

MIJEŠANJE I MJESENJE



MIJEŠANJE

- Tehnološka operacija kojom se smanjuje koncentracijski ili temperaturni gradijent ili oba istovremeno.
- Medij je savršeno pomiješan ako se u beskonačno malom volumenu smjese, komponente ravnomjerno rasporede i imaju jednake temperature



Primjena miješanja:

- Prehrambena industrija (za izradu suspenzija, emulzija, otopina, itd.)
- Farmaceutska industrija
- Kapljevine se kod miješanja mogu gibati laminarno i turbulentno



To ovisi o:

- Brzini strujanja kapljevine,
- Geometrijskim dimenzijama aparature tj. o vrijednostima Re-broja
- Kod laminarnog strujanja je beznačajan efekt miješanja
- Kod turbulentnog strujanja nastaju vrtlozi (jedan sloj prelazi u drugi ovisno o stupnju turbulencije) i tako nastaje miješanje



- Sa hidrodinamičkog stajališta, miješanje je optjecanje oko lopatice mješalice
- S porastom brzine gibanja lopatice, sile inercije rastu i poprimaju vrlo velike vrijednosti
- Granični sloj tekućine se otkida s površine lopatice i iza lopatice nastaju vrtlozi



- Najveća brzina strujanja tekućine je na rubovima lopatice
- a po Bernoulliju, tlak je na rubovima onda manji nego u tekućini, koja se nalazi ispred lopatice
- Razlika tlaka na strani nastajavanja tekućine na lopaticu i tlaka na suprotnoj strani lopatice savladava se snagom koja se dovodi na vratilo mješalice
- Snaga P za miješanje se određuje za poznate dimenzije i broj okretaja n mješalice, te poznata fizička svojstva medija



- Često se na području tehnike miješanja uzima kao kriterij sličnosti Re-broj
- U Re-broj osim poznatih fizičkih parametara ulazi d_m (promjer mješalice, lopatice, propelera, turbine) i obodna brzina v

$$Re = \frac{v \cdot d_m \cdot \rho}{\mu}$$

$$v = \pi \cdot d_m \cdot n$$



$$Re = \frac{\pi \cdot d_m^2 \cdot n \cdot \rho}{\mu}$$

$$Re = \frac{d_m^2 \cdot n \cdot \rho}{\mu}$$

π = izostavlja se radi pojednostavljenja



- White je eksperimentalno ustanovio da je kod $Re < 50$ gibanje tekućine kod miješanja laminarno, a kod $Re > 50$ turbulentno

Snaga za miješanje:

$$P = K \cdot \rho \cdot \lambda \cdot n^3 \cdot d_m^5 \text{ [W]}$$

K = konstanta

$$\lambda = \zeta (Re)$$



Jednadžba kriterija snage za miješanje:

$$\frac{P}{d_m^5 \cdot n^3 \cdot \rho} = K \zeta (Re)$$

pri čemu je $P(d_m^5 \cdot n^3 \cdot \rho)$
kriterij snage za miješanje



- Na snagu utječu sljedeći parametri (osim prije spomenutih):

- Promjer aparata d_a
- Visina tekućine l_t
- Visina lopatice, propelera ili turbine h

- Tako jednadžba za snagu miješanja može imati sljedeći oblik:

$$P = (KK_2) \cdot d_m^5 \cdot n_3 \cdot \mu \text{ [W]}$$

KK_2 = Konstantna veličina za određen tip mješalice



Jednadžba za snagu geometrijski sličnih mješalica:

$$P = (KK_1) \cdot d_m^5 \cdot \mu_2 \cdot \rho \text{ [W]}$$

Ove jednadžbe, do sada, vrijede za miješanje Newton-ovskih kapljevine



➤ Optimalni broj okretaja mješalice ovisi o:

- Svrsi miješanja
- Tipu mješalice
- Linearnim dimenzijama mješalice

➤ Optimalan broj okretaja se postiže onda kada je radijalna komponenta brzine čestica jednaka ili veća od brzine taloženja



Optimalan broj okretaja za pripravljanje *suspenzija*:

$$Re = \frac{n_0 \cdot d_m^2 \cdot \rho}{\mu} = K_4 \cdot Ar \cdot \left(\frac{d_k}{d_m}\right)^{0,5} \cdot \left(\frac{d_a}{d_m}\right)^b$$

n_0 = optimalan broj okretaja

d_k = promjer čestica

K_4 = konstanta koja ovisi o izvedbi mješalice (tablice)

