

MIEŠANIE

DEFINÍCIA:

Miešanie je proces pri ktorom sa prostredníctvom silového účinku miešacieho elementu dve alebo viac fáz rovnakého alebo rôzneho skupenstva vytvárajú viac alebo menej homogénnu zmes.

Podľa toho aké látky sa miešajú, majú aj zariadenia a miešacie elementy rôznu konštrukciu a tvary.

Vo všeobecnosti terminológia v procesoch zmiešavania látok sa vyvinula tak, že sa hovorí o miešaní partikulárnych látok, o miešaní tekutých látok, alebo miešaní tekutých homogénnych alebo heterogénnych zmesí.

Miešanie je veľmi častá a dôležitá operácia v chemickom a potravinárskom priemysle a nie je veľa technológií, kde sa nenachádzajú miešadlá alebo sa neobjaví proces miešania.

Účelom miešania býva zvyčajne intenzifikácia procesu výmeny tepla, hmoty, alebo príprava zmesí vyžadovaných vlastností (napr. suspendácia, dispergácia a pod.).

PRINCÍP PROCESU:

V nasledujúcej časti textu sa bude hovoriť o miešaní kvapalín, kvapalných zmesí kvapalných zmesí s nízkou koncentráciou tuhej fázy, ktoré zahŕňujú typické procesy miešania látok.

Princíp procesu je založený na tom, že konštrukcia miešacieho zariadenia umožní aby zmiešavané látky prišli do vzájomného kontaktu. Ďalej sa prostredníctvom miešacieho elementu musí zabezpečiť aby sa v zariadení začal prejavovať jeden z nasledujúcich mechanizmov:

- konvektívna difúzia

Vplyv cirkulačného prúdenia spôsobuje, že vzájomné premiešavanie nastane tým, že jednotlivé častice miešaných látok sa pohybujú po dráhach nerovnakej dĺžky a nerovnakou rýchlosťou.

- turbulentná difúzia

Pri turbulentnom prúdení spôsobuje zmiešavanie existencia turbulentných vírov.

- molekulová difúzia

Miešanie sa zabezpečuje rozdielnou koncentráciou zmiešavaných látok.

HNACIA SILA:

Hnacia sila procesu využíva silových účinkov miešacieho element (čo je vlastne tlakový gradient) na miešané látky, rozdielnu koncentráciou zmiešavaných látok v priestore miešadla alebo rozdielne teploty zmiešavaných látok resp. ohrievanej alebo chladenej látky.

Proces miešania sa zastaví ak zanikne tlakový, koncentračný alebo teplotný gradient jednotlivých miešaných látok alebo látky (ideálna zmes). Toto je ideálny proces, ktorý v skutočnosti nenastane, ale výberom vhodného miešadla a doby miešania je možné sa

k nemu limitne priblížiť. To znamená že reálna zmes po ukončení miešania nemá homogénnu koncentráciu.

Homogenizačné účinky miešadiel sa teda posudzujú na základe dosiahnutého stupňa homogenity. Tento je možné definovať napr. vzťahom

$$c^* = \frac{c - c_0}{c_k - c_0} \quad (1)$$

Kde jednotlivé symboly majú nasledujúci význam:

c – koncentrácia v určitom mieste kontinuálneho miešača alebo koncentrácia v určitom čase t v diskontinuálnom miešači

c_0 – počiatočná koncentrácia pridávanej látky na vstupe do kontinuálneho miešača, resp. koncentrácia na začiatku miešania v čase $t = 0$ pri diskontinuálnom miešači

c_k – konečná koncentrácia pridávanej látky na výstupe do kontinuálneho miešača, resp. koncentrácia na konci miešania pri diskontinuálnom miešači, pričom jej hodnota sa dá určiť len výpočtom na základe materiálovej bilancie

ROZDELENIE:

Miešaná sústava môže pozostávať z látok:

- kvapalina - kvapalina (zmiešavanie kvapalín v rôznych procesoch, napr. v chemických reaktoroch)
- tuhá fáza - tuhá fáza (miešanie práškových materiálov, napr. pri výrobe viaczložkových hnojív)
- plynná fáza - plynná fáza (napr. nútená alebo voľná konvekcia teplého a studeného vzduchu)
- kvapalina - tuhá fáza (miešanie práškových pigmentov do farieb)
- kvapalina - plyn (napr. za účelom intenzifikácie prestupu kyslíka v bioreaktoroch)
- tuhá fáza - plyn (napr. za účelom intenzifikácie sušenia tuhých látok vo fluidných sušiarňach)

PRINCÍP VÝPOČTU:

Výpočtu a návrhu miešadiel a štúdiu procesu miešania sa venuje veľká pozornosť. Postupy návrhu miešadiel sú pomerne dobre zvládnuté.

Napriek tomu sa však veľmi často nie je možné vyhnúť experimentom v laboratóriách na malých miešadlách a to hlavne pri látkach ktorých fyzikálno – mechanické vlastnosti sú značne odlišné, alebo dokonca prebieha medzi nimi chemická reakcia, čím sa ich charakter počas miešania mení.

V takom prípade sa na malých zariadeniach sa v laboratórnych podmienkach spravia experimenty a na základe dosiahnutých výsledkov sa navrhnu prevádzkové miešadlá, ktoré sú rozmerovo omnoho väčšie ako laboratórne.

Pri tomto postupe sa využíva teória podobnosti, ktorá umožňuje na základe určitých simplexov navrhnuť miešadlo a nádoby niekoľko násobne väčšie ako sú laboratórne, pričom však sú zachované hlavné parametre procesu, ako sú:

- charakter prúdenia v nádobe
- kvalita homogenizácie v celom objeme materiálu
- intenzita pretupu látky
- intenzita prestupu tepla a pod.

Teória modelovania (podobnosti) vychádza z určitých simplexov, ktoré sú dôležité pre zachovanie charakteru procesu miešania v malom (obyčajne laboratórnom zariadení) a v navrhovanom (prevádzkovom) zariadení.

Tieto simplexxy môžu byť napr.:

