

INTEGRALNI PRISTUP U ODRŽAVANJU KOTLOVSKIH CEVI IZLOŽENIH KOROZIJU - METODOLOGIJA I DETEKCIJA NASLAGA SA UNUTRAŠNJE STRANE CEVI METODOM BEZ RAZARANJA

V. Šijački Žeravčić, M. Đukić, G. Bakić, B. Anđelić, D. Milanović

Rezime:

Korozija metala kotlovskih cevi uslovljava ne samo povišenje troškova održavanja, već u velikoj meri utiče i na pad pouzdanosti i raspoloživosti celog termoenergetskog postrojenja.

Blagovremena detekcija korozionih oštećenja i naslaga sa unutrašnje strane cevnog sistema kotla obezbeđuje uslove za sprovođenje preventivnog kao i održavanja usmerenog ka pouzdanosti. Imajući u vidu nedostatke dosadašnjih konvencionalnih metoda ispitivanja, na Mašinskom fakultetu u Beogradu u saradnji sa firmom ELZO razvijen je i sertifikovan nov i u našoj zemlji jedinstven uređaj, EMF3-MI, za otkrivanje korozionih oštećenja i naslaga sa unutrašnje strane cevnog sistema.

U ovom radu je dat predlog modela preventivnog održavanja kotlovskih cevi, generalni prikaz problematike korozije metala i naslaga sa vodene strane kotlovskih cevi, kao i iskustva u primeni uređaja EMF3-MI na cevnom sistemu jednog domaćeg kotlovskog postrojenja.

Ključne reči:

termoenergetska postrojenja, cevni sistem kotla, preventivno održavanje, korozija, metode ispitivanja bez razaranja, uređaj za detekciju

INTEGRAL APPROACH IN MAINTENANCE OF BOILER TUBES UNDER CORROSION - METHODOLOGY AND SCALING DETECTION BY NDT

Abstract:

Metal corrosion of steam power plant tubing system provoke not only advancement of maintenance cost but also have a great influence on reduction of power plant reliability and availability. Timely detection of inner side corrosion of boiler tubes provide condition for implementation of RCM methodology as well as preventive maintenance. Taking into account all limitation of conventional detection methods, research group from Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade in cooperation with ELZO company was developed a new NDT corrosion detection device EMF3-MI. This paper gives a proposal for boiler tube preventive maintenance methodology, general review of boiler tubes metal corrosion, tubes inner side scaling problems as well as EMF3-MI devices application experience on tubing system of domestic fossil fuel steam power plant.

Keywords:

Fossil fuel power plant, boiler piping system, preventive maintenance, corrosion, NDT methods, new NDT detection unit

1. UVOD

Domaća termoenergetska postrojenja su uglavnom na izmaku ili su uveliko premašila svoj projektovani vek. Ulazak u poslednju fazu nepouzdanе eksploatacije složenih sistema, u koje spadaju i termoenergetska postrojenja, uslovljava razvoj procesa starenja, korozije i degradacije

materijala celoukupne opreme. Kao rezultat, javlja se nagli pad funkcionalnosti većeg dela opreme postrojenja, odnosno dolazi do porasta broja/brzine otkaza.

Pojedini korozioni procesi metala termoenergetske opreme su posledica specifične i složene povezanosti konstrukcionog rešenja, eksploatacionih uslova i održavanja. Neophodan preduslov za određivanje korektivno preventivnih mera i formulisanje

Prof. dr Vera Šijački Žeravčić, Miloš Đukić dipl. inž. maš., Mr Gordana Bakić dipl. inž. maš.

¹Doc. dr Biljana Anđelić, ²Mr Dušan Milanović dipl. inž. maš.

Mašinski fakultet Beograd, 27. marta 80, Beograd, ¹Tehnički fakultet, Čačak, ²Vectram, Beograd

najsvrsishodnijih i ekonomski najisplativijih zahvata u cilju rešavanja problema je vrlo tesna saradnja eksperata iz oblasti materijala i korozije i stručnjaka sa termoelektrana.

