



## Zvárané spoje

### Úvod do problematiky zvárania

Zváranie je spájanie kovových súčiastok do nerozoberateľného celku pri pôsobení tepla, tlaku alebo tepla a tlaku. Takto vzniknutý nerozoberateľný celok sa nazýva zvarok (zvarenec), resp. zváraná konštrukcia.

Podľa prierezu zvaru, podľa polohy zváraných súčiastok a podľa úpravy zvarovaných častí v mieste zvárania rozdeľujú sa zvary na: lemové, tupé (*I, V, 1/2V, U..*), kútové, dierové a žliabkové. V *tab.* sú uvedené niektoré druhy najčastejšie používaných zvarov a základné značky, ktorými sa tieto zvary na výkresoch označujú.

Tab. Základné značky zvarov

Názov zvaru	Zobrazenie	Značka	Názov zvaru	Zobrazenie	Značka
Lemový zvar *			Lemový zvar **		
V zvar			1/2V zvar		
Dvojstranný V zvar			Dvojstranný 1/2V zvar		
I zvar			Y zvar		
U zvar			Dvojstranný Y zvar		
Dvojstranný U zvar			V zvar ***		
Kútový zvar			Dierový zvar		
Bodový zvar			Švový zvar		

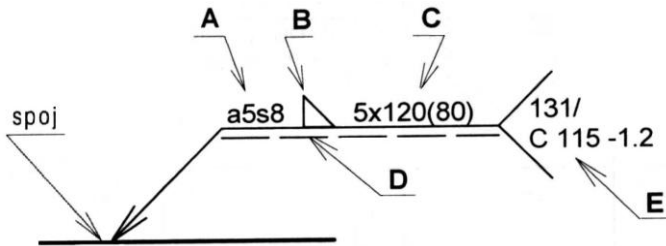
\* - Lemový zvar s úplne roztavenými lemmi

\*\* - Lemový zvar s neúplne roztavenými lemmi

\*\*\* - V zvar so strmými zvarovými plochami



Zvary sa na výkresoch nevykresľujú, ale sa označujú značkami umiestnenými na odkazových čiarach spolu s ostatnými údajmi potrebnými na úplné predpísanie zvaru *obr.*. Označovanie je podrobne vysvetlené v *STN EN 22553 (01 3155)*: (*Zvárané a spájkované spoje. Označovanie na výkresoch.*).



*Obr.* Umiestnenie údajov o zvaru na odkazovej čiare:

- A – miesto určené na uvedenie charakteristického rozmeru zvaru,
- B – miesto na umiestnenie značiek zvaru,
- C – miesto na zápis dĺžkových rozmerov zvaru,
- D – čiarkovaná čiara zástavky určujúca polohu zvaru,
- E – vidlica odkazovej čiary na zápis ostatných údajov o zváraní

Pre úplné označenie zvaru treba správne použiť základné a doplňujúce značky. *Základné značky* predpisujú daný typ zvaru. *Doplňujúce značky* predpisujú tvar vonkajšieho povrchu zvaru *tab.* Ak sa tvar vonkajšieho povrchu zvaru nepredpisuje, doplňujúca značka sa neuvádza.

*Tab.* Doplňujúce značky zvarov

Tvar zvaru alebo jeho povrchu	Značka	Tvar zvaru alebo jeho povrchu	Značka
plochý	—	obrobené prechody zvaru	∩
Prevýšený	⌒	privarená podložka	M
preliačený	⌒	odstrániteľná podložka	MR

Zvary možno predpísať rozmermi, ktoré určujú priečny prierez zvaru. Tieto sa umiestňujú pred základnou značkou zvaru. Rozmery, ktoré určujú pozdĺžne rozmery zvaru, sa zapisujú za základnou značkou zvaru.

Rozmery priečného rozmeru zvaru sú definované charakteristickým rozmerom zvaru. Pre tupé a lemové zvary je charakteristickým rozmerom zvaru vzdialenosť  $s$  od povrchu súčiastok zvaru po dno závaru, ktorá nemôže byť väčšia ako je hrúbka tenšieho prvku. Tupé zvary, pri ktorých nie je uvedený charakteristický rozmer zvaru, sú prevarené po celej hrúbke zvaru.

