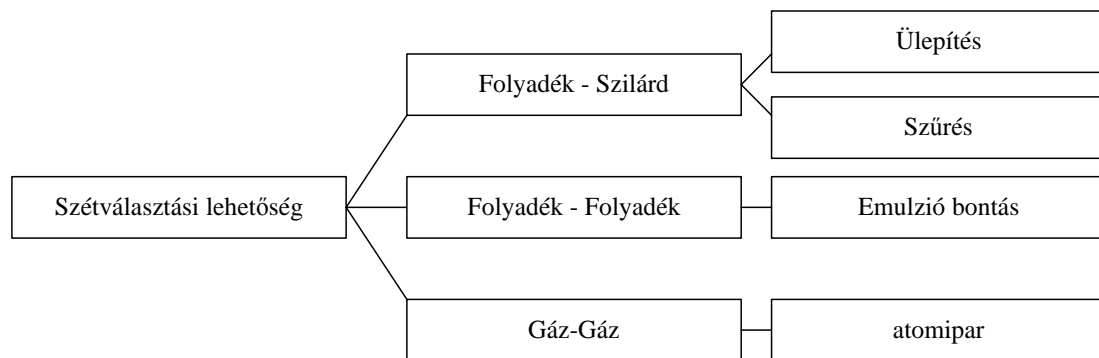


# Centrifugálás alapjai (vázlat)

Szepesi G. - Venczel G. - Völgyes L.

2004. október 17.

A centrifugálás szuszpenziók és folyadékelegyek (emulziók) szétválasztására alkalmazott művelet, amelyben a szétválasztás a centrifugális erő hatására következik be. Az erre a célra alkalmazott gép a centrifuga.



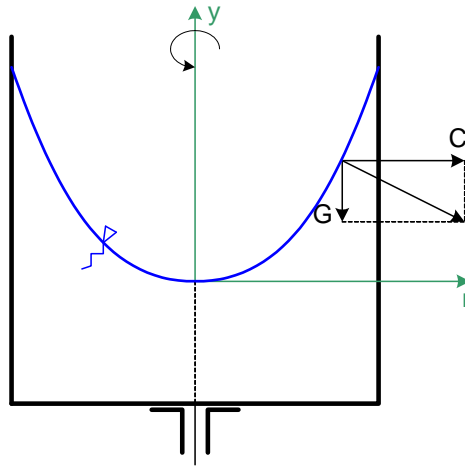
1. ábra. A centrifugálás felhasználási lehetőségei

A centrifuga dobja (forgó rész) általában hengeres vagy kúpos kialakítású.

Működésüket tekintve lehetnek:

- Szakaszos üzemű centrifugák
- Folytonos üzemű ülepítő centrifugák
- Folytonos üzemű derítő centrifugák
- Derítő, emulzióbontó centrifugák.

A dob köpenye vagy perforált vagy nem perforált kivitelű. **Perforált** kivitel esetében tulajdonképpen egy szűrési műveletről van szó. A szilárd fázis a köpeny belső felületén elhelyezett szűrőközegre rakódik rá, és ott szűrőlepenyt alkot. A folyadék fázis a centrifugális erőter hatására szabadon áthalad rajta. Amennyiben a köpeny **nem perforált**, és ha a szuszpenzió szárazanyag-tartalma kisebb, mint 2% akkor centrifugális derítésről, ha nagyobb akkor ülepítésről beszélünk.



2. ábra. A folyadékkeverés elve

## A centrifugálás elméleti alapjai

Centrifugális erőteret tengely körül forgó rendszerrel tudunk előállítani. Először vizsgáljuk meg a függőleges tengely körüli forgást a 2. ábra kapcsán. A körhenger alakú edény a tengely körül állandó  $\omega$  szögsebességgel forog. A kialakuló folyadékfelszín egy forgási paraboloid lesz.

