

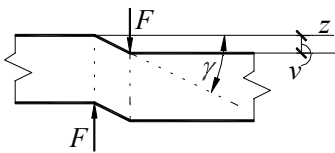
8. Kirpimas

8.1 Bendrosios žinios

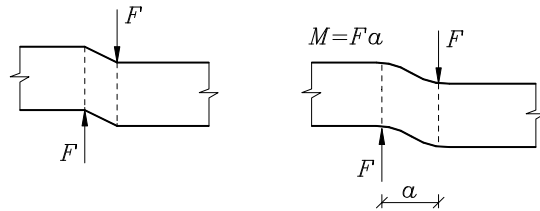
8.1 tekstas

■ Kirpimas yra deformavimo tipas, apibūdinamas gretimų elemento pjūvių pasislinkimu vienas kito atžvilgiu kryptimi, lygiagrečia kerpančių jėgų veikimo kryptiai (8.1 pav.). Anizotropinis sluoksninės medžiagos kirpimas išilgai sluoksnių vadinamas skėlimu.

■ Kad kirpimo srityje atsirastų tik viena įraža – skersinė (kirpimo) jėga, atstumas tarp kerpančių jėgų turi būti nykstamai mažas. Priešingu atveju gali atsirasti dar viena įraža – lenkimo momentas – iš esmės keičiantis kirpimo srities deformavimąsi (8.2 pav.).



8.1 pav.



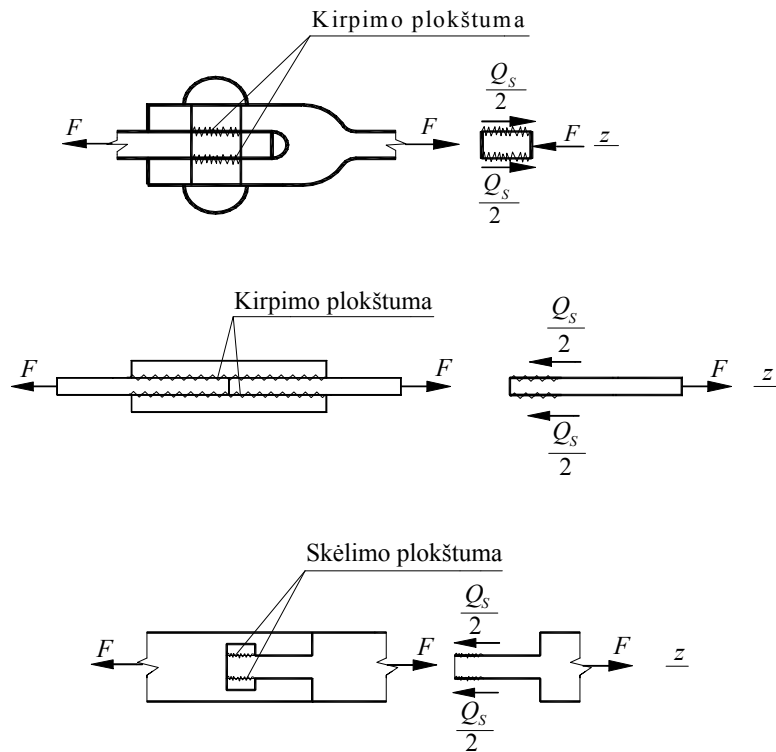
8.2 pav.

8.2. Kirpimo jėga, tangentiniai įtempimai

■ Kirpimo jėga (Q_s), kaip ir kitos įrašos, surandama iš pusiausvyros lygčių. Šiuo atveju, ypač kai jungtis sudėtinga, nėra paprasta išsiaiškinti, kur, t.y. kuriose nagrinėjamos jungties plokštumose, vyksta kirpimas. Todėl pirmiausia patariama pasidaryti suardytos (nukirptos, nuskeltos) jungties brėžinį ir tik tada nagrinėti vienos iš jungties dalių pusiausvyrą. Pavyzdžiui, 8.3 pav. parodytų jungčių kirpimo jėgos gaunamos suprojektavus visas jėgas, veikiančias nagrinėjamas jungčių dalis, į z ašį.

■ Kirpimo jėgos sukelia tangentinis įtempimus. Tiksliai nustatyti jų pasiskirstymo dėsnį kerpamajame pjūvyje (A_s) yra sudėtinga, todėl priimama prielaida, kad jie visame pjūvyje vienodi:

$$\tau \approx \tau_m = \frac{Q_s}{A_s}. \quad (8.1)$$



8.3 pav.

Tokia prielaida ženkliai supaprastina skaičiavimus. Be to, projektuotojus labiausiai domina ne bet koks deformavimo tarpsnis, o ribinis. Tokiu atveju, kai medžiaga plastinė, formulė (8.1) yra tiksli, nes plastinio suirimo metu visame kerpamajame plote tangentiniai įtempimai išsilygina, t.y. pasidaro lygūs takumo ribai: $\tau = \tau_y = \text{const}$.

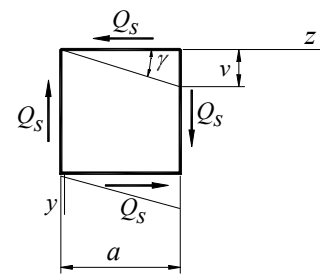
8.3. Poslinkiai ir kampinės deformacijos

■ Tarkime, kad atstumas tarp kirpimo jėgų yra a (8.4 pav.). Veikiant jėgoms, kirpimo sritis deformuosis, jos galiniai pjūviai pasislinks vienas kito atžvilgiu. Pritaikius poslinkių mažumo principą galima užrašyti, kad $\gamma = \text{tg}(\gamma) = \frac{v}{a}$ arba

$$v = \gamma \cdot a. \tag{8.2}$$

Tai ir yra kirpimo geometrinė deformavimo lygtis.

Prisiminkime analogišką tempimo ir gniuždymo skyriaus formulę: $w = \int \varepsilon \cdot dz$. Atskiras jos atvejais, kai $N = \text{const}$, $E = \text{const}$, $A = \text{const}$, visiškai atitinka formulę (8.2): $w = \varepsilon \cdot l$.



8.4 pav.

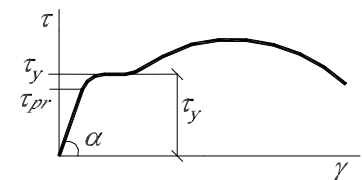
8.4. Fizinė lygtis

■ Kirpimo jėgos ir kirpimo srities galinių pjūvių poslinkio ryšį, t.y. priežasties ir pasekmės ryšį nustatyti yra sudėtinga. Todėl atliekamas paprastesnis, bet taip pat su šlyties deformacijomis susijęs bandymas – plonasienio vamzdžio sukimas. Taip gauta minkštojo anglinio plieno sukimo įtempimų diagrama pateikta 8.5 pav. Ji labai panaši į 5 skyriuje aptartą tempimo įtempimų diagramą, t.y. ji turi visus būdinguosius taškus. Ši diagrama parodo, kad kai apkrovos nedidelės, galima taikyti Huko dėsnį:

$$\tau = G \cdot \gamma, \tag{8.3}$$

čia G – šlyties modulis (medžiagos tamprumo rodiklis).

Iš 8.5 pav. matyti, kad $G = \frac{\tau}{\gamma} = \text{tg}\alpha$, be to, tamprumo teorijos metodais įrodoma, kad $\tau_y = \frac{1}{\sqrt{3}} \sigma_y$.



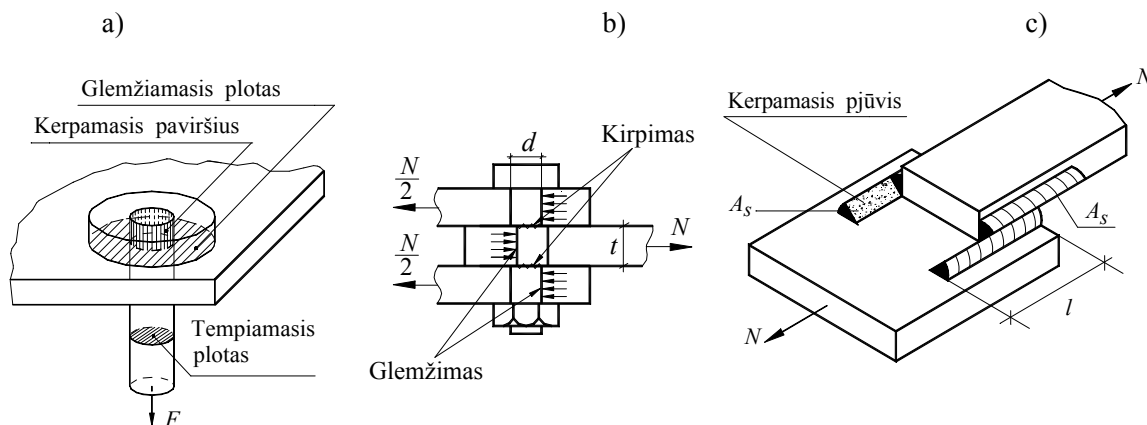
8.5 pav.

8.2 tekstas, 8.6 pav., 8.4 formulė ■■■

8.5. Jungčių skaičiavimas

■ Jungtį sudarantys elementai dažniausiai yra tempiami-gniuždomi, kerpami (skeliami) ir glemžiami (8.7pav.).

■ Glemžimas yra deformavimo tipas, apibūdinamas vietinėmis deformacijomis, atsirandančiomis dėl gniuždančios jėgos veikimo dviejų paviršių sąlyčio srityje. Glemžimas nuo gniuždymo skiriasi tuo, kad sąlyčio sritį supanti medžiaga neleidžia gniuždymo deformacijoms laisvai plisti. Atsiranda triašis grynasis gniuždymas, neskatinantis plyšių atsiradimo ir plitimo, sukeliančio medžiagos irimą. Todėl glemžimo įtempimų atžvilgiu plieno projektinis stipris imamas daug didesnis už takumo ribą σ_y .



8.7 pav.

Glemžimo įtempimai σ_p sąlyčio srityje pasiskirsto sudėtingai. Skaičiavimams supaprastinti tariama, kad jie visame glemžiamajame plote pasiskirsto vienodai. Be to, vietoje tikrojo glemžiamojo ploto imama jo projekcija (A_p) į plokštumą, statmeną glemžimo jėgai F_p (8.8 pav.):

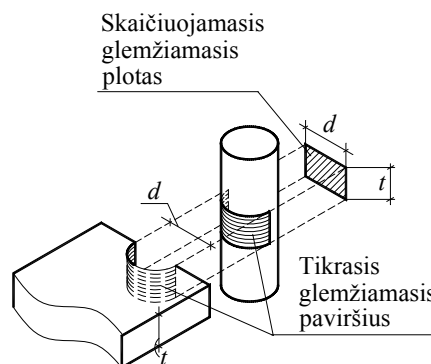
$$\sigma_p = \frac{F_p}{A_p} \quad (8.5)$$

■ Taigi skaičiuojant jungtis dažniausiai reikia naudoti tris stiprumo sąlygas:

tempimo-gniuždymo – $|\sigma|_{\max} = \frac{|N|}{A} \leq R$, (8.6)

kirpimo (skėlimo) – $|\tau|_{\max} = \frac{|Q_s|}{A_s} \leq R_s$, (8.7)

glemžimo – $|\sigma_p|_{\max} = \frac{|F_p|}{A_p} \leq R_p$, (8.8)



8.8 pav.

čia R , R_s , R_p – tempiamasis (gniuždomasis), kerpamasis ir glemžiamasis projektiniai stipriai.

8.1, 8.2, 8.3 pvz. ■■■

8.6. Kirpimo jėgos darbas

■ Kirpimo metu jėga nueina kelią v (8.9 pav.). Jei kirpimo sritis deformuojasi tampriai ir proporcingai (8.10 pav.), tai kirpimo jėgos atliktas darbas

$$W = \frac{1}{2} F \cdot v. \quad (8.9)$$

■ Kirpimo jėgos darbas niekur nedingsta, jis susikaupia kirpimo srityje potencinės deformavimo energijos pavidalu. Ji yra lygi darbui, kurį atlieka vidinės jėgos (šiuo atveju kirpimo jėga Q_s) grąžindamos kirpimo sritį į pradinę (nedeformuotą) būseną (8.11 pav.): $E_p = \frac{1}{2} Q_s \cdot \Delta a$. Prisiminkime, kad

$$\Delta a = \frac{Q_s \cdot a}{G \cdot A_s}, \text{ taigi}$$

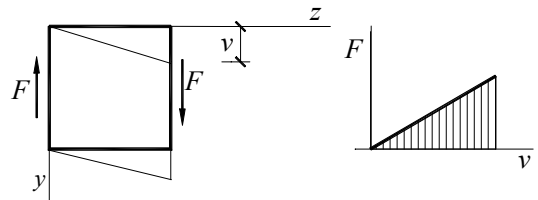
$$E_p = \frac{Q_s^2 \cdot a}{2G \cdot A_s}. \quad (8.10)$$

Kirpimo srities tūris $V = A_s \cdot a$. Taigi kirpimo srityje sukaupta santykinė potencinė deformacijos energija

$$e_p = \frac{E_p}{V} = \frac{Q_s^2 \cdot a}{2G \cdot A_s \cdot A_s \cdot a} = \frac{\tau^2}{2G} \quad (8.11)$$

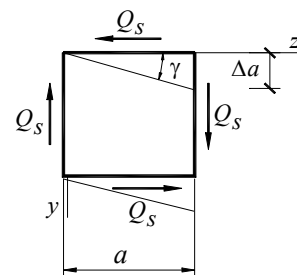
arba, panaudojus Huko dėsnį,

$$e_p = \frac{1}{2} \tau \cdot \gamma. \quad (8.12)$$



8.9 pav.

8.10 pav.



8.11 pav.

Kontroliniai klausimai

- 8.1. Kas yra kirpimas? Brėžinys.
- 8.2. Kodėl atstumas tarp kirpimo jėgų turi būti pakankamai mažas? Brėžinys.
- 8.3. Kaip skaičiuojami įtempimai kirpimo srityje? Formulė.
- 8.4. Kokiame apkrovimo tarpsnyje kerpamo elemento pjūvio plote įtempimai beveik vienodi?
- 8.5. Kam lygi kerpamo elemento deformacija?
- 8.6. Nubraižykite sukamo plonasienio vamzdžio, pagaminto iš anglinio plieno, sukimo įtempimų diagramą.
- 8.7. Kam lygus kerpamo elemento galinių pjūvių poslinkis vienas kito atžvilgiu? Formulė. Brėžinys.
- 8.8. Užrašykite kirpimo stiprumo sąlygą.
- 8.9. Kas yra skėlimas?
- 8.10. Kas yra glemžimas?
- 8.11. Užrašykite glemžimo stiprumo sąlygą.
- 8.12. Kaip nustatomas glemžiamasis plotas?