Pre kútové zvary môže byť charakteristickým rozmerom zvaru výška najväčšieho rovnoramenného trojuholníka vpísaného do prierezu zvaru  $a$  alebo odvesna trojuholníka  $z$ , pričom platí  $z = a \cdot \sqrt{2}$ . Preto je potrebné pred číselnú hodnotu charakteristického rozmeru



Konštruovanie strojov a strojových súčiastok

Blok č: 9

Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.

kútového zvaru napísať vždy aj označenie  $a$ , resp.  $z$ . U kútových zvarov možno ako ďalší rozmer zvaru určiť hĺbku prievaru  $s$ .

Pre bodové zvary je charakteristickým rozmerom priemer zvarovacej šošovky  $d$  a pri švových zvaroch šírka zvaru  $c$ .

Za značkou zvaru sa podľa potreby uvádzajú pozdĺžne rozmery zvaru, ktorými sú napríklad *dĺžka zvaru*, *počet zvarov*, *dĺžka prerušení pri prerušovanom zvare* alebo *rozstup zvarov* (napr. u bodových zvarov).

Za dĺžku zvaru sa považuje „čistá“ dĺžka zvaru, t. j. dĺžka bez koncových kráterov. Ak za značkou zvaru nie je uvedený rozmer, znamená to, že zvar je vyhotovený po celej dĺžke súčiastky zvarku.

Tab. Príklady predpisu charakteristických rozmerov zvarov

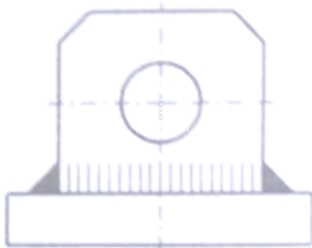
Názov zvaru	Zobrazenie	Označenie	Príklad predpisu na výkrese
Vzvar			pre $s = 8$ 
Yzvar			pre $s = 6$ 
Uzvar			pre $s = 20$ 
I			pre $s = 3$ 
Bodový zvar			pre $d = 5$ 
Švový zvar			pre $c = 6$ 
Kútový zvar			pre $a = 4$ pre $z = 5$ 



**Príklady dobrej praxe**

Na nasledujúcich obrázkoch je uvedených niekoľko riešení zvarových spojov. Samotné usporiadanie zvaru má veľký význam na jeho výslednú funkčnosť. Pre vytváraní zváraných konštrukcií je potrebné dodržiavať základné zásady.

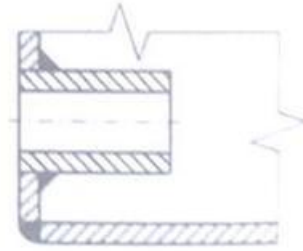
1. Miesto pre vytvorenie zvaru musí byť dobre dostupné.



