

METODE ČIŠĆENJA I ODSTRANJIVANJA KAMENCA S PARNIH KOTLOVA U FUNKCIJI UNAPRIJEĐENJA RADA KOTLOVA

METHODS OF CLEANING AND REMOVAL OF LIME SCALE FROM STEAM BOILERS IN THE FUNCTION OF THE IMPROVEMENT OF WORK OF BOILERS

Emir Đulić, dipl. inž. maš
Univerzitet u Zenici, Mašinski fakultet

REZIME

U području izgradnje energetskih, toplotnih i procesnih sistema problemi gradnje ali i održavanja istih čine zasebno područje. Rad se bavi istraživanjem mogućnosti unaprijeđenja rada parnih kotlova s aspekta tehnologije održavanja istih, a u funkciji odstranjivanja kamenca jer gomilanjem kamenca na zidovima parnih instalacija dolazi do neželjenih i štetnih posljedica koje se manifestuju u smanjenju ekonomičnosti kotla te povećanju temperature obloge i njenoj koroziji. Kamenac je vrlo slab provodnik toplote, tako da njegova naslaga ne samo što povećava debljinu zidova parnog kotla, već predstavlja i smetnju prolazu toplote, i to utoliko veću, ukoliko je deblja. U radu će biti predstavljene smjernice i preporuke za pravilno čišćenje parnog kotla uz opis pojedinih metoda rada.

Ključne riječi: parni kotlovi, kamenac, održavanje, postupaci čišćenja, preporuke

ABSTRACT

In the field of construction of energy, heat and process systems, the problems of building and maintaining the same are a separate area. The paper deals with the research of the possibilities of improving the operation of steam boilers from the aspect of the maintenance, all in the function of removing lime scale because the accumulation of lime scale on the walls of steam installations leads to unwanted and harmful effects that manifest in reducing the boiler's economy and increasing the temperature of the liner and its corrosion. The lime scale is a very weak conductor of heat, so that its sediment increases not only the thickness of the walls of the steam boiler, but also interferes with the passage of heat, and this is even greater, if it is thicker. The paper will present guidelines and recommendations for proper cleaning of the steam boiler with description of individual working methods.

Keywords: steam boilers, stone, maintenance, cleaning procedures, recommendations

1. KOTLOVSKA POSTROJENJA

Osnovni zadatak kotlovskog postrojenja je transformacija hemijske energije goriva u toplotnu energiju radnog fluida, a u pravilu mu je glavni dio parni kotao – protočni sistem za transformisanje energije. Osnovna namjena parnog kotla je proizvodnja vodene pare pritiska većeg od atmosferskog koja se može koristiti za dobijanje mehaničkog rada, za grijanje i za industrijske procese ili za kombinaciju proizvodnje mehaničkog rada i toplote.

U nekom najjednostavnijem i općem smislu možemo reći da je parni kotao velika zatvorena cilindrična posuda od čelika, u kojoj se isparava voda pomoću toplote pri stalnom pritisku. Gorivo sagorijeva u ložištu na rešetki. Ispod rešetke nalazi se pepelište, u koje pada pepeo. Ispušni plinovi obilaze oko ogrjevne površine kotla i dimnim kanalom (dimovod) odlaze u dimnjak. Kotao je izrađen u obliku cilindra ili kao kombinacija cilindra, odnosno bubnjeva i cijevi. Ovakvom kombinacijom povećava se aktivna površina kotla, kroz koju toplina prolazi od ispušnih plinova na vodu. Potreban zrak za sagorijevanje dovodi se u ložište prirodnom ili umjetnom ventilacijom. Dolazak svježeg zraka u ložište ovisi o razlici pritiska vanjske atmosfere i pritiska u ložištu. Ako razliku pritiska proizvodi samo dimnjak, onda je to prirodna ventilacija, ako je pak proizvodi ventilator, onda je to umjetna ventilacija.

