

## 1. STROJNI ELEMENTI, PODSKLOPI, SKLOPI, GONILA

- Strojni elementi vgrajeni v stroj ali napravo, morajo biti sposobni prenesti zahtevano obremenitev. Zato morajo imeti dovolj veliko trdnost in togost. Na dimenzije in obliko strojnega elementa najbolj vplivajo velikost, smer in vrsta obremenitve.
- Preračun strojnih delov omogoča določitev oblike in mer strojnega dela ali utemelji upravičenost (pravilnost) izbranih mer in materiala glede na podano obremenitev. Zato v preračunu izvajamo **dimenzioniranje** ali **kontrolno**.
- Pri **dimenzioniranju** ob danih zunanjih obremenitvah in izbranem materialu, določimo mere strojnega dela. Pri **kontroli** pa poznamo mere, zunanje obremenitve in material, potrebno pa je ugotoviti, ali napetosti v nevarnih prerezih strojnega elementa niso večje od dopustnih, kar bi povzročilo trajne deformacije ali celo porušitev strojnega dela.

### ZUNANJE OBREMENITVE

Vrsta zunanjih obremenitev:

- **koristna obremenitev** - odpor, ki ga stroj premaguje pri opravljanju koristnega dela,
- **vztrajnostne sile,**
- **sile trenja,**
- **tlak tekočin in plinov,**
- **teže posameznih delov** - sila gravitacije (lastna teža),
- **vpliv temperaturne spremembe.**

### 3.1 NERAZSTAVLJIVE ZVEZE

Nerazstavljive so tiste zveze dveh ali več strojnih delov ali elementov, pri katerih dele povežemo v trdno zvezo, ki predstavlja sestavljeni strojni element. S spojnim elementom torej spojimo dva ali več delov v celoto, ki je ne moremo razstaviti (ločiti), da pri tem ne bi poškodovali ali uničili elementa zveze. Spajanje pa lahko poteka mehansko, fizikalno ali kemično.

Med nerazstavljive zveze štejemo:

- lepljene spoje,
- lotane (spajkane) spoje,
- varjene spoje,
- kovičene zveze,
- kitane spoje.

### 3.1.1 LEPLJENI SPOJI

#### LASTNOSTI IN UPORABA LEPLJENIH SPOJEV

- Lepljeni spoji so zveze dveh ali več strojnih delov, ki jih izdelamo z nanašanjem lepila med stične površine delov, ki jih želimo med seboj povezati.
- Z lepljenjem lahko med seboj spajamo nekovinske materiale, nekovinske materiale z kovinskimi, in kovinske materiale.
- Danes v glavnem uporabljamo lepila na osnovi umetnih smol (poliestrske, epoksidne in druge).
- Lepljene spoje uporabljamo v letalstvu, v splošni strojogradnji, v avtomobilski industriji (valji motorjev, zavore, sklopke itd.), finomehaniki, elektrotehniki, industriji gospodinjskih strojev, pri izdelavi športnih potrebščin (čolni, smuči, teniški loparji, čelade itd.).

#### PREDNOSTI LEPLJENIH SPOJEV:

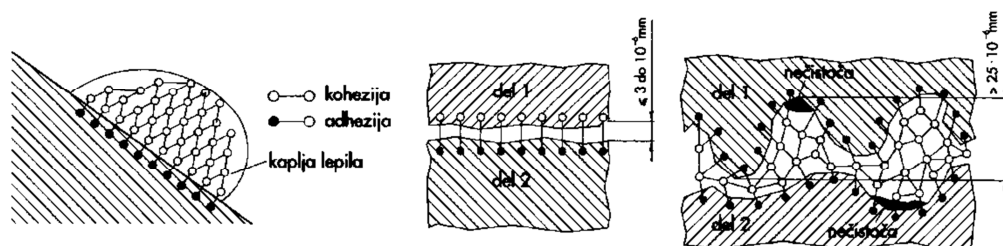
- Med seboj lahko spajamo različna gradiva (kovine s kovinami — lahko so popolnoma različne ali pa kovine z nekovinami).
- Ker je temperatura spajanja sorazmerno nizka, se v zvezi ne pojavljajo deformacije in notranje napetosti.
- Pri lepljenju se ne pojavlja oksidacija površine.
- Spoj je tesen in brez zarez.
- Lepljenje ne povzroča oslavitve prereza zaradi lukenj in dodatnih napetosti (v primerjavi s kovičenjem in varjenjem).
- Velik je prihranek na teži.
- Večina lepil je tudi izolatorjev električnega toka, kar izkoriščamo pri uporabi teh zvez v elektrotehniki.
- Sorazmerno enostavno je popravilo poškodovanega spoja.

## POMANKLJIVOSTI LEPLENIH SPOJEV:

- Zaradi majhne trdnosti so potrebne velike površine spajanja.
- Čas strjevanja lepila je dolg.
- Lepljeni spoj ni odporen proti temperaturi.
- Soležni spoji lepljenih delov so praktično nemogoči.
- Spoji slabo prenašajo dinamične obremenitve pri debelejšem sloju lepila.
- Površine delov, ki jih lepimo, morajo biti skrbno pripravljene (mehansko in kemično očiščene).

## FIZIKALNE OSNOVE

- Uspešnost lepljenja je odvisna od fizikalnih sil:  
*adhezijske sile* (sila oprijemljivosti lepila na površini obeh delov),  
*kohezijskih sil* (trdnost v sami plasti lepila).
- Najboljše je tisto lepilo, ki ima adhezijo in kohezijo približno enako veliki, kot je trdnost lepljenih delov.
- Da dosežemo zadovoljive rezultate, je treba pri lepljenju dveh različnih gradiv skrbno pripraviti lepilno površino.
- Lepila vežejo na fizikalni način, ali zaradi kemične pretvorbe.
- Plast lepila naj bi bila teoretično enaka debelini molekul.
- Trdnost zveze se zmanjšuje z rastjo debeline lepilnega sloja.
- Najugodnejše rezultate dosegamo pri debelini lepilnega sloja od 0,1 do 0,3 mm.



## VRSTE LEPIL IN UPORABA

Glede na način vezave lahko lepila razdelimo v tri skupine:

- Lepila z **majhno kohezijsko** in **veliko adhezijsko** silo. Dela lahko razstavimo brez poškodb površin (lepilne folije - *selotejp*).
- Kontaktna lepila s **srednjimi kohezijskimi** in **velikimi adhezijskimi** silami. Delov ne moremo ločiti brez poškodb površin (lepilo *Neostik*, lepilo *Patex*).
- Trdna lepila z **velikimi kohezijskimi in adhezijskimi** silami. Zlepljeni spoj sploh ni razstavljiv (*Donipok*, *Araldit*, *Redux*).

