

# "Oporaba plastičnih materijala i ekstrudiranje"



## Program stručnog osposobljavanja



Prof. dr. sc. Mladen Šercer



Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog socijalnog fonda.  
Sadržaj ovog materijala isključiva je odgovornost Udruge VISOKI JABLANI.

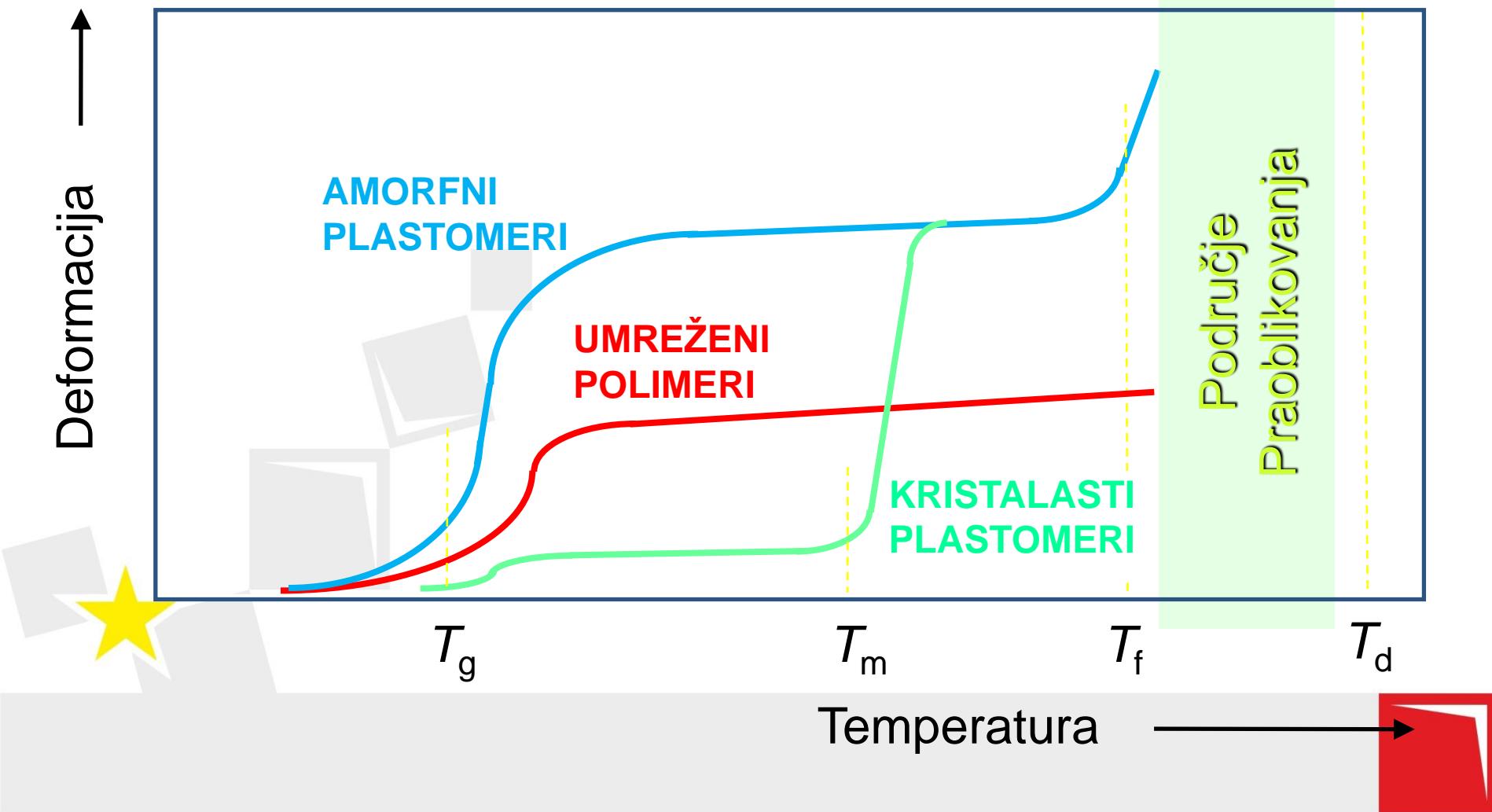
# Sadržaj

- Postupci prerade polimera
  - Ekstrudiranje
  - Ekstruzijsko prevlačenje i laminiranje
  - Injekcijsko prešanje
  - Toplo oblikovanje
  - Puhanje

# Najvažniji postupci izradbe polimernih proizvoda

POSTUPAK IZRADBE	Skupina polimernih materijala		
	PLASTOMERI	DUROMERI	ELASTOMERI
PRAOBLIKOVANJE	Ekstrudiranje Injekcijsko prešanje Kalandriranje Prevlačenje	Ekstrudiranje Injekcijsko prešanje Izravno prešanje Posredno prešanje Laminiranje	Ekstrudiranje Kalandriranje Injekcijsko prešanje Izravno prešanje Prevlačenje
PREOBLIKOVANJE	Toplo oblikovanje Hladno oblikovanje Puhanje	<b>Nije moguće</b>	
ODVAJANJE	Glodanje, tokarenje, rezanje, bušenje ...		
SPAJANJE	Zavarivanje Lijepljenje	Lijepljenje	
PREVLAČENJE	Lakiranje, galvaniziranje, metaliziranje ...		Nije uobičajeno

# Osnove postupaka praoblikovanja



# Ekstrudiranje

- Postupak kontinuiranog praoblikovanja protiskivanjem kapljastoga polimera kroz mlaznicu – **ekstrudat**.
- Ekstrudat se slaže ili namotava. Kontroliraju se dvije izmjere ekstrudata, širina i debljina odnosno jedna (promjer).
- Cijevi, štapovi, filmovi, folije i ploče, ostali puni i šuplji profili, vlakna, izolacije ili plaštevi kabela ili oslojene podloge.

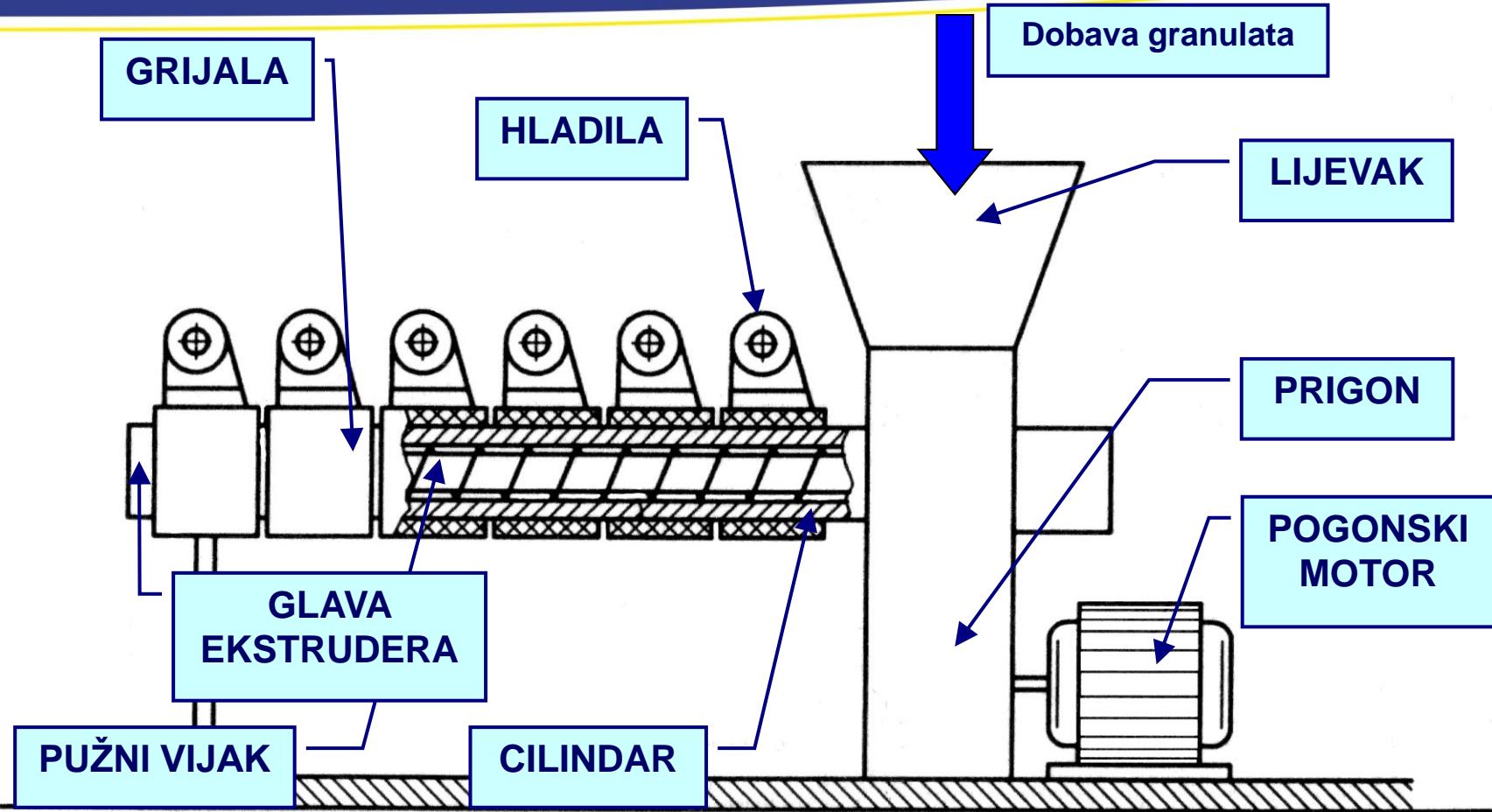


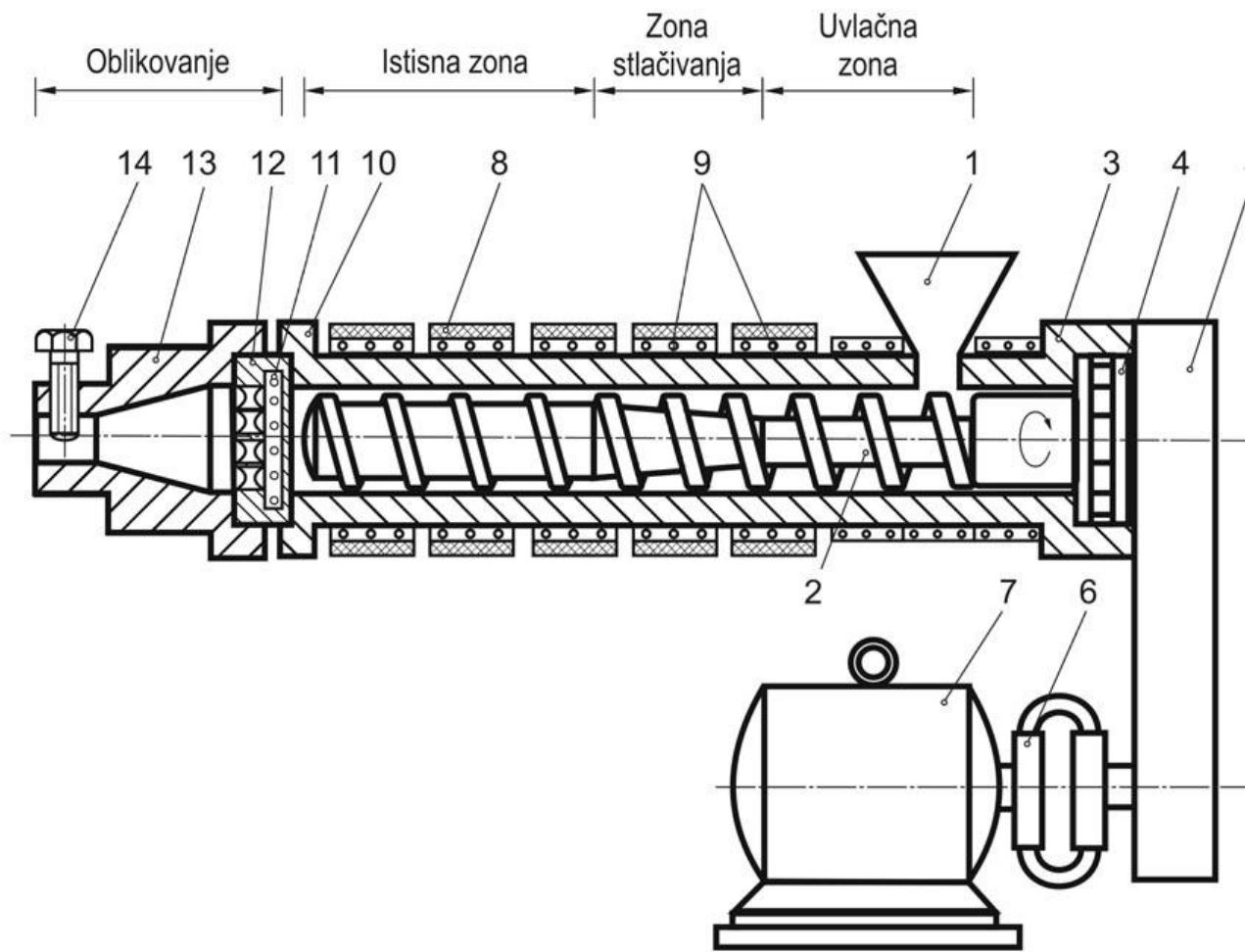


# Vrste ekstrudera

- Prema stanju dobave polimera
  - plastificirajući (prevode polimer iz čvrstog stanja u kapljevito) – najčešći
  - kapljevinski (polimer se dobavlja ekstruderu u obliku kapljevine)
- Prema načinu zagrijavanja
  - politropni (toplina se dovodi grijalima i pretvaranjem meh. rada u toplinu)
  - adijabatni (samo pretvaranje meh. rada u toplinu)

