

PROBLEMATIKA ZAVARIVANJA SIVOG LIJEVA

Maroević F. ¹

¹Elektrostrojarska škola, Varaždin, Hrvatska

Sažetak: Sivi lijev predstavlja konstrukcijski materijal koji je radi svojih svojstava i mogućnosti primjene uvijek zanimljiv za tehničku uporabu. Zbog mogućnosti primjene, ali posebno radi problematike koja nastaje prilikom njegovog korištenja u strojarskim konstrukcijama, ovaj je materijal često i predmet zanimanja stručne javnosti, naročito vezane za problema spajanja zavarivanjem ili popravaka havarirane konstrukcije.

Odlična mogućnost lijevanja dijelova iz sivog lijeva, dobra obradljivost skidanjem čestica, podnošenje značajnih tlačnih opterećenja, dobra antikorozivnost i dr., utječu na izbor ovog konstrukcijskog materijala. Slaba sposobnost izduženja uslijed djelovanja sile ili topline, a koja je posljedica strukturne građe, često je uzrok loma kod odljevaka iz sivog lijeva.

Predmet razmatranja u ovom prikazu je problematika spajanja zavarivanjem, lemljenjem i reparaturno zavarivanje sivog lijeva te potrebni dodatni materijali.

Ključne riječi: zavarivanje, sivi lijev, reparaturno zavarivanje, konstrukcijski materijal, dodatni materijali, lom materijala.

Abstract: Cast iron is a construction material which is, because of its characteristics and application possibilities, always interesting for technical use. Because of its application possibilities, and especially because of issues that emerge in relation to the use in mechanical constructions, this material is very often an interesting subject of interest of branch public, particularly in cases of welding joints or repairing the broken construction.

Excellent possibilities of casting pieces from grey iron, good removal of particles, bearing of significant pressure loads, high corrosion resistance etc., have influence upon the choice of this construction material. Weak elongation under the impact of force or temperature, which is the consequence of its structure, causes frequent breaks on grey iron parts.

The subject of analysis presented in this paper is the issue of welding and soldering of joints, repairable welding of grey iron and additional materials required.

Keywords: welding, grey iron, repair welding, additional materials, material breakage.

1. UVOD

Sivi lijev spada u grupu željeznih lijevova. Pojam "lijev" dolazi iz načina dobivanja vezanog uz lijevanje kao tehnološki postupak. Odljevak, koji je obično poluproizvod, koji treba dodatno obraditi, je vrlo često

složenog oblika i velikih dimenzija (kućišta i postolja alatnih strojeva, zamašnjaka, zupčanika itd.).

Postupak lijevanja često se bira radi smanjene cijene izrade u odnosu na druge tehnološke postupke.

Naročito je tu povoljan sivi lijev koji ima nisku temperaturu taljenja jer ima približno eutektički sastav.

Dobiva se pretaljivanjem u kupolki. Zasipl kupolke čini sivo sirovo željezo i lomljiva starog čelika i lijeva.

Struktura sivog lijeva je divarijantna (dvojna). To znači da je sastavljena od primarnog dijela u obliku izlučenih lamela grafita i sekundarnog dijela od željeznih faza (željezna osnova). Primarna struktura nastaje u skladu sa stabilnim sustavom (Fe-C), a sekundarna u skladu s metastabilnim sustavom (Fe-Fe₃C). Budući da je stabilna kristalizacija moguća samo uz beskonačnu brzinu hlađenja, onda se dodaju grafitizatori koji omogućavaju stvaranje grafita a to su u prvom redu Si i P, kao i drugi elementi. Uobičajeni sastav sivog lijeva iznosi: 2,5...4,5% C, 0,3...1,2% Mn, 1...4% Si, 0,4...1,5% P, <0,1% S.

