

# Tehnologiĉno oblikovanje zavarenih konstrukcija

---

**Flanjak, Ivan**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2015**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:598172>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-09-18**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
**STROJARSKI ODJEL**  
STROJARSKE KONSTRUKCIJE

IVAN FLANJAK

**TEHNOLOGIČNO OBLIKOVANJE ZAVARENIH  
KONSTRUKCIJA**

**ZAVRŠNI RAD**

KARLOVAC, 2015.

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
**STROJARSKI ODJEL**  
STROJARSKE KONSTRUKCIJE

IVAN FLANJAK

**TEHNOLOGIČNO OBLIKOVANJE ZAVARENIH  
KONSTRUKCIJA**

**ZAVRŠNI RAD**



Mentor: Mag. ing. stroj. Nikola Šimunić

KARLOVAC, 2015.

# SADRŽAJ

IZJAVA.....	I
SAŽETAK .....	II
SUMMARY .....	II
1. UVOD.....	1
1.1. Općenito o zavarivanju.....	1
1.2. Povijest zavarivanja.....	2
1.3. Postupci zavarivanja.....	4
1.3.1. Plinsko zavarivanje .....	5
1.3.2. Ručno elektrolučno zavarivanje obloženim elektrodama (REL).....	6
1.3.3. Zavarivanje s taljivom elektrodom u zaštitnoj plinskoj atmosferi.....	8
1.3.4. Zavarivanje s netaljivom elektrodom u zaštitnoj plinskoj atmosferi .....	9
1.3.5. Zavarivanje plazmenim lukom .....	11
2. OSNOVNI POJMOVI I DEFINICIJE TEHNOLOGIČNOG OBLIKOVANJA .....	13
2.1. Analiza tehnološkiosti proizvoda.....	16
2.2. Utjecaj proizvodnih mogućnosti i vremena (trenutka) proizvodnje na tehnološkiost .....	18
3. OSNOVNI PRAVCI POVEĆANJA TEHNOLOGIČNOSTI KONSTRUKCIJE .....	19
3.1. Tehnološkično oblikovanje konstrukcija koje se obrađuju odvajanjem čestica .....	19
3.2. Tehnološkično oblikovanje zavarenih konstrukcija .....	20
3.3. Tehnološkično oblikovanje odljevaka .....	21
3.4. Tehnološkično oblikovanje otkivaka.....	22
3.5. Tehnološkično oblikovanje dijelova iz limova (štancanje) .....	25
4. PRAVILA PRI OBLIKOVANJU ZAVARENIH KONSTRUKCIJA .....	28
5. TEHNOLOGIČNO OBLIKOVANJE OBRADAKA ZA TOČKASTO ZAVARIVANJE .....	39
5.1. Pravila pri točkastom zavarivanju .....	40
6. ZAKLJUČAK.....	43
7. LITERATURA .....	44

## **IZJAVA**

Izjavljujem da sam ovaj završni rad izradio samostalno koristeći se literaturom na kraju ovog rada, uz nesebičnu stručnu pomoć mog mentora, mag. ing. stroj. Nikole Šimunića kojem se ovim putem najsrdačnije zahvaljujem.

Također ovim putem zahvaljujem svim profesorima za pruženu potporu tijekom dosadašnjeg studija.

Na kraju velika hvala mojoj obitelji za svu pomoć i razumijevanje tijekom mog studiranja.

Karlovac, 2015

Ivan Flanjak

---

## **SAŽETAK**

Tema ovog završnog rada je tehnološko oblikovanje zavarenih konstrukcija. U uvodnom dijelu je data osnovna definicija tehnološkog oblikovanja, te opisani postupci i povijest zavarivanja.

Drugo poglavlje sadrži neke osnovne definicije tehnološkog oblikovanja zavarenih konstrukcija i koji sve kriteriji bi trebali biti zadovoljeni da bi neka zavarena konstrukcija bila tehnološka. U trećem poglavlju su opisani osnovni pravci povećanja tehnološkosti konstrukcija za obradu odvajanjem čestica, zavarene konstrukcije, odljevke, otkivke i djelove iz lima, dok u četvrtom su navedena neka osnovna pravila pri oblikovanju zavarenih konstrukcija. U petom poglavlju je opisan sam postupak točkastog zavarivanja, i data neka osnovna pravila koja se moraju poštivati prilikom izvođenja tog postupka.

Key words: tehnološkost, zavarene konstrukcije, zavarivanje

## **SUMMARY**

The theme of this terminal work is technological design of welded structures. In the introductory part is given basic definition cost effective design, and describes the procedures and the history of welding.

The second chapter contains some basic definitions of cost effective design for welded structures and that all criteria should be met in order for a welded construction was technological. The third chapter describes the basic directions of increase of technologic design for machining processes, welded structures, alloy castings, forgings and parts from steel, while the fourth gives some basic rules in the design of welded structures. The fifth chapter describes the procedure of welding, and given some basic rules which must be obeyed during this performing procedure.

Key words: technology, welded structures, welding

## 1. UVOD

Tehnološko oblikovanje je ostvarivanje kvalitete proizvoda za vrijeme njegove proizvodnje, a što obuhvaća tehničku i ekonomsku stranu konstrukcije (proizvoda). Ne postoji mjerilo koje bi određivalo razinu tehnoložnosti, već se to obavlja uspoređivanjem ostalih proizvoda.

Ukoliko se ne može uspoređivati sa sličnim proizvodom, jer takav postupak ne postoji, tada treba analizu izvršiti na bazi varijantnih rješenja. Tada za jedno varijantno rješenje se kaže da je tehnoložnije u odnosu na drugo ako ima niže troškove izrade uz istu konačnu kvalitetu proizvoda. Prije projektiranja tehnološkog procesa treba analizirati tehnoložnost date konstrukcije proizvoda.

### 1.1. Općenito o zavarivanju

Zavarivanje je postalo jedno od najvažnijih postupaka spajanja, jer uz uštedu troškova za modele ili alate, prednost mu je i manji utrošak materijala prema ljevanim i kovnim dijelovima. Uz spretno oblikovanje može zavareni dio, bez gubitka čvrstoće i krutosti, biti 50% lakši. Zavarene konstrukcije su zbog jednostavnog oblikovanja najčešće bolje od zakovanih.

Zavarivanje je spajanje dvaju ili više, istorodnih ili raznorodnih materijala, taljenjem ili pritiskom, sa ili bez dodavanja dodatnog materijala, na način da se dobije homogen zavareni spoj (zavareni spoj bez grešaka sa zahtjevanim mehaničkim i ostalim svojstvima).

Zavarivanjem je moguće spajati kovine, poliomere, staklo, keramiku, karbide, kompozite i drugo, a moguće je i međusobno spajati kovine i nekovine.

Zavarivanje je interdisciplinarna tehnologija. Za razumijevanje i korištenje ove tehnologije nužna su znanja sa područja:

- Znanost o materijalima i metalurgije (metalurgija zavarivanja),
- Termodinamike (temperaturan polja pri zavarivanju)
- Elektrotehnike (izvori struje, električni luk, spajanje različitih senzora – U, I, zvuk, svjetlost,...)
- Kemije (metalurški i drugi procesi koji se odvijaju pri zavarivanju)
- Informatike (ekspertni sustavi, različiti proračuni, baze podataka, ...) i dr.

## 1.2. Povijest zavarivanja

Većina postupaka zavarivanja je otkrivena u ovom vijeku. Samo neki postupci kao što su zavarivanje (spajanjem) kovanjem, zavarivanje lijevanjem i lemljenje bili su poznati već u starom vijeku. Zavarivanje metala je vezano za njegovo dobivanje.

Prvo korištenje samorodnog bakra započelo je prije 10000 godina, ali šire korištenje nije bilo moguće dok čovjek nije naučio izdvajati metale iz ruda taljenjem.

Prije 7000 godina, oko 5000 godina prije Krista (p.K) u Perziji i Afganistanu je počelo izdvajanje metala bakra iz ruda – kamena, taljenjem u vatri.

Oko 3800 g.p.K. otkrivena je na srednjem istoku bronca, a kasnije je prenesena vještina njenog dobivanja u Kinu, čime je potpomognut procvat kineske civilizacije, posebno za dinastije Čang oko 1500 g.p.K. Bronca je mnogo tvrđa od bakra, pa je bila i korisnija za upotrebu. Talište bakra i bronce je znatno niže od tališta željeza, što olakšava njihovo dobivanje.

Zavarivanje se razvijalo kao sastavni dio vještina kovača, zlatara i ljevača pri izradi oruđa za rad, oružja, posuda, nakita i građevina (ograde, vrata, mostovi, okovi, rešetke na prozorima,...)

**Ljevačko zavarivanje** se razvijalo usporedno s vještinom lijevanja. Krasne tankostijene lijevane vaze iz bronce imaju na sebi i “zavarenih“ dijelova. Kasnijim lijevanjem su se spajali razni držači, oslonci i figure na već ranije odliveno osnovno tijelo vaze ili nekog drugog predmeta.

**Lemljenje** je spajanje taljenjem legure s nižim talištem od materijala koji se sapjaju. Kroz povijest se lemljenje kao tehnika spajanja primjenjivalo na nakitima i figurama.

**Željezo** se također prvo počelo koristiti samorodno. Prvo se našlo na površini zemlje od meteorita. Prvi tragovi izdvajanja željeza iz ruda datiraju oko 2500 g.p.K. a do šire primjene dolazi kasije. Željezno doba, odnosno željezni predmeti se počinju nalaziti oko 1500 g.p.K. Dobivanje čelika počinje oko 1000 g.p.K. u Indiji.

**Kovačko zavarivanje.** Najbolji mačevi iz čelika u srednjem vijeku bili su rađeni iz niskougličnog čelika, a na njihove rubove su kovački zavarivane oštrice (trake) od visokougličnog čelika (1.0-2.1 %C), koje su uz određenu toplinsku obradu davale tvrde, čvrste i oštre bridove. Mačevi, vrhovi strijela i koplja, bodeži i drugo oružje kod kojih su primjenjivali



kovačko zavarivanje bili su poznati u Grčkoj, Franačkoj državi, Kini, Japanu, Indoneziji, te u Siriji. Poznata je tehnika spajanja traka iz različitih vrsta željeznih materijala kovanjem kao “damasciranje“ (od Damask-Sirija), a u cilju postizanja posebnih dobrih svojstava za mačeve i puške.

Kod kovačkog zavarivanja se krajevi dva dijela koje želimo zavariti – spojiti zagriju u kovačkoj vatri do bijelog usijanja i ako je potrebno pospu određenim prahom (pijeskom) za “čišćenje“. Čekićanjem spoja istiskuju se s dodirnih površina rastaljeni oksidi ili troska, te se sučeljavaju čiste metalne površine kada počnu djelovati međuatomske sile dvaju dijelova i dolazi do čvrstog zavarenog spoja.

#### Razvoj današnjih postupaka zavarivanja:

- 1802. Petrov istražuje električni luk za opću namjenu; još ne za zavarivanje
- 1856. Joule prvi primjenjuje sučeonelektrootporno zavarivanje žica
- 1888. N.S. Slavjanov je predložio postupak elektrolučnog zavarivanja metalnom elektrodom. Električni luk je uspostavio između metalne elektrode i metalnih predmeta, koji su spajani.
- 1894. Sottrand zavaruje prvi puta plinskim plamenom  $O_2+H_2$ . Kasnije se razvija plinsko zavarivanje kisik- acetilenskim ( $O_2+C_2H_2$ ) plamenom, koje se od 1916. Uspješno i široko primjenjuje u industriji.
- 1895. Počinje se koristiti aluminotermijsko zavarivanje za zavarivanje tračnica i za popravak odljevaka
- 1907. Oscar Kjelberg prvi patentira i primjenjuje obloženu elektrodu. Obložena elektroda se proizvodila uranjanjem gole žice u otopinu minerala, a od 1936. g. Obloga se nanosi ekstrudiranjem. Bazične elektrode su se počele proizvoditi 1940. g.
- 1925. Otkriće postupaka za zavarivanje u zaštitnoj atmosferi vodika “arcatom“
- 1930. Počela je primjena automatskog zavarivanja pod praškom – EP u brodogradnji SAD.
- 1936. Počela je primjena zavarivanj u zaštitnoj atmosferi He- TiG postupak.