A felület egy pontjára hat egy  $C$  centrifugális erő, amelyet a  $C = mr\omega^2$  összefüggéssel lehet számolni, továbbá egy  $G = -mg$  gravitáció. Az eredő erő és a centrifugális erő közötti szög:

$$\operatorname{tg}\alpha = -\frac{mg}{mr\omega^2} = -\frac{g}{r\omega^2}$$

Az érintő nem más mint a  $-\frac{1}{\operatorname{tg}\alpha}$ , azaz:

$$\frac{dy}{dr} = \frac{r\omega^2}{g}$$

A felület egyenletét integrálással kapjuk meg:

$$\int_0^y dy = \int_0^r \frac{r\omega^2}{g} dr \implies y = \frac{r^2\omega^2}{2g}$$

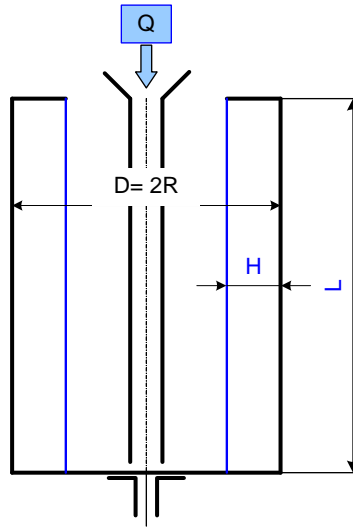
ami valóban egy forgási paraboloid egyenlete.

Egy fontos fogalom a centrifugálásban, a **centrifuga jelzőszáma**, amit a következőképpen definiálunk:

$$j = \frac{r\omega^2}{g}$$

Ha a jelzőszám értéke nagyobb mint 100 akkor a kialakuló felület egy koaxiális hengernek tekinthető. (3. ábra)

## Szemcsére ható erők centrifugális ülepítés esetén



3. ábra. Centrifugális ülepítés

Egy szemcsére - amely a  $H$  szélességgel jellemzett folyadékban helyezkedik el - lamináris áramlás esetén az erőegyensúly:

$$\underbrace{\frac{d^3 \pi}{6} (\rho_{sz} - \rho_f) r \omega^2}_{F=ma} = \underbrace{3\pi w d \eta}_{\text{közegellenállás}}$$

Rendezzük az előbbi egyenletet  $w$ -re, majd szorozzuk meg a számlálót és a nevezőt is  $g$ -vel:

$$w = \frac{d^2 (\rho_{sz} - \rho_f) r \omega^2}{18\eta} \frac{g}{g} = \frac{d^2 (\rho_{sz} - \rho_f) g r \omega^2}{18\eta g} = w_0 j$$

Tehát a kialakuló sebesség a Stokes-féle ülepedési sebességnek és a jelzőszámnak a szorzata. Ha egy szemcsé kevesebb ideig tartózkodik a centrifuga terében, mint az ülepedéshez szükséges idő, akkor biztosan távozni fog dobból. A tartózkodási időt kiszámolhatjuk a rendelkezésre álló térfogat és a bevezetett térfogatáram segítségével. Az ülepedési idő számolható az ülepedési sebesség és az ülepedési út ( $H$ ) segítségével:

$$\text{Tartózkodási idő} = \frac{V}{Q} = \text{ülepedési idő} = \frac{H}{w}$$

Ennek felhasználásával kiszámolható a bevezetendő térfogat mennyisége:

$$Q = \frac{H}{V} = w_0 j \frac{V}{H} = w_0 j A = w_0 \Sigma$$

A  $\Sigma$  egyenértékű derítőfelület megmutatja, hogy az adott centrifugális erőteret kihasználó ülepítő mekkora gravitációs ülepítőfelülettel egyenértékű. A 3. ábrán látható ábra jelöléseivel az egyenértékű derítőfelület a következőképpen számolható:

$$\Sigma = \frac{\pi (D - H) L (D - H) \omega^2}{2g} = \frac{\pi (D - H)^2 L \omega^2}{2g}; \quad r_k = \frac{(D - H)}{2}$$

