

SYNTETICKÉ POLYMERY – PLASTY

Syntetické polymery se jako technické materiály nevyužívají ani sto let. Přesto je jejich použití v současnosti velice široké a ještě zdaleka nevyčerpaly všechny možnosti ve vývoji ani v aplikacích. Jsou to obvykle materiály organického charakteru, pro které je charakteristický uhlík, ale existují výjimky (např. silikony), vytvořené chemickou technologií. Podstatná část je tvořena na bázi organických makromolekulárních sloučenin, vlastnosti plastů jsou ovlivňovány jejich prostorovým uspořádáním a jednoduššími nepolymerními aditivy.

Co je organická látka? Původní názor, že organické je vše, co je rostlinného nebo živočišného původu, vše co ke svému vzniku potřebuje „živou sílu“, popřel v roce 1828 (1825?) F.Wöhler, když syntetizoval močovinu, /sumárně $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ / - první syntetickou organickou sloučeninu (v játrech, v moči savců, obojživelníků a některých ryb, umožňuje vylučování dusíku). Tak vznikla **ORGANICKÁ CHEMIE**.

Současná definice pracuje s výčtem, organické sloučeniny jsou všechny sloučeniny uhlíku vyjma oxidů uhelnatého a uhličitého, kyseliny uhličité a jejich solí, kyanidů, karboxylů kovů a karbidů kovů. / karboxyl (karbonyl) - sloučenina kovu s oxidem uhelnatým; karbid - sloučenina uhlíku s jedním prvkem (kovem), kyanid - sůl kyseliny kyanovodíkové HCN (s kovem). /

Nejstarší způsob klasifikace - dělení podle původu na **přírodní a umělé - syntetické**,

přírodní - asfalt, dřevo, bavlna, hedvábí, ropa, kaučuk, celulóza, škrob.

umělé - tyto materiály jsou obecně označovány jako *syntetické polymery* nebo *plasty*.

Syntetické polymery (nevhodně - *umělé hmoty*) jsou makromolekulární většinou organické sloučeniny složené z různě složitých obřích molekul – **makromolekul**. Základem jsou dlouhé řetězce atomů uhlíku a vodíku, na které mohou být vázány další prvky (Cl, F, O, N).

MAKROMOLEKULARNÍ /POLYMERNÍ/ látky lze klasifikovat různě.

I. Podle typu polyreakce, při které látka vzniká.

a. *polymeráty* - vznikají polymerací, kdy se **nezmění** chemické složení - polyetylen

b. *polykondenzáty* - polykondenzací - polymer má **jiné složení** než výchozí surovina odštěpí se vedlejší produkt např. voda (polyestery, polyamidy)

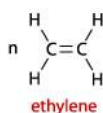
c. *polyadukty* - polyadící – polyuretany (slučování **různých** monomerů přesmykem H)

Z primární suroviny / ropa, uhlí, etc. / jsou získávány primární vstupní nízkomolekulární org. sloučeniny *monomery*, ze kterých při polyreakcích mohou vznikat polymery.

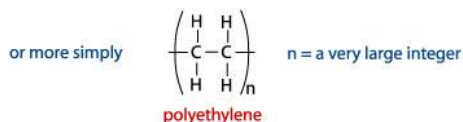
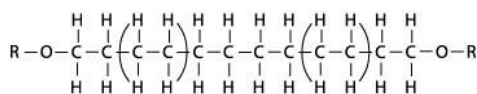
1. monomer $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$ etylén

2. mer $\cdot - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \cdot$ přechodná forma vznikne rozevřením dvojné vazby, iniciací nějakým vnějším vlivem (teplo, radikály, ...)

3. polymer $[\cdot - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \cdot]_n$ práškový polyetylén



↓ polymerization



n - *polymerační stupeň* - počet jednotek v molekule, určuje délku polymerního řetězce

MER - *monomerní jednotka*

Největší konstituční /základní opakující se/ jednotka, kterou jedna molekula monomeru přispívá ke struktuře makromolekuly. Je to přechodná forma vznikající během polyreakce. Jednotka skutečně nebo koncepčně odvozená z molekul o nízké základní mol. hmotnosti.

Strukturní jednotka je nejjednodušší, opakující se uspořádání v molekule.

II. Podle typu řetězení molekul - (molekulární struktury).

Způsob řetězení polymerů závisí na počtu míst v molekule, která jsou schopna chemicky reagovat - vázat vedlejší molekulu.

Předpokladem vzniku lineárního řetězce jsou minimálně 2 vazební místa, jsou-li k dispozici 3 a více míst, může vzniknout různě složitá zesíťovaná struktura.

- a. lineární - polyetylen
- b. rozvětvené
- c. plošně zesíťované - vedlejšími vazbami se pospojují lineární řetězce
- d. prostorové síťování - 3D

III. Třídění podle chování za vyšších teplot (klasické dělení z 50. let 20. stol.)

- A. termoplasty
- B. reaktoplasty
 - b. termosety
 - c. elastomery

add A. **Termoplasty** jsou složeny z lineárních nebo mírně rozvětvených vzájemně nepropojených řetězců, po zahřátí měknou a jsou tvárné, po následném ochlazení opět tvrdnou. Tyto změny jsou opakovatelné, nicméně několikanásobným cyklováním teplot postupně degradují (zkracování řetězců) a ztrácejí původní vlastnosti, i když se nemění chemické složení.

add Bb. **Termosety** jsou vytvrzovány pomocí zvýšené teploty a tlaku, po vytvrzení je nelze převádět zpět do plastického stavu. Dalším zvyšováním teploty křehnou a rozpadají se, struktura je zesíťovaná. Prostorové síťe jsou podobné krystalové mřížce nebo síťování ve skle, po zahřátí se zničí oxidačním nebo karbonizačním procesem. Termosety první umělé hmoty během II. války byl to materiál poloviny 20. st. a aut z NDR - bakelit patří k duroplastům.

add Bc. **Elastomery** jsou do jisté míry podobné termosetům, mají zesíťovanou strukturu, teplem se také nestávají plastickými, i když nejprve mírně měknou. Elastomery vytvrzují chemickou cestou. Tento typ reakce se sírou se nazývá *vulkanizace*. Do této skupiny patří kaučuk, který je typickým příkladem přírodního polymeru (polymer isoprenu – polyterpen, surovina pro výrobu pryže).

- 1736 – sazenice přírodního kaučuku se dostává do Evropy z Brazílie (caoutchouc – plačící strom)
- 1791 – první komerční využití – aplikace při výrobě nepromokavých plachet a pytlů pro přepravu pošty
- 1843, 1844 – Thomas Hancock, Charles Goodyear – vulkanizace kaučuku sírou
Přírodní kaučuk je vysoce elastický, ale jeho pevnost je nízká. Reakcí se sírou vzniká složitější struktura, která připomíná síťování (atomy síry jsou lokalizovány uprostřed příčných vazeb. Žádoucím důsledkem je podstatné ztenžení mechanických vlastností (nevnost)



vulkanizace →



- 1888 – John Boyd Dunlop – patent pneumatiky (veterinář z Belfastu, ale Skot, karburátor)
Muž o kterém se nemluví Robert William Thomson 1845 kožená pneu s několika nafukovacími trubicemi uvnitř. V jeho době nebylo využití.
André Michelin obul osobní auto do vzduchem plněných pneu v roce 1895
 - 1910 – F. Hofmann výroba syntetického kaučuku (první pneu ze synt. kaučuku 1937)
- Mezi elastomery řadíme také epoxidy a formaldehydové pryskyřice.

PLASTY jsou z pohledu materiálové inženýra technické materiály vytvořené na bázi polymerů, jejichž vlastnosti jsou ovlivňovány aditivy (barviva, plnidla, stabilizátory, ..) a prostorovým uspořádáním, podstatné je že během výrobního procesu součástí projde materiál plastickým stavem.

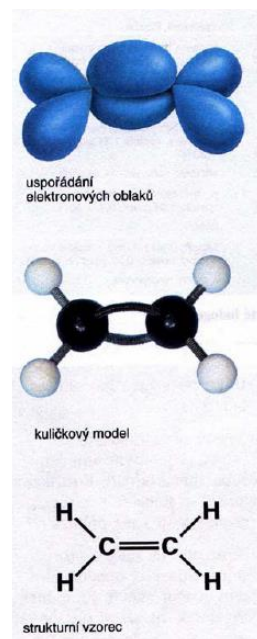
STRUKTURA POLYMERŮ

- 1. submolekulární
- 2. molekulární
- 3. nadmolekulární

1. Submolekulární struktura polymerů je dána stavbou konstituční jednotky, která se v polymerním řetězci opakuje.

Existuje nekonečná řada variant struktury, měnit se mohou:

- atomy různých základních prvků
- druhy a rozmístění vazeb
- atomy a skupiny substituentů
- rozmístění substituentů.



