

Spojování dílů z fluoropolymerů

Bc. Roman Janda

Diplomová práce
2014

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Roman Janda**
Osobní číslo: **T12436**
Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Výrobní inženýrství**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Spojování dílů z fluoropolymerů**

Zásady pro vypracování:

- 1) Vypracujte literární rešerši na dané téma
- 2) Navrhněte postup měření teplot v průběhu svařovacího procesu pro zadaný dílec
- 3) Aplikujte navržený způsob měření teplot v průběhu svařování
- 4) Vyhodnoňte a diskutujte získané výsledky

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

- 1) SOVA, M., KERBS, J. Termoplasty v praxi, Praha: Verlag Dashöfer, 2001. ISBN 80-86229-15-7
- 2) MLEZIVA, J., ŠŇUPÁREK, J. Polymery - výroba, struktura, vlastnosti a použití, 2. vyd. Praha: Sobotáles, 2000, 544 s. ISBN 80-85920-72-7
- 3) SCHEIRS, J., Fluoropolymers - Technology, Markets and Trends, Smithers Rapra Technology, 2001. ISBN 978-1-85957-273-3

Dále dle doporučení vedoucího diplomové práce

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Martin Řezníček**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce: **10. února 2014**

Termín odevzdání diplomové práce: **12. května 2014**

Ve Zlíně dne 10. února 2014


doc. Ing. Román Čermák, Ph.D.
děkan




prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: Janda Roman

Obor: Výrobní inženýrství

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 25.4.2014
.....

²¹ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevyjádřeně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlázení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²² zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Da práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě díla vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

²³ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užit či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlíádne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá měřením teploty pomocí termočlánku v místě svaru smršťovací trubičky z fluoropolymeru s izolací přívodních vodičů k NTC (teplotnímu senzoru) v průběhu svařovacího procesu. Naměřené hodnoty svařovacích teplot jsou podstatné ke zjištění správného natavení a těsného spojení komponent. Ze získaných dat je důležité stanovit svařovací proces, tak aby bylo dosaženo dostatečně těsného spoje a nedošlo k poškození teplotního senzoru.

Tato práce začíná teoretickou částí, kde je popsána literární rešerše na téma spojování dílů z fluoropolymerů. Praktická část je založena na přípravě a provedení experimentu, vyhodnocení získaných výsledků a na simulaci přestupu tepla jednotlivými vrstvami materiálů.

Klíčová slova: fluoropolymery, svařovací proces, teplota, teplotní senzor NTC, AdBlue, ETFE, PTFE

ABSTRACT

This master's thesis is investigating fluoropolymer materials behaviour while welding process in a concrete application at RBCB. The goal of this master's thesis is to determine the optimal welding temperature which needs to be used for tight connection between fluoropolymer (ETFE) insulated wires leading to a NTC (Negative temperature coefficient sensor) and protective dual wall welding tube form fluoropolymer materials (PTFE/ETFE) as well. A tight connection is necessary for successful NTC protection. The experiment was made on a special welding machine at RBCB and a thermocouple for temperature measurement inside of the weld area was used. Additionally, to understand better about the heat transfer inside of the welding zone, a simulation on Ansys software was performed.

This thesis begins with a theoretical part, which describes the literature research about fluoropolymer materials and its connections. The practical part describes the samples preparation, performing the experiment and results evaluation from performed measures.

Keywords: fluoropolymers, welding process, temperature, temperature sensors NTC, AdBlue, ETFE, PTFE

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval na tomto místě Ing. Martinu Řezníčkovi za odborné vedení a připomínky k této diplomové práci. Dále bych chtěl poděkovat firmě Robert Bosch České Budějovice, jmenovitě Ing. Václavu Štrausovi a Ing. Josefu Synkovi za pomoc a připomínky při zpracování experimentální části diplomové práce.

Motto:

„Lidské vědění a moc jsou totožné. Vědění je moc.“

Francis Bacon

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 CHARAKTERISTIKA FLUOROPOLYMERŮ	13
1.1 POLYTETRAFLUORETHYLEN (PTFE).....	13
1.1.1 Výroba PTFE.....	14
1.1.2 Významné vlastnosti	14
1.1.3 Teplota použití	16
1.1.4 Zpracování.....	16
1.1.5 Chemická odolnost.....	16
1.1.6 Použití	16
1.2 KOPOLYMER ETHYLEN-TETRAFLUORETHYLEN (ETFE)	18
1.2.1 Významné vlastnosti	19
1.2.2 Teplota použití	19
1.2.3 Elektrické a optické vlastnosti.....	20
1.2.4 Chemická odolnost.....	20
1.2.5 Zpracování.....	20
1.2.6 Použití	20
1.3 POLYCHLORTRIFLUORETHYLEN (PCTFE)	22
1.3.1 Významné vlastnosti	23
1.3.2 Teplota použití	23
1.3.3 Elektrické a optické vlastnosti.....	23
1.3.4 Chemická odolnost.....	23
1.3.5 Zpracování.....	24
1.3.6 Použití	24
1.4 KOPOLYMER ETHYLEN-CHLORTRIFLUORETHYLEN (ECTFE)	24
1.4.1 Významné vlastnosti	25
1.4.2 Teplota použití	25
1.4.3 Chemická odolnost.....	25
1.4.4 Zpracování.....	25
1.4.5 Použití	25
1.5 KOPOLYMER TETRAFLUORETHYLEN-HEXAFLUORPROPYLEN (FEP)	26
1.5.1 Významné vlastnosti	26
1.5.2 Mechanické vlastnosti.....	26
1.5.3 Teplota použití	27
1.5.4 Chemická odolnost.....	27
1.5.5 Zpracování.....	27
1.5.6 Použití	27
1.6 KOPOLYMER TETRAFLUORETHYLEN- PERFLUORALKYLVINYLEETHER (PFA).....	28
1.6.1 Významné vlastnosti	28
1.6.2 Teplota použití	29
1.6.3 Chemická odolnost.....	29
1.6.4 Zpracování.....	29
1.6.5 Použití	29

1.7	POLYVINYLIDENFLUORID (PVDF).....	29
1.7.1	Významné vlastnosti	30
1.7.2	Teplota použití	30
1.7.3	Chemická odolnost.....	31
1.7.4	Zpracování.....	31
1.7.5	Použití	31
1.8	POLYVINYLFLUORID (PVF)	32
1.8.1	Významné vlastnosti	32
1.8.2	Teplota použití	32
1.8.3	Chemická odolnost.....	32
1.8.4	Zpracování.....	33
1.8.5	Použití	33
1.9	VLASTNOSTI FLUOROPOLYMERŮ	33
2	ZPRACOVÁNÍ FLUOROPOLYMERŮ.....	35
2.1	VSTŘIKOVÁNÍ.....	35
2.1.1	Vstřikovací cyklus.....	36
2.1.2	Vstřikovací stroj.....	36
2.2	VYTLAČOVÁNÍ	37
2.2.1	Pístové vytačovací stroje.....	37
2.2.2	Diskové vytačovací stroje	38
2.2.3	Šnekové vytačovací stroje.....	39
2.2.4	Výroba tenkých vrstev (fólií)	41
2.3	SLINOVÁNÍ	41
3	TECHNOLOGIE SPOJOVÁNÍ FLUOROPOLYMERŮ.....	43
3.1	SVAŘOVÁNÍ.....	43
3.1.1	Svařovací metody	43
3.1.2	Kontaktní svařování	44
3.1.3	Extruzní svařování	44
3.1.4	Svařování horkým plynem	45
3.1.5	Svařování ultrazvukem.....	45
3.2	LEPENÍ.....	47
4	SHRnutí TEORETICKÉ ČÁSTI.....	49
II	PRAKTICKÁ ČÁST	50
5	PŘEDSTAVENÍ FIRMY	51
	STANOVENÍ CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE.....	52
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	53
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	55
	SEZNAM OBRÁZKŮ	56
	SEZNAM TABULEK.....	57
	SEZNAM PŘÍLOH.....	60

ÚVOD

V současné době můžeme říci, že plastové výrobky jsou velmi žádané a mají velkou budoucnost. Nacházejí uplatnění, jak v průmyslovém, zdravotnickém, chemickém i potravinářském odvětví. Polymery se staly nedílnou součástí běžného života. Stále přicházíme na nové druhy polymerů, ale zejména bádáme na vylepšení a přizpůsobení jejich vlastností daným požadavkům. Polymerní materiály se v dnešní době často používají jako záměna za jiný materiál např. kov. Zejména pro jejich cenovou dostupnost, variabilitu zpracování, různost fyzikálních vlastností a také pro jejich nepřeberné množství.

Tato diplomová práce byla zvolena z důvodu možné spolupráce s firmou Robert Bosch. Práce je součástí projektu realizovaného právě v této firmě.

Teoretická část je věnována skupině polymerů s názvem fluoropolymery. Popsána je jejich charakteristika, druhy, vlastnosti, kterými se odlišují od ostatních polymerů, zpracování a na závěr spojování těchto materiálů. Nejvíce jsou rozebrány druhy PTFE a ETFE, jelikož z těchto materiálů se skládají důležité komponenty pro praktickou část. Fluoropolymery jsou výborné konstrukční materiály nové generace, které splňují nejvyšší kritéria ve smyslu vysokých teplot, chemické odolnosti vůči působení chemických činidel a odolnosti vůči opotřebení. Podobné vlastnosti nalezneme jen u málokterých polymerů. Používají se v chemickém, potravinářském, elektrotechnickém, automobilovém a kosmickém průmyslu.

V praktické části je řešen postup měření teplot v průběhu svařovacího procesu. Navržený způsob měření teplot se aplikuje na zadaný dílec. Na základě získaných dat je důležité optimalizovat svařovací proces, tak aby bylo dosaženo dostatečně těsného spoje, který zabrání pronikání AdBlue do oblasti teplotního senzoru (NTC) a nedošlo k jeho poškození.

Hlavním cílem diplomové práce je měření teploty v místě svaru smršťovací trubičky s izolací přívodních vodičů k NTC (teplotnímu senzoru), aby bylo zjištěno, jestli je svařovací teplota dostatečná pro správné natavení a těsné spojení komponent.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 CHARAKTERISTIKA FLUOROPOLYMERŮ

Makromolekuly fluoropolymerů obsahují chemický prvek fluor, který řadíme do skupiny prvků zvané halogeny. Umístění atomů fluoru je v makromolekulách fluoroplastů v místech, kde u jiných plastů najdeme atomy vodíku např. u polypropylénu nebo polyetylénu. Atomy fluoru jsou při porovnání větší než atomy vodíku. Mezi atomy fluoru a uhlíku je mimořádně pevná chemická vazba, kterou lze jen obtížně rozložit. Tato pevná vazba mezi prvky je hlavní příčinou značné chemické odolnosti i mimořádně vysokých tepelných hodnot a dalších fyzikálně-mechanických vlastností.[1]

Fluoropolymery jsou technické materiály, které se vyjímají svojí schopností snášet vysoké teploty bez porušení a výbornou odolností vůči působení chemických činidel. Podobné vlastnosti nalezneme jen u málokterých plastů. Základní příčinou těchto vynikajících vlastností je chemické složení, kde je velmi důležitá především přítomnost atomů fluoru. [1]

1.1 Polytetrafluorethylen (PTFE)

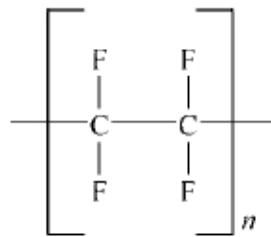
První použití tohoto plastu bylo ve druhé světové válce. Využíval se jako těsnění některých součástí atomové bomby, především těch, co přicházely do styku s plynným fluorem. V té době to byl jediný materiál, který dovedl odolávat tomuto reaktivnímu plynu. [1]

PTFE je bílého až šedavého zabarvení a je z 93 -97% krystalický. Teplota tání je v rozmezí 327 - 342°C. Materiál je nehořlavý, zdravotně nezávadný, a nerozpustný ve všech dosud známých rozpouštědlech. Další vlastností je vysoká rázová houževnatost, pevností v tahu se podobá polyetylenu (zvyšuje se za studena). Řadí se mezi jeden z nejlepších dielektrických materiálů, a to vzhledem ke své nepolární struktuře. Nejčastěji jej známe pod obchodním značením *Teflon*. [2]