$$\Gamma_1 = \frac{D}{d} \quad (2)$$

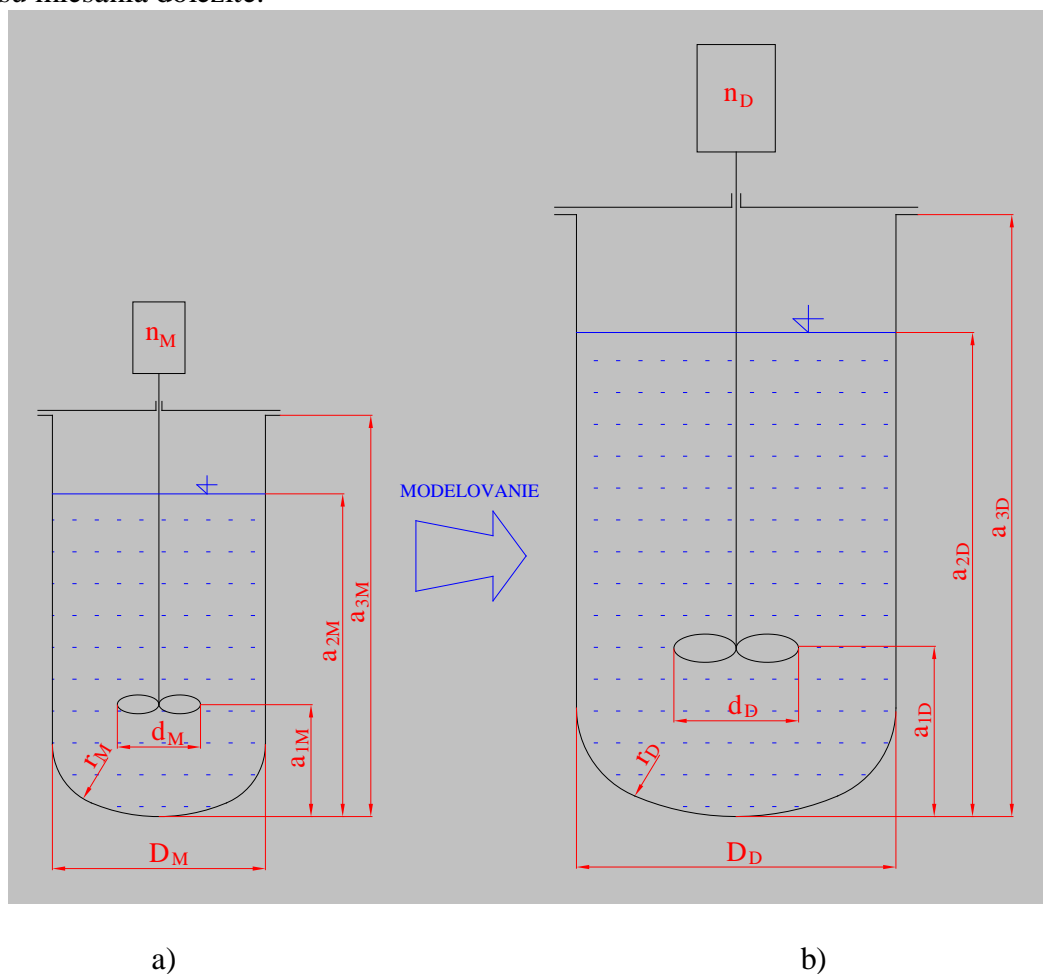
$$\Gamma_2 = \frac{D}{a_1} \quad (3)$$

$$\Gamma_3 = \frac{D}{a_2} \quad (4)$$

$$\Gamma_4 = \frac{D}{a_3} \quad (5)$$

$$\Gamma_5 = \frac{d}{n} \quad (6)$$

Uvedené simplexxy sú geometrické predstavujú len jednoduchý príklad. Tvar simplexov a parametre v nich obsiahnuté závisia od toho, aké parametre miešadla sú pre modelovanie procesu miešania dôležité.



Obr. 1 Laboratórne a prevádzkové miešadlo a príklad možných hlavných parametrov miešadla pre tvorbu simplexov pre modelovanie. a) laboratórne miešadlo, b) prevádzkové miešadlo.

Hodnoty všetkých simplexov musia pre laboratórne (model) a aj prevádzkové (dielo) zariadenie byť rovnaké. Potom sa zo simplexov získaných na základe rozmerov laboratórneho zariadenia vypočítajú rozmery prevádzkového zariadenia.

Napríklad simplex (2) sa vypočíta:

$$\Gamma_1 = \frac{D}{d} = \frac{D_M}{d_M} = \frac{D_D}{d_D} \quad (7)$$

Potom sa zvolí napr. priemer nádoby D_D a priemer miešadla d_D sa vypočíta zo simplexu. Takto sa postupuje pri výpočte všetkých dôležitých rozmerov.

Keď sú už známe rozmery miešadla, je potrebné navrhúť príkon potrebný na jeho pohon. Tento obyčajne nie je úmerný zväčšeniu nádoby a to hlavne pri neneutonských kvapalinách. Preto je potrebné dodržať nasledovný postup. Teoreticky výpočet príkonu miešadla by vyžadoval znalosť rýchlostného poľa v miešanej kvapaline. Takto získané riešenie by bolo veľmi náročné na čas, ako aj na riešenie, čo by vyžadovalo výpočtovú techniku. Preto sa na výpočet príkonu využíva hydrodynamické modelovanie.

postup návrhu miešadla pre miešanie newtonských tekutín.

V nasledujúcej časti textu je uvedený postup návrhu miešadla pre miešanie newtonských tekutín.

Pre návrh príkonu miešadiel sú dôležité dve bezrozmerné kritériá. Charakter prúdenia tekutiny v nádobe definuje Reynoldsovo číslo

$$\text{Re} = \frac{nd^2\rho}{\eta} \quad (8)$$

Príkonové číslo pre miešanie definuje veľkosť príkonu potrebného na pohon miešadla aby sa v ňom zabezpečil režim prúdenia daný Reynoldsovým číslom.

$$\text{Po} = \frac{P}{\rho n^3 d^5} \quad (9)$$

kde n je frekvencia otáčania miešadla (s^{-1}),
 d - priemer miešadla (m),
 ρ - hustota (špecifická hmotnosť) miešanej kvapaliny ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$),
 η - dynamická viskozita miešanej kvapaliny ($\text{Pa}\cdot\text{s}=\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)
 P - príkon potrebný na miešanie (na otáčanie miešadla) (W)

Vo všeobecnosti teda pre miešanie newtonových kvapalín platí závislosť medzi kritériami

$$\text{Po} = f(\text{Re}) \quad (10)$$

Ako už bolo spomenuté, obyčajne sa uvažuje aj so simplexami potom pri sledovaní vplyvu zmeny niektorého z geometrických parametrov treba rovnicu (10) rozšíriť o príslušné geometrické simplexity a rovnica prejde do tvaru:

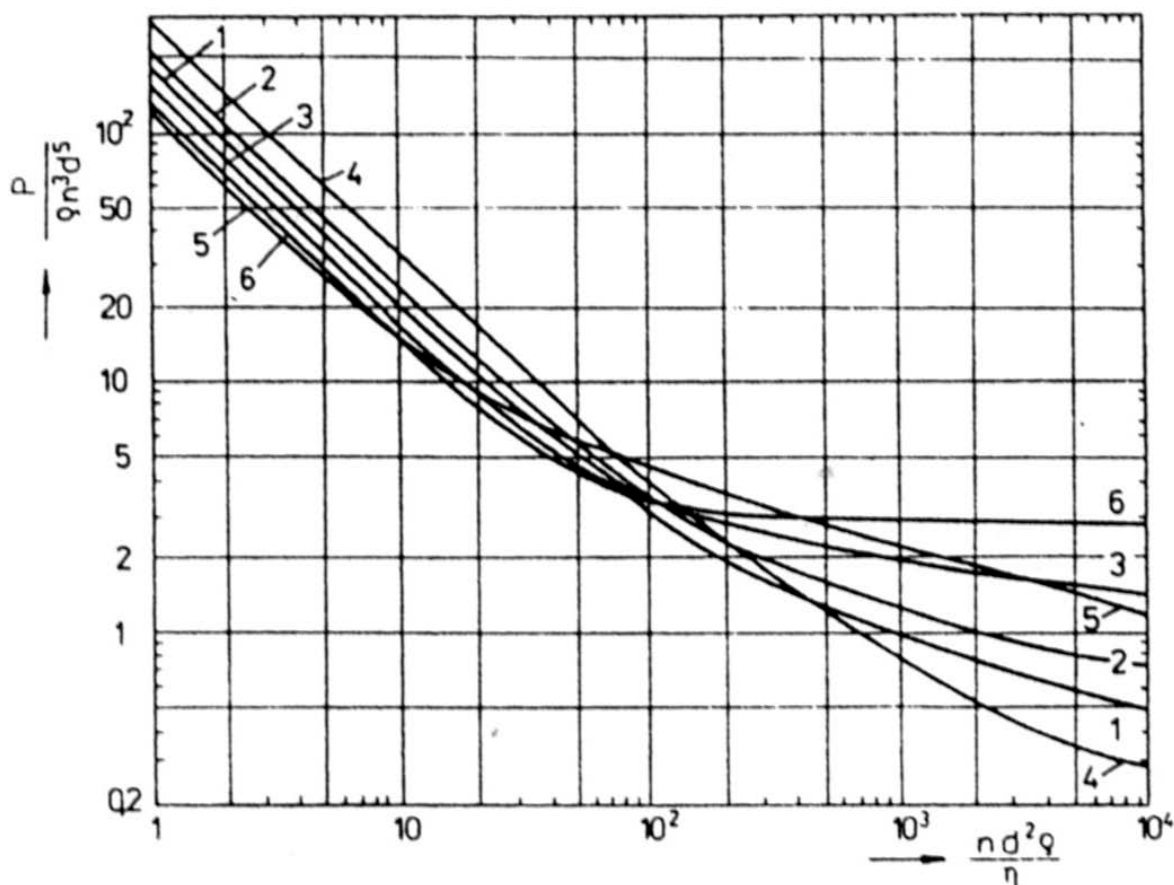
$$Po = f(\text{Re}, \Gamma_1, \Gamma_2, \dots, \Gamma_n) \quad (11)$$