Para se skuplja u sabiraču pare, takozvanom parnom domu na vrhu kotla, odakle se vodi parovodom do parnog stroja, odnosno na mjesto upotrebe. Svaki kotao mora imati stanovite uređaje za ispravan pogon i kontrolu pravilnog rada parnog kotla. Ti se uređaji zovu armatura parnog kotla.

2. KAMENAC ILI KOTLOVAC

Kamenac ili kotlovac je naslaga minerala koja se prvenstveno sastoji od kalcijevih i magnezijevih karbonata. Kamenac nastaje grijanjem vode koja sadrži topive bikarbonatne soli koje su toplinski nestabilne i razlažu se na karbonate. Na stvaranje kamenca utječe nekoliko faktora; velika privremena tvrdoća vode, povišena pH vrijednost (alkaličnost) vode i povišena temperatura. Naslage kamenca prvenstveno se stvaraju na površinama za prijenos topline (izmjenjivači topline). Problem je najizraženiji u sistemima gdje se koristi tvrda voda i gdje se voda stalno nadopunjuje. Međutim, čak i zatvoreni sistemi grijanja nisu otporni na stvaranja naslaga kamenca. Kamenac se taloži iz vode početnog punjenja i vode koje se nadopunjuje zbog gubitka uzrokovanog isparavanjem ili curenjem na instalaciji.

Naslage kamenca mogu smanjiti učinkovitost kotla, što u konačnici znači povećanje troškova i veću emisiju ugljikovog dioksida CO₂. Taloženje kamenca nije ravnomjerno što dovodi do stvaranja vrućih tački, uzburkanosti vode, i stvaranja buke u sistemu. Naslage kamenca smanjuju protok vode i mogu uzrokovati oštećenje važnih dijelova kotla kao što je pumpa. Zbog vlastite toplote koju pumpa stvara prilikom rada dolazi do taloženja kamenca unutar kućišta pumpe što može smanjiti protok vode i smanjiti njen vijek trajanja.

Na hemijski sastav kamenca u raznim dijelovima parnog kotla presudan uticaj ima temperatura. Od svih hemijskih jedinjenja koja imaju udjela u stvaranju kotlovske kamena, jedino rastvorljivost kalcijumsulfata opada sa porastom temperature, dok se za sve ostale soli rastvorljivost povećava. Baš zbog toga se na najzagađenijim dijelovima parnog kotla izdvaja kotlovski kamenac koji je najbogatiji sadržajem kalcijumsulfata, dok se prema hladnijim mjestima izdvaja kamenac siromašniji kalcijumsulfatom. Obrnuto, na najzagrivanim mjestima parnog kotla, kamenac sadrži vrlo malu količinu kalcijum karbonata, dok se kamenac koji se stvorio na najhladnijim dijelovima pretežno sastoji iz kalcijumkarbonata. Isto tako i kotlovski mulj, koji se stvara u središtu vodene mase u parnom kotlu, uglavnom ima veliki procenat kalcijumkarbonata, jer se izdvaja na mjestu koje je relativno najmanje zagrijano. Ova promjenljivost u debljini i hemijskom sastavu kotlovske kamena u pojedinim dijelovima parnog kotla je od velikog značaja kod čišćenja i odstranjivanja kamenca. Raznolikost baš i predstavlja veliku smetnju i prepreku kod odstranjivanja kamenca. Ovo se naročito ogleda kod hemijskog čišćenja kotlova. Na lakoću rastvaranja pored debljine sloja utiče i njegov hemijski sastav. Karbonatni sloj koji je tanji, pa već se zbog toga brže rastvara, još mnogo brže se odstranjuje i radi toga, što karbonati lakše i brže reaguju s kiselinama, dok sulfatni sloj koji je deblji, teže i sporije reaguje.

