



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS**

Tomas Lukošius

**ILGŲ PROFILIŲ APDIRBIMO PROCESO ANALIZĖ IR
TOBULINIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas
Doc. dr. Kazimieras Juzėnas

KAUNAS, 2018

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS**

**ILGŲ PROFILIŲ APDIRBIMO PROCESO ANALIZĖ IR
TOBULINIMAS**

Baigiamasis magistro projektas
Gamybos inžinerija (621H70004)

Vadovas

(parašas) Doc. dr. Kazimieras Juzėnas
(data)

Recenzentas

(parašas) Doc. dr. Sigitas Kilikevičius
(data)

Projektą atliko

(parašas) Tomas Lukošius
(data)

KAUNAS, 2018

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

Tvirtinu:
Gamybos inžinerijos
katedros vedėjas

(parašas, data)

Kazimieras Juzėnas

(vardas, pavardė)

MAGISTRANTŪROS STUDIJŲ BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS
Studijų programa GAMYBOS INŽINERIJA

Magistrantūros studijų, kurias baigus įgyjamas magistro kvalifikacinis laipsnis, baigiamasis projektas yra mokslinio tiriamojo ar taikomojo pobūdžio darbas, kuriam atlikti ir apginti skiriama 30 kreditų. Šiuo darbu studentas turi parodyti, kad yra pagilinęs ir papildęs pagrindinėse studijose įgytas žinias, yra įgijęs pakankamai gebėjimų formuluoti ir spręsti aktualią problemą, turėdamas ribotą ir (arba) prieštaringą informaciją, savarankiškai atlikti mokslinius ar taikomuosius tyrimus ir tinkamai interpretuoti duomenis. Baigiamuoju projektu bei jo gynimu studentas turi parodyti savo kūrybingumą, gebėjimą taikyti fundamentines mokslo žinias, socialinės bei komercinės aplinkos, teisės aktų ir finansinių galimybių išmanymą, informacijos šaltinių paieškos ir kvalifikuotos jų analizės įgūdžius, skaičiuojamųjų metodų ir specializuotos programinės įrangos bei bendrosios paskirties informacinių technologijų naudojimo įgūdžius, taisyklingos kalbos vartosenos įgūdžius, gebėjimą tinkamai formuluoti išvadas.

1. Projekto tema Ilgų profilių apdirbimo proceso analizė ir tobulinimas

Patvirtinta 2017 m. gruodžio 11 d. dekanų įsakymu Nr. V25-11-12

2. Projekto tikslas Išanalizuoti langinių produkto gamybos technologiją ir pateikti patobulimus šiam procesui.

3. Projekto struktūra Įvadas, Įmonės ir tiriamo gaminio pristatymas, Gamybos proceso analizė, Naujos įrangos kūrimas, Įtaiso įtaka apdirbimo proceso našumui, Įtaiso įtaka darbo saugai, Išvados, Literatūros sąrašas, Priedai.

4. Reikalavimai ir sąlygos Išanalizuoti esamą gamybos procesą, sukurti patobulimus ir ištirti kaip jie paveiks gamybos procesą.

5. Projekto pateikimo terminas 2017 m. ____ gruodžio ____ mėn. 21 d.

6. Ši užduotis yra neatskiriama baigiamojo projekto dalis

Studentas

Tomas Lukošius

(studento vardas, pavardė)

(parašas, data)

Vadovas

Doc. dr. Kazimieras Juzėnas

(pareigos, vardas, pavardė)

(parašas, data)



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

(Fakultetas)

Tomas Lukošius

(Studento vardas, pavardė)

Gamybos inžinerija (621H70004)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Ilgų profilių apdirbimo proceso analizė ir tobulinimas“

AKADEMINIO SAŽINGUMO DEKLARACIJA

2017 m. gruodžio mėn. 21 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Tomo Lukošiaus**, baigiamasis projektas tema „Ilgų profilių apdirbimo proceso analizė ir tobulinimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir 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)

Tomas Lukošius. Ilgų profilių apdirbimo proceso analizė ir tobulinimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovas Doc. dr. Kazimieras Juzėnas; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: gamybos inžinerija, technologijos mokslai.

Reikšminiai žodžiai: *technologinis procesas, įtaisas, bazavimas, ilgas profilis, mechaninis apdirbimas.*

Kaunas, 2018. 55 p.

SANTRAUKA

Pirmoje darbo dalyje trumpai pristatoma įmonė UAB „Fischer International“, kurioje atliekamas tyrimas. Aprašomi įmonės gaminami produktai, kurie yra šio darbo tyrimo objektas.

Antrame skyriuje atliekama tiriamo produkto analizė, apžvelgiamas esamas gamybos procesas, nustatoma, kurie langinių komponentai turi didžiausią darbo imlumą, nustatomos pagrindinės priežastys, lemiančios produkto defektus. Atliekama patobulinimų paieška šio produkto gamybos procesui.

Trečiame skyriuje atliekama nustatyto reikalingo patobulinimo analogų paieška. Atliekamas naujos įrangos projektavimas bei patikrinamas apdirbamų ruošinių įtvirtinimo tinkamumas, panaudojant skaitinius metodus. Įvertinama sukurta įrangos konstrukcija ir naudojimo tinkamumas. Apskaičiuojamas ir palyginamas technologinio proceso darbo našumo padidėjimas naudojant siūlomą įtaisą. Suskaičiuojama suprojektuoto įtaiso savikaina ir jo atsipirkimo laikas.

