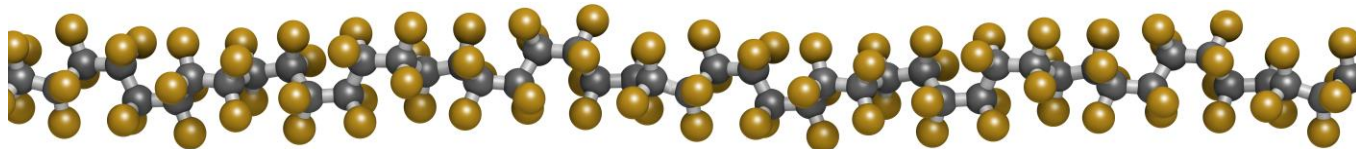


PTFE a další fluoropolymery

Polytetrafluorethylen (PTFE, obchodní názvy: Teflon, Fluon, Tarflen) byl poprvé syntetizován v roce 1938. Chemická struktura tohoto fluoropolymeru, složeného z molekul (merů) $[-CF_2CF_2-]$, kde je řetězec atomů uhlíku obklopen atomy fluoru, poskytuje řadu jedinečných chemických a fyzikálních vlastností. PTFE se používá ve všech oblastech průmyslu, včetně výroby flexibilních hadic různých konstrukcí a aplikací.



Základní vlastnosti PTFE – jako materiálu hadic:

- + **Vynikající chemická odolnost.** Nerozpouští se ani neobtná v žádných známých rozpouštědlech a je odolný vůči koncentrovaným kyselinám a zásadám. Pouze několik velmi vzácných chemikálií (fluor, vroucí alkalické kovy, fluorid chloritý a difluorid kyslíku) reaguje s PTFE.
- + **Široký rozsah teplotní odolnosti.** PTFE zůstává pružný i při teplotě kapalného helia (-269°C). Teplota tání krystalické fáze je 327°C, a při teplotě 415°C dochází k rozkladu PTFE. Normální rozsah pracovních teplot pro PTFE hadice závisí na jejich konstrukci a je obvykle **od -70°C do +260°C (přičemž od teploty okolo 130°C dochází k poklesu mechanických vlastností)**.
- + **Samočisticí vlastnosti.** PTFE se vyznačuje velmi nízkým koeficientem tření, nízkou povrchovou energií, nízkou smáčivostí pro vodu a další chemikálie. Hadice vyrobené z PTFE se proto vyznačují samočisticími vlastnostmi (látky neulpívají na stěnách hadice), což zajišťuje vysoký stupeň hygieny.
- + **Odolnost proti stárnutí a povětrnostním vlivům.** PTFE se vyznačuje nízkou nasákavostí a je zcela odolný vůči ozónu, kyslíku, světlu a ultrafialovému záření. Vzorky vystavené různým klimatickým podmínkám po několik desítek let nevykazovaly žádné změny vlastností PTFE.
- + - **Vysoký elektrický odpor.** PTFE je vynikající izolant. Průtok látek hadicí však může způsobit problémy se statickou elektřinou. Elektrický náboj vytvořený ve stěně hadice se nemůže rozptýlit. Nahromadění na jednom místě mohou způsobit jiskru, vznícení nebo výbuch!
- + - **Samozhášivé vlastnosti, nehořlavost.** Vysoký limitní kyslíkový index LOI = 95 %. Avšak rozklad PTFE při vysoké teplotě nad 400°C způsobuje tvorbu jedovatých plynů!
- **Nízká odolnost proti oděru.** PTFE hadice nejsou vhodné pro sypké produkty z důvodu rychlého prodření!
- **Obtížné zpracování.** Díky své vysoké viskozitě i při teplotách blízkých teplotě tepelného rozkladu (415°C) se PTFE hadice vyrábí speciálními metodami vytlačováním směsi PTFE prášku a maziva (např. nafty). Teflon nelze přímo extrudovat (vytlačovat) jako klasické termoplasty.

Jiné fluoropolymery používané při konstrukci hadic

Mezi materiály používané k výrobě hadic patří také další fluoropolymery, včetně kopolymerů (polymery s řetězcem složeným ze dvou nebo více různých monomerů). Mají také vysokou chemickou odolnost podobnou PTFE, ale mají některé další vlastnosti: např. zvýšenou mechanickou pevnost, lepší průhlednost. Především je však lze zpracovávat metodami typickými pro termoplasty: jsou tepelně tvarovatelné jednoduchým zahřátím materiálu do roztavení a vytlačení hadice.