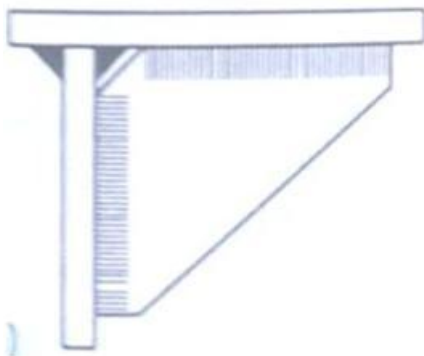
Vhodné riešenie



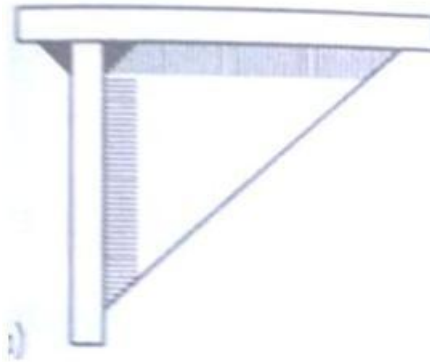
Nevhodné riešenie



2. Zvary sa nesmú križovať a smerovať do jedného miesta.



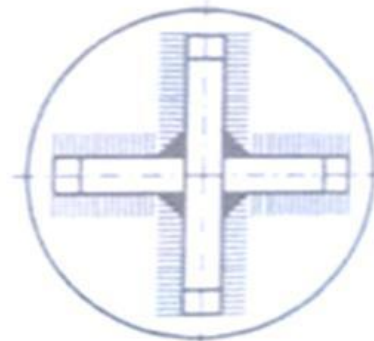
Vhodné riešenie



Nevhodné riešenie



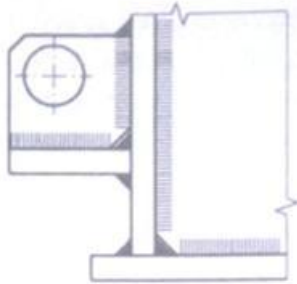
Vhodné riešenie



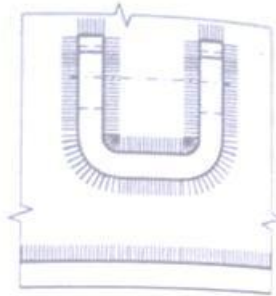
Nevhodné riešenie



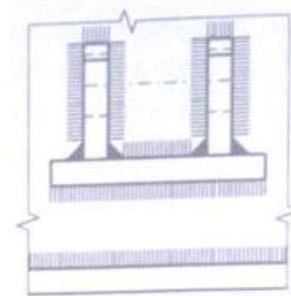
3. Počet zvarov, ich dĺžka a hrúbka má byť čo najmenšia, používame také riešenia aby sme mali čo najmenší počet zváraných častí.



