

C9500 Užitá chemie

7. lekce

Polymerní materiály

Mgr. Ing. Radka Kopecká, Ph.D.

175344@mail.muni.cz

Polymerní látky

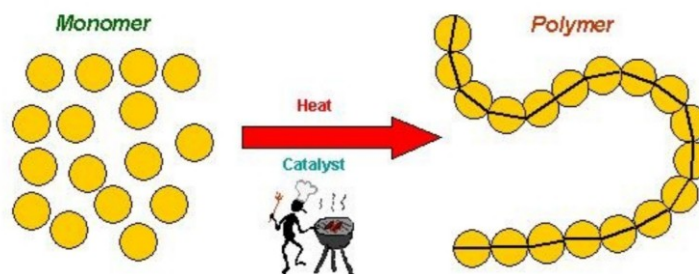
Polymery jsou především organické látky, přírodního (např. kaučuk) nebo syntetického původu (mohou být i anorganického charakteru – např. silikony).

Polymer-látko tvořené makromolekulami, ve kterých se opakují atomy nebo skupiny atomů (konstituční jednotky) navzájem spojených v tak velkém počtu, že existuje řada vlastností, které se zřetelně nezmění přidáním nebo odstraněním jedné nebo několika konstitučních jednotek.

Monomer-sloučenina tvořená molekulami, obsahujícími nejméně jednu dvojnou vazbu nebo dvě funkční skupiny, které vzájemnou reakcí vytvoří polymer, tj. molekula monomeru se přemění na konstituční jednotku polymeru.

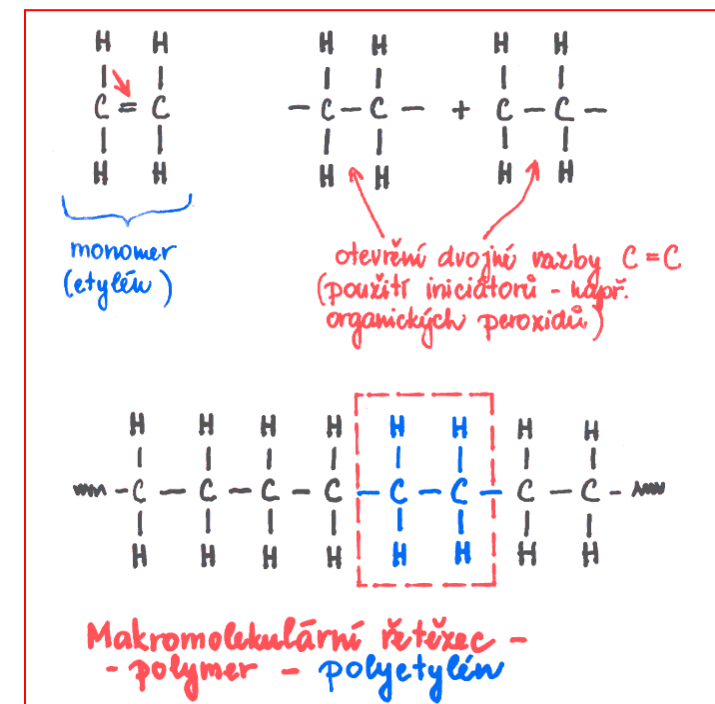
Monomerní jednotka (mer) – největší konstituční jednotka vznikající v průběhu polymerizace z jediné molekuly monomeru.

Polymerizace (polymerace) – proces, ve kterém se monomer nebo směs monomerů přeměňuje na polymer



Názvosloví polymerů:

- Názvosloví založené na názvu suroviny (zdroje, monomeru), př. polyethylen, polystyren, polyvinylchlorid
- Názvosloví založené na struktuře polymeru (IUPAC), př. poly(methylen), poly(1-2 fenylethylen), poly(1-chlor-ethylene)

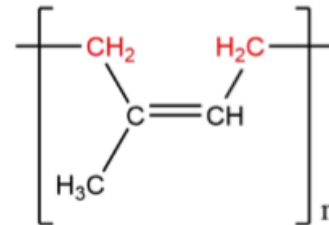


Historické mezníky vývoje plastických hmot

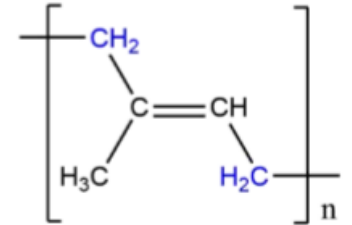
1496	K. Kolumbus přivezl z Ameriky kaučukové míče
1791	patent impregnace tkanin kaučukem
1843	objev gutaperči
1844	objev vulkanizace kaučuku sírou
1868	objev Celuloidu
1888	objev pneumatiky
1907	objev PF
1927	výroba CA a PVC
1928	výroba PMMA
1929	výroba UF
1930	výroba PS
1935	příprava PA-66
1938	objev PA-6
1938	příprava PE-LD
1939	příprava PTFE
1941	objev PET
1952	objev PE-HD
1953	objev PP, PC
1956	objev PPO

Historie:

- 1843 **Gutaperča**: trans 1,4 polyizopren ze stromu Palaquium gutta (rukojeti, násady, izolátory)
- 1844 **Pryž z přírodního kaučuku**: cis 1,4 polyizopren ze stromu kaučukovník brazilský zesíťovaný pomocí síry
- 1851 **Ebonit**: silně vulkanizovaný přírodní kaučuk, náhrada ebenového dřeva, izolátory.
- 1863 **Celuloid**: plastifikovaná nitrocelulóza , náhrada slonoviny
- 1907 **Bakelit**: fenol formaldehydová pryskyřice. První syntetický polymer.
- 1935 **Igelit**: Polyvinylchlorid (koncern IG Farben)
- 1936 **Nylon**: Polyamid 6 (Du Pont)
- 1938 **Teflon** (polytetrafluorethylen – Du Pont)
- 1939 **Nízkohustotní polyethylen**
- 1941 **Polyester** (vlákno)
- 1942 **Polyakrylonitril**
- 1953-54 **Vysokohustotní polyethylen a polypropylen**
- 1961 **Aramid** (aromatický polyamid)



přírodní kaučuk
(Z)-polyisopren

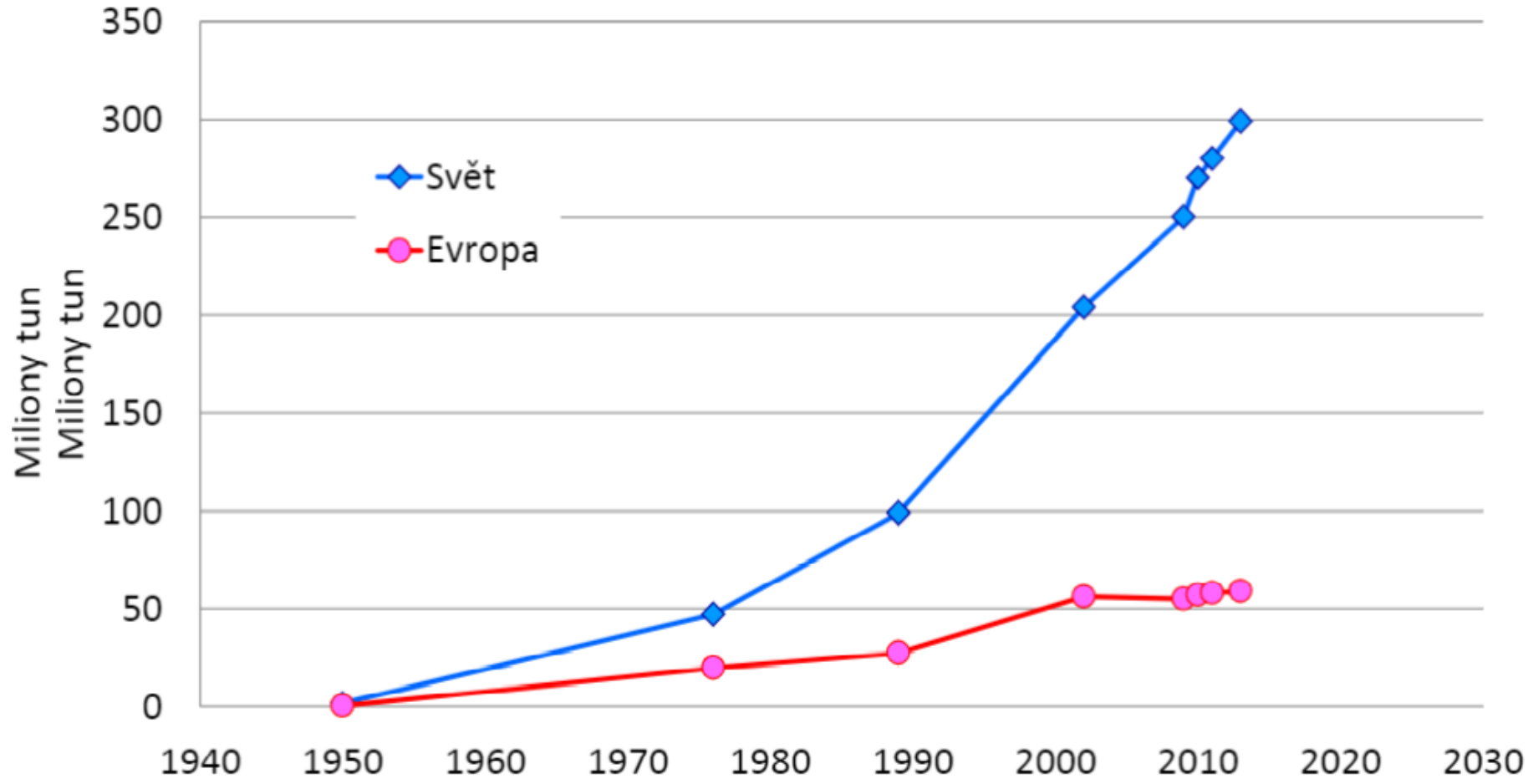


gutaperča
(E)-polyisopren

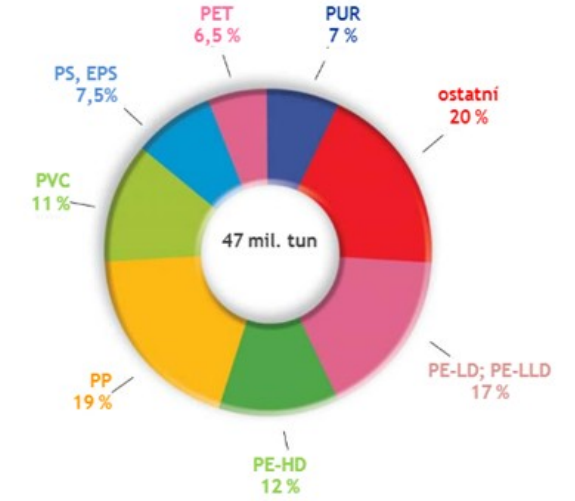
1957	příprava fluoruhlíkového kaučuku
1963	výroba EPDM
1965	výroba TPE
1965	výroba PSU

Statistiky ze světa

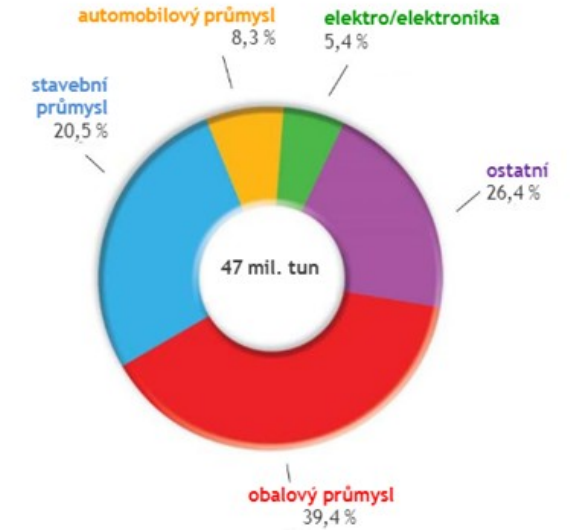
Světová a evropská produkce plastů (mil tun)



Evropská spotřeba plastů (EU27 + Norsko, Švýcarsko)



Evropská spotřeba plastů dle jejich typů, 2011



Evropská spotřeba plastů dle odvětví, 2011

PŘEDNOSTI / VÝHODY POLYMERŮ

Nízká hustota materiálu

Tepelný izolant

Elektrický izolant

Odolnost proti povětrnosti a korozi

Chemická odolnost

Snadná zpracovatelnost

Nížší vynaložená energie při zpracování

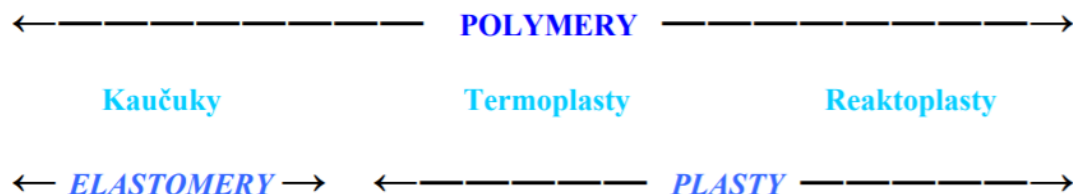


Nízká hustota materiálu, resp. hmotnost výrobku má za následek nižší spotřebu paliva, dopravní prostředky překonají delší vzdálenost a snižují se emise CO₂.