Paskutiniame skyriuje aprašoma ir vertinama darbo sauga ir darbo organizavimas aplink stakles, naujo įtaiso naudojimo metu.

Tomas Lukošius. *Analysis and improvement of long profiles manufacturing process*: Master's Final Project / supervisor Doc. dr. Kazimieras Juzėnas. The Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology.

Research area and field: Production Engineering, Technological sciences.

Key words: technological process, device, set up, long profile, mechanical processing.

Kaunas, 2018. 55 p.

SUMMARY

The first part of the work briefly presents the company Fischer International, which is conducting the study. The company's products, which are the subject of this research work, are described.

In the second chapter, an analysis of the product under study is carried out, an overview of the existing production process is conducted, the determination is done of which components of the analyzed shutter product has the greatest work capacity, and the main reasons for the defects of the product are carried out. Searches for improvements to this product's manufacturing process are done.

In the third section, the search for the required improvement enhancements is performed. The design of new equipment is carried out and the suitability of fixing the workpieces is verified using numerical methods. The design and suitability for use of the developed equipment is assessed. The productivity of the technological process is calculated and compared with the proposed device. The estimated cost of the designed device and its payback time are counted.

The last chapter describes and evaluates the work safety and work organization around the machine during the use of the new device.

Turinys

IVADAS.....	8
1. ĮMONĖS IR TIRIAMO GAMINIO PRISTATYMAS.....	9
1.1 Įmonė ir jos trumpas aprašymas.....	9
1.2 Tiriamo gaminio trumpas aprašymas ir paskirtis.....	9
2. GAMYBOS PROCESO ANALIZĖ.....	12
2.1 Esamo gamybos proceso analizė.....	12
2.2. Gaminio kokybė, gamybos proceso našumas ir kokybės užtikrinimas.....	15
2.3 Galimi patobulinimai esamam gamybos procesui.....	18
2.4 Egzistuojančių įrengimų patobulinimui paieška.....	20
3. NAUJOS TECHNOLOGINĖS ĮRANGOS KŪRIMAS.....	23
3.1 Analogiškos įrangos paieška, reikalavimų įvardinimas ir veikimo principo nustatymas.....	23
3.2 Įtaiso mechanizmo projektavimas.....	26
3.2.1 Projektuojamo įtaiso schema ir veikimo principas.....	26
3.2.2 Kuriamos įrangos pavarų parinkimas.....	27
3.2.3 Ruošinio deformacijos įvertinimas.....	29
3.3 Kiti įtaiso konstrukcijos ypatumai.....	33
3.4 Ruošinių įtaise tvirtinimas.....	35
3.5 Įtaiso darbo našumas.....	36
3.6 Įtaiso įtaka ilgų profilių gamybos savikainai.....	38
4. ĮTAISO ĮTAKA DARBO SAUGAI.....	41
4.1 Darbo sauga staklėse esant įtaisui.....	41
4.2 Darbo zona aplink stakles naudojant įtaisą.....	42
IŠVADOS.....	44
LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	45
PRIEDAI.....	47
1 Priedas. Gaminio „A“ eskizas.....	48
2 Priedas. Gaminio „B“ eskizas.....	50
3 Priedas. Įtaiso bendro vaizdo specifikacija.....	52
4 Priedas. Įtaiso bendras vaizdas.....	54

IVADAS

Temos aktualumas. Šiuolaikinėmis sąlygomis, gamybinėms įmonėms svarbu pastoviai diegti inovacijas, atnaujinti ir tobulinti gamybinius procesus, kurių dėka įmonė gali išlikti konkurencinga, pasiūlyti būsimiems klientams aukštesnės kokybės produktą. Tokiu būdu įmonė gali padidinti užimamą rinkos dalį.

Gamintojas privalo būti lankstus tokiais aspektais kaip kaina, kokybė, gamybos resursų paskirstymas ir t.t., o tai padeda padaryti naujų strategijų ir technologijų diegimas įmonėje [1].

Auganti pažanga gamybos sektoriuose, verčia gamintojus persvarstyti ir pertvarkyti esamas sistemas, kad būtų galima išspręsti globalizacijos ir aplinkosaugos problemas. Padidėjęs klientų suinteresuotumas šiais klausimais, padidina spaudimą gamintojams, nes pagrindinė problema šiuolaikinėje verslo aplinkoje nebėra vien finansinė nauda [2].

Problema. UAB „Fischer International“ įmonėje būtina tobulinti, efektyvinti gamybinius procesus. Šiame darbe bus sprendžiama įmonės gaminamų langinių, komponentų ir panašių detalių gamybos efektyvumo problema, atsirandanti dėl rankinio ruošinių perstūmimo, programinio valdymo frezavimo staklėse.

Darbo objektas. Įmonės UAB „Fischer International“ gamybinis procesas. Ilgų ruošinių (profiliai nuo 1200 mm iki 6000 mm) mechaninio apdirbimo programinio valdymo staklėse procesas.

Darbo tikslas. Išanalizuoti esamą gamybos technologiją ir pasiūlyti galimus patobulinimus ilgų ruošinių apdirbimo procesui.

