



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETAS

Giedrius Armonavičius

**SUVIRINTŲ DVITĖJINIŲ METALINIŲ SIJŲ SU LENGVINIMO
ELEMENTAIS STIPRUMO TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Doc. Dainius Vaičiulis

PANEVĖŽYS, 2016

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETAS
TECHNOLOGIJŲ KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėjas
(parašas) Doc. dr. Arūnas Tautkus
(data)

**SUVIRINTŲ DVITĖJINIŲ METALINIŲ SIJŲ SU LENGVINIMO
ELEMENTAIS STIPRUMO TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas
Statyba (kodas 621J80001)

Vadovas

(parašas) Doc. Dainius Vaičiulis
(data)

Recenzentas

(parašas)
(data)

Projektą atliko

(parašas) Giedrius Armonavičius
(data)



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas

(Fakultetas)

Giedrius Armonavičius

(Studento vardas, pavardė)

Statyba (kodas 621J80001)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „Suvirintų dvitėjinių metalinių sijų su lengvinimo elementais stiprumo tyrimas“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 ____ m. _____ d.
Panevėžys

Patvirtinu, kad mano **Giedriaus Armonavičiaus** baigiamasis projektas tema „Suvirintų dvitėjinių metalinių sijų su lengvinimo elementais stiprumo tyrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS

Išduota studentui: Giedriui Armonavičiui, grupė PMS-4

1. Darbo tema

Lietuvių kalba: *Suvirintų dvitėjinių metalinių sijų su lengvinimo elementais stiprumo tyrimas*

Anglų kalba: *Research of strength for welded steel beams with facilitation elements*

Patvirtinta 2015 m. mėn. d. dekanu potvarkiu Nr.

2. Darbo tikslas

ištirti iš dvitėjinių metalinių profilių pagamintų sijų su lengvinimo elementais stiprumą.

3. Reikalavimai ir sąlygos

tyrimą atlikti, kai lengvinimo elementai yra bent trijų skirtingų formų.

4. Projekto struktūra. Turinys konkretizuojamas kartu su vadovu, atsižvelgiant į BBP pobūdį.

Įvadas

Literatūros apžvalga

Tyrimo modelis

Stiprumo tyrimas

Išvados

Literatūros sąrašas

5. Ši užduotis yra neatskiriama baigiamojo projekto dalis.

6. Projekto pateikimo gynimui kvalifikacinėje komisijoje terminas

2016-01-04

(data)

Užduotį gavau: Giedrius Armonavičius
(studento vardas, pavardė, parašas)

(data)

Vadovas: doc. Dainius Vaičiulis
(pareigos, vardas, pavardė, parašas)

2014 m. spalio mėn.

(data)

Giedrius Armonavičius. Suvirintų dvitėjinių metalinių sijų su lengvinimo elementais stiprumo tyrimas. Magistrantūros baigiamasis projektas / vadovas doc. Dainius Vaičiulis; Kauno technologijos universitetas, Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas, technologijų katedra.

Panevėžys, 2016 m. 48 psl.

SANTRAUKA

Šiame magistriniame darbe nagrinėjama 6 metrų ilgio, vientisa, valcuoto plieno, dvitėjinio profilio sija. Tiriamajame darbe naudojama viena pasirinkta sija, jos sienelėje išpjauant ir suvirinant suformuojamos kiaurymės. Buvo pasirinktos trys skirtingų formų kiaurymės: skritulio, šešiakampio ir stačiakampio formos. Atliekant analizę, buvo atliekamas sijos stiprumo tyrimas keičiant sijos sienelėje suformuotų kiaurymių formas ir dydžius. Sijai paskirstyta apkrova apskaičiuojama dviem būdais: kai sijai apkrova paskirstyta tolygiai ir kai didžiausia apkrova paskirstyta sijos viduryje, ir mažėja link sijos kraštų. Įvertinta valcuoto plieno, dvitėjinio profilio sijos be kiaurymių ir su kiaurymėmis didžiausi įtempimai sijos krašte ir sijos viduryje. Skaičiavimai atlikti naudojant kompiuterinę konstrukcijų projektavimo programą „SolidWorks Simulations“. Buvo lyginamos valcuoto plieno, dvitėjinio profilio sijos, su suformuotomis kiaurymėmis ir be kiaurymių didžiausi sijos įtempimai.

Tiriamajame darbe buvo siekiama ištirti valcuoto plieno dvitėjinio profilio sijos stiprumo elgseną, priklausomai nuo suformuotų sijos sienelėje kiaurymių formos ir dydžio. Išanalizavus šias sijas, skaičiavimo rezultatai buvo pateikti grafikų pavidalu.

Raktiniai žodžiai: *įtempimas, dvitėjinio profilio sija, kiaurymė, sijos sienelė.*

Giedrius Armonavičius. „Research of strength for welded steel beams with facilitations elements“. Master final work / supervisor doc. Dainius Vaičiulis. Kaunas University of Technology, Panevezys faculty of technologies and business, Department of technology.

Panevezys, 2016 m. 48 psl.

SUMMARY

This master thesis analyzes 6 meters long, solid rolled steel I-beam profile. Research project uses one of the selected beam, they wall cutting and boiling formed holes. Was selected three different forms of holes: round, hexagonal and rectangular. The analysis, it was carried out in the strength to research changing the beam in the wall formed of formed hole shapes and sizes. Steel I-beam distributed load is calculated in two ways: when the steel I-beam the load is distributed evenly and when a maximum load distributed in the middle of the beam, and decreases towards the edges of the beam. Evaluated rolled steel I-beams profile without holes and with holes the biggest stress edge of the beam and the beam in the middle. Calculations were made using a computer program for designing structures „SolidWorks Simulations“. It was compared of rolled steel I-beams profile with molded holes and without holes biggest stress of the beam.

This research project aims to investigate of rolled steel I-beams profile the strength behavior, depending on the wall of the hole formed by the beam shape and sizes. The analysis of these beams, the calculation results are presented as graphs.

KEY WORDS: *stress, steel I-beams profile, hole, beam wall.*

TURINYS

ĮVADAS	8
1. MOKSLINĖS LITERATŪROS ANALIZĖ	9
1.1. Sijų naudojimas, konstrukcijos	9
1.2. Suvirintų metalinių sijų su lengvinimo elementais taikymas, jų konstrukcija ir efektyvumas	9
1.3. Suvirintų metalinių sijų su lengvinimo elementais privalumai	10
1.4. Literatūros apžvalga.....	12
2. DVITĖJINIŲ METALINIŲ SIJŲ TYRIMO DUOMENYS.....	14
3. DVITĖJINIO SKERSPJŪVIO METALINIŲ SIJŲ STIPRUMO (TEMPIMŲ) TYRIMAS	17
3.1. Vientisa valcuoto plieno dvitėjinio profilio sija, be kiaurymių	17
3.2. Valcuoto plieno dvitėjinio profilio sija su skritulio formos kiaurymėmis.....	18
3.3. Valcuoto plieno dvitėjinio profilio sija su šešiakampio formos kiaurymėmis	22
3.4. Valcuoto plieno dvitėjinio profilio sija su stačiakampio formos kiaurymėmis	36
4. DVITĖJINIO PROFILIO SIJŲ TYRIMO paliginimas	42
4.1. Rekomenduojamų sijų paliginimas.....	42
4.2. Tyriamojo darbo rezultatai.....	45
IŠVADOS	47
INFORMACIJOS ŠALTINIAI	48

IVADAS

Gerų mechaninių savybių ir vienodos struktūros metalas yra plačiai naudojamas įvairioms statybinėms konstrukcijoms gaminti. Šiuo metu metalinių konstrukcijų – sijų poreikis gamybai yra labai išaugęs.

Visais laikais stengtasi statyti racionalius ir ilgaamžius statinius, todėl jau daugelį metų inžinieriai ieško racionalių konstrukcijų formų ir išdėstymo variantų. Kuriamos naujų formų sijos, kurios būtų kaip galima pigesnės išlaikant stiprumo ir patikimumo rodiklius. Kartu plėtojasi konstrukcijų skaičiavimo bei projektavimo darbai, padedantys daugiau išnaudoti medžiagų savybes, užtikrinti patikimą pastatų eksploatavimą [1].

Plieninių konstrukcijų naudojimo sričių įvairovę lemia geras konstrukcijų stiprumas, patikimumas, greita ir ekonomiška statyba, ilgaamžiškumas, patogus ir ekonomiškas eksploatavimas bei estetiškumas. Plieninės konstrukcijos, palyginti su kitomis konstrukcijomis, yra lengvos. Kita teigiama savybė – paprastas metalinių elementų sujungimas. Tai leidžia atskirus elementus ir jų dalis, pagamintas gamykloje, nesunkiai sujungti statybvietėse [2].

Tyrimo objektas – šešių metrų valcuoto plieno dvitėjinio profilio sija.

Darbo tikslas – ištirti iš valcuoto plieno dvitėjinių profilių pagamintų sijų su lengvinimo elementais stiprumą, t. y. kai sijos sienelėje suformuojamos numatytų formų ir dydžių kiaurymės.

Darbo uždaviniai:

- Išnagrinėti valcuoto plieno dvitėjinio profilio sijos trijų skirtingų formų ir dydžių kiaurymių formavimo variantus;
- Išanalizuoti valcuoto plieno dvitėjinio profilio sijos suformuotų kiaurymių stiprumo priklausomybę nuo kiaurymės formos ir dydžio, ir nuo apkrovimo būdo;
- Išanalizuoti racionalias valcuoto plieno dvitėjinio profilio sijas su kiaurymėmis, lyginant su vientisa valcuoto plieno dvitėjinio profilio sija be kiaurymių.

Darbo reikšmė: nustatyta, kokio tipo valcuoto plieno dvitėjinio profilio sijai suformuotos kiaurymės yra tinkamiausios ir kiek yra efektyvesnės lyginant su vientisa valcuoto plieno dvitėjinio profilio sija be kiaurymių.

1. MOKSLINĖS LITERATŪROS ANALIZĖ

1.1. Sijų naudojimas, konstrukcijos

Gerų mechaninių savybių ir vienodos struktūros metalas yra naudojamas įvairioms statybinėms konstrukcijoms gaminti.

Plieninių konstrukcijų naudojimo sričių įvairovę lemia geras konstrukcijų stiprumas ir patikimumas, greita ir ekonomiška statyba, ilgaamžiškumas, patogus ir ekonomiškas eksploatavimas bei estetiškumas. Plieninės konstrukcijos, palyginti su kitomis konstrukcijomis yra lengvos. Kita teigiama savybė – paprastas metalinių elementų sujungimas. Tai leidžia atskirus elementus ir jų dalis, pagamintas gamykloje, nesunkiai sujungti statybvietyse [11]. Atsižvelgiant sujungimo būdą, jos gali būti lengvai demontuojamos. Tai labai svarbu rekonstruojant pastatus. Įvairaus storio ir profilio lakštų naudojimas leidžia gaminti ir naudoti lengvas pastatų stogų ir sienų konstrukcijas. Nors plienas ir nedegioji medžiaga, tačiau jis, kaip ir daugelis kitų medžiagų, yra ne visiškai atsparūs ugniai. Plienas gerai praleidžia šilumą, greitai ją perduoda nuo ugnies židinio nutolusiems daiktams, tuo padėdamas plisti gaisrui. Metalinės konstrukcijos yra apsaugomos ugniai atspariomis medžiagomis, kai norime padidinti metalinių konstrukcijų atsparumą [3].

Suvirinimas yra technologinis procesas, kuriuo gaunama neišardoma detalių jungtis. Suvirinimas yra našus, pigus ir svarbiausias technologinis procesas. Suvirinant yra mažiau gamybos atliekų, taupiau naudojamos medžiagos, pavyzdžiui, pakeitus kniedytas konstrukcijas suvirintomis, kniedžių sutaupoma apie 15–20 % [4].

Skerspjuvis laikomas racionali, kai sija, esant jos mažiausiam svoriui, yra pakankamai stipri. Nagrinėjant sijos racionalumą, kreipiame dėmesį tikrai į stiprumo sąlygą (nepaisome standumo reikalavimų).

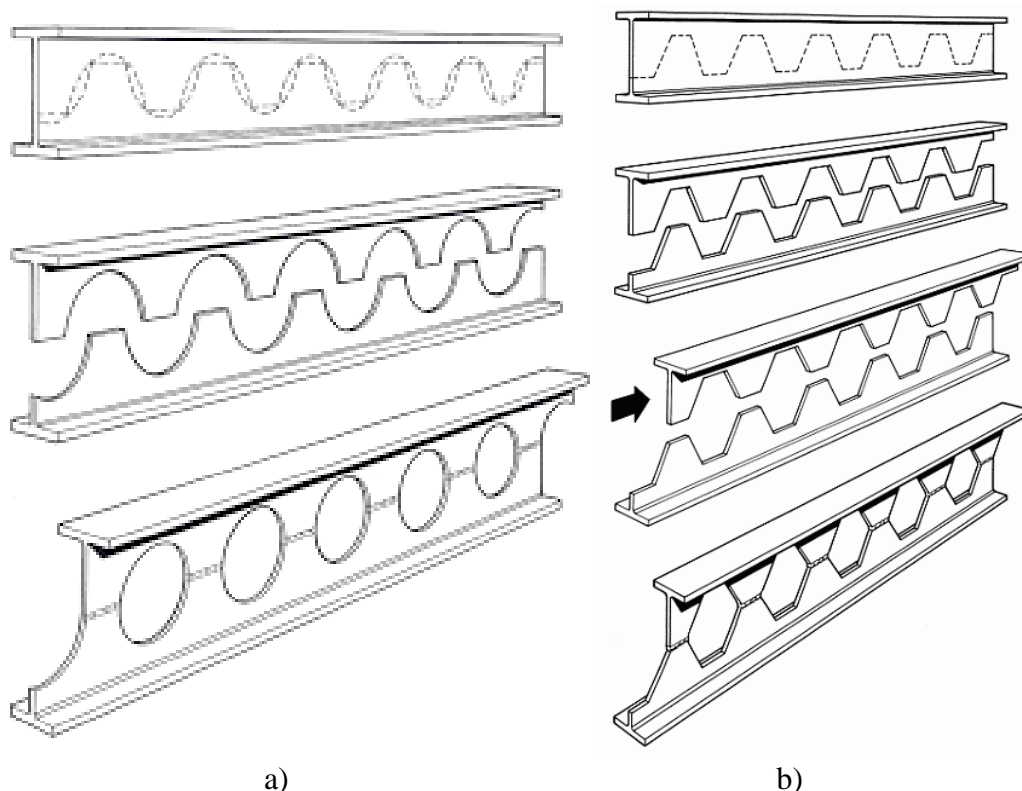
1.2. Suvirintų metalinių sijų su lengvinimo elementais taikymas, jų konstrukcija ir efektyvumas

Konstrukcijos pagerinimas yra tolygus naujos konstrukcijos sukūrimui, kurios savybės kokybiškai ir kiekybiškai skiriasi nuo ankstesnės konstrukcijos prieš pagerinimą.

Dvitėjinio profilio plieninė sija su kiaurymėmis yra pagaminta iš standartinio karšto valcavimo dvitėjinio profilio vientisos plieninės sijos. Iš pradžių, vientisos, dvitėjinio profilio metalinės sijos sienelė yra išpjauama ir atskiriama pusiau išilgai jos ilgio į dvi dalis, kaip parodyta 1 pav.. Atskirtos sijos dalis perkeliama ir suvirinama taip, kad aukščiausi išpjautos sienelės taškai susilietų su kita sijos sienelės dalimi. Tokiu būdu išilgai dvitėjinio profilio, sijos sienelėje

suformuojamos taisyklingos formos kiaurymės. Gaunamos skritulio, šešiakampio ar stačiakampio formos kiaurymės. Padidėja dvitėjinio profilio sijos su kiaurymėmis aukštis, nepasikeičia svoris, padidėja lenkimo standumas ir sumažėja sijoje kylantys įtempimai, lyginant dvitėjinio profilio siją prieš pjovimą.

Nuo išpjaunamos norimos formos kiaurymės ir jos dydžio, kinta sijos aukštis, kiaurymių skaičius, lenkimo standumas ir sijoje kylantys įtempimai.



1 pav. Suvirinta dvitėjinio profilio metalinė sija su lengvinimo elementais: a) dvitėjinio profilio sija su skritulio formos kiaurymėmis; b) dvitėjinio profilio sija su korio formos kiaurymėmis [8]

1.3. Suvirintų metalinių sijų su lengvinimo elementais privalumai

Iš standartinio dvitėjinio profilio vientisos sijos pagaminta sija su kiaurymėmis turi didesnę aukštį (padidėja sijos atsparumas lenkimui), tačiau nepasikeičia sijos svoris. Tokių sijų panaudojimas sukuria naują architektūrinę išraišką. Galima inžinerinius tinklus (vamzdžius ir kanalus) įrengti pro dvitėjinio profilio sijos kiaurymes.

Tokios sijos ypač tinka didelėms angoms įrengti (pvz., automobilių stovėjimo aikštelėse, ligoninėse, stadionuose, mokyklose, tiltams ir t. t.)

Ypač tinka ilgiems tarpatramiams, pvz., stadionui, automobilių stovėjimo aikštelėms ir tiltams.

Suvirintų metalinių sijų su lengvinimo elementais privalumai [5]:

Medžiagos / atliekos:

- Kiaurymės sienelėse leidžia gerokai sumažinti bendrą plieno sunaudojimą, palyginti su standartinėmis dvitėjinio profilio sijomis;
- Korinio ir stačiakampio kiaurymių sijų, pjovimo proceso metu susidaro maždaug 1% atliekų, jos gali būti lengvai perdirbamos;
- Kiaurymės sienelėse lemia plieno svorio sumažinimą – 25-50 %;
- Palengvina inžinerinių tinklų tiesiamą per sijos kiaurymes;
- Sijos su kiaurymėmis, jos svoris leidžia sutaupyti daugiau medžiagų atraminėms konstrukcijoms (pvz., kolonos, sienos ir t. t.).

Kaina:

- Sąnaudų sutaupymas bus tiesiogiai susijęs su plieno kiekio išsaugojimu – tai priklauso nuo individualių sijų;
- Lengvesnis svoris gali sutaupyti transportavimo kaštus ir montavimo darbus;
- Daugiau sutaupoma, nes lengvesnės atraminės konstrukcijos.

Laikas:

- Ilgiems tarpatramiams ir dėl lengvesnio svorio greičiau vyksta statyba;
- Dėl mažesnio svorio atsiranda manevringumas ir gali leisti sutaupyti laiką darbo vietoje;

Perdirbimas:

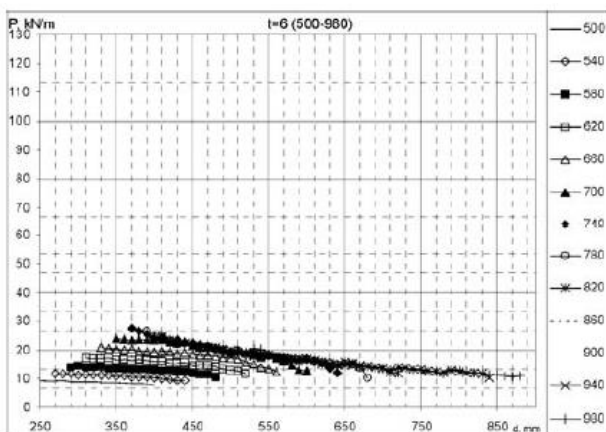
- Plienas ir gamybos atliekos yra 100% perdirbamos.

Konstrukcijos stabilumas:

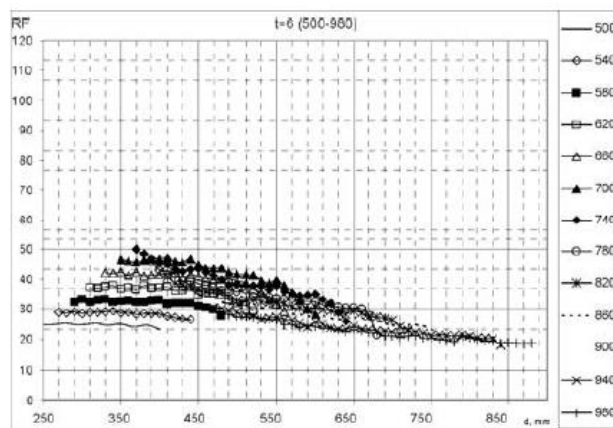
- Mažesnis svoris leidžia lengvą surinkimą;
- Inžineriniai tinklai gali praeiti pro sijų kiaurymes;
- Sijos savybių padidinimas ir nėra jokio svorio padidėjimo.