Efektivní využití sluneční a větrné energie



Z polymerů jsou vyráběny solární panely.



Asie (bez Japonska)
16 %

Střední a západní Evropa
21 %

Společenství
nezávislých
států
3 %

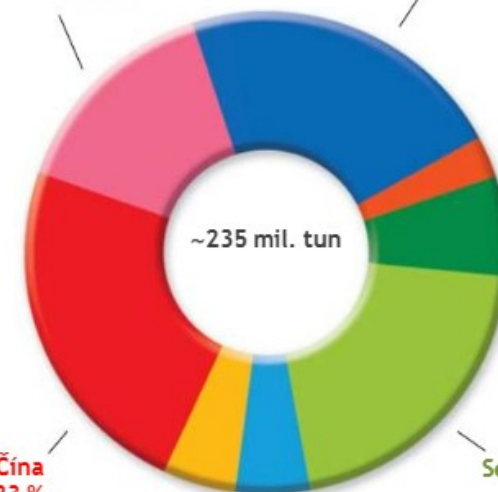
Střední východ,
Afrika
7 %

Severní Amerika
20 %

Čína
23 %

Japonsko
5 %

Jižní Amerika
5 %



Celosvětová produkce plastů, 2011

NEDOSTATKY / NEVÝHODY POLYMERŮ

Hořlavost materiálu

Odolnost nízkým teplotám

Vysoká teplotní roztažnost

Vytváření elektrostatického náboje

Nízká odolnost UV záření

Hořlavost polymerů je předurčena chemickým složením makromolekul. Lze potlačit retardéry hoření.



Časová závislost užitečných vlastností, kříp

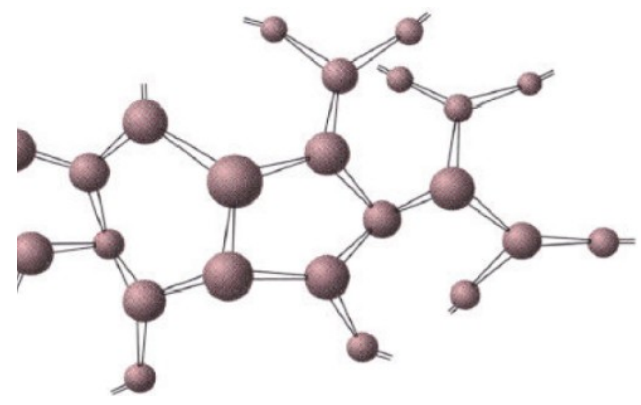
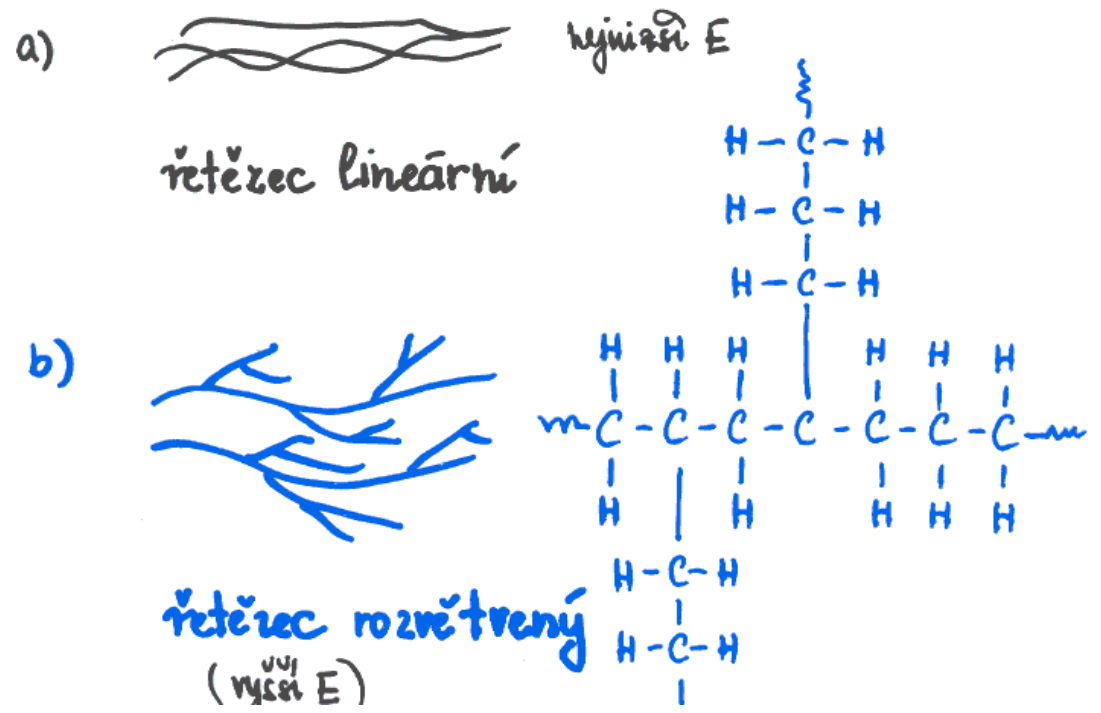
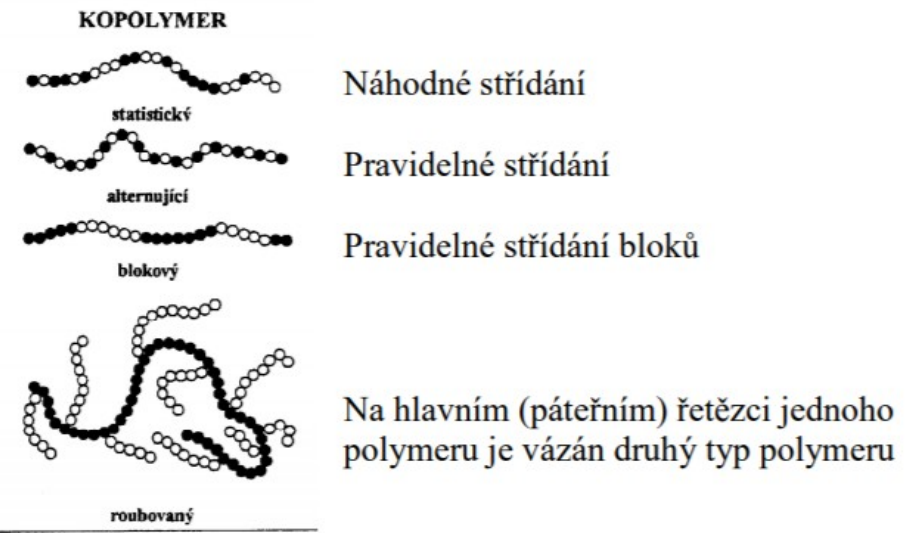
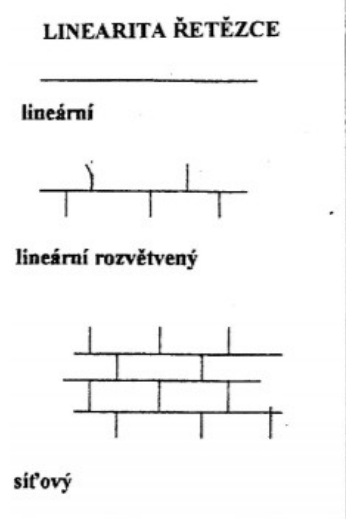
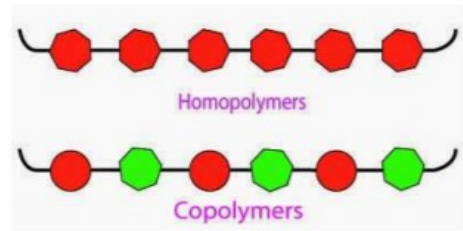
Stavba polymerů

- Vnitřní stavba polymerního řetězce
 - Mezi atomy v řetězci – kovalentní vazba – možnost rotace
 - Mezi různými řetězci – van der Waalsovy vazby

Zesítnění struktury – kovalentní vazby i mezi řetězci.

Molekulární struktura - způsob organizace molekul (tvar a složení řetězce) vzhledem k linearitě, větvení, síťování a takticitě řetězce.

Homopolymer (komonomer) - řetězec je složen pouze z jednoho druhu **meru**
Kopolymer – polymer složený z více než jednoho druhu monomerní jednotky.



• Polymerizace:

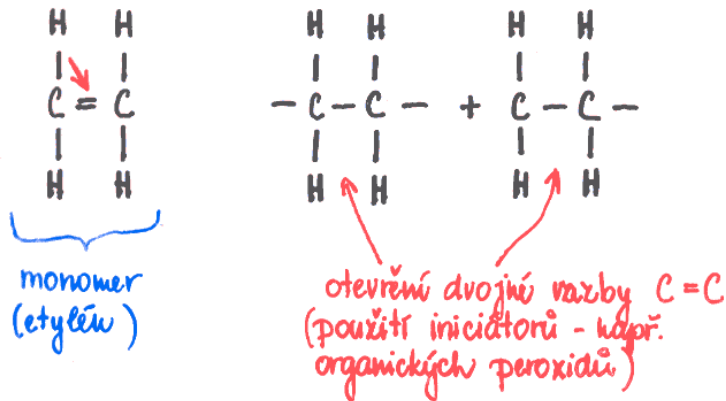
• **Aditivní polymerizace** – nevzniká meziproduct