Učestala pojava pucanja kotlovskih cevi, uglavnom pregrejačkih i međupregrejačkih površina, pri startu postrojenja ili tokom njegove eksploatacije često se javlja kao posledica stanjenja zida cevi, generalnih efekata prisustva naslaga kao i uznapredovalog korozionog ataka na unutrašnjim površinama (piting, zaustavne i korozije pod naslagama) (1).

Navedeni korozioni procesi spadaju u kategoriju lokalnih po mestu pojave, pa se često dešava da na cevnom sistemu kotla u okviru jedne grejne površine, postoje zone u kojima je korozioni atak najviše izražen i koje se mogu okarakterisati kao kritične zone. Relativno veliki broj otkaza koji se javlja na kotlovskim postrojenjima domaćih termoelektrana izazvan efektima korozije metala isključuje mogućnost sprovođenja kompletne procedure ispitivanja svih oštećenja koja bi uključila obavljanje i preliminarnih i standardnih laboratorijskih ispitivanja (2).

Stoga se nametnula potreba za razvojem uređaja za ispitivanje bez razaranja sa kojim će se na jednostavan način, sa dovoljnom pouzdanošću i relativno brzo, moći da otkrije prisustvo naslaga i korozionih oštećenja na unutrašnjoj strani kotlovskih cevi.

U ovom radu dat je prikaz problematike korozije metala kao i efekata prisustva naslaga na unutrašnjoj površini kotlovskih cevi sa aspekta preventivnog i korektivnog održavanja postrojenja, kao i iskustva u primeni uređaja EMF3-MI za detekciju korozionih naslaga na cevima ispitivanjem bez razaranja na jednom domaćem postrojenju.

2. PREDLOG MODELA PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA KOTLOVSKIH CEVI

Veliki broj otkaza koji se javlja na većini kotlovskih postrojenja između planiranih remontnih zahvata pruža prostor za primenu preventivnih mera u procesu vođenja kotlovskog postrojenja (2). Definisane najsvrsishodnijih mera preventivnog održavanja nije lak zadatak. Termoenergetsko postrojenje, kao složeni sistem, se sastoji od velikog broja sistema, komponenti i delova pa se analiza otkaza može da sprovede na različite načine i na različitim nivoima.

Kada je u pitanju termoenergetsko postrojenje najpogodnije je da se analiza otkaza izvodi u tri faze:

1. Utvrđivanje posledica, odnosno efekata elementarnih otkaza komponenti na funkcionalnost termoenergetskog postrojenja,
2. Prepoznavanje kritičnih podsistema, odnosno komponenti sa aspekta broja otkaza,
3. Definisane dominantno-prioritetnih uzročnika pojave otkaza.

Vrlo važan aspekt ovakvih analiza je činjenica da one pružaju smernice u planiranju održavanja, odnosno definišu neophodne preventivne mere koje imaju za cilj očuvanje funkcionalnosti opreme, podizanje pouzdanosti kritičnih komponenti sistema i pouzdanost postrojenja u celini. Definisane kritičnih sistema odnosno komponenti, sa aspekta broja otkaza, sprovodi se na osnovu statističke analize i obrade podataka o svim otkazima termoenergetskog postrojenja. Međutim, važno je istaći da preventivno održavanje nije neophodno sprovesti kod svih sistema postrojenja, već samo kod kritičnih koji zadovoljavaju sledeće kriterijume (3):

Kao što je već istaknuto, podaci o strukturi otkaza domaćih termoenergetskih postrojenja, ukazuju da su otkazi kotla dominantni kod gotovo svih blokova, pri čemu je najveći broj otkaza kotlovskog postrojenja, kako po broju tako i po vremenu trajanja, vezan za otkaze cevnog sistema kotla (2, 4-5).

Otkazi cevnog sistema kotla su uslovljeni, pre svega, pucanjem cevi grejnih površina. Metal cevi pojedinih grejnih površina je tokom eksploatacije, u zavisnosti od toplotnog opterećenja i stanja agresivnog radnog fluida koji struji kroz cevi, izložen vrlo promenljivim termomehaničkim naponima.

