

Ütemterv

a **Vegyipari technológiák és gépeik** c. tárgyhoz (GEVGT001-B)

gépészmérnök és műszaki menedzser alapszakos hallgatók részére

(2 óra előadás + 2 óra gyakorlat)

1. hét

Bevezetés. A vegyipar világtörténelme, magyarországi és régiós viszonyok.

2. hét

Műveletani alapfogalmak, műveleti egységeket leíró fizikai mennyiségek és egyenletek, műveletek csoportosítása.

3. hét

Ülepítés, szűrés, por- és cseppleválasztás és berendezéseik.

4. hét

Centrifugálás, keverés, méretcsökkentés és berendezéseik.

5. hét

Hőátvitel elméleti alapjai, hőcsere.

6. hét

Hőátvitel számítása és berendezései I. Zárthelyi dolgozat (nem az előadás időpontjában)

7. hét

Hőátvitel számítása és berendezései II.

8. hét

Anyagátadás elméleti alapjai, desztilláció.

9. hét

Rektifikálás, szakaszos desztilláció, szerkezeti kialakítások.

10. hét

Nyomástartó edények tervezésének alapfogalmai, méretezési alapok.

11. hét

Kockázat, veszélyes anyagok.

12. hét

Túlnyomás elleni védelem feladata, tervezési irányelvek, alrendszerek kijelölése, zavarok feltárása.

13. hét

Túlnyomás elleni védelem eszközei. Biztonsági szelepek és hasadótárcsák, - panelek. II. Zárthelyi dolgozat (nem az előadás időpontjában)

14. hét

Pótzárthelyi dolgozat

Tantárgyi követelmények

1. A tárgy lezárásának módja: gyakorlati jegy

2. Félévközi számonkérés módja és a gyakorlati jegy megszerzésének feltétele:

A gyakorlati jegy megszerzésének feltétele a két félévközi írásbeli zárthelyi dolgozat min. 50%-os teljesítése.

3. A sikertelen vagy meg nem írt zárthelyik pótlása az utolsó héten történik.

4. Az értékelés módja ötfokozatú skálán:

0-50%: elégtelen, 51%-65%: elégséges, 66%-80%:közepes, 81%-92%: jó, 92% fölött: jeles.

Ajánlott irodalom

1. Fonyó-Fábry: Vegyipari művelettani alapismeretek. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1998.

2. Coulson-Richardson: Coulson and Richardson's chemical engineering, Pergamon, 1993

3. Fábry: Vegyipari gépészek kézikönyve. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1987.

Miskolc, 2025.01.31.

Dr. Szamosi Zoltán

I. Zárthelyi dolgozat Vegyipari technológiák és gépeik c. tárgyból (MINTA)

1. Ismertesse a blokk diagramot! (4 pont)
2. Vázzon egy Dorr-ülepítőt, és pár szóban foglalja össze a működését! (4 pont)
3. Definiálja az alábbi fogalmakat! (3 pont)
 - felületi szűrés
 - hidrodinamikai művelet
 - hőátadási művelet
4. Acél golyót dobunk egy kútba, amelyben a víz található. Ennek magassága a folyadék felszín és kút aljához képest 8 méter. A golyó sűrűsége 5615 kg/m^3 , átmérője $45 \text{ }\mu\text{m}$, a víz sűrűsége 980 kg/m^3 , a dinamikai viszkozitása 1 cP . Számítsa ki az acélgolyó ülepedési sebességét, ellenőrizze, hogy a lamináris áramlás fenn áll-e! Hány perc alatt ér le az acél golyó a víz felszínétől számítva a kút aljára? (5 pont)
5. A poros levegő $12\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ térfogatárammal lép be a Howard-féle ülepítő kamrában. Az ülepítő kamrában egymástól 4 cm magasságban 25 db, 2 m hosszúságú, $1,5 \text{ m}$ szélességű járat található. A szilárd szemcsék sűrűsége 1350 kg/m^3 . A levegő sűrűsége $1,18 \text{ kg/m}^3$, dinamikai viszkozitása $1,81 \cdot 10^{-5} \text{ Pas}$. Határozza meg az ülepedési sebességet, valamint mekkora lehet a leválasztható határszemcse mérete. Lamináris áramlás jellegét ellenőrizze! (5 pont)

