

UZROCI SMANJENJA RASPOLOŽIVOSTI PARNIH KOTLOVA

**Prof. dr Ljubiša Brkić,
Prof. dr Titoslav Živanović,
dr Dragan Tucaković,
Mašinski fakultet Beograd**

U radu su razmatrani uzroci smanjenja raspoloživosti parnih kotlova koji su posledica havarija, pa su podeljeni u tri grupe:

- greške pri izradi, montaži i remontu,
- greške usled starenja parnog kotla i
- greške izazvane ljudskim faktorom.

Navedene su greške koje spadaju u prvu grupu sa primerima karakterističnim za parne kotlove. Objasnjeni su uzroci smanjenja sigurnosti kotla zbog dužine radnog veka i prikazani procesi koji do toga dovode, a vezani su za parne kotlove. Na kraju su sistematizovane greške koje su posledica uticaja ljudskog faktora i dati primeri vezani za parne kotlove.

Ključne reči: sastav materijala, starenje parnog kotla, ljudski faktor

UVOD

Uzroci smanjenja raspoloživosti parnih kotlova koji su posledica havarija mnogobrojni su i najgrublje mogu da se podele na tri grupe:

- greške pri izradi, montaži i remontu,
- greške usled starenja parnog kotla i
- greške izazvane ljudskim faktorom.

Greške prve grupe izvrsno su sistematizovane u [1].

Pri izradi postrojenja ove greške javljaju se kao konstruktivne i tehnološke. U konstruktivne greške spadaju nepravilan izbor oblika elemenata konstrukcije (nepravilno konstruktivno rešenje), nepravilan izbor osnovnih dimenzija elemenata konstrukcije (pogrešno dimenzionisanje), nepravilna ocena nivoa eksploatacionog delovanja, nepravilna ocena položaja ili vrste oštećenja i tako dalje. U praksi se kod termoenergetskih postrojenja na uglj čest sreću navedene greške koje su posledica nedovoljno proučenih karakteristika goriva. Ukoliko se pravilno ne dimenzionišu kanali za aerosmešu, može da dođe, sa jedne strane, do nemogućnosti postizanja projektovanog kapaciteta mlina, a sa druge, do nepravilne raspodele ugljenog praha po visini ložišta. Smanjeni kapaciteti mlinova imaju za posledicu smanjenje kapaciteta kotla, što dovodi do gubitaka usled neproizvedene energije. Nepravilna raspodela ugljenog praha po visini ložišta povlači za sobom premeštanje oblasti sa najvišom temperaturom naviše (takozvano podizanje vatre).

Ova pojava povlači za sobom više posledica: neravnomerno toplotno opterećenje ekrana ložišta, moguće zašljakivanje grejnih površina u gornjem delu ložišta (na primer, ozračenog pregrejača pare), promenu celokupne toplotne šeme kotla i tako dalje. Usled toga dolazi do smanjenja kapaciteta kotla i do preteranog termičkog opterećenja grejnih površina u ložištu, što može da izazove promene u njihovom materijalu i dovede do eventualne havarije. Nepravilna procena nivoa eksploatacionog delovanja često je povezana, takođe, sa gorivom (ugljem) u smislu pogrešne ocene šljakujućih svojstava njegovog pepela. Pogrešna ocena te osobine dovodi do nepravilnog dimenzionisanja ložišta i do niza otežavajućih okolnosti koje mogu u drastičnom slučaju da dovedu do prekida rada kotla.

U tehnološke greške spadaju odstupanje sastava, strukture, mehaničkih osobina, nehomogenosti i tako dalje od vrednosti zahtevanih standardima i odstupanje dimenzija pojedinih elemenata konstrukcije u odnosu na projektovane vrednosti. Greške u hemijskom sastavu ogledaju se u odstupanju sadržaja legirajućih elemenata od predviđenog standardima i razugljeničenju površinskih slojeva materijala. Greške u strukturi javljaju se u vidu odstupanja veličine zrna, sadržaja feritne baze, sadržaja perlitne baze i tako dalje u odnosu na vrednosti tražene standardima. Nehomogenost je izazvana prisustvom nemetalnih uključaka – sulfida, oksida i silikata u količini većoj od dozvoljene prema standardima. Za razliku od

grešaka konstruktivne prirode, koje mogu da se u kratkom roku eksploatacije otkriju, tehnološke greške u materijalu javljaju se kao skrivene, vremenom se aktiviraju i mogu da izazovu razaranje elementa.