Nestacionarni radni uslovi, tokom dugotrajne eksploatacije, predstavljaju vrlo pogodne preduslove za razvoj različitih tipova oštećenja metala cevi koji u konačnom dovode do pucanja cevi, otkaza komponente i zastoja postrojenja.

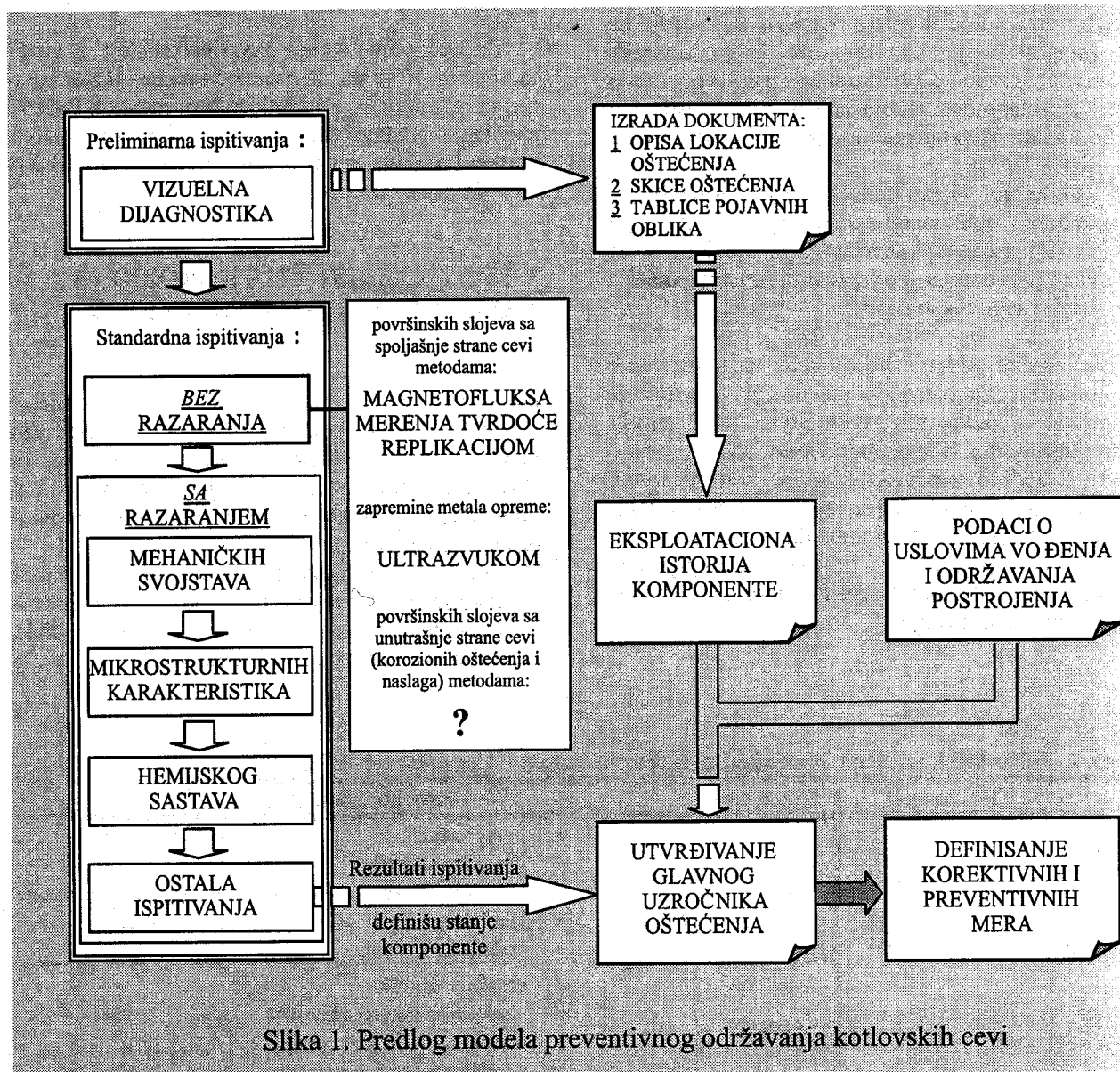
Stoga se nametnula potreba za postavljanjem odgovarajućeg opšteg modela preventivnog održavanja kotlovskih cevi koji definiše sve neophodne aktivnosti, postupke i analize koje treba sprovesti u tom cilju a koje istovremeno predstavljaju podlogu za definisanje najcelishodnijih korektivno preventivnih mera, slika 1.

