

UDK : 621.791.1:625.143

## ZAVARIVANJE ŠINA U DUGI TRAK

Gordan Radivojević<sup>1</sup>, Jelena Stojilković<sup>2</sup>, Biljana Matejević<sup>3</sup>

### Rezime

U radu je opisana tehnologija zavarivanja šina u dugi trak. Danas je zavarivanje šina i skretnica u duge trakove obavezno pri polaganju novog koloseka, a preporučljivo je i na postojećim kolosecima, ukoliko šine nisu previše istrošene, donji stroj je stabilan, a kolosek propisno regulisan po smeru i niveleti. Zavarivanje šina može se izvršiti na četiri načina. Elektrootporno zavarivanje danas predstavlja najjeftiniji, najbrži i najkvalitetniji postupak zavarivanja šina. Aluminotermijski postupak zavarivanja je vrlo jednostavan postupak zavarivanja jer zahteva relativno malo opreme i to lagane. Vreme potrebno za zavarivanje je vrlo kratko. Pod pojmom elektrolučnog zavarivanja podrazumevaju se postupci zavarivanja koji kao izvor toplote koriste električni luk uspostavljen između elektrode i osnovnog materijala. Sa druge stran, autogeno (gasno) zavarivanje šina koristi osobinu acetilena da pri sagorevanju u kiseoniku daje plamen temperature iznad 3000°C. Održavanje dugih trakova šina zahteva poznavanje njihovog rada u raznim temperaturnim režimima, pri radovima na održavanju koji menjaju stanje otpora u gornjem stroju kao i kontrolu ponašanja tokom eksploatacije.

**Ključne reči:** zavarivanje, DTS, materijal, oprema, postupci

## WELDING RAIL IN LONG TAPE

### Abstract

The paper describes the technology of welding the rails in a long tape. Nowadays, the welding of rails and switches in the long tapes is necessarily when laying new track, and preferably on existing tracks, if the rails are not too worn, the undercarriage is stable, and the track is properly regulated according to the direction and the level. Rail welding can be done in four ways. Resistance welding, nowadays, represents the cheapest, the fastest and the highest quality welding process. Aluminothermic welding process is very simple one because it requires relatively little and light equipment. The time required for welding is very short. By the term - arc welding, it is meant welding processes which use an electric arc as an energy source between the electrode and the base material. On the other hand, autogenic (gas) welding rails uses the property of acetylene to give a flame of temperature above 3000 degrees of Celsius when combustion in oxygen. A maintaining of long strips of rails requires knowledge of their operation in various temperature regimes, in maintenance works that alter the state of resistance in the permanent way, as well as control of the behavior during exploitation.

**Key words:** welding, DTS, material, equipment, procedures

<sup>1</sup> asistent, Mr, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu,

<sup>2</sup> saradnik, student doktorskih studija, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu

<sup>3</sup> asistent, Dr, Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu

## 1. UVOD

Kada govorimo o dugim trakovima šina govorimo o šinama koje su toliko duge da je pomeranje njihovog srednjeg dela sprečeno i pri najvećim temperaturnim promenama. Zavarivanjem šina u duge trakove dobijamo neprekidnu kotrljajuću površ i to je idealna veza između šina. Prednosti koloseka bez sastava tj. koloseka sa dugim šinskim tracima su: povećanje udobnosti vožnje kod velikih brzina, smanjenje buke, smanjenje troškova izrade i eksploatacije. Najveća prednost su manji troškovi izrade jer je materijal za izradu jednog spoja skuplji od zavarivanja šina. Geometrija koloseka sa dugim trakovima je trajnija. Zbog smanjenih dinamičkih uticaja vozila, vek trajanja elemenata gornjeg stroja je veći, naročito šina. Usled dodatnih naprezanja od temperaturnih promena u šini, koje naručito u okolini mostova, tunela i skretnica nije moguće tačno odrediti zbog brojnih uticajnih parametara, ugrađivanje i održavanje dugih trakova šina je veoma specifično. Zato se pri tome moramo pridržavati propisanih mera i uputstava.

Zavarivanje šina može se izvršiti na više načina:

- elektrootporno zavarivanje,
- alumino-termijsko zavarivanje,
- elektrolučno zavarivanje (pomoću elektroda),
- autogeno ili gasno zavarivanje.