	PCTFE	PVDF	PTFE	PFA (MFA)	FEP	ETFE	ECTFE	THV
chemická odolnost	velmi dobrá	dobrá	vynikající - nejlepší	vynikající	vynikající	velmi dobrá	velmi dobrá	velmi dobrá
průhlednost	dobrá	střední	střední	dobrá	velmi dobrá	střední	dobrá	velmi dobrá
hustota [g/cm ³]	2,14	1,78	2,17	2,15	2,15	1,74	1,7	1,97
pevnost Rm [MPa]	38	50	25	30	23	42	48	24
el. modul roztažení [MPa]	1500	1600	500	650	500	1500	1700	200
elast. modul ohybu [MPa]	1300	1800	675	655	700	1300	1700	150
elasticita	nižší	nižší	střední	střední	střední	nižší	nižší	vynikající
prodloužení %	150	200	300	300	310	400	250	600
tvrdost [Shore D]	85	80	60	62	57	70	75	45
absorpce vody	<0,01%	<0,03%	<0,01%	<0,03%	<0,01%	<0,03%	<0,1%	<0,01%
propustnost	velmi nízká	velmi nízká	střední	střední	střední	nízká	nízká	nízká (paliva)
nehořlavost UL94	V-0	V-0	V-0	V-0	V-0	V-0	V-0	V-0
limitní kyslíkový index LOI	76%	43%	95%	95%	95%	30%	52%	70%
odolnost radiaci	velmi dobrá	vynikající	slabá	slabá	dobrá	velmi dobrá	velmi dobrá	slabá
odolnost otěru	omezená	dobrá	velmi slabá	slabá	omezená	omezená	dobrá	slabá
vlastní obj. odpor [Ωcm]	10 ¹⁸	10 ¹⁴	10 ¹⁸	10 ¹⁸	10 ¹⁸	10 ¹⁷	10 ¹⁸	10 ¹⁵
pracovní teplota [°C]	-240 ÷ +150	-40 ÷ +140	-200 ÷ +260	-200 ÷ +260 (240)	-200 ÷ +200	-185 ÷ +150	-70 ÷ +150	-40 ÷ +120
teplota tání [°C]	+220	+170	+327	+305	+260	+265	+240	+125 ÷ +185
tepelné tvarovatelnost	ano	ano	ne	ano	ano	ano	ano	ano
cena ve výrobě	vysoká	nižší	nižší	střední	střední	střední	střední	vysoká
obecné poznámky a použití	trubky, těsnění, spojky, nízkotepl.	trubky, hadice těsnění, spojky	hadice, těsnění, spojky	hadice, těsnění, spojky	hadice, těsnění, spojky	hadice, těsnění, spojky	hadice, těsnění, spojky	hadice, hadice pro paliva
známý obchodní název	Kel-F®	Kynar®	Teflon®	-	-	Tefzel®	Halar®	-

Orientační, průměrné údaje – mohou se lišit v závislosti na výrobci suroviny (polymeru) a produktu (hadice, těsnění, spojky atd.). Slovní termíny – srovnatelné pro fluoropolymery.

Konstrukce hadic z PTFE a jiných fluoropolymerů



Nevyztužené hladké a vlnité hadice bez opletu. Vyrobeny z PTFE nebo jiných fluoropolymerů (např. PFA, FEP, PVDF). Pro nízké tlaky. Používány pro všechna média a aplikace, zejména v laboratorní technice, polovodičovém průmyslu a dalších high-tech aplikacích. Vizualní kontrola průtoku média průhlednou nebo průsvitnou stěnou hadice. *Viz kapitola „Teflonové hadice bez opletu“.*



Hladkostěnné PTFE hadice s opletem. Pro střední a vysoké tlaky. Vyztužené vnějším jednoduchým nebo dvojitým opletem, obvykle z nerezové oceli. Pro všechna média: chemikálie, plyny, pára, oleje, tuky, paliva, barvy, lepidla, potravinářské látky. Relativně vysoké pracovní tlaky (až přibližně 400 bar) v kombinaci s vlastnostmi teflonu dělají z těchto hadic univerzální řešení ve všech průmyslových odvětvích. *Viz kapitola „Teflonové hadice s opletem“.*



Vlnité PTFE hadice s opletem. Pro střední tlaky. Vyztuženy vnějším opletem z nerezové oceli nebo jiných materiálů. Někdy zesílené přídatnou kovovou spirálou mezi PTFE a opletem a přídatnou pryžovou vrstvou. Široce používané, dostupné v různých konstrukčních řešeních, vyznačují se nižším pracovním tlakem než hladkostěnné hadice, ale jsou výrazně flexibilnější. *Viz kapitola „Teflonové hadice s opletem“ a „Teflonové hadice procesní“.*