PRVKY VYSKYTUJÍCÍ SE V TECHNICKÝCH POLYMERECH

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	H 1, 1, 1							2 He
2	3 Li 7, 1, 0	4 Be 9, 1, 5	5 B 11, 2, 0	6 C 12, 2, 2	7 N 14, 3, 2	8 O 16, 2, 2	9 F 19, 2, 1	10 Ne
3	11 Na 23, 0, 9	12 Mg 24, 1, 2	13 Al 27, 1, 5	14 Si 28, 2, 2	15 P 31, 2, 1	16 S 32, 2, 2	17 Cl 35, 2, 1	18 Ar
								40 -

Tabulka:

Substituenty - prvky schopné navázání do struktury polymeru, následně ovlivňující vlastnosti materiálu.

Monomer	Monomer Name	Polymer	Polymer Name
	ethylene		poly(ethylene)
	propylene		poly(propylene)
	styrene		poly(styrene)
	methyl methacrylate		poly(methyl methacrylate)
	ethylene oxide		poly(ethylene oxide)

Tab. 1. a 2.: Příklady názvů - monomery, polymery (viz. tab.3 str.11)

APA	polyamid alkalický
CA	acetát celulózy
CAB	acetobutyrát celulózy
CN	nitrát celulózy
PC	propionát celulózy
EC	etylcelulóza
EP	epoxydy, epoxidová pryskyřice
PA	polyamid
PBTP	polybutyltereftalát
PC	polykarbonát
PE-LD	polyetylén nízkohustotní (rozvětvený)
PE-HD	polyetylén vysokohustotní (lineární)
PETP	polyetyltereftalát
PF	fenolformaldehydová pryskyřice
PMMA	polymethylmetakrylát – plexisklo
POM	polyoxymetylen, polyformaldehyd
PP	polypropylén
PPO	polyfenylénoxid
PS-E	polystyrén lehčený (zpěňovatelný)
PS-HI	polystyrén vysokohouževnatý
PS-I	polystyrén houževnatý
PTFE	polytetrafluóretylén – teflon
PUR	polyuretan
PVC-P	polyvinylchlorid měkčený
PVC-U	polyvinylchlorid neměkčený
UF	močovinoformaldehydové pryskyřice
UP	nenasycené polyester

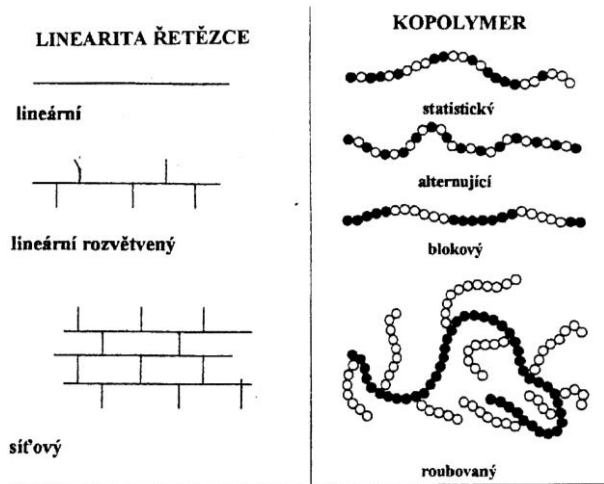
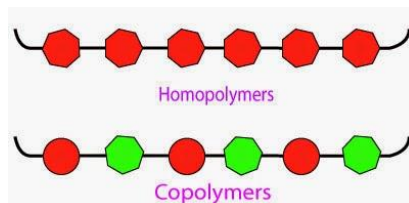
Kopolymery:

ABS	terpolymer akrylonitril-butadién-styrén
ASA	terpolymer akrylonitril-styrén-akrilát
EPDM	terpolymer etylén-propylén-dién (kaučuk)
SAN	kopolymer styren-akrylonitril
S/B	kopolymer styren-butadién

2. 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.

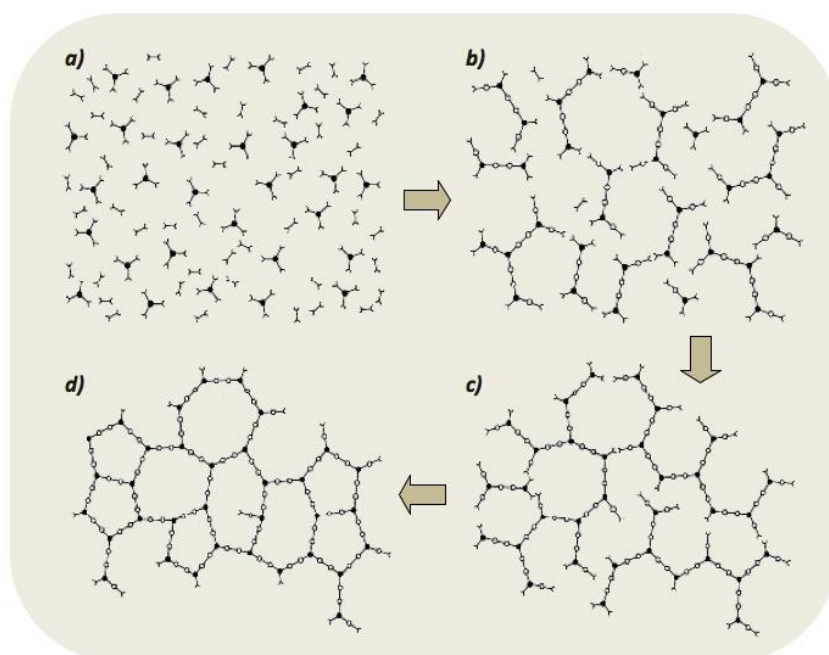


Kopolymerace nabízí velkou variabilitu ve složení polymerů, které tak mohou mít velmi široké spektrum fyzikálních vlastností. Navíc kopolymery mohou mít i při stejném chemickém složení různé fyzikální vlastnosti, vzhledem k možnosti jejich různého uspořádání (izomerie).

Příklad: vinylchlorid komonomer + vinylacetát kopolymer = vinylchlorid-vinylacetát kopolymer

Vlastnosti polymerů v závislosti na tvaru makromolekul

LINEÁRNÍ	ROZVĚTVENÉ	SESÍŤOVANÉ
<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 odolnosti ▪ velmi nízkou tažností



Obr. : Molekulární schéma reaktoplastu při vytvrzování

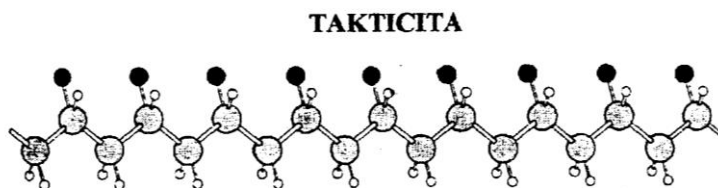
a) molekuly monomerů a krátké řetězce (tzv. oligomery); b) lineární růst a větvení makromolekul (vzniká stále více viskózní materiál); c) tvorba zesíťované struktury; d) vytvrzený reaktoplast

Ing. Běhálek Luboš, Ph.D. Polymery ISBN 987-80-88058-68-7

Na příkladu polyethylenu lze dobře demonstrovat vliv uspořádání makromolekul na vlastnosti polymeru. Původně syntetizovaný nízko hustotní polyethylen (PE-LD) s hustotou 920 kg m^{-3} , který má rozvětvenou strukturu je podstatně měkčí než novější vysoko hustotní polyethylen (PE-HD) s hustotou 930 kg m^{-3} a strukturou lineárně uspořádanou.

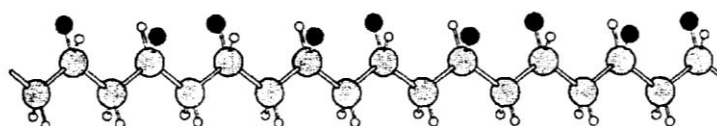
Takticita – popisuje způsob uspořádání bočních skupin (substituentů) vázaných na hlavním řetězci. Vyšší pravidelnost uspořádání (větší izotaktický podíl) přináší materiálu vyšší pevnost a tuhost.

- uspořádání je pravidelné



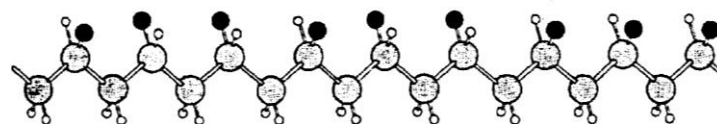
izotaktický

- uspořádání je pravidelné, ale substituenty jsou ve dvou polovinách



syndiotaktický

- uspořádání substituentů je náhodné



ataktický

3. Nadmolekulární struktura – (morfologie) vnější struktura makromolekul vznikající vzájemným spojováním (agregací) jejich velkého počtu do vyšších útvarů.