Všechny ostatní polymery převyšuje hlavně svou chemickou odolností. Nerozpouští se ani neobtná v rozpouštědlech, je odolný vůči alkáliím, halogenům, vroucí kyselině dusičné, lučavce královské a fluorovodíku. Napadán je roztavenými alkalickými kovy a fluorem a to při teplotě nad 200°C. Vyniká svou tepelnou odolností, měkne a přechází ze stavu krystalického do amorfního při teplotě 327°C. Jeho výhodnými vlastnostmi jsou kromě tepelné odolnosti i nízký koeficient tření, mrazuvzdornost (vyrabí se z něho fólie, které jsou ohebné i při -150°C), extrémní povětrnostní odolnost (vydrží i 30 let beze změny). [2]

Podobně jako většina materiálů má i PTFE své nevýhody jako je slabá adhezivní vlastnost, neodolnost vůči vysokoenergetickému záření (depolymeruje) a nesnášenlivost vůči veškerým změkčovadlům. Běžnými technologiemi se nezpracovává z důvodu vysokého bodu tání a vysoké viskozity taveniny. [2]

PTFE je lineární polymer tetrafluorethylenu, vytváří velmi dlouhou prakticky nerozvětvenou makromolekulu. Chemická struktura PTFE je v podstatě ekvivalentní polyethylenu s výjimkou, že atomy vodíku jsou zcela nahrazeny atomy fluoru. [3]



Obr. 1 Vzorec PTFE [4]

1.1.1 Výroba PTFE

Tetrafluorethylen je základním monomerem pro výrobu PTFE. Vyrábí se z minerálu kazivce účinkem kyseliny sírové a chloroformu. V předestilované formě je vystaven vysokotlaké polymeraci. Podobným způsobem jako etylen při výrobě polyetyleny. Při tomto procesu dochází k uvolnění velkého množství tepla, což bylo v prvních letech výroby příčinou explozí. Postupem času došlo k potlačení tohoto jevu. Dosáhlo se toho díky provádění polymerace ve vodném prostředí suspenzním nebo emulzním způsobem. Dispergované částice, které vznikají ve vodném prostředí, mohou být jemnější nebo hrubší - podle zvoleného technologického postupu. Volbou emulzního postupu se primární zrna o velikosti 0,1 až 0,5 mm shluknou do větších částí.[1]

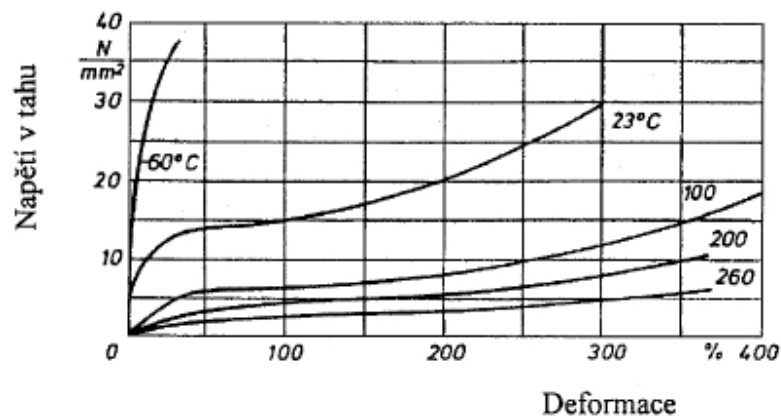
1.1.2 Významné vlastnosti

- vysoká teplota tání,
- vysoká tepelná stabilita,
- užitečné mechanické vlastnosti při extrémně nízké a vysoké teplotě,
- nerozpustnost,

- chemická inertnost,
- nízký koeficient tření,
- odolnost proti ohni.[5]

Další vlastnosti materiálu PTFE

- Mechanické vlastnosti - PTFE má malou tvrdost a pevnost, proto je to pružný a houževnatý plast. Na obrázku jsou vyznačeny pracovní diagramy (tahové křivky) v souřadnicích napětí proti protažení. Při vystavení záporným teplotám má typické křehké chování, při zvyšování teploty se stává tvárným. [1]



Obr. 2 Pracovní diagram PTFE pro různé teploty [1]

- Optické vlastnosti - přírodní PTFE, neplněný, v tenkých vrstvách prosvítá a silnostěnné výrobky z něho zhotovené jsou mléčně zakalené a neprůhledné. Díky tomu i fólie, z něho vyrobené, propouštějí až 80 % dopadajícího světla. [1]
- Svařování a lepení - Pro svařování není PTFE vhodný, protože se styčné plochy netaví. Pro spojení desek nebo fólií se mezi jednotlivé části vkládá svařovací proužek neslinutého materiálu. Svařování probíhá v teplotě od 370 – 390 °C.

Lepení probíhá za teploty 130 °C, za použití speciálních lepidel. Nejprve se naleptávají lepené plochy, pro což slouží roztoky alkalických kovů. [1]

1.1.3 Teplota použití

Dobré teplotní a tepelné vlastnosti zajišťují PTFE to, že není překonán žádným jiným termoplastem. Ze všech polymerů vyniká vyšší teplotou dlouhodobého použití. Pokud se zahřívá 4 týdny na teplotu 300 °C, sníží se pevnost v tahu jen o 20 %. Teplota dlouhodobého použití se stanovuje ze změny některých vlastností při dlouhodobém zahřívání. U PTFE dosahuje 260 °C, výjimkou není ani možnost krátkodobě teplotu překročit. Na opačné straně je ohebný až do hlubokých záporných teplot -200 °C. [1]

1.1.4 Zpracování

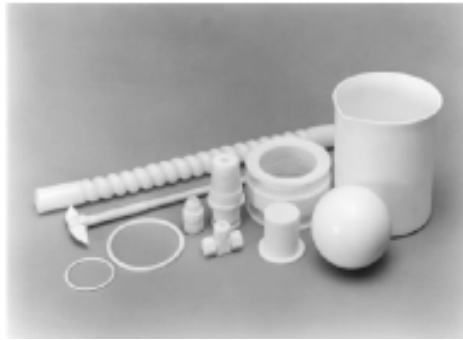
Od ostatních termoplastů se PTFE podstatně odlišuje svým chováním v tavenině. Viskozita taveniny je velice vysoká i při teplotách zpracování nad 330 °C. Běžnými technologiemi, jako je vstřikování nebo vytlačování, se nedá s PTFE zpracovávat. To jej odlišuje od běžných termoplastů. Proto je pro zpracování PTFE využit proces spékání (slinování) při teplotě kolem 400°C, což vede k soudržnosti dílů. Tato technologie probíhá ve třech fázích - stlačení (lisování), vlastní spékání a ochlazování. [1]

1.1.5 Chemická odolnost

Vynikající chemická odolnost (nejlepší ze všech běžných polymerů), je jedním z jeho nejvíce charakteristické vlastnosti. PTFE je odolné vůči všem chemickým činidlům. Napadán je alkalickými kovy (např. roztaveného sodíku nebo draslíku) a elementárním fluorem v extrémních podmínkách - za zvýšené teploty a tlaků. PTFE je nerozpustný ve všech známých rozpouštědlech.[3]

1.1.6 Použití

PTFE najde široké uplatnění např. pro výrobu těsnění, kluzných ložisek, pístních kroužků, součásti čerpadel, trubek, hadic, izolačních fólií, izolací vodičů. Takže tedy ve strojírenství, automobilovém průmyslu, elektrotechnice, chemickém průmyslu (viz obr. 3), atd. [3]



Obr. 3 Komponenty PTFE [3]

- **Použití v automobilovém průmyslu** - PTFE hadice, které jsou opláštěné nerezovou ocelí, se používají pro brzdová vedení, pro cirkulační vedení chladicí kapaliny a pro hydrauliku v těžkých nákladních vozidlech. Opláštěné hadice zabraňují poškození vzhledem k vysokým tlakům. Hadičky z PTFE odolávají zvýšeným teplotám, stárnutí a působení chemických látek v kapalinách. [5]



Obr. 4 Opláštěná hadice[6]

Povlaky jsou v tomto průmyslu dlouhodobě využívány. Používají se pro povrchovou úpravu sériově vyráběných dílců. Využívají se tyto vlastnosti:

- antikorozní odolnost,
- elektrická nevodivost,
- nesmáčivost,
- zamezení nepříjemným zvukům, např. vrzání.

Využití povlaků- díly podvozku, komponenty bezpečnostních pásů, pružiny, sací potrubí, závěsy, panty, apod. [7]

- **Použití v elektrotechnice** - spékání izolace probíhá ve speciálních troubách, je tím umožněn provoz kabelů v rozsahu teplot mezi -100 °C až 260 °C. PTFE izoluje kabely, které se svým využitím neliší od jiných fluoropolymerů, dají se však využít v ještě kritičtějších podmínkách. Kabely, které izoluje PTFE, se vyznačují vysokým výkonem, pokud přijdou do styku s požárem nebo plameny, tak nehoří. Fluor obsažený v molekule, tak jako obecně i ostatní halogeny, plamen dusí a brání jeho šíření. Je potřeba myslet na to, že pokud jsou požadovány kabely bez halogenů, pak nelze využít fluoropolymery.[8]

Kabely s touto izolací se používají pro vysoké teploty a frekvence. Používají se pro přívodní vodiče v motorech, kde je potřebná ohebnost za nízké a vysoké teploty.[15]

Tab. 1 Obchodní názvy PTFE[1]

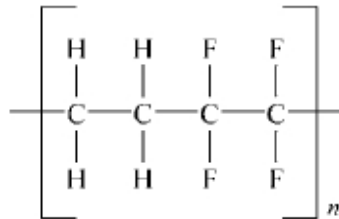
Obchodní název	Výrobce
ALGOFLON	Ausimont
FLUON	ICI
FLUOROCOMP (PTFE/GF, grafit, bronz)	ICI
FLUOROSINT	Polypenco
HOSTAFLON TF	Dyneon
POLYFLON	Daikin
TEFLON PTFE	DuPont

1.2 Kopolymer ethylen-tetrafluorethylen (ETFE)

Tento teplotně odolný fluoroplast s termoplastickým charakterem byl uveden na trh teprve v roce 1972 firmou *DuPont*. Jeho obchodní označení je *Tefzel*. Firma *Dyneon*, vyrábí rovněž tento materiál pod obchodním názvem *Hostaflon ET*.