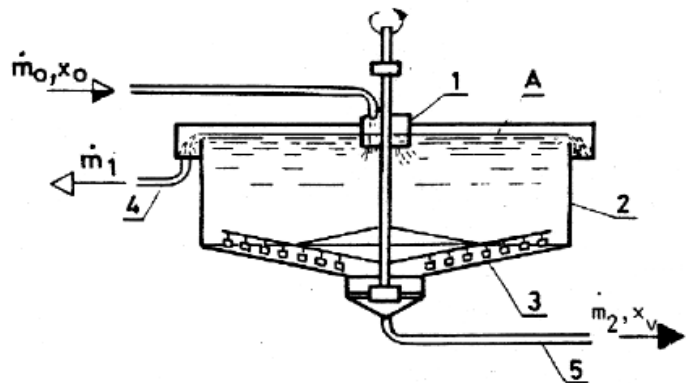
Megoldás

1. Blokk diagram jellemzői:

- A műveletek tömbökként vannak ábrázolva.
- A főbb áramokat vonalakkal és nyilakkal ábrázolják az áramlás irányát feltüntetve.
- Amikor lehetséges az áramok balról jobbra haladnak.
- A könnyű fázis felfelé indul, míg a nehéz fázis lefelé indul az egyes tömbökből.
- Ha az áramok metszik egymást a vízszintes folyamatos a függőleges pedig megszakított.
- Az egyszerű anyagmérleg szerepel rajta.
- Nincs rá elfogadott szabványos módszer.

2. Dorr-ülepítő jellemzői:

- kisméretű szilárd részecskék szuszpenziójának szétválasztására
- folytonos üzemű, nagy átmérőjű tartály ($1,5\text{-}100\text{m}$)
- lassan forgó, kiemelhető mechanizmus ($0,02 \text{ 1/min}$ fordulat)
- a derített tiszta folyadék a felső peremen ömlik át



Az ábra jelölései: 1: zagy bevezető gyűrű, 2: ülepítő tartály (medence), 3: fenék kotró gereblye, 4: derített folyadék elvezetés, 5: iszap elvezetés

3. feladat

- felületi szűrés: a szűrő felületén (drótszövet, szűrővászon, szűrőpapír) kiváló szilárd anyag – szűrőlepeny – a továbbiakban szűrőréteggént viselkedik.

- hidrodinamikai művelet: folyadékok, gázok mozgásával foglalkozik, a hidrodinamika törvényszerűségei határozzák meg (folyadékok, gázok áramlása, ülepités, centrifugálás, szűrés, keverés).
- hőátadási művelet: hőátadással foglalkozik, a hőtan törvényszerűségei határozzák meg (melegítés, hűtés, elpárolgatás, kondenzáció, hőcsere, bepárlás).

4. Adatok:

$$d = 45 \mu\text{m} = 4,5 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

$$H = 8 \text{ m}$$

$$\rho_l = 980 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{sz} = 5615 \text{ kg/m}^3$$

$$\eta = 1 \text{ cP} = 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

$$t_{\ddot{u}} = ?$$

Számítás:

Stokes-féle ülepedési sebesség:

$$v_0 = \frac{d^2 \cdot g \cdot (\rho_{sz} - \rho_l)}{18 \cdot \eta} = \frac{(4,5 \cdot 10^{-5} \text{ m})^2 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (5615 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - 980 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})}{18 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}} = 0,005115 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Ellenőrizzük, hogy a lamináris áramlás feltétele teljesül-e!

Reynolds-szám:

$$\text{Re} = \frac{v_0 \cdot \rho_l \cdot d}{\eta} = \frac{0,005115 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 980 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 4,5 \cdot 10^{-5} \text{ m}}{10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}} = 0,2256 < 1, \text{ tehát lamináris az áramlás jellege.}$$

$$\text{Ülepedési idő: } t_{\ddot{u}} = \frac{H}{v_0} = \frac{8 \text{ m}}{0,005115 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 1563,94 \text{ s} = \mathbf{26,067 \text{ min}}$$

Az acél golyó 26,067 perc múlva éri el a kút alját.