Požadovaný tvar

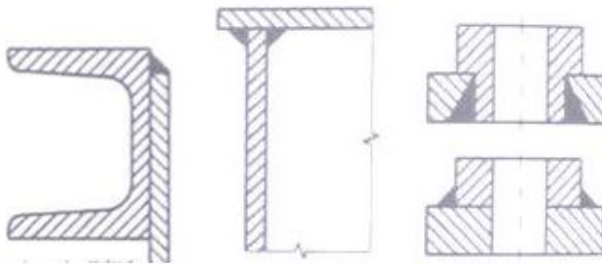


Vhodné riešenie

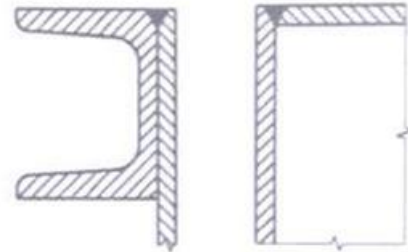


Nevhodné riešenie

4. Obmedziť opracovanie hrán spájaných materiálov.

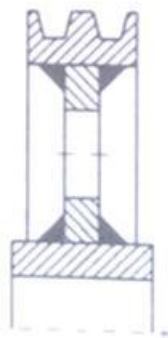


Vhodné riešenie

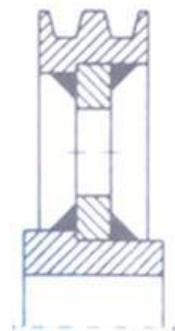


Nevhodné riešenie

5. Obmedziť osadení pre zabezpečenie stredenia spájaných častí – viac využívať ustavovacích prípravkov.



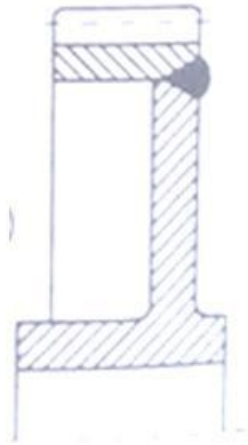
Vhodné riešenie



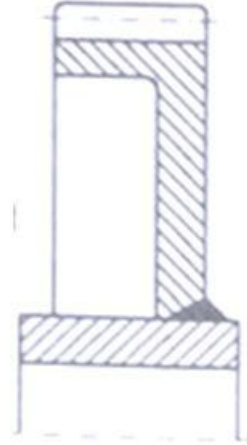
Nevhodné riešenie



6. Umiestniť zvary v mieste menšieho namáhania.



Vhodné riešenie

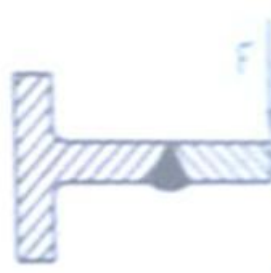


Nevhodné riešenie

7. Koreň zvaru sa nesmie nachádzať v mieste namáhanom na ťah.



Vhodné riešenie



Nevhodné riešenie

**Výpočet zvarov**

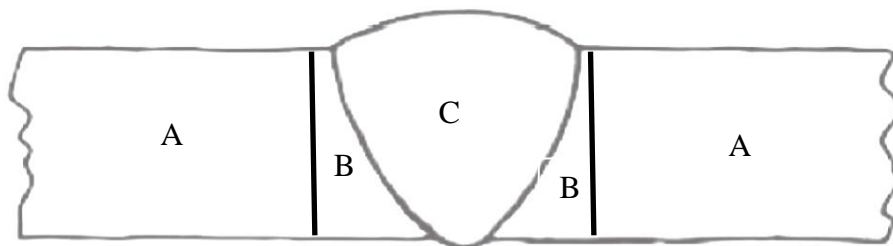
Pri zváraní sa používa teplo, ktoré spôsobuje v blízkosti zvaru metalurgické zmeny v základnom kove. Zvar môže byť tiež príčinou vzniku zvyškových napätí z dôvodu upnutia alebo niekedy z dôvodu technológie zvárania. Zvyčajne tieto zvyškové napätia sú dostatočne silné na to, aby vyvolali poruchu. Na odstránenie zvyškových napätí sa používajú tepelné úpravy zváraných súčiastok v podobe ich žihania. Ak sú diely, ktoré sa majú zvärať veľkých rozmerov, vhodné je použitie predohrevu.

Pri spájaní materiálov zváraním dostaneme tri základné oblasti obr.

Oblasť A – zváraný (základný) materiál

Oblasť B – ovplyvnená oblasť základného materiálu

Oblasť C – materiál zvaru





### Konštruovanie strojov a strojových súčiastok

Blok č: 9

Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.

Každá z uvedených oblastí má odlišné mechanické vlastnosti ktoré sú závislé na vlastnostiach základného materiálu, druhu elektródy, spôsobe zvárania a pod. Taktiež štruktúra a zloženie materiálu zvaru je odlišná od zváraných materiálov. Je nevyhnutné aby materiál zvaru bol vyššej pevnosti s vyššou čistotou, lebo zvar je vytvorený liatím tohto materiálu.

V roztavenej oblasti zváraných materiálov pochádza k zmiešaniu základného materiálu s materiálom zvaru, ktorý po vychladnutí má vlastnosti kaleného materiálu s martenzitickou štruktúrou a výrazne zvýšenou tvrdosťou na úkor húževnatosti. Ďalej od miesta zvaru vznikajú hrubé zrná a miesta so zníženou húževnatosťou spôsobeniu starnutím materiálu od vysokej teploty. Pri ochladzovaní spájaných materiálov môžu vznikať mikrotrhliny na hranici zŕn, trhliny v neprevarených oblastiach koreňa zvaru a trhliny v ostrých tvaroch zvarových húseníc. Okrem uvedených trhlín je dôsledkom nehomogenity materiálu predpoklad vzniku dutín, pórov a inklúzií.

Za statické zaťaženie zvaru sa považuje zaťažovací stav s počtom cyklov zaťaženia menej ako  $N \leq 5 \cdot 10^3$  cyklov. Nad túto hodnotu budeme zvar považovať za dynamicky zaťažený a pre jeho výpočet treba použiť postup kontroly zvaru na únavu. Podľa STN sa obmedzuje dĺžka zvarov nasledovne:  $l_{wmin} = 4 \cdot z$  a  $l_{wmax} = 50 \cdot z$ .

Porucha zvarenca nikdy nenastane vo zvare, ale v jeho blízkosti, ale i napriek tomu sa pri navrhovaní zvarov a ich kontrole vychádza z podmienky porušenia v mieste zvaru. Pri určení dovoleného namáhania zvaru oblasť B a C sa vychádza z dovoleného namáhania základného kovu oblasť A s použitím korekčných súčiniteľov zvaru.

