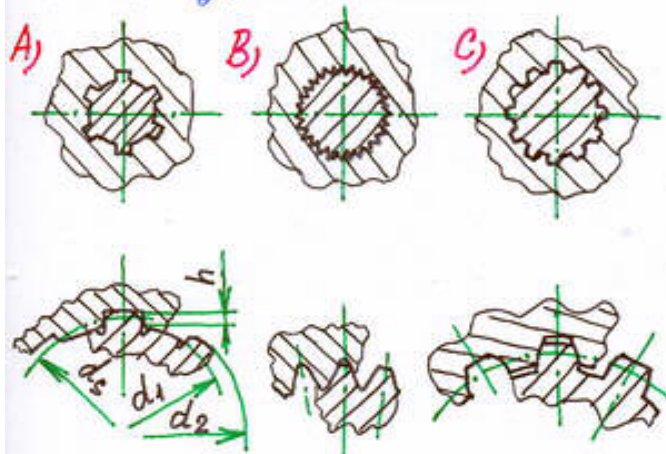


ŽLIABKOVÉ SPOJE

Patria do skupiny ľahko roztier. spojení stroj. znč.: Spájajú sa tak hriadeľ a náboj ozub. točosa, remenice, pádky a pod.. Podstata spoja spočíva v tvarovej väzbe v ont. žliabkovaníu vytvoreného na vale. povrchu hriadeľ. a vnútorn. žliabkov. náboja. Spojenie umožňuje prenášať výhradne krútiaci moment. Nahradzuje spoj PEROK, pri



pronoze veľkých, proment. a rázo výchu krút. mom. a aj vtedy, keď dĺžka náboja musí byť z konitr. dôv. malá. Tvar, počet a rozm. žliabkov sú normalizované. Podľa tvaru rozoznávame žliabk. hrubé-A, jemné-B a evolvent.-C.

Návrh rozmerov žliabkovania vychádza z predš ZKH M_k a dovol. namák. v krute σ_{kd} materiálu hriadeľa.

$$\sigma_k = \frac{M_k}{W_k} \leq \sigma_{kd}$$

kde W_k je modul prierezu v krute odpovedaj. pätnemu priam. žliabkovania.

Po úprave malý priem. žliabkov. kr. stanovíme z podmienky

$$d_1 \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_k}{\pi \cdot \sigma_{kd}}}$$

Takto vypočítanému priem. sa priradí z normy tvar a rozmery, napr. hrubé žliabkovania, teda priemery d_1 a d_2 a počet žliabkov.

Dalším výpočtom sa stanoví potr. dĺžka náboja - l - z podmienky že nesmie byť prekroč. dovol. tlak - p_D - na boku žliabku.

Dovol. hodn. tlakov sú rovn. ako u spojení s perom. Pre dĺžku náboja platí $l \geq \frac{4 M_k}{(d_1 + d_2) \cdot p_D \cdot f}$, kde je f účinná plocha žliabku na jedn. dĺžku náboja-STT.

Doporučuje sa $d_1 \leq l \leq 2 \cdot d_1$.

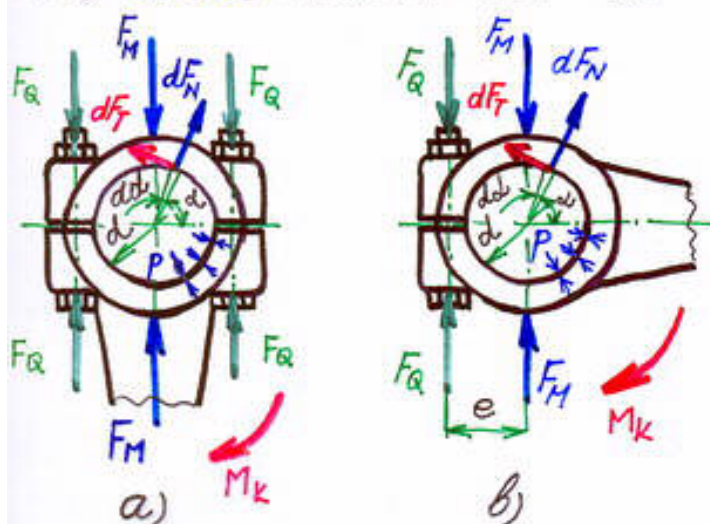
ZVERNÉ SPOJE

Patrí k rozoberateľným spojeniam s trecou väzbou. Obvyčajne sa používa k pripojeniu urči. súč. k hriadeľu, ktorou môže byť napr. páka, vačta ale i remenica alebo ozub. koleso. Podstata spojenia spočíva vo vytvorení tlaku medzi dotykovými plochami súč., ktorý spolu s fyzikálnym trením dáva predpoklad vzniku trecieho silového účinku pre prenos sily alebo momentu.

