

ČIŠĆENJE PLINA

1

STUPANJ ČIŠĆENJA ZRAKA

$m_{\dot{c}}$ - maseni protok
čestica

$$\eta = \frac{m_{\dot{c}}}{m_n}$$

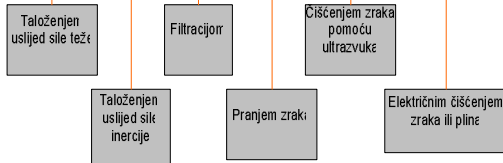
m_n - maseni protok
čestica u nečistom
zraku

- Efikasnost uređaja:

$$\eta_e = \frac{0,102}{\Delta p} \ln \frac{1}{1-\eta}$$

2

Iz plina zrak: se kruta ili kapljevita čestica može izdvojiti



3

GRAVITACIONO ČIŠĆENJE ZRAKA

- **TALOŽENJE ČESTICA SILOM TEŽE**
- U KOMORI SE BRZINA STRUJANJA SMANJUJE
- KRUTE ČESTICE TALOŽE NA DNU KOMORE POD DJELOVANJEM SILE TEŽE
- **ZA IZDVAJANJE ČESTICA DIMENZIJA > 100x10⁻⁶m**
- za taloženje čestica < 100x10⁻⁶m potrebne su suviše duge taložne komore
- **GRAVITACIONI TALOŽNIK - DUGAČKA PLITKA PRAVOKUTNA KOMORA**
- S PREDNJE STRANE ZRAK ULAZI, A IZLAZI SA STRAŽNJE STRANE
- 3 m/s

4

- Minimalni je promjer čestica koje se u potpunosti izdvajaju taložnikom:

$$d_{\min} = \sqrt{\frac{18\mu v_z z}{L(\rho_k - \rho)}} = \sqrt{\frac{18V'\mu}{yL(\rho_k - \rho)}}$$

L i y duljina i širina taložnika

- brzina taloženja čestica iz zraka - Stokesova jednačba:

$$v_o = \frac{d^2(\rho_k - \rho)g}{18\mu}$$

- duljina puta (ili duljina taložne komore) na kome se čestica unijeta u taložnu komoru na vrhu taložnika taloži:

$$L = \frac{v_z z}{v}$$

v_z - brzina strujanja zraka, v - brzina taloženja čestica, z - razmak između ploča

5

v_z - brzina strujanja zraka je jednaka omjeru obujamskog protoka V' zraka i površine poprečnog presjeka A taložnika

- duljina taložne komore za uklanjanje čestica d iz zraka:

$$L = \frac{18zV'\mu}{d^2(\rho_k - \rho)Ag}$$

z - razmak između ploča

- čestice malih dimenzija (manje od 100x10⁻⁶m)

6

Čišćenje zraka silom inercije

- zasniva se na nastrujavanju nečistog zraka na krutu prepreku
- zrak optiče krutu prepreku a krute čestice iz zraka teže, da se istalože na površini krute prepreke
- izdvajaju se čestice $> 25 \times 10^{-6}$ m
- najviše se koriste **cikloni**

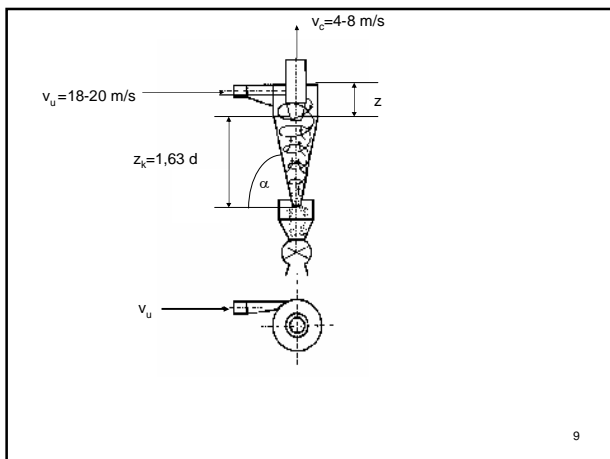
7

cikloni

- krute čestice se izdvajaju silom inercije
- v_u - brzina na ulazu u ciklon
- z_k - visina konusnog dijela ciklona
- Obodna je brzina v čestice, masa m , polumjer rotacije čestice r
- **centrifugalna sila inercije koja djeluje na česticu:**

$$F = \frac{mv^2}{r}$$

8



- sila F proporcionalna je sili F_t trenja koja je u području valjanosti Stokesove jednadžbe:

$$F_t = \pi d \mu v_r \quad m = \frac{\pi d^3}{6} \rho_k$$

- **rezultantna brzina gibanja čestice u radijalnom smjeru:**

$$v_r = \frac{d^2 \rho_k v_2}{18 \mu r}$$

- smanjenjem polumjera r rotacije povećava se radijalna brzina v_r gibanja krute čestice
- smanjenjem polumjera r ciklona povećava se pad tlaka u ciklonu
- kod većeg protoka zraka preporuča se uporaba više ciklona - baterija