Darbo uždaviniai:

1. Išanalizuoti esamą ilgų profilių apdirbimo procesą.
2. Sukurti patobulinimus esamam gamybos procesui.
3. Ištirti kaip patobulinimai paveiks gamybos procesą.
4. Apskaičiuoti siūlomo patobulinimo atsiperkamumą

Tyrimo metodai. Gamybos procesų apžvalga ir palyginimas, mokslinės literatūros analizė, skaitinis modeliavimas.

Darbo rezultatai. Išanalizuotas UAB „Fischer International“ gamybinis procesas, suprojektuota nauja įranga esamam procesui patobulinti, apskaičiuotas patobulinimo atsiperkamumas.

1. ĮMONĖS IR TIRIAMO GAMINIO PRISTATYMAS

1.1 Įmonė ir jos trumpas aprašymas

UAB „Fischer International“ – danų kapitalo įmonė, priklausanti „Fischer“ grupei. Įmonė UAB „Fischer International“ gamina produkciją Fischer grupės įmonėms: „Kurage“, „Blendex“, „Kvint/Blendex“, „Fischer Danmark“. Įmonė gamina: įvairių tipų žaliuzes, roletus, fasadinius roletus, langų temdymo sistemas (langines), akustines atitvaras. Čia taip pat užsiimama siuvimu, audinių dažymu, metalų mechaniniu apdirbimu ir surinkimu. Šiuo metu įmonėje Kaune dirba virš 50 įvairių sričių darbuotojų. Struktūrinė Fischer grupės įmonių schema pavaizduota 1.1 pav.



1.1 pav. Fischer grupės įmonių schema [3]

1.2 Tiriamo gaminio trumpas aprašymas ir paskirtis

Langinės skirtos apriboti patenkančios saulės šviesos srauto kiekį į kambarį pro langą, o taip pat suteikti langams iš išorės estetinį vaizdą. Langinės tvirtinamos lango išorėje, tiesiogiai į lango rėmą ar tvirtinant jas ant kreipiančiųjų. Jos gali būti stacionarios arba stumdomos rankiniu būdu ar elektrinės pavaros pagalba. Langinių matmenys nėra standartiniai, todėl jos gaminamos individualiai pagal užsakymą. Sumontuotos langinės vaizdas pateiktas 1.2 paveiksle.



1.2 pav. Sumontuota langinė [4]

Langinė paprastai susirenka iš tokių komponentų: ekstrūzijos būdu pagamintų specialių aliuminių profilių t.y. horizontalūs viršutinis ir apatinis profiliai, vertikalūs (šoniniai) profiliai, kuriuos surinkus sudaroma rėminė konstrukcija bei užpildantieji profiliai. Gali būti naudojami tiek ekstrūduoti aliuminio lydinio, tiek standartiniai profiliai (kampuočiai, juostos, U formos loviai ir kt.) bei stiklas, medis ir kitos medžiagos, kurių pageidauja užsakovas.

Slankiojančių langinių elektrinės pavaros taip pat jungiamos prie įvairių saulės ar temperatūros daviklių bei laikmačių, kad langinės būtų automatizuojamos. Taip pat slankiojančios langinės gali būti stumdomos per mechanines perdavas, rankenos pagalba. Galimi įvairūs sprendimai atidarinėjamiems langams.

Įmonė gamina ir kitą produktą, kurios gamybos technologija yra panaši į prieš tai minėtų produktų. Tai yra fasadinės konstrukcijos, skirtos apriboti šviesos srautui į pastato vidų bei jam suteikti išskirtinį estetinį vaizdą. Šių produktų ir langinių esminis skirtumas yra tas, jog skersiniai profiliai gali sukinėtis apie savo horizontalią ašį. Šių gaminių sumontuotas vaizdas ant pastato fasado pavaizduotas 1.3 pav.

Šie produktai ne tik padeda apriboti šviesos srauto kiekį pastato viduje, bet taip pat jų pagalba yra sumažinamas nuolatinis vidaus klimato kontrolės poreikis ir kartu mažinamas energijos suvartojimas.

Pagal [5] pastatų kondicionavimo ir šildymo sistemos sunaudoja daugiau kaip 30 % visos pasaulyje suvartojamos energijos. Todėl šiuo atžvilgiu tokių produktų naudojimas ženkliai padeda sumažinti suvartojamą energijos kiekį.



1.3 pav. Ant pastato fasado sumontuota temdymo konstrukcija [4]

Anot [6] vienas iš efektyvių būdų sumažinti visuotinį atšilimą yra padidinti pastatų energetinį efektyvumą. Tačiau esant dabartinei pastatų statymo tendencijai, daugumoje atvejų yra naudojamas stiklinis fasadas, kuris leidžia pastatą padaryti vizualiai patrauklesniu. Tokiu atveju toks pastatas sunaudoja didesnę energijos kiekį, reikalingą pastato vėdinimui. Siekiant sumažinti energijos nuostolius pastatuose su stikliniais fasadais, ypatingai svarbu naudoti temdymo konstrukcijas, kurios padidintų statinio energetinį efektyvumą.

Vienas iš analizuojamos įmonės tikslų – kurti produktus, kurie ne tik reguliuoja šviesos srautą patalpoje, bet ir tuo pačiu metu padeda palaikyti pastato vidinės erdvės šiluminius parametrus.