kde Γ_i je všeobecný geometrický simplex, napr. D/d a podobne.

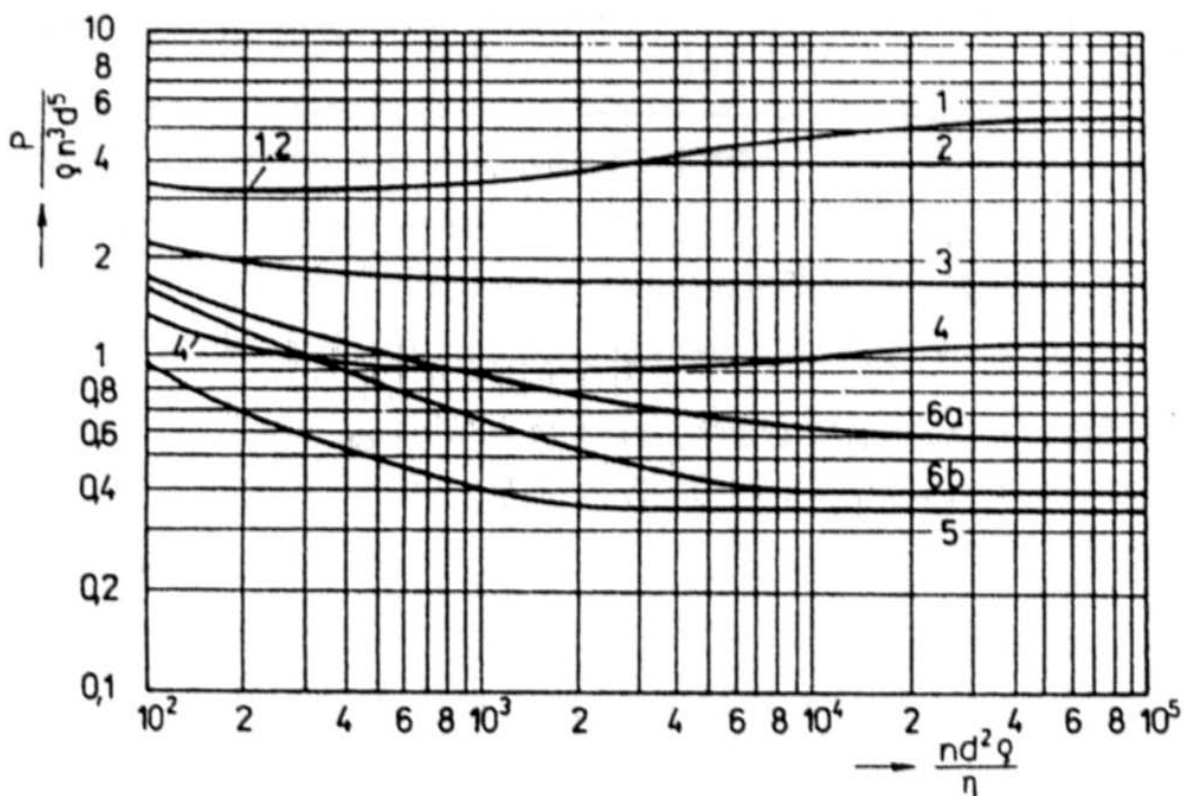
Pri návrhu miešacích zariadení sa spravidla volia miešadlá s geometrickými parametrami odporúčanými normou. Tieto parametre boli navrhnuté na základe praktických skúseností. Z parametrov, ktoré charakterizujú geometriu sústavy nádoba-miešadlo sú najdôležitejšie pomer priemeru nádoby k priemeru miešadla D/d a relatívna výška miešadla nad dnom nádoby a_1/d .

Konkrétny tvar závislosti (11) sa nazýva príkonová charakteristika.

Pre pomalybežné miešadlá je nakreslená na (obr. 2) a pre rýchlobežné čerpadlá je znázornená na (obr.3).



Obr. 2 Príkonové charakteristiky niektorých typov pomalybežných miešadiel. 1. kotvové miešadlo (STN 69 1014b), 2. skrutkové miešadlo s usmerňovacím valcom (STN 69 1028), 3. skrutkové miešadlo umiestnené excentricky, 4. pásové miešadlo (STN 69 1029), 5. listové miešadlo (STN 69 1016), 6. štvornásobné lopatkové miešadlo umiestnené excentricky.



Obr. 3 Príkonové charakteristiky rýchlobežných miešadiel pri miešaní v nádobe. 1. turbínové miešadlo (STN 69 1021), 2. turbínové miešadlo bez deliaceho kotúča, 3. šesťlopatkové miešadlo (STN 69 1020), 4. trojlopatkové miešadlo (STN 69 1025a), 5. vrtulové miešadlo (STN 69 1019a), 6a., 6b. zubové miešadlá (STN 69 1038a)

Oblasť plazivého prúdenia pri miešaní je obmedzená určitou medznou hodnotou čísla Re , ktorého veľkosť je pre väčšinu miešadiel $Re = 10$.

Pri vyšších hodnotách Re sa už začínajú uplatňovať zotrvačné sily a príkonová charakteristika sa zakrivuje. Ak sú v nádobe umiestnené narážky, potom pri hodnotách $Re > 10^4$ je v nádobe už úplne vyvinuté turbulentné prúdenie a príkonové číslo nadobúda konštantnú hodnotu. Hodnota tejto konštanty závisí od typu použitého miešadla.

Je však potrebné upozorniť, že pri veľmi vysokej intenzite miešania môže aj pri použití narážok dôjsť k strhávaniu vzduchu do kvapaliny lokálnymi turbulentnými vírmi na hladine.

Postup pri návrhu miešadla je nasledujúci:

1. Na základe skúseností alebo výsledkov laboratórnych pokusov sa vyberie typ miešadla. Ak je potrebné, spravia sa laboratórne pokusy na malom miešadle takého typu, aké má byť použité v prevádzke.