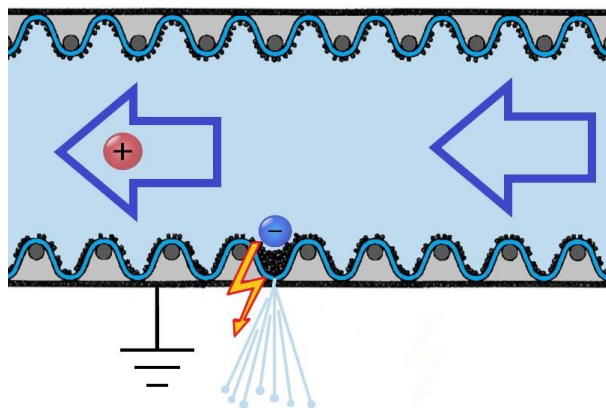
Pryžové průmyslové hadice s vnitřní výstelkou z PTFE nebo jiných fluoropolymerů. Určeny pro nízké a střední tlaky. S textilní výztuží, kovovou spirálou a vnější pryžovou vrstvou. Všechny vrstvy jsou vulkanizovány a trvale spojeny s vnitřní PTFE výstelkou – stejně jako v případě běžné pryžové hadice. Tyto hadice se používají především v chemickém průmyslu. *Viz kapitola „Hadice pro chemikálie“.*

Statická elektřina – antistatická verze PTFE

Protože čistý PTFE je nevodivý materiál a vyznačuje se vysokým povrchovým odporem ($R \geq 10^{18} \Omega$), potenciální nebezpečí statické elektřiny by mělo být vždy rozhodně zvaženo. Pokud látka protéká teflonovou hadicí, která je špatným vodičem a má potenciál se elektrizovat, na vnitřním povrchu PTFE se nahromadí elektrický náboj. Čím vyšší je rychlost proudění, tím rychleji se akumuluje elektrický náboj. Náboj se může hromadit rychleji, než je vybíjen přes PTFE do jiných částí instalace a do země. Když je dosaženo kritické napětí, dojde k rychlému výboji, který může mít různý průběh:

- vybití do nerezového opletu způsobující mikro otvor ve stěně hadice a vysokoteplotní plazmový oblouk v otvoru a následně únik a možné vznícení hořlavých látek;
- vytvoření jiskry na povrchu hadice s dostatečnou energií pro zapálení látky nebo výboj do vnějších prvků nebo osob, které jsou v kontaktu s hadicí.

Dalším typickým nebezpečím může být protékání zelektrizované hořlavé látky (např. etylalkohol, toluen) hadicí z PTFE, což může způsobit přeskočení jiskry mezi kapalinou a stěnou nádrže, vznícení výparů a požár.



Aby se předešlo problému se statickou elektřinou, používá se antistatická, **černá verze PTFE** s přídavkem uhlíku – sazí (black carbon) - **verze AS**. To umožňuje snížit odpor mezi vnitřním povrchem stěny a kovovou uzemněnou koncovkou pod $10^8 \Omega$, což umožňuje vybití a rozptýlení nahromaděného náboje.



Substance vyžadující antistatický PTFE	Substance nevyžadující antistatický PTFE
Mezi látky vyžadující použití antistatického PTFE patří mimo jiné organická rozpouštědla (např. aceton, toluen, xylén), etylalkohol, paliva (automobilová, letecká, topný olej), pevné látky ve formě prášků a prachu, vodní pára a mnoho dalších.	Látky jako anorganické produkty (soli, kyseliny, zásady), některé alkoholy, glykol, voda, čisté, suché plyny a vysoce čistá suchá pára nevyžadují použití antistatického PTFE.
Všechny vícefázové látky, tj. kapaliny a plyny obsahující částice pevných látek, plyny obsahující kapičky kapaliny (např. mokrá pára), budou vyžadovat použití antistatického PTFE (hadice verze AS).	
Použití vhodného typu PTFE pro danou látku by mělo být vždy potvrzeno společností Tubes International.	
Za analýzu hrozeb a rizik, správné použití, správné připojení hadic a uzemnění vždy odpovídá uživatel.	

Elektrická vodivost připojení instalace

Elektrická vodivost připojení instalace je koncept odlišný od antistatických vlastností hadice. Elektrická kontinuita hadicového spoje je zajištěna, když je mezi koncovkami přímé elektrické spojení vodičem (kovové lanko, oplet). Odpor naměřený mezi koncovkami by neměl překročit několik až několik desítek Ω (přesné požadavky jsou uvedeny v normách). Pouhé použití hadice s nerezovým opletem vždy nezaručuje elektrickou vodivost instalace a takový požadavek na kompletní hadici by měl být specifikován. (verze EC – *Electrical Continuity*).

Potravinářské, farmaceutické a biotechnologické aplikace

Vynikající odolnost a chemická inertnost PTFE a dalších fluoropolymerů, nesmáčivé vlastnosti a neulpívání látek na povrchu a tepelná stabilita mají za následek jejich široké použití v potravinářství, farmacii, biotechnologii a lékařství. Obecně platí, že hadice z těchto materiálů splňují vysoké požadavky, např. FDA, USP Class VI, ISO 10993 a další. Každá z těchto aplikací by však měla být pečlivě zvažena z hlediska compatibility materiálu hadice, použitých koncovek, hygieny spojení mezi armaturou a hadicí, způsobu čištění hadice a případné sterilizace. Charakteristiky jednotlivých typů hadic uvedené v katalogu obsahují informace o rozsahu splněných norem a dostupných certifikátech. Tyto požadavky by měly být vždy potvrzeny společností Tubes International.