

9. PLASTY

Plasty definuje STN 64 0001 ako materiály, ktorých podstatu tvoria makromolekulové látky (makromolekuly prírodných alebo syntetických zlúčenín) a ktoré možno formovať do požadovaného tvaru teplom alebo tlakom, prípadne pôsobením oboch faktorov súčasne.

Plasty sú konštrukčné materiály, ktoré možno aplikovať:

- priamo (konštrukčné aplikácie) - ozubené kolesá, ložiská, vaky, skrutky, tesnenia a pod.;
- nepriamo ako materiál na antikoróziu ochranu konštrukcií, resp. pre povrchovú úpravu (ochranné aplikácie) - obaloviny, vrstvené materiály a pod.

9.1 Všeobecné poznatky

Makromolekulárne látky (polyméry) vznikajú polyreakciami. Sú to v podstate opakujúce sa hromadné alebo násobné chemické reakcie východiskových nízkomolekulových chemických zlúčenín - monomérov. *Monomér* definuje STN 64 0001 ako jednoduchú zlúčeninu, z ktorej možno polyreakciou pripraviť polymér. Príkladom monoméru je etylén ($H_2C = CH_2$). *Polymér* definuje STN 64 0001 ako makromolekulovú látku vznikajúcu polyreakciami. Polymérmí sú preto nielen makromolekulové látky vznikajúce polymerizáciou, ale aj inými polyreakciami. *Kopolymér* je makromolekulárna látka, ktorá vznikne z dvoch alebo viac monomérov.

Pri tvorbe názvov polymérov sa používa predpona "poly", ku ktorej sa pripojí názov monoméru.

Napr.:	Predpona	Monomér		Polymér
	poly	+ etylén	=	polyetylén
	poly	+ styren	=	polystyrén

Názov reaktoplastov tvorí dvojica slov "živica" a názov monoméru, napr. polyesterová živica, epoxidová živica a pod. Ďalšou možnosťou sú pôvodné názvy v prírode sa vyskytujúcich polymérov, napr. kaučuk, celulóza, bielkoviny a pod. [22, 23].

Mnohé názvy plastov, problémové pre svoje dlhé znenie [180], sa často nahrádzajú medzinárodne platnými skratkami (je ich asi 150), ktoré sú uvedené v norme STN 64 0002.

Skratky niektorých u nás najčastejšie používaných druhov plastov sú uvedené v tab. 9.1.

Tab. 9.1

Skratky najčastejšie používaných plastov podľa STN 64 0002

Skratka	Názov	Skratka	Názov
PE	polyetylén	PP	polypropylén
PS	polystyrén	PC	polykarbonát
PVC	polyvinylchlorid	PA	polyamid
PUR	polyuretán	SI	silikóny
PMMA	polymetylmetakrylát	EP	epoxidová živica
PTFE	polytetrafluóretylén	PVAC	polyvinylacetát
CA	acetát celulózy	CS	kazeín
EC	etylcelulóza	PVF	polyvinylfluorid
DNA	kyselina dezoxiribonukleová	PO	polyolefíny
RNA	kyselina ribonukleová	PVAL	polyvinylalkohol
SB	kopolymér styrénu a butadiénu	PF	fenolformaldehydové živice

Každý konštrukčný plast je v podstate zmesou niekoľkých látok. *Spojivo*, základná makromolekulová látka tvoriaca plast (polyetylén, polyamid a pod.), je nositeľom fyzikálno-mechanických vlastností plastu ako celku. Okrem spojiva sú vždy potrebné ďalšie *prísady*, ktoré ovplyvňujú výsledné mechanické, technologické, chemické a fyzikálne vlastnosti plastov.

Za účelom priaznivo ovplyvniť niektoré úžitkové vlastnosti plastu (zvýšenie mechanických vlastností, chemickej odolnosti a pod.) alebo z dôvodov zníženia ceny finálneho materiálu a teda aj ceny finálneho výrobku z plastu sa pridávajú *plnivá*. Rozdeľujú sa na:

- vystužujúce - najčastejšie v tvare vlákien (sklené, uhlíkové, bórové a pod.);
- nevystužujúce - vo forme práškov (rôzne anorganické múčky, kaolín, kremeň a pod.).

Plasty obsahujúce plnivá sú v podstate kompozity (pozri kap. 8.2).

Ďalšie druhy prísad možno rozdeliť na:

- stabilizátory - pri spracovaní, používaní a pod. stabilizujú pôvodné úžitkové vlastnosti polymérov, t. j. napr. UV stabilizátory zabezpečujú stálosť kvality plastov pri pôsobení ultrafialového žiarenia, antioxidanty pri pôsobení kyslíka, retardéry horenia;
- zmäkčovadlá - v množstve od 5 do 50 % sa pridávajú za účelom súčasného zvýšenia plasticity aj húževnatosti plastov;
- farbivá - najčastejšie v podobe farebných práškov (pigmenty) alebo oxidov kovov dodávajú plastom požadovaný odtieň farby.

Farebnosť výrobkov z plastov môže mať rôzny účel:

1. rôzny stupeň transparentnosti od dokonalej priehľadnosti až po úplnú nepriehľadnosť;
 2. komerčnosť výrobkov prostredníctvom psychológie vplyvu vnímania rôznych farieb;
 3. výstražná identifikácia (napr. červená, resp. žltá-zelená farba krytov a iných ochranných prvkov vyrobených z plastov);
 4. identifikácia za účelom nezameniteľnosti materiálu - plastu niektorých častí strojov;
 5. identifikácia rôznej kvality výrobkov z plastov (napr. rôzna farebnosť rúrok a rúr z PVC);
 6. výstražná identifikácia prepravovaného média vo výrobkoch z plastov (napr. žltá farba rúr pre prepravu a rozvod plynu).
- mazivá - ovplyvňujú technologické vlastnosti, t. j. napr. zlepšujú tokové vlastnosti taveniny pri vstrekaní alebo vytlačení plastov (vosky, stearín, zriedkavejšie kvapalné oleje);
 - ďalšie prísady špeciálneho určenia - zabezpečujúce splnenie požiadaviek na unikátne vlastnosti výrobkov z plastov.

Klasifikácia plastov. Plasty zvyčajne rozdeľujeme *podľa správania sa voči teplu resp. zaťaženiu* [26]. Podľa správania sa pri pôsobení tepla poznáme:

- Termoplasty (plastoméry) - polyméry s plasticitým, resp. termoplastickým správaním sa, ktoré pôsobením tepla (do určitej teploty) vždy zmäknú a chemicky sa v podstate nemenia, napr.: polyetylén, polyamidy, polymetylmakrylát, polyvinylchlorid a iné.

- Reaktoplasty (duroméry) - polyméry používané vo vytvrdenom stave, ktoré po prvom pôsobení tepla stvrdnú a následkom tejto chemickej premeny sa stávajú nerozpustné a netaviteľné, napr.: fenol, krezol, močovina, epoxidové živice a iné.

Podľa správania sa pri zaťažení rozdeľujeme plasty na:

- Plastoméry - za normálnych teplôt prebieha ich deformácia zvyčajne nevratne, napr.: polystyrén, polyamidy, polyvinylchlorid a iné.
- Elastoméry - pri použití sú pružné - elastické, za normálnych teplôt prebieha ich deformácia vratne v pomerne širokom rozsahu predĺžení. Sú to zvyčajne kaučuky a gumy [171], napr.: polybutadién, polyizobutylén, silikón a iné.

Podľa východiskových surovín plasty rozdeľujeme na:

- Plasty vyrobené z prírodných makromolekulových látok, napr.: kaučuk, etylcelulóza, umelá rohovina a iné.
- Plasty vyrábané synteticky z jednoduchých nízkomolekulových zlúčenín, napr.: polyetylén, polyvinylchlorid, silikóny, fluoroplasty a iné.

