

# EKOLOŠKE TERMoeLEKTRANE

*Vladan Ivanović\**

**Ključne reči:** *termoelektrana, ekologija, emisija*

## **SAŽETAK:**

U cilju stabilnog snabdevanja električnom energijom neophodno je obnoviti i proširiti postojeće kapacitete u termoelektranama. Gotovo sve TE je neophodno modernizovati i rekonstruisati i omogućiti njihov rad sa ugljem sve lošijeg kvaliteta, čiji visok sadržaj pepela i vlage izaziva značajne ekološke i tehničke teškoće prilikom sagorevanja.

S obzirom na sve oštrije svetske zahteve i propise za očuvanjem prirode, neophodno je da u TE bude ugrađena savremena tehnologija i oprema koja će omogućiti smanjenje štetnih emisija i kompleksno korišćenje otpadnih produkata. Ovo važi kako za gradnju novih tako i za rekonstrukciju postojećih termoelektrana.

U radu su prezentirani kratki pregledi tehnologija koje dovode do ekološki uslovno prihvatljivih termoelektrana i koje mogu biti uvedene u svaki od tri ciklusa sagorevanja uglja (predložišni, ložišni i posleložišni) ili dovode do potpuno novog netradicionalnog načina njegovog korišćenja.

## **1. - UVOD**

Naše termoelektrane, sa izuzetkom filtera letećeg pepela, nisu opremljene uredjajima i opremom za zaštitu čovekove okoline, što izaziva značajno zagađenje vazdušnog i vodenog basena i predstavlja ograničavajući faktor proširenju kapaciteta. Pooštavanje svetskih zahteva za smanjivanjem štetnih emisija može da ima i političke posledice na zemlje koje se ne budu pridržavale dogovorenih normi.

Energetska postrojenja moraju da obezbede efikasnu, ekonomičnu i ekološki prihvatljivu preradu uglja. Da bi se to obezbedilo velike svetske države na nivou nacionalnih programa finansiraju (vrlo skup) razvoj "čistih" odnosno "zelenih" tehnologija sagorevanja uglja, koje bi trebalo da dovedu do novih komercijalnih tehnologija sagorevanja uglja, koje dozvoljavaju da se ne vodi računa o ograničenjima emisija štetnih materija, uz istovremeno poboljšanje eksploatacionih karakteristika postojeće opreme.

Ekološki prihvatljive tehnologije sagorevanja uglja, koje se istražuju u pojedinim razvojnim programima, mogu da budu uvedene u svaki od tri ciklusa sagorevanja uglja, ili mogu da dovedu do potpuno novog, netradicionalnog, načina korišćenja uglja:

---

\* Docent dr Vladan Ivanović, dipl.inž.maš. - Mašinski fakultet Podgorica, Cetinjski put bb.

- predložišne tehnologije, kada se sumpor i drugi minerali uključeni u ugalj odvajaju pre njegovog dospevanja u ložište;
- ložišne tehnologije, kada se štetni sastojci emisije unutar predložišta ili ložišta razlažu ili vezuju u procesu sagorevanja uglja;
- posleložišne tehnologije, kod kojih se dimni gasovi čiste u uređajima ugrađenim u konvektivnim gasnim kanalima kotla ili u posebno usavršenim varijantama uređaja za čišćenje gasa - skruberima.
- tehnologije prerade uglja, kod kojih se tradicionalan način sagorevanja uglja isključuje delimično ili u potpunosti - iz uglja se sintetizuje gorivi gas ili tečnost, koji može biti očišćen i korišćen kao visokokvalitetno gorivo.
- Razvijaju se i tehnologije koje je i vrlo teško klasifikovati.

## 2. - PREDLOŽIŠNE TEHNOLOGIJE

Danas se u svetu vrši obogaćivanje pretežno bitumenskih ugljeva u posebnim fabrikama za preradu i obogaćivanje uglja. Pojedine ocene govore da bi se opštom primenom obogaćivanja i prerade uglja opšta emisija sumpornih oksida mogla sniziti za oko 10%.

