Svojstva i primjena sivog lijeva pri izradi dijelova poljoprivredne tehnike

Janješić, Filip

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of agriculture / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:671117

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek - Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA

POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Filip Janješić

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Mehanizacija

Svojstva i primjena sivog lijeva pri izradi dijelova poljoprivredne tehnike

Završni rad

Osijek, 2017.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA

POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Filip Janješić

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Mehanizacija

Svojstva i primjena sivog lijeva pri izradi dijelova poljoprivredne tehnike

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

1. Ivan Vidaković, mag.ing.mech., mentor
2. Prof.dr.sc. Goran Heffer, član
3. Doc.dr.sc. Ivan Plaščak, član

Osijek, 2017.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku Završni rad

Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda, smjer Mehanizacija

Filip Janješić

Svojstva i primjena sivog lijeva pri izradi dijelova poljoprivredne tehnike

Sažetak:

U radu su opisana svojstva sivog lijeva, načini proizvodnje poljoprivredne tehnike i načini te problematika zavarivanja određenih dijelova poljoprivredne tehnike. Sivi lijev je Fe-legura kojoj je osnova sivo sirovo željezo koje se legira s više od 2,03 %, a manje od 4,5 % ugljika (C). Sivo sirovo željezo dobiva se taljenjem željezne rudače u visokim pećima i služi kao osnova svim Fe-legurama. Zavarivanje i navarivanje dijelova se primjenjuje za popravak oštećenih dijelova. U slične svrhe se koristi zavarivanje i navarivanje sivog lijeva u ljevaonicama sivog lijeva za popravak defektnih novih odljevaka. Zavarivanje sivog lijeva se ne primjenjuje u proizvodnji novih dijelova. Načini proizvodnje dijelova poljoprivredne tehnike koji su opisani u radu su slijedeći traktorska mjenjačka kutija, omotač reduktora, koloturnik remena, željezni nosač, vrhovi sjetvenih aparata. Opisani su postupci proizvodnje i svojstva koja se dobivaju tim postupcima.

Ključne riječi:

26 strana, 19 slika, 6 tablica.

Svojstva sivog lijeva, principi proizvodnje, zavarivanje, lijevanje, poljoprivredna tehnika.

Završni rad je pohranjen: u Knjižnici Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Jurja Strossmayer University of Osijek BSc Thesis

Faculty of Agriculture in Osijek

Undergraduate university study Agriculture, course Mehanizaction

Filip Janješić

In this paper are described the properties of gray cast iron, methods of agricultural production and methods, and welding problems of certain parts of agricultural technology. Cast iron is a Fe-alloy which is the basis of gray pig iron which binds more than 2.03% and less than 4.5% carbon (C). Gray pig iron is obtained by melting iron ore in high furnaces and serves as the basis for all Fe-alloys. Welding and threading of parts is used to repair damaged parts. For similar purposes, welding and casting of gray cast iron in cast iron foundries are used to repair defective new castings. Welding of gray cast iron does not apply to the manufacture of new parts. Methods for the production of parts of agricultural technology described in this paper are the following gearbox, gear box, belt conveyor, iron carrier, peaks of sowing machines. The production processes and properties obtained by these processes are described.

Key words:

26 pages, 19 pictures, 6 tables.

Properties of gray cast iron, production principles, welding, casting, agricultural technology.

BSc Thesis is archived in Library of Faculty of Agriculture in Osijek and in digital repository of Faculty of Agriculture in Osijek

Sadržaj

1 UVOD 1
2 SIVI LJEV 2
2.1 Kemijski sastav i svojstva legirnih elemenata 3
2.2 Mikrostruktura i toplinska obrada sivog lijeva 5
2.2.1 Toplinska obrada sivog lijeva 6
2.3 Svojstva i primjena sivog lijeva 9
2.3.1 Tehnološka svojstva sivog lijeva 9
2.3.2 Mehanička svojstva sivog lijeva 9
2.3.3 Ostala svojstva sivog lijeva 10
2.3.4 Ispitivanje svojstava i primjena sivog lijeva 10
2.3.5 Primjena sivog lijeva 10
3 ZAVARIVANJE I ZAVARLJIVOST SIVOG LIJEVA 13
3.1 Zavarivanje sivog lijeva u toplom i polutoplom stanju 13
3.1.1 Dodatni materijal za zavarivanje u toplom ili polutoplom stanju 14
3.2 Hladno zavarivanje sivog lijeva 15
3.3 Problematika zavarivanja sivog lijeva 16
4 PROIZVODI OD SIVOG LIJEVA U POLJOPRIVREDI 19
4.1 Zamašnjak 19
4.2 Zupčanici 20
4.2.1 Lijevanje 20
4.3 Željezni koloturnik za pojas 21
4.4 Traktorska mjenjačka kutija 23
4.5 Vrhovi sjetvenih aparata (noževi) 24
5 ZAKLJUČAK 25
6 POPIS LITERATURE 26

1 UVOD

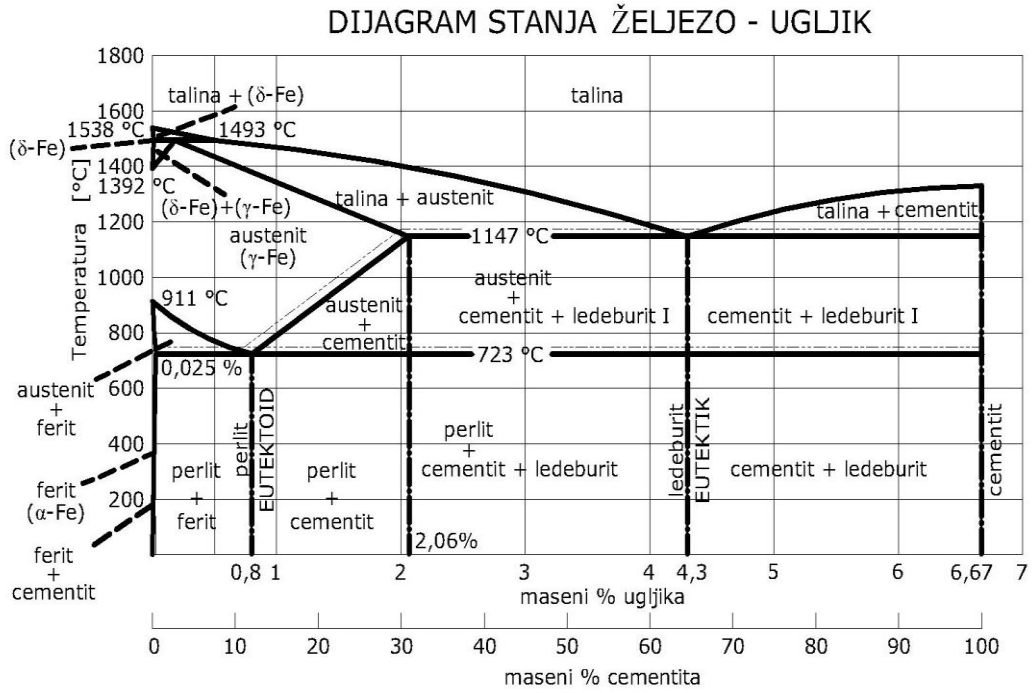
Sivo željezo ili sivo lijevano željezo je vrsta lijevanog željeza koje ima grafitnu mikrostrukturu. Ime je dobio po sivoj boji frakture koju stvara, a to je zbog prisutnosti grafita. Sivo lijevano željezo je najčešće korišteni lijev od ostalih načina lijevanja željeza.

S obzirom na njegovu raširenost i korisnost u industriji sivi lijev se uvelike koristi i u poljoprivredi posebice u izradi traktora i njegovih dijelova kao što su blokovi motora s unutarnjim izgaranjem, zamašnjak, zupčanici, koloturnici za pojaseve (remenice), mjenjačke kutije i sjetvene noževe.

Cilj ovog rada je bio prikazati važnost sivoga lijeva u poljoprivredi i načini izrade dijelova koji se koriste u poljoprivredi. Isto tako će se opisati kemijski sastav i svojstva legirnih elemenata te mehanička i tehnološka svojstva sivoga lijeva. Na određenim primjerima je analizirana problematika zavarivanja kao i postupci zavarivanja sivog lijeva.

