

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

} praoblikovanje

- **Toplo oblikovanje** - trodimenzionalni – *preoblikovanje* – priprema (ploče, folije, filmovi)

- **Lijevanje** - trodimenzionalni

- običan lijev
- rotacijsko kalupljenje (rotacijski lijev)

- **Injekcijsko puhanje** - trodimenzionalni – *preoblikovanje*

- **Ekstruzijsko puhanje** - trodimenzionalni – *preoblikovanje*

} lopte, igračke

} boce, 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

OPELEMELJIVANJE 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)

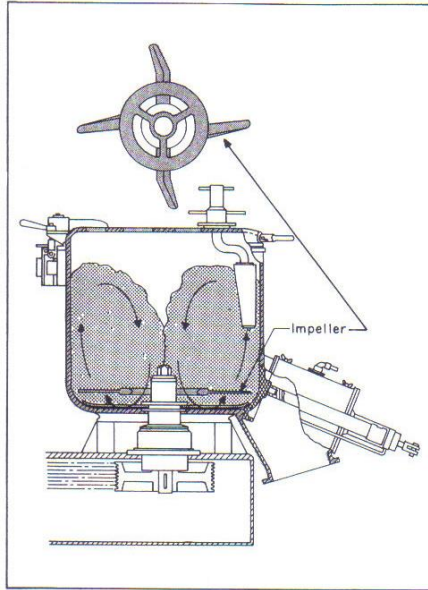
- MJEŠANJE U TALINI

- EKSTRUDERI

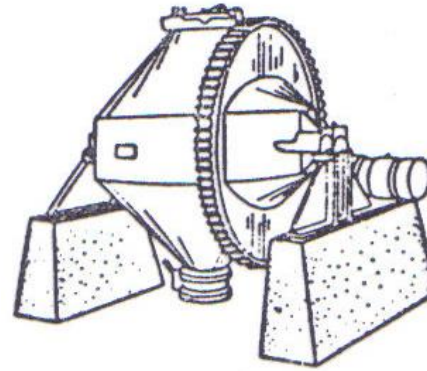
- kontinuirani
- granulat
- plastomeri i termoplasti

MIJEŠANJE

a)

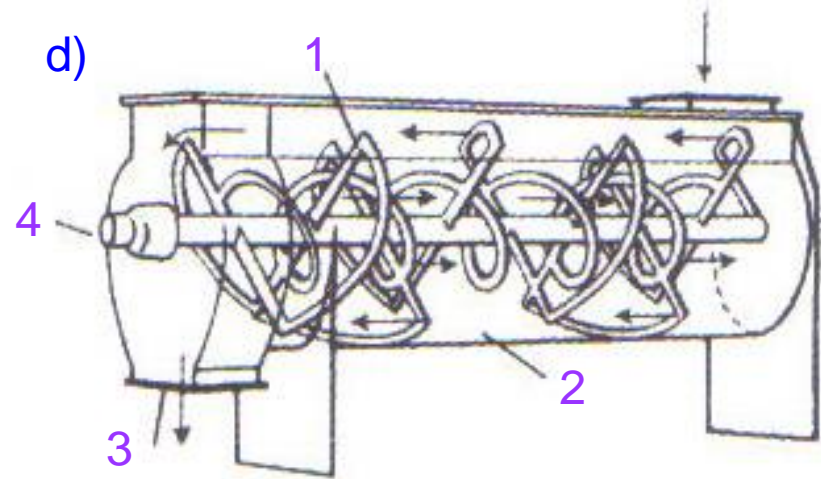
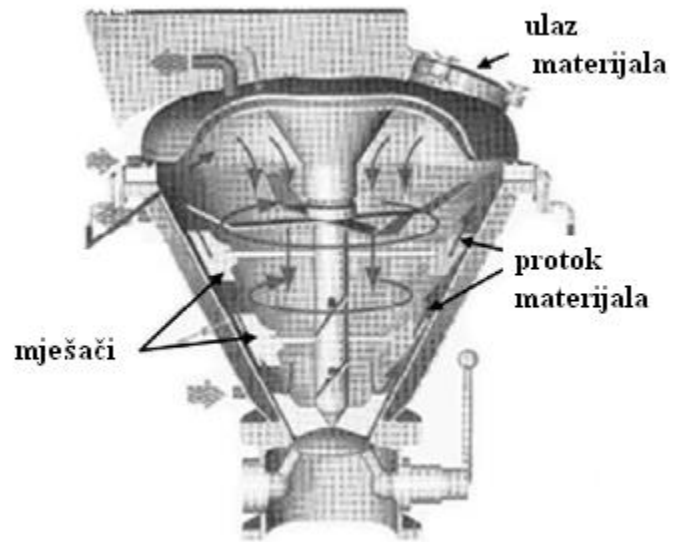


b)



