



Ana Alil, Marko Ristić, Miloš Stanković, Miloš Ristić

SANACIJA ČELIČNE KONSTRUKCIJE STRELE SAMOHODNE AUTODIZALICE TADAHO TL 200 II/K

REPAIR OF STEEL CONSTRUCTION ON TRUCK-MOUNTED CRANE TADAHO TL 200 II/K

Stručni rad / Professional paper

UDK / UDC: 621.875-21:621.791.052

Rad primljen / Paper received:

06.06.2012.

Ključne reči: sanacija, zavarivanje, dodatni materijal, autodizalica, mikrolegirani čelik.

Adresa autora / Author's address:

Ana Alil, dipl.ing, Marko Ristić, dipl.ing.
Institut Goša, M. Rakića 35, 11000 Beograd, Srbija.
E-mail: ana.alil@institutgosa.rs

Miloš Stanković, dipl.ing, Miloš Ristić, dipl.ing.
Mašinski fakultet univerziteta u Beogradu, Kraljice
Marije 1, 11000 Beograd, Srbija.

Keywords: repair, welding, filler material, autocrane, low alloyed steel.

UVOD

U radu je opisana sanacija čelične konstrukcije strele samohodne autodizalice TADAHO TL 200 II/K nosivosti 95t, koja predstavlja osnovni noseći element dizalice. Sama konstrukcija autodizalice sastoji se od vozila na točkovima i strele dizalice koja može da se teleskopski produžava i može biti kutijastog profila ili rešetkasta na čijem se kraju nalazi radni uređaj [1-3]. Samohodna autodizalica TADAHO je sa hidrauličnim pogonom mehanizma a strela je teleskopske konstrukcije i sklapa se u transportni položaj tako da se nalazi saosno uz podužnu osu vozila i ne izlazi iz gabarita vozila. Strela autodizalice je važan konstrukcioni element koji je kod autodizalice tipa TADAHO izrađen kao kutijasti nosač. Čelična konstrukcija od koje je izrađena strela autodizalice spaja se zavarivanjem.

Svaki zavareni spoj bez obzira koliko uspešno bio izveden, po svom karakteru predstavlja diskontinuitet u materijalu, odnosno mesto lokalne geometrijske i mikrostrukturne nehomogenosti zbog čega je moguća pojava inicijalnih prslina u zavarenom spoju. Prsline deluju kao koncentratori naprezanja i omogućuju da stvarni napon lokalno prevaziđe veličinu napona za njen nestabilan rast što dovodi do lomova u toku eksploatacije [4,5]. Prilikom ispitivanja bez razaranja samohodne autodizalice uočene su velike prsline na strelu. Strela se sastoji iz pet segmenata, pri čemu su na tri segmenta uočene kritične prsline i odlučeno je da se izvrši sanacija tih segmenata reparaturnim zavarivanjem. U ovom radu, pored opisane sanacije čelične konstrukcije teleskopske strele autodizalice prikazana je i korišćena tehnologija zavarivanja.

Analiza stanja strele autodizalice pre sanacije

U cilju utvrđivanja stanja oštećene čelične konstrukcije strele autodizalice, izvršen je preliminarni vizuelni pregled, a zatim ispitivanje stanja zavarenih spojeva kao i osnovnog materijala segmenata strele. Preliminarni vizuelni pregled stanja oštećene čelične

konstrukcije segmenata strele autodizalice ukazao je na prisustvo velikog broja grešaka (diskontinuiteta) tipa prslina, lomova i deformacija na spoljnoj i unutrašnjoj površini čelične konstrukcije segmenata u zavarenim spojevima i osnovnom materijalu, od kojih su neke prikazane na sl.1 (a - d).

Mere za sanaciju

Na osnovu rezultata ispitivanja odlučeno je da se izvrši sanacija uočenih prslina kako u zavarenim spojevima tako i u osnovnom materijalu i zamena jednog dela limova na segmentima, koji su oštećeni u toku eksploatacije kao i ugradnja ojačanja na pojedinim delovima.