1.4. Literatūros apžvalga

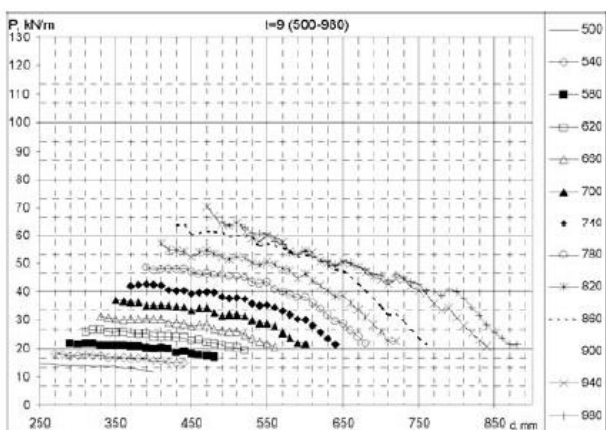
Lenkiamosios konstrukcijos projektuojamos naudojant plieninę valcuotą dvitėjinio profilio siją. Tyrimai rodo, kad yra ne viena sija su perforuotąja sienele skaičiavimo teorija, tačiau nė viena iš jų nenurodo, kaip parinkti racionalius tokiu sijų skerspjūvio matmenis. Jeigu sijos su perforuotąja sienele skerspjūvio matmenys būtų parinkti racionalūs, galima būtų sutaupyti nemažai plieno tokioms sijoms gaminti. Darbe [6] buvo analizuotos sijos, kurių ilgis 12 m ir sienelės storis 6–12 mm, o aukštis 500–1000 mm. Perforacijos skersmuo buvo parinktas nuo pusės sienelės aukščio iki sienelės aukščio atėmus 100 mm. Dviejų lentynų plotas buvo parinktas lygus sienelės plotui, o lentynų storis lygus dviem sienelės storiams. Analizuotos sijos buvo dvitramės, apkrautos tolygiai išskirstytąja apkrova, jų viršutinės lentynos buvo suvaržytos iš plokštumos. Sijos skaičiuotos baigtinių elementų metodu sprendžiant tiesiai plastinį didelių deformacijų uždavinį.



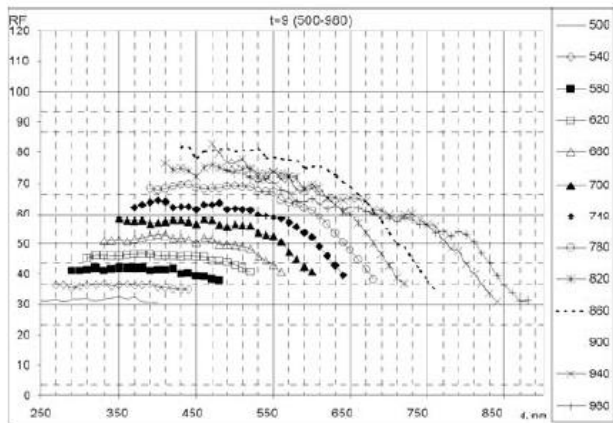
a)



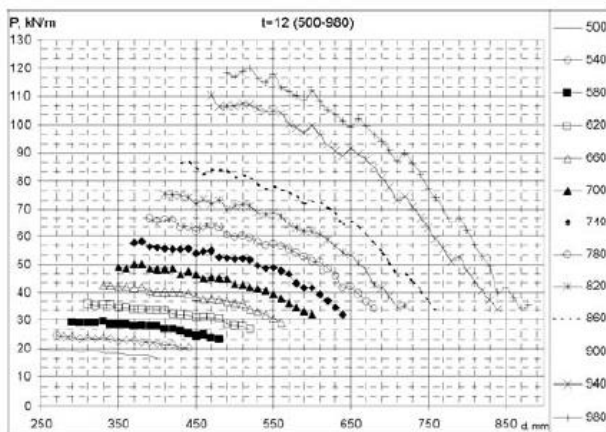
a)



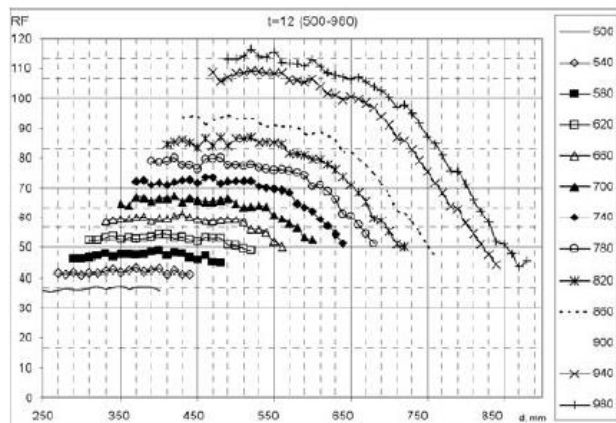
b)



b)



c)



c)

2 pav. Priklausomybė nuo p – vienodos apkrovos [kN/m] ir atskirai nuo $RF = \frac{p \cdot L}{m}$, keičiant kiaurymės skersmenį d ir sienelės storį t_w : a) $t_w=6$ mm; b) $t_w=9$ mm; c) $t_w=12$ mm

Išanalizavus šias sijas, skaičiavimo rezultatai buvo pateikti grafikų pavidalu. Iš grafikų buvo nustatyta, kad kuo didesnis sienelės storis, tuo sija yra racionali. Didinant kiaurymės skersmenį Taip pat autoriai pažymėjo, kad jei kiaurymės dydis nedidelis (500-700 mm), tai kiaurymės skersmuo turi nežymią įtaką apkrovų pokičiui nuo sienelės storių. Kuo didesnis kiaurymės skersmuo, tuo didesnę įtaką turi, kad racionali sijos savybės sumažės, nes plieno stiprumas nėra visiškai išnaudojamas.

Nustatyta, kad racionaliusia naudoti siją, kai kiaurymės skersmuo 690 mm, o sienelės storis 6 mm.

2. DVITĖJINIŲ METALINIŲ SIJŲ TYRIMO DUOMENYS

Nagrinėsime abiejuose galuose standžiai įtvirtintą valcuoto plieno dvitėjinio profilio siją, kurios ilgis 6 m. Sijos skerspjūvio matmenys pateikti 2 lentelėje. Medžiagų charakteristikos pateiktos 1 lentelėje.

2 lentelė

Valcuotų plieno dvitėjinių sijų skerspjūvio matmenys [14]

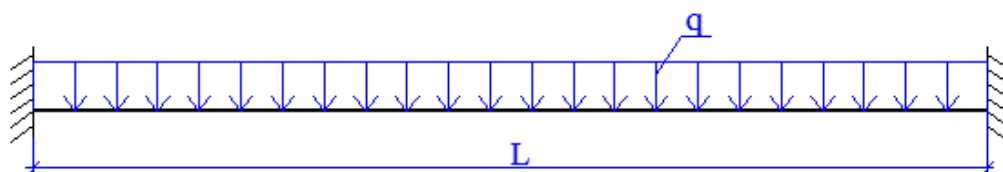
Valcuoto dvitėjo profilio sija	Aukštis, H	Plotis, B	Storis		Spindulys, R	Ilgis, L
			Sienuelės, t_1	Lentynos, t_2		
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Vientisa sija be kiaurymių	200	200	8	12	13	6000
Su skritulio, šešiakampio ir stačiakampio formos kiaurymėmis*	250÷340	200	8	12	13	6000

1 lentelė

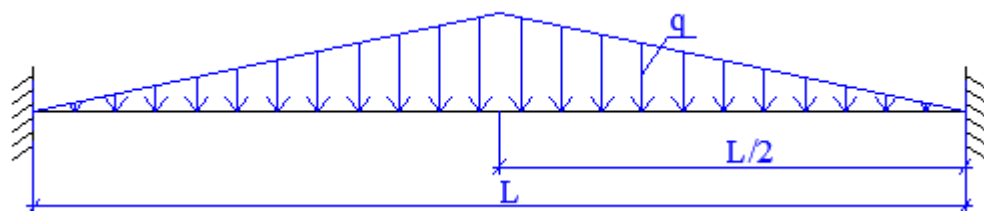
Medžiagų charakteristikos [13]

Skerspjūvis	Tamprumo modulis, GPa	Puasono koeficientas, N/A	Masės tankis, kg/m^3	Takumo riba, N/mm^2
Dvitėjinis profilis	210	0,3	7850	400

Tyrimas atliktas esant dviem apkrovimo būdams: per visą sijos ilgį išskirstyta apkrova yra pastovi (3 pav.) ir išskirstyta apkrova kintanti pagal tiesės dėsnį (didžiausias apkrova yra sijos viduryje) (4 pav.).



3 pav. Dvitėjinio profilio sijos schema, kai išskirstyta apkrova yra pastovi ir lygi $1 q$



4 pav. Dvitėjinio profilio sijos schema, kai vidutinė išskirstytos apkrovos vertė lygi q ; didžiausia apkrova yra sijos viduryje ir lygi $2 q$, o sijos kraštuose $q = 0$

Yra žinoma, kad įtempimų dydis lenkiamoje sijoje yra proporcingas apkrovos dydžiui. Todėl šiame darbe pateiksime ne absoliutines įtempimų vertes, bet kaip santykį su išskirstytos apkrovos dydžiu q :

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{q} \quad (1)$$

Čia σ – skaičiuojamieji sijos įtempimai, N/m^2 ; q (apkrova) = 1 N/mm

Šiame tyrime nagrinėjami tik tiesūs simetriškų skerspjūvių strypai, kuriuos lenkia apkrovos, veikiančios vienoje iš simetrijos plokštumų [10].

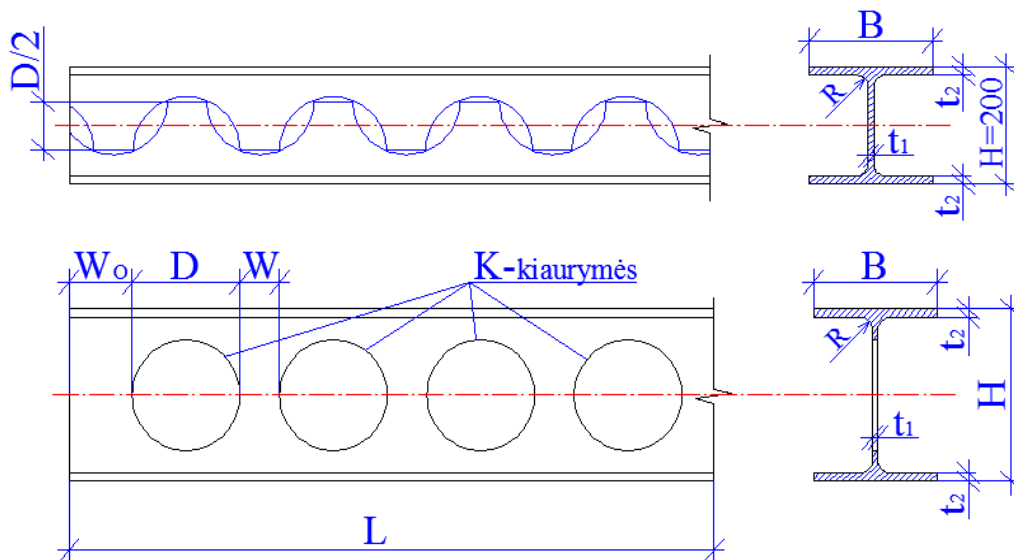
Analizuotos sijos ilgis, lentinos plotis, sienelės ir lentinos storis nekinta, keičiasi tik sijos sienelėje sudarytų kiaurymių formų dydžiai ir nuo kiaurymės priklausantis sijos aukštis.

Tiriamajame darbe suvirinimo siūlės medžiagų charakteristika atitinka valcuoto plieno, dvitėjinio profilio sijos medžiagų savybes.

Keisdamas sijos sienelėje sudarytų kiaurymių formos dydžius, gausiu sijos santykinų įtempimų skaičiavimo rezultatus. Pagal gautus rezultatus ieškosiu dvitėjinio profilio sijos sienelėje optimalios formos kiaurymę.

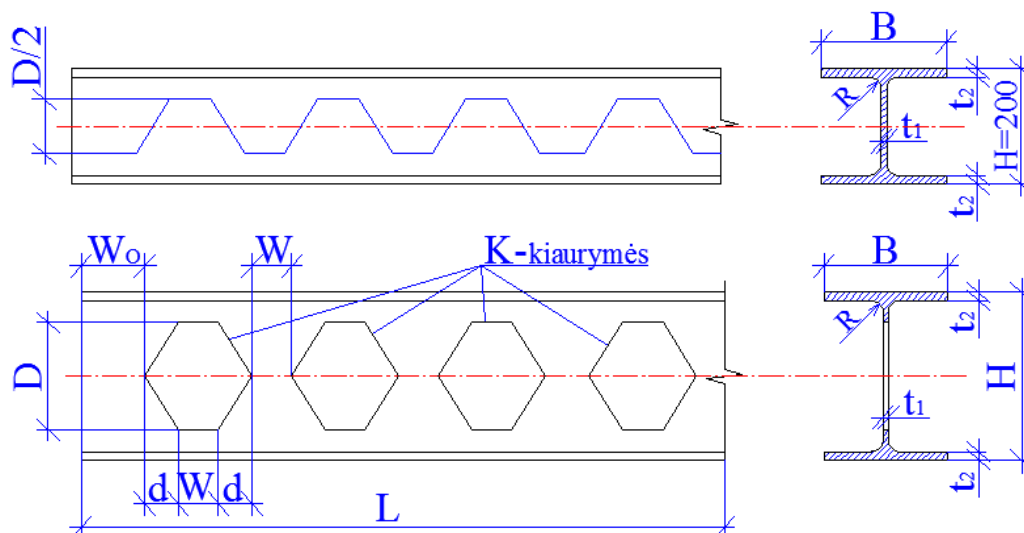
Nuo nustatytos kiaurymių formos ir jos dydžių priklausys sijos aukštis, kiaurymių skaičius, sijoje veikiančios įtempimai. Nagrinėjami 3 pagrindiniai valcuoto plieno dvitėjinio profilio sijos kiaurymių lengvinimo elementų variantai pateikti 5-7 pav.

Pirmasis variantas: kiaurymės yra skritulio formos



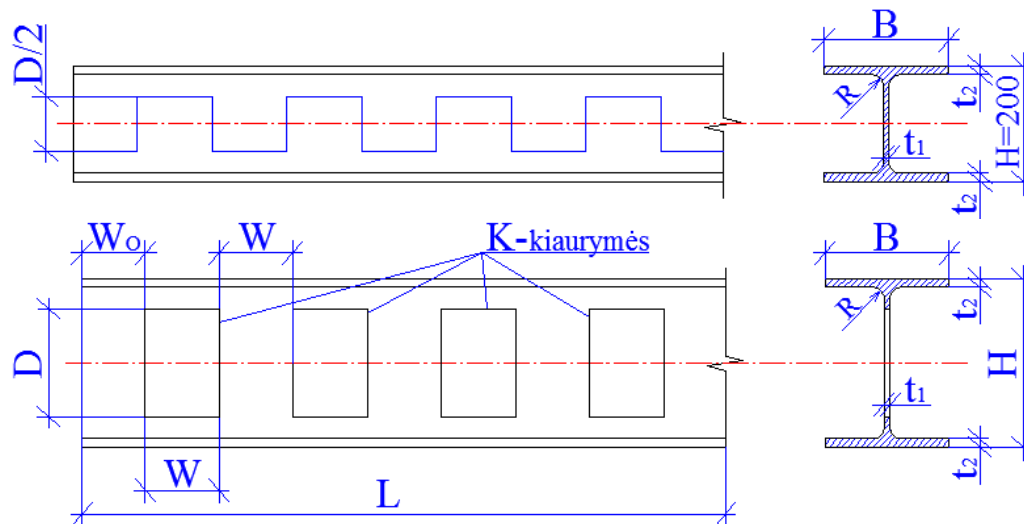
5 pav. Valcuoto plieno dvitėjinio profilio sijos schema su skritulio formos kiaurymėmis

Antrasis variantas: kiaurymės yra šešiakampio formos



6 pav. Valcuoto plieno dvitėjinio profilio sijos schema su šešiakampio formos kiaurymėmis

Trečiasis variantas: kiaurymės yra stačiakampio formos



7 pav. Valcuoto plieno dvitėjinio profilio sijos schema su stačiakampio formos kiaurymėmis

Valcuoto plieno dvitėjinio profilio sijos su kiaurymėmis apibūdinantis matmenis toliau tiriamajame darbe bus žymimi atitinkamais indeksais (žr. 5; 6; 7 pav.).

3. DVITĖJINIO SKERSPJŪVIO METALINIŲ SIJŲ STIPRUMO (ĮTEMPIMŲ) TYRIMAS

Tiriamajame darbe išanalizuosime vieną vientisą valcuoto plieno, dvitėjinio profilio siją be kiaurymių. Naudojant tą pačią siją, išanalizuosime sijos sienelėje, išpjaunant ir suvirinant, suformuotas kiaurymes su trimis skirtingos formomis. Nagrinėsime skritulio, šešiakampio ir stačiakampio formos kiaurymes. Skaičiavimai atlikti naudojant kompiuterine konstrukcijų projektavimo programa „SolidWorks Simulations“. Pagal duotus parametrus (1 ir 2 lentelė) sukuriamas dvitėjinio profilio modelis.

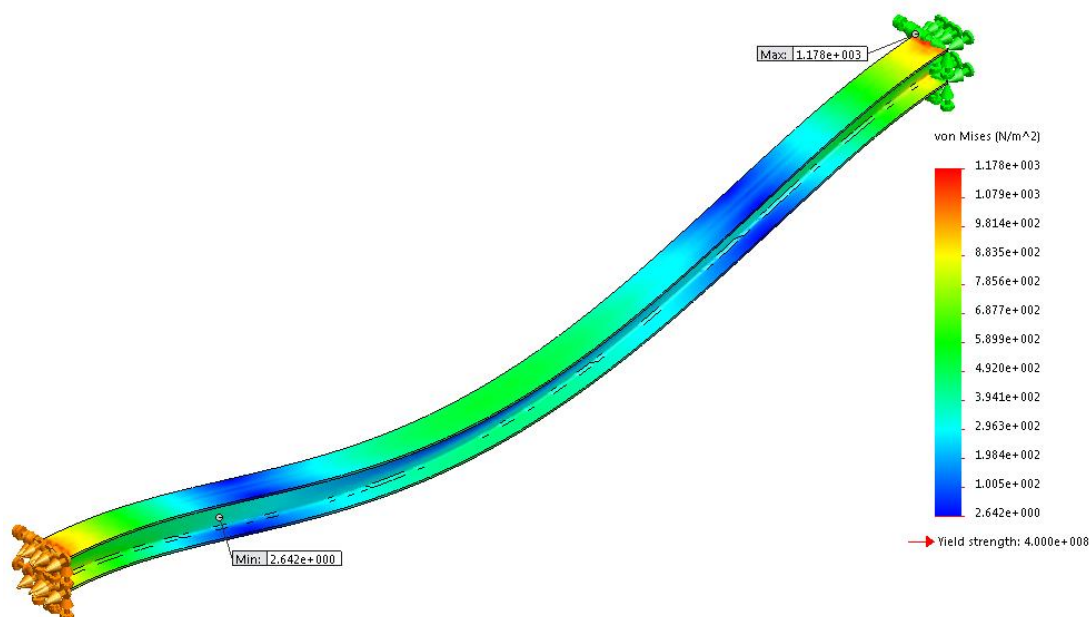
Pagal tyrimo rezultatus įvertinsime dvitėjinio profilio sijos stiprumo pokytį priklausomai nuo kiaurymės formos ir dydžio bei gautus rezultatus palyginsime su standartine vientisa dvitėjinio profilio sija be kiaurymių. Įvertinsime optimaliausias sijos sienelėje suformuotas kiaurymės formas pagal stiprumo parametrus. Skaičiavimo rezultatai pateikti lentelėse ir atvaizduoti grafiškai.

Iš apibūdintos sijos charakteristikos ir jos skerspjūvio matmenų (2 skyrius) stiprumo tyrimui naudosiu vientisą, dvitėjinio profilio 200 x 200 siją. Po išpjovimo ir suvirinimo sijos sienelėje bus suformuojamos kiaurymės, ir tiriamajame darbe laikysiu, kad tiriamosios sijos aukštis su kiaurymėmis bus 300 mm. Nuo nustatytos sijos dydžio, pasirinktos kiaurymės formos dydis kinta kas 10 mm ir kas 20 mm, o sijos aukštis kinta nuo 250 mm iki 340 mm. Projektuojant sijos sienelėje kiaurymes, buvo taikyta tokia sąlyga, kad kiaurymės išdėstytos nuo sijos sienelės centro į sijos kraštus, todėl kiaurymės kiekvienoje pusėje pasiskirsto vienodai.

Sijos skerspjūvio matmenys su kiaurymėmis bei tyrimo skaičiavimo rezultatais pateiktos žemiau 4.1. – 4.4 punkto lentelėse.

3.1. Vientisa valcuoto plieno dvitėjinio profilio sija, be kiaurymių

Išanalizuojame dvitėjinio profilio sijos be kiaurymių sijos įtempimus ir gautus rezultatus lyginsiu su kitais gautais tyrimo rezultatais, kai dvitėjinio profilio sijos sienelėje bus suformuotos numatytos formos ir dydžio kiaurymėmis.



