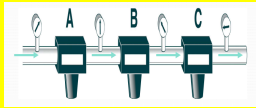
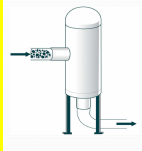
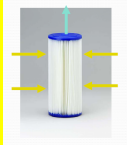
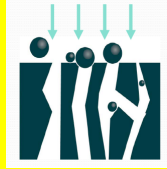
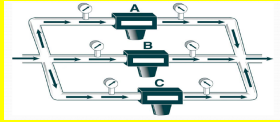


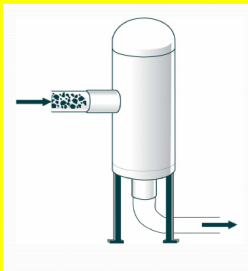
FILTRACIJA



1

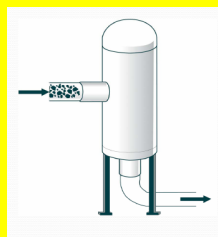
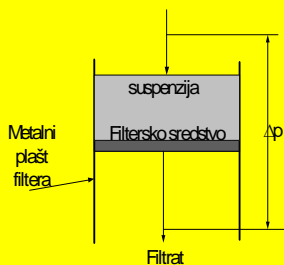
FILTRACIJA

- Operacija razdvajanja heterogene smjese kapljevitih i čvrstih tvari pomoću šupljikave pregrade koja je propusna za samo kapljevinu
- šupljikava pregrada se zove **filtersko sredstvo** i smještena je u **filter**
- kapjevina koja prolazi kroz filtersko sredstvo naziva se **filtrat**
- čvrste čestice se zaustavljaju na filterskom sredstvu tvoreći **kolač** kroz koji kapjevina struji ili se adsorbira na elementima filterskog sredstva



2

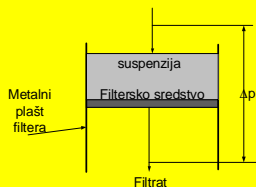
FILTRACIJA



3

FILTRACIJA

- protjecanje kapljavine kroz filter je uzrokovano razlikom tlaka Δp
- razlika tlaka može biti posljedica djelovanja bilo hidrostatskog tlaka sloja kapljavine ili nekim drugim načinom postignut nadtlak ispred filterskog sredstva, bilo podtlak ispod filterskog sredstva, bilo centrifugalnom silom

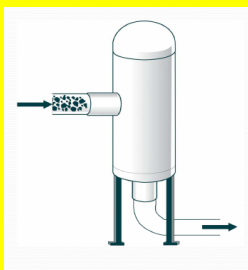


4

OSNOVE FILTRACIJSKOG POSTUPKA

• RAZLOZI ZA FILTRACIJU

- Izdvajanje tekuće faze i uklanjanje kontaminanata
- Skupljanje suspendiranih krutih čestica

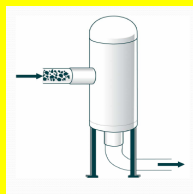


5

OSNOVE FILTRACIJSKOG POSTUPKA

• RAZLOZI ZA FILTRACIJU

- Izdvajanje tekuće faze i uklanjanje kontaminanata
 - Eliminacija skupih problema
 - Proizvod – filtrat vrijedniji
 - Povećanje produktivnosti - prinosa



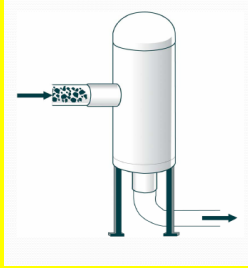
6

OSNOVE FILTRACIJSKOG POSTUPKA

- **RAZLOZI ZA FILTRACIJU**

- Skupljanje suspendiranih krutih čestica

- Smanjenje operativnih troškova postrojenja
- Kolač kao proizvod



7

PROCESI KOJI SE ODVIJAJU NA FILTERIMA

- Mehanički
- Kemijski
- Biološki

8

PROCESI KOJI SE ODVIJAJU NA FILTERIMA

- **Mehanički**

- Najosnovniji tip filtracije
- Uključuje uklanjanje suspendiranih čestica iz vode (najčešće)
- Postiže se korištenjem filterskog medija koji zaustavlja čestice
- Čišćenjem filterskog medija osigurava se nesmetani rad filtera (sprječava se lebdenje suspendiranih čestica)