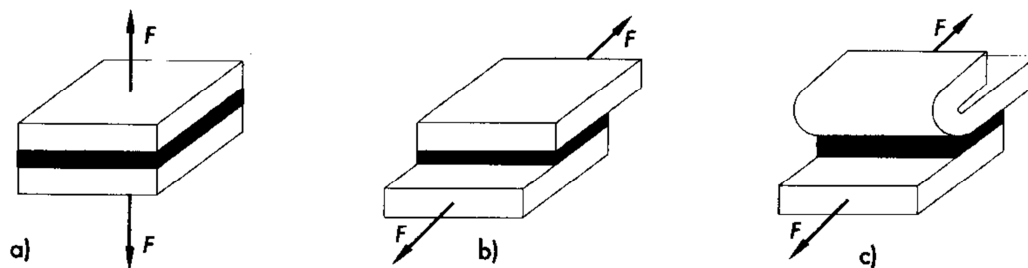
Po načinu trjenja pa se lepila delijo v štiri skupine:

- Trjenje lepila pri normalni temperaturi (temperaturi okolice).
- Trjenje lepila pri normalni ali povišani temperaturi brez stiskanja.
- Trjenje lepila pri povišani temperaturi (do 200 °C).
- Trjenje lepila pri povišani temperaturi (do 200 °C) in stiskanju (do 2 MPa).

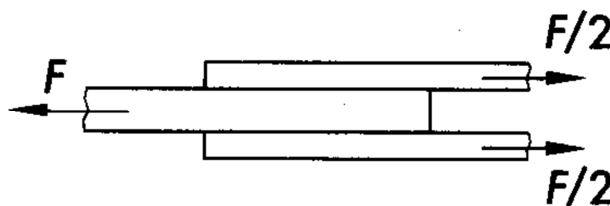
Prvi dve vrsti lepil štejemo med hladna lepila in so večinoma dvokomponentna, drugi dve vrsti pa med topla lepila in so običajno enokomponentna.

## OBLIKOVANJE LEPLJENIH SPOJEV

Pri oblikovanju zveze z lepljenjem moramo upoštevati le tiste izvedbe, ki preprečujejo pojav lupljenja (pravilno a, b; nepravilno c).



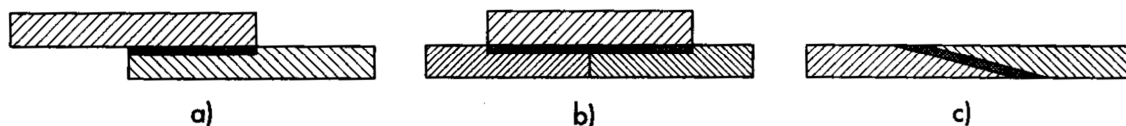
Zvezo pravilno oblikujemo tako, da se v ravnini lepljenja pojavijo natezne, tlačne ali strižne napetosti. Najboljša je izvedba z dvojnimi prekrovnimi spojem. Razmerje debelin pločevin naj bo 1:2:1.



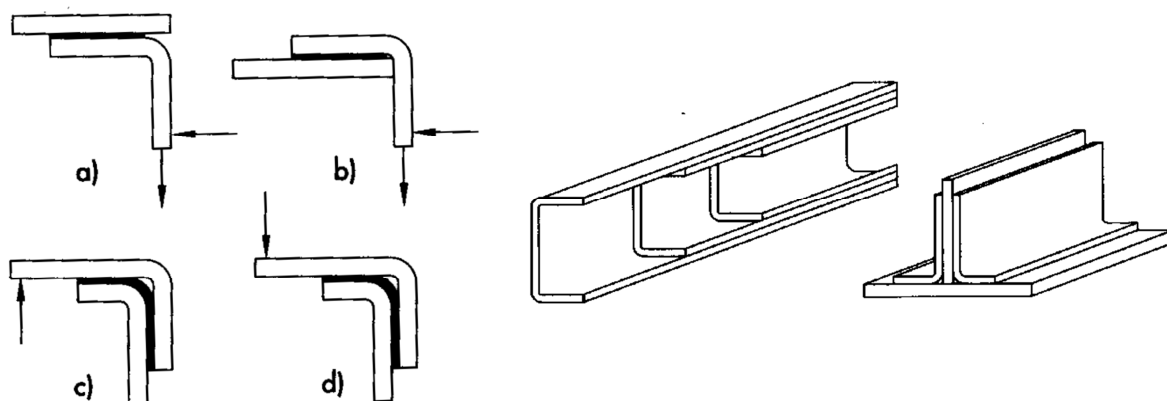


## OBLIKOVANJE LEPLJENIH SPOJEV

Pri izvedbi spojev uporabljamo prekrovn, zaplatni in poševni spoj:



Primeri uporabe:



## PRERAČUN LEPLJENIH SPOJEV

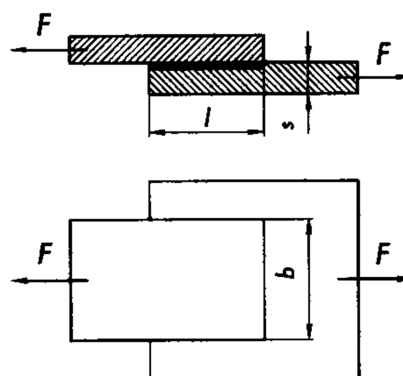
Pri preračunu lepljenega spoja izhajamo iz zahteve, da naj bo za porušitev spoja potrebna enako velika sila kot za porušitev osnovnega materiala delov, ki jih vežemo v spoj.

Sila, potrebna za porušitev osnovnega materiala:

$$F_m = bsR_m$$

Sila, potrebna za porušitev lepljenega spoja:

$$F_m = bl\tau_m$$



Potrebna dolžino spoja:

$$l = \frac{R_m}{\tau_m} s$$

Ob upoštevanju trdnost osnovnega materiala (jekla) in povprečne trdnosti lepila, dobimo za dolžino spoja približno enačbo:

$$l = (10 \text{ do } 25)s$$

Strižno napetost v spoju kontroliramo z enačbo:

$$\tau_s = \frac{F}{A} \leq \tau_{\text{dop}}$$

- $F_m$  - [N] sila, potrebna za porušitev osnovnega materiala,
- $F$  - [N] obremenitev spoja,
- $R_m$  - [MPa] natezna trdnost osnovnega materiala,
- $\tau_m$  - [MPa] strižna trdnost lepila,
- $\tau_{\text{dop}}$  - [MPa] dopustna napetost lepila,
- $b$  - [mm] širina spoja,
- $s$  - [mm] debelina osnovnega materiala,
- $l$  - [mm] dolžina spoja,
- $A$  - [mm<sup>2</sup>] presek lepila

### 3.1.2 LOTANI SPOJI

Lotanje ali spajkanje je spajanje kovinskih delov z dodajnim materialom — lotom (spajko), ki ima popolnoma drugačno sestavo kot osnovni material in ima vedno nižje tališče. Osnovni material se pri lotanju ne raztali, ampak le ogreje do delovne temperature tališča lota.