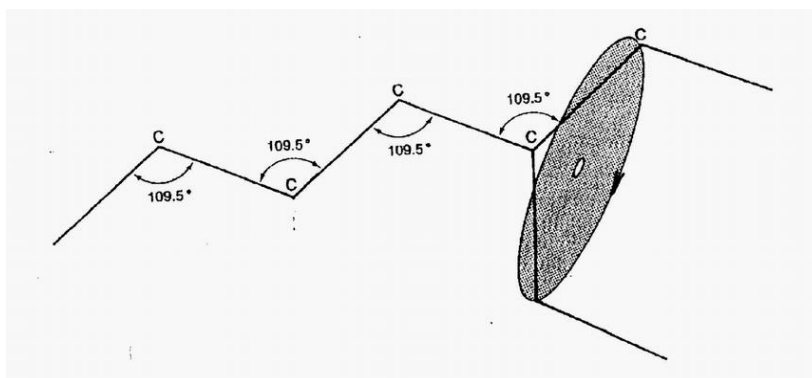
Podle nadmolekulární struktury lze rozlišovat makromolekulární látky na

- amorfni (PMMA,PS,PC, ..)
- krystalické nebo semikrystalické (PE,PP,PA, ..)

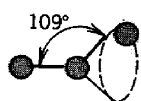
pozn. amorfni jsou obvykle průhledné.

Prostorové uspořádání řetězce (konformace)

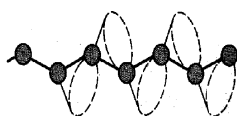
Uvedeme příklad prostorové vazby atomů uhlíku s úhlem $109,5^\circ$, tak jak je zobrazena na spodním obrázku. Jednoduchou situaci vazby tří atomů uhlíku, vidíme na levé části dalšího obrázku. Atomy spojuje jednoduchá vazba. Nicméně ta umožňuje odchýlenému atomu rotovat okolo osy, proto může třetí atom C nalézt v kterémkoliv bodě obvodu podstavy kužele s vrcholovým úhlem $109,5^\circ$ a shodnou délkou vazby – **konformační variabilita**. Možné polohy rotujícího atom se vzájemně odlišují konkrétní potenciální energií (viz. obr. na další straně). **Vyšší pravděpodobnost mají polohy s minimální energií.**



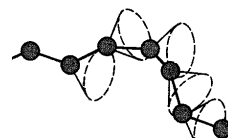
Z grafu lze odvodit, že lineární řetězce bez bočních skupin se formují do postavení trans – trans v jedné rovině což vede ke tvaru zvanému **cik – cak** (např. PE řetězec) (**obr. a**).



Atomy C, jednoduchá vazba



a. Cik – cak řetězec

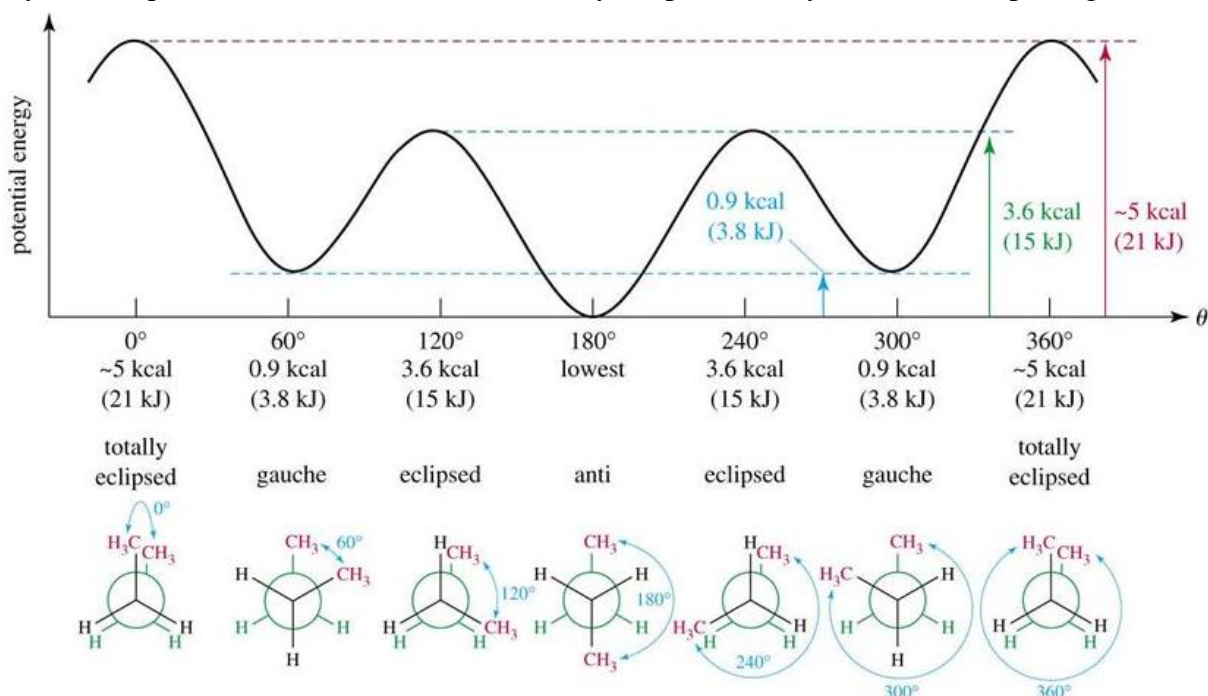


b. Šroubovice řetězce

Řetězce s menší boční skupinou se ukládají do polohy trans – gauche pravá, což vede ke vzniku šroubovice (**helix**) s boční skupinou uloženu v úhlu 120° (**obr.b**)

Energetické předpoklady různého geometrického uspořádání vazeb v butanovém řetězci (C_4H_{10}) s jednoduchou vazbou uhlíků, která umožňuje rotaci boční skupiny v plném rozsahu, jsou naznačeny na následujícím obrázku.

Významné pozice: trans - střídavá - anti, totally eclipsed - zákrytová - cis, eclipsed, gauche.

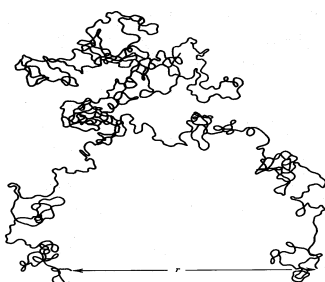


Příklad - izomer polyterpenu v pozici anti (trans) je gutaperča (průhledný druh přírodní guma). Stejný polyterpen ovšem v pozici eclipsed (cis) je dříve zmíněný kaučuk.

Ohebnost řetězce

Podle toho kolik „kloubů“ připadá na jednotku délky řetězce, se mění jeho schopnost měnit tvar. Je zřejmé, že řetězec s větším počtem ohebných spojení bude tvarově složitější.

Ohebnost potlačují rozměrné boční útvary (např. benzenová jádra) a násobné vazby v řetězci.

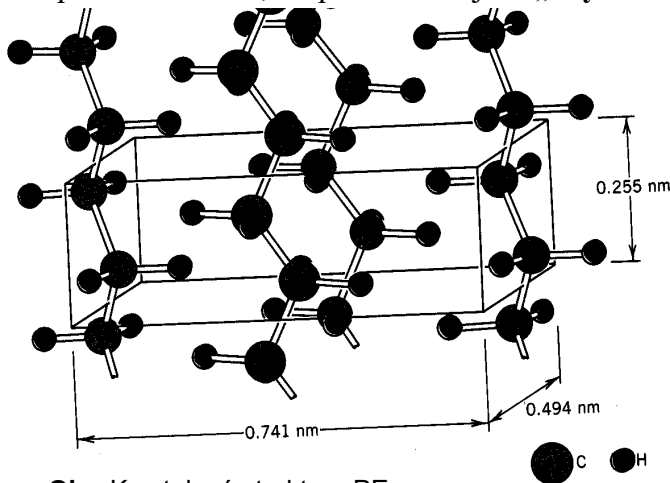


Ohebnost a rotace řetězce tedy závisí na struktuře meru a na vnitřní energii systému (s rostoucí teplotou jsou konformační pohyby řetězců snadnější); je ji tedy možno ovlivnit fyzikálním zásahem (ohřevem). Rotace umožňuje řetězci reagovat na vnější zatížení ohnutím a natočením. Proto může řetězec složený z mnoha merů zaujímat v prostoru náhodný tvar.

