

I NAMŲ DARBO METODINIAI NURODYMAI

Papildoma literatūra

1. Dromantas J., Atstupėnas V.R., Raila A., Ulickas E. Mašinų detalių projektavimo pagrindai. -Vilnius: Mokslas, 1985. p. 184-192.
2. Dragūnas B., Piklauskas K., Stasiūnas A., Stasiūnas R. Inžinieriaus mechaniko žinynas. -Vilnius: Mokslas, 1988. p. 153-168 p.
3. Ramonas Z., Petronis V., Ramonienė A. Mašinų braižyba studentams ir konstruktoriams: mokomoji knyga. -Šiauliai: Šiaulių universiteto leidykla, 2006. -200 p.
4. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. I том. –Москва: Машиностроение, 2001. с. 137-141. (http://stud.ppf.ktu.lt/vaiculis/paskaitos/me2/knygos/Anuriev_T1.djvu)
5. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. III том. –Москва: Машиностроение, 2001. с. 9-150. (http://stud.ppf.ktu.lt/vaiculis/paskaitos/me2/knygos/Anuriev_T3.djvu)
6. Детали машин в примерах и задачах. Под ред. С. М.Башеева. –Минск: Высшая школа, 1970. с. 5-47.

Nurodytų konstrukcijos sijų įrašų nustatymas

Pagal „Medžiagų mechanikos“ ir (arba) „Statikos“ disciplinose pateikiamą metodiką randame sijų, priklausančių nurodytam mazgui įrašas.

Sijų profilio parinkimas

Parenkame sijų, kurios bus daromos iš standartinių lygiašonių L formos profilių, medžiagą ir nustatome jos leistinus tempimo-gniuždymo įtempimus $\sigma_{t adm}$. Standartiniai lygiašoniai L formos profiliai gaminami iš paprastos kokybės visų grupių plienų S235, S275, S355, S420, S460 (LST EN 10219-1), Ст0, Ст1, Ст2, Ст3, Ст4, Ст5, Ст6 (GOST 535-88) ir kt. Rekomenduojama naudoti gerai susivirinančius mažanglius visų grupių S235, S275, Ст2 ir Ст3 plienus.



Mažangliuose plienuose anglies kiekis yra 0.05 ... 0.25%; tai plienai S235, S275, S355, S420, S460, Ст0, Ст1, Ст2, Ст3, Ст4, 08, 10, 15, 20 ir 25. Vidutinio anglingumo plienuose anglies kiekis 0.30 ... 0.55%; tai plienai Ст5, Ст6, 30, 35, 40, 45, 50 ir 55.



Sijų medžiagos statiniai leistinieji tempimo-gniuždymo įtempimai:

$$\sigma_{t adm}(\text{statiniai}) = \frac{\sigma_{yt}}{1.2 \dots 1.7}; \quad (1)$$

čia σ_{yt} – sijos medžiagos takumo riba.

Leistinųjų įtempimų reikšmė yra sveikas skaičius, laisvai pasirinktas iš apskaičiuoto leistinųjų įtempimų intervalo. Rekomenduojama leistinųjų įtempimų reikšmę imti kartotinę 10.

Sijų medžiagos cikliniai leistinieji tempimo-gniuždymo įtempimai:

$$\sigma_{t adm} = \sigma_{t adm}(\text{cikliniai}) = \gamma \sigma_{t adm}(\text{statiniai});$$

čia γ – ciklinės apkrovos koeficientas:

$$\left. \begin{aligned} \gamma &= 1, & \text{kai } r &= 1; \\ \gamma &= \frac{1}{a - b r} < 1, & \text{kai } r &< 1; \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

čia a ir b – medžiagos koeficientai: mažangliam plienui (Ст2, Ст3, Ст4 ir pan.) $a = 1.0$ ir $b = 0.3$, vidutinio anglingumo plienui (Ст5, Ст6 ir pan.) $a = 1.2$ ir $b = 0.8$; $r = F_{min} / F_{max}$ – apkrovos asimetrijos koeficientas.

Apskaičiuota leistinųjų įtempimų reikšmė $\sigma_{t adm}$ apvalinama iki artimiausio sveikojo skaičiaus.

