



Fakulteta za strojništvo
Univerza v Ljubljani

*Aškerčeva 6
Ljubljana*

MEŠANJE

Študent: Boštjan Kreutz, 23010063

Mentor: Dr. Iztok Žun, univ.dipl.inž.stroj.
Dr. Andrej Bombač, univ.dipl.inž.stroj.

Ljubljana, 6.april 2004

Kazalo

1. Povzetek.....	3
2. Uvod.....	3
3. Enofazni in večfazni sistemi v praksi.....	3
4. Mešanje plinov.....	4
1. Postopki za mešanje plinov :.....	5
2. Spremembe veličin stanja v adiabatnem prekatu	6
a) Izpeljava temperature T na izstopu mešalnega prekata.....	6
b) Izpeljava prostornine V na izstopu mešalnega prekata	7
5. Mešanje trdnih snovi.....	8
3. Nепrekinjeno mešanje	8
4. Prekinjeno mešanje	9
6. Mešanje tekočin in suspenzij.....	10
5. Mešalne posode za mešanje tekočin.....	11
6. Izbira mešalnih orodij.....	12
7. Nastanek lijaka pri mešanju	14
8. Ogrevane ali hladilne cevi v mešalnih posodah.....	15
7. Zaključek.....	16
8. Literatura	16

1. Povzetek

Seminarska naloga je nastala z namenom spoznavanja tehnologije pri različnih procesih, ki se uporabljajo v termodinamiki. Sam sem pod drobnogled vzela mešanje različnih snovi, ker je to en izmed pogostejših procesov v industrijah, s stališča termodinamike pa tudi eden zanimivejših. V nalogi sem opisal vse osnovne načine mešanja za različna agregatna stanja in opisal delovanje nekaterih mešalnih naprav, ki so primerne za delo v industriji.

2. Uvod

Mešanje je en izmed najpomembnejših in zato tudi najpogostejših procesov v kemičnih in njej sorodnih industrijah. Mešamo lahko snovi trdnega agregatnega stanja, tekočega ali plinastega ter tudi snovi z različnimi agregatnimi stanji. Pri tem procesu stremimo k čimbolj homogeni strukturi celotne mešanice, torej k tem, da ima mešanica čimbolj enako sestavo v kateremkoli mestu zmesi.

Iz tehničnega vidika je mešanje zelo pomembna operacija; z mešanjem pripravljamo različne tehnološke vsipe za enakomeren potek reakcij v reaktorjih ali pa dobimo zmesi, ki imajo zahtevane lastnosti, ki so drugačne od snovi iz katerih je mešanica pripravljena. Prav tako v velikih primerih mešamo snovi med samim potekom kemičnih reakcij zato, da bi se reakcijski produkti in toplota enakomerno porazdelili po vsem volumnu reaktantov in produktov. Primere različnih zmesi oz. mešanic srečujemo v vsakodnevem življenju (*umetna mešana gnojila* – želimo doseči zelo enakomerno sestavo, *beton* – z mešanjem cementa, peska in vode dobimo homogeno snov, ki je sposobna prenašati velike obremenitve, *hladilne emulzije* – mešanice vode in različnih olj v namen hlajenja pri obdelovalnih strojih ipd.).

V tej seminarski nalogi bom podrobneje opisal mešanje plinov, mešanje tekočin (suspenzij) ter mešanje trdnih snovi, prav tako pa tudi spremembe stanja ter različne mešalnike, v katerih se proces mešanja izvaja.

3. Enofazni in večfazni sistemi v praksi

Mešalne operacije izvajamo v *enofaznih* ali *večfaznih* sistemih glede na agregatno stanje komponent. V enofaznih sistemih mešamo trdne snovi, pline ali tekočine v zmesi (priprava umetnih mešanih gnojil, mešanje čistega kisika z zrakom za medicinske potrebe, priprava hladilnih emulzij,...). Mešamo torej snovi, ki so enakega agregatnega stanja. Če pa želimo mešati snovi, ki so različnih agregatnih stanj, govorimo o večfaznih sistemih (raztapljanje topnih trdnih snovi v tekočini, uvajanje plina v tekočine, da stečejo kemijske reakcije,...). Prav tako pa je možno mešanje in s tem posledično homogeniziranje različnih kombinacij faz (istočasno mešanje tekočin s plini, obenem pa v tekočinah med mešanjem suspendiramo trdne netopne snovi).

V praksi je najpomembnejše, da vsako mešalno operacijo opravimo :

- zelo kvalitetno,
- v čim krajšem času in
- s čim manjšo porabo energije.

Pogosto pa se moramo zadovoljiti s kompromisi glede na stopnjo homogenizacije zmesi. Večja stopnja homogenizacije, ki jo hočemo imeti, pomeni več časa mešanja, večjo porabo energije in s tem posledično večje stroške.