Styková plocha spojov. súč. môže byť valcová alebo kužeľová. V prípade valcovej stykovej plochy je náboj súč. častky pripojený k hriadeľu deleným alebo jednostranne rozrezaným.

ZVERNÉ SPOJE S VALCOVOU STYKOVOU PLOCHOU

Pri návrhu zverného spoja, podľa obr., sa vychádza z prenášaného vonkajšieho zaťaženia, ktoré je obvyčajne dané krúť. mom. M_k alebo i axiálnou silou F_a .



Podľa dráhu a reťkosti namáh. sa stanoví menov. priem. hriad. d v mieste zvern. spoja.

Pre vonk. priem. d_e obvyčajne platí, že $d_e \approx 1,8 \cdot d$, u liatin. býva o 10% väčší. Dĺžka náboja l závisí na konkr. pomeroch a nebýva väčšia než $1,5 \cdot d$.

Zovretie hriad. môže byť rie-

šené deleným (obr. a) alebo jednostranne rozrezaným nábojom (obr. b). U zverných spojení sa vychádza zo stanovenia požadov. účinkov. momentu M_u skratkového spojenia zvierajúceho náboj, aby sa predišlo vonkajšiemu zaťaženiu, konkr. krúť. mom. M_k , s určitou bezpečnosťou - k .

Po montáži spojov sa vytvorí potenci. trecí silový účinok M_T , ktorý pri zaťažení truhl. mom. M_k musí spĺňať podmienku, že $M_T > M_k$. Zavedením súčin. bezp. prenosu k požadov. podm. bude splnená $M_T = k \cdot M_k$. V ďalšom bude potre. určiť zväčš. medzi mom. M_T a utáčkov. mom. M_u stratf. spojov, resp. sítami, ktoré spôsob. zväčšenie úriadela, pôjde teda o sily F_a , ktoré v dotyk. plochách vytv. tlak p . Jeho rozloženie môže byť rovnomerné alebo nerovnomerné!

Predpokl. najprv, že tlak p je rovnomerne rozmiestnený. Na elemente valecovej stykovej plochy $ds = \frac{d}{2} \cdot l \cdot d\alpha$ vyvola pôsobiaci tlak p element. norm. silu $dF_N = p \cdot l \cdot \frac{d}{2} d\alpha$. Pre potenciálnu element. treciu silu na zvolen. elem. plati $dF_T = f \cdot dF_N = p \cdot f \cdot l \cdot \frac{d}{2} d\alpha$ a pre element trecí mom. $dM_T = \frac{d}{2} \cdot dF_T = p \cdot f \cdot l \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 d\alpha$.

Integráciou vzťahu pre trecí moment plati

$$M_T = \int_0^{2\pi} p f l \left(\frac{d}{2}\right)^2 d\alpha = \frac{1}{2} \pi p f l d^2.$$

Dosadením stanov. hodn. trecieho mom. do vzťahu $M_T = k \cdot M_k$ a jeho úpravou vypočítame minim. hodn. tlaku p_{min} , ktorý je potre. pre prenos M_k s bezpečnosťou k . Potom je

$$p_{minH} = \frac{2 \cdot k \cdot M_k}{\pi \cdot f \cdot l \cdot d^2}.$$

Pri prenose axiálnej sily F_a sa stanoví tlak p z integrácie vzť. dF_T . Pre jeho minim. hodnotu potom dostaneme

$$p_{minF} = \frac{k \cdot F_a}{\pi \cdot f \cdot l \cdot d}.$$

Pri súčasnem zaťaží spojov M_k a F_a požadov. hodn. min. tlaku vypočítame $p_{min} = \sqrt{p_{minH}^2 + p_{minF}^2}$. Pre daný prlp. je potre. dohliadať, aby p_{min} neprekročil hodn. 85 MPa pre oceľový 40 MPa pre liatinový náboj.