Dober lot je izrazito adhezijski. Za kakovostno lotanje mora med osnovnim materialom in lotom obstajati dobra omočljivost, kar zahteva čiste stične površine. Špranje, ki jih zalije lot, morajo biti zelo ozke, da lahko pride do učinka kapilarnosti in lot popolnoma zalije špranjo.

Za lotanje uporabljamo naslednje **vrste lotov**:

- mehki lot,
- trdi lot,
- srebrni lot

#### VRSTE LOTOV

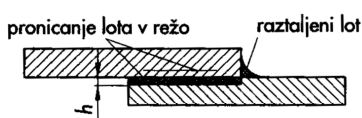
- **Mehki lot** je zlitina Pb, Sn in Sb. Ima tališče pod 450 °C in se uporablja za spajanje cevovodov, električnih priključkov, žlebov, pločevine itd. Obstajajo pa seveda izjeme; v prehranski industriji se uporablja za lotanje konzerv čisti Sn, ker je svinec strupen, v vodoinstalaterstvu pa se uporablja za lotanje svinčenih odtočnih cevi lahko čisti Pb.
- **Trdi lot** je zlitina Cu in Zn (lahko tudi nekaj Ni). Ima tališče nad 450 °C in se uporablja za spajanje bolj obremenjenih konstrukcij. Veliko se uporablja v proizvodnji dvokoles (biciklov), motornih koles in za pritrjanje rezalnih ploščic iz karbidnih trdin na držala iz konstrukcijskega jekla (svedri). V izjemnih primerih se za trdi lot uporablja tudi čisti Cu (za lotanje večjih rezalnih ploščic iz karbidnih trdin).
- **Srebrni lot** uporabljamo v strojništvu le izjemoma (lotanje rezalnih delov iz hitroreznega jekla na držaje iz konstrukcijskega jekla), več pa se uporablja v elektrotehniki (elektroniki in računalništvu) zaradi zelo dobre električne prevodnosti srebra.

## LASTNOSTI IN UPORABA LOTNIH SPOJEV

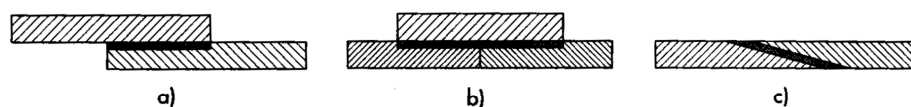
- Lotani spoji morajo biti vedno izvedeni tako, da se v spoju pojavi strižna napetost, natezne napetosti slabo prenašajo (izogibamo se soležnih spojev).
- Trdi loti imajo večjo trdnost (nosilnost) kot mehki, zato se veliko uporabljajo v avtomobilski industriji, splošni strojogradnji, pri zvezah gredi in pest in pri vezavi prirobnic s cevmi. Mehki loti imajo lastnost, da s kapilarnim učinkom zalijejo vse reže, kar izboljša tesnjenje med veznimi deli. Ker je njihova nosilnost manjša kot pri trdih lotih, jih pretežno uporabljamo v finomehaniki in za vezavo delov, med katerimi je zahtevano dobro tesnjenje (cevne zveze).
- Ker je temperatura spajanja pri lotanih spojih sorazmerno nizka, v osnovnem materialu ne pride do deformacij in notranjih napetosti. Zaradi tega teh spojev po spajanju ni potrebno toplotno obdelati (žariti za odstranitev notranjih napetosti), kar zniža ceno izdelka. Tudi površina spajanih delov največkrat ne izgubi videza, kar je ugodno zaradi estetskega videza izdelka.

## OBLIKOVANJE LOTNIH SPOJEV

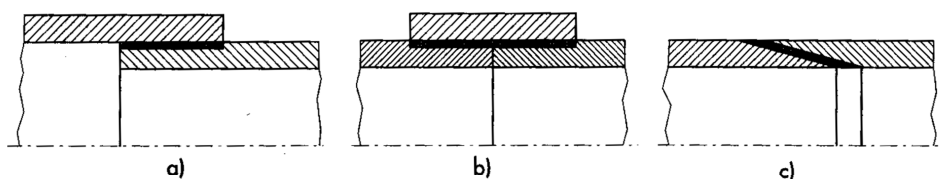
Med deloma, ki ju lotamo, moramo pustiti tolikšno režo, da se tekoči lot zaradi kapilarnosti sam razporedi po površini. Površini, ki ju lotamo, moramo pravilno pripraviti (vzporednost ploskev, čim večja možna površina, odstranitev vlage in maščob).



Slika 9.1: Položaj delov pri lotanju



Slika 9.2: Lotanje pločevin  
a) prekrivni spoj, b) zaplatni spoj, c) poševni spoj



Slika 9.3: Lotanje cevi  
a) prekrivni spoj, b) zaplatni spoj, c) soležni poševni spoj

## PRERAČUN LOTNIH SPOJEV

Lotani spoj mora biti vedno izveden tako, da se v njem pojavijo strižne napetosti. Pri preračunu spoja izhajamo iz predpostavke, da naj lotani spoj prenese enako veliko obremenitev (silo) kot osnovni material.

Sila potrebna za porušitev osnovnega materiala:

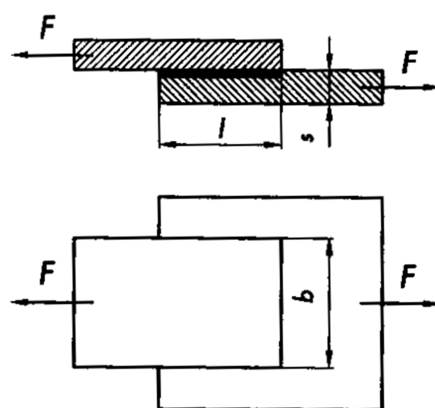
$$F_m = bsR_m$$

Sila potrebna za porušitev lotanega spoja:

$$F_m = bl\tau_m$$

Potrebna dolžino spoja:

$$l = \frac{R_m}{\tau_m} s$$



Ob upoštevanju trdnosti osnovnega materiala (jekla) in povprečni trdnosti mehkega in trdega lota, dobimo približno enačbo:

$$\tau_m = 20 \text{ do } 80 \text{ MPa} \quad \text{za mehki lot,}$$

$$\tau_m = 140 \text{ do } 200 \text{ MPa} \quad \text{za trdi lot;}$$

$$l = (4 \text{ do } 6)s.$$

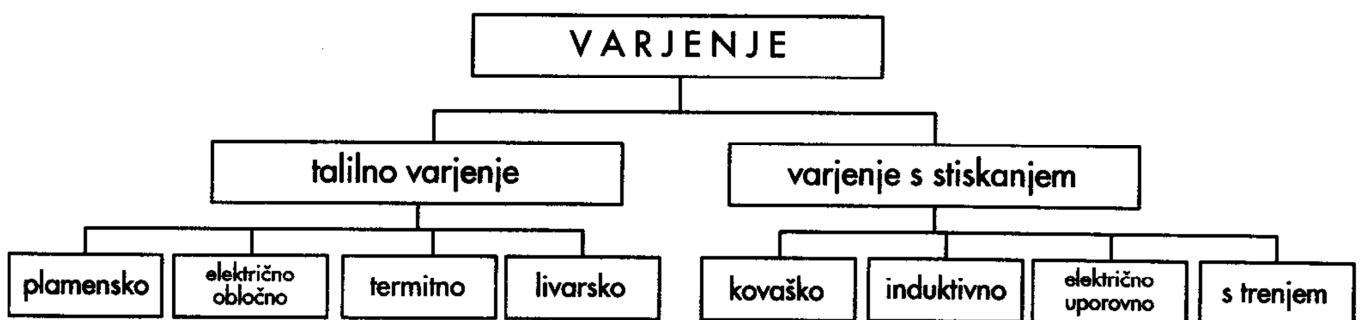
$F_m$  - [N] sila, potrebna za porušitev osnovnega materiala,  
 $F$  - [N] obremenitev spoja,  
 $R_m$  - [MPa] natezna trdnost osnovnega materiala,  
 $\tau_m$  - [MPa] strižna trdnost lota,  
 $s$  - [mm] debelina osnovnega materiala,  
 $l$  - [mm] dolžina spoja,

### 3.1.3 VARJENI SPOJI

#### NAČINI VARJENJA

Varjenje je spajanje gradiv s taljenjem ali mehčanjem na mestu spoja. Spoj nastane z zlitjem ali stiskanjem gradiva. Spoj imenujemo zvarni spoj, element spoja pa zvar. Deli, ki so med seboj zvarjeni, se imenujejo zvarjenci.

- Po namenu varjenje delimo v:
  - 1. Varjenje dveh ali več delov.
  - 2. Navarjanje dodatnega gradiva na osnovno gradivo (popravilo obrabljenih ali poškodovanih strojnih delov). Navarjeni del nato obdelamo na zahtevano mero.
- Postopke varjenja pa razdelimo v dve večji skupini:
  - talilno varjenje,
  - varjenje s stiskanjem



Pogoj za uspešno varjenje (razen posebnih postopkov varjenja) je, da so varjenci iz enakih ali sorodnih materialov.

Kakovostni zvar je trden, tesen in odporen proti koroziji. Varjene konstrukcije lahko izdelamo hitro in enostavno, napake, ki nastanejo med varjenjem, lahko sproti ugotovljamo in popravljamo. Teže varjenih konstrukcij so občutno manjše v primerjavi s kovičenimi konstrukcijami.

## LASTNOSTI ZVARJENIH ZVAROV

Varilni postopki se uporabljajo za izdelavo strojnih delov in konstrukcij v splošni strojogradnji, gradbeništvu, avtomobilski industriji, ladjedelstvu itd. Z varjenjem lahko izdelamo nove dele ali pa popravljamo poškodovane (prelomljene ali preveč obrabljene).

Zvarjeni strojni deli imajo predvsem naslednje prednosti:

- oblikovanje je primernejše in enostavnejše glede na obremenitev,
- manjša teža kot pri enako oblikovanih ulitkih in pri kovičenih delih,
- dobra zaščita proti koroziji,
- gospodarnost pri manjšem številu izdelkov,
- minimalni izmet in velika možnost popravil.

Zvarjeni deli pa imajo tudi naslednje pomanjkljivosti:

- možnost spajanja samo enakih ali sorodnih materialov (razen posebnih postopkov varjenja, ki pa so zelo dragi),
- pojav notranjih napetosti zaradi neenakomernega segrevanja in ohlajanja,
- deformacije varjencev zaradi neenakomernega raztezanja in krčenja,
- majhno dušenje vibracij in zvoka.

Varivost materiala:

Varivost je tehnološka lastnost materiala in je sposobnost materialov, da se dajo variti. Zelo dobro se varijo **osnovna in kakovostna jekla** (konstrukcijska jekla), če vsebujejo manj kot 0,25 % ogljika. Z naraščanjem deleža ogljika se njihova varivost zmanjšuje. Prisotnost žvepla (S) in fosforja (P) v jeklu občutno poslabša njegovo varivost. Legirni elementi (Cr, Ni, Mo, V in W) tudi zmanjšujejo varivost jekla.

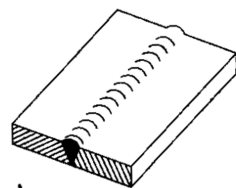
- **Visoko legirana jekla**, ki vsebujejo več kot 10 % legirnih elementov, lahko varimo le s posebnimi varilnimi postopki.
- **Jeklena litina** ima podobno varivost kot sorodna jekla. Dobro je variva jeklena litina GE200 in GE260, preostale le ob določenih tehnoloških ukrepih.
- **Sivo litino** lahko varimo hladno brez predgrevanja s postopki električnega obločnega varjenja in zware takoj po varjenju pokujemo. Pri toplem varjenju pa moramo varjence segreti na temperaturo 600—650 °C in jih

po varjenju zelo pocasi ohlajati. Varimo jo lahko tudi plamensko.

