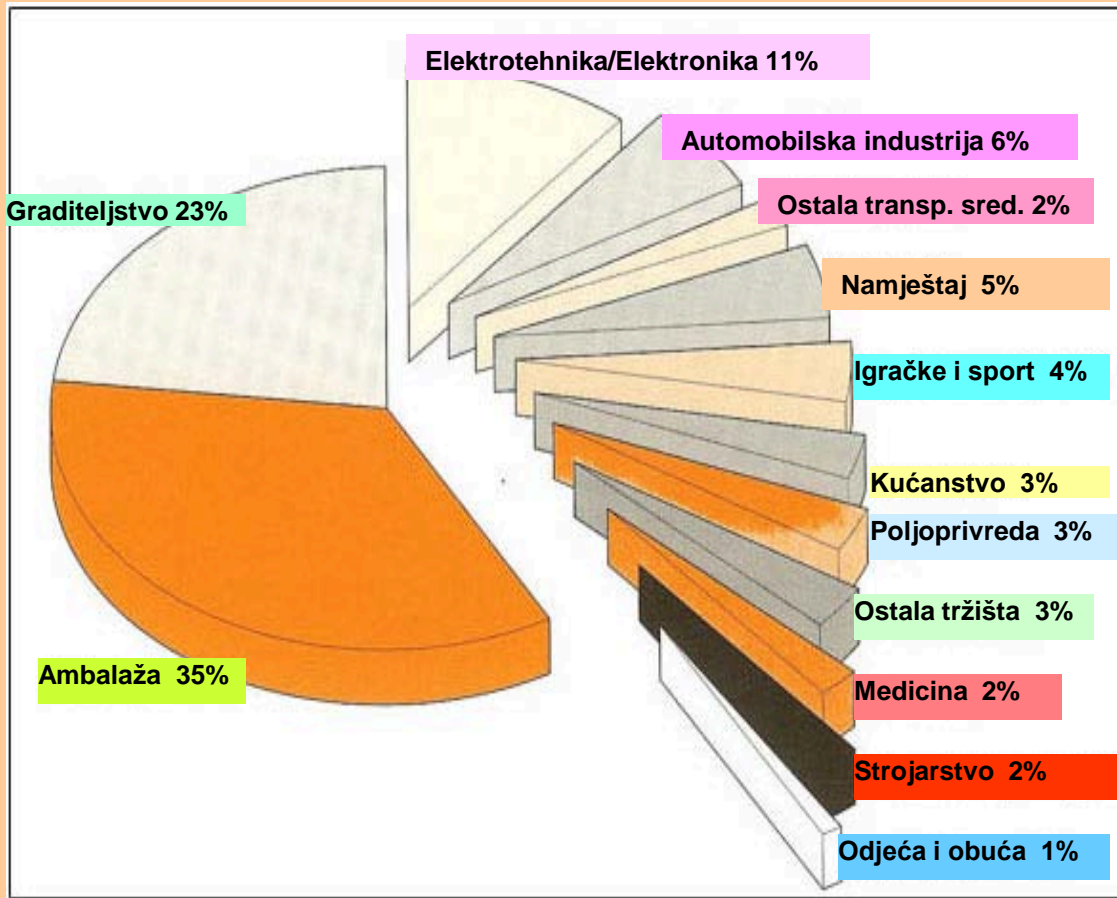


# **MATERIJALI I**

**Red. prof. dr. sc. Loreta Pomenić**

**Polimeri**



**Slika 1. Različita područja primjene polimernih materijala**



# PODJELA POLIMERNIH MATERIJALA S OBZIROM NA PODRIJETLO

## PRIRODNI, BIOPOLIMERI

- Celuloza – polisaharid (stjenke biljnih stanica)-pamuk
- Škrob – polisaharid (gomolji, zrna-rezerva hrane)
- Keratin-polipeptid (dlaka, koža, nokti, rogovi, svila, vuna)
- Kaučuk-poliizopren (mliječni sok nekih biljaka)

## POLUSINTETSKI POLIMERI

### Kemijski modificirani biopolimeri

- Iz celuloze: celuloid, acetatna svila
- Iz bjelančevina (kazein iz mlijeka): umjetna rogovina

## ORGANSKI SINTETSKI (UMJETNI) POLIMERI

Dobiveni kemijskom sintezom (polimerizacijom) iz jednostavnih organskih spojeva

## ANORGANSKI SINTETSKI POLIMERI

Dobiveni kemijskom sintezom (polimerizacijom) iz jednostavnih organskih i anorganskih spojeva – **lanac makromolekule nije iz ugljikovih atoma**

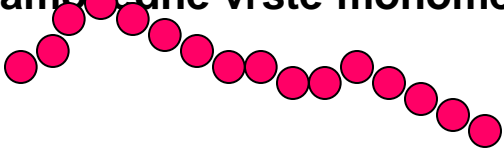
Podjela polimernih materijala s obzirom na podrijetlo

# PODJELA POLIMERNIH MATERIJALA S OBZIROM NA VRSTU MONOMERA U MAKROMOLEKULI

## HOMOPOLIMERI

➤ Homopolimer (*grč. homois= isti*)

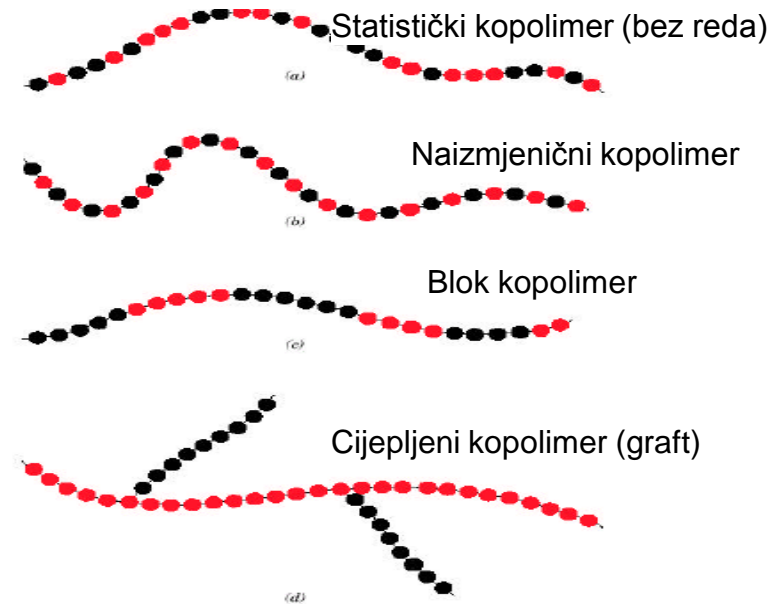
Makromolekula im je sastavljena iz samo jedne vrste monomera ●



## KOPOLIMERI

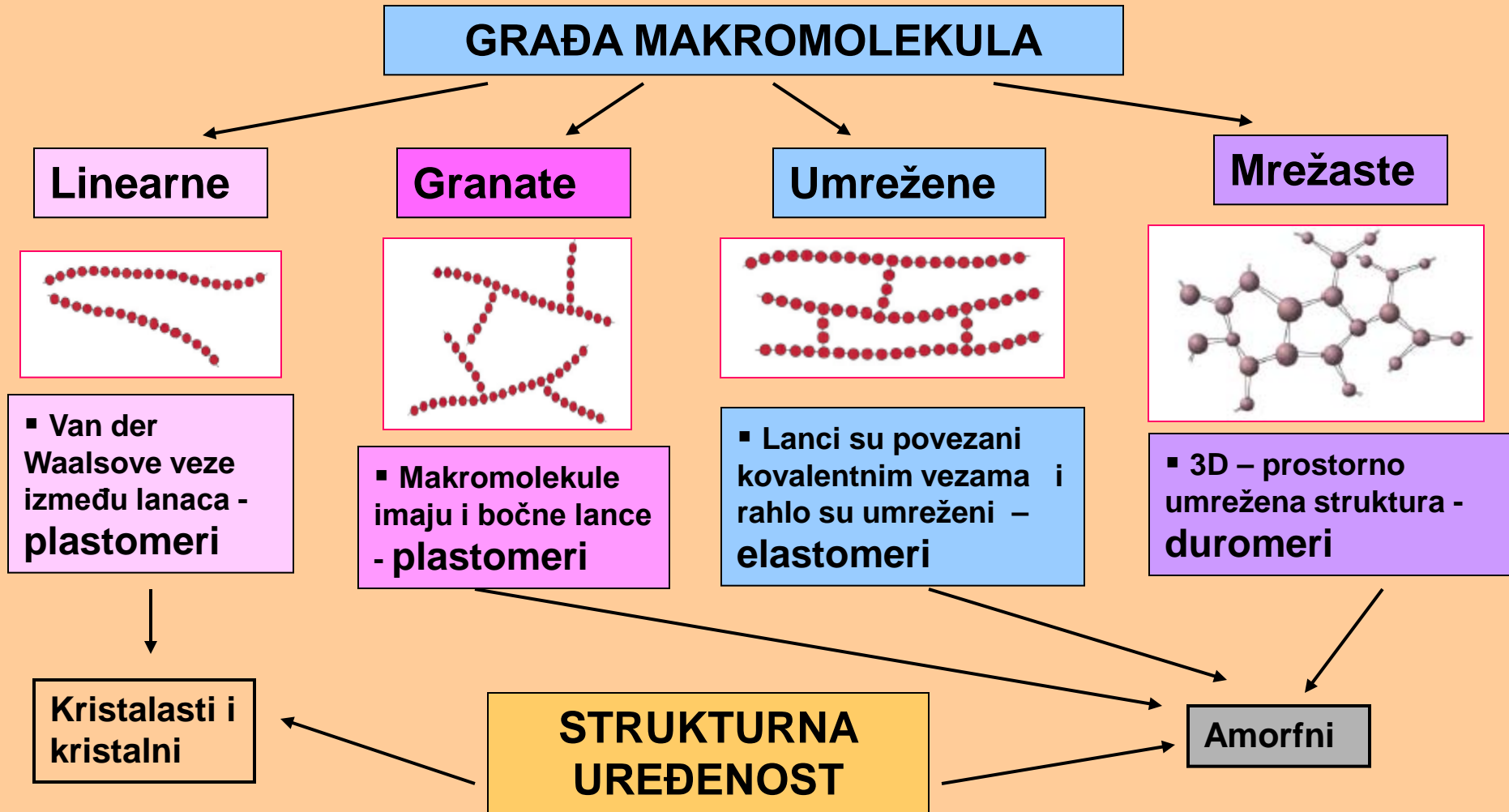
➤ Kopolimer (*lat. cum, con = s,sa*)

Makromolekula polimera nastala je povezivanjem dvaju ili više različitih vrsta monomera. Razlikuju se po načinu slaganja pojedinih monomera u makromolekulama (● i ●)



Slika 2. Podjela polimernih materijala s obzirom na vrstu monomera u makromolekuli

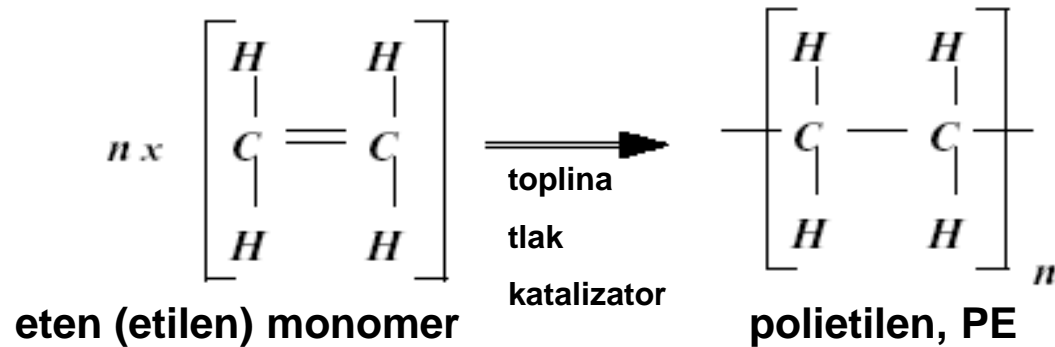
# PODJELA POLIMERNIH MATERIJALA S OBZIROM NA GRAĐU MAKROMOLEKULA I STRUKTURNU UREĐENOST



Slika 4. Podjela polimernih materijala s obzirom na građu makromolekula i strukturu uređenost

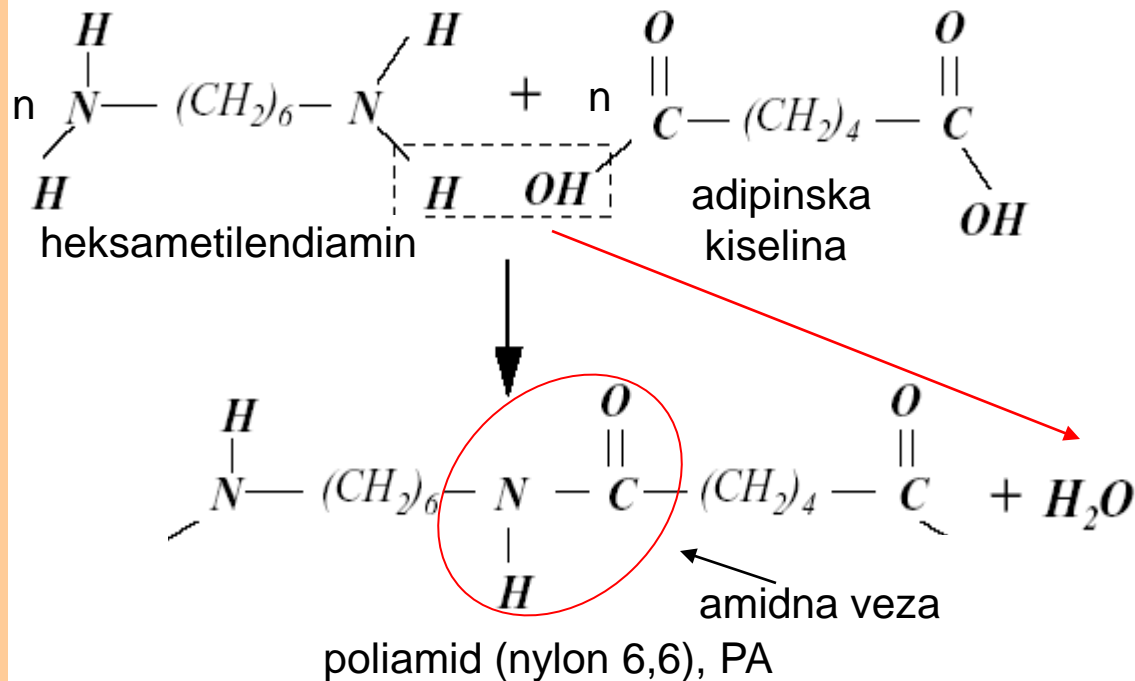
# OSNOVNI MEHANIZMI POLIMERIZACIJE

## ADICIJSKA POLIMERIZACIJA



Adicijska polimerizacija odvija se stupnjevito: početkom ili inicijacijom reakcije, zatim rastom makromolekulskog lanca i na kraju završetkom rasta lanca.