Podľa charakteru polyreakcií plasty rozdeľujeme na:

- Polykondenzáty - vznikajúce polykondenzáciou, pri ktorej sa zlučujú monoméry rôzneho druhu pri súčasnom odštepovaní nízkomolekulového produktu (vody, amoniaku a pod.), napr.: fenolové a krezolové živice, aminoplasty a iné.
- Polymeráty - vznikajúce polymerizáciou, pri ktorej sa zlučujú monoméry rovnakého druhu do väčších celkov reťazovým mechanizmom bez vzniku vedľajšieho produktu. Podľa použitej polymerizačnej techniky existuje polymerizácia bloková, roztoková, emulzná a suspenzná, pričom k rozbehnutiu tejto reakcie treba systému dodať aktivačnú energiu napr. prostredníctvom iniciátorov či tepla. Napr.: polyetylén, polypropylén, polyvinylchlorid a iné.
- Polyadukty - vznikajúce polyadáciou, pri ktorej sa zlučujú monoméry rôzneho druhu, keď vzniklá makromolekula sa chemickou stavbou líši od východzích monomérov, bez odštepovania vedľajšieho nízkomolekulového produktu, napr.: polyuretány a iné.

Mechanické vlastnosti plastov. Vyplývajú z vnútornej stavby plastov, najmä druhu, veľkosti a tvaru makromolekúl, stupňa pohyblivosti reťazcov makromolekúl.

Pri použití akéhokoľvek materiálu je rozhodujúce, ako reaguje na pôsobenie vonkajšej zaťažujúcej sily v širokom rozsahu podmienok, napr. pri rôznej teplote, pri rôznej dobe namáhania a pod. Kovové materiály sa deformujú čisto elasticky (v zmysle platnosti Hookovho zákona) do medze úmernosti, pričom veľkosť vzniknutej deformácie je prakticky časovo nemenná. Naproti tomu deformácie plastov, vznikajúce už pri malých napätiach, sú významne závislé od času. Príčinou sú súčasne prebiehajúce elastické aj viskózne deformačné pochody, ktoré sa podľa štruktúrneho usporiadania plastu a teploty prejavujú rôzne [25, 184]. Pri nízkych teplotách a krátkych časoch sa plasty správajú ako látky elastické, pri dlhých časoch pôsobenia zaťažujúcej sily ako látky viskózne.

Z vyššie uvedeného vyplýva, že mechanické správanie sa plastov má jednu zvláštnosť, ktorú nemajú kovové materiály, že je závislé od času namáhania. Pre správanie sa plastov, pri pôsobení vonkajšej zaťažujúcej sily, existuje ekvivalencia čas - teplota. Dlhé časy namáhania pôsobia podobne ako vyššie teploty a naopak.

Termomechanická krivka. Plasty, v závislosti od teploty, sa môžu vyskytovať v troch fyzikálnych stavoch:

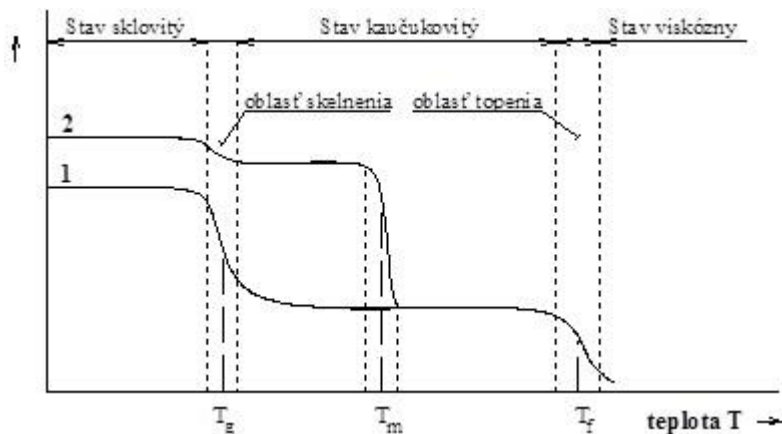
1. sklovitý (krehký, tvrdý) - stav makromolekulovej látky pod teplotou sklovitého prechodu;
2. kaučukovitý (elastický, pružný) - stav, v ktorom sa polymérna hmota ľahko deformuje už malým napätím; táto deformácia je do značnej miery vratná;
3. viskózne tekutý (husto tekutý, plastický) - stav, kedy začína samovoľný viskózny tok.

Medzi týmito stavmi existujú prechodové teploty, pri ktorých sa podstatne menia fyzikálne aj mechanické vlastnosti plastov.

Pokiaľ kovové materiály majú prechodovú teplotu len jednu, plasty majú tri prechodové teploty:

- T_g - teplota sklovitého prechodu - teplota medzi kaučukovitým a sklovitým stavom ; charakterizuje amorfné polyméry;
- T_m - teplota tavenia kryštálov - teplota, pri ktorej kryštalické objemy polyméru, pri stúpajúcej teplote, prechádzajú do amorfného stavu;
- T_f - teplota vzniku viskózneho toku - začiatok samovoľného viskózneho toku - začiatok tečenia materiálu,

ktoré vymedzujú oblasť použiteľnosti konkrétneho plastu, pozri obr. 9.1.



Obr. 9.1. Termomechanická krivka lineárnych polymérov: 1 - polymér s nižším stupňom sieťovania; 2 - polymér s vyšším stupňom sieťovania

Pri plastoch, v porovnaní s kovovými materiálmi, nachádzame medzi stavom sklovitým a viskózne tekutým nový stav - kaučukovitý, kedy sa plasty ľahko deformujú už malým zaťažením. V kaučukovitej oblasti sa mení trvalá deformácia so stúpajúcou teplotou len málo.

V blízkosti teploty T_f však ohrev vedie k výraznejšiemu rastu deformácie, pretože sa začína uplatňovať nevratná deformácia - začína viskózný tok. Pri vyšších teplotách polymér tečie podobne ako viskózna (hustá) kvapalina.

Aj termomechanické krivky amorfných a kryštalických polymérov sa navzájom líšia:

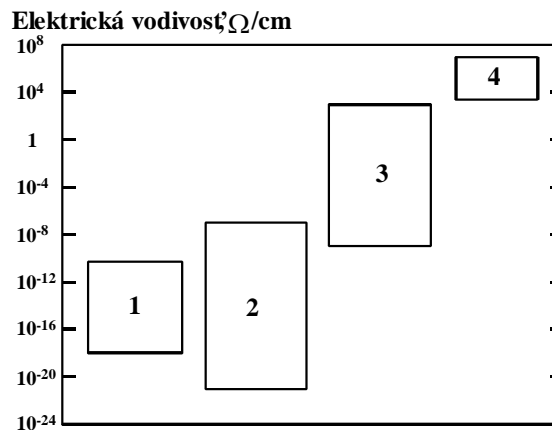
- amorfné polyméry charakterizujú dve prechodové teploty T_g a T_f , ktoré teplotne vymedzujú kaučukovitý stav;
- kryštalické polyméry majú v porovnaní s amorfnými užší teplotný interval kaučukovitého stavu, resp. vôbec nemajú oblasť kaučukovitého stavu.

Kaučukovitý stav je teda vymedzený pri kryštalických polyméroch intervalom teplôt $T_m - T_f$. Ak je bod tavenia kryštálov nad teplotou T_f , potom polymér prechádza z tuhého stavu priamo do stavu viskózne-tekutého - do "taveniny".

