

ANALIZA OŠTEĆENJA TERMOENERGETSKE OPREME KOROZIJOM ANALYSIS OF POWER PLANT COMPONENT DAMAGE BY CORROSION

Stručni rad / Professional paper
UDK /UDC: 620.193: 621.1
Rad primljen / Paper received: 20.08.2007.

Adresa autora / Author's address:
Zavod za zavarivanje, Beograd, Grčića Milenka 67
konorg@bitsyu.net

Ključne reči

- procesna oprema
- korozivna oštećenja
- materijali
- sanacija
- eksploatacija

Izvod

U radu su analizirana korozivna oštećenja sa aspekta izbora materijala, izrade i uslova eksploatacije procesne opreme, koja je u toku rada izložena uticaju agresivne sredine. Prikazani su karakteristični primeri korozivnih oštećenja delova opreme u termoenergetskim i rafinerijskim postrojenjima.

UVOD

Na procesnoj opremi industrijskih postrojenja često se uočavaju korozivna oštećenja različitog tipa. Na osnovu analize oštećenja može se konstatovati da se:

- u značajnom stepenu radi o opremi čiji je projektni vek istekao,
- u manjem stepenu radi o opremi kod koje pri projektovanju i/ili izradi nisu uzeti u obzir svi faktori koji bi obezbedili projektni vek opreme,
- u izvesnoj meri radi o opremi kod koje su uslovi eksploatacije odstupali od projektnih uslova.

Korozivne procese nije moguće zaustaviti, već samo usporiti sa ciljem da se produži vek opreme.

Treba ukazati na povećanu opasnost i materijalnu štetu ako se pri projektovanju i izradi ne sagledaju svi faktori koji utiču na pojavu korozivnih oštećenja.

Izbor materijala je od posebnog značaja kod zavarenih posuda pod pritiskom, jer je u tom slučaju uslovljen zavarljivošću i sklonošću ka koroziji, uključujući naponsku koroziju zbog aktivnih napona od napona zaostalih od zavarivanja.

Nepovoljnim konstrukcijskim rešenjem u pogledu zavarivanja već unapred je umanjena zavarljivost materijala, a povećana mogućnost pojave sopstvenih napona i nastanka korozivnih oštećenja.

Na pojavu korozivnih oštećenja osim zbog nepoštovanja projektom propisanih radnih parametara (obično se misli na odstupanja pritiska i temperature), utiču i drugi faktori, što uslovljava potrebu kontrole kvaliteta kotlovske vode i goriva u pogledu sadržaja štetnih sastojaka, kao i kontrole izvođenja hemijskog pranja kotla.

Keywords

- processing equipment
- corrosion damage
- materials
- repair
- service

Abstract

Corrosion damages are analyzed in regards to material selection, manufacture and service conditions of processing equipment exposed to an aggressive environment. Typical examples of corrosion damages of component parts in fossil fuelled power plants and refineries are presented.

U radu su dati primeri karakterističnih korozivnih oštećenja delova opreme odabrani iz ekspertiza koje je uradio Zavod za zavarivanje.

Uobičajeno je da korisnici opreme donesu deo razorene oštećene cevi ili komponente, čiju su veličinu sami odredili. Zbog toga ne postoji mogućnost obezbeđenja dodatnog uzorka, a prelomne površine su najčešće korodirale, što onemogućava kvalitetnu analizu preloma. Po pravilu je u fazi analize oprema već sanirana i postrojenje pušteno u eksploataciju što isključuje uvid na licu mesta. Najčešće se dostavljaju podaci o materijalu i radnim uslovima koji su predviđeni projektom. Sa podacima o radnim parametrima u trenutku oštećenja–razaranja gotovo se nikada ne raspolože. U većini slučajeva zbog nedovoljno podataka ili zbog kompleksnosti oštećenja, ne može se jednoznačno utvrditi uzrok oštećenja materijala.

Utvrđivanje uzroka korozivnog oštećenja delova opreme ne treba da predstavlja samo sebi cilj. Korisnik opreme mora da otkloni uzročnike i da detaljnije prati i ispituje u toku eksploatacije opremu već „načetu“ korozijom.

KOROZIJSKA OŠTEĆENJA NA OPREMI KOTLOVSKIH POSTROJENJA

U kotlovskim postrojenjima, pored već pomenutog kvaliteta ugrađenog materijala i uslova eksploatacije sa aspekta radnih parametara (pritiska i temperature), na korozivne procese utiče kvalitet goriva (uglja, mazuta, gasa) i kvalitet vode.

Uslovi za kvalitet vode za kotlove za proizvodnju vodene pare, kao i za proizvodnju vrela vode određuju se u zavisnosti od vrste kotlova, toplotnog opterećenja, pritiska i temperature u kotlu. Cilj hemijske obrade vode je dobijanje

vode propisanog kvaliteta. Zahtevani kvalitet se postiže primenom različitih fizičko hemijskih procesa. Agresivnost vode određuje se preko karbonatne tvrdoće i sadržaja u vodi rastvorenog ugljendioksida i kiseonika. Sadržaj soli koje stvaraju kotlovski kamenac je takođe limitiran. Čelik kod koga se zbog nepovoljnog sastava vode ne obrazuje zaštitna oksidna opna podleže koroziji u prisustvu čvrstih čestica, kao što su zrna peska i čestice oksida koje dospevaju na površinu čelika, gde nastaje diferencijalna aeracija koja je uzrok tačkaste korozije metala. Najmanja karbonatna tvrdoća vode pri kojoj se obrazuje zaštitna opna na površini metala je 4° nemačka stepena (°dkH). Najmanja količina fosfata potrebna za sprečavanje korozije čelika u vodi je 1 mg P₂O₅/l H₂O, /1/. U slučajevima kada sadržaj rastvorenog kiseonika posle toplotne i vakumske degazacije prelazi dozvoljene granice, degazacija se mora izvesti dodavanjem odgovarajuće količine sredstva za vezivanje rastvorenog kiseonika hemijskim putem (hidrazin).

Vrlo česta je pojava prisustva naslaga–depozita sa spoljne strane cevi na strani gorivih gasova. Korozivnost depozita zavisi od goriva, radnih uslova i konstrukcijskih materijala komponenti kotla. Na korozivne procese u kotlu utiču i hemijski elementi koji se mogu naći u mazutu. Tako vanadijum (V) gradi jedinjenja niske tačke topljenja, koja razaraju zaštitni oksidni sloj, a i sam metal; kalcijum (Ca) gradi teško rastvorne soli koje lokalno menjaju površinu; natrijum (Na) sa V jedinjenjima gradi jedinjenja niske tačke topljenja; sumpor (S) gradi jedinjenja koja ubrzavaju korozivne procese (H₂S, SO₂, SO₃).

Radni uslovi utiču na korozivnost depozita preko: temperature metala (povećanjem temperature korozija je intenzivnija, jača je oksidacija i brža difuzija); temperature gasa (povećanjem temperature gasa povećava se i temperatura metala, korozija je intenzivnija, menja se brzina stvaranja depozita, kontroliše pritisak isparljivih korozivnih jedinjenja V i Na); viška vazduha (kontroliše brzinu razaranja materijala, tako što nizak nivo viška vazduha sprečava oksidaciju V u V₂O₅, koji predstavlja korozivni oblik).

Legirani čelici sa hromom su korozivni postojani pa se za kotlove preporučuju feritni čelici sa višim sadržajem hroma.

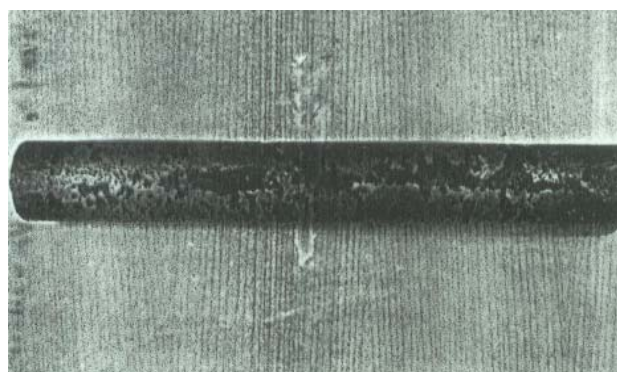
Toplovodni kotao – oštećenje cevi ekonomajzera, /2/

Lokacija oštećenih cevi je pri zidu kotla, zone zahlađenja i nižih temperatura. Materijal cevi Ø57 × 3 mm je Č.1212.

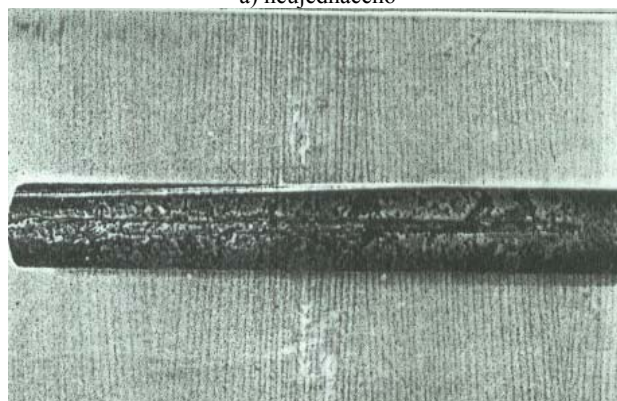
Sa spoljašnje strane cevi–dimne strane, otkrivena su učestala oštećenja, koja mestimično izgledaju kao kanali (sl. 1). Analizom depozita, uzetog sa cevi sa spoljne strane, klasičnim metodama je utvrđeno da se depozit sastoji od: 57,2% SO₃; 14,7% V₂O₅; 5,3% Fe₂O₃; 4,12% P₂O₅; 2,12% NiO₂; 0,6% SiO₂ i 4,7% koksiranih naslaga. Izmerena je vrednost pH = 1,5, što ukazuje na znatnu kiselost naslaga.

Prema izgledu cevi i sastavu depozita utvrđeno je da je uzrok korozivnih oštećenja obrazovanje jedinjenja SO₃ i V₂O₅, koja ubrzavaju korozivne procese.

Korozivni proces nastaje pri topljenju V₂O₅, a efekat je proporcionalan sadržaju (koncentraciji) u depozitu. Sadržaj V₂O₅ u depozitu pri sagorevanju mazuta zavisi od temperature gasova i temperature zida cevi; veća je koncentracija kada su temperature 575 do 650°C (vanadijumaska korozija), nego kada su temperature iznad 780°C.



a) neujednačeno



b) u vidu kanala

Slika 1. Podužno oštećenje cevi ekonomajzera

Da bi se smanjila korozija preporučeno je da se koristi gorivo sa nižim sadržajem korozivnih agenasa, uz kontrolisano sagorevanje.

Toplovodni kotao – oštećenje dimnih cevi, /3/

Tražena je analiza propuštanja vode na zadnjem dancu kotla na krajevima dimnih cevi na spoju sa dancem. Sanacija je već bila završena. Veza dimnih cevi Ø57 × 4 mm od čelika Č.1212 i danca ostvorena je zavarivanjem.

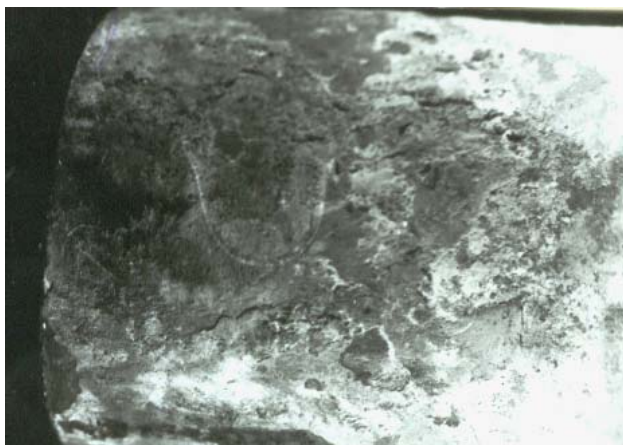
Havarisane dimne cevi nisu date na analizu, već su od izvađenih odabrane cevi sa najvećim depozitom da bi se uradila analiza depozita. Nađene naslage kotlovskog kamena na spoljnoj površini dimnih cevi su neujednačene, od 2 do 3 mm (sl. 2). Analizirane su i naslage depozita sa plamene cevi (vodena strana).

Analizom depozita sa vodene strane dimne cevi nađen je sadržaj 24,24% SiO₂; 27,6% CaO; 8,5% C; 13,79% MgO, a sa vodene strane plamene cevi 28,24% SiO₂; 25% CaO; 6,7% C; 14,25% MgO.

Prisustvo oksida CaO, MgO i SiO₂ ukazuje da je voda bila bogata rastvorima soli Mg, Ca, Si, koje stvaraju kotlovski kamen, a prisustvo ugljenika ukazuje na gas CO₂, koji izaziva koroziju.

Otkriveni silikati gvožđa su čvrsti i teško se uklanjaju, jer kompleksni silikati spadaju među najčvršće kotlovske naslage. Voda za napajanje mora da bude oslobođena rastvorenih soli kalcijuma, silicijuma i magnezijuma, koji se pri otparavanju vode talože na unutrašnjim površinama kotla i grade kamenac.

Kotlovski kamen zbog male toplotne provodljivosti (0,4186 do 8,37 kJ/mol), usporava provođenje toplote tako da se materijal pregreva i puca. U strukturi se vidi porast zrna, kao i razugljeničenje (sl. 3).



Slika 2. Dimna cev sa naslagama kotlovske kamena

Slika 3. Mikrostruktura uz površinu dimne cevi, $\times 125$

Analiza kotlovske vode nakon sanacije i zamene cevi pokazuje da je kotlovska voda meka (ukupna tvrdoća UT–3,19°d; kalcijumova tvrdoća CaT–0,62°d; konstantna tvrdoća ST–1°d; magnezijumova tvrdoća–2,57°d; karbonatna tvrdoća–2,19°d; nekarbonatna tvrdoća–1°d).

Određena je pH vrednost 6, a preporučuje se pH 8 do 9.

Da je voda za napajanje u prethodnoj eksploataciji bila analizirana verovatno ne bi došlo do pojave kotlovske kamena.

Prisustvo navedenih elemenata i jedinjenja dozvoljeno je samo u tragovima, stoga je potrebno u pripremi kotlovske vode ukloniti rastvorene soli kalcijuma i magnezijuma (u fazi dekarbonizacije), koje stvaraju kotlovski kamen, kao i ugljendioksid (u fazi degazacije) koji izaziva koroziju.

Toplovodni kotao – oštećenje talasaste plamene cevi, /4/

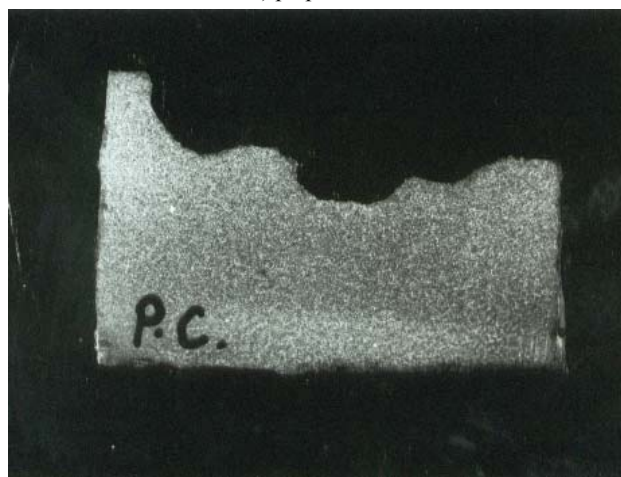
Proverom hemijskog sastava i mehaničkih osobina čelika debljine 15 mm na zdravom neoštećenom delu plamene cevi potvrđen je kvalitet materijala Č.1204.

Sa dimne strane plamene cevi – unutrašnje strane, utvrđena su kraterska korozijska oštećenja neujednačene dubine, najviše 6,5 mm, koja se vide na sl. 4.

Smatra se, s obzirom na intenzitet oštećenja, da je uzrok pojavi oštećenja korozija usled sumpora (preobražaj SO_2 u SO_3 koji je najveći od 450–500°C), a javlja se pri sagorevanju vlažnih goriva sa povećanim sumporom i nisko temperaturnih ulazećih ložionih gasova. Pri zaustavljanju – hlađenju kotla, kondenzovana vlaga sa sumpornim depozitom snižava pH vrednost depozita (nastaje sumporna kiselina) i izaziva intenzivno koroziono razaranje i do 12,7 mm/g.



a) po površini



b) po preseku

Slika 4. Kraterska korozijska oštećenja na plamenoj cevi

Da bi se smanjila korozija preporučena je kontrola goriva (prvenstveno sumpora), uz kontrolisano sagorevanje.

Kotao za proizvodnju pare – oštećenje cevi pregrejača, /5/

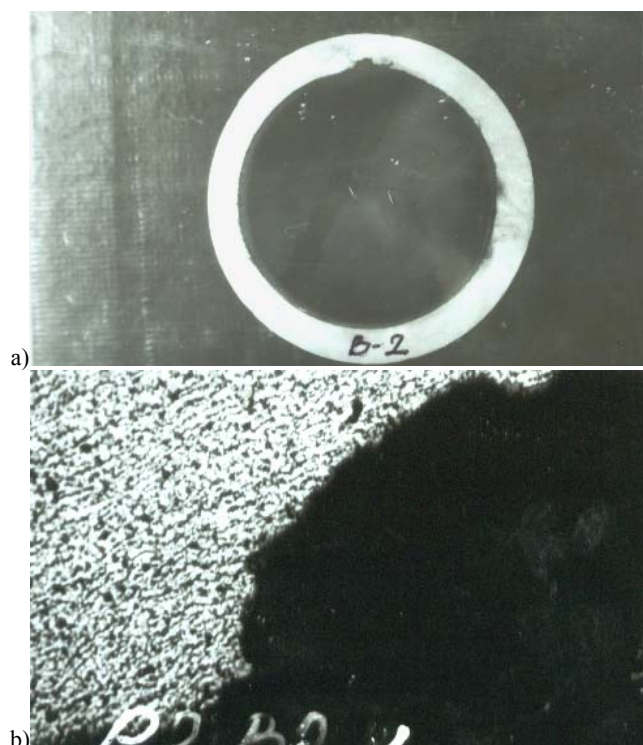
Sa unutrašnje strane cevi nađena je mala količina rastresitog depozita – oksid železa i kraterska korozijska oštećenja (sl. 5), koja se vide i na mikrostrukturi unutrašnje površine cevi $\text{Ø}38 \times 4$ mm od čelika 15Mo3.

Do pojave korozijskih oštećenja sa unutrašnje strane cevi došlo je usled dejstva kiseonika, verovatno i hlorida. Pod dejstvom kiseonika iz vode nastaju oksidi železa (iznad 200°C to je Fe_2O_3 , a iznad 400°C formira se Fe_3O_4).

Lokalna kraterska oštećenja se javljaju pri prekidu rada kotla zbog kondenzacije pare na zidovima cevi.

Prema izjavi vlasnika kotla pumpa za hidrazin nije radila, pa je u tehnološkom postupku pripreme vode izostala faza degazacije i kondicioniranja, kojom se iz napojne vode izdvajaju rastvoreni kiseonik i ugljendioksid. Hidrazin je univerzalno sredstvo za kondicioniranje vode i jedino hemijsko sredstvo koje vezuje kiseonik, a da pri tome ne rastvara druge soli. Kondicioniranjem hemijskim putem poboljšava se kvalitet već pripremljene vode tako da se sadržaj kiseonika rastvorenog u vodi snizi na manje od 0,02 mg/dm³.

Preporuka za smanjenje korozije: permanentna kontrola kvaliteta kotlovske vode u svim fazama pripreme.



Slika 5. Kraterska korozijska oštećenja cevi pregrejača: a) poprečni presek cevi; b) mikrostruktura uz unutrašnju površinu cevi, $\times 125$

NAPONSKA KOROZIJA

Naponska korozija se definiše kao oštećenje koje nastaje kombinovanim dejstvom napona i korozijskog agensa. Uslov za nastanak naponske korozije je dejstvo zateznih napona i korozijske sredine. Naprezanja u materijalu nastaju pod dejstvom spoljnjih opterećenja ili su zaostala zbog zavarivanja, mehaničke i termičke obrade.

Proces naponske korozije se odvija u više etapa. Prva etapa je obrazovanje zarezata usled delovanja specifičnih agenasa na nejednorodne delove materijala, različite anodne polarizacije. Druga etapa je razbijanje oksidnog filma pod dejstvom zarezata i nastanak aktivne površine za proces korozije. Treća etapa je razaranje materijala, koje može da bude trenutno, kada su zatezni naponi veći od čvrstoće materijala, i usporeno, pri malom intenzitetu mehaničkog i hemijskog opterećenja.

Korozijsko razaranje nastaje uz malu promenu oblika, često bez vidljivih produkata korozije.

Poseban vid naponske korozije predstavlja korozija usled zamora, koja nastaje pri dejstvu korozijske sredine i napona promenljivog intenziteta. Korozija usled zamora nastaje pri nižem intenzitetu napona nego kod interkristalne korozije, /1/.

Postrojenje za sušenje uglja, /6/

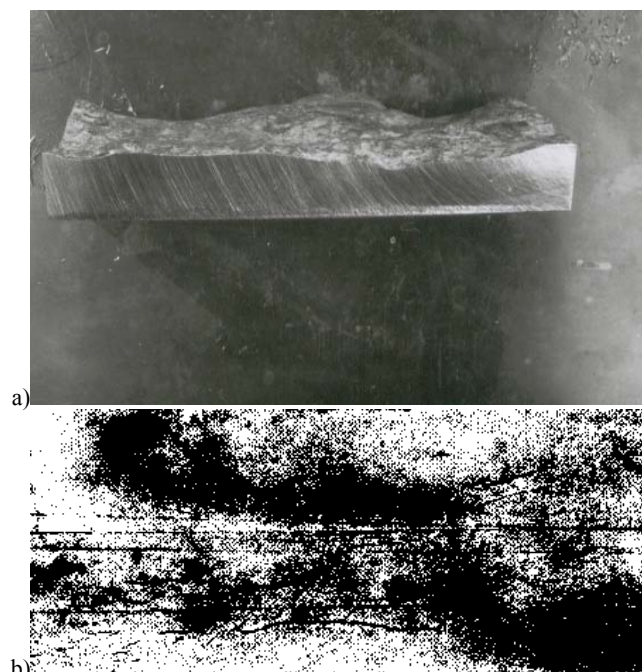
Agresivni radni medijum je istisnuta voda iz uglja i kondenzat pare. Materijal je finožrnj čelik ALTHERM 55.

Sa unutrašnje strane konstatovana je abrazija materijala – korozija zbog erozije (sl. 6).

U posudi pod pritiskom, izloženoj cikličnim temperaturnim promenama u radu, pritisku i agresivnom medijumu, ubrzo posle prvih intervencija zavarivanjem zbog rekonstrukcije posude, sa obe strane zavarenih spojeva u zoni uticaja toplote (ZUT) otkrivene su, najčešće, podužne prsline (sl. 6). Na mestu saniranja se pojavljuju nove prsline.

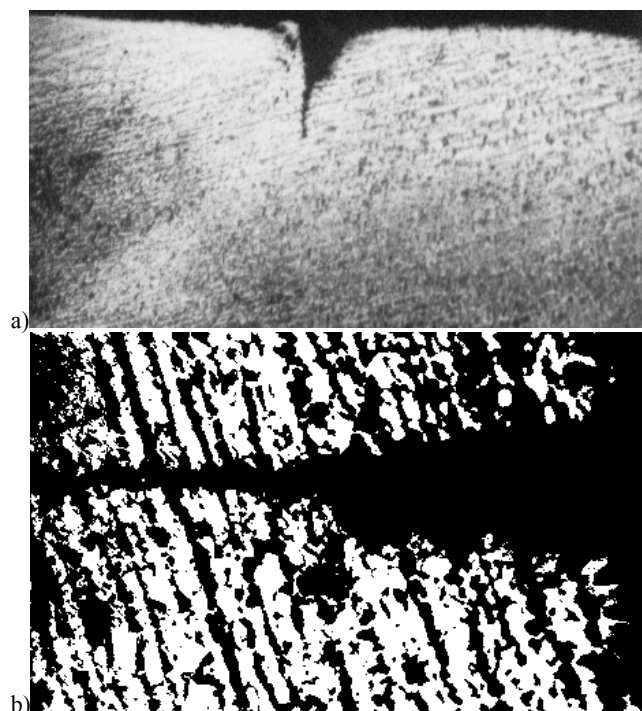
U izveštaju o ispitivanju otpadnih voda, konstatovan je sadržaj nitrata (N_2O_5 –24 mg/l), karbonata i hlorida.

Visoki naponi izazvani nepovoljnim konstrukcijskim rešenjem, sa aspekta zavarivanja i primena lokalne termičke obrade posle zavarivanja montažnih i sanacionih spojeva u prisustvu agresivnih komponenti u medijumu (karbonati nitrati, hloridi) uslovlili su prsline usled naponske korozije.



Slika 6. Oštećenja na unutrašnjoj površini posude za sušenje uglja: a) abrazija materijala posude; b) podužne prsline na posudi

Naponske prsline u ZUT i u osnovnom materijalu u blizini zavarenog spoja vide se na sl. 7.



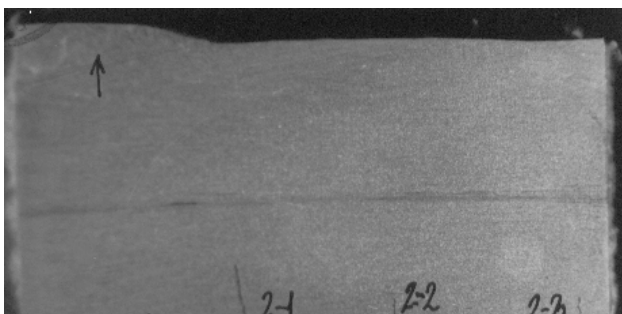
Slika 7. Naponske prsline na posudi za sušenje uglja: a) u ZUT; b) u osnovnom materijalu, $\times 125$

Uticaj sanacije na nastanak novih prslina je isti kao i uticaj zavarivanja na nastanak prvih prslina posle rekonstrukcije i u vezi je sa zavarljivošću čelika ALTHERM 55.

Plivajuća glava izmenjivača toplote, /7/

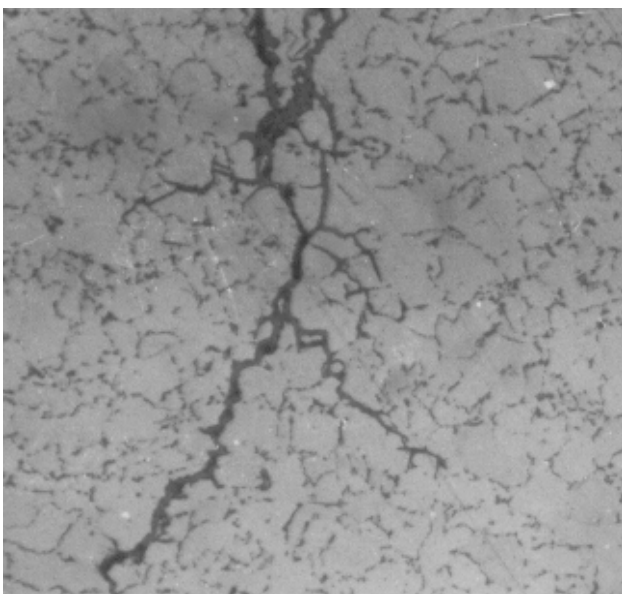
Radni medijum je nafta temperature 215°C, a glava izmenjivača je izrađena od niskolegiranog C-Mn čelika.

Na unutrašnjoj površini izmenjivača toplote otkrivene su prsline u ZUT i u osnovnom materijalu u blizini zavarenih spojeva. Prsline su paralelne i prostiru se do dubine 10 mm poprečno i podužno u odnosu na zavareni spoj (sl. 8).



Slika 8. Prsline na izmenjivaču toplote

Kretanje prsline kroz feritno perlitnu strukturu je interkristalno (sl. 9) i transkristalno (sl. 10). U nafti je nađen znatno veći sadržaj sumpora od dozvoljenog. Oštećenja tipa naponske korozije na izmenjivaču toplote nastala su zbog prisustva agresivnog sumpora u inače neagresivnoj nafti i zaostalih napona od zavarivanja, postupak zavarivanja 121.



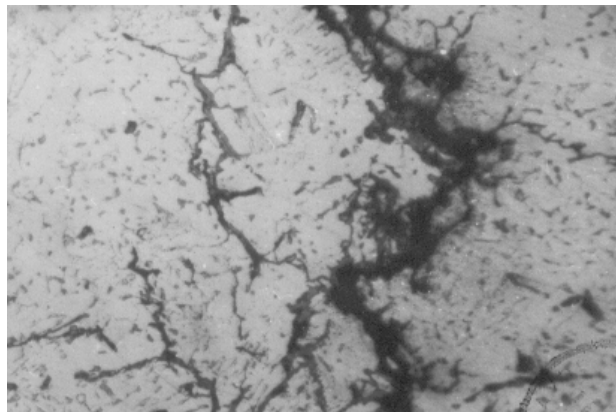
Slika 9. Interkristalni rast prsline na materijalu izmenjivača, x250

VODONIČNA KOROZIJA

Na opremi za hidriranje naftnih derivata materijal je u kontaktu sa vodonikom u uslovima povišene temperature i pritiska. Radnim uslovima odgovara primena legiranih čelika, a zbog ekonomičnosti koriste se Mo i CrMo čelici.

Postoje granični uslovi primene čelika u kontaktu sa vodonikom, zavisno od parcijalnog pritiska vodonika i temperature, zbog površinskog i unutrašnjeg razugljeniče-

nja (dijagram Nelzona, sl. 11), za period izlaganja od 35 godina. Isprekidane linije predstavljaju tendenciju čelika ka površinskoj dekarbonizaciji materijala koji je u kontaktu sa vodonikom, dok pune linije predstavljaju tendenciju čelika ka unutrašnjoj dekarbonizaciji, a kao krajnji rezultat je pojava prslina.



Slika 10. Transkristalni rast prsline na materijalu izmenjivača, x250

Kao rezultat površinskog razugljeničenja nastaje feritna struktura. Dolazi do smanjenja čvrstoće i tvrdoće i do porasta duktilnosti, tako da na površini ne nastaju mikroprslinae.

Unutrašnja dekarbonizacija i pojava prslina nastaju usled propuštanja vodonika u čelik. Kroz čelik vodonik može da prođe samo disocirani ili jonizovan. Kao rezultat reakcije vodonika sa ugljenikom formira se metan CH₄, koji se obično akumulira po granicama zrna i na mestima praznina, blokirajući kretanje dislokacija. Nastali visoki naponi stvaraju plikove, mikroprslinae i prsline.

Oštećenja usled vodonične korozije mogu se otkriti tek posle nekog vremena inkubacijskog perioda koji zavisi od materijala i radnih uslova. Inkubacijski period može da bude nekoliko sati u ostrim radnim parametrima, do jako dugog vremena pri blažim radnim parametrima, /8/.

Oštećenja materijala vodoničnom korozijom mogu se otkriti ultrazvučnim ispitivanjem, merenjem prigušenja ultrazvučnih talasa u materijalu u odnosu na neoštećeni materijal kod koga se prigušenje kreće u granicama od 0,08 do 0,16 dB/mm.

Primeri se odnose na opremu za hidrorekovanje nafte, /8, 9/.

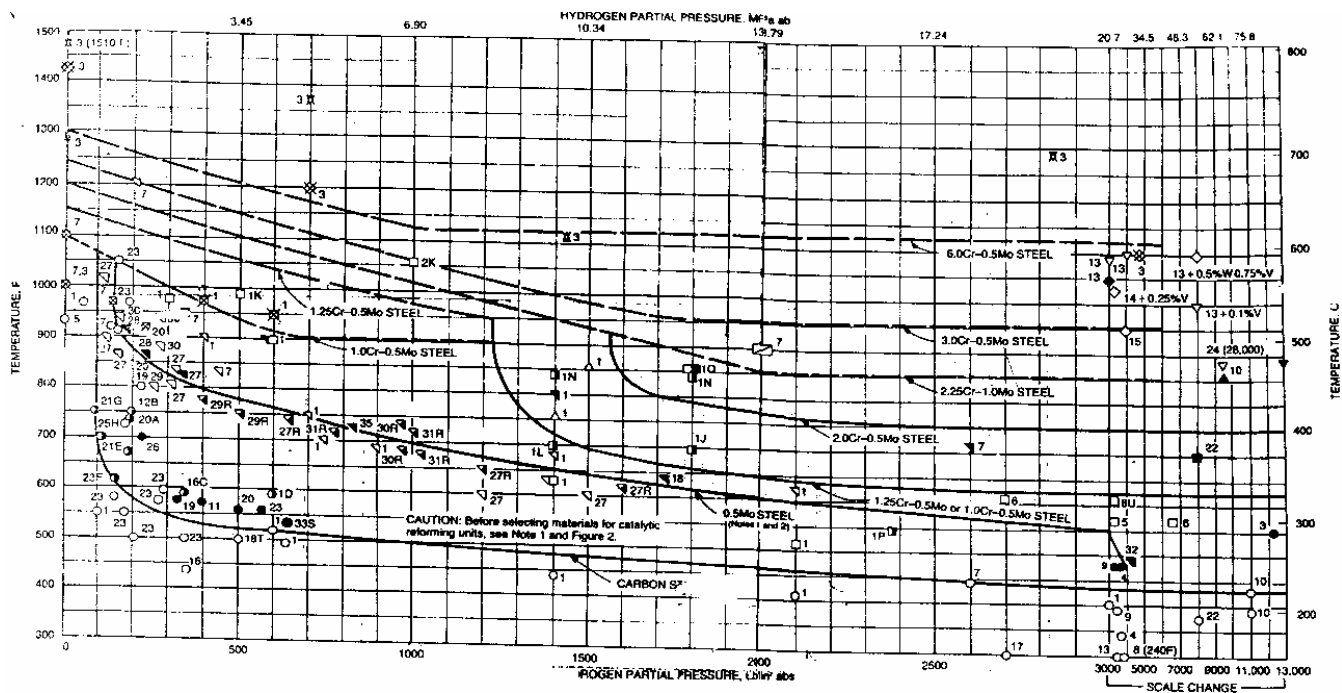
Materijal CrMo čelika (1% Cr i 0,5% Mo)–posuda 1

Na CrMo čeliku posle 30 godina rada otkrivena su oštećenja od vodonične korozije na granicama zrna, u vidu kratkih mikroprslina (sl. 12). Čelik je u smeši benzina i vodonika bio izložen temperaturi 537°C i pritisku 35,1 bar.

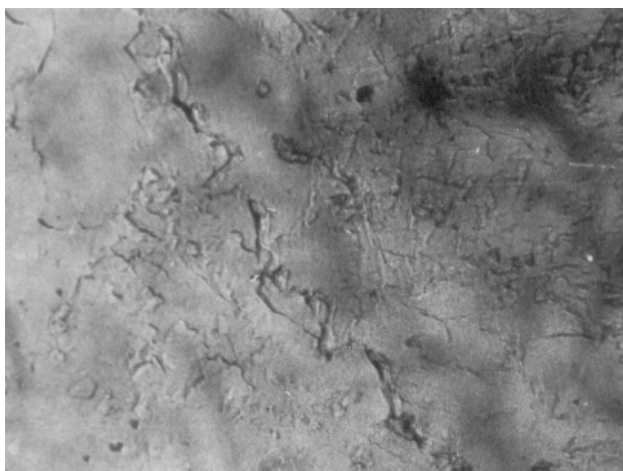
U strukturi materijala konstatovana je manja količina perlita kao posledica pojave površinske dekarbonizacije.

Materijal Mo čelik (0,5% Mo)–posuda 2

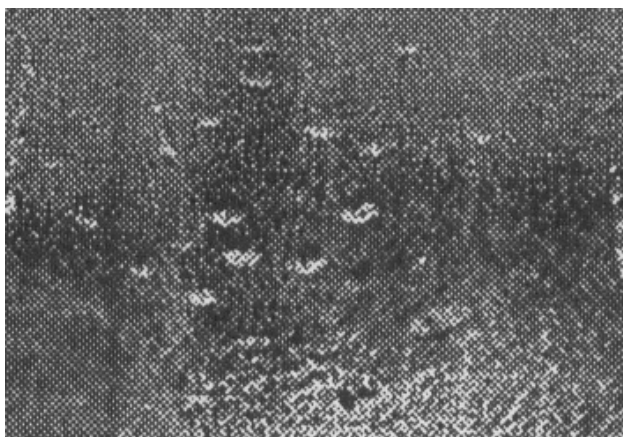
Na Mo čeliku je posle 30 godina rada došlo do većeg stepena oštećenja u vidu plikova i prslina (sl. 13). Čelik je u smeši benzina i vodonika bio izložen temperaturi 438°C i pritisku 35,1 bar. Vizuelnim pregledom unutrašnje površine otkriveni su plikovi, a metalografskom mikrostrukturnom analizom otkrivene su mikroprslinae većeg intenziteta. Ultrazvučnim merenjem prigušenja dobijene su vrednosti od 0,16 do 0,32 dB/mm, što potvrđuje oštećenja od vodonične korozije.



Slika 11. Dijagram granice postojanosti čelika prema vodoničnoj koroziji pri visokim temperaturama i pritiscima (API publikacija 941/83)



Slika 12. Početna oštećenja od vodonične korozije, mikroprrsline, x250



Slika 13. Oštećenja od vodonične korozije—plikovi na unutrašnjoj površini

Materijal visokolegirani čelik (11,5 do 14,5 Cr)—posuda 3

U sličnim uslovima eksploatacije na posudi od visokolegirano čelika (11,5–14,5% Cr) nisu otkrivena oštećenja od vodonične korozije.

Iz dijagrama na sl. 11 se vidi da se materijal posude 1 nalazi u području površinske dekarbonizacije, a posude 2 u području sklonosti ka unutrašnjoj dekarbonizaciji, dok je visokolegirani čelik postojan prema vodoničnoj koroziji.

Dati primeri potvrđuju da se u istim radnim uslovima (povišena temperatura i prisustvo vodonika) primenom odgovarajućeg materijala, visokolegirano čelika, vodonična korozija neće pojaviti ni pri dugotrajnoj eksploataciji.

INTERKRISTALNA KOROZIJA

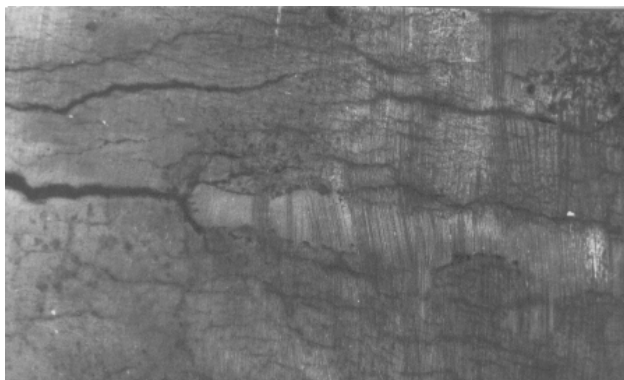
Interkristalna korozija se najčešće se javlja kod visokolegiranih Cr-Ni čelika austenitnog tipa.

Snizjenje korozijske otpornosti je u vezi sa izlučivanjem karbida hroma iz austenitnog čvrstog rastvora. Uslovi za izlučivanje karbida nastaju u ZUT zavarenih spojeva, kao i na delovima opreme izloženoj dejstvu temperatura kritičnog područja za izlučivanje karbida i agresivnog medijuma. Unutrašnji naponi nastali u toku izrade ili tokom eksploatacije doprinose aktiviranju granica zrna i njihovom hemijskom razaranju i u slabijim oksidacijskim sredinama. Već samo izlučivanje karbida je razlog za strukturne napone koji pogoduju sklonosti ka interkristalnoj koroziji.

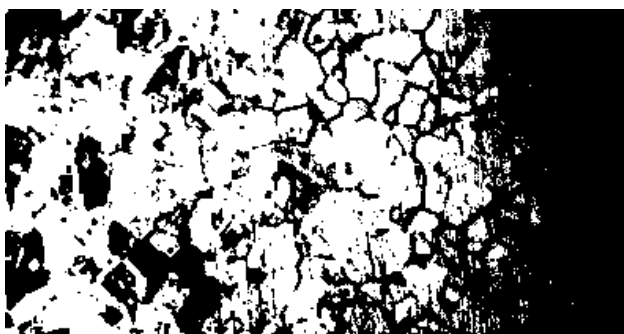
Cevni priključak regeneratora opreme za katalitičko kreovanje, /10, 11/

Sa unutrašnje strane ugaonog montažnog zavarenog spoja držača vatrostalne izolacije, izrađenog od čelika ASTM A304H (nestabilizovan nerđajući čelik), prisutne su prsline različitog intenziteta (sl. 14). Metalografskom mikrostrukturnom analizom spoljnje površine utvrđena je interkristalna korozija, a na unutrašnjoj površini interkristalna korozija i

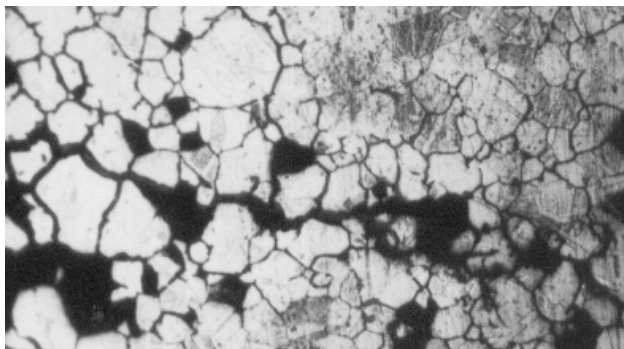
interkristalne prsline (sl. 15). Pored interkristalnih prsline u ZUT, javljaju se i transkristalne prsline (sl. 16a). Analiza prelomne površine na skenirajućem elektronskom mikroskopu uzorka uzetog pri sanaciji, pokazala je da je u pitanju krti lom i da se prsline prostire po granicama zrna (sl. 16b).



Slika 14. Prsline u zoni zavarenog spoja priključka regeneratora



a) na spoljnoj površini

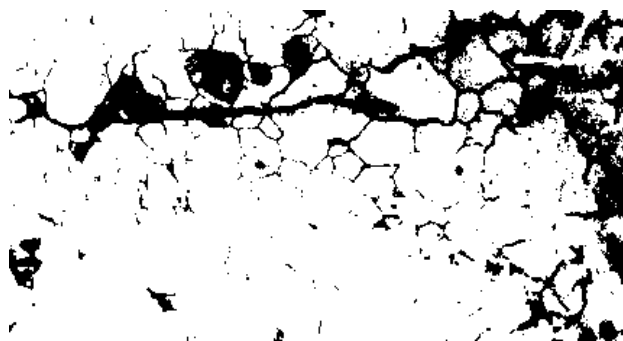


b) na unutrašnjoj površini, $\times 125$

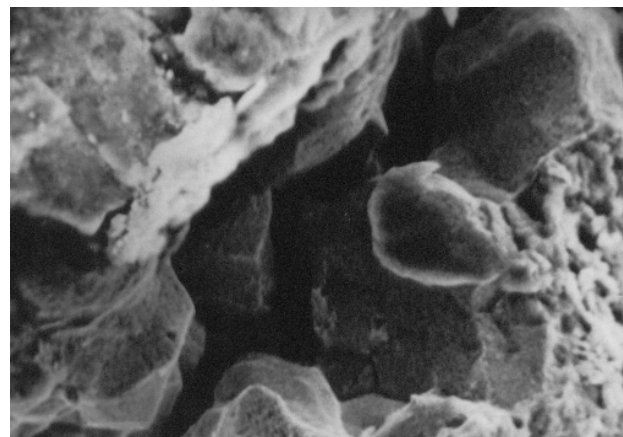
Slika 15. Interkristalna korozija na priključku regeneratora

U normalnim uslovima kroz cevni priključak obložen vatrostalnom oblogom na strani fluida, protiče koroziono abrazivni fluid (C, CO, CO₂, vazduh) temperature 733°C pritiska 2,1 bar. Na mestima potpunog oštećenja i stanjenja izolacije, materijal je sa unutrašnje strane izložen znatno višoj temperaturi od predviđene, 344°C. Spoljnja površina u tim uslovima ima temperaturu od 250–595°C, i tada se očekuje da su površine sa unutrašnje strane na mestima oštećenja izolacije izložene temperaturama najkritičnijeg područja za nastanak interkristalne korozije.

Mali intenzitet korozije sa spoljne strane uslovljen je progrevanjem po preseku na mestima oštećenja izolacije u kontaminiranom lokalitetu blago agresivne sredine.



a) transkristalne prsline, $\times 125$



b) prsline po granicama zrna, $\times 500$

Slika 16. Prsline na priključku regeneratora

Primena nestabilizovanog austenitnog čelika sa vatrostalnom izolacijom je opravdana ako nema oštećenja izolacije. Ponovljena zavarivanja držača su unela dodatne naponne za nastanak interkristalne i transkristalne korozije. Kada se očekuje nastanak interkristalne korozije, primena stabilizovanih čelika je ipak bolje rešenje.

Sanacija zavarivanjem se pokazala neprihvatljivom, pa je zamenjen ceo segment.

ZAKLJUČAK

Korozijske procese nije moguće zaustaviti već samo usporiti i minimizirati posledice.

Na procesnoj opremi nastaju oštećenja usled korozijskih procesa kod kotlovske opreme kao na strani dimnih gasova, tako i na strani radnog fluida voda/para, odnosno na strani radnih fluida kod ostalih delova opreme. Ove pojave otkrivaju se kao perforacije – stanjenja debljine zida, ili prsline koje dovode do razaranja.

Najčešće je prisustvo agresivnih komponenti u gorivu i kotlovske vode – uzročnik korozijskih procesa.

Pojava naponske korozije koja izaziva pucanje materijala usled kombinovanog dejstva napona i korozije je nepoželjna.

Primeri su odabrani tako da ukažu na značaj sveukupnog razmatranja uslova izrade i eksploatacije, u cilju obezbeđenja pouzdanosti opreme.

Ukazano je na opasnost od sanacije zavarivanjem.

LITERATURA

1. Mladenović, S., Korozija metala, TMF Beograd, 1990.
2. Filipović, N., *Ispitivanja bez razaranja i ispitivanja sa razaranja*, Zavarivanje i zavarene konstrukcije 1/1997, str. 17-23.

3. Izveštaj br. 25065/1986, Zavod za zavarivanje, Beograd.
4. Izveštaj br. 25002/87, Zavod za zavarivanje, Beograd.
5. Izveštaj br. 1390-01/1993, Zavod za zavarivanje, Beograd.
6. Izveštaj br. 136.169/1995, Zavod za zavarivanje, Beograd.
7. Izveštaj br. 125.57/1997, Zavod za zavarivanje, Beograd.
8. API 941/83 American Petroleum Institute SAD 1883.
9. Filipović, N., *Vodonična korozija*, Procesna tehnika, 3-4/1997, str. 308-310.
10. Filipović, N., *Oštećenja opreme u FSS postrojenju*, Procesna tehnika, 2-3/1998, str. 288-290.



Podsećamo Vas da su detaljnije informacije o radu
Društva za integritet i vek konstrukcija dostupne na Internetu

<http://divk.org.yu>

INTEGRITET I VEK KONSTRUKCIJA

Zajedničko izdanje

Društva za integritet i vek konstrukcija (DIVK)

i

Instituta za ispitivanje materijala

STRUCTURAL INTEGRITY AND LIFE

Joint edition of the

Society for Structural Integrity and Life

and the

Institute for Materials Testing

<http://divk.org.yu/ivk>

Cenovnik oglasnog prostora u časopisu IVK za jednu godinu
(Advertising fees for one subscription year (per volume))

Kvalitet*Quality	Dimenzije*Dimensions (mm)	Cene u din.	EUR
Kolor*Colour	• obe strane*two pages 2×A4	40.000	700
	• strana*page A4/1	25.000	450
Dostava materijala: CD (Adobe Photoshop/CorelDRAW) Print material: CD (Adobe Photoshop/CorelDRAW)			
Crno/belo*Black/White	• strana*page A4/1	12.000	250
	• 1/2 str A4*1/2 page A4(18×12)	8.000	150
Dostava materijala: CD (Adobe Photoshop/CorelDRAW) Print material: CD (Adobe Photoshop/CorelDRAW)			

Pomažući članovi DIVK imaju popust od 40% navedenih cena.
(DIVK supporting members are entitled to a 40% discount on upper prices.)