10

- pretpostavlja se da je obodna brzina v zraka u ciklonu jednaka brzini zraka na ulazu u ciklon i da je širina y_z spirale zraka u ciklonu jednaka širini prostora između unutarnjeg promjera r ciklona i vanjskog promjera r_1 odvodne cijevi. Ako zrak u ciklonu izvrši n okretaja, duljine L_z puta zraka u ciklonu je $2\pi r n$

- **vrijeme taloženja čestica koja se nalazi na unutarnjoj strani spirale :** $t = \frac{y_z}{v_r} = \frac{L_z}{v} = \frac{2\pi r n}{v}$

- brzina v_r se može prikazati u obliku funkcije obodne brzine v

- **minimalni promjer čestice koja se može izdvojiti iz zraka:**

$$d_{\min} = \sqrt{\frac{9 \mu y_z}{\pi n v \rho_k}}$$

11

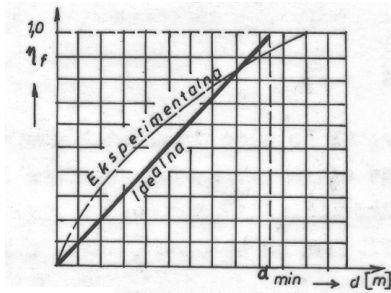
- dobije se približni rezultat jer treba znati n broj okretaja koji izvrši plin u ciklonu
- čestice $d < d_{\min}$ koje se nalaze uz stijenku ciklona na udaljenosti $x < y_z$ izdvajaju se samo djelomično ovisno od udaljenosti od stijenke

- **ravnomjerna raspodjela čestica u zračnoj spirali omjer x/y_z je η_f frakcioni stupanj ciklona:**

$$\eta_f = \frac{x}{y_z} = \left(\frac{d}{d_{\min}} \right)^2$$

- kad je $d > d_{\min}$ čestice se potpuno izdvajaju $\eta_f = 1$, a kod $d < d_{\min}$ sa smanjenjem promjera čestica smanjuje se i η_f

12



Karakteristika ciklona

13

dimenzioniranje ciklona

- određuje se srednja obodna brzina zraka u ciklonu v i brzina zraka u odvodnoj cijevi v_c
- srednja obodna brzina zraka u ciklonu $v = 12-14$ m/s
- brzina zraka u odvodnoj cijevi $v_c = 4-8$ m/s
- u ulaznom priključku $v_u = 18 - 20$ m/s
- širina struje zraka $y_z = r - r_1$
- r = unutarnji polumjer cilindričnog dijela ciklona, r_1 = vanjski polumjer odvodne cijevi

14

- Vrijeme taloženja čestice u ciklonu:

$$t = \frac{r - r_1}{v_r} = \frac{2\pi n}{v}$$

- Unutarnji polumjer cilindričnog dijela ciklona:

$$r = \frac{r_1}{1 - \pi n \frac{v_r}{v}}$$

- zrak u ciklonu izvrši 0,5 okreta, pa je $2\pi n$ oko 10, a unutarnji polumjer r cilindričnog dijela ciklona :

$$r = \frac{r_1}{1 - 10 \frac{v_r}{v}}$$

- obujamski protok zraka kroz odvodnu cijev:

$$V' = \pi r_c^2 v_c$$

15

- unutarnji polumjer odvodne cijevi : $r_c = \sqrt{\frac{V'}{\pi v_c}}$

- vanjski polumjer odvodne cijevi r_1 kod debljine cijevi δ :

$$r_1 = r_c + \delta$$

- smanjenjem promjera cijevi za odvod očišćenog zraka povećava se stupanj očišćenja zraka ali se povećava Δp

- visina cilindričnog dijela ciklona: $z = \frac{V'}{(r - r_1)v}$

- visina konusnog dijela ciklona može se računski odrediti i obično iznosi 1,6 -3 promjera d ciklona

16

- kut pri vrhu konusa se uzima između **30-40°**

- promjer otvora za krute čestice u konusu ciklona izno **0,2 do 0,25** m

- pretpostavljamo da je obodna brzina v zraka u ciklonu stalna

- cikloni su efikasni za čišćenje zraka od čestica u zraku do minimalnog promjera **10⁻⁶**m