2. Vypočíta sa Re podľa (8) pre toto miešadlo a vypočítajú sa potrebné simplexity Γ_1 . Tieto parametre zostávajú konštantné aj pre prevádzkové miešadlo.

3. Simplexity získané z malého miešadla sa použijú pre výpočet rozmerov prevádzkového miešadla.

4. Do grafu (obr. 2), resp. (obr. 3) sa nanesie hodnota Re a vyhladá sa čiara, ktorá odpovedá príslušnému typu miešadla. Z priesečníka tejto čiary a priamky odpovedajúcej Re sa odčíta na osi y príkonové číslo Po . Z neho sa potom vypočíta príkon na pohon miešadla s rozmermi a parametrami odpovedajúcimi prevádzkovému miešadlu.

5. Okrem výpočtu rozmerov a príkonu na pohon miešadiel sa rieši ešte viacero ďalších požiadaviek, ktoré sú náročné na emperické poznatky a skúsenosti.

K tým najdôležitejším teda patrí

- doba homogenizácie
- voľba miešadla
- pri návrhu miešania sústavy kvapalina – plyn sa musí zabezpečiť potrebná dipergácia plynu do kvapaliny, pričom príkon na miešanie prevzdušnenej kvapaliny bude menší ako neprevzdušnenej
- pri návrhu miešania sústavy kvapalina – kvapalina sa musí zabezpečiť potrebná dispergácia dispergovanej kvapaliny do disperznej kvapaliny
- pri návrhu sústavy kvapalina - tuhé častice sa musí zabezpečiť vznos tuhých dispergovaných častíc v kvapaline

To sú spomenuté len tie najbežnejšie problémy, spojené s návrhom miešadiel. Čím zložitejšie látky sa majú zmiešavať, tým je návrh miešadiel problematickejší.

APARÁTY:

V praxi sa používa mnoho rôznych konštrukcií mechanických miešadiel a jednotlivé typy sa rozdeľujú podľa rôznych hľadísk.

Podľa rýchlosti otáčania

- pomalybežné

Pomaly bežné miešadlá pracujú s nižšími otáčkami a vyznačujú sa nižšími hodnotami pomeru priemeru nádoby D k priemeru miešadla d (zvyčajne býva $D/d \leq 2$).

Kotvové miešadlo vytvára v nádobe prevažne tangenciálne prúdenie. Pretože pracuje s malou medzerou medzi miešadlom a nádobou, je vhodné na intenzifikáciu prestupu tepla v nádobách s vyhrievacím alebo chladiacim plášťom.

Skrutkové miešadlo s usmerňovacím valcom spôsobuje intenzívnu cirkuláciu kvapaliny v celom objeme nádoby. Usmerňovací valec sa dá využiť ako teplovýmenná plocha.

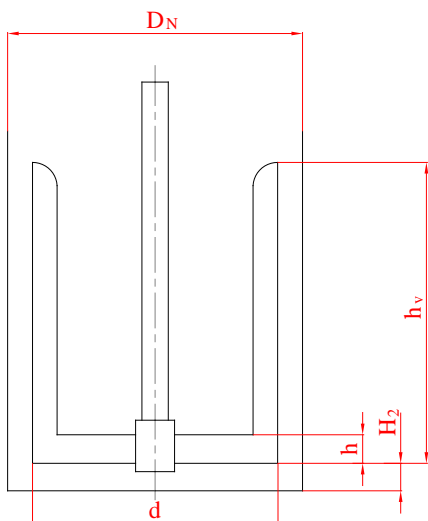
Skrutkové miešadlo v excentrickom usporiadaní vytvára opäť intenzívnu cirkuláciu premiešavacej vsádzky, v porovnaní s usporiadaním s usmerňovacím valcom je konštrukčne jednoduchšie a môže pracovať aj pri premenlivej výške hladiny kvapaliny v nádobe.

Pásové miešadlo sa vyznačuje pomerne malou medzerou medzi listom miešadla a stenou nádoby a je preto vhodné najmä na intenzifikáciu prestupu tepla zo steny nádoby do kvapaliny.

Listové miešadlo predstavuje klasický typ konštrukčne jednoduchého miešadla, avšak v porovnaní s ostatnými typmi sa vyznačuje pomerne nízkou intenzitou zmiešavania, a preto sa v súčasnosti používa veľmi zriedka.

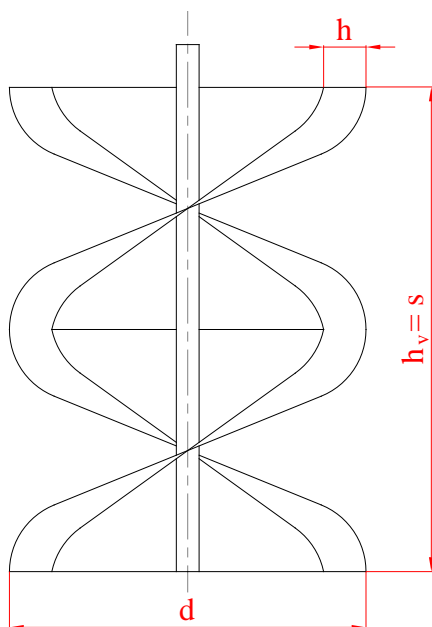
Štvornásobné lopatkové miešadlo so širokými lopatkami zaručuje dobrú cirkuláciu miešanej náplne a je pritom výrobne menej náročné ako miešadlo skrutkové.

TVAR MIEŠADLA



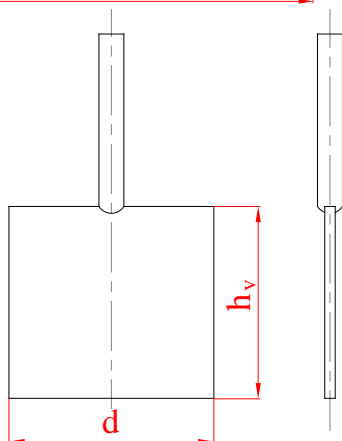
NÁZOV
Kotvové miešadlo
STN 69 1014b

D/d SIMPLEXY
1,11 $\frac{h_v}{d} = 0,80$
 $\frac{h}{d} = 0,12$
 $\frac{H_2}{d} = 0,055$



