

Spojením stroj. súč. vznikajú podmienky pre prenos zaťaženia z jednej súč. na druhú, čo je hlavnou funkciou každého spoja. Z hľadiska väzby jednotlivých súč. rozlišujeme tri druhy spojení: pevné, pohyblivé a pružné.

Spojenie pevné spája súč. vzájomne tak, že vytvára tuhý celok.

Spojenie pohyblivé je také, ktoré zabezpečuje určitú KINEMATICKÚ väzbu spojov. súč.. To znamená, že dovoľuje ich vzájomný pohyb, ktorý môže byť rotačný, posuvný alebo i obecný.

Spojenie pružné umožňuje vzájomný pohyb súčiastok v istých hraničiacu účinkom priamočiarej (vratnej) sily vyvolanej pružinou.

PEVNÉ SPOJE

Pevné spoje sa v techn. praxi realizujú spojovacími súč., prídavným mater., vhodným tvarom alebo trecím silovým účinkom medzi stykovými ploch. vzáji. spojov. súčiastok.

Dôležitou vlastnosťou spojov strojov. súč. je možnosť DEMONTÁŽE.

Z toho dôvodu spoje klasifikujeme na rozoberateľné, čiastočne rozoberateľné a nerozoberateľné.

Spoje rozoberateľné umožňujú ľahké rozpojenie súč. bez ich poranenia alebo poškodenia. K nim patria spoje šrutk., kolík., perové, ťln., drôtové, zvarové a pod..

Spoje čiastočne rozob. sú tie, u ktorých pri demontáži doch. k čiast. poškod. spoj. súč.. Jedná sa hlavne o spoje - nalisované.

Spoje nerozoberat. sú bezdemontážne a spoj. súč. nie je možné bez poškodenia oddeliť.

ZVAROVANÉ SPOJE

Zvarové spoje sú nerozoberat. a tieto spojené súč. tvoria tuhý celok.

Dielenie nerých. spočívajú vo vzniku vnútorných pnutí v oblasti zvaru.

Vnút. pnutie sa odstr. ťiňaním. Pokiaľ je spoj namáh. dynam., musí byť povrch zvaru uprav. brúsením, aby sa znížili vrúbkové účinky.

SPOJE

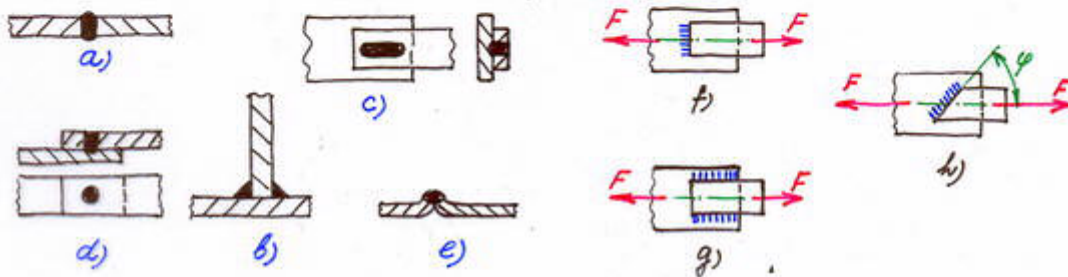
- 13 -

Zvarované spoje sa najčastejšie realiz.: *elektrickým oblúkom* alebo *kyslíkoacetylénovým plameňom*.

V strojárstve sú najviac zvarov. spoje z ocele: 11353, 11373, 11453... s obsahom uhlíka menším než 0,25%.

DRUHY ZVAROV

Zvary môžeme rozdeliť podľa niekoľkých hľadísk. Napr. podľa tvaru a polohy styčných plôch spojov. súč. je možné zvary rozdeliť na: ^{a)} *tupé*, ^{b)} *úťerové*, ^{c)} *dierové*, ^{d)} *bodové* a ^{e)} *leňové*.



Podľa polohy zvaru k zotlačnej sile sa rozlišujú zvary na: *čelné-f*, *bočné-g*, *šikmé-h*.

VÝPOČET NOSNÝCH ZVAROV

Zvarované konštrukcie musia spĺňať požiadavky *pevnosti* a *spoľahlivosti*. Zatiaženie zvaru môže byť *jednoduché* alebo *kombinované*. Z hľadiska časového priebehu sa rozdeľuje do dvoch skupín, a to *statické* a *dynamické* zatáženie.

