

## Kapitola 1 (3 hodiny)

### Polymerní materiály

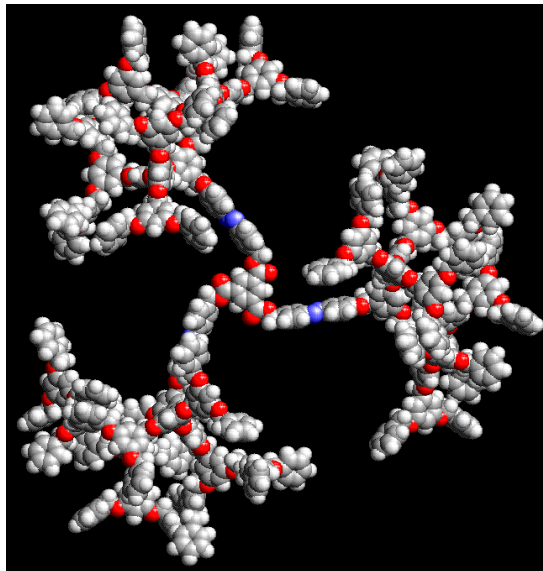
#### 1.1 Obecně

**Polymery** jsou velkou skupinou materiálů, které se skládají z mnoha malých molekul (nazývaných *monomery*), které se mohou vzájemně vázat a vytvářet dlouhé řetězce, které jsou známé jako *makromolekuly* (pojem zaveden H. Staudingerem ve dvacátých letech minulého století).

Typický molekul může obsahovat desítky tisíc monomerů. Z důvodu své velké velikosti jsou polymery klasifikovány jako makromolekuly.

Polymery se v přírodě vyskytují ve formě proteinů, celulózy (rostliny), škrobu (potravin) a přírodního kaučuku.

Technické polymery jsou ovšem obvykle syntetické polymery.



Obr. 1.1 Molekulární řetězce

#### 1.1.1 Definice

##### **Polymer**

Velká molekula složená z mnoha jednotek repetice s molekulovou hmotností obvykle několik tisíc i výše

##### **Jednotka repetice**

Základní opakující se jednotka polymeru

##### **Monomer**

Menší molekula (molekuly), které se používají k přípravě polymeru

##### **Oligomer**

Molekula složená reakcí několika jednotek repetice monomeru, ale není dostatečně velká, aby byla považována za polymer

