



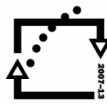
evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



ZÁPADOČESKÁ
UNIVERZITA
V PLZNI

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Projekt CZ.1.07/2.2.00/15.0383
Inovace studijního oboru Dopravní a manipulační technika
s ohledem na potřeby trhu práce

Materiály nekovové

Část 2 - Polymery

Doprovodný učební text k předmětu
KMM/MN – Materiály nekovové

doc.Ing.Petr Ducheck, CSc.

2013

OBSAH:

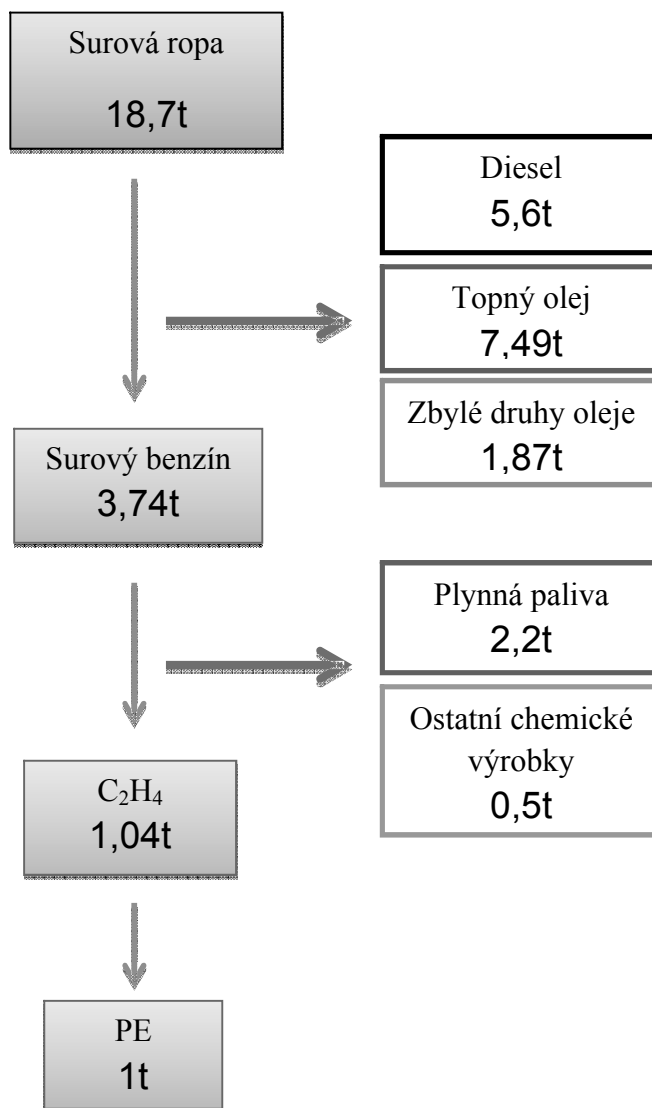
1. Úvod pro polymery	... str. 1
<i>Zdroje</i>	... str. 1
<i>Základní rozdělení</i>	... str. 6
2. Popis vybraných druhů polymerů	... str. 10
<i>Vybrané termoplasty</i>	... str. 10
<i>Elastomery a silikony</i>	... str. 15
<i>Chemický popis reaktoplastu</i>	... str. 20
3. Polymery tabulky	... str. 21
4. Lepidla	... str. 34
<i>Rozdělení lepidel</i>	... str. 35
5. Lehčené hmoty	... str. 36

Úvod pro polymery

Zdroje polymerů

Bilance frakční destilace ropy:

(Ukázka rozdělení 18,7 tun surové ropy na jednotlivé produkty.)

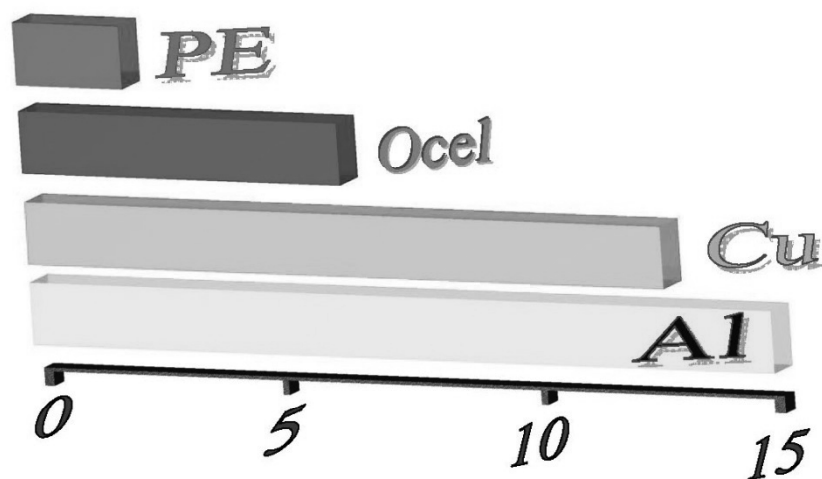


Tab. 1 Elementární složení hořlaviny různých paliv (% hm.)

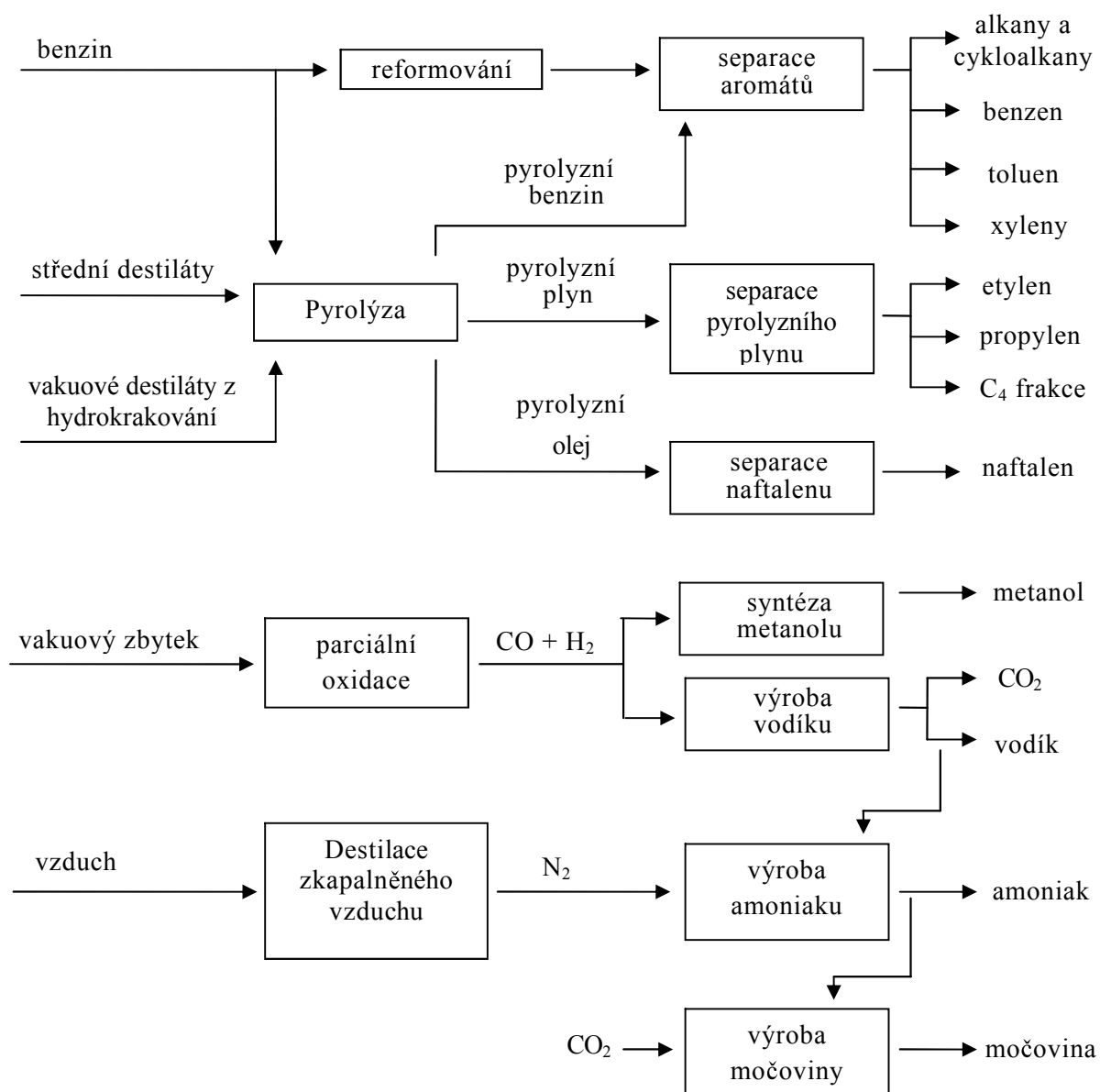
Palivo	Uhlík	Vodík	Síra	Dusík	Kyslík
Ropa	84-87	11-14	0,1-4	0,01 -1,0	0,05 - 1,0
Cerné uhlí	91 -97	4-5	0,5 - 1,0	1,2- 1,8	2-6
Hnědé uhlí	76-80	5,5 - 6	1-2,5	1,0- 1,6	11 - 16
Zemní plyn	75 - 76	24 - 25	-	-	-

Tab. 2 Hustota při 15 °C a obsah heteroatomů vybraných druhů ropy

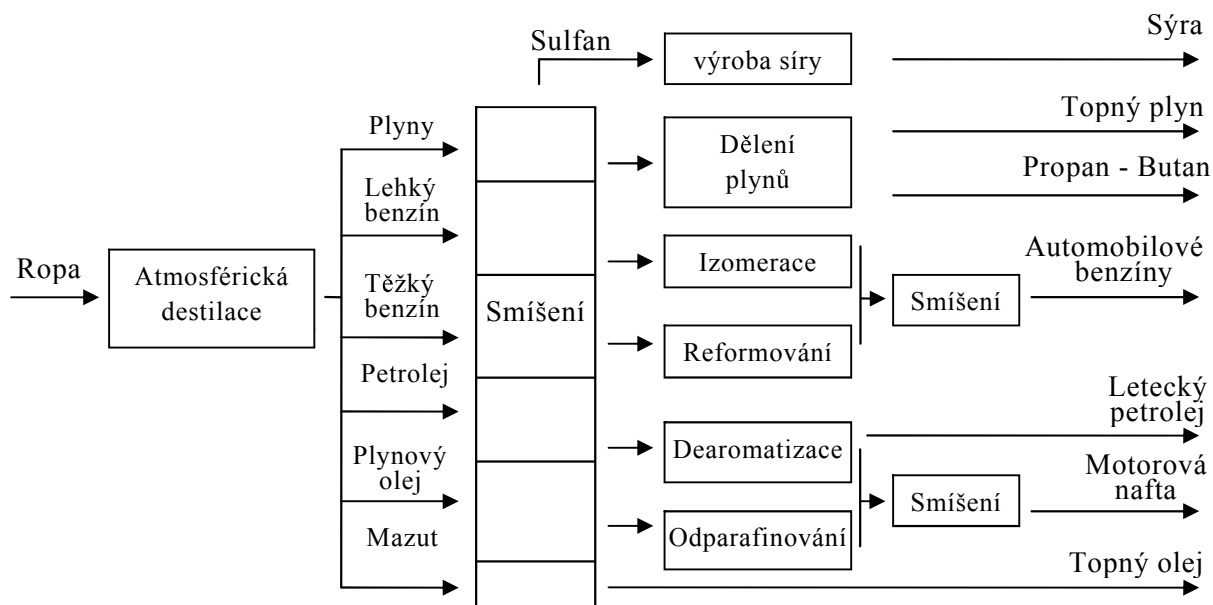
Druh ropy	Země původu	Hustota (kgm ⁻³)	Síra (% hm.)	Dusík (% hm.)	Vanad (mg/kg)	Nikl (mg/kg)
Saharan blend	Alžírsko	798	0,12	0,03	0,1	0,1
Brega	Libye	825	0,20	0,04	1,0	4,0
Oseberg blend	Norsko	847	0,25	0,13	1,6	0,8
Ural	Rusko	866	1,55	0,18	38	12
Arabian medium	Saud. Arábie	878	2,5	0,13	30	13
Souedieh	Sýrie	909	4,1	0,32	97	32
Mava	Mexiko	920	3,4	0,37	275	52

Obr. 1 Spotřeba energie na 1 dm³ materiálu.