Pri montaži mogu da nastanu greške na fabrički zavarenim spojevima (neprovvari, prokapljine, prslina, nalepljivanje i tako dalje), odstupanja u parametrima režima zavarivanja i prethodnoj i naknadnoj termičkoj obradi u odnosu na projektom predviđene, odstupanje u kvalitetu i stanju površine od vrednosti propisane standardima i projektom, mehaničke povrede površine metala pri transportu i montaži, nepravilna montaža elemenata konstrukcije i greške zavarivanja na montažnim spojevima. Nije na odmet ovde napomenuti da su pri montaži parnih kotlova u elementima pod pritiskom zaboravljeni predmeti (snop elektroda, komad drvene grede od skele za montažu) koji su u kasnijoj eksploataciji izazivali veoma ozbiljne havarije.

Pri remontu postrojenja mogu da nastanu prslina izazvane visokim nivoom zaostalih napona od zavarivanja ili koncentracijom napona, greške zavarivanja (među navedene greške pri zavarivanju treba ubrojiti i korišćenje neodgovarajućih elektroda pri remontu) i pogrešna montaža elemenata.

Najčešće greške iz prve grupe, koje su istovremeno i najopasnije, sa veoma teškim posledicama su [1]:

- odstupanje od hemijskog sastava, strukture, mehaničkih osobina i količine uključaka u odnosu na zahtevane po standardima i
- pojava grešaka zavarivanja (neprovvara, prokapljina i tako dalje).

Radni vek parnog kotla i uslovi eksploatacije veoma utiču na stanje njegovih elemenata pod pritiskom i mogućnost pojave razaranja materijala. Osnovni uticaji na sigurnost elemenata parnog kotla potiču od rada sa promenljivim toplotnim opterećenjem i pojave različitih vidova korozije.

Razloga za promenu toplotnog opterećenja u odnosu na projektovanu vrednost ima veliki broj. Tu se mogu ubrojiti rad sa kapacitetom većim od nominalnog, zaprljanost grejnih površina sa strane prijemnika toplote (pogoršano hlađenje metala), povećani sadržaj pare u mešavini u isparivaču, promena toplotne šeme kotla zbog zašljakovanosti ložišta i tako dalje. Pored povećanog toplotnog opterećenja, na stanje metala grejnih površina kotla utiču i

takozvani temperaturski šokovi koji nastaju kada prijemnik toplote niže temperature dođe u kontakt sa metalom koji je na višoj temperaturi. To se može desiti pri naglom sniženju temperature napojne vode, pojavi raslojenog strujanja u horizontalnim isparivačkim cevima, nepredviđenom kontaktu napojne vode na temperaturi nižoj od tačke ključanja sa dobošem kod kotlova sa prirodnom cirkulacijom i tako dalje. Sve ovo dovodi do zamora materijala i do eventualnih pojava prslina, naročito na elementima parnih kotlova sa debelim zidovima (doboši kod kotlova sa prirodnom i prinudnom cirkulacijom, kolektori). Pored toga, u drastičnim slučajevima odsustva hlađenja metala može da dođe i do promene oblika elemenata kotla pod pritiskom, odnosno pojave deformacije.

Navedene varijacije temperature i pritiska, naročito nagle, dovode do promene karakteristika metala u odnosu na one koje je on imao pri ugradnji, što može lako da dovede do havarije ugroženih elemenata, naročito onih, kako je već rečeno, sa debelim zidovima, koji ujedno predstavljaju i najskuplje delove parnog kotla.

Naročito velike štete kod parnih kotlova može da nanese korozija koja se javlja sa strane predajnika toplote (dimnih gasova) i sa strane prijemnika toplote. Sa strane dimnih gasova nastaju niskotemperaturska i visokotemperaturska korozija. Niskotemperaturska korozija je posledica prisustva sumpora u gorivu i nastaje kondenzacijom pare sumporne kiseline koja, pod određenim uslovima, nastaje tokom rada kotla na površinama metala čija je temperatura niža od njene tačke rose. Ova korozija može da izazove stanjenje zidova cevi zagrejača vode i zagrejača vazduha i dovede do njihovog konačnog oštećenja. Pojava niskotemperaturske korozije je različitim konstruktivnim i termodinamičkim merama kod kotlova novijih konstrukcija sprečena, pa se u eksploataciji može pojaviti samo usled grube nepažnje.