#### Korekčné súčinitele

Tupý zvar:

Zaťaženie ohybom – 0,9

Zaťaženie ťahom – 0,85

Zaťaženie tlakom – 1

Zaťaženie šmykom – 0,7

Kútový zvar:

Zaťaženie šmykom čelným – 0,75

Zaťaženie šmykom bočným – 0,65

Veľmi dôležitou vlastnosťou spojovaných materiálov je ich zvariteľnosť. Veľmi dobre sa zvárajú nízko uhlíkové ocele do obsahu uhlíka  $C=0,2\%$ . Vplyv ostatných prvkov v oceli na jej zvariteľnosť je možné vyjadriť uhlíkovým ekvivalentom „ $C_e$ “ nasledovne:

$$C_e^2 = C + \frac{P}{2} + \frac{Mo}{4} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mn}{6} + \frac{Cu}{13} + \frac{Ni}{15}$$

Vo všeobecnosti platí:

Ak  $C_e \leq 0,4\%$  zvariteľnosť je dobrá

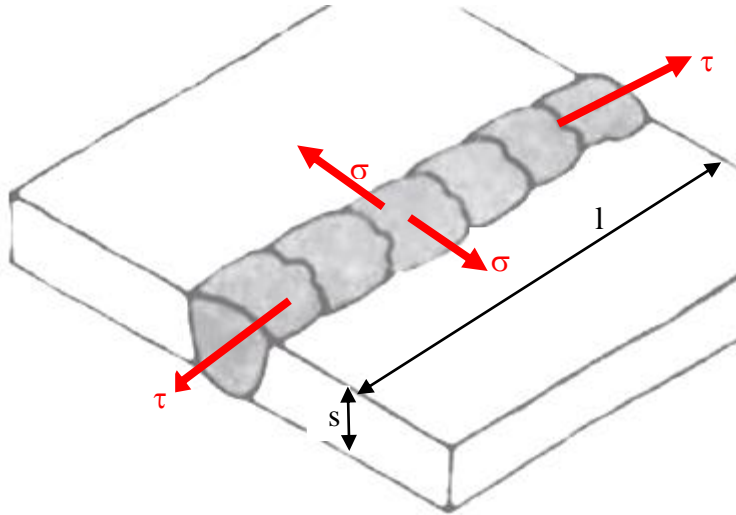
Ak  $C_e \leq 0,6\%$  zvariteľnosť je podmienená

Ak  $C_e > 0,6\%$  zvariteľnosť je obtiažná, nezaručená



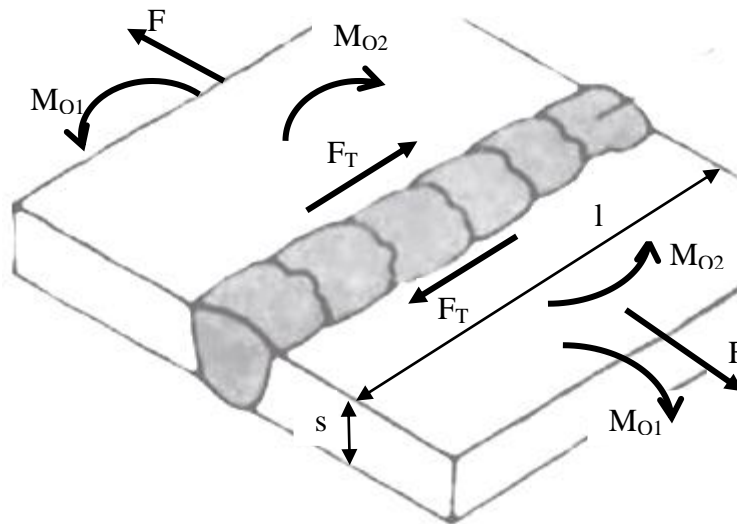
*Tupé zvary*

Stanovenie napätí v tupom zvare zaťaženom statickým zaťažením je obdobné ako pri určení napätí základného material.