• **Kondenzační polymerizace** – vzniká (odštěpuje se) meziproduct, např. voda

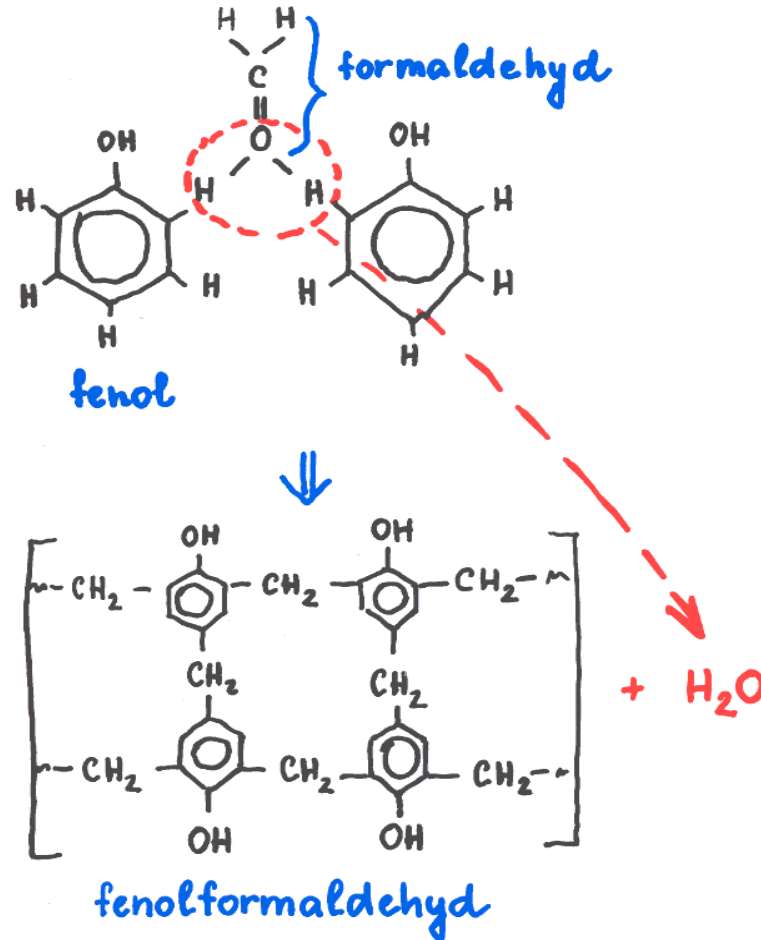
HOMOPOLYMERACE - vznikají **homopolymery**

KOPOLYMERACE - vznikají **kopolymery**

• Aditivní polymerace



• Kondenzační polymerace

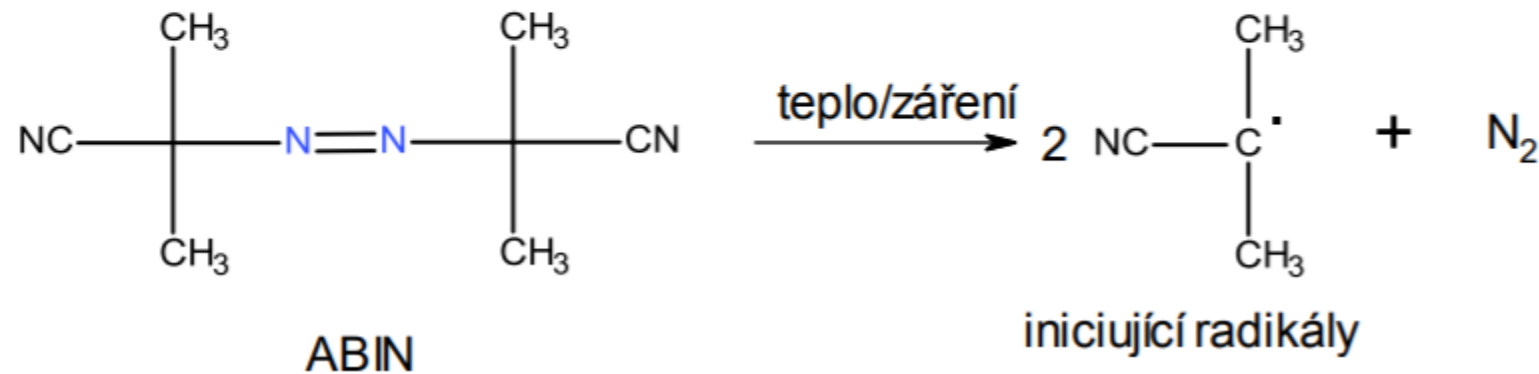


Typy polymeračních reakcí:

a) **Řetězová polyreakce**-nejčastěji monomery s dvojnou vazbou (např. vinylchlorid, styren, ethylen), typické rysy: nutná přítomnost iniciátoru polymerace, vysoká molární hmotnost (typicky 10^4 - 10^5 g/mol) dosažena již při nízkých konverzích

a) **Radikálový-růstové centrum nese radikál**

Používané iniciátory: peroxidy (např. dibenzoylperoxid) nebo azo-sloučeniny (např. ABIN-azo-bis-isobutyronitril, rozklad na 2 radikály viz. obr.), záření (např. UV záření)



Pomocí radikálového mechanismu se tak průmyslově vyrábí nejširší škála polymerů (PVC, PS, LDPE, polyakryláty, syntetické kaučuky)

Mechanismus řetězové polymerace obvykle zahrnuje tyto kroky (typicky pro radikálové polymerace):

1. **Iniciace**=tvorba růstového centra reakcí iniciující částice (viz. níže) a první jednotky monomeru



2. **Propagace (růstová reakce)**=opakovaná reakce růstového centra s molekulami monomeru vedoucí k polymernímu řetězci



3. **Terminace**=ukončení růstu polymerního řetězce, zánik růstového centra, k terminaci může docházet spontánně nebo přidavkem terminačních činidel, př. tzv. rekombinační terminační reakce (pouze radikálová polymerace):



1 polymerní molekula s délkou $m+n$
bez aktivních center

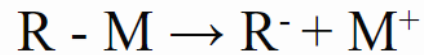
4. Polymeraci mohou doprovázet také **vedlejší reakce**, typicky se jedná o **přenosové reakce**.

b) Iontový-růstové centrum nese kationt nebo aniont

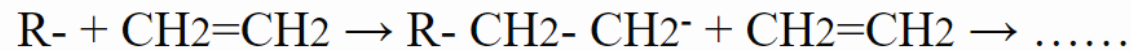
Používané iniciátory pro **kationtovou polymeraci**: kyseliny (zejm. Lewisovy), např. AlCl_3 , BF_3 , HClO_4 , průmyslově využívána pro výrobu poly(isobutylenu)

Používané iniciátory pro **aniontovou polymeraci**: báze, např. hydroxidy, alkoxidy, hydridy alkalických kovů nebo kovů alkalických zemin, průmyslově využívána pro výrobu speciálních druhů polybutadienu nebo polyisoprenu, nebo alkalického polyamidu

1. iniciace - katalyzátor ve vhodném rozpouštědle disociuje na ionty



2. propagace - narůstání řetězce na katalyzátoru



karbanion

3. terminace - nastává navázáním OH^- (přidáním H_2O , nebo alkoholu)

- c) **Koordinační (polyinserční)-růstové centrum** tvoří komplex přechodového kovu (katalyzátor)
Používané katalyzátory: často dvojsložkové systémy (katalyzátor+kokatalyzátor) na bázi sloučenin přechodových kovů a kovů I-III A skupiny.
Průmyslově využívané zejména pro výrobu polyethylenu a polypropylenu (PP) jsou tzv. Zieglerovy katalyzátory založené na kombinaci např. TiCl_4 (tzv. katalyzátor, správněji katalytický prekurzor) a $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$ (kokatalyzátor). Typickým rysem katalyzátorů je možnost tzv. stereoselektivní polymerace ve douci zejm. k výrobě izotaktického PP

Živá polymerace-polymerace, ve které nejsou přítomny přenosové a terminační reakce, růstové centrum zůstává aktivní i po vyčerpání monomeru a přidavkem dalšího monomeru pokračuje propagace, tato polymerace se nejčastěji objevuje u iontových polymerací a umožňuje přípravu blokových kopolymerů

ZÁKLADNÍ ZPŮSOBY (POSTUPY) VÝROBY POLYMERŮ

a) Polymerace v bloku (monomerní fázi)

Polymerační násady tvořena: monomerem a iniciátorem

Nejjednodušší polymerační proces

Výhody: získáváme nejčistší polymer

Nevýhody: vysoká viskozita polymerační směsi (roztok polymeru v monomeru) při vysokých konverzích monomeru, problém s mícháním a odvodem tepla

b) Roztoková polymerace

Polymerační násady tvořena: monomerem, iniciátorem, zřed'ovadlo (rozpuštědlo) pro snížení viskozity

Výhody: nižší viskozita → lepší míchání → snazší odvod tepla

Nevýhody: nutnost použití rozpouštědel (nutná regenerace), polymer se z roztoku musí vysrážet (pokud se nevyužívá rovnou ve formě roztoku, např. jako lepidlo či nátěrová hmota)

c) Suspenzní polymerace

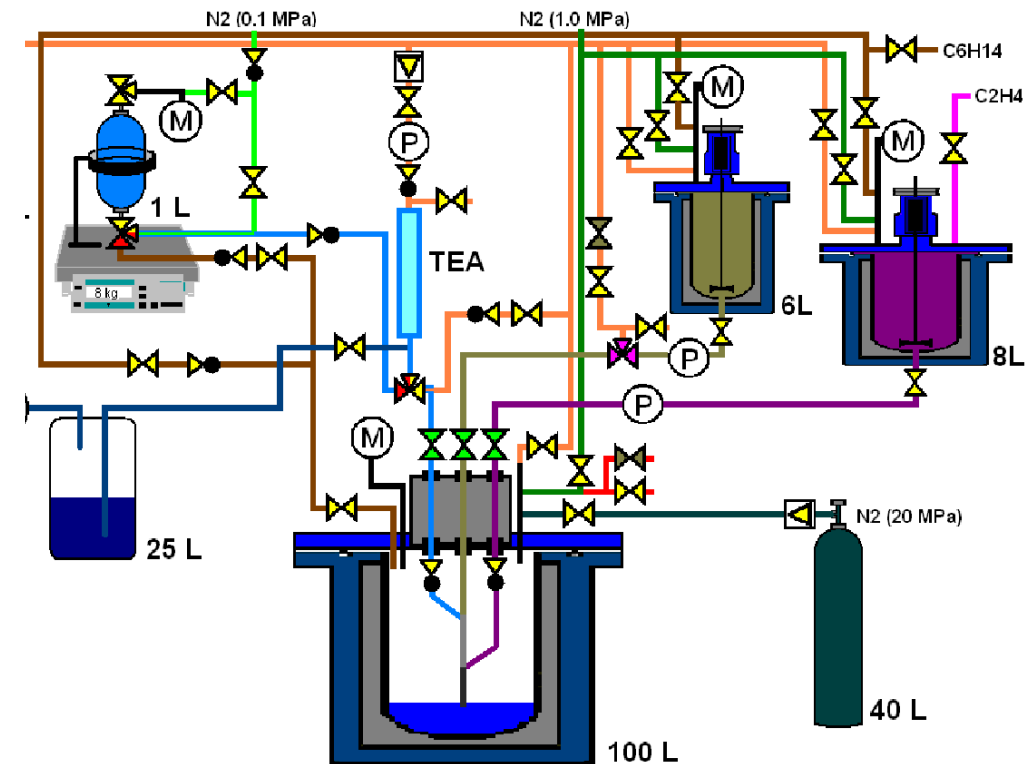
Polymerační násady tvořena: monomerem, iniciátorem rozpustným v monomeru, stabilizátorem suspenze, disperzním prostředím. Disperzní prostředí je většinou kapalina (často voda), která není mísitelná s monomerem ani vznikajícím polymerem (většinou nepolární látky nemísitelné s vodou) a rovněž v ní není rozpustný iniciátor.

d) emulzní polymerace

Polymerační násady tvořena: monomerem, iniciátorem rozpustným v disperzním prostředí a nerozpustným v monomeru, emulgátorem, disperzním prostředím.

e) mezifázová polykondenzace

speciální typ polymerace, typická pro polykondenzační reakce vysoce reaktivních monomerů (např. amin s chloridem karboxylové kyseliny), polymer vzniká na rozhraní dvou nemísitelných kapalin (např. voda-chloroform), kdy každá kapalina obsahuje jeden monomer, z rozhraní je možno vytahovat polymer např. ve formě vlákna



