



EVERFLON™ ETFE

機能ガイド

Ethylene-Tetrafluoroethylene Copolymer

EVERFLON ACADEMIC

はじめに

Everflon™ ETFEは、C&Fグループが開発した熱可塑性フッ素樹脂です。テトラフルオロエチレン (C₂F₄) とエチレン (C₂H₄) からなる共重合体です。

Everflon™ ETFEフッ素樹脂は溶融加工可能な熱可塑性樹脂です。Everflo™ PTFE、FEP、PFAフッ素樹脂を含むフッ素系製品群に属します。

このハンドブックは、材料選定や製品設計に携わるエンジニアやその他の方々のためのデータを提供します。電気、機械、化学用途におけるEverflon™ ETFEの評価に関する詳細な情報が含まれています。

このハンドブックに記載されているすべての特性は代表値であり、仕様規定には使用できません。

様々な天然および強化樹脂の組成が用意されており、特定の用途や加工ニーズに基づいて樹脂を選択できます。

追加の技術データ、Everflon™ ETFE グレードの現在のラインに関する情報、または特定の用途の設計支援については、営業担当者にお問い合わせください。

市販のEverflon™ ETFEフッ素樹脂

Everflon™ ETFE Grade	樹脂特性	用途
4003	比較的低流動性で、優れた屈曲寿命と環境ストレス耐性を備えた高級フッ素樹脂	極めて過酷な熱的、機械的、化学的環境で使用される部品、ライニング、成形部品
4010	中程度の流動性を持つ汎用フッ素樹脂。推奨使用温度上限は150℃です。	電気スリーブ、コイルフォーム、ソケット、コネクタ、スイッチ
4020	優れた耐ストレスクラック性と高温における優れた機械特性 ETFE樹脂の中で最も高いMFR	極めて過酷な熱的、機械的、化学的環境で使用される部品、ライニング、成形部品
4030	ETFE樹脂の中で最も高いMFR	射出成形および薄肉押出成形に最適
C-4003	低MFRの静電気拡散性半導電性樹脂	ホース用押出チューブ、パイプ、その他の形状部品 化学処理産業で使用される部品のライニング 工業用フィルム 優れた電氣的、化学的、熱的特性と耐応力亀裂性を必要とする射出成形およびブロー成形品
C-4010	静電気拡散性半導電性樹脂	ホース用押出チューブ、パイプ、その他の形状部品 優れた電氣的、化学的、熱的特性を必要とする射出成形およびブロー成形品
JP-40	特殊用途向け粉末	ETFEマトリックス中に材料を分散させる必要がある場合に最適です。 材料は粉末中に十分に分散させ、その後、圧縮成形または溶融混合して追加加工することができます。
GS-40	回転成形および回転ライニンググレード	中空部品 複雑な形状 ライニング
X-40	架橋性ETFE樹脂	放射線透過性架橋ワイヤー

Everflon™ ETFEのASTM材料規格はD3159です。

Everflon™ ETFE は、チューブ、成形部品、フィルムのほか、多数のワイヤおよびケーブル用途におけるさまざまな産業および軍事仕様にも採用されています。

Everflon™ ETFEフッ素ポリマーの一般的な特性

Everflon™ ETFEは、優れた特性バランスを備えた頑丈な熱可塑性樹脂です。

機械的性質は強靱で、中程度の剛性 (1,170 MPa [170,000 psi])、耐衝撃性、耐摩耗性を備えています。屈曲寿命はグレードによって異なります。

Everflon™ ETFEの無負荷連続使用温度は通常150 °Cです。特定の用途では、Everflon™ ETFEの上限使用温度は230 °Cを超える場合があります。耐熱性に関する詳細は、「熱特性」セクションをご覧ください。

Everflon™ ETFEは耐候性があり、ほとんどの溶剤および化学薬品に対して不活性で、加水分解に対して安定です。優れた耐放射線性を備えていますが、特に高温下でのガンマ線への長期曝露による損傷を完全に防ぐことはできません。特定の放射線要件を満たす必要がある場合、Everflon™ ETFEがその用途に適していることを確認するために、放射線環境下における適切な試験を実施する必要があります。

Everflon™ ETFEは、電氣的に優れた低損失誘電体であり、他の熱可塑性プラスチックには通常見られない均一な電気特性を備えています。

Everflon™ ETFEは、従来の技術を用いて容易に押出成形または射出成形できるため、作業者の訓練において特別な問題は発生しません。長時間の生産には、耐腐食性のある装置の使用が推奨されます。射出成形には、電気加熱式の金型が推奨されます。

Everflon™ ETFEは、他の材料では機械的靱性、幅広い耐熱性、厳しい環境条件への適合性が不足している用途、あるいは製造上の問題によって制限される用途において、優れた性能を発揮します。

すべての新規開発と同様に、Everflon™ ETFE組成物が特定の用途において確実に良好な性能を発揮するためには、徹底した試作および試験プログラムの作成が推奨されます。

Property	ASTM Method	Unit	Everflon™ ETFE
機械的特性			
メルトフローレート	D3159	g/10 min	2-40
最大引張強度 (23℃)	D638	MPa (psi)	46 (6,500)
最大伸び (23℃)	D638	%	300
圧縮強度 (23℃)	D695	MPa (psi)	17 (2,500)
曲げ弾性率	D790	MPa (psi)	600–1,200 (85,000–170,000)
衝撃強度 (23℃)	D256	J/m (ft-lb/in)	No Break
デュロメータ硬度 (シヨアD)	D2240		67
摩擦係数 (金属/フィルム)	D1894		0.23
荷重下変形量 (23℃、1,000psi、24時間)	D621	%	0.3
線膨張係数	E831	mm/mm·°C×10 ⁻⁵ (in/in·°F×10 ⁻⁵)	
0~100℃			13.1 (7.3)
100~150℃			18.5 (10.3)
150~200℃			25.2 (14)
比重	D792		1.71
吸水率 (24時間)	D570	%	0.007
電気的特性			
表面抵抗率	D257	ohm·sq	>10 ¹⁶
体積抵抗率	D257	ohm·cm	>10 ¹⁶
絶縁破壊強度 (23℃)	D149	kV/mm (V/mil)	
0.25mm			64 (1,600)
3.20mm			15 (370)
誘電率 (22℃、1MHz)	D1531		2.6
誘電正接 (22℃) °C、1MHz	D1531		0.007
アーク抵抗	D495	sec	122
熱的特性			
融点	DSC D3417	°C (°F)	220–280 (428–536)
融解熱	DSC D3417	kJ/kg (Btu/lb)	50.7 (21.8)
比熱	DSC	kJ/kg·K (cal/g·°C)	
25℃			0.25
100℃			0.3
150℃			0.34
300℃ (溶融)			0.38
燃烧熱	D240	MJ/kg (Btu/lb)	13.7 (5,900)
熱伝導率		W/m·K (Btu-in/hr-ft ² ·°F)	0.24 (1.65)
限界酸素指数 (LOI)	D2863	%	30-32
熱たわみ温度	D648	°C (°F)	
455 kPa			81 (177)
1620 kPa			51 (123)
連続使用温度		°C (°F)	150 (302)

機械的特性

強度と剛性

Everflon™ ETFEは、Everflon™ PTFEおよびEverflon™ FEPフッ素樹脂と比較して、密度が低く、靱性と剛性が高く、高い引張強度と耐クリープ性を示します。しかしながら、Everflon™ ETFEは、ほぼすべての延性材料に見られるような、比較的的非線形な応力-ひずみ関係を示します。