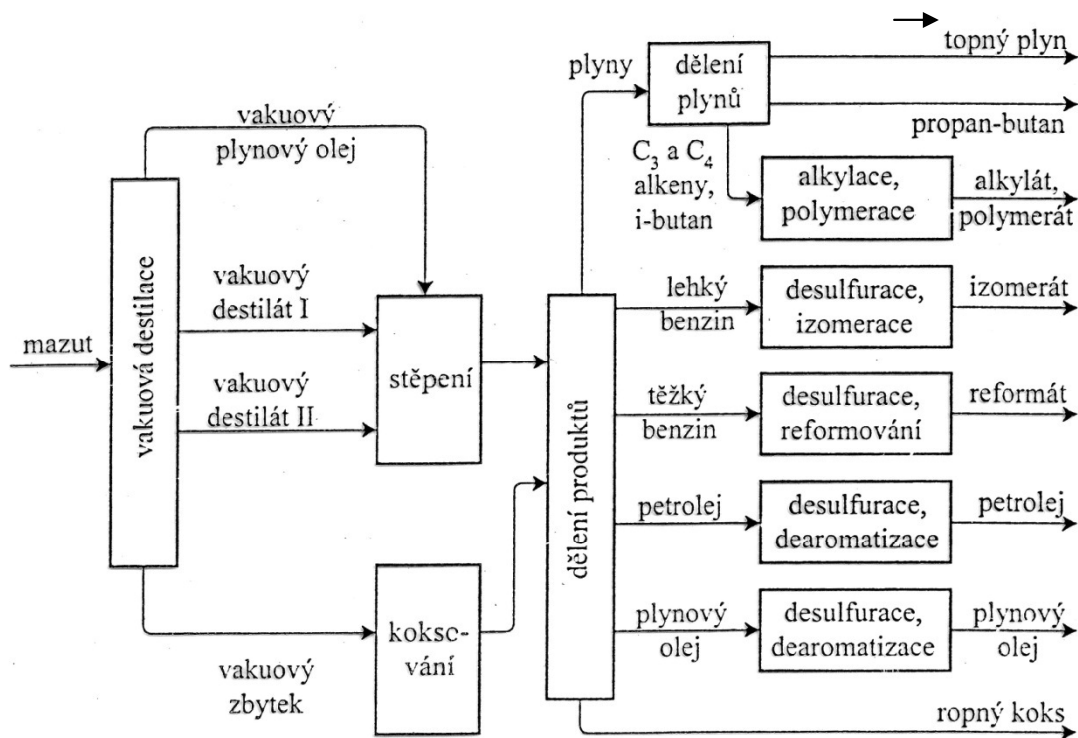
(Vyjádřeno ekvivalentní spotřebou ropy v kg.)



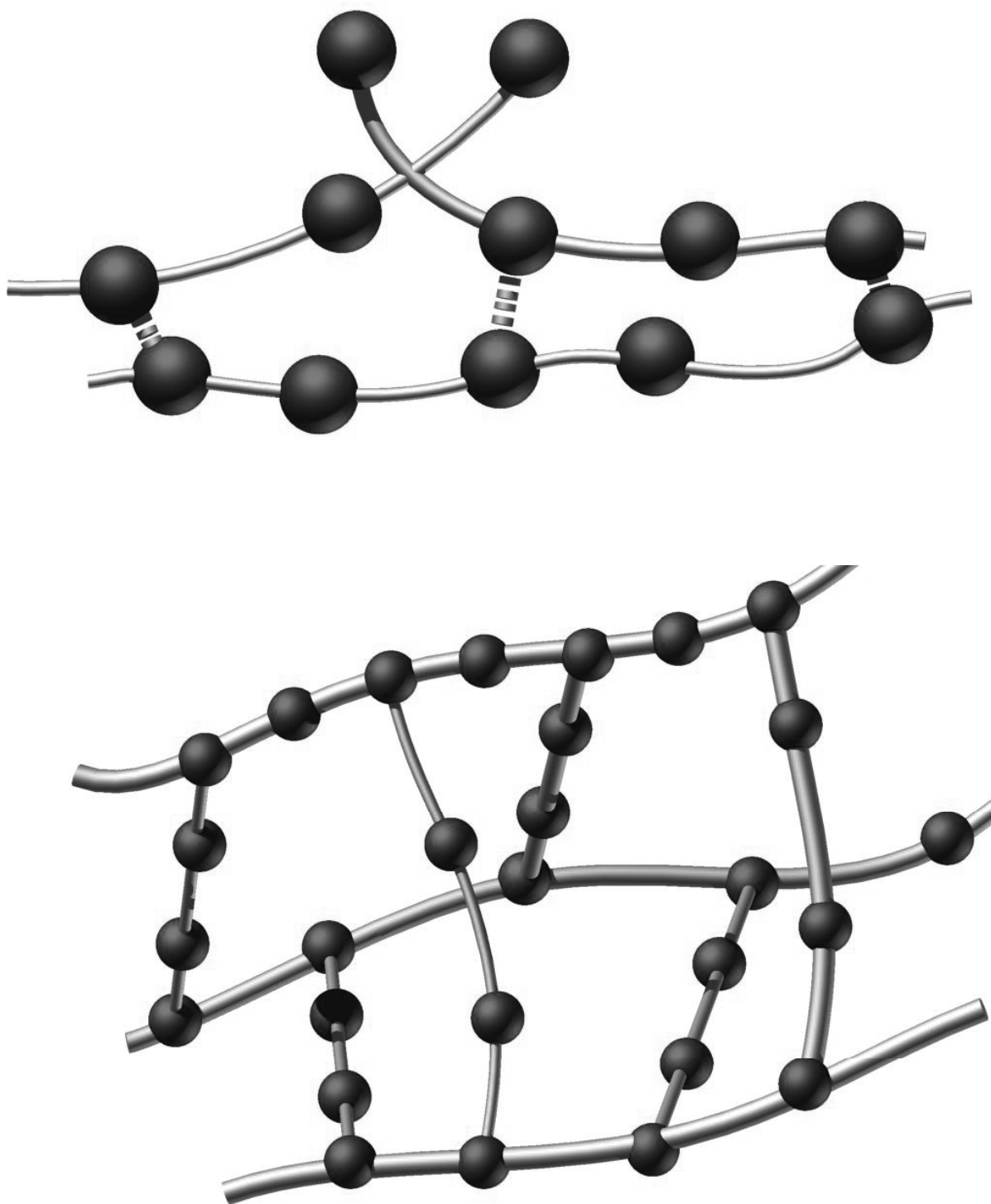
Obr. 2 Příklad blokového schématu zpracování ropných frakcí na základní petrochemikálie



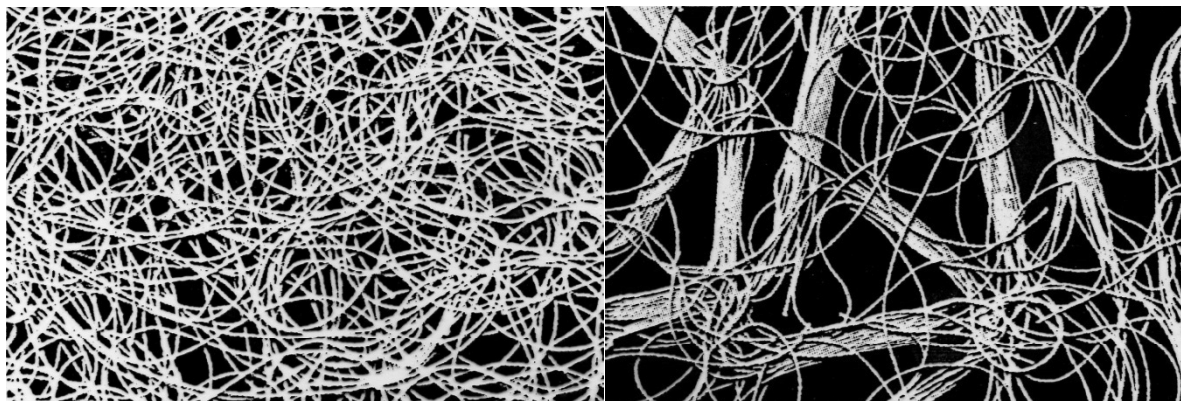
Obr. 3 Příklad blokového schématu palivářské rafinérie bez štěpných procesů.



Obr. 4 Příklad blokového schématu zpracování mazutu v palivářské rafinérie se štěpnými procesy.



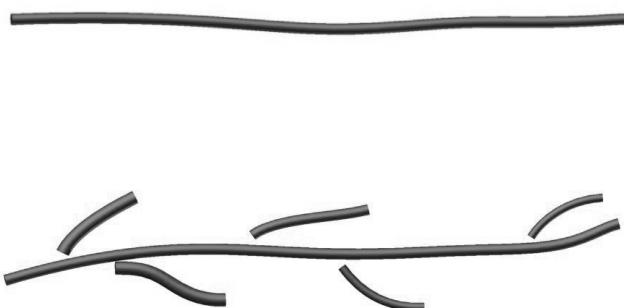
Obr. 5 Schematická ukázka seskupení atomů pro dané produkty.



Plasty můžeme dělit na:

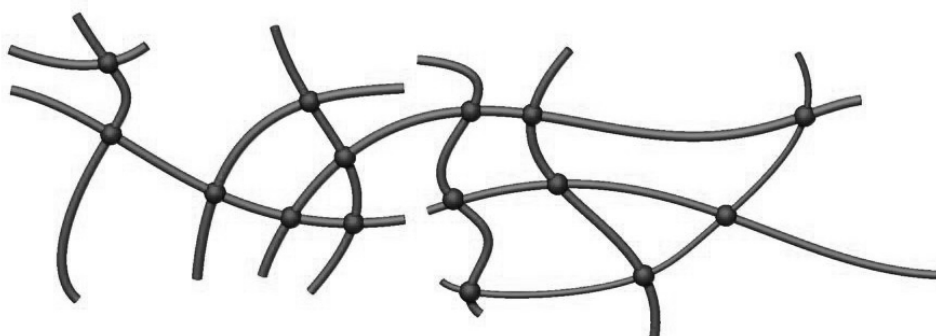
Termoplasty

(*Jednorozměrné řetězce*)



Reaktoplasty

(*Třírozměrné, zesíťované řetězce – uzly blízko u sebe*)



Elastomery

(*méně husté zesíťování - uzly dále od sebe*)



Obr.1. Rozdělení plastů

Viskózní charakteristiky polymerů

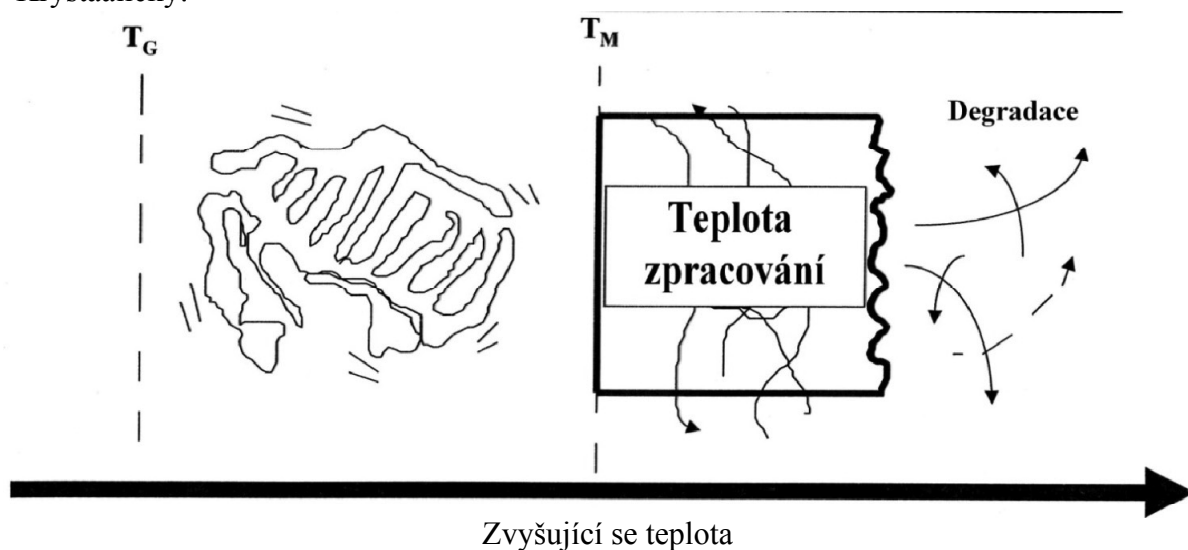
- Zvýšením teploty docílíme vyšší viskozity materiálu.
- Nadměrné či dlouhodobé zahřívání může způsobit degradaci materiálu.
- Je důležité znát rozsah tepelného zpracování pro každý materiál.
(*Umožňuje výroba dobrých výrobků.*)

Rozdělení polymerů:

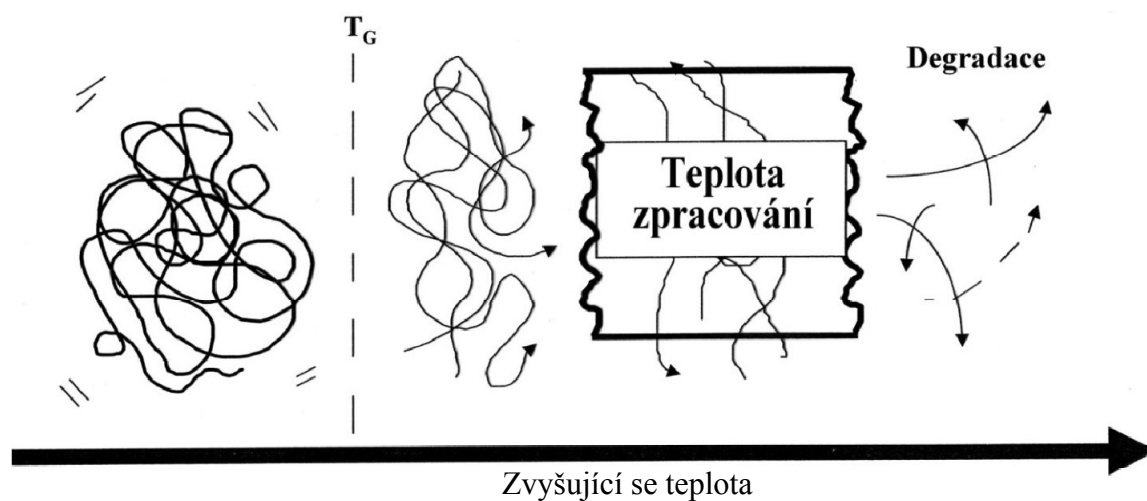
- TERMOPLASTY (polyetylén, polypropylén, polystyrén, polyamid,...)
Zahřátím na jistou teplotu přecházejí do plastického stavu, tato změna je vratná
- REAKTOPLASTY (fenolformaldehydová pryskyřice, melaminová pryskyřice,...)
Zahřátím na jistou teplotu se vytvrzují (3D struktura); tato změna je nevratná
- ELASTOMERY (kaučuky-přírodní, isoprenový, chloroprenový, silikonový,...)
Vykazují elastický stav, tj. malou silou velká neformovatelnost

Rozsah tavení (měkčení) polymeru:

Krystalický:

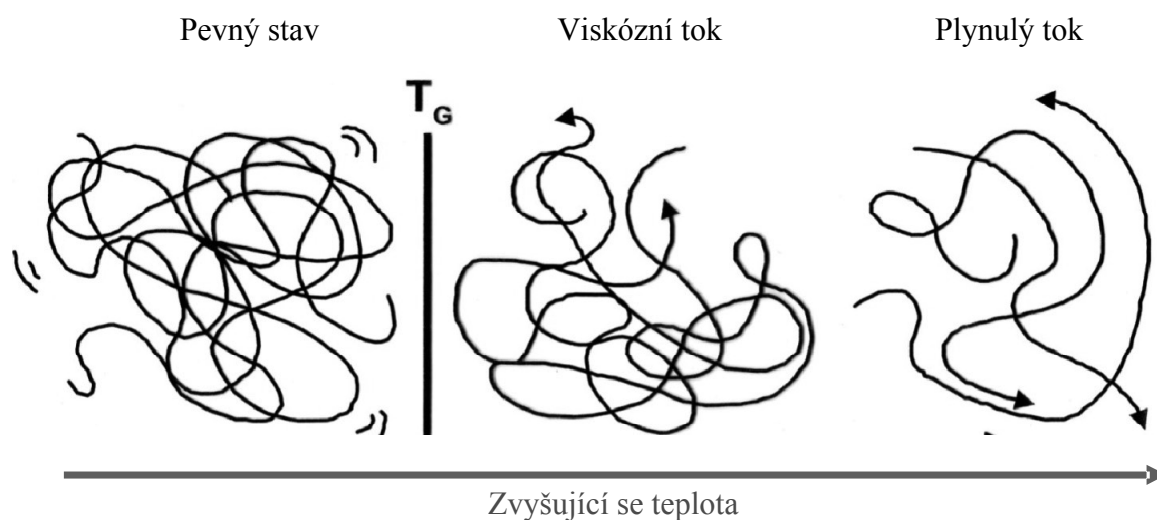


Amorfní:



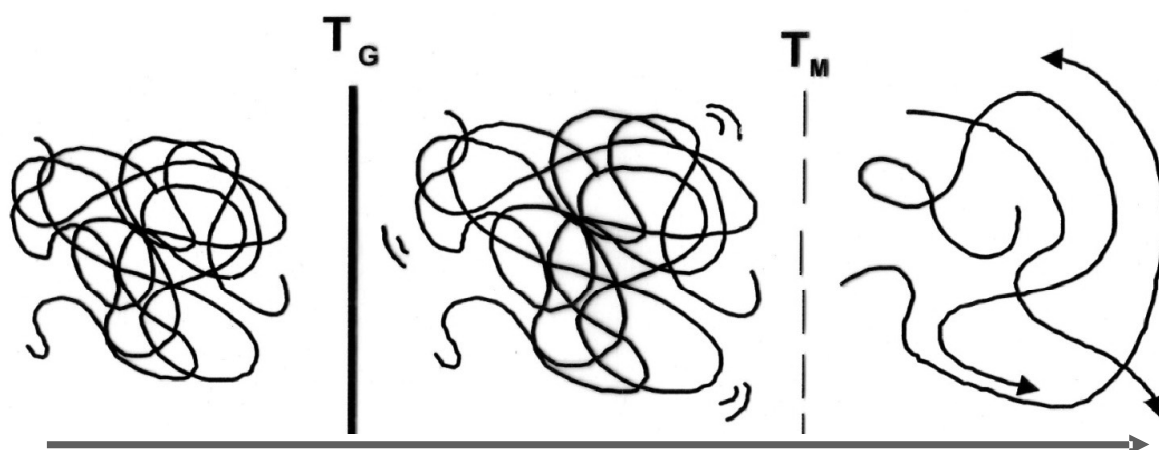
Morfologie polymeru:

Model amorfních polymerů:



Přivedením tepla se zvětší rozestup mezi řetězy molekul.

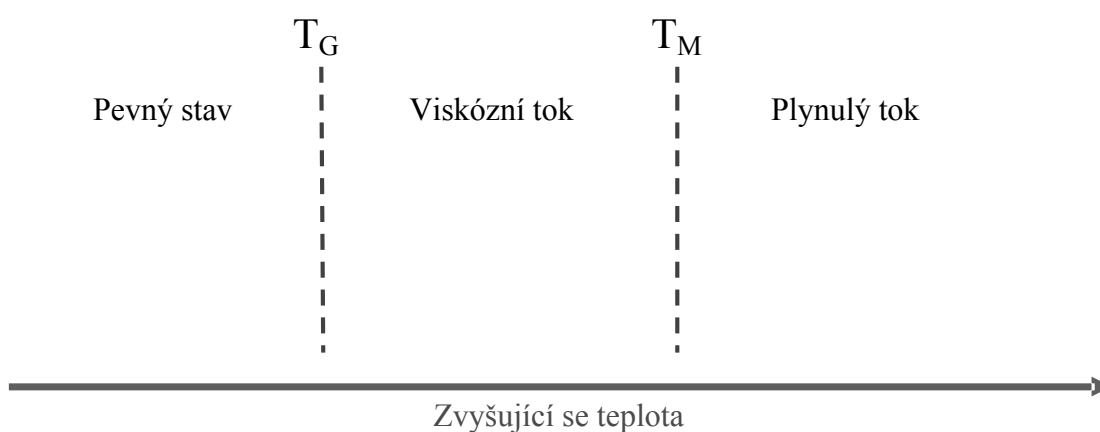
Model krystalických polymerů:



Zvyšující se teplota

Přivedením tepla se zvětší rozestup mezi řetězy molekul, ale krystalická struktura zabraňuje tečení.

Krystalické materiály mají ostré rozhraní tavicích teplot:

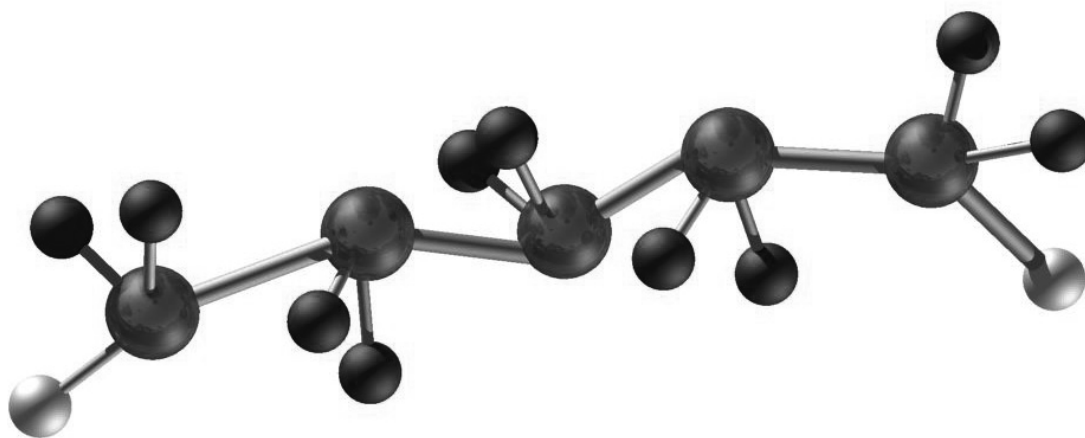


Teflon

(polytetrafluoretylen)

FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI:

PTFE má ve srovnání s jinými plasty dobrou pevnost za vyšších teplot a dostatečnou pružnost při velmi nízkých teplotách, velmi dobrou vrubovou a rázovou houževnatost v širokém rozsahu teplot. Při tlakovém zatížení se nedrtí, ale má sklon k tečení, přičemž stupeň deformace při daném napětí je časově závislý. Proto nemá pro trvalé zatížení napětí převyšovat 10 % ze zjištěné pevnosti při dané teplotě. Pevnost v tahu je vyšší než 12Mpa a tažnost je větší než 150 %. Hustota je 2,15 -2,25.103 kg/m³. Statický součinitel tření PTFE na oceli je 0,07 až 0,11. Nasákavost ve vodě nenastává a dílce nemění své rozměry ani po dlouhodobém uložení ve vodě.



Obr. 1. Grafické zobrazení molekulového řetězce teflonu

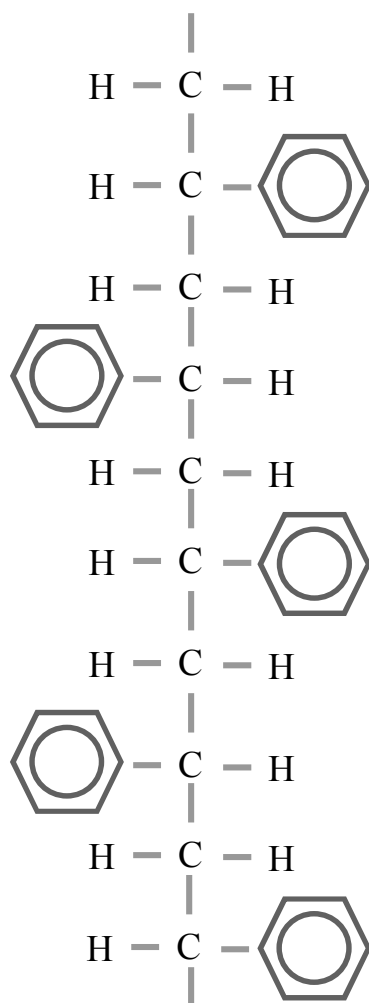
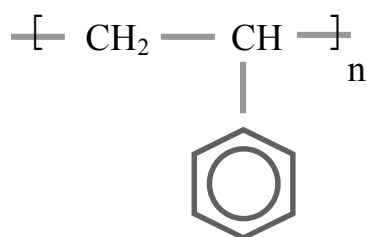
SOUHRN:

- odolnost proti většině chemikálií
- tepelná odolnost od -269°C do +260°C, krátkodobě do +300°C
- velmi dobré elektroizolační vlastnosti
- nízký součinitel tření
- výrazné antiadhezní vlastnosti
- fyziologická nezávadnost
- odolnost proti povětrnostním vlivům a stárnutí materiálu
- odolnost proti nasáklivosti
- nepatrný sklon k hořlavosti

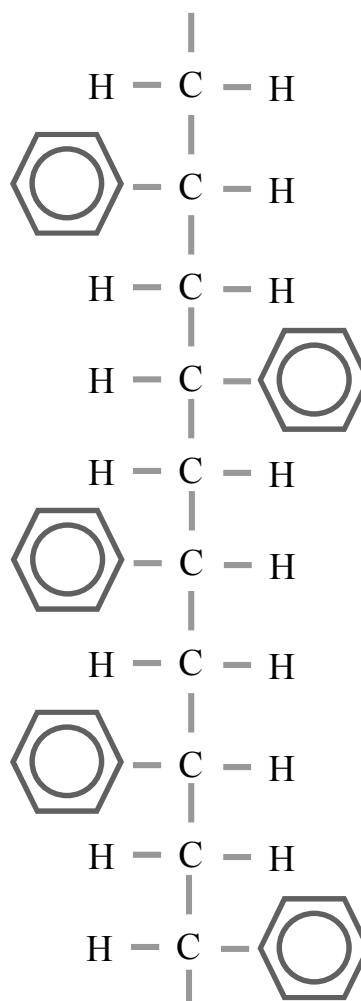
POUŽITÍ:

V chemickém průmyslu, při konstrukci strojů (speciálně při výrobě kompresorů), ve strojírenství, v elektrotechnice, v lékařské technice, farmaceutickém a potravinářském průmyslu, v obalové technice, při výrobě armatur a pro hydraulická a pneumatická zařízení.