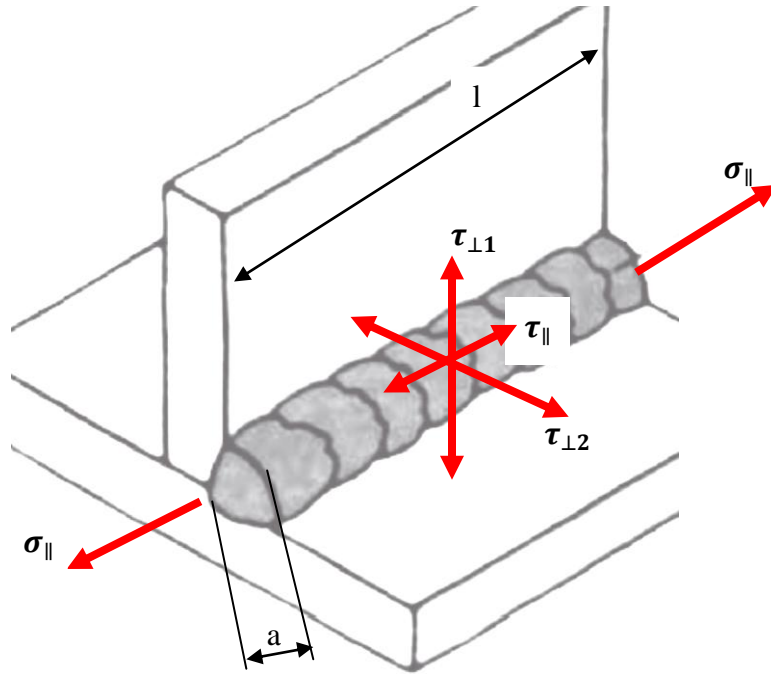
Plocha tupého zvaru







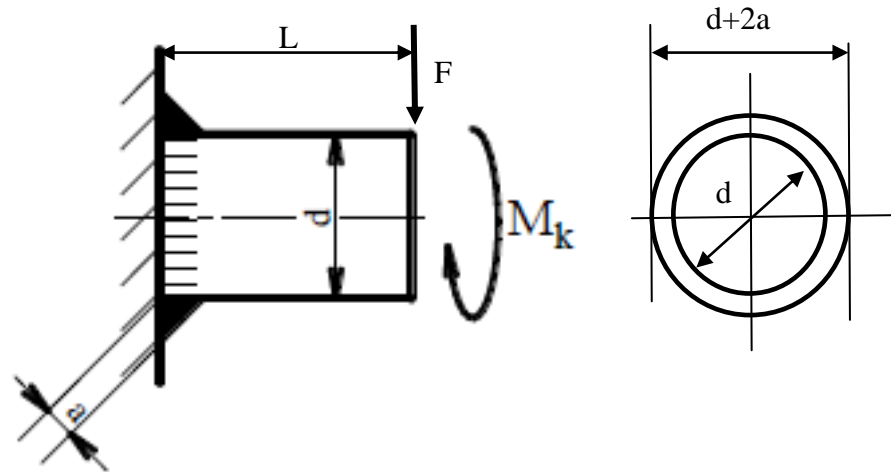
*Kútový zvar*





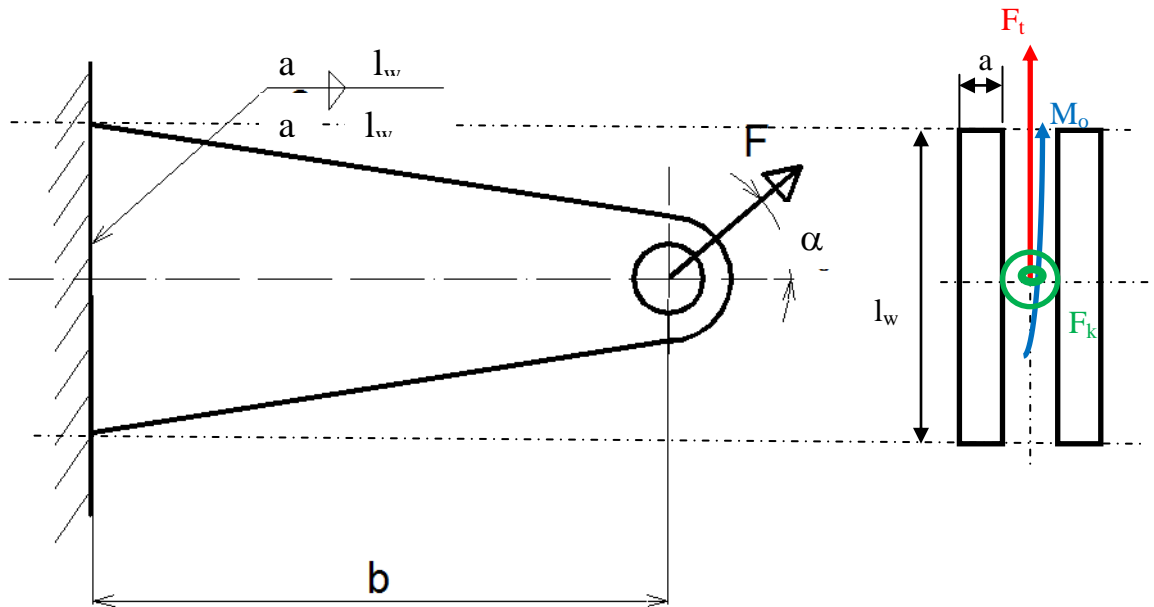
Praktická analýza rôznych typov kutových zvarov