Fyzikálne vlastnosti plastov. K významným fyzikálnym vlastnostiam polymérov z hľadiska spracovateľských a aplikačných vlastností výrobkov patria:

- tepelné vlastnosti (tepelná kapacita, tepelná vodivosť a iné);

- elektrické vlastnosti (elektrická vodivosť a pevnosť, dielektrické vlastnosti a iné);
- optické vlastnosti;
- magnetické vlastnosti.



Obr. 9.2. Rozdelenie technických materiálov do skupín podľa elektrickej vodivosti:
 1 - polymérne materiály; 2 - keramické materiály; 3 - polovodičové materiály;
 4 - kovové materiály

Tepelné vlastnosti plastov. Pre použitie plastov ako konštrukčného materiálu sú najvýznamnejšie nasledovné tepelné vlastnosti:

- tepelná rozťažnosť;
- tepelná vodivosť;
- horľavosť.

Koeficient lineárnej teplotnej rozťažnosti plastov je väčší než u kovov (napr. polyetylén má až 18 x väčší koeficient lineárnej teplotnej rozťažnosti ako oceľ obvyklých akostí), čo treba zohľadniť najmä pri zostavovaní rozvodových systémov chladených alebo ohriatych médií.

Termoplasty a reaktoplasty bez plnív majú porovnateľnú tepelnú vodivosť, tepelná vodivosť plastov je v porovnaní s kovmi približne o tri až štyri rády nižšia. Táto skutočnosť je na jednej strane veľkou prednosťou plastov - plasty (najmä ľahčený polystyrén, resp. polyuretán) sú výbornými tepelnými izolátormi napr. rozvodových systémov chladených alebo ohriatych médií,

nesmie sa ale zanedbať v technológiách spracovania plastov - ohrev a ochladzovanie výrobkov z plastov.

Horľavosť plastov je podľa STN 64 0755 schopnosť plastov k zapáleniu pomocou plameňa a k ďalšiemu horeniu, pričom ale podľa STN 73 0760 nemožno ani jeden druh plastu považovať za nehorľavý.

Z hľadiska horľavosti rozlišujeme plasty:

- horľavé - trvalo horia nielen v plameni, ale aj po vybratí z neho;
- samozhášavé - horia len v plameni, mimo neho po krátkom čase zhasínajú;
- ťažkohorľavé - v plameni nehoria, ale uhoľnatejú alebo rozkladajú sa. Ich plynné splodiny sú tiež nehorľavé.

Odolnosť proti horeniu je z dôvodu bezpečnosti vždy treba posúdiť, najmä v elektrotechnike, stavebníctve, pri prevádzke za vysokých teplôt (letecké a raketové motory) a pod. V konkrétnych prípadoch však sklon ku vznieteniu a spôsob horenia nezávisia iba od vlastností plastu, ale aj od tvaru výrobku, hrúbky jeho steny, prístupu vzduchu, odvodu tepla a pod. Horľavosť sa dá znížiť prísadou retardéru horenia.

Elektrické vlastnosti plastov. Plasty sú elektricky nevodivé materiály - izolanty. Ich izolačný odpor je priamo závislý od elektrostatického náboja - čím je izolačný odpor väčší, tým ľahšie sa plasty nabíjajú.

Podľa schopnosti k polarizácii možno plasty rozdeliť do dvoch skupín:

- polárne (PA, PVC, PMMA a iné);
- nepolarizovateľné - nepolárne (PE, PP, PTFE, PS a iné).

Optické vlastnosti plastov. Väčšina plastov, pokiaľ neobsahuje rôzne prísady, dobre prepúšťa svetlo. Na priepustnosť svetla má vplyv hrúbka predmetov a vnútorná stavba plastov. Niektoré plasty pod napätím vykazujú dvojlom, čoho sa využíva vo fotoelasticimetrii. Znehodnotenie sa prejavuje zmenou farby, stratou lesku, vznikom trhliniek, zhoršením mechanických a elektrických vlastností a iné.

Magnetické vlastnosti plastov. Organické magnetiká (magnetopolyméry) sú materiály pozostávajúce z magnetického plnidla v polymérnej matici, ktoré sa vyznačujú feromagnetickými vlastnosťami.

Delíme ich na:

- kompaktné organické magnetiká - organické polyméry, v ktorých pomocou vhodných prímiesí možno narušiť vykompenzovanie spinových magnetických momentov v molekulách polymérov a súčasne dosiahnuť

magneticky usporiadaný stav. Označujeme ich ako prirodzené organické magnetiká. Sú v štádiu teoretického a experimentálneho skúmania;

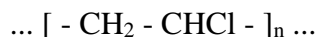
- kompozitné organické magnetiká - pozostávajú z dvoch základných zložiek; z magnetického prášku - plnidla (Alnico, SnCO₅, Sr ferit, Ba ferit) zapracovaného do nemagnetickej polymérnej matrice (polyvinylchlorid, kaučuk, polyamidy, polyetylén, polypropylén, polystyrén, fenolové a polyesterové živice). Označujeme ich ako nevlastné (nepravé) organické magnetiká.

Chemické vlastnosti plastov. Vplyv chemikálií na plasty sa prejaví väčšinou zmenou hmotnosti (prírastkom, resp. úbytkom počas napučievania, resp. rozpúšťania), poklesom pevnostných charakteristík (pevnosti, modulu pružnosti, ťažnosti), zmenou farby a pod. [24].

9.2 Termoplasty

Termoplasty sú polymérne materiály, ktoré pôsobením tepla zmäknú, chemicky sa pri tomto prechode nemenia, a po ochladení znova stvrdnú, resp. nadobudnú požadovaný tvar. Aj keď sa odhaduje, že denne vedci vytvoria 1 až 5 nových termoplastov, mnohé z nich nemožno prakticky využiť vzhľadom na ich vlastnosti, veľmi náročnú technológiu výroby alebo vysokú cenu [172, 174, 176, 177]. Preto v ďalšom texte sú uvedené iba niektoré z termoplastov - tie, ktoré našli svoje trvalé miesto v konkrétnych aplikáciách [165].

Polyvinylchlorid (PVC, amorfný termoplast)



je jednou z najznámejších a najpoužívanejších plastických hmôt. Pri určitej ťažnosti získava PVC kryštalickú štruktúru. Jeho relatívna molekulová hmotnosť je 100 000 až 200 000. Vyrába sa polymerizáciou z ropných surovín z etylénu a chlóru v dvoch základných typoch – tvrdý PVC (používa sa najmä ako konštrukčný materiál v tvare dosiek, fólií, na potrubia, okenné rámy a pod.) a mäkký PVC (na výrobu koženky a podlahovín).

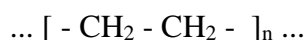
Pri normálnej teplote je PVC chemicky stály a dobre odoláva väčšine kyselín a lúhov. Za normálnej teploty je dostatočne tuhý a tvrdý, pri teplotách 60 až 80 °C mäkne a dá sa ľahko tvarovať. Pri ďalšom ohreve nad 100 °C sa rozkladá za uvoľňovania jedovatého fosgénu.

V tab.9.2 sú uvedené vybrané fyzikálne vlastnosti polyvinylchloridu.

Tab.9.2

Vybrané fyzikálne vlastnosti polyvinylchloridu

Vybrané fyzikálne vlastnosti polyvinylchloridu	PVC
Merná hmotnosť kg/m ³	1380 – 1400
Pevnosť v ťahu, MPa	40 – 90
Ťažnosť, %	5 – 53
Modul pružnosti v ťahu, MPa	600 – 1200
Teplota topenia, °C	150

Polyetylén (PE , kryštalický termoplast)

je najznámejším predstaviteľom polyolefínov. Vyrába sa polymerizáciou etylénu, ktorý je vedľajším produktom pri rafinácii ropy.

