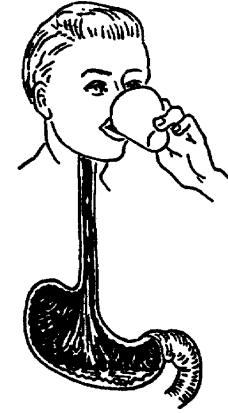




Keverés



Pécsi Tudományegyetem
Gyógyszertechológiai és Biofarmáciai Intézet

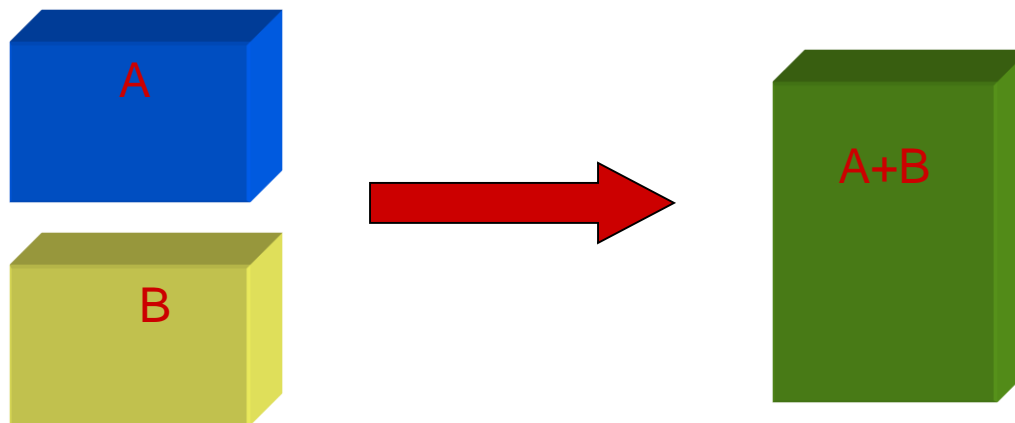


Keverés

A keverés definíciója

- mechanikai művelet - egy rendszerben, az *anyag áramlásának* elősegítése céljából **mozgást** idézünk elő.
- két vagy több anyagot kell átmozgatni, egyesíteni - *homogenizálni* - egyes alkotórészek eloszlása, a meghatározott legkisebb térfogatelemben,
- a kívánt keverési aránynak megfelelően

Keveréskor két vagy több anyagot egyesítünk azért, hogy a legkisebb térfogatelemeikben is meghatározott keverési arányt érjünk el.

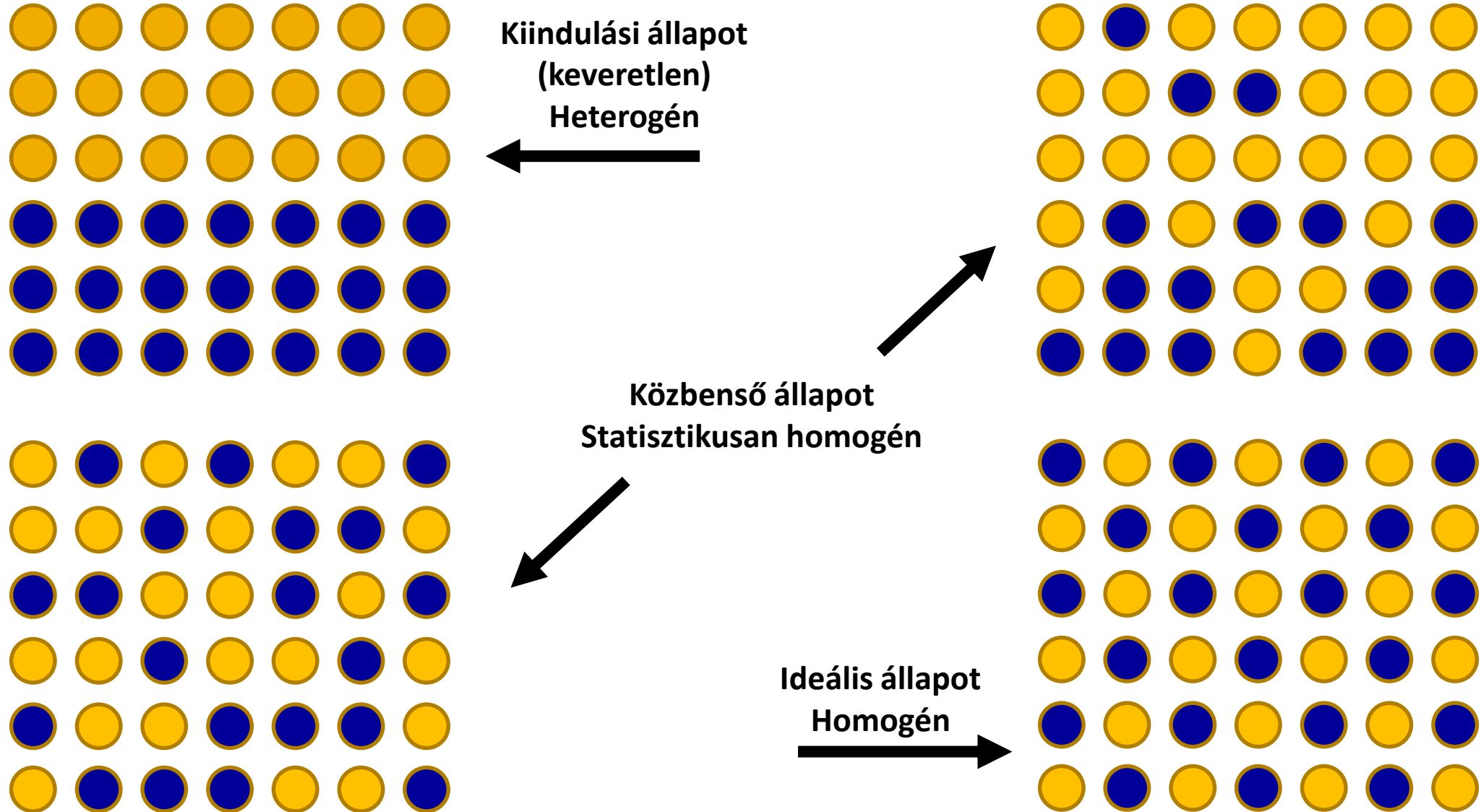


A keverés célja

Anyagoktól, feladattól függ:

- **homogenizálás** (oldatok, elegyek, vagy porkeverékek készítése, nedvesítés),
- **hőcsere** elősegítése (pl.: endoterm, vagy exoterm kísérő folyamattal járó anyagok oldása, olvasztás),
- **anyagátadás** elősegítése (pl.: oldás, fluidizációs szárítás, kristályosítás),
- **szerkezetkialakítás** (pl.: emulzió, szuszpenzió készítése, habosítás),
- **diszpergálás** (emulzió cseppek méretének csökkentése),
- **kémiai reakció** (pl.: dendrimer előállítása polimerizációval),
- **reológiai tulajdonságok** megváltoztatása (pl.: belső szerkezet átalakítása).

Térbeli eloszlás



Keverés

Keverés célja

Homogenizálás. Egyfázisú folyadék esetén a keverés lényege, hogy azonos koncentrációt érjünk el

Szuszpendálás. Szemcsés anyag elosztatása folyadékban

Emulgeálás. Folyadék elosztatása egy másik vele nem elegyedő folyadékban

Szemcseméret csökkentés

Hőcsere. Fűtés, hűtés intenzifikálása

A gyógyszerészi gyakorlatban

- **Önként keveredő:**

- hőmozgása
- lassú folyamat

gázok, kis viszkozitású folyadékok, / az inhomogenitást az egyenlőtlen koncentráció /hőmérsékletkülönbség - diffúzióval

- **Önként nem keveredők:**

- *keveredettségi állapotukat **megtartó** rendszerek*
 - porok, nagy viszkozitású folyadékok, stabil diszperz rendszerek
- *keveredettségi állapotukat **nem megtartó** rendszerek*
 - a szuszpenziók, emulziók/állás közben szétválnak, fázisokra különülnek el

Keverés alkalmazása

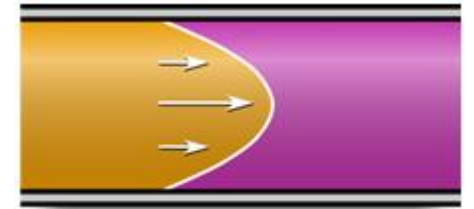
homogenizálás,
elegyítés,
diszpergálás (emulgeálás,
szuszpendálás),
hőközlés,
hűtés,
nedvesítés,
szárítás,
kristályosítás,
aprítás,

granulálás,
kenőcskészítés,
kúpkészítés,
mikrokapszulázás,
mikropelletezés,
nano-készítmények előállítása,
kémiai reakciók,
biofarmáciai vizsgálatok (pl.: kioldódás,
membrán permeabilitás),
bevonás

Anyagok áramlása

- **Lamináris áramlásban**

- a részecskék sebességvektora párhuzamos, az áramvonal mentén (a csőtengellyel párhuzamosan),
- rendezett, haladó mozgást végeznek, egymás mellett haladnak anélkül, hogy egymással összekeverednének.
- a közegben a súrlódási erők nagyobbak, mint a tehetetlenségi erők.



- **Turbulens áramlásban**

- a részecskék mozgása csak összességében mutatja az áramvonalat,
- a részecskék tetszőleges, egymásba fonódó, gomolygó,
- örvénylő mozgása következtében az egymás melletti rétegek keverednek.



Matematikai kifejezések

Az **Euler szám** (Eu) a keveréskor fellépő, áramlásra jellemző dimenzió nélküli szám:

$$Eu = \frac{P}{d^5 n^3 \rho}$$

P = a keverő teljesítmény szükséglete

d = a keverő átmérője

n = a keverő fordulatszáma

ρ = a folyadék sűrűsége

A **Reynolds szám** (Re), szintén dimenzió nélküli keverési jelzőszám.

Re értéke lamináris tartományban (a keverőtől függően) 10-60,

a turbulens tartományban pedig $>10^3$.

