

*PODJELA PROCESA PRERADE*

*TEHNOLOŠKI PROCESI PRIPREME  
MJEŠAVINA POLIMERIZAT/ADITIV*

# Sadržaj

- ❖ Procesi prerade
- ❖ Tehnološki procesi pripreme mješavina
- ❖ Miješanje-tipovi miješalica
- ❖ Miješanje i gnjetenje
- ❖ Mljevenje (usitnjavanje)
- ❖ Miješanje i granuliranje
- ❖ Ekstruzija
- ❖ Izrada cijevi postupkom ekstruzije
- ❖ Umješavanje u Brabender gnjetilici

# ***PROCESI PRERADE I PODJELA***

## **PODJELA PROCESA PRERADE PREMA:**

### **1. GRUPI POLIMERA**

- plastomeri
- duromeri
- elastomeri

### **2. OBLIKOVANJU**

- proizvoda
- međuprodukata – pripremak

### **3. DIMENZIJAMA GOTOVOG PROIZVODA**

- **Jednodimenzionalni procesi** – nanošenje polimera na podlogu
  - **Dvodimenzionalni procesi**
    - ekstruzija (praoblikovanje, preoblikovanje)
    - gotov proizvod
    - međuprodukt – pripremak
    - izrada cijevi, štapova, profila
  - **Trodimenzionalni procesi** – kalup
    - izravno (obično) prešanje
    - posredno (transfer) prešanje
    - injekcijsko prešanje
  - **Toplo oblikovanje** - trodimenzionalni – *preoblikovanje* – pripremka (ploče, folije, filmovi)
  - **Lijevanje** - trodimenzionalni
    - običan lijev
    - rotacijsko kalupljenje (rotacijski lijev)
  - **Injekcijsko puhanje** - trodimenzionalni – *preoblikovanje*
  - **Ekstruzijsko puhanje** - trodimenzionalni – *preoblikovanje*
- } praoblikovanje
- } lopte, igračke  
boće, spremnici

## **4. TRAJANJU PRAVLJENJA**

### **- Kontinuirani**

- kalandiranje
- kontinuirano prevlačenje
- ekstrudiranje

### **- Ciklički (diskontinuirani)**

- lijevanje
- rotacijsko kalupljenje (rotacijski lijev)
- izravno (obično) prešanje
- posredno (transfer) prešanje
- injekcijsko prešanje

## **5. UKLJUČENIM PROCESIMA:**

- Fizikalni procesi- nereakcijski** (lakovi, folije, ljepila)
- Kemijski procesi - reakcijski**

# **TEHNOLOŠKI PROCESI PRIPREME MJEŠAVINA POLIMERIZAT/ADITIV**

## **OPLEMELJIVANJE POLIMERNIH TVARI**

- Izbor procesa oplemeljivanja ovisi o:

*- agregatnom stanju polimera i aditiva*

- čvrsto – čvrsto

- čvrsto – viskozno

*- vrsti polimera*

- plastomeri

- duromeri

- elastomeri

- **MIKSERI** – čvrsto / čvrsto
- **MJEŠALICE** – čvrsto / viskozno (mješavine,smjese,disperzije)
- **DVOVALJCI** – homogenizacija izmiješanog (elastomeri,duromeri)

- **MJEŠANJE U TALINI**

- **EKSTRUZERI**

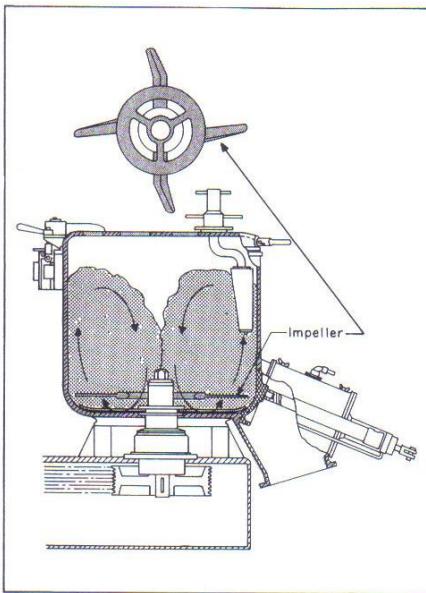
- kontinuirani

- granulat

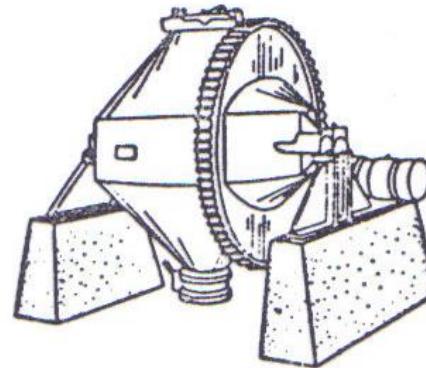
- plastomeri i termoplasti

# MIJEŠANJE

a)

