



Tihomir Marsenić^{1,a}, Marko Župan¹, Božo Despotović², Ivan Samardžić³, Dejan Marić³

BITNE VARIJABLE ZA NAVARIVANJE PREGRIJAČA KOJI SE KORISTE U „RECOVERY“ KOTLOVIMA

ESSENTIAL VARIABLES FOR OVERLAY WELDING OF SUPERHEATER USED IN RECOVERY BOILERS

Stručni rad / Professional paper

Rad primljen / Paper received:

Novembar 2023.

Rad prihvaćen / Paper accepted:

Februar 2024.

Ključne reči: navareni sloj, bitne varijable navarivanja, zahtjevi za navareni sloj.

Rezime

U radu su opisane bitne varijable koje se odnose na navarivanje i zahtjevi za kvalitetu navarenog sloja na komponentama pregrijača u „Recovery“ kotlovima. Navedeni su rezultati ispitivanja navarenog sloja na proizvodnom ispitnom uzorku navarenom u tvornici Andritz TEP.

1. Uvod

„Recovery“ kotlovi su sastavni dio Kraft postrojenja koje se primjenjuje za proizvodnju papira. Pomoću njih se proizvodi električna energija potrebna za održavanje proizvodnje papira i para koja se koristi za zagrijavanje sječke u procesu kuhanja, zatim za pripremu goriva „black liquore“ – crne tekućine kojem je potrebno smanjiti udjel tekućine u odnosu na krutninu i za ispuhavanje [1]. Pregrijački sustavi su sastavni dio „Recovery“ kotla

Author's address / Adresa autora:

¹ Andritz TEP., Slavonski Brod, Hrvatska

² Društvo za tehniku zavarivanja Slavonski Brod, Slavonski Brod, Hrvatska

³ Strojarski Fakultet u Slavanskom Brodu, Slavonski Brod, Hrvatska

email: ^a tihomir.marsenic@ddtep.hr

Keywords: overlay deposited by welding, essential variables of overlay welding, requirements for overlay deposit

Abstract

The paper describes the important variables relates to overlay welding and requirements for the quality of the overlay deposits on superheater components in Recovery boilers. The results of testing of the overlay deposits on the production test sample welded at the Andritz TEP factory are given.

u kojem se proizvodi para zahtijevane temperature i tlaka. Zbog sastava i agresivnosti dimnih plinova, načina strujanja, lokacije pregrijača u kotlu u gornjem dijelu ložišta ili na izlazu iz ložišta, pregrijači se izrađuju od čelika namjenjeni za rad na visokim temperaturama. Da bi se postigla njihova korozivna postojanost često se navaruju, djelomično ili u potpunosti, ovisno o uvjetima eksploatacije navedenim gore.

Rad je u originalnom obliku objavljen u Zborniku radova sa Međunarodnog naučnog i stručnog skupa: Zavarivanje spaja – „Zavarivanje i zavarene konstrukcije 2023“ održanog u Sarajevu, BiH, od 25. do 27. oktobra 2023. godine.



2. Zahtjevi za navarivanje pregrijačkih komponenti

Prije ugovaranja izrade pregrijača u skladu s normom EN ISO 3834 – 2, inženjer zavarivanja je pregledao zahtjeve za izradu i zavarivanje. Tijekom pregleda uočene su specifičnosti koje se odnose na postupak navarivanja. Premda ANDRITZ Termoenergetska postrojenje D.O.O. (ATEP) ima dugogodišnje iskustvo na području navarivanja, pojedini zahtjevi su bili vrlo strogi. Uprava ATEP-a je bila upoznata s ovim zahtjevima i s predloženim aktivnostima neophodnim za ispunjavanje ovih zahtjeva.

Pod navarivanjem podrazumjevamo nanošenje materijala određenih karakteristika na osnovni materijal zavarivanjem kako bi se osnovnom materijalu poboljšale određene karakteristike, odnosno kako bi tako izrađene komponente u eksploataciji imale dug životni vijek. Kvalifikacija navarivanja, odnosno osnovni uvjeti za izvođenje navarivanja na ispitnom uzorku i područje kvalifikacije su specificirani normom EN ISO 15614-7.

Kako su pregrijači u „Recovery“ kotlovima vrlo bitne komponente i podložni su štetnim utjecajima produkata izgaranja – dimnih plinova, zatim visokom unutarnjem tlaku i temperaturi, kupac je specificirao dodatne zahtjeve za navarivanje, odnosno navareni sloj. Prije svega zahtjevi za navarivanje cijevi podjeljeni su u dvije kategorije. Prva kategorija se odnosi na provjerene dobavljače s visokom i stabilnom kvalitetom proizvoda, dok se kategorija 2 odnosi na nove dobavljače, gdje je svrstan i ATEP.

Osim toga traži se da dobavljač ima certificiran sustav kvalitete prema ISO 9001 i da minimalno ispunjava zahtjeve za kvalitetom izvođenja zavarivačkih radova sukladno normi EN ISO 3834-3.

Po pitanju zavarivačke dokumentacije WPS i pripadajući WPQR trebaju biti odobreni od strane kupca uključujući certificate zavarivača i operatera. Prihvatljivost postupka navarivanja treba se dokazati primjenom sljedećih ispitivanja;

- Vizualna kontrola (VT) navarenog sloja se provodi u skladu sa zahtjevima norme EN ISO 17637 i kriterijima prihvatljivosti prema EN ISO 5817, nivo B. Navareni sloj treba biti bez pukotina, poroznosti i sa blagim prijelazima između gusjenica. Postupak navarivanja treba biti stabilan što znači da se ne smije prekidati, odnosno može biti prekinut nakon 4 m podužno navarene cijevi. Sve ispod te dužine navarivanja postupak

navarivanja smatra se nestabilnim i mjesta prekida trebaju biti dodatno ispitana.

- Definirana debljina navarenog sloja iznosi od 1,5 do 2,1 mm. Na temelju debljine navarenog sloja vanjski promjer navarene cijevi treba se kretati u području od 60 do 61,2 mm.

- Penetrantska kontrola (PT) u opsegu 100 % u skladu s normom EN ISO 3452-1, a kriterij prihvatljivosti ne dopuštaju linearne indikacije, niti okrugle indikacije veće od 2 mm.

- Ultrazvučna kontrola u skladu s EN ISO 17640, twin probe min. 5 MHz da se otkriju greške vezivanja između osnovnog materijala i navara, maksimalna dopuštena veličina greške 3 x 3 mm.

- IRIS (Internal rotary inspection system) je ultrazvučna metoda kojom trebaju biti ispitane navarene cijevi, odnosno uzorci ispitani 100 %. Kriteriji prihvatljivosti su isti kao i za ultrazvučnu metodu.

- Hemijski sastav navarenog sloja potrebno je ispitati na površini navarenog sloja i poprečnom presjeku navarene palice i to na četiri mjesta; na vanjskoj površini navara, dva mjerenja između linije staljivanja i vanjske površine, zatim blizu linije staljivanja. Ova mjerenja se trebaju izvesti primjenom SEM/EDS tehnike. To je kombinirana tehnika koja primjenjuje SEM (Scanning electron microscope) i EDS (Energy-dispersive X-ray spectroscopy) za analizu materijala. Hemijski sastav navara na površini uključujući bitne elemente 309L žice za navarivanje, može odstupati samo 10% u odnosu na nominlani sastav dodatnog materijala.

- Makroskopsko ispitivanje uključujući tvrdoću navarenog spoja se mjeri u skladu s normom EN ISO 15614-7, s tim da je prema kupčevoj specifikaciji dopuštena max. razlika 30 HV između osnovnog materijala (OM) i zone utjecaja topline (ZUT). Tvrdoća za navareni sloj treba odgovarati tvrdoći tipičnoj za tu kvalitetu dodatnog materijala.

- Penetracija dodatnog materijala u osnovni materijal se mjeri na poprečnoj palici i uspoređuje se s dijelom cijevi koja nije navarena. Dopuštena maksimalna vrijednost penetracije iznosi 0,5 mm.

- Sadržaj ferita se određuje iz mikrostrukture navarenog sloja i treba biti u skladu sa dodatnim materijalom koji se navaruje.



3. Podaci o osnovnom i dodatnom materijalu

Cijevi pregrijača izrađene su od niskolegiranog čelika kvalitete 10CrMo910. Cijevi su izrađene u

skladu s normom EN 10216-2. Dimenzije cijevi pregrijača su $\varnothing 57 \times 6,3$ mm. U Tabeli 1 prikazan je hemijski sastav cijevi iz certifikata, šarža 790663.

Tabela 1. Hemijski sastav cijevi (mas. %) 10CrMo910

Table 1. Chemical composition of pipes (mass. %) 10CrMo910

C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	Fe
0,11	0,41	0,22	0,11	2,35	1,03	ostatak
Cu	P	S	Sn	Al	N	
0,14	0,01	0,002	0,009	0,013	0,0096	

Ova kvaliteta cijevi upotrebljava se u eksploataciji maksimalno do temperature 600°C, premda najčešće u području od 500 do 550 °C i ima dobru otpornost na puzanje. Izmjerena zatezna čvrstoća za ovu cijev iznosi 536 MPa što je u skladu s normom, dok zatezna čvrstoća na povišenoj temperature od 500 °C iznosi 403 MPa.

Dodatni materijal za zavarivanje je odabran prema zahtjevima projektanta, nosi prepoznatljivu

oznaku 309 L. To je visokolegirana čelična žica klasifikacijske oznake EN ISO 14343-A: W/G 23 12 L. Na temelju probnog navarivanja i preporuka proizvođača odabrana je legura 309 L posebno preporučena za navarivanje. Postoji više verzija 309 L dodatnog materijala; 309 LMo, 309 LNb, 309 LSi, 309 Si. U Tabeli 2. je prikazan hemijski sastav dodatnog materijala naveden u certifikatu dodatnog materijala.

Tabela 2. Hemijski sastav dodatnog materijala (mas. %) G 23 12 L

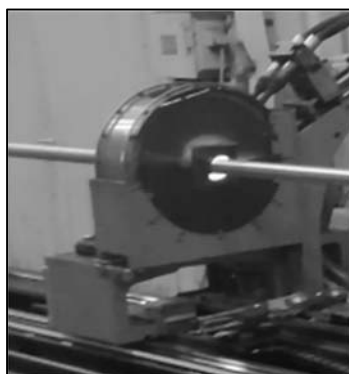
Table 2. Chemical composition of filler material (mass. %) G 23 12 L

C	Si	Mn	P	S	Cr	Fe
0,009	0,34	1,78	0,011	0,001	23,67	ostatak
Ni	Mo	Nb	Cu	Ti	V	
13,39	0,05	0,02	0,02	0,005	0,042	

Sadržaj ferita u metalu zavara iz certifikata FN WRC -92 iznosio je 13,7 %.

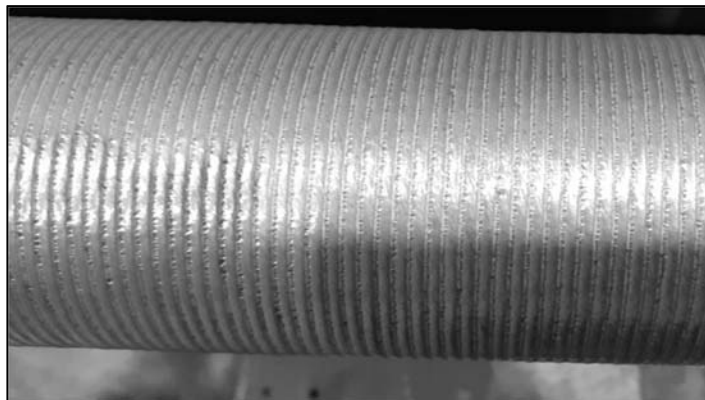
4. Postupak navarivanja pojedinačnih cijevi

Za navarivanje je odabran potpuno mehanizirani postupak navarivanja pojedinačnih cijevi. Navarivanje je provedeno na stroju R350, koji je konstruiran od stručnog osoblja ATEP iz odjela za razvoj, slika 1.

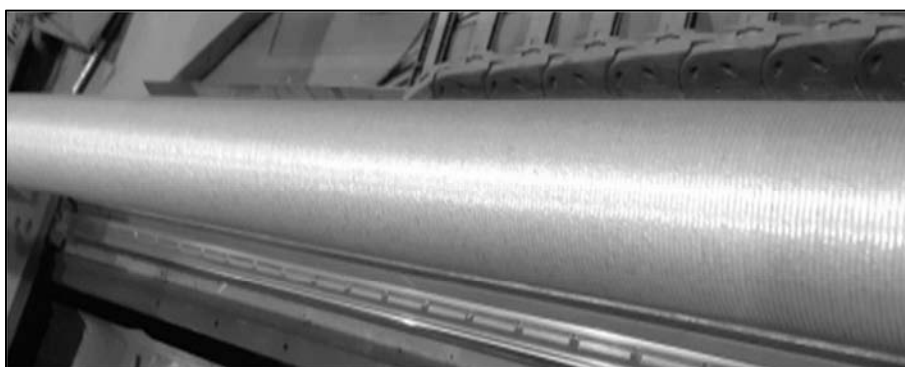


Slika 1. Navarivanje cijevi na stroju R350

Figure 1. Overlay welding of pipe on the R350 machine



Slika 2. Izgled navarene cijevi primjenom 309 L dodatnog materijala
Figure 2. Appearance of a overlay welded pipe using 309 L filler material



Slika 3. Navarena cijev u dužinu 4 m bez prekida i nepravilnosti
Figure 3. Overlay deposited pipe by welding in a length of 4 m without discontinuities and irregularities

Na stroju je instalirana posebno odabrana oprema za navarivanje. Na odabir opreme najviše su utjecali sljedeći zahtjevi iz kupčeve specifikacije;

- maksimalna penetracija u osnovni materijal 0,5 mm,

- zahtjevani hemijski sastav na površini navarenog sloja, maksimalni gubitak elementata na površini u odnosu na nominalan sastav dodatnog materijala iznosi 10 %.

Bitne varijable navarivanja su specificirane ispod:

- postupak navarivanja,
- priprema površine cijevi za navarivanje izvodi se sačmarenjem, na površini cijevi ne smije biti oksida niti masnoća,
- unos topline utječe na oblik navara i penetraciju,
- brzina navarivanja, oscilacija i posmak gorionika,
- struja navarivanja, polaritet,
- napon navarivanja,

- položaj gorionika i slobodan kraj žice, utječu na oblik navara i penetraciju,

- dodatni materijal za navarivanje je naveden iznad,

- zaštitni plin.

5. Rezultati ispitivanja

VT, PT ispitivanja, zatim kontrola dimenzije promjera navarene cijevi su provedena u ATEP-u, dok su ostala ispitivanja provedena u laboratorijima ĐĐ CIR, Istarskom veleučilištu i Inštitutu za kovinske materijale in tehnologije.

Vizualna kontrola je provedena na navarenoj cijevi. Na navarenoj cijevi nisu uočene greške tipa poroznosti, nepravilne geometrije, prskotina i uključaka, slika 2. Navarena površina je ravnomjerna bez grubih prijelaza.

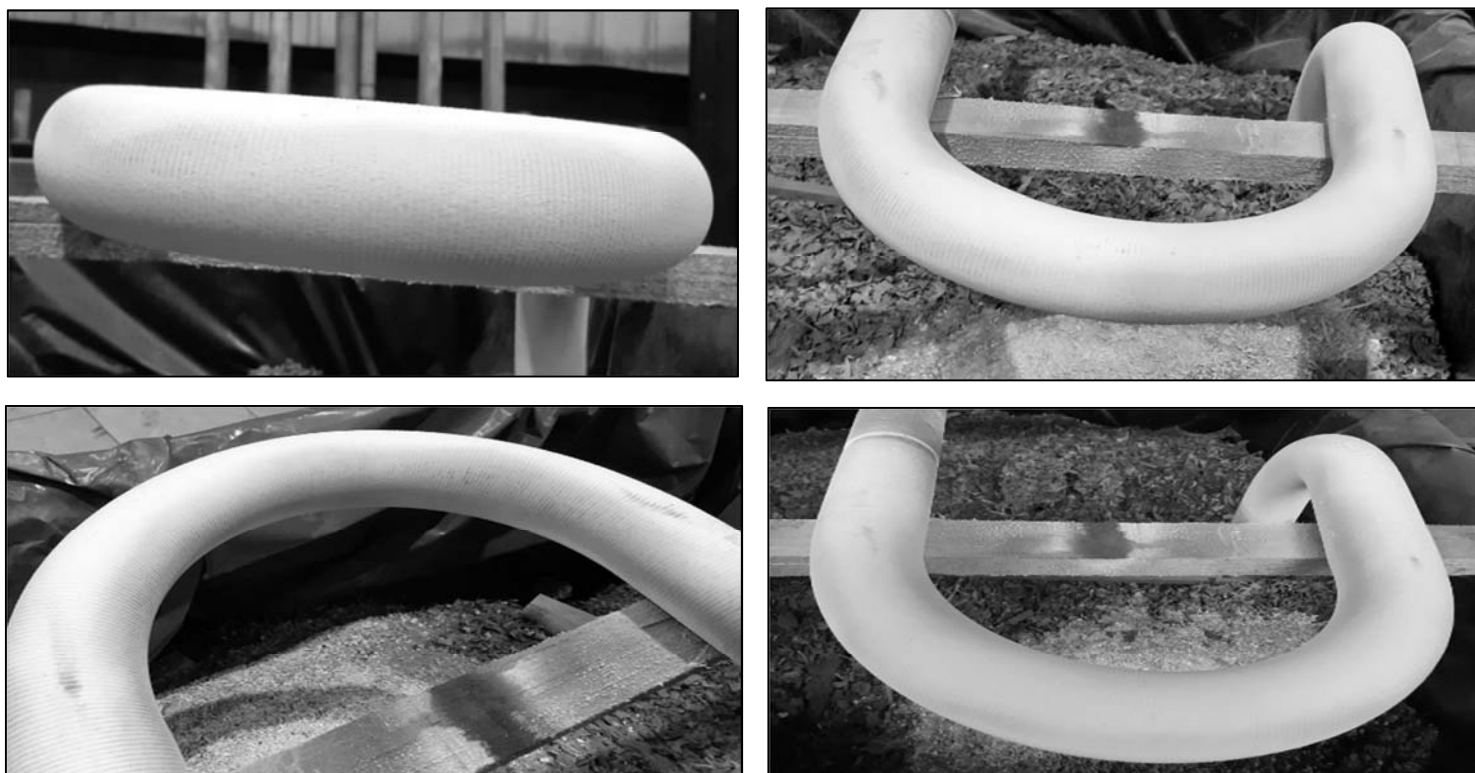
Nije bilo prekida navarenog sloja na dužini od 4 m što upućuje da se radi o stabilnom procesu navarivanja, čija definicija je navedena u kupčevoj specifikaciji, slika 3.



Dimenzionalna kontrola navarene cijevi podrazumjeva mjerenje promjera navarene cijevi. Na temelju promjera može se izračunati debljina navarenog sloja u odnosu na površinu stijenke cijevi. Mjerenje promjera izvedeno je pomičnim mjerilom, a vrijednosti su se kretale od 60,5 do 60,9 mm. Na osnovu izmjenjenog promjera izračunata je debljina navarenog sloja, a iznosila je od 1,75 do 1,95 mm. Također provjerena je debljina navarenog sloja na makro presjeku, a izmjerene vrijednosti su od 1,97 do 2,1 mm što odgovara zahtjevima

specifikacije iako je u pojedinim područjima debljina navarenog sloja maksimalno dopuštena.

Penetrantska kontrola navarene cijevi je provedena nakon navarivanja i savijanja navarene cijevi. Radijus savijanja je 150 mm približno radijusu navedenom na crtežu. Prije savijanja nije provedena toplinska obrada nakon zavarivanja (PWHT). Rezultati penetranskog ispitivanja su prihvatljivi, što je prikazano na slici 4.



Slika 4. Savijena cijev nakon navarivanja ispitana PT. Rezultati ispitivanja su prihvatljivi

Figure 4. Banded pipe after overlay deposited by welding tested by PT. The test results are acceptable.

Osim savijanja navarene cijevi, provedeno je i savijanje palica [2]. Ultrazvučna kontrola je provedena na manjoj površini i nisu otkrivena odstupanja vezivanja. IRIS metoda nije provedena jer nije bilo moguće organizirati takvo ispitivanje, odnosno nije pronađen laboratorij s takvom opremom.

Hemijski sastav navarenog sloja je provjeren na površini i poprečnom presjeku. Na površini navara je izmjeren spektroanalizatorom od strane ATEP-a. U Tabeli 3. su prikazane izmjerene vrijednosti. Uglavnom ovom metodom se određuju glavni legirni elementi u navarenom sloju dok sadržaj ugljika nije moguće izmjeriti.

Tabela 3. Hemijski sastav navara na površini navarenog sloja (mas. %)

Table 3. Chemical composition of weld metal from the surface of the overly welded layer (mass. %)

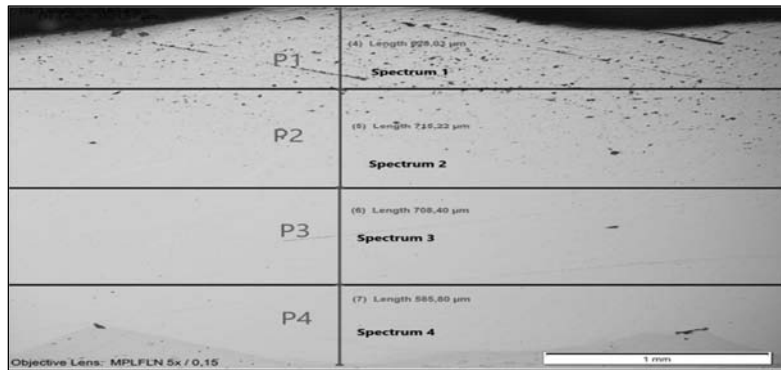
Cr	Mn	Ni	Mo	Fe
22,40	1,92	12,15	0,11	63,02

U laboratoriju Istarskog veleučilišta EDS metodom uz primjenu SEM tehnike izmjerene su vrijednosti kemijskog sastava navara, Tabela 4. na

lokacijama P1, P2, P3 i P4 : poprečno na navareni sloj; na površini navara, uz liniju staljivanja i dva mjesta jednako raspoređena između površine



navara i linije staljivanja, slika 5. Na svakoj lokaciji su provedena četiri mjerenja.



Slika 5. Navareni sloj, lokacije mjerenje kemijskog sastava na poprečnom presjeku navara

Figure 5. Overlay welded layer, locations, measurement of chemical composition on the cross-section of welds

U Tabeli 4. su prikazani rezultati mjerenja. Na temelju mjerenja može se zaključiti da nije došlo do gubitka glavnih legiranih elementata ispod 10 % na poprečnom presjeku navarenog sloja, odnosno sadržaj Cr i Ni je približno jednak po čitavom

presjeku navara, što upućuje da navareni sloj ima približno jednaka svojstva po čitavom presjeku. Ova metoda nije relevantna za mjerenje sadržaja ugljika, ali rezultati su zabilježeni.

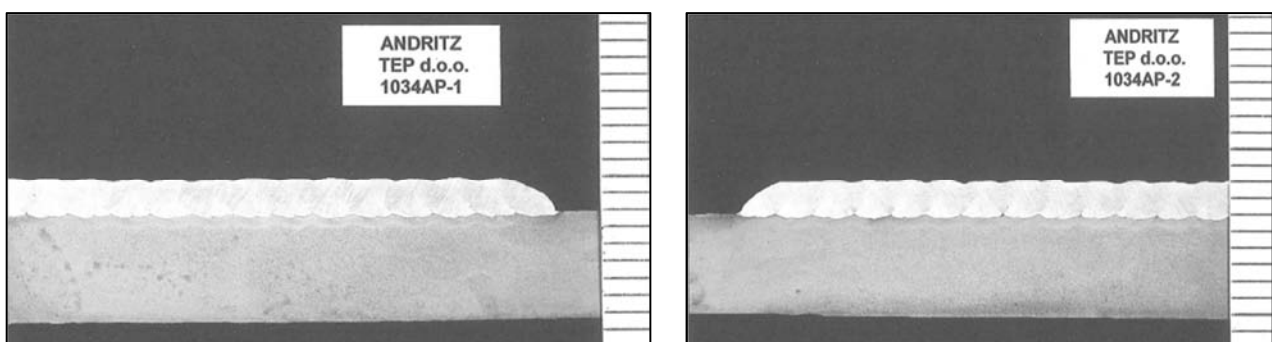
Tabela 4. Prosječni hemijski sastav navara na poprečnom presjeku navarenog sloja (mas. %), odnosno na lokacijama mjerenja [3]

Table 4. Average chemical composition of overlayed welds from the cross-section of the welded layer (mass. %), i.e. at the measurement locations [3]

Lokacija mjerenja	C	Si	Cr	Mn	Fe	Ni
P1	1,05	1,05	22,77	1,87	61,25	12,0
P2	0,94	0,93	22,81	1,89	61,36	12,07
P3	0,70	0,71	22,93	1,93	61,62	12,11
P4	0,64	0,53	22,64	1,90	62,23	12,05

Makroskopskim ispitivanjem utvrđeno je da navar ne sadrži nikakve anomalije, odnosno nema grešaka vezivanja, poroznosti i pukotina, slika 6.

Površina navara i linije staljivanja je ravnomjerna [4].



Slika 6. Makro presjek navarenog sloja bez anomalija

Figure 6. Macro cross section of the overlay welded layer without anomalies

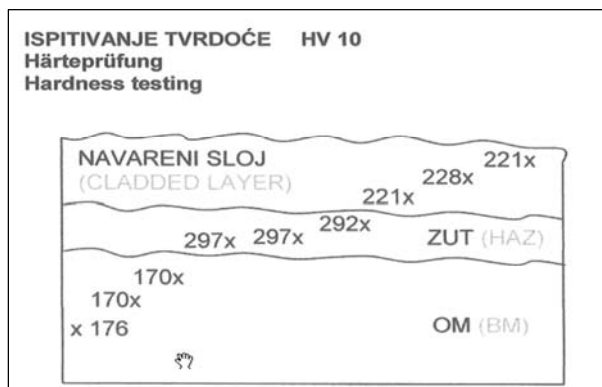
Tvrdoće navarene cijevi izmjerene su u skladu s normom EN 15614-7 gdje je specificirana maksimalna vrijednost 380 HV10. Prema VGB R 501H edicija 2002, dopuštena tvrdoća osnovnog materijala treba biti u području 140-190 HV10,

maksimalna tvrdoća u zoni utjecaja topline 320 HV10, dok maksimalna tvrdoća metala zavara 280 HV10. Na slici 7. može se vidjeti distribucija tvrdoća; na navaru 221-228 HV10 što odgovara dodatnom materijalu, u zoni utjecaja topline 292-



287 HV10 i osnovnom materijalu 170-176 HV10. Tvrdće su u skladu s zahtjevima navedenih normi i propisa, ali ne ispunjavaju zahtjev iz specifikacije kupca gdje se traži da razlika tvrdoća između zone utjecaja topline (ZUT) i osnovnog materijala (OM) bude maksimalno 30 HV. U specifikaciji nije navedena kvaliteta osnovnog materijala niti uputa

vezane za toplinsku obradu nakon navarivanja, tako da se specificirana vrijednost razlike tvrdoća između ZUT-a i OM ne može bezuvjetno primjenjivati. Ovaj zahtjev će se dodatno provjeriti jer se navarivanje radi na čeliku 10CrMo910 bainitne mikro-strukture koji je sklon povećanju tvrdoće usljed zavarivanja.



Slika 7. Distribucija tvrdoća na navarenoj cijevi [4]

Figure 7. Hardness distribution on the overlay welded pipe [4]

Penetracija navara u osnovni materijal je također ograničena i iznosi 0,5 mm. Mjerenjem u laboratoriju na dva makro uzorka utvrđene su vrijednosti [4]. Iz Tablice 5. može se vidjeti da minimalna penetracija u osnovni materijal iznosi 0,03 mm, a maksimalna 0,33 mm. Penetracija navara u OM ispunjava zahtjeve specifikacije, ali su vrijednosti penetracije vrlo male iako su te

vrijednosti karakteristične za postupak navarivanja. Malim korekcijama parametara navarivanja dodatno će se pokušati povećati penetracija za 0,1 mm kako bi se izbjegle greške vezivanja, a s druge strane ispunili zahtjevi za minimalni nepenetrirani dio stijenke cijevi koji iznosi 4,5 mm i zahtjev za hemijskim sastavom navarenog sloja.

Tabela 5. Mjerenje karakterističnih dimenzija na makro palici navarene cijevi [4]

Table 5. Measured characteristic dimensions on a macro stick of a overlay welded pipe [4]

Oznaka uzorka	1		2	
	Debljina OM (mm)		Debljina navara bez penetracije	
			Izmjereno (mm)	Zahtjev (mm)
1034AP-1	6,31		1,97-2,07	1,5-2,1
1034AP-2	6,30		1,98-2,10	
Oznaka uzorka	3		4	
	Dubina penetracije		Minimalna debljina OM bez navara	
	Izmjerno min. (mm)	Izmjereno max. (mm)	Izmjereno (mm)	Zahtjev (mm)
1034AP-1	0,05	0,26	6,13	≥4,5
1034AP-2	0,03	0,33	6,06	

Skica pripada Tabeli 5.



6. Zaključci

Zadatak navarivanja cijevi pregrijača kvalitete 10CrMo910 legurom 309 L zahtijevao je pažljiv pristup i veliku angažiranost osoblja iz Tehnike zavarivanja ATEP-a, što je uključivalo slijedeće:

- proučavanje literature, kupčevih specifikacija i tehničke dokumentacije,
- specificiranje zahtjeva za navareni spoj temeljem normi i kupčeve specifikacije,
- kupovinu osnovnog materijala za probna navarivanja uključujući pripremu uzorka,
- nabavu adekvatnog dodatnog materijala,
- određivanje primjerenog postupka navarivanja,
- instaliranje opreme za navarivanje na postojeće jedinice,
- navarivanje ispitnih uzoraka,
- ispitivanje navarenih uzoraka metodama bez razaranja,
- savijanje navarene cijevi i ispitivanje,
- organiziranje ispitivanja u nekoliko laboratorija,
- prezentiranje stanja po pitanju usvajanja navarivanja pregrijača u pogonu ATEP-a,
- prikupljanje, obrada dokumentacije i izrada kvalifikacija postupka kod ovlaštene institucije,
- definiranje normativa navarivanja.

Sve ove aktivnosti trajale su oko 2 mjeseca, s tim da je dio koji se odnosi na proizvodnju trajao samo 10 dana. Zavaren je veliki broj proba različitim varijacijama postupka navarivanja kako bi se dobila zahtjevana kvaliteta navarenog sloja. Osoblje na području zavarivanja, inženjeri, tehnolozi, poslovođe su bili pod velikim pritiskom zbog složenih zahtjeva, kratkog vremena za testiranje i usvajanje ove tehnologija navarivanja.

Na temelju rezultata ispitivanja može se zaključiti da su kupčevi zahtjevi za navareni spoj ispunjeni. Također može se potvrditi da je implementiran novi proizvodni program, navarivanje pregrijača za "Recovery" kotlove u pogonima ATEP-a. U grupaciji ANDRITZ navarivanje navedenih komponenti se provodi samo u pogonima ATEP-a, tako da se u bližoj budućnosti može očekivati povećanje opsega posla na ovom području.

6. Conclusions

The task of welding 10CrMo910 grade superheater tubes with 309 L alloy required a careful approach and great commitment from ATEP's Welding Techniques staff, which included the following;

- study of literature, customer specifications and technical documentation,
- specifying the requirements for the welded joint based on standards and the customer's specification,
- purchase of basic material for trial welding, including sample preparation,
- procurement of adequate additional material,
- determining the appropriate surfacing procedure,
- installing welding equipment on existing units,
- welding of test samples,
- examination of welded samples by non-destructive methods,
- bending of the welded pipe and testing,
- organization of tests in several laboratories,
- presenting the situation regarding the adoption of superheater welding in the ATEP plant,
- collection, processing of documentation and preparation of procedure qualifications at the authorized institution,
- definition of the norms of overlay welding.

All these activities lasted about 2 months, with the fact that the part related to production lasted only 10 days. A large number of samples were welded with different variations of the welding procedure in order to obtain the required quality of the welded layer. Welding personnel, engineers, technologists, foremen were under great pressure due to complex requirements, short time for testing and adoption of this welding technology.

Based on the test results, it can be concluded that the customer's requirements for the welded joint have been met. It can also be confirmed that a new production program has been implemented, surfacing of superheaters for "Recovery" boilers in ATEP plants. In the ANDRITZ group, welding of the mentioned components is carried out only in the ATEP plants, so in the near future an increase in the volume of work in this area can be expected.



Literatura / References

[1] Esa K. Vakkilainen,(2006), "Kraft recovery boilers – high solids firing aslov dijela, rada", 2/2006

[2] ĐURO ĐAKOVIĆ CENTAR ZA ISTRAŽIVANJE I RAZVOJ d.o.o., (2023), "Izveštaj o mehaničkim svojstvima M-143/23", ĐĐCIR

[3] Istarsko veleučilište, Universita Istriana di scienze applicat, Test report No.: 2023/56", 2023

[4] ĐURO ĐAKOVIĆ CENTAR ZA ISTRAŽIVANJE I RAZVOJ d.o.o., (2003), "Izvešće o ispitivanju MG-148/23", ĐĐCIR



SIGMA LAB

Ispitivanje Tvrdće Materijala & Zavarenih Spojeva

U zavisnosti od oblika i kvaliteta materijala predmeta ispitivanja za merenja tvrdće Sigma Lab koristi više metoda:

- > Brinel
- > Vickers
- > Rokvel
- > Ispitivanje prenosivim uređajem (HL, HB, HV, HRC)



www.sigmalab.rs