

INTERNA SKRIPTA ZA SVRHU OBRAZOVANJA ODRASLIH - TEHNOLOŠKE OPERACIJE

Jelena Danilović Zurnić, *prof. mentor*

I. CJELINA - MEHANIKA ČVRSTIH TVARI

1. Objasni što je proces i razliku između prirodnog i proizvodnog?

Proces je niz povezanih promjena (fizikalne ili kemijske prirode). Razlikuje se:

- **PRIRODNI PROCES** - u prirodi ništa ne miruje; promjene ne ovise o nama, opažamo ih u skladu s mogućnostima.
- **PROIZVODNI PROCES** - niz tehnoloških operacija pod nadzorom čovjeka koji usmjeravanjem određuje ishod procesa u procesnoj industriji (metalurška, građevinska, prehrambena, tekstilna itd.) u tehničkim uređajima (peći, apsorberi, reaktori, itd). Proizvodni proces se prikazuje pomoću jednostavnih ili složenih shema.

2. Objasni operaciju skladištenja, te što je skladište i kakva mogu biti?

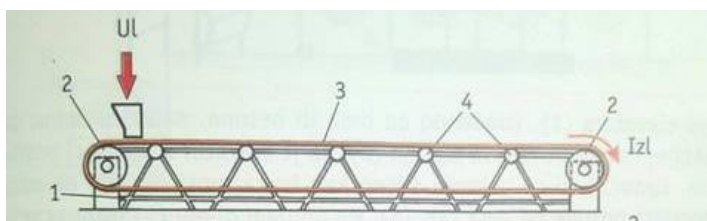
- Svaki proizvodni proces započinje skladištenjem sirovina i završava skladištenjem gotovih proizvoda i otpadnih materijala, a time se **osigurava neprekidnost proizvodnog procesa**. Ako se roba pravilno uskladišti, čuva se od nepovoljnih utjecaja, gubitaka i kvarenja.
- Skladište je uređeno i opremljeno mjesto za privremeno i sigurno odlaganje materijala prije, tijekom i poslije njihove uporabe u procesu proizvodnje, distribucije i potrošnje. Prema načinu gradnje dijele se na: **otvorena**, **zatvorena** i **natkrivena**, zatim na **klasična** ili **automatizirana** (poslovi se u pravilu obavljaju bez prisutnosti djelatnika) i **specijalizirana skladišta** (silosi, hladnjače, tankovi, rinfuza i sl.).

3. Objasni operaciju transporta, te skiciraj i objasni dijelove (transportne trake, elevatora ili puža transportera).

VANJSKI TRANSPORT - dopremanje potrebnih materijala i sirovina i otpremu gotovih proizvoda i otpadnih materijala (cestovni, željeznički, riječni, pomorski).

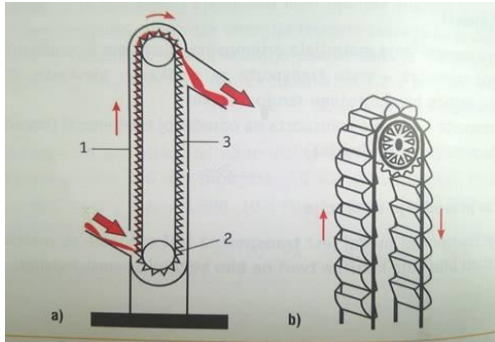
UNUTARNJI TRANSPORT - premještanje materijala prijenosom, guranjem, podizanjem ili u struji zraka tijekom proizvodnog procesa od uređaja do uređaja.

TRANSPORTNA TRAKA - (transport prijenosom) bilo koje količine, na bilo koju udaljenost. Osjetljive na oštroidne i teške predmete.



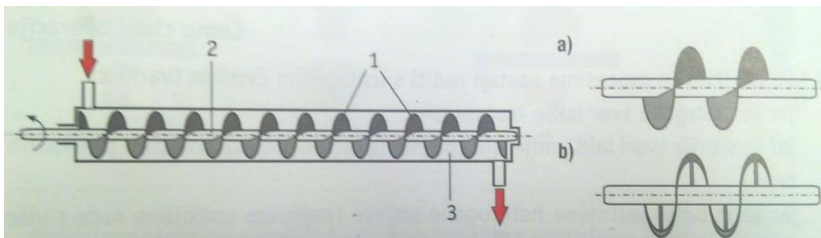
- 1 - nosiva konstrukcija
- 2 - metalni bubnjevi
- 3 - transportna traka
- 4 - metalni vijci koji podupiru traku
- 5 - elektromotor

TRANSPORTER ELEVATOR - nalik traci postavljenoj uspravno, služi za transport materijala podizanjem.



- | |
|-------------------------|
| 1 - limeno kućište |
| 2 - metalni bubnjevi |
| 3 - lanac |
| ➤ ulaz/izlaz materijala |

PUŽNI TRANSPORTER - transport materijala guranjem.



- | |
|-------------------------|
| 1 - puž (zavojnica) |
| 2 - osovina |
| 3 - kućište |
| ➤ ulaz/izlaz materijala |

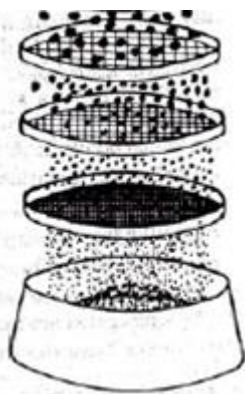
4. Objasni operaciju usitnjavanje?