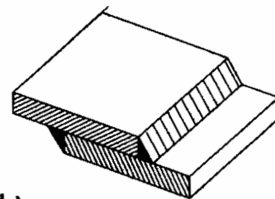
- Neželezna gradiva, kot so baker, aluminij in magnezij ter njihove zlitine (broni, medi, Al- in Mg-zlitine), se dobro varijo, razen nekatere, ki jih lahko varimo samo s posebnimi varilnimi postopki.
- Umetne snovi razdelimo v tri skupine: plastomere, elastomere in duromere.
  - Plastomeri (polivinilklorid — PVC, polietilen — PE, poliamid — PA itd.) se pri segrevanju omehčajo, in če dva zmešana dela močno stisnemo, se zvarita. Varimo jih lahko z vročim zrakom, z vročim orodjem, s trenjem, z visokofrekvenčno energijo in z ultrazvokom.
  - Elastomeri so vrste plastičnih gum (naravna guma — NR, poliuretanska guma — PUR, silikonska guma — SI itd.). Polizdelke in izdelke iz elastomerov lahko med seboj vulkaniziramo ali lepimo, variti pa se ne dajo.
  - Duromeri (fenolna smola — PF, melaminska smola — MF, poliestrska smola — UE epoksidna smola — EP itd.) se med segrevanjem ne omehčajo in pri dovolj visoki temperaturi začnejo razpadati. Težko se topijo in se ne dajo variti

## OSNOVNE OBLIKE ZVRARJENIH SPOJEV

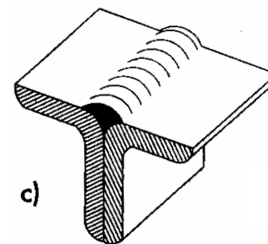
soležni spoj:



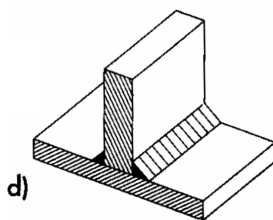
prekrovni spoj



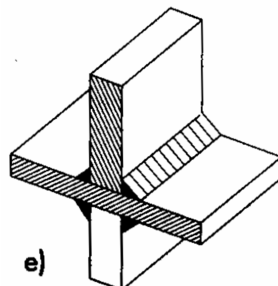
skladovni spoj



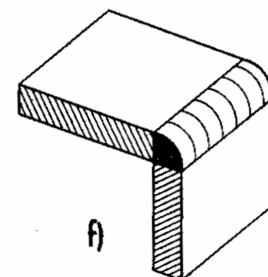
T-spoj



dvojni T-spoj ali križni spoj

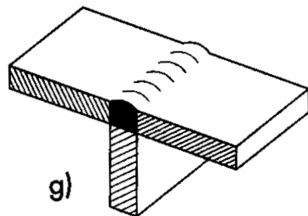


poševni spoj

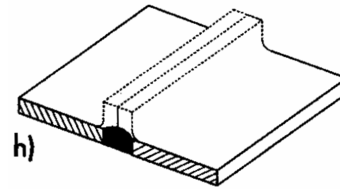




vogelni (kotni) spoj



več delni spoj



## VRSTE ZVAROV

Zvar dobi ime po obliki prereza, po legi glede na smer delovanja sile ali po legi, v kateri nastane.

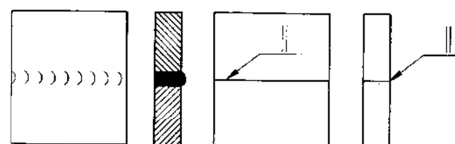
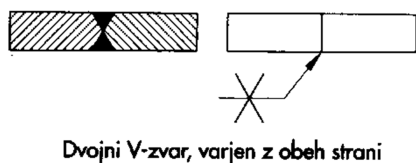
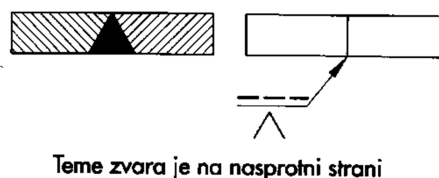
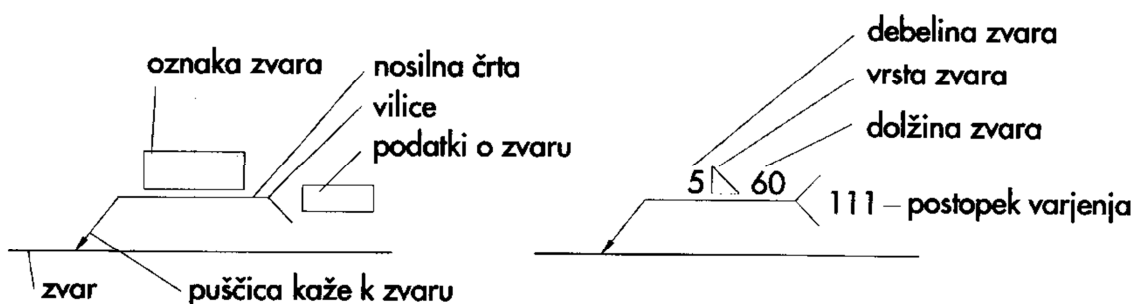
Ime zvara	Prerez, oblika zvara	Simbol	Ime zvara	Prerez, oblika zvara	Simbol
zvar I			zvar s privihom		
zvar V		V			
polovični zvar V		V	kotni zvar		
zvar Y		Y			
polovični zvar Y		Y	zvar na oko		
zvar U		U			
polovični zvar U		U	točkovni zvar		
zvar X		X			
korenski zvarek		∪	kolutni zvar		

## VRSTE ZVAROV

- Glede na smer obremenitve — sile razlikujemo:
  - prečne zware (pravokotne na smer delovanja sile),
  - vzdolžne zware (ležijo v smeri delovanja sile).
- Če upoštevamo lego, v kateri je zvar nastal, pa ločimo:
  - vodoravne (horizontalne) zware,
  - navpične (vertikalne) zware,
  - poševne zware,
  - nadglavne zware.

## RISANJE IN OZNAČEVANJE ZVAROV

Delavniška risba konstrukcije, izdelane z varjenjem, mora vsebovati vse potrebne podatke za pravilno izvedbo zvarjenih spojev. Zvare redko rišemo v popolnem prikazu, večinoma jih prikazujemo poenostavljeno. Za poenostavljeno prikazovanje zvarov na risbah uporabljamo predpisane oznake, ki podajajo obliko, pripravo in izvedbo zvara.



Risanje I-zvara s popolno in poenostavljeno risbo

### 3.1.4 KOVIČENE ZVEZE

#### UPORABA

- Kovičene zveze uporabljamo zlasti za vezavo gradiv, ki jih med seboj ne moremo variti in lotati, pri lepljenju pa tudi ne dosegamo zadovoljivih rezultatov. To so zveze kovinskih in nekovinskih materialov (jeklo — les, jeklo — steklo, siva litina — guma itd.) ali zveze kovinskih materialov z zelo različnimi lastnostmi (jeklo — baker, siva litina — kositer itd).
- Kovičene zveze uporabljamo predvsem za vezavo delov iz lahkih kovin in njihovih zlitin (Al in Mg zlitine) manjših in srednjih debelin. Uporabljamo pa jih tudi za jeklene konstrukcije (žerjavne, strešne, mostovne in druge konstrukcije) in za pritrjevanje nekovinskih delov na kovinsko podlago (torne in zavorne obloge, drsne ploskve, kovinska in usnjena galanterija, pasarstvo itd.). Včasih so jih veliko uporabljali tudi za gradnjo posod pod tlakom (parni kotli), v ladjedelstvu in letalstvu.