## 2. ELEKTROOTPORNO ZAVARIVANJE ŠINA

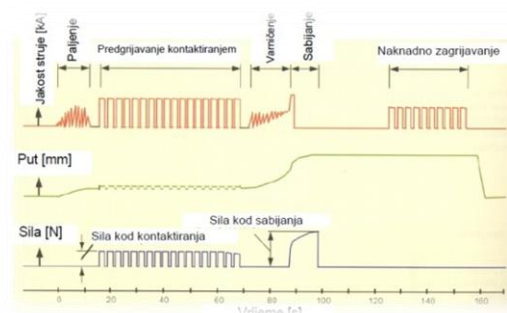
Elektrootporno zavarivanje danas predstavlja najjeftiniji, najbrži i najkvalitetniji postupak zavarivanja šina. Obavlja se u valjaonicama i specijalizovanim radionicama jer iziskuje masivnu i veoma tešku opremu za izvođenje. Kapacitet samo jedne mašine za zavarivanje ovog tipa iznosi i do 100 varova po smeni. U ovim radionicama vrši se zavarivanje kako novih, tako i šina koje su već neko vreme bile u eksploataciji. Pre zavarivanja šine se razvrstavaju po profilima, prema kvalitetu materijala, dok se korišćene šine razvrstavaju i prema istrošenosti. Pre zavarivanja treba proveriti i eventualnu savijenost krajeva šina i po potrebi ih poravnati. Prethodno korišćene šine neophodno je podvrgnuti ispitivanju defektoskopom, radi nalaženja eventualnih oštećenja nastalih u toku eksploatacije. Da

bi var zadovoljio potrebne uslove kvaliteta, mesto zavarivanja je neophodno prethodno očistiti od masnoća, korozije i raznih vrsta nečistoća koje mogu biti prisutne. Nakon ovih priprema moguće je izvršiti zavarivanje. Nakon izvršenog zavarivanja vrši se opsecanje vara i ravnanje u vrućem stanju. Nakon hlađenja, vrši se finalna obrada vara brušenjem.

Sam uređaj za elektrootporno zavarivanje sastoji se iz dva dela od kojih je jedan nepomičan, dok drugi ima mogućnost pomeranja po vodičama duž podužne ose šine. Oba dela mašine imaju hvataljke namenjene prihvatanju krajeva šina, a koje ujedno služe i kao mesto za dovod električne energije neophodne za zavarivanje. U zavisnosti od preseka šine i kvaliteta materijala napona za zavarivanje varora od 6 do 15 volti, dok jačina struje iznosi oko 1000 ampera. Pre zavarivanja neophodno je mašini zadati parametre potrebne za postupak zavarivanja.

Samo zavarivanje sastoji se iz sledećih faza:

- paljenje koje se vrši kako bi se ostvarilo bolje naleganje šina po celoj površini;
- predgrevanje kontaktiranjem koje se vrši u cilju ujednačenog zagrevanja krajeva celom površinom;
- varničenje služi za dovođenje površine krajeva šina na temperaturu neophodnu za zavarivanje;
- sabijanje prethodno zagrejanih šina određenom silom i brzinom;
- naknadno zagrevanje kako bi se izbeglo stvaranje neželjenih struktura unutar čelika;
- naknadno sabijanje radi postizanja bolje kristalne strukture i povećanja kvaliteta vara.



*Slika 1 - Šematski je prikazan postupak elektrootpornog zavarivanja*

U toku samog procesa zavarivanja kao i nakon zavarivanja vrši se kontrola dijagrama koji se automatski iscrta za svaki var. Za svaku vrstu

materijala i šine postoje unapred definisani optimalni elementi zavarivanja, kao i optimalni (etalon) dijagrami, koji se upoređuju sa dijagramima dobijenim u toku i nakon zavarivanja. Ukoliko se jave razlike između dobijenih i optimalnih vrednosti pristupa se podešavanju mašine za zavarivanje.

Kontrola kvaliteta vara može se izvršiti i pomoću defektoskopa. Danas su uglavnom u upotrebi defektoskopi na bazi magnetnog polja, ultrazvučni i radiografski defektoskopi. Na osnovu rezultata kontrole izvršene defektoskopom var se može oceniti kao dobar, sumnjiv ili loš.

## 2.1. PREDNOSTI I MANE

Zavarivanje elektrootpornim načinom daje jedan od najkvalitetnijih zavara, te se primenjuje gde god je to moguće. Zbog kvaliteta nije potrebno voditi brigu o položaju zavara u koloseku u odnosu na oslonce (pragove). Na mestu elektrootpornog zavara ne postoje nikakva zadebljanja, te ne predstavlja smetnje pri manipulaciji šinom. Prilikom popravka šina u radionicama aluminometrijskim zavar se može rezati, dok se elektrootporni ne mora, te ima znatno manje otpada. Nedostatak je što se izvodi u radionicama, pa su šine ogranične dužine (oko 210 m).