## Ülepítőcentrifuga határszemcséje

A határszemcse mint fogalom azt jelenti, hogy a határszemcsénél nagyobb átmérőjű szemcsék 100%-ban leválasztódnak, míg a kisebb méretűek nem választódnak le. Ez természetesen egy elméleti megközelítés. A határszemcse az ülepedési sebesség összefüggéséből határozható meg:

$$w = \frac{d^2 (\rho_{sz} - \rho_f) r \omega^2}{18\eta} \implies d = \sqrt{\frac{18\eta w}{(\rho_{sz} - \rho_f) r \omega^2}}$$

mivel  $w = Q \frac{H}{V}$

$$\text{így } d = \sqrt{\frac{18\eta Q H}{(\rho_{sz} - \rho_f) V r \omega^2}}$$

Megjegyzések:

1.  $d$  nem szabályos gömb alakú
2.  $r_k$  változik, a  $(D - H)/2$  csak közelítés!!! Ha figyelembe vesszük a változást, akkor az egyenértékű derítőfelület a következőképpen számolható:

$$Q = w_0 \Sigma, \quad \Sigma = \frac{Q}{w_0} = \frac{V}{w_0 \tau} = \frac{V}{w_0} \int \frac{dr}{w}$$

$$\tau = \int \frac{dr}{w} = \int \frac{dr}{w_0 j(r)} = \frac{g}{w_0 \omega^2} \int_r^R \frac{dr}{r} = \frac{g}{w_0 \omega^2} \ln \frac{R}{r}$$

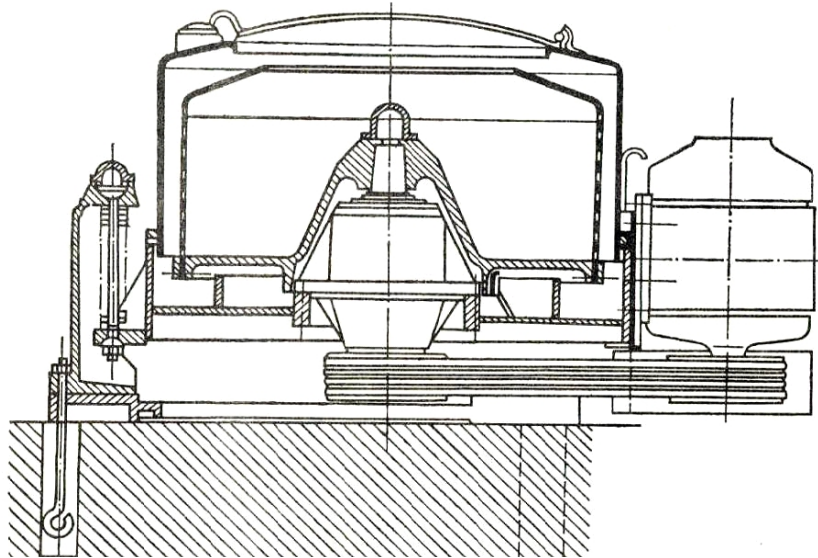
Az előbbieket felhasználásával a derítőfelület a következőképpen számolható:

$$\Sigma = \frac{V}{w_0} \frac{w_0 \omega^2}{g \ln \frac{R}{r}} = \frac{(R^2 - r^2) \pi L \omega^2}{g \ln \frac{R}{r}}$$