Prije, a posebno poslije drugog svjetskog rata, počinje razvoj i primjena zavarivanja u zaštitnim plinovima TIG (arc-atom s vodikom, te argon-arc s argonom ili helijem kao zaštitnim plinom).

MIG zavarivanje se počinje primjenjivati 1948. kao Sigma postupak (Shielded Inert Gas Metal Arc), a 1953. u bivšem SSSR se prvi puta primjenjuje MAG postupak s CO<sub>2</sub> zaštitnim aktivnim plinom. Hladno zavarivanje pod pritiskom se primjenjuje od 1948.g.

Iza 1950. godine se razvijaju mnogi novi postupci kao što su: zavarivanje pod troskom (1951.), trenjem (1956.), snopom elektrona (1957.), ultrazvukom (1960), laserom (1960.), plazmom u SAD (1961.) i drugi.

Prvo zavarivanje i toplinsko rezanje u svemiru izveli su 16. 10. 1969. u sovjetskom svemirskom brodu "Sojuz 6". Zavarivanje se izvodi i pod vodom (primjenjuju se različite tehnike).

### 1.3. Postupci zavarivanja

Prema načinu spajanja metode zavarivanja se dijele u dvije velike grupe:

- **Zavarivanje taljenjem**, zavarivanje materijala u rastaljenom stanju na mjestu spoja, uz dodatni materijal ili bez njega
- **Zavarivanje pritiskom**, zavarivanje materijala u čvrstom i omekšanom stanju na mjestu spoja s pomoću pritiska ili udarca

#### Podjela postupaka zavarivanja:

#### **ZAVARIVANJE TALJENJEM:**

- Elektrolučno
- Aluminotermitsko
- EPT Elektro pod troskom
- Elektronskimmlazom
- Ljevačko
- Laserom
- Plazmom
- Elektrolučno
- Plinsko
- Kisikaceten
- Kisikpropan

- Kisikvodik

### **ZAVARIVANJE PRITISKOM:**

- Kovačko
- Plinsko
- Difuzijono
- Hladno
- Elektrootporno
- Eksplozijom
- Aluminotermitsko
- Trenjem
- MPL- Magnet pokretnim lukom
- VF- visokofrekventnom strujom
- Elektrolučnosvornjaka
- Infracrvenim zračenjem

#### **1.3.1. Plinsko zavarivanje**

Plinsko zavarivanje je jedno od najstarijih i najsvestranijih postupaka zavarivanja. Kod ovog postupka toplinska energija se dobiva i izgaranjem gorivih plinova u kisiku. Plamen koji nastaje koristi se za omekšavanje rubova metala i eventualnog dodatnog materijala u šipkastom obliku.

Od gorivih plinova najčešće se koristi acetilen ( $C_2H_2$ ), a mogu se koristiti i vodik, propan, butan, metan, gradski plini dr.

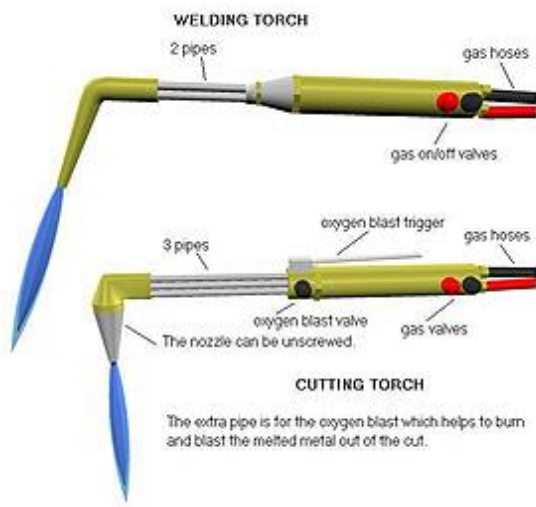
Kod zavarivanja plamenom koristi se mješavina kisika i gorivog plina najčešće u omjeru 1:1. Uz dodatno dovođenje čistog kisika plamenom je moguće i rezanje metala. Oprema za plinsko zavarivanje se sastoji iz boce acetilena, boce kisika, redukcijskih ventila, cijevi za zavarivanje, plamenika i dodatnog materijala.

Zavarivanje plinskim plamenom se koristi za zavarivanje čelika, sivog lijeva, bakra, aluminija i njegovih legura. Najčešće se koristi za montažne i instalacijske radove: zavarivanje cijevi, cilindara i dr.

Slika 1-1. Primjer plinskog zavarivanja



Slika 1-2. Plamenik



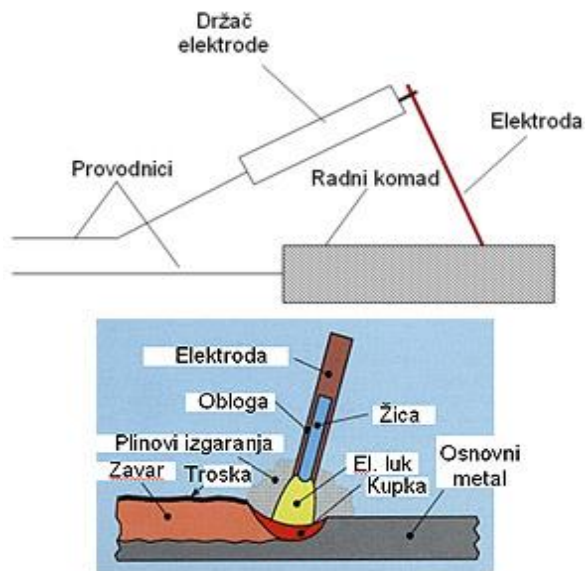
Plamenik se sastoji iz tri područja: žižak (jezgra), zavarivačka zona i vanjski omotač (omotač plamena).

### 1.3.2. Ručno elektrolučno zavarivanje obloženim elektrodama (REL)

REL postupak je jednostavan za rukovanje. Primjenjuje se za zavarivanje i navarivanje svih vrsta metala istosmjernom ili izmjeničnom strujom.

Električni luk se uspostavlja između vrha elektrode i radnog komada i postupak je ručni, što znači da je neophodan zavarivač.

Slika 1-3. Postupak elektrodučnog zavarivanja



#### Prednosti REL zavarivanja:

- Jeftina oprema
- Širok spektar elektroda
- Koristi se za sve konstrukcijske čelike
- Za sve debljine zavara
- Izvedivo je višeslojno zavarivanje
- Zavarivanje u svim položajima

#### Nedostatci:

- Postupak se obavlja ručno (mogućnost greške)
- Puno dimova (potrebna ventilacija)
- Stvaranje troske (opasnost troska u zavaru)
- Otpad – moraju se ukloniti
- Prekidi i uspostavljanje luka – moguće pogreške.

Funkcija obloge:

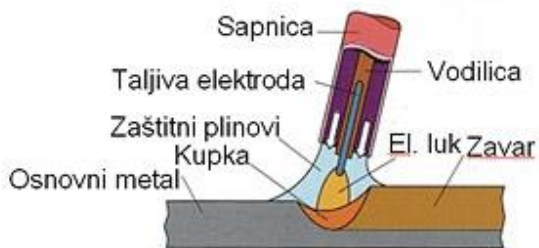
1. **Električna funkcija**- važna jer utječe na stabilnost električnog luka
2. **Fizikalna funkcija**-utječe na zaštitu taline od zraka (plinovi štite talinu)
3. **Metalurška funkcija**- u oblozi se nalaze komponente koje vrše legiranje metala zavara te utječu na deoksidaciju taline.

### 1.3.3. Zavarivanje s taljivom elektrodom u zaštitnoj plinskoj atmosferi

Električni se luk, kod zavarivanja taljivom elektrodom u zaštitnoj plinskoj atmosferi uspostavlja i održava između vrha taljive metalne elektrode, odnosno žice i zavarenog metala. Električni luk stvara posebnu toplinu i osigurava taljenje dodatnog metala i spajanih rubova osnovnog metala u okruženje zaštitnog plina.

Kad se kao zaštitni plinovi koriste neutralni ili inertni plinovi, npr. argon, helij ili mješavina plinova onda se ovaj postupak naziva MIG (Metal Inert Gas). A kada se kao zaštitni plin koriste aktivni plinovi, najčešće CO<sub>2</sub> i njegove mješavine s drugim plinovima, onda se postupak naziva MAG (Metal Active Gas).

Slika 1-4. Zavarivanje s taljivom elektrodom u zaštitnoj plinskoj atmosferi



Metalna elektroda u obliku žice namotane na kolut potiskuje se pomoću potisnog mehanizma kroz pištolj za zavarivanje do mjesta taljenja gdje se u električnom luku tali i prenosi u rastaljeni metal. Inertni plin štiti talinu od štetnog utjecaja kisika i dušika iz zraka. Vođenje i upravljanje zavarivačkog pištolja je ručno a može biti i automatizirano.

Promjeri žice i parametri zavarivanja MIG ili MAG postupkom odabiru se prema debljini zavarenih izradaka i položaju zavarivanja. Najčešće se koristi žica punog presjeka promjera 0,6 do 2,4 mm koja je zbog boljeg električnog kontakta i zaštite od korozije pobakrena.

Ovaj postupak se najčešće koristi za zavarivanje obojenih metala, visokolegiranih čelika i drugih metala koji se rado vežu s kisikom kao i zavarivanje tankih limova.

**Prednosti MIG/MAG postupka:**

- Brzine zavarivanja (do 1 m/min)
- Mogu se zavarivati tanki, srednji i debeli komadi
- Za sve vrste metala
- U svim položajima zavarivanja
- Postupak se može automatizirati i robotizirati

**Nedostaci MIG/MAG postupaka:**

- Skupa oprema
- Velika poroznost oko zaštite zbog plina
- Treba se zavarivati sa 2 ruke
- Opasnost od naljepljivanja

**1.3.4. Zavarivanje s netaljivom elektrodom u zaštitnoj plinskoj atmosferi**

Postupak se temelji na uspostavljanju i održavanju električnog luka između volframove netaljive elektrode i radnog komada uz zaštitu neutralnog ili inertnog plina, odnosno odgovarajuće mješavine plinova. Ovaj postupak se naziva TIG zavarivanje (Tungsten inert gas).

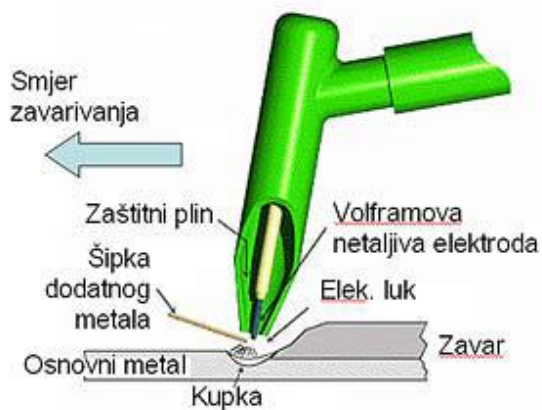
Mali intenzivan električni luk nastao iz usmjerene elektrode idealan je za visoko kvalitetno i precizno zavarivanje. Toplina električnog luka tali i spaja rubne dijelove osnovnog metala, a ako je potrebno sa strane se dovodi i dodatni materijal. Postupak se može izvesti u bilo kojem radnom položaju i na radne komade debljine manjeg od milimetra.

Glavne prednosti ovog tipa zavarivanja su izrazita pravilnost depozita i mogućnost prijenosa dodatnog materijala u kupku bez značajnog gubitka elemenata od kojih se sastoji.