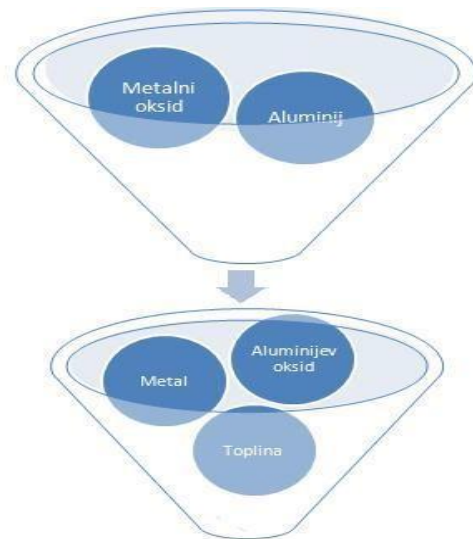
## 3. ALUMINOTERMIJSKO ZAVARIVANJE

Aluminotermijsko zavarivanje je pronađeno krajem 19. veka od strane nemačkog hemičara prof.dr. Hans Goldschmidt-a. Ovaj način zavarivanja prvo su počele da upotrebljavaju tramvajске kompanije, da bi nakon toga počelo sa primenom ovog načina zavarivanja i kod železnica. Prvi put je ovaj način zavarivanja primenjen 1904. na mađarskim železnicama. Nemačke železnice prvi put primenjuju aluminotermijsko zavarivanje 1924. godine dok na prostorima bivše Jugoslavije ovaj način zavarivanja prvi put je primenjen 1933. godine u Zagrebu.

### 3.1. O POSTUPKU ZAVARIVANJA

Aluminotermijsko zavarivanje je postupak gde se spajanje metala ostvaruje pomoću pregrejane taline koja nastaje hemijskom reakcijom između metalnog oksida i aluminija, sa ili bez primene pritiska. Dodatni materijal se osigurava iz topljenog metala. Osnova aluminotermijskog postupka zavarivanja je redukcija metalnog oksida u metal. Kao redukcijsko sredstvo

koristi se aluminijum, koji zbog velikog afiniteta prema kiseoniku prelazi u aluminijum oksid. Reakcija se odvija prema slici:

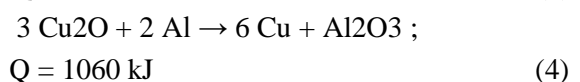
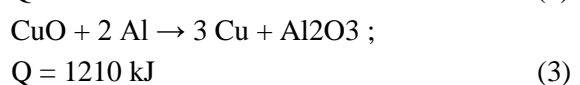
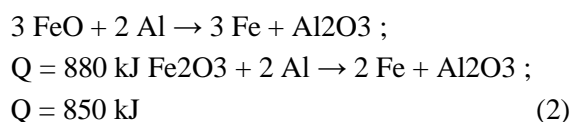
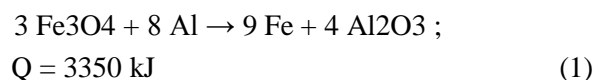


Slika 2 - Šema aluminotermijske reakcije

Reakcija može krenuti i završiti samo ako je afinitet prema kiseoniku redukujućeg elementa (aluminijuma) veći od afiniteta prema kiseoniku metalnog oksida. Toplota dobijena egzotermnom reakcijom stvara tekući proizvod koji se sastoji od metala i aluminijevog oksida. Ako je gustoća troške niža od gustoće metala, kao u slučaju čelika i aluminijevog oksida, dolazi do trenutnog odvajanja. Troška aluminijevog oksida pluta na površini otopljenog materijala i štiti otopljeni čelik od okolne atmosfere, a otopljeni čelik se nalazi u loncu koji ima zatvarač tkz. „rigla“.

Kada je termit u potpunosti zagrejan, „rigla“ se pomera, a smesa počinje teći kroz šupljinu između delova koji se zavaruju, a koji su zatvoreni kalupom.