$$Re = \frac{d^2 n \rho}{\eta}$$

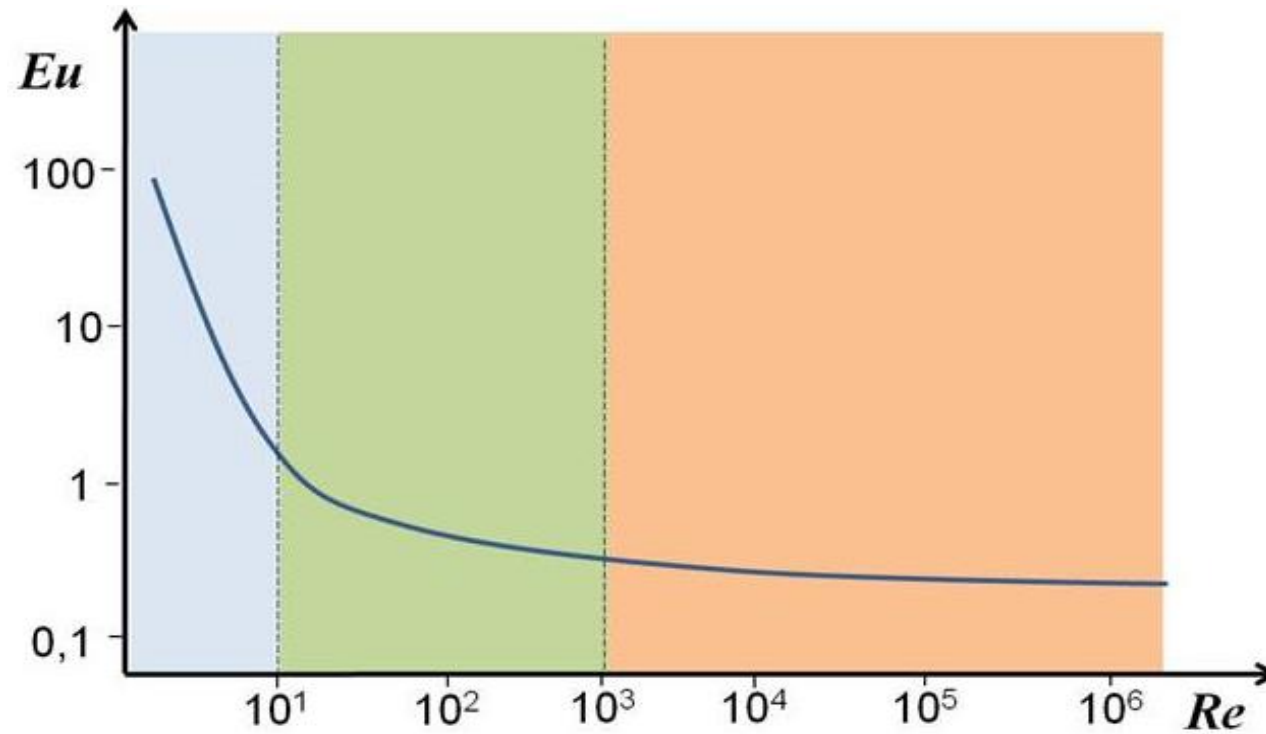
d = a keverő átmérője


n = a keverő fordulatszáma

ρ = a kevert anyag sűrűsége

η = a kevert anyag viszkozitása

Keverési Eu-Re diagram



-  lamináris
-  átmeneti
-  turbulens tartomány

A keveréshez szükséges teljesítmény

$$F = \rho \cdot A$$

F = közegellenállási erő

ρ = közeg sűrűségétől

A = a mozgás irányába eső vetületétől

$$P = N_e \cdot \rho \cdot n^3 \cdot D^5$$

P = keveréshez szükséges teljesítmény

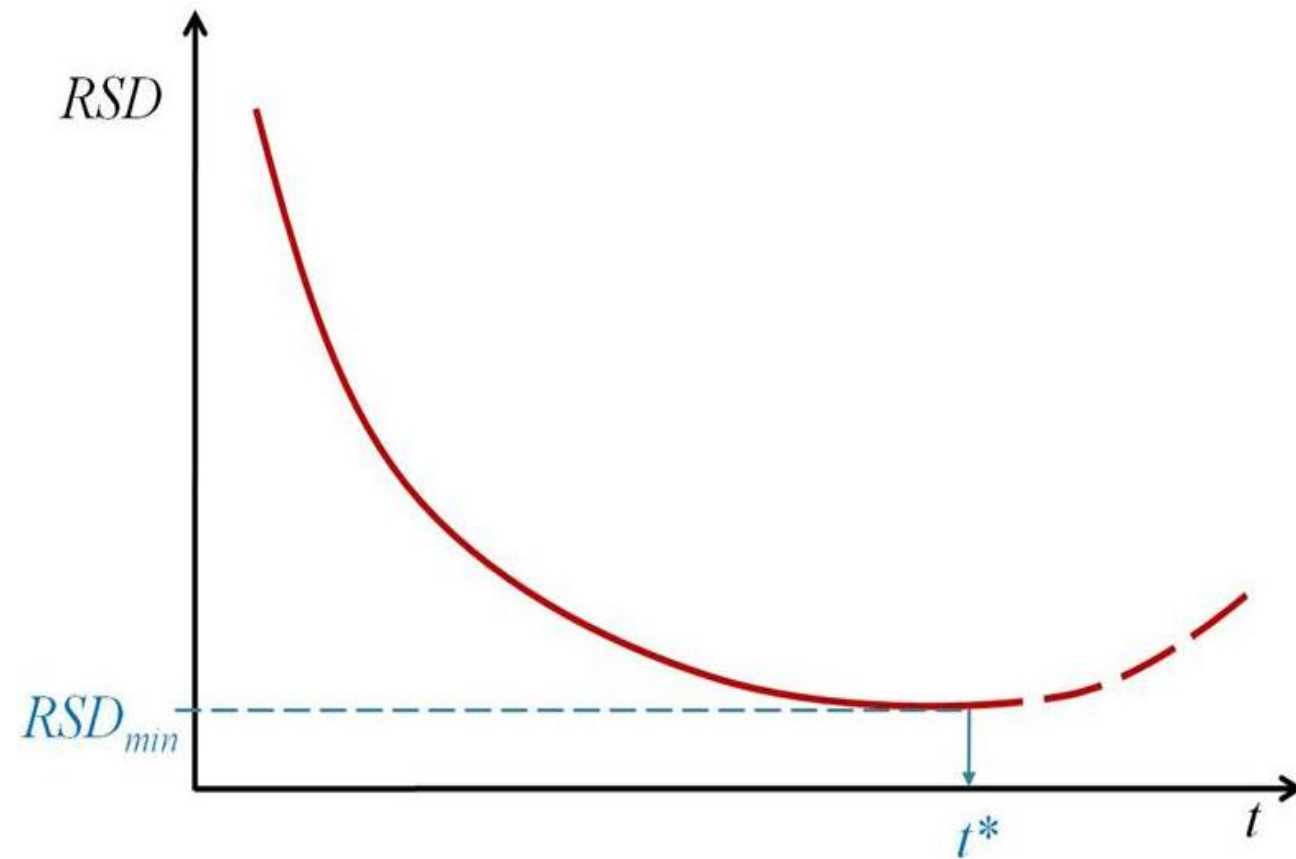
N_e = Newton-szám (ellenállási tényező) [dimenzió nélküli szám]

ρ = a kevert anyag sűrűsége

n = fordulatszám

D = a keverő fordulatszáma

Optimális keverési idő



Keverés

A keverendő anyag fontosabb tulajdonságai, amelyeket a keverésnél figyelembe kell venni

- mennyiség (méret)
- viszkozitás (keverés sebessége, ereje)
- sűrűség (u.a.)
- oldódási sebesség (keverési idő)
- illékonyság (zárt rendszer, vagy pl. visszaforgató rendszer)

Keverés

● Milyen keverőt használjunk ?

A keverő kiválasztása attól függ, hogy mit keverünk:

● folyadék elegy, ● oldás (szilárd anyag oldása folyadékban), ● szuszpenzió, ● emulzió,	} folyékony
● kenőcs, ● paszta készítése	} félszilárd
● por ● granulátum ● drázsémag	} szilárd

Keverés

● A keverés sebessége

● nagyon lassú keverés <100 fordulat/perc

ülepítés, kristályosítás

● közepes sebesség 100- 1000 fordulat/perc

viszkózus anyagok, szirupok, kenőcsök

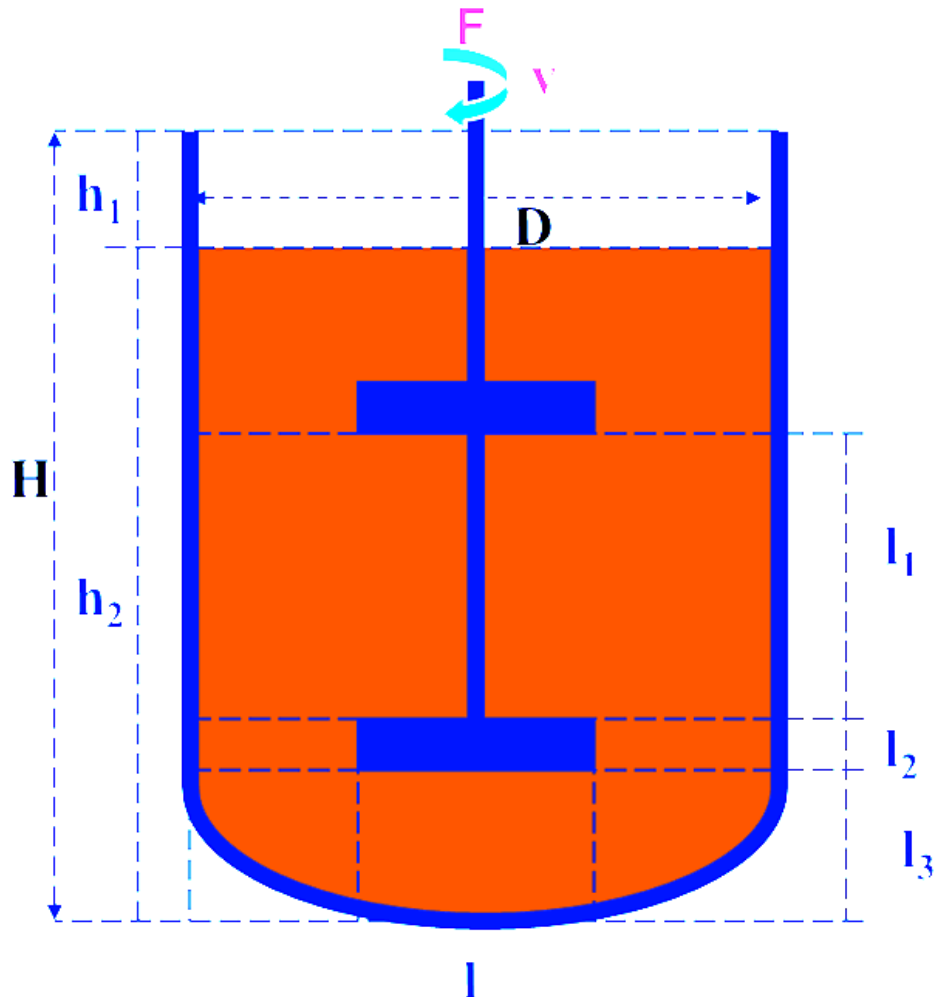
● gyors keverés >1000 fordulat/perc

szilárd anyag oldása, folyadék elegyek előállítása

Folyadékok keverése

Keverés

Keverők és edények fontosabb adatai



H = keverő edény magassága

h_1 = levegő oszlop magassága

h_2 = folyadékoszlop magassága

D = az edény belső átmérője

l = a keverő lapát szélessége

l_1 = a keverőlapátok távolsága egymástól

l_2 = keverő lapát magassága

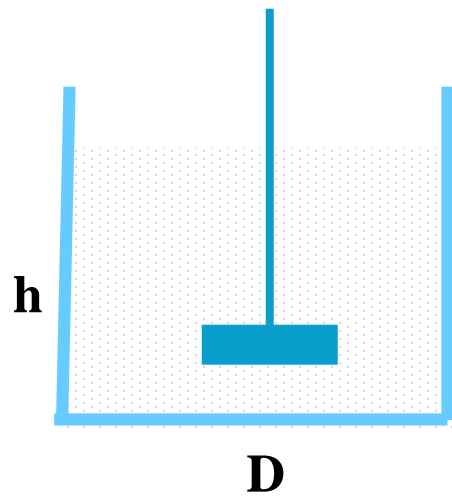
l_3 = keverő lapát távolsága az edény aljától

v = a keverő kerületi sebessége

F = a keverő forgatónyomatéka

Keverés

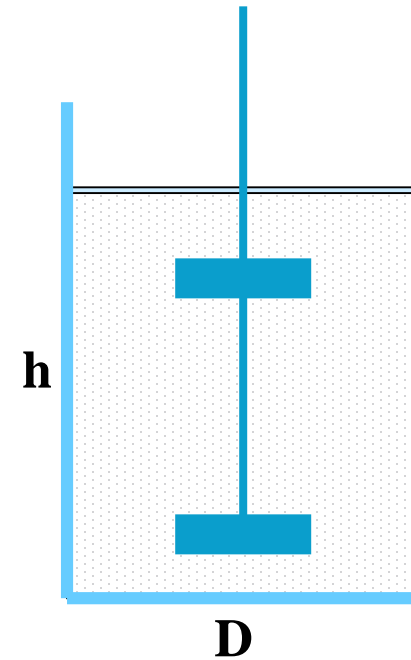
● Keverő edény méretezése



h = magasság
 D = átmérő

jól nedvesedő
anyagok

$$k_1 = \frac{h}{D} \leq 1$$



nehezen nedvesedő
anyagok

$$k = \frac{h}{D} \geq 1,5$$

A keverés módjai

- **mechanikus** (a keverő elem mozgása pl.: rázó gép, vagy forgásos keverő pl.: mágneses keverő),
- **statikus** (valamilyen közeg áramoltatásával kevertetünk),
- **pneumatikus** (levegővel, vagy inert gázzal keverünk).

Folyadékok keverése

Mágneses keverő

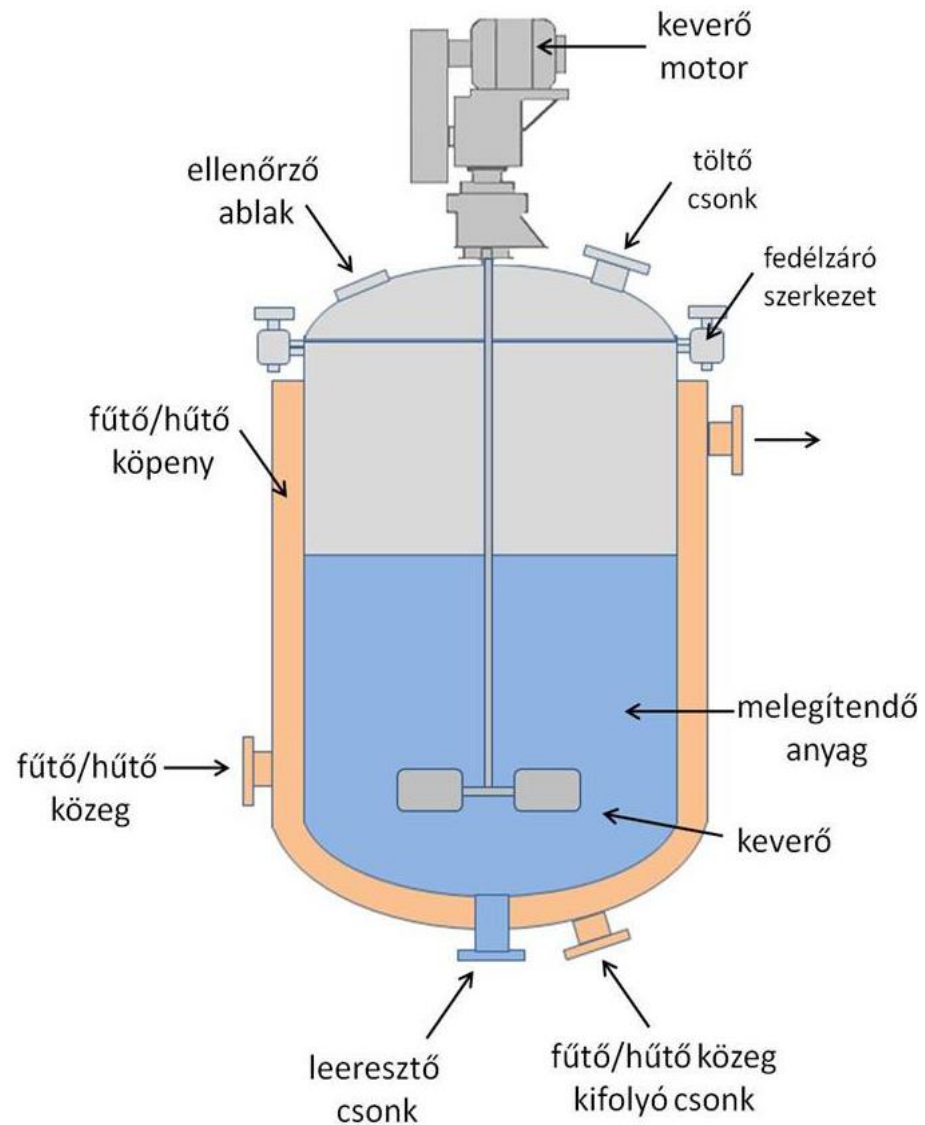


Folyadékok keverése

Rázógépek



Duplikátor



- pl. szirup készítés
- Zárt
- Nyitott

Keverők rendszerzése

Keverés típusai

Anyagáramlás (konvekció) három fő típusa:

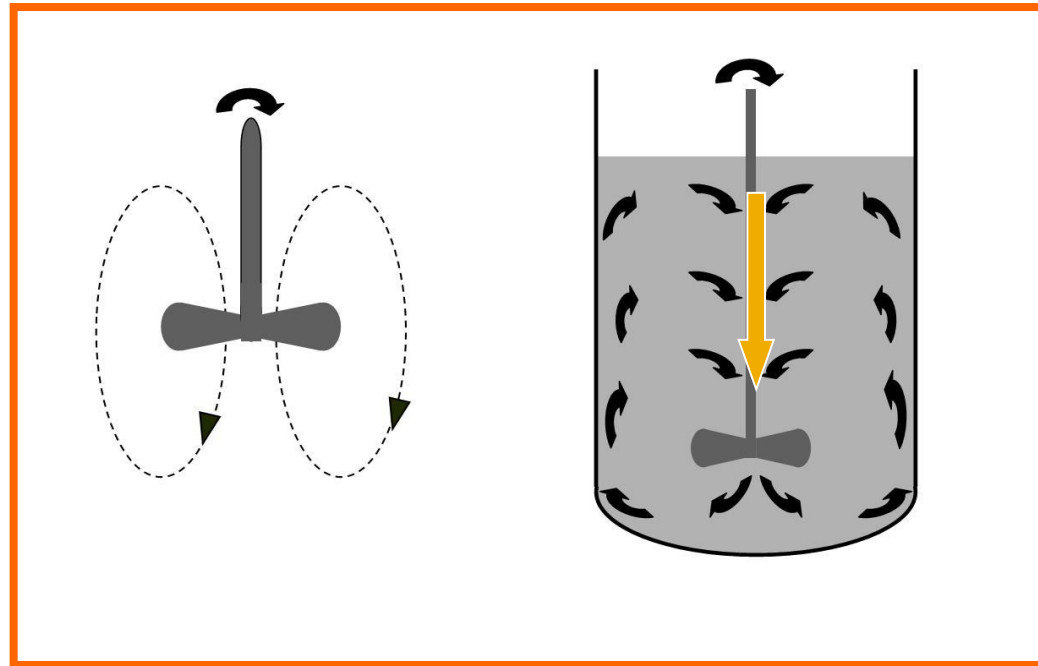
a) axiális

b) radiális és

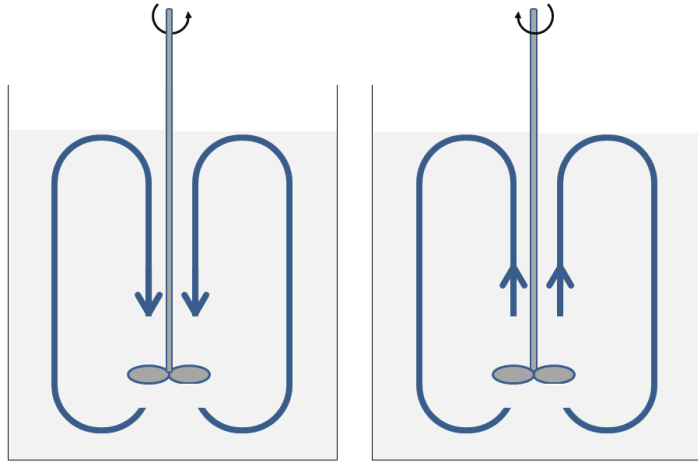
c) tangenciális áramlás.

Keverés során előforduló áramlási típusok

Axiális (tengelyirányú)

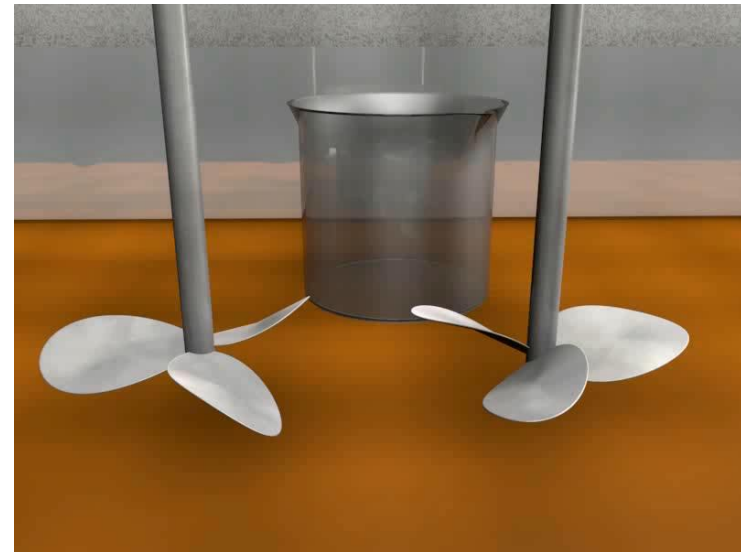
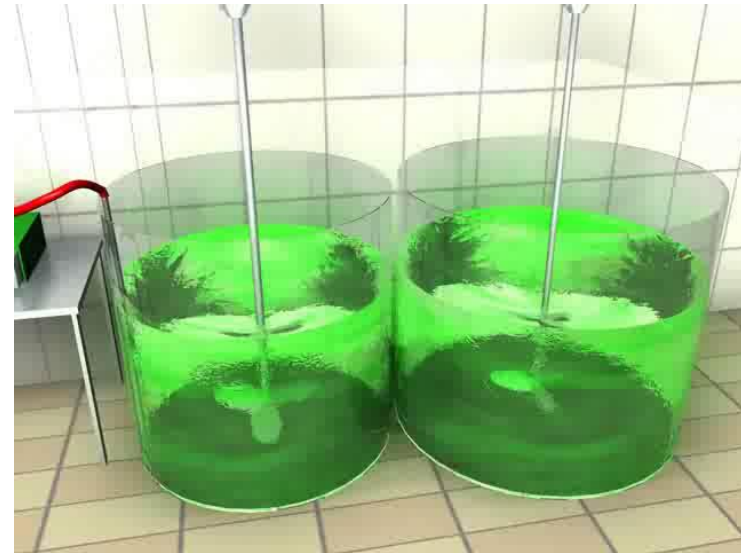


Axiális /tengelyirányú



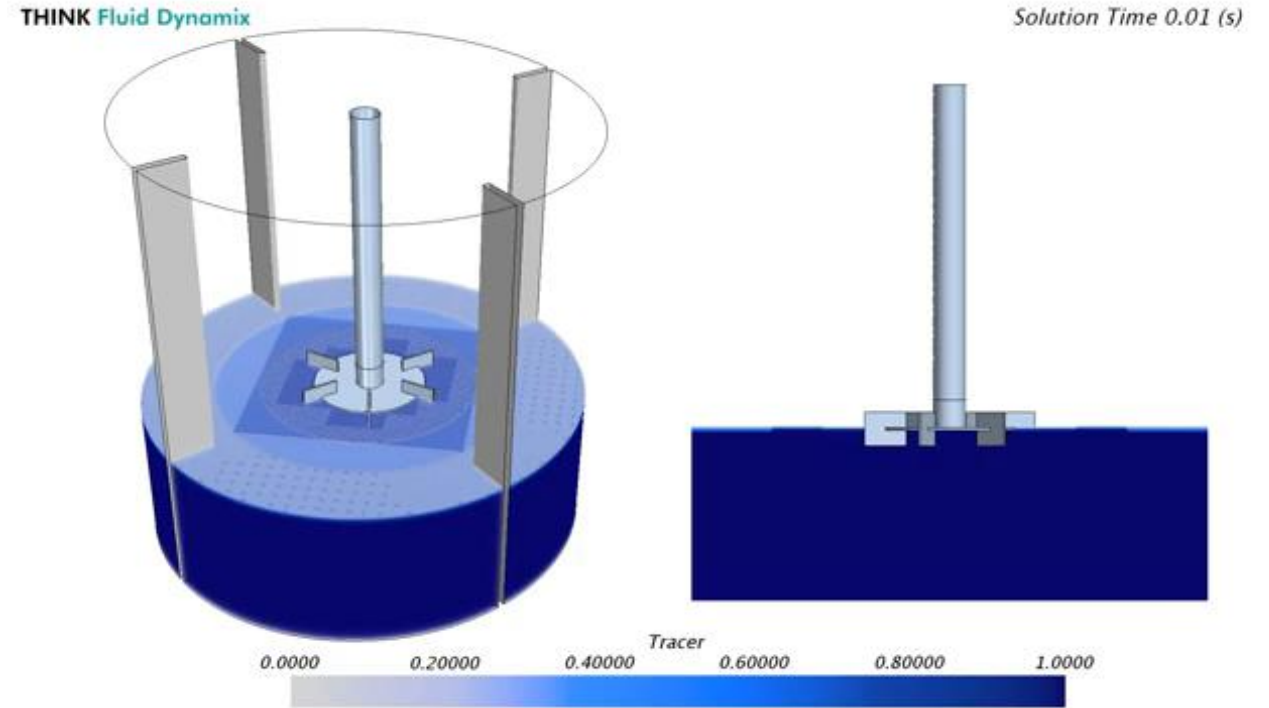
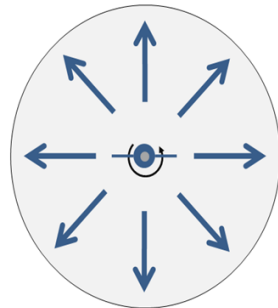
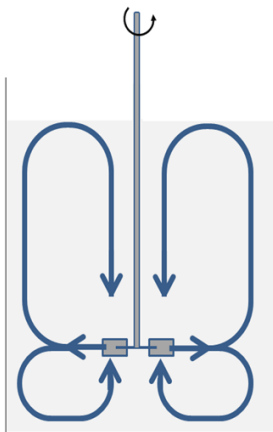
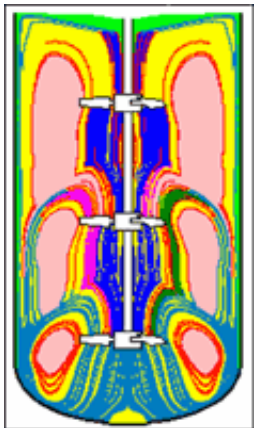
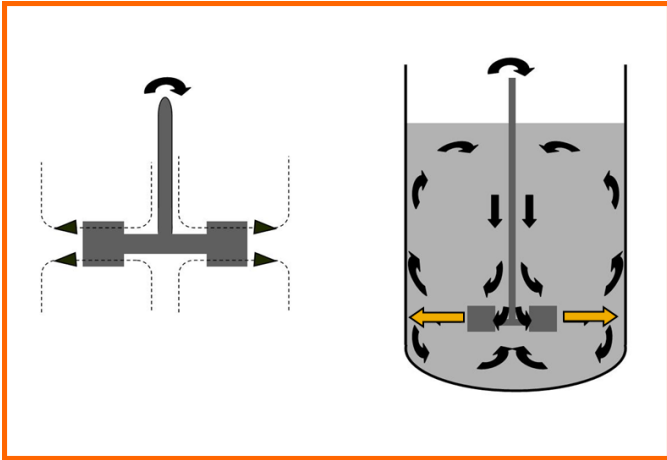
folyékony halmazállapot, kis viszkozitás
viszonylag nagy sebesség

a folyadék oszlop alsó zónája
- turbulencia és nyíróhatás



Keverés során előforduló áramlási típusok

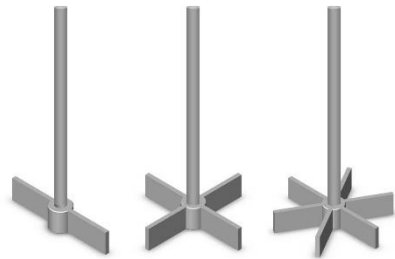
Radiális (sugárirányú)



