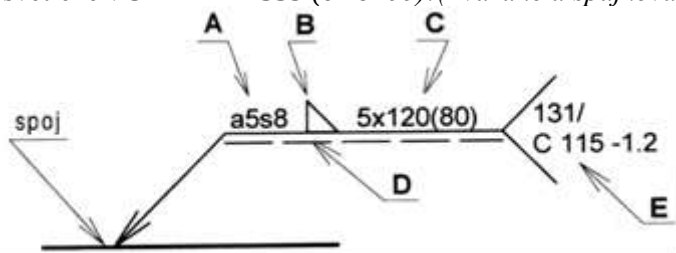




Nerozoberateľné spoje

Zvárové spoje

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

Príklady dobrej praxe zvárových spojov

Vid' učebnica.

Výpočet zvarov

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 zaťažovaný 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 zvarenia nikdy nenastane vo zvaru, 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.

Pre určenie dovoleného napätia v oblasti B a C sa používajú korekčné súčinitele podľa tab. nasledovne:

Tab. Korekčné súčinitele zvarov α

Druh zvaru	Spôsob namáhania	Korekčný súčiniteľ			
Tupé zvary	Ťah	$\alpha_{\perp}$	1,0		
	Tlak		0,85	0,90 ²⁾	1,0 ³⁾
	Šmyk	α_{τ}	0,7		
Kútové zvary	Čelný	$\alpha_{\tau\perp}$	0,75 ⁴⁾	0,90 ⁵⁾	1,0 ⁶⁾
	Bočný	$\alpha_{\tau\parallel}$	0,65 ⁴⁾	0,80 ⁵⁾	0,90 ⁶⁾

²⁾ Platí len pre odporové zváranie.

³⁾ Len pre riadne prevarený koreň zvaru, kontrolovaný prežiaraním, alebo rovnocennou defektoskopickou metódou.

⁴⁾ Len pre ručné zváranie elektrickým oblúkom, elektródou o rovnakej pevnosti ako základný materiál.

Konštruovanie strojov a strojových súčiastok

Blok č: 9

Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.

⁵⁾ Ručné zvarovanie elektrickým oblúkom, zvarovanie pod tavivom, zvarovanie v ochrannej atmosfére pre zvary $z > 12\text{mm}$.

⁶⁾ Pre automatické zvarovanie pod tavivom pre jednovrstvové zvary o veľkosti $z \leq 12\text{mm}$.

Potom dovolené napätie tupého zvaru bude nasledovné:

$$\sigma_{Ds\perp} = \alpha_{\perp} \cdot \sigma_D, \quad \sigma_{Ds\parallel} = \alpha_{\parallel} \cdot \sigma_D, \quad \tau_{Ds} = \alpha_{\tau} \cdot \sigma_D$$

Potom dovolené napätie kútového zvaru bude nasledovné:

$$\tau_{Ds\perp} = \alpha_{\tau\perp} \cdot \sigma_D, \quad \tau_{Ds\parallel} = \alpha_{\tau\parallel} \cdot \sigma_D$$

Pre určenie bezpečnosti zvarového spoja sa používa dovolené namáhanie zváraného materiálu v oblasti A. Pri bežných zvariteľných oceliach sa dovolené namáhanie určuje z medze klzu R_e a z bezpečnosti zvaru n , ktorá zohľadňuje vplyv zvaru na základný materiál a pohybuje sa v rozmedzí od 1,25 do 2, zvyčajne sa pre bežné oceľové konštrukcie používa bezpečnosť $n = 1,5$. Dovoľené napätie základného zváraného materiálu určíme teda $\sigma_D = R_e / n$.

$$\sigma_{Ds} = \alpha \frac{R_e}{n}, \quad \tau_{Ds} = \alpha_{\tau} \frac{R_e}{n}$$

α – korekčný súčiniteľ zvaru,

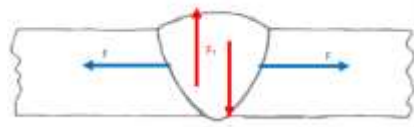
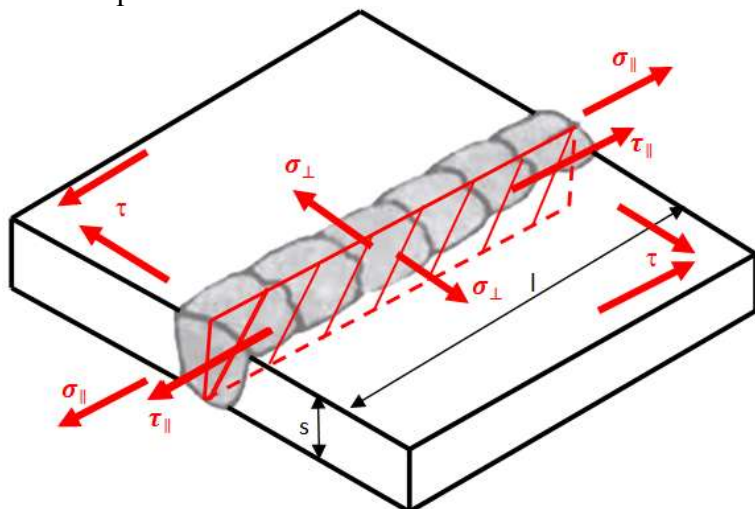
α_{τ} – korekčný súčiniteľ zvaru,

R_e – medza klzu zváraného materiálu,

n – miera bezpečnosti zvaru.

Tupé zvary

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



Plocha tupého zvaru

l – výpočtová dĺžka tupého zvaru

l_w – dĺžka tupého zvaru (dĺžka zakótovaná na výkrese)