Analýza č.1





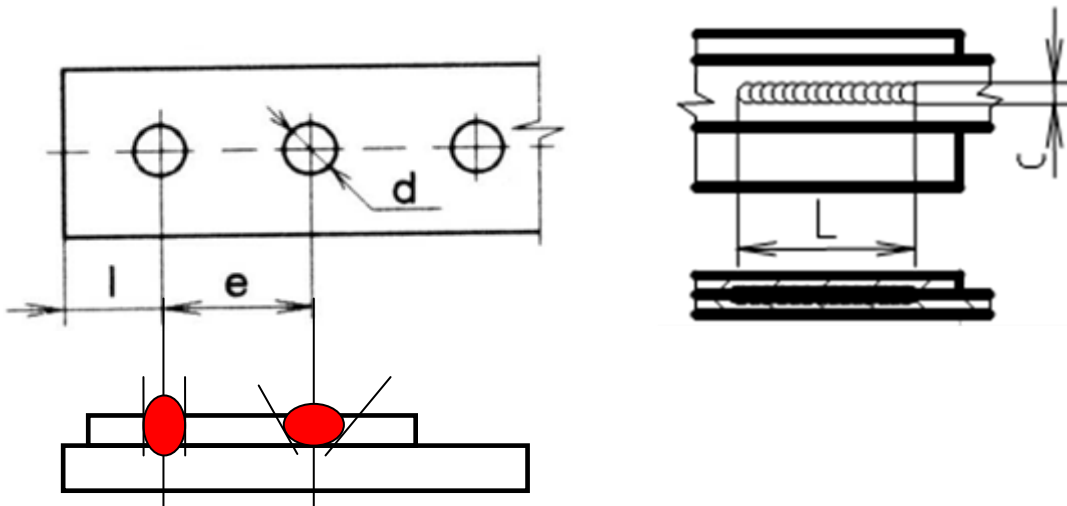
Analýza č.2





### Dierové a žliabkové zvary

Použitie dierových a žliabkových zvarov je predovšetkým pri spájaní tenkých materiálov. Pri použití tohoto spôsobu sa zvar vytvára na stenách otvorov a to kolmo alebo šikmo k spájanému materiálu. Odporúča sa aby priemer diery bol  $d > 4 \cdot s$  a šírka žliabku  $b > 2 \cdot s$ , kde  $s$  – je hrúbka spájaného materiálu.



Dierový zvar: kolmý      šikmý

V prípade šikmých dierových zvarov odporúčané zošikmenie od  $45^\circ$  do  $55^\circ$ .

V dierovom a žliabkovom zvare bude vždy vznikat' šmykové napätie  $\tau$ . Za plochu zvarou je možné považovať plochu vytvorenú na základnej, alebo obvodovej ploche.

Dierový zvar:

Základná plocha:  $S_{Dzak} = \pi \cdot d^2 / 4$     Obvodová plocha:  $S_{Dob} = \pi \cdot d \cdot s$

Žliabkový zvar:

Základná plocha:  $S_{Zzak} = c \cdot L$     Obvodová plocha:  $S_{Zob} = 2 \cdot L \cdot s$



**Konštruovanie strojov a strojových súčiastok**

Blok č: 9

Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.