Usitnjavanje je mehanička operacija kojom se smanjuje veličina, mijenja oblik i povećava površina čvrste tvari. Razlozi za usitnjavanje:

- izdvajanje čestica određenih svojstava,
- ubrzavanje kemijskih reakcija, sušenja, izmjene topline, otapanja, miješanja.

MLIN ČEKIČAR ili udarna drobilica služi za srednje i sitno usitnjavanje. **MLIN S KUGLAMA** - ima veliku primjenu za fino mljevenje u industriji, može raditi na suho ili mokro, kontinuirano ili šaržno, meljivo je homogeno, a rad siguran i jednostavan.

5. Opisati granulometrijsku analizu klasiranja?



Klasiranje je razdvajanje čestica istog materijala različitih dimenzija. Obavlja se **granulometrijskom (sitenom) analizom**. Određuje se maseni udio čestica određenih dimenzija i iskazuje se u postocima. Sita su složena paralelno ili serijski. Sijanje se može provoditi ručno ili laboratorijskom tresilicom. Dimenzije čestica određuju se prema otvorima očica na sitima. Rezultati se prikazuju kumulativnom krivuljom (ovisnost masenih udjela o veličini otvora sita). Ukoliko je količina uzorka velika za analizu provodi se uzorkovanje i redukcija uzorka postupkom četvrtanja.

II. a) CJELINA - MEHANIKA FLUIDA

1. Treba objasniti šta je mehanika fluida, te što proučavaju statika i dinamika fluida?

Mehanika fluida je znanost koja proučava zakone mehaničkog kretanja i relativnog mirovanja fluida (plinovi i tekućine).

- **Statika fluida** se bavi zakonitostima i odnosima između sila u stanju mirovanja fluida.
- **Dinamika fluida** proučava zakonitosti pri strujanju fluida, odnosno sile koje uzrokuju gibanje, kao i međusobno djelovanje fluida i čvrste površine s kojom je u dodiru (cijevi i cjevovodi).

2. Treba objasniti tri osnovna zakona dinamike fluida?

I. ZAKON OČUVANJA MASE (Kontinuiteta) - Jednostavno rečeno koliko tekućine uđe u cijev, toliko mora i izaći, odnosno **protok je konstantan**. Kada se cijev sužava, fluid ubrzava kako bi ista količina mase prošla kroz taj uži dio u istom vremenu. I obrnuto – kada se cijev širi, fluid usporava. Matematički: Omjer brzina fluida u dvije cijevi obrnuto je proporcionalan kvadrata promjera tih cijevi:

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{d_1^2}{d_2^2}$$

II. ZAKON OČUVANJA ENERGIJE - Fluid pri kretanju ima različite oblike energije (Energiju položaja, tlačnu energiju i kinetičku energiju). Protjecanjem fluida kroz cijev, zbog trenja između čestica fluida, te trenja između fluida i stijenki cijevi dolazi do nepovratnog gubitka energije u obliku topline što opusuje **Bernoullijeva jednadžba** gibanja realnog fluida:

$$h_1 + \frac{p_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{p_2}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2g} + h_{gub.}$$

III. ZAKON ODRŽANJA KOLIČINE GIBANJA (Haagen–Poiseuilleov zakon za laminarno strujanje i univerzalna Darcy–Weisbachova jednadžba za sve vrste strujanja) - Kada fluid teče kroz vodoravnu cijev konstantnog presjeka, brzina ostaje ista, ali je tlak na kraju cijevi **manji** nego na početku zbog gubitaka energije prilikom trenja.

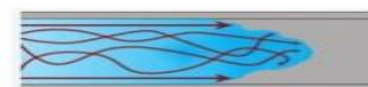
3. Treba objasniti vrste strujanja fluida?

Razlikuju se tri mehanizma strujanja:

I. LAMINARNO (SLOJEVITO) STRUJANJE – kod malih brzina protjecanja fluid se giba u zamišljenim vodoravnim slojevima.



II. PRIJELAZNO (PREOBRAŽAJNO) STRUJANJE – kod većih brzina dolazi do remećenja slojeva građe fluida i do valovitog kretanja fluida.



III. TURBULENTNO (VRTLOŽNO) STRUJANJE – kod velikih brzina protjecanja dolazi do vrtloženja fluida u cijevi.



REYNOLDSOV BROJ (KRITERIJ)

Pri strujanju fluida u cijevi na različitim mjestima presjeka cijevi različite su i brzine strujanja fluida, pa su i mehanizmi strujanja fluida različiti.