9

PROCESI KOJI SE ODVIJAJU NA FILTERIMA

• Kemijski

- Uklanjanje onečišćenja iz vode na kemijski način
- Uklanjanje organskih nečistoća pomoću aktivnog ugljena
- Princip adsorpcije
- Učinkoviti su vrlo kratko vrijeme pa se često moraju mijenjati

10

PROCESI KOJI SE ODVIJAJU NA FILTERIMA

• Biološki

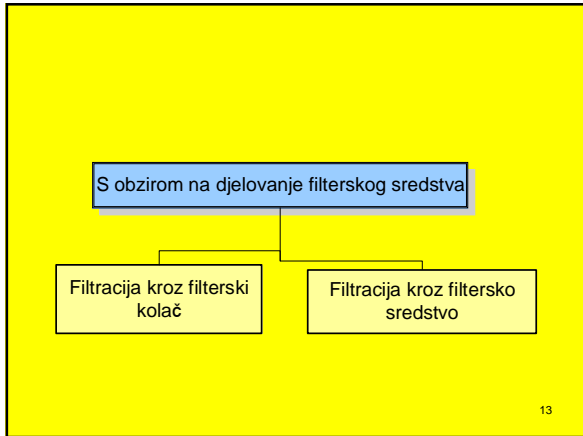
- Ciklus dušika ("N" ciklus)
- "Dobre bakterije"

11

Filtracija u usporedbi sa sedimentacijom i dekantiranjem ima prednosti:

- odjeljivanje čvrstih suspendiranih čestica je brže i potpunije
- sadržaj vode u kolaču je nizak
- mogu se odvojiti vrlo sitne čestice i čestice male gustoće
- volumen filtera je manji, te zauzima manje prostora
- nedostatak - visoka cijena eksploatacije
- S obzirom na djelovanje filterskog sredstva filtracija se može provoditi kroz kolač i kroz filtersko sredstvo

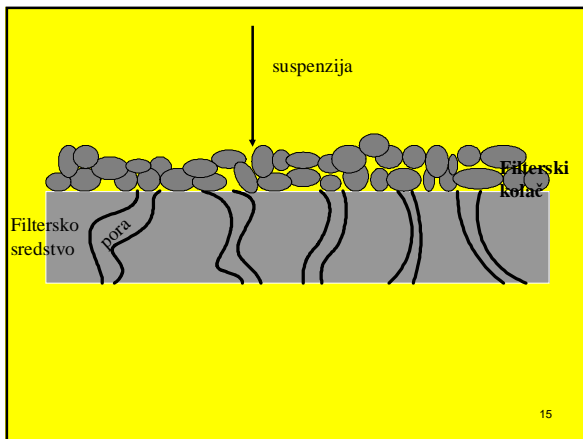
12

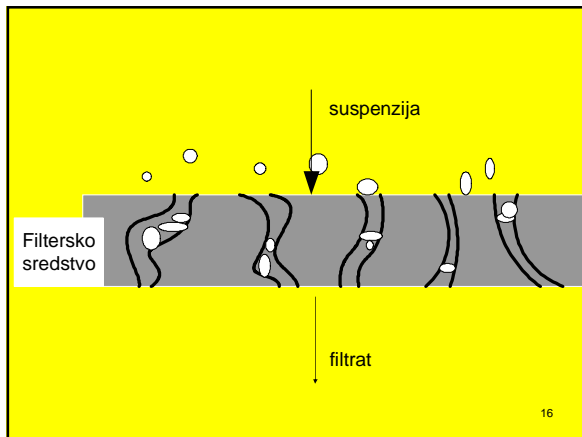


Filtracija kroz kolač

- čestice se zaustavljaju na površini filtracijskog sredstva , nagomilavaju se i stvaraju kolač, kojem debljina neprestano raste
- ona se provodi kada su ili kolač ili filtrat ili oboje produkti visoke vrijednosti