Napätie v dierovom a žliabkovom zvare:

$$\tau = F / \alpha \cdot S$$

$\alpha$ - korečný súčiniteľ dierového a žliabkového zvaru

Po dosadení a úprave bude výsledné napätie v jednom dierovom zvare:

K základnej ploche pre kolmý zvar:  $\tau = F / 0,5d^2$ , pre šikmý zvar:  $\tau = F / 0,8d^2$

K obvodovej ploche pre kolmý zvar:  $\tau = F / 2,2 \cdot s \cdot d$ , pre šikmý zvar:  $\tau = F / 3,1 \cdot s \cdot d$

Po dosadení a úprave bude výsledné napätie v jednom žliabkovom zvare:

K základnej ploche pre kolmý zvar:  $\tau = F / 0,7c \cdot L$ , pre šikmý zvar:  $\tau = F / c \cdot L$

K obvodovej ploche pre kolmý zvar:  $\tau = F / 1,4 \cdot s \cdot L$ , pre šikmý zvar:  $\tau = F / 2 \cdot s \cdot L$

Výsledné napätie vo zvaroch musí vyhovovať podmienke:

$$\tau_v = \frac{\tau}{i} \leq 0,65 \cdot \frac{R_e}{n}$$

Kde:

$i$  – počet dierových alebo žliabkových zvarov

**Bodové zvary vyhotovené odporovým zváraním**

V tomto prípade sú bodové zvary vytvorené odporovým zváraním. Tento druh zvarov sa využíva pri spájaní tenkých plechov. Pri navrhovaní bodového zvaru ho treba zvoliť tak, aby v ňom vzniklo len šmykové napätie. Priemer bodového zvaru sa určí podľa hrúbky tenšieho zo spájaných materiálov, a rozstup zvarov  $e$  a vzdialenosť zvarov od okraja  $f$  sa určuje podľa priemeru zvaru  $d$ .

Priemer zvaru  $d$ :

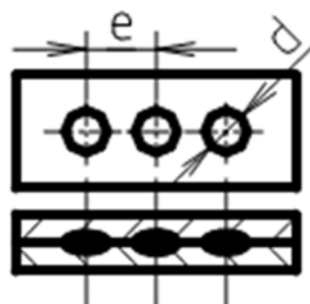
$$d = 5 \cdot \sqrt{s}$$

Rozstup zvarov  $e$ :

$$e = (2 \div 3) \cdot d$$

Vzdialenosť zvaru od okraja  $f$ :

$$f \geq 2,7 \cdot d$$



Pri kontrole napätia v zvaroch predpokládame rovnomerné rozloženie zaťaženia vo všetkých zvaroch.

$$\tau_v = \frac{F}{i \cdot \pi \cdot d^2} \leq 0,65 \cdot \frac{R_e}{k}$$



V prípade tenkých plechov sa kontroluje zvar proti vytrhnutiu na obvodovej ploche:

$$\tau_v = \frac{F}{i \cdot \pi \cdot d \cdot s} \leq 0,65 \cdot \frac{R_e}{k}$$

Kontrola odtrhnutia od základného materiálu:

$$\sigma = \frac{F}{d \cdot s} \leq \sigma_{Dov}$$

Kontrola bodového zvaru namáhaného ťahovou silou kolmou na základný materiál:

$$\sigma = \frac{4 \cdot F}{i \cdot \pi \cdot d^2} \leq 0,5 \cdot \frac{R_e}{k}$$

### ***Dynamický namáhané zvary***

Dynamický namáhané zvary je potrebné kontrolovať na únavový lom. Najčastejšou príčinou vzniku únavovej trhliny je nevhodne vyhotovený koreň zvaru v podobe neprevarenia koreňa alebo nerovnomerného prevarenia koreňa. Ďalšou z príčin vzniku trhliny je nedostatočne vytvorený prechod zvaru do základného zváraného materiálu. Pri dynamickej kontrole zvaru je vhodné použiť normu na to určenú STN 050120.

Postup stanovenia bezpečnosti dynamicky namáhaných zvarov je možné zhrnúť v nasledovných bodoch:

1. Výpočet napätí zvaru  $\sigma_h$ ,  $\sigma_n$ , resp.  $\tau_h$ ,  $\tau_n$ , vznikajúcich od vonkajšieho zaťaženia.
2. Určíme pomer  $r = \sigma_n / \sigma_h$  resp.  $r = \tau_n / \tau_h$
3. Podľa spôsobu namáhania vyberieme typ Smithovho diagramu
4. Určíme priebeh horného napätia ku  $\sigma_m$
5. Zakreslíme napätia  $\sigma_a$ ,  $\sigma_A$
6. Vypočítame mieru bezpečnosti, požadovaná bezpečnosť má byť v rozmedzí  $k=1,5-3$ .