# Glavni dijelovi jednopužnog ekstrudera



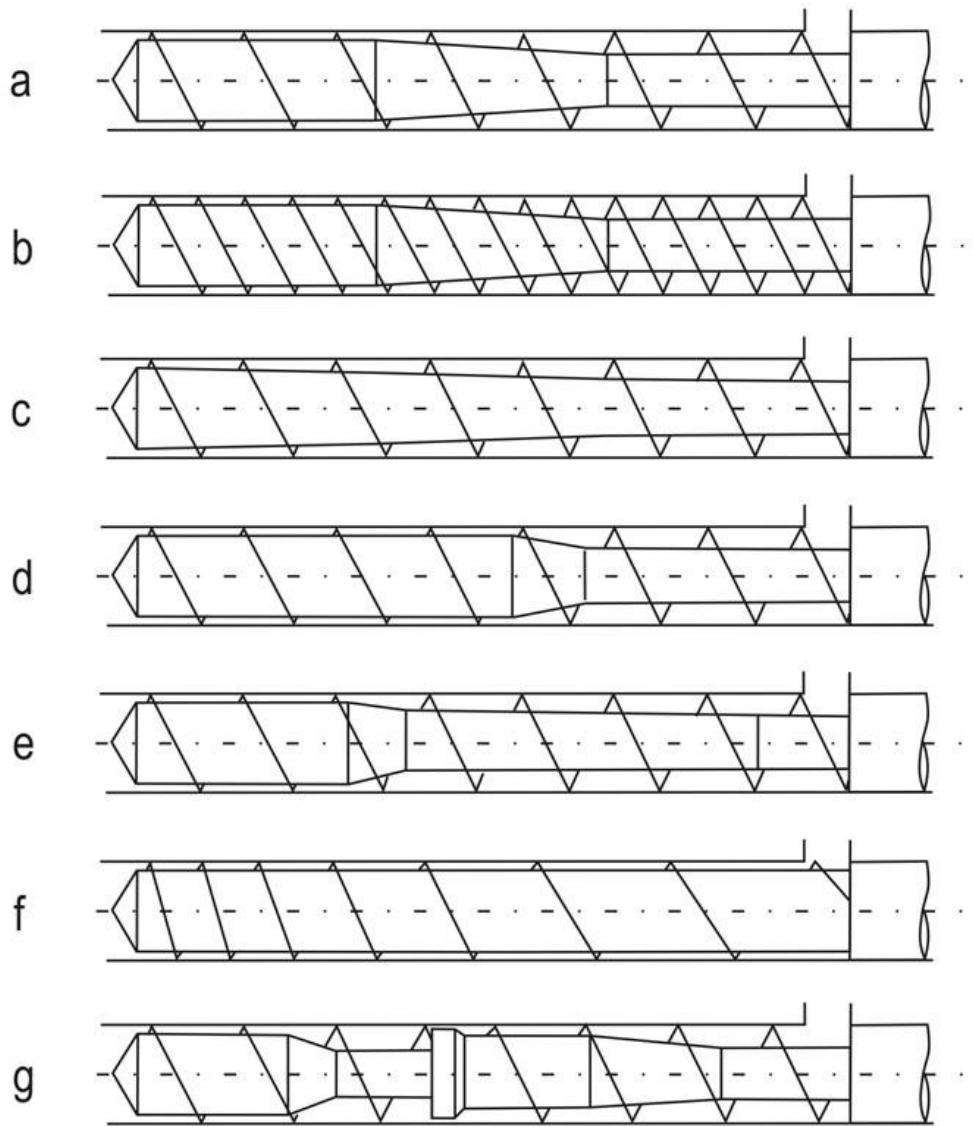


★ Presjek jednopužnoga plastificirajućeg ekstrudera; 1 - lijevak, 2 - pužni vijak, 3 – cilindar, 4 – tlačni ležaj, 5 – namjestivi prigon, 6 – spojka, 7 – pogonski motor, 8 – grijala, 9 – hladila, 10 – prirubnica, 11 – sita, 12 – cjedilo, 13 – glava ekstrudera, ujedno i mlaznica, 14 – prigušnica

# Zone pužnog vijka



- uvlačna zona: ulaz polimera, transport prema ostalim zonama (duboko rezana, tanka jezgra p.v.)
- zona stlačivanja: predgrijavanje i omešavanje polimera, transport prema istisnoj zoni (postupno smanjenje dubine navoja)
- istisna zona: postignuta potrebna smična viskoznost za istiskivanje, dobro izmiješana i homogenizirana taljevina (nepromjenjiva dubina navoja, ravno rezana)



## Razni pužni vijci

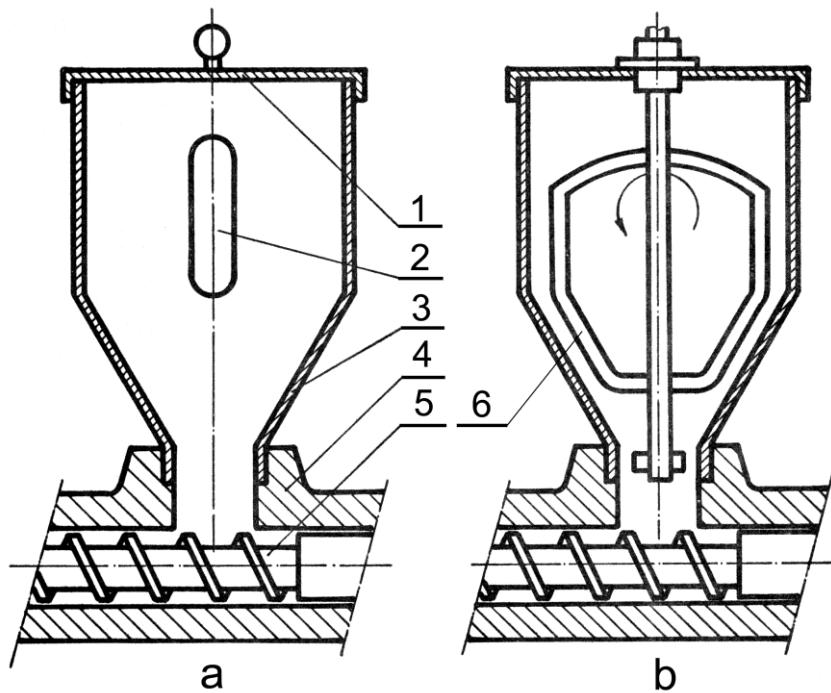
- a** – jednovojni trozonski pužni vijak,
- b** – dvovojni trozonski pužni vijak,
- c** – pužni vijak s postupnim povećanjem jezgre (za PVC),
- d** – pužni vijak s kratkom zonom stlačivanja,
- e** – četverozonski pužni vijak,
- f** – jednovojni pužni vijak s degresivnim usponom navoja,
- g** – otplinjavajući pužni vijak

# Jednopužni ekstruder



# Lijevak

- služi za prihvatanje polimernog materijala koji se dobavlja ekstruderu
- materijal slobodnim padom ili mehanički dospijeva u uvlačnu zonu cilindra



Lijevak ekstrudera:  
a – standardni, b – s rotirajućim miješalom,  
1 – poklopac, 2 – prozor za gledanje polimera u lijeku, 3 – lijevak, 4 – cilindar za taljenje, 5 – pužni vijak, 6 – rotirajuće miješalo

# Cilindar za taljenje

- u cilindru za taljenje materijal se tali i homogenizira
- uvlačna zona: glatka ili užljebljena (veća dobava) → mora se intenzivno hladiti
- transport kroz cilindar omogućen je zbog razlike u faktorima trenja između polimernog materijala i pužnog vijka, odnosno cilindra
- prolaskom kroz zagrijani cilindar polimerni materijal se rastali → prvo se rastali materijal uz stijenke cilindra, a zatim uz vijak → cilj je postići toplinski homogenu taljevinu

# Sita i cjedilo

- Nalaze se na kraju cilindra za taljenje, u strujnom kanalu između vrha pužnog vijka i alata za ekstrudiranje
- **Sita:** različite veličine otvora → zadržavanje nerastaljenih čestica, nečistoća i ostalih stranih tijela te izgorjelih djelića plastomera; dolaze u paketu, prvo najfinije, potrebno redovito čišćenje



# Sita i cjedilo

- **Cjedilo:** rupičasta ploča koja se nalazi između vrha pužnog vijka i kalupa; promjer rupica 5 – 8 mm
- zadatak: stvaranje otpora tečenju taljevine (bolje homogeniziranje → bolja svojstva ekstrudata)



# Grijala i hladila

- uspješnost ekstrudiranja ovisi o pravilnom temperaturnom profilu duž ekstrudera i kalupa (temperiranje)
- broj zona grijanja i hlađenja ovisi o namjeni ekstrudera, a duljina pojedine zone je  $4D - 5D$
- zagrijavanje: izvana (elektrootporno, preko grijala) i uslijed topline trenja (preko pužnog vijka)
- odvođenje topline: hlađenjem cilindra medijem za hlađenje (najčešće voda)

# Proizvodi ekstrudiranja



# Proizvodi ekstrudiranja - ambalaža

- Ambalaža u obliku crijeva ili filmova, folija i traka.



# Linija za ekstrudiranje

- Elementi linije:
  - ekstruder (jednopužni, višepužni)
  - alat za ekstrudiranje – oblikovanje taljevine
  - kalibrator – uređaj za postizanje propisanih izmjera ekstrudata uskih tolerancija
  - istezalica – razvlačenjem se postižu bolja svojstva proizvoda
  - hladilo – najčešće voda, prolaskom ekstrudata kroz temperiranu vodenu kupelj (često više kupelji različitih temperatura)

# Linija za ekstrudiranje

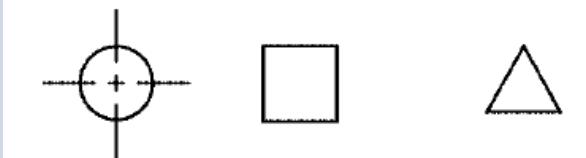
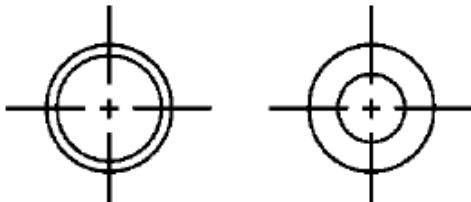
- **Elementi linije:**

- izvlačilo

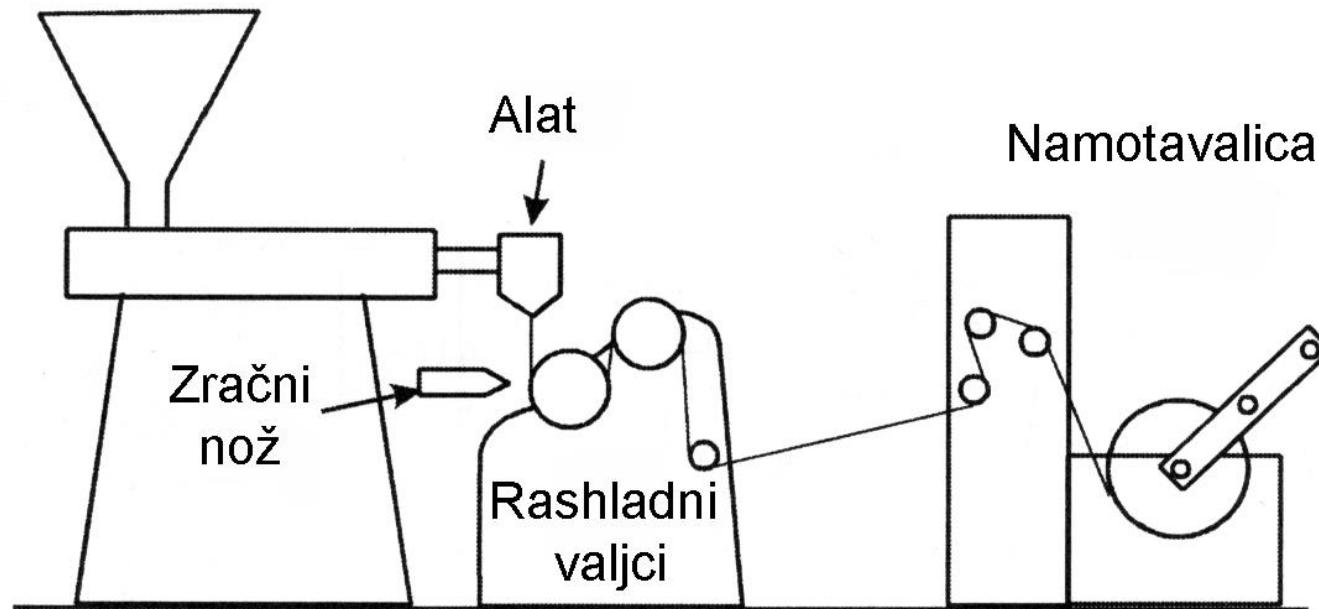
- provlači ekstrudat kroz jedinicu za umreživanje, hladilo ili kalibrator bez vibracija; radi sinkrono s ekstruderom i postoji kontinuirana regulacija brzine izvlačenja;
    - izvedba ovisi o obliku ekstrudata, a najčešće su to transportne trake za profile, gusjeničari za cijevi, valjčano izvlačilo za ploče
    - brzina izvlačenja: 0,5 m/min; 100 m/min pri ekstrudiranju crijevnog filma; 2500 m/min pri ekstruzijskom izoliranju telefonskih kabela

- rezalice – poprečne ili uzdužne; nepomične škare (ploče); kružne pile (cijevi)
    - namotavalica – namotavanje na kaleme (folije, crijeva, izolacije žica)
    - nagibni žlijebovi.