Polymerační způsoby

Radikálová polymerace Polymerace homogenní: a) bloková b) roztoková

Polymerace heterogenní: a) srážecí b) suspenzní c) emulzní d) ostatní polymerace

Bloková polymerace: monomer + iniciátor (0,1%) + (event. regulátor)

Iniciace: UV-paprsky nebo zahřátí

•Během polymerace: samovolné zahřívání p.s. \Rightarrow autoakcelerace \Rightarrow zvýšení rychlosti polymerace a viskozity

Vzrůstající viskozita \Rightarrow snížení pohyblivosti polymérních klubek \Rightarrow snížení rychlosti končení (obtížněji nastává rekombinace) \Rightarrow vzrůst polymeračního stupně

Vyrábí se: PMMA, PS, LDPE, polyesterové licí pryskyřice

Nevýhody: problematický odvod reakčního tepla

Výhody: vysoká čistota, výtěžek a vysoký polymerační stupeň

Polymerace srážecí- monomer + iniciátor + (event. regulátor)

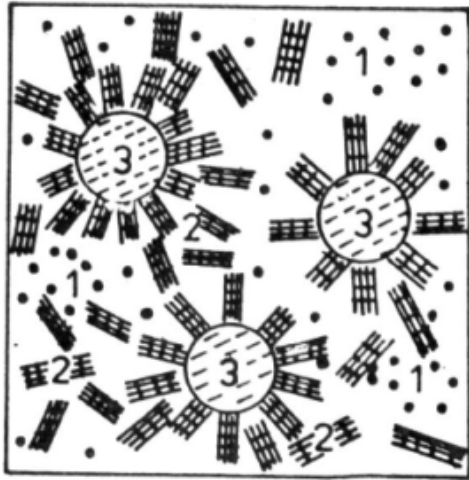
Vyloučení polymeru: a) polymer je v monomeru nerozpustný

b) přidání rozpouštědla, ve kterém je polymer nerozpustný

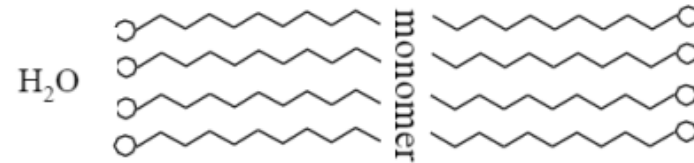
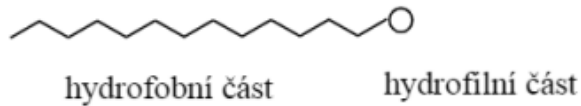
Vyrábí se: PE, PAN, PVC

Polymerace emulzní- monomer + voda + emulgátor + iniciátor

Příprava stabilní emulze monomeru ve vodě, iniciace



Emulgátor (tenzid):



Lokalizace monomeru v emulzi: 1 molekulárně ve vodě 2.
solubilizovaný v micelách 3. v kapičkách

Izolace polymeru z latexu koagulací: přidání methanolu, elektrolytu (NaCl, Na₂SO₄, CH₃COOH), změnou teploty, odpařením vody

Typy emulgátorů: aniontová mýdla (alkalické soli kyseliny palmitové, stearové)

kationtová mýdla (soli alifatických aminů se silnými kyselinami, cetylamin HCl)

neionogenní tenzidy (PEG)

Vyrábí se: syntetické kaučuky, PVC, disperzní nátěrové, lepicí a impregnační hmoty

Výhody EP: vysoká rychlost polymerace, snadný odvod reakčního tepla, vysoký P (vyšší než u blokové , vysoké výtěžky

Polymerace roztoková- monomer + iniciátor + indiferentní rozpouštědlo

Přítomnost rozpouštědla \Rightarrow přenosové reakce \Rightarrow nižší molekulová hmotnost polymeru

Výhody: snadný odvod tepla, možnost míchání

Nevýhody: špatné odstraňování rozpouštědla

Vyrábí se: polymerní roztoky (lepidla, laky, impregnační prostředky)

Polymerace suspenzní (perlová)- nosná fáze (voda + suspenzní činidlo) + monomerní fáze (monomer + iniciátor)

Dispergace monomeru na malé kapičky; iniciace

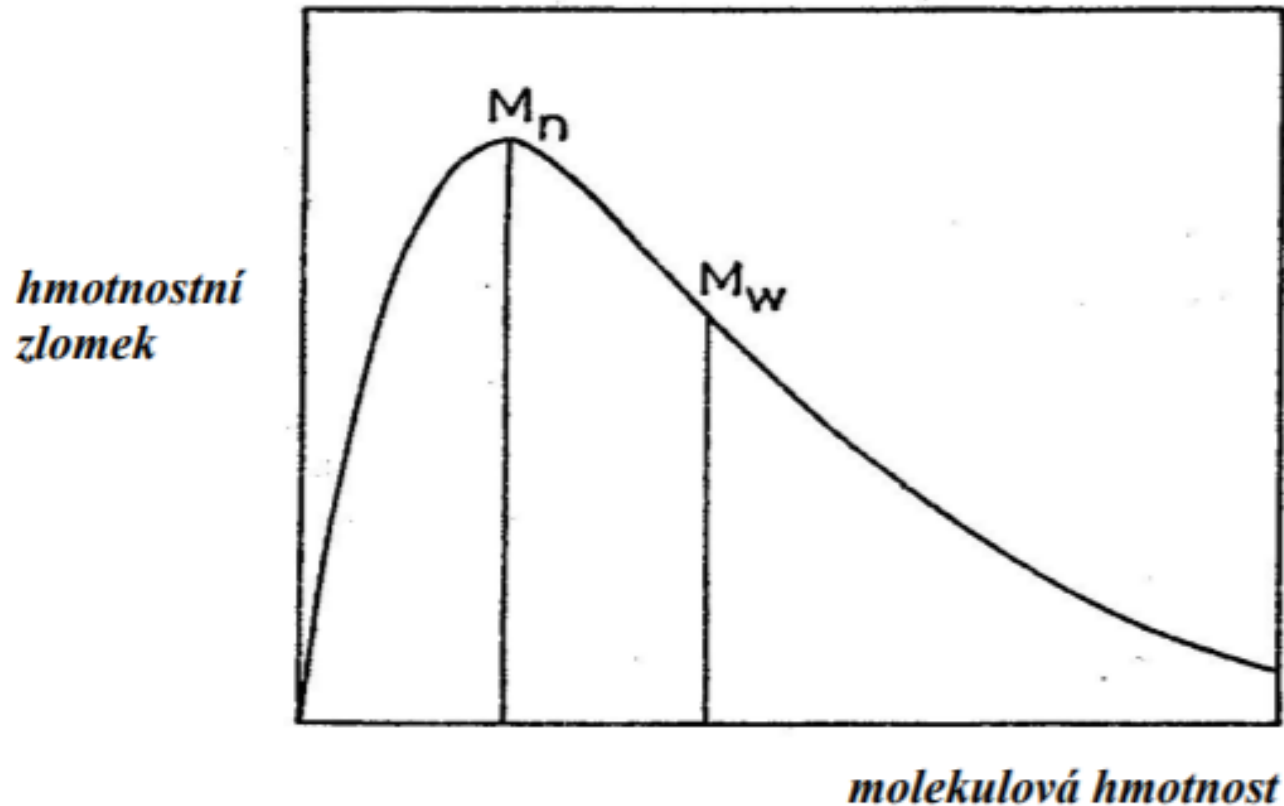
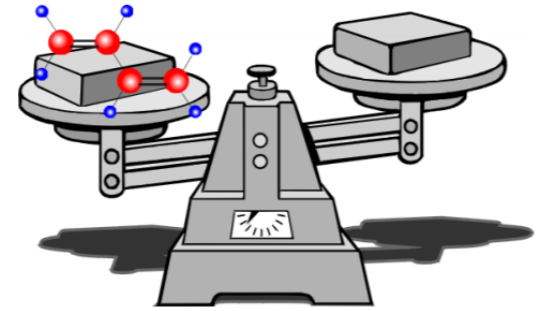
Ochrana kapiček před koagulací ochranným kolloidem: agar, želatina, methylcelulosa, polyvinylalkohol; křemelina, BaSO_4

Výhody: snadný odvod tepla, regulace rozměrů částic

Vyrábí se: PVC, PS, PMMA, PVaC

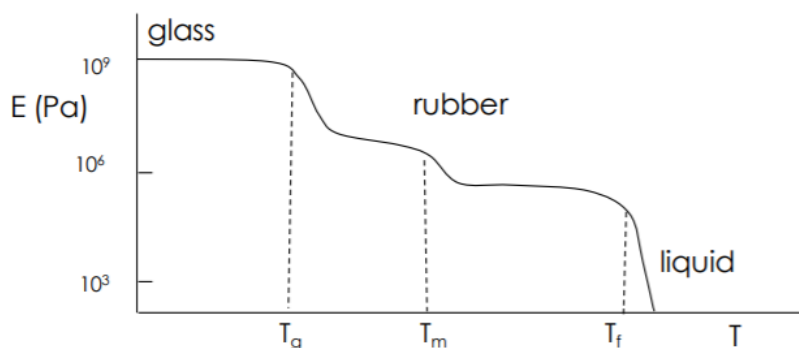
Molekulová hmotnost a její stanovení

Molární hmotnost M patří k nejvýznamnějším strukturním charakteristikám polymerů. Hodnota molekulové hmotnosti rozhoduje o chování polymeru za různých podmínek. Má-li mít makromolekulární látka nějakou mechanickou pevnost, musí se její **polymerační stupeň**, tj. počet „monomerů“ v makromolekule, pohybovat minimálně v rozmezí od 40 do

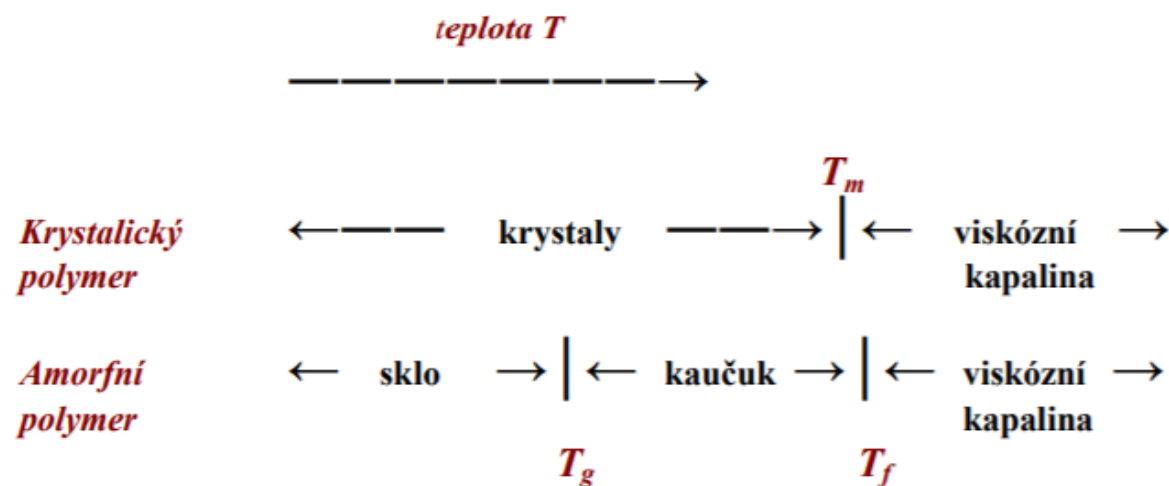


Vlastnosti polymerů v závislosti na tvaru makromolekul

LINEÁRNÍ	ROZVĚTVENÉ	SESÍTOVANÉ
<ul style="list-style-type: none"> ▪ vyšší hustota materiálu ▪ vyšší pevnost ▪ vyšší modul pružnosti ▪ nižší tažnost ▪ vyšší teplotní odolnost ▪ dobrá tekutost taveniny ▪ snadná krystalizace 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ nižší hustota materiálu ▪ nižší pevnost ▪ nižší modul pružnosti ▪ vyšší tažnost ▪ nižší teplotní odolnost ▪ nižší tekutost taveniny ▪ nižší schopnost krystalizace 	<p><i>Vlastnosti závisí na hustotě sítě. S vyšší hustotou sítě se materiál vyznačuje zpravidla:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ vysokou pevností ▪ vysokým modulem pružnosti ▪ vysokou teplotní odolností ▪ velmi nízkou tažností

