

9. Pleištiniai sujungimai

Pleištai – tai detalės, įstatomos į griovelius, esančius veleno ir stebulės sandūroje. Pleištai vienu elementu sukimo momentą perduoda kitiems.

Pagrindiniai pleiščių tipai, naudojami mašinų gamyboje yra standartizuoti (išskyrus frikcinius) ir skirstomi į:

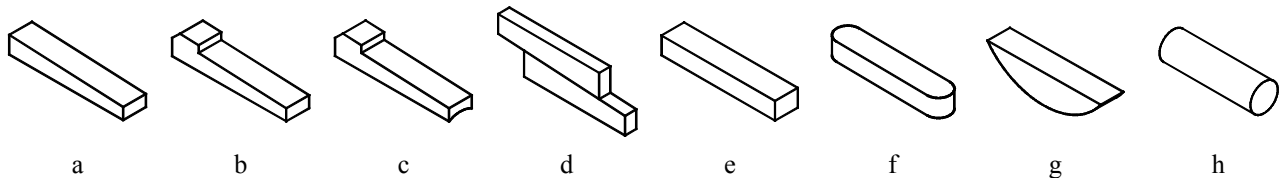
- nuožulniuosius (9.1 pav., a – d);
- prizminius (9.1 pav., e ir f);
- segmentinius (9.1 pav., g);
- cilindrinčius (9.1 pav., h), kurie dar vadinami išilginiais kaiščiais.

Pagal darbo pobūdį pleištiniai sujungimai skirstomos į:

- įveržtus – kai įtempimai elementuose kyla surinkimo metu dar neįridėjus išorinės apkrovos;
- neįveržtus – kai įtempimai kyla tik pridėjus išorinę apkrovą.

9.1. Įveržti pleištiniai sujungimai

Šiuose sujungimuose naudojami nuožulnūs pleištai su galvute ir be jos, frikciniai ir tangentiniai pleištai (9.1 pav., a – d). Visų šių pleiščių darbinės plokštumos nuolydis yra 1:100. Sukimo momentas perduodamas trinties jėgomis.



9.1 pav. Pagrindiniai pleiščių tipai: a – nuožulnus stačiašonis be galvutės; b – nuožulnus stačiašonis su galvute; c – frikcinis; d – tangentinis; e ir f – prizminis; g – segmentinis; h – cilindrinis

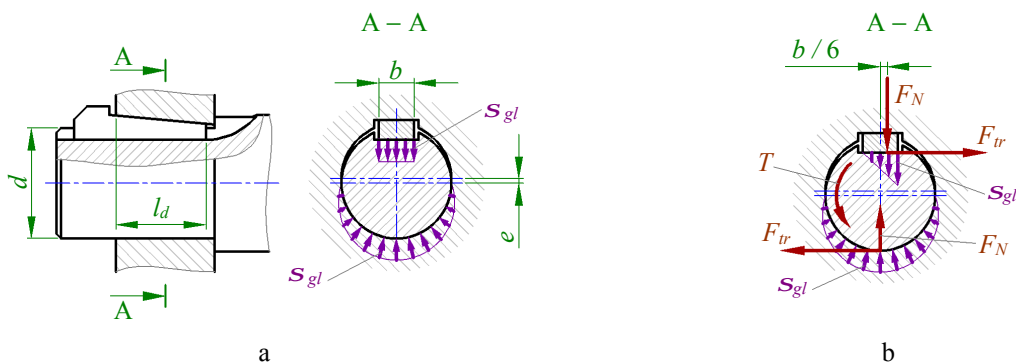
Įveržus pleišta, ant veleno uždėtos detalės masės centras veleno ašies atžvilgiu pasislenka (9.2 pav., a). Ekscentricitetas e lygus pusei elementų sulaidimo ir deformacijos tarpeliui. Tai pablogina jungties darbą, ypač prie didelių sukimosi greičių. Kai stebulės griovelio nuolydis nesutampa su pleišto nuolydžiu, ant veleno tvirtinama detalė pakrypsta. Dėl aukščiau išvardintų trūkumų įveržti pleištiniai sujungimai naudojami retai.

Įkalant pleišta veleno ir stebulėje kyla glemžimo įtempimai. Laikoma, kad glemžimo įtempimai pasiskirsto tolygiai (9.2 pav., a; 9.3 pav., a ir 9.4 pav., a) ir įveržti pleištai neturi nuožulų.

