

GASIFIKACIJA LIGNITA PLAZMA TEHNOLOGIJOM

V. E. Messerle¹, A. B. Ustimenko², P. M. Rakin³, D. P. Rakin⁴

SAŽETAK:

Radom se želi potencirati važnost problematike gasifikacije ugljeva, a posebno lignita kao načina njegove bolje valorizacije. Bez obzira na izuzetni značaj lignita kao osnovnog primarnog energetskog resursa kod nas za proizvodnju električne energije, način njegovog sadašnjeg korišćenja, ne samo kod nas, nego i u termoelektranama u SAD i Evropi, uzrokuje ogromne štetne emisije što TE na ugalj svrstava u najveće zagađivače.

U radu se daje i jedan novi pristup u gasifikaciji ugljeva – elektrohemijska gasifikacija i pregled literature, koji zainteresovanim može dati putokaz za analizu postignutog do sada tom metodom.

Međutim težište se daje na pozitivne rezultate plazma gasifikacije lignita iz ležišta Kolubare, na bazi kojih i na osnovu dugogodišnjeg iskustva saradnika NT Parka iz Kazahstana se predlaže EPS-u projekat gasifikacije.

Paralelno se daje i najnovija nastojanja IPTC (International Plasma Technology Center) gde je takođe uključen i NT Park IHIS-a i daju se smernice za dalji rad na problematici gasifikacije uglja hibridnim plazmatronom definisane na poslednjem skupu IWPAC-5.

Ključne reči: Ugalj, Gasifikacija, Elektrohemijska gasifikacija uglja, Sintetski gas (sin-gas), Plazma-gorivo sistem, Vršna energija

Ugalj kao čvrsto gorivo je odavno već jedan od najvažnijih primarnih izvora energije. U jednom momentu u prošlom veku došlo je do zastoja, kada je nafta zbog svoje jeftinoće, uslovljene lakoćom dobijanja većih količina, preuzela pri-

¹ V. E. Messerle, Ulan-Ude Branch of the Institute of Thermophysics of SB RAS, Ulan-Ude, Russia

² A. B. Ustimenko, Research Department of Plasmotechnics, Research Institute of Experimental and Theoretical Physics of Kazakhstan National University, Almaty, Kazakhstan

³ P. M. Rakin, IHIS Naučno Tehnološki Park ZEMUN, Beograd, Srbija, ihis@eunet.rs, Tel + 381112195700, Fax: + 38111194991

⁴ D. P. Rakin, IHIS Razvojno Proizvodni Centar, Beograd, Srbija

oritet. To je uslovalo u razvijenim zemljama masovna gašenja dubinskih rudnika uglja i jedan od prvih talasa nezaposlenosti. Površinski kopovi su postali glavni snabdevači termoelektrana na ugalj, a kod njih je još uvek ugalj osnovni izvor energije.

Površinski dostupni slojevi uglja (uglavnom lignita) na žalost su lošijeg kvaliteta, odnosno značajno niže kalorične vrednosti u odnosu na naftu ili dubinske slojeve mrkog uglja ili kamenog i antracita.

Niska kalorična vrednost lignita koji se koristi u termoelektranama uslovala je potrebu prerade velikih količina. Ogromne količine lignita koje sagorevanjem obezbeđuju transformaciju hemijske energije uglja u električnu energiju (i toplotnu) uslovale su ogromne količine emitovanih gasova i pepela. Na taj način TE su postale najveći zagađivači životne sredine mnogih zemalja. Taj momenat je prisutan čak i u EZ gde je jedna TE na ugalj, nepunih 3.000 MW u Poljskoj najveći zagađivač u Evropi pored 10-tak TE u Nemačkoj. Praktično sve naše spadaju u tu vrstu zagađivača. Kako smo mi preko naše električne energije odavno već zvanično u EZ, naše TE imaju obavezu da se do 2017. godine počne poštovanje propisa EZ za emisije i kod TE. Ogromne količine novca će biti neophodno uložiti da se dostignu takvi nivoi emisija.

Naravno, ovo je prisutno u celom svetu. Sve TE u SAD starije od 30 godina moraju ući u osavremenjavanje uvođenjem procesa prethodne gasifikacije ugljeva pre njihovog sagorevanja u kotlovima TE kada će se graditi nove ili kod onih gde po američkim propisima mora doći do osavremenjavanja. Sva ta osavremenjavanja TE SAD i Nemačke [29,30] biće neminovna po isteku 30 godina njihovog rada, kako je to propisima u tim zemljama definisano.

Fenomen gasifikacije predstavlja način da se pre sagorevanja uglja izdvaja sve što će predstavljati štetnu emisiju, a samo sintetski gas, mešavina ugljen-monoksida (CO) i vodonika (H₂) uvodi u gorionike kotlova i postojećih kotlova. Znači samo gorionici bi morali da se podese novom gorivu, a izostali bi svi oni problemi teškog pripaljivanja, problemi održavanja plamena zbog ne standardnog kvaliteta lignita koji se dovlači sa kopova, problemi prečišćavanja otpadnih gasova i problemi pepela.

Međutim, možda baš fenomen gasova „staklene bašte” čini gasifikaciju jednim od rešenja tog problema. Naime, ako se želi stokiranje CO₂, on je sada ovde raspoloživ u čistom stanju i može se komprimovati radi ubacivanja u podzemne kaverne. Ovde je CO₂ pristupačniji i za hemijsko hvatanje u proizvode koji imaju drugu industrijsku namenu.