Uobičajeno se radovi na poboljšanju predložišnog čišćenja goriva razvijaju u dva glavna smera: fizičko čišćenje i hemijsko čišćenje uglja.

U suštini se sva čišćenja goriva (uglja) ostvaruju fizičkim metodama. Pri fizičkom čišćenju se, po pravilu, neželjene primese iz uglja odstranjuju putem korišćenja razlika fizičkih karakteristika uglja i primesa (najčešće razlike u gustini). Ugalj, dobijen iz rudnika, se melje i zatim ispira (pere) uz odvajanje težih frakcija.

Pri fizičkom čišćenju danas se uspeva da se izdvoji 30 - 50% piritnog sumpora (ili 10 - 30% ukupnog sadržaja sumpora) u uglju i oko 60% mineralnih materija koje nakon sagorevanja obrazuju pepeo.

Nove tehnologije koje se razvijaju obezbeđivanjem boljeg mlevenja uglja u poređenju sa sadašnjim dozvoljavaju izdvajanje i do 90% piritnog sumpora i drugih neželjenih mineralnih sastojaka uglja.

Za izdvajanje organskog sumpora, koji je hemijski vezan sa ugljenikom, koriste se hemijske i biološke metode.

Jedna od perspektivnih hemijskih tehnologija je obrada u rastvoru sode - ugalj se obrađuje toplim hemijskim reagensima na bazi sode ili potaše sa izdvajanjem sumpora i mineralnih materija.

Nove metode su biološka čišćenja uglja. Određene su prirodno postojećim bakterijama koje su u stanju da izvrše desulfatizaciju uglja - sumpor ferit pod dejstvom bakterija prelazi u rastvorljive sumporne fosfate. U današnjoj fazi razvoja vrše se pokušaji poboljšanja karakteristika izdvajanja sumpora tih bakterija, posebno njihove brzine "izjedanja" organskog sumpora. Drugi istraživački radovi biološkog čišćenja uglja koriste gljive, koje imaju određene prednosti nad bakterijama.

Hemijske ili biološke tehnologije čišćenja uglja omogućuju izdvajanje i do 90% ukupnog sumpora i do 99% mineralnih primesa.

Kod mnogih tehnologija čišćenja uglja kao neophodan uslov izdvajanja većih količina piritnog sumpora i drugih mineralnih sastojaka javlja se pre svega potreba za

mlevenjem uglja do vrlo sitnih frakcija. Pri tome mogu da se oslobode velike količine mineralnih materija sadržanih u uglju. Na žalost, mehaničko drobljenje i mlevenje uglja je skupo i predstavlja znatan energetski gubitak. Jedna od novih tehnologija mlevenja je tzv. eksplozivno mlevenje. Odvija se u tečnim sredinama koje mogu da dopru do vrlo sitnih pora u uglju pri visokim pritiscima. Pri snižavanju pritiska dolazi do širenja tečnosti i ugallj se raspada na mikroskopske čestice. Kako se mineralne čestice sadržane u uglju pojavljuju bez pora, one apsorbuju tečnost u manjem obimu i naravno u većem stepenu ostaju krupne. Kao posledica razlike u dimenzijama, čestica uglja i mineralnih materija iz njega, one se mogu lako odvojiti jedne od drugih.

### 3. - LOŽIŠNE TEHNOLOGIJE

#### 3.1. - SAGOREVANJE

Radovi na usavršavanju procesa sagorevanja počeli su još 60-tih godina. Kao rezultat tih istraživanja napravljeni su ložišni uređaji sa fluidizovanim slojem i predložista sa tečnim odvođenjem šljake.

Tehnologija fluidizovanog sloja je 80-tih godina stala primenom atmosferskog fluidizovanog sloja na industrijske kotlove snage 10 - 25 MW, da bi novi podsticaj u razvoju dobila pooštavanjem ekoloških propisa tako da se danas u komercijalnoj ponudi nude kotlovi za blokove snage od 350 MW. Razrada uređaja mehurastog i cirkulacionog fluidizovanog sloja pri atmosferskom i povišenom pritisku je u završnoj fazi. Ložišta sa cirkulacionim fluidizovanim slojem pod pritiskom koriste se u parno-gasnom ciklusu, što povećava efikasnost proizvodnje električne energije do 40-42%, i predstavlja po svim kriterijumima najperspektivniju tehnologiju sagorevanja uglja.