Nuožulnūs stačiašoniai pleištai. Pridėjus sukimo momentą T viena pleišto pusė papildomai apkraunama, o kita nukraunama, todėl skaičiuojant imama, kad glemžimo įtempimų epiūra pleište yra trikampė (9.2 pav., b). Iš veleno pusiausvyros sąlygos gauname

$$T \leq \frac{1}{6} b F_N + F_{tr} d ;$$

čia $F_N = 0.5 b l_d S_{gl}$ – normalinė jėga, randama iš pleišto stiprumo sąlygos glemžimui; b ir l_d – pleišto plotis ir darbinis ilgis; $F_{tr} = F_N f$ – trinties jėga; d – veleno skersmuo; $f = 0.12 \dots 0.18$ – trinties koeficientas.



9.2 pav. Pleištinis sujungimas su nuožulniu pleištu (pavaizduotos tik veleną veikiančios apkrovos; stebulę veikia tokio pat dydžio, tik priešingos krypties apkrovos): a – neapkrauta; b – apkrauta

Įveržti nuožulnūs stačiašoniai pleištai tikrinami glemžimui pagal sąlygą:

$$s_{gl} = \frac{12 T K_S}{b l_d (6 f d + b)} \leq s_{gl adm};$$

čia K_S – darbo sąlygų koeficientas (žr. 9.3 poskyrį).

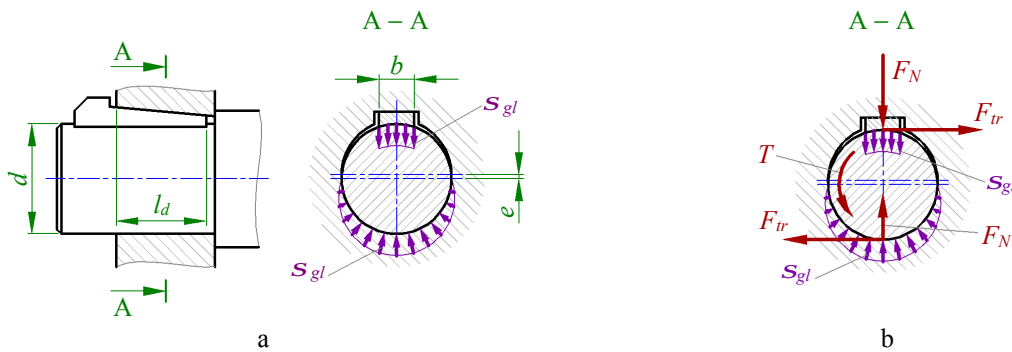
Frikiniai pleištai. Šiuo atveju laikoma, kad apkrovimo epiūra išlieka stačiakampė ir darbo metu (9.3 pav.). Veleno pusiausvyros sąlyga laikant, kad trinties jėgos tarp veleno ir pleišto bei veleno ir stebulės yra vienodos, bus:

$$T \leq F_{tr} d = F_N f d;$$

čia $F_N = b l_d s_{gl}$.

Frikiniai įveržti pleištai tikrinami glemžimui pagal sąlygą:

$$s_{gl} = \frac{T K_S}{b l_d f d} \leq s_{gl adm}.$$



9.3 pav. Pleištinis sujungimas su frikcinio pleištu (pavaizduotos tik veleną veikiančios apkrovos; stebulę veikia tokio pat dydžio, tik priešingos krypties apkrovos): a – neapkrauta; b – apkrauta

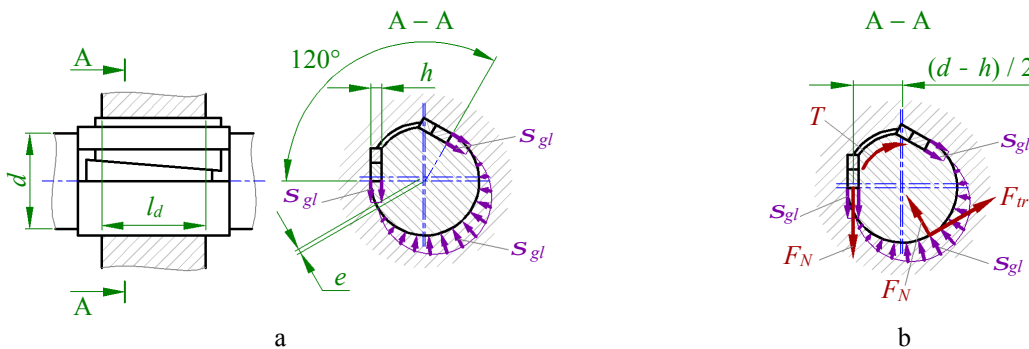
Tangentinių pleištu pora sukimo momentą perduoda viena kryptimi, todėl sujungimą paprastai sudaro dvi tangentinių pleištu poros, įstatytos 120° kampu viena priešais kitą (9.4 pav.). Laikant, kad sukimo momentą T perduoda tik vienas pleištas ir nevertinant trinties jėgų, veleno pusiausvyros sąlyga bus:

$$T \leq \frac{1}{2} (d - h) F_N;$$

čia $F_N = h l_d s_{gl}$; h – pleišto aukštis.

Tangentiniai įveržti pleištai tikrinami glemžimui pagal sąlygą:

$$s_{gl} = \frac{2 T K_S}{(d - h) h l_d} \leq s_{gl adm}.$$



9.4 pav. Pleištinis sujungimas su tangentiniais pleištais (pavaizduotos tik veleną veikiančios apkrovos): a – neapkrauta; b – apkrauta

9.2. Neįveržti pleištiniai sujungimai

Šiose jungtyse naudojami prizminiai, segmentiniai ir cilindriniai pleištai. Čia detalės su velenu sujungiamos tarpiniu sujungimu arba su įvarža, o sukimo momentas perduodamas šoniniais pleišto paviršiais. Pleištai yra glemžiami ir kerpami (9.5 ir 9.6 pav.).

Konstruojant neįveržtas pleištinis jungtis pleištai parenkami pagal veleno skersmenį iš standartuose pateikiamų lentelių. Pleišto ilgis turi būti 5 ... 10 mm trumpesnis už stebulės ilgį.

Standartinių pleišto pločio b (žr. 9.5 pav.) matmens tolerancijos laukas dažniausiai būna h9. Pleišto griovelio pločio matmens tolerancija priklauso nuo jungties tipo:

- nejudamoms jungtims (stebulė veleno atžvilgiu yra nejudama) tolerancijos laukai velene yra P9 arba N9, o stebulėje – P9 arba J9;
- judamoms jungtims (stebulė gali slankioti veleno atžvilgiu ašies kryptimi, pleištas prie veleno turi būti prisuktas) tolerancijos laukai velene yra H8, o stebulėje – D10.

Prizminiai pleištai pagal darbo pobūdį gali būti naudojami:

- neslankiose jungtyse – nejudrus stebulės tvirtinimas veleno atžvilgiu;
- slankiose jungtyse – detalė ant veleno slankioja ašine kryptimi. Šiuo atveju paprastai pleištai prie veleno griovelio dugno tvirtinami varžtais, kad dėl trinties jėgų nepersikreiptų.

Prizminių pleišto *privalumai*:

1. Konstrukcijos paprastumas.
2. Nedidelė kaina.

Prizminių pleišto *trūkumai*:

1. Velenas ir stebulė susilpninti pleištinio griovelio.
2. Pleištinis griovelis yra įtempimų koncentratorius. Tai sumažina jungiamų detalių atsparumą nuovargiui.
3. Jungties nedidelis patikimumas veikiant smūginėms, reversinėms ir ciklinėms apkrovoms.

