

## ODREĐIVANJE ZAPRLJANOSTI KOTLOVSKIH CIJEVI U TERMOENERGETSKIM POSTROJENJIMA

Bosiljka Stojanović<sup>1</sup>

bosiljkate@yahoo.com

<sup>1</sup>RiTE Ugljevik, Ugljevik, RS-BiH

### Izvod

*Pouzdan rad opreme je prevashodno bitan za svako postrojenje. Jedna od mjera sigurnog rada parnikotlovskih sistema je čistoća cijevi. Vrlo prihvatljiv metod određivanja zaprljanosti cijevi je metod bajcovanja. U ovom radu je opisano određivanje zaprljanosti kotlovskih cijevi u Termoelektrani Ugljevik nakon decenijskog rada postrojenja.*

**Ključne riječi:** bajcovanje, poluprsten, zaprljanost

### 1. UVOD

Ocjene trenutnog stanja ili davanja prognoze ponašanja opreme termoenergetskih postrojenja moguće je ostvariti kroz primjenu metoda i sredstava tehničke dijagnostike. Najveći problem pri uvođenju tehničke dijagnostike u složeni tehnički sistem, kakva su parnoturbinska i parnikotlovska postrojenja je izbor metoda i instrumenata za tehničku dijagnostiku [1]. Za procjenu pouzdanosti rada parnikotlovske postrojenja u kratkoročnom ili dugoročnom periodu su bitni naslage-inkrustacije u kotlovskim cijevima i korozija u istim.

### 2. ODREĐIVANJE ZAPRLJANOSTI CIJEVI

Na metalnim površinama se često javljaju nečistoće različitog hemijskog sastava koje se uklanjaju i hemijskim putem. Dobro poznata metoda uklanjanja oksidnih slojeva sa površine metala je kiselinsko nagrivanje (bajcovanje). Bajcovanje se izvodi u jednom ili u više koraka zavisno od upotrebljene kiseline. Najčešće se koriste hlorovodonična u prvom koraku, a zatim smjesa fluorovodonične i azotne kiseline u drugom koraku ili sumporna kiselina pogodna za bajcovanje u jednom koraku.

Mehanizmi nagrivanja su isti bilo da se radi sa hlorovodoničnom ili sumpornom kiselinom, ali je efikasnost bajcovanja sa sumpornom kiselinom veća,

posebno ako se vrši elektrohemijski. Bez obzira na upotrebljenu kiselinu pri bajcovanju neminovno dolazi do nagrivanja zdrave metalne površine ako se ne upotrebi određeni inhibitor [2-4].

Kotlovske cijevi imaju različite zaprljanosti (naslage) koje mogu biti rastresite, tvrde i tvrde sa šljakom. Stanje cijevi se procjenjuje određivanjem specifične zaprljanosti.

Specifična zaprljanost grejnih površina (K) je količina naslaga na 1m<sup>2</sup> površine, a izračunava se prema formuli :

$$K = \frac{G}{F} \text{ (g/m}^2\text{)} \quad (1)$$

gdje je :

G - gubitak mase uzorka nakon bajcovanja, odnosno količina naslage (g),

F - unutrašnja površina uzorka cijevi (m<sup>2</sup>)[5].

Specifična zaprljanost kotlovskih cijevi se može odrediti metodom bajcovanja, elektrohemijski.

B. Stojanović

Najčešće se koristi katodno bajcovanje, a koje podrazumjeva prethodnu pripremu uzoraka cijevi, pripremu elektrolita i provođenje postupka bajcovanja.

Priprema uzorka cijevi podrazumjeva rezanje cijevi najmanje dužine 400-500mm, a zatim rezanje na prstenove ili poluprstenove. Pri ovim operacijama se ne smije koristiti emulzija ili mehanički uticaji jer oni dovode do odvajanja i narušavanja cjeline naslage. Spoljna površina izrezanih uzoraka cijevi se pokriva ili termootpornim, kiselo otpornim lakom ili ako se bajcovanje vrši na niskim temperaturama, uzorak se može zaštititi voskom. Pripremljeni uzorak se suši do konstantne težine u eksikatoru sa žarenim kalcijum hloridom, a zatim mjeri na analitičkoj vagi tačnosti (linearnosti)  $\pm 0,2$  mg. Ako se želi odrediti rastresiti sloj naslage i ukupna zaprljanost onda se rastresiti sloj skida tvrdom gumicom (za mastilo), ponovo prenese u eksikator i nakon nekog vremena ponovo mjeri.

