



Pedagogická
fakulta
Faculty
of Education

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
PEDAGOGICKÁ FAKULTA
KATEDRA APLIKOVANÉ FYZIKY A TECHNIKY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

PŘEHLED VÝZNAMNÝCH POLYMERŮ PRO TECHNICKOU PRAXI

Vypracoval: **Lukáš Vašek**

Vedoucí práce: **Mgr. Pavel Černý, Ph.D.**

České Budějovice 2019

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě – v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Pedagogickou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

v Českých Budějovicích dne 1. prosince 2019

podpis studenta

Anotace

Bakalářská práce je zaměřena na vytvoření grafických přehledových listů se zaměřením do výuky předmětu „materiály a technologie“ případně do výuky na nižších stupních škol. Výukové listy poskytují přehled 15 nejpoužívanějších polymerů spolu s jejich vlastnostmi. Přínosem a cílem práce je připravit základní brožuru elementárních vlastností nejpoužívanějších polymerů, se kterými je možné se ve studijní praxi setkat.

Klíčová slova

Polymery, polyreakce, polyethylen, PVC, HDPE, LDPE, využití v praxi

Annotation

Bachelor thesis focus mainly for a creating a graphical Educational sheet with a teaching subject like "materials and technology" or for a study on lower school levels. The Educational sheets are providing 15 of the most common used polymers along with their properties that the data can be immediately used by other students. The benefit and the goal are to prepare a basic brochure elementary property of the most widely used polymers with which it is possible to study the encounter.

Key words

Polymers, polyreactions, polyethylene, PVC, HDPE, LDPE, use in praxis

Obsah

Obsah.....	4
1 ÚVOD.....	5
2 TEORETICKÁ ČÁST	6
2.1 Historie výroby plastů	6
2.2 Základní charakteristiky plastů.....	8
2.2.1 Chemické vlastnosti polymerů	12
2.2.2 Fyzikální vlastnosti polymerů	13
2.2.3 Mechanické vlastnosti polymerů.....	19
2.3 Základní reakce plastů	24
2.3.1 Polymerace	24
2.3.2 Polykondenzace.....	26
2.3.3 Polyadice	26
2.4 Dělení plastů	27
2.4.1 Termoplasty.....	27
2.4.2 Reaktoplasty	28
2.4.3 Kaučuky syntetické	28
3 CÍLE PRÁCE.....	29
4 PRAKTICKÁ ČÁST	30
4.1 Metodika.....	30
4.2 Pracovní listy termoplastů a reaktoplastů	31
5 Závěr	46
6 Použitá literatura	47
7 Seznam obrázků	49
8 Seznam tabulek	49
9 Seznam pracovních listů	50

1 ÚVOD

Pro člověka prvními materiály, které se naučil opracovávat, bylo dřevo, posléze kámen a s ovládnutím ohně i zpracování kovů. S novým materiálem se člověku vždy otevřela další cesta obživy, tím i rozvoje mozku. Historie plastů neboli polymerů, jak je dnes chápeme, tj. syntetických, počíná v 19. století, kdy roku 1835 H. V. Regnault přichází s pojmem polymer a jeho prvním zástupcem, kterým byl polyvinylchlorid – PVC. První uplatněný polymer byl původně přírodní materiál gutaperča, jež pochází z Malajsie, kde jej mezi tamními domorodci objevil lékař W. Montgomerie. O 30 let později přichází v USA John W. Hyatt náhradou gutaperči v kulečnickových koulích – změkčený Pyroxidin, dnes známým jako Celluloid [1]. O dalších téměř 200 let později v novém tisíciletí jsou plasty zastoupeny ve všech oblastech našeho života – od oděvního průmyslu (umělá vlákna), k potravinářství (obalové materiály a přepravní materiály), výrobnímu průmyslu (trubky a roury, parovody, plynovody apod.).

Obecně se dá říci, že zásadní charakteristikou, díky které se plasty prosadily do našich životů, je jejich nízká hmotnost, pružnost, minimální křehkost. Z druhé strany mají dlouhou dobu poločasu rozpadu čili dnes – po zhruba 200 letech jejich používání, nemůžeme s plným vědomím říci, že jsou zcela inertní. Je známo, že se mohou jejich rezidua uvolňovat do okolí atd. Vzhledem k tomuto jsou nutné zodpovědné zkoušky před zavedením nového plastu do obchodní sítě, ale též dlouhodobé testy ukazující rozklad plastů a možnosti jejich zpětného využití při procesu recyklace.

Cílem práce je vytvořit přehled významných polymerů užívaných v technické praxi dneška. Práce je zpracovávána tak, aby ji mohli využívat stávající studenti pedagogické fakulty/katedry fyziky, jež ji budou moci použít jako rychlý přehled základních informací, jako základní materiál pro srovnání a jako základní východisko odvození nadstavbových vlastností polymerů. Hlavním významem této práce je její využití v pedagogické praxi.

Bakalářská práce je rozdělena na dvě základní části – teoretickou a praktickou. V teoretické části je věnován prostor historii výroby plastů a jejich využití. Jsou zde shrnuty základní charakteristiky plastů obecně. Uvádím zde základní dělení plastů na termoplasty a reaktoplasty, dále jejich základní reakce, kterým podléhají tzv. polyreakce. V praktické části je věnován prostor vytvoření přehledového materiálu pro studenty chemie a technologie plastů, makromolekulární chemie. Přehledové listy jsou vytvořeny pomocí programu Word balíčku Microsoft Office a umožňují nejen porovnávání plastů mezi sebou, ale také jednoduchou formou uvádí čtenáře (studenta) do zkoumané problematiky. V závěru stěžejní části práce jsou shrnuty získané poznatky a stanoviska.

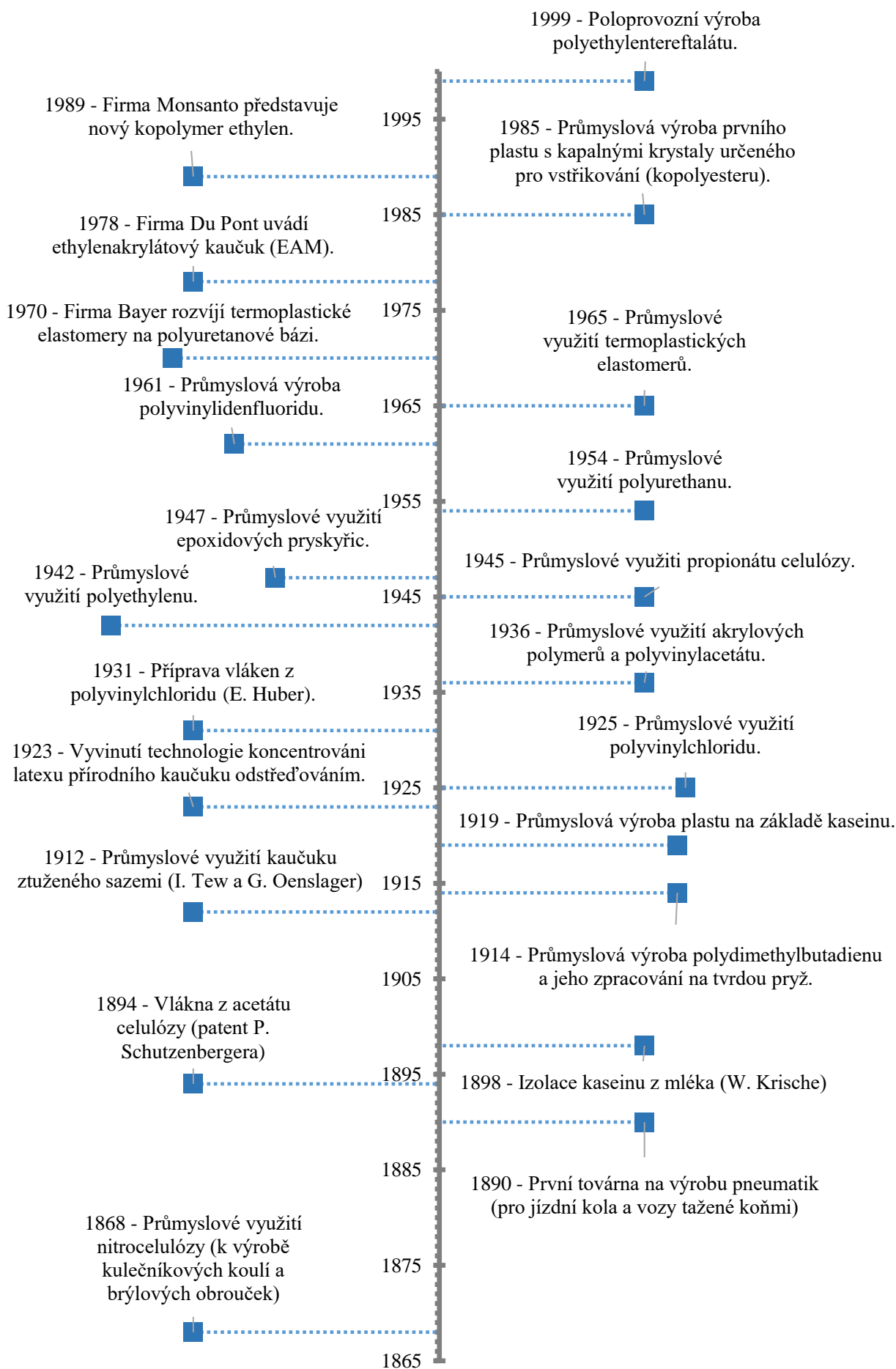
2 TEORETICKÁ ČÁST

Teoretická část bakalářské práce popisuje historii výroby plastů a jejich charakteristiky. Zabývá se jejich typickými vlastnostmi, jejich definicemi, vznikem a základními reakcemi polymerů. Věnuje se charakteristice vybraných termoplastů, reaktoplastů a syntetických kaučuků, tak aby bylo následně umožněné v praktické části zpracovat přehledové listy.

2.1 Historie výroby plastů

Jak již bylo uvedeno v úvodu, první obchodní využití plastů nastalo v 19. století roku 1843, kdy doktor William Montgomerie objevil u malasijských domorodců polymer gutaperču. Co ho vůbec vedlo zaujetí tímto materiálem? Jednalo se o materiál pružný, odolný otěru, elektricky vodivý. Vzhledem ke svému pružnosti je i nízká křehkost čili materiál může být využit pro výrobu předmětů s vyšším procentem pravděpodobnosti jeho rozbití apod. Vedle přírodní gutaperči patří do této skupiny polymerů také kaučuk. Prvním plastem, který byl vyroben člověkem byl tzv. parkesin neboli umělá slonovina, po chemické stránce se jedná o nitrát celulozy. Umělá slonovina byla představena roku 1862 na průmyslové výstavě v Londýně. Látka byla charakterizována jako tvrdá jako rohovina, ale ohebná jako kůže, která mohla být odlévána nebo lisována, barvena a řezána. Jejím vynálezcem byl Alexander Parkes z Velké Británie, jež za svůj výrobek obdržel na této výstavě bronzovou medaili. Látka byla pojmenována jako parkesin. Vyroben byl se směsí chloroformu a ricinového oleje. Dalším zástupcem je zmiňovaný celuloid připravený Parkesem a paralelně Johnem Wesley Hyattem. Svě míso si našel jako materiál pro výrobu kulečnickových koulí místo slonoviny a rohoviny, jako vložka do límečků, pravítka a pingpongové míčky. Dále si celuloid našel výborné uplatnění jako filmový nosič – byl pružný, průhledný, je zde možnost nanesení fotosenzitivní vrstvy, avšak za cenu toho že tento materiál výborně hoří, a to i bez přístupu vzduchu. Je důležité upozornit, že základní stavební jednotkou jak parkesinu, tak celuloиду je celulóza, jelikož se v obou případech jedná o nitráty celulozy [1].

V následujícím přehledu je uvedena krátká historie výroby plastů od počátku 19. století do počátku nového tisíciletí, jak jej uvádí Prokopová [2], který je zpracován do přehledné tabulky.

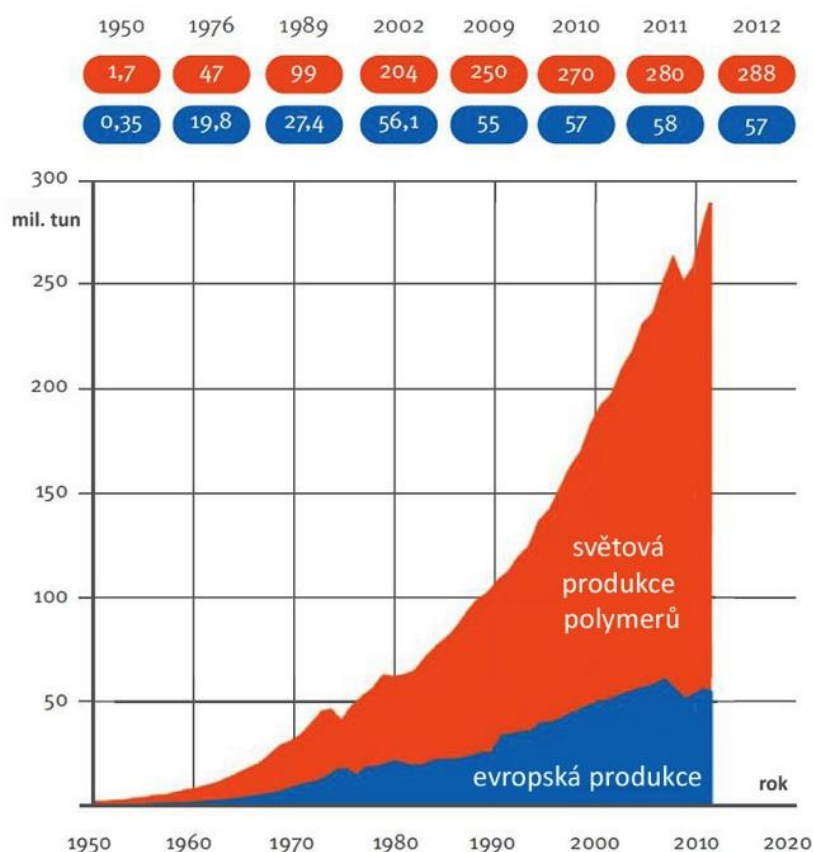


Tabulka 1: Historie výroby plastů [4, 28, 29]

2.2 Základní charakteristiky plastů

Plasty, resp. polymery jsou dnes velmi významnými materiály pro výrobu koncových produktů – pro domácnosti, průmysl potravinářský, textilní, automobilový atd. (Obrázek 1 a 2) Jelikož, jak je uvedeno dále, existuje množství zástupců polymerů. Liší se svými vlastnostmi, které pro přehlednost dalšího textu jsou rozděleny na vlastnosti chemické, fyzikální a mechanické [3]. Mezi parametry, které uvedené vlastnosti ovlivňují, patří:

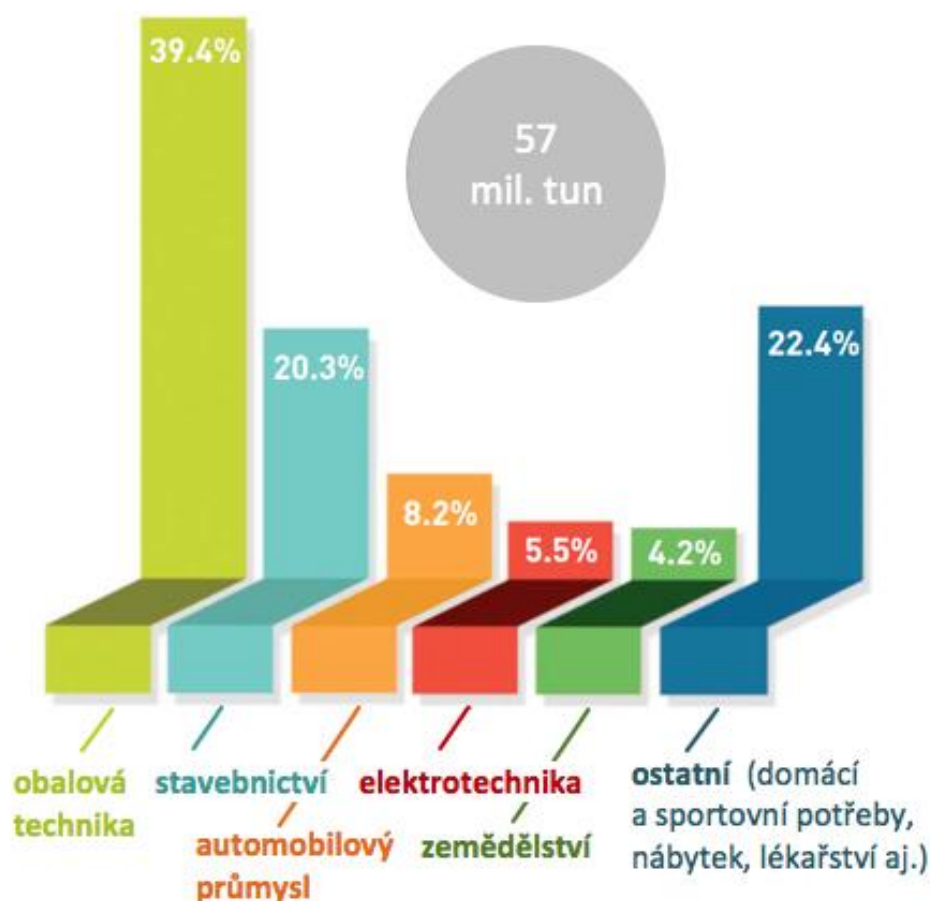
- chemické složení;
- molekulární struktura (tvar, velikost a síly mezi makromolekulami, stereochemie molekuly);
- aditiva;
- uspořádání makromolekul (krystalizace);
- teplota a vlhkost okolí;
- atmosférické podmínky, jako je světlo, UV záření, vodní srážky apod.;
- způsob, velikost a doba zatěžování (tomuto vlivu se budeme věnovat později);
- technologické (procesní) podmínky zpracování materiálu v koncovém výrobku.