2. GAMYBOS PROCESO ANALIZĖ

2.1 Esamo gamybos proceso analizė

Įmonė specializuojasi langų temdymo sistemose ir dauguma gaminių yra santykinai ilgų gabaritų. Tokiu atveju tai sudaro tam tikrų iššūkių produkto gaminimo procese. Patobulinus ilgų profilinių komponentų gamybos procesą, būtų galima sutrumpinti ir kitų gaminių apdirbimo laikus, kurie sudaro nemažą dalį gamybos laiko.

Šiuo darbu yra siekiama pasiūlyti patobulinimų langinių gamybos procesui paspartinti, todėl privaloma nustatyti, kuris rėmo komponentas reikalauja daugiausia gamybos laiko sąnaudų. Tuo tikslu yra sudaroma visų rėmo komponentų vidutinių laiko sąnaudų suvestinė vieno rėmo gamybai, kuri yra pateikiama 2.1 lentelėje. Sudarant šią lentelę buvo remtasi langinių užsakymo Nr. 8152-BLX komponentų gamybos laikais, rėmo gabaritai yra 600 x 2480 mm (plotis x aukštis).

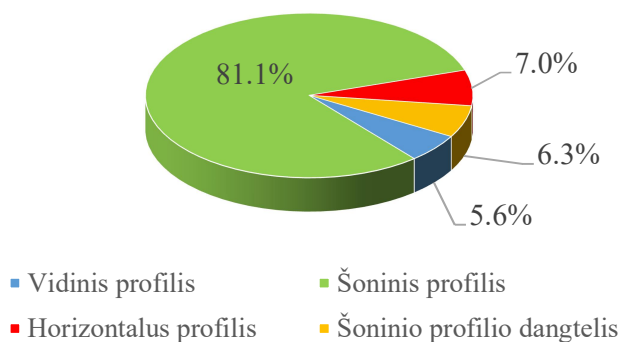
2.1 lentelė. Rėmo komponentų apdirbimo laikų suvestinė

Komponento pavadinimas ir kiekis rėme	Bendras apdirbimo laikas, min	Laiko sąnaudos 1 vnt. apdirbti, min
Vidinis profilis, 30 vnt.	9,9	0,33
Šoninis profilis, 2 vnt.	9,67	4,835
Horizontalus profilis, 2 vnt.	0,83	0,415
Šoninio profilio dangtelis, 2 vnt.	0,75	0,375

Remiantis 2.1 lentelės duomenimis sudaroma skritulinė diagrama, kurioje atvaizduojamas kiekvieno komponento darbo laiko imlumas procentais gaminant rėmą (2.1 pav.). Pagal šią diagramą, šoninių profilių mašininis laikas yra daug didesnis nei kitų komponentų apdirbimo laikas ir jis sudaro 81,1 proc. viso komponentų apdirbimo laiko, todėl sąnaudos šiems komponentams apdirbti yra didžiausios.

Nustačius kas užima didžiausią laiko dalį langinių komponentų gamyboje, galima tirti ir tobulinti aprašytų gaminių šoninių (vertikaliųjų) profilių gamybos procesus apdirbimo centru „Hurco VMX 50“. Šių komponentų gamybos seka yra tokia: profilių pjovimas atitinkamu ilgiu ant atpjovimo staklių, profilių kiaurymių gręžimas, sriegimas, frezavimas programinio valdymo apdirbimo centru, jei reikia atliekamas profilio padengimas reikalaujama danga (miltelinis dažymas,

anodavimas), toliau profiliai surenkami į gaminį. Tipinis šoninio profilio eskizas pavaizduotas 2.2 paveiksle. Toliau detaliau aprašoma kiekviena operacija.

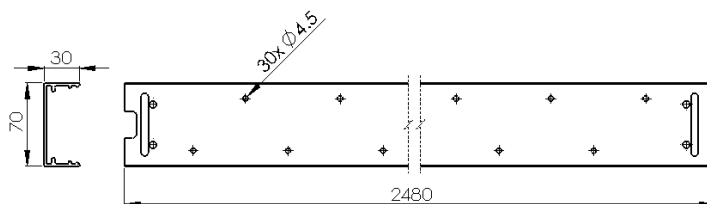


2.1 pav. Langinės komponentų gamybos laiko sąnaudų diagrama

Profilių pjovimas atliekamas atpjovimo staklėmis diskiniu pjūklu. Operatorius atpjauna profilius pagal pateiktus matmenis ir kiekius.

Profilių mechaninis apdirbimas CNC staklėmis užima didžiausią laiko dalį šių profilių apdirbimo procese.

Priklausomai nuo užsakymo sudėtingumo, staklių programavimas gali trukti nuo 5 iki 20 minučių. Be to, jei profilių aukščiai yra skirtingi, reikalingos skirtingos programos profiliams apdirbti. Jei profilio ilgis yra didesnis nei 1200 mm, reikalingas dar vienas papildomas profilio perstatymas staklėse. Jei profilis ilgesnis nei 2400 mm, reikalingi 2 perstatymai ir t. t. Dažniausiai apdirbami profiliai yra nuo 2000 mm iki 3500 mm ilgio, taigi operatorius turi perstatyti profilį staklėse vidutiniškai 2 - 3 kartus. Tai lemia ilgą šios operacijos atlikimo laiką. Profilių apdirbimui naudojamas apdirbimo centras „Hurco VMX 50“, kurio maksimali stalo eiga X ašies kryptimi (profilio ilgio kryptimi) yra 1200 mm. Staklių šonuose yra naudojami reguliuojamo aukščio ritininiai konvejeriai, tačiau jie tik padeda prilaikyti profilį. Apdirbimo centras „Hurco VMX 50“ pavaizduotas 2.3 paveiksle.