Značajan deo novih ložišnih tehnologija zasniva se na koncepciji ciklonskog predložista. Njegova prednost je u tome što se pepeo odstranjuje u samom predložistu i ne dolaze u glavnu ložišnu komoru.

Postojanje visokih temperatura, potrebnih za topljenje pepela, dovodi do stvaranja velikih količina  $\text{NO}_x$ . Programi razvoja čistih tehnologija uglja dovode do razvoja ciklonskih predložista koja isključuju visok nivo  $\text{NO}_x$ . Rezultati ispitivanja pokazuju da putem stepenastog sagorevanja uglja u samom predložistu količina  $\text{NO}_x$  može biti smanjena na 50 - 70%. Uvođenjem krečnjaka u komoru predložista moguće je sniziti emisiju  $\text{SO}_2$  na vrednost 50 - 90%. Treba napomenuti da je dosta tehnologija ispitivanih u programima sagorevanja uglja primenljivo i na kotlove sa tečnim gorivom.

#### 3.2. - UREĐAJI ZA SMANJENJE $\text{NO}_x$

Oko 1/4 emitovanih  $\text{NO}_x$  otpada na termoelektrane. Za snižavanje obrazovanja  $\text{NO}_x$  značajna pažnja se posvećuje primeni specijalnih gorionika i stepenastom sagorevanju goriva. Gorionici niskom emisijom  $\text{NO}_x$  smetaju transformaciji azota u okside putem regulisanog mešanja goriva i vazduha u zoni sagorevanja. Pri održavanju manjka vazduha u primarnoj zoni sagorevanja obrazovanje  $\text{NO}_x$  može biti smanjeno na 30 - 50%.

Jedna od varijanti kontrole obrazovanja  $\text{NO}_x$  je i netradicionalna primena prirodnog gasa. Mala količina prirodnog gasa (10 - 20%) uvodi se iznad osnovne zone sagorevanja, da

bi obrazovala zonu sa smanjenim sadržajem kiseonika. Emisija  $\text{NO}_x$  pri tom sistemu sagorevanja je za 40% manja nego pri sagorevanju samo uglja. Ovo je naročito interesantno za blokove kod kojih se gas koristi za potpalu i podršku sagorevanju niskokaloričnih ugljeva, jer su investiciona ulaganja na uvođenju netradicionalne primene prirodnog gasa uporediva sa ulaganjima u gorionike sa niskim sadržajem  $\text{NO}_x$ .

### 3.3. - UBRIZGAVANJE SORBENATA U GASNI TRAKT

Proces snižavanja emisije  $\text{SO}_2$ , povezan sa ubrizgavanjem sorbenata u ložište ili gasni trakt počeo je da se razvija u okviru ne mnogo skupih tehnologija pogodnih za postojeća industrijska i manja energetska postrojenja, koja sagorevaju ugalj sa malim sadržajem sumpora.

Postoji niz varijanti takvog načina smanjivanja emisije  $\text{SO}_2$ , od kojih su najvažnije razlike u odnosu na:

- Tip sorbenta. Najrasprostranjeniji su sorbenti na bazi Ca i Na. Kod novih tehnologija i oba sastava istovremeno na različitim mestima u gasnom traktu;
- Mesto ubrizgavanja sorbenta. Ono varira u predelu od gorionika do otprašivača;
- Fizičko stanje uvedenog sorbenta. Suvi, polusuvi i vlažni postupci;
- Primena obrade izlaznih gasova (npr. vlaženje).

Razvoj ovih tehnologija se vidi u povećanju efikasnosti korišćenja sorbenata, i to na bazi korišćenja hemijski aktivnijih sorbenata uz primenu regeneracije i recirkulacije radi povišenja ekonomskih efekata, kao i sniženju negativnih efekata koje ubrizgavanje ima na opremu (ložišne ekrane, pregrejače i elektrofiltre).