TIG postupak je razvijen za zavarivanje magnezija i njegovih legura, a danas se upotrebljava za zavarivanje različitih metala od aluminija, titana, nehrđajućih čelika, tankih čeličnih limova i drugih neželjeznih metala i legura.

Kao zaštitni plin se koriste argon ili helij koji ima svrhu da stvori zaštitnu atmosferu koja se može što lakše ionizirati i štiti vrh elektrode i talinu od kontaminacije kisikom i drugim plinovima iz okoline.

Slika 1-5. TIG postupak zavarivanja



#### Prednosti:

- Luk je vrlo stabilan (osigurava visokokvalitetno zavarivanje)
- Zavareni spojevi su homogeni, dobre estetike i dobrih mehaničkih svojstava
- Koristi se za zahtjevne materijale (nehrđajući čelici, Al, Ti, Cu, itd)
- Zavarivanje daje najkvalitetniji zavar

#### Nedostaci:

- Mala brzina zavarivanja (10 – 15 cm u min)
- Ograničeno za tanke materijale (do 6 mm)
- Oprema je vrlo skupa
- Skup je plin (argon)
- Skup je wolfram
- Radi oksidacije je nužna sekundarna zaštita



### 1.3.5. Zavarivanje plazmenim lukom

Plazma je ustvari plin koji je zagrijan do ekstremno visokih temperatura (50.000 °C) i ioniziran tako da postane električki vodljiv.

U procesu zavarivanja plazmom koristi se plazma za prijenos električnog luka do obratka. Intenzivnom toplinom luka metal koj se zavaruje se topi i spaja. Netaljiva volframova elektroda spojena je na (-) pol izvora istosmjerne struje i nalazi se u središnjem dijelu bakrene sapnice. Upravljački luk se inicira između elektrode plamenika i vrha sapnice, koji se zatim prenosi na metal koji se zavaruje. Kao plazmeni plin najčešće se koristi argon. U plameniku se također koristi i sekundarni plin argon, argon/vodik ili helij, koji pomaže u zaštiti od oksidacije taljive kupke zavara.

Debljine metala nisu manje od 3-4 mm. Metal se može spajati bez dodatnog materijala, ali ako je potrebno on se može dodati izravno u luk. Prednosti korištenja ove metode su veća brzina rada i raznovrsnost uporabe, bolja kvaliteta reza i zavar.

Slika 1-6. Zavarivanje plazmenim lukom



#### Prednosti:

- Razmak između pištolja i radnog komada nije kritična veličina
- Velika koncentracija energije u mlazu plazme omogućava duboku penetraciju, te potpuno protaljivanje u jednom prolazu
- Zona utjecaja topline spoja je uska s paralelnim rubovima što smanjuje kutne deformacije
- Velika koncentracija energije osigurava veću brzinu zavarivanja uz stabilan luk
- Visoka kvaliteta spojeva

**Nedostaci:**

- Plazma pištolj je mnogo osjetljiviji na oštećenja nego kod TIG postupka
- Pištolji moraju imati vodeno hlađenje
- Zahtijeva se vrlo točno održavanje razmaka između vrha elektrode i sapnice

## 2. OSNOVNI POJMOVI I DEFINICIJE TEHNOLOGIČNOG OBLIKOVANJA

Postoji više definicija tehnolozičnosti. Za neki proizvod kažemo da je tehnolozičan ako zadovoljava funkcionalnost, ekonomičnost i estetiku. Funkcionalnost ima isto značenje kao i pouzdanost – pouzdano funkcioniranje proizvoda. Pod ekonomičnost se podrazumijeva niski troškove izrade i korištenja proizvoda. Kod nekih dijelova postrojenja nije važan izgled, dok kod nekih postrojenja ili proizvoda estetika može biti zahtjev.

Može se reći da je tehnolozična ona konstrukcija koja zahtjeva:

1. Minimalni broj radnika i to što niže kvalifikacije
2. Jeftiniju proizvodnu opremu
3. Manju količinu proizvodne opreme
4. Minimalnu količinu materijala, pogotovo skupih
5. Kratkotrajnu pripremu proizvodnje, što manja investicija, što manje potrebnih površina za obradu i sl.
6. Jednostavnije operacije
7. Kraće vrijeme izrade.

U pogledu izrade dijelova, tehnolozična je ona konstrukcija koja ima minimalni broj operacija specijalnih završnih obrada, minimalni broj tolerancija koje nisu neposredno potrebne za ispravno funkcioniranje proizvoda, te što manji broj pomoćnih baza i površina potrebnih jedino za tehnološke svrhe kod obrade.

U pogledu sastavljanja (montaže) sklopova i proizvoda tehnolozična je ona konstrukcija koja predviđa jednostavno i jednoznačno sastavljanje svih dijelova bez dorade i dotjerivanja (pripasivanja), mogućnost paralelnih sastavljanja sklopova i cijelih proizvoda da bi se postigli što kraći ciklusi sastavljanja (montaže), i neki normalni redosljed sastavljanja bez naknadnog rastavljanja i ponovnog sastavljanja.

Budući da je crtež prva podloga kod projektiranja tehnološkog procesa, treba najprije napraviti analizu tehnoložnosti proizvoda (montažni crtež), a nakon toga analizu tehnoložnosti dijelova iz kojih je proizvod sastavljen.

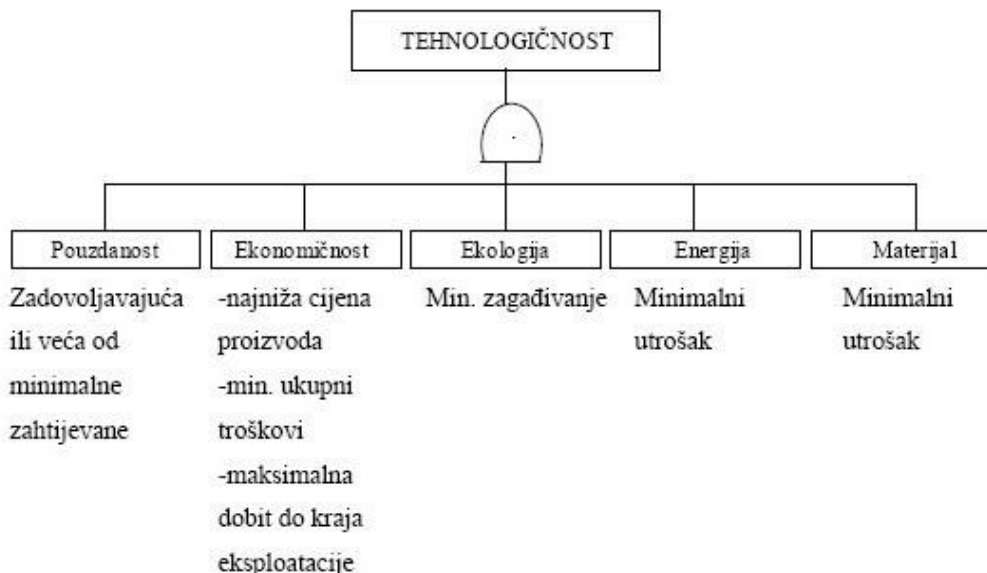
Postoji i šira definicija tehnoložnosti, koja glasi: tehnoložno rješenje će biti ono rješenje koje osigurava funkcioniranje proizvoda, s traženom razinom pouzdanosti, u predviđenim uvjetima eksploatacije i u predviđenom vijeku eksploatacije uz najmanje troškove.

Ova definicija se može nadopuniti sa još nekoliko dodatnih zahtjeva koji su potrebni već danas a biti će pogotovo potrebni za budućnost, zbog krize energije, materijala kao i zagađivanja biološke okoline. Ta proširena definicija glasi:

Tehnoložno rješenje će biti ono, koje osigurava ispravno funkcioniranje proizvoda s traženom razinom pouzdanosti, u predviđenom vjeku eksploatacije, a uz najmanje troškove, najmanji utrošak materijala, najmanji utrošak energije i uz najmanje zagađivanje biološke okoline, slika 1-1.

Termin tehnoložnost je izveden iz ruskog jezika od istovjetne riječi tehnoložnost. Drugi jezici nemaju jednu odgovarajuću riječ. Tako npr. u engleskom jeziku je odgovarajući termin "cost effective design" (ekonomično oblikovanje).

Slika 1-1 Tehnološki oblikovanje zavarenih konstrukcija



Moramo znati da postoji razlika između tehnologije i tehnološkiosti. Tehnologiju razmatramo onda kada se gledaju režimi i slijed operacija, a tehnološkiost onda ako se dodatno razmatraju i troškovi. Tehnološkiost označava svojstvo proizvoda kroz pouzdanost, funkcionalnost i ekonomičnost, dok tehnologija označava proces ili postupak. Budući da zahtijevana pouzdanost mora biti zadovoljena, na ekonomičnost se gleda kao na glavni kriterij ocjene tehnološkiosti za različite izvedbe proizvoda. Za tehnička rješenja kažemo da nisu dobra ako nakon zadovoljenja zahtjeva funkcionalnosti ne teže minimalnim troškovima (minimalni utrošak materijala, energije i minimalno zagađivanje biološke okoline).

Glavni zadatak inženjera je oblikovanje i davanje tehnološkiosti rješenja, i to dovoljno pouzdanih i jeftinih rješenja. Ono rješenje koje je najekonomičnije biti će izabrano kao i najtehnološkiosti, odnosno tehnološkiosti rješenje, s tim da kod svih rješenja mora biti zadovoljena zahtijevana pouzdanost (razina pouzdanosti, klasa, kvaliteta, svojstva, karakteristike). Znači osnovni kriterij izbora tehnološkiosti rješenja će biti minimum troškova.

## 2.1. Analiza tehnološkičnosti proizvoda

O globalnoj tehnološkičnosti govorimo onda ako se za jedan proizvod razmatraju alternativna rješenja u svim fazama nastajanja i korištenja proizvoda i traži li se tehnološkično rješenje, dok o djelomičnom ili parcijalnom razmatranju tehnološkičnosti govorimo onda ako se za jedan proizvod razmatraju samo alternative npr. sa stajališta izbora osnovnog materijala ili se samo analiziraju mogući načini zavarivanja. Tada se govori o tehnološkičnosti samo u proizvodnji, samo u konstrukciji itd.

Ako promaramo životni vijek proizvoda, postoje neke osnovne faze od njegovog nastajanja, korištenja te likvidacije:

1. Ugovor- definiraju se zahtjevi za kvalitetu i pouzdanost, propisi, kriteriji prihvatljivosti.
2. Projektiranje i konstruiranje. Oblikovanje, proračun, kalsifikacija elemenata zavarenih spojeva i sustava.
3. Izbor materijala, osnovni i dodatni materijali.
4. Izrada i monataža
5. Osiguranje i kontrola kvalitete u izradi i montaži
6. Eksploatacija
7. Osiguranje i kontrola kvalitete u eksploataciji
8. Likvidacija

Za svaku od ovih faza moguće je dati neko različito rješenje. Tako se mogu mijenjati: materijali, dimenzije proizvoda, oblik, načini zavarivanja, oblik žlijeba, proizvodne operacije, način i metode kontrole i dr. Svako od ovih rješenja će dati neku određenu pouzdanost funkcioniranja proizvoda u predviđenim uvjetima eksploatacije i određene troškove. Ono rješenje koje daje traženu pouzdanost uz minimalne troškove je tehnološkično rješenje.

Na tehnološkičnost se može utjecati kroz svaku fazu nastajanja i korištenja zavarenih proizvoda.

1. Ugovor. Izbor propisa, opseg i metode kontrole, kriterij prihvatljivosti, zahtijevana dokumentacija, rokovi.
2. Proračun i oblikovanje (projektiranje i konstruiranje). Poračunske formule, dopuštena naprezanja, koeficijenti, pretjeranja zaokruživanja na više vrijednosti. Kod oblikovanja detalja treba paziti na pristupačnost za zavarivnje i kontorolu, težiti zavarivanju odozgo,

te izbjegavati prinudne položaje, omogućiti primjenu mehaniziranog zavarivanja i omogućiti popravke. Za spojeve koji su dinamički opterećeni moramo izbjegavati koncentratore naprezanja. Deformacije izbjegavamo simetričnim rasporedom zavara. Zavari, ako je ikako moguće, moraju biti smješteni izvan zona najvećih naprezanja. Oblik žlijeba treba biti izabran sa što manjom površinom presjeka.