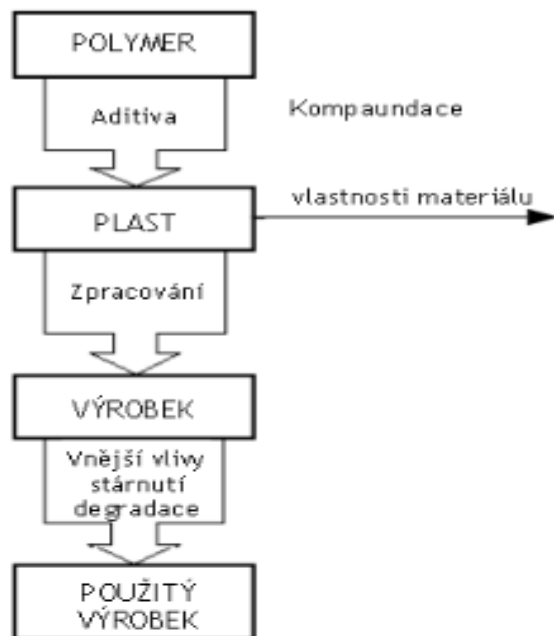


Závislost modulu pružnosti E částečně krystalického polymeru na teplotě



Schematické rozdělení jednotlivých fází v krystalickém a amorfním polymeru v závislosti na rostoucí teplotě. T_g – teplota skelného přechodu, T_m – teplota tání krystalického podílu, T_f – teplota plastického toku

Dělení plastů



DLE PŮVODU

- **Přírodní**
na bázi celulozy
kaseinu
latexu
- **Syntetické**

DLE VÝROBY

- **Polymerizáty** (např. PE, PP, PS, aj.)
- **Polykondenzáty** (např. PC, PA66, aj.)
- **Polyadukty** (např. EP, UP, aj.)

DLE MOLEKULÁRNÍ STRUKTURY

- **Lineární**
- **Rozvětvené**
- **Sit'ované**
Blokové kopolymery
Roubované kopolymery



DLE NADMOLEKULÁRNÍ STRUKTURY (MORFOLOGIE)

- **Amorfni** (např. PS, ABS, PMMA, PC, aj.)
- **Semikrystalické** (např. PE, PP, PA, POM, aj.)

DLE SLOŽENÍ A TEPLOTNÍHO CHOVÁNÍ

- **Termoplasty**
- **Reaktoplasty**
- **Elastomery**

DLE APLIKACÍ

- **standardní polymery (běžné aplikace)**
- **konstrukční polymery**
- **high-tech polymery**

DLE CHEMICKÉHO SLOŽENÍ

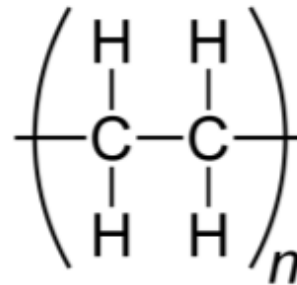
- **Polyolefiny** } C, H
- **Polystyrény** } C, H
- **Chloroplasty** } C, H, Cl, F
- **Fluoroplasty** } C, H, Cl, F
- **Polyestery** } C, H, O
- **Akryláty** } C, H, O
- **Vinilové polymery** } C, H, O

- **Poyamidy** } C, H, O, N
- **Polyuretany** } C, H, O, N
- **Silikony** - O, Si (-O-Si-O-Si-)
- **Deriváty celulozy**
chemicky upravené makromolekuly polysacharidu
celulózy
aj.

Polyolefiny (vznikají polymerací alkenů – uhlovodíků s jednou dvojnou vazbou). Jsou to: polyetylen, polypropylen.

Polyetylen

Název: PE



Charakteristika:

- semikrystalický termoplast, jehož vlastnosti jsou značně závislé na molekulové struktuře
- Základními dvěma typy (podle tvaru makromolekul) je tužší lineární, *vysokohustotní polyetylen* (PE-HD) a měkčí rozvětvený, *nízkohustotní polyetylen* (PE-LD).

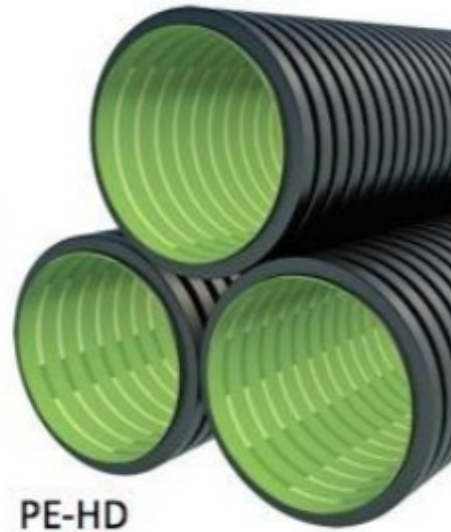
Vlastnosti:

- Nepochopitelný a tedy **nemavlhavý** plast - výborné elektroizolační a dielektrické vlastnosti.
- Díky nepolárnosti **odolnost rozpouštědlům** polárním, vodě, kyselinám, zásadám a solím.
- **Teplota tání 130 °C** (PE-HD), 110 °C (PE-LD), reálná použitelnost do 75 °C
- **Hustota nižší, než voda:** 950 kg/m³ (PE-HD), 920 kg/m³ (PE-LD)
- **Mechanické vlastnosti velmi slabé** – není to konstrukční materiál, T_g -120 °C, dobrá rázová odolnost
- **Vysoká citlivost na UV záření**, nutná stabilizace (např. 2-3 % sazí)
- Hořlavý bez nebezpečných emisí

Polyethylen

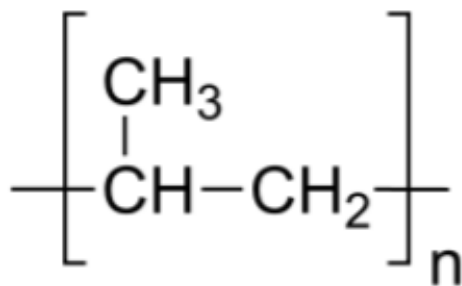
Aplikace:

- Nejrozšířenější obalový materiál
 - fólie, tašky, pytle, lahvičky, ohebná víka (PE-LD),
 - kanystry, nádoby, přepravky, vlnovce, potrubí (PE-HD)
- Izolační pláště kabelů
- Vodovodní potrubí
- Zavlažovací systémy (snadná manipulace)
- extruzní povrstvování papíru, kartonu a hliníkových fólií (tetrapak, pytle na cement),
- nádrže na dešťovou vodu nebo žumpy (PE-LLD) apod.
- Polyethylen typu PE-UHMW je vzhledem k jeho vynikajícím kluzným vlastnostem používán pro kluzná vedení, ložiska apod.



Polypropylen

Název: PP



Charakteristika:

Semikrystalický termoplast, jehož vlastnosti jsou značně závislé na indexu izotakticity

Vlastnosti:

- Nepochopitelný a tedy **nemavhový** plast - výborné elektroizolační a dielektrické vlastnosti.
- Díky nemopárnosti **odolnost rozpouštědlům** polárním, vodě, kyselinám, zásadám a solím vyšší oproti PE.
- **Teplota tání 160 - 170 °C**, reálná použitelnost do 100 °C dlouhodobě
- **Hustota nižší, než voda:** 910 kg/m³
- **Mechanické vlastnosti střední**, lepší, než PE, T_g -15 °C,
- **Vysoká citlivost na UV záření**, nutná stabilizace (např. 2-3 % sazí)
- Hořlavý bez nebezpečných emisí

Polypropylen aplikace:

Obecně pro méně namáhané výrobky

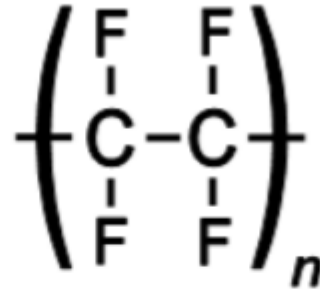
- Obalový materiál: např. fólie, misky, nádoby...
- technické textilie (koberce, geotextilie, agrotexilie, automobily...),
- lahve a další duté předměty.
- součásti strojů a přístrojů ve strojírenství – dobrý poměr mechanických vlastností a ceny
- součásti kuchyňských přístrojů, hračky...
- součástí automobilů (nárazníků, dílů klimatizačních jednotek, spoilerů, reflektorů, mřížek chladiče, skříní akumulátorů, vrtulí ventilátorů..)
- výroba trubek a vodních armatur, stavba kanalizačních systémů, nádrží, septiků, bazenů
- zdravotnická technika (díly injekčních stříkaček a jiné techniky, jednorázové oblečení, povlečení....



Fluoroplasty (strukturně podobné polyolefinům, vodíkové atomy nahrazeny atomy fluoru. Je to zejména polytetrafluorethylen (Teflon).

Polytetrafluorethylen

Název: PTFE



Charakteristika:

nepolární, semikrystalický lineární termoplast s velmi pevnou vazbou mezi uhlíkem a fluorem.

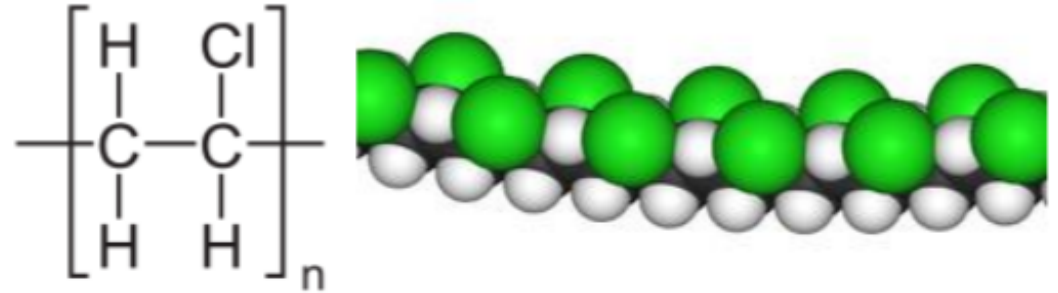
Vlastnosti:

- **Nepolární** - výborné elektroizolační vlastnosti.
- Díky pevné vazbě C-F **odolnost rozpouštědlům** polárním, vodě, kyselinám, zásadám a solím
- Díky pevné vazbě C-F **odolnost vůči teplotě 250°C** (300°C dlouhodobě), **Teplota tání 328°C**,
- **Hustota 2200 kg/m³**
- **Mechanické vlastnosti slabé** ,, Tg -80°C,
- **Nízký koeficient tření**
- **Velmi vysoká viskozita taveniny**

Vinylové plasty (vznikají záměnou atomu vodíku v molekule ethenu za jinou necykl. molekulu). Jsou to zejména: polyvynilchlorid, polyvynilalkohol, polyvynilacetát.

Polyvynilchlorid

Název: PVC PVC U (neměkčený), PVC P (měkčený)



Charakteristika:

amorfní termoplast. Vlivem polárních atomů chloru je lehce navlhavý. Mechanické vlastnosti lze výrazně měnit přidávkem změkčovadel.