Izrađena je tehnička dokumentacija na osnovu koje je izvršena sanacija čelične konstrukcije strele autodizalice. Prilikom sanacije teži se optimalnoj primeni postupaka, kao što je sečenje, žljebljenje i zavarivanje, u cilju svođenja uticaja dodatnih napona i deformacija na minimum, koji su neminovni pratilac sanacije [6]. Tehnologija zavarivanja definiše sve osnovne elemente u vezi zavarivanja i kontrole zavarenih spojeva. Prilikom izvođenja zavarivačkih radova potrebno je sa stanovišta obezbeđenja traženog kvaliteta strogo poštovati odredbe ove tehnologije, koja je izrađena prema srpskim (SRPS), evropskim (EN) i međunarodnim ISO standardima iz oblasti zavarivanja.

Zbog obima i složenosti radova pri sanaciji strele autodizalice izvršene su sledeće pripremne aktivnosti:

- Demontaža strele autodizalice na pojedine segmente (pet segmenata);
- Čišćenje površine segmenata od premaza postupkom peskarenja;
- Transport segmenata u natkriveni prostor i njihovo postavljanje na nosače u položaj za izvođenje planiranih radova;
- Obezbeđenje opreme za gasno sečenje, brušenje i zavarivanje materijala;

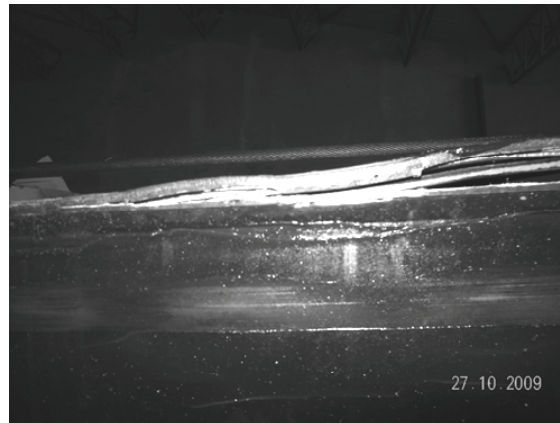


- Obezbeđenje aparata za gasno predgrevanje i dogrevanje zavarenih spojeva kao i kontaktno merenje temperature;
- Obezbeđenje vatrostalnog materijala za pokrivanje zavarenih spojeva i delova čelične konstrukcije nakon zavarivanja;

- Formiranje ekipe od inženjera zavarivanja i kvalifikovanih zavarivača kao i pomoćnog osoblja, koje će obavljati poslove sečenja, brušenja i zagrevanja materijala i zavarenih spojeva..



a)



b)



c)



d)

Slika 1: Prsline, deformacije i lomovi na segmentima strele autodizalice

Figure 1: Deformation and cracks on steel construction of truck-mounted auto crane

Osobine osnovnog materijala

U tabeli 1 dat je hemijski sastav osnovnog materijala ("stari materijal"), lim debljine $\delta = 7$ mm od mikrolegiranog čelika S 690QL (SRPS EN 10027-1), od kojeg je izrađena čelična konstrukcija stele autodizalice, a u tabeli 2 date su mehaničke osobine osnovnog materijala.

Zavarljivost

Čelik S 690QL pripada grupi mikrolegiranih čelika ($C < 0.20\%$) koji imaju dobru zavarljivost. Predgrevanje se izvodi za opšti slučaj ako je temperatura okoline manja od $+5$ °C, dok se radovi na temperaturama nižim od -5 °C zabranjuju bez primene posebnih mera [7].

U slučaju čelične konstrukcije stele kutijastog profila očekuju se visoka naponska stanja usled zavarivanja (uklješteni spojevi, nakupine spojeva) zbog čega je

potrebno predgrevanje i lagano hlađenje. Posle zavarivanja nije potrebna termička obrada za otklanjanje zaostalih napona.