Ar = Arhimedov broj



Arhimedov broj:

$$Ar = \frac{g \cdot d_a^3 \cdot v_s^2 \cdot \Delta\rho}{\rho_s}$$

d_a = promjer aparature

$\Delta\rho$ = razlika gustoća krute i kapljevite faze

ρ_s, v_s = gustoća i kinematički viskozitet dispergiranog sredstva



Optimalan broj okretaja za pripravu *emulzija*:

$$Re = \frac{n_0 \cdot d_m^2 \cdot \rho}{\mu} = K_4 \cdot Ar^{0,315} \left(\frac{Re}{We}\right)^{0,185} \cdot \left(\frac{d_a}{d_m}\right)^b$$

We = Weberov broj

b = vrijednosti u odgovarajućim tablicama



MIJEŠANJE KAPLJEVINE I PLINA

- Kod fermentacije se često u kapljevину (kominu) injektira zrak (kisik)
- Najčešće se zrak uvodi u kominu kroz mješalicu uslijed stvaranja podtlaka iza lopatica, izazvanog rotacijom mješalice



- Snaga koja se troši za miješanje kapljevine i plina je skoro jednaka snazi koja se troši za miješanje same tekućine
- Srednji promjer mjehurića d koji nastaje kod miješanja ovisi o:
 - broju okretaja mješalice n
 - linearnim dimenzijama mješalice
 - dinamičkoj viskoziteta tekućine i plina μ
 - gustoći ρ
 - površinskoj napetosti tekućine ζ



- Miješanje tekućina se može vršiti i propuhavanjem sitnih mjehurića plina (zraka) ili pare
- Takvo se miješanje zove *barbotiranje*, a uređaji *barboteri*



MJEŠALICE

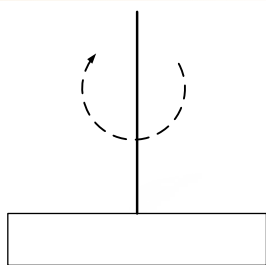
- Mehaničko miješanje služi za miješanje kapljevine koje nastaje uslijed rotacije mješalice
- Mješalice tlače tekućine, dio čini krug u smjeru rotacije mješalice, dio optiče rub lopatice i miješa se s okolnom tekućinom



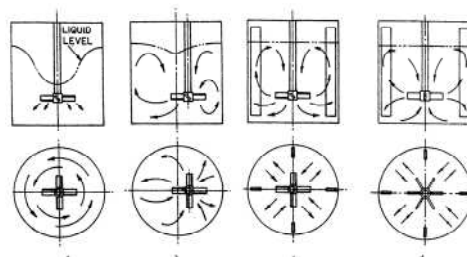
- Na stražnjoj strani lopatice nastaje podtlak što rezultira usis tekućine iz okoline pri čemu nastaju turbulentni vrtlozi
- Većim brojem okretaja n mješalice raste centrifugalna sila F pri čemu se kapljevine potiskuje radijalno prema stijenkama posude
- Smjer gibanja kapljevine može biti:
 - Tangencijalan
 - Radijalni
 - Aksijalan (osni)



- Kod tangencijalnog gibanja, kapljevine se giba po putanji koja je *paralelna sa putanjom* kojom se gibaju *lopaticе*, a *gibanje kapljevine* odvija se *prema stijenkama* posude
- Kod tangencijalnog gibanja, miješanje nastaje samo na stražnjoj strani lopatice uslijed postojanja vrtloga, a karakteristično je za lopataste mješalice



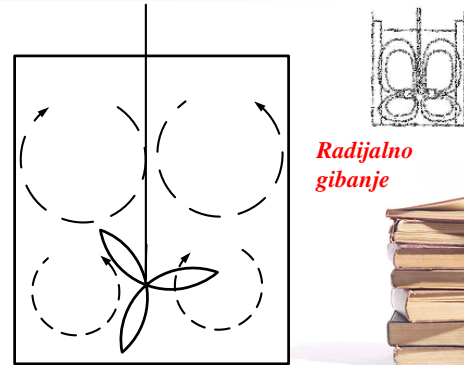
Tangencijalno gibanje



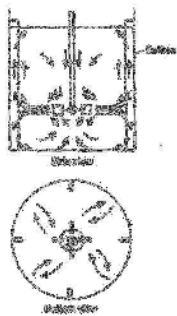
Tangencijalno gibanje



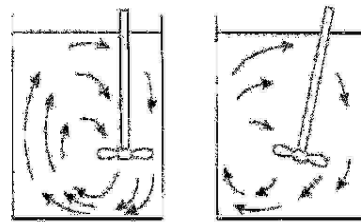
- Kod *radijalnog gibanja* se kapljovina giba od mješalice prema stijenci posude i od stijenke prema mješalici, okomito na smjer osi rotacije
- Odvija se samo kada je *centrifugalna sila veća* da savlada otpor radijalnog gibanja
- Povećanjem broja okretaja tangencijalno gibanje može se prevesti u radijalno
- Ovo gibanje je karakteristično za turbinske mješalice