8 pav. Įtempimų intensyvumo pasiskirstymas valcuoto plieno dvitėjinio profilio sijoje be kiaurymių

3 lentelė

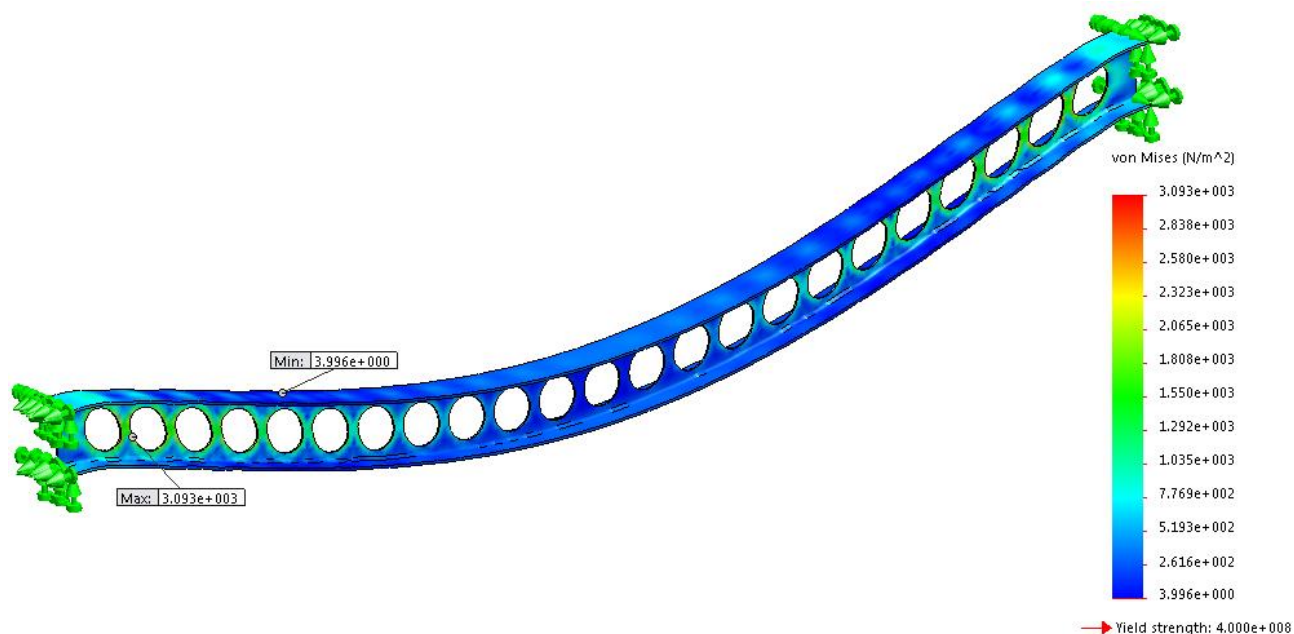
Valcuoto plieno dvitėjinio profilio sijos be kiaurymių tyrimo rezultatas

Nr.	Standartinė dvitėja sija mm	L mm	V-sijos tūris m ³	Sijos svoris kg	Išskirstyta apkrova (pastovi)				Didžiausia išskirstyta apkrova viduryje			
					Didžiausi įtempimai			Sijos įlinkis mm	Didžiausi įtempimai			Sijos įlinkis mm
					sijos krašte 1/mm	sijos viduryje 1/mm	visos sijos 1/mm		sijos krašte 1/mm	sijos viduryje 1/mm	visos sijos 1/mm	
1	200x200	6000	0,0381	299	1169	560	1178	6,21·e ⁻⁵	1414	855	1439	8,67·e ⁻⁵

Pagal gautus 3 lentelėje tyrimo rezultatus, grafikuose tiesia brūkšnine linija atspindime dvitėjinio profilio sijos be kiaurymių didžiausius įtempimus. Grafikuose pažymėsime: išskirstyta apkrova sijos krašte $\frac{\sigma_k}{q}$; išskirstyta apkrova sijos viduryje $\frac{\sigma_v}{q}$.

3.2. Valcuoto plieno dvitėjinio profilio sija su skritulio formos kiaurymėmis

Išanalizuojame dvitėjinio profilio sijos su skritulio formos kiaurymėmis sijos įtempimus. Skritulio formos kiaurymei keičiame tik kiaurymės „D“ matmenį (skritulio diametrą), nes tik nuo skritulio diametro kartu kinta kiti dydžiai – atstumas tarp kiaurymių „W“ bei sijos aukštis „H“.



9 pav. Įtempimų intensyvumo pasiskirstymas valcuoto plieno dvitėjinio profilio sijoje su skritulio formos kiaurymėmis

4 lentelė

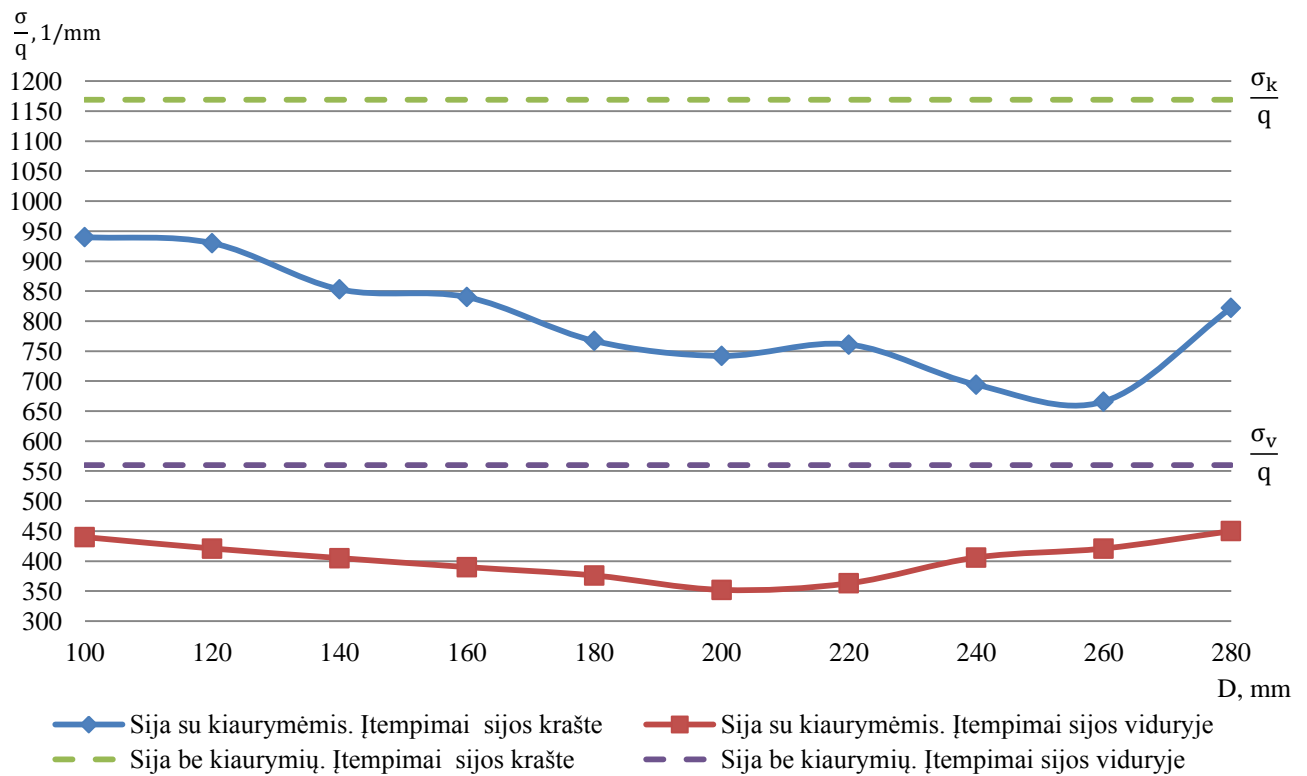
Valcuoto plieno dvitėjinio profilio sijos su skritulio formos kiaurymėmis tyrimo rezultatas, kai keičiame kiaurymės „D“ matmenį

Nr.	W	D	H	K	W ₀	Kiaurymės ilgis	Kiaurymės plotas	Pjovimo ilgis	Suvirinimo ilgis
	mm	mm	mm	vnt	mm	mm	mm ²	m	m
1.	25	100	250	47	75	314	7854	17,48	1,51
2.	30	120	260	39	90	377	11310	17,48	1,58
3.	35	140	270	33	130	440	15394	17,44	1,73
4.	40	160	280	29	120	503	20106	17,48	1,70
5.	45	180	290	25	210	565	25447	17,40	2,09
6.	50	200	300	23	150	628	31416	17,48	1,83
7.	55	220	310	21	140	691	38013	17,52	1,80
8.	60	240	320	19	180	754	45239	17,48	1,95
9.	65	260	330	17	270	817	53093	17,36	2,31
10.	70	280	340	17	60	880	61575	17,45	1,26

5 lentelė

Tyrimo rezultatas, kai sijai išskirstyta apkrova yra pastovi (4 lentelės tęsinys)

Nr.	Didžiausi įtempimai sijos krašte	Didžiausi įtempimai sijos viduryje	Sijos didžiausi įtempimai	Sijos įlinkis
	1/mm	1/mm	1/mm	mm
1.	940	440	3180	5,37·e ⁻⁵
2.	930	421	3276	5,32·e ⁻⁵
3.	853	405	2840	5,20·e ⁻⁵
4.	840	390	3242	5,17·e ⁻⁵
5.	767	376	2904	4,99·e ⁻⁵
6.	742	352	2924	5,11·e ⁻⁵
7.	761	363	3093	5,26·e ⁻⁵
8.	694	406	3098	5,34·e ⁻⁵
9.	666	421	2873	5,43·e ⁻⁵
10.	822	450	3730	6,41·e ⁻⁵

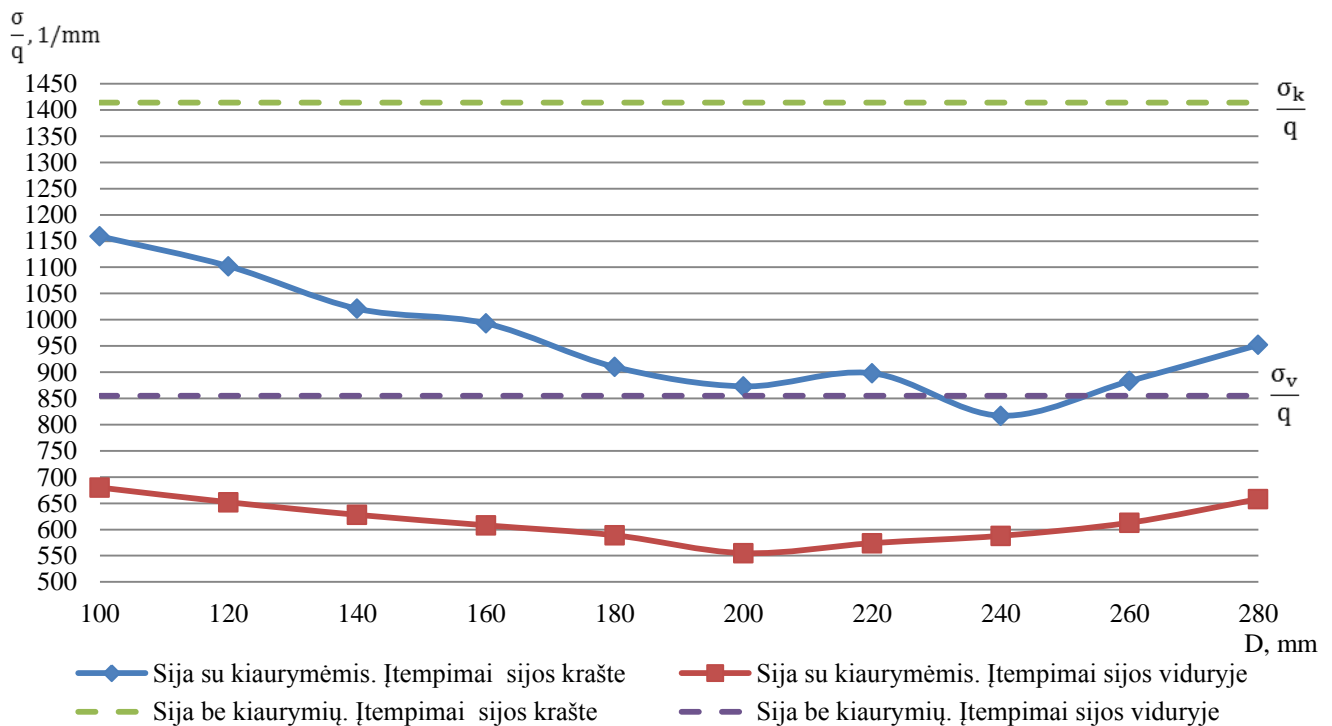


10 pav. Stiprumo pokytis nuo kiaurymės „D“ matmens. Dvitėjos sijos su skritulio formos kiaurymėmis didžiausi įtempimai, kai sijai apkrova paskirstyta tolygiai

6 lentelė

Tyrimo rezultatas, kai išskirstyta apkrova kintanti ir didžiausia apkrova yra sijos viduryje (4 lentelės tęsinys)

Nr.	Didžiausi įtempimai sijos krašte	Didžiausi įtempimai sijos viduryje	Sijos didžiausi įtempimai	Sijos įlinkis
	1/mm	1/mm		
1.	1159	680	3667	$7,45 \cdot e^{-5}$
2.	1102	652	3675	$7,36 \cdot e^{-5}$
3.	1021	628	3255	$7,21 \cdot e^{-5}$
4.	993	608	3602	$7,15 \cdot e^{-5}$
5.	910	589	3567	$6,94 \cdot e^{-5}$
6.	873	555	3554	$7,09 \cdot e^{-5}$
7.	898	574	3551	$7,27 \cdot e^{-5}$
8.	817	588	3558	$7,39 \cdot e^{-5}$
9.	883	613	3298	$7,57 \cdot e^{-5}$
10.	952	658	4006	$8,75 \cdot e^{-5}$



11 pav. Stiprumo pokytis nuo kiaurymės „D“ matmens. Dvitėjinio profilio sijos su skritulio formos kiaurymėmis didžiausi įtempimai, kai didžiausia apkrova paskirstyta sijos viduryje

Dvitėjinio profilio sijai su skritulio formos kiaurymėmis, kai išskirstyta apkrova yra pastovi (3 pav.), didžiausi įtempimai sijos krašte mažėja, kai „D“ formos kiaurymės matmenį mažiname iki 240 mm, o didžiausi įtempimai sijos viduryje mažėja, kai „D“ formos kiaurymės matmenį mažiname iki 200 mm (žr. 10 pav.). Toliau didžiausi įtempimai didėja, kai didiname „D“ formos kiaurymės matmenį.

Kai išskirstyta apkrova kintanti ir didžiausia apkrova yra sijos viduryje (4 pav.), didžiausi įtempimai sijos krašte mažėja, kai „D“ formos kiaurymės matmenį mažiname iki 260 mm, o didžiausi įtempimai sijos viduryje mažėja, kai „D“ formos kiaurymės matmenį mažiname iki 200 mm. Toliau didžiausi įtempimai didėja, kai didiname „D“ formos kiaurymės matmenį (žr. 11 pav.).

Diagramose 10 ir 11 pav. matyti, kad dvitėjo profilio sijos su skritulio formos kiaurymėmis įtempimai yra mažesni už vientisą dvitėjo profilio siją be kiaurymių.

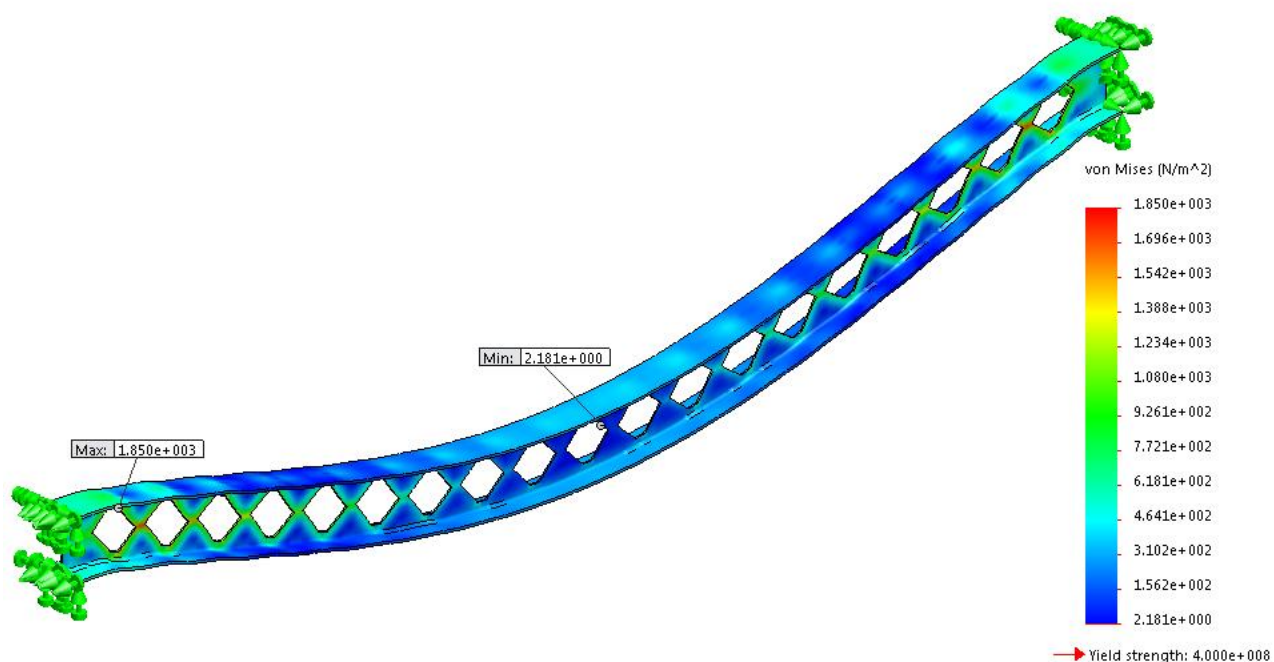
Esant tolygiai paskirstytai apkrovai, rekomenduojama naudoti siją, kai kiaurymės formos „D“ matmuo yra 200 mm, nes kartu įvertinę didžiausius įtempimus sijos viduryje ir kraštuose, gauname, kad didžiausi įtempimai yra 1,58 karto mažesni už vientisą dvitėjinio profilio siją be kiaurymių.

Esant didžiausiai paskirstytai apkrovai viduryje, rekomenduojama naudoti siją, kai „D“ formos kiaurymės matmuo yra 240 mm, nes kartu įvertinę didžiausius įtempimus sijos viduryje ir kraštuose, gauname, kad didžiausi įtempimai yra 1,6 karto mažesni už vientisą dvitėjinio profilio siją be kiaurymių.

Rekomenduojama naudoti šios formos profilį, kai „D“ formos kiaurymės matmuo yra 200mm – 240mm, o esant mažesniai arba didesniai „D“ formos kiaurymės matmeniui yra nerekomenduojama, nes įtempimai sijoje didėja.

3.3. Valcuoto plieno dvitėjinio profilio sija su šešiakampio formos kiaurymėmis

Ankstesniame poskiryje gauta, kad dvitėjinio profilio sijai rekomenduojama naudoti 200 mm skersmens skritulio formos kiaurymes. Todėl tyriant dvitėjinio profilio siją su šešiakampio formos kiauryme, laikysime, kad šešiakampio formos kiaurymės matmuo $D = 200$ mm, o bus keičiami kiti šešiakampio formos kiaurymės matmenys.



12 pav. Įtempimų intensyvumo pasiskirstymas valcuoto plieno dvitėjinio profilio sijoje su šešiakampio formos kiaurymėmis

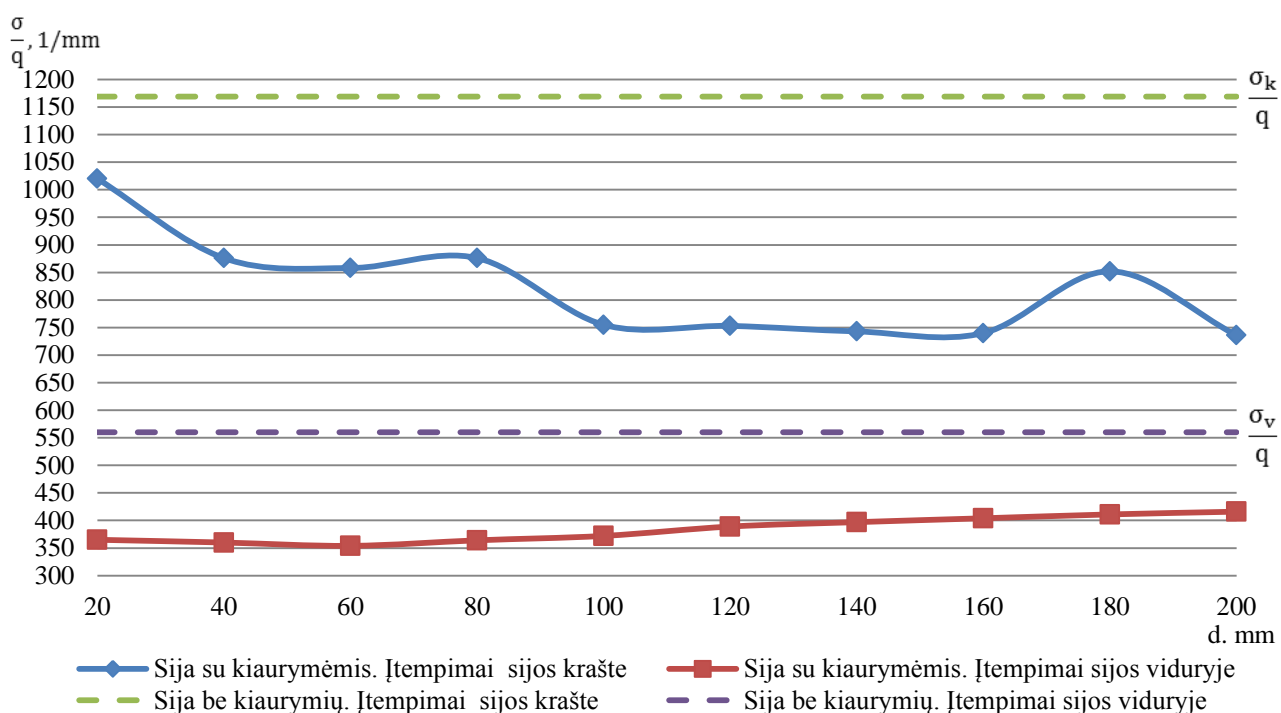
7 lentelė

Valcuoto plieno dvitėjinio profilio sijos su šešiakampio formos kiaurymėmis tyrimo rezultatas, kai keičiasi „d“ matmuo