Interes NT Parka IHIS-a za proces gasifikacije ugljeva je daleko stariji od najnovijeg trenda u svetu da se gasifikacija uvede kao neminovno prvi stupanj tretmana ugljeva pre sagorevanja u TE sveta.

U svom [11] izveštaju po Ugovoru sa RZNS iz 1988. godine prikazana su sva nastojanja u svetu [1-6] i naša nastojanja [7-11] da se proces gasifikacije vrši elektrohemijским putem. Pomenuti izveštaj je nastao u želji RZNS da se za Kosovo nađu proizvodne tehnologije koje će dati jedan novi impuls tom delu Srbije koji je sve vreme u prošlosti imao značajne podrške cele zemlje (naravno, misli se na SFRJ) ali najviše Srbije. Kosovo sa svojim rezervama uglja bilo je osnov za izgradnju niza TE na uglj.

Mi smo želeli da te TE ne budu zagađivači Srbije – to je uslovalo naše pokušaje, koji na žalost nisu urodili industrijski primenljivim rezultatom, jer nije bilo finansijskih sredstava za izradu pilot postrojenja realne veličine.

Naravno, naše ambicije su bile da se u početku samo jedan deo procesa u TE Kosova, radi sa elektrohemijском gasifikacijom, a to je proizvodnja vodonika potrebna u radu TE. Ideja je bila da ta proizvodnja prerasta u industrijske proizvodnje vodonika.

Naime, iz goreprikazanih radova još 80-ih godina prošlog veka videlo se da se elektrohemijском gasifikacijom (anodnom oksidacijom) suspenzije lignita, pored izdvajanja CO₂ na anodi, na katodi izdvaja vodonik (H₂) sa 1 V nižim naponom, nego što je to napon razlaganja vode, koji pri normalnoj elektrolizi vode iznosi 1,8 V. Pri elektrolizi vode u disperziji uglja, ovaj napon se smanjuje za napon ekvivalentan toploti sagorevanja uglja do CO₂.

Naime, reakcija uglja sa vodom do ugljen-monoksida (CO)



ekvivalentna je potencijalu 0,52 V, a reakcija do ugljen-dioksida



ekvivalentna je potencijalu od približno 1,00 V, što praktično predstavlja napon elektrolize ugljenih suspenzija.

Ova reakcija, elektrohemijска gasifikacija uglja može se prikazati skupnom reakcijom



Za razliku od visokotemperaturnih gasifikacija uglja, gde nastaje niz štetnih gasova koji se pre daljeg korišćenja proizvedenog vodonika moraju prečistiti, elektrohemijска gasifikacija se odvija pri srednjoj temperaturi oko 423°K, ali čak i na sobnoj temperaturi. Naravno, ovde se ne dešava razgradnja mineralnog ostatka uglja i nastali gasovi su čisti za dalju primenu.

Kao što je rečeno u zemlji nadalje nije radeno na ovom, ipak interesantnom postupku gasifikacije ugljeva. Jedan od razloga je i činjenica da smo taj postupak svojevremeno vezali za mogućnost primene na Kosovu, sa kojim se nadalje dešavalo ovo što je poznato svima. Sve zainteresovane za elektrohemijsku gasifikaciju ugljeva upućujemo na citiranu literaturu.

Proces visokotemperaturne gasifikacije uglja je poznat još u 18. veku. Međutim, široka industrijska primena gasifikacije uglja je u 20-om veku. Hitler je u Češkoj za vreme II svetskog rata gasifikacijom uglja obezbeđivao tečno gorivo za pogon svoje ratne mašine. Južnoafrička Republika je sankcije preživela tako što je potrebna tečna goriva dobijala preko gasifikacije uglja i naravno likvifikacijom dobijenog sintetskog gasa Fischer – Tropsch procesom.

Gasifikacija je u prošlom veku bila prvi stupanj u dobijanju azotnih đubriva. Kao odavno poznati proces primenjivao se u industrijskim razmerama u mnogim zemljama za razne potrebe. U nekima je taj proces vođen i do proizvodnje tečnih goriva, ali se u gradnji termoelektrana nije išlo tim putem, jer kada je na raspolaganju bio ugalj, on je direktno korišćen za pogon kotlova za proizvodnju vodene pare. Sa obzirom na sirovinu (ugalj ima dosta pepela i raznih isparljivih komponenti), termoelektrane na ugalj se smatraju najvećim zagađivačem planete Zemlje.

Razvojem nauke sa jedne strane, a razvojem i pooštavanjem kriterijuma za otpadne materije iz industrije, došlo je vreme kada, bar u situaciji građenja novih termoelektrana, treba dobro proučiti da li je ipak celishodnije u pripremu goriva za termoelektrane poći od ugljeva i preko njihove gasifikacije dobiti visokokalorični gas (sintetski gas ili već prihvaćen opšti naziv sin-gas) koji će obezbediti izuzetno povoljne uslove funkcionisanja kotlova termoelektrana, a obezbediti pri tome da su produkti potpuno prihvatljivi za životnu sredinu.

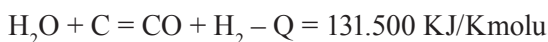
Ekonomičnost procesa gasifikacije uglja se povećava sniženjem cene samih goriva. Kako se za proces gasifikacije mogu koristiti najslabiji (niskokalorični) ligniti sa velikom vlažnošću, čijih rezervi u Srbiji ima preko 28 milijardi tona, to je postala očigledna opravdanost daljeg rada na ovoj problematici.