Poseban vid niskotemperaturske korozije javlja se pri stajanju kotla, pa se naziva stajaća (*stand by*) korozija. Naime, posle obustave rada kotla, gasovi se zadržavaju u prostorima koji se ne mogu provetrirati (na primer, između cevi ložišta i izolacije, ukoliko to dozvoljava konstrukcija ekrana). Posle hlađenja, sumporna kiselina iz gasova se kondenzuje i izaziva koroziju nepristupačnog dela cevi, što je veoma opasno, jer se prilikom pregleda ne može uočiti. Stajaća korozija se može javiti i sa unutrašnje strane

grejnih površina. Ona nastaje ako je kotao posle obustavljanja napunjen vodom u kojoj se sadrži kiseonik. Međutim, ovo se može sprečiti ukoliko se osoblje pridržava pogonskih uputstava.

Visokotemperaturna korozija napada metal koji je na visokim temperaturama (na primer, cevne zmiye pregrejača pare) i javlja se kao posledica procesa koji se odvijaju u tim uslovima. Mogu da je izazovu različiti elementi koji su sadržani u gorivu, a najčešće vanadijum koji se sadrži u tečnom gorivu.

Najčešći vid korozije sa strane prijemnika toplote je kiseonička korozija koju izaziva prisustvo kiseonika u vodi. Samo se po sebi razume da se protiv pojave ove korozije u eksploataciji parnih kotlova preduzimaju različite mere (deaeracija napojne vode u cilju odstranjenja gasova rastvorenih u njoj, doziranje hemikalija koje vezuju kiseonik iz vode), pa se ona tokom regularne eksploatacije retko pojavljuje.

Tokom dugogodišnje eksploatacije parnih kotlova uočen je još niz oblika korozije sa strane prijemnika toplote, kao što su nitritna, galvanska, podslojna, međukristalna i parnovodena.

Kao što se iz izloženog vidi, na pojavu oštećenja kod parnih kotlova veoma može da utiče kvalitet napojne vode u smislu sadržaja primesa koje stvaraju naslage sa strane prijemnika toplote (kamenac) i rastvorenih gasova koji izazivaju koroziju. Problem kvaliteta napojne vode kod velikih termoenergetskih postrojenja praktično ne postoji, jer ona rade sa kondenzatom i relativno malom količinom dodatne vode koja je potpuno demineralizovana, a isto tako se pomno vrši i deaeracija. Problemi sa kvalitetom napojne vode mogu da se jave kod manjih postrojenja, u prvom redu kod onih koja snabdevaju parom različite tehnološke procese. Kod ovakvih postrojenja se ne vraća celokupna količina kondenzata, a veoma često se i sav kondenzat baca. Prvi problem koji može da se javi je mešanje materije iz tehnološkog procesa sa kondenzatom koji se vraća u napojni rezervoar, što može da se desi pri nekom kvaru u tehnološkom delu. Naročito opasne materije u ovom smislu su nafta i šećer, jer na unutrašnjoj površini cevi kotlovskih elemenata stvaraju naslage koje veoma brzo dovode do pregrevanja metala i havarija u širokom obimu. Drugi problem je kvalitet vode kojom se

zamenjuje kondenzat koji se ne vraća u postrojenje. Obično se pripremi ove vode ne posvećuje potrebna pažnja, što može da dovede do nesagledivih posledica.

Naslage sa unutrašnje strane mogu da se pojave i na cevima pregrejača pare, što je naročito opasno, jer su oni smešteni u oblastima visokih temperatura dimnih gasova. Te naslage nastaju usled povlačenja kapljica vode sa parom i usled nepropisnog kvaliteta vode koja se u struju pare ubrizgava u cilju regulisanja njene temperature.

Dugogodišnji neizbežan rad sa promenljivim režimima uz temperaturne šokove i dejstvo korozivnih procesa dovodi do slabljenja i stanjivanja elemenata parnih kotlova koji rade pod pritiskom, što u svakom momentu može da dovede do razaranja materijala. Stoga je neophodno da se sprovedu opsežna ispitivanja stanja delova kotlova pod pritiskom, naročito onih sa debelim zidovima i utvrde mere potrebne da se eventualne velike štete spreče. Da bi se to omogućilo, neophodno je pre svega pomno voditi dnevnik postrojenja i konstatovati incidentne situacije u radu postrojenja i uredno voditi evidenciju o delovima postrojenja koji su zamenjeni, uz svu potrebnu dokumentaciju sa relevantnim podacima. Nažalost, celokupna domaća energetika, kako velika, tako i mala, radi sa postrojenjima kojima je, takoreći, istekao vek trajanja. Utešno je to što se u novije vreme planiraju i uspešno sprovode mere revitalizacije termoenergetskih objekata, a u retkim slučajevima se grade i novi.