Nr.	W	D	d	H	K	W _o	Kiaurymės ilgis	Kiaurymės plotas	Pjovimo ilgis	Suvirinimo ilgis
	mm	mm	mm	mm	vnt	mm	mm	mm ²	m	m
1.	50	200	20	300	43	15	508	14000	13,09	2,13
2.			40		33	55	531	18000	10,49	1,75
3.			60		27	55	566	22000	9,07	1,44
4.			80		23	35	612	26000	8,23	1,17
5.			100		19	175	666	30000	7,66	1,67
6.			120		17	135	725	34000	7,28	1,34
7.			140		15	175	788	38000	7,02	1,41
8.			160		13	295	855	42000	6,82	1,82
9.			180		13	35	924	46000	6,69	1,67
10.			200		11	275	994	50000	6,57	1,59

Tyrimo rezultatas, kai sijai išskirstyta apkrova yra pastovi (7 lentelės tęsinys)

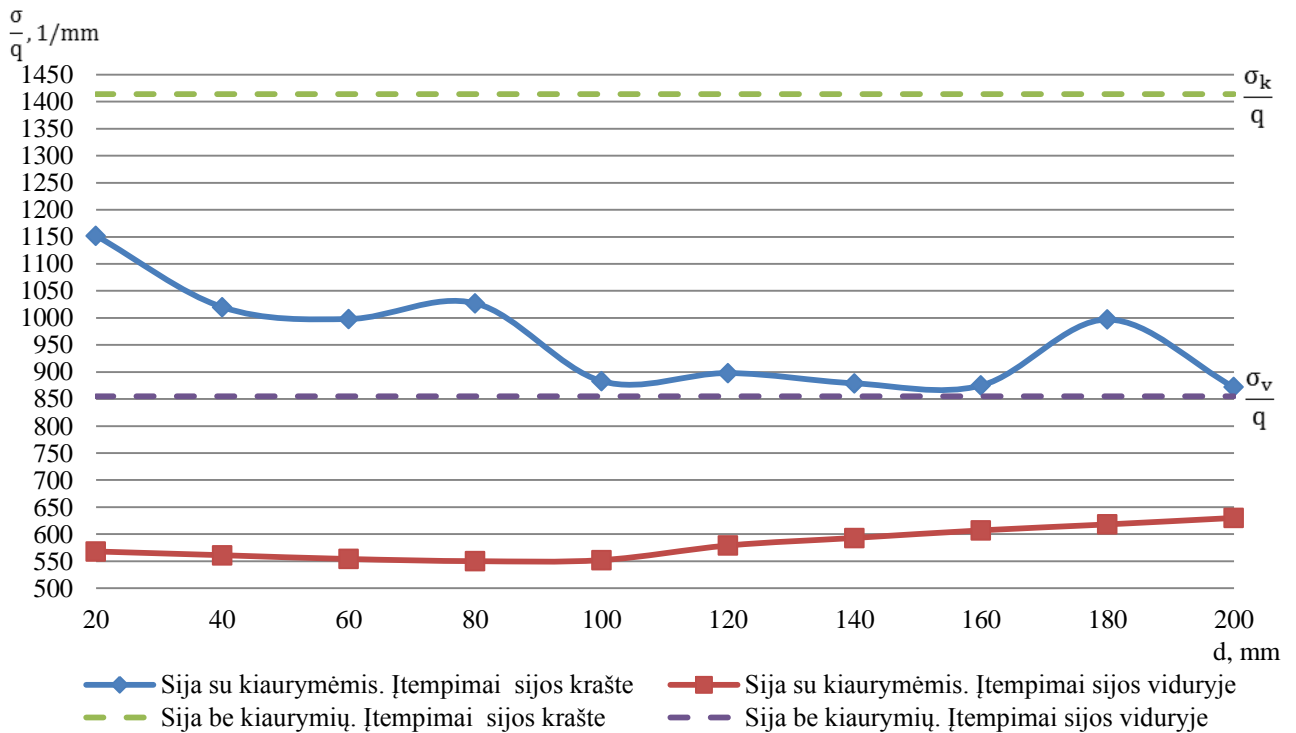
Nr.	Didžiausi įtempimai sijos krašte	Didžiausi įtempimai sijos viduryje	Sijos didžiausi įtempimai	Sijos įlinkis
	1/mm	1/mm	1/mm	mm
1.	1020	365	2350	$4,93 \cdot e^{-5}$
2.	876	360	1889	$4,22 \cdot e^{-5}$
3.	858	354	2445	$3,99 \cdot e^{-5}$
4.	876	364	1916	$3,93 \cdot e^{-5}$
5.	755	372	1857	$3,86 \cdot e^{-5}$
6.	753	389	1944	$3,94 \cdot e^{-5}$
7.	743	397	2034	$3,99 \cdot e^{-5}$
8.	740	404	2001	$3,99 \cdot e^{-5}$
9.	852	411	2306	$4,37 \cdot e^{-5}$
10.	736	416	2322	$4,27 \cdot e^{-5}$



13 pav. Stiprumo pokytis nuo kiaurymės „d“ matmens. Dvitėjinio profilio sijos su šešiakampio formos kiaurymėmis didžiausi įtempimai, kai sijai apkrova paskirstyta tolygiai

Tyrimo rezultatas, kai išskirstyta apkrova kintanti ir didžiausia apkrova yra sijos viduryje (7 lentelės tęsinys)

Nr.	Didžiausi įtempimai sijos krašte	Didžiausi įtempimai sijos viduryje	Sijos didžiausi įtempimai	Sijos įlinkis
	1/mm	1/mm	1/mm	mm
1.	1152	568	2640	$6,78 \cdot e^{-5}$
2.	1020	561	2133	$5,83 \cdot e^{-5}$
3.	998	554	2689	$5,51 \cdot e^{-5}$
4.	1027	550	2160	$5,43 \cdot e^{-5}$
5.	883	552	2156	$5,37 \cdot e^{-5}$
6.	898	579	2241	$5,45 \cdot e^{-5}$
7.	879	593	2358	$5,54 \cdot e^{-5}$
8.	875	607	2462	$5,57 \cdot e^{-5}$
9.	997	618	2684	$6,02 \cdot e^{-5}$
10.	872	630	2909	$5,96 \cdot e^{-5}$



14 pav. Stiprumo pokytis nuo kiaurymės „d“ matmens. Dvitėjinio profilio sijos su skritulio formos kiaurymėmis didžiausi įtempimai, kai sijai didžiausia apkrova paskirstyta viduryje

Dvitėjinio profilio sijai su šešiakampio formos kiaurymėmis, kai išskirstyta apkrova yra pastovi (3 pav.) ir kai išskirstyta apkrova kintanti, ir didžiausia apkrova yra sijos viduryje (4 pav.), didžiausi įtempimai sijos krašte mažėja, kai „d“ formos kiaurymės matmenį didiname iki 200 mm. Ties 80 mm ir 180 mm didžiausi įtempimai padidėja dėl sijos sienelėje mažesnio atstumo tarp sijos krašto ir pirmos kiaurymės krašto (W_0 žymuo) (žr. 13-14 pav.).

Kai išskirstyta apkrova yra pastovi (3 pav.), didžiausi įtempimai sijos viduryje toliau mažėja, kai „d“ formos kiaurymės matmenį mažiname iki 60 mm. Toliau didžiausi įtempimai toliau didėja, kai didiname „d“ formos kiaurymės matmenį (žr. 13 pav.).

Kai išskirstyta apkrova kintanti, ir didžiausia apkrova yra sijos viduryje (4 pav.), didžiausi įtempimai sijos viduryje mažėja, kai „d“ formos kiaurymės matmenį mažiname iki 80 mm. Toliau didžiausi įtempimai didėja, kai didiname „d“ formos kiaurymės matmenį (žr. 14 pav.).

Diagramose 13 ir 14 pav. matyti, kad dvitėjo profilio sijos su šešiakampio formos kiaurymėmis įtempimai yra mažesni už vientisą dvitėjo profilio siją be kiaurymių. Rekomenduojama naudoti siją, kai kiaurymės formos „d“ matmuo yra 100 mm, nes kartu įvertinus didžiausius įtempimus sijos viduryje ir kraštuose, gauname, kad didžiausi įtempimai esant tolygiai paskirstytai apkrovai yra 1,53 karto mažesni, o esant didžiausiai paskirstytai apkrovai viduryje yra 1,58 karto mažesni už vientisą dvitėjinio profilio siją be kiaurymių.

Toliau tyriant dvitėjinio profilio sijos šešiakampio formos kiaurymės matmenis, pagal 7 lentelėje gautus tyrimo rezultatus laikysime, kad šešiakampio formos kiaurymės matmuo $d = 100$ mm. Šios formos matmuo bus taikomas šešiakampio formos kiaurymei (žr. 13 lentelėje). Taip pat papildomai pasirenku antrą „d“ formos šešiakampio kiaurymės matmenį 60 mm dėl tikslesnių rezultatų (žr. 10 lentelėje).

Naudoti šios formos profilį, kai „d“ formos kiaurymės matmuo yra 100 mm yra rekomenduojama, o esant mažesniai arba didesniai „d“ formos kiaurymės matmeniui yra nerekomenduojama, nes įtempiai sijos didėja.

10 lentelė

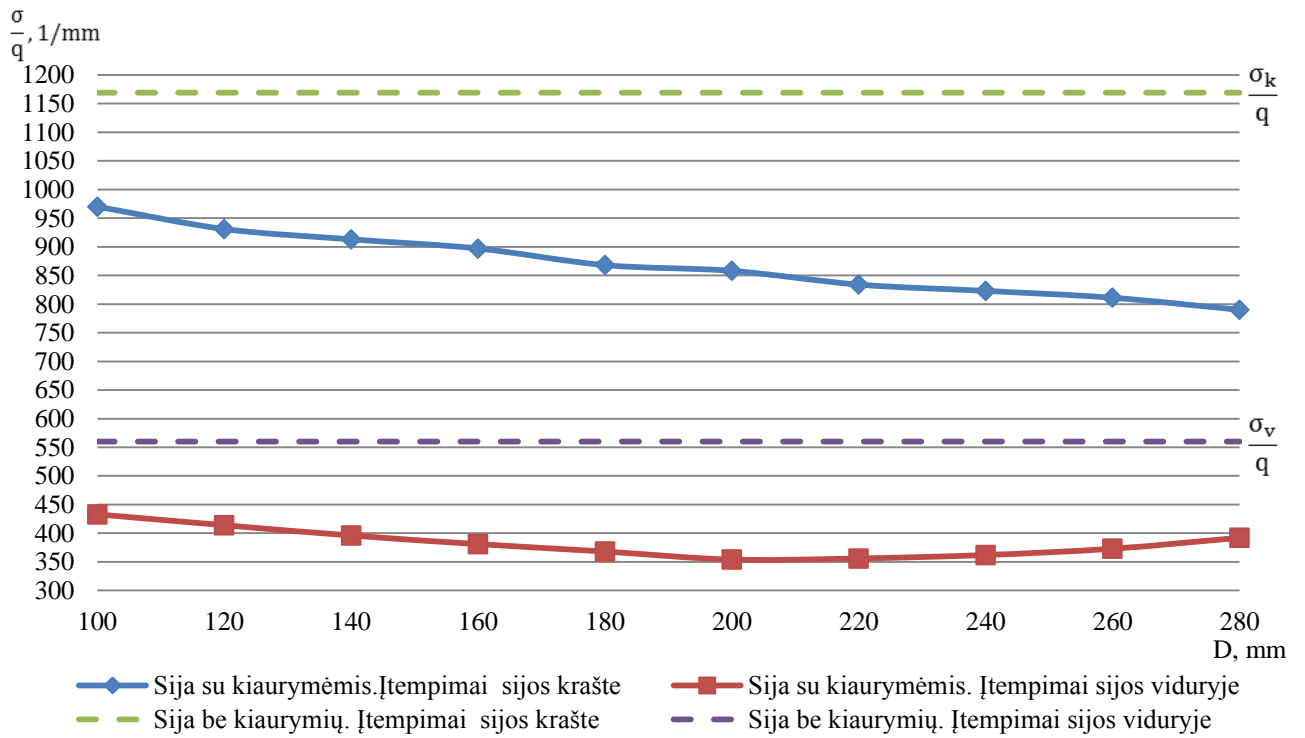
Valcuoto plieno dvitėjinio profilio sijos su šešiakampio formos kiaurymėmis tyrimo rezultatas, kai keičiasi „D“ matmuo

Nr.	W	d	D	H	K	W _o	Kiaurymės ilgis	Kiaurymės plotas	Pjovimo ilgis	Suvirinimo ilgis
	mm	mm	mm	mm	vnt	mm	mm	mm ²	m	m
1.	50	60	100	250	27	55	412	11000	6,98	1,43
2.			120	260	27	55	439	13200	7,35	1,43
3.			140	270	27	55	469	15400	7,74	1,43
4.			160	280	27	55	500	17600	8,17	1,43
5.			180	290	27	55	533	19800	8,61	1,44
6.			200	300	27	55	566	22000	9,07	1,44
7.			220	310	27	55	601	24200	9,54	1,44
8.			240	320	27	55	637	26400	10,02	1,44
9.			260	330	27	55	673	28600	10,51	1,45
10.			280	340	27	55	709	30800	11,00	1,45

11 lentelė

Tyrimo rezultatas, kai sijai išskirstyta apkrova yra pastovi (10 lentelės tęsinys)

Nr.	Didžiausi įtempimai sijos krašte	Didžiausi įtempimai sijos viduryje	Sijos didžiausi įtempimai	Sijos įlinkis
	1/mm	1/mm	1/mm	mm
1.	970	433	1808	$4,52 \cdot e^{-5}$
2.	931	414	1762	$4,32 \cdot e^{-5}$
3.	913	396	1713	$4,17 \cdot e^{-5}$
4.	897	381	1567	$4,07 \cdot e^{-5}$
5.	868	368	1715	$4,01 \cdot e^{-5}$
6.	858	354	2445	$3,99 \cdot e^{-5}$
7.	834	356	2129	$4,01 \cdot e^{-5}$
8.	823	362	3236	$4,07 \cdot e^{-5}$
9.	811	373	3729	$4,19 \cdot e^{-5}$
10.	790	392	3001	$4,35 \cdot e^{-5}$

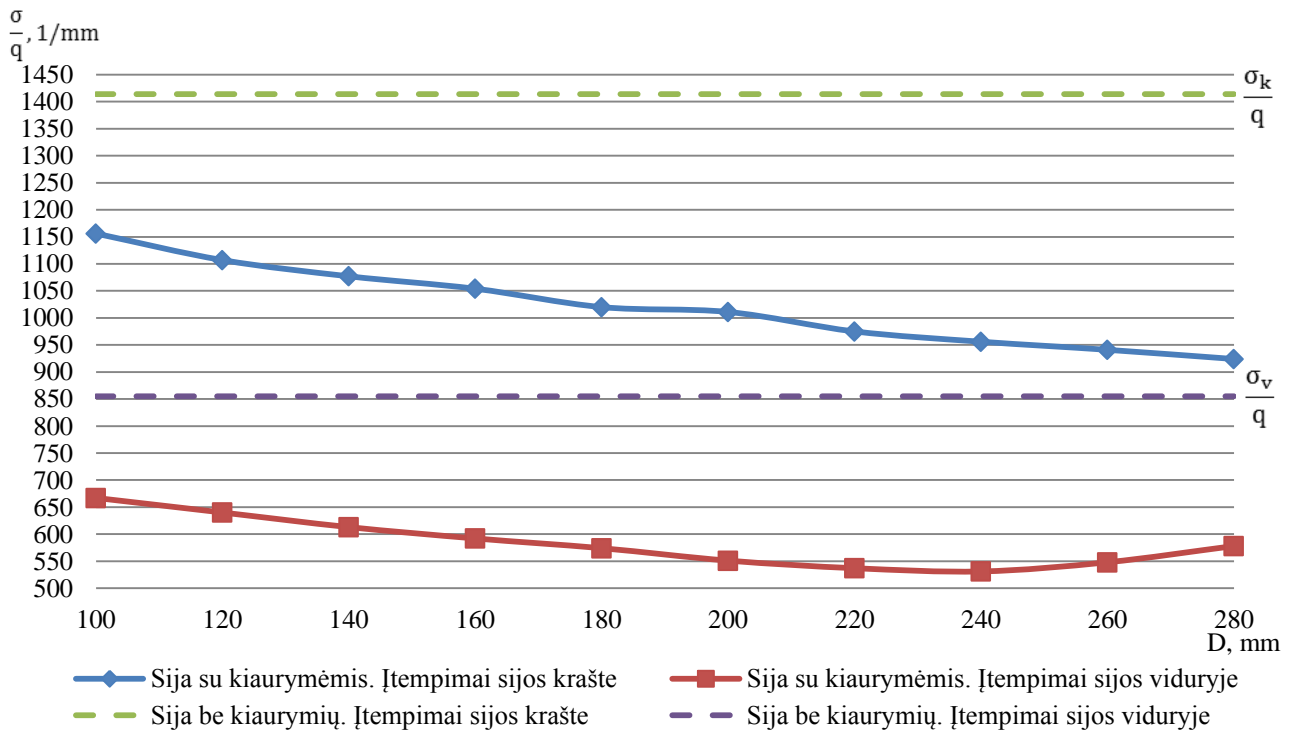


15 pav. Stiprumo pokytis nuo kiaurymės „D“ matmens. Dvitėjinio profilio sijos su šešiakampio formos kiaurymėmis didžiausi įtempimai, kai sijai apkrova paskirstyta tolygiai

12 lentelė

Tyrimo rezultatas, kai išskirstyta apkrova kintanti ir didžiausia apkrova yra sijos viduryje (10 lentelės tęsinys)

Nr.	Didžiausi įtempimai sijos krašte	Didžiausi įtempimai sijos viduryje	Sijos didžiausi įtempimai	Sijos įlinkis
	1/mm	1/mm		
1.	1156	667	2046	$6,28 \cdot e^{-5}$
2.	1107	640	1924	$5,99 \cdot e^{-5}$
3.	1077	613	1868	$5,78 \cdot e^{-5}$
4.	1054	592	1724	$5,64 \cdot e^{-5}$
5.	1020	574	1947	$5,54 \cdot e^{-5}$
6.	1011	551	2674	$5,51 \cdot e^{-5}$
7.	975	537	2469	$5,53 \cdot e^{-5}$
8.	956	531	3542	$5,61 \cdot e^{-5}$
9.	941	548	4051	$5,75 \cdot e^{-5}$
10.	924	578	3427	$5,97 \cdot e^{-5}$



16 pav. Stiprumo pokytis nuo kiaurymės „D“ matmens. Dvitėjinio profilio sijos su šešiakampio formos kiaurymėmis didžiausi įtempimai, kai sijai didžiausia apkrova paskirstyta viduryje

Tyrimė nustatė, kad dvitėjinio profilio sijai su šešiakampio formos kiaurymėmis „d“ formos kiaurymės matmuo bus 60 mm pastovus, o kiti „D“ formos kiaurymės matmenys buvo keičiami nuo 100 mm iki 280 mm. Kai išskirstyta apkrova yra pastovi (3 pav.), didžiausi įtempimai sijos krašte tolygiai mažėja, kai „D“ formos kiaurymės matmenį didiname. Didžiausi įtempimai sijos viduryje mažėja, kai „D“ formos kiaurymės matmenį didiname iki 220 mm, o toliau didžiausi įtempimai didėja, kai didiname „D“ formos kiaurymės matmenį (žr. 15 pav.).

Kai išskirstyta apkrova kintanti ir didžiausia apkrova yra sijos viduryje (4 pav.), didžiausi įtempimai sijos krašte mažėja, kai „D“ formos kiaurymės matmenį didiname. Didžiausi įtempimai sijos viduryje mažėja, kai „D“ formos kiaurymės matmens dydį didiname iki 240 mm. Toliau didžiausi įtempimai didėja, kai didiname „D“ formos kiaurymės matmenį (žr. 15 pav.).

Diagramose 15 ir 16 pav. matyti, kad dvitėjo profilio sijos su šešiakampio formos kiaurymėmis įtempimai sijoje yra mažesni už vientisą dvitėjo profilio siją be kiaurymių.

Esant tolygiai paskirstytai apkrovai, rekomenduojama naudoti siją, kai „D“ formos kiaurymės matmuo yra 220 mm, nes kartu įvertinus didžiausius įtempimus sijos viduryje ir kraštuose, gauname, kad didžiausi įtempimai sijoje yra 1,49 karto mažesni už vientisą dvitėjinio profilio siją be kiaurymių.

Esant didžiausiai paskirstytai apkrovai viduryje, rekomenduojama naudoti siją, kai „D“ formos kiaurymės matmuo yra 240 mm, nes kartu įvertinus didžiausius įtempimus sijos viduryje ir

kraštuose, gauname, kad didžiausi įtempimai sijoje yra 1,54 karto mažesni už vientisą dvitėjinio profilio siją be kiaurymių.

Naudoti šios formos profilį, kai „D“ formos kiaurymės matmuo 220mm – 240mm yra rekomenduojama, o esant mažesniai arba didesniai „D“ formos kiaurymės matmeniui yra nerekomenduotina, nes įtempimai sijoje didėja.