Tzv. nízkotlakový polyetylén lPE obsahuje prevažne lineárne reťazce, dosahuje až 90 % kryštalinity a má o niečo vyššiu pevnosť, mernú hmotnosť aj teplotu topenia než vysokotlakový polyetylén rPE, tvorený prevažne rozvetvenými reťazcami makromolekúl, ktorých prepletenie limituje dosažiteľný stupeň kryštalinity do 60 %. Jeho relatívna molekulová hmotnosť je 18 000 až 55 000.

V tab.9.3 sú uvedené vybrané fyzikálne vlastnosti polyetylénu.

Tab.9.3

Vybrané fyzikálne vlastnosti polyetylénu

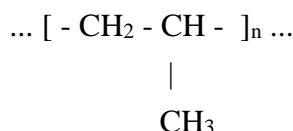
Vybrané fyzikálne vlastnosti polyetylénu	Nízkotlakový lPE	Vysokotlakový rPE
Merná hmotnosť, kg/m ³	950 – 970	900 – 950
Pevnosť v ťahu, MPa	18,5 – 29,0	8,5 – 10,0
Ťažnosť, %	16 – 20	80 – 100
Modul pružnosti v ťahu, MPa	600 – 1400	150 – 500
Teplota topenia, °C	125 – 145	110 – 115

Polyetylén je chemicky pomerne vysoko inertný a fyziologicky nezávadný. Pri normálnej teplote je nerozpustný vo všetkých bežných rozpúšťadlách. Má výborné dielektrické vlastnosti. Na vzduchu, najmä v dôsledku

slniečného žiarenia starne – táto degradácia vlastností sa prejaví poklesom húževnatosti a elektroizolačných vlastností.

Polyetylén možno miešať s mnohými ďalšími polymérmi, ako napr. prírodným aj syntetickým kaučukom, polystyrénom, polyizobutylénom, gutaperčou a pod. za účelom zvýšenia jeho elasticity pri zachovaní jeho chemickej odolnosti. Najrozšírenejšími výrobkami sú fólie, výlisky, vlákna, dosky, trubky, fľaše a obaloviny.

Polypropylén (PP , kryštalický termoplast)



podobne ako polyetylén patrí do skupiny polyolefínov. Základný monomér – propylén, získaný z odpadových rafinérnych plynov, zemného plynu a kvapalných uhlíkovodíkov, sa vyrába polymerizáciou polypropylénu v prítomnosti stereošpecifických katalyzátorov. Polypropylén dosahuje až 95 % kryštalinity. Jeho relatívna molekulová hmotnosť je 40 000 až 60 000.

V tab.9.4 sú uvedené vybrané fyzikálne vlastnosti polypropylénu.

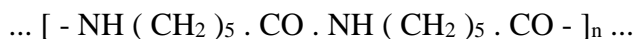
Tab.9.4

Vybrané fyzikálne vlastnosti polypropylénu

Vybrané fyzikálne vlastnosti polypropylénu	PP
Merná hmotnosť, kg/m ³	900 – 910
Pevnosť v ťahu, MPa	30
Ťažnosť, %	700
Modul pružnosti v ťahu, MPa	1100 – 1600
Teplota topenia, °C	80 – 90

Polypropylén má v dôsledku jeho veľmi pravidelnej kryštalickej štruktúry výborné mechanické vlastnosti, ktoré ale závisia od druhu stereoizoméru. Jeho odolnosť voči všetkým bežným rozpúšťadlám je väčšia než pri polyetyléne. Polypropylén možno modifikovať s inými polymérmi ako napr. etylénom za účelom zvýšenia jeho farbitelnosti, rázovej a vrubovej húževnatosti a pod. výliskov interiéru vozidiel, prístrojových dosiek a krytov rôznych spotrebičov a pod.

Polyamid (PA , lineárny kryštalický termoplast)



nazývaný tiež nylon, silon a pod. sa vyrába zvyčajne ako kopolymér troch rôznych základných typov. Vlastnosti polyamidov vyplývajú z ich chemického zloženia, lineárnosti a symetrie stavby ich makromolekúl, veľkosti a charakteru medzimolekulových väzieb, a s tým súvisiacou schopnosťou tvoriť kryštalinické a orientované oblasti.

PA-6 aj PA-66 majú 6 uhlíkových atómov v pôvodných monoméroch, líšia sa navzájom spôsobom výroby a v menšej miere aj niektorými mechanickými vlastnosťami a navlhavosťou (sorbcia vody je nižšia u PA-66).

V tab. 9.5 sú uvedené vybrané fyzikálne vlastnosti polyamidu.

Tab.9.5

Vybrané fyzikálne vlastnosti polyamidu

Vybrané fyzikálne vlastnosti polyamidu	PA-6	PA-66
Merná hmotnosť, kg/m ³	1120	1130
Pevnosť v ťahu, MPa	61,5	70,0
Ťažnosť, %	300	100 – 120
Modul pružnosti v ťahu, MPa	1300	1700
Teplota topenia, °C	215	250 – 255

Polyamidy majú vynikajúce mechanické vlastnosti, sú pevné a tuhé, ich vlákna možno orientovať. Sú málo priesvitné, fyziologicky nezávadné a majú nízky súčiniteľ trenia. Elektroizolačné vlastnosti PA a pevnosť v ťahu veľmi ovplyvňuje jeho hygroskopickosť. Rozpustnosť je pomerne dobrá. Zrnitý polyamid možno ďalej spracovať vstrekaním, vytlačáním, lisovaním a valcovaním na vlákna, bloky, fólie, pásy a iné pre textilný, elektrotechnický a strojársky priemysel. PA sa používa v medicíne na výrobu implantátov niektorých orgánov a kostí. Možno ho spájať lepením, vysokofrekvenčným zvarovaním, teplom i plameňom. Odpad z polyamidov možno veľmi úspešne recyklovať.

Polymetylmetakrylát (PMMA, lineárny amorfný termoplast), čiže organické sklo, sa vyrába pomerne zložitým spôsobom viacerými technológiami, napr. polymerizáciou blokovou (dosky, tyče), suspenznou

(vstrekovacie granuláty, dvojzložkové zalievacie hmoty pre dentálnu techniku) a roztokovou (prášky), vytlačovaním a iné. Jeho relatívna molekulová hmotnosť je podľa technológie výroby 90 až 3 000 000.

V tab. 9.6 sú uvedené vybrané fyzikálne vlastnosti polymetylmetakrylátu.

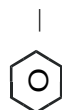
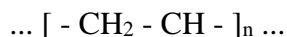
Tab.9.6

Vybrané fyzikálne vlastnosti polymetylmetakrylátu

Vybrané fyzikálne vlastnosti polymetylmetakrylátu	PMMA
Merná hmotnosť, kg/m ³	1180 – 1190
Pevnosť v ťahu, MPa	40 – 84
Ťažnosť, %	3 – 7
Modul pružnosti v ťahu, MPa	2800 – 3300
Teplota topenia, °C	105 – 125

PMMA je bezfarebný priehľadný materiál s výbornými optickými vlastnosťami, dobrou pevnosťou a húževnatosťou, vysokou nárazuvzdornosťou. Chemicky je odolnejší než polystyrény, zohľadňovať treba navlhavosť a jej vplyv na rozmery. Z PMMA sa vyrábajú chemické aparátúry, bezpečnostné sklá, kryty svietidiel, zalievacie a náterové hmoty, izolačné povlaky a iné.