Obrázek 1: Historický vývoj a predikce výroby polymerů od roku 1950 do roku 2020 [4]

Data dle Obrázku 2 ukazují, že od 50. let minulého století se výroba plastů více než ztrojnásobila. A to jak v celosvětovém měřítku, tak pouze z evropského hlediska. Jedná se o důsledek velmi širokého použití plastů oproti jiným materiálům – dřevo, keramika, kovy a jejich slitiny, papír

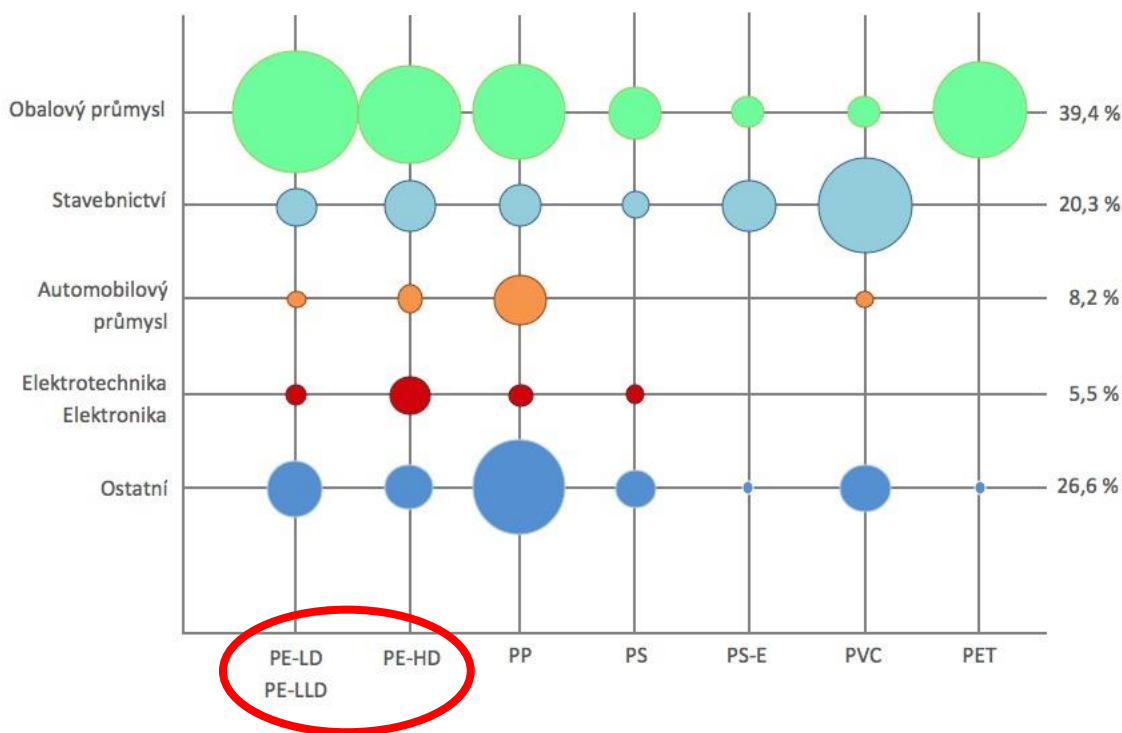
atd. Výroba plastů je oproti těmto materiálům levnější, rychlejší a možná ve velkém měřítku. Pokud se k tomu uváží i širší využití, jedná se o logický důsledek sumy vlastností plastů. Je však nutné si uvědomit, že plasty jsou látky vysoce odolné působení času, a tedy neumíme dnes se spolehlivostí říci, pomocí jakých intermediátů se konkrétní polymery rozkládají, jaký je jejich poločas rozpadu a jakým jsou rizikem ve volné přírodě pro faunu a floru [5, 6].



Obrázek 2: Využití polymerů v Evropě po průmyslových odvětvích [4]

Obrázek 3 potvrzuje výše uvedenou předpověď o množství vyráběných plastů v evropském měřítku. Jsou zde uvedeny nejvýznamnější obory užívající polymery jako vstupní materiál. Jedná se o obalovou techniku, stavebnictví, automobilový průmysl, elektrotechniku, zemědělství a celá pětina jsou menšinově zastoupené obory jako je domácí vybavení, sportovní náčiní, nábytkářství a lékařský materiál. Nejvíce je zastoupena obalová technika. Spadají sem obaly, jak pro potravinářské, tak nepotravinářské užití. Pro potravinářské obaly je nutné, aby materiál splňoval zdravotní bezpečnost a dané parametry (na pevnost, smrštitelnost folií, odolnost UV záření, stabilitu – minimální riziko přestupu reziduí obalu do potravin apod [7]).

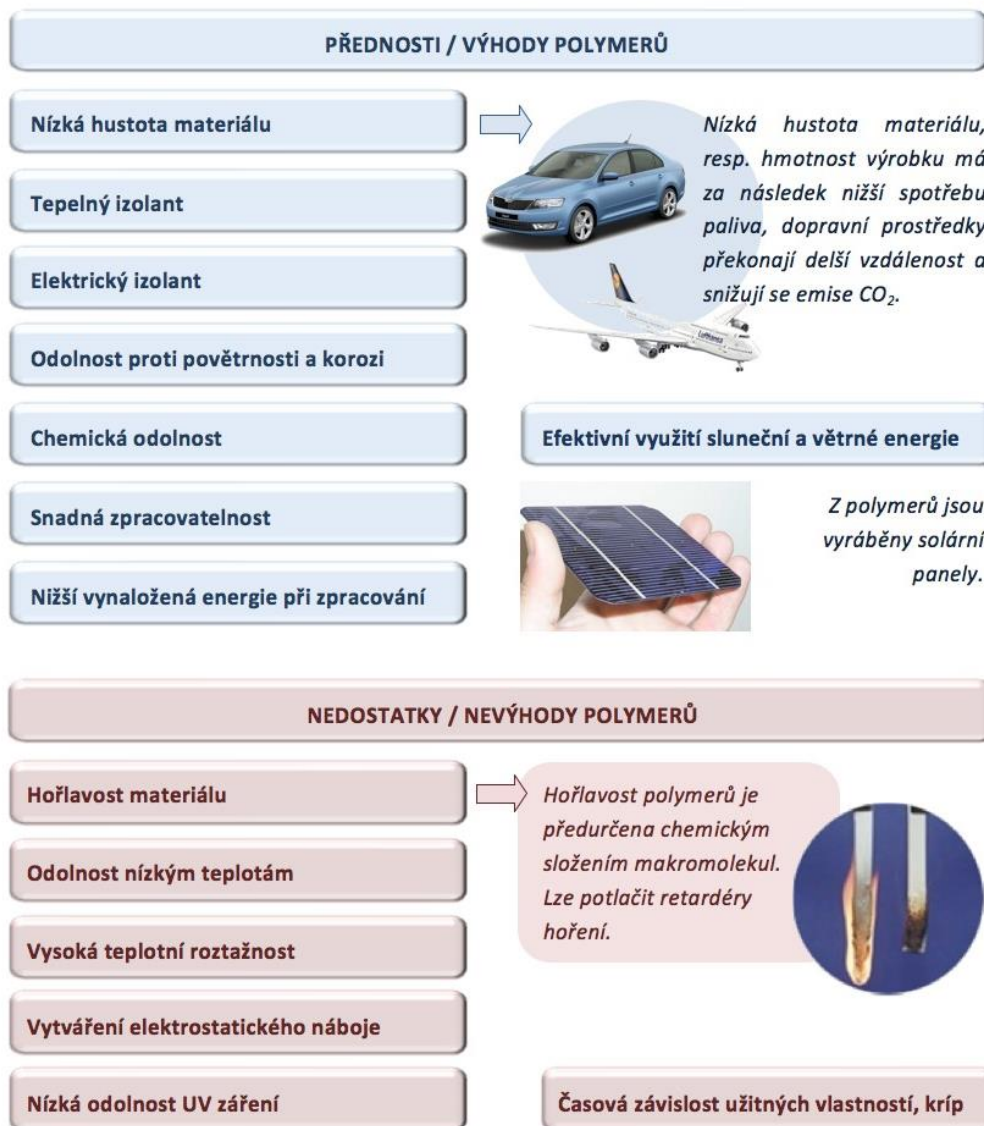
Na následujícím obrázku je uvedena spotřeba konkrétních polymerů v daných průmyslových odvětvích v Evropě pro rok 2014.



Obrázek 3: Spotřeba konkrétních polymerů v Evropě v roce 2014 [4]

Z uvedeného plyne, že nejvyšší spotřeba polymerů je v oblasti obalových materiálů a následně ve stavebnictví. Jedná se především o různě modifikovaný polyethylen – s nízkou, velmi nízkou a vysokou hustotou [7, 8]. Z uvedeného plyne, že polyethylen patří k nejvýznamnějším polymerům vůbec. Jedná se o polymer, který je dostupný ve více formách, které se liší primárně svou chemickou strukturou, v důsledku mají dané matrice různé fyzikální a mechanické vlastnosti. Polyethylen je dostupný jednak jako LDPE, HDPE a VLDPE, tj. polyethylen s nízkou hustotou (lehký polyethylen), polyethylen s vysokou hustotou a polyethylen s velmi nízkou hustotou. Konkrétní shrnutí vlastností daných polymerních materiálů je uvedeno v praktické části v pracovních listech.

Kolektiv autorů z ČVUT uvádí výhody a nevýhody použití polymerů následovně (Obrázek 4):



Obrázek 4: Výhody a nevýhody využití polymerů [4]

Konkrétní vlastnosti a charakteristiky polymeru jsou uvedeny v tzv. materiálovém či technickém listě, jeho ukázka je uvedena v následující tabulce:

VLASTNOSTI		Zkoušeno: ISO / IEC	Jednotky	PE 500
Obecné	Barva	—	—	neutrální/černá/zelená
	Průměrná molekulární hmotnost (1)	—	10 ⁶ g/mol	4,5
	Hustota	1183	g/cm ³	0,96
	Nasákavost ve vodě při 23°C (2)	-	%	0,01
Tepelné vlastnosti (3)	Teplota tání (DSC, 10°C/min)	11357	°C	135
	Tepelná vodivost při 23°C	—	W / (K.m)	0,4
	Koeficient lineární tepelné roztažnosti mezi 23–100°C	—	10 ⁻⁶ m/(m.K)	150
	Teplota deformace při zatížení:			
	- metoda A: 1,8 MPa	75	°C	44
	Teplota měknutí VICAT - VST/B50	306	°C	80
	Maximální provozní teplota na vzduchu:			
	- krátkodobá (4)	—	°C	120
	- trvalá: po dobu 20000 h (5)	—	°C	80
	Minimální provozní teplota (6)	—	°C	-100
	Hořlavost (8)			
- "kyslíkový index"	4589	%	< 20	
- UL 94 (1,6 mm tl. vzorku)	—	—	HB	
Mechanické vlastnosti při 23°C (9)	Zkouška tahem (10):			
	- mez kluzu (11)	527	MPa	28
	- deformace na mezi kluzu (11)	527	%	10
	- deformace při přetržení (11)	527	%	> 50
	- modul pružnosti (12)	527	MPa	1300
	Zkouška tlakem (13):			
	- tlak, jenž způsobí 1 / 2 / 5 % deformaci (12)	604	MPa	12/18,5/26,5
	Rázová houževnatost - Charpy (14)	179 / 1eU	kJ/m ²	bez lomu
	Vrubová houževnatost - Charpy (15)	179 / 1eU	kJ/m ²	105 P
	Vrubová houževnatost - Charpy (dva vruby 15°) (16)	DIS 11542-2	kJ/m ²	25
	Tvrдость (metoda kuličkou)	2039-1	N/mm ²	48
Tvrдость - Shore D (15 s)	868	—	62	
Oděr - relativní ztráta objemu ("sand/water-slurry" test) CESTILENE HD 1000 = 100	vlastní test	—	350	
Otěr - relativní ztráta objemu ("tribo systém") (17)	vlastní test	—	1 200	
Elektrické vlastnosti při 23°C (3)	Elektrická pevnost (18)	-60243	kV/mm	45
	Vnitřní odpor	-60093	Ω . cm	> 10 ¹⁴
	Povrchový odpor	-60093	Ω	> 10 ¹²
	Relativní permitivita ε _r při 100 Hz	-60250	—	2,4
	Relativní permitivita ε _r při 1 Hz	-60250	—	2,4
	Disipační činitel tan δ při 100 Hz	-60250	—	0,0002
	Disipační činitel tan δ při 1 Hz	-60250	—	0,0002
	Odolnost proti plazivým proudům (CTI)	-60112	—	600

Tabulka 2: Materiálový list PE 500 (EPP plasty) [9]

2.2.1 Chemické vlastnosti polymerů

Základní jednotkou polymeru je monomer, jedná se o jednoduchou molekulu, která se ve vysokém počtu opakování řetězci, tj. vzniká polymer. Dle chemických vlastností základní jednotky, je možné určit chemické vlastnosti polymeru jako celku. Dle konstituce makromolekuly polymeru je možné

dělení na řetězce lineární (a), řetězce s postranními řetězci (b) a řetězce větvené (c) viz následující obrázek. Ty jsou dále charakterizovatelné pomocí polymerizačního stupně, počtu a délky postranních řetězců.