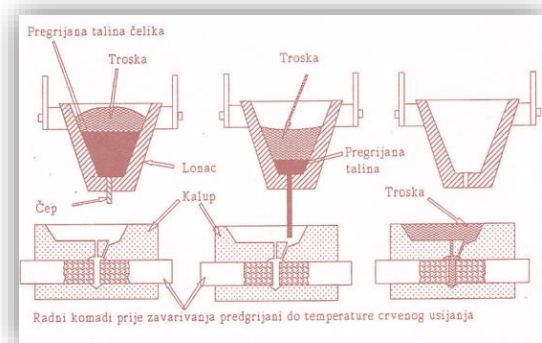
Navedene su tipične egzotermne reakcije i dobijena smesa:



U gore navedenim reakcijama, aluminijum je redukujući faktor. Teorijski, elementi poput magnezijuma, silicijuma i kalcijuma bi se takođe mogli koristiti u istu svrhu. Međutim, kalcijum i magnezijum se ne koriste zbog problema dobijanja tih metala, a silicijum se uglavnom koristi kod toplotne obrade, vrlo retko kod zavarivanja.

Teoretska temperatura dobijena ovom reakcijom je oko 3100°C. Gubici energije preko posude i zračenjem, smanjuju teoretsku temperaturu na oko 2480°C. To je maksimalna temperatura zato što aluminijum isparava na oko 2500°C. Međutim, maksimalna temperatura ne bi trebala biti manja budući da se aluminijev oksid (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) na 2040 °C stvrdnjava. Gubici energije takođe zavise od količine termitne mase koja reaguje. Što je veća količina termitne mase, manji su gubici energije. Legirani elementi se mogu dodati u termitnu mešavinu kako bi došlo do legiranja zavara prilikom zavarivanja.

Ostali dodaci koji se mogu dodati u termitnu mešavinu se koriste kako bi povećali tečenje i snizili temperature stvrdnjavanja aluminijevog oksida.



Slika 3 - Princip aluminotermijskog zavarivanja

Termitna reakcija nije eksplozivna i zahteva manje od jednog minuta kako bi završila, a to zavisi od količine. Da bi reakcija krenula, potrebna je posebna šipka (nalik na prskalicu) za paljenje ili poseban prašak kako bi se mogla zapaliti termitna smesa.

Prašak ili šipka za paljenje će zapaliti termitnu masu kada se postigne temperatura zapaljenja praška ili šipke koja iznosi oko 1200 °C. Delovi koji se zavaruju, moraju biti odgovarajuće poravnani.

Površine koje se spajaju, trebaju biti očišćene od rđe, prljavštine, masti i vlage. Mora biti osiguran pravilan razmak između površina koje se spajaju, a veličina razmaka zavisi od širini spoja. Širi spojevi zahtevaju veći razmak. Kalup se stavlja oko spoja koji se zavaruje. On se mora sagraditi oko delova koje treba spojiti. Kako bi se izveo dobar spoj, spojne

površine se moraju dovoljno zagrejati kako bi došlo do stapanja između otopljene termitne mase i osnovnog materijala. Iako se postupak naziva zavarivanje, postupak više liči livenju metala. Prilikom aluminotermijskog zavarivanja u odnosu na livenje, treba uzeti u obzir sledeće činjenice: tokom očvršćivanja dolazi do skupljanja materijala, potrebno je eliminisati tipične greške koje se pojavljuju kod livenja, osigurati pravilno tečenje otopljenog čelika, izbegavati mešanja prilikom ulivanja metala u spoj.

Vrlo bitan faktor kod aluminotermijskog zavarivanja je proces hlađenja. Ako bi se hlađenje sprovodilo brzo, dobila bi se veća tvrdoća čelika, ali bi njegova mikrostruktura bila krupnozrnata. Takav materijal slabo je otporan na udarce, tj. žilavost takvih čelika je vrlo mala. Kako bi se postigla potrebna mehanička svojstva i zadovoljavajuća tvrdoća, potrebno je proces hlađenja voditi sporije. Mehanička svojstva i tvrdoća zavara mora biti barem jednaka svojstvima i tvrdoći osnovnog materijala, a poželjno je da budu veći.

Oprema za aluminotermijsko zavarivanje je vrlo jednostavna i može se izraditi u većini radionica. Najvažnija oprema koja se koristi kod aluminotermijskog zavarivanja su:

- lonac, je komponenta u kojoj se odvija aluminotermijska reakcija, topljenje termitne mase i odvajanje troske od dodatnog materijala.
- kalup, služe za dovođenje rastopljenog materijala na mesto zavarivanja i formiranje zavara.
- ostalu opremu čine specijalni držači čija je svrha držanje delova kojima se zavaruje, hidraulički uređaj za vruće uklanjanje srha i kalupa, zatim brusilice za finu obradu glave šine i ivičnih delova.