Međutim, na ekonomičnost glavni uticaj ima primenjena tehnologija. Razvojem plazma tehnike poslednjih godina došlo se do ideje da se visokotemperaturna gasifikacija zameni plazma tehnologijom. Primena plazme se iz godine u godinu širi jer se kao plazma gasovi koriste obični gasovi, a ne kao ranije gde su to bili samo plemeniti gasovi. Sada se kao plazma gas koristi i vazduh ali i vodena para.

Plazma-vazdušnom gasifikacijom ugljeva dostiže se koncentracija sin-gasa ($\text{CO} + \text{H}_2$) u produktima gasifikacije od 45%, dok se plazma-parnom gasifikacijom smanjuju balastni inertni gasovi (CO_2 , N_2 , H_2O), tako da se postiže maksimalna koncentracija sin-gasa i od 98 % [12,13]. Na taj način plazma-parna gasifikacija ugljeva se javlja kao jedna od najperspektivnijih tehnologija prerade niskokaloričnih ugljeva.

Suština plazmeno-parne gasifikacije uglja se sastoji u prevođenju organskog dela uglja pomoću generatora elektrolučne plazme u visokokalorični sintetski gas, koji ne sadrži okside azota i sumpora.

Tim procesom endotermički efekat reakcije gasifikacije uglja



u potpunosti se kompenzuje energijom elektrolučne plazme.

Perspektiva plazma-gasifikacije uglja vidi se u sledećem [14]:

– Gasifikacijom uglja dobija se sintetski prirodni gas ili sin-gas sa mogućnošću njegove dalje prerade u metanol, dimetiletar i druga tečna goriva.

– U zatvorenom ciklusu gasifikacija energetskih ugljeva se koristi u ekološki čistim termoelektranama.

– Izgradnja vršnih termoelektrana za nivelisanje grafika elektroopterećenja, za pokrivanje dnevnih i nedeljnih neravnomernosti u potrošnji elektroenergije na račun korišćenja jeftinije noćne elektroenergije za rad plazma gasifikatora.

– Korišćenje sin-gasa iz uglja kao kvalitetnog visokopotencijalnog gasnog reduktora u metalurgiji kao zamene metalurškog koksa.

Tek pre nekoliko godina NT Park je intenzivno pristupio istraživanjima [15-28] mogućnosti primene plazma tehnike u komercijalne svrhe kod nas. Od interesa za primenu gasifikacije lignita Srbije je od posebnog interesa rad saopšten na Zlatiboru ove godine [15] jer NT Park saraduje sa timom eksperata iz Kazahstana koji su godinama davali rešenja primene plazma tehnike u podršci sagorevanja ugljeva u termoelektranama u nizu zemalja [16].

Od interesa je da auditorij, a kasnije zainteresovani čitaoci vide tabelarni prikaz (Tabela 1) termoelektrane gde su ugrađena rešenja na bazi plazma tehnologije za pripalu kotlova na ugalj i kasnije podršku plamenu, koja su dovela do velikih ušteda u tim elektranama jer je izbačena upotreba značajnih količina mazuta ili prirodnog gasa.

Pretposlednja navedena elektrana u čijim kotlovima je primenjen njihov plazma sistem pripale ugljene aerosmeše je TE „Nikola Tesla” u Obrenovcu. Na žalost, sistem završen oktobra prošle godine nije mogao do sada da se koristi jer gustina aerosmeše nije dovoljna. Potrebno je između 0,3-0,4 kg/kg vazduha da bude ugljenog praha u aerosmeši, ali u TENT-u je to oko 0,2 kg/kg. Ovaj projekat u TENTU rađen je u saradnji pomenutog tima sa stručnjacima iz Vinče koji su plazma sistem takve namene i ugradili u TENT-u.

U TENT-u se već pristupilo inoviranju sistema za mlevenje i napajanje kotlova aerosmešom, tako da će i kod nas zaživiti prvo primena plazma tehnike u proizvodnji električne energije.

Tabela 1. Prikaz industrijskih ispitivanja plazma gorivih sistema na termoelektranama (TE)