# KONDENZACIJSKA POLIMERIZACIJA



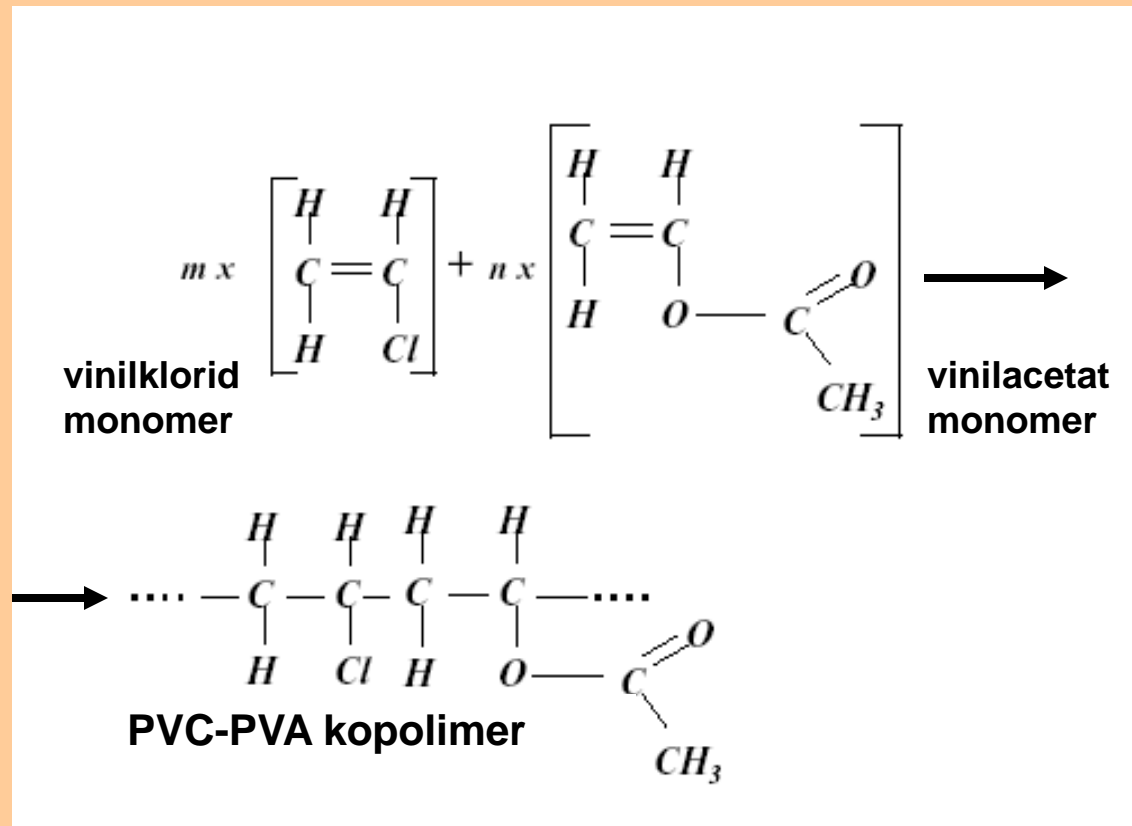
Za kondenzacijsku polimerizaciju oba monomera moraju imati barem dvije funkcionalne skupine (di-kiseline,  $\text{HOOC-R-COOH}$ ; di-alkoholi,  $\text{HO-R-OH}$ ; di-amini,  $\text{H}_2\text{N-R-NH}_2$ , itd.).

Nusprodukti reakcije su najčešće molekula vode.

Reakcijama kondenzacijske polimerizacije dobivaju se plastomeri i duromeri. 8

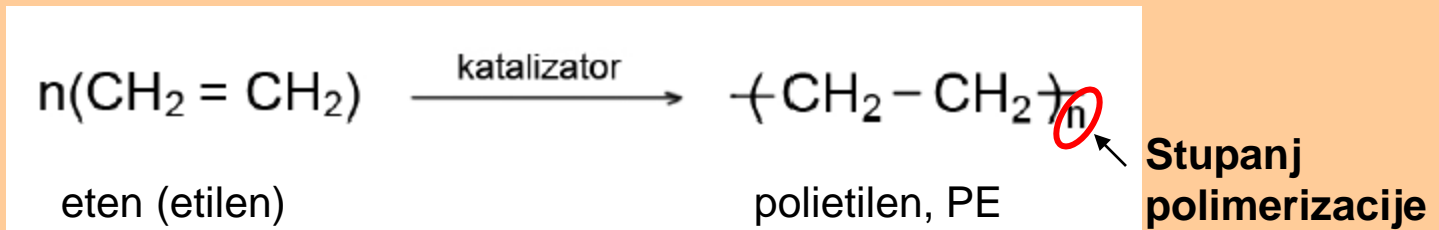


# KOPOLIMERIZACIJA



Mnoge su sintetske gume kopolimeri.

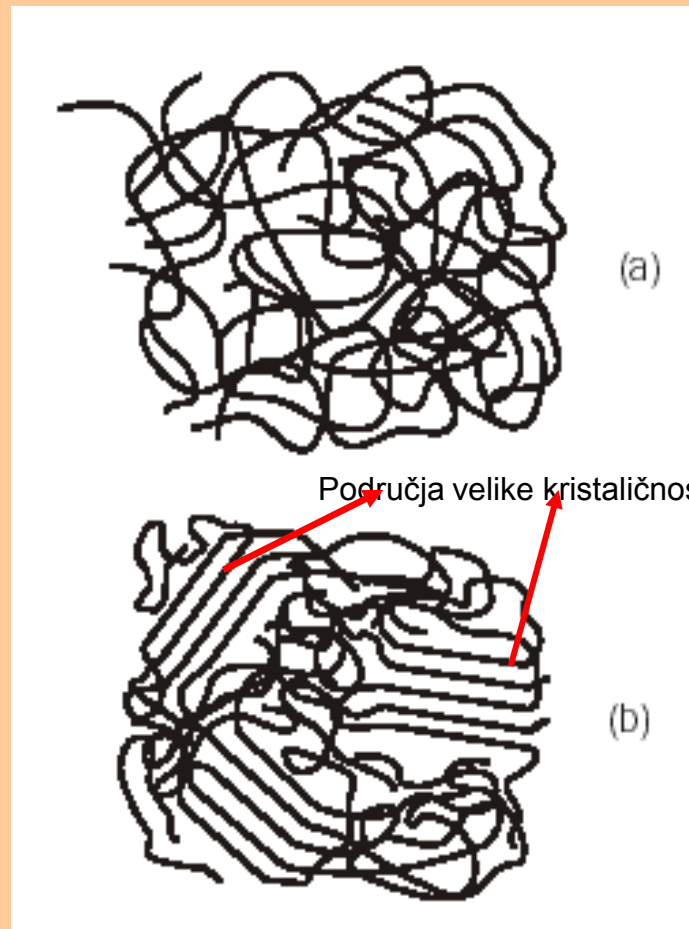
# STUPANJ POLIMERIZACIJE



$$\text{Stupanj polimerizacije, } DP = \frac{\text{Molekulska masa polimera}}{\text{Molekulska masa monomera}}$$

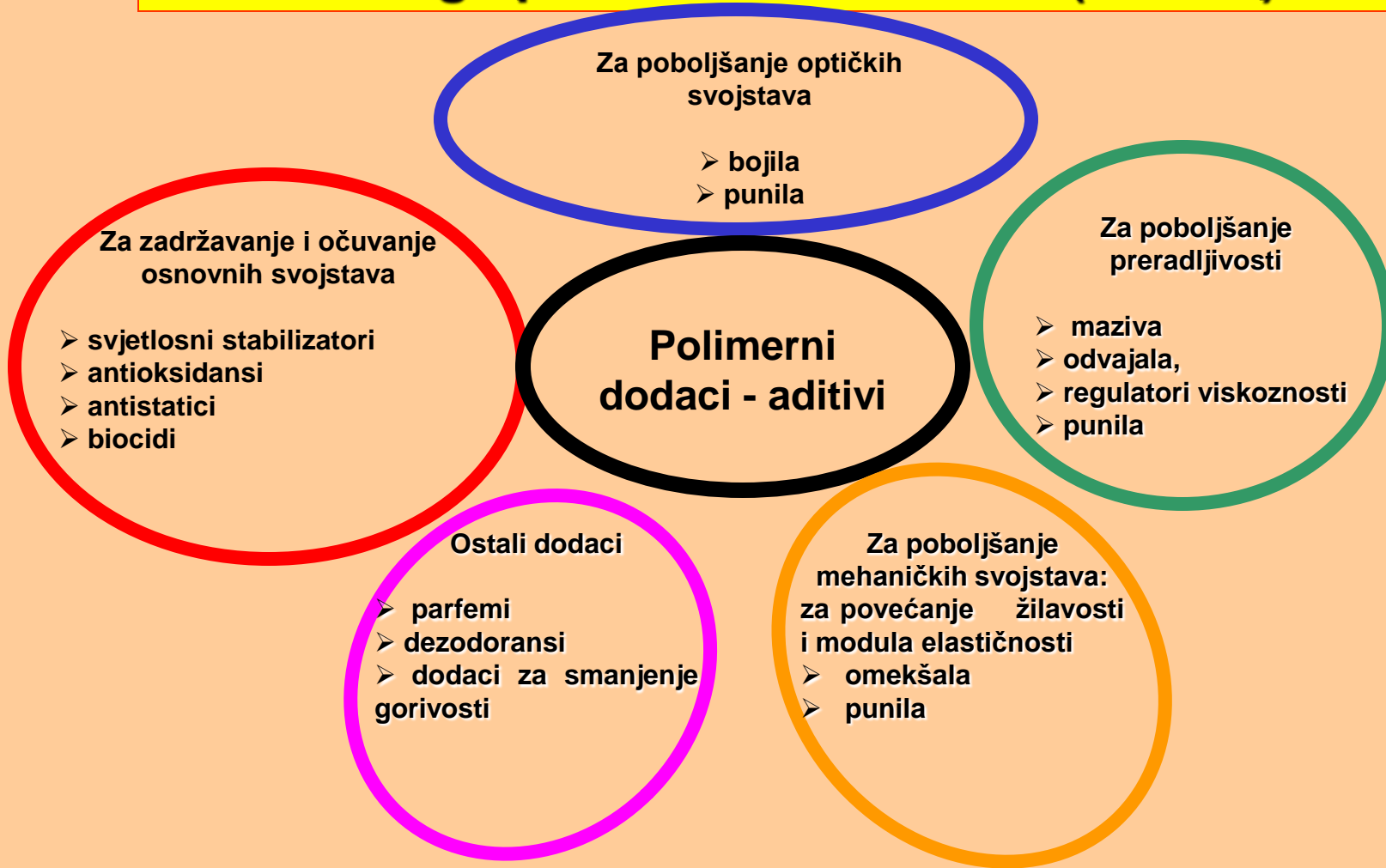
- *DP – eng. degree of polymerization*
- Za polietilen stupanj polimerizacije, *DP* ima vrijednosti od 3500 do 25000
- Iz navedenog vidimo da su polimeri sastavljeni iz makromolekula koje su izgrađene iz vrlo velikog, različitog broja monomera
- Veći stupanj polimerizacije – bolja mehanička svojstva polimera

# KRISTALIČNOST PLASTOMERA (termoplasta)



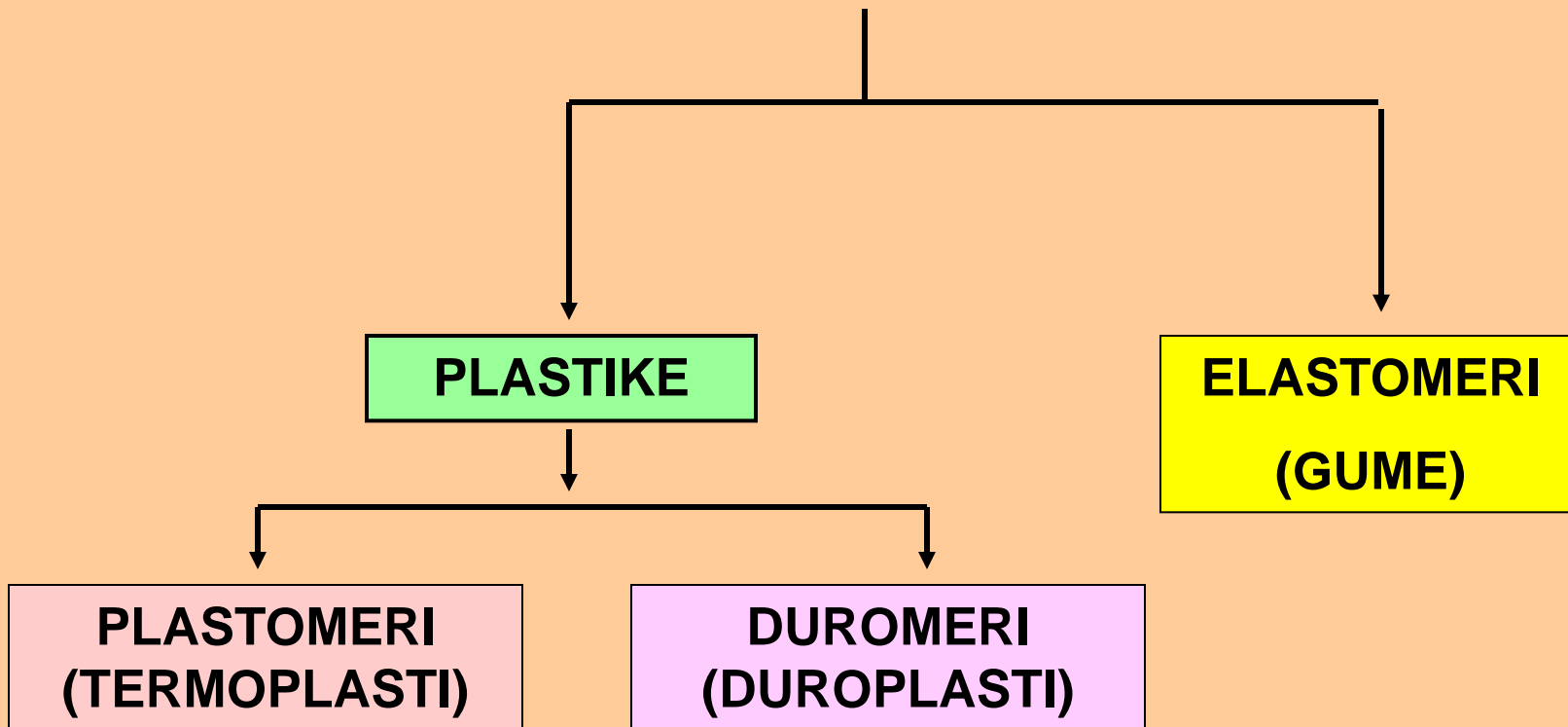
- a) Amorfne makromolekule (molekulsko klupko),
- b) Polukristalične makromolekule polimera plastomera

