

PTFE Plástico de Fluorocarbono

Com a evolução da indústria química, petroquímica, farmacêutica, alimentícia e de construção em geral, surge o PTFE, um elemento de moderna tecnologia.

O PTFE é largamente aplicado nos diversos campos da indústria devido às suas inúmeras propriedades químicas e mecânicas. Um material importante para construção e técnica de tubulações.

Valiosas propriedades em uma combinação única, atualmente inexistente em nenhum outro plástico, explicam o excepcional sucesso deste plástico contendo fluorocarbono. Mas as excepcionais propriedades e as decisivas vantagens econômicas deste produto não são ainda plenamente usadas nas aplicações industriais.

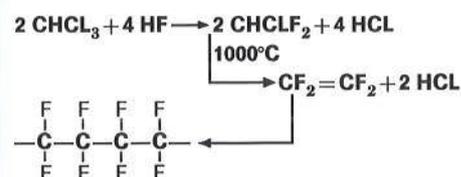
PTFE em construções adequadas ao material tornou-se insubstituível em muitos ramos da indústria. Muitas vezes, este plástico era o único caminho para a solução de um problema de material.

PTFE -plástico de fluorocarbono abre aos avanços tecnológicos novas possibilidades. É um importante material para peças com grande durabilidade e confiabilidade operacional com amplas possibilidades de aplicação, especialmente quando é necessário obter grande estabilidade térmica, elevada resistência a produtos químicos, boa ação isolante e anti-aderente ou excepcionais propriedades de deslizamento.

Campos de aplicação do PTFE são: indústrias de máquinas e aparelhos, bombas e acessórios, hidráulica e pneumática, compressores, veículos automotores, aeronáutica e espacial, elétrica, construção civil, construções subterrâneas e de rodovias, construção de tubulações, pontes, indústria de transportes e sistemas transportadores, indústria de embalagens, farmacêutica, alimentícia e química.

Obtenção da matéria prima

O difluoromonoclorometano é transformado em tubos de platina a 1000°C em tetrafluoretileno e hidrocarboneto. Após a limpeza de todos os subprodutos, o tetrafluoretileno monômero é polimerizado em vasos de pressão para formar politetrafluoretileno alto-molecular:



Conforme este método são produzidos produtos de suspensão para o processamento por moldagem de compressão, produtos de emulsão para o processamento de pastas e produtos de dispersão para impregnação ou revestimento.

Processamento do material

PTFE - granulado é processado por compactação em moldes seguida de sinterização livre ou sob pressão. Perfis como barras, tubos, mangueiras, etc., são produzidas em extrusoras de pistão seguindo-se uma sinterização sob pressão ou uma sinterização livre dos perfis extrudados.

Desde que não se trate de peças que recebem sua forma final através de prensagem ou extrusão, o processamento posterior da peça semi-acabada é feito por usinagem. Dispersões de PTFE são usadas para a impregnação de produtos tecidos (fibra de vidro, amianto, gaxetas) e para a impregnação de materiais sinterizados. Das fibras de PTFE são fabricados produtos tecidos.

Propriedades do material

Temperaturas de uso contínuo. O politetrafluoretileno (PTFE) não é superado em sua resistência térmica por nenhum outro plástico comercial, nem mesmo por outros fluoropolímeros. O limite superior da temperatura para uma solicitação contínua das peças de PTFE sob condições de cargas normais

situa-se em +260° C. O limite inferior situa-se em -200° C.

A decomposição térmica do PTFE entre +240° C e +327° C (ponto de fusão do cristalito) é muito reduzida. A perda de peso por hora situa-se no máximo em 2.10⁻⁴%. PTFE é fisiologicamente neutro.

Resistência a produtos químicos

PTFE possui uma resistência universal a produtos químicos. Até o momento, não se conhece nenhuma combinação que dissolva este fluor-plástico a temperaturas abaixo de +300° C. Substâncias agressivas como o ácido clorídrico, ácido sulfúrico ou ácido nítrico, ácido fluorídrico, gás de cloro e soluções de hidróxido de sódio a altas temperaturas, hidrazina ou óxidos nítricos, alcoóis, éteres, cetona ou cloreto ácido não influenciam o PTFE. Portanto, listas referentes à resistência não se fazem necessárias.