Pri statickom zatáž. počítame s nasled. počtom cyklov: $N \leq 5 \cdot 10^3$.

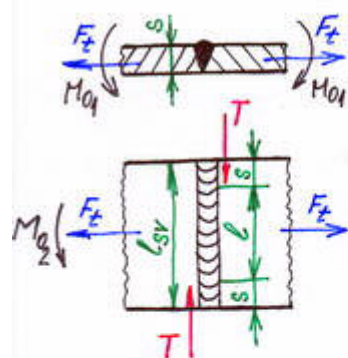
Dynam. zat. delíme na *nízlocyklovú únavu* s počt. cykl.: $N = 5 \cdot 10^3 \div 5 \cdot 10^5$, *časovú únavu*, kde $N = 5 \cdot 10^5 \div 2 \cdot 10^6$ a *klasickú únavu* pre $N \geq 2 \cdot 10^6$.

VÝPOČET TUPÝCH ZVAROV

Pri výpočte sa predpokladá, že na začiatku a konci zvaru je *únosnosť menšia*, a preto sa nosný prierez o túto oblasť *zmenšuje*, to

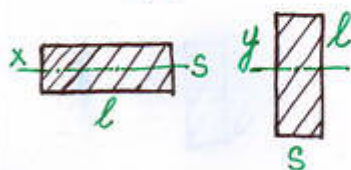
SPOJE

- 14 -



znamend, že dĺžka zvaru l_{sv} sa zmenšuje o $2s$,
potom výpočtová dĺžka zvaru bude: $l = l_{sv} - 2s$.

Ťahové nap. σ_{tL} od zaťaž. ťahovou silou F_t
kolmou na smer zvaru bude: $\sigma_{tL} = \frac{F_t}{S} = \frac{F_t}{s \cdot l}$



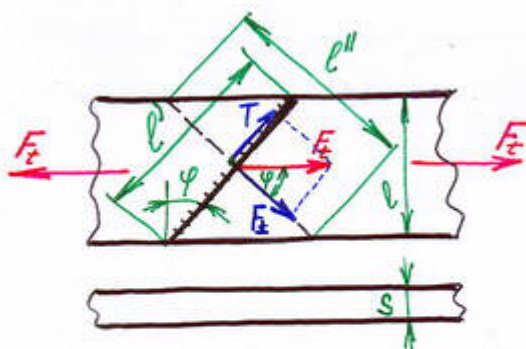
Venujme pozornosť zaťaženiu spoja ohybom:

od M_{01} : $\sigma_{011} = \frac{M_{01}}{W_{0x}} = \frac{6 \cdot M_{01}}{l \cdot s^2}$

M_{02} : $\sigma_{012} = \frac{M_{02}}{W_{0y}} = \frac{6 \cdot M_{02}}{s \cdot l^2}$

Z hľadiska konštrukcie je potrebné si uvedomiť, že $W_{0y} > W_{0x} \Rightarrow \sigma_{012} < \sigma_{011}$.
Z toho vyplýva, že v príp. zaťaženia mom. M_{02} má daný zvar vyššiu
únosnosť v porov. so zaťaž. M_{01} .

Šmykové nap. vyvolané silou T pôsobiace po dĺžke zvaru vypočítame
zo vzťahu: $\tau_s = \frac{T}{S} = \frac{T}{s \cdot l}$



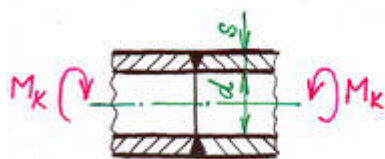
Uvažajme prípad tupého zvaru
šitmo umiestn. voči zaťaž. sile F_t .

V nosnom priereze zvaru vzniká

od sily F_t nap.: $\sigma_I = \sigma_{tL} \cdot \cos^2 \varphi$,

od sily T nap. normálové vzhľadom na dĺžku l'' : $\sigma_{II} = \sigma_{tL} \cdot \sin^2 \varphi$,

a nap. šmykové: $\tau = \sigma_{tL} \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi$.