4. Mešanje plinov

Plini se mešajo bolj ali manj sami od sebe zelo hitro, saj poteka mešanje zaradi difuzije plinskih molekul z mesta višje koncentracije na mesto z nižjo koncentracijo. To zakonitost se imenuje **Fickov zakon** - koncentracije plinskih molekul se hočejo v vsem razpoložljivem prostoru izenačiti.

$$dn = -D \cdot F \cdot \frac{dc}{dx} \cdot dt$$

dn = število odtekajočih molekul

F = presek, skozi katerega odtekajo molekule (dn)

$-\frac{dc}{dx}$ = zmanjševanje koncentracije molekul na poti x (negativen predznak pomeni pojemek koncentracije molekul).

D = difuzijska konstanta oz. koeficient, ki je odvisen od vrste plina

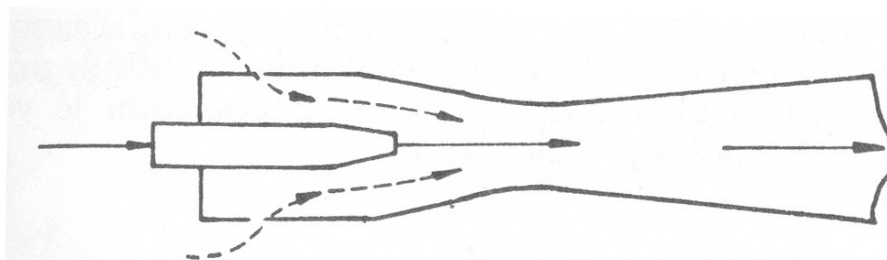
dt = čas, v katerem odtekajo molekule dn

Iz Fickovega zakona lahko izrazimo **difuzijsko hitrost** plinov oz. **molekularni tok** med mešanjem molekul plina :

$$\frac{dn}{F \cdot dt} = -D \cdot \frac{dc}{dx}$$

Difuzijska lastnost plinov ima velik pomen pri operacijah sušenja, kristalizacijo snovi iz raztopine (ločevanje), absorpcije plinov v tekočinah, različne ekstrakcijske postopke, ipd.

Z mešanjem plinov prav zaradi tega v praksi praviloma nimamo, pogosto pa se poslužujemo posebnih mešalnih šob – **injektorjev**. V uporabi so lahko tudi druge dozirne naprave, s katerimi lahko precizno uravnavamo množine posameznih plinov.

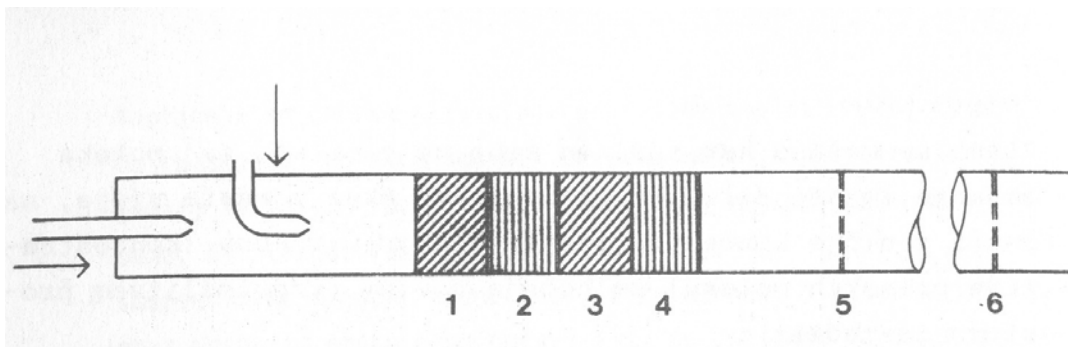


Mešalna šoba - injektor ^[2]

1. Postopki za mešanje plinov :

Uvajanje različnih vrst plinov preko merilnikov množin plinov (npr. rotametrov), v skupno posodo (rezervoar), pogosto preko injektorjev, v katerih se različna plina zmešata.

Uporaba statičnih (kinetičnih) mešalnih elementov (ventilatorjev), ki jih vgrajujemo v cevovode, v katere istočasno uvajamo različne pline. Slika spodaj prikazuje mešalnik plinov s uporabo kinetičnih elementov in zaslonk :



Mešalnik plinov z uporabo kinetičnih elementov^[2]

Kinetični elementi (na sliki označeno z 1-4) so posebej oblikovani vložki (ponavadi iz jekla ali plastov), ki pline zvrtničijo, zaslonke (na sliki označeno z 5,6) jih pa močno zvrtničijo in s tem homogenizirajo.