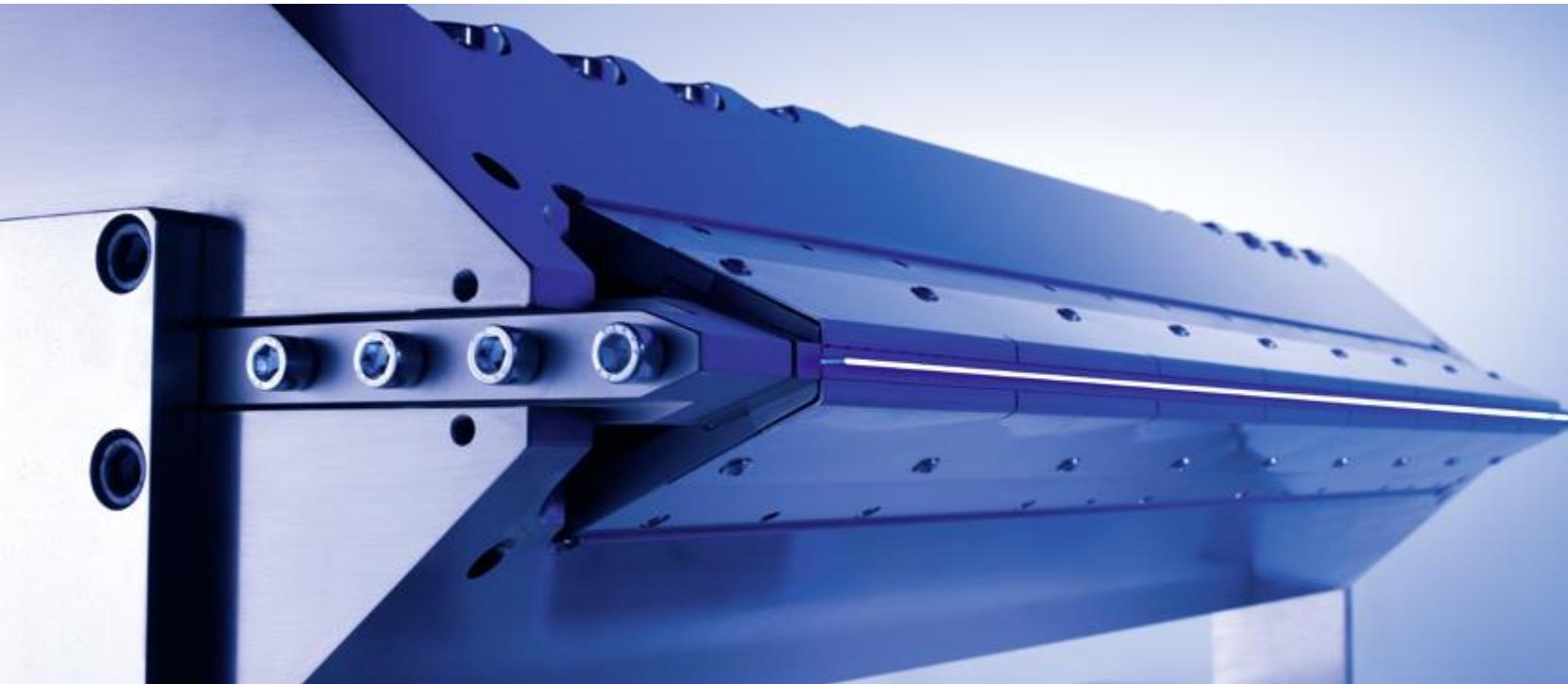
# Vrste ekstrudata

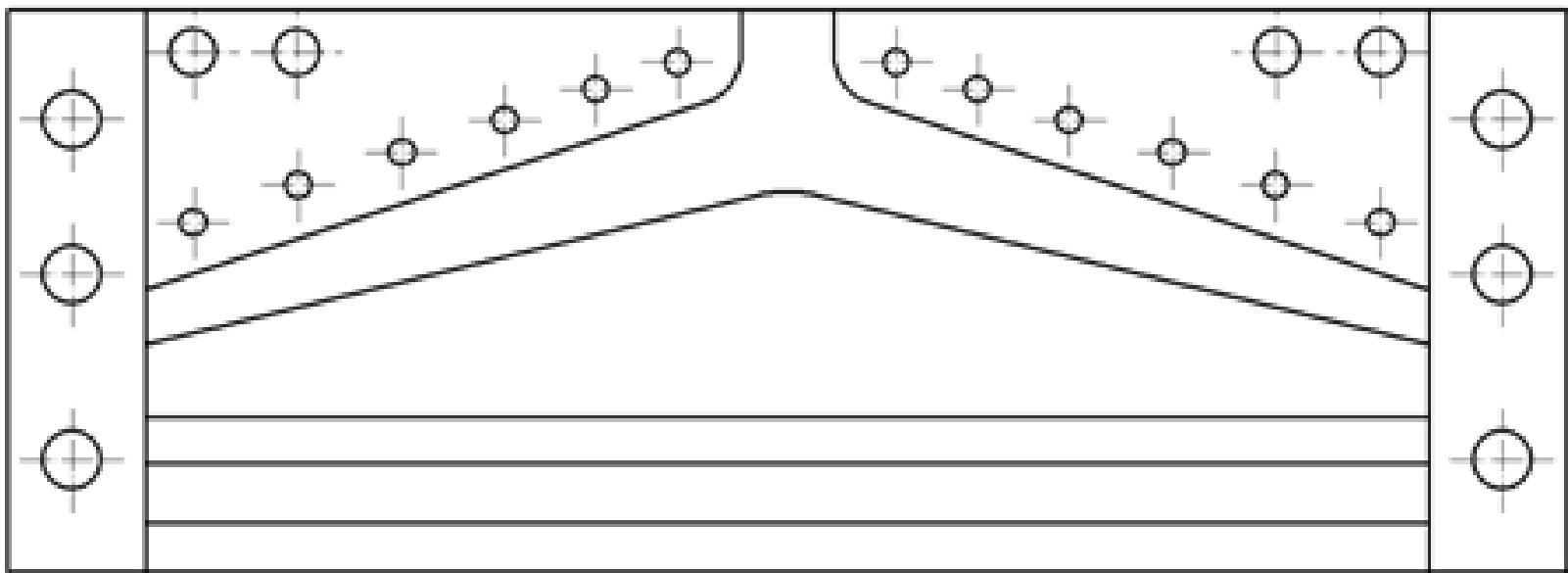
Vrsta	Oblik
Filmovi	
Folije i ploče	
Profili – puni	
– otvoreni	
– šuplji	
Tube	
Cijevi	

# Ekstrudiranje filmova i ploča



# Širokousni alat

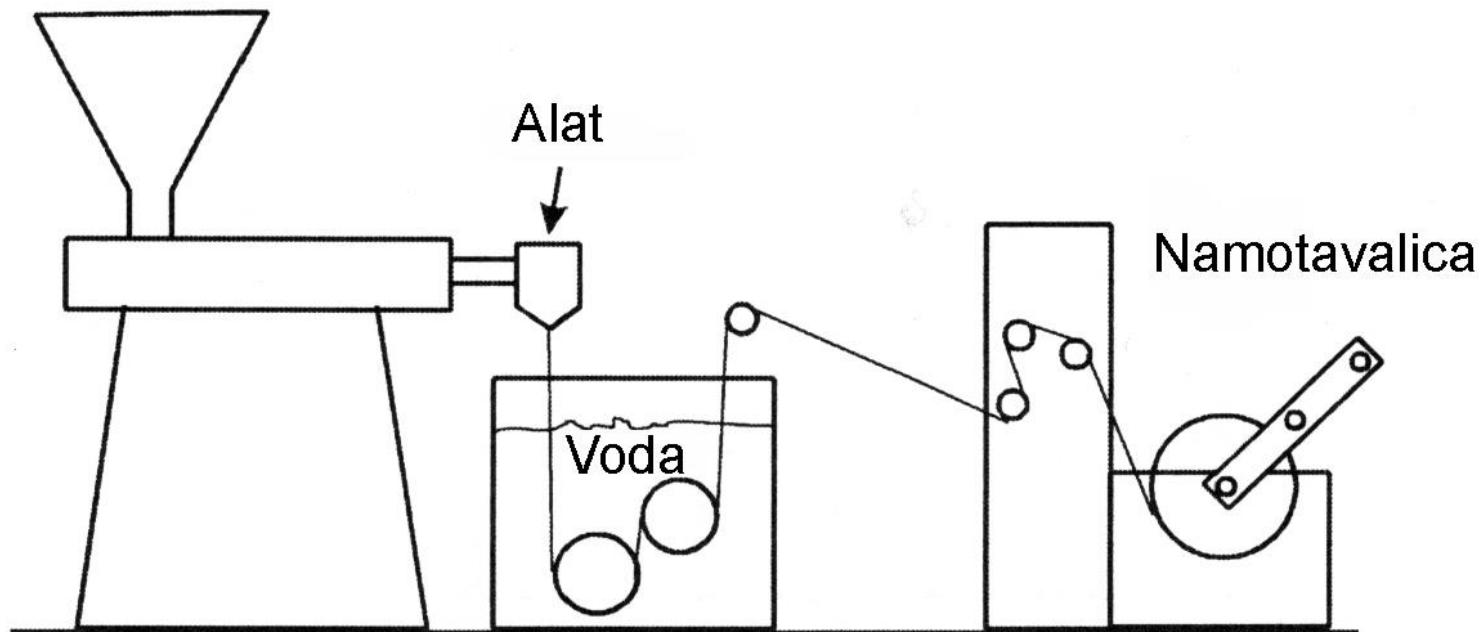






**Linija za ekstrudiranje plastomernih ploča za toplo oblikovanje**

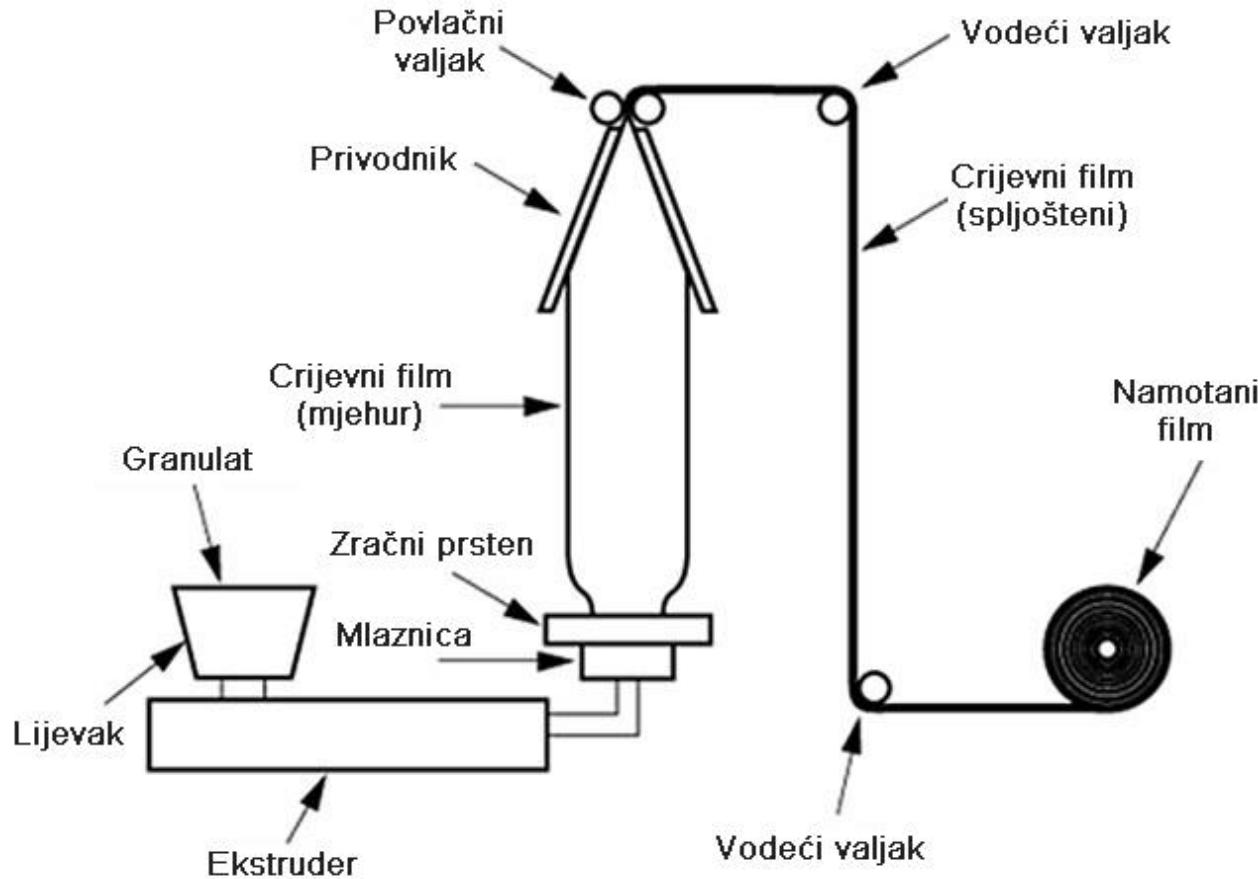
# Ekstrudiranje filmova i ploča



# Ekstrudiranje crijevnog filma

- Najčešće polietilenski poluproizvodi
- Istisnuta taljevina prolazi kroz mlaznicu alata i rashladni prsten te u obliku relativno debelog crijeva izlazi iz alata.
- S pomoću privodnika crijevo se spljošti, te namota na namotavalicu.

