

MODEL POVEĆANJA SORPCIONIH KARAKTERISTIKA FILTERA

Mladen Nikolić¹⁾, Dragan Nikolić²⁾

Kategorija rada:
STRUČNI RAD

AFILIJACIJA/ADRESA:
1) Apsolvent - Tehnološki fakultet Leskovac
2) Visoka hemijsko tehnološka škola Kruševac

Rezime: U procesu dinamičke sorpcije kod filtera kod kojih je adsorbent aktivni uglj javlja se neaktivni sloj. Ovaj sloj sorbenta je sposoban da i dalje vrši sorpciju, ali pošto se pojavio kontaminant iza sloja sorbenta, odnosno pošto je došlo do proboja, filter je više neupotrebljiv. Zbog problema neaktivnog sloja filteri nisu optimalno iskorišćeni. U radu je prikazan proces dinamičke sorpcije, problem neaktivnog sloja i način formiranja slojeva kako bi se smanjio efekat neaktivnog sloja.

Ključne reči: dinamička sorpcija, neaktivni sloj, sorbent, filter

1. UVOD

Za rešavanje niza zadataka, od bitnog značaja je sorpcija para/gasova iz pokretne struje vazduha kroz nepokretni sloj aktivnog uglja.

Sorpcija iz pokretne struje vazduha bila je predmet proučavanja mnogih naučnika, ali je najčešću primenu imala teorija Šilova i Maklenburga (4).

Vazduh sa parom/gasom kreće kroz međuprostor granula aktivnog uglja, zbog samog otpora sorbenta. Prelaz para/gasova iz struje vazduha u pore sorbenta, nije ništa drugo, nego difuzija para/gasova uslovljena razlikom koncentracije u vazdušnoj struji i unutrašnjosti zrna sorbenta. Pod uslovom da je brzina difuzije izvanredno velika i da se sorpcija odigrava trenutno, onda pare/gasovi ne mogu prodrati dalje od elementarnog sloja, gde se odigrava neposredna sorpcija. Koncentracija para/gasova opadaće u elementarnom sloju do vrednosti bliske nuli, dok u potpunosti ne bude iscrpljen sorpcioni kapacitet elementarnog sloja; zatim će jedan za drugim biti iskorišćeni naredni elementarni slojevi. Pri pojavi pare/gasa iza punjenja nastaje proboj, a sa probojem filteri se više ne mogu upotrebljavati, mada nije potpuno iskorišćen sorpcioni kapacitet, odnosno filteri bi još mogli da sorbuju toksikante.

U oblasti sorpcije para i gasova na aktivnom uglju koriste se cilindrični i prstenasti filteri. Obe vrste filtera sa istom količinom aktivnog uglja obezbeđuju slične sorpcione mogućnosti. Međutim, prstenasti filteri obezbeđuju manji otpor struji vazduha pa je za isti otpor moguća upotreba veća količina sorbenta. Kod obe vrste modela filtera javlja se gubitak vremena zaštitnog dejstva, odnosno mrtvi sloj sorbenta koji nije iskorišćen, a koji bi mogao u realnim uslovima da obavlja i dalje sorpciju. Formiranjem kombinacija sorbenata koje su prikazane u radu, omogućilo bi se veće iskorišćenje sorpcionog punjenja, odnosno povećao bi se sorpcioni kapacitet i vreme filtracije.

2. DINAMIČKA SORPCIJA

Vreme proteklo od početka prodiranja kontaminanta, do momenta pojave kontaminanta iza aktivnog punjenja filtera, zove se vreme proboja, ili vreme zaštitnog dejstva aktivnog punjenja, a promena koncentracije kontaminanta iza sorbenta sa

vremenom poznata je kao uzlazna kriva adsorpcije ili kriva probijanja (4).

Vreme zaštitnog dejstva i kriva probijanja kontaminanta karakterišu dinamiku sorpcije i zavise od :

- ◆ statičke aktivnosti sorbenta,
- ◆ protoka smeše vazduha i kontaminanta,
- ◆ prirode i koncentracije kontaminanta i
- ◆ dimenzije sloja sorbenta.

Pare/gasovi, koji sa strujom vazduha prolaze kroz sorbent, sorbuju se u relativno debelom sloju. Sloj u kome se koncentracija para/gasova smanjuje od početne do minimalne vrednosti je radni sloj. Da ne bi došlo do trenutnog probijanja aktivnog punjenja, visina istog mora biti veća od visine radnog sloja. Posle formiranja radnog sloja njegova vrednost postaje stalna, i postepeno se premešta jednakom brzinom ka zadnjoj granici aktivnog punjenja. Kada radni sloj dostigne zadnju granicu aktivnog punjenja, koncentracija para/gasova iza punjenja počinje da raste.