Obrázek 5: Chemické vlastnosti – konstituce makromolekul [2]

Prostorové uspořádání atomů a samotných molekul v řetězci je definováno konfigurací řetězce. Tento tvar je z chemického pohledu neměnný, a to ani po chemické reakci. Je možné rozeznat opticky aktivní látky a látky se stereoizomerními centry. Uspořádání stereoizomerních center se označuje jako takticita. S rostoucí pravidelností v uspořádání center v molekule polymeru roste i stupeň takticity. Jako izotaktickou molekulu lze označit tu, jejíž substituenty (R-) leží ve stejné polorovině uhlíkového řetězce. Pokud se konfigurace stereoizomerních center pravidelně střídá, označujeme řetězec jako syndiotaktický. Pokud je konfigurace center náhodná, jedná se o řetězec ataktický.

Významný parametr chemických charakteristik je molekulová hmotnost polymeru neboli molární hmotnost. Nízkomolekulární sloučeniny mají neměnnou molární hmotnost. Při syntéze polymerů za stejných podmínek lze připravit více materiálů se stejným chemickým složením, ale jinou molární hmotností. Lze vyrobit např. polyethylen s hmotností kolem $5\,000\text{ g mol}^{-1}$ i polyethylen o hmotnosti cca $100\,000\text{ g mol}^{-1}$, které můžeme využít na obalové fólie. Zajímavý je Ultra-vysokomolekulární polyethylen s hmotností řádech 10^6 g mol^{-1} , v praxi se využívá k výrobě umělých kloubů nebo neprůstřelných vest. Ve všech těchto případech uvádíme polymer, jeho vzorec složení je $[-\text{CH}_2-\text{CH}_2-]_n$, kde n nabývá hodnot kolem $10^2 - 10^5$. Zobecnit souvislost s hodnotou řádu molární hmotnosti a vlastnostmi by bylo chybné. Důležitou roli v této souvislosti hraje konstituce makromolekul a jejich ne vazebné interakce, které mezi makromolekulami na sebe působí [2].

2.2.2 Fyzikální vlastnosti polymerů

Mezi fyzikální vlastnosti polymerů řadíme hustotu, elektrické chování, vztah polymeru k vodě, tj. nasákavost, požární odolnost a chování polymeru v rostoucí teplotě. Chování polymeru v závislosti na teplotě je možno vysvětlit na základě tepelného pohybu makromolekulárních řetězců nebo jejich segmentů.

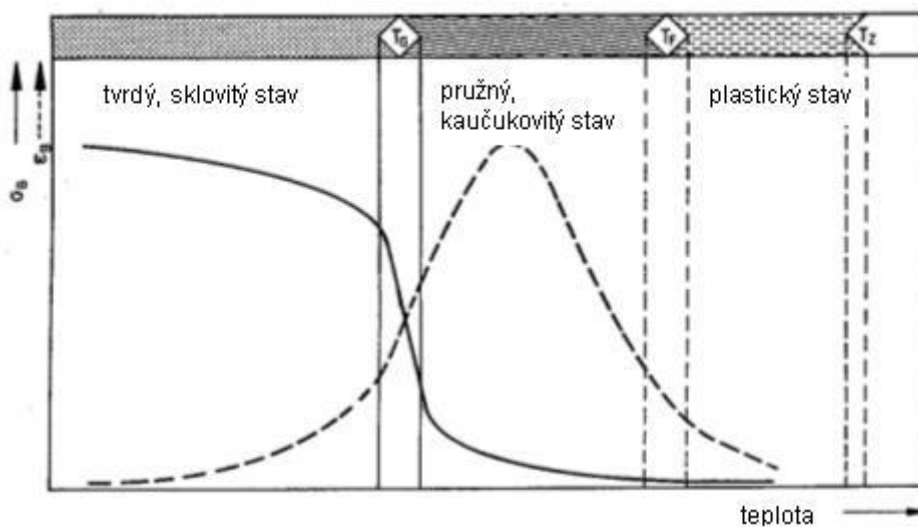
V amorfním polymeru se může realizovat tepelný pohyb na čtyřech úrovních [2]:

1. translační pohyb celých makromolekul, který umožňuje tok materiálu (makromolekuly po sobě klouzají);
2. pohyb segmentů makromolekul, který dovoluje ohyb a rozbalování jejich částí a způsobuje elasticitu materiálu;
3. pohyb několika málo atomů v hlavním řetězci makromolekuly nebo postranních skupin hlavního řetězce;
4. rovnovážné vibrace atomů.

V určité oblasti teplot se ale tyto změny zrychlují a mohou se měnit dokonce skokem. Takové oblasti se nazývají přechodovými teplotami a v závislosti na teplotě se polymer může nacházet ve stavu sklovitém, kaučukovitém nebo kapalném.

U amorfních termoplastů jsou charakteristickými přechodovými teplotami teplota skelného přechodu (T_g), označována také jako teplota zesklenní a teplota viskózního toku (T_f). Pod teplotou skelného přechodu se termoplast nachází ve sklovitém stavu, nad ní ve stavu kaučukovitém, viz následující obrázek.

V následující obrázku jsou uvedeny již konkrétní výše teplot skelného přechodu pro nejvýznamnější polymery v dnešní technologii [2].



Obrázek 6: Přechodové teploty polymerů [10]

Polymer	Teplota skelného přechodu T_g v °C
Polyethylen	-80°C
Polypropylen	-18°C
Cis-1,4-polybutadien	-114°C
Cis – 1,4-polyisopren	-73°C
Poly(dimethylsiloxan)	-123°C
Poly(tetrafluoroethylen)	-113°C
Polyisobutylen	-70°C
Poly(kaprolaktam)	+50°C
Poly(ethylen tereftalát)	+67°C
Poly(methylmetakrylát)	+105°C
Polyvinylchlorid	+83°C
Polyakrylonitril	+104°C
Polystyren	+100°C
Polyvinylacetát	+29°C
Polyvinylalkohol	+85°C

Tabulka 3: Vybrané teploty skelného přechodu vybraných polymerů [11]

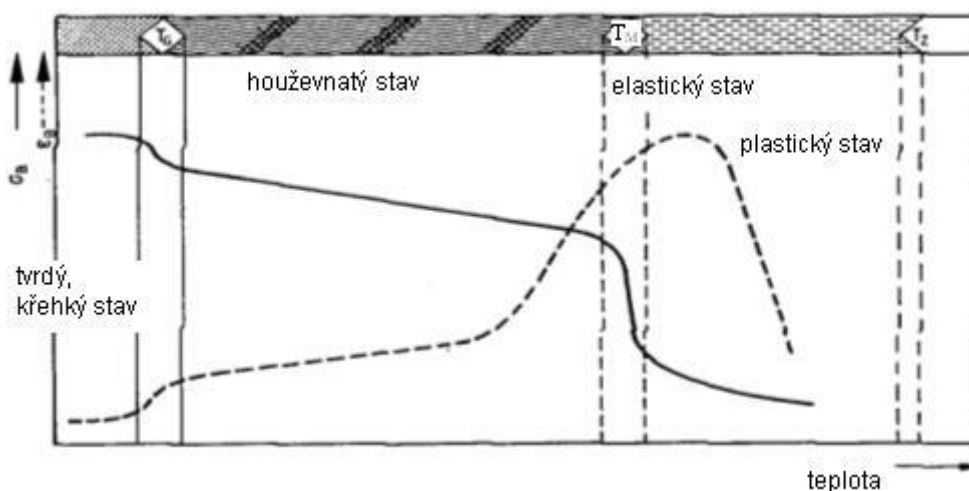
Pod teplotou skelného přechodu je polymer tvrdý a křehký a má vysoký modul pružnosti. V přechodové oblasti v okolí T_g se vlastnosti amorfního termoplastu mění skokem a polymer nabývá kaučukovitou pružnost, např. modul pružnosti (E) poklesne přibližně o tři řády. Toto chování je způsobeno zvýšenou pohyblivostí částí (segmentů) makromolekul, které konají rotační nebo kývavý pohyb (poklesnou mezimolekulární síly). S dalším nárůstem teploty ztrácí amorfní termoplast v teplotní oblasti charakterizované teplotou viskózního toku (T_f) kaučukovitě elastické vlastnosti. V této oblasti modul pružnosti klesá skokem na nulovou hodnotu (dochází k pohybu makromolekul vůči sobě navzájem) a polymer se mění ve vysoce viskózní tok, taveninu. Nad teplotou T_f se nachází oblast zpracovatelnosti amorfních termoplastů technologickými postupy, jako je vstřikování, vytlačování apod [3].

Vzhledem ke skutečnosti, že k největším „skokovým“ změnám vlastností u amorfních termoplastů dochází v oblasti skelného přechodu, je teplota zesklenní považována za teoretickou hranici použitelnosti amorfních termoplastů, pokud nejsou mechanicky namáhány. Při jejím překročení dochází k samovolné deformaci vyrobeného dílu a ztrátě jeho funkčnosti.

Sesíťované amorfní polymery (reaktoplasty, pryže) se chovají ve srovnání s amorfními termoplasty odlišně. Tuhá síť chemických vazeb vylučuje přesuny makromolekul jako celku (materiály nelze roztavit). Proto můžeme při zvyšování teploty nalézt jen náznak kaučukovité pružnosti, která se projeví v přechodové oblasti zesklenní, a to jen velmi nepatrnou změnou

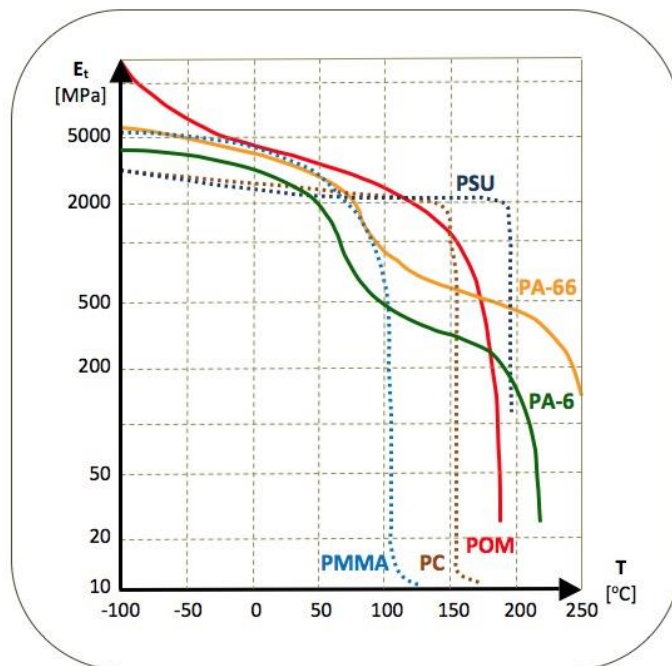
v závislosti na hustotě zesítnění (elastomery jsou materiály řídkce sesítněné, na rozdíl od reaktoplastů). Modul pružnosti takového polymeru má proto nad T_g stále relativně vysokou hodnotu, která zůstává víceméně konstantní až do teploty rozkladu.

Semikrystalické termoplasty mění v přechodové oblasti zesítnění (T_g) své vlastnosti skokem, avšak k nejrychlejším změnám dochází až v oblasti teplot, kterou charakterizuje teplota tání (T_m) – teplota tání krystalitů. V této teplotní oblasti dochází k rozpadu krystalické struktury polymeru, který přechází z tuhého stavu do kapalného. Nad T_m se nachází teplotní oblast zpracování semikrystalických termoplastů vstřikováním, vytlačováním apod. Teplota tání závisí na velikosti makromolekul a na velikosti sil působících mezi nimi viz následující obrázek.



Obrázek 7: Semikrystalické plasty a přechodové teploty [10]

S ohledem na fakt, že u nejrychlejších změn chování u semikrystalických termoplastů dojde v oblasti teplot tání, pak můžeme tuto teplotu považovat za teoretickou hranici, kde je možné ještě použití semikrystalických termoplastů, ovšem za předpokladu, že nebudou namáhané mechanicky. Pro zachování spolehlivosti dílu volíme z běžných důvodů horní použitelnou teplotu mezi 20 až 40 °C pod T_m . Maximální teplota však je nutné zvolit s přihlédnutím namáhání dílce a současně působení teplotního zatížení. Při dlouhodobém zatížení se snižuje životnost součástí [4].

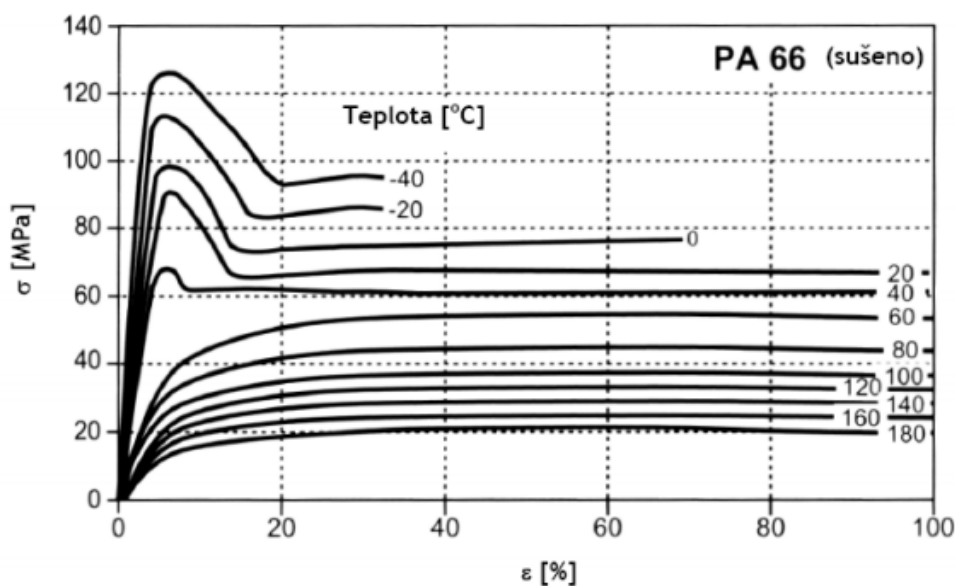


Obrázek 8: Teplotní závislost modulu pružnosti pro amorfní a semikrystalické polymery [4]

Polymer	Struktura	Název	Zkratka	T _g [°C]	T _m [°C]
TERMOPLAST	semikrystalické	Polyethylen nízkohustotní	PE-LD	-120	105 + 115
		Polyethylen vysoko hustotní	PE-HD	-120	130 + 135
		Polypropylen	PP	-15	160 + 170
		Polyoxymethylen	POM	-50	165 + 185
		Polyamid 6	PA-6	50	215 + 225
		Polyamid 66	PA-66	50	250 + 260
		Polyethylentereftalát	PET	75	250 + 260
		Polybutylentereftalát	PBT	75	225 + 230
		Polytetrafluorethylen	PTFE	125	340 + 345
		Polyetheretherketon	PEEK	145	335 + 345
		amorfní	Neměkčený polyvinylchlorid	PVC-U	85
	Standardní polystyren		PS-GP	95	-
	Akrylonitril-butadien-styren		ABS	105	-
	Styren-akrylonitril-akrylát		SAN	105	-
	Akrylonitril-styren-akrylát		ASA	100	-
	Polymethylmetakrylát		PMMA	110	-
	VULKANIZOVANÝ ELASTOMER	amorfvní	Polykarbonát	PC	150
Polysulfon			PSU	190	-
Polyimid			PI	>400	-
Přírodní kaučuk			NR	-70	-
Butadien-styrenový kaučuk			SBR	-50	-
Isoprenový kaučuk			IIR	-55	-
Butylkaučuk			IIR	-75	-
Chloroprenový kaučuk			CR	-40	-
Ethylen-propylen-dién-terpolymer			EPDM	-60	-
Silikonový kaučuk			Q	-85	-
REAKTO-PLAST		Epoxidová pryskyřice	EP	>75	-
		Fenol-formaldehydová pryskyřice	PF	>150	-
		Novolaková epoxidová pryskyřice		>125	-
		Polyesterová pryskyřice	UP	>60	-

Tabulka 4: Charakteristické přechodové teploty pro vybrané plasty [12]

Stejně jako teplotní přechody je pro využití polymeru v praxi důležité jeho chování při styku s vodou, tj. zda je navlhávací či nikoli. Navlhavost je obecně schopnost látek přijímat vlhkost z okolního prostředí. Jedná se o dlouhodobý proces, který probíhá do té doby, než je dosaženo tzv. rovnovážného stavu, kdy vlhkost látky, potažmo polymeru, odpovídá relativní vlhkosti okolního prostředí. Toto nelze vyjádřit materiálovou konstantou. Doba navlhání polymeru je závislá na chemickém složení materiálu, okolní teplotě a relativní vlhkosti, po kterou bude polymer navlhat, na chemickém složení materiálu a na tloušťce polymeru.