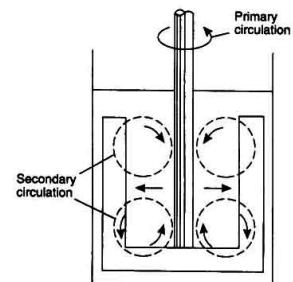
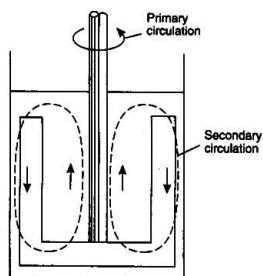
Radijalno gibanje

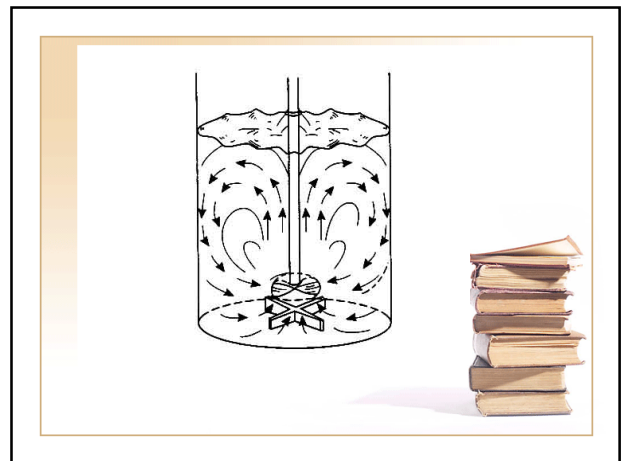
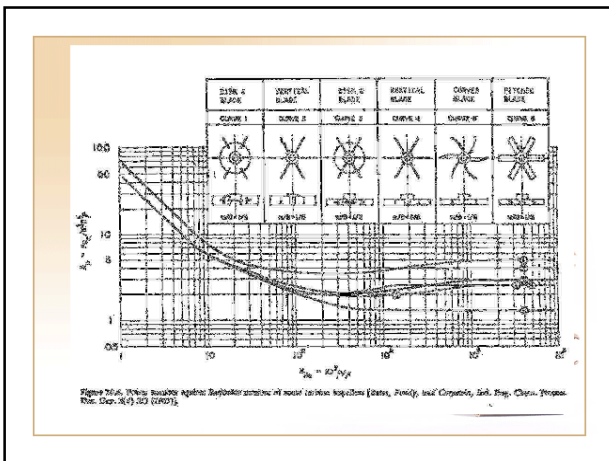
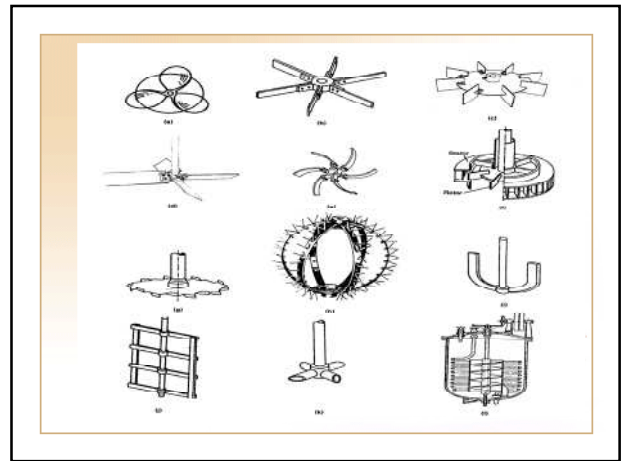
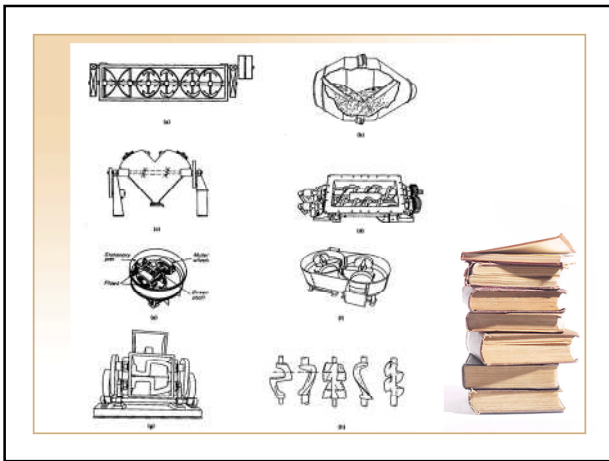
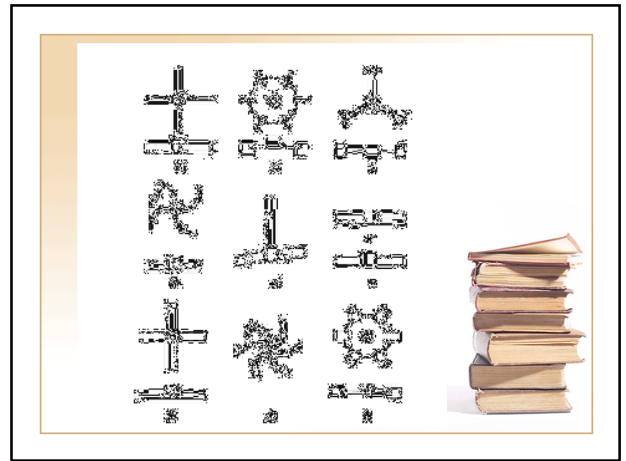
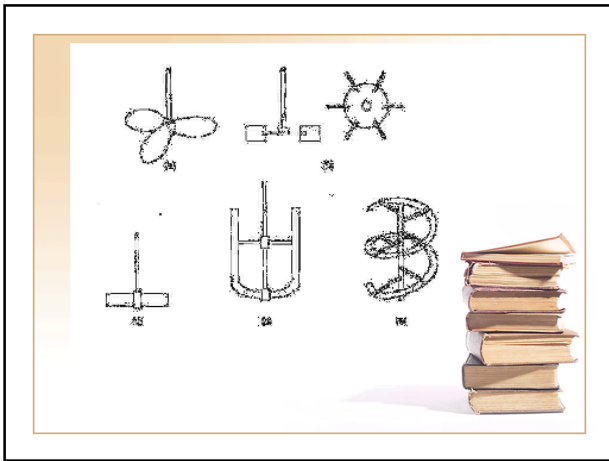