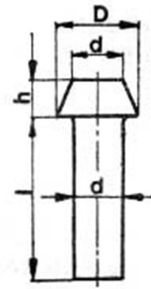
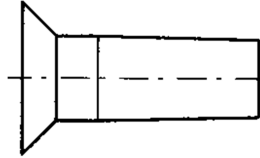
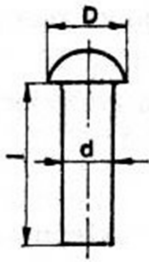
#### VRSTE KOVIC

Po namenu uporabe lahko kovice razdelimo na:

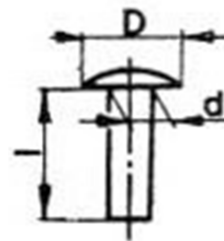
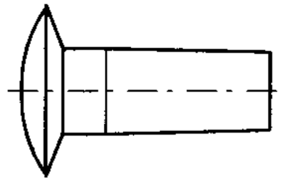
- konstrukcijske kovice,
- kovice za kode in tlačne posode,
- ladjedelske kovice,
- galanterijske kovice,
- kleparske kovice,
- jermenske kovice,
- posebne kovice.

Po obliki glave pa razlikujemo naslednje vrste kovic:

- kovica s polkroglo glavo,
- kovica z ugrezno glavo,
- kovica s trapezno glavo,
- kovica z lečasto glavo,
- kovica s ploščato glavo



- kovica s polokroglo glavo,
- kovica z ugrezno glavo,
- kovica s trapezno glavo,

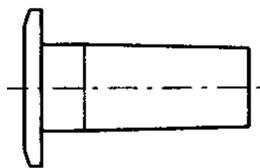


- kovica z lečasto glavo,

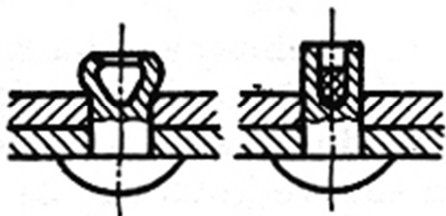
- kovica s ploščato glavo.

Za pritrjevanje delov iz umetnih mas, usnja, tekstila, gume, sintranih materialov itd. na kovinsko podlago uporabljamo kovice posebnih oblik in sicer:

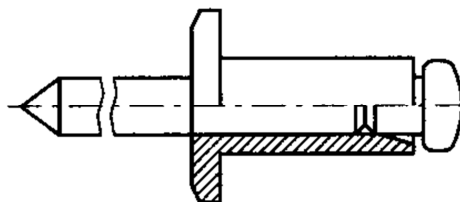
- kovice za obloge zavor in sklopk,
- drobne kovice,
- eksplozijske kovice,
- kovice za slepo zakovanje



- kovice za obloge zavor in sklopk,



- eksplozijske kovice,



- kovice za slepo zakovanje,

## MATERIALI KOVIC

Materiale za kovice predpisujeta standard SIST EN in standard DIN 17111. Material kovic izbiramo glede na material elementov, ki jih vežemo. Največ uporabljamo kovice iz nelegiranih jekel z minimalno trdnostjo 320 do 420 MPa, redkeje pa jekla s trdnostjo 440 do 520 MPa. Ta jekla imajo po standardu SIST EN oznake C11G1, C14G2, po standardu DIN pa USt 36 in RSt 38. Poleg jeklenih kovic uporabljamo tudi kovice iz bakra in bakrovih zlitin ter aluminija in aluminijevih zlitin npr. CuZn 37, Al 99,5 itd.

## OZNAČEVANJE KOVIC

Za kovice ne rišemo delavniških risb. V kosovnicah sestavnih risb jih označimo, kot to določa standard. Standardna oznaka kovice pa izgleda takole:

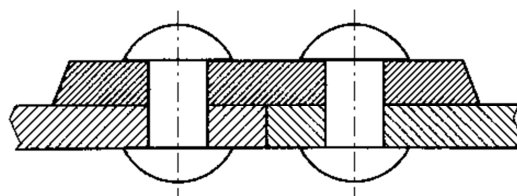
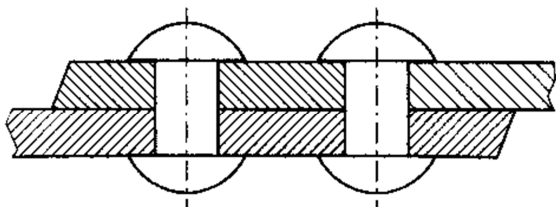
kovica dxl standard.

Primer: *kovica 10x32 DIN 660.*

## VRSTE KOVIČNIH ZVEZ

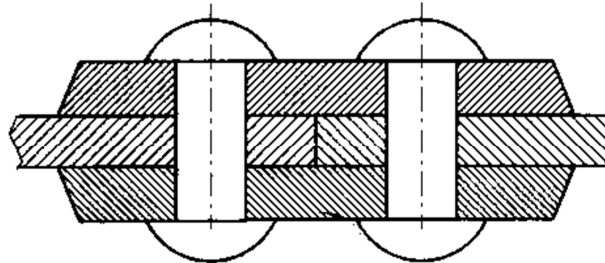
1) Po legi pločevin v spoju razlikujemo:

- prekriti (prekrovni) zakov,
- zaplatni zakov.



prekrovnii zakov

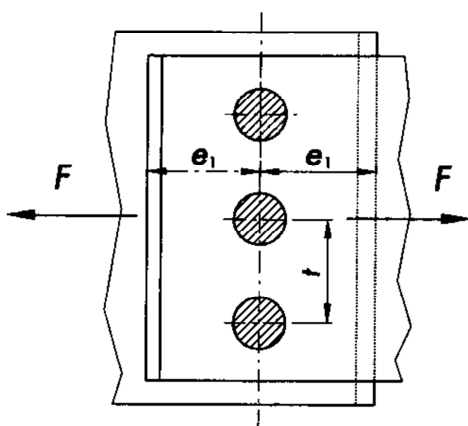
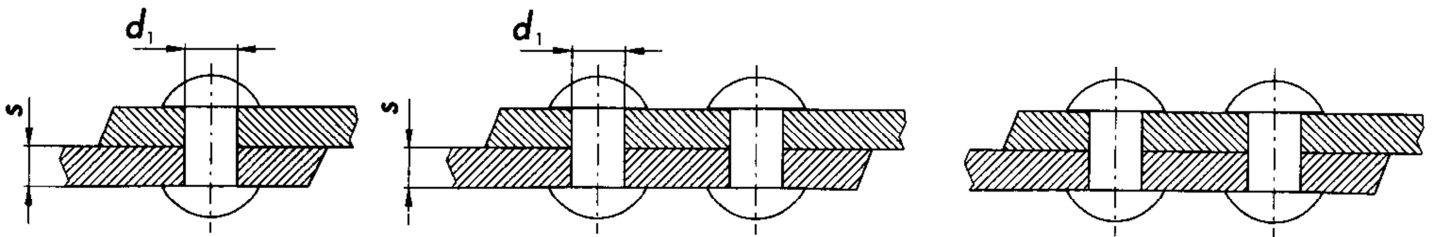
zaplatni zakov z eno zaplato