2.2 pav. Tipinio šoninio profilio eskizas

Staklių programavimas atliekamas specializuotu „Hurco“ staklių valdikliu „Ultimax“. Programavimas vykdomas pasirenkant jau paruoštus, šabloninius apdirbimo blokus ir juose suvedant atitinkamus duomenis (įrankio numeris, pjovimo režimai, geometriniai parametrai ir jų pozicija apdirbamame ruošinyje). Suvedus reikalaujamus duomenis blokuose, staklių procesorius juos apdoroja ir generuoja G kodus kompiuterio atmintyje.

Tolimesnė operacija yra profilių paviršiaus padengimas, jei jis yra reikalaujamas. Paprastai profiliai dažomi miltelinu būdu ar anoduojami pagal reikalaujamą spalvą. Abi šias paslaugas atlieka įmonės partneriai, kurie specializuojasi šiose srityse.

Po to seka surinkimas, kuris atliekamas rankiniu būdu, naudojant elektrinius įrankius. Kiekvieno gaminio surinkimo komponentai, esantys ant apatinio ir viršutinio profilių, gali šiek tiek skirtis dėl konstrukcinių ir funkcinių reikalavimų, o tai priklauso nuo užsakymo.

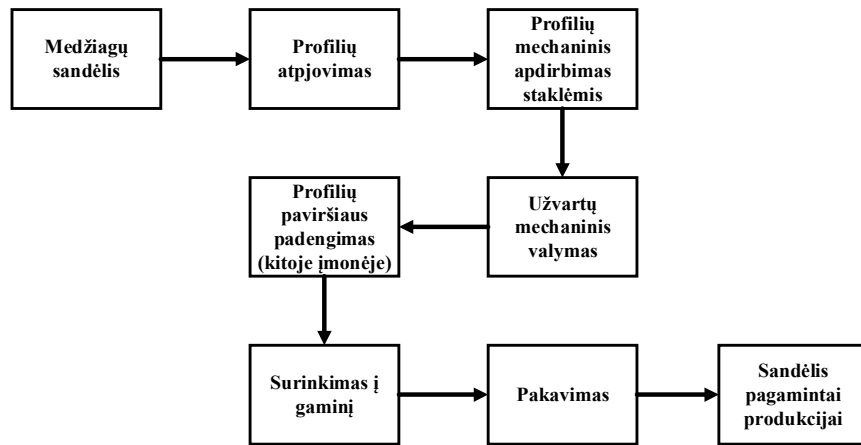
Toliau šiame darbe vietoj šoninių profilių bus naudojamas terminas „ilgas profilis“, kuris reiškia, jog toks profilis negali būti apdirbtas frezavimo staklėse vienu pastatymu, tačiau turi būti perstumiamas ilgyje. Įprastai tokių profilių ilgis yra daugiau nei 1200 mm.

Apibendrinant šoninių profilių gamybos procesą yra sudaroma jų gamybos proceso operacijų sekos schema, kuri pavaizduota 2.4 pav.



2.3 pav. Įmonėje naudojamas apdirbimo centras Hurco VMX 50 [7]

„Bet kokio gamybos proceso efektyvumas priklauso nuo dažnio (medžiagų srautas sistemoje), kaštų (medžiagos, darbo, įrankių, įrangos), laiko (medžiagų tiekimas, mašininis laikas, įrangos nustatymo laikas), kokybės (matmenų tolerancijos, paviršių kokybė). Visi šie veiksniai atsiranda dėl sprendimų, priimtų pasirinkus kokią medžiagą ir procesą naudoti“ [8]. Siekiant padidinti efektyvumą nagrinėjamame procese bus atsižvelgiama į laiko ir kokybės aspektus.



2.4 pav. Šoninių profilių gamybos proceso operacijų sekos schema

2.2. Gaminio kokybė, gamybos proceso našumas ir kokybės užtikrinimas

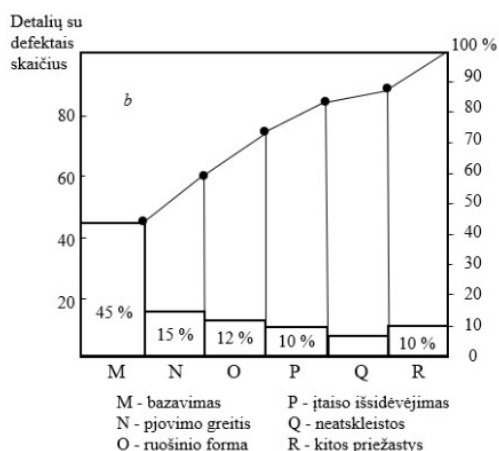
„Gaminio kokybė yra jo parametrų visuma teikianti vartotojui pasitenkinimą. Konkurencinėmis gamybos sąlygomis vartotojas perka tik tokius gaminius, kurių kokybė atitinka tam tikrą lygį. Kita vertus, jei vartotojas nusiperka prastos kokybės gaminį, tai jo nepasitenkinimas sumažins tų gaminių paklausą ateityje.“ [8].