Vlastnosti:

- **Polární** - slabší elektroizolační vlastnosti (oproti PE).
- **Odolnost vůči rozpouštědlům snížena**, jsou-li použita změkčovadla, jinak podobná PE
- **Odolnost vůči teplotě 65°C**, Tg 85°C, teplota tání cca 180°C, nutná tepelná stabilizace
- **Hustota 1400 kg/m³**
- za běžných teplot **pevný, tuhý a křehký** s malou rázovou houževnatostí a malým sklonem ke krípu, zlepšeno změkčovadly – poté naopak **měkký, pružný**
- **Samozhášivý**
- **Slabá odolnost vůči UV** bez stabilizace

Polyvinylchlorid aplikace:

Z neměkčeného typu (PVC-U)

- kanalizační roury, okapové žlaby,
- okenní rámy
- vrchní fólie na podlahoviny

Z měkčeného typu (PVC-P)

- hydroizolační fólie, izolace kabelů, těsnění, podlahoviny (linolea),
- hračky,
- chirurgické rukavice,
- obaly knih, ubrusy, pláštěnky, deštníky, ložní vložky a koženky.

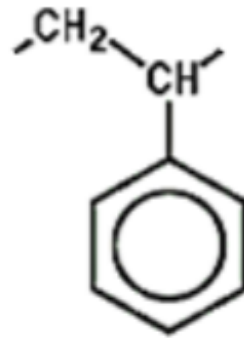
Chlorovaný typ (PVC-C), který je dodatečně chlorovaný (obsah chloru se zvýší o 10 % až 15 %), se vzhledem k vyšší odolnosti proti zvýšeným teplotám (krátkodobě 100 °C, trvale 85 °C) používá pro trubky k rozvodu teplé vody.



Styrenové plasty (vznikají záměnou atomu vodíku v molekule ethenu za styrenovou molekulu). Jsou to zejména: polystyren, styren-butadien, styren-akrylonitril,.....

Polystyren standardní

Název: PS, PS-GP



Charakteristika:

amorfní lineární (vesměs ataktický) termoplast s velmi dobrou propustností světla (až 90 %). Technický polystyren je amorfní, lze však připravit i izotaktický polystyren, který je krystalický.

Vlastnosti:

- **Nepolární, nenavlhavý** - dobré elektroizolační a dielektrické vlastnosti.
- Odolává účinkům **alkoholu, minerálních olejů a zásad**. Neodolává však většině rozpouštědel
- Odolnost vůči teplotě **80°C**, Tg 95°C, teplota tání cca 240°C,
- **Hustota 1400 kg/m³**
- **Pevný, křehký**, napětím se stává naopak **měkčím, tlumí nárazy**
- **Fotooxidací** žloutne a křehne

Polystyren standardní - aplikace:

Využití transparentnosti, nebo po napěnění nízké tepelné vodivosti.

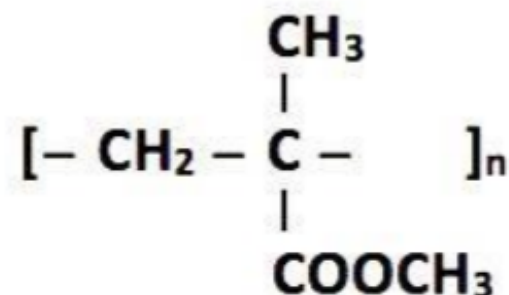
- Transparentní díly spotřebního zboží (cd obaly, misky, podnosy, kelímky...)
- Stavebnictví (tepelně izolační desky)
- Obalový materiál (tepelně izolační výplně, tlumicí materiál)



Akrylové plasty (polymerací esterů kyselin akrylové a methakrylové. Jsou to zejména: polyakrylát(PAK), polymethylmethakrylát (PMMA) a polyakrylonitril (PAN).

Polymethylmetakrylát

Název: PMMA, organické sklo



Charakteristika:

Amorfní termoplast s dokonalou propustností světla (až 92 %). Vzhledem k jeho chemickému složení (přítomnosti kyslíku) se jedná o polární plast s výbornými mechanickým vlastnostmi.

Vlastnosti:

- **Polární** - slabší elektroizolační vlastnosti.
- **Slabá odolnost vůči rozpouštědlům a kyselinám**
- **Vynikající propustnost světla**
- **Odolnost vůči teplotě 100°C, T_g 110°C,**
- **Hustota 1180 kg/m³**
- za běžných teplot **pevný, křehký** s malou rázovou houževnatostí a malým sklonem ke krípu,
- **Vysoká odolnost vůči UV**

Polymethylmetakrylát – aplikace

1. Optické

- kryty přístrojů nebo svítidel
- okna sportovních letadel
- zasklívání verand, světlíků
- střechy hal nebo pro stavbu průhledných protihlukových stěn
- kryty koncových světel automobilů nebo ochranné lišty zadních nárazníků.



2. Litý PMMA

- vany
- zalévací hmota Dentakryl k zalévání metalografických výbrusů
- zubní protézy a umělé zuby
- nátěrové hmoty



Polyestery (esterové vazby v hlavním řetězci makromolekuly. Jsou to: *polytetrafluorethylen* (PET) a *polybutylentereftalát* (PBT), polykarbonát (PC).

Polyethylentereftalát

Název: PET (česky PES), Polyester

Charakteristika:

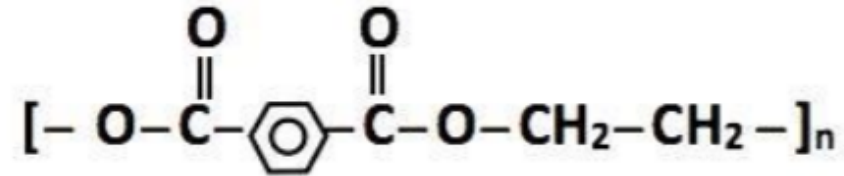
špatně krystalizující termoplast a může být usouván jak v poměrně amorfním (v důsledku rychlého chlazení, potlačující krystalizaci), tak v semikrystalické.

Vlastnosti:

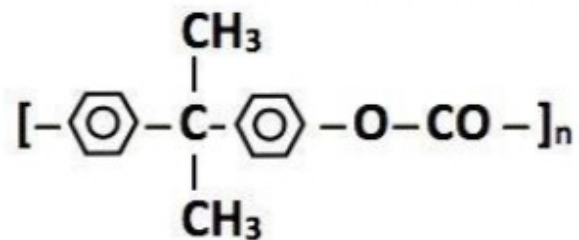
- Navlhavý, podléhá hydrolýze
- Dobrá propustnost světla
- Odolnost vůči teplotě 100°C, krátkodobě až 200°C, T_g 75°C,
- Hustota 1300 kg/m³
- Dobré mechanické vlastnosti

Aplikace:

- Textilie oděvní i technické
- Lana
- Vstříkované díly
- Lahve
- Výstuže jiných polymerů



Polykarbonát



Název: PC

Charakteristika:

často se však řadí do samostatné skupiny. Jedná se o amorfní, dokonale průhledný termoplast. Optické vlastnosti jako PMMA, ale lepší mechanická odolnost.

Vlastnosti:

- Dobrá propustnost světla, hlavní výhoda
- Odolnost vůči teplotě 130°C, T_g 150°C,
- Hustota 1200 kg/m³
- Dobré mechanické vlastnosti, tvrdost, houževnatost, odolnost vůči lomu
- Samozhášivý

Aplikace:

- Optika (brýlová skla, čočky...
- Střešní krytiny,
- Boční, zadní a střešní okna automobilů a letadel
- Zadní světla a „skla“ reflektorů



Polyamidy (lineární plasty, kde se pravidelně střídají *amidové skupiny* $-CO-NH-$ s větším počtem *methylenových skupin* $-CH_2-$. Jsou to zejména polyamidy: PA-6; PA-66; PA-610; PA-11; PA-12 apod.

Polyamid

Název: PA (PA6, PA66, PA610, PA11, PA12...)

Charakteristika:

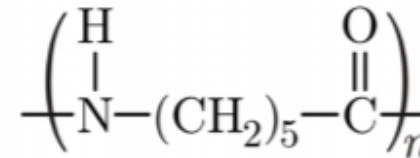
Hodnotné konstrukční **semikrystalické termoplasty**. Jsou charakterizované řetězcem, v němž se pravidelně střídají *amidové skupiny* $-CO-NH-$ s větším počtem *methylenových skupin* $-CH_2-$.

Vlastnosti:

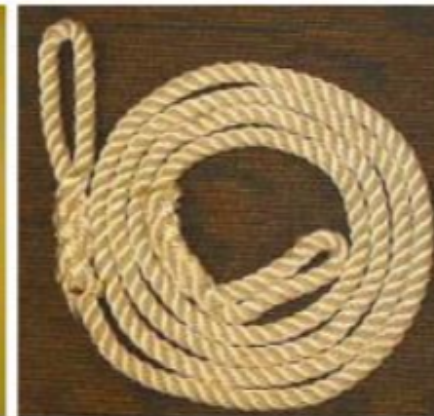
- Silně polární, navlhají a mohou hydrolizovat
- Odolávají nepolárním rozpouštědlům, slabé vůči kyselinám
- Vysoká pevnost, tuhost, klesá však působením vody (naopak roste houževnatost)
- Tg 60°C, odolnost klesá s vlhkostí
- Hustota 1100 kg/m³
- Dobré kluzné vlastnosti

Aplikace:

- ozubená kola
- kluzná uložení a ložiska
- kladky, řemenice
- vlákna



Nylon 6



Fenoplasty

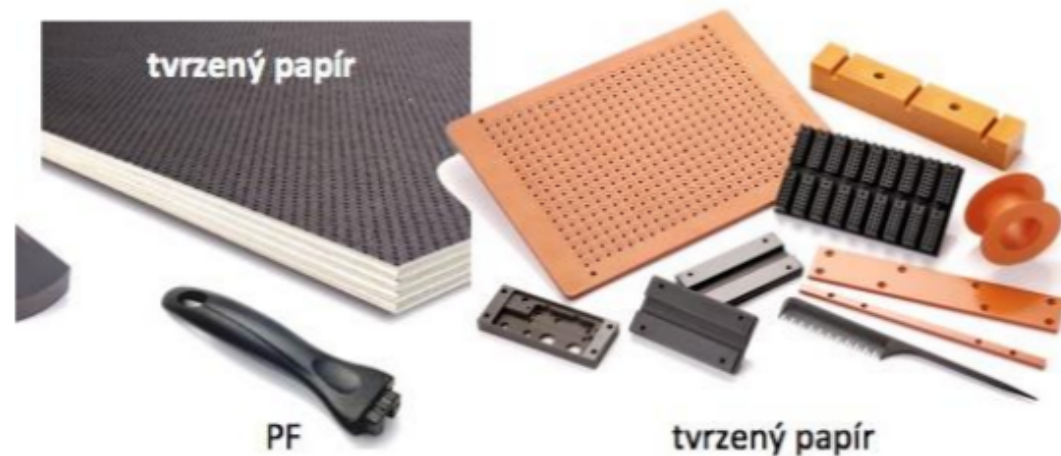
Charakteristika:

Fenoplasty neboli fenolické pryskyřice vznikají polykondenzací *fenolu* s aldehydy. Zpracovávají se na lisovací hmoty, které mají zpravidla teplotu tání v rozmezí (70 , 105) °C a do síťovaného stavu se převádí teplem nebo účinkem vytvrzovacích prostředků. Pro snížení křehkosti se používají plniva: organická plniva (dřevitá moučka, útržky tkanin nebo vlákna) a anorganická plniva (břidličná moučka, slída, grafit, kaolin. Vlivem značné polarizace jsou jejich elektrické vlastnosti nízké a dielektrické ztráty vysoké. Dobře odolávají nepolárním rozpouštědlům, kyselinám i povětrnosti. Špatně hoří. Vzhledem k fenolu jsou tmavé. Výrobky nelze používat ve styku s potravinami, protože i vytvrzený materiál obsahuje zbytky nezreagovaného fenolu.