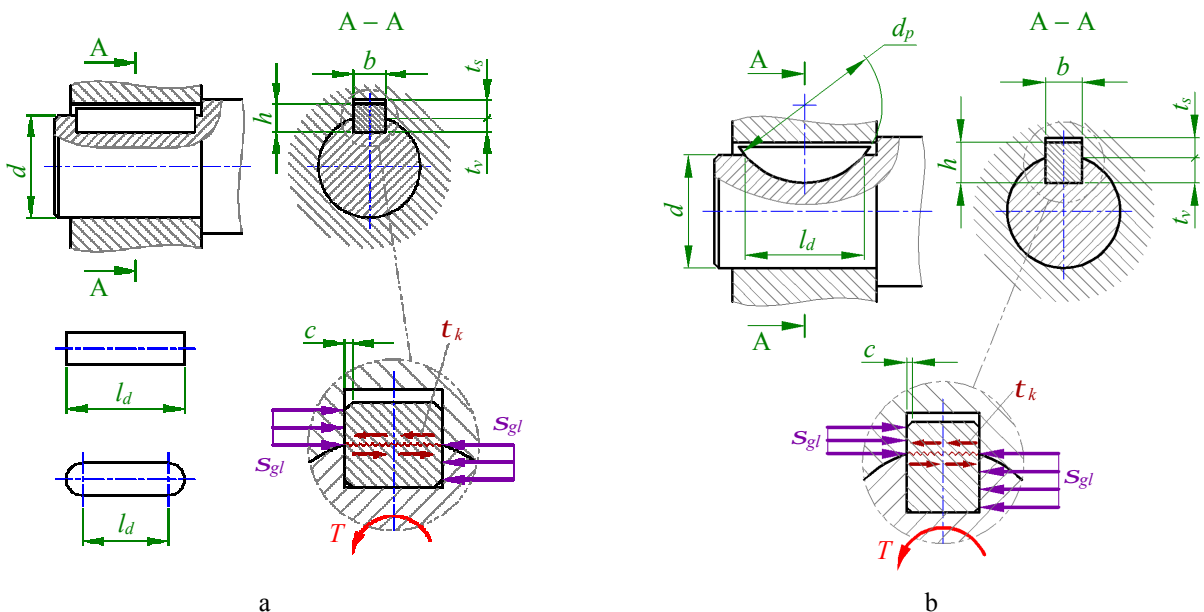
Jeigu stebulė su velenu jungiama dviem pleištais (padidinamas jungties stiprumas), tai, dėl gamybos paklaidų, pleištai apkraunami nevienodai.

Standartinių matmenų prizminių pleišto stiprumas kirpimui yra didesnis nei glemžimui. Standartinių prizminių pleišto griovelis velene yra gilesnis nei stebulėje, todėl atsparumas glemžimui tikrinamas tik stebulės dalyje:

$$s_{gl} = \frac{2 T K_S}{d (h - t_v - c) l_p z_n K_{ap}} \leq s_{gl\ adm} ; \tag{9.1}$$

čia T – pleištinio sujungimu perduodamas sukimo momentas; K_S – darbo sąlygų koeficientas (žr. 9.3 poskyrį); d – veleno skersmuo, mm; t_v – pleištinio griovelio gylis velene; h – pleišto aukštis; c – pleišto nuožulos dydis; l_p – darbinis pleišto ilgis, mm (segmentiniams pleištais $l_p \approx 2 \sqrt{t_v (d_p - t_v)}$), čia d_p – segmentinio pleišto lanko skersmuo; prizminiams pleištais su pusapvaliais galais $l_p = l - b$); z_n – pleišto skaičius sujungime; K_{ap} – apkrovos pasiskirstymo netolygumo tarp pleišto koeficientas: kai $z_n = 1$, tai $K_{ap} = 1$, o kai $z_n = 2$, tai $K_{ap} = 0.75$.

Segmentinius pleištus rekomenduojama naudoti mažiausiai apkrautose veleno vietose, dažniausiai veleno galuose, nes šios formos pleištais reikia gilesnių griovelio, kas labai sumažina veleno stiprumą.



9.5 pav. Neįveržtų pleištinio jungčių skaičiavimo schemas: a – jungčių su prizminiais pleištais; b – jungčių su segmentiniais pleištais

Segmentinių pleiščių *privalumai*:

1. Konstrukcijos paprastumas.
2. Pleištas patikimai įleistas į gilų griovelį, kas užtikrina jog jis nepersikreips ir neišvirs.

Segmentinių pleiščių *trūkumai*:

1. Reikalingas gilus griovelis, kas žymiai sumažina veleno stiprumą.
2. Trumpas pleišto ilgis sumažina perduodamą sujungimo galingumą.

Segmentiniai pleištai kaip ir prizminiai tikrinami glemžimui pagal (9.1) formulę (šiuo atveju visada $z_n = 1$) ir papildomai kirpimui:

$$t_k = \frac{2 T K_S}{d (b l_d - 2 c^2)} \approx \frac{2 T K_S}{d b l_d} \leq t_{k adm} .$$

Cilindriniai pleištai (kaiščiai). Pleištas į skylę įleidžiamas su nedidele įvarža, kad darbo metu neiškristų (9.6 pav.). Pleištinis griovelis gaminamas surinkus sujungimą. Norint padidinti jungties perduodamą galingumą jungtis daroma su keliais pleištais. Kadangi grioveliai veleno ir stebulėje daromi surinkus sujungimą, todėl yra užtikrinamas vienodas apkrovos pasiskirstymas tarp pleiščių.