Na osnovu poznavanja uzročnika oštećenja metala cevi definišu se korektivno preventivne mere. Oštećenje metala kotlovskih cevi može da nastane kao posledica dejstva jednog ili više procesa/mehanizama, pri čemu jedan mehanizam može da bude inicijalno dominantan, dok drugi ili ostali mogu da prouzrokuju konačno razaranje komponente (2).

Kombinovano dejstvo različitih mehanizama oštećenja se često javlja kod komponenata TE postrojenja, što dodatno otežava utvrđivanje glavnog, odnosno glavnih uzročnika oštećenja.

Neophodni ulazni podaci za utvrđivanje glavnog uzročnika pojave oštećenja metala kotlovskih cevi su:

1. Rezultati preliminarnih i standardnih ispitivanja,
2. Podaci o eksploatacionoju istoriji komponente, i
3. Podaci o uslovima vođenja i održavanja postrojenja.



Slika 1. Predlog modela preventivnog održavanja kotlovskih cevi

Zbog velikog broja otkaza zbog oštećenja cevno sistema kotla, ne postoji mogućnost da se u svim slučajevima obavi kompletna a ponekad čak i delimična procedura ispitivanja. Tada je, pre reparacije oštećenih cevi tokom zastoja, neophodno izvršiti vizuelni pregled oštećenih cevi i ostaviti trajan zapis o vremenu pucanja cevi, tačnoj lokaciji i makroskopskim karakteristikama oštećenja.

Definisanje procedure sprovođenja vizuelne dijagnostike oštećenja se, po našem mišljenju, bazira na izradi tri dokumenta koja smo nazvali:

Opis lokacije oštećenja, Skica oštećenja i Tablica pojava oblika a koji treba da predstavljaju izuzetno važan aspekt planiranja održavanja, jer obezbeđuju donošenje adekvatne ekspertske ocene o stanju postrojenja, neophodnost izvođenja pojedinih

remontnih aktivnosti, kao i mogućnost definisanja preporuka i preventivnih mera vezanih za eksploataciju kotlovskog postrojenja (2).

Rezultati ispitivanja sa i bez razaranja kotlovskih cevi predstavljaju jedan od najvažnijih podataka neophodnih za definisanje stanja i procenu eksploatacione upotrebljivosti komponente.

Međutim, i pored toga što rezultati ispitivanje na odgovarajućem, reprezentativnom, broju uzoraka pružaju dobar uvid u globalno stanje metala cevi kao i vrstu i karakter mehanizama oštećenja, oni često nisu dovoljni za utvrđivanje glavnog uzročnika oštećenja.

Pri tome je važno istaći da informacija o dominantnom mehanizmu oštećenja metala vrlo malo znači sa eksploatacionog stanovišta i sa stanovišta preventivnog održavanja bez informacija o uzrocima njegovog razvoja.

Neophodne dodatne informacije za utvrđivanje glavnog uzročnika oštećenja metala cevi proističu iz podataka o uslovima vođenja i održavanja postrojenja kao i iz eksploatacione istorije grejne površine. Jedino sistemski pristup, koji obuhvata sagledavanje kompleksne interakcije konstruktivnog rešenja, kvaliteta ugrađenog metala, eksploatacionih uslova i primenjivanih mera održavanja, omogućava sagledavanje neophodnih daljih mera korektivno-preventivnog održavanja.

