



FAKULTA
STAVEBNÍ ústav
stavební mechaniky

BDA002 Pružnost a pevnost
přednáška 3 (v.24/25.1)
Kombinované studium

Vyučující: Ing. FILIP HOKEŠ, Ph.D.

Brno, zimní semestr 2024/2025

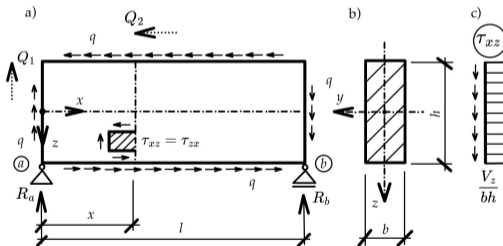
1. Smyk

- Prostý smyk
 - teorie
 - výpočet spojů namáhaných na stříh
- Smyk za ohybu
 - smyková napětí v masivních průřezech
 - smyková napětí v tenkostěnných průřezech
 - střed smyku

- prostý (čistý) smyk je stav namáhání, kdy v daném bodě tělesa **existují jen smyková napětí** ($\tau_{ij} \neq 0$) a **normálová napětí jsou nulová** ($\sigma_i = 0$)
- v rovině je nenulová pouze jedna z dvojice napětí τ_{xy} a τ_{yx} resp. τ_{zx} a τ_{xz}
- prostý smyk na prutu vzniká je-li **pouze** $V_y \neq 0$ resp. $V_z \neq 0$, **což je namáhání velice ojedinelé** (viz. obr. 1)
- je-li namáhání dle obr. 1 pak je v nosníku stav prostého smyku, neexistují normálová napětí a **tečné napětí je po výšce průřezu konstantní o velikosti**

$$\tau_{xz} = \frac{V_z}{A},$$

- kde $A = bh$



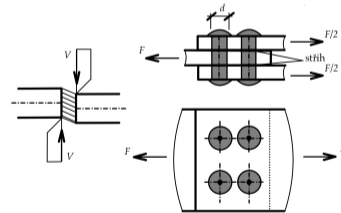
Obr. 1: Namáhání v prostém smyku

- se zatížením vyvolávající prostý smyk se prakticky nesetkáváme, většina konstrukcí je však namáhána ve **smyku za ohybu** (viz dále).
- s významným smykovým namáháním, které (v mezním stavu) způsobuje porušení **ustříhnutím** (namáhání ve stříhu) se setkáváme u spojů
 - šroubové, nýtové
 - svary
 - kolíkové spoje dřevěných konstrukcí
- podle počtu stříhových rovin, které se musí v mezním stavu porušit dělíme spoje na:
 - jednostřížné, dvojstřížné a vícetřížné

- únosnost pro jednu rovinu lze zapsat

$$F_{Rd} = f_{dr} A_s,$$

- kde f_{dr} je návrhová pevnost šroubu pro dané uspořádání a A_s je plocha řezu šroubu

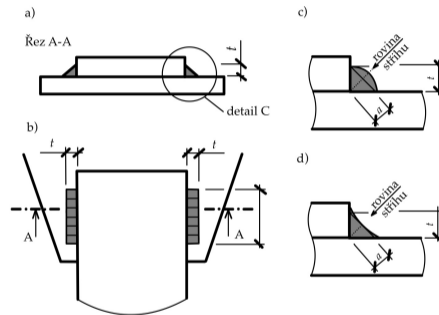


Obr. 2: Šroubový spoj

- u stříhem namáhaných koutových svarů se předpokládá rovnoměrné rozdělení smykových napětí podél vzdorující plochy
- tato plocha je dána výškou trojúhelníka a vepsaného do řezu svaru o tl. t (viz obr. 3)
- únosnost spoje na obrázku lze spočítat dle vztahu

$$F_{Rd} = f_{wd} A_s = f_{wd} \cdot 2al \approx f_{wd} \cdot 2 \cdot 0,707tl,$$

- kde f_{wd} je návrhová pevnost svaru ve smyku

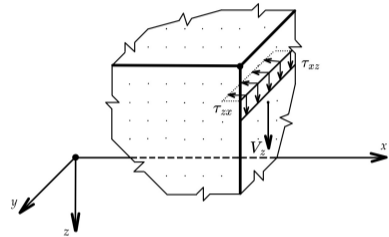


Obr. 3: Svarový spoj

Smyk za ohybu

Masivní průřezy

- u obecně namáhaných (ohýbaných) nosníků jsou $M_i \neq 0$ a zároveň $V_i \neq 0$
- v důsledku působení posouvajících sil jsou průřezy namáhány smykovým napětím
- velikost smykových napětí **nelze** odvodit za předpokladů **Bernouliho hypotézy**, jelikož vylučuje zkosení průřezu
- z Hookova zákona ve smyku poté plyne, že smyková napětí jsou rovna nule
- vychází se proto ze shodnosti smykových napětí ve svislém τ_{xz} a vodorovném směru τ_{zx}