Slika 4 - Lonac za aluminotermijsko zavarivanje. Slika 5 - Postupak nanošenja gline na kalup



Slika 6 - Predzagrevanje kalupa





Slika 7- Hidraulički uređaj



Slika 8 - Oprema za postavljanje lonca



Slika 9 - Reparaturno zavarivanje



Slika 10 - Aluminotermijski zavarene armaturne šipke za beton

Primena aluminotermijskog zavarivanja:

- zavarivanje šina je najčešća primena postupak kod zavarivanja šina u dugi trak. To je vrlo dobar način spajanja šina čime se smanjuje broj spojeva vijcima.
- reparaturno zavarivanje se koristi u brodogradnji za popravak teških sekcija od čelika kao što su slomljen okvir krme broda, delovi kormila, osovine i amortizacijski delovi.
- zavarivanje šipki,
- povezivanje električnih delova.

### 3.2. PROCEDURA ALUMINOTERMIJSKOG ZAVARIVANJA ŠINA

Kod aluminotermijskog zavarivanja mogu se koristiti dva postupka: sporozavarni postupak (vreme

predzagrevanja je oko 30 minuta), brzozavarni postupak (vreme predzagrevanja traje 5 do 8 minuta). Danas se u pravilu primjenjuje brzozavarni postupak koji se može podeliti prema obliku zavara te prema načinu predgrevanja.

Prema obliku zavara razlikujemo: zavar bez ojačanja, zavar sa ojačanjem i zavar sa pljosnatim ojačanjem (kod nas u primeni).

Prema načinu predzagrevanja razlikuje se: zavarivanje bez predzagrevanja, zavarivanje s kratkim predzagrevanjem te zavarivanje s predzagrevanjem (kod nas u primeni).

Radovi kod aluminotermijskog zavarivanja se mogu podeliti na pripremne radove, radove tokom zavarivanja i završne radove.

#### 3.2.1. Pripremni radovi

Prvi korak prilikom zavarivanja šina je rezanje šine i poravnavanje. Ukoliko se izrađuje potpuno nova pruga, šine su već spremnjene u pogonu. Šine se mogu rezati s pilom ili plinski u struji čistog kiseonika. Ako se radi rekonstrukcija zavara na već postavljenim šinama, potrebno je označiti na glavi šine gde će se izvesti rezanje. Nakon rezanja je potrebno ukloniti šljaku, rđu i očistiti ivice od rezanja. Rezanje se mora izvesti tako da rez bude vertikalna na uzdužnu osu šine kako bi se mogao dobiti ujednačen dilatacijski razmak između delova šine koje se spajaju. Razmak između dve šine koje se zavaruju mora biti pažljivo određen na temelju tipa šine i postupka zavarivanja. Razmak se kreće u rasponu od 20 do 30 mm. Nakon što se izvrši priprema šine rezanjem, sledi postavljanje šine na pragove (ne radi se u slučaju rekonstrukcije). Kako bi se dobio pravilan var potrebno je izvesti poravnavanje krajeva šine. Krajevi šine se podese po voznom rubu i voznoj površini, ali pazeći da se ose poklapaju tako da nema vitoperenja krajeva šine. Pre poravnavanja potrebno je proveriti ravnoću šine i ukloniti potencijalne greške ravnosti koje bi kasnije uzrokovale loš var.



*Slika 11- Priprema spoja i položaj šine pre zavarivanja*

Nakon poravnavanja šina, sastavlja se kalup za livenje koji se postavlja oko mesta vara. Ako se radi o sporo zavarnom postupku, onda se kalup izrađuje na licu mjesta. Ukoliko se radi o brzo zavarnom postupku, kalup se izrađuje od silikatnog peska u specijalnim radionicama i nakon toga doprema na gradilište. Nakon pričvršćenja kalupa, glinom se popune rupice između kalupa i profila šine kako ne bi došlo do istecanja smese.



*Slika 12 - Postavljanje kalupa na mesto spoja*

Na šine se pričvršćuje ostala oprema koja se koristi kod zavarivanja. To su razne šipke, stezači, nosači lonca. Na nosač lonca se postavi lonac s termitnom masom u koju se stavi „prskalica“ koja služi za paljenje termitne mase.



*Slika 13 - Prskalica i termitna masa u loncu*

Lonac se predzagrjeva na temperaturu oko 100 °C kako bi se hemijska reakcija pravilno odvijala. Termitna masa proizvedena je tako da je kompatibilna sa osnovnim materijalom.