Napätie v tupom zvare



Konštruovanie strojov a strojových súčiastok

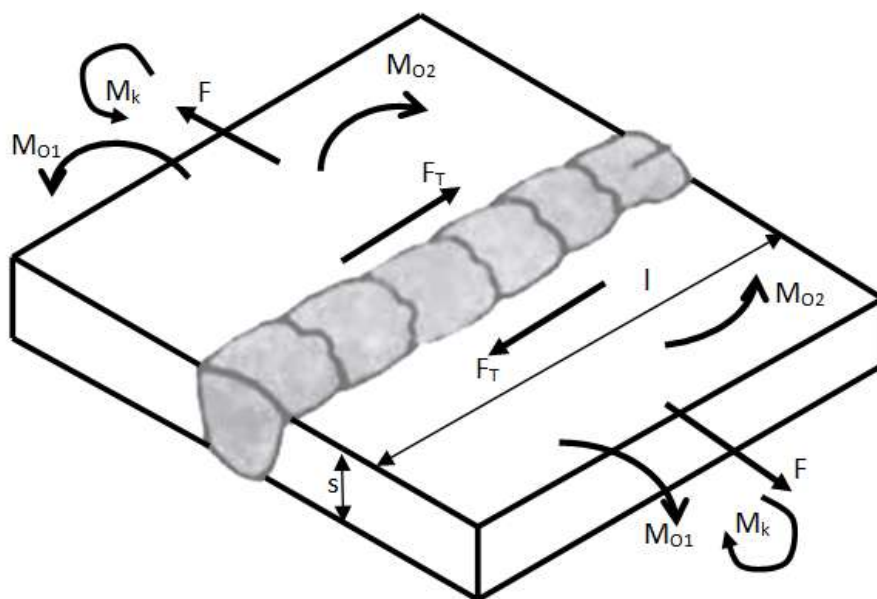
Blok č: 9

Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.

$\alpha_{\perp}$ – korekčný súčiniteľ zvaru

R_e – medza klzu základného zváraného materiálu

n – miera bezpečnosti zvaru



Obr. Všeobecné zaťaženie tupého zvaru silami a momentmi

Výpočet jednotlivých samostatných napätí v zware na Obr. sa bude realizovať nasledovne:
Od ohybového momentu M_{O1}

W_{kw} – prierezový modul zvaru v krútení,

J_{pw} – polárny moment zvaru,

e – krajné vlákno prierezu zvaru,

γ – súčiniteľ pre nekruhové prierezy určený podľa pomeru l/s .



Konštruovanie strojov a strojových súčiastok

Blok č: 9

Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.

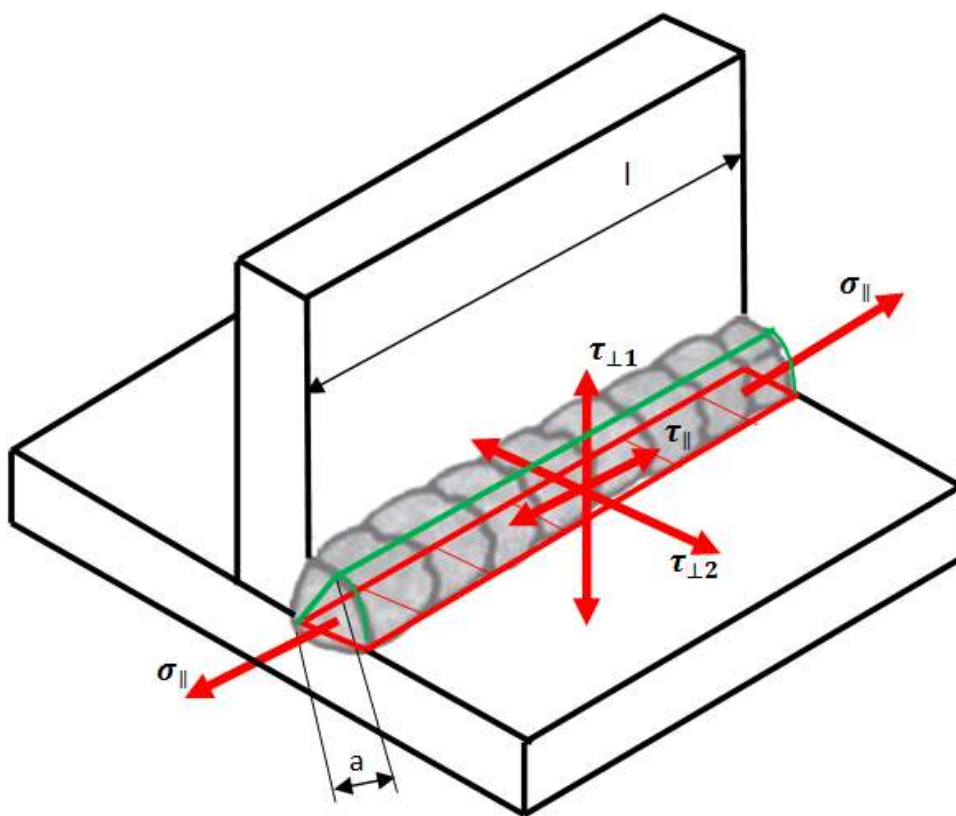
Za predpokladu, že je pomer $l/s > 6$, potom je možné pre výpočet napätia v zvaru nekruhového prierezu uplatniť nasledovný vzťah:

Pozn. $\sigma_{\parallel}$ - normálové napätie vznikne od sily rovnobežnej s plochou zvaru tak, že sila zaťažuje obe spojované časti – spojované materiály sa voči sebe neposúvajú, ako v prípade sily F_T .

Vid' príklady v učebnici od str.30

Kútový zvar

Kútové zvary sú vzhľadom na ich prevedenie väčšími koncentrátormi napätia ako zvary tupé.



Pri zaťažení kútového zvaru vonkajšími silami a momentmi sa vytvárajú v priereze zvaru šmykové napätia - Obr. Prierez zvaru sa sklápa do roviny pripojenia. Následne plocha kútového zvaru je definovaná:

$$S_w = l \cdot a = (l_w - 2a) \cdot a \quad (2.23)$$

l – výpočtová dĺžka kútového zvaru,

l_w – dĺžka kútového zvaru (dĺžka zvaru zakótovaná na výkrese).

Všetky vonkajšie zaťaženia kútového zvaru sa po premietnutí do ťažiska zvaru prejavajú ako zaťaženia vyvolávajúce šmykové napätia.



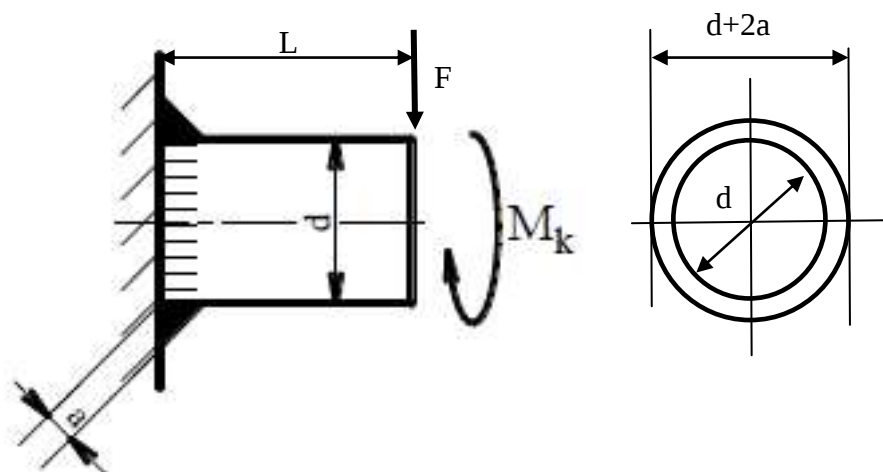
Napätie od sily kolmej na plochu zvaru:

$\sigma_{\parallel}$ - normálové napätie, ktoré vznikne od sily rovnobežnej s plochou zvaru tak, že sila zaťažuje obe spojované časti súčasne – spojované materiály sa voči sebe neposúvajú ako v prípade sily F_T .