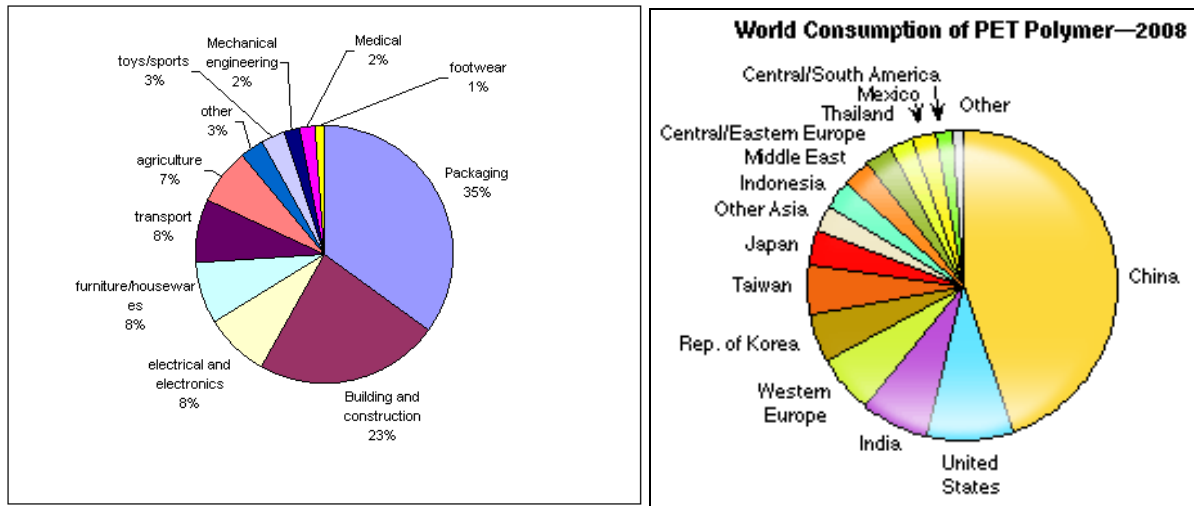
Jediná jednotka repetice: MONOMER

Mnoho jednotek repetice: POLYMER

##### **Stupeň polymerace**

Počet jednotek repetice

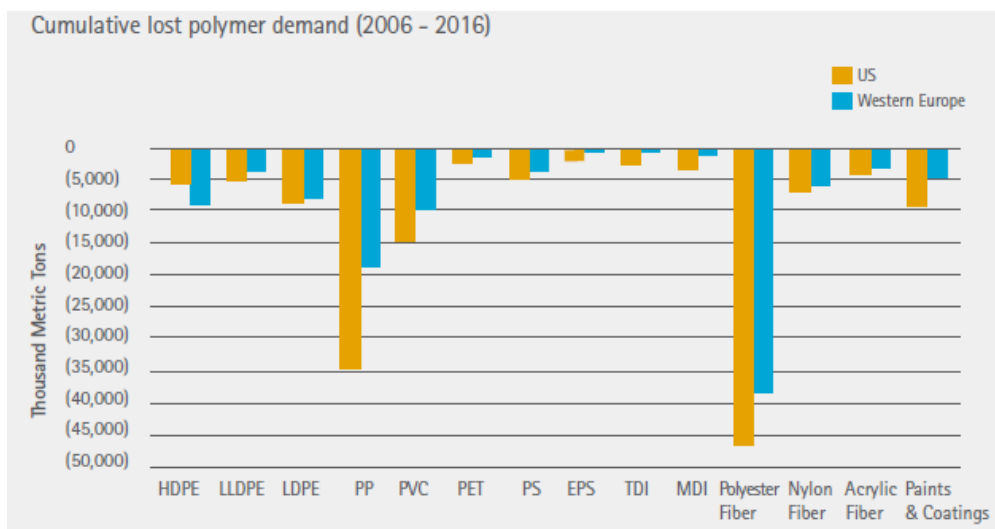
## 1.1.2 Oblasti použití polymerů



INCPEN, K zelenějším domácnostem, červen 2001

str. 580.0400 A příručky chemického průmyslu (Chemical Economics Handbook)

Obr. 1.2 Použití polymerů



Obr. 1.3 Trh s polymerem

## 1.1.3 Názvosloví polymerů

### 1.1.3.1 Názvosloví založené na zdrojovém monomeru

Polymer je často pojmenován dle monomeru použitého k jeho vytvoření

Příklad: poly(vinyl chlorid) PVC je vyroben v vinyl chloridu  $-CH_2-CH(Cl)-$

Poly-X

Je-li " X " jediné slovo, název polymeru se vypíše přímo např. polystyren  $-CH_2-CH(Ph)-$

Skládá-li se " X " ze dvou či více slov, mělo by být použito závorek např. poly (vinyl acetát)  $-CH_2-CH(OCOCH_3)-$

### 1.1.3.2 Názvosloví na základě struktury polymeru

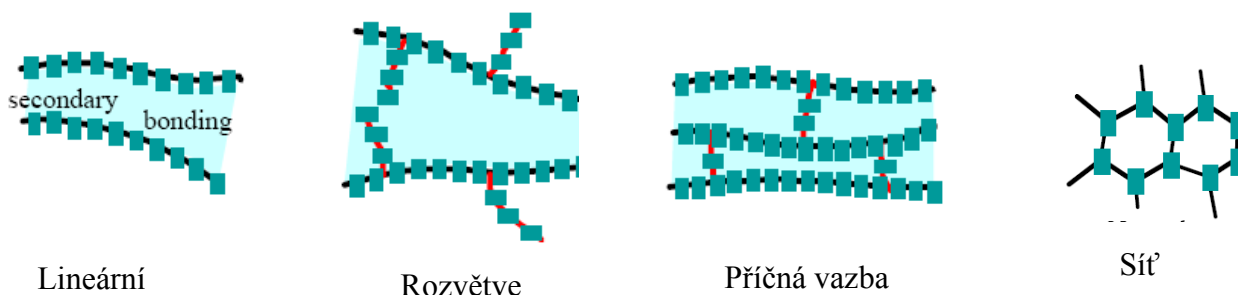
Nejběžnější způsob označování polymerů, jelikož polymer obsahuje jiné funkční skupiny než monomer

PC = Polykarbonát  
 PPE = Polyfenyléter  
 SMA = Styrol-maleinanhydrid  
 ABS = Akrylnitril-butadien-styrol  
 PMMA = Polymethylmetakrylát  
 PS = Polystyrol  
 SAN = Styrol-akrylnitril-kopolymer  
 PVC = Polyvinylchlorid  
 PET = Polyethylentereftalát (PETP)  
 PBT = Polybutylentereftalát (PBTP)  
 PA = Polyamid  
 POM = Polyoxymetylén  
 RF-PP = Resorcin-formaldehyd-polypropylén  
 PE-UHMW = Polyetylén - velmi vysoká molekulová hmotnost  
 PP = Polypropylén  
 PE-HD = Polyetylén vysoké hustoty  
 PE-LD = Polyetylén nízké hustoty

## 1.2 Klasifikace polymerů

### 1.2.1 Klasifikace dle stavby řetězce

- Lineární řetězce: polymer složený z jediného spojitého řetězce jednotek repetice
- Rozvětvené řetězce: polymer obsahující boční řetězce jednotek repetice připojené k hlavnímu řetězci jednotek repetice
- Vysoce rozvětvený polymer se skládá ze stavební jednotky repetice, včetně rozvětvených skupin
- Příčně svázaný polymer: polymer obsahující vazy mezi řetězci
- Síťový polymer: příčně svázaný polymer obsahující mnoho vazeb mezi řetězci



Obr. 1.4 Klasifikace stavby řetězce

### 1.2.2 Klasifikace dle tepelného chování

Z hlediska tepelného chování existují tři obecné skupiny polymerních materiálů:

- elastomery
- termoplasty
- termosety

### 1.2.2.1 Elastomery

Elastomery jsou polymery charakteristické vysokou pružností - mohou být opakovaně natahovány ve velkém rozsahu. Elastomery se skládají z dlouhých lehce příčně svázaných molekul.

Běžnými elastomery jsou:

- polyizoprén (přírodní kaučuk)
- butyl
- nitril
- neoprén
- etylén-propylén
- hypanol
- silikon

Elastomery mohou být zpevněny **vulkanizačním** procesem (tepelné zpracování za přítomnosti chemických přípravků). Vulkanizace má za následek zvýšení příčných vazeb molekul.

Vulkanizované elastomery jsou elastické pro malé deformace.