sugárirány

az edény oldalfalánál vertikális

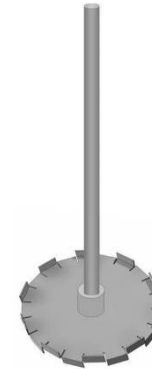
Keverő idomok



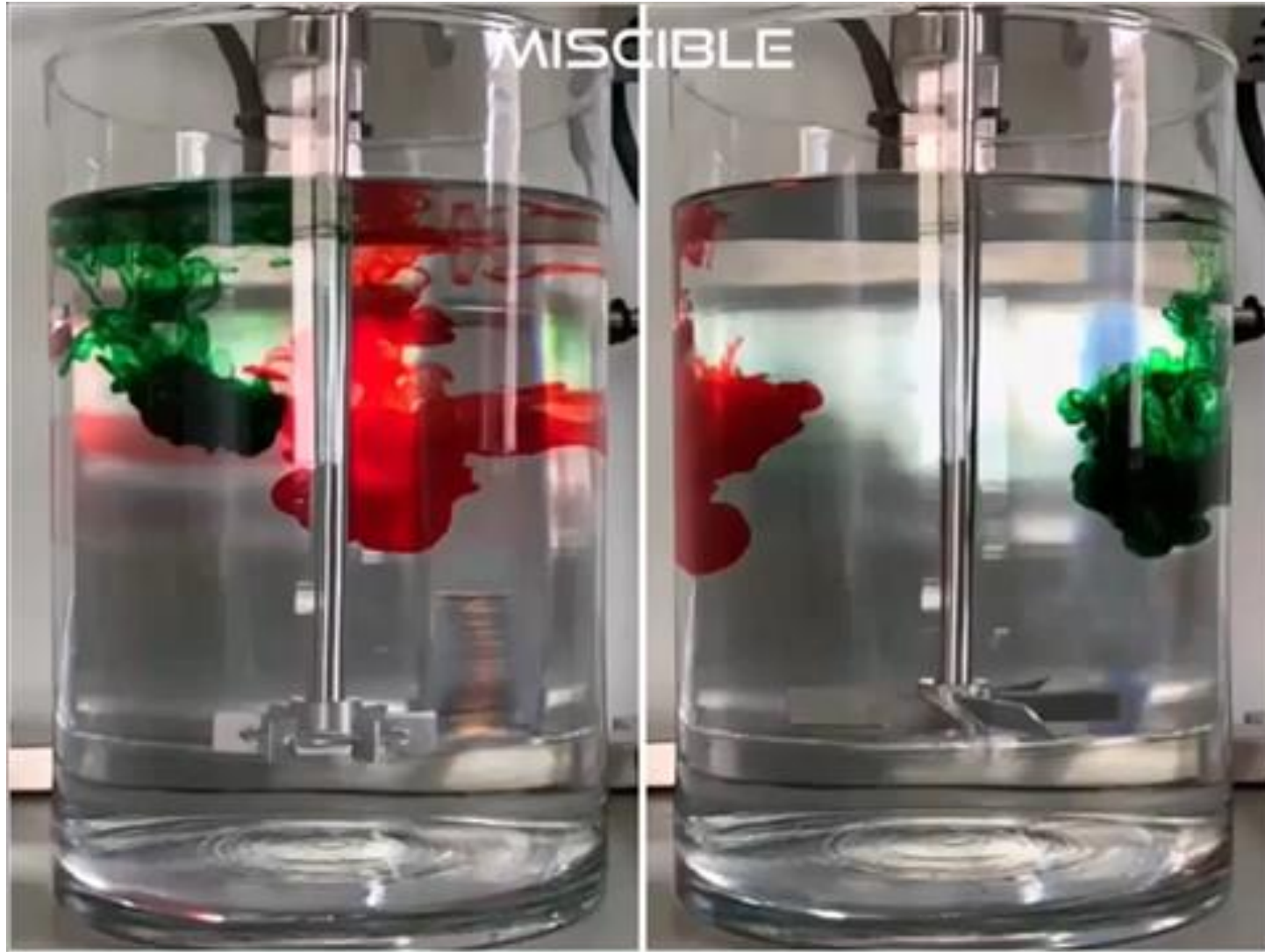
Turbina -



Dissolver tárcsás keverő

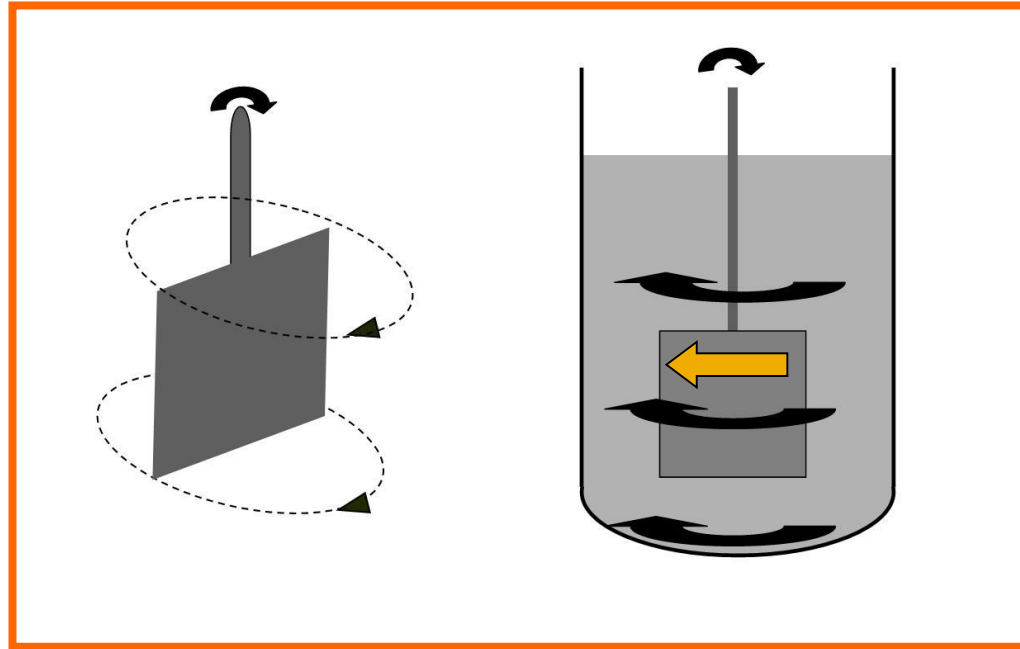


Radiális és Axiális keverés

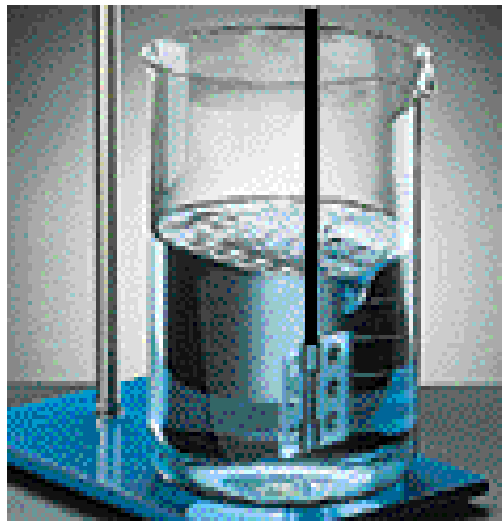


Keverés során előforduló áramlási típusok

Tangenciális (érintőirányú)



Síklapátos keverő



Keverők

Lapátos keverő

Az áramlás fő iránya axiális,
a lapátok radiális irányban állnak.

Kevésbé viszkózus anyagok esetén is
használjuk.



Keverők

Propeller keverő

Az egyik legjobb alakú, hatékony keverő,
kis viszkozitású folyadékok keverésére szolgál.

100-200 min^{-1} fordulatszámmal használják.

Az áramlás fő iránya **axiális**.



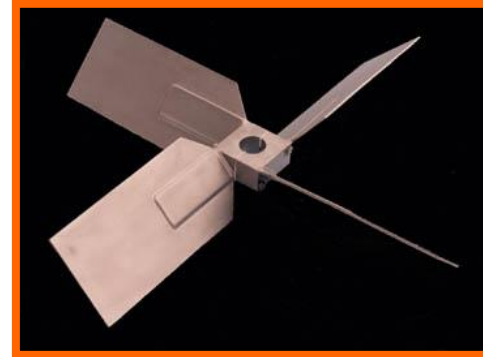
Keverők

Ferde lapátos keverő

A radiális iránytól eltérő szögben helyezkednek el a lapátok.

Az áramlás fő iránya **axiális és radiális**, a lapát ferdeségétől függően.

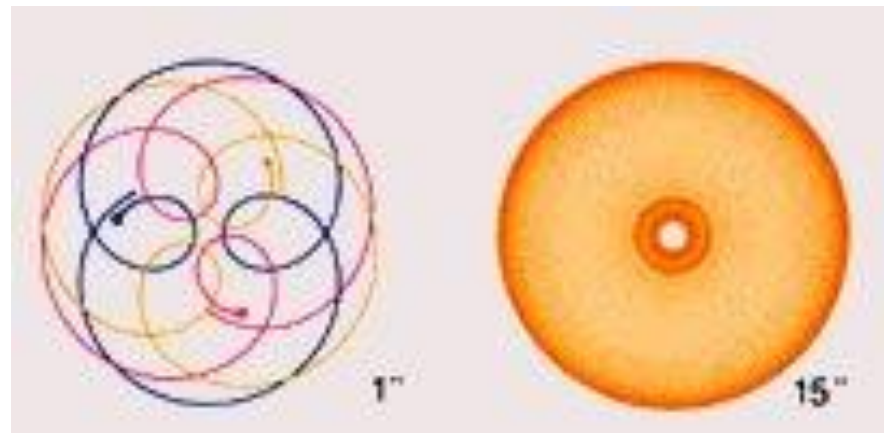
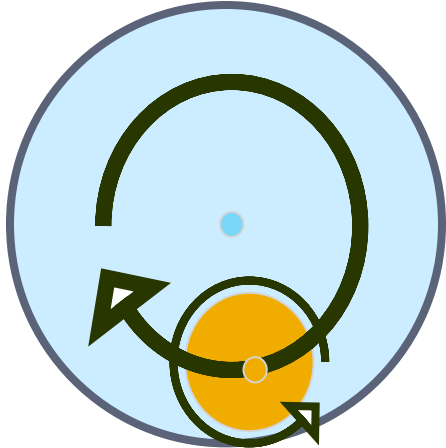
Viszkózusabb anyagok esetén is használható ($\eta \leq 50\,000$ mPas).



Félszilárd anyagok keverése

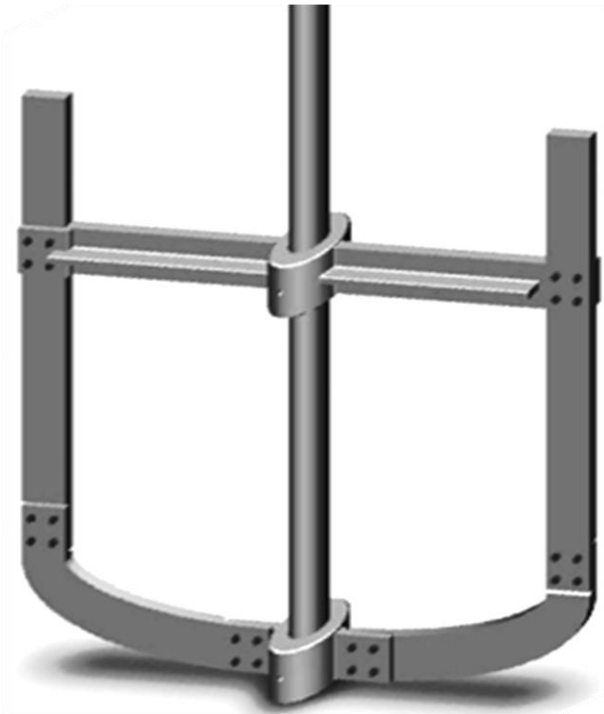
Keverők

Planetáris keverő



Keverőelemek

horgonykeverő



habverő

pajzs – keverő

gyúró (karos)

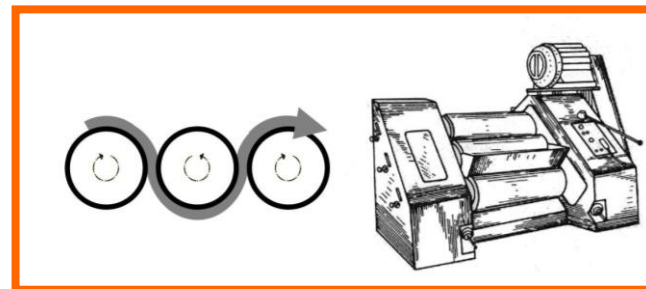
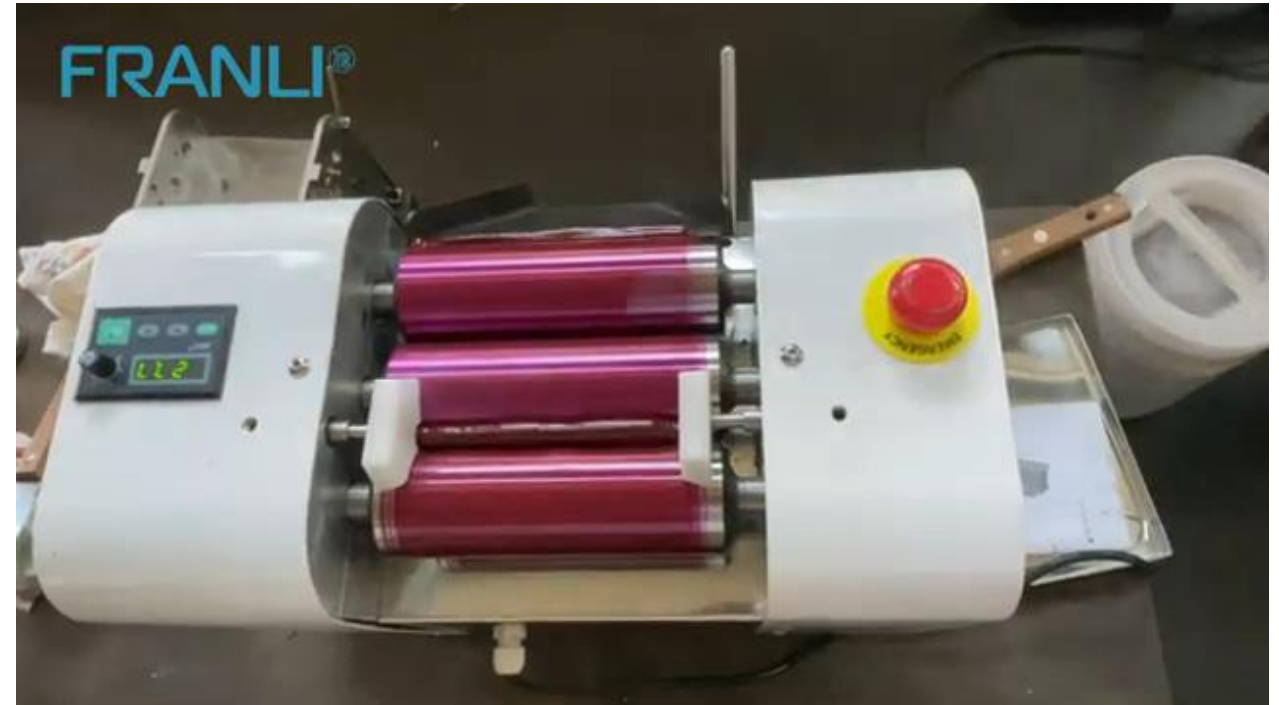
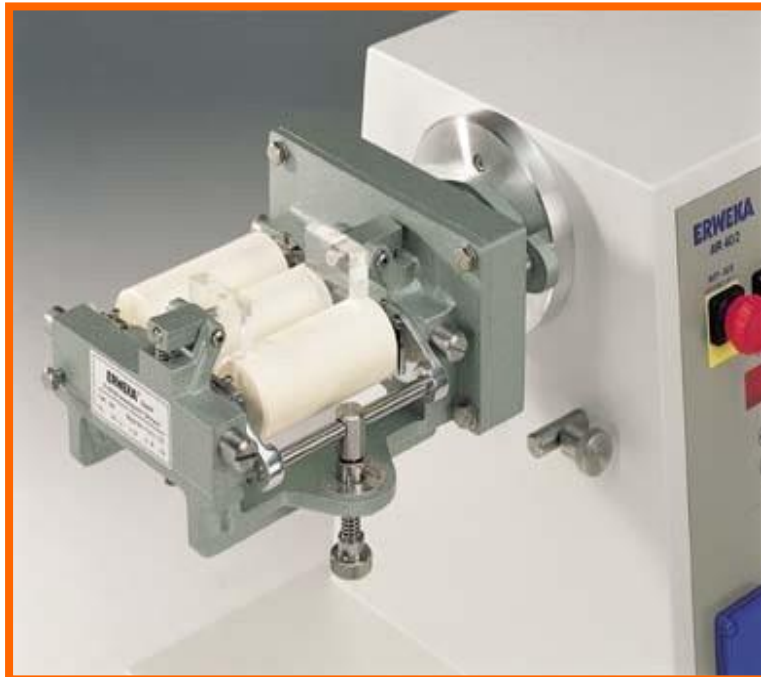
- tartozék: leszedőlap