Svojstva sivog lijeva

Tehnološka svojstva:

- nema ograničenja veličine odljevaka
- jednostavna i jeftina proizvodnja
- nisko talište koje proizlazi iz približno eutektičkog sastava
- dobra obradljivost odvajanjem čestica
- slaba zavarljivost radi male mogućnosti izduženja i velikog postotka C

Mehanička svojstva:

- relativno niska vlačna čvrstoća (uzrok lamele grafita)
- visoka tlačna čvrstoća
- nisko izduženje <1%
- slaba žilavost
- promjenljiv modul elastičnosti

Ostala svojstva:

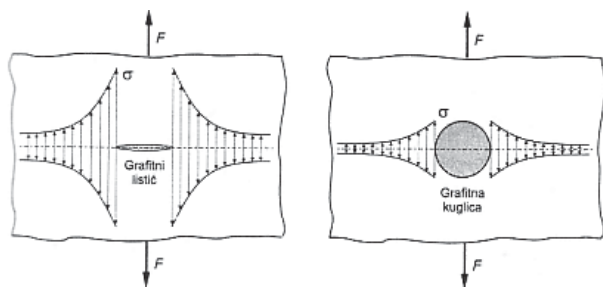
- dobra antifrikcijska svojstva (utjecaj grafita)
- dobra sposobnost prigušenja vibracija
- dobra otpornost na koroziju
- pri višim temperaturama povećava volumen

Ova mehanička svojstva mogu se poboljšati legiranjem. Legiranjem možemo poboljšati čvrstoću, žilavost, otpornost na koroziju i vatrootpornost. Povećanje čvrstoće može se postići i "cijepljenjem", odnosno dodavanjem cjepiva taljevini prije ulijevanja u kalupe (cjepivo je ferosilicij, silikokalcij, mangan, krom i dr.). Ovaj postupak se izvodi po licenci tvrtke Meehanite

u SAD. Slijedeće značajno povećanje čvrstoće imamo kod nodularnog (žilavog) lijeva. Zasip za ovaj lijev je od specijalnog sivog sirovog željeza i tali se u elektropeći. Taljevina se obrađuje globulatorima (oko 0,5 % Mg za podeutektičke vrste i oko 0,5 % Ce kod nautektičkih vrsta).

Taljevina se zatim ulijeva u pješčane kalupe .

Na ovaj način dobije se grafit u obliku kuglica i čvrstoća slična čeliku. Ovaj lijev može se i legirati te dobijemo još bolja mehanička i druga svojstva. Utjecaj oblika grafita na koncentraciju naprezanja, a onda direktno i na vlačnu čvrstoću prikazuje slika 1.



Slika 1. Utjecaj oblika grafita na koncentraciju naprezanja kod vlačnog opterećenja

Sivi lijev je klasificiran na temelju vlačne čvrstoće dobivene na epruveti promjera 30 mm i vrijednosti savojne čvrstoće (vidi tabelu 1.).

Tabela 1. Klasifikacija i mehanička svojstva normiranih vrsta SL

Oznaka lijeva prema EN i (staro HRN)	R_m , N/mm ² za epruvetu \varnothing 30 mm	R_{ms} , min N/mm ²	Raspon oslonaca pri savijanju L, mm
EN-GJL100S (SL 10)	100...150	-	400, d = 20 mm
EN-GJL150S (SL 15)	150...200	310	400, d = 20 mm
EN-GJL200S (SL 20)	200...250	380	400, d = 20 mm
EN-GJL250S (SL 25)	250...290	450	400, d = 20 mm
EN-GJL290S (SL 30)	290...340	470	400, d = 20 mm
EN-GJL340S (SL 35)	340...390	530	600, d = 30 mm
EN-GJL390S (SL 40)	> 390	590	600, d = 30 mm

2. ZAVARIVANJE SIVOG LIJEVA

2.1. Opis problema

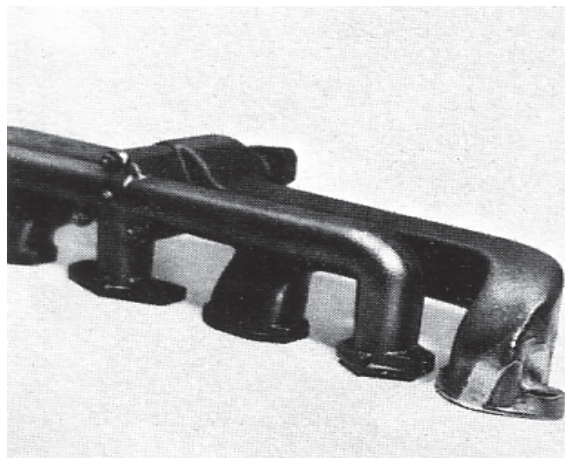
Zavarivanje sivog lijeva prati problematika koja proizlazi iz njegove strukturne građe. Najveći problem kod zavarivanja sivog lijeva jest njegova grafitna struktura u obliku lamela, koja smanjuje čvrstoću i povećava krhkost. Sivi lijev po svojoj strukturi ne podnosi nikakve unutarnje napetosti koje nastaju kod zagrijavanja i hlađenja. Ako unutarnje napetosti postanu veće od lomne čvrstoće, dolazi do pukotina što je vrlo česta pojava. Treba voditi računa da se i hlađenje vrši kontroliranim brzinom naročito onda ako nije bilo predgrijavanja. Sve standardne vrste sivog lijeva mogu se zavarivati. Međutim, odljevci koje u normalnom stanju možemo zavarivati, mogu uslijed raznih vanjskih utjecaja izgubiti tu sposobnost. Ovo se događa ako su