5. Adatok:

$$n = 25 \text{ db}$$

$$H = 4 \text{ cm} = 0,04 \text{ m}$$

$$L = 2 \text{ m}$$

$$b = 1,5 \text{ m}$$

$$\dot{V}_{be} = 12000 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$\rho_g = 1,18 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{sz} = 1350 \text{ kg/m}^3$$

$$\eta = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

$$v_0 = ?$$

$$d = ?$$

Számítás:

$$\text{Belépő keresztmetszet: } A = n \cdot H \cdot b = 25 \cdot 0,04 \text{ m} \cdot 1,5 \text{ m} = 1,5 \text{ m}^2$$

$$\text{Áramlási sebesség: } v = \frac{\dot{V}_{be}}{A} = \frac{12000 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{1,5 \text{ m}^2} = 2,222 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{Ülepedési sebesség: } t_t = t_{\ddot{u}} \rightarrow \frac{L}{v} = \frac{H}{v_0} \rightarrow v_0 = \frac{H \cdot v}{L} = \frac{0,04 \text{ m} \cdot 2,222 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \text{ m}} = \mathbf{0,0444 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$\text{Határszemcse átmérője: } d = \sqrt{\frac{v_0 \cdot 18 \cdot \eta}{g \cdot (\rho_{sz} - \rho_g)}} = \sqrt{\frac{0,0444 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 18 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s}}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (1350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - 1,18 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})}} = 3,299 \cdot 10^{-5} \text{ m} = \mathbf{32,99 \mu\text{m}}$$

$$\text{Reynolds-szám: } \text{Re} = \frac{v_0 \cdot \rho_g \cdot d}{\eta} = \frac{0,0444 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 1,18 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 3,299 \cdot 10^{-5} \text{ m}}{1,8 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s}} = 0,0961 < 1, \text{ tehát lamináris az áramlás jellege.}$$

Az ülepedési sebesség 0,0444 m/s, az ehhez tartozó határszemcse átmérője 32,99 μm .

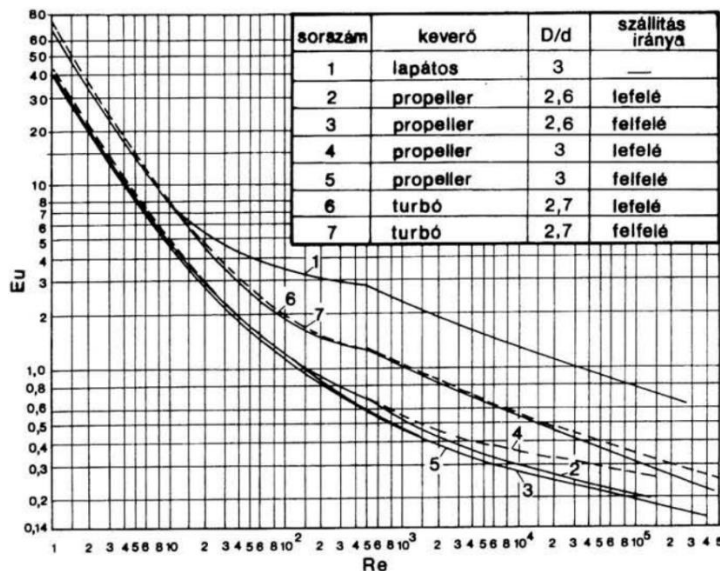
II. Zárthelyi dolgozat Vegyipari technológiák és gépeik c. tárgyból (MINTA)

1. Mutassa be a keverést, mint technológiát (definíció, elsődleges cél, másodlagos cél, keverési feladatok)! Sorolja fel a bemutatott keverőtípusokat (5 pont)

2. Vezesse le a többrétegű sík fal hővezetésének számítását! (5 pont)

3. Egy 500 mm átmérőjű, 400 mm dobmagasságú centrifugában percenként 1000-es fordulatszámmal olyan vizes szuszpenziót ülepítünk, amelynek átlagos szemcsemérete 30 mikrométer, sűrűsége 1500 kg/m³. A víz sűrűsége 1 g/cm³, dinamikai viszkozitása 0,01 Pas. A gát magassága 5 cm. Határozza meg a szemcsék ülepedési sebességét és a centrifuga középfelületét! Mekkora a centrifuga jelzőszáma? (5 pont)