Obrázek 9: Navlhavost polymerů v závislosti na relativní vlhkosti [13]

Navlhávání polymerů zapříčiňuje především chemická struktura a také složení materiálů. Snáze navlhávají polymery, takové, které obsahují a mají přítomny atomy elektronegativních prvků (myšleno jejich polaritu), např.: kyslík, dusík, chlór a jiné atomy, se silnou elektronegativitou. Elektronegativita je označována jako vlastnost atomů vyjadřující přitahovat elektrony. Navlhají všechny polymerní materiály. Můžeme uvést polyoxymethyleny, polyamidy, polykarbonáty, fenol-formaldehydové pryskyřice a další. Polymery s nepolární povahou zapříčiňují nízké navlhavost (pod 0,1 hm%) a do této skupiny nenavlhavých polymerů vedle polytetrafluorethylenu patří polyethyleny, polypropyleny a polystyren, obsahují makromolekuly tvořené z atomů vodíku a uhlíku. Mají stejnou schopnost přitahování vazebných elektronů. Navlhávání je taktéž závislá na typu a celkovému množství přidaných aditiv. Organická plniva např. bavlna nebo kenafová vlákna, dřevitá moučka apod., zvyšují navlhavost polymerů a anorganická plniva typu mletý křemen apod. jí zase snižují.

Vliv na navlhavost má:

- pokles pevnosti;
- pokles pružnosti;
- zvýšení houževnatosti;
- zvýšení tažnosti;
- zhoršení izolačních vlastností;
- zhoršená odolnost proti vyšším teplotám materiálu apod. [4].

2.2.3 Mechanické vlastnosti polymerů

Příručky makromolekulární chemie [1, 8, 2, 14] uvádí, že v mechanice polymerů jsou rozeznávány čtyři základní vlastnosti – pevnost, pružnost, plasticita a houževnatost.

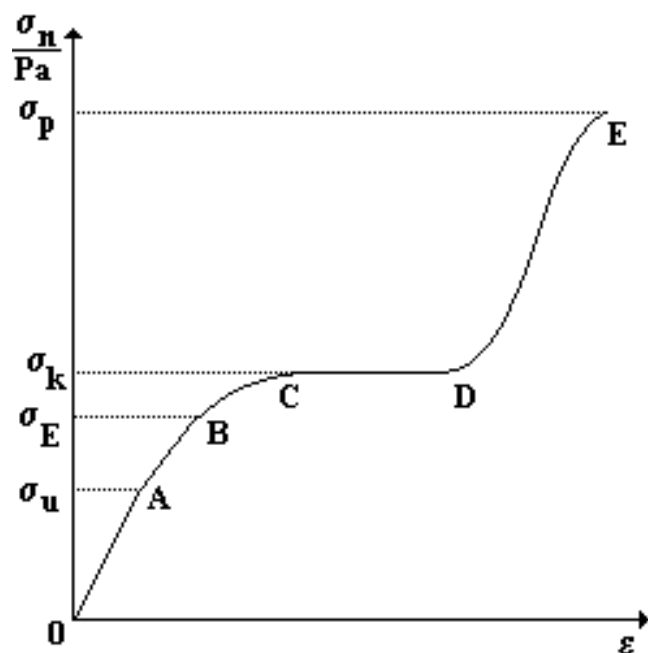
- pevnost polymeru charakterizuje jeho odolnost vůči působení okolních sil;
- pružnost polymeru navazuje na jeho pevnost. Vyjadřuje schopnost polymeru se při vnějším tlaku deformovat tak, že deformace je reverzibilní, tj. po odstranění zdroje stlačení se polymer vrací do původního tvaru;
- plasticita polymeru charakterizuje jeho schopnost vydržet deformace způsobené vnějšími silami bez svého porušení;
- houževnatost polymeru určuje jeho schopnost zůstat při ohybu materiálu a nárazech v jednom kuse a bez vzniku trhlin. Pokud je polymer spíše pevný a při působení vnějších sil se láme příp. v jeho objemu vznikají trhliny, mluví se o křehkosti polymeru.

Charakteristiky polymerů jsou mnohem obsáhlejší a jsou dohledatelné v technických, resp. materiálových listech konkrétních polymerů. Jedná se např. o modul pružnosti v tahu a v tlaku, napětí na mezi skluzu, prodloužení na mezi skluzu, Kríповý modul v tahu či vrubová houževnatost Charpy. Mechanické charakteristiky mohou být rozděleny:

- dle doby projevu vlastnosti: krátkodobé (stanovení trvá několik minut) a dlouhodobé (dlouhodobé stanovení v délce až desetitisíců hodin);
- dle charakteru působící síly: statické (působící síla je v čase konstantní) a dynamické (velikost síly působící na polymer se s probíhajícím časem mění);
- dle způsobu namáhání: charakteristiky tahové, tlakové, ohybové, smykové či charakteristiky v krutu.

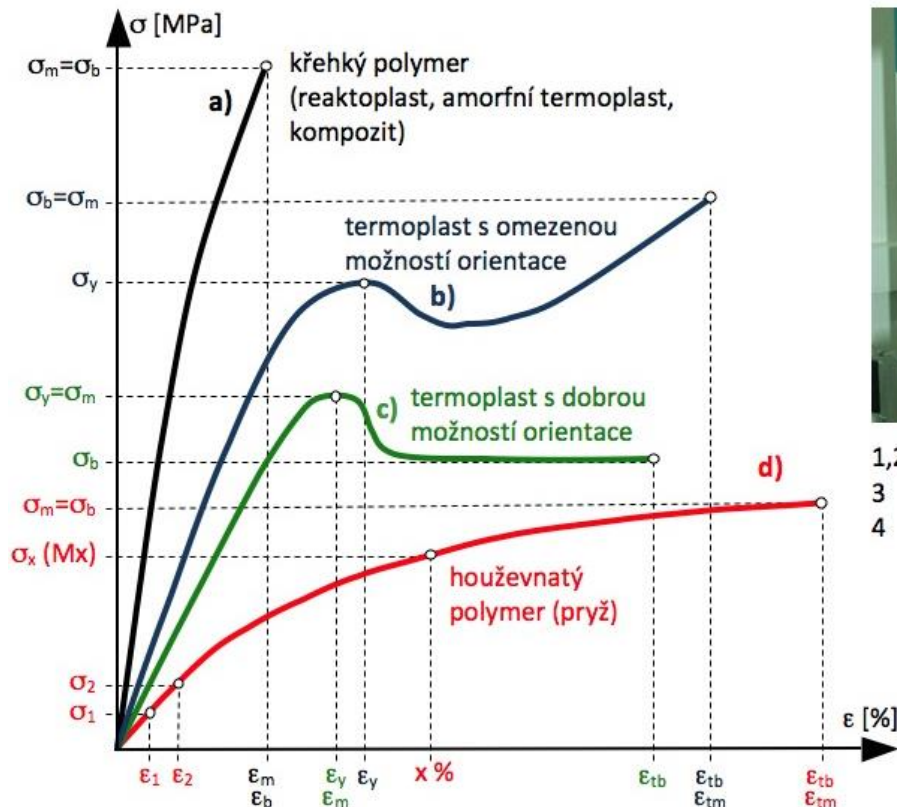
Vzhledem k chemické struktuře polymerů není jejich deformační chování snadno předpověditelné. Mluvíme zde o tzv. viskoelasticitě zpožděné elastické deformaci. V krátkodobých testech se na polymer nahlíží jako na materiál tuhý a pevný, při dlouhodobém testování se polymer jeví jako poddajný – tvárný a plastický tzv. tečení plastů.

Mechanické charakteristiky se určují z deformační křivky. Ta určuje závislost působící díly na poměrném prodloužení tělesa z polymeru. Na následujícím obrázku je ilustrační deformační křivka, kde O_A je pružná deformace dle Hookova zákona, AB je oblast dopružení, kde je stanovena mez pružnosti σ_E , CD je označováno jako tečení materiálu, kdy malé změně vnější síly odpovídá velká míra prodloužení, kdy síla σ_K se nazývá mez skluzu, DE jako oblast zpevnění materiálu, kde σ_P je označení pro mez pevnosti [15].



Obrázek 10: Deformační křivka polymeru [16]

Na následujícím obrázku je znázorněna deformační křivka pro polymery v tahu a ukázka zjišťování hodnot deformační křivky.



1,2 čelisti zařízení
3 zkušební vzorek
4 průtahoměr

Obrázek 11: Deformační křivky základních skupin polymerů [4]

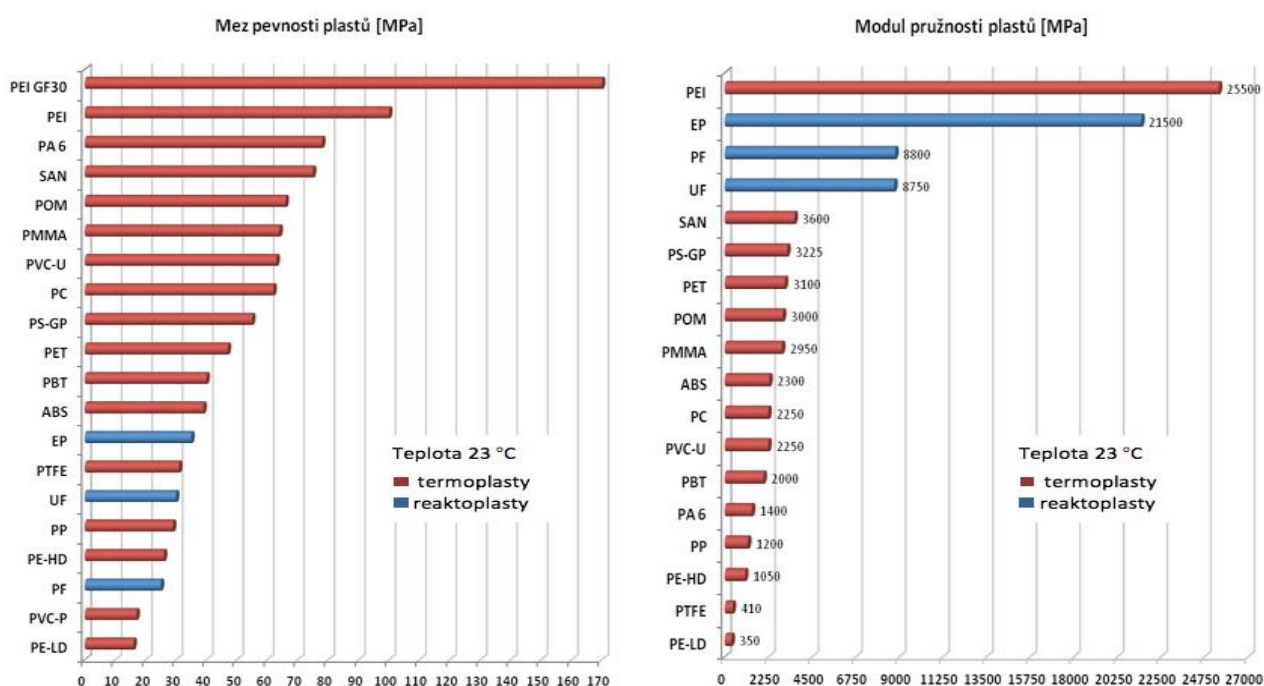
- Mezi pevnosti (σ_m) – je maximální napětí v tahu, které odpovídá největší působící síle. Hodnota meze pevnosti je stanovena na základě poměru maximální síly F_{max} k průměru tělesa. Mezi pevnosti nemusí být stejná jako okamžik porušení zkušebního tělesa. Hodnota u polymerů se pohybuje při běžné pokojové teplotě mezi 15 MPa do 100 MPa (u vyztužených plastů až 170 MPa). U běžných elastomerů je to méně, v rozmezí mezi 7 MPa až přibližně do 28 MPa [4].
- Napětí na mezi kluzu (σ_y) – zde se začíná projevovat plastická deformace. S přirůstajícím napětím nad její horní hranicí se tvoří trvalé deformace.
- Napětí při přetržení (σ_b) – jedná se o přetržení zkušebního tělesa a došlo k jeho destrukci.

Modul pružnosti vyjadřuje tuhost polymeru. Čím je jeho hodnota vyšší tím je polymer tužší. Hodnota modulu pružnosti E se stanovuje pomocí deformační křivky v oblasti lineární závislosti napětí na poměrném prodloužení. Zde platí tzv. Hookův zákon, podle kterého je deformace přímo úměrná napětí materiálu. Pomocí Hookova zákona je popisována pružná deformace. Mezi úměrnosti je bod, kdy se materiál přestává chovat dle Hookova zákona a projevuje se vedle plastické i pružná deformace a dochází k zakřivení deformační křivky. Mezi pružnosti je bod na deformační křivce, do kterého je deformace vratná. Po překročení meze pružnosti při sebemenší zvýšení vnějších působících sil dojde k plastické deformaci, tj. deformaci trvalé.

Mez kluzu se nachází na konci deformační křivky, kdy po překročení tohoto bodu dochází k destrukci, tj. přetržení tělesa [4].

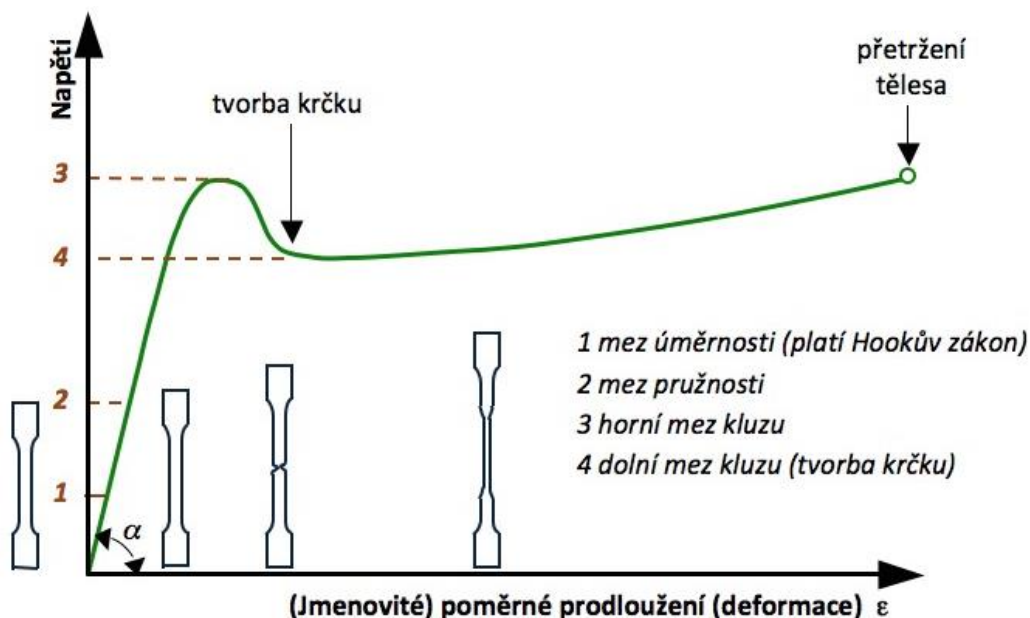
Poissonův poměr se určí opět z deformační křivky. Vyjadřuje poměr příčného zúžení k podélnému protažení při deformaci polymeru. U stlačitelných materiálů se Poissonův poměr pohybuje okolo 0,2 – 0,3. Pro polymery nestlačitelné, např. kaučuky je Poissonův poměr roven 0,5. Jedná se o bezrozměrné číslo.