„Gamybos procesuose neįmanoma išvengti įvairių paklaidų ir pašalinių veiksnių poveikio, ir dėl to gaminio charakteristikos gali neatitikti reikalavimų“ [8]. Todėl tobulinant gamybos procesą (padidinant jo automatizavimą) stengiamasi sumažinti broką, dėl kurio gamybos efektyvumas mažėja.

Gamybos proceso metu reikalingos kompleksinės priemonės gaminio kokybei užtikrinti. Galima paminėti defektų prevencijos strategiją, pagal kurią ruošinių ir gamybos procesų valdymo charakteristikos būtų artimos nominalioms. Taip pat Pareto analizė, kuri nurodo didžiausias kokybės charakteristikas bloginančią defektą. Pareto diagramos pavyzdys pavaizduotas 2.5 paveiksle [8].

Našumas - produkcijos apimtys ir gamybos veiksnių sąnaudų santykis. Našumas dažnai matuojamas produkcijos kiekiu, pagamintu per žmogaus darbo valandą. Siekiant gamybos procesą padaryti našesniu, keletas iš daugelio būdų yra automatizavimas, našesnių įrankių panaudojimas, operacijų skaičiaus sumažinimas ir t.t.

Siekiant užtikrinti gamybos procesą ir kartu gaminio kokybę, privalu konkrečioms detalėms taikyti tinkamą gamybos procesą, tinkamai parinkti medžiagas ir įrankius, mokyti darbuotojus, taikyti kontrolės sistemas, suprojektuoti gaminio dedamąsias dalis, taip kad atsiradus brokui jis būtų aptinkamas kuo skubiau. Kokybiškam ir sklandžiam gamybos procesui užtikrinti galima įmonėje įdiegti *Kanban* sistemą, taikyti *Just in time* ir *Kaizen* metodologijas.



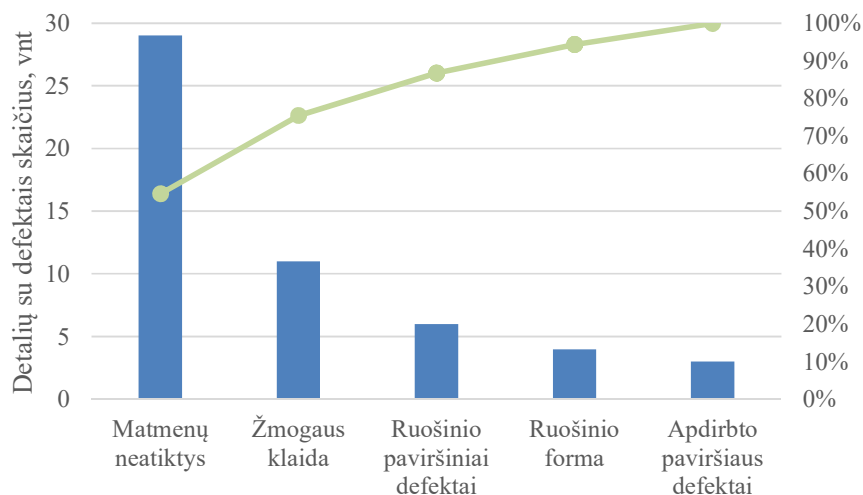
2.5 pav. Pareto diagrama [8]

Siekiant įvertinti pasirinkto gamybinio proceso kokybę, 2.2 lentelėje pateikiami tiriamoje įmonėje gaminamos produkcijos detalių su defektais statistiniai duomenys, gauti iš pastarųjų 7 užsakymų. Duomenys surinkti iš užsakymų statistikos, priežastys nustatytos apklausus staklių operatorius, gamybos technologus ir produktų surinkėjus. Pagal šiuos duomenis galima susidaryti bendrą vaizdą apie gamybos procesuose atsirandančius produkto defektus. Išsiaiškinus pagrindines defektų priežastis, galima numatyti problemų sprendimus.

2.2 lentelė. Detalių su defektais užsakymuose statistiniai duomenys

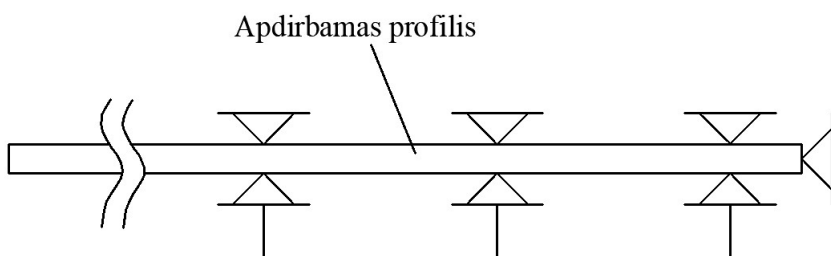
		Detalių su defektais priežastys užsakymuose				
Užsakymo nr.	Detalių kiekis užsakyme, vnt.	Matmenų neatitiktys	Ruošinio paviršiniai defektai	Ruošinio forma	Žmogaus klaida	Apdirbto paviršiaus defektai
7541-BLX	320	11	3	1	4	0
7587-BLX	10	0	0	1	0	0
7628-2-BLX	40	2	0	0	0	1
7649-BLX	30	1	1	0	3	0
7699-BLX	106	4	0	0	2	0
7725-BLX	84	3	2	2	0	2
8057-BLX	240	8	0	0	2	0
Viso:		29	6	4	11	3

Iš 2.2 lentelėje pateiktų duomenų yra sudaroma Pareto diagrama, pagal kurią nustatomos priežastys, darančios didžiausią įtaką defektų atsiradimui. Pareto diagrama pagal įmonės užsakymų defektines detales pavaizduota 2.6 paveikslėlyje.