3. POTREBA ZA ČIŠĆENJEM PARNIH INSTALACIJA

Kamenac je vrlo slab provodnik toplote, tako da njegova naslaga ne samo što povećava debljinu zidova parnog kotla, već predstavlja i smetnju prolazu toplote, i to utoliko veću, ukoliko je naslaga deblja. Uslijed toga opada količina toplote koja se iskorišćuje za isparavanje vode, smanjuje se također i količina proizvedene pare, a smanjuje se i korisni efekat rada. Zbog toga dolazi do prekomjernog trošenja goriva, što se ispoljava kao smanjenje ekonomičnosti. Koliku smetnju predstavlja naslaga kamenca ilustruje sljedeće poređenje; ako se toplotna provodljivost bakra označi sa 100, onda toplotna provodljivost gvožđa iznosi 42, toplotna provodljivost kamenca koji se sastoji pretežno iz kalcijumkarbonata iznosi samo 2,45, a provodljivost kamenca koji se sastoji iz kalcijumsulfata svega 1,60. Uslijed male toplotne provodljivosti kamenca nastupa jako pregrijavanje limene obloge kotla, koja više nije u direktnom kontaktu s vodom. Uslijed toga pregrijani metal dolazi u dodir sa sagorjelim gasovima iz goriva, koji djeluju više ili manje oksidujuć i sulfirajući, što zavisi od vrste i kvaliteta upotrebljenog goriva. Kao posljedica toga nastupaju hemijske promjene omotača, što lako dovodi do probijanja parnog kotla.

Druga mogućnost je odvaljivanje jednog dijela kamenca u samom kotlu tokom rada. Voda naglo dolazi u dodir s pregrijanim metalnim omotačem, nastupa burno razvijanje vodene pare, što može imati za posledicu eksploziju parnog kotla. Zbog povećane temperature kotlovske obloge i prisustva kamenca nastupa pojačana korozija obloge. Pretpostavlja se da koroziju uglavnom izazivaju kiseli sastojci kotlovske naslage (kamenac). Na taj način dolazi do slabljenja limene obloge i do razjedanja pojedinih mjesta na njoj, uslijed čega kotao više nema takvu sigurnost kao prije i ne može da izdrži velika opterećenja za koja je predviđen.

4. POSTUPCI SPREČAVANJA STVARANJA NASLAGA

Pojavljivanje kamenca u parnim kotlovima se ne može u potpunosti spriječiti, ali se može smanjiti na vrlo malu mjeru; prečišćavanje vode i primjena antikotlovaca. Prečišćavanje vode se sastoji u njenom oslobađanju od sastojaka koji mogu da izazovu pojavu kotlovske naslage, prije njenog unošenja u parni kotao. Najpogodnija sredstva za prečišćavanje vode su jonski izmjenjivači, u kojima je moguće osloboditi vodu skoro u potpunosti od katjona i anjona koji izazivaju pojavu kamenca. Osim ovog načina, prečišćavanje vode je moguće vršiti i relativno primitivnim sredstvima. Prečišćavanje vode (demineralizacija) nije od tolikog značaja, kao što je primjena "antikotlovaca", sredstava koja sprečavaju stvaranje kamenca kod napajanja parnog kotla sirovom vodom. To je naročito slučaj kod pokretnih parnih kotlova. Protivkotlovci su hemijska sredstva koja se u malim količinama dodaju sirovoj vodi za napajanje parnog kotla. Oni služe za sprečavanje stvaranja kotlovske naslage. U stvari, protivkotlovci ne sprječavaju stvaranje taloga u parnom kotlu, već oni samo sprječavaju izdvajanje tog taloga u obliku kamenca, a favorizuju i pomažu njegovo izdvajanje u obliku kotlovske mulje, koji se vrlo lako odstranjuje iz parnog kotla. Pored toga što sprječavaju stvaranje naslage kamenca na zidovima parnog kotla, protivkotlovci djeluju i na stare naslage u kotlu, koje postepeno prevode u oblik mulje.

5. PREPORUKE ZA ODSTRANJIVANJE KAMENCA

Postoji više načina za skidanje ili odstranjivanje kotlovske naslage; mehanički, hemijski i fizički - električni postupci (osmoza, ultrazvuk i slično).