# Uloga polimernih dodataka (aditiva)



➤ Polimeri se od plastika i guma (gotovih proizvoda) razlikuju po dodacima koji se dodaju neposredno nakon polimerizacije ili prije prerade u gotov proizvod

# PODJELA POLIMERNIH MATERIJALA S OBZIROM NA PONAŠANJE NA POVIŠENOJ TEMPERATURI



Podjela polimernih materijala s obzirom na ponašanje na povišenoj temperaturi

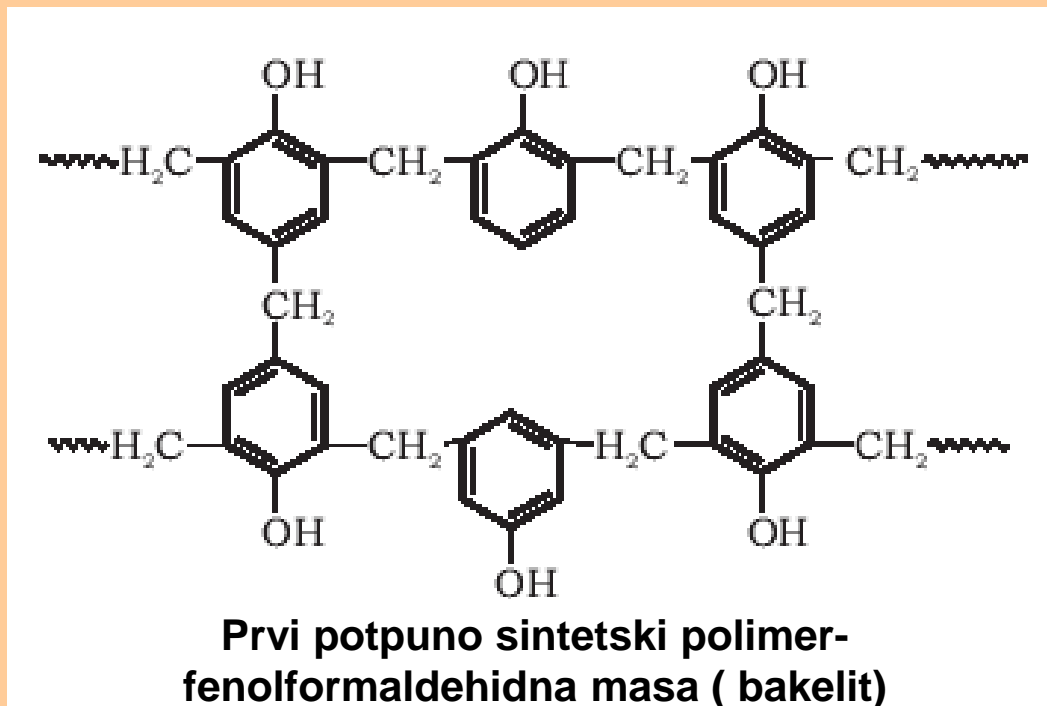
# PLASTOMERI (TERMOPLASTI)

- polimeri građeni iz linearnih ili granatih makromolekula koje su međusobno povezane slabim van der Waalsovima
- zbog nejednako velikih makromolekula i amorfne građe nemaju određenu temperaturu tališta (s povišenjem temperature omekšaju u vrlo viskoznu kapljevину)
- zbog toga plastomere lako oblikujemo u gotove proizvode
- otapaju se u različitim otapalima (otopine su im vrlo viskozne – primjer ljepljivo za papir koje nakon što otapalo ishlapi lijepi papir)
- lako se prerađuju u najrazličitije proizvode: protiskivanjem - vlakna, folije; lijevanjem u kalupe – posude i veći proizvodi, itd.
- nakon ohlađivanja plastomer zadrži oblik
- zbog slabih međumolekulskih veza može se ponovno koristiti (recikliranje-oporaba)

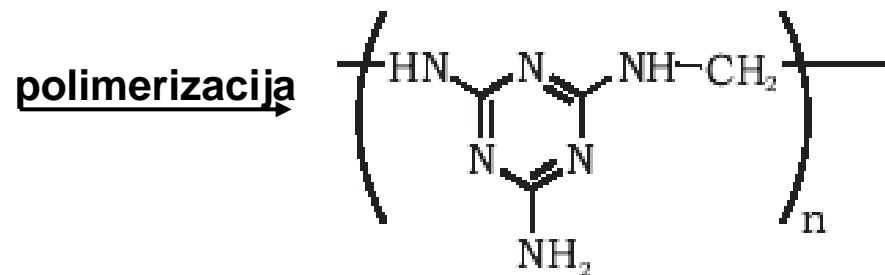
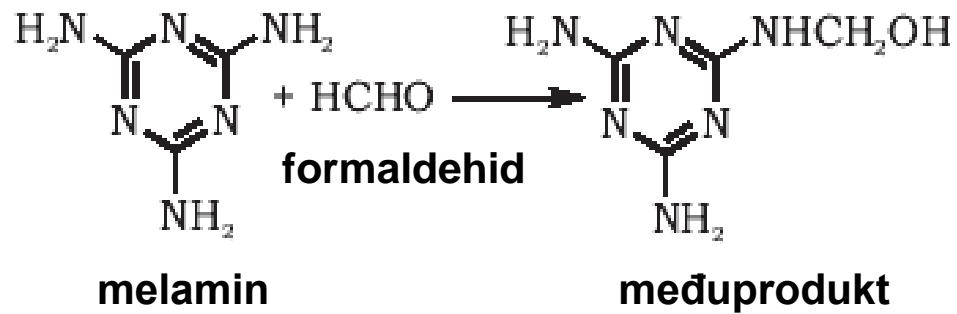
# DUROMERI

- duromeri su umreženi (mrežasti) polimeri; makromolekule su im međusobno povezane kovalentnom vezom
- nisu glatki lanci nego su granati i povezani
- postupcima polimerizacije oni se ne polimeriziraju do kraja (do umrežavanja) nego samo do I. stupnja pa su kao sirovina slični plastomerima (smole)
- pri zagrijavanju vrlo malo omekšaju ili uopće ne omekšaju nego se umrežavaju
- ne otapaju se u otapalima
- ne mogu se plastično oblikovati
- iz duromera se proizvodi oblikuju iz još neumreženog polimera kojima se dodaju niskomolekulski spojevi ubrzivač i katalizator, koji služe za umrežavanje makromolekula
- ako se oblikovanje izvrši loše – duromeri se ponovno ne mogu oblikovati, jer zagrijavanjem oni ne postaju viskozne tekućine nego se počinju umrežavati. Daljnjim zagrijavanjem dolazi do njihove tzv. termodegradacije, tj. do kidanja kovalentnih veza između makromolekula

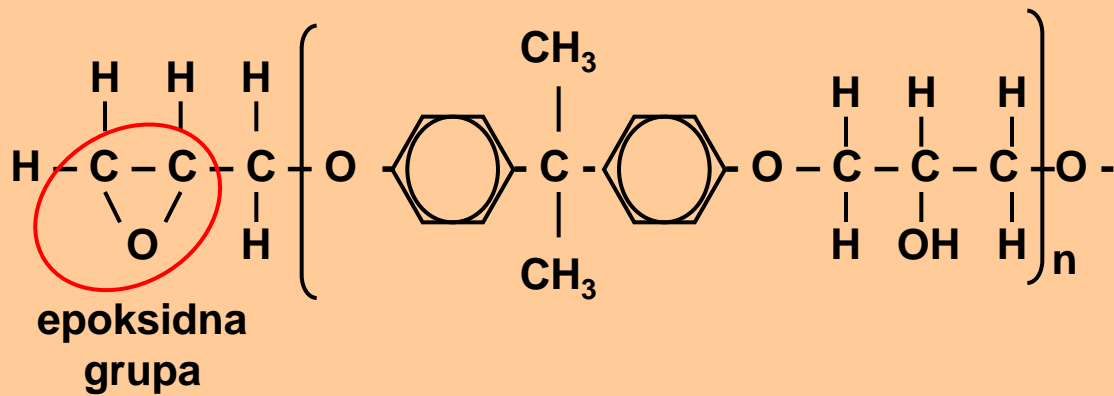
## Neki primjeri duromera







**duromer – melaminska masa**



Duromer - epoksidna smola

# Dobivanje duromera

Za dobivanje duromera postupkom kondenzacijske polimerizacije potrebno je da monomeri imaju svaki po dvije aktivne, funkcionalne skupine i to po jedna na svakom kraju monomera.

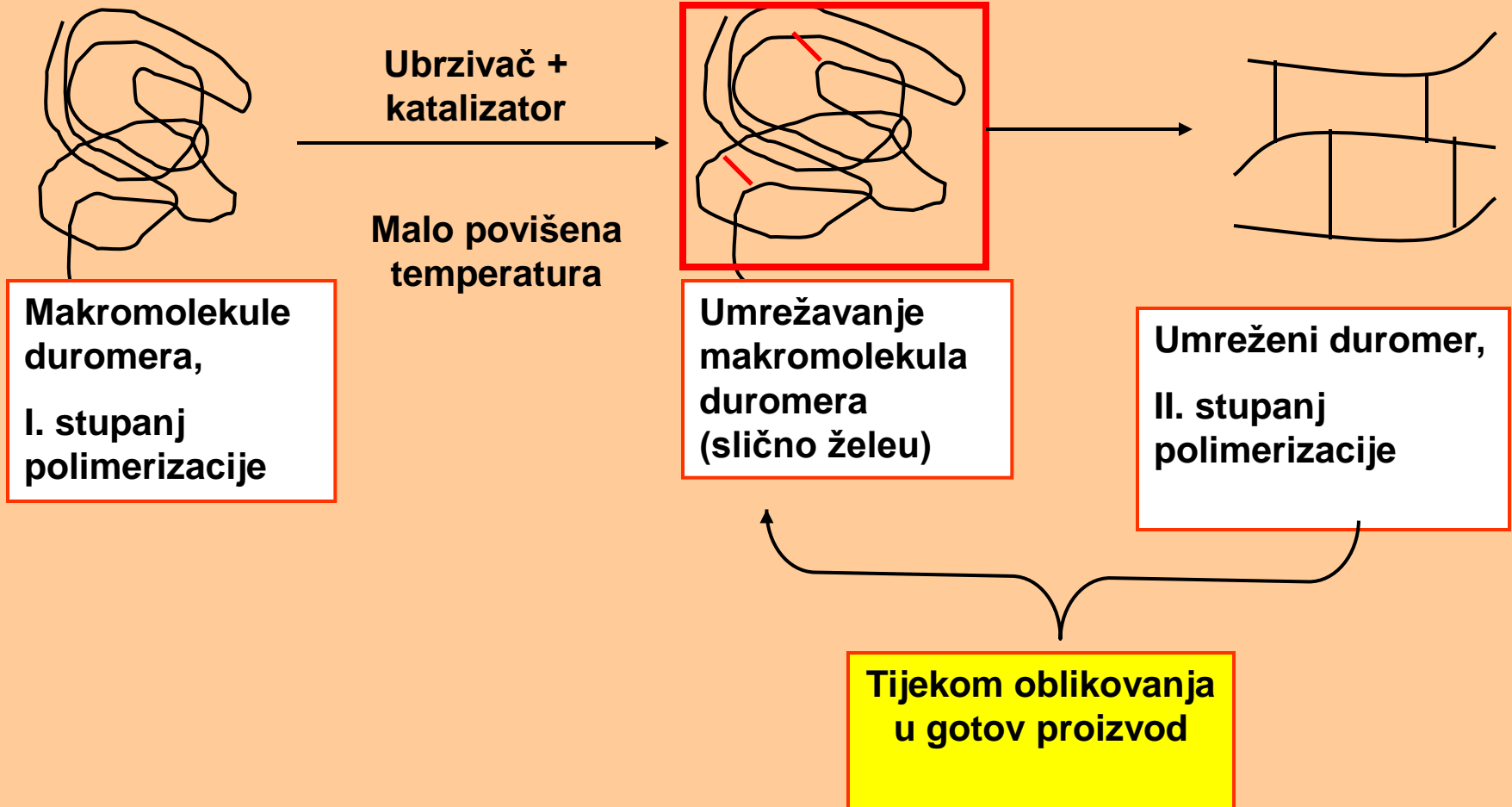
U nekim slučajevima kondenzacijska polimerizacija se koristi za dobivanje polimera, a zatim se koristi adicijska polimerizacija za postupak umrežavanja. Za sintezu duromera postupkom adicijske polimerizacije potrebno je da monomeri imaju barem dvije dvostruke veze ( $C=C$ ) kako bi bilo omogućeno njihovo kasnije umrežavanje.

Jedan od monomera mora imati barem jednu dvostruku vezu ( $C=C$ ) kao bi se na tom mjestu omogućilo umrežavanje.

Upravo ti postupci omogućavaju da se polimerizacija izvede samo do I. stupnja (polimer je više sličan plastomeru, a dolazi najčešće kao viskozna tekućina – smola) a II. stupanj – umrežavanje postiže se tijekom oblikovanja duromera u gotov proizvod.

## Umrežavanje

Umrežavanje se obično, ovisno o vrsti duromera, postiže ili laganim zagrijavanjem ili dodavanjem (umješavanjem) dodataka koje nazivamo ubrzivači i katalizatori. Doziranje tih dodataka u odnosu na ukupnu masu koja se mora umrežiti ostavlja nešto vremena do umrežavanja što je posebno važno kod pripravljanja kompozitnih materijala gdje je osnovni materijal duromer (npr. staklom ojačani nezasićeni poliesteri).



