

X

N N B  
Селим фичи

UNIVERZITET U NOVOM SADU  
TEHNOLOŠKI FAKULTET

---

- Komisija za ocenu uradjenog doktorskog rada Mr. Radmile Šećerov - Sokolović -

**ТЕХНОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ-90**  
са неограниченом солидарном одговорношћу  
НОВИ САД

Примљено: 10-11-87			
Орг. јед.	Број	Прилог	Вредност
06	68		

S A V E T U  
TEHNOLOŠKOG FAKULTETA  
Novi Sad

Odlukom Saveta Tehnološkog fakulteta u Novom Sadu, od 14. 10. 1987. godine, određena je Komisija za ocenu uradjenog doktorskog rada Mr. Radmile ŠEĆEROV-SOKOLOVIĆ, pod naslovom:

FILTRACIJA KROZ SLOJ GRANULA OD EKSPANDIRANOG  
POLISTIRENA SA ELEMENTIMA PROJEKTOVANJA FILTRA

u sledećem sastavu:

1. dr Milan MITROVIĆ, red. prof. Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd
2. dr Dušan SIMONOVIĆ, red. prof. Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd
3. dr Miodrag TEKIĆ, vanr. prof. Tehnološki fakultet, Novi Sad

Komisija je pregledala uradjeni doktorski rad Mr. Radmile Šećerov-Sokolović i podnosi Savetu Tehnološkog fakulteta sledeći

I Z V E Š T A J

Doktorski rad Mr. Radmile Šećerov-Sokolović izložen je na 224 strane, sačrži 105 tabela i 64 slike na kojima su prikazani rezultati eksperimentalnog istraživanja kao i 231 literaturna navoda.

Doktorski rad je oblikovan u 15 poglavlja. Uvod, cilj i sadržaj rada, zaključci, nomenklatura i literatura se daju kao posebne celine rada.

Sadržaj doktorskog rada predstavljaju sledeće celine i poglavlja: Uvod, cilj i sadržaj rada, Strujanje kroz stacionaran sloj granulisanog materijala, Kapilarni model poroznog sloja, Raspodela brzina fluida u realnom sloju granulisanog mate-

rijala, Kinetika filtracije, Mehanizmi filtracije, Ekspandirani polistiren, Eksperimentalni program, Ekspandirani polistiren kao filtarska ispuna, Specifičnost strukture sloja ekspandiranog polistirena, Eksperimentalni uređaj filter F-EPS/04, Komparativna analiza filtarskih ispuna, Fenomeni klasiranja pri pranju ekspandiranog polistirena, Hidrodinamika strujanja kroz sloj ekspandiranog polistirena, Filtracija kroz sloj ekspandiranog polistirena, Prilog proučavanju kinetike filtracije i Zaključci. Nomenklatura, Literatura.

U uvodnom delu rada kandidat definiše do sada utvrđene prednosti ekspandiranog polistirena kao filtarske ispune u odnosu na klasična rešenja. U posebnom delu, na osnovu detaljnog uvida u publikovane radove, ukazuje na nedostatak kvantitativnih pokazatelja koji bi u potpunosti potvrdili prednosti primene EPS u odnosu na klasična rešenja. Kandidat ukazuje na odsustvo istraživanja uticaja fizičko-hemijskih karakteristika EPS na fenomene strujanja tečnosti i filtraciju, uticaja stepena isklasanosti EPS, uticaja gran sastava koeficijenta uniformnosti, uticaja prirasta debljine ispune pranjem. Polazeći od gore navedenih nedovoljno istraženih fenomena, kandidat jasno definiše cilj doktorskog rada i postavlja veoma obiman, naučno oblikovan istraživački program.

Cilj ovog rada je dvoznačno usmeren: da ispita uticaj osnovnih karakteristika ekspandiranog polistirena kao filtarske ispune na fenomene filtracije uz definisanje optimalnog kvaliteta ekspandiranog polistirena za primene u procesima filtracije kao i da pruži detaljnu teorijsku i praktičnu podlogu za projektovanje filtra sa EPS ispunom.

