Pression	40 bar
Entrepôt d'eau	200-400mm
Vitesse de ligne	5 m/min
Diamètre de la vis = 35 mm, L/D = 25	

	Value
Diamètre du câble	1.5 mm
Épaisseur de paroi	0.25 mm
Taux d'étirage	110
Équilibre du taux d'étirage	1
Préchauffage du fil	180 °C
Vitesse de vissage	20 rpm
Pression	21 bar
Entrepôt d'eau	200-400mm
Vitesse de ligne	61 m/min
Diamètre de la vis = 35 mm, L/D = 25	

Guide de fabrication

Moulage

Moulage par transfert

L'Everflon™ PFA permet de fabriquer des pièces revêtues par moulage par transfert. Cette technique comprend les étapes suivantes :

- Fusion et plastification
- Injection dans un moule chaud
- Conditionnement et refroidissement

Les résines couramment utilisées pour le moulage par transfert sont celles à faible indice de fluidité (MFI), comme l'Everflon™ PFA 403.

La température du moule est généralement réglée au-dessus du point de fusion de la résine, contrairement au moulage par injection où le moule est maintenu à une température beaucoup plus basse. On obtient généralement de meilleurs résultats avec une vitesse d'injection lente et un temps de maintien précis avant refroidissement. Un refroidissement rapide est ensuite recommandé.

Les conditions opératoires doivent être optimisées pour chaque application. Par exemple, une basse température de fusion est recommandée pour les grandes pièces ou lorsque la résine est fondue et plastifiée au four. Une température de fusion élevée est recommandée pour les pièces fines ou lorsque la fusion et la plastification sont réalisées par extrusion.

Moulage par compression

L'Everflon™ PFA peut être moulé par compression pour obtenir des produits semi-finis tels que des feuilles, des barres et des films. Les conditions de moulage les plus appropriées doivent être sélectionnées en fonction du procédé spécifique et de la forme du produit final. Dans tous les cas, la température de moulage sera comprise entre 340 et 380 °C.

Guide de fabrication

Moulage par injection

L'Everflon™ PFA peut être moulé par injection selon les mêmes procédés que les résines thermoplastiques classiques. Les grades à faible viscosité sont particulièrement adaptés au moulage par injection de formes complexes.

Il est recommandé d'utiliser trois zones de chauffage indépendantes pour le fourreau et une pour l'adaptateur. Les régulateurs de température doivent permettre un contrôle précis jusqu'à 450 °C.

L'utilisation d'une vis à mouvement alternatif est recommandée pour assurer une plastification optimale et limiter la stagnation du polymère et la dégradation thermique. La vis doit présenter une section de transition courte, un pas constant et un rapport de profondeur de spire entre la zone d'alimentation et la zone de dosage d'environ 3:1.

Une buse conique inversée de type conventionnel est recommandée. Son alésage doit être aussi large que possible et conique afin d'éviter les zones mortes et les variations brusques de vitesse de la résine. Le clapet anti-retour empêche la résine fondue de refluer le long des spires de la vis pendant l'injection.

La température du moule ne doit pas être inférieure à 180 °C (355 °F) afin de limiter le délaminage de la pièce. L'optimisation de la température du moule doit tenir compte de l'épaisseur de la pièce afin de minimiser le retrait, d'améliorer l'aspect de surface et de réduire la durée totale du cycle.

La pression d'injection doit être réglée au minimum, en fonction de la pièce à mouler. En général, une faible pression d'injection réduit les déformations et améliore ainsi la stabilité dimensionnelle. La pression d'injection doit être ajustée en fonction de la pièce à mouler, de son épaisseur et de la présence de lignes de soudure. Dans la plupart des cas, une pression de maintien doit être appliquée pour limiter le retrait et les porosités. La vitesse d'injection doit être modérément lente afin d'obtenir une surface lisse et sans rugosité.

À l'inverse, il convient d'éviter les vitesses d'injection trop faibles, car elles nuisent au remplissage. En général, de faibles vitesses de rotation sont nécessaires, même si une contre-pression modérément basse peut permettre une meilleure homogénéisation sans particules non fondues. Toute augmentation de la contre-pression doit être soigneusement contrôlée afin d'éviter une élévation de la température de fusion.

Le profil de température le long du cylindre d'injection doit être augmenté progressivement de la zone arrière vers la buse, comme indiqué ci-après, afin d'éviter toute dégradation thermique. La température de fusion ne doit pas dépasser 400 °C et le temps de séjour doit être considérablement réduit en cas d'utilisation aux températures les plus élevées.