Příklady: Fenol-formaldehydová pryskyřice (PF)

Aplikace

- Lisovací hmoty, lamináty (vrstvené hmoty), kde slouží jako pojivo vrstev tkanin, papíru nebo dřeva využívané v modelárnách, nebo nábytkářském průmyslu,
- Pojiva při výrobě slévárenských pískových forem nebo brusných kotoučů.
- Tmely, lepidla, licí pryskyřice, lakařské pryskyřice apod.



Aminoplasty

Charakteristika: Aminoplasty neboli aminopryskyřice vznikají kondenzací látek obsahujících v molekule aminoskupiny $-NH_2$ (např. močoviny a melaminů) s aldehydy, nejčastěji s formaldehydem. Dalším účinkem tepla nebo vytvrzujících látek přechází na vytvrzené plasty. Na rozdíl od fenoplastů jsou zdravotně nezávadné a dosahují vyšší tuhosti. Jsou bezbarvé. Pryskyřice jsou obvykle ve formě vodného roztoku, s ohledem na jejich stabilitu se zahušťují nebo suší. Výsledkem jsou pak viskózní roztoky nebo práškové hmoty.

Příklady: **Močovinoformaldehydová (UF) a melamin-formaldehydová (MF) pryskyřice.**

Aplikace:

- Technické pryskyřice v nevytvrzeném stavu, které se vytvrzují až po aplikaci na jiné materiály (dřevo, textil, papír, slévárenský písek). Jsou to tedy lepidla, pojiva, licí a lakařské pryskyřice, pomocné prostředky k úpravě papíru, textilu, event. slévárenské pryskyřice .
- Lisovací hmoty.



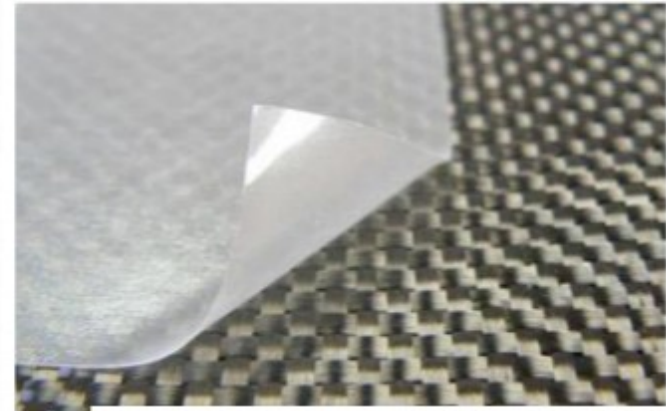
Epoxidové pryskyřice

Charakteristika: Epoxidovými pryskyřicemi jsou označovány látky, jejichž řetězce obsahují zpravidla více než jednu epoxidovou skupinu, které jsou značně reaktivní s velkým počtem sloučenin a vedou k síťovaným makromolekulám. Výhodou je velká přilnavost k většině ostatních materiálů, chemická odolnost i minimální smrštění při vytvrzování. Jsou to bezbarvé (až nažloutlé) materiály konzistence kapalin až tvrdých, křehkých materiálů.

Příklad: Epoxidová pryskyřice (EP).

Aplikace:

- Lepidla v tekutém nebo tuhém stavu. Tekutá lepidla se vytvrzují přidáním tvrdidla před jejich použitím, tuhá lepidla, která již tvrdidlo obsahují, zahřátím na předepsanou teplotu.
- Nátěrové a podlahové hmoty.
- Zalévací a lisovací pryskyřice, pojiva (matrice) skelných laminátů (kompozitů).
- Výroba kopírovacích modelů nebo prototypových dílů.



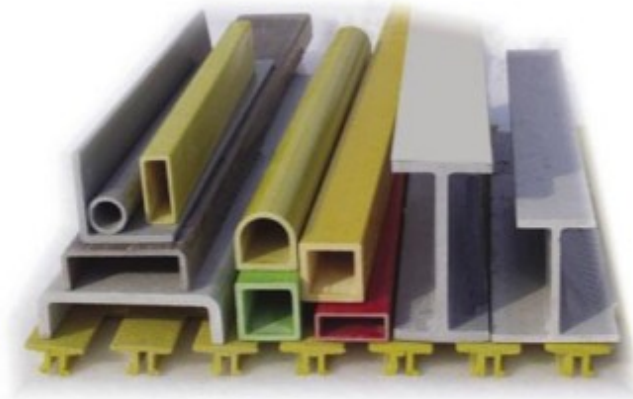
Polyesterové pryskyřice

Charakteristika: Jsou to nenasycené polyestery rozpuštěné v reaktivním monomeru (nejčastěji styrenu) schopné kopolymerace pomocí iniciátorů a urychlovače reakcí, kterou dojde k vytvrzení pryskyřice. Výsledkem je bezbarvá až nažloutlá viskózní kapalina.

Příklad: Polyesterová pryskyřice (UP)

Aplikace

- Galanterní zboží (knoflíky), bižuterii.
- Zalévací hmoty, tmely, lepidla nebo nátěrové hmoty.
- Pojivo k výrobě umělého mramoru z minerální drti, obkládaček nebo litých podlah.
- Kompozity vyztužené skleněnými vlákny (tzv. sklolamináty). Jednotlivé vrstvy vyztuže, jsou kladeny na model a impregnovány pryskyřicí. Jedná se např. o střešní krytiny, lodě apod.



Polyuretany

Charakteristika: Může být semikrystalickým termoplastem, reaktoplastem, nebo elastomerem se síťnou strukturou (určeným pro odlévání). Jedná se o polymery, které vznikají reakcí vícefunkčních *isokyanátů* s *polyalkoholy* (polyoly) za vzniku uretanu. Výroba pěněného polymeru: Směs výchozích produktů (isokyanátu a polyolu) včetně pomocných látek v podobě viskózní kapaliny se nalije do forem, kde za běžných podmínek vypění tak rychle, že po (10 ÷ 20) minutách může být lehčený materiál z formy vyjmut.

Příklad: Polyurethan (PU, nebo PUR)

Aplikace:

- Měkké pěny (lehčené materiály) - matrace, výplně sedadel, stropních panelů, hlavových a loketních opěr v automobilu, výroba izolačních a těsnících pásků, ochrana předmětů proti nárazu, izolační materiál...
- Polotvrdé a tvrdé integrální pěny (pórovité jádro, kompaktní povrch) - madla, židle, úchyty a opěrky, hlavice řadicích pák, vnější lišty na dveře, ochranné a bezpečnostní prvky v automobilu...
- Pojiva



Kaučuky



- Z kaučukovníku brazilského – bílá šťáva – latex
- 90% se vyrábí synteticky
- Poly -1,3 – butadien, polyizopren
- Butadien – styrenový kaučuk, nejběžnější, podrážky bot, pneumatiky
- Vulkanizace – S můstky mezi vlákny, tvrdost
- Měkká pryž – guma na gumování, prezervativy, chirurgické rukavice



Anorganické polymery – polysiloxany (silikony)

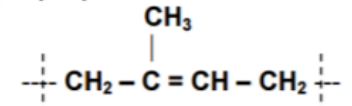
- Si-O – pevná a pružná vazba
- Silikonové kaučuky a oleje – tepelně odolné
- Vlasové kondicionery
- Separátory (oddělení od formy – např. v gumárnách)



Přírodní polymery

1. Přírodní kaučuk
2. Přírodní pryskyřice, oleje, vosky
3. Polysacharidy - Celulóza
4. Polysacharidy - Škrob
5. Bílkoviny

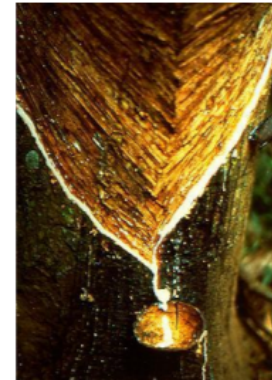
1. Přírodní kaučuk



- Z tropického stromu kaučukovníku brazilského (*Hevea brasiliensis*) se nařezáváním jeho kůry získává surový kaučuk (latex). Je to *cis*-1,4-polyisopren. Ten se upravuje srážením např. kyselinou mravenčí, pere vodou a suší na materiál zvaný krepá.
- Pryž vzniká z kaučuku vulkanizací, což je teplem a/nebo katalyzátory podporovaná reakce vulkanizačního činidla (např. síry nebo sirných sloučenin). Ta vede ke vzniku disulfidických můstků mezi makromolekulami kaučuku a k tvorbě řídké trojrozměrné polymerní sítě. Čím déle vulkanizace probíhá, tím více můstků vzniká a tím je výsledná pryž tvrdší. Vulkanizací se obvykle zásadně zlepšují vlastnosti kaučuků, např. pevnost v tahu, vratnost deformace, strukturální pevnost, odolnost k oděru, rozpustnost apod.
- Saze zvyšují odolnost vůči UV záření.

Aplikace:

- Pneumatiky,
- Vibrační uložení průmyslových strojů
- Obuvnictví
- Rukavice...



2. Přírodní pryskyřice, oleje, vosky

Přírodní pryskyřice (balzámy):

- Jsou to viskózní kapaliny, které produkuje řada rostlin (zejména jehličnanů), nebo hmyz.
- Pryskyřice je tvořená těkavými látkami, převážně terpeny, v nichž jsou rozpuštěny netěkavé složky, díky kterým je pryskyřice lepivá. U některých druhů je terpenů velmi málo a rozpouštědlem je převážně n-heptan.
- Druhy rostlinných pryskyřic: Kalafuna, Mastix, Damara, Kopal...
- Šelak je pryskyřice z hmyzího sekretu rozpustný za horka v alkáliích.

Aplikace:

- Tvrdé pryskyřice pro laky a lepidla – tvrdé, lesklé lakování hudebních nástrojů, nábytku, obrazů, ovoce, potravin...
- Vonné oleje, kosmetika
- Léčiva



Přírodní vosky

- Vosky jsou estery vyšších mastných kyselin a vyšších jednofunkčních (jednosytných) alkoholů.
- Přirozeně se vyskytují v přírodě jak u rostlin, tak u živočichů. Vosky jsou odolné vůči hydrolýze a nepodléhají enzymatickému rozkladu, proto nejsou živočichy stravitelné.
- Druhy: Včelí vosk, lanolin, čínský vosk, vorvaňovina...