# CENTRIFUGA BERENDEZÉSEK

## Szakaszos üzemű centrifugák

### Ingacentrifuga



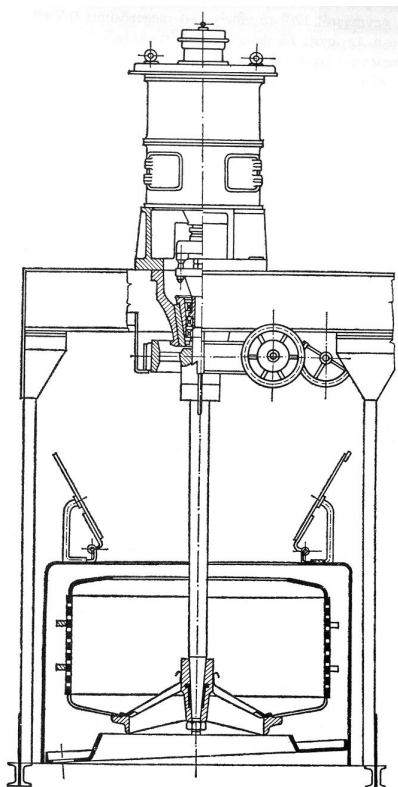
4. ábra. Ingacentrifuga

Az ingacentrifugák függőleges tengelyét az alapkeretbe ágyazzák és a hajtómotor is erre van szerelve. A rendszer fő tömegei alul helyezkednek el. Az alaplemez három ponton gömbcsuklós rudakra van felfüggesztve, így a lengések közvetlenül nem terhelik a gépalapot. A perforált falú peremes forgórészt a centrifugált folyadékot gyűjtő köpeny veszi körül. A hajtómotort reteszelik, így az csak nyitott fékek és zárt fedél esetén indítható el.

Az ingacentrifugák alkalmazási köre széles, szerkezeti anyaga igazodik a korróziós követelményekhez, hajtása különböző robbanási fokozat szerinti védettségű motorral, de vízturbinával is megvalósítható. Szükség esetén indifferens gázzal inertizálható. Kor-szerűbb változatai alsó ürítésűek.

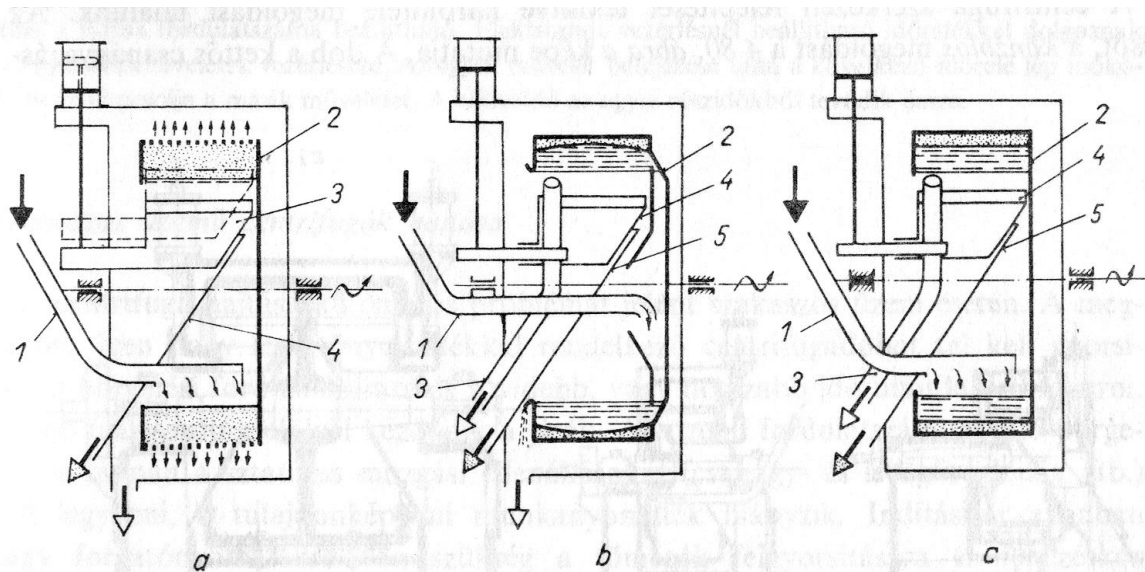
### Függő centrifugák

A függő centrifugát Weston találta fel és a múlt század 50-es éveitől kezdve alkalmaz-zák a cukoriparban. A centrifuga tengelye felső végénél fogva csuklósan van függesztve az acélszerkezeti állványra. A centrifuga dobja kúpos kialakítású, így a centrifugálás befe-jezése után az anyag kicsúszik a centrifugából. Lassú forgatás közben töltik fel anyaggal.