13 lentelė

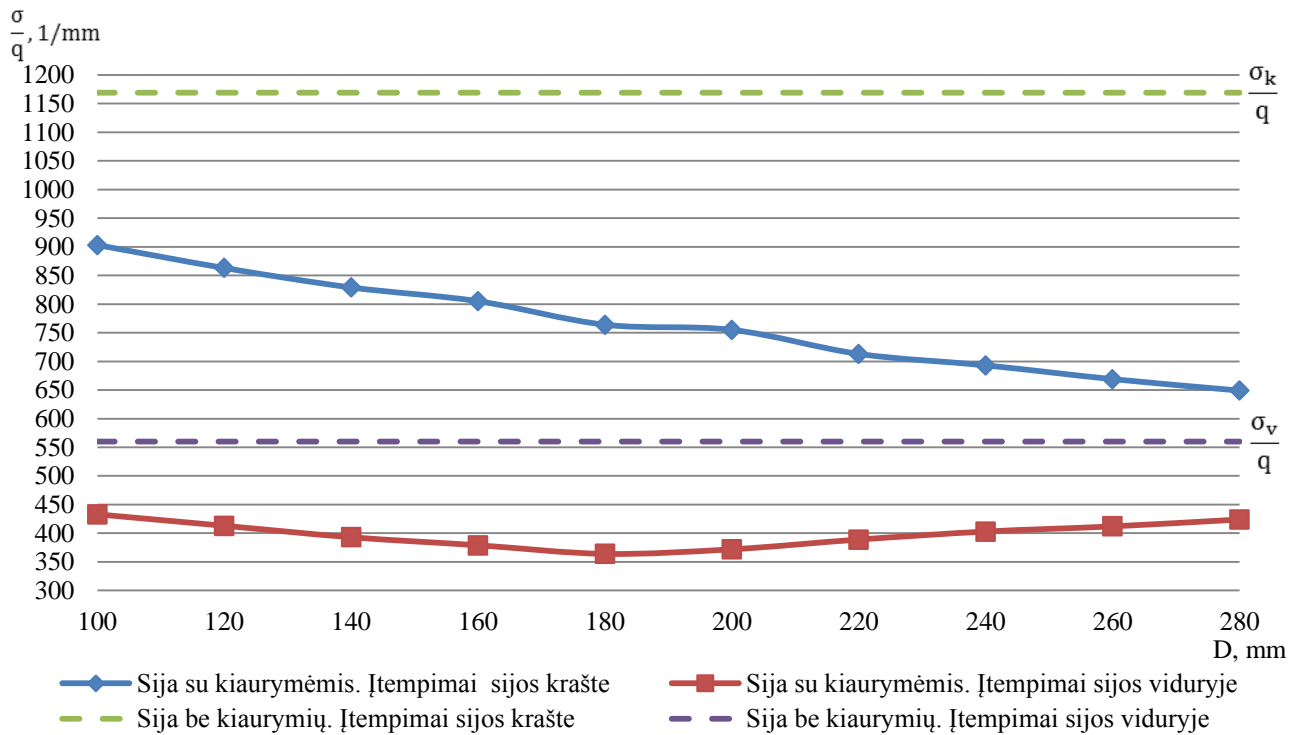
Valcuoto plieno dvitėjinio profilio sijos su šešiakampio formos kiaurymėmis tyrimo rezultatas, kai keičiasi „D“ dydis

Nr.	W	d	D	H	K	W _o	Kiaurymės ilgis	Kiaurymės plotas	Pjovimo ilgis	Suvirinimo ilgis
	mm	mm	mm	mm	vnt	mm	mm	mm ²	m	m
1.	50	100	100	250	19	175	547	15000	6,47	1,55
2.			120	260	19	175	566	18000	6,66	1,57
3.			140	270	19	175	588	21000	6,88	1,59
4.			160	280	19	175	612	24000	7,12	1,61
5.			180	290	19	175	638	27000	7,38	1,64
6.			200	300	19	175	666	30000	7,66	1,67
7.			220	310	19	175	695	33000	7,95	1,69
8.			240	320	19	175	725	36000	8,25	1,72
9.			260	330	19	175	756	39000	8,56	1,76
10.			280	340	19	175	788	42000	8,88	1,79

14 lentelė

Tyrimo rezultatas, kai sijai išskirstyta apkrova yra pastovi (13 lentelės tęsinys)

Nr.	Didžiausi įtempimai sijos krašte	Didžiausi įtempimai sijos viduryje	Sijos didžiausi įtempimai	Sijos įlinkis
	1/mm	1/mm	1/mm	mm
1.	903	433	1773	4,61·e ⁻⁵
2.	863	413	1760	4,36·e ⁻⁵
3.	829	393	1702	4,18·e ⁻⁵
4.	805	379	1647	4,02·e ⁻⁵
5.	764	364	1791	3,92·e ⁻⁵
6.	755	372	1857	3,86·e ⁻⁵
7.	713	389	2080	3,80·e ⁻⁵
8.	693	403	2424	3,80·e ⁻⁵
9.	669	412	2668	3,83·e ⁻⁵
10.	649	424	3036	3,92·e ⁻⁵

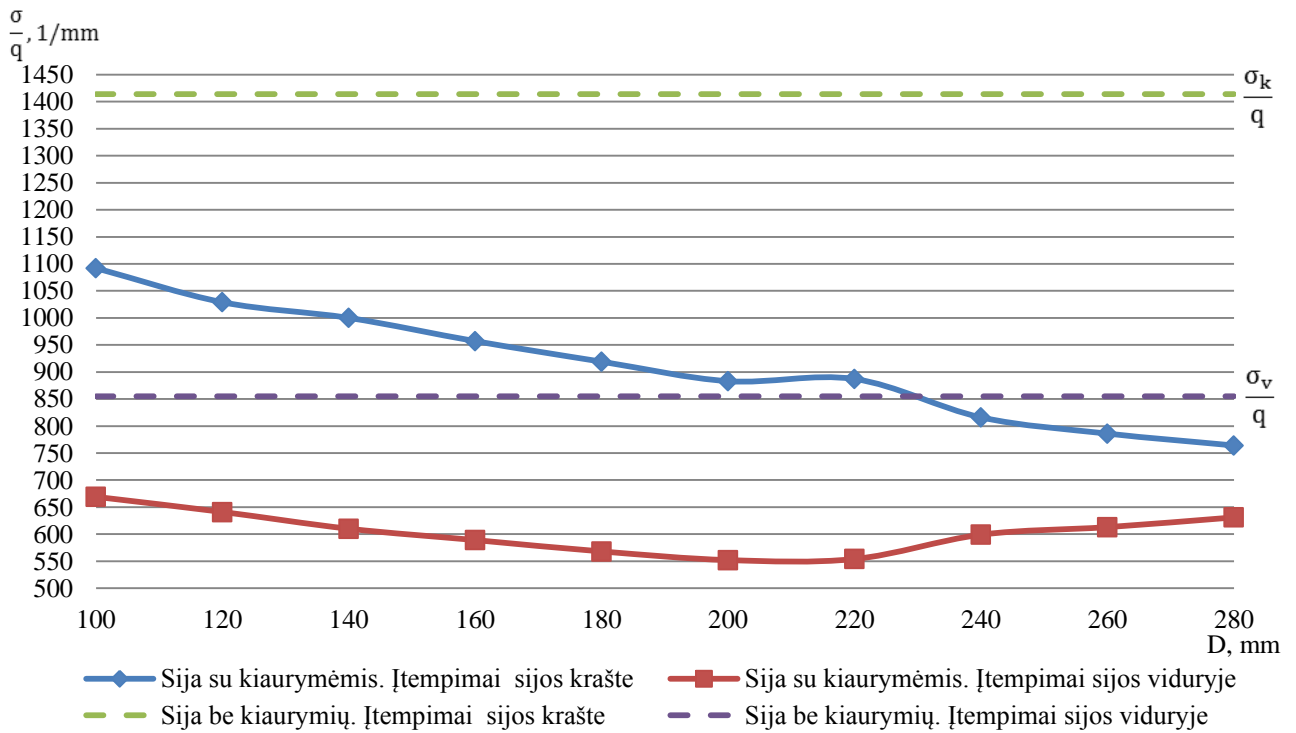


17 pav. Stiprumo pokytis nuo kiaurymės „D“ dydžio. Dvitėjinio profilio sijos su šešiakampio formos kiaurymėmis didžiausi įtempimai, kai sijai apkrova paskirstyta tolygiai

15 lentelė

Tyrimo rezultatas, kai išskirstyta apkrova kintanti ir didžiausia apkrova yra sijos viduryje (13 lentelės tęsinys)

Nr.	Didžiausi įtempimai sijos krašte	Didžiausi įtempimai sijos viduryje	Sijos didžiausi įtempimai	Sijos įlinkis
	1/mm	1/mm	1/mm	mm
1.	1092	669	2048	$6,41 \cdot e^{-5}$
2.	1029	641	2034	$6,07 \cdot e^{-5}$
3.	1000	610	1961	$5,81 \cdot e^{-5}$
4.	957	589	1894	$5,59 \cdot e^{-5}$
5.	919	568	2063	$5,45 \cdot e^{-5}$
6.	883	552	2156	$5,37 \cdot e^{-5}$
7.	887	554	2159	$5,36 \cdot e^{-5}$
8.	816	599	2814	$5,27 \cdot e^{-5}$
9.	786	613	3057	$5,31 \cdot e^{-5}$
10.	764	631	3463	$5,43 \cdot e^{-5}$



18 pav. Stiprumo pokytis nuo kiaurymės „D“ dydžio. Dvitėjinio profilio sijos su šešiakampio formos kiaurymėmis didžiausi įtempimai, kai sijai didžiausia apkrova paskirstyta viduryje

Tyrimė nustatė, kad dvitėjinio profilio sijai su šešiakampio formos kiaurymėmis „D“ formos kiaurymės matmuo bus 100 mm pastovus, o kiti „D“ formos kiaurymės matmenys buvo keičiami nuo 100 mm iki 280 mm. Kai išskirstyta apkrova yra pastovi (3 pav.), didžiausi įtempimai sijos krašte mažėja, kai „D“ formos kiaurymės matmenį didiname. Didžiausi įtempimai sijos viduryje mažėja, kai „D“ formos kiaurymės matmenį didiname iki 180 mm, o toliau didžiausi įtempimai didėja, kai didiname „D“ formos kiaurymės matmenį.

Kai išskirstyta apkrova kintanti ir didžiausia apkrova yra sijos viduryje (4 pav.), didžiausi įtempimai sijos krašte mažėja, kai „D“ formos kiaurymės matmenį didiname, ties 220 mm didžiausi įtempimai sijoje padidėja dėl sijos sienelėje mažesnio atstumo tarp sijos krašto ir pirmos kiaurymės krašto (W_o žymuo). Didžiausi įtempimai sijos viduryje mažėja, kai „D“ formos kiaurymės matmens dydį didiname iki 200 mm. Toliau didžiausi įtempimai sijoje didėja, kai didiname „D“ formos kiaurymės matmenį.

Diagramose 17 ir 18 pav. matyti, kad dvitėjo profilio sijos su šešiakampio formos kiaurymėmis įtempimai sijoje yra mažesni už vientisą dvitėjo profilio siją be kiaurymių.

Rekomenduojama naudoti siją, kai „D“ formos kiaurymės matmuo yra 280 mm, nes kartu įvertinus didžiausius įtempimus sijos viduryje ir kraštuose, gauname, kad didžiausi įtempimai sijoje esant tolygiai paskirstytai apkrovai yra 1,56 karto mažesni, o esant didžiausiai paskirstytai apkrovai viduryje yra 1,60 karto mažesni už vientisą dvitėjinio profilio siją be kiaurymių.

Esant 180 mm – 200 mm „D“ formos kiaurymės matmeniui, sijos įtempimai sijos viduryje yra mažiausi, tačiau sijos kraštuose įtempimai yra žymiai didesni, todėl tyrime įvertinu sijos įtempimus kartu, sijos krašte ir viduryje. Naudoti šios formos profilį, kai suformuotos „D“ formos kiaurymės matmuo yra 280 mm yra racionaliausia, o esant mažesniai „D“ formos kiaurymės matmeniui yra neracionalu, nes įtempimai sijoje didėja.

16 lentelė

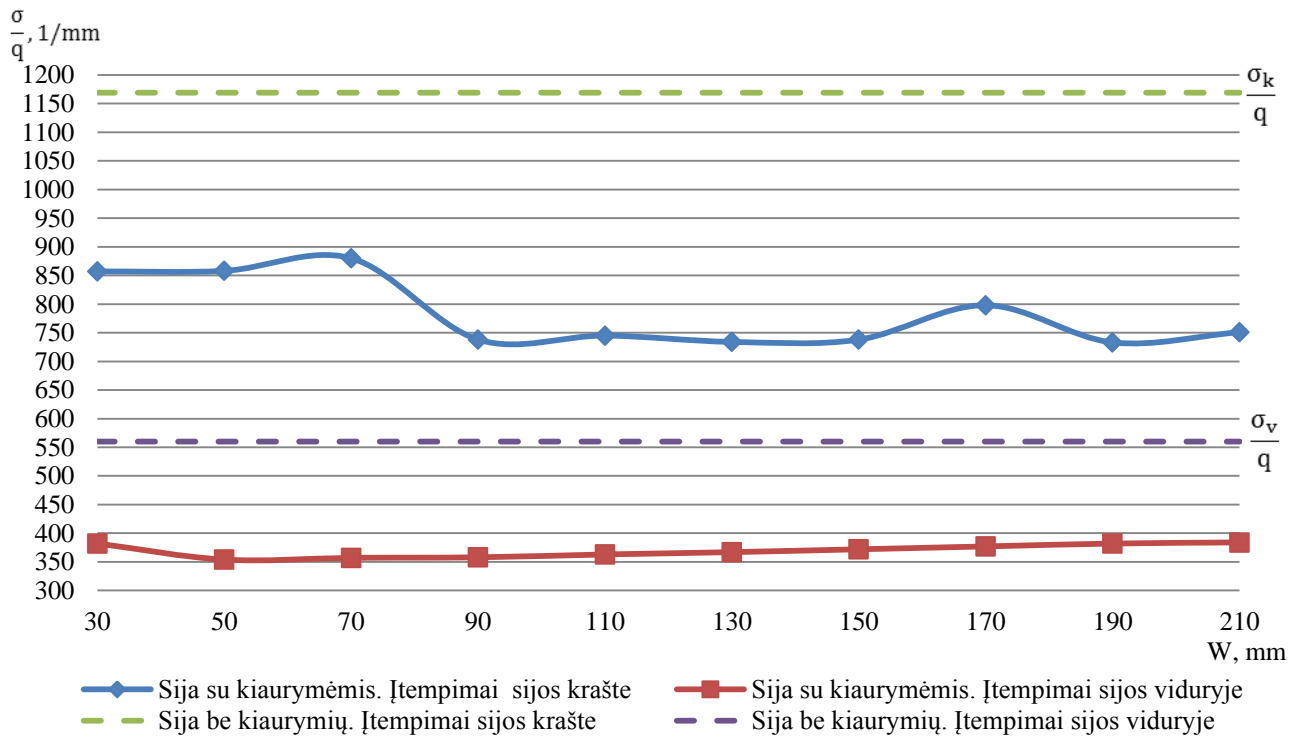
Valcuoto plieno dvitėjinio profilio sijos su šešiakampio formos kiaurymėmis tyrimo rezultatas, kai keičiasi „W“ dydis

Nr.	W	d	D	H	K	W _o	Kiaurymės ilgis	Kiaurymės plotas	Pjovimo ilgis	Suvirinimo ilgis
	mm	mm	mm	mm	vnt	mm	mm	mm ²	m	m
1.	30	60	200	300	33	45	526	18000	9,82	1,26
2.	50				27	55	566	22000	9,07	1,44
3.	70				23	45	606	26000	8,63	1,63
4.	90				19	195	646	30000	8,26	2,45
5.	110				17	165	686	34000	8,03	2,41
6.	130				15	215	726	38000	7,81	2,65
7.	150				13	345	766	42000	7,59	3,11
8.	170				13	95	806	46000	7,89	2,91
9.	190				11	345	846	50000	7,36	3,13
10.	210				11	135	886	54000	7,32	2,37

17 lentelė

Tyrimo rezultatas, kai sijai išskirstyta apkrova yra pastovi (16 lentelės tęsinys)

Nr.	Didžiausi įtempimai sijos krašte	Didžiausi įtempimai sijos viduryje	Sijos didžiausi įtempimai	Sijos įlinkis
	1/mm	1/mm	1/mm	mm
1.	857	382	1874	4,13·e ⁻⁵
2.	858	354	2445	3,99·e ⁻⁵
3.	880	357	2168	4,01·e ⁻⁵
4.	738	358	2564	3,98·e ⁻⁵
5.	745	363	2566	4,18·e ⁻⁵
6.	734	367	3234	4,32·e ⁻⁵
7.	738	372	3273	4,36·e ⁻⁵
8.	798	377	4115	4,97·e ⁻⁵
9.	733	382	3515	4,86·e ⁻⁵
10.	751	384	4661	5,55·e ⁻⁵

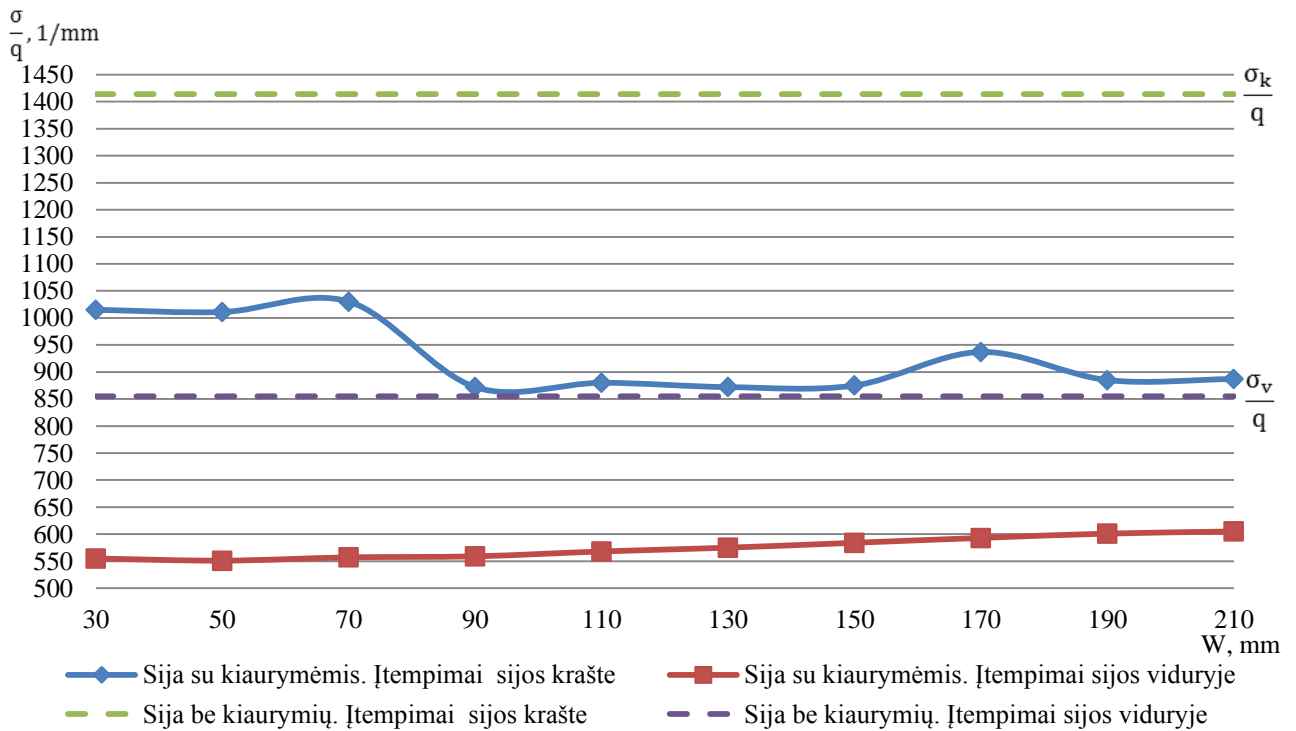


19 pav. Stiprumo pokytis nuo kiaurymės „W“ dydžio. Dvitėjinio profilio sijos su šešiakampio formos kiaurymėmis didžiausi įtempimai, kai sijai apkrova paskirstyta tolygiai

18 lentelė

Tyrimo rezultatas, kai išskirstyta apkrova kintanti ir didžiausia apkrova yra sijos viduryje (16 lentelės tęsinys)

Nr.	Didžiausi įtempimai sijos krašte	Didžiausi įtempimai sijos viduryje	Sijos didžiausi įtempimai	Sijos įlinkis
	1/mm	1/mm		
1.	1015	555	2087	$5,70 \cdot e^{-5}$
2.	1011	551	2674	$5,51 \cdot e^{-5}$
3.	1030	557	2375	$5,53 \cdot e^{-5}$
4.	872	559	2930	$5,52 \cdot e^{-5}$
5.	880	568	2918	$5,78 \cdot e^{-5}$
6.	872	575	3722	$5,98 \cdot e^{-5}$
7.	875	584	3903	$6,08 \cdot e^{-5}$
8.	937	593	4593	$6,81 \cdot e^{-5}$
9.	885	601	4158	$6,76 \cdot e^{-5}$
10.	887	605	5208	$7,59 \cdot e^{-5}$



20 pav. Stiprumo pokytis nuo kiaurymės „W“ dydžio. Dvitėjinio profilio sijos su šešiakampio formos kiaurymėmis didžiausi įtempimai, kai sijai didžiausia apkrova paskirstyta viduryje

Tyrimė nustatė, kad dvitėjinio profilio sijai su šešiakampio formos kiaurymėmis „d“ formos kiaurymės matmuo 60 mm, „D“ formos kiaurymės matmuo 200 mm bus pastovus, o kiti „W“ formos kiaurymės matmenys buvo keičiami nuo 30 mm iki 210 mm. Sijos aukšti 300 mm.