Masa rastresitog sloja  $Q_p$ , se izračunava formulom :

$$Q_p = \frac{P_o - P_1}{F} \text{ (g/m}^2\text{)} \quad (2)$$

gdje je :

$P_o$  - početna masa uzorka (g),

$P$  - masa uzorka poslije skidanja rastresitog sloja gumicom (g),

$F$  - unutrašnja površina uzorka cijevi ( $\text{m}^2$ ).

Elektrolit se stavlja u staklenu ili polietilensku kadu, a kao elektrolit je ili 8-10%-tni vodeni rastvor sumporne kiseline uz dodatak inhibitora i olovnu anodu ili 5-10 %-tni vodeni rastvor amonijum citrata pri pH 3,0-5,0 uz grafitnu elektrodu.

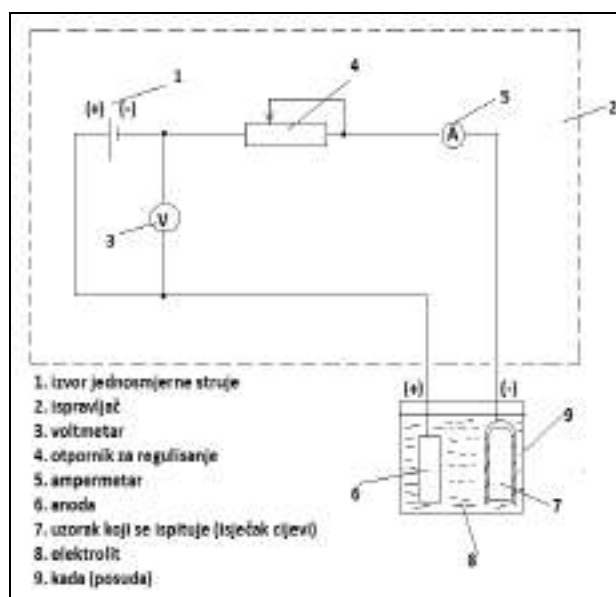
Uzorak cijevi se priključuje kao katoda na izvor jednosmjerne struje pomoću bakarnog provodnika i kleme. Uobičajeno je da je gustoća struje 2-5  $\text{A/dm}^2$  tokom bajcovanja. Zavisno od procjenjene količine naslaga elektrolit se pri bajcovanju može grijati na temperaturu 60-70 $^{\circ}\text{C}$ , ali može se vršiti i na sobnoj temperaturi. Dužina bajcovanja ne bi trebalo da prelazi 30-40 minuta. Efektivnost skidanja naslaga se prati vizuelno, isključujući i razgledajući izvađeni uzorak cijevi iz rastvora, jednom u 10-15 minuta. Nakon bajcovanja uzorci se vade iz elektrolita, peru se destilovanom vodom i suše u sušnici na 105-

*B. Stojanović*

110 $^{\circ}\text{C}$ , a zatim prenese u eksikator sa žarenim kalcijum hloridom i nakon potpunog hlađenja mjere na analitičkoj vagi.

Za katodno bajcovanje uzoraka cijevi sa šljakom priprema se elektrolit 15%-tne koncentracije, elektrolit se grije na 70-80 $^{\circ}\text{C}$  i dodaju se stimulatori koji rastvaraju šljaku kao: 2-3%-tni vodeni rastvor amonijum bifluorid, 5%-tni vodeni rastvor acetona ili 5%-tni vodeni rastvor formalina. U ovakvim slučajevima bajcovanje se izvodi u trajanju 3-4 sata [5].

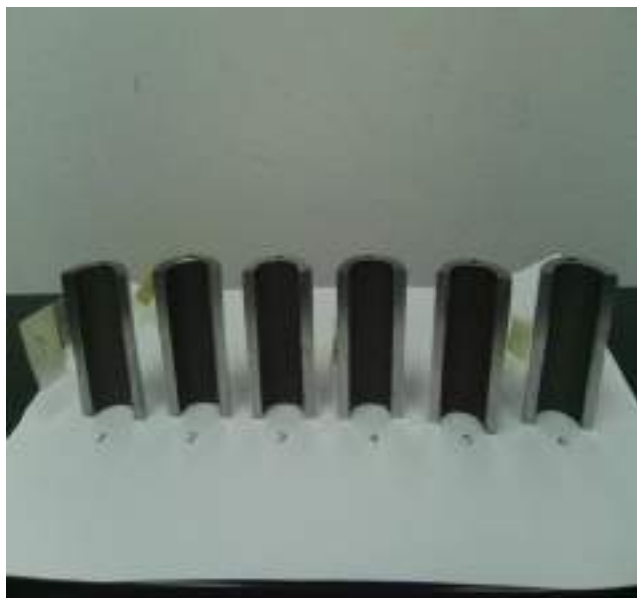
Jednostavna šema bajcovanja je prikazana na slici 1.