2 SIVI LJEV

Sivi lijev je Fe-legura kojoj je osnova sivo sirovo željezo koje se legira s više od 2,03 %, a manje od 4,5 % ugljika (C). Sivo sirovo željezo dobiva se taljenjem željezne rudače u visokim pećima i služi kao osnova svim Fe-legurama. Sivi lijev dobiva se pretaljivanjem sivog sirovog željeza i strugotine čelika u kupolnim ili indukcijskim pećima. Kupolna peć je u donjem dijelu napunjena koksom sve do iznad sapnica za upuhivanje zraka. U kupolnu peć se šaržira sivo sirovo željezo, čelični otpad, povratni materijal i eventualno prešana strugotina. Pored toga kontinuirano se dodaje koks i topitelji kao vapno i šljunak koji imaju ulogu da osiguraju nastajanje tekuće šljake. Uloga koksa je, pored osiguravanja energije za taljenje i povišenje sadržaja ugljika u rastaljenom sirovom željezu. [1]



Slika 1. Dijagram stanja Fe-Fe_3C

(https://upload.wikimedia.org/wikipedia/hr/3/31/Dijafram_Fe-C.jpg)

Sivi lijev kristalizira mješovito (u primarnoj i u prvom dijelu sekundarne kristalizacije stabilno, a u drugom dijelu sekundarne kristalizacije metastabilno). Kod čistih Fe-C legura stabilna kristalizacija postiže se beskonačno sporim ohlađivanjem. Stabilna kristalna struktura za tehničke je svrhe nužna, a kako je nemoguće postići beskonačno sporo ohlađivanje leguri se dodaju silicij i fosfor koji potiču grafitizaciju tako da se implementacija grafita u rešetku postigne i prilikom sporog hlađenja.[2]

2.1 Kemijski sastav i svojstva legirnih elemenata

Kemijski sastav sivog lijeva propisan je normama, a obično iznosi:

2,5 – 4,5 % C - Ugljik,

0,3 – 1,2 % Mn - Mangan,

1 – 4 % Si - Silicij,

0,4 – 1,5 P - Fosfor,

< 0,1 % S - Sumpor.

Sivi lijev ovog sastava nije legiran, a Si, Mn, P, i S se smatraju primjesama koje dodajemo prilikom proizvodnje sivog lijeva. Primjese su neizbježan dodatak prilikom dobivanja sivog lijeva, a njihovim utjecajem dobivamo svojstva koja su nam bitna u samoj strukturi sivog lijeva. Djelovanje primjesa navedeno je u tablici 1.[2]

Tablica 1. Utjecaj primjesa u sivom lijevu na njegova svojstva

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

Element	Utjecaj elementa na svojstvo legure
Si (Silicij)	Jak grafitizator koji omogućava stvaranje grafita iako ohlađivanje nije beskonačno sporo. Važan je omjer udjela Si i C.
Mn (Mangan)	Jak cementator koji je koristan jer stvara neškodljivi MnS (manganov(II) sulfid), a ne štetan FeS (željezov(II) sulfid).
P (Fosfor)	Grafitizator koji većim udjelom poboljšava livljivost i bolje popunjavanje kalupa kod tankostjenih odljevaka. Općenito P je štetan jer smanjuje žilavost.
S (Sumpor)	Cementator, kao štetna primjesa dolazi nužno iz koksa i sirovine. SO2 (sumporov(IV) oksid) stvara plinske mjehuriće, a FeS FeS (željezov(II) sulfid) tvrde uključke.

Elementi u sivom lijevu s udjelom većim od 10 % smatraju se legirnim elementima. Iznimka su dušik i bor, koji se smatraju legirnim ukoliko su prisutni s udjelom većim od 0,001 %. Utjecaj legirnih elemenata vidljiv je u tablici 2.[3]

Tablica 2. Utjecaj legiranih elemenata na svojstva sivog lijeva [3]

(Budić I., Posebni ljevački postupci 1.dio, Slavonski brod, 2006.)

Element	Utjecaj elementa na svojstvo legure
Al (Aluminij)	Jak grafitizator koji potpomaže nastajanje ferita i grafita
Sb (Antimon)	Ima mali utjecaj kao stabilizator perlita
Bi (Bizmut)	Potpomaže nastajanje karbida i nebitno kao stabilizator perlita
B (Bor)	Ako ga ima manje od 0,015 % koristan je kao jak grafitizator, ako ga ima više od 0,015% tada je stabilizator karbida i jak zadrživač perlita
Cr (Krom)	Jak karbidotvorac i jaki tvorac perlita
Cu (Bakar)	Umjereni grafitizator i potpomaže nastajanje perlita
Mo (Molidben)	Umjereni karbidotvorac. Potpomaže nastajanje perlita i bainita
Ni (Nikl)	Grafitizator. Umjereni pomagač u nastajanju perlita
Te (Telurij)	Vrlo jaki pomagač nastajanja karbida. Nebitan stabilizator perlita
Sn (Kositar)	Jaki pomagač u nastajanju i zadržavanju perlita
Ti (Titan)	U količinama manjim od 0,25 % koristi se kao grafitizator
V (Vanadij)	Jak karbidotvorac i jaki pomagač u nastajanju perlita

Stupanj zasićenja (Sz) povezan je s određenim sastavom, a govori nam o mikrostrukturi, a time i svojstvima sivog lijeva. Stupanj zasićenja, a time i vrstu sivog lijeva možemo izraziti pomoću formule:

$$S_z = \frac{\%C}{\%C^e} = \frac{\%C}{4{,}26 - (\frac{1}{3} * (\%Si + \%P))}$$

Vrijednost Ce pokazuje pomak eutektičke koncentracije ugljika u područje nižih vrijednosti. Prema vrijednostima Sz razlikujemo:

Podeutektičke vrste sivog lijeva: Sz<1.

Eutektičke vrste sivog lijeva: Sz=1.

Nadeutektičke vrste sivog lijeva: Sz>1. [3]

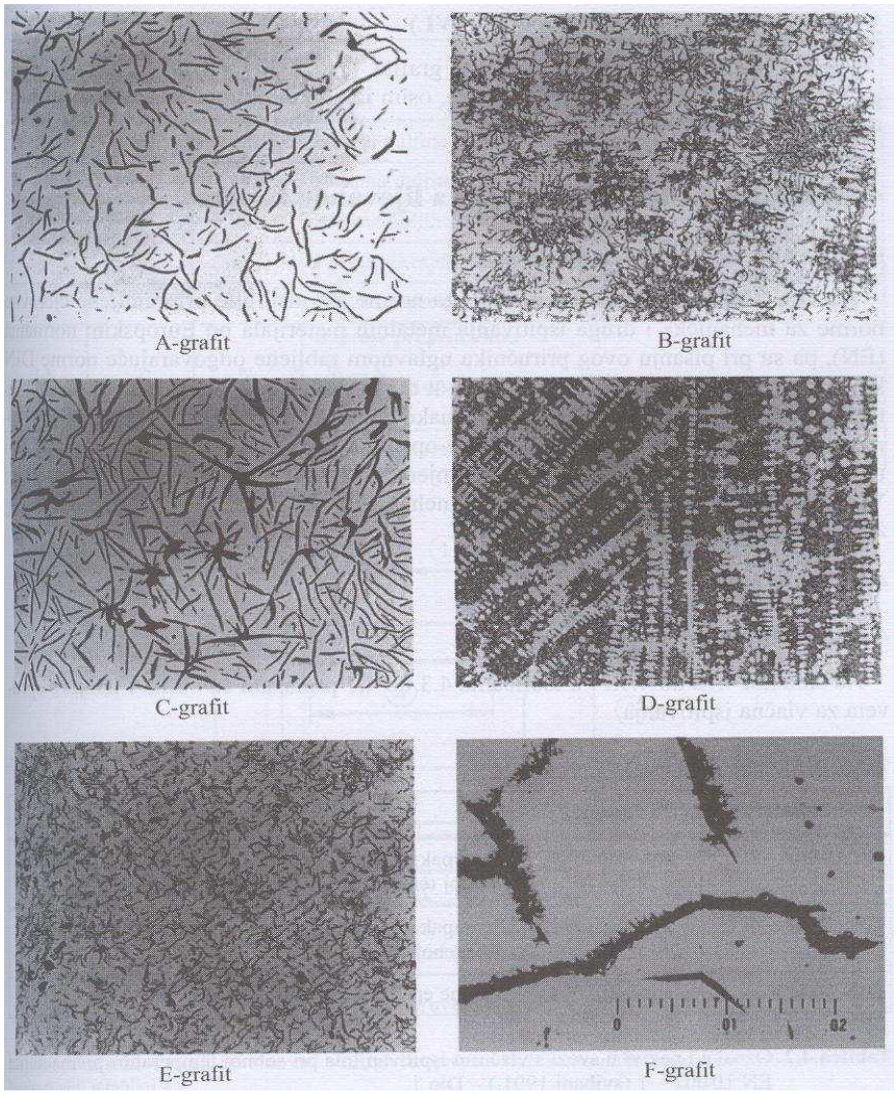
2.2 Mikrostruktura i toplinska obrada sivog lijeva

Sivi lijev je mikrostrukturalno divarijantan, jer kristalizira stabilno i metastabilno. Struktura mu je dvojna i sastoji se od:

- Nakupina listića grafita – primarna mikrostruktura,

- Željezne osnove koja je feritna, perlitna ili feritno-perlitna, a uz to se još može pojaviti slobodni cementit.