Keverés

Pillirozás /simítás/

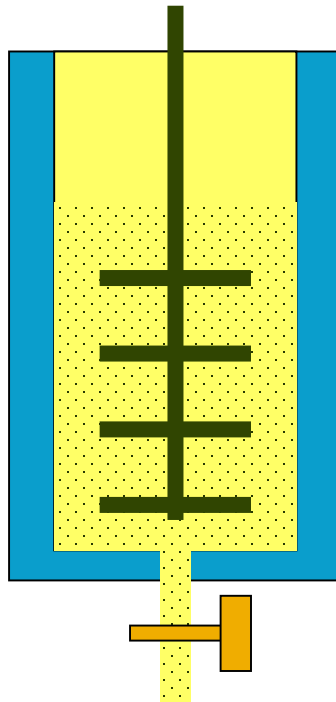
Három hengermű

/kenőcs, paszta/



Olvadékok keverése

● Kúpkészítés



Szilárd anyagok keverése

Porok, szilárd szemcsés anyagok

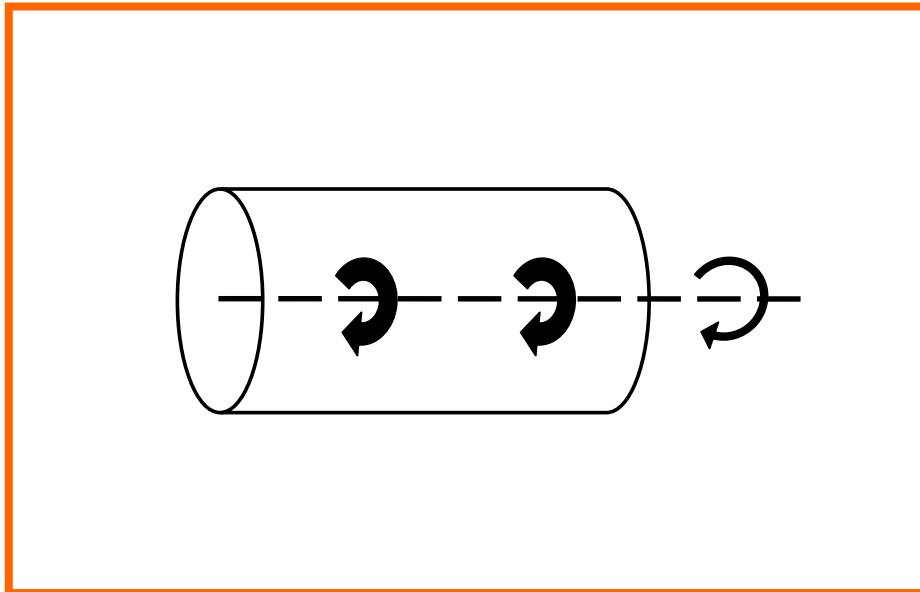
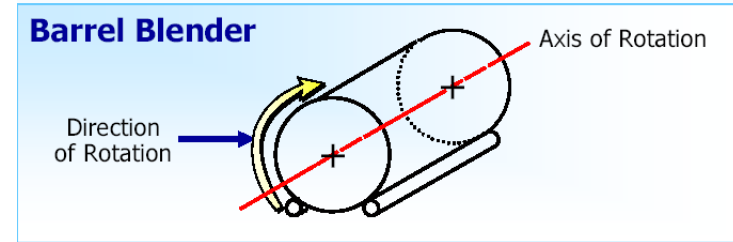
- a szemcsék *térbeli, egyenletes* elrendeződése
- a keverés **hatékonyságát** befolyásolja:
 - az anyag mennyisége,
 - kémiai szerkezete,
 - sűrűsége,
 - nedvességtartalma,
 - tapadó képessége,
 - elektrosztatikus feltöltődése,
 - a szemcsék mérete,
 - a részecskék alakja.
- „*geometriai hígítás*”- azonos térfogat

Keverés

Szilárd anyag

Dobkeverő

- azonos irányú tengely



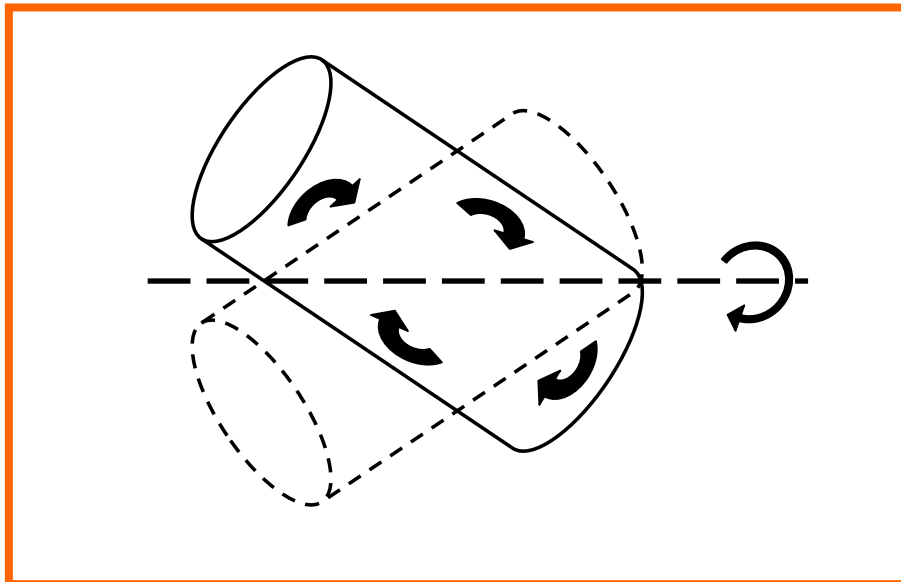
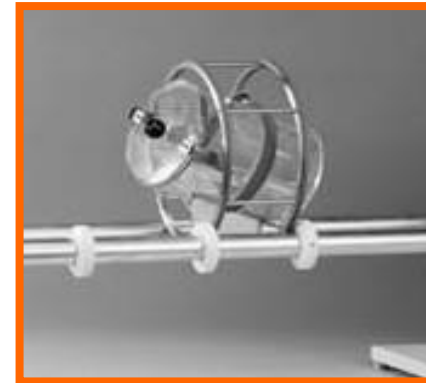
Elsősorban **tangenciális**
keverés
(sokszor nem elegendő)

Keverés

Szilárd anyag

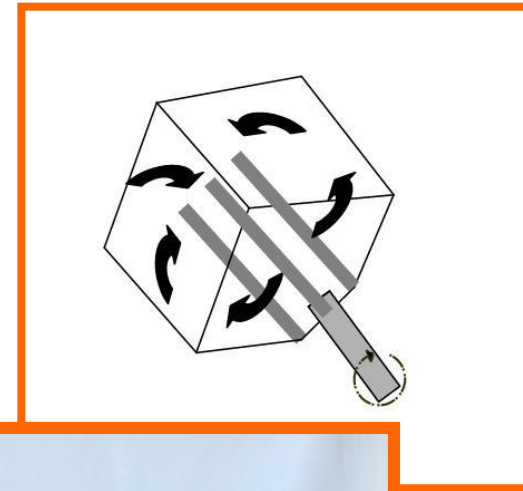
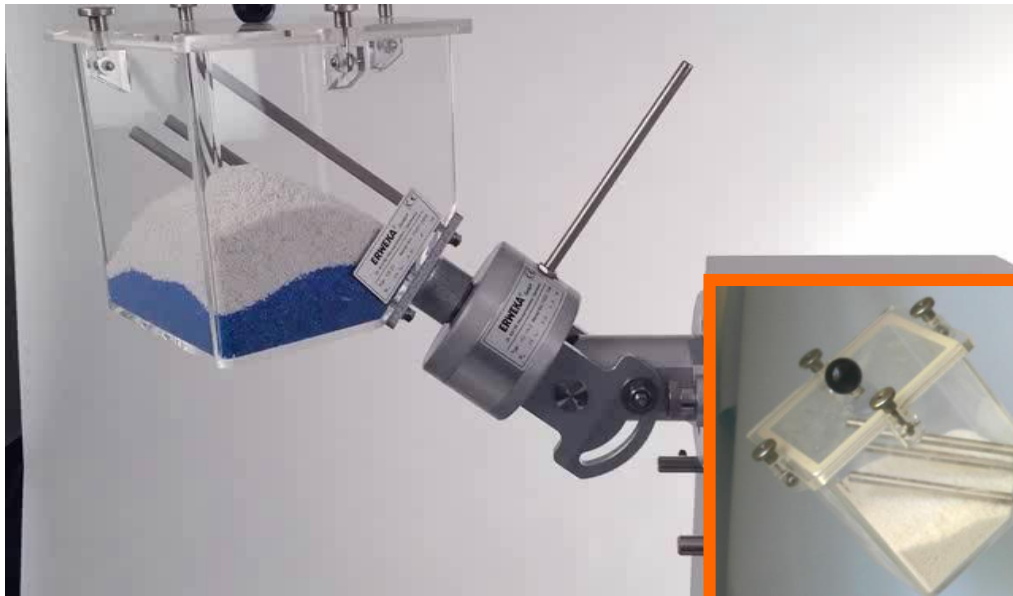
Dobkeverő