ETFE má lepší mechanické vlastnosti v teplotním intervalu od -200 do 150°C než PTFE. Jeho houževnatost a tuhost je způsobena nižší hustotou než PTFE. Vyšší je také pevnost v tahu a pevnost tečení. Díky vysoké ohebnosti má ETFE vysokou houževnatost až -100 °C. Ze všech plastů má proto nejvyšší houževnatost. V porovnání s PTFE má třikrát vyšší modul pružnosti. Vyztužovat ETFE můžeme skelnými tkaninami, pak dosáhneme až dvojnásobné pevnosti v ohybu. Malý rozdíl je v koeficientu tření, který je o trochu vyšší než u PTFE. [1]

Bod tání je přibližně kolem 270 - 275 °C. Výroba je podobná jako u PTFE. Velké využití v elektrotechnice na izolaci vodičů a rovněž i v chemickém průmyslu. Má vynikající odolnost vůči k chemickým činidlům stejně jako PTFE. Avšak ETFE má vyšší tuhost a pevnost v tlaku. Bohužel jeho elektroizolační, antiadhézní a kluzné vlastnosti jsou horší než u PTFE.[9]



Obr. 5 Vzorec ETFE [4]

1.2.1 Významné vlastnosti

- velký teplotní rozsah -190°C do 190°C,
- nehořlavost,
- vynikající chemická odolnost,
- vynikající dielektrické vlastnosti,
- nepřilnavé vlastnosti,
- vynikající odolnost proti povětrnostním vlivům a stárnutí.[1, 4]

1.2.2 Teplota použití

Dlouhodobě použitá maximální teplota je na hranici 155 °C. Při této teplotě pevnost v tahu po 20 000 hodinách, klesne na půlku počáteční hodnoty. Jelikož pevnost není se vzrůstající teplotou až tolik ovlivněna, následně lze zvýšit teplotu dlouhodobého použití z hlediska pevnosti až na 180 °C. ETFE může být i krátkodobě zatěžován při 200 °C. Z tohoto hlediska však nemá mezi vybranými fluoropolymery nejlepší postavení. Při kryogenních teplotách je téměř nepřekonatelný. Hovoříme o houževnatosti, která zůstává zachována ještě při teplotě -100 °C. [1]

1.2.3 Elektrické a optické vlastnosti

Je vynikající elektrický izolant a rovněž i dielektrické vlastnosti má výborné. V tenkých vrstvách je průhledný. Propustnost 90 až 98 % udávají fólie o tloušťce 25 μm . [1]

1.2.4 Chemická odolnost

Stejně jako u jiných fluoroplastů, ETFE má vynikající odolnost vůči silným kyselinám, rozpouštědlům, zásadám, louhům, omezeně olejům, atd. Za zvýšené teploty (nad 200°C), se objeví následující chemické látky, které začnou napadat ETFE: silná oxidační činidla, atd. [3]

1.2.5 Zpracování

ETFE lze zpracovat všemi běžnými způsoby zpracování termoplastů, jako jsou vstřikování, lisování, vyfukování, a vytlačování. Avšak nejvýznamnějším způsobem zpracovaná je vstřikování. Zpracování probíhá za teplot 300 až 340 °C. Je důležité, aby všechny části, které jsou, ve styku s taveninou byly zhotoveny z antikoročních materiálů. [1, 3]

1.2.6 Použití

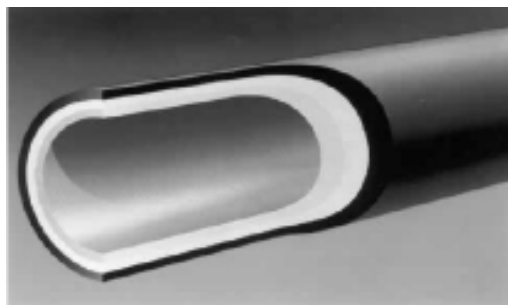
ETFE se používá v aplikacích, které využívají své jedinečné kombinace vlastností: výjimečná houževnatost a odolnost proti opotřebení v širokém rozsahu teplot. Hlavní oblasti použití jsou kabely a vodiče izolace, což představuje 60% aplikačního trhu ETFE. Ty jsou široce používány pro řízení signálu a komunikační kabely, a to zejména v kritických oblastech, jako je hromadná doprava, letectví, chemické a jaderné elektrárny, ropné vrty, apod. [3]

Vlastní kluzkost ETFE pomáhá při složité a klikaté cestě ke snadnějšímu tahání drátu. Další žádoucí vlastností je, že materiál pro dráty, kabely a izolace má odolnost proti propálení. Rovněž se používá pro izolace kabelů u ohřivačů automobilové elektroinstalace. Používá se také pro komponenty vyrobené vstřikováním, jako jsou konektory a zásuvky. Najde široké uplatnění např. pro části čerpadel pro přepravu chemikálií (vizobr. 6), laboratorní pomůcky, obaly, vojenské aplikace, apod. ETFE má dobrou odolnost vůči benzínu a jiným druhům paliva. Proto je výrazný nárůst výroby potrubí, hadic pro dopravu pohonných hmot. [3]



Obr. 6 Část čerpadla z ETFE[3]

- **Použití v automobilovém průmyslu** - pro použití v automobilech a dalších vozidlech jsou fluorované polymery využity pro jejich odolnost vůči vysokým teplotám a chemikáliím. Slouží k izolaci kabelů pro vysoké teploty místy poblíž motoru a pro kabely vystaveny horké hydraulické kapalině do automatických převodovek. Odolnost ETFE vůči druhům paliva je rozhodující pro použití komponentů např. v otvoru palivové nádrže jako jsou krky, palivové vedení a páry hadic. Tyto komponenty pomáhají výrobcům automobilů splnit přísné emisní předpisy. Hadice vyrobené z ETFE se používá v aplikacích vyžadujících velmi dobrou rázovou houževnatost a dobrou odolnost proti popraskání. Fluoropolymer udržuje tyto vlastnosti až do jeho kontinuální pracovní teploty vyšší než 140 °C. Tyto vlastnosti dělají z ETFE hadičky vynikající volbou pro aplikace v automobilovém a chemickém odvětví. [5, 10]

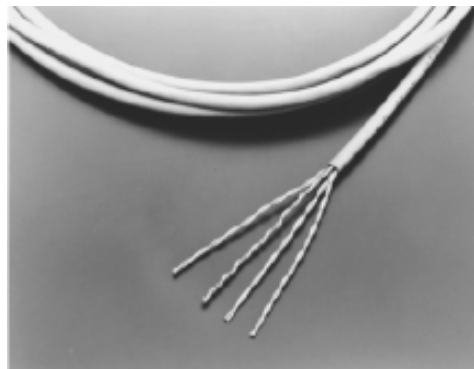


Obr. 7 ETFE kompozitní hadice [5]

- **Použití v elektrotechnice** - fluoropolymery jsou široce používány pro kabely a vodiče izolace, ale ne vždyze stejných důvodů. Některé způsoby využití schopnosti fluoropolymerůslouží v širokém rozsahu teplot, a to zejména při vysokých teplotách.[5]

Kabely izolované z ETFE mají výborné dielektrické vlastnosti (specifický odpor a velmi vysoká izolační odolnost). Tyto kabely se využívají tam, kde je třeba zaručit výbornou izolaci s velmi omezenou tloušťkou. Dále taky v prostředí, kde se nacházejí agresivní chemická činidla. [8]

ETFE izolace může být o 60% tenčí než u běžných izolačních materiálů (např. silikon, PVC nebo polyethylenové pryskyřice). [3]



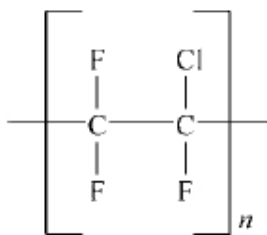
Obr. 8 ETFE izolace kabelu [3]

1.3 Polychlortrifluorethylen (PCTFE)

PCTFE je materiál, který se řadí mezi termoplasty. Byl uveden na trh firmou *Elf Atochem*. Jeho obchodní označení je *Voltalef*.

Můžeme ho zpracovávat technologiemi, které jsou běžné u ostatních termoplastických materiálů. Atom chloru je výrazně větší než atom fluoru. Tím pádem se naruší symetrie řetězce, což způsobí, že vzdálenosti mezi řetězci se zvětšují. K větším mezimolekulárním silám a zároveň větší pevnosti a tuhosti vede polarita atomu chloru. Dobrá je i chemická odolnost materiálu.

Ve srovnání s PTFE je PCTFE tvrdší a odolnější proti poškrábání. Významný rozdíl mezi PCTFE a PTFE vychází z jejich chemické stavby. Teplotní rozsah, ve kterém PCTFE udržuje užitečné vlastnosti je přibližně od $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $200\text{ }^{\circ}\text{C}$. PCTFE má vynikající pevnost v tahu, tvrdost a odolnost proti tečení ve srovnání s PTFE.[1,3]



Obr. 9Vzorec PCTFE [4]

1.3.1 Významné vlastnosti

- odolnost proti poškrábání,
- odolnost proti povětrnostním vlivům,
- zdravotní nezávadnost,
- tvrdý a tuhý.[1]

1.3.2 Teplota použití

Teplotní použitelnost je 150 °C, což je horní hranice, kdy není snižována mechanická pevnost. Teplota je podobná jako u ETFE. Ke křehnutí materiálu dochází vlivem dlouhodobého působení zvýšené teploty. Polymer začíná tát při teplotě 216 °C, skelného přechodu dosahuje při 45 °C. [1]

1.3.3 Elektrické a optické vlastnosti

PCTFE má velmi dobré elektrické izolační vlastnosti, protože nenasakuje vodu. Oproti PTFE je i v tenkých vrstvách bez póru, což je důsledek termoplastického charakteru. Vlivem přítomnosti atomů chloru jsou negativně ovlivněny elektrické vlastnosti. Fólie a výrobky z PCTFE jsou křišťálově průhledné, díky rychlému ochlazení při nízké tloušťce stěny.[1]

1.3.4 Chemická odolnost

Chemická odolnost PCTFE je vynikající ve srovnání s většinou termoplastů, ale nižší než je tomu u PTFE. Nicméně, PCTFE je inertní vůči většině chemických látek. Dokáže odolávat kyselinám a louhům. Při pokojové teplotě odolá i mnoha rozpouštědlům.

Naopak je neodolný vůči roztaveným alkalickým kovům, a také kyselině chlorsulfonové. [1, 3]

1.3.5 Zpracování

Materiál se nechá zpracovat několika způsoby, především lisováním, vytlačováním a vstřikováním. Opláštění měděných drátů musí předcházet jejich poniklování nebo postříbření. Je to z toho důvodu, že kovové slitiny, které obsahují měď nebo železo katalyzují rozklad PCTFE.[1]

1.3.6 Použití

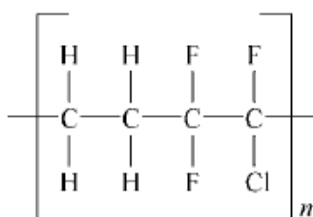
PCTFE se využívá v oblasti letectví a kosmických aplikacích, pro kryogenní těsnění, farmaceutické obaly, armatury, trubky, izolace vodičů, izolační fólie. [3]

1.4 Kopolymer ethylen-chlortrifluorethylen (ECTFE)

Tento vysoce houževnatý fluoroplast, byl uveden na trh firmou *Ausimont* pod obchodním názvem *Halar*.

Do kryogenních teplot se houževnatost materiálu nemění. Jako příklad může posloužit trubka, která odolává nárazu při $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, a zároveň ji můžeme použít při teplotě od 160 do $180\text{ }^{\circ}\text{C}$. Materiál taje při teplotě $245\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kopolymer je částečně krystalický. Zpracování probíhá při teplotě mezi 260 až $300\text{ }^{\circ}\text{C}$, vzhledem k tomu, že není hygroskopický (nenavlhá) tak se nemusí při zpracování vysoušet.[1]

ECTFE má podobné vlastnosti jako ETFE. ECTFE má vynikající výkon v širokém rozsahu teplot, a kromě toho má dobrou pevnost v tahu a ohybové opotřebení. Pevnost, odolnost proti opotřebení a odolnost proti tečení ECTFE jsou výrazně větší než u materiálů PTFE, FEP a PFA. [3]



Obr. 10 Vzorec ECTFE [4]

1.4.1 Významné vlastnosti

- velmi dobrá chemická a tepelná odolnost,
- optimální odolnost proti prostupování,
- nehořlavost,
- odolnost proti vlhkosti.[11]

1.4.2 Teplota použití

Ve srovnání s PCTFE je teplota dlouhodobého použití o něco nižší, leží při 140 °C. Můžeme jej krátkodobě použít při teplotě 180 °C. Pokud dojde k radiačnímu zasíťování polotovaru, může být používán až do 200 °C. [1]

1.4.3 Chemická odolnost

Chemická odolnost má ECTFE dobrou vůči celé řadě chemických látek, jako jsou silné kyseliny a silné zásady. Odolává silným kyselinám, zásadám a všem rozpouštědům. Nicméně, je napaden ketony, estery a aminy, zejména za zvýšené teploty. Nejsou známy žádná rozpouštědla pro ECTFE pod 120 °C.[1, 3]

1.4.4 Zpracování

Zpracování materiálu probíhá při 260 až 300 °C. Dochází k němu lisováním, vytlačováním nebo vstřikováním. Vytlačováním vznikají trubky, hadice, profily a izolace kabelů.[2]

