

# PRIMENJENA METODOLOGIJA ZA ZAMENU CEVNIH LUKOVA NA INTEGRALNIM CEVOVODIMA U TE OSLOMEJ

Viziting Doc.D-r *Bratica Temelkoska* Mašinski Fakultet, Vinica Univerzitet "Goce Delčev" Štip, R.Makedonija; visiting von.Prpf D-r *Radomir Cvetanoski* Mašinski Fakultet, Vinica Univerzitet "Goce Delčev" Štip, R.Makedonija

## Rezime

Integralni cevovodi u termoenergetskim postrojenjima, predstavljaju noseća linijska prostorna konstrukcija sa visokim, radnim parametrima, sa složenim statičkim i dinamičkim opterećenjem. Integralni cevovodi, po celoj svojoj dužini obešni su na konstrukciju pružnim ovešenjem od kotlovske zgrade, gde je postavljen parni kotao, do mašinske hale, gde je postavljena turbina. Zbog toga važno je praćenje stanja i sanacija eventualnih nedostataka primenjenim metodama.

U ovom radu opisana je metodologija za zamenu cevnog luka na jenu od integralnih cevovoda-liniji za toplu među pregrejanu paru. Date su metode predviđene ovom metodologijom za ispitivanje i ocenu stanja materijala cevnog luka koje je bio u eksploataciji i novog cevnog luka koji će biti ugrađen, zatim pristup, tehnologija za zamenu, fiksiranje parovoda, tehnologija za zavarivanje i t.d., kao i izrada završnog projekta za izvedeno stanje.

**Ključne reči:** *parovod, zavarivanje, metodologija, ispitivanje*

## SUMMARY

Integrated piping in power plants, represent supporting line spatial structure with high, operating parameters, with complex static and dynamic loading. Integral pipelines, throughout its length hammock on the construction of permanent way suspension unit of the boiler building, where is also a steam boiler, to the engine room, where the turbine is placed. Therefore, it is important to monitor the condition and repairs any inconsistencies methods applied.

This paper describes a methodology for replacement of the elbow on the yen of the integral piping-hot line for the superheated steam. Date methods provided for in this methodology for testing and estimation of materials elbow which was in operation and the new pipe elbow that will be installed, then access to the technology for replacing, fixing the pipe line, welding technology, etc., as well as the drafting of the final project built status.

**Key words:** *steam pipeline, welding, methodology, examination*

## 1. UVOD

Integralni cevovodi u termoenergetskim postrojenjima, predstavljaju noseća linijska prostorna konstrukcija sa visokim, radnim parametrima, sa složenim statičkim i dinamičkim opterećenjem. Integralni cevovodi, po celoj svojoj dužini obešni su na konstrukciju pružnim ovešenjem od kotlovske zgrade, gde je postavljen parni kotao, do mašinske hale, gde je postavljen turbinom. Važnost trajnog praćenja, istraživanja i usavršavanja ogleda se u sledećim činjenicama:

- Oni su veza između kotla i turbine, koja su glavna postrojenja u Termo električnim centralama.
- Izloženi su teškim uslovima rada: visokim pritiscima i temperaturama, ciklički rad, vibracije, termički šokovi, toplo-hladno..
- Zbog temperaturnih razlika dolazi do velika pomeranja pri prelaz od jedne do druge faze rada, od toplo u hladno stanje, pa zbog toga traže složena rešenja oslanjanja (gde zbog svoje dužine i složene konfiguracije bilo kakav defekat može doneti velika oštećenja).
- U odnosu na sigurnost i bezbednost rada na termoelektričnim centralama u celini integralni cevovodi imaju značajan uticaj.

U ovom radu opisana je metodologija za zamenu cevnog luka na jenog od intgralnih cevovoda-liniji za toplu među pregrejanu paru. Date su metode za ispitivanje i ocenu stanja materijala cevnog luka koje je bilo u eksploataciji i novog cevnog luka koji će biti ugrađen, pristup , tehnologija za zamenu, fiksiranje parovoda, tehnologija za zavarivanje i t.d.

Parovod za toplu među pregrejanu paru, linija RB ima radnu temperaturu od 540 [°C] i projektni pritisak 3,1 [MPa], izrađen je od čelik 10H2M prema PN standardu, t.j 10CrMo9-10 prema EN-10216-2. To je niskolegirani hrom-molibdenski, feritno-perlitni čelik sa više od 2% Cr.

Dimenziije parovoda su  $\varnothing 457 \times 16$  mm, sa približna dužina jednoj grani od 135m, sa visine od kotu 7,30 m (priključak sa parnom turbinom-cilinder srednjeg pritiska) do kotu

47,4 m (priključak sa parnog kotla). Po dužini cevovoda postavljeni su: 12 opruge sa promenljivom silom; 6 opruge sa konstatnom silom; 4 kruta ovešenja; jedna vođica i jedna fiksna tačka po grani.

## 2. Metodologija zamena cevni lukova na integralnim cevovodima

Metodologija zamena cevni elemenata na integralne cevovode je sledeća:

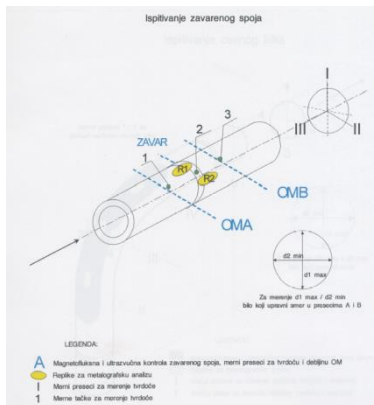
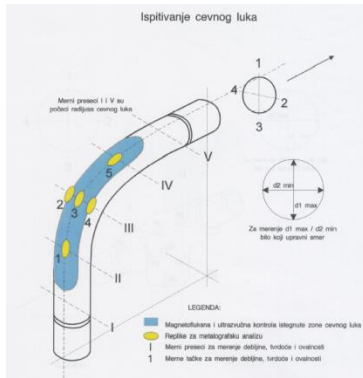
- a. ispitivanje elemenata parovoda NDT metodama ,
- b. proračun o preostalom random veku I ocenjivanje integriteta materijala kako bi se odredili elementi za zamenu,
- c. novi elementi koji su za zamenu pre montaž ispitati NDT metodama I utvrditi dali zadovoljavaju tražene karakteristike (material I dimenzije).
- d. izraditi projekat za demonatažu I montažu cevni elemenata, koji treba da obuhvati: projektovanje ukrućenje parovoda I blokiranje ovešenja; statički proračun ukrućenja; propisati tehnologiju zavarivanje I termičke obrade;
- e. Nakon završetka montažni radova potrebno je ispitivanje zavarene spojeva I cevni lukova NDT metodama.
- f. demontirati ukrućenje I vratiti ovešenje u radni položaj.
- g. Izraditi završni izvedbeni projekat

### 2.1 Metode ispitivanja

Za ocenjivanje stanja materijala koriste se NDT metode : **-metalografska** , koja otkriva strukturalna svojstva I veličinu zrna I **-defektoskopske** –nerazorne metode koje otkrivaju nevidljive greske.

Ovim metodama ispitani su zavareni spojevi I cevni lukovi-kolena.

Mesta kontrole na kolenu I zavarenog spoja date sun na sl.1.



Sl.1 Šema ispitivanja zavarenog spoja I cevnih lukova [3]

U remontima 2005,2006 I 2008g. u TE Oslomej, izvršeno je ispitivanje integralnih cevovoda sa NDT metodama koje se koriste za ocenjvanje stanja materijala . Nakon ova ispitivanja I ocenu predviđeno je neke cevne elemente da se zamene novim .

## 2.2 Metalografska ispitivanja

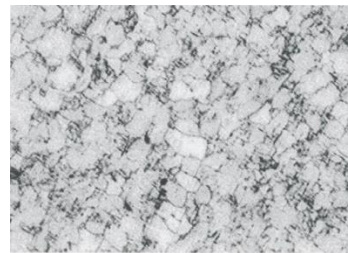
Prema metodi SRPS C.A7.091 uzete su mikro replike pri tom korišćena je oprema za metalografsku pripremu: Površina je pripremljena brušenjem I poliranjem, nagrizana nitalom 10-15'' ; mikroskop PSM-2; NU-2, Carl Zeiss, Jena; Indeks veličine zrna određen je pri povećanje 200x prema SRPS C.A3.004. Mesta uzimanja replike date su na sl.2. [1]



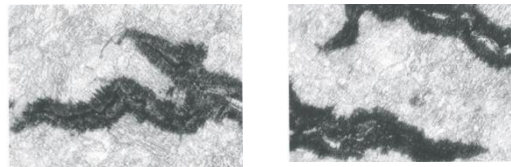
Sl.2 replikacija kolena K3 na liniji RB1-parovoda topple među pregrejne pare (kota +44m kotlovske zgrade).

Na sl.3a data je replika cevnog luka K3 linije RB1 . Struktura je feritno-perlitna, prisutne su pojedinačne pore, neujednačena struktura, izdvojeni grublji karbidi po granicama zrna I fini unutar zrna, sferoidizacija perlita.

Na sl.3b data je replika osnovnog materijala zavarenog spoja 8A na koleno K3. Struktura je feritno-beinitna , koriziono naponske mikroprslina koja se prostire po celoj dužini vara, sl.3c.



a) Cevni luk K3 , replika 1, pov:200x



b) zavaren spoj 8A osnovni material,pov.200x  
Sl.3 replike cevno koleno I zavarenog spoja ,koje treba zamentii. [1]

### 2.2.1 Defektoskopska ispitivanja:

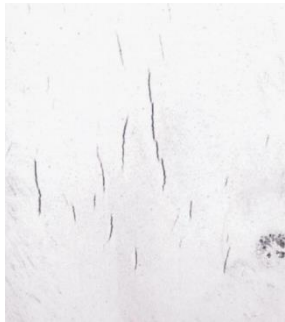
#### a) Penetrantska kontrola



Sl.4 Indikacija-prslina penetrantskom metodom na zav.spoj 8A, na koleno K3 –linije RB2 [1].

b) Dimenzionalna kontrola-ovalnost, prema SRPS-ISO 970; [2] Korišćen je mikrometar 400-400mm.

c) Ispitivanje magnetnim česticama  
Korišćena je metoda prema EN ISO 9934-1; postupak mikro-crno na belo; obim ispitivanja-100%; tem.predmeta/okoline 25°C; Tehnika magnetizacije-EM jaram; vrsta magnetizacije- naizmenicna; jacina struje magnetizacije-2,5KA/m; osvetljenje-prirodni; uregaj TIDE-Njemacka; ispitno sredstvo -MR 158 MR-CHEMIE-Njemacka; kriterijum prihvatljivosti -SRPS ISO 5817[2]



Sl.5 Indikacija- prsline MF metodom na osnovni material zavarenog spoj 8A [1]

d) Ultrazvučna metoda  
Ultrazvukom prema EN 1714, kriterijum prihvatljivosti- SRPS ISO 5817; metoda SPRS EN 583-1; tehnika rada-impulsna eho; vrsta ulaza- UV longitudinalni/transferzalni; duzina bazdarenja -20mm,100mm; kontakt sredstvo-tapetol lepak; etalon za bazdarenje K2; osnovno pojaćanje -35 dB; ispitno pojaćanje/osetljivost- 75dB, transfer gubici-2dB; Ured-MASTRSCAN 330; Sonatest-Engleska; sonda-SEB 4KF8; MWB 70 N4-Krautkramer-Nemacka [2].

e) Ultrazvućno merenje debljine  
Prema EN 14127; ured D-metar DM4-Krautkramer-nemacka;UZ sonda DA 412-Krautkramer-Nemacka.

f) Površinska tvrdoća, prema SRPS C.A4.003; ured-TEMP II; sonda-G; opterećenje -11,0 N; etalon- 197 HB. [2]

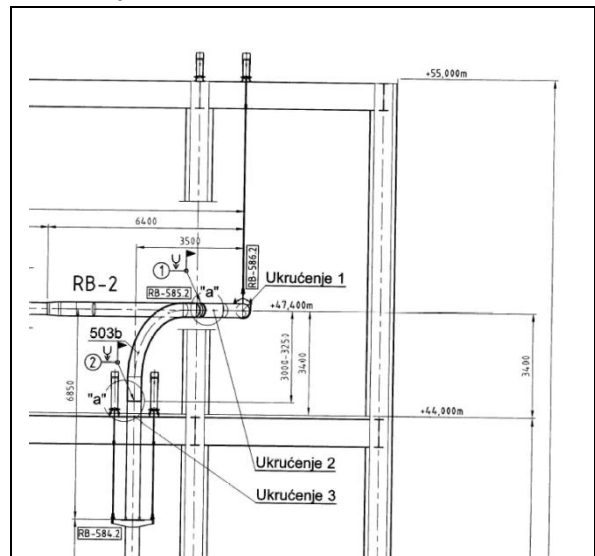
Na nova kolena za zamenu , prije ugrađnje izvršena je metalografska I defektoskopska kontrola, metodama koji su pre opisane (pog.1.2;1.3). Rezultati su pokazali da nova kolena odgovaraju materijalu I dimenziji i mogu da se ugrade. [2].

### 2.3 Izrada projekta zamene cevnih lukova I ukrućenja na parovodima.

Ovim projektom su obuhvaćene sve neophodne radnje I postupci koji bi trebalo da obezbede nesmetanu zamenu cevnih lukova.

#### 2.3.1 Projektovanje ukrućenje parovoda I kontrola sistema oslanjanja linije tople među pregrejane pare RB

Za izradu potrebnog ukrućenja potrebno je izraditi kontrolni proraćun koji obuhvata: šema opterećenja, geometrija I statičke karakteristike poprećnog preseka (odrediti kriterijum ćvrstoće); dokaz napona; dokaz deformacije-provera nosivosti zavarene veze. Izraditi grafićku dokumentaciju projektovanih ukrućenja.



Sl.6 Segment projekta , cevni luk K3 za zamenu I projektovana ukrućenja.

Deo projektovanih ukrućenja za liniju parovoda RB za toplu međpregrejanu paru, a koji se odnose na kolno K3 obrađeno u ovom trudu dat je na (Sl.6) [4], gde su obuhvaćeni ukrućenja samo za koleno K3.

Posebno uraditi kontrolni proračun sistema oslanjanja cevovoda na kome se vrši zamena cevnih elemenata, a prepodešavanje ili rekonstrukcija posle završetku radova, treba da bude dato u projektu izvedenog stanja.

### 2.3.2 Pripremni radovi

Sam postupka zamene sastoji se iz pripremnih radova, demontažno-montažnih radova i završnih radova.[4], Montaža skele kojom bi se obezbedila pristupačnost blokiranja ovešenja, skidanje izolacije, postavljanje ukrućenja, demontaže i montaže cevnog luka kao i postupci zavarivanja i termičke obrade.

### 2.3.3 Demontažno-montažni radovi

Ovim se određuje linija sečenja cevnog luka koji je za zamenu,

- Vrši se dimenzionalna kontrola starog i novog kolena i u koliko je potrebno usklađuju se dužine.
- sečenje cevog luka na označenim mestima je obavezno brusilicom.
- Krajevi novog cevog luka kao i krajevi postojaće cevi obraditi prema DBS (Deutsche Babcock Standart) (sl.6a) [4].
- Novi cevni luk postaviti u zadati geometrijski položaj i izvršiti fino podešavanje pri čemu treba voditi računa o zazoru kod zavarenih spojeva.
- Prema datoj tehnologiji izvršiti zavarivanje.

### 2.3.4 Tehnologija zavarivanja

Tehnologija zavarivanja obuhvata:

#### a) Postupci zavarivanja:

U ovom slučaju preporučeno je 111(E) postupak-elektrolučno, ručno zavarivanje obloženom elektrodom, i 141(TIG)

postupak-elektrolučno zavarivanje netopivom, volframovom elektrodom (konično brušen vrh electrode) u zaštiti inertnog gasa argona 99,9%. Tip zavarenog spoja BW, položaj zavarivanja PF,PC.

Elektrodu sa baznom oblogom sušiti u elektro peći na temp.300-350°C u toku od 2 sata(min). Osušene electrode držati u tobovcu na temp.od 80°C do upotrebe. Obavezna je primena ove procedure za sušenje da bise izbegla poroznost zavarenog spoja zbog povećanog sadržaja rastvorene atmosfere vlage u oblozi electrode. Žica za zavarivanje mora da bude čista bez tragova bilo kakve prljavštine i masti.

#### b) Dodatni materijali, u ovom slučaju je :

Postupak zavarivanja	Dimenzije dodatnog materijala	BÖHLER	Oznaka prema AWS-u	Oznaka prema EN-u
141	Ø2,0/2,4	CM2-IG	ER90S-G	WCrMo2Si
111	Ø3,25	FOX CM2Kb	E9018-B3H4R	ECrMo2B42H5

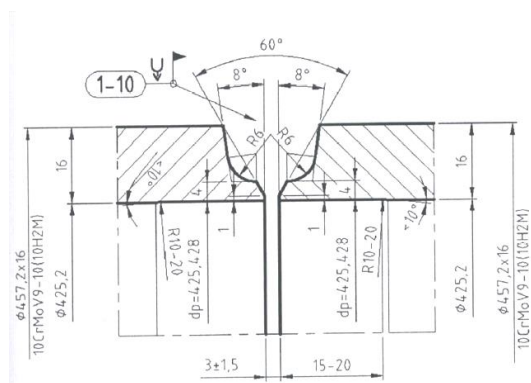
#### c) Parametri zavarivanja

prolaz	postupak	Dodatni mat.	Pr.dodatnog mat.	Struja (A)	Napon (V)	Tip struj/polaritet
1,2	141	CM2-IG	2,2/2,4	80-110	18-22	DC/-
3-N	111	FOX CM2Kb	3,25	100-140	24-26	DC/+

#### d) Priprema za zavarivanje:

Žljebovi za zavarivanje formiraju se isključivo postupkom rezanja-mehaničkim postupcima (skidanjem strugotine). Ivice formiranog žleba se doraduju se ručnim alatom –šljifericom, da bi se dobio zahtevni oblik žleba. Žljebovi moraju biti ivedeni da zadovolje uslove tabele 2 standard JUS C.T3.010 (Tehnički uslovi za zavarivanje spojeva izvedene topljenjem na čeliku-nivoi kvaliteta [4]. Centriranje cevi se vrši prema unutrašnjem prečniku cevi, a

formiranje zazora mora biti ravnomeran po čitavom obimu cevi (spoja). Priprema žleba prema DBS standard ili ALSTOM normi DIN EN 10216-2, data je na sl.7[4].

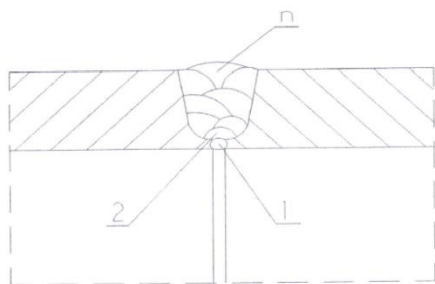


Sl.7 Priprema žleba [4]

#### e) Zavarivanje

Postavljanje elemenata u položaju za zavarivanje obavlja se u alatima i uređajima bez pripojnih zavara ili sa pripojnim zavarima. Pripojne zavare mogu izvoditi samo atestirani zavarivači, a pod istim uslovima kao i samo zavarivanje., odnosno sa atestiranim zavarivačima i sa istim (atestiranim) dodatnim materijalom i merama termičke obrade (predgrejanje). Privarci (heftovi) se raspoređuju ravnomerno po obimu cevi (po obimu spoja), a njihov broj i dimenzije zavise od prečnika cevi. Privarci se pre zavarivanja korenog dela morju pregledati i ako nemaju uočih grešaka i ako su dobro uvareni u osnovni material mogu ostati sastvani deo korenog prolaza.

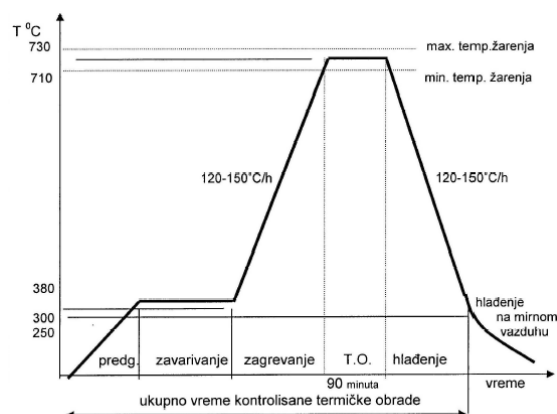
Šavovi se izvode iz više zavara (prolaza) (sl.8). Kraj svakog zavara treba pažljivo prebrusiti. Nadvišenje pokrivnog (završog) sloja mora da bude 1-3mm i sa ravnomernom konturom lice šava



Sl.8 izgled popunjenog spoja [4]

#### f) Predgrejavanje i termička obrada

Na sl.9 dat je dijagram predgrejavanja i termičke obrade propisane tehnologije.[4].



Sl.9 dijagram predgrejavanja i termičke obrade pri zavarivanju čelika 10CrMo9-10 (ø457,2x16) [4]

#### 2.3.5 Završni radovi

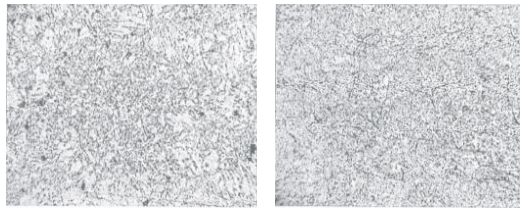
Prema planu kontrole ispituju se zavarene spojeve, skidaju se ukrućenja, deblokiraju se ovešenja, vratiti izolaciju u delu cevovoda sa koje je skinuta i skelu demontirati.

#### a) Ispitivanje NDT metodama zavareni spojevi

U program završnih radova sledi ispitivanje NDT metodama zavarenog spoja.(površinska metalografska analiza, Ultra zvučno ispitivanje magnetofluksno ispitivanje, merenje tvrdoće, i merenje površinske tvrdoće na mestima uzimanje replike. [5].

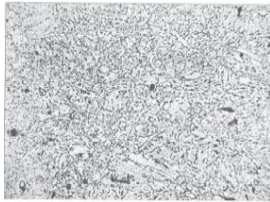
Metalografska metoda zavarenog spoja u ZUT (sl.10a); metal šava (sl.10b) i osnovnog materijala spoja (sl.10c) pokazuje da je struktura feritno-beinitna, bez prisustvo pora, izdvojeni karbidi po granicama zrna; u osnovnom metalu i metal šavu uočeno je izdvajanje segregacije po granicama austenitnih zrna.[3].





a) ZUT

b) metal šav



c) Osnovni materijal

Sl. 10 Replike novog zavarnog spoja 8A: a) u ZUT-u; b) metal šav I c) osnovni materijal [3]

## 2.4 Projekat izvedenog stanja

Na kraju završetka predviđenih radova, osim elaborate I izveštaje o pojedinačnim ispitivanjima, investitoru dostavlja se I projekat izvedenog stanja u kome su navedene sve izmene do koje je došlo u toku rada, a nisu bili predviđeni planiranim projektom.

Tako I u ovom primeru u TE Oslomej u vreme remonta 2009 pri zamenu cevni lukova na linije tople među pregrejane pare RB, došlo je do odstupanja od predviđenih radova.

Zbog velikog pada, posmatrano od kotla ka turbine, koji je postojao na liniji parovoda (kota +47) kao I velikog pada linije od najbližeg cevni luka do kotla ka kolektorima u kotlu, za posledicu je imao zaokretanje cevni luka  $45^{\circ}$  (susedni luk kolenu K3), a samim tim I ugao koji je zatvarao sa vertikalnim delom linije, a na mestu gde se nalazi cevni luk K3, je bio veći od  $90^{\circ}$  I iznosio je  $93^{\circ}$ . U tom položaju linije RB1 nije bilo moguće ugraditi cevni luk K3. Da bi anulirali veliki pad, izvršena je provera uticaja ovešenja koje se nalaze na liniji, pri čemu je konstantovano da sama ovešenja nemaju nikakav uticaj na formiranje tako velikog pada na liniji, pa da bi uradili montažu cevni luka K3, trebalo je izvršiti sečenje linije na cevnom luku  $45^{\circ}$ . Sečenje je urađeno po zavarnom spoju a krajevi cevi obrađeni prema detalju obrade krajeva cevi sl.6 [4]. Cevni luk od  $45^{\circ}$

je zarotiran za  $\sim 3^{\circ}$  I postavljen u poziciji za ugradnju [6].

Projekat izvedenog stanja obuhvata:

- Tehnički opis izvršenih demontažno-montažnih radova na zamenu cevni lukova i kontrolu sistema oslanjanja I rekonstrukcije. Pri tom prikazani su tabelarno kako su podešene ovešenja sa svim neophodnim podacima (oznaka, tip, radna sila, hladna sila, krutost, visine opruge I položaj pokazivača u toplom I hladnom stanju I t.d),
- Tehnologija zavarivanja sa programom kontrole I ispitivanja prema kojoj su zamenjeni cevni lukovi,
- Grafička dokumentacija sa svim neophodnim izmenama u odnosu na prethodno predate projekte vezane za zamenu cevni lukova I rekonstrukciju sistema oslanjanja na liniji,
- Novi proračun samokompensacije cevovoda prema kojem je izvršena rekonstrukcija sistema oslanjanja na liniji parovoda.

Metoda za proračun napona koja je primeneta u opisanim zahvatima na integralnim cevovodima u TE Oslomej [6] je ANSI B.31.1 iz 1986g. obuhvata:

- Proračun dozvoljenog napona,
- napon od postajnih opterećenja  $S_{SL}$ ,
- napon od povremenih opterećenja-  $S_{OL}$ ,
- napon od termičkih izdužnja  $-S_E$ ,
- ukupni napon  $S_T$ ,
- faktori povećanja napona SIF, čime su presmetana dopuštena naprezanja i statička opterećenja.

## 3. ZAKLJUČAK

Predviđena metodologija (predložena projektom) za zamenu cevni lukova, je kompletno primenjena, a takođe I nastali nepredviđeni radovi koji su ispuhvači naknadnim izvedbenim projektom.

Izbor metode za promenu cevnog luka K3 na liniji tople među pregrejane pare RB u TE Oslomej, je ispravna i celishodna. To je potvrđeno sa ispitivanjima u narednih reomonta (2010g, 2011g) [7][8] gde je vršena kontrola materijala zamenjenih komponenata, kao i proračun cevni lukova za preostali vek eksploatacije, čime se potvrđuje ispravnost primenjene metodologije pri sanaciji, i zamenu cevni elemenata na integralnim cevovodima.

#### LITERATURA:

- [1] Stanje delova parovoda TE Oslomej, - Elaborat o ispitivanju. remont 2008- KontrolInspekt, Beograd.
- [2] Ulazna kontrola novih kolena za parovod među pregrejane pare za potrebe TE Oslomej, junu 2008, KontrolInspekt-Beograd
- [3] Kontrolisanje parovoda bloka 125 MW u remontu 2009g-Elaborat o kontrolisanju, KontrolInspekt-Beograd
- [4] Projektno tehnička dokumentacija –zmene cevni lukova i ukrućenja linije tople međupregrejane pare –RB, BET, Beograd, 2009.
- [5] Izveštaj o ispitivanju metodama bez razaranja zamenjenim kolenima TE Oslomej, MetalInspekt-Beograd, 2009.
- [6] Projekat izvedenog stanja –zamene cevni lukova rekonstrukcijom sistema oslanjanja linije tople među pregrejane pare RB i zamene cevni luka na liniji sveže pare-RA-6, BET, Beograd, 2009
- [7] Tehnički izveštaj kontrolana presmetka na cevni kolena na parovodi za sveža, topla i ladna para, opredelovanje na preostanati resurs i preporaki za idni ispitivanja vo TE Oslomej, EL TE Inženering, Skopje 2010g,
- [8] Izveštaj za ispitivanje so metodi bez razoruvanje na zavareni spojevi, Y I T parčinja na parovodi RA, RB, RC i RL., EL TE TE Inženering, Skopje 2011g,