Polystyrén (PS , termoplast sklovitého charakteru)



sa vyrába polymerizáciou styrénu štyrmi rôznymi spôsobmi (polymerizácia bloková, roztoková, emulzná a suspenzná), pričom vznikne polymér styrénu vždy s inými vlastnosťami [178]. Podľa dosiahnutého polymerizačného stupňa sa používajú rôzne technológie výroby polyméru styrénu :

Polymerizačný stupeň	do 100 000	do 180 000	do 370 000	do 800 000
Použitie a spracovanie	priesvitné laky	možno vstrekovať	vstrekovanie a výroba fólií	vytláčovanie

Štandardný polystyrén má výbornú priehľadnosť, povrchovú tvrdosť a lesk. Z hľadiska pomeru pevnosť/cena je jedným z najvýhodnejších plastov. Najdôležitejšie sú ale jeho dielektrické vlastnosti, najmä odolnosť voči vysokým frekvenciám.

V tab. 9.7 sú uvedené vybrané fyzikálne vlastnosti štandardného polystyrénu.

Tab. 9.7

Vybrané fyzikálne vlastnosti štandardného polystyrénu

Vybrané fyzikálne vlastnosti štandardného polystyrénu	PS
Merná hmotnosť, kg/m ³	1030 – 1080
Pevnosť v ťahu, MPa	28 – 50
Ťažnosť, %	8 – 35
Modul pružnosti v ťahu, MPa	600 – 1200
Teplota topenia, °C	70 – 90

Polystyrén sa veľmi dobre farbí, chemickú odolnosť má významnejšiu iba proti olejom a tukom. Z hľadiska ceny najčastejšie vyrábaný blokový polystyrén sa používa na nenáročné obalové výrobky v potravinárskom priemysle, nenamáhané časti elektrických prístrojov, ozdoby a iné. Pretože polystyrén je lacný a možno ho dobre spracúvať, hľadali sa cesty zlepšenia jeho mechanických vlastností. Výsledkom sú napr. polystyrén plnený krátkymi sklenenými vláknami, AS kopolymér t. j. akrylonitril-styrén, kopolymér styrénu s butadiénom – butadiénstyrén BS, ABS kopolymér, MBS terpolymér a iné.

BS kopolyméry patria medzi húževnaté polystyrény, v porovnaní so štandardným polystyrénom sa vyznačujú dobrou pevnosťou v ťahu i tvrdosťou, majú zvýšenú odolnosť voči rázom, vrubovú húževnatosť, odolnosť proti nízkym teplotám. Spracúvajú sa vstrekaním (súčasťou prístrojov), vyfukovaním (nádoby, kontajnery), vytlačovaním (dosky na neskoršie vákuové tvarovanie korpusov chladničiek, autodisky, aplikácie pre nábytkársky priemysel a výzdobu interiérov) a iné [179].

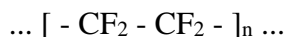
AS kopolyméry sú v porovnaní s BS kopolymérami transparentné, okrem vrubovej húževnatosti majú lepšie mechanické vlastnosti, vyššiu tvrdosť, vynikajúci lesk. Možno ich ľahko lepiť, zvärať ultrazvukom, sú vhodné aj pre tenkostenné výrobky. Z AS kopolyméru sa zhotovujú náročné diely

audio a video techniky, automobilov, bižutéria, obaly pre potravinársky, farmaceutický a kozmetický priemysel.

ABS kopolyméry sa vyznačujú predovšetkým vynikajúcou húževnatosťou aj pri veľmi nízkych teplotách, veľmi dobrou tepelnou odolnosťou a iné. Možno ich jednoducho galvanicky pokovovať. Z typických aplikácií je najatraktívnejšia výroba celoplastových karosérií áut a rôznych dopravných prostriedkov, potrubia, elektrospotrebiče a iné.

MBS terpolyméry majú v porovnaní s ABS typmi vyššiu priehľadnosť a lesk, povrchovú tvrdosť a ostatné mechanické charakteristiky majú nižšie. Chemickú odolnosť majú veľmi dobrú, vrátane odolnosti proti masťom a benzínu, dobre odolávajú UV žiareniu.

Polytetrafluóretylén (PTFE , lineárny vysokokryštalický termoplast)



nazývaný tiež teflon, je jedným z fluoroplastov. Vyrába sa polymerizáciou v prítomnosti katalyzátorov.

V tab.9.8 sú uvedené vybrané fyzikálne vlastnosti polytetrafluóretylénu.

Tab.9.8

Vybrané fyzikálne vlastnosti polytetrafluóretylénu

Vybrané fyzikálne vlastnosti polytetrafluóretylénu	PTFE
Merná hmotnosť, kg/m ³	2100 – 2210
Pevnosť v ťahu, MPa	30 – 40
Ťažnosť, %	20 – 200
Modul pružnosti v ťahu, MPa	400
Teplota topenia, °C	327

PTFE sa vyznačuje vysokou tepelnou stabilitou a dobrou tvárnosťou aj pri veľmi nízkych teplotách. Chemicky je veľmi stály, vykazuje výborné izolačné vlastnosti a má nízky koeficient trenia. Aj keď spracovanie PTFE nie je jednoduché, má veľmi široké použitie v strojárstve (ložiská s celoživotnou garanciou prevádzky bez potreby mazania), v elektro-technike, stavebníctve i v chemickom priemysle.

Polykarbonát (PC, lineárny termoplast) patrí k najnovším typom termoplastov a svojimi mechanickými vlastnosťami sa približuje farebným kovu. Po vystužení, napr. sklenenými vláknami, polykarbonáty ich dokonca

predčia. Relatívna molekulová hmotnosť PC je 25 000 až 200 000, kryštalický podiel je relatívne malý.

V tab. 9.9 sú uvedené vybrané fyzikálne vlastnosti štandardného polykarbonátu.

Tab.9.9

Vybrané fyzikálne vlastnosti štandardného polykarbonátu

Vybrané fyzikálne vlastnosti štandardného polykarbonátu	PC
Merná hmotnosť, kg/m ³	1380
Pevnosť v ťahu, MPa	73
Ťažnosť, %	300
Modul pružnosti v ťahu, MPa	2400
Teplota topenia, °C	230

PC majú vysokú odolnosť voči vyšším ale aj nízkym teplotám, sú vysoko transparentné, samozhášavé s teplotou vzplanutia vyše 500 °C, pri horení sú netoxické. Chemicky sú veľmi stále, málo navlhajú. Možno ich dobre spracovať vstrekom, vytlačovaním a vyfukovaním. Sú vhodné pre elektrotechniku (cievky, kondenzátory, špeciálne koncovky), strojárstvo (cievky pre textilné stroje, autodiely), chemický priemysel (časti chemických aparátov, špeciálne chemické nádoby), domáce potreby (telesá elektrospotrebičov, hračky, pravítka), obalovú techniku a iné. Pre svoju indiferentnosť k organizmom a schopnosti sterilizácie horúcou parou sú vhodné pre lekárske účely (časti prístrojov, injekčné striekačky, obaly sond).

Polyuretán (PU , lineárny až sieťovaný termoplast)



sa podľa štruktúry a polymerizačného stupňa spracúva na vlákna, fólie, kaučuky, vstrekovacie hmoty, lepidlá a iné výrobky, ako aj na mäkké, tvrdé i penové ľahčené hmoty (molitan). Vlastnosti PU sú preto veľmi závislé od jeho štruktúry.

PU sa spracúvajú predovšetkým vstrekom a lisovaním. Používajú sa v elektrotechnike (výroba cievok, konektory), v konštrukcii strojov (ozubené kolieska, tesnenia), v nábytkárstve (čalúnenie), v priemyselnej a bytovej výstavbe, pri stavbe lodí, lietadiel a rakiet (izolácia tepelná i hluková), pri výrobe lepidiel a iné. Sú vhodné aj pre výrobu špeciálnych vrstvených materiálov typu kov-plast-sklo, kov-plast-guma a iné.