V následujícím obrázku je na dvou grafech ukázána hodnota meze pevnosti a modulu pružnosti na vybraných polymerech.



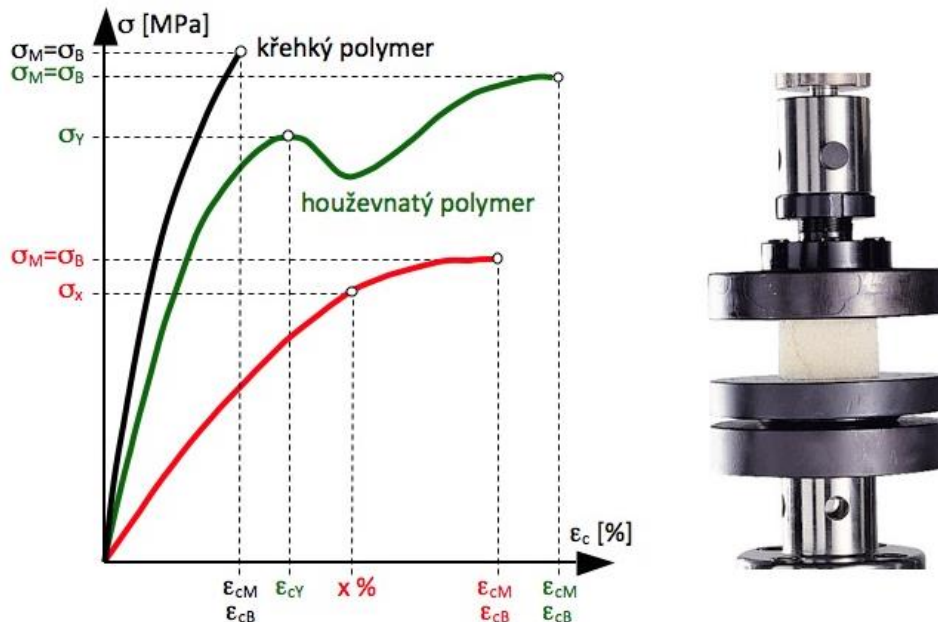
Obrázek 12: Mez pevnosti a modul pružnosti u vybraných polymerů [4]

Oproti amorfním polymerům mají semikrystalické polymery plošší deformační křivku, jak ukazuje následující obrázek 13 na další straně.



Obrázek 13: Ilustrační deformační křivka pro semikrystalické polymery [4]

Uvedené tahové charakteristiky polymerů korespondují s vlastnostmi tlakovými, jež jsou definovány v prostředí, kde na polymer působí tlaková síla, která je měřena. Zkoušené těleso je vloženo mezi dvě tlakové desky, kterými je následně vyvíjena síla jdoucí proti sobě. Napětí pro tvrdé a tuhé polymery roste rovnoměrně do meze pevnosti v tlaku (σ_M). Po překročení tohoto napětí dochází k destrukci, objeví se trhliny, které neznamenají velkou deformaci anebo celkové porušení tělesa. Průběh křivky měkkých polymerů zobrazuje pomalejší nárůst napětí s mezí bodem kluzu (σ_Y) nad kterým dochází k trvalé deformaci bez viditelných známek destrukce. Na zkušebním tělese jsou vidět mikrotrhliny, vznikající přemísťováním materiálu. Charakteristika mechanické tlakové zkoušky se vyhodnocuje analogicky stejně jako zkoušky tahové. Jediné označení indexů je jinak, označuje se velkými písmeny σ_M místo σ_m . Na následujícím obrázku je ilustrační provedení deformační křivky pro polymery v tlaku a je zde ukázán detail tělesa z polymerního materiálu umístěného mezi tlačné desky.



Obrázek 14: Ilustrační deformační křivky polymerů v tlaku [4]

2.3 Základní reakce plastů

Syntéza polymerů obecně je založena na třech typech reakcích, které jsou přítomné u všech makromolekulárních látek, liší se pouze svou četností a ekonomickou náročností. Základními reakcemi jsou tzv. polyreakce [1, 2]:

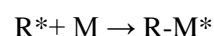
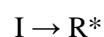
- Polymerace řetězová;
- Polyadice stupňovitá;
- Polykondenzace.

2.3.1 Polymerace

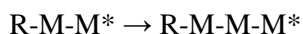
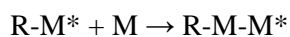
Polymerace je reakcí monomerů pro vzniknutí produktu polymeru. Jiné vedlejší produkty nevznikají. Rychlost reakce je dána vstupními parametry (pH, teplotou, koncentrací monomeru, katalyzátory) a za pomoci rychlostí dílčích reakcí, v polymeraci jsou reakcemi iniciace, propagace a terminace. V prvním počátku, tzv. iniciace se aktivuje vstupní monomer, pomocí nejčastěji používaného iniciátoru, kterým je teplo, záření, či jiný katalyzátor, nebo jiná iniciátorová molekula.

V následné fázi propagace se řetězově iniciují další monomerní jednotky a v poslední terciální fázi již dochází ke vzniku samotné polymeru [1]:

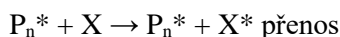
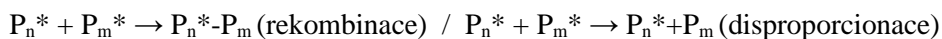
- Iniciace – molekula monomeru se aktivuje působením iniciátoru



- Propagace – dochází k růstu řetězce makromolekuly



- Terminace – dochází k ukončení růstu řetězce makromolekuly [13].

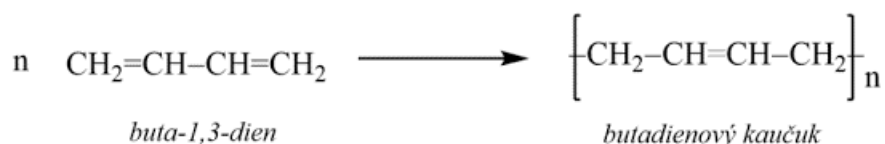


V případě reakce, která probíhá současně s dvěma nebo více monomery, jedná se o tzv. kopolymeraci, homopolymeraci. Polymerní reakce můžeme rozdělit na radikálové, iontové a koordinační. Při radikálové polymeraci, je iniciace vyvolána tepelně, zářením, radiací apod. nejčastějším iniciátorem je peroxid. Důvodem je jejich štěpení čili příprava k aktivizaci další molekuly za vyšších teplot čili start reakce je možné řídit. Polyalkeny, které podléhají radikálové polymeraci, jsou např. butadieny. Iontová polymerace je reakce, kde rostoucí konce polymeru tvoří uskupení elektronového obalu tak že je do tohoto místa iniciátorová molekula přitahována [1, 2]. Reakce je znázorněna na následujícím obrázku:



Obrázek 15: Stupeň iniciace při polymeraci iontové [17]

Iontové polymerace jsou oproti radikálovým méně energeticky náročné – potřebná iniciační energie je menší u iontové polymerace, a probíhají za nižších teplot čili jsou ekonomicky přijatelnější. Používané katalyzátory jsou látky s nízkým pH (chlorid titaničitý, chlorid cíničitý, kyselina sírová) a vysokou schopností disociovat. Při použití zásaditých katalyzátorů se mluví o polymeraci aniontové – polymeraci vznikající butadien, viz následující obrázek.



Obrázek 16: Příprava 1,3 - butadienu [17]

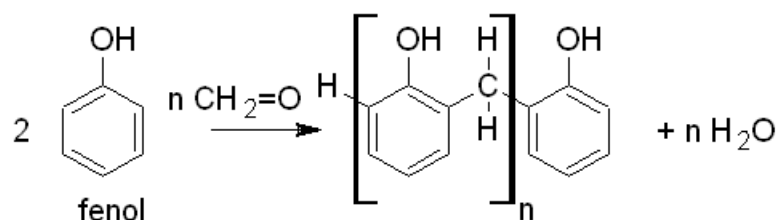
Třetím typem polymerace jsou reakce koordinační. Od typu iontové a radikální polymerace se liší tak, že se jedná o reakci koordinovanou – připojující se monomer se připojí na před definované místo. U prvních dvou typů polymerace nikoli. Monomer se připojí na jeden z aktivovaných konců vznikajícího polymeru, bez jakéhokoli pravidla a možnosti ovlivnění. Koordinační reakce probíhá

za přítomnosti specifických katalyzátorů (Zieglerův – Nattův katalyzátor), za jejichž objev byla autorům udělena Nobelova cena. Užití těchto katalyzátorů při výrobě polypolefinů je např. výroba kaučuků z dienů, lineární polyethylen, kopolymery ethlenu a propylenu atd. Uvedený katalyzátor vzniká reakcí chloridu titaničitého a triethylhliníkem. Při reakci se uvolňuje množství tepla, a proto je práce s tímto typem katalyzátoru náročná na kontrolní podmínky, bezpečnost práce a okolního prostředí [1].

2.3.2 Polykondenzace

Polykondenzace je systém opakujících se reakcích funkčních skupin výchozích monomerů. Z tohoto plyne, že výchozí monomer musí obsahovat minimálně dvě funkční skupiny, aby mohl vzniknout polymer. Pokud monomer obsahuje funkčních skupin více, vznikající produkt je zesíťovaný. Obecně lze říci, že polykondenzace je reakce stupňovitého charakteru, kdy ze dvou monomerů vzniká polymer. Velice častou funkční skupinou, která reaguje je hydroxylová skupina -OH, při vzniku vazby mezi monomery se z funkčních skupin uvolní hydroxylová skupina a ze druhé molekuly vodík, ve formě elektronu, tímto jako vedlejší produkt reakce vzniká voda. Vedlejší produkt při reakci polykondenzace je přítomný vždy. Terminační fáze je zajištěna snížením počtu funkčních skupin v molekule základního monomeru, např. použitím karboxylových kyselin s funkční skupinou -COOH. Konečný produkt má odlišné chemické vlastnosti od původního monomeru.

Polykondenzací vznikají např. polyethyltereftalát (PET), bakelit (reakce fenolu s formaldehydem), viz následující obrázek [1].



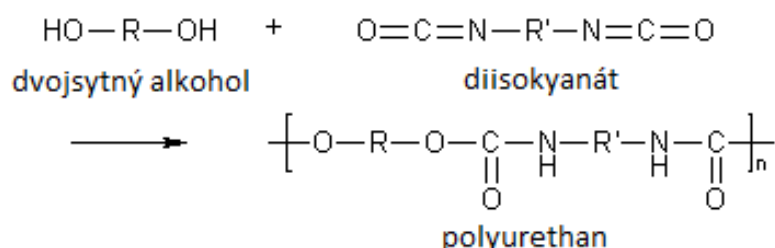
Obrázek 17: Polykondenzace – fenol reagující s formaldehydem [18]

Obecně vznikají látky typu polyesterů, polyamidů, fenolformaldehydových pryskyřic, močovinoformaldehydových pryskyřic a epoxidových pryskyřic [19].

2.3.3 Polyadice

Polyadice je opět reakce mezi dvěma různými funkčními skupinami výchozích monomerů. Složení konečného polyaduktu je stejné jako u výchozího monomeru. Jedna z výchozích molekul obsahuje slabě kyselý vodík, jež může být uvolněn, čímž aktivuje molekulu monomeru. Vodík přechází z jednoho monomeru na druhý, čímž dojde ke vzniku vazby mezi monomery. Vodík je dále volný

a může tak iniciovat další adici monomeru. Při reakci nevzniká žádný vedlejší produkt, viz následující obrázek, [1].



Obrázek 18: Příklad polyadiční reakce [17]

2.4 Dělení plastů

Plasty jakožto syntetické se v přírodě nevyskytují. Jsou vyráběny chemickou syntézou a dělíme je na základní dvě skupiny – termoplasty a reaktoplasty.

2.4.1 Termoplasty

Základní vlastností termoplastů je schopnost při zvýšení okolní teploty přecházet do stavu plasticity, tj. změny tvaru, která je však reverzibilní (Tabulka 5).

Termoplasty – skupina	Zástupce
Polyolefiny a fluoroplasty	Polyethylen, PE
	Polypropylen, PP
	Polyethyltereftalát, PTFE
Vinylové polymery	Polyvinylchlorid, PVC
	Polyvinylacetát, PVAC
	Polyvinylalkohol, PVAL
Styrenové a akrylové polymery	Polystyren, PS
Polyestery a polyethery	Polyethyltereftalát, PETP
	Polykarbonáty
Polyamidy a polyuretany	Polyamidy, PA
	Polyuretany, PUR

Tabulka 5: Termoplasty – dělení [22]

2.4.2 Reaktoplasty

Tato skupina polymerů se vyznačuje schopností přecházet z lineárního stavu do formy síťovaného polymeru, tj. jsou vytvrzeny, změna je ireverzibilní (Tabulka 6).

Reaktoplasty – skupina	Zástupce
Fenoplasty	Novolaky Rezoly
Aminoplasty	Melaniny
Epoxidové pryskyřice	Bisfenoly
Polyesterové pryskyřice	Variety prům. pryskyřic
Silikonové pryskyřice	Siloxany

Tabulka 6: Reaktoplasty – dělení [22]

2.4.3 Kaučuky syntetické

Skupina syntetických kaučuků je velice rozsáhlá. Pro účely této práce jsou její zástupci rozdělení dle následující tabulky (Tabulka 7).

Kaučuky syntetické – skupina	Zástupci
Obecné kaučuky	Izoprenové kaučuky, IR Butadienstyrenové kaučuky, SBR Butadienové kaučuky, BR Butylkaučuky, IIR
Olejevzdorné kaučuky	Chloroprenové kaučuky, CR Butadienakrylonitrilové kaučuky, NBR
Teplovzdorné kaučuky	Silikonové a fluorouhlíkové kaučuky

Tabulka 7: Kaučuky syntetické – dělení [4]

3 CÍLE PRÁCE

- Ke splnění práce bude nastudována literatura v oblasti polymerů a přípravy polymerů. Čerpání informací bude z odborných publikací, odborných článků, případně z technických listů komerčních produktů.
- V teoretické části bude vyhotoven smysluplný text teoretických poznatků polymerů od základních charakteristik, fyzikálních vlastností až po jejich výrobu.
- V praktické části bude vyhotovena sada výukových listů, které budou sloužit jako studijní materiál pro studenty naší fakulty, zejména k předmětu „materiály a technologie“.
 - Výukové listy budou vyhotoveny v graficky přehledně ucelené vzdělávací formě.

4 PRAKTICKÁ ČÁST

Vytvoření pracovních listů bylo velmi komplikované. Zejména najít data pro konkrétní materiály, a tyto následně přehledově data uspořádat tak, aby byla edukativně dobře čitelná a zapamatovatelná.

4.1 Metodika

Pro účely této práce byly polymery rozděleny na termoplasty, reaktoplasty a syntetické kaučuky, a do těchto skupin byly zařazeni jejich zástupci tak, jak je jich ve světě nejvíce používáno. Seznam nejpoužívanějších zástupců byl převzat ze seznamu polymerů Andrex Peacocka [23] a Srikantha Pilla [24].