Výpočet rôznych prevedení kútových zvarov vid' učebnica od str.35

Praktická analýza rôznych typov kutových zvarov

Analýza č.1



Vonkajšie zaťaženie musí byť pretransformované ako zaťaženie zvaru, do ťažiska zvaru.

Vonkajšie zaťaženie: M_k , F

Zaťaženie pretransformované do ťažiska zvaru: M_k , F_t – posúvajúca sila, ohybový moment
 $M_o = F.L$

Výpočet napätí v zvare:

Od posuvajúcej sily F_t

W_{kw} – prierezový modul zvaru v krútení

J_{pw} – polárny moment zvaru

e – krajné vlákno prierezu



Z ohybového momentu M_o : $M_o = F \cdot L$

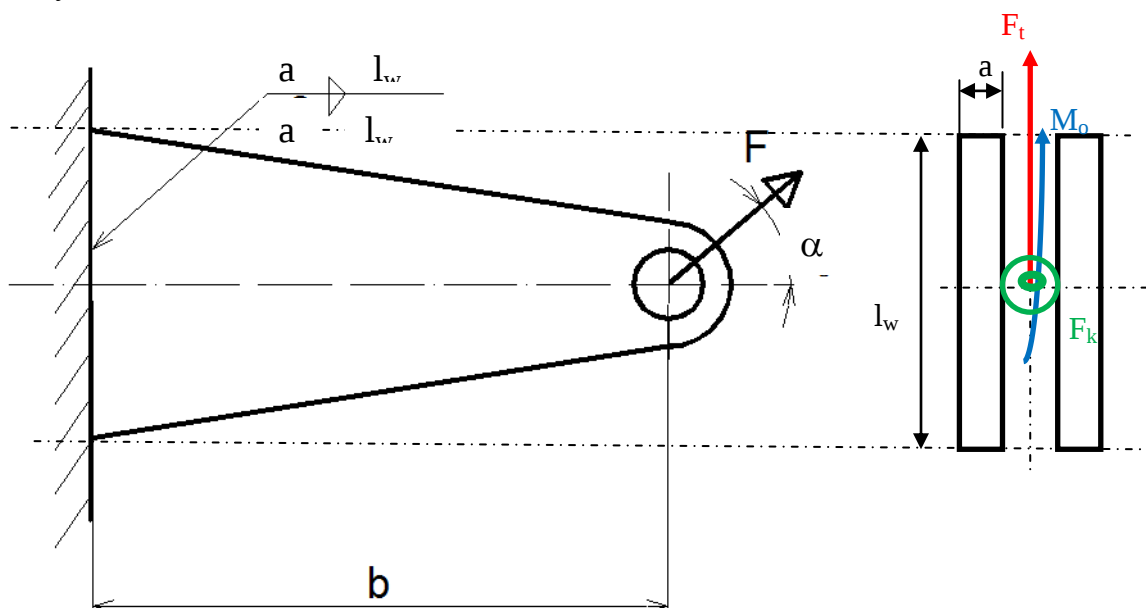
W_{ow} – prierezový modul zvaru v ohybe

I_w – kvadratický moment zvaru v ohybe

e – vzdialenosť krajného vlákna

Výsledné napätie v kútovom zvare:

Analýza č.2



Vonkajšie zaťaženie musí byť pretransformované ako zaťaženie zvaru, do ťažiska zvaru.

Vonkajšie zaťaženie: F

Zaťaženie pretransformované do ťažiska zvaru: F_t – posúvajúca sila $F_t = F \cdot \sin \alpha$,

F_k – kolmá sila $F_k = F \cdot \cos \alpha$, ohybový moment $M_o = F_t \cdot b$

Plocha zvaru: $S = a \cdot l$ $l = l_w - 2a$

Plocha obojstranného zvaru: $S_w = 2 \cdot a \cdot l$

Kvadratický moment zvaru: $I = a \cdot l^3 / 12$

Kvadratický moment obojstranného zvaru: $I_w = 2 \cdot I = a \cdot l^3 / 6$

Prierezový modul zvaru: $W_{ozv} = I / (l/2) = a \cdot l^2 / 6$

Prierezový modul obojstranného zvaru: $W_{ow} = 2 \cdot I / (l/2) = 2 \cdot W_{ozv} = a \cdot l^2 / 3$



Výpočet napätí v zvar:

Od posuvajúcej sily F_t

Z ohybového momentu M_o : $M_o = F_t \cdot b$

W_{ow} – prierezový modul zvaru v ohybe

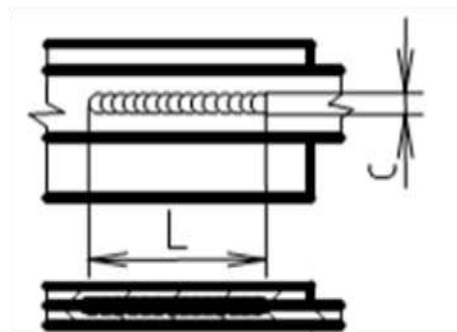
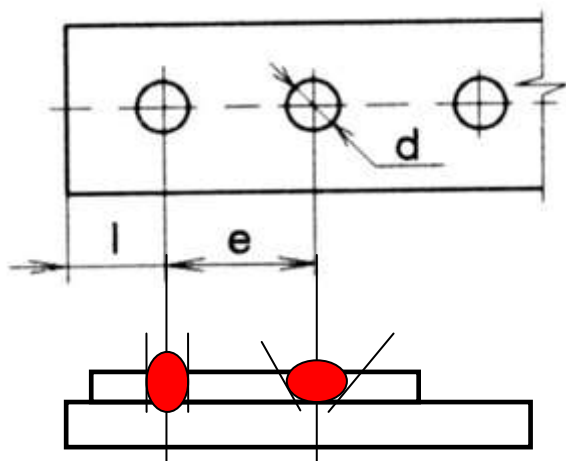
I_w – kvadratický moment zvaru v ohybe

e – vzdialenosť krajného vlákna

Výsledné napätie v kútovom zvar:

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° do 55° .