# Ekstrudiranje crijevnog filma





Zračni prsten



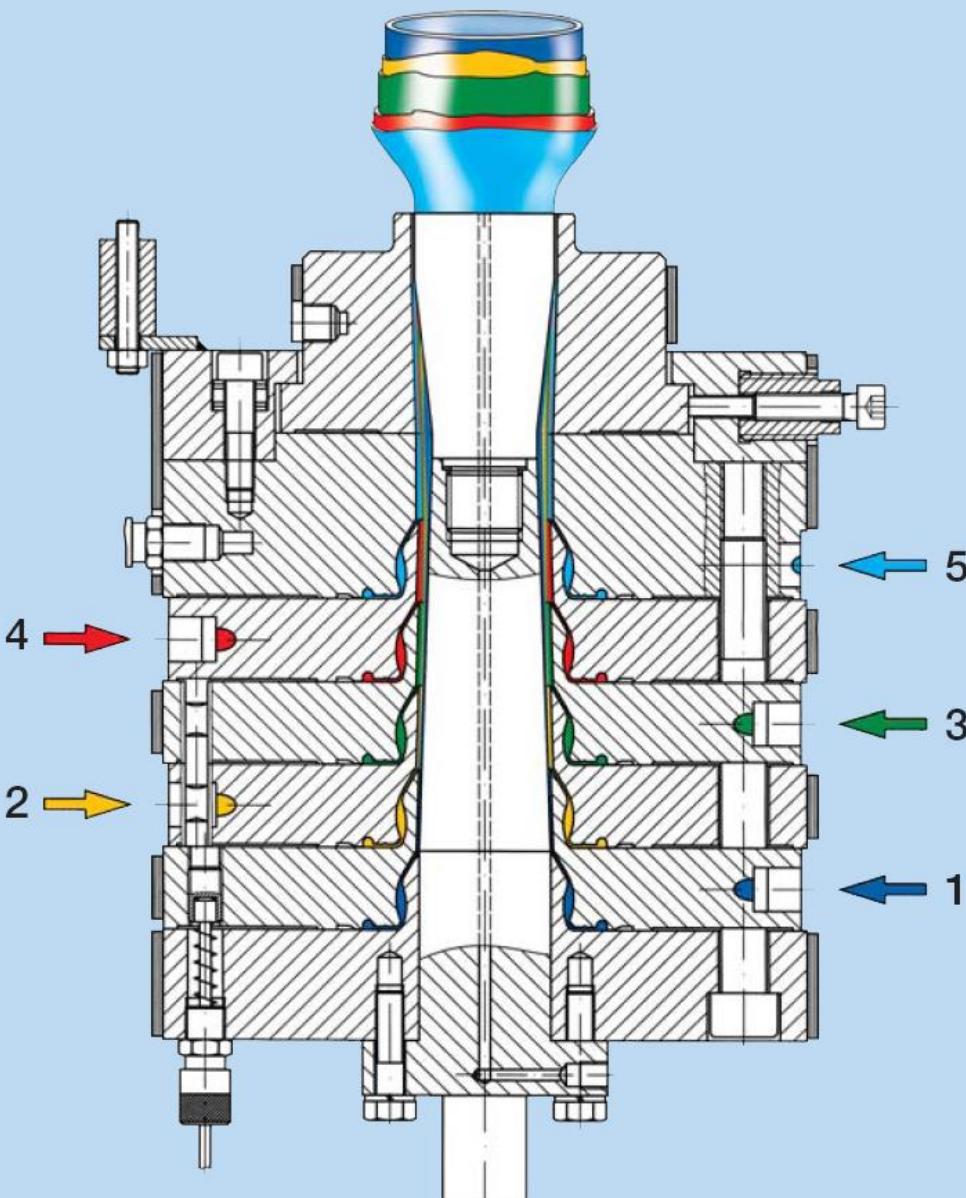




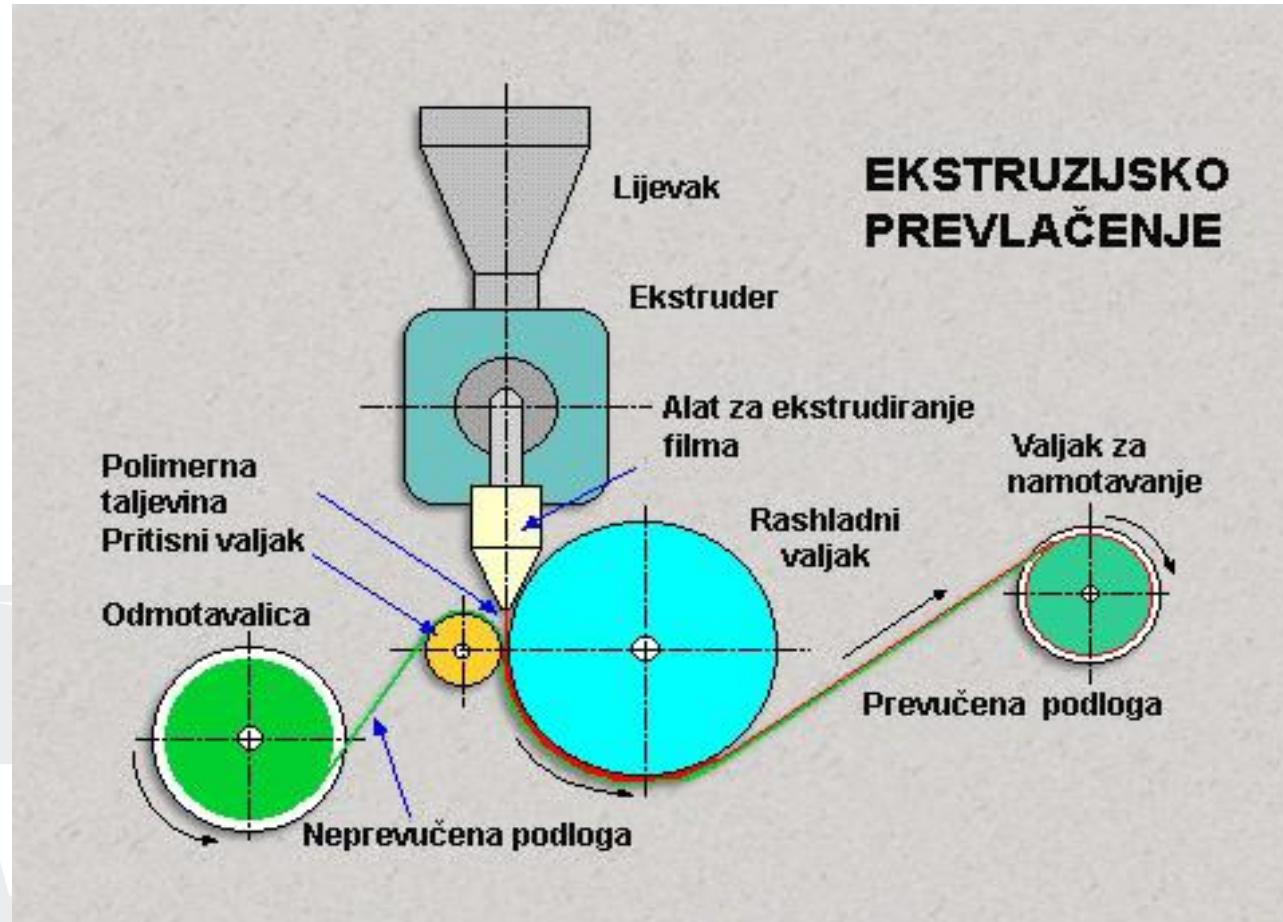
# Koekstrudiranje crijevnog filma



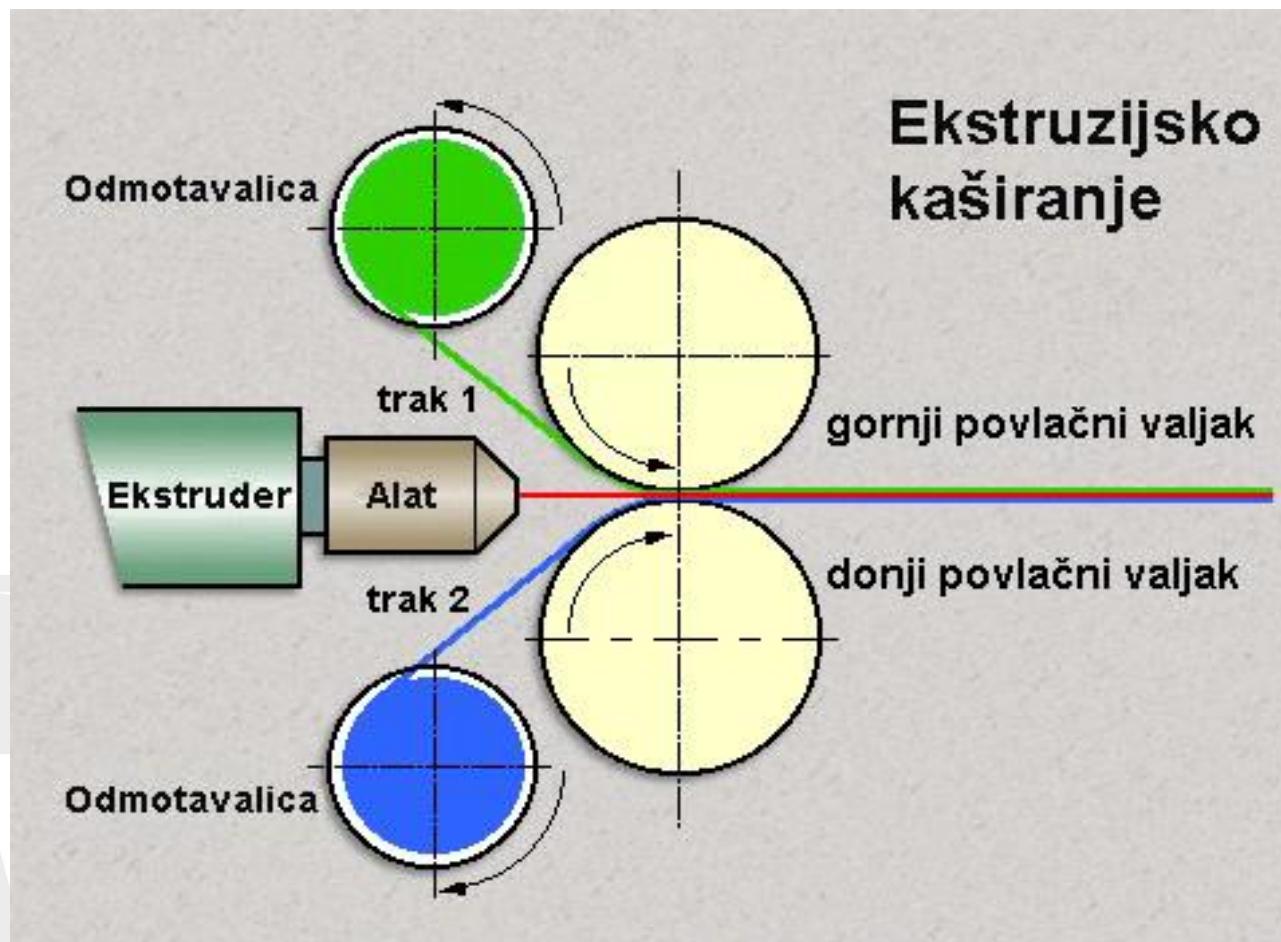




## EKSTRUZIJSKO PREVLAČENJE



## Ekstruzijsko kaširanje

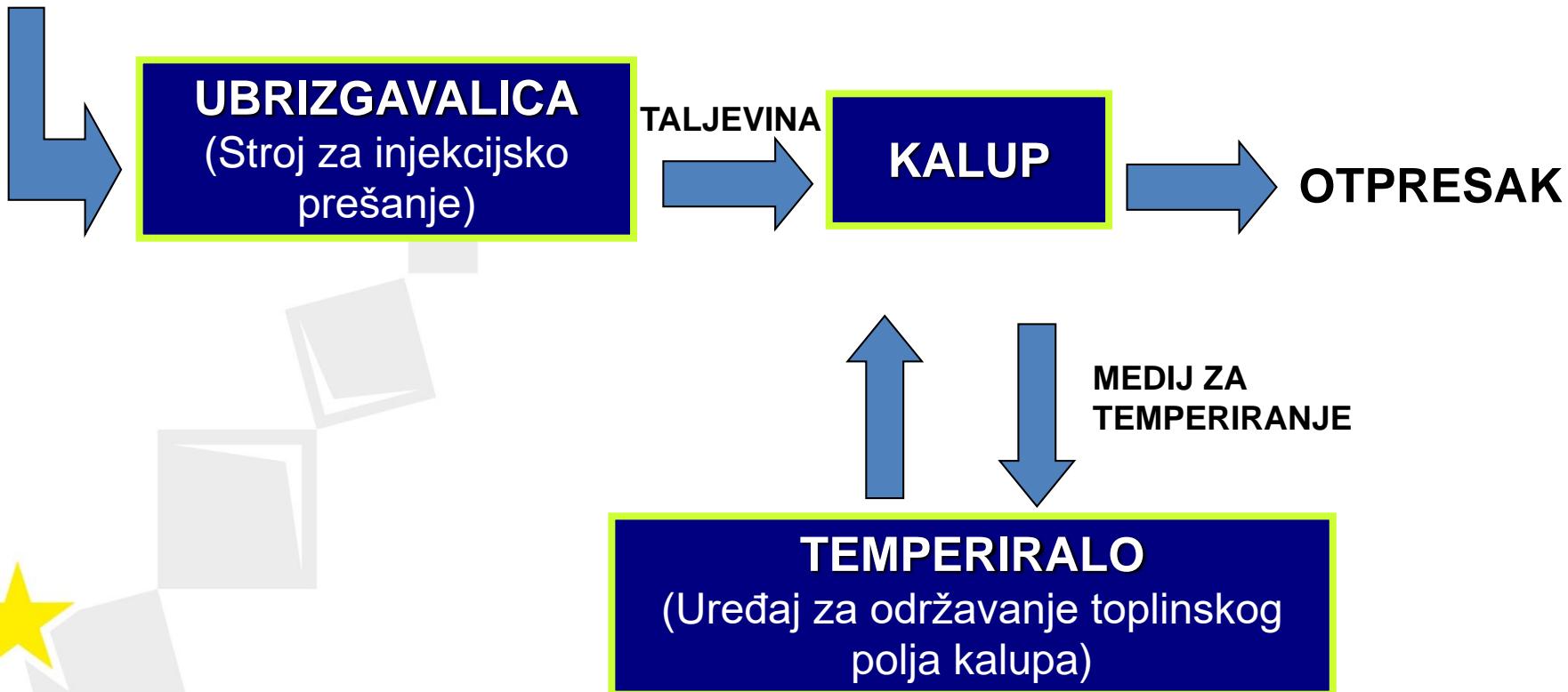


# Injekcijsko prešanje

- najvažniji ciklički postupak prerade polimera
- ubrizgavanje tvari potrebne smične viskoznosti iz jedinice za ubrizgavanje u temperiranu kalupnu šupljinu
- otpresak očvršćivanjem postaje podoban za vađenje iz kalupne šupljine
- potreban sustav za injekcijsko prešanje

# Sustav za injekcijsko prešanje

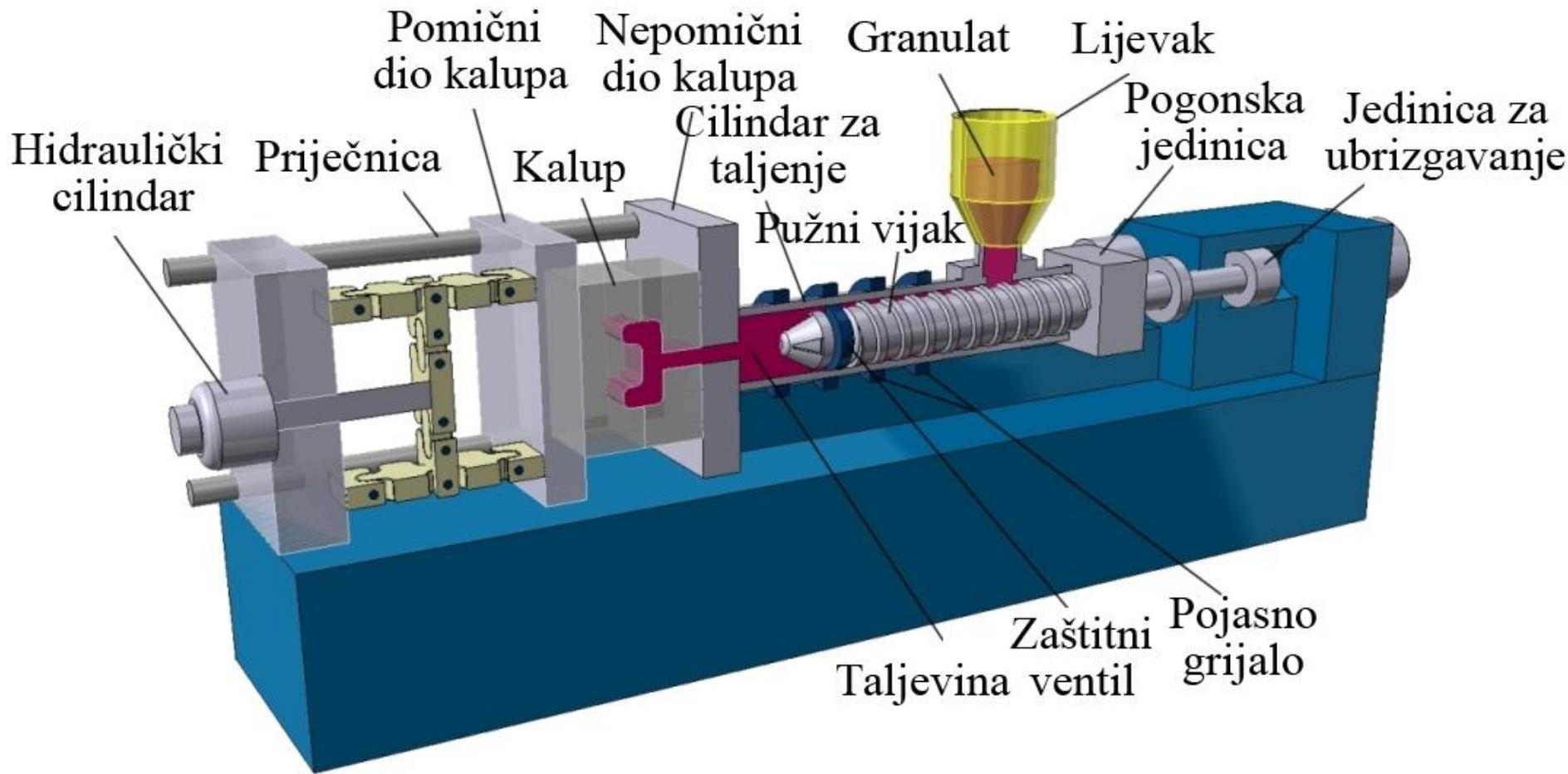
**POLIMER (granulat)**



# Sustav za injekcijsko prešanje - SIP

- Funkcije SIP-a:
  - priprema tvari potrebne smične viskoznosti – U
  - ubrizgavanje tvari u kalupnu šupljinu - U
  - oblikovanje i strukturiranje otpreska - K
  - održavanje propisanog temperaturnog polja u K – T
  - vađenje otpreska iz K – K, U