Függő centrifuga

Hámozó centrifugák



Hámozó centrifugák kialakítása

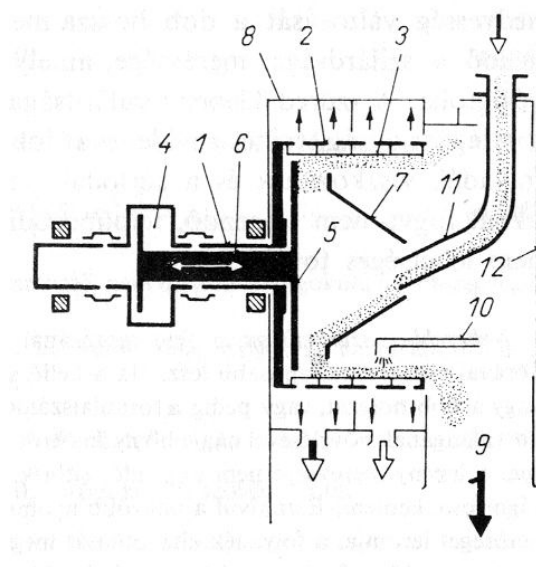
Minden részművelet az üzemi pörgetési fordulatszámon történik. Ürítésnél nem állítják meg, sőt még le sem lassítják. Tehát a jellemzőjük az állandó forgás. Mégis szakaszos üzeműnek tekintik, mert az egyes munkaciklusok (töltés, pörgetés, mosás, szárítás, ürítés) ugyanúgy követik egymást, mint a többi szakaszos üzemű centrifugáknál. A centrifuga lehet szűrő vagy üleptető kivitelű. A belső köpenyre lerakódott szilárd anyagot hámozókéssel szedik le, teljes üzemi fordulatszámon.

A szűrőcentrifugákat jól szűrhető kristályos anyagoknál, az üleptetőket nehezen szűrhető, de jól üleptethető anyagoknál alkalmazzák. Hámozó centrifugák 300...2600 mm dobát-mérővel készülnek.

## Folytonos üzemű centrifugák

### Pulzáló vagy toló centrifugák

Az ábrán látható egy vízszintes tengelyű pulzáló centrifuga. A dob a forgatott csőtengelyhez kapcsolódik. A cső-tengely belsejében ide-oda mozog a vele együtt mozgó forgó tengely



Pulzáló centrifuga

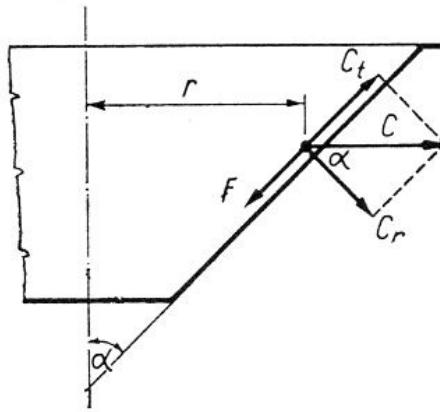
Ennek egyik vége a tolólap (5) másik vége a dugattyú. A tolólap axiális mozgását hidraulikus berendezés (4) biztosítja. A dob belső palástján a szilárd anyagot a tolólap előrehaladva eltolja a szita felületén. Visszafelé mozgáskor a közelében lévő dobresz megtekelik anyaggal, amely aztán a legközelebbi előremozgásnál az előbbivel együtt továbbjut.

A dobok 160...1400 mm átmérővel készülnek. Jelzőszámuk: 250...800.

### Kúpos centrifugák

Elnevezésüket a dob alakjától kapták. A szuszpenziót a kisebb átmérőnél engedik be, a kúpos dobon történő áthaladás közben a szita betéten át távozik a folyadék. Az

anyag áthaladására leginkább az anyag és a szitabetét közötti súrlódási tényező jellemző.  $\mu = \tan \alpha$ . Ha  $\alpha$  nagyobb mint  $\arctan \mu$  akkor a szemcse a dob belső felületén mozog a nagyobb kúpátmérő felé. Ebben az esetben az áthaladási idő nagyon rövid.