Využil jsem metod:

- metoda popisová;
- metoda historická;
- metoda srovnávací;
- metoda grafická.

Tyto metody pomohli k cíli a vytvoření přehledů.

Pro účely této práce byly zvoleny ze seznamu polymerů následující zástupci:

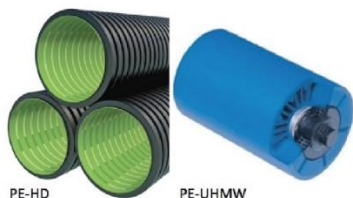
Polyethylen PE, polypropylen PP, polystyren PS, polyvinylchlorid PVC, polyethyltereftalát PET, polytetrafluorethylen PTFE, polykarbonát PC, polyoxymethylen POM, polyamid PA, Polymethylmethakrylát PMAA, polyuretan PUR, Siloxan SI, Melamin-formaldehydová pryskyřice MF, Polyesterová pryskyřice UP, Fenol-formaldehydová pryskyřice PF.

4.2 Pracovní listy termoplastů a reaktoplastů

Pracovní list 1: Polyethylen

POLYETHYLEN

Fotografie



PE-HD

PE-UHMW



PE-LD



PE-HD

[4]

Vlastnosti

Obecné

Termoplast vznikající v reakci polymerace ethenu. Poprvé syntetizován roku 1898 Hans von Pechmanem. V roce 1933 počátek průmyslové výroby. Výroba lineárního polyethylenu provozována pomocí Ziegler-Nattova katalyzátoru.

Použití

Výroba nádrží, nádob, potravinářských obalů, hraček

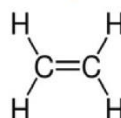
Výroba

Obecně se PE vyrábí polymerací ve vsádkových a trubkových reaktorech). Výroba PE je odvislá od jeho požadovaného typu tj. HDPE, LDPE a dále MDPE, LLDPE, XPE (síťovaný), UHMWPE (PE s maximální molekulovou hustotou).

Poznámky

Vyskytuje se ve formách LDPE, HDPE apod. Jedná se o nízko (LDPE) a vysoko (HDPE) molekulární zástupce polyethylenu.

Chemický vzorec monomeru



Označení



	název	hodnota	jednotky	
CHEMICKÉ	systematický název	polyethen, polyethylen		
	CAS označení	9002-88-4		
	odolnost ke kyselinám a zásadám	ano	-	
	molekulová hmotnost monomeru	28,05	g/mol	
	molekulová hmotnost polymeru	5000-100000	g/mol	
	biologicky odbouratelný	ne, možno recyklovat	-	
	voděodolnost	ano	-	
FYZIKÁLNÍ	název	ISO	hodnota	jednotky
	hustota, průměrná	IEC 60093	0,95	g/cm ³
	elektrický odpor	-	větší než 1015	ohm
	elektrická vodivost	ISO 306 A/10 N	izolant	-
	tepelná odolnost		74	°C
	tepelná vodivost při 23°C		0,4	W/(Km)
	nasákavost vody při 23°C		0,01	%
	tepelný interval použití		-40 až 80	°C
teplota skelného přechodu		-80	°C	
MECHANICKÉ	název	ISO	hodnota	jednotky
	pevnost v tahu	DIN EN ISO 527	23	MPa
	tvrdost	ISO 2039-1	41	MPa
	pružnost	ISO 527-1,2	1200	MPa
	houževnatost	ISO 179-1	15	kJ/m ²
požární odolnost	DIN 4102	B2 - těžce hořlavý	-	

[30]

POLYPROPYLEN

Fotografie



[4]

Obecné

Semikrystalický termoplast, komerční propyleny jsou směsí s tzv. ataktickou složkou, a tedy mají nižší teplotu tání.

Vlastnostmi podobný HDPE. Má nejnižší hustotu z nelehčených plastů, vyšší pevnost a lepší tvarovou stálost.

Použití

Spotřební průmysl: folie, nádoby, obalové materiály, vlákna (koberce), součástky přístrojů, autoklimatizace, chladiče. Komerční název Tipplen, Tatren, Mosten atd.

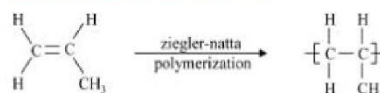
Výroba

Polymerace propylenů, či kopolymerací. Opracování možné svařováním, tepelným formováním, foliováním, obráběním a lepením.

Poznámky

Nekorozivní, elektroizolant, pevný při vyšších teplotách, dobře opracovatelný. Při výrobě nutno použít Ziegler-Nattův katalyzátor.

Chemický vzorec monomeru



Označení



Vlastnosti

	název	hodnota	jednotky	
CHEMICKÉ	systematický název	popypropylen		
	CAS označení	9003-07-0		
	odolnost ke kyselinám a zásadám	ano	-	
	molekulová hmotnost monomeru	42	g/mol	
	molekulová hmotnost polymeru	12000	g/mol	
	biologicky odbouratelný	ne, možno recyklovat	-	
	voděodolnost	ano	-	
FYZIKÁLNÍ	název	ISO	hodnota	jednotky
	hustota, průměrná	IEC 60093	0,9	g/cm ³
	elektrický odpor	-	větší než 100000	ohm
	elektrická vodivost		větší než 100000	-
	teplná odolnost		-10 - 154°C	°C
	teplná vodivost při 23°C		-	W/(Km)
	nasákavost vody při 23°C		menší než 0,1%	%
	teplný interval použití		0-100	°C
	teplota skelného přechodu	ISO22007-4:2008	-15	°C
MECHANICKÉ	název	ISO	hodnota	jednotky
	pevnost v tahu		35	MPa
	tvrdost	ISO 2039-1	100	MPa
	pružnost		1550	MPa
	houževnatost	DIN EN ISO 179-1	140	kJ/m ²
	požární odolnost	DIN4102	B2 - těžce hořlavý	-

[30]

POLYSTYREN

Fotografie



[4]

Obecné

Amorfní lineární termoplast s dobrou propustností světla. Možno připravit i krystalický PS. Sklony ke korozi, pevný a křehký a citlivý k fotooxidaci. Hoří.

Použití

Spotřební zboží - kelímky, nádoby. Více použitelný expandovaný PS ve stavebnictví a pro zvukové izolace, obaly, ochrana lahví a přístrojů.

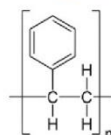
Výroba

Polymerace styrenu. Dle tlaku v reakci se vyrábí krystalový, houževnatý, zpěňovaný tj. EPS a vytlačovaný tj. XPS

Poznámky

Zpěňovaný EPS se využívá jako plnidlo sedacích polštářů.

Chemický vzorec monomeru



Označení



Vlastnosti

	název	hodnota	jednotky	
CHEMICKÉ	systematický název	polystyren		
	CAS označení	9003-53-6		
	odolnost ke kyselinám a zásadám	ano	-	
	molekulová hmotnost monomeru	104,15	g/mol	
	molekulová hmotnost polymeru	10000 a výše	g/mol	
	biologicky odbouratelný	ne, možno recyklovat	-	
	voděodolnost	ano	-	
FYZIKÁLNÍ	název	ISO	hodnota	jednotky
	hustota, průměrná	ISO 1183	0,96-1,04	g/cm ³
	elektrický odpor	IEC 60093	větší než 10000	ohm
	elektrická vodivost	-	-	-
	tepelná odolnost	ISO 306 A/10 N	-10-80	°C
	tepelná vodivost při 23°C		0,033	W/(Km)
	nasákavost vody při 23°C		0,06%	%
	tepelný interval použití		0-70	°C
	teplota skelného přechodu		95°C	
MECHANICKÉ	název	ISO	hodnota	jednotky
	pevnost v tahu	DIN EN ISO 527	46-60	MPa
	tvrdost	ISO 2039-1	150	MPa
	pružnost	ISO 527-1,2	3200	MPa
	houževnatost	ISO 179-1	2-5	kJ/m ²
	požární odolnost	DIN 4102	B2 - těžce hořlavý	-

[30]

POLYVINYLCHLORID

Fotografie



Vlastnosti

Obecné

Amorfní termolast, lehce navlhává, chemická odolnost podobná s PE, samozhášivý a neodolává UV záření.

Použití

Neměkčený PVC-U (kanalizační roury, žlaby, okenní rámy a podlahové folie), zesílený PVC-UX (mechanicky náročné rozvody) a chlorovaný PVC-C (trubky pro rozvod teplé vody), měkčený PVC-P (folie, izolace kabelů, rukavice a linolea).

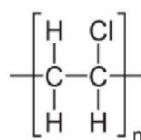
Výroba

Kopolymerace hlaně vinylchloridu a vinylacetátem (gramodesky).

Poznámky

Dnes PVC patří k s PE k nejvíce používaným polymerům a to ve stavebnictví a obalových materiálech. Díky nízké výrobní ceně se uplatňuje i ve výrobě spotřebního zboží a hraček.

Chemický vzorec monomeru



Označení



	název	ISO	hodnota	jednotky
CHEMICKÉ	systematický název		polyvinylchlorid, PVC	
	CAS označení		9002-86-2	
	odolnost ke kyselinám a zásadám		ano	-
	molekulová hmotnost monomeru		62	g/mol
	molekulová hmotnost polymeru		40000 a výše	g/mol
	biologicky odbouratelný		ne, možno recyklovat	-
	voděodolnost		ano	-
FYZIKÁLNÍ	název	ISO	hodnota	jednotky
	hustota, průměrná	ISO 1183	1,16-1,55	g/cm ³
	elektrický odpor	IEC 60093	5,4*10 ¹⁵	ohm
	elektrická vodivost	-	-	-
	tepelná odolnost	ISO 306 A/10 N	-30 - 70	°C
	tepelná vodivost při 23°C		0,15	W/(Km)
	nasákavost vody při 23°C		0,04-0,75	%
	tepelný interval použití		0-60	°C
	teplota skelného přechodu		85	°C
MECHANICKÉ	název	ISO	hodnota	jednotky
	pevnost v tahu	DIN EN ISO 527	75	MPa
	tvrdost	ISO 2039-1	130	MPa
	pružnost	ISO 527-1,2	1350	MPa
	houževnatost	ISO 179-1	5	kJ/m ²
	požární odolnost	DIN 4102	V0	-

[30]

POLYTETRAFLUORETHYLEN

Fotografie



[4]

Obecné

Fluorovaný termoplast, poprvé připraven R.J. Plunkettem ve společnosti DuPont. Komerčně označován jako teflon, Dyneon, či Hostafon.

Použití

Především jako povrchová úprava kuchyňského nádobí, pekařství - plechy, závitové spoje (je nekorozivní), v gumárnství se využívá pro výrobu pneumatik.

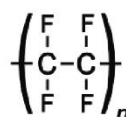
Výroba

Polymerace radikálová. Vyžadována speciální aparatura, jelikož vzniká terafluormethan a uhlík. Reakce je inicializována persulfátem za vzniku síranového radikálu.

Poznámky

Při teplotách vyšších 200°C se uvolňují plyny s obsahem fluoru. Výpary mohou způsobit tzv. horečku z polymerového kouře)

Chemický vzorec monomeru



Označení

PTFE

Vlastnosti

	název	hodnota	jednotky	
CHEMICKÉ	systematický název	Polytetrafluorethylen		
	CAS označení	9002-84-0		
	odolnost ke kyselinám a zásadám	ano, velmi	-	
	molekulová hmotnost monomeru	102	g/mol	
	molekulová hmotnost polymeru	4000 a výše	g/mol	
	biologicky odbouratelný	ne, možno recyklovat	-	
	voděodolnost	ano	-	
FYZIKÁLNÍ	název	ISO	hodnota	jednotky
	hustota, průměrná	ISO 1183	2,15-2,25	g/cm ³
	elektrický odpor	IEC 60093	menší než 1010	ohm
	elektrická vodivost	-	-	-
	tepelná odolnost	ISO 306 A/10 N	-260 - 250	°C
	tepelná vodivost při 23°C		0,24	W/(Km)
	nasákavost vody při 23°C		menší než 0,1 %	%
	tepelný interval použití		-200 - 300	°C
	teplota skelného přechodu		-80	°C
MECHANICKÉ	název	ISO	hodnota	jednotky
	pevnost v tahu	DIN EN ISO 527	36	MPa
	tvrdost	ISO 2039-1	28	MPa
	pružnost	ISO 527-1,2	400	MPa
	houževnatost	ISO 179-1	tyč se nezlomí	kJ/m ²
	požární odolnost	DIN 4102	V0	-

[30]

POLYETHYLENTEREFTALÁT

Fotografie



[4]

Obecné

Termolast resp. polyester, špatně krystalizující ve formě amorfní i semikrystalické.

Použití

Výroba vláken a folií. Surovina pro průmysl textilní, tkanin a lan, možno využít jako výztuže. Spotřební zboží - nápojové lahve, výlisky pro elektromotory aut, jelikož PET je vysoce dobrým izolantem a vysokou tuhostí.

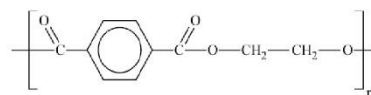
Výroba

Vyrábí se přímou reakcí z ethylenglykolu s kyselinou tereftalovou - reakce esterifikace, nebo transesterifikací s dimethyltereftalátem.

Poznámky

Výroba prováděna za tlaku 2,7-5,5 baru a teploty 220-260°C. Reakci produkce je možné posunout směrem k produktům odváděním vznikající vody v reakci esterifikace. Mimo reakční směs.

Chemický vzorec monomeru



Označení



Vlastnosti

	název	hodnota	jednotky	
CHEMICKÉ	systematický název	polyethyltereftalát		
	CAS označení	25038-59-9		
	odolnost ke kyselinám a zásadám	ano	-	
	molekulová hmotnost monomeru	195	g/mol	
	molekulová hmotnost polymeru	5000 a výše	g/mol	
	biologicky odbouratelný	ano, nutno studovat	-	
	voděodolnost	ano	-	
FYZIKÁLNÍ	název	ISO	hodnota	jednotky
	hustota, průměrná	ISO 1183	1,27-1,37	g/cm ³
	elektrický odpor	IEC 60093	6*10 ¹⁴	ohm
	elektrická vodivost	-	-	-
	tepelná odolnost	ISO 306 A/10 N	-50-180	°C
	tepelná vodivost při 23°C		0,24	W/(Km)
	nasákavost vody při 23°C		0,1	%
	tepelný interval použití		0-100	°C
teplota skelného přechodu		75°C	°C	
MECHANICKÉ	název	ISO	hodnota	jednotky
	pevnost v tahu	DIN EN ISO 527	47	MPa
	tvrdost	ISO 2039-1	150	MPa
	pružnost	ISO 527-1,2	2000-3100	MPa
	houževnatost	ISO 179-1	179	kJ/m ²
požární odolnost	DIN 4102	HB - hořlavý	-	

[30]

POLYKARBONÁT

Fotografie



[4]

Obecné

Polyester tj. termoplast. Amorfni, průhledný plast s velmi dobrými mechanickými vlastnostmi - pevnost a tvrdost, odolnost k lomu

Použití

Optika (brýlové čočky, fotoaparáty), střešní krytiny a okna automobilů. Karoserie - nárazníky, zadní světla dražších aut (Cadillac, Ford), ochranné štíty. Chemicky odolný. Jeden z komerčních názvů Makrolon, Lexan atd.

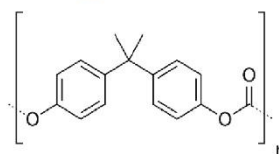
Výroba

Nejčastěji se vyrábí polykondenzací 4,4-dihydroxy-2,2-difenylypropanu s fosgenem tj. bisfenolu A s fosgenem.