# Ubrizgavalica



# Ubrizgavalica

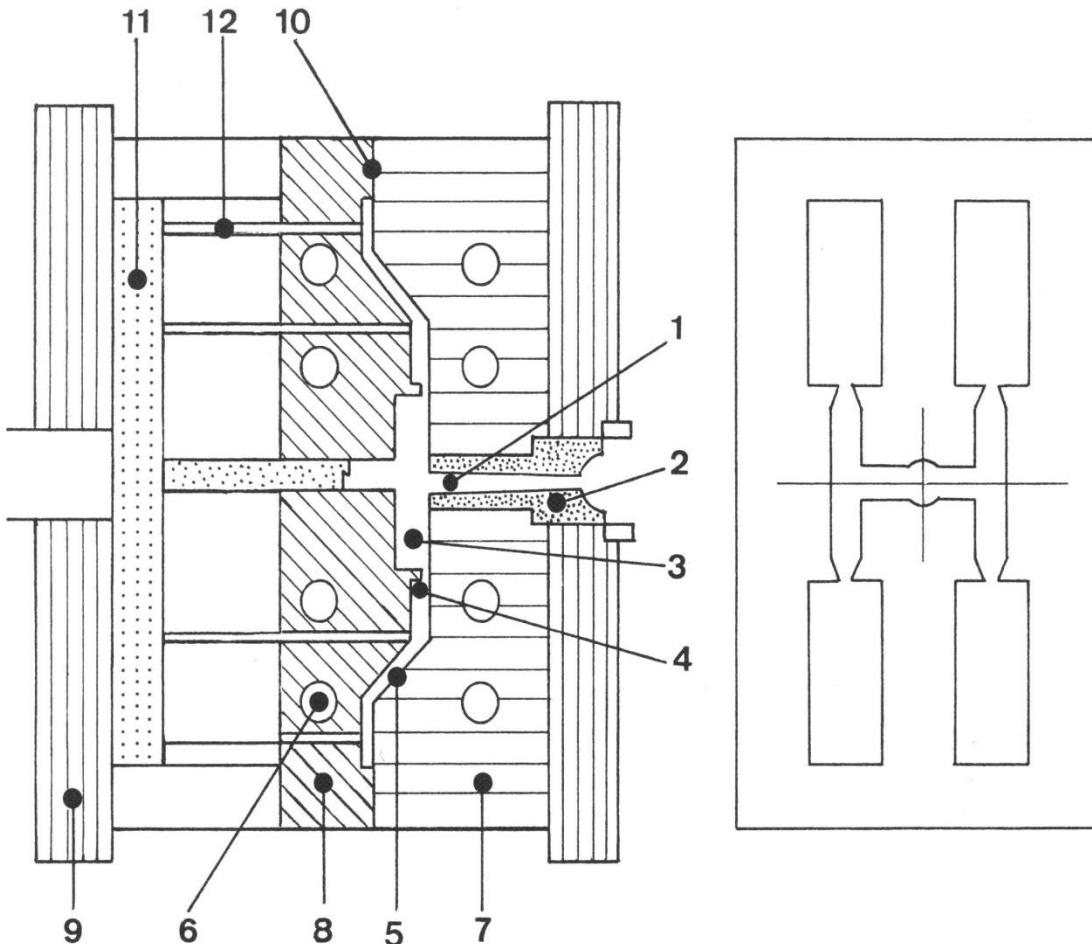
- Osnovne funkcije:
  - priprema taljevine za ubrizgavanje
  - ubrizgavanje taljevine u kalup
  - otvaranje i zatvaranje kalupa
  - vađenje otpreska.
- Osnovni podsustavi
  - jedinica za pripremu i ubrizgavanje taljevine
  - jedinica za otvaranje i zatvaranje kalupa
  - pogonska jedinica
  - upravljačka jedinica.

# Jedinica za ubrizgavanje

## – Vrsta pogona

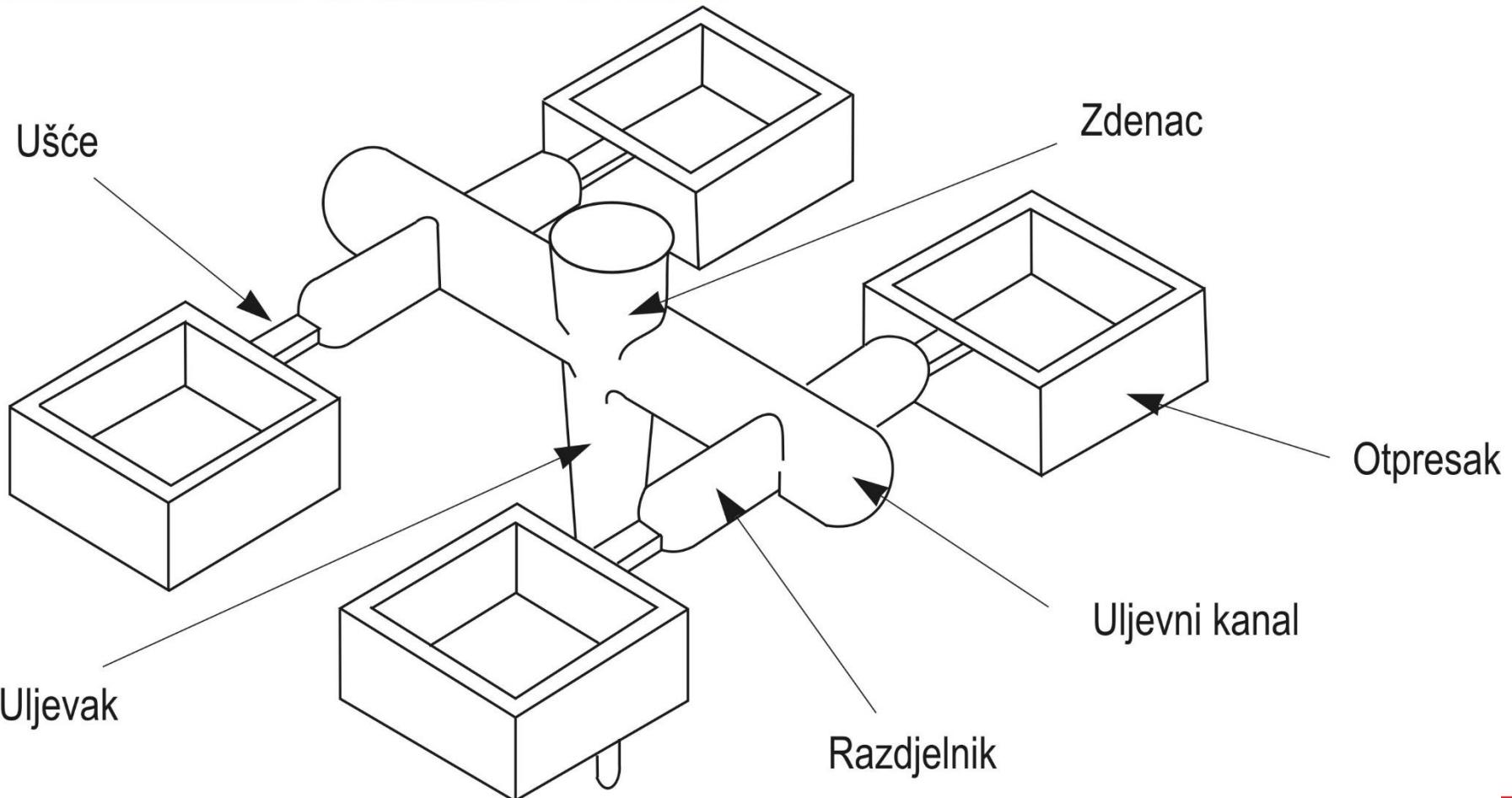
- hidrauličke – klasične
- električke
  - ušteda energije (i do 70 %)
  - povećana preciznost (pozicioniranja) i ponovljivost
  - visoke brzine ubrizgavanja i brže zatvaranje kalupa
  - brži odziv
  - brži ciklusi injekcijskog prešanja
  - brže upuštanje u rad (nema čekanja da se hidr. ulje zagrije)
  - niži troškovi održavanja
  - tiši rad
- hibridne (električni pogon pužnog vijka).

# Kalup za IP

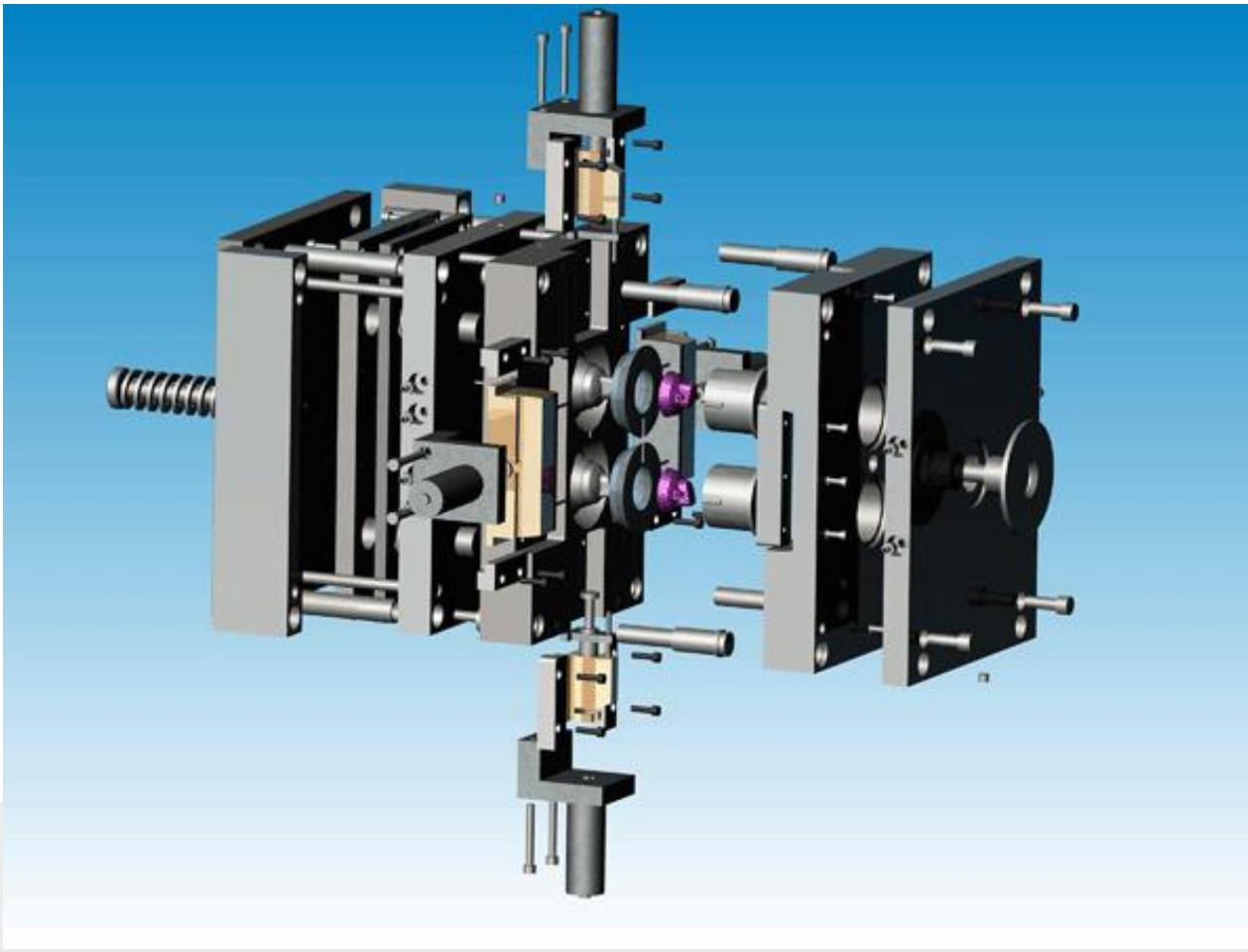


- 1 – uljevak
- 2 – uljevni tuljak
- 3 – razdjelnici
- 4 – ušće
- 5 – kalupna šupljina
- 6 – sustav za temperiranje
- 7 – nepomična kalupna ploča
- 8 – pomična kalupna ploča
- 9 – stezna ploča
- 10 – sljubnica
- 11 – ploča izbacivila
- 12 – izbacivila

# Uljevni sustav



# Kalup za injekcijsko prešanje



# Temperiranje

- postizavanje i održavanje propisane temperature stijenke kalupne šupljine:
  - vodom iz vodovodne mreže – samo odvođenje topline, taloženje vapnenca u kanalima, nije moguće postići vrlo niske ili vrlo visoke temperature
  - temperiralima – s vodom, mješavinom vode s etilen-glikolom, uljem

# Temperiralo



# Dopunska oprema



# Injekcijski prešana ambalaža



# 1. faza IP

- Plastificiranje
  - dobava granulata kroz lijevak ubrizgavalice u cilindar
  - taljenje polimera zbog topline dovedene grijalima i topline razvijene vrtnjom pužnog vijka (trenjem)
  - plastomerna taljevina sakuplja se ispred vrha pužnog vijka (sabirnica) koji biva potisnut unatrag

## 2. faza IP

- Ubrizgavanje i djelovanje naknadnog tlaka
  - sakupljanje dovoljne količine taljevine u sabirnici  
→ zaustavljanje rotacije pužnog vijka
  - hidraulički sustav potiskuje pužni vijak → ubrizgavanje taljevine u kalupnu šupljinu
  - faza djelovanja naknadnog tlaka → tlak u kalupnoj šupljini se održava pri propisanoj vrijednosti dok polimerna taljevina očvršćuje → nastoji se nadoknaditi stezanje materijala – sve do “pečaćenja” ušća

# 3. faza IP

- Očvršćivanje i vađenje otpreska iz kalupa
  - u trenutku očvršćivanja ušća otpresak poprima svoj konačni oblik u kalupu
  - temperatura otpreska – previsoka za sigurno vađenje otpreska iz kalupne šupljine → potrebno je osigurati nužno vrijeme hlađenja otpreska – do postizanja temperature postojanosti oblika → faza hlađenja otpreska, uključuje i fazu plastificiranja
  - nakon što otpresak dovoljno očvrsne → faza vađenja otpreska iz kalupa

# Postupci preoblikovanja

## OBLIKOVANJE POLIMERA

Toplo oblikovanje – postizavanje oblika

Hladno oblikovanje – postizavanje oblika

Istezanje/razvlačenje – povišenje čvrstoće

## PUHANJE

Ekstruzijsko puhanje

Injekcijsko puhanje

# Osnove postupka toplog oblikovanja

- Ciklički postupak preoblikovanja pripremka (predoblika) u **gumastom stanju**:

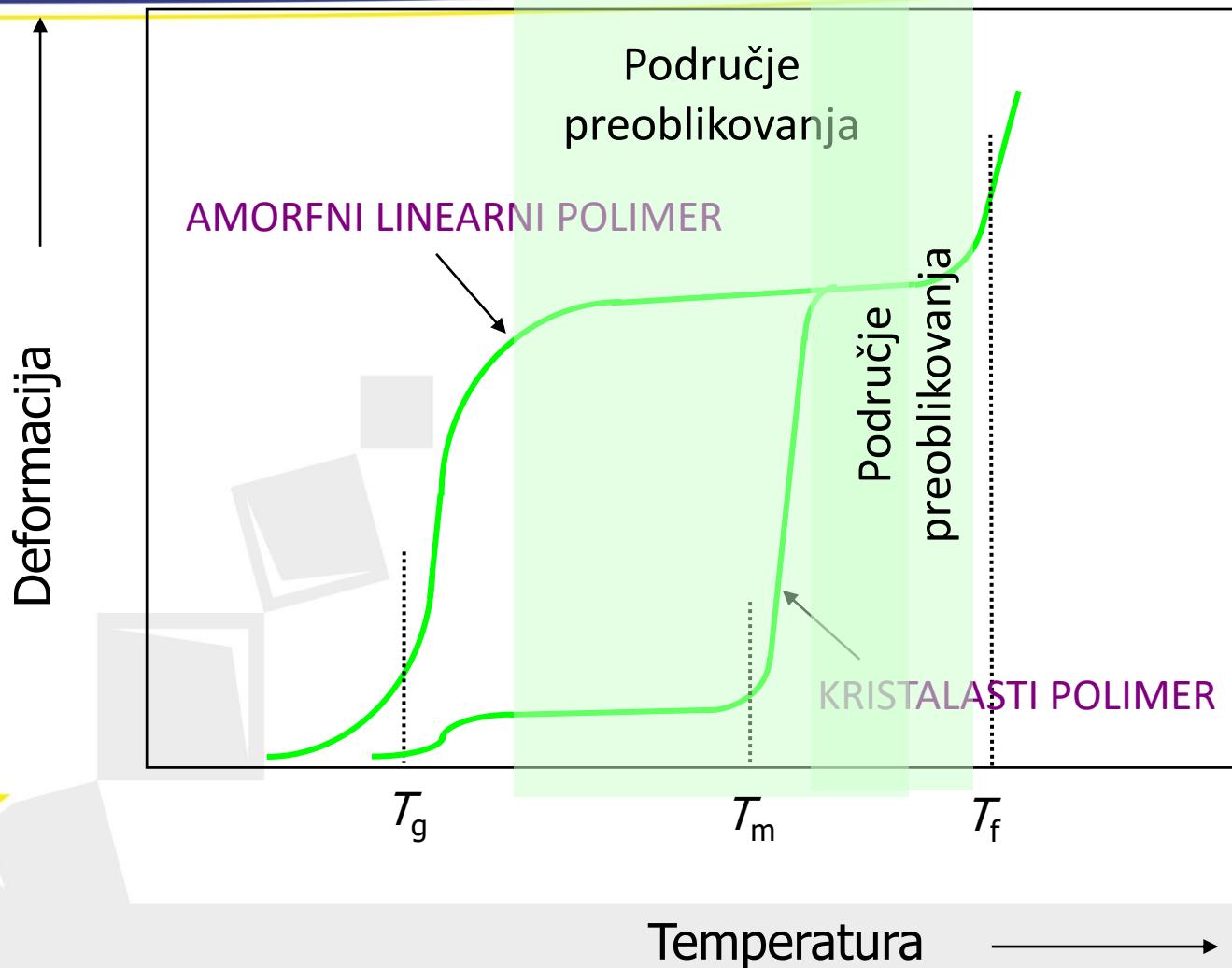


- Polimeri koji se toplo oblikuju:

- Plastomeri (PS, ABS, PE, PP, PMMA, SB, PVC...)
- Elastoplastomeri

# Toplo oblikovanje

- Osnovni parametri:
  - **temperatura preoblikovanja** - radna temperatura pripremka na početku procesa preoblikovanja, ovisi o vrsti plastomera, potrebnom stupnju preoblikovanja i postupku toploga oblikovanja. Optimalna temperatura preoblikovanja - čvrstoća pripremka najniža, a deformabilnost najviša (gumasto stanje).
  - **stupanj preoblikovanja** - omjer izmjera izratka i početnih izmjera pripremka (debljina stijenke, površina, duljina i širina traka).



# Toplo oblikovanje - temperature

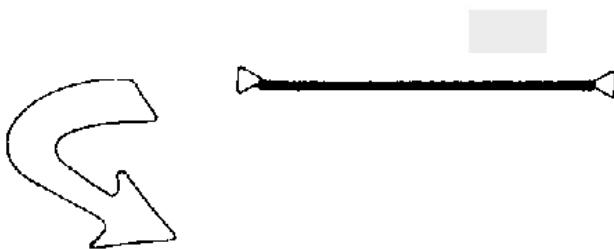
- Amorfni plastomeri – niže temperature, šire područje preoblikovanja, veći stupanj preoblikovanja
- Kristalasti plastomeri – više temperature, uže područje preoblikovanja – poteškoće pri zagrijavanju poluproizvoda, manji stupanj preoblikovanja

# Toplo oblikovanje

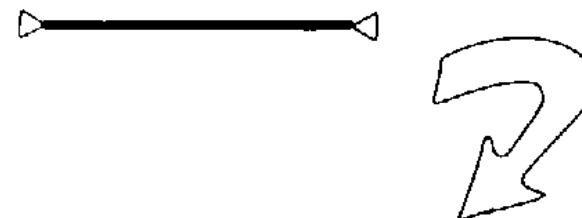
- Postupci toploga oblikovanja dijele se u četiri skupine:
  - savijanje - skošavanje, savijanje i obrubljivanje
  - pritiskivanje - utiskivanje, nasjeckavanje i sabijanje
  - razvlačenje
  - mješoviti postupci.

# Osnovni oblici kalupa za TO

- matrica (gnijezdo, negativni oblik kalupa)
- žig (pozitivni oblik kalupa)



A



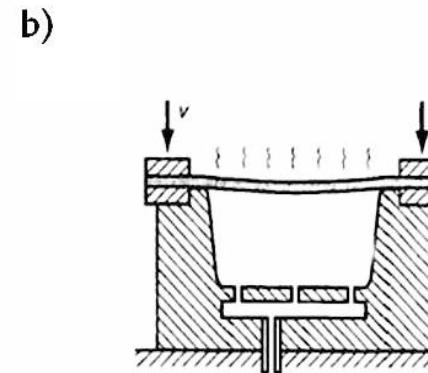
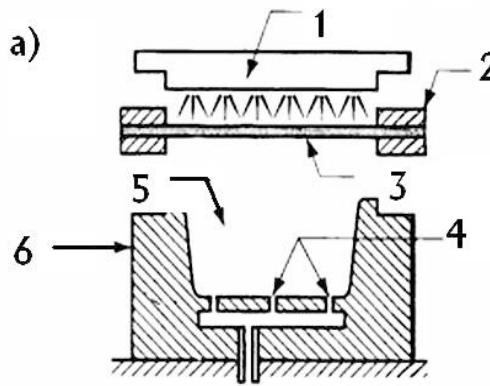
B

# Osnovna podjela postupaka TO

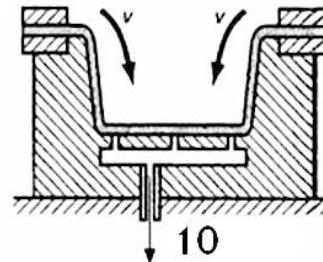
- Metode kojima se ostvaruje oblikovanje dijele se na:
  - oblikovanje podtlakom
  - oblikovanje pretlakom
  - mehaničko oblikovanje
  - mješoviti postupci.

# Oblikovanje podtlakom

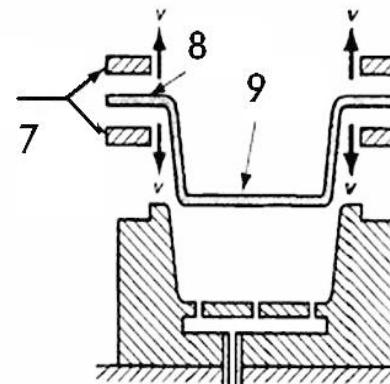
- Podtlak ili vakuum (tlak niži od atmosferskog) primjenjuje se da bi se ugrijani obradak uvukao u kalup.



c)

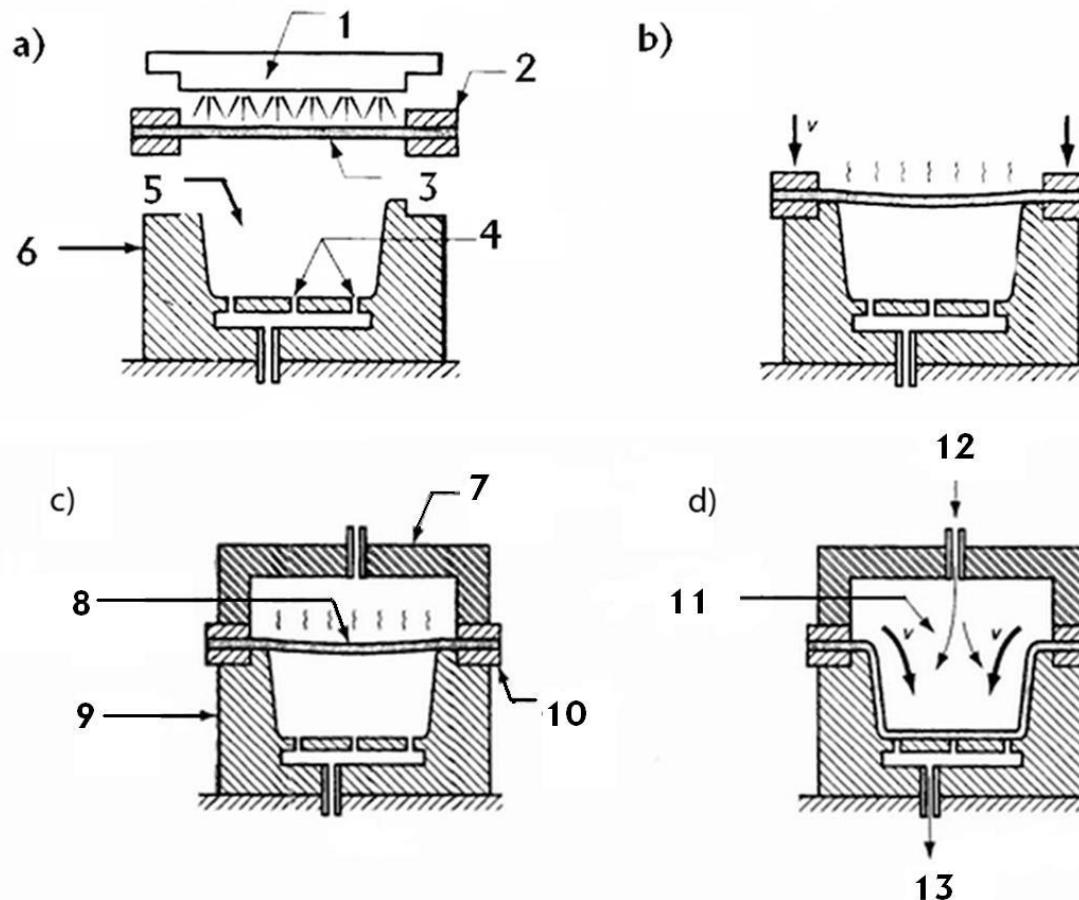


d)



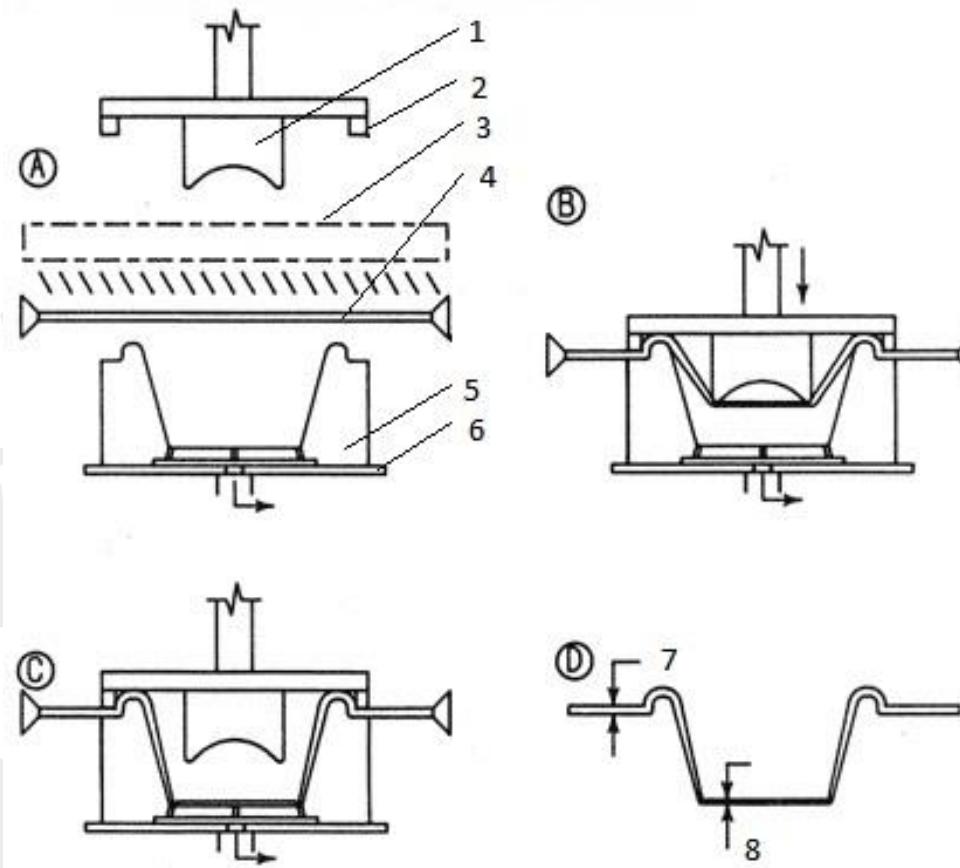
# Oblikovanje pretlakom

- Pretlak (tlak viši od atmosferskog) potiskuje ugrijani i omekšani list u kalup → viši tlakovi

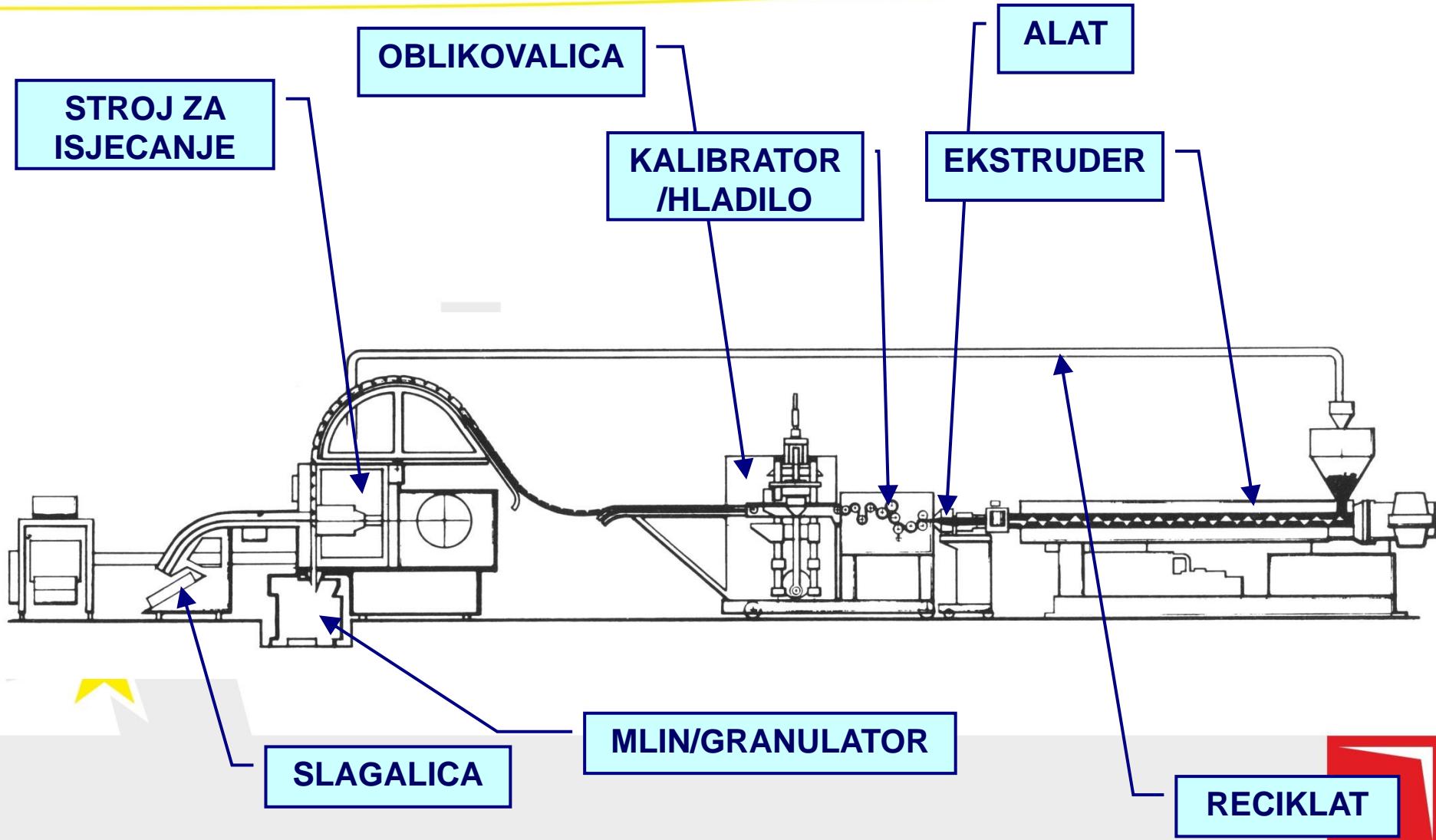


# Mješoviti postupci

- Toplo podtlačno oblikovanje plastomera uz prethodno mehaničko razvlačenje



# Linija za toplo oblikovanje čaša



# Toplo oblikovana ambalaža



# Puhanje šupljih tijela

- Ciklički postupak preoblikovanja pretvaranjem pripremka u šuplje tijelo. Pritom stlačeni zrak oblikuje unutrašnjost, a kalupna šupljina vanjski oblik plastičnog proizvoda koji zatim očvršćuje hlađenjem.
- Izradba zatvorenih šupljih tijela (lopte, igračke) ili otvorenih na jednom kraju (boce, spremnici).