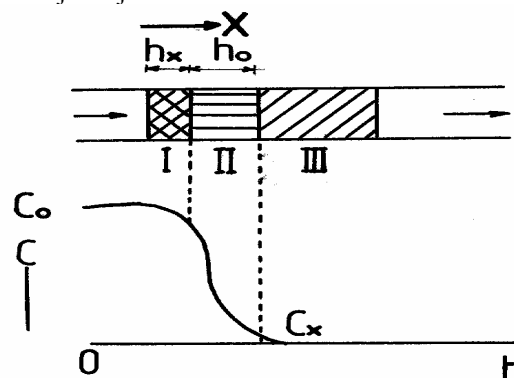
U dinamici sorpcije postoje dva perioda:

- ◆ do momenta probijanja i
- ◆ posle probijanja.

Posle probijanja koncentracija para/gasova počinje da raste i može postići početnu koncentraciju.

U momentu, kada vrednost izlazne koncentracije dostigne vrednost ulazne koncentracije, u sorbentu je uspostavljeno ravnotežno stanje i sorpciona sposobnost sorbenta je potpuno iscrpljena.

U toku sorpcije, u određenom momentu u sorbentu nastaju delovi sa potpunim zasićenjem, kao i sa svežim delom. U tom momentu zona sorpcije je stabilizovana, njena visina je konstantna, ali se njen položaj menja.



Sl.1. Zone sorpcije u sorbentu (3)

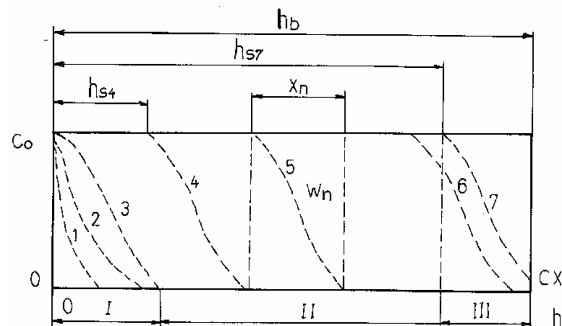
U toku sorpcije u sloju sorbenta formiraju se tri zone. Prva, početna zona / h_x /, je zona sorbenta u kojoj je sloj potpuno zasićen parama/gasovima. Koncentracija u ovoj zoni ostaje konstantna i jednaka je početnoj koncentraciji. Druga zona predstavlja sloj sorpcije, u kome dolazi do sniženja koncentracije od početne / C_o / do koncentracije proboja / C_x /.

Treća zona nalazi se na kraju sloja sorbenta i karakteriše se odsustvom para/gasova i punom aktivnošću sorbenata.

U toku sorpcije prva zona se povećava, dok se treća smanjuje. Kraj zone sorpcije poklapa se sa krajem sloja sorbenta, a iza sloja se pojavljuju pare/gasovi sa koncentracijom proboja / C_x /.

Kriva 1 pokazuje raspodelu koncentracije sorbtiva na početku sorpcionog procesa u sloju sorbenta. Pri prolasku kroz sloj sorbenta koncentracija para/gasova se smanjuje od C_o do nule. Ova zona sorpcije dolazi do stanja 2, a zatim do stanja 3. Pri daljoj sorpciji oblik raspodele i dužina zone sorpcije se ne menjaju. Sorpcioni sloj od početka do kraja krive 3 predstavlja sorpcionu zonu. Sledeći sloj, do visine h_{s7} , je zona zasićenja. Pri sorpciji u ovoj zoni, prethodni sloj postaje zasićen i zasićenje se povećava do početka krive h_{s7} , što čini sorpcionu zonu. Na kraju, zona koja se ne zasićuje predstavlja nezasićenu zonu III.

Proboj se odigrava pri koncentraciji C_x . To je proboj koji se može registrovati i ne prekoračuje dozvoljenu granicu. Ako se sorpcioni proces nastavi, sorpciona zona će se pomerati dok se sav sloj ne zasiti. Tada će zasićen sloj ići od h_{s7} do h_b . Probojna koncentracija će porasti do početne C_o . Front zasićenja, koji predstavlja zonu prenosa mase, širi se kroz sloj X_n brzinom W_n . Dužina zone prenosa mase X_n zavisi od osobine aktivnog uglja (raspodela pora po veličini, specifična površina, karakter površinskih oksida i dr.). Od bitnog uticaja na dužinu zone prenosa mase kroz sloj sorbenta je brzina smeše vazduh-para/gas. Ako je brzina veća, veća je i dužina zone prenosa mase.