Istraživački program je izveden kroz šest osnovnih eksperimentalnih podprograma koji su jasno definisani u poglavlju Uvod, cilj i Sadržaj rada.

Teorijska pretpostavka ovog doktorskog rada je izvedena na osnovu detaljnog uvida u 231 literaturni navod, na pregledan i koncizan način čime se daje uvid u osnovne fundamentalne fenomene i zakonitosti strujanja i filtracije kroz sloj granulisanog materijala.

U poglavlju 1, kandidat daje teorijsku analizu strujanja kroz poroznu sredinu kombinovanog slučaja

- opticanje tečnosti oko tela (lopte)
- proticanje tečnosti kroz kanale

Analizirajući kapilarni model poroznog sloja u poglavlju 2, kandidat daje teorijsku analizu značenja koeficijenta hidrauličkog otpora za porozan sloj i koeficijenta filtracije kao i permeabilnosti poroznog sloja.

U poglavlju 3, daje se analiza raspodele brzina fluida u realnom sloju granulisanog materijala.

Poglavlje 4 razmatra kinetiku filtracije sa posebnim osvrtom na teoriju Minca ukazujući na neslaganje drugih autora na njegov kriterijum optimalnog projektovanja  $t_z/t_H = 1,2 - 1,4$ .

Mehanizmi filtracije se razmatraju u posebnom poglavlju 5, analizom vrsta transportnih mehanizama, mehanizama privlačenja i otkidanja.

U zadnjem poglavlju (poglavlje 6) teorijskog prikaza, daju se karakteristike sloja ekspaniranog polistirena kao i status dosadašnjih istraživanja primene EPS kao filtarske ispune.

Sledećih osam poglavlja doktorskog rada kandidata Mr. Radmile Šećerov-Sokolović predstavljaju rezultate eksperimentalnog programa istraživanja.

Kao što je ranije rečeno eksperimentalni program koncipiran je u nekoliko celina:

- Proučavanje uticaja gustine EPS na strukturu i kvalitet površine i unutrašnju strukturu EPS granule, specifičnost strukture sloja u funkciji sabijenosti i funkciji gustine EPS.
- Ispitivanje osnovnih osobina ispune, sabijenosti, gustine ekvivalentnog prečnika, koeficijenta uniformnosti, oblika granule na hidrodinamiku strujanja kroz EPS sloj.
- Ispitivanje uticaja osnovnih osobina ispune, sabijenosti, gustine, ekvivalentnog prečnika, koeficijenta uniformnosti na filtraciju pri deferizaciji.
- Komparativna analiza EPS-a i kvarcnog peska kao filtarskih ispuna
- Optimizacija konsolidovanja sloja EPS filtra
- Analiza kinetike filtracije kroz EPS sloj

U poglavlju 8 doktorskog rada, kandidat daje analizu strukture i izgleda granula ekspanđiranog polistirena različite gustine primenom SEM metode ( SM-35). Izgled EPS granule isključivo zavisi od EPS gustine, pri čemu EPS granule male gustine imaju izraženiju hrapavost površine. Isto tako i unutrašnja struktura EPS granula je promenljiva sa gustinom.

U ovom poglavlju se ukazuje na odsustvo unutrašnje poroznosti EPS granula.

U poglavlju 9 eksperimentalnog dela rada daju se rezultati ispitivanja specifičnosti strukture sloja u funkciji sabijenosti ispune kao i u funkciji gustine ekspanđiranog polistirena za slučaj "S" i "N" stanja ispune EPS granula male i velike gustine. Isto tako se predlaže veličina poroznosti nesabijene ispune i izveden je proračun određivanja iste.

