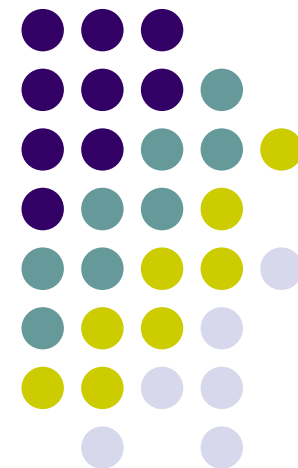


Polimeri i plastične mase

Predavanje, 12.10.2012.





Vrste polimera

- Prirodni: proteini, celuloza i dr.
- Vještački (sintetičke smole)

Osnovne osobine

- manja ili veća tvrdoća
- ljepljivost
- sposobnost omekšavanja na visokom temperaturama
- odeđeni stepen prozirnosti itd.

Polimeri



- ⇒ Visokomolekularna jedinjenja čiji se molekuli sastoje od nekoliko stotina ili nekoliko hiljada atoma međusobno spojenih valentnim vezama (makromolekule)
- ⇒ Grčka riječ: “poli”-mnogo i “meros”-dio
- ⇒ nM (monomer) → M_n (polimer)

● Dvije osnovne vrste reakcija polimerizacije:

1) Adiciona: $A+A+A+ \dots \rightarrow A-A-A-\dots$ (homologni tip)

$A+B+A+B+ \dots \rightarrow A-B-A-B-\dots$ (kopolimerni tip)

- ⇒ dobijaju se visokomolekularna jedinjenja bez ostataka, tj bez izdvajanja nekih sporednih produkata
- ⇒ imaju iste elementarne sastave kao i polazni monomeri (A, odnosno A i B), pri čemu se dobijaju potpuno nove supstance, koje se po svojstvima bitno razlikuju od polaznih monomera
- ⇒ inicira se povećanom temperaturom, povećanim pritiskom ili korištenjem određenih katalizatora

2) Kondenzaciona: $A+B \rightarrow AB + \text{nuzprodukti}$

- ⇒ dobijaju se polimeri koji se po hemijskom sastavu potpuno razlikuju od sastava polaznih monomera
- ⇒ stvaraju se i određeni niskomolekularni nuzprodukti: voda, hlorovodonik, i dr.

Struktura i ponašanje polimera pri zagrijavanju



- ⇒ ne postoji pravilan raspored čestica-izgrađivača ⇒ amorfna struktura
- ⇒ jedan dio makromolekula ima izvjestan uređen poredak ⇒ djelom kristalna struktura

⇒ oblici makromolekula:

- ⇒ linearni
- ⇒ razgranati
- ⇒ mrežasti (umreženi)

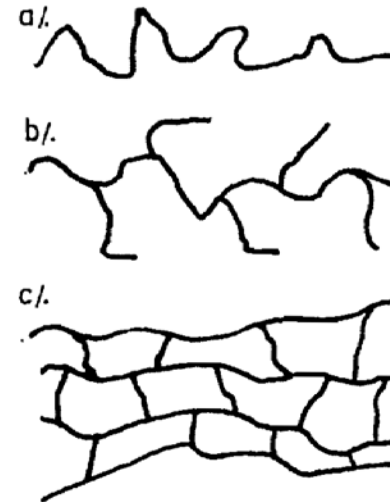
⇒ najčešće su potpuno haotičnog rasporeda

● Linearna struktura:

- ⇒ skup linijskih ili razgranatih elemenata koji se sastoje od velikog broja istih (polimeri homolognog tipa) ili različitih segmenata (polimeri kopolimernog tipa) spojenih gipkim vezama

● Mrežasta (umrežena) struktura

- ⇒ linijski elementi međusobno spojeni poprečnim vezama (granama)



Struktura i ponašanje polimera pri zagrijavanju

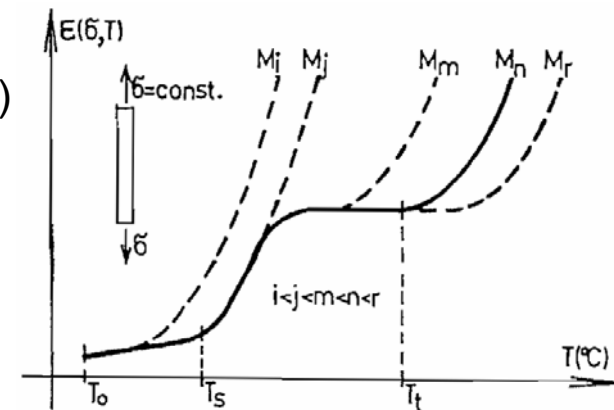


● Termoplastični polimeri

- ⇒ Linearni polimeri: povećanje pokretljivosti u okviru makromolekula, slabljenje veza između makromolekula
- ⇒ pri zagrijavanju razmekšavaju, zatim se tope, nakon hlađenja ponovo očvršćavaju zadržavajući osnovna svojstva
- ⇒ postupak razmekšavanja i stvrdnjavanja može se ponavljati više puta bez mjenja (pogoršavanja) njegovih tehničkih karakteristika