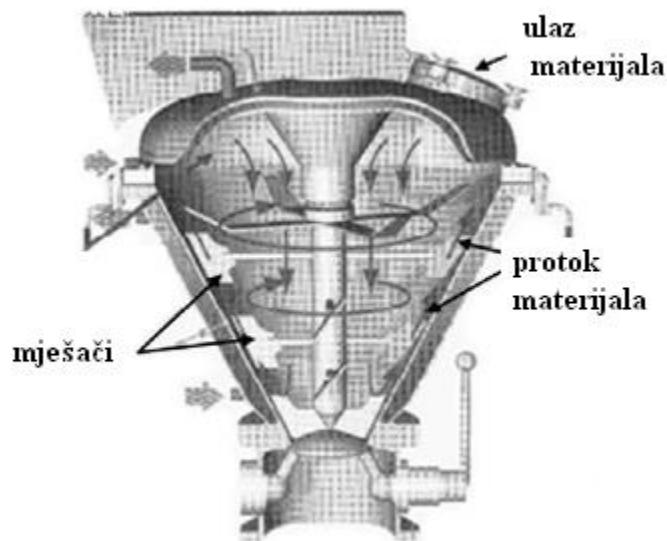


b)

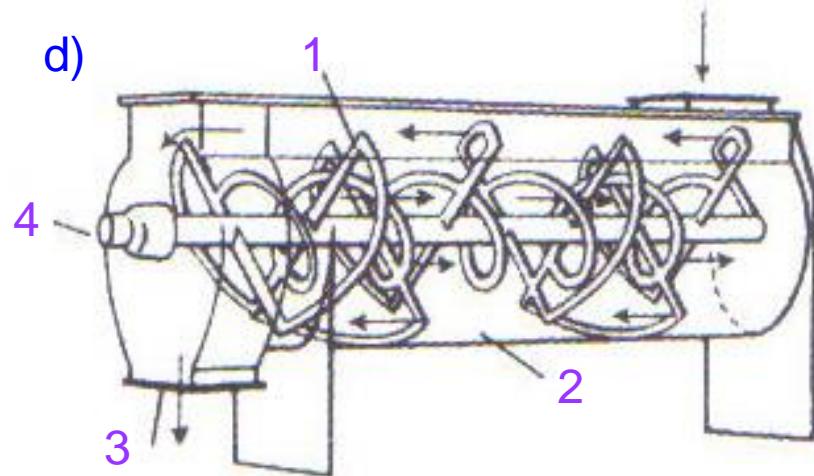


Vrste miješalica: a) vrtložna miješalica (suhe mješavine, aglomerati)  
b) bubenjasta miješalica

c)

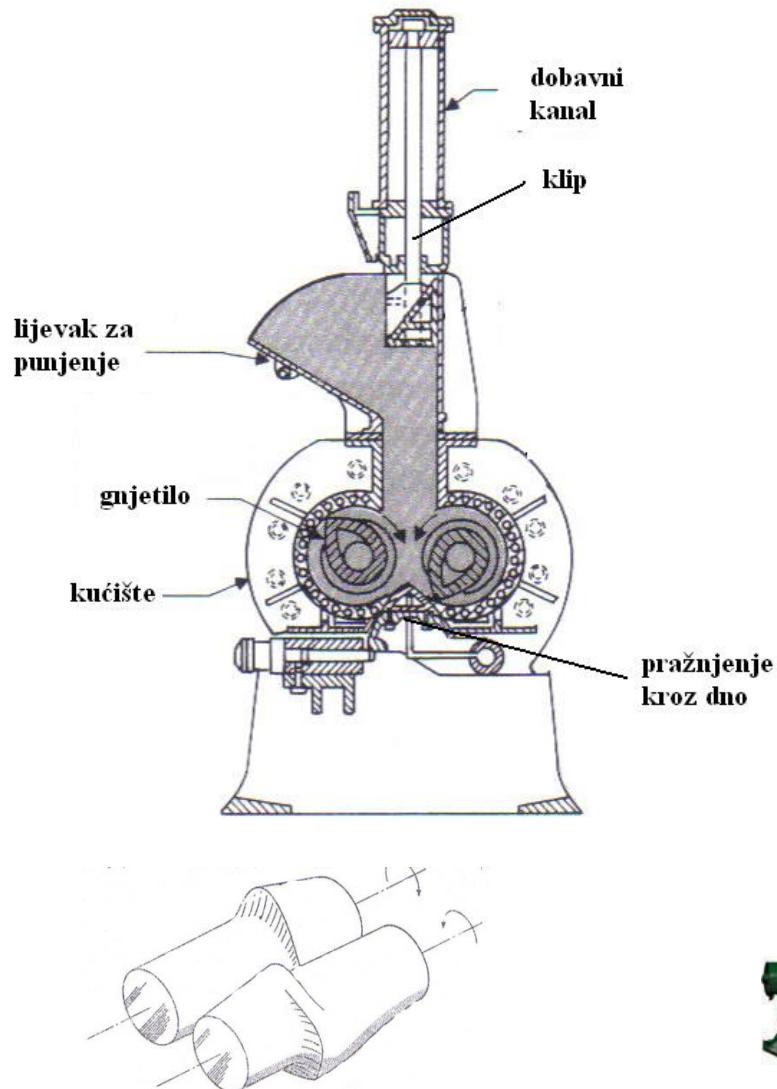


d)



c) stožasta miješalica, d) pužno-tračna miješalica (praškaste mješavine)

