

Ana Vuković

ISSN 0350-350X

GOMABN 52, 3, 183-194

Izvorni znanstveni rad / Original scientific paper

OPTIMIRANJE REAKTORSKIH TEMPERATURA NA POSTROJENJU IZOMERIZACIJE LAKOG BENZINA

Sažetak

Produkt dobiven na postrojenju izomerizacije visoko je oktanska komponenta za namješavanje konačnog proizvoda, motornog benzina, koju također karakterizira vrlo niski sadržaj ili odsutnost aromatskih i sumpornih spojeva, zadovoljavajući na taj način i ekonomske i ekološke zahtjeve. Na kvalitetu produkta izomerizacije utječe niz faktora, kao što su sastav sirovine, procesni parametri, usredotočenost procesnih inženjera na svakodnevni rad postrojenja, itd. Dok su neki procesni parametri unaprijed definirani projektom ili zahtjevima prerade, parametre kao što su reaktorske temperature može optimirati procesni inženjer. Tijekom optimiranja, izlazne temperature reaktora podešavaju se u vodećem i pratećem reaktoru kako bi se maksimizirala brzina reakcije u vodećem reaktoru i podesile ravnotežne koncentracije u pratećem. Takva kombinacija maksimizirat će željene omjere produkta, tzv. izo-omjere, za postizanje ekonomskog optimuma, koji može biti ili proizvodnja maksimalne količine izomerata (maksimalni prinos kapljevine) ili proizvodnja izomerata maksimalnog oktanskog broja. U radu je predstavljena pozadina optimiranja reaktorskih temperatura te rezultati dobiveni takvim optimiranjem. Određeno je da je optimalna ulazna temperatura u vodeći reaktor u početku životnog vijeka katalizatora 117 °C, a u prateći oko 120 °C.

1. Uvod

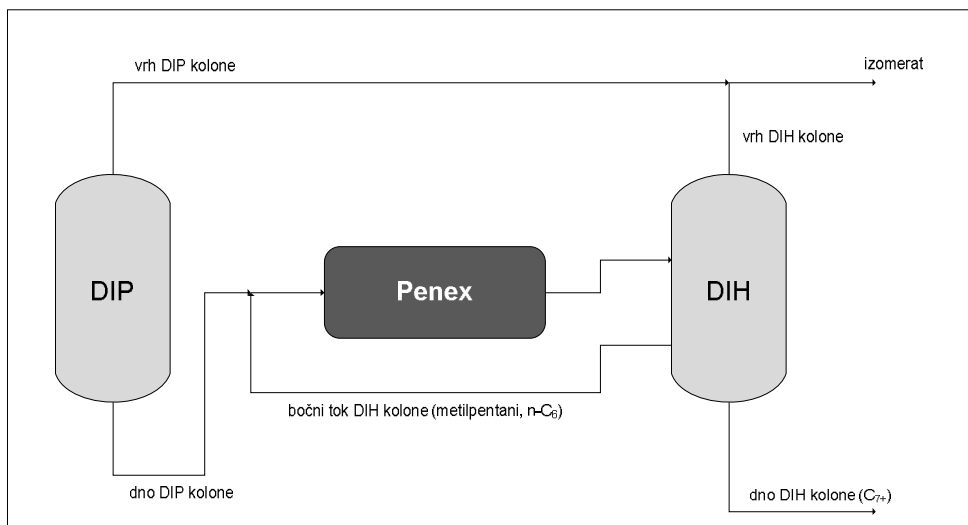
U siječnju 2012. godine pušteno je u rad postrojenje za izomerizaciju lakog primarnog benzina u Rafineriji nafte Sisak. Postrojenje izomerizacija projektirano je za kontinuiranu izomerizaciju pentana i heksana.¹ Reakcije se odvijaju u atmosferi vodika u reaktoru s fiksnim slojem katalizatora i u procesnim uvjetima koji promoviraju izomerizaciju, a minimiziraju hidrokreking.² Glavni dijelovi postrojenja su deizopentanizer-kolona (DIP), sušionici kapljevine sirovine i svježeg plina, Penex reaktori (vodeći i prateći), stabilizer, skruber i deizoheksanizer-kolona (DIH), kako je prikazano na slici 1 i slici 2. Projektni podaci, prema kojima je projektirano postrojenje izomerizacije, predstavljali su osnovu proračuna za učinkoviti rad postrojenja. No, rad reaktora i aktivnost katalizatora bilo je potrebno dodatno optimirati s obzirom na stvarnu sirovinu koja se prerađuje na postrojenju. Na kvalitetu produkta izomerizacije, izomerata, utječe niz faktora, kao što su sastav

sirovine, procesni parametri, usredotočenost procesnih inženjera na svakodnevni rad postrojenja, itd. Dok su neki procesni parametri unaprijed definirani projektom ili zahtjevima prerade, parametre kao što su reaktorske temperature može optimirati procesni inženjer.² Ukoliko se reaktorske temperature ne podešavaju sukladno promjenama u sastavu sirovine i procesnih parametara, smanjuje se oktanski broj produkta ispod maksimalne vrijednosti koja se u procesu može postići, što predstavlja neiskorištavanje potencijala postrojenja, proizvodnju produkata lošijih karakteristika te izravni financijski gubitak. Kako su reakcije izomerizacije ravnotežne reakcije, u reaktoru se postupno kroz sloj katalizatora doseže ravnotežna koncentracija izomernih i normalnih alkana, tzv. izo-omjer. Takva uspostavljena ravnotežna koncentracija ujedno predstavlja i maksimalni omjer produkata koji se može postići. Daljnja nastojanja da se proizvodi više izoalkana (izoparafina) i premaši ravnotežni omjer produkata, dovest će do manjih prinosa na izoalkanima te većem prinosu na propanu i lakšim ugljikovodicima zbog reakcija hidrokrekiranja.¹ Optimiranjem reaktorskih temperatura definiraju se procesni parametri pri kojima će omjeri izoalkana i normalnih alkana na izlazu iz reaktora biti blizu teoretskih ravnotežnih koncentracija. Te koncentracije ujedno predstavljaju i maksimalnu moguću kvalitetu produkata Penex dijela postrojenja.

2. Eksperimentalni dio

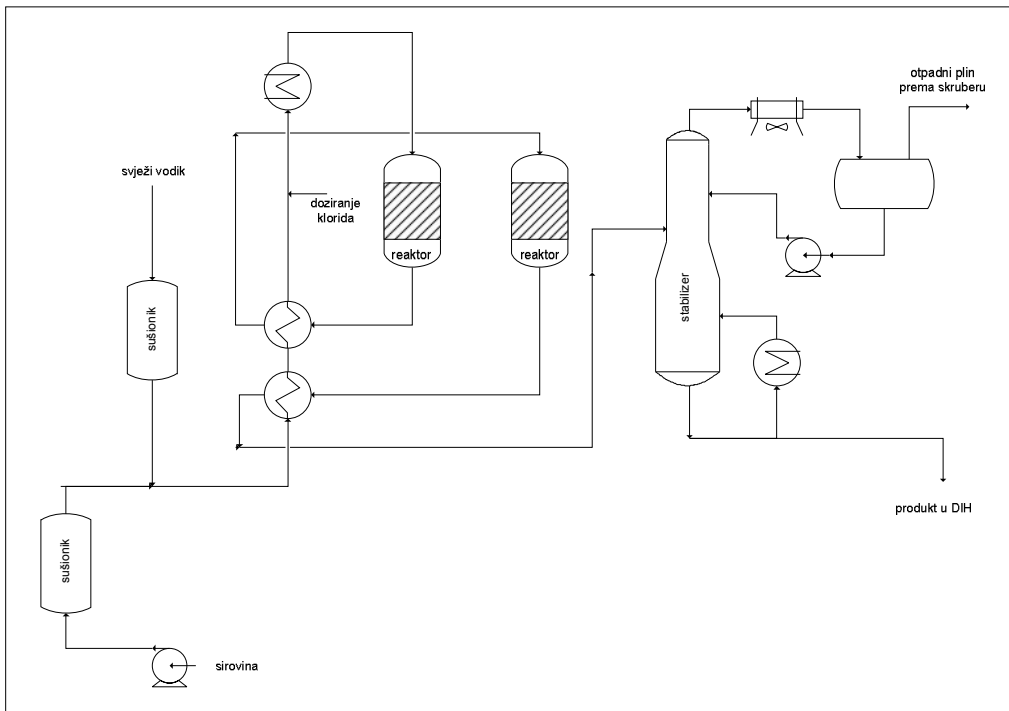
2.1. Proces izomerizacije

Slika 1 prikazuje DIP-Penex-DIH sustav, postrojenja izomerizacija lakog benzina u Rafineriji nafte Sisak, kojim se dobiva najveći oktanski broj proizvoda uz najveće prinose u usporedbi s ostalim UOP tehnologijama za izomerizaciju lakog benzina.³



Slika 1: DIP-Penex-DIH sustav za dobivanje izomerata visokog oktanskog broja

Sirovina za izomerizaciju smjesa je dviju struja: hidroobrađenog lakog benzina, s postrojenja za hidrobradu, i lakog reformata, s deheptanizera (DH). Cilj Penex dijela je provođenje izomerizacije lakog benzina u svrhu povećanja oktanskog broja benzina pretvorbom ravnolančanih C5/C6 ugljikovodika u razgranate. Na DIP koloni odvajaju se visokooktanski izopentani od normalnih pentana, heksana i C7+ ugljikovodika. Penex reaktori napunjeni su katalizatorom na osnovi platine i u njima se odvijaju reakcije izomerizacije. Slika 2 prikazuje Penex dio postrojenja.



Slika 2: Pojednostavljena shema Penex dijela postrojenja izomerizacije lakog benzina

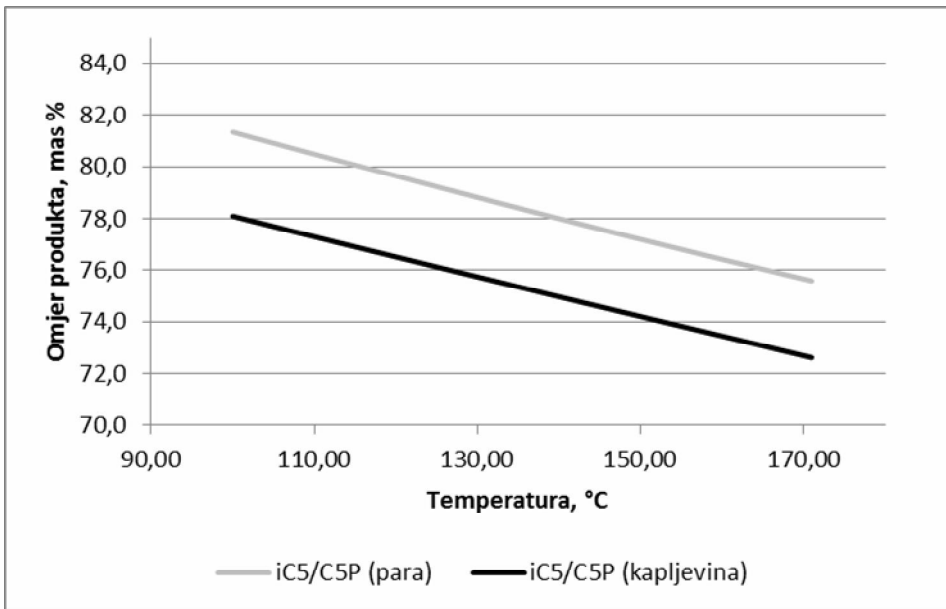
Prije nego što se struje sirovine i svježeg plina spoje te zagrijane uđu u vodeći i preteći reaktor, prolaze kroz sušionike. U sušionicima se iz kapljevine i plina uklanjaju oksigenati koji trajno deaktiviraju katalizator.¹ Nakon što se kombinirana sirovina zagrije na reaktorske temperature, sirovina prolazi kroz dva Penex reaktora spojena u seriju. Između izmjenjivača topline i parnog grijača doziraju se organski kloridi za održavanje kisele funkcije katalizatora. Efluent reaktora hladi se preko izmjenjivača topline i odvodi u stabilizer u kojem se odvajaju lakši ugljikovodici od kapljevito produkta. Iz struje lakših ugljikovodika se u skruberu uklanjaju kloridi u reakciji s natrijevom lužinom. Dno stabilizera usmjerava se na DIH kolonu.

DIH kolona odvaja visokovrijedne izoheksane i C5 spojeve na vrhu, a cirkulira metilpentane, n-heksan i dio C6 cikličkih spojeva natrag na ulaz vodećeg reaktora, što osigurava visoki oktanski broj produkta. Na dnu kolone izdvaja se ostatak C6 cikličkih spojeva i C7+ ugljikovodici. Produkt izomerizacije benzina, naziva izomerat, dobiven na vrhu DIP i DIH kolona, sastoji se najvećim dijelom od komponenata visokog oktanskog broja, izopentana, 2,2-dimetilbutana i 2,3-dimetilbutana.

2.2. Optimiranje reaktorskih temperatura

Tijekom optimiranja, izlazne temperature reaktora podešavaju se u vodećem i pratećem reaktoru kako bi se maksimizirala brzina reakcije u vodećem reaktoru i podesile ravnotežne koncentracije u pratećem.² Takva kombinacija maksimizirat će željene izo-omjere za postizanje ekonomskog optimuma, koji može biti ili proizvodnja maksimalne količine izomerata (maksimalni prinos kapljevine) ili proizvodnja izomerata maksimalnog oktanskog broja. Zbog zakonskih okvira, koji smanjuju dozvoljenu količinu benzena u skladišnom prostoru benzina⁴, neke rafinerije zahtijevaju povišenje sadržaja benzena i reformerskih prekursora benzena (metilciklopentan i cikloheksan) u sirovini za Penex, što dovodi do maksimiziranja kapljevitoćnog prinosa. Na taj način, bez potreba za visokim oktanskim brojem u izomeratu, smanjuje se udio benzena u reformatu i skladišnom prostoru benzina. Međutim, druge rafinerije preferiraju maksimiziranje oktanskog broja produkta i žrtvuju, u nekoj mjeri, kapljeviti prinos. Izo-omjer se definira kao omjer masenog udjela pojedinog alkana i ukupnog masenog udjela svih izomera promatranog alkana.³ Izo-omjer pojedinog alkana u sirovini ili produktu govori koliko blizu ravnotežnog sastava se u promatranim procesnim uvjetima alkan nalazi.³ Kako su oktanski brojevi izopentana, 2,2-dimetilbutana i 2,3-dimetilbutana redom 93,5, 94,0 i 105,0, praćenjem njihovih izo-omjera moguće je kontrolirati učinkovitost reaktorskog dijela postrojenja. Za svaku komponentu u sustavu, poznata je ravnotežna koncentracija koja je dozvoljena termodinamičkim principima te je relativno jednostavno pratiti koliko se rad reaktora vodi blizu ravnoteže.

Slika 3 prikazuje graf ravnotežnih vrijednosti pare i kapljevine u ovisnosti o temperaturi, za omjer izopentana i svih C5 alkana (izo-omjer iC5/C5P). Ravnotežne vrijednosti su prvenstveno funkcija temperature i agregatnog stanja (kapljevina ili para) i ne ovise o sastavu sirovine.² Na primjer, na 150 °C i za sve reakcije u parnoj fazi omjer iC5/C5P je 77,2 %, bilo maseni ili molarni (svi pentani će imati istu molekularnu masu). Stoga, ako se u reaktor uvede čisti uzorak n-pentana pod tim uvjetima, uz teoretski savršen katalizator i beskonačno vrijeme, produkt će sadržavati 77,2 % iC5 i 22,8 % nC5. Nemoguće je da produkt sadrži veću količinu iC5 ma kako dobar katalizator bio. To je fiksna vrijednost temeljena na termodinamičkim principima. Kao i kod iC5/C5P omjera, 2,2-DMB/C6P omjer je favoriziran pri nižim temperaturama. Ukoliko je izlazna temperatura iz reaktora 140-170 °C, izo-omjer se kreće 25-35 %. 2,3-DMB/C6P omjer bi uvijek trebao biti oko 10,5 % zato što je ravnotežna vrijednost ovog izomera konstantna za sve temperature Penex reaktora.²



Slika 3. Ravnotežne vrijednosti omjera iC5/C5P u parnoj i kapljevitj fazi²

Od procesnih parametara u procesu izomerizacije, obično su tlak, prostorna brzina i sastav sirovine definirani projektom i/ili od organizacijske jedinice proizvodnje ili planiranja. Omjer vodik/ugljikovodici bi se uvijek trebao držati u suvišku od 0,05 mola vodika (na izlazu iz reaktora) po molu ugljikovodika u sirovini kako bi se reakcije mogle adekvatno odvijati.¹ Kako podešavanjem omjera vodik/ugljikovodici nije primijećen značajni pomak u smjeru povećanja oktanskog broja produkta, temperature reaktora su jedini značajni podesivi parametar koja se koristi za optimiranje učinkovitosti reaktora za različite sastave sirovina i kapacitete Penex jedinice.²

Ključne komponente u sirovini Penex reaktora, koje utječu na učinkovitost katalizatora, ciklički su C6 i C7+ spojevi, koji su zbog jednostavnosti spojeni u X faktor. Ključni omjeri produkata (na izlazu vodećeg reaktora i dna stabilizera) su: iC5/C5P, 2,2-DMB/C6P i 2,3-DMB/C6P. Zbroj sva ta tri omjera se naziva izomerizacijski broj parafina (PIN).¹ Povećanjem X faktora sirovine za 1 jedinicu može se očekivati pad u PIN-u produkta u iznosu od 0,5 zato što su ciklički C6 i C7+ spojevi skloni adsorpciji na katalizator, prekrivajući aktivna mjesta katalizatora.² Da bi se kompenzirali gubici aktivnih mjesta, bit će potrebne više temperature kako bi se postigla optimalna učinkovitost katalizatora.

Povećanje prostorne brzine također će zahtijevati više reaktorske temperature za maksimiziranje PIN-a produkta i, vezano s time, oktanskog broja.

Obrnuto, smanjenje prostorne brzine će zahtijevati niže reaktorske temperature za maksimalni PIN i, vezano s time, oktanski broj.²

Kako su reakcije ograničene ravnotežom, optimiranje je potrebno voditi putem izlazne temperature reaktora, a ne putem ulazne. Ulazna temperatura reaktora se regulira kako bi se postigla željena izlazna temperatura reaktora. Tijekom provođenja optimizacije temperatura potrebno je održavati prosječnu radnu prostornu brzinu i X faktor. Ako se prostorna brzina i X faktor značajno mijenjaju iznad i ispod prosječnih vrijednosti ustanovljenim u optimizaciji, preporučljivo je da se provede optimizacija na ekstremnim vrijednostima tih procesnih parametara. Interpolacijom optimalnih izlaznih temperatura reaktora postrojenje može većinu vremena raditi između ekstremnih vrijednosti parametara proizvodeći kvalitetan produkt. Prije pristupanja optimizaciji reaktorskih temperatura potrebno je odrediti željenu ukupnu prostornu brzinu i sastav sirovine za optimizaciju. Poželjno je da jedinica radi sa sličnom sirovinom tijekom 2 do 3 dana. Za informaciju o prvotnom sastavu potrebno je uzeti uzorak ulaza u reaktor, te izlaze iz vodećeg reaktora i dna stabilizera. Tijekom optimizacije, bilježi se i održava ukupna prostorna brzina, omjer vodik/ugljikovodici, tlak reaktora te bilježe temperature reaktora i omjeri produkata na temelju rezultata laboratorijskih analiza (iC5/C5P, 2,2-DMB/C6P i 2,3-DMB/C6P za vodeći i prateći reaktor).

Prvo se provodi optimizacija temperatura vodećeg reaktora. Izlazna temperatura reaktora povećava se za 3-5 °C. Nakon svakog povećanja, potrebno je pričekati da su sve temperature kroz sloj katalizatora u reaktoru stabilne 2 sata te uzeti uzorak izlaza iz reaktora. Nakon što se navedena aktivnost provede nekoliko puta na različitim temperaturama, izlazna temperatura se vrati na prvotnu vrijednost i još jednom uzme uzorak sirovine za reaktor za analizu sastava. Kad laboratorijski rezultati budu dostupni, grafički se prikaže ovisnost omjera iC5/C5P, 2,2-DMB/C6P i 2,3-DMB/C6P o izlaznim temperaturama vodećeg reaktora te para/kapljevina ravnotežne vrijednosti. Izlaznu temperaturu vodećeg reaktora postavi se na temperaturu koja je osigurala najveći omjer iC5/C5P.

Nakon optimizacije temperatura vodećeg reaktora, pristupa se optimizaciji temperatura pratećeg reaktora. Izlazna temperatura pratećeg reaktora povećava se na isti način kao što je bilo navedeno u optimizaciji vodećeg reaktora. Prije nego što se uzme uzorak dna stabilizera, potrebno je čekati četiri sata nakon što su se temperature pratećeg reaktora ustabilile. Zatim, pripremiti se na uzimanje sveukupno 4-5 uzoraka dna stabilizera tijekom optimizacije pratećeg reaktora. Nakon što su uzeti svi uzroci, vratiti izlaznu temperaturu na prvotnu vrijednost. Grafički prikazati ovisnost omjera iC5/C5P, 2,2-DMB/C6P i 2,3-DMB/C6P o izlaznim temperaturama pratećeg reaktora te para/kapljevina ravnotežne vrijednosti. Optimiranje reaktorskih temperatura provedeno je 23.-25. siječnja 2012. godine tijekom prvog pokretanja postrojenja izomerizacije lakog benzina u Rafineriji nafte Sisak pri 80-89 % projektnog kapaciteta postrojenja.

Procesni parametri pri kojima se provodila optimizacija temperatura prikazani su u tablici 1.

Tlak na izlazu iz pratećeg reaktora održavao se na 31,4 bar, a omjer H₂/ugljikovodici iznad 0,05 mol %. Kako na rad postrojenja utječu spojevi poput benzena, C6 cikličkih i C7+ spojeva, praćena je i prisutnost tih nepoželjnih spojeva preko zbroja njihovih masenih udjela u sirovini, označenim kao X faktor.

Tablica 1: Procesni parametri za vrijeme optimizacije reaktorskih temperatura

reaktor	X faktor	ukupna prostorna brzina	molarni omjer H ₂ / ugljikovodici
vodeći	4,5	1,23 h ⁻¹	0,11-0,07
prateći	4,3	1,33 h ⁻¹	0,07

3. Rezultati i rasprava

Optimizacija reaktorskih temperatura provedena je pri 80-89% projektnog kapaciteta postrojenja. Ukupna prostorna brzina kroz oba reaktora bila je 1,23 h⁻¹ za vrijeme optimizacije vodećeg reaktora te 1,33 h⁻¹ za vrijeme optimizacije pratećeg reaktora. X faktor, koji je pokazatelj prisutnosti nepoželjnih komponenata, bio je 4,5 za vrijeme optimizacije vodećeg reaktora te 4,3 za vrijeme optimizacije pratećeg reaktora. Molarni omjer H₂ / ugljikovodici držan je iznad 0,05 cijelo vrijeme.

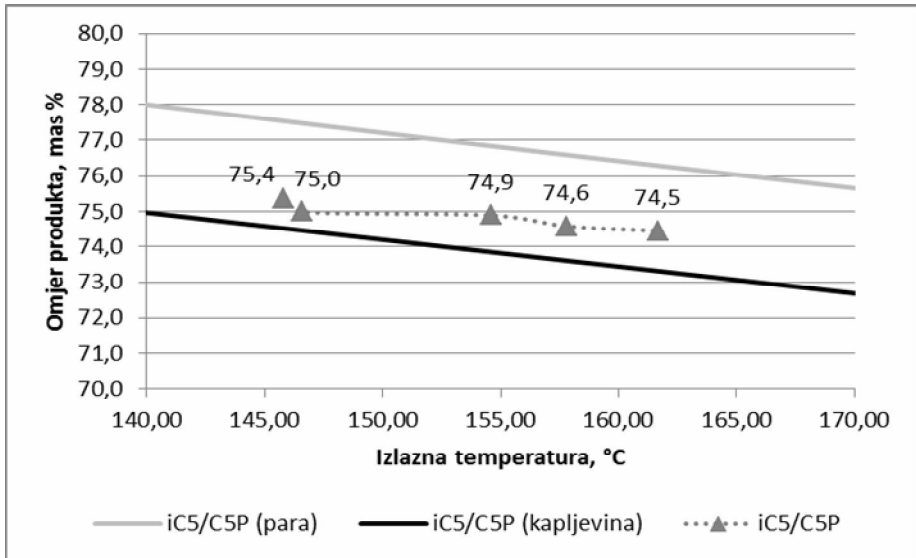
Kako je 2,3-DMB/C6P omjer 10,5 % za sve temperature Penex reaktora, omjer 2,3-dimetilbutana nije prikazivan ovim ispitivanjem.

a) Optimizacija vodećeg reaktora

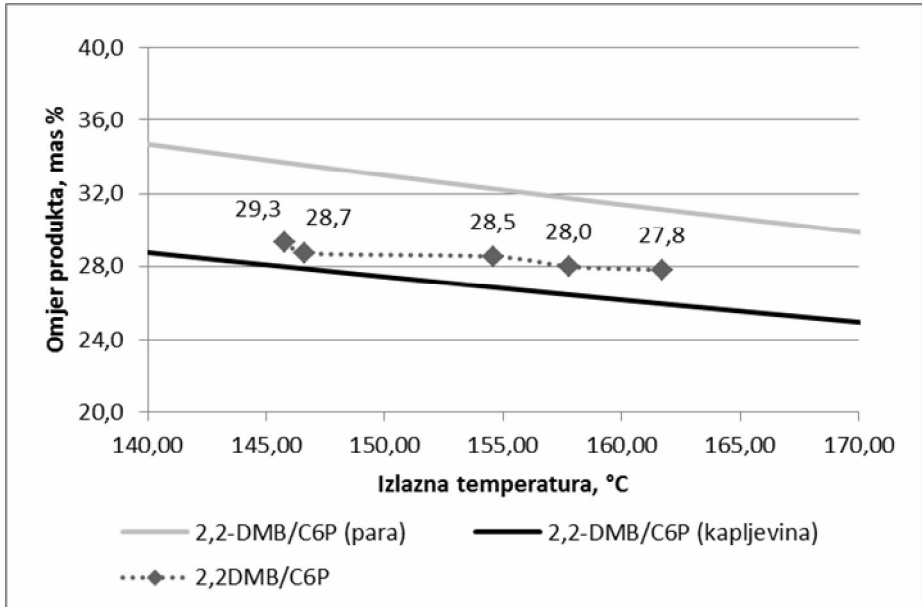
Temperature vodećeg reaktora u svrhu optimizacije su postavljene i stabilizirane dva sata prije uzimanja uzorka. Rezultati optimizacije vodećeg reaktora dani su u tablici 2 i prikazani na slikama 4 i 5.

Tablica 2: Rezultati optimizacije vodećeg reaktora

ulazna temperatura reaktora, °C	izlazna temperatura reaktora, °C	omjer iC5/C5P	omjer 2,2-DMB/C6P
118,7	145,8	75,4	29,3
121,3	146,6	75,0	28,7
125,3	154,6	74,9	28,5
129,3	157,8	74,6	28,0
133,8	161,7	74,5	27,8



Slika 4: iC5/C5P omjer produkta u vodećem reaktoru tijekom optimizacije (LHSV = 1,23 h⁻¹; X = 4,5)



Slika 5: 2,2-DMB/C6P omjer produkta u vodećem reaktoru tijekom optimizacije (LHSV = 1,23 h⁻¹; X = 4,5)

Iz rezultata je vidljivo da je najveći omjer iC5/C5P (75,4 %) i 2,2-DMB/C6P (29,3 %) postignut pri izlaznoj temperaturi iz reaktora od 145,8 °C. Ulazna temperatura u reaktor u tim uvjetima bila je 118,7 °C. Najmanji omjer iC5/C5P i 2,2-DMB/C6P postignut je pri izlaznoj temperaturi iz reaktora od 161,7 °C. Ulazna temperatura u reaktor u tim uvjetima bila je 133,8 °C. U uvjetima kada je izlazna temperatura reaktora veća nego što je potrebna za maksimalnu izomerizaciju, izo-omjeri su niži te dolazi do povećanog hidrokrekiranja i gubitka prinosa na kapljevitom produktu.² Ispitivanjem je utvrđeno da je optimalna izlazna temperatura vodećeg reaktora 145,8 °C, što odgovara ulaznoj temperaturi reaktora od 118,7 °C. Optimalna ulazna temperatura u vodeći reaktor u početku životnog vijeka katalizatora postavljena je na 117 °C.⁴

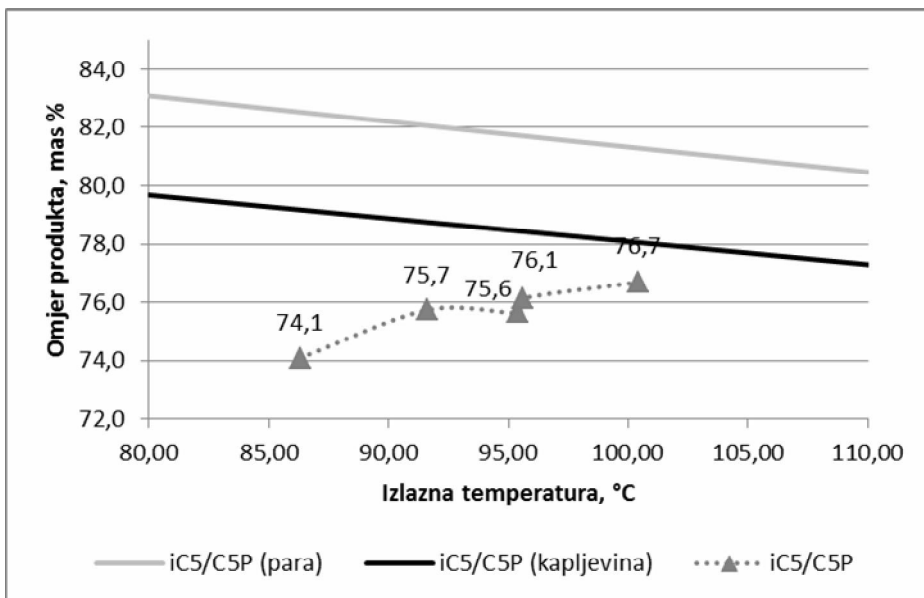
b) Optimizacija pratećeg reaktora

Temperature vodećeg reaktora u svrhu optimizacije su postavljene i stabilizirane dva sata prije uzimanja uzorka. Rezultati optimizacije pratećeg reaktora dani su u tablici 3 i prikazani na slikama 6 i 7.

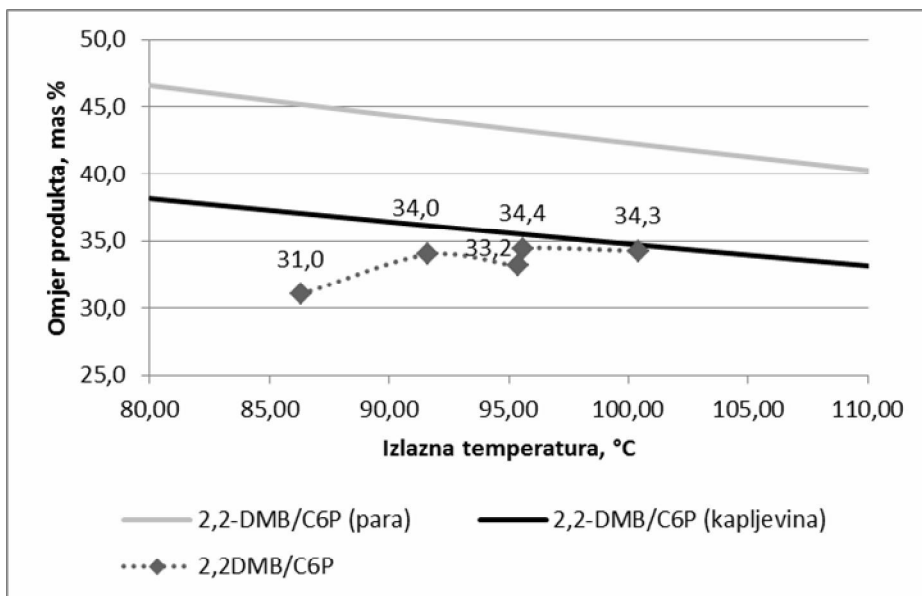
Tablica 3. Podaci optimizacije pratećeg reaktora

ulazna temperatura reaktora, °C	izlazna temperatura reaktora, °C	omjer iC5/C5P	omjer 2,2DMB/C6P
111	86,3	74,1	31,0
117	91,6	75,7	34,0
105,6	95,4	75,6	33,2
115	95,6	76,1	34,4
113,4	100,4	76,7	34,3

Iz rezultata je vidljivo da je najveći omjer iC5/C5P (76,7 %) postignut pri izlaznoj temperaturi iz reaktora od 100,4 °C. Ulazna temperatura u reaktor u tim uvjetima bila je 113,4 °C. Najveći omjer 2,2-DMB/C6P (34,4 %) postignut je pri izlaznoj temperaturi iz reaktora od 95,6 °C. Ulazna temperatura u reaktor u tim uvjetima bila je 115 °C. Najmanji omjer iC5/C5P i 2,2-DMB/C6P postignut je pri izlaznoj temperaturi iz reaktora od 86,3 °C. Ulazna temperatura u reaktor u tim uvjetima bila je 111 °C. Rad ispod maksimalnog omjera produkta je rad u području s limitiranom brzinom reakcija. U tom području, povećanje izlaznih temperatura reaktora će povećati reakcije izomerizacije i omjere produkta.²



Slika 6: iC5/C5P omjer produkta u pratećem reaktoru tijekom optimizacije (LHSV = 1,33 h⁻¹; X = 4,3)



Slika 7: 2,2-DMB/C6P omjer produkta u pratećem reaktoru tijekom optimizacije (LHSV = 1,33 h⁻¹; X = 4,3)

Ispitivanjem je utvrđeno da je temperatura od 95,6 °C izlazna temperaturna pratećeg reaktora pri kojoj je primijećen najveći 2,2-DMB omjer, što odgovara ulaznoj temperaturi reaktora od 115 °C. Svi iC5/C5P omjeri produkata tijekom optimizacije bili su ispod ravnotežne krivulje za kapljevinu, vjerojatno zbog niskih ulaznih temperatura u reaktor i malog gubitka izopentana. Optimalna ulazna temperatura u prateći reaktor u početku životnog vijeka katalizatora postavljena je na 120 °C.⁴

Ukoliko je s ekonomskog stajališta potrebno maksimizirati oktanski broj produkta, potrebno je postaviti izlaznu temperaturu vodećeg reaktora na vrijednost koja osigurava maksimalni omjer iC5/C5P, a izlaznu temperaturu pratećeg reaktora na onu koja osigurava maksimalni 2,2-DMB/C6P omjer. Za maksimalni prinos produkta, potrebno je postaviti izlazne temperature vodećeg i pratećeg reaktora na one vrijednosti koje osiguravaju najveće omjere iC5/C5P.²

4. Zaključak

Optimiranje temperatura vodećeg reaktora uspješno je provedeno. Analizom rezultata je utvrđeno da je najveći omjer produkata postignut pri ulaznoj temperaturi od 118,7 °C, te je određeno da je optimalna ulazna temperatura u vodeći reaktor u početku životnog vijeka katalizatora 117 °C.

Zbog vremenskih ograničenja je optimiranje temperatura pratećeg reaktora provedeno pri procesnim uvjetima malo drugačijim nego pri optimizaciji vodećeg reaktora (LHSV, X faktor). Iz rezultata je vidljivo da se i pri nižim temperaturama, na kojima je provedena optimizacija, ostvaruje porast iC5/C5P omjera pratećeg reaktora u odnosu na vodeći reaktor za 1,3 jedinicu. Ulazna temperatura pratećeg reaktora trebala bi se dodatno podesiti za postizanje ciljanog oktanskoga broja.

U početku životnog vijeka katalizatora bi se ulazna temperatura pratećeg reaktora trebala kretati oko 120 °C.

Kako je optimizacija provedena pri kapacitetima blizu maksimalnog projektnog kapaciteta, za optimalni rad postrojenja pri nižim kapacitetima potrebno je provesti optimizaciju na minimalnom kapacitetu. Interpolacijom optimalnih izlaznih temperatura reaktora se postrojenje može održavati blizu optimuma.

Nadalje, u radu postrojenja potrebno je pratiti trendove reaktorskih temperatura, prostorne brzine, X faktora, omjera produkata i PIN/prinos odnos kako bi se provjerilo radi li reaktor unutar optimalnih vrijednosti bez pretjeranog hidrokrekiranja. Optimizacija temperatura trebala bi se periodično provoditi kako bi se identificirali novi optimalni radni uvjeti te dostigle željene specifikacije proizvoda.

Literatura

1. M. L., General operating manual, UOP Penex process hydrogen once through, Isomerization unit for INA Sisak Refinery, UOP, 2009.
2. UOP Penex Reactor Temperature Optimization Procedure, January 2012.
3. V. G. Deak, R. R. Rosin, D. K. Sullivan, Light naphtha isomerization, UOP LLC tutorial, Des Plaines, Illinois, 2008.
4. UOP Memorandum by H. Pavelić, INA Sisak LNHT/DIP/Penex/DIH unit Starup - Initial Reactor Temperature Optimization, 27th January, 2012.
5. Uredba o graničnim vrijednostima emisija onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora, Narodne novine, broj 178/2004.
6. N. A. Cusher, UOP Penex Process in: R. A. Mayers, Handbook of petroleum refining processes, McGraw-Hill, 9.16-9.27, 2004.

Ključne riječi:

izomerizacija, oktanski broj, optimiranje temperatura, brzina reakcije, izo-omjer

Autor

Ana Vuković

INA Industrija nafte d.d., Sektor Rafinerija nafte Sisak, Proizvodna izvrsnost, Sisak, Hrvatska

ana.vukovic@ina.hr / ana.vukovic.pa@gmail.com

Primljeno

03.10.2012.

Prihvaćeno

20.02.2013.