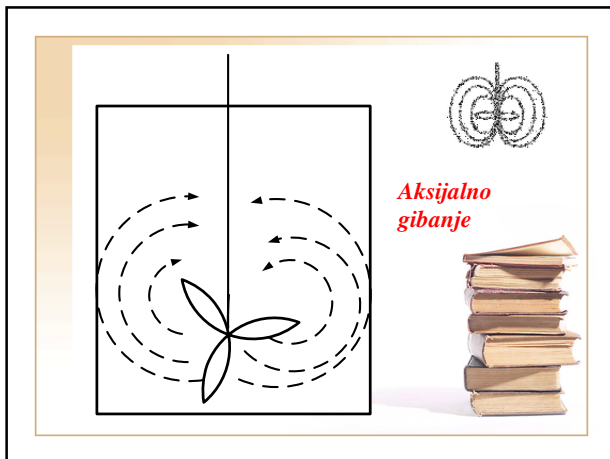
Radijalno gibanje



Top-entering propeller agitator







- Kod aksijalnog gibanja se tekućina *giba paralelno s osi rotacije mješalice*, a karakteristično je za propelerske mješalice
- U ovisnosti o smjeru rotacije lopatica propelera (lijevi ili desni vijak) razlikuje se:
 - Mješalice koje usisavaju kapljevину s površine i tlače je prema dnu
 - Mješalice koje usisavaju kapljevину sa dna i tlače je prema površini tekućine

- ### TIPOVI MJEŠALICA
- Po *obliku* mješalice dijelimo na:
 - Lopataste
 - Propelerske
 - Turbinske
 - Prema *broju okretaja*:
 - Sporohodne
 - Brzohodne

- ### LOPATASTE MJEŠALICE
- Najjednostavnije su one s *ravnim lopicama*
 - Miješaju mali dio kapljevine u neposrednoj blizini
 - Koriste se za posude manjeg volumena
 - Imaju mali usisni efekt i neznatno aksijalno gibanje

- Koriste se za tekućine $\mu \leq 1 \text{ Pas}$
- Mogu biti postavljene pod kutem (suspenzije sa talogom)
- Za suspenzije koje kod grijanja ili hlađenja ostavljaju talog koriste se *okvirne mješalice*
- *Planetarne mješalice* rotiraju oko svoje osi, ali i zbog zupčastog prijenosa i oko osi aparata, a koriste se za posude velikog volumena
- *Trakaste mješalice* koriste se za viskozne kapljevine. Lopatice taru o stijenke aparata i uklanjaju talog