Na slici 2 prikazani su mogući tipovi listića grafita koje se pojavljuju u sivom lijevu.



Slika 2. Tipovi listića grafita

(Budić I., Posebni ljevački postupci 1.dio, Slavonski brod, 2006.)

Na slici 2 prikazani su mogući tipovi listića grafita koje se pojavljuju u sivom lijevu. A-grafit je karakterističan grafit sivog lijeva. Taj je grafit jednolično raspoređen i nasumce orijentiran, a nastaje tijekom eutektičkog skrućivanja i najpoželjniji je oblik grafita u sivom lijevu. Ako je nukleacija eutektika nedovoljna može nastati B-grafit koji ima oblik rozete. C-grafit nastaje nadeutektičkim skrućivanjem. U tom slučaju grafit nastaje već u talini neovisno o nastajanju austenita. Taj grafit u nastavku skrućivanja može biti zahvaćen talinom, a može i plutati na površini taline i na kraju ostati na površini odljevka. Njegovo nastajanje je posljedica velike količine ugljika u talini. Taj se grafit naziva još i pjenasti grafit. Dvije vrste grafita D i E, nastaju kada u sivom lijevu ima previše silicija pa ne može nastati eutektički karbid, već lijev s perlitnom strukturom. Ta struktura je uobičajena prilikom lijevanja sivog lijeva u kokile. F-grafit poznat još kao i Widmannstättenow grafit, a posljedica je velikog udjela olova u sivom lijevu Pb > 0,005 %, a katkada i velikog udjela fosfora P > 20 % . [3]

2.2.1 Toplinska obrada sivog lijeva

Što se tiče toplinske obrade sivog lijeva, oko 95% svih odljevaka ispunjava tražene zahtjeve u lijevanom stanju. Manji dio odljevaka, oko 5%, potrebno je toplinski obraditi zbog smanjenja unutarnjih naprezanja ili poboljšanja strojne obradivosti. Toplinske obrade koje se koriste u obradi sivog lijeva dane su u tablicama 3, 4, 5 i 6. [4]

Tablica 3. Žarenje za smanjenje zaostalih naprezanja

(Galić M, Proizvodnja metalnih odljevaka, Hrvatsko udruženje za ljevarstvo, 2008.)

Žarenje za smanjenje zaostalih naprezanja prema debljini presjeka odljevka	
Debljina presjeka	Vrijeme i temperatura
Do 50 mm	2 h na 565 do 579 °C
50 do 100 mm	1,5 h po presjeku debljine 25 mm na 565 do 579 °C
Preko 100 mm	6 h na 565 do 579 °C

Žarenje za smanjenje zaostalih naprezanja uglavnom se provodi kod odljevaka složene konstrukcije i kod odljevaka sa znatnim razlikama u debljini stjenki. Zaostala naprezanja javljaju se u odljevcima koji su imali povećanu brzinu ohlađivanja. Sporim hlađenjem odljevaka mogu se izbjeći zaostala naprezanja. Strojna obrada također je jedan od generatora unutarnjih naprezanja, pa ukoliko se odljevak strojno obrađuje potrebno je provesti žarenje za smanjenje unutarnjih naprezanja.

Tablica 4. Žarenje sivog lijeva i potrebno hlađenje ovisno o temperaturi

(Galić M, Proizvodnja metalnih odljevaka, Hrvatsko udruženje za ljevarstvo, 2008.)

Žarenje za smanjenje zaostalih naprezanja	Sivi lijev		
	nelegirani	niskolegirani	visokolegirani
Brzina zagrijavanja	50-100 K/h		
Temperatura žarenja / °C	500-575	550-600	600-650
Vrijeme držanja prema debljini stjenke	2 h do 25 mm + 1 h za daljnjih 25 mm		
Hlađenje	U peći (20-40 K/h) do 250 °C ispod 250 °C hlađenje na zraku		

Tablica 5. Normalizacijsko žarenje

(Galić M, Proizvodnja metalnih odljevaka, Hrvatsko udruženje za ljevarstvo, 2008.)

Normalizacijsko žarenje	Sivi lijev
Brzina zagrijavanja	50 – 100 K/h
Temperatura žarenja / °C	850 – 920°C
Vrijeme držanja prema debljini stjenke	2 h do 25 mm + 1 h za daljnjih 25 mm
Hlađenje	Mlazom zraka

Normalizacijsko žarenje provodi se u svrhu uspostavljanja ravnoteže između struktura ferita i grafita. Prisutnost većeg dijela udjela silicija u mikrostrukturi potpomaže izlučivanje ugljika u grafit.

Tablica 6. Sferoidizacijsko (meko) žarenje

(Galić M, Proizvodnja metalnih odljevaka, Hrvatsko udruženje za ljevarstvo, 2008.)

Sferoidizacijsko (meko) žarenje	Feritizacija u pretvorbenom području	Feritizacija ispod kritičnog područja
Brzina zagrijavanja	50 – 100 K/h	
Temperatura žarenja / °C	850 – 920 °C	
Vrijeme držanja prema debljini stjenke	2 h do 25 mm + 1 h za daljnjih 25 mm	
Hlađenje	U peći (50 – 100 K/h) do gornje granice pretvorbenog područja, zatim s 30 – 50 K/h do 650 °C, nakon toga hlađenje na zraku	U peći (40 – 60 K/h) na 680 – 700 °C, držanje 4-24 h, zatim hlađenje u peći (20 – 50 K/h) na 580 °C, nakon toga hlađenje na zraku

Sferoidizacijsko (meko) žarenje je postupak pretvaranja ugljične lamilarne mikrostrukture u kuglice (sfere). Na taj način omekšava se površina odljevka te postaje povoljnija za daljnje obrade odvajanjem čestica. Sferoidizacijsko žarenje provodi se u slučajevima kada je odljevak potrebno dodatno strojno obraditi.

2.3 Svojstva i primjena sivog lijeva

Sivi lijev je dobio ime zbog sive boje lističastog grafita. Lističasti grafit daje mu posebna svojstva. Prednost sivog lijeva pred drugim ljevovima je što omogućuje izradu složenijih oblika uz relativno malu cijenu koštanja.

2.3.1 Tehnološka svojstva sivog lijeva

Tehnološkim svojstvima prikazana je sposobnost sivog lijeva prema obradi tehnologijom lijevanja. Pa tako razlikujemo:

Poželjna tehnološka svojstva:

- Mogu se lijevati odljevci svih masivnosti,
- Proizvodnja je jednostavnija nego kod drugih ljevova,
- Vrlo dobra livljivost,
- Nisko talište s obzirom na približno eutektički sastav i uzak interval skrućivanja,
- Dobra je rezljivost.

Nepoželjna tehnološka svojstva:

- Linearno skupljanje iznosi oko 1%,
- Slaba je zavarljivost radi male istezljivosti i povišenog postotka udjela ugljika. [4]

2.3.2 Mehanička svojstva sivog lijeva

Temeljna svojstva svakog materijala su mehanička svojstva. Mehanička svojstva za sivi lijev su:

- Relativno niska vlačna čvrstoća,
- Vrlo visoka tlačna čvrstoća,
- Vrlo niska istezljivost,
- Promjenjiv modul elastičnosti E = 60 000 – 155 000 N/mm^2,
- Slaba žilavost. [4]

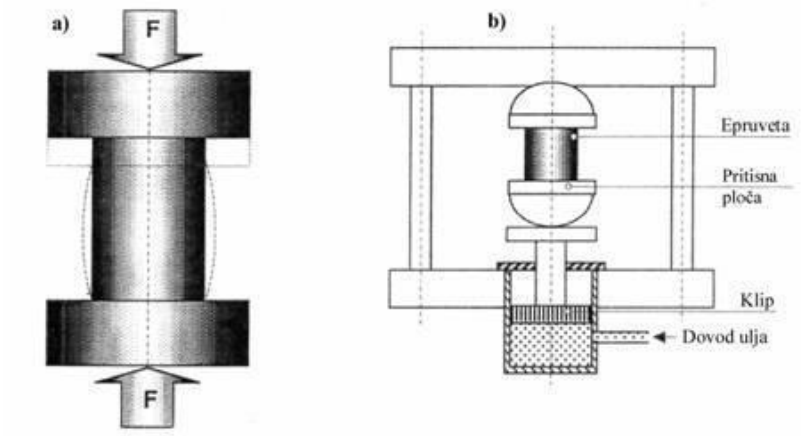
2.3.3 Ostala svojstva sivog lijeva

Svojstva sivog lijeva koja ne možemo svrstati ni u jednu od nabrojanih skupina:

- Dobra antifrikcijska svojstva – grafit podmazuje i kod nestanka sredstva za podmazivanje,
- Vrlo dobra sposobnost prigušivanja vibracija,
- Bubrenje (porast volumena) pri temperaturama višim od 400 °C,
- Otporan na atmosferske uvjete zbog povišenog udjela silicija. [4]

2.3.4 Ispitivanje svojstava i primjena sivog lijeva

Čvrstoća odljevka ovisi o debljini stjenke pa se u cilju karakterizacije sivog lijeva preporuča ispitivanje vlačne i savojne čvrstoće na ispitnim tijelima (epruvete). Ispitne epruvete dio su odljevka ili su posebno lijevane. Primjer jedne takve epruvete možemo vidjeti na slici 3. [4]



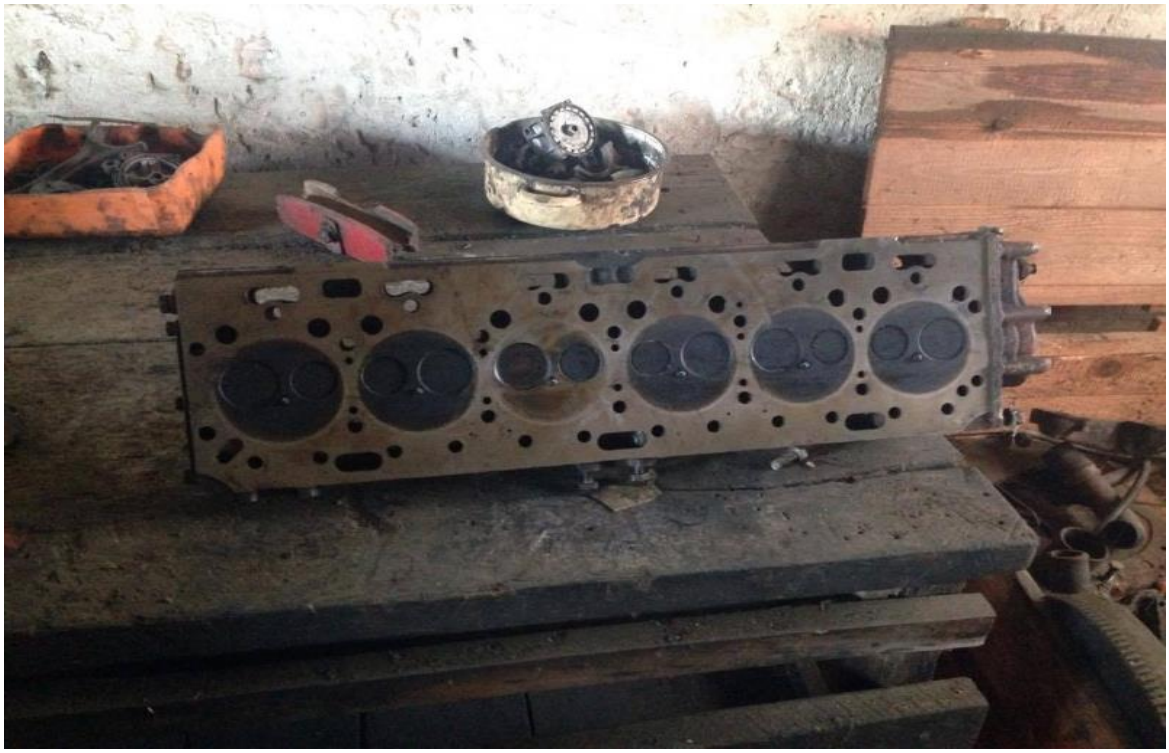
Slika 3. Ispitna epruveta za tlačno ispitivanje sivog lijeva [5]

(Mašinski fakultet u Sarajevu – Materijali 2 – Vježbe, skripta)

2.3.5 Primjena sivog lijeva

- Postolje alatnih strojeva,
- Kućišta, blokovi motora i reduktora,
- Košuljice cilindara, stapovi i prsteni stapova,
- Klizni ležajevi,
- Radijatorski članci,
- Bubnjevi kočnica, papuče vagonskih kočnica,
- Dijelovi poljoprivrednih strojeva. [4]

Na slikama 4,5,6 i 7 su primjeri nekih nabrojanih proizvoda koji se izrađuju od sivog lijeva.



Slika 4. Glava motora za kombajn ili traktor

(https://cackalo.hr/images/com_adsmanager/contents/glava-motora-za-kombajn-zmaj-ili-traktor-106-ili-136ks_41464_2.jpg)



Slika 5. Košuljice cilindara

(http://www.gw-industrial.ru/img/imagemanager/caterpillar/caterpillar_kit.jpg)



Slika 6. Utezi i nosači za traktor

(http://www.njuskalo.hr/image-bigger/dijelovi-za-traktore/utezi-nosac-traktor-slika-54875287.jpg)



Slika 7. Zamašnjak traktora

(http://s2.postimg.org/plvucoj49/104_1377.jpg)

3 ZAVARIVANJE I ZAVARLJIVOST SIVOG LIJEVA

Zavarivanje i navarivanje dijelova se primjenjuje za popravak oštećenih dijelova. U slične svrhe se koristi zavarivanje i navarivanje sivog lijeva u ljevaonicama sivog lijeva za popravak defektnih novih odljevaka. Zavarivanje sivog lijeva se ne primjenjuje u proizvodnji novih dijelova.

Za zavareni spoj ili za zavar se postavljaju najčešće slijedeći zahtjevi:

- samo mehanička nosivost,
- samo nepropusnost,
- dobra mogućnost strojne obrade,
- kombinacije gornjih zahtjeva.

Izbor postupka zavarivanja ovisi o postavljenim zahtjevima i mogućnostima realizacije.

Dijele se na:

1. U toplom ili polutoplom stanju. Cijeli se predmet se zagrijava na 580 - 600 (ponekad i do 800) °C. Ako se zagrijava samo dio uz zavareni spoj, tada se predgrijavanje vrši na 300 - 400 °C i naziva se polutoplo zavarivanje. Polutoplo zavarivanje se dopušta za odljevke jednostavne konfiguracije.
2. U hladnom stanju. Tada se predmet ne predgrijava nego se odmah zavaruje. [10]

3.1 Zavarivanje sivog lijeva u toplom i polutoplom stanju

Najbolji rezultati zavarivanja sivog lijeva se postižu ako se predmet zagrije na 580 - 600 °C. Zagrijavanje se vrši u nekoj peći, obično provizornoj, koja održava temperaturu predgrijavanja tijekom zavarivanja. Zagrijavanje predmeta na temperaturu predgrijavanja mora biti dovoljno sporo, da se izbjegnu razlike u temperaturama pojedinih mjesta odljevka. Razlike u temperaturi uzrokuju temperaturna naprezanja, a posljedica mogu biti pukotine ili lom po čitavom presjeku komada. Dopuštena brzina zagrijavanja ovisi o složenosti odljevka. Za složene odljevke kakvi su npr. blokovi motora, s tankim i debelim stjenkama brzina zagrijavanja treba biti npr. 10 - 15 °C/h što će zahtijevati vrlo dugo vrijeme zagrijavanja na 600 °C (39 h). Svakako bi za komplicirane odljevke brzina zagrijavanja trebala biti najviše 40 °C/h. [10]

Predmet predgrijan na 600 °C se pokrije izolacijom, a samo se mjesto zavarivanja ostavi pristupačno, jer predmet isijava toplinu i zavarivač bi teško mogao raditi. Izolacija i štedi energiju, te se postiže brže zagrijavanje na temperaturu predgrijavanja. Nakon završetka zavarivanja predmet se treba što sporije hladiti; istom brzinom kao i pri zagrijavanju. Ako tijekom zavarivanja predmet nije bio jednoliko zagrijan, tada ga treba jednoliko zagrijati na temperaturu za popuštanje zaostalih napetosti, 650 °C, pa sporo hladiti, npr. 15 °C/h. Sporo hlađenje se može postići hlađenjem u peći, ako je masa predmeta i peći dovoljno velika. Za predmete, koji nisu kompliciranog oblika (rebra za ukrućenja, tanke i debele stjenke na istom predmetu) i hlađenje kao i zagrijavanje mogu biti znatno brži. [10]

Ako je odljevak jednostavnog oblika i kontinuiranog presjeka (npr. košuljice cilindra), tada se može samo lokalno zagrijati mjesto zavarivanja ili navarivanja, jer će biti omogućeno istezanje i stezanje pri zagrijavanju, zavarivanju i hlađenju. U ovom slučaju je moguće odljevak predgrijati samo lokalno, po opsegu, pa se ovakav postupak zavarivanja naziva u "polu toplom stanju". U toplom stanju se može zavarivati elektrolučnim ili plinskim postupkom zavarivanja.