⇒ termomehanička kriva $\varepsilon(\sigma, T)$:

- ⇒ područje elastičnih-hukovskih deformacija ($T_0 - T_s$)
- ⇒ područje viskoelastičnih deformacija ($T_s - T_t$)
- ⇒ područje viskoplastičnih deformacija ($T > T_t$)



Struktura i ponašanje polimera pri zagrijavanju



- **Termoplastični polimeri**

- ⇒ Pozitivna svojstva: male specifične mase ($1000-1200\text{kg/m}^3$), mala toplotna provodljivost, visoka hemijska otpornost
- ⇒ Negativna svojstva: nepostojanost na povišenim temperaturama, nizak modul elastičnosti, krtošć na nižim temperaturama, velike deformacije tečenja, sklonost starenju

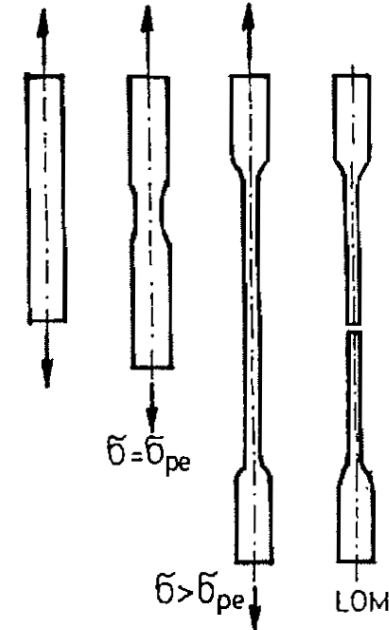
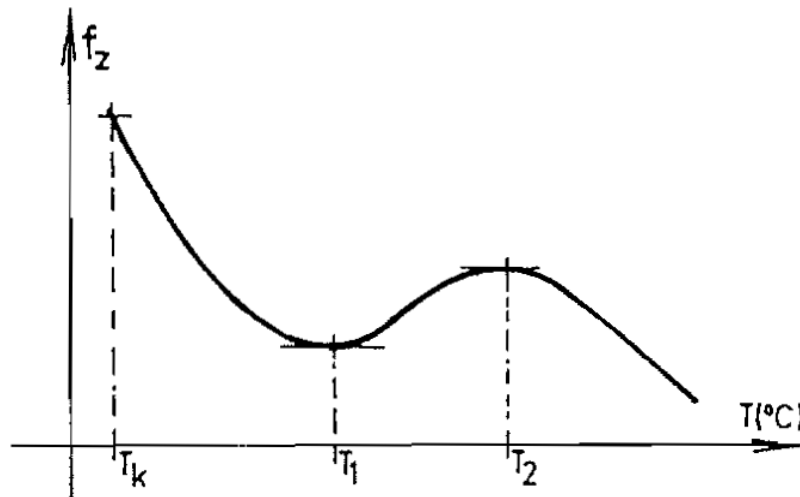
- **Termostabilni polimeri**

- ⇒ linearne ili razgranate makromolekule u fazi dobijanja, koje zagrijavanjem jednom omekšaju (pređu u plastično stanje), kada dolazi do povezivanja makromolekula u porečnom pravcu (umreženi polimeri)
- ⇒ fizičko-mehanička svojstva se mjenjaju: gube sposobnost rastvaranja u rastvaračima, sposobnost prelaska u plastično stanje pri ponovnom zagrijavanju, dobijaju veću čvrstoću, manje deformacije pod uticajem konstantnih statičkih opterećenja