Postupci zavarivanja

Analiziranjem kvaliteta i dimenzija osnovnog materijala, količine i kvaliteta proizvoda, raspoložive opreme i geometrijske složenosti konstrukcije kod sanacije segmenata strele autodizalice (montažni spojevi) primenjen je MAG postupak, zavarivanje u atmosferi mešavine gasova Ar i CO₂ (M 21 po EN 14175).

Neophodno je da uređaji za zavarivanje budu provereni i po pitanju zaštite na radu i po pitanju održavanja zahtevanih parametara zavarivanja, dok električne karakteristike moraju da se pouzdano održavaju i po potrebi menjaju uz mogućnost njihovog očitavanja i kontrole.



Tabela 1: Hemijski sastav osnovnog materijala, %

Table 1: Chemical composition of base material, %

Oznake čelika	Hemijski sastav, %												
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Almin.	Mo	Nb	Ni	Ti	V	B
SRPS EN 10027-1													
S690QL	0.20	1.7	0.80	0.025	0.015	1.50	0.018	0.70	0.06	2.00	0.12	0.12	0.80

Tabela 2: Mehaničke osobine osnovnog materijala

Table 2: Mechanical properties of base material

R _{eh} min, N/mm ²	R _m min, N/mm ²	A min, %
668	713	21.8
651	715	22.9

Dodatni materijal

Na osnovu kvaliteta i dimenzija osnovnog materijala, složenosti konstrukcije i položaja zavarivanja određen je sledeći dodatni materijali za MAG postupak: Puna žica za zavarivanje u mešavini gasova Ar i CO₂ M 21 (po EN 439), Mn3Ni1CrMo (po EN 12534); ER 100 S -1 (po AWS-5.28), komercijalne oznake MIG 75 (Jesenice), prečnika Ø 1.2 mm. U tabelama 3 i 4 dati su hemijski sastav i mehaničke osobine čistog metala šava.

Tabela 3: Hemijski sastav čistog metala šava, %

Table 3: Chemical composition of filler metal, %

C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo
0.08	0.60	1.70	0.25	1.50	0.50

Tabela 4: Mehaničke osobine čistog metala šava

Table 4: Mechanical properties of filler metal

R _{p0.2} N/mm ²	R _m N/mm ²	A ₅ %	A _v , -40 °C J
> 690	770 - 940	> 17	> 47

Pregled i izbor karakterističnih spojeva

Podrazumevani nivo kvaliteta zavarenih spojeva (SRPS ISO 5871) za ugaone spojeve koji su primenjivani u sanaciji je D što nakon zavarivanja podrazumeva vizuelnu kontrolu 100% a ispitivanje penetrantima 10%, dok za sučeone spojeve koji su na mestima gde su vršena ojačanja nivo traženog kvaliteta je B što podrazumeva vizuelnu i penetrantnu kontrolu 100%. Izbor oblika spoja (žljeba) izvršen je na osnovu standarda SRPS ISO 9692 i prikazan u tehnološkim listama zavarivanja.

Korišćeni parametri zavarivanja

Korišćeni parametri MAG (135) postupka zavarivanja su:

Vrsta struje zavarivanja: DC (=)

Jačina struje zavarivanja: 150 - 240 A

Napon luka: 20 - 27 V

Protok gasa: 10 - 14 l/min.

Polaritet: (+)

Način izvođenja karakterističnih spojeva

Priprema žljeba

Pre početka sanacije izvršena je demontaža strele autodizalice, razdvajanje svih pet kutijastih segmenata koji su zatim postavljeni na odgovarajuće držače u horizontalni položaj. Nakon toga, izvršeno je čišćenje postupkom peskarenja svih segmenata u cilju uklanjanja premaza i pripreme površine osnovnog metala i zavarenih spojeva za ispitivanja bez razaranja (IBR). Površine za zavarivanje (stranice žljeba) formirane su mehaničkim postupkom. Mehanička obrada stranica žljebova izvođena je struganjem i brušenjem.