4. A 1200 mm átmérőjű tartályban 1050 kg/m³ sűrűségű és 2,5 Pas viszkozitású folyadékot keverünk, a keverőelem átmérője 400 mm. Milyen teljesítményű motorral kell felszerelni a berendezést ahhoz, hogy a háromlapátos propellerkeverő 900 1/perc fordulatszámmal működjön, miközben a szállítás felfelé történjen? (5 pont)



Megoldás

1. Keverés jellemzői:

- A keverés során két vagy több anyagot kényszerített áramlással egyesítésünk homogén eloszlás elérése érdekében.
- Elsődleges cél: finomdiszperz rendszer létrehozása.
- Másodlagos cél: hőátvitel és/vagy anyagátvitel meggyorsítása, kémiai reakció elősegítése.
- Keverési feladatok, célok:
 - egyfázisú folyadék esetén koncentrációkiegyenlítés,
 - kétfázisú folyadék-folyadék rendszer esetén a két fázist emulgeáltatjuk,
 - folyadék-szilárd rendszer esetén szuszpenzió,
 - oldatok készítésekor növeli az oldódás sebességét,
 - diszpergáltatással gáz szétoszlata folyadékban,
 - hőcsere (hűtés vagy fűtés) intenzifikálása.
- Keverőtípusok: lapátos, ívelt lapátú, propeller- és turbinakeverők.

2. Többrétegű síkfal hővezetése:

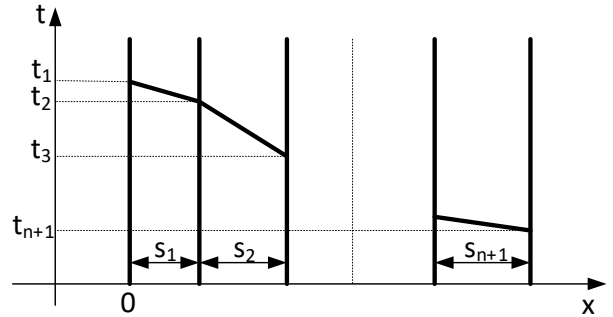
$$q = \frac{\lambda_1}{s_1} \cdot (t_1 - t_2) \rightarrow t_1 - t_2 = q \cdot \frac{s_1}{\lambda_1}$$

$$q = \frac{\lambda_2}{s_2} \cdot (t_2 - t_3) \rightarrow t_2 - t_3 = q \cdot \frac{s_2}{\lambda_2}$$

$$q = \frac{\lambda_n}{s_n} \cdot (t_n - t_{n+1}) \rightarrow t_n - t_{n+1} = q \cdot \frac{s_n}{\lambda_n}$$

$$\sum t_1 - t_{n+1} = q \cdot \left(\frac{s_1}{\lambda_1} + \frac{s_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{s_n}{\lambda_n} \right) \Rightarrow$$

$$q = \frac{t_1 - t_{n+1}}{\sum_{i=1}^n \frac{s_i}{\lambda_i}} \text{ és } Q = \frac{t_1 - t_{n+1}}{\sum_{i=1}^n \frac{s_i}{\lambda_i}} \cdot A \cdot \tau$$



3. Adatok:

$$d = 30 \mu\text{m} = 3 \cdot 10^{-5} \text{ m} \quad L = 400 \text{ mm} = 0,4 \text{ m}$$

$$H = 5 \text{ cm} = 0,05 \text{ m} \quad D = 500 \text{ mm} = 0,5 \text{ m}$$

$$\rho_l = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \rho_{sz} = 1500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\eta = 0,01 \text{ Pa} \cdot \text{s} \quad n = 1000 \frac{1}{\text{perc}} = 16,6667 \frac{1}{\text{s}}$$

$w = ?$, $A = ?$, $j = ?$

Számítás:

A centrifuga dob sugara: $r = \frac{D-H}{2} = \frac{0,5 \text{ m} - 0,05 \text{ m}}{2} = 0,225 \text{ m}$.