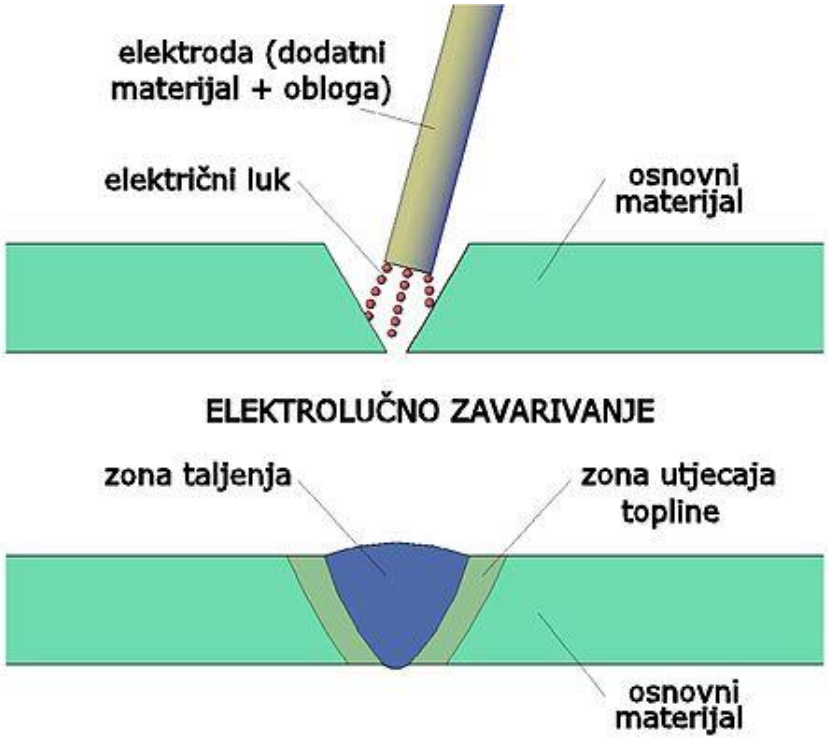
3.1.1 Dodatni materijal za zavarivanje u toplom ili polutoplom stanju

Sivi lijev sastava: 3.0 - 3.6 % C, preko 3.0 % Si, 0.5-0.8 % Mn, najviše 0.6 % P, najviše 0.1 % S. Može se uočiti visok sadržaj Si u odnosu na osnovni materijal, koji treba osigurati potpuno izlučivanje grafita u zoni taljenja. Debljina šipki dodatnog materijala je 4 - 12mm, a za elektrolučno zavarivanje i do 20 mm. Presjek je okrugli, kvadratni, pravokutni ili trapezni. Šipke su pune ili imaju žljebove s topiteljima, koji olakšavaju prečišćavanje kupke ili stabiliziraju električni luk kod elektrolučnog zavarivanja. [10]

Iste šipke se u principu mogu koristiti i za plinsko i elektrolučno zavarivanje. Jakost struje kod elektrolučnog zavarivanja se kreće od 180 A za šipku - elektrodu 4 mm promjera, pa do 1000 - 1500 A za promjer 20 mm. Veličine sapnica (dizni) za plinsko zavarivanje se kreće od malih do najvećih za najdeblje šipke. REL zavarivanje se može provoditi i ugljenim elektrodama uz dodatni materijal - šipke. Poznata je i primjena elektrodnih žica s jezgrom za automatsko i poluautomatsko zavarivanje i navarivanje sivog lijeva u zaštiti CO_2. Sastav depozita se može postići po želji.

Toplo zavarivanje uz visoko predgrijavanje, kada sivi lijev može izdržati deformacije omogućava postizanje kvalitetnog homogenog spoja, bez pukotina. Također, sporo hlađenje

kupke, a kasnije zavara skupa s odljevkom rezultirat će u kvalitetnom zavarenom spoju bez pukotina. [10]



Slika 8. Elektrolučno zavarivanje

(https://upload.wikimedia.org/ 500px-Zona_taljenja.jpg)

3.2 Hladno zavarivanje sivog lijeva

Vrlo često nije moguće iz raznih razloga zavarivati sivi lijev u toplom stanju: velik predmet, fino obrađene površine s tolerancijama, veliki troškovi, pa se zavarivanje vrši u hladnom stanju i to samo REL postupkom zavarivanja. Dodatni materijal - elektrode za hladno zavarivanje sivog lijeva su bitno različite od sastava sivog lijeva. Koriste se ove vrste:

1. Obična ne legirana elektroda bazična, kisela,

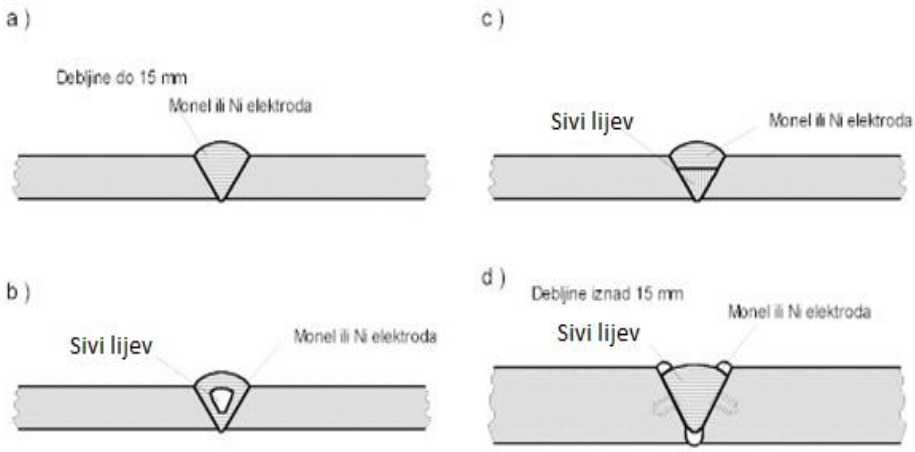
2. CrNi visokolegirani,

3. Monel (67 % Ni, 33 % Cu),

4. Ni,

5. Fero-nikl (50 % Ni, 50 % Fe).

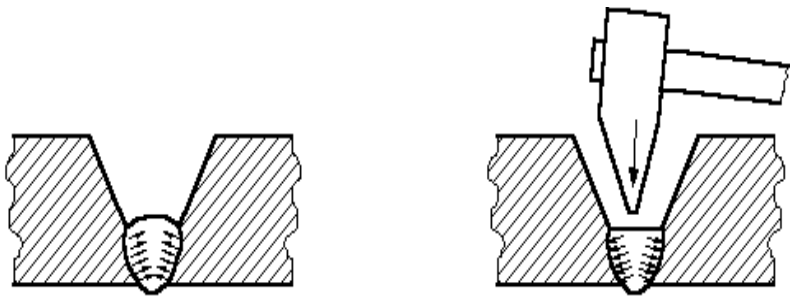
Za postizanje nepropusnih zavarenih spojeva preporučuju se različite izvedbe prema slici 9. Monel, Ni i CrNi elektrode su skupe, pa se nastoje koristiti jeftine ne legirane elektrode gdje god je to moguće. [10]



Slika 9. Primjeri različitih izvedbi korištenja dodatnog materijala pri hladnom zavarivanju sivog lijeva.