3. Izbor materijala. U fazama projektiranja i konstruiranja, ugovaranja i izbora materijala definira se 70-90 % zahvata u izradi. Sam tehnolog može poboljšati 10-30 % operacije izrade i montaže. Pošto projektiranje ima veliki utjecaj na izbor materijala i operacija kao i na ponašanje u eksploataciji smatra se neophodnim da u fazi projektiranja zajedno rade projektant i tehnolog zavarivanja.
4. Izrada i montaža. Izabiru se postupci obrade i zavarivanja, režimi, oblici žljebova i dodatni materijali, strojevi, radne površine, kadrovi, rokovi. Moguće je postaviti bezbroj varijanti izbora postupaka zavarivanja, žljebova, dodatnog materijala, strojeva, sve te varijante moraju biti postavljene s ciljem udovoljenja zahtijevanoj kvaliteti uz najniže troškove.
5. Osiguranje i kontrola kvalitete u izradi i montaži. Provode se različite aktivnosti osiguranja kvalitete: atestiranje zavarivača, postupaka zavarivanja i opreme za zavarivanje, baždarenje instrumenata i druge aktivnosti. Za kontrolu kvalitete mogu se primjenjivati različite metode, uz različite režime i različite opsege kontrole. Ocjenjivanje mora zadovoljiti minimalne zahtjeve kvalitete.
6. Eksploatacija. Mora se voditi tako da režimi zadovoljavaju projektne pretpostavke: opterećenje, temperatura, medij. Odstupanje od propisanih režima može dovesti do otkaza.
7. Osiguranje i kontrola kvalitete u eksploataciji. Izabiru se aktivnosti osiguranja kvalitete kao i metode kontrole kvalitete, opseg primjene tih metoda, režimi pojedinih metoda te periodi kontrole u eksploataciji.
8. Likvidacija. Kada su radne sposobnosti proizvoda u potpunosti iskorištene, potrebno je obaviti likvidaciju tog istog proizvoda. Ako se radi npr. o likvidaciji starog broda, on se tada reže u staro željezo i moguće je dobiti novac za to željezo.

## **2.2. Utjecaj proizvodnih mogućnosti i vremena (trenutka) proizvodnje na tehnološkičnost**

Pod proizvodnim mogućnostima podrazumjevaju se kadrovi, postupci, oprema, kapaciteti i dr. Proizvodne mogućnosti se mijenjaju s vremenom unutar nekog poduzeća. Tako se može nabaviti nova oprema ili mehanizirati operacije. Posljedica toga će biti da se taj proizvod može proizvoditi jeftinije a možda i kvalitetnije. Time se povećava sama tehnološkičnost proizvoda. Ako neko poduzeće ima automat za zavarivanje pod troskom, tada će za njih priprema "I" žlijeba širine 20-25 mm biti tehnološkično rješenje, a ne priprema dvostrukog "U" ili "X". Priprema dvostrukog "U" ili "X" žlijeba je tehnološkično rješenje ako se koristi oprema (specijalna glava), provjerena tehnologija i obučeni kadar. Ako neko poduzeće ne posjeduje ove uvjete, tada je zavarivanje u uskom žlijebu netehnološkično rješenje. Razlog tome je što se zavarivanje mora povjeriti drugom poduzeću koje je u mogućnosti ispuniti ove uvjete.

Osim o proizvodnim mogućnostima tehnološkičnost nekih konstruktivnih, proizvodnih ili eksploatacijskih rješenja ovisi o trenutku i lokaciji. Ponekad se zbog roka isporuke, ako ne postoji dovoljno automata ili su pokvareni, zavaruje ručno kako bi se smanjilo plaćanje penala, odnosno troškova, iako bi se normalno primjenjivalo automatsko zavarivanje.



### 3. OSNOVNI PRAVCI POVEĆANJA TEHNOLOGIČNOSTI KONSTRUKCIJE

Povećanje tehnologičnosti konstrukcije nastaje u sljedećim osnovnim pravcima:

1. pojednostavljenje oblika, detalja, uključujući i poluproizvode,
2. određivanje racionalnih tolerancija
3. unifikacija i standardizacija konstrukcije (sklopova, podsklopova i dijelova).

Obrada tehnologičnosti konstrukcije vrši se u tri etape: proizvodnja poluproizvoda, strojna obrada i montaža.

#### 3.1. Tehnolično oblikovanje konstrukcija koje se obrađuju odvajanjem čestica

Oblikovanje dijelova s ciljem olakšanja izrade, koji se trebaju obrađivati postupcima odvajanja čestica, zahtjeva pozornost na nekoliko smjernica koja važe bez obzira na postupak izrade:

- prilikom oblikovanja birati geometrijski jednostavna osnovna tijela,
- volumen obrade održati što manjim
- paziti na mogućnost stezanja kod obrade
- po mogućnosti završno obraditi u jednom stezanju
- ravne površine koje se obrađuju postaviti paralelno ili okomito na steznu površinu
- površine koje se obrađuju moraju za alat biti dobro pristupačne
- predvidjeti ureze (kanale) za izlaz alata
- omogućiti uporabu standardnih alata
- dati prednost tokarenju i bušenju u odnosu na glodanje i blanjanje
- kvalitete površina i tolerancije ograničiti na neophodno potrebne
- uvažavati opće tolerancije

### 3.2. Tehnoliški oblikovanje zavarenih konstrukcija

Treba napomenuti da su zavarene konstrukcije u gradnji čeličnih nosivih konstrukcija, kotlova i posuda pod tlakom u pogledu proračuna, a dijelom i oblikovanja, obuhvaćenim posebnim tehničkim propisima i normama koje se moraju rabiti kod projektiranja, nadzora i izrade tih konstrukcija u zavarenoj izvedbi.

Konstruktor će malo kada zavarenu konstrukciju moći, potpuno samostalno, oblikovati optimalno. Za to su potrebna opsežna znanja iz različitih područja:

- tehnologije zavarivanja
- poznavanje materijala i
- ispravnog tehnoliškog oblikovanja.

Stoga je potrebna suradnja konstruktora i tehnologa zavarivanja iz područja konstrukcije, kao i tehnologa iz pogona za zavarivanje, a od konstruktora se zahtijeva oblikovnje i gradnja zavarene konstrukcije koja će osigurati:

- visoku pouzdanost i postojanost oblika
- najmanji utrošak materijala
- najniže troškove i
- estetiku.

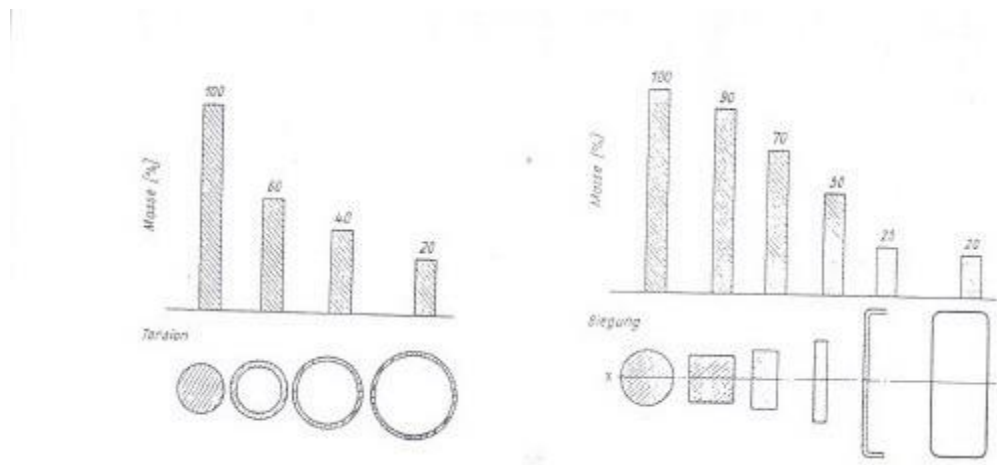
Veliki broj konstruktora koncentrira se često puta isključivo na funkciju stroja ili uređaja, te u fazi projektiranja i kasnije konstrukcijske razrade ne uzima dovoljno u obzir pravila ispravnog tehnoliškog oblikovanja zavarenih konstrukcija.

Zavarena konstrukcija biti će neprikladna i skupa, ako funkcija zahtijeva takvo konstrukcijsko oblikovanje koje bez daljnjeg, onemogućava uporabu valjnih profila, cijevi ili limenih ploča.

Međutim, ako se radi o složenoj izvedbi koja se može ostvariti samo pomoću preoblikovanja lima ili pomoću puno sitnih dijelova i puno zavarivačkog rada, rješenje treba potražiti u kompletnoj lijevanoj izvedbi ili kombinaciji lijevanja i zavarivanja.

Od konstruktora se zahtijeva takva gradnja koja će osigurati najmanji utrošak materijala i najmanje troškove izrade. Radi neometanog odvijanja proizvodnje strojevi i uređaji moraju imati visoku pouzdanost i postojanost oblika (slika 3-1).

Slika 3-1. Uspoređenje masa različitih presjeka istog momenta otpora za uvijanje i savijanje



### 3.3. Tehnologično oblikovanje odljevaka

#### a) Materijali za lijevanje

Materijali za lijevanje (SL, NL, TeL, ČL, obojeni metali i lake kovine), mogu se lijevati na različite načine (u pijesku, kokili, centrifugalno, tlačno i dr.) i formirati različite oblike. Lijevanjem se mogu proizvoditi kako jednostavni tako i vrlo složeni strojni dijelovi. Veličine odljevaka mogu se kretati od najmanjih dimenzija (mase 100g) do vrlo velikih odljevaka (mase 100t), ovisno o veličini peći za taljenje. Točnost mjera, oblika i kvalitete površine vrlo su različite i ovise o tehnologiji lijevanja.

Precizni, tlačni i kokilni lijev daju relativno visoke točnosti mjera, oblika i estetski lijepe površine. Lijevani dijelovi iz čelika mogu se zavarivati i kombinirati u vrlo kompleksne geometrijske forme. Ovo je način za ekonomičnu proizvodnju složenih konstrukcija iz ČL uz minimalni škart (teže lijevanje, veći viskozitet taline).

Pri konstruiranju i oblikovanju dijelova za neki stroj ili postrojenje javljaju se, uz zahtjeve vezane uz funkciju, tri važna pitanja:

1. Kojim opterećenjima je izložen strojni dio?
2. Koji materijal najbolje odgovara zahtjevima funkcije i opterećenja?
3. Koja je tehnologija izrade optimalana?

Da bi mogao odgovoriti na postavljena pitanja, konstruktor mora imati pregled raspoloživih materijala, njihova svojstva mogućnost primjene.

