

## VERIŽNI POLIMERI

Tipični predstavniki verižnih polimerov so:

- polietilen (PE), polipropilen (PP), polibutilen (PB), poliizobutilen (PIB)
- polivinilklorid (PVC)
- fluorirani polimeri: politetrafluoroetilen (PTFE, TEFLON)
- polistiren (PS)
- poliakriloamid
- poliakrilonitril (PAN)
- polivinilacetat (PVAc)
- poliakrilna in polimetakrilna kislina
- poliakrilati: polimetilmetakrilat (PMMA)
- polisiloksani (silikoni)

Tipični predstavniki verižnih elastomerov so sintetični kavčuki.

### ***POLIETILEN (PE)***

Polietilen ( $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{n}$ ) je po kemijski sestavi najbolj enostaven polimer.

Po obsegu proizvodnje in uporabe je med sintetičnimi polimeri na prvem mestu.

Sintetiziramo ga iz etena ( $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ ), ki ga dobimo iz nafte ali zemeljskega plina s krekingom.

PE sintetiziramo po več postopkih:

- **Visokotlačni postopek** za proizvodnjo PE nizke gostote (**LDPE**) in kopolimerov z vinilacetatom, etilakrilatom, ... Sinteza poteka **po mehanizmu radikalske polimerizacije** pri visokih tlakih (100-300 MPa) in temperaturah (150-300°C).
- **Nizkotlačni postopek** za proizvodnjo linearnega PE nizke gostote (**LLDPE**), PE visoke gostote (**HDPE**) in PE z visoko molekulsko maso (**UHMWPE**). Sinteza poteka **po mehanizmu koordinativne polimerizacije** pri nizkih tlakih (do 20 MPa) in temperaturah do 180 °C. Sinteza poteka lahko v raztopini, suspenziji ali pa v plinski fazi.

Vrste PE:

- **polietilen nizke gostote (LDPE)** je razvejen, z dolgimi stranskimi verigami, gostota: 910-930 kg/m<sup>3</sup>, tališče: 105-115 °C, stopnja kristaliničnosti je nižja kot pri drugih PE (45-55%), je žilav, uporaben je v območju med -50 in 80 °C.
- **polietilen visoke gostote (HDPE)** je linearen, gostota: 940-970 kg/m<sup>3</sup>, tališče: 135 °C, stopnja kristaliničnosti: 70-90%. Je bolj trd in manj propusten za pline

kot LDPE, kemično je bolj obstojen, ima visok modul elastičnosti, uporaben je v območju med -50 in 120 °C.

- **linearni polietilen nizke gostote (LLDPE)** je razvejen, s kratkimi stranskimi verigami, gostota: 915-940 kg/m<sup>3</sup>, tališče: okoli 115 °C, stopnja kristaliničnosti: pod 70%. Je žilav in hkrati trden.
- **polietilen visoke molekulske mase (UHMWPE)** ima visoko molekulsko maso (3·10<sup>6</sup> - 6·10<sup>6</sup>). Gostota: 940 kg/m<sup>3</sup>, tališče: nad 135 °C, stopnja kristaliničnosti: okrog 45%. Uvrščamo ga med inženirske polimere. Je odporen proti obrabi in degradaciji.

Lastnosti polietilena:

Zaradi enostavne strukture polietilen kristalizira. Stopnja kristaliničnosti je odvisna od razvejenosti - bolj razvejen ima nižjo stopnjo kristaliničnosti. Od razvejenosti je odvisna tudi gostota materiala – bolj razvejen polietilen ima nižjo gostoto.

Mehanske lastnosti polietilena so odvisne od stopnje kristaliničnosti – višja je, boljše lastnosti ima.

Uporabljamo ga nad T<sub>g</sub> (pod -40 °C) in pod T<sub>m</sub>.