### 1.2.2.2 Termoplasty

**Termoplasty** jsou polymery, které po zahřátí měknou (stávají se poddajnými a plastickými) a taví se. V roztaveném stavu mohou být termoplasty tvářeny různými způsoby (lisování, vstřikování, protlačování, tvářením za tepla).

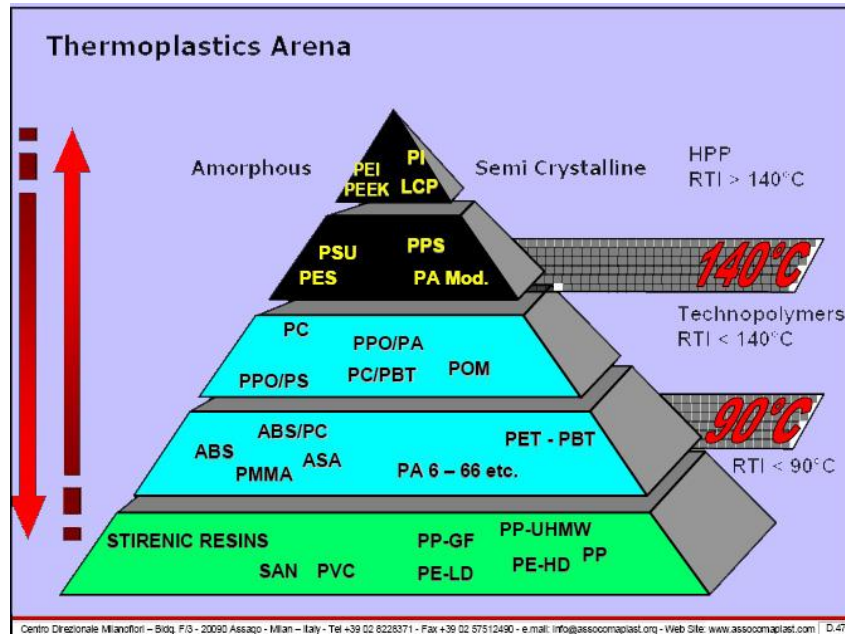
Při chladnutí a tvrdnutí termoplastu se netvoří žádné nové příčné (žádné chemické vytvrzování). Termoplasty mohou být mnohokrát opětovně zpracovány (opakovaně taveny).

Molekuly většiny termoplastů se spojují do dlouhých polymerních řetězců střídajících se s jednotkami monomerů.

Termoplastické materiály mohou obsahovat plnicí materiály ve formě prášku nebo vláken zajišťujících zlepšení vlastností konkrétního materiálu (pevnost, tuhost, mazivost, barva atd.).

Skupiny termoplastů:

- **polyolefiny**: polyetylén nízké hustoty (LDPE), polyetylén vysoké hustoty (HDPE), polypropylén (PP).
- **styreny**: polystyrén (PS), akrylonitril-butadien-styren (ABS), styren-akrylonitril (SAN), akrylický styren (S/A), styren-maleikanhydrid (SMA).
- **vinyl**: polyvinylchlorid (PVC), chlorovaný polyvinylchlorid (CPVC).
- **akryly**: polymetylmetakrylát (PMMA), polyvinylchlorid-akrylová směs (PVC/MA).
- **fluoropolymery**: polychlorotrifluoretylén (CTFE), polytetrafluoretylén (PTFE), polyvinyliden fluorid (PVDF).
- **polyestery**: polyetylén tereftalát (PET), polyester PETG (PETG), polybutylén tereftalát (PBT), polyariát (PAR), polyester na bázi kapalných krystalů (LCP).
- **polyamidy (nylony)**: nylon 6 (N6), nylon 66 (N66), nylon 11 (N11), nylon 12 (N12), polyftalamid (PPA), polyamid-imid (PAI).
- **polyimid**: Poly-imid (PI), polyeterimid (PEI).
- **polyetery**: polyacetal (POM), polykarbonát (PC), směs oxidů polyfenylenu (PPO), polyaryleterketon (PAEK), polyetereterketon.
- **polymery s obsahem síry**: polyfenlén sulfid (PPS), polysulfon (PSF), polyetersulfon (PES), polyarylsulfon (PAS).



Obr. 1.5 Termoplasty

### 1.2.2.1 Termoplastický polyetylén vysoké hustoty (HDPE) - vlastnosti

Termoplast				
Poletylén vysoké hustoty (HDPE)				
Vlastnost	Hodnota v metrických jednotkách		Hodnota v jednotkách USA	
Hustota	0,95 *10 <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	59,3	lb/ft <sup>3</sup>
Modul pružnosti	1,86	GPa	270	ksi
Pevnost v tahu	31	MPa	4500	psi
Prodloužení	100	%	100	%
Pevnost v ohybu	40	MPa	5800	psi
Tepelná roztažnost (20 °C)	12,6*10 <sup>-5</sup>	°C <sup>-1</sup>	7*10 <sup>-5</sup>	palce/(palce* °F)
Tepelná vodivost	0,48	W/(m*K)	3.33	BTU*palec/(hod*stopa <sup>2</sup> *°F)
Teplota tání	130	°C	266	°F
Maximální pracovní teplota	120	°C	248	°F
Elektrický odpor	10 <sup>13</sup> -10 <sup>16</sup>	Ohm*m	10 <sup>15</sup> -10 <sup>18</sup>	Ohm*cm
Dielektrická konstanta	2,4	-	2,4	-

- Dobrá pevnost;
- Dobrá rázová pevnost;
- Dobrá chemická odolnost;
- Dobrá tuhost;
- Špatná odolnost vůči ultrazvukovému záření.