Pokiaľ je zvar. spoj namáhaný krútiacim
momentom M_k , potom je z konštrukč. hľad.
výhodnejšie, aby nosný prierez mal tvar med-
zitražica. Únosnosť spoja sa tým výrazne

zvýšila. Krútiace nap. potom bude: $W_k = \frac{2 \cdot J_p}{d + 2s}$; $J_p = \frac{\pi}{32} [(d + 2s)^4 - d^4]$.

$\tau_k = \frac{M_k}{W_k}$, pričom:

SPOJE

- 15 -

Pevnostná kontrola zvaru sa uskutočňuje pre jednotlivé samostat. pôsobiace napätia na základe vzťahov: $\sigma_I \leq d_I \frac{R_e}{k_p}$; $\sigma_{II} \leq d_{II} \frac{R_e}{k_p}$; $\xi \leq d_\xi \frac{R_e}{k_p}$

kde d - prevodový súčiniteľ tupého zvaru pre príslušný druh nap.
pre: TLAK $d_I = 1,0$; ŤAH $d_I = 0,85 \div 1,0$; ŠMYK $d_\xi = 0,7$.

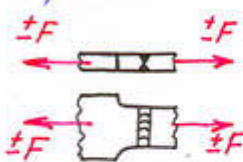
V prípade, keď pôsobi súčasne v nosnom priereze viac druhov napätí, hodnotí sa zaťaženie pomocou zrovnávacieho nap. σ_{Zr} , ktoré sa vypočíta zo vzťahu:

$$\sigma_{Zr} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_I}{d_I}\right)^2 + \sigma_{II}^2 - \frac{\sigma_I \sigma_{II}}{d_I} + 3\left(\frac{\xi}{d_\xi}\right)^2}$$

pre ktoré platí pevnostná podmienka: $\sigma_{Zr} \leq \frac{R_e}{k_p}$.

Príčom R_e - medza klesu mat. spojov. súč., k_p - požadov. bezp. tupého zv.

Pri dynamickom zaťažení sa pevnostná kontrola spojov tupým zvarom realizuje na základe medzných napätí uvedených v príslušnej norme Smithových diagramov.



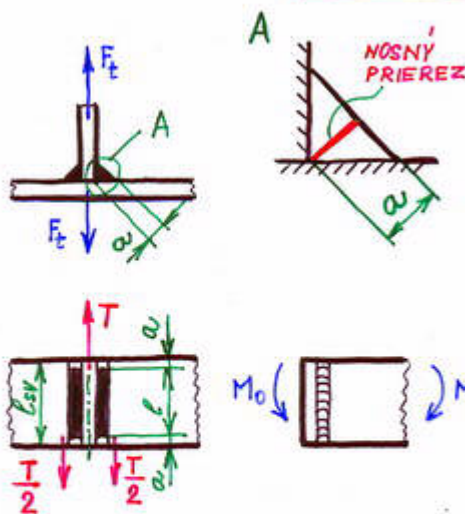
Vrúbové dŕžanky znižujúce únavovú pevnosť spojov je možné minimalizovať vhodnou konštrukčnou úpravou napr., ktorá rešpektuje umiestnenie zvaru mimo oblast náhlych zmien prierezu zvarovaných súčiastok.

VÝPOČET KÚTOVÝCH ZVAROV

Pevnostné hodnotenie kútových zvarov je veľmi komplikov. záležitosť. Podstata problému spočíva v obecnej polohe nosného prierezu zvaru vzhľadom k zaťaženiu. Veľkosť nosného prierezu zvaru prislúcha výška rovnoramenného trojuholníka - a -, dĺžku zvaru l_{sv} - pri stanovení rozmeru nosného prierezu stratíme z hľad. nekvalitn. začiatku a konca zvaru o hodn. $2a$: $\Rightarrow l = l_{sv} - 2a$.

SPOJE

-16-



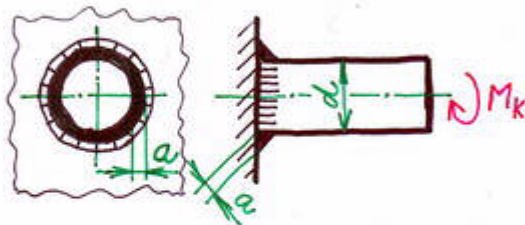
Nosný prierez kútového zvaru predstavujú v tomto prípade dva obdĺžniky o stranách a a l.