衝撃強度

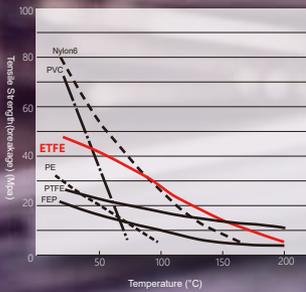
プラスチックの衝撃強度を評価する方法として、アイゾット衝撃試験 (ASTM D256)、またはシャルピー衝撃試験が用いられます。Everflon™ ETFEは、衝撃エネルギー吸収能が非常に高く、ノッチ付き衝撃試験においても、広い温度範囲で優れた耐衝撃性を維持します。

摩擦および摩耗特性

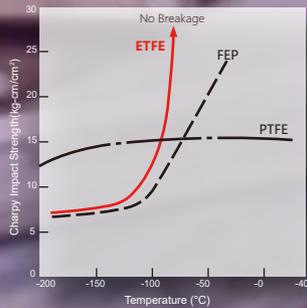
摩擦および摩耗特性を決定するための係数は、選択した方法および条件によって異なります。したがって、目的の用途に適した比較試験を実施する必要があります。Everflon™ ETFEの臨界PV値は約 2.0 (kg·m/cr·sec) です。

Everflon™ ETFEは低温衝撃に対しても優れた耐性を示し、図に示す結果からも明らかのように、-80℃まで衝撃破壊は発生しません。破壊は-100℃付近で始まり、-120℃から-200℃の範囲では破壊に必要なエネルギーはほぼ一定です。ASTM D746による脆化点は-125℃であるため、Everflon™ ETFEの非結晶性部分のガラス転移温度はこの付近にあると考えられます。

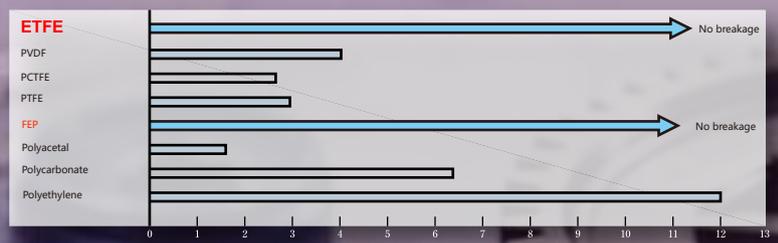
Effect of Temperature on Tensile Elongation



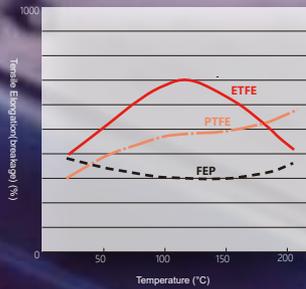
Effect of Temperature on Charpy Impact



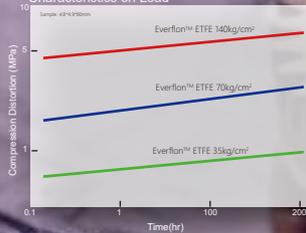
Impact Strength(ft.lb/in with notch, 25°C)



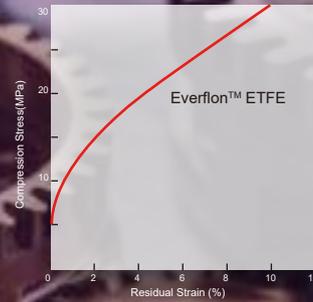
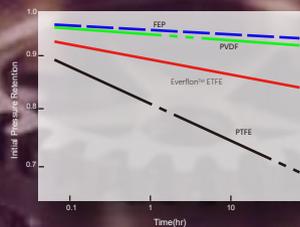
Effect of Temperature on Tensile Strength



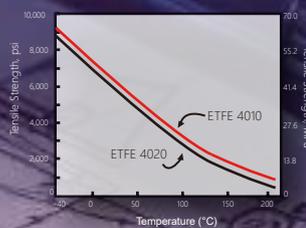
Dependence of Compression Creep Characteristics on Load



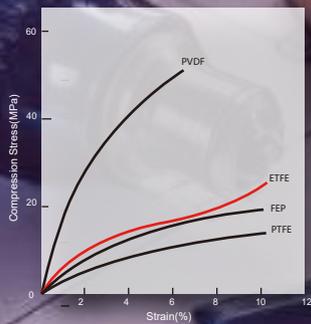
Compression Stress Relaxation



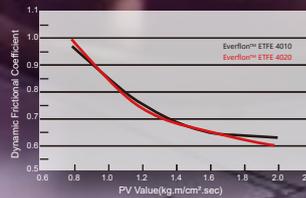
Tensile Strength vs. Temperature



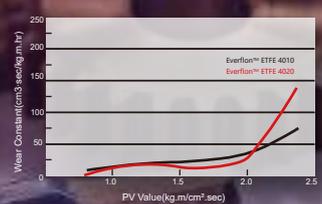
Compression Stress-Strain Curve



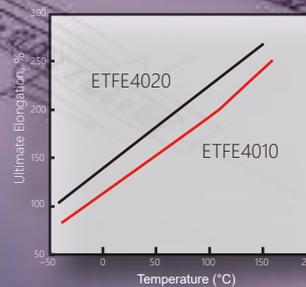
Dynamic Friction Coefficient and PV Value



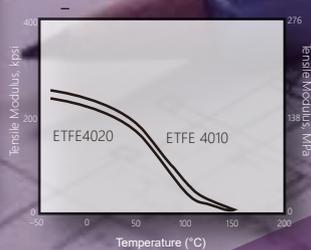
Wear Constant and PV Value



Elongation vs. Temperature



Compression Stress-Residual Strain Curve



Tensile Modulus vs. Temperature

データハブ

各種プラスチックの機械的特性

	ETFE	PTFE	PFA	ECTFE	PVDF	PE	PVC	Nylone6	Polyacetal
比重	1.75	2.2	2.15	2.17	1.75	0.95	1.4	1.1	1.42
引張強度(MPa)	40-54	20-39	32-39	19-22	49-60	10-44	40-70	50-80	60-70
伸び(%)	350-450	230-600	340-400	250-330	200-300	20-700	2-40	60	16
引張弾性率(MPa)	500-800	400	---	670	800-1400	---	2500-4000	2700	3000-4500
曲げ弾性率(MPa)	850-1000	400-600	530-630	350	1400-1800	500-1000	2500-2800	1000-2800	2600-2900
曲げ強度(MPa)	20-30	13	---	No Breakage	---	11-110	70-110	56-110	100
圧縮弾性率(MPa)	670	410	---	430	1300	---	---	---	4600
ロックウェル硬さ	R55	R20	R50	R25	R110	D50-70	M5-120	R100-120	R120
アイゾット衝撃強度(ft/lb.in、ノッチ付き)	No Breakage	3.0	No Breakage	---	3.5-3.8	0.5-20	0.5-20	1-3.5	1-4
摩擦係数(対SUS)	0.20	0.09	0.20	0.20	0.21	0.35	0.45	0.15-0.40	0.14

化学的性質

化学応力亀裂

一部のポリマー材料は、長期間、化学薬品中で応力を受けると亀裂が生じます。表はASTM D 1693試験方法による結果を示しています。厚さ2.3mm、長さ38mmのプラスチックシートを180°曲げ、化学薬品に10日間浸漬した後、亀裂の発生の有無を調べました。Everflon™ ETFEは、化学応力に対する優れた適応性を備えています。