V tab.9.10 sú uvedené vybrané fyzikálne vlastnosti polyuretánu.

Tab.9.10

Vybrané fyzikálne vlastnosti polyuretánu

Vybrané fyzikálne vlastnosti polyuretánu	PU
Merná hmotnosť, kg/m ³	50 – 200
Pevnosť v ťahu, MPa	300 – 600
Ťažnosť, %	15 – 35
Modul pružnosti v ťahu, MPa	2400 – 3500
Teplota topenia, °C	230 – 185

Do skupiny termoplastov patria aj polyétery, polyvinylalkoholy, syntetické kaučuky, iónoméry, polysulfóny, silikóny a iné polymérne materiály.

9.3 Reaktoplasty

Reaktoplasty sú polymérne materiály, ktoré v procese vytvrdzovania pôsobením rôznych vplyvov ako teplo, vytvrdzovadlá, iniciátory, ožiarenie a iné prechádzajú do zosieťovaného stavu a vytvárajú tak nerozpustnú a netaviteľnú hmotu.

Reaktoplasty sú v porovnaní s termoplastmi historicky staršími typmi polymérnych materiálov; výhodu majú v tom, že sú tepelne aj chemicky odolnejšie. Nové možnosti spracovania reaktoplastov vytvárajú predpoklady pre rozšírenie ich výroby a aplikácie.

Podľa chemickej štruktúry, resp. podľa východiskových surovín ich rozdeľujeme do nasledovných skupín:

- fenoplasty,
- aminoplasty (močovínové, melamínové, anilínové a modifikované),
- nenasýtené polyesterové živice,
- epoxidové živice,
- ostatné reaktoplastové hmoty (napr. zosieťované polyuretány, silikónové živice a iné).

Fenoplasty (PF , lineárny termoplast) reprezentujú fenolformaldehydové živice, ktoré sú vždy plnené rôznymi plnivami. Podľa druhu plnív, ich

vzájomného pomeru a reakčných podmienok môžu vzniknúť tri druhy živíc – novolaky, rezoly a rezity. Sú tvrdé a krehké, rázovú a vrubovú húževnatosť majú veľmi nízku. Bežne sa využívajú vo forme lejacích technických živíc, lisovacích hmôt, vrstvených hmôt, ľahčených hmôt a iné.

Teplotná rozťažnosť fenoplastov je vo všeobecnosti nízka, elektroizolačné vlastnosti sú dobré. Chemická odolnosť fenoplastov je závislá od druhu plniva, všeobecne však nie sú vhodné pre styk s potravinami.

Fenoplasty sa zvyčajne plnia drevitou múčkou (bakelit) - na výrobu elektroizolačných súčiastok, krytov, rukovätí a pod; textilným resp. celulóзовým plnivom, grafitom – na elektroizolačné výrobky so zníženou navlhavosťou; azbestom – kryty a svorkovnice pre zvýšené teploty a vyššou odolnosťou proti horeniu prípadne s rôznymi plnivami pre zlepšenie elektrických vlastností – izolačné telesá, súčiastky v elektronike a iné.

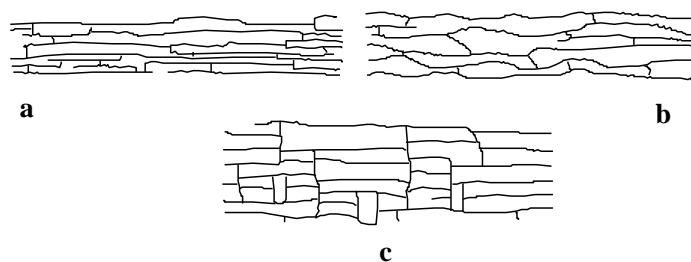
Aminoplasty predstavujú polykondenzačné hmoty podobné fenoplastom. Ako základné suroviny sa používajú aminozlúčeniny, aldehydovú zložku tvorí najčastejšie formaldehyd. Vo všeobecnosti majú aminoplasty lepšie elektrotechnické vlastnosti ako fenoplasty, sú nekorózne, bez chuti a zápachu, majú menšie zmraštenie a možno ich ľahko prifarbiť aj na svetlé odtiene [181]. Na druhej strane sú drahšie a majú menšiu chemickú odolnosť. Používajú sa ako:

- lisovacie hmoty – väčšinou majú dobrú odolnosť proti teplu a agresívnym látkam dobrú stabilitu na svetle. Dobré sa obrábajú, niektoré typy sa pre zlepšenie rozmerovej stability modifikujú fenolom. Typickými výrobkami sú elektrotechnické výrobky ako vypínače, spínače, korpusy chladničiek, práčok a iné;
- technické živice – používajú sa v podobe troch najpoužívanejších druhov ako aminoplastové lepidlá, aminoplastové impregnačné živice a aminoplastové lekárske živice. Používajú sa na zlepšenie kvality papiera, úpravu textilu, kože a pod.;
- vrstvené hmoty – možno pripraviť nielen na báze papiera, ale aj textilu i sklotextilu. V menšom množstve sa z nich vyrábajú dosky, rúrky a tyče. Majú predovšetkým dekoračnú funkciu. Najmä v spojení s melamínovou krycou vrstvou získavajú okrem veľmi pekného povrchového vzhľadu aj výborné mechanické a elektroizolačné vlastnosti.

Nenasýtené polyestery. Polyesterové živice, nazývané glyptály, sa používajú v priemysle náterových hmôt pod názvom alkydové živice. Vhodnou skladbou zložiek možno dosiahnuť veľmi široký sortiment hmôt

od veľmi tvrdých až po kaučukovité, vysoko i málo odolné (chemicky aj tepelne), s veľkou alebo malou viskozitou, mechanickými vlastnosťami a pod. [182]. Podľa vlastností sa polyesterové živice zvyčajne rozdeľujú na štandardné, elastické, samozhášavé a odolné proti alkáliám. Podľa použitia sa polyesterové živice rozdeľujú na lakárske, lejacie, laminačné, lepiace a špeciálny druh živíc pre premixy. Tepelná odolnosť polyesterových živíc je v porovnaní s ostatnými reaktoplastmi pomerne nízka, majú pomerne dobrú chemickú odolnosť, dobrú odolnosť proti starnutiu a korózii. Veľkou nepríjemnosťou je ich horľavosť, možnosť vzniku kožných ochorení a nevyhnutnosť dokonalého vetrania pracovísk.

Epoxidové živice. V pôvodnom stave nemožno epoxidové živice použiť, a preto sa používajú vo vytvrdenom stave (obr. 9.3), ktorý ovplyvňuje ich štruktúru a odolnosť. Výroba epoxidových živíc využíva široké možnosti výberu základných zložiek a tým aj veľký sortiment, ktorý sa rozdeľuje na lepidlá, náterové živice, lejacie živice, laminačné živice, tuhé živice a lisovacie hmoty. Epoxidové živice sa zriedkavejšie používajú ako stabilizátory, sekundárne zmäkčovadlá a iné. Epoxidové živice modifikované fenoplastickými a furánovými živicami sú menej odolnejšie než epoxidové živice vytvrdzované za tepla. Vytvrdzovanie epoxidových živíc sa uskutočňuje formou chemickej reakcie, ktorej podstatou je exotermická reakcia epoxidových skupín živíc s prídavným vytvrdzovadlom. Množstvo tepla, ktoré sa v priebehu reakcie uvoľňuje, je závislé nielen od druhu vytvrdzovadla, od teploty zmesi a okolia, ale aj od množstva reagujúcich látok. Epoxidové živice majú vynikajúcu adhéziu ku kovu, a preto sa používajú ako lepidlá kovov. Najvýznamnejšie uplatnenie však nachádzajú dnes ako matrica kompozitných materiálov, predovšetkým v kombinácii s uhlíkovými vláknami.