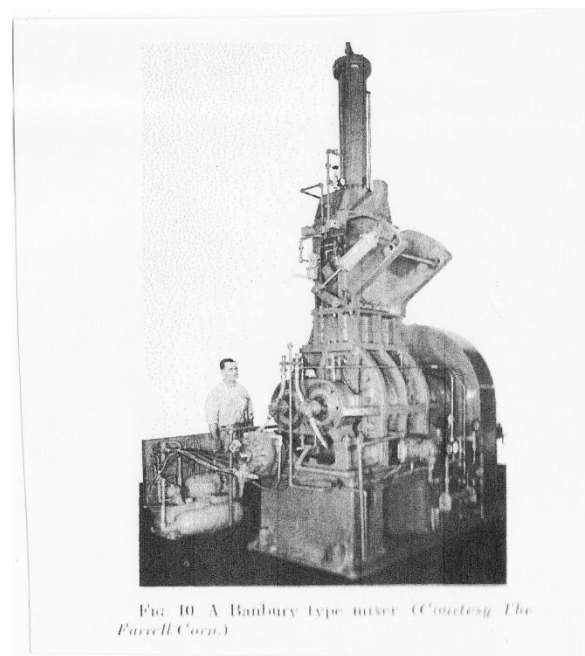
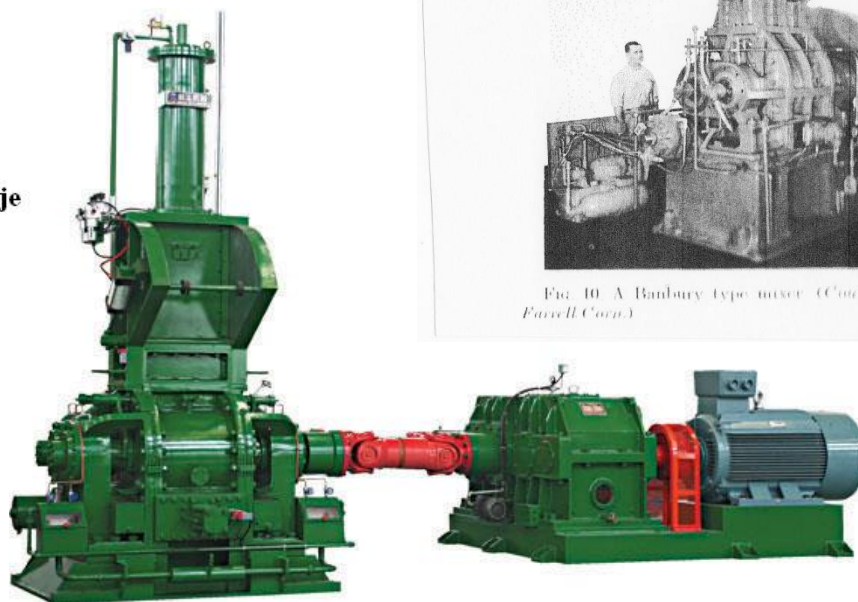
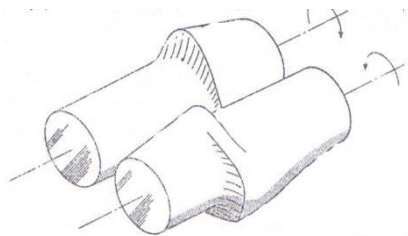
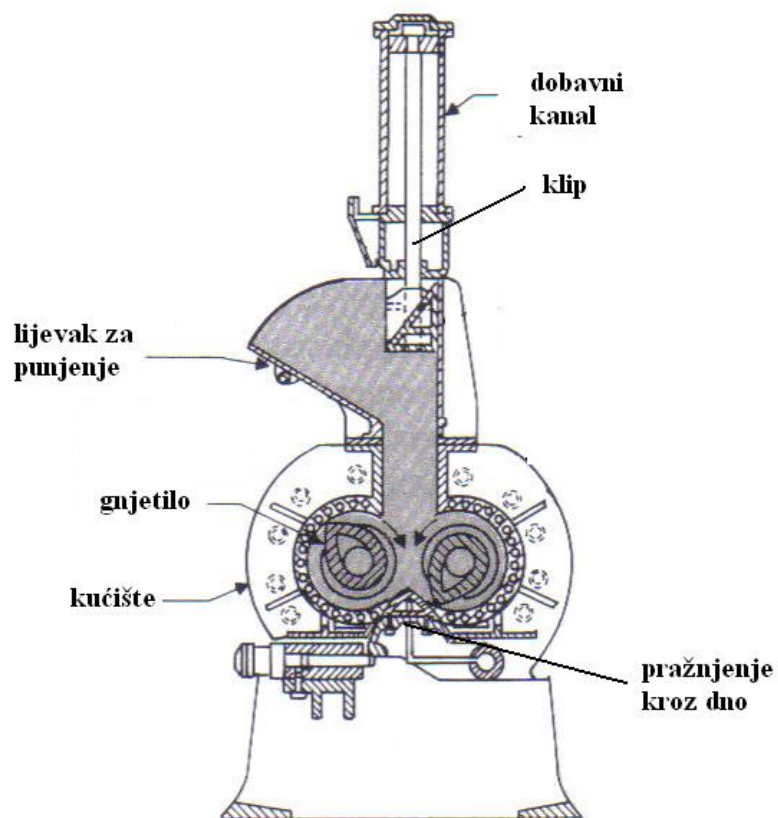
Vrste miješalica: a) vrtložna miješalica (suhe mješavine, aglomerati)
b) bubnjasta miješalica