# MIJEŠANJE I GNJETENJE



Klipna gnjetilica-Banbury – srednje i visoko viskozne mješavine (pražnjenje kroz dno)



-za pripravu plastomera i kaučukovih smjesa

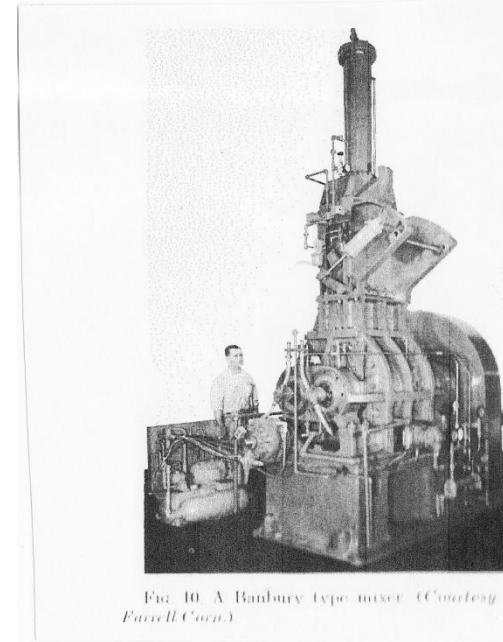


Fig. 10. A Banbury type mixer. (Courtesy The Parrell Corp.)



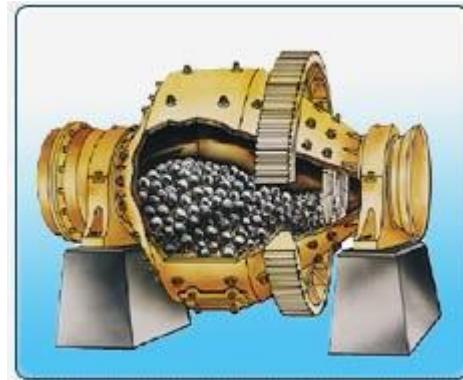
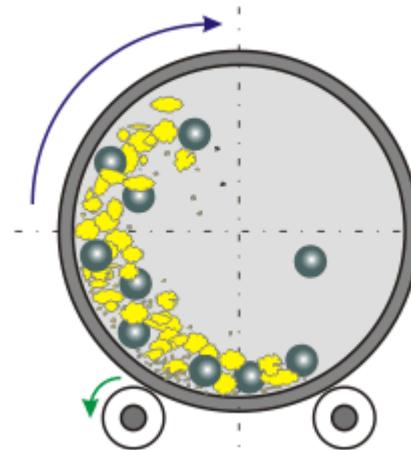
# UMJEŠAVANJE U BRABENDER GNJETILICI



- Brabender gnjetilica sastoji se od dvije povezane komore u kojima se valjci rotiraju u suprotnom smjeru s uskim međuprostorom uz stijenkou
- Stijenke i valjci se zagrijevaju pomoću grijaća

- Nakon umiješavanja smjesa se uklanja iz komore i reže na manje djelove koji se skladište ili idu n daljnji postupak preradbe
- Kod Brabender gnjetilice važni parametri su:
  - ✓ temperatura,
  - ✓ brzina rotacije mješača
  - ✓ vrijeme umješavanjakoji se mijenjaju ovisno o sastavu materijala koji se umješava
- Podešavanjem navedenih parametara mogu se dobiti vrlo homogene mjašavine
- Temperature ne smiju biti puno više od temperature taljenja materijala, jer može doći do toplinske razgradnje