Konstrukciono-tehnološkom dokumentacijom propisan je kvalitet pripremljene površine i tolerancija delova u skladu sa SRPS ISO 9013 i EN ISO 13920. Uočene i obeležene prsline u zavarenom spoju i prsline u osnovnom materijalu segmenata su u potpunosti uklonjene brušenjem do potpunog "vađenja" prsline. Pored toga, gde god je to bilo moguće, vrh prsline u nivou lima (osnovnog materijala) zaobljen je bušilicom i uklonjene su neravnine (zarezi, oštre ivice) brušenjem do metalnog sjaja. Takođe, ivice i koreni deo žljebova su blagim prelazima zaobljeni. Sve površine u širini minimum 30 mm od ivice žljebova očišćene su od korozije čeličnom četkom do metalnog sjaja.

Zamašćene površine čišćene su koncentrovanim alkoholom i trihloretilenom, minimalno 50 mm od ivice žljeba. Vreme od pripreme žljeba do zavarivanja delova treba da bude što kraće kako bi se mogućnost naknadnog zaprljanja svelo na najmanju meru. Na slici 2. prikazana je priprema segmenata autodizalice pred sanaciju.



Slika 2: Priprema segmenata autodizalice za sanaciju

Figure 2: Segments preparation for auto crane repair

Zavarivanje segmenata čelične konstrukcije strele autodizalice

Ojačanje delova segmenta br.1

Spoj postojećeg lima segmenta br.1 sa novim limom dimenzija 1200 x 800 mm i segmeta br 3. sa novim limom dimenzija 1200 x 500 mm prikazani su na planovima zavarivanja ojačanja na segmentima I, II i III dizalice od 95t (sl. 3), izvodi se kao ugaoni i sučeoni spoj.

Pre zavarivanja lim je predgrevan na približno 150°C i temperatura međuprolaza je održavana u intervalu 210-220°C, dok je sam lim učvršćen sa pripojima veličine oko 5-10 mm međusobno udaljenim od 150-200 mm.

Nakon zavarivanja izvedeno je sporo hlađenje u cilju smanjenja napona i mogućnosti za pojavu grešaka u zavarenim spojevima. Pripoji su izvedeni pod istim uslovima kao i koreni zavar i obavezno se moraju pretopiti ili prebrusiti. Ovaj zahtev važi kod svih zavarenih spojeva gde su prisutni pripoji.

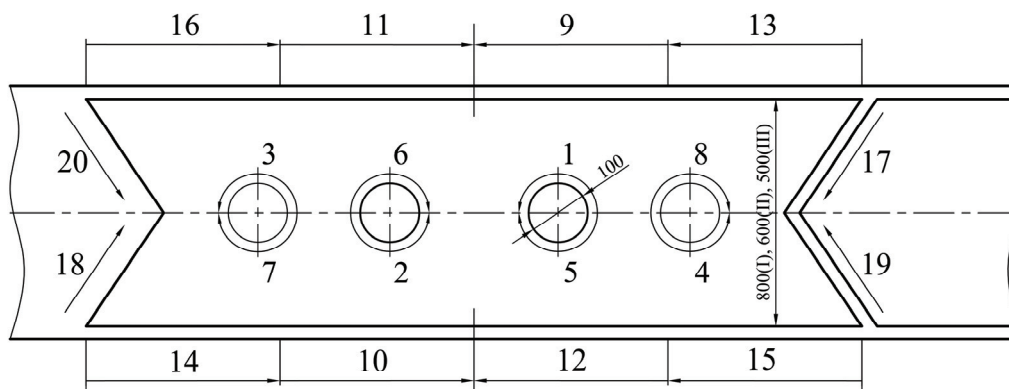
Ojačanje delova segmenta br.2 i nastavak lamele segmenta br.2 na autodizalici od 95t

Spoj postojećeg lima segmenta br.2 sa novim limom dimenzija 1200 x 600 mm izveden je pri istim parametrima kao i ojačanje segmenta br. 1.