耐薬品性

Everflon™ ETFEは、他のプラスチック材料の急速な劣化を引き起こすことが多い化学薬品や溶剤に対する優れた耐性を備えています。耐薬品性においては、Everflon™ フッ素ポリマーに次ぐ性能です。

Everflon™ ETFEは、多くの強鉱酸、無機塩基、ハロゲン、金属塩溶液に対して不活性です。カルボン酸、無水物、芳香族および脂肪族炭化水素、アルコール、アルデヒド、ケトン、エーテル、エステル、クロロカーボン、および従来のポリマー溶剤は、Everflon™ ETFEにほとんど影響を与えません。高応力条件下では、表面張力の非常に低い溶剤が、低分子量製品の耐ストレスクラック性を低下させる傾向があります。硝酸などの非常に強力な酸化性酸、アミンなどの有機塩基、そして高濃度かつ沸点付近のスルホン酸は、Everflon™ ETFEに様々な程度の影響を与えます。

放射線の影響

Everflon™ ETFEは、他のフッ素ポリマーと比較して、電子線およびガンマ線に対する耐性ははるかに優れています。試験の結果、Everflon™ ETFEがガンマ線に曝露された場合、高温および酸素の存在はいずれも物理的特性に有害な影響を与えることが示されています。物理的特性への影響は、窒素などの不活性雰囲気下では大幅に軽減されます。

Everflon™ ETFEは、同等の総照射量において、電子線照射による劣化がガンマ線照射による劣化よりもはるかに少ないようです。この差は、電子線照射条件下では照射量率をはるかに高いためと考えられます。照射量率が高い場合、架橋反応が優勢となるのに対し、ガンマ線照射条件下では照射量率が非常に低いため、酸化反応と劣化反応が競合して優勢となるようです。特に不活性雰囲気下での低レベルの電子線照射への制御された照射は、架橋反応を低レベルに抑え、いくつかの特性を本質的に向上させるようです。しかし、制御された低レベルの照射条件を超えると、物理的特性に悪影響を及ぼします。ガンマ線照射と同様に、不活性雰囲気下では酸化反応は抑制されます。

加水分解安定性および吸水性

加水分解安定性は、沸騰水に長時間曝露した後も物理的特性が劣化しないことにより示されます。室温における引張強度および伸びを対照特性として、Everflon™ ETFEは沸騰水に3,000時間曝露した後も実質的に影響を受けません。データは表に示されています。無充填のEverflon™ ETFEの吸水率は、ASTM D570に従って測定したところ、重量比で0.03%未満でした。

40 145
135

耐熱水性

Everflon™ ETFEの吸水率は、ASTM D570試験方法に従って測定しました。厚さ6mmのシートを沸騰水に2時間浸漬します。吸水率は非常に低く、電気的特性および機械的特性は水分の存在によって影響を受けないことを示しています。

表は、厚さ1mmのシートを沸騰水中に一定時間浸漬した後、室温で測定したEverflon™ ETFEの強度変化を示しています。耐薬品性データからもわかるように、Everflon™ ETFEは熱水に対しても優れた耐性を示します。

製品	psi	引張強度	Mpa	伸び (%)
4010 (暴露なし)	5800		40	400
3,000時間沸騰水浸漬	5800		40	390

ガス透過性と水分透過性

酸素、窒素、二酸化炭素などの透過率は、フィルムの厚さに関わらずほぼ一定です。活性化エネルギーは6~8kcal/molです。

Everflon™ ETFEのガス透過性と水分透過性は、ポリエチレンやポリプロピレンと同等です。ガス透過性はASTM D1434、水分透過性はASTM E96のカップ法で測定しました。

材質	透過率 (cm ³ /100 24時間・atm/mil)
二酸化炭素	250
窒素	30
酸素	400

難燃性と煙性

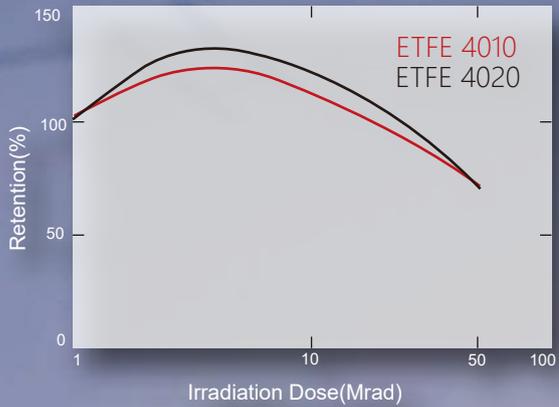
Everflon™ ETFEは、厚さ0.062インチまでの無着色樹脂に対してUL 94 V-0の規格を取得しています。ASTM D2863による限界酸素指数（LOI）は30です。これは、下向きに燃える炎で燃焼を維持するには、少なくとも30%の酸素を含む雰囲気が必要であることを意味します。ASTM D635によると、Everflon™ ETFEの平均燃焼時間（ATB）は5秒未満、平均燃焼長（ALB）は10mm（0.39インチ）です。

経年変化による重量減少

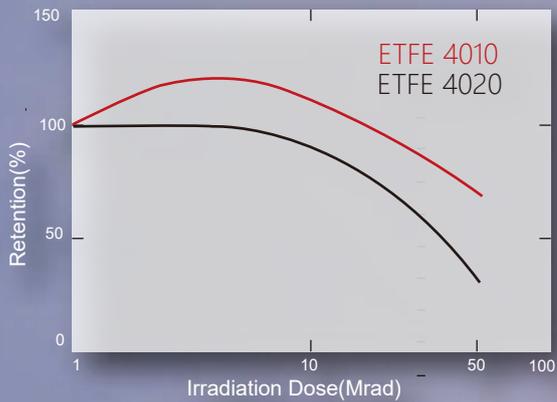
Everflon™ ETFEの融点以下の重量減少は0.1～0.3%で、そのほとんどは水分です。

耐候性

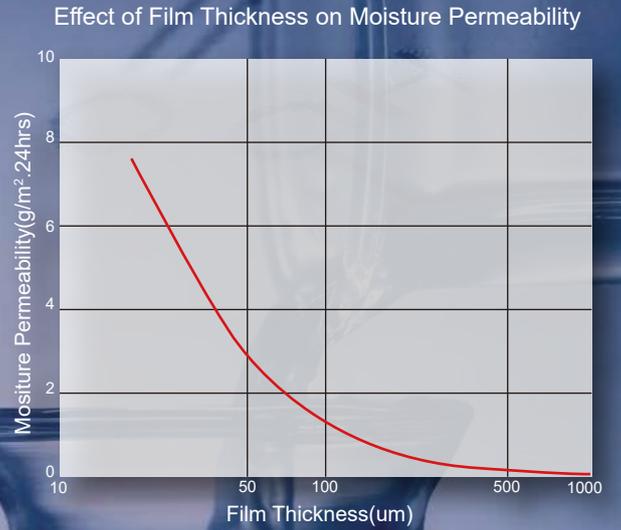
エバーフロン™ ETFEは優れた耐候性を示し、押出成形により得られるフィルム「テックユアーズ™ ETFEフィルム」は、コーティング材として屋外で使用しても特性変化がありません。