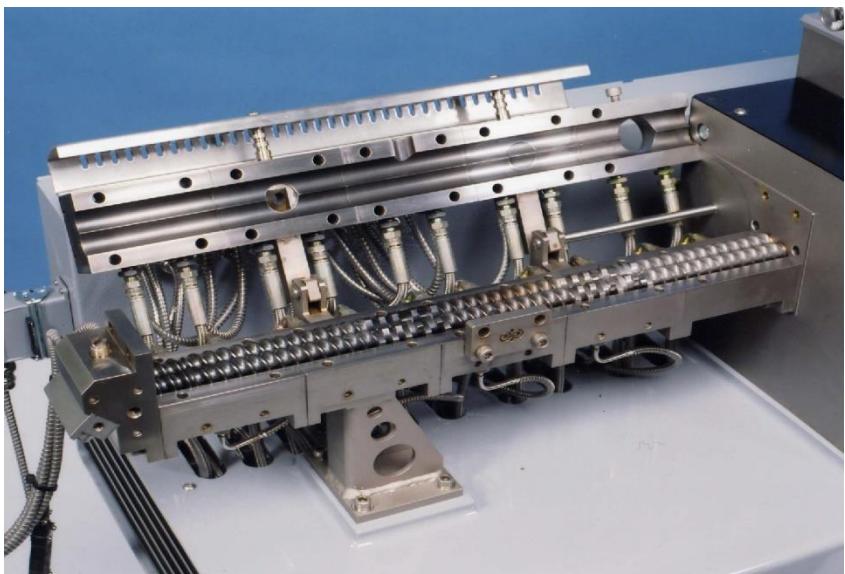
# **MLJEVENJE (USITNJAVA)**



**Kuglični mlin** (usitnjavanje od 0.01 do 0.025 mm)

- bubnjasti
- cijevni
- stožasti kuglični

# *MIJEŠANJE I GRANULIRANJE*



Dvopužni ekstruder s granulatorom

# **EKSTRUZIJA**

- Kontinuirani proces praoblikovanja protiskivanjem rastaljenog polimera

kroz mlaznicu

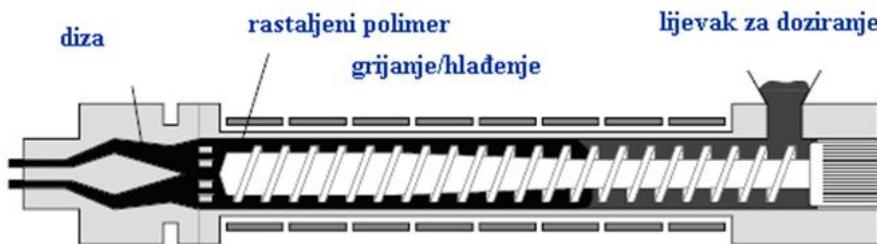
- Istisnuti polimer očvršćuje u ekstrudat, hlađenjem

Gotov proizvod – praoblikovanje

- Poluproizvod – pripremak - preoblikovanje
- Dvodimenzionalni proces - izrada dvodimenzionalnih profila
- Prerada plastomera i termoplastičnih elastomera
- Prerada iz taline
- Primjena: cijevi, štapovi, filmovi, folije i ploče, puni i šuplji profili, vlakna , izolacije kabela

Najvažniji dio ekstrudera je **pužni vijak** koji je smješten unutar cilindra, opskrbljen s grijačima i kanalima za hlađenje, tako da se može uspostaviti željena temperatura preradbe

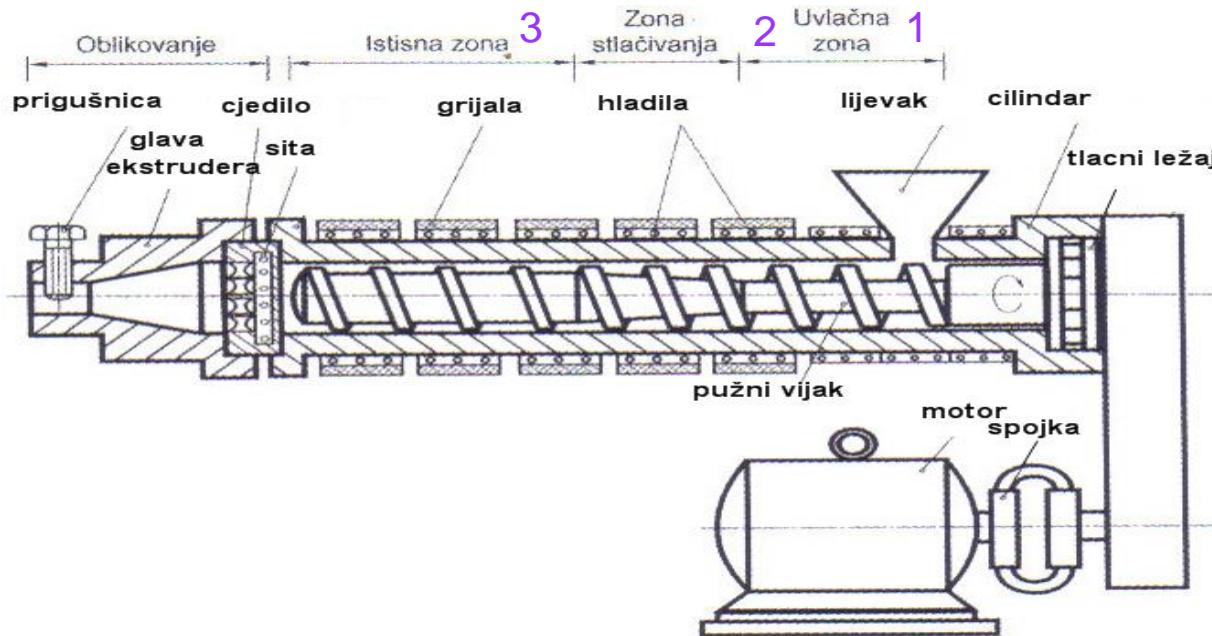
Na jednom kraju pužnog vijka smješten je **lijevak** za dodavanje materijala, a na drugom kraju izlazi rastaljena masa kroz **dizu** koja daje željeni oblik ekstrudata, nakon izlaza iz dize materijal se hlađi.