Mehanička svojstva polimera



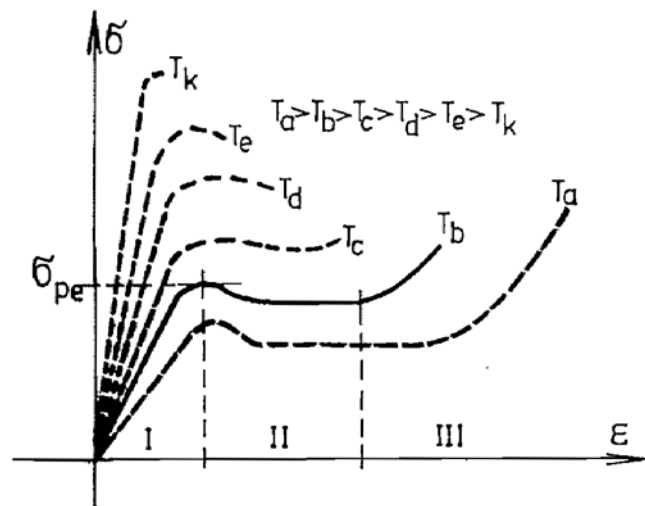
- Čvrstoća pri zatezanju, relativna izduženja pri prekidu, moduli elastičnosti
- ⇒ uzorci štapnog, trakastog oblika ili na “oslabljenim” uzorcima
- ⇒ ispitivanja se rade u području normalnih (radnih) temperatura (-20 do 40°C)
- ⇒ temperatura odgovara području staklastog stanja kod termoplastičnih polimera



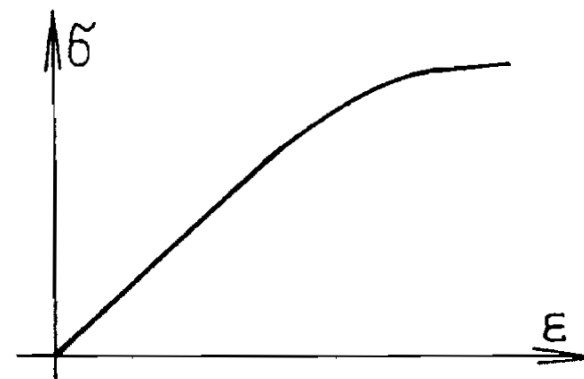
Mehanička svojstva polimera



- Čvrstoća pri zatezanju, relativna izduženja pri prekidu, moduli elastičnosti
- ⇒ σ - ε kriva tri karakteristična područja:
 - ⇒ područje I, prave elastične deformacije (Hukov zakon)
 - ⇒ područje II, prinudne elastične deformacije (σ_{pe})-velike deformacije
 - ⇒ područje III, prvo Hukova elastičnost, a zatim plastično ponašanje
- ⇒ $T_b < T_a < T_s$ (temperatura granice staklastog stanja)
- ⇒ niže temperature manja područja prinudnih elastičnih deformacija