Kadar ima pa Reynoldsovo število vrednost $400 < Re < 10^7$ je pa potrebno izračunati **potrebno dolžino poti** l_{pl} , da se dva plina sama zmešata v praznem cevovodu do razlike $\pm 1\%$ v koncentracijah po mešanju.

$$l_{pl} = 8 \cdot d \cdot Re^{0,17}$$

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu}$$

v = hitrost pretoka plinov v cevovodu

d = premer cevovoda

ν = kinematična viskoznost plina

η = dinamična viskoznost plina

ρ = gostota plinov

2. Spremembe veličin stanja v adiabatnem prekatu

V toplotno izoliran (*adiabaten*, $dT=0$) mešalni prekat, kot je prikazan na skici vstopajo plinski tokovi ($i=1,2,\dots,n$). Te plinski tokovi imajo svojo maso ter masni pretok, ki nam je ponavadi znan (na cevovodih so pritrjeni merilni aparati). Iz mešalnega prekata izstopa mešalni tok – tudi ta nam je znan, saj je po *zakonu o ohranitvi mase* :

$$\dot{m} = \sum_i \dot{m}_i$$

Veličine stanja izstopajočega mešalnega toka so **tlak p**, **prostornina V** ter **temperatura T**. Tlak lahko zelo preprosto izmerimo, prostornino in temperaturo pa izračunamo.

a) Izpeljava temperature T na izstopu mešalnega prekata

Ker je mešalni prekat tehnična naprava s tokom delovnega medija zanj velja enačba za tehnično delo

$$W_t = \sum_i H_v - H + Q$$

pri čemer je $\sum_i H_v$ entalpija vstopnih tokov, H je entalpija izstopnega toka, Q je pa toplota (ker je sistem toplotno izoliran sledi $Q = 0$).

Enačba se tako poenostavi v

$$\sum_i H_v = H$$

oz. z specifičnimi entalpijami

$$\sum_i h_v \cdot \dot{m} = h \cdot \sum_i \dot{m} = h \cdot \dot{m} .$$

Ker predpostavimo, da imamo idealni plin, ki ima konstantne specifične toplote velja enačba

$$h = c_p \cdot T .$$

Izrazimo lahko temperaturo odtoka zmesi :

$$T = \frac{\sum_i m_i \cdot c_{p,i} \cdot T_v}{\sum_i m_i \cdot c_{p,i}}$$

b) Izpeljava prostornine V na izstopu mešalnega prekata

Enačba stanja za tok prvega plina pred mešanjem je enaka

$$p_v V_v = \dot{m}_v R_v T_v$$

Če bi plin sam izstopal iz mešalnega prekata pri tlaku zmesi p in temperaturi zmesi T , bi imel parcialni volumen V_p . Za ta primer je njegova enačba stanja

$$p V_p = \dot{m}_v R_v T$$

Ob upoštevanju teh enačb lahko izrazimo parcialen volumen

$$V_p = V_v \frac{T}{T_v} \cdot \frac{p_v}{p}$$

Celotni volumen odtoka zmesi je enak vsoti vseh parcialnih volumnov :

$$V = \frac{T}{p} \sum_i \frac{V_{v,i} \cdot p_{v,i}}{T_{v,i}}$$

5. Mešanje trdnih snovi

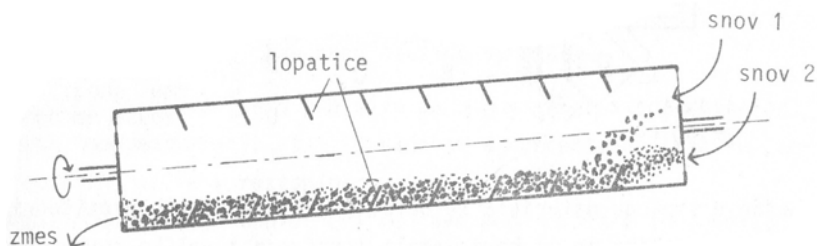
Pri mešanju trdnih sipkih snovi razlikujemo *neprekinjeno* in *prekinjeno mešanje*.

3. Neprekinjeno mešanje

Za neprekinjeno mešanje uporabljamo **mešalne vrtljive cevi**, ki so rahlo nagnjene v smeri pretoka sipke zmesi. Polnitev cevi z materialom znaša do 25% njene prostornine. Pomembna je tudi optimalna vrtilna hitrost, ki jo izračunamo po enačbi :

$$n_{opt} = \frac{32}{\sqrt{D}}$$

Cevi so lahko povsem ravne ali cik-cak izvedbe, znotraj so pa opremljene z lopaticami za premetavanje materiala, kot je razvidno na sliki :