Change in Tensile Strength



Change in Tensile Elongation



データハブ

Everflon™ ETFEの化学的応力亀裂

化学	温度 °C	亀裂発生個数	
		ETFE 4010	ETFE 4020
ニトロベンゼン	121	0/5	0/5
アニリン	121	0/5	0/5
ベンズアルデヒド	121	0/5	0/5
クロロベンゼン	121	0/5	0/5
エチレンジアミン	117	0/5	0/5
ジメチルホルムアミド	121	0/5	0/5
ジメチルスルホキシド	121	0/5	0/5
ジメチルアセトアミド	121	0/5	0/5
硝酸60%	121	0/5	0/5

Everflon™ ETFEの化学的応力亀裂

Characteristics	暴露時間(時間)	15um ETFE Film			25um ETFE Film		
		0	1000	2000	0	1000	2000
引張強度(MPa)		48	48	48	48	48	48
引張保持率(%)		-	102	102	-	102	102
伸び(%)		340	390	390	340	390	390
弾性率(%)		-	116	116	-	116	116
引張弾性率(MPa)		780	800	800	780	800	800

300 °C以上におけるEverflon™ ETFE樹脂の初期重量減少

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

Everflon™ ETFEと代表的な薬品との化学的適合性に関する実際の実験室試験

化学物質	沸点		試験温度		日数	保持特性 (%)		
	°C	°F	°C	°F		引張強度	伸び	重量増加
酸 / 無水物								
氷酢酸	118	244	118	244	7	82	80	3.4
無水酢酸	139	282	139	282	7	100	100	0
トリクロロ酢酸	196	384	100	212	7	90	70	0
脂肪族炭化水素								
鉱油	—	—	180	356	7	90	60	0
ナフサ	—	—	100	212	7	100	100	0.5
芳香族炭化水素								
ベンゼン	80	176	80	176	7	100	100	0
トルエン	110	230	110	230	7	—	—	—
官能性芳香族化合物								
o-クレゾール	191	376	180	356	7	100	100	0
アミン								
アニリン	185	365	120	248	7	81	99	2.7
アニリン	185	365	120	248	30	93	82	—
アニリン	185	365	180	356	7	95	90	—
N-メチルアニリン	195	383	120	248	7	85	95	—
N-メチルアニリン	195	383	120	248	30	100	100	—
N,N-ジメチルアニリン	190	374	120	248	7	82	97	—
n-ブチルアミン	78	172	78	172	7	71	73	4.4
ジ-n-ブチルアミン	159	318	120	248	7	81	96	—
ジ-n-ブチルアミン	159	318	120	248	30	100	100	—
ジ-n-ブチルアミン	159	318	160	320	7	55	75	—
トリ-n-ブチルアミン	216	421	120	248	7	81	80	—
トリ-n-ブチルアミン	216	421	120	248	30	100	100	—
ピリジン	116	240	116	240	7	100	100	1.5
塩素系溶剤								
四塩化炭素	78	172	78	172	7	90	80	4.5
クロロホルム	62	144	61	142	7	85	100	4.0
ジクロロエチレン	77	170	32	90	7	95	100	2.8
メチレン塩化物	40	104	40	104	7	85	85	0
CFC-113	46	115	46	115	7	100	100	0.8
エーテル類								
テトラヒドロフラン	66	151	66	151	7	86	93	3.5
アルデヒド / ケトン類								
アセトン	56	132	56	132	7	80	83	4.1
アセトフェノン	201	394	180	356	7	80	80	1.5
シクロヘキサノン	156	312	156	312	7	90	85	0
メチルエチルケトン	80	176	80	176	7	100	100	0

化学物質	沸点		試験温度		日数	保持特性 (%)		
	°C	°F	°C	°F		引張強度	伸び	重量増加
エステル								
酢酸n-ブチル	127	260	127	260	7	80	60	0
酢酸エチル	77	170	77	170	7	85	60	0
ポリマー溶剤								
ジメチルホルムアミド	154	309	90	194	7	100	100	1.5
ジメチルホルムアミド	154	309	120	248	7	76	92	5.5
ジメチルスルホキシド	189	373	90	194	7	95	90	1.5
その他の有機化合物								
ベンジルアルコール	205	401	120	248	7	97	90	—
塩化ベンゾイル	197	387	120	248	7	94	95	—
その他の有機化合物 (続き)								
塩化ベンゾイル	197	387	120	248	30	100	100	—
デカリン	190	374	120	248	7	89	95	—
塩化フタロイル	276	529	120	248	30	100	100	—
酸								
塩酸 (濃)	106	223	23	73	7	100	90	0
塩酸 (濃)	106	223	106	223	7	96	100	0.1
塩酸 (濃)	125	257	125	257	7	100	100	—
塩酸 (濃)	—	—	23	73	7	97	95	0.1
硫酸 (濃)	—	—	100	212	7	100	100	0
硫酸 (濃)	—	—	120	248	7	98	95	0
硫酸 (濃)	—	—	150	302	*	98	90	0
王水	—	—	90	194	*	93	89	0.2
硝酸-25%	100	212	100	212	14	100	100	—
硝酸-50%	105	221	105	221	14	87	81	—
硝酸-70% (濃)	120	248	23	73		100	100	0.5
硝酸-70% (濃)	120	248	60	140	53	100	100	—
硝酸-70% (濃)	120	248	120	248	2	72	91	—
硝酸-70% (濃)	120	248	120	248	3	58	5	—
硝酸-70% (濃) (濃)	120	248	120	248	7	0	0	—
クロム酸	125	257	125	257	7	66	25	—
リン酸 (濃)	—	—	100	212	7	—	—	—
リン酸 (濃)	—	—	120	248	7	94	93	0
ハロゲン								
臭素 (無水)	59	138	23	73	7	90	90	1.2
臭素 (無水)	59	138	57	135	7	99	100	—
臭素 (無水)	59	138	57	135	30	94	93	3.4
塩素 (無水)	—	—	120	248	7	85	84	7

化学物質	沸点		試験温度		日数	保持特性 (%)		
	°C	°F	°C	°F		引張強度	伸び	重量増加
塩基								
水酸化アンモニウム	—	—	66	150	7	97	97	0
水酸化カリウム 20%	—	—	100	212	7	100	100	0
水酸化ナトリウム 20%	—	—	120	248	7	94	80	0.2
過酸化物								
過酸化水素 30%	—	—	23	73	7	99	98	0
塩-金属エッチング剤								
塩化鉄 25%	104	220	100	212	7	95	95	0
塩化亜鉛 25%	104	220	100	212	7	100	100	0
その他の無機物								
塩化スルフリル	68	115	68	155	7	86	100	8
三塩化リン	75	167	75	167	7	100	98	—
オキシ塩化リン	104	220	104	220	7	100	100	—
四塩化ケイ素	60	140	60	140	7	100	100	—
水	100	212	100	212	7	100	100	0
その他								
スカイドロール	—	—	149	300	7	100	95	3.0
エアロセーフ	—	—	149	300	7	92	93	3.9
A-20剥離液	—	—	140	284	7	90	90	—

熱特性

Everflon™ ETFEの無負荷連続使用温度は、通常150℃とされています。この連続使用温度定格は、標準引張試験片と電線絶縁体を一連の高温に曝露し、様々な物理的特性の経時変化率を測定する10,000時間エージング試験に基づいています。伸びと引張強度は、温度曝露によって大きく変化する特性です。

実際には、材料の上限使用温度は、最終用途の具体的な性質によって異なります。Underwriters Laboratoryによると、最終用途において最も重要なのは、固定特性レベルと未老化率レベルの2つの寿命末期基準です。表には、様々な最終用途要件に応じた推定上限使用温度が示されています。これらの結果は、図に示された情報と一致しています。実際の上限使用温度は、荷重下での経年劣化、化学薬品への曝露、基材からの支持などの要因により、表の結果と異なる場合があります。これらの上限使用温度は目安としてご使用ください。Everflon™ ETFEが各特定用途に適しているかどうかを確認するには、最終用途における性能試験を実施する必要があります。