σ - ε kriva termoplastičnih polimera



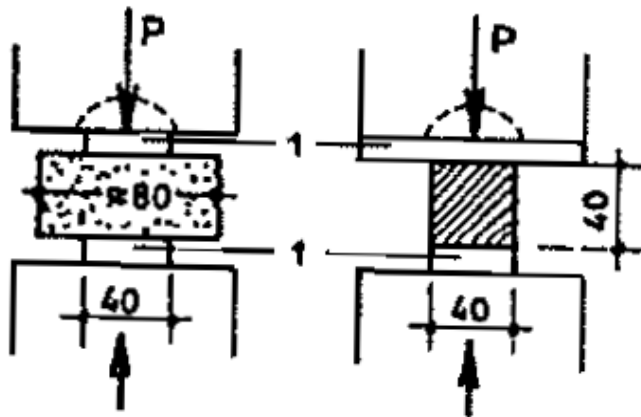
σ - ε kriva termostabilnih polimera

Mehanička svojstva polimera

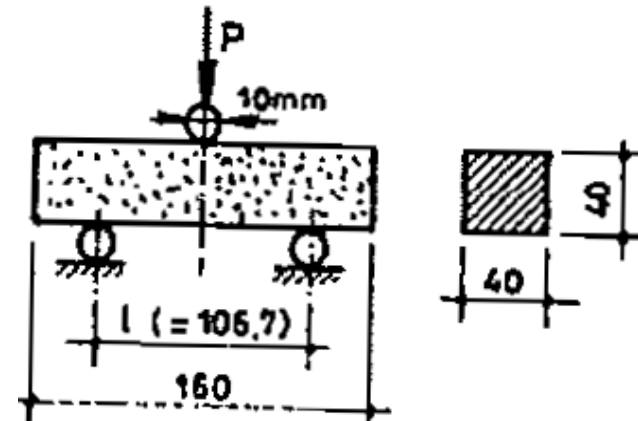


- Čvrstoća pri pritisku i savijanju

⇒ prizmatični uzorci 4x4x16cm



Ispitivanja čvrstoće pri pritisku



Ispitivanje čvrstoće pri savijanju

$$\sigma_m = f_p = \frac{P_{gr}}{A_o}$$

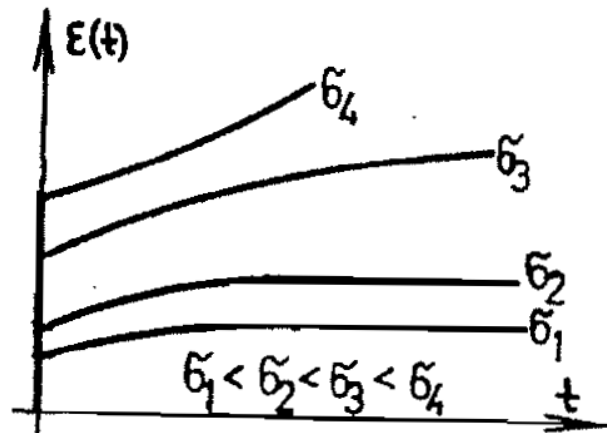
$$f_{zs} = \frac{M_{gr}}{W} \quad f_{zs} = \frac{3 P_{gr} l}{2 b h^2}$$

Reološka svojstva polimera



- Skupljanje

- ⇒ zapaža se tokom procesa dobijanja polimera, u srazmjerno kratkom vremenskom periodu i ima asimptotski karakter
- ⇒ teško se mjeri jer je sa mjerenjima neophodno započeti na samom početku procesa polimerizacije
- ⇒ kriva ukupne deformacije polimera predstavlja zbir trenutne deformacije i deformacije tečenja, za područje normalne (radne) temperature



Krive vremenskih deformacija

Reološka svojstva polimera



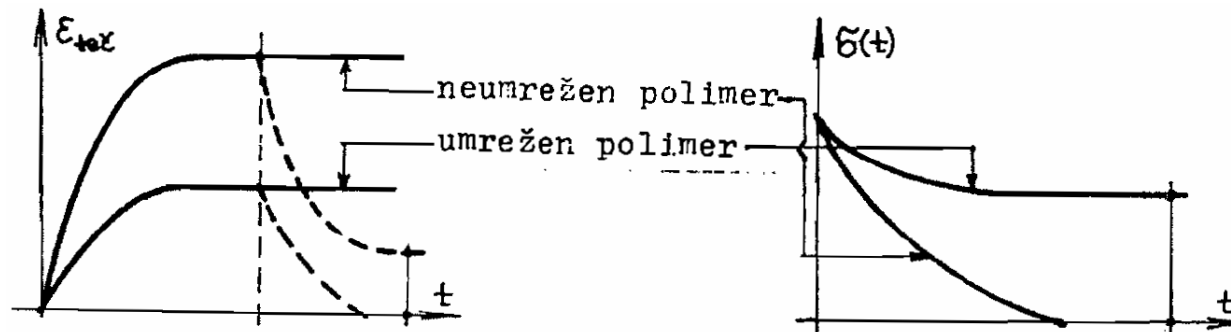
- Tečenje

⇒ za pretpostavljeno linearno tečenje, krive tečenja su funkcija strukture polimera:

- ⇒ linearni (neumreženi) polimeri imaju veće deformacije tečenja od umreženih
- ⇒ linearni polimeri pri rasterećenju imaju određene trajne deformacije (ireverzibilnost procesa), za razliku od umreženih koji imaju reverzibilan karakter

- Relaksacija

- ⇒ kod neumreženih polimera je stoprocentna
- ⇒ kod umreženih polimera ima asimptotski karakter, do izvjesnog graničnog napona različitog od nule



Vrste termoplastičnih polimera



- **Polietilen**

- ⇒ polimerizacijom monomera etilena pri različitim pritiscima:
 - ⇒ polietilen niskog pritiska (veća tvrdoća, manja elastičnost)
 - ⇒ polietilen visokog pritiska
- ⇒ tvrd rožnat materijal, bijele boje, u vidu granula (3-5mm) ili praha
- ⇒ specifična masa od 920 do 970kg/m³
- ⇒ modul elastičnosti 150-800MPa
- ⇒ čvrstoća pri zatezanju 12-32MPa
- ⇒ upijanje 0,03-0,04%, dobra otpornost na dejstva mraza
- ⇒ nedostatak: mala tvrdoća, visoka vrijednost termičkog koeficijenta linearnog širenja, mala otpornost na povišenu temperaturu (do max 130°C)
- ⇒ primjenjuje se: za proizvodnju hidroizolacionih materijala, cjevi, sanitarno-tehničke opreme i dr.