Použití: balící fólie, odolné smršťitelné fólie, trubky, nádoby, sáčky, obaly nápojů.

### 1.2.2.1.2 Termoplastický polyetylén nízké hustoty (LDPE)- vlastnosti

Termoplast				
Polypropylén nízké hustoty (LDPE)				
Vlastnost	Hodnota v metrických jednotkách		Hodnota v jednotkách USA	
Hustota	0,92 *10 <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	57.4	lb/ft <sup>3</sup>
Modul pružnosti	0.29	GPa	42	ksi
Pevnost v tahu	17	MPa	2500	psi
Prodloužení	500	%	500	%
Pevnost v ohybu	14	MPa	2000	psi
Tepelná roztažnost (20 °C)	16*10 <sup>-5</sup>	°C <sup>-1</sup>	9*10 <sup>-5</sup>	palce/(palce* °F)
Tepelná vodivost	0.33	W/(m*K)	2.29	BTU*palec/(hod*stopa <sup>2</sup> *°F)
Teplota tání	120	°C	248	°F
Maximální pracovní teplota	90	°C	194	°F
Elektrický odpor	10 <sup>13</sup> -10 <sup>16</sup>	Ohm*m	10 <sup>15</sup> -10 <sup>18</sup>	Ohm*cm
Dielektrická konstanta	2.3	-	2.3	-

- Dobrá rázová pevnost;
- Dobrá chemická odolnost;
- Dobrá pružnost;
- Špatná odolnost vůči ultrazvukovému záření;
- Dobrá tvářitelnost za tepla.

Použití: balicí fólie (obecné použití, smrštitelné, laminované), nádoby, izolace kabelů, chemicky odolná obložení.

### 1.2.2.1.3 Termoplastický polypropylén (PP)

Termoplast				
Polypropylén (PP)				
Vlastnost	Hodnota v metrických jednotkách		Hodnota v jednotkách USA	
Hustota	0,91 *10 <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	56.8	lb/ft <sup>3</sup>
Modul pružnosti	1.36	GPa	195	ksi
Pevnost v tahu	37	MPa	5300	psi
Prodloužení	350	%	350	%
Pevnost v ohybu	49	MPa	7000	psi
Tepelná roztažnost (20 °C)	90*10 <sup>-6</sup>	°C <sup>-1</sup>	50*10 <sup>-6</sup>	palce/(palce* °F)
Tepelná vodivost	0.16	W/(m*K)	1.11	BTU*palec/(hod*stopa <sup>2</sup> *°F)
Teplota zesknění	-10	°C	14	°F
Maximální pracovní teplota	150	°C	302	°F
Elektrický odpor	10 <sup>7</sup> -10 <sup>9</sup>	Ohm*m	10 <sup>9</sup> -10 <sup>11</sup>	Ohm*cm
Dielektrická konstanta	2.4	-	2.4	-

- Dobrá chemická odolnost;
- Dobrá únavová odolnost;
- Dobrý tepelný odpor.

Použití: obaly, ventilátory, pláště TV a radiopřijímačů, hračky, části nábytku, tlumiče.

### 1.2.2.1.4 Termoplastický polyvinylchlorid (PVC)

Termoplast				
Polyvinylchlorid (PVC)				
Vlastnost	Hodnota v metrických jednotkách		Hodnota v jednotkách USA	
Hustota	1,44 *10 <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	89.9	lb/ft <sup>3</sup>
Modul pružnosti	3.32	GPa	475	ksi
Pevnost v tahu	47	MPa	6700	psi
Prodloužení	60	%	60	%
Pevnost v ohybu	91	MPa	13000	psi
Tepelná roztažnost (20 °C)	75*10 <sup>-6</sup>	°C <sup>-1</sup>	42*10 <sup>-6</sup>	palce/(palce* °F)
Tepelná vodivost	0.18	W/(m*K)	1.25	BTU*palec/(hod*stopa <sup>2</sup> *°F)
Teplota zeskenění	87	°C	189	°F
Maximální pracovní teplota	80	°C	176	°F
Elektrický odpor	10 <sup>6</sup>	Ohm*m	10 <sup>8</sup>	Ohm*cm
Dielektrická konstanta	4	-	4	-

- Může být tuhý nebo pružný (v závislosti na složení);
- Vysoká hustota;
- Odolný vůči prostředí;
- Po zahřátí může uvolňovat chlór a kyselinu chlorovodíkovou.

Použití: odpadní potrubí, potrubí rozvodu vody, lahve, okenní rámy, izolace vodičů a kabelů, elastické podlahy, interiéry automobilů, obaly, obuv.

### 1.2.2.3 Termosety

**Termosety** jsou polymery, které se po zahřátím netaví. Molekuly termosetů jsou příčně svázané pevnými kovalentními mezimolekulovými vazbami a tvoří tak jednu obrovskou molekulu.

Tyto příčné vazby nejsou reverzibilní a proto nemohou být termosety opakovaně zpracovávány (opakovaně roztavovány).

Příčné vazby se dosahuje vytvrzovacím procesem aktivovaným teplem, chemickými přípravky nebo ozařováním.

Před vytvrzovacím procesem jsou termosetové materiály uloženy v částečně polymerizovaném stavu.