Kai išskirstyta apkrova yra pastovi (3 pav.) ir kai išskirstyta apkrova kintanti ir didžiausia apkrova yra sijos viduryje (4 pav.) didžiausi įtempimai sijos krašte netolygiai mažėja, kai „W“ formos kiaurymės matmenį didiname, ties 70 mm ir 170 mm didžiausi įtempimai padidėja dėl susidariusio sijos sienelėje mažesnio atstumo tarp sijos krašto ir pirmos kiaurymės krašto (W_0 žymuo). Didžiausi įtempimai sijos viduryje mažėja, kai „W“ formos kiaurymės matmenį didiname iki 50 mm, o toliau didžiausi įtempimai didėja, kai didiname „W“ formos kiaurymės matmenį (žr. 19 ir 20 pav.).

Diagramose 19 ir 20 pav. matyti, kad dvitėjo profilio sijos su šešiakampio formos kiaurymėmis įtempimai yra mažesni už vientisą dvitėjo profilio siją be kiaurymių. Rekomenduojama naudoti siją, kai suformuotos „W“ formos kiaurymės matmuo yra 90 mm, nes kartu įvertinus didžiausius įtempimus sijos viduryje ir kraštuose, gauname, kad didžiausi įtempimai esant tolygiai paskirstytai apkrovai yra 1,57 karto mažesni, o esant didžiausiai paskirstytai apkrovai viduryje yra 1,58 karto mažesni už vientisą dvitėjinio profilio siją be kiaurymių.

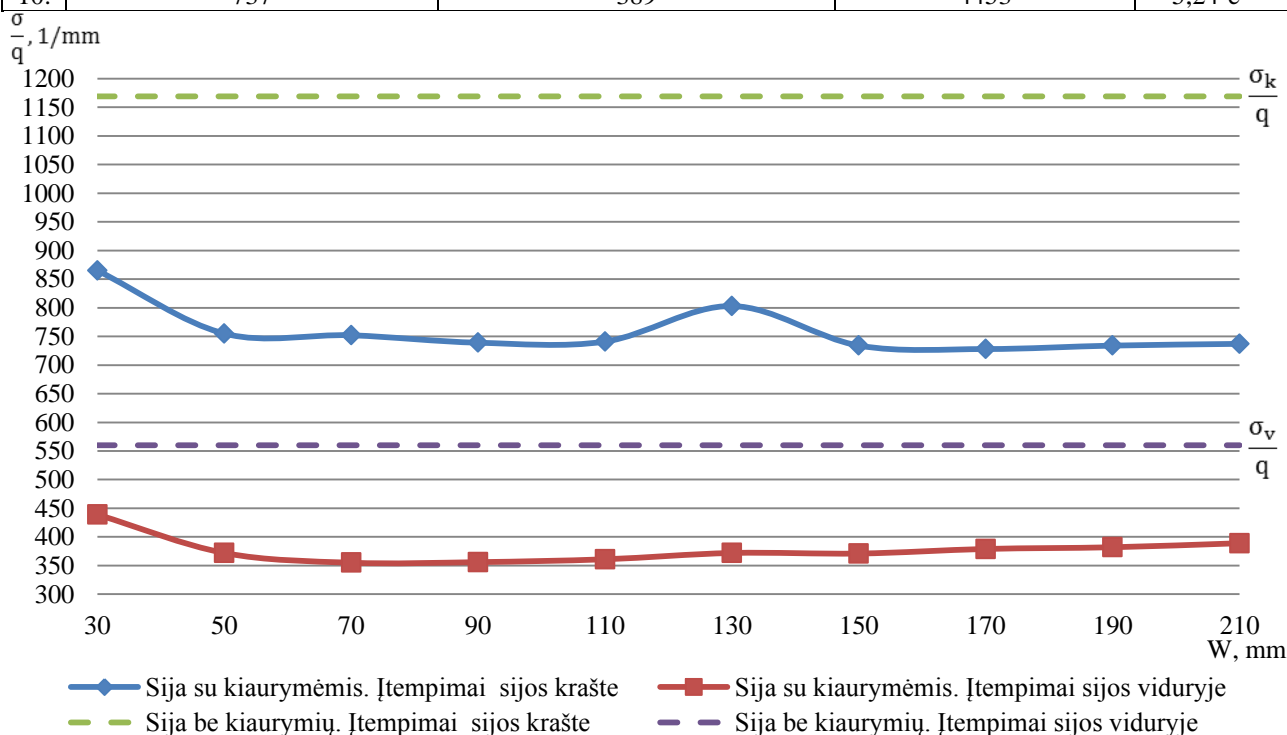
Naudoti šios formos profilį, kai suformuotos „W“ formos kiaurymės matmuo yra 90 mm yra rekomenduojama, o esant mažesniai arba didesniai „W“ formos kiaurymės matmeniui yra nerekomenduojama, nes įtempimai sijoje didėja.

Valcuoto plieno dvitėjinio profilio sijos su šešiakampio formos kiaurymėmis tyrimo rezultatas, kai keičiasi „W“ dydis

Nr.	W	d	D	H	K	W _o	Kiaurymės ilgis	Kiaurymės plotas	Pjovimo ilgis	Suvirinimo ilgis
	mm	mm	mm	mm	vnt	mm	mm	mm ²	m	m
1.	30	100	200	300	23	25	626	26000	7,91	0,71
2.	50				19	175	666	30000	7,66	1,67
3.	70				17	145	706	34000	7,21	1,15
4.	90				15	195	746	38000	7,33	2,03
5.	110				13	325	786	42000	7,16	2,57
6.	130				13	75	826	46000	7,13	1,71
7.	150				11	325	866	50000	6,99	2,67
8.	170				11	115	906	54000	6,97	1,93
9.	190				9	485	946	58000	6,83	3,25
10.	210				9	315	986	62000	6,43	1,89

Tyrimo rezultatas, kai sijai išskirstyta apkrova yra pastovi (19 lentelės tęsinys)

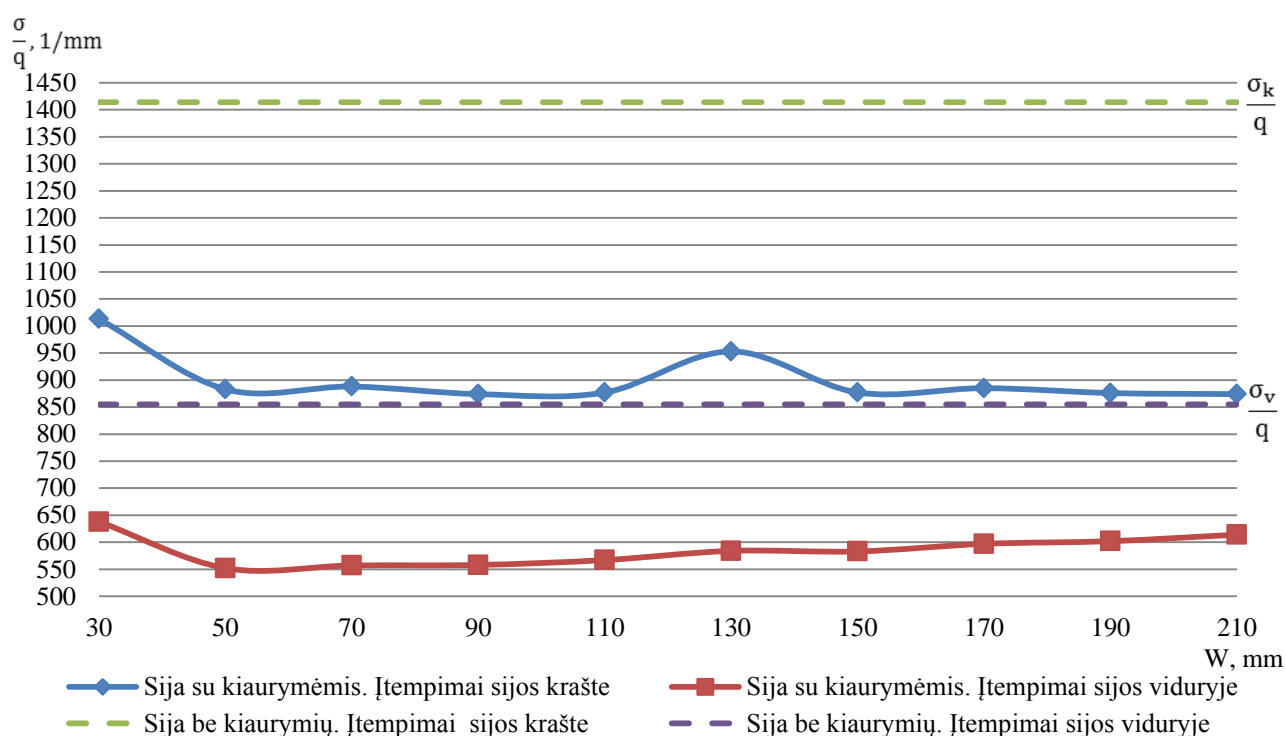
Nr.	Didžiausi įtempimai sijos krašte	Didžiausi įtempimai sijos viduryje	Sijos didžiausi įtempimai	Sijos įlinkis
	1/mm	1/mm	1/mm	mm
1.	865	439	2268	$3,98 \cdot 10^{-5}$
2.	755	372	1857	$3,86 \cdot 10^{-5}$
3.	752	355	2223	$3,94 \cdot 10^{-5}$
4.	739	356	2616	$4,02 \cdot 10^{-5}$
5.	741	361	2701	$4,03 \cdot 10^{-5}$
6.	803	372	3362	$4,51 \cdot 10^{-5}$
7.	734	371	3357	$4,42 \cdot 10^{-5}$
8.	728	379	3793	$5,01 \cdot 10^{-5}$
9.	734	382	3659	$4,66 \cdot 10^{-5}$
10.	737	389	4453	$5,24 \cdot 10^{-5}$



21 pav. Stiprumo pokytis nuo kiaurymės „W“ dydžio. Dvitėjinio profilio sijos su šešiakampio formos kiaurymėmis didžiausi įtempimai, kai sijai apkrova paskirstyta tolygiai

Tyrimo rezultatas, kai išskirstyta apkrova kintanti ir didžiausia apkrova yra sijos viduryje (19 lentelės tęsinys)

Nr.	Didžiausi įtempimai sijos krašte	Didžiausi įtempimai sijos viduryje	Sijos didžiausi įtempimai	Sijos įlinkis
	1/mm	1/mm	1/mm	mm
1.	1013	638	2476	$5,50 \cdot e^{-5}$
2.	883	552	2156	$5,37 \cdot e^{-5}$
3.	888	557	2539	$5,46 \cdot e^{-5}$
4.	874	558	3070	$5,58 \cdot e^{-5}$
5.	877	567	3206	$5,63 \cdot e^{-5}$
6.	953	584	3742	$6,19 \cdot e^{-5}$
7.	877	583	3984	$6,16 \cdot e^{-5}$
8.	885	597	4301	$6,87 \cdot e^{-5}$
9.	876	602	4591	$6,55 \cdot e^{-5}$
10.	874	614	5288	$7,28 \cdot e^{-5}$



22 pav. Stiprumo pokytis nuo kiaurymės „W“ dydžio. Dvitėjinio profilio sijos su šešiakampio formos kiaurymėmis didžiausi įtempimai, kai sijai didžiausia apkrova paskirstyta viduryje

Tyrimo metu nustatėme, kad dvitėjinio profilio sijai su šešiakampio formos kiaurymėmis „d“ formos kiaurymės matmuo 100 mm, „D“ formos kiaurymės matmuo 200 mm bus pastovus, o kiti „W“ formos kiaurymės matmenys buvo keičiami nuo 30 mm iki 210 mm. Sijos aukšti 300 mm.

Kai išskirstyta apkrova yra pastovi (3 pav.), didžiausi įtempimai sijos krašte netolygiai mažėja, kai „W“ formos kiaurymės matmenį didiname, ties 130 mm didžiausi įtempimai padidėja dėl susidariusio sijos sienelėje mažesnio atstumo tarp sijos krašto ir pirmos kiaurymės krašto (W_0 žymuo). Didžiausi įtempimai sijos viduryje mažėja, kai „W“ formos kiaurymės matmenį didiname iki 70 mm, o toliau didžiausi įtempimai tolygiai didėja, kai didiname „W“ formos kiaurymės matmenį.

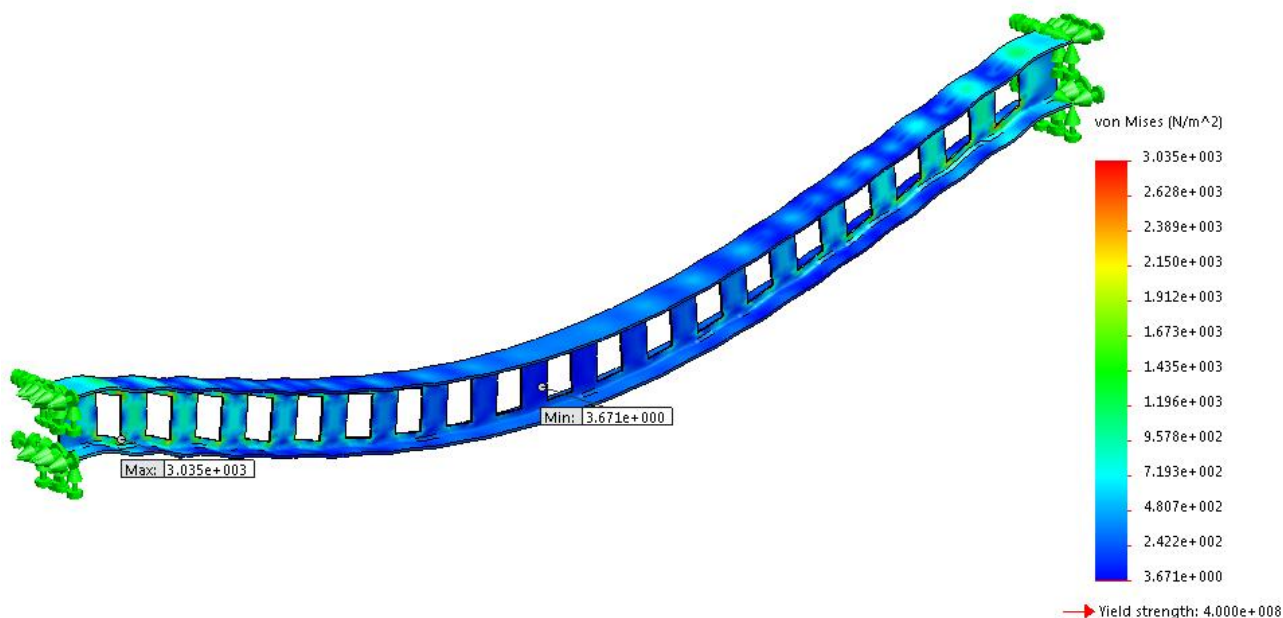
Kai išskirstyta apkrova kintanti ir didžiausia apkrova yra sijos viduryje (4 pav.), didžiausi įtempimai sijos krašte netolygiai mažėja, kai „W“ formos kiaurymės matmenį didiname, ties 130 mm didžiausi įtempimai padidėja dėl sijos sienelėje mažesnio atstumo tarp sijos krašto ir pirmos kiaurymės krašto (W_0 žymuo). Didžiausi įtempimai sijos viduryje mažėja, kai „W“ formos kiaurymės matmenį didiname iki 50 mm. Toliau didžiausi įtempimai tolygiai didėja, kai didiname „W“ formos kiaurymės matmenį.

Diagramose 21 ir 22 pav. matyti, kad dvitėjo profilio sijos su šešiakampio formos kiaurymėmis įtempimai yra mažesni už vientisą dvitėjo profilio siją be kiaurymių. Rekomenduotina naudoti siją, kai „W“ formos kiaurymės matmens dydis yra 90 mm, nes kartu įvertinus didžiausius įtempimus sijos viduryje ir kraštuose, gauname, kad didžiausi įtempimai yra 1,58 karto mažesni už vientisą dvitėjinio profilio siją be kiaurymių.

Naudoti šios formos profilį, kai „W“ formos kiaurymės matmens dydis yra 90 mm yra rekomenduojama, o esant mažesniai arba didesniai „W“ formos kiaurymės matmeniui dydžiui yra nerekomenduojama, nes įtempimai sijoje didėja.

3.4. Valcuoto plieno dvitėjinio profilio sija su stačiakampio formos kiaurymėmis

Tiriant dvitėjinio profilio siją su stačiakampio formos kiauryme, keičiasi tik dvi „D“ ir „W“ formos kiaurymės matmenys. Tyrime naudosime analogiškai tuos pačius ankstesniame poskyrio tyrime naudojamus duomenis (dvitėjinio profilio sija su šešiakampio formos kiauryme).



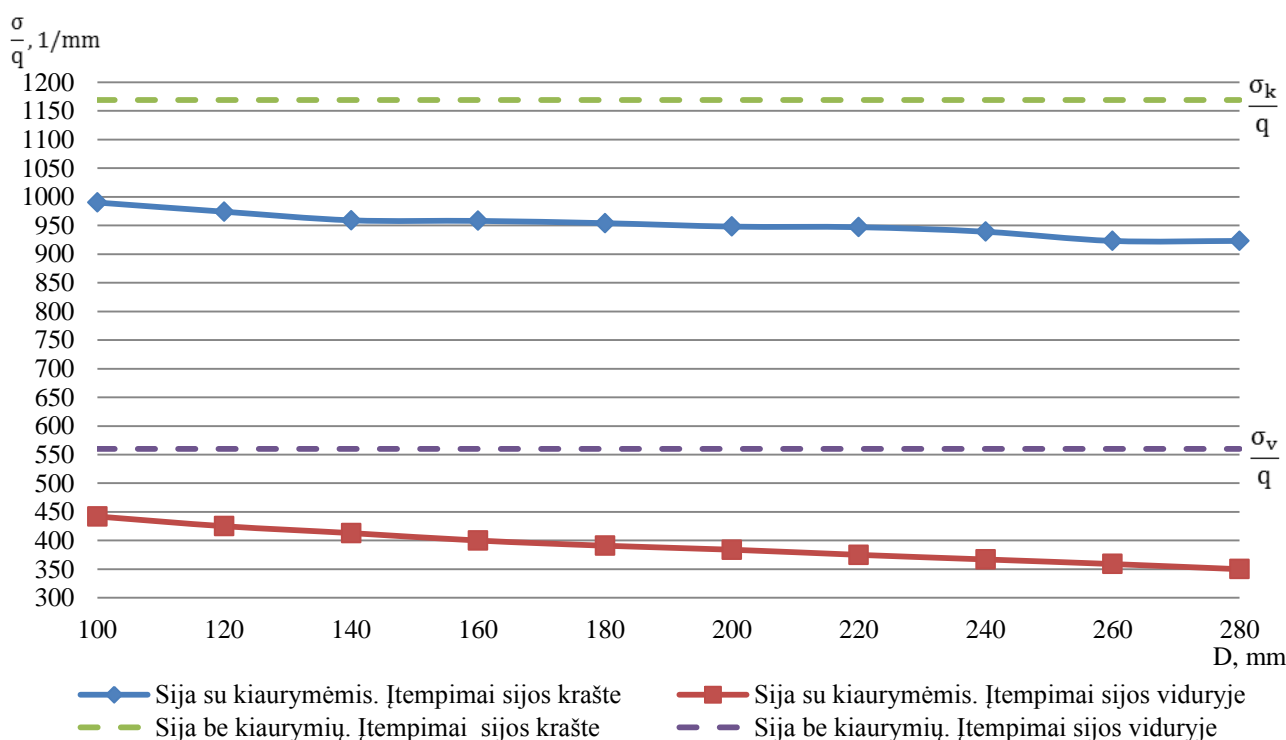
23 pav. Įtempimų intensyvumo pasiskirstymas valcuoto plieno dvitėjinio profilio sijoje su stačiakampio formos kiaurymėmis

Valcuoto plieno dvitėjinio profilio sijos su stačiakampio formos kiaurymėmis tyrimo rezultatas, kai keičiasi „D“ dydis

Nr.	W	D	H	K	W _o	Kiaurymės ilgis	Kiaurymės plotas	Pjovimo ilgis	Suvirinimo ilgis
	mm	mm	mm	vnt	mm	mm	mm ²	m	m
1.	50	100	250	59	75	300	5000	12,00	3,30
2.		120	260	59	75	340	6000	13,20	3,34
3.		140	270	59	75	380	7000	14,40	3,38
4.		160	280	59	75	420	8000	15,60	3,42
5.		180	290	59	75	460	9000	16,80	3,46
6.		200	300	59	75	500	10000	18,00	3,50
7.		220	310	59	75	540	11000	19,20	3,54
8.		240	320	59	75	580	12000	20,40	3,58
9.		260	330	59	75	620	13000	21,60	3,62
10.		280	340	59	75	660	14000	22,80	3,66

Tyrimo rezultatas, kai sijai išskirstyta apkrova yra pastovi (22 lentelės tęsinys)