### **Uloga pužnog vijka je slijedeća:**

- transport granula ili praha, doziranih iz lijevka za dodavanje materijala kroz cilindar s odgovarajućim zonama zagrijavanja
- umješavanje rastaljene smjese i njenu homogenizaciju
- usmjeravnje taline prema dizi i istiskivanje kroz dizu uz odgovarajući pritisak

# Shema ekstrudera



L – dužina cilindra

1. Zona punjenja-uvlačna zona

2. Zona stlačivanja

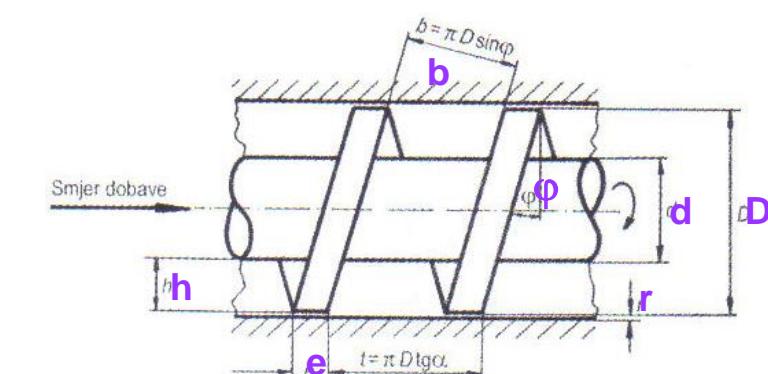
3. Istisna zona

D – promjer pužnog vijka

d – promjer jezgre pužnog vijka

h – visina navoja

e – širina zavojnice



b – širina navoja

$\varphi$  - kut uspona

r – raspor između cilindra za

Geometrija pužnog vijka

taljenje i pužnog vijka

**Ekstrudiranje polimera:**

<https://www.youtube.com/watch?v=WaB-dsB1KfK>



**Plastic Travel  
through the Extruder**

## **ZONE:**

- 1. Zona punjenja - uvlačna zona**
- 2. Zona stlačivanja**
- 3. Istisna zona**

## **ZNAČAJKE EKSTRUĐERA**

$$\frac{h_1}{h_3} = \frac{\text{visina navoja u zoni 1}}{\text{visina navoja u zoni 3}}$$

**OMJER KOMPRESIJE**  $h_1/h_3$

$$\frac{L}{D} = \frac{\text{duljina cilindra}}{\text{promjer puža s navojima}}$$

$\alpha$  - kosina pod kojom je izведен navoj

# **PROCESNE ZNAČAJKE**

## **Moment vrtnje ili zakretni moment, TQ**

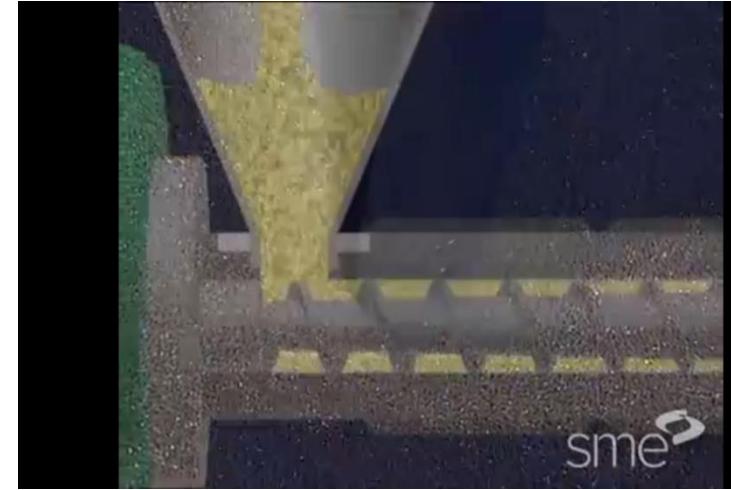
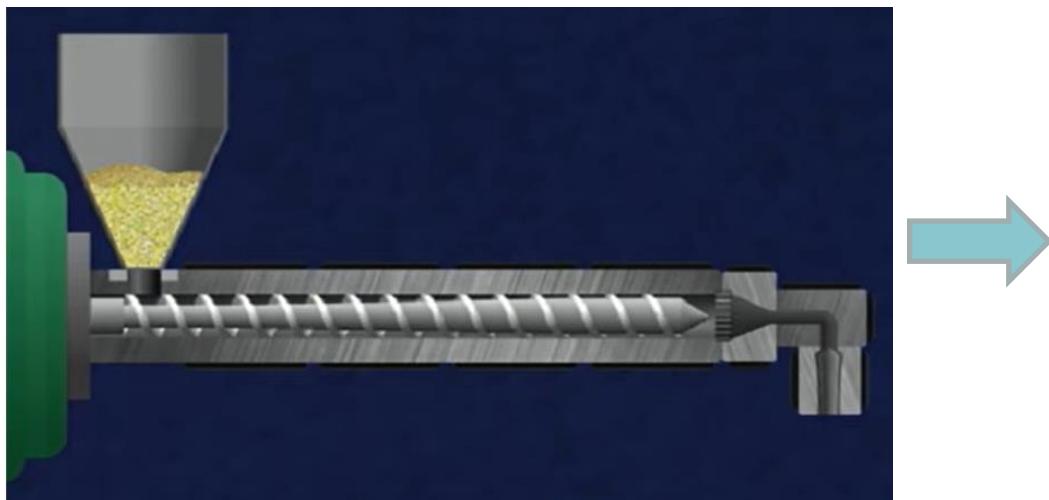
- predstavlja suprotstavljanje granula polimera rotaciji pužnog vijka