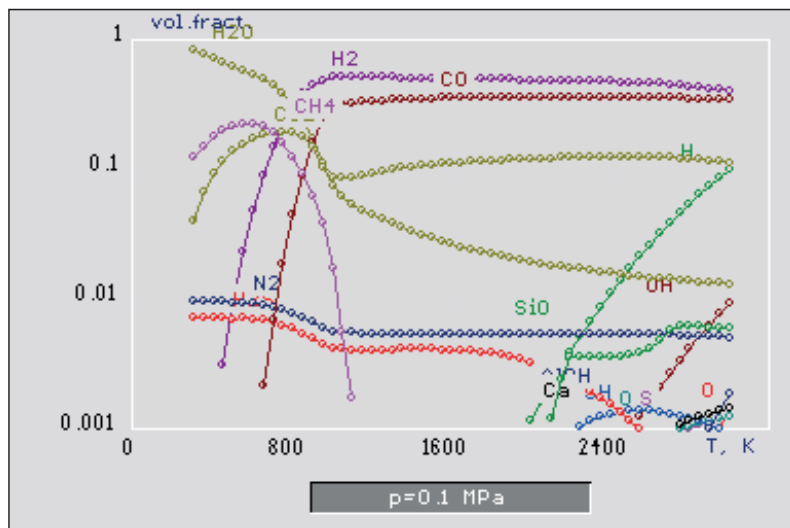
№	Mesto gde se nalazi TE I vreme ispitivanja	Tip kotla i količina na kojim je ugrađen PGS	Proizvodnja pare jednog kotla t/h	Količina PGS komada
1	Гусиноозерская ГРЭС (г. Гусиноозерск, Россия, 1994-1995)	ТПЕ-215 – 2 котла БКЗ-640 – 2 котла	670 640	8 7
2	Черепетская ГРЭС (г. Суворов, Россия, 1997)	ТП-240 – 1 котел	240	4
3	Нерюнгринская ГРЭС (г. Нерюнгри, Россия, 1997)	КВТК-100 – 1 котел	Тепловая мощность 116 МВт	2
4	Партизанская ГРЭС (г. Партизанск, Россия, 1998)	ТП-170 – 1 котел	170	2
5	Улан-Удэнская ТЭЦ-2 (г. Улан-Удэ, Россия, 1997)	ТПЕ-185 – 1 котел	160	2
6	Хабаровская ТЭЦ-3 (г. Хабаровск, Россия, 1998)	ТПЕ-216 – 1 котел	670	4
7	Кураховская ТЭС (г. Курахово, Украина, 1998-1999)	ТП-109 – 1 котел	670	4
8	Мироновская ГРЭС (п. Мироновский, Украина, 1989)	ТП-230 – 1 котел	230	2
9	Алматинская ГРЭС (г. Алма-Ата, Казахстан, 1996)	БКЗ-160 – 1 котел	160	2
10	Усть-Каменогорская ТЭЦ (г. Усть-Каменогорск, Казахстан, 1989)	ЦКТИ-75 – 2 котла	75	4
11	Улан-Баторская ТЭЦ-4 (г. Улан-Батор, Монголия, 1994)	БКЗ-420 – 8 котлов	420	16
12	Эрдэнэтская ТЭЦ (г. Эрдэнэт, Монголия, 1995)	БКЗ-75 – 1 котел	75	1
13	Баодийская ТЭС (г. Баоди, Китай, 1995)	Ч-200 – 1 котел	200	3
14	Шаогуанская ТЭС (г. Шаогуан, Китай, 1999-2001)	F-220/100-W – 1 котел К-75 – 1 котел	230 75	4 1
15	ТЭС „Золотая Гора” (Шеньян, Китай, 2007)	BG-75/39-M – 1 котел	75	2
16	Восточно-Пхеньянская ТЭС (г. Пхеньян, С. Корея, 1993)	Е-210 – 1 котел	210	3
17	Белградская ТЭС „Никола Тесла” (г. Обреновац, Сербия, 2007)	ТП-210 – 1 котел	650	16
18	ТЭС „Вояны” (г. Велки-Капушаны, Словакия, 2000)	TAVICI-1 котел	350	2

Na ovom mestu se pominje i ovakav sistem za plazma podršku sagorevanja uglja u kotlovima, jer se u tom rešenju radi o parcijalnoj gasifikaciji uglja plazma gasom.

U saradnji sa pomenutim timom eksperata iz Alma Ate izvršena su preliminarna istraživanja gasifikacije ugljeva iz Kolubare i na ovom mestu se pozajmljuje slika 1 iz citiranog rada [15] – grafički prikaz sastava reakcione smeše na raznim temperaturama.

Kako se to vidi na slici 1, sastav gasne faze produkata gasifikacije vlažnog lignita u osnovnom se sastoji iz sin-gasa ($\text{CO} + \text{H}_2$), čija koncentracija u temperaturnom opsegu 1000-2400 °K se povećava sa 81,1 do 84,6 %. Pri tome koncentracija vodene pare u istom temperaturnom intervalu se menja od 8,7 do 12,4 % zapreminski.

Specifičan utrošak energije za proces se povećava od 0,8 do 2,3 kWh/kg. Step gasifikacije se povećava sa temperaturom procesa i pri $T = 1050^\circ\text{K}$ iznosi 100% [15].



Sl. 1. Sastav gasne faze proizvoda gasifikacije vlažnog lignita u zavisnosti od temperature procesa

Prerada uglja u sin-gas je povezana sa značajnim utroškom elektroenergije za sam proces gasifikacije. Zbog toga se generalno ovaj proces predlaže za fenomen nivelisanja opterećenja elektrodistributivnog sistema. Celishodno je negativne pikove opterećenja koristiti za stokiranje sin-gasa. U ostalom delu grafika opterećenja ED sistema, gasifikacija se može držati na jednom minimumu. Na taj način, izravnjavanjem grafika opterećenja ED sistema i korišćenje stokiranog sin-gasa u momentima vršne potrošnje, dovodi do sniženja specifične količine primarne energije za proizvodnju elektroenergije koja se pušta u ED sistem.

Pored toga korišćenje plazma-gasifikacije uglja dovodi do smanjenja oksida azota i sumpora, što uočljivo doprinosi poboljšanju životne sredine.

Ekonomska efikasnost plazma-gasifikacije uglja se povećava sniženjem cene samih ugljeva u odnosu na ostale vrste goriva. Sa obzirom na to niskokalorični ligniti Srbije su privlačni predmet za proces plazma-gasifikacije.