**Shematski prikaz umrežavanja duromera**

# ELASTOMERI

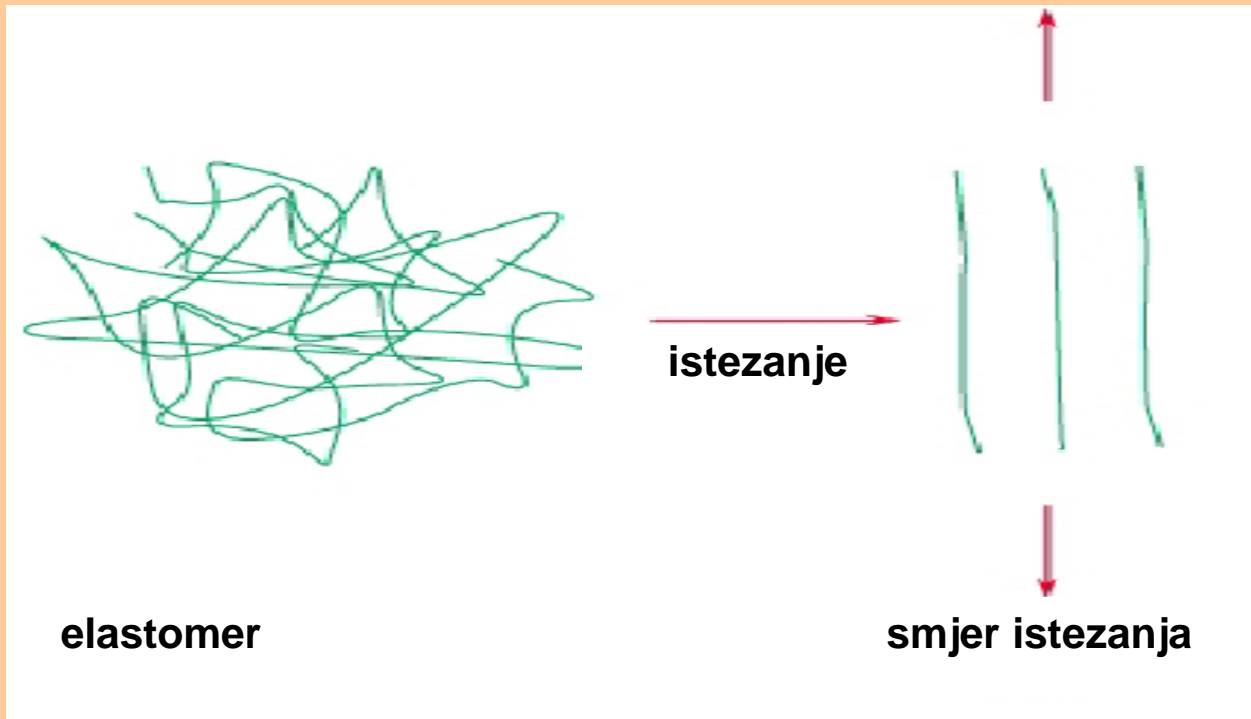
➤ **definicija: materijal koji na sobnoj temperaturi može biti produljen višestruko, najmanje dvostruko od svoje originalne duljine, a nakon prestanka istezanja, odmah se vrati na svoju početnu, originalnu duljinu**

**Svojstva elastomera (guma) ovise o:**

- **karakteristikama osnovnih, pojedinačnih lanaca polimera**
- **prisutnosti međumolekulskih kovalentnih veza (djelomično umreženi); broj kovalentnih veza utječe na fleksibilna svojstva materijala**

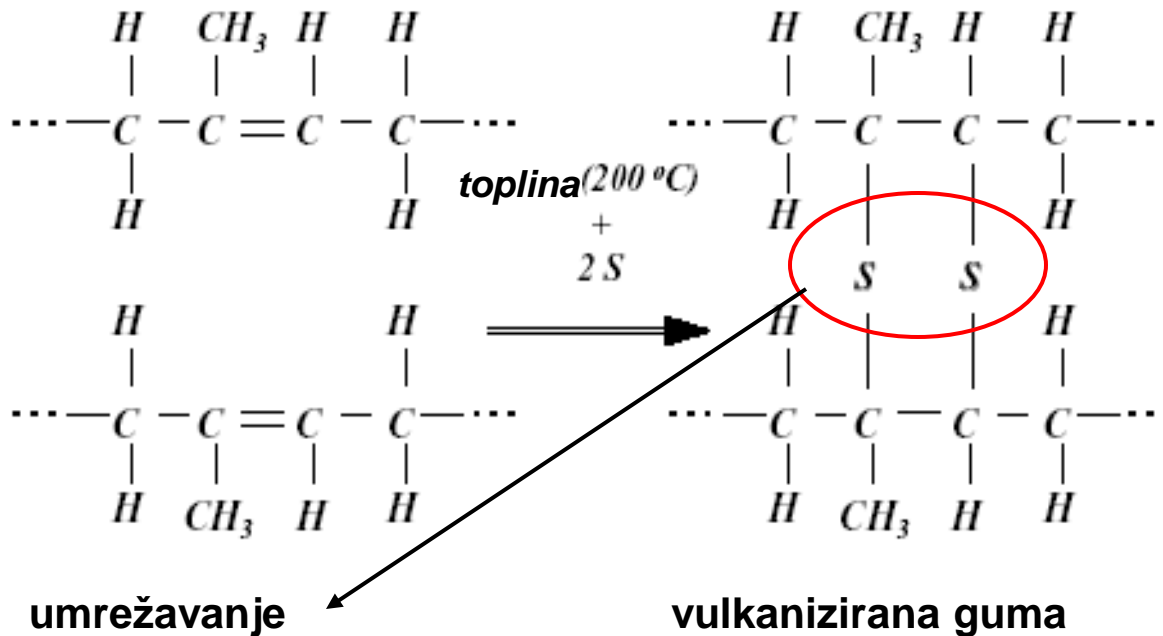
**Proces vulkanizacije prirodne gume (umrežavanje):**

- **dodatak od 2.3% sumpora (S) osigurava fleksibilnost materijala**
- **ako je količina sumpora veća od 30% materijal više nije fleksibilan**



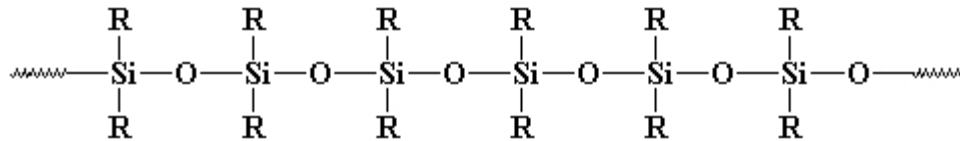
**Shematski prikaz istezanje gume**

# Vulkanizacija gume

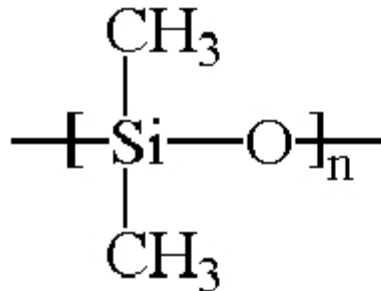


**Vulkanizacija elastomera (gume) - dodavanje određene količine sumpora na povišenoj temperaturi koji osigurava umrežavanje makromolekula gume**

## Silikonske gume – anorganski sintetski polimeri



anorganski polimer – ne sadrži ugljikove atome u osnovnom lancu



polidimetilsiloksan

Ovaj se polimer koristi u klinikama u medicinske svrhe.

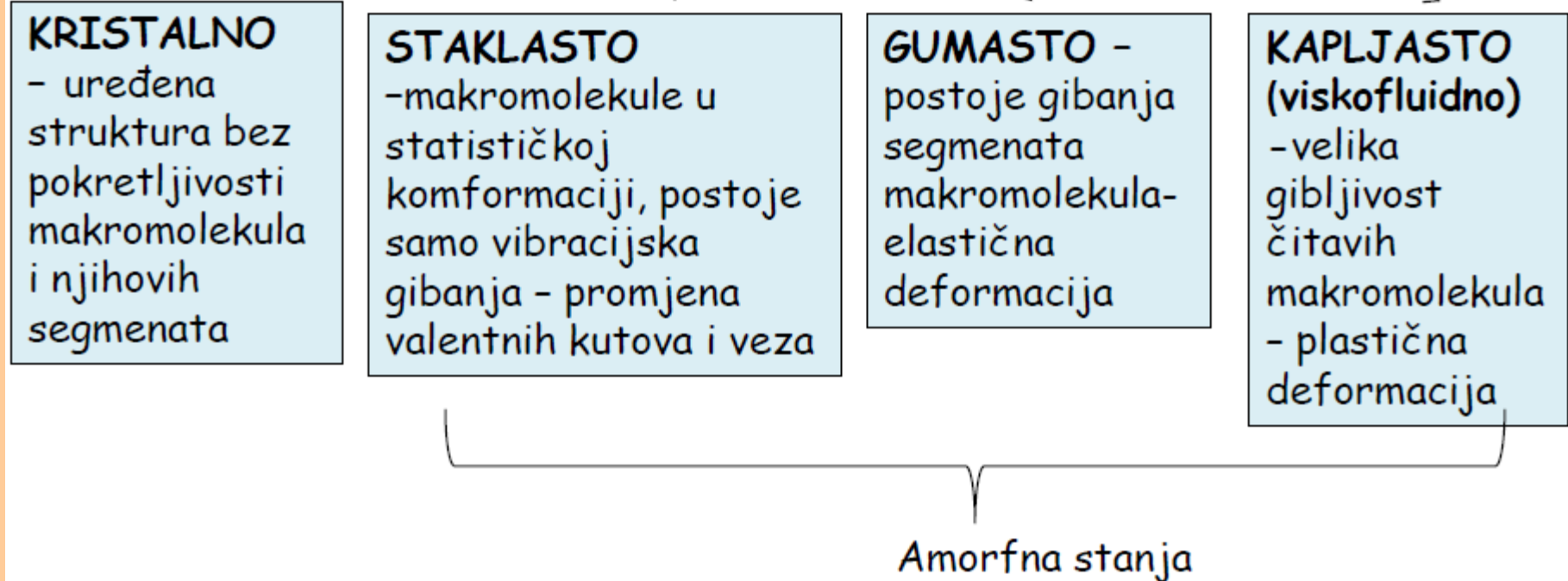


# **NEKA OSNOVNA SVOJSTVA POLIMERA**

# FIZIČKA (AGREGATNA) STANJA POLIMERA



# FIZIČKA ILI DEFORMACIJSKA STANJA POLIMERA



## Uzroci fizičkih stanja polimera:

- veličine makromolekula, konfiguracije, konformacija, sekundarne veze
- gibljivost segmenata i čitavih makromolekula ovisna je o temperaturi

## Temperature prijelaza polimera iz jednog u drugo fizičko ili deformacijsko stanje:

TALIŠTE,  $T_m$  - prijelaz iz kristalnog u viskofluidno stanje

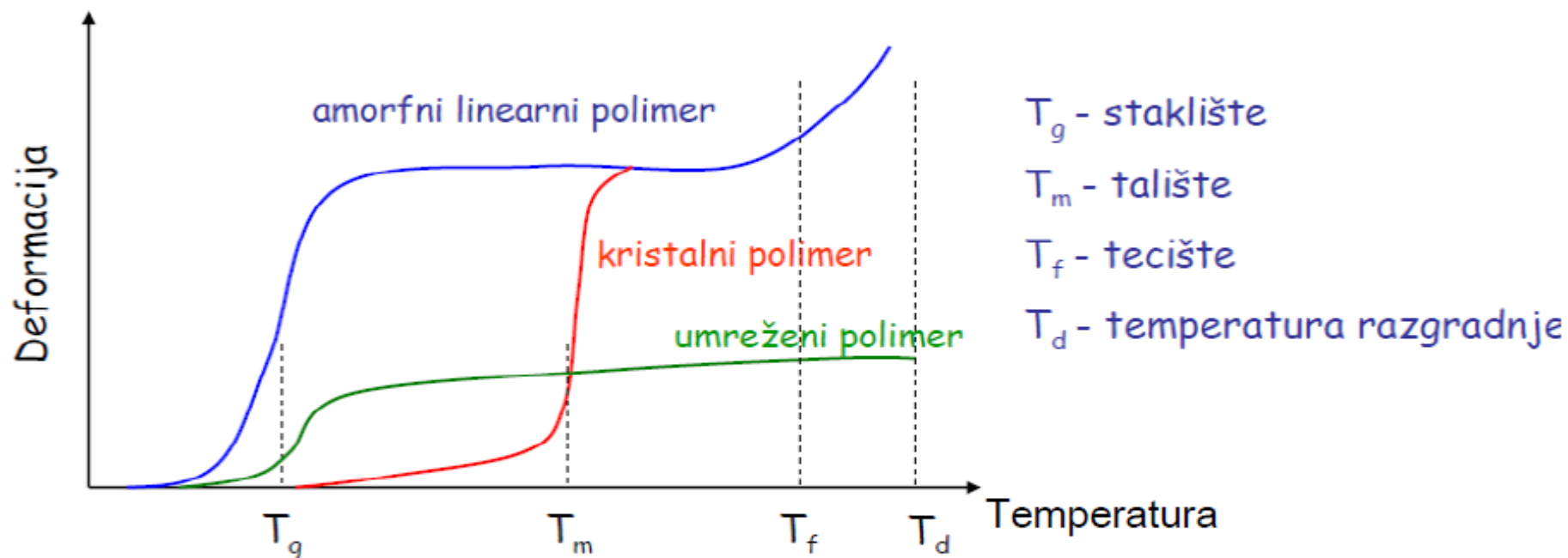
STAKLIŠTE,  $T_g$  - prijelaz iz staklastog u gumasto (viskoelastično) stanje

TECIŠTE,  $T_f$  - prijelaz iz gumastog (viskoelastičnog) u viskofluidno stanje (kapljevito)

TEMPERATURA RAZGRADNJE,  $T_d$  - dolazi do degradacije, razgradnje polimera

## TERMOMEHANIČKE KRIVULJE POLIMERA

Karakteristični prijelazi prikazuju se termomehničkim krivuljama  
- prikazuju ovisnost deformacije ili specifičnog volumena o temperaturi.



Ako je staklište ispod sobne temperature (temp. uporabe)  
kaže se da materijal ima gumastu amorfnu fazu (PE, PP).