Reações químicas geradas por outros materiais restringem-se a raras excessões, por exemplo metais alcalinos fundidos e flúor elementar a altas temperaturas e pressões.

Propriedades anti-fricção

O PTFE, de todos os materiais sólidos, é o que possui os mais baixos coeficientes de atrito, sendo os coeficientes de atrito estático e dinâmico iguais. Um efeito de "stick-slip", como pode ocorrer por exemplo em vedações dinâmicas feitas de outros materiais, é assim eliminado.

O plástico fluorocarbono PTFE tem comportamento fortemente anti-aderente. A tabela B dá uma vista geral sobre as propriedades essenciais do PTFE.

Construir com PTFE

Quando é previsto o PTFE como elemento construtivo, pode-se projetar do mesmo modo que com outros plásticos ou metal. Considerando-se as características particulares do PTFE pode-se também aplicar os mesmos métodos de cálculos. O importante é o dimensionamento da peça a ser construída para respectiva temperatura operacional.

Dilatação térmica

O PTFE possui elevado coeficiente de dilatação térmica:

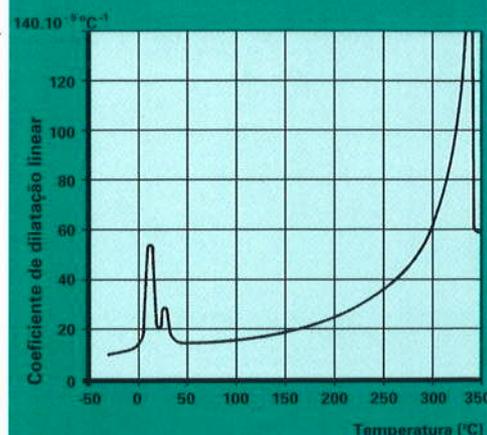
$$20^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C} = 16.10^{-5}/^{\circ}\text{C}$$

$$20^{\circ}\text{C} - 200^{\circ}\text{C} = 19,5.10^{-5}/^{\circ}\text{C}$$

$$20^{\circ}\text{C} - 300^{\circ}\text{C} = 25.10^{-5}/^{\circ}\text{C}$$

A alteração linear de comprimento é calculada segundo o gráfico:

COEFICIENTE DE DILATAÇÃO LINEAR EM DEPENDÊNCIA DA TEMPERATURA



Solicitação por tração

Caso peças de PTFE estejam expostas a solicitações por tração, deve-se observar que os valores de tensão e de dilatação dependem da temperatura operacional.

O valor da tensão difere da linearidade já a uma reduzida dilatação, como mostra o diagrama A. Como no PTFE não existe uma determinação do limite de escoamento, recomenda-se partir de valores de tensão a um alongamento estabelecido com precisão.

Comportamento a longo prazo sob carga

Caso o PTFE seja exposto a uma solicitação mecânica contínua por um período mais longo, está assim como outros termoplásticos, sujeitos a deformações. Esta deformação depende da magnitude e da duração da carga assim como da temperatura. Após rápida dilatação inicial (ϵ_0) a fluência plástica acarreta uma gradativa orientação e assim uma estabilização da estrutura, de modo que a velocidade da deformação

diminui com o tempo. "A fluência a frio" (deformação à temperatura ambiente) é expressa pelo módulo da fluência plástica:

$$\epsilon_o = \frac{\text{Tensão (o)}}{\text{alongamento inicial + fluência plástica (t)}}$$