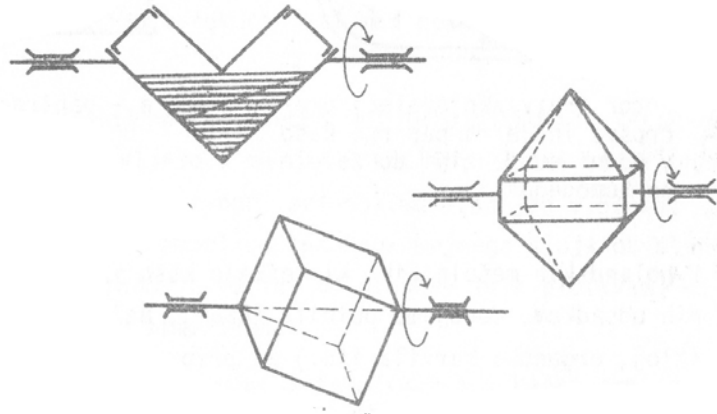
Cik-cak izvedba z lopaticami ^[1]

Naloga zadrževalnih elementov (lopatic) je, da material v cevi dvigajo in razsipavajo, tako da že sorazmerno kratka cev material dobro homogenizira.

Prav tako lahko neprekinjeno mešamo z posebnimi **mešalnimi koriti s polži** (1-2 polža), ki med vrtenjem material mešajo in ga obenem potiskajo do izstopa. Nekateri materiali pa se »sami od sebe« dokaj dobro premešajo medtem, ko jih drobimo (npr. v **krogelnih ali kotalnih mlinih**).

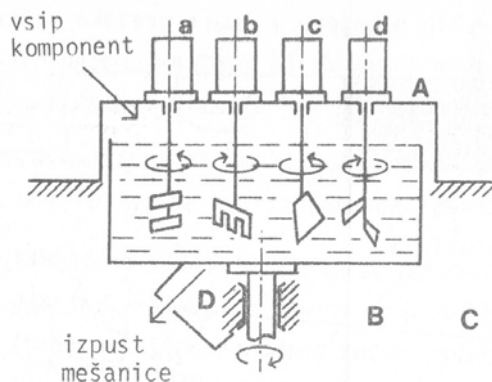
4. Prekinjeno mešanje

V uporabi so **mešalni bobni** z zadrževalnimi elementi, ki so v bistvu kratke vrtljive cevi velikega premera in ponavadi nimajo vgrajenih zadrževalnih elementov. Prav tako se uporabljajo **mešalne posode različnih oblik** :



Mešalne posode različnih oblik ^[1]

Intenzivni protitočni mešalniki so velike okrogle posode (prostornine 0,5 m³ do 8 m³ ali še večje), ki so zgoraj zaprte in imajo vrtljivo dno. Material za mešanje se dodaja na vrhu posode. Mešanje se opravlja v intenzivnih protitočnih mešalnikih po višini in po horizontali istočasno z veliko turbulenco. Mešala različnih oblik (grabljice, lopatice, plugi, ...) se vrtijo v smeri različni smeri toka z različnim številom vrtljajev. Lahko jih tudi ogrevamo in tako uporabljamo obenem tudi kot sušilnike. Pomemben je čas mešanja, ki je za dobro homogeniziranje materiala dokaj kratek. Zmešani material praznimo preko odprtine na dnu posode.

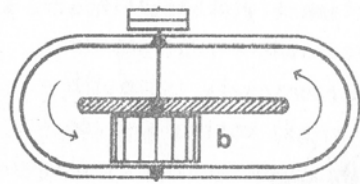


a - d: elektromotorji z mešali in reduktorji (montirani na nepremičnem pokrovu mešalne posode)

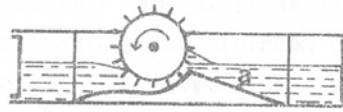
A = pokrov mešalne posode
B = vrtljiva mešalna posoda
C = zmes snovi, ki jo mešamo
D = izpust homogenizirane mešanice

Intenzivni protitočni mešalnik ^[2]

Trdne snovi mešamo tudi v **specialnih izvedbah mešalnikov**; v papirni industriji uporabljajo *holandce* za pripravo papirne kaše (cefranje starih papirnih odpadkov skupaj s polnili, vezivi in barvili).



b - rotor (razvlaknjevalec) prečrpava in cefra papirno kašo v vodni suspenziji do zaželenne homogenosti



a - papirna kaša kroži v betonskem kanalu

Specialna izvedba mešalnikov v papirni industriji^[2]

Kadar mešamo izrazito nehomogenizirane, testaste, snovi (testo, guma, glina, kavčuk,...), uporabljamo **gnetilnike**. Gnetilnik je opremljen z strgali (to so mešalne ročice različnih oblik), ki sproti odstranjuje testasto snov od sten posode, obenem jih pa dobro premeša.

6. Mešanje tekočin in suspenzij

Mešanje tekočin in suspenzij je prav gotovo ena izmed najpogostejših operacij v kemijski industriji. Z mešanjem tekočin želimo dispergirati (porazdeliti) eno tekočo fazo v drugi in obenem pospešiti pretok mase in toplote v določenem volumnu. S tem želimo zmanjšati neenotnost v celotni masi snovi in odpraviti razlike bodisi v sestavi, lastnostnih ali temperaturni snovi zmesi ali pa zaradi več razlogov istočasno. Večkrat pa med mešalnim postopkom opravimo več nalog hkrati.

