

Upotrebljivost visoko pritisnih cevovoda u Termoelektranama za eksploataciju posle projektnog perioda

Usability of high pressure steam pipelines in thermal power plants for exploitation after the expiry of designed period

Viziting Docent D-r *Bratica Temelkovska* Masinski fakultet, Vinica Univerzitet "Goce Delčev" Štip, R. Makedonija; Viziting von. Prof D-r *Radomir Cvetanoski* Masinski fakultet, Vinica Univerzitet "Goce Delčev" Štip, R. Makedonija

ABSTRAKT

Komponente od kojih su izrađena termoenergetska postrojenja, a posebno integralni cevovodi, u toku rada izloženi su u isto vreme dugotrajnom dejstvu opterećenja (napon), na visokim temperaturama u uslovima puzanja, agresivnoj sredini, zamoru i drugim mehanizmima oštećenja, koji su uzrok pojave degradacije, deformacija ili prslina, zbog čega je ograničen njihov eksploatacioni vek. Za utvrđivanje aktuelnog stanja metala i uzroci za takvo stanje, ocena iscrpljenosti, t.e prognoza preostalog veka, razvijene su i u primeni su odgovarajuće metode koje u glavnom obuhvataju tri faze: pojavu prsline, rast prsline i otkaz komponente kada prslina dostigne kritičnu vrednost.

U ovom radu date su metodologije za procenu preostalog veka komponente integralnih cevovoda u TE Oslomej, R Makedonija, za pregrejanu (primarnu) paru i naknadno pregrejanu (sekundarnu) paru, primenjene u različitim periodima eksploatacije i to 87545, 137487, 148128 i 167460 sati rada.

Ključne reči: preostali radni vek, toplopostojani čelici, metalografska struktura, degradacija strukture, LMP.

ABSTRACT

Thermal power plants are constructed of components, especially integrated pipelines, that during the work are exposed at the same time to long-term load (strain), high temperatures in terms of creep, aggressive environment, fatigue and other mechanisms of damage that cause degradation, deformation or cracks, therefore they are limited in the exploitation period.

In order to determine the actual condition of the metal and the reasons for that condition, an assessment of the degree of exhaustion or to give an assessment of the residual life of the parts of the plants, appropriate methods that mainly consist of three phases have been developed and applying: appearance (creation) of cracks, growth of cracks and failure of components when cracks reach the critical value.

The methodologies for estimating the residual life of the components of integrated pipelines in TPP Oslomej for overheated (primary) steam and reheated (secondary) steam are given in this paper, applied in several periods of exploitation including: 87 545, 137 487, 148 128, and 167 460, working hours.

Key words: residual life, heat resistant steels, metallographic structure, degradation of the structure, LMP.

UVOD

Materijal je veoma odgovorna komponenta termoenergetskih postrojenja, a posebno integralnih cevovoda, koji su u toku rada izloženi dugotrajnom dejstvu opterećenja (napon), visokih temperatura u uslovima puzanja, zamora i drugih menaničkih oštećenja, koji uzrokuju degradaciju, deformaciju ili prslina, zbog čega im je ograničen vek eksploatacije.

Pod uticajem temperature i naprezanja, toplotno postojani čelici od kojih su izgraženi integralni cevovodi, skloni su na puzanje, zbog čega u strukturi ovih materijala dolazi do difuznog kretanja, precipitacije karbida, formiranja mikropora i mikro-makro prslina. Akumulacija deformacije od puzanja u materijalu može u jednom trenutku da uzrokuje pojavu većih prslina i do razaranja komponenti. Proces puzanja može da se prati makroskopski i mikroskopski. Mikroskopski se prati promena u materijalu, kao što je degradacija materijala, a makroskopski podrazumeva analizu uticaja na temperature i napona tzv. čvrstoća puzanja.

Prema uspostavljenoj praksi u svetu, eksploatacioni vek elemenata cevovoda visokog pritiska procenjuje se uopšteno na osnovu kriterijuma u zavisnosti od toga na kakvim uslovima rada bili su izloženi.

Pored termičkih i mehaničkih opterećenja, u uslovima rada ubraja se i uticaj radne sredine, koji se manifestuje preko korozione i eroziona mehanizme. Svi navedeni procesi dovode do degradacije osobine materijala koji mogu da se svrstaju u sledećih kategorija:

- Vremenska degradacija materijala zbog dugotrajne eksploatacije na povišenim temperaturama, kad materijal trpi strukturne promene u stacionarnim uslovima rada sa sudejstvom spoljašnjih opterećenja;

- Pad integriteta materijala zbog dejstva niskocikličnog zamora u svim uslovima nestacionarnog rada i
- Pad integriteta materijala u uslovima povećanog naponskog stanja i prisustvo mogućih oštećenja u stacionarnim i nestacionarnim uslovima rada u sadejstvom sa spoljašnjim opterećenjem.

U zavisnosti od toga koji mehanizam degradacije je dominantan pri datim uslovima rada, u određenom materijalu, određuju se kriterijumi i metode procene preostalog radnog veka.

U odsustvo opšte teorije puzanja, koja bi na fenomenološkom nivo objasnila sve mehanizme ove pojave i time bi definisala matematički aparat za procenu preostalog veka komponenta izloženih visoko-temperaturnom puzanju, postoje više potpuno različitih načine rešavanja ovih problema. Ovi načini mogu se podeliti u dva generalne pristupe [7]:

Pristup A: koj se zasnova na preciznoj akviziciji radnih parametara (pritisak i temperatura) tokom celog radnog veka, na osnovu kojih se može, pomoću standardnih podataka o materijalu, izračunati preostali radni vek, primenom pravila frakcija radnog veka da je zbir činilaca (različitih mahanizama razaranja) radnog veka uvek ravan jedinice [7] t.e.: $\sum t_i(\rho, T)/t_f(\rho, T) = 1$; (1)

Pristup B: zasnova se na metodi koje koriste podatke o osobinama materijala dobijene raznim ispitivnjima, bilo novog ili eksploataisanog materijala što zahteva pristup komponenti da bi se obezbedila uzorkovanja i merenja.

Urađen je veliki broj studija u cilju ispitivanja zavisnost promene mikrostrukture materijala od puzanja, sa ciljem procena preostalog radnog veka.

Jedna od tih studija je od Evropske komisije 2005 godine [5]. Gde je urađena t.z. Videl - Nojbarova (Wedel-Neubauer) klasifikacija pora sa ocenom stanja materijala koji pored početnog neoštećenog stanja materijala obuhvata još klase degradacije sa podklasama. Na osnovu utvrđivanja klase može se proceniti preostali vek i neophodnost sledeće kontrole [6].

2. EKSPERIMENTALNI RAD

Primenjene metode za procenu preostalog radnog veka integralnih cevovoda u TE Oslomej

U ovom radu date su primenjene metodologije za procenu preostalog radnog veka komponenata integralnih parovoda, linje sveže (pregrejane) i sekundarne (ponovo pregrejane) pare u Termoelektrani Oslomej, nakon eksploatacije od 87545[h];137487[h];148128[h] i 167460 [h].

Parovod pregrejane (sveže) pare, linija RA ima

radnu temperaturu od 540 [°C] i projektni pritisak 13,8 [MPa], izrađen je od niskolegirani čelik 13HMF prema PN standardu, t.j. 14MoV6-3, prema EN-102016-2.

Parovod ponovo pregrejane (sekundarne) pare, linija RB ima radnu temperaturu od 540 [°C] i projektni pritisak 3,1 [MPa], izrađen je od niskolegirani čelik 10H2M prema PN standardu, t.j. 10CrMo9-10 prema EN-10216-2.

Hemijski sastav i mehanička svojstva ovih čelika prema EN 10216-2-2007 data su u tabelama 1 i 2.

Tabela 1- Hemijski sastav materijala prema EN 10216-2 2007

Čelik (generička oznaka)	C [%]	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]	Cr [%]	Mo [%]	Ni [%]	Al [%]	Cu [%]	V [%]
14MoV63 (0,5Cr0,5Mo0,25V)	0.10-0.15	0.15-0.35	0.40-0.70	0.025	0.020	0.30-0.60	0.50-0.70	≤0.30	≤0.040	≤0.30	0.22-0.28
10CrMo910 (2.25Cr1Mo)	0.08-0.14	≤0.50	0.30-0.70	0.025	0.020	2.0-2.50	0.90-1.10	≤0.30	≤0.40	≤0.30	-

Tabela 2- Mehanočka svojstva materijala prema EN 10216-2 2007

Materijal	Zatezna čvrstoća	R _{0,2} – konvencionalni napon tečenja na sobnoj temperaturi		
		d≤16[mm]	16<d≤40[mm]	40<d≤60[mm]
	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
14MoV6-3	460-610	320	320	310
10CrMo9-10	480-630	280	280	270

2.1. Ispitivanje integralnih parovoda na 100.000 radnih sati

Metoda koja je korišćena za procenu preostalog veka integralnih parovoda u ovom periodu je proračunski metod, zasnovan na parametarsko-temperaturno-naponskih relacija, čiji osnovni element je procena Larsen- Milerovog parametra (LMP).

U tom cilju formirana je baza podataka u zavisnosti od vreme eksploatacije i kretanje temperaturnog polja različitih vremenskih perioda eksploatacije za: t₁ = 87 545 [h], t₂ = 93 682 [h], t₃ = 101 256 [h]. *(vremena t₁, t₂ i t₃ uzeti su samo za proračun Larsen Milerovog parametra za ispitivanje na 100 000 radnih sati).

Takođe formirana je baza podataka istrošenosti materijala za različitih vremenskih perioda eksploatacije.

Pored radne temperature kao polazni parametri za proračun određivanje stepena istrošenosti materijala i stvarnog radnog veka, uzima se opterećenje, t.j. napon u komponentama. Budući da u ovom periodu nisu postojali podaci za radni pritisak za proračun je upotrebljen pritisak predviđen u projektnoj dokumentaciji. Na osnovu ovih vrednosti izračunat je napon u zidu cevovoda od unutrašnjeg pritiska pare, adekvatno [4]:

$$\sigma = \frac{p(D-2s)}{2s} \frac{2R-0,5D+s}{2R-D+s} + \frac{p}{2} \quad (2)$$

Gde je:

P [MPa]- projektni pritisak;

D [mm]- spoljašnji dijametar cevovoda;

s [mm] - minimalna izmerena debljina zida cevovoda i

R [mm] - radijus kolena.

Na osnovu ovih podataka izračunat je LMP na sledeći način:

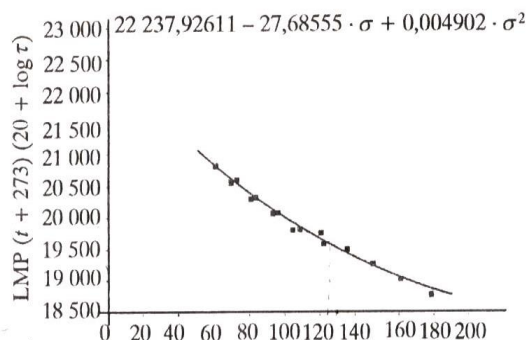
$$LMP = (t + 273^{\circ}\text{C})(20 + \log \tau) \quad (3)$$

Gde je:

t [$^{\circ}\text{C}$]- temperatura;

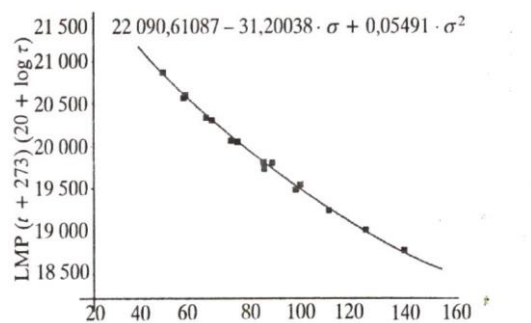
τ [h]- vreme rada.

$A=20$ konstanta eksperimentalno određena za niskolegirane čelike otporne na puzanje.



Donja granica rasejavanja vremenske jačine $0,8 \sigma_m$

Slika 1. Grafički prikaz LMP za čelik 14MoV6-3 [8]



Donja granica rasejavanja vremenske jačine $0,8 \sigma_m$

Slika 2. Grafički prikaz LMP za čelik 10CrMo9-10 [8]

Za oba čelika 13HM i 10H2M za sve temperature izvršena je linearna interpolacija sa temperaturnim korakom od 5°C da bi se opredio LMP u funkciju od temperature na zidu cevi, koja je saglasno TRD standarda viša za 15°C od temperature radnog fluida. Zavisnost LMP od trajne čvrstoće ovih ugrađenih materijala grafički je predstavljena na (sl.1) i (sl.2), kao funkcija podataka donje granice trajne čvrstoće $0,8 \sigma_m$ dati u tabelama 3 i 4 (saglasno TRD standard) proračun se vrši smanjenjem trajne čvrstoće za 20 [%]).

Na slici 1 i 2 dati su adekvatne jednačine [4,8] koji dalje se koriste za proračun:

Za 14MoV6-3:

$$LMP = 22237,92611 - 27,68555\sigma + 0,004902\sigma^2$$

Za 10CrMo9-10:

$$LMP = 22090,61087 - 31,20038\sigma + 0,05491\sigma^2$$

Zavisnost LMP od trajne čvrstoće za čelik 14MoV6-3 i 10CrMo9-10 dati su u tabelama 3 i 4.

Tabela 3. LMP za čelik 14MoV6-3 (RA-linija) [8]

Vreme rada	10 000 [h]			100 000 [h]			200 000 [h]		
	σ_m [MPa]	$0,8 \sigma_m$	LMP	σ_m [MPa]	$0,8 \sigma_m$	LMP	σ_m [MPa]	$0,8 \sigma_m$	LMP
Ekstrapolirana temperatura [$^{\circ}\text{C}$]									
525	194,0	155,2	19152,0	125,0	100,0	19950,0	106,0	84,8	20190,2
535	175,0	140,0	19392,0	109,5	87,6	20200,0	91,5	73,2	20443,2
545	156,5	125,2	19632,0	95,0	76,0	20450,0	79,5	63,6	20696,2
555	139,0	111,2	19872,0	81,5	65,2	20700,0	67,5	54,0	20949,2
565	122,8	98,2	20112,0	67,9	54,3	20950,0	55,0	44,0	20202,2

Tabela 4. LMP za čelik 10CrMo9-10 (RB-linija) [8]

Vreme rada Ekstrapolirana temperatura [°C]	10 000 [h]			100 000 [h]			200 000 [h]		
	σ_m [MPa]	0,8 σ_m	LMP	σ_m [MPa]	0,8 σ_m	LMP	σ_m [MPa]	0,8 σ_m	LMP
525	148,0	118,4	19152,00	100,0	80,0	19950,00	87,50	70,0	20190,2
535	131,0	104,8	19392,00	85,0	68,0	20200,00	74,00	59,2	20443,2
545	115,5	92,4	19632,00	72,0	57,6	20450,00	62,00	62,0	20696,2
555	101,5	81,2	19872,00	61,0	48,8	20700,00	51,30	51,30	20949,2
565	89,0	71,2	20112,00	47,9	37,6	20950,00	43,00	43,0	20202,2

Na osnovu ove metode izvršen je proračun preostalog radnog veka pojedinih komponenta parovoda RA i RB linije (Tabela 6).

2.2. Vreme rada posle 137 487 [h] ili posle 49 942 [h] od predhodne procene

Za ova ispitivanja korišćeni su sledeći kriterijumi i metode:

- Kriterijum naponskog stanja na zidu cevovoda za projekne parametre;
- Kriterijum naponskog stanja na zidu cevovoda za postojući uslovi rada i izmerene debljine zida cevovoda;
- Kriterijum stanja metala, izražen preko procenata stepena oštećenja mikrostrukture;
- Kriterijum stanja cevovoda izražen je preko mehaničkih karakteristika;
- Procena preostalog veka eksploatacije u uslovima uticaja vremenskih degradacija materijala (linije RA i RB);

A kao rezultat dobijen je preostali radni vek linija RA i RB.

Opis korišćenih metoda

Dobijeni podaci iz različitih kriterijumima za svaku ispitanu komponentu međusobno su upoređene (što procena dobija na vrednost), pa na osnovu njihove kompatibilnosti data je procena preostalog radnog veka odnosno eksploataciona upotrebljivost elementa.

Korišćene metode i kriterijumi za procenu preostalog radnog veka odnosno eksploataciona upotrebljivost, su:

1. **Proračunska metoda za određivanje radnog napona komponenta.** Na osnovu minimalno izmerene debljine zida cevovoda, prema TRD serija 300, određen je napon u komponentima, koji mora da bude manji a najviše jednak dozvoljenog napona.
2. **Larsen Milerova Parametarska relacija.** Ova parametarska relacija daje preostali radni vek u funkciju od temperature za dati radni napon. Sama metoda, ukoliko ne postoje tačni podatci za njenu primenu, može kao krajni rezultat da da optimističku procenu preostalog radnog veka. Takođe, pri primeni ove metode treba uzeti u vidu da izmerena minimalna debljina zida cevovoda ne mora stalno da bude minimalna sobzirom da merenje nije izvršeno u zoni najmanje debljine komponente.
3. **Metoda za određivanje preostalog resursa debljine zida cevovoda koji nisu izloženi vremenske degradacije.** Ova metoda (zavisnost od preostalog resursa debljine zida cevi) daje mogućnost za određivanje eksploatacione upotrebljivosti linija na lice mesto kao i period naredne kontrole do momenta njihove zamene.

2.3. Vreme eksploatacije 148 128 [h] ili 10 641 [h] od predhodne procene, izvršen je jakosni proračun i procena preostalog radnog veka linije RA i RB. Za ove proračune korišćeni su podatci iz NDT ispitivanja ovih cevovoda urađeni iste godine. Proračun čvrstoće izvršen je korišćenjem standarda

MKS EN 12963-3, 2007; ASME B31.1-2001 i TDR 300 za proračun napona kolena iz procenu preostalog radnog veka prema API 530-2004. Prema standardu TRD300 u cilju dobijanja tačnih vrednosti uzima se u razmatranje stvarno stanje cevovoda prema dobijenim podacima merenja. Podatci za napon se baziraju samo na unutrašnji pritisak pare.

Metod za određivanje stvarno potrošenog radnog veka sa primenom LMP zaniva se na primeni jednog parametra čijom pomoću se dobija vremenska zavisnost jačine materijala.

API 530 (ISO 13704:2001) obuhvata proračun pomoću dijagrama u zavisnosti temperature spoljnog zida cevi i dijametara cevi i obuhvata LMP.

2.4. Vreme eksploatacije 167 460 [h] ili 19 332 [h] od predhodne procene, izvršena je kontrolni proračun kolena linije RA i RB za određivanje preostalog radnog veka.

Ovaj proračun izvršen je na osnovu:

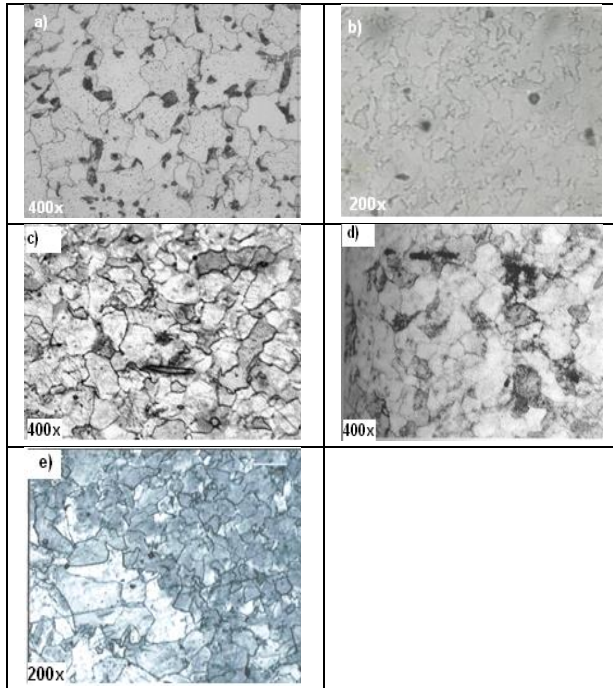
- Metodologije za procenu preostalog resursa materijala prema preporuke standarda GOST RD 10-249-98 i RD 10-400-01; i
- Jakosni proračun prema preporuke standarda MKC EN 12953-3 2007.

Standard RD 10-249-98 i RD 10-400-01 obuhvata debljina zida kolena, relativna vrednost mernih tačaka, a nominalni dozvoljeni naponi za različite temperature i različnih vremena eksploatacije uzimaju se prema EN 10216-2.

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

3.1. Promena mikro strukture

Promena mikrostrukture materijala 14MoV6-3 i 10CrMo9-10 za različite periode eksploatacije pokazani su na slici 2 i 3.



Slika 2. Promena strukture materijala 14MoV6-3

- a) Neeksploatiran materijal;
 b) Eksploatacija od 87 545 [h] kom. RA6 K3;
 c) Eksploatacija od 137 487 [h] kom RA6 -K1;
 d) Eksploatacija od 148 128 [h] kom RA6 – K1;
 e) Eksploatacija od 167460[h] RA6 - K1, R7;

Mikrostrukturno stanje neeksploatiranog materijala 14MoV6-3 za liniju RA je feritno perlitna i u strukturi preovlađuje perlit (Slika 2.a).

Nakon 87 545 [h] eksploatacije linije RA, struktura je grubozrnasta sa pojedinačnim porama (Slika 2. b).

Metalografskom analizom na liniji RA nakon 148128 radnih sati u eksploataciji (Slika 2.d) nisu primećena vremenska oštećenja tipa grupiranih orjentisanih pora, koji bi ukazali na mogućnost pojave mikro i makro prsline. Retko prisustvo pojedinačnih pora vidljive sa optičkom mikroskopijom uočeni su samo na nekoliko ispitanih pozicija i to uz nemetalnih uključaka.

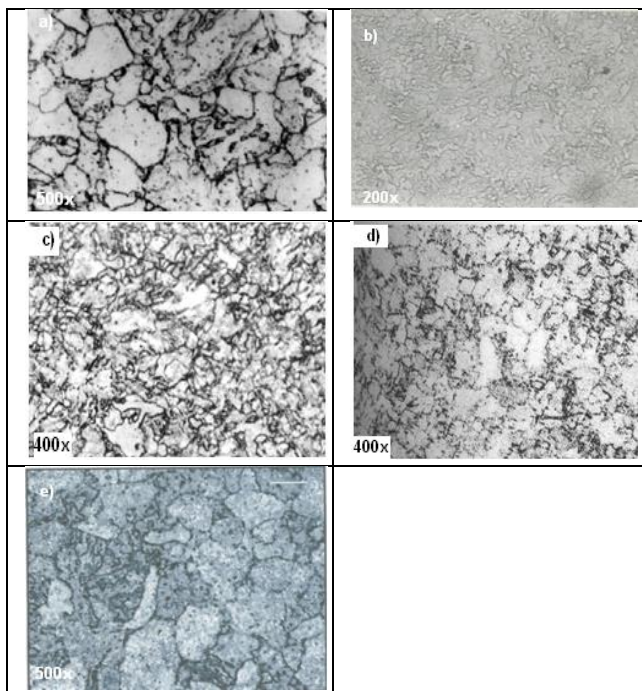
Na ispitanim pozicijama RA linije nakon eksploatacije od 167 460 [h] (Slika 2.e) nije konstatovano značajno prisustvo grubih karbida po granicama zrna, a prisutno razugljeničenje strukture je posledica fabrikacije. Perlitno feritno

mikrostrukturno stanje uz zadovoljavajuću tvrdoću daje do znanja na prisustvo fino disperzirane karbide u feritnoj osnovi, teško vidljive sa optičkim mikroskopom. U strukturi većeg broja ispitanih pozicija uočeni su prisustvo nemetalnih uključaka sulfidnog i karbidnog tipa kao posledica proizvodnje, koja je u periodu ugradnje cevovioda bila na niskom tehnološkom nivou.

Mikrostrukturno stanje neeksploatiranog čelika 10CrMo9-10, linija RB (*Slika 3.a*) je feritno – beinitna, uobičajena za ovaj kvalitet, sa veličinom zrna 7 po ASTM skali.

Metalografska analiza komponenata nakon 87 546 [h] eksploatacije (*Slika 3.b*) ukazuje da je struktura fino-zrnasta bez mikropora.

Nakon eksploatacije 137 487 [h] (*Slika 3.c*) struktura ukazuje da nema pojava degradacije materijala. Struktura je bez prisustva pora, igličasta je i ima nemetalne uključke oksidnog tipa.



Slika 3. Promen strukture čelika 10CrMo9 – 10

a) Neeksploatiran materijal;

b) Eksploatacija od 87 545 [h] kom. RB1 K3;

c) Eksploatacija od 137 487 [h] kom RB-K3, R3;

d) Eksploatacija od 148128 [h] kom RB1-K3, R5;

e) Eksploatacija od 167460[h] RB2 – K3, R2;

Analizom površinske mikrostrukture nakon 148 128 [h] (*Slika 3.d*) struktura je perlitna sa izdvojenim karbidima po granicama zrna sa nizama i finim karbidima u zrnju. Ima i pojedinačnih pora, nemetalne uključke sulfidnog i oksidnog tipa. Na ispitanim pozicijama nije konstatovano vremensko oštećenje tipa grupisanih i orjentiranih pora, koji bi ukazale na mogućnost da u naredno vreme se pojave mikro i makro prslina kao posledica njihovog prisustva. Pojedinačne pore vidljive na optičkom mikroskopu uočeni su na nekoliko ispitanih pozicija i to na trojnim granicama.

Nakon 167 460 [h] eksploatacije (*Slika 3.e*) na nekim pozicijama linije RB uočeno je prisustvo nekoliko niza nemetalnih uključaka oko kojih uočeno je razdvajanje metalne osnove. Površinsko metalostrukturno stanje je feritno - beinitno – perlitno sa prisutnom degradacijom beinitnog i perlitnog mikrokonstituenta. Metalno zrno uglavno je homogeno sa srednjom veličinom bez prisustva mikropora, mikroprslina ili drugih metalno strukturnih defekata.

3.2. Rezultati dimenionih ispitivanja i ispitivanja trdoće

Stepen oštećenja materijala može se opredeliti i merenjem tvrdoće. Tvrdoća bilo kog konstruktivnog materijala tokom eksploatacije se smanjuje zbog toga što prolazi kroz niz različitih stepena degradacije kao puzanje, t.j.zamor materijala. Ovo potvrđuju rezultati ispitivanja za pojedine komponente u različitim vremenskim periodima eksploatacije dati u tabeli 5.

Tabela 5 – Promena tvrdoće nekih komponenata materijala 14MoV6-3 i 10CrMo910 u zavisnosti od perioda eksploatacije

Linija/ godina	Dimenzije	Izmeredebljina min [mm]	Izmere debljina max. [mm]	Projektna tvrdoća [HB]	Izmere tvrdoća min [HB]	Izmere tvrdoća max. [HB]	Izmere ovalnost min. [%]	Izmere ovalnost max. [%]
RA6-K1 87545	14MoV6-3 Φ219,2x28	24,2	30,0	143-195	178	Nema podatak	Nema podatak	Nema podatak
137487		23,8	29,9		174	186	2,3	5,7
148128		26,1	29,6		160	185	3,3	6,3
167460		24,2	29,7		155	173	0,91	1,38
RB1-K3 87545	10CrMo910 Φ451x16	14,9	16,8	128-170	133	Nema podatak	Nema podatak	Nema podatak
137487		12,5	17,3		144	183	0,0	2,4
148128		13,7	16,8		147	179	0,0	2,2
167460		12,2	15,7		141	154	0,44	1,12

3.3. Procena preostalog radnog veka u različitim periodima eksploatacije

Od ispitivanja sprovedenih u Termoelektrani Oslomej na integralnim cevovodima [1], [2], [3], [8] u različnim periodima eksploatacije sa

primenom različitih metoda i postupaka pri proceni preostalog radnog veka/eksploatacione upotrebljivost i preporuka, daju različite prognoze (Tabela 8), što za naručioca ove proračune ne daju dovoljno jasnu sliku integriteta konstrukcije.

Tabela 6 Proračun preostalog radnog veka u različitim periodima eksploatacije nekih komponenata linije RA i RB u TE Oslomej, primenom navedenih metoda i standarda.

Linija/cevno koleno	Procena po 87545 [h]	Procena po 137487 [h]	Procena po 148128 [h]	Procena po 167460 [h]
RA1-K1	94 328	40 000	20 000	21 000
RA2-K1	106 398	50 000	20 000	20 000
RA6-K1	130 741	35 000	20 000	20 000
RB1-K1	162 259	40 000	28 000	15 500
RB1-K2	93 067	30 000	15 000	12 500
RB1-K7	202 718	30 000	28 000	28 700
RB2-K3	86 169	40 000	10 000	10 00

4. ZAKLJUČAK

Da bi se dala približno najtačnija ocena materijala preostalog radnog veka treba iskoristiti što veći broj metoda kao što su numeričke metode i kompjuterski softverski paketi za ocenu naponskog stanja i sl.

Metodologije koje obuhvataju veći broj aspekata smanjenja integriteta konstrukcije daju veću sigurnost datih veličina.

Takođe važno je i definiranje nultog stanja materijala na svim komponentima koje se ugrađuju, pre početka eksploatacije, da se definirati kriva puzanja, karta razaranja i deformacija istih, a zatim uraditi dijagrame za promena karakteristike materijala u toku eksploatacije.

Na ovaj način dobijaju se oblasti u čijim granicama bi trebalo da se kreću podatci dobiveni kontrolom u toku eksploatacije. U toku vremena, sve veći broj statističkih podataka daće sve veći i sigurniji intervali rasejavanja podataka za promenu karakteristike materijala. No pored toga treba se voditi računa o unifikaciju metoda ispitivnja, po mogućnosti, opreme i laboratorije u svim fazama ispitivanja.

Ispitivanja izvršena u različitim periodima eksploatacije komponenata integralnih cevovoda u TE ukazuju na to da nemože generalno da se da ocena za celu liniju, već pojedinačno za svaku komponentu.

5. LITERATURA

- [1] INOVATOR-Beograd,-Izveštaj "Procena preostalog radnog vekacevovoda visokih parametara (linija RA,RB,RC i RL) TE Oslomej, Kičevo, 2005g,
- [2] MFS-Tehnički izveštaj-jakosna presmetka i procenka na preostanata raboten vek na cevkovodite RA, RB, RC, RL vo TE OSlomej, Kičevo, 2007g,
- [3] ELTE-Inženjering-Skopje, Tehnički izveštaj – "Kontrolna presmetka na cevni kolena na parovodite za sveža, topla i ladana parea, opredeluvanje na preostanat resurs i preporaka za idni ispitivanja vo TE Oslomej, Kičevo 2010g
- [4] V.Šijački-Žeravčić, M.RadovićZ.Stamenković, "Ograničenja primene Larson-Miler parametara za određivanje preostalog radnog veka komponenata izloženih dugotrajnom visokotemperaturnom puzanju"-ENYU '99
- [5] ECCRC Recommendations- Volume 6: Residual Life, Assessment and Microstructure, 2005g
- [6] Dr Peatr Agatanovic, Different stratigies for evaluation remaining strength and life-Integritet konstrukcija (2/2001), str.75-89.
- [9] Kumanjin V.I., Kovalev L.A., "Dolgovečnost metala v uslovija polzučesti, Metalurgija, Moskva,1988g
- [10] R.Cvetanoski: Procena preostalog radnog veka integralnih cevovoda kod termoelektrana, TERMOTEHNIKA br 1-4 god XXV,79-100 (1999)