(https://www.sfsb.hr/kth/zavar/tii/slike/tii107.jpg)

Kod hladnog zavarivanja treba osigurati da predmet ostane što hladniji i da se ne nagomilavaju zaostale napetosti. Zato se preporučuju npr. kratki zavari 15-20 mm za monel elektrode i 40-60 mm za obične ne legirane elektrode. Time se ujedno može udovoljiti zahtjevu da nakon ohlađivanja dijela zavara temperatura mjesta na kojem se nastavlja zavar ne treba biti viša od 70 °C. Jednostavna kontrola ove temperature je držanje ruke na mjestu kontrole. Ruka može izdržati još tu temperaturu. Da se izbjegnu visoka zaostala naprezanja i lokalno zagrijavanje treba zavarivati kratke zavare, primjenjivati rakov korak, zavarivanje na preskok i mijenjati mjesto zavarivanja. Za smanjenje sila stezanja preporučuje se primjena čekićanje zavara. [6]



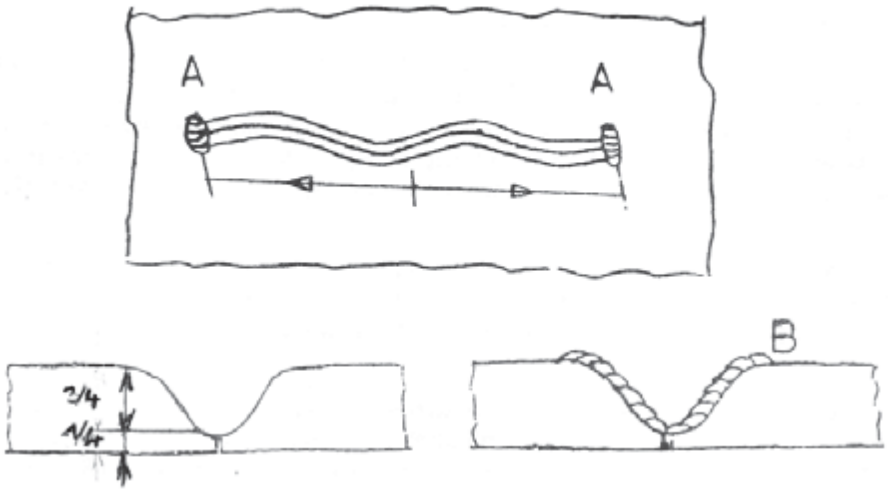
Slika 10. Čekićanjem se smanjuju sile stezanja i smanjuje vjerojatnost pojave pukotina.

(https://www.sfsb.hr/kth/zavar/tii/slike/Image675.gif)

3.3 Problematika zavarivanja sivog lijeva

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 kontroliranom 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”). [7]

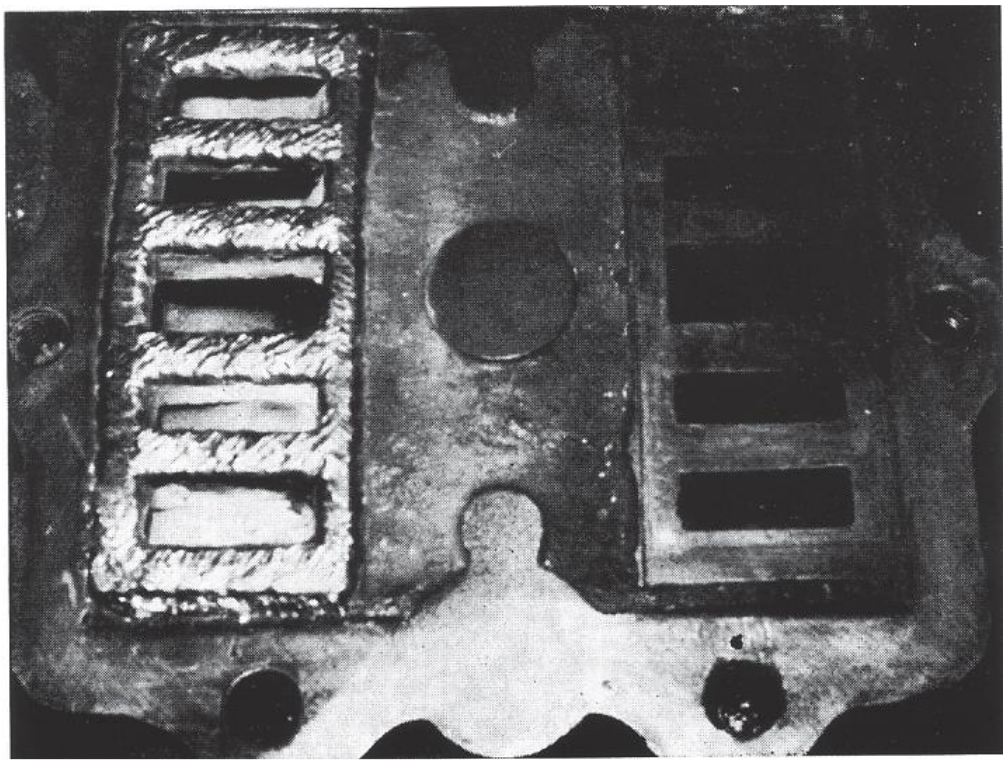


Slika 11. Priprema žlijeba za zavarivanje sivog lijeva REL postupkom na hladno.

A-zavareni krajevi u svrhu sprečavanja daljnjeg širenja pukotine. B-naneseni prijelazni sloj.

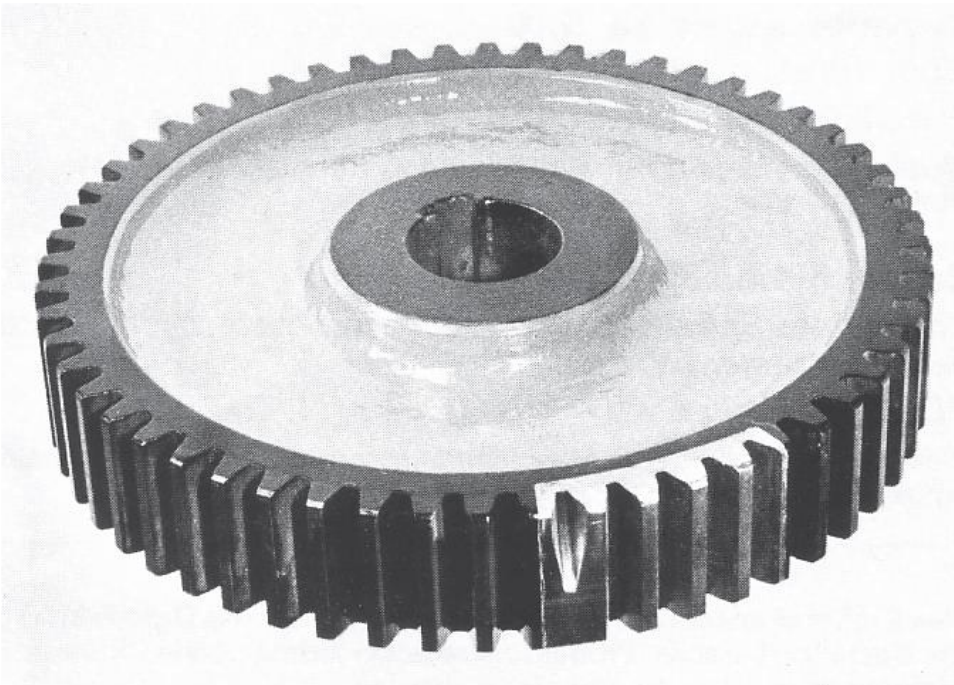
(Grubić K.,Živčić M. (1990) REL ZAVARIVANJE Društvo za tehniku zavarivanja Hrvatske,Zagreb)

Manje strojne dijelove zavaruju se plinskim postupkom na toplo. Zavarivanje je jednostavno, jeftino a postupak ekonomičan. Dijelove srednjih veličina, gdje nema mogućnosti deformacija ni demontaže, kao što su dijelovi crpka, blokovi motora, postolja strojeva i dr., najlakše je zavarivati REL postupkom na hladno.



Slika 12. Zavarivanje izvedeno REL postupkom na hladno s elektrodom UTP8.

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



Slika 13. Zupčanik popravljen šipkom Castolin 185 XFC.

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

4 PROIZVODI OD SIVOG LIJEVA U POLJOPRIVREDI

Sivi lijev se koristi u mnogim industrijskim granama zbog svoje jeftine izrade, čvrstoće i izdržljivosti. Zbog toga se dosta koristi i u poljoprivredi. Glavni dijelovi poljoprivrednih strojeva uključuju traktorsku mjenjačku kutiju, omotač reduktora, koloturnik remena, vrhovi sjetvenih aparata, itd.