Mešanje tekočin uporabljamo za :

- zaradi homogeniziranja (izenačevanja koncentracijskih in temperaturnih razlik v raztopini)
- zaradi pospeševanja toplotne izmenjave med tekočino in površino toplotnih menjalnikov
- zaradi raztapljanja trdnih v tekočini
- zaradi dispergiranja (porazdelitve) in emulgiranja dveh tekočin, ki se med seboj ne raztapljata (razlika med dispergiranjem in emulgiranjem je predvsem v redu velikosti delcev dispergirane faze)
- zaradi dispergiranja plinov v tekočinah.

O **homogeniziranju raztopin** govorimo, kadar želimo iz več tekočin, ki so med seboj topne, ustvariti eno samo (enotno) fazo ali pa izenačiti temperaturne in koncentracijske razlike v tekoči fazi med potekom neke kemične reakcije.

Pospeševanje toplotne izmenjave je pomembna naloga pri zelo viskoznih tekočinah, ki jo opravljamo v mešalnih kotlih (gre predvsem za močno eksotermne reakcije). Naloga mešala pri tem je, da zmanjša debelino tekočega mejnega sloja ob stenah kotlov in s tem pospeši prenos tekočine od ploskev in k ploskvam, na katerih se potem opravlja toplotna izmenjava.

Kadar govorimo o **raztapljanju trdnih snovi v tekočinah** (to lahko poteka tudi s kemijskimi reakcijami) je glavna naloga mešalne naprave, da trdne snovi, ki bi se sicer usedle na dno mešalnega

kotla, zvrtničiti, da bi lahko njihova čim večja (celotna!) površina sodelovala pri predvideni reakciji. Med takim potekom mešanja pa lahko med bolj intenzivnim mešanjem pride tudi do mehanskega drobljenja in s tem povečanja aktivnih površin, ki sodelujejo med procesom suspendiranja.

Pri **dispergiranju** gre običajno za slabo obstojne, navidezno homogene mešanice. Če pa dodajamo površinsko aktivne snovi ali pa uporabimo intenzivnejši mešalni postopek, ki zmanjšuje velikost dispergiranih delcev, pa lahko dobimo dokaj obstojne emulzije.

V tekočinah lahko dispergirajo tudi plini, zlasti s pomočjo *votlih mešal*, pri čemer nastajajo plinsko-tekočinske zmesi.

S **turbulenco** lahko močno pospešujemo postopek homogenizacije tekočin in suspenzij. Zaradi večje hitrosti tekočinsko zmes hitreje razdelimo na veliko število majhnih vrtincev. S tem ustvarimo možnost za hitrejšo molekularno difuzijo zaradi večje površine na mejnih ploskvah nastalih vrtincev. Toda šele končni rezultat molekularne difuzije omogoča popolno homogenizacijo zmesi.

Določen sistem je idealno homogen takrat, ko so vse molekule vseh komponent ali faz mešanice statično enakomerno porazdeljene v celotnem razpoložljivem volumnu. To je pomembno predvsem, kadar stečejo v raztopinah kemijske reakcije, ki zahtevajo *submikroskopsko* pomešanje medijev, saj bi se sicer reakcija razvila le na površinah elementarnih tekočinskih vrtincev.

5. Mešalne posode za mešanje tekočin

Tekočine in suspenzije običajno mešamo v posebnih posodah, ki jih imenujemo **mešalni kotli**, s pomočjo posebnih mešalnih orodij oz. **mešal**.

Razlikujemo :

- mešalno posodo oz. mešalni kotel in
- mešalo z mešalno gredjo in reduktorjem števila vrtljajev mešalne gredi.

Mešalno posodo z mešalom imenujemo **mešalnik**.

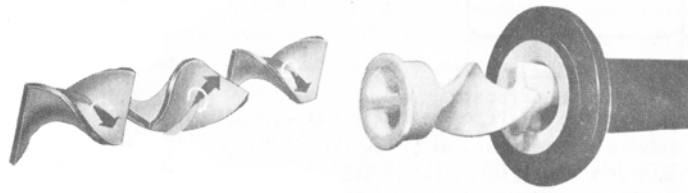
Podobno kot pri mešanju plinov lahko v posebnih primerih, kadar mešamo viskozne tekočine, mešanje opravimo kar v cevovodih. Namesto mešal uporabimo statične (mirujoče) elemente, ki režejo in zvrtničijo tokovnice. Govorimo o **statičnem mešanju** tekočin, ki ga opravljamo s pomočjo kinetične energije tekočin, ki jih s črpalkami pretakamo po cevovodih.