Ako je staklište iznad sobne temperature (temp. uporabe)  
kaže se da materijal ima staklastu amorfnu fazu (PMMA, PS)

# TOPLINSKA SVOJSTVA

## Polimerni materijali - loši provodnici topline

- Amorfni polimeri - plastomeri (PVC; PMMA; PS) - loši provodnici topline
  - bolji su povećanjem molekulske mase, povišenjem temperature
- Duromeri - slična svojstva kao amorfni plastomeri
- Kristalasti polimeri - plastomeri (PE; PP; PTFE) - bolji provodnici topline
  - još su bolji povećanjem gustoće i stupnja kristalnosti)
  - lošiji su povišenjem temperature jer im se smanjuje stupanj kristalnosti

**Tablica 3.   Maksimalne temperature na kojima se određeni plastomeri i duromeri mogu kontinuirano upotrebljavati**

<b>Polimeri</b>	<b>Temperatura, °C</b>
<b><u>Plastomeri</u></b>	
<b>Polietilen</b>	<b>50-80</b>
<b>Polipropilen</b>	<b>50-75</b>
<b>Poliamid, Nylon</b>	<b>75-100</b>
<b>Poliester</b>	<b>70-120</b>
<b>Politetrafluoretilen, Teflon</b>	<b>200-260</b>
<b><u>Duromeri</u></b>	
<b>Vinilester</b>	<b>60-150</b>
<b>Poliester</b>	<b>60-150</b>
<b>Fenolne smole</b>	<b>70-150</b>
<b>Epoksidne smole</b>	<b>80-215</b>

# Toplinska provodnost različitih materijala pri sobnoj temperaturi

<i>Material</i>	<i>k</i> (W/m·K) <sup>c</sup>
Aluminum	247
Copper	398
Gold	315
Iron	80
Nickel	90
Silver	428
Tungsten	178
1025 Steel	51.9
316 Stainless steel	15.9
Brass (70Cu–30Zn)	120
Kovar (54Fe–29Ni–17Co)	17
Invar (64Fe–36Ni)	10
Super Invar (63Fe–32Ni–5Co)	10
Alumina (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	39
Magnesia (MgO)	37.7
Spinel (MgAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub> )	15.0 <sup>e</sup>
Fused silica (SiO <sub>2</sub> )	1.4
Soda–lime glass	1.7
Borosilicate (Pyrex) glass	1.4
Polyethylene (high density)	0.46–0.50
Polypropylene	0.12
Polystyrene	0.13
Polytetrafluoroethylene (Teflon)	0.25
Phenol-formaldehyde, phenolic	0.15
Nylon 6,6	0.24
Polyisoprene	0.14

**Diamond:** 2310

**Graphite:**  
 along c-axis: 2000  
 along a-axis: 9.5

**SiO<sub>2</sub>**  
 crystalline  
 along c-axis: 10.4  
 along a-axis: 6.2  
 amorphous: 1.38

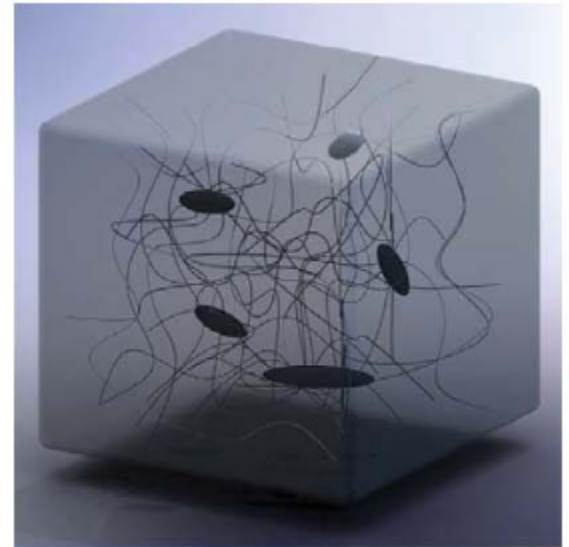


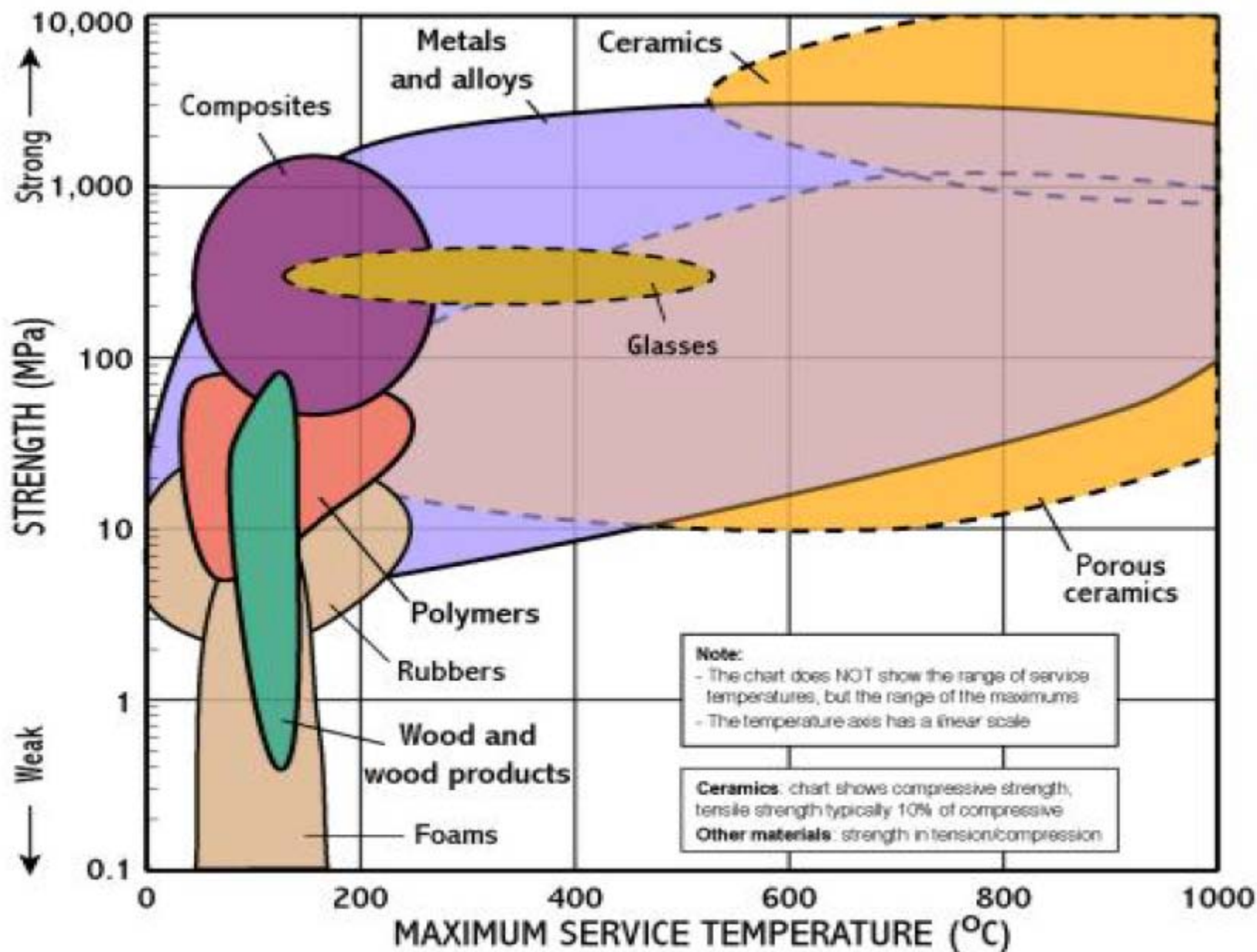
## Pojava anizotropije u vrijednostima toplinske provodnosti, $\lambda$

javlja se rastezanjem, tj. orijentiranjem polimernih lanaca

- Toplinska provodnost povećava se u smjeru izvlačenja, a smanjuje u okomitom smjeru (izraženija pojava kod kristalastih nego kod amorfni polimera)
- Npr. PVC koji je produljen 300% - ima dva puta brži protok topline u smjeru orijentiranja nego okomito na os orijentiranja.
- HDPE - u produljenom 1000% je deseterostruko veći protok topline
- Pjenasti polimeri - izuzetno niska toplinska provodnost

Velika anizotropna jednosmjerna toplinska provodnost polimera može se iskoristiti za primjenu gdje je važno odvesti toplinu izvan objekta kao što je na primjer kompjutorski procesorski čip

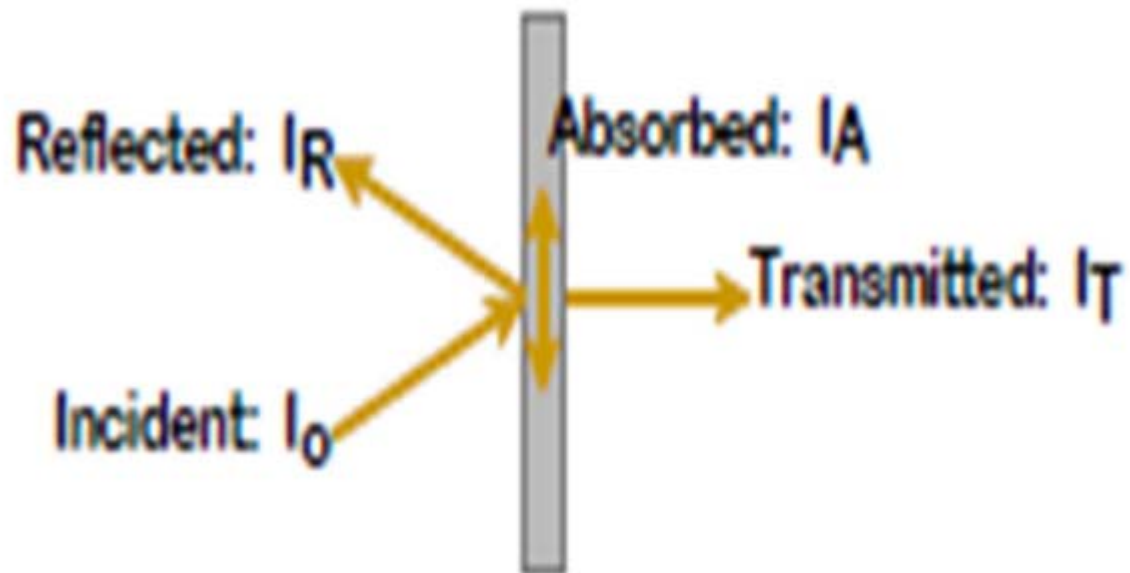




# OPTIČKA SVOJSTVA

➤ Optička svojstva materijala – odgovor materijala na izlaganje elektromagnetskom zračenju – posebno vidljivom dijelu spektra

Brzina svjetlosti =  $3 \times 10^8$  m/s



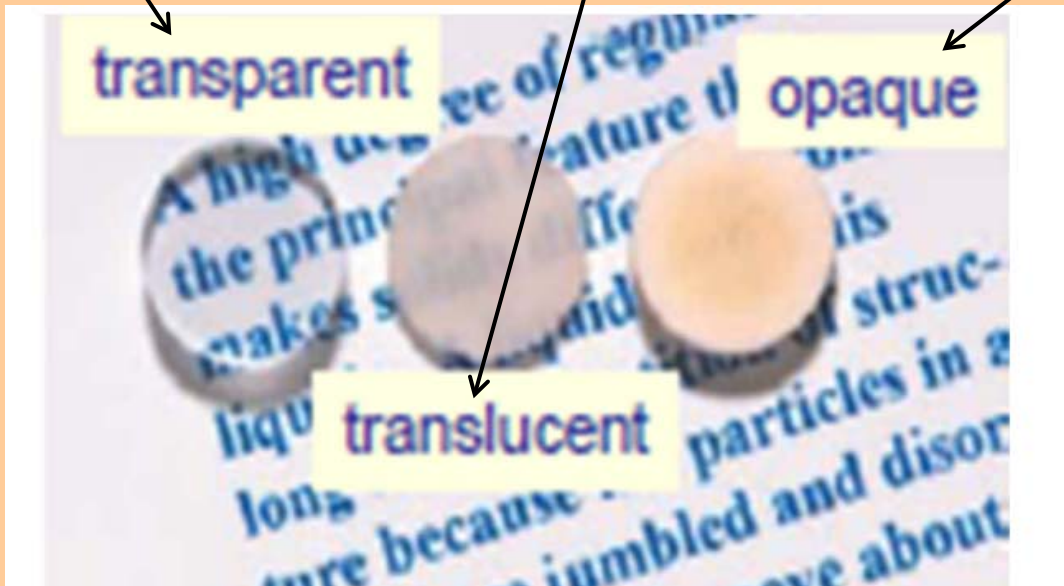
Zbog očuvanja energije:  $I_0 = I_T + I_A + I_R$

Klasifikacija materijala s obzirom  
na upadnu zraku svjetlosti

Prozirni -  
relativno mala  
apsorpcija i refleksija

Providni -  
svjetlost se unutar  
materijala raspršuje

Neprozirni -  
relativno mala propusnost  
svjetlosti



➤ Amorfni polimeri – prozirniji su od kristalastih polimera

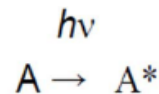
Kristalasti polimeri - materijal lomi zrake svjetlosti dok ona prolazi kroz taj materijal i oni su providni ili neprozirni

➤ Amorfni polimeri – PMMA i PC koriste se za sigurna stakla i optičke leće

# Utjecaj svjetlosti na razgradnju polimera

## Fotooksidacijska razgradnja

Proces fotooksidacijske razgradnje započinje pobuđivanjem molekula uslijed apsorpcije fotona svjetla  $h\nu$  - stvara se pobuđena molekula  $A^*$



$A^*$  može izgubiti energiju emitiranjem ili prijenosom kemijskim reakcijama koja dovodi do disocijacije uz pucanje veza

## Svjetlosno-oksidacijska razgradnja

Polimerni materijali izloženi utjecaju atmosferilija razgrađuju se pretežno oksidacijskim i hidrolitičkim procesima, iniciranim ponajprije ultraljubičastim svjetlom valnih duljina 290 do 400 nm-  
***fotooksidacijska razgradnja***



# ELEKTRIČNA SVOJSTVA

- Polimeri su tipični dobri izolatori, ali mogu postati dobri vodiči ako ih se dopira.
- Određeni polimeri imaju vrlo dobru električnu vodljivost - približno jednu četvrtinu vodljivosti bakra, ili oko dvaput veću u odnosu na bakar u odnosu na jedinicu mase.