- változó irányú tengely



Keverés Szilárd anyag

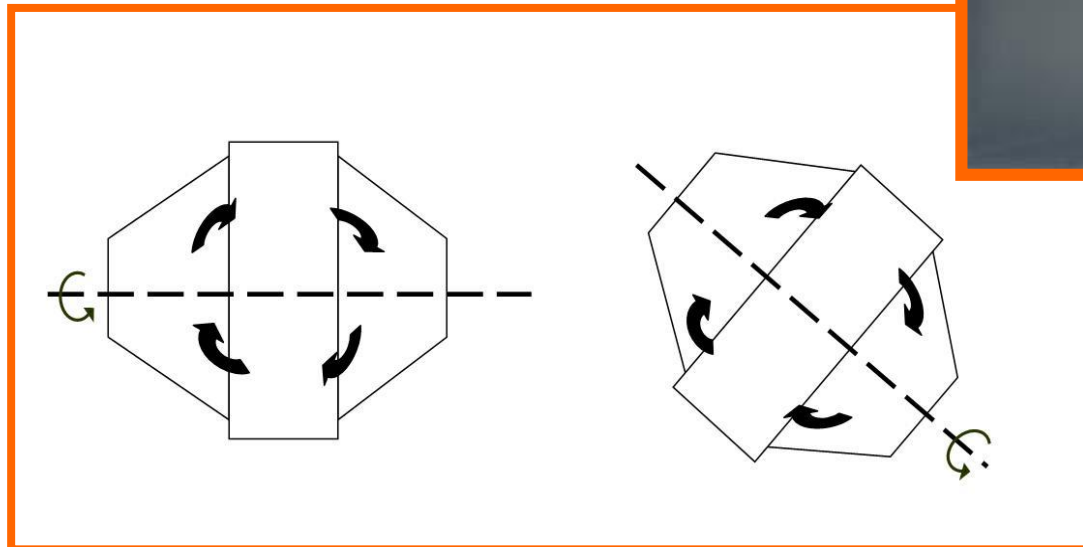
Kockakeverő



Keverés

Szilárd anyag

Dupla kónuszos keverő



Keverés

Szilárd anyag

Turbula keverő

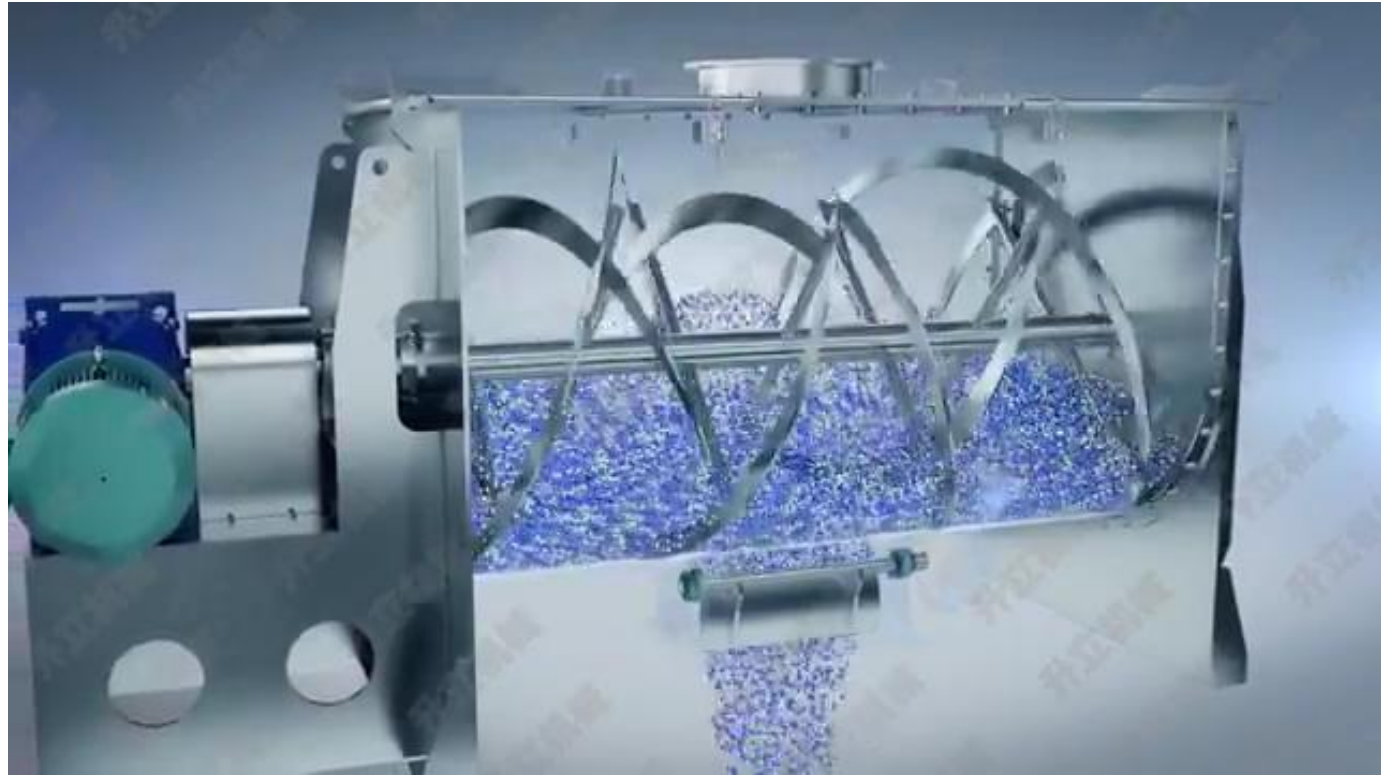


Keverés

Szilárd anyag

Szalagos keverő

Horizontális



Keverés

Szilárd anyag

Szalagos keverő

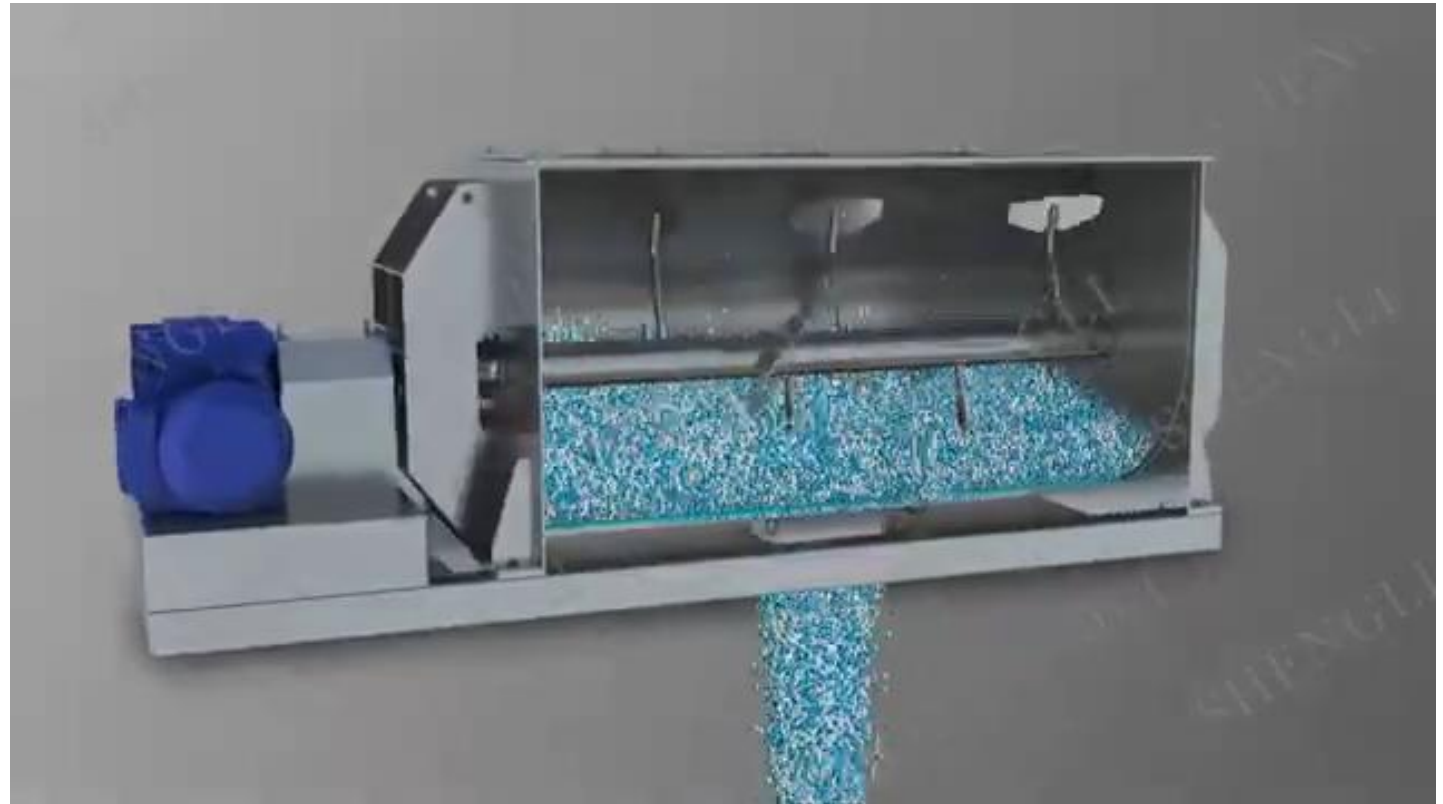
Vertikális



Keverés

Szilárd anyag

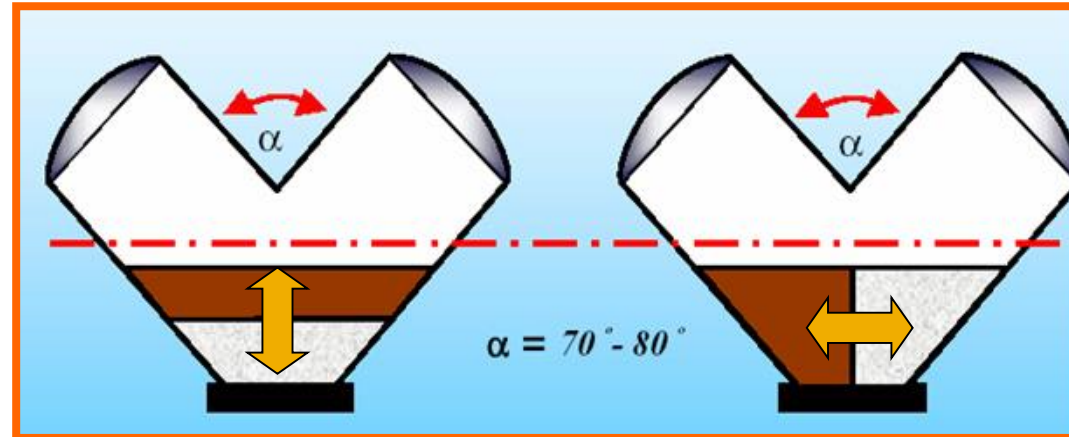
Lapátos keverő



Keverés

Szilárd anyag

V keverők

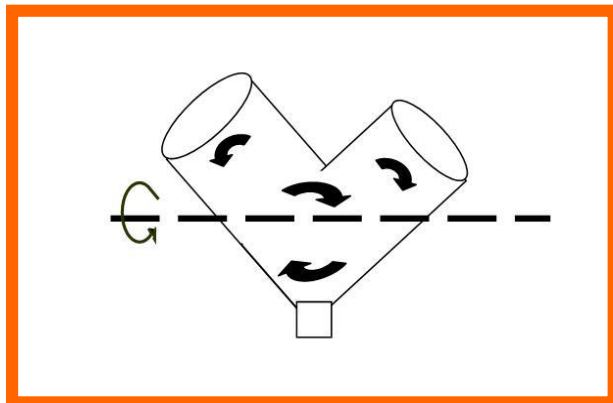


a./

b./

vízszintesen
rétegek
keveredése
(minkét oldalról)

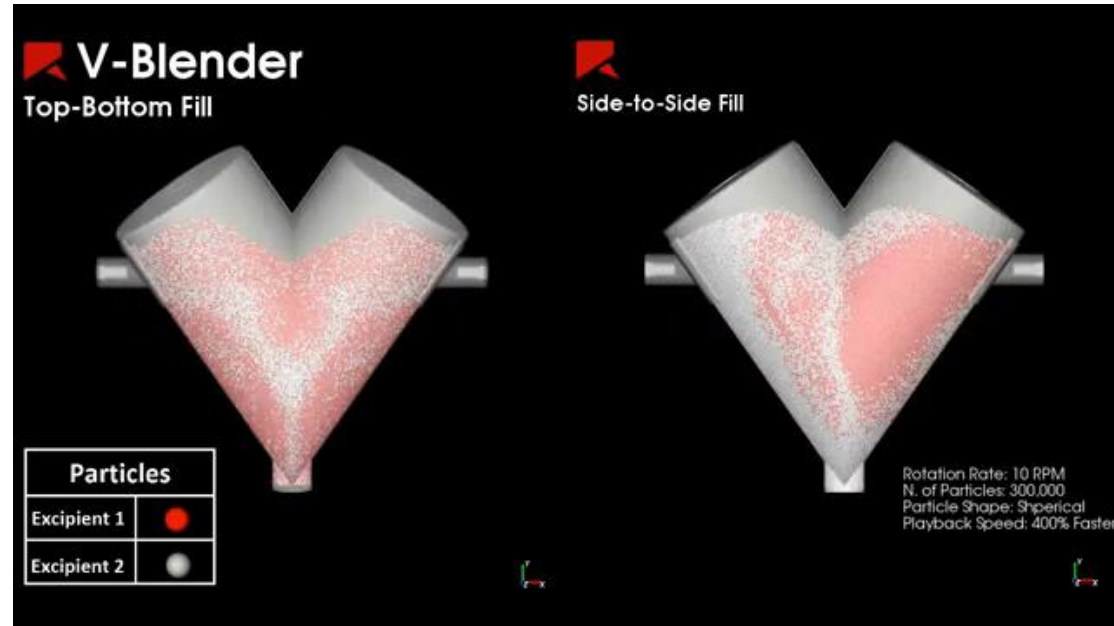
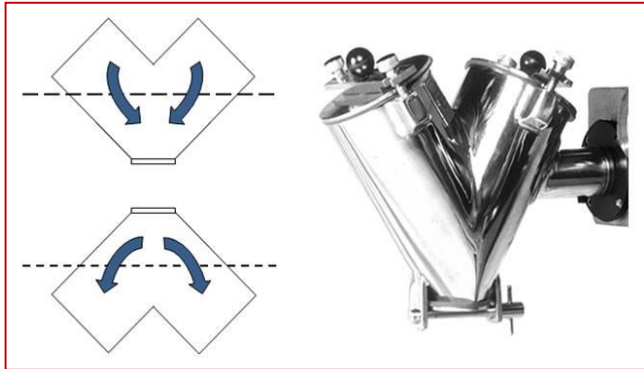
függőleges
rétegek
keveredése
(egyik oldalról a másikra)