Analiza zavisnosti osobina monodisperznih ispuna za različite gustine pri definisanom prečniku EPS granula je detaljno izvedena kao i definisane osnovne karakteristike monodisperznih ispuna koje su korišćene u daljem eksperimentalnom radu.

Ispitivanjem granula monodisperznih ispuna SEM metodom utvrđeno je da kod lakih ispuna uniformnost kvaliteta granula je ujednačena, dok kod ispuna srednje i velike gustine egzistiraju granule lakog i teškog EPS dajući prosečnu gustinu frakcije. Ukazano je da je ovaj fenomen posledica tehnologije ekspanđiranja polistirena zasićenog n-pentanom.

Karakteristike polidisperznih ispuna ekspanđiranog polistirena se daju detaljno preko karakterizacionih listova KL.1 - KL.14 korišćenjem i metoda koje su razvijene u ovo radu i kao takve se prvi put javljaju u literaturi. Takodje se daje prikaz raspodele ispune po veličini i dubini ispune što predstavlja prednost EPS da se takva informacija može dati. Posebno su istaknute specifičnosti polidisperznih ispuna uz detaljnu eksperimentalnu podršku.

Tehnički opsi eksperimentalnog uređaja F-EPS/04 kao i princip rada se daju u poglavlju 10, kao i Scale-up analiza za aparate sa nasuđim slojem.

Detaljna komparativna analiza kvarcni pesak - EPS se daje u poglavlju 11 i ukazuje na izmerene prednosti EPS ispune u odnosu na kvarcni pesak istog ekvivalentnog prečnika. Dati su i rezultati filtarskih ciklusa za proces deferizacije.

Značajno istraživanje ovog rada predstavlja ispitivanje fenomena klasiranja pri pranju ekspandiranog polistirena (poglavlje 12). Prilikom klasiranja i pranja uočena je zavisnost prirasta debljine sloja bez i posle sabijanja od ciklusa pranja kao i zavisnost promene debljine sloja ( $\Delta L$ ) sabijanjem od gustine EPS ekvivalentnog prečnika i koeficijenta uniformnosti.

Analiza uticaja zida uređaja na fenomene koji prate klasiranje i pranje ekspandiranog polistirena se isto tako daje u ovom poglavlju.

Poseban doprinos teorijskom razmatanju strujanja kroz sloj ekspandiranog polistirena predstavljaju rezultati koji se daju u poglavlju 13 ovog rada. Analizirani su uticaj sabijenosti ispune, gustine EPS, ekvivalentnog prečnika  $d_e$  ispune, koeficijenta uniformnosti i oblika zrna na hidrodinamičke veličine  $\frac{\Delta P_e}{L} = f(v)$ , koeficijent filtracije, permeabilnost, Carman-Kozeny konstantu, koeficijent hidrauličkog otpora.

Analizom rezultata uticaja gustine EPS ukazano je na trend zavisnosti kako u "S" tako i u "N" stanju

- porastom EPS gustine raste koeficijent pravca A prave  $\frac{\Delta P}{L} = AV$
- opada koeficijent filtracije  $k_F$
- Carman-Kozeny konstanta se menja kao rezultanta dvojnog uticaja, a samim tim i koeficijent hidrauličkog otpora.

U eksperimentalnim istraživanjima fenomena i zakonitosti filtracije EPS sloja korišćen je rastvor  $FeSO_4$  u koncentraciji  $Fe^{2+}$  jona od  $5 \frac{mg}{l}$ , kao konstantna veličina u procesu deferizacije (poglavlje 14).

Daje se detaljna analiza uticaja osobina EPS, uticaja sabijenosti EPS ispune, uticaj gustine EPS, uticaj ekvivalentnog prečnika EPS ispune, uticaj koeficijenta uniformnosti na fenomene filtracije.

Posebno se razmatra mogućnost povećanja kapaciteta eksperimentalnog filtra F - EPS/04.

U zadnjem poglavlju 15, daju se rezultati komparativne analize metoda za proučavanje kinetike filtracije uvodeći u razmatranje segmentni filter u odnosu na koncentracionu metodu. Istovremeno se predlažu novi postupci prikazivanja distribucije taloga po dubini filterne ispune.

Na osnovu ovako opsežnog i originalnog eksperimentalnog programa, izvedeni su zaključci koji ukazuju:

1. Osnovna fizičko-hemijska osobina EPS, koja jednoznačno određuje svojstvo granule ispune, kao i specifičnost strukture ispune, je gustina EPS.
2. Pri gravitacionoj filtraciji EPS ispuna se nalazi u "N" stanju, što izaziva promene osnovnih karakteristika sloja u odnosu na "S" stanje i ima za posledicu veliki uticaj na hidrodinamiku strujanja i filtraciju.
3. Utvrđena je linearna zavisnost nasipne gustine EPS ( $\rho_N$ ) od gustine EPS ( $\rho$ ).
4. Uočena je nemonolitnost gustine EPS, naročito kod velikih gustina ispuna, koja se kod monodisperznih ispuna ispoljava kroz prisustvo granula različite gustine, dok se kod polidisperznih ispuna ispoljava u prisustvu frakcija različite gustine.
5. U cilju kvantificiranja prednosti EPS u odnosu na kvarcni pesak, istog ekvivalentnog prečnika, došlo se do konstatacije da se realizuju tri puta duži filterni ciklusi.
6. Za pripremu EPS za optimalan režim rada i dovodjenje u stanje potpune isklasičnosti neophodno je izvršiti 40 pranja, po uputstvu datom u radu.
7. Pri korišćenju EPS kao filterne ispune neophodno je koristiti EPS što manje gustine. Time se povećava efikasnost filtracije, produžavaju se filterni ciklusi.
8. Osnovni projektni parametri za rad filtera F-EPS/04 sa ispunom EPS su: debljina ispunne  $L = 100-110$  /cm/, brzina filtracije  $v = 5$  m/h, maksimalni gubici pritiska po jedinici debljine (0,4), maksimalni pritisak (60 cm), osnovne karakteristike ispune: gustina  $37$  /kg/m<sup>3</sup>/, ekvivalentni prečnik  $1,34$  /mm/, koeficijent uniformnosti 1,75.
9. Daljim usavršavanjem tehnologije ekspaniranja polistirena moguće je doći do formulacija EPS ispuna koje će omogućavati brzine filtracije od  $v = 10$  /m/h/, što će značajno povećati kapacitet filtera F-EPS/04, tj. smanjiti potrebni prosečni presek uređaja.
10. U daljem istraživanju primene EPS u oblasti separacionih operacija od značaja je razviti postupke nanošenja prevlaka različite prirode na površinu EPS granula. Ovim se otvaraju pravci istraživanja novih tipova adsorbenasa kao i daljih istraživanja u oblasti adsorpcije.
11. Ekspanirani polistiren pokazuje zadovoljavajuća koalescentna svojstva što pruža mogućnost njegove primene u domenu obrade zauljenih otpadnih voda.

Na osnovu svega izloženog Komisija konstatuje da je tokom izrade ovog rada kandidat pokazao detaljno poznavanje teorijske osnove fenomena u nasutom, poroznom sloju, kao i potpunu samostalnost u koncipiranju i realizaciji eksperimentalnog rada i u donošenju zaključaka.

Komisija predlaže Savetu Tehnološkog fakulteta u Novom Sadu, da se rad Mr. Radmile Šećerov-Sokolović, pod naslovom "Filtracija kroz sloj granula od ekspaniranog polistirena sa elementima projektovanja filtra", prihvati kao doktorski rad za sticanje stepena doktora tehničkih nauka i kandidat pozove na odbranu dokorskog rada.

1. ~~dr Milan Mitrović, red.prof.~~

2. ~~dr Dušan Simonović, red.prof.~~

3. dr Miodrag Tekić, vahr.prof.