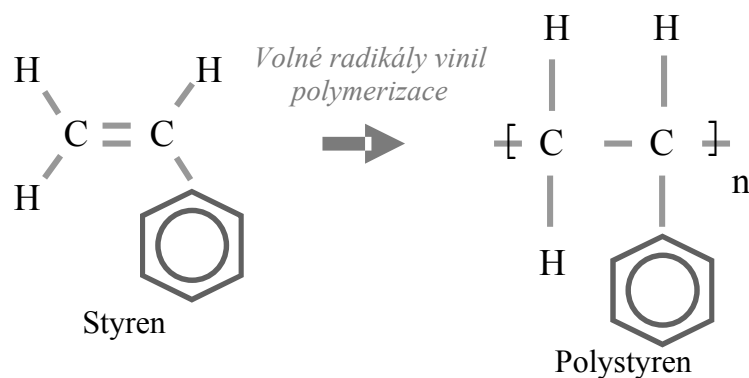
Polystyren



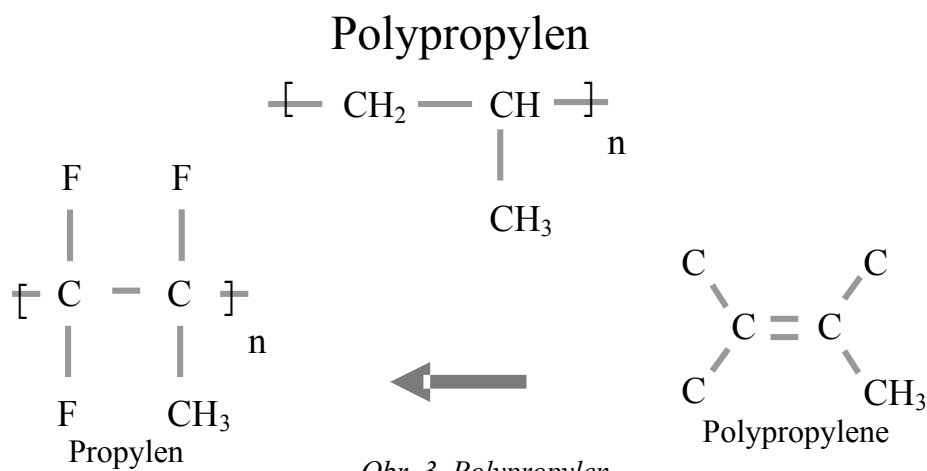
Syndiotactic polystyren



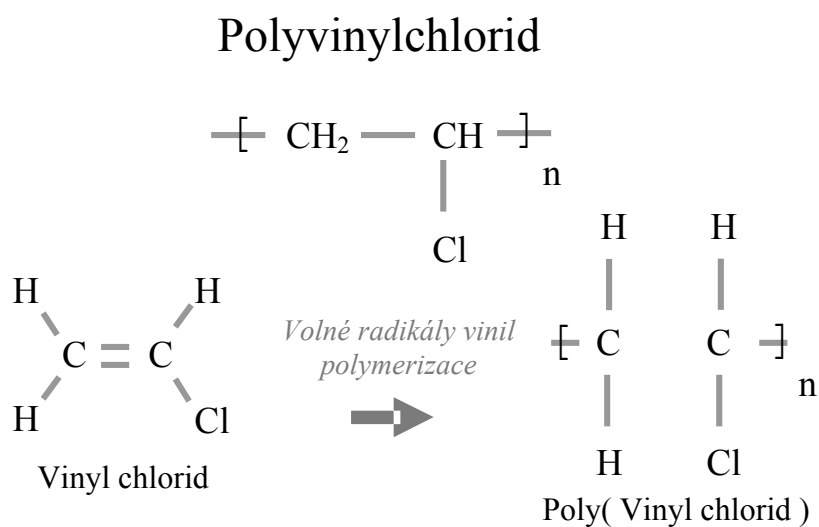
Atactic polystyren



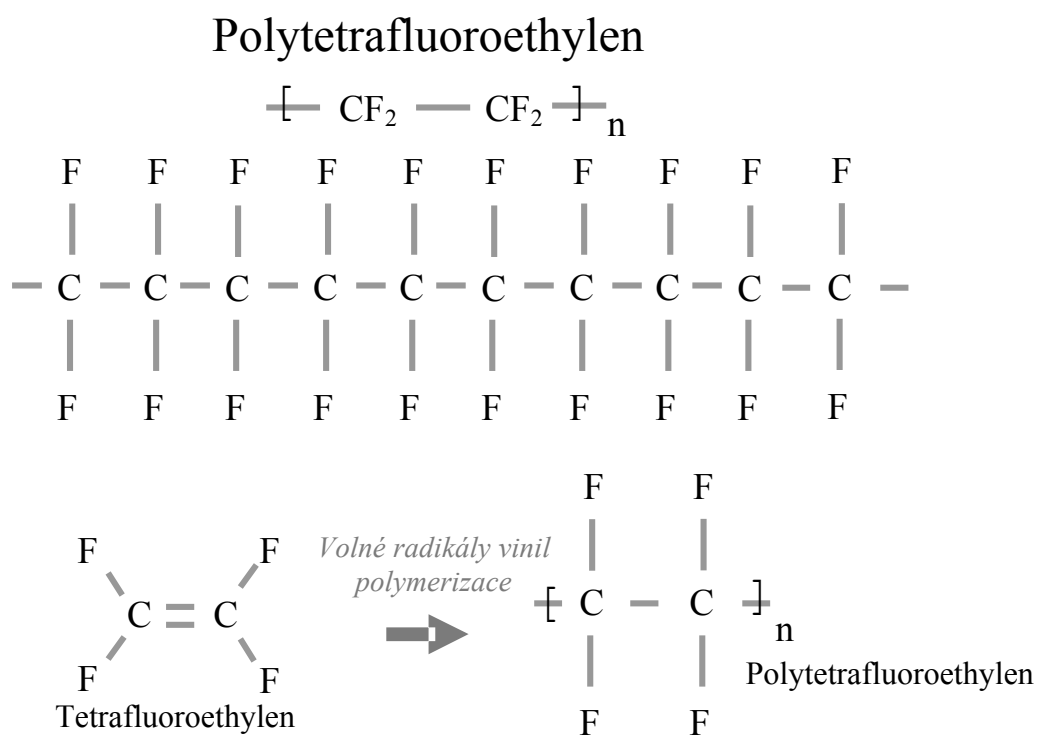
Obr. 2. Chemická reakce polyester



Obr. 3. Polypropylen

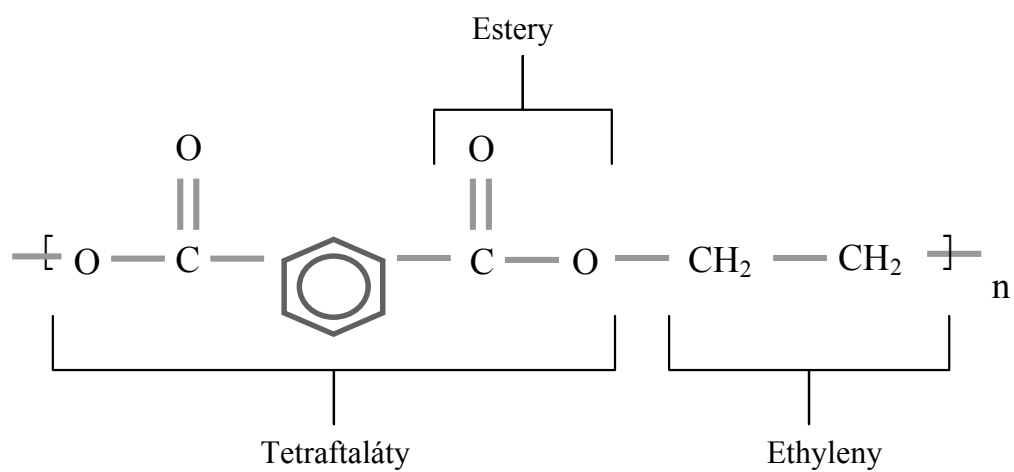
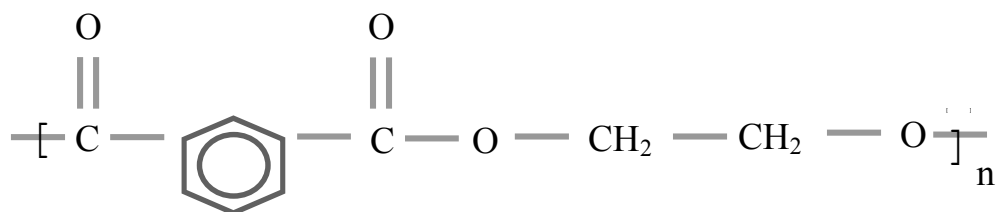


Obr. 4. Polyvinylchlorid



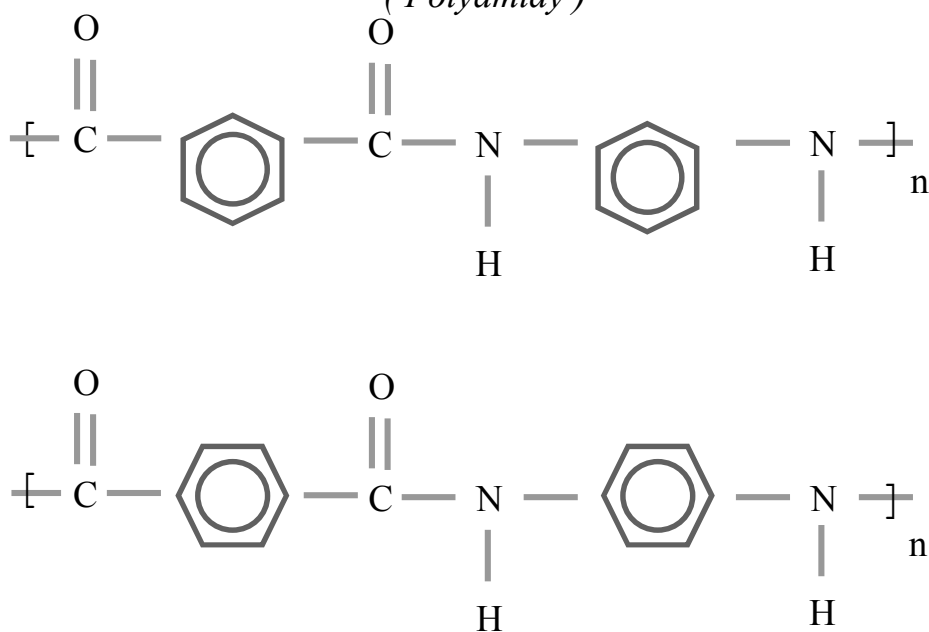
Obr. 5. Polytetrafluoroethylen

Polyester



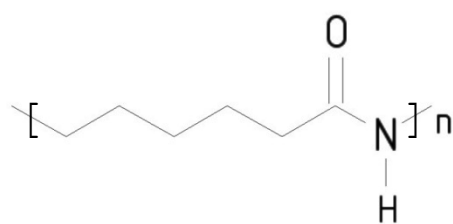
Obr. 6. Polyester

ARAMIDY (Polyamidy)

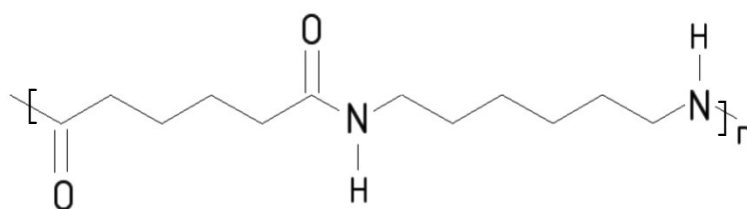


Obr. 7. Aramid

Nylon



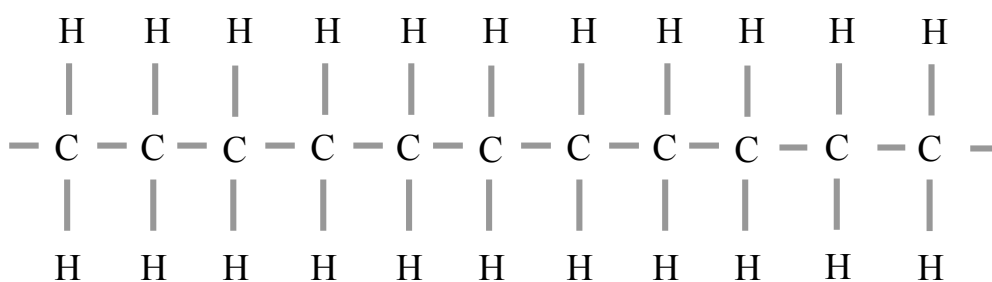
Nylon 6



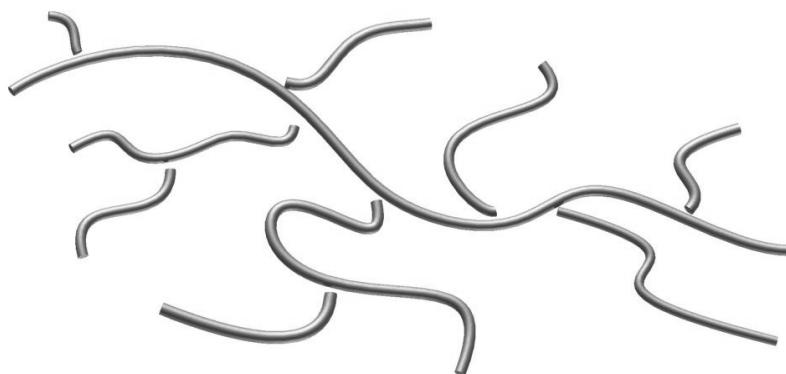
Nylon 6,6

Obr. 7. Nylon

Polyethylen



Obr. 8. Znázornění molekul lineárního polyetylenu či HDPE



Obr. 9. Znázornění molekul větveného polyetylenu či LDPE

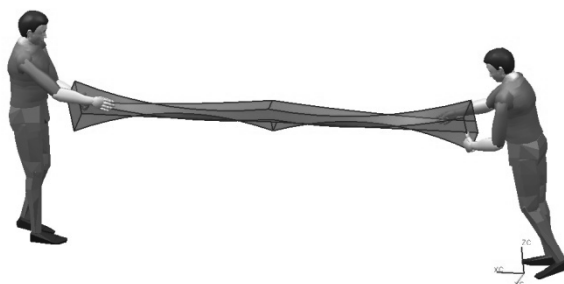
Elastomery

Normální stav - „klubíčková struktura.“

ENTROPICKY VÝHODNÉ

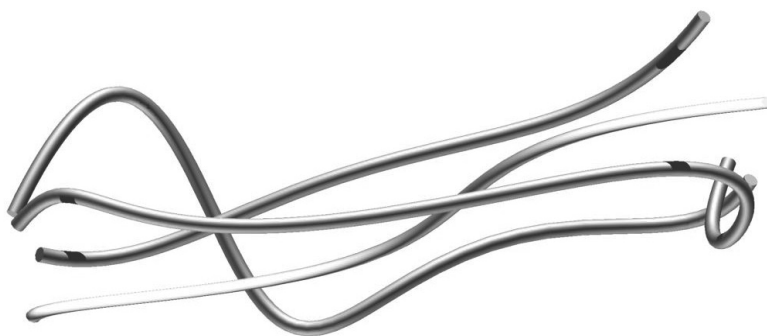
Natažený stav - „rozbalená struktura.“

ENTROPICKY NEVÝHODNÉ



Obr. 1. Kubičková struktura

Takto vypadají řetězce ve vzorku nenatažené pryže. (*Vyhovuje entropickému zákonu.*)



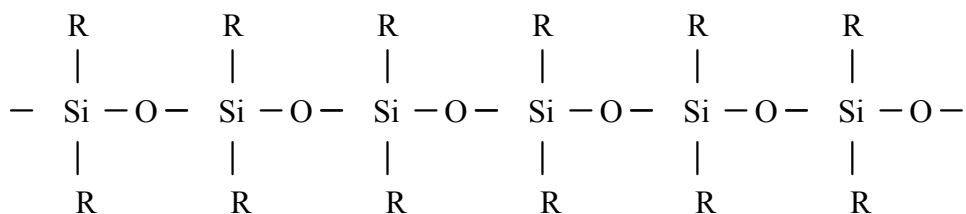
Obr. 2. rozbalená struktura

Takto vypadají řetězce ve vzorku natažené pryže. (*Nevyhovuje entropickému zákonu.*)

Silikony

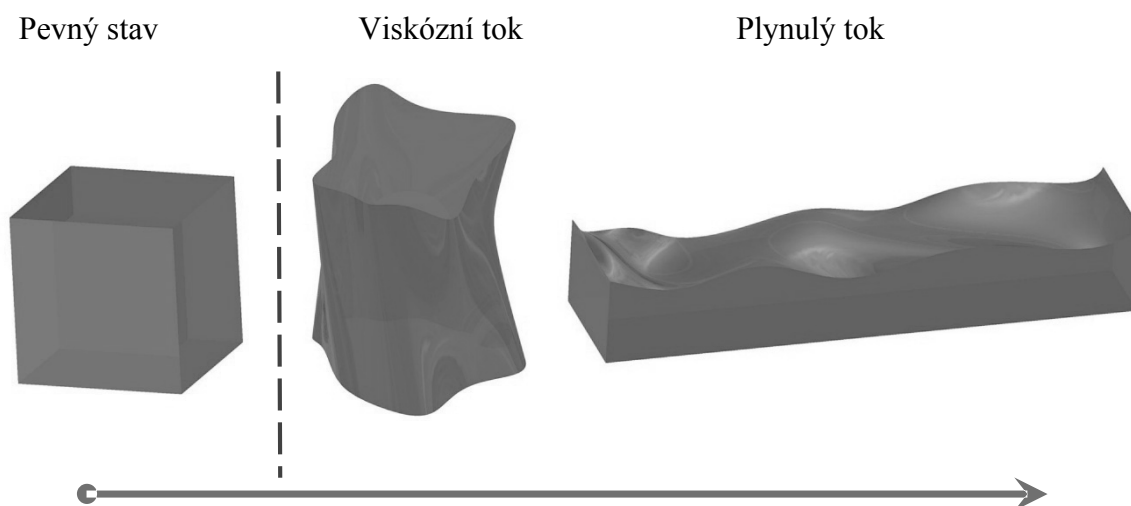
Nejvýznamnější elastomery

R = methyl, alkyl, fenyl



Rozsah měknutí polymerů

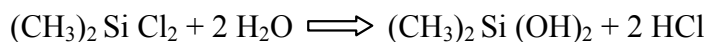
Amorfní materiály mají široký rozsah měknutí.



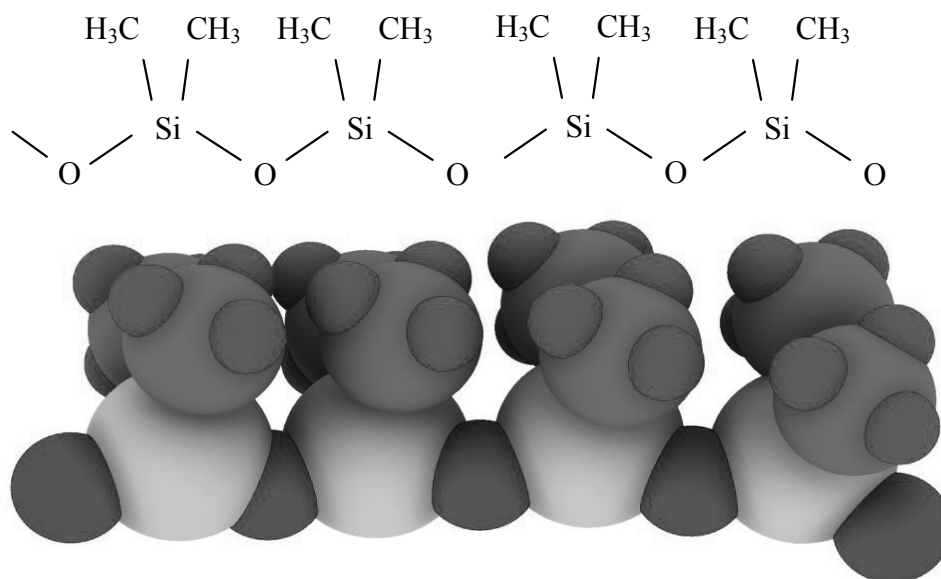
Obr. 3. Měknutí polymerů

Elastomery a silikony

Výsledný a chlorsilany jsou ošetřeny vodou, která nahradí atomy chlóru hydroxilovými skupinami.



Tyto dyhydroxelové složky odstraní vodu během kondenzační reakce aby došlo k zesíťování (Si - O - Si).



Obr.1 Zobrazení výsledné molekulové vazby

Průměrná vazební energie:

$$\text{Si} - \text{O} = 450 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{C} - \text{C} = 345 \text{ kJ/mol}$$

Vlastnosti silikonových polymerů závisí na identitě organického fragmentu vázanému na atom křemíku. Methylové skupiny s polymerem jsou nazývány silikonové oleje.

Vyznačuje se vyšší tepelnou stabilitou a má menší sklon k zahuštění při nízké teplotě, než uhlovodíkové oleje. Stabilita silikonových olejů pochází ze silných Si-O vazeb které tvoří páteřní prvek polymeru.

Silikonové pryže, polymery s rozvětveným Si - O - Si zesíťováním o vysoké molární hmotnosti, lze zakoupit jako samostatné dlouhé řetězce, které se zasítuje při pokojové teplotě.

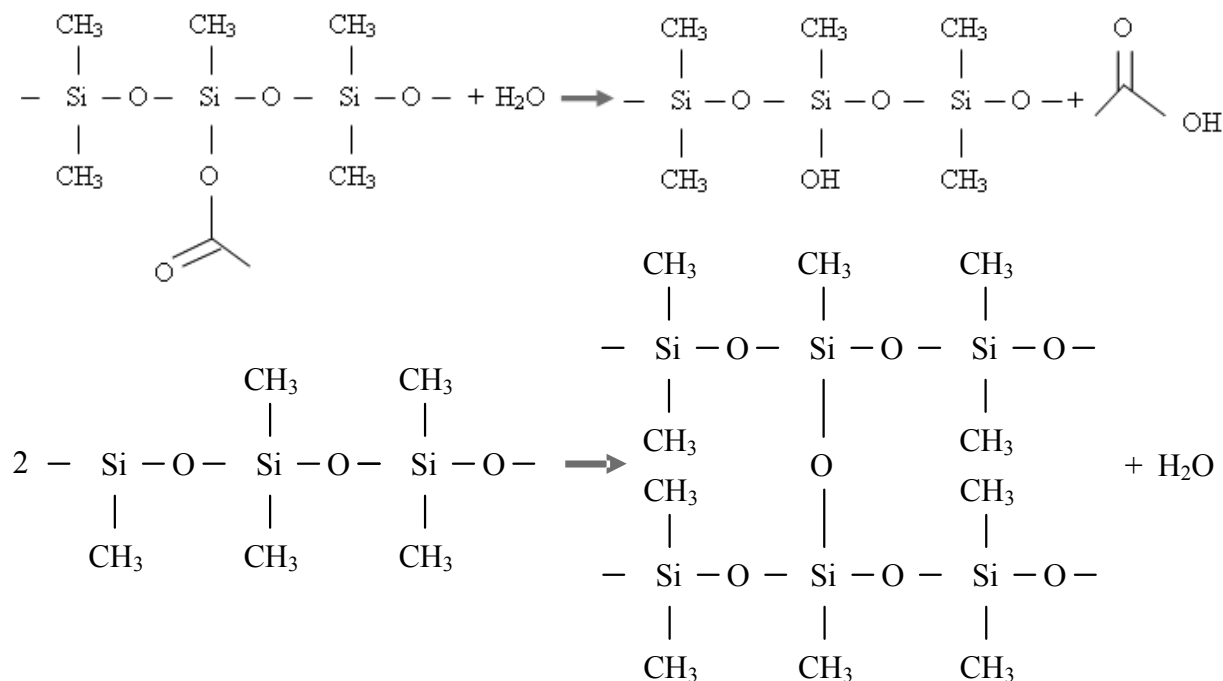
Tyto polymery se "vytvrzují" skrze vodou s níž reaguje v atmosféře. Proces vytvrzení uvolňuje kyselinu octovou, která působí s kovy obsaženými v těchto materiálech.

Každý rok se vyrábí ve Spojených státech přibližně 70.000 tun silikonových polymerů.

U samo vytvrzující silikonové gumy dochází k síťování při reakci s vodou. Slabě vázaná CH_3CO_2 skupina reaguje s vodou a tvoří hydroxysilane, který poté kondenzují do formy zesíťovaných polymerních řetězců.



Obr.2 ilustrační obra běžně užívaného tmelu

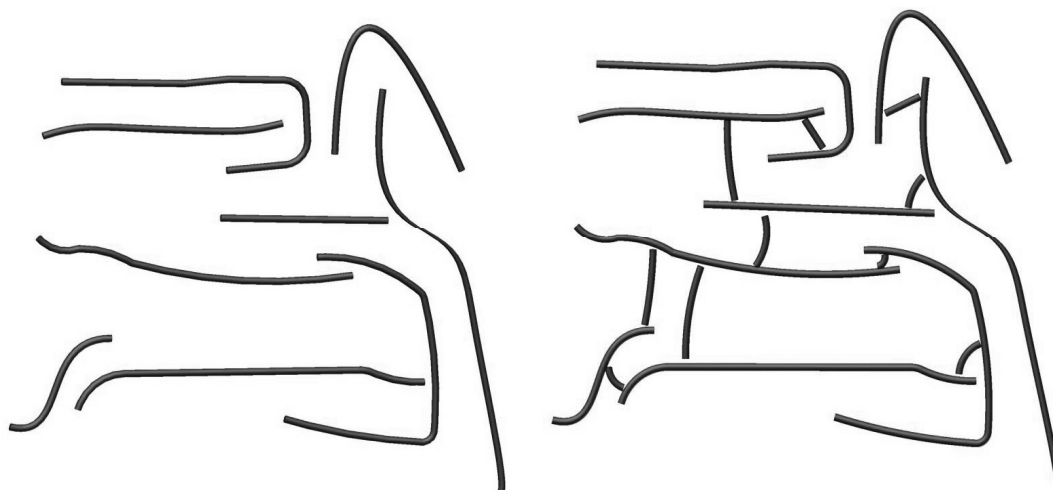


Obr.3 Chemická reakce při vytvrzování silikonové gumy (tmelu)

Vulkanizace = síťování (3D)  Zvýšení pevnosti, tvrdosti...

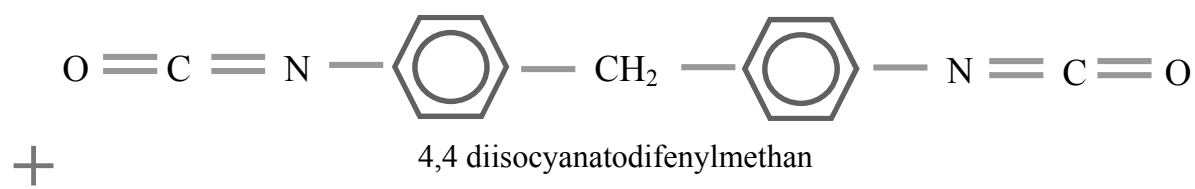
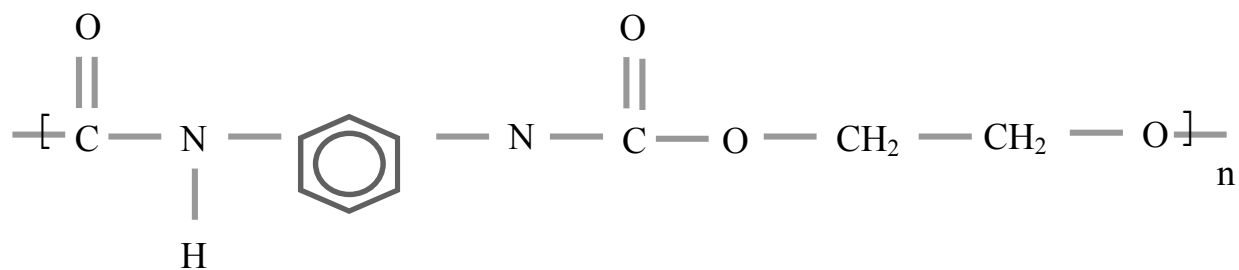
(Charles Goodyear – Patent USA pol. 19. Stol.)

Během síťování dochází k procesu viz obr.4 :

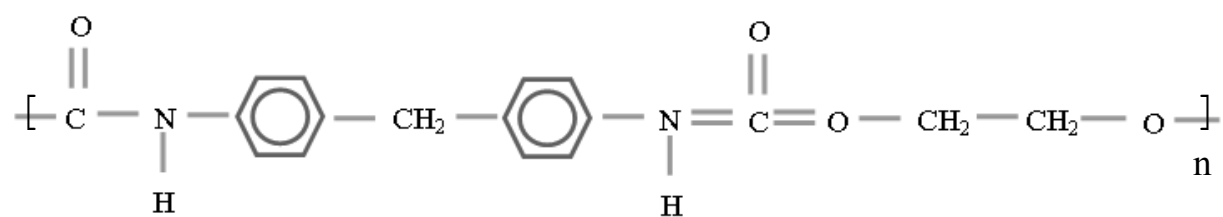
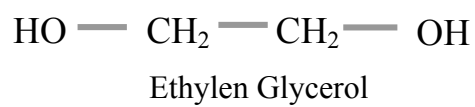


Obr.4 Princip síťování

Polyuretany

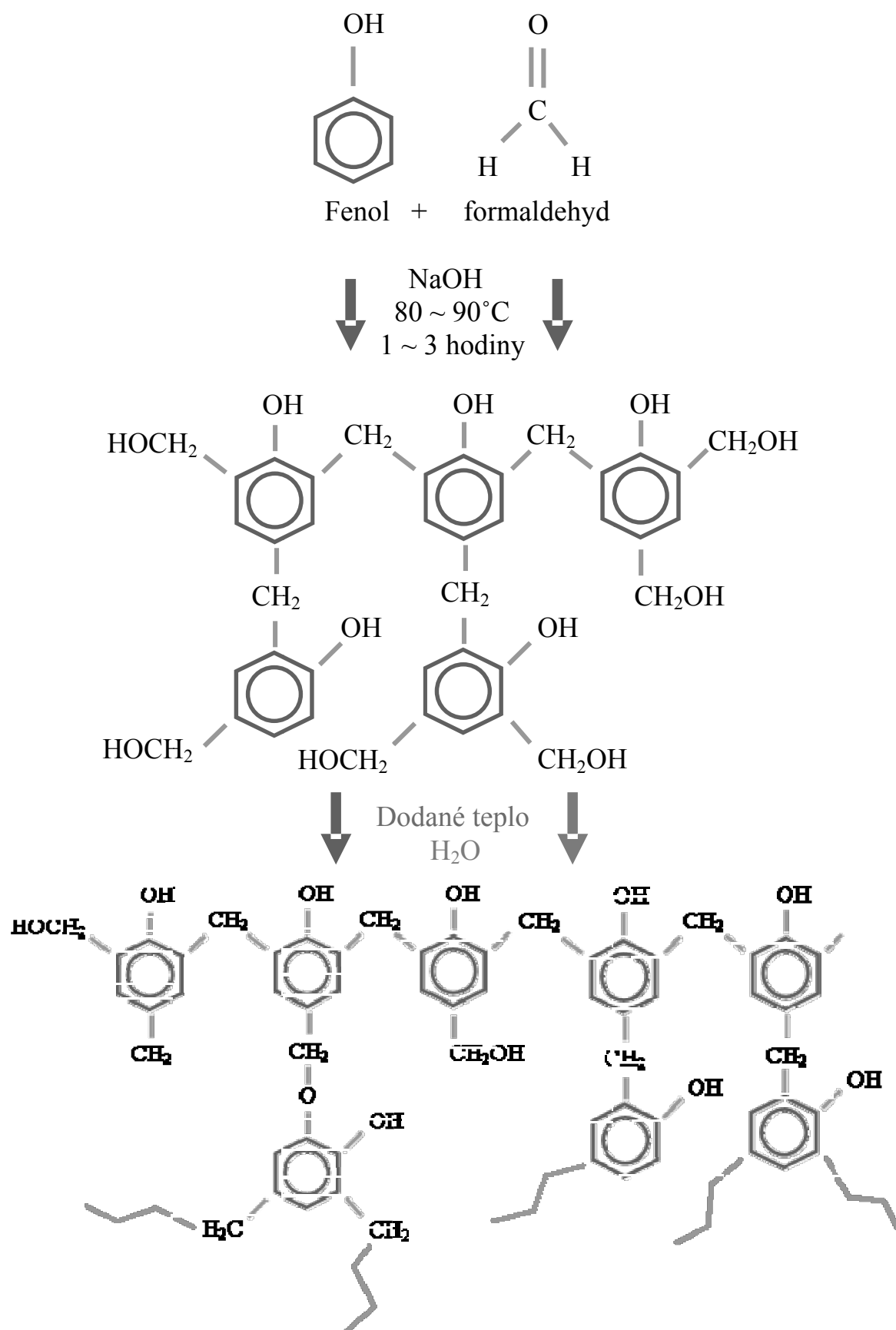


+



Obr.5. Polyuretan

Reaktoplasty

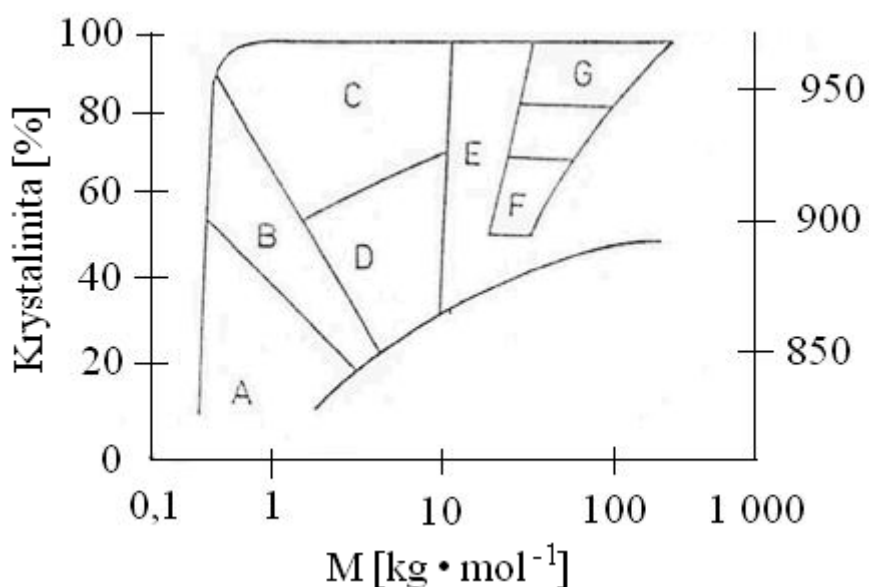


Obr. Chemická reakce reaktoplastu

Polymery - obecné hodnoty

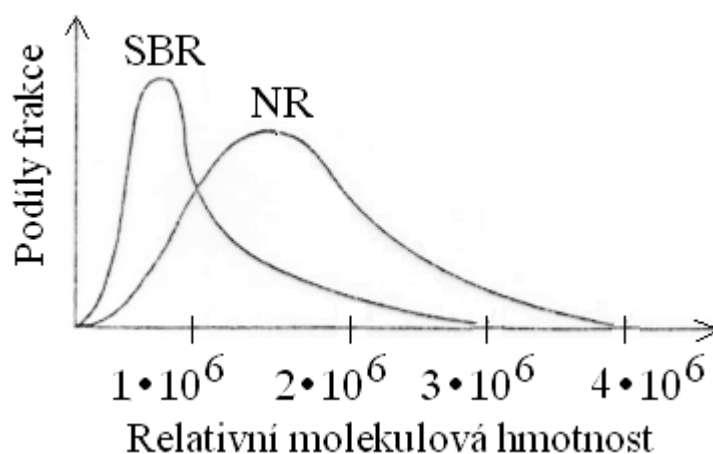
tab.1 Teploty skelného přechodu (T_g) běžných kaučuků Podíly frakce

Kaučuk	[°C]
silikonový kaučuk	- 120
butadienový kaučuk	- 100
Butylkaučuk	- 80
přírodní a izoprenový kaučuk	- 75
butadienstyrenový kaučuk	
s 23% styrenu v kopolymeru	- 60
s 53% styrenu v kopolymeru	- 14
polynorbornen	+ 35
polynorbornen se 200 dsk oleje	- 60



Obr. 1 Vztah mezi molární hmotností (M), krystalinitou a hustotou (ρ) polyolefinů.

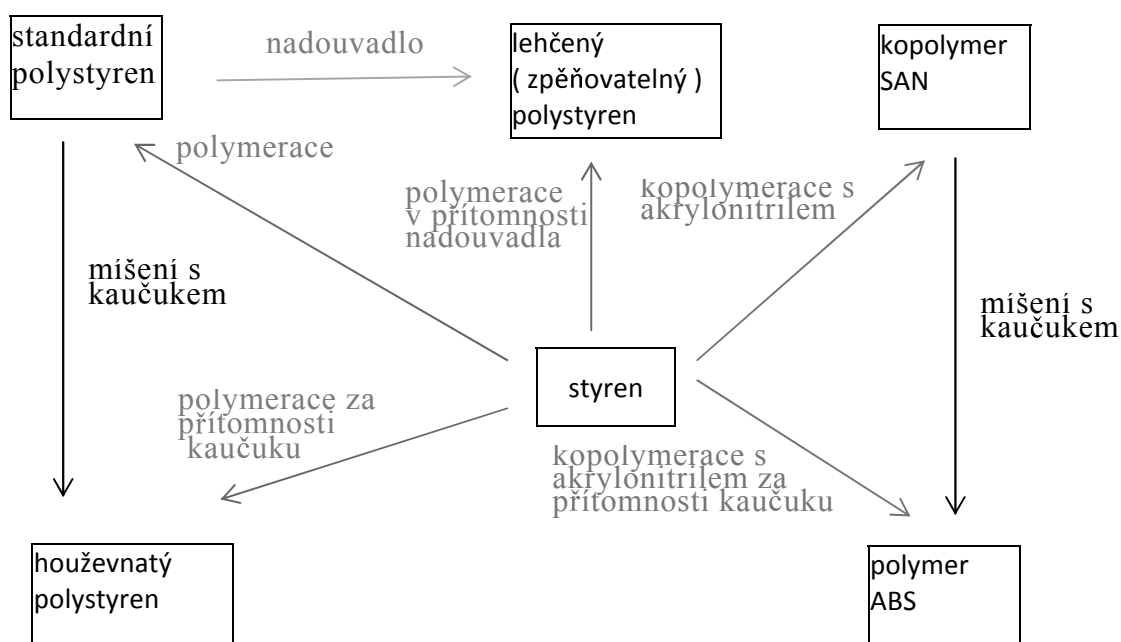
- A – vazelína
- B - měkké polyolefiny
- C - křehké polyolefiny
- D - houževnaté polyolefiny
- E - vysokomolekulární polyolefiny
- F - nejběžnější polymery
- G — lineární polymery.



Obr.2 Distribuční křivky relativních molekulových hmotností přírodního (NR) a butadien styrenového kaučuku (SBR)

tab.2 Charakteristické vlastnosti polymethylenu a polyetylenu

Vlastnost	Polyethylen	Polymethylen	
		lineární	rozvětvený
Hustota [kg w^{-3}]	980	do 960	do 930
Krystalinita [%]	95	do 93	do 64
Pevnost v tahu [MPa]	26	do 25	do 10
Tažnost [%]	10	do 1 000	do 1 000



Obr.3 Příprava základních skupin polystyrénových plastů

tab.3 Srovnání různých druhů polyethylenu

Typ PE (firma)	Označení	Počet skupin CH ₃ — na 1 000 atomů C	Krystalinita [%]	Hustota [g cm ⁻³]	Teplota tání [°C]	Mez pevnosti v tahu [MPa]
ICI	LDPE/rPE	10 až 35	50 až 70	0,915 až 0,935	105 až 115	9 až 15
Ziegler	HDPE/lPE	3 až 10	65 až 80	0,945 až 0,955	125 až 130	20 až 26
Phillips	HDPE/lPE	1 až 2	80 až 95	0,95 až 0,97	134 až 136	24 až 33

tab.4 Přehled vlastností některých homopolymerů

Homopolymer	Mez pevnosti v tahu [MPa]	Tažnost [%]	<i>L</i> [°C]	Teplota křehnutí [°C]
polymethylakrylát	7,0	750	8	4
polyethylakrylát	0,23	1 800	-22	-24
polybutylakrylát	0,02	2 000	-54	-44
polymethylmethakrylát	63,3	4	105	91
polyethylmethakrylát	35,2	7	65	49
polybutylmethakrylát	7,0	230	20	16

tab.5 Fyzikální vlastnosti polypropylenů

Hustota [kg m ⁻³]	900 až 910
Pevnost v tahu [MPa]	22 až 32
Tažnost [%]	120 až 700
Houževnatost [kJ m ⁻²]	10 až 15
Navlhavost [%]	0,1

tab.6 Charakteristické vlastnosti standardního a houževnatého polystyrenu

Polystyren	standardní	houževnatý
Hustota [kg m^{-3}]	1 050	1 060
Pevnost v tahu [MPa]	38 až 40	30 až 35
Pevnost v ohybu [MPa]	85 až 120	70 až 100
Pevnost v tlaku [MPa]	120	100
Rázová houževnatost [kJ m^{-2}]	16 až 20	25 až 60
Minimální teplota trvalého použití [$^{\circ}\text{C}$]	-10	-30
Maximální teplota trvalého použití [$^{\circ}\text{C}$]	50	65
Navlhavost [%]	0,1	0,2

tab.7 Charakteristické vlastnosti polyakrylátů a polymethakrylátů

	Pevnost v tahu [MPa]	Tažnost [%]	Teplota zeskenění [$^{\circ}\text{C}$]	Teplota rozkladu [$^{\circ}\text{C}$]
polymethylakrylát	7	750	8	120
polyethylakrylát	0,2	1 800	-22	120
polybutylakrylát	0,02	2 000	-54	140
polyinethylmethakrylát	63	4	105	190
polyethylmethakrylát	35	7	65	135
polybutylmethakrylát	7	230	20	160

tab.8 Srovnání některých fyzikálních vlastností polyamidů

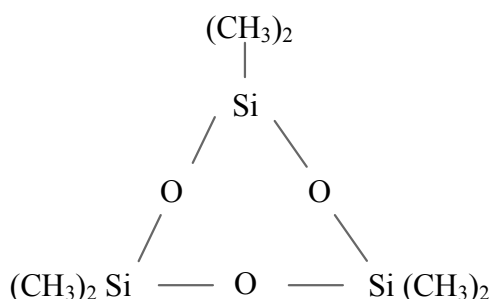
Vlastnost	FA-6	FA-66	PA- 610
Hustota [kg m^{-3}]	1 120	1 130	1 070
Teplota tání [$^{\circ}\text{C}$]	215 až 220	250 až 260	210 až 215
Modul pružnosti v tahu [MPa]	1 300	1 700	250
Navlhavost [hmot. %]	11	10	4
Teplotní odolnost [$^{\circ}\text{C}$] (krátkodobé použití)	140 až 180	170 až 200	210 až 220
Relativní permitivita při frekvenci [kHz]	5	4	3

tab.9 Porovnání fyzikálních vlastností močovino-formaldehových a melaminoformaldehových lisovacích hmot

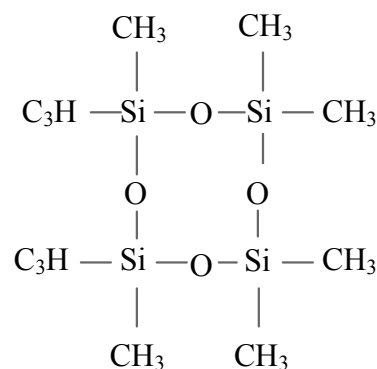
Vlastnost	Pryskyřice	
	močovinová	melaminová
Pevnost v tahu [MPa]	35 až 50	20 až 70
Pevnost v tlaku [MPa]	100 až 300	150 až 250
Pevnost v ohybu [MPa]	60 až 90	50 až 110
Pevnost v ohybu rázem [MPa]	0,8	0,4
Teplotní odolnost [°C]	100	120 až 160
Navlhavost [hmot %]	0,4 až 1,2	0,1 až 0,6

SILIKONOVÉ KAUKUKY:

Při přípravě silikonového kaučuku se vychází z čistých cyklických siloxanů připravených hydrolyzou dimethyldichlorsilanu ve zředěném roztoku, a sice z hexamethylcyclotrisiloxanu (obr.4) a oktamethylcyklo- tetrasiloxanu (obr.5).

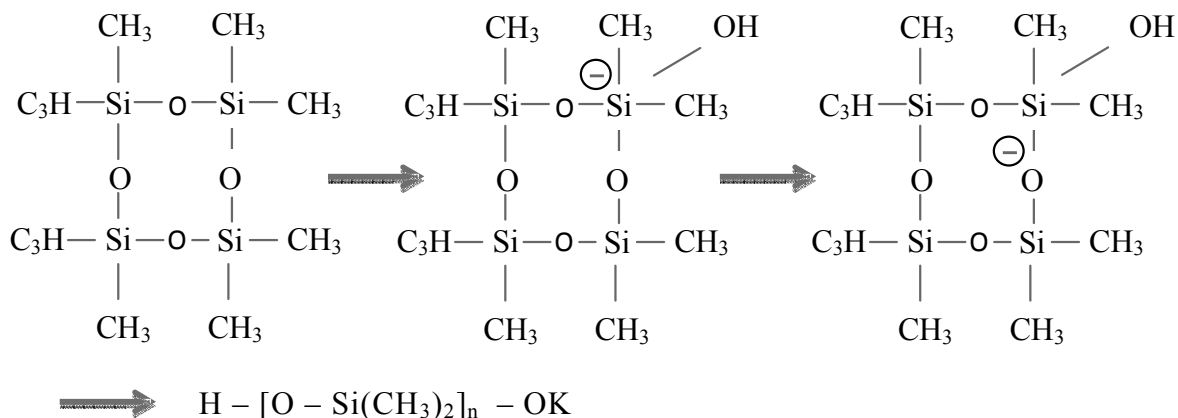


Obr.4 hexamethylcyclotrisiloxan



Obr.5 oktamethylcyklo- tetrasiloxan

Z těchto cyklických meziproduktů se kaučukovité lineární polymery připravují alkalickou nebo kyselou polymerací. Běžně se používá KOH nebo směs síranu hlinitého a kyseliny sírové. Při použití KOH lze předpokládat mechanismus.



Obr.6 funkce KOH mechanismu

tab.10 Pracovní teploty neplněných polymerů pro dlouhodobé (20 000 h) a krátkodobé (200 h) vystavení

Polymer	Pracovní teplota (°C)	
	dlouhodobě	krátkodobě
polyvinylchlorid	65	75
polystyren	70	80
polyethylen rozvětvený	75	90
polyethylen lineární	95	110
polypropylen	100	140
ABS	85	100
SAN	85	95
Polymethylmethakrylát	90	100
polyamidy alifatické	80 až 100	
epoxidové pryskyřice	80 až 130	140 až 250
polyurethany zesíťované	100 až 130	
polykarbonáty	100 až 135	
polyestery kyseliny tetraftalové	100 až 150	180 až 250
polyfenylenoxid	130 až 150	160 až 180
fluorované elastomery	130 až 170	200 až 260
siloxanové elastomery	130 až 180	200 až 280
polyesterimidy zesíťované polyamidimidy	160 až 180	
zesíťované polytetrafluorethylen a	150 až 180	
kopolymery	200 až 250	280 až 300
polyimidy	220 až 250	300 až 350

tab. 11,12 Odolnost plastů proti chemikáliím

Zkratka plastu	horká voda	Kyseliny			Zásady		anorganické soli	halogeny	oxidační činidla	Uhlovodíky			alkoholy	ethery	estery	ketony	aldehidy	aminy	organické kyseliny	pohonné směsi	minerální oleje	tuky, rostlinné oleje	Možnost vzniku koroze za napětí v rozpouštědlech
		slabé	silné	fluorovodíková	slabé	silné				alifatické	aromatické	halogenované											
HDPE	+	+	+	+	+	+	+	-	-	=	X	=	+	o	+	+	X	+	+	X	X	+	K
LDPE	+	+	+	+	+	+	+	-	-	=	-	-	0	-	0	0	X	+	+	=	0	X	K
EVA		+	=		+	+	+	-	=	=		-	X	=	=	-	+	X	X	0	0	X	
CSM	+	+	+	+	+	+	+		X														
PP, PB	+	+	X	X	+	+	+	=	-	X	=	=	+	o	X	X	+	+	X	X	+	+	K
PS	+	+	X	X	X	+	+	-	0	=	=	-	+	=	-	-	=	+	X	-	0	+	K
hPS	+	+	0	0	+	+	+	-	-		-	-	X	-	-	-				=	0	+	K
SAN	+	+	X	+	+	+	+											+	X	X	+	+	K
ABS	+	+	X	+	+	+	+	-	=	0	-	-	X	-	-	-		+	+	+	+	+	K
ASA	+	+	X	+	+	+	+	-	=	o	-		X	-	-	-	*	+	0	+	+	+	
PVC	0	+	+	+	X	+	+	0	X	X	=	=	+	=	-	-	=	X	X	=	+	+	
PVC měkčený	0	X	X		X	o	+	0	X		-	-	=	=	-	-	-	X	X	-	0	0	
PTFE	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
PCTFE	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
PVF	+	+	+	+	+	+	+	+	X	+	X	+	+	+	X	X		0	+	+	+	+	
POM	X	X	-		+	+	+	-	=	+	+		+	+	X	+	X	X	X	+	+	+	
PPO/PS	+	+	+		+	+	+			0	-	-	+			-			+	X		X	
Penton	+	+	+		+	+	+		X	+		+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	
PMMA	+	X	=	0	+	+	+	0	0	X	=	-	0	X	-	=	+	+	=	X	+	+	K
PC	0	+	=	X	-	-	X	+	0	X	-	-	X	-	=	=	-	-	-	=	X	+	

Zkratka plastu	horká voda	Kyseliny			Zásady		anorganické soli	halogeny	oxidační činidla	Uhlovodíky			alkoholy	ethery	estery	ketony	aldehydy	aminy	organické kyseliny	pohonné směsi	minerální oleje	tuky, rostlinné oleje	Možnost vzniku koroze za napětí v rozpouštědlech
		slabé	silné	fluorovodíková	slabé	silné				alifatické	aromatické	halogenované											
PETP	—	+	X		X		+		+	+	+		X	+	+	+			+	+	+	+	K
PBTP	=	0	=		+	+	+			+	X	=	+	+	O	=			X	+	+	+	
PA 6, 66	O	-	-	-	X		+	-	-	X	X	X	X	+	+		X	+	X	+	+	+	K
PA 610	O	-	-	-	X	+		-	-	X	X	=	X	+	+	+	X	+	X	+	+	+	
PA 11, 12	O	-	-	-	X	X	+	-	-	+	X	X	X	+	+	+	O	+	X	+	+	+	
PUR	=	X	O	-	X	X	+	-	=	+	X	=	X	X	X	+	+	+	O	+	+	+	
PF	O	0	-	-	O	-			X	X		X	X	X	X	X			=	X	+	+	
MF	+	O	-	-	X	-			X	X		X	+	X	X	X			=	X	+	+	
UP univ.	O	X	O	-	X	-	+	=	=	+	=	=	X	=	=	=	=	X	=	+	+	+	
EP	+	+	+		+	+	+		-	+	+	O	+		=	-		-	O	+	+	+	
CA	O	+	-	-	O	-	+	-	-	+	X	=	o	+	—	—	X	O	=	X	+	+	
CP	O	O	-	-	-	-	+	-	—	+	—	—	—	—	—	—	+	X	X	+	+	+	
CAB	O	+	—	—	X	0		—	=	+							+	X	X	+	+	+	

+ odolává dobře

X odolává dobře až středně

O odolává středně

= odolává špatně

— neodolává

prázdné místo značí, že zkouška nebyla provedena

Tab.13 Porovnání chemické odolnosti polymerů (1 - velká, 2 - střední, 3 - malá, KN - sklon ke korozi za napětí)

Polymer	Stupeň odolnosti proti			
	vodě	roztokům solí	kyselinám	zásadám
polyolefiny	1	1	1	1
fluoroplasty	1	1	1	1
polyvinylchlorid	1	1	1 až 2	1 až 2
polystyren		1	1 až 2	1
polymethylmetakrylát	2	1	2	2
polyakrylonitril	1	2 až 3	2 až 3	2 až 3
polyethylentereftalát	1	1	2	3
polykarbonáty	1	1	2 až 3	3
polyoxymethylen	1	1	3	2
polyamidy	2		3 KN	2
polyurethany	2		3	2
fenoplasty	1	1	1	3
aniinoplasty	1 až 2	1	1 až 2	1 až 3
epoxidové pryskyřice	2		2	2
polyesterové pryskyřice	1 až 2		1 až 2	3
polyizobutylene	1	1	1	1
pryže z kaučuku:				
přírodního	1	1	1 až 2	1
butadienstyrenového	1	1	1 až 2	1
butylového	1	i	1 až 2	i
chloroprenového	1	1	1 až 2	1
polysulfidového	1	1	1	1
silikonového	1	1	2 až 3	2 až 3
fluoruhlíkového	1	1	1	1
chlorsulfonovaného	1	1	1	1
polyethylenu				

tab.14 Porovnání povětrnostní odolnosti polymerů (1 - velká, 2 - střední, 3 - malá)

Polymer	Stupeň odolnosti
propionát celulózy	1 až 2
acetát. celulózy	2 až 3
nitrocelulóza	3
et hylcelulóza	3
polyolefiny	1 až 3
fluoroplasty	1
polyvinylchlorid	1 až 3
polyvinylacetát	1 až 3
polyvinylalkohol	3
polystyren	3
polymethylmethakrylát.	1
polyakrylonitril	2
polyethylentereftalát	2
polykarbonáty	2
polyxyruethylen	3
polyfenylenoxid	3
polyamidy	3
polyurethany	3
fenoplasty	1 až 2
aminopiasty	1 až 3
epoxidové pryskyřice	2
polyesterové pryskyřice	1 až 2

Polymer	Stupeň odolnosti
pryžez přírodního kaučuku	2 až 3
pryžez butadienstyrenového kaučuku	2 až 3
pryžez ethylenpropylenového kaučuku	1 až 2
pryžez butylkaučuku	2
pryžez chlorsulfonovaného polyethylenu	1
pryžez chloroprenového kaučuku	2
pryžez butadienakrylonitrilového kaučuku	2
pryžez akrylátového kaučuku	1
pryžez polysulfidového kaučuku	2
pryžez silikonového kaučuku	1 až 2
pryžez fluorouhlíkového kaučuku	1

odolnost závisí na výchozích surovinách a tvrdidlech
odolnost závisí na plnivech

tab.15 Propustnost polymerů (P) pro kyslík při teplotě okoli 30 °C.

Polymer	$P \cdot 10^{19} [\text{m}^2 \text{s}^{-1} \text{Pa}^{-1}]$
acetát celulózy	59
polyolefiny	38 až 413
fluoroplasty	1,5 až 7
polyvinylehlorid	9
polyvinylidenchlorid	0,5
polystyren	112
polyethylenglykoltereftalát	2,5
polykarbonáty	150
polyoxymethylen	28
polyamidy	3
polyizobutylen	90
přírodní kaučuk	1730
butadienstyrenový kaučuk	1300
butadienový kaučuk	1440
chlorsulfonovaný polyethylen	210
chloroprenový kaučuk	300
butadienakrylonitrilový kaučuk	300

tab.16 Limitní kyslíková čísla (LKČ) některých polymerů

Polymer	LKČ [obj. %]
polyoxymethylen, polyethylenoxid	15
polyakryláty a polymethakryláty	16
polyolefiny	17
polystyren, polybutadien	18
celulóza	19
polyvinylalkohol	22
polyet.hylent.eret talát	23
acetát celulózy	25
snadno zapalitelné	
polyamidy, polykarbonáty	27
polyfenylenoxid	29
polysiloxany	32
fenoplasty	35
samozhášivé	
polychloropropen	40
polyvinylchlorid	46
polyvinylidenchlorid	60
polytetrafluorethylen	95

tab.17 Přibližné hodnoty*¹ vlnových délek světelného záření, vyvolávající největší degradaci polymerů

Polymer	Vlnová délka
nitrocelulóza	310
acetobutyrát celulózy	297
polyethylen	300
polypropylen	(280), (310), 370
polyvinylchlorid	310, 370
polyvinylacetát	< 280
polystyren	318, 340
polymethylmethakrylát	290 až 315
polyestery	315, (325)
polykarbonáty	280 až 305, 330 až 360
polyoxymethyleri	300 až 320
polyamidy	250 až 310

Jsou ovlivněny řadou faktorů, zejména čistotou polymeru a složením, přípravou a zpracováním směsí.

tab.18 Zkratky a relativní spotřeba nejběžněji používaných kaučuků

Zkratka	Název	Spotřeba [%]	Určení
NR	přírodní kaučuk	30	pro všeobecné použití
IR	izoprenový kaučuk	8	
SBR	butadienstyrenový kaučuk	30	
BR	butadienový kaučuk	13	
EPM	ethylenpropylenový kaučuk	7	
EPDM			
I IR	butylkaučuk	3	olejovzdorné
CR	chloroprenový kaučuk	3	
NBR	butadienakrylonitrilový kaučuk	3	
ACM	akrylátový kaučuk	0,5	
OT	polysulfidový kaučuk	0,1	
MQ	silikonový kaučuk	0.1	teplovzdorné
FPM	fluorouhlíkový kaučuk	0,1	

tab.19 Množství prvků (hmot. %) potřebná k dosažení samozhášivosti polymerů

Polymery	P	Cl	Br
celulóza	3	24	—
polyolefiny	5	40	20
polystyren	—	10 až 15	4 až 5
polyakryláty	5	20	16
polyakrylonitril	5	10 až 15	10 až 15
polyestery	5	25	12 až 15
polyamidy	3,5	3,5 až 7	—
polyurethany	1,5	18 až 20	12 až 14
fenoplasty	6	16	—
epoxidové pryskyřice	5 až 6	26 až 30	13 až 15
Polymery	P + Cl	P + Br	
I celulóza	—	1 + 9	
polyolefiny	2,5 + 9	0,5 + 7	
polystyren	0,5 + 5	0,2 + 3	
polyakryláty	2 + 4	1 + 3	
polyakrylonitril	1 až 2 + 10 až 12	1 až 2 + 5 až 10	
polyestery	1 + 15 až 20	2 + 6	
polyamidy	—	—	
polyurethany	1 + 10 až 15	0,5 + 4 až 7	
fenoplasty	—	—	
epoxidové pryskyřice	2 + 6	2 + 5	

LEPIDLA

(*adheziva*)

Ke spojení povrchů (adherentů) dochází přilnutím tj. adhezí adheziva k Adhezentu + soudržností tj. kohezí vlastního adheziva.

Jsou vytvářeny převážně ve formě směsi.

Složky:

- Pojivo (adhezní základ)
- Nosič (voda, organická rozpouštědla, papír, textil, polymerní fólie)



NÁTĚROVÉ HMOTY

K povrchové úpravě tuhých či polotuhých výrobků.

Hlavní dělení dle charakteru zasychání:

- Fyzikální (odpařováním rozpouštědla)
- Chemicky (polymerizace, síťování... Plniva)

Základní rozložení složek:

Pojivo + nosič + pigment

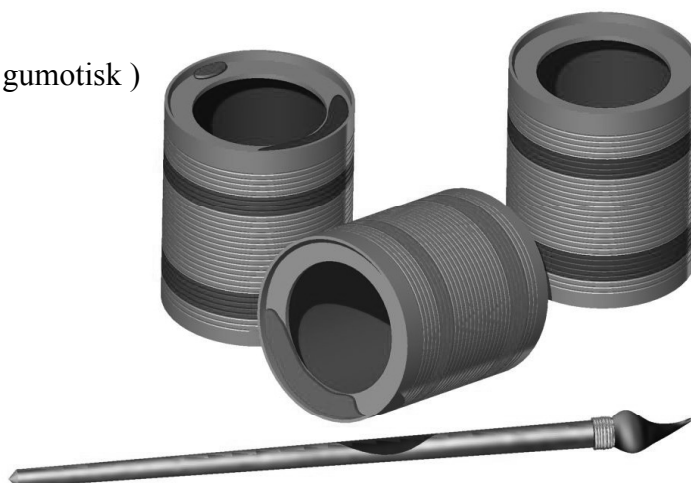
ANO	NE
EMAIL	LAK

Potiskování polymerních materiálů:

Nejčastěji pro termoplasty.

4 klasické tiskařské techniky:

- ❖ Tisk z výšky (knihtisk, gumotisk)
- ❖ Tisk z hloubky
- ❖ Sítotisk
- ❖ Ofset (tisk z plochy)



Tabulka Rozdělení lepidel

dle původu		
přírodní	polosyntetická	syntetická
klihová	z derivátů škrobu	polymerační
pryskyřičná	bílkovin	polykondenzační
bitumenová	celulózy	polyadiční
dle pojiva		
reaktoplastická	termoplastická	elastomerní
Fenoplastická	z polymerů vinylových	z kaučuku přírodního
aminoplastleká	styrenových	butadien- styrenového
epoxidová	akrylových	butadienakry- lonitrilového
polyurethanová	z polyamidů	chloroprenového
polyesterová	z derivátů celulózy	silikonového
		z polyizo- butylenu
dle reaktivity a nosiče		
nereaktivní	reaktivní	
disperzní	bezrozpouštědlová (reaktoplastická)	
roztoková	jednosložková	
tavná	vícesložková	
přílnavá		
dle konzistence		
tuhá	polotuhá	kapalná
tavná	přílnavá	disperzní
	tmelý	roztoková
	pastý	bezrozpouštědlová
dle odolnosti spoje ve vztahu k vodě		
neodolná	krátkodobě odolná	trvale odolná
škrobová	močovino- formaldehydová	fenoplastická
bílkovinná	polyvinylacetátová	melamino- formaldehydová
polyvinyl- alkoholová	polyvinyletherová	polyurethanová
methyl- celulózová	nitrocelulózová	epoxidová
karboxy- methyl- celulózová	elastomerní	polymethyl- methakrylátová
		silikonová

Zpracování polymerů na lehčené hmoty

$$\rho_{\text{mat}} \approx 400 \text{ až } 8\,000 \text{ kg/m}^3$$

Výhody:

- Lehké
- Pevné
- Výborné izolační vlastnosti

Přírodní materiály:

- Korek (200 ~ 300 kg/m³)
- Pemza (600 kg/m³)
- Balza (200 ~ 350 kg/m³)
- Mořská houba (100 kg/m³)

Dnes jsou vyráběny z polymerů, PS (Kopolymery +) PU, Kaučuk (Přírodní + syntetický) Fenolplasty, Animoplasty Polyolefily, PVC. (málo hořlavý v porovnání s předešlými).

Nejčastěji napjenování.

3 Stádia:

- Vznik pórů (dutinek)
- Růst pórů
- Ustálení

Mechanické napěňování:

Pro lehčené močovino-formaldehydové pryskyřice:

Vodní roztoky pryskyřice + tvrdidlo + emulgátor + stabilizátor

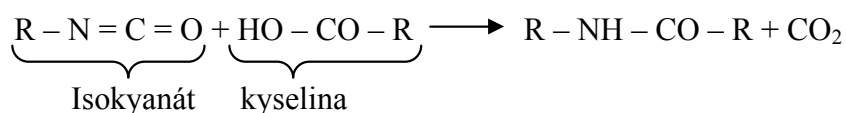
1. Našlehá se, Zalije do formy, vytvrzení (sušení při 50°C)
2. Plastikoly (disperze polymeru na změkčovadla) (PVC)
3. Směsi na základě kaučuku či latexu

Lehčení inertními plyny + nízko hořlavými kapalinami

Pro výrobu lehčeného PS, PVC, Fenolplastů

O₂, N₂, CO₂, He, Methan, Pentan, CCL₄, diethyleter, aceton

Lehčení zplodinami – Chemická reakce složek polymerních směsí



Měkké či úplně tvrdé pěny užívané jako *plniva*.

Konečné mechanické vlastnosti Získává pěna přibližně po 5 až 10 hodinách

Dotvrzení lze urychlit zahřátím na teplotu $\sim 70^{\circ}\text{C}$ (Formy)

Lehčené nadouvadly

Užíváno pro termoplasty kaučukové směsy.

Podobně jako u lehčení inertními plyny.

- Nadouvadlo dispergujeme v polymeru hnětením
- Za zvýšené teploty rozklad \Rightarrow Vzniká plyn