*Slika 14 - Lonac s termitnom masom*

Pre početka zavarivanja potrebno je izvršiti prezagrevanje kalupa i krajeva šina. To se najčešće izvodi s plinskim plamenom. Temperatura prezagrevanja zavisi od tipa šine, materijala, vrsti lonca, vrsti plina, pritisku plina.



*Slika 15 - Predzagrevanje kalupa i krajeva šine prije zavarivanja*





Slika 16 - Aluminotremijska reakcija u loncu

### 3.2.2. Radovi tokom zavarivanja

Nakon završetka predzagrevanja, lonac s termitnom masom se postavlja iznad kalupa, zapali se termitna masa i kreće egzotermna reakcija. Na dnu rezervoara nalazi se rigla koja se povuče posebnom šipkom i počinje tečenje rastopljenog čelika na temperaturi oko 2500 °C u šupljini kalupa.

Rastopljeni čelik u dodiru s osnovnim materijalom (šina) počinje topiti materijal te na taj način započinje proces zavarivanja. Nakon toga dolazi do sjedinjavanja čelika od dodatnog i osnovnog materijala, te počinje proces skrućivanja.



Slika 17 - Izvlačenje rigle i tečenje rastopljenog čelika u kalup



Slika 18- Izgled kalupa nakon izlivanja čelika

### 3.2.3. Radovi nakon zavarivanja

Zavar se ostavi da se ohladi određeno vreme (3 – 5 min) i zatim se višak čelika i kalup uklanjaju s mesta zavara pomoću hidrauličnog uređaja za vruće uklanjanje. Nakon što se zavar u potpunosti ohladi, obrađuje se brusilicom po voznoj površini i ivicama uz kontrolu zavara letvom.



Slika 19 - Hidrauličko uklanjanje kalupa i viška materijala



Slika 20 - Završno brušenje šina

### 3.2.4. Prednosti i nedostaci aluminotermijskog zavarivanja

Aluminotermijski postupak zavarivanja je vrlo jednostavan postupak zavarivanja jer zahteva relativno malo opreme i to lagane. Vreme potrebno za zavarivanje je vrlo kratko (može trajati oko 20 min). Ako se u obzir uzme i vreme potrebno za hlađenje zavara, ukupno vreme pre nego što se može normalno odvijati promet je oko 70 minuta. Najveći nedostatak aluminotermijskog zavara je što se on izvodi livenjem, dok se šina proizvodi valjanjem. Iako je moguće postići potpuno jednaka mehanička svojstva aluminotermijskim zavarivanjem šina, ponašanje zavara i osnovnog materijala u eksploataciji nije jednako. Zavar je takvog oblika da ne može doći na bilo koje mesto u koloseku. Propisano je da on mora biti barem 50 mm udaljen od ivice podložne pločice. Potrebno je voditi računa o položaju zavara i rasporedu pragova u okolini zavara. Zadebljanja na vratu i nožici šine

kasnije otežavaju njene popravke. Tada se ti delovi izrezuju zbog čega nastaje određeni gubitak materijala u šinama.

### 3.2.5. Greške kod aluminotermijskog zavarivanja

Greške kod aluminotermijskog izvedenog zavariva se pojavljuju svakodnevno. Iako se postupak aluminotermijskog zavarivanja koristi već više od 100 godina, još uvek se događaju greške u zavarenom spoju. Veća brzina i opterećenje karakteristike su koje se postavljaju na današnje šine, a samim time isti ti zahtevi se postavljaju na zavare. Kako bi se postigao kvalitetan zavar potrebno je posvetiti pažnju na svaki detalj prilikom zavarivanja. Područja na koje treba obratiti posebnu pažnju su:

- priprema krajeva šina pre zavarivanja,
- postavljanje i poravnavanje kalupa na mesto spoja,
- oblaganje,
- postavljanje aparature za prezagrevanje,
- predzagrevanje,
- čišćenje i predzagrevanje lonca za zavarivanje.

Najčešće greške koje se javljaju kod aluminotermijskog zavarivanja su: crne rupe, skupljanje zavariva, opekotine od peska, nedovoljno topljenje materijala, pomak kalupa, treperenja zavariva, poroznost.