#### *b) Osnovne konstrukcijske smjernice*

Prednosti lijevanih izvedbi:

- najkraći put od sirovine do gotovog izratka,
- tehnologija lijevanja daje konstruktoru najveću slobodu u postupku oblikovanja,
- lijevanjem se mogu realizirati i najkompliciraniji konstrukcijski oblici (optimalno rješenje)
- odljevak, jedan ugradbeni dio, veća krutost, brža montaža, manje strojne obrade,
- lijevanjem se mogu postići veće vrijednosti čvrstoće oblika (oblikovanje sukladno opterećenju)

#### **3.4. Tehnoličko oblikovanje otkivaka**

Prednosti pri izradi strojnih dijelova tehnološkim postupcima slobodnog kovanja, kovanja u ukovnju i estrudiranja su:

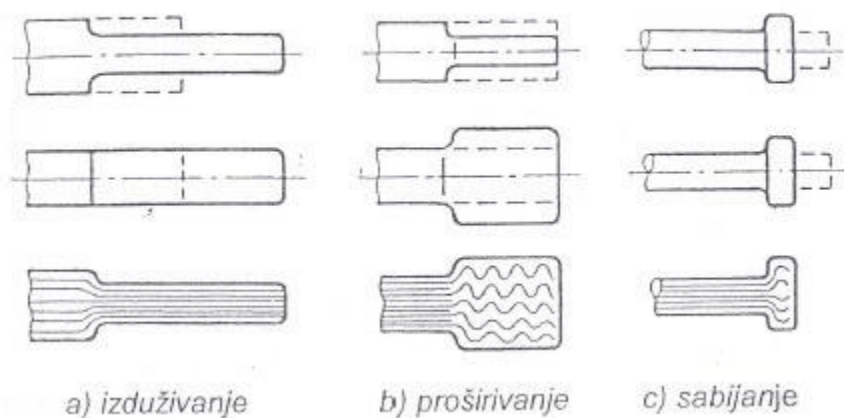
- velika ušteda na materijalu i strojnoj obradi,
- visoka opteretivost strojnih dijelova osigurana povoljnim tokom i gustoćom strukture dobivene gnječanjem i hladnim tečenjem materijala.

Treba naglasiti da su troškovi alata i strojeva za ove tehnologije izrade vrlo visoki. Međutim, pri većem broju izradaka može se, u odnosu prema drugim tehnologijama izrade, postići čak vrlo visoka ekonomičnost (posebno u odnosu prema tehnologiji obrade odvajanjem čestica).

Prije donošenja odluke o eventualnoj primjeni ovih tehnologija, a i nakon odluke o tijeku primjene kod kompleksnijih izvedbi, treba se posavjetovati s tehnologijom ovih područja.

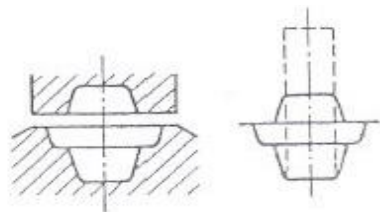
Slobodno kovanje je postupak pri kojem se između čekića i nakovnja materijal slobodno može gibati u stranu (slika 3-2).

Slika 3-2. Osnovni postupci pri slobodnom kovanju



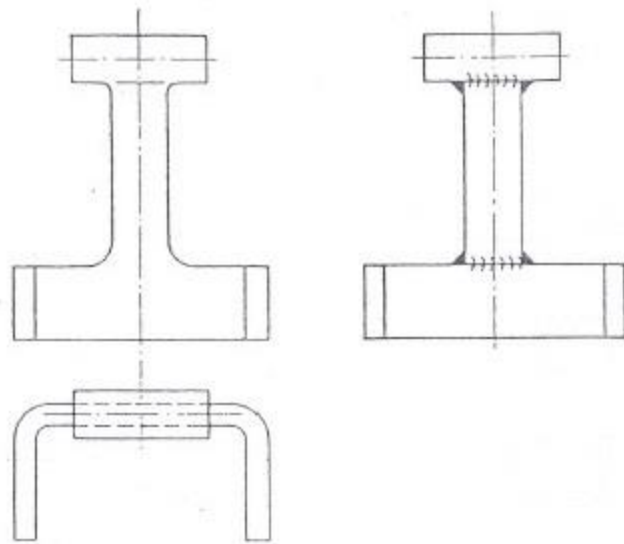
Pri ostalim postupcima materijal se tlači u kalup, odnosno matricu, ili se tlači pomoću kalupa (slika 3-3.).

Slika 3-3. Ostali postupci pri slobodnom kovanju

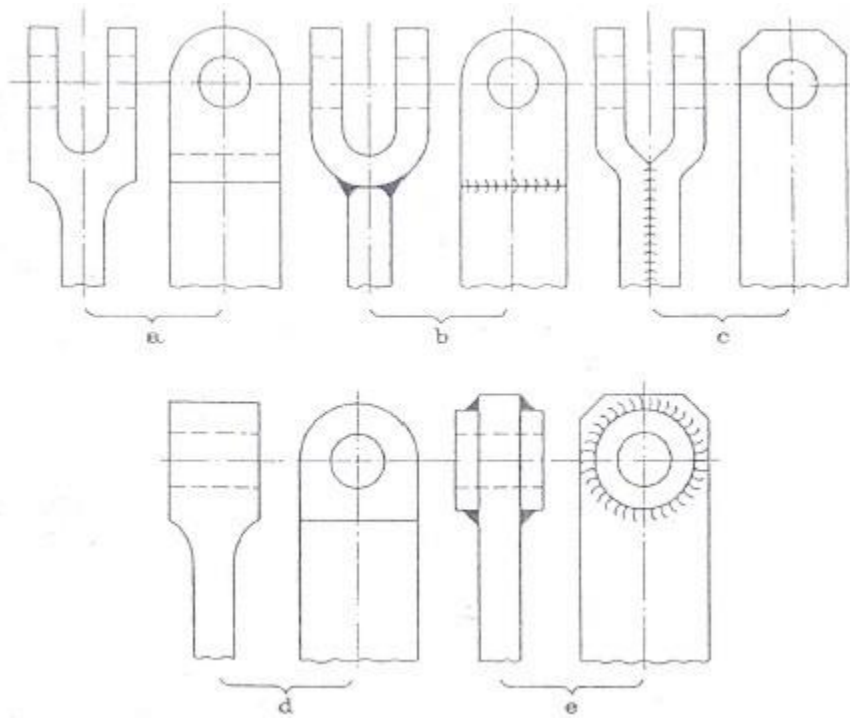


Uvijek bi konstruktor trebao razmišljati dali bi se možebitni troškovi mogli sniziti zavarivanjem, poglavito ako je riječ o kovački kompliciranom slobodno kovanom obliku, a pri tome se i ne traže posebno visoka mehanička svojstva (slika 3-4 i 3-5). Kada se uspoređuje kovanje s drugim tehnološkim postupcima, obavezno se mora uzeti u obzir broj izradaka.

Slika 3-4. Zavarivanje je često jeftinije od kovanja



Slika 3-5. Kovane i zavarene izvedbe glavina poluga



### 3.5. Tehnoličko oblikovanje dijelova iz limova (štancanje)

Pod općenitim nazivom štance razumije se velika grupa specijalnih alata koji služe za obradu metala ili nemetala pomoću rezanja ili oblikovanja, ali bez odvajanja čestica. Štancanjem se mogu obrađivati metali (čelični, mesingani i drugi limovi) i nemetali (koža, guma klingerit, celuloid, ljepenka i sl.).

Materijal za štancanje može biti u obliku ploča, traka, pojedinačnih komada ili poluproizvoda prikladnih za daljnju obradu na štancama.

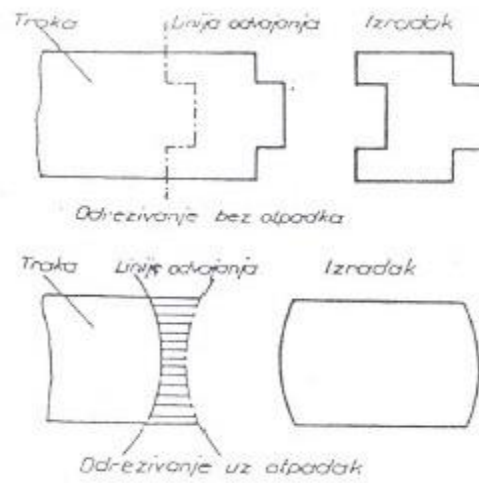
Najveći broj radova u tehnici štancanja obavlja se na prešama s motornim pogonom. U praksi se često nazivaju štancama. Zato treba pripaziti dali se pod štanca govori o stroju ili alatu. Štance su tipičan alat za velikoserijsku i masovnu proizvodnju.

Pri izradi dijelova od lima polazni materijal čine limene ploče ili limene trake od čelika, odnosno obojenih ili lakih metala. Prema debljini limova razlikuju se čelični limovi srednje debljine  $\delta \leq 4,75$  mm i čelične debele limove  $\delta \geq 4,75$  mm.

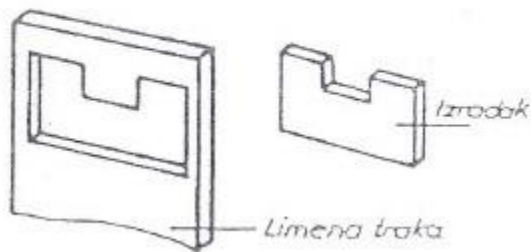
Pri izradi limenih dijelova dolaze u obzir tehnologije rezanja i oblikovanja deformiranjem koje obuhvaćaju:

- **Rezanje** je odvajanje izradaka uzduž linije koja nije zatvorena (slika 3-6)
- **Izrezivanje** je odvajanje proizvoljnog oblika izratka uzduž neke zatvorene konture (slika 3-7)
- **Urezivanje** (slika 3-8)
- **Probijanje** je odvajanje proizvoljnog unutarnjeg oblika (slika 3-9)
- **Probijanje s izvlačenjem** vjenca za urezivanje navoja s tankim limovima i za ojačanje oboda rupa (slika 3-10)

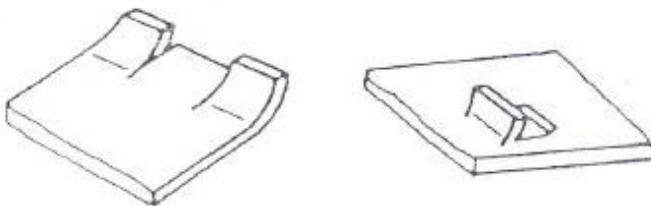
Slika 3-6. Rezanje (odrezivanje)



Slika 3-7. Izrezivanje

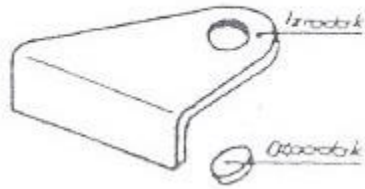


Slika 3-8. Urezivanje

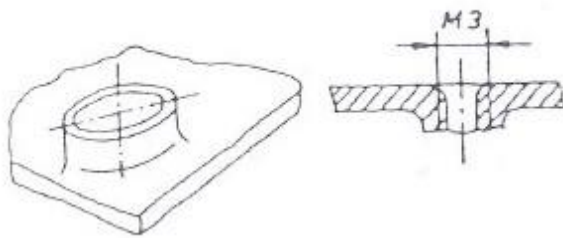




Slika 3-9. Probijanje



Slika 3-10. Probijanje s izvlačenjem



#### 4. PRAVILA PRI OBLIKOVANJU ZAVARENIH KONSTRUKCIJA

Zavarena konstrukcija mora biti, sa strane konstruktora, oblikovana tako da omogući najekonomičniju izradu zavarene izvedbe, a za to je potrebno da ima na umu cijeli proces realizacije. Pri oblikovanju zavarene konstrukcije nemoguće je dati neke opće važeće preporuke za oblikovanje svih mogućih konstrukcijskih zadataka koje bi instruktor mogao mehanički primjenjivati.

Postoje neka osnovna pravila za konstrukcijsko oblikovanje, koja će omogućiti da konstruktor upozna sve utjecajne čimbenike koje kod projektiranja zavarenih konstrukcija mora uzimati u obzir [1]:

1. Najbolja zavarena konstrukcija je ona konstrukcija na kojoj se najmanje zavaruje

2. Pri izboru vrste i oblika zavara treba pokušati ostvariti što kraće vrijeme izrade

- sučelni zavari
- kutni zavari

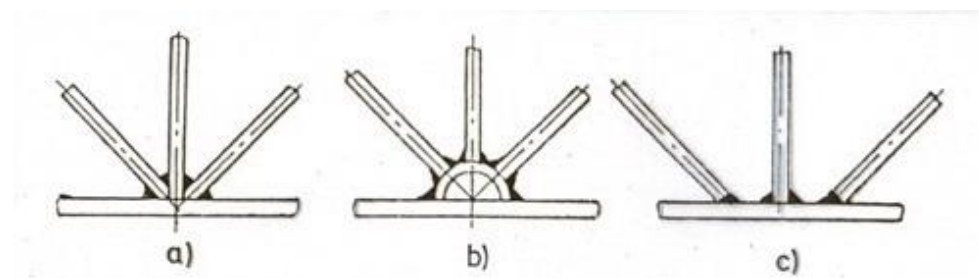
Broj zavara, debljinu i dužinu mora se svesti na minimum. Kutni zavari moraju biti što tanji, jer volumen zavara, a time i vrijeme zavarivanja raste s kvadratom debljine.