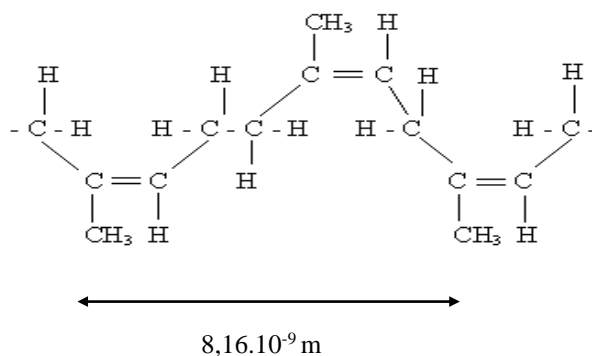
Obr. 9.3. Schéma vytvrdenia epoxidových živíc: a - zosietenie polyetylénu polyamínmi, b - zosietenie za tepla, c - zosietenie predkondenzátmi fenoplastov alebo aminoplastov

9.4 Kaučuky a gummy

Kaučuky a gummy (polyméry amorfne alebo s obmedzenými priečnymi väzbami) reprezentujú rozsiahlu skupinu technických polymérnych materiálov, ktoré sa pre vynikajúcu pružnosť označujú aj ako elastoméry. Kaučuk je jednou zo základných komponent pre výrobu gummy, avšak ako kaučuk, tak aj gummy sa používajú vo forme prírodnej aj syntetickej. Hlavný rozdiel medzi prírodným a syntetickým kaučukom je v technológiách ich výroby. U prírodného kaučuku je výrobný proces uskutočňovaný prírodou vo vnútri stromu, pričom kaučukovník je pestovaný minimálne 6 rokov, pokiaľ začne produkovať.

Prírodný kaučuk (skratka NR) je nezosietený ale sieťovateľný (= vulkanizovateľný) amorfny polymér izoprénu s vysokoelastickými vlastnosťami pri normálnej teplote a za určitých podmienok aj nad touto teplotou. Získava sa zo šťavy kaučukovníkových stromov tropického pásma - latexu a obsahuje približne 60 - 65 % vody, 30 - 35 % kaučuku, 2,5 % bielkovín, 1 - 1,5 % soli a 1,0 % živice. Chemická analýza potvrdila, že prírodný kaučuk je uhlíkovodík, pričom jeho makromolekula je lineárna a je tvorená štruktúrnymi jednotkami izoprénu s polymerizačným stupňom 6000 a viac.

Pri vulkanizácii sa za zvýšených teplôt a v prítomnosti síry (mäkké gummy - 3 až 5 %, tvrdé gummy - ebonity až 30 %) vytvoria priečne kovalentné väzby prostredníctvom sírnych mostíkov, vplyvom ktorých sa zvýši tuhosť, pevnosť a pružnosť. Účinkom napätia sa v dôsledku preskupovania molekúl môže dosiahnuť určitý stupeň kryštalinity a tvrdosť aj pevnosť gummy sa zvýši; táto priaznivá zmena zvyšuje odolnosť proti opotrebeniu.



Obr. 9.4. Usporiadanie a rozmer makromolekuly prírodného kaučuku [171]

Norma ISO 1629 člení kaučuky podľa charakteru hlavného reťazca do nasledovných skupín (obr. 9.4):

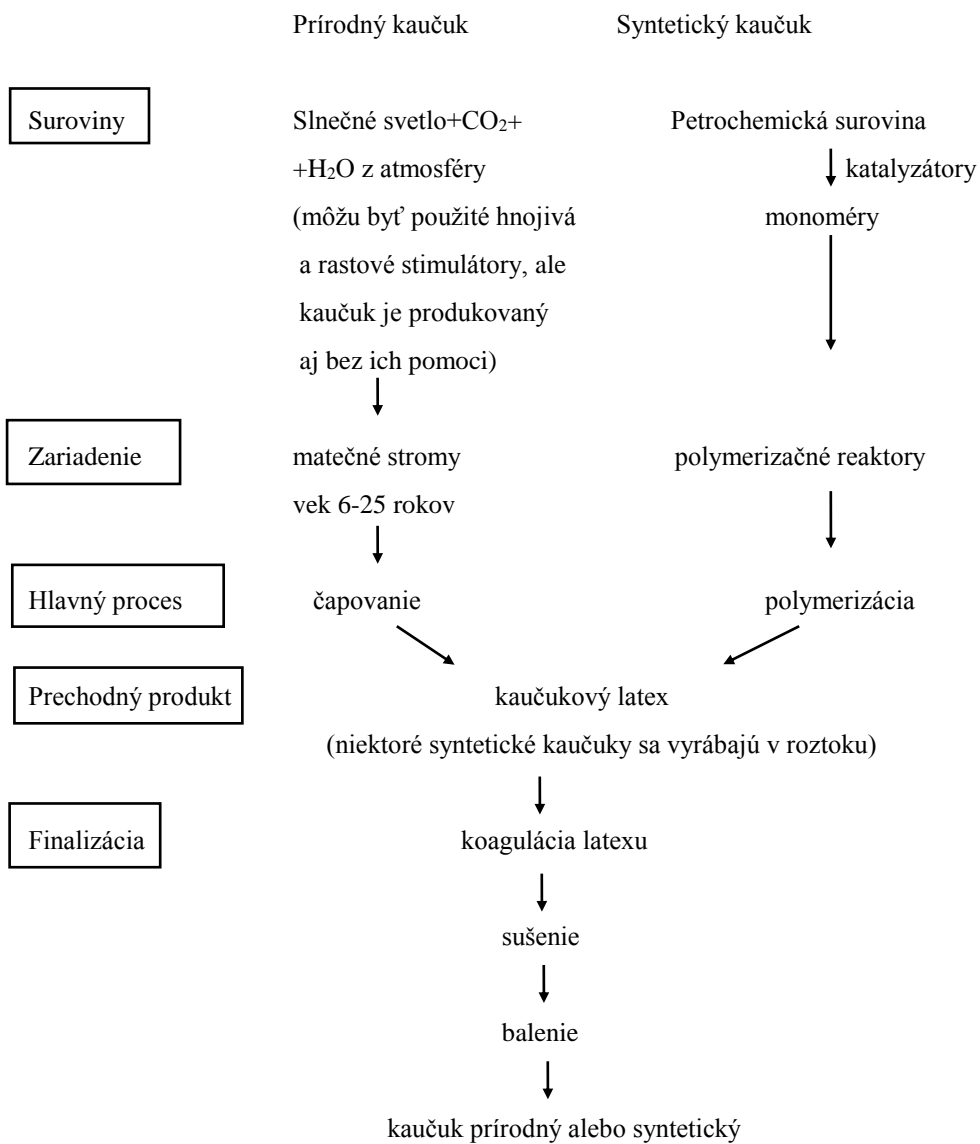
- R-skupina: hlavný reťazec uhlíkový s nenasýtenými jednotkami ("Rubber");
- M-skupina: hlavný reťazec uhlíkový len s nasýtenými jednotkami ("Metylén");
- N-skupina: okrem uhlíka je v hlavnom reťazci aj dusík;
- O-skupina: okrem uhlíka je v hlavnom reťazci aj kyslík;
- Q-skupina: hlavný reťazec je siloxánový;
- T-skupina: okrem uhlíka je v hlavnom reťazci aj síra;
- U-skupina: okrem uhlíka je v hlavnom reťazci dusík a kyslík.