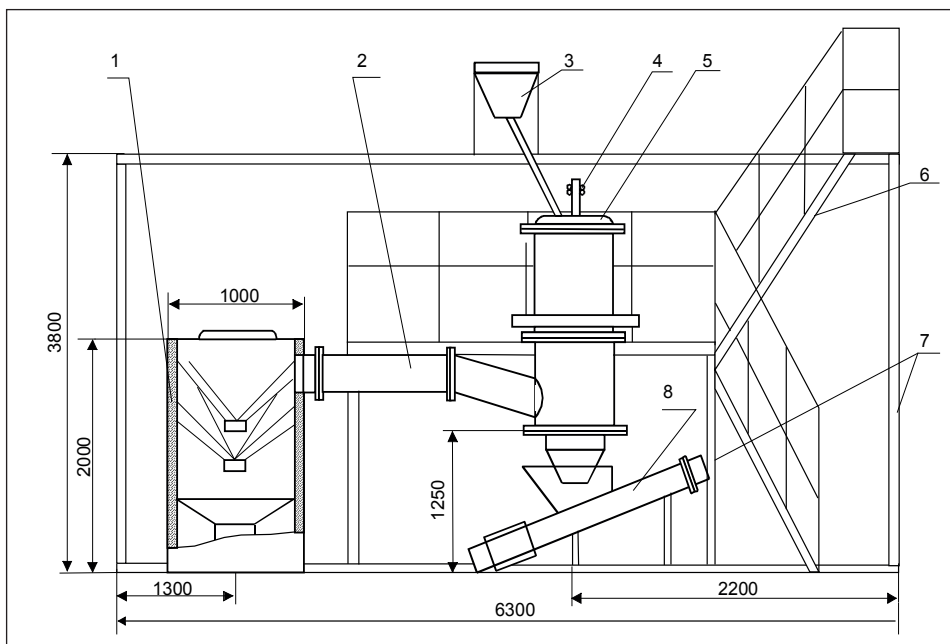
Na stručnjacima je na dalje da procene opravdanost industrijske gasifikacije vlažnog lignita (smatramo da je povoljniji s obzirom na cenu, jer za sušeni treba utrošiti značajnu količinu energije) iz Kolubarskog basena, a zatim ocene opravdanost korišćenja visokoreaktivnog sin-gasa, dobijenog procesom gasifikacije. On se može koristiti na razne načine:

- ubacivanje u gasovodnu mrežu, jer već danas taj proces daje jeftiniji gas od uvoznog,
- korišćenje u metalurgiji za redukciju rude gvožđa umesto uvoznog koksa,
- u hemijskoj industriji (jer je jeftiniji od uvoznih sirovina za fabrike đubriva – „azotaru”),
- za komprimovanje i prodaju kao tečnog gasa za odgovarajuće potrošače istog,
- za pogon gas-generatora, tj motora sa unutrašnjim sagorevanjem koji svojom dinamomašinom proizvode električnu energiju i paralelno toplu vodu ili vodenu paru i konačno
- možda baš za termoelektrane koje bi sada umesto sprasenog uglja koristile ovako dobijeni sintetski gas.

U kojoj meri je ovo poslednje (korišćenje gasifikacije u postojećim TE na ugalj u Srbiji) postao imperativ u Evropi i SAD pokazuju najnoviji predlozi za revitalizaciju starih TE na ugalj u SAD [29] i mere koje se preduzimaju u Evropi za smanjenje emisije ugljen-dioksida i potrebe za dovodjenje postojećih TE u Evropi na standarde EU za emisije gasova i čvrstih ostataka [30]. Drugim rečima, gasifikacija ugljeva pre njihovog korišćenja u TE SAD i Evrope je neminovnost koja predstoji. TE Srbije bi mogle biti prve koje su to učinile u Evropi.

NT Park IHIS-a je na bazi rezultata prvih istraživanja gasifikacije lignita iz kopa Kolubare, oslanjajući se na višegodišnja iskustva partnerskog tima eksperata iz Kazahstana predložio izgradnju pilot pogona od 1 MW. Pogon bi tretirao plazma postupkom godišnje 3.500 t vlažnog lignita i proizveo 6 Mm³ sintetskog gasa. Za to bi se utrošilo 700 t vodene pare (150°C) i ukupno električne energije 8.750.000 kWh. Zbog toga i u ovom radu samo još ponavljamo šematski prikaz postrojenja (Sl. 2) i upotrebljeni plazmatron-reakcionu komoru (Sl. 3).

Reaktor (slika 3) je u stvari koaksijalni plazmatron konstantne struje, gde je anoda u obliku grafitnog cilindra 11, a kao katoda se koristi dodavajuća centralna cilindrična grafitna elektroda 7, koja je postavljena centralno na poklopcu 4 koji ograničava reaktor odozgo. Na poklopcu 4 se nalazi učvršćenje i izolacija 6 elektrode 7, a takođe injektor za dodavanje sprasenog lignita, pare ili drugih gasova