Tokom planskih zastoja i otkaza postrojenja u zavisnosti od trajanja prekida, moguće je izvršiti ispitivanje stanja metala kotlovskih grejnih površina metodama bez razaranja. Pri tome standardno korišćene metode ispitivanja (magnetofluks, ultrazvuk, merenje tvrdoće, replikacija strukture) pružaju uvid samo u stanje površinskih slojeva metala sa spoljašnje strane cevi, kao i informacije o postojanju grešaka i oštećenja u zapremini metala.

Za ispitivanje stanja površinskih slojeva metala sa unutrašnje strane cevi metodama bez razaranja na raspolaganju je vrlo ograničen broj metoda. Poseban problem predstavlja utvrđivanje prisustva korozionih kratera i naslaga sa unutrašnje strane kotlovskih cevi metodama bez razaranja.

3. KARAKTERISTIČNA KOROZIONA OŠTEĆENJA KOTLOVSKIH CEVI

Pri proučavanju korozionih oštećenja metala generalno, kao i korozije metala kotlovskih cevi neophodno je sagledati korozione fenomene sa lokalnog aspekta u čijoj je osnovi složena interakcije tri faktora: materijal, radna sredina i termo-mehanički naponi. Upravo iz ove složene i nedovoljno istražene interakcije proističe veliki broj korozionih procesa metala cevi grejnih površina kotlova koji se mogu javiti tokom eksploatacije, Tabela 1.

Tabela 1: Prikaz karakterističnih tipova korozionog ataka metala kotlovskih cevi (6-7).

Komponenta TE postrojenja	Strana cevi	Vrsta korozionog ataka	
Kotlovske grejne površine	vodena*	<ul style="list-style-type: none"> • piting korozija • naponska korozija • kiselinska korozija • kaustična korozija • vodonična korozija 	<ul style="list-style-type: none"> • galvanska korozija • zaustavna korozija • korozija pod naslagama • korozioni zamor
	gasna**	<ul style="list-style-type: none"> • eroziona korozija • visokotemperaturska korozija • niskotemperaturska korozija • korozija pod naslagama 	

* - izložena dejstvu radnog fluida; ** - izložena dejstvu dimnih gasova

Korozioni procesi metala kotlovskih grejnih površina su uglavnom posledica termičkih preopterećenja, kvaliteta ugrađenog materijala i nepropisnog vodeno hemijskog režima 8.

4. ISKUSTVA U PRIMENI UREĐAJA EMF3-MI ZA DETEKCIJU KOROZIONIH NASLAGA

Najčešće korišćene metode za detekciju korozionih oštećenja zasnivaju se, pre svega, na ispitivanjima uzorka cevnog sistema sa razaranjem, endoskopskom ispitivanju ili merenju debljine u pojedinim tačkama cevnog sistema. Endoskopska metoda kao i ispitivanje uzoraka cevnog sistema predstavljaju izuzetno duge i skupe postupke, koje je najčešće nemoguće primeniti u širokoj oblasti cevnog sistema (10).