上限使用温度の一般的な定義の一つは、20,000時間後に主要な物理的特性の一つが半減する最低温度です。表1および表2を用いると、Everflon™ ETFE 4010の20,000時間半減期温度は約159℃です。（Everflon™ ETFEの場合、伸びは引張強度よりも速く低下するため、20,000時間における引張強度の半減期は176℃です。）

上限使用温度の別の定義は、20,000時間曝露後に伸びが50%に低下する温度です。想定される使用上限温度は175℃です。

熱分解

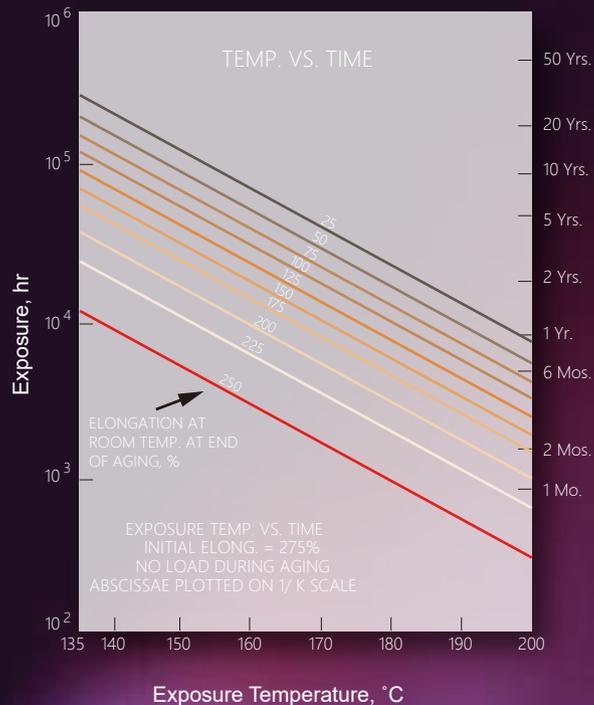
10℃の速度で温度を上昇させた場合、重量減少の終了温度は、空気中では350～360℃、窒素中では390～400℃です。熱分解の活性化エネルギーは、空気中で約30kcal/mol、窒素中では約55kcal/molです。

したがって、通常の成形温度では熱分解は起こりません。しかし、300℃付近でも長時間保持すると、分解による重量減少が発生します。この場合、分解により発生するガスは主にフッ化水素です。

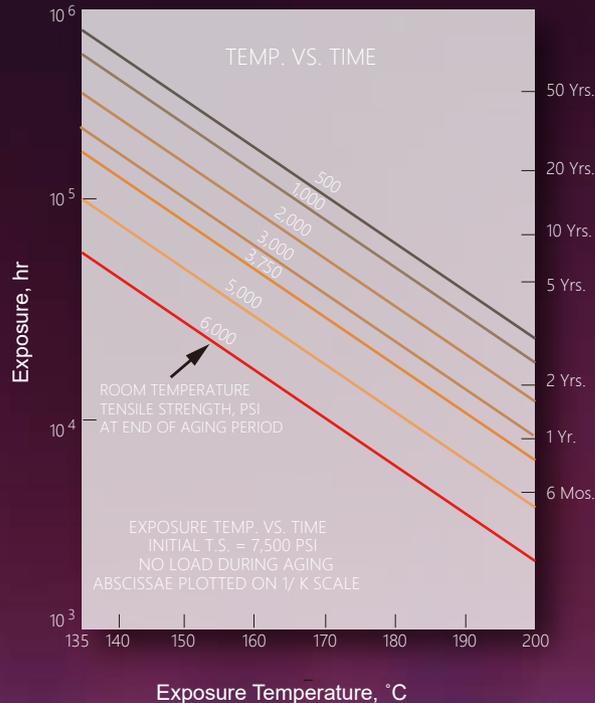
可燃性

Everflon™ ETFEは主鎖にC2H4ユニットを有していますが、UL規格サブジェクト94による評価では94V-0の可燃性を示します。ASTM D 165試験の結果も不燃性を示しています。さらに、ASTM D 2863に基づく酸素指数は32%です。

経年劣化後の室温引張伸びの保持率
— Everflon™ ETFE 4010



経年劣化後の室温引張強度の保持率
— Everflon™ ETFE 4010



データハブ

推定上限使用温度（℃）、無負荷熱老化による寿命末期基準（伸びと暴露時間に基づく）

寿命末期基準		暴露時間（時間）					
実測伸び率（％）	伸び保持率（％）	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

推定上限使用温度（℃）、無負荷熱老化による寿命末期基準（引張強度と暴露時間に基づく）

寿命末期基準		暴露時間（時間）			
実測引張強度	引張強度保持率（％）	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

フッ素樹脂の熱変形温度

熱変形温度（℃）	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

フッ素樹脂の線膨張係数

線膨張係数	Everflon™ ETFE	Everflon™ PTFE	Everflon™ FEP	Everflon™ PFA	Everflon™ PVDF
4.6 kg/ cm2	9~14	9~11	8~11	11~13	3~6

電気特性

耐アーク性

ASTM D495に準拠したEverflon™ ETFEのアーク抵抗は120秒です。PTFEでは300秒以上、FEPでは170秒以上という報告があります。この高い値は、アークによって分解されたポリマーが低分子量のフルオロカーボンとして分散し、カーボンなどの導電性物質がポリマー中に残留しないことに起因すると考えられています。

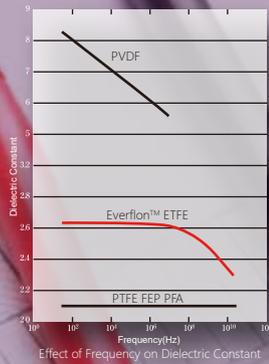
絶縁性

絶縁抵抗は一般的に体積固有抵抗で表され、これはポリマーが絶縁体として電流の流れに抵抗する度合いを示します。

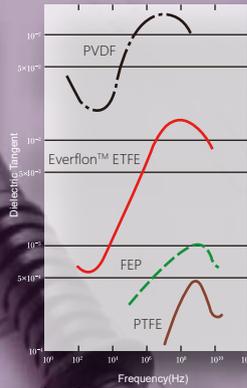
この値が大きいほど、ポリマーの絶縁性は優れています。絶縁材料のもう一つの重要な特性である絶縁破壊電圧に関しても、Everflon™ ETFEは優れた材料であることが証明されています。絶縁破壊電圧はサンプルの厚さに依存します。

フィルム厚さが絶縁破壊電圧に及ぼす影響を調べた結果、絶縁破壊電圧は100μmまで厚さの0.65乗に比例することが示されました。

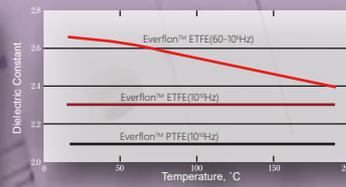
ポリマーの電気特性の中で最も重要なのは、絶縁性と誘電特性です。高周波領域では、誘電効果によって電気エネルギーが熱エネルギーに変換され、電気エネルギーの損失が生じます。Everflon™ ETFEは高い抵抗率と低い損失を示します。Everflon™ ETFEの誘電率は、10MHz未満の周波数では2.5~2.6です。高周波領域では、10GHzで約2.3まで低下します。誘電正接は低周波では0.001未満ですが、徐々に増加し、約100MHzで約0.023のピークに達します。その後、10GHzでは0.01未満まで低下します。