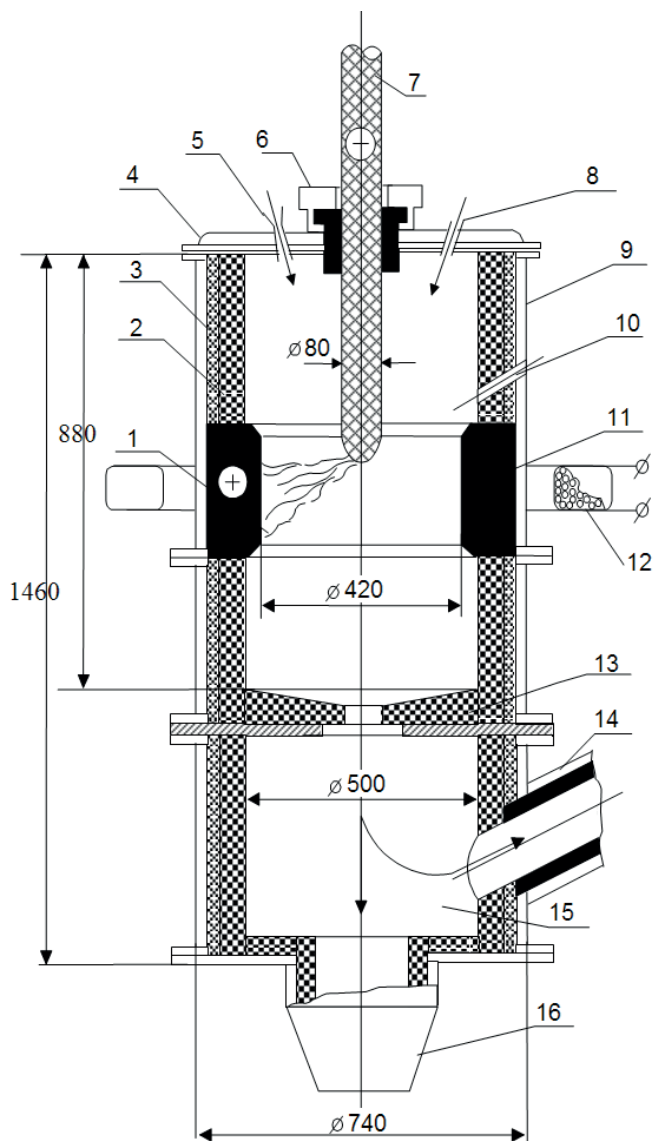
Slika 2. Šematski prikaz pilot postrojenja snage 1 MW za plazma gasifikaciju lignita Srbije: 1 – hidrataciona komora, 2 – komora odvođenja gasnih produkata; 3 – bunker spraešenog lignita sa uređajem za dovođenje gasifikujućeg agensa; 4 – mehanizam do-davanja elektroda; 5 – plazma –reaktor (gasifikator); 6 – stepenište; 7 – noseća kon-strukcija; 8 – pužni odvod šljake.

(gasifikatora). Na donjem delu reakcione komore plazma reaktora nalazi se dija-fragma 13, iza koje se nalazi

komora izlaza proizvoda prerade 15 sa sekcijom izlaza gasa 14 i šljake 16. Oko reakcione komore na mestu gde se nalazi anodno polje, nalazi se elektromagnet-ni namotaj (solenoid) 12.

Telo reaktora je od metala hladeno vodom 9, postavljeno iznutra grafitom, pri čemu grafitna sekcija – anoda, za smanjenje njene površine u tehnološkom pro-cesu potpuno naleže omotaču koji se hladi vodom, a ostali deo grafitnog prstena ima zazor do omotača. Zazor se popunjava grafitnim granulama veličine 2-6 mm, što obezbeđuje povećanje toplotnog KPD-a (stepena korisnog dejstva) plazma re-aktora za deo smanjenja toplotnih gubitaka vodom za hlađenje, koja obuhvata sve metalne delove reakcione komore.

Princip rada plazma reaktora zasniva se na inekcionoj sposobnosti strujni-ca elektroluka, koje imaju profil konusa koji se širi od katodnog polja do anod-nog. Zapaljenje električnog luka se vrši pomoćnom elektrodom koja se uvodi kroz



Sl. 3. Plazma reaktor mešovitog tipa za gasifikaciju ugljeva: 1 – električni luk; 2 – grafitne granule; 3 – grafitni omotač; 4 – poklopac koji se hladi vodom; 5 – otvor za dodavanje praha lignita; 6 – izolator sa sistemom učvršćenja elektroda; 7 – grafitna elektroda; 8 – otvor za dodavanje pare; 9 – vodeni hladnjak; 10 – otvor za elektrodu za zapaljenje luka; 11 – prstenasta grafitna elektroda, 12 – elektromagnetni namotaj; 13 – grafitna dijafragma; 14 – otvor za odvod sin-gasa; 15 – komora za odvajanje gasa od šljake; 16 – otvor za odvod šljake.

otvor 10. Električni luk koji se obrazuje između katode i anode pod uticajem sila Lorenca počinje da se vrti obezbeđujući zagrevanje reakcione zone po celom poprečnom preseku reaktora.

Uspostavljanje sila, koje deluju na luk, uslovljene su uzajamnim delovanjem električnim nabojem strujnica luka sa konstantnim uzdužnim magnetnim poljem, nastalim solenoidom (elektromagnetnim namotajem). Pri obrtnom kretanju lučnog stuba, kao posledica razlike katodnog i anodnog polja i razlike aerodinamičkog otpora zidova anode i katode, luk se širi, i u njemu nastaje brza plazmena struja u pravcu zidova anode. Vrlo usitnjeni ugljeni prah sa gasom–oksidantom, dolazeći u reaktor biva prihvaćen plazma strujom luka, intenzivno se zagreva i nabacuje se na zidove reaktora (anode) u vidu rastopa kondenzujuće faze sa neproreagovanim delovima čestica uglja.