Vieną siją profilį veikianti jėga:

$$Q_p = \frac{Q}{n_s};$$

čia Q – siją veikianti jėga (įrašas); n_s – siją sudarančių profilių skaičius.

Tempiamų sijų (kai $r \geq 0$) profilio parinkimas. Profilio skerspjūvio plotas

$$A \geq \frac{Q_p}{\sigma_{t adm}}. \quad (3)$$

Pagal apskaičiuotą A parenkame standartinį profilį su artimiausia didesne skerspjūvio ploto verte.

Tempiamų sijų (kai $r < 0$) ir gniuždomų sijų profilio parinkimo algoritmas pateiktas 1 pav.

Kai sija yra tempiama ir $r < 0$, tai:

- apskaičiuojamas reikiamas sijos skerspjūvio plotas A iš stiprumo sąlygos tempimui (žr. (3) formulę);
- apskaičiuojamas reikiamas minimalus sijos profilio skerspjūvio ploto inercijos momentas I_{min} pagal algoritmą, pateiktą 1 pav., **vietoje Q_p reikia naudoti $|r Q_p|$** ;
- parenkamas standartinis profilis, kurio skerspjūvio plotas turi būti ne mažesnis už A , o minimalus skerspjūvio ploto inercijos momentas būtų ne mažesnis už I_{min} .

z – iteracijos numeris;

μ – sijos ilgio redukcijos koeficientas, įvertinantis sijos galų įtvirtinimą (kai abi atramos šarnyrinės $\mu = 1.0$; kai viena atrama gembinė, o kita šarnyrinė – $\mu = 0.7$; o kai abi atramos gembinės $\mu = 0.5$);

L – sijos ilgis;

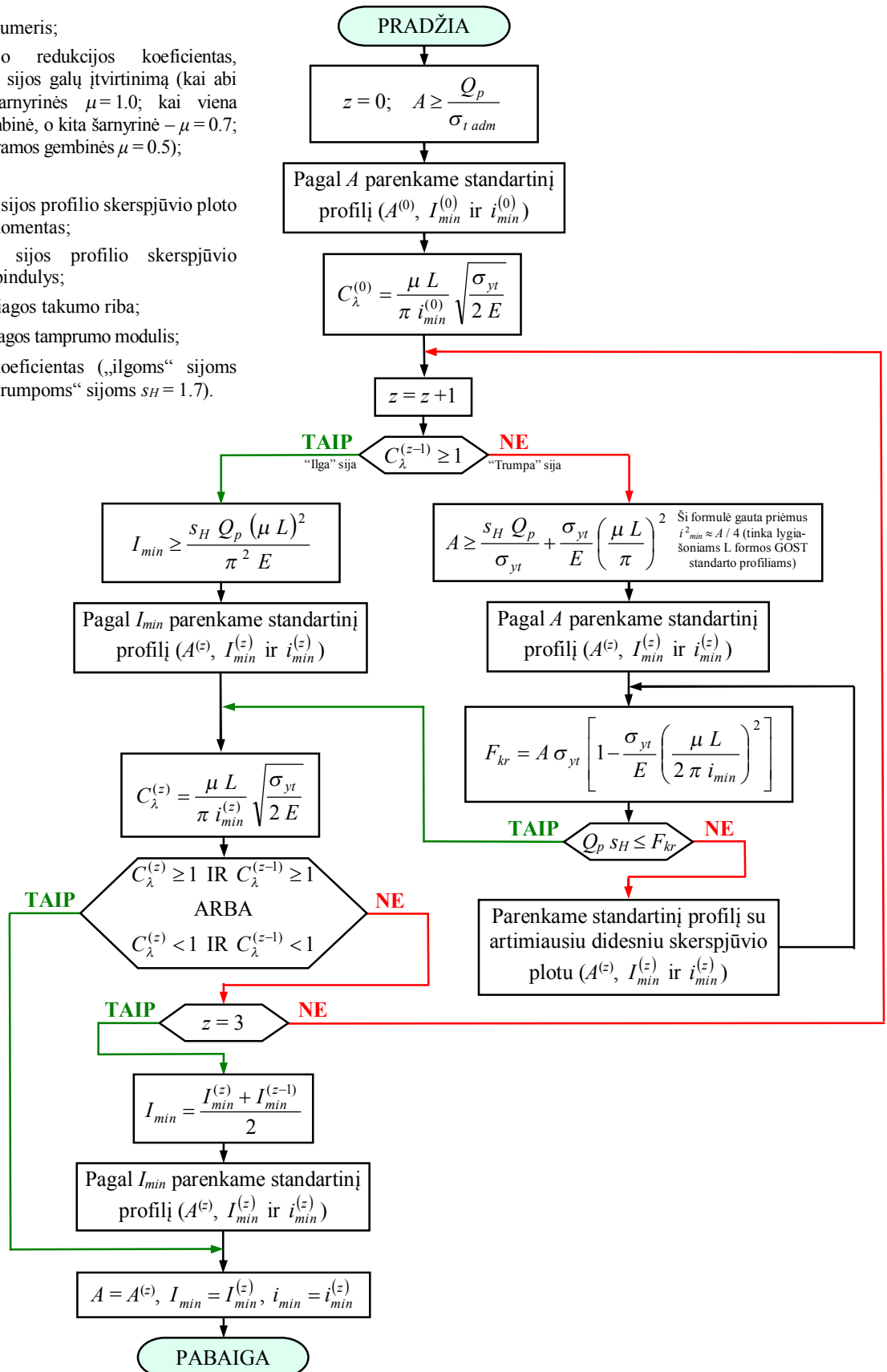
I_{min} – minimalus sijos profilio skerspjūvio ploto inercijos momentas;