Obr. Náhodně ohnutý, natočený a zapletený polymerní řetězec

Krystalizace

Optimální podmínky pro studium morfologie polymerů splňují krystalizující polymery. Mluvíme-li o krystalizaci u kovů, monokrystalů nebo keramiky, uvažujeme o pravidelnosti uspořádání atomů, resp. iontů. Pojem „**krystalinita polymerů**“ popisuje takové uspořádání

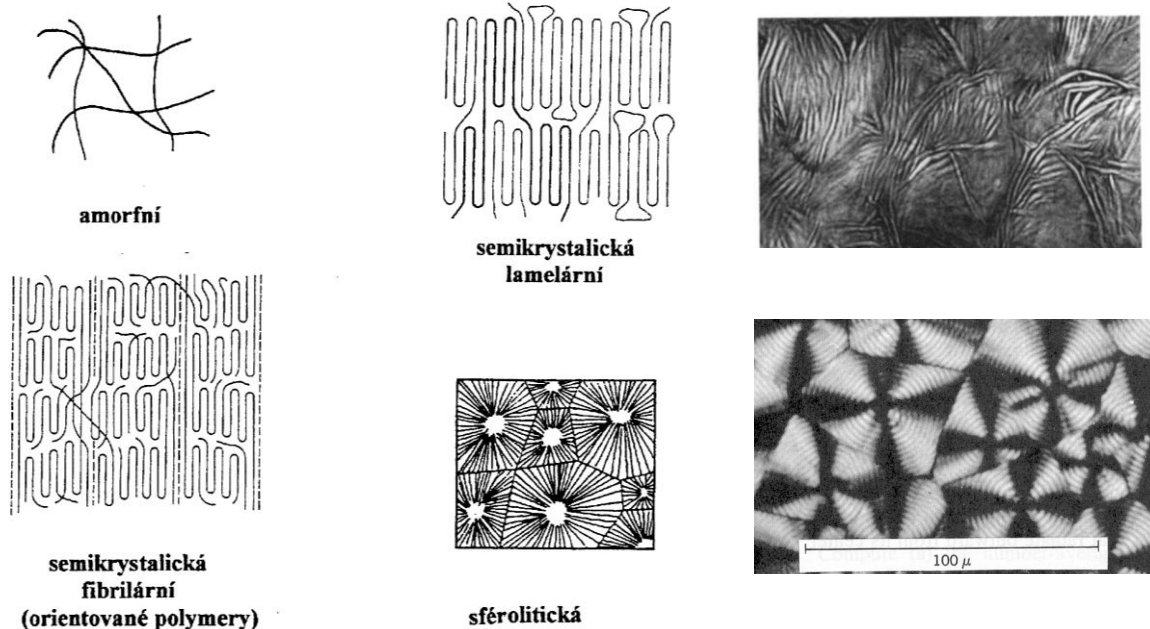


makromolekulárních řetězců, při kterém jsou atomy pravidelně uloženy. Krystalové struktury polymerů jsou složitější, než u kovů viz **obr.** kde je znázorněno uspořádání řetězců PE do ortorhombické mřížky.

V důsledku tvaru a složité stavby jsou polymerní makromolekuly jen částečně krystalické (semikrystalické), neboť každá nepravidelnost či natočení řetězce brání přísné uspořádanosti segmentů, je příčina amorfности materiálu.

Obr. Krystalová struktura PE

Krystalické oblasti jsou rozloženy v amorfním zbytku materiálu a semikrystalické polymery jsou tedy analogií dvoufázových struktur u kovů. Pro daný polymer s určitou molekulovou hmotností bude hustota jeho krystalické formy vyšší než hustota amorfní formy - v krystalové struktuře mají řetězce těsnější uspořádání. Polymery s vysokou takticitou jsou uspořádanější, zatímco polymery ataktické jsou amorfní.



Obr. Typy uspořádání nadmolekulárních struktur

Stupeň krystalinity k se může pohybovat od 0% do až 95% a je dán vztahem

$$k = \frac{\rho_c(\rho_s - \rho_a)}{\rho_s(\rho_c - \rho_a)} \cdot 100 \quad [\%],$$

kde: ρ_s je hustota vzorku materiálu, jehož krystalinita je určována,

ρ_c je hustota zcela krystalického polymeru,

ρ_a je hustota zcela amorfního polymeru.

Je-li materiál schopen krystalizovat, vzniká podle podmínek krystalizace:

- **lamela** při krystalizaci ve zředěném roztoku, tj. destička o tloušťce 10 až 20 nm a délce řádově 10 μm , v níž je za sebou naskládaný určitý počet řetězců,
- při krystalizaci ovlivněné smykovým zatížením (prouděním) vznikají **fibrily** tvořené napřímenými řetězci,
- při krystalizaci z taveniny vzniká **sférolit** skládající se z lamel radiálně rostoucích

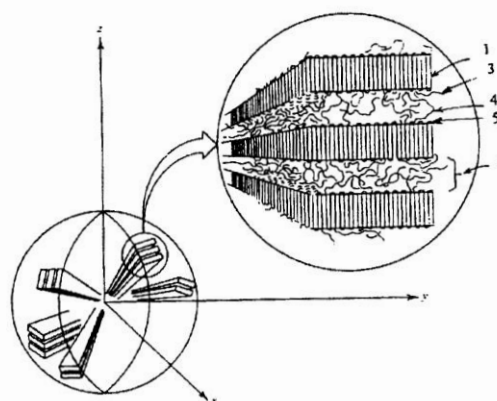
z krystalizačního zárodku a oddělených amorfním podílem. Sférolity jsou prostorové útvary zpočátku kulového tvaru, při růstu se dotýkají a vznikají tak jejich rovinné hranice.

Naskládání lineárních řetězců brání jejich přísnému uspořádání; vyššího stupně organizace je dosaženo např. tažením za studena ($T < T_m$), při kterém může být krystalinita až 95 %.

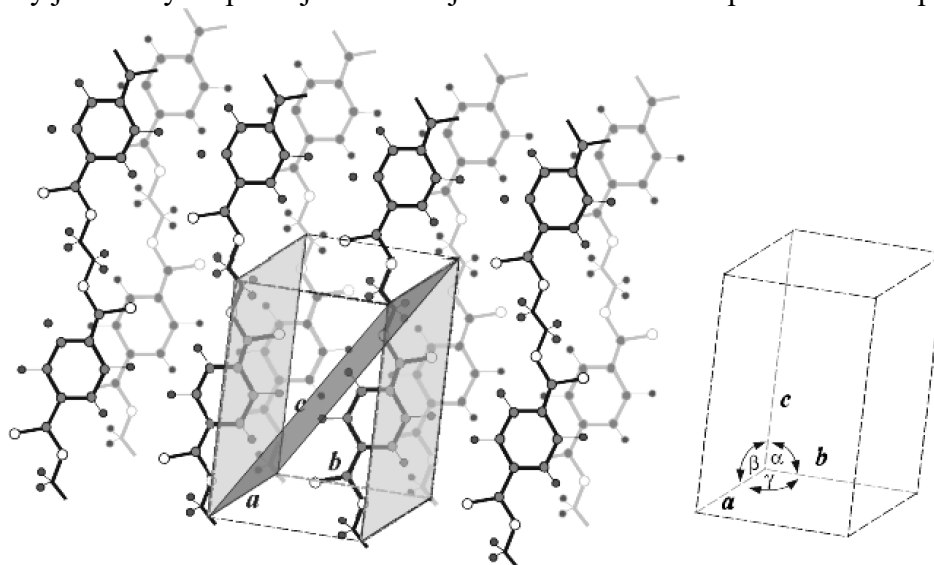
Obr. schéma uspořádání sférolitu

Stupeň krystalinity je dán rychlostí ochlazování během tuhnutí materiálu a konfigurací řetězce.

Krystalické polymery jsou obvykle pevnější a odolnější vůči měknutí a rozpadu vlivem tepla.



- 1 – lamelární krystal
- 2 – amorfní podíl
- 3 – konce řetězců
- 4 – molekulární segmenty spojující sousední lamely
- 5 – ohyby řetězců



Obrázek: PET příklad polymeru s vysokou krystalinitou

Řetězce mohou opustit organizovanou krystalickou strukturu a stát se součástí amorfního podílu (např. konce řetězců), případně se do organizované struktury opět vrátit (amorfní podíl mezi lamelami). Není-li materiál ochoten krystalizovat, zůstává v amorfním stavu a tvoří tzv. **amorfní klubko**.

VLASTNOSTI PLASTŮ

Růst lidské civilizace, omezenost zdrojů, rozvoj techniky a řada jiných důvodů vyvíjí neustálý tlak na hledání nových materiálů, které by nahrazovaly materiály drahé, nešetrné k životnímu prostředí nebo nabízely lepší technické parametry etc.. Jednou z možností, jak takto nastavenou poptávku uspokojit je nové materiály syntetizovat uměle. Za posledních zhruba 70 let roste proto celosvětová výroba umělých hmot zhruba exponenciálně.

Mechanické vlastnosti

Obecně závisí na struktuře, okolní teplotě a jejich stáří.

- **Hustota** – vzhledem k tomu, že základem polymerních řetězců jsou prvky s nízkou atomovou hmotností (C, H, O, S, N), je hustota plastů mnohonásobně menší než u kovů. Velká část plastů plave na vodě, obecně hustota roste se vzrůstající krystalinitou a největší hustotu mají fluoroplasty až $2\,300\text{ kg m}^{-3}$.

- Neexistuje obecné pravidlo, že čím složitější síťování a případně prostorová struktura, tím větší **pevnost - mez pevnosti**. (Něméně, čím těsnější uspořádání, tím vyšší pravděpodobnost vyšší pevnosti materiálu.) Pevnost a tuhost výrobků z plastů je obvykle 5 – 10 krát nižší než u ocelových. Ve většině aplikací si konstruktér pomůže snadno vyrobitelným žebrováním.