3. Pravilno izabrati materijal

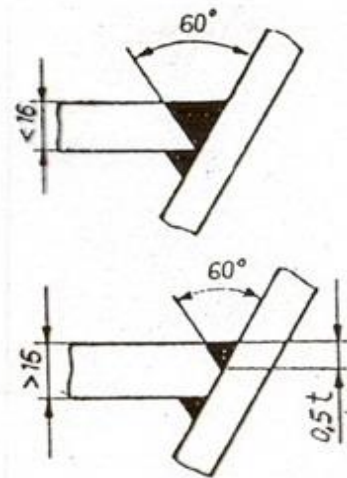
- konstrukcijski čelici
- sitnozrnati čelici

4. Izbjegavati nagomilavanje zavara (slika 4-1; 4-2; 4-3)

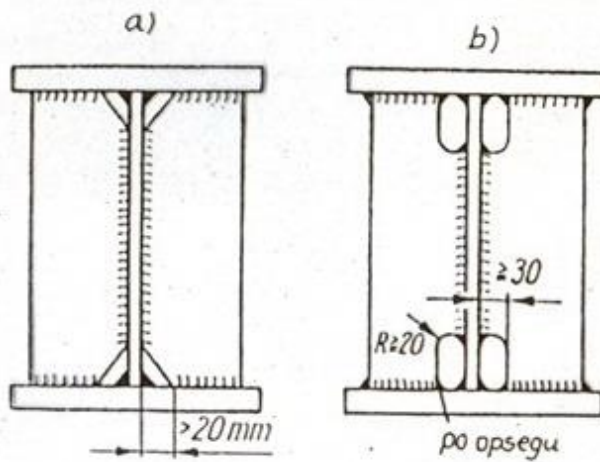
Slika 4-1. a) nagomilavanje zavara; mogućnost izbjegavanja nagomilavanja zavara



Slika 4-2. Mogućnost izbjegavanja nagomilavanja zavora

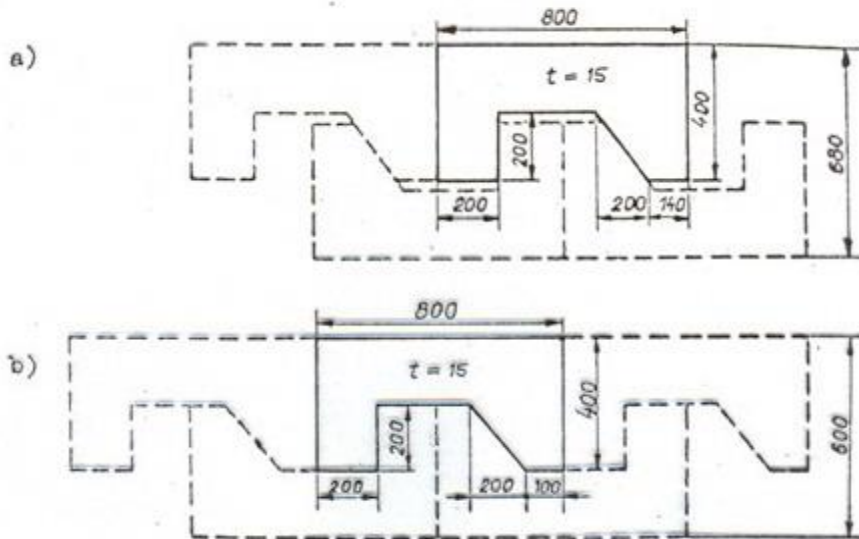


Slika 4-3. Izbjegavanje nagomilavanja zavora kod orebravanja u slučaju statičkog (a) i dinamičkog (b) opterećenja

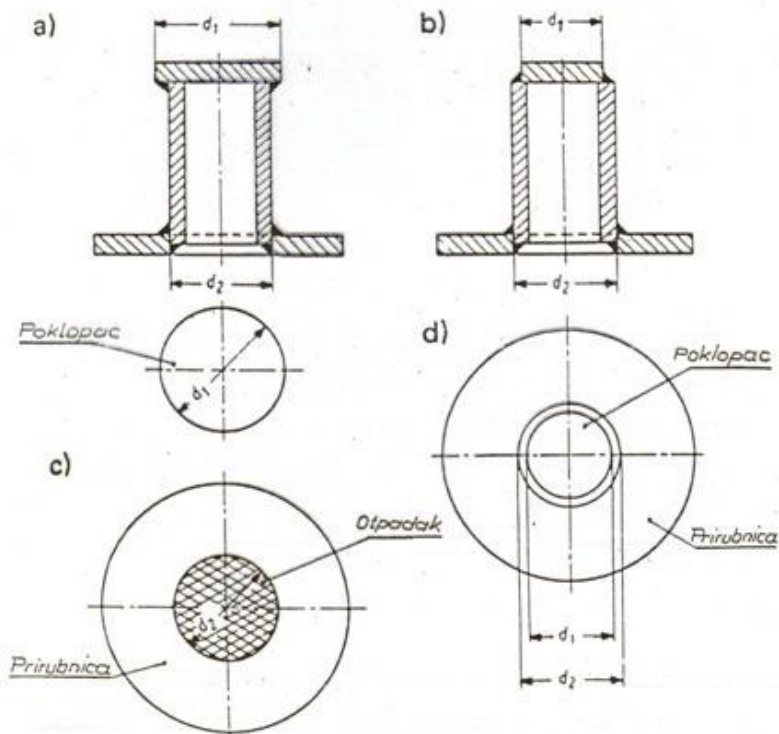


5. Maksimalno iskoristiti materijal (slika 4-4; 4-5; 4-6)

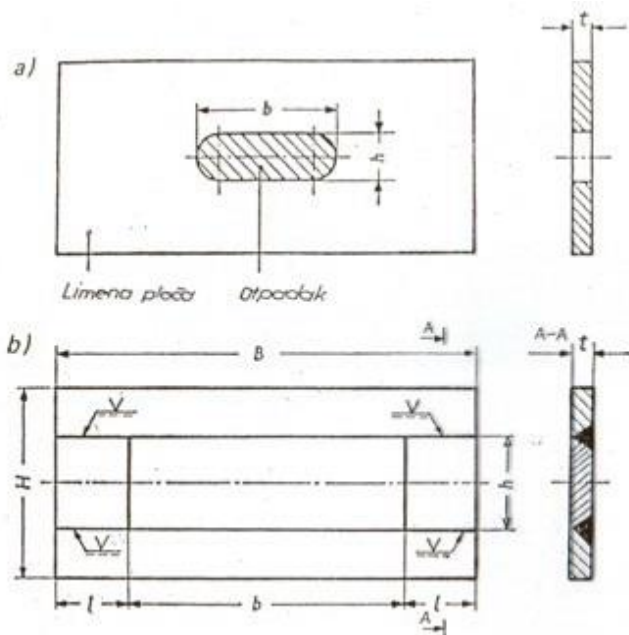
Slika 4-4. Nepovoljan (a) i povoljan (b) plan rezanja



Slika 4-5. Izbjegavanje otpadaka: (a, b) oblikovanje; (c, d) plan rezanja za poklopac i prirubnicu za izvedbu a, odnosno b

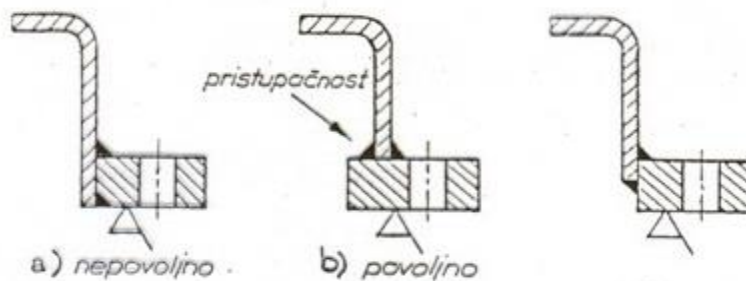


Slika 4-6. Izrez iz punog lima kod male površine izreza u odnosu prema površini lima (a).  
Zavarena limena stijenka kod velikih površina izreza  $b \geq t$ ;  $l \leq 0,3b$  (b)

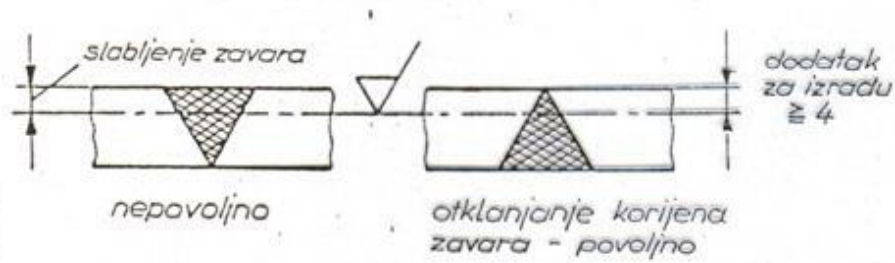


6. Funkcionalne obrađene površine prikladno konstrukcijski oblikovati (slika 4-7; 4-8; 4-9)

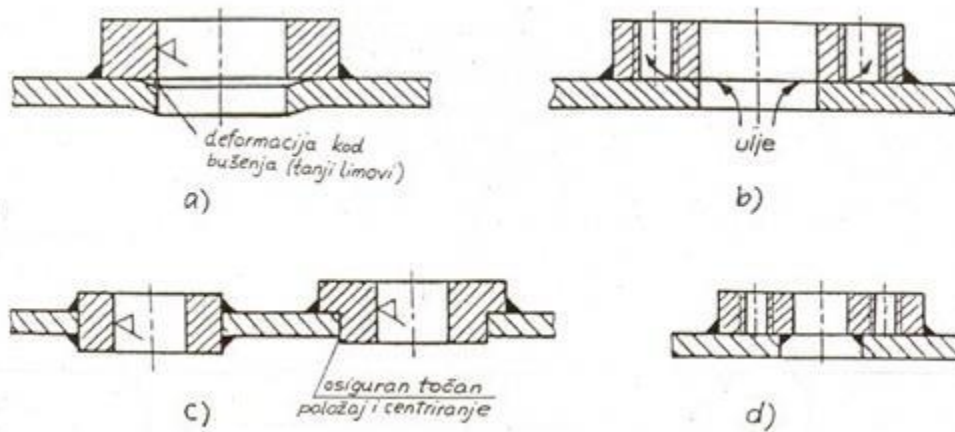
Slika 4-7. Zavar smješten na radnu površinu koja se obrađuje (a), bolja rješenja (b)



Slika 4-8. Korijen zavara smjestiti na onu površinu koja se obrađuje

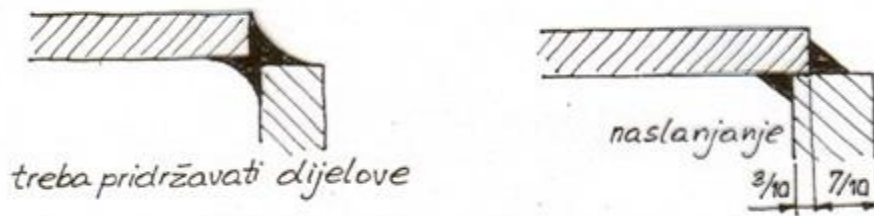


Slika 4-9. Nedostatci izvedaba ojačanja (a, b), mogućnost uklanjanja nedostataka (c, d)