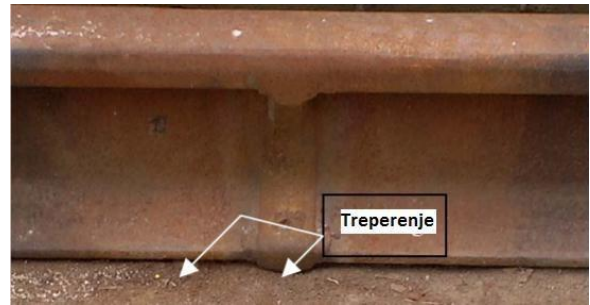
Slika 21- Skupljanje zavariva



Slika 22 - Poroznost u zavariva



Slika 23 - Nedovoljno spajanje u nožici šine



Slika 24 - Treperenje zavariva

### 3.2.6. Ispitivanje varova izvršenih aluminotermijskom metodom

Provera kvaliteta varova šina vrši se redovno i periodično.

U redovne preglede spadaju:

- vizuelni pregled
- ultrazvučno ispitivanje varova
- ispitivanje čvrstoće varova po Brinel-u

U peiodične preglede spadaju:

- statičko ispitivanje varova
- dinamičko ispitivanje varova
- ispitivanje čvrstoće na zatezanje
- ispitivanje čvrstoće varova po Brinel-u

## 4. ELEKTROLUČNO ZAVARIVANJE ŠINA

Pod pojmom elektrolučnog zavarivanja podrazumevaju se postupci zavarivanja koji kao izvor toplote koriste električni luk uspostavljen između elektrode i osnovnog materijala, a dodatni materijal je sama elektroda ili žica za zavarivanje. Konvencionalni postupci elektrolučnog zavarivanja su E (obložena elektroda), MAG/MIG (topljiva elektrodna žica u zaštiti inertnog ili aktivnog gasa), TIG (netopljiva elektroda i dodatni materijal u obliku žice, u zaštiti inertnog gasa) itd. Svaki od ovih postupaka koristi toplotu električnog luka za topljenje dodatnog i osnovnog materijala i odgovarajuće izvore električne struje. Topljenje dodatnog materijala i njegov prenos u metalnu kupku je praćen pojavom sila, kao što su elektromagnetna i gravitaciona, sile od strujanja i eksplozije gasova, sila od pritiska plazme i sila površinskog napona, koje bitno utiču na proces zavarivanja.

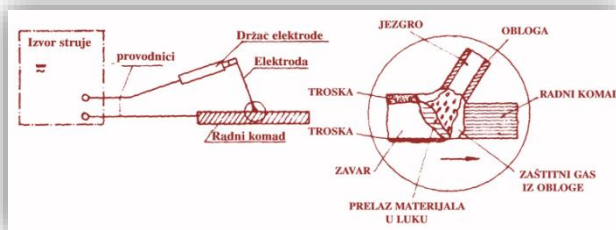




Slika 25 - Elektroda za elektrolučno zavarivanje

Elektrolučno zavarivanje šina može se vršiti ručno ili mašinskim putem.

**Ručno** elektrolučno zavarivanje je postupak spajanja metala topljenjem obložene elektrode i dela osnovnog metala u električnom luku koji se uspostavlja i održava između šine i elektrode. Topljenjem jezgra elektrode obezbeđuje se dodatni materijal za ispunu žleba, a topljenjem, sagorevanjem i isparavanjem obloge obezbeđuje se zaštita metalne kupke od okolnih gasova i vazduha. Istopljeni sastojci obloge se mešaju sa rastopljenim metalom, pre nego što isplivaju na površinu jer imaju manju gustinu od metalne kupke, i očvrstnu u obliku troske. Troska štiti metal šava od uticaja okoline i usporava njegovo hlađenje, a posle zavarivanja se uklanja specijalnim čekićem.



Slika 26 - Šematski prikaz elektrolučnog ručnog postupka zavarivanja

S obzirom na jednostavno rukovanje i relativno nisku cenu uređaja i dodatnog materijala s jedne, a dobar kvalitet spoja s druge strane, ručno elektrolučno zavarivanje obloženom elektrodom je donedavno primenjivano više od svih ostalih postupaka zajedno. Njegovoj širokoj primeni doprinose još i činjenice da su ograničenja u vezi sa oblikom predmeta i vrstom materijala koji se zavaruje, kao i položajima zavarivanja, manja od svih ostalih postupaka zavarivanja.



Slika 27 - Prikazan je postupak elektrolučnog zavarivanja

**Mašinsko** elektro-lučno zavarivanje šina se ostvaruje specijalnim mašinama u vidu teških samohodnih nosivih železničkih mašina sa uređajima za zavarivanje na specijalnoj konzoli. One ostvaruju zavarivanje na taj način što propuštaju struju visokog napona kroz provodnike malog preseka i time ostvaruju visoku toplotu potrebnu za zavarivanje šina.