## 4. - POSLELOŽIŠNE TEHNOLOGIJE

Iako je pomoću savremenih tehnoloških postupaka moguće izdvojiti iz izlaznih dimnih gasova i do 90% sumpornih jedinjenja, primena novih metoda poboljšava i pojeftinjuje njihovo čišćenje. Stariji tipovi skrubera (čija je upotreba počela još 1967. godine) sa mokrim krećnim postupkom su bili podložni koroziji i začepljivanju. Novi sistemi skrubera imaju niz preimućstava, i to: regeneracija apsorbovanih sumpornih hemijskih komponenti, odstranjivanje kako  $\text{SO}_2$  tako i  $\text{NO}_x$ , proizvodnju, bezopasnih po okolinu, suvih otpadaka i sporednih proizvoda u vidu gipsa, racionalizaciju eksploatacije putem snižavanja ili isključivanja prolaza gasova kroz predgrejače ili pomoćne module, istovremeno izdvajanje i letećeg pepela.

Nova rešenja vezana su za korišćenje novih hemijskih apsorbenata. Jedna od tehnologija koristi oksid bakra, koji u reakciji sa  $\text{SO}_2$  prelazi u sulfat bakra, a on sa svoje strane pretvara  $\text{NO}_x$  u azot u prisustvu amonijaka.

Razrađena je šema selektivnog katalitičkog razlaganja oksida azota, ali takođe nastaju problemi u njenoj primeni za ugljeve sa visokom sadržajem sumpora. Sami katalizatori koji pomažu razgradnju  $\text{NO}_x$  potpomažu prelaz  $\text{SO}_2$  u  $\text{SO}_3$ , koji, sa svoje strane, sjedinjujući se sa amonijakom i formirajući čvrste i tečne sulfate, izaziva koroziju i začepljivanje grejnih površina po toku gasova.

Velike nade se polažu u proces sa korišćenjem elektronskog snopa. Hidro-amonijačna smesa se uvodi u dimne gasove, koji zatim prolaze kroz snop elektrona. Kada elektroni bombarduju molekule  $\text{SO}_2$  u  $\text{NO}_x$  oni disociraju i obrazuju sulfate i nitrate amonijaka, koji se izdvajaju iz gasova u vidu suvih čestica.

## 5. - PRERADA UGLJA

Kod ovih tehnologija uglj se generalno pretvara u gasovito gorivo, ili se iz uglja dobijaju tečni derivati ili kombinacija gasnih, tečnih i čvrstih produkata. Oni mogu da se koriste kao kotlovsko gorivo, ali i za dalju preradu kao transportno gorivo. Planira se i podzemna gasifikacija uglja, koja može biti vrlo efikasna za ugljeve slojeve koji nisu pogodni za klasičnu eksploataciju i drobljenje.

Okretanje ka gasifikaciji danas nije diktirano prevashodno zamenom gasa ili nafte kao goriva, koliko nastojanjima da se izgrade čisti i efikasni procesi za proizvodnju električne energije. Ta tehnologija nosi naziv "integralni gasifikacioni kombinovani ciklusi".

Ispitivanje različitih shema parno-gasnih postrojenja na čvrsto gorivo daje mogućnosti njihove realizacije u dve varijante:

- tehnologije na osnovu direktnog sagorevanja u fluidizovanom sloju pod pritiskom i
- na osnovu dvostepenog sagorevanja, gde je prvi stepen gasifikacija goriva, a drugi stepen sagorevanje očišćenog generatorskog gasa.

Sistem kombinovanog ciklusa na principu gasifikacije spada u ekološki najčistije tehnologije. Za razliku od klasične gasifikacije, sada se značajna pažnja poklanja čišćenju gasova dobijenih u gasifikatoru. Pri tome se sumpor i druge neželjene primese odvajaju na prirodnoj temperaturi sinterizovanog gasa.

U jednoj od takvih tehnologija sagorljivi ugljeni gas se propušta kroz sloj fero cinka. Ferit cinka apsorbuje sumporna jedinjenja pri temperaturi iznad  $100\text{ }^\circ\text{C}$ , nakon čega se vrši njegova regeneracija pri kojoj se proizvodi sumpor za komercijalnu upotrebu. Ovakvo postrojenje je u stanju da odstrani 99,9% sumpora.