Slika 1. Pojednostavljena šema bajcovanja

### 3. EKSPERIMENTALNI DIO

Pripremljeno je šest uzoraka kotlovskih cijevi sa međupregrijanja, (gdje je  $P= 36-40$  bara,  $T=525-535^{\circ}\text{C}$ ) dužine 610 mm i izrezane su na poluprstenove. Na rubu poluprstena je pripremljena navrtka, kako bi se poluprsten vijkom povezao sa bakarnim provodnikom (slika 2).



Slika 2. Uzorci cijevi, poluprstenovi, sa pripremljenim navrtkama

Poluprstenovi sa formiranom navrtkom su sušeni 60 minuta u eksikatoru sa žarenim kalcijum hloridom, a zatim mjereni na analitičkoj vagi Mettler AE163 Dual range balance 0-30g (readability 0,01mg), 0-160g (readability 0,1mg). Spoljašna strana poluprstenova, navrtke i vijci sve do izolacije bakarnog provodnika, je zaštićena voskom (slika 3).



Slika 3. Poluprstenovi cijevi zaštićeni voskom

Pripremljen je elektrolit, 10%-tni vodeni rastvor sumporne kiseline uz dodatak 1% inhibitora urotropina (heksametilentaamin) i olovna anoda.

Elektrode, olovna anoda i uzorak katoda, su uronjene u elektrolit i povezane na izvor jednosmjerne struje. Bajcovanje je vršeno na sobnoj temperaturi u toku 40 minuta pri gustini struje  $4A/dm^2$ . Zatim je električno kolo prekinuto, katoda izvađena, skinuta zaštita i odvojen vijak. Katoda je isprana sa demineralizovanom vodom, sušena u sterilizatoru 200 SSW proizvođača WIMS-elektrik, na  $110^{\circ}C$  do konstantne težine, a potom prenijeta u eksikator sa žarenim kalcijum hloridom i nakon potpunog hlađenja ponovo mjerena. Zabilježen je gubitak mase za svaki uzorak pojedinačno kao i dimenzije svakog poluprstena.

#### 4. REZULTATI I DISKUSIJA

Izračunata je površina cijevi izložena bajcovanju (F), a zatim zaprljanost cijevi (K) po jednačini (1). Rezultati proračuna su prikazani u tabeli 1.

Tabela 1. Pregled podataka o specifičnoj zaprljanosti ispitivanih uzoraka

Broj uzorka	F-površina uzorka izložena bajcovanju ( $m^2$ )	G gubitak mase (g)	K–specifična zaprljanost ( $g/m^2$ )
1.	$19,1540 \times 10^{-4}$	0,4217	220,16
2.	$19,1540 \times 10^{-4}$	0,4068	212,38
3.	$19,1540 \times 10^{-4}$	0,3814	199,12
4.	$19,1540 \times 10^{-4}$	0,3852	201,11
5.	$19,1540 \times 10^{-4}$	0,3887	202,93
6.	$19,1540 \times 10^{-4}$	0,3202	167,17

Ni na jednom uzorku cijevi nije bilo rastresitog sloja naslaga pa izračunata specifična zaprljanost predstavlja ukupnu zaprljanost cijevi. Specifična zaprljanost se kreće u intervalu 167,17 do 220,16  $g/m^2$  što je daleko manje granične vrijednosti  $300g/m^2$  [5]. Imajući u vidu da efektivni period rada Termoelektrane Ugljevik, od marta 1985. godine do