14







Nestlačivi kolač

- Povišenjem tlaka ne suzuju se pore, debljina kolača konstantna, protok raste proporcionalno s tlakom
- Stvarno debljina kolača raste-otpor protjecanju raste, brzina opada
- Konstantan protok kroz kolač samo povišenjem tlaka
- Povišenje tlaka samo do određene granice – iznad neke vrijenosti čestice se sabijaju, sudaraju, razara se struktura kolača- protok se brzo smanjuje i kod kritičnog tlaka prekida

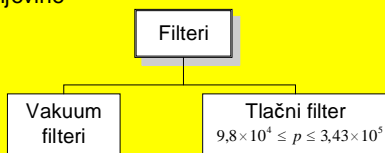
Stlačivi kolač

- Sastavljen od elastičnih i plastičnih čestica
- Zbija se već kod nižih tlakova
- Pore se uslijed deformacije čestica suzuju i na kraju sasvim začepi
- Kritični tlak niži nego kod nestlačivih kolača

19

Problemi pri filtraciji

- Odrediti odgovarajući tlak koji daje najbolju propusnost kolača i sa najmanjim sadržajem kapljevine



20

$V_{\text{suspenzije}} / (t A_{\text{filt.površine}})$ ovisi o svojstvima suspenzije i filterskog sredstva, Δp i T

- **Svojstva suspenzije:** volumen i dimenzije čestica, oblik čestica, struktura čestica, stupanj disperzije čestica, viskoznosti kapljevine, gustoće krutine i kapljevine
- **Filtersko sredstvo:** volumen, promjer i oblik pora, otpor protjecanju kapljevine
- **Pad tlaka na filterskom sredstvu** utječe na: brzinu strujanja kapljevine u parama, brzinu nastajanja kolača, stupnju razdvajanja faza

21

Viskoznost kapljevine

- Pada porastom T
- Učin filtera je veći pri višoj T

Čimbenici koji utječu na učin filtera nisu jedni od drugih neovisni

Stupanj razdvajanja faza = masa zaostale kapljevine u masi mokrog kolača

22

Darcy-eva jednadžba

- δ - debljina kolača
- k - konstanta propusnosti

$$V' = k \frac{A \Delta p}{\mu \delta}$$

- Odnosno
- R - Ukupan otpor

$$V' = \frac{A \Delta p}{R \mu}$$

23

Konstanta propusnosti sloja:

ϵ - poroznost sloja kao omjer ukupne površine presjeka pora i jedinice površine

d_p - promjer pora

$$k = \frac{\epsilon d_p^2}{32}$$

24

Darcy-eva jednadžba ne uzima u obzir:

- da pri filtraciji debljina sloja nije konstantna
- da se filterski sloj ne sastoji samo od kolača nego i od filterskog sredstva
- Promjenjivost debljine kolača – činjenica
- Uz pretpostavku:
 - Konstantan tlak
 - Konstantan otpor filterskog sredstva – R
 - Otpor kolača raste s vremenom – R_k

$$V' = \frac{A \Delta p}{\mu (R + R_k)}$$

25

Otpor filterskog kolača:

- m_k - masa kolača na jedinicu filterske površine, kg/m²
- r_s - specifični otpor kolača

$$R_k = r_s m_k$$

26

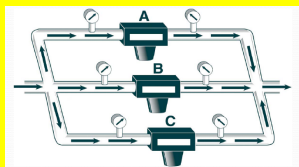
$$V' = \frac{\Delta p A}{r_s m_k \mu + \mu R}$$

27

SISTEMI

- Paralelni

- Dva ili više sistema
- Veći protoci
- Smanjen pad tlaka
- Lakše filtrirajuće suspenzije

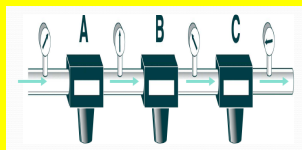


28

SISTEMI

- Serijski

- Dva ili više sistema
- Stepenasta filtracija
- Različiti padovi tlaka
- Teže filtrirajuće suspenzije