4.1 Zamašnjak

Zamašnjak je mehanički uređaj koji se koristi za pohranu rotacijske kinetičke energije. Glavna primjena zamašnjaka je osigurati kinetičku energiju kad god je okretni moment veći od pogonskog momenta. Količina pohrane energije u zamašnjaku ovisi od tri stvari: geometriji zamašnjaka, kutnoj brzini zamašnjaka i gustoći upotrijebljenog materijala. Dok sposobnost zamašnjaka da obrađuje naprezanja i raspon kutne brzine na kojoj se može sigurno zakretati, ovisi o materijalu zamašnjaka. Stoga je odabir materijala jedan od najvažnijih aspekata proizvodnje zamašnjak. Zamašnjaci od sivog lijeva imaju dobre ljevačke sposobnosti i otpornost na nošenje, štoviše, trošak sivog željeza je puno jeftiniji naspram drugih načina izrade ali jednako dobar. Zamašnjak ne bi trebao imati te ozbiljne greške u lijevanju željeza, kao što su pukotine, pješčane rupe i skupljanje, radna površina mora biti glatka i čista, tolerancija ravnosti mora biti manja od 0,1 mm, u suprotnom bi se zamašnjak trebao popraviti ili zamijeniti. [8]



Slika 14. Traktorski zamašnjak od sivog lijeva
(http://is.alicdn.com/img/pb/214/169/437/437169214_000.jpg)

4.2 Zupčanici

Zupčanik je rotirajući strojni dio koji ima zube ili zubne košuljice, koji se vežu s drugim zupčastim dijelom za prenošenje okretnog momenta. Zupčanici mogu promijeniti brzinu, zakretni moment i smjer izvora pogona. Oni gotovo uvijek proizvode promjenu okretnog momenta, što stvara mehaničku prednost kroz omjer prijenosa i stoga se može smatrati jednostavnim strojem. Zubi na dva umrežena zupčanika imaju isti oblik. Postoji različite vrste proizvodnje zupčanika ovisno o potrebi i mjestu korištenja mogu biti niske kvalitete za masovnu produkciju ili specifični zupčanici za određene dijelove vrlo visoke kvalitete.

4.2.1 Lijevanje

Većina procesa lijevanja koristi se za izradu tupih zupčanika ili nazubljene zupčanike, uključujući pješčane odljevke, oblikovanje ljuske, trajno odlaganje kalupa, centrifugalno lijevanje, ulaganje u lijevanje i kalupljenje.

Velike količine malih i jeftinih zupčanika izrađuju se procesom sušenja u hladnoj komori (zupčanici iz kalupa su obično ispod 150 mm u promjeru i 10 - 48 cm dijametralnog koraka. Složeni oblici zupčanika, poprilično skupi da se obrađuju strojevima za strojnu obradu, mogu se brzo i jeftino postići postupkom lijevanja. [9]

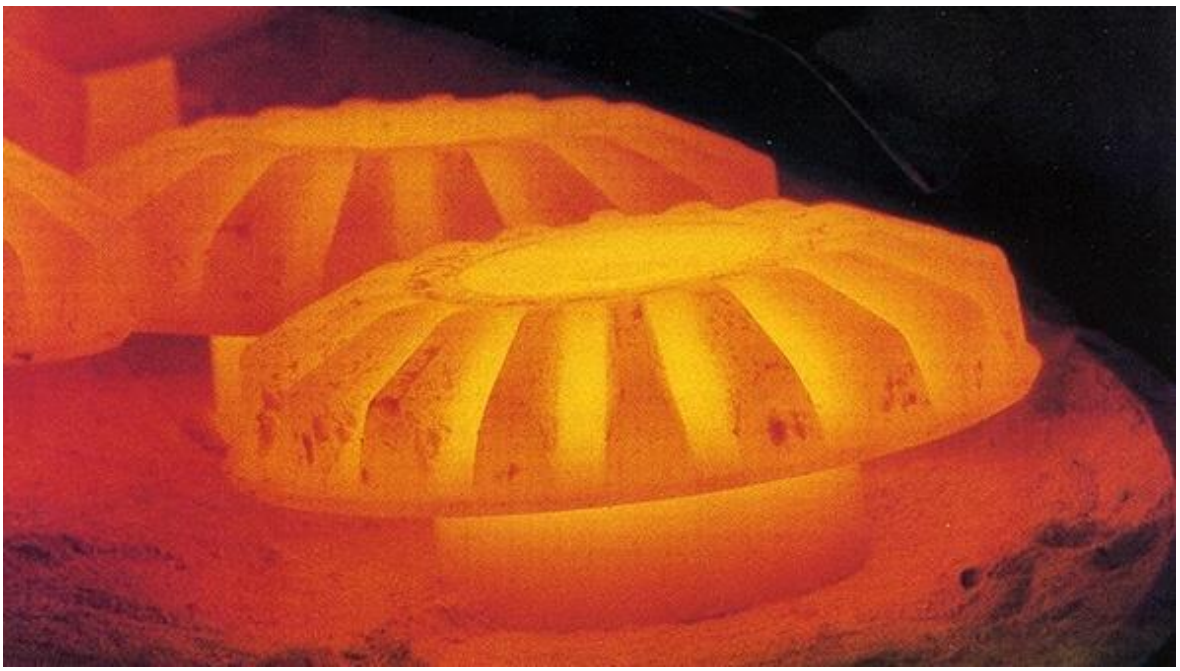


Slika 15. Zupčanici napravljeni lijevanjem sivog lijeva u kalupe (http://www.ferrocastindia.com/images/product/cast_iron_gears_castings/4.jpg)

4.2.1.1 Kovanje zupčanika

Kovanje se odavno koristi u proizvodnji zupčanika. To se posebno odnosi na izradu tupih zupčanika, koji će se naknadno rezati / obrađivati u konačnu željenu konfiguraciju. Tupi zupčanici se proizvode kovanjem s otvorenim kalupom, kovanje s zatvorenim kalupom i kovanje vrućom presom. Isto tako mogu se proizvoditi sa zubima. Razni

zupčanici s zubima kao sastavni dio su kovani. Mogu biti raspona u vanjskom promjeru od 64 do 267 mm i težine od 0,54 do 11 kg. Većina su napravljena od 0,13 do 0,51 mm zaliha na svakom zubu za završnu obradu i brušenje. Danas se precizno kovani zupčanici koji zahtijevaju malo ili nikakvo obrađivanje sve češće koriste u industriji za automobilsku, kamionu, van cestovnu vožnju, željezničku, poljoprivrednu industriju. [6]



Slika 16. Iskovani zupčanik otvorenog kalupa
(http://forgingmagazine.com/ uploads/2017/05/forgedgears-595.jpg)

4.3 Željezni koloturnik za pojas

Sustav remena i kolotura karakterizira dva ili više koloturnika sa zajedničkim remenom. To omogućuje da se mehanička snaga, okretni moment i brzina prenose preko osovina. Ako su koloturnici različitih promjera, ostvarena je mehanička prednost.

Željezni koloturnik je tip lijeva koji ima jako velike tehničke zahtjeve. Normalno, koloturnik zahtjeva strojnu obradu na svim površinama i bez ikakvih nedostataka na površinama žljebova i otvora osovine. Tvrdoća lijevanog tijela mora biti između 170 - 210 po Brinellu (HB). Stoga se koriste poboljšani procesi lijevanja za rješavanje tih problema.

1. Postupak lijevanja u pješčane kalupe sa smolom

Ovaj postupak zadržava dobru kvalitetu površine i smanjuje nečistoće pijeska, te zadovoljava visoku toleranciju dimenzija. Što se tiče koloturnika velikih dimenzija najbolje da se koristi ovaj postupak.

2. Korištenjem ojačanih pješčanih kalupa

Budući da tijekom razdoblja hlađenja dolazi do velikog skupljanja materijala, pješčane kutije moraju biti vrlo snažne da bi se smanjila količina bubrenja tijekom lijevanja.

3. Velike glave za lijevanje

Glave za lijevanje moraju biti vrlo velike kako bi se zadovoljile potrebe opskrbe. Iako velike glave za lijevanje povećavaju troškove proizvodnje, vrlo su bitne za smanjenje skupljanja materijala

4. Korištenjem hladnog željeznog glačala (blok za hlađenje)

Stavljanje hladnih glačala na odgovarajuće položaje mogao bi učinkovito smanjiti skupljanje. Korištenje hladnog glačala povećati će se troškovi proizvodnje i otežati proizvodnji. Međutim, što se tiče velikih koloturnika, blok za hlađenje je potreban.

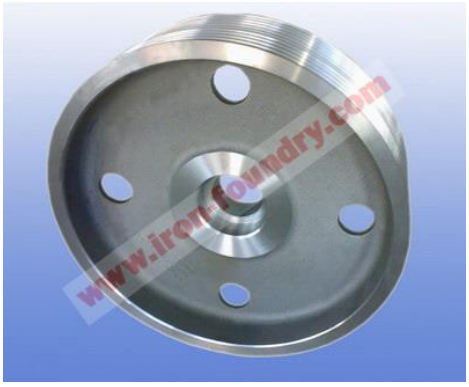
5. Korištenjem rešetki za ozračivanje zraka

Uglavnom se koriste 8 rešetki za ozračivanje zraka na gornjim površinama koloturnika. Ovaj proces vrlo učinkovito ozračuje zrak, tako da se smanje zračne rupe.