# Postupci puhanja

## Ekstruzijsko puhanje

- Obično (standardno)
- Razvlačno

## Injekcijsko puhanje

- Obično (standardno)
- Razvlačno

# Izbor postupka puhanja

- Ovisi o željenoj kvaliteti puhanog proizvoda:
  - čvrstoća i težina plastenke
  - potrebna debljina stijenke
  - točnost i preciznost izmjera (promjer, debljina stijenke i ovalnost grla plastenke)
  - kvaliteta površine i sjaj; prozirnost
  - smije li plastenka imati vidljivi srh...

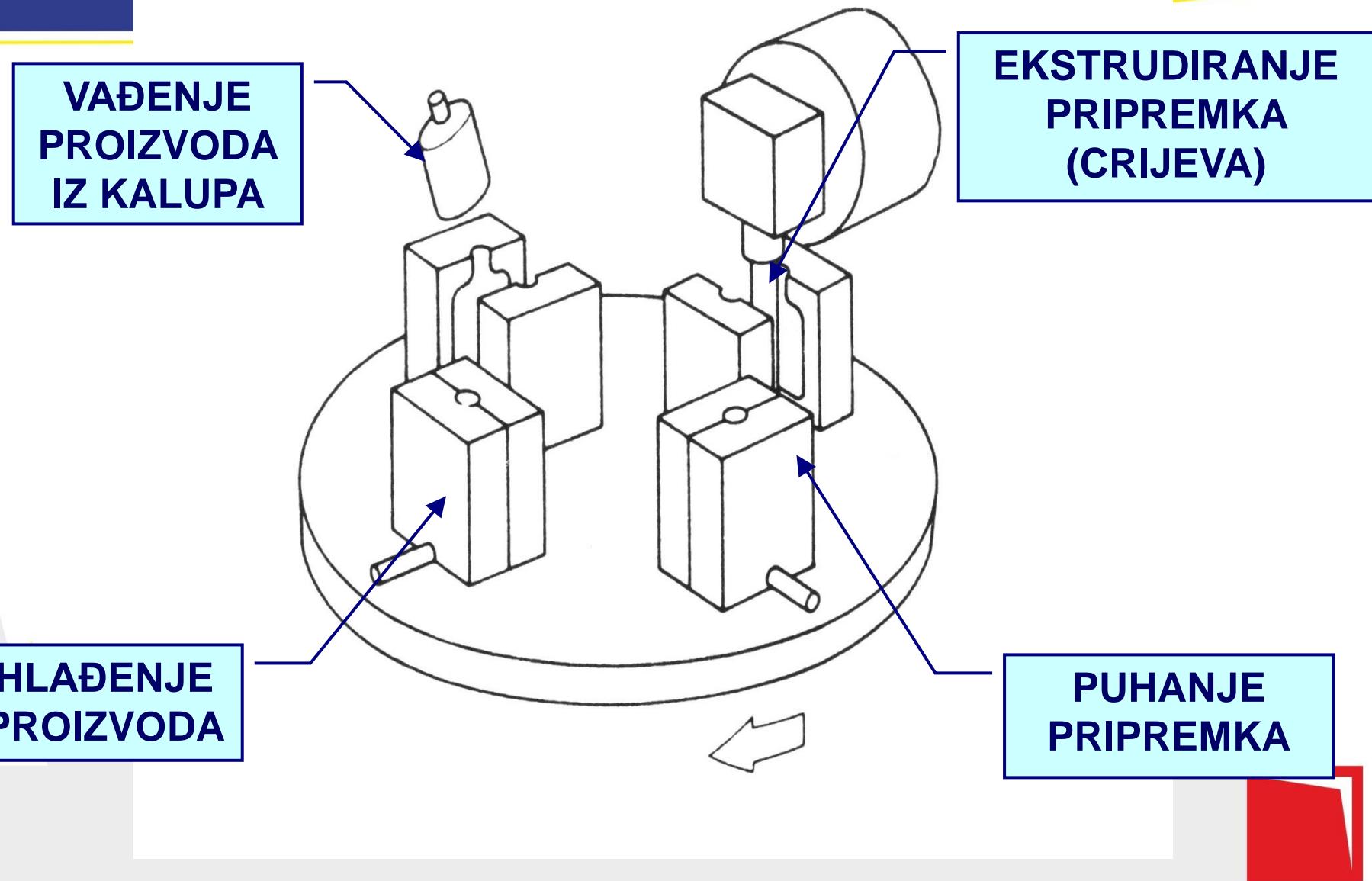
# Ekstruzijsko puhanje

- Najjednostavniji, najisplativiji i najrašireniji postupak izrade plastičnih boca.
- Neograničene mogućnosti geometrije puhanog komada (plastenke s dršcima, dvostrukim komorama, pomaknutim grlima s obzirom na središnjicu i dr.)
- Nije gospodarski opravdano za male boce, najčešće za izradbu boca obujma 250 mL na više, sve do 10 000 L.

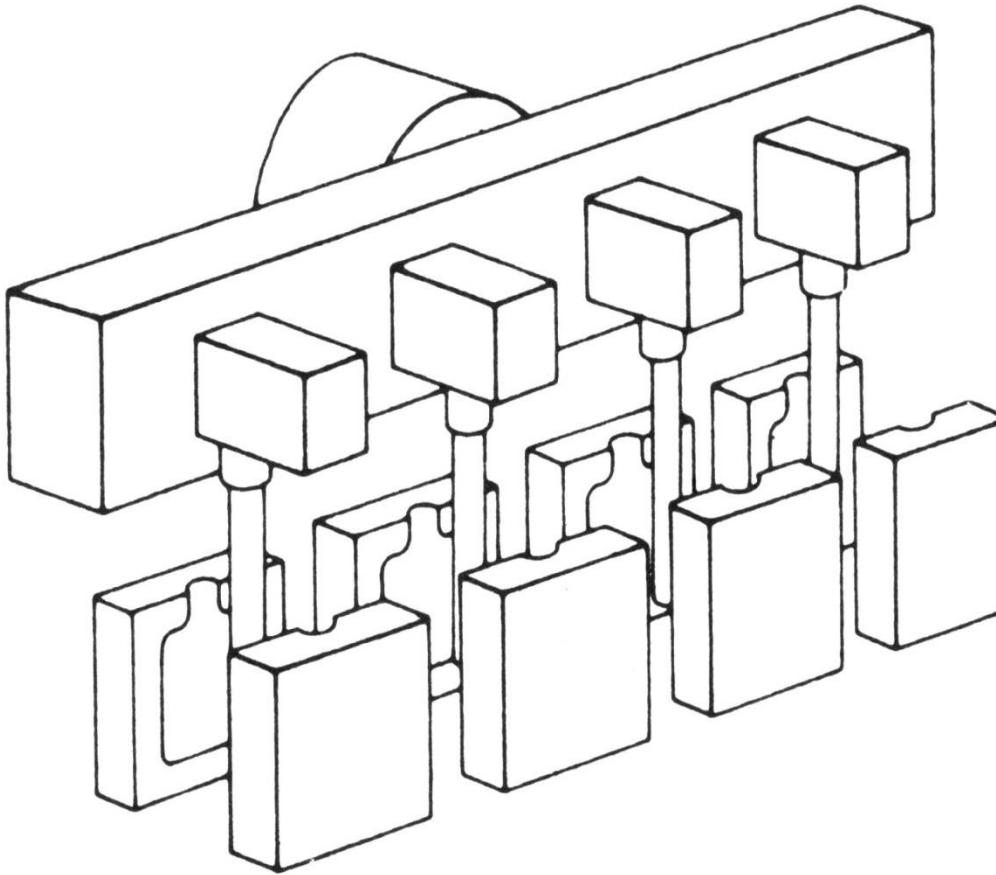
# Ekstruzijsko puhanje

- Polimeri
  - visokoviskozni i visoke čvrstoće taljevine (pripremak se održava sam u zraku dok ga ne prihvati kalup)
  - Plastomeri: PE, PP, PVC, ABS, PA ...
  - Elastoplastomeri
- Proizvodi
  - osnosimetrični (boce),
  - nepravilna oblika - pakovanja, spremnici za gorivo u vozilima, dijelovi namještaja, daske za jedrenje, igračke...

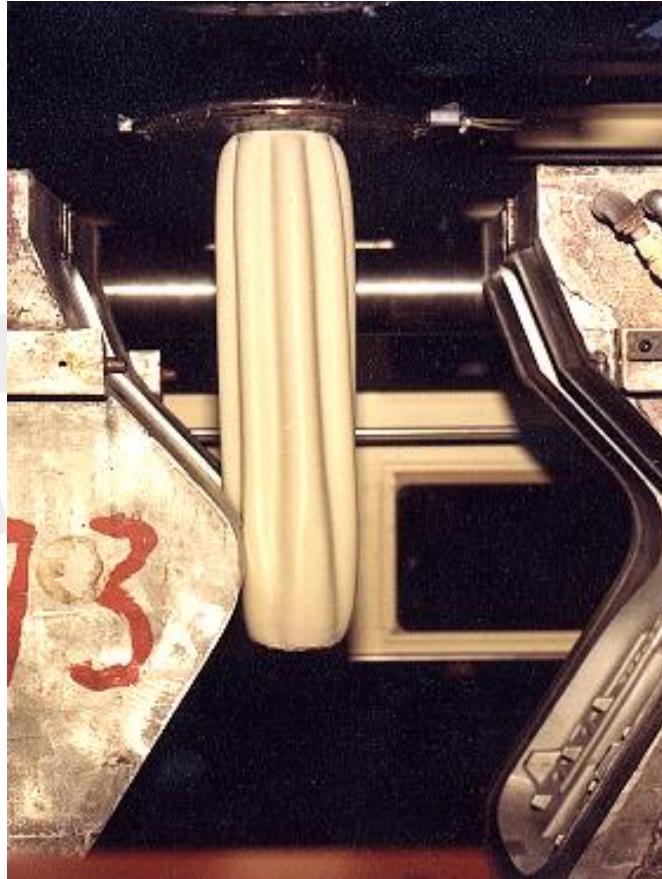
# Ekstruzijsko puhanje



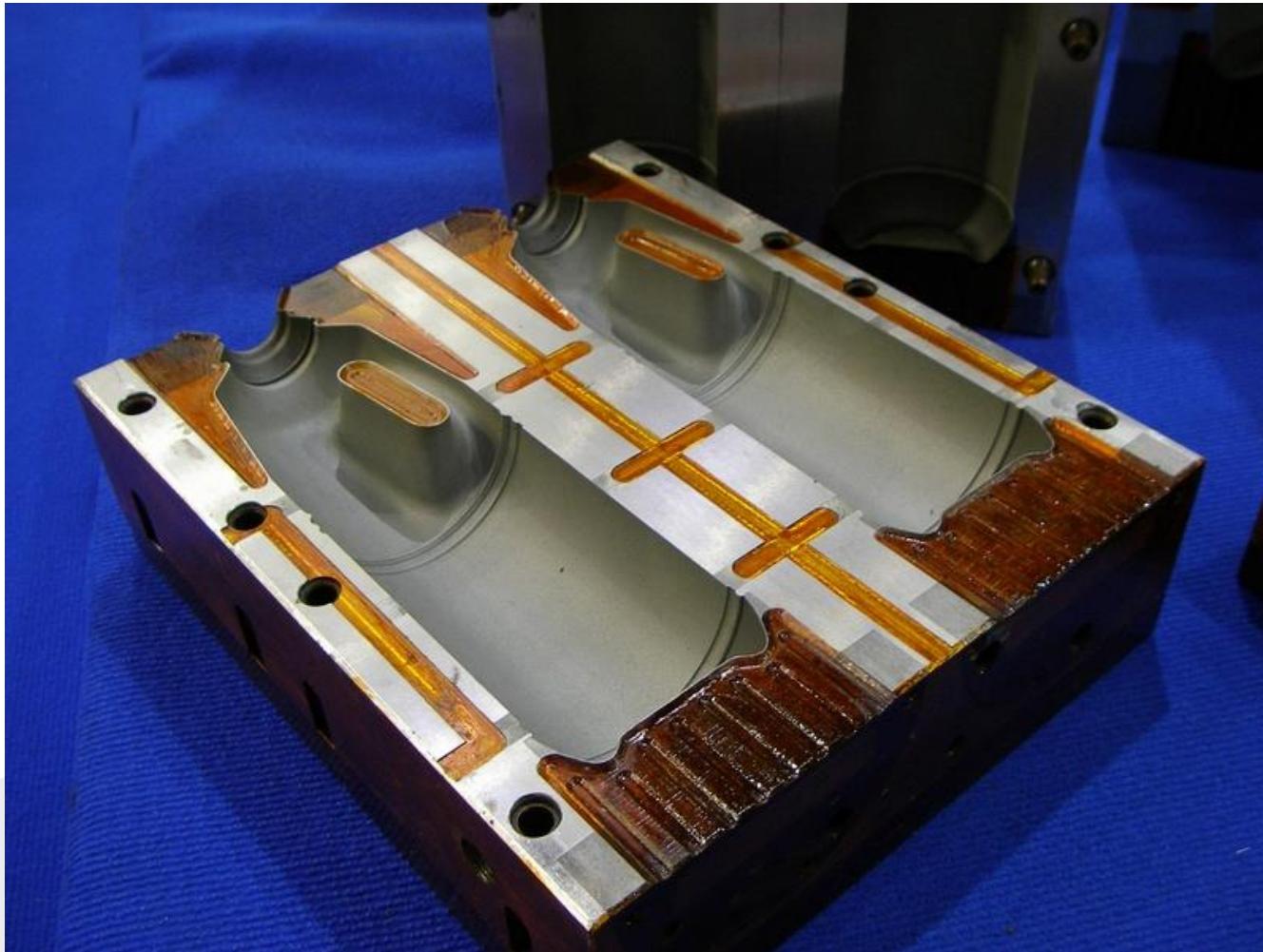
# Alat za ekstrudiranje pripremaka s više mlaznica