Szögsebesség: $\omega = 2 \cdot \pi \cdot n = 2 \cdot \pi \cdot 16,6667 \frac{1}{\text{s}} = 104,72 \frac{1}{\text{s}}$

A szemcsék ülepedési sebesség:

$$w = \frac{d^2 \cdot (\rho_{sz} - \rho_l)}{18 \cdot \eta} \cdot r \cdot \omega^2 = \frac{(3 \cdot 10^{-5} \text{ m})^2 \cdot (1500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})}{0,01 \text{ Pa} \cdot \text{s}} \cdot 0,225 \text{ m} \cdot \left(104,72 \frac{1}{\text{s}}\right)^2 = \mathbf{0,00617 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

Középfelület: $A = (D - H) \cdot \pi \cdot L = (0,5 \text{ m} - 0,05 \text{ m}) \cdot \pi \cdot 0,4 \text{ m} = \mathbf{0,5655 \text{ m}^2}$

Jelzőszám: $j = \frac{\omega^2 \cdot r}{g} = \frac{\left(104,72 \frac{1}{\text{s}}\right)^2 \cdot 0,225 \text{ m}}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = \mathbf{251,52}$

A megadott adatokkal rendelkező centrifuga esetén a szemcsék ülepedési sebessége 0,00617 m/s, a középfelület 0,5655 m², a jelzőszám 251,52.

4. Adatok:

$$D = 1200 \text{ mm} = 1,2 \text{ m} \quad d = 400 \text{ mm} = 0,4 \text{ m}$$

$$\rho_f = 1050 \text{ kg/m}^3 \quad \eta = 2,5 \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

$$n = 900 \frac{1}{\text{perc}} = 15 \frac{1}{\text{s}}$$

$P = ?$

Számítás:

Mivel $D/d = 3 \rightarrow$ az 5-ös görbéről kell leolvasni az adatokat.

Módosított Reynolds-szám: $Re_m = \frac{n \cdot d^2 \cdot \rho}{\eta} = \frac{15 \frac{1}{\text{s}} \cdot (0,4 \text{ m})^2 \cdot 1050 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{2,5 \text{ Pa} \cdot \text{s}} = 1008$

Módosított Euler-szám (diagramról): $Eu_m = 0,46$

Teljesítmény: $P = Eu_m \cdot \rho \cdot n^3 \cdot d^5 = 0,46 \cdot 1050 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \left(15 \frac{1}{\text{s}}\right)^3 \cdot (0,4 \text{ m})^5 = \mathbf{1112,83 \text{ W}}$

A keverő teljesítményszükséglete 1112,83 W.

I. Zárthelyi dolgozat Vegyipari technológiák és gépeik c. tárgyból (MINTA)

1. Ismertesse a P&ID-t! (4 pont)
2. Vázoljon egy ciklont, és pár szóban foglalja össze a működését! (4 pont)
3. Definiálja az alábbi fogalmakat! (3 pont)
 - mélységiszűrés
 - mechanikai művelet
 - anyagátadási művelet
4. Hány perc alatt éri el a szennyvízbe került 0,005 cm átmérőjű csigaház az ülepitő kád alját, ha folyadék felszín az ülepitő felső pereméig ér és mélysége 2 m, a szennyvíz sűrűsége $1,25 \text{ g/cm}^3$, a csigaház sűrűsége 1620 kg/m^3 -nek vehető. A szennyvíz dinamikai viszkozitása 3-cP. A csigaház szabályos gömb alakúnak tekinthető. A kiszámolt ülepedési sebesség alapján, ellenőrizze, hogy a lamináris áramlás fenn áll-e! (5 pont)
5. Egy ülepitő porkamra belépő keresztmetszete kör alakú, átmérője 50 cm. A belépő poros gáz térfogatárama $1000 \text{ m}^3/\text{h}$. A szennyező anyag sűrűsége 2500 kg/m^3 , a szennyezett gáz sűrűsége $1,2 \text{ kg/m}^3$, dinamikai viszkozitása $5 \cdot 10^{-5} \text{ Pas}$. Milyen hosszúságú porkamrára van szükség, hogy a 10^{-4} métertől nagyobb méretű szemcse még leválasztódjon? A porkamra magassága 60 cm. (5 pont)