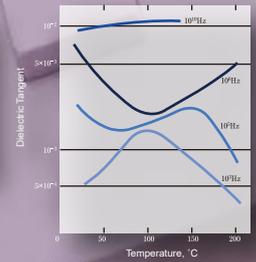
Effect of Frequency on Dielectric Constant



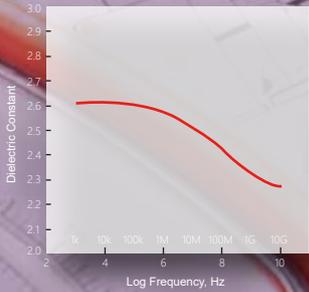
Effect of Frequency on Dielectric Tangent



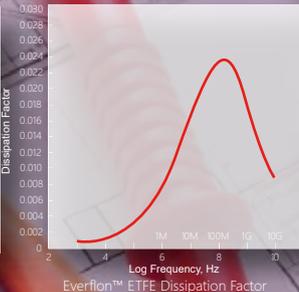
Effect of Frequency on Dielectric Constant



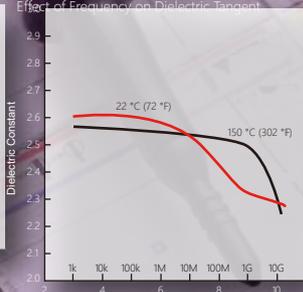
Effect of Temperature on Dielectric Tangent



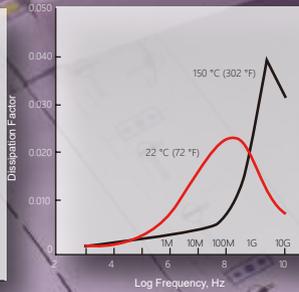
Everflon™ ETFE Dielectric Constant



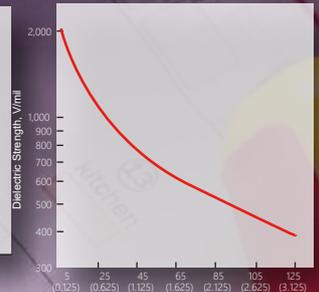
Everflon™ ETFE Dissipation Factor



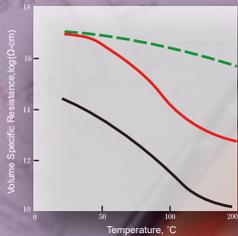
Everflon™ ETFE Dielectric Constant



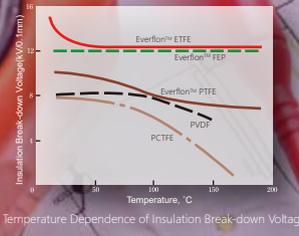
Everflon™ ETFE Dissipation Factor



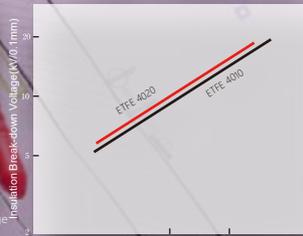
Everflon™ Dielectric Breakdown Strength



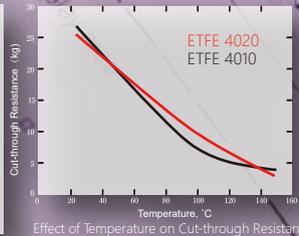
Temperature Dependence of Volume Specific Resistance



Temperature Dependence of Insulation Break-down Voltage



Dependence of Insulation break-down Voltage



Effect of Temperature on Cut-through Resistance

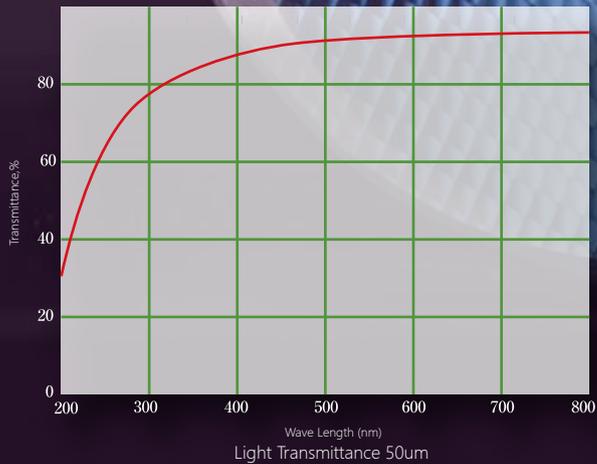
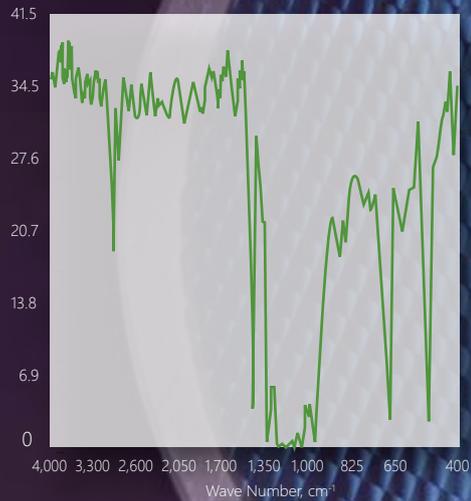
データハブ

光学特性

透過率対波長データ
0.025 mmフィルムに正規化

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

Infrared Scan of Everflon™ ETFE



主な用途

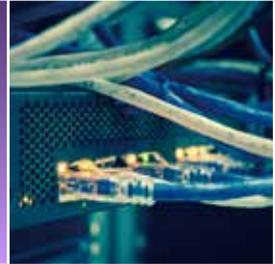
フッ素樹脂に匹敵する化学的・電気的特性を持つプラスチック樹脂は他にありません。高い機械的強度と容易で経済的な加工性も兼ね備えています。Everflon™ ETFEは、設計エンジニアが様々な用途において製品性能を向上させるための幅広い可能性を提供します。

Everflon™ ETFEで成形されたケーブルクランプ、油圧ラインクランプ、ケーブルストラップ、その他のファスナーは、高温・腐食環境下でも優れた性能を発揮します。Everflon™ ETFEは耐放射線を備えているため、原子力用途にも適しています。吸湿性が低いため、湿度に関わらず機械的特性が均一です。さらに、高い衝撃強度と耐紫外線性も利点です。

優れた電気特性、耐溶剤性、SE-O難燃性、そして優れた高温老化特性により、Everflon™ ETFEは高性能電気部品に最適な材料です。コイル、コネクタ、封止部品、ソケット、絶縁体などが主な用途です。



Everflon™ ETFEの強靱な絶縁体は、コンピュータ端末の巻線に使用されるAWG#30から、大型電力回路用の535 MCMまで、幅広い導体に使用されています。Everflon™ ETFEは、製鉄所用ケーブル、航空機用電線、油井掘削用ケーブル、高速鉄道車両および機関車の制御用電線、その他の高耐久性サービス用電線で優れた性能を発揮します。原子力発電所など、放射線被曝の可能性がある場所での使用にも特に注目されています。



熱収縮チューブ、平型チューブ、波形チューブは、幅広い厚さと直径で提供されています。高温下での電気絶縁材として、また強力な化学薬品を扱う用途にも使用されています。熱収縮チューブは、電気端末、ホース接続部、その他の部品に密着して絶縁、摩耗防止、腐食防止を実現します。