Keverés

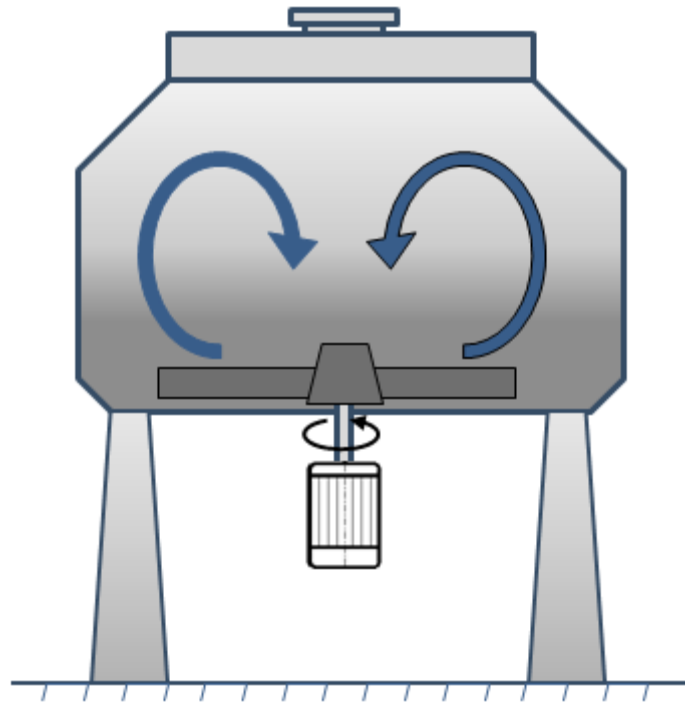
Szilárd anyag

V keverők



Keverés

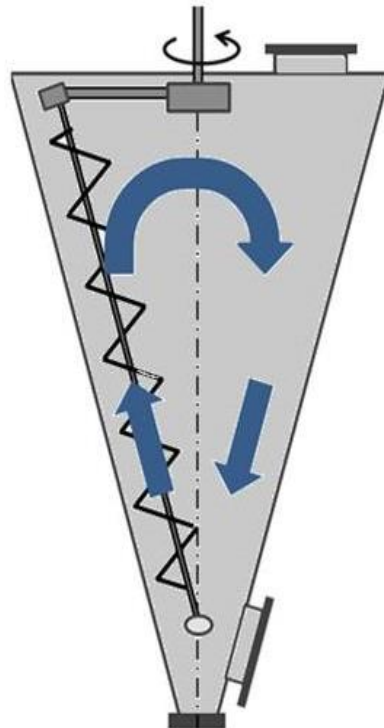
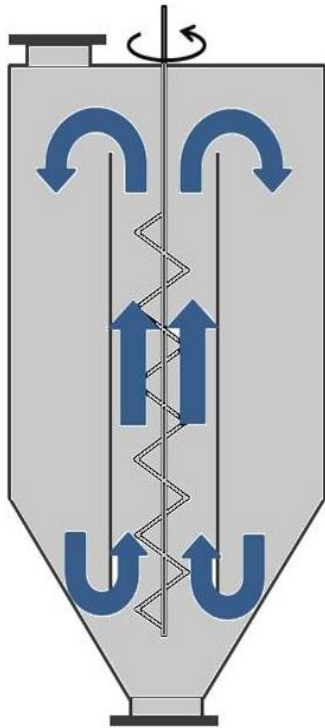
Szilárd anyag



Örvényáramú keverő - pl. típus: Diosna

Keverés

Szilárd anyag



Csigás keverők

Keverés

Szilárd anyag

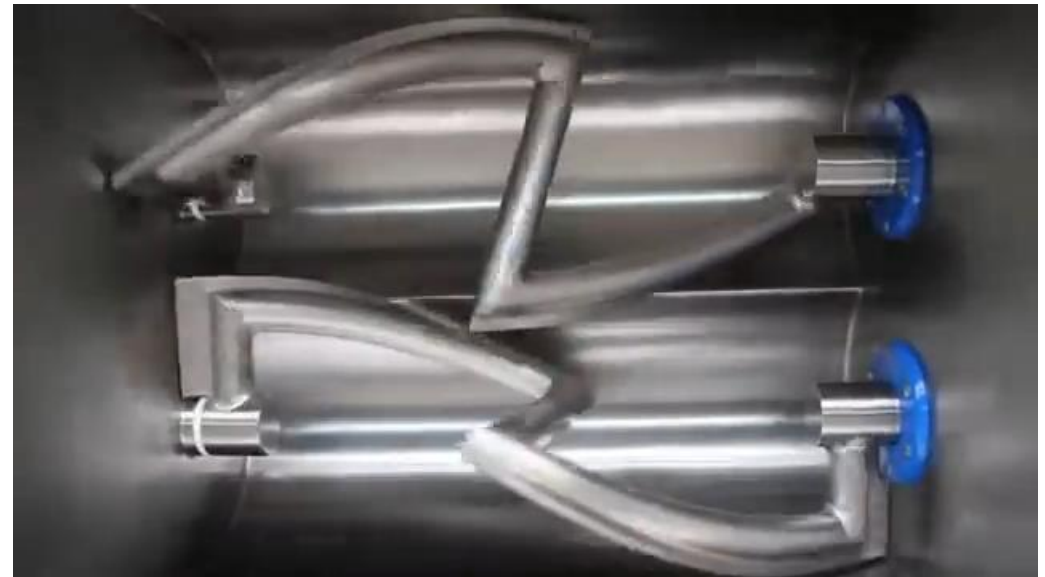
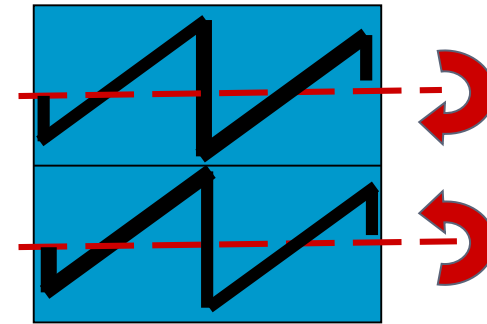


Csigás keverők

Keverés

Szilárd anyag

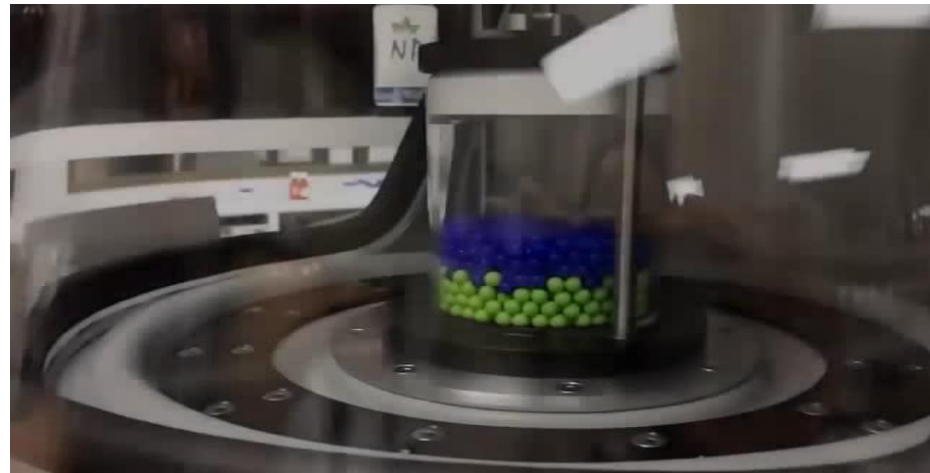
Z karú keverő
(granulálás)



Keverés

Szilárd anyag

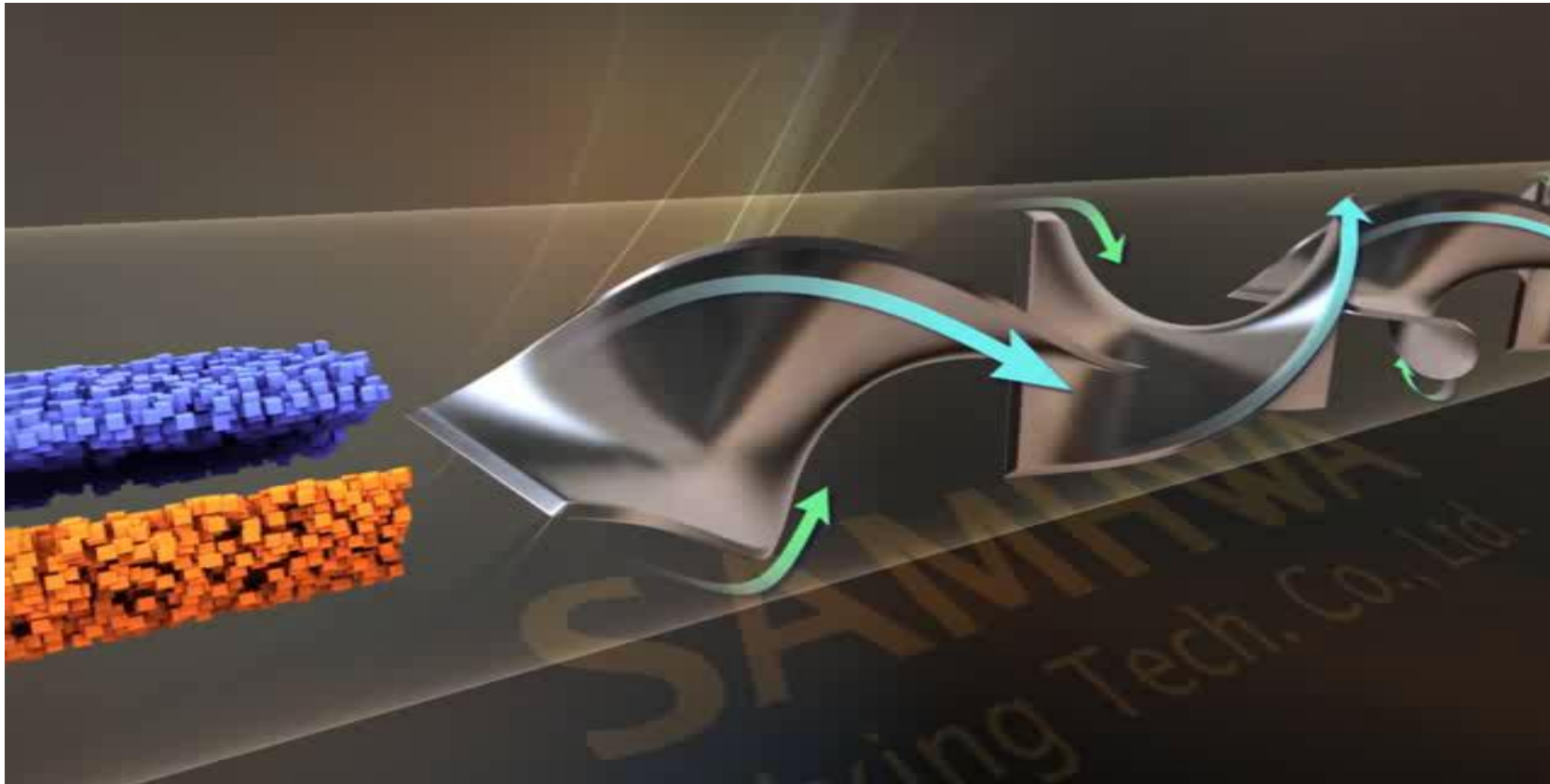
Akusztikus keverés



Keverés

Szilárd anyag

Statikus keverés



Keverés optimalizálása

Keverés optimalizálás

Homogenitás vizsgálat

- megadott számú minta vétele az oldat különböző helyeiről
- hatóanyag-tartalom meghatározás
- átlag, szórás, határérték elemzés

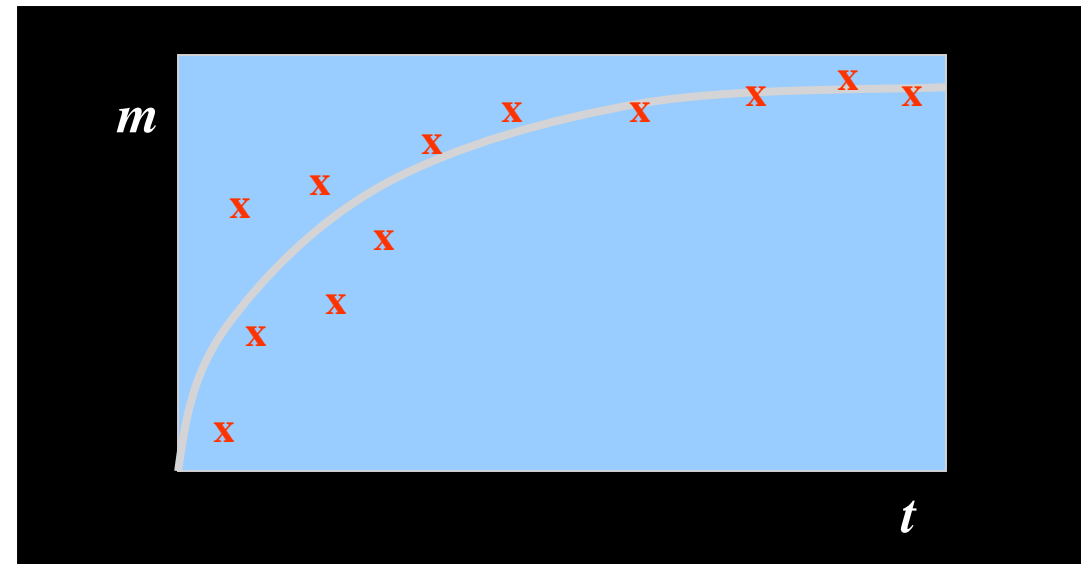
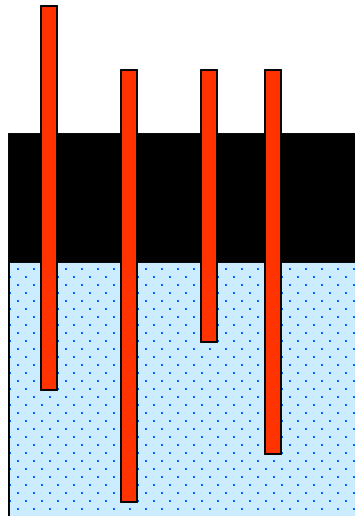