Vrste strujanja se određuju prema Reynoldsovom broju (kriteriju):

$$Re = \frac{d_u \cdot v_{sr} \cdot \rho}{\mu}$$

gdje je:

Re – Reynoldsov broj (nema mjernu jedinicu)

d_u – unutarnji promjer cijevi [m]

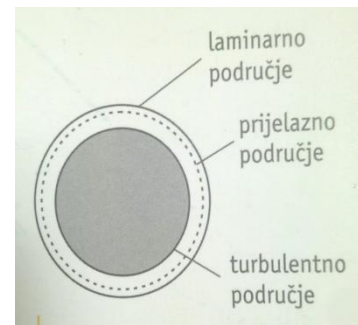
v_{sr} – srednja brzina protjecanja fluida [ms^{-1}]

ρ – gustoća fluida [kgm^{-3}]

μ – dinamička viskoznost fluida [Pas] = [$\text{kgm}^{-1}\text{s}^{-1}$]

Brojčana vrijednost Re pokazatelj je mehanizma strujanja fluida:

- Za $Re < 2\,320$: **Laminarno strujanje**
- Za $2\,320 < Re < 10\,000$: **Prijelazno strujanje**
- Za $Re > 10\,000$: **Turbulentno strujanje**



II. b) CJELINA - TRANSPORT FLUIDA

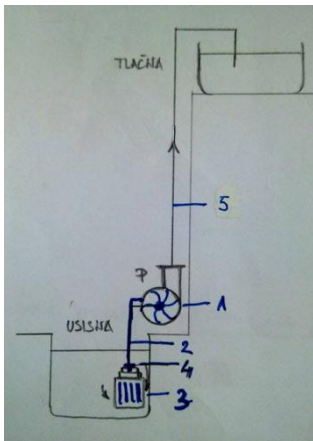
1. Što se podrazumijeva pod transportom fluida?

Transport fluida podrazumijeva premještanje fluida od uređaja do uređaja kroz cijevi i cjevovode pomoću uređaja za transport (pumpe, kompresori, ventilatori).

2. Treba objasniti zašto su cijevi i cjevovodi pogodni za transport fluida (opisati cijevne armature)?

Cijevi su vrlo pogodne za transport fluida jer mogu strujati pri različitim brzinama i tlakovima, a zatvorenost sustava osigurava zaštitu ljudi i okoliša (otrovni, zapaljivi, nagrizajući fluidi). Cijevne armature su elementi kojima se provodi manipulacija transporta fluida, bilo da se radi o elementima za spajanje cijevi (**prirubnice, matice, naglavci**), promjeni smjera (**fitinzi**) ili promjera cijevi (**reduktori**), regulaciju protoka fluida (**ventili, zasuni, pipci**) ili zatvaranju cijevi (**čepovi**). Dimenzije cijevi i armatura daju se u colima ($1'' = 2,54 \text{ cm}$).

3. Treba objasniti konstrukciju i princip rada centrifugalne pumpe (prikazati skicu uređaja)?



- U kućištu pumpe nalazi se rotor (1) pričvršćen vratilom na pogonski motor.
- Usisna cijev (2) smještena je tako da ulazi u kućište pumpe nad središtem rotora.
- Na donjem kraju usisne cijevi nalazi se košara (3) kako bi se spriječio ulazak mehaničkih onečišćenja.
- Na vrhu košare nalazi se ventil (4) koji sprječava istjecanje tekućine iz cijevi i pumpe pri zaustavljanju rotora.
- Tlačna cijev (5) izlazi iz kućišta pumpe.

Kada se rotor pumpe okreće u kućištu pumpe stvaraju se centrifugalna sila i podtlak (vakuum). Zbog podtlaka koji nastaje tekućina se kroz usisnu cijev uvodi u unutrašnjost pumpe i jednolično istiskuje kroz tlačnu cijev. Smjer okretanja rotora mora biti obrnut zakrivljenosti lopatica. Prednost im je jednolična doprema tekućine, a nedostatak taj što uslijed trenja dolazi do mehaničkih oštećenja lopatica rotora te se povremeno moraju zamijeniti.

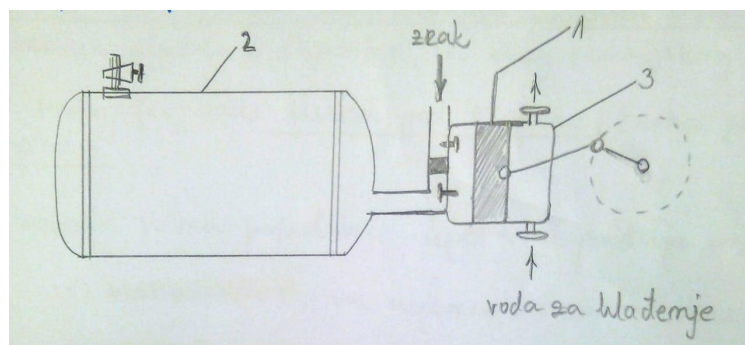
4. Treba objasniti konstrukciju i princip rada klipnog kompresora?

Plin se transportira kompresorima kroz dvije faze:

- o **Ekspanzija (usis)** – povećanjem volumena plina smanjuju se tlak i temperatura plina, i
- o **Kompresija (tlačenje)** – smanjenjem volumena plina povećavaju se tlak i temperatura, a zbog oslobođene topline cilindar kompresora hladi se zračno ili pomoću vode/ulja.