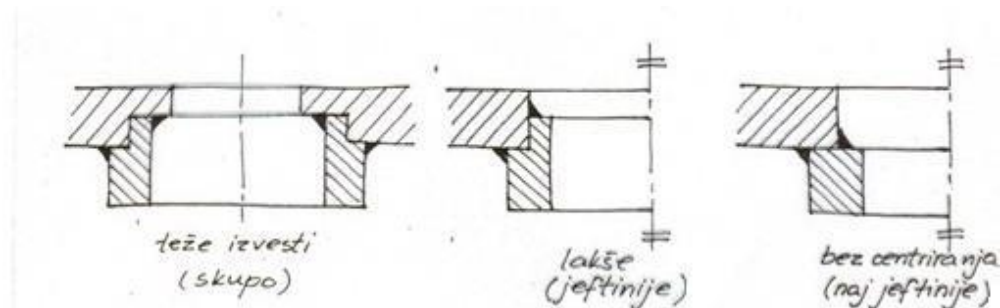


### 7. Olakšati mogućnost spajanja dijelova koji se zavaruju (slika 4-10; 4-11; 4-12)

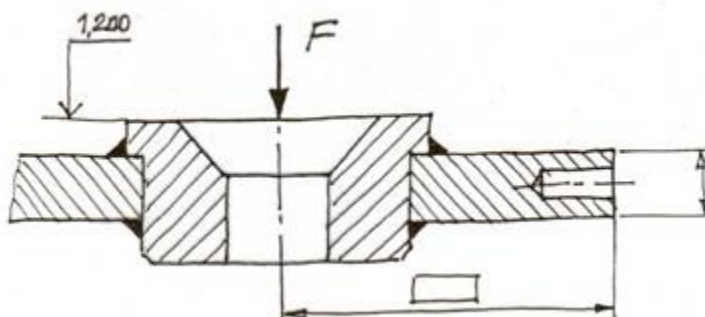
Slika 4-10. Osigurati preklapanje dijelova koji se spajaju



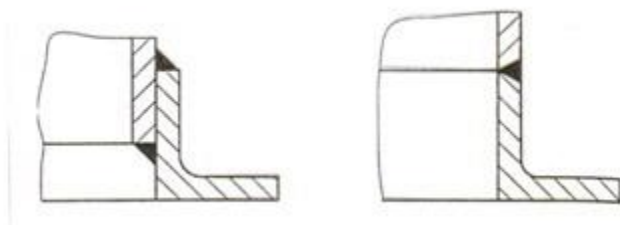
Slika 4-11. Osiguravanje položaja dijelova (centriranje)



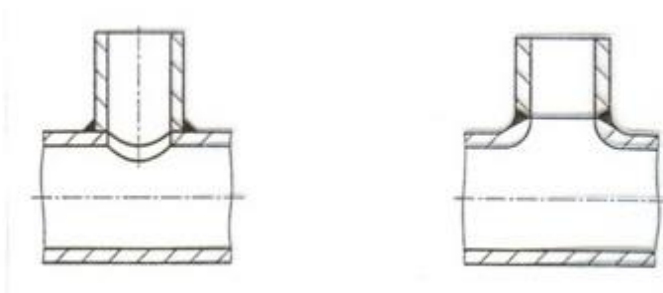
Slika 4-12. Rasterećenje zavora, pozicioniranje i centriranje strojnog dijela



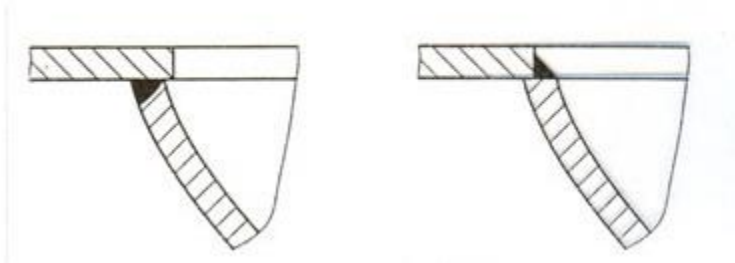
(slika 4-12a) Priključak pomoću "grlenog" zavora je često primjenjivan, tako da trošak za pripremu zavora otpada. Grleni zavar upravlja ipak tokom silnica (zarezo djelovanje), kod koga su dva zavora umjesto jednog čeonog zavora.



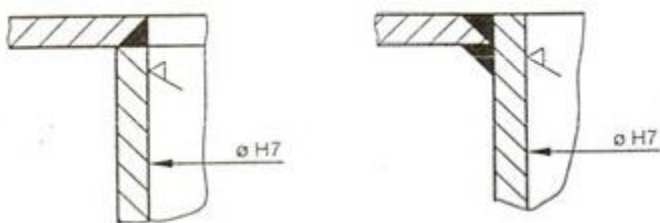
(slika 4-12b) Eliptični zavar (komplicira izradu i zavarivanje) treba preoblikovati u kružni tok.



(slika 4-12c) Priprema zvara je u pravilu kod prirubnica jednostavna kao kod kućišta. Prirubnicu (lijeva slika) zavariti na kućište je zahtjevna zadaća.

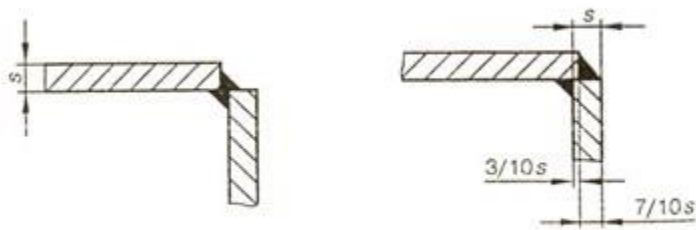


(slika 4-12d) Kod visoke kvalitete površine ili uske tolerancije dimenzija ne treba funkcionalne površine ostvarivati preko zvara.

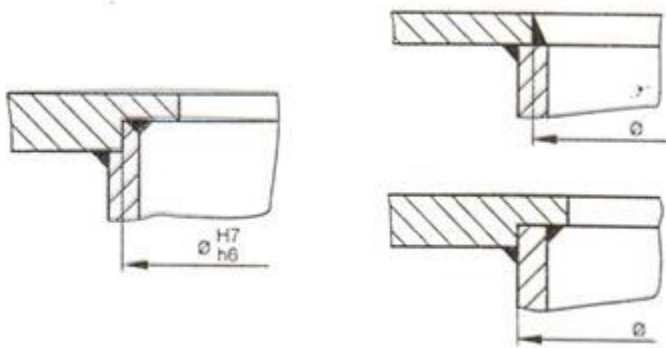




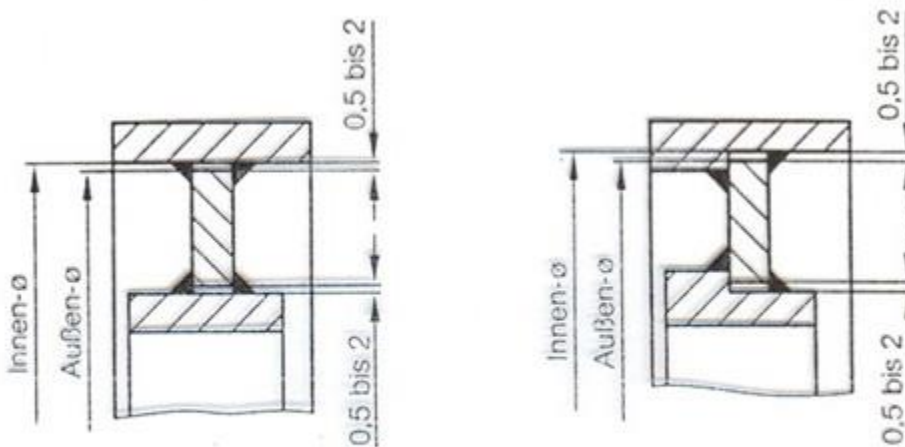
(slika 4-12e) Sklapanje sa vođenim dijelovima je olakšano, kada dio poklopca služi kao podloga.



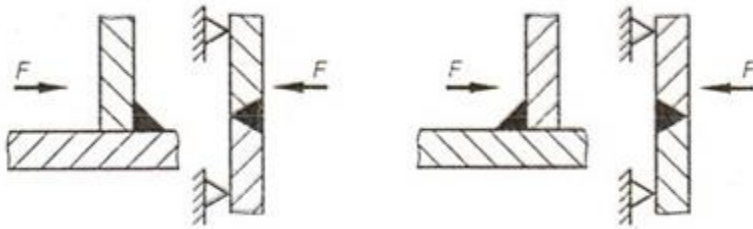
(slika 4-12f) Vođene dijelove zbog centriranja ne treba precizno predobraditi.



(slika 4-12g) Kod zavarivanja prstena, tuljka, ploče i slično treba predvidjeti zračnost najmanje 0,5mm.



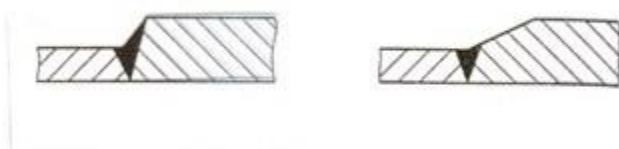
(slika 4-12h) Korijen zavora ne treba ležati u zoni vlačnog opterećenja.



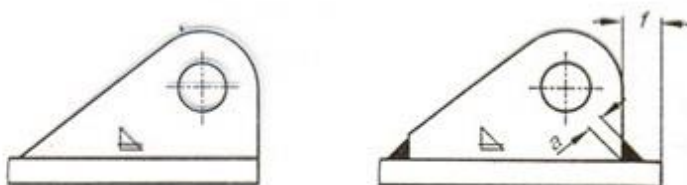
(slika 4-12i) Kod navarivanja limova, trebaju se pripremiti sa odzračnom rupom. Tako između limova ne nastaje zračni prostor koji kod žarenja za smanjenje napetosti stvara deformacije.



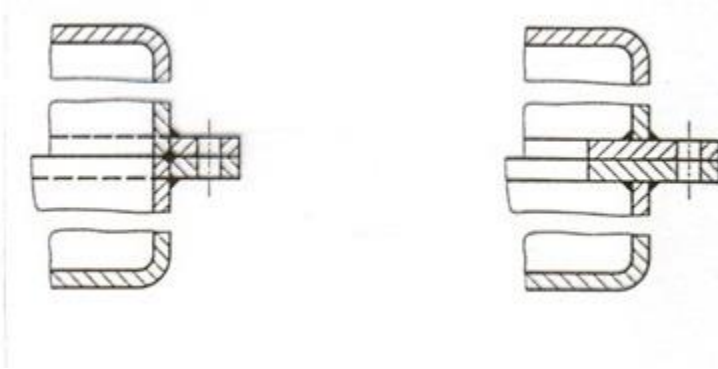
(slika 4-12j) Zavar u prijelaznim poprečnim presjecima (djelovanje naprezanja su otklonjena).



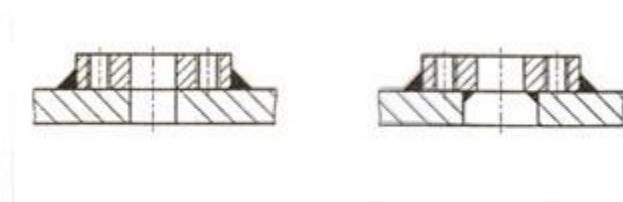
(slika 4-12k) Odsjecanje repa i prelazni položaj treba predvidjeti. Prijelaz  $f$  mora iznositi najmanje 2 debljine zavora, kako bi umanjili izgaranje bridova i dobili željenu debljinu  $a$ .