- ### PROPELERSKE MJEŠALICE
- Dio su geometrijskog vijaka, a površina lopatica je dio vijčane površine, pri čemu propeler obično ima 3 lopatice
 - Broj propelera ovisi o visini kapljevine
 - Obično se postavljaju pod određenim kutem u odnosu na os uređaja (radi poboljšanja miješanja)
 - Vijci mogu imati *stalan* ili *promjenjiv* korak
 - Za potpunije miješanje koristi se *stalan vijak*, a promjenjivi za intenzivno miješanje

TURBINSKE MJEŠALICE

- Sastoje se od jednog ili više rotora (turbina) postavljenih na vertikalnom vratilu
- Rotor obično ima 6-12 lopatica
- Za kapljevine manjeg viskoziteta koristimo rotore s ravnim lopaticama, a za ostale kapljevine koriste se turbinske mješalice koje pored rotora imaju i stator
- Ovdje se kapljevina usisava u rotor po osi kroz centralni otvor, a velikom brzinom izlaze iz rotora po obodu, dok se centrifugalnom silom potiskuje u kanal rotora



TURBINSKE MJEŠALICE

- Smjer gibanja se može podešavati od vertikalnog do radijalnog
- Koriste se za:
 - kapljevine većeg viskoziteta
 - Pri maloj visini kapljevine
 - Za miješanje suspenzija s krutim česticama
 - Za intenzivno miješanje velikog volumena kapljevine



MIJEŠANJE SIPKIH TVARI

- Krute čestice se također podvrgavaju miješanju (mlinarstvo, konditorska ind., ind. Dječje hrane, juha, pri proizvodnji stočne hrane, itd.)
- Imamo diskontinuirane i kontinuirane uređaje
- PUŽNA MJEŠALICA**
 - Cilindrično konusna posuda u kojoj se nalazi pužnica u dvije cijevi
 - Pužnica podiže sipku tvar prema gore i vrši miješanje
- LOPATASTA MJEŠALICA**
 - Radi kontinuirano
 - Sastoji se od bubnja koji se ne giba
 - Unutar bubnja rotira opet poseban bubanj sa aksijalnim i vratilo s radijalnim lopaticama s različitim brojem okretaja



VALJKASTA MJEŠALICA

- Sastoji se od valjka koji rotira oko horizontalne osi
- Koristi se za praškaste materijale
- KONUSNA MJEŠALICA**
 - Za miješanje malih količina praškastih materijala u veliku količinu praškastih tvari (vitaminizacija brašna)
 - Sastoji se od konusne posude u kojoj se okreće pužnica oko svoje osi i istovremeno oko osi konusne posude
 - Radi kontinuirano



MJESENJE

- Mijesenje je tehnološka operacija kojom se plastične (tijestaste) tvari homogeniziraju tj. dovode u određeno fizičko stanje
- Primjena je u: prehrambenoj industriji i fermentativnoj ind. (ind. kruha, tijesta, konditorskoj ind., ind. mesa, i u ind. konzerviranja prehrambenih proizvoda)
- Lopatice mješalice pri gibanju u tijestastoj tekućini (tijestu) istiskuju tijesto i dovode ga u gibanje izvjesnom brzinom



MJESENJE

- Pri tome lopatice mješalice savladavaju:
 - silu tlačenja tijesta,
 - silu trenja tijesta o bočne površine lopatice i posude u kojoj se mijesi,
 - silu trenja istiskivanog volumena tijesta o nepokretni dio tijesta i
 - silu razaranja tijesta
- Volumen tijesta koji se miješanjem dovodi u gibanje, a također snaga koju treba dovesti na vratilo mješalice ovisi o stanju tijesta



MJESENJE

- Sila tlačenja lopatice i snaga koju treba dovesti na vratilo ovise o obliku lopatica

STROJEVI ZA MJESENJE

- Kontinuirane
- Diskontinuirane
- Obzirom na rotaciju lopatica na mjesilici:
 - Radni element rotira oko horizontalne osi
 - Radni element složno prostorno giba



MJESENJE

- Radni element može biti:
 - U obliku *njihajuće poluge* (vertikalnog ili horizontalnog vratila s lopaticom različitog oblika)
 - Dviju lopatica u obliku slova Z koje rotiraju jedna nasuprot drugoj
 - U obliku pužnice
 - Vertikalno vratilo s lopaticom koja se giba planetarno
- Brzohodne
- Sporohodne



MJESENJE

- U pekarama se koristi *polužna mjesilica*
 - Radni element je u obliku poluge
 - Rade na principu udaranjau tijesto radnim elementom čime se tijesto i zagrijava pa je potrebno hladiti plašt mjesilice