dugo izloženi djelovanju pregrijane pare, visokim temperaturama i kiselinama. Zavarivanje više nije moguće jer je materijal promijenio strukturu. Kod zavarivanja se to primjećuje kada se osnovni materijal dobro ne spaja s dodatnim ("bježi" i "kipi").

2.2. Izvođenje zavarivanja

Sivi lijev se može zavarivati na toplo i na hladno a može se i lemiti. Zavarivanje na toplo izvodi se elektroćnim ili plinskim postupkom. Zavarivanje na hladno izvodi se samo ručnim elektroćnim postupkom (REL).

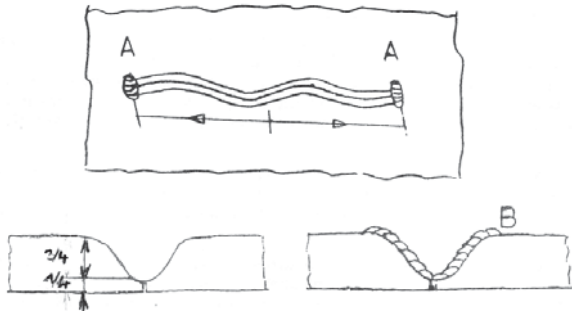
Kod zavarivanja na toplo radni komad predgrijava se na temperaturu oko 600 do 650 °C te se na toj temperaturi mora održavati za cijelo vrijeme zavarivanja. Nakon zavarivanja dio se mora polagano hladiti. Ovaj postupak zahtijeva posebno napravljene peći. Toplo zavarivanje plinskim postupkom ima tehniku rada istu kao kod normalnog plinskog zavarivanja. Plamenik se bira prema debljini komada a plamen se namješta neutralno. Dodatni materijal su štapići (šipke) od sivog lijeva. <Na taljevini sivog lijeva stvara se čvrsta kožica željeznog oksida koju treba otkloniti. Ovo se vrši dodavanjem praška za taljenje na vrhu šipke i posipanjem mjesta zavarivanja. Šipke mogu biti i obložene topiteljem. Praškovi se kupuju već pripremljeni kao prašak za zavarivanje sivog lijeva a po broju (oznaci) obično odgovaraju oznaci šipke za zavarivanje (plinsko zav. na toplo vidi sliku 2.).



Slika 2. Primjer djela zavarenog na toplo sa šipkom Castolin 14F/14

Elektroćno zavarivanje na toplo zahtijeva isto tako zagrijavanje (500 do 600 °C) radnog komada. Zagrijavanje ne smije biti brže nego oko 100 °C/h . Zavarivanje se vrši obloženom elektrodom od sivog lijeva. Žlijeb se priprema u obliku V ili U. Često se pri zavarivanju primjenjuju podloške. Zavarivanje se izvodi u vodoravnom položaju. Kod zavarivanja vrši se spiralno gibanje vrha elektrode. Količina taljevine je velika. Nakon zavarivanja mora se osigurati što sporije hlađenje. REL zavarivanje na toplo ima kvalitetan zavar sastava osnovnog materijala. Kod predmeta komplicirane izrade ili pak manjih pukotina izbjegava se zavarivanje na toplo.

REL zavarivanje na hladno obavlja se specijalnim nikal, monel ili feronikal obloženim elektrodama. Monel elektrode imaju oko 70% Ni i 30% Cu. Nikal elektroda je skoro čisti nikal (98% Ni). Elektrodama od čistog nikla postiže se najbolji **rezultat** kod zavarivanja. Priprema žlijeba za REL zavarivanje sivog lijeva na hladno se obično izvodi u U obliku sa širim otvorom i zaobljenim ivicama žlijeba (vidi sliku 3.).