DIAGRAMA DE TENSÃO - ALONGAMENTO PARA DIVERSAS TEMPERATURAS DE ENSAIOS

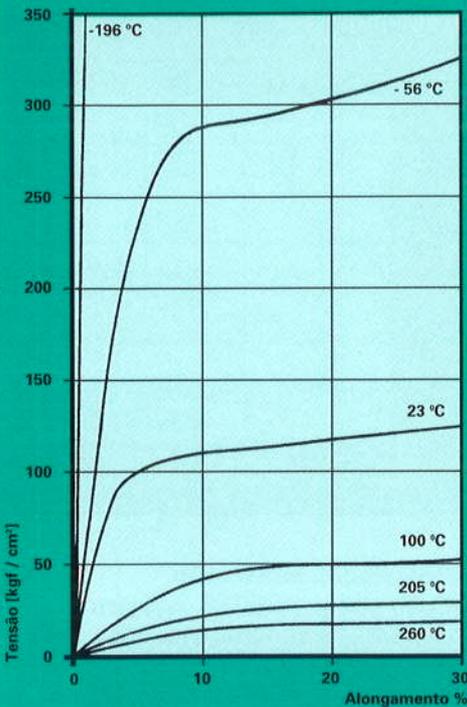


Diagrama A

O alívio da tensão, dependendo das circunstâncias, deve ser considerado como um fator da construção. As tensões de um alongamento em função do tempo em dependência da duração da carga a 20°C, 100°C e 200°C, podem ser vistas nos diagramas a seguir:

Solicitação por pressão

O recalçamento nas solicitações por pressão depende do fator de forma, portanto, da relação da superfície sujeita à solicitação e da superfície livre. Para evitar-se a "fluência a frio" peças expostas e elevadas solicitações devem receber uma blindagem metálica.

O comportamento do PTFE sob pressão em função do tempo e subsequente alívio da carga é mostrado no diagrama na página a seguir. O corpo de provas é um cubo com 5 mm de comprimento de arestas.

Permeabilidade a gases e vapor de água

O comportamento permeável depende acentuadamente das condições de processamento e do grau de cristalinidade do material. Peças em PTFE de paredes grossas podem ser tidas como praticamente impermeáveis.

Medições executadas em folhas com 0,1 mm de espessura (temperatura 20°C) forneceram para diversos gases os seguintes coeficientes de permeabilidade:

Ar	$1,1 \cdot 10^{-10}$	
Nitrogênio	$0,7 \cdot 10^{-10}$	
Oxigênio	$2,3 \cdot 10^{-10}$	$\frac{\text{cm}^3}{\text{cm.s. cm Hg}}$
Hidrogênio	$6,3 \cdot 10^{-10}$	
Dióxido de carbono	$4,8 \cdot 10^{-10}$	

Coefficiente da permeabilidade medido para o vapor de água:

$$P_w = 1,4 \cdot 10^{-9} \text{g/h.Torr.cm}$$

Comportamento em radiação de alta energia

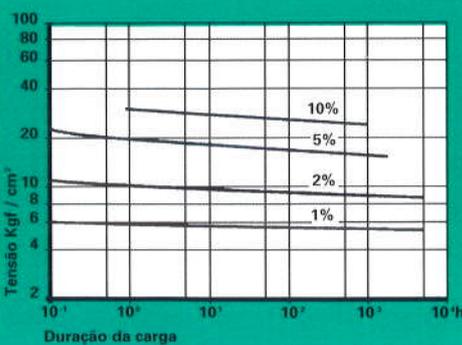
PTFE não é um plástico resistente à radiação. Especialmente na presença de oxigênio ocorre forte desintegração em cadeia, cuja magnitude depende não do tipo de radiação, mas sim de energia absorvida. Uma influência pode ser reconhecida a uma radiação de $3-5 \cdot 10^4$ rad.

PTFE com cargas podem melhorar os valores de rendimento.

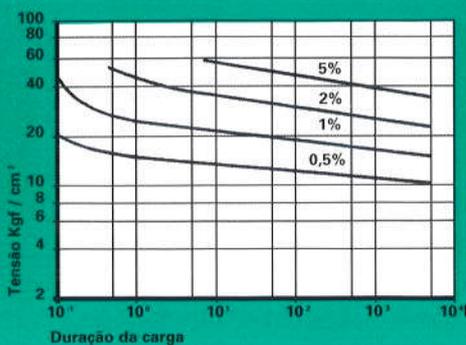
Como os critérios impostos a um PTFE são diferentes conforme tipo e aplicação, a escolha do material adequado deve ser tomada com base na seleção das propriedades especialmente necessárias e nas grandezas de medição. Observando-se as expressivas vantagens do PTFE, não deixar de notar que algumas propriedades como reduzida resistência à abrasão, comportamento de fluência plástica, elevada dilatação térmica ou reduzida condutividade térmica podem ser representadas negativamente.