$$TQ = k \cdot N^n$$

TQ – moment vrtnje, Nm

N -frekvencija vrtnje pužnog vijka, min<sup>-1</sup>

- Konstante n i k neovisne su o temperaturi, a ovisne o raspodjeli molekulskeih masa te strukturi polimernih lanaca.



Dodavanjem granula polimera kroz lijevak u cilindar, one se u početku suprotstavljaju rotaciji pužnog vijka.

# **PROCESNE ZNAČAJKE**

## **Prividna smična viskoznost tijekom prerađbe, $\eta_{pp}$**

➤ Viskoznost taljevine u ekstruderu se mijenja kroz zone pa je prividna smična viskoznost definirana izrazom:

$$\eta_{pp} = k \cdot N^{n-1}$$

$\eta_{pp}$  - prividna smična viskoznost

N - frekvencija vrtnje pužnog vijka,  $\text{min}^{-1}$

- Konstante n i k neovisne su o temperaturi, a ovisne o raspodjeli molekulskega masa te strukturi polimernih lanaca.

## ***PRIVIDNA SMIČNA VISKOZNOST***

može se izraziti u obliku kao:

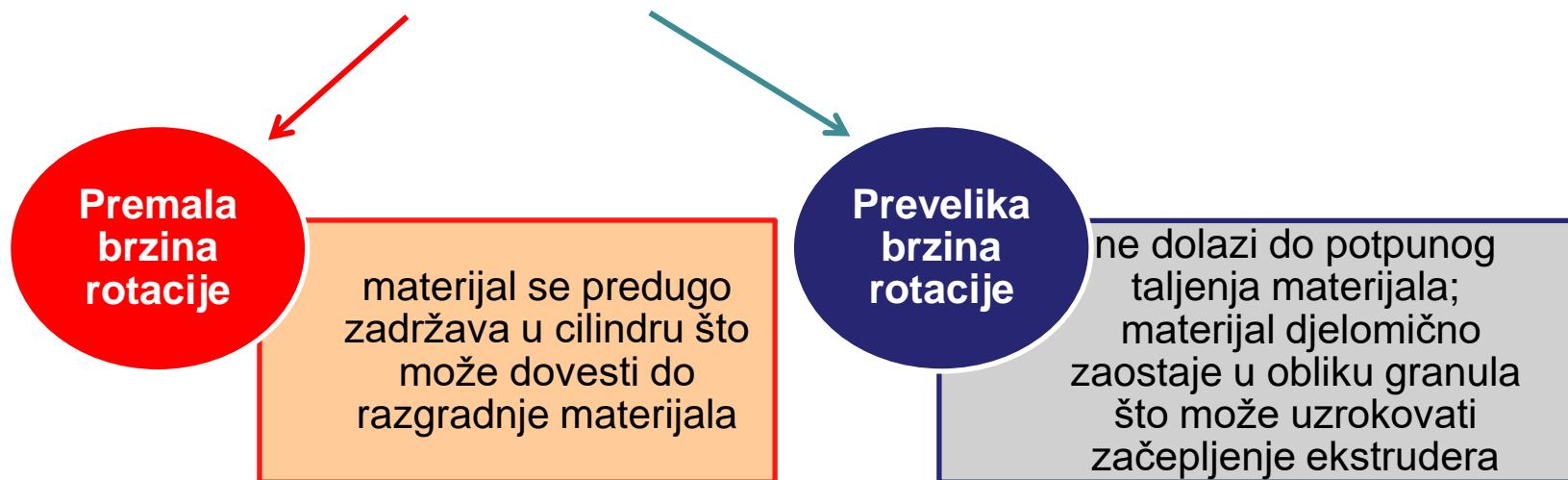
- $TQ/Q$  - omjer momenta vrtnje i kapaciteta
- $TQ/N$  - omjer momenta vrtnje i frekvencije vrtnje pužnog vijka
- $(p_3-p_4)/Q$  - omjer razlike tlaka pri vrhu pužnog vijka i tlaka u mlaznici te kapaciteta preradbe
- $(p_5-p_4)/Q$  - omjer razlike povratnog tlaka i tlaka u mlaznici te kapaciteta preradbe