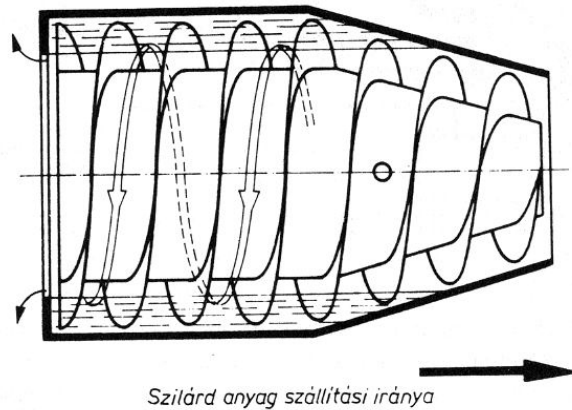


Kúpos centrifuga

#### Csigás ürtésű ülepitő centrifuga

A centrifuga belsejében egy szállítócsiga van elhelyezve. A dobbal azonos irányban forog, de különböző sebességgel. A szuszpenziót a forgási középpontban elhelyezett betáplálósővön keresztül vezetik be a dobba. Itt felveszi a dob sebességét, és a centrifugális erő hatására az iszap a dob falánál, míg a kisebb sűrűségű folyadék a belső koncentrikus rétegben helyezkedik el.





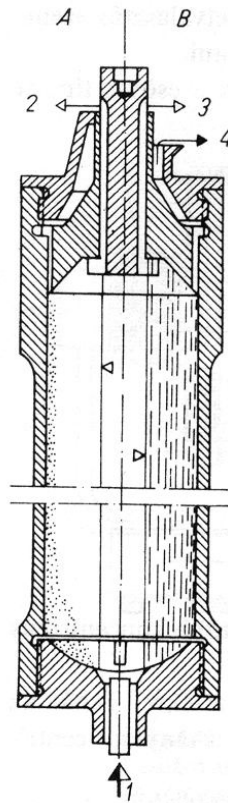
Forgásirány		Csiga relatív sebessége	
óramutató járásával ellentétes			ellentétes a dobéval <u>Visszamaradó csiga</u>
óramutató járásával meg egyező			azonos a dobéval <u>Előresiető csiga</u>
(a nagyobb átmérő felől nézve)			

Csigás üleptő

A fordulatszám-különbség szokásos értéke a dobfordulat 0,5-1%-a. A menet emelkedésének és forgásirányának megfelelően négy eset lehet. Balmenetű csiga esetén a viszonyokat az ábra mutatja. A folytonos üzemű üleptő centrifuga minden 3%-nál nagyobb koncentrációjú szuszpenzió derítésére alkalmas. 150–1400mm átmérőhatárok között gyártják.

### Szupercentrifugák

A hosszú, karcsú, cső alakú dobot felül a csatlakozó tengelyénél fogva függesztik fel. Az alul elhelyezett csapágyak csak a radiális megtámasztást biztosítják. Az anyagot az elosztószerkezet egyenletesen szétosztja és felgyorsítja a dob sebességére. A dob hosszában való átáramlás közben történik meg a szétválasztás.



Szupercentrifuga

A centrifuga használható emulzióbontásra és derítésre is. A dobátmérők viszonylag kicsik (44-150mm) viszont a fordulatszáma elérheti 20-30000-es értéket is.

## Felhasznált irodalom

**Fejes Gábor - Tarján Gusztáv** : *Vegyipari Gépek és Műveletek*, Tankönyvkiadó, Bp. 1979

**Fonyó Zsolt - Fábry György** : *Vegyipari Művelettani Alapismeretek*, Nemzeti Tankönyvkiadó, Bp. 1998