c)



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

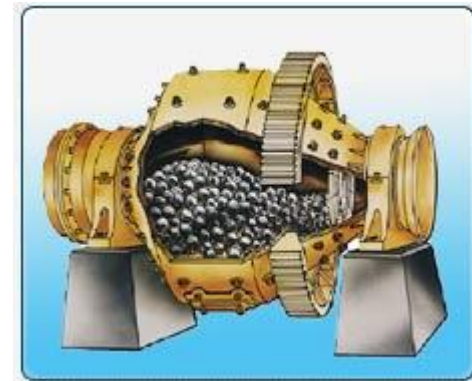
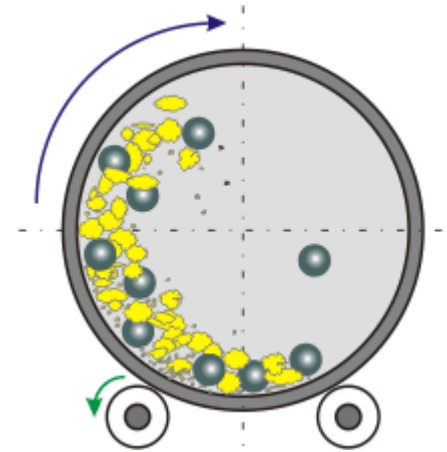
MIJEŠANJE I GNJETENJE



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

-za pripremu plastomera i kaučukovih smjesa

MLJEVENJE (USITNJAVANJE)



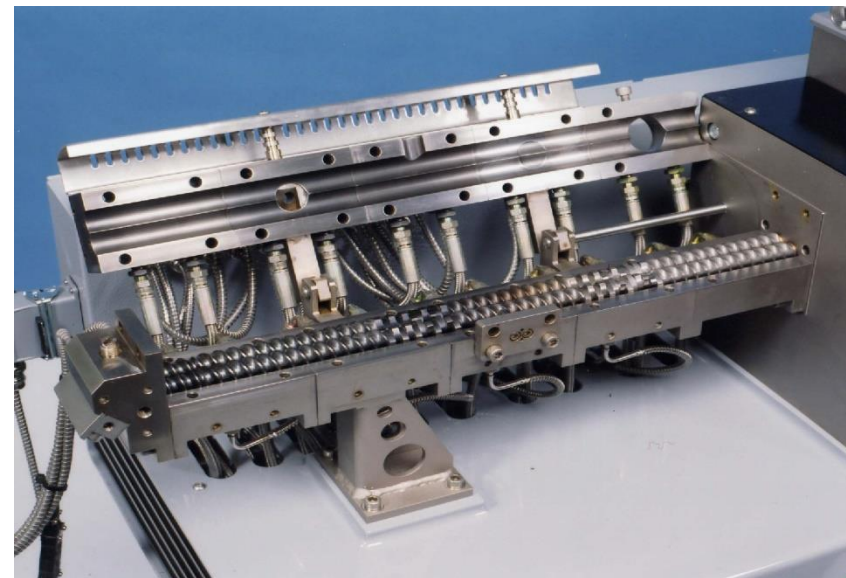
Kuglični mlin (usitnjavanje od 0.01 do 0.025 mm)