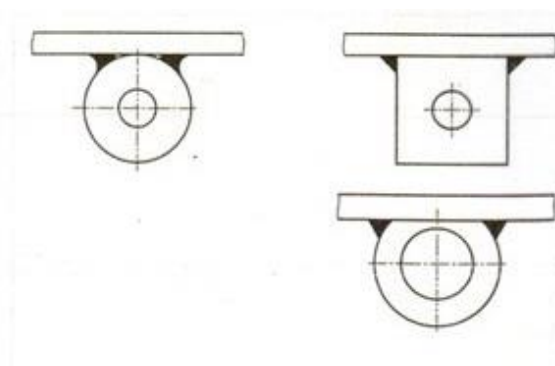
(slika 4-12l) Zavar po mogućnosti ne treba ležati na površini predviđenoj za strojnu obradu.



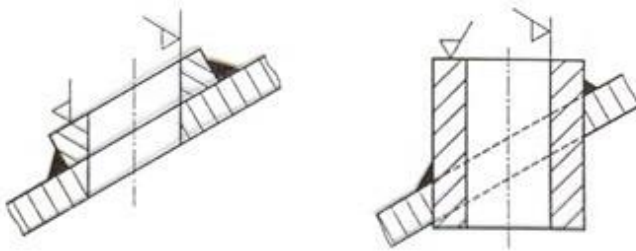
(slika 4-12m) Kod zavarivanja prirubnice brtveni zavar treba postaviti prema unutra.



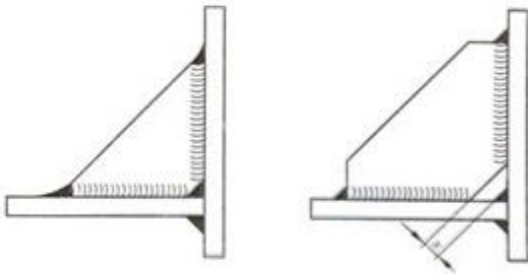
(slika 4-12n) Okrugle komande paralelne na gornju površinu je neprihvatljivo zavariti jer je otvoreni kut za zavar premalen i šljaka će se zadržavati u međuprostoru. Bolje je izabrati jedan drugi oblik ili okrugli dio sa jedne strane odrezati.



(slika 4-12nj) Kod obrade dijelova bušenjem, navarene kose ploče su nepovoljne u odnosu na okomite presjeke.



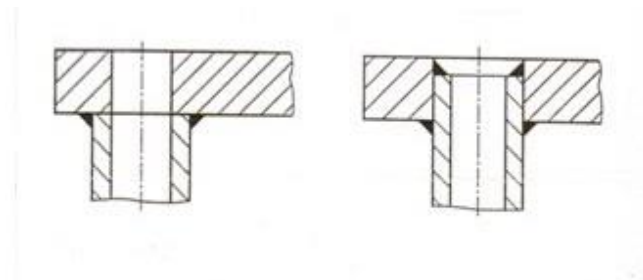
(slika 4-12o) Odstojanje  $x$  treba izvesti ali ne manje od 6mm.



(slika 4-12p) Jedan sloj navarenog sloja ne daje dobru čvrstoću ali ne i otpornost na trošenje ili svojstvo korozije. Nadalje treba najmanje dva do tri sloja navariti.



(slika 4-12r) Ako treba preko cjevnog priključka prenositi veliku silu ili moment, onda je prihvatljivo cijev u rupu u limu uvesti.



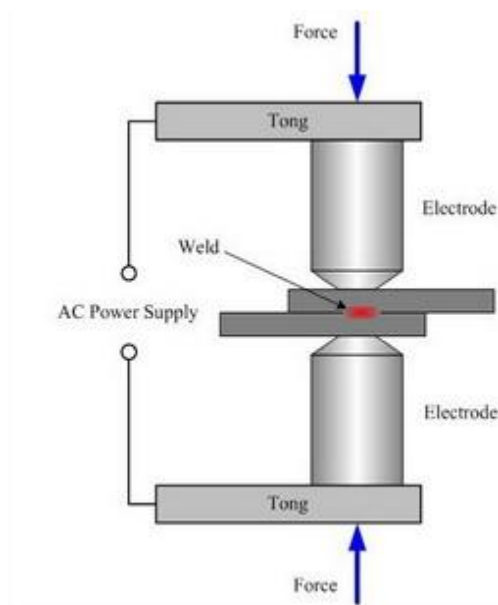
## 5. TEHNOLOGIČNO OBLIKOVANJE OBRADAKA ZA TOČKASTO ZAVARIVANJE

Točkasto zavarivanje je preklopno zavarivanje taljenjem dvaju dijelova stegnutih između dviju elektroda, kroz koje se dovodi električna struja. Na dodirnom se mjestu obaju dijelova koji se zavaruju stvara Jouleova toplina, koja rastali materijal i talina se izmješa. Nastali zavar ima oblik točke, a presjek mu je u obliku leće. Primjenjuje se pretežno za zavarivanje tankih limova do 2 mm debljine. Površine koje se zavaruju moraju biti čiste i dezoksidirane. Ima široku primjenu u gradnji strojeva i aparata, u elektrotehnici, zrakoplovnoj industriji, automobilskoj industriji, nuklearnoj, raketnoj i svemirskoj tehnici.

Glavni nedostaci ovog postupka su mogućnost zavarivanja samo preklopnih spojeva, što dovodi do većeg materijala, te opasnost od korozije u preklopu.[1]

Prednosti točkastog zavarivanja su ograničeno zagrijavanje, pri čemu nedolazi do deformacija, te automatizacija postupka (roboti). [1]

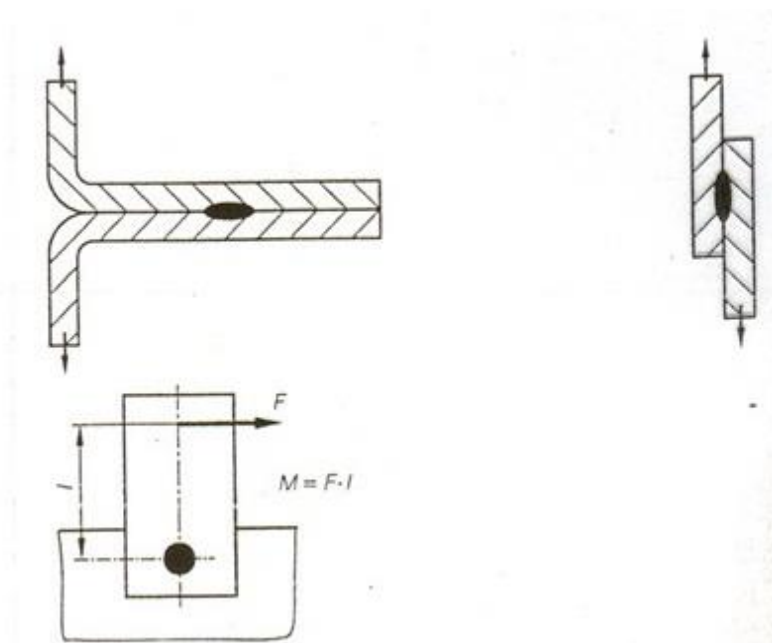
Slika 5-1. Točkasto zavarivanje



### 5.1. Pravila pri točkastom zavarivanju

1. Točkasto zavarivanje treba primjenjivati sukladno mogućnostima, ali ne ako su opterećenja kao na prvoj slici. Također treba izbjegavati torziona opterećenja (druga slika).

Slika 5-2.



2. Dovoljno velike ravne i paralelne plohe su za elektrode prikladnije.

Slika 5-3.



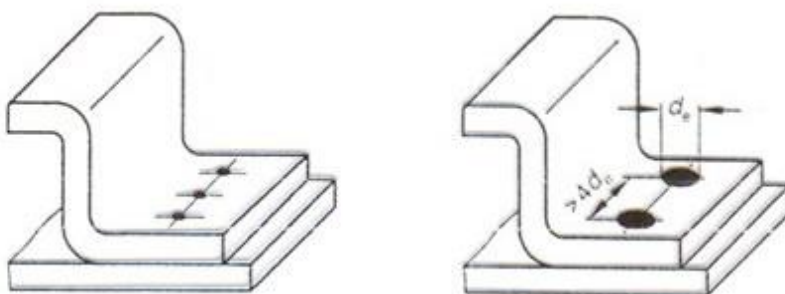
3. Izbjegavati velika zakrivljenja, jer tada su potrebne specijalne (skupe) elektrode, a ne jeftine stabilnog oblika (cilindrične).

Slika 5-4.



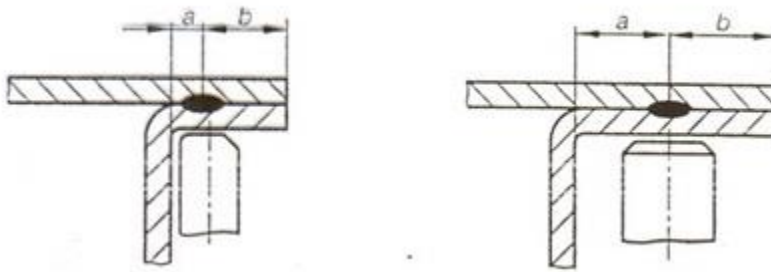
4. Sa puno malih točaka se većinom ne može postići zahtijevana čvrstoća. Manje velikih točaka će dati prihvatljivo povezivanje.

Slika 5-5.



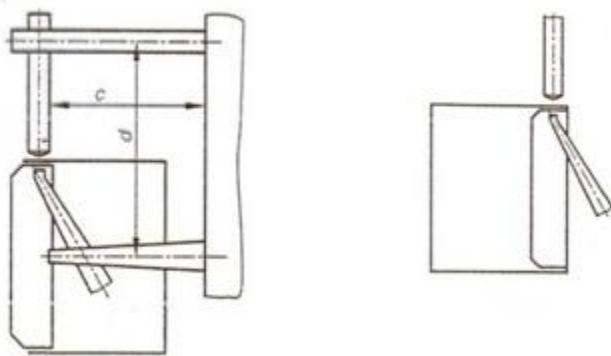
5. Treba posebno paziti na rastojanje elektrode. Kod malih "a" elektroda može loše nalijegati. Kod malih "b" tekući materijal može izaći iz spoja.

Slika 5-6.



6. Velike obradke treba oblikovati za zavarivanje, uz mogućnost malog izlaza ruke "c" i malim odstojanjem ruku "d". Velike dimenzije obradaka između ruku elektroda povećavaju induktivni gubitak, tj. umanjuju struju zavarivanja.

Slika 5-7.





## **6. ZAKLJUČAK**

Na kraju ovoga rada možemo zaključiti da je za tehnološki oblikovanje zavarenih konstrukcija potrebno poštivati neka pravila i principe, da bi ta zavarena konstrukcija bila puzdana, funkcionalna, u predviđenom vjeku eksploatacije, uz najmanje troškove, najmanji utrošak materijala, energije i ostalih parametara koji bi trebali biti zadovoljeni. Također je potrebno izabrati i odgovarajući postupak samog zavarivanja.

Posebno treba pripaziti na sam zavar, budući da zavareni spoj može biti najslabije mjesto na konstrukciji. Zbog toga je zavareni spoj najvažniji za istraživanje.

Danas se u svijetu daje naglasak posebno na kvalitetu, odnosno pouzdanost i sigurnost zavarenih spojeva. Pod tim se podrazumijeva primjena moderne opreme za zavarivanje (inventori, impulsne struje zavarivanja, naprave, mehanizacija, automatizacija i robotizacija zavarivanja), visoka ponovljivost zavarivanja, suvremene metode i oprema za kontrolu metodama sa i bez razaranja, primjena suvremenih materijala za gradnju lakših, trajnijih, ekonomičnijih i pouzdanijih zavarenih konstrukcija.

## **7. LITERATURA**

1. Doc . dr.sc. Zvonko Herold: TEHNOLOGIČNO OBLIKOVANJE
2. Karl- Heinz Decker: ELEMENTI STROJEVA
3. Krautov strojarski priručnik