

PRIMENA ADITIVA PRI SAGOREVANJU SIROVE NAFTE

APPLICATION OF ADDITIVES IN CRUDE OIL COMBUSTION

**Dr Panto Perunović, dipl. inž., i Ivan Pešenjanski, dipl. inž.,
Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, i Milovan Matić, dipl. inž.,
„Kosmaj-komerc”, Beograd**

Okolnosti izazvane razaranjem domaćih rafinerija nafte, stavile su Naftnu industriju Srbije pred ozbiljne probleme vezane za plasman sirove nafte i snabdevanje potrošača tečnim gorivima. U takvim uslovima NIS je ponudio potrošačima sirovu naftu kao zamenu za ulja za loženje.

Sirova nafta je pre svega mineralna sirovina, čijom se preradom dobijaju razni derivati, u koje spadaju i ulja za loženje.

Sirova nafta se po sastavu i termofizičkim karakteristikama razlikuje od ostalih tečnih goriva, što uslovljava i njeno drugačije ponašanje u procesu sagorevanja. Neki od problema koji nastaju pri sagorevanju sirove nafte u ložištima termoenergetskih postrojenja, mogu se znatno ublažiti korišćenjem aditiva. Osnovni korisni efekti koji se pri tome postižu su smanjivanje specifične potrošnje goriva po jedinici proizvedene energije i smanjivanje emisije štetnih materija u okolinu.

Due to the circumstances caused by the demolition of domestic oil refineries, the Serbian Oil Industry became faced with serious problems related to the marketing of crude oil and liquid fuel supply. Under such conditions the Serbian Oil Industry offered to consumers crude oil as a replacement for oil fuel. Crude oil is a mineral raw material, the processing of which produces different derivatives including fuel oil.

Crude oil differs from other liquid fuels in composition and thermal and physical properties, and accordingly its behaviour during combustion process is different. Some of the problems occurring during crude oil combustion in fireboxes of thermal power plants may be considerably reduced by using additives. The main positive effects thus achieved are the reduction of specific fuel consumption per generated energy unit and reduction of pollutant emission into the environment.

Ključne reči: sirova nafta; sagorevanje; primena aditiva; pogonski problemi

Key words: crude oil; combustion; application of additives; driving problems

1. Uvod

Tokom agresije na našu zemlju, razorene su domaće rafinerije nafte. Posledice tog razaranja su teško pogodile Naftnu industriju Srbije, kao proizvođača tečnih gori-

va i snabdevača potrošača. U tom trenutku su se pred Naftnom industrijom Srbije pojavila dva veoma ozbiljna problema. Prvo, nemogućnost plasmana sirove nafte i, drugo, nemogućnost snabdevanja potrošača tečnim gorivima. U tom vremenu su se u posebno teškoj situaciji našli potrošači tečnih goriva koji nemaju tehničke mogućnosti prelaska na neko drugo gorivo.

U tako nastalim uslovima, Naftna industrija Srbije je ponudila potrošačima sirovu naftu kao zamenu za lož-ulja. Time se obezbeđivao plasman sirove nafte, a potrošači su dobili gorivo kojim su uz izvesne dopune mogli zameniti ulja za loženje.

Treba napomenuti da većina termoenergetskih postrojenja koja rade na tečno gorivo troši teško ulje za loženje, poznatije pod nazivom mazut. Samo manji deo potrošača manjih instalisanih snaga i onih koji rade povremeno, kao što su, na primer, sušare i neki drugi potrošači u poljoprivredi, troše laka ulja za loženje.

Zbog nedostatka bilo kakvih iskustava u korišćenju sirove nafte kao goriva u termoenergetskim postrojenjima, kod potrošača se pojavila nedoumica o mogućnosti korišćenja sirove nafte u svojim postrojenjima. Zbog toga su preduzeli niz mera kako bi od odgovarajućih naučnih i stručnih institucija dobili odgovor na pitanje da li mogu u svojim postrojenjima koristiti sirovu naftu, i ako mogu, pod kojim uslovima.

U tom periodu su neke institucije izvršile izvesna ispitivanja mogućnosti sagorevanja sirove nafte u termoenergetskim postrojenjima. Za ozbiljnije i temeljitije proučavanje ove problematike nije bilo vremena. Odgovor na postavljena pitanja trebalo je dati brzo, jer su mnogi potrošači, čak i oni koji su naručili ispitivanje, zbog bojazni da će ostati bez neophodnog goriva, kupovali sirovu naftu. Pošto sirova nafta predstavlja mineralnu sirovinu čijom se preradom dobijaju krajnji produkti u vidu raznih derivata, u koje spadaju i ulja za loženje, praktičnih iskustava u sagorevanju sirove nafte skoro da nema. Isto tako su literarni podaci o sagorevanju sirove nafte veoma oskudni. Poznato je da samo neke najnerazvijenije zemlje, koje imaju izvore nafte a nemaju rafinerije, sirovu naftu sagorevaju u termoenergetskim postrojenjima.

Ne treba se čuditi što su potrošači u nastalim uslovima, kada im niko nije mogao pružiti pouzdane informacije o mogućnosti obezbeđenja neophodnih količina goriva, kupovali sirovu naftu kako bi na neki način premostili period do osposobljavanja domaćih rafinerija i obezbeđenje uvoza deficitarnih goriva.

Tako će se često u skladišnim rezervoarima mešati sirova nafta sa preostalim količinama mazuta, ili kada se rafinerije osposobe i obezbedi uvoz mazuta, mešaće se mazut sa preostalom sirovom naftom. Pošto je za uspešno sagorevanje goriva neophodno poznavati njegove termofizičke karakteristike, korisnici će morati da vode računa o količini i kvalitetu goriva koje koriste.

2. Sastav i karakteristike sirove nafte

Odgovor na pitanje da li se sirova nafta može koristiti kao gorivo u termoenergetskim postrojenjima je potvrđan, dakle može, ali uz neke dopunske uslove, zbog razlike u sastavu i termofizičkim karakteristikama.

Sastav i termofizičke karakteristike sirove nafte umnogome zavise od njenog porekla. Uz poznavanje sastava i karakteristika sirove nafte, moguće je dati odgovor i na drugo pitanje, pod kojim uslovima se sirova nafta može koristiti kao gorivo u termoenergetskim postrojenjima.

Elementarni sastav sirove nafte je vrlo uniforman i postoje relativno male varijacije u sastavu. Prema Aksinu V. [3], prosečan elementarni sastav sirove nafte varira u sledećim granicama:

Ugljenik (C)	83–88%
Vodonik (H)	11–15%

Sumpor (S)	0,1–5,5%
Azot (N)	0,1–3,5%
Kiseonik (O)	0,1–3,5%
Minerali (A)	0,1–1,2%

Kako se vidi, glavni sastojci su ugljenik (C) i vodonik (H). Njihov sadržaj varira u dosta uskim granicama, tako da se odnos C/H kreće od 5,7 do 8,5. Ostali elementi su u sirovoj nafti prisutni u malim količinama.

Sirova nafta se dakle sastoji uglavnom iz ugljovodnika koji, pri normalnim uslovima (0°C i 1,01325 bar), mogu biti u gasovitom, tečnom i čvrstom stanju. Učešće pojedinih ugljovodnika u sirovoj nafti se najčešće kreće u sledećim granicama:

C ₁ –C ₄	(gasovi)	1–2%
C ₅ –C ₁₂	(benzini)	15–30%
C ₁₃ –C ₁₅	(dizel gorivo)	5–20%
C ₁₆ –C ₂₅	(teška lož-ulja)	10–40%
C ₂₆ i više	(mazut)	8–69%

U normalnim atmosferskim uslovima (0°C i 1,01325 bar), ugljovodnici C₁ do C₄ se nalaze u gasovitom stanju, a C₅ do C₁₅ u tečnom stanju, dok su teži ugljovodnici C₁₆ i više u čvrstom stanju [2].

Svaka sirova nafta sadrži redovno i neke svoje pratioce, tj. razne sastojke koji u stvari nisu ništa drugo do spojevi ugljenika sa vodonikom, azotom, kiseonikom i sumporom. Pri sagorevanju sirove nafte, mineralne primese obrazuju pepeo koji može sadržati silicijum (Si), kalijum (K), gvožđe (Fe), magnezijum (Mg), natrijum (Na), mangan (Mn), olovo (Pb), argon (Ar), bakar (Cu) i dr.

Za ilustraciju, u tabeli 1 se navode karakteristike sirove nafte iz nekih domaćih nalazišta.

3. Sagorevanje sirove nafte

Potrošači koji koriste mazut, mogu koristiti sirovu naftu bez većih problema, pošto oni poseduju uređaje za pripremu mazuta za sagorevanje, što je neophodno i u slučaju korišćenja sirove nafte. Potrošači koji koriste laka ulja za loženje i koji nemaju uređaje za njihovo zagrevanje, u slučaju primene sirove nafte moraju dograditi izvesne dopunske uređaje za filtriranje, degazaciju i zagrevanje sirove nafte. Detaljnije

Tabela 1. Karakteristike sirove nafte iz nekih domaćih nalazišta

Veličina	Jed. mere	Naftno polje					
		Kikinda	Sirakovo	Velebit	Boka	Jermenovci	Čoka
Gustina na 15°C	kg/m ³	847	834	915	869	932	835
Viskoz-nost	°E	3,94/20°C	1,5/50°C	5,91/40°C	3,76/50°C	29,35/50°C	2,53/20°C
	mm ² /s	28,8/20°C	6,5/50°C	44,5/40°C	27,5/50°C	223/50°C	17,2/20°C
Sadržaj sumpora	%	0,30	0,07	0,30	0,56	0,88	0,03
Sadržaj koksa	%	2,84	1,30	4,15	3,18	6,00	0,47
Temperatura stinjanja	°C	13	35	31	34	18	16
Sadržaj soli	mg/kg	46,7	67,3	38,6	23,4	116,9	0,0

o korišćenju sirove nafte ovakvih potrošača može se naći u radu Babić M. i saradnika [4]. Samo neke od domaćih vrsta sirove nafte mogu zadovoljiti uslove Pravilnika o kvalitetu ulja za loženje [10].

Pri sagorevanju sirove nafte nastaju praktično isti problemi kao pri sagorevanju mazuta. Tu spadaju:

- potreba zagrevanja sirove nafte do postizanja viskoziteta koji garantuje dobro sagorevanje;

- prljanje kotlovskih zagrevnih površina;

- visokotemperaturna i niskotemperaturna korozija;

- izdvajanje lakih ugljovodnika C_1 do C_4 koji su pri normalnim atmosferskim uslovima u gasovitom stanju;

- koksovanje i nepotpuno sagorevanje;

- emisija štetnih materija u okolinu.

Navedeni problemi, osim izdvajanja gasovitih ugljovodnika, mogu se znatno ublažiti dodavanjem sirovoj nafti aditiva, o čemu se detaljniji podaci mogu naći u publikaciji [1].

Pošto se sirova nafta po svojim termofizičkim karakteristikama nalazi negde između lakog ulja za loženje i mazuta, za korisnike je interesantno porediti karakteristike sirove nafte sa karakteristikama korišćenog ulja za loženje. Za vlasnike kotlovskih postrojenja od interesa je ovo poređenje vršiti sa mazutom, jer se za loženje kotlova lako ulje za loženje koristi samo u malim jedinicama i to vrlo retko.

Mazut u tehnološkom procesu prerade nafte predstavlja najtežu frakciju. Sastav i karakteristike mazuta u najvećoj meri zavise od porekla nafte i tehnološkog postupka prerade nafte u rafineriji. Zbog toga je u pogledu fizičko-hemijskih karakteristika sirova nafta u prednosti u odnosu na mazut.

4. Korišćenje aditiva

Mineralne primese u sirovoj nafti predstavljaju sa vodom tzv. balast goriva, dakle negorive materije. Nakon sagorevanja od njih nastaje pepeo. Sadržaj mineralnih primesa u sirovoj nafti je veoma mali, ali problemi koje njihovo prisustvo izaziva su veliki (otežano sagorevanje, prljanje i korozija zagrevnih površina, koksovanje, zagađenje okoline). Mineralne primese se iz tečnih goriva praktično ne mogu izdvojiti, pa je dodavanje aditiva pravo rešenje za ublažavanje navedenih problema. Glavni uzročnici razmatranih problema su prisustvo u gorivu vanadijuma, natrijuma i sumpora. O njihovom delovanju i efektima koji se postižu dodavanjem aditiva, detaljnije se može naći u [1].

Interesantno je istaći, na primer, da intenzitet prljanja zagrevnih površina zavisi, pored ostalog, od odnosa vanadijuma i natrijuma. Ukoliko je sadržaj natrijuma veći u odnosu na vanadijum, utoliko je intenzivnije prljanje zagrevnih površina [5]. Povećan sadržaj vanadijuma povećava opasnost od visokotemperaturne korozije. Oba ova problema se uspešno rešavaju dodavanjem gorivu aditiva. Aditivi menjaju strukturu naslaga pepela na zagrevnim površinama čineći ih sipkim i rastresitim, tako da se lako oduvavaju. S druge strane, aditivi povećavaju temperaturu topljenja lakotopivih eutektikuma koji su osnovni uzrok pojave visokotemperaturne korozije.

Prisustvo sumpora u gorivu je glavni, iako ne jedini, uzročnik niskotemperaturne korozije. Dodavanjem aditiva drastično se smanjuje sadržaj sumportrioksida (SO_3) u produktima sagorevanja, što smanjuje obrazovanje sumporne kiseline, usporava proces niskotemperaturne korozije i produžava radni vek zagrevnim površinama [1]. Povoljna okolnost je da sirova nafta iz domaćih nalazišta ima mali sadržaj sumpora (tabela 1).

Tabela 2. Potreban viskozitet tečnih goriva zavisno od tipa raspršivača

Redni broj	Tip raspršivača	Viskozitet	
		°E	mm ² /s
1.	Raspršivači pod pritiskom pumpe	2-4	11,8-29,2
2.	Raspršivači vazduhom niskog pritiska	2	11,8
3.	Raspršivači vazduhom srednjeg pritiska	2-4	11,8-29,2
4.	Raspršivači vazduhom visokog pritiska	4-6	29,2-44,8
5.	Parni raspršivači	2-3	11,8-21,3
6.	Rotacioni raspršivači	5,0	37,6

Pošto aditivi deluju kao katalizator procesa sagorevanja oni poboljšavaju potpunost sagorevanja i smanjuju sadržaj čestica čadi u dimnim gasovima.

Pri korišćenju sirove nafte, često će se u skladišnim rezervoarima nalaziti mešavine mazuta i sirove nafte ili mešavine nafte različitog porekla. U takvim uslovima je, i pored najbolje volje pogonskog osoblja, veoma teško kontrolisati potreban viskozitet goriva koji garantuje dobro sagorevanje. Zbog toga je neophodno gorivu dodavati aditive. Detaljnija uputstva o doziranju aditiva daje proizvođač.

Viskozitet predstavlja glavnu karakteristiku dobrog rasprašivanja i sagorevanja tečnih goriva. Viskozitet sirove nafte je pri istoj temperaturi manji nego kod mazuta, što znači da sirovu naftu treba manje zagrevati u odnosu na mazut. Potreban viskozitet pri sagorevanju tečnih goriva propisuju proizvođači gorionika. U tabeli 2 se navode preporučene vrednosti viskoziteta za razne tipove raspršivača [5].

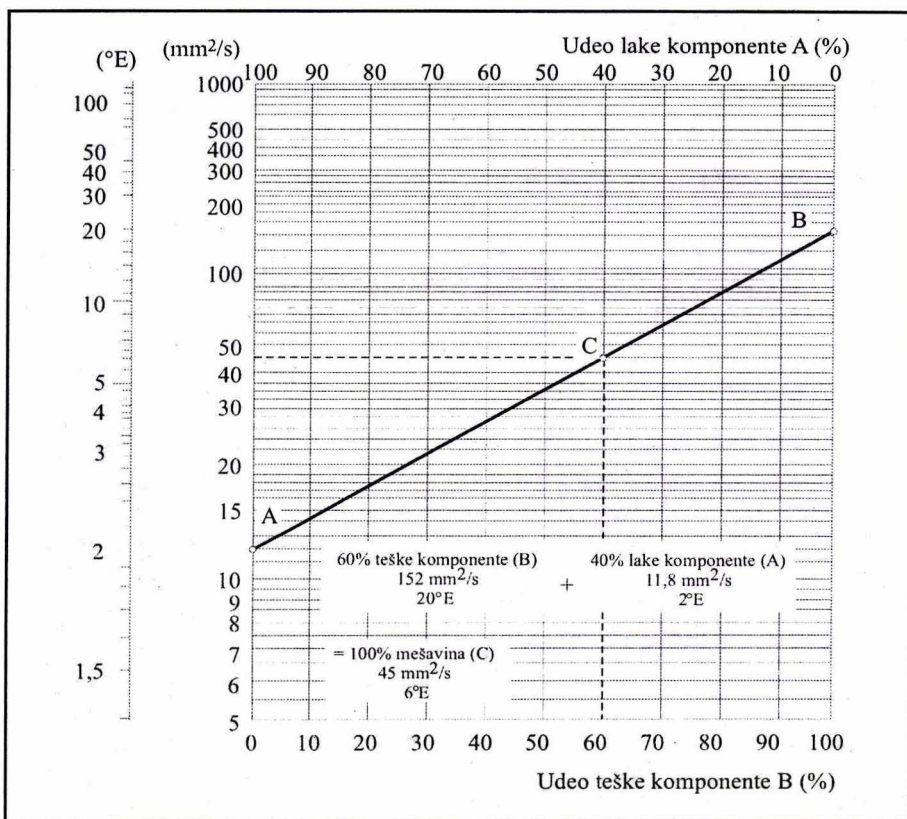
Ukoliko se mešaju tečna goriva različitih viskoziteta, što će u vreme korišćenja sirove nafte biti često, viskozitet smeše se može odrediti prema dijagramu mešanja (slika 1), pri čemu je potrebno poznavati učešće u smeši i viskozitet obe komponente. Sva mineralna ulja se dobro mešaju.

Od ostalih značajnih karakteristika treba istaći da je toplotna moć sirove nafte približno ista kao kod mazuta. Gustina sirove nafte nema posebnog značaja za sagorevanje, a nešto malo je manja nego mazuta. Temperatura stinjanja je takođe nešto manja nego kod mazuta.

Temperatura paljenja sirove nafte značajna je zbog bezbednosnih razloga, jer se sirova nafta ne sme u rezervoarima zagrevati do temperature paljenja zbog opasnosti od požara. Temperatura paljenja u stvari predstavlja jedinicu opasnosti od požara u smislu propisa o protivpožarnoj sigurnosti.

Sadržaj sumpora i mineralnih primesa je po pravilu kod sirove nafte nešto niži nego kod mazuta, pošto ove komponente u tehnološkom procesu prerade nafte ostaju u mazutu. Sadržaj sedimenata je redovna pojava u svim skladišnim rezervoarima tečnih goriva. U ukupnoj oceni mogućnosti korišćenja sirove nafte umesto mazuta, pri nabavci treba insistirati, pored porekla, na sastavu sirove nafte i njenim termofizičkim karakteristikama. Naročito su važni sadržaj sumpora, viskozitet, sadržaj i sastav mineralnog dela.

U postojećim gorionicima za mazut može se uspešno sagorevati sirova nafta uz održavanje potrebnog viskoziteta, što u realnim pogonskim uslovima neće biti jednostavno. Zbog toga je neophodno pažljivo pratiti rad uređaja za sagorevanje i vršiti analizu produkata sagorevanja, koja je najbolji pokazatelj kvaliteta sagorevanja. Pri-



Slika 1. Dijagram mešanja lož-ulja različitog viskoziteta

mena aditiva će u velikoj meri poboljšati kvalitet sagorevanja i olakšati rad pogonskom osoblju.

Kao što je već rečeno, sirova nafta sadrži lake ugljovodonike C_1 do C_4 , koji su na atmosferskom pritisku u gasovitom stanju. Iako je njihov sadržaj veoma mali (do nekoliko procenata), u skladišnim rezervoarima dolazi do njihovog izdvajanja, zbog čega je od posebnog značaja ispravnost odušnih ventila. Ukoliko gorionik ne upali iz prvog pokušaja, pri ponovnom startovanju obavezno treba poštovati vremenski interval neophodan za provetravanje ložišta i gasnog trakta.

Ukoliko skladišni rezervoari nisu izolovani, u letnjim mesecima pri visokim spoljnim temperaturama može doći do zagrevanja sirove nafte tako da se pojača izdvajanje lakih ugljovodonika. U tom slučaju je preporučljivo skladišni rezervoar prskati vodom. Svakako je najbolje rešenje izolacija rezervoara, što je poželjno sa staništa zagrevanja goriva u zimskom periodu kada su spoljne temperature niske.

5. Zaključak

Sirova nafta se može uspešno koristiti umesto mazuta u periodu dok su rafinerije van pogona. Pri korišćenju sirove nafte obavezno je da odušni ventil na skladišnom

rezervoaru bude ispravan. Pri ponovnom startovanju gorionika obavezno je poštovati propisano vreme ventilacije ložišta i gasnog trakta.

Zbog povoljnih uticaja na proces sagorevanja i drugih problema koji nastaju pri sagorevanju tečnih goriva [1], preporučuje se upotreba aditiva. Za doziranje se obratiti proizvođaču, koji će preporučiti optimalno rešenje zavisno od stanja goriva u rezervoaru i kvaliteta sirove nafte.

Dosadašnja iskustva u primeni aditiva pri sagorevanju mazuta u kotlovskim postrojenjima su nedvosmisleno potvrdila opravdanost korišćenja aditiva. U svim slučajevima gde su ekonomski efekti ostvareni korišćenjem aditiva veći od troškova primene aditiva, njihovo korišćenje je ekonomski opravdano.

Literatura

- [1] **Perunović, P., M. Matić:** *Primena aditiva za goriva kod termoenergetskih postrojenja*, treće izdanje, Kosmaj-komerc, Beograd, 1998, str. 48.
- [2] **Tanasković, P.:** *Transport sirove nafte i gasa*, I deo, *Priprema za transport*, „Naftagas”, Novi Sad, 1976, str. 487.
- [3] **Aksin, V.:** *Geologija nafte*, „Naftagas”, Novi Sad, 1967, str. 800.
- [4] **Babić, M. i dr.:** *Korišćenje sirove nafte kao goriva*, PTEP – časopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi, Vol. 3 (1999), br. 3–4, Novi Sad, 1999, str. 122–126.
- [5] **Niepenberg, H.:** *Industrie – Ölfeuerungen*, Verlag Gustav Kopf & Co. KG, Stuttgart, 1973.
- [6] **Ravič, M. B.:** *Effektivnost' ispol'zovaniya topliva*, Nauka, Moskva, 1977, str. 344.
- [7] **Ravič, M. B.:** *Toplivo*, Nauka, Moskva, 1972, str. 216.
- [8] **Hzmalyan, D. M., Ya. A. Kagan:** *Teoriya goreniya i topočnye ustrojstva*, Energija, Moskva, 1976, str. 488.
- [9] **Adamov, V. A.:** *Sžiganie mazuta v topkakh kotlov*, Nedra, Leningrad, 1989, str. 304.
- [10] * * *: *Pravilnik o kvalitetu ulja za loženje*, „Sl. list SFRJ”, br. 49/1983. i 36/1990.
- [11] **Gulić, M., Lj. Brkić, P. Perunović:** *Parni kotlovi*, Mašinski fakultet, Beograd, 1991, strana 510.