i_{min} – minimalus sijos profilio skerspjūvio inercijos spindulys;

σ_{yt} – sijos medžiagos takumo riba;

E – sijos medžiagos tamprumo modulis;

s_H – atsargos koeficientas („ilgoms“ sijoms $s_H = 3.0$; „trumpoms“ sijoms $s_H = 1.7$).



1 pav. Gniuždomų sijų profilio parinkimo algoritmas panaudojant Oilerio ir Džonhsono formules

Kiekvienai mazgo sijai galima parinkti skirtingą profilį, tačiau rekomenduojama visas mazgo sijas daryti iš vienodų profilių.

Jei numatoma visas mazgo sijas daryti iš vienodų profilių, tai apskaičiuojami šių sijų profiliai:

- kai $r \geq 0$:
 - labiausiai tempiamai sijai, jei jos įrašo yra didžiausia;
 - visoms gniuždomoms sijoms su skirtingomis ilgių ir įrašų kombinacijomis (jei yra kelios vienodo ilgio sijos, tai užtenka parinkti profilį tai sijai, kurios įrašo didžiausia; ir jei yra kelios vienodai gniuždomos sijos, tai užtenka parinkti ilgiausios sijos profilį);
- kai $r < 0$:
 - visoms tempiamoms ir gniuždomoms sijoms su skirtingomis ilgių ir įrašų kombinacijomis. (jei yra kelios vienodo ilgio sijos, tai užtenka parinkti profilį tai sijai, kurios įrašo didžiausia; ir jei yra kelios vienodai apkrautos sijos, tai užtenka parinkti ilgiausios sijos profilį).

Tolimesniems skaičiavimams parenkamas profilis, kurio skerspjūvio plotas yra nemažesnis už labiausiai tempiamos sijos plotą, o minimalus inercijos momentas I_{min} nemažesnis už apskaičiuotą didžiausią gniuždomų sijų I_{min} .

Kniedytas sujungimas

Numatome, kaip bus gautos kniedžių įstatymo skylės. Jos gali būti gręžiamos ar iškertamos.

Parenkame kniedžių medžiagą ir medžiagos leistinusius kirpimo ir glemžimo įtempimus. Kniedės gaminamos iš plienų (C4C, C10C, SS304, SS304L, SS316, SS316L, CT2, CT2KP, CT3, 10, 15, 10KP, 15KP, 09Г2, 12X18H9T), žalvario (J163), vario (M3), aliuminio lydinių (AlMg2.5, AlMg3.5, AlMg5, AMr5Ц, АД1, Д18). Namų darbe rekomenduojama naudoti plienines kniedes.