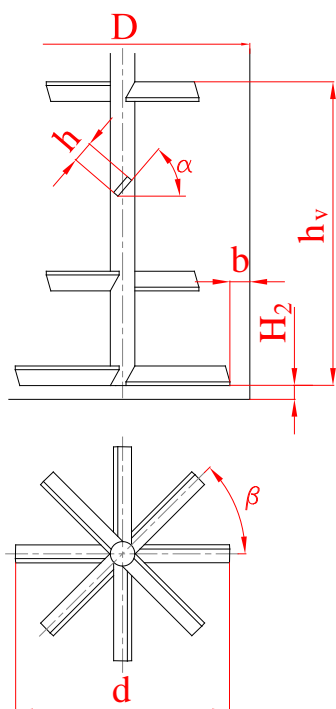
Pásové miešadlo
STN 69 1029

1,05 $\frac{h_v}{d} = 1,0$
 $\frac{s}{d} = 1,0$
 $\frac{h}{d} = 0,1$



Listové miešadlo
STN 69 1016

2,0 $\frac{h}{d} = 1$



Štvornásobné lopatkové miešadlo pre excentrické umiestnenie v nádobe

$$2,0 \quad \frac{h_v}{d} = 1,65$$

$$\frac{h}{d} = 0,2$$

$$\frac{b}{d} = 0,02$$

$$\frac{H_2}{d} = 0,175$$

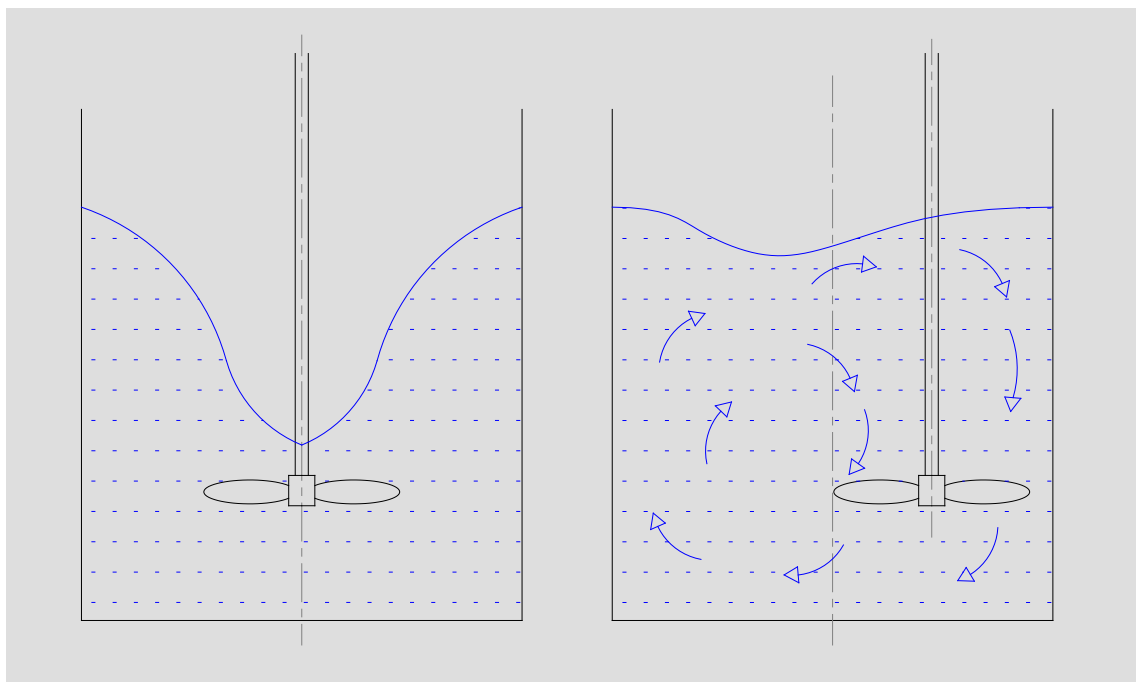
$$\alpha = 45^\circ$$

$$\beta = 45^\circ$$

Obr. 4 Hlavné typy pomalybežných miešadiel.

- rýchlobežné

Rýchlobežné miešadlá pracujú s vyššími otáčkami a v niektorých prípadoch je hriadeľ miešadla priamo spojený s hriadeľom elektromotora. Vyznačujú sa vyšším pomerom D/d (zvyčajne býva $D/d \geq 3$). Rýchlobežné miešadlá sa umiestňujú spravidla centricky do nádoby, v ktorej sú upevnené tiež zvislé narážky široké $0,1D$ (obr. 7). Narážky zabraňujú rotácii kvapaliny, a tým i vzniku stredového víru. V niektorých prípadoch je použitie narážok z technologického hľadiska nežiadúce, napríklad pre potravinárske účely z hygienických dôvodov. V nádobe sa potom vytvára stredový vír, ako je znázornené na (obr. 5a). Prítomnosť stredového víru znižuje intenzitu miešania a môže viesť k prisávaniu vzduchu do kvapaliny. Tvorbu stredového víru možno tiež obmedziť umiestnením miešadla mimo os nádoby (obr. 5b), poprípade šikmo k osi nádoby.



Obr. 5 Vplyv umiestnenia miešadla v nádobe.

Turbínové miešadlo s deliacim kotúčom je najznámejším typom rýchlobežného miešadla. Používa sa najmä na intenzifikáciu prestupu tepla a na dispergáciu plynu do miešanej kvapaliny.

Turbínové miešadlo bez deliaceho kotúča je vhodné v tých prípadoch, kde treba umiestniť turbínové miešadlo blízko dna nádoby. V takýchto prípadoch by pri použití miešadla s deliacim kotúčom (STN 69 1021) značne poklesol jeho čerpací výkon. Zatiaľ čo predchádzajúce typy miešadiel vytvárajú v nádobách prevažne radiálne prúdenie, nasledujúce tri typy miešadiel vytvárajú v nádobe prúdenie predovšetkým axiálneho charakteru.

Šesťlopatkové miešadlo vykazuje dobré homogenizačné schopnosti a je vhodné tam, kde chceme doceliť vznos tuhej fázy v kvapaline.

Trojlopatkové miešadlo má v porovnaní s predchádzajúcim typom nižší príkon, a preto sa môže prevádzkovať pri vyšších otáčkach..

Vrtuľové miešadlo je klasickým typom miešadla s axiálnym prúdením. Pretože je výrobné náročné dodržať presný tvar skrutkovej plochy lopatiek, v poslednom čase sa u nás vrtuľové miešadlo nahrádza miešadlom trojlopatkovým.

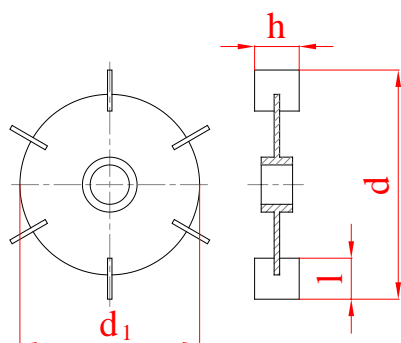
Zubové miešadlá sa používajú prevažne na dispergáciu tuhej fázy v kvapaline. Vyznačujú sa vysokými šmykovými účinkami a pomerne nízkym čerpacím výkonom, ktorý je závislý od výšky zubov.

Kým pomalybežné miešadlá sa používajú takmer výhradne v nádobe bez narážok, v rýchlobežných miešadlách uložených v nádobe centricky sú narážky na potlačenie tvorby stredového víru nevyhnutné.