Q - kapacitet prerade, kg/h  
 $p_3$  – tlak pri vrhu pužnog vijka, bar  
 $p_4$  – tlak u mlaznici, bar  
 $p_5$  – povratni tlak, bar

Rezultati reoloških mjerjenja su dani u obliku Q, TQ,  $TQ/Q$ ,  $p_3$ ,  $p_4$ ,  $p_5$ ,  $(p_3-p_4)/Q$ ,  $(p_5-p_4)/Q$

# **POGONSKI PODESIVE ZNAČAJKE**

- zadajemo ih ekstruderu prije samog početka ekstrudiranja
- 1. **temperatura,  $T$**  – različite temperaturne zone u ekstruderu; **temperatura prerade** mora biti **viša od temperature taljenja** materijala koji umješavamo
- 2. **rotacija pužnog vijka,  $v$**  – mora biti **optimalna**



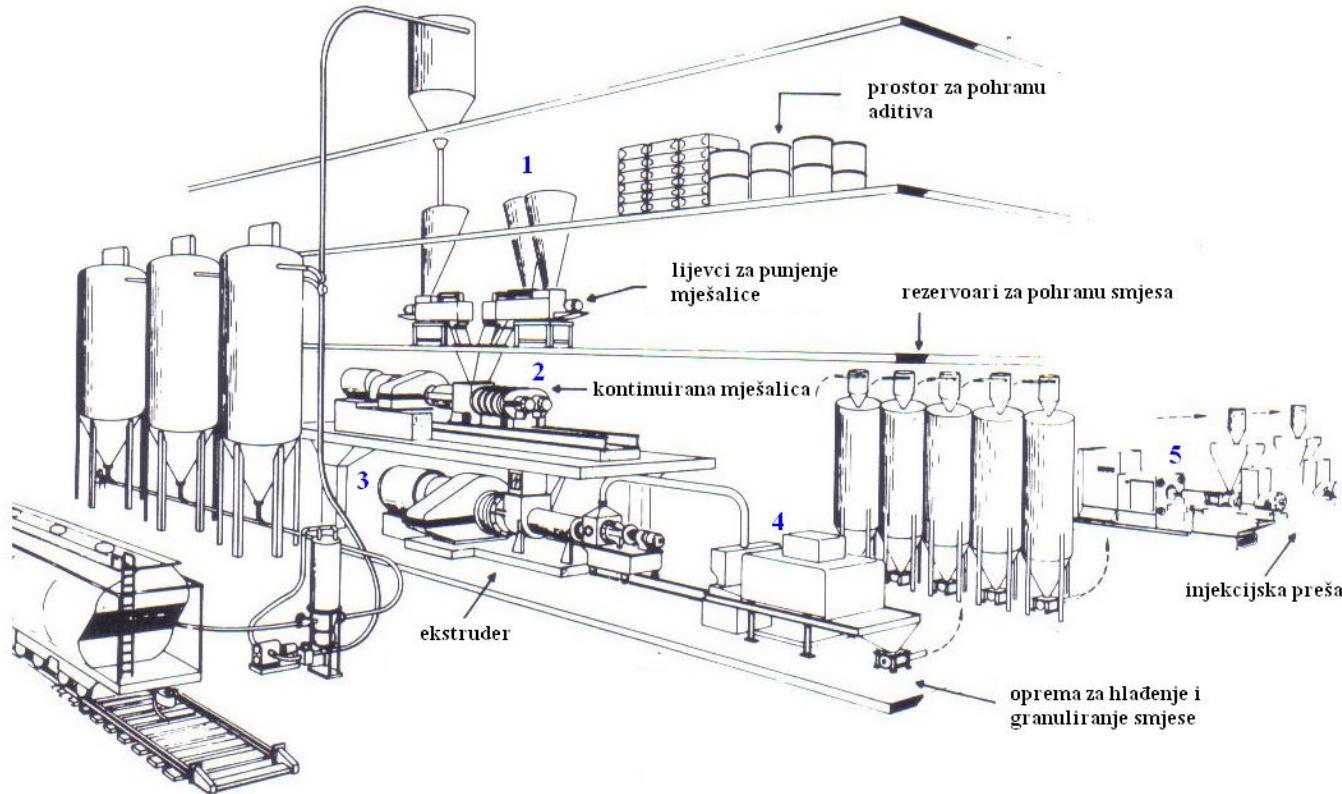
# **ZNAČAJKE MATERIJALA I STRUKTURIRANJE U PROCESU EKSTRUZIJE**

- Viskoznost taljevine =  $f(T, \Delta p, v)$
- $T_p > T_m$  ;  $T_p$  – temperatura prerade ,  $T_m$  – talište
- Strukturiranje u procesu – promjena konformacije – Memory effect
- Omjer bubreњa  $\frac{\phi_1}{\phi_2} = \frac{\text{promjer dize}}{\text{promjer izradka}}$   
 $\phi_1$  – promjer dize  
 $\phi_2$  – konačni promjer profila  
 $\phi_2 > \phi_1$