# Ekstruzijsko puhanje - pripremak



# Ekstruzijsko puhanje - kalup



# Ekstruzijsko puhanje - proizvodi



# Ekstruzijsko puhanje - proizvodi



# Injekcijsko puhanje

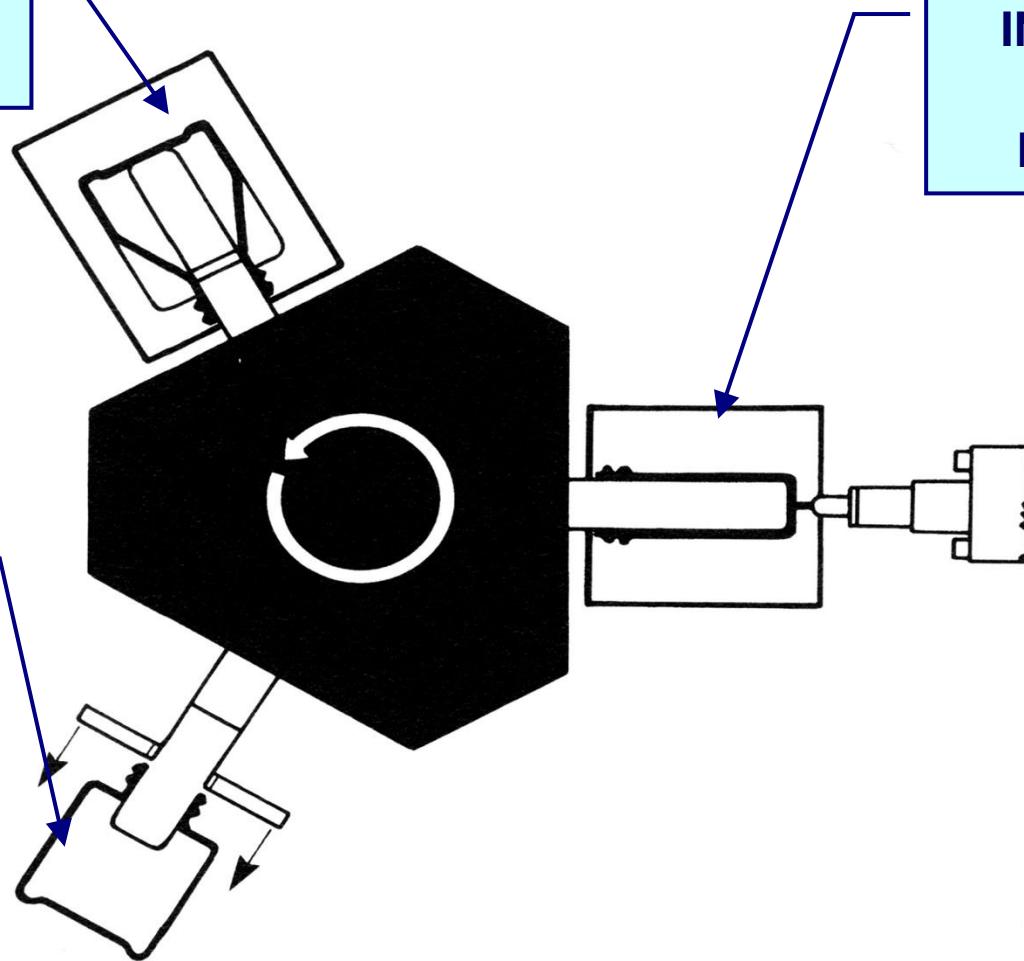
- Polimeri
  - Plastomeri: PET, PS, PVC, PAN, PC, PP
  - Elastoplastomeri
- Proizvodi
  - Razna kvalitetnija ambalaža u prehrambenoj i medicinsko-kozmetičkoj industriji...

# Injekcijsko puhanje

PUHANJE  
PRIPREMKA

INJEKCIJSKO  
PREŠANJE  
PRIPREMKA

VAĐENJE  
PROIZVODA



# Injekcijsko puhanje - proizvodi



# Razvlačno puhanje

- Izradba boca obujma između 500 mL i 2 L, iako su napravljene i boce volumena 25 L.
- Tijekom procesa razvlačnoga puhanja pripremak se dvoosno razvlači → sklupčane makromolekule parcijalno se usmjeravaju prema deformiranju, što dovodi do višeg stanja uređenosti koje se može učvrstiti spontanim hlađenjem izvan kalupa.
- ★ Materijali pogodni za razvlačno puhanje: PET, PVC, PP, SAN

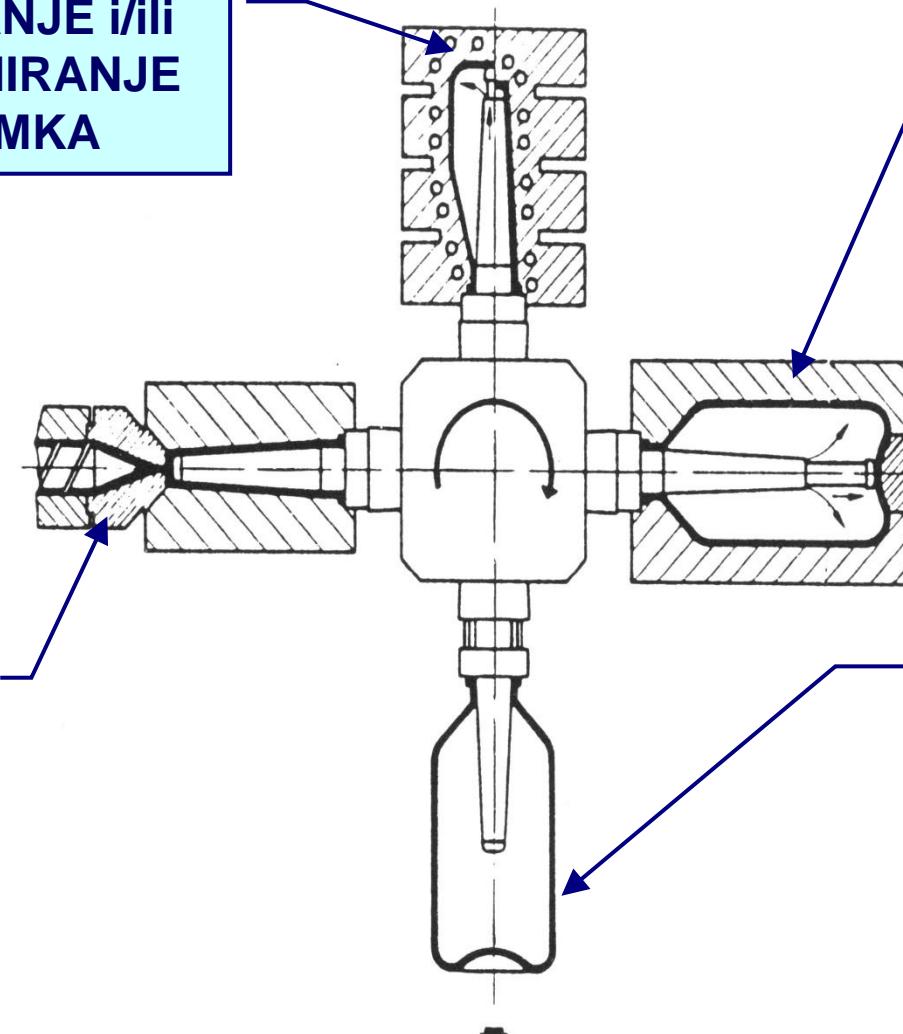
# Razvlačno injekcijsko puhanje

PREPUHANJE i/ili  
KONDICIONIRANJE  
PRIPREMKA

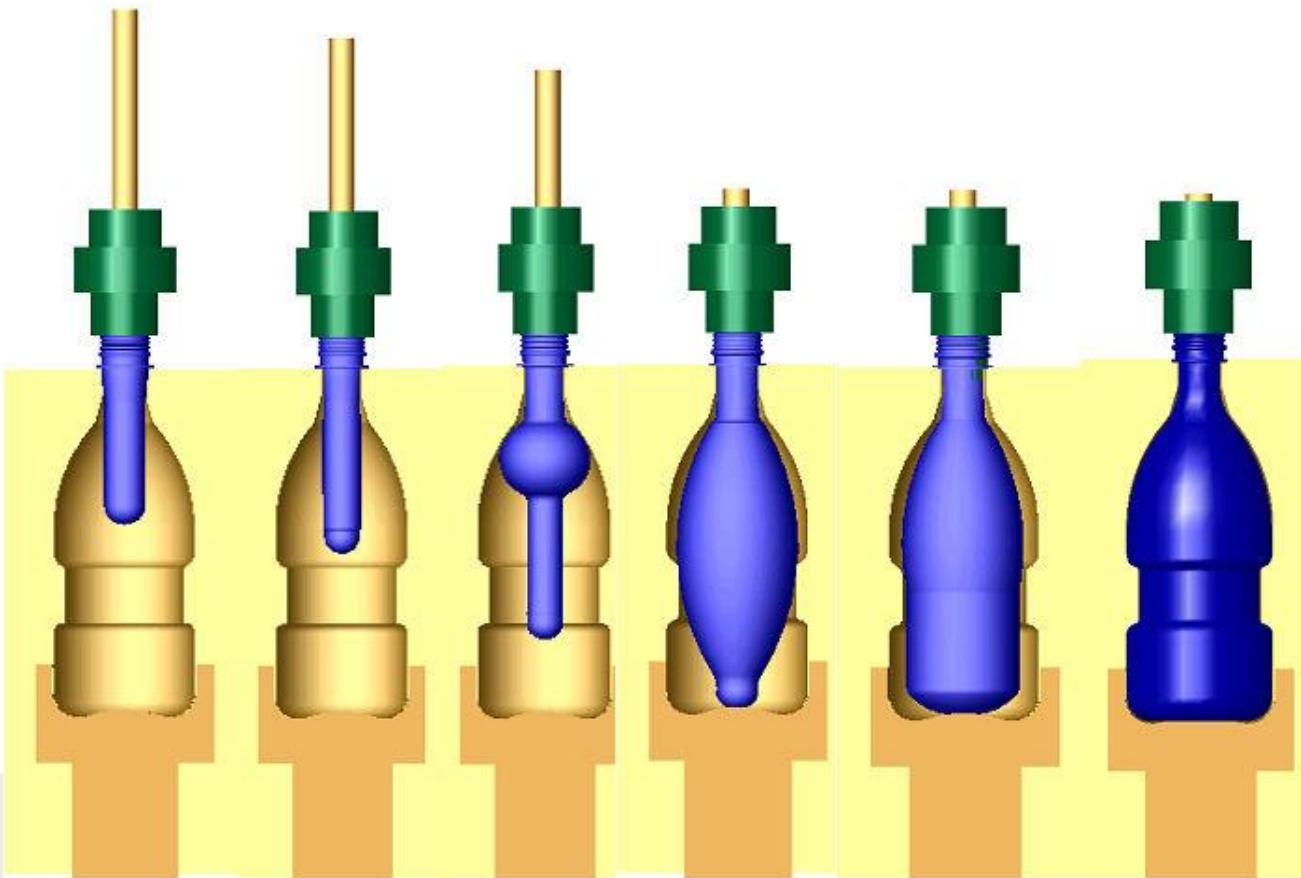
RAZVLAČENJE  
I PUHANJE

INJEKCIJSKO  
PREŠANJE  
PRIPREMKA

IZBACIVANJE  
GOTOVOG  
PROIZVODA



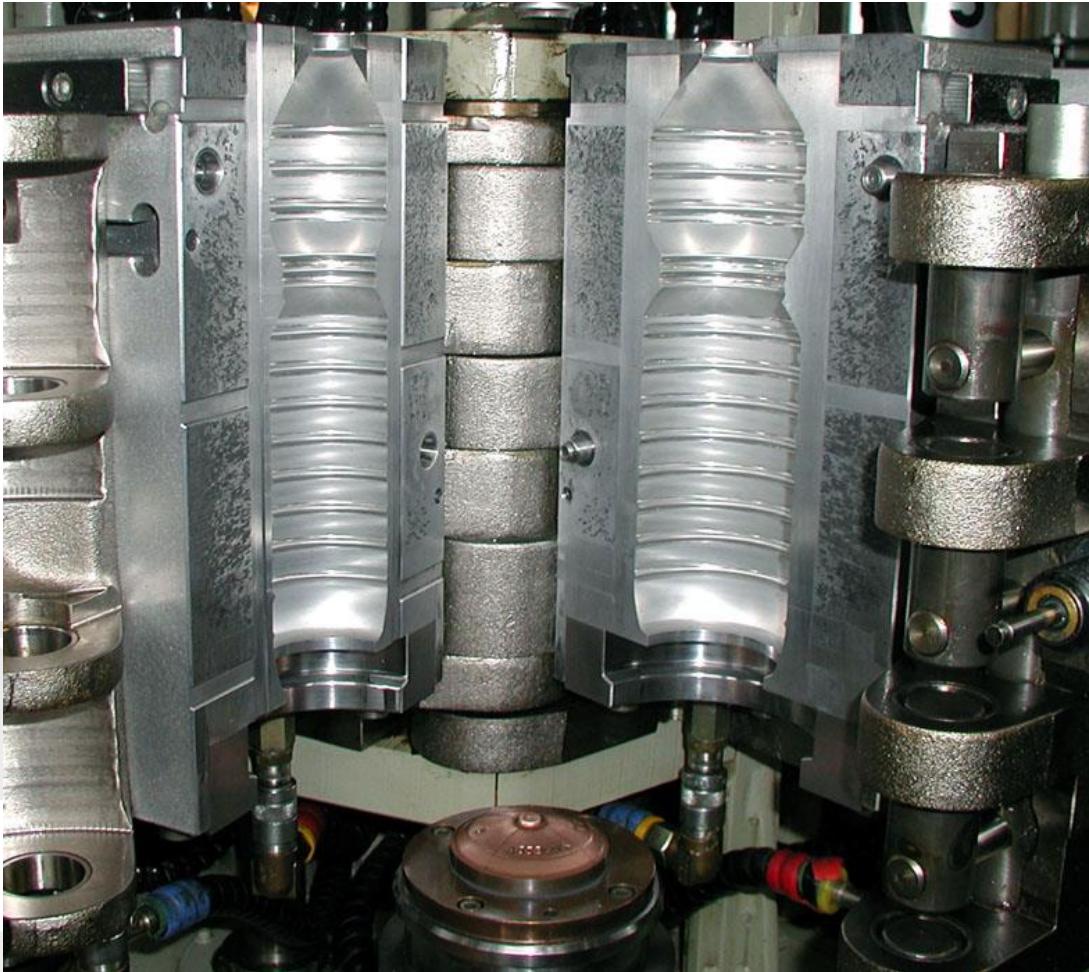
# Razvlačno injekcijsko puhanje



# Razvlačno injekcijsko puhanje - kalup



# Razvlačno injekcijsko puhanje - kalup



# Razvlačno injekcijski puhana ambalaža



# Hvala na pažnji!!!



Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog socijalnog fonda.  
Sadržaj ovog materijala isključiva je odgovornost Udruge VISOKI JABLANI.