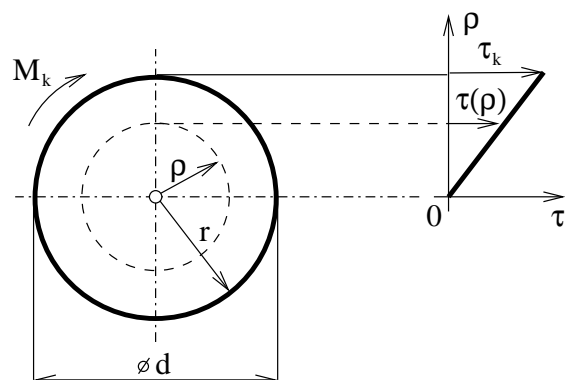


KRUT A STŘIH

Autoři: F. Plánička, M. Zajíček, V. Adámek

5.1 Shrnutí základních poznatků

Krut prutů kruhového průřezu, volné kroucení.



Obr. 1: Rozložení napětí při krutu.

Prut je namáhán prostým krutem, je-li výsledným účinkem všech sil a momentů po jedné straně řezu moment ležící v rovině řezu. Z podmínky rovnováhy momentu vnějších a vnitřních sil vyplývá, že při namáhání krutem vznikají v řezu smyková napětí. Na základě předpokladu, že řezy kolmé na osu prutu zůstávají při deformaci rovinné a pouze se natáčejí kolem osy prutu a na základě předpokladu platnosti Hookova zákona, lze smykové napětí τ ve vzdálenosti ρ od osy prutu vyjádřit vztahem, viz obr. 1,

$$\tau(\rho) = \frac{M_k}{J_p} \rho, \quad (1)$$

kde M_k je působící kroutící moment v daném řezu a J_p je polární moment průřezu. Z (1) vyplývá, že největší napětí působí na povrchu prutu, kde $\rho = r$. Toto napětí je

$$\tau_k = \frac{M_k}{J_p} r \quad \text{resp.} \quad \tau_k = \frac{M_k}{W_k}. \quad (2)$$

Veličina

$$W_k = \frac{J_p}{r} = \frac{2J_p}{d} \quad (3)$$

se nazývá modul průřezu v krutu. Pro plný kruhový průřez o průměru d platí

$$J_p = \frac{\pi d^4}{32} \quad \text{a tedy} \quad W_k = \frac{\pi d^3}{16}. \quad (4)$$

Při hledání závislosti mezi kroutícím momentem a úhlem zkroucení ϑ vyjdeme ze vztahu pro poměrný úhel zkroucení

$$\vartheta = \frac{M_k}{GJ_p}, \quad (5)$$

kde modul pružnosti ve smyku G je vázán s modulem pružnosti v tahu E a Poissonovým číslem μ vztahem

$$\frac{E}{G} = 2(1 + \mu). \quad (6)$$

KRUT A STŘIH

Autoři: F. Plánička, M. Zajíček, V. Adámek

Do vztahu (5) je možné dosadit za ϑ na základě jeho definice

$$\vartheta = \frac{d\varphi}{dx} \quad (7)$$

a po úpravě obdržíme závislost elementárního úhlu zkroucení prutu na jeho elementární délce dx ve tvaru

$$d\varphi = \frac{M_k}{GJ_p} dx \quad [\text{rad}] . \quad (8)$$

Pokud je tedy poměrný úhel zkroucení ϑ po uvažované délce prutu l konstantní, je úhel zkroucení daného úseku

$$\varphi = \frac{M_k l}{GJ_p} . \quad (9)$$

Chceme-li sestavit pevnostní podmínku při namáhání krutem s pomocí (2), musíme uvážit, že průměr prutu i zatěžující kroucí moment mohou být podél prutu proměnné. Proto je třeba nalézt vždy takové místo, kde je smykové napětí τ_k maximální, tj.

$$\tau_{k_{max}} \leq \tau_D \quad \text{resp.} \quad \left(\frac{M_k}{W_k} \right)_{max} \leq \tau_D , \quad (10)$$

přičemž τ_D je dovolené napětí ve smyku.

Analogicky k pevnostní podmínce definujeme podmínku tuhosti jako

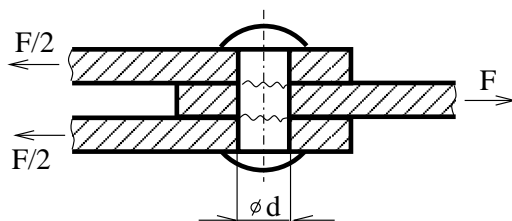
$$\varphi \leq \varphi_D , \quad \text{někdy také jako} \quad \vartheta \leq \vartheta_D . \quad (11)$$

Ve vztazích (11) jsou φ_D a ϑ_D dovolená hodnota úhlu zkroucení a zkrutu. Ty závisí na tuhostním požadavku na prut namáhaný krutem.

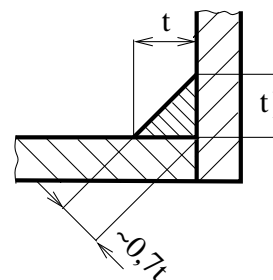
Střih

V případě strojních částí, kde silové složky namáhají tyto části střihem, obr. 2, je potřeba provést pevnostní kontrolu podle podmínky

$$\tau \leq \tau_{Ds} , \quad (12)$$



Obr. 2: Nýtovaný spoj.



Obr. 3: Svařovaný spoj.

KRUT A STŘIH

Autoři: F. Plánička, M. Zajíček, V. Adámek

kde τ je působící smykové napětí v rovině stříhu a τ_{Ds} je dovolené napětí ve stříhu. Pro výpočet smykového napětí potom využijeme vztah

$$\tau = \frac{T}{A}, \quad (13)$$

kde T je posouvající síla a A průřez přenášející tuto sílu.

Jako příklady těchto spojení uveďme nýtovaný spoj na obr. 2, kde

$$A = \frac{\pi d^2}{4} \quad \text{a} \quad T = \frac{F}{2}, \quad (14)$$

nebo svařovaný koutový spoj, obr. 3, o délce l , kde můžeme přibližně uvažovat

$$A \approx 0.7 t l. \quad (15)$$