Vulkanizací (vytvořením příčných vazeb, vytvrzováním) se dosáhne prudkého zvýšení pevnosti, pružnosti a stability termosetů. Termosety jsou pevnější a tvrdší než termoplasty. Tvrdost termosetů je dokonce vyšší než u některých kovů (hliník).

Termosety mají též vyšší tepelnou, chemickou odolnost a odolnost vůči tečení než termoplasty.

Termosetové materiály mohou obsahovat výplňové materiály ve formě prášku či vláken, které poskytují zlepšení specifických vlastností materiálů (pevnost, tvrdost, modul pružnosti, tepelná vodivost, mazivost). Běžnými výplňovými materiály jsou sklo v různých formách, kovové prášky, grafit nebo molybdenový disulfidový prášek.

Skupiny termosetů:

- epoxidy (EP)
- nenasycené polyestery (UP)
- fenoly (PF)
- močovinový formaldehyd (UF)
- melaminový formaldehyd (MF)
- alkydy (AMC)

### 1.3 Stavba polymerů

**Polymer** je látka (přírodní nebo syntetická), jejíž molekuly se skládají z mnoha malých opakujících se chemických jednotek (**monomerů**) spojených vzájemně v pravidelném vzoru. Polymery obvykle kombinují krystalické a amorfni struktury (polokrystalické látky).

**Stupeň polymerace** je průměrný počet monomerů (merů) v polymerní molekule.

Polymerní molekuly mohou spojovat až milióny monomerů (merů) a vytvářet jednorozměrnou strukturu (řetězec), dvourozměrnou strukturu (planární molekuly) nebo trojrozměrnou strukturu.

Pro organické polymery je obvyklá jednorozměrná struktura.

**Organický polymer** je polymerová složka vytvořený monomerními jednotkami na bázi uhlovodíků.

Kromě uhlíku a vodíku mohou být v polymerních molekulách obsaženy následující atomy: kyslík, dusík, chlór, fluor, křemík, fosfor a síra.

Atomy polymerní molekuly jsou drženy kovalentní vazbou.

sousední řetězce mohou mezi sebou vytvářet sekundární vazby (**příčné vazby**), které jsou méně pevné než kovalentní vazby mezi atomy v rámci molekul.

Příčné vazby zajišťují pružnost polymeru zamezující sklouznutí sousedních řetězců při natahování materiálu.

**Rozvětvený polymer** se skládá z molekul, které mají k hlavnímu řetězci připojené boční řetězce.

**Kopolymer** je polymer, jeho molekula obsahuje více než jeden druh monomerů.

Běžným kopolymerem je nylon. Jeho molekuly se skládají ze dvou střídajících se monomerů: diacidu a diaminu.

**Roubovaný kopolymer** je druh rozvětveného polymeru, jehož boční řetězce jsou tvořeny z monomerů lišících se od monomeru hlavního řetězce.

**Blokový kopolymer** je polymer, jehož molekuly jsou tvořeny střídajícími se polymerními bloky dvou či více polymerů.

Strukturní parametry ovlivňující vlastnosti polymerů:

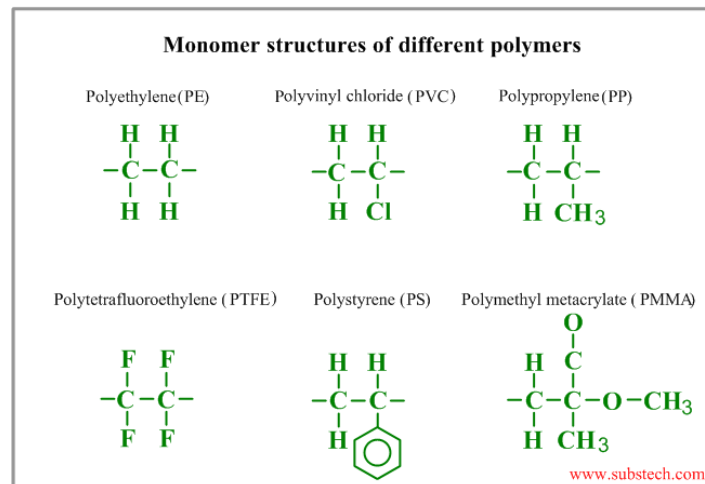
- zvýšení délky řetězce. Vliv: zvýšení pevnosti v tahu a modulu pružnosti
- zvýšení počtu a délky bočních řetězců. Vliv: zvýšení pevnosti v tahu a tuhosti.
- zavedení větších monomerů do molekul. Vliv: zvýšení tuhosti.
- zvýšení počtu a pevnosti příčných vazeb. Vliv: zvýšení pevnosti v tahu a tuhosti.
- orientace molekul v důsledku deformace při výrobě. Vliv: anizotropie vlastností materiálu (vlastnosti ve směru deformace se liší od vlastností v jiných směrech).

Každý polymer je charakterizován teplotou, pod kterou pohyblivost jeho molekul prudce klesá a materiál se stává křehkým a sklovitým.

Tato teplota se nazývá **teplota zesklenní**.