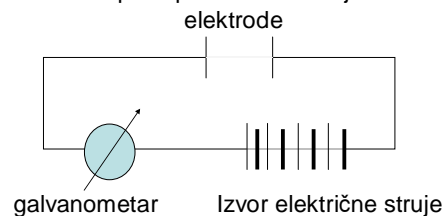
- pri aglomeriranju čestica ili koncentraciji većoj od **0,23** kg/m³ u ciklonu se izdvajaju čestice i znatno manjih dimenzija do **10⁻⁶** m

- kod jednakog Δp stupanj očišćenja zraka veći je u ciklonu manje d nego u onom većeg d

17

električno čišćenje zraka

da bi se shvatio princip rada treba razjasniti električni krug:



dvije paralelne metalne ploče-elektrode

18

- elektrode su odijeljene slojem zraka - zračni kondenzator
- u strujnom krugu ne teče struja, jer zrak kao i drugi plinovi ne provodi struju
- ako između ploča postoji dovoljno velika razlika potencijala, galvanometar će pokazivati prolaz struje uslijed ionizacije zraka između ploča
- razlikujemo samostalnu i nesamostalnu ionizaciju
- nesamostalna ionizacija nastaje uslijed nekih ionizatora (npr. zraka, radioaktivne tvari, rendgenskih zraka i dr.)

19

- samostalna ionizacija nastaje uslijed povišenja napona u električnom krugu do visine iznad kritičnog napona, koji je različit za razne plinove
- ako se povećava razlika potencijala na pločama nastaje proboj zračnog sloja, pri čemu struja naglo raste dok se ne dostigne kritična veličina
- među pločama izbija iskra - samostalno plinsko izbijanje

20

- uslijed djelovanja priključenog napona nastaje cijepanje molekula na pozitivno nabijene ione i negativno nabijene elektrone
- čestice se počinju gibati pod utjecajem električnog polja prema suprotno nabijenoj elektrodi brzina gibanja raste s povećanjem napona na električnog polja
- pređe li brzina iona i elektrona kritičnu brzinu nastaje izboj putem iskre
- uz ionizaciju nastaje i snažno gibanje zraka - električni vjetar i molekule zraka dobivaju impuls od iona koji se gibaju u određenom smjeru

21

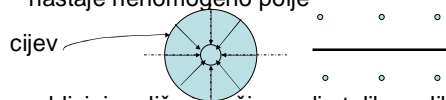
- sloj zraka između elektroda može biti samo djelomično probijen
- dio služi kao izolacija i sprečava da dođe do kratkog spoja među elektrodama
- plinski međusloj se može praktički ostvariti izborom odgovarajućeg oblika elektroda i udaljenošću između elektroda, koje odgovaraju priključenom naponu
- elektrode postavljene paralelno nisu prikladne za ovaj slučaj, jer je u bilo kojoj točki polja napon svugdje jednak

22

- kada razlika potencijala između ravnih elektroda postane velika, da dosegne veličinu probojnog napona, nastaje proboj cijeloga sloja zraka među elektrodama uslijed homogenog polja, dolazi do izbijanja u obliku iskre

- pri tome ne nastaje ionizacija zraka

- Elektrode u obliku koncentričnog cilindra (vodiča i cijevi taložna elektroda) ili cilindra i ravne ploče nastaje nehomogeno polje



- u blizini vodiča je jačina polja toliko velika da ioni i elektroni ioniziraju neutralne molekule - ionizacija sudarom

23

PREGLED UPOTREBE UREDAJA ZA ČIŠĆENJE ZRAKA

Uređaj	Maksimalna koncentracija krutih čestica $\frac{[kg]}{[m^3]}$	Maksimalni promjer čestica u $m \cdot 10^{-6}$	Stupanj očišćenosti zraka η	Pad tlaka $\Delta p \left[\frac{N}{m^2} \right]$
Gravitacioni taložnici	-	100	0,3 do 0,4	-
Inercioni taložnik	0,02	25	0,6	500
Ciklon	0,4	10	0,7 do 0,95	400 do 700
Multiciklon	0,1	10	0,85 do 0,90	500 do 800
Rukavni filtar	0,02	1	0,98 do 0,99	500 do 2500
Centrifugalni skruber	0,05	2	0,85 do 0,95	400 do 800
Pranje s pjenom	0,3	0,5	0,95 do 0,99	300 do 900
Električno čišćenje	0,05	0,005	< 0,99	100 do 200

24