Cilindriniai pleištai panašiai kaip ir segmentiniai skaičiuojami glemžimui ir kirpimui. Laikant, kad kaiščio apkrovimo epiūra yra kosinusinė (9.6 pav., b) ir nekinta išilgai kaiščio, maksimalus glemžimo įtempimas $s_{gl max} = 4/p s_{gl vid}$. Jėga veikianti pleiš tą:

$$F = \frac{d_{pl}}{2} l_d s_{gl vid} = \frac{p}{8} d_{pl} l_d s_{gl max} .$$

čia d_{pl} – pleišto skersmuo; l – darbinis pleišto ilgis; s_{gl} – vidutiniai glemžimo įtempimai jėgos F veikimo kryptimi.

Skaičiuojant priimama, kad jėgos F petys yra $d/2$. Pusiausvyros sąlyga bus:

$$T = \frac{F d}{2} = \frac{p}{16} d d_{pl} l_d s_{gl max} .$$

Vieno cilindrinio pleišto atsparumo sąlyga glemžimui:

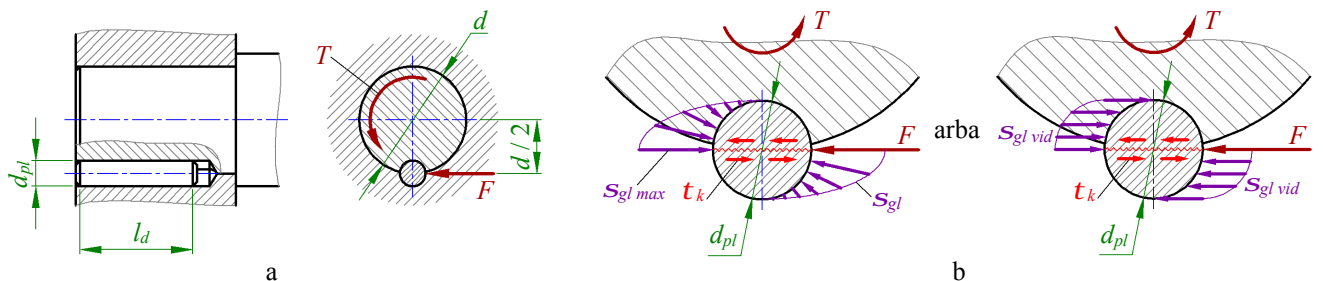
$$s_{gl max} = \frac{16 T K_S}{p d d_{pl} l_d} \leq s_{gl adm} .$$

Reikalingas cilindrinų pleiščių skaičius nustatomas iš atsparumo sąlygos glemžimui:

$$z_n \geq \frac{16 T K_S}{p d d_{pl} d l_d s_{gl adm}} .$$

Cilindrinų pleiščių atsparumo sąlyga kirpimui:

$$t_k = \frac{2 T K_S}{d d_{pl} l_d z_n} \leq t_{k adm} .$$



9.6 pav. Sujungimas su cilindrinium pleištu

9.3. Pleiščių medžiagos ir leistinieji įtempimai

Standartiniai pleištai gaminami iš vidutinio anglingumo ir legiruotų plienų, kurių stiprumo riba s_{ut} ne mažesnė kaip 500 MPa (pvz., S355J2G3, E335, E360, C45, C50, 45, 50, Ст 5 ir pan.). Leistinųjų įtempimų dydis priklauso nuo darbo režimo, veleno ir stebulės medžiagų, pleišto tipo ir t.t.