1.4.5 Použití

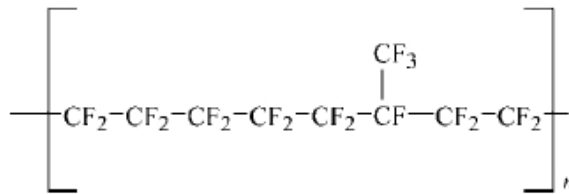
Největší využití ECTFE je v oblasti ohnivzdorné izolace vodičů a kabelů. ECTFE izolace je značně používána pro letadla, hromadnou dopravu a automobilové elektroinstalace. [3]

Může být využíván i jako práškový materiál především pro přípravu povlaků nanášených ve fluidní vrstvě nebo elektrostaticky. Tvoří povlaky různých aparatur. Dále ho lze využít jako izolační materiál pro vodiče v počítačích, v letadlech, ve výstelkách, v zařízeních chemického průmyslu, čerpadlech, atd.[1, 2]

1.5 Kopolymer tetrafluorethylen-hexafluorpropylen (FEP)

Zpracování PTFE je možné jen speciálními technologiemi vzhledem k vysoké viskozitě taveniny. Pro běžné zpracování - vystřikováním a vytlačováním termoplastů v roztaveném stavu došlo k vývoji fluoropolymerů s termoplastickým zpracováním jako je FEP. [1]

Výroba probíhá podobně jako u PTFE emulzní polymerací. Polymer je částečně krystalický (40 - 50 %). Rozmezí teploty tání je 260 až 295 °C. Nižší viskozita než u PTFE zajišťuje zpracování materiálu běžnými technologiemi. FEP lze termicky svařovat.[2]



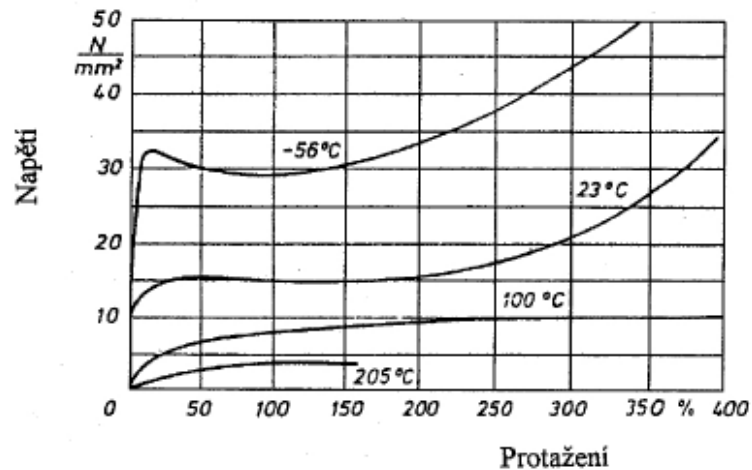
Obr. 11Vzorec FEP [4]

1.5.1 Významné vlastnosti

- vyšší houževnatost než u PTFE,
- nižší teplota použití oproti PTFE,
- chemická odolnost, povětrnostní stabilita jsou srovnatelné s PTFE,
- elektrické vlastnosti jsou podobné jako u PTFE. [1]

1.5.2 Mechanické vlastnosti

FEP má o něco horší mechanické vlastnosti v porovnání s PTFE. K těmto vlastnostem patří pevnost v ohybu, houževnatost a odolnost proti opotřebení oděrem. Naproti tomu má FEP dobré kluzné vlastnosti.[1]



Obr. 12 Pracovní diagram pro různé teploty [1]

1.5.3 Teplota použití

Rozmezí teplotního použití je u FEP od -150 do 200°C. Oproti PTFE se liší poněkud nižší teplotní stabilitou.[1, 2]

1.5.4 Chemická odolnost

FEP vykazuje vynikající odolnost vůči většině chemických látek, s výjimkou roztavených alkalických kovů (např. roztaveného sodíku nebo draslíku) a elementárního fluoru v extrémních podmínkách - za zvýšené teploty a zvýšeného tlaku. FEP je také náchylný ke koncentrované kyselině chloristé.[3]

1.5.5 Zpracování

FEP mohou být zpracovány všemi běžnými technologiemi zpracování polymerů, jako je vstřikování, vytlačování, vytlačovacím vyfukováním pro duté předměty a také sliňováním. Tavenina má nižší viskozitu než PTFE, ale i tak je zpracování poněkud obtížnější. Zpracování probíhá v rozsahu teplot 320 až 360 °C v závislosti na metodě. [3]

1.5.6 Použití

Rozšířený je pro tzv. poteflonování, neboli pro přípravu antiadhezních povlaků na kuchyňské nádobí. Dále ho lze využít při výrobě izolovaných vodičů např. pro elektrické podlahové vytápění, pro výstelky čerpadel, ventil, trubek a nádrží. FEP je potravinářsky nezávadný, proto jej může být využito pro výrobu obalů. [1, 2]

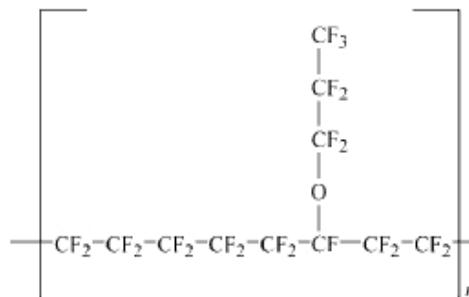
Tab. 2 Obchodní názvy FEP [1]

Obchodní název	Výrobce
TEFLON FEP	DuPont
HOSTAFLON FEP	Dyneon
NEOFLON	Daikin

1.6 Kopolymer tetrafluorethylen- perfluoralkylvinylether (PFA)

Nejmladší ze skupiny fluoropolymerů je PFA. Jde o velmi odolný plast, který je stálý i po 10 000 hodinách při 250 °C. Složením je podobný FEP, liší se tím, že ve vedlejším řetězci má obsažený kyslík. Molekulu tvoří základní řetězec polytetrafluorethylenu, na který navazují postraní řetězce perfluoralkoxy. PFA je termoplast, který nelze svařovat ultrazvukem a jeho příznivá viskozita taveniny je nižší než u PTFE. [1]

PFA se svými vlastnostmi podobá PTFE. Stejně jako PTFE se vyrábí emulzní polymerací a teplota tání se pohybuje v rozmezí 300 až 310 °C. [2]



Obr. 13Vzorec PFA [4]

1.6.1 Významné vlastnosti

- značná ohybová pevnost,
- vysoká tepelná stabilita,
- nehořlavost,
- příznivá povětrnostní stabilita.[1]

1.6.2 Teplota použití

PFA má velice vysokou teplotu dlouhodobého použití. Díky teplotě 260 °C se pohybuje nad hodnotou PTFE, nižší je však teplota tání 310 °C. Stejně jako ETFE si v nízkých teplotách udržuje hodnoty mechanických parametrů až do -200 °C. [1]

1.6.3 Chemická odolnost

PFA má stejnou výjimečnou chemickou odolnost jako PTFE. Jako u PTFE, může být napaden alkalickými kovy, tak i elementárním fluorem v extrémních podmínkách - za zvýšených teplot a tlaků. Odolává silným kyselinám, zásadám a všem rozpouštědlům. [3]

1.6.4 Zpracování

Zpracovat jej lze vstřikováním a vytlačováním. Díly strojů, které přicházejí do styku s taveninou při zpracování PFA, musí být zhotoveny z koroziivzdorných materiálů. Stejně je tomu i u ostatních fluoroplastů. Teplota zpracování se pohybuje v rozmezí 320 až 430 °C, při vstřikování má forma teplotu 170 °C. [1]

1.6.5 Použití

Materiál lze využít v široké oblasti použití. Vykládají se jím trubky, ventily a čerpadla, vhodný je na výrobu hadic i pro izolace vodičů. Lze ho využít i pro styk s potravinami, protože je nezávadný. PFA fólie jsou vhodné k použití tam, kde je žádaná vysoká chemická odolnost a antiadhezní vlastnosti současně s vysokou pevností v ohybu a to vše do výše teploty až 200 °C. [1, 2]

Tab. 3 Obchodní názvy PFA [1]

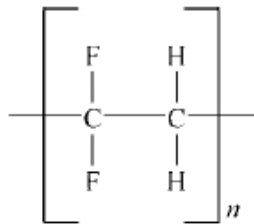
Obchodní název	Výrobce
TEFLON PFA	DuPont
HOSTAFLON PFA	Dyneon
HYFLON	Ausimont
NEOFLON PFA	Daikin

1.7 Polyvinylidenfluorid (PVDF)

PVDF je v současné době, spolu s kopolymerem FEP, nejčastěji používaný termoplast. Polymer je částečně krystalický a teplota jeho tání je kolem 170 °C. Vyznačuje se výbornou chemickou odolností i mechanickými vlastnostmi, proto je to cenný seriál

používaný pro stavbu strojů a zařízení pro chemický průmysl. Mezi další jeho vlastnosti patří nepatrná nasákavost (pod 0,03%), těžká hořlavost, výborná odolnost proti korozi a dobré antiadhezní vlastnosti. Je odolnější vůči vysokoenergetickému záření než PTFE a PCTFE. [2]

Teplota tání je nejnižší ze všech fluoropolymerů. V porovnání s ostatními fluoroplasty má PVDF nejvyšší pevnost a teplota skelného přechodu leží pod bodem mrazu -40 °C.[1]



Obr. 14Vzorec PVDF [4]

1.7.1 Významné vlastnosti

- značná mechanická pevnost a houževnatost,
- značná chemická odolnost,
- odolnost proti povětrnostním vlivům,
- poměrně vysoká tepelná stabilita.[1, 4]

1.7.2 Teplota použití

Použití PVDF je v rozmezí teploty od -60 do 150 °C. Krátkodobě je možné překročit maximální hodnotu, aniž by bylo možné pozorovat degradaci materiálu.[1]

Tab. 4 Max. teploty pro krátkodobé použití [1]

Teplota použití	Doba použití
150	přes 1 rok
260	do 12 hodin
340	do 30 minut
480	jen několik minut

1.7.3 Chemická odolnost

Při běžných teplotách odolává PVDF většině anorganických kyselin a hydroxidů, uhlovodíkům a alkoholům. Dále je odolný vůči louhům, rozpouštědlům, olejům a chladícím látkám. Naproti tomu není odolný vůči primárním aminům při vyšších teplotách. Tenké fólie materiálu neodolají horkému acetonu a silně polárním organickým látkám jako jsou ketony a estery. Chemické prvky jako měď, hliník a také železo katalyzují rozklad PVDF. [1, 2]

1.7.4 Zpracování

Zpracování se provádí běžnými zpracovatelskými technologiemi určenými pro termoplasty při teplotě 220 až 240 °C. Využívá se vstřikování, vytlačování a povlakování. Teplota taveniny je při vstřikování 250 až 270 °C a teplota formy 90 až 100 °C.[1]

1.7.5 Použití

PVDF má dobrou odolnost proti povětrnostním podmínkám, proto je možné jej využít pro venkovní ochranné povlaky v podobě práškových nátěrových hmot. [2]

Může přicházet do styku s potravinami, protože odpovídá požadavkům potravinářské nezávadnosti. Nejvíce používaný je jako těsní, čerpadla a ventily, průhledné a tuhé trubky pro HCL a HF. Dále se využívá v oblasti výroby lékařských pomůcek a balení farmaceutických výrobků. [1]

PVDF lze v současné době využít i v ropném a plynárenském průmyslu, stavebnictví, elektronice, jako komínové vložky, atd. [3]

Tab. 5 Obchodní názvy PVDF [1]

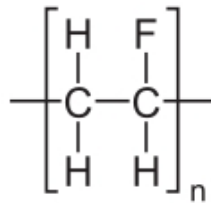
Obchodní název	Výrobce
SOLAF	Solvay
FORAFLOX	Elf Atochem
HYLAR	Ausimont
DYFLOR	Hüls

1.8 Polyvinylfluorid (PVF)

Počátkem šedesátých let uvedla firma DuPont na trh první polyvinylfluorid, tehdy byl znám pod obchodním názvem *Tedlar*.

V mnoha vlastnostech se PVF podobá PVC například malá nasákavost vody. Na rozdíl od PVC má méně příznivou hořlavost, pokud se zapálí tak pomalu hoří dál. K dostání je pouze v podobě fólie, jejich odpor je podstatně vyšší než u PVC. [1]

Materiál PVF je částečně krystalický s teplotou tání v rozmezí 185 až 210 °C. K jeho nejlepším vlastnostem patří odolnost vůči povětrnostním podmínkám a taktéž dobrá odolnost vůči UV záření. Uplatňuje se při výrobě fólií a laků určených pro vnější aplikace. [2]



Obr. 15 Vzorec PVF [12]

1.8.1 Významné vlastnosti

- fólie vykazuje trvanlivý povrch na velký rozsah povrchů vystavených povětrnostním podmínkám,
- výborná ochranná fólie na části zpracované za vysoké teploty a tlaku,
- nepřilnavé vlastnosti,
- fyziologicky nezávadný.[1, 13]

1.8.2 Teplota použití

Spolu s teplotou lineárně klesá pevnost fólie. Pro dlouhodobé použití lze využít maximální teplota u 120 °C. Naopak spodní hranice využití je -70 °C. Teplota, kdy dochází ke skelnému přechodu, je -20 °C. [1]

1.8.3 Chemická odolnost

Odolnost materiálu můžeme zařadit mezi PTFE a PCTFE. Při běžné teplotě odolá kyselinám, louhům a rozpouštědlům. Odolný je vůči uhlovodíkům a alkoholům, za tepla jej

napadají ketony. PVF je zvláštní tím, že nepodstoupí žádnou ztrátu pevnosti, pokud je po dobu 1 měsíce v tlaku ponořený do 30% kyseliny sírové při teplotě 75 °C. [1, 3]

1.8.4 Zpracování

Litím z roztoku dochází k výrobě fólií. Slinováním prašného PVF můžeme připravit povlaky na ochranu kovových povrchů proti korozi. [2]

1.8.5 Použití

Materiál má celou řadu možností kde jej použít. Nejčastěji je využíván v oblasti letectví, kosmonautice a v automobilovém průmyslu. Jeho velká povětrnostní odolnost umožňuje využití materiálu na stavbách a na střechách. Používá se také pro izolace, antikorozní úpravu kovů, krytí solárních kolektorů, atd. [1, 13]

1.9 Vlastnosti fluoropolymerů

- 1) Nepřilnavost – nepřilnavý povrch je způsobený extrémně nízkou povrchovou energií v tuhém stavu. Je jen velice malý okruh pevných látek, které přilnou na fluoroplast, a pokud se takové najdou tak se dají lehce odstranit.
- 2) Chemická odolnost – velice dobře odolávají nejagresivnějším organickým a anorganickým rozpouštědlům a chemikáliím ve velkém rozsahu teplot.
- 3) Odolnost vůči vysokým teplotám – body tání, meze tepelné degradace a zároveň teploty samovznícení jsou velmi vysoké. Jejich funkčnost je zachována i při teplotách za hranicí všech ostatních termoplastů. Nepřetržitě mohou pracovat v závislosti na typu až do 290 °C a krátkodobě do 315 °C.
- 4) Koeficient tření – ze všech známých pevných látek mají nejnižší koeficient tření, jehož hodnoty se pohybují v rozsahu 0,05 až 0,2 a to v závislosti na zatížení a typu fluoropolymeru.
- 5) Kryogenní vlastnosti – bez ztráty svých vlastností zůstávají tuhé, stabilní a plně funkční až do kryogenních teplot. [14]

Tab. 6 Technické parametry vybraných fluoropolymerů [16]

	PTFE	PVDF	ECTFE	PFA	FEP
Tvrdość	+	++	++	+	+
Pevnosť v tahu	++	+++	+++	++	+
Protážení při přetržení	++	+	++	+++	+++
Odolnosť vůči chemikáliím	+++	+++	+++	+++	+++
Sklon k tečení	+++	+	+	++	++
Teplota pro trvalé použití	+++	++	++	+++	++
Třísková obrobiteľnosť	++	++	++	+	+
Čistota	++	+++	+++	+++	+++

+++ = vysoký stupeň, ++ = střední stupeň, + = nízký stupeň

2 ZPRACOVÁNÍ FLUOROPOLYMERŮ

Zpracování a výroba různých fluoropolymerů může zahrnovat jeden nebo více z řady výrobních procesů. Mezi procesy patří - vstřikování, vytlačování, slinování (spékání), lisování, povlakování, obrábění, lepení, svařování, apod. Některé typy fluoropolymerů lze zpracovat pouze určitou operací. Např. PTFE nelze zpracovávat z důvodu vysokého bodu tání a vysoké viskozity taveniny běžnými technologiemi (procesy). [1, 5]

2.1 Vstřikování

Technologie vstřikování je nejrozšířenějším způsobem výroby požadovaných dílů z polymerů. Vstřikování je takový způsob tváření polymerních materiálů, při kterém se zplastikovaný materiál vstřikuje vysokou rychlostí a tlakem do uzavřené dutiny temperované formy. Materiál se plastikuje v plastikační jednotce, která je součástí vstřikovacího stroje. Plastikací se rozumí převedení materiálu z tuhé fáze do plastické, zpravidla účinkem tepla. Vstřikování nazýváme procesem cyklickým. [17]

Vstřikovací stroje dokážou vyrobit výrobky s dobrou rozměrovou a tvarovou přesností. Výrobky mohou mít jak jednoduchý tak i velmi složitý tvar a dají se vyrábět ve značných sériích. Jejich využití je možné v domácnostech, ve strojírenství, automobilovém průmyslu, elektrotechnice, atd.

Celý vstřikovací cyklus je realizován pomocí vstřikovacích strojů. Součástí musí být uzavírací jednotka ovládající formu (uzavírání, otevírání, vyhazování vstřiku), dále vstřikovací jednotka, která zajišťuje přípravu taveniny a její vstříknutí do uzavřené formy a řadící jednotka. [18]

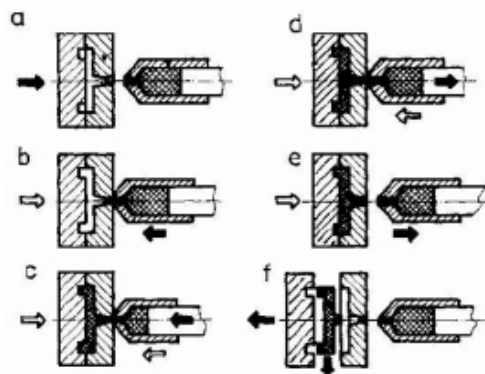
Proces vstřikování může být použit pro zpracování téměř všech druhů termoplastů. Výjimkou je teflon čili polytetrafluorethylen (PTFE). Od ostatních termoplastů se PTFE podstatně odlišuje svým chováním v tavenině. Viskozita taveniny je velice vysoká i při teplotách zpracování nad 330 °C. V omezeném množství se vstřikují i některé z reaktoplastů a kaučukové směsi. [17]

2.1.1 Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus je tvořený sledem přesně po sobě jdoucích definovaných úkonů:

- a) uzavření vstřikovací formy,
- b) přisunutí vstřikovací jednotky a dosednutí na formu,
- c) vstřik taveniny,
- d) naplnění dutiny taveninou, následuje dotlak, který eliminuje smrštění výrobku,
- e) při dotlaku začíná chlazení vstřiku, vstřikovací jednotka odjíždí do výchozí polohy a připravuje další materiál,
- f) po ztuhnutí dojde k otevření formy a vyhození vstřiku.

Po těchto úkonech se celý cyklus může opakovat. Okamžik, kdy dojde k impulsu pro uzavření formy, můžeme považovat za počátek cyklu. [18]

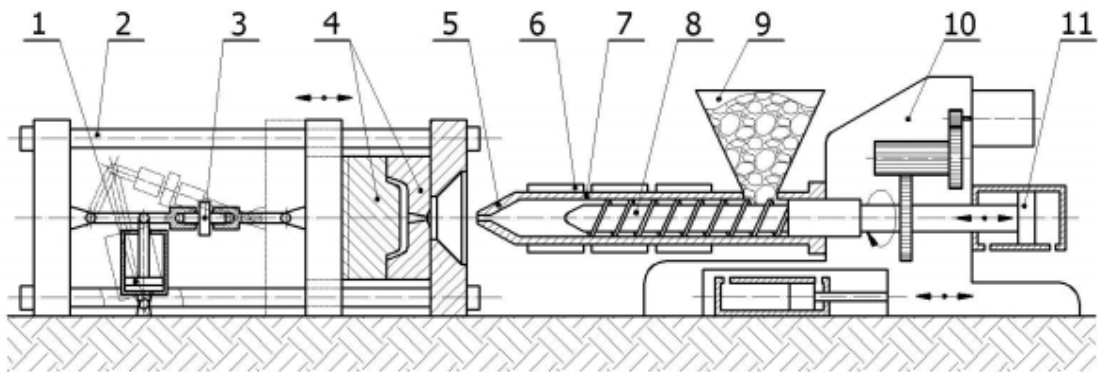


Obr. 16 Vstřikovací cyklus[18]

2.1.2 Vstřikovací stroj

Ve vstřikovacím stroji nejprve dochází k převedení tuhého materiálu v taveninu, kterou dopraví a vstříkne do dutiny formy. Následuje zafixování tvaru budoucího výrobku, který je na konci procesu vyhozen z formy.

Vstřikovacím zařízením je přímo ovlivněna kvalita vstřikovaných výrobků. Mezi výrobce vstřikovacích strojů patří např. Demag, Arburg, Engel, Nestal, atd. [19]



Obr. 17 Vstřikovací stroj [19]

1- hydraulický válec, 2- vodící sloup, 3- uzavírací mechanismus, 4- vstřikovací forma, 5- tryska vstřikovací (plastikační) jednotky, 6- topné pásy, 7- pracovní válec, 8- šnek, 9- násypka, 10- převodová skříň, 11- vstřikovací píst

2.2 Vytlačování

Vytlačování je způsob tváření, kdy je polymer v plastickém stavu vytlačován hlavou různého tvaru do volného prostoru. K tomu je zapotřebí vytlačovacích strojů, ty se starají o kontinuální nebo diskontinuální výrobu desek, tyčí, fólií, profilů, trubek a dalších výrobků. Následně dochází k fixaci tvaru a rozměru (kalibrace) a k chlazení. [18, 20]

Vytlačovací stroje se dělí podle hlavní pracovní části:

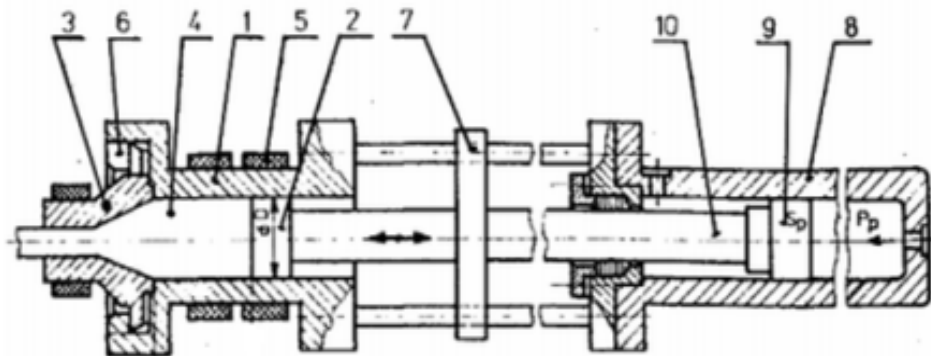
- pístové,
- diskové,
- šnekové (jednošnekové, dvoušnekové a vícešnekové),
- speciální. [18]

2.2.1 Pístové vytlačovací stroje

Hlavním pracovním prvkem je vytlačovací píst, který je s hydraulickým nebo pneumatickým pohonem. Je tvořený pohonnou a pracovní částí. Pracovní část tvoří pracovní válec a píst s vytlačovací hlavou. Propojení s pracovní částí zabezpečuje pístnice vedená v příčnicku. Pracovní válec i vytlačovací hlava mají topné pásy (tělesa).

Velikost pístového vytlačovacího stroje určuje nejvyšší vytlačovací síla, průměr a zdvih pracovního pístu. Jejich využití je vhodné pro vytlačování materiálů se špatnými

tokovými vlastnostmi (PTFE). Nevýhodné jsou pro svůj nepřetržitý (diskontinuální) chod. [18]



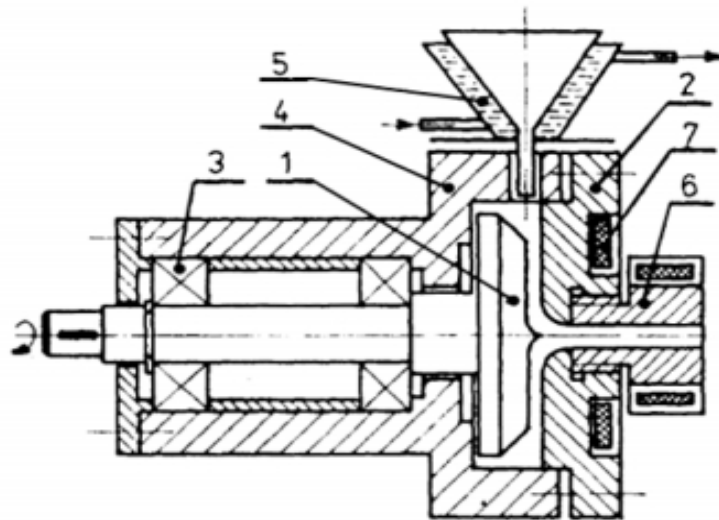
Obr. 18 Pístový vytlačovací stroj [18]

1- pracovní válec, 2- pracovní píst, 3- vytlačovací hlava, 4- vytlačovaný materiál, 5- topné těleso, 6- bajonetový uzávěr, 7- vedení pístnice, 8- hydraulický válec, 9- píst, 10- pístnice

2.2.2 Diskové vytlačovací stroje

Diskové vytlačovací stroje využívají zvláštní chování zpracovaného materiálu, který je podmíněn viskoelastickými vlastnostmi (Weissenbergův efekt). Hlavní část tvoří otáčející disk, který je uložený na ložiskách. Přední desku a čelo disku rozděljuje štěrbina. Do štěrbiny je vpraven materiál z chlazené násypky. Ten se natavuje a dopravuje účinkem elastických napětí vytlačovací hlavě. To vše v radiálním směru. Potřebné teplo k natavení materiálu je dodáno také topnými tělesy, které jsou umístěny v čelní desce a na vytlačovací hlavě.

Diskové vytlačovací stroje jsou výhodné pro svou dobrou homogenizaci taveniny a snadné ovládání plastikace. Naopak jejich nevýhodou je dosažení velmi nízkých vytlačovacích tlaků.[18]



Obr. 19 Diskový vytlačovací stroj [18]

1- rotor, 2- čelní deska, 3- ložisko, 4- těleso, 5- chlazená násypka, 6- vytlačovací hlava, 7- topné těleso

2.2.3 Šnekové vytlačovací stroje

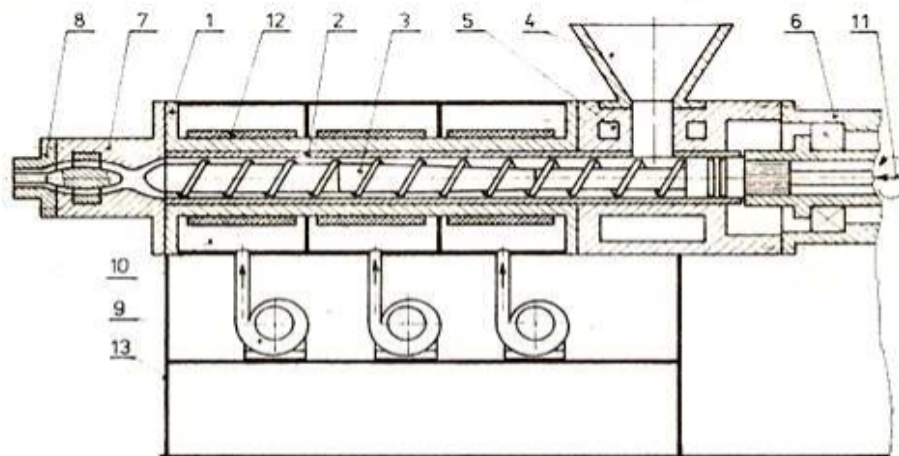
Šnekové vytlačovací stroje obsazují přední místa mezi stroji pro zpracování plastů a kaučukových směsí. Preferovány jsou vzhledem ke kontinuálnímu způsobu práce. Významné využití je u plastikačních jednotek vstřikovacích strojů. [20]

Surovina je přivedena do vytlačovacího stroje násypkou, kterou opatřují chladicí kanálky. Materiál je dopraven do pracovního válce pomocí šneku. Při průchodu pracovním válcem dochází ke hnětení, homogenizaci a plastikaci materiálu. Teplo potřebné k plastikaci je dodáváno přeměnou mechanické energie i topnými pásy na obvodu pracovního válce. Požadovaná hodnota teploty je udržována chlazením, díky vzduchu proudícím v kanálech. Vzduch zajišťují ventilátory.

Šnekové vytlačovací stroje mají výhodu vytlačování taveniny bez orientace, homogenní zamíchání polymeru se všemi přísadami doprava taveniny bez pulsací. [18]

Analýza funkce šneku:

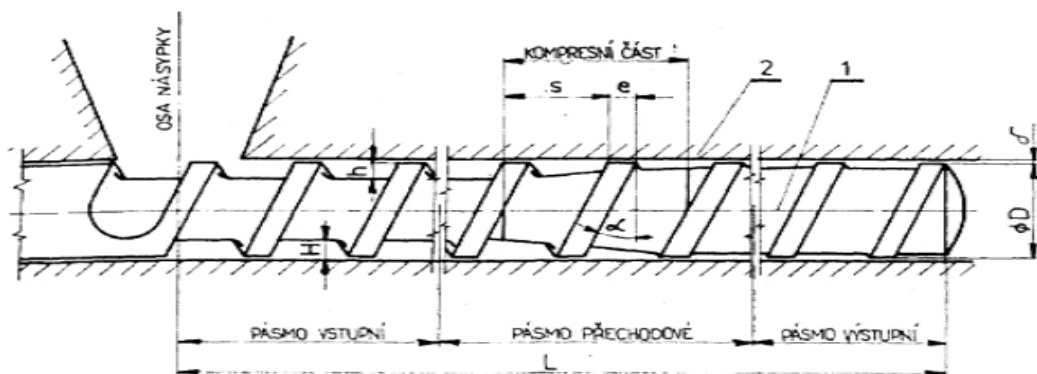
- doprava,
- komprese,
- homogenizace (současná změna stavu).



Obr. 20 Šnekový vytlačovací stroj [18]

1 - pracovní válec, 2 - vložka pracovního válce, 3- šnek, 4- násypka, 5- chladicí kanály, 6- ložisková skříň, 7- vytlačovací hlava, 8- vytlačovací hubice, 9- chladicí ventilátor, 10- chladicí kanály, 11- přívod temperančního média, 12- topné pásy, 13 – stojan

- Šnek - základní prvek šnekového vytlačovacího stroje. Válcové těleso má jednochodý nebo vícechodý závitový profil, jenž bývá navržen pro požadovaný typ materiálu. Významný je kompresní poměr, který vyjadřuje poměr objemů šnekového profilu pro jedno stoupání ve dvou místech šneku (na konci šneku a pod násypkou). [18]

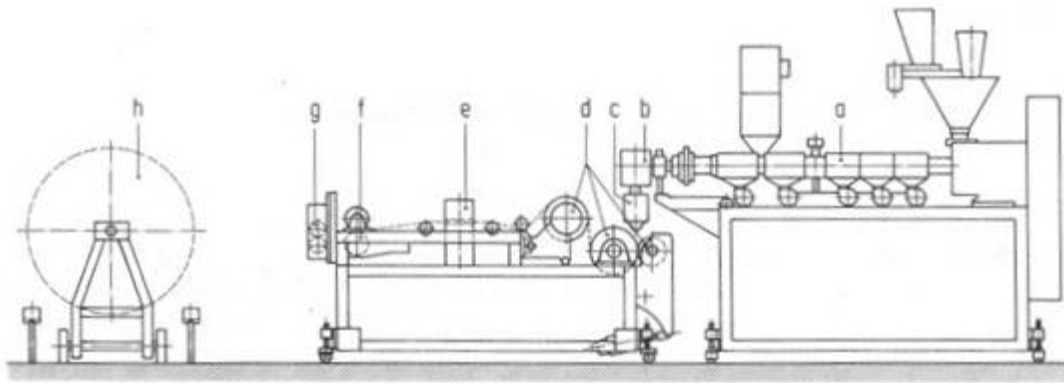


Obr. 21 Jednochodý šnek [18]

1 - šnek, 2 - pracovní válec, D - průměr šneku, L - délka šneku, s - stoupání závitu, e - vodící plocha závitu, h - hloubka šnekového profilu, H - hloubka šnekového kanálu, δ - poloviční vůle, α - úhel stoupání závitu

2.2.4 Výroba tenkých vrstev (fólií)

Linka na výrobu fólií je složena z několika částí. První z nich je vytlačovací stroj se širokoštěrbinovou vytlačovací hlavou. Vytlačovaný pás je poté odtahován další částí, tříválcovým chladicím strojem. Podle druhu zpracovaného materiálu jsou temperovány válce na určitou teplotu. Tenkým fóliím 0,05 až 0,5 mm dostačuje kontakt s chladicím válcem. U fólií 0,2 až 2 mm je vyžadováno oboustranné chlazení, protože doba chlazení materiálu je delší.[21, 22]



Obr. 22 Linka na výrobu tenkých vrstev (fólií)[21]

a- vytlačovací stroj, b- adaptér, c- vytlačovací hlava, d- chladicí válce s odtahem, e- měření tloušťky, f- úprava povrchu, g- řezací ústrojí, h- navíjecí ústrojí

2.3 Slinování

Pro zpracování PTFE lze využít proces spékání (slinování) při teplotě kolem 400 °C, což vede k soudržnosti dílů. Tato technologie probíhá ve třech fázích - stlačení (lisování), vlastní spékání a ochlazování. Tato operace vyžaduje zahřívání polymeru v pecích při vysokých teplotách. Pece musí být vybaveny dostatečně silným větráním, které dokáže odstranit plynné složky a zabránit jim ve vstupu do pracovního prostředí. Pece pracují při vysokých teplotách blízkých se 400 °C. V minulosti, bývalo toto zpracování někdy nazýváno spékáním nebo sintrováním. [5]

Lisování je prováděno při tlaku 100 - 300 Pa, u komponentů PTFE se zvyšuje tlak podle množství plniva na 300 - 350 Pa. Následně se slinované díly zahřívají na teplotu 330°C, ta se podle potřeby zvyšuje na 370 - 400 °C, pak dojde ke slinutí. Jednotlivé díly se vystaví této teplotě na dobu přibližně 5 - 10 minut, rozhodující je tloušťka stěny. Poté dochází k pomalému ochlazení na 320 °C, čímž se dosáhne vysoké krystalinity na výrobku. Nejčastěji se tento pochod zakončí mechanickým opracováním dílu. Tento speciální

postup zpracování ovlivňuje vlastnosti výrobku. Zpracovatelské parametry - lisovací tlak, slinovací teplota, slinovací čas a průběh teploty během ochlazení - se mohou různě měnit a tím ovlivní vlastnosti hotových výrobků. Ovlivněny jsou vlastnosti, mezi které patří, pevnost, pružnost a tvrdost výrobku. Výroba fólií probíhá tak, že se slinuté bloky materiálu válcují na potřebnou tloušťku. [1]

3 TECHNOLOGIE SPOJOVÁNÍ FLUOROPOLYMERŮ

Tato technologie slouží ke spojování jednotlivých dílů z plastů. Plasty lze spojovat buď navzájem mezi sebou, nebo s jinými materiály. Pro spojení můžeme použít dvě varianty, rozebíratelný způsob - šroubové spoje, nebo nerozebíratelný způsob - svařování, lepení, atd. [21]

Fluoropolymery lze spojovat:

- svařováním,
- lepením.

3.1 Svařování

Technologie svařování plastů je využívána pro trvalé spojení součástí za pomoci tepla a tlaku s přídavným materiálem nebo bez něj. Svařováním se v místě sváru nachází materiál ve viskózně-tekutém stavu. Tuto technologii lze využít pro termoplasty, které můžeme převést teplem do plastického, popř. tekutého stavu. Nelze svářet reaktoplasty, protože je po zesíťování už nelze převést do plastického stavu. Při použití dvou různých druhů plastů nebo u plněných plastů, a to jak u základních materiálů tak mezi základním a přídavným materiálem, je potřeba počítat s poklesem pevnosti svarového spoje. [21]

Při svařování fluoropolymerových dílců k sobě by se mělo provádět opatrně vzhledem k tvorbě většího množství kyseliny fluorovodíkové. Zapotřebí je mít vhodné ochranné oděvy, včetně dýchacích přístrojů, které musí být nošeny během svařování.[5]

3.1.1 Svařovací metody

Všechny svařovací metody nejsou použitelné pro všechny fluoropolymery. Obecně platí, že použitelnost svařovacích technik pro fluoropolymery souvisí s jejich reologickými vlastnostmi. Např. pro vysokou viskozitu taveniny je svařování obtížné a snižuje počet použitelných způsobů. Nejméně použitelných metod je pro PTFE, zatímco většina technik může svařovat PVDF.

Do společných metod svařování patří:

- kontaktní svařování,
- svařování horkým plynem,

- ultrazvukové svařování,
- extruzní svařování,
- laserové svařování.[23]

Rozdíl mezi jednotlivými technologiemi svařování je ve způsobu předání tepla potřebného k ohřátí, resp. k roztavení povrchů spojovaných součástí. Teplo se může předávat buď přímo (přímý kontakt s nosiči tepla, kontakt s horkým plynem) nebo přeměnou energie na teplo (přeměna mechanické energie nebo elektrické na teplo).

Způsob provedení svarového spoje je také odlišný a to hlavně z hlediska postupu provedených operací, které mohou být následující:

- svařované povrchy se nejprve k sobě přiloží a poté jsou zahřívány,
- svařované povrchy se nejprve zahřejí a poté se k sobě přiloží,
- svařované povrchy se současně k sobě přiloží současně jsou zahřívány. [21]

3.1.2 Kontaktní svařování

Kontaktní svařování, označované také za indukční, spojující povrchy ohřívá stykem s vyhřívaným (svařovacím) nástrojem. Režim ohřevu rozlišuje svařování v ustáleném, statickém, režimu (svařovací nástroj je vyhříván na konstantní teplotu) a svařování tepelným impulsem, (nástroj se během kontaktu se svařovaným povrchem rychle ohřeje a hned nato ochladí). Vyhřívání svařovací nástroj má tenký ochranný povlak (např. polytetrafluorethylen), pro zabránění přilepení ohřívajícího materiálu na kovový povrch nástroje.

Tento druh svařování je jednoduchý a univerzální způsob, může být principiálně využit pro všechny typy termoplastů. Indukční svařování se využívá pro spojování polotovarů jako fólie, trubky, desky a různé profily. Aplikuje se v oblasti konstrukce chemických zařízení, stavebnictví a obalové technice. [22]

3.1.3 Extruzní svařování

Svařování vytlačovaným přídavným materiálem (tzv. extruzní svařování), je postup vyvinutý pro svařování tenkostěnných polotovarů. Proces spočívá ve vytlačení taveniny spojovacího materiálu mezi spojované povrchy. Ty ohřeje na potřebnou svařovací teplotu a spojí se s nimi za vzniku sváru. Předehřev horkým vzduchem může někdy usnadnit ohřev

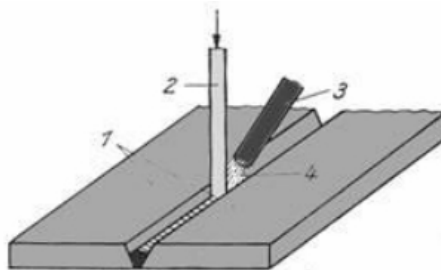
spojovaných povrchů. Svařovat lze buď bez kontaktu svařovací hubice s díly, které chceme spojit, nebo při kontaktu hubice s povrchy.

Pro extruzní svařování jsou konstruovány dva typy strojů: s oddělenou plastikační jednotkou nebo jako ruční s malým extrudérem přímo ve svařovací hlavě. Stroje jsou zásobované práškem, granulátem nebo páskem polymeru. Výměnná hubice slouží k tomu, aby zařízení vyhovovalo rozmanitým požadavkům uživatelů.

Jedná se o relativně novou metodu, která ovšem získává stále větší uplatnění díky své jednoduchosti, produktivitě, technologickým možnostem a velmi dobré kvalitě sváru. [22]

3.1.4 Svařování horkým plynem

Tímto způsobem dochází ke svařování termoplastů, kdy dochází k ohřátí spojovaných povrchů a přídavného materiálu na teplotu svařování pomocí proudu horkého plynu (např. vzduch, dusík, oxid uhličitý). Svařování horkým plynem se používá pro výrobu a opravu komponentů z termoplastů. Jeho předností je svařování různě tlustých dílů a libovolné umístění svarů i složitých tvarů. [22, 23]



Obr. 23 Svařování horkým plynem [21]

1- základní materiál, 2- přídavný materiál,
3- tryska pistole, 4- horký vzduch

3.1.5 Svařování ultrazvukem

Svařování ultrazvukem zajišťují mechanické kmity o frekvenci 20 až 50 kHz vyvozené generátorem ultrazvuku. Generátor nejčastěji pracuje na tzv. magnetostrikčním jevu, což je změna rozměrů těles z feromagnetických látek vlivem magnetického pole. Střídavý elektrický proud se přivede do vinutí měniče, kde dojde ke střídavým změnám rozměrů feromagnetického jádra a ke vzniku mechanických kmitů o dvojnásobné frekvenci. Amplituda

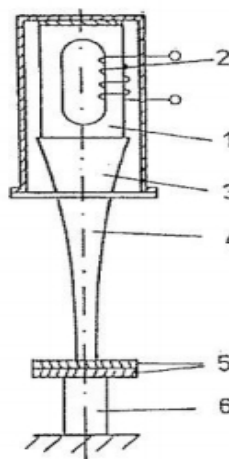
vzniklých kmitů je malá, a tak musí dojít vhodným mechanickým transformátorem kmitů k jejich zvětšení.

Pro ohřev materiálu při svařování ultrazvukem je potřeba pohlcování energie mechanických vibrací. Spoje tvořené ultrazvukem vznikají při nižších teplotách, než dovolují ostatní svařovací metody.

Ultrazvukové svařování má některé zvláštnosti dané způsobem ohřevu:

- velmi rychle dochází k ohřevu materiálu na svařovací teplotu - trvá řádově sekundy až zlomky sekund,
- tvorbu spoje urychluje působení ultrazvukových vln na ohřátý materiál, zkracuje cyklus a zajišťuje svařování při nízkých teplotách,
- materiály je možné svařovat i v místech vzdálených od povrchu, na který je přiváděna energie,
- na základě fyzikálně-mechanických vlastností lze svařit ultrazvukem polymerní materiály,
- není potřeba předchozí očištění povrchů od nečistot.

Svařovat lze v blízkém poli (kontaktní svařování) nebo ve vzdáleném poli od sonotrody. Materiál určený ke svařování se klade mezi svařovací nástroj (sonotrodu) a opěrnou desku (oporu). [22]



Obr. 24 Princip svařování ultrazvukem [22]

1- magnetostrikční měnič, 2- cívka měniče, 3- transformátor,
- svařovací nástroj, 5- svařované díly, 6- podpěra

3.2 Lepení

Technologickým procesem lepení materiálů se vytvoří spojení dvou stejných nebo odlišných materiálů, které nelze po spojení rozebrat. Spojení probíhá za použití adheziva (lepidla).

Výhody lepených spojení:

- nepropustné pro kapaliny, i plyny,
- nezhorší se mechanické vlastnosti (např. vrtání otvorů pro nýtové spojení),
- snadný postup,
- spojení dílů různé velikosti a tloušťky.

Nevýhody lepených spojení:

- bezchybná příprava povrchu,
- doba, kdy je nutné počkat na zatuhnutí lepidla,
- malá odolnost proti odlupování. [21, 22]

Jedním z atributů fluorovaných polymerů je antiadhezivní povrch, což je užitečné pro nesčetné aplikace. Tato vlastnost vyjadřuje obtížné lepení těchto plastů k sobě. Mnoho aplikací vyžaduje spojování fluoropolymerových komponentů lepením.

Povrch z fluoropolymeru by měl být pečlivě očištěn organickým rozpouštědlem jako je aceton. Slouží k odstranění oleje a jiných nečistot, které mohou způsobit špatnou pevnost lepeného spoje. [23]

Vytvoření kvalitního lepeného spoje vyžaduje:

- správný návrh konstrukce spoje,
- kvalitní úpravu lepených ploch,
- vhodnou volbu materiálů (tj. výběr lepidla a materiálů lepených ploch),
- přesný postup při použití zvoleného lepidla. [21]

Dělení lepidel:

- Roztoková lepidla - lepení termoplastů, např. PS, PC, ABS.
- Tavná lepidla - nutné přenesení do plastického roztaveného stavu, lepení ukončuje ochlazení, je nutné přesně dodržovat teplotní režim.
- Tvrditelná lepidla - vysoká adheze. [21]

Rozdělení termoplastů podle lepení:

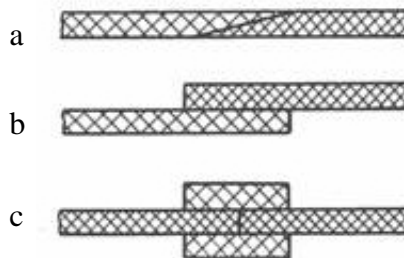
- Dobře lepitelné (střední polarita) - např. PS, PMMA, PVC, PC
- Obtížně lepitelné (silná polarita) - např. PET, PA
- Možnost lepení po náročné úpravě povrchu - patří sem fluoropolymery (např. lepidlem typu 3M DP 8005/8010). [21]

Základní principy respektované u lepených spojů:

- nejvyšší pevnost spoje je orientována ve směru maximálního napětí,
- co největší plocha lepeného spoje,
- rovnoměrná a co nejtenčí vrstva lepidla. [22]

Druhy lepených spojů:

- zkosený (obr. 25a)
- přeplátovaný, (obr. 25b)
- se stykovou deskou. (obr. 25c)



Obr. 25 Druhy lepených spojů[21]

4 SHRNU TÍ TEORETICKÉ ČÁSTI

Teoretická část diplomové práce je tvořena třemi kapitolami. V první kapitole je popsána charakteristika fluoropolymerů a dále zde nalezneme popis jednotlivých druhů fluoroplastů. Jsou zde zmíněny jejich významné vlastnosti, teplota použití, chemická odolnost, zpracování a také kde se jednotlivé druhy používají. Na konci této kapitoly jsou rozebrány důležité vlastnosti, kterými se odlišují od ostatních polymerů.

Druhá kapitola je věnována zpracování fluoropolymerů. Zařazeny jsou zde technologie, jako je vstřikování, vytlačování a slinování (spékání). U vytlačování jsou popsány jednotlivé druhy vytlačovacích strojů (pístové, diskové, šnekové).

Poslední třetí kapitola se věnuje problematice spojování fluoropolymerů svařováním a lepením. Je zde rozebrán popis kontaktního svařování, svařování horkým plynem, extruzní a ultrazvukové svařování. U lepení jsou zmíněny výhody, nevýhody a druhy lepených spojů. Lepení fluoroplastů je obtížné oproti jiným plastům, neboť mají antiadhezivní povrch.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

Na základě dohody o mlčenlivosti uzavřené s firmou Robert Bosch spol. s.r.o. podléhá praktická část diplomové práce utajení.

5 PŘEDSTAVENÍ FIRMY

Společnost Robert Bosch v Českých Budějovicích (RBCB) byla založena 1. května 1992 jako společný podnik stuttgartského koncernu Bosch GmbH a Motoru Jikov a. s. V roce 1995 se koncern Bosch stal jediným vlastníkem společnosti v Českých Budějovicích.

V roce 1995 pracovalo v závodě 805 zaměstnanců, obrat byl přibližně 36 milionů EUR. V roce 2012 vzrostl počet zaměstnanců na 2535 a obrat činil kolem 394 milionů EUR. Zaměstnanci, kterých je nyní přes 2700, se podílí na výrobě a vývoji komponentů do osobních automobilů.

Výrobní program obsahuje nádržové čerpadlové moduly, rozvaděče paliva/zpětné vedení paliva, plynové pedály, sací moduly, škrťící klapky, víka hlav válců a moduly pro redukci NO_x. Společnost RBCB vyváží zboží téměř do všech evropských, tak i do některých asijských, japonských a jihoamerických automobilek.



STANOVENÍ CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Hlavním cílem diplomové práce bylo měření teploty v místě svaru smršťovací trubky s izolací přívodních vodičů k NTC (teplotnímu senzoru), aby bylo zjištěno, jestli je nastavená svařovací teplota dostačující pro správné natavení a těsné spojení jednotlivých ochranných komponent.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] SOVA, M.; KREBS, J. *Termoplasty v praxi. Svazek 1.*, Praha: Verlag Dasöfer, 2001. ISBN 80-862-2915-7
- [2] MLEZIVA, J.; ŠŇUPÁREK, J. *Polymery - výroba, struktura, vlastnosti, a použití*, 2.vyd.; Praha: Sobotáles, 2000, 544 s. ISBN 80-85920-72-7
- [3] SCHEIRS, J. *Fluoropolymers - Technology, Markets and Trends*, Smithers RapraTechnology, 2001. ISBN 978-1-85957-273-3
- [4] MCKEEN; LAURENCE, W. *Fatigue and Tribological Properties of Plastics and Elastomers*, Elsevier, 2010. ISBN 978-0-08-096450-8
- [5] EBNESAJJAD, S. *Fluoroplastics - Melt Processible Fluoropolymers*, William Andrew Publishing/Plastics Design Library, 2003. ISBN 978-1-884207-96-9
- [6] Titeflex. *Automotive hose of PTFE*. [online]. [cit. 2013-10-27]. Dostupné z: <http://www.titeflex.com/transportation/products/Titeflex_Transportation_Catalog.pdf>.
- [7] Technicoat. *Povlakování technickými fluoroplasty, funkční povlaky a prodej PTFE dílů*. [online]. [cit. 2013-10-29]. Dostupné z: <<http://www.technicoat.cz/cz/page/177/automobilovy.html>>.
- [8] Elektrické kabely. [online]. [cit. 2013-11-06]. Dostupné z: <<http://www.encables.cz/data/elektricke-kabely-obecne.pdf>>.
- [9] DOLEŽAL, V. *Plastické hmoty*, 3.vyd.; Praha SNTL, 1977. 385 s.
- [10] Zeus. *ETFE*. [online]. [cit. 2013-11-12]. Dostupné z: <<http://www.zeusinc.com/extrusionservices/materials/etfe.aspx>>.
- [11] Zeus. *ECTF*. [online]. [cit. 2013-11-12]. Dostupné z: <<http://www.zeusinc.com/technicalservices/technicalbulletins/extrudedresinproperties/ectfe.aspx>>.
- [12] Siva Chemical Industries. *PVF resins*. [online]. [cit. 2013-11-15]. Dostupné z: <<http://www.indiamart.com/siva-chemical/synthetic-resins.html>>.
- [13] DuPont. *Tedlar PVF Film*. [online]. [cit. 2013-11-15]. Dostupné z: <http://www2.dupont.com/Tedlar_PVF_Film/en_US/>.

- [14] Baltro. *Fluoroplasty - obecně*. [online]. [cit. 2013-11-15].
Dostupné z: <<http://www.baltro.cz/cz/page/2462/fluoroplasty.html>>.
- [15] LAZÁR, M.; RADO, R.; KLIMAN, N. *Fluóruhlíkové plastické látky*, 1.vyd.; Slovenské vydavateľstvo technickej literatury: Bratislava, 1960. 253 s.
- [16] Přehled technických plastů. *FTP*. [online]. [cit. 2013-11-20]. Dostupné z:
<http://www.feronathysen.cz/cms_dokumenty/ftp-prehled-technickyh-plastu.pdf>.
- [17] SOVA, M.; KREBS, J. *Termoplasty v praxi. Svazek 2.*, Praha: Verlag Dasöfer, 2001. ISBN 80-862-2915-7
- [18] MAŇAS, M.; HELŠTÝN, J. *Výrobní stroje a zařízení. Gumárenské a plastikářské stroje II*, VUT Brno, 1990. 199 s. ISBN 80-214-0213-X
- [19] RAUWENDAAL, CH. *Statistical Process Control in Injection Molding and Extrusion*, 1.vyd.; Munchen (Germany): Hanser Publishers, 2000. ISBN 1-56990-285-2
- [20] ŠTĚPEK, J.; ZELINGER, J.; KUTA, A. *Technologie zpracování a vlastnosti plastů*, 1.vyd.; Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1989. 637 s.
- [21] LENFELD, P. *Technologie II: Doplnkové technologie pro zpracování plastů*. [online]. [cit. 2013-12-08]. Dostupné z:
<http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/12.htm#121>.
- [22] KUTA, A. *Technologie a zařízení pro zpracovávání kaučuků a plastů*, 1.vyd.; Praha: VŠCHT, 1999. 203 s. ISBN 80-7080-367-3
- [23] EBNESAJJAD, S.; SINA, K.; PRAPID, R. *Fluoropolymers Applications in Chemical Processing Industries*, William Andrew Publishing/Plastics Design Library, 2005. ISBN 978-0-8155-1502-9
- [24] Emisní norma EURO. *Přehled limitů jednotlivých emisních norem EURO*. [online]. [cit. 2014-3-10].
Dostupné z: <<http://cs.autolexicon.net/articles/emisni-norma-euro/>>.
- [25] Termočlánky. *Snímače pro měření teploty*. [online]. [cit. 2014-3-20].
Dostupné z: <http://www.omegaeng.cz/prodinfo/thermocouples.html>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

RBCB	Robert Bosch České Budějovice
PTFE	Polytetrafluorethylen
ETFE	Kopolymer ethylen-tetrafluorethylen
PCTFE	Polychlortrifluorethylen
ECTFE	Kopolymer ethylen-chlortrifluorethylen
FEP	Kopolymer tetrafluorethylen-hexafluorpropylen
PFA	Kopolymer tetrafluorethylen- perfluoralkylvinylether
PVDF	Polyvinylidenfluorid
PS	Polystyrén
PC	Polykarbonát
ABS	Akrylobutadienstyren
PMMA	Polymethylmetakrylát
PVC	Polyvinylchlorid
PET	Polyetylentereftalát
PA	Polyamid
SCR	Selektivní katalytická redukce
NH ₃	Amoniak
CO ₂	Oxid uhličitý
CO	Oxid uhelnatý
NO	Oxid dusíku
PM	Saze
NTC	Negativní teplotní koeficient
DOE	Návrh a analýza experimentu

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1</i> Vzorec PTFE [4]	14
<i>Obr. 2</i> Pracovní diagram PTFE pro různé teploty [1].....	15
<i>Obr. 3</i> Komponenty PTFE [3]	17
<i>Obr. 4</i> Opláštěná hadice[6].....	17
<i>Obr. 5</i> Vzorec ETFE [4]	19
<i>Obr. 6</i> Část čerpadla z ETFE[3]	21
<i>Obr. 7</i> ETFE kompozitní hadice [5]	21
<i>Obr. 8</i> ETFE izolace kabelu [3]	22
<i>Obr. 9</i> Vzorec PCTFE [4]	23
<i>Obr. 10</i> Vzorec ECTFE[4]	24
<i>Obr. 11</i> Vzorec FEP [4]	26
<i>Obr. 12</i> Pracovní diagram pro různé teploty [1]	27
<i>Obr. 13</i> Vzorec PFA [4]	28
<i>Obr. 14</i> Vzorec PVDF [4]	30
<i>Obr. 15</i> Vzorec PVF [12]	32
<i>Obr. 16</i> Vstřikovací cyklus[18].....	36
<i>Obr. 17</i> Vstřikovací stroj [19]	37
<i>Obr. 18</i> Pístový vytlačovací stroj [18]	38
<i>Obr. 19</i> Diskový vytlačovací stroj [18]	39
<i>Obr. 20</i> Šnekový vytlačovací stroj [18]	40
<i>Obr. 21</i> Jednochodý šnek [18].....	40
<i>Obr. 22</i> Linka na výrobu tenkých vrstev (fólií)[21]	41
<i>Obr. 23</i> Svařování horkým plynem[21]	45
<i>Obr. 24</i> Princip svařování ultrazvukem [22]	46
<i>Obr. 25</i> Druhy lepených spojů[21].....	48

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Obchodní názvy PTFE[1]</i>	18
<i>Tab. 2 Obchodní názvy FEP [1]</i>	28
<i>Tab. 3 Obchodní názvy PFA[1]</i>	29
<i>Tab. 4 Max. teploty pro krátkodobé použití [1]</i>	30
<i>Tab. 5 Obchodní názvy PVDF [1]</i>	31
<i>Tab. 6 Technické parametry vybraných fluoropolymerů [16]</i>	34

SEZNAM PŘÍLOH

P I Vlastnosti fluoropolymerů

PŘÍLOHA P I: VLASTNOSTI FLUOROPOLYMERŮ

Vlastnost	Jednotka	PTFE	ETFE	PCTFE	ECTFE	FEP	PFA	PVDF	PVF
Fyzikální vlastnosti									
Hustota	g/cm ³	2,15-2,20	1,7	2,10-2,12	1,68-1,7	2,12-2,17	2,12-2,17	1,7	1,38-1,57
Mechanické vlastnosti									
Modul pružnosti v tahu	Mpa	408	1100	1050-2110	1690	350	-	840	1800
Modul pružnosti v ohybu	Mpa	-	1410	-	1690	-	840	1400	-
Pevnost v tahu	Mpa	25-36	30-54	32-40	49	22-28	32	45	49-127
Pevnost v ohybu	Mpa	-	-	52-69	49	-	-	-	-
Tažnost	%	350-550	400-500	128-175	150-450	250-330	300	100-400	115-250
Pevnost v tlaku	Mpa	12	-	32-52	-	16	-	-	-
Rázová houževnatost Charpy 23°C	kJ/m ²	-	-	-	-	-	-	-	-
Vrubová houževnatost Charpy 23°C	kJ/m ²	16	-	-	-	-	-	-	-
Tvrdost Shore D	-	50-65	75	76-80	-	55	-	-	-
Teplné vlastnosti									
Tvarová stálost za tepla ISO 75A (1,8MPa)	°C	-	71	-	77	-	-	-	-
Tvarová stálost za tepla ISO 75B (1,8MPa)	°C	121	104	126	116	70	-	-	-
Nejvyšší krátkodobá teplota použití	°C	300	220	180	170	250	-	-	-
Nejvyšší dlouhodobá teplota použití	°C	250	150	150	140	205	260	150	100-120
Teplota tání krystalů	°C	327	270	216	190	290	-	-	-
Koeficient teplotní roztažnosti	10 ⁻⁵ /K	10	4	6	8	8	12	8,5	-
Teplotní vodivost	W/mK	0,25	0,23	0,22	0,15	0,25	-	-	-
Měrné teplo	kJ/kgK	1	0,9	0,9	1	0,12	-	-	-
Ostatní vlastnosti									
Propustnost pro světlo	-	opakni	průhledný v tenké vrstvě	průsvitný až opakni	průsvitný až průhledný	průsvitný až průhledný	průhledný až opakni	průsvitný až průhledný	průsvitný až průhledný
Index lomu	-	1,35	1,4	1,43	-	1,34	-	1,42	1,45
Hořlavost	-	nehořlavý	nehořlavý	nehořlavý	nehořlavý	nehořlavý	nehořlavý	samozhašivý	pomalú hoří