B. Stojanović

01. oktobra 2016. godine iznosi 170.107,03 sati, a ukupno planirani zastoji, bez neplaniranih, iznose 38.727,22 sati, zaprljanost kotlovskih cijevi je sasvim tolerantna. Ovo potvrđuje da se pri radu TE najvećim dijelom pridržavalo uputstva proizvođača o pripremi napojne vode: ukupna tvrdoća  $<0,001^0$  dH, sadržaj  $\text{SiO}_2$   $<10\mu\text{g/kg}$ , sadržaj Fe  $<10\mu\text{g/kg}$ , sadržaj Na  $<5\mu\text{g/kg}$ , sadržaj Cu  $<0,01\mu\text{g/kg}$ , sadržaj  $\text{N}_2\text{H}_4$  30-60 $\mu\text{g/kg}$ ,  $\text{NH}_3$   $\leq 500\mu\text{g/kg}$ , sadržaj  $\text{O}_2$   $<0,00\mu\text{g/kg}$ , provodljivost  $<0,3\mu\text{S/cm}$  i pH vrijednost  $9,1\pm 0,1$  [6].

Vizuelno je zapaženo da zaprljanost cijevi nije ravnomjerna, a nakon bajcovanja je vidljiva tačkasta korozija, slika 4.



Slika 4. Tačkasta korozija na unutrašnjoj površini cijevi

Pojava korozije upućuje na zaključak da je u napojnoj vodi često bio prisutan kiseonik, ali zaključuje se i da je korozija najviše izazvana u periodima zastoja bloka, remonti, a pogotovu u toku ratnog perioda (april 1992. - novembar 1995.) jer nisu rađene konzervacije kotla po uputstvu proizvođača.

## 5. ZAKLJUČAK

Zaprljanost kotlovskih cijevi u Termoelektrani Ugljevik, sistemu sa nadkritičnim parametrima, nakon višedecenijskog rada je sasvim tolerantna i kreće se u intervalu od 167,17 do 220,16  $\text{g/m}^2$ .

Koliko god da se trudimo da pri obradi napojne vode umanjimo zasoljenost, neminovno tokom niza godina dolazi do zaprljanosti kotlovskih cijevi čija

posljedica može biti neplanirani zastoji, a time i ekonomski gubici.

Bajcovanje je pouzdan i lako izvodljiv metod određivanja zaprljanosti kotlovskih cijevi kojim se istovremeno procjenjuje i oštećenost cijevi usljed korozije.

## LITERATURA

- [1] Milovanović, Z., Begić, F., Šijački, V. i dr. *Tehnička dijagnostika termoenergetskih postojenja*, Zbornik radova, II Međunarodna konferencija Termoenergetika i održivi razvoj, TENOR 2011., Ugljevik 2011.
- [2] Maksimović, M., Mandić, J., Malinović, B., Papuga, S., Upotreba inhibitora u rastvorima za nagrizanje metalna na bazi kiselina, *Glasnik hemičara i tehnologa Republike Srpske*, BiH, 46 (2007) 105-110.
- [3] Homjabok, W., Permpoon, S., Lothngkum, G., Pickling behavior of AISI 304 stainless steel in sulfuric and hydrochloric acid solutions, *Journal of Metals, Materials and Minerals*, Vol.20No2 pp6-10(2010)
- [4] Devi, A., Singhal, A., Gupta, R., A review on spent pickling liquor, *International Journal of Environmental Sciences*, Volume 4, No3, (2013)
- [5] XANON. Глазное научно-техническое управлне знергетики методическис указания по зксплуатационной кимическом очистке котлов знергоблохов сверхкритического давления яд 34.37.403.91., Москва, 1991.
- [6] Pomirčij, R., *Uputstvo, Vodni režim bloka Termoelektrane 300MW i uputstvo za rukovanje postrojenjm prečišćavanja turbinskog kondenzata i kondicioniranja napojne vode*, (kopija) Ugljevik, maj, 1998.

*B. Stojanović*

**DOI: 10.7251/JEPMSR1608027S**

**UDK: 621.184.2**

***Expert paper***

## **DETERMINATION OF STEAM-BOILER PIPES FILTHINESS IN THERMAL POWER PLANTS**

Bosiljka Stojanović<sup>1</sup>,  
*bosiljkate@yahoo.com*

<sup>1</sup>*RiTE Ugljevik, Ugljevik, RS-BiH*

### ***Abstract***

*A reliable operation of the equipment is primarily important for each installation. One of the measures of safe operation steam-boiler systems is purity pipes. Very acceptable method of determining the soiling pipe is a method of staining. In this paper is described the determination of soiling boiler tubes in power plant Ugljevik after a decade of operation of the plant.*

**Key words:** *staining, half-ring, filthiness*