Statični mešalni elementi, ki jih vgrajujemo v cevovode za tekočine, so izvedeni različno in so zato tudi različno učinkoviti. Učinkovitost statičnih elementov je odvisna od njihove geometrijske oblike in od števila elementov v cevovodu. Število novo nastalih slojev tekočine v cevovodu je odvisna od števila statičnih vložkov in so določeni z izrazom :

$$S = 2^n \text{ do } S = 2^{n+1}$$

n = število statičnih (kinetičnih) elementov v cevovodu

S = število novo nastalih slojev tekočine v cevovodu

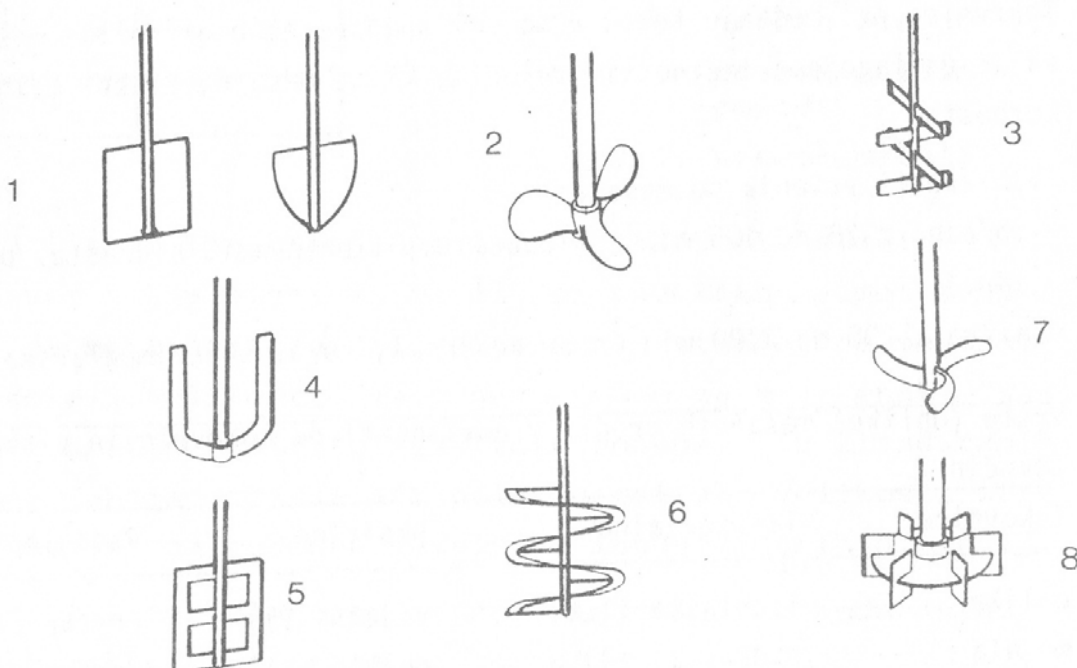


Statični mešalni elementi^[2]

Pri istočasnem turbulentnem pretoku dveh tekočin skozi prazne cevovode prihaja do homogenizacije, ob pogoju približno enake gostote tekočin, šele takrat, ko doseže dolžina cevovoda najmanj 100-kratni premer cevi, če naj bo končna razlika v koncentracijah komponent manjša od 1%. Intenziteto premešanja v takih primerih podpiramo s tem, da tekočino, ki je v mešanici po svojem volumnu v manjšini, vsesavamo v glavni cevovod s pomočjo injektorjev, kar omogoča mešanje tekočin v praznem cevovodu (s tujko: **in-line blending**).

6. Izbira mešalnih orodij

Izbira mešalnih orodij se ravna predvsem po namenu mešanja glede na viskoznost tekočin, ki jih mešamo. Razlikujemo **hitro** ($200-2000 \text{ min}^{-1}$) in **počasi rotirajoča mešala** ($20-100 \text{ min}^{-1}$).



Glavne oblike mešal^[1]

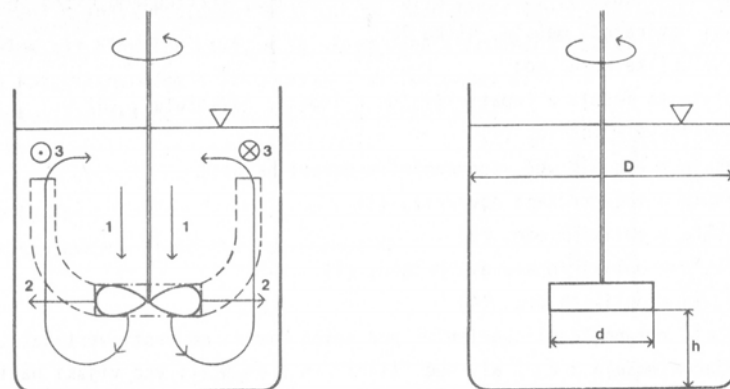
Glavne oblike mešal so :