Kniedžių medžiagos leistinieji statiniai kirpimo ir glemžimo įtempimai:

$$\tau_{k adm(statiniai)} = K_k \frac{\sigma_{ut}}{S_{k adm}}; \quad \sigma_{gl adm(statiniai)} = K_{gl} \frac{\sigma_{ut}}{S_{gl adm}};$$

čia K_k ir K_{gl} – koeficientai, įvertinantys kniedžių skylių gamybos būdą: gręžtų skylių $K_k = K_{gl} = 1$, iškirstų skylių $K_k = 0.7$, o $K_{gl} = 0.85$; σ_{ut} – kniedės medžiagos stiprumo riba; $S_{k adm}$ ir $S_{gl adm}$ – atsargos koeficientai (žr. 1 lent.).

Leistinių įtempimų reikšmė yra sveikas skaičius, laisvai pasirinktas iš apskaičiuoto leistinių įtempimų intervalo. Rekomenduojama leistinių įtempimų reikšmę imti kartotinę 10.

Kniedžių medžiagos leistinieji cikliniai kirpimo ir glemžimo įtempimai:

$$\tau_{k adm} \equiv \tau_{k adm(cikliniai)} = \gamma \tau_{k adm(statiniai)};$$

$$\sigma_{gl adm} \equiv \sigma_{gl adm(cikliniai)} = \gamma \sigma_{gl adm(statiniai)};$$

čia γ – ciklinės apkrovos koeficientas, apskaičiuotas pagal (2) priklausomybę.

Apskaičiuotos leistinių įtempimų $\tau_{k adm}$ ir $\sigma_{gl adm}$ reikšmės apvalinamos iki artimiausio sveikojo skaičiaus.

Plokštės, prie kurios bus kniedijami mazgo sijų profiliai, storis:

$$s_1 \approx (1.5 \dots 2.0) s;$$

čia s – sijos profilio lentynėlės storis.

Iš apskaičiuoto intervalo s_1 reikšmė parenkama laisvai ir suderinama su skaičiumi iš standartinės normalinių matmenų eilės R40 (http://stud.ppf.ktu.lt/vaiculis/paskaitos/pirmenybiniai_skaiciai.pdf).

Apskaičiuojame kniedžių skersmenis:

$$\text{užleistinei } d = (1.8 \dots 2.0) s;$$

$$\text{sudurtinei } d = (1.2 \dots 1.8) s.$$

Apskaičiuotą kniedės skersmenį suderiname su artimiausia standartine reikšme.

Reikalingas kniedės kotelio ilgis:

$$l_k \approx \Sigma s + s_1 + 1.5 d.$$

Pagal d ir l_k galutiniai parenkama standartinė kniedė.

Kniedžių skylių skersmenys:

$$d_0 = 1.05 d.$$

Jei skylės numatytos gręžti, tai d_0 reikšmė suderinama su artimiausiu, **bet ne didesniu** ($d < d_0 \leq 1.05 d$), standartiniu grąžto skersmeniu. Jei skylės numatomos iškirsti d_0 suderinamas su artimiausiu skaičiumi iš standartinės normalinių matmenų eilės R40.

1 lentelė. Atsargos koeficientų reikšmės nevertinant kniedžių kiauрымės apdirbimo būdo ir laikant, kad apkrova yra statinė

Apkrovos pobūdis	Angliniams plienams	Legiruotiems plienams	Spalvotiems metalams ir jų lydiniams
Kirpimas $S_{k adm}$	3.0 ... 3.5	2.5 ... 2.8	3.4 ... 4.0
Glemžimas $S_{gl adm}$	1.5 ... 1.7	1.3 ... 1.5	2.8 ... 3.5

Profilio pavojingą pjūvio skerspjūvio plotas (ties kniedžių skylėmis):

$$A_{sk} = A - z_n d_0 s;$$

čia z_n – kniedžių skaičius pavojingame profilio pjūvyje.

Tikriname ar tenkinama visų sijų stiprumo sąlygą tempimui (gniuždymui):

$$\sigma = \frac{Q}{n_s A_{sk}} \leq \sigma_{t adm} . \quad (4)$$

Jei numatyta visas sijas daryti iš vienodų profilių, tai tikrinama tik labiausiai apkrauta sija. Jei sąlyga (4) netenkinama, tai:

- kai sijų profilis buvo parinktas pagal tempiamą siją, tai parenkamas profilis su artimiausiu didesniu skerspjūvio plotu A . Parinkto profilio I_{min} turi būti nemažesnis už prieš tai buvusio profilio I_{min} ;
- kai sijų profilis buvo parinktas pagal gniuždomą siją, tai parenkamas profilis su artimiausiu didesniu minimaliu ploto intercijos momentu I_{min} . Parinkto profilio A turi būti nemažesnis už prieš tai buvusio profilio A .

Parinkus naują profilį skaičiavimus tęsiame pradedant (4) formule.

Kiekvienai sijai nustatome reikalingą kniedžių skaičių iš stiprumo sąlygos kirpimui:

$$n \geq \frac{4 Q}{\pi d^2 \tau_{k adm} k} ; \quad (5)$$

čia k – kirpimo plokštumų skaičius vienoje kniedėje.

Gauta n reikšmė apvalinama iki didesnio sveiko skaičiaus. Tam kad konstrukcijos mazgas neturėtų papildomų laisvumų sijoms, sudarytoms iš vieno arba dviejų profilių $n \geq 2$ (jei gaunama mažiau, tai priimama $n = 2$), o sijoms sudarytoms iš keturių profilių – $n \geq 4$ ir **n turi būti lyginis skaičius** (jei gaunama mažiau, tai priimama $n = 4$).

Patikriname kiekvienos sijos kniedžių stiprumą glemžimui:

$$\sigma_{gl} = \frac{Q}{n s_{min} d} \leq \sigma_{gl adm} ; \quad (6)$$

čia s_{min} – minimalus vienos kniedės glemžiamo paviršiaus aukštis.

Jei (6) sąlyga netenkinama – didinamas kniedžių skaičius n ir iš naujo tikrinama (6) sąlyga.

Atstumas nuo pirmos kniedės iki sijos krašto (žr. 2 pav.):

$$e = (1.5 \dots 2.0) d.$$

Kniedžių išdėstymo žingsnis (žr. 2 pav.):

$$\text{užleistinei vienaėilei } t = 3.0 d ;$$

$$\text{sudurtinei vienaėilei } t = 3.5 d .$$

Dydžiai e ir t suderinami su standartine normalinių matmenų eile Ra40.

Nustatome kiekvienos sijos kniedžių siūlės ilgį, kai siją sudaro:

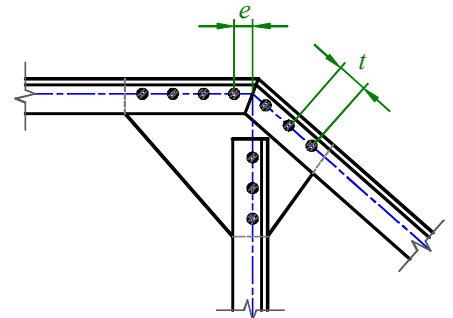
$$\text{vienas arba du profiliai } L_k = 2 e + (n - 1) t ;$$

$$\text{keturi profiliai } L_k = 2 e + (n / 2 - 1) t .$$

Apskaičiuojame kniedyto sujungimo stiprumo koeficientą:

$$\psi = \frac{A_{sk}}{A} .$$

Skaičiavimus rekomenduojama suvesti į lentelę.



2 pav. Kniedyto sujungimo eskizas

Sijos numeris	Sijos profilis	Kniedžių skaičius n	Kniedžių išdėstymo žingsnis t , mm	Atstumas nuo pirmos kniedės iki sijos krašto e , mm	Kniedyotos siūlės ilgis L , mm	Kniedyto sujungimo stiprumo koeficientas ψ
...
...

Suvirintasis užleistinis sujungimas

Skaičiuojant suvirintojo sujungimo atsparumą laikoma, kad yra tinkamai parinktas suvirinimo būdas, medžiagos bei virinimo režimas.

Plienu, kurių takumo riba yra iki 500 MPa ($\sigma_{yt} \leq 500$ MPa), rankiniam suvirinimui paprastai naudojami E38, E42, E46 ir E50 (pagal LST EN 499) elektrodai, o kai $\sigma_{yt} > 500$ MPa – elektrodai E55, E62, E69 (pagal LST EN 757). Plienu, kurių $\sigma_{yt} \leq 500$ MPa, suvirinimui apsauginėje aplinkoje naudojama elektrodinė viela G38, G42, G46 ir G50 (pagal LST EN 440) o kai $\sigma_{yt} > 500$ MPa – elektrodinė viela G55, G62, G69 (pagal LST EN 12534).

Kampinių suvirinimo siūlių leistinieji statiniai ir cikliniai kirpimo įtempimai:

$$\tau_{k adm(statiniai)} = C_k \frac{\sigma_{yt}}{s_{adm}};$$

$$\tau_{k adm} \equiv \tau_{k adm(cikliniai)} = \gamma_s \tau_{k adm(statiniai)};$$

čia C_k – suvirinimo siūlės leistinųjų kirpimo įtempimų koeficientas (žr. 2 lent.); σ_{yt} – suvirintų elementų medžiagos takumo riba; s_{adm} – atsargos koeficientas (žr. 3 lent.). γ_s – suvirinto sujungimo ciklinės apkrovos koeficientas:

$$\left. \begin{aligned} \gamma_s &= 1, & \text{kai } r &= 1; \\ \gamma_s &= \frac{1}{0.6 K_\sigma + 0.2 - r (0.6 K_\sigma - 0.2)} \leq 1, & \text{kai } r &< 1; \end{aligned} \right\}$$

kur K_σ – įtempimų σ ar τ koncentracijos koeficientas (žr. 4 lent.).

2 lentelė. Suvirinimo siūlių leistinųjų įtempimų koeficientai mažaangliam plienui, esant statinei apkrovai

Suvirinimo būdas	Leistinųjų įtempimų koeficientai		
	Kirpimui C_k	Tempimui C_t	Gniuždymui C_{gn}
Rankinis ar automatinis apsauginėje aplinkoje	0.65	1.00	1.00
Rankinis	0.60	0.90	1.00

3 lentelė. Suvirinimo siūlių atsargos koeficiento s_{adm} reikšmės

Siūlės klasė	Mažaangliams plienams	Mažai legiruotiems plienams
B – geros kokybės siūlėms	1.6	1.4
C – vidutinės kokybės siūlėms	1.9	1.7
D – prastos kokybės siūlėms	2.3	2.0

4 lentelė. Suvirintų siūlių įtempimų koncentracijos koeficiento K_σ reikšmės

Siūlės tipas	Mažaangliam plienui	Mažai legiruotam plienui
Užleistinė galinė	2.0	2.5
Užleistinė šoninė	3.5	4.5
Užleistinė kombinuota (galinės ir šoninės)	2.5	3.5

Apskaičiuota leistinųjų kirpimo įtempimų (statinių ir ciklinių) reikšmė apvalinama iki artimiausio sveikojo skaičiaus.

Jei numatoma atskiras mazgo sijas privirinti skirtingo tipo siūlėmis, tai kiekvieno tipo siūlei reikia apskaičiuoti leistinuosius kirpimo įtempimus. Rekomenduojama naudoti galines arba kombinuotas siūles.

Jei skaičiuojant kniedytą sujungimą buvo pakeisti sijos profiliai, tai suvirintame sujungime naudojami profiliai, parinkti pagal „SIJŲ PROFILIO PARINKIMAS“ poskyryje pateiktą metodiką.

Bendras suvirinimo siūlių ilgis nustatomas iš siūlės stiprumo sąlygos kirpimui:

$$L_\Sigma \geq \frac{Q}{0.707 h_s \tau_{k adm} n_s};$$

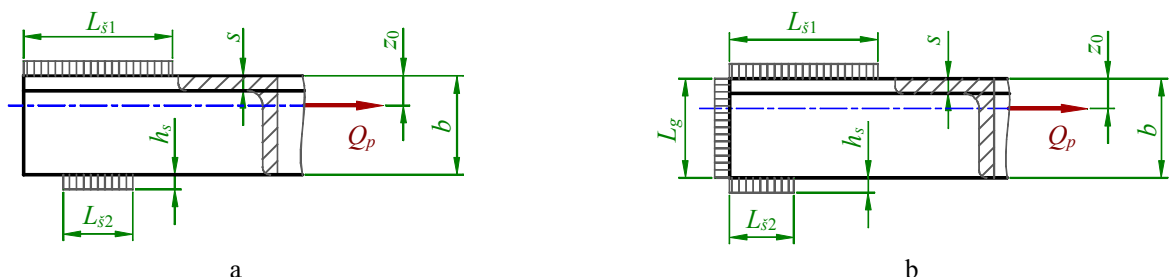
čia $h_s \approx 2.2 s^{0.45}$ – suvirinimo siūlės statinys, mm (žr. 3 pav.); s – profilio lentynėlės stori, mm. Apskaičiuota siūlės statinio h_s vertė apvalinama iki artimiausio sveikojo skaičiaus ir turi tenkinti sąlygą $3 \text{ mm} \leq h_s \leq 12 \text{ mm}$.

Jei numatoma daryti kombinuotą (galinę-šoninę) siūlę, tai apskaičiuojamas bendras šoninių siūlių ilgis

$$L_{\Sigma s} = L_\Sigma - L_g;$$

čia L_g – galinės siūlės ilgis. Jis paprastai imamas lygus parinkto profilio lentynėlės aukščiui, t.y. $L_g \leq b$.

Žemiau pateiktose formulėse L_{s1} ir L_{s2} atitinka 3 pav. pavaizduotus siūlių ilgius.



3 pav. Užleistinio suvirintojo sujungimo eskizai su: a – šoninėmis siūlėmis; b – kombinuota siūle

Jei **sija sudaryta iš vieno arba dviejų profilių**, tai šoninių siūlių ilgiai turi būti atvirksčiai proporcingi atstumui nuo profilio skerspjūvio svorio centro iki šoninės siūlės (žr. 3 pav.):

$$L_{s1} \geq L_{\Sigma s} \frac{b - z_0}{b};$$

$$L_{s2} \geq L_{\Sigma s} \frac{z_0}{b};$$

čia z_0 – profilio svorio centro atstumas nuo lentynėlės išorinės pusės.

Jei **sija sudaryta iš keturių profilių**, tai vienas profilis gali būti privirintas tik viena šonine ir, jei numatyta, galine siūle. Todėl šiuo atveju

$$L_{s1} = 0;$$

$$L_{s2} = L_{\Sigma s}.$$

Įvertinant nevisišką suvirinimą, šlakų intarpus, dujų pūsles ir kitus siūlės defektus, **siūlių ilgiai apvalinami iki artimiausio didesnio sveiko skaičiaus, kartotinio 5 mm.**

Skaičiavimus suvedame į lentelę.

Suvirinimo būdas	Sijos numeris	Sijos profilis	Siūlės ilgis, mm		
			galinės	pirmos šoninės	antros šoninės
...
...

Kampinių suvirinimo siūlių žymėjimo brėžiniuose pavyzdžiai

Kampinių siūlių žymėjimo brėžiniuose pagal LST EN 22553:2002 standartą pavyzdžiai pateikti 5 lent.

Suvirinimo siūlių žymėjimą brėžiuose pagal GOST standartą galima rasti [2.157-162] ir [5.141-146] (čia 2 ir 5 yra literatūros šaltiniai iš papildomos literatūros sąrašo, žr. šios metodinės medžiagos 1 psl.).

5 lentelė. Kampinių siūlių žymėjimo brėžiniuose pagal LST EN 22553:2002 pavyzdžiai

Suvirintojo sujungimo iliustracija	Suvirintojo sujungimo žymėjimai