2.6 pav. Pareto diagrama pagal defektinių detalių užsakymuose statistiką

Pagal diagramą galima daryti išvadą, jog dažniausias pasikartojantis gaminio defektas, šiuo atveju, yra matmenų neatitikimas, kuris atsiranda dėl nepakankamai tikslaus ruošinio bazavimo staklėse. Šiuo metu ruošiniai yra tvirtinami penkiuose vienpusio prispaudimo mechaniniuose spaustuose, kurie pritvirtinti ant staklių stalo ir pozicijuoti išilgai stalo. Šiuo metu naudojama bazavimo schema pavaizduota 2.7 paveiksle.



2.7 pav. Dabartinė bazavimo schema

Tikimybę atsirasti pozicionavimo paklaidoms padidina dažnas spaustuvių atleidimas ir užveržimas – ruošinio perstatymas. Tai privaloma dėl ilgų profilių būtinumo perstumti juos spaustuose, kad būtų galima ruošinį apdirbti visu ilgiu. Darbo praktikoje, jei ruošinys yra per ilgas, kad jį galima būtų apdirbti per du perstatymus, naudojant tik galinius ruošinio paviršius, ilgas profilis turi būti perstumiamas atitinkamu atstumu, kuris yra paskaičiuojamas pagal ruošinio bendrą

ilgį. Jei atstumas yra didesnis nei 300 mm, specialios atramos ant stalo nebegali būti naudojamos ir ruošinio tolimesniam bazavimui ilgyje yra naudojamos prieš tai išgręžtos skylės. Stalas yra perstumiamas į galinę padėtį X ašies kryptimi, nekeičiant Y ašies koordinatės, profilis yra perstumiamas atitinkamu atstumu, sūklis su įrankiu (grąžtu) leidžiamas į ruošinyje jau išgręžtą skylę, profilis prispaudžiamas, sūklis pakeliamas, paleidžiama tolimesnė apdirbimo programa.

Iš aprašytos ruošinio bazavimo sekos galima daryti prielaidą, jog toks ruošinio bazavimas gali įtakoti skylių pozicijų matmenų nuokrypius ir šis metodas nėra pakankamai spartus, nes reikia atlikti daug veiksmų, nustatant naują atskaitos tašką.

2.3 Galimi patobulinimai esamam gamybos procesui

Prieš tai apžvelgtoje šoninių profilių gamybos technologijoje buvo įvardyti šio gamybos proceso trūkumai. Siekiant juos pašalinti galimi tokie patobulinimai:

- Staklių programavimui naudoti CAM sistemą;
- Siekiant išvengti daugkartinio ruošinio perstatymo, naudoti specialų įtaisą, kurio pagalba būtų galima apdirbti ruošinį vienu pastatymu;
- Naudoti didesnio sukimosi dažnio (15000 – 30000 aps/min) sūklus, apdirbant aliuminio lydinio ruošinius;
- Mechaninio apdirbimo procesuose naudoti daugiasūkles gręžimo galvutes.

Įvardytų galimų patobulinimų pagrindimui atlikta analizė pagal 1 priede pateiktą aliuminio (EN AW-6060 T6) detalės gaminio „A“ eskizą, kai gaminamas kiekis 50 vnt. Esamo gamybos proceso ir patobulinto gamybos proceso laikų palyginimas pateiktas 2.3 lentelėje. Gauti palyginimo duomenys iš lentelės 2.3 pateikiami jungtinėje stulpelinėje diagramoje, kuri pavaizduota 2.8 paveiksle.

Atlikus gamybos procesų trukmės palyginimą, galima nustatyti, jog daugiausia laiko užima detalių apdirbimo mašininis laikas, o didžiausias laiko trukmės skirtumas yra tarp ruošinių bazavimo įprastu būdu ir naudojant specialų įtaisą, kuris lygus 3,77 karto.

Iš išvardintų galimų gamybos proceso patobulinimų prioritetą būtų galima suteikti įtaisui, kuris leistų ruošinį apdirbti visame ilgyje vienu pastatymu. Toks įtaisas pašalintų laiką, reikalingą ruošinio perstatymui, o staklės būtų universalesnės. Papildomas įtaisas staklėse leistų sutaupyti lėšas, skirtas inovacijų diegimui, lyginant su galimybe pirkti naujas stakles su didesne pastūma X ašies kryptimi. Tokiam specialiam įtaisui taip pat būtų galima numatyti ruošinio pasukimą apie X

ašį, kuris tik padidintų laiko skirtumą tarp ruošinio bazavimo būdų 2 - 4 kartus, priklausomai nuo to kiek reikalinga apdirbti ruošinio paviršių.