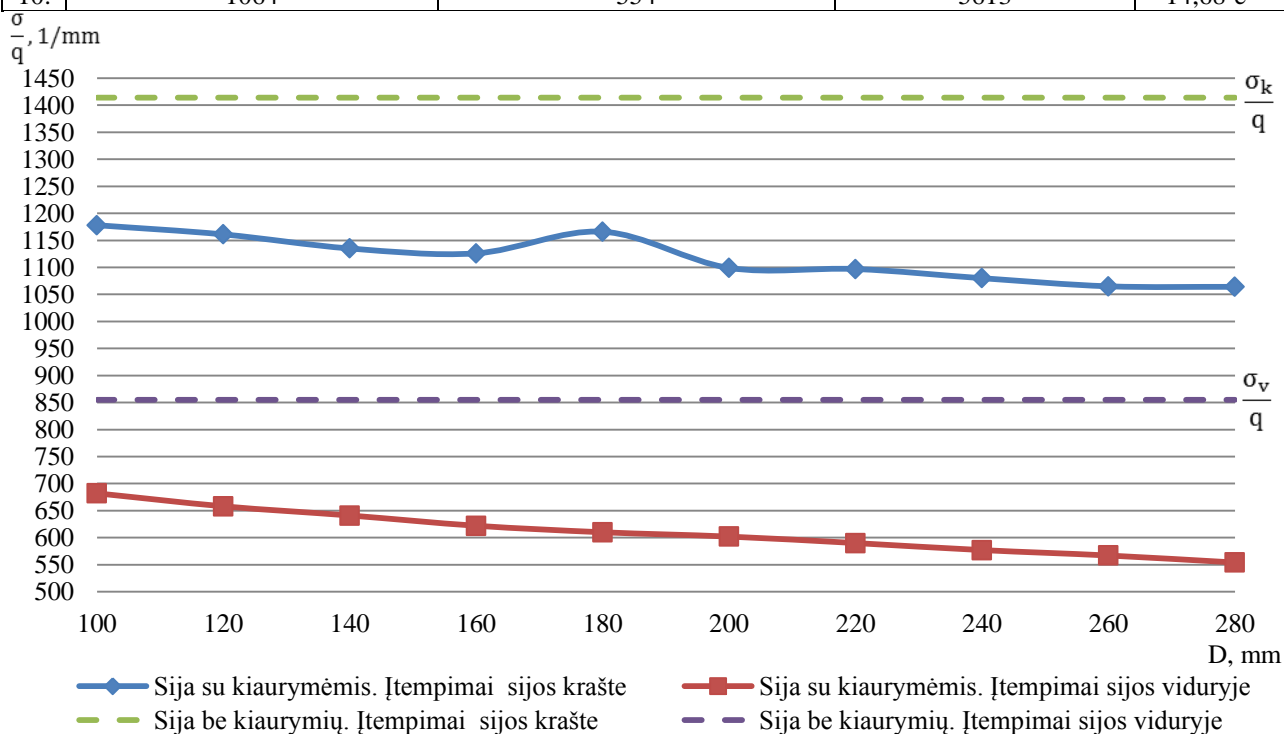
Nr.	Didžiausi įtempimai sijos krašte	Didžiausi įtempimai sijos viduryje	Sijos didžiausi įtempimai	Sijos ilkinis
	1/mm	1/mm	1/mm	mm
1.	990	442	1969	$5,23 \cdot 10^{-5}$
2.	974	425	2186	$5,43 \cdot 10^{-5}$
3.	959	413	2645	$5,79 \cdot 10^{-5}$
4.	958	400	2872	$6,21 \cdot 10^{-5}$
5.	954	391	3303	$6,83 \cdot 10^{-5}$
6.	948	384	3579	$7,46 \cdot 10^{-5}$
7.	947	375	4070	$8,17 \cdot 10^{-5}$
8.	939	367	4481	$8,91 \cdot 10^{-5}$
9.	923	359	4732	$9,76 \cdot 10^{-5}$
10.	923	350	5083	$10,76 \cdot 10^{-5}$



24 pav. Stiprumo pokytis nuo kiaurymės „D“ dydžio. Dvitėjinio profilio sijos su stačiakampio formos kiaurymėmis didžiausi įtempimai, kai sijai apkrova paskirstyta tolygiai

Tyrimo rezultatas, kai išskirstyta apkrova kintanti ir didžiausia apkrova yra sijos viduryje (22 lentelės tęsinys)

Nr.	Didžiausi įtempimai sijos krašte	Didžiausi įtempimai sijos viduryje	Sijos didžiausi įtempimai	Sijos įlankis
	1/mm	1/mm	1/mm	mm
1.	1178	682	2251	$7,24 \cdot e^{-5}$
2.	1161	658	2500	$7,51 \cdot e^{-5}$
3.	1135	641	3026	$7,99 \cdot e^{-5}$
4.	1126	622	3218	$8,56 \cdot e^{-5}$
5.	1166	610	3822	$9,39 \cdot e^{-5}$
6.	1099	602	4041	$7,46 \cdot e^{-5}$
7.	1097	590	4545	$11,20 \cdot e^{-5}$
8.	1080	577	5035	$12,19 \cdot e^{-5}$
9.	1065	567	5258	$13,34 \cdot e^{-5}$
10.	1064	554	5613	$14,68 \cdot e^{-5}$



25 pav. Stiprumo pokytis nuo kiaurymės „D“ dydžio. Dvitėjinio profilio sijos su stačiakampio formos kiaurymėmis didžiausi įtempimai, kai sijai didžiausia apkrova paskirstyta viduryje

Tyrimo „W“ formos kiaurymės matmuo 50 mm bus pastovus, o kiti „D“ formos kiaurymės matmenys buvo keičiami nuo 100 mm iki 280 mm.

Dvitėjinio profilio sijai su stačiakampio formos kiaurymėmis, kai išskirstyta apkrova yra pastovi (3 pav.) ir kai išskirstyta apkrova kintanti ir didžiausia apkrova yra sijos viduryje (4 pav.) didžiausi įtempimai sijos krašte ir viduryje tolygiai mažėja, kai „D“ formos kiaurymės matmenį didiname (žr. 24 ir 25 pav.).

Diagramose 24 ir 25 pav. matyti, kad dvitėjo profilio sijos su stačiakampio formos kiaurymėmis įtempimai yra mažesni už vientisą dvitėjo profilio siją be kiaurymių. Rekomenduojama naudoti siją, kai „D“ formos kiaurymės matmuo yra 280 mm, nes kartu įvertinus didžiausius įtempimus sijos viduryje ir kraštuose, gauname, kad didžiausi įtempimai esant tolygiai

paskirstytai apkrovai yra 1,43 karto mažesni, o esant didžiausiai paskirstytai apkrovai viduryje yra 1,44 karto mažesni už vientisą dvitėjinio profilio siją be kiaurymių.

Naudoti šios formos profilį, kai suformuotos „D“ formos kiaurymės matmens dydis 280 mm yra rekomenduojama, o esant mažesniai „D“ formos kiaurymės matmeniui yra nerekomenduojama, nes įtempimai sijoje didėja. Taip pat esant „D“ formos kiaurymės matmeniui 280 mm, sijos aukštis padidėja iki 340 mm, net 1,7 karto.

25 lentelė

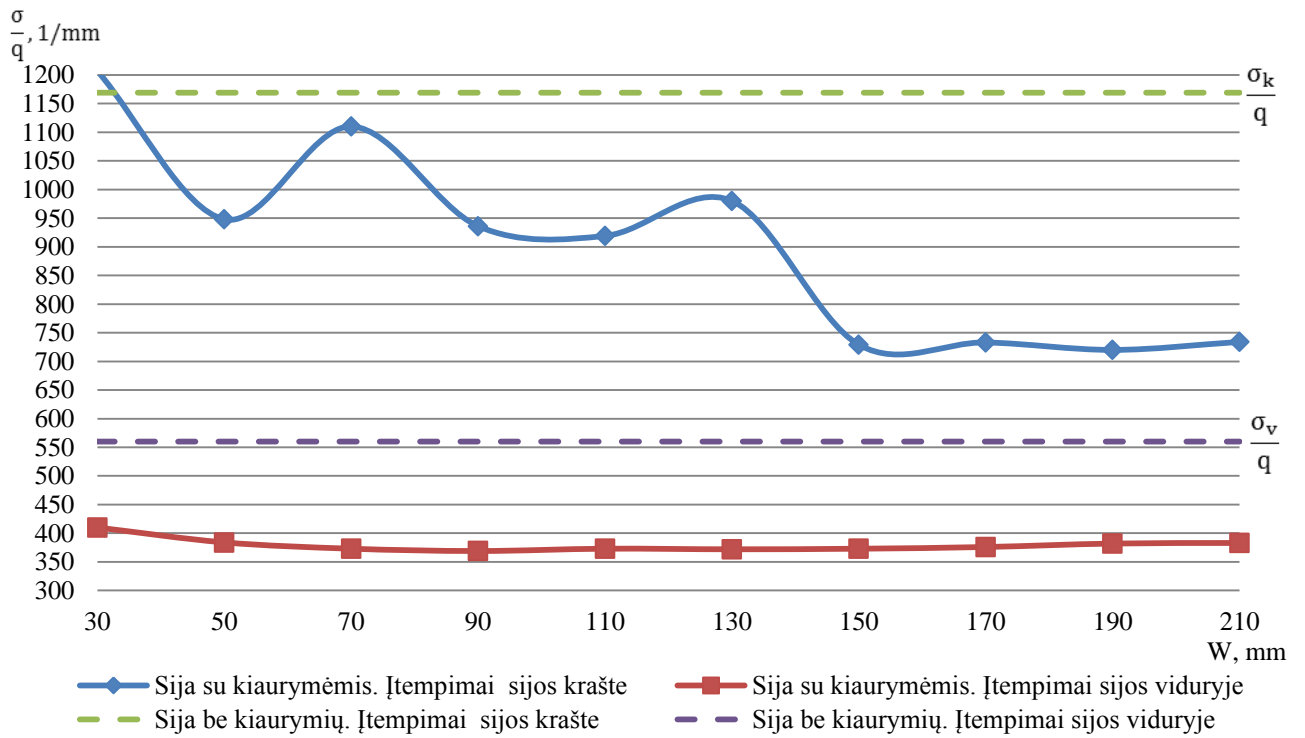
Valcuoto plieno dvitėjinio profilio sijos su stačiakampio formos kiaurymėmis tyrimo rezultatas, kai keičiasi „W“ dydis

Nr.	W	D	H	K	W _o	Kiaurymės ilgis	Kiaurymės plotas	Pjovimo ilgis	Suvirinimo ilgis
	mm								
1.	30	200	300	99	45	460	6000	26,00	3,46
2.	50			59	75	500	10000	18,00	3,50
3.	70			43	25	540	14000	14,65	2,99
4.	90			33	75	580	18000	12,62	3,03
5.	110			27	85	620	22000	11,43	3,03
6.	130			23	75	660	26000	10,66	3,01
7.	150			19	225	700	30000	10,00	3,70
8.	170			17	195	740	34000	9,60	3,56
9.	190			15	245	780	38000	9,20	3,66
10.	210			13	375	820	42000	8,80	4,00

26 lentelė

Tyrimo rezultatas, kai sijai išskirstyta apkrova yra pastovi (25 lentelės tęsinys)

Nr.	Didžiausi įtempimai sijos krašte	Didžiausi įtempimai sijos viduryje	Sijos didžiausi įtempimai	Sijos įlinkis
	1/mm	1/mm	1/mm	mm
1.	1207	410	5575	13,29·e ⁻⁵
2.	948	384	3579	7,46·e ⁻⁵
3.	1110	373	2897	5,90·e ⁻⁵
4.	936	369	2505	5,27·e ⁻⁵
5.	919	373	2456	5,06·e ⁻⁵
6.	980	372	2764	5,10·e ⁻⁵
7.	729	373	3035	5,02·e ⁻⁵
8.	733	376	3396	5,31·e ⁻⁵
9.	720	382	3713	5,47·e ⁻⁵
10.	734	383	3687	5,48·e ⁻⁵

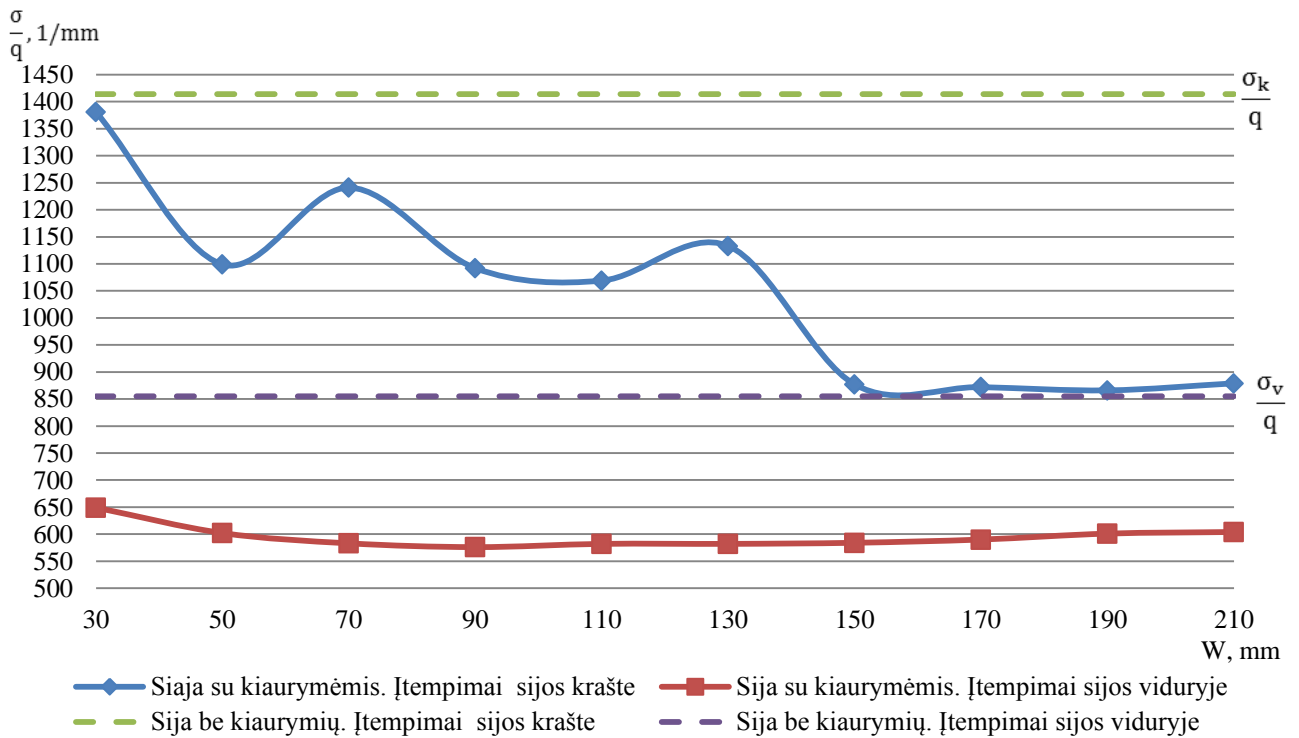


26 pav. Stiprumo pokytis nuo kiaurymės „W“ dydžio. Dvitėjinio profilio sijos su stačiakampio formos kiaurymėmis didžiausi įtempimai, kai sijai apkrova paskirstyta tolygiai

27 lentelė

Tyrimo rezultatas, kai išskirstyta apkrova kintanti ir didžiausia apkrova yra sijos viduryje (25 lentelės tęsinys)

Nr.	Didžiausi įtempimai sijos krašte	Didžiausi įtempimai sijos viduryje	Sijos didžiausi įtempimai	Sijos įlinkis
	1/mm	1/mm	1/mm	mm
1.	1381	649	6526	$18,19 \cdot e^{-5}$
2.	1099	602	4041	$10,24 \cdot e^{-5}$
3.	1241	583	3261	$8,08 \cdot e^{-5}$
4.	1092	576	2752	$7,24 \cdot e^{-5}$
5.	1069	582	2749	$6,95 \cdot e^{-5}$
6.	1133	582	2978	$6,99 \cdot e^{-5}$
7.	877	584	3406	$6,94 \cdot e^{-5}$
8.	872	590	3780	$7,31 \cdot e^{-5}$
9.	866	601	4248	$7,56 \cdot e^{-5}$
10.	879	604	4346	$7,65 \cdot e^{-5}$



27 pav. Stiprumo pokytis nuo kiaurymės „W“ dydžio. Dvitėjinio profilio sijos su stačiakampio formos kiaurymėmis didžiausi įtempimai, kai sijai didžiausia apkrova paskirstyta viduryje

Tyrimė „D“ formos kiaurymės matmuo 200 mm bus pastovus, o kiti „W“ formos kiaurymės matmenys buvo keičiami nuo 30 mm iki 210 mm.

Dvitėjinio profilio sijai su stačiakampio formos kiaurymėmis, kai išskirstyta apkrova yra pastovi (3 pav.) ir kai išskirstyta apkrova kintanti ir didžiausia apkrova yra sijos viduryje (4 pav.) didžiausi įtempimai sijos krašte netolygiai mažėja, kai „W“ formos kiaurymės matmens dydį didiname, ties 70 ir 130 mm didžiausi įtempimai padidėja dėl susidariusio sijos sienelėje mažesnio atstumo tarp sijos krašto ir pirmos kiaurymės krašto (W_0 žymuo). Didžiausi įtempimai sijos viduryje tolygiai mažėja, kai „W“ formos kiaurymės matmenį didiname iki 90 mm, o toliau didžiausi įtempimai tolygiai didėja, kai didiname „W“ formos kiaurymės matmenį.

Diagramose 24 ir 25 pav. matyti, kad dvitėjo profilio sijos su stačiakampio formos kiaurymėmis įtempimai yra mažesni už vientisą dvitėjo profilio siją be kiaurymių. Rekomenduojama naudoti siją, kai suformuotos kiaurymės formos „W“ formos kiaurymės matmuo yra 150 mm, nes kartu įvertinus didžiausius įtempimus sijos viduryje ir kraštuose, gauname, kad didžiausi įtempimai esant tolygiai paskirstytai apkrovai yra 1,55 karto mažesni, o esant didžiausiai paskirstytai apkrovai viduryje yra 1,54 karto mažesni už vientisą dvitėjinio profilio siją be kiaurymių.

Naudoti šios formos profilį, kai „W“ formos kiaurymės matmuo 150 mm yra rekomenduojama, o esant mažesniai „W“ formos kiaurymės matmeniui yra nerekomenduojama, nes įtempimai sijoje didėja.

4. DVITĖJINIO PROFILIO SIJŲ TYRIMO PALIGINIMAS

4.1. Rekomenduojamų sijų paliginimas

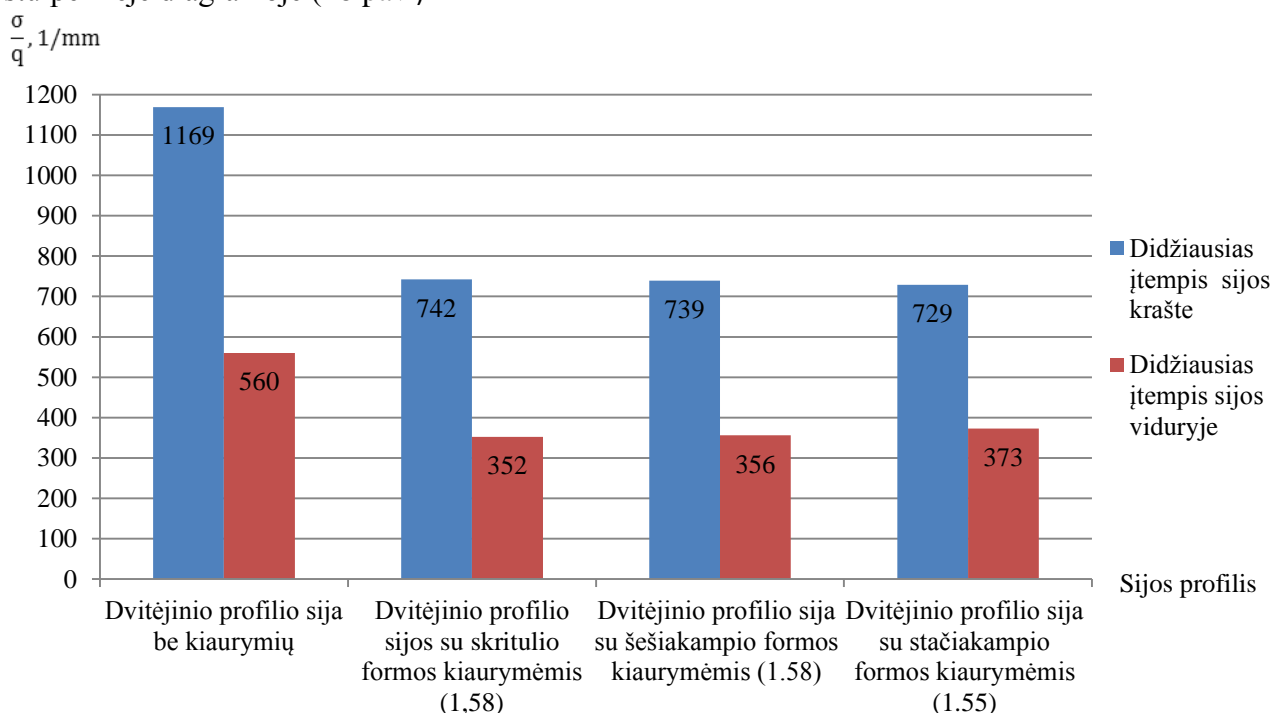
Remiantis 3 skyriaus gautais rezultatais, palyginu gautas rekomenduojamas sijas, kurie turi didžiausią stiprumą.

28 lentelė

Efektyviausi sijos tyrimo rodikliai, kai sijai išskirstyta apkrova yra pastovi

Sija	d	W	D	H	K	W _o	Kiaurymės ilgis	Kiaurymės plotas	Pjovimo ilgis	Sijos įlinkis
Dvitėjinio profilio sija be kiaurymių	-	-	-	200	-	-	-	-	-	6,21·e ⁻⁵
Dvitėjinio profilio sija su skritulio formos kiaurymėmis	-	50	200	300	23	150	628	31416	17.48	5,11·e ⁻⁵
Dvitėjinio profilio sija su šešiakampio formos kiaurymėmis	100	90	200	300	15	195	746	38000	7.33	4,02·e ⁻⁵
Dvitėjinio profilio sija su stačiakampio formos kiaurymėmis	-	150	200	300	19	225	700	30000	10	5,02·e ⁻⁵

Dvitėjinio profilio sijų priklausomybės nuo didžiausios viduryje paskirstytos apkrovos pateikiamos stulpelinėje diagramoje (28 pav.).