高い耐衝撃性、耐薬品性、高温滅菌耐性、そして加工の容易さは、バイオメディカルおよび実験器具用途に必要な特性です。酸素呼吸器部品、血液分析装置バルブ、蒸発皿、遠心分離管などがその例です。



高い耐衝撃性、耐薬品性、高温滅菌耐性、そして加工容易性は、バイオメディカルおよび実験器具用途に必要な特性です。酸素呼吸器部品、血液分析装置バルブ、蒸発皿、遠心分離管などがその例です。

Everflon™ ETFEフィルムは、ヒートシール、熱成形、溶接、熱ラミネート、コーティング加工が可能で、感圧テープ、フレキシブルプリント回路基板、液体パウチなど、強度、耐熱性、電氣的完全性が求められる様々な構造物の製造に用いられます。



Everflon™ ETFEは、バルブライニングとして他のポリマーやガラスに取って代わっています。Everflon™ ETFEは、幅広い温度範囲において酸、塩基、溶剤に対する優れた耐性を有し、耐摩耗性と加工容易性も兼ね備えているため、耐久性と経済性に優れたバルブを実現しています。

加工ガイド

Everflon™ ETFEは熱可塑性ポリマーとして、このタイプの樹脂に適用可能なほとんどの加工方法が可能です。具体的には、以下の通りです。

- 射出成形
- 圧縮成形
- 回転成形
- 押出成形

Everflon™ ETFEは、適切な加工方法に記載されている方法を用いることで、成形、機械加工、着色、印刷も可能です。



加工ガイド

押出成形

Everflon™ ETFEは、小径（最大10mm）のロッド、チューブ、パイプ、電線被覆への押出成形、Tダイ成形、またはインフレーション成形によるフィルム成形が可能です。ブロー成形や均一プロファイルモールド押出成形も可能です。標準成形条件を以下に示します。



	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		thickness: 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

加工ガイド

粉体塗装

Everflon™ ETFEコーティングには、静電粉体塗装、流体浸漬塗装などの粉体塗装方法を使用できます。原料樹脂の選択は、必要な厚さと用途によって異なります。ポリマーは吸湿性はありませんが、粉体の流動性は水分含有量の影響を受けます。そのため、流動に使用する圧縮空気は、処理前に乾燥させてください。また、ポリマーに粉塵が混入するとピンホールや着色の原因となるため、パッケージやホッパーを開いたまま放置しないでください。



基材の材質と形状

Techyours™ ETFEは、290～340℃の温度範囲に耐えられる限り、金属表面だけでなく、ガラスやセラミックスにもコーティングできます。エッジは固化時に厚みが収縮する傾向があります。そのため、薄層ライニングでは1/4インチの真円度、0.4～1mmの厚層ライニングでは、押し出し成形で3R以上、押し込み成形で5R以上の真円度が必要です。

前処理

鋼材（厚板）	脱脂：400℃×2時間以上焼付け 粗粒化処理：60メッシュパスの鋼製グリッドと砂を用いたブラスト処理（噴射圧力3～7kg/cm ² ）
鋼、ステンレス鋼、アルミニウム（30～50μm）	粗粒化処理：100メッシュパスの鋼製グリッドと砂を用いたブラスト処理（噴射圧力3～7kg/cm ² ）
銅および銅合金	焼付け時に脆弱な酸化皮膜が形成されるため、金属めつきまたは銅酸化物皮膜処理（過硫酸カリウム1：水酸化ナトリウム4：水95の混合液で5分間煮沸）を行う。
ガラス	シランカップリング剤処理：洗浄；30%硝酸に浸漬60℃×2時間；シランカップリング剤（ユニオンカーバイド A-1120）の1%エタノール溶液に24時間浸漬；自然乾燥；コーティング

コーティング

静電塗装機を用いて60～90kVの電圧を印加し、静電反発が発生する直前に電圧を遮断します。5～7層の塗装を繰り返すことで、ナチュラルグレードでは30～150μm、JP40では1mmの膜厚が得られます。GS40を液体浸漬法で塗布する場合、基材の厚さ5mm、予熱340～360℃で0.6mmの膜厚が得られます。