Po zidovima, rastop kliže ka dijafragmi i kroz otvor odlazi u komoru za odvajanje gasa od šljake. Za vreme tečenja, rastop se dovoljno dugo nalazi u visokotemperaturnoj zoni da bi se završila hemijska reakcija gasifikacije uglja. Pored toga, sloj rastopa kondenzujuće faze, prihvatajući čvrste čestice, omogućuje smanjenje sprasjenih čestica u odlazećem gasu i olakšava proces čišćenja čvrstih čestica, što je posebno važno u savremenim tendencijama poboljšanja životne sredine u okruženju industrijskih objekata.

Za razliku od tima eksperata iz Kazahstana, Applied Plasma Technologies, SAD, želi da lansira poslednju generaciju plazmatrona (hibridni, induktivno kuplovani sa trostrukim Vortex sistemom i kombinacija RF plazme i DC plazme), smatrajući da će njegova primena učiniti suštinske promene u mnogim oblastima. Na ovogodišnjem IWEPAC-5 je podržan ovakav trend i u vezi toga dat nacrt programa istraživanja, koji će biti upotpunjen predlozima zainteresovanih članica IPTC-a (International Plasma Technology Center, SAD). NTP IHIS-a preko svog Plazma Tehnološkog Centra je član IPTC-a.

Na sledećem skupu u Budvi već će se moći prikazati prvi rezultati eksperimentalnog rada na gasifikaciji uglja sa novim hibridnim plazmatronom.

ZAKLJUČAK

Kao rezime ovog rada se može reći da bi od interesa bilo:

- da se obezbede sredstva za izradu pilot pogona za elektrohemijsku gasifikaciju ugljeva kao jedan novi način proizvodnje vodonika korišćenjem jeftinog resursa,
- da se obezbede sredstva za izgradnju predloženog pogona za gasifikaciju lignita mešovitim tipom plazmatrona, koji je istovremeno reakciona komora,
- da treba aktivno nastaviti u radu IPTC uključivanjem domaćih istraživačkih potencijala.

LITERATURA

1. R. W. Coughlin, M. Foroouque, *Nature* 279 (1979) p 301, 280 (1979) p 666.
2. J. o. M. Bokris, B. Dandapuni, B. Cocke, *int. J. Hzdrogen Energz*, vol. 10, No 30, (1985), p 179.
3. R. W. Coughlin, M. Foroouque, *J. Applied Electrochem.* 18 (1978), p 546.
4. R. W. Coughlin, M. Foroouque, *Ind. Eng. Chem Process Des. Dev.*, 19 (1980), p 211.
5. Okada, *J. Electrochem. Soc.*, 128 (1981), p 2097.
6. Brewer, *Metals and Alloys*, McGraw-Hill, New York (1967), p 39.
7. Z. Minevski, *Magistarski rad*, PMF, Univerzitet Beograd (1986).
8. B. Kosanović, T. Grozdić, M. Jakšić, *IX Jugoslovenski simpozijum o elektrohemiji*, (1980), p 30.
9. B. Kosanović, T. Grozdić, M. Jakšić, *37 International Simposium of Electrochemistry*, Maastricht (1987), p 459.
10. B. Kosanović, T. Grozdić, M. Jakšić, *172 Electrochemical Soc., Meeting* (1987).
11. T. Grozdić, V. Radojčić, S. Šušić, P. Rakin; *Istraživanja volarizacije niskokalotičnih ugljeva elektrohemijskom gasifikacijom*. IKTM, Centar za nove izvore energije, Izveštaj po Ugovoru sa RZNS br. 5078/1,1988.
12. Gorokhovski M. A., Karpenko E. I., Lockwood F. C., Messerle V. E., Trusov B. G., Ustimenko A. B. *Plasma Technologies for Solid Fuels: Experiment and Theory // Journal of the Energy Institute*. 2005, V. 78. № 4. P. 157.
13. Matveev I. B., Messerle V. E., Ustimenko A. B. *Plasma Gasification of Coal in Different Oxidants // Plasma Science, IEEE Transactions on*. Volume 36, Issue 6, Dec. 2008. P. 2947 – 2954.
14. Messerle V. E., Ustimenko A. B. *Solid fuel plasma gasification // Advanced Combustion and Aerothrmal Technologies*, N. Syred and A. Khalatov (eds.), Springer, 2007, pp. 141-156.
15. Messerle V. E., Ustimenko A. B., Rakin P. M., Rakin D. P., *Plazma gasifikacija lignita Srbije, ENERGETIKA 2009*, Zlatibor 24.-27.03.2009.
16. E. I. Karpenko, V. E. Messerle, A. B. Ustimenko, P. M. Rakin, D. P. Rakin, *Plazma asistirano sagorevanje uglja za efektivno i ekološko korišćenje goriva, ENERGETIKA 2009*, sa međunarodnim učešćem, mart 2009, Zlatibor, Srbija, zbornik radova broj 3-4, ISSN br. 0354-8651, 127-130 str.
17. E. I. Karpenko, V. E. Lujkašenko, V. E. Messerle, A. B. Ustimenko, P. M. Rakin, D. P. Rakin, *Plazma tehnologija za efikasno korišćenje goriva i mineralnih sirovina, ENERGETIKA 2009*, sa međunarodnim učešćem, mart 2009, Zlatibor, Srbija, zbornik radova broj 3-4, ISSN br. 0354-8651, 138-151 str.
18. E. I. Karpenko, V. E. Lujkašenko, V. E. Messerle, A. B. Ustimenko, P. M. Rakin, D. P. Rakin, *Plazma tehnologija za efikasno korišćenje goriva i mineralnih sirovina, ECO WORLD FEST*, sa međunarodnim učešćem, april 2009, Opatija, Hrvatska, zbornik radova, 33-34 str.
19. V. E. Messerle, A. B. Ustimenko, P. M. Rakin, D. P. Rakin, *Srpske elektrane na uglj bez štetnih emisija, EKOLOŠKA ISTINA 09*, sa međunarodnim učešćem, maj-jun 2009, Kladovo, Srbija zbornik radova ISBN 978-86-80987-69-9, 431-437 str.
20. E. I. Karpenko, V. E. Messerle, A. B. Ustimenko, P. M. Rakin, *Plasma aided coal combustion for effective and environmentally friendly fuel utilization, Book of Abstracts of the 2nd International Conference on Environmental Management, Engine-*