KLIPNI (STAPNI) KOMPRESOR

Klip (1) usisava plin iz nekog spremnika u cilindar (3) ili ukoliko je riječ o komprimiranju zraka direktno iz atmosfere. Budući da se plin komprimiranjem zagrijava, a tlak raste, cilindar (3) se mora hladiti vodom, a pri čemu se rashlađeni plin ugušćuje. Na ovaj se način u spremniku (2) može pohraniti znatna količina plina koji je komprimiran i ima povoljnu temperaturu.



III. MEHANIKA HETEROGENIH SUSTAVA

1. Treba objasniti karakteristike heterogenih sustava?

Heterogeni sustavi su smjese dvaju ili više tvari među kojima ne dolazi do kemijske reakcije, već su raspršene (dispergirane) jedna u drugoj. I disperzna faza i disperzno sredstvo mogu biti u sva tri agregatna stanja. Disperzne sustave prema veličini čestica dijelimo na **suspencije** (>200 nm), **koloide** (1-200nm) i **prave otopine** (< 1 nm).

TEHNOLOŠKE OPERACIJE HETEROGENIH SUSTAVA služe za razdvajanje disperzne faze od disperznog sredstva, odnosno za pročišćavanje tvari ili ubrzavanje tehnoloških operacija. Osnovna podjela operacija vezanih za heterogene sustave:

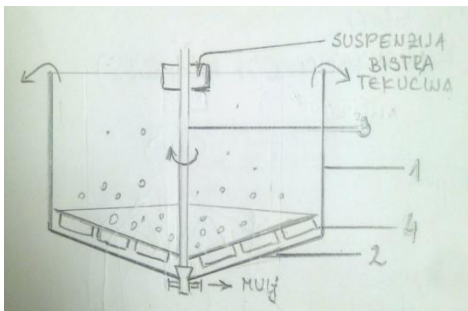
- TALOŽENJE (SEDIMENTACIJA)** – operacija pri kojoj se čvrste čestice kreću kroz fluid koji miruje.
- FILTRACIJA i CENTRIFUGIRANJE** – operacije pri kojima čvrsta faza miruje, a fluid se kreće.
- KLASIRANJE, SEPARIRANJE i MIJEŠANJE** – operacije kada se istovremeno kreću i čvrste čestice i fluid.

2. Treba opisati operaciju gravimetrijske sedimentacije, te konstrukciju i princip rada taložnika?

TALOŽENJE (GRAVIMETRIJSKA SEDIMENTACIJA) čvrstih čestica iz rijetkih suspenzija važna je operacija u procesima pročišćavanja voda za piće i otpadnih voda, a odvija se pod djelovanjem sile teže.

GRAVIMETRIJSKI TALOŽNIK (SEDIMENTATOR): Budući da je brzina taloženja sitnih čestica mala ulijevanje suspenzije u taložnik mora se stalno nadzirati, a taložnik treba pravilno dimenzionirati pomoću poznavanja brzine taloženja čestica (v), količine suspenzije ($Q_{sus.}$) i površine kružnog presjeka taložnika:

$$A = \frac{Q_{sus.}}{v} [m^2] \text{ i } A = 0,785 \cdot d_T^2 [m^2]$$



Taložnici su niski bazeni od betona ili čeličnog lima. Gornji dio taložnika čini plašt valjka (1) a donji je konus (2). Dotok suspenzije u taložnik je stalan tako da se čestice neprekidno sedimentiraju na dnu i povremeno ispuštaju u obliku mulja. Bistra tekućina prelijeva se preko gornjeg ruba taložnika. Kroz sredinu taložnika okomito prolazi vratilo (3) na čijem se dnu nalaze grablje (4). Konstrukcija s grabljama polako se okreće, time se suspenzija pri dnu miješa što pospješuje taloženje i prikupljanje mulja, ali ne izaziva uzbukavanje gornjih slojeva suspenzije.

Da bi se ubrzalo taloženje sitnih čestica i da bi se povećao kapacitet taložnika suspenziji se dodaju **FLOKULANTI** - tvari koje ili svojom građom ili elektrokemijski okrupnjuju najsitnije čestice u teže pahuljice, te se pospješuje njihovo taloženje.

STOKESOV ZAKON BRZINE PADANJA ČESTICA U FLUIDU

Brzina padanja čestica u fluidu ovisi o masi čestica, te o svojstvima medija (sredine) kroz koji se čestice sedimentiraju.

$$v = \frac{d_c^2 \cdot (\rho_c - \rho) \cdot g}{18 \mu} \text{ [ms}^{-1}\text{]}$$

pri čemu je:

v – brzina taloženja najsitnijih čestica [ms^{-1}]

d_c – promjer najsitnijih čestica [m]

ρ_c – gustoća čestica [kgm^{-3}]

ρ – gustoća fluida [kgm^{-3}]

μ – viskoznost medija [$\text{kgm}^{-1}\text{s}^{-1}$]

FILTRACIJA

1. Opisati što je filtracija, te kakva se filtarska sredstva koriste?

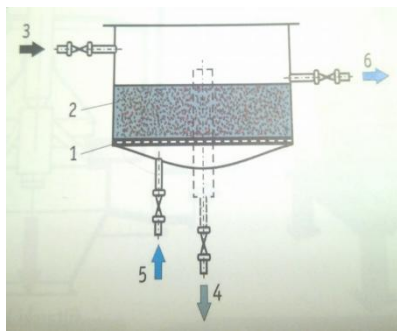
Filtracija je operacija razdvajanja čvrste faze od tekuće pomoću poroznog filtarskog sredstva (zrnate pregrade - pijesak/šljunak; tkanine ili čvrste pregrade - porculan/čelik). Izbor filtarskog sredstva ovisi o vrsti heterogenog sustava, vrijednosti kolača koji zaostaje ili filtrata, učinku, pH-vrijednosti, temperaturi, tlaku, itd.