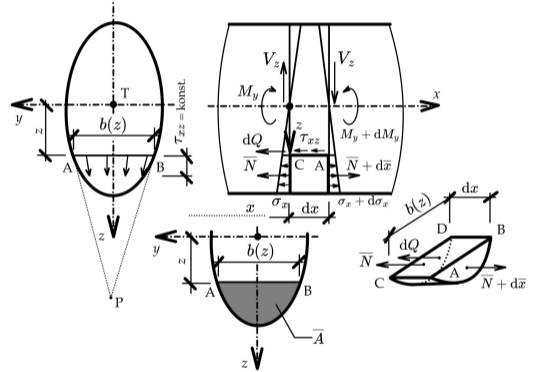


Obr. 4: Věta o vzájemnosti smykových napětí

Grashofovy předpoklady

Mějme nosník stálého průřezu, symetrický k rovině xz

1. podél rovnoběžky s neutrální osou je svislá složka smykového napětí **konstantní** $\tau_{xz} = \text{konst.}$
2. vektory výsledných smykových napětí podél této příčky směřují do společného bodu (průsečíku tečen k obrysu průřezu)



Obr. 5: K odvození smykových napětí

- uvolníme spodní část nosníku omezeného rovinou $z = \text{konst}$

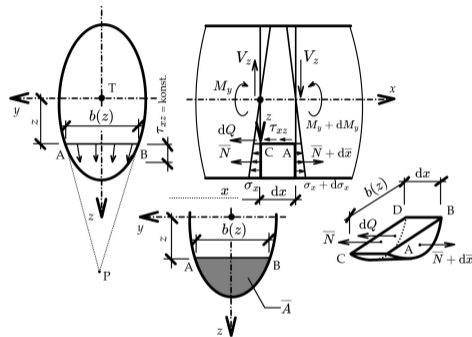
$$\bar{N} = \int_A \sigma_x dA = \frac{M_y}{I_y} \int_A z dA = \frac{M_y}{I_y} \bar{S}_y$$

$$d\bar{N} = \frac{d\bar{N}}{dx} dx = \frac{dM_y \bar{S}_y}{dx I_y} dx = V_z \frac{\bar{S}_y}{I_y} dx$$

- na odříznuté ploše $ABCD$ působí napětí τ_{zx} jehož výslednice $dQ = \tau_{zx} b(z)$ musí být v rovnováze s normálovými silami

Grashofův vzorec

$$\tau_{xz} = \tau_{zx} = \frac{V_z \bar{S}_y}{I_y b(z)}$$



Obr. 6: K odvození smykových napětí

Pozn.: Statický moment můžeme uvažovat jak horní, tak dolní odříznuté části, jelikož jsou v abs. hodnotě stejné

- tenkostěnnými uvažujeme takové průřezy, jejichž tloušťka jednotlivých částí t je výrazně menší než rozměry celého průřezu (často 1:10)
- rozlišujeme:
 - otevřené tenkostěnné profily např. L, U, I, T, C
 - uzavřené průřezy např. O

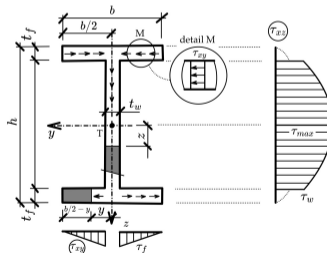
Předpoklady

1. smyková napětí jsou konstantní v řezu kolmo k dílčí stěně
2. smyková napětí jsou rovnoběžná s obrysem průřezu

Grashofův vzorec

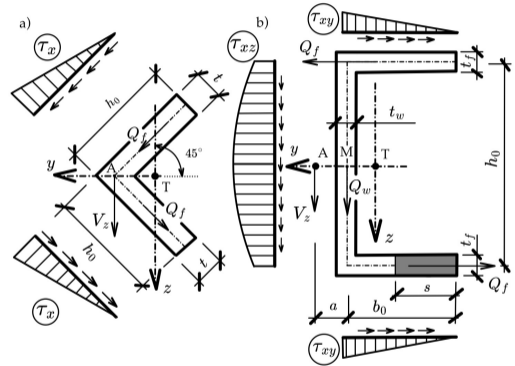
$$\tau_x = \frac{V_z \bar{S}_y}{I_y t}$$

kde τ_x je τ_{xz} na svislých řezech a τ_{xy} na vodorovných



Obr. 7: K odvození smykových napětí

- je hypotetický bod, kterým musí procházet výslednice zatížení, aby **prut nebyl namáhán na kroucení**
- u dvouose symetrických průřezů (I) je střed smyku totožný s těžištěm
- u jednoose symetrických průřezů (L, U, T, C) leží na obrácené straně než těžiště
- jeho polohu lze odvodit z momentové rovnováhy výslednic smykových sil na dílčích částech průřezu



Obr. 8: Střed smyku

ŠMIŘÁK, SVATOPLUK. *Pružnost a plasticita I: pro distanční studium*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-720-4468-0.