TVAR MIEŠADLA

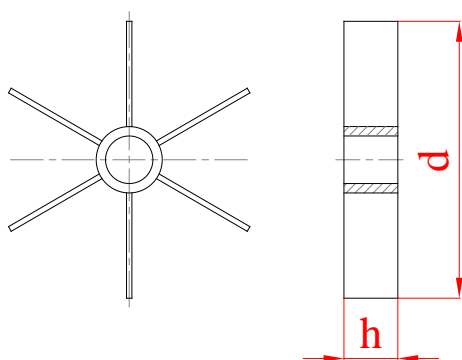
NÁZOV

D/d SIMPLEXY



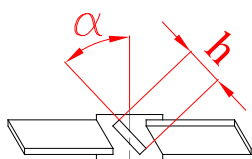
Turbínové miešadlo s deliacim kotúčom STN 69 1021

3,0 až 4,0
 $\frac{h}{d} = 0,20$
 $\frac{l}{d} = 0,25$
 $\frac{d_1}{d} = 0,75$



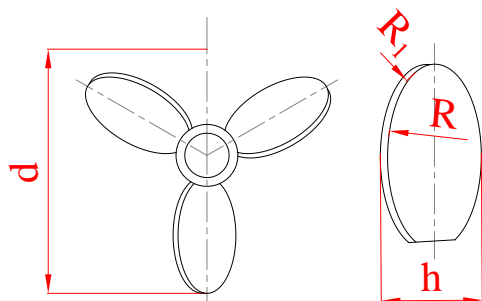
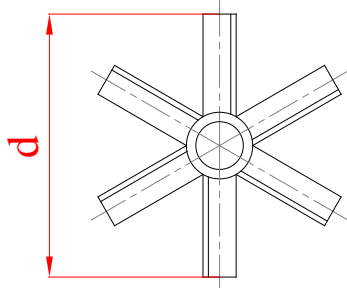
Turbínové miešadlo bez deliaceho kotúča

bez 3,0 až 4,0



Šesťlopatkové miešadlo so šikmými lopatkami STN 69 1020

so 3,0 až 4,0
 $\frac{h}{d} = 0,20$
 $\alpha = 45^\circ$



Vrtuľové miešadlo s konštantným stúpaním STN 69 1019a

miešadlo 3,0 až 4,0
 $\frac{h}{d} = 0,22$
 $\frac{R}{d} = 0,40$
 $\frac{R_1}{d} = 0,16$

Obr.6 Hlavné typy rýchlobežných miešadiel.

- podľa spôsobu prúdenia

Podľa spôsobu prúdenia, ktoré miešadlo spôsobuje pri jeho otáčaní v nádobe s kvapalinou, sa miešadlá delia na s prúdením tekutiny:

- axiálnym

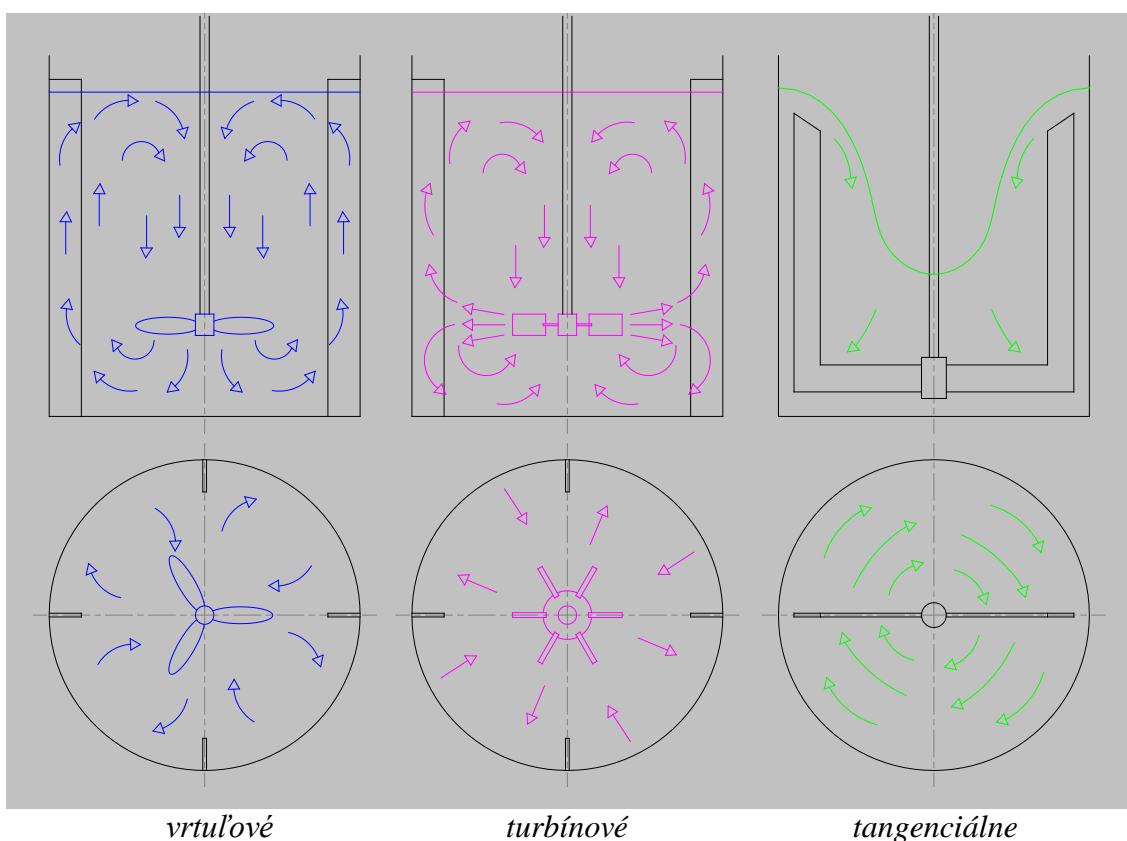
Miešadlá s axiálnym charakterom prúdenia (obr. 7a) vytvárajú v nádobe prúdenie, ktorého prúdnice sú prevažne rovnobežné s osou miešadla. Do tejto skupiny patria napr. miešadlá vrtuľové, miešadlá so sklonenými lopatkami, skrutkové a pásové miešadlá.

- radiálnym

Miešadlá s radiálnym charakterom prúdenia (obr. 7b) vytvárajú v nádobe prúdenie prevažne radiálneho smeru. Patria sem predovšetkým miešadlá turbínové.

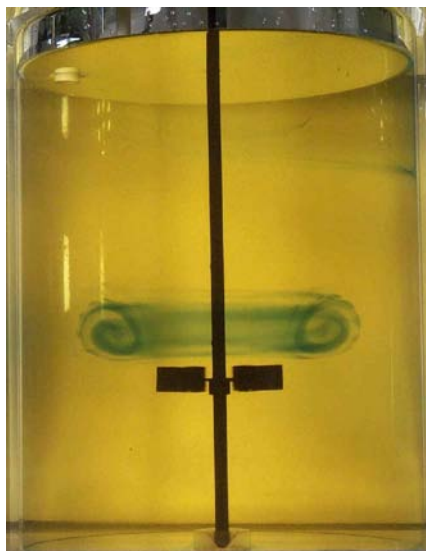
- s tangenciálnym charakterom prúdenia

Miešadlá s tangenciálnym prúdením (obr. 7c) vytvárajú v nádobe prevažne tangenciálne prúdenie v rovinách kolmých na os miešadla. Do tejto skupiny patria predovšetkým pomalybežné miešadlá lopatkové a kotvové.



Obr. 7 Prevládajúce typy prúdenia miešanej tekutej látky podľa typu miešadla. a) axiálne, b) radiálne, c) tangenciálne

PRIEMYSLENÉ APLIKÁCIE



Obr. 8 Prúdenie tekutiny v blízkosti lopatiek miešadla.

Obrázok znázorňuje vznik turbulentného prúdenia v blízkosti vrtuľky rýchlobežného miešadla. Miešaná tekutina má nízku viskozitu a preto sa výrazne prejavuje účinok miešadla na vznik turbulentného prúdenia. Pri takomto miešaní prevládajú zotrvačné sily tekutiny.



Obr.9 Miešanie viskózných látok v potravinárskom priemysle.