Nosný prier. kút. zvaru je sklonený pod 45° vzhľadom na smer pôsobenia sily F_t . Z toho dôvodu od sily F_t v nosn. prier. vzniká maximálne šmykové nap., ktoré má rozhodujúci vplyv na pevnosť kútových zvarov.

Pri namáhaní uvažovaného spoju ťahovou silou F_t pre napätie v obojstr. kútovom zvare platí: $\epsilon_{t1} = \frac{F_t}{S} = \frac{F_t}{2al}$

Šmykové nap. vyvolané silou T vypoč. nasled.: $\epsilon_{s11} = \frac{T}{S} = \frac{T}{2al}$

V prípade zatiaľ. kút. zv. ohybovým mom. M_0 , potom pre ohybové nap. platí: $\epsilon_{o1} = \frac{M_0}{W_0} = \frac{3 \cdot M_0}{a \cdot l^2}$



Uvažujme čap o priemere d pripojený kút. zv. o veľkosť a ku stene rámu.

Napätie v trute stanovíme na zákl. vzťahu: $\epsilon_{t11} = \frac{M_k}{W_k}$

kde M_k je zatěžující kráčací moment a W_k modul prierezu v trute, ktorý vypočítame podľa vzťahu: $W_k = \frac{2J_p}{d+2a}$

Polárny moment zotrvačnosti J_p pre medzikružový nosný prierez vypočítame na zákl. vzťahu $J_p = \frac{\pi}{32} [(d+2a)^4 - d^4]$.

Pre jednoduché statické zaťaženie, kedy v nosnom priereze úťtov. zvaru vznikne len napätie jedného smeru, teda ξ_{\perp} alebo ξ_{\parallel} , sa pevnostná kontrola uskutočňuje na základe vzťahov

$$\xi_{\perp} \leq d_{\xi_{\perp}} \frac{R_e}{k_p} \text{ alebo } \xi_{\parallel} \leq d_{\xi_{\parallel}} \frac{R_e}{k_p},$$

kde d_{ξ} predstavuje prevodový súčiniteľ úťtového zvaru pre príslušný smer namáhania (napätia), R_e je medza klzu v ťahu materiálu spojovaných súč. a k_p požadov. bezpečn. tupého rezu.

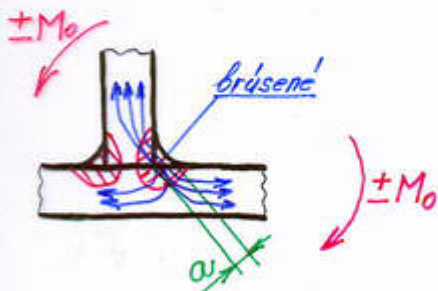
Pre prevod. súčín. úťtov. zvaru d_{ξ} platí: $d_{\xi_{\perp}} = 0,75 \div 1,0$

$$d_{\xi_{\parallel}} = 0,65 \div 0,9$$

V prípade, keď pôsobí v nosnom priereze viac druhov napätí sa vypočíta zrovnávacie napätie σ_{Σ} podľa vzťahu $\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\left(\frac{\xi_{\perp}}{d_{\xi_{\perp}}}\right)^2 + \left(\frac{\xi_{\parallel}}{d_{\xi_{\parallel}}}\right)^2}$

pre ktoré platí pevnostná podm.: $\sigma_{\Sigma} \leq \beta \frac{R_e}{k_p},$

prícom β je označený súčín. veľkosti úťtového zvaru. Jeho hodnota sa vypočíta zo vzťahu pre $a < 7 \text{ mm}$ $\beta = 1,3 - 0,045a,$ pre iné hodnoty je $\beta = 1.$



Pri dynamickom zaťažení sa pevnostná kontrola úťtov. zvaru uskutočňuje pomocou medených napätí, ktoré uvádza príslušná norma formou Smithových diagramov.

Vrubové účinky znižujúce únavovú pevnosť spoja je možné minimalizovať vhodnou konštrukčnou úpravou zvaru napr. vybrúsením, ktorá odstraňuje zaťaženia prierezu v oblasti spoja.