- **Polivinilhlorid**

- ⇒ bijeli ili žućkasti prah bez ukusa i mirisa:
- ⇒ specifična masa od 1400kg/m³
- ⇒ čvrstoća pri zatezanju 50-60MPa, čvrstoća pri savijanju 80-120MPa
- ⇒ koristi se do temperature 60°C
- ⇒ otporan na dejstvo kiselina, baza, benzina, raznih ulja
- ⇒ nedostatak: pad čvrstoće na povišenim temperaturama, velike deformacije tečenja
- ⇒ primjenjuje se: za proizvodnju podova (linoleum), hidroizolacionih materijala, razne vrste cjevi i dr.

Vrste termoplastičnih polimera



- **Polistirol**

- ⇒ produkt polimerizacije stirola
- ⇒ tvrd prozračan materijal nalik na staklo, u vidu granula (6-10mm) ili praha
- ⇒ specifična masa 1050kg/m^3
- ⇒ modul elastičnosti 150-800MPa
- ⇒ čvrstoća pri zatezanju 35-60MPa, čvrstoća pri pritisku 80-110MPa
- ⇒ vodonepropustljiv, otporan na dejstvomnogih hemijskih agenasa
- ⇒ nedostatak: ograničena otpornost na povišene temperature, krtost pri djelovanju udarnih opterećenja
- ⇒ primjenjuje se: za proizvodnju pločica, cjevi, kao sirovina za proizvodnju termoizolacionih materijala porozne strukture (stiropol)

- **Polimetilmetakrilat**

- ⇒ organsko staklo
- ⇒ velika propustljivost ultravioletnih zraka (obično staklo oko 1%, organsko 73,5%)
- ⇒ čvrstoća pri pritisku 120-160MPa, čvrstoća pri zatezanju 60-80MPa, čvrstoća pri savijanju 80-140MPa
- ⇒ nedostatak: nepostojan u rastvorima kiselina i baza, lako se rastvara u organskim rastvaračima (npr. aceton), u kontaktu sa vatrom gori jarkim plamenom
- ⇒ primjenjuje se: za zastakljivanje prozora na bolnicama, staklenim baštama, svjetlarnicama i dr.

Vrste termoplastičnih polimera



- **Polivinilacetat**

- ⇒ polimer sa vrlo niskom temperaturom prelaska u staklasto stanje (28°C)
- ⇒ nedostatak: podložan deformacijama na običnim temperaturama
- ⇒ primjenjuje se: za proizvodnju ljepkova i lakova, betona sa povećanom hemijskom otpornošću i vodonepropustljivošću (vodeni rastvori se uvode u betone na bazi cementa)

- **Poliizobutilen**

- ⇒ produkt polimerizacije izobutilena (iz ostatka destilacije nafte)
- ⇒ elastičan materijal (relativno izduženje od 1000 do 2000%)
- ⇒ mala specifična masa cca 920kg/m³
- ⇒ vodonepropusan, otporan na dejstvo različitih hemijskih agenasa, otporan na dejstvo mraza (temperatura prelaska u staklasto stanje -75°C)
- ⇒ primjenjuje se: kao masa za zatvaranje (hermetizaciju) spojnica raznih vrsta, za proizvodnju ljepkova, hidroizolacionih materijala i dr.

Vrste termostabilnih polimera



- **Fenolaldehidi**

- ⇒ polimerizacijom fenola i aldehida (najveću primjenu imaju fenolformaldehidi)
- ⇒ tvrde i krte supstance svjetlo ili tamno mrke boje
- ⇒ specifična masa 1200-1300kg/m³
- ⇒ primjenjuje se: dobivanje materijala veće čvrstoće, manje krtosti od fenolformaldehida, tako što se mješaju sa strugotinom od drveta, hartijom, tkaninama i drugim inertnim materijalima, za proizvodnju ljepkova za drvene konstrukcije, za vodootporne furnire, za slojevite plastične mase

- **Epoksidi**

- ⇒ polimeri koji u okviru svoje strukturne formule sadrže tzv. epoksidnu grupu (u tečnom i očvrslom stanju)
- ⇒ specifična masa cca 1200kg/m³
- ⇒ čvrstoća pri pritisku 70-100MPa, čvrstoća pri zatezanju 40-80MPa, čvrstoća pri savijanju 60-130MPa
- ⇒ visoka otpornost na povišene temperature (do 150°C), visoka hemijska otpornost (izuzev jakih oksidacionih sredstava i vlažnog hlora)
- ⇒ nedostatak: mala žilavost, relativno izduženje pri prekidu 2,5-8%
- ⇒ primjenjuje se: kao ljepkovi za beton, drvo, keramiku, staklo, metale, kao veziva za epoxidne maltere i betone, za izradu industrijskih podova, kao hidroizolacioni materijali

Vrste termostabilnih polimera



- **Poliesteri**

- ⇒ tzv. nezasićeni poliesteri se primjenjuju u građevinarstvu
- ⇒ specifična masa 1100-1400kg/m³
- ⇒ čvrstoća pri pritisku 90-240MPa, čvrstoća pri zatezanju 30-70MPa
- ⇒ visoka otpornost na veliki broj hemijskih agenasa
- ⇒ nedostatak: oslobađanje velike količine toplote pri očvršćavanju, veliko skupljanje (7-9%), dugo djelovanje vode smanjuje čvrstoću i do 40%, kao i adheziono svojstvo
- ⇒ primjenjuje se: za izradu raznih elemenata za pokrivanje krovova (prozračnih i obojenih), sanitarno-tehničke opreme, ljepkova, fasadnih boja, lakova i dr.

- **Poliuretani**

- ⇒ zapreminska masa 30-500kg/m³
- ⇒ primjenjuje se: u obliku poroznih (ekspandiranih) termoizolacionih materijala (otvornih ili zatvorenih pora)

- **Silicijum-organski polimeri (silikoni)**

- ⇒ otpornost na visoke temperature 300-500°C, velika krutost
- ⇒ primjenjuje se: kao hidrofobni premazi, dodaci betonima sa ciljem da poboljša hidrofobna svojstva, za proizvodnju vatrootpornih lakova i emajla, ljepokva i dr.

Plastične mase



- Sastav plastičnih masa:

- 1) Veziva (10-20% u odnosu na ukupan volumen): neke vrste polimera
- 2) Punioci (80-90% u odnosu na ukupan volumen):
 - ⇒ praškasti (drveno i kvračno brašno, kreda, talk, čađ i sl.)
 - ⇒ vlaknasti (staklena i organska vlakna, azbest i dr.)
 - ⇒ listasti (hartija, tkanine raznih vrsta, drveni furnir)
- ⇒ smanjuju skupljanje i deformabilnost, povećavaju otpornost na povišenim temperaturama, smanjuju gorivost (naročito mineralni punioci), povećavaju čvrstoću pri zatezanju i savijanju i otpornost na djelovanje atmosferskih uticaja (naročito vlaknasti i listasti punioci)
- 3) Plastifikatori
- 4) Stabilizatori
- 5) Katalizatori
- 6) Boje
- 7) Supstance za formiranje porozne strukture i dr.

Plastične mase



- **Sastav plastičnih masa:**
- 3) **Plastifikatori (do 50% u odnosu na masu polimera):**
 - ⇒ daju veću plastičnost na normalnim temperaturama, olakšavaju preradu (snižavajući temperaturu prelaska polimera u visokoplastično stanje), smanjuju čvrstoću, povećavaju deformacije tečenja
 - ⇒ razna ulja, kamfor, glicerol i dr.
- 4) **Stabilizatori**
 - ⇒ sprječavaju starenje plastičnih masa
 - ⇒ sapuni zasićenih masnih kiselina i olovne soli
- 5) **Katalizatori**
 - ⇒ smanjuje se vrijeme očvršćavanja plastičnih masa, a s tim se ubrzava tehnološki proces izrade predmeta od plastičnih masa
- 6) **Boje (3-5% u odnosu na masu polimera):**
 - ⇒ razni pigmenti ili organske boje
- 7) **Supstance za formiranje porozne strukture:**
 - ⇒ Pjenoplasti: dovođenje polimera prije očvršćavanja u pjenasto stanje
 - ⇒ Poroplasti: uvođenjem u polimer supstanci koje u periodu očvršćavanja razvijaju određene gasove usljed kojih dolazi do ekspanzije mase

Plastične mase



- Osnovna svojstva:

- ⇒ specifična masa $\gamma_s = 1000-2000 \text{ kg/m}^3$, a zapremiska masa zavisi od poroznosti $\gamma = f(p)$
- ⇒ poroznost mala osim kod pjenoplasta i poroplasta (95-98%), što uzokuje malo upijanje vode do 1% (kod većine plastičnih masa)
- ⇒ niska toplotna provodljivost ($\lambda = 0,23-0,7 \text{ W/m}^\circ\text{C}$), kod pjenoplasta i poroplasta jednaka je toplotnoj provodljivosti vazduha
- ⇒ čvrstoća pri zatezanju 200-300MPa (u slučaju plastičnih masa armiranih vlaknima ili listovima), čvrstoća pri savijanju joj je vrlo bliska
- ⇒ modul elastičnosti je veći nego kod odgovarajućih polimera, no znatno niži nego kod drugih građevinskih materijala, dok je tečenje znatno manje
- ⇒ otporni su na djelovanje vode, vodenih rastvora kiselina, baza i soli, no mnoge plastične mase se lako rastvaraju ili bubre u organskim rastvaračima
- ⇒ nisu postojane na visokim temperaturama, najveći broj podnosi temperaturu 100-200°C
- ⇒ toksične su manje ili više u tečnom stanju
- ⇒ starenje koje je posljedica:
 - ⇒ procesa umrežavanja, koji dovodi do gubitka elastičnosti
 - ⇒ procesa razlaganja polimera na niskomodularna jedinjenja, koji dovodi do destrukcije materijala

Opšti tipovi plastičnih masa



- Plastične mase bez punilaca
 - ⇒ koje pored polimera mogu da sadrže još i boje, plastifikatore, katalizatore i stabilizatore
- Porozne plastične mase
 - ⇒ pjenoplaste
 - ⇒ poroplaste
- Plastične mase sa zrnastim (praškastim) puniocima
 - ⇒ osim polimera i punilaca, sadrže i druge neophodne komponente (plastifikatore, stabilizatore, katalizatore i boje)
- Plastične mase sastavljene od nekoliko različitih makrostrukturnih komponenata-kompoziti
 - ⇒ višeslojne
 - ⇒ armirane plastične mase i sl.

Proizvodi od plastičnih masa



- **Plastične mase sa staklenim vlaknima**

- ⇒ natapanjem staklenih vlakana i staklene tkanine određenim polimerom (poliesteri, epoksidi ili silikoni)
- ⇒ čvrstoća pri zatezanju 220-350MPa, čvrstoća pri savijanju 240-550MPa, čvrstoća pri pritisku 250-360MPa
- ⇒ primjenjuje se: za ravne ili talasaste poluprozirne ploče za pokrivanje krovova, razne pregradne ploče, cijevi, fazonski komadi, profili i dr.

- **Materijali za pokrivanje podova**

- ⇒ linoleum (na bazi polivinilhlorida, a nekada i gume), debljine 2-5mm, rolne širine do 4m, a dužine 12m, elastični, dobri termoizolatori, zadovoljavajuće otpornosti na habanje i trajnosti (20-25 godina)
- ⇒ u obliku ploča, npr. vinaz ploče (na bazi polivinil hlorida i azbestnog brašna), dimenzija 20x20cm ili 30x30cm, debljine 2-5mm
- ⇒ bešavni podovi (na bazi polivinilacetatske emulzije razrijeđene vodom, sitnog pijeska ili cementa i odgovarajućih boja), debljine do 5mm, velike otpornosti na udar i na habanje

Proizvodi od plastičnih masa



- **Termoizolacioni materijali**

- ⇒ na bazi polimera (pjenoplasti i poroplasti) proizvode se obično na bazi polivinilhlorida, polistirola, fenolformaldehida, poliestera i poliuretana
- ⇒ pjenoplaste karakteriše sistem zatvorenih pora
- ⇒ poroplaste karakteriše sistem otvorenih pora

- **Hidroizolacioni materijali**

- ⇒ za dobijanje se koriste termoplastični polimeri i elastomjeri
- ⇒ primjenjuju se: u rolnama, kao trake (debljina 1-3mm) i folije (debljina do 1mm), te razni premazi, namazi i paste

- **Hermetici**

- ⇒ u vremenu eksploatacije trebaju da zadovolje dva osnovna uslova:
 - ⇒ elastičnost
 - ⇒ vodonepropusnost
- ⇒ razni mastiksi (kitovi) na bazi tiokola, silikona i poliizobutilena
- ⇒ primjenjuju se: za zatvaranje spojnica fasadnih elemenata (u montažnim panelnim sistemima zgrada), za ispunjavanje dilatacionih spojnica (kod raznih konstrukcija i objekata), za ispunjavanje međurazmaka kod montažnih elemenata (tunela, kolektora, rezervoara i sl.)

Proizvodi od plastičnih masa



- **Materijali za oblaganje i unutrašnju dekoraciju**

- ⇒ ploče za oblaganje zidova (izrađuju se od polistirola):
 - ⇒ zamjena za keramičke pločice
 - ⇒ niska cijena, visoke mehaničke karakteristike, ne mogu da podnesu temperaturu preko 80°C
- ⇒ ploče i table većih dimenzija za oblaganje zidova i plafona (na bazi polivinilhlorida)
 - ⇒ vidna površina ima teksturu i boju koja imitira drvo, kamen i druge materijale
- ⇒ materijali u rolnama za oblaganje zidova (tapeti)(jača hartija preko koje je tanak sloj vodene disperzije polivinilacetata, polivinilhlorida, polimetilmetakrilata ili silikona)
 - ⇒ vidna površina može da bude u raznim bojama i da imitira neku tkaninu, drvo i sl.