2.3 lentelė. Gamybos procesų laikų palyginimas

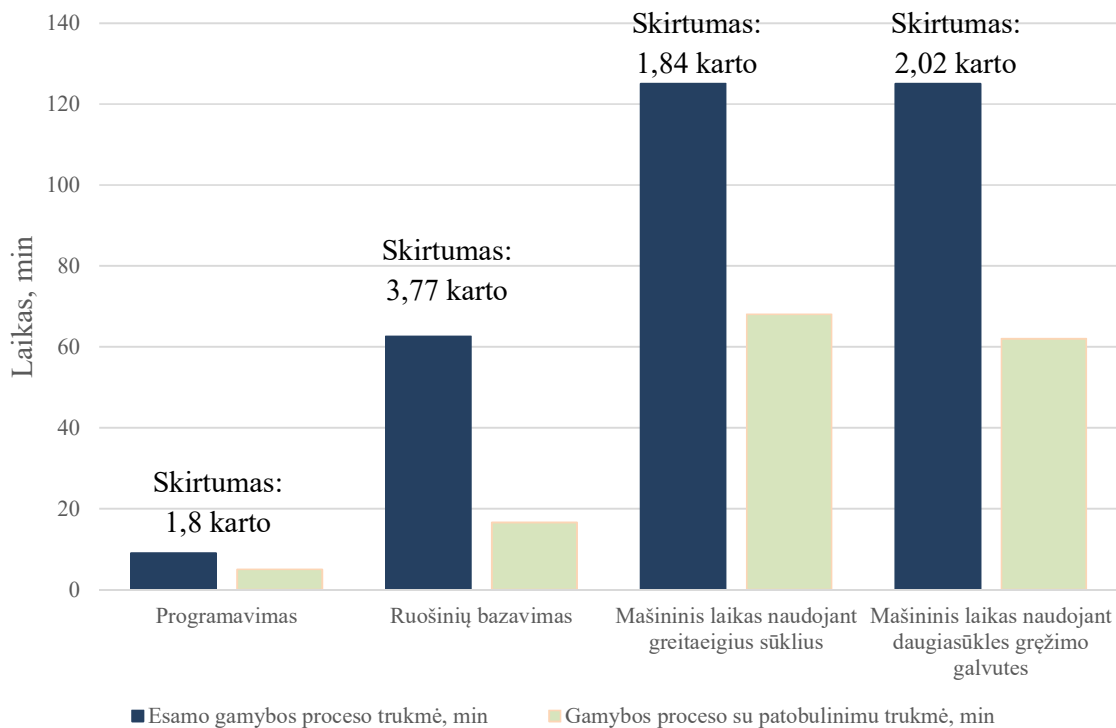
	Staklių programavimas	Ruošinių bazavimas	Bendras apdirbimo laikas, naudojant greitaeigius sūklius	Bendras apdirbimo laikas, naudojant daugiasūklus gręžimo galvutes
Esamo gamybos proceso trukmė, min	9	62,5	125	125
Gamybos proceso su patobulinimu trukmė, min	5	16,6	68	62

Anot [9] greitaeigiai sūkliai padidina pjovimo parametrus nuo 2 iki 6 kartų mechaninio apdirbimo metu. Be to, leidžia prailginti staklėse sumontuoto sūklio tarnavimo laiką, nes jis apdirbimo metu nesisuka, todėl nėra jokio nusidėvėjimo sūklio guoliams ar el. varikliui. Tačiau naudoti didesnio sukimosi dažnio sūklius tikslinga tik tada, jei tokiame sūklyje bus galima įrankius keisti automatiškai būdu. Jei ši sąlyga yra tenkinama, mašiniškus apdirbimo laikus galima sumažinti 1,84 karto. Be to, jei naudojama greitasūklė galvutė, įrankio keitimo automatiškai būdu nebegalima įvykdyti, todėl koks patobulinimas smarkiai sumažina staklių universalumą. Šis metodas yra taikytinas tokiu atveju, jei detalės apdirbimui bus naudojamas tik vieno tipo pjovimo įrankis.

Naudojant daugiasūkles gręžimo galvutes, mašiniškie apdirbimo laikai sumažinami 2,02 karto. Tačiau tai tikslinga tik tada, jei ruošinio apdirbimui reikalinga tik viena apdirbimo operacija, dirbama vienu įrankiu ir tarpcentrinis atstumas tarp įrankių ašių yra pastovios reikšmės. Kitu atveju, stakles reikia perderinti, dėl ko labai sumažėja staklių našumas. Iš praktikos žinoma, jog apdirbamo ruošinio tarpcentrinis atstumas tarp skylių skiriasi kiekvienam užsakymui ar net kitai detalei, todėl tikslingiau yra naudoti greitaeigius sūklius.

Pagal [10], kompiuterizuota gamyba sistema *angl. CAM* labai padeda supaprastinti programinių staklių valdymą, todėl sistemos panaudojimas sumažina laiką, reikalingą staklių programavimui ir leidžia išvengti klaidų. Staklių programavimui naudojant CAM sistemą, tirtu atveju, procesas paspartėtų 1,8 karto, tačiau šis laiko sutaupymas būtų vienkartinis, t.y. iki kitos

detalės programavimo. Jei ruošiniui apdirbti reikalingų operacijų skaičius būtų didesnis arba detalės apdirbimas būtų sudėtingesnis, tai laiko skirtumas tarp programavimo būdų dar padidėtų, todėl šis patobulinimas nėra tinkamas tiriamu atveju.