- **Modul pružnosti** je 20 – 100 krát nižší než u kovů. Dynamicky namáhané součásti jsou konstruovány v co nejjednodušších tvarech bez vnitřního pnutí. Je třeba se vyhybat nízkým teplotám a volit pokud možno měkčí materiál.

- O **teplotní odolnosti** lze říci, že se s teplotou podstatně mění modul pružnosti – zahříváním se snižuje, lineární polymery se taví. Snižování teploty snižují vrubovou a rázovou houževnatost – polymery křehnou. Dlouhodobým působením teplot se trhají řetězce v místech s nejslabší vazbou, v extrémních případech může dojít k depolymerizaci.

- **Tepelná vodivost** závisí na druhu polymeru, jeho struktuře, složení, uvažované teplotní oblasti a je ve většině případů tak špatná, že část polymerů se používá jako tepelně izolační materiály. Tepelná vodivost je tím menší, čím je stupeň krystalinity vyšší. Nejmenší tepelnou vodivost mají reaktoplasty. S tepelnou vodivostí jde obvykle i elektrická vodivost, takže plasty se využívají jako izolanty.

- **Teplotní roztažnost** je přibližně o řád větší než u kovů. Rozměrová stabilita je výrazně horší než u kovových materiálů. Některé technologie tvarování plastů zanechávají vnitřní pnutí, které se časem uvolňuje, a součásti se deformují.

- **Průměrná relativní molekulová (molární) hmotnost** je veličina zohledňující to, že polymery jsou obecně směsí molekul různých velikostí, jejichž hmotnosti v konkrétním polymeru lze popsat distribuční křivkou. Látky s relativní molekulovou hmotností vyšší než 1000 g/mol označujeme jako makromolekulární. Snahou je využívat polymery s co nejmenším rozptylem velikostí řetězců.

Chemické vlastnosti

- **Odolnost proti degradaci** působením chemických látek je relativní, v porovnání se sklem je špatná, ale v porovnání s kovy je dobrá. Častým jevem při styku s chemikáliemi je u polymerů *bobtnání*, kdy jiné chemikálie difundují do materiálu polymeru, což je až na výjimky nežádoucí. Mechanické namáhání snižuje chem. odolnost.

(i jiné parametry – umělé stárnutí)

- Plasty obecně **stárnou** a mění svoje vlastnosti.

Rychlost stárnutí ovlivňuje - střídání teplot















- vlhko

- UV záření

Obecně je odolnost (stabilita) polymeru určena *energií chemické vazby* řetězce. Pro stabilní polymery je typická vysoká pevnost vazeb tedy vysoká energie chemické vazby. Přitažlivé síly mezi řetězci navzájem jdoucí na vrub *vodíkových můstků* také zvyšují odolnost polymerů.

Elektrické vlastnosti

- Plasty obvykle nevedou elektrický proud a jsou proto často využívány jako izolační materiály. (elektroinstalační materiály, izolace vodičů ...)

Název (zkratka) Opakující se konstituční jednotka	Polární (P) Nepolární (N) Amorfní (A) Krystalizující (K)	Modul pružnosti v tahu [MPa]	Mez pevnosti v tahu [MPa]	Teplota tání [°C] Teplota skelného přechodu [°C]	Hustota [kg·m ⁻³]	Permitivita (1 000 Hz) Nasákavost (H ₂ O, 23 °C, 24h) [%]
Polyetylen (PE) 	N			120 – 137		2,3
	K	200 – 1 400	8 – 35	-110 až -122	914 – 960	< 0,01
Polypropylen (PP) 	N			176		2,2
	K	1 100 – 1 300	21 – 37	-24	900 – 907	0,01 – 0,03
Polystyren (PS) 	N	2 275 – 3 275	36 – 65		1 050	2,5 0,01 – 0,03
	A			92		
Polytetrafluoretylen (PTFE) 	N	410	14 – 36	327	2 150 až 2 200	2,1
	K			-110		< 0,01
Polyvinylchlorid (PVC) 	P	2 400 – 4 200	40 – 60		1 390 až 1 959	2,8 – 3,05
	A			75		0,04 – 0,4
Polymethylmetakrylát (PMMA) 	P	2 500 – 3 500	60 – 85		1 190 až 1 959	2,7 – 3,7
	A			105		0,3
Polyoxymetylen (POM) 	P	2 600 – 2 900	62 – 70	181	1 250 až 1 506	3,1
	K			-40		0,12 – 0,25
Polyamid 6 (PA 6) 	P			220		3,4
	K	1 200 – 1 400	70 – 85	40	1 130	1,3 – 1,9
Polyamid 66 (PA 66) 	P			265		4,0
	K	1 600 – 2 000	77 – 84	65	1 140	1,0 – 2,8
Polyfenyleneter (PPE) 	P	2 400 – 2 700	70 – 78		1 100	2,6
	A			210		0,2
Polyetylenetereftalát (PET) 	P		334			4,0
	K	3 100	50 – 80		1 370	0,3
Polykarbonát (PC) 	P	2 100 – 2 400	56 – 72		1 200	3,0
	A			114		0,15
Polyetereterketon (PEEK) 	P			288		2,4
	K	2 250	70 – 103	185	1 320	0,1 – 0,14
Polyfenylenulfid (PPS) 	P	3 300 – 3 400	48 – 86	285 – 290	1 340	3,1
	K			88		0,1 – 0,07

Tab.3: Vybrané fyzikální vlastnosti některých polymerů

Nejstarší průmyslově aplikované polymery

Název chemický obchodní	Zkratka	Pevnost v tahu (MPa) tažnost (%)	Použitelnost do teploty (°C)	Hořlavost 1 až 6	Zpracování ¹⁾	Vlastnosti, příklady použití
Acetát celulózy Unafol T- Syntesia Semtín, Callidor, Callit, Callon	CA	13 až 60 6 až 70	60 až 84	3 Callon 6	O, Vs, Vy, T	držadla, ovládací součásti, kryty přístrojů, bezpečnostní skla, objímky čoček, pravítka, elektro součástky, bižuterie
Etylcelulóza	EC	14 až 56 5 až 30	46 až 85	3	T, Vy	elektrotechnika, nátěrové hmoty
Hydrát celulózy Vulkanfibr, Diamont, Fiberolol	–	60 až 100	100 až 120	4	O, L, Vy	podložky, izolace kolejnicových styků, ozubená kola, šroubové matice, objímky, cívky
Acetobutyrát celulózy Uzafol-Syntesia, Callidor B, Callit U	CAB	18 až 48,5 40 až 88	60 až 104	3	T, Vy	elektrotechnika, syntetická kůže, nátěrové hmoty, násady nástrojů, volanty vozidel
Nitrát celulózy Caluloid, Xylenit, Trelit BW, Umace	CN	27 až 37 5 až 10	50 až 70	1	O, Vy	fotografický materiál, nátěrové hmoty, galanterní zboží, střelná bavlna, střelný prach (s 13 % dusíku)

¹⁾ L – lisování, Vs – vstříkávání, Vy – vytlačování, O – odlévání, T – tvarování

Tab. 4: Příklady prvních průmyslových polymerů a jejich využitelnost

HYDRÁT CELULÓZY

VULKÁNFÍBR, FIBEROL, DIAMONT

Výrobek z neklíženého papíru impregnovaný roztokem chloridu zinečnatého nebo kyseliny sírové. Dnes se téměř nepoužívá. Zmíněn pro datum patentu 1859.

Použití - desky nebo tyče, je možné tvarování za studena, tlustý materiál za mokra a za tepla. Elektrotechnika, součásti pro textilní průmysl – cívky, KAZETO - kufry.



VISKÓZA

CELOFÁN, PRIESVIT, VISKOID

Produkt z regenerované alkalizované celulózy, v podstatě průhledný papír. Technologie z roku 1891 se používá stále. Fólie je sklovitě průzračná, nepropustná pro tuky a oleje. Ve vodě bobtná, absorbuje stejně vody, kolik váží za sucha.

Použití – fólie obalový materiál, který není ve styku s vodou.

- viskózní vlákna podobné vlastnosti, za mokra ztrácí polovinu pevnosti. Směs se střížní vlnou je textilní materiál, dobře se barví.



NITRÁT CELULÓZY

CELUROID, UMACEL, XYLENIT, CALULOID

Průsvitný materiál, dobře tvarovatelný, vysoce hořlavý. Lze odlévat, lisovat, vstříkovat proto byl v minulém století často používán, dnes se téměř nepoužívá. **První syntetický polymer** termoplast 1856 (1846 - výbušnina). Připomeňme dějinný význam kulečnicku. Na náhradu slonoviny k výrobě koulí byla vypsána soutěž o 10 000 USD, bratři Hayattovi v tomto smyslu sice neuspěli, ale vynalezli technologii výroby celuloиду. Použití – pravítka, hračky, předměty pro domácnost, brýlové obruby, film byl zázrak z celuloidu.