- bubnjasti
- cijevni
- stožasti kuglični

MIJEŠANJE I GRANULIRANJE



Dvopužni ekstruder s granulatorom



EKSTRUZIJA

- **Kontinuirani proces** praoblikovanja protiskivanjem rastaljenog polimera

kroz mlaznicu

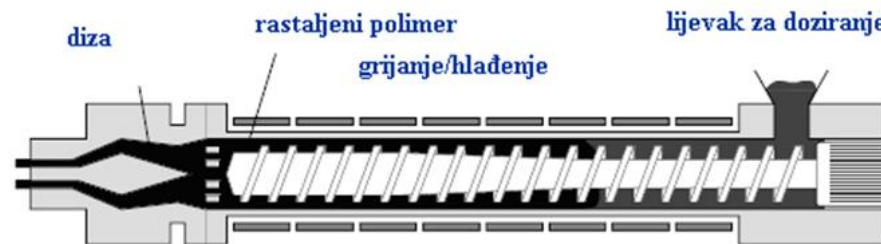
- Istisnuti polimer očvršćuje u ekstrudat, hlađenjem

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

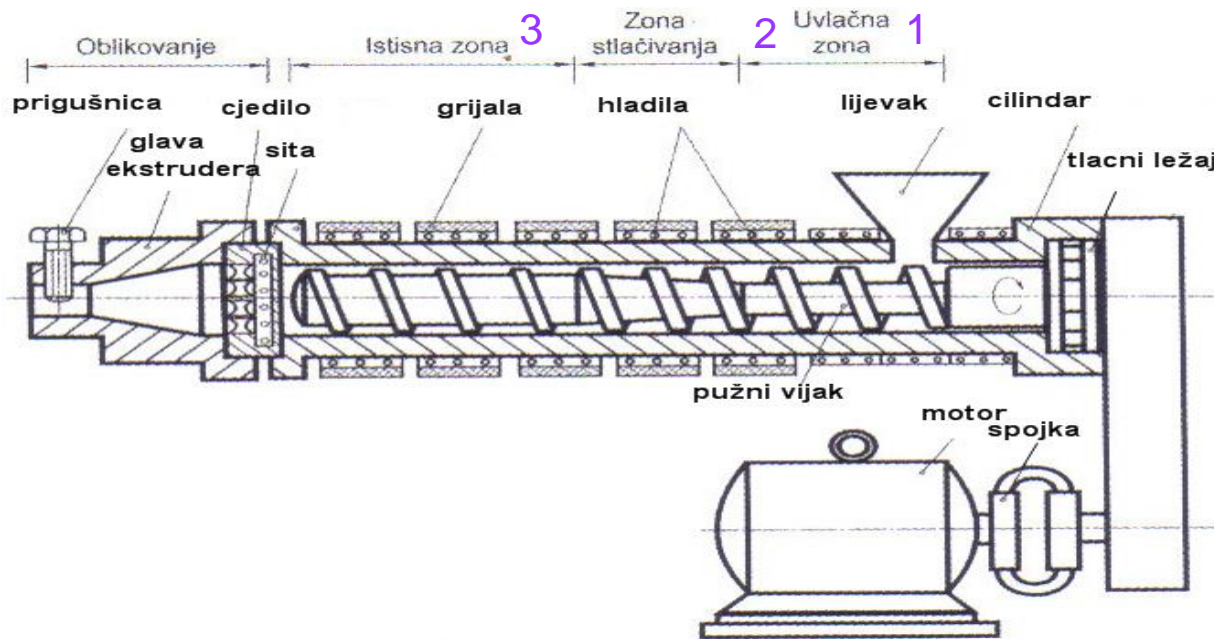
Na jednom kraju pužnog vijka smješten je **lijevak** za dodavanje materijala, a na drugom kraju izlazi rastaljena masa kroz **dizu** koja daje željeni oblik ekstrudata, nakon izlaza iz dize materijal se hladi.