Na obrázku jsou zobrazeny monomerní molekulové struktury různých polymerů:

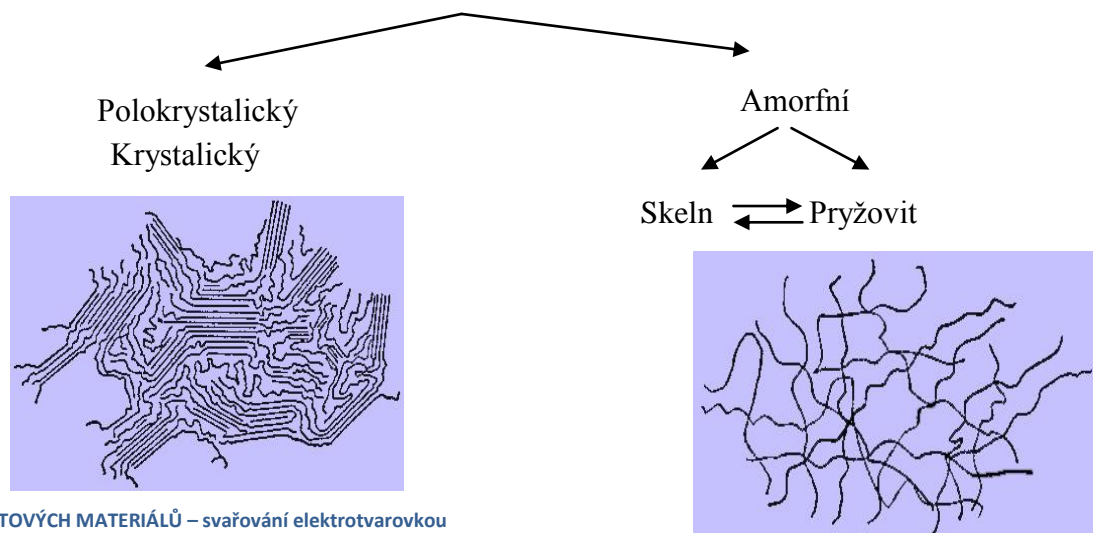




Obr. 1.6 Monomerní struktury různých polymerů

### 1.4 Hlavní fyzikální vlastnosti polymerů

- 1-Primární vazby: kovalentní vazby spojující atomy hlavního řetězce
- 2-Sekundární vazby: nekovalentní vazby, které spojují jeden polymerní řetězec s druhým pomocí vodíkové vazby a jiného přitahování typu dipól-dipól
- 3-Krystalický polymer: pevné polymery s vysokým stupněm strukturního uspořádání a tuhosti
- 4- Amorfní polymery: polymery s nízkým stupněm strukturního uspořádání
- 5-Polokrystalický polymer: většina polymerů se ve skutečnosti skládá z krystalických oblastí a amorfních oblastí s vlastnostmi někde mezi vlastnostmi očekávanými pro čistě krystalický nebo čistě amorfní polymer
- 6-Sklo: pevná forma amorfního polymeru charakterizovaná tuhostí a křehkostí
- 7 – Teplota tavení krystalů (Tm): teplota, při které se taví krystalické polymery
- 8 - Teplota zesknutí (Tg): teplota, při které amorfní polymer přechází na kapalnou nebo amorfní formu polokrystalické polymerové taveniny
- 9 – Termoplasty (plasty): polymery, které podstupují tepelně vratnou přeměnu mezi pevným a kapalným stavem
- 10- Termosety: polymery, které i nadále reagují za zvýšených teplot a tvoří rostoucí počet příčných vazeb; takové polymery nevykazují přechod do roztaveného nebo skelného stavu
- 11- Tekuté krystalické polymery: polymery tekuté fáze, které si zachovávají určité uspořádání
- 12- Elastomery: pryžovité natahovatelné polymery; tento efekt je způsoben lehkou příčnou vazbou, která táhne řetězce do jejich původního stavu



Obr. 1.7 Struktura polymerů

- Teplota zesklenní  $T_g$  je teplota, pod kterou jsou polymer NEBO sklo křehké nebo sklovité; nad touto teplotou je materiál plastičtější.
- Teplota  $T_g$  je prvním přiblížením měřítka pevnosti sekundárních vazeb mezi řetězci v polymeru; čím pevnější jsou sekundární vazby, tím je teplota zesklenní vyšší.

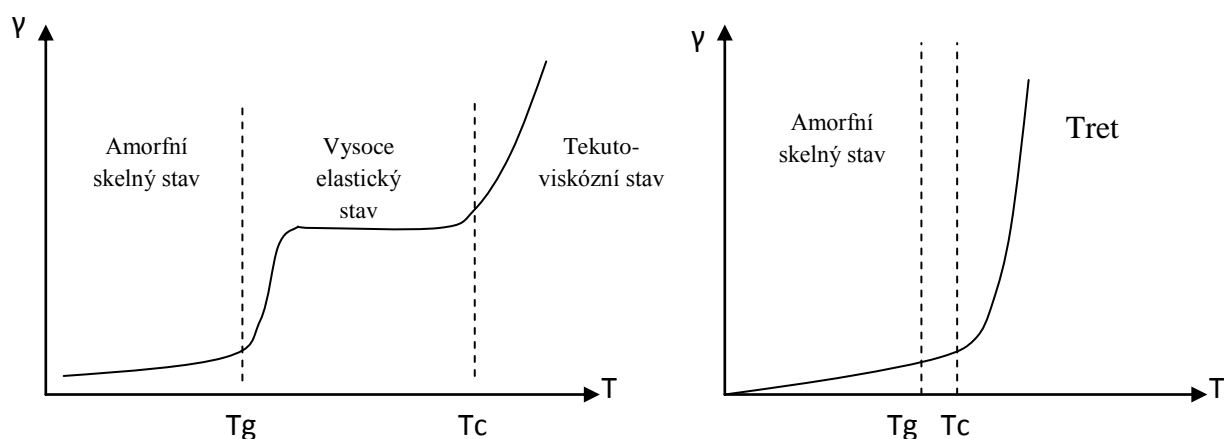
Např.:

polyetylén  $T_g = 0^\circ\text{C}$ ; polystyren =  $97^\circ\text{C}$

PMMA (plexisklo) =  $105^\circ\text{C}$ .

