

# PREGLED TEHNIČKE LITERATURE I DOKUMENTACIJE



Uređuje: Domagoj Vrsaljko

## ORGANSKA KEMIJSKA INDUSTRIJA

Biswajit Sarkar, Paschalis Alexandridis

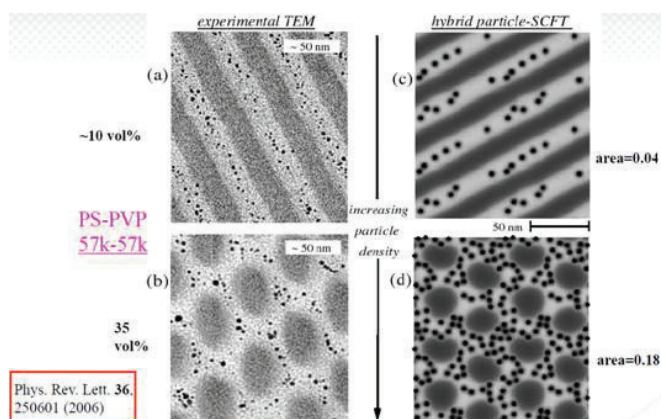
### Kompoziti blok-kopolimera i nanočestica: struktura, funkcionalna svojstva i prerada

(Block Copolymer-Nanoparticle Composites: Structure, Functional Properties, and Processing)

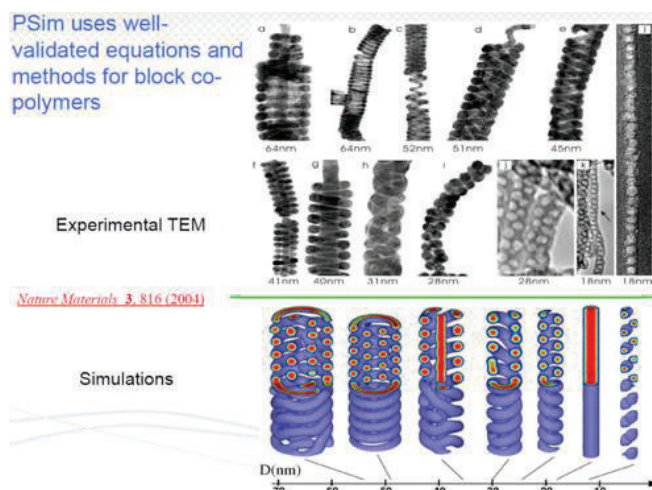
Dodatkom nanočestica (veličine 1 – 100 nm) u polimerne matrice proizvode se polimerni nanokompozitni materijali (eng. *polymer nanocomposite*, PNC) koji mogu imati poželjna optička, električna, magnetska, toplinska ili mehanička svojstva. PNC-i imaju specijalna funkcionalna svojstva zbog prisutnosti nanočestica, ali i mogućnost prerade zbog fleksibilnosti polimera. Maseni udio nanočestica u polimernoj matrici može ostati vrlo nizak (reda veličine od 0,5 % do 5 %) s obzirom na vrlo velik odnos specifične površine prema volumenu. Iako su prvi polimerni nanokompoziti, sastavljeni od koprecipitiranog zlata i arapske gume, istraživani već u prvoj polovici 19. stoljeća, pojam "polimerni nanokompoziti" uveden je tek u kasnim 1980-im kad je Toyotin laboratorij za istraživanje i razvoj polimera prijavio svoja istraživanja kompozita raslojene gline i najlona 6 koji su pokazali poboljšana mehanička i toplinska svojstva. PNC-i se znatno razlikuju od konvencionalnih ojačanih polimera kod kojih se organska ili anorganska makroskopska punila ugrađena u polimernu matricu. Glavna razlika između PNC-a i ojačanih polimera nije u veličini punila, već u novim svojstvima dobivenim dodatkom nanočestica. U konvencionalnim polimernim kompozitima poboljšanje nekog svojstava dodatkom određenog makroskopskog punila obično je popraćeno gubitkom drugih važnih svojstava – traži se kompromis u svojstvima. Tako na primjer, povećanje krutosti, barijernih svojstava ili otpornosti na gorenje može dovesti do gubitka žilavosti, prozirnosti ili mehaničkih svojstava. U slučaju PNC-a ti kompromisi mogu se minimizirati ili izbjeći.

Međufaza u blizini međupovršine čestice i polimera (tj. područje u blizini površine čestica, gdje su svojstva polimera drukčija od svojstava u masi) vrlo je važna za PNC, jer udio (volumen) materijala prisutnog u toj međufazi ima važan utjecaj na svojstva PNC-a. U slučaju konvencionalnih kompozita taj volumen je zanemariv, te stoga ukupna svojstva ovise samo o svojstvima polimera i punila. Veličina međupovršine i volumen međufaze rastu za red veličine kako se čestice smanjuju. Razlika između PNC-a i konvencionalnih kompozita može se pokazati na primjeru utjecaja veličine čestica na volumen međufaze. Na primjer oko 63 % volumena polimera sudjeluje u međufazi (ako se pretpostavi 6 nm debela međupovršina) u PNC-u s 1 % volumena čestica polumjera 2 nm. To upućuje na zaključak da je 63 % polimera pod utjecajem punila. A kada se polumjer čestica poveća s 2 nm na 20 nm, samo 1,2 % polimera ostaje pod utjecajem punila.

Kontrola morfologije kompozita nužna je da bi se iskoristio puni potencijal polimernih nanokompozita. Iako je raspodjela nanočestica u polimernim matricama moguće kontrolirati u određenom rasponu interakcijama na međupovršini, nije moguće kontrolirati i njihovo slaganje. U radu je dan pregled mogućnosti kojima se blok-kopolimerima, s dobro definiranim domenama nanoveličine, može kontrolirati morfologija nanokompozita.



Slika 1 – Utjecaj gustoće čestica, TEM i simulacija nanokompozita (izvor: <http://www.bitgroup.com/>)



Slika 2 – TEM i simulacija blok-kopolimera (izvor: <http://www.bitgroup.com/>)

## PROCESNO INŽENJERSTVO

Tim Wellsandt, Benjamin Stanisch, Jochen Strube

### Metoda karakterizacije uređaja za razdvajanje temeljenih na mikrotehnologiji

(Characterization Method for Separation Devices Based on Micro Technology)

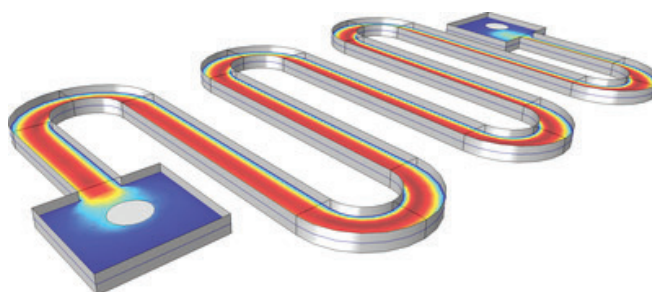
Tijekom posljednjih godina mikrotehnologija je dokazala visok potencijal za učinkovitije vođenje jediničnih operacija, čime značajno doprinosi projektiranju opreme za intenziviranje procesa. Omjer površine prema volumenu u mikrostrukturiranim modulima mnogo je veći od onih u konvencionalnoj opremi i to za nekoliko redova veličine. To rezultira posebno velikim prijenosom tvari i energije, kao i jačim utjecajem površinskih efekata kao što su adhezija i hrapavost površine. Istodobno, tradicionalni vanjski faktori, kao što je npr. gravitacija, gube važnost u projektiranju procesa.

Kako bi se postigao jači utjecaj mikroprocesne tehnologije na industrijske primjene, od temeljne je važnosti unaprijed predvidjeti izgled komponenata i reaktora na osnovi modela. Cilj takvog predviđanja je smanjiti broj generacija prototipova, čime će se uštedjeti vrijeme i troškovi prije nego se izradi modul spreman za tržište. Osim eksperimentalnih metoda, računalne simulacije dinamike fluida (eng. *computational fluid dynamics*, CFD) mogu pružiti jeftin i potencijalno jednostavan, što ovisi o strukturi kanala, način analize procesa u mikrokanalima.

U radu je dan dizajn mikrostrukturiranog modula na osnovi modela kao prilog pojednostavljenju i pojeftinjenju procesa. Proučavane su jednostavne strukture mikrokanala različitih presjeka kanala s volumnim protocima do  $20 \text{ ml min}^{-1}$ . Demonstrirana je prediktivna točnost modela te je nakon toga i provjerena na odabranim primjerima.



Slika 1 – Mikroreaktor



Slika 2 – Model dehalogenacije ugljikovodika u mikroreaktoru (izvor: www.comsol.com)

Izvor: Chemie Ingenieur Technik 87 (1-2) (2015) 159–162

Dmitrij Laaber and Hans-Jörg Bart

### Kemijska otpornost i mehanička stabilnost polimernih izmjenjivača topline

(Chemical Resistance and Mechanical Stability of Polymer Film Heat Exchangers)

Izmjenjivači topline obično su izrađeni od metala, ali postoje i specifične primjene kada se upotrebljavaju alternative poput stakla, ugljika, silike i polimera. U procesnoj industriji, korozivne tekućine (kisele ili alkalne otopine, desalinizacija morske vode, ribnjaci, bazeni, itd.) zahtijevaju vrlo visoku otpornost na koroziju. Također, u farmaceutskoj industriji nije prihvatljiva bilo kakva metalna kontaminacija. U nekim su industrijama polimerni izmjenjivači topline atraktivni i već se dosta upotrebljavaju zbog svoje niske cijene, ali uz nedostatak njihove niske toplinske vodljivosti. Daljnji nedostatak polimera slaba je mehanička stabilnost, posebno u odnosu na metale i keramike. Nadalje, vlačna čvrstoća vrlo je ovisna o temperaturi, a većina polimera pokazuje znatno slabljenje mehaničkih svojstava već pri umjerenim temperaturama od oko  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ . Unatoč svojim nedostacima, polimeri se uspješno upotrebljavaju u klasičnom dizajnu kao npr. kod izmje-

njivača topline cijev u cijevi (debljina stjenki cijevi je između 1 i 4 mm ovisno o tlaku). Uobičajeno upotrijebljen materijal je polipropilen, jer pokazuje dovoljnu otpornost na kiseline, a može se upotrebljavati pri relativno visokim temperaturama do  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ . Rebrasta cijev polipropilenskog izmjenjivača topline može postići ukupnu učinkovitost prijenosa topline od  $34 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$  za sustave kapljevina-plin. To se podudara s 95 % učinkovitosti titanskog izmjenjivača topline ili s 84 % učinkovitosti aluminijskog izmjenjivača topline. Neka istraživanja pokazala su da su uređaji napravljeni od PVDF-a (poliviniliden-fluorida) potpuno usporedivi s onima izrađenim od Ni-Cr-Mo-čelika, uz samo 40 % cijene metalnog. Jedna od mogućnosti da se kompenzira niska toplinska provodnost polimera je uporaba tankih polimernih filmova.

U ovome radu ispitani su poliamidni i politetrafluoretilenski (PTFE) filmovi kao alternativni materijali u izmjenjivačima topline, proučavano je njihovo mehaničko ponašanje pri temperaturama do  $90 \text{ }^\circ\text{C}$  te ponašanje u kontaktu s vodom, toluenom i heksanom. Pokazano je da filmovi PTFE imaju dovoljnu postojanost i mogu se upotrebljavati s navedenim organskim tekućinama. Nadalje, projektiran je hidrodinamički optimiran prototip izmjenjivača topline osmišljen na temelju CFD

Tablica 1 – Mehanička svojstva

Materijal	Gustoća materijala $\rho/\text{kg m}^{-3}$	Toplinska provodnost $k/\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$	Modul rasteznosti $E/\text{MPa}$	Rastezna granica popuštanja $\sigma/\text{MPa}$
PA6	1120 – 1140	0,25 – 0,26	2 100	63,6
PE	923 – 940	0,3	210	10,8
PEEK	1333	0,25	4 500	98,9
PP	910 – 937	0,11 – 18	1 900	30,7
PTFE	2170	0,27	610	11,6
nehrđajući čelik	8238	13	210 000	≈ 500
titanij	4500	22	105 000	≈ 940
aluminij	2700	236	70 000	≈ 400
grafit	1750	159	27 000	13

(eng. *computational fluid dynamics*) istraživanja u kombinaciji s analizom FEM (eng. *finite element method*) s obzirom na geometrijske deformacije filmova uzrokovane gubitkom tlaka.

Chemie Ingenieur Technik 87 (3) (2015) 306–311

Peter Drögemüller

#### Upotreba hiTRAN žičanih elemenata za poboljšanje toplinske učinkovitosti cjevastih izmjenjivača topline u jednofaznom i dvofaznom toku

[The Use of hiTRAN Wire Matrix Elements to Improve the Thermal Efficiency of Tubular Heat Exchangers in Single and Two-Phase Flow]

Povećanje cijene energenata, stroži ciljevi emisija te utjecaj na klimu razlozi su koji povećavaju potrebu za učinkovitim dizajnom procesa s ciljem smanjenja operativnih troškova. Softverski alati poput procesnih simulatora upotrebljavaju se za optimiranje maksimalne propusnosti i povrata topline. S ciljem provedbe takvih optimizacija važan je odabir prikladne opreme za prijenos topline. Upotreba hiTRAN žičanih elemenata za poboljšanje toplinske učinkovitosti cjevastih izmjenjivača topline u jednofaznom i dvofaznom toku iz temelja mijenja sliku toka. Te promjene na različite načine utječu na jednofazno i dvofazno strujanje. Tu tehnologiju je razvio Cal Gavin LTD, a potvrđena je s više od 30 godina istraživanja i nekoliko tisuća primjena u industriji. Umetci hiTRAN sastoje se od žičane jezgre s ušicama pričvršćenim na jednako udaljenim točkama. Umetak se proizvodi tako da bude malo veći od unutarnjeg promjera cijevi. Elastičnost žice osigurava da petlje dodiruju zid. Broj petlji po jedinici duljine može se mijenjati kontinuirano kako bi se podudarao s dopuštenim

padom tlaka. Osim toga, moguće je mijenjati i druge geometrijske parametre poput veličine žice i kuta petlje, a sve to kako bi se postigla optimalna učinkovitost.

Tehnologija hiTRAN žičanih elemenata primjenjuje se u cijevnom dijelu cijevnog izmjenjivača topline, te je uspješno korištena u širokom rasponu primjene, od osjetljivog grijanja i hlađenja do kondenziranja i ključanja. Ta tehnologija primjenjuje se za nove dizajne kao i prilikom obnova u kojima se može povećati učinkovitost postojeće opreme. U ovome radu dan je pregled uvjeta za najučinkovitiju primjenu tehnologije hiTRAN.



Slika 1 – hiTRAN žičani sustav za poboljšanje toplinske učinkovitosti cjevastih izmjenjivača topline u jednofaznom i dvofaznom toku (izvor: <http://www.calgavin.com>)

Izvor: Chemie Ingenieur Technik 87 (3) (2015) 188–202