Greške koje dovode do smanjenja raspoloživosti parnih kotlova usled pojave oštećenja koja su izazvana ljudskim faktorom nastaju usled sledećih propusta [2]:

- propust da se primeti,
- propust da se poveže i
- propust pri vršenju procene.

Ukoliko je osoblje propustilo da primeti pojavu koja može da dovede do havarije, reč je o gruboj grešci izazvanoj nesavesnim odnosom prema radu. Teško je zamisliti da osoblje u termoenergetskim objektima može da učini ovakav propust. Ukoliko se to ipak desi, najverovatnije je da se može tumačiti kao nehat, učinjen bez namere da do havarije dođe.

Ukoliko se pojavi znak da će se neki incident desiti, pa se on ne poveže sa mogućom posledicom, reč je o nedovoljno obučenom osoblju, pa doučavanju treba posvetiti naročitu pažnju.

Pogrešna procena posledice određenog postupka u eksploataciji svih postrojenja, pa i parnih kotlova, je takođe posledica nedovoljnog stručnog obrazovanja, što takođe treba otkloniti.

Kao primer za prvu grupu propusta (propust da se primeti) može da posluži trivijalan događaj koji se desio u jednom malom postrojenju sa većim brojem kotlova. Naime, u tom postrojenju je jedan od kotlova bio ispražnjen i osoblje je, da bi isključilo zvučni alarm, blokiralo regulator napajanja u položaju normalnog nivoa. Kada je taj kotao napunjen i otpočeo sa radom, vrlo brzo je voda iz njega isparila, tako da je pregoreo ceo cevni sistem kotla. U ovom slučaju je teško da se pretpostavi da je propust učinjen namerno, već se može objasniti nehatom, doduše teškim.

Navodi se i jedan primer postupka u eksploataciji koji može da se svrsta u drugu ili treću grupu postupaka (propust da se poveže ili propust da se proceni). To je naglo povećanje potrošnje pare iz kotla, to jest, nedozvoljeno velika brzina snižavanja radnog pritiska kotla, što može da se desi i dešavalo se u manjim termoenergetskim postrojenjima. Pri naglom povećanju potrošnje pare pritisak u isparivaču naglo se snižava u odnosu na prethodni, a sa njime i temperatura mešavine vode i pare u isparivaču. Toplota akumulirana u metalu, vodi i pari koji su bili na višoj temperaturi počinje da se predaje mešavini i voda iz mešavine počinje da isparava. Usled enormnog povećanja sadržaja pare u mešavini dolazi do smetnji u prirodnoj cirkulaciji i do odsustva hlađenja metala cevi, usled čega dolazi do veoma obimne havarije, kojoj u drastičnim slučajevima može biti podvrgnut i zagrevač vode.

LITERATURA

- /1/ Vera Šijački Žeravčić i dr.: Uticaj kvaliteta materijala na pouzdanost termoenergetskog postrojenja, Elektroprivreda br. 4, Beograd, Oktobar-Decembar 2001
- /2/ Miloš Bajić i dr.: Poboljšanja rada blokova u TENT - B (2 x 620 MW) primenom novih tehničkih rešenja, Simpozijum ELEKTRANE 2004, Vrnjačka Banja, Novembar 2004

REASONS OF THE DECREASED STEAM BOILERS RELIABILITY

In this paper discussed are the reasons of the decreased steam boilers reliability caused by damages, and are classified into three groups:

- manufacture, assembling and repairing failures,
- failure caused by steam boiler aging and
- failure caused by human factor.

In this paper failures belonging to the first group, along with examples characteristic for steam boilers are given. Explained are the reasons of the decreased steam boilers reliability caused by prolonged exploitation, together with processes leading to described situations. Finally, systematized are failures resulting from human factor and given examples concerning steam boilers.

Key words: material composition, steam boiler aging, human factor