- **Cijevi i sanitarno-tehnička oprema**

- ⇒ proizvode se od polivinilhlorida, polietilena, polimetilmetakrilata, polistirola, kao i od plastičnih masa sa staklenim vlaknima
 - ⇒ lakši i jeftiniji od klasičnih materijala

Proizvodi od plastičnih masa



- Ljepkovi

- ⇒ Ljepkovi na bazi epoksida imaju najveću praktičnu primjenu (dvokomponentni)
- ⇒ visoka adhezija i čvrstoća, dovoljna trajnost i postojanost na povišenim temperaturama, zadovoljavajuća viskoznost, velika brzina očvršćavanja i niska cijena
- ⇒ prema vrsti primjenjenih visokomolekularnih jedinjenja:
 - ⇒ Ljepkovi koji očvršćavaju putem adicione polimerizacije: polivinilacetata, poliakrilati i dr.
 - ⇒ očvršćavanje uslovljeno isparavanjem razređivača i završetkom procesa polimerizacije
 - ⇒ Ljepkovi koji očvršćavaju putem kondenzacione polimerizacije: epoksidi, poliesteri, fenolformaldehidi i dr.
 - ⇒ očvršćavanje se zasniva na prelazu lako topljivih i lako rastvorljivih produkata nepotpune polimerizacije u nerastvorljive produkte sa visokom temperaturom topljenja, uz prisustvo određenih katalizatora (očvršćivača i ubrzivača)
- ⇒ prema uslovima očvršćavanja:
 - ⇒ Ljepkovi koji očvršćavaju na normalnim temperaturama (preko 5°C)
 - ⇒ Ljepkovi koji očvršćavaju na povišenim temperaturama (preko 100°C)
- ⇒ primjenjuje se: za spajanje konstruktivnih elemenata od drveta, betona, stakla, čelika i dr. materijala

Proizvodi od plastičnih masa



● Polimerbetoni

- ⇒ različiti termostabilni polimeri, obični (normalni) agregati: pijesak, šljunak i drobljeni kamen
- ⇒ polimerbetoni se spravlja sa 20% polimera u odnosu na ukupnu masu (iz ekonomski razloga)
- ⇒ mehanička svojstva polimerbetona:
 - ⇒ čvrstoća pri pritisku preko 120MPa, čvrstoća pri zatezanju preko 50MPa
 - ⇒ modul elastičnosti manji od 30000MPa
 - ⇒ termički koeficijent linearnog širenja ($1,5-30, \times 10^{-5}$)
 - ⇒ otpornost na udar i habanje (veća nego kod običnih betona)
 - ⇒ propustljivost za tečnosti i gasove (mala ili zanemarljiva)
 - ⇒ tečenje (> ili \approx isto kao kod običnih betona)
 - ⇒ skupljanje (< ili \approx isto kao kod običnih betona)

Proizvodi od plastičnih masa



• Betonpolimeri

- ⇒ natapanjem elemenata od običnih betona monomerima (stiril, metilmetakrilat) koji u masi betona prolaze kroz fazu polimerizacije (polistiril, polimetilmetakrilat)
- ⇒ mala potrošnja polimera 3-8% (u ukupnoj masi materijala)
- ⇒ tehnološki proces proizvodnje sastoji se od:
 - ⇒ faze sušenja ili vakumiranja betonskog proizvoda u cilju odstranjivanja vlage
 - ⇒ faze natapanja monomerom u trajanju 5-6h na normalnom atmosferskom pritisku
 - ⇒ faze izlaganja elemenata potopljenog u monomer povećanom pritisku u trajanju 3-4h, kako bi se natapanje izvršilo do određene dubine
 - ⇒ odležavanje elemenata radi završetka procesa polimerizacije
- ⇒ mehanička svojstva:
 - ⇒ čvrstoća pri pritisku 100-200MPa, čvrstoća pri zatezanju 5-20MPa
 - ⇒ modul elastičnosti 40000-50000MPa
 - ⇒ skupljanje cca 0,05mm/m¹
 - ⇒ upijanje vode (najviše 1%)
 - ⇒ otpornost na dejstvo mraza (izuzetno velika)
 - ⇒ otpornost na djelovanje sulfata (izuzetno velika)



HVALA NA PAŽNJI