Prema tlaku filtracija može biti:

- 1. DUBINSKA FILTRACIJA** (pri atmosferskom tlaku),
- 2. VAKUUM FILTRACIJA** (tlak manji od atmosferskog),
- 3. PREŠANJE** (tlak veći od atmosferskog),
- 4. CENTRIFUGALNA FILTRACIJA** (centrifugom nametnuti tlak).

2. Opisati konstrukciju i princip rada otvorenog pješčanog filtra?

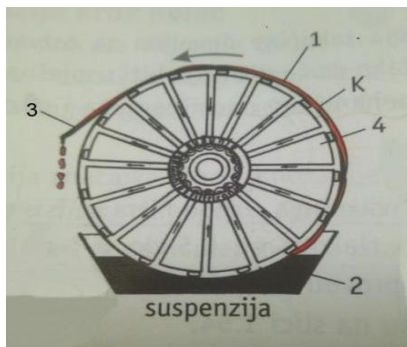
KONSTRUKCIJA I PRINCIP RADA OTVORENOG PJEŠČANOG FILTRA (pri atmosferskom tlaku)



Otvoreni pješčani filter cilindričnog je oblika. Pri dnu cilindra ugrađena je perforirana ploča (1) koja služi kao nosač pijeska određene granulacije (2). Suspenzija se dovodi na vrh filtra (3) i djelovanjem gravitacije prolazi kroz sloj pijeska. Na konusnom dnu skuplja se čist filtrat (4). Nakon određenog vremena dolazi do začepljenja filtra (stvara se kolač) te se filtracija prekida, a filter se protustrujno ispire vodom (5, 6).

3. Opisati konstrukciju i princip rada vakuum filtra?

KONSTRUKCIJA I PRINCIP RADA VAKUUM FILTRA S BUBNJEM (filtracija pri sniženom tlaku)

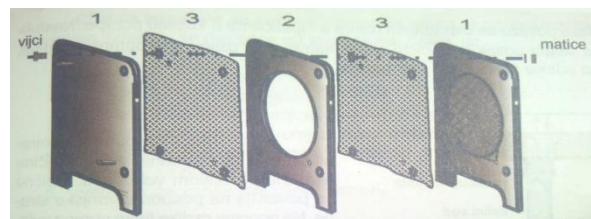


Uređaj se sastoji od sitastog limenog bubnja (1) koji se polako rotira u koritu sa suspenzijom (2). Na površini plašta bubnja pričvršćeno je filtarsko platno. Čestice suspenzije tvore na površini platna kolač. Kolač se suši komprimiranim zrakom i struže posebnim nožem (3) što omogućava kontinuiranost rada uređaja (**prednost**). Filtrat se iz bubnja isisava pomoću vakuum pumpe.

4. Opisati konstrukciju i princip rada filtera preše?

PREŠANJE (filtracija pod nametnutim tlakom)

KONSTRUKCIJA I PRINCIP RADA FILTERA PREŠE



U osnovnoj izvedbi filtera preša predstavlja diskontinuirani uređaj s nametnutim tlakom sastavljen od ploča (1) i okvira (2) između kojih je postavljeno platno kao filtarsko sredstvo (3). Ovi se elementi slažu prema shemi: 1-3-2-3-1-3-2-3.... (najviše 60 okvira) na način da se rupe ploča i okvira podudaraju tvoreći cijev.

Suspenzija se kroz cijev tlači pomoću centrifugalne pumpe (1 do 20 bara) pri čemu filtrat prolazi, a čvrste čestice zaostaju unutar okvira. Manometrom se prati pad tlaka koji nastaje stvaranjem kolača. Dovod suspenzije se zaustavlja, preša se rastavlja i peru se filtarska platna.

Prednost: Proces je brži nego u vakuum filteru, a neprekidnost rada se postiže stavljanjem 2–3 uređaja u pogon (dok jedan radi, drugi se prazni, treći sastavlja itd.).

POSTUPCI OPLEMENJIVANJA SIROVINA (KLASIRANJE I SEPARIRANJE)

Treba opisati postupke oplemenjivanja sirovina (klasiranje/separiranje/flotaciju)?

KLASIRANJE je operacija kojom se razdvajaju različite granulometrijske frakcije usitnjenog materijala u struji fluida. Razlikuju se **aeroklasiranje materijala** u struji zraka i **hidroklasiranje** u struji vode.

SEPARIRANJE je operacija kojom se odvajaju kemijski različite tvari, odnosno dobivaju homogene frakcije u struji fluida. Razlikuju se **aerosepariranje** kada tvar koja se razdvaja mora ostati suha (*npr. brašno, pesticidi, cementi i sl.*) i **hidroseparanje**.