- mešala v obliki lopate ali plošče (1)
- vijajčna mešala z več listi in z več vijaki na isti osi (2)
- mešala s prečkami navzkriž (3)

- sidrasta mešala (4)
- mrežasta mešala (5)
- mešala v obliki spirale (vijačnice) (6)
- impelerska mešala (7)
- kolutasta mešala z lopaticami (8)
- mešala z nagnjenimi lopaticami
- MIG mešala (večstopenjska-impulzna-protitočna mešala)
- votla mešala
- kolutna zobata mešala

Ta mešala se uporabljajo zlasti za dispergiranje suspenzij za emulgiranje tekočin. Delujejo brez lomilcev toka, ker delujejo le v neposredni rotorja kot mešalo, ne vrtinčijo pa celotne tekočinske mase.

Pri obeh vrstah mešal sta predvsem pomembna **smer gibanja tekočine** med mešanjem (aksialna, radialna, tangencialna), **razmerje d/D** in **razdalja mešala do dna posode h/D** .



Smer gibanja tekočine in razmerje D/d v mešalnih posodah ^[2]

Tokovnice pri mešanju tekočin so odvisne pretežno od oblike mešala, ta pa naj bo prilagojena lastnostim tekočin (zlasti viskoznosti).

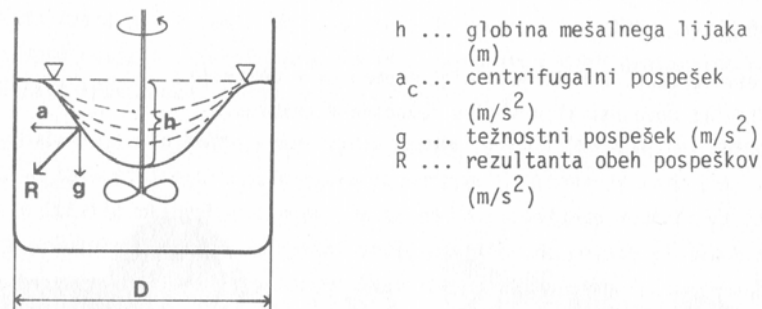
Oblike mešalnih orodij v odvisnosti od tokovnic in viskoznosti tekočin :

Tokovnice	tangencialne	aksialne	radialne
Oblika mešala	lopatasta	vijačna	prečke
	sidrasta	polžna	impeler
	mrežna		kolut

7. Nastanek lijaka pri mešanju

Če v mešalni kotel vgradimo mešalo centrično, prične pri močnejši rotaciji mešala tekočina rotirati. Zaradi delovanja centrifugalnih sil na masne delce, se površina hitro izoblikuje v obliko **tekočinskega lijaka** ali **trombe**.

Tekočinski lijak nastane pri močnejšem mešanju tekočin v mešalih posodah brez lomilcev toka (statični elementov,...). Lijak, ki zasede obliko rotacijskega paraboloida, je lahko bolj ali manj globok; to presojamo po vertikalni razdalji dna lijaka in njegovega roba.



Oblika tekočinskega lijaka ali trombe^[1]

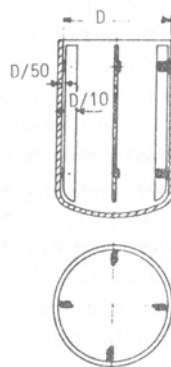
Ko lijak ali tromba doseže dno mešala, prične sesati zrak v tekočino, kar je večinoma nezaželen pojav. Prav tako lahko globok lijak odkrije os mešala, ki tako zgubi stik s tekočino v kateri sicer leži (prav tako povzroči škodljive napetosti v ležaju in tesnilih).

Ko začne mešalo sesati zrak v tekočino, je lijak dosegel svojo **kritično globino**, mešalo pa **kritično število vrtljajev**.

Kritična globina : $h_{krit} = 0,33 \cdot D$, D = premer mešalne posode

Kritično število vrtljajev : $n_{krit} = \frac{C}{\sqrt{D}}$, C = konstanta (1,7 – 5,6)

Tvorbo lijaka lahko zelo učinkovito preprečimo z lomilci toka ali s tem, da os mešala namestimo v mešalno posodo **ekscentrično** (postrani).