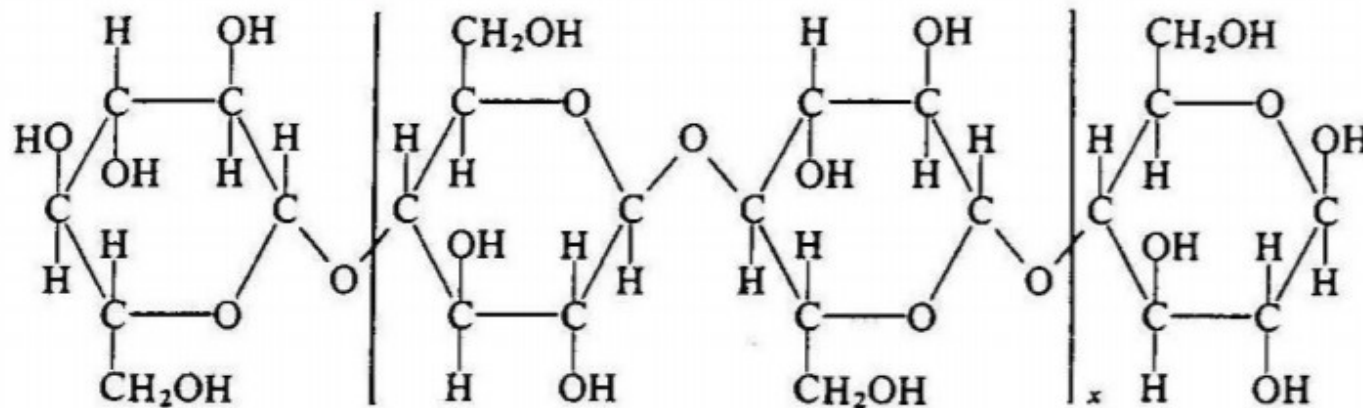
Aplikace:

- Ochranná impregnace (hydrofobní) – politura na nábytek, kovové materiály, šperky, potraviny, obaly...
- Ochranný povlak proti vysušování (odparu vody) – ovoce, dřeviny (štěpařský vosk), kosmetika, lékařství...
- Ochranný povlak pro řízené, nebo zpomalené propouštění látek – farmacie
- Výroba svíček
- Elektrické izolátory



3. Celulóza

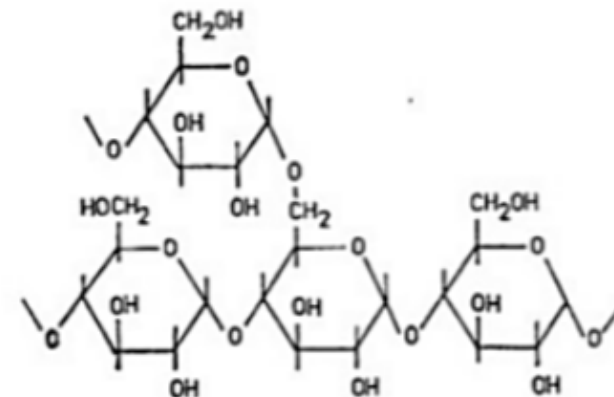
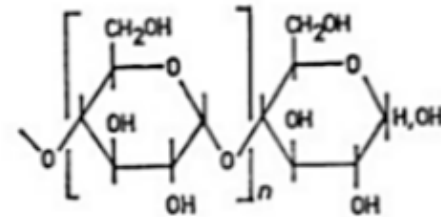
- nejhojnější organickou látkou na světě; rostliny na Zemi produkují ročně 10^{11} (100 miliard) tun celulózy
- Díky rovinnému uspořádání molekuly leží hydroxylové skupiny volně v rovině a jsou schopny se vázat vodíkovými můstky k hydroxylům paralelních řetězců. Ve stěnách rostlinných buněk se tyto paralelně ležící celulózová vlákna nazývají mikrofibrily.
- Enzymy, které jsou schopny rozštěpit α glykosidickou vazbu škrobu neumí rozštěpit β vazbu celulózy. Jen málo organismů dokáže trávit celulózu. Lze pomocí bakterií.
- Molekulová hmotnost závisí na jejím původu a způsobu izolace a činí 0,2 až $2,4 \cdot 10^6$.
- Produkty deligninace dřeva se označují jako buničina
- Nerozpustná v běžných rozpouštědlech, netavitelná, lze jí převést chemicky na rozpustnou formu – upravit na vlákno nebo fólii – a ty převést zpět chemicky na celulosu = regenerovaná celulosu (nižší polymerační stupeň)
- Lze na ni vázat další látky – deriváty celulózy



4. Škrob

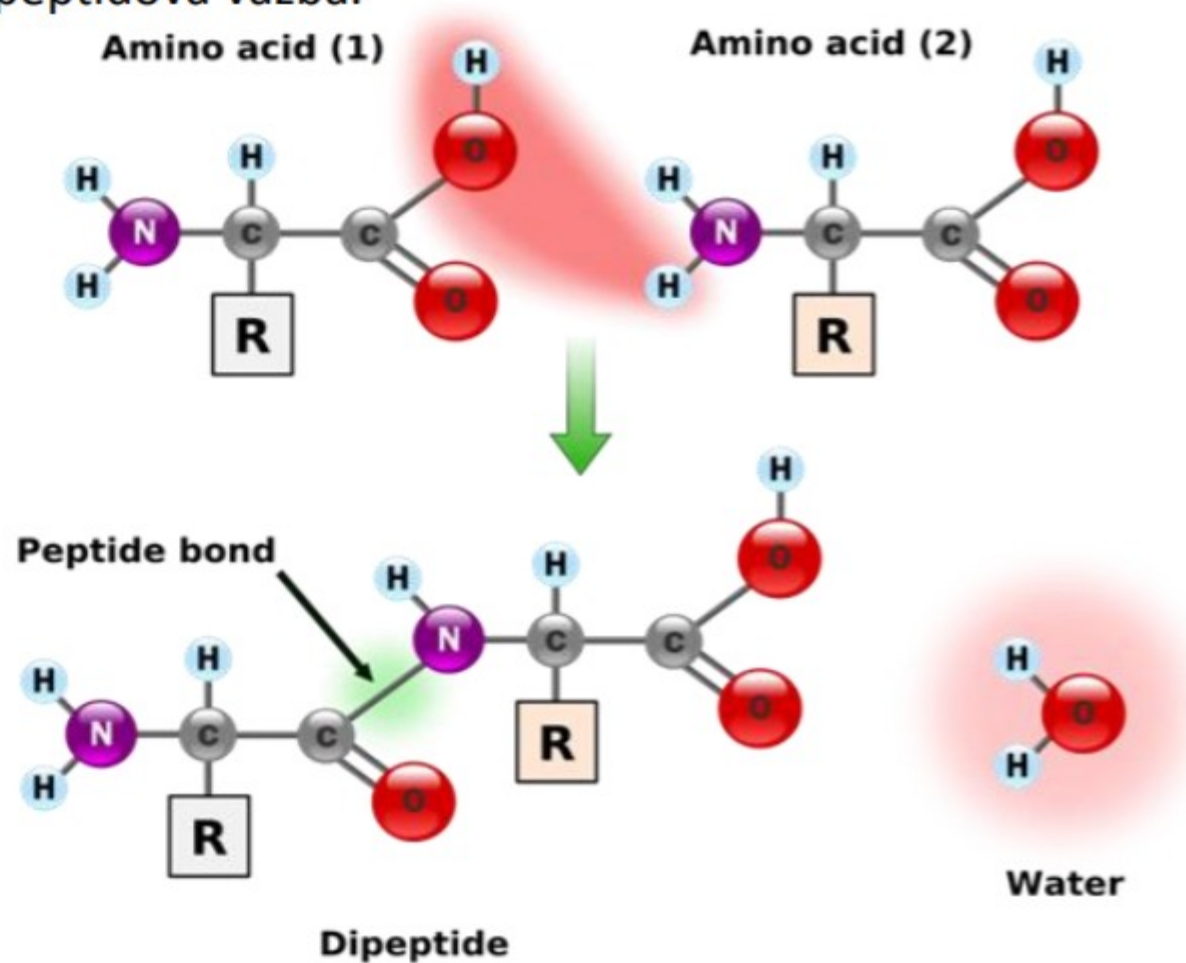
- Škrob je polysacharid se vzorcem $(C_6H_{10}O_5)_n$ složený z dvou různých polysacharidů: **amylózy a amylopektinu**, tvořených několika tisíci až desetitisíci molekul glukózy. Škrob kromě glukózy obsahuje v malém množství lipidy, proteiny a zhruba 25–35 % vody.
- Lineární amylóza krystalizuje – vodíkové můstky, rozvětvený amylopektin je amorfní.
- Škrob není alkoholicky zkvasitelný, teprve enzymaticky (v trávicí soustavě živočichů včetně člověka) se odbourává na zkvasitelné sacharidy. Zahříváním škrobu se tvoří škrobový maz, jeho hydrolýzou vzniká škrobový sirup, škrobový cukr a glukóza. Pražením škrobu se tvoří dextrin.
- Škrob má funkci zásobní látky.

- Zdroje škrobu: kukuřice, brambory, pšenice, rýže
- Získávání škrobu mechanické – surovina je rozdrčena a škrob je z ní získán vypíráním.



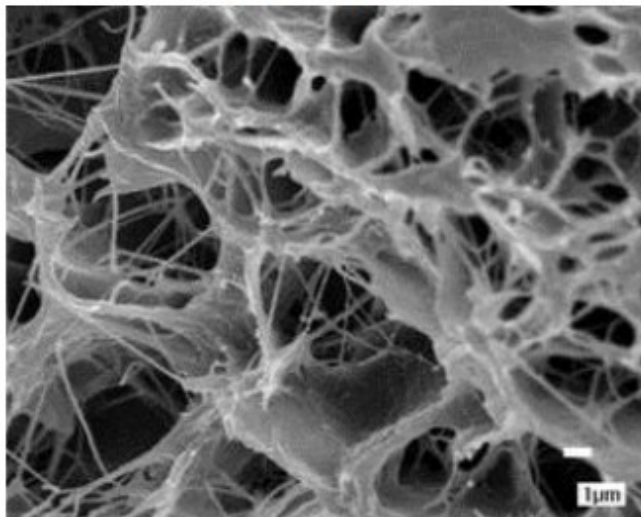
5. Bílkoviny – proteiny

- Vysokomolekulární přírodní látky s relativní molekulovou hmotností 10^3 až 10^6 složené z aminokyselin.
- V proteinech jsou aminokyseliny vzájemně vázány aminoskupinami $-NH_2$ a karboxylovými skupinami $-COOH$ amidovou vazbou $-NH-CO-$ (amidy), která se v případě proteinů nazývá peptidová vazba.

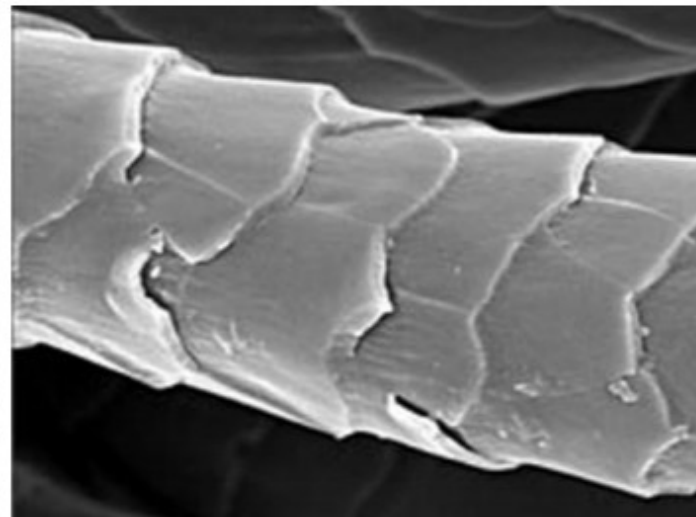


Druhy a aplikace:

- **Kasein:** bílkovinná složka mléka, nerozpustný ve vodě. Použití: lepidla, barvy
- **Vaječné proteiny** – barviva
- **Kolagen:** Kůže, kosti, chrupavky, cévy, šlachy. Využití:
 - Klih (rozvařením kolagenu) pro lepení, odlévací formy, podklady....
 - Useň (kůže po odstranění pokožky a vaziva)
 - Vlákna
- **Keratin:** Chlup, vlasy, srst, peří, štětiny, rohy, kopyta. Neodolává louhům, je možné aplikovat plstnatění.
 - Živočišná vlákna: vlna, srst králíčí, velbloudí, lamí, kozí....
 - Plst'
- **Fibroin:** Přírodní hedvábí – výměšek pavouků, nebo housenek používaný pro výrobu jemných vláken.



Kolagen



Vlna



Housenky a kokony bource morušového