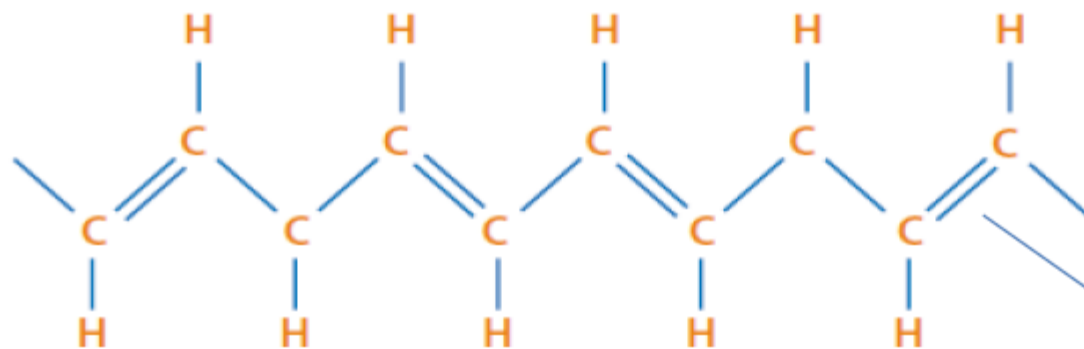
**(Samo ako se konjugirani polimeri adekvatno dopiraju)**

# VODLJIVI POLIMERI



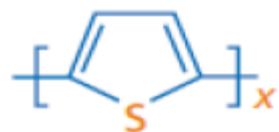
Hideki Shirakawa, Alan MacDiarmid and Alan Heeger

- **Dobitnici Nobelove nagrade za kemiju 2000. godine za otkriće električne vodljivosti polimera.**
- **Oni su po struci: kemičar (polimeri), kemičar (anorganska kemija) i fizičar.**
- **1977. godine objavili su svoje otkriće – najjednostavniji vodljivi polimer (poliacetal dopiran halogenim elementom) i iznenadili Svijet**

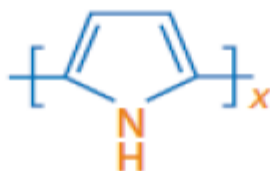


*Trans*-polyacetylene

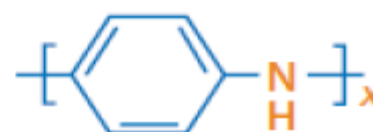
Dvostruka veza



Polythiophene



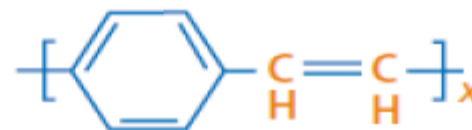
Polypyrrole



Polyaniline



Poly(*p*-phenylene)



Poly(*p*-phenylenevinylene)

**Vodljivi polimeri su po svojoj strukturi dopirani polimeri s konjugiranim (naizmjeničnim) dvostrukim kovalentnim vezama .**

- **Vodljivost polimera – potječe od konjugiranih  $\pi$  –elektrona raspoređenih uzduž polimernog lanca.**
- **Konjugirani organski polimeri u čistom stanju su izolatori ili poluvodiči – nemaju slobodne nositelje naboja.**
- **Elektronski spektar konjugiranih polimera – potpuno popunjena valentna vrpca i potpuno prazna vodljiva vrpca, a između njih se nalazi zabranjena zona.**

Dopiranje se provodi izlaganjem polimera parnoj fazi oksidansa (elektron akceptora), ili reducensa (elektron donora), kemijskim prijenosom naboja u otopini ili elektrokemijskom oksidacijom ili redukcijom. Potrebna količina dopanta za polimerni sustav puno je veća (oko milijun puta) od uobičajene količine za anorganske poluvodiče na bazi Ge ili Si. Najčešći kemijski dopanti za oksidacijski proces su Lewisove kiseline i halogeni kao  $\text{AsF}_5$  i  $\text{I}_2$ , a za redukciju alkalni metali Li i K. To nadalje mogu biti  $\text{SbF}_5$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{Br}_2$ , i dr. Identificirane su različite strukture anionskih protuiona nastalih iz ovih dopanata kao što su  $\text{AsF}_6^-$ ,  $\text{J}_3^-$  i  $\text{Sb}_2\text{F}_{11}$ .

# Upotreba vodljivih polimera

Vodljivi polimeri upotrebljavaju se kao antistatički agensi, kao štitovi od nepoželjnog elektromagnetskog zračenja za kompjutorske zaslone (apsorbiraju elektromagnetsku energiju niskih frekvencija), za obnovljive baterije, za "pametne" prozore koji štite od sunčevog svjetla, za diode koje emitiraju svjetlo, za sunčeve ćelije, za elektronske zaslone, za proizvodnju optičkih vlakana i potencijalno za izradbu umjetnih živaca ili kao dozatori lijeka nakon unosa u organizam (lijek je dopant ion).

**NAČINI PRERADE  
POLIMERA U GOTOVE  
PROIZVODE**

# Fiber Spinning

Predenje vlakana

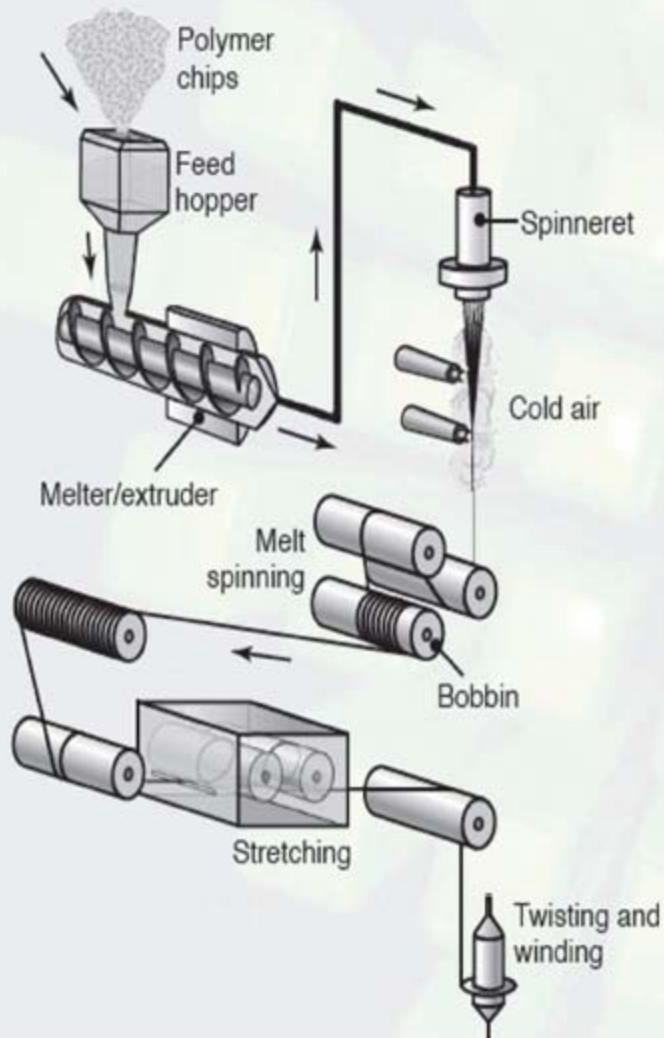


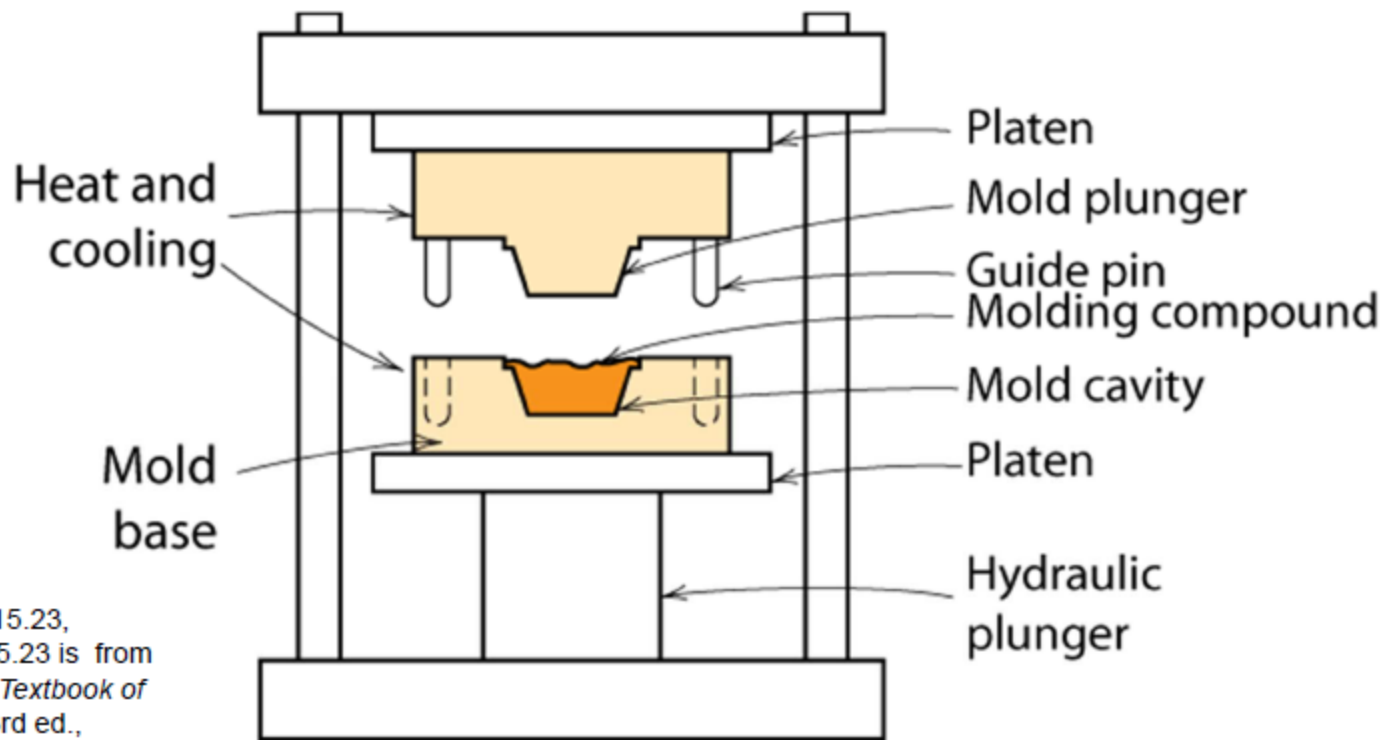
FIGURE 10.1 The melt spinning process for producing polymer fibers. The fibers are used in a variety of applications, including fabrics and as reinforcements for composite materials.



# Processing Plastics - Molding

- Compression and transfer molding
  - thermoplastic or thermoset

Prešanje

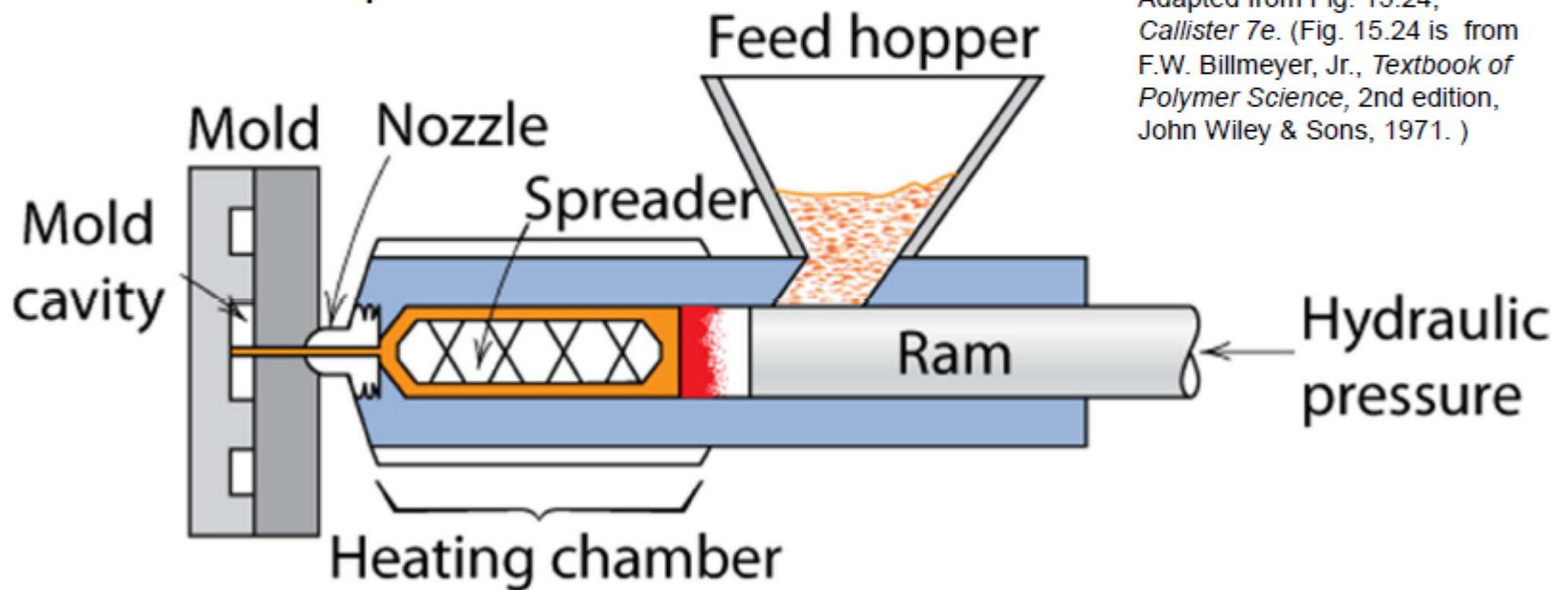


Adapted from Fig. 15.23,  
Callister 7e. (Fig. 15.23 is from  
F.W. Billmeyer, Jr., *Textbook of  
Polymer Science*, 3rd ed.,  
John Wiley & Sons, 1984. )