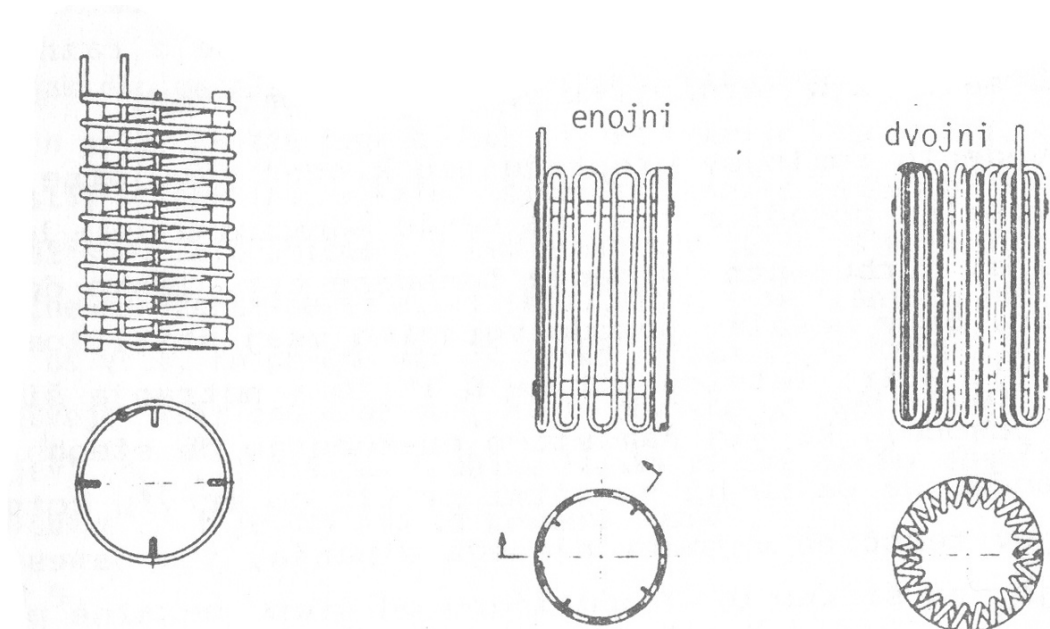
Prekinjevalci (lomilci) toka tekočine^[2]

Prav tako se lijak ne pojavi v mešalnih posodah pravokotnih oblik. Včasih pa namerno stremimo k tvorbi lijaka, kadar želimo preprečiti nastanek pen pri mešanju tekočin.

Zelo pomembna je **dimenzija mešala**, saj lahko, kadar znaša projekcija površine mešala (gledano skozi presek posode preko osi mešala) več kot 20% površine mešalne posode pride do pojava **vrtničenja**. To pomeni, da v posodi ni več učinkovitega turbulentnega gibanja tokovnic in je mešanje slabo. Dober mešalni efekt dosežemo pri izrazitem turbulentnem toku v vse možne prostorske smeri.

8. Ogrevalne ali hladilne cevi v mešalnih posodah

Zaradi prenosa toplote v mešalnih posodah lahko vanje vgrajujemo ogrevalne ali hladilne cevi, ki so v splošnem dveh standardnih oblik :



Cilindrične svitke cevi (levo) in vertikalne svitke cevi (desno) ^[2]

Kadar imamo opravka z cilindričnimi svitke cevi, mora biti mešalo takšne oblike, da tekočino potiska aksialno (v smeri osi mešala). Če bi mešalo potiskalo tekočino pretežno v radialni smeri, bi namreč prišlo do velikega odboja na svitkih – tam se toplota ne prenaša učinkovito. V takih primerih uporabimo vertikalne svitke cevi v kombinaciji z radialno delujočimi mešali.

7. Zaključek

Z spoznavanjem pomena mešanja različnih snovi v industriji opazamo, da je to zelo zapletena operacija. Za snovi, ki imajo različne lastnosti, so namreč naprave zelo drugačne; pomembna je vrtilna hitrost in oblika mešala (v kolikor ga uporabimo), oblika mešalne posode ali cevovoda. V termodinamiki je predvsem pomembno mešanje plinov in procesi, ki pri tem stečejo. Nemogoče je namreč narediti mešalni prekat, ki bi bil toplotno popolnoma izoliran od okolice. Pri tem se računi in enačbe zelo spremenijo.

Pogosto pa snovi ne moremo zmešati do popolne homogenizacije, ker bi ta proces trajal predolgo, saj smo v podjetjih omejeni z izdatki. Tako moramo sprejeti manjšo stopnjo homogenizacije neke snovi in se naučiti delati z njo.

8. Literatura

Pri izdelavi seminarja sem si pomagal z sledečo literaturo :

- [1] Ozim, V.: Osnovne operacije v kemijski industriji. Deželni šolski urad, Trst 1981
- [2] Ozim, V.: Splošna kemijska tehnika. Državna založba Slovenije, Ljubljana 1985
- [3] Vitorovič D.: Hemijska tehnologija. Naučna knjiga, Beograd 1982
- [4] Smith J.M., Van Ness H.C., Abbott M.M.: Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics (Sixth Edition). McGraw Hill, New York 2001
- [5] Rant Z., Tuma M.: Termodinamika. Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani, Ljubljana 2001