

Analiza korozionih ljski u vodovodskim cevima

Vladana N. Rajaković-Ognjanović¹, Branimir N. Grgur²

¹Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd, Srbija

²Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd, Srbija

Izvod

Tema ovog istraživanja bile su čelične cevi koje su deo beogradske vodovodske mreže. Da bi se ispitalo međusobno dejstvo korozije i kvaliteta vode analizirane su korozione ljske na cevima. Cilj istraživanja bio je poboljšanje kontrole procesa korozije da bi se smanjio uticaj korozije na degradaciju kvaliteta vode. Utvrđeno je da u zavisnosti od sastava vode, korozione ljske predstavljaju različita jedinjenja gvožđa. Prisustvo teško rastvornih jedinjenja gvožđa(II) i gvožđa(III) utvrđeno je savremenim instrumentalnim metodama i tehnikama.

Ključne reči: korozija; korzione ljske; gvožđe; voda; vodovodske cevi.

Dostupno na Internetu sa adrese časopisa: <http://www.ache.org.rs/HI/>

STRUČNI RAD

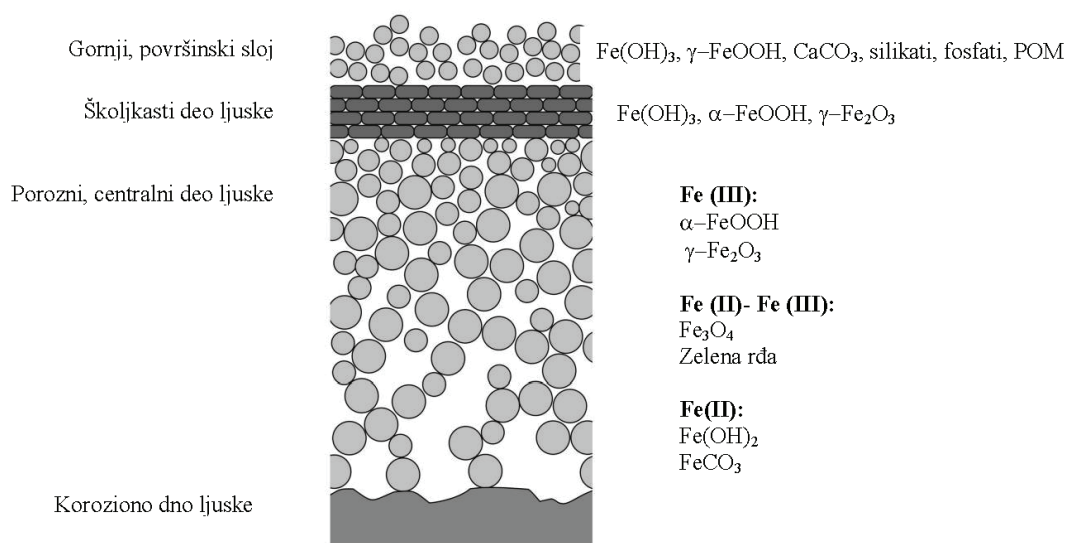
UDK 628.1(497.11Beograd):620.193

Hem. Ind. 65 (5) 507–515 (2011)

doi: 10.2298/HEMIND110523049R

Korodirane cevi u vodovodima glavni su izvor gvožđa koje učestvuje u razvoju i nastanku korozionih ljski. Struktura i izgled ljske uslovljeni su prisustvom različitih hemijskih reaktanata i reakcija u vodi. Većina korozionih ljski ima karakterističnu strukturu i izgled. Na slici 1 šematski je prikazana struktura, izgled i sastav korozione ljske. Gornji sloj ljske je fluidizovan i slabo adherentan, u srednjem sloju su školjkaste naslage, a u centru se nalazi porozni sloj. Korozione ljske razvijaju

se iz centra ka spoljašnjosti, odnosno od površine metala ka vodenoj sredini u kojoj su rastvoreni joni gvožđa. Oksidacioni broj gvožđa raste sa udaljenošću od zida cevi. Struktura i reakcije koje dovode do formiranja ljske odigravaju se uz oslobađanje jona gvožđa u vodu, što utiče na promenu boje vode. Struktura ljske i sastav značajno utiču na reakcije oslobađanja jona gvožđa, dok kvalitet vode utiče na poroznost korozionih ljski [1].



Slika 1. Šematski prikaz strukture korozione ljske sa karakterističnim izgledom i jedinjenjima koja ulaze u sastav svakog sloja u čeličnim vodovodskim cevima [1]. POM – Prirodne organske materije koje se hvataju za površinu ljske; zelena rđa – hidratizana jedinjenja gvožđa koja sadrže hloridne, sulfatne i karbonatne jone.

Figure 1. Schematic of scale structure showing characteristic features and composition of corrosion scales found in iron/steel water pipes. NOM – Natural organic matter that sticks to the surface of scale; green rust – hydrated iron compounds that include chlorides, sulfates and carbonates in their structure.

Preписка: V.N. Rajaković-Ognjanović, Građevinski fakultet, Bulevar Kralja Aleksandra 73, 11000 Beograd, Srbija.

E-pošta: vladana@grf.bg.ac.rs

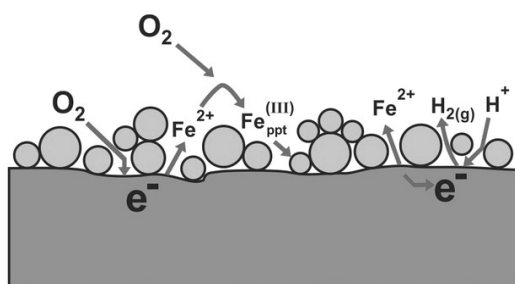
Rad primljen: 23. maj, 2011

Rad prihvaćen: 7. jul, 2011

Na osnovu strukture može se proceniti kako je nastala korozija i kako je formirana ljska. Struktura i sastav korozione ljske na cevima u vodovodu zavise od:

- hemijskog sastava materijala cevi i
- sastava vode.

Rast ljuske posledica je kontinuirane korozije koju prate sukcesivno taloženje i oksidacija korozivnih produkata. Kako ljuska raste, oksidanti sve teže difunduju do površine metala. U intermedijarnoj fazi dolazi do nastanka različitih produkata. Kako je to prikazano na slici 2, talog koji nastaje na površini nije uniforman i oksidanti imaju pristup samo slobodnim delovima površine metala. Na taj način dolazi do lokalnih „napada“ površine metala, metal se razgrađuje na anodnim mestima, a oslobođeni elektroni kreću ka katodnim mestima koja su dobri akceptori elektrona. Lokalna korozija manifestuje se nagomilavanjem korozivnih produkata na anodnim mestima i formiranjem korozivnih nakupina u obliku kvržica. Školjkasti sloj formira se u pravcu prodora oksidanta u korozivnu ljusku. Kako se korozione kvržice razvijaju i rastu sve je veća površina koju prekrivaju i vremenom dolazi do njihovog stapanja, čime se površina cevi kompletno prekriva korozivnom ljuskom. Na ovaj način površina cevi je „zaštićena“ od novih dejstava oksidanta [1].



Slika 2. Šematski prikaz nastanka korozivne ljuske [1].
Figure 2. Schematic of scale formation scheme [1].

Rastvaranje jona gvožđa iz korozivnih ljuski odigra se u dva stupnja. U prvom stupnju površina metala korodira, oksidiše se, čime se povećava koncentracija dvovalentnog gvožđa unutar korozivne ljuske. Joni dvovalentnog gvožđa u porama ljuske su u ravnoteži sa čvrstim jedinjenjima poput $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ili FeCO_3 , ili sa kompleksnim jedinjenjima dvovalentnog gvožđa kao i sa gvožđem adsorbovanim na površini čvrstih jedinjenja. Oksidacija i hidroliza dvovalentnog gvožđa dovode do nastanka oksida trovalentnog gvožđa. U drugom stupnju dvovalentno gvožđe (Fe^{2+}) difunduje u vodu.

S obzirom na to da brojni faktori utiču na formiranje korozivne ljuske: kvalitet vode (pH, alkalitet, sadržaj prirodnih organskih materija, sadržaj rastvorenog kiseonika), uslovi u vodovodskoj mreži (promene protoka vode, sezonske temperaturne oscilacije, mikrobiološke aktivnosti, obrade vode, primene korozivnih inhibitora, kvaliteta cevi), može se pretpostaviti da svaka korozivna ljuska ima jedinstvenu strukturu. Međutim, sa aspekta sastava korodiranih cevi, određene pravilnosti su, ipak, uočene. Utvrđeno je da pod uticajem vode slojevi

korodiranih cevi gvožđa imaju sličan sastav i da se korozione ljuske sastoje od sledećih jedinjenja [2]:

- goetit ($\alpha\text{-FeOOH}$),
- lepidokrokrit ($\gamma\text{-FeOOH}$),
- magnetit (Fe_3O_4),
- hematit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$),
- vistit (FeO),
- siderit (FeCO_3),
- gvožđe(II)-hidroksid, ($\text{Fe}(\text{OH})_2$),
- gvožđe(III)-hidroksid, ($\text{Fe}(\text{OH})_3$),
- ferihidrat ($5\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$),
- kalcijum-karbonat (CaCO_3) i
- „zelena rđa“, hidratizovana jedinjenja gvožđa(II) i gvožđa(III) koja sadrže Cl^- , SO_4^{2-} ili CO_3^{2-} u strukturi.

Utvrđeno je takođe da u vodovodnoj mreži nastaju slični korozivni slojevi ili ljuske koje se strukturno sastoje od:

- korozivnog dna,
- korozivnog centra, koga čine i tečna i čvrsta faza,
- relativno gustog sloja školjkastog oblika koji prekriva centar ljuske i daje strukturni integritet ljuski i
- površinskog sloja koji predstavlja granicu između vodene faze i ljuske, a koji je slabo vezan za ljusku.

Korozivno dna predstavlja izvor gvožđa koje ulazi u sastav korozivne ljuske. Nakon nastanka korozivne ljuske, korozija dna se odvija izuzetno sporo ($\approx 0,5$ mm/god) i doprinosi kontinualnom rastu korozivne ljuske. Korozivni centar je porozna masa koju čine aglomerati manjih čestica različite morfologije (loptaste, končaste i pljosnate strukture). Eksperimenti su pokazali da centar ljuske po sastavu najčešće čine sledeća jedinjenja: $\text{Fe}(\text{OH})_2$, Fe_3O_4 , i FeCO_3 , ili je gvožđe rastvoreno i nalazi se u šupljinama i porama sa vodom koja je „zarobljena“ u unutrašnjosti korozivne ljuske. Zelena rđa, hidrati i hidroksidi gvožđa su jedinjenja koja se takođe mogu naći u jezgri korozivne ljuske [2]. U korozivnoj pukotini veoma je visoka koncentracija gvožđe(II)-hidroksida. Dvovalentno gvožđe se u kontaktu sa vazduhom oksiduje i brzo prelazi u trovalentno gvožđe. Unutar korozivne pukotine pojava šupljina i rupa je uobičajena. Šupljine se mogu pojaviti u kiseloj sredini koja sprečava taloženje oksida i hidroksida. Srednji sloj školjkastog oblika prekriva centar korozivne ljuske. Ovaj sloj je gust, čija debljina je od nekoliko delova milimetra do par milimetara. Sloj najčešće čine teško rastvorna jedinjenja Fe_3O_4 i FeOOH . Ovaj sloj nalazi se na granici između vode i čvrste faze i sadrži dvovalentno gvožđe koje se lako oksidiše. Gornji površinski sloj, na granici ljuske i vode obično čini sloj koji je slabo pričvršćen za ljusku. Gornji sloj izložen je uticaju vode. Od jedinjenja najčešće su prisutni: gvožđe(III)-oksid, amorfni gvožđe(III)-hidroksid i silikati, fosfati i karbonati kalcijuma. Na gornji sloj, odnosno površinu ljuske mogu se adsorbovati prirodne organske materije (POM). Delovi gor-

njeg sloja mogu se odvojiti i transportovati kroz vodu, menjajući mutnoću i boju vode [2].

EKSPERIMENTALNI DEO

Uzorci

Uzorci korodiranih cevi koji su korišćeni za analizu korozionih ljuski potiču iz beogradskog vodovoda. Uzorci korozionih naslaga označeni su kao:

- uzorak #1 sa Senjaka i
- uzorak #2 iz Njegoševe ulice.

Metode za karakterizaciju cevi i nastalih korozionih ljuski

Karakterizacija cevi i nastalih korozionih ljuski urađena je primenom instrumentalnih tehnika i metoda osetljivih i pouzdanih za kvalitativnu i kvantitativnu analizu odabranih materijala. Primenjene su sledeće metode i tehnike:

- gravimetrijska, volumetrijska i atomska apsorpciona analiza, za određivanje sastava uzoraka;
- skenirajuća elektronska mikroskopija (SEM) na instrumentu JEOL JSM 5800, za analizu mikrostrukture korozionih površina;
- rendgenska strukturna analiza (XRD) na Bruker D8 difraktometru, sa $\text{CuK}\alpha_{1,2}$ zračenjem, $\lambda = 1,5418 \text{ \AA}$, za analizu čvrstih faza u odabranim uzorcima; uslovi merenja bili su: modul merenja – transmisioni (θ – θ), Bragg–Brentano, skenirajuća metoda u opsegu $2\theta = 10$ – 80° , sa korakom $0,05^\circ$ i ekspozicijom od 5 s. Analizirani uzorci obrađeni su u Eva V 9.0 softveru. Sadržaj određenih faza u uzorcima određen je prema bazi podataka koja ima niz referentnih snimaka difrakcija za utvrđivanje prisustva različitih mineralnih vrsta. Uzorci su snimljeni tri puta, i prosečna vrednost za sadržaj od-

ređenih vrsta je izračunat;

- adsorpciona BET izoterma (BET), za određivanje slobodne površine uzoraka. Priprema uzorka #1 izvedena je na temperaturi od 110°C . Priprema uzorka #2 izvedena je na temperature od 100°C . Masa uzorka #1 bila je 3,2243 g, a uzorka #2 3,0520 g. Vreme trajanja analiza bilo je 16 h. Adsorbat, gas koji je korišćen za određivanje adsorpcionih izoterma i BET analize, bio je azot (N_2).

Karakterizacija cevi i korozionih ljuski

Oba uzorka izdvojena su nakon oštećenja, upravo usled dejstva korozije. Uzorci čeličnih cevi nepoznatog hemijskog sastava, dužine 50 cm su isečeni na mestu havarije. Cevi su transportovane u laboratoriju u roku od 24 sata nakon uzorkovanja. Naslage sa unutrašnje površine cevi uzorkovane su struganjem naslaga sterilisanom lopaticom. Pripremljen je i kompozitni uzorak koji predstavlja sastruganu korodiranu naslagu i meki unutrašnji sloj materije. Kompozitni uzorak uzorkovan je sa svake cevi sa korodiranog mesta, mesta na kom se pojavila naprslina.

REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati kvalitativne i kvantitativne analize korozionih ljuski u cevima prikazani su u tabeli 1. U tabeli su prikazani rezultati gravimetrijske, volumetrijske i atomske apsorpcione analize na osnovu kojih je izvršena procena sastava i sadržaja elemenata i jedinjenja koja ulaze u sastav korozionih ljuski.

U korozionim ljuskama uzorka #1, silicijum-dioksid praktično nije zastupljen ($<0,01\%$), a sadržaj oba oksida gvožđa je relativno visok ($\% \text{Fe}_2\text{O}_3 = 34,38$; $\% \text{FeO} = 33,96$).

Tabela 1. Sastav uzoraka (%) analiziranih korozionih naslaga (svi rezultati predstavljaju srednju vrednost tri merenja)
Table 1. The composition (%) of analyzed samples of corroded scales (mean values out of three measurements)

Jedinjenje	Uzorak	
	#1	#2
Silicijum-dioksid, SiO_2	<0,01	12,27
Gvožđe (III)-oksid, Fe_2O_3	34,38	31,90
Gvožđe(II)-oksid, FeO	33,96	5,67
Aluminijum-oksid, Al_2O_3	<0,001	<0,001
Kalcijum-oksid, CaO	<0,01	46,97
Magnezijum-oksid, MgO	<0,01	0,015
Sadržaj drugih metala		
Cink, Zn	0,024	0,023
Nikl, Ni	0,019	<0,001
Bakar, Cu	0,115	0,039
Mangan, Mn	0,073	0,032
Kadmijum, Cd	0,0002	<0,0001
Olovo, Pb	<0,001	<0,001
Hrom, Cr	<0,001	<0,001

U korozionim ljuskama uzorka #2, silicijum-dioksid veoma je zastupljen (12,27 %), a sadržaj gvožđe(III)-oksida je relativno visok ($\% \text{Fe}_2\text{O}_3 = 31,90$), dok je gvožđe(II)-oksid manje zastupljeno ($\% \text{FeO} = 5,67$).

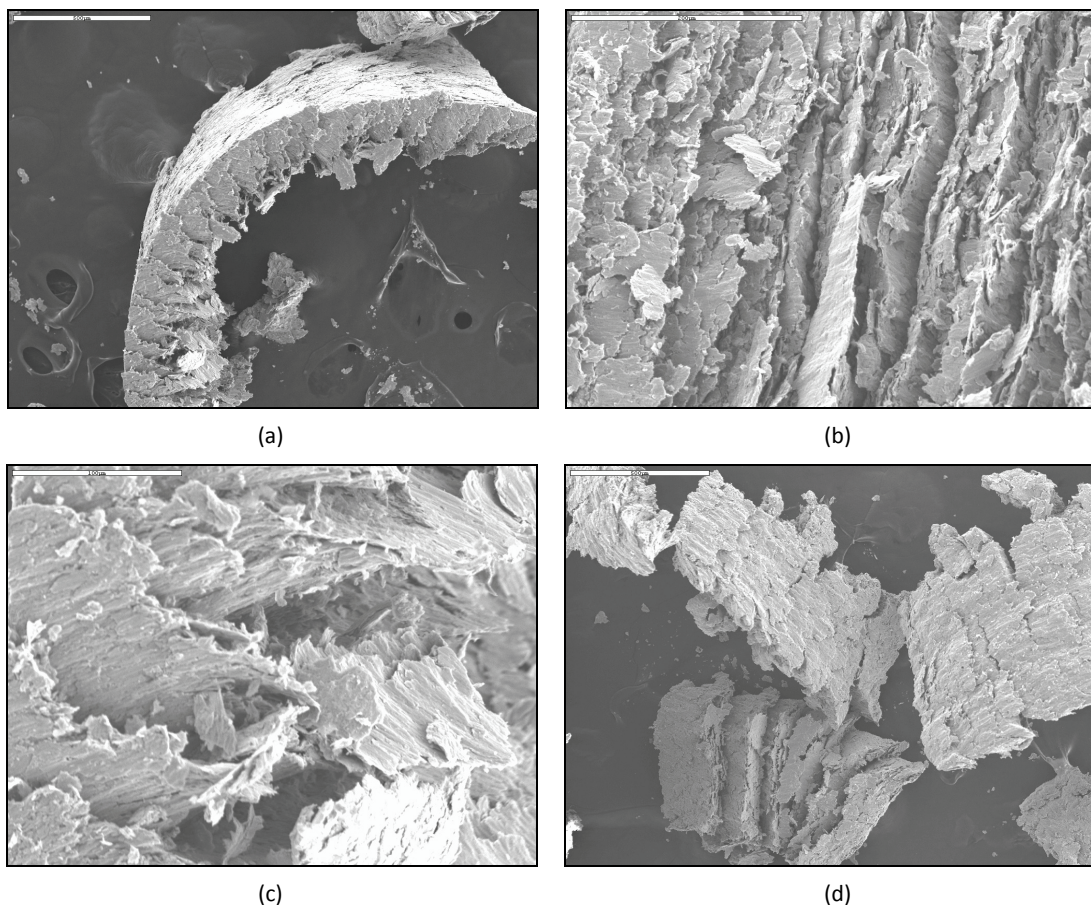
Iako su osnovni materijali obe cevi isti po sastavu, pretpostavlja se da na različit sastav korozionih ljuski presudan uticaj imaju različiti operativni uslovi (neujednačen protok vode, zastoji u snabdevanju usled havarija).

Mikrostruktura korozionih ljuski, koja podrazumeva analizu površine, morfologije i homogenosti uzoraka korozionih ljuski, ispitivana je skenirajućom elektronskim mikroskopskom (SEM). SEM mikrofotografije korozionih ljuski uzoraka #1 i #2, prikazane su na slikama 3 i 4, redom. Utvrđeno je da su površine uzoraka #1 i #2 neujednačene i strukturno različite. Analizirani uzorci sadrže čestice različitih oblika i veličina u rasponu od 200 μm do 2 mm. Uzorak #1 predstavljaju opiljci korozionih ljuski kod kojih površina nije narušena prisustvom silicijum-dioksida. Uzorak #2 prekriven je kristalnim oblicima kalcijum-karbonata i silicijum-dioksida. Rezultati SEM analize potvrđuju rezultate gravimetrijske, volumetrijske i atomske apsorpcione analize, kao i rendgenske strukturne analize, koje ukazuju na prisustvo kalcijum-oksida, siderita i gvožđe-karbonata. Rezultati

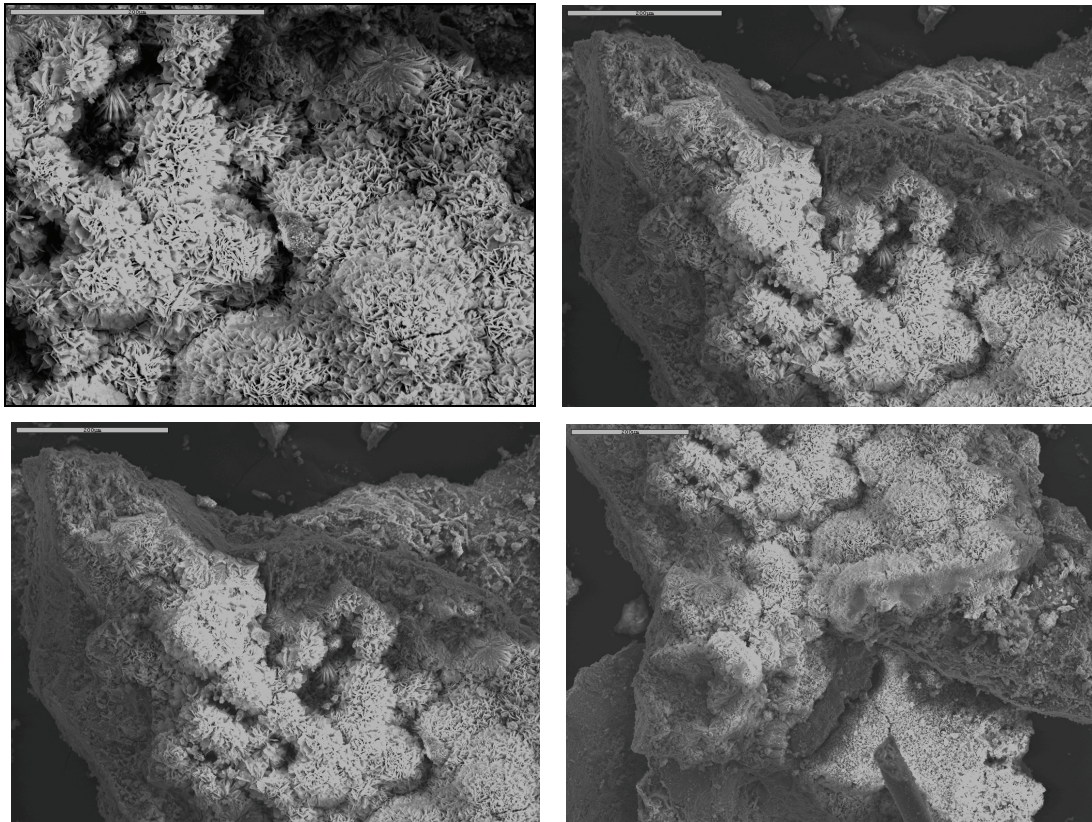
ukazuju da je proces kalcifikacije cevnih naslaga veoma zastupljen.

Rezultati XRD analize prikazani su na slici 5 (uzorak #1) i na slici 6 (uzorak #2). U uzorku #1, u korozionim ljuskama identifikovano je prisustvo: elementarnog gvožđa ($\% \text{Fe} = 74,4$), hematita ($\% \text{Fe}_2\text{O}_3 = 17,7$) i magnetita ($\% \text{Fe}_3\text{O}_4 = 7,9$). Prisustvo oksida gvožđa u korozionim ljuskama posledica je korozije, koja je nastala sporom oksidacijom gvožđa iz cevi. Pretpostavlja se da je visok sadržaj elementarnog gvožđa posledica uklanjanja gvožđa pri struganju sa cevi.

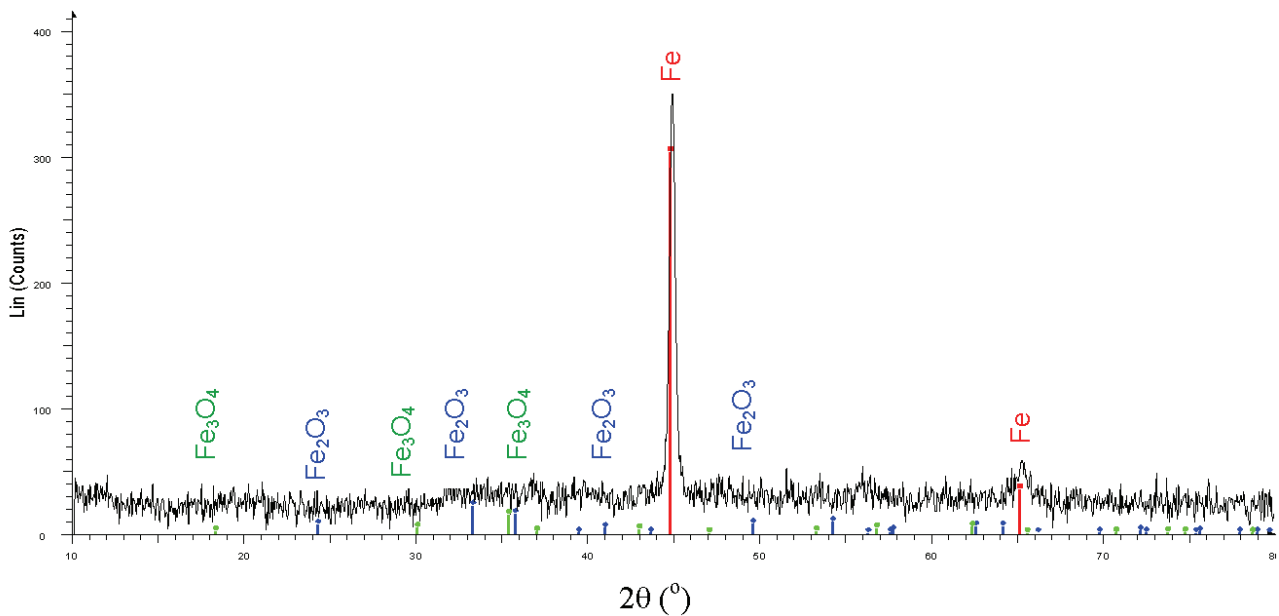
Rezultati analize uzorka korozione ljuske #2 pokazali su da su oksidi gvožđa najzastupljenija faza. Utvrđeno je prisustvo prisustvo: hematita ($\% \text{Fe}_2\text{O}_3 = 2,30$), magnetita ($\% \text{Fe}_3\text{O}_4 = 4,60$) i siderita ($\% \text{FeCO}_3 = 4,20$), koji su osnovna jedinjenja koja nastaju kao korozioni proizvodi. Kao i kod uzorka #1, izmeren je duplo manji udeo elementarnog gvožđa ($\% \text{Fe} = 31,30$). Kod uzorka #2, u skladu sa gravimetrijskim, volumetrijskim, atomsko apsorpcionim merenjima i SEM analizom, utvrđen je i znatan udeo silicijum-dioksida ($\% \text{SiO}_2 = 57,70$). Siderit (FeCO_3), čija se veća količina očekivala, verovatno nije izmeren jer nije stabilan kada je izložen vazduhu.



Slika 3. SEM mikrofotografije korozionih naslaga uzorka #1 (veličina razmernika: a) 500, b) 200, c) 100 i d) 500 μm).
Figure 3. SEM image of corrosion scale from sample #1 (magnification bar: a) 500, b) 200, c) 100 and d) 500 μm).



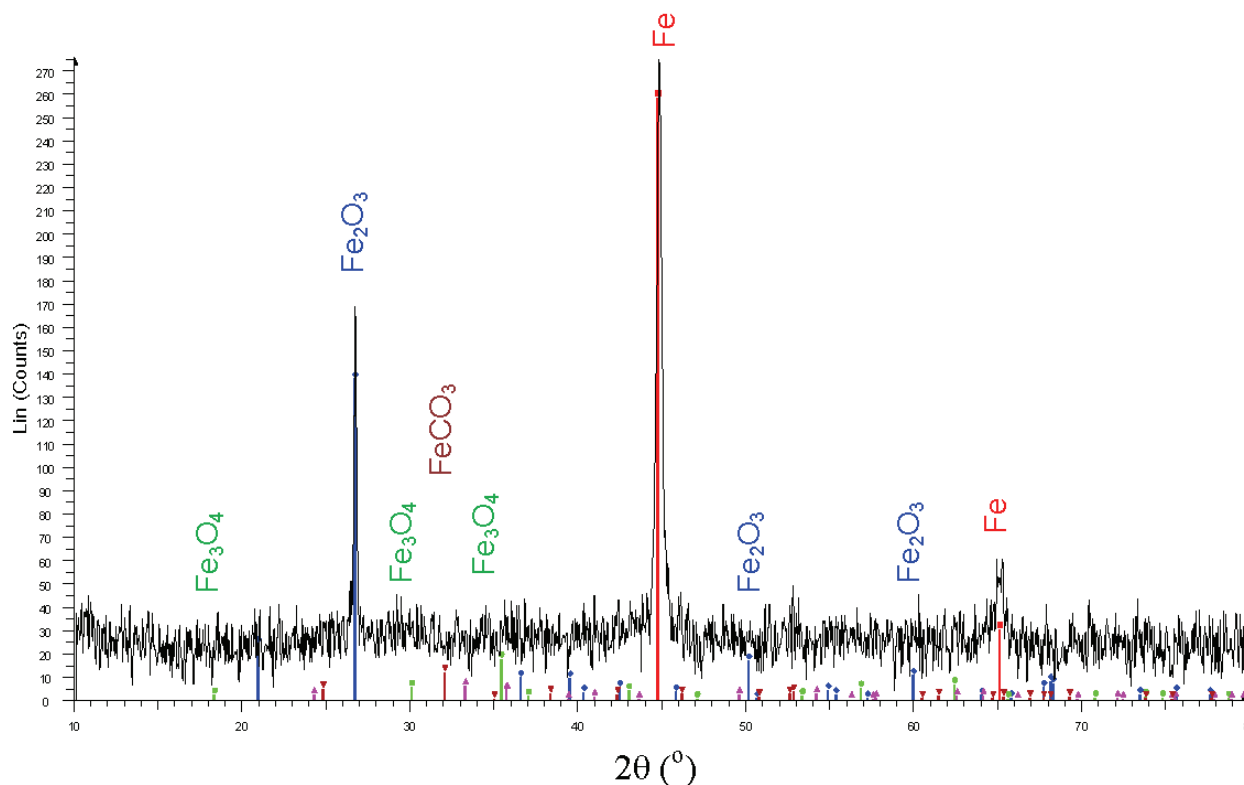
Slika 4. SEM mikrofotografije korozivnih naslaga uzorka #2 (veličina razmernika: 200 μm).
Figure 4. SEM image of corrosion scale from sample #2 (magnification bar: 200 μm).



Slika 5. Difrakogram uzorka korozivne naslage (uzorak #1).
Figure 5. XRD pattern of corrosion scale from sample #1.

Rezultati rendgenske strukturne analize u skladu su sa rezultatima istraživanja Sarina i Pechera [2,3]. Zelena rđa, koju čine hidratirana jedinjenja gvožđa koja sadrže hloridne, sulfatne i karbonatne jone nije detektovana

XRD analizom, jer se smatra da nije postojana i oksidiše na vazduhu u stabilnije oblike, kao što su α -FeOOH ili Fe_3O_4 . Pretpostavlja se da je prisustvo ovih faza posledica spore oksidacije. S obzirom na to da su i kod jed-



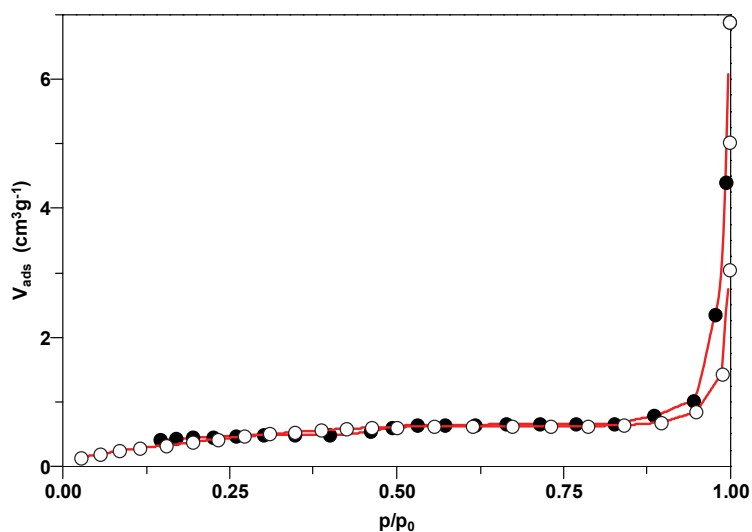
Slika 6. Difraktogram uzorka korozijske naslage (uzorak #2).
Figure 6. XRD pattern of corrosion scale from sample #2.

nog i kod drugog uzorka određeni hematit (Fe_2O_3) i magnetit (Fe_3O_4), a nije detektovan lepidokrokrit ($\gamma\text{-FeOOH}$), smatra se da je oksidacija korozijskih ljuski bila spora, prema Sarinovu tumačenju oksidacije korozijskih naslaga [2].

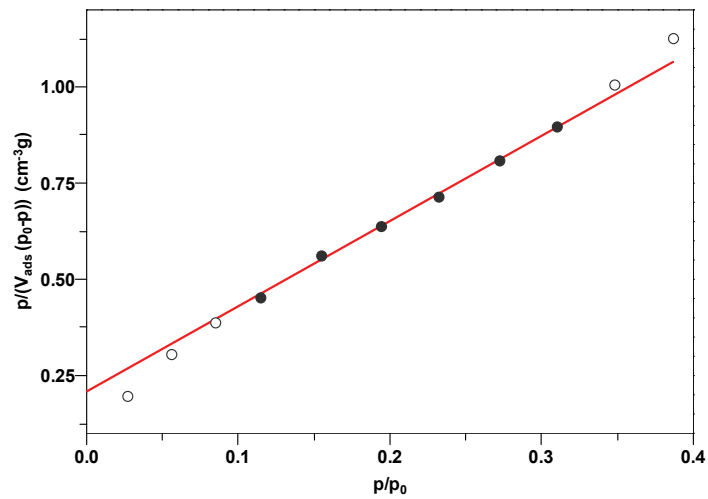
Aktivna površina uzorka analizirana je radi određivanja poroznosti materijala i mogućnosti materijala da adsorbuje (zadrži i ugradi) jedinjenja (molekule i jone)

sa kojima stupa u kontakt [3,4]. Rezultati analize aktivne površine uzorka korozijskih ljuski prikazani su na slikama 7 (adsorpciona izoterma za uzorak #1), 8 (BET aktivna površina uzorka #1), 9 (adsorpciona izoterma za uzorak #2) i 10 (BET aktivna površina uzorka #2).

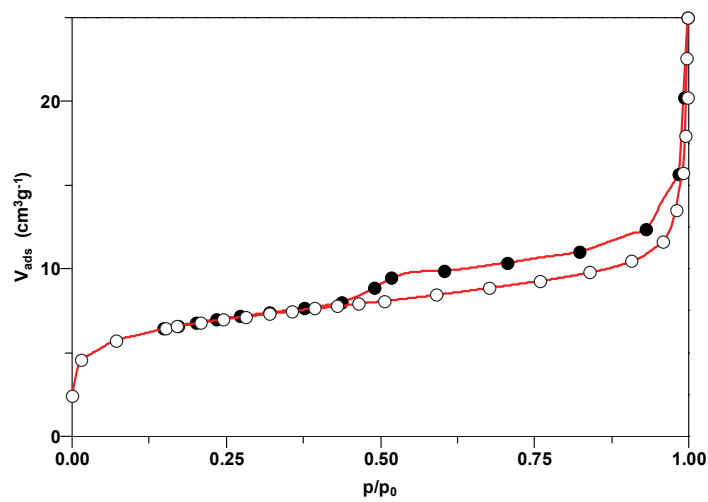
Merenje poroznosti uzorka korozijskih ljuski pokazalo je da je poroznost uzorka #1 znatno veća od poroznosti uzorka #2. Izmerena zapremina jednog sloja is-



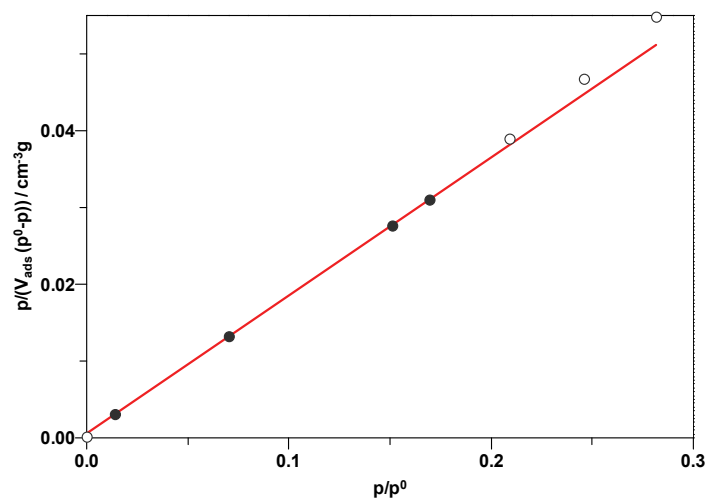
Slika 7. Adsorpciona izoterma uzorka #1; ○ – kriva sorpcije, ● – kriva desorpcije.
Figure 7. The adsorption isotherm of sample #1; ○ – sorption ● – desorption.



Slika 8. BET aktivna površina uzorka #1.
Figure 8. BET surface area of sample #1.



Slika 9. Adsorpciona izoterma uzorka #2; ○ – kriva sorpcije ● – kriva desorpcije.
Figure 9. The adsorption isotherm of sample #2; ○ – sorption ● – desorption.



Slika 10. BET aktivna površina uzorka #2.
Figure 10. BET surface area of sample #2.

pitivanog adsorbenta koja se adsorbuje u pore uzorka #1 je 5,5517, a kod uzorka #2 0,4131 $\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$. Zapremina pora za uzorak #1 na početku merenja, pri $p/p_0 = 0,999$ iznosila je 0,0386 $\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$, a na kraju merenja pri $p/p_0 = 0,999$ bila je 0,0217 $\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$, a za uzorak #2 na početku merenja, pri $p/p_0 = 0,999$ je 0,01060 $\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$, a na kraju merenja pri $p/p_0 = 0,980$ iznosila je 0,0020 $\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$. Određena i izmerena vrednost poroznosti ispitivanih uzoraka u skladu je sa prethodnim analizama. Površina uzorka #2 prekrivena je slojem silicijum-dioksida i siderita koji sprečavaju površinu uzorka da bude aktivna u adsorpciji azota. Analiza aktivne površine pokazala je da uzorak #1 ima specifičnu površinu od 1,798 $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$ a uzorak #2 od 24,165 $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$, što predstavlja razliku od 13 puta.

ZAKLJUČAK

U istraživanjima koja se bave analizom korozionih ljuski uočen je značaj interakcije korodiranih cevi i kvaliteta vode. Posledica interakcije je degradacija i razaranje cevni materijala. Interakcija korodiranih površina i uticaj kvaliteta vode na koroziju nisu u potpunosti razjašnjeni. Kvalitet vode utiče na oslobađanje gvožđa sa korodiranih površina. Gvožđe koje se taloži na površini metala utiče na rast korozine ljuske i smanjenje brzine korozije gvožđa. Uz prisustvo oksidanata u vodi,

gvožđe koje se oslobađa kao dvovalentno (zelene boje), prelazi u trovalentni oblik (žute boje) što se može uočiti praćenjem boje vode. Korozija gvožđa u vodenoj sredini može biti uniformna, razvija se po celoj površini metala jednako ili lokalizovana, tačkasta korozija. Uniformna korozija se manifestuje kroz uniformne korozione slojeve sličnog sastava, lokalizovana korozija daje različite vrste korozionih produkata, različite i po sastavu i udelima komponenti.

LITERATURA

- [1] P. Sarin, V.L. Snoeyink, D.A. Lytle, W.M. Kriven, Iron corrosion scales: model for scale growth, iron release, and colored water formation, *J. Environ. Eng. – ASCE* **130** (2004) 364–373
- [2] P. Sarin, V.L. Snoeyink, J. Bebeeb, K.K. Jimb, M.A. Beckett, W.M. Kriven, J.A. Clement, Iron release from corroded iron pipes in drinkingwater distribution systems: effect of dissolved oxygen, *Water Res.* **38** (2004) 1259–1269
- [3] K. Pecher, S.B. Haderlain, R.P. Schwarzenbach, Reduction of polyhalogenated methanes by surface-bound Fe(II) in aqueous suspensions of iron oxides, *Environ. Sci. Technol.* **36** (2002) 1734–1741
- [4] S. Brunauer, P.H. Emmett, E. Teller, Adsorption of gases in multimolecular layers, *J. Am. Chem. Soc.* **60** (1938) 309–319.

SUMMARY

CORRODED SCALE ANALYSIS FROM WATER DISTRIBUTION PIPES

Vladana N. Rajaković-Ognjanović¹, Branimir N. Grgur²

¹*Faculty of Civil Engineering, University of Belgrade, Belgrade, Serbia*

²*Faculty of Technology and Metallurgy, University of Belgrade, Belgrade, Serbia*

(Professional paper)

The subject of this study were the steel pipes that are part of Belgrade's drinking water supply network. In order to investigate the mutual effects of corrosion and water quality, the corrosion scales on the pipes were analyzed. The idea was to improve control of corrosion processes and prevent impact of corrosion on water quality degradation. The instrumental methods for corrosion scales characterization used were: scanning electron microscopy (SEM), for the investigation of corrosion scales of the analyzed samples surfaces, X-ray diffraction (XRD), for the analysis of the presence of solid forms inside scales, scanning electron microscopy (SEM), for the microstructural analysis of the corroded scales, and BET adsorption isotherm for the surface area determination. Depending on the composition of water next to the pipe surface, corrosion of iron results in the formation of different compounds and solid phases. The composition and structure of the iron scales in the drinking water distribution pipes depends on the type of the metal and the composition of the aqueous phase. Their formation is probably governed by several factors that include water quality parameters such as pH, alkalinity, buffer intensity, natural organic matter (NOM) concentration, and dissolved oxygen (DO) concentration. Factors such as water flow patterns, seasonal fluctuations in temperature, and microbiological activity as well as water treatment practices such as application of corrosion inhibitors can also influence corrosion scale formation and growth. Therefore, the corrosion scales found in iron and steel pipes are expected to have unique features for each site. Compounds that are found in iron corrosion scales often include goethite, lepidocrocite, magnetite, hematite, ferrous oxide, siderite, ferrous hydroxide, ferric hydroxide, ferrihydrite, calcium carbonate and green rusts. Iron scales have characteristic features that include: corroded floor, porous core that contains both fluid and solid, relatively dense shell-like layer that covers the porous core and provides structural integrity to the scale, and surface layer that is present on top of the shell-like layer at scale-water interface and loosely attached to the shell-like layer. Iron(II) deposits are formed under reducing conditions. The presence of relatively soluble Fe(II) deposits such as siderite and ferrous hydroxide was confirmed by XRD and SEM analysis. In the presence of carbonic species, siderite (FeCO_3) is prevailing ferrous deposit. Further studies are needed for obtaining greater knowledge on the mechanism of iron release from corroded pipes and the influence of water quality to iron corrosion.

Keywords: Corrosion • Corrosion scales
• Iron • Water • Water supply pipes