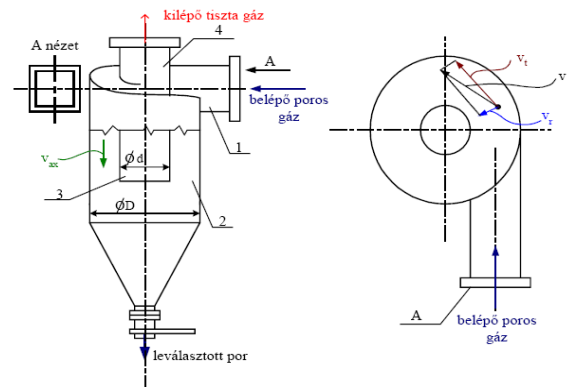
Megoldás

1. P&ID jellemzői:

- A P&ID (műszerezett folyamatábra) minden mérnök számára elengedhetetlen, hogy megkezdjék a gyár tervezését és előkészítsék a gyár építését.
- A készülékeket, szerelvényeket különböző szimbólumok jelölik. A dokumentumot jelölésjegyzékkel szükséges ellátni.
- Minden gépészeti információt tartalmaz, kivéve:
 - Állapotjelzők (p, T),
 - Anyagáramok,
 - Berendezések elhelyezését,
 - Csővezetékek útvonalait, hosszát, tömítéseket, csatlakozásokat,
 - Támaszokat, acélszerkezeteket, alapozásokat.

2. Ciklon jellemzői:

- a tangenciálisan belépő poros levegő körpályára kényszerül, a centrifugális erő hatására a szilárd szemcsék egy része kiválik a paláston és spirálisan a kúpos részbe távozik
- az örvénykereső cső átmérőjének megfelelő keringési sebességgel mozgó határszemcse mérete és az ülepedés sebessége meghatározható
- portalanítási fok javítható a gázmennyiség és a ciklon átmérőjének növelésével (nő a nyomásvesztés és az üzemköltség)
- multiciklont alkalmazunk a határszemcse méretének csökkentésére, a portalanítási fok javítására az ellenállás megnövelése nélkül



3. feladat

- mélységi szűrés: a szűrt részecskék a szűrőközeg (kavics, homok) belsejébe hatolnak és ott lerakódnak.
- mechanikai művelet: szilárdtest mechanika törvényszerűségei határozzák meg (aprítás, osztályozás, granulálás, szilárd anyagok keverése, szállítása).
- anyagátadási művelet: a kiindulási elegy komponenseinek fázishatáron keresztül történő áthaladása jellemzi, az anyagátadás törvényszerűségei határozzák meg (egyensúlyi műveletek: desztilláció, abszorpció, extrakció, adszorpció, szárítás; nem egyensúlyi műveletek: membránszűrés, ultraszűrés, reverz ozmózis).

4. Adatok:

$$d = 0,005 \text{ cm} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

$$H = 2 \text{ m}$$

$$\rho_l = 1,25 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 1250 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{sz} = 1620 \text{ kg/m}^3$$

$$\eta = 3 \text{ cP} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

$$t_{\ddot{u}} = ?$$

Számítás:

Stokes-féle ülepedési sebesség:

$$v_0 = \frac{d^2 \cdot g \cdot (\rho_{sz} - \rho_l)}{18 \cdot \eta} = \frac{(5 \cdot 10^{-5} \text{ m})^2 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (1620 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - 1250 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})}{18 \cdot 3 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}} = 0,00017 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Ellenőrizzük, hogy a lamináris áramlás feltétele teljesül-e!

Reynolds-szám:

$$\text{Re} = \frac{v_0 \cdot \rho_l \cdot d}{\eta} = \frac{0,00017 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 1250 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 5 \cdot 10^{-5} \text{ m}}{3 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}} = 0,0035 < 1, \text{ tehát lamináris az áramlás jellege.}$$

$$\text{Ülepedési idő: } t_{\ddot{u}} = \frac{H}{v_0} = \frac{2 \text{ m}}{0,00017 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 11901,8 \text{ s} = \mathbf{198,36 \text{ min}}$$

A csigaház 198,36 perc múlva éri el az üleptető kád alját.

5. Adatok:

$$H = 60 \text{ cm} = 0,6 \text{ m} \quad d = 10^{-4} \text{ m}$$

$$D_{be} = 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m} \quad \dot{V}_{be} = 1000 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$\rho_g = 1,2 \text{ kg/m}^3 \quad \rho_{sz} = 2500 \text{ kg/m}^3$$

$$\eta = 5 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s} \quad L = ?$$

Számítás:

$$\text{Belépő keresztmetszet: } A = \frac{(D_{be})^2 \cdot \pi}{4} = \frac{(0,5 \text{ m})^2 \cdot \pi}{4} = 0,1964 \text{ m}^2$$