Uloga pužnog vijka je sljedeća:

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

Shema ekstrudera



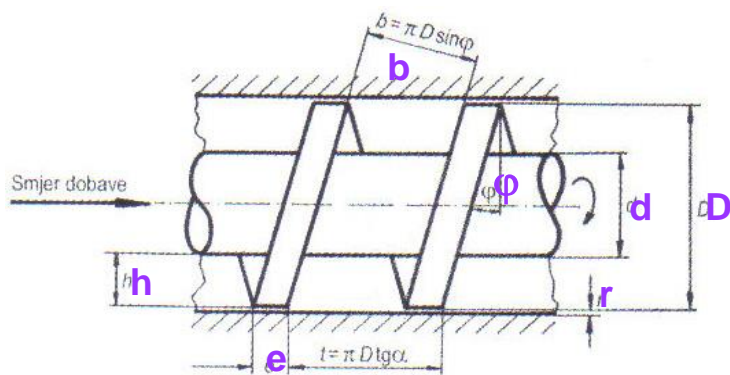
L – dužina cilindra

1. Zona punjenja-
uvlačna zona

2. Zona stlačivanja

3. Istisna zona

Presjek jednopužnog ekstrudera



D – promjer pužnog vijka

d – promjer jezgre pužnog vijka

h – visina navoja

e – širina zavojnice

b – širina navoja

φ - kut uspona

r – raspor između cilindra za

taljenje i pužnog vijka

Geometrija 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 EKSTRUDERA

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

OMJER KOMPRESIJE h_1/h_3

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

α - kosina pod kojom je izveden navoj

PROCESNE ZNAČAJKE

Moment vrtnje ili zakretni moment, TQ

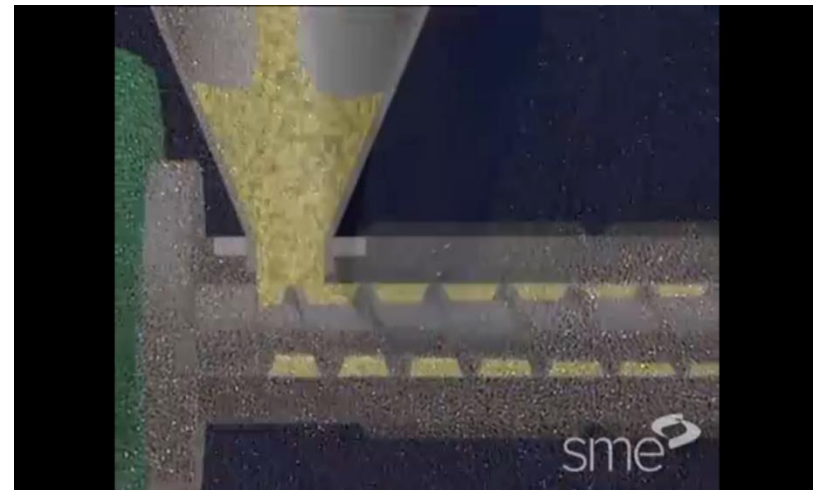
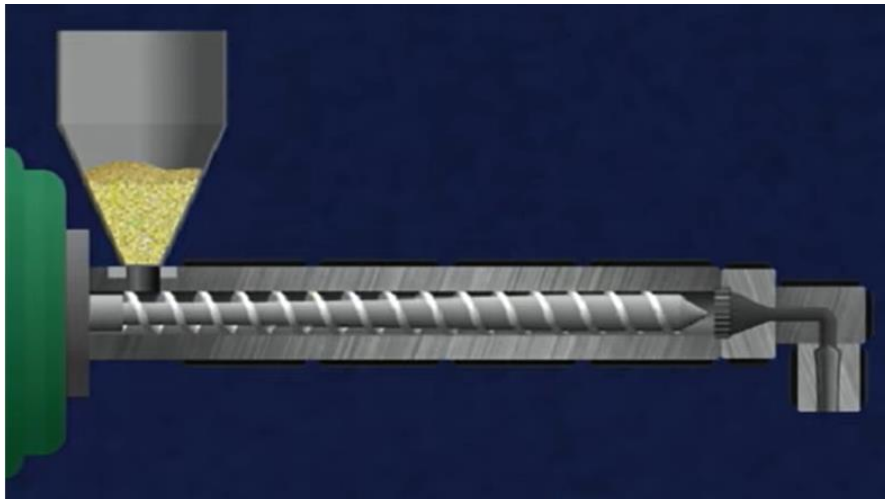
- predstavlja suprotstavljanje granula polimera rotaciji pužnog vijka