Prítláčacia sila F_H , ktorá vytv. zovretie nábojov je daná v tomto príp. úhľadom tlaku p_{min} a stanovíme ju integrovaním zložiek element. normál. síl

$$F_H = \int_0^{\pi} p_{min} \ell \frac{d}{2} \cdot \sin \alpha \cdot d\alpha = p_{min} \cdot \ell \cdot d.$$

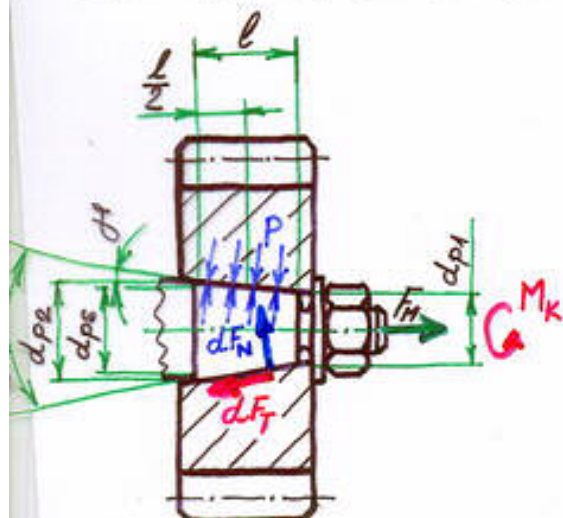
V prípade zvern. spoja s deleným náb., ktorý zviaza hriadeľ pomocou dvoch stružiek minim. hladnotu síly, teda hladn. íck predpätia určíme z rovnice $F_Q = \frac{F_H}{2}$.

Struť. spoje je potr. montovať utáčovačím mom. M_u , ktorého veľkosť stanovíme na zákl. vopred uveden. vzťahu.

Zverný spoj, podľa obr., ktorý predst. preved. s jednstr. rozrez. nábojom zviaza hriadeľ pom. jedn. str. spojov. Minim. hladn. síly F_Q , ktorú je potr. spojom vytvoriť stanovíme z moment. rovnov.

$$F_Q \left(e + \frac{d}{2}\right) - F_H \cdot \frac{d}{2} = 0 \Rightarrow \underline{F_Q = \frac{F_H \cdot d}{d + 2e}}.$$

ZVERNÝ SPOJ S KUŽELŤOVOU DOTYKOVOU PLOCHOU



Podstatou prenosu vonč. záťaž. je **tretí silový dejník** na kužeľovej dotykovej ploche, ktorý tu vzniká ako dôsledok **TLAKU a FK ZIKÁLNEHO TRENIA**. Pruzné deform. spojov. súč. po montáži sú rovnomerné okolo osi rotácie, a preto je možné predpokl. rovnomer. rozlož. tlaku p v dotyk. ploche. Spoj je zatážený krúť. mom. M_k . Po stanov. rozmu. hriadeľ. a náboja, bude potr. stanoviť veľk.

krúť. utáčov. mom. M_u stružky alebo matice, aby sa previeslo vonč. záťaž. s určitou bezpečn. prenosu - k -. Po montáži sa vytv. **poten.**

cráľný trecí moment M_T . Po zatáži spoja musí platiť $M_k < M_T$ a po zaved. súčín. bezpečn. prenosu k bude známa veľč. tr. momentu. V ďalšom je patr. stanoviť závit. medzi mom. M_T a utáhov. mom. M_u škr. alebo matice, resp. silou, ktorá vtáhuje koteľ. časť hriad. do otvoru náboja. Tato sila bude mať veľkosť predpáťia F_Q škrutk. spojenia. Na element kužeľ. styk. plochy, ktorým je lichobežník o rozmeroch $\frac{d_{p1}}{2} \cdot dd$, $\frac{d_{p2}}{2} \cdot dd$ a $\frac{l}{\cos \varphi}$, kde d_{p1} je malý a d_{p2} veľký priemer stykovej plochy, φ je jej polovičný vrcholový uhol, l je element. stredový uhol stykovej plochy. Tlak p pôsobiaci na danej element. ploche vyvolá element. normálovú silu $dF_N = p \cdot \frac{l}{\cos \varphi} \cdot \frac{dps}{2} \cdot dd$, kde dps je str. priem. kužeľ. styk. plochy.