Miešanie viskózných látok, napr. v potravinárstve, vytvára tzv. plazivé prúdenie, charakteristické tým, že viskózne sily sú zanedbateľné voči zotrvačným, takže v miešanej kvapaline nevzniká turbulentné prúdenie.



a)

b)



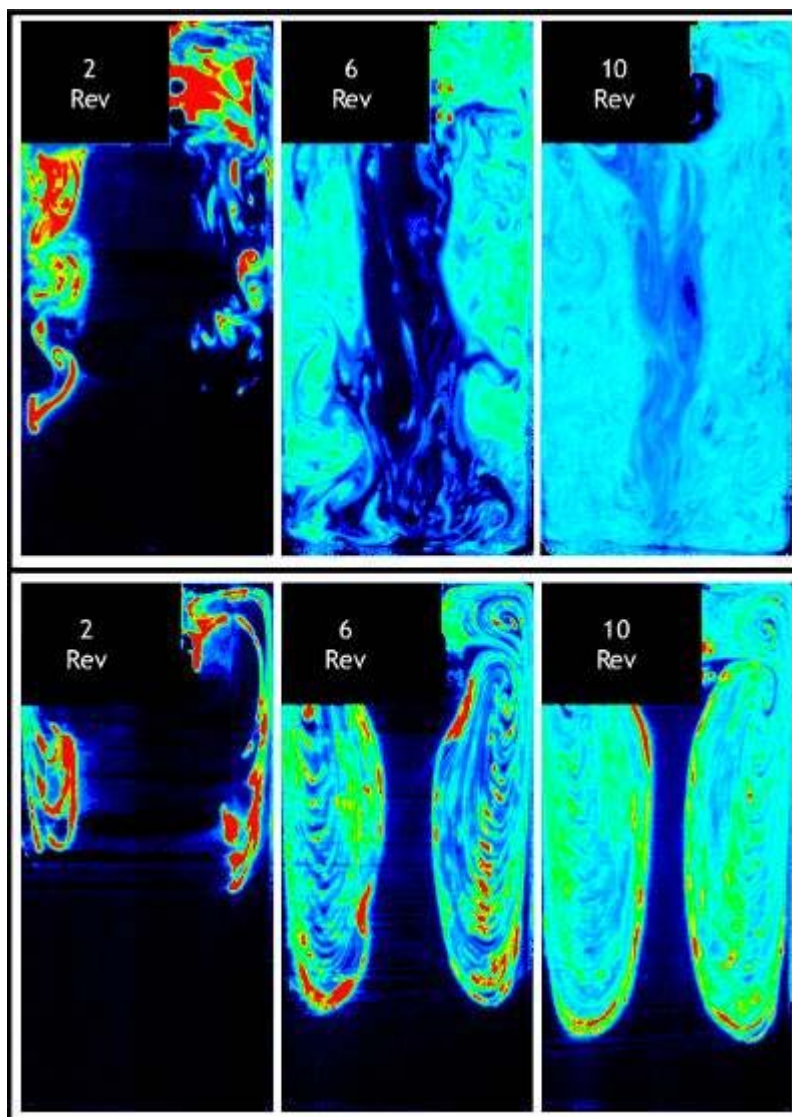
c)

Obr.10 Miešací a areačný systém firmy Mixing Systems, Inc. a) v činnosti na čističke odpadových vôd, b) hlava s tryskami a potrubiami pre prívod kvapaliny a vzduchu, c) tryska.

Táto technológia využíva kombináciu prúdov dvoch tekutín v spoločnej miešacej komore. Jeden prúd je kvapalina a druhý je zvyčajne plyn (trysková aerácia), ale môže to byť tiež kvapalina (tryskové miešanie).

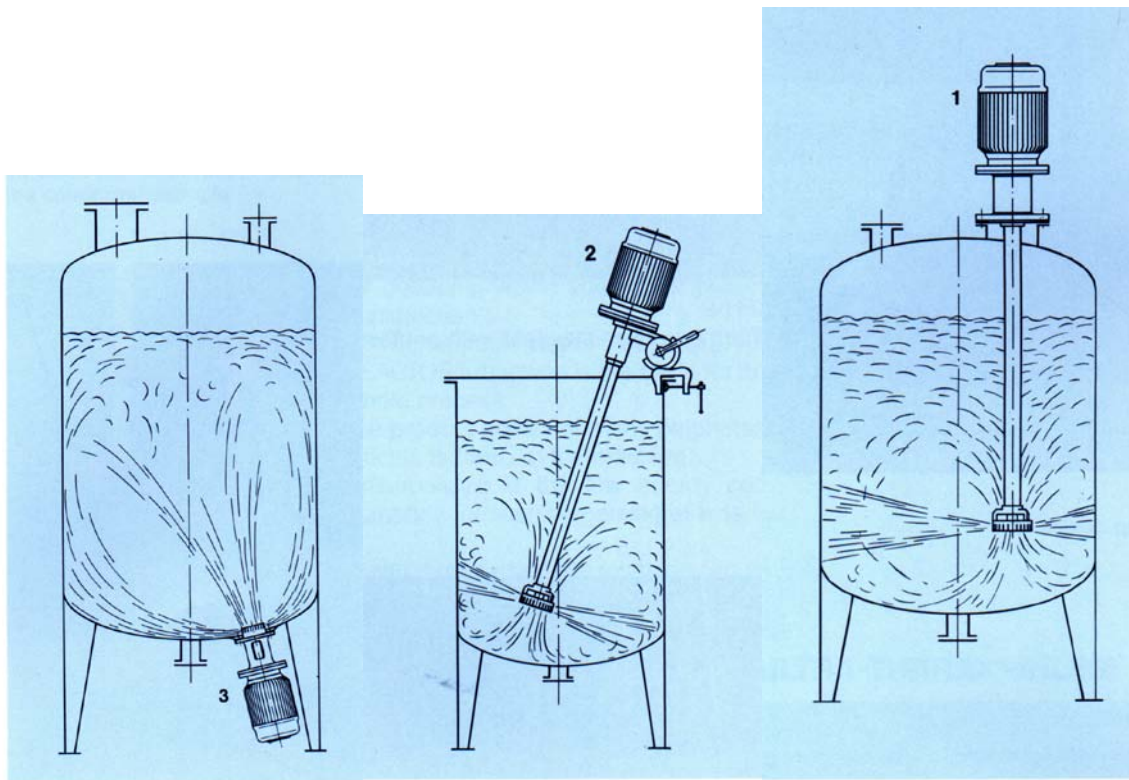
Hlavné komponenty tryskovej aerácie alebo miešania sú:

- dvojité sústredná tryska
- potrubia pre dve tekutiny
- čerpadlá na vytvorenie jemných bublín
- nádrž na tekutinu



Obr.11 Vizualizácia prúdenia tekutiny pri miešaní.

Obr. 11. znázorňuje využitie techniky Laser Induced Fluorescence (LIF) firmou Coanda Research and Development Corporation pre vizualizáciu prúdenia tekutiny pri miešaní v nádobe chemického reaktora. Obrázok znázorňuje prúdenie pre dve, šesť a desať otáčok miešadla. Vo vrchnej časti sú tri obrázky pre $Re = 1500$ a dole tri obrázky pre $Re = 200$.



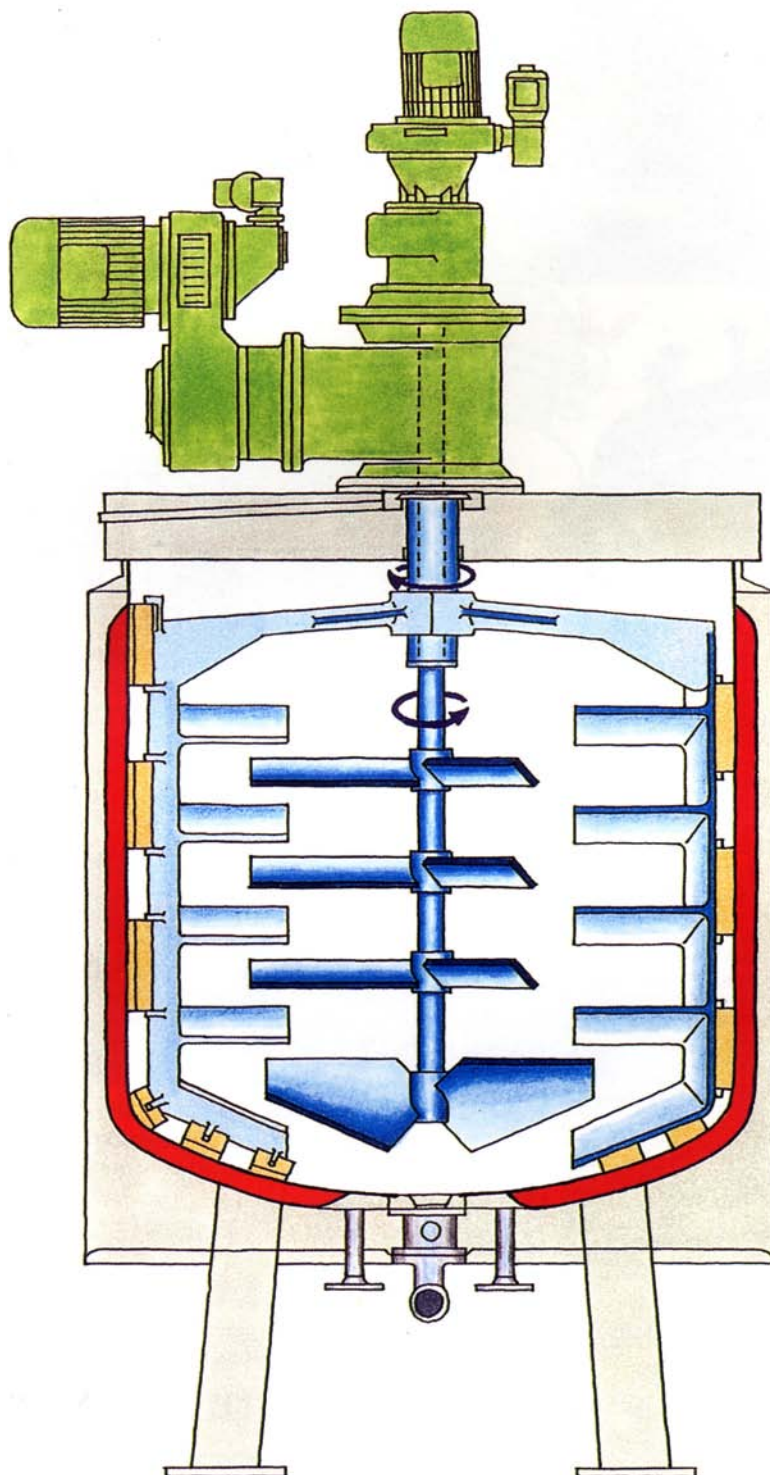
Obr.12 Rôzne polohy rýchlobežného miešadlá Ultra – Turrax v nádobe.

Na (obr.12) je znázornený vplyv umiestnenia rýchlobežného miešadla na prúdenie tekutiny v nádobe. Miešadlo zabezpečuje okrem intenzívneho axiálneho prúdenia aj radiálne prúdenie. Obr.13 znázorňuje rôzne konštrukcie miešadla a jeho uloženie na hriadelí s pohonom elektromotorom.



Obr.13 Rôzne tvary rýchlobežného miešadlá Ultra – Turrax.

Tieto miešadlá sa používajú pre miešanie látok ako sú smotana, vosky, polyméry, farby a pod. Sú teda vhodné pre viskózne látky, ktoré potrebujú šmykové namáhanie.



Obr. 14 Pomalybežné miešadlo s vyhrievanou nádobou.

Na obr. 14 je nádoba s pomalybežným miešadlom. Nádoba ma na vonkajšej strane duplikátor, ktorým je vyhrievaný vnútorný jej priestor. Tým sa zníži viskozita miešanej látky, čo je dôležité aby bolo napr. možné látku vôbec miešať. Aby sa zintenzívnilo miešanie a zabránilo otáčaniu tekutiny v nádobe, v nádobe sú dve miešadlá. Jedno sa pohybuje

v blízkosti steny. Proti nemu sa otáča druhé miešadlo, ktoré má lopatky ktorých tvar zabezpečuje prevažne axiálne prúdenie tekutiny.

ZOZNAM SYMBOLOV

| | | | |
|------------|---|---|-----------------------|
| a_i | - | obecný i – ty dĺžkový rozmer miešadla | [m] |
| b | - | medzera medzi miešadlom a nádobou | [m] |
| c | - | koncentrácia v určitom mieste kontinuálneho miešača alebo koncentrácia v určitom čase t v diskontinuálnom miešači | [-] |
| c_k | - | konečná koncentrácia pridávanej látky na výstupe do kontinuálneho miešača, resp. koncentrácia na konci miešania pri diskontinuálnom miešači, pričom jej hodnota sa dá určiť len výpočtom na základe materiálovej bilancie | [-] |
| c_0 | - | počiatočná koncentrácia pridávanej látky na vstupe do kontinuálneho miešača, resp. koncentrácia na začiatku miešania v čase $t = 0$ pri diskontinuálnom miešači | [-] |
| c^* | - | stupeň homogenity | [-] |
| d | - | priemer miešadla | [m] |
| d_1 | - | priemer kotúča miešadla | [m] |
| h | - | hrúbka listu miešadla | [m] |
| h_v | - | výška miešadla | [m] |
| l | - | šírka listu miešadla | [m] |
| n | - | otáčky miešadla | [s ⁻¹] |
| r | - | polomer dna nádoby | [m] |
| s | - | stúpanie závitú miešadla | [m] |
| D | - | priemer nádoby | [m] |
| H_2 | - | výška kotvového miešadla nad dnom nádoby | [m] |
| P | - | príkon potrebný na miešanie | [W] |
| R, R_1 | - | polomery krivosti lopatky | [m] |
| α | - | uhol sklonu lopatky miešadla | [°] |
| β | - | uhol medzi dvomi lopatkami | [°] |
| η | - | dynamická viskozita | [Pa.s] |
| ρ | - | hustota | [kg.m ⁻³] |
| Γ_i | - | i - ty simplex | [-] |

LITERATÚRA

[1] Vavro K., Peciar M.: Procesné strojnictvo I, STU v Bratislave, Vydavateľstvo STU, Bratislava, 1998, ISBN 80-227-1030-X

PRÍKLADY

1. Výpočet príkonu miešadla

OTÁZKY NA SKÚŠKU

1. Miešanie, rozdelenie miešadiel, postup návrhu miešadla pre miešanie newtonských tekutín.