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

TQ – moment vrtnje, Nm

N -frekvencija vrtnje pužnog vijka, min⁻¹

- Konstante n i k neovisne su o temperaturi, a ovisne o raspodjeli molekulskih 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 preradbe, η_{pp}

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

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

η_{pp} - prividna smična viskoznost

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

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

PRIVIDNA SMIČNA VISKOZNOST

može se izraziti u obliku kao:

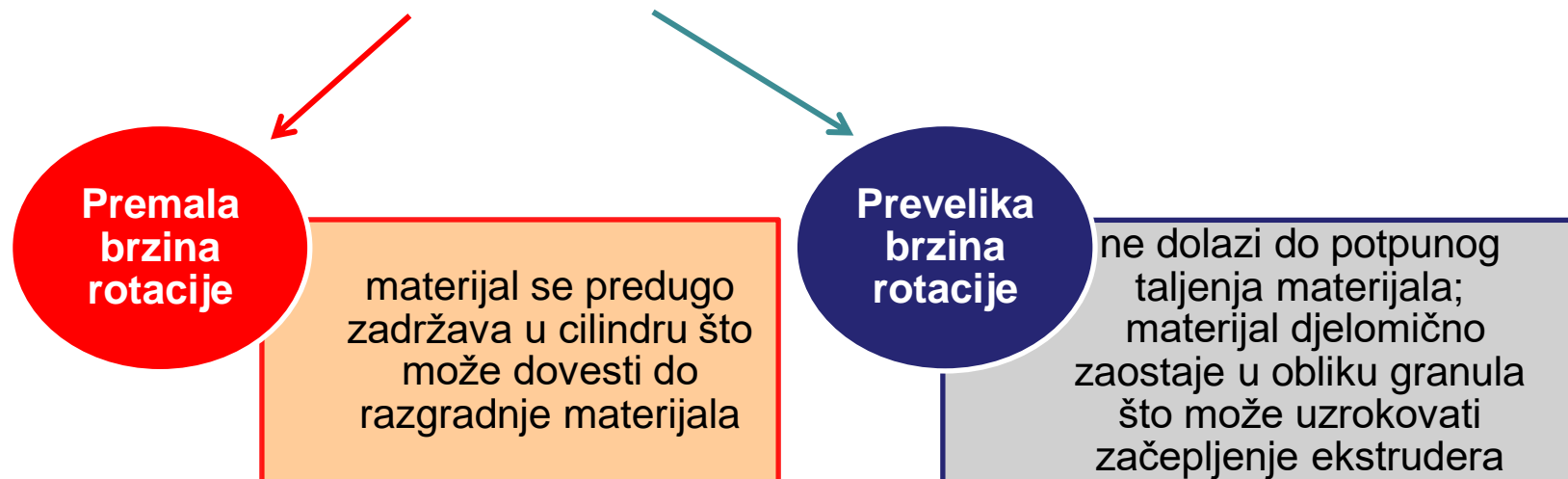
Q - kapacitet prerade, kg/h
p₃ – tlak pri vrhu pužnog vijka, bar
p₄ – tlak u mlaznici, bar
p₅ – povratni tlak, bar

- 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

Rezultati reoloških mjerenja su dani u obliku Q, TQ, TQ/Q , p₃, p₄, p₅, $(p_3 - p_4)/Q$, $(p_5 - p_4)/Q$