Sl. 2. Dinamička sorpcija(1)

U slučaju kada zona prenosa mase dostigne izlazni presek, sorbent, pri proboju delimično, a pri zasićenju potpuno, ostaje u struji vazduha. Prikazivanjem vremenske promene koncentracije dobija se kriva proboja (1).

Pomoću krivih proboja za dve različite visine sloja može se izračunati brzina zone prenosa mase:

$$W_n = \frac{h_2 - h_1}{t_2 - t_1} \tag{1}$$

Dužina zone prenosa mase računa se:

$$X_n = W_n(t_s - t_x) \tag{2}$$

t_s - vreme zasićenja sloja

t_x - vreme proboja.

Efektivna visina sloja može se izračunati na osnovu izraza:

$$h_{ef} = h - X_n \tag{3}$$

h - visina sloja adsorbenta.

Pri punjenju bilo kojeg filtera, dužina prenosa mase je najbitniji faktor. Sorpciona zona mora ležati unutar sorpcionog sloja. Pored toga odnos tog radnog sloja prema ukupnoj dužini sloja određuje nivo punjenja. Utvrđivanje dužine sorpcione zone može se ostvariti i pomoću Mihaelsovog pravila. Za to je potrebno odrediti vreme proboja, vreme zasićenja i faktor odnosa kapaciteta sorpcije do proboja i zasićenja (F).

$$h_{ef} = \frac{(t_s - t_x)h}{F(t_s - t_x) + t} \tag{4}$$

Pod uslovom da je sorpcija trenutna, onda je sorbovana masa / m / u sorbentu jednaka:

$$m = aV_d \tag{5}$$

gde je $V_d = Sh$

a - statički, maksimalni sorpcioni kapacitet sorbenta računato na zapreminu sorbenta

S - površina poprečnog preseka sorbenta

h - visina sloja sorbenta

V_d - zapremina sorbenta,

Ovoj sorbovanoj masi odgovara masa sorbenta iz smeše:

$$m_1 = Q C_o t \tag{6}$$

Q - zapreminski protok vazduha

C_o - koncentracija para/gasova

t - vreme,

pošto je $m = m_1$ onda je: $t = \frac{aV_d}{QC_o}$ (7)

pošto je $v = Q/S$ onda je: $t = \frac{a}{vC_o} h$ (8)

Odnos: $\frac{a}{vC_o} = K_z$ (9)

predstavlja koeficijent zaštitnog dejstva i određuje vreme zaštitnog dejstva po jedinici visine sorpcionog sloja.

Vreme zaštitnog dejstva dobija oblik: $t = K_z h$, što predstavlja linearnu veličinu.

U stvarnim uslovima, brzina difuzije ima graničnu vrednost. Sorpcija se ne odigrava trenutno, odnosno iskorišćenje sorpcionog sloja ne može da bude potpuno. Ono se odigrava sa izvesnim gubicima visine sloja sorbenta, odnosno pojavljuje se gubitak vremena zaštitnog dejstva / t_g /.

Vreme zaštitnog dejstva umanjeno je za neku vremensku veličinu, koja odgovara određenoj visini sorpcionog sloja / h_n / koji je nazvan "neaktivnim slojem".

Izraz $t = K_z h$ dobija oblik $t = K_z h - t_g$, odnosno :

$$t = K_z(h - h_n) \tag{10}$$

Navedena jednačina poznata je kao jednačina Šilova. Veličina neiskorišćene moći sorbenta /neaktivni sloj/ izražena u jedinici visine, realno ne postoji, i samo je mera koja izražava neiskorišćenu moć sorbenta, pa joj se može pripisati bilo kakav položaj u sloju sorbenta.

Praktično, veličine K_z , h_n i t_g nalaze se grafički, korišćenjem slojeva različitih visina, kojima se određuje vreme zaštitnog dejstva, pri protoku vazduha određene zapremine i određene koncentracije kontaminanta. Koeficijent (K_z) predstavlja količnik gubitka vremena zaštitnog dejstva (t_g) i visine neaktivnog sloja (h_n).