APLIKACE PLASTŮ - syntetických polymerů (umělých hmot) TERMOPLASTY

Termoplast	Zkratka	Hustota (kg. dm ⁻³)	Modul pružnosti (MPa)	Pevnost v tahu (MPa)	Pevnost v ohybu (MPa)	Tvrdość HB 5	Rázová houževnatost (J. cm ⁻²)	Vrubová houževnatost (J. cm ⁻²)	Odolnost za tepla Vicat (°C)
Polyetylén nízkohustotní	PE-LD	0,91 až 0,94	200 až 500	8 až 23	7 až 10	13 až 20	–	–	40
Polyetylén vysokohustotní	PE-HD	0,95 až 0,97	700 až 1 400	18 až 35	30 až 36	40 až 65	–	0,5	60 až 70
Polypropylén	PP	0,90 až 0,91	1 100 až 1 300	21 až 37	43	36 až 70	–	0,3 až 1,7	85 až 100
Polyvinylchlorid neměkčený	PVC-U	1,34 až 1,4	1 000 až 3 500	50 až 75	80 až 110	75 až 155	–	0,2 až 0,5	75 až 110
Polyvinylchlorid měkčený	PVC-P	1,34 až 1,48	–	55	100	10 až 70	–	0,2	40
Polystyrén houževnatý	PS-I	1,04 až 1,06	3 200 až 3 300	45 až 65	90 až 110	120 až 130	1,3 až 2,0	0,2 až 0,3	78 až 99
Polystyrén lehčený	PS-E	1,06	2 500	60 až 80	60 až 80	90	4 až 8	0,5 až 1,2	68
Kopolymer styren-akrylonitril	SAN	1,08	3 600	120 až 125	120 až 125	130 až 140	3 až 3,2	0,5 až 0,6	100
Terpolymer akrylonitril-butadiénstyren-styren	ABS	1,08	1 900 až 2 700	60 až 90	60 až 90	80 až 120	–	0,3 až 0,4	95 až 110
Polymethylmetakrylát – plexisklo	PMMA	1,18	2 700 až 3 200	50 až 77	105 až 115	180 až 200	1,8 až 2,0	0,2 až 0,3	70 až 125
Polyformaldehyd	POM	1,41 až 1,42	2 800 až 3 200	62 až 71	80 až 120	150 až 170	–	0,5 až 0,8	160 až 173
Polytetrafluoretylén – teflon	PTFE	2,1 až 2,3	410	25 až 40	18 až 20	27 až 35	–	1,3 až 1,6	–
Polyamid 6	PA 6	1,12 až 1,14	1 200 až 1 400	70 až 85	27	40 až 130	–	0,54	180
Polyamid 66	PA 66	1,13 až 1,14	1 800 až 2 000	77 až 84	50	80 až 140	–	1,5 až 2	200
Polyamid 11	PA 11	1,04	1 000	56	–	80 až 100	–	3 až 4	175
Polyamid 12	PA 12	1,02	1 600	56 až 65	–	80 až 100	–	1 až 2	165
Polyamid 6 alkalický	(APA)	1,15 až 1,16	3 000 až 5 000	75 až 100	140 až 170	140 až 190	–	–	–
Polykarbonát	PC	1,2	2 100 až 2 400	56 až 67	100	87 až 110	–	3 až 5	138

Tab. 5: Fyzikální vlastnosti vybraných termoplastů

PE, PP polyetylén a polypropylén

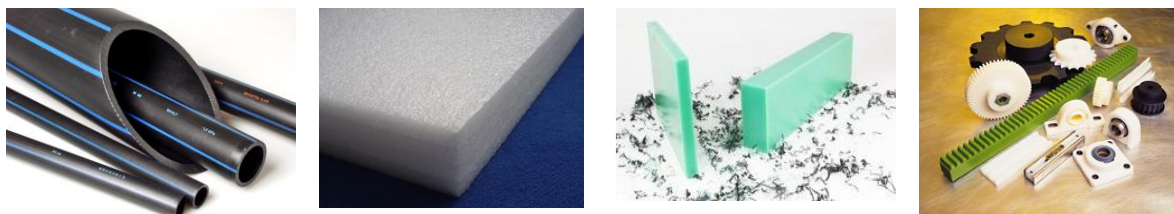
PE a PP jsou nejčastěji používané typy polymerických termoplastů ze skupiny polyalkenů (polyolefinů), což jsou nenasycené uhlovodíky (s jednou nebo více dvojnými vazbami) s řetězcem otevřeným, například etylen $\text{CH}_2=\text{CH}_2$, nebo cyklické (cykloalkeny). Jsou obsaženy v dehtu a svítiplynu. Připravují se například dehydratací alkoholů, dehydrohalogenací alkylhalogenů, dehydrogenací alkanů. Alkeny jsou velmi reaktivní. Technicky významnou je zejména jejich polymerace. Jsou výchozími látkami například v organických syntézách, v průmyslu plastických hmot

POLYETYLÉN - PE

POLYETYLÉN, MARLEX, ALKATHENE, POLYTHEN bílá hmota vypadající jako parafín a podobná i na omak.

Výborně použitelný v širokém rozmezí teplot -100 až 130 °C, chemicky stálý, izolant, naprosto odolává vodě. Lze dobře barvit, může být průhledný.

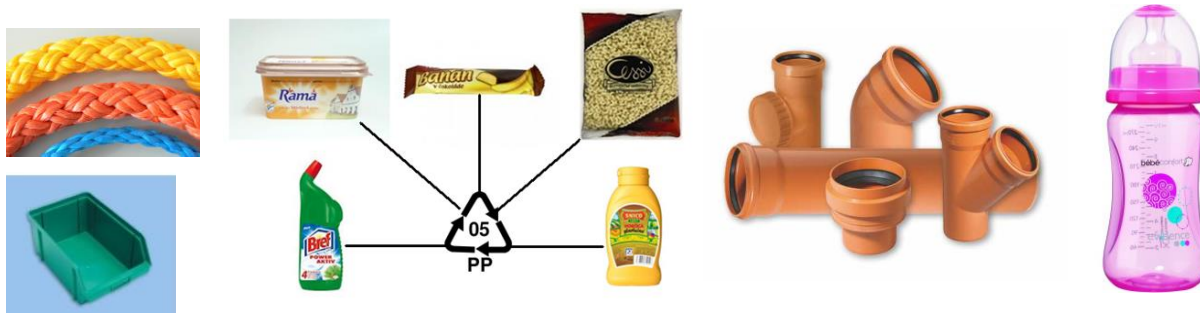
Použití – elektrotechnika, nádoby na vodu, plasty pro domácnost, potrubí, těsnění, optické prvky, obalové fólie, součásti strojů, stavební plast.



POLYPROPYLÉN – PP

MOPLEN, PROFAX, DANULENE nejlehčí kompaktní plast v libovolné barvě. Má ještě lepší vlastnosti než PE, odolává vyšším teplotám, ale je méně odolný při nižších teplotách. Hodí se na výrobu textilních vláken. Fyziologicky nezávadný, bez chuti a zápachu, odolává kyselinám, louhům, benzínu a olejům, lze sterilizovat v autoklávu.

Použití - vlákna, fólie, výlisky, potrubí, nádoby....



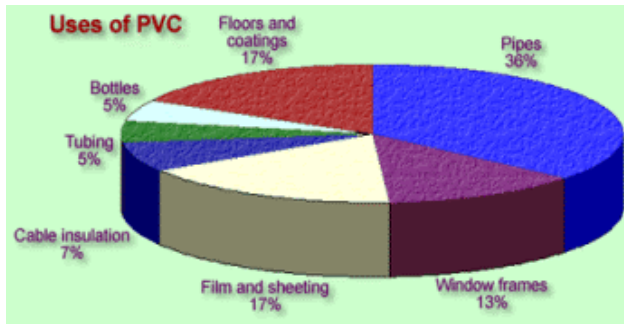
PVC - POLYVINYLCHLORID

A - tvrdý

NOVODUR, VINIDUR barvitelný, přírodní je žlutý až červenohnědý. Tvarovatelný za nízké teploty – 80°C.

Odolává vodě a stárnutí, dobře izoluje a je nehořlavý, jde dobře svařovat a lepit

použití – potrubí, armatury, ventilátory, vakuově tvarované výlisky, žlaby, nádrže



B – měkčený

IGELIT, NOVOPLAST, VINNOL, VINITEX

Umožňuje modulovat tvrdost produktů. Je možná výroba v disperzní formě – nátěry, pasty a tmely. Pěnové materiály.

Použití – fólie, hračky, rukavice, hadice, těsnění, kabely, obaly.