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

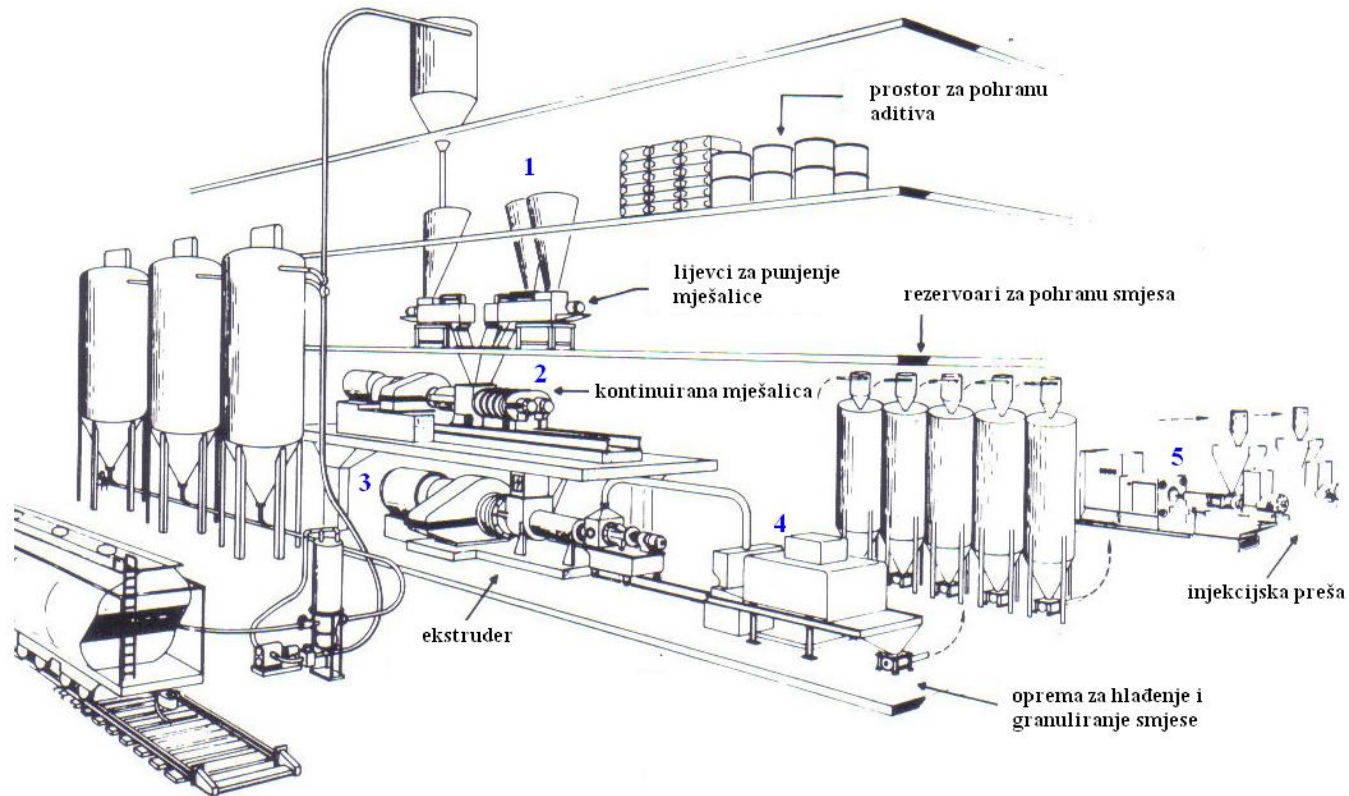
- Viskoznost taljevine = $f(T, \Delta p, v)$
 - $T_p > T_m$; T_p – temperatura prerade , T_m – talište
 - Strukturiranje u procesu – promjena konformacije – Memory effect
 - Omjer bubrenja $\frac{\phi_1}{\phi_2} = \frac{\text{promjer dize}}{\text{promjer izradka}}$ ϕ_1 – promjer dize
 ϕ_2 – konačni promjer profila
- $\phi_2 > \phi_1$