Mehanički način obuhvata sva moguća sredstva za mehaničko odstranjivanje kotlovske naslage, od najprimitivnijeg načina sidanja pomoću dijetla i čekića, pa do modernih metoda pomoću pneumatskih alatki. Hemijski načini se sastoje u tretiranju kamenca pogodnim hemijskim sredstvima, uglavnom kiselinama, pomoću kojih se sastojci kamenca dotad nerastvoreni u vodi hemijskim promjenama prevode u jedinjenja koja su u vodi lako

rastvorljiva, i kao takva se ispiranjem odstranjuju iz kotla. I mehanički i hemijski načini odstranjivanja kamenca zavise u velikoj mjeri od tvrdoće kotlovskeg kamenca i njegovog hemijskog sastava. U zavisnosti od ovih dviju komponenata, odabire se pogodan postupak. Mehanički način za skidanje kotlovskeg kamenca obuhvata mnogobrojne i raznolike postupke. U zavisnosti od tvrdoće kamenca odabire se postupak za njegovo skidanje. U svakom slučaju skidanju zapečenih slojeva prethodi odstranjivanje mekog i rastresitog površinskog sloja, koji uvijek prekriva tvrdi sloj. Odstranjivanje ovog mekog sloja se vrši četkanjem pomoću specijalnih četaka sa vlaknima od žice. Poslije četkanja i skidanja površinskog sloja kamenca pristupa se ili struganju pomoću naročitih strugača, ili odbijanju kamenca pomoću dijetla. Pored ovih primitivnih načina za mehaničko kidanje kotlovskeg kamenca, primjenjuju se i moderne metode rada. Tako se upotrebljavaju pneumatične alatke, velikog broja vibracija. Rad s ovim alatkama je ubrzan i olakšan, ali je još uvijek potrebno potpuno isprazniti kotao, i rastaviti ga, što je skopčano s velikim gubitkom vremena. Hemijske metode za odstranjivanje kotlovskeg kamena mogu se po sredstvu koje se upotrebljava podijeliti u tri grupe; metode sa primjenom mineralne kiseline, metode s primjenom soli ili alkalija i metode s primjenom smjesa raznih jedinjenja.

Prva grupa metoda obuhvata metode u kojima se za odstranjivanje kotlovskeg kamena primjenjuju mineralne kiseline. Najčešće se upotrebljava hlorovodonična kiselina, a u rjeđim slučajevima i sumporna i fosforna kiselina. Pored kiselina, obavezno se mora upotrijebiti i "inhibitor", tj. sredstvo koje će zaštititi oblogu parnog kotla od korozivnog djelovanja mineralne kisleine.

Druga grupa metoda obuhvata metode u kojima se primjenju mineralne soli ili alkalije, većinom one iste koje se upotrebljavaju i za spriječavanje stvaranja kotlovskeg kamenca to jest, antikotlovcu. Najviše se upotrebljavaju natrijumkarbonat i tercijarni natrijumfosfat.

Treća grupa metoda obuhvata postupke kod kojih se za skidanje kotlovskeg kamena upotrebljavaju smjese raznih jedinjenja, mješavina organskih i neorganskih jedinjenja, komplikovanog sastava, koje su većinom zaštićene kao patenti, a poznate pod trgovačkim nazivima.

Po načinu svog djelovanja i primjeni hemijska sredstva za otklanjanje kotlovskeg kamena se dijele u dvije grupe:

- sredstva koja se primjenjuju po prekidu rada parnog kotla i
- sredstva koja se primjenjuju za vrijeme rada parnog kotla.