Zavarivanje ovih spojeva izvođeno je sa jednim odnosno šest prolaza od sredine prema krajevima sa dužinom zavara od 100-150 mm i temperatura međuprolaza je bila u temperaturnom intervalu od 210-220°C. Nastavak lamele segmenta br.2 prikazan je u planu zavarivanja gornje lamele segmenta II dizalice od 95t (slika 4) i izveden je kao sučeoni spoj pod uslovima i planu zavarivanja vertikalnih limova za lamelu segmenta II dizalice od 95t.

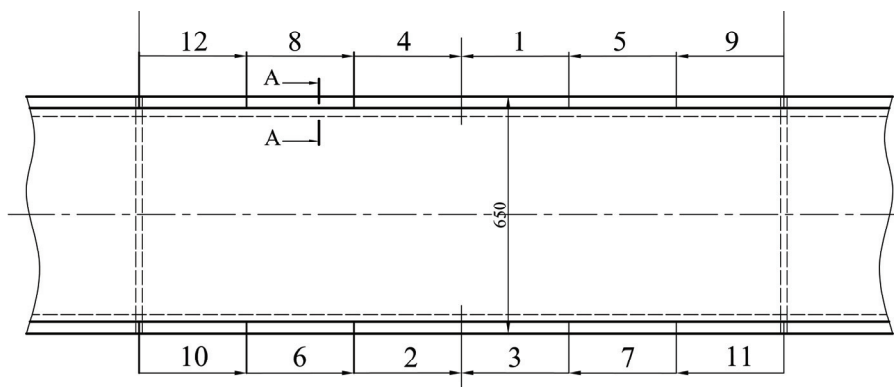
Sanacija stabilizatora na autodizalici

Pre zavarivanja stabilizatora izvršeno je predgrevanje na približno 120°C i održavana je temperatura međuprolaza u intervalu 200-210°C. Pripoji su izvođeni pod istim uslovima kao i koreni zavar i obavezno se moraju pretopiti ili prebrusiti. Ovaj zahtev važi kod svih zavarenih spojeva gde su prisutni pripoji.



Slika 3: Plan zavarivanja ojačanja na segmentima I, II i III (brojevi označavaju redosled izvođenja zavarenih spojeva)

Figure 3: Welding plan of reinforcements in segments I, II and III (the numbers indicate the order of weld joints performing)



Slika 4: . Plan zavarivanja vertikalnih limova za lamelu segmenta II

Figure 4: Welding plan of vertical sheets for lamella of segment II



a)



b)



c)



d)

Slika 5: strele autodizalice nakon sanacije

Figure 5: Appearance of steel construction of auto crane after repair

Vrsta i obim kontrole

Kontrola izvođenja sanacije zavarivanjem čelične konstrukcije strele autodizalice sa završnom ocenom o podobnosti za eksploataciju načelno se vrši u tri faze:

1. Kontrola pre zavarivanja koja obuhvata:

- uvid u uverenje o kvalitetu osnovnog, dodatnih i pomoćnih materijala,
- proveru geometrijskih mera elemenata konstrukcije,

- proveru geometrijskih oblika žljebova i spojeva,
- proveru čišćenja površina,
- proveru uređaja i opreme za zavarivanje,
- proveru stručne sposobnosti zavarivača,
- uverenje o kvalifikaciji zavarivača (SRPS EN 287-1),
- proveru preduzetih mera obezbeđenja sigurnosti pri radu,