➤ jednopužni ekstruder

➤ dvopužni ekstruder

Dvopužni ekstruder

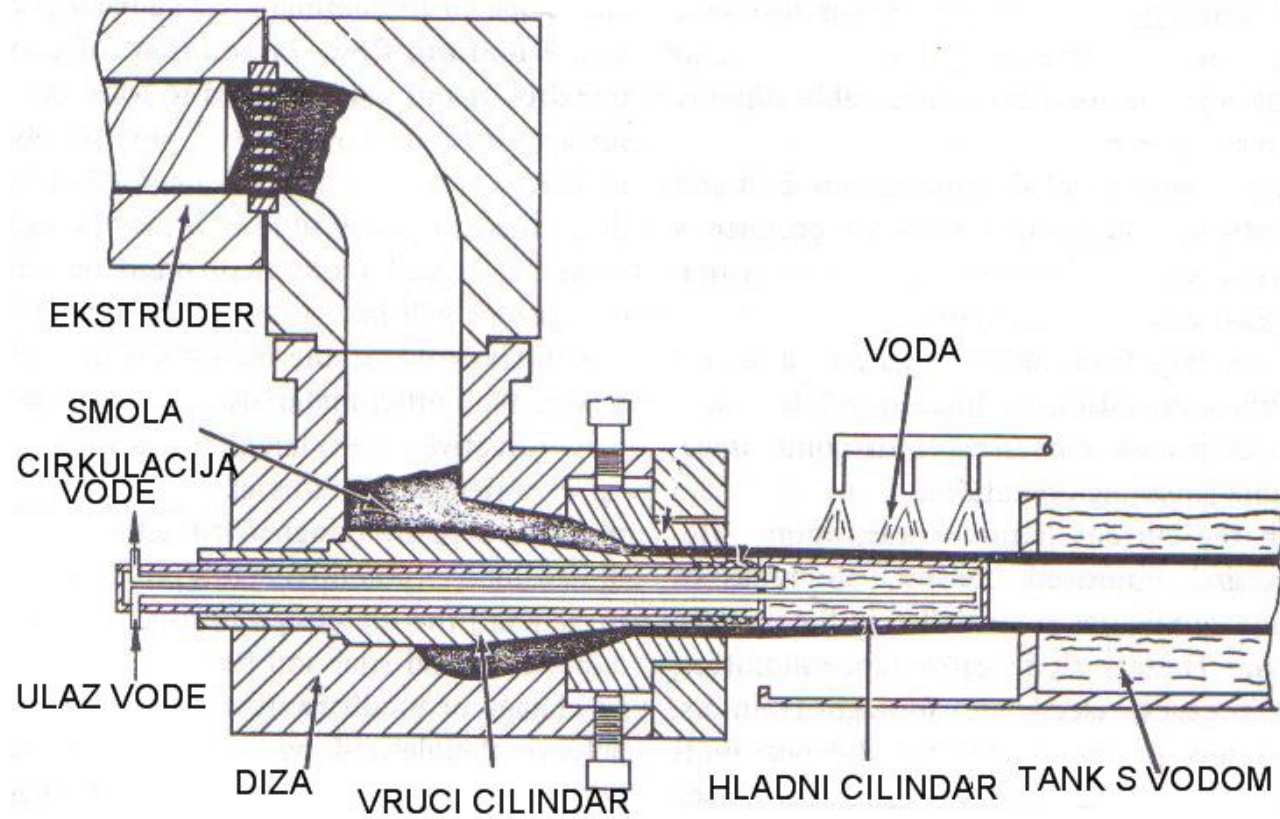
- Dva paralelna pužna vijka rotiraju u cilindru u istom ili suprotnom smjeru
- Mehanizam transporta je kompliciraniji nego kod jedno-pužnog ekstrudera
- Miješanje i kapacitet homogenizacije je puno bolji nego kod jedno-pužnih ekstrudera
- Uslijed elastičnog ponašanja taline može doći i do nastajanja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



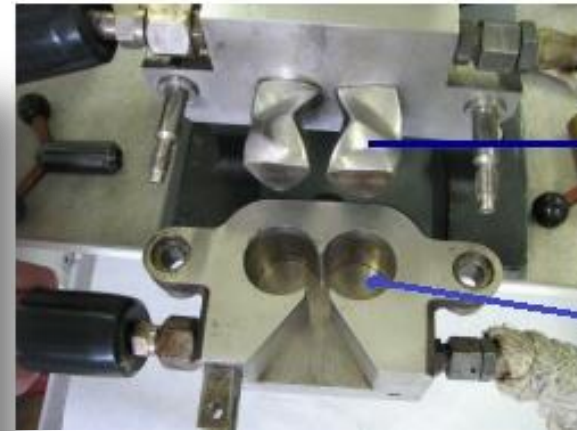
Postrojenje za smješavanje i granuliranje:

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

IZRADA CIJEVI



UMJEŠAVANJE U BRABENDER GNJETILICI



mješaći

komora za
umješavanje



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

- 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 umješavanja

koji 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

HVALA NA PAŽNJI

PITANJA ?