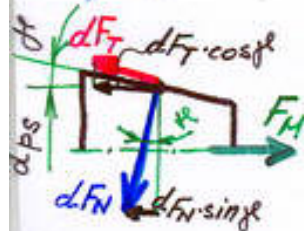
Pre potenc. element. treciu silu dF_T platí $dF_T = f \cdot dF_N = p f \frac{l}{\cos \varphi} \cdot \frac{dps}{2} dd$

a pre element. trecí moment $dM_T = \frac{dp}{2} \cdot dF_T = p f \frac{l}{\cos \varphi} \cdot \left(\frac{dps}{2}\right)^2 \cdot dd$

Dosadením $M_T = k \cdot M_k$ a úpravou vypočítame minim. tlak p , ktorú je patr. v dotyč. ploche zabezp., aby sa daným spojom premenš. ZKM, potom

$$p_{min} = \frac{2 k M_k \cos \varphi}{\pi f l d_{ps}^2}$$

Montážna sila F_H vytvárajúca zovretie hriadeľa nábojom je daná v tomto príp. účinnom tlakom p_{min} a fyzikáln. trením f alebo zložkami element. normál. síl a prieč. element. treciu sil do jej smeru. Jej veľkosť stanovíme integr. týchto zložiek podľa stredov. uklad.



$$F_H = \int_0^{2\pi} p_{min} (\sin \varphi + f \cos \varphi) \cdot \frac{l}{\cos \varphi} \cdot \frac{dps}{2} dd = \pi p_{min} (f + \tan \varphi) l d_{ps}$$

Spoj je patr. zmont. utáhov. mom. M_u , ktorého veľkosť získame dosadením hodnôt $F_H = F_Q$ do predch. vzť.

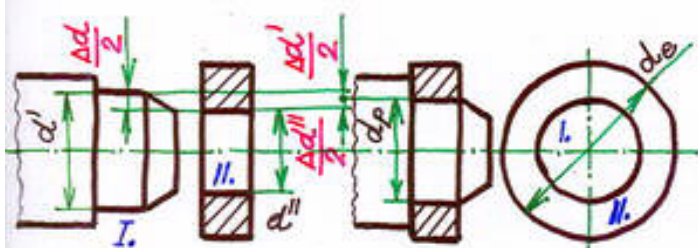
pre M_u . Pre demontážnu silu platí

$$F_D = \int_0^{2\pi} p_{min} (f \cos \varphi - \sin \varphi) \cdot \frac{l}{\cos \varphi} \cdot \frac{dps}{2} dd = \pi p_{min} (f - \tan \varphi) l d_{ps}$$

pokiaľ je kladná spoj je samosvotný.

NALISOVANÉ SPOJE

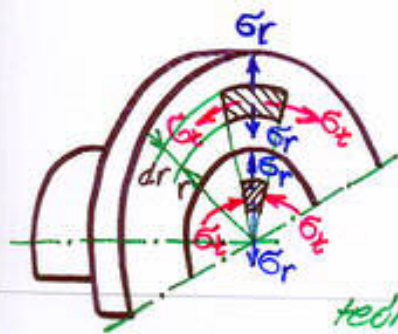
Spojenie nalisovaním patrí k čiastočne rozober. spojom. Je však jednoduché, spoľahlivé a hospodárne. Lisovaný spoj má z hľadiska pevnosti tú výhodu, že nezmenšuje nosný prierez hriadeľu.



Čap hriadeľov. súč. označ. indexom I. s priem. d' má pred mont. o presaku Δd väčší priem. ako vnút. priem. d'' vonk. súč. označenej indexom II. Potom $\Delta d = d' - d''$

Podstatou prenosu vonkajšieho záťaž. je vznik potenciálnych trecích silových účinkov príslušajúcich tlakov v stykovej ploche spojov. súč. Pre čap, teda vnút. súč. I. platí, že $\Delta d' = d' - d_p$. a pre vonk. súč. II. $\Delta d'' = d_p - d''$. Sčítaním oboch rovníc dostan, že $\Delta d = |d'| + \Delta d''$.

Absolútna hodnota vo vzťahu akceptuje, že pri výpočte deformácie $\Delta d'$ hriadeľu vyjde záporné číslo, nakoľko sa priemer hriadeľu po nalisovaní zmenší. Montáž spojov je nielen výhodné realizovať pri rozdielnych teplotách oboch súč., kde sa vplyvom teplotnej dilatácie anulujú ich presaky, čo spôsobí ich voľné spojenie. Návln menovitých rozmerov d_j, d_e spojovaných súč., teda hriadeľu a uťahova je charakterizovaný vzťahom $d_e \cong 1,8 \cdot d_j$.