28 pav. Dvitėjinio profilio sijos su kiaurymėmis ir be kiaurymių palyginimas pagal efektyviausius tyrimo rodiklius. Apkrova paskirstyta

Iš pateiktos diagramos matyti (žr. 28 pav.), jog dvitėjinio profilio sijos sienelėje suformuotos kiaurymės turi didžiulį poveikį stiprumo padidėjimui. Esant sijai su kiaurymėmis, sijos bendras aukštis padidėja 1,5 karto, lyginant su dvitėjinio profilio sija be kiaurymių.

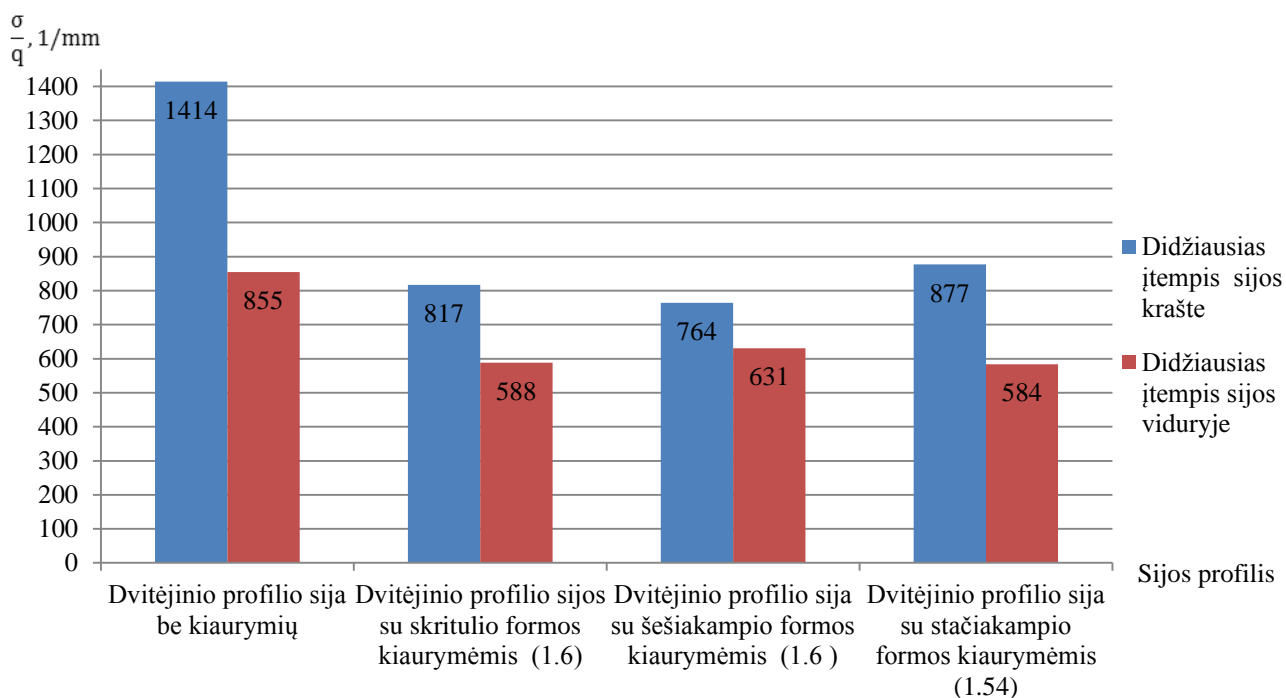
Efektyviausias yra su skritulio ir šešiakampio formos kaiurymėmis, nes 1,58 karto yra didesnis sijos stiprumas, lyginant siją be kiaurimių.

29 lentelė

Efektyviausi sijos tyrimo rodikliai, kai išskirstyta apkrova kintanti ir didžiausia apkrova yra sijos viduryje

Sija	d	W	D	H	K	W _o	Kiaurymės ilgis	Kiaurymės plotas	Pjovimo ilgis	Sijos ilkinis
Dvitėjinio profilio sija be kiaurymių	-	-	-	200	-	-	-	-	-	$8,67 \cdot e^{-5}$
Dvitėjinio profilio sija su skritulio formos kiaurymėmis	-	50	240	320	19	180	754	45239	17,48	$7,39 \cdot e^{-5}$
Dvitėjinio profilio sija su šešiakampio formos kiaurymėmis	100	50	280	340	19	175	788	42000	8,88	$5,43 \cdot e^{-5}$
Dvitėjinio profilio sija su stačiakampio formos kiaurymėmis	-	150	200	300	19	225	700	30000	10	$6,94 \cdot e^{-5}$

Dvitėjinio profilio sijų priklausomybės nuo didžiausios viduryje paskirstytos apkrovos pateikiamos stulpelinėje diagramoje (29 pav.).

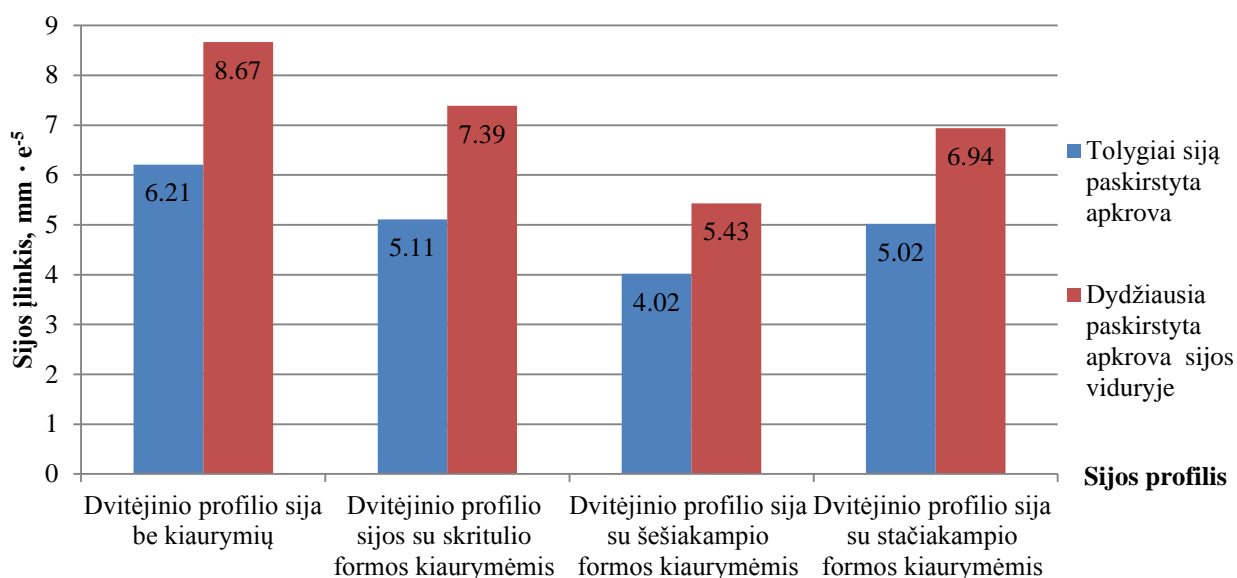


29 pav. Dvitėjinio profilio sijos su kiaurymėmis ir be kiaurymių palyginimas pagal efektyviausius tyrimo rodiklius. Didžiausia apkrova paskirstyta viduryje

Iš pateiktos diagramos matyti (žr. 29 pav.), jog dvitėjinio profilio sijos sienelėje suformuotos kiaurymės turi didžiulį poveikį stiprumo padidėjimui. Esant sijai su šešiakampio formos kiaurymėmis, sijos bendras aukštis padidėja 1,7 karto, lyginant su dvitėjinio profilio sija be kiaurymių.

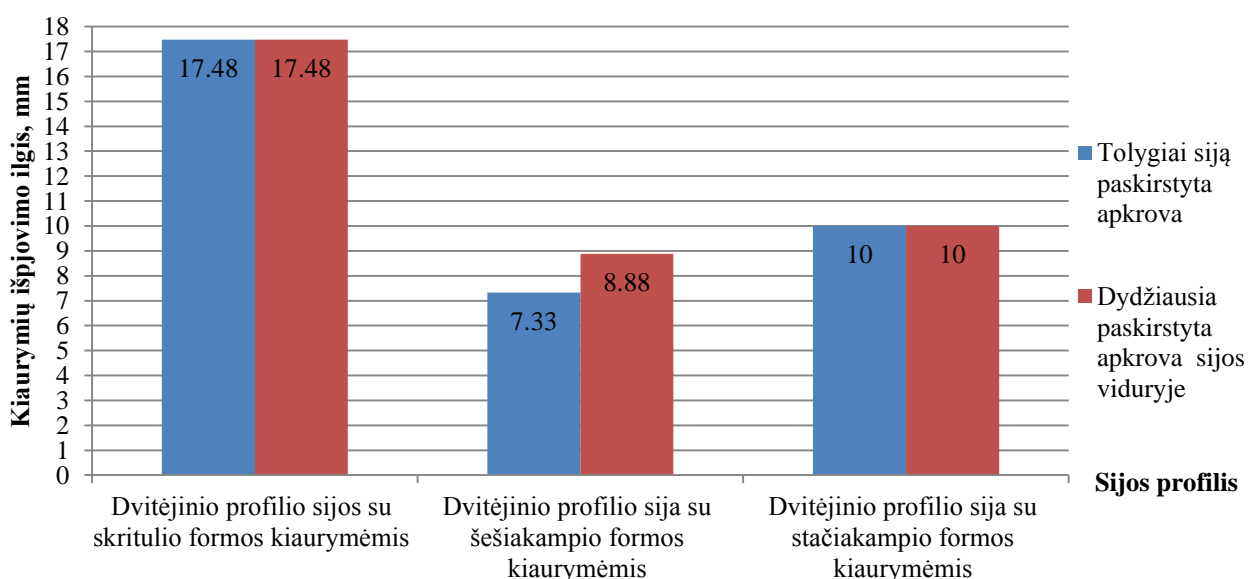
Efektyviausias yra su skritulio ir šešiakampio formos kaiurymėmis, nes 1,6 karto yra yra didesnis sijos stiprumas, lyginant siją be kiaurimių.

Dvitėjinio profilio sijų priklausomybės nuo sijos įlinkio pateikiamos stulpelinėje diagramoje (30 pav.).



30 pav. Dvitėjinio profilio sijos su kiaurymėmis ir be kiaurymių įlinkio palyginimas pagal efektyviausius tyrimo rodiklius.

Dvitėjinio profilio sijų priklausomybės nuo sijos sienelėje išpjaunamos kiaurymės ilgio pateikiamos stulpelinėje diagramoje (31 pav.).



31 pav. Dvitėjinio profilio sijos kiaurymių išplovimo ilgis pagal efektyviausius tyrimo rodiklius.

4.2. Tyrimojo darbo rezultatai

Išnagrinėjus pateiktų kiaurymių konstrukcinius sprendinius, buvo sudarytos skaičiuojamosios schemas ir atlikti dvitėjinio profilio sijos skaičiavimai. Buvo įvertintos sijos savybės, jos įtvirtinimas, veikiančių apkrovų nustatymas, sijos kiaurymių sujungimo situacija ir sijos sienelės suformavimas, sudarant tris skirtingos formos kiaurymes, t. y. skritulio, šešiakampio ir stačiakampio formos.

Pateiktose deformuotos sijos schemose (pav. 8; 9; 12; 23), galime matyti įtempimų intensyvumo pasiskirstymą, valcuoto plieno, dvitėjinio profilio sijoje. Didžiausi sijos įtempimai kyla (raudona spalva pažymėtose zonose) sijos kraštuose, mažesni sijos įtempiai (mėlyna spalva pažymėtose zonose) ties sijos viduriu. Butent sijoms su kiaurymėmis, didžiausi įtempimai yra sijos sienelėje tarp suformuotų jungiamųjų kiaurymių.

Sijose su kiaurymėmis kylantys įtempimai yra mažesni lyginant su įtempimais, kylančiais vientisoje sijoje (dvitėjinio profilio sija be kiaurimių).

Pateiktoje diagramoje 28 pav. ir 29 pav. pavaizduotos visų geriausi analizuotų skerspjūvių (žr. 28 ir 29 lentelę) stiprumo pokyčio priklausomybės nuo kiaurymės. Matome, jog kiaurymės turi didžiulį poveikį stiprumo padidėjimui. Lyginant dvitėjines sijas, kai apkrova paskirstyta tolygiai, esanti sija su kiaurymėmis turi 1,55 – 1,58 karto didesnę stiprumą už dvitėjinio profilio siją su kiaurymėmis. Esant didžiausiai apkrovai viduryje, sija su kiaurymėmis turi 1,54 - 1,6 karto didesnę stiprumą už dvitėjinio profilio siją su kiaurymėmis.

Lyginant dvitėjinės sijas su skirtingomis kiaurymėmis stiprumo rezultatai nedaug skiriasi, įtempimai sijoje panašiai vienodai pasiskirstę.

- Skritulio formos kiaurymė:

keičiame tik „D“ formos kiaurymės skersmenį, nes tik nuo skritulio diametro kartu kinta kiti dydžiai – atstumas tarp kiaurymių „W“ bei sijos aukštis „H“. Pilnai padidinus kiaurymės diametrą „D“ 280 mm, sijos aukštį gauname „H“ 340 mm, o atstumas tarp kiaurymių „W“ 70 mm. Tačiau esant didžiausiam bei mažiausiam kiaurymės diametrai, sijai įtempiai padidėja, efektyvumas sijos sumažėja.

- Korio formos kiaurymė:

esant šešiakampio formos kiauryme, keičiame atskirai kiauryme tris „D; d; W“ formos kiaurymės matmenis.

Nagrinėdamas skritulio formos kiaurymes, nustačiau, kad dvitėjinio profilio sijai rekomenduojama naudoti 200 mm skersmens skritulio formos kiaurymes. Toliau analizuodamas

šešiakampio formos kiaurymės, laikiau tuos pačius nustatytus skritulio formos kiaurymės duomenis, o nustatytas tiriamasis sijos dydis bus: sijos aukštis su kiaurymėmis „H“ 300 mm, tarpas tarp kiaurymių „W“ 50 mm, kiaurymės „D“ dydis / aukštis 200 mm. Sijos ir kiaurymės aukštis pastovus, keičiu tik šešiakampio formos kiaurymės pasvirimo kampą „d“ nuo 20 mm iki 200 mm. Galime teigti, kad esant didesniam pasvirimo kampui, sijos įtempiai mažėja.

Nagrinėdas kiaurymės kitus nustatytus dydžius „D“ ir „W“, nustačiau, kad kituose skaičiavimuose naudosisiu du racionaliausius kiaurymės pasvirimo kampo „d“ dydžius 60 mm ir 100 mm.

Keisdamas kiaurymės diametro „D“ dydį nuo 100 mm iki 280 mm, keitėsi sijos aukštis „H“ nuo 250 mm iki 340 mm. Nustačiau, kad didėjant kiaurymės diametrai „D“, sijos įtempiai mažėja. Atskirai taikydamas du kiaurymės pasvirimo kampus „d“, nustačiau, kad 100 mm pasvirimo kampas „d“ yra nežymiai efektyvesnis už 60 mm.

Atskirai keičiant kiaurymių dydžius, nustačiau, kad nežymiai skiriasi sijai įtempimai. Dėl sijos įlinkio labiausiai pasireiškė tarp kiaurymių atstumo „W“ didinimas, kuo didesnis atstumas, tuo didesnis sijos įlinkis.

- Stačiakampio formos kiaurymė:

keičiame atskirai kiaurymei du „D; ir W“ formos kiaurymės matmenis. Toliau analizuodamas stačiakampio formos kiaurymės, taikiau tuos pačius nustatytus skritulio formos kiaurymės duomenis, o kaip pagrindinis tiriamasis sijos dydis bus: sijos aukštis su kiaurymėmis „H“ 300 mm, tarpas tarp kiaurymių „W“ 50 mm, kiaurymės „D“ dydis / aukštis 200 mm.

Nustačiau, kad didėjant sijos pasirinktam kiaurymės dydžiui, sijos įtempimai mažėja.

Veikiant išskirstytai apkrovai, kai didžiausia apkrova yra sijos viduryje gauta, kad sijos įtempimai padidėja, lyginant siją, kai apkrova paskirstyta tolygiai. Sijos krašte nežymiai padidėja įtempimai, o sijos viduryje daugiau padidėja įtempiai.

Palyginus rezultatus galime teigti, kad didinant kiaurymės formos dydžius, įtempimai sijoje nežymiai mažėja, jungiamosios kiaurymės dalyje įtempimai didėja, įlinkis didėja.

Kartu įvertinus sijos stiprumą bei kitas savybes (įlinkį, kiaurymių skaičių ir pjovimo ilgį), tai pranašesnė naudoti dvitėjinio profilio siją su korio formos kiauryme.

IŠVADOS

Valcuoto plieno, dvitėjinio profilio 200 x 200 sijos sienelėje suformuojamos viena iš tijų skirtingų, taisyklingos formos kiaurymės, t. y. skritulio, šešiakampio ir stačiakampio formos. Nuo pasirinktos kiaurymės formos aukščio nuo 100 mm iki 280 mm, sijos aukštis kinta nuo 250 mm iki 340 mm.

Nustatyta, kad dvitėjinio profilio sijai suformuotos kiaurymės padidina stiprumą lyginant su dvitėjinio profilio sija be kiaurymių. Įvertinus visų kiaurymių tyrimo rezultatus, geresnėmis stiprumo charakteristikomis pasižymi, kai kiaurymės aukštis yra nuo 200 iki 240 mm. Kai apkrova yra pastovi, sijos stiprumas sijos krašte 1,2 karto, viduryje 1,6 karto yra didesnis, lyginant su kintančia išskirstyta apkrova (didžiausia apkrova yra sijos viduryje).

Atlikto tyrimo duomenys parodė, kad rekomenduojamos dvitėjinio profilio sijos su skritulio ir šešiakampio formos kiaurymėmis lyginant su dvitėjinio profilio sija be kiaurymių turi didžiausią poveikį stiprumo padidėjimui. Lyginant šias dvi sijas su kiaurymėmis, kai sijai išskirstyta apkrova yra pastovi, rekomenduojamas kiaurymės aukštis yra 200 mm, tada sijos aukštis padidėja 1,5 karto, o sijos stiprumas padidėja 1,58 karto. Kai išskirstyta apkrova kintanti (didžiausia apkrova yra sijos viduryje), rekomenduojamas skritulio formos kiaurymės aukštis yra 240 mm, tada sijos aukštis padidėja 1,3 karto, o sijos stiprumas padidėja 1,6 karto, kai šešiakampio formos kiaurymės aukštis yra 280 mm, tada sijos aukštis padidėja 1,2 karto, o sijos stiprumas padidėja 1,6 karto.

INFORMACIJOS ŠALTINIAI

1. (El – Sheikh, A. I. and El – Bakry, H. 1995. Competitiveness of Space Trusses with Continuous Chord Members. International Journal of Structures);
2. Ramukevičius D. „Statybos pagrindai“ mokomoji knyga. Kaunas, Ardiva, 2008. 27 p.;
3. J.Paulauskas, „METALINĖS KONSTRUKCIJOS“, 1977. Vilnius);
4. Raimondas Šniuolis „Medžiagų inžinerija“ mokomoji knyga. Vilnius, 2014. UDK 620.1(075.8) Šn-13. 57 p.;
5. Evidence base report „Design detailing for materials resource efficiency“ , 2010. 18 psl.;
6. B. Dervinis, A. K. Kvedaras (2008) *Investigation of rational depth of castellated steel I-beams*, Journal of Civil Engineering and Management, 14:3, 163-168;
7. ŠUKEVIČIUS Šarūnas, „Kompiuterizuotas projektavimas ir modeliavimas“ praktinių darbų metodikos nurodymai, Vilnius „Technika“ 2012, 34-48 psl.;
8. Prieiga per internetą 2015.10.12:
<http://structural-steel-design.blogspot.lt/2013/01/castellated-beams.html>;
9. G. Armonavičius, D. Vaičiulis. „Welded steel beams test of strength“. Proceedings of 9th International Conference ITELMS‘2015;
10. Cižas, A. 1993. *Medžiagų atsparumas. Konstrukcijų elementų mechanika* [Mechanics of materials. Mechanics of structural elements]. Vilnius: Technika. 71-105 psl.;
11. Dimitrij Podolski, baigiamasis magistro darbas, „Metalinių konstrukcijų atsparumo ugniai savybių pagerinimas naudojant pasyvias bei aktyvias termoizoliacines medžiagas“, Vilnius, 2010, 17 psl.
12. Metalinės sijos, santvaros, arkos ir rėmai. Prieiga per internetą 2015.10.12:
<http://gid.lt/statyba/metalines-sijos-santvaros-arkos-ir-remai>;
13. STR 2.05.08:2005 „Plieninių konstrukcijų projektavimas. Pagrindinės nuostatos“. Prieiga per internetą 2015.09.02:
<http://www3.lrs.lt/pls/inter3/oldsearch.preps2?Condition1=250900&Condition2=>;
14. Castellated Beam. Prieiga per internetą 2015.09.03:
<http://www.gunungsteel.com/templates/simplate/file/PDFGG>.