$$K_z = \frac{t_g}{h_n} \tag{11}$$

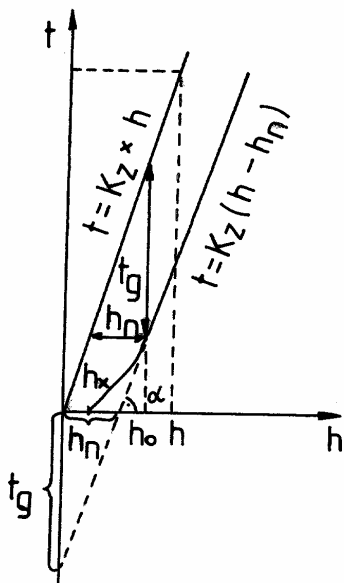
Veličine K_z , h_n i t_g su konstantne pri stalnim uslovima:

- ◆ stalnosti koncentracije toksične materije,
- ◆ zapreminskog protoka smeše vazduha i toksične materije,
- ◆ preseka sloja sorbenta i
- ◆ stalnosti granulacije.

Uopšteno, K_z , h_n , i t_g ponašaju se kao funkcije nabrojanih veličina.

3. FORMIRANJE KOMPAKTNIH SEGMENTNIH SLOJEVA

Radi boljeg iskorišćenja sorpcionog sloja, smanjenja gubitka vremena zaštitnog dejstva, kao i povećanja vremena zaštitnog dejstva treba formirati razne oblike i rasporediti kompaktne-segmentno adsorpcione slojeve.



Sl. 3. Zavisnost vremena zaštite od visine sorpcionog sloja(4)

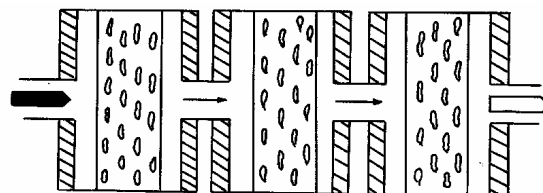
Veće iskorišćenje sorpcionog kapaciteta je moguće, pod uslovom da kompaktni sloj adsorbenta obezbedi:

- ◆ homogeni - čeonii koncentracioni front kretanja sorbata,

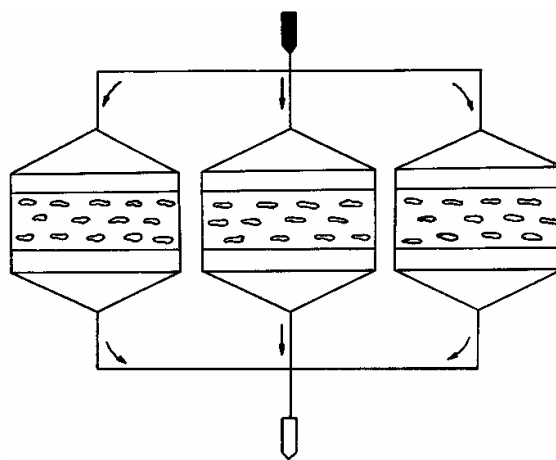
◆ što strožiju i definisanu linearnu, ili progresivnu, brzinu kretanja sorbata kroz takav kompaktni sorpcioni sloj.

Segmentni sorpcioni slojeve treba da se formiraju na tri osnovna načina:

- ◆ redno,
- ◆ paralelno i
- ◆ mešovito (redno + paralelno)



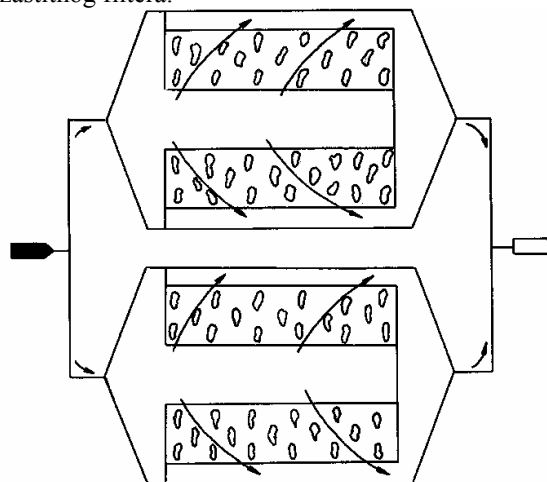
Sl.4. Redno formiranje segmentnog sorpcionog sloja(5)



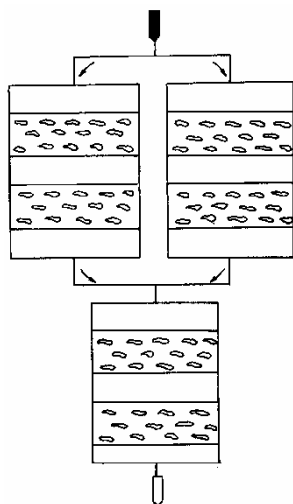
Sl.5. Paralelno formiranje segmentnog sorpcionog sloja cilindričnog oblika(3)

Prednost ovakvih načina formiranja je u mogućnosti optimizacije odnosa aerodinamičkog otpora i brzine kretanja sorbata kroz takve slojeve, odnosno vremena zaštite filtera u celini.