Perspektivne metode dobijanja energije iz uglja su i gorive ćelije i MHD (magnetno-hidro dinamički) generatori.

Do sada najbolje izvedene gorive ćelije su na bazi fosforne kiseline i vodonika, dobijenog pri gasifikaciji uglja. U stadijumu razrade su gorive ćelije na bazi rastopljenog ugljenika, koje koriste visokotemperaturnu smesu litijuma i potaše karbonata u svojstvu elektrolita. Kako se rad gorivih ćelija zasniva na fizičko-hemijskim procesima a ne na direktnom sagorevanju, emisija štetnih gasova iz njih je neuporedivo manja u odnosu na klasične tehnologije.

U fazi razvoja su radovi na korišćenju uglja u kombinovanim parnim MHD - ciklusima. Stepem korisnosti ovakvog postrojenja iznosi 80 - 90% (uporediti sa 30 - 40% kod klasičnog postrojenja). Rade na sličnom principu kao i konvencionalni generatori, s tim da magnetno polje ne seče rotacioni metalni provodnik, već provodni gas koji se dobija procesom klasičnog sagorevanja uz dodavanje kalijuma koji ima jak jonizujući potencijal.

## 6. - ZAKLJUČAK

Ekološka prihvatljivost postaje presudan kriterijum za primenu novih i korišćenje postojećih tehnologija sagorevanja uglja. Stalno pooštavanje postojećih normi i uvođenje normi za nova jedinjenja nameću stalnu obavezu smanjenja emisije iz termoelektrana i ostalih industrijskih postrojenja.

Očigledno je da postojeći tipovi termoelektrana, zasnovani na tradicionalnom plamenom metodu sagorevanja uglja u letu, ne mogu u punoj meri zadovoljiti zadate kriterijume, jer su gotovo iscrpljene mogućnosti usavršavanja njihove ekonomičnosti i ekološke prihvatljivosti. Cena opreme za zaštitu okoline od emisije, zbog sve oštrijih propisa, dostiže i do 50% cene proizvedene električne energije.

Ekološki prihvatljive tehnologije predlažu kotlove sa fluidizovanim i cirkulacionim fluidizovanim slojem, kombinovane parno-gasne cikluse na osnovu fluidizovanog sloja pod pritiskom, parno-gasne uređaje sa gasifikacijom uglja i gorive ćelije.

Analiza svetskog nivoa razvoja tehnologija parno-gasnih postrojenja dozvoljava da se izvede zaključak da ona zadovoljava rešenje sva tri globalna energetska zadatka:

1. Uvođenje u industrijsku upotrebu čvrstog goriva niskog kvaliteta;
2. Obezbeđuje povećanje ekonomičnosti termoelektrane (43 - 45%);
3. Znatno smanjen štetan uticaj termoelektrane na okolinu.

## LITERATURA

Rad je napisan korišćenjem Web sajtova odgovarajućih odeljenja Ministarstava za energetiku SAD, Ruske Federacije, Poljske i Nemačke, kao i odgovarajućih instituta i fabrika kotlovske opreme koje su, sa njihove strane, podržane u okviru programa za ekološki čistu energiju.

## ECOLOGICAL THERMAL POWER PLANTS

### ABSTRACT:

**In aim to stabilized electrical power supply it is necessary to renovate and expand existing capacity in Thermal Power Plants (TPP). Almost all existing TPP is necessary to modernize and reconstruct so as anable their work with a coal worse and worse quality, which high ash and moisture contents provoked significant ecological and technical difficulty during combastion.**

According to more and more strictness world ecological demands and regulations, it is very important that modern technology and equipment should be bilt, which will enable to reduce harmful emission and compleh utilization of waste products. That applies as for building new TPP, as for reconstructions of existing one.

Short review of technologies, which lead to ecologically conditional acceptable TPP, is presented in the paper, and can be taken into all three cycles of coal combustion (before, into and after the furnace) or can lead to completely new untraditionally way of coal using.