# Processing Plastics - Molding

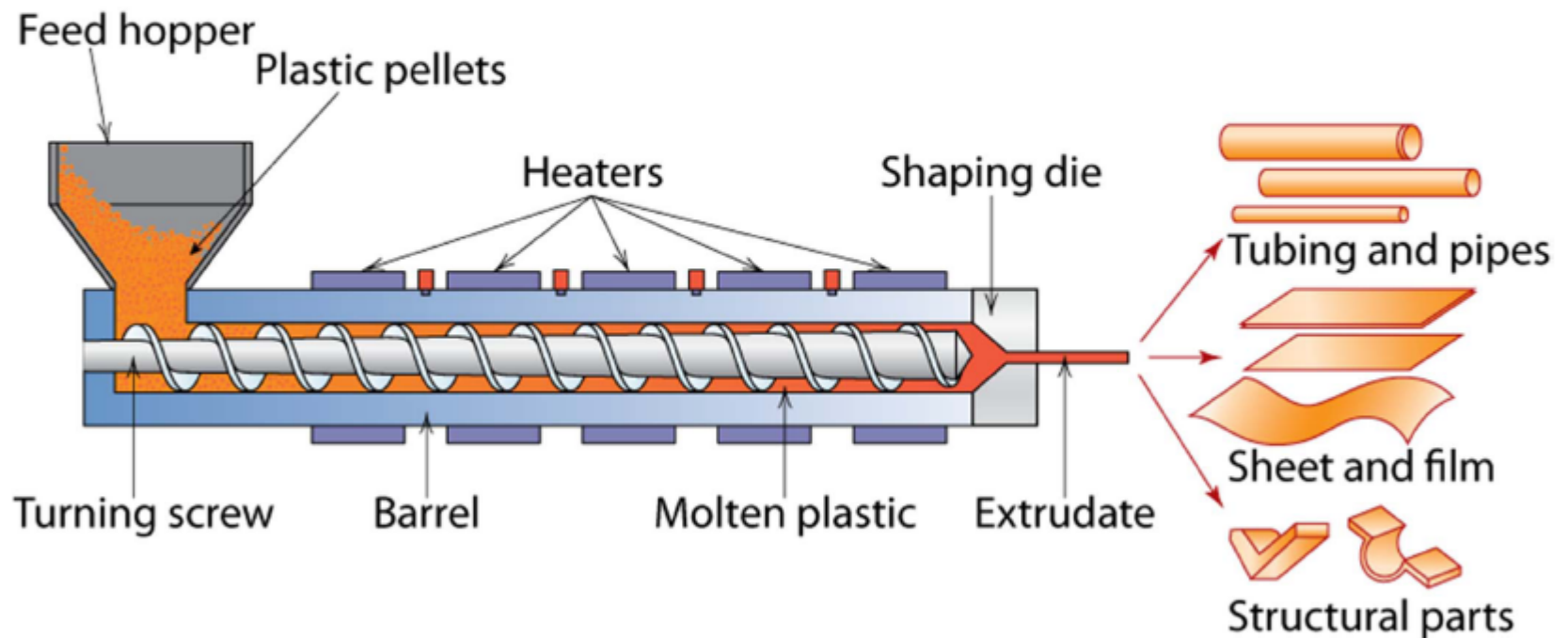
## Injekcijsko prešanje

- Injection molding
  - thermoplastic & some thermosets



# Processing Plastics – Extrusion

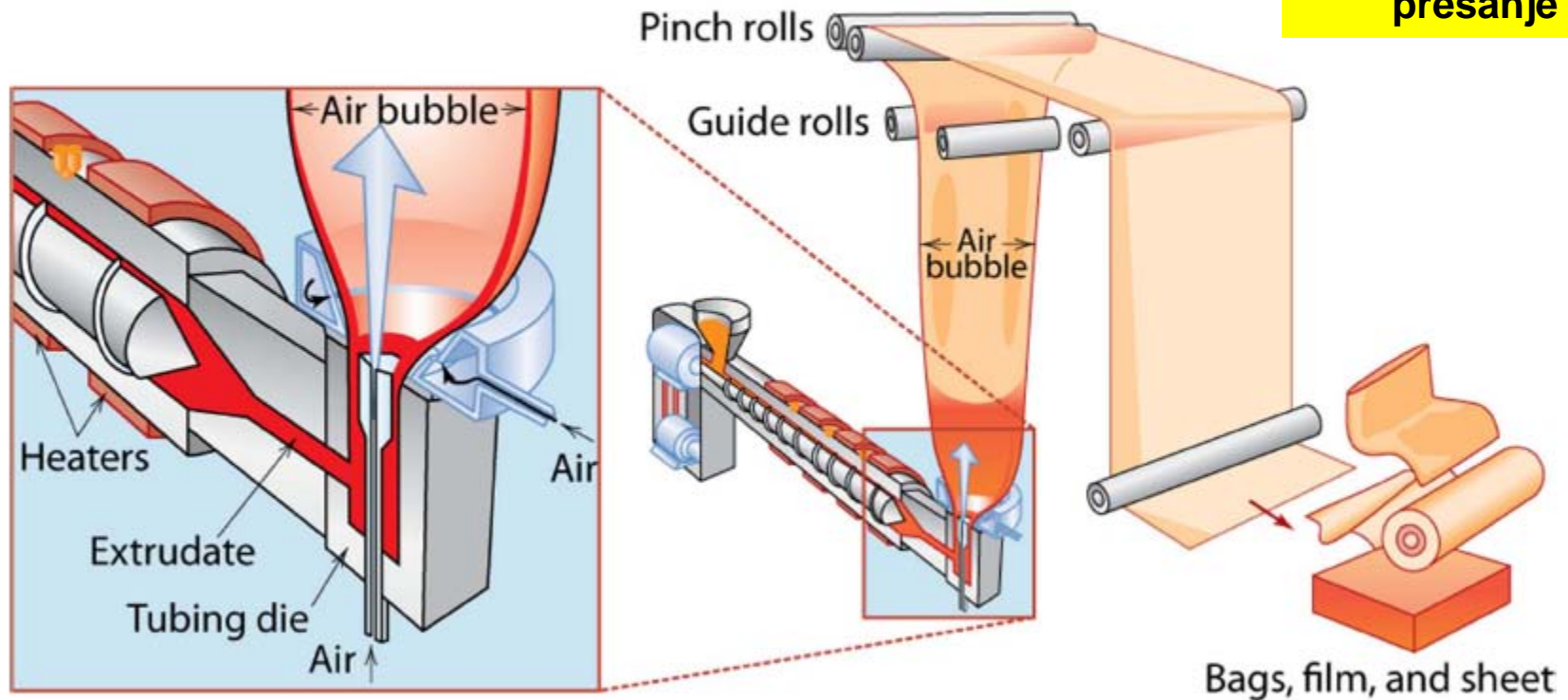
## Ekstrudiranje



Adapted from Fig. 15.25,  
Callister 7e. (Fig. 15.25 is from  
*Encyclopædia Britannica*, 1997.)

# Blown-Film Extrusion

Plinsko  
ekstruzijsko  
prešanje



Adapted from Fig. 15.26, *Callister 7e*.  
(Fig. 15.26 is from *Encyclopædia  
Britannica*, 1997.)

# Blown-Film Manufacture

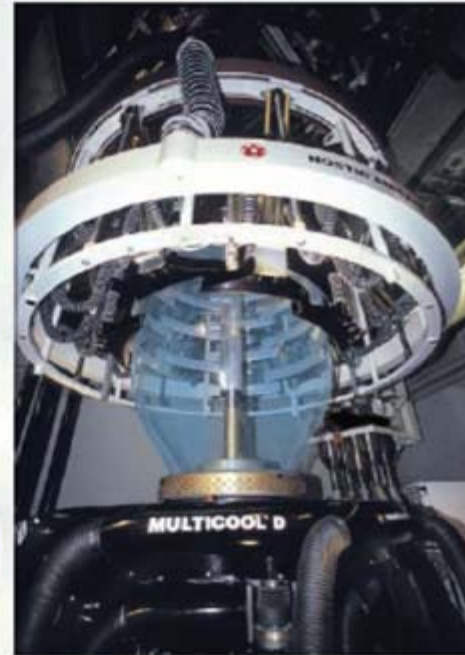
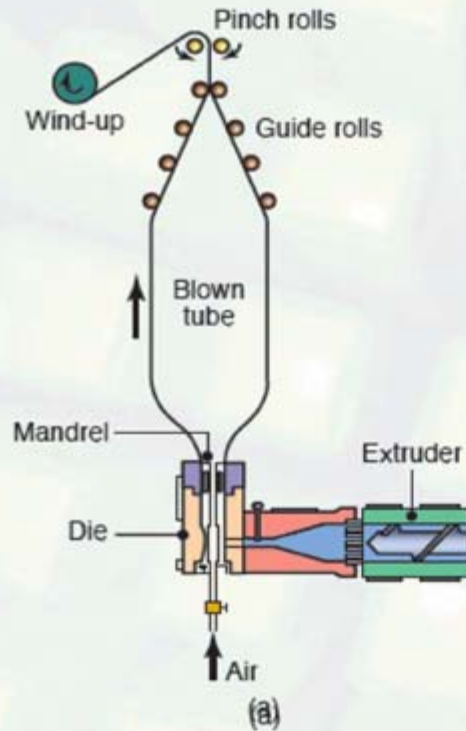


FIGURE 10.25 (a) Schematic illustration of production of thin film and plastic bags from a tube produced by an extruder, and then blown by air. (b) A blown-film operation. *Source:* Courtesy of Windmoeller & Hoelscher Corp.

# Blow Molding

Plinsko prešanje

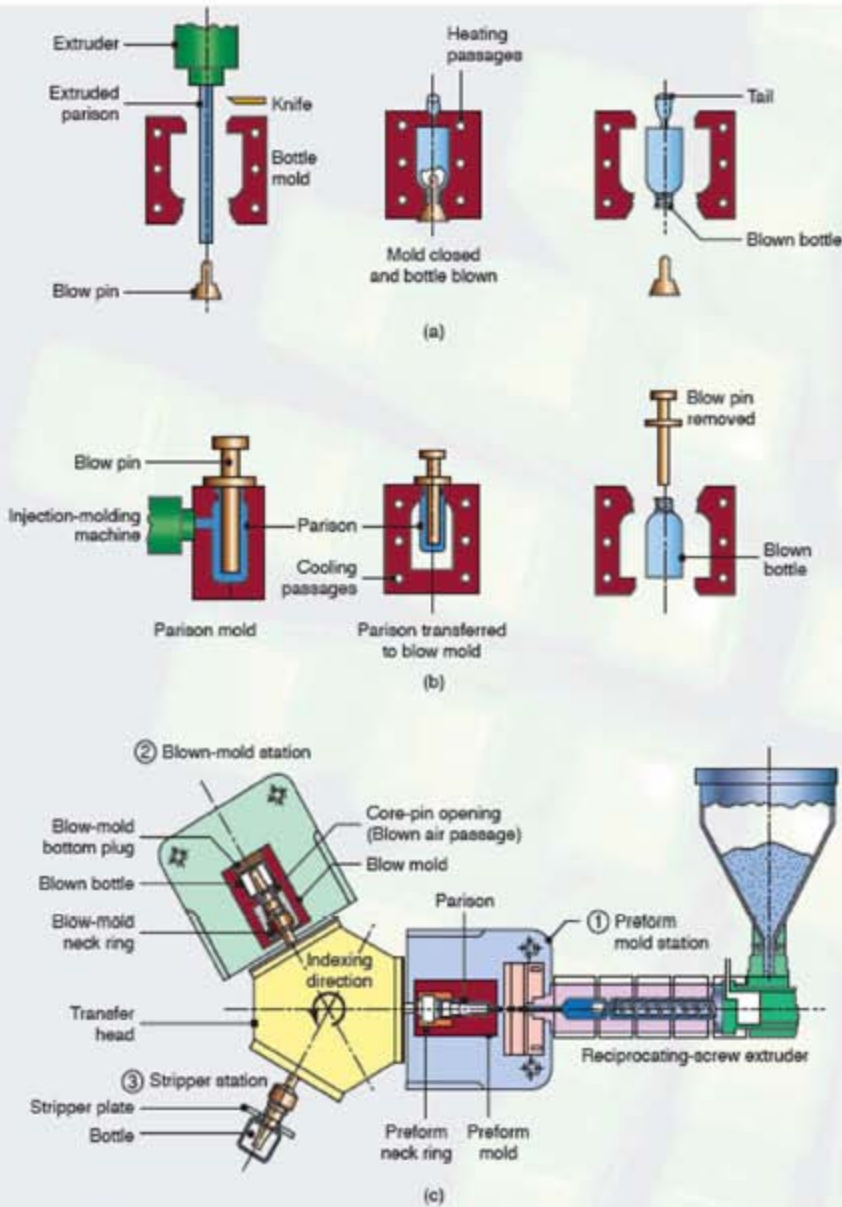


FIGURE 10.32 Schematic illustrations of (a) the blow-molding process for making plastic beverage bottles and (b) a three-station injection-blow-molding machine.

# Compression Molding

Tlačno  
prešanje

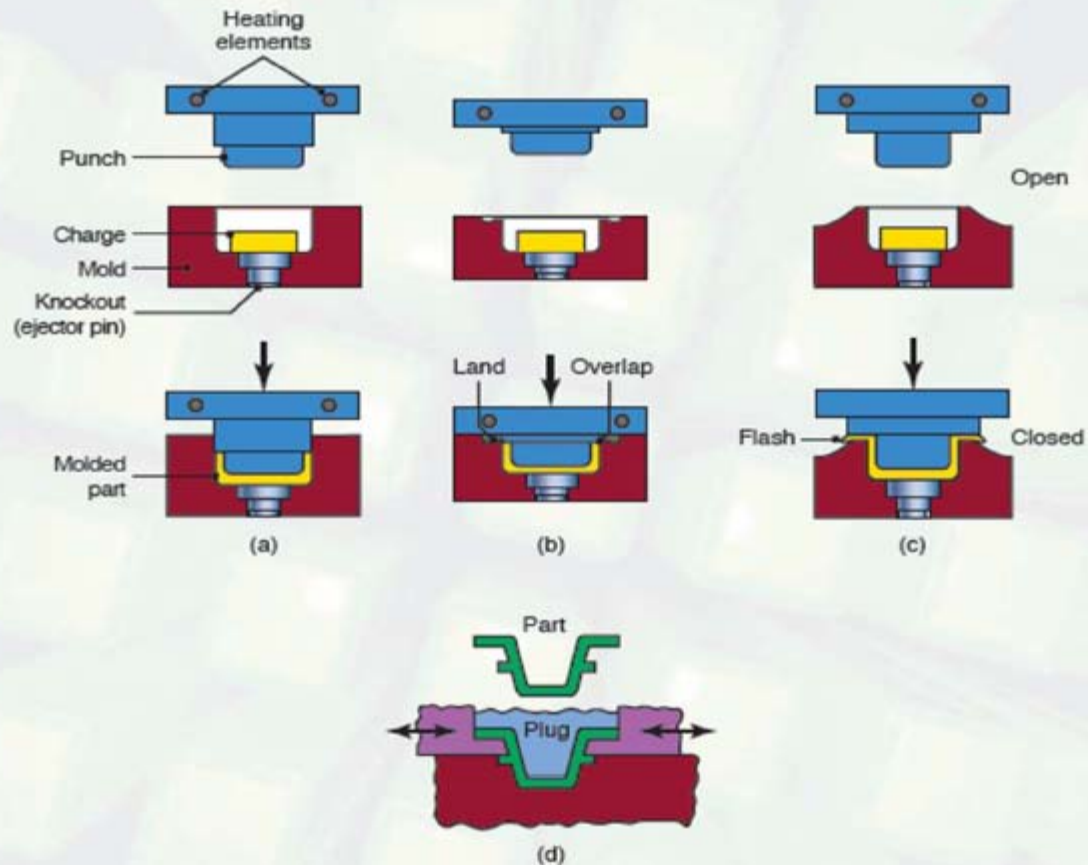


FIGURE 10.35 Types of compression molding, a process similar to forging: (a) positive, (b) semipositive, and (c) flash. The flash in part (c) is trimmed off. (d) Die design for making a compression-molded part with undercuts. Such designs also are used in other molding and shaping operations.