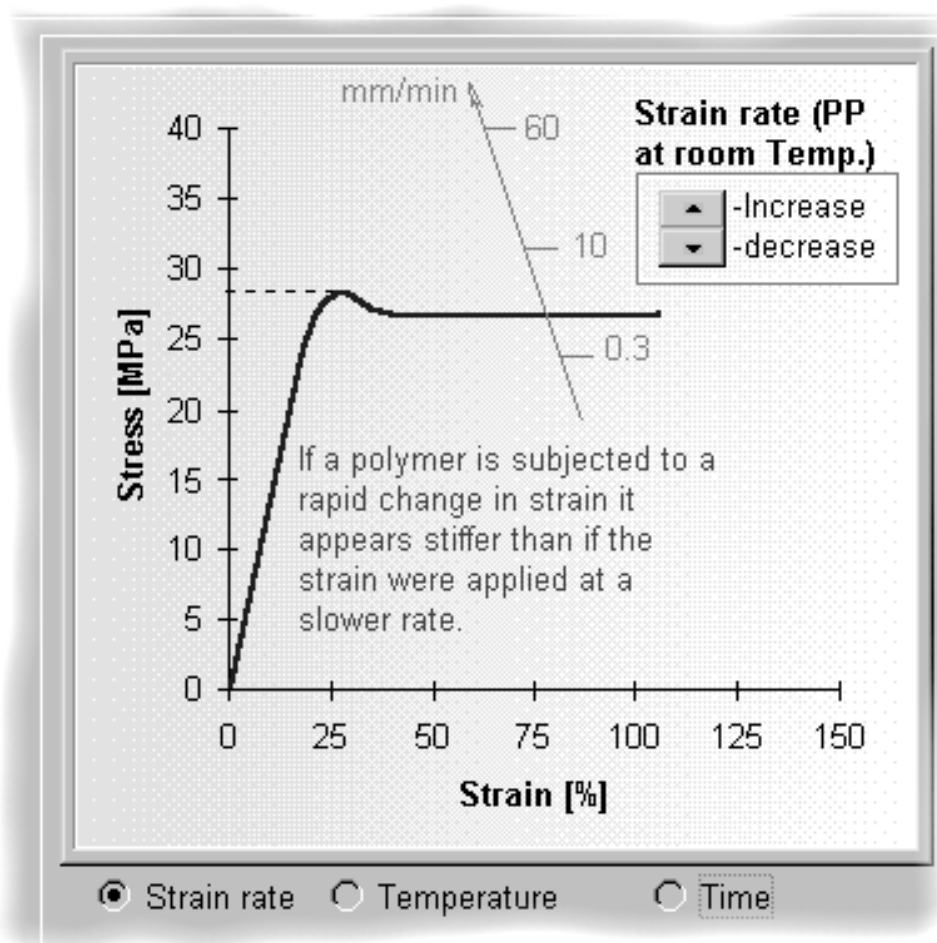
Jelikož pokojová teplota je pro PMMA nižší než teplota  $T_g$ , je při pokojové teplotě křehké.

Pro pryžové pásy:  $T_g = -73^\circ\text{C}$ .



Obr. 1.8 Typická termomechanická křivka a fyzikální stavy amorfního polymeru s lineárním a pružným řetězcem (a)

Typická termomechanická křivka a fyzikální stavy makromolekulární látky, která má sklon k zesklenní (b)



Obr. 1.9 Křivka napětí = f(prodloužení) pro PP

### Fyzikální vlastnosti polyetylénu

	Rozvětvený nízké hustoty	Střední hustoty	Vysoké hustoty	Lineární vysoké hustoty
Optické	Průhledný až matný	Průhledný až matný	Průhledný až matný	Průhledný až matný
Tavení	98 – 115 C	122 – 124 C	130 – 137 C	130 – 137 C
Tg	-100 C	-100 C	-100 C	-100 C
Absorbce H <sub>2</sub> O	Nízká < 0,01	Nízká < 0,01	Nízká < 0,01	Nízká < 0,01
Odolnost vůči oxidaci	Nízká, dobře oxiduje	Nízká, dobře oxiduje	Nízká, dobře oxiduje	Nízká, dobře oxiduje
Odolnost vůči UV záření	Nízká, snadno praská	Nízká, snadno praská	Nízká, snadno praská	Nízká, snadno praská
Odolnost vůči rozpouštědlu	Odolné pod 60C	Odolné pod 60C	Odolné pod 60C	Odolné pod 60C
Odolnost vůči zásadám	Odolné	Odolné	Odolné	Odolné
Odolnost vůči kyselinám	Oxiduje kyseliny	Oxiduje kyseliny	Oxiduje kyseliny	Oxiduje kyseliny

## 1.5 Trubky HDPE

Po celém světě existuje velké množství různých HDPE trubek a tvarovek, které se vzájemně liší klasifikačním systémem. Klasifikace těchto materiálů dle EU je založena na platných předpisech dle:

- klasifikačních vlastností (hustota, index toku taveniny);
- informací o způsobu zpracování a/nebo použití;
- důležitých vlastností, přísad, barviv;
- protlačovaných materiálů;
- výztužných materiálů.