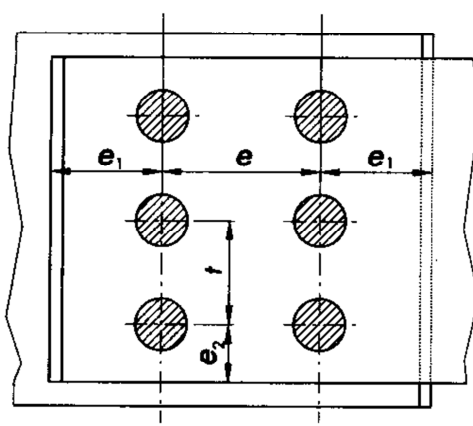
zaplatni zakov z dvema zaplatama

2) Po številu vrst (redov), v katere so kovice razporejene:

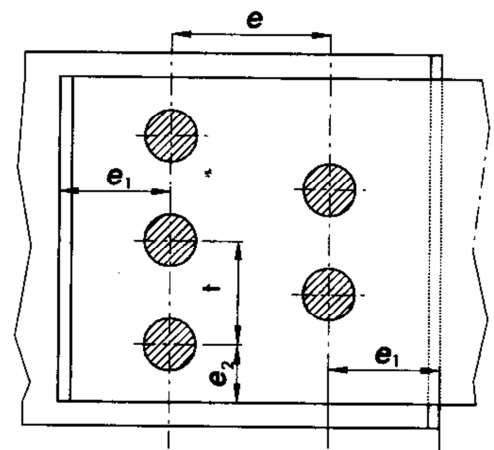
- enoredni zakov
- dvoredni zakov
- tri- štiri- in večredni zakov.



enoredni,



dvoredni vzporedni,



dvoredni izmenični zakov

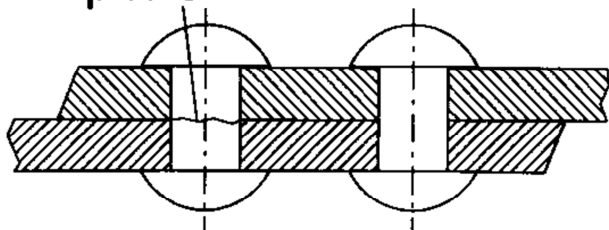
3) Po položaju kovic v vrstah razlikujemo:

- vzporedni zakov,
- izmenični zakov.

4) Po številu strižnih ploskev razlikujemo:

- enostrižni zakov,
- dvostrižni zakov,
- večstrižni zakov.

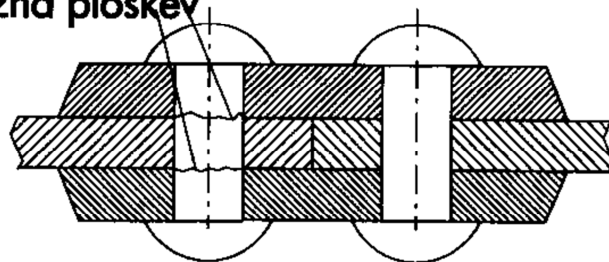
strižna ploskev



enostrižni,

strižna ploskev

strižna ploskev



dvostrižni zakov

5) Po namenu zakovanih zvez razlikujemo:

- konstrukcijski zakov,
- tesnilni zakov.

6) Po kraju izdelave razlikujemo:

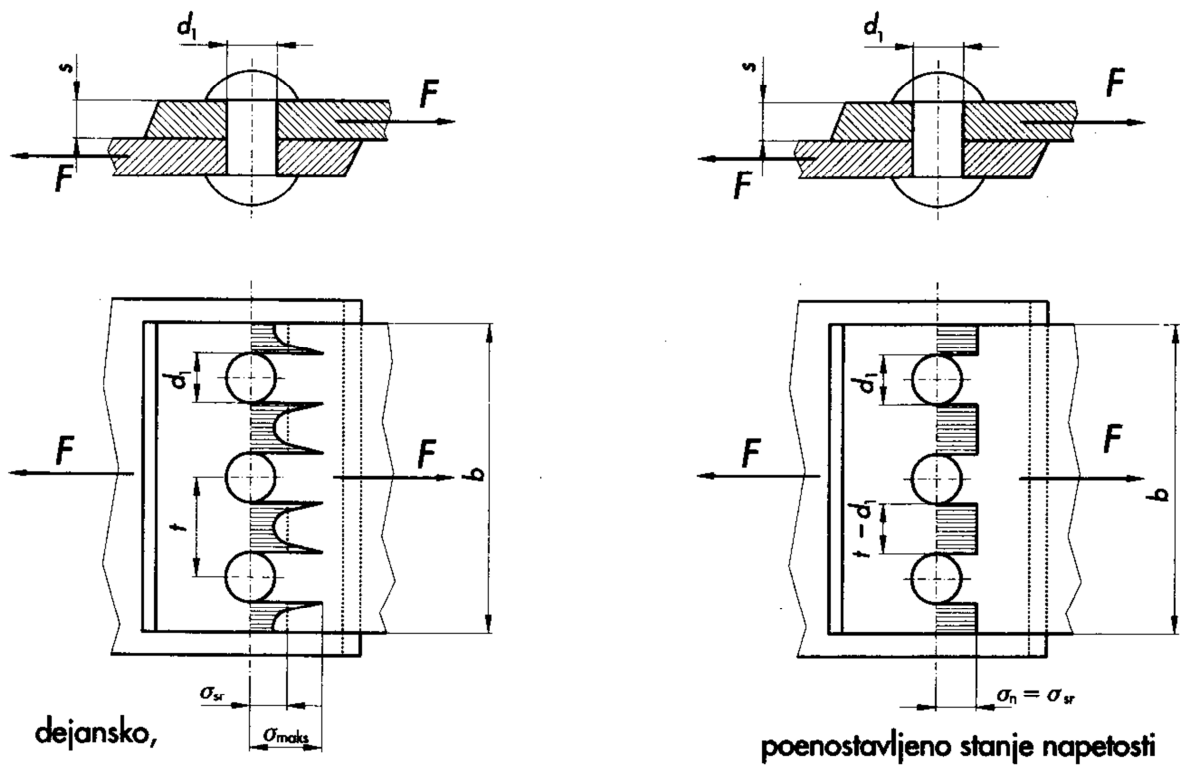
- delavniški zakov,
- montažni zakov.