# Thermoforming

Termoformiranje

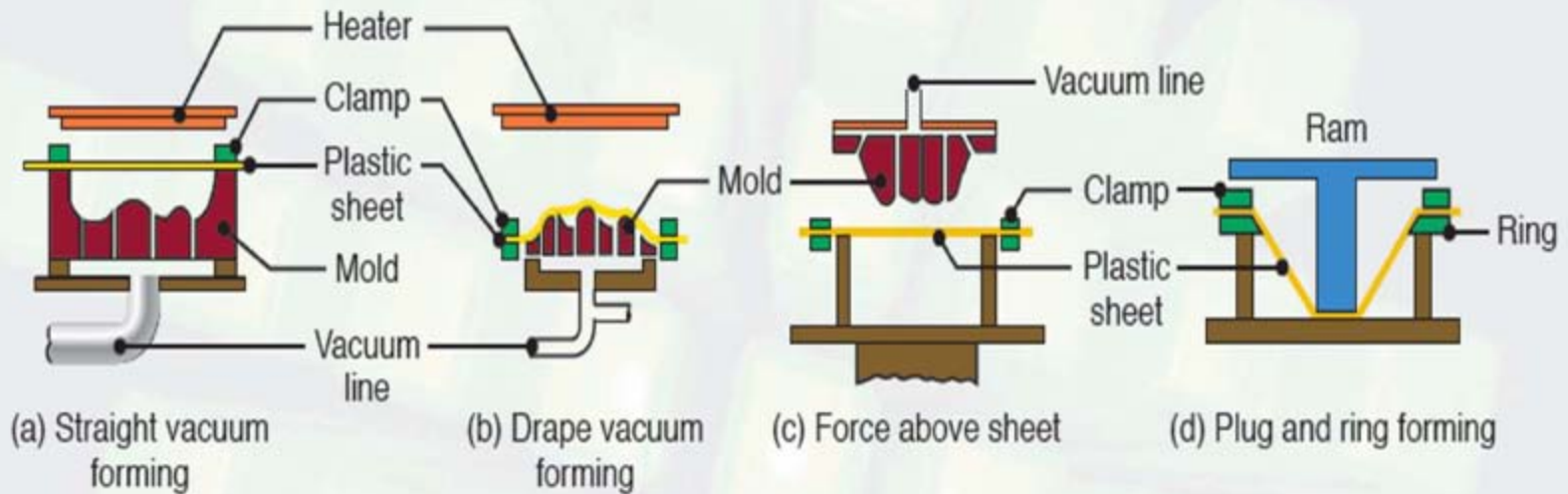


FIGURE 10.35 Various thermoforming processes for thermoplastic sheet. These processes are commonly used in making advertising signs, cookie and candy trays, panels for shower stalls, and packaging.



# Calendering

Kalendriranje

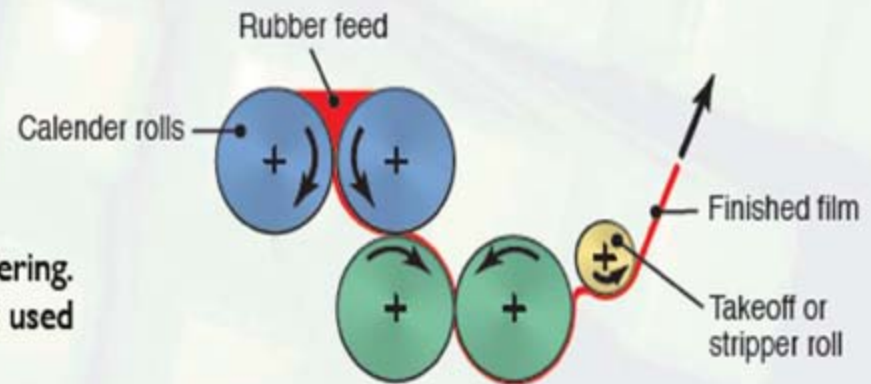


FIGURE 10.38 Schematic illustration of calendering. Sheets produced by this process are subsequently used in processes such as thermoforming.

**PRIMJERI  
PROIZVODA IZ  
NEKIH PLASTIKA**



**Neki proizvodi iz polietilena, PE**



**Neki proizvodi iz polipropilena, PP**

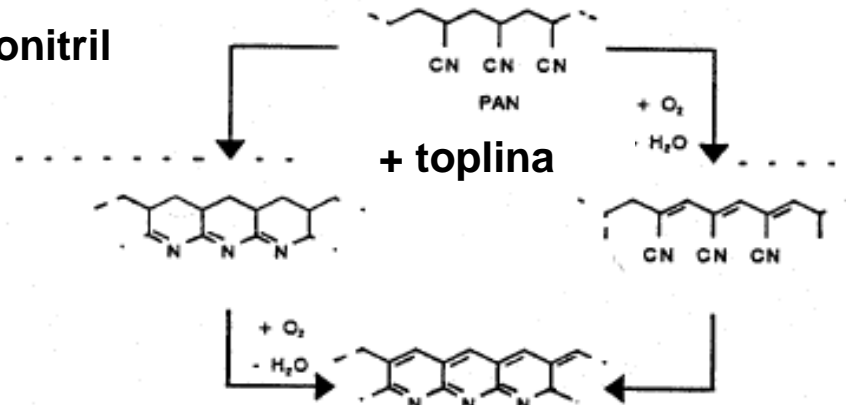


**Neki proizvodi iz poliakrilonitrila (orlon)**

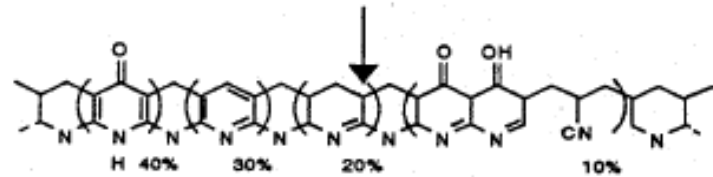
# Proizvodnja ugličnih vlakana (karbonskih vlakana) iz poliakrilonitrila, PAN

## Mehanizam pirolize PAN-a

poliakrilonitril

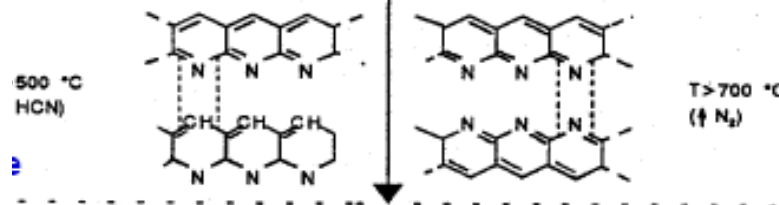


oksidirani poliakrilonitril

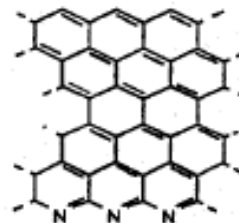


djelomično pougljenjen

poliakrilonitril



uglična vlakna pougljenjen poliakrilonitril



Kemijski elementi koje sadrži PAN, maseni %

C	H	N	O
65	6	25	3

60	4	20	14
----	---	----	----

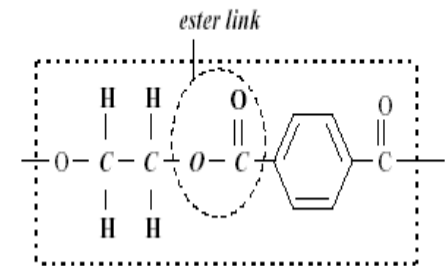
72	2	18	7
----	---	----	---

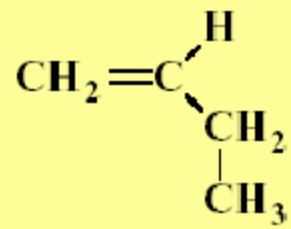
95	0,3	4,5	0,2
----	-----	-----	-----



**Neki proizvodi iz polietilentereftalata, PET**

**POLYESTER (PET) (Fibers, photographic film, beverage containers)**





But-1-ene



Industrial/Commercial



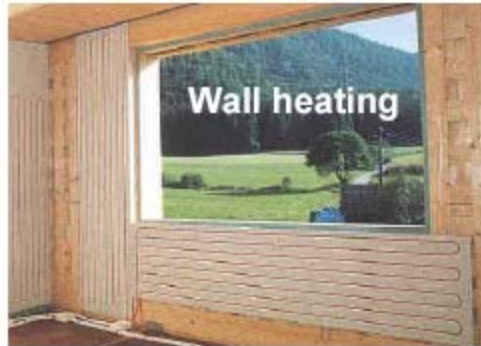
District and Community Heating



Underfloor Heating



Plumbing



Wall heating



Cold Water Supply

Neki proizvodi iz polibutena -1





*PVC siding*



*PVC door and frame*



*PVC pipe & fixtures*



*PVC roofing material*



*PVC window*



**Neki proizvodi iz polivinilklorida, PVC**



*Cable sheathing.*



*PVC "leather".*



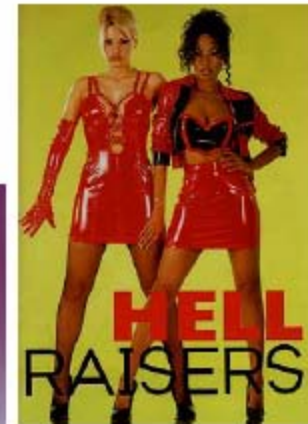
*Cling wrap.*



*PVC bottles.*



*PVC apparel.*



*PVC apparel.*

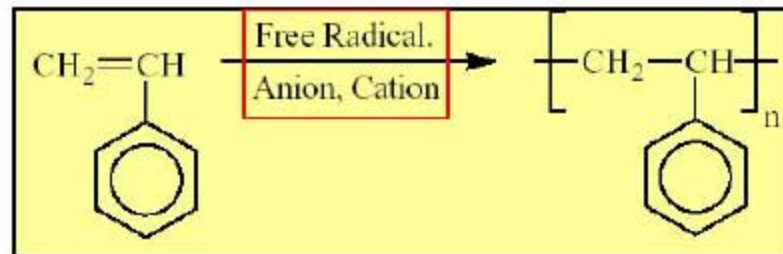
**Neki proizvodi iz plastificiranog polivinilklorida, PVC**



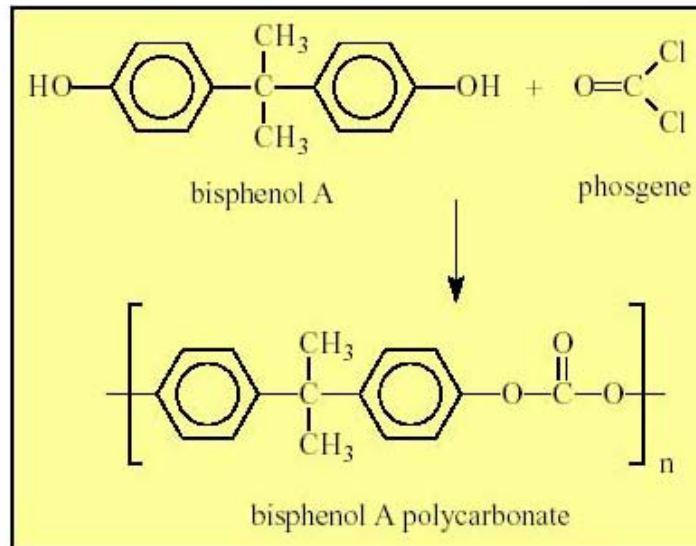
*Clear polystyrene articles*



*Foamed polystyrene articles*



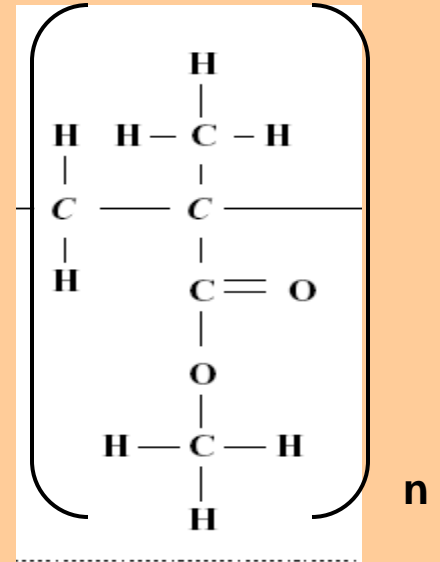
**Neki proizvodi iz polistirena, PS**



*Polycarbonate CD's.*



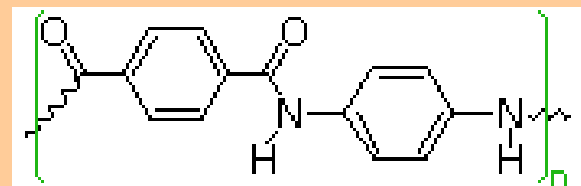
**Neki proizvodi iz polikarbonata, PC**



Neki proizvodi iz polimetilmetakrilata, PMMA (Plexiglass)



**Zaštitna odjeća iz aramida, Kevlara**





**Neki proizvodi iz kopolimera poliakrilonitril  
butadien stirena, ABS-a**

**Tablica 3.   Maksimalne temperature na kojima se određeni plastomeri i duromeri mogu kontinuirano upotrebljavati**

<b>Polimeri</b>	<b>Temperatura, °C</b>
<b><u>Plastomeri</u></b>	
<b>Polietilen</b>	<b>50-80</b>
<b>Polipropilen</b>	<b>50-75</b>
<b>Poliamid, Nylon</b>	<b>75-100</b>
<b>Poliester</b>	<b>70-120</b>
<b>Politetrafluoretilen, Teflon</b>	<b>200-260</b>
<b><u>Duromeri</u></b>	
<b>Vinilester</b>	<b>60-150</b>
<b>Poliester</b>	<b>60-150</b>
<b>Fenolne smole</b>	<b>70-150</b>
<b>Epoksidne smole</b>	<b>80-215</b>





PET



HDPE



PVC



LDPE



PP



PS



OTHER

**Oznake na proizvodu koje znače da se mogu koristiti za recikliranje (oporabu) polimera – plastomera. To je važno za zaštitu okoliša, a iz sakupljene ambalaže mogu se ponovno proizvesti novi proizvodi**

## Pitanja iz lekcije POLIMERI

- definicija polimera
- podjela polimera s obzirom na podrijetlo
- dobivanje sintetskih polimera (reakcije polimerizacije)
- podjela polimera s obzirom na ponašanje na povišenim temperaturama (najčešća podjela !!!!!)
- razlika između amorfni i kristaliničnih polimera
- stupanj polimerizacije
- opiši strukturu plastomera
- opiši strukturu duromera
- opiši strukturu elastomera
- važnost uporabe (recikliranja) plastičnih materijala i koje od njih možemo reciklirati
- razlika između polimera i plastika ( definiraj aditive)
- područja primjene polimernih materijala