Por outro lado, estas propriedades freqüentemente podem ser extremamente úteis do ponto de vista técnico da aplicação, por exemplo, para a formação de uma película deslizante sobre superfícies com movimentos opostos.

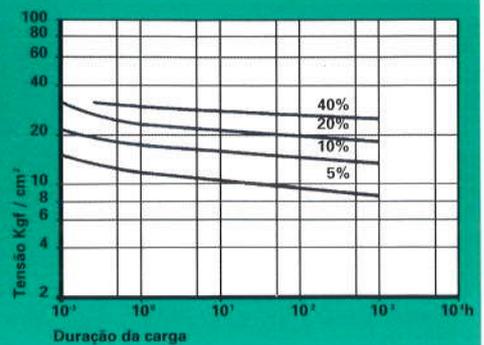
TEMPERATURA DE ENSAIO 20°C



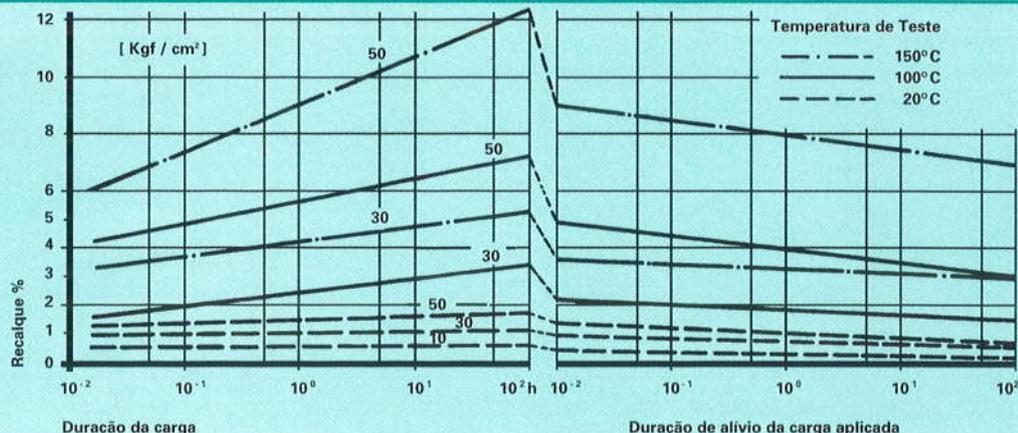
TEMPERATURA DE ENSAIO 100°C



TEMPERATURA DE ENSAIO 200°C



RECALCAMENTO E RESTABELECIMENTO EM DEPENDÊNCIA DO TEMPO A DIVERSAS TEMPERATURAS



COMPORTAMENTO E PROPRIEDADES DE PTFE COM CARGAS

TIPO DE CARGAS	CARACTERÍSTICAS DAS CARGAS	TEOR DAS CARGAS (%)	PROPRIEDADES TÍPICAS	LIMITES DE APLICAÇÃO
Vidro	Normalmente fibras moídas de 10 -15 µm de diâmetro e com 100 µm de comprimento	Até 40	Mais elevada resistência à pressão, boa resistência a produtos químicos, melhor resistência ao desgaste, estabilidade dimensional, boas propriedades dielétricas	Material da carga não resistente a álcalis
Bisulfeto de molibdênio (MoS ₂)	Pó 0,1-60 µm (na maioria das vezes em combinação com outras cargas)	Até 10, em geral em combinação com vidro ou bronze	Boas propriedades de deslizamento e abrasão, elevada resistência à pressão e melhores propriedades de "stick-slip", adequado para aplicação em vácuo, boas propriedades de funcionamento a seco em combinação com bronze	
Grafite	Formato irregular, com partículas de tamanho até 70 µm	Até 15, também em combinação com vidro ou carbono	Boas propriedades de deslizamento, baixo coeficiente de atrito, melhorada condutibilidade térmica, bom comportamento ao desgaste abrasivo em combinação com metais duros	Elevado desgaste abrasivo com metais duros
Carbono	Pó irregular, com partículas de tamanho 5 -150 µm, elevado grau de pureza	Até 35, também em combinação com grafite	Boa resistência ao desgaste, melhorada condutibilidade térmica, bom comportamento ao desgaste abrasivo em água, elevada resistência à pressão, boa propriedade de funcionamento a seco, antiestático	Inadequado para solicitação por alongamento. A carga pode ser atacada por agentes oxidantes