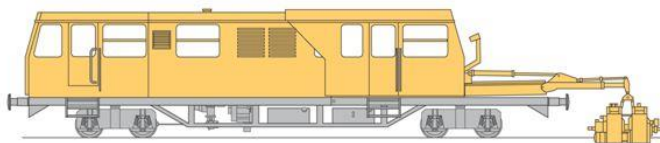
Navedene mašine za zavarivanje šina sastoje se od :

- šasije samohodnog nosivog železničkog sredstva oslonjenog na dva ili tri železnička postolja;
- radnog uređaja sa jednim i dva agregata na konzolnom nosaču;
- uređaja za kontrolu vara, pogonskog bloka i kabine za upravljanje.

Konstruktivna težina ovih mašina se kreće od 280 do 400 kN. Snaga motora od 300 do 400 kW (od 402HP do 536HP). Njihova brzina kretanja u transportu se kreće od 40 do 80 km/h. Praktični učinak mašine za zavarivanje šina, kreće se od 0,015 do 0,10 km pruge/h.



Slika 28 - Prikazan je postupak mašinskog elektrolučnog zavarivanja



Slika 29 - Izgled samohodne mašine za elektrolučno zavarivanje

## 5. AUTOGENO(GASNO) ZAVARIVANJE ŠINA

Koristi osobinu acetilena da pri sagorevanju u kiseoniku daje plamen temperature iznad  $3000^{\circ}\text{C}$ . Pomoću plamena iz acetilenskog gorionika šinskog profila materijal sa žice od visokovrednog čelika nanosi se na predmet zavarivanja, koji je prethodno istim gorionikom zagrejan na dovoljnu temperaturu. Posle plastifikacije metala, vrši se sabijanje sučeljnih preseka kao kod elektrootpornog zavarivanja. Prednost ovog postupka jeste laka oprema (samo boce sa gasom agregata za proizvodnju električne energije). Kvalitet vara u mnogome zavisi od varilaca. Na kraju se daje uporedni prikaz postojećih procesa zavarivanja na terenu po izabranim parametrima. Jedan način klasifikacije pogodnih procesa zavarivanja je putem njihovih gustina snaga zagrevanja. Tehnike zavarivanja koje proizvode relativno nisku ulaznu toplotu zahtevaju najniže troškove opreme, kratko vreme pripreme vara, malo ili nikakvo predgrevanje. Time se takvi procesi zavarivanja sami nameću kao najpovoljniji uopšte i posebno za terenski rad.



Slika 30 - Prikazan je postupak autogeno( gasno ) zavarivanja šina

## 6. ZAKLJUČAK

U klasičnom koloseku sa spojnica, spojevi šina predstavljaju najslabije mesto koje zahteva neprekidno i skupo održavanje. Iz tog razloga se šine zavaruju u vrlo duge trakove, koji mogu obuhvatati cela međustanična rastojanja pa i više desetina kilometara zajedno sa skretnicama. Prednost ovakvih koloseka, pored smanjenja troškova izrade koloseka i vuče vozova, ogleda se i u povećanju udobnosti vožnje, bez udara na sastavima šina čime su izbegnuti dinamički uticaji koji su imali štetne posledice kako na vozilo tako i na kolosek. Troškovi održavanja koloseka zavarenog u DTŠ su niži nego kod koloseka sa spojnica. Naime, održavanje spojeva u klasičnom koloseku iznosilo je preko 30% održavanja celog koloseka. U svim slučajevima, ekonomičnost, odnosno pravilan izbor materijala za karakteristike i predviđeni vek trajanja konstrukcije, kao i cena izrade su od najvećeg značaja. Projektni zahtevi i iskustvo predstavljaju glavnu osnovu za izbor materijala za izradu konstrukcija, ali i za njihovu popravku i održavanje. Takođe je produžen vek trajanja materijala gornjeg stroja, naročito šina, a izbegnuti su troškovi ugrađivanja spojnica i spojnog pribora.

## LITERATURA

- [1] *Gornji stroj željeznica*, S.Ranković , Beograd 1976. godine
- [2] *Goren stroj na železnici*, D. Zlatkovski , Skoplje 1977. godine
- [3] *Alumino-termo zavarivanje*, B. Sladojević , Beograd 2002. godine
- [4] *Održavanje železničkih pruga*, M.Tomičić-Torlaković , Beograd 1998. godine
- [5] *Gornji ustroj željeznica*, D. Marušić, Mostar 2009. godine
- [6] *Gornji stroj železnica*, M.Tomičić-Torlaković , Beograd 1998. godine