Poznámky

Poprvé vyroben roku 1953 pro General Electrics jako izolant. Roku 1962 použit pro NASA pro výrobu hledí přileb a rúzorů pro kosmonauty. Lze říci, že PC mají vlastnosti kovů, skla a plastů dohromady.

Chemický vzorec monomeru



Označení

PC

Vlastnosti

	název	hodnota	jednotky
CHEMICKÉ	systematický název	dle konkrétního zástupce	
	CAS označení	25037-45-0	
	odolnost ke kyselinám a zásadám	ano	-
	molekulová hmotnost monomeru	260	g/mol
	molekulová hmotnost polymeru	1000 a více	g/mol
	biologicky odbouratelný	ne	-
	voděodolnost	ano	-

	název	ISO	hodnota	jednotky
FYZIKÁLNÍ	hustota, průměrná	ISO 1183	1,20-1,22	g/cm ³
	elektrický odpor	IEC 60093	1*10(15)	ohm
	elektrická vodivost	-	izolant	-
	tepelná odolnost	ISO 306 A/10 N	-100 - 140°C	°C
	tepelná vodivost při 23°C		0,21	W/(Km)
	nasákavost vody při 23°C		0,1-0,2 %	%
	tepelný interval použití		-40-135°C	°C
	teplota skelného přechodu		150°C	°C

	název	ISO	hodnota	jednotky
MECHANICKÉ	pevnost v tahu	DIN EN ISO 527	56-67	MPa
	tvrdost	ISO 2039-1	110	MPa
	pružnost	ISO 527-1,2	2100-2400	MPa
	houževnatost	ISO 179-1	NA	kJ/m ²
	požární odolnost	DIN 4102	V2	-

[30]

POLYOXYMETHYLEN

Fotografie



[4]

Obecné

Vysoce krystalický termoplast vhodný ke konstrukčním účelům. Není odolný ke kyselinám a zásadám, náchylný k UV záření.

Použití

Výroba součástek - ložiska, šrouby, kryty, obalové materiály kosmetických přípravků atd.

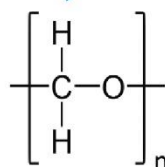
Výroba

Polymerace acetalu. Základem reakce je reakce ve vodném roztoku s alkoholem za uvolnění formaldehydu, následuje polymerace a vznik acetalu. Příkladem je Delrin firmy DuPont.

Poznámky

Polyacetal/acetal. Poprvé syntetizován Hermannem Staudingerem ve 20. letech 20.století (roku 1953 Nobelova cena). Člení se na homopolymer a kopolymer (vyšších mechanická a chemická odolnost). Roku 1952 firma DuPont patent na výrobu homopolymeru. Na trhu známý jako Celcon, Hostaform, Duracon či Ultraform od firmy BASF.

Chemický vzorec monomeru



Označení

POM

Vlastnosti

	název	hodnota	jednotky
CHEMICKÉ	systematický název	poly(oxymethylen)glykol	
	CAS označení	9002-81-7	
	odolnost ke kyselinám a zásadám	ne	-
	molekulová hmotnost monomeru	32	g/mol
	molekulová hmotnost polymeru	100 a více	g/mol
	biologicky odbouratelný	-	-
	voděodolnost	-	-

	název	ISO	hodnota	jednotky
FYZIKÁLNÍ	hustota, průměrná	ISO 1183	1,41-1,42	g/cm ³
	elektrický odpor	IEC 60093	1*10(14)	ohm
	elektrická vodivost	-		-
	tepelná odolnost	ISO 306 A/10 N	-50-140°C	°C
	tepelná vodivost při 23°C		0,31	W/(Km)
	nasákavost vody při 23°C		0,22%	%
	tepelný interval použití		0 -100°C	°C
	teplota skelného přechodu		167°C	°C

	název	ISO	hodnota	jednotky
MECHANICKÉ	pevnost v tahu	DIN EN ISO 527	62-72	MPa
	tvrdost	ISO 2039-1	145	MPa
	pružnost	ISO 527-1,2	2800-3200	MPa
	houževnatost	ISO 179-1	6	kJ/m ²
	požární odolnost	DIN 4102	HB	-

[30]

POLYAMIDY

Fotografie



[4]

Obecné

Termoplasty semikrystalické vysoce ceněné v konstrukčním použití. Známé jako PA-6, PA-66, PA-610, ... Základem je funkční skupina NH-tj. amidová skupina.

Použití

Výroba součástí - ložiska, ozubená kola, řemenice, filtry. Tvarová stálost - pedály, kryty motorů, ručních vrtaček. Textilie (nylonky), bytové textilie - oboře.

Výroba

Polykondenzace aminu s organickou kyselinou např. polyhexamethyldiamin s kyselinou adipovou. Příp. polymerace kaprolaktamu.

Poznámky

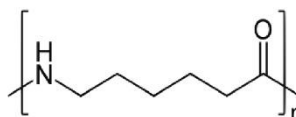
Číselné označení PS charakterizuje výchozí monomer - počet uhlíků aminu a kyseliny.

Řetězce jsou spojeny peptidovými vazbami. Jedná se o prvního zástupce syntetických vláken.

Jedná se o látky vysoce chemicky odolné a mechanicky pevné.

Chemický vzorec monomeru

Označení



PA

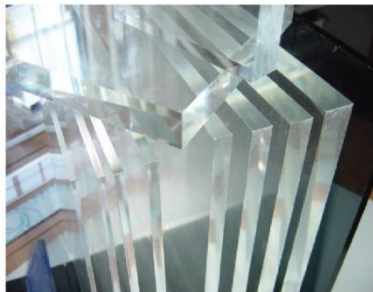
Vlastnosti

	název	hodnota	jednotky	
CHEMICKÉ	systematický název	poly(hexano-6-laktam)		
	CAS označení	25038-54-4		
	odolnost ke kyselinám a zásadám	ano, slabým	-	
	molekulová hmotnost monomeru	116	g/mol	
	molekulová hmotnost polymeru	1000 a více	g/mol	
	biologicky odbouratelný	-	-	
	voděodolnost	ano	-	
FYZIKÁLNÍ	název	ISO	hodnota	jednotky
	hustota, průměrná	ISO 1183	1,01 (PA-66)-1,14 (PA-6)	g/cm ³
	elektrický odpor	IEC 60093	1*10 ¹³	ohm
	elektrická vodivost	-	-	-
	tepelná odolnost	ISO 306 A/10 N	-40 - 125°C	°C
	tepelná vodivost při 23°C		0,23	W/(Km)
	nasákavost vody při 23°C		0,9 (PA-12) - 3,0 (PA-6)	%
	tepelný interval použití		-40 - 80°C	°C
teplota skelného přechodu		220°C	°C	
MECHANICKÉ	název	ISO	hodnota	jednotky
	pevnost v tahu	DIN EN ISO 527	1400	MPa
	tvrdost	ISO 2039-1	150/70	MPa
	pružnost	ISO 527-1,2	1000-3500	MPa
	houževnatost	ISO 179-1	80	kJ/m ²
	požární odolnost	DIN 4102	HB	-

[30]

POLYMETHYL-METHAKRYLÁT

Fotografie



[4]

Obecné

Známý pod názvem akryl, nebo akrylové sklo, plexisklo. Jedná se o průhledný termoplast používaný k výrobě oken, povrchových materiálů, střešních krytin. Materiál syntetizován poprvé 1928 v laboratořích - Chalmers W., Rohm O. a Bauer W. byli první, kteří roku 1933 zavedli průmyslovou výrobu PMMA pod názvem Plexiglas.

Použití

Ekonomická alternativa k PC. Výroba velkých akvárií, ponorky, čočky reflektorů aut, ochranná hledí v ledním hokeji, letectví.

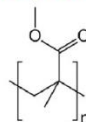
Výroba

Výroba polymerací v emulzi v roztoku. Radikálová iniciace, materiál, který vzniká je amorfní a ataktický.

Poznámky

Neuvolňuje bisfenol-A jako PC. Vysoký stupeň průhlednosti (92 %), odraz 4 % dopadajícího světla. Není odolný k organickým rozpouštědlům - estery. Možná degradace sinicemi a zástupci říše Archea. Vysoká odolnost k vnějším podmínkám - větší než PS.

Chemický vzorec monomeru



Označení

PMMA

Vlastnosti

	název	hodnota	jednotky	
CHEMICKÉ	systematický název	polymethylmethakrylát		
	CAS označení	9011-14-7		
	odolnost ke kyselinám a zásadám	ano, i k UV záření	-	
	molekulová hmotnost monomeru	100	g/mol	
	molekulová hmotnost polymeru	1000 a více	g/mol	
	biologicky odbouratelný	ne	-	
	voděodolnost	ano, i k UV záření	-	
FYZIKÁLNÍ	název	ISO	hodnota	jednotky
	hustota, průměrná	ISO 1183	1,18	g/cm ³
	elektrický odpor	IEC 60093	1*10(14)	ohm
	elektrická vodivost	-	-	-
	tepelná odolnost	ISO 306 A/10 N	100°C	°C
	tepelná vodivost při 23°C		0,19	W/(Km)
	nasákavost vody při 23°C		0,6	%
	tepelný interval použití		85-165°C	°C
	teplota skelného přechodu		105°C	°C
MECHANICKÉ	název	ISO	hodnota	jednotky
	pevnost v tahu	DIN EN ISO 527	73	MPa
	tvrdost	ISO 2039-1	195	MPa
	pružnost	ISO 527-1,2	3200	MPa
	houževnatost	ISO 179-1	2	kJ/m ²
	požární odolnost	DIN 4102	HB - snadno hořlavý	-

[30]

POLYURETANY

Fotografie



[4]

Obecné

Lineární PUR spadá do termoplastů, zesítěný k reaktoplastům.

Použití

Průmysl - válce, kladky, kola, tlumiče, pružné pěny, textilní vlákna, - sportovní oděvy), rámování autoskel atd. kolečka pro skate-boardy.

Výroba

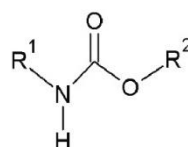
Reakce isokyanátů s polyalkoholy za vzniku uretanu. Jedná se o reakci polyadice.

Poznámky

Jedná se o izolant s problematickou odbouratelností, při výrobě používány toxické látky jako fosgen, polyisokyanáty apod. Freony (FCKW, HCFC). Vznikají při používání PUR. Proto musejí být PUR likvidovány speciálním způsobem.

Chemický vzorec monomeru

Označení



PUR

Vlastnosti

	název	hodnota	jednotky
CHEMICKÉ	systematický název	např. uretandiakrylát	
	CAS označení	68987-79-1	
	odolnost ke kyselinám a zásadám	ano	-
	molekulová hmotnost monomeru	1500	g/mol
	molekulová hmotnost polymeru	5000 a více	g/mol
	biologicky odbouratelný	-	-
	voděodolnost	ano	-

	název	ISO	hodnota	jednotky
FYZIKÁLNÍ	hustota, průměrná	ISO 1183	1,25-1,27	g/cm ³
	elektrický odpor	IEC 60093	1*10(13)	ohm
	elektrická vodivost	-	-	-
	tepelná odolnost	ISO 306 A/10 N	-30 - 70°C	°C
	tepelná vodivost při 23°C		0,022	W/(Km)
	nasákavost vody při 23°C		3,3	%
	tepelný interval použití		5-40°C	°C
	teplota skelného přechodu		-	°C

	název	ISO	hodnota	jednotky
MECHANICKÉ	pevnost v tahu	DIN EN ISO 527	1	MPa
	tvrdost	ISO 2039-1	50	MPa
	pružnost	ISO 527-1,2	-	MPa
	houževnatost	ISO 179-1	-	kJ/m ²
	požární odolnost	DIN 4102	E	-

[30]

SILOXAN

Fotografie



[4]

Obecné

Anorganicko-organické polymery s funkční skupinou Si-O-Si. Prvním zástupcem polydimethylsiloxan. Poprvé syntetizován 1901 F. S. Kippingem - silikoketon.

Použití

Díky amorfní struktuře vhodné jako silikonové oleje, mazadla, gumáreský průmysl apod. Výroba airbagů, kuchyňské nádobí (naběračky, vařečky, potahy).

Izolanty v protipožární ochraně budov, dveří.

Výroba

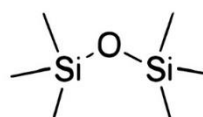
Reakce isokyanátů s polyalkoholy za vzniku uretanu. Jedná se o reakci polyadice.

Poznámky

Jedná se o izolant s problematickou odbouratelností, při výrobě používány toxické látky jako fosgen, polyisokyanáty apod. Freony (FCKW, HCFC). Vznikající při používání PUR. Proto musejí být PUR likvidovány speciálním způsobem.

Chemický vzorec monomeru

Označení



SI

Vlastnosti

CHEMICKÉ	název	hodnota	jednotky
	systematický název	Silikon	
	CAS označení	7440-21-3	
	odolnost ke kyselinám a zásadám	ano	-
	molekulová hmotnost monomeru	74 + organický zbytek	g/mol
	molekulová hmotnost polymeru	1000 a více	g/mol
	biologicky odbouratelný	-	-
	voděodolnost	ano	-

FYZIKÁLNÍ	název	ISO	hodnota	jednotky
	hustota, průměrná	ISO 1183	0,98	g/cm ³
	elektrický odpor	IEC 60093	polovodič	ohm
	elektrická vodivost	-	polovodič	-
	tepelná odolnost	ISO 306 A/10 N	-60-180°C	°C
	tepelná vodivost při 23°C		polovodič	W/(Km)
	nasákavost vody při 23°C		-	%
	tepelný interval použití		5-40°C	°C
	teplota skelného přechodu		-	°C

MECHANICKÉ	název	ISO	hodnota	jednotky
	pevnost v tahu	DIN EN ISO 527	2	MPa
	tvrdost	ISO 2039-1	25	MPa
	pružnost	ISO 527-1,2	-	MPa
	houževnatost	ISO 179-1	-	kJ/m ²
	požární odolnost	DIN 4102	-	-

[30]

FENOL-FORMALDEHYDOVÁ PRYSKYŘICE

Fotografie



PF s bavlněnou tkaninou

PF

tvrdý papír

[4]

Obecné

Spadají do skupiny reaktoplastů vyráběných polykondenzací. Dle použitého katalyzátoru se rozeznává novolak (kyselý katalyzátor, termoplast) a rezol tj. bakelit (zásaditý katalyzátor, reaktoplast).

Použití

Lisovací hmoty, lamináty tj. vrstvené hmoty, kde mají funkci pojiva. Nelze je používat ve styku s potravinami, jelikož obsahují fenol, jež je lidskému zdraví škodlivý.

Výroba

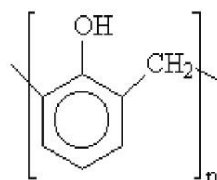
Polykondenzace fenolu s aldehydy, majoritně s formaldehydem. Polykondenzací se vyrábí jak novolaky, tak resoly.

Poznámky

Zpracovávají se lisováním, zesíťováním. V roce 1872 A. Bayer popsal reakci fenolu s formaldehydem v kyselém prostředí. Roku 1909 se přidává L.H. Beakkeland s rozdělením na novolaky a resoly dle pH použitého katalyzátoru.