V dierovom a žliabkovom zvaru bude vždy vzniknúť šmykové napätie τ . Za plochu zvaru je možné považovať plochu vytvorenú na základnej, alebo obvodovej ploche.

Dierový zvar:

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



Konštruovanie strojov a strojových súčiastok

Blok č: 9

Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.

Žliabkový zvar:

Základná plocha: $S_{zak} = c.L$ Obvodová plocha: $S_{zob} = 2.L.s$

Napätie v dierovom a žliabkovom zvare:

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

α - 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: $\tau = F/2,2.s.d$, pre šikmý zvar: $\tau = F/3,1.s.d$

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

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

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

Výsledné napätie vo zvaroch musí vyhovovať podmienke:

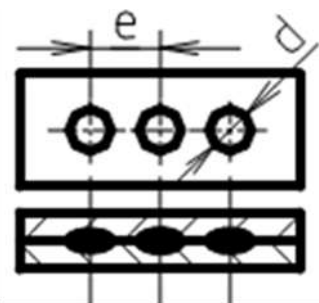
Kde:

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 :



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

Konštruovanie strojov a strojových súčiastok

Blok č: 9

Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.

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.

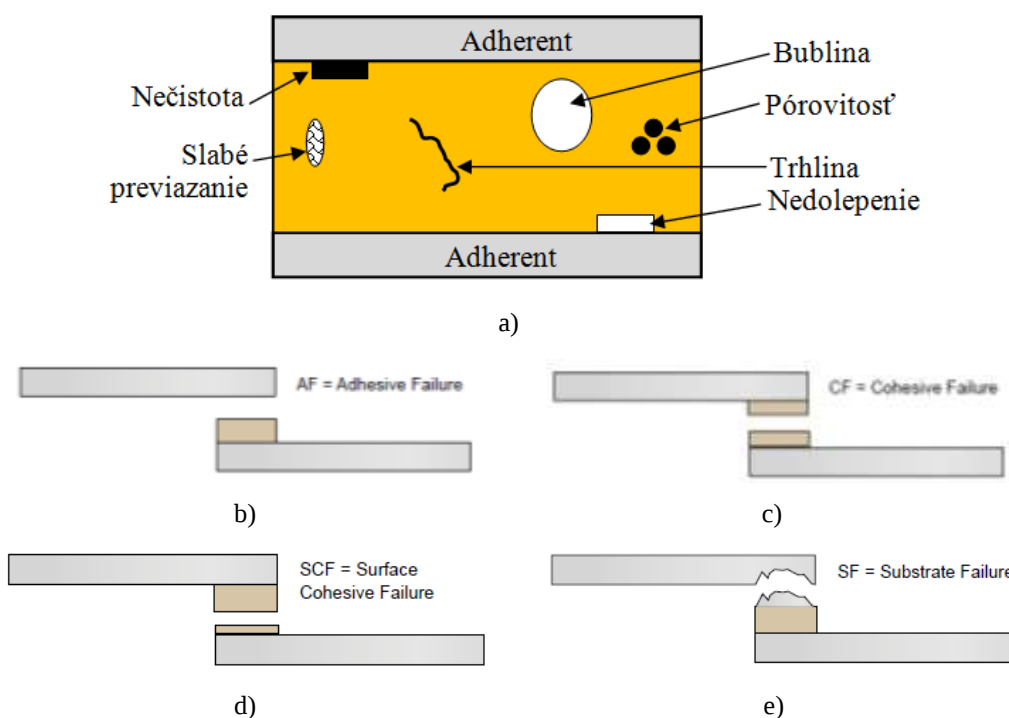
Postup stanovenia bezpečnosti dynamicky namáhaných zvarov je možné zhrnúť v nasledovných bodoch:

1. Výpočet napätí zvaru σ_h , σ_n , resp. τ_h , τ_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 σ_m
5. Zakreslíme napätia σ_a , σ_A
6. Vypočítame mieru bezpečnosti, požadovaná bezpečnosť má byť v rozmedzí $k=1,5-3$.

Konkrétny postup výpočtu vid' učebnica od str.58

Lepené spoje

Lepenie je proces spájania materiálov (nazývané adherenty) použitím lepidiel, pri ktorom sa využívajú adhézne sily a kohézne sily. Adhézne sily sú sily, ktoré vznikajú medzi adherentom a lepidlom a kohézne sily vznikajú v samotnom lepidle vo vnútri lepidla - Obr. Dobrú priľnavosť je možné dosiahnuť vhodnou prípravou povrchu, kým zlá, alebo žiadna príprava spôsobí, že lepený spoj je slabší a spôsobí nakoniec poruchu. Poruchy lepeného spoja sú definované normou EN 10365 a jednotlivé typy porúch je možné charakterizovať nasledovne.



Obr. Poruchy lepených spojov



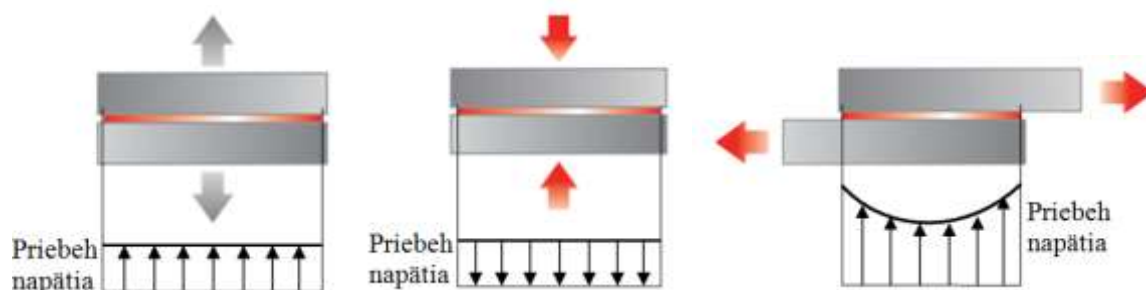
Výpočet lepených spojov

Lepenie je často jedinou metódou pre vytvorenie spojenia materiálov, ktoré nie je vzhľadom na ich vlastnosti, tvar, použitie spoja a pod., možné vykonať iným spôsobom spájania.

Únosnosť a v niektorých prípadoch aj deformácia lepených konštrukcií, závisí od mechanických vlastností lepidla a napätovo-deformačného stavu lepeného spoja.

Konštruovanie lepených spojov je nutné navrhovať tak, aby sa zabezpečilo dvojrozmerné namáhanie lepenej plochy. Z dvojrozmerného namáhania lepenej plochy je najmenej vhodným namáhanie lepenej plochy v ťahu. Vhodnejším spôsobom je namáhanie lepenej plochy v šmyku alebo v tlaku.

K namáhaniu lepenej plochy v ťahu dochádza pri pôsobení sily, ktorá je kolmá na lepenú plochu a ťahová sila spôsobí v lepenom spoji napätie, ktoré je rovnomerné po celej lepenej ploche - Obr.



Lepený spoj zaťažený ťahovou silou,

tlakovou silou,

namáhaný šmykom

Napätie v ťahu je možné potom definovať nasledovne:

Namáhanie lepenej plochy v tlaku je vhodnejším variantom zaťaženia lepeného spoja ako je namáhanie v ťahu. Pri namáhaní v tlaku nedochádza k tak veľkým deformáciám lepenej vrstvy, ako je to v prípade namáhania v ťahu.

K namáhaniu v tlaku dochádza pri pôsobení sily, ktorá je kolmá na lepenú plochu a tlaková sila spôsobí v lepenom spoji napätie, ktoré je rovnomerné po celej lepenej ploche.

Väčšina konštrukcií lepených spojov je navrhovaná tak, aby v spoji vznikalo šmykové namáhanie - Obr.

Maximálne šmykové napätie v lepenom spoji v dvojrozmernej lepenej ploche - Obr. sa nachádza na okraji lepenej plochy a je definované:

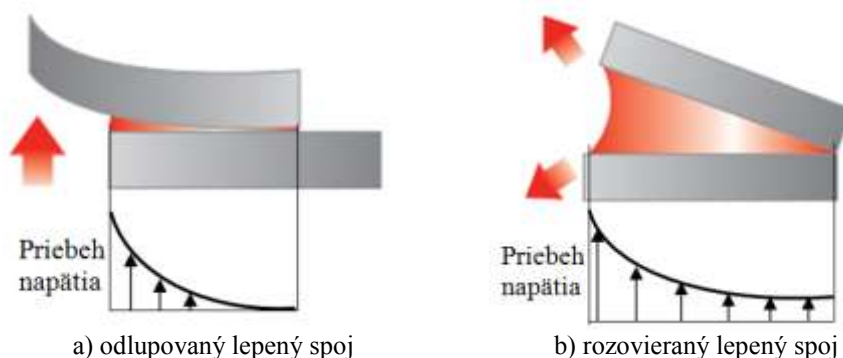
Konštruovanie strojov a strojových súčiastok

Blok č: 9

Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.

V prípade, ak napäťovo-deformačný stav lepených spojov je nerovnomerný (prípady jednorozmerového namáhania) a porucha spoja začína v mieste, v ktorom napätia dosiahnu pre daný spoj kritické hodnoty, sa definuje počiatočná (absolútna) pevnosť a stredná pevnosť lepeného spoja.

Deformácia jednostranne preplátovaného lepeného spoja v dôsledku excentrického pôsobenia zaťažujúcej sily spôsobí nerovnomerné rozloženie napätia po dĺžke preplátovania – vznikne jednorozmerné namáhanie spôsobujúce odlupovanie alebo rozovieranie lepeného spoja. Maximálne napätia sú v mieste iniciovania odlupovania resp. rozovierania.



Obr. Jednorozmerný lepený spoj namáhaný na odlupovanie a rozovretie

Počiatočná, absolútna pevnosť $\delta_{\max}$ (Nmm⁻¹) a stredná pevnosť δ_s (Nmm⁻¹) lepeného spoja bude definovaná nasledovne:

Podľa vyššie uvedeného pevnostného rozboru lepeného spoja je nevyhnutné zabrániť namáhaniu lepeného spoja v ohybe a tým odlupovaniu lepenej plochy.

Okrem identifikácie namáhania v lepenom spoji je veľmi dôležité venovať pozornosť spôsobu spojenia lepených materiálov, veľkosti a tvaru lepenej plochy.

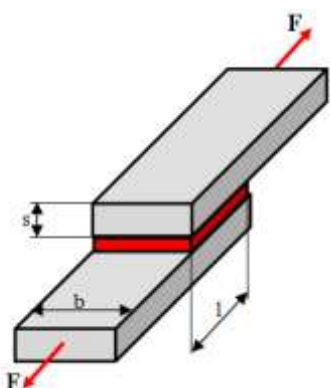
Bližšie info vid' učebnicu od str.214

Spájkované spoje

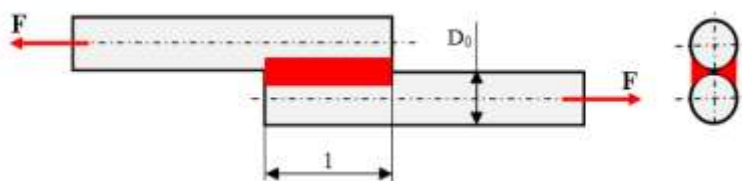
Spájkovanie (STN 05 0040) je spájanie kovových aj nekovových materiálov, pomocou roztavenej spájky, pričom spájkované plochy základných materiálov nie sú natavené, ale iba zmáčané použitou spájkou. Spájkovaný spoj je zložený zo základného materiálu, spájky a prechodovej oblasti. Spájkované spoje je možné vyhotoviť ako vodotesné, plynotesné, schopné odolávať rôznym druhom zaťaženia, rázom a vibráciám.

Spájkované materiály je vhodné tvarovať tak, aby samotná spájka prenášala čo najmenšie zaťaženie. Mäkké spájky nie sú vhodné pre spoje, ktoré budú prenášať priame zaťaženie a preto je nutné vyhotoviť lemovanie spájaných materiálov.

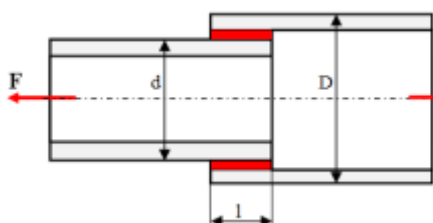
Pri spájkovaných spojoch vyhotovených mäkkými spájkami môže byť dĺžka preplátovania $4 \div 6$ násobkom hrúbky tenšieho materiálu, ale nemala by presiahnuť dĺžku 15 mm, $< l = (4 \div 6) \cdot s; l_{\max} = 15 \text{ mm} >$. Pri spájkovaní tvrdými spájkami sa odporúča používať dĺžku preplátovania o hodnote 2-násobku hrúbky spájaného materiálu, $< l = 2 \cdot s >$.



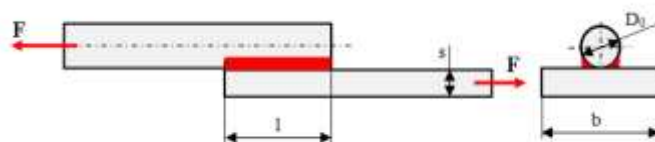
a) spoj dvoch rovinných dosiek preplátovaním



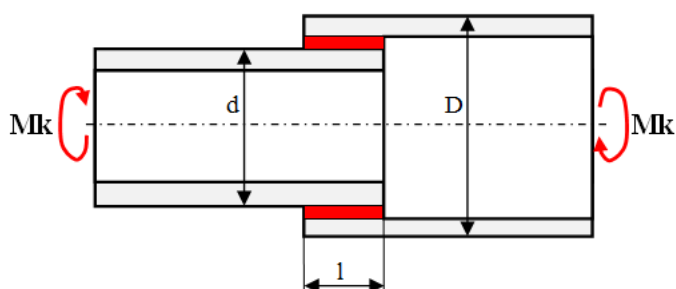
b) spoj dvoch tyčí kruhového prierezu preplátovaním



c) spoj dvoch rúr preplátovaním zaťažených osovou silou



d) spoj tyče kruhového prierezu a rovinatej dosky preplátovaním



e) spoj dvoch rúr preplátovaním zaťažených krútiacim momentom

Obr. Rozmery spájkovaného spoja

Dĺžka preplátovania pre spájanie materiálov kruhových prierezov - Obr. b) c) d) e) sa určí nižšie uvedenými postupmi.

Prípad na Obr.b) predstavuje spojenie dvoch kruhových tyčí pomocou spájkovania. Z pohľadu výpočtu sa jedná o obojstranný spájkovaný spoj o dĺžke l a veľkosti priemetu kruhovej tyče D_0 .

Na Obr.c) vidíme prípad spojenia dvoch rúr. Taktiež sa jedná o spájkovanie kruhových profilov preplátovaním o dĺžke l a veľkosti priemeru rúry d a D .



Konštruovanie strojov a strojových súčiastok

Blok č: 9

Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.

Pre spájkovaný spoj dvoch tenkostenných rúr bude vyjadrená dĺžka preplátovania nasledovne:

kde:

A- rozmerová charakteristika spoja, ak $h_1 < h_2$ potom $A = \pi \cdot (d - h_1) \cdot h_1$;

ak $h_1 > h_2$ potom $A = \pi \cdot (d + h_2) \cdot h_2$,

h_1 – hrúbka steny vnútornej rúry,

h_2 – hrúbka steny vonkajšej rúry, $D - d = 2 \cdot h_2$,

d – vonkajší priemer vnútornej rúry.

Na Obr.d) je spojenie tyče kruhového prierezu a rovinnej dosky pomocou spájkovania. Z hľadiska výpočtu sa jedná o jednostranný spájkovaný spoj, kde sa uvažuje priemet kruhovej tyče ako plocha spoja o dĺžke l a veľkosti D_0 .

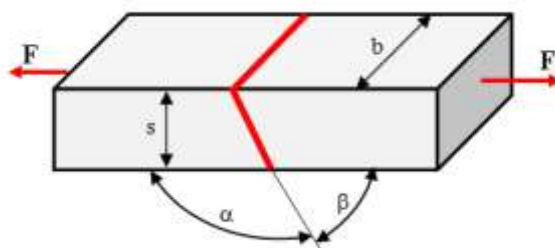
Pre spojenie dvoch rúr Obr.e) pomocou spájkovaného spoja, ktorý je zaťažený krútiacim momentom, stanovíme dĺžku preplátovania nasledovne:

Spojovacia medzera pri použití strieborných a medených spájkovaných komponentov by mala byť $0,05 \div 0,15$ mm. Ak sa používa spájka s vyššou teplotou topenia, medzera by mala byť $0,1 \div 0,2$ mm. Je potrebné sa vyhnúť tesným spojovacím medzerám, ktoré zabráňujú správne roztekaniu a vzlínaniu spájky. Vo všetkých rúrkových spojoch sa používa radiálna medzera.

Tupý spájkovaný spoj prevedený podľa Obr.a) sa konštruuje z podmienky (5.14):



a) tupý spájkovaný spoj



b) šikmý spájkovaný spoj

Obr. Spôsob vyhotovenia spájkovaného spoja [33]

V spájkovanom spoji prevedenom podľa Obr.b) bude v dôsledku namáhania vznikáť šmykové aj normálové napätie. Normálové napätie sa určí nasledovne:

Konštruovanie strojov a strojových súčiastok

Blok č: 9

Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.

Nitované spoje

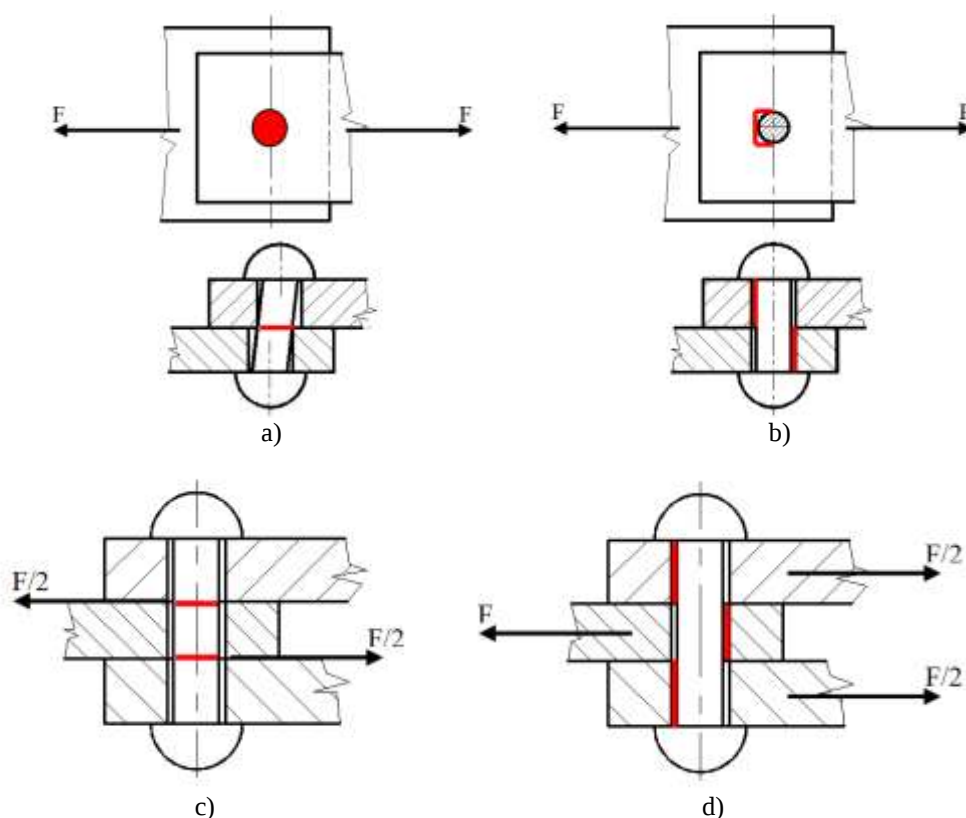
Nitované spojenie sa považuje za nerozoberateľné spojenie a teda je nevyhnutné, aby životnosť nitov bola rovnaká, ako životnosť celej nitovanej konštrukcie. Existujú však prípady z praxe, kedy si predĺženie životnosti konštrukcie vyžaduje výmenu nitov alebo nahradenie nitov v konštrukcii skrutkami.

Konštruovanie nitovaných spojov

Rozdelenie nitovaných spojov podľa účelu použitia:

- *nitované spoje pevné (konštrukčné)*: v týchto spojoch je jediným kritériom pevnosť konštrukcie. Používajú sa v nosných konštrukciách, ako sú nosníky, priehradové nosníky a rámy strojov, a pod.
- *nitované spoje pevné a nepriepustné (kotlové)*: ide o spoje, používané pri výrobe tlakových parných kotlov a tlakových nádob, ktoré zaisťujú pevnosť a vysokú tesnosť.
- *nitované spoje nepriepustné (tesné)*: tieto spoje poskytujú pevnosť a zároveň sú nepriepustné voči nízkym tlakom. Do tejto skupiny patria spoje v nádržiach, kontajneroch, zásobníkoch a silách.

Namáhanie nitovaného spoja môže byť niekoľkými spôsobmi. Každý jeden zo spôsobov namáhania môže spôsobiť okamžitú poruchu nitovaného spoja. Všeobecná kontrola nitovaného spoja pozostáva z troch pevnostných kontrol časti nitovaného spoja, konkrétne z pevnostnej kontroly nitu na strih - Obr.a),c), pevnostnej kontroly nitovaného materiálu na porušenie ťahom - Obr.b),c) a pevnostnej kontroly na otláčenie v mieste kontaktu medzi materiálom a nitom - Obr.b),d).



Obr. Miesta pevnostnej kontroly nitovaného spoja



Konštruovanie strojov a strojových súčiastok

Blok č: 9

Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.

Porucha nitovaného spoja môže nastať v dôsledku pretrhnutia materiálu v rovine nitov. Finálny konštrukčný návrh nitovaného spoja by mal zahŕňať kontrolu spájaného materiálu pred pretrhnutím a kontrolu nitu.

Kontrola napätia v nite pozostáva z pevnostnej kontroly nitu na strih a na otláčenie.

1. V prípade kontroly jednostrizného nitu **na strih** platí:

kde:

τ - napätie v strihu,

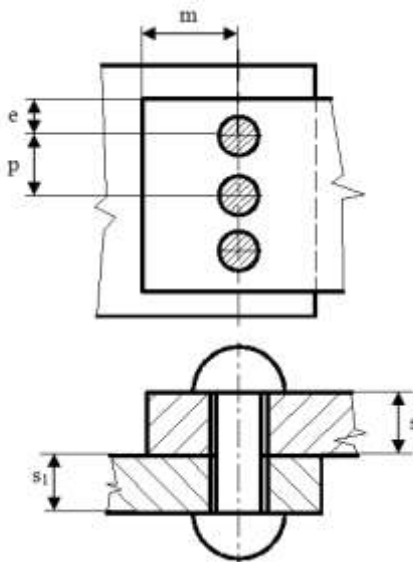
d - priemer nitu,

F – sila kolmá na os nitu,

n - počet nitov.

2. Kontrola nitovaného spoja **na otláčenie**:

Kontrola napätia v spájanom materiáli - Obr.b),c), pozostáva z kontroly proti pretrhnutiu a kontroly proti vytrhnutiu.



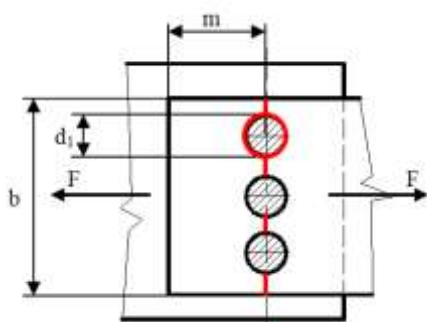
a) hlavné rozmery nitovaného spoja



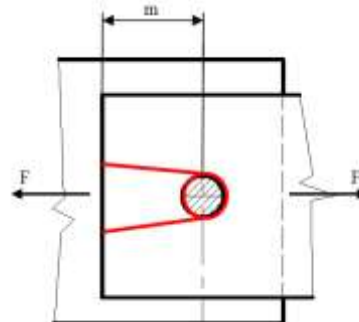
Konštruovanie strojov a strojových súčiastok

Blok č: 9

Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.



b) porušenie pretrhnutím



c) porušenie vytrhnutím

Obr. Hlavné rozmery nitovaného spoja a spôsoby jeho porušenia

Porušenie pretrhnutím spájaných materiálov v dôsledku pôsobenia sily sa definuje:

kde:

σ_t – napätie v ťahu v nitovanom materiáli,

d_1 – priemer otvoru pre nit v nitovanom materiáli,

s – hrúbka spájaného materiálu, kontroluje sa tenší zo spájaných materiálov,

b – šírka nitovaných materiálov,

m – rozmer podľa Obr. 3.10a), odporúčaný rozmer $m = 1,5 \cdot d$,

n_r – počet otvorov pre nity.