Keverés optimalizálás

Homogenitás vizsgálat



Mintavétel



Keverés optimalizálás

Homogenitás vizsgálat



$$\bar{m} = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n}{n}$$

$$\bar{m} \rightarrow m_e$$

$$m_{min} < m < m_{max}$$

m hatóanyagtartalom

n mintaszám

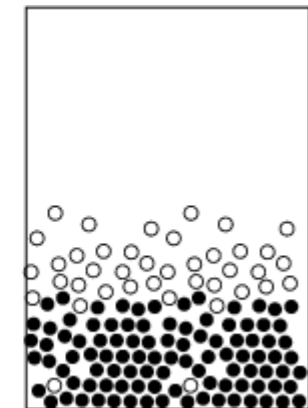
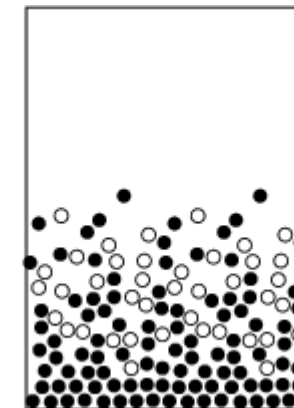
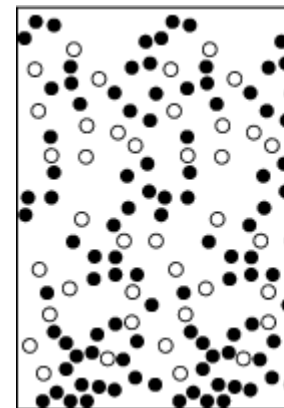
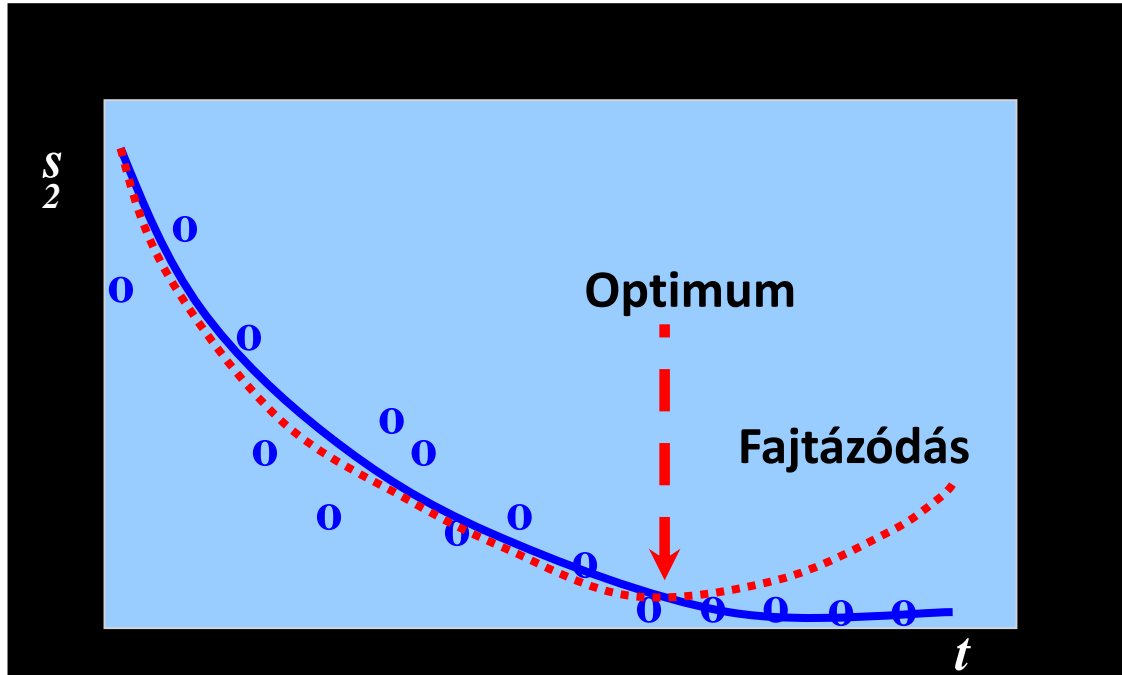
m_e elméleti hatóanyagtartalom

m_{min} megengedett minimális
hatóanyagtartalom

m_{max} megengedett maximális
hatóanyagtartalom

Keverés optimalizálás

Homogenitás vizsgálat



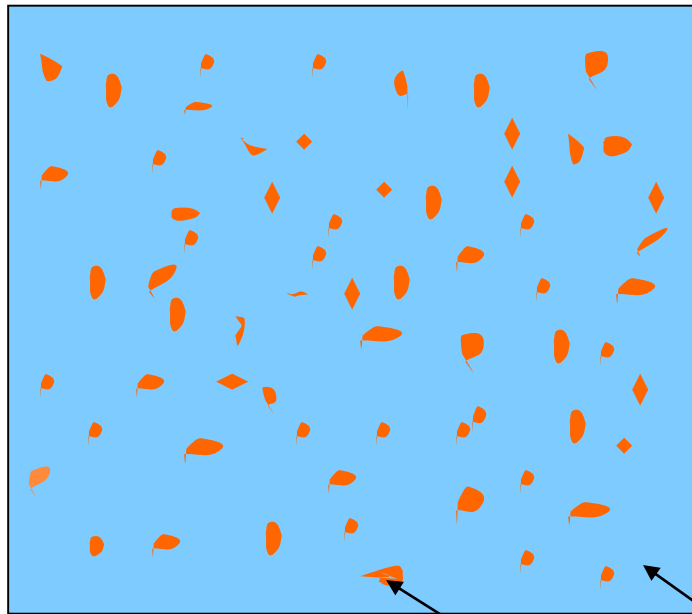
Diszpergálás

*Pécsi Tudományegyetem
Gyógyszertechnológiai Intézet*

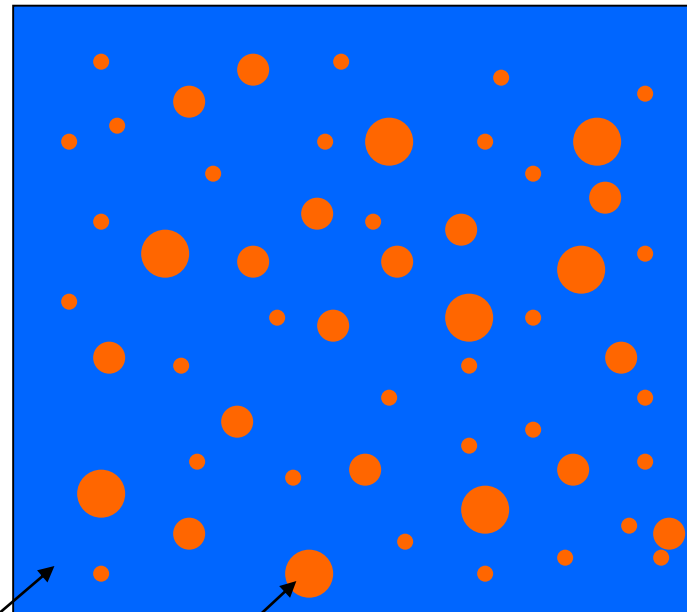


Diszperz rendszerek

szuszpenzió



emulzió



Folytonos fázis

Diszperz fázis

Diszpergálás

Nagy fordulatszámú keverő
diszpenzer



Diszpergálás

Nagy fordulatszámú keverő

Ultra turrax



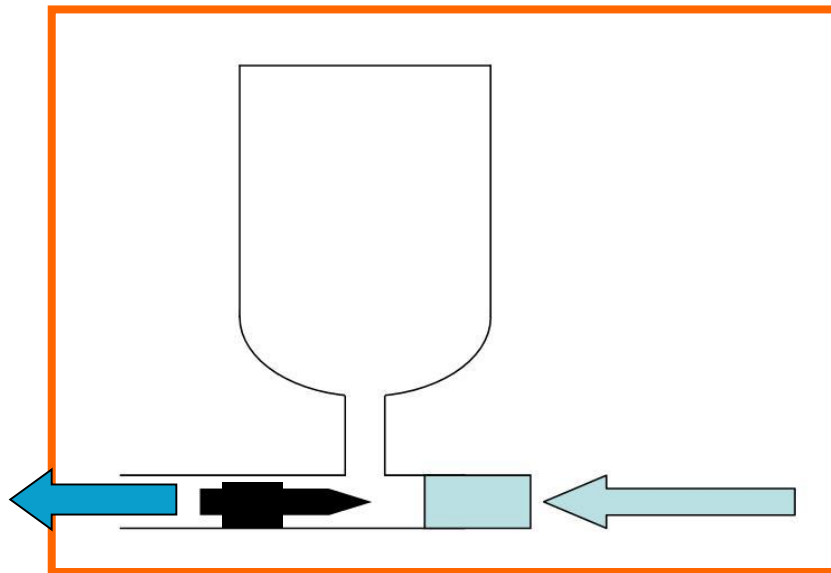
Műszaki adatok:	T10 basic	T50 digital
Teljesítmény:	75 Watt	700 Watt
Fordulatszám:	8.000 - 30.000 ford./perc	600 - 10.000 fird./perc
Térfogattartomány:	0,5 - 100 ml	0,25 - 30 l
Méretek	46 x 57 x 201 mm	115 x 355 x 139 mm
Súly:	0,4 kg	5,76 kg



Diszpergálás

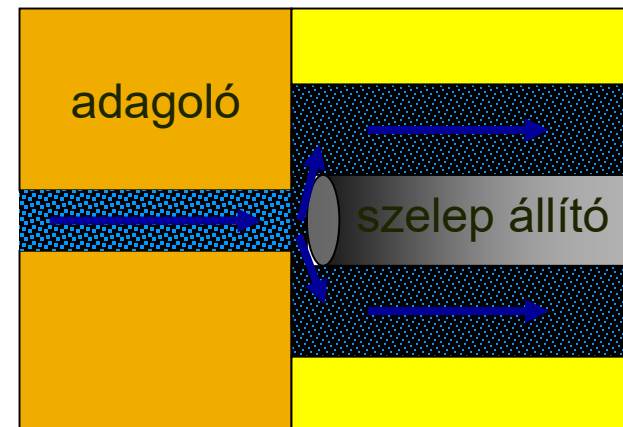
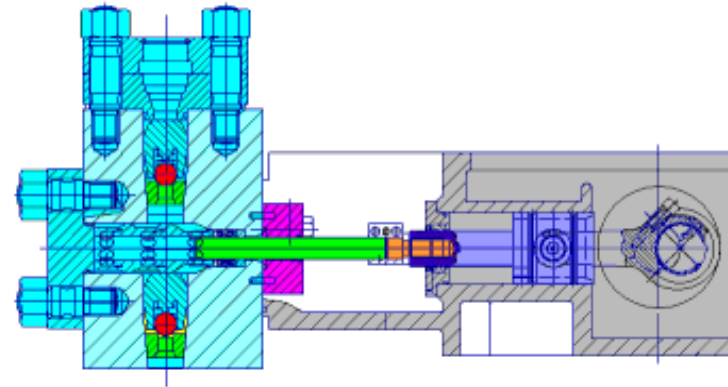
Homogenizátor

v/o és o/v emulziók előállítása
homogenizátorral



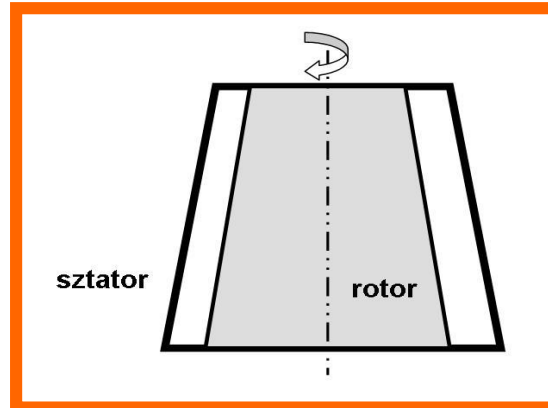
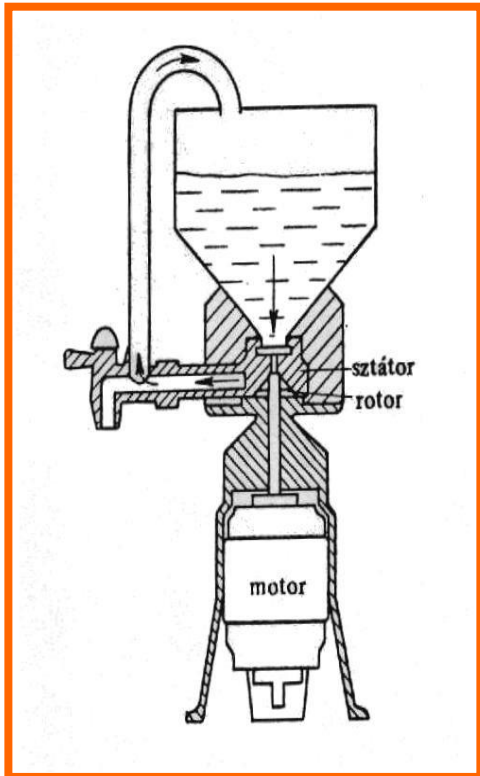
Diszpergálás

Nagy nyomású homogenizátor

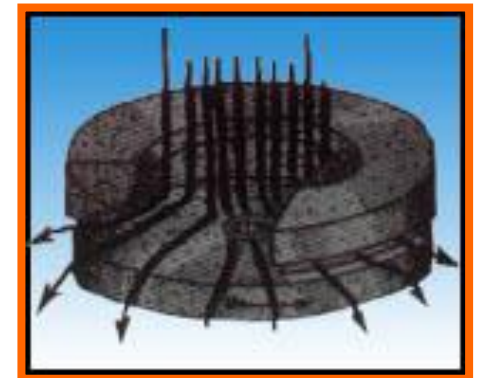


Diszpergálás

Kolloid malom



sztátor és rotor
(álló és forgó rész), amely
a nagy nyíró erőt biztosítja



Diszpergálás

Ultrasonic homogenizátor



Köszönöm a figyelmet!