6. Proces taljenja

Da bi se zadovoljile mehanička svojstva i gustoća dodaju se još i legure bakra i kroma. Konačna tvrdoća lijevanih tijela mogla bi doseći HB 170 do 190. Temperatura taljenja treba kontrolirati u granicama 1290 - 1310 °C. [11]

Poboljšani proces lijevanja radi puno bolje koloturnike s boljom površinskom kvalitetom i s manje grešaka pri lijevanju. Nakon obrade, na obrađenim površinama nema nikakvih nedostataka.



Slika 17. Koloturnik za remen

(http://www.iron-foundry.com/hotproducts.files/belt-pulley.jpg)

4.4 Traktorska mjenjačka kutija

Glavna funkcija mjenjačke kutije je da podupire pogonsko vratilo kako bi se osiguralo središnju udaljenost između osi i paralele, te kako bi se osiguralo da komponente mjenjačke kutije budu ispravno spojene s ostalim dijelovima ispravne instalacije.

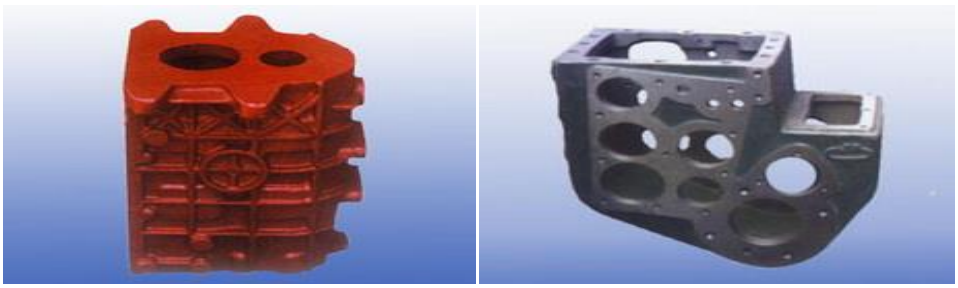
Tehnološke značajke sa strukturnog stajališta su: tanko - šuplje stjenke ljuske složenih oblika, teškoće lijevanja, slaba krutost, deformacije, visoka preciznost obrade. Povezuje vanjsku površinu ravnine tako da treba više obrade, podupire distribuciju rupa sprijeda i straga, kako bi se bolje zadovoljili zahtjevi obrade.

Glavni tehnički zahtjevi traktorske mjenjačke kutije su slijedeće:

- veličina provrta ležajeva,
- preciznost točnosti geometrije.

Sivi lijev se koristi za proizvodnju mjenjačkih kutija iz slijedećih razloga:

- Sivo lijevano željezo ima visoku tlačnu čvrstoću i kao takvo može apsorbirati različita opterećenja velike magnitude.
- Visoka vlačna čvrstoća. Zbog prisustva ugljika i drugih legirajućih elemenata kao što su mangan, nikal i krom, vlačna čvrstoća sivog lijevanog željeza je vrlo visoka. Ova osobnost utječe na različita opterećenja i kao takav teško dolazi do pukotina i lomova. [12]



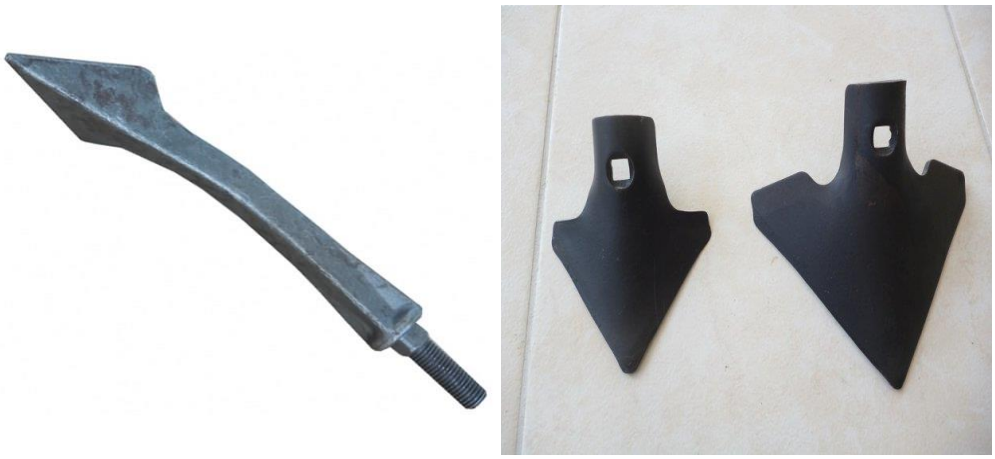
Slika 18. Traktorske mjenjačke kutije od sivog lijeva
(http://www.iron-foundry.com/tractors.jpg, http://www.iron-foundry.com/ironcastings.files/tractors.jpg)

4.5 Vrhovi sjetvenih aparata (noževi)

Klinovi drljača i motičice međurednih kultivatora se rade od sivog lijeva iz razloga jer je tvrd, pouzdan, jeftin i lagan za proizvodnju. Proizvodnja se odvija u nekoliko koraka:

1. Automatsko oblikovanje,
2. Kalupljenje ljuske,
3. Precizno lijevanje.

Ovi postupci jamče visoku stopu proizvodnje i jednaku kvalitetu lijevanog željeza, kao i dobre dimenzije. Također se koristi električna peć za topljenje i stanicu za inokulaciju lijevanog željeza kako bi se dobila visoka kvaliteta noževa za obradu lijevanog sivog željeza. Mnoge vrste klinova i motičica zahtijevaju vrlo složene unutarnje i vanjske oblike pa se proizvode postupkom kalupljenja. Ovaj postupak lijevanja može proizvesti složene odljeve od željeza, ali i dobru površinsku kvalitetu, iako će trošak biti znatno veći isplati se jer kvaliteta je znatno bolja i pouzdanija. [13]



Slika 19. Klin drljače (lijevo) i motičica kultivatora (desno)
(https://www.trgo-agencija.hr/BinaryLibrary/500_500.jpg,
http://www.njuskalo.hr/moticica-kultivatora-buce-slika-53915816.jpg)

5 ZAKLJUČAK

Sivi lijev je krt materijal, odlično prigušuje vibracije i dobro se obrađuje rezanjem, ima visoku otpornost na habanje i koroziju, jednostavan način. Ekonomičniji je od ostalih ljevova i u ljevaonicama postupak se može automatizirati za veliku proizvodnju. U slučaju da se određeni dijelovi slome i otkinu moguće ih je kvalitetno popraviti zavarivanjem ali sve ovisi koliko je materijal dobro obrađen jer postoje određeni problemi. 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.

Primjenjuje se u mnogim industrijskim granama zbog svoje jeftine izrade, čvrstoće i izdržljivosti. Zbog toga se dosta koristi i u poljoprivredi. Glavni dijelovi poljoprivrednih strojeva uključuju traktorsku mjenjačku kutiju, omotač reduktora, koloturnik remena, željezni nosač, vrhovi sjetvenih aparata.

6 POPIS LITERATURE

[1] – Budić I, Mandinić Bonačić Z, Jednokratni Kalupi 1. dio, Slavonski Brod, 2001.

[2] – Filetin T., Kovačiček F., Indof J., Svojstva i primjena materijala, Zagreb, 2002.

[3] – Budić I., Posebni ljevački postupci 1.dio, Slavonski brod, 2006.

[4] – Galić M, Proizvodnja metalnih odljevaka, Hrvatsko udruženje za ljevarstvo, 2008.

[5] – Fakultet strojarstva u Sarajevu - Materijali 2 - Skripta.

[6] – Davis J.R., (2005) Gear materials, properties, and manufacture, 2005.

[7] – Filetin T., Kovačiček F., Indof J. Svojstva i primjena materijala,FSB Zagreb, 2002.

[8] – URL: http://www.iron-foundry.com/flywheel-castings.html - 25.08.2017

[9] – URL: http://www.gearsolutions.com/article/detail/6301/casting-forming-and-forging - 25.08.2017

[10] – URL: https://www.sfsb.hr/kth/zavar/tii/sl.html - 25.08.2017

[11] – URL: http://www.iron-foundry.com/grey-iron-belt-pulley.html - 25.08.2017

[12] – URL: http://www.iron-foundry.com/tractor-gearbox.html - 25.08.2017

[13] – URL: http://www.iron-foundry.com/seeding-knife-points.html - 25.08.2017