29

TIPOVI FILTERA

- *prema načinu rada:* kontinuirani i diskontinuirani
- *ovisno o tlaku:*
 1. filteri koji rade djelovanjem tlaka stupca kapljevine koja se filtrira
 2. vakuum filteri, razlika tlaka se ostvaruje vakuum pumpom
 3. tlačni filteri, razlika tlaka se ostvaruje pumpom ili kompresorom
- *ovisno o filterskom sredstvu:*
 1. filter s filterskim sredstvom od nepovezanih zrna (pješčani filter)
 2. filter, kome filterska pregrada ne služi kao filtersko sredstvo
 3. filter, u kojem filterska pregrada služi kao filtersko sredstvo

- izbor filterskog sredstva ovisi o: kemijskim svojstvima suspenzije i filtrata , radnom tlaku , dimenzijama krutih čestica taloga i potrebnom učinku itd.
- filter s filterskim sredstvom od nepovezanih zrna se koristi za filtraciju suspenzija relativno niske koncentracije krutih čestica, čiji je talog bezvrijedan
- filterska sredstva se izrađuju od tkanina životinjskog porijekla (otporne na kisele kapljevine), a čija temperatura ne prelazi 40 - 50° C, pamučnih tkanina (filtracija slabih kiselina, slabih lužina i neutralnih kapljevina), tkanine od vlakana mineralnog porijekla (azbest - otporan na jake hladne kiseline i vruće kapljevine) , metalne mreže od čelika ili nikla (otporne na jake lužine) , metalne mreže od nehrđajućeg čelika, aluminija i njegovih legura, nikla, mjedi, bronce itd.

FILTERI KOJI RADE DISKONTINUIRANO

- CIKLUS FILTRACIJE SE SASTOJI IZ REGENERACIJE FILTERA I FILTRACIJE
- PJEŠČANI FILTER
- NUČ-FILTER
- POSUDA ZA FILTRACIJU
- TLAČNI PLOČASTI FILTER
- OKVIRNE I KOMORNE FILTER PREŠE
- FILTERI S DIJATOMEJSKOM ZEMLJOM
- MIKROBIOLOŠKI FILTERI
- PATRONSKI FILTERI
- FILTERI S HORIZONTALNIM PLOČAMA

PJEŠČANI FILTERI

- filter sa zrnatim nepovezanim filterskim sredstvom
- služi za čišćenje vode
- otvoreni i zatvoreni - ispunjeni sa nekoliko slojeva šljunka i kvarcnog pijeska
- otvoreni rade samo pod statičkim tlakom stupca kapljevine 1 do 1,5 m
- zatvoreni rade pod tlakom $1,5 \times 10^5$ - 2×10^5 Pa koji se obično postiže pumpom

- zatvoreni pješčani filter
- vertikalna zatvorena posuda ispunjena pijeskom
- u posudi je skupljač, od kojega se na dvije strane nastavljaju brončane cijevčice s otvorima
- u konusnom dijelu je uređaj za ispiranje pijeska
- pijesak se iz donjeg dijela povlači strujom vode kroz cijev prema vrhu i pri tome ispiru
- voda za ispiranje se ispušta u kanalizaciju
- voda koja se filtrira dolazi pod nekim tlakom kroz cijevod, prolazi kroz pijesak i skuplja se kroz cijevčice u skupljač i van posude
- mehanička mješalica kojom se olakšava čišćenje

Nuč-filteri

- tlačni i vakuum
- tlačni
- posuda s ugrađenom perforiranom pločom kao oslonac filterskom sredstvu
- filtrat se skuplja na donjem dijelu
- 1-6 m²
- debljina sloja taloga 50-100 mm
- apsolutni tlak 100 000 - 300 000 Pa
- lako pristupačan za promatranje i kontrolu
- nedostatak: glomazna konstrukcija, ručno vađenje taloga i mala površina filtracije

Nuč-filteri

- vakuum
- najveća razlika tlaka 100 000 Pa
- uslijed toga je brzina filtracije mala pa se uglavnom koriste tlačni