FLOTACIJA je složenija hidroseparacijska metoda, odnosno postupak oplemenjivanja finih suspenzija vrlo sitnih čestica (<0,1 mm). Ovim se postupkom u suspenziju prvo dodaju određeni kemijski reagensi, te se kroz istu propuhuje zrak raspršen u sitne mjehuriće. Reagensi koji se dodaju:

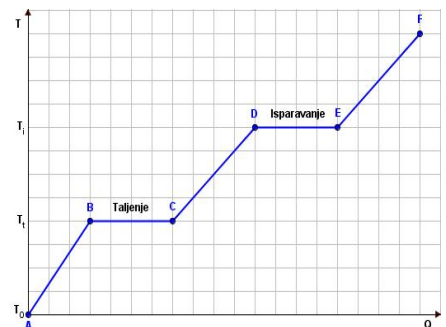
- **Kolektori** – djeluju kao ljepilo. Obavijaju fine čestice suspenzije tankim slojem te se takve čestice lijepe za mjehuriće zraka i s njima isplivavaju na površinu.
- **Pjenušači** – tvari slične sapunima. Omogućuju stvaranje kratkotrajne ali čvrste pjene koncentrata na površini koja se skida.
- **Regulatori kiselosti** – kiseline, lužine i soli kojima se podešava pH-vrijednost suspenzije.

IV. TOPLINSKE TEHNOLOŠKE OPERACIJE

OSNOVE PRIJENOSA TOPLINE

TOPLINA Q – oblik energije [J]:

- **OSJETNA TOPLINA** – toplina dovedena nekom mediju koja utječe na promjenu temperature.
- **LATENTNA (SKRIVENA) TOPLINA** – toplina dovedena nekom mediju koja ne utječe na promjenu temperature, već utječe na promjenu agregatnog stanja.
- **ENTALPIJA, H** – mjera za unutarnji sadržaj topline [kJmol^{-1}].



TEMPERATURA – veličina kojom iskazujemo toplinu (mjeri se termometrima).

- U znanosti se koristi **TERMODINAMIČKA TEMPERATURA** [°K]
- U praksi se koristi **CELZIJEVA TEMPERATURA** [°C]

$$0^{\circ}\text{K} = -273,15^{\circ}\text{C} \quad \text{ili} \quad 0^{\circ}\text{C} = 273,15^{\circ}\text{K} \quad 1^{\circ}\text{K} = 1^{\circ}\text{C}$$

NAČINI PRIJENOSA TOPLINE - Kada dolazi do prijenosa topline i koji su načini?

I. KONDUKCIJA je prijenos topline karakterističan za čvrsta tijela ili fluide u mirovanja. Toplina se vodljivošću prenosi podjednako na sve strane iz smjera više ka smjeru niže temperature:

$$Q_T = \frac{\lambda}{l} \cdot A \cdot \Delta T \quad [\text{kJ s}^{-1}] \text{ ili } [\text{kW}]$$

Pri čemu je:

λ – koeficijent toplinske vodljivosti [$\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$] ili [$\text{J s}^{-1} \text{m}^{-1} \text{K}^{-1}$]

l – debljina stijenke [m]

A – dodirna površina [m^2]

II. KONVEKCIJA je vrtložni prijenos topline uz miješanje. Tijekom brzog strujanja slojevi fluida se vrtložno kreću te je prijenos topline između slojeva, odnosno molekula fluida znatno brži nego kod mirujućih fluida ili krutina:

$$Q_T = K \cdot A \cdot \Delta T_{sr.} \quad [\text{kJ s}^{-1}] \text{ ili } [\text{kW}]$$

Pri čemu je:

K – Koeficijent prolaza topline: $K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{l}{\lambda_s} + \frac{1}{\alpha_2}}$ [$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$]

α – Koeficijent prijenosa topline [$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$]

$\Delta T_{sr.}$ – Srednja razlika temperatura: $\Delta T_{sr.} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}}$ [K]

III. RADIJACIJA (ZRAČENJE) je prijenos topline zračenjem: $Q_{zr.} = C \cdot T^4$ [W m^{-2}]

Pri čemu je: C – koeficijent zračenja topline $\rightarrow C = 5,67 \cdot 10^{-8}$ [$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-4}$]

UREĐAJI ZA IZMJENU TOPLINE (IZMJENJIVAČI)

Izmjena topline je u mnogim tehnološkim operacijama važan proces, a izmjenjivači topline (isparivači i kondenzatori) su uređaji koji služe za tu svrhu:

- U isparivačima se voda zagrijava do vrenja (vodena para) i održava na toj temperaturi u cilju isparavanja fluida koja se u procesu obrađuje, a
- U kondenzatorima se obrađeni fluid ukapljuje odvođenjem topline pomoću vode.

V. DIFUZIJSKE OPARACIJE (OPERACIJE PRIJENOSA TVARI)

Pri provedbi difuzijskih operacija dolazi do promjene agregatnih stanja tvari (npr. otapanje, destilacija i rektifikacija) ili do selektivnog odvajanja pojedinog sastojka iz smjese (npr. ekstrakcija, adsorpcija i apsorpcija).