$$\text{Áramlási sebesség: } v = \frac{\dot{V}_{be}}{A} = \frac{1000 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{0,1964 \text{ m}^2} = 1,4147 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{Stokes-féle ülepedési sebesség: } v_0 = \frac{d^2 \cdot g \cdot (\rho_{sz} - \rho_l)}{18 \cdot \eta} = \frac{(10^{-4} \text{ m})^2 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})}{18 \cdot 5 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s}} = \mathbf{0,2724 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$\text{Reynolds-szám: } \text{Re} = \frac{v_0 \cdot \rho_g \cdot d}{\eta} = \frac{0,2724 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 10^{-4} \text{ m}}{5 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s}} = 0,6537 < 1, \text{ tehát lamináris az áramlás jellege.}$$

$$\text{A porkamra hossza: } t_t = t_{\ddot{u}} \rightarrow \frac{L}{v} = \frac{H}{v_0} \rightarrow L = \frac{H \cdot v}{v_0} = \frac{0,6 \text{ m} \cdot 1,4147 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0,2724 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = \mathbf{3,116 \text{ m}}$$

A Stokes-féle ülepedési sebesség 0,2724 m/s, a porkamra hossza 3,116 m.

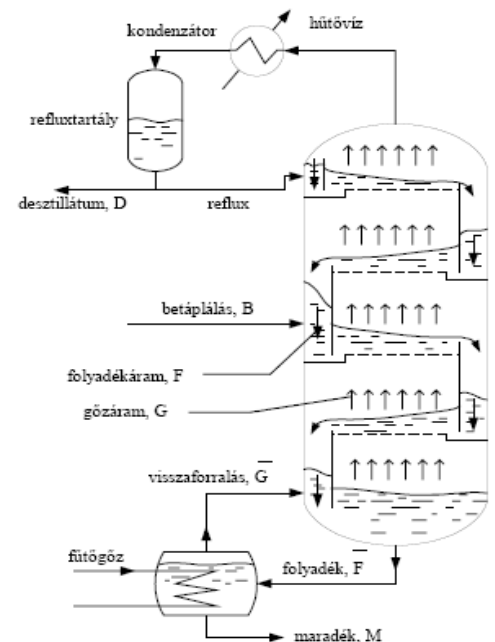
II. Zárthelyi dolgozat Vegyipari technológiák és gépek c. tárgyból (MINTA)

1. Ismertesse a rektifikálást, mint vegyipari műveletet (6 pont)
2. Írja fel a hőcserélők alapegyenletét a benne szereplő tagok megnevezésével és kiszámítási módjaival együtt! (4 pont)
3. Egy keretes szűrőprésen 2 l szuszpenzió szűréséhez 90 másodperc szükséges, 5 l szűréséhez 8 perc szükséges. 15 l szuszpenzió szűréséhez mennyi időre van szükség? (3 pont)
4. Tekintsük egy ház falát. A falon belül mért hőmérséklet 23°C, a falon kívül mért hőmérséklet -12°C. Mekkora a falon át történő hővezetés, ha tudjuk, hogy a fal anyaga téglá, melynek ismert a hővezetési tényezője (0,86 W/mK) és a téglafal vastagsága 240 mm. A fal mindkét oldalára húzzunk fel egy-egy 18 mm vastag, 1,27 W/mK hővezetési tényezőjű vakolatot. Hogyan alakul ekkor a falon át távozó hőmennyiség? (7 pont)

Megoldás

1. Rektifikálás jellemzői:

- Desztillációval elérhető, hogy a desztillátum összetétele különbözik a maradék összetételétől, de a teljes komponens-szétválasztás nem valósul meg.
- További szeparációhoz a párlatot és a maradékot ismételt lepárlásnak kellene alávetni, amely energetikailag rendkívül rossz hatásfokú lenne, mivel minden fokozatot hűtéssel/fűtéssel kell ellátni.
- Ha az áramokat az előző és a következő fokozatba vezetjük, a berendezés egyensúlyi kaszkárendszer alkot, amely csak egy helyen igényel fűtést és egy helyen hűtést.
- A gyakorlatban ezt a folyamatot egyetlen berendezésben, a nehézségi erőteret kihasználva oszlopszerű hengeres berendezésben (kolonnában) valósítjuk meg.
- Az oszlop a felfelé szálló gőz és a lefelé csurgó folyadék intenzív érintkeztetése céljából rendszerint vízszintes tálcaszerű ún. tányérokot tartalmaz.