Pleištinės jungties **darbo sąlygų koeficientas:**

$$\text{nejudama jungtis} - K_S = \frac{K_A}{K_f};$$

$$\text{judama jungtis} - K_S = \frac{K_d K_A}{K_w};$$

čia: K_A – apkrovos pobūdžio koeficientas (žr. 9.1 lent.); K_f – nuovargio koeficientas (skaičiuojamas 0.1 tikslumu):

$$\text{apkrova reversinė} - \begin{cases} K_f = \min(1,8; 7,6 N_{ps}^{-0,13} - 1,3), & \text{kai } N_{sp} \leq 10^5; \\ K_f = \max(0,2; 2,9 N_{ps}^{-0,02} - 1,9), & \text{kai } N_{sp} > 10^5; \end{cases}$$

$$\text{apkrova nereversinė} - \begin{cases} K_f = \min(1,8; 8,6 N_{ps}^{-0,2} - 0,36), & \text{kai } N_{sp} \leq 10^5; \\ K_f = \max(0,3; 2,1 N_{ps}^{-0,03} - 0,99), & \text{kai } N_{sp} > 10^5; \end{cases}$$

N_{ps} – paleidimų (stabdymų) kiekis per jungties eksploataavimo laiką (kai N_{ps} nežinomas, tai esant reversinėms apkrovoms rekomenduojama imti $K_f = 0,8$, o esant nereversinėms apkrovoms – $K_f = 0,9$); K_d – judamos jungties tipo koeficientas: $K_d = 3$, kai judančio jungties elemento neveikia išorinė apkrova ir $K_d = 9$, kai judantį jungties elementą veikia išorinė apkrova; K_w – susidėvėjimo koeficientas:

$$K_w = \min[4,0; \max(0,5; 10^{-0,15 \lg(60 t_h n)+1,2})];$$

t_h – jungties eksploataavimo laikas, h; n – veleno, kuriame yra jungtis, sukimosi dažnis, min^{-1} .

9.1 lentelė. Apkrovos pobūdžio koeficiento K_A vertės

Varančiosios mašinos apkrovos pobūdis	Varomojo įrenginio apkrovos pobūdis			
	Pastovi	Pastovi su smūgiais	Kintama su smūgiais	Smūginė
Pastovi	1.0	1.2	1.5	1.8
Pastovi arba kintama su smūgiais	1.2	1.3	1.8	2.1
Smūginė	2.0	2.2	2.4	2.8

Apkrovos pobūdžio koeficientu įvertinama apkrovos papildoma dedamoji, atsirandanti dėl dinaminių procesų darbo metu. Jei ši dedamoji buvo įvertinta nustatant apkrovą, tai imama $K_A = 1$.

Apkrova pastovi – nėra smūgių ir perkrovų. *Varančiosios mašinos*: elektros variklis, garo turbina ar hidraulinis variklis. *Varomosios mašinos*: vienodo tankio skysčių maišyklės, ventiliatoriai, valytuvai, išcentriniai kompresoriai, juostiniai konvejeriai ir kt.

Apkrova pastovi su smūgiais – yra nedideli smūgiai ar perkrovos. **Apkrova kintama su smūgiais** – apkrova kintama su vidutinėmis neilgomis perkrovomis ir reguliariais vidutiniais smūgiais. *Varančioji mašina* – kelių cilindrų vidaus degimo variklis. *Varomosios mašinos*: skirtingų tankių skysčių maišyklės, birių medžiagų maišyklės, užterštoje aplinkoje dirbantys įrenginiai, kelių cilindrų švaistikliniai kompresoriai, keltuvai, grandininiai konvejeriai ir kt.

Apkrova smūginė – labai kintama apkrova su dažniais stipriais smūgiais ir perkrovomis. *Varančioji mašina* – vieno cilindro vidaus degimo variklis. *Varomosios mašinos*: vieno cilindro švaistikliniai kompresoriai, užterštoje aplinkoje dirbantys plytų presai, vibraciniai konvejeriai, konvejeriai esant dažniems reversaimams, įvairūs smulkintuvai ir kt.

Leistinieji įtempimai. Leistinieji glemžimo įtempimai:

$$S_{gl adm} = \frac{S_{ut}}{3 \dots 4};$$

čia S_{ut} – silpnėsio pleištinės jungties elemento (pleišto arba stebulės) medžiagos stiprumo riba, MPa.

Mažesnės $S_{gl adm}$ reikšmės imamos prizminiems, segmentiniams pleištam ir išdrožoms, didesnės – tangentiniams pleištam, o vidutinės – nuožulniams ir frikciniais pleištam.

Užpresuotai stebulei leistinieji įtempimai $S_{gl adm}$ gali būti padidinti iki 30%.

Leistinieji kirpimo įtempimai:

$$t_{k adm} = \frac{S_{yt}}{3 \dots 4.5};$$

čia S_{yt} – pleišto medžiagos takumo riba, MPa.