- **Posuda za filtraciju**

- za odjeljivanje kapljevite faze od taloga iz komine u industriji piva
- cilindrična posuda sa ravnom podnicomiznad koje je perforirana ploča koja služi za oslanjanje taloga
- na donjoj podnici su cijevi za odvod kapljevine
- brzina filtracije se može regulirati

Tlačni pločasti filteri

- sastoje se iz plašta kružnog presjeka unutar kojeg su smještene ploče koje mogu biti pravokutnog (Kellyev filter) ili kružnog (Sweetlandov filter) oblika.
- pravokutna ploča sastoji se iz okvira na čijim stranicama je pričvršćena žičana mreža
- na okvir i mreži je pričvršćeno filtersko sredstvo i oni zajedno na poklopac filtera i mogu se iz plašta filtera vaditi na posebnim kolicima

Okvirne i komorne filter preše

- filter preše - u prehrambenoj i fermentativnoj industriji
- tlak 300 000 - 400 000 Pa
- neizmjernično poredani prvokutni okviri i ploče između kojih se stavlja filtersko sredstvo
- između dvije ploče je okvir - komora
- ploče su orebrene, da bi se filtrat lakše odvodio u cijev za odvod filtrata
- ploče i okviri imaju dva otvora , koji u nizu tvore cijev za dovod suspenzije i odvod filtrata i dovod kapljevine za ispiranje taloga
- broj ovira i ploča je od 10 do 60

Filteri koji rade kontinuirano

- vakuum
- izvode se u obliku valjaka ili diskova , koji se okreću i unutar kojih se pomoću vakuum pumpe stvara podtlak
- površina valjak je pokrivena filterskim sredstvom
- pri okretanju valjak dio površine uranja u suspenziju
- okretanjem valjak filterska površina prolazi kroz zone : *filtracije, ispiranja, sušenja i uklanjanja taloga*
- valjaksti vakuum filter s vanjskom filterskom površinom, valjaksti vakuum filter s unutarnjom filterskom površinom, vakuum filter s dikovima, tlačni filter koji radi kontinuirano

Ultrazvučno potpomognuta filtracija

- Konvencionalne metode filtracije koriste sredstva kaošto su membrane, sita i sl.
- Korištenje ultrazvuka visokog intenziteta može značajno povećati protok filtrata i ubrzati proces filtracije
- Zvučno polje (ultrazvučno) posjeduje potencijal za unaprjeđenje konvencionalnih filtracijskih tehnika i metoda

41

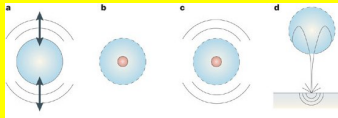
Ultrazvučno potpomognuta filtracija

- Korištenje ultrazvuka visokog intenziteta za tekuće-čvrsto filtraciju
- Utjecaj kod sušenja
- Djelovanje ultrazvuka stvara kavitacije u tekućem mediju
- Konstantno dolazi do širenja i sažimanja mjehurića koji na kraju implodira

42

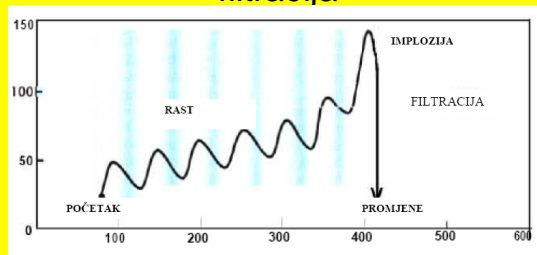
Ultrazvučno potpomognuta filtracija

- Implozijom mjehurića oslobađaju se energija
- 5000 K i 100 MPa



43

Ultrazvučno potpomognuta filtracija



44

Ultrazvučno potpomognuta filtracija



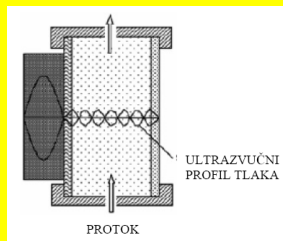
45

Ultrazvučno potpomognuta filtracija

- Uređaj od pleksiglasa
- Piezoelektrični pretvarač
- Frekvencija 1 MHz

46

Ultrazvučno potpomognuta filtracija



47