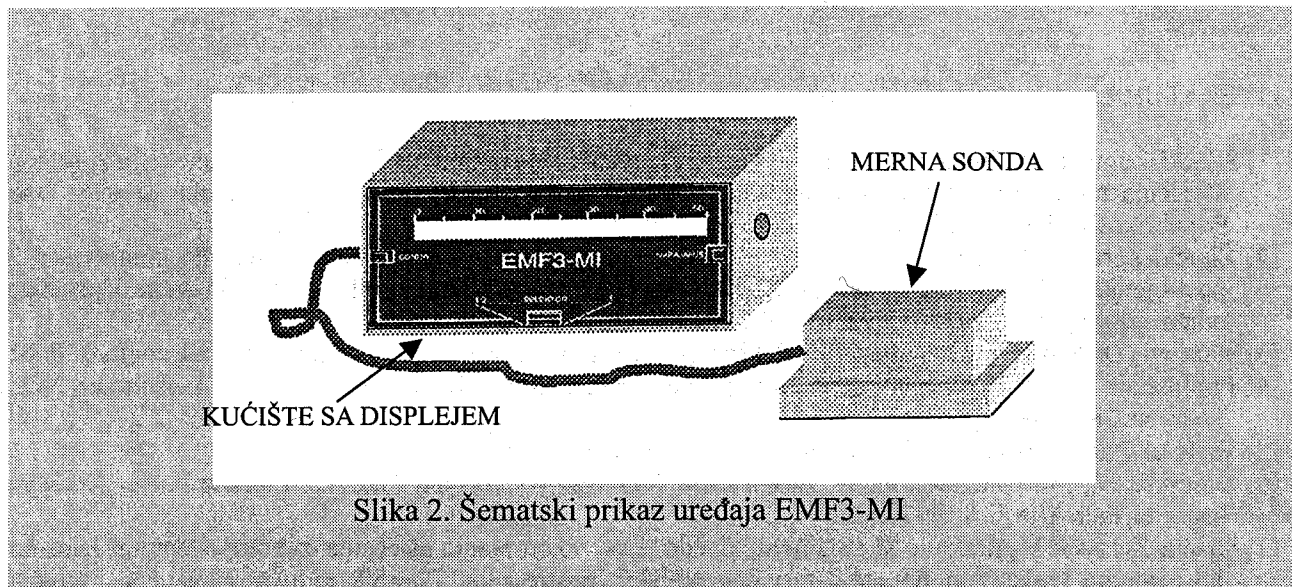
Sa druge strane, kontrola debljine zida cevi, iako jednostavna i laka metoda, ne daje pouzdane osnove za procenu stepena korozionih oštećenja, pošto se merna mesta biraju statistički, što najčešće ne

garantuje da su izabrana mesta istovremeno i mesta sa najvećim korozionim oštećenjima.

Imajući u vidu nedostatke dosadašnjih konvencionalnih metoda za detekciju korozionih oštećenja, na Mašinskom fakultetu u Beogradu u saradnji sa firmom ELZO razvijen je nov i u našoj zemlji jedinstven i sertifikovan uređaj, oznake EMF3-MI, za otkrivanje korozionih oštećenja i naslaga sa unutrašnje strane cevi bez razaranja cevi.

Princip rada uređaja zasniva se na efektu promene jačine magnetnog polja u prisustvu oštećenja pa se može koristiti za kontrolu i detekciju korozionih oštećenja samo kod magnetnih materijala (10).

Uređaj EMF3-MI je autonoman i prenosiv a sastoji se od tri komponente: kućišta sa displejom, merne sonde i kućišta sa akumulatorom, slika 2.



Slika 2. Šematski prikaz uređaja EMF3-MI

Izbor osetljivosti, odnosno baždarenje uređaja, se izvodi na odgovarajućem etalonu koji može da bude nova cev, bez korozionih oštećenja, ili cev iz eksploatacije sa grejne kotlovske površine.

Uređaj je korišćen za ispitivanje korozionog stanja kotlovske grejne površine (međupregrejač pare) na jednom domaćem termoenergetskom postrojenju. Učestala pucanja cevi međupregrejača tokom eksploatacije u znatnoj meri su snižavala eksploatacionu upotrebljivost postrojenja.

Tokom remontnih aktivnosti obavljeno je ispitivanje stanja unutrašnjih površina cevnog sistema međupregrejača pomoću uređaja EMF3-MI i to u zonama u kojima, tokom eksploatacije, nije dolazilo do pucanja cevi, pošto je bilo predviđeno da se tokom

ranije eksploatacije uočeni ugroženi cevni redovi u ograničenom obimu iseku i zamene.

Osnovna zamisao ispitivanja uređajem EMF3-MI je bila da se (9):

- ustanovi generalno stanje cevnog sistema celog međupregrejača sa aspekta korozije,
- utvrdi da li su izraziti korozioni atak i stanjenje zida cevi, uočeni na havarisanim cevima, prisutni i na cevima u delovima sistema van ugroženih redova, odnosno da se utvrdi obim i eventualna lokalizovanost oštećenja, a sve u svrhu određivanja moguće dalje pouzdane eksploatacije međupregrejača.