- jednopužni ekstruder
- dvopužni ekstruder

## Dvopužni ekstruder

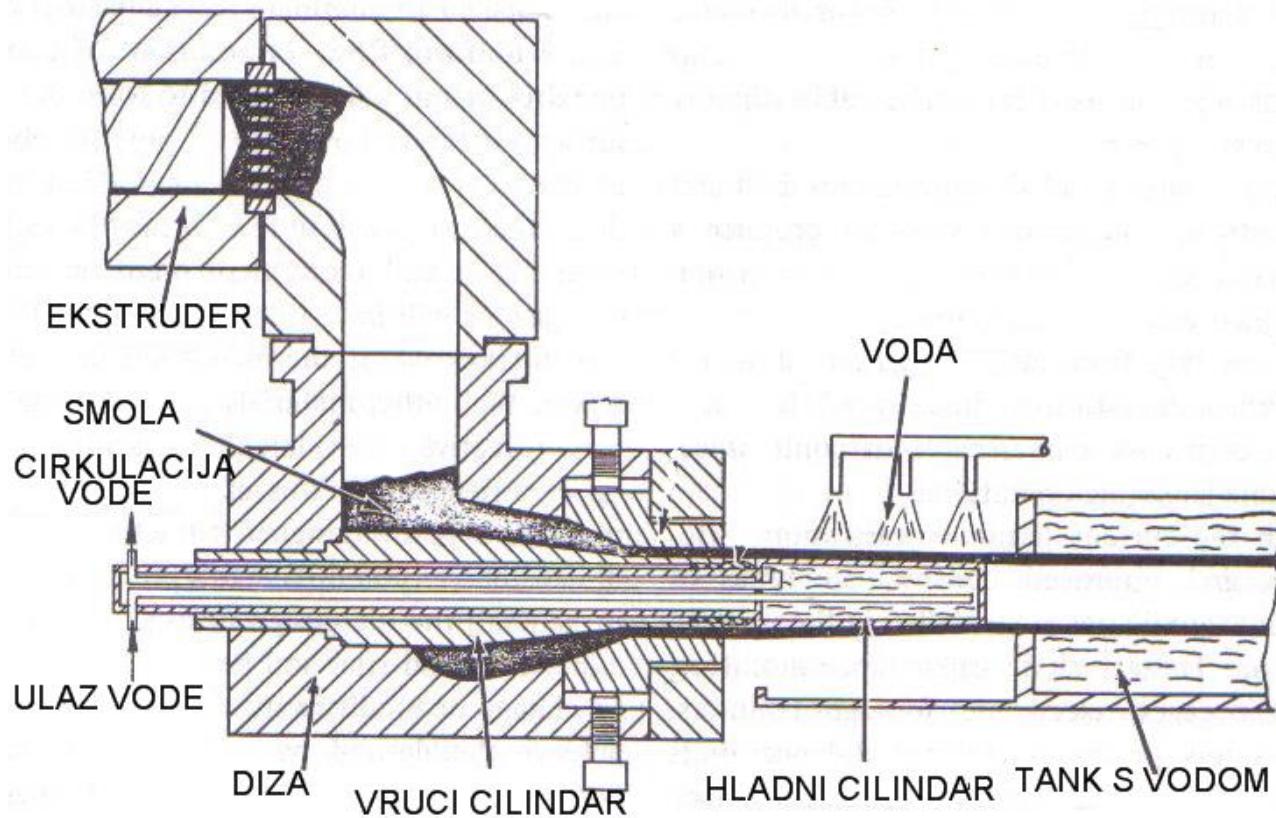
- Dva paralelna pužna vijka rotiraju u cilindru u istom ili suprotnom smjeru
- Mehanizam transporta je kompliciraniji nego kod jedno-pužnog ekstrudera
- Miješanje i kapacitet homogenizacije je puno bolji nego kod jedno-pužnih ekstrudera
- Usljed elastičnog ponašanja taline može doći i do nastajanja napuknuća jer pri velikoj brzini ekstrudera elastična deformacija taline može postati toliko velika da nastaju neobično oblikovani izradci ili hrapave površine



### Postrojenje za smješavanje i granuliranje:

1. punjenje mješalice, 2. mješalica, 3. ekstruder, 4. hlađenje i granuliranje,
5. prešanje granula

# **IZRADA CIJEVI**



HVALA NA PAŽNJI

PITANJA ?