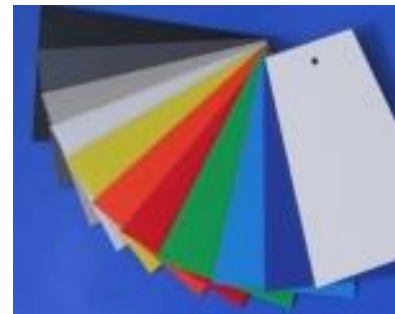
POLYSTYRÉN – PS

POLYSTYRENE, STYRON, STYROFLEX, LUSTRON, CEREX, KRASTEN

Termoplast vyráběný polymerací styrénu. Téměř čirý, tvrdý a křehký. Zlepšení houževnatost lze dosáhnout přidáním kaučuku. Rozpustný v organických rozpouštědlech.

Dodává se drť na výrobu vláken, fólií, desek a pro vstřikovací lisu.

Použití – plastové nádobí a příbory, optika, převodová kola, obaly.

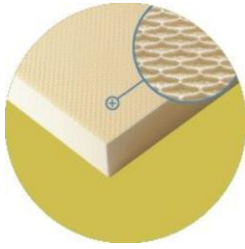


PĚNOVÝ POLYSTYRÉN

UMAPOR, STYROPOR, STYROFOAM

Stavební izolace, obaly, vytavitelné modely pro slévárství.





POLYAMIDY – PA

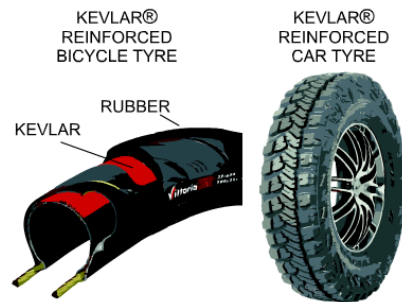
SILON (ALKAMID), SILAMID, PERLON, KAPRON, NYLON, MIRAMID, ARAMID, , KEVLAR mléčně bílý, snadno barvitelný, vyráběný navíjením vlákna z roztoku.

Velice houževnatý materiál s extrémní pevností v ohybu, velmi vysoký modul pružnosti, odolává abrazi, na vzduchu oxiduje čímž hnědne. Nasákavý několik %.

Aramidy – zkratkové slovo aromatické polyamidy. Para-aramidy vyvinuty jako náhrada azbestu a výztuha pneumatik, následně jako materiál neprůstřelných vest - Kevlar.

Nejznámější je Nylon.

Použití – Technické namáhané výlisky, strojní součásti, ložiska, převody, výrobky pro domácnost, trubky na paliva a oleje, vlákna a textilie (plachty), helmy, sportovní nářadí.



POLYURETANY – PUR

DURETHAN U, MOLTOPREN, MOLITAN (pěnový PUR), libovolná barva

V mnoha ohledech lepší než PA, není nasákavý, lépe odolává chemikáliím, dielektrický.

Použití – Stavební pěny, vlákna, strojní součásti, elektrotechnické součásti, měkké pěnové hmoty, lepidla, nátěrové hmoty.

POLYMETYLMETAKRYLÁT – PMMA

PLEXISKLO, PLEXIGLAS, AKRYLON, UMAPLEX, PERSPEX transparentní, barevný, sklovitý materiál, nejrozšířenější sklovitý plast.

Proti sklu je měkký, dá se dobře obrábět a leštit. Dobré fyzikální vlastnosti, tvarově stálý izolant. Tvarovatelný za tepla okolo 100°C.

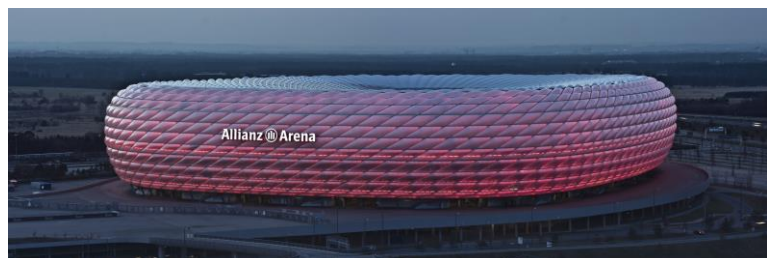
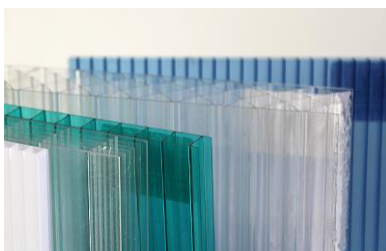
Použití – letadla, lodě, automobily, technické výlisky, nástroje, pomůcky reklamní materiály...

POLYKARBONÁTY – PC

LEXAN, MAKROLON – průhledný barvitelný, UV odolný

Odolává tečení je tvarově stabilní do 200°C, zcela odolává vodě a zředěným kyselinám.

Použití – stavebnictví, prosvětlení, střechy, izolace.



TERMOSETY

Bakelit (PF)

Belgičan Leo Hendrik Baekeland 1907 vynalezl **první plně syntetickou umělou hmotu**, kterou připravil v autoklávu sloučením formaldehydu a fenolu (fenol-formaldehydová pryskyřice). Bakelit je velmi vhodný pro lisování a jde barvit, samotný nehoří a proto je vhodný jako elektroinstalační materiál, navíc charakteristickým zápachem upozorní na pálení se kontakt v elektroinstalaci. Poprvé byl použit pro výrobu hlavy řadicí páky Rolls-Royce. Podle časopisu Time patří vynálezce mezi stovku nejvýznamnějších osobností 20. století



Textit (texgumoid)

Jedná se o kompozitní materiál na bázi výztuže z bavlněné tkaniny a krezolformaldehydové živice ve funkci pojiva. Struktura vytvrzené textilní tkaniny je na řezu charakteristická roztřepáním bavlny. Pro výborné izolační vlastnosti je textit využíván v elektrotechnice, jako základna pro montáž elektroinstalačních součástí. Textit je stejně dobře použitelný na výrobu strojních součástí například ozubených kol a veškerých součástí namáhaných na otěr (ložiska, kladky etc.).



Název chemický obchodní	Zkratka	Pevnost v tahu (MPa) tažnost (%)	Použitelnost do teploty (°C)	Hořlavost 1 až 6	Zpracování ¹⁾	Příklady použití
Fenoplasty						
<u>K lisování</u> ČSN 121, Bakelit, Sumikon	PF	<u>14 až 56</u>		4	L	elektroinstalační materiál, krabice, kryty strojů, kování
<u>Vstřikovací</u> Alberit, Dynamit (A3)		<u>14 až 56</u>		4	Vs	odolnost proti spékání, vysoká zesíťovací teplota (120 až 130 °C), strmá vytvrzovací křivka
<u>K odlévání</u> Jurabolit – ČR, Karbolit – Rusko, Trolon C – NSR Umalor		<u>40</u>		4	O	slévárenské modely, kuřácké potřeby, kulečnickové koule, rukojeti nástrojů, deštníků, ozdoby
<u>Vrstvené s textilem</u> Rozitex, Textil, Umatex		<u>80 až 150</u>	130	4	O	kluzná ložiska, ozubená kola
<u>Vrstvené s papírem</u> Kartit, Umakart, Dertinax, Umakart D – s melaminformaldehydovou pryskyřicí		<u>70 až 130</u>	130	4	L, Vr	elektrotechnické a dekorativní účely
<u>Vrstvené s dřevem</u> Lignol		<u>110 až 200</u>	120	4	L, Vr	ozubená kola, ložiskové pánve
<u>Vrstvené s azbestem</u> Faolit A		<u>130</u>	100	4	L, Vr	obkládací materiály, dekorativní prostředky
<u>Vrstvené s azbestem a grafitem</u> Faolit T, Hawag		<u>15 až 50</u>	180	4 až 5	Vr, O	brzdová obložení, potrubí, nádrže

¹⁾ L – lisování, O – odlévání, Vs – vstřikování, Vr – vrstvení

TAB. 6: Příklady vybraných termosetů s vlastnostmi důležitými pro základní orientaci při technických aplikacích

<u>Název chemický obchodní</u>	<u>Zkratka</u>	<u>Pevnost v tahu (MPa) tažnost (%)</u>	<u>Použitelnost do teploty (°C)</u>	<u>Hořlavost 1 až 6</u>	<u>Zpracování¹⁾</u>	<u>Příklady použití</u>
Polyesterové skelné lamináty						
<u>Základní</u> Plastiver, CHs Polyester 104, Lamitex, Estroplex	UP	$\frac{80 \text{ až } 280}{4 \text{ až } 20}$	140	3 až 5	Vr, O	cisterny, karosérie, krytiny, podlahy, sportovní potřeby, (desky, tyče, potrubí)
Epoxidové pryskyřice						
<u>Základní</u> CHS Epoxy 110 + F 1, 110 + F 3	EP	$\frac{42 \text{ až } 50}{}$	19	4		k laminování
<u>K odlévání</u> CHS Epoxy 2000 + F 1, CHS Epoxy 2000 + Beta		$\frac{46 \text{ až } 52}{30}$	40	4	O	slévárenské modely, lisovací nástroje, izolátory, zalévání cívek transformátorů
<u>Lepidla</u> Araldit B-HT 903		$\frac{60 \text{ až } 85}{}$	90(130)	4	O	lepidla, laky
Močovino-formaldehydové pryskyřice						
<u>Lisovací hmoty</u> Umalur U (Iporka) (Helan)	UF	$\frac{25}{}$	90	5	L, Zp Vr	výlisky spotřebního zboží, zvukové materiály