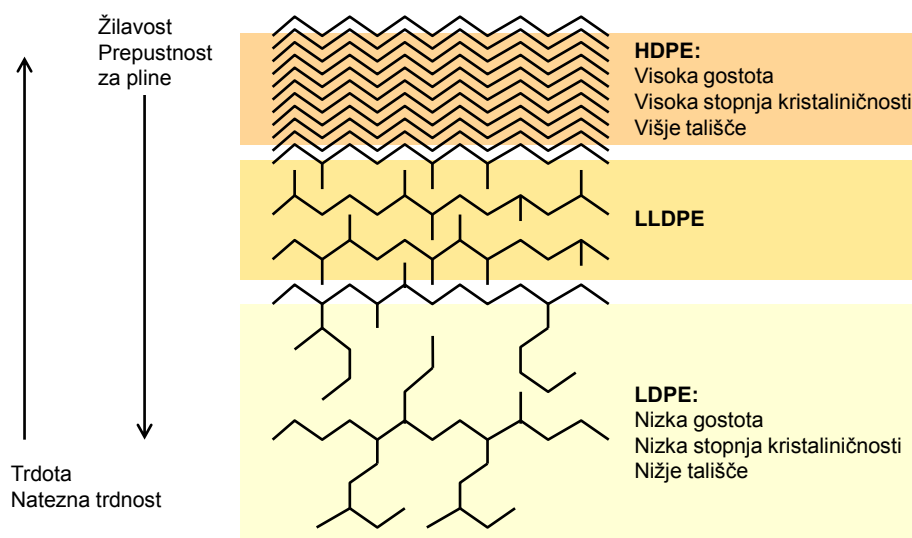
Obstojen je proti vodi in večini kemikalij (razen proti oksidativnim kislinam in halogenom). Pri povišani temperaturi (nad 100 °C) se topi le v nekaterih ogljikovodikih in kloriranih topilih.

Predeluje se z ekstrudiranjem in injekcijskim stiskanjem. Pred predelavo mu lahko primešamo različne dodatke.

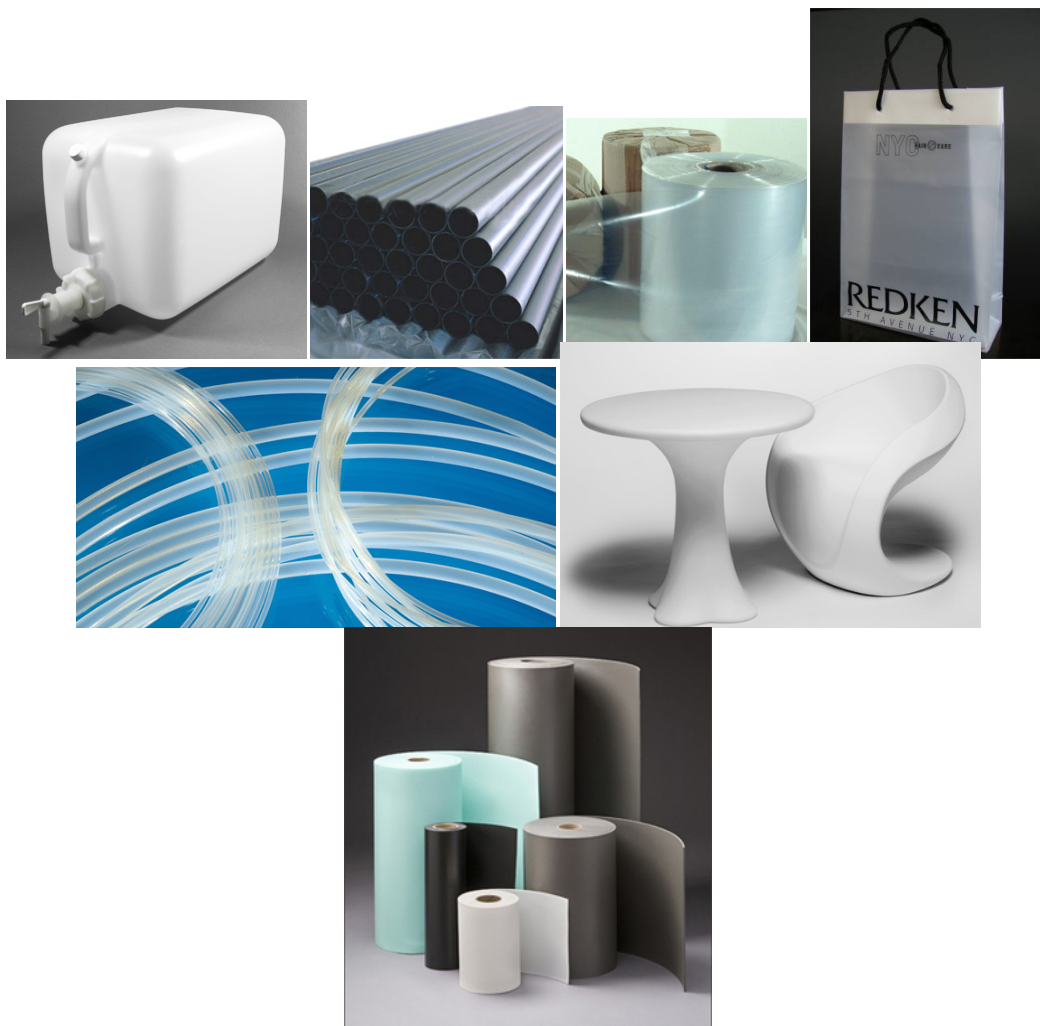
Pomembni so njegovi kopolimeri:

- z drugimi olefini (propen, buten, heksen,...),
- elastomerni polietilen (EPDM kavčuk je (etilen-propilen-dien terpolimer)),
- s polarnimi vinilnimi monomeri (vinilacetat, vinilklorid, akrilna kislina,...)

Uporaba: za folije, vlakna, cevi, za prevleke žic, embalaža, plošče, v medicini in prehranski industriji...



Slika: Vpliv razvejenosti polietilena na lastnosti polietilena



Slika: Uporaba polietilena

### ***POLIPROPILEN (PP)***

Polipropilen ( $-\text{CH}_2(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-$ )<sub>n</sub>) je polimer za široko uporabo.

PP je linearen.

Je pretežno izotaktičen. Kar pomeni, da je kristaliničen.

Sintetiziramo ga izključno s koordinativno polimerizacijo iz propena ( $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$ ).

Koordinativna polimerizacija poteka lahko v suspenziji, masi, plinski fazi ali v raztopini pri temperaturah 45-85 °C in tlakih do 2 MPa.

Lastnosti polipropilena:

Komercialni PP vsebuje do 90% izotaktičnega PP. Stopnja kristaliničnosti: 50-70%. Je lažji od PE, gostota: 900-910 kg/m<sup>3</sup>. Tališče: okoli 170 °C. T<sub>g</sub> amorfne faze je pri -20 °C.

Temperaturno območje uporabe je med 0 in 160 °C. Z nižanjem stopnje kristaliničnosti se mehanske lastnosti slabšajo. Po lastnostih je podoben HDPE.

Uporabljamo ga nad T<sub>g</sub> in pod T<sub>m</sub>.

Obstojen je proti vodi in večini organskih topil (topi se pri temperaturah nad 100 °C). Občutljiv je za oksidacije (zaradi reaktivnega vodika na terciarnem C atomu)

Uporaba: za folije, vlakna, cevi, posode, embalaža, v medicini in prehrabeni industriji...



Slika: Uporaba polipropilena

### ***POLIVINILKLORID***

PVC po obsegu porabe in proizvodnje uvrščamo med polimere za široko uporabo (skupaj s PE, PP in PS).

Monomer, iz katerega pridobivamo PVC ( $-\text{CH}_2-\text{CHCl}-$ ), je vinilklorid ( $\text{CH}_2=\text{CHCl}$ ). Vinilklorid je plin, ki pridobivamo s hidrokloriranjem etna ali z dehidrokloriranjem dikloretana.

PVC sintetiziramo z radikalsko polimerizacijo v suspenziji, emulziji in masi.

PVC je ataktičen in razvejen. Je značilen predstavnik amorfnih polimerov.  $T_g$ : 80-85 °C.

Uporaben je med -30 in 70 °C (pod  $T_g$ ).

Lastnosti polivinilklorida:

PVC je topen v nekaterih organskih topilih in se dobro meša z mehčali in vrsto polarnih polimerov.

Zaradi vsebnosti klora je slabo gorljiv oz. samogasljiv.

Če ga segrevamo nad 100 °C, razpada. Pri razpadu izhaja HCl in nastajajo konjugirane dvojne vezi. Termično stabilnost mu povečamo z dodatki stabilizatorjev.

Pri predelavi mu dodajamo poleg stabilizatorjev še druga polnila in barvila, tudi mehčala.

PVC je izrazito krhek material. Zmehčamo ga z dodatkom mehčal. Mehčani PVC imenujemo **plastisol**.

Po uporabi ločimo:

- Trdi PVC: trd, krhek, prosojen, težko ga je predelovati.
- Mehki PVC: vsebuje 20-30 % mehčal, ki močno znižajo  $T_g$ .

Predeluje se z ekstrudiranjem, kalandriranjem, injekcijskim stiskanjem, penjenjem, ...

Uporaba: v gradbeništvu – največji porabnik: konstrukcije (cevi, plošče, okna, rolete, žlebovi, premazi, profili,...), talne obloge, cevi, električne izolacije, prevleke kablov, umetno usnje,...



Slika: Uporaba polivinilklorida