Výroba syntetického kaučuku začína vždy výrobou monomérov, najčastejšie z petrochemických surovín, potom nasleduje ich polymerizácia. Od tohto okamžiku je technológia výroby pre prírodné aj syntetické kaučuky podobná - majú formu vodnej suspenzie kaučukových častíc (latexu). Spracovanie latexu do užívateľskej podoby sa uskutočňuje rovnakou cestou, hoci sú možné drobné odchýlky, pozri obr. 9.5.

V tab. 9.11 sú uvedené medzinárodne platné skratky niektorých syntetických kaučukov pre všeobecné aj špeciálne použitie.

Špeciálne druhy syntetických kaučukov majú výhodnejšie úžitkové vlastnosti než prírodný kaučuk. Hoci ich výroba sa začala zo strategických dôvodov, dnes sa priemyselne vyrába a používa veľké množstvo syntetických kaučukov, ktoré sa líšia napr. druhom monomérov, ich chemickým zložením, makroštruktúrou i mikroštruktúrou a v rámci jednotlivých (pod)skupín viskozitou, množstvom komonoméru, spôsobom prípravy a pod. Aj keď môžu mať rôzne obchodné názvy, skratky a čísla, vždy musí byť zachované ich označenie podľa ISO a ASTM.

Výrobca je dokonca povinný ku každému typu dodať materiálový list s presnou charakteristikou výrobku, technicko-preberacími podmienkami skladovania a manipulácie, ako i bezpečnostný list s charakteristikou zdravotnej nezávadnosti.



Obr. 9.5. Podobnosť procesu výroby prírodného a syntetického kaučuku

Tab. 9.11

Medzinárodne platné skratky pre niektoré druhy syntetických kaučukov
syntetické kaučuky pre všeobecné použitie

Názov	Skratka	Vzorec štruktúrnej jednotky
Butadiénový kaučuk	BR	$- \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 -$ n
Butadiénstyrénový kaučuk	SBR	$- \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_2 -$ n
Izoprénový kaučuk	IR	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{C} - \text{CH}_2 - \end{array}$ n
Etylénpropylénový kaučuk	EPM	$- \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_2 -$ $\begin{array}{c} \\ \text{CH}_3 \end{array}$ n

syntetické kaučuky pre špeciálne použitie

Chlóroprénový kaučuk	CR	$\begin{array}{c} \text{Cl} \\ \\ - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{C} - \text{CH}_2 - \end{array}$ n
Butadiénakrylonitrilový kaučuk	NBR	$- \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} -$ $\begin{array}{c} \\ \text{CN} \end{array}$ n
Chlórsulfonovaný kaučuk	PE-CSM	$\begin{array}{cc} \text{Cl} & \text{SO}_2\text{Cl} \\ & \\ - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \end{array}$ n
Polysulfidový kaučuk	T	$- \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{S}_x -$ n

Medzinárodne platné skratky pre niektoré druhy syntetických kaučukov
syntetické kaučuky pre všeobecné použitie

Názov	Skratka	Vzorec štruktúrnej jednotky
Butylkaučuk	IIR	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ -\text{CH}_2 - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$
Polyuretánový kaučuk	EU, AU	
Silikónový kaučuk	MQ	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ -\text{Si} - \text{O} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$

Butadiénové kaučuky (BR). Používajú sa prakticky vo všetkých gumárenských zmesiach, zvyčajne ale v zmesiach s inými kaučukmi, pretože samotné BR zmesi sú ťažko spracovateľné. Medzi syntetickými kaučukmi pre pneumatiky zaujímajú popredné miesto z dôvodu zvýšenej odolnosti voči opotrebeniu (oderu), aj keď je sprevádzaná znížením koeficientu trenia a zhoršením záberových vlastností pneumatiky (dôležité u pneumatík pre osobné automobily, s ohľadom na bezpečnosť jazdy na mokrej vozovke). U nás je bežne nazývaný bunou.

Butadiénstyrénové kaučuky (SBR) sú najdôležitejším druhom syntetického kaučuku a predstavujú takmer 45 % svetovej výroby všetkých druhov syntetického kaučuku. Roztokové SBR kaučuky (S-SBR) sa používajú najmä v behúňových zmesiach pre osobné pneumatiky. Emulzné SBR kaučuky (E-SBR), používané v zmesiach behúňového typu majú oproti prírodnému kaučuku lepšiu odolnosť voči opotrebeniu, pomalšie starnú, sú odolnejšie proti vzniku trhlín. K ich nevýhodám patrí menšia štruktúrna pevnosť, horšie dynamické vlastnosti a väčší vývoj tepla pri opakovaných deformáciách. Prílišné zahrievanie pri dynamickom namáhaní znemožňuje použitie E-SBR pre veľké nákladné pneumatiky. Pokiaľ starnutie surového prírodného kaučuku sa prejavuje zvýšenou plasticitou a lepivosťou,

starnutím SBR kaučuku (ako aj väčšiny syntetických kaučukov) dochádza ku tvrdnutiu.

Izoprénové kaučuky (IR). Zo všetkých priemyselne vyrábaných kaučukov sa IR kaučuky najviac podobajú prírodnému kaučuku, pokiaľ ide o lepiivosť zmesí, pevnosť, štruktúrnu pevnosť za tepla a pod., a preto ich možno použiť v niektorých zmesiach ako náhradu za prírodný kaučuk. Dnes cenovo ťažšie konkuruje prírodnému kaučuku pre svoje mnohé, najmä technologické nevýhody.

Butylkaučuky (IIR), chlórbutylkaučuky (CIIR) a brómbutylkaučuky (BIIR). Butylkaučuky modifikované halogénmi majú lepšie vlastnosti, dajú sa miešať a kovulkanizovať s kaučukmi pre všeobecné použitie. Uplatňujú sa v mnohých aplikáciách, kde sa využíva ich malá priepustnosť plynov a odolnosť voči kyslíku, ozónu a chemickému pôsobeniu. Majú pomerne dobrú odolnosť voči odieraniu, dobrú odolnosť proti vzniku trhlín a výbornú odolnosť proti starnutiu na svetle. Sú však ľahko zápalné.

Chlóprénové kaučuky (CR) patria medzi najstaršie aj najvýznamnejšie syntetické kaučuky pre svoje výhodné vlastnosti - veľkú elasticitu, malú horľavosť a dobrú odolnosť voči starnutiu (najmä poveternostným vplyvom). Ich charakteristickou vlastnosťou je odolnosť proti plameňu a olejom. Vyznačujú sa tiež výbornou odolnosťou voči odieraniu a pomerne dobrou odolnosťou proti vzniku trhlín. Elektrické vlastnosti sú ovplyvnené prítomným silne polárnym atómom chlóru, ktorý spôsobuje čiastočnú vodivosť CR kaučuku. Kryštalické typy CR kaučukov sa používajú na prípravu ochranných náterov a lepidiel, CR latex sa používa na impregnačné účely.

Silikónové kaučuky (MQ). Na rozdiel od silikónových živíc a silikónových olejov sa syntetické MQ kaučuky používajú pre špeciálne silikónové výrobky, pri ktorých sa vyžaduje zachovanie základných fyzikálnych vlastností a pružnosti v širokom teplotnom intervale od -55 do $+180$ °C (v špeciálnych prípadoch od -100 do $+250$ °C), veľmi dobré elektrické vlastnosti v uvedenom teplotnom intervale, výborná odolnosť proti starnutiu, poveternostným vplyvom a ozónu, UV lúčom, olejom, plesniam, fyziologická inertnosť a iné. Odolnosť silikónovej gumy proti vode a vodnej pare závisí od použitých plnív; pri tlaku pary asi 0,2 MPa silikónová guma vyhovuje lepšie ako organické typy kaučukov, pri tlaku pary do 0,6 MPa dochádza k čiastočnému napučievaniu, ale výrazne klesá jej tvrdosť.