## PRERAČUN KOVIČENIH ZVEZ

Pri enakomerni porazdelitvi obremenitve na vse kovice prevzame vsaka kovica del obremenitve:

$$F_1 = \frac{F}{n}$$

Do porušitve pločevine pride v oslabiljenem prerezu:



Izračun napetosti v oslavljenem prerezu:

$$\sigma_n = \frac{F}{s(b - n_1 d_1)} \leq \sigma_{dop}$$

$F_1$  [N] - obremenitev vsake kovice v zvezi,

$F$  [N] - obremenitev kovičene zveze,

$n$  - število kovic v zvezi,

$\sigma_n$  [MPa] - natezna napetost v osnovnem materialu (pločevini),

$\sigma_{dop}$  [MPa] - dopustna napetost osnovnega materiala (pločevine),

$s$  [mm] - debelino pločevine,

$b$  [mm] - širina pločevine,

$n_1$  - število kovic v vrsti v obravnavanem prerezu,

$d_1$  [mm] - premer zakovane kovice.

**Do porušitve kovičene zveze lahko pride tudi zaradi prevelike strižne napetosti ali prevelikega površinskega tlaka med stblom kovice in pločevino.**



Zakov preračunamo po naslednjem vrstnem redu:

1. določitev mer surove in zakovane kovice,
2. oblikovanje zakova,
3. kontrola kovic na strig (določitev števila kovic),
4. kontrola površinskega tlaka med kovicami in pločevino,
5. kontrola napetosti v oslABLjenem prerezu pločevine

Mere surove kovice določimo z izkustvenima enačbama:

$$d = \sqrt{50s_{\min}} - 2 \text{ mm}$$

$$l = \sum s + (1,2 \text{ do } 1,9)d$$

$d$  [mm] - premer stebra surove kovice,  
 $s_{\min}$  [mm] - debelina najtanjše pločevine v zakovu,  
 $\Sigma s$  [mm] - skupna debelina vseh pločevin,  
 $l$  [mm] - dolžina stebra surove kovice.

Premer zakovičene kovice:

$$d_1 = d + 1 \text{ mm}$$

Kontrola kovic na strig:

$$\tau_s = \frac{F}{A_1 \cdot m \cdot n} \leq \tau_{sdop} \quad A_1 = \frac{\pi d_1^2}{4}$$

$\tau_s$  [MPa] - strižna napetost v kovici,  
 $\tau_{sdop}$  [MPa] - dopustna strižna napetost materiala kovic,  
 $m$  - število strižnih ploskev,  
 $n$  - število kovic v zakovu,  
 $A_1$  [mm<sup>2</sup>] - prerez zakovane kovice,  
 $d_1$  [mm] - premer zakovičene kovice.

Izračun potrebnega števila kovic glede na strig:

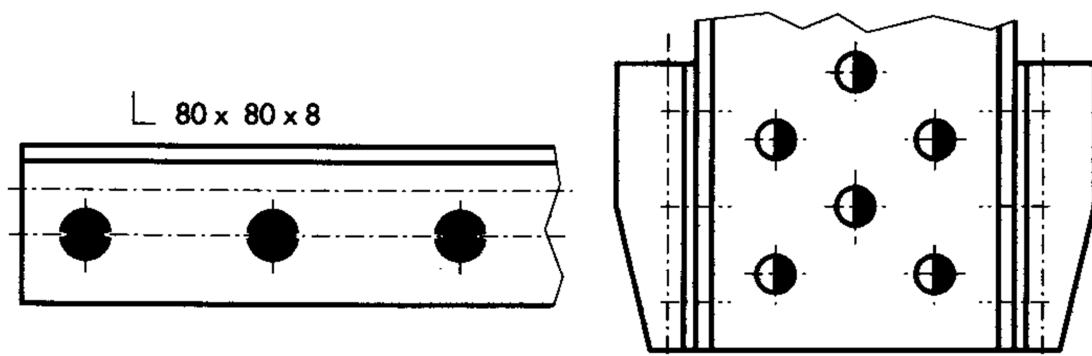
$$n \geq \frac{F}{A_1 \cdot m \cdot \tau_{sdop}}$$

Kontrola površinskega tlaka in potrebno število kovic v odvisnosti od tlaka:

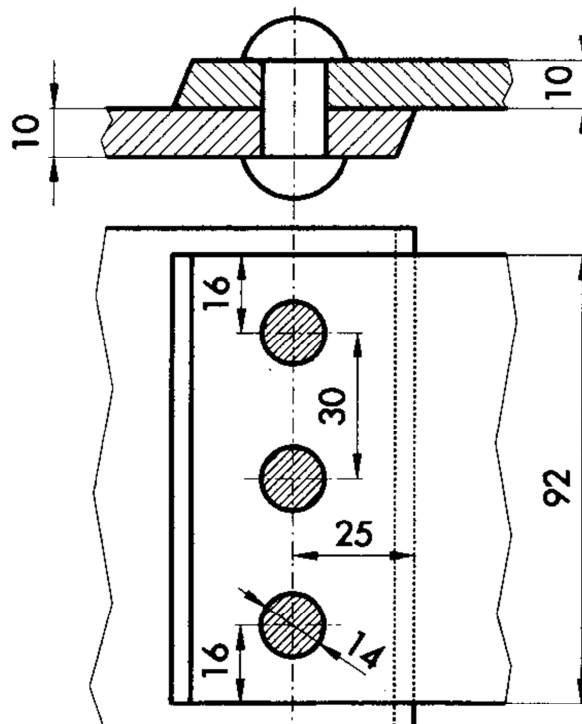
$$p = \frac{F}{d_1 \cdot s \cdot n} \leq p_{\text{dop}}$$

$p$  [MPa] - površinski tlak med kovico in pločevino,  
 $p_{\text{dop}}$  [MPa] - dopustni površinski tlak med kovico in pločevino,  
 $s$  [mm] - debelina najtanjšega dela (pločevine) v zakovu,  
 $n$  - število kovic v zakovu,

### RISANJE KOVIČNIH ZVEZ



### Prikazovanje kovic na konstrukcijah s simboli



### Risanje kovic na zakovičenih zaprtih posodah