Pokretačka sila prijenosa tvari (difuzije molekula) je razlika koncentracija tvari što se prenosi s jednog mjesta faze na drugi ili iz jedne faze u drugu sve dok se ne uspostavi koncentracijska ravnoteža.

Ako se viša koncentracija označi s γ_{B2} a niža s γ_{B1} tada je razlika masenih koncentracija:

$$\gamma_{B2} - \gamma_{B1} = \Delta\gamma_B$$

NAČINI PRIJENOSA TVARI - Kada dolazi do prijenosa tvari (pokretačka sila) i koji su načini?

Praktično korištenje prijenosa tvari veoma je važno u industrijskim procesima. Taj se prijenos može provoditi mirno, samo molekulskom difuzijom, a može se provoditi i vrlo brzo, ako prenosivi sastojak i nosive faze žustro miješamo.

I. MOLEKULSKA DIFUZIJA: Masa tvari (m_B) koja difundira u jedinici vremena (t) proporcionalna je koeficijentu molekulske difuzije (D), veličini presjeka sloja (A) kroz koji čestice difundiraju i razlici koncentracija ($\Delta\gamma_B$). Istovremeno difuzija traje duže što je sloj faze (l) deblji:

$$Q_m = \frac{m_B}{t} = \frac{D}{l} \cdot A \cdot \Delta\gamma_B \text{ [kgs}^{-1}\text{]}$$

Pri čemu je:

Q_m – protok tvari [kgs⁻¹]

D – koeficijent molekulske difuzije [m²s⁻¹]

l – debljina sloja faze [m]

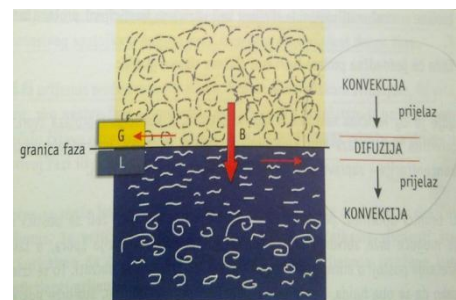
A – površina presjeka sloja [m²]

$\Delta\gamma_B$ – razlika masenih koncentracija tvari [kgm⁻³]

II. VRTLOŽNI PRIJENOS TVARI - Miješanjem smjese dolazi do vrtloženja i bržeg prijenosa tvari koji se naziva KONVEKCIJA.

III. SLOŽENI PRIJENOS TVARI - je prolaz tvari iz jedne faze u drugu: $Q_B = K \cdot A \cdot \Delta\gamma_B$

Pri čemu je K – koeficijent prolaza tvari $K = \frac{1}{\frac{1}{KG} + \frac{l}{\lambda s} + \frac{1}{KL}}$ [ms⁻¹]



Treba objasniti što je destilacija i koje vrste se primjenjuju?

DESTILACIJA je postupak odvajanja dva ili više sastojaka iz tekuće smjese na osnovu različitih vrelišta sastojaka (različite hlapljivosti).

Postupak se sastoji iz dvaju operacija: **ISPARAVANJA** i **KONDENZACIJE**. Tijekom isparavanja sastav tekuće faze razlikovat će se od sastava parne faze, jer će pare nad tekućinom koja se zagrijava uvijek biti bogatije hlapljivijim sastojkom.

Smjese mogu biti:

- A) **ZEOTROPNE (IDEALNE) SMJESE** – smjese kod kojih je sastojke moguće odvojiti destilacijom.
- B) **AZEOTROPNE (NEIDEALNE) SMJESE** – smjese kod kojih nije moguće u potpunosti odvojiti sastojke destilacijom.

VRSTE DESTILACIJA

Obična destilacija odvaja smjesu na lakše hlapivi destilat koji se odvodi iz smjese i dalje kondenzira u kondenzatu i teže hlapivi ostatak koji se ispušta na dnu posude.

Budući da su mnoge organske tvari osjetljive na toplinsko obrađivanje i raspadaju se pri visokim temperaturama, u takvim se slučajevima primjenjuje destilacija vodenom parom ili vakuumska destilacija. **Vakuumska destilacija** snižava vrelište osjetljivih tvari smanjenjem tlaka, dok se **destilacija vodenom parom** može primijeniti samo kada se organska tvar i voda uopće ne miješaju (npr. ulje – voda). U kotao se uvodi vodena para koja zajedno sa poželjnim sastojkom čini destilat. Budući da se kondenzirana voda i predestilirana organska tvar ne miješaju nastaju dva sloja, te se svaka tekućina (ovisno o gustoći) posebno ispušta i skladišti.

Višestruka destilacija se postiže serijskim spajanjem 3 ili 4 destilatora pri čemu se ponovnom destilacijom (**redestilacijom**) koristi **refluks** i je moguće je dobiti vrlo čist proizvod. **Rektifikacija** je najučinkovitiji proces koji u koloni zamjenjuje niz destilatora radi dobivanja čistog proizvoda.

Što je ekstrakcija i koja su svojstva dobrog otapala?

EKSTRAKCIJA je operacija razdvajanja tekućih i krutih smjesa na sastojke (koji nisu međusobno kemijski vezani) pomoću dodanog selektivnog otapala.