NAPÄTOSŤ SÚČIASTOK NALISOVANÉHO SPOJA

Pri rzdj. nalisovaní vznikne tlak p v styk. ploche spojov. súč. ako výsledok pružných deformácií. Tento tlak vyvolá v oboch súč. dva hlavné napätia a to radiálnym smerom - σ_r - a tangenciálnym smerom - σ_t -. Pre výp. uved. nap. sa využíva tednia hrubostenných uťahov záťaž. vnútor. pretlakom. K výrazom daných napätí sa dôjde na zákl. rieš. diferenciálnych rovníc Eulerovoho typu.

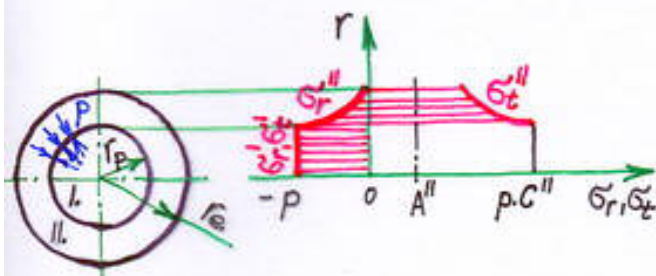
Obidve hlavné nap. sú okrem tlaku p tiež funkciou polomeru r , teda vzdialenosti vyšetřovaného miesta od osi rotácie súč. Pre radiaľne nap. σ_r a tangenciálne nap. σ_t platí

$$\sigma_r(r) = A - \frac{B}{r^2}, \quad \sigma_t(r) = A + \frac{B}{r^2}.$$

Integračné konšt. A a B sa určujú z počiat. podm. samostat. pre každú súč. nalisov. spoja. Pre stavov. presah Δd je potrebné zistiť nap. σ_r a σ_t na nalisovanom priemere $-d_p$, resp. na polm. $-r_p$, pre každú súč. Hľadáme teda hodnoty nap. $\sigma_r'(r_p)$, $\sigma_t'(r_p)$ a $\sigma_r''(r_p)$, $\sigma_t''(r_p)$, z ktorých je možné vypočítať pružné deformácie $\Delta d'$ a $\Delta d''$.

Súčiastky, ktoré sa spájajú nalisovaním sú v konštrukcii strojov a zariadení vyskytujú v troch prevedeniach. Jedná sa o spoj plného hriadeľa a náboja, dutého hriadeľa a náboja alebo čapu a dosky.

PLNÝ HRIADEĽ A NÁBOJ



Uvažujeme teda veľmi častý prípad spojenia plného hriadeľa s nábojom. Pre ľahšiu predstavu začneme riešiť napätosť v náboji. Okrajové podm. majú v tomto prípade

tvár $\sigma_r''(r_p) = -p$ a $\sigma_r''(r_e) = 0$. Ich dosadením do rovn. $\sigma_r(r) = A - \frac{B}{r^2}$ a úpravou vyjde pre integr. konšt. A'' a B'' , že

$$A'' = p \cdot \frac{r_p^2}{r_e^2 - r_p^2} \quad \text{a} \quad B'' = p \cdot \frac{r_p^2 r_e^2}{r_e^2 - r_p^2}.$$

do rovníc $\sigma_r(r) = A - \frac{B}{r^2}$ a $\sigma_t(r) = A + \frac{B}{r^2}$ pre $r = r_p$, dostaneme

pre každ. výsl. napätí vzťahy $\sigma_r''(r_p) = -p$ a $\sigma_t''(r_p) = p \frac{r_e^2 + r_p^2}{r_e^2 - r_p^2} = p.C''$

Okrajové podm. pre HRIADEĽ predst. vzťahy $\sigma_r'(r_p) = -p$ a $\sigma_r'(0) = \sigma_t'(0)$

Výraz $\sigma_r'(0) = \sigma_t'(0)$ vychádza z úvahy, že pri $r=0$, teda v osi hriadeľ, nemôžeme rozlíšiť radiálny a tangenciálny smer, a preto oboje nap. musia byť rovnaké.