Chemický vzorec monomeru

Označení



PF

Vlastnosti

	název	hodnota	jednotky	
CHEMICKÉ	systematický název	fenol-formaldehydová pryskyřice		
	CAS označení	9003-35-4		
	odolnost ke kyselinám a zásadám	ano, slabým	-	
	molekulová hmotnost monomeru	122	g/mol	
	molekulová hmotnost polymeru	500 a výše	g/mol	
	biologicky odbouratelný	-	-	
	voděodolnost	ano	-	
FYZIKÁLNÍ	název	ISO	hodnota	jednotky
	hustota, průměrná	ISO 1183	1,3	g/cm ³
	elektrický odpor	IEC 60093	1*10(9)	ohm
	elektrická vodivost	-	izolant	-
	tepelná odolnost	ISO 306 A/10 N	do 250°C	°C
	tepelná vodivost při 23°C		0,2	W/(Km)
	nasákavost vody při 23°C		-	%
	tepelný interval použití		-	°C
	teplota skelného přechodu		-	°C
MECHANICKÉ	název	ISO	hodnota	jednotky
	pevnost v tahu	DIN EN ISO 527	-	MPa
	tvrdost	ISO 2039-1	320	MPa
	pružnost	ISO 527-1,2	50	MPa
	houževnatost	ISO 179-1	7	kJ/m ²
	požární odolnost	DIN 4102	-	-

[30]

MELAMIN-FORMALDEHYDOVÉ PRYSKYŘICE

Fotografie



[4]

Obecné

Tvrký termoplast vyrobený polymerizací. Deriváty se používají pro povrchové úpravy. Byl poprvé připraven W.F. Talbotem a byla patentován roku 1936.

Použití

Použití ve stavebnictví (suché maltové směsi, ztekucující přísada do malt, betonové směsi). Nemačkové úpravy textilních vláken, tvrzený papír tzv. umakard.

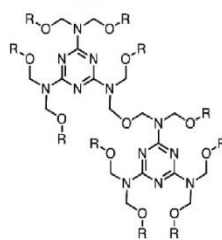
Výroba

Vyrábí se polykondenzací melaminu s formaldehydem příp. s organickou sloučeninou schopnou tvořit methylenové můstky.

Poznámky

Poprvé syntetizována v roce 1834 Justusem Liebigem. Ve 30. letech 20. století bylo největším producentem Švýcarsko a Německo.

Chemický vzorec monomeru



Označení

MF

Vlastnosti

	název	hodnota	jednotky	
CHEMICKÉ	systematický název	N-(4,6-diamino-1,3,5-triazin-2-yl)		
	CAS označení	13236-84-5		
	odolnost ke kyselinám a zásadám	ano	-	
	molekulová hmotnost monomeru	216	g/mol	
	molekulová hmotnost polymeru	10000 a výše	g/mol	
	biologicky odbouratelný	-	-	
	voděodolnost	ano	-	
FYZIKÁLNÍ	název	ISO	hodnota	jednotky
	hustota, průměrná	ISO 1183	1,704	g/cm ³
	elektrický odpor	IEC 60093	-	ohm
	elektrická vodivost	-	-	-
	tepelná odolnost	ISO 306 A/10 N	-	°C
	tepelná vodivost při 23°C		-	W/(Km)
	nasákavost vody při 23°C		0,02	%
	tepelný interval použití		0-250°C	°C
	teplota skelného přechodu		-	°C
MECHANICKÉ	název	ISO	hodnota	jednotky
	pevnost v tahu	DIN EN ISO 527	-	MPa
	tvrdost	ISO 2039-1	-	MPa
	pružnost	ISO 527-1,2	-	MPa
	houževnatost	ISO 179-1	-	kJ/m ²
požární odolnost	DIN 4102	-	-	

[30]

POLYESTEROVÉ PRYSKYŘICE

Fotografie



[32]

Obecné

Chemicky se jedná o roztoky lineárních nenasycených polyesterů, obvykle založených na styrenu. Příprava polykondenzací

Použití

Galanterie - knoflíky, brože, nátěrové hmoty ale i ve stavebnictvím jako výztuže a součást střešních krytin, lité podlahy, výroba obkládaček tmely a lepidla.

Výroba

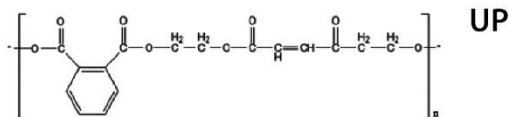
Výroba polykondenzací dikarboxylových kyselin s dioly. Např. kyselina fumarová s ethan - 1,2-diolem či propan - 1,2-diolem.

Poznámky

Archeologické zbytky nalezeny v Baelo Claudia ve Španělsku. Z toho plyne, že materiál je biologicky pomocí mikroorganismů odbouratelný.

Chemický vzorec monomeru

Označení



Vlastnosti

	název	hodnota	jednotky
CHEMICKÉ	systematický název	estery s 1,3-butendiolem	
	CAS označení	113669-95-7	
	odolnost ke kyselinám a zásadám	ano	-
	molekulová hmotnost monomeru	94	g/mol
	molekulová hmotnost polymeru	1000 a více	g/mol
	biologicky odbouratelný	ne	-
	voděodolnost	ano	-

	název	ISO	hodnota	jednotky
FYZIKÁLNÍ	hustota, průměrná	ISO 1183	1,9-2,1	g/cm ³
	elektrický odpor	IEC 60093	-	ohm
	elektrická vodivost	-	-	-
	teplná odolnost	ISO 306 A/10 N	95°C	°C
	teplná vodivost při 23°C		-	W/(Km)
	nasákavost vody při 23°C		-	%
	teplný interval použití		-	°C
	teplota skelného přechodu		-	°C

	název	ISO	hodnota	jednotky
MECHANICKÉ	pevnost v tahu	DIN EN ISO 527	1000-1400	MPa
	tvrdost	ISO 2039-1	62	MPa
	pružnost	ISO 527-1,2	45000	MPa
	houževnatost	ISO 179-1	-	kJ/m ²
	požární odolnost	DIN 4102	-	-

[30]

5 Závěr

- Stěžejní částí této práce bylo nastudování odborné literatury v oblasti polymerů a přípravy polymerů. Teoretické poznatky byly syntetizovány v ucelený a přehledný text v teoretické části práce. Informace byly čerpány z:
 - odborně recenzovaných tištěných publikací, odborných online publikací;
 - odborných článků a moderně populárních vzdělávací publikací;
 - technických listů komerčního produktu.
- Účelem práce bylo vyhotovit sadu výukových listů v oblasti komerčně/průmyslově nejvýznamnějších polymerů jejíž smyslem bude následné využití ve výuce. Vnikl přehledný a ucelený, graficky podařený materiál, který usnadní studentům studium dané problematiky.
- Studentům práce poslouží k porozumění, a porovnání jednotlivých polymerů a jejich vlastností, mezi sebou. „Plastů“ existuje velké množství a zejména začínající studenti se v nich obtížně orientují. Pracovní listy mohou studenti využívat k:
 - přípravě ke zkouškám předmětu „materiály a technologie“;
 - výuce na odborných středních školách.
- Technické listy mají podobu „katalogového letáku“, základní rozložení informací je na všech listech společné, a to z důležitého důvodu, aby bylo možné jednotlivé informace mezi sebou porovnávat. Odborná literatura takto formulované informace neuvádí.
 - V listech jsem uvedl výčet vlastností, které jsou společné všem uvedeným materiálům, pouze se liší v hodnotách, které jsou měřitelné a vychází z norem ISO.
- V průběhu tvorby práce bylo zjištěno, že odborné publikace a technické zdroje hovoří o plastech v obecné rovině, spíše formou pomocí definic, chemických rovnic a jen velmi málo uvádí konkrétní příklady materiálů a jejich vlastností. Detailnější hodnoty a vlastnosti jednotlivých typů polymerů je možné nalézt jenom v zahraniční literatuře nebo technických listech.

6 Použitá literatura

- [1] Ducháček V., *Polymery - výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. Praha: VŠCHT Praha, 2006.
- [2] Prokopová I., *Makromolekulární chemie*. Praha: VŠCHT Praha, 2007.
- [3] Švorcík V., *Struktura a vlastnosti polymerů*. Praha 2016. [Online]
http://users.fs.cvut.cz/libor.benes/vyuka/polymvsauto/Struktura%20a%20vlastnosti%20polymeru%20-%20strucne_Svorcik.pdf [Přístup získán 12.3.2019]
- [4] Běhálek L., *Polymery: Struktura polymerů a její vliv na vlastnosti*. [Online]
<https://publi.cz/books/180/01.html> [Přístup získán 12.3.2019]
- [5] Siegl J., *Nebezpečné látky obsažené v plastech*. [Online]
<http://www.siegl.cz/blog/odpady/nebezpecne-latky-obsazene-v-plastech>. [Přístup získán 30.4.2018]
- [6] Siegl J., *Odpadky v přírodě a jejich doba rozložení*. [Online]
<http://www.siegl.cz/blog/odpady/odpadky-v-prirode-jak-dlouho-se-rozkladaji-jednotlive-materialy>. [Přístup získán 30.4.2018]
- [7] Helmroth E., Rijk R., Dekker M., Jongen W., *Predictive modelling of migration from packaging materials into food products for regulatory purposes*. sv. 3, pp. 102-109, 2002.
- [8] Krebs J., *Teorie zpracování nekovových materiálů*. Liberec: TU v Liberci, 2006.
- [9] *Technické vlastnosti Polyethylenu - PE 500 (PE-HMW)*, [Online]
<https://www.vmplast.cz/sortiment/polyethylen-pehd/polyethylen-pe-500-pe-hmw> [Přístup získán 19.3.2019]
- [10] Lenfeld P., *Technická univerzita v Liberci*. [Online]
http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm [Přístup získán 13.3.2019]
- [11] *Stanovení teploty tání semikrystalických polymerů v práškové formě* [Online]
http://ufmi.ft.utb.cz/texty/fyzika_pol/FP1_lab_06.pdf [Přístup získán 13.3.2019]
- [12] Křenek T., *Polymerní materiály*. [Online]
https://www.opi.zcu.cz/download/Polymery_2010.pdf [Přístup získán 01.04.2019]
- [13] Šindelář V., *Makromolekulární chemie*. Brno: 2008. [Online]
https://is.muni.cz/el/1431/podzim2008/C4120/um/Makromolekularni_Chemie-cast_2.pdf
[Přístup získán 1.4.2019]
- [14] Stoklasa K., *Makromolekulární chemie*, Zlín: UTB Zlín, 2005.
- [15] Vlach B., *Mechanické vlastnosti pevných látek* [Online]
https://www.sci.muni.cz/chemsekce/c8870/pdf/Uloha12_mechan_vl.pdf [Přístup získán 1.4.2019]

- [16] *Tahové zkoušky materiálů*. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně [Online] http://ufmi.ft.utb.cz/texty/kzm/KZM_09.pdf. [Přístup získán 1.4.2019]
- [17] Mleziva J., *Polymery - výroba, struktura, vlastnosti a použití*. 1. vyd. Praha Sobotáles, 1993.
- [18] *Makromolekulární chemie*. Jihočeská univerzita, 2011. [Online] <http://kch.zf.jcu.cz/didaktika/makromol> [Přístup získán 1.4.2019].
- [19] Husárek J., *Makromolekulární látky, syntetické polymery*. Praha, 2015.
- [20] Vosmanská V., Kolářová K., Pišlová K., Švorčík V. *Chemické a fyzikální modifikace biomateriálů na bázi celolosity*. *Chemické listy*, č. 111, pp. 614-619, [20.4.2017].
- [21] Ducháček V., *Antidegradanty*. Zlín: Česká společnost průmyslové chemie, místní pobočka Gumárenská skupina, 2017.
- [22] Pceina P., *Plasty*, 2006. [Online] http://ped.muny.cz/data/TE2BP_MTDR/Plasty_prezentace.ppt [Přístup získán 1.4.2019]
- [23] Peacock A., *Polymer Chemistry: Properties and Applications*. Hanser Verlag: 2006.
- [24] Pilla S., *Handkbook of Bioplastics and Biocomposites Engineering Applications*, 2012.
- [25] Chotěborský R., *Nauka o materiálu*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2006.
- [26] Ptáček L. a kol., *Nauka o materiálu II*, CERM, 2002
- [27] Prokeš J., Nešpůrek S., Stejskal J., *Inteligentní materiály pro nové století*. Vědecký časopis: *Vesmír*, str. 35, 2001.
- [28] Nutsch W., *Příručka pro truhláře*. Praha: SOBOTÁLES, 2006.
- [29] Krebs S., *Technologie zpracování plastů a kompozitů* [Online] <http://u12133.fs.cvut.cz/assets/subject/files/116/Pedmt-2331507-c-1-2016-02-23.pdf> [Přístup získán 12.3.2019].
- [30] Brandrup J., Immergut E., Grulke E., Akihiro A., Bloch D., *Polymer Handbook*. 4th ed. New York: John Wiley, 1999.
- [31] *Plasty*, Západočeská univerzita. [Online] <https://www.opi.zcu.cz/download/plasty.pdf> [Přístup získán 1.4.2019]
- [32] *Aeropoxy laminovací epoxid*, himoto.cz. [Online] <https://www.himoto.cz/laminovaci/aeropoxy-laminovaci-epoxid-300ml> [Přístup získán 20.5.2019]

7 Seznam obrázků

Obrázek 1: Historie výroby plastů [28, 29, 4]

Obrázek 2: Historický vývoj a predikce výroby polymerů od roku 1950 do roku 2020 [4]

Obrázek 3: Využití polymerů v Evropě po průmyslových odvětvích [4]

Obrázek 4: Spotřeba konkrétních polymerů v Evropě v roce 2012 [4]

Obrázek 5: Výhody a nevýhody využití polymerů [4]

Obrázek 6: Chemické vlastnosti – konstituce makromolekul [2]

Obrázek 7: Přejíchodové teploty polymerů [10]

Obrázek 8: Semikrystalické plasty a přechodové teploty [10]

Obrázek 9: Teplotní závislost modulu pružnosti pro amorfni a semikrystalické polymery [4]

Obrázek 10: Navlhavost polymerů v závislosti na relativní vlhkosti [13]

Obrázek 11: Deformační křivka polymeru [16]

Obrázek 12: Deformační křivky základních skupin polymerů (graf + fotografie) [4]

Obrázek 13: Mez pevnosti a modul pružnosti u vybraných polymerů [4]

Obrázek 14: Ilustrační deformační křivka pro semikrystalické polymery [4]

Obrázek 15: Ilustrační deformační křivky polymerů v tlaku [4]

Obrázek 16: Stupeň iniciace při polymeraci iontové [17]

Obrázek 17: Příprava 1,3 - butadienu [17]

Obrázek 18: Polykondenzace – fenol reagující s formaldehydem [18]

Obrázek 19: Příklad polyadiční reakce [17]

8 Seznam tabulek

Tabulka 1: Historie výroby plastů [28, 29, 4]

Tabulka 2: Materiálový list PE 500 (EPP plasty) [9]

Tabulka 3: Vybrané teploty skelného přechodu vybraných polymerů [11]

Tabulka 4: Charakteristické přechodové teploty pro vybrané plasty [12]

Tabulka 5: Termoplasty – dělení [22]

Tabulka 6: Reaktoplasty – dělení [22]

Tabulka 7: Kaučuky syntetické – dělení [4]

9 Seznam pracovních listů

Pracovní list 1: Polyethylen

Pracovní list 2: Polypropylen

Pracovní list 3: Polystyren

Pracovní list 4: Polyvinylchlorid

Pracovní list 5: Polytetrafluorethylen

Pracovní list 6: Polyethylentereftalát

Pracovní list 7: Polykarbonát

Pracovní list 8: Polyoxymethylen

Pracovní list 9: Polyamidy

Pracovní list 10: Polymethyl-methakrylát

Pracovní list 11: Polyuretany

Pracovní list 12: Siloxan

Pracovní list 13: Fenol-formaldehydová pryskyřice

Pracovní list 14: Melamin-formaldehydové pryskyřice

Pracovní list 15: Polyesterové pryskyřice