U prvu grupu spadaju sve mineralne kiseline, jer je kod njihove upotrebe neophodno isprazniti kotao i tek tada pristupiti čišćenju pomoću njih. Trajanje čišćenja ovim sredstvima obično je od nekoliko časova, pa do najviše dva ili tri dana, što zavisi od hemijskog sastava kamenca. U drugu grupu spadaju sredstva koja omogućavaju odstranjivanje kotlovskeg kamena za vrijeme rada parnog kotla, bez ikakvog prekidanja zagrijavanja. Među njima je najpoznatiji tercijarni natrijumfosfat. Ova sredstva se dodaju vodi za napajanje kotla, i na taj način se unose u parni kotao. Ona postepeno pretvaraju kotlovski kamen u mulj, koji se odstranjuje iz kotla izduvavanjem. Skidanje kamenca pomoću ovih sredstava traje mnogo duže, obično od jednog pa do tri mjeseca, a u nekim slučajevima i više.

U odnosu na hemijski način odstranjivanja kotlovskeg kamenca, mehanički način ima mnogobrojne nedostatke. Na prvo mjesto svakako dolazi gubitak vremena, a na drugo velika vjerovatnoća oštećenja kotla. Da bi se kotao očistio mehaničkim putem, treba ga isprazniti, rastaviti (ovo je neophodno, jer se do nekih dijelova kotla u protivnom ne može doprijeti), očistiti, sastaviti i ponovo pustiti u rad. Za sve ove radnje je potrebno dosta vremena, i za sve

to vrijeme kotao se ne može upotrebljavati, što je skopčano s ekonomskim gubitkom. Nasuprot, čišćenje hemijskom metodom traje obično svega nekoliko časova, i ne zahtijeva rastavljanje kotla. Kod mehaničkog načina čišćenja postoji uvijek vrlo velika vjerovanoća oštećenja obloge parnog kotla i pored najpažljivijeg rada, dok kod hemijskog načina, kad se primjeni inhibitor ne postoji uopšte mogućnost za bilo kakvo oštećenje. S ekonomske tačke gledišta, na prvi pogled izgleda da je mehanički način odstranjivanja kotlovske kamena mnogo jeftiniji. Međutim, kad se uzme u obzir vrijeme koje se gubi i izdaci oko rastavljanja i montiranja parnog kotla, troškovi u oba slučaja ispadaju skoro isti. Zbog toga treba u potpunosti odbaciti mehanički način skidanja kamanca i primjenjivati isključivo razne hemijske postupke, pridržavajući se uputstva za rad.

6. OPIS POJEDINIH HEMIJSKIH METODA ODSTRANJIVANJA KAMENCA

U nastavku je dat opis sljedećih postupaka za odstranjivanje kamenca:

- upotrebama mineralnih kiselina,
- upotrebom Antidepona i
- upotrebom drugih kiselina i soli.

6.1. Odstranjivanje kotlovske kamena pomoću mineralnih kiselina (HCL kiselina)

Ovaj hemijski postupak za odstranjivanje kamenca zasniva se na njegovom rastvaranju u mineralnoj kiselini i odstranjivanju iz parnog kotla u rastvorenom obliku. Kao sredstvo za rastvaranje služi tehnička hlorovodoničana kiselina (sona kiselina – „salcgajst“) uz dodatak odgovarajućeg inhibitora na primjer „Inhibin“.

Postupak obuhvata sljedeće faze:

1. Pripremanje rastvora hlorovodonične kiseline

- a) Tehnička hlorovodonična kiselina, koja sadrži oko 32 do 34% gasovitog hlorovodonika razblaži se vodom, tako da se dobije 5 do 8% kiselina.
- b) U odnosu na tako dobiveni rastvor hlorovodonične kiseline, doda se 0,5% inhibitora „Inhibina“. Inhibitor se prije dodavanja promućka, tako da se dobije homogen rastvor, zatim se odmjeri potrebna količina, i uz miješanje se doda rastvoru hlorovodonične kiseline, u kom se rastvori.