Důležitou charakteristikou HDPE trubek a tvarovek je jmenovitá tloušťka stěny ( $e$ ), která může být vyjádřena následujícím vztahem:

$$e = K \times D_n$$

kde jsou významy symbolů tyto:

- $K$  - faktor charakterizující vlastnosti a podmínky použití materiálu kvantifikací vlivů fyzikálních parametrů (teploty, času atd.), mechanických parametrů (vnitřní tlak, vnější síly, atd.), vliv chemických reakcí (kontakt atd.) a materiálových vlastností (dlouhodobé chování, závislost na teplotních vlastnostech, chemická odolnost atd.).
- $D_n$  [mm] - jmenovitý průměr trubky.

Z hlediska standardizace by měl faktor  $K$  zajistit veškeré praktické aplikace výběrem nejnižšího možného počtu hodnot.

Dle použití je možno HDPE trubky rozdělit následovně:

a.) trubky požadované zejména pro vnitřní tlak:

- trubky pro dopravu studené vody (vodovodní potrubí);
- trubky pro přepravu vody za vysokých teplot (teplodivní rozvody);
- trubky pro dopravu jiných médií (chemické plyny).

b) trubky pro tlakové aplikace bez vnitřní odváděcí trubky zahrnující povrchová, vypouštěcí a podzemní kanalizační potrubí pracující jak za pokojové teploty, tak za vysokých teplot (ISO 4065).

Jmenovitý tlak je tlak v potrubí, který protéká tekutina při teplotě 20 ° C.

Provozní tlak je maximální tlak, který trubka trvale podporuje.

Délka trubky je normalizovaná dle normy ISO4437a jsou-li požadovány jiné délky, je nutno je dohodnout mezi výrobcem a zákazníkem.

Navíjecí průměr cívkových typů HDPE trubek by neměl být menší než 20x vnější průměr, minimálně ovšem 0,6 m (ISO 3126).

HDPE trubky musí zajišťovat hladký vnější a vnitřní povrch, čistý bez vad, které by mohly mít vliv na výkon a funkci. Ovalita trubek musí být v přípustném rozsahu tolerance hodnot; nejsou-li tyto hodnoty předepsány, dohodnou se přímo mezi výrobcem a zákazníkem.

Všechny trubky musí být viditelně označeny přímo na vnějším povrchu bez aktivační trhliny či jiné vady.

Protlačovací složky pro trubky musí být PE100 následujících vlastností:

- jmenovitá hustota (přírodní) 0,945-0,95 g/cm<sup>3</sup>.

- jmenovitá hustota (pigmentovaná) 0,95-0,96 g/cm<sup>3</sup>.
- index rychlosti toku taveniny 12,5g/10 minut.
- disperze modrého pigmentu 2,5%.
- minimální pevnost v tahu na mezi kluzu 22,8 MPa
- minimální pevnost v tahu v bodě přetržení 31 MPa
- hydrostatické projektové napětí 12,4 MPa
- minimální požadovaná pevnost 12,4 MPa po 50 letech a při 20 °C.
- prodloužení při přetržení 890%.

2. Polyetylenové trubky musí mít černou barvu, ale nejméně se třemi modro/žlutými proužky. Značení - trubky musí být jasně označeny následujícími informacemi:

1. Výrobce: obchodní značka
  2. Rozměry (jmenovitý vnější průměr X jmenovitá tloušťka stěny).
  3. Výraz "VODA" na každém 1 metru;
  4. Označení materiálu trubky PE 100;
  5. Jmenovitý tlak (PN)
  6. Řada trubek (S nebo SDR)
  7. Datum výroby (datum nebo kód);
  8. Druh pryskyřice, značka a třída:
  9. MWCI nebo Manila voda
  10. Norma ISO 4427
  11. Označení kvality PS nebo ekvivalentní označení kvality dle normy ISO 9002.
- Označení musí být vystínované bílou brvou, hloubka značky na trubce nesmí překročit 0,15mm u trubek, jejíž tloušťka stěny je 12 mm a méně.

NOMINAL OUTSIDE DIAMETER dn (mm)	Nominal thickness en,mm	
	Standard size scale	
	SDR11	SDR9
	Nominal pressure PN,Mpa	
	1.6	2.1
32	3.0	3.6
40	3.7	4.4
50	4.6	5.6
63	5.8	7
75	6.8	8.3
90	8.2	10
110	10.0	12.2
125	11.4	13.9
140	12.7	15.6
160	14.6	17.8
180	16.4	20
200	18.2	22.2
225	20.5	25
250	22.7	27.8
280	25.4	31.1
315	28.6	35
355	32.2	39.4
400	36.3	44.4
450	40.9	50

## 1.6 Rozeznávání plastů

Vezměte malý kousek nebo hoblinu materiálu, který má být svařován, a zamiřte na něj plamen, sledujte barvu a zápach kouře.

- PVC: načernalý kouř a ostrý zápach.
- Polyetylén (PE): žádný kouř, roztavený materiál kape jako vosk svíčky a má i voskový zápach.
- Polypropylén (PP): žádný kouř, roztavený materiál kape jako vosk svíčky a má zápach spáleného oleje.
- Polyamid (PA): žádný kouř, roztavený materiál se táhne a tvoří vlákno, má zápach spálené rohoviny.
- Polykarbonát (PC): nažloutlý sazový kouř, sladký zápach.
- ABS: načernalý kouř, sazové vločky, sladký zápach.