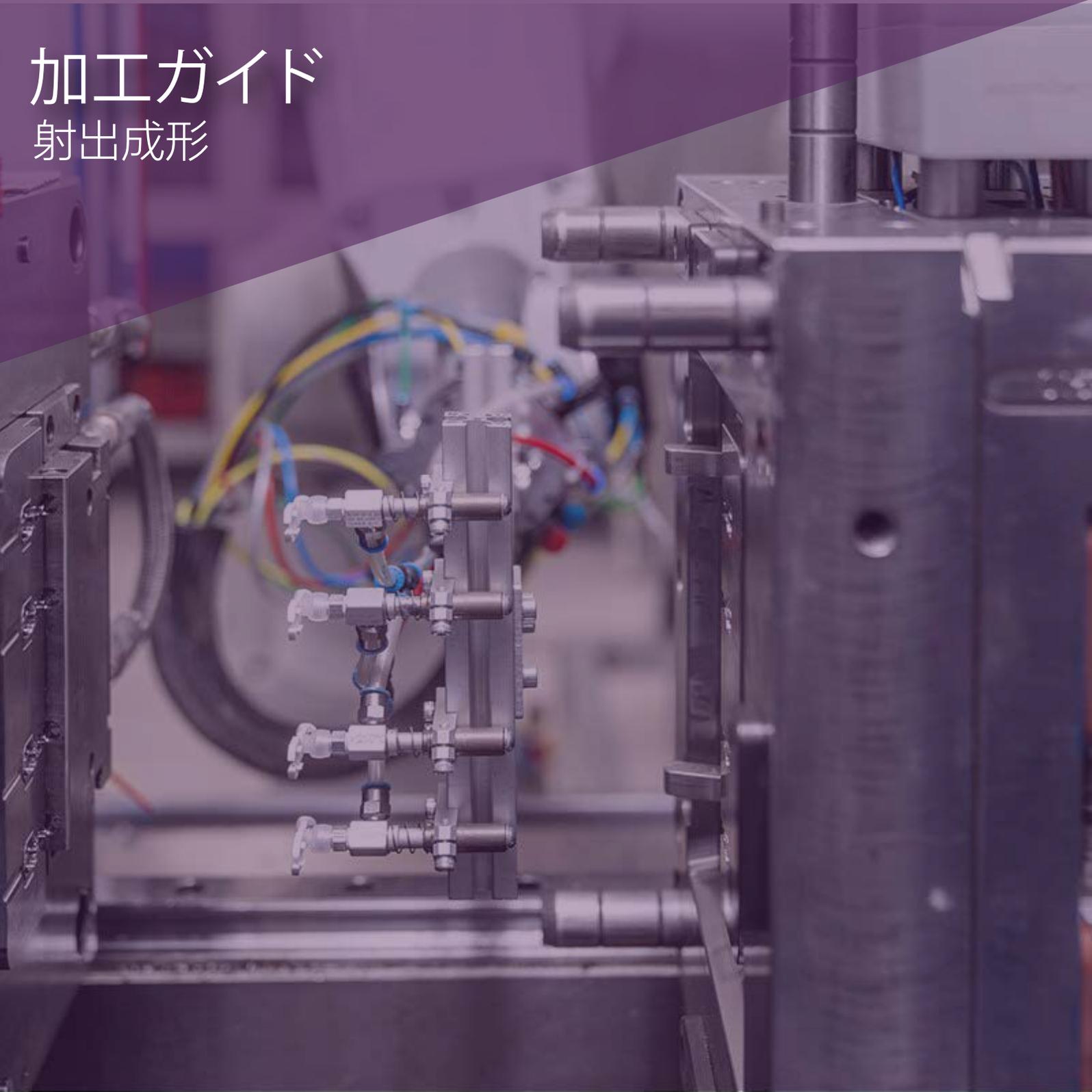
ベーキング

ベーキングは、基材の厚さ、材質、および目標膜厚に応じて、290～340℃の温度範囲で10～16分間行います。

形成されたフィルムは、PTFEフィルムと同様の方法に加え、用途に応じて、膜厚試験、ピンホール試験、エリクセン試験、耐食性試験などの他の試験方法も行います。

加工ガイド

射出成形



射出成形機と成形材料

ヒーターの熱容量が340℃以下であれば、プランジャー式およびスクリーインライン式のいずれの射出成形機でも成形可能です。成形機の材質については、ポリマーと接触する部品（シリンダー内面、スクリー、トーピード、ノズルなど）には、ハステロイC、X-アロイ306、ジュラニッケルなどの耐腐食性材料の使用を推奨します。エバーフロン™ ETFE専用機として使用しない場合は、窒化処理や硬質クロムメッキ処理を施した材料も使用できます。

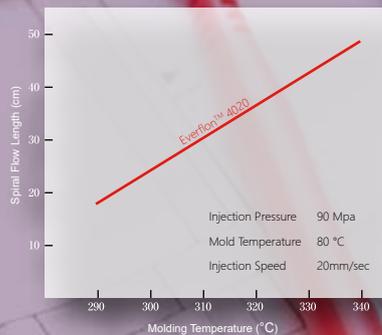
金型

使用する金型は、ショット数にもよりますが、一般的な材料に硬質クロムメッキを施し、120℃までの温度に耐えられるよう設計する必要があります。ゲート構造は、製品に応じて、サイドゲート、ピンポイントゲート、フィルムゲートなどから選択できます。ランナーは円形断面とし、長さは可能な限り短く設計することが望ましいです。

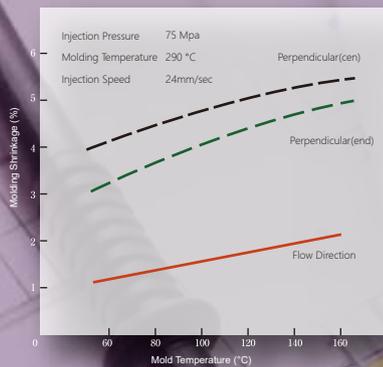
成形条件

表は、Everflon™ ETFEの成形における一般的な条件を示しています。薄肉成形（0.5 mm未満）の場合は成形速度を上げ、厚肉成形（5 mm以上）の場合は冷却時間を長くする必要があります。また、滑らかな表面を得るためには、射出速度を下げる必要があります。

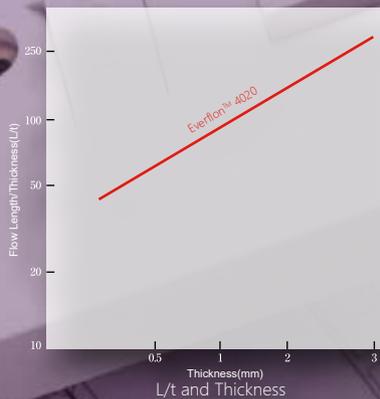
		ETFE 4010
成形温度 (°C)	1	260-280
	2	270-290
	3	280-300
	4	290-320
金型温度 (°C)		60-120
射出圧力 (MPa)		50-120
射出速度 (ラム速度) (mm/秒)		1-15
成形サイクル (秒)		30-120



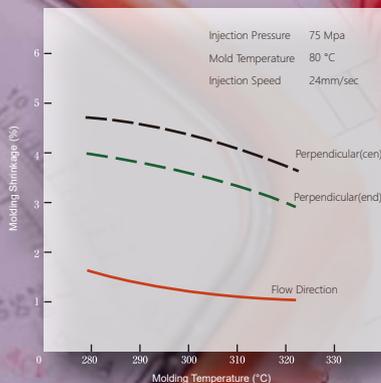
Molding Temperature and spiral Flow Length



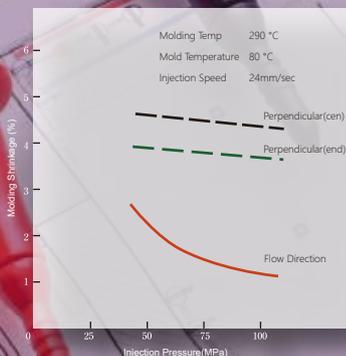
Mold Temperature and Molding Shrinkage



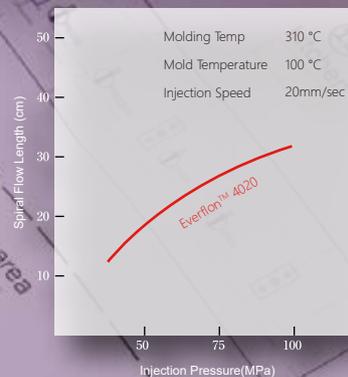
L/t and Thickness



Molding Temperature and Molding Shrinkage



Injection Pressure and Molding Shrinkage

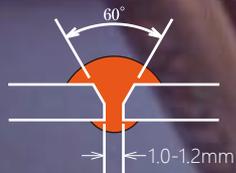
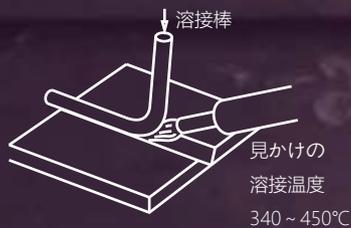


Injection Pressure and Spiral Flow Length

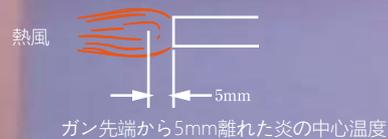
データハブ

加工ガイド

溶接



見かけの溶接温度

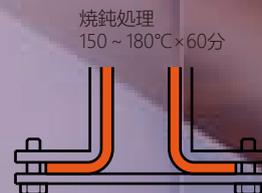
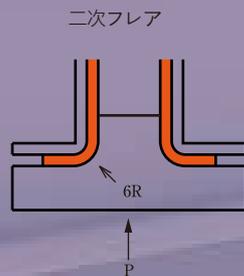
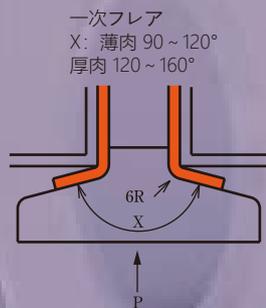


溶接にはある程度の熟練が必要ですが、溶接箇所を細心の注意を払い、母材と溶接棒の両方をワックス状にすることで、母材の60%相当の強度が得られ、溶接速度は毎分80mmを実現できます。

加工ガイド

フレア加工

Everflon™ ETFEパイプおよび射出成形品は、専用工具を使用することで90°フレア加工が可能です。工具材料を130～150℃に加熱することで、60mm/分の速度でフレア加工が可能です。





Everflon Academic Center

Tel: +86-185-7168-9228

info@everflon.com

www.everflon.com

当社、製品、サービスに関する詳細については、当社のウェブサイト www.everflon.com または www.everflonultra.com をご覧ください。