Bronze	Formato esférico na maioria das vezes irregular de 60 µm de cobre-bronze	Até 60, também em combinação com MoS ₂	Elevada resistência à pressão e elevada dureza, ótima resistência à fluência plástica, elevada condutibilidade térmica	Pode ser atacado por ácidos

MATERIAL N.º		DTG 15	DTV 15	DTV 25	DTC 25	DTC 5	DTB 60	
COMPOSIÇÃO (CARGAS)		PTFE/ Grafite	PTFE/ Vidro	PTFE/ Vidro	PTFE/ Carbono	PTFE/ Carbono	PTFE/ Bronze	
Densidade medição teórica	g/cm ³	2,19 2,12	2,21 2,19	2,24 2,22	2,12 2,10	2,15 2,12	3,97 3,78	
Resistência a ruptura	kgf/cm ²	II ⊥ 95 190	175 220	150 190	116 151	112 148	155 183	
Alongamento na ruptura	%	II ⊥ 130 240	300 290	270 250	70 60	50 55	110 140	
Deformação sob pressão								
140 kgf/cm ² 25°C	24 h	II ⊥ 8,1 9,5	11,0 14,3	9,5 13,6	2,9 4,8	2,3 4,3	4,8 3,7	
	Deformação permanente	II ⊥ 4,4 5,3	5,8 8,3	5,0 7,8	0,4 2,1	0,3 1,8	1,9 1,4	
	24 h	%	II ⊥ 16,0 15,4	21,5 24,8	20,0 24,0	2,6 10,8	2,3 9,4	13 12
		Deformação permanente	%	II ⊥ 12,0 10,8	14,0 16,5	13,2 16,0	1,8 7,1	0,3 6,2
Módulo de tração	1% 3% kgf/cm ² kgf/cm ²		90 145	90 140			141	
Módulo de pressão	0,2% offset	II	100	100	100	105	112	120
	1%	II	75	85	70	112	119	105
	5%	II		150	160			
Dureza	Shore D		57	58	60	66	67	68
Coeficiente de dilatação térmica	26—95°C	II	12,5	12,1	11,6	8,4	8,3	9,2
		⊥	7,8	9,0	7,7	7,2	7,2	7,7
	26—150°C	II	13,4	12,4	12,1	9,4	9,4	9,9
		⊥	8,4	9,5	7,7	7,7	7,7	8,1
	26—205°C	II	14,7	13,1	12,8	10,6	10,8	11,2
		⊥	9,2	10,3	8,1	8,4	8,3	9,0
	26—260°C	II	17,1	15,1	14,8	13,5	13,5	13,6
		⊥	10,7	11,9	9,4	9,7	9,7	10,4
Condutividade térmica	$\frac{\text{cal } 10^{-4}}{\text{s cm } ^\circ\text{C}}$		10,7	10,2	11,9	10,5	14,8	20,0
PV — valor limite	3 m/min		214	200 ¹	235 ¹	321	321	214
	30 m/min		360	235 ¹	250 ²	321	321	267
	300 m/min		575	300 ²	310 ²	257	257	278
Fator de abrasão	K 10 ⁻⁸ cm ³ /min kg m h		41	8,3	7,1	7	10	6,1
Coeficiente de atrito	Estático		0,14	0,05	0,07	0,11	0,13	0,07
	Dinâmico		0,12	0,09	0,12	0,22	0,26	0,13