Poznavajući osnovne karakteristike segmenata moguće je izvršiti izbor kombinacije segmentnog sloja da bi se ostvarile optimalne karakteristike zaštitnog filtera.



Sl. 6. Paralelno formiranje segmentnog sorpcionog sloja prstenastog oblika (3)



Sl. 7. Mešoviti način formiranja segmentnog sorpcionog sloja(3)

Vreme zaštite ovakvih slojeva podleže teoriji dinamičke sorpcije. Pri korišćenju segmentnih sorpcionih slojeva u dinamičkim uslovima, postoji realna mogućnost zamene iskorišćenih sa svežim segmentima u sloju, kada se može postići potpuno iskorišćenje raspoloživog statičkog kapaciteta, odnosno, da se vreme gubitka zaštitnog dejstva i visina neaktivnog sloja svedu na minimum.

Segmentni sorpcioni slojevi mogu da obezbede homogeniji koncentracioni front za svaki segment ponaosob, zahvaljujući međusegmentnom gasno/parnom prostoru, što bitno povećava stepen iskorišćenja raspoloživog sorpcionog sloja. U tehničkoj primeni, svaki segment mora biti bezbedno zaptiven u telo filtera, kako bi celokupna sorpciona masa efektivno učestvovala u procesu sorpcije nekog gasa/pare.

4. ZAKLJUČAK

Sorpcioni filteri imaju veliku primenu u procesu filtracije vazduha od toksičnih para i gasova. Jedan

od najboljih sorbenata je aktivni ugalj koji ima veoma razvijenu poroznost. Iskorišćenje sorpcione mogućnosti sorbenta u dinamičkim uslovima nije isto kao i u statičkim uslovima. U dinamičkim uslovima nije potpuno iskorišćenje sorpcionog kapaciteta punjenja filtera, odnosno javlja se određena visina neaktivnog sloja. Ovaj sloj bi mogao i dalje da sorbuje toksikante, ali s obzorom da se posle proboja filteri više ne koriste ovaj sloj je neiskorišćen pa se javlja i gubitak vremena zaštitnog dejstva. Ovaj problem moguće je rešiti formiranjem segmentno sorpcionih slojeva, gde bi bilo moguće vršiti zamenu ovih segmenata i time doći do potpunog iskorišćenja sorpcionog kapaciteta punjenja.

LITERATURA

- [1] D. Nikolić: Zaštita od toksičnih materija, ŠC ABHO Kruševac (1997)
- [2] D. Nikolić: Zaštita od NHB oruzja ŠC ABHO Kruševac (1996)
- [3] D. Nikolić: Zaštita zivotne sredine, Univerzitet u Prištini, Kosovska Mitrovica (200. Za1)
- [4] D. Ristić : PNHB-zaštita, vojnoizdavački zavod, Beograd (1977)
- [5] D. Nikolić i dr.: Impregnisanje aktivnog uglja i konstrukcija filtera u cilju povećanja zaštitne moći, I Internacionalna konferencija o ekologiji 26-27 jun Banja Luka (2009),
- [6] S. Ilić, D. Nikolić: Uticaj oksidacije aktivnog uglja sumpornom kiselinom i impregnacije bakar sulfatom na sorpcionu sposobnost gasnog filtera za zaštitu od dejstva amonijaka, Vojnotehnički glasnik, Beograd (2002)
- [7] M. Zagorac : Industrijska toksikologija, Institut za dokumentaciju zaštite na radu, Niš (1978)
- [8] V. Tomić, D. Nikolić: Ispitivanje sorpcionih karakteristika aktivnih ugljeva na pare benzina , Vojnotehnički glasnik 4 Beograd (1996)

THE MODEL OF INCREASING SORPTION CHARACTERISTICS OF THE FILTERS

Abstract: In the process of dynamic sorption of the filter where activated carbon is an adsorbent, sometimes an inactive layer occurs. This layer is still capable of sorption, but since we have a contaminant behind a sorbent layer, and there has been a breach, the filter is unusable for further usage. Due to these problems inactive layer filters are not optimally utilized. This paper presents the dynamic sorption process. The problem of inactive layers, and method of forming the layers in order to reduce the effect of inactive layer.

Key words: dynamic sorption, the inactive layer, sorbent, filter

Datum prijema rada: