

7. Srieginiai sujungimai

Srieginiai sujungimai pagal paskirtį skirstomos į:

- sujungimus su įsriegtomis detalėmis;
- judesio arba jėgos sraigtais.

Sraigtinė linija gaunama ant cilindro užvyniojus statų trikampį (7.1 pav.). Kampas tarp šio trikampio įžambinės ir statinio, esančio cilindro pagrindo plokštumoje, vadinamas sraigtinės linijos kilimo kampu φ :

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{p_s}{\pi d_2}; \quad (7.1)$$

čia p_s – sraigtinės linijos žingsnis.

Stumiant plokščia figūrą per sraigtinę liniją taip, kad figūros plokštuma visada eitų per cilindro ašį gausime atitinkamą sriegį (7.2 pav.). Stumiant figūrą prieš laikrodžio rodyklę gaunamas dešininis sriegis, o pagal laikrodžio rodyklę – kairinis.

Ant cilindro užvyniojus 2, 3 ar daugiau stačių trikampių gaunamas dvipradis, tripradis ir t.t. (daugiapradis) sriegis (7.3 pav.). Daugiapradžio sriegio sraigtinės linijos pasislinkusios $360^\circ/z_s$ kampu viena kitos atžvilgiu; čia z_s – sriegio pradžių skaičius.

Sraigtinės linijos žingsniu p_s vadinamas atstumas tarp gretimų sraigtinės linijos taškų ant cilindro sudaromosios. Sriegio žingsnis – atstumas kuriuo pasislenka sraigtas ar veržlė apsukus jį vieną kartą. Daugiapradžių sriegių žingsnis lygus $p_s z_s$.

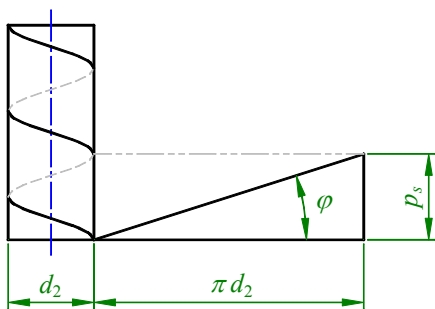
Priklausomai nuo paviršiaus formos, ant kurio sudaromas sriegis, sriegiai esti cilindriniai ir kūginiai.

Detalėms sujungti paprastai naudojami trikampis metrinis arba colinis sriegis.

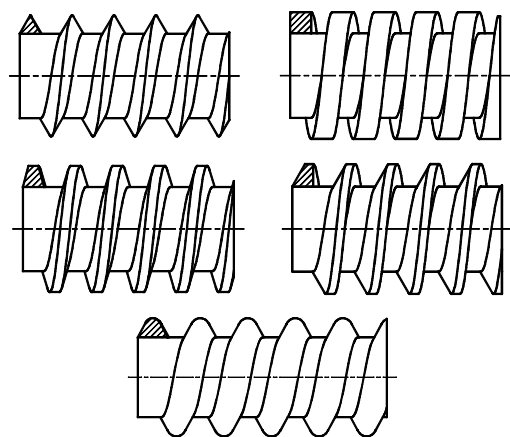
Pagrindiniai metrinio sriegio parametrai yra (7.4 pav.): išorinis skersmuo d , vidinis skersmuo d_1 , vidutinis skersmuo d_2 , sriegio žingsnis p_s , sriegio profilio kampas $\alpha = 60^\circ$.

Metriniai sriegiai esti stambaus ir smulkaus žingsnio. Dažniausiai naudojami stambaus žingsnio sriegiai, nes jie mažiau jautrūs dilimui ir gamybos netikslumams. Stambaus žingsnio metrinis sriegis žymimas raide M ir skaičiumi, nusakantiu išorinį skersmenį milimetrais, pvz., M20. Smulkaus žingsnio metriniam sriegiui papildomai nurodomas žingsnis, pvz., M20×1.5.

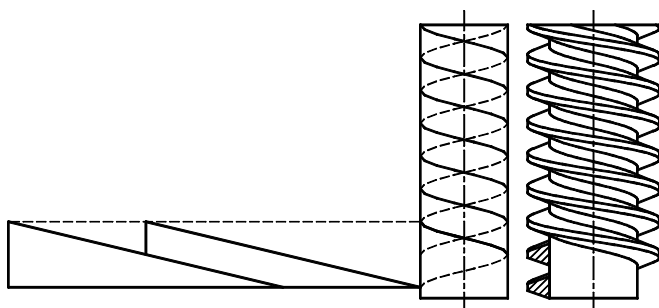
Pagal tikslumą, t.y. tarpą tarp veržlės ir varžto, metriniai sriegiai skirstomi į tikslus (4 ir 5 tikslumo laipsnis, suleidimai: 4H/4h, 5H/5h, 4H/4e), vidutinio tikslumo (6 tikslumo laipsnis, suleidimas: 6H/6g) ir mažo tikslumo (naudojami kur jungties tikslumas nesvarbus, suleidimas: 7H/8g).



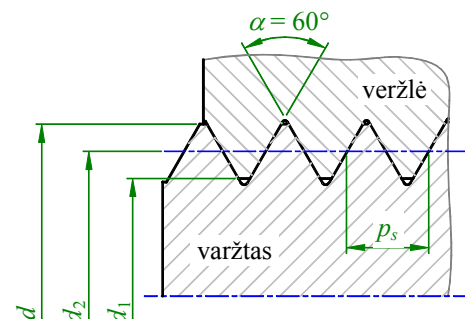
7.1 pav. Sraigtinė linija



7.2 pav. Plačiausiai naudojamų sriegių profiliai



7.3 pav. Dvipradis sriegis



7.4 pav. Metrinis sriegis

Coliniame sriegyje sriegio profilio kampas $\alpha = 55^\circ$. Jo nominalinis išorinis skersmuo matuojamas coliais, o žingsnis nusakomas sraigtinės linijos vijų skaičiumi colyje.

Hermetiškam vamzdžių sujungimui naudojami vamzdiniai sriegiai. Jie panašūs į colinius sriegius, tik turi suapvalintus profilius.

Judesio ir jėgos perdavimo sraigtuose naudojami trapeciniai, atraminai ir kvadratiniai (7.2 pav.) sriegiai.

Visų tvirtinimo detalių sriegiai yra savistabdžiai. Tačiau veržlės, varžtai ir sraigčiai gali atsisukti, veikiami kintamos ar smūginės apkrovos. Vibracijos sumažina trintį ir tuo pačiu savistabdą sriegyje. Varžtai nuo savaiminio atsisukimo apsaugomi sekančiais:

- veržlė kietai sujungiama su varžtu, pvz., veržlės fiksavimas vielokaiščiu arba užlenkiama plokštele;
- sudaroma papildoma trintis tarp veržlės ir varžto vijų, pvz., atraminės spyruoklinės poveržlės;
- sriegis užplakamas arba užvirinamas.

7.1. Sraigtinės poros teorija

Pradžiai nagrinėsime kvadratinį sriegį. Išvyniojus sriegio viją gausime nuožulnią plokštumą. Veržlę pakeisime šliaužikliu (7.5 pav., a). Šliaužiklį veikia trys jėgos: sraigto apkrovimo jėga F_{iv} , šliaužiklio stūmimo jėga F_t ir atstojamoji jėga F_A arba trinties jėga F_{tr} , normalinė jėga F_N ir atstojamoji jėga F_A . Iš jėgų pusiausvyros sąlygos šliaužiklį aukštyn stumianti jėga (7.5 pav., b)

$$F_t = F_{iv} \operatorname{tg}(\varphi + \rho); \quad (7.2)$$

čia $\rho = \operatorname{arctg} f_s$ – trinties kampas; f_s – trinties koeficientas sriegyje. Kai sriegis sausas $f_s = 0.12 \dots 0.18$, tepamiems sriegiams $f_s = 0.08 \dots 0.12$.

Pradinei įvaržai F_{iv} sudaryti, nugalint trinties jėgas sriegyje, reikalingas sukimo momentas

$$T_s = \frac{F_t d_2}{2} = \frac{F_{iv} d_2}{2} \operatorname{tg}(\varphi + \rho). \quad (7.3)$$

Įveržiant varžtą, be trinties jėgų sriegyje, reikia papildomai nugalėti trintį tarp varžto galvutės ar veržlės ir galinio atraminio paviršiaus. Laikant, kad slėgis į galinį atraminį paviršių pasiskirsto tolygiai reikalingas papildomas momentas (7.6 pav.):

$$T_g = \int_{d_0/2}^{D/2} f_g p_f r \, dA;$$

čia f_g – galinio atraminio paviršiaus trinties koeficientas; $p_f = 4 F_{iv} / [\pi (D^2 - d_0^2)]$ – slėgis į galinį atraminį paviršių; $dA = 2 \pi r \, dr$ – elementarus galinio atraminio paviršiaus plotas; r – elementaraus žiedelio kreivumo spindulys; dr – elementaraus žiedelio storis.

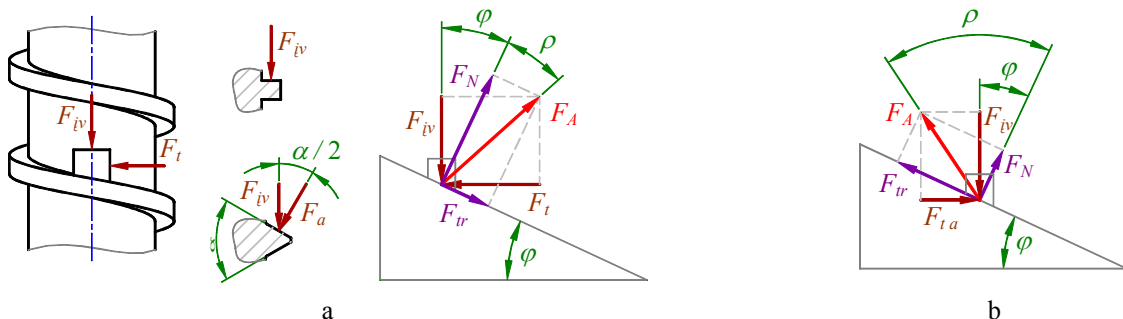
Reikalingas papildomas momentas, nugalintis trintį tarp varžto galvutės ar veržlės ir galinio atraminio paviršiaus

$$T_g = \frac{f_g F_{iv} D_m}{2}; \quad (7.4)$$

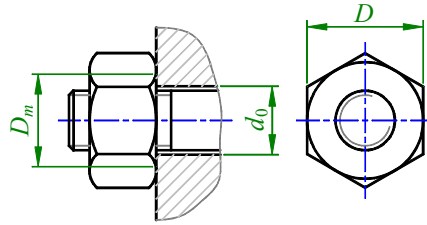
čia $D_m = 2 (D^3 - d_0^3) / [3 (D^2 - d_0^2)]$ – „vidutinis“ galinio paviršiaus skersmuo (7.6 pav.).

Norint gauti įvaržą F_{iv} , veržlei užveržti reikalingas momentas

$$T = T_s + T_g = \frac{F_{iv}}{2} [d_2 \operatorname{tg}(\varphi + \rho) + f_g D_m]. \quad (7.5)$$



7.5 pav. Jėgos veikiančios srieginėje jungtyje: a – užveržiant veržlę; b – atveržiant veržlę



7.6 pav. Vidutinis skersmuo atraminiame paviršiuje

Atsukant veržlę jėga F_t ir trinties jėga F_{iv} pakeis kryptį (7.5 pav., b). Tada

$$F_{ta} = F_{iv} \operatorname{tg}(\rho - \varphi). \quad (7.6)$$

Momentas, kuris suks sraigatą atsukant veržlę

$$T_{sa} = \frac{F_{ta} d_2}{2} = \frac{F_{iv} d_2}{2} \operatorname{tg}(\rho - \varphi). \quad (7.7)$$

Veržlei atsukti reikalingas momentas

$$T_a = T_{sa} + T_g = \frac{F_{iv}}{2} [d_2 \operatorname{tg}(\rho - \varphi) + f_g D_m]. \quad (7.7)$$

Kad varžtas ar veržlė savaiame neatsisuktų $T_a \geq 0$ – tai savistabdos sąlyga. Nevertindami trinties jėgų atraminiame paviršiuje iš (7.7) gausime, kad $\operatorname{tg}(\rho - \varphi) \geq 0$. Tokiu būdu savistabdos sąlyga:

$$\varphi \leq \rho. \quad (7.8)$$

Bendras darbas, atliktas per vieną sraigto apsisukimą užveržiant veržlę:

$$W = 2 \pi T = \pi F_{iv} [d_2 \operatorname{tg}(\varphi + \rho) + f_g D_m],$$

o darbas, sunaudotas nugalint naudingą jėgos F_{iv} pasipriešinimą išilgai sraigto bus

$$W_N = F_{iv} p_s = F_{iv} \pi d_2 \operatorname{tg} \varphi.$$

Sraigtinės jungties naudingumo koeficientas

$$\eta = \frac{W_N}{W} = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg}(\varphi + \rho) + f_g D_m / d_2}. \quad (7.9)$$

Sraigtinės jungties naudingumo koeficientas nevertinant trinties jėgų atraminiame paviršiuje

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg}(\varphi + \rho)}. \quad (7.10)$$

Savistabdžiams sraigtams $\eta \leq 0.5$.

Aukščiau pateiktos formulės tinka tik kvadratiniam sriegiui. Jas galima pritaikyti ir kitiems sriegiams. Tam vietoje trinties kampo ρ reikia naudoti redukuotą trinties kampą (7.5 pav., a)

$$\rho' = \frac{\rho}{\cos(\alpha/2)}; \quad (7.11)$$

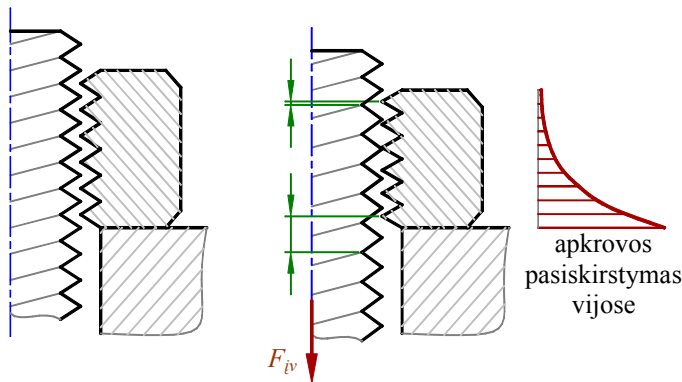
čia α – profilio kampas.

7.2. Ašinės jėgos pasiskirstymas sriegio vijose

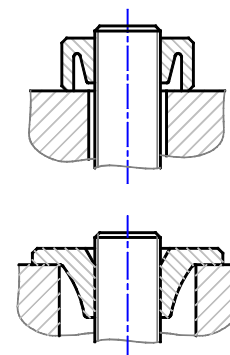
Srieginės jungties stiprumui, ypač esant ciklinėms apkrovoms, nemažą įtaką turi ašinės jėgos pasiskirstymas darbinėse sriegio vijose.

Veikiant ašinei apkrovai varžtas (arba sraigtas) yra tempiamas, o veržlė gniuždoma. Todėl varžto (sraigto) žingsnis padidėja, o veržlės – sumažėja. Ties atraminiu veržlės paviršiumi vijos deformuojasi labiausiai ir joms tenka didžiausia apkrova (7.7 pav.). Nustatyta, kad kai veržlėje yra daug vijų, beveik visą apkrovą priima pirmosios (nuo veržlės atraminio paviršiaus) šešios vijos. Todėl nėra prasmės naudoti labai aukštas veržles. Pagal standartą yra normalios veržlės, kurių aukštis yra $0.8 d$ ir žemos, kurių aukštis $0.5 d$.

Kai vijos esančios arčiausiai veržlės atraminio paviršiaus įtempimai pasiekia takumo ribą, toliau didinant apkrovą, jie nebedidėja tol, kol takumo riba nepasiekiamą visose vijose. Taigi apkrovos padidinimas pagerina jos pasiskirstymo tolygumą vijose. Tačiau tai gali sukelti nepageidautinas plastines deformacijas.



7.7 pav. Apkrovos pasiskirstymas paprastos veržlės vijose



7.8 pav. Veržlės išlyginančios apkrovos pasiskirstymą sriegio vijoms

Norint išlyginti apkrovos pasiskirstymą sriegio vijose naudojamos specialios veržlės, kurių srieginė dalis iš dalies yra tempiama (7.8 pav.). Specialios veržlės statinei apkrovai įtakos neturi. Jas rekomenduotina taikyti esant dinaminėms apkrovoms.

7.3. Sriegio skaičiavimas stiprumui

Praktiniams skaičiavimams priimama, kad veržlės aukščio ribose apkrova tarp sriegio vijų pasiskirsto tolygiai. Sriegis paprastai suyra dėl:

- sriegio vijų nukirpimo – tvirtinimo elementuose;
- sriegio vijų išsidėvėjimo – judesio ir jėgos sraigtuose.

Todėl pagrindiniai darbingumo ir skaičiavimo kriterijai tvirtinimo elementams su sriegiu yra kirpimo įtempimai, o judesio ir jėgos sraigtams – glemžimo įtempimai.

Sriegio stiprumo sąlyga kirpimui, veikiant ašinei apkrovai (7.9 pav.):

$$\left. \begin{aligned} \tau_{k1} &= \frac{F_{iv}}{\pi d_1 H K K_m} \leq \tau_{k adm} - \text{varžtui}; \\ \tau_{k2} &= \frac{F_{iv}}{\pi d H K K_m} \leq \tau_{k adm} - \text{veržlei}; \end{aligned} \right\} \quad (7.12)$$

čia H – varžto įsriegimo į detalę gylis arba veržlės aukštis; $K = l_{1-1} / p_s$ – koeficientas įvertinantis sriegio tipą: trikampiame sriegiu $K \approx 0.87$, kvadratiniam – $K \approx 0.5$, trapeciniam – $K \approx 0.65$; $K_m \approx 0.6 \dots 0.7$ – koeficientas įvertinantis apkrovos pasiskirstymo netolygumą sriegio vijose. Didesnes K_m reikšmes imame, kai $\sigma_{ut \text{ varžto}} / \sigma_{ut \text{ veržlės}} > 1.3$.

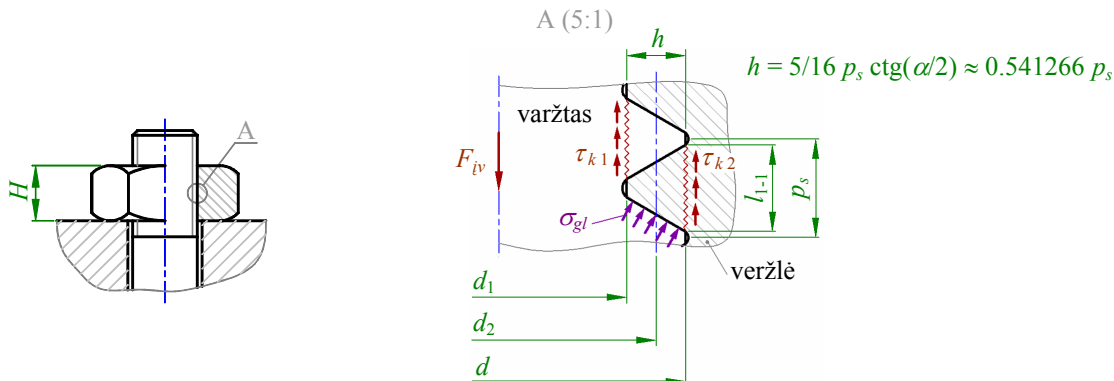
Jei varžto ir veržlės medžiaga ta pati, tai stiprumo sąlyga kirpimui tikrinama tik varžtui, nes $d_1 < d$.

Sriegio stiprumo sąlyga glemžimui, veikiant ašinei apkrovai (7.9 pav.):

$$\sigma_{gl} = \frac{F_{iv}}{\pi d_2 h z} \leq \sigma_{gl adm}; \quad (7.13)$$

čia h – sriegio profilio aukštis; $z = H / p_s$ – apkrautų sriegio vijų skaičius.

Varžto sriegio ir stiebelio stiprumas turi būti vienodas. Iš šios sąlygos nustatomas veržlės aukštis ir sriegių įsriegimo į detalę gylis.



7.9 pav. Ašine jėga apkrauto sriegio skaičiavimo schema

7.4. Varžto stiebelio skaičiavimas stiprumui prie įvairių apkrovimo atvejų

Varžtas gali prarasti darbingumą, kai jį veikia pastovi apkrova dėl:

- varžto nutrūkimo įsriegtoje zonoje;
- sriegio nuglemžimo arba nukirpimo;
- varžto nutrūkimo ties galvute. Paprastai varžtas ties galvute nutrūksta tik dėl gamybinio broko, todėl šioje zonoje varžtas stiprumui neskaičiuojamas.

Standartinių įsriegtų elementų stiprumas skaičiuojamas varžto stiebelio įsriegtos dalies vidiniam skersmeniui d_1 priimant, kad:

- varžto stiebelis ir veržlės sriegio vijos yra vienodo stiprumo;
- jungtis apkraunama simetriškai;
- darbinė apkrova sriegio vijose pasiskirsto vienodai.

Varžtas apkrautas ašine jėga. Toks apkrovimo atvejis (7.10 pav.) pasitaiko retai, o jo stiprumo sąlyga:

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4 F}{\pi \sigma_{t adm}}} ; \tag{7.14}$$

čia $\sigma_{t adm}$ – leistinieji tempimo įtempimai.

Varžtas apkrautas ašine jėga ir sukimo momentu. Toks apkrovimo atvejis gaunamas visose įvertžose srieginėse jungtyse (7.11 pav.): ašinė jėga – tai įvertžimo jėga F_{iv} , o sukimo momentas – momentas reikalingas nugalėti trinties jėgas sriegyje T_s , kad gauti įvaržą F_{iv} .

Šiuo atveju ekvivalentiniams įtempimams apskaičiuoti naudojama energetinė (Huberto-Mizeso-Henkio) stiprumo teorija:

$$\sigma_{ekv} = \sqrt{\sigma_t^2 + 3 \tau_s^2} \leq \sigma_{t adm} ;$$

čia $\sigma_t = \frac{4 F_{iv}}{\pi d_1^2}$ - tempimo įtempimai; $\tau_s = \frac{T_s}{W_p} = \frac{8 F_{iv} d_2 \operatorname{tg}(\varphi + \rho')}{\pi d_1^3}$ - sukimo įtempimai.

Varžto, apkrauto ašine jėga ir sukimo momentu, ekvivalentiniai įtempimai:

$$\sigma_{ekv} = \frac{4 F_{iv}}{\pi d_1^2} \sqrt{1 + 3 \left(\frac{2 d_2 \operatorname{tg}(\varphi + \rho')}{d_1} \right)^2} = C_\sigma \sigma_t \leq \sigma_{t adm} ;$$

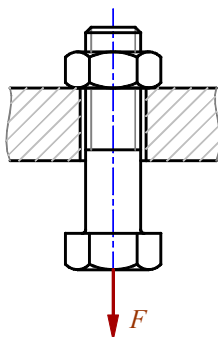
čia $C_\sigma = \sqrt{1 + 3 \left(\frac{2 d_2 \operatorname{tg}(\varphi + \rho')}{d_1} \right)^2}$ – koeficientas įvertinantis papildomą varžto sukimą.

Stambaus žingsnio vienapradžių metrinių sriegių santykis $d_2 / d_1 \approx 1.1$, vidutinis vijų kilimo kampas $\varphi \approx 3^\circ$, redukuotas trinties kampas $\rho' \approx 9^\circ$. Taigi stambaus žingsnio vienapradžių metrinių sriegių apytikslė koeficiento, įvertinančio papildomą varžto sukimą, reikšmė yra:

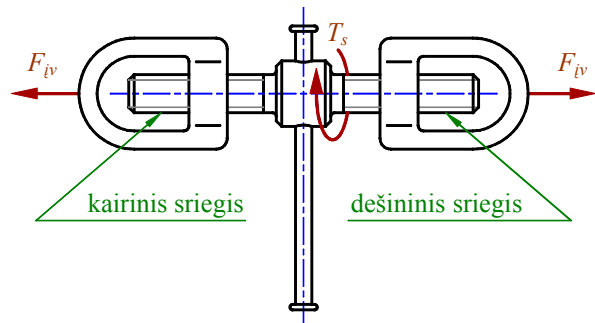
$$C_\sigma \approx 1.3 . \tag{7.15}$$

Varžto, apkrauto ašine jėga ir sukimo momentu, stiprumo sąlyga yra

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4 C_\sigma F_{iv}}{\pi \sigma_{t adm}}} . \tag{7.16}$$



7.10 pav. Ašine jėga apkrautas varžtas



7.11 pav. Ašine jėga ir sukimo momentu apkrautas varžtas

Įveržtų varžtų sujungimas apkrautas skersine jėga (7.12 pav.). Sujungime varžtai įstatyti į didesnio skersmens skylę. Jungties patikimumo sąlyga – elementai neturi praslysti veikiant išorinei apkrovai, t.y. varžtų įveržimo jėga turi sukelti trinties jėgas didesnes už išorinę apkrovą:

$$F_{tr} > s_R F; \quad (7.17)$$

čia $s_R = 1.2 \dots 2$ – paviršių sukibimo atsarga (mažesnės reikšmės imamos esant statinei, o didesnės – kintamai apkrovoms);

$$F_{tr} = F_{iv} f k; \quad (7.18)$$

f – trinties koeficientas tarp jungiamų elementų (plokščiu); k – sandūrinių paviršių skaičius.

Pasinaudoję (7.16) ... (7.18) formulėmis užrašoma įveržtų varžtų sujungimo stiprumo sąlyga:

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4 s_R C_\sigma F}{\pi f k \sigma_{t adm}}}. \quad (7.19)$$

Kad sumažinti įveržimo jėgą ir padidinti tokios jungties patikimumą praktikoje naudojamos specialios detalės apsaugančios varžtus nuo skersinių jėgų (7.12 pav., b).

Neįveržtų varžtų sujungimas apkrautas skersine jėga (7.13 pav.). Sujungime varžtai įstatomi į tiksliai priderintas skyles, t.y. skylės skersmuo yra ne didesnis kaip $\approx 1.1 d$. Šis sujungimas yra patikimesnis už įveržtų varžtų sujungimą, tačiau yra brangesnis.

Šiose jungtyse varžto įveržti nebūtina. Skaičiuojant į trinties jėgas neatsižvelgiama. Varžtai kaip ir kniedės skaičiuojami kirpimui ir glemžimui.

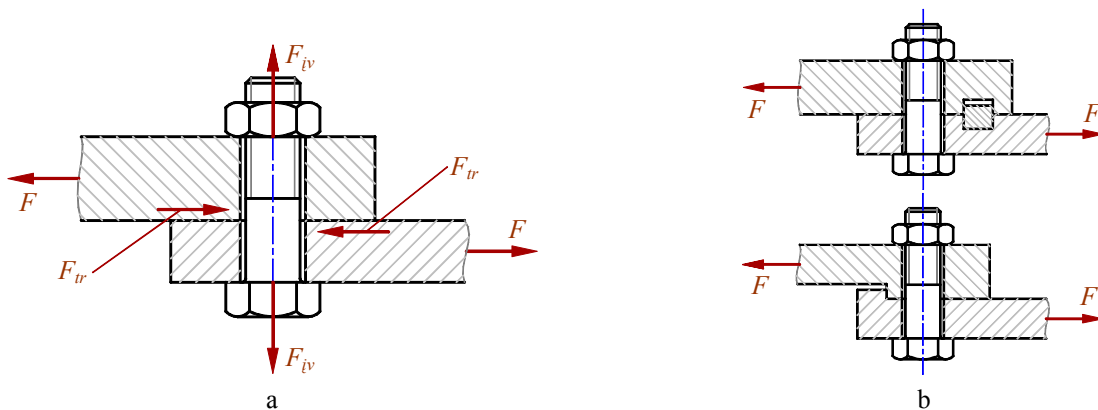
Stiprumo sąlyga:

$$d_0 \geq \sqrt{\frac{4 F}{\pi k \tau_{k adm}}}; \quad (7.20)$$

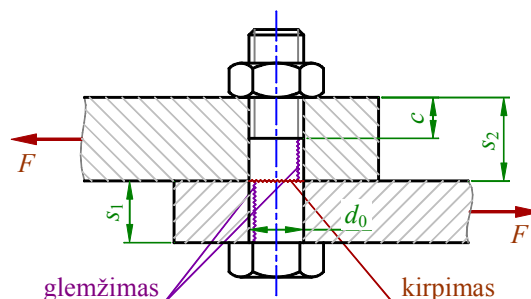
čia d_0 – varžto stiebelio neįsriegtos dalies skersmuo.

Esant nedideliams jungiamų elementų aukščiams būtina patikrinti jungties atsparumą glemžimui pagal sąlygas:

$$\sigma_{gl} = \frac{F}{d_0 s_1} \leq \sigma_{gl adm} \quad \text{ir} \quad \sigma_{gl} = \frac{F}{d_0 (s_2 - c)} \leq \sigma_{gl adm}. \quad (7.21)$$



7.12 pav. Įveržtų varžtų sujungimas apkrautas skersine jėga: a – skaičiavimo schema; b – sujungimo sustiprinimo būdai



7.13 pav. Neįveržtų varžtų sujungimas apkrautas skersine jėga

Necentriškai apkrautų varžtų skaičiavimas. Necentriškai varžtai apkraunami, kai naudojamos nesimetrinės varžtų galvutės arba atraminiai paviršiai po varžle ar varžto galvute nėra lygiagretūs (7.14 pav.). Varžtą įveržus jėga F_{iv} varžte kils tempimo ir lenkimo įtempimai. Ekvivalentiniai įtempimai apskaičiuojami taip:

$$\sigma_{ekv} = \sigma_t + \sigma_l \leq \sigma_{t adm} . \quad (7.22)$$

Tempimo įtempimai:

$$\sigma_t = \frac{4 C_\sigma F_{iv}}{\pi d_1^2} . \quad (7.23)$$

Kai jungtį sudaro varžtas su nesimetrine galute (7.13 pav., a) lenkimo įtempimai

$$\sigma_l = \frac{M}{W} = \frac{32 F_{iv} e}{\pi d_1^3} . \quad (7.24)$$

Ekvivalentiniai įtempimai bus:

$$\sigma_{ekv} = \frac{4 C_\sigma F_{iv}}{\pi d_1^2} + \frac{32 F_{iv} e}{\pi d_1^3} = \frac{4 F_{iv}}{\pi d_1^2} \left(C_\sigma + \frac{8 e}{d_1} \right) . \quad (7.25)$$

Sulyginę (7.22) ir (7.25) gausime:

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4 F_{iv}}{\pi \sigma_{t adm}} \left(C_\sigma + \frac{8 e}{d_1} \right)} . \quad (7.26)$$

Kadangi paprastai ekscentricitetas e išreiškiamas per d_1 , pav., $e = 0.75 d_1$, tai pagal (7.26) galime apskaičiuoti varžto vidinį skersmenį.

Kai atraminiai paviršiai po varžle ar varžto galvute nėra lygiagretūs (7.14 pav., b) ir atraminio paviršiaus posvyrio kampas α yra didelis, t.y. nevaržomos varžto stiebelio deformacijos, įveržtas varžtas bus lenkiamas momentu

$$M = F_{iv} e ,$$

o kai α yra mažas –

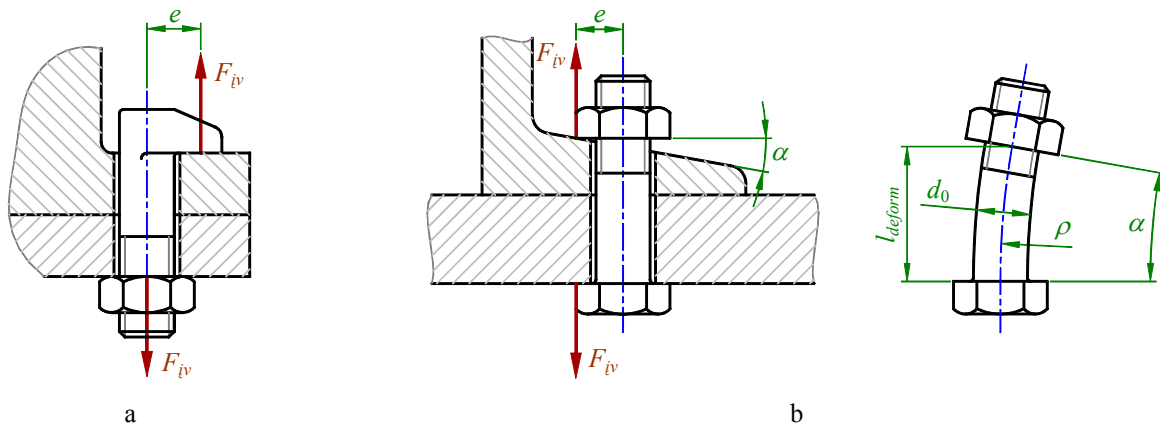
$$M = \frac{E I}{\rho} \approx \frac{E I \operatorname{tg}(\alpha)}{l_{deform}} = \frac{E \pi d_0^4 \operatorname{tg}(\alpha)}{64 l_{deform}} ;$$

čia E – varžto medžiagos tamprumo modulis; ρ – varžto stiebelio kreivumo spindulys; l_{deform} – deformuojamasis varžto ilgis. Šiuo atveju lenkimo momentas (o tuo pačiu ir lenkimo įtempimai) bus tuo mažesnis kuo didesnis bus l_{deform} ir kuo mažesnis d_0 .

Lenkimo įtempimai kylantys varžto stiebelio išsriegtoje dalyje:

$$\sigma_l = \frac{M}{W} = \frac{32 F_{iv} e}{\pi d_1^3} \quad \text{arba} \quad \sigma_l = \frac{M}{W} = \frac{E d_0 \operatorname{tg}(\alpha)}{2 l_{deform}} \left(\frac{d_0}{d_1} \right)^3 . \quad (7.27)$$

Skaičiuojant ekvivalentinius įtempimus imama mažesnė σ_l reikšmė gauta pagal (7.27) išraiškas.



7.14 pav. Jungtis su necentriškai apkrautu varžtu: a – varžtas su nesimetrine galute; b – atraminiai paviršiai po varžle ar varžto galvute nėra lygiagretūs

Įveržti varžtai veikiami darbinės apkrovos. Šiuo atveju pradinis srieginių jungčių įveržimas turi būti toks, kad, pradėjus veikti išorinei apkrovai, jungtyje dėl varžtų papildomo ištiesimo nesusidarytų tarpelis, arba nebūtų pažeistas hermetiškumas (7.15 pav.).

Montavimo metu jungtį veikia tik įveržimo jėga F_{iv} dėl to varžtas pailgėja dydžiu

$$\Delta l_v = \frac{F_{iv}}{K_v} = \delta_v F_{iv}, \quad (7.28)$$

o jungiamos detalės sutrumpėja dydžiu

$$\Delta l_d = \frac{F_{iv}}{K_d} = \delta_d F_{iv}. \quad (7.29)$$

čia K_v , N/m ir δ_v , m/N – varžto standumo ir slankumo koeficientai; K_d N/m ir δ_d , m/N – detalių standumo ir slankumo koeficientai.

Atsiradus išorinei apkrovai F , varžtas papildomai pailgės, o detalės sutrumpės dydžiu Δl_F . Todėl varžtą papildomai veiks jėga F_{vF} :

$$F_{vF} = K_v \Delta l_F = \frac{\Delta l_F}{\delta_v}, \quad (7.30)$$

o detalės jėga F_{dF} :

$$F_{dF} = K_d \Delta l_F = \frac{\Delta l_F}{\delta_d}. \quad (7.31)$$

Išorinė apkrova

$$F = F_{vF} + F_{dF} = \frac{\Delta l_F}{\delta_v} + \frac{\Delta l_F}{\delta_d} = \Delta l_F \frac{\delta_v + \delta_d}{\delta_v \delta_d}. \quad (7.32)$$

Iš (7.30) ... (7.32) eliminavus Δl_F gausime:

$$F_{vF} = \frac{\delta_d}{\delta_v + \delta_d} F = \frac{K_v}{K_v + K_d} F = \chi F \quad \text{ir} \quad F_{dF} = \frac{\delta_v}{\delta_v + \delta_d} F = \frac{K_d}{K_v + K_d} F = (1 - \chi) F; \quad (7.33)$$

čia χ – išorinės jėgos koeficientas, parodantis kokia darbinės apkrovos dalis tenka varžtui.

Detalių slankumą δ_d apskaičiuoti sunku, todėl praktiniams skaičiavimams imama eksperimentiškai nustatyta χ reikšmė: $\chi \approx 0.2 \dots 0.3$.

Suminė apkrova veikianti varžtus darbo metu:

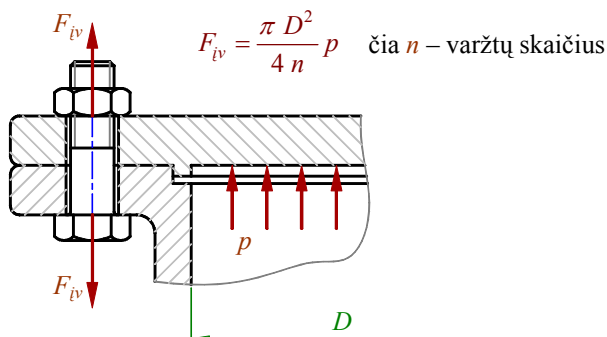
$$F_v = F_{iv} + F_{vF} = F_{iv} + \chi F. \quad (7.34)$$

Suminė apkrova veikianti detales darbo metu:

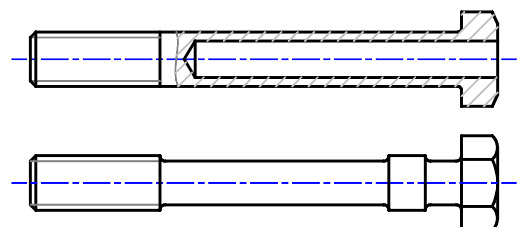
$$F_d = F_{iv} - F_{dF} = F_{iv} - (1 - \chi) F. \quad (7.35)$$

Didėjant varžtų slankumui δ_v ir mažėjant detalių slankumui δ_d mažėja išorinės apkrovos koeficientas χ ir tuo pačiu varžtus veikiančios jėgos prieauglis nuo darbinės apkrovos. Todėl atsakingose konstrukcijose, naudojami tamprūs varžtai (7.16 pav.).

Mažinant įveržimo jėgą F_{iv} mažėja detalės spaudžianti jėga F_d . Kai $F_{iv} \leq (1 - \chi) F$ pranyksta jungties hermetiškumas. Be to hermetiškumas priklauso nuo sandūros paviršių skaičiaus – kuo jų daugiau tuo hermetiškumas mažesnis.



7.15 pav. Įveržtas sujungimas veikiamas darbinės apkrovos p



7.16 pav. Tamprūs varžtai

Reikalinga įveržimo jėga

$$F_{iv} = \mu(1 - \chi) F; \tag{7.36}$$

čia $\mu = 1.25 \dots 5.0$ – sandarumo koeficientas, priklausantis nuo tarpinių medžiagos. Kuo tarpinės medžiaga slankesnė tuo koeficientas μ mažesnis.

Dauguma varžtų yra apkrauti pastovios apkrovos – nuo įvaržos ir kintamos – nuo išorinės apkrovos. Paprastai išorinė apkrova kinta pagal pulsuojančią ciklą. Padidinus varžtų įvaržą padidėja jų atsparumas nuovargiui, nes padidėja jungties standumas bei sumažėja kintamos apkrovos dedamoji. Varžtines jungtis skaičiuojant kintamoms apkrovoms reikalinga įveržimo jėga

$$F_{iv} = s_a \mu(1 - \chi) F \quad \text{ir} \quad F_{iv} = s_y \mu(1 - \chi) F; \tag{7.37}$$

čia stiprumo atsarga įtempimų amplitudei:

$$s_a = \frac{\sigma_{v-1} \varepsilon}{K_\sigma \sigma_a} \geq s_{a adm}; \tag{7.38}$$

ir stiprumo atsarga maksimaliems įtempimams:

$$s_y = \frac{\sigma_{yt}}{\sigma_{max}} = \frac{\sigma_{yt}}{\sigma_0 + 2 \sigma_a} \geq s_{y adm}; \tag{7.39}$$

kur σ_{v-1} – varžto medžiagos nuovargio riba; ε – mastelio koeficientas; K_σ – efektyvinis įtempimų koncentracijos koeficientas; $\sigma_a = 0.5 \chi F/A_v$ – įtempimų amplitudė; A_v – skaičiuojamasis varžto skerspjūvio plotas; $s_{a adm} = 2.5 \dots 4.0$ – leistinasis atsargos koeficientas; σ_{yt} – varžto medžiagos takumo riba; $\sigma_0 = F_{iv}/A_v$ – pastovūs įtempimai; $s_{y adm} = 1.25$ – minimalus leistinas takumo atsargos koeficientas.

7.5. Įsriegtų elementų medžiagos ir leistinieji įtempimai

Įsriegiami elementai (varžtai, sraigtai, veržlės ir kt.) paprastai gaminami iš Ст3, 10, 15, 45, 40X ir kt. plienų, spalvotųjų metalų (bronzos, žalvaris ir kt.), plastikų.

Parenkant medžiagą įvertinamos darbo sąlygos, temperatūra, darbinė terpė, apkrovimo pobūdis, gamybos būdas ir pan.

Leistinieji įtempimai priklauso nuo surinkimo būdo, skaičiavimo formulių tikslumo ir pan.

Sriegio elementų (žr. 7.8 pav.) leistinių kirpimo ir glemžimo įtempimų nustatymo išraiškos, esant kontroliuojamam užveržimui, pateiktos 7.1 lentelėje. Kai užveržimas nekontroliuojamas gautas leistinių įtempimų reikšmės reikia sumažinti (1.5 ... 3.0) karto.

Neįveržtų varžtų, apkrautų skersine jėga (žr. 7.13 pav.) leistinių kirpimo ir glemžimo įtempimų nustatymo išraiškos pateiktos 7.1 lentelėje.

Neįveržtų varžtų leistinieji tempimo įtempimai (žr. 7.9 ir 7.10 pav.):

$$\sigma_{t adm} = 0.6 \sigma_{yt}. \tag{7.40}$$

Įveržtų varžtų (žr. 7.11, a, 7.13 ir 7.14 pav.) leistinieji tempimo įtempimai:

$$\sigma_{t adm} = \frac{\sigma_{yt}}{s_{adm}}; \tag{7.41}$$

čia σ_{yt} – medžiagos takumo riba tempiant; s_{adm} – atsargos koeficientas (žr. 7.2 lent.).

Standartiniai metriniai varžtai pagal medžiagas ir jų mechanines charakteristikas skirstomi į stiprumo klases. Metrinųjų varžtų stiprumo klasės pateiktos 7.3 lentelėje.

7.1 lentelė. Varžtų leistinieji kirpimo ir glemžimo įtempimai

Leistinasis įtempimas	Apkrovos pobūdis		
	statinė ($r = 1$)	kintanti pagal pulsuojančią ciklą ($r = 0$)	kintanti pagal simetrinį ciklą ($r = -1$)
$\tau_{k adm}$	0.4 σ_{yt}	0.3 σ_{yt}	0.2 σ_{yt}
$\sigma_{gl adm}$	0.8 σ_{yt}	0.6 σ_{yt}	0.5 σ_{yt}

Pastaba: σ_{yt} – medžiagos takumo riba tempiant.

7.2 lentelė. Tempiamų varžtų atsargos koeficiento s_{adm} reikšmės

Įveržimo būdas	Varžto medžiaga	Varžto skersmuo d , mm				
		Pastovi apkrova			Kintama apkrova	
		$d \leq 6 \dots 16$	$d > 16$ ir $d \leq 30$	$d > 30$	$d \leq 6 \dots 16$	$d > 16$
Nekontroliuojamas	Anglinis plienas	3.0 ... 4.0	2.0 ... 3.0	1.3 ... 2.0	6.5 ... 10.0	6.5
	Legiruotas plienas	4.0 ... 5.0	2.5 ... 4.0	2.5	5.0 ... 7.5	5.0
Kontroliuojamas	Anglinis plienas	1.7 ... 2.2			4.0 ... 5.5	
	Legiruotas plienas	2.0 ... 3.0			3.0 ... 4.5	

Pastaba: projektuojant varžto skersmuo d dar nežinomas, todėl skaičiuojama priartėjimo būdu.

7.3 lentelė. Varžtų stiprumo klasės

Stiprumo klasė	Minimali stiprumo riba σ_{ut} , MPa	Minimali sąlyginė takumo riba $\sigma_{0.2}$, MPa	Medžiagos
4.6	400	240	Mažanaglis ir vidurinio anglingumo plienai
4.8	420	340	
5.6	500	300	
5.8	520	420	
6.8	600	480	
8.8	830	660	Grūdinti vidurinio anglingumo plienai
9.8	900	720	Grūdinti mažaangliai martencitiniai plienai
10.9	1040	940	
12.9	1220	1100	

Pastaba: galima priimti, kad $\sigma_{0.2} \approx \sigma_{yt}$.
 Metrinių varžtų pirmasis stiprumo klasės skaičius nurodo apytikslę stiprumo ribą MPa, sumažintą 100 kartų. Abiejų stiprumo klasės skaičių ir 10 sandauga nurodo apytikslę takumo ribą MPa. Pavyzdžiui, 6.8 stiprumo klasė parodo, kad stiprumo riba $\sigma_{ut} \approx 6 \times 100 = 600$ MPa, o takumo riba $\sigma_{yt} \approx 6 \times 8 \times 10 = 480$ MPa.