2. Pripremanje parnog kotla za skidanje kamenca:

- a) Iz parnog kotla se za vrijeme zagrijavanja što je moguće bolje odstrani mulj, pa se zatim zagrijavanje postepeno smanjuje, tako da se kotao postepeno hladi.
- b) Pošto se sadržina kotla ohladila, voda se ispusti napolje.

3. Rastvaranje kamenca

- a) U parni kotao se unese određena zapremina hlorovodonične kiseline kojoj je dodat inhibitor. Količina kiseline odgovara zapremini kotla.
- b) Pomoću pumpe rastvor hlorovodonične kiseline se izvlači iz kotla u prihvatni sud, koji treba da je po zapremini ravan polovini zapremine kotla. Opet pomoću pumpe, kiselina se iz prihvatnog suda ponovo vraća u kotao. Cirkulacija kiseline je potrebna radi bržeg rastvaranja kotlovske kamena. Ona se održava 3 do 6 časova, što zavisi od koncentracije kiseline i debljine naslage kamenca.
- c) Po završenom rastvaranju kamenca u jednom parnom kotlu, kiselina se prebacuje u drugi, i tako se koristi sve dok se potpuno ne utroši.

4. Ispiranje kotla

- a) Kotao se nekoliko puta napuni i isprazni običnom vodom, radi ispiranja zaostale količine hlorovodonične kiseline. Najbolje je da se kod ispiranja također upotrebe

- pumpe, i na taj način obezbijedi bolja cirkulacija vode.
- b) Poslije ispiranja vodom, kotao se još jednom ispere zagrijanom vodom.
 - c) Radi otklanjanja posljednjih tragova hlorovodonične kiseline i eliminacije zaostatka kvarca kotao se tretira 5% rastvorom natrijumkarbonatom. Tretiranje se sastoji u sljedećem. Kotao se napuni hladnim rastvorom, zagrije se do ključanja, ključanje se održava tri sata, a zatim se kotao isprazni. Ova operacija se ponovi dvaput.
 - d) Poslije iskuhavanja kotla sa rastvorom natrijumkarbonata, on se ispere još jednom hladnom vodom, poslije čega je spreman za dalju upotrebu.

6.2. Odstranjivanje kotlovsog kamena pomoću preparata „Antidepon B“

„Antidepon B“ je fabrički preparat za rastvaranje kotlovsog kamena. Hemijski sastav mu je poznat, tako da ga je moguće pripremiti. Sastav „Antidepona“ je prikazan u tabeli:

Tabela 1. Sastav Antidepona

Sastojak	Količina
Tercijarni natrijumfosfat	15%
Anh. Natrijumkarbonat	40%
Natrijumhidroksid	5%
Natrijumhromat	3%
Tanin	1%
Kristalna voda	36%

Posljednji podatak se odnosi na fabrički preparat; međutim, kod sastavljanja „Antidepona B“ iz pojedinih komponenata doda se odgovarajuća količina vode. „Antidepon B“ sadrži četiri aktivne komponente: tercijarni natrijumfosfat, natrijumkarbonat, natrijumhidroksid, i natrijumhromat. Uloga tanina je u ovom slučaju čisto inhibitorska.

Postupak obuhvata sljedeće faze:

1. Izračunavanje potrebne količine „Antidepona B“

- a) Potrebna količina „Antidepona B“ se izračunava prema površini kotla i debljini kamena. Po kvadratnom metru površine parnog kotla uzima se 750 grama „Antidepona B“ za kamenac debljine 1 mm, a za kamenac debljine 3 mm, količina povećava na 1000 grama po kvadratnom metru.

2. Pripremanje rastvora „Antidepona B“

- a) Izračunata količina „Antidepona B“ se rastvori u količini vode koja odgovara zapremini parnog kotla.

3. Pripremanje parnog kotla za skidanje kamena

- a) Iz parnog kotla se za vrijeme zagrijavanja što je moguće bolje odstrani mulj, pa se zatim zagrijavanje postepeno smanjuje, tako da se parni kotao postepeno ohladi.
- b) Po hlađenju parni kotao se isprazni.

4. Rastvaranje kamena

- a) Parni kotao se napuni rastvorom „Antidepona B“, pa se zagrijava do ključanja. Dužina zagrijavanja zavisi od debljine sloja kotlovsog kamena.

5. Ispiranje kotla

- a) Po ispuštanju rastvora pomoću kog je izvršeno rastvaranje kamena parni kotao se ispere dvaput hladnom vodom, pa je poslije spreman za dalju upotrebu.

Pomoću „Antidepona B“ vrši se obično lako skidanje naslaga kamenca debljeg od tri milimetra. Ako se vrši skidanje kamenca debljeg od tri milimetra, potrebno je postupak rastvaranja ponoviti dvaput ili triput, s ispuštanjem upotrebljenog i primjenom svježeg rastvora „Antidepona B“. Kamenac debljine 1 mm se pomoću „Antidepona B“ skida za 20 do 24 časa, debljine 2 mm za 24 do 30 časova, a debljine do 3 mm za 30 do 40 časova.

6.3. Odstranjivanje kotlovskeg kamenca pomoću soli alkalnog metala „EDTS“ kiseline

U ovom hemijskom postupku primjenjuje se kao aktivno sredstvo natrijumova ili kalijumova so „EDTS“ kiseline. „EDTS“ – etilendiamintetrasirćetna kiselina. Drugi aktivni sastojak je hidroksid alkalnog metala. Većinom se primjenjuje natrijumhidroksid, koji je najjeftiniji. Treći sastojak, koji ima izvjesnu zaštitnu ulogu je poželjan, a u isto vrijeme nije neophodan. Upotrebljava se polihidroksilni alkohol, i to glicerol ili glikol.

Postupak se sastoji iz sljedećih faza:

1. Izračunavanje potrebne količine „EDST“ kiseline:

- a) Za odstranjivanje kamenca se upotrebljava 0,1 do 2% ovog sredstva u odnosu na količinu vode, koja je opet ravna zapremini parnog kotla. U odnosu na izračunatu količinu soli „EDST“ kiseline dodaje se 10 do 25% natrijumhidroksida i 1% glicerina ili glikola.

2. Pripremanje rastvora za skidanje kamenca

- a) Izračunata količina soli „EDST“ kiseline se rastvori u određenoj zapremini vode, zatim se doda izračunata količina natrijumhidroksida i glicerina.
- b) Ukoliko je voda koja služi za rastvaranje kamenca prije dodatka ovih hemijskih sredstava bila kisela, ona se prethodno pomoću natrijumhidroksida neutrališe, tako da ima pH oko 7, pa se tek tada pristupa rastvaranju komponenti za skidanje kamenca.
- c) pH tako dobivenog rastvora mora iznositi najmanje 8,5, što se provjerava pomoću Univerzal indikatora. Ukoliko je pH rastvora manji, dodaje se potrebna količina natrijumhidroksida.

3. Pripremanje parnog kotla za skidanje kamenca

- a) Iz parnog kotla se što je moguće bolje odstrani mulj, pa se zatim kotao postepeno hladi, i isprazni.

4. Rastvaranje kamenca

- a) U parni kotao se unese pripremljeni rastvor za skidanje kamenca, pa se zagrijava u toku medjelje dana, na taj način da rastvor u kotlu ne ključa, ali da je zagrijan skoro do ključanja. Poslije ovog vremena kotao se isprazni i postupak se ponovi onoliko puta koliko je potrebno.

5. Ispiranje kotla

- a) Po završenom rastvaranju kamenca kotao se dvaput ispere hladnom vodom, poslije čega je spreman za dalji rad.

7. KONTINUALNO ODSTRANJIVANJE KAMENCA (BEZ PREKIDA RADA KOTLA) POMOĆU FOSFATA

Ovaj postupak je jedina metoda koja omogućava da se istovremeno vrši odstranjivanje kamenca iz parnog kotla i da se taj parni kotao u isto vrijeme održava u radu, tj. koristi za dobijanje pare.

Postupak se sastoji u slijedećem:

1. U vodu koja služi za snabdjevanje parnog kotla dodaje se dnevno po 10 kg tercijarnog natrijumfosfata, a kotao se za to vrijeme potpuno normalno koristi.
2. Svakodnevno se uzimaju probe vode iz kotla i određuje se tvrdoća vode i sadržaj fosforpentoksida (P_2O_5) u litru vode.
3. S dodavanjem po 10 kg Na_3PO_4 dnevno nastavlja se sve dok tvrdoća vode u kotlu ne spadne na nulu.
4. Kad je tvrdoća vode opala na nulu, nastavi se svakodnevno s dodavanjem 7 kg Na_3PO_4 i analizama određivanja tvrdoće vode i sadržaja P_2O_5 .
5. S daljim dodatkom po 7 kg Na_3PO_4 dnevno nastavi se sve dok se sadržaj P_2O_5 ne poveća na 10 miligrama po litru. Za sve vrijeme tvrdoća vode ostaje na nuli.
6. Kad se postigne sadržaj P_2O_5 od 10 mg po litru, dodaje se još nedjelju dana po 7 kg Na_3PO_4 dnevno, pa se zatim ova količina postepeno smanjuje vodeći računa da tvrdoća vode cijelo vrijeme ostane na nuli, a da sadržaj P_2O_5 bude 10 do 15 mg po litru.
7. Kad potrebna dnevna količina Na_3PO_4 opadne na 3 kg, a tvrdoća vode bude na nuli i sadržaj P_2O_5 od 10 do 15 mg po litru, znači da je rastvaranje kamenca završeno.
8. Kotao se postepeno ohladi, isprazni i dobro ispere hladnom vodom.
9. Tokom cijelog procesa rastvaranja kamenca, a naročito u vrijeme kad se dodaje preko 5 kg Na_3PO_4 dnevno, potrebno je što češće vršiti izduvavanje kotla radi odstranjivanja mulja koji se stvara u velikoj količini.
10. Cijeli proces rastvaranja kamenca traje otprilike toliko mjeseci, koliko je debljina kamenca u milimetrima. Ako je debljina kamenca bila debljine tri milimetra, onda dodavanje po 10 kg Na_3PO_4 traje oko mjesec dana. Poslije tog vremena tvrdoća vode pada na nulu. Dodavanje 7 kg Na_3PO_4 dnevno traje također oko mjesec dana, poslije čega sadržaj O poraste na 10 do 15 mg po litru. Postepeno smanjivanje dnevnih doza Na_3PO_4 traje oko dvije nedelje, poslije tog vremena se s 3 kg na Na_3PO_4 dnevno postiže sadržaj P_2O_5 od oko 10 do 15 mg po litru, što je znak da je rastvaranje kamenca završeno.

Ova metoda je vrlo pogodna za odstranjivanje kamenca, kad je neophodno potrebno da se parni kotao ne isključuje iz rada. Ona je također i prilično ekonomična. Nedostatak je što ne isključuje mogućnost za oštećenje kliznih površina tokom skidanja kamenca, uslijed toga što je moguće da para povuče iz kotla izvjesnu količinu čvrste materije. Međutim, to otpada, jer ista tolika mogućnost za oštećenje klipova postoji kod rada s kotlom koji je obložen kamencem i iz koga se mulj ne izduvava redovno.

8. LITERATURA

- [1] Mijović M., Šterk Z.: Parni kotlovi, Jugoenergetika, Beograd, 1959.,
- [2] Maksimović M.: Mjerenje i regulacija na parnim kotlovima, Sarajevo, 1967.,
- [3] Vojnović P.: Parni kotlovi, Beograd, 1948.,
- [4] Đurić V.: Parni kotlovi III sveska, Beograd, 1959.,
- [5] Web stranice i projektna dokumentacija za kotlovska postrojenja