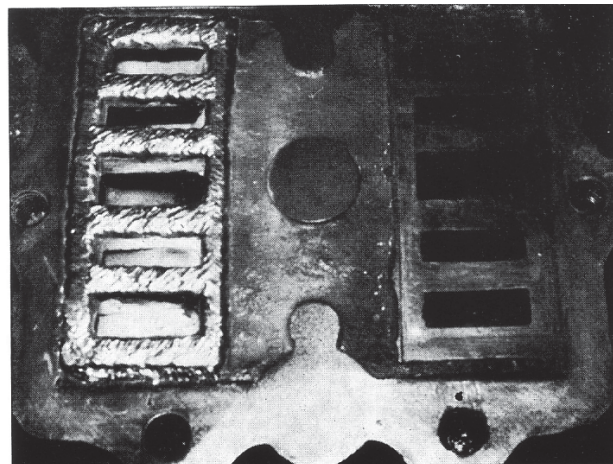


Slika 3. Priprema žlijeba za zavarivanje sivog lijeva REL postupkom na hladno. A-zavareni krajevi u svrhu sprečavanja daljnjeg širenja pukotine. B- nanaseni prijelazni sloj.

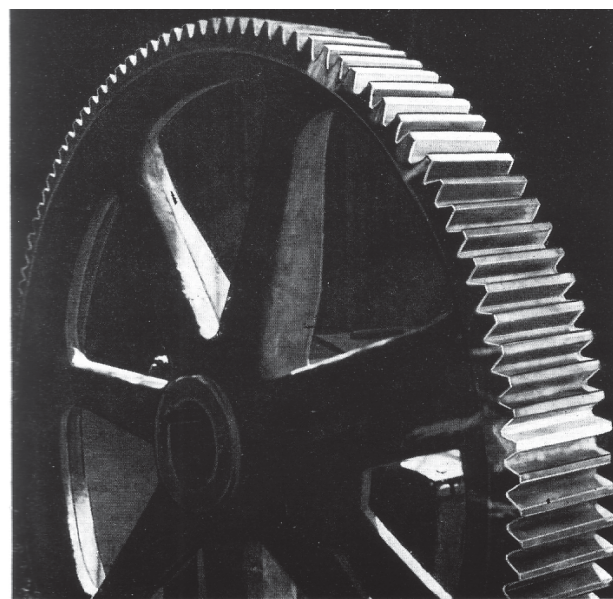
Površinsku nečistoću treba obvezno očistiti uz rub žlijeba do metalnog sjaja. Ovome treba posvetiti posebnu pažnju jer je čistoća žlijeba vrlo važna za kvalitetno izvođenje zavara. Obrada žlijeba vrši se sjekačem ili malim glodalom te brušenjem ili žlijebljenjem ugljenom elektrodom. Duljina i oblik pukotine može se utvrditi penetranskim tekućinama jer često okom to nije moguće. Da bismo spriječili mogućnost širenja pukotine, na krajevima pukotine mogu se izvesti poprečne zavare koje bi trebale spriječiti moguće nove pukotine nastale kod zavarivanja (vidi sliku 3.). Umjesto poprečnih zavara na kraju pukotine mogu se izbušiti rupe. Najprije se navaruje prijelazni sloj na stranice žlijeba s elektrodom $\phi 2,0$ mm i $\phi 2,5$ mm. Ovi navari izvode se u žlijebu i izvan žlijeba. Daljnje zavarivanje vrši se kratkim zavarima 1 do 2 cm, nakon čega se odmah radi raskivanje toplog zavara. Nastavak slijedi kad se na zavareno mjesto može položiti dlan ruke bez opasnosti od opekotina (otprilike 50°C). Vrh elektrode **vodimo** u obliku spirale male širine i uz što kraći luk. Zavarivanje se **izvodi** od sredine prema van, a ukoliko kod zavarivanja primijetimo da se prvi sloj dobro ne veže, ili je porozan, to upućuje na postojanje nečistoća, ili je materijal izgubio svojstvo zavarljivosti. U tom slučaju ovaj sloj treba skinuti i ponoviti zavarivanje. Primjeri zavara vidi na slici 4. i 5. Tvrdo lemljenje sivog lijeva izvodi se predgrijavanjem osnovnog materijala na oko 400°C a temperatura vezanja je oko 775°C .