Tabela A

II Na direção da prensagem ⊥ Perpendicularmente à direção da prensagem 1 Amostra apresentou deformação 2 Elevação da temperatura de 150°C

PROPRIEDADES MECÂNICAS	UNIDADES	MÉTODO DE ENSAIO	VALOR
Densidade	g/cm ³	DIN 53479	2,15 - 2,18
Resistência a ruptura	kgf/cm ²	DIN 53455	200 - 400
Alongamento na ruptura	%	DIN 53455	250 - 500
Tensão de alongamento 10%	kgf/cm ²	DIN 53455	110 - 120
Módulo E de tração	kgf/cm ²	DIN 53457	7500
Módulo de cisalhamento	kgf/cm ²	DIN 53457	2700
Resistência à compressão	kgf/cm ²	DIN 53454E	
Limite de escoamento 1%	kgf/cm ²		100
Limite de escoamento 10%	kgf/cm ²		185
Tensão limite de flexão	kgf/cm ²	DIN 53452	180 - 200
Resistência à flexão	kgf/cm ²	ASTMD 790 (1000 psi)	sem ruptura
Resistência ao impacto	kgf cm/cm ²	DIN 53453	sem ruptura
Resistência ao impacto com entalhe	kgf cm/cm ²	DIN 53453	16
Coefficiente de flexão alternada	carga alternada	DIN 53374	> 10 ⁶
Dureza à pressão de uma esfera (carga 13,5kgf)	kgf/cm ² (30 s)	DIN 53456	270 - 320
Dureza Shore		DIN 53505	D 55-59
Dureza conforme Rockwell (J)			C 85-87
Ângulo de contato com água	°		126
Coefficiente de atrito (estático = dinâmico)	PTFE/PTFE seco		0,09 - 0,10
	PTFE/aço seco		0,07 - 0,11
	PTFE/PTFE lubrificado com óleo		0,04 - 0,07
	PTFE/aço lubrificado com óleo		0,02 - 0,06
PROPRIEDADES TÉRMICAS	UNIDADES	MÉTODO DE ENSAIO	VALOR
Coefficiente de dilatação linear entre 20°C e 100°C	°C ⁻¹	Dilatômetro de Leitz	16 . 10 ⁻⁵
	°C ⁻¹		19,5 . 10 ⁻⁵
	°C ⁻¹		25 . 10 ⁻⁵
Calor específico (a 50°C)	kcal/kg. °C	DIN 52612	0,25
Condutividade térmica	kcal/m h °C	DIN 52612	0,2 - 0,04
Temperatura limite de emprego	°C	—	- 200 - + 280
PROPRIEDADES ELÉTRICAS	UNIDADES	MÉTODO DE ENSAIO	VALOR
Constante dielétrica relativa	de 50 a 10 ⁷ Hz	DIN 53483	2,1
Fator de perda dielétrica tg δ	até 50 Hz	DIN 53483	0,5 . 10 ⁻⁴
	10 ³		0,3 . 10 ⁻⁴
	10 ⁴		0,4 . 10 ⁻⁴
	10 ⁵ a 10 ⁷		0,7 . 10 ⁻⁴
Fator de perda dielétrica tg δ	10 ³ a 10 ⁵ Hz	- 50 a + 200°C	< 1 . 10 ⁻⁴
Rigidez dielétrica (folha 0,2 esp.)	KV/mm	VDE 0303/parte 2	50 - 80
Resistência transversal específica	Ω cm	DIN 53482	10 ¹⁸
Resistência superficial	Ω	DIN 53482	10 ¹⁷
Resistência à corrente de fuga	Classe	VDE 0303/parte 1	KA 3c
Resistência ao arco elétrico	Classe	VDE 0303/parte 5	L 4

Tabela B

Fabricantes de matérias primas de PTFE:
Du Pont — Teflon®
Hoechst — Hostaflon®

Para dados não constantes neste catálogo, informações complementares e/ou avaliação de problemas específicos; solicitamos contatarmos nosso departamento técnico.