2. Hőcserélők alapegyenlete:

$$Q = k \cdot A \cdot \Delta T_{log}$$

- k : hőátviteli tényező [W/(m²K)],

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{s_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

- A : hőátadó felület [m²],
- ΔT_{log} : logaritmusos hőmérséklet különbség [K]

$$\Delta T_{log} = \frac{\Delta T_n - \Delta T_k}{\ln \frac{\Delta T_n}{\Delta T_k}}$$

3. Adatok:

$$\begin{array}{ll} V_1 = 2 \text{ l} & t_1 = 90 \text{ s} = 1,5 \text{ perc} \\ V_2 = 5 \text{ l} & t_2 = 8 \text{ perc} = 480 \text{ s} \\ V_3 = 15 \text{ l} & t_3 = ? \end{array}$$

Számítás:

A szűrés alapegyenletét írjuk fel az 1-es és a 2-es esetekre:

$$\begin{aligned} \frac{t_1}{V_1} &= a \cdot V_1 + b \\ \frac{t_2}{V_2} &= a \cdot V_2 + b \end{aligned}$$

Az egyenletrendszerből: $a = \frac{\frac{t_2}{V_2} - \frac{t_1}{V_1}}{V_2 - V_1} = \frac{\frac{8 \text{ perc}}{5 \text{ l}} - \frac{1,5 \text{ perc}}{2 \text{ l}}}{5 \text{ l} - 2 \text{ l}} = 0,2833 \frac{\text{perc}}{\text{l}^2}$

Az egyik egyenletbe behelyettesítve a -t, kiszámítható b :

$$b = \frac{t_1}{V_1} - a \cdot V_1 = \frac{1,5 \text{ perc}}{2 \text{ l}} - 0,2833 \frac{\text{perc}}{\text{l}^2} \cdot 2 \text{ l} = 0,1833 \frac{\text{perc}}{\text{l}}$$

A 3-as esetben a szűrés idő:

$$t_3 = a \cdot V_3^2 + b \cdot V_3 = 0,2833 \frac{\text{perc}}{\text{l}^2} \cdot (15 \text{ l})^2 + 0,1833 \frac{\text{perc}}{\text{l}} \cdot 15 \text{ l} = \mathbf{66,5 \text{ perc}}$$

A 15 l -hez tartozó szűrés idő 66,5 perc.

4. Adatok:

$$\begin{array}{ll} T_b = 23 \text{ }^\circ\text{C} & T_k = -12 \text{ }^\circ\text{C} \\ \lambda_{fal} = 0,86 \frac{\text{W}}{\text{mK}} & s_{fal} = 240 \text{ mm} = 0,24 \text{ m} \\ \lambda_{vakolat} = 1,27 \frac{\text{W}}{\text{mK}} & s_{vakolat} = 18 \text{ mm} = 0,018 \text{ m} \end{array}$$

$$q_1 = ?, \quad q_2 = ?$$

Számítás:

Vakolat nélküli fal esetén:

$$q = \frac{\lambda_{fal}}{s_{fal}} (T_b - T_k) = \frac{0,86 \frac{\text{W}}{\text{mK}}}{0,24 \text{ m}} \cdot (23 \text{ }^\circ\text{C} - (-12 \text{ }^\circ\text{C})) = \mathbf{125,42 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}}$$

Vakolattal rendelkező fal esetén:

$$q = \frac{T_b - T_k}{\frac{s_{vakolat}}{\lambda_{vakolat}} + \frac{s_{fal}}{\lambda_{fal}} + \frac{s_{vakolat}}{\lambda_{vakolat}}} = \frac{23 \text{ }^\circ\text{C} - (-12 \text{ }^\circ\text{C})}{\frac{0,018 \text{ m}}{1,27 \frac{\text{W}}{\text{mK}}} + \frac{0,24 \text{ m}}{0,86 \frac{\text{W}}{\text{mK}}} + \frac{0,018 \text{ m}}{1,27 \frac{\text{W}}{\text{mK}}}} = \mathbf{113,85 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}}$$

Vakolat nélküli fal esetén a hőáramsűrűség 125,42 W/m², míg belső és külső vakolatréteg esetén 113,85 W/m².