

PREGLED TEHNIČKE LITERATURE I DOKUMENTACIJE

Uređuje: Domagoj Vrsaljko



PROCESNO INŽENJERSTVO

Gregor D. Wehinger

Važnost zračenja u CFD simulacijama reaktora s nepokretnim slojem

(Radiation Matters in Fixed-Bed CFD Simulations)

Reaktori s nepokretnim slojem (engl. *Fixed-bed reactors*, FBR) široko su rasprostranjeni u kemijskoj i procesnoj industriji. U katalitičkim FBR-ima za reakcije u plinskoj fazi katalizatorske granule mogu se nasumično rasporediti ili pravilno složiti tako da tvore monolit. Oblici katalizatora-granula mogu imati snažan utjecaj na tok fluida, raspodjelu protoka, prijenos topline i tvari te pad tlaka. Radijalni prijenos energije igra presudnu ulogu u radu reaktora s nepokretnim slojem jer je to smjer hlađenja (za egzotermne reakcije) ili zagrijavanja (za endotermne reakcije). Mnoge katalitičke reakcije koje se događaju u reaktoru s nepokretnim slojem odvijaju se pri povišenoj temperaturi (> 400 °C). Na primjer, u parnom reformiranju metana vanjska temperatura zida cijevi može biti i do 1000 °C. Maksimalni lokalni površinski toplinski fluks q u Wm^{-2} pri kojem se zračenje može emitirati s površine crnog tijela je zadan Stefan-Boltzmannovom jednadžbom: $q = \sigma T_s^4$, gdje je T_s temperatura površine, a σ Stefan-Boltzmannova konstanta. Slijedom toga, s porastom temperature može se očekivati sve veći doprinos zračenja ukupnom prijenosu topline. U istraživanjima doprinosa zračenja zagrijavanju u nepokretnom sloju sfera glinice ($D/d_p = N = 31$) pokazalo se da se omjer doprinosa zagrijavanju zračenjem i kodukcijom topline povećao s 0,1 pri 100 °C na 1,2 pri 1000 °C. Nadalje, taj učinak ovisi o optičkim svojstvima površine granula, veličini granula, optičkim svojstvima kontinuirane faze, kao i o udaljenosti površina koje se zrače. Posljedično, doprinos zračenja u reaktoru s nepokretnim slojem pri visokim temperaturama postaje zna-

čajan i njegovo zanemarivanje može dovesti do krivih predviđanja temperature ili, u slučaju velikih sustava, do pogrešnih procjena stanja.

U ovom radu istražen je doprinos zračenja prijenosu topline u sloju 500 mm granula sa 7 provrta. Pri industrijski relevantnim temperaturama (250 °C do 800 °C) sa smjesom plinske faze za reformiranje pare primijenjeni su modeli zračenja površina-površina (engl. *surface-to-surface*, S2S) i metoda diskretnih ordinata (engl. *discrete ordinate method*, DOM). U ovom je istraživanju zanemarivanje zračenja rezultiralo i do 6 % nižim temperaturama.



Slika 1 – Granule katalizatora obično su promjera od 1 do 5 mm. U reaktor se mogu postaviti na nekoliko načina: u jednom sloju, u odvojenim slojevima i u cijevima. Katalizatori su obično izrađeni od nikla, bakra, osmijuma, platine i rodija. Katalizatori prikazani na slici izrađeni su od plemenitih metala na keramičkim kuglicama od 3,175 mm i upotrebljavaju se u električnom katalitičkom uređaju za oksidiranje, koji obrađuje struju zraka onečišćenu hlapljivim organskim spojevima (izvor: <https://www.falmouthproducts.com/>).

Chem. Ing. Technol. 91 (5) (2019) 583–591

Mary Page Bailey

Napredno recikliranje polimera

(Advanced polymer recycling)

Polimeri poput polietilena, polipropilena, poli(vinil-klorida) i poliestera postali su općeprikladni u općoj upotrebi i industriji. Svojstva materijala na osnovi polimera koja ih čine tako poželjnima – cijena proizvodnje i velika kemijska i toplinska stabilnost čine ih sveprisutnim za jednokratnu upotrebu i, u mnogim slučajevima, nerazgradljivim. Kako se prostori odlagališta smanjuju, a neke europske zemlje poduzimaju mjere za potpuno protjerivanje tih materijala s odlagališta otpada, mnoge tvrtke vide priliku za iskorištavanje tih tokova otpada i njihovo pretvaranje u nešto vrjednije. Dostupnost komunalnog i industrijskog otpada nove tehnologije za recikliranje pokušavaju pretvoriti u prednost i mogućnost stvaranja profita te se razvijaju globalno.

U napisu su prikazane neke od tehnologija usmjerenih na recikliranje i prenamjenu poliolefina, poli(vinil-klorida) i tekstila kao i neke od izazova s kojima se suočava industrija recikliranja.

Otpadni materijali najčešće se spaljuju kako bi se proizvela toplina i električna energija, ali poliolefini zapravo imaju znat-



Slika 2 – Godine 2018. časopis *Science Advances* izvijestio je o prvom istraživanju svih ikad napravljenih plastika – nalazi su bili alarmantni. Od 8,3 milijarde tona plastike koje su proizvedene 6,3 milijarde tona postalo je plastični otpad a od toga je reciklirano samo 9 %. Velika većina, gotovo 80 %, zakopano je na odlagalištima otpada ili je odbačeno u okoliš. Države, tvrtke i potrošači mijenjaju svoja razmišljanja o budućnosti našeg planeta pa se tradicionalni mentalitet linearne ekonomije “uzmi, iskoristi, odbaci” brzo odbacuje u korist kružne ekonomije (izvor: <https://alterra-energy.com/>).

no više mogućnosti na kraju života. Glavni komercijalni krajnji proizvodi tehnologija kontinuiranog kemijskog recikliranja



Slika 3 – Tvrtna Alterra među prvima je razvila i komercijalizirala tehnologiju kontinuiranog kemijskog recikliranja te pretvara plastiku namijenjenu odlagalištu natrag u petrokemijske proizvode. Ti se proizvodi mogu dalje rafinirati u goriva, voskove i nove sirovine za proizvodnju plastike. Alterrina tvornica u Akronu uspješno je komercijalizirala postrojenje koje, preusmjeravajući milijune kilograma plastičnog otpada s odlagališta otpada, proizvodi 60 t raznih proizvoda dnevno (izvor: <https://alterraenergy.com/>).

su aditivi za dizelska goriva s ultraniskim udjelom sumpora i voskovi. Postupak recikliranja također stvara i gorivo koje se može rabiti za potrebe grijanja bilo gdje drugdje u procesu.



Slika 4 – Jedinica za pirolizu Alterrine tvornice u Akronu. Plastični otpad ulazi u procesor za predpirolizu, gdje se zagrijava, miješa s aditivom i zgusne. To osigurava dosljednu obradu otpadne plastike. Plastični otpad zagrijava se u odsutnosti kisika dok se ne razgradi u kondenzibilnu paru ugljikovodika i plin koji nije moguće kondenzirati. Alterrina jedinica za pirolizu osigurava predvidljive ishode postignute u kontroliranom okruženju reaktorskog sustava. Para ugljikovodika zatim se hladi u ukapljeni petrokemijski proizvod, koji se dalje može rafinirati u goriva, voskove i sirovine za novu proizvodnju plastike. Nekondenzirajući plin se vraća natrag u sustav za oporabu energije (izvor: <https://alterraenergy.com/>).

U napisu je prikazano postrojenje projektirano za obradu oko 55 t otpada dnevno, što odgovara gotovo količini 300 barela dizelskog aditiva dnevno.

Chem. Eng. 121 (3) (2014) 17–21

Scott Jenkins

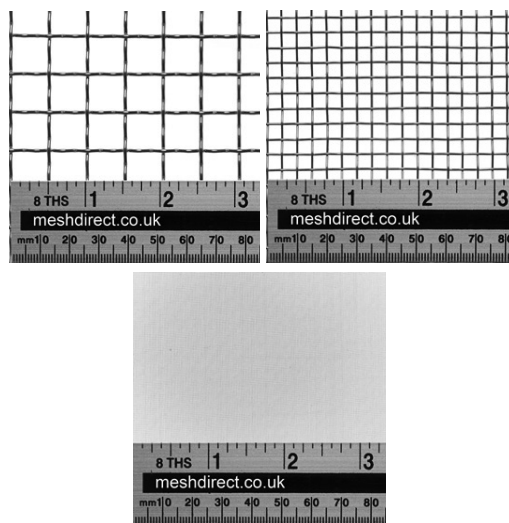
Žičane mreže za filtriranje

(Wire Meshes in Filtration)

U napisu su dane informacije o mogućnostima dostupnim za žičane mreže u industrijskim aplikacijama za filtriranje. Metalno-žičana mreža jedna je od glavnih vrsta filtarskih medija. Tkane metalne mreže često se upotrebljavaju za podupiranje pomoćnog sloja filtra ili sloja zrnatih ili poroznih materijala. Ispravan odabir žičane mreže može imati velik utjecaj na cijenu i učinkovitost sustava. Prije odabira žičane mreže za filtriranje potrebno je razmotriti sljedeća pitanja: je li mrežni proizvod sposoban izdržati opterećenja sustava koji se susreću u danoj primjeni; je li mreža dizajnirana za izbjegavanje začepjenja tijekom filtracije; u slučaju začepjenja, hoće li mreža izdržati dodano naprezanje ili je vjerojatno da će se urušiti; je li veličina mreže takva da se čestice zadržavaju u normalnoj upotrebi; hoće li mreža omogućiti željeni protok; je li sustav dizajniran za smanjenje gubitka tlaka; jesu li razmatrana svojstva korozije tekućine u odnosu na mrežasti materijal; jesu li dostupne i specificirane odgovarajuće legure; hoće li proizvod odgovarati sustavu filtriranja bez potrebe za izmjenama na terenu; može li se mreža uspješno isprati ili se mora ukloniti radi čišćenja; ako se mora ukloniti, je li lako izvaditi i ponovno staviti; koji je očekivani vijek trajanja mreže.

Žičana mreža može biti tkana od bilo kojeg kovnog metala ili slitine. Najčešći materijali za izradu mreže su nehrđajući čelik, bakar, mesing i Monel (niklove legure otporne na koroziju). Također su dostupni aluminij, bronca, fosforna bronca, nikal, Nichrome (legura uobičajenog sastava oko 80 % nikla i oko 20 % kroma, dobre otpornosti na koroziju i visokog tališta), Hastelloy (nikal-krom-molibden-željezo legure otporne na koroziju) te pocinčani ili obični čelik. Također se upotrebljavaju plemeniti, rijetki i vatrostalni metali: zlato i pozlaćeni

metal, platina, srebro, volfram, molibden, kolumbij, tantal i titanij.



Slika 5 – Tri veličine tkane mreže od nehrđajuće žice: 2 mesh – otvor 11 mm; 5 mesh – otvor 4,18 mm; 500 mesh – otvor 0,026 mm. Žičana mreža definira se promjerom rabljenih žica i razmakom otvora. Veličine žica mogu se kretati od onih promjera 1 inča do žica tanjih od vlasi ljudske kose. Veličine otvora na mreži kreću se od onih većih od 4 inča do jednog mikrometra. Oznaka veličine oka mreže (engl. mesh) je broj otvora po linearnom inču. Kvadratne mreže imaju isti broj otvora u vodoravnom i okomitom smjeru. Na primjer, mrežasta tkanina veličine 40 × 40 ima 40 otvora po linearnom inču u oba smjera. S druge strane, pravokutna mreža ima različit broj otvora u jednom smjeru od drugog (izvor: <https://www.meshdirect.co.uk/>).

Chem. Eng. 121 (11) (2014) 36

ORGANSKA KEMIJSKA INDUSTRIJA

K. Kugler, S. M. A. Kriescher, M. Giela, S. Hosseiny, K. Thimm, M. Wessling

Kogeneracija NH_3 i H_2 iz para H_2O i N_2 pomoću sklopa membranske elektrode

[Co-generation of Ammonia and H_2 from H_2O Vapor and N_2 Using a Membrane Electrode Assembly]

Nakon mnogih pokušaja znanstvenika, početkom 20. stoljeća sintezu amonijaka izravno od dušika i vodika uspješno su proveli Fritz Haber i Carl Bosch. Pri 400 do 500 °C i 150 do 200 bar N_2 i H_2 reagiraju u NH_3 . Potrebni H_2 nastaje reformiranjem CH_4 ili ugljena s H_2O . Taj proces, iako uspješan i funkcionalan, troši velike količine goriva, a uz to se za svaku proizvedenu tonu amonijaka emitira približno 2 t CO_2 . Uklanjanje te emisije CO_2 cilj je mnogih pokušaja znanstvenika.

Amonijak je bezbojan i otrovan plin. Oko 80 % proizvedenog NH_3 pretvori se u gnojivo. NH_3 također može postati važna kemikalija za pohranu energije, a neizravno H_2 . Izravna elektrokemijska sinteza amonijaka iz dušika i vodene pare bez upotrebe fosilnog goriva bila bi vrlo poželjna alternativa. Takva sinteza održiva je opcija za pohranu energije i proizvodnju prekursora za proizvodnju gnojiva.

U ovome radu prikazan je novi sklop membranske elektrode bez platine. Elektrokemijski membranski reaktor pokazuje izvodljivost kogeneracije amonijaka i vodika izravno iz dušika i vodene pare u sobnim uvjetima. U radu je opisan eksperiment te se izvještava o dosad neviđeno visokoj učinkovitosti uporabom titanija kao katodnog katalizatora. Učinkovitost kogeneracije može se podesiti ravnotežom procesnih parametara. Potencijalno održivija metoda sinteze NH_3 pred-

laže se izravnom redukcijom N_2 pomoću elektrokemijskog membranskog reaktora. Budući da se za pokretanje postupka primjenjuju obnovljivi izvori energije poput vjetra ili sunčeve energije, za razliku od Haberova postupka, izbjegava se emisija stakleničkih plina



Slika 6 – Petrokemija Kutina, najveća tvornica mineralnih gnojiva u Hrvatskoj u svojim pogonima Haberovim postupkom provodi proizvodnju amonijaka, sirovine važne za proizvodnju mineralnih gnojiva. Haberov postupak, u literaturi također nazivan Haber-Boschov postupak, glavni je industrijski postupak za proizvodnju amonijaka danas. Ime je dobio po svojim izumiteljima, njemačkim kemičarima Fritzju Haberu i Carlu Boschu, koji su ga razvili u prvom desetljeću 20. st. Proces pretvara atmosferski dušik u amonijak reakcijom s vodikom uporabom metalnog katalizatora pod visokim temperaturama i tlakovima (izvor: <https://petrokemija.hr/>).

Chem. Ing. Technol. 92 (1-2) (2020) 62–69



Nenad Raos

mala škola pisanja

(za znanstvenike i popularizatore)

Knjiga koja treba svakome –
knjiga koja treba svima.

Cijena knjige je 100,00 kn (PDV uključen).

Naručite telefonom (01/4872-499) ili
elektroničkom poštom (hdki@hdki.hr)
Studenti ostvaruju 50 % popusta uz predočenje X-ice,
a članovi Društva 20 %.