- proveru propisane tehnologije zavarivanja za sve karakteristične zavarene spojeve i kvalitete materijala (SRPS EN ISO 15614-1),
 - uvid u dokumentaciju o ovlašćenosti izvođača da izvodi zavarivačke radove (SRPS EN ISO 3834),
2. Kontrola u toku zavarivanja koja obuhvata:
- proveru primene propisanih elemenata tehnologije (parametri zavarivanja, način izvođenja zavarivanja, redosled izvođena zavarenih spojeva).
3. Kontrola posle zavarivanja koja obuhvata:
- dimenzionalnu kontrolu konstrukcije u celini i kontrolu geometrijskih oblika zavarenih spojeva – 100%,
 - vizuelnu kontrolu zavarenih spojeva – 100%,
 - magnetnu ili penetransku kontrolu zavarenih spojeva u obimu od 100% za nivo kvaliteta B i 10% za nivo kvaliteta D (SRPS ISO 5871),
 - Radiografsku ili ultrazvučnu kontrolu zavarenih spojeva u obimu od minimum 75% za nivo kvaliteta B (SRPS ISO 6520),

Vrsta i obim kontrole kao i određivanje nivoa prihvatljivosti grešaka u zavarenim spojevima izvodi se prema zahtevima standarda SRPS ISO 5817.

ZAKLJUČAK

Prilikom sanacije težilo se optimalnoj primeni postupaka u cilju svođenja uticaja dodatnih napona i deformacija na minimum koji su neminovni pratilac sanacije.

Primenom opisane tehnologija zavarivanja uspešno je izvršena sanacija čelične konstrukcije strele samohodne autodizalice TADAHO TL 200 II/K nosivosti 95t.

Nakon sanacije (Slika 5) urađena je kontrola zavarenih spojeva (vizuelno, penetrantsko i radiografsko ispitivanje).

Posle završenih kontrolnih ispitivanja, izvršena je montaža svih pet segmenata strele autodizalice na noseće vozilo, urađena je proba nosivosti autodizalice, nakon čega je ona puštena u eksploataciju.

LITERATURA

- [1] Zoran Tošić, Dizalice, Mašinski fakultet, Beograd, 2003.
- [2] Gašić Milomir, Savković Mile, Naponi i deformacije kutije osnovne strele autodizalice u funkciji dužine izvlačenja prvog segmenta strele, IMK-14 - Istraživanje i razvoj, vol. 9, br. 1-2, str. 55-59, 2003
- [3] Savković Mile, Optimizacija složenih poprečnih preseka konstrukcija strele autodizalice, IMK-14 - Istraživanje i razvoj, vol. 11, br. 1-2, str. 41-45, 2005
- [4] R. Prokić-Cvetković, A. Milosavljević, O. Popović, Uticaj količine unete toplote na modifikacije ferita u metalu šava niskougljeničnih čelika, Zavarivanje i zavarene konstrukcije, Vol. 50, No.2, str. 73-78, 2005.
- [5] I. Hajro, O. Pašić, Z. Burzić, Karakterizacija zavarenih spojeva na visokočvrstom konstrukcijskom čeliku S690QL, Zavarivanje i zavarene konstrukcije, Vol.55, No.4, str. 123-129,2010.
- [6] Ana Alil, Milan Prokolab, Mirjana Prvulovic, Zlatan Milutinovic, Sanacija celicne konstrukcije resetkastog nosaca autodizalice Pinguely TL969, Zavarivanje i zavarene konstrukcije, Vol. 57, No.2, str. 89-93, 2012.
- [7] S. Cvetkovski, V. Grabulov, D. Slavkov, J. Magdeski, Karakteristike zavarenog spoja mikrolegiranog čelika u zavisnosti od parametara zavarivanja i termičke obrade nakon zavarivanja, Zavarivanje i zavarene konstrukcije, Vol. 49, No.2, str. 53-60, 2004.

PANON VAGON d.o.o

Majšanski put br. 51
24000 Subotica, Srbija
Tel: +381 24 577 530
Fax: +381 24 577 525

E-mail: panonvagon@eunet.rs



"PANON VAGON" d.o.o. osnovan 2004 godine, pruža kvalitetne usluge obezbeđenja proizvodnje, rekonstrukcije, remonta / popravke železničkih teretnih kola i prodaje rezervnih delova za teretna kola.