Porušenie v dôsledku vytrhnutia podľa Obr.c) je definované:

Pre niektoré typy ocelových konštrukcií pre ručné realizované nitovanie je možné dosadiť za dovolené napätie nasledovné hodnoty vzťahované k medze klzu: dovolené napätie v ťahu (40 % z R_e), dovolené napätie v strihu (36 % z R_e), dovolené napätie na otláčenie (80 % z R_e).

Strojnícke tabuľky a technické tabuľky obsahujú dovolené hodnoty pre ocelové nity. Pre nity z tvárnej ocele sa ku kontrole napätí v prípade prvého priblíženia používajú nasledovné hodnoty: dovolené napätie v ťahu (75 MPa), dovolené napätie v strihu (60 MPa), a dovolené napätie na otláčenie (130 MPa).

Stanovenie rozmerov nitu vychádza z hrúbky spájaných materiálov, konkrétne z najväčšej hrúbky materiálu. Minimálny priemer nitu d_{min} bude definovaný ako 3-násobok maximálnej hrúbky spájaných materiálov s_{max} .

$$d_{min} = 3 \cdot s_{max}$$

Pre stanovenie dĺžky drieku nitu existuje niekoľko metodík stanovených na základe praktických skúseností, ktoré budú postupne uvedené. Pre všeobecné prevedenie nitového spoja je odporúčaná dĺžka drieku nitu L určená na základe nasledovnej rovnice:

$$L = s + d \cdot c$$

kde:

d – normalizovaný priemer nitu,

s – celková hrúbka spájaných materiálov,

c – objemová a tvarová konštanta pre vytvorenie závernej hlavy nitu, ktorá je nasledovná:

Pre polguľovú závernú hlavu vo všeobecnej nitovanej konštrukcii:

- $c = 1,5$ ak $d \leq 20$ mm
- $c = 1,6$ ak $d > 20$ mm

Pre polguľovú závernú hlavu v tlakovej a kotlovej konštrukcii:

- $c = 1,7$ ak $d \leq 20$ mm

Konštruovanie strojov a strojových súčiastok

Blok č: 9

Prednášajúci: prof. Ing. Robert Grega, PhD.

- $c = 1,8$ ak $d > 20$ mm

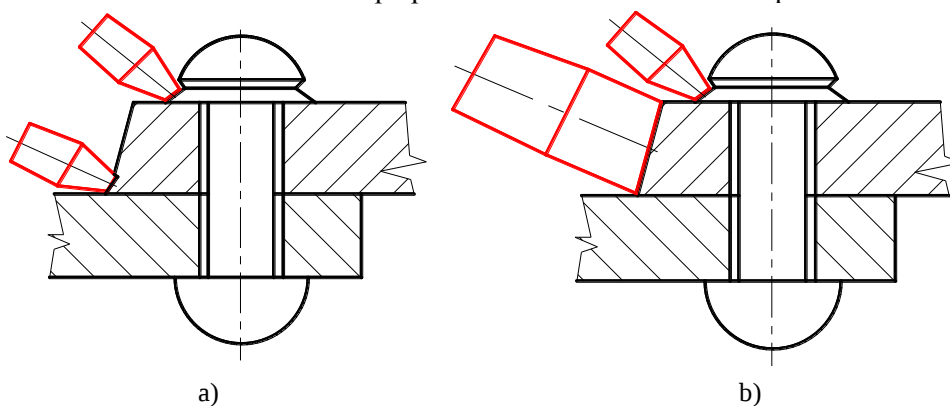
Pre zapustnú uzatváraciu závernú hlavu pre odľahčené použitie:

- $c = 0,5$ pre všetky d .

Výsledná dĺžka drieku nitu sa zaokrúhli na najbližšiu normalizovanú hodnotu.

Tesnosť nitovaného spoja je možné zvýšiť pomocou spevňovania a utesňovania (z angl. caulking a fullering, resp. z češt. temování, tužení) nitovaných materiálov a hláv nitov.

Pri spevňovaní dochádza k zaklepávaniu hlavy nitu - Obr.a) pomocou nástroja, ktorého hrúbka je cca 5mm. Utesňovací nástroj má tvar tupého sekáča. Utesňovanie otvoru je možné utesňovacou operáciou po okraji hlavy nitu. Hrúbka utesňovacieho nástroja je približne rovnaká ako hrúbka utesňovaného materiálu. Na uľahčenie týchto operácií sú okraje dosiek pred ich spojením zvyčajne opracované do uhla asi 80° . Tento uhol sa po procese zhutňovania zväčší na približne 85° .



Obr. Spevňovanie a utesňovanie nitovaných spojov

Účinnosť nitovaných spojov

Otvory pre nity narušujú celistvosť materiálu, ktorým sa má prenášať zaťaženie. Pri vyhotovení nitovaného spoja, nity nenahrádzajú plnohodnotne materiál, ktorý bol v podobe otvorov pre nity odobratý. Ideálny stav, kedy je zaťaženie v ťahu materiálu rovnaké ako zaťaženie od rôznych spôsobov namáhania sa v nitovanom spoji nedosiahne, aj keď sú priemery otvorov pre nity a priemery nitov normalizované. Účinnosť nitovaného spoja vyjadruje schopnosť nitov prenášať požadované zaťaženia v porovnaní so zaťažením v ťahu materiálu bez otvorov pre nity a je ho možné jednoducho vyjadriť nasledovným vzťahom:

$$\eta = \frac{\text{maximálne zaťaženie prenášané nitovým spojom}}{\text{zaťaženie v ťahu prenášané materiálom bez otvorov pre nity}} \quad (3.20)$$

Zaťaženie v ťahu prenášané materiálom bez otvorov pre nity je možné vyjadriť ako jednotkové zaťaženie F_i na rozstupe p pre materiál hrúbky s a dá sa definovať:

$$F_i = p \cdot s \cdot \sigma_t \quad (3.21)$$

Účinnosť nitovaného spoja nemôže nikdy dosiahnuť 100 %, ale je ju možné vhodne zvýšiť použitím viacradových spojov nitov. Maximálne zaťaženie je najmenšie prípustné zaťaženie stanovené z pevnostných podmienok v nitovom spoji v strihu, ťahu a v otláčení.

Vid' v učebnici:

- jednostranné nitové spoje,
- nity so zápusťou hlavou,
- nitovacie matice a skrutky,
- Lock Bolts, Jo- Bolts, Hi-Lock, Hi-Lite skrutky, HuckBolt skrutky, Taper-Lok skrutky, Hi-shear,
- Priame nitovanie – Krimpovanie.