Conditions de moulage typiques pour l'Everflon™ PFA

	Units	410	420
Z1	°C	300	320
Z2	°C	325	345
Z3	°C	335	355
Z4	°C	340	360
Buse	°C	360	380
Température de fusion	°C	380	380
Température du moule	°C	200–240	200–240
Pression d'injection	kg/cm ² (psi)	270 (3,850)	345 (4,900)
Pression de maintien	kg/cm ² (psi)	270 (3,850)	345 (4,900)
Vitesse de rotation de la vis	cm/s (mil/s)	0.2 (80)	0.2 (80)
Vitesse de rotation de la vis	rpm	21	21
Durée du cycle	s	100	100

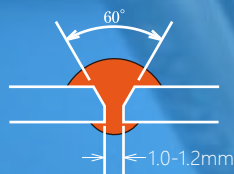
Dimensions du moule : disque de 102 mm, épaisseur de 3 mm

Guide de fabrication

Soudage



Température apparente
de soudage
340-450 °C



Température apparente de soudage



Température au centre de la flamme à
5 mm de la pointe du pistolet

Les matériaux Everflon™ PFA sont des thermoplastiques soudables selon les techniques standard utilisées pour les plastiques courants, tels que le PE ou le PVC. Le soudage à l'arc sous protection gazeuse est notamment employé pour le thermosoudage des revêtements Everflon™ PFA. Des essais de traction réalisés sur les cordons de soudure ont démontré que la fiabilité des fusions est équivalente à celle du matériau d'origine. Les recommandations générales suivantes s'appliquent au soudage à l'arc sous protection gazeuse des revêtements Everflon™ PFA.

Équipement

Utiliser des pistolets de soudage permettant un contrôle précis de la température jusqu'à 650 °C et d'une puissance de chauffe de 900 à 1 000 W ou plus. Une mesure précise de la température est essentielle pour garantir des soudures homogènes. Il est recommandé de mesurer la température du flux de gaz à l'intérieur de la buse, à 5-7 mm de la sortie.

Si l'air est utilisé pour le soudage, s'assurer qu'il est propre et sec. Différentes buses de soudage sont disponibles. Les embouts de soudage à grande vitesse sont utilisés pour la soudure principale, tandis que les embouts de pointage peuvent être utilisés pour maintenir en place les différentes sections de la doublure.

Soudage

Utilisez des baguettes de soudage rondes du même grade Everflon™ PFA que les profilés à souder. Le soudage de profilés de grades différents est déconseillé.

Grattez soigneusement les surfaces à souder. Lors de l'utilisation de feuilles à support textile, retirez le tissu le long de la ligne de soudure (2 à 3 mm sur chaque feuille) afin d'éviter les inclusions de fibres. Alignez et maintenez les deux feuilles à souder à une distance maximale de 0,5 à 1 mm.

Formez une rainure en V entre les deux feuilles à l'aide d'un grattoir approprié. Évitez l'utilisation d'outils improvisés, car cela pourrait entraîner un cordon de soudure irrégulier. Nettoyez soigneusement la zone de soudage et l'électrode.

Nettoyez la buse du pistolet de soudage avec une brosse en laiton, réglez le débit d'air entre 50 et 60 litres/minute (norme) et la température du pistolet de soudage conformément au tableau ci-dessous.

Pour souder, maintenez le pistolet à un angle de 45 à 60° et ajustez la pression et la vitesse de soudage afin que la baguette et les tôles fondent simultanément. Une vitesse de soudage comprise entre 5 et 30 cm/min (2 à 12 po/min) est généralement appropriée.

Si la vitesse est trop faible, la baguette surchauffera et risque de se rompre ; à l'inverse, si elle est trop élevée, la baguette ne fondra pas correctement et le joint entre les deux tôles ne sera pas suffisamment rempli par le métal en fusion. De même, si la pression de soudage est trop faible, le joint entre les deux tôles ne sera pas complètement rempli, tandis qu'une force excessive peut créer des irrégularités le long du cordon de soudure, qui deviendront des zones de concentration de contraintes.



Everflon Academic Center

Tel: +86-185-7168-9228

info@everflon.com

www.everflon.com

Pour plus d'informations sur notre entreprise, nos produits et nos services, veuillez consulter notre site web à l'adresse www.everflon.com ou www.everflonultra.com