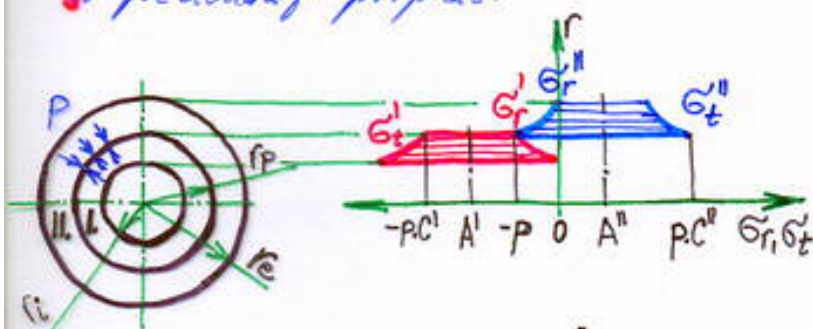
Dosad. okraj. podm. do vzťahu $\sigma_r(r) = A - \frac{B}{r^2}$ pre integr. konst. platí $A' = -p$ a $B' = 0$ a následne ich dosad. do rovn. pre radiálne a tangenciálne nap. dostaneme, že $\sigma_r'(r_p) = -p$ a $\sigma_t'(r_p) = -p$.

Z uved. výrazov vyplýva, že oboje napätia sú na polomere r a sú všade TLAKOVÉ a rovné pôsobiacemu tlaku $-p$.

Týmto postupom sme získali všetky napätia potrebné k výpočtu pružných deformácií spojovaných súč. na nališovanom priem. d_p .

DUTÝ HRIADEL' A NÁBOJ

V tomto prípade je riešenie napätosti v náboji totožné s riešením v predchádz. prípade.



Pre dutý hriadeľ budú okrajové podmienky

$$\sigma_r'(r_p) = -p \text{ a } \sigma_r'(r_i) = 0.$$

Ich dosadením do $\sigma_r(r) = A - \frac{B}{r^2}$ a úpravou dost. pre

integr. konst. : $A' = -p \frac{r_i^2}{r_i^2 - r_p^2}$ a $B' = -p \frac{r_i^2 r_p^2}{r_i^2 - r_p^2}$.

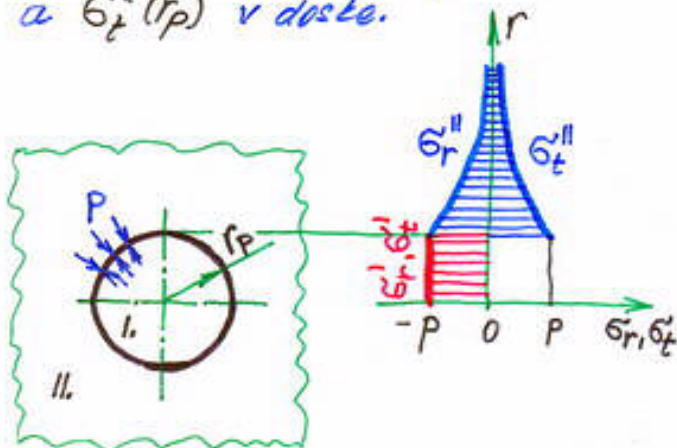
Dosadením A', B' do rovníc pre radiálne $\sigma_r(r)$ a tangenciálne $\sigma_t(r)$ nap. pre prípad $r = r_p$ dostaneme

$$\sigma_r'(r_p) = -p \text{ a } \sigma_t'(r_p) = -p \frac{r_i^2 + r_p^2}{r_i^2 - r_p^2} = -pC'.$$

Z takto vypočítaných nap. $\sigma_r'(r_p), \sigma_t'(r_p), \sigma_r''(r_p)$ a $\sigma_t''(r_p)$ sa stenová pružná deformácia dutého hriadeľa na priem. nališovania d_p .

ČAP A DOSKA

Spojenie čapu s doskou formou nalisovania sa v praxi používa veľmi často. Výpočet napätostí v čape sa realizuje rovnakým spôsobom ako u plného driadeľu. Venujme potom pozornosť len výpočtu nap. $\sigma_r''(r_p)$ a $\sigma_t''(r_p)$ v doske.



Opäť vyjdeme z poč. podm. pre napätia

$$\sigma_r''(r_p) = -p \text{ a } \sigma_r''(r \rightarrow \infty) = \sigma_t''(r \rightarrow \infty) = 0.$$

Idu dosad. do $\sigma_r(r) = A - \frac{B}{r^2}$ a úpravou dostávame pre integr. konst. výrazy

$$A'' = 0 \text{ a } B'' = p r_p^2.$$

Dosadením A'', B'' do rovníc pre radiálne $\sigma_r(r)$ a tangenciálne $\sigma_t(r)$ nap. pre $r = r_p$ vyjde $\sigma_r''(r_p) = -p$ a $\sigma_t''(r_p) = p.$

Na zákl. uved. vzť. stanovíme pružnú deform. dosky na priem. d_p .