- ering, Planing and Economics (CEMEPE) and SECOTOX Conference, June 2009, Mykonos, Grčka, ISBN 978-960-6865-08-4, pg. 414.
21. Igor B. Matveev, Petar M. Rakin, Dejan P. Rakin, Gradovi bez smeća – industrija bez otpada, EKOLOŠKA ISTINA 09, sa međunarodnim učešćem, maj-jun 2009, Klado-vo, Srbija, zbornik radova ISBN 978-86-80987-69-9, 438-441 str.
 22. Igor B. Matveev, Petar M. Rakin, Dejan P. Rakin, Savremene tehnologije za prera-du otpada u energiju, Međunarodna konferencija OTPADNE VODE, KOMUNAL-NI ČVRSTI OTPAD I OPASAN OTPAD, april 2009, Zlatibor, Srbija, zbornik rado-va ISBN 13978-86-82931-28-7, 230-235 str.
 23. Igor B. Matveev, Petar M. Rakin, Dejan P. Rakin, Savremene tehnologije za prera-du otpada u energiju, Međunarodna konferencija ECO WORLD FEST, april 2009, Opa-tija, Hrvatska, zbornik radova, 31-32 str.
 24. Petar Rakin, Zoran Stević, Treatment of Contaminated Soil in Serbia Using Plasma Technology, 4th International Workshop and Exhibition on Plasma Assisted Combustion (IWEPAC), September 2008, Best Western Falls Church Inn, Virginia, USA, zbornik radova, pg. 90-91.
 25. Rešavanje problema opasnog otpada u Rafineriji Pančevo, Predlog dat NIS-u, 2008. godina.
 26. V. E. Messerle, A. B. Ustimenko, P. M. Rakin, D. P. Rakin, Coal fired thermo-electric power plants without hazardous emissions, 5th International Workshop and Exhibiti-on on Plasma Assisted Combustion (IWEPAC-5), September 15 -18, 2009, p 61.
 27. V. E. Messerle, A. B. Ustimenko, P. M. Rakin, Z. n. Dragosavljević, D. P. Rakin, Ga-sification of Oil Shale from Aleksinac Using Plasma Technology, 5th International Workshop and Exhibition on Plasma Assisted Combustion (IWEPAC-5), September 15-18, 2009, p 59.
 28. Igor B. Matveev, P. M. Rakin, D. P. Rakin, Cities Without Garbage – Industry Witho-ut Waste, 5th International Workshop and Exhibition on Plasma Assisted Combustion (IWEPAC-5), September 15 -18, 2009, p 61.
 29. Chris Higman, The Role of Gasification in Low-carbon Energy Planning, ENERGE-TIKA 2009, Zlatibor 24.-27.03.2009. Prezentacija.
 30. Chris Higman, The Role of Gasification in Low-carbon Energy Planning, ENERGE-TIKA 2009, Zlatibor 24.-27.03.2009. Zbornik radova, ISSN 0354-8651, str. 123-126.

GASIFICATION OF LIGNITE BY PLASMA TECHNOLOGY

ABSTRACT:

The goal of this paper is to emphasize the importance of the problem of coal gasification, especially of lignite as a means of its better valorization. Regardless of the exceptional significance of lignite as the main primary energy resource in our country for production of electric energy, today's use, not just in our country, but in thermoelectric plants in the USA and Europe, cause great hazardous emissions which classifies TEPP as the greatest polluters.

In this paper given is a new approach to coal gasification – electrochemical gasification and a review of literature, which can give direction to interested parties for analyzing of what has been achieved using this method up to now.

However, focus is on the positive results of plasma gasification of lignite from the Koluvara deposits, on the basis of which and based on many years of experience of the associates of the S&T Park from Kazakhstan, a project for gasification is suggested to EPS. Also are given the latest efforts of the IPTC (International Plasma Technology Center) in which IHIS S&T Park is included and directions for future work on the problem of coal gasification using a hybrid plasmatron, defined at the last conference IWEPAC-5.

Keywords: Coal, Gasification, Electrochemical gasification of coal, Synthesis gas (syngas), Plasma-fuel system, Peak energy