Na osnovu rezultata ispitivanja je konstatovano da su u svim ispitivanim pozicijama prisutna neprihvatljiva koroziona oštećenja, što ukazuje na to da se korozioni atak intenzivirao i na delove cevnog

sistema na kojima tokom eksploatacije nije dolazilo do pucanja cevi (9). Ovakav zaključak je rezultovao i u odgovarajućim preporukama čija je realizacija doprinela povećanju eksploatacione raspoloživosti i pouzdanosti celog sistema.

5. ZAKLJUČAK

U cilju iznalaženja optimalnih mera preventivnog održavanja cevi kotlovskih grejnih površina neophodno je izvršiti analizu velikog broja rezultata i podataka dobijenih na osnovu ispitivanja uzoraka cevi i cevi u kotli kao i na osnovu eksploatacione istorije postrojenja.

Nepostojanje odgovarajućih modela preventivnog održavanja nametnuo je potrebu za definisanjem predloga modela koji bi u svojoj osnovi sadržao sve relevantne ulazne podataka neophodne za utvrđivanje glavnog uzročnika oštećenja.


LITERATURA

- [1] Šijački-Žeravčić V., Bakić G., Đukić M. i dr.: Iskustva u primeni uređaja EMF3-MI za detekciju korozionih oštećenja na cevima cevnog sistema kotla, Zbornik radova sa konferencije Energetika Srpske, Teslić, Republika Srpska, str. 125, 2001
- [2] Šijački-Žeravčić V., Đukić M., Bakić G., i dr.: Značaj vizuelne dijagnostike oštećenja komponenti TE postrojenja u planiranju održavanja, Zbornik radova sa 4. konferencije DQM konferencije Upravljanje održavanjem, Vrnjačka Banja, str. 61-68, 2001
- [3] Marković D.: Sistem održavanja termoelektrane orijentisan ka pouzdanosti, Tehnika br. 4/5, Beograd, 2000
- [4] Publikacija TENT 1970-2000, 30 godina proizvodnje, Elektroprivreda Srbije, JP Termoelektrane Nikola Tesla, str. 28, 1999
- [5] Jović L.: Pucanje isparivačkih cevi kotlova, Tehnika br. 4/5, Beograd, 2000
- [6] Doley R. B., Mc Naughton W. P.: Boiler Tube Failures: Theory and Practice, Electric Power Research Institute, Palo Alto, CA 1997
- [7] Šijački-Žeravčić V., Radović M., Stamenić Z. i dr.: Tipovi korozionih oštećenja na komponentama izloženim korozionom ataku kod domaćih termoenergetskih postrojenja, Zbornik radova sa naučno stručnog savetovanja Energetika Jugoslavije '99, Zlatibor, str. 232-235, 1999

Veliki broj različitih korozionih procesa metala kotlovskih cevi koji se razlikuju kako po svom mehanizmu tako i po kinetici odvijanja dodatno otežava definisanje glavnog uzročnika oštećenja.

Poznato je da blagovremeno otkrivanje naslaga i korozionih oštećenja sa unutrašnje strane cevnog sistema kotla, predstavlja jedan od najvažnijih ali istovremeno i najtežih zadataka tokom redovnih kontrola stanja metala u ovim objektima.

Važno je istaći da rezultati ispitivanja uređajem EMF3-MI za detekciju korozionih oštećenja i naslaga predstavljaju vrlo dragocene podatke pri planiranju neophodnih i ekonomski najisplativijih mera preventivnog održavanja i preventivnog inženjeringa uopšte.

 **TERMO-SERVIS** DOOEL

1000 - Скопје, Мариовска - 17

+389(02) 779-702, 779-703

ПРЕТПРИЈАТИЕ ЗА ИНЖИНИРИНГ, ТРГОВИЈА,
ПРОИЗВОДСТВО, ИЗГРАДБА, ОДРЖУВАЊЕ,
РЕМОНТ И РЕВИТАЛИЗАЦИЈА НА МАШИНСКА
ОПРЕМА, НА ЕНЕРГЕТСКИ
И ИНДУСТРИСКИ ОБЈЕКТИ