Mogućnost pojave unutarnjih napetosti, pukotina i deformacija znatno je smanjena. Čvrstoća je približno kao kod zavarivanja. Dodatni materijal je mjed (58-62% Cu). Dezoksidans, odn. topitelj odgovara dodatnom materijalu.

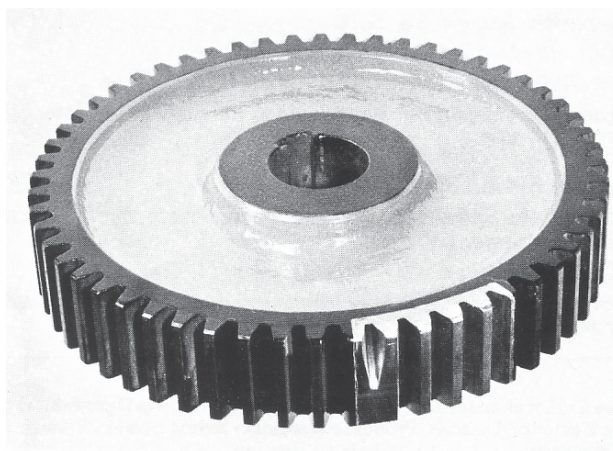
Veličina plamenika odabire se prema debljini stjenke. Plamen je neutralan a postupak spajanja je ulijevo. Primjere tvrdog lemljenja sivog lijeva vidi na slikama 6. i 7.



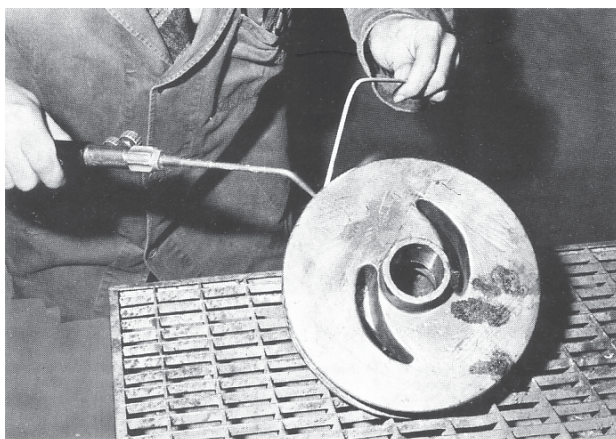
Slika 4. - Zavarivanje izvedeno REL postupkom na hladno s elektrodom UTP8



Slika 5.-Zupčanik,zavarivanje izvedeno REL postupkom na hladno,osnovno s elektrodom UTP8 ,a ispuna s elektrodom UTP8FN



Slika 6. Zupčanik popravljen šipkom Castolin 185 XFC



Slika 7. Popravak rotora pumpe s šipkom Castolin 185 XFC

3. ZAKLJUČAK

Manje strojne dijelove zavarivat ćemo plinskim postupkom na toplo. Zavarivanje je jednostavno, jeftino a postupak ekonomičan. Dijelove srednjih veličina, gdje nemamo mogućnosti deformacija ni demontaže, kao što su dijelovi crpka, blokovi motora, postolja strojeva i dr., najlakše je zavarivati REL postupkom na hladno. Na tržištu imamo puno proizvođača dodatnih materijala (šipke i elektrode) za zavarivanje sivog lijeva. Od renomiranih proizvođača to su Castolin Eutetic, UTP, Bohler, ESAB, Elektrode Jesenice, Elektroda Zagreb i drugi. Kvaliteta je obično povezana s cijenom.

4. LITERATURA

CASTOLIN EUTECTIC, priručnik A.M.I. Commerce Zagreb

Filetin T., Kovačićek F., Indof J. (2002) Svojstva i primjena materijala, FSB Zagreb

Grubić K., Živčić M. (1990) REL ZAVARIVANJE Društvo za tehniku zavarivanja Hrvatske, Zagreb

Ruge J. (1974) Handbuch der Schweisstechnik, Springer-Verlag, Berlin

UTP priručnik, Freiburg, SR Njemačka

Živčić M. (1975) Zavarivanje i srodni postupci, društvo za tehniku zavarivanja SRH Zagreb

Živčić M., Remenar I. (1972) Zavarivanje, društvo za tehniku zavarivanja Hrvatske Zagreb