DEFORMÁCIA SÚČIASTOK NALISOV. SPOJA

Pružné deformácie $\Delta d'$ a $\Delta d''$, ktoré vzniknú po montáži spoja na nalisovanom priem. d_p spojovaných súč. zistíme dosadením príslušných hodnôt napätia radiálneho $\sigma_r'(r_p)$, resp. $\sigma_r''(r_p)$ a tangenciálneho $\sigma_t'(r_p)$, resp. $\sigma_t''(r_p)$ do Hookovho zákona pre dvojsoú napätosť. Využijeme ju v tvare pre pomernú deformáciu ϵ_t v obvodovom smere, ktorá udáva zmenu obvodu a teda i hľadanú zmenu priemerov d' a d'' . Platí, že $\epsilon_t = \frac{\Delta d}{d} = \frac{1}{E} (\sigma_t - \mu \sigma_r).$

Dosadením pre obidve súčiastky dostaneme pružné deformácie

$$\Delta d' = \frac{d'}{E'} [\sigma_t'(r_p) - \mu' \sigma_r'(r_p)] \quad \text{a} \quad \Delta d'' = \frac{d''}{E''} [\sigma_t''(r_p) - \mu'' \sigma_r''(r_p)]$$

Dosadením do vzťahu pre $\Delta d = |\Delta d'| + \Delta d''$ získame

$$|\Delta d| = |\Delta d'| + \Delta d'' = \left| \frac{d'}{E'} [\sigma_t'(r_p) - \mu' \sigma_r'(r_p)] \right| + \frac{d''}{E''} [\sigma_t''(r_p) - \mu'' \sigma_r''(r_p)].$$

Vo výrazech pre $\Delta d'$ a $\Delta d''$ je možné nahradiť priemery spojovaných súč. d' a d'' priemerom d_j , nakoľko rozdiely sa pohybujú rádovo v mikrometroch. Platí, že $d' \cong d'' \cong d_p \cong d_j$.

Postupným dosadením jednotlivých prípadov nahradenia do vzťahu pre výpočet Δd s predpokladom, že obidve súč. sú z rovnakého mater. stanovíme výrazy pre výpočet minimálneho presahu Δd_{min} .

Pre spoj plného hriadeľa a náboja platí minimálny presah

$$|\Delta d_{min}| = \frac{d_j}{E} \cdot p_{min} \cdot (1 + C'')$$

pre spojenie dutého hriadeľa a náboja

$$|\Delta d_{min}| = \frac{d_j}{E} \cdot p_{min} \cdot (C' + C'')$$

a čapu a dosky

$$|\Delta d_{min}| = 2 \frac{d_j}{E} \cdot p_{min}$$

Postup pri návrhu spoja

Je zadáný: priemer hriadeľa d_j , ZKM M_k , rozmery súč., ktorá má byť nalisov. na hriadeľ.

1. ak nie je stanov. dĺžka náboja, doporučuje sa voliť

$l \cong (0,6 \div 0,8) \cdot d$ pre náboj z ocele, hriad. nezafar. ohybom,

$l \cong 1,25 \cdot d$ pre náboj z ocele, hriad. zafar. ohybom,

$l \cong 1,2 \cdot d$ pre náboj zo siv. liat., hriad. nezafar. ohybom,

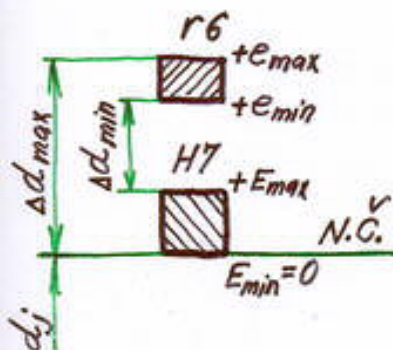
$l \cong 2 \cdot d$ —————, ——— zafar. ———.

2. Vypočíta sa minim. tlak, podľa $p_{min} = \frac{2 \cdot k \cdot H_k}{\pi d_j^2 f l}$ pre prenos ZKH

pričom súčin bezp. prenosu $k \geq 2$, volí sa najčast. $k=2$, väčšie hodn. k sa doporúč. v príp. silne premenliv. ZKH, prípadne s rázmi.

Súčin trenia f sa doporučuje voliť: $f = (0,1 \div 0,15)$ - pre obidve súč. z ocele, kalené a brúsené, na lisov. za norm. teploty, $f = (0,12 \div 0,2)$ - pre diel. ve súč. z ocele, plochy hladko opracov., $f = (0,08 \div 0,14)$ - pre hriad. z ocele, náboj sivá liat., $f = (0,15 \div 0,25)$ - obidve súč. z ocele, plochy hladko opr., na lisov. za tepla.

3. Podľa ured. vzťahov sa vypočíta potrebný minim. presah Δd_{min} a stanoví sa odpovedajúce uloženie v súst. jedn. diery, resp. hriadeľa (volí sa toler. pole H7, resp. h6).



Hodnota dolnej toler. odchylky hriadeľa e_{min} sa stanoví tak, aby $e_{min} \geq E_{max} + \Delta d_{min}$.

Je však možné, že pri montáži dôjde k spojeniu hriad. s najv. priem. a diery s najmenš. V tom príp. presah nadobudne maxim. hodnotu $\Delta d_{max} = e_{max}$, pre ktorú je nutné

uskutočniť pevnostnú kontrolu spojovaných súčiastok.

PEVNOSTNÁ KONTROLA SÚČIASTOK NALIS. SPOJA

Pri maxim. možnom presahu Δd_{max} je po nalissovaní tlak v stykovej ploche spojovaných súč. rovný hodnote p_{max} . V dôsledku toho, by mohlo dôjsť k poškodeniu náboja alebo dosky na ich vnút. priem. d_p , kde nap. radiálne a tangenc. dosah. max. hodnoty.

Pevnostnú kontr. je možné previesť podľa Gaussovej pevnostnej hypotézy, potom platí, že

$$\frac{\sigma_t''(r_p)_{\max} - \sigma_r''(r_p)_{\max}}{2} \leq \tilde{\sigma}_D$$

kde $\sigma_r''(r_p)_{\max}$ a $\sigma_t''(r_p)_{\max}$ sú
 radiálne a tangenc. nap. na
 vnútornom priem. náboja alebo dosky pri max. presahu Δd_{\max} .

Pre dovol. nap. v šmyku $\tilde{\sigma}_D$ platí, že $\frac{\tilde{\sigma}_D}{2} = \tilde{\sigma}_D$

Potom pevnostná rovn. nadob. tvar $\sigma_t''(r_p)_{\max} - \sigma_r''(r_p)_{\max} \leq \tilde{\sigma}_D$

Po dosadení vzťahov $\sigma_r''(r_p) = -p$ a $\sigma_t''(r_p) = p \cdot C''$ pre plný hriad.
 a náboj do pevnostnej rovnice dostaneme

$$p_{\max}(1+C'') \leq \tilde{\sigma}_D \text{ a zároveň platí } \Delta d_{\max} = \frac{d_j}{E} p_{\max}(1+C'').$$

Po dosadení a úprave bude $\Delta d_{\max} \leq \frac{d_j}{E} \cdot \tilde{\sigma}_D$

Pravá str. rovnice predstavuje dovolenú hodnotu presahu.

Pevnostnú kontr. dosky uskutočnime dosadením vzťahov $\sigma_r''(r_p) = -p$
 a $\sigma_t''(r_p) = p$ do pevnostnej rovnice. Potom bude

$$2p_{\max} \leq \tilde{\sigma}_D \text{ a zároveň } \Delta d_{\max} = 2 \frac{d_j}{E} p_{\max} \text{ čo vedie ku}$$

vzťahu pre pevn. kontr. náboja, teda $\Delta d_{\max} \leq \frac{d_j}{E} \cdot \tilde{\sigma}_D$

To sa dalo očakávať, nakoľko doska je extrémny prípad náboja.

Konštrukčné odporúčenia

doporučené uloženia: priemer hriadeľa
 $d \leq 180 \text{ mm}$ $d > 180 \text{ mm}$

spoje nalisované za norm. tepl. H7/r6 H7/s6

spoje nalisov. za teplu-nábojové H7/u6 H7/v7

- náboj sivoúkat. H7/t6 H7/u6