Ekstrakcija se obično koristi za izdvajanje korisnog topljivog sastojka iz netopljive smjese ili za razdvajanje azeotropnih smjesa u industriji boja, vitamina, lijekova, za izdvajanje ulja i masti iz tvari životinjskog porijekla.

SVOJSTVA DOBROG OTAPALA:

- Selektivnost – da otapa samo željeni sastojak,
- Ne smije kemijski reagirati sa željenim sastojkom niti s posudom uređaja,
- Mora imati malu gustoću, viskoznost i napetost površine zbog boljeg miješanja,
- Mora imati nisko vrelište, radi lakog uklanjanja destilacijom nakon ekstrakcije,
- Ne smije biti zapaljivo, otrovno i štetno za okoliš, i
- Mora biti jeftino.

Treba objasniti razliku između apsorpcije i adsorpcije?

APSORPCIJA

Apsorpcija je operacija otapanja plina u tekućini s ciljem daljeg korištenja tog plina ili s ciljem pročišćavanja smjese plinova od inertnih ili štetnih plinova (npr. uklanjanje amonijaka iz rasvjetnog plina, otapanje HCl(g) u vodi ili u proizvodnji umjetnih gnojiva otapanje NH_{3(g)} u H₂SO_{4(aq)}).

Uvjeti apsorpcije određuju se na temelju **jednadžbe prijenosa tvari**:

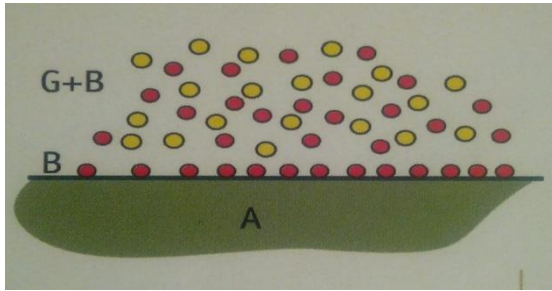
$$Q_B = K \cdot A_{uk.} \cdot \Delta\gamma_B \text{ [kgs}^{-1}\text{]}$$

U praksi se veličina punila kolone izražava **SPECIFIČNOM POVRŠINOM (A_{sp})**:

$$A_{sp} = \frac{\text{POVRŠINA PUNILA}}{\text{VOLUMEN PUNILA}} \text{ [m}^{-2}\text{m}^{-3}\text{]} \quad \text{odnosno} \quad A_{sp} = \frac{A_{uk.}}{V_{kol.}} \text{ [m}^{-2}\text{m}^{-3}\text{]}$$

$$V_{kol.} = \frac{r^2 \pi}{4} \cdot h = 0,785 \cdot d^2 \cdot h \text{ [m}^3\text{]}$$

ADSORPCIJA



Adsorpcija je operacija kod koje dolazi do vezanja jedne tvari (ADSORBAT) na površinu druge (ADSORBENS). Proces je egzoterman. Adsorbens djeluje selektivno: molekule koje su sklone adsorpciji difundiraju do površine adsorbensa i vežu se. Adsorpcija se u procesnoj industriji koristi ili za

pročišćavanje smjese odijeljivanjem neželjenog sastojka ili se vođenjem kroz sloj adsorbensa iz smjese odijeljuje poželjan sastojak koji se naknadno desorpcijom odvaja od adsorbensa i dalje upotrebljava.

SUŠENJE

Treba objasniti operaciju sušenja i uređaje za sušenje?

Sušenje je tipična difuzijska operacija kod koje dolazi do prijenosa tvari tj. uklanjanja vlage iz materijala, a pri čemu se smanjuje masa tvari.

U industriji se primjenjuje sušenje:

- **Mehaničko** (filtriranje, centrifugiranje, taloženje, cijedenje),
- **Kemijsko** pomoću higroskopnih tvari (konc. sumporna kiselina, silikagel, kalcijev klorid), i
- **Toplinsko** u konvektivnim ili kontaktnim sušnicama u struji toplog zraka ili u dodiru sa zagrijanom površinom.

Proces sušenja sastoji se iz četiri faze:

1. Predsušenja – zagrijavanje tvari do temperature sušenja,
2. Uklanjanja površinske vlage,
3. Uklanjanja kapilarne (dubinske) vlage, i
4. Uklanjanja novonastale vlage.

Sve četiri faze sušenja moraju biti vremenski dobro usklađene kako ne bi došlo do deformacije i pucanja materijala, a takva se kontrola i regulacija sušenja usklađuje na temelju eksperimentalno određenog dijagrama tijeka sušenja.

UREĐAJI ZA SUŠENJE SU KONVEKTNE I KONTAKTNE SUŠNICE.

U konvektivnim sušnicama (komore, tunelska, trakasta, rotacijska, fluidizacijaska...) suši se pomoću suhog i toplog strujećeg zraka, a kvaliteta sušenja ovisi o pokretljivosti materijala i dodirnoj površini između materijala i zraka.

U kontaktnim sušnicama (sušnice s bubnjevima) suše se viskozni i tjestasti materijali koji se nanose, u vrlo tankom sloju, na šuplje rotirajuće bubnjeve kroz koje struji para.