¹⁾ L – lisování, O – odlévání, Vs – vstřikování, Vr – vrstvení

TAB. 7: Příklady vybraných reaktoplastů (pryskyřic) s vlastnostmi důležitými pro základní orientaci při technických aplikacích

REAKTOPLASTY ELASTOMERY

Název, složení (obchodní název)	Zkratka	Pevnost v tahu ¹⁾ (MPa) tažnost (%)	Použitelnost do teploty (°C)	Hořlavost 1 až 6	Zpracování ²⁾	Vlastnosti; příklady použití
<u>Butadienstyrenový</u> kopolymer butadien-styren (Kralex)	S/B	$\frac{250}{450}$	100	2	L Vs Vy	odolnost proti stárnutí, neodolává nízkým teplotám, malá konfekční lepidlost; těsnění, manžety, kroužky O, pneumatiky, dopravníkové pásy
<u>Akrylonitrilový</u> kopolymer butadien-akrylonitril (Polysar krynac)	NBR	$\frac{250}{450}$	130	3	L Vs Vy	bezbarvý nebo žlutý, velká odolnost proti otěru, oleji, tepelnému stárnutí (nikoliv proti světlu); těsnící kroužky, hadice, těsnění Gufero, pružné podložky strojů, benzínové hadice
<u>Chloroprenový</u> polychloropren (Neoprene)	CR	$\frac{240}{450}$	130	5	L Vs Vy	částečně odolný proti olejům, elektricky vodivý, samozhášivý, odolný proti stárnutí; popryžovaný textil, spotřební zboží, lepidla, impregnace
<u>Butylkaučuk</u> kopolymer izobutylen-izopren (Polysar butyl)	IIR	$\frac{210}{600}$	150	2	Vs Vy	ochrana proti povětrnostním vlivům, nepropustnost pro plyny, dobrá korozivzdornost; směsi pro duše pneumatik, obklady kovových van, povlaky na ocelové součásti
<u>Silikonový</u> polydimetylsiloxan, polymetylvinylfenylsiloxan (Lukopren)	SI	$\frac{80}{250}$	180 trvale, 250 krátkodobě	3	O, L, Vs Vy	vysoká izolační schopnost, odolnost proti stárnutí teplem, světlem, ozonem, UV záření, páře, olejům, fyziologicky inertní, elektroizolační vlastnosti; pro chirurgické účely, izolace vodičů, teplovzdušná těsnění, hadičky
<u>Etylénpropylenový</u> terpolymer etylén + propylén + + nekonjugovaný dien	EPM EPDM	$\frac{250 \text{ až } 280}{500}$	150 ¹⁾ 120 ¹⁾	2	L Vs Vy	odolný proti korozním kapalinám, kyselinám, velmi odolný proti ozónu; těsnění, hadice, kabely, izolační folie, střešní krytiny

¹⁾ Při optimálním ztužení

²⁾ L – lisování, Vs – vstřikování, Vy – vytlačování, O – odlévání

Neoprene (polychloropren)

Jedná se o druh syntetické gumy vyráběné polymerizací chloroprenu. Neopren je pružný materiál ve velkém rozsahu teplot s dobrými tepelně izolačními vlastnostmi a dobrou chemickou odolností, využívá se buď jako pevná guma (tlumení vibrací) nebo ve formě velmi poddajného materiálu (ochranné oblečení pro vodní sporty). Na rozdíl od přírodní gumy nedegraduje vlivem UV záření.





Trojúhelník s nevyplněnými čarami označuje výrobky nebo obaly zhotovené z recyklovaných materiálů.

Naproti které



tomu trojúhelník s černými čarami je pro výrobce povinností vyplývající z normy ČSN 770052-2, podle musí být na výrobku vyznačeno, ze kterého materiálu je vyroben. Takové označení usnadňuje recyklaci. Neznamená to ale, že jej někdo skutečně recykluje, a nedává návod, co s ním má po použití udělat spotřebitel.

Číslo v trojúhelníku a písmena pod ním označují druh materiálu, přičemž různé materiály zatěžují životní prostředí různě. Z plastů je nejméně škodlivý polyetylén (PE, PE-HD, PE-LD), nejproblematičtější pak polyvinylchlorid (PVC).

Nejčastější čísla a zkratky u tříšipkových značek:

1	PET	polyethylen-tereftalát
2	PE-HD	(HDPE) polyethylen vysoké hustoty
3	PVC	polyvinylchlorid
4	PE-LD	(LDPE) polyethylen nízké hustoty
5	PP	polypropylen
6	PS	polystyren
7-19		ostatní druhy plastů

(patří do žlutých kontejnerů na plasty)



1 – PET (Polyethyléntereftalát)

„PETlahve – PETky“ jsou jen na jedno použití, mohou propouštět těžké kovy. Může uvolňovat acetaldehyd a znehodnotit obsah lahve. Existují bakterie, které umí tento materiál rozkládat.

2 – PE-HD (Polyetylén o vysoké hustotě)

Plast, který má nejnižší vyplachování škodlivin do tekutin.

3 – PVC (Polyvinylchlorid)

Plast, který je běžně používán ve všech odvětvích. Nebezpečná je jeho výroba, mohou unikat karcinogeny a toxické látky, stejně tak nízkoteplotní likvidace výrobků z PVC velmi zatěžuje prostředí toxiny a karcinogeny. Může obsahovat změkčovadla, která mohou uvolňovat do vody látky narušující funkci hormonů.

4 – LDPE (Polyetylén s nízkou hustotou - na „igelitky“)

Jedná se o relativně bezpečný materiál s minimálním uvolňováním škodlivých látek do prostředí.

5 – PP (Polypropylén – na kelímky k balení jogurtů etc.)

Za běžných teplot téměř neuvolňuje škodliviny

6 – PS (Polystyrén)

Chemická látka, která může uvolňovat karcinogeny - styren. Zákaz použití k balení potravin. Běžně se do polystyrénových obalů balí teplé jídlo ve fastfoodech ???

7 – PC (polykarbonát)

Uvolňuje Bisfenol (BPA propan-2,2-diyldifenol, C₁₅H₁₆O₂) .

Jedná se o nejsledovanější sloučeninu běžně používanou v potravinářství a třeba i na kojenecké lahve. Nejvýznamnější světové instituce zabývající se testováním vlivu chemických látek na životní prostředí vydávají zcela protichůdná prohlášení o jeho škodlivosti anebo neškodnosti. Dle mínění jedněch poškozují embrya během nitroděložního vývoje, kdy ovlivňuje vývoj prsní tkáně plodu a zvyšuje riziko výskytu rakoviny prsu v pozdějším věku, a také způsobuje úbytek spermií u mužů nebo má negativní účinky na fungování imunitního systému člověka. Studie druhých tvrdí, že Bisfenol je zcela neškodná látka a lze zcela bez následků používat plasty, které ji obsahují.

Hlavní typy polymerů

ABS (AKRYLONITRIL, BUTADIEN A STYREN)

ASA (AKRYLONITRIL, STYREN A AKRYLÁTY)

SBR (BUTADIEN STYRENOVÝ KAUČUK)

CA (ACETÁT CELULOSY)

EP (EPOXIDOVÉ PRYSKYŘICE)

E/P (KOPOLYMER ETHYLENUA PROPYLENU)

EPDM (ETHYLEN-PROPYLENOVÝ KAUČUK S DIENEM)

EVA (KOPOLYMER ETHYLEN-VINYLCETÁT)

SI (SILIKON)

UF (MOČOVINOFORMALDEHYDOVÁ PRYSKYŘICE)

MF (MELAMINOFORMALDEHYDOVÁ PRYSKYŘICE)

HDPE (POLYETHYLEN O VYSOKÉ HUSTOTĚ)

LDPE (POLYETHYLEN O NÍZKÉ HUSTOTĚ)

LLDPE(POLYETHYLEN O NÍZKÉ HUSTOTĚ S LINEÁRNÍ STRUKTUROU)

PA (POLYAMIDY)

PAN (POLYAKRYLONITRIL)

PC (POLYKARBONÁTY)

PET (POLYETHYLENTEREFTALÁT)

PF (FENOLFORMALDEHYDOVÁ PRYSKYŘICE)

POP (POLYFENYLENOXID)

PP (POLYPROPYLEN)

PS (POLYSTYREN)

PUR (POLYURETAN)

PVC (POLYVINYLCHLORID)

UP (NENASYCENÁ POLYESTEROVÁ PRYSKYŘICE)