



3 dalis.

PROJEKTAVIMAS IR SKAIČIAVIMAS

TEMA 3.03. SUVIRINTŲJŲ JUNGČIŲ PROJEKTAVIMAS

J. BENDIKAS

Vilnius
2007

III.3.03

SUVIRINTŲJŲ JUNGČIŲ PROJEKTAVIMAS

IWE

Turinys

3 dalis. I

TEMA 3.03. SUVIRINTŲJŲ JUNGČIŲ PROJEKTAVIMAS 1

Turinys 2

1. Bendrosios žinios. 3

2 Jungties geometrijos paruošimas 7

3 Tipinės neslėginės suvirintosios jungtys pagal LST EN 1708-2 8

4 Suvirintųjų jungčių stiprumo didinimas 14

5 Suvirintųjų jungčių (siūlių) žymėjimas brėžiniuose 16

A priedas (informacinis) Simbolių vartojimo pavyzdžiai 22

A.3 lentelė. Pradinių simbolių su papildymais pavyzdžiai 25

Literatūros sąrašas 28

SUVIRINTŲJŲ JUNGČIŲ PROJEKTAVIMAS

1. Bendrosios žinios.

Suvirintųjų jungčių apibrėžtys, klasifikavimas ir terminologija pateikta LST EN 12345. Jungtis apibrėžiama kaip detalių arba detalių paviršių sandūra, kuri turi būti sujungta arba yra sujungta. Jungties tipą apibrėžia sujungiamų detalių skaičius, matmenys ir jų savitarpio orientacija. 1 lentelėje schemiškai pateikti pavyzdžiai su atitinkamais terminais ir paaiškinimais.

1 lentelė. Jungčių tipai ir kai kurie terminai

Jungties pavadinimas ir eskizas	Jungties apibrėžtis
	Sandūrinė jungtis. Jungties tipas, kai jungiami elementai yra vienoje plokštumoje ir tarpusavyje susiliečia
	Lygiagrečioji jungtis. Jungties tipas, kai jungiami elementai yra tarpusavyje lygiagretūs, pvz., plakiravimas sprogimu.
	Užleistinė jungtis. Jungties tipas, kai jungiami lygiagretūs elementai tik iš dalies dengia vienas kitą
	Tėjinė jungtis. Jungties tipas, kai jungiami elementai yra statmeni vienas kitam (T forma).
	Kryžminė jungtis. Jungties tipas, kai du elementai yra toje pačioje plokštumoje, o trečiasis, esantis tarp jų, ir statmenas joms (dviguba T forma).
	Pasviroji tėjinė jungtis. Jungties tipas, kai jungiami elementai sudaro smailųjį ir bukąjį kampus.
	Kampinė jungtis. Jungties tipas, kai du jungiami elementai liečiasi briaunomis ir kampas tarp jų didesnis negu 30°.
	Briauninė jungtis. Jungties tipas, kai du jungiami elementai liečiasi briaunomis ir kampas tarp jų yra nuo 0 iki 30°.
	Kelių detalių jungtis. Jungties tipas, kai jungiami trys ar daugiau elementų reikiama tarpusavio kampais.
	Kryžmastrypė jungtis. Jungties tipas, kai du elementai (pvz., vielos) sukryžiuojami tarpusavyje.

Dalinis įvirinimas. Specialiai padarytas nevisiškas įvirinimas.

Nevisiškas įvirinimas. Įvirinimas, mažesnis nei reikalaujama arba nurodyta.

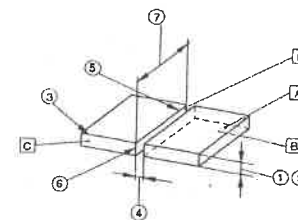
Didžiausias siūlės storis. Matmuo, matuojamas tarp giliausiai įvirinto kampinės siūlės taško arba tarp sandūrinės siūlės šaknies ėjimo kraštinio taško ir aukščiausio siūlės rumbelės taško (dažniausiai

matuojama skerspjuvyje).

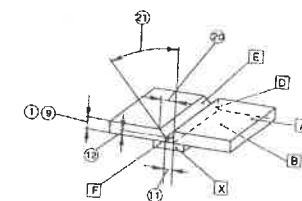
Projektinis siūlės storis. Projektuotojo nurodytas siūlės storis.

Realusis siūlės storis. Kampinėms siūlėms - lygiašonio trikampio, kurį galima įbrėžti į galutinai pabaigtos siūlės skerspjuvį, aukštinės dydis. Sandūrinėms siūlėms - mažiausias atstumas nuo detalės paviršiaus iki įvirinimo apačios.

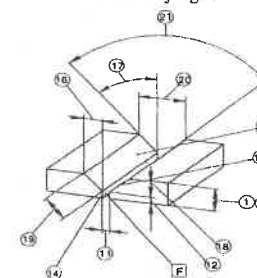
Efektyvusis siūlės storis. Siūlės pjūvio matmuo, kuris perduoda apkrovą. Jis priklauso nuo siūlės geometrinės formos ir nuo įvirinimo.



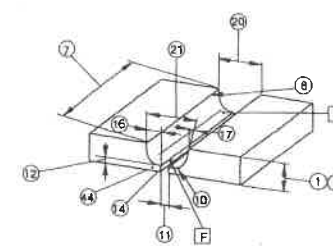
I sandūrinė jungtis



Pusinė V sandūrinė jungtis su padėklu

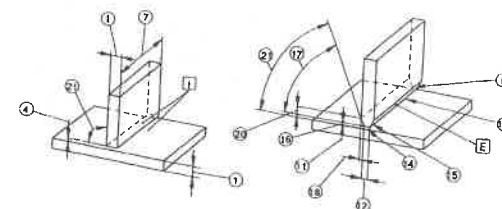


Y sandūrinė jungtis



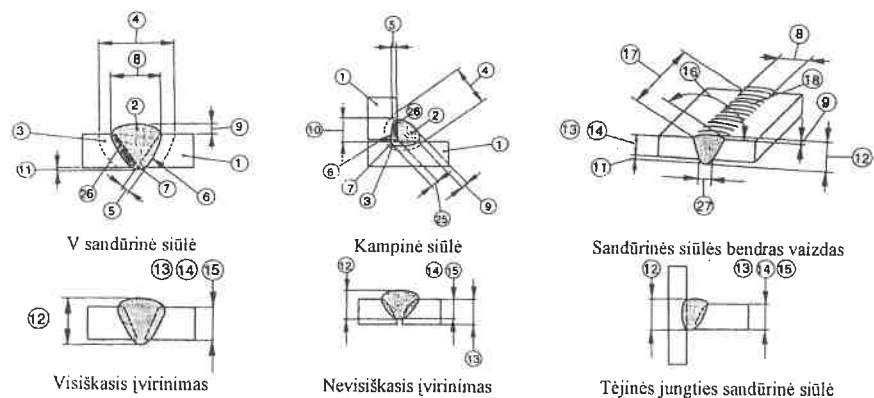
U sandūrinė jungtis

1 paveikslas. Sandūrinės jungties terminai: A – viršutinis paviršius; B – apatinis paviršius; C – šoninis paviršius; D – lydomasis paviršius (nenuosklembtas); E – lydomasis paviršius (nusklembtas); F – šaknies briaunelė; X – siūlės padėklas; 1 – plokštės storis; 3 – šoninė kraštinė; 4 – tarpelis tarp briaunų; 5 – jungties išilginė kraštinė; 6 – šoninė kraštinė; 7 – jungties ilgis; 8 – išilginė nuosklembos kraštinė; 9 – jungties storis; 10 – šaknies nuosklembos spindulys; 11 – šaknies tarpelis; 12 – šaknies briaunelės aukštis; 14 – šaknies briaunelės šoninė kraštinė; 15 – šoninė nuosklembos kraštinė; 16 – nuosklembos plotis; 17 – nuosklembos kampas; 18 – nuosklembos gylis; 19 – nusklembto paviršiaus plotis; 20 – priekinis jungties tarpelio plotis; 21 – kampas tarp nuosklembų; 44 – šaknies briaunelės plotis



2 paveikslas. Tėjinės jungties su kampinėmis ir su dvipusėmis Y sandūrinėmis siūlėmis terminai: E – lydomasis paviršius (nusklembtas); 1 – lydomasis paviršius (kampinė siūlė); 1 – plokštės storis; 4 – tarpelis tarp briaunų; 7 – jungties ilgis; 8 – nusklembimo kraštinė; 11 – šaknies tarpelis; 12 – šaknies briaunelės aukštis; 13 – šaknies briaunelės išilginė kraštinė; 14 – šaknies briaunelės šoninė kraštinė; 15 – nusklembimo šoninė kraštinė; 16 – nusklembimo plotis; 17 – nusklembimo kampas; 18 – nusklembimo gylis; 20 – jungties plotis; 21 – kampas tarp nuosklembų.

Tipinės lydytinės siūlės pavaizduotos 3 pav.



3 paveikslas Tipiniai lydytinės siūlės pavyzdžiai: 1 – pagrindinis metalas; 2 – siūlės metalas; 3 – terminio poveikio sritis; 4 – siūlės sritis; 5 – pralaidumo gylis; 6 – sulydymo linija; 7 – siūlės šaknis; 8 – siūlės plotis; 9 – siūlės rumbelė; 10 – statinio aukštis; 11 – šaknies rumbelė; 12 – didžiausias siūlės storis; 13 – projekcinis siūlės storis; 14 – realusis siūlės storis; 15 – efektyvusis siūlės storis; 16 – rumbelės kampas; 17 – siūlės ilgis; 18 – žvynuotasis siūlės paviršius; 25 – šaknies įvirinimas; 26 – išlydyta pagrindinio metalo sritis; 27 – šaknies rumbelės plotis.

2 lentelė. Įvairiai paruoštų ir įvairaus tipo jungčių lydytinių siūlių pavyzdžiai

	Paveikslas	Jungties tipas	Siūlės tipas	Paruošimas
1		Sandūrinė	Visiškai įvirinta	I nuosklemba, be tarpelio
2		Sandūrinė $135^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	Visiškai įvirinta	I nuosklemba, be tarpelio
3		Sandūrinė	Visiškai įvirinta	Riestiniai kraštai
4		Sandūrinė	Dalinai įvirinta	I nuosklemba, be tarpelio
5		Sandūrinė	Visiškai įvirinta abipusė sandūrinė	I nuosklemba, be tarpelio
6		Sandūrinė	Visiškai įvirinta	Y nuosklemba, tarpelis
7		Sandūrinė	Visiškai įvirinta	I nuosklemba, tarpelis, padėklas
8		Sandūrinė	Visiškai įvirinta	V nuosklemba, padėklas
9		Sandūrinė	Visiškai įvirinta su šaknies paviršiumi	Y nuosklemba
10		Sandūrinė	Visiškai įvirinta abipusė	Dvipusė Y nuosklemba, tarpelis
11		Sandūrinė	Dalinai įvirinta abipusė	Dvipusė Y nuosklemba, be tarpelio
12		Sandūrinė	Dalinai įvirinta sandūrinė ir kampinė	Y nuosklemba

III.3.03	SUVIRINTŲJŲ JUNGČIŲ PROJEKTAVIMAS			IWE
13		Sandūrinė	Visiškai įvirinta abipusė	Dvipusė Y nuosklemba, tarpelis
14		Sandūrinė	Abipusė kampinė siūlė	I nuosklemba, be tarpelio
15		Sandūrinė	Visiškai įvirinta	Pusinė V nuosklemba, tarpelis
16		Sandūrinė	Visiškai įvirinta su šaknies paviršiumi	Pusinė Y nuosklemba, tarpelis, storesnė plokštė suploninta
17		Sandūrinė	Sandūrinės, kampinės ir šaknies paviršinio derinys	Pusinė V nuosklemba, tarpelis
18		Sandūrinė	Visiškai įvirinta abipusė kampinė siūlė	Pusinė V nuosklemba, tarpelis
19			Visiškai įvirinta	Pusinė V nuosklemba, tarpelis
20		Tėjinė	Vienpusė kampinė	I nuosklemba, be tarpelio
21		Tėjinė	Visiškai įvirinta abipusė kampinė	I nuosklemba, be tarpelio
22		Tėjinė	Abipusė kampinė	I nuosklemba, be tarpelio
23		Tėjinė	Visiškai įvirinta abipusė	K nuosklemba, tarpelis
24		Tėjinė	Visiškai įvirinta abipusė, sandūrinės ir kampinės siūlės derinys	K nuosklemba, tarpelis
25		Tėjinė	Dalinai įvirinta abipusė	Dvipusė pusinė Y nuosklemba
26		Tėjinė, mažai pasvirusi $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	Visiškai įvirinta	Pusinė V nuosklemba, tarpelis
27		Tėjinė, labai pasvirusi $5^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$	Kampinė	I nuosklemba, be tarpelio
28		Kryžminė	Visiškai įvirinta abipusė sandūrinė	Dvipusė K nuosklemba
29		Kryžminė	Abipusė kampinė	I nuosklemba, be tarpelio
30		Užleistinė	Kampinė	I nuosklemba
31		Užleistinė arba lygiagrečioji	Virintinė kniedinė	Skylė(ės) vienoje plokštėje

32		Užleistinė arba lygiagrečioji	Kampinė apskritiminė siūlė	Skylė(ės) vienoje plokštėje
33		Užleistinė arba lygiagrečioji	Lydytinis taškas	Jokio
34		Kampinė	Visiškai įvirinta sandūrinė	Pusinė V nuosklemba, tarpelis
35		Kampinė $30^\circ \leq \alpha \leq 135^\circ$	Kampinė	I nuosklemba
36		Kampinė	Visiškai įvirinta abipusė kampinė	I nuosklemba
37		Kampinė	Dalinai įvirinta abipusė kampinė	I nuosklemba
38		Briauninė $0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	Briauninė	I nuosklemba

2 Jungties geometrijos paruošimas

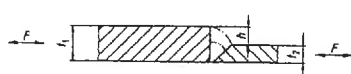
Rekomenduojami jungčių geometrijos paruošimo pavyzdžiai (pvz., nuosklembų kampai, šaknies tarpeliai, šaknies nuosklembų spinduliai ir šaknies briaunių aukščiai) yra nurodyti LST EN ISO 9692 serijos standartuose. Pirmoji dalis reglamentuoja plieno jungčių paruošimą virinti rankiniu lankiniu, apsauginėse dujose lydiuioju elektrodu, dujiniu, TIG ir pluoštiniu suvirinimu, antroji dalis – jungtis virinamas po flisu. Trečioji dalis reglamentuoja aliuminio jungčių paruošimą, o ketvirtoji – plakiruoto plieno jungčių paruošimą. Kai nurodomas sandūrinės jungties visiškai įvirinimas, tai reiškia, kad siūlė iš kitos pusės turi būti išdrožta arba iššlifauta ir užvirinta arba turi būti pasirinkta suvirinimo procedūra užtikrinanti efektyvų ir gerą įvirinimą. Slėginių ir neslėginių įrenginių suvirintųjų jungčių projektavimo rekomendacijos pateiktos LST EN 1708-1 ir 2 dalyse atitinkamai.

Atsižvelgiant į apkrovos tipą ir elementų storių skirtumą, siūlę prie jų reikia priderinti arba susidariusį laiptelį nusklembti (žr. 3 lentelę ir 4 pav.), jei įtempiams statmeni siūlei.

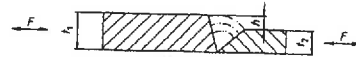
3 lentelė. Labai skirtingo storio elementų sandūrinių jungčių paruošimo vadovas

Apkrovos tipas	Storių skirtumas h, mm	Siūlės priderinimas		Nuosklembos kampas ^{a)}	Paveikslai
		Siūlomas	Neleistinas		
Elementų apkrovos pagrindinai statinės	≤ 10	X	–	–	4 a ir 4 b
	> 10	–	X	$20^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$	4 c ir 4 d
Elementai labai jautrūs nuovargiui arba trapiam suirimui	≤ 3	X	–	–	4 b
	> 3	–	X	$10^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$ ^{b)}	4 c ir 4 d

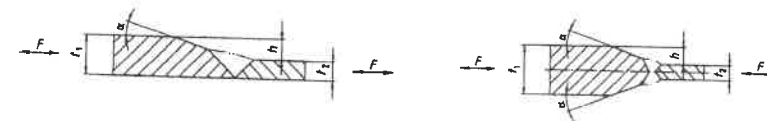
X – leistinas; – neleistinas arba nereikalingas
^{a)} Nuosklembos kampas priklauso nuo realaus priimtino įpjovos efekto (įtempių koncentracijos).
^{b)} Jei elementai nelabai apkrauti, α gali būti iki 45° .



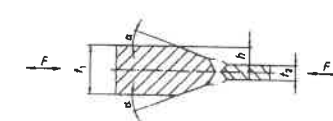
a)



b)



c)



d)

4 pav. Skirtingo storio elementų suderinimo eskizas

Siūlių storiai (ypač kampinių siūlių), kurie nenustatomi pagal siūlių profilį, nustatomi remiantis prielaida, kad jungtis neturi būti stipresnė negu jungiamosios dalys.

Tėjinės jungties kampinės siūlės (žr. 5 pav.) turi atitikti šiuos reikalavimus (žr. (1) ir (2) formules):

$$3 \text{ mm} \leq a \leq 0,7 \cdot t_2 \quad (1)$$

PASTABA Tam tikrais atvejais viršutinė riba $0,7 \times t_2$ gali būti viršyta.

$$a \geq \sqrt{t_{maks}} - 0,5 \text{ mm} \quad (2)$$

PASTABA Tik iki 30 mm storio plokštės, išskyrus 12 procesą (lankinį suvirinimą po flisu).

3 Tipinės neslėginės suvirintosios jungtys pagal LST EN 1708-2

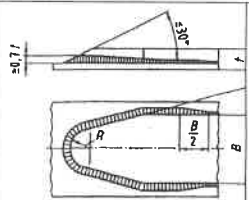
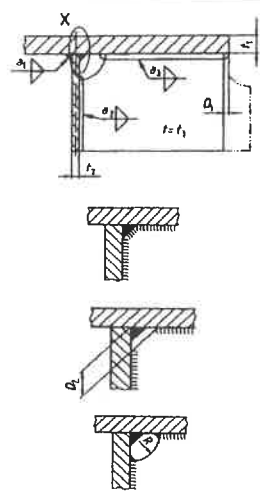
Tipinės jungtys pateikiamos 4 lentelėje. Jungčių paruošimą suvirinimui reglamentuoja EN ISO 9692 serijos standartai, atsižvelgiant į jungties tipą, elementų medžiagą, storį ir suvirinimo būdą.

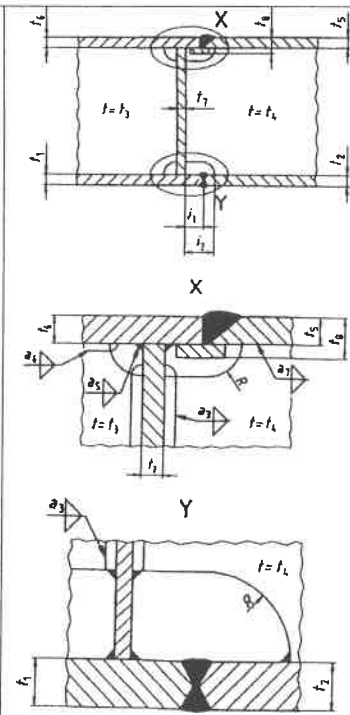
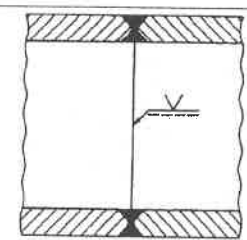
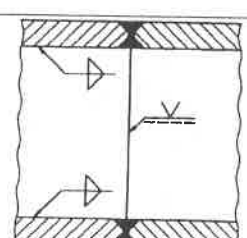
4 lentelė. Tipinės jungčių paruošimas

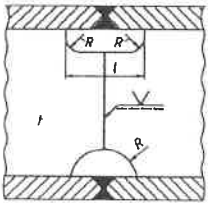
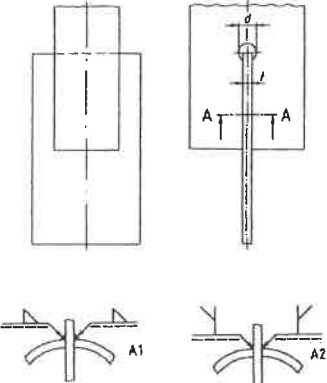
Nr.*	Paveikslas	Taikymas / sąlygos	Pastaba	Nuoroda į EN ISO 9692-1 ir kitos dalys
Siūlės storio vertinimas				
2.1.1		Dalinai įvirintos siūlės $\alpha \leq 60^\circ$	Jei statinio aukštis z nurodytas, siūlės storis gali būti priimtas lygus a be kokių nors kitų nuorodų. $a = d$ taikytina taip pat abipusei siūlei.	1.4
2.1.2				1.4
2.1.3		Kampinių siūlių projektinis storis	Matuojamas nuo teorinio šaknies taško	3.10 A

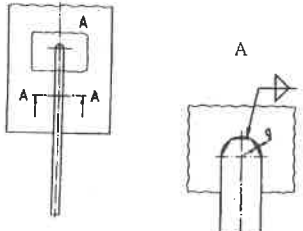
III.3.03	SUVIRINTŲJŲ JUNGČIŲ PROJEKAVIM.			IWE
2.1.4				4.10.10 C
2.1.5			Taikomas tik visiškai mechanizuotiems bei automatizuotiems procesams ir $a = \bar{a} + e$ e nustatomas pagal SPPP sutinkamai su EN ISO 15614 reikalavimus.	3.10 A
2.1.6		Trijų elementų jungtis $t_3 \geq b + 4 \text{ mm}$	Jei įtempių kryptis I – I, tuomet $a = t_2$ (kai $t_2 < t_1$). Jei įtempių kryptis II – II, tuomet $a = b$. Šis jungties tipas labai jautrus nesulydymui, kuris priklauso nuo siūlės geometrijos, sunkiai nustatomas neardomaisiais siūlės metalo bandymais.	
2.1.7		$t_2 \leq 10 \text{ mm}$ $80^\circ \leq \delta \leq 90^\circ$	Kampinės siūlės be vertikalių sienelės briaunų paruošimo.	4.10.10 C
2.1.8		$60^\circ \leq \delta \leq 80^\circ$ Kampinės siūlės (vertikalios sienelės briauna įstrižai nupjauta, jungtis be paruošimo)		
2.1.9		$45^\circ \leq \delta \leq 60^\circ$ $45^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$ Kampinės siūlės (vertikalios sienelės briauna įstrižai nupjauta ir iš vienos pusės nuklembta)		

III.3.03	SUVIRINTŲJŲ JUNGČIŲ PROJEKAVIMAS			IWE	
Siūlės ilgio vertinimas					
2.2.1		Šoninės kampinės siūlės	$\Sigma l = 2l_1$	3.10 B	
2.2.2		Šoninės ir galinės siūlės	$\Sigma l = B + 2 \times l_1$ $l_1 \geq 6 \times a$, tačiau $l_1 \geq 40 \text{ mm}$	3.10 B	
2.2.3		Uždaro kontūro siūlė	$\Sigma l = l_1 + l_2 + 2 \times B$ svorio centras prie kampinės siūlės l_2	3.10.B	
Užleistinės suvirintos jungties galai					
2.3.1		Kai pagrindinė apkrova statinė ir kai mažai kintanti.		3.10.B	
2.3.2				$t_R \geq 20 \text{ mm}$	3.10.B
2.3.3					
		Kai dinaminės apkrovos Perėjimas nuo siūlės ant pagrindinio metalo šlifuotas be įpjovų.			

III.3.03	SUVIRINTŲJŲ JUNGČIŲ PROJEKTAVIMAS		IWE
2.3.4		$R = B/3$	Kai eksploatuojama sunkiose nuovargio sąlygose. Perėjimas nuo siūlės ant pagrindinio metalo šlifluotas be įpjovų.
Suvirintos plokštės ir sijos (apkrovos dinaminės) Suvirintų sijų standumo briaunos			
3.1.1		$D_1 \geq 3 \times a_3$	Jei X_1: nepaliekamas tarpas tik, jei standumo briaunos storis $t \leq 16$ mm; trapius suirimo rizika turėtų būti nagrinėjama. Jei X_2: tik kai vyraujanti apkrova statinė; $D_2 \geq 25$ mm ir $ir \geq t_2$. Jei X_3: Jei apkrova gali sukelti nuovargį arba jei didelė elementų korozijos arba trapius suirimo rizika. $R \geq 25$ mm + l

III.3.03	SUVIRINTŲJŲ JUNGČIŲ PROJEKTAVIMAS		IWE
3.1.4		$i \geq 100$ mm $i \geq 200$ mm $t_1 = t_2 = t_5 = t_6$ $R \geq t_3 + 25$ mm	Sandūrinėms juostų siūlėms turi būti atlikta radiografinė kontrolė. Jei yra liekamieji padėklai, tuomet reikalingos kampinės siūlės.
Sijų jungtys			
4.1.1		Normaliais profilių sandūrinių siūlių taikymo atvejais (nėra nuovargio ir korozijos pavojaus) radiografinė kontrolė neatliekama.	Atsižvelgiant į vertikalios sienelės storį, gali būti naudojamas kitas jungties paruošimas.
4.1.2		Normaliais sandūrinių siūlių taikymo atvejais (nėra nuovargio ir korozijos pavojaus) radiografinė kontrolė neatliekama.	Atsižvelgiant į vertikalios sienelės storį, gali būti naudojamas kitas jungties paruošimas.

III.3.03	SUVIRINTŲJŲ JUNGČIŲ PROJEKTAVIMAS			IWE
4.1.3		Profilių arba suvirintų sijų sandūrinės siūlės be radiografinės kontrolės	Atsižvelgiant į vertikalios sienelės storį, gali būti naudojamas kitas jungties paruošimas. Jei numatyta radiografinė kontrolė, ilgis l turi būti ne mažesnis kaip 120 mm. Jei yra didelis korozijos pavojus arba dinaminės apkrovos, išpjovos vertikaloje sienelėje turi būti uždaromos po radiografinės kontrolės. Ypatingas dėmesys turi būti atkreiptas į vertikalių sienelių siūlių galus, kad būtų išvengti defektai; daugeliu ypatingų atvejų, kad lankas būtų išvestas ant pridėtinės siūlės pabaigos plokštelės, atstumas tarp vertikalios sienelės ir juostos gali būti padidintas.	
Speciali lakšto arba juostos jungtis su vamzdžiu				
5.1.1		Tik vamzdžiams $d \geq t + 20$ mm	Jungties gale daroma kiaurymė. Kampinės siūlės (A1) arba dalinai įvirintos siūlės (A2).	

III.3.03	SUVIRINTŲJŲ JUNGČIŲ PROJEKTAVIMAS			IWE
5.1.2		$g \leq 2$ mm Pjūvį A – A žr. 5.1.1	Virinti išsinišėmis siūlėmis.	

4 Suvirintųjų jungčių stiprumo didinimas

Suvirintųjų jungčių stiprumą galima padidinti konstrukcinėmis (racionaliai išdėstant siūlės veikiančių jėgų atžvilgių, tikslinga siūlės forma) ir technologinėmis priemonėmis (gera siūlės metalo apsauga nuo žalingo poveikio suvirinant, terminiu apdorojimu ir kt.).

Nagrinesime 5 pav. pateiktus pavyzdžius. 1–3 parodytas nuoseklus flanšo privirintosios jungties, apkrautos sukimo momentu, stiprinimas, didinant žiedinės siūlės skersmenį. Racionaliai parinkus tokios jungties veleno ir flanšo matmenis, jų papildoma jungtis sriegiu arba suleidimas su įvarža tampa nereikalinga (4, 5).

Tikslinga suprojektuoti jungtį taip, kad pagrindinę apkrovos dalį laikytų pagrindinis metalas, o ne siūlė (6–9).

Slėginių įrenginių dangtelio konstrukcija pateikta 11 pavyzdyje stiprumo atžvilgiu geresnė nei 10 pavyzdyje.

Jėginės siūlės geriau apkrauti taip, kad susidarytų tempimo arba šlyties įtempiai nei lenkimo. 12 pavyzdyje taškas O yra kaip atramos taškas palengvinantis siūlės atplėšimą. 13 jungties konstrukcija geresnė, o 14 – dar geresnė, nes siūlei beveik nereikia atlaikyti jėgos poveikio, ji yra tik kaip konstrukcijos elementų sujungimo priemonė.

16 pavyzdyje privirinta standumo briaunelė pagerina 15 konstrukcijos siūlės darbą.

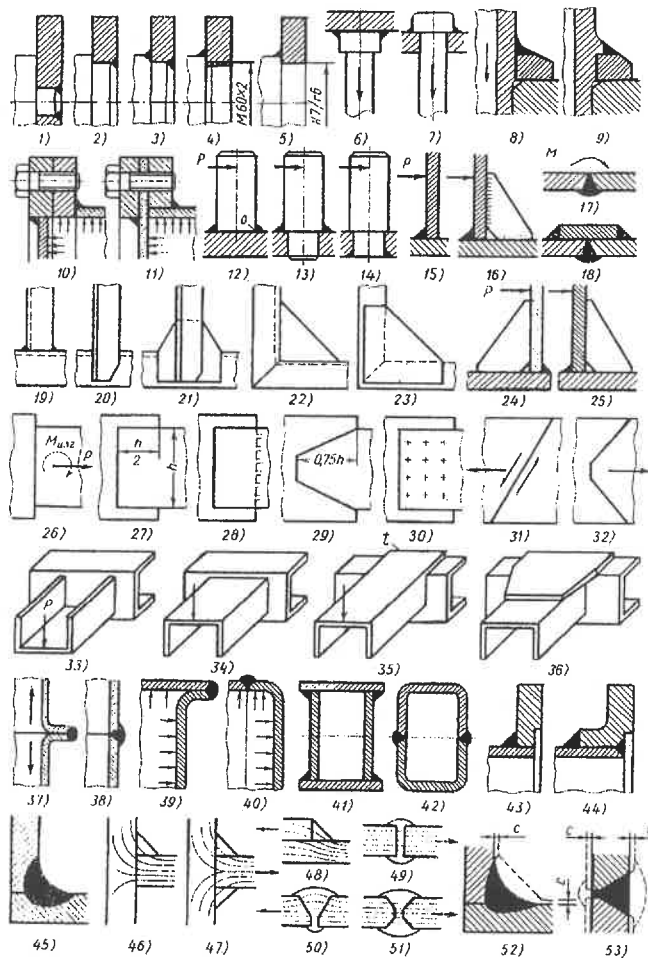
Sandūrinės jungties (17) lenkimą galima pašalinti privirinant antdeklą (18). Kampinės antdeklų siūlės yra tempiamos, sandūrinė siūlė yra gniuždoma.

Kampuočio privirinimas prie kito kampuočio lentynėlės galinėmis siūlėmis (19) yra nepakankamai stipri jungtis. Geriau kampuočių privirinti šoninėmis siūlėmis prie kito kampuočio lentynėlės, o kai yra sunkios darbo sąlygos tarp kampuočių galima įdėti plokštelę (21).

Sutvirtinant kampuočių jungtį plokšte, ją tikslinga privirinti ne sandūra (22), o uždedant ant viršaus (23).

Privirinamas standumo briaunas rekomenduojama išdėstyti jungtyje taip, kad jo nebūtų tempiamos (24), o būtų gniuždomos (25). Tuomet virintinės siūlės beveik visiškai yra nukraunamos.

Vaizduose nuo 26 iki 29 parodytas nuoseklus plokščių jungties, apkrautos tempimo ir lenkimo apkrovomis, stiprumo didinimas. Šių jungčių stiprumo palyginimas pateiktas 5 lentelėje



5 pav. Suvirintųjų jungčių stiprinimas

5 lentelė. Suvirintųjų jungčių stiprumo palyginimas

Jungtis	Stiprumas	
	Tempimas	Lenkimas
Sandūra (26)	1	1
Užleistinė (27)	2	4
Užleistinė su paviršiniu iš kitos pusės (28)	3	5
Užleistinė su šonų nuosklembomis (29)	2,5	5

Kai užlaidos didelės, deformacijoms mažinti, rekomenduojamas papildomas tų užlaidų taškinis privirinimas (30).

Istrių sandūrinių jungčių siūlės papildomai apkraunamos tangentiniais įtempiais (31). Šių papildomų tangentinį įtempį nebus, kai nuosklembos bus padarytos iš abiejų pusių (32).

Pavyzdžiose nuo 33 iki 36 parodytos lovinių profilių jungtys. 33 jungtyje sritis m apkraunama dideliais tempimo įtempiais, todėl netikslinga naudoti. 34 jungties lovio ilga sienelė yra viršuje, todėl tempimo įtempiai čia nedideli. 35 jungtyje lenkimo momentą priima šoninės ir galinės siūlės, todėl įtempiai čia nedideli. 36 jungtis papildomai sustiprinta plokšte.

Necentriškai apkraunamų jungčių reikėtų vengti (37 ir 39). Jos turėtų būti keičiamos 38 ir 40 jungtimis.

Lenkiamų sijų išilginės siūlės turėtų būti ne prie horizontalių lentynėlių (41), o sijos neutralioje ašyje (42), nes čia normaliniai įtempiai mažiausi.

Jungtyse, kurias veikia ciklinės ir/arba dinaminės apkrovos, siūlės turėtų būti ne įtempių koncentracijos srityse, pvz., perėjimo iš vieno skerspjūvio į kitą srityse (43). 44 jungtis šio atveju geresnė.

Jeigu vis tik siūlė turi būti įtempių koncentracijos srityje, tuomet rekomenduojamos igaubtos kampinės siūlės giliai įvirintos naudojant trumpą lanką (45).

Tėjinėse tempiamose jungtyse abipusis siūlių išdėstymas (47) yra pranašesnis nei vienpusis (46). Užleistinė jungtis (48) pagal galimybes turėtų būti pakeista sandūrine (49). Abipusės sandūrinės jungtys (51) pranašesnės prieš vienpuses (50), nes gaunamas netolygus jėgų linijų pasiskirstymas.

Atsparumą ciklinėms apkrovoms galima pagerinti mechanškai apdirbant suvirintąsias jungtis (52, 53).

5 Suvirintųjų jungčių (siūlių) žymėjimas brėžiniuose

Europoje suvirintų ir lituotų jungčių žymėjimą simboliais brėžiniuose reglamentuoja tarptautinis standartas EN 22553. Šį žymėjimą sudaro pradiniai simboliai, kurie gali būti papildyti papildomais simboliais, matmenimis ir kai kuriomis papildomomis nuorodomis (ypač darbo brėžiniuose).

Jeigu jungtis neturi būti detalizuota, o tik nurodyta, tuomet žymima:

5 lentelė. Pradiniai simboliai

Eil. Nr.	Pavadinimas	Iliustracija	Simbolis
1	Sandūrinė riestinė jungtis		
2	I sandūrinė (ne nusklembta) jungtis		
3	V sandūrinė jungtis		
4	Pusinė V sandūrinė jungtis		
5	Y sandūrinė jungtis		
6	Pusinės Y sandūrinė jungtis		
7	U sandūrinė jungtis (pusės lygiagrečios arba nuožulnios)		

III.3.03	SUVIRINTŲJŲ JUNGČIŲ PROJEKTAVIMAS	IWE
----------	-----------------------------------	-----

8	J sandūrinė jungtis		
9	Šaknies paviršinimo siūlė		
10	Kampinė siūlė		
11	Virintinė kniedinė jungtis		
12	Taškinė siūlė		
13	Kontaktinė siūlinė jungtis		
14	Apvirinimas		
15	Abipusė V sandūrinė jungtis (X siūlė)		
16	K sandūrinė jungtis		
17	Abipusė Y sandūrinė jungtis		
18	Abipusė pusinė Y sandūrinė jungtis		
19	Abipusė U sandūrinė jungtis		

Papildomieji simboliai charakterizuoja siūlės išorinio paviršiaus formą arba siūlės geometriją (6 lent.). Papildomų simbolių nebuvimas reiškia, kad siūlės paviršiaus formos tiksliai nurodyti nereikia.

6 lentelė. Papildomieji simboliai

Siūlės paviršiaus forma arba siūlės geometrija	Simbolis
Sulygintas siūlės priekinis paviršius	
Išgaubta siūlė	
Ilgabta siūlė	
Suapvalinti siūlės kraštai	
Naudojama liekamoji padėklinė juosta	
Naudojama nuimama padėklinė juosta	

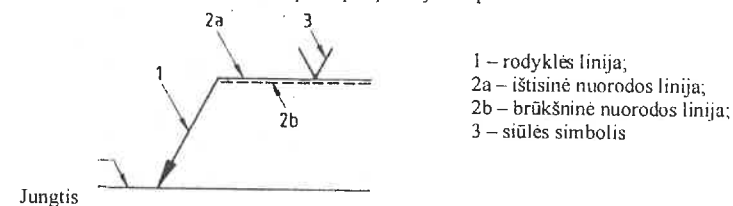
III.3.03	SUVIRINTŲJŲ JUNGČIŲ PROJEKTAVIMAS	IWE
----------	-----------------------------------	-----

7 lentelė. Papildomųjų simbolių naudojimo pavyzdžiai

Pavadinimas	Ilustracija	Simbolis
Sulyginta (rumbelė nuimta) V sandūrinė siūlė		
Išgaubta dvipusė V sandūrinė siūlė		
Ilgabta kampinė siūlė		
Sulyginta V sandūrinė siūlė su sulyginta šaknies rumbelė		
Y sandūrinė siūlė su užvirinta šaknimi		
Sulyginta V sandūrinė siūlė		
Kampinė siūlė su suapvalintais kraštais		

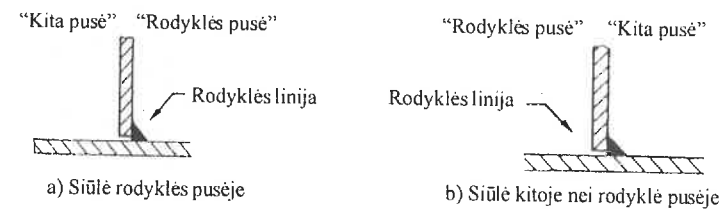
1) Paviršiaus švarumo simbolis pagal ISO 1302.

Jungties žymėjimo brėžiniuose principas parodytas 5 pav.

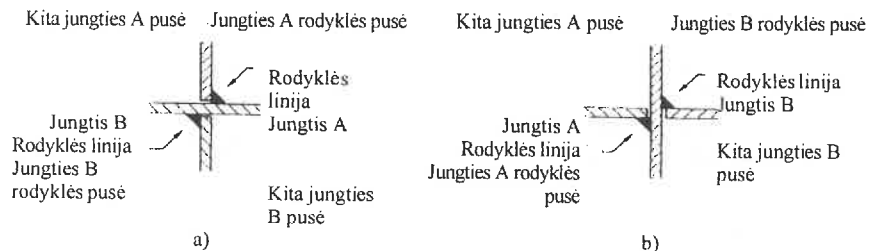


5 pav. Žymėjimo būdas

Ryšys tarp rodiklės linijos ir jungties pateiktas 6 ir 7 pav., kuriuose paaiškinamos sąvokos “rodiklės pusė” ir “kita pusė”.

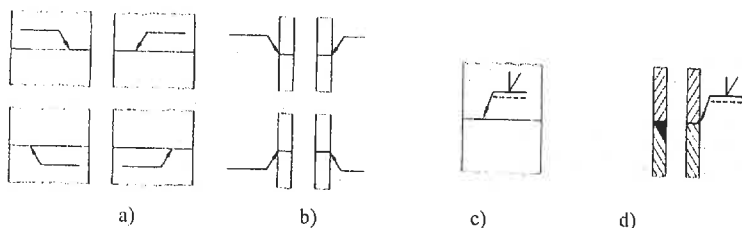


6 pav. Tėjinė jungtis su viena kampine siūle



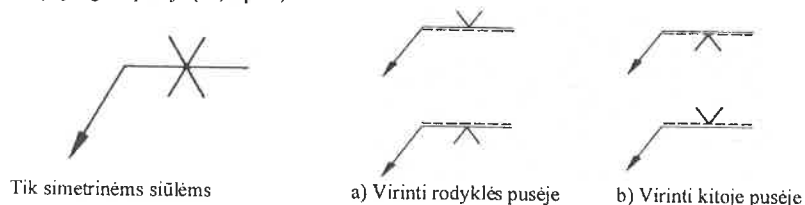
7 pav. Kryžminė jungtis su dviem kampinėmis siūlėmis

Rodyklės linijos padėtis turi būti nukreipta į plokštę, kurios briauna nusklembta (8 pav.).



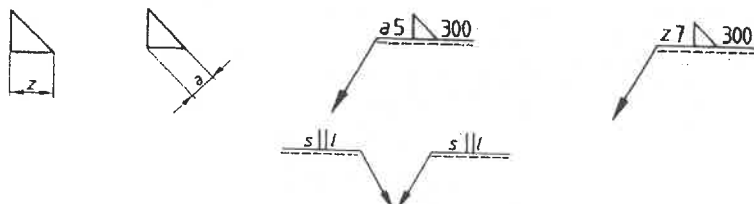
8 pav. Rodyklės linijos padėtys

Nuorodų linija turėtų būti brėžiama lygiagrečiai brėžinio apatiniam kraštui arba, jei taip negalima, statmenai. Simbolis rašomas iš nuorodų ištisinės linijos pusės, jei siūlės priekinis paviršius yra jungties rodyklės pusėje (10, a pav.); simbolis rašomas iš brūkšninės linijos pusės, jei siūlės priekinis paviršius yra kitoje jungties pusėje (10, b pav.).



9 pav. Simbolių padėtis nuorodų linijos atžvilgiu

Prie kiekvieno siūlės simbolio gali būti užrašomi matmenys. Pagrindiniai skerspjūvio matmenys rašomi iš kairės simbolio pusės, išilginiai matmenys – iš dešinės simbolio pusės (11 pav.), jei išilginiai matmenys nenurodyti, tai reiškia, kad siūlė yra per visą detalės ilgį. Kampinės siūlės matmenys gali būti pateikti dvejopai, siūlės statinio aukštį z arba siūlės storį a :



10 pav. Žymėjimo simboliu principo pavyzdžiai

Uždaro kontūro siūlė:

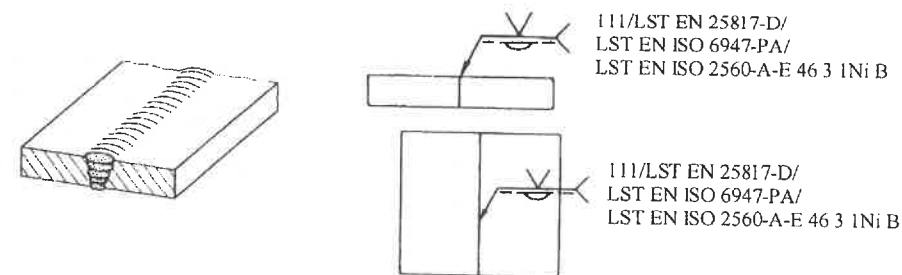
Montažinė siūlė

Suvirinimo procesas žymimas skaitmeniniais simboliais, pateiktais ISO 4063

Informacija nuorodų linijos gale pateikiama tokia tvarka:

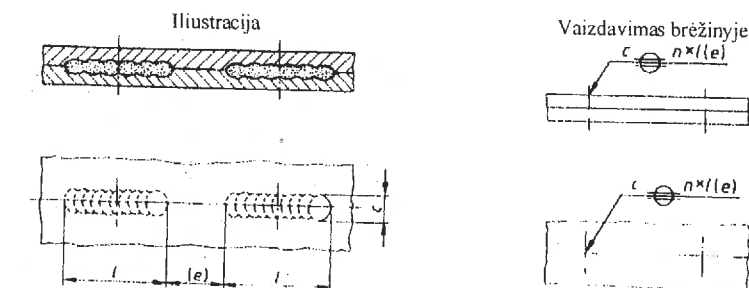
- procesas pagal LST EN ISO 4063;
- priimtumo lygmenys pagal LST EN ISO 5817 ir LST EN ISO 10042;
- darbo padėtis pagal LST EN ISO 6947;
- pridėtinės medžiagos pagal LST EN ISO 2560, LST EN 1599, LST EN 1600, LST EN 1668 ir kt.

1 pavyzdys. V sandūrinė siūlė su šaknies užvirinimu (2.40 pav.), virinta lankiniu rankiniu suvirinimu (procesas 111 pagal ISO 4063, reikalingas priimtumo lygmuo D pagal ISO 5817, žemutinėje padėtyje PA pagal ISO 6947, glaistytaisiais elektrodais ISO 2560-A-E 46 3 1Ni B.

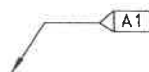


11 pav. V sandūrinė siūlė su šaknies pavirinimu

2 pavyzdys. Taškinis ir siūlinių jungčių (suvirintų arba lituotų) atvejais, jungtis formuojama tarp dviejų užleistinių dalių arba kiaurai pralydant vieną iš jų (12 pav.).

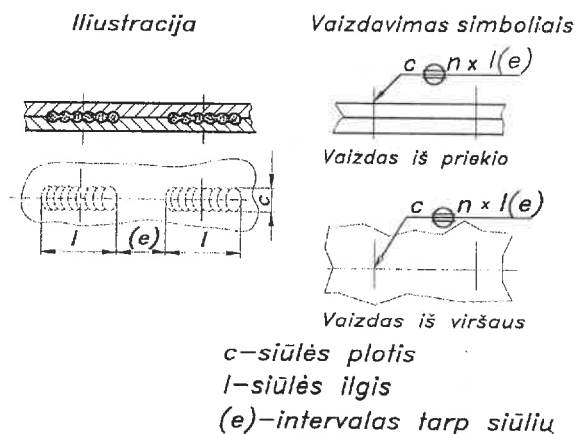
12. pav. Kontakcinė siūlinė trūkioji jungtis: c – siūlės plotis, l – siūlės ilgis, (e) – atstumas tarp siūlių

Be to, nuorodų linijos galas gali baigtis nuorodos ženklu (žr. 13 paveikslą), kuris nurodo konkrečią instrukciją (pvz., technologinę kortelę).



13 paveikslas. Nuorodos informacija

Taškinės ir siūlinės jungtys (suvirintosios ar lituotosios) formuojamos tarp dviejų užleistinių dalių arba kiaurai pralydant vieną iš jų (žr. 14 ir 15 paveikslus).



14 paveikslas. Siūlinė trūkioji jungtis

A priedas (informacinis)

Simbolių vartojimo pavyzdžiai

Lentelėse nuo A.1 iki A.4 duoti simbolių vartojimo pavyzdžiai. Ilustracijos tik paaiškina.

A.1 lentelė. Pradinių simbolių vartojimo pavyzdžiai

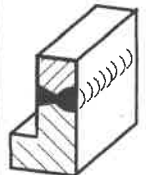
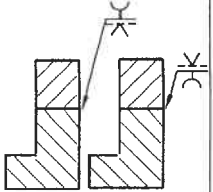
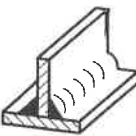
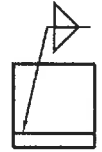
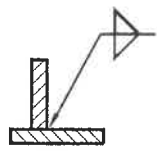
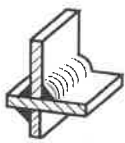
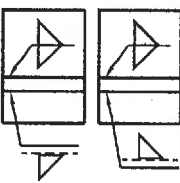
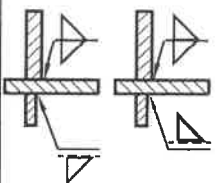
	Pavadinimas, simboliai (Numeriai pagal 1 lentelę)	Iliustracija	Žymėjimas simboliais	
			Taip	Arba
2	Sandūrinė nenusklembta siūlė (1 sandūrinė siūlė) 2			
3				
4				
5	V sandūrinė siūlė 3			
6				
7	Pusinė V sandūrinė siūlė 4			
8				
11	Y sandūrinė siūlė 5			

12	Pusinė Y sandūrinė siūlė Y 6			
13				
14	U sandūrinė siūlė Y 7			
15	J sandūrinė siūlė Y 8			
16				
17	Kampinė siūlė Δ 10			
18				
19				

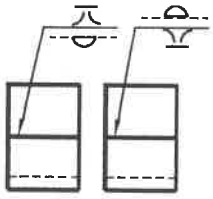
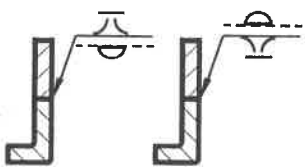
20			
21			

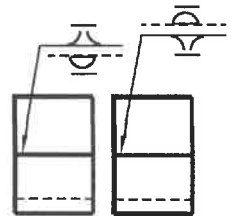
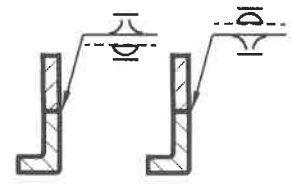
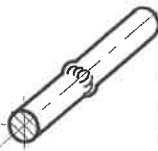
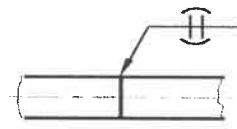
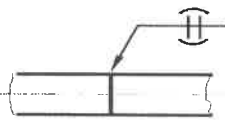
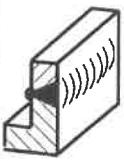
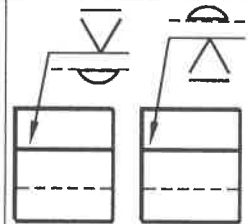
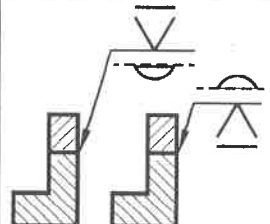
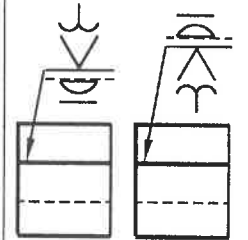
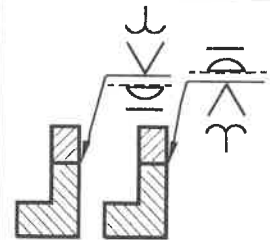
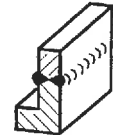
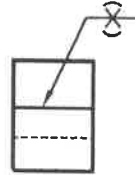
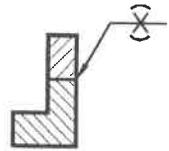
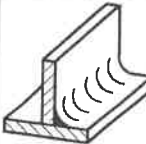
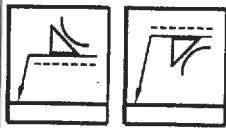
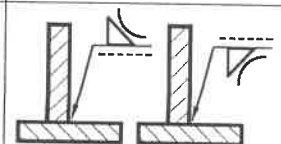
A.2 lentelė. Pradinių simbolių derinių pavyzdžiai

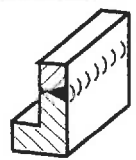
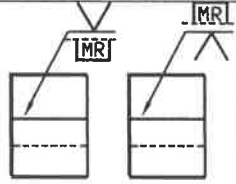
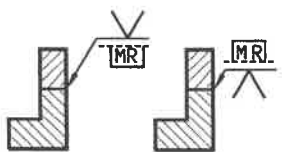
Eil. Nr.	Pavadinimas, simboliai (Numeriai pagal 1 lentelę)	Iliustracija	Žymėjimas simboliais	
			Taip	Arba
2	Sandūrinė nenusklembta siūlė (1 sandūrinė siūlė) 2 virinta iš abiejų pusių 2-2			
3	V sandūrinė siūlė 3 su šaknies paviršinimo siūle			
4	9 3-9			
5	Abipusė V sandūrinė siūlė 3 (X siūlė) 3-3			

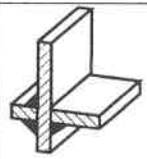
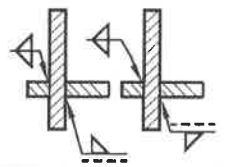
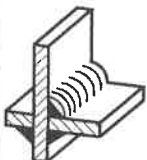
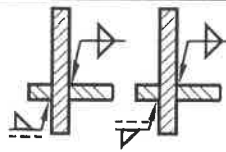
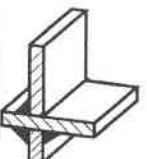
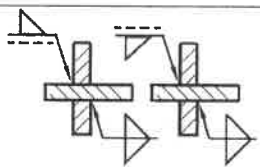
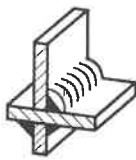
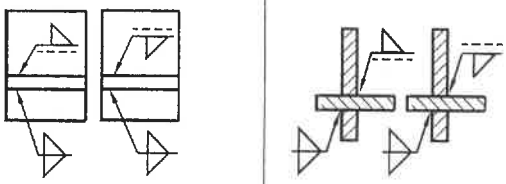
12	V sandūrinė siūlė  3 ir U sandūrinė siūlė  7 3 – 7			
13	Kampinė siūlė  10 ir kampinė siūlė  10 10 – 10			
14				

A.3 lentelė. Pradinių simbolių su papildymais pavyzdžiai

Eil. Nr.	Simolis	Iliustracija	Žymėjimas simboliais	
			Taip	Arba
1				

2				
3				
4				
5				
6				
7				

8				
---	---	---	---	--

5		Nerekomenduojama	
6		Nerekomenduojama	
7		Nerekomenduojama	
8			

Literatūros sąrašas

1. LST EN ISO 17659:2004 Suvirinimas. Jungtys. Terminai keliomis kalbomis su iliustracijomis (ISO 17659:2002)
2. LST EN ISO 1708-1 Suvirinimas. Pagrindiniai plieniniai suvirintųjų jungčių mazgai. 1 dalis. Slėginių indų komponentai
3. LST EN ISO 1708-2 Suvirinimas. Pagrindiniai plieniniai suvirintųjų jungčių mazgai. 2 dalis. Vidinio slėgio neveikiami komponentai
4. Design of welded structures by Omer W. Blodgett. The James F. Lincoln arc welding foundation, Cleveland Ohio, 1991

3 dalis.
PROJEKTAVIMAS IR SKAIČIAVIMAS

TEMA 3.04. JUNGČIŲ PROJEKTAVIMO PAGRINDAI

J. BENDIKAS

Turinys

3 dalis. 1	
TEMA 3.04. Jungčių projektavimo pagrindai.....	1
Turinys 2	
Jungčių projektavimo pagrindai	3
1. Suvirintosios jungtys ir jų statinio stiprumo skaičiavimas.....	3
1.1. Suvirinimo būdų klasifikavimas	3
1.2. Suvirintųjų jungčių skaičiavimas leistinų įtempių ir ribinių būvių metodais	3
1.3. Lankiniu būdu suvirintosios jungtys ir jų skaičiavimas.....	6
1.4. Kontaktiniu būdu suvirintosios jungtys ir jų skaičiavimas.....	11
1.5. Skaičiavimo pavyzdžiai	15
2. Lenkiamų elementų jungtys	18
2.1. Paprasčiausios jungtys	18
2.2. Stiprumo skaičiavimas, skaidant į sudedamąsias.....	19
2.3. Stiprumo skaičiavimas polinio inercijos momento metodu.....	19
2.4. Stiprumo skaičiavimas ašinio inercijos momento metodu.....	21
2.5. Įvairaus skerspjuvio sijų prijungimas	21
2.6. Sijų tarpusavio jungtys su papildomu sustiprinimu	24
8. Literatūros sąrašas	26

Jungčių projektavimo pagrindai

1. Suvirintosios jungtys ir jų statinio stiprumo skaičiavimas

1.1. Suvirinimo būdų klasifikavimas

Suvirinimas – tai neišardomos jungties gavimo būdas panaudojant cheminę, elektrinę, mechaninę energiją arba jų kombinacijas lokalizuotoje zonoje. Jungtys gaunamos koncentruojant energiją, kuri keičiasi plačiam diapazone esant įvairiems naudingo darbo koeficientams.

1 lentelė. Suvirinimo procesų energijos koncentracija, tenkanti vienam ploto vienetui

Suvirinimo būdas	Energijos koncentracija, W/cm ²
Dujinis	$6 \cdot 10^2$
Lankinis	$4 \cdot 10^4$
Plazminis	10^5
Elektroninis-spindulinis	$10^8 - 10^9$
Lazerinis	$10^9 - 10^{10}$

1 lentelėje pateikti suvirinimo procesus charakterizuojantys parametrai. Duoti skaičiai charakterizuoja patį procesą. Priklausomai nuo energijos koncentracijos dydžio, skiriasi jungties suvirinimo būdai, jų savybės, energijos sunaudojimas ir kita. 2... 50 mm storio plieno ir lydinų pagrindinis suvirinimo būdas yra lankinis lydinio elektrodu, ir kuris gali būti automatinis, pusiau automatinis ir rankinis.

1.2. Suvirintųjų jungčių skaičiavimas leistinų įtempių ir ribinių būvių metodais

Statybines konstrukcijas reikia paskaičiuoti jėgomis, veikiant kurioms ta konstrukcija dar tenkina reikalaujamus eksploatacinius reikalavimus. Ribiniai būviai skirstomi į dvi grupes:

Pirmajam ribiniam būviui priskiriamas konstrukcijos laikiniosios galios (stiprumo, pastovumo, patvarumo) netekimas arba netinkamumas tolimesnei eksploatacijai, o tai gali būti bendras konstrukcijos formos pastovumo netekimas, padėties pastovumo netekimas, trapūs, tašūs, nuovargio ir kitokio pobūdžio irimai; irimai dėl išorinės aplinkos ir suminio jėgų poveikio; kokybiškas konfigūracijos pakitimas; rezonansiniai svyravimai; būsena, kuriai esant reikia nutraukti eksploataciją, kai atsiranda medžiagos takumas, poslinkiai jungtyse; valkšnumas ir per didelis įtrūkių atsivėrimas.

Antriam ribiniam būviui priklauso ribinė būsena, apsunkinanti konstrukcijos normalią eksploataciją arba mažinanti ilgaamžiškumą, atsiradusi dėl neleistinų poslinkių (ilinkių, susėdimo, posūkių), svyravimo, įtrūkimų ir t.t. Statybinėse organizacijose ribinių būvių metodas remiasi skaičiuojamuoju atsparumu R , kurio reikšmė lygi takumo ribos R_t ir patikimumo koeficiento k_n santykiui.

Mažaaangliams plienams nominalus skaičiuojamasis atsparumas R lygus $0,9 R_t$.

Naudojant šį skaičiavimo būdą, apskaičiuojamos ir leistinos įrašos elemente. Leistinos įrašos nustatomos atsižvelgiant į patikimumo koeficientą k_n ir darbo sąlygų koeficientą m , apsprendžiantį konkretaus objekto darbo pobūdį tam tikroje technikos srityje.

Leistinos elemento įrašos, veikiant išilginei jėgai paskaičiuojamos pagal formulę:

$$N_{leist} \leq RmAk_n \quad (1)$$

čia A – skerspjūvio plotas.

Skaičiuojamosios įrašos N turi būti lygios arba mažesnės už N_{leist} .

Analogiškai apskaičiuojamas leistinas lenkimo momentas:

$$M_{leist} = RmWk_n \quad (2)$$

čia W – skerspjūvio atsparumo momentas.

Pagal formules (1 ir 2) matome, kad Rm/k_n iš esmės reiškia leistinuosius įtempius. Koeficientai m ir k_n yra nevienodi ne tik skirtingiems gaminiams, bet kartais ir tos pačios konstrukcijos elementams. Todėl skirtingoms konstrukcijoms skaičiavimai vyksta esant skirtingiems leistiniams įtempiams.

Darbo sąlygų koeficientai kai kuriems elementams: sijoms, gniuždomiems elementams ir perdengimams $m = 0,9$, gniuždomiems pagrindiniams elementams (išskyrus laikančiuosius), kurių liaunis $\lambda > 60$, $m = 0,8$; gyvenamųjų namų ir visuomeninių pastatų atramų $m = 0,75$, kranų, kurių keliamoji galia yra 5t, konstrukciniams elementams $m = 0,9$.

Pagrindinio metalo skaičiuojamojo stiprumo R reikšmės pateiktos 2 lentelėje, kurios paprastai yra lygios $0,95$ takumo ribos R_t .

2 lentelė. Plienų (lakštų) skaičiuojamasis atsparumas

Plieno markė	Plieno numeris	Metalo storis t , mm	Skaičiuojamasis stiprumas pagal takumo ribą R_t , MPa	Skaičiuojamasis stiprumas pagal stiprumo ribą R_m , MPa
S235JR S235JRG1 S235JRG2 S235J2G3 S235J2G4	1.0037 1.0036 1.0038 1.0116 1.0117	≤ 16	220	320
S275JR S275J0 S275J2G3 S275J2G4	1.0044 1.0143 1.0144 1.0145	≤ 16	260	390
S355JR S355J0 S355J2G3 S355J2G4 S355K2G3 S355K2G4	1.0045 1.0553 1.0570 1.0577 1.0595 1.0595	≤ 16	330	460

Nurodytų markių plienams virinti automatinio būdu naudojamos įvairių markių pridėtinės vielos ir flusai, o rankiniam suvirinimui – įvairūs elektrodai.

Lenkiamų, gniuždomų, tempiamų sandūrinių jungčių, suvirintų automatinio, pusiau automatinio arba rankiniu būdu ir kai naudojami fiziniai kontrolės metodai, skaičiuojamasis atsparumas parenkamas lygiu pagrindinio metalo skaičiuojamajam atsparumui, kuris nustatomas pagal metalo stiprumo ribą arba atitinkamai pagal takumo ribą.

Jei sandūrinėms siūlėms neatliekama neardomoji kontrolė fiziniais metodais, tuomet priimama, kad skaičiuojamasis atsparumas lygus $0,85$ metalo takumo ribos.

Kerpamos sandūrinės jungties skaičiuojamasis stiprumas priimamas kaip kerpamo pagrindinio metalo atsparumas.

Mašinų gamybos konstrukcijos ir jungtys skaičiuojamos pagal leistinus įtempius, kurie priklauso nuo:

- metalo savybių (kuo geresnės mechaninės savybės, tuo didesni leistini įtempimai);
- skaičiavimo tikslumo (kuo tiksliau paskaičiuojamas konstrukcijos stiprumas ir kuo tiksliau įvertinamos konstrukciją veikiančios apkrovos, tuo mažesnis stiprumo atsargos koeficientas ir todėl didesni leistini įtempimai);

- apkrovų rūšies (tempimas, gniuždymas, lenkimas, kirpimas);

- technologinio proceso kokybės (ypač nustatant leistinus įtempius suvirintuose jungtyse);

- apkrovų pobūdžio (esant kintamoms apkrovoms leistini įtempimai sumažėja lyginant su statinėm)

Jei įtempiai konstrukcijoje yra žymiai mažesni nei leistini $\sigma < 0,95\sigma_{tadm}$, ir tam nėra pagrindo (standumo, pastovumo reikalavimai ir pan.), tai tokiu atveju suprojektuota konstrukcija turės per didelę laikančiąją galią ir bus sunki bei neekonomiška.

Jei, atvirkščiai, įtempiai konstrukcijoje $\sigma > 1,05\sigma_{tadm}$, tai reiškia, jog suprojektuotos konstrukcijos laikančioji galia yra mažesnė už reikalaujamą. Tokia konstrukcija nepatikima, jei nenurodytos kokios nors ypatingos sąlygos (laikina eksploatacija ir pan.). Geriausias variantas, kai $\sigma = \sigma_{tadm}$. Tokia konstrukcija pakankamai stipri ir ekonomiškai.

Tempimo leistinieji įtempiai $\sigma_{t.adm.}$ paprastai vadinami pagrindiniais. Leistinieji įtempiai kitiems apkrovų tipams laikomi išvestiniais.

Dažniausiai mašinų gamybos konstrukcijoms, apkrautoms statinėmis apkrovomis, leistinieji įtempiai parenkami pagal takumo ribos R_e ir nustatomi santykiu $\sigma_{t.adm.} = R_e / k_1$ ($k_1 = 1,3 \dots 1,5$); retesniais atvejais – priklausomai nuo stiprumo ribos – R_m : $\sigma_{t.adm.} = R_m / k_2$ ($k_2 = 2,0 \dots 2,4$).

Gniuždant trumpus elementus, kai nėra išilginio lenkimo (klupdymo), leistinieji įtempiai $\sigma_{gn.adm.}$ priimami lygūs $\sigma_{t.adm.}$. Gniuždant ilgus elementus – $\sigma_{gn.adm.} = \sigma_{t.adm.} \cdot \phi$, ϕ – išilginio lenkimo (klupdymo) koeficientas, priklausantis nuo gniuždomo elemento liaunio, taip pat nuo takumo ribos.

Plieninėms konstrukcijoms leistinieji lenkimo įtempiai $\sigma_{lenk.}$ yra lygūs $\sigma_{t.adm.}$. Kirpimo leistinieji įtempiai keičiasi priklausomai nuo taikomos stiprumo teorijos. Paprastai leistinieji kirpimo įtempiai nustatomi $\tau_{adm.} = (0,5 \dots 0,6) \sigma_{t.adm.}$. Kitais atvejais – priklausomai nuo stiprumo ribos R_m .

Mašinų gamybos konstrukcijų siūlėje leistinieji įtempiai parenkami priklausomai nuo pagrindinio metalo lestinųjų įtempių įvertinant pridėtines medžiagas – elektrodus, pridėtinę vielą, flusus. Ši nuostata leidžia projektuoti lygiareikšmio stiprumo pagrindiniam metalui suvirintas jungtis, neskaičiuojant joms tenkančių apkrovų: be to, tokiu būdu projektuojant jungtis, nebūtina įvertinti kintančius dydžius, įtakančius konstrukcijos stiprumo atsargos koeficientą.

Virinant automatinio būdu po flusu arba apsauginėse dujose, taip pat kontaktiniu sandūriniu būdu, siūlės mechaninės savybės priklauso nuo pagrindinio metalo mechaninių savybių ir nuo jam parenkamo pridėtinio metalo savybių.

Kampinės siūlės stiprumas, kerpant ją mažiausio skerspjūvio vietoje, lygus 0,6–0,65 lakštinės detalės lestinųjų įtempių $\sigma_{t.adm.}$. Svarbiausi veiksniai, darantys įtaką jungčių ir siūlių mechaninėms savybėms bei leistiniams įtempiams juose, yra suvirinimo atlikimo kokybė ir technologinis procesas.

Lankiniu būdu suvirintų jungčių lestinųjų įtempių nustatymo pobūdis skirstomas į dvi grupes.

Pirmai grupei priklauso mažanglių ir mažai legiruotų plienų siūlės, kur siūlės ir terminio poveikio srities metalo mechaninės savybės atitinka pagrindinio metalo savybes. Rekomenduojami leistinieji įtempiai šios grupės siūlėms pateikti lentelėje 2.3.

3 lentelė. Mažanglių ir mažai legiruotųjų plienų suvirintų jungčių leistinieji įtempiai

Apkrovos rūšis	Siūlės tipas	Suvirinimo technologinis procesas	Leistinieji įtempiai
Tempimas-gniuždymas	Sandūrinė	Lankinis automatinis ir pusiau automatinis po flusu, CO ₂ aplinkoje	$\sigma_{t.adm.}$
Tas pats	Sandūrinė	Rankinis lankinis glaistytaisiais elektrodais	$\sigma_{t.adm.}$
Tas pats	Sandūrinė	Kontaktinis	$\sigma_{t.adm.}$
Tas pats	Sandūrinė	Elektronpluoštis	$\sigma_{t.adm.}$
Kirpimas	Kampinė	Rankinis lankinis, automatinis, pusiau automatinis po flusu, CO ₂ aplinkoje	$0,65\sigma_{t.adm.}$
Kirpimas	Sandūrinė	Rankinis lankinis, automatinis pusiau automatinis po flusu, CO ₂ aplinkoje	$0,65\sigma_{t.adm.}$
PASTABA. Statybinėse konstrukcijose kampinėms siūlėms leistinieji įtempiai leidžiami didesni nei paprastai nurodomi			

Antrai grupei priskiriamos siūlės su ypatingomis savybėmis: aukšto stiprumo, atsparios korozijai ir t.t., kurių siūlės ir terminio poveikio srities metalo savybės yra prastesnės nei pagrindinio metalo.

Virinant S235 markių mažanglius plienus, kurių leistinieji įtempiai $\sigma_{t.adm.} = 160$ MPa, leistinieji įtempiai siūlėse, virintose automatinio būdu arba rankiniu būdu analogiško stiprumo elektrodais, bus tokie: $\sigma'_{t.adm.} = 160$ MPa, $\sigma'_{gn.adm.} = 160$ MPa, $\tau'_{adm.} = 100$ MPa, čia $\tau'_{adm.}$ – kirpimo leistinieji įtempiai siūlėje.

Kontaktinio sandūrinio suvirinimo, taip pat trintinio suvirinimo jungtims gali būti paimti tokie patys leistinieji įtempiai, kaip ir virinant sandūrinę jungtį lankiniu būdu su sąlyga, jei technologinis procesas leidžia gauti stabilias ir aukštas mechanines jungčių savybes.

Jungtims, suvirintoms kontaktiniu taškiniu ir siūliniu būdu, leistinieji kirpimo įtempiai taške nustatomi priklausomai nuo metalo savybių ir technologinio proceso tobulumo. Taškuose ir siūlėse kirpimo leistinieji

įtempiai mažangliams ir kai kuriems mažai legiruotiems plienams lygūs 0,5 pagrindinio metalo lestinųjų įtempių $\sigma_{t.adm.}$ kerpant ir $0,3\sigma_{t.adm.}$ atplėšiant.

Antros grupės plienų siūlėms leistinieji įtempiai parenkami remiantis bandymais, kurie atliekami projektuojamos konstrukcijos eksploatacijos sąlygose, esant tiems patiems jungčių tipams ir kita. Analogiškai specialių eksperimentų būdu parenkami leistinieji įtempiai pirmos grupės plienams, suvirintiems šaltuoju, trintiniu, ultragarsiniu ir kitais specialiais būdais.

Tiksliai nustatyti įtempių pasiskirstymą ir jų koncentracijas elemente ir jungtyse yra labai sunku, todėl toks statiškaai apkrautų konstrukcijų vertinimas dažnai nepasiteisina.

Toliau pateikti stiprumo skaičiavimo metodai įvertina laikančiąją galią, t.y. leistinuosius įtempius projektuojamos konstrukcijos ir jungtyse, neatsižvelgiant į įtempių pasiskirstymą. Projektuotojas naudojasi supaprastinta įtempių būsenos schema, kuri neįvertina įtempių koncentracijos. Konstrukcijos laikančioji galia nustatoma pagal ardančiuosius įtempius R_m ir stiprumo atsargos koeficientą k_m arba pagal R_e įtempius, iššaukiančius metalo takumą ir takumo atsargos koeficientą k_e , kuris yra mažesnis nei k_m . Išsamesnė įtempių būsenų analizė ir įtempių koncentracijos koeficientų nustatymas vykdomas remiantis tamprumo ir plastiškumo teorijomis. Tokie įtempių nustatymo būdai būtini įvertinant konstrukcijas apkraunamas kintančiomis apkrovomis, nustatant plyšių plitimo sąlygas, naudojant irimo mechanikos kriterijus, taip pat įvertinant savuosius įtempius, atsiradusius suvirinimo proceso metu.

1.3. Lankiniu būdu suvirintosios jungtys ir jų skaičiavimas

Suvirintų jungčių stiprumas turėtų būti lygiareikšmio stiprumo kaip pagrindinio metalo stiprumas, esant įvairioms temperatūroms ir įvairioms apkrovoms (statinėms, smūginėms, vibracinėms). Suvirintos jungties silpniausia vieta gali būti siūlė, terminio poveikio ir sulydymo sritys.

Terminio poveikio sritis – tai arčiausiai siūlės esantis pagrindinio metalo sritis, kurioje suvirinimo metu pakeičia metalo mechaninės savybės. Labiausiai metalo savybės pasikeičia virinant termiškai apdorotus ir šaltai deformuotus plienus ir jų lydinis.

Pagerinti suvirintų jungčių mechanines savybes galima:

- parinkus racionalią jungties konstrukcijos formą;
- naudojant racionalius suvirinimo būdus;
- terminiu ir mechaniniu būdais apdirbant suvirintas jungtis.

Per didelį suvirintos jungties stiprumas lyginant su pagrindiniu metalu tik pabrangina konstrukciją ir negerina eksploatacijos sąlygų. Nepakankamas suvirintos jungties stiprumas mažina visos konstrukcijos laikančiąją galią, o konstrukcijos elementų galimybės lieka nevysiškai išnaudotos. Remiantis lygiareikšmio stiprumo sąlyga, skaičiuojamosios jungties apkrovos nustatomos:

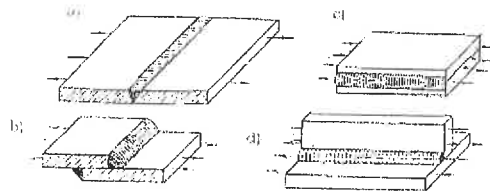
$$\text{Tempiant} \quad F = \sigma_{t.adm.} A; \quad (3)$$

$$\text{Gniuždant} \quad F = \sigma_{gn.adm.} A; \quad (4)$$

$$\text{Lenkiant} \quad M = \sigma_{lenk.} W, \quad (5)$$

čia $\sigma_{t.adm.}$ – tempimo leistinieji įtempiai, $\sigma_{gn.adm.}$ – gniuždymo leistinieji įtempiai, A – skerspjūvio plotas, W – atsparumo momentas.

Konstrukcijos virintinės siūlės metalė gali atsirasti dviejų rūšių įtempiai: darbiniai ir rišantieji. Skirtumui tarp šių įtempių nustatyti, išnagrinėsime kelis pavyzdžius. 1 a paveiksle pavaizduotos dvi juostos, sujungtos virintine siūle. Juostos yra tempiamos. Akivaizdu, jog suirus siūlei, suirs ir visa konstrukcija. Tas pats atsitiks ir 1 b paveiksle pavaizduotai jungčiai. Suvirintos jungtys, kurioms suirus, suyra visa konstrukcija, vadinamos darbinėmis jungtimis; įtempiai, veikiantys šiose jungtyse – darbiniais įtempiais.



1 pav. Darbinių (a, b) ir jungiančių (c, d) siūlių pavyzdžiai

Visai kitą funkciją atlieka prilydytas metalas siūlėje, jungiančioje dvi juostas, pavaizduotas 1c paveiksle. Prilydytas metalas, jungiantis dvi juostas, deformuojasi kartu su pagrindiniu metalu ir dėl to jame atsiranda įtempiai. Jei prilydyto metalo tamprumo modulis nežymiai skiriasi nuo pagrindinio metalo tamprumo modulis, tai siūlėje, dirbant jai tamprųjų deformacijų ribose, atsiradę įtempiai artimi įtempiams juostose. Tie įtempiai, atsiradę siūlėje dėl bendro darbo su pagrindiniu metalu, daugelyje atvejų nepavojingi konstrukcijos stiprumui ir vadinami jungiančiais. Jungiančiųjų siūlių pavyzdys parodytas 1 d paveikslėlyje.

Skaiciuojant suvirintus jungtis, įvertinami tik darbiniai įtempimai. Tyrimai parodė, kad daugelyje atvejų, tiriant suvirintus konstrukcijas, išsiančiusius įtempius galima nevertinti.

Sandūrinės jungtys. Sandūrinės jungties briaunų paruošimas priklauso nuo suvirinimo technologinio proceso ir virinamų elementų storio. EN ISO 9692-1 pateikti sandūrinių jungčių suvirintų glaistytaisiais elektrodais, apsauginėse dujose ir dujiniu suvirinimu jungčių paruošimo pavyzdžiai, EN ISO 9692-2 pateikti sandūrinių jungčių briaunų paruošimo pavyzdžiai virinant po flisu. Virinant aliuminio lydinius jungčių paruošimą reglamentuoja EN ISO 9692-3, o plakiuotųjų plienų jungčių paruošimą – EN ISO 9692-4.

Virinant daugiasluoksnę siūlę apsauginėse dujose, vis dažniau naudojamas briaunų paruošimo būdas be jų nusklembimo. Šis būdas naudojamas virinant iki 50 mm storio gaminius. Paprastai sandūrinės siūlės būna tiesios, statmenai veikiančių jėgų kryptimi.

Jei elementas yra tempiamas, tai leistinosios apkrovos suvirintoje jungtyje:

$$F = F' = \sigma'_{t, \text{adn}} l; \quad (6)$$

gniuždant

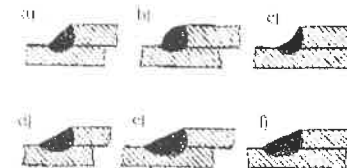
$$F = \sigma'_{gn, \text{adn}} l; \quad (7)$$

čia l – pagrindinio metalo storis; l – siūlės ilgis; $\sigma'_{t, \text{adn}}$ – suvirintos jungties tempimo leistinieji įtempiai; $\sigma'_{gn, \text{adn}}$ – suvirintos jungties gniuždymo leistinieji įtempiai.

Aukšto stiprumo plienų suvirintųjų jungčių silpniausia vieta yra ne pats siūlės metalas, o šalia jos esanti sritis, kuri dėl lanko šilumos poveikio arba atsiradus įtempių koncentracijai gali būti labai susilpninta. Tokiu atveju būtina skaičiuoti ne siūlės stiprumą, o stiprumą susilpnintoje srityje, įvertinant jos metalo mechanines savybes, terminį apdorojimą ir kitus veiksnius, priklausančius nuo konkrečių darbo sąlygų.

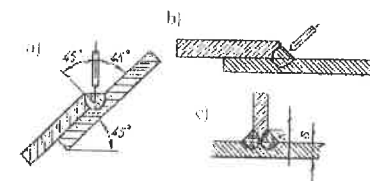
Užleistinės jungtys. Šiose jungtyse siūlės vadinamos kampinėmis. Virinant rankiniu būdu, gali susiformuoti skirtingos formos siūlės: normalios (sąlyginai panašios į lygiašonį trikampį), išgaubtos, įgaubtos (2 a, b, c ir d).

Išgaubtas siūles netikslinga taikyti nei techniniu, nei ekonominiu požiūriais. Joms reikia daugiau prilydyto metalo, gaunama įtempių koncentracija. Geriausia taikyti siūles, kurios turi nelygiašonio trikampio formą, kai siūlės statinių santykis yra 1,5; 1,2; 1,0 (2 d, e pav.), ypač esant kintamoms apkrovoms. Tokio tipo siūlės kartais dar mechanškai yra apdirbamos, kad gauti tolygų siūlės metalo perėjimą į pagrindinį (2 f pav.). Šias siūles tikslinga naudoti konstrukcijoms, apkraunamoms ciklinėmis apkrovomis. Dažniausiai taikomos normalios kampinės siūlės (2 pav.). Normalios kampinės siūlės statinis žymimas raide z .



2 pav. Kampinių siūlių formos: a – normali; b – išgaubta; c – įgaubta; d – statinių santykis 1:1,5; e – statinių santykis 1:2; f – statinių santykis 1:2; siūlės kraštas mechanškai apdirbtas

Virinant kampines siūles po flisu gaunamas gilesnis įvirinimas nei virinant rankiniu būdu (3 pav.).



3 pav. Kampinių siūlių virinimo po flisu padėtys

Skaiciuojamasis siūlės storis priklauso nuo įvirinimo gylio, nuo suvirinimo technologinio proceso. Jis vertinamas dydžiu β . Rankiniu ir automatinio būdu virintoms siūlėms ar pusiau automatinio būdu virintoms daugiasluoksnėms siūlėms $\beta=0,7$; automatinio būdu dviem ir trim ėjimais ir pusiau automatinio būdu vienu ėjimu virintoms siūlėms $\beta=0,9$; pusiau automatinio būdu dviem arba trim ėjimais virintoms siūlėms $\beta=0,8$; automatinio būdu vienu ėjimu virintoms siūlėms $\beta=1,1$.

Mažiausias mašinų gamybos konstrukcijų darbinių siūlių storis yra 3 mm. Išimtimi gali būti konstrukcijos, kurių pagrindinio metalo storis yra mažiau nei 3 mm. Siūlių storis yra neribojamas, tačiau siūlės, kurių $z \geq 20$ mm, naudojamos retai. Vietose kur lankas užsidega ir užgęsta, siūlės metalo mechaninės savybės blogesnės, todėl mažiausiai siūlės ilgis turėtų būti apie 30 mm. Trumpesnės siūlės naudojamos tik kaip nedarbinės jungtys. Priklausomai nuo siūlės padėties veikiančių jėgų atžvilgiu, siūlės skirstomos į galines, šonines, įstrižas ir kombinuotas.

Galinės siūlės statmenos pridėtai jėgai 4 a pav. parodytoje jungtyje, jėga F perduodama dviem galinėmis siūlėmis. Dėl ekscentriciteto elementai šiek tiek išlinksta. Atstumas tarp tokio tipo galinių siūlių turėtų būti $C \geq 4t$. 4 b paveiksle pridėta jėga F antdėklui persiduoda tik per vieną siūlę; toliau ši jėga persiduoda antram lakštui. Todėl šios jungties skaičiavimui imama tik viena siūlė.

Galinėje siūlėje atsiranda keletas įtempių sudedamųjų (4c pav.): normaliniai įtempimai σ , esantys vertikaloje siūlės plokštumoje, tangentiniai įtempimai τ , esantys horizontalioje plokštumoje. Inžiniernėje praktikoje naudojamu metodu galinės siūlės stiprumas skaičiuojamas kirpimui. Šis metodas yra sąlyginis ir apytikris. Kai yra statinė apkrova ir kampinė siūlė turi trikampio formą priimama, kad mažiausias skerspjūvis sutampa su stataus kampo pusiaukampine 0-0. Šioje plokštumoje tikrinamas galinės siūlės stiprumas; įtempimai neturi viršyti leistinųjų τ_{adn} .

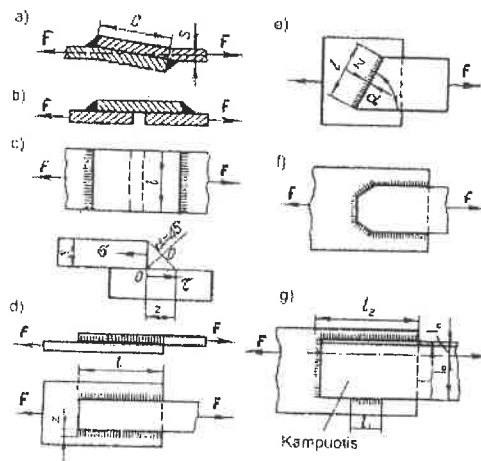
Leistinos jėgos dydis F jungčiai, sujungtai viena skaičiuojamąja siūle (4b, c pav.), skaičiuojamas pagal formulę:

$$F = \tau_{adn} \beta z l; \quad (8)$$

Jungčiai, parodytai 4 a paveiksle:

$$F = 2[\tau'] \beta z l; \quad (9)$$

čia βz – skaičiuojamasis siūlės aukštis; l – siūlės ilgis.



4 pav. Galinėmis ir šoninėmis siūlėmis suvirintos jungtys

Šoninės siūlės nukreiptos lygiagrečiai pridėtai jėgai (4 pav., d). Jose atsiranda dviejų tipų įtempiai. Kartu deformuojantis pagrindiniam ir prilydytam metalui, atsiranda jungiamieji įtempiai, kurių nevertina skaičiuojant jungties stiprumą. Šoninės siūlės lietimosi su kiekvienu lakštu plokštumoje, taip pat ir pačioje siūlėje atsiranda kirpimo įtempiai, kurie yra darbiniai jungties įtempiai.

Siūlės stiprumo skaičiavimas atliekamas pavojingiausios kirpimo plokštumos atžvilgiu. Laikančiosios galios skaičiavimo formulė sudaryta remiantis sąlyga, jog įtempiai šoninėje siūlėje pasiskirstę tolygiai. 4, d pav. pavaizduotai jungčiai:

$$F = 2\tau'_{adm} \beta z l \quad (10)$$

[vertinant įtempių koncentraciją, šoninių siūlių skaičiuojamasis ilgis turi būti $l \leq 50z$.

[strižos siūlės (4e pav.), virintos kampu α pridėtos jėgos atžvilgiu, stiprumo skaičiavimas:

$$F = F'_{adm} \beta z l \quad (11)$$

Kombinuotų siūlių pavyzdys pateiktas 4, f paveiksle.

Apkrovų pasiskirstymas atskirosiose siūlėse, sudarančiose kombinuotą jungtį, yra ne vienodas. Kombinuotų sujungimų stiprumo skaičiavimas atliekamas remiantis nepriklausomu jėgų pasiskirstymo principu. Jungčių su galinėmis ir šoninėmis siūlėmis laikančioji galia nustatoma kaip:

$$F = F_{gal} + F_{son} \quad (12)$$

čia F - leistinoji apkrova kombinuotai jungčiai; F_{gal} - leistinoji apkrova galinei siūlei; F_{son} - leistinoji apkrova šoninei siūlei.

Tokiu būdu:

$$F = \tau'_{adm} (\beta z l_{gal} + 2\beta z l_{son}), \quad (13)$$

Jei visų kombinuoto sujungimo siūlių statiniai vienodi, tai:

$$F = \tau'_{adm} \beta z L, \quad (14)$$

čia L - siūlių perimetro ilgis.

Sunkumų atsiranda skaičiuojant stiprumą siūlės, tvirtinančios kampuočių, kuris yra veikiamas išilginės jėgos. Priimama, jog apkrova P veikia pritvirtintos kampuočio lentynėlės plokštumoje (4, g pav.).

Apkrova, tenkanti galinei siūlei, lygi:

$$F_{gal} = \tau'_{adm} \beta z l_{gal} \quad (15)$$

Jėgos pridėjimo ekscentricitetas skaičiavimuose neįvertinamas.

Apkrova, tenkanti šoninei siūlei:

$$F_{son} = F - F_{gal} \quad (16)$$

Ši apkrova pasiskirsto siūlėms atvirkščiai proporcingai atstumui nuo kampuočio ašies iki abiejų briaunų. Tokiu atveju, apkrova siūlėje l_1 bus:

$$F_1 = 0,3 F_{son} \quad (17)$$

Apkrova siūlėje l_2 :

$$F_2 = 0,7 F_{son} \quad (18)$$

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{l_{l2}}{l_{l1}} \quad (19)$$

Tangentiniai įtempimai siūlėse:

$$\tau_1 = \frac{F_1}{\beta z l_1}; \quad \tau_2 = \frac{F_2}{\beta z l_2} \quad (19)$$

[tempiai kiekvienoje šoninėje siūlėje neturi viršyti leistinuosius.

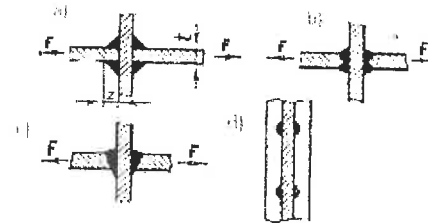
Tikslesnis skaičiavimo metodas įvertina ne tik kirpimo jėgą, bet jėgos momentą siūlės svorio centro atžvilgiu. Skaičiuojant jungties stiprumą apytikriai, priimama, jog kombinuotose siūlėse tangentiniai įtempimai yra pasiskirstę tolygiai visame perimetre. Tuomet:

$$\tau = \frac{F}{\beta z L} \quad (20)$$

čia L - galinių ir šoninių siūlių, tvirtinančių apkrautą elementą, perimetras, įskaitant ir kampuočio tvirtinimą galinėmis ir šoninėmis siūlėmis.

Tėjinės jungtys naudojamos sujungiant elementus, esančius statmenose plokštumose. Paprastai tėjiniai sujungimai yra atliekami be išankstinio briaunų paruošimo (5, a pav.).

5, b pav. pavaizduota tėjinė jungtis su vienpusiu briaunos paruošimu, kai lakštų storis 4–26 mm, o 5, c pav. - su abipusiu briaunų paruošimu, kai storis 12–60 mm.



5 pav. Tėjinės jungtys

Tempiamos jungties, pavaizduotos 5, a paveiksle, stiprumo skaičiavimo formulė:

$$F = 2\tau'_{adm} \beta z l, \quad (21)$$

o tempiamų jungčių, pavaizduotų 5, b ir c pav.:

$$F = \sigma'_{adm} l l, \quad (22)$$

Gniužiant 5, a paveiksle pavaizduotą mazgą, jėga F iš horizontalaus lakšto persiduoda vertikaliam lietimosi plokštumai. Šiuo atveju jungties siūlių stiprumui tikrinti priimama prielaida, kad apkrovos persiduoda tik per siūles. Tuomet τ'_{adm} padidinama iki σ'_{adm} reikšmės.

Virinant automatinio suvirinimo, tėjinės jungtys gali būti virintos taškinėmis siūlėmis (5, d pav.). Taškinės siūlės tikslinga naudoti konstrukcijose, kurių lakšto storis $t \leq 4 \dots 5$ mm.

Kampinės jungtys. Virintos lankinių rankinių būdu, parodytos 6, a pav.



6 pav. Kampinės jungtys

Kampinės jungtys, virintos automatiniai ir pusiau automatiniai būdais, parodytos 6, b pav. ($t = 6-14$ mm), 6, c pav. ($t = 10-40$ mm).

Kampinės jungtys, paprastai, naudojamos tik konstrukcijos elementams sujungti ir jų stiprumas neskaičiuojamas.

Užleistinių, o taip pat tėjinių jungčių kampinių siūlių laikančioji galia priklauso nuo papildomų aplinkybių:

- metalurginių medžiagos savybių pablogėjimas dėl priemaišų, blogos siūlės apsaugos; šis faktorius įvertinamas koeficientu η_1 ;

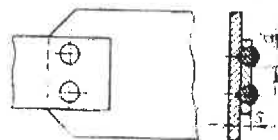
- geometrinių veiksnių – siūlės statinio dydžio nepastovumas; įvertinamas koeficientu η_2 ;

- technologinių veiksnių – suvirinimo režimo nuokrypos; įvertinamos koeficientu η_3 ;

- mechaninių veiksnių – netolygaus apkrovų pasiskirstymo jungties siūlės; įvertinama koeficientu η_4 .

Tokių būdu leistinieji įtempiai turi būti nustatomi įvertinant nurodytus veiksnus, tačiau tam reikalingas statistinis didelio kiekio gamybinių duomenų apdorojimo.

Viršutinės kniedinės jungtys naudojamos lankiniam užleistiniam lakštų sujungimui. Pralaidomas kiaurai viršutinis plonesnis lakštas, susidaro apvalus išlydyto metalo taškas jungiantis abu lakštus (7 pav.)



7 pav. Viršutinė kniedinė jungtis

Šį suvirinimo būdą tikslinga naudoti, kai viršutinio lakšto storis ne daugiau 5 mm.

Pralaidytas jungtis racionalu naudoti, kai viršutinio lakšto storis ne daugiau kaip 5 mm.

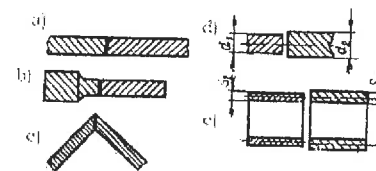
Naudojant specialius suvirinimo įrenginius, kai pridėtinė elektrodinė viela paduodama į suvirinimo sritį, galima virinti lakštus, kurių storis 10 mm ir daugiau. Tuomet viename lakšte turi būti išgręžta kiaurymė, kuri užpildoma prilydomu metalu. Kiaurymė šiuo atveju gali būti iki 40 mm skersmens. Yra sukurti įrenginiai įvairių markių plienams virinti CO_2 aplinkoje.

Dėl nesudėtingų įrenginių ir didelio našumo šis procesas labai ekonomišką. Dažniausiai naudojamas žemės ūkio mašinoms gaminti.

Jungčių stiprumas skaičiuojamas analogiškai kaip ir kontaktinio taškinio suvirinimo atveju.

1.4. Kontaktiniu būdu suvirintosios jungtys ir jų skaičiavimas

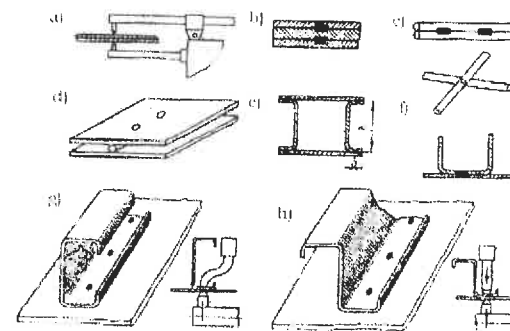
Sandūrinio suvirinimo jungtys. Kontaktinis sandūrinis suvirinimas naudojamas įvairioms konstrukcijoms suvirinti, ypač masinėje gamyboje virinant gelžbetonio armatūrą, tipinių konstrukcijų rėmus, išilgines vamzdžių siūles ir kita. Lengvai virinamos mažo anglio, anglinio ir kai kurie gausiai legiruotų plienų konstrukcijos, kurių skerspjūvio plotas siekia kelis šimtus kvadratinų centimetrų. Kontaktiniu būdu gaunami apskrito, kvadratinio, stačiakampio, vamzdinio ir kitokių profilių (kampuotųjų, tėjinių, dvitėjinių profilių, bėgių) sandūrinės jungtys. Didėjant detalės perimetrai ir mažėjant storiui, suvirinimo procesas sunkėja. Geriausiai susijungia elementai, kurių skerspjūviai yra vienodi (11, a–c pav.). Sujungiamų apskritų elementų skersmenys d_1 ir d_2 (11, d pav.), taip pat vamzdžių sienelių storiai s_1 ir s_2 (11, e pav.), turėtų skirtis ne daugiau kaip 15 %



11 pav. Kontaktiniu sandūrinio būdu suvirintosios jungtys

Galimybė virinti didelio skerspjūvio elementus priklauso nuo naudojamų įrenginių. Yra pagaminti įrenginiai, galintys virinti dujotiekio vamzdžius, kurių skersmuo 1420 mm, ir tai dar ne riba. Kontaktiniu būdu virinimų detalių skerspjūvio plotas artėja prie 1000 cm². Statiskai apkrautų kontaktiniu būdu suvirintų jungčių stiprumas specialiai nėra skaičiuojamas. Jungties stiprumas atitinka paties elemento stiprumą. Sandūrinio kontaktinio suvirinimo būdu virinami ne tik įvairių markių plienai, bet ir spalvotieji lydiniai.

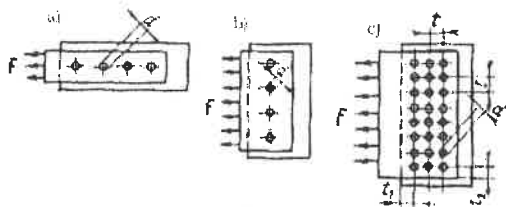
Taškinio suvirinimo jungtys. Virinant šiuo būdu, daugeliu atvejų elektrodai yra iš abiejų detalės pusių. Dėl to keliami tam tikri reikalavimai virinamos konstrukcijos dydžiui. Yra sukurti įrenginiai, kuriuose abu elektrodai išdėstyti vienoje pusėje. Taškinio kontaktiniu būdu virinami mažų storių gaminiai – nuo milimetro dalių iki kelių milimetrų (12, a pav.). Gerai virinasi stiprūs ir didelio stiprumo angliniai plienai, įvairūs aliuminio titano ir kiti lydiniai. Nerekomenduojama taškinio būdu virinti gaminius, kurių storių santykis yra daugiau nei 3. Šiuo būdu taip pat galima virinti tris ir daugiau detales. Šiuo atveju storiusias elementas turėtų būti per vidurį (12, b pav.).



12 pav. Taškinio suvirinimo jungčių pavyzdžiai: a, b – plokšti ruošiniai; c, d – cilindriniai ruošiniai; e, h – racionalios jungtys; g, f – neracionalios jungtys

Virintiniais taškais tarpusavyje jungiami ne tik plokščios, bet ir cilindrinės detalės tarpusavyje (12, c pav.), cilindriniai strypeliai su plokštelėmis (12, d pav.) ir t.t. Labai patogiu taškinio būdu virinti atviro profilio arba rietais kraštais ruošinius (12, e pav.). 12, g pav. parodytos jungties virinamą išlenktu elektrodu yra sunkiau atlikti taškinio suvirinimo mašina.

Taškinio suvirinimo jungtims naudojami žymenys: d – taško skersmuo; t – taškų žingsnis; t_1 – atstumas nuo suvirinimo taško centro iki detalės krašto, veikiančios jėgos F kryptimi; t_2 – atstumas nuo taško iki detalės krašto statmenai veikiančios jėgos F kryptčiai (t_1 ir t_2 normuojami priklausomai nuo technologinių ir apkrovimo veiksnių).



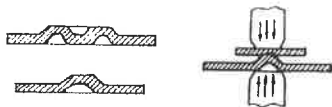
13 pav. Sujungimo keliais taškais būdai, priklausomai nuo apkrovos krypties

Atstumas tarp taškų centrų jungtyje turėtų būti nemažesnis už tam tikrą dydį dėl srovės šuntavimo per prieš tai suvirintą tašką. Kuo didesni atstumai tarp taškų, tuo mažesnis srovės šuntavimas, tuo stabilesnis ir geresnis suvirinimas. Taško skersmuo d parenkamas priklausomai nuo jungties elementų storio, garantuojant aukštą suvirinimo proceso technologiskumą. Kontaktnės mašinos elektrodo skersmuo d_e priklauso nuo reikalaujamo taško skersmens d . Paprastai $d = (0,8 \dots 1,0)d_e$. Plieniniams gaminiams rekomenduojamas ($d = 1,2s + 4$) mm, kai $s \leq (1,5 \dots 3,0)$ mm; $d = (1,5s + 5)$ mm, kai $s \geq 3$ mm (s – ploniausios detalės storis). Kai kuriais atvejais statybinėse konstrukcijose taško skersmuo yra 3,5s ir daugiau. Kiti jungties parametrai parenkami taip: $t = 3d$, $t_1 = 2d$, $t_2 = 1,5d$.

Praktikoje kartais naudojama priklausomybė tarp t , s ir d :

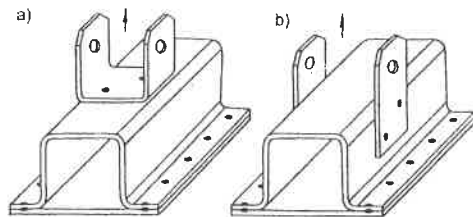
$$d = 1,4 \sqrt{0,01t^2 + ts - 0,1t} \quad (23)$$

Siekiant pagerinti jungties kokybę, taškinis suvirinimas keičiamas reljefiniu. Jo metu tiksliai fiksuojama srovės įvedimo sritis, mažėja šuntavimo efektas (14 pav.).



14 pav. Detalių paruošimas reljefiniam suvirinimui

Taškus suvirintoje jungtyje reikia išdėstyti taip, kad jos veiktų kirpimo įtempiai, o ne atplėšimo. 15, a paveiksle parodytas neracionalus taškų išdėstymas (taškai atplėšiami); o 3.15, b pav. – racionalus taškų išdėstymas.



15 pav. Neracionalios (a) ir racionalios (b) kontaktnio taškinio suvirinimo jungtys

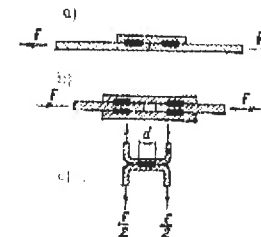
16 a, b pav. parodytų jungčių stiprumas skaičiuojamas kirpimui. Suvirintos jungtys gali turėti vieną kirpimo plokštumą (16, a pav.) ir dvi kirpimo plokštumas (16, b pav.). Skaičiuojamieji įtempiai, esant vienai kirpimo plokštumai:

$$\tau = \frac{4F}{\pi d^2} \leq \tau'_{0 \text{ adm}} \quad (24)$$

esant dviem kirpimo plokštumoms:

$$\tau = \frac{2F}{\pi d^2} \leq \tau'_{0 \text{ adm}} \quad (25)$$

čia $\tau'_{0 \text{ adm}}$ – taško leistinieji kirpimo įtempiai taške; d – taško skersmuo; F – vienam taškui tenkanti apkrova.



16 pav. Taškinė jungtis: a – jungtis kerpama vienoje plokštumoje; b – jungtis kerpama dviejose plokštumose; c – jungtis atplėšiama

Taškinė jungtis gali būti suardyta dviem būdais: nukerpama per patį tašką ir taškas išplėšiamas per pagrindinį metalą. Didinant taško skersmenį, didėja jo atsparumas kirpimui, didinant detalės storį, didėja pagrindinio metalo atsparumas atplėšimui. Parenkant skersmenį pagal (23) formulę, taško stiprumą galima skaičiuoti tik kirpimui. Skaičiuojamieji įtempiai jungties atplėšimo atveju bus:

$$\sigma = \frac{4F}{\pi d^2} \leq \sigma'_{0 \text{ adm}} \quad (26)$$

čia $\sigma'_{0 \text{ adm}}$ – leistinieji taško atplėšimo įtempiai.

Taško atplėšimo leistinusius įtempius $\sigma'_{0 \text{ adm}}$ reikia priimti dar mažesnius nei $\tau'_{0 \text{ adm}}$. Parenkant šios įtempius tikslinga naudotis bandymų rezultatais. Legiruotiems plienams ir spalvotiems lydiniais leistini įtempiai taškinėse jungtyse yra parenkami pagal eksperimentų rezultatus, atsižvelgiant į apkrovų pobūdį ir kitus veiksnius.

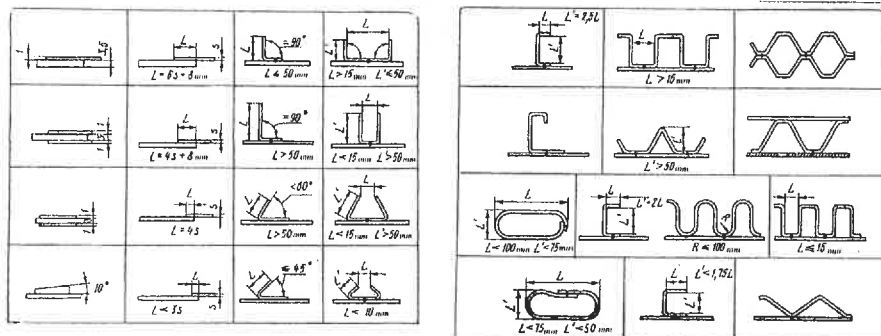
Praktiškai, jungtys dažniausiai projektuojamos mišrios (žr. 13, c pav.). Tokios jungties įtempiai taške nustatomi su prielaida, jog visi taškai apkraunami vienodai:

$$\tau = \frac{4F}{i\pi d^2} \leq \tau'_{0 \text{ adm}} \quad (27)$$

čia i – taškų skaičius jungtyje kerpamų vienoje plokštumoje; jei yra dvi kirpimo plokštumos, tuomet i – bendras kerpamų taškų skaičius.

Jei turime iš dviejų pusių kerpamus taškus, tai i – bendras kirpimo plokštumų skaičius jungtyje. Atsižvelgiant į nevienodą taškų apkrovimą, leistinusius įtempius mišrioje jungtyje tikslinga sumažinti 10...20%.

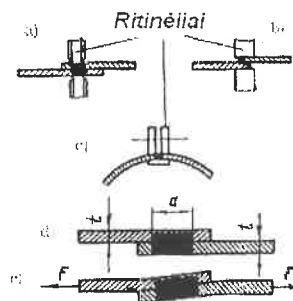
Dažnai suvirintose konstrukcijose taškai yra tik rišantys, ir darbiniai įtempių neperduoda. Pavyzdžiui, apdailos tvirtinimas prie karkaso dažniausiai atliekamas taškais, kurie, paprastai, esant statinėms apkrovoms neturi įtakos konstrukcijos stiprumui. Įvairių fasoninių detalių taškinio suvirinimo pavyzdžiai pateikti 3.17 paveiksle.



17 pav. Įvairių fasoninių detalių taškinio suvirinimo pavyzdžiai

Viršutinėje horizontaliojo eilėje parodytos labai patogios taškiniam suvirinimui jungtys; antrojo eilėje nuo viršaus – patogios; trečioje – pakankamai patogios; ketvirtoje – nepatogios.

Siūlinio suvirinimo jungtys. Siūliniu kontaktiniu suvirinimu galima virinti pradedant nuo labai plonų iki 4-6 mm suminio storio plieno ir spalvotų lydinų elementus. Paprastai siūlinis suvirinimas atliekamas ritinėliams esant iš abiejų gaminio pusių (18, a, b pav.). Tačiau galima suvirinti ant padėklo, kai abu ritinėliai yra iš vienos detalės pusės (18, c pav.). Siūlinio suvirinimo siūlė sudaryta iš daugelio tarp savęs persidengiančių taškų. Užleistinėje jungtyje susidaro ekscentricitetas, todėl jungtį veikia ne tik pagrindiniai tempimo įtempiai bet ir lenkimo momentas. Dėl to tiesia linijiniai elementai (18, d pav.) šiek tiek išsiskraipo (18, e pav.). Paprastai siūliniu suvirinimu virinamos detalės yra mažų storių, todėl lenkimo momento įtaka yra nežymi ir, skaičiuojant stiprumą, neįvertinama.



18 pav. Kontaktinio siūlinio suvirinimo jungtys: a – užleistinė be briaunų susodinimo; b – suvirinimas susodinant briaunas (retai naudojama); c – suvirinimas ritinėliais iš vienos pusės (retai naudojamas); d – jungties skerspjūvis; e – tempiamos jungties deformacija

Įtempiai siūlėse, suvirintose siūliniu suvirinimo būdu, skaičiuojami kirpimui:

$$\tau = \frac{F}{la} \quad (28)$$

čia F – jungtį veikianti jėga; a – siūlės plotis; l – siūlės ilgis.

1.5. Skaičiavimo pavyzdžiai

Pateiktuose pavyzdžiuose kampinės siūlės lygiašonio trikampio formos.

1 pavyzdys. 12 numerio lovyos šoninė ir galinė siūlės rankiniu būdu privirintos ($\beta = 0,7$) prie lakšto (19, a pav.). Nustatyti įtempius siūlėse, kai $F = 180$ kN.

Galinės siūlės, kurios statinis $z = 5$ mm, skerspjūvio plotas:

$$A_{gal} = \beta z = 12 \cdot 0,7 \cdot 0,5 = 4,2 \text{ cm}^2$$

Dviejų šoninių siūlių, kurių statinis $z = 8$ mm, skerspjūvio plotas:

$$A_{son} = 2 \cdot 20 \cdot 0,7 \cdot 0,8 = 22,4 \text{ cm}^2$$

Visų jungties kampinių siūlių skerspjūvio plotas:

$$A = A_{gal} + A_{son} = 4,2 + 22,4 = 26,6 \text{ cm}^2 = 26,6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Kirpimo įtempiai siūlėse:

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{180 \cdot 10^3}{26,6 \cdot 10^{-4}} = 67,7 \text{ MPa}$$

2 pavyzdys. Kampuočio 90×90 skerspjūvio plotas $A = 15,6 \text{ cm}^2$ (19, b pav.). Leistinieji įtempimai kampuočio metalė $\sigma_{adm} = 200$ MPa, leistinieji kirpimo įtempiai siūlėje $\tau_{adm} = 120$ MPa. Suprojektuoti ir suvirinti pusautomatiškai ($\beta = 0,8$) vienu ėjimu lygiareikšmio stiprumo kampuočiai jungtį.

Leistina tempimo jėga kampuotyje:

$$F = \sigma_{adm} A = 200 \cdot 15,6 \cdot 10^{-4} = 0,312 \text{ MN}$$

Suprojektuojame galinę siūlę, kurios statinis $z = 9$ mm.

Galinės siūlės: leistina aprova:

$$F_{gal} = \tau_{adm} \beta z = 120 \cdot 0,8 \cdot 0,09 \cdot 9 \cdot 10^{-2} = 0,078 \text{ MN}$$

Likusi apkrovos dalis tenka šoninėms siūlėms:

$$F_{son} = F - F_{gal} = 0,312 - 0,078 = 0,234 \text{ MN}$$

Aprova, tenkanti 1 siūlei:

$$F_1 = 0,7 F_{son} = 0,164 \text{ MN}$$

Parenkame 1 siūlės statinį $z = 12$ mm, tuomet reikalingas siūlės ilgis:

$$l_1 = \frac{F_1}{\beta \tau_{adm} z} = \frac{0,164}{0,8 \cdot 0,12 \cdot 120} = 0,142 \text{ m. Priimame, kad } l_1 = 14 \text{ cm.}$$

Aprova, tenkanti 2 siūlei:

$$F_2 = 0,3 F_{son} = 0,07 \text{ MN}$$

Parenkame siūlės 2 statinį $z = 9$ mm, tuomet reikalingas siūlės ilgis:

$$l_2 = \frac{F_2}{\beta \tau_{adm} z} = \frac{0,07}{0,8 \cdot 0,09 \cdot 120} = 0,078 \text{ m.}$$

Priimame $l_2 = 8 \text{ cm}$.

3 pavyzdys (19, g pav.). Plieninio vamzdžio, kurio ilgis l , galai standžiai privirinti prie atramų. Vamzdis, kurio išorinis skersmuo 100 mm, šiluminio plėtimosi koeficientas $\alpha = 12,5 \cdot 10^{-6}$, skerspjūvio plotas $A = 14,9 \text{ cm}^2$, atšaušinamas 50°C .

Nustatykite kampinės siūlės statinį, užtikrinantį reikiamą jungties stiprumą, jei $\tau_{adm} = 90$ MPa, tamprumo modulis $E = 2,1 \cdot 10^5$ MPa.

Įtvirtinto vienu galu vamzdžio šiluminė deformacija – $\Delta l_T = \alpha \Delta T l$.

Įtvirtinto abiem galais vamzdžio tamprioji deformacija atvėsinus vamzdį:

$$\Delta l = \frac{Fl}{EA}$$

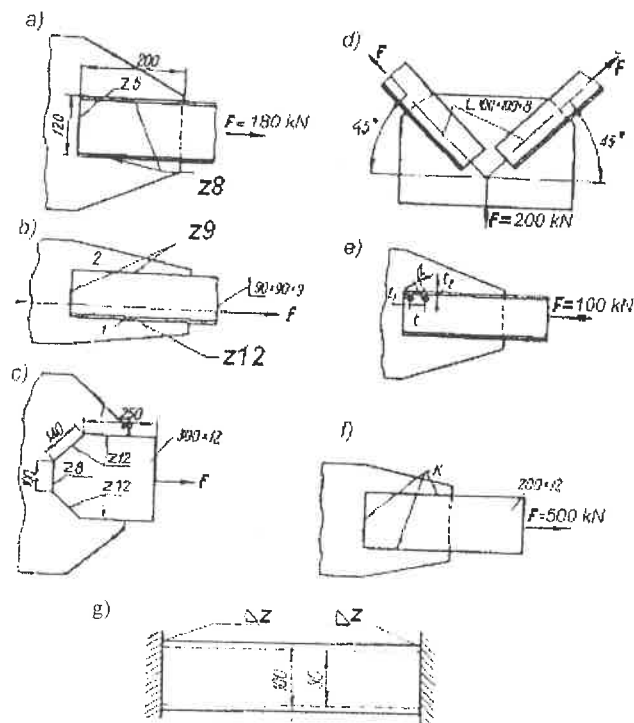
Δl_T ir Δl yra lygūs, todėl

$\alpha \Delta T l = \frac{Fl}{EA}$ paskaičiuojama jėga F , atsiradusi dėl vamzdžio susitraukimo atšaušus vamzdžiui 50°C .

$$F = \alpha \Delta T E A = 12,5 \cdot 10^{-6} \cdot 50 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 0,00149 = 0,1956 \text{ MN}$$

Žiedinės siūlės, kurios statinis z skerspjūvio plotas:

$$A_s = 0,7 \pi (0,10)^2 = 0,2198 \text{ cm}^2$$



19 pav. Suvirintųjų jungčių skaičiavimo pavyzdžiai

Laikantis užduoties reikalavimo, kad jungtis atlaikytų įtempius, gautus aušinus vamzdį, rašome:

$$F = A_s \tau'_{adm} = 0,2198 \tau'_{adm}, \text{ iš čia } z = 0,1956 / 0,2198 \cdot 90 = 0,0099 \text{ m}$$

Priimame $z = 10 \text{ mm}$.

4 pavyzdys. Suprojektuoti ir paskaičiuoti taškinę suvirintą jungtį lygiareikšmio stiprumo sujungiamiems lakštams, kurių skerspjūvis $300 \times 3 \text{ mm}$. Leistini įtempiai $\sigma_{t,adm} = 160 \text{ MPa}$, leistinieji įtempiai virintiniame taške $\tau'_{adm} = 80 \text{ MPa}$.

Leistina lakštų apkrova: $F = \sigma_{t,adm} A = 160 \cdot 0,3 \cdot 0,003 = 0,144 \text{ MN}$.

Taško skersmuo: $d = 1,5s + 5 = 1,5 \cdot 3 + 5 = 9,5 \text{ mm}$. Priimame $d = 10 \text{ mm}$.

Leistina taško apkrova: $F_0 = \tau'_{adm} \pi d^2 / 4 = 80 \cdot 3,14 \cdot 0,01^2 / 4 = 0,00628 \text{ MN}$.

Reikalingas taškų skaičius jungtyje: $i = F / F_0 = 0,144 / 0,00628 = 22,9$.

Priimame $i = 24$ taškus; $t = 3,0d = 30 \text{ mm}$; $t_1 = 2d = 20 \text{ mm}$; $t_2 = 1,5d = 15 \text{ mm}$. Lakšto plotis 300 mm . Atėmus $2t_2$, gaunamas atstumas tarp kraštinių taškų eilėje $300 - 15 \cdot 2 = 270 \text{ mm}$. Randame taškų skaičių eilėje $270 / 30 + 1 = 10$ taškai, tačiau tokiu būdu išdėstyti taškus negalima, nes priėmėm, kad reikalingi 24 taškai. Priimame, kad eilėje būtų 8 taškai, o eilių skaičius 3.

Pavyzdžiai 5 – 8 pateikti savarankiškam darbui.

5 pavyzdys. Juosta, kurios matmenys $300 \times 12 \text{ mm}$ (19, c), šoninėmis ir įstrižomis siūlėmis, kurių statinis $z = 12 \text{ mm}$, ir galine siūle, kurios statinis $z = 8 \text{ mm}$, privirinta prie lakšto. Nustatyti lestiną apkrovą F , jei $\tau'_{adm} = 120 \text{ MPa}$, suvirinus automatinio būdu ($\beta = 1$).

6 pavyzdys. Nustatyti reikalingą šoninių siūlių ilgį, kuriomis privirtos pusiau automatinio būdu ($\beta = 0,8$) dvi kampuočio profilio $100 \times 100 \times 8 \text{ mm}$ traukės (19, d pav.) prie plokštės apkrautos tempimo apkrova $F = 200 \text{ kN}$. Traukės skerspjūvio plotas $A = 15,6 \text{ cm}^2$.

7 pavyzdys. Nustatyti reikalingą virintinių taškų skaičių, tvirtinančių prie lakšto 6,5 Nr. lovį (19, e pav.), kurio skerspjūvio plotas $A = 8,28 \text{ cm}^2$, sienelių storis $4,5 \text{ mm}$. Apkrovos dydis $F = 100 \text{ kN}$, o leistinieji kirpimo įtempiai $\tau'_{adm} = 90 \text{ MPa}$. Nustatyti taškų išdėstymą, apskaičiuojant t_1, t_2 .

8 pavyzdys. Juosta, kurios matmenys $200 \times 12 \text{ mm}$, privirinama rankiniu būdu ($\beta = 0,7$) prie lakšto (19, f pav.). Apkrova $F = 500 \text{ kN}$; leistinieji įtempimai siūlėje $\tau'_{adm} = 130 \text{ MPa}$. Nustatyti prilydyto metalo kiekį, jei siūlės yra lygiašonio trikampio formos ir statiniai $z = 8 \text{ mm}$ ir $z = 12 \text{ mm}$. Rankinis suvirinimo būdas.

2. Lenkiamų elementų jungtys

2.1. Paprasčiausios jungtys

Paprasčiausias lenkiamos jungties tipas parodytas 3.1, a pav. Jei jungties briaunos buvo nusklembtos, tai siūlės skerspjūvis nesiskiria nuo juostos skerspjūvio ir įtempiai skaičiuojami pagal formulę:

$$\sigma = M/W \leq \sigma'_{t,adm} \quad (3.1)$$

čia $W = th^2/6$; t – juostos storis; h – jos aukštis.

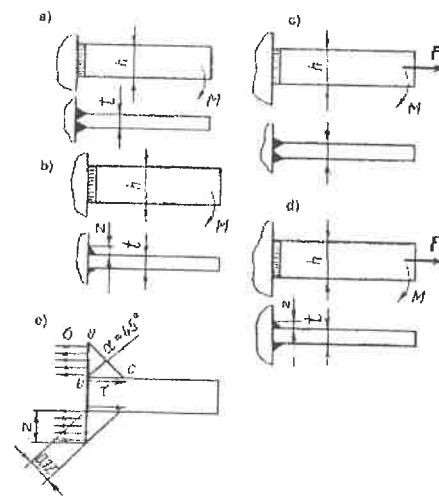
Jei veikia išilginė jėga $N = F$ (3.1, c pav.) ir momentas M , stiprumas skaičiuojamas:

$$\sigma = M/W + N/A \leq \sigma'_{t,adm} \quad (3.2)$$

Jei lenkiamas elementas privirtas kampinėmis siūlėmis (3.1, b pav.):

$$\tau = M/W_s \leq \tau'_{adm} \quad (3.3)$$

čia W_s – kampinių siūlių atsparumo momentas.



3.1 pav. Paprasčiausieji jungties tipai: a – jungtis su nusklembtomis briaunomis, veikiama M ; b – tokia pat jungtis, veikiama M ir N ; c – jungtis su kampinėmis siūlėmis, veikiama M ; d – tokia pat jungtis, veikiama M ir N ; e – kampinės siūlės darbo schema.

Atsparumo momentas plokštumoje O – O (3.1, e pav.) dviejų kampinių siūlių, kurių statinis K ir ilgis h :

$$W_s = 2\beta zh^2/6 \quad (3.4)$$

Kampinių siūlių stiprumas skaičiuojamas kirpimui, nes jungtis suyra keturiasdešimt laipsnių kampų.

$$\tau = M/(2\beta zh^2/6) \leq \tau'_{adm} \quad (3.5)$$

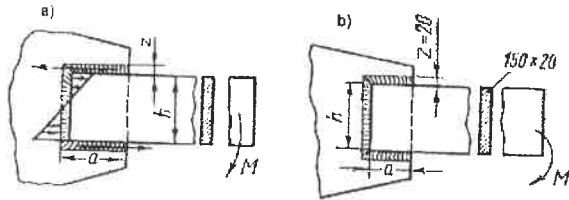
Jei veikia išilginė jėga $N = F$ (3.1, d pav.) ir momentas M , skaičiuojami kampinių siūlių tangentiniai įtempiai:

$$\tau = M/W_s + N/A_s \leq \tau_{\text{adm}}, \quad (3.6)$$

čia τ_{adm} – leistinieji kirpimo įtempiai siūlėje; A_s – kampinių siūlių kirpimo plokštuma.

2.2. Stiprumo skaičiavimas, skaidant į sudedamąsias

Primame, kad momentą M atsveria jėgų dvejetainis momentas veikiantis horizontaliose siūlėse M_h ir momentas veikiantis vertikaloje siūlėje M_v (3.2, a pav.):



3.2 pav. Lenkiami plokštumoje M suvirintosios jungtys

$$M = M_h + M_v \quad (3.7)$$

Horizontaliose siūlėse susidaro jėgų dvejetas ir nuo jo momentas:

$$M_h = \tau \beta a(h + K) \quad (3.8)$$

Momentas vertikaloje siūlėje:

$$M_v = \tau W_s = \tau \beta z h^2 / 6 \quad (3.9)$$

Tuomet:

$$M = \tau \beta a(h + K) + \tau \beta z h^2 / 6 \quad (3.10)$$

Iš (3.10) formulės paskaičiuojame τ :

$$\tau = M / (\beta a(h + K) + \beta z h^2 / 6) \quad (3.11)$$

Naudojant formulę (3.11) galima rasti reikalingą siūlės ilgį a arba siūlės statinį z .

2.3. Stiprumo skaičiavimas polinio inercijos momento metodu

Jei jungties siūlės forma sudėtinga, kartais stiprumą patogiau skaičiuoti polinio inercijos momento metodu. Tarkim, kad veikiant momentui jungties elementas pasisuka siūlės svorio centro O atžvilgiu. Elemento dF susidaro reaktyvinė jėga

$$dF = \tau dF \quad (3.12)$$

Visos jungties reaktyvinės jėgos momentas svorio centro O atžvilgiu:

$$M = \int \tau dF r \quad (3.13)$$

Kadangi siūlės taškų atstumas matuojamas nuo jungties svorio centro, tuomet įtempiai τ tuose taškuose taip pat proporcingi šiam atstumui:

$$\tau / \tau_1 = r / r_1 \quad (3.14)$$

$$\tau = \tau_1 r / r_1 \quad (3.15)$$

čia τ_1 – įtempiai sąlyginio vienetinio atstumu nuo centro O . Kadangi τ_1 nepriklauso nuo atstumo r , todėl jį galima perkelti prieš integralo ženklą:

$$M = \tau_1 \int r^2 dF \quad (3.16)$$

Integralas formulėje (3.16) turi polinio virintinės siūlės taško O atžvilgiu inercijos momento išraišką:

$$\int r^2 dA = I_p \quad (3.17)$$

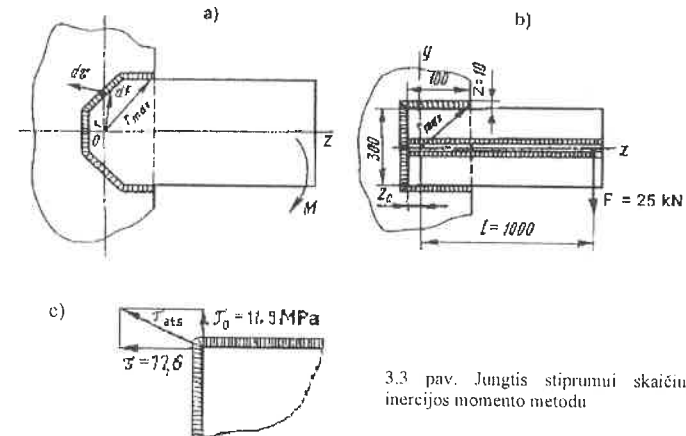
$$I_p = I_x + I_y$$

Iš formulės (3.15) randame:

$$\tau = M / I_p \quad (3.18)$$

Didžiausieji įtempiai:

$$\tau_{\text{maks}} = (M / I_p) r_{\text{maks}} \quad (3.19)$$



3.3 pav. Jungtis stiprumui skaičiuoti poliniu inercijos momento metodu

Skaičiavimo pavyzdys (3.3, b pav.). Nustatyti įtempius jungties, suvirintos rankiniu būdu, siūlėje.

Nustatome virintinės siūlės, jungiančios teginę siją su lakštu, svorio centro koordinatas. Kadangi siūlė simetriška abscesės atžvilgiu, tuomet svorio centrą nustatome juostos galo vertikalios briaunos atžvilgiu.

$$z_s = (2 \cdot 10 \cdot 1.5 - 30 \cdot 1 \cdot 0.5) / (2 \cdot 10 \cdot 1 - 30 \cdot 1) = 1.7 \text{ cm}$$

Siūlės inercijos momentas z ašies atžvilgiu:

$$I_z = 30 \cdot 1^3 / 12 + 2(10 \cdot 1^3 / 12 + 10 \cdot 1 \cdot 15.5^2) = 7057 \text{ cm}^4$$

Siūlės inercijos momentas y ašies atžvilgiu:

$$I_y = 2[10 \cdot 1^3 / 12 + 10 \cdot 1(5 - 1.7)^2] + 30 \cdot 1^3 / 12 + 1 \cdot 30(1.7 + 0.5)^2 = 532 \text{ cm}^4$$

Siūlės perimetro polinis inercijos momentas:

$$I_p = 7057 + 532 = 7589 \text{ cm}^4$$

Perskaičiuojame polinį inercijos momentą, įvertindami kampinės siūlės irimą

$$I_p^* = 0.7 \cdot 7589 = 5312 \text{ cm}^4$$

Lenkimo momentas: $M = 0.025 \cdot 1 = 0.025 \text{ MN}\cdot\text{m}$.

Didžiausias atstumas r_{maks} parodytas 3.3, b pav., kurio koordinatės: $(100 - 17) = 83 \text{ mm}$ ir $(150 + 10) = 160 \text{ mm}$.

Didžiausi tangentiniai įtempiai:

$$\tau_{\text{maks}} = (0.025 / \sqrt{0.16^2 + 0.083^2}) / (5.312 \cdot 10^{-5}) = 84.7 \text{ MPa}$$

Vidutiniai įtempiai vertikaloje siūlėje nuo $Q = F = 25 \text{ kN}$, veikimo:

$$\tau_Q = 0.025 / (0.3 \cdot 0.7 \cdot 0.01) = 11.9 \text{ MPa}$$

Kadangi τ_{maks} įtempių srityje $\tau_Q = 0$, todėl atstojamųjų įtempių tikrinti nereikia.

Tai pačiai jungčiai nustatome įtempius pirmuoju metodu – išskaidydami į sudedamąsias pagal formulę (3.11)

$$\tau = 0,025 / [0,7 \cdot 0,01 \cdot 0,1(0,3 + 0,01) + 0,7 \cdot 0,01 \cdot (0,3^2/6)] = 77,6 \text{ MPa}$$

Skaičiuojant šiuo metodu τ pastovus visame horizontalios siūlės ilgyje. Atstojamieji įtempiai vertikalios ir horizontalios siūlių susikirtimo taške:

$$\tau = \sqrt{77,6^2 + 11,9^2} = 78,5 \text{ MPa}$$

Įtempiai paskaičiuoti polinio inercijos momento metodu yra didesni ir duoda didesnę atsargą.

2.4 Stiprumo skaičiavimas ašinio inercijos momento metodu

Tarkim, kad įtempiai siūlėse proporcingi pagrindinio metalo deformacijoms (3.4 pav.) ir didėja pagal linijinę priklausomybę didėjant atstumui nuo neutralios linijos. Reakcinė jėga elemente:

$$dT = \tau dF \quad (3.20)$$

Reakcinis momentas elemente:

$$dM = dTy \quad (3.21)$$

Visas vidines jėgas atsveriantis momentas:

$$M = \int dTy = \int \tau dFy \quad (3.22)$$

Primame linijinę įtempių priklausomybę nuo atstumo iki ašies:

$\tau/\tau_1 = y/L$,
čia τ_1 – vienetiniu atstumu nuo z ašies.

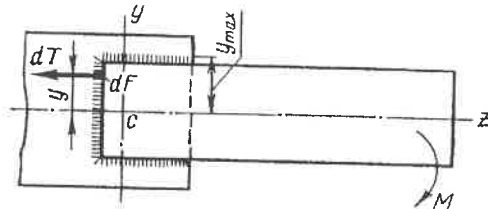
Tuomet:

$$M = \tau_1 \int y^2 dF \quad (3.23)$$

Integralas išreiškia siūlės perimetro inercijos momentą ašies z atžvilgiu.

Didžiausi įtempiai:

$$\tau_{maks} = M/y_{maks} I_z \leq \tau'_{adm} \quad (3.24)$$

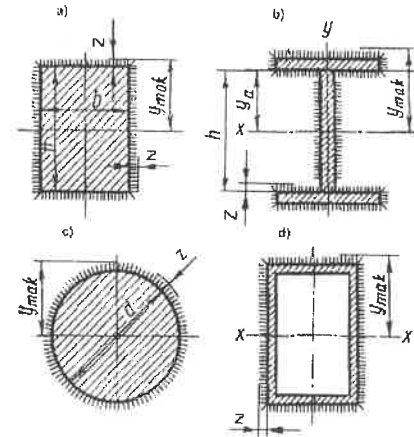


3.4 pav. Suvirintoji jungtis

Įtempių skaičiavimas ašinio inercijos momento metodu nedaug skiriasi nuo pirmojo metodo, skaidant jungtį į sudedamąsias. Dažniausiai taikomas pirmasis metodas.

2.5 Įvairaus skerspjūvio sijų prijungimas

Nagrinėsime jungtis tik su lygiašonio trikampio formos kampinėmis siūlėmis. Kampinių siūlių stiprumas visuomet skaičiuojamas kirpimui plokštumoje, sutampančioje su stataus trikampio pusiaukampio plokštumu $\beta \cdot a$ (z – siūlės statinis, a – jos ilgis).



3.5 pav. Sijų, privirintų kampinėmis siūlėmis pagal jų perimetrą, jungtys

Lenkiamos stačiakampės formos sijos, privirtos pagal perimetrą, įtempiai kampinėje siūlėje 3.5, a pav.). Normaliniai įtempiai sijoje, sudaro tangentinčius įtempius siūlėje:

$$\tau = M/W_s \leq \tau'_{adm} \quad (3.35)$$

Atsparumo momentas:

$$W_s = I_x / y_{maks} \quad (3.36)$$

čia I_x – siūlės perimetro skaičiuojamasis inercijos momentas, nustatomas siūlės inercijos momentą padauginus iš β (h ir z parodyti 3.5, c pav.):

$$I_x = 0,7[zb((h+z)/2)^2 + (z^3b/12) + ((h+2z)^3/12)z/2] \quad (3.37)$$

$$y_{maks} = h/2 + z$$

Jei sijos skerspjūvis skntulys (9.5, b pav.):

$$I_x = 0,7[\pi(d+2z)^4/64 - \pi d^4/64] \quad (3.38)$$

$$y_{maks} = d/2 + z$$

Jei siją veikia lenkimo momentas M ir ašinė jėga N , tai bendrieji įtempiai siūlėje:

$$\tau = \pm M/I_x y_{maks} + N/A_s \quad (3.39)$$

čia A_s – skaičiuojamasis siūlės plotas, įvertinant β :

$$A_s = \beta z L \quad (3.40)$$

čia L – siūlės perimetras.

Sudėtingesnio skerspjūvio sijų (dvitėjų, tėjinių ir kt.) privirinimo siūlių stiprumas skaičiuojamas panašiai kaip ir prieš tai buvusiuose pavyzdžiuose.

$$\tau = M/I_x y_{maks} \leq \tau'_{adm} \quad (3.41)$$

čia I_x – siūlės perimetro skaičiuojamasis inercijos momentas, skaičiuojamas įvertinant β .

Jei sijos apkrautos skersinėmis apkrovomis, tuomet susidaro lenkimo momentas M ir skersinė jėga Q . Įtempiai siūlėse nuo skersinės jėgos nustatomi laikantis tokių prielaidų:

– skersinė jėga priima tik vertikalios siūlės;

– įtempiai vertikalioje siūlėje pasiskirsto tolygiai.

Tokiu atveju, vidutiniai įtempiai siūlėje nuo skersinių jėgų:

$$\tau_Q = Q/A_v \quad (3.42)$$

čia A_v – skaičiuojamasis vertikaliųjų siūlių plotas.

Vertikalaus lakšto viršutinės briaunos lygyje tikrinami atstojamieji įtempiai siūlėje nuo M ir Q . Įtempiai nuo momento:

$$\tau = M y_a / I_s \quad (3.43)$$

čia y_a – atstumas nuo skerspjūvio svorio centro iki viršutinės horizontalios briaunos (3.5, c pav.). Jei $y_a = h/2$, tuomet:

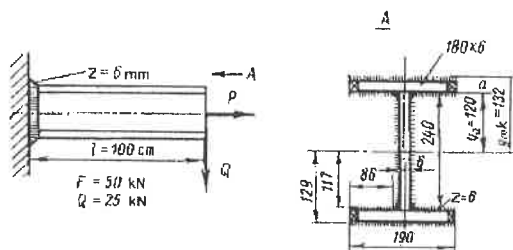
$$\tau = Q 2\beta h \quad (3.44)$$

Atstojamieji įtempiai:

$$\tau_{\text{ntst}} = \sqrt{\tau^2 + \tau_Q^2} \leq \tau_{\text{adm}} \quad (3.45)$$

Siūlės stiprumo skaičiavimas pagal (3.41) dažniausiai būna apsprendžiantis.

Skaičiavimo pavyzdys (3.6 pav.).



3.6 pav. Lenkiama ir tempiama sija

Gembinė dvitėjinė sija privirinta kampinėmis siūlėmis pagal perimetrą $z = 6$ mm, kurių veikia ašinė jėga $P = N = 50$ kN, skersinė jėga $Q = 25$ kN, $\beta = 0,7$.

Kampinių siūlių perimetro inercijos momentas:

$$I = 2 \cdot 24 \cdot 0,6^3 / 12 + 2(19 \cdot 0,6^3 / 12 + 19 \cdot 0,6 \cdot 12,9^2) + 2(2 \cdot 8 \cdot 0,6^3 / 12 + 2 \cdot 8 \cdot 0,6 \cdot 11,7^2) = 8000 \text{ cm}^4$$

Skaičiuojamasis kampinių siūlių inercijos momentas, įvertinant β :

$$I_s = 0,7 \cdot 8000 = 5600 \text{ cm}^4$$

Ordinatė $y_a = 12$ cm.

Visos kampinės siūlės perimetro plotas: $A = 2 \cdot 24 \cdot 0,6 + 2 \cdot 19 \cdot 0,6 + 4 \cdot 8 \cdot 0,6 = 72,2 \text{ cm}^2$.

Skaičiuojamasis siūlės plotas, įvertinant β :

$$A_v = 0,7 \cdot 72,2 = 50,5 \text{ cm}^2$$

Vertikaliųjų siūlių skaičiuojamasis plotas, įvertinant β :

$$A_v = 2 \cdot 0,7 \cdot 0,6 \cdot 24 = 20,2 \text{ cm}^2$$

Vertikalaus lakšto kraštinės briaunos įtempiai nuo lenkimo:

$$\tau = (25 \cdot 10^{-3} / 5600 \cdot 10^{-8}) \cdot 0,12 = 53,6 \text{ MPa}$$

Jungties kampinių siūlių įtempiai nuo ašinės jėgos:

$$\tau_N = N / A_v = 50 \cdot 10^{-3} / 50,5 \cdot 10^{-4} = 9,9 \text{ MPa}$$

Bendrieji įtempiai nuo ašinės jėgos ir lenkimo $y_a = 120$ mm atstumu nuo skerspjūvio svorio centro: $53,6 + 9,9 = 63,5 \text{ MPa}$.

$$\tau_Q = Q / A_v = 25 \cdot 10^{-3} / 20,2 \cdot 10^{-4} = 12,4 \text{ MPa}$$

Atstojamieji įtempiai atstumu $y_a = 120$ mm nuo svorio centro:

$$\tau_{\text{ntst}} = \sqrt{63,5^2 + 12,4^2} = 64,7 \text{ MPa}$$

Didžiausi įtempiai atstumu $y_{\text{maks}} = 132$ mm:

$$\tau = M y_{\text{maks}} / I_s = 0,02500 / 5600 \cdot 10^{-8} \cdot 13,2 \cdot 10^{-2} = 58,8 \text{ MPa}$$

Bendrieji įtempiai nuo lenkimo ir ašinės jėgos atstumu $y_{\text{maks}} = 132$ mm nuo svorio centro:

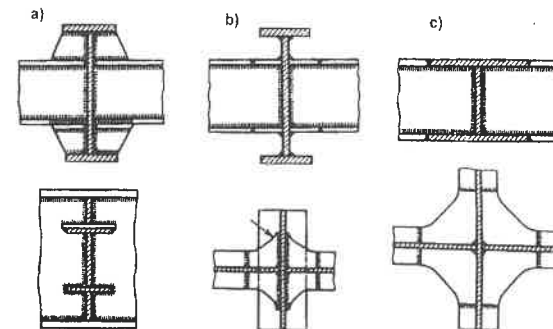
$$\tau_{\Sigma} = 58,8 + 9,9 = 68,7 \text{ MPa}$$

o tai mažiau už leistinusius įtempius plienui S235: $0,6 \cdot 140 = 84 \text{ MPa}$.

Tokiu būdu, nustatant gembinės sijos stiprumą svarbiausia patikrinti įtempius nuo lenkimo momento ir ašinių jėgų bendrojo poveikio siūlėse labiausiai nutolusiose nuo skerspjūvio svorio centro.

2.6. Sijų tarpusavio jungtys su papildomu sustiprinimu

Dvitėjų sijų jungčių konstrukcijos parodytos 3.7, a, b, c pav. Kartais neaukštos sijos privirinamos pagal skerspjūvio perimetrą prie aukštesniųjų kampinėmis siūlėmis, sustiprinant jungtį trapecinėmis plokštelėmis (3.7, a pav.). Plokštelių ir vertikalios sienelės storiai paprastai būna tokie patys. Kiti matmenys nustatomi remiantis jungties standumo ir privirinimo siūlės stiprumo reikalavimais. Tokio tipo konstrukcija rekomenduojama esant statinėms apkrovoms, taip pat gali būti naudojama kaip sijos atrama. Trapecinės plokštelės papildomai padidina jungties stiprumą ir patikimumą.



3.7 pav. Suvirintų sijų jungtys tarpusavyje ir su kolonomis

Pagrindinę lenkimo momento dalį priima kampinės siūlės, privirinančios skerspjūvį pagal perimetrą:

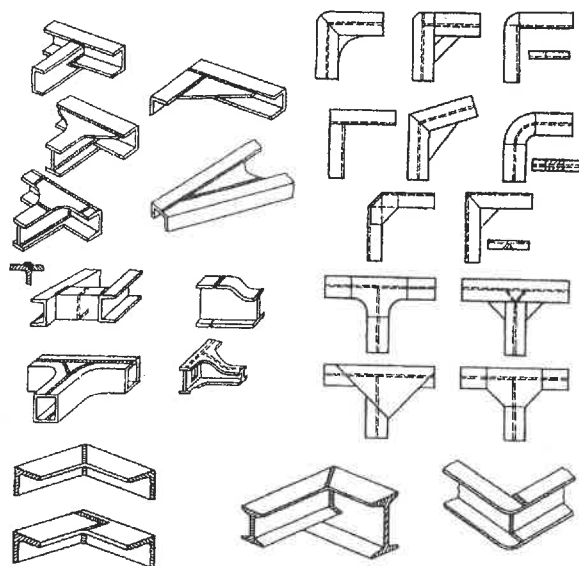
$$M_p = \tau I_s y_{\text{maks}} \quad (3.46)$$

čia M_p – siūlės perimetro inercijos momentas, įvertinant β ; y_{maks} – atstumas nuo pritvirtinamos sijos ašies iki siūlės krašto.

Jei tarpusavyje suvirintos sijų jungtys apkraunamos kintančiomis apkrovomis, tikslingiau naudoti 3.7, b pav. parodytą jungties tipą. Padidinus siūlės ilgį, galima ženkliai padidinti konstrukcijos laikančiąją galią. Svarbių konstrukcijų sandūrinės jungtis būtina mechaniškai apdirbti.

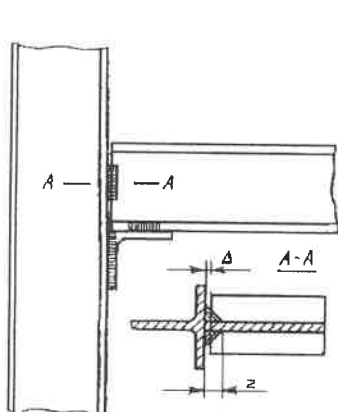
Vienodo aukščio sijoms, apkraunamoms statinėmis ir kintamomis apkrovomis, sujungti gali būti naudojamas sujungimo tipas parodytas 3.7, c pav. Ši jungtis pasižymi maža įtempių koncentracija ir yra pakankamai standi.

3.8 pav. parodyti lovių, dvitėjų ir kampuočių tarpusavio jungčių pavyzdžiai. Mazgų paruošimas suvirinimui, reikalauja figūrinio pjautymo.

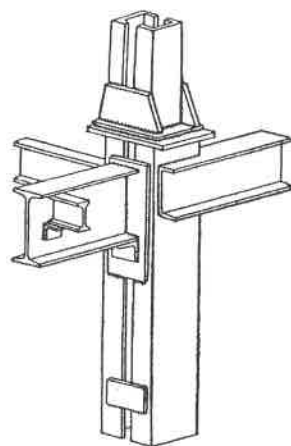


3.8 pav. Įvairaus tipo profilių tarpusavio jungtys

3.9 pav. parodyta sijos ir kolonos jungtis ir su papildomai privirintu kampuočiu, sustiprinančiu jungtį ir palengvinančiu privirinimo operaciją.



3.9 pav. Sijos jungtis su kolona



3.10 pav. Pramoninio pastato kolonos ir sijos standi jungtis

8. Literatūros sąrašas

1. LST EN 1993-1-8:2005 Eurokodas 3. Plieninių konstrukcijų projektavimas 1-8 dali. Sujungimų projektavimas. 133 p.
2. LST EN 1993-1-9:2005 Eurokodas 3. Plieninių konstrukcijų projektavimas 1-8 dali. Nuovargis. 34 p.
3. NIKOLAEV, G., A., VINOKUROV, B., A. Suvirintos konstrukcijos. Skaičiavimas ir projektavimas. Maskva: Vyšiaja škola, 1990, 445 p. (rusų k.).
4. Design of welded structures by Omer W. Blodgett. The James F. Lincoln arc welding foundation, Cleveland Ohio, 1991