

Databáze vlastností polymerů pro expertní systém

Miloslava Slížová

Bakalářská práce
2005



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

ABSTRAKT

Abstrakt česky

Tato práce se zabývá popisem vlastností a obchodními názvy nejběžnějších polymerů, se kterými se setkáváme v každodenním životě. Jde vlastně o databázi pro expertní systém, který na základě odpovědí na otázky dokáže co nejpřesněji identifikovat druh polymeru, ze kterého je zkoumaný materiál složen. Pak také můžeme zjistit, jaké má materiál vlastnosti a u které firmy, nebo pod jakým obchodním názvem ho lze hledat.

Abstrakt ve světovém jazyce

This thesis deals with description of characteristics and business names of the most common polymers, with which we can get in touch in our daily lives. It is a database for expert system, which is able, according to ordinary question and based on answers, to choose the exact type of polymers contained in materials. We can identify characteristics of material or company's and product's name used frequently in production. This database is also possible to apply as high-quality assistance for development of imagination and expert opinions.

Chtěla bych poděkovat vedoucímu bakalářské práce doc. RNDr. Petrovi Ponížilovi, Ph.D za odborné vedení, pomoc, připomínky, pozornost a cenné rady, které mi věnoval při vypracování mé bakalářské práce.

Prohlašuji, že jsem na celé bakalářské práci pracovala samostatně a použitou literaturu jsem citovala.

Ve Zlíně, 14.6. 2005

.....

jméno diplomanta

ÚVOD.....	6
1 POLYMERY.....	7
1.1 RÁMCOVÉ DĚLENÍ POLYMERŮ	7
1.1.1 Podle technických vlastností	7
1.1.2 Podle změny jejich vlastností s teplotou	7
1.1.3 Podle způsobu zpracování a užívání	7
1.2 PODROBNĚJŠÍ DĚLENÍ POLYMERŮ	7
1.2.1 Podle modulu pružnosti (resp. poddajnosti)	7
1.2.2 Podle nejvhodnějšího použití	7
1.3 VÝHODY POLYMERŮ, RESP. POLYMERNÍCH MATERIÁLŮ	8
1.4 NEVÝHODY POLYMERŮ, RESP. POLYMERNÍCH MATERIÁLŮ	8
1.5 SOUČASNÝ STAV VÝVOJE	8
1.5.1 Tendence vývoje	8
2 PODMÍNKY PRO ZPRACOVÁNÍ POLYMERŮ.....	9
2.1 ROZPUSTNOST POLYMERŮ	9
2.1.1 Druhy rozpouštědel	9
2.2 SMĚŠOVÁNÍ S NÍZKOMOLEKULÁRNÍMI PŘÍSADAMI	9
2.3 SMĚŠOVÁNÍ POLYMERŮ NAVZÁJEM	9
2.4 ZMĚKČOVÁNÍ POLYMERŮ	9
2.4.1 Typy změkčovadel	9
2.5 BOTNÁNÍ POLYMERŮ	9
2.6 CHEMICKÁ ODOLNOST POLYMERŮ	10
3 ZÁKLADNÍ SUROVINY PRO VÝROBU POLYMERŮ	11
3.1 FOSILNÍ ZDROJE	11
3.1.1 Ropa	11
3.1.2 Uhlí	11
3.2 RECENTNÍ ZDROJE	11
4 TERMOPLASTY	12
4.1 POLYOLEFINY	12
4.1.1 Polyetylén (PE)	12
4.1.2 HDPE	13
4.1.3 LDPE	13
4.1.4 Polypropylén	14
4.2 VINÝLOVÉ POLYMERY	15
4.2.1 Polyvinylchlorid (PVC)	15
4.3 POLYVINYLACETÁLY	17
4.3.1 Polyvinylbutyral (PVB)	17
4.4 FLUOROPLASTY	18
4.4.1 Polytetrafluoretylén (PTFE)	18
4.5 POLYMERY A KOPOLYMERY STYRÉNU	20

4.5.1	Polystyrén (PS).....	20
4.5.2	Houževnatý polystyrén (HIPS)	22
4.5.3	Styrénakrylonitril (SAN).....	22
4.5.4	Akrylonitrilbutadiénstyrén (ABS).....	23
4.6	POLYESTERY	23
4.6.1	Polymethylmetakrylát (PMMA)	23
4.6.2	Polyetyléntereftalát (PETP)	25
4.6.3	Polykarbonát (PC).....	26
4.7	POLYACETÁLY	28
4.7.1	Polyoxymetylén (POM)	28
4.8	POLYMERY OBSAHUJÍCÍ DUSÍK	29
4.8.1	Polyamid (PA).....	29
5	TERMOSETY (REAKTOPLASTY).....	31
5.1	FENOPLASTY	31
5.1.1	PF	31
5.2	AMINOPLASTY	31
5.2.1	Melaminformaldehydové pryskyřice (MF).....	31
5.2.2	Močovinoformaldehydové pryskyřice (UF)	32
5.3	SILIKONY	32
5.3.1	Silikonový kaučuk (SIK).....	32
5.4	CELULÓZA (CEL).....	32
6	OBCHODNÍ NÁZVY POLYMERŮ	34
7	ZÁVĚR.....	36
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	37
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	38
	SEZNAM OBRÁZKŮ	39

ÚVOD

Lidé se setkávají s makromolekulárními látkami už od nepaměti. Lze říct, že všechny pevné produkty rostlinného i živočišného původu se skládají z velkých molekul, makromolekul. Řada technologických procesů, při kterých se pracovalo s přírodními makromolekulárními látkami byla empiricky vyvinuta v době, kdy znalosti o probíhajících reakcích byly dost omezené. Do dnešní doby ale dospěly znalosti o polymerech k ohromnému vývoji.

Historie makromolekulárních látek, a s nimi souvisejících plastických hmot, je relativně krátká. V roce 1839 získal Simon první polystyrén, přípravu polyetylenoxidu popsal Lorenzo již v roce 1860. První polyamid připravil Piutti v roce 1883 polykondenzací kyseliny m-aminobenzoové. Roku 1907 Belgičan Leo Baekeland objevil tmavou, plastickou hmotu, kterou do té doby chemici nebrali na zřetel, neboť se snažili vždy získat krystalickou, čistou látku. Při studiu vzniku polymerů se mu podařilo připravit plast, který je po něm nazýván bakelit. Bakelity mají široké využití při výrobě předmětů každodenní potřeby a elektrických zařízení. Jsou to materiály odolné proti teplu a jsou dobrými elektrickými izolátory. K zvýšení pevnosti a pružnosti se do nich vkládají textilie. Chemici se po objevení tmavého bakelitu snažili nalézt plast s podobnými vlastnostmi, ale světlejší barvou.

Potom byly do výroby zaváděny stále nové a nové plastické hmoty, které jsou neustále předmětem různých výzkumů. Jde především o zkoumání vlastností, které jednotlivý materiál složený z různých polymerů vykazuje, abychom ho pak mohli co nejefektivněji využít.

Když se podíváme na uplatnění polymerních materiálů v praxi v současné době, je jasné, že žádná průmyslová oblast nezaznamenala většího a razantnějšího pokroku. Polymery se uplatňují v každém průmyslovém odvětví. Proto je důležité, aby naše poznatky o vlastnostech jednotlivých polymerů byly co možná nejlepší.

Tato bakalářská práce je součástí komplexního projektu, který má za cíl vytvořit internetový expertní systém (klíč) sloužící k identifikaci běžných polymerů. Jakub Kalus vybral polymery zařazené do klíče, provedl experimenty, sestavil a doplňuje databázi vlastností pro identifikaci polymerů. Radim Mikulaj naprogramoval klíč v PHP a navrhl algoritmus vyhodnocování. Mým podílem a úkolem bylo sestavení souboru podrobnějších popisů jednotlivých polymerů zařazených do databáze a jejich vlastností, které mají vliv na efektivní funkčnost výrobků. Dále pak vytvoření tabulky obchodních názvů polymerů a jejich výrobců, která umožní vyhledávání údajů podle různých kritérií.

Klíč k identifikaci polymerů je dostupný na adrese <http://fyzika.ft.utb.cz/klic/>.

1 POLYMERY

Z polymerů sestávají dva nejdůležitější druhy organické hmoty. Je to celulóza a bílkoviny. Kdyby nebylo biopolymerů, člověk a jeho svět by nemohl existovat. V poslední době dochází k úžasnému rozmachu výroby polymerů, které se v přírodě nevyskytují. Poptávka je velká hlavně proto, že polymery mohou nahrazovat klasické materiály, jako kovy, keramiku, sklo, dřevo, kůži, vlnu, přírodní kaučuk aj. Suroviny na jejich výrobu jsou poměrně levné a hlavně dostupné. Jsou také snadno zpracovatelné. Mají ovšem i nějaké nevýhody, jako například nízká tuhost, stárnutí. Použitelnost je omezená teplotou, špatná je i regenerace odpadu. Ale tyto nevýhody nepřevyšují jejich přednosti.

1.1 Rámcové dělení polymerů

1.1.1 Podle technických vlastností

Podle technických vlastností lze polymery rozdělit na:

- elastomery
- plastomery

1.1.2 Podle změny jejich vlastností s teplotou

- termoplasty
- reaktoplasty (termosety)

1.1.3 Podle způsobu zpracování a užívání

- vstřikovací, vytlačovací a lisovací hmoty
- licí pryskyřice
- lehčené hmoty, vrstvené a vystužené hmoty (kompozity)
- obalové materiály, lékařská pojiva, vlákna
- kaučuky, lepidla, pomocné prostředky

1.2 Podrobnější dělení polymerů

1.2.1 Podle modulu pružnosti (resp. poddajnosti)

- elastomery vykazující vysokou elasticitu a nízký modul
- plasty z nízkým modulem (do 1 GPa) - ohebné, (po PP)
- plasty s vyšším a vysokým modulem (konstrukční, tuhé plasty)

1.2.2 Podle nejvhodnějšího použití

- polymery používané na výrobu běžných spotřebních předmětů různé tuhosti, včetně konstrukčních strojních dílů: jsou to lineární, nesíťované, krystalické i amorfny polymery rozličného chemického složení
- polymery používané k výrobě vysoce elastických předmětů v teplotním rozsahu -80°C až $+140^{\circ}\text{C}$ (např. pneumatiky)
- polymery vhodné pro výrobu vláken a fólií - převážně lineární polymery - jsou dloužitelné (PA, PET)
- polymery pro výrobu nátěrových hmot - většinou síťovatelné
- polymery pro speciální účely (PVB, PTFE, epoxid. lepidla)

1.3 Výhody polymerů, resp. polymerních materiálů

- náhrada jiných materiálů (kov, dřevo) a nové vlastnosti
- ekonomická náhrada drahých materiálů
- snadné zpracování
- malá měrná hmotnost, dobré izolační vlastnosti, odolnost proti korozi
- velká variabilita

1.4 Nevýhody polymerů, resp. polymerních materiálů

- teplotní omezení jejich použitelnosti
- relativně nízká tuhost výrobků (nízký modul pružnosti)
- tvorba a přetrvávání elektrostatického náboje
- stárnutí polymerů
- komplikovaná regenerace (recyklace) odpadů

1.5 Současný stav vývoje

- v podstatě ukončený vývoj druhů polymerů a jejich monomerů

1.5.1 Tendence vývoje

- modifikace masově vyráběných polymerů
- zvyšování zdravotní nezávadnosti (odstranění různých nečistot)
- snižování hořlavosti (např. ve stavebnictví)

2 PODMÍNKY PRO ZPRACOVÁNÍ POLYMERŮ

2.1 Rozpustnost polymerů

Při rozpustnosti polymerů platí zákony termodynamiky. Samovolnost rozpouštění závisí na:

- délce řetězce (s délkou řetězce rozpustnost klesá)
- příbuznosti polarit rozpuštědla a polymeru
- teplotě (s rostoucí teplotou stoupá rychlost rozpouštění)

2.1.1 Druhy rozpouštědel

- ideální - neexistují, jen pseudoideální
- dobrá - rozvíjejí polymerní klubko
- špatná - sbalují molekuly

2.2 Směšování s nízkomolekulárními přísadami

Jsou-li tyto přísady tekuté, řídí se stejnými pravidly jako rozpouštění. Jsou-li tuhé, pak jej ovlivňuje dispergovatelnost resp. jejich snadnost zamíchání do polymeru.

2.3 Směšování polymerů navzájem

Prakticky se polymery při vzájemném míchání nesmíchávají, jen se dispergují. Jde vlastně o roztoky polymerů v polymerech. Výjimkou je polární roztok s vhodnou interakcí substituentů a také zcela nepolární, kde vzniká vynucený nerovnovážený stav. Zvýšením teploty se zvětšuje vliv entropického členu, což může navodit podmínky k rozpouštění. Po ochlazení může nastat vylučování jedné složky mnohdy do vhodné strukturální podoby, čehož je možno využít pro přípravu houževnatých polymerů. Vzájemnou mísitelnost je možné ovlivnit také třetí složkou - nízkomolekulární, která je rozpouštědlem pro oba polymery.

2.4 Změkčování polymerů

Změkčování polymerů je založeno na snižování mezimolekulárních sil, čímž se zvýší pohyblivost (ohebnost) řetězců. Toho lze dosáhnout vhodnou kopolymerací či směsnou polymerací s polymerem elastomerní povahy (ABS). Také použitím nízkomolekulárních i vysokomolekulárních přísad.

2.4.1 Typy změkčovadel

- primární - mají povahu dobrých rozpouštědel
- sekundární - mají povahu špatných rozpouštědel
- nastavovadla (extendry) - mísí se jen se změkčovadly

2.5 Botnání polymerů

Botnání je děj odpovídající první fázi rozpouštění polymerů. Představuje difusi nízkomolekulární látky do polymeru, která může dospět do stadia rovnováhy, když nejsou dostatečné termodynamické podmínky.

2.6 Chemická odolnost polymerů

Chemická odolnost je dána nereaktivitou bočních, či jiných skupin a hustotou uspořádání, která představuje odpor proti difuzi (PTFE).

3 ZÁKLADNÍ SUROVINY PRO VÝROBU POLYMERŮ

3.1 Fosilní zdroje

Fosilní zdroje jsou takové, které už nelze obnovovat. Patří sem uhlí, ropa, zemní plyn.

3.1.1 Ropa

Lze využít všechny frakce až po petrolej (b.varu 275°C). Na výrobu monomerů pak lze využít reakce s uhlíkem od C₁ až C₅.

3.1.2 Uhlí

Po rozkladu uhlí vznikají dehty, jejich destilací se pak dále získává lehký, střední a těžký olej, které slouží na přípravu různých monomerů.

3.2 Recentní zdroje

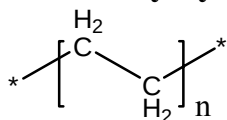
Jsou to zdroje, které je možné obnovovat - dřevo, rostlinné tuky, oleje.

4 TERMOPLASTY

Jsou to látky, které působením tepla změknou, chemicky se ale nemění a po ochlazení ztvrdnou, resp. nabudou požadovaný tvar.

4.1 Polyolefiny

4.1.1 Polyetylén (PE)



Historie:

- (1933) - objevitel PE byl R.O.Gibson
- (1939) - výroba ve Velké Británii firmou ICI
- (1953-55) - výroba PE-HD použitím Ziegler-Nattových katalyzátorů

Vlastnosti:

- představuje polymer s největší spotřebou
- látka bez chuti a bez zápachu, fyziologicky bezchybná
- je to plastomer, tzn. že působením tepla změkne, chemicky se ale nemění a po ochlazení znovu ztvrdne, resp. nabudou námi požadovaný tvar
- látka částečně krystalická
- svou molekulovou strukturou je podobná parafinům
- vlastnosti jsou závislé na teplotě
- stárnutí působením světla, termickou oxidací a napětím

Typy polyetylénů:

LDPE	nízkohustotní (rozvětvený, vysokotlakový) polyetylén
HDPE	vysokohustotní (lineární, nízkotlakový) polyetylén
MDPE	středohustotní polyetylén
LLDPE	lineární nízkohustotní polyetylén
VLDPE	velmi nízkohustotní polyetylén
UHMWPE	ultravysokomolekulární polyetylén
PE-X	zesíťovaný polyetylén

Výhody:

- nízký koeficient tření, vysoká odolnost vůči tření
- nejmenší měrná hmotnost
- vysoká ohebnost, tvrdost
- rázová houževnatost
- odolná vůči vodě, vodním roztokům a většině chemikáliím
- výborné dielektrické vlastnosti
- při normální teplotě je v obvyklých rozpouštědlech nerozpustný

Nevýhody:

- křehkost při nízkých teplotách
- hořlavost
- nad 100°C dochází k tání materiálu, nad 280°C se začíná rozkládat
- náchylnost ke korozi za napětí

- nízké mechanické vlastnosti

Způsob přípravy:

PE se vyrábí polymerizací etylénu různou polymerizační technikou.

Při vysokotlakovém způsobu přípravy se etylén stlačí na tlak 500 až 3000 atm. v rourkovém reaktoru, vyhřátím na 200 až 400 °C v přítomnosti kyslíku. Nízkotlakový polyetylén, vyráběný podle Zieglera je na trhu od r. 1955, pracuje se se směsí katalyzátorů, titántrichloridu, nebo tetrachloridu s trietylalumiíniem v prostředí nenasyčeného uhlovodíku, nejlépe hydrogenovaného petroleje.

Nejnověji se polyetylén připravuje také střednětlakovým způsobem podle patentu firmy Phillips.

Způsob zpracování:

Aplikace těchto materiálů je možné rozdělit do dvou skupin: Plasty s velmi nízkou objemovou hmotností jako výplňové materiály v obalové technice, tepelneizolační materiály.

Mikroporovité materiály se vyrábějí zpravidla vytlačováním nebo vstřikováním.

Vytlačováním se PE zpevňuje při opláštění speciálních kabelů a vodičů.

Použití:

PE se pro své dobré elektrické vlastnosti používá jako izolační materiál ve vysokofrekvenční elektrotechnice na izolaci vysokofrekvenčních kabelů.

- dodává se ve formě fólií, rourek a bloků
- ve formě vláken se zpracuje na izolaci podmořských kabelů
- při vykládání zásobníků, násypek a skluzů
- v potravinářském, řeznickém, konzervářském a mlékařském průmyslu na řezací desky
- sáčky, obalové produkty, pytle, telekomunikační materiály, plastové trubky, hadice a fólie, izolační pásy

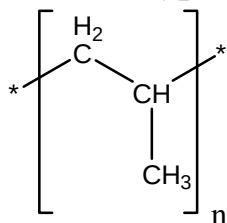
4.1.2 HDPE

HDPE - vysokohustotní polyetylén. Je to lineární PE, nízkotlakový, který se připravuje iontovou polymerací za použití Ziegler-Nattova katalyzátoru, nebo Phillipsových komplexních katalyzátorů. Lze jej připravit suspenzním postupem, roztokovým postupem, polymerací v plynné fázi, polymerací Standard Oil. HDPE má dobré tokové vlastnosti, vyšší mechanické vlastnosti, vyšší odolnost vůči rozpouštědlům a vyšší odolnost vůči vroucí vodě. Zpracovává se hlavně vstřikováním, vytlačováním a vyfukováním. Použití našel při výrobě vstřikovaných výrobků denní spotřeby, trubek, desek, velkoobjemových nádob, fólií - MIKROTEN, orientované pásy, pytle atd. Tuzemský HDPE - LITEN.

4.1.3 LDPE

LDPE - nízkohustotní polyetylén. Je to rozvětvený PE, vysokotlakový, který se připravuje radikálovou polymerací. Používá se na výrobu obalových a zemědělských fólií, trubek, trubiček. Jeho nevýhodou je náchylnost ke korozi za napětí v tenzoaktivním prostředí. Má i poměrně špatné mechanické vlastnosti.

4.1.4 Polypropylén



Historie:

- (1953) - Giulio Natta použil organokovové katalyzátory k syntéze izotaktického polypropylénu
- (1963) - Natta a Ziegler dostali Nobelovou cenu za tyto průkopnické práce

Vlastnosti:

- jsou známy tři modifikace PP, izotaktická, ataktická a syndiotaktická modifikace
- je možné PP chlorovat, bromovat, chlorsolfonovat, chlorfosforylovat, síťovat chemicky i radiačně
- mechanické vlastnosti závisí od druhu stereoizomeru
- elektrické vlastnosti jsou velmi dobré, nemění se ani vlivem vlhkosti
- odolnost proti chemikáliím je větší než při PE
- při normální teplotě je nerozpustný
- působením éterů, ketonů a chlorovaných parafinů nabobtnává
- výborné aplikační možnosti

Izotaktický PP:

- produkt obsahuje vedle izotaktického vždy určitý ataktický podíl
- vzájemný poměr je ovlivněn použitým katalyzátorem, rozpouštědlem a podmínkami polymerace
- přítomnost ataktického podílu je nežádoucí, protože zhoršuje mechanické vlastnosti
- v praxi je nutné mít alespoň 90% izotaktické složky, ataktický podíl se odstraňuje hexanem nebo kapalným propanem pod tlakem

Ataktický PP:

- původně vedlejší odpadový produkt
- nyní vyráběný speciálními postupy
- výroba tmelů, modifikátory bitumenů

Syndiotaktický PP:

- zajímavá perspektiva využití
- jeho předností je vysoká průzračnost
- desky ze syndiotaktického PP mají čtvrtinovou úroveň zákalu oproti deskám z izotaktického PP
- nevýhodou je vysoká cena
- nízké výrobní kapacity

Výhody:

- vynikající elektrické vlastnosti
- snadná recyklovatelnost polymerních výrobků
- levný
- dobré užitkové vlastnosti

- nízká rozpustnost, průzračnost, houževnatost

Nevýhody:

- horší mechanická pevnost
- slabá odolnost vůči rozpouštědlům
- křehkost při teplotách pod 0 °C
- menší propustnost pro plyny a páry
- větší citlivost vůči oxidaci
- nižší odolnost na povětrnosti

Způsob přípravy:

Klasickými katalyzátory polymerace propylénu jsou Ziegler-Nattovy katalyzátory tvořené nejčastěji komplexem TiCl_3 diethylaluminiumchloridem. Jde o heterogenní katalyzátory, které představují tuhé částice rozptýlené v polymerujícím prostředí. Na rozdíl od výroby PE vznikají v tomto případě dva typy molekul s různou takticitou, říkáme, že jsou stereospecifické. Vyrábí se ataktický PP, izotaktický PP, syndiotaktický PP.

Způsob zpracování:

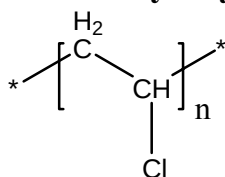
PP se zpracovává stejně jako PE na běžných plastikářských zařízeních, vytlačáním a vstřikováním. Z ostatních technologií je zajímavé vířivé nanášení.

Použití:

- vlákna, obalová technika, na uzávěry, lahve, kontejnery
- díly automobilů, díly domácích spotřebičů, různé spotřební zboží, netkané textilie typu spun-bond a melt-blow
- polypropylenové trubky pro rozvody vody s výrazným ekonomickým a ekologickým dopadem
- ve strojním průmyslu, elektronice na izolaci vodičů, na dekorální účely, ve stavebnictví

4.2 Vinylové polymery

4.2.1 Polyvinylchlorid (PVC)



Historie:

- (1835) - vinylchlorid-základní monomer-V.Regnault.
- (1905) - přechod vinylchloridu na polymerní produkt působením světla - A.W.Hoffman a E.Baumann
- (1912) - vliv UV záření na vinylchlorid - I.I.Ostromyslenskij
- (1920 - 1930)- vznik PVC účinkem organických peroxidů - F.Klatte a A.Rollet
- (1925) - vypracování způsobu plastikace a stabilizace PVC
- (1935) - začátek průmyslové výroby

Vlastnosti monomeru:

- bezbarvý, příjemně zapáchající plyn s narkotickými účinky
- ochlazením na $-13,19^\circ\text{C}$ kondenzuje na čirou kapalinu

- páry jsou slabě toxické a se vzduchem tvoří výbušnou směs
- 2 funkční skupiny: halogen a vinylová skupina
- nejvyužívanější reakcí je chlorace vinylchloridu
- vyrábí se přímou syntézou z acetylenu a chlorovodíku, dehydrochlorací 1,2-dichlorethanu atd. $\text{CH}=\text{CH} + \text{HCl} \longrightarrow \text{CH}_2=\text{CHCl}$

Vlastnosti polymeru:

- vzniká polymerizací vinylchloridu
- bílý termoplastický prášek, bez zápachu, fyziologicky bezchybný, chemicky inertní
- z teplotou klesá pevnost a roste prodloužení
- z klesající teplotou klesá tažnost
- tepelné rozmezí použitelnosti PVC od -10 do $+60^\circ\text{C}$

Výhody:

- ohebnost, elasticita, odolnost vůči teplotám
- pevnost, stálost na světle
- odolnost proti plísním a mikroorganismům, odolnost proti chemickým činidlům
- odolnost proti vodě, odolnost za tepla a mrazu

Nevýhody:

- navlhavost
- křehkost, špatná odolnost vůči chemickým činidlům
- neodolává anilínu, kapalnému bromu, ketonům, esterům, éterům, benzenu, acetonu, aromatickým uhlovodíkům

Způsoby výroby :

Polymerizací monomeru:

- polymerizace v bloku - rozpouštědlem je samotný monomer
- polymerizace v roztoku - monomer musí být rozpustný v použitém rozpouštědle
- polymerizace v emulzi - monomer je emulgovaný ve vodě, která obsahuje emulgátor
- polymerizace v suspenzi - monomer je mechanicky dispergován ve vodě nebo jiné kapalině, do níž je přidáno malé množství stabilizátoru suspenze

Zpracování:

Mezi zpracovatelské technologie patří válcování, lisování, přetlačování, vstřikování a vytlačování. Při vytlačování se materiál dostatečně ztvárňuje, takže přemísťování částic je omezeno spíše vnějšími podmínkami než vlastnostmi samotného materiálu. Materiál při zpracování může zaujmout prakticky libovolný tvar, jde tedy o tváření. Oblast tváření je značně široká. V podstatě zahrnuje válcování, lisování, vstřikování a vytlačování.

Válcováním se vyrábějí hlavně fólie, které se pak zpracovávají na řadu výrobků.

Lisováním se zhotovují převážně desky a bloky. Přetlačování a vstřikování jsou velmi hospodárné, zvláště při hromadné výrobě složitých předmětů. Velmi významnou technologií je vytlačování, jímž se vyrábějí hlavně trubky, tyče a profily, ale i desky a fólie.

Použití :

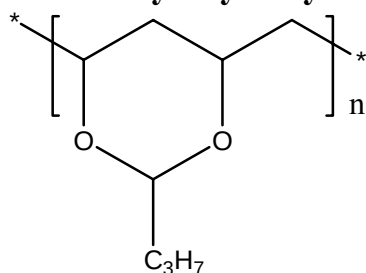
Výrobky z emulzního PVC: válcované fólie, vytlačované trubky, tyče, lisované desky.

Výrobky ze suspenzního PVC: dokonale průhledné, využívané v optickém průmyslu na výrobu organických skel. V chemickém průmyslu: nahrazení některých kovů, výrobky pro chemický průmysl i pro pracovníky v něm pracující, např. filtrační tkaniny, čerpadla,

těsnění, nádoby na HF, armatury. Ve strojírenství: upínače pro obráběcí stroje, vložky, akumulátorové separáty, v textilním průmyslu: vřetenové vložky z novoduru, žakárové karty s novoduru, řemeny, v zemědělství: novodurové trubky, novodurové fólie. Dále lze PVC využívat i pro bytové účely jako dveře, okna, skříně, šatníky, podlahovina, tapety, ve stavebnictví, ve zvukové, obrazové, reprodukční technice, ve fotografickém průmyslu, ve zdravotnictví, v elektrotechnice, v oděvnictví, na výrobu hraček.

4.3 Polyvinylacetáty

4.3.1 Polyvinylbutyral (PVB)



Historie:

- (1901) - první zmínky o PVB

Vlastnosti:

- je nejdůležitějším polyvinylacetalem (tvoří 90% celé světové produkce polyvinylacetálů)
- tuhá průhledná hmota s měrnou hmotností 1,11 až 1,14 g/cm³
- tepelná odolnost je 130 až 140°C, jsou to výborné spojovací prostředky
- nízkoviskózní typy PVB se pro výbornou přilnavost ke kovům používají hlavně pro výrobu laků na fólie a tuby a základních nátěrů na kovy (zejména na hliník)
- středně viskózní typy PVB jsou významné pro mechanicky silně namáhané laky a kovy (pro laky na konzervy, dobře odolné nárazům)
- vysokoviskózní typy PVB se používají jako mezivrstvy silikátových skel (tzn. bezpečnostních skel)

Výhody:

- vynikající průhlednost, stálost vůči světlu
- vysoká odolnost proti vlhkosti
- rozpouští se v alkoholech, chlorovaných uhlovodících, v esterech, v cyklohexanu a ve směsi alkoholu s benzénem
- alifatické uhlovodíky a rostlinné oleje jej nerozpouští

Nevýhody:

- v čistém benzenu a toluenu botná

Způsob přípravy:

Podobně jako PVA, nelze PVB vyrobit přímou polymerizací. Připravuje se reakcí polyvinylalkoholu s butyraldehydem. Tento polymer se uplatnil jako průhledná vložka do automobilových bezpečnostních skel. Vysoké nároky na optickou čistotu vyžadují mimořádná opatření. Výchozí polyvinylacetát musí být připraven ve velmi čisté formě, jeho hydrolyza musí proběhnout do vysoké konverze, reakce s butyraldehydem musí proběhnout tak, aby nevznikly barevné produkty.

Způsob zpracování:

Způsob zpracování vychází ze dvou hlavních principů:

1. jsou to polymery termoplastického charakteru
2. jsou dobře rozpustné ve velmi široké škále rozpouštědel.

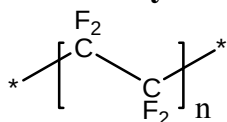
Z toho vyplývá, že se používají především ve formě folií, laků a lepidel.

Použití:

Nejvýznamnější použití PVB je folie, která se vkládá do bezpečnostních automobilových skel Triplex. Vzhledem k dobré elastičnosti a stálosti proti mrazu, na velmi dobrou adhezi ke sklu a ke kovům, používá se na výrobu speciálních lepidel, především pro letecký průmysl, a to kombinací s termoreaktivními živiciemi. V oblasti lepidel má ale PVB velmi široké využití (lepidla na dřevo, papír, univerzální lepidla apod.) . Velmi dobře se uplatnil i jako impregnační hmota pro nepromokavé tkaniny. Z této aplikace ho ale vytlačují silikonové prostředky.

4.4 Fluoroplasty

4.4.1 Polytetrafluoretylén (PTFE)



Historie:

- (1938) - 6.dubna objevil PTFE americký inženýr Dr.Roy Plunkett, zaměstnanec firmy Du Pont
- (1950) - pod značkou TEFAL ho uvedl na trh francouzský inženýr Mark Gregoire

Vlastnosti:

- vynikající chemická odolnost
- výborná odolnost proti vysokým teplotám, výborné dielektrické vlastnosti
- odolnost proti stárnutí
- nízká nasákavost a odolnost proti rozpouštědlům
- dobré kluzné vlastnosti

Tepelná stabilita:

PTFE je stabilní v rozmezí teplot od -170°C do +250°C, přičemž je nutno respektovat změny jeho vlastností v závislosti na teplotě. Při vyšší teplotě nastává rozklad, který při měření hmotnostních ztrát je do teploty 380°C nepatrný. Od 380°C intenzita rozkladu roste a vznikají plynné rozkladné produkty, které ve styku se vzduchem a vzdušnou vlhkostí tvoří další sloučeniny. Při tepelném rozkladu vzniká např. fluorovodík, tetrafluoretylen, hexafluorpropylen, perfluorizobutylen, oktafluorcyklobutan a další. Téměř všechny jsou toxické.

Zápalnost:

PTFE patří mezi nejméně hořlavé plasty. Při zahřívání na vzduchu bez plamene nezačne hořet do teploty 575°C. Pokud je použito přímého plamene, vznítí se v důsledku plynných rozkladných produktů a po odstranění plamene se hoření zastaví.

Elektrické vlastnosti:

PTFE má velmi dobré elektroizolační vlastnosti, které jsou jen málo závislé na teplotě a frekvenci. Elektrická pevnost je vyšší než 10 kV/mm. Měrný povrchový odpor dosahuje hodnot řádově vyšších než 10^{10} ohm a měrný vnitřní odpor vyšších než 10^{13} ohm.cm. Permittivita je menší než 3 a ztrátový činitel je menší než 10^{-2} .

Chemická odolnost:

PTFE odolává kyselinám, zásadám, solím, rozpouštědlům, a to i za zvýšených teplot. Není odolný proti roztaveným alkalickým kovům, elementárnímu fluoru, roztoku sodíku v kapalném amoniaku a některým organokovovým sloučeninám alkalických kovů. U plněných materiálů je chemická odolnost závislá na druhu použitého plniva.

Fyzikální vlastnosti:

PTFE má ve srovnání s jinými plasty dobrou pevnost za vyšších teplot a dostatečnou pružnost při velmi nízkých teplotách, velmi dobrou vrubovou a rázovou houževnatost v širokém rozsahu teplot. Při tlakovém zatížení se nedrtí, ale má sklon k tečení, přičemž stupeň deformace při daném napětí je časově závislý. Proto nemá pro trvalé zatížení napětí převyšovat 10% ze zjištěné pevnosti při dané teplotě. Pevnost v tahu je vyšší než 12 MPa a tažnost je větší než 150%. Hustota je $2,15 - 2,25 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$. Statický součinitel tření PTFE na oceli je 0,07 až 0,11. Nasákavost ve vodě nenastává a dílce nemění své rozměry ani po dlouhodobém uložení ve vodě.

Ostatní vlastnosti:

PTFE odolává dobře povětrnostním vlivům a mikroorganismům, je fyziologicky nezávadný i při implantaci do živé tkáně. Při větší dávce radioaktivního záření degraduje

Výhody:

- dobrá pevnost za vyšších teplot, pružnost, houževnatost
- velmi dobré kluzné vlastnosti
- zdravotně nezávadný, má výrazné antiadhézní vlastnosti
- odolává kyselinám, zásadám, solím, rozpouštědlům, dobré elektroizolační vlastnosti
- dobrá flexibilita od -270°C do 260°C

Nevýhody:

- při 360°C dochází k rozkladu, při $500^\circ\text{C} - 560^\circ\text{C}$ hoří
- depolymeruje
- neodolává vysokoenergetickému záření

Způsoby výroby:

Tetrafluoretylén polymeruje za zvýšeného tlaku (70 atm) v nerezovém autoklávu opatřeném míchadlem. Polymerizuje se v emulzi, nebo se provádí bloková polymerace. Směs v autoklávu se musí dostatečně zchladit, protože značné množství tepla vzniklého polymerací je nutno odvádět, aby nedošlo k výbušné reakci.

Zpracování:

PTFE se velmi obtížně zpracovává. Tvárnost omezuje malá tekutost polymeru i za vysokých teplot nad 320°C a blízkost bodu rozkladu. Proto se k tváření používá i některých způsobů známých z práškové metalurgie. Tyče, trubky a profily se vyrábějí z prášku vytlačováním na upravených vlačovacích strojích. Polytetrafluoretylenové fólie se vyrábějí válcováním nebo soustružením z bloku plochým nožem. Pro některé aplikace se při zpracování přidávají k PTFE různá plniva. (např. azbest, skleněná vlákna, grafit a

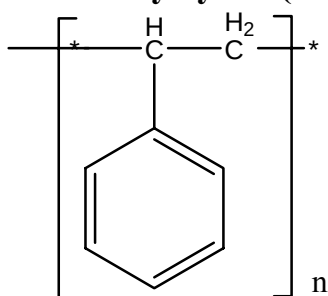
bronz) , která zlepšují některé jeho vlastnosti. Žárovým, nebo fluidním nanášením je možno vytvářet na kovových součástech kompaktní ochranné povlaky.

Použití :

- těsnění, ucpávky, potrubí pro chemický průmysl, speciální technické výrobky, vložky mezi pružiny automobilů, s výhradou pro nezátížená ložiska, izolování kabelů kosmických těles
- v elektrotechnice, při výrobě transformátorů, kondenzátorů, elektrických motorů, i ve strojírenském oboru, při výrobě ložisek, v letectví

4.5 Polymery a kopolymery styrenu

4.5.1 Polystyrén (PS)



Historie:

- (1831) - objevení styrenu
- (1839) - polymerizace styrenu, získaného suchou destilací živice storax
- (1911) - studium mechanismu polymerace styrenu - I.I. Ostromyšlenskij,
- (1920) - strukturní model polystyrenu - Staudinger
- (1955) - první stereospecifická polymerace styrenu-Natta

Vlastnosti:

- nejstarší syntetizovaný polymer
- termoplast sklovitého charakteru, tvrdý, křehký, čirý, s leskem
- ataktický polymer, nemůže krystalizovat , je snadno zápalný a při hoření vyvíjí saze, má nasládlý zápach

Mechanické:

Mechanické vlastnosti polymerů závisejí na mnoha faktorech, k nimž patří např. zkušební teplota, rychlost zatěžování, tvar zkušebního tělesa aj. Kromě toho i na podmínkách, při kterých je polystyren formován.

Reologické:

Reologickými vlastnostmi se obvykle rozumí chování polymeru v tavenině. Tyto vlastnosti jsou důležité především pro posouzení zpracovatelnosti. Tavenina polystyrenu se chová jako pseudoplastická kapalina s výraznou závislostí smykové rychlosti resp.smykovém napětí.

Tepelné:

Horní mez dlouhodobě použitelné teploty určuje tvarová stálost za tepla. U standardního polystyrenu je maximum doporučené teploty pro použití asi 20 až 25°C.

Elektrické:

Styrenové polymery patří svými elektroizolačními vlastnostmi k nejkvalitnějším polymerům. Souvisí to s jejich nepolární molekulární strukturou a relativně vysokou chemickou čistotou. Vnitřní odpor polystyrenu v teplotní oblasti od 20 do 100°C je větší než 10Ω.

Optické vlastnosti:

Index lomu polystyrenu 1,59 je ve srovnání s ostatními polymery relativně vysoký, avšak jeho propustnost pro záření v ultrafialové a infračervené oblasti je v porovnání se sklem menší.

Navlhavost a nasákavost:

Polystyren má pro svou hydrofobnost téměř zanedbatelnou navlhavost a nasákavost. To umožňuje zpracovat polystyrenový granulát bez předchozího sušení.

Propustnost pro plyny:

Propustnost stoupá se vzrůstající teplotou. Propustností pro plyny a vodní páru se charakterizují především fólie.

Ostatní:

Hustota polystyrenu je ve srovnání s ostatními termoplasty relativně malá. Nižší je jen hustota polyolefinů.

Výhody:

- dobrá tuhost, dobrá tvrdost
- průhlednost, skvělé optické vlastnosti
- lesklý povrch
- skvělá zpracovatelnost, vynikající elektrické a dielektrické vlastnosti
- odolává vodě, alkoholům, olejům, zředěným anorganickým kyselinám

Nevýhody:

- sklon ke korozi
- křehkost
- nízká chemická odolnost (vůči rozpouštědlům)
- ztrácí lesk, málo stálý
- má sklon ke vzniku trhlin korozí za napětí
- nevhodný pro mechanicky namáhané výrobky

Způsob přípravy:

Polymerizací čtyřmi způsoby:

- polymerizace v bloku - rozpouštědlem je samotný monomer, nejvýhodnější je kontinuální, protože umožňuje výrobu granulátu
- polymerizace v roztoku - monomer musí být rozpustný v použitém rozpouštědle
- polymerizace v emulzi - monomer je emulgovaný ve vodě, která obsahuje emulgátor
- polymerizace v suspenzi - dává kvalitní produkty

Způsob zpracování:

Nejčastěji vyráběný blokový polystyren je jeden z nejlevnějších polymerů. Ale jeho přímé použití je relativně malé. Vyplývá to z jeho vlastností, jako křehkost, nízká odolnost vůči rozpouštědlům a nízká tepelná odolnost. Je však tvrdý a má výborný vzhled, používá se na nenáročné spotřební výrobky, jako pohárky, kompotové soupravy, nenamáhané části elektrických přístrojů, různé ozdoby, písmena apod. Tenhle typ se převážně zpracuje vstřikováním. Další způsoby zpracování jsou vytlačování, vyfukování a tepelné tvarování desek. Při vstřikování se používají vstřikovací stroje, pro vytlačování se používá vícemolekulárních typů polystyrenu z nízkou tekutostí.

Použití:

- polystyren má mimořádně široké uplatnění, vyrábějí se z něho kancelářské a psací potřeby
- elektrotechnické výrobky, elektronika, domácí a kuchyňské potřeby, sprchovací kouty
- hračky, obaly na kazety a CD disky
- kelímky na jogurty, obaly na kosmetiku aj.

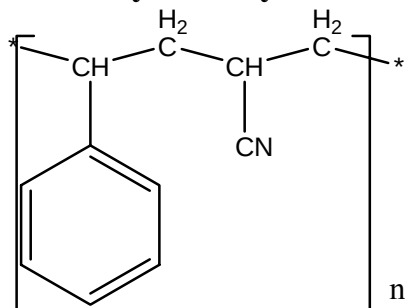
4.5.2 Houževnatý polystyrén (HIPS)

HIPS - houževnatý polystyren je binárním kopolymerem styrenu, který řeší problém vysoké křehkosti standardního polystyrenu. Je to heterogenní systém, obsahující ve spojitě polystyrenové fázi rozptýlené částice kaučuku, přičemž část styrenu je naroubovaná na kaučuk.

Jsou to vynikající materiály, které se svým vzhledem podobají styrenu, mají však podstatně lepší technické vlastnosti. Nejčastějším představitelem těchto kopolymerů je kopolymer s butadienem, tzv. houževnatý polystyren. S rostoucím podílem butadienu klesá pevnost v tahu a tvrdost, zvyšuje se ale odolnost vůči nárazům, pevnost v ohybu, vroubová houževnatost, odolnost vůči nízkým teplotám, pružnost. Nevýhodou butadien-styrenových kopolymerů je zhoršení vzhledu ve srovnání s PS.

Zpracovává se vstřikováním na náročné technické aplikace, vyfukováním na rozličné nádoby a kontejnery, vytlačováním, zejména na desky, které se zpracovávají vakuovým tvarováním na tanky chladniček, disky na kola, zásuvky, hračky, nábytkářský průmysl, elektrotechniku atd.

4.5.3 Styrenakrylonitril (SAN)



SAN - styrenakrylonitril je kopolymerem styrenu. Osahuje 22-27% hm. AN. Je zcela amorfni. Vyrábí se kontinuální blokovou polymerací za přídavku rozpouštědla (etylmetylketon, etylbenzen) do úplné konverze. Oproti PS má o 30-40% vyšší rázovou houževnatost, vyšší tvrdost a pevnost. V praxi se vystužuje skleněnými vlákny, používá se na technické výrobky v automobilovém průmyslu. Má sklon ke žloutnutí, zejména při

vyšším obsahu AN. Používá se převážně jako organické sklo. Zpracovává se lisováním a vstřikováním.

4.5.4 Akrylonitrilbutadiénstyren (ABS)

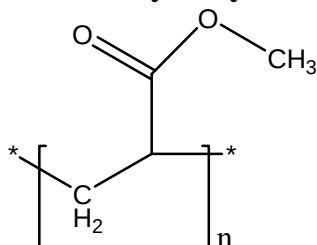
ABS - terpolymer styrenu. Patří mezi nejmodernější a nejmodernější termoplasty. V praxi je nejrozšířenější tzv. ABS kopolymer, t.j. akrylonitrilbutadienstyren. Mají výrazně lepší chemickou odolnost a houževnatost než má PS, a to při zachování dostatečné tuhosti. Vzhledem k heterogenosti jsou ABS vždy neprůhledné. Tvarově stálé jsou podle typu do 80 až 105°C. Jsou charakteristické vynikajícími mechanickými vlastnostmi a relativně nízkou cenou.

Polymery ABS lze dobře zpracovávat všemi běžnými technologickými postupy používanými u termoplastů-vstřikováním, válcováním, vyfukováním, tvarováním za tepla i lisováním. Kvantitativně nejvýznamnější je vstřikování, pak následuje vytlačování na desky a profily při 150 až 215°C.

ABS lze dobře lepit, svařovat a povrchově upravovat. V technické praxi nacházejí stále větší použití galvanicky pokovené součásti z ABS. Jeho vzhled je plně srovnatelný s kovy. Nejvíce se ABS používá pro vnitřní a vnější díly motorových vozidel, spotřebiče pro domácnost (vysavače, mixéry, sušičky, pračky, ledničky, holící strojky) , zavazadla, nábytek, sportovní potřeby (čluny, obytné přívěsy) , optické přístroje, kancelářské stroje, potrubí aj.

4.6 Polyestery

4.6.1 Polymethylmetakrylát (PMMA)



Historie:

- (1872) - Linneman - polymerace esterů kyseliny akrylové a methakrylové, ale bez jejich technického využití
- (1925) - O.Rohm byl první, kdo technicky využil polymerační reakce

- (1927) – zavedl polyakrylové a polymethakrylové estery do výroby velkopřůmyslového měřítka

Vlastnosti:

- nejcharakterističtější vlastností PMMA je jeho čírost a naprostá bezbarvost i v tlustých vrstvách
- odolností proti povětrnosti předčí PMMA všechny běžné termoplasty, při teplotě 130 až 140°C je kaučukovitý a snadno tvarovatelný
- vykazuje i vynikající tvarovou paměť
- propustnost světla je asi 92% v celém rozsahu spektra

Výhody:

- dobré mechanické a elektroizolační vlastnosti
- odolává vodě, zředěným alkáliím a kyselinám, dá se dobře mechanicky obrábět
- tepelná odolnost bez zatížení je kolem 80°C
- organické sklo z PMMA je lehké, netříštivé, stálé
- vysoký index lomu (1,49)

Nevýhody:

- neodolává koncentrovanějším kyselinám a hydroxidům
- neodolný je i vůči ketonům, esterům, chlorovaným uhlovodíkům, benzenu a jeho homologům, nízká povrchová tvrdost
- relativně drahý plast

Způsob přípravy:

Základem výroby methylesteru kyseliny methakrylové je acetonkyanhydrin, získaný reakcí mezi acetonem, a kyanovodíkem. Vzniklý acetonkyanhydrin se při výrobním procesu dehydratuje kyselinou sírovou. Po zahřátí na teplotu 135°C vznikne přesmykem síran amidu kyseliny methakrylové. Potom se směs v reaktoru ochladí a přidáním vody k methylalkoholu k amidu hydrolyzuje a současně esterifikuje za vzniku methylesteru kyseliny methakrylové. Po skončení reakce, která je exotermní, přežene se methylester destilací vodní párou a promývá se vodou. Po promytí se neutralizuje a vyčistí rektifikací na koloně za sníženého tlaku.

Estery kyseliny methakrylové jsou schopny polymerovat za iniciačního působení tepla, světla a peroxydických katalizátorů. Používá se techniky blokové, suspenzní, roztokové nebo i emulzní polymerace.

Při blokové polymeraci methylesteru kyseliny methakrylové se používá jako iniciátoru např. benzoylperoxydu a vlastní polymerace probíhá za zvýšené teploty.

Suspenzní polymerace patří k moderním metodám. Monomerní methylmethakrylát polymeruje ve vodní suspenzi za přítomnosti benzoylperoxydu acetylbenzoylperoxydu a ochranných koloidů, které zabraňují spojení dispergovaných částic. Při reakci se v suspenzi vytvoří polymer v podobě perliček. Tohoto způsobu polymerace se využívá při výrobě methylmethakrylátových polymerů, vhodných pro zpracování vstřikováním a v zubní technice.

Emulzní způsob polymerace je vhodný pro výrobu vodních emulzí, které se uplatňují jako impregnační a apretační prostředky v textilním průmyslu. Polymerace probíhá ve vodné emulzi za přítomnosti polymeračních iniciátorů rozpustných ve vodě a emulgátorů usnadňujících vytvoření stabilní emulze. Průběh polymerace se zrychluje zahříváním. Roztokovou polymerací se vyrábějí polymethakrylátové laky elektroizolační, laky na kůže apod.

Způsob zpracování:

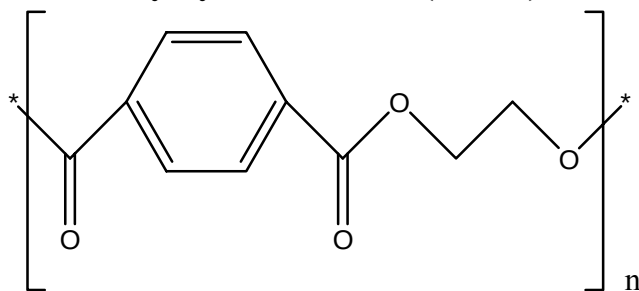
Organické sklo: Desky ohřáté na 130-150°C jsou dokonale tvárné. Této jejich tvárnosti v plastickém stavu se využívá při zpracování buď lisováním v dřevěných formách, nebo vakuovým tvarováním pro výrobu nejrůznějších částí a technických dílců. Desky lze velmi dobře spojovat a to lepením speciálními lepidly nebo svařováním (horkým vzduchem). Organické sklo se dá též dobře opracovávat, zejména třískovými obráběcími metodami (soustružením).

Suspenzní polymery ve tvaru perliček, vyráběné suspenzní polymerací, zpracovávají vstřikováním na vstřikovacích hydraulických lisech, podobně jako polystyren, nebo polyamid. Vstřikováním se zhotovují některé technické dílce používané v elektroprůmyslu i v kovoprůmyslu. Nevýhodou je poměrně vysoká cena vstřikovacího polymeru.

Použití:

- organické sklo, z kterého se zhotovují kryty leteckých kabin, součásti měřících přístrojů, hodinková skla, ochranná skla, průhledné trubky, různé modely aj.
- zhotovování dekoračních a ozdobných předmětů, optické čočky a jiné optické součásti
- v lékařství na výrobu umělých kloubů apod.

4.6.2 Polyethyltereftalát (PETP)



Historie:

- první studie provedli Carothers a Hill
- (1941) - Whinfield a Dickson zjistili že PET je vhodný na výrobu kvalitních syntet.vláken

Vlastnosti:

- nejvýznamnější lineární polyester
- průhledný, pevný, houževnatý, nepropustný pro plyn a vlhkost, tepelně odolný
- vynikající zpracovatelnost

Výhody:

- stálost na světle
- pevnost
- pružnost
- odolnost proti olejům
- recyklovatelnost
- vynikající elektroizolační vlastnosti
- nemačkovost

Nevýhody:

- při ochlazení dochází ke krystalizaci a stává se neprůhledným

- neodolný vůči amoniaku
- obtížné barvení
- stálost vybarvení v otěru je poměrně nízká

Způsoby výroby:

Vyrábí se dvojfázově, v první fázi reaguje dimethyltereftalát s etylenglykolem při teplotě mezi 190°C a 195°C, ve druhé fázi vznikne z n-molekul polykondenzací polymer za vydestilování přebytkového etylenglykolu.

Zpracování:

Láhve z materiálu PETP jsou vyráběny vyfukováním ze vstřikovaných předlisků a preforem různých gramáží. Jsou využívány především pro potravinářské účely (limonády, sirupy, sycené nápoje, atd.) a pro kosmetické účely (šampóny, pěny do koupele, atd.). Vyrábí se v objemech od 0,3 do 2 l v různém barevném provedení dle přání zákazníka.

Například koncern Krupp Corpoplast (SRN) dodává prakticky do celého světa jak vstřikovací systémy na předlisky, tak i zařízení na vyfukování lahví z PETP.

Výkon stroje na vyfukování se současnou orientací (Blomax) je až 1400 lahví za hodinu bez vlivů na jejich kvalitu.

Speciální temperování formy na lahve při vyfukování se současnou orientací zvýší krystalinitu polyethyltereftalátu o 40 %. Takové lahve se potom mohou plnit i horkými kapalinami a lahve na zálohu pak velmi dobře odolávají namáhání při mytí.

Použití :

PETP je surovinou hlavně pro výrobu vláken, v menším též pro výrobu fólií. Vláknem se užívá na spotřební textil, ale též na technické tkaniny a lana, k izolaci vodičů elektrického proudu, k výrobě kordů pro pneumatiky, na výrobu dopravních pásů atd. Fólie nacházejí použití v elektrotechnice ale též jako podložka pro magnetofonové a videopásky a filmy. Snad nejrozsáhlejší užití našel PETP jako obalový materiál ve formě PETP lahví při balení kapalin, zvláště nápojů. V poslední době nachází použití v řadě dalších oblastí, například ve stavebnictví.

Fólie, které se získají vytlačováním, mají vysokou mechanickou pevnost, zachovávají pružnost do velmi nízkých teplot (až -70 °C) , odolávají vyšším teplotám (až 130 °C). Jsou odolné proti olejům. Jsou čiré, mají vynikající elektroizolační vlastnosti. Málo propouštějí vlhkost a plyny, mají vynikající zpracovatelnost.

-lahve pro nealko nápoje a vody, pivní lahve, lahve na ústní vody, nádoby na arašídové máslo a salátové dresinky, fólie a potravinové tácky pro mikrovlnné trouby.

4.6.3 Polykarbonát (PC)

Historie:

- (1898) - objevení PC v Německu F. Bayerem
- (1956) - první zprávy v literatuře o novém materiálu
- (1957) - byly známé první komerční výrobky Makrolon (NSR) a Lexan (USA)

Vlastnosti:

- žlutá barva
- velmi transparentní
- bez chuti, vůně
- jsou netoxické

- vynikající materiál, skvělé vlastnosti dosahují typy vyztužené sklem
- výborná zpracovatelnost
- dobrá fyzikální a chemické vlastnosti, obsahují určitý krystalický podíl

Výhody:

- jsou nejen velmi tvrdé a mají vysoké pevnosti, ale jsou i houževnaté a pružné
- propouštějí až 90% světla ve viditelné oblasti
- jsou rozpustné v ketonech, esterech a chlorovaných uhlovodících, vysoká odolnost vůči zředěným kyselinám
- teplota vzplanutí je 500°C
- vysoká odolnost vůči vysokým, ale také hodně nízkým teplotám
- nízká absorpce vlhkosti
- dobrá odolnost proti stárnutí
- odolný vůči UV záření

Nevýhody:

- málo vlhnou, ale mohou slabo hydrolyzovat
- vysoká viskozita
- degraduje v amoniakálním prostředí
- před zpracováním se musí sušit

Způsob přípravy:

V praxi se polykarbonáty vyrábějí z dioxyfenylalkánů, přičemž podle alkánových řetězců se určuje typ polykarbonátu. Nejznámější typ Makrolon se vyrábí z diánu (dioxyfenylpropán), který se nazývá aj Bisfenol A, reakcí s fosgenem nebo esterami kyseliny uhličitě. Reakce probíhá při 20 až 30°C v alkalickém prostředí v přítomnosti rozpouštědla polymeru, např. metylénchloridu. Při modernější metodě se vyrábí z p-xylenglykolu v přítomnosti titánbutyloxydu $Ti(OBu)_4$. Získá se polymer s relativní molekulovou hmotností 25000 až 700000. Makrolon se vyrábí ve dvou hlavních typech: Makrolon S a Makrolon E, první na vstřikování, druhý na vytlačování.

Způsob zpracování:

PC mají velmi dobrou zpracovatelnost. Nejčastěji se zpracovávají vstřikováním, vytlačováním a vyfukováním.

Vstřikování probíhá na běžných strojích za vyšších teplot (240-250°C). Na vytlačování je vhodný Makrolon E. Vyžadují se běžné vytlačovací lisy se závitkem 15 D a kompresním poměrem 1:2,4. Rozsah vyhřívání a tepelné kontroly má být asi do 350°C. Tyto základní podmínky jsou vhodné také pro vyfukování dutých těles a nádob. PC je potřebné před zpracováním sušit. Při 110°C trvá 4h. Z nevysušeného materiálu vznikají velmi nekvalitní výrobky, hlavně při vytlačování fólií. PC se dají svářet a lepit, svářejí se horkým vzduchem a lepí se rozpouštědlem nebo epoxidmi.

Použití:

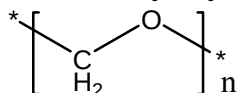
V elektrotechnice - drážková izolace, cívky, kondenzátory, kontaktní lišty, spínače, rámy na selenové články. Ve strojírenství - cívky na textilní stroje, šňůry, řemeničky, autodíly, osvětlovací tělesa. Chemická zařízení-části potrubí, spojky, tvarovky, ventily a kohoutky, těsnění, části chemických aparatur, speciální chemické nádoby .

Domácí potřeby - části elektrospotřebičů, např.sušiče na vlasy, kávovary, mlýnky, mixéry apod. rybářské nářadí, náročné hračky, kojenecké nádoby. Uplatnění našly PC i

v medicíně-hlavně chirurgie, také na výrobu stříkaček, částí lékařských přístrojů, obaly různých sond apod.

4.7 Polyacetály

4.7.1 Polyoxymetylén (POM)



Historie:

- (1960) - poprvé byl na trhu představen firmou Du Pont

Vlastnosti :

- termoplastický polymer, označuje se i jako polyformaldehyd
- pod 50°C se rozpouští jen v perfluorovaných alkoholech a ketonech, nad 150°C se rozpouští v benzylalkoholu a v dimethylformamidu

Výhody:

- lineární polymer, který snadno krystalizuje
- nenabobtnává v organických rozpouštědlech
- výtečná odolnost
- vysoký stupeň krystalinity polymeru

Nevýhody:

- malá termická stabilita, jeho mezní polymerační teplota činí jen 127°C
- koroze za napětí v organických rozpouštědlech
- při 4 > pH > 9 je povrch hydrolyticky naleptáván

Způsoby výroby:

Pro výrobu technicky použitelného polymeru je zapotřebí velice čistý monomerní formaldehyd nebo jeho trimetr trioxan bez polárních nečistot. Obsah vody v monomeru musí být velmi nízký, jinak vznikají nízkomolekulární produkty s vysokým obsahem koncových hydroxylových skupin. Stopové množství vody působí při kationtové a aniontové polymeraci jako přenašeč s výhodou se používá předpolymerace, část formaldehydu se nechá samovolně zpolymerizovat během dopravy od zdroje čistého monomeru do polymerační nádoby. Nečistoty zůstávají fixovány v tomto produktu a neovlivní vlastní řízenou polymerizaci. Čistý formaldehyd se připravuje např. z alkalicky sráženého nízkomolekulárního polyformaldehydu (paraformaldehydu), který se propírá destilovanou vodou a suší se ve vakuu při teplotě 80 °C. Vysušený paraformaldehyd se pak pyrolyzuje při 150 až 160°C a vzniklý monomer se vede přes řadu vymrazovačů, kde při -15°C dochází k časté polymeraci a odstraňují se nečistoty. Pak se čistý monomer vede do polymeračního reaktoru, kde se uvádí do vysušeného uhlovodíku, ve kterém je rozpuštěn katalyzátor (terc.aminy, fosfiny, alkoholáty, karbonyly kovů aj.). Typickým katalyzátorem je kalciumstearát, trifenylfosfin nebo tributylamin. Polymer se pak izoluje odstředěním, promyje se heptanem a acetonem a suší se ve vakuu při 80°C. Získaný polymer je nutno stabilizovat. Druhý výrobní postup POM vychází z trioxanu. Je to mnohem výhodnější, protože trioxan je stálý, snadno skladovatelný a snáze se čistí než formaldehyd. Trioxan se připravuje z koncentrovaného roztoku formaldehydu zahřátým s 0,5 až 5% kyselině sírové nebo p-toluensulfonové. Trioxan musí být rovněž pro polymeraci velmi pečlivě vyčištěn.

Zpracování:

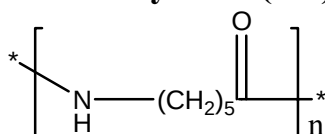
Polymer se zpracovává vstřikováním (90%), vytlačováním a vyfukováním při 200 až 210°C. Přídavkem nukleárních činidel lze zvýšit krystalizační rychlost při vstřikování a zkrátit zpracovací cyklus. Materiál se dá svařovat. Zpracovatelům se dodává ve formě bílých granulí.

Použití :

Největší množství POM slouží k výrobě součástí strojů, ozubených kol, ventilů, čerpadel, trubek, kloubových čepů aj.

4.8 Polymery obsahující dusík

4.8.1 Polyamid (PA)



Historie:

- (1883) - Piutti připravil první polyamid polykondenzací kyseliny m-aminobenzoové
- (1935) - Carothers připravil první polyamidové vlákno pod názvem Nylon.

Vlastnosti :

- tuhé, matné, málo průsvitné
- bezbarvé, trochu nažloutlé plastomery
- jeho vynikající vlastnosti vyplývají z přítomnosti silně polárních skupin –CO-NH- s vysokou mezimolekulární kohezí vedle alifatických segmentů zajišťujících snadnou ohebnost a disipaci energie při nárazu
- rozdělujeme ho na jednoduché a směsové polyamidy
- rozpouští se jenom ve silně polárních sloučeninách, jako jsou fenoly, koncentrované kyseliny apod.
- jsou vláknotvorné, je možné je orientovat na vysokopecní vlákna

Výhody:

- vynikající mechanické vlastnosti, fyziologicky nezávadné, snadná krystalizace
- odolnost vůči rozpouštědlům, vysoká teplota tání
- úplná odolnost vůči všem uhlovodíkům, chlorovaným uhlovodíkům, acyklickým alkoholům, ketonům, esterům a éterům, rozpouštědlem polyamidů je při normální teplotě koncentrovaná kyselina mravenčí, sírová a chlorovodíková, fenoly, chlorované fenoly a jiné

Nevýhody:

- při vyšších teplotách jsou citlivé na oxidaci, což se projevuje postupným zežloutnutím až zhnědnutím
- z teplotou se statická mechanická pevnost zmenšuje, vroubová houževnatost vzrůstá
- pevnost v tahu klesá s obsahem vlhkosti
- není to ideální izolant
- účinkem vody a dikarboxylových kyselin nebo diaminů nastává destrukce polyamidů

Způsob přípravy:

PA se připravují buď ze dvou komponent, tj. dikarbonové kyseliny a diaminu, nebo z jedné komponenty - cyklického laktamu. V prvním případě se uvádějí dvě čísla, počet článků -CH₂- v kyselině a v alkoholu, ve druhém případě jen jedno číslo, počet skupin -CH₂- v laktamu.

Technický význam má příprava PA polykondenzací acyklických diaminů a dikarboxylových kyselin (např. kyseliny adipové a hexametylendiaminu) a polykondenzací acyklických n-aminokyselin (např. kyseliny n-aminokapronové), resp. polymerizací jejich laktamů.

Způsob zpracování:

Zrnitý polyamid je možné zpracovat tavením, vstřikováním a vytlačováním, lisováním a válcováním. Polyamid se zpracovává na vlákna (hedvábí), monofily (vlasce), bloky, fólie (z roztoků, taveniny, ploché, vyfukované, orientované), pásy, řemeny, roztoky a disperze. Polyamid je možno spájet lepením, svářením vysokofrekvenčním, tepelným impulsem i plamenem.

Použití:

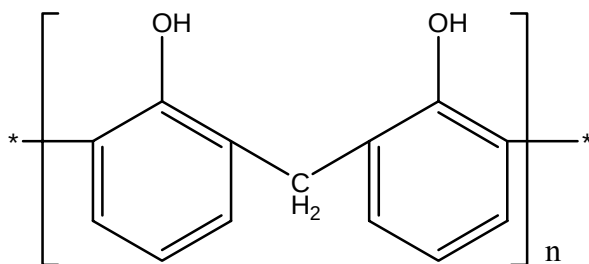
Hlavním spotřebitelem je textilní průmysl, elektrotechnický, strojírenský a průmysl spotřebního zboží. Polyamidové odpady možno zužítkovat a zpracovat přetavením, vysrážením, depolymerizací, hydrolýzou.

5 TERMOSETY (REAKTOPLASTY)

Lze je teplem vytvrzovat. Působením tepla se nejdříve stávají plastickými, dalším působením tepla se však mění jejich chemická struktura, stávají se netavitelnými a nerozpustnými.

5.1 Fenoplasty

5.1.1 PF



PF - FENOPLASTY, nejstarší a nejrozšířenější reaktoplasty. Fenolické pryskyřice jsou syntetické pryskyřice fenolů s aldehydy, které dostaly název bakelity podle jejich objevitele Dr. Baekelanda v roce 1907. Reakce, které vedou ke vzniku PF jsou: v alkalickém prostředí je to aldolová syntéza-rezoly. V kyselém prostředí jde o reakci fenolu a formaldehydu v poměru 1:1 a vznikají novolaky.

PF jsou termoplastické, rozpustné v alkoholech a ketonech, či esterech a alkáliích. Nejsou tvrditelné teplem, ani kyselinami. Používají se na výrobu lisovacích hmot, lepidel, pojiv na dřevo, brzdové materiály, přísady do nátěrových hmot, v galantérii jako ušlechtilé licí pryskyřice, odlehčené hmoty pro stavebnictví, antikoroční materiály, syntetická třísliiva, iontoměniče.

5.2 Aminoplasty

5.2.1 Melaminformaldehydové pryskyřice (MF)

MF - Melaminformaldehydové pryskyřice, které také patří mezi aminoplasty. Melamin vzniká rozkladem močoviny za vyšší teploty a tlaku. V prvním stupni reakce vznikají metylomelaminy, z nichž je nejstálější. Jejich další reakce jsou obdobné jako u metylmočoviny, avšak složitější.

Použití je široké: lisovací hmoty, vrstvené hmoty, lepidla, pomocné prostředky pro textil a papír, lakařské pryskyřice. Lisovací hmoty vznikají rovněž impregnací celulózy pryskyřicí a smísením s ostatními přísadami. Vyrábí se pod označením Umalur M a MK. Vytvrzuje se rychleji než UF, má vyšší tvrdost a lepší stálost barev. odstínů na povětrnosti. Vrstvené hmoty se skládají z mnoha vrstev neklíženého papíru napuštěného syntetickými pryskyřicemi a slisovaných (vytvrzených) za tepla a tlaku: Umakart, Umakron.

Použití: finální povrchy stolů a nábytků, podložky v elektrotechnice apod.

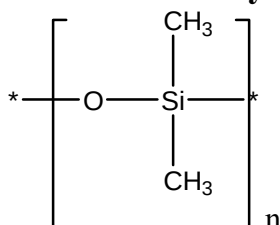
5.2.2 Močovinoformaldehydové pryskyřice (UF)

UF - Močovinoformaldehydové pryskyřice, které patří mezi aminoplasty, které jsou kondenzáty CH_2O s látkami obsahujícími aminové, nebo amidové skupiny. Největší význam mají produkty na bázi močoviny a melaminu.

UF vzniká reakcí CH_2O s $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ a závisí na poměru výchozích složek, na pH reakční směsi a na teplotě a druhu katalyzátoru. UF se používají na výrobu lisovacích hmot, lepidel, lehčených hmot, ztužovadel textilu, lékařská pojiva atd. Lisovací hmoty vznikají napojením celulózy reakční směsí a následným vysušením. Obsah celulózy je 30-40%. Po pomletí vzniká prášková lisovací hmota, která se lisuje a vytvrzuje při teplotě 135-150°C. Výlisky jsou světlé barvy s tvrdým povrchem. Chemicky jsou středně stálé, s nepříliš dobrými elektrickými vlastnostmi.

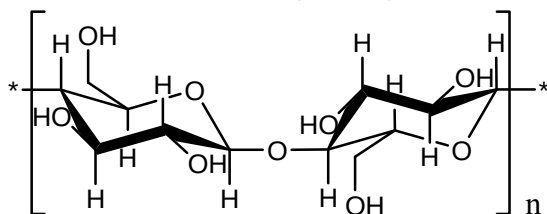
5.3 Silikony

5.3.1 Silikonový kaučuk (SIK)



SIK - silikonové kaučuky, kde jako monomery slouží siloxany, které se připravují hydrolýzou dialkyldichlorsilanů. Pro přípravu SIK se však používají výhradně siloxany cyklické, které polymerují za katalýzy silných kyselin, nebo zásad. Připravené kaučuky mohou být dvojího typu, vulkanizovatelné za tepla, pomocí peroxidů - silikonová pryž. nebo vulkanizovatelné za normální teploty, nízkomolekulární, kapalné, zakončené $-\text{OH}$ skupinami. SIK v nevulkanizovaném stavu jsou bezbarvé, často tekuté, rozpustné v benzenu, mají poměrně nízkou pevnost, botnají v organických rozpouštědlech, mají však výborné elektroizolační vlastnosti. Použití: aplikace vyžadující odolnost v širokém rozmezí teplot, hadice, těsnění, manžety, elektroizolace, kabely, dopravní pásy do horkého prostředí apod. Obch. označení: Lukopren, Silopren

5.4 Celulóza (CEL)



CEL - celulóza, je nejrozšířenější vysokomolekulární látkou v přírodě. Je to i jediná vysokomolekulární látka, která se vyskytuje prakticky v neomezeném množství, protože tvoří asi čtvrtinu až třetinu celého rostlinného světa. Její spotřeba je úměrná výskytu - ročně se jí spotřebuje ve formě dřeva, papíru, vláken, laků, fólií a dalších aplikací včetně paliva téměř 500 milionů tun. Je proto víc než logické, že výzkum struktury, výroby, vlastností i použití celulózy bylo a je věnováno mnoho rozsáhlých prací. Podrobným studiem bylo zjištěno, že zákl.stavební jednotkou je D-glukóza, provede-li se však neúplná hydrolýza celulózy, získává se poměrně značné množství celobiózy. Ve skutečnosti ovšem obsahuje

celulóza poměrně značné množství jiných sloučenin, ať již ve formě příměsí nebo přímo chemicky vázaných v molekule. Na uvedených vlastnostech příměsí je založeno technické posuzování kvality celulózy.

Vzhledem k tomu, že celulóza je obsažena prakticky ve všech rostlinách, zdálo by se, že její zdroje je možno volit takřka neomezeně. Záleží ovšem na tom, v jaké formě nebo čistotě je celulóza v rostlině obsažena a v jakém množství je tento zdroj k dispozici. Tímto výběrem se došlo ke dvěma hlavním zdrojům celulózy, a to k bavlně a dřevu.

Čistá celulóza není rozpustná v žádném rozpouštědle, není termoplastická a zahřátém na vyšší teplotu se postupně rozkládá. Oxidační činidla, jako např. kyselina chlorná, chlornany, peroxidy, kyselina dusičná a další látky v koncentrované formě oxidují celulózu na tzv. oxycelulózu.

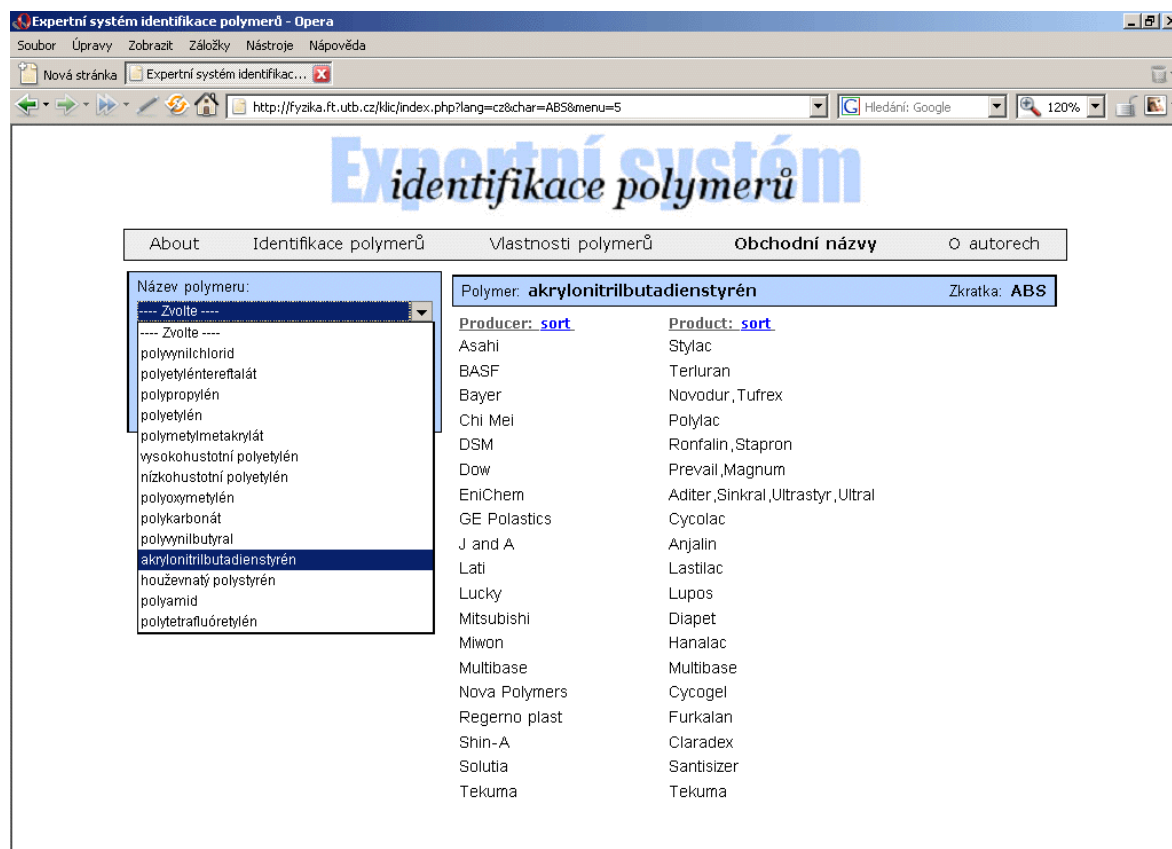
Z celulózy je možné vyrobit estery celulózy např. nitrocelulóza, acetát celulózy, propionát celulózy, také étery celulózy jako např. etylcelulóza a benzylcelulóza, metylcelulóza, karboxymethylcelulóza a hydroxymethylcelulóza.

Použití: vstřikovací hmoty a folie, desky, výroba laků, lepidel, plastických kůží, chemických vláken a podobně.

6 OBCHODNÍ NÁZVY POLYMERŮ

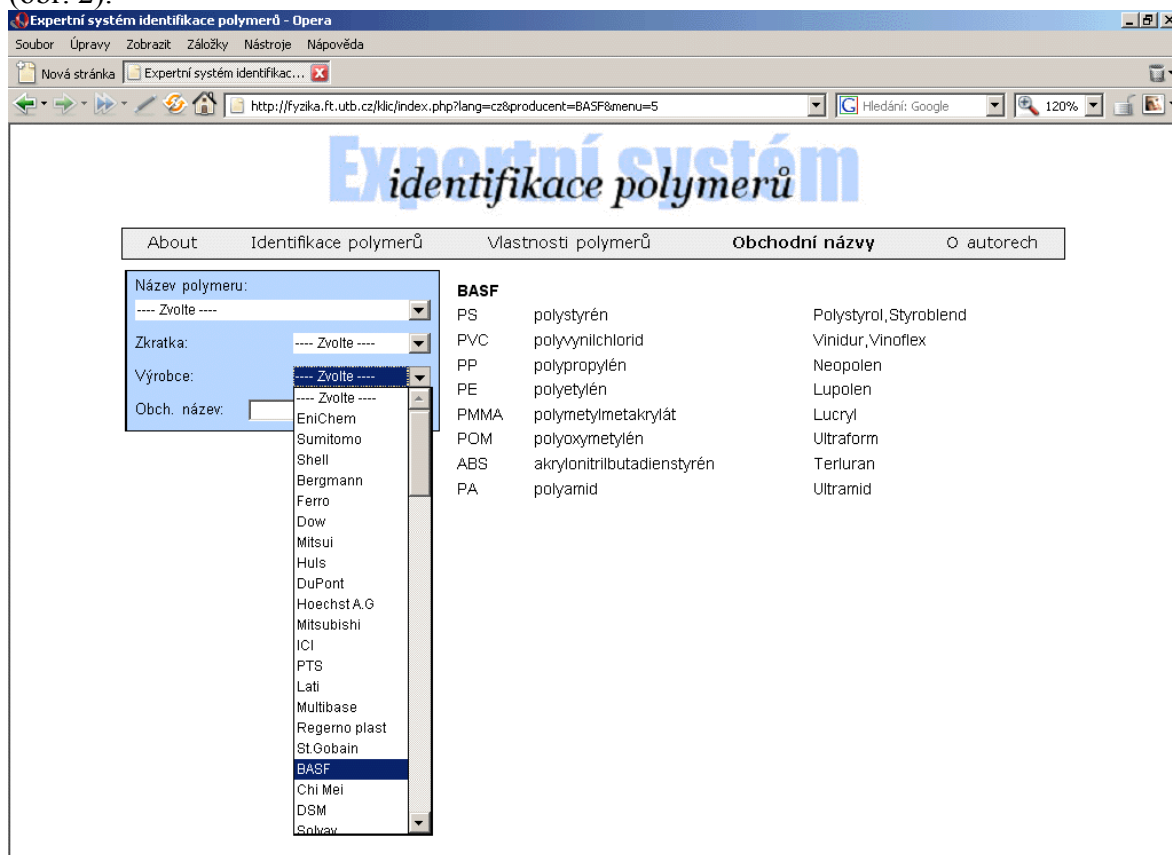
Tabulka výrobců a obchodních názvů je velmi rozsáhlá. Obsahuje 15 polymerů (řádků) a 101 výrobců (sloupců). Při tom je velmi řídká protože každý výrobce vyrábí jen několik málo polymerů. Z tohoto důvodu zde tabulku neuvádíme a zájemce odkazujeme na internet: <http://fyzika.ft.utb.cz/klic/index.php?lang=cz&menu=5>

V tabulce je možné vyhledat výrobce daného polymeru a obchodní názvy, pod kterými tento polymer vyrábí (obr. 1).



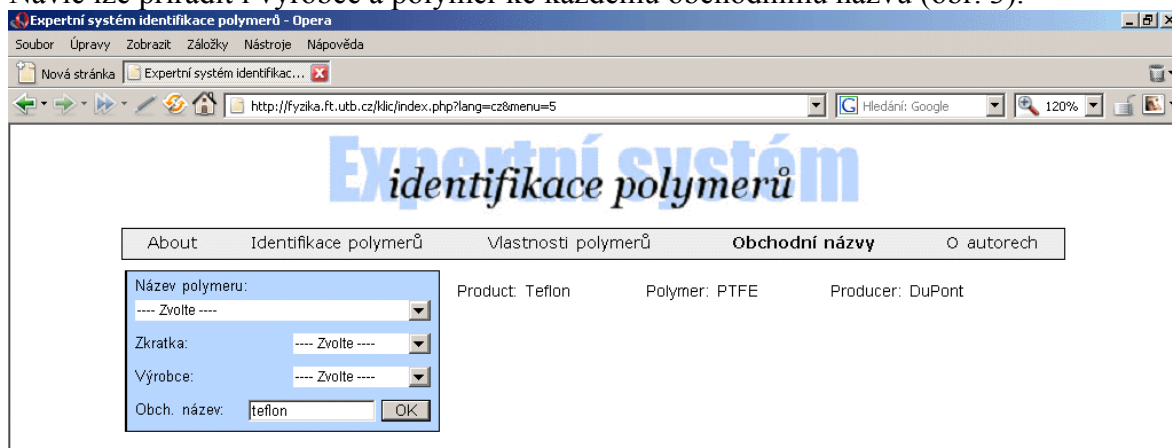
Obr. 1: Výpis výrobců a obchodních názvů pro vybraný polymer.

Stejně tak lze vyhledat polymery vyráběné daným výrobcem včetně obchodních názvů (obr. 2).



Obr. 2: Výpis polymerů a jejich obchodních názvů pro vybraného výrobce.

Navíc lze přiřadit i výrobce a polymer ke každému obchodnímu názvu (obr. 3).



Obr. 3: Nalezení výrobce a polymeru pro zadaný obchodní název.

7 ZÁVĚR

Moderní chemie nám každý den připravuje a zavádí do výroby neustále nové a nové látky speciálních vlastností a použití. Jednou z významných vlastností nově objevených látek je plasticita. Plasticita je vlastností, která byla široce využívána v metalurgii a v keramice.

Slovo plasty jako hromadné podstatné jméno se však nevztahuje k tradičním materiálům, používaných v těchto oborech, ale k novým látkám, vyráběným chemickými reakcemi a odlévaných nebo lisovaných do trvalých tvarů. Prvním takovým materiálem byl parkesin, vyrobený britským vynálezcem Alexandrem Parkesem. Parkesin, vyrobený se směsí chloroformu a ricinového oleje, byl podle průvodce po průmyslové výstavě r.1862 v Londýně, na které byl vynálezce za svůj objev odměněn bronzovou medailí, "látkou tvrdou jako rohovina, ale ohebnou jako kůže, která mohla být odlévána nebo lisována, barvena a řezána...".

Brzy následovaly další plasty, ale kromě celuloidu, sloučeniny nitrocelulózy s použitím kafra jako rozpouštědla, který byl vyráběn v trojrozměrných tvarech (např. kulečnické koule napodobující rohovinu) nebo v plochých listech (vločky do límečků, fotografické filmy), neměly až do 20. století velký komerční úspěch.

Až v polovině 20.století došlo k velkému rozmachu plastických hmot. Lidé začali nahrazovat doposud používané materiály, jako dřevo, sklo, keramika, slonovina nebo jantar různými plasty. Plasty tyto drahé materiály v mnoha případech plně nahradily. Jsou pevné, za tepla dobře tvarovatelné, mají malou hustotu, jsou dobrými izolátory elektrického proudu a tepla, jsou na vzduchu stálé a některé jsou odolné proti účinkům žiravin a jiných chemikálií. Jednou z největších předností je ale, že se vyrábějí z relativně dostupných a levných surovin.

V současné době je však škála nových polymerních materiálů dost nasycena. Ekonomické vlivy brzdí další objevy nových materiálů. I přes tyto fakta poptávka po plastech neustále roste, protože klasické materiály již nesplňují vysoké nároky moderní techniky. Proto je zapotřebí detailního zkoumání polymerních materiálů.

V této bakalářské práci jsem se snažila přiblížit vlastnosti některých nejvíce frekventovaných polymerů, které mají široké uplatnění zejména v průmyslu, v domácnosti, zvláště v kuchyni, ale i v ostatních průmyslových odvětvích. Je důležité znát veškeré vlastnosti těchto polymerů, aby je bylo možné využívat jen v náš prospěch.

V databázi na identifikaci polymerů jsme schopni na základě vyplnění různých dotazů určit druh polymeru, z kterého je materiál složen, což může být dobrá pomůcka na to, aby jsme ho mohli pak využít k námi požadovanému účelu.

Protože moderní věda se výrazně pohybuje napřed, studium polymerních materiálů a rozšiřování našich vědomostí o plastických hmotách je dobrým předpokladem k výraznému rozvoji naší budoucnosti.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] <http://sigmaaldrich.com>
- [2] <http://inventors.about.com/library/inventors/blplastic.htm>
- [3] <http://www.maropolymeronline.com/>
- [4] <http://www.ider.herts.ac.uk/school/courseware/manufacture/casting/>
- [5] <http://www.digitaltermpapers.com/essays2.php>
- [6] Kovačič, L: Plasty, Alfa Bratislava, 1974
- [7] Komárek, J: Deriváty celulózy, SNTL Praha 1966
- [8] Raff, R.A: Polyethylene, I.P London 1954
- [9] Mleziva, J: Polymery-struktura, vlastnosti a použití, Sobotáles 1993
- [10] Zámorský, Z: Náuka o polymerech II, Brno 1985
- [11] Mládek, M: Náuka o materiálech, SNTL Praha 1971
- [12] Lapčík, L., Raab: Nauka o materiálech II, Zlín 2003
- [13] Stoy, A: Úvod do makromolekulární chemie, SNTL Praha 1973
- [14] Mleziva, J: Úvod do makromolekulární chemie, ČS UKK Pardubice, 1978
- [15] Veselý, K: Polymery-struktura, syntézy, vlastnosti, zpracování, Brno 1992
- [16] Gibello, H: Styren a jeho polymery, SNTL Praha 1960
- [17] Kubík, J a kol.: PVC, výroba zpracování a použití, SNTL Praha 1960
- [18] Marek, O., Tomka, M: Akrylové polymery, SNTL Praha 1964
- [19] Doležal, V: Plastické hmoty, SNTL Praha 1961
- [20] Kučera, M: Vznik makromolekul, Vutium Brno 2003
- [21] Vollmert, B: Základy makromolekulární chemie, Academia Praha 1970

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

CEL	Celulóza
PE	Polyetylén
HDPE	Vysokohustotní polyetylén
LDPE	Nízkohustotní polyetylén
PP	Polypropylén
PTFE	Polytetraflóretylén
PVC	Polyvynilchlorid
PVB	Polyvinylbutyral
PETP	Polyetyléntereftalát
PC	Polykarbonát
PA	Polyamid
PS	Polystyrén
HIPS	Houževnatý polystyrén
SAN	Styrénakrylonitril
ABS	Akrylonitrilbutadienstyren
PMMA	Polymethylmetakrylát
POM	Polyoxymetylén
PF	Fenoplasty
UF	Močovinoformaldehydové pryskyřice
MF	Melaminformaldehydové pryskyřice
SIK	Silikonový kaučuk
CH ₂ O	Formaldehyd
AN	Akrylonitril

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Výpis výrobců a obchodních názvů pro vybraný polymer.

Obr. 2: Výpis polymerů a jejich obchodních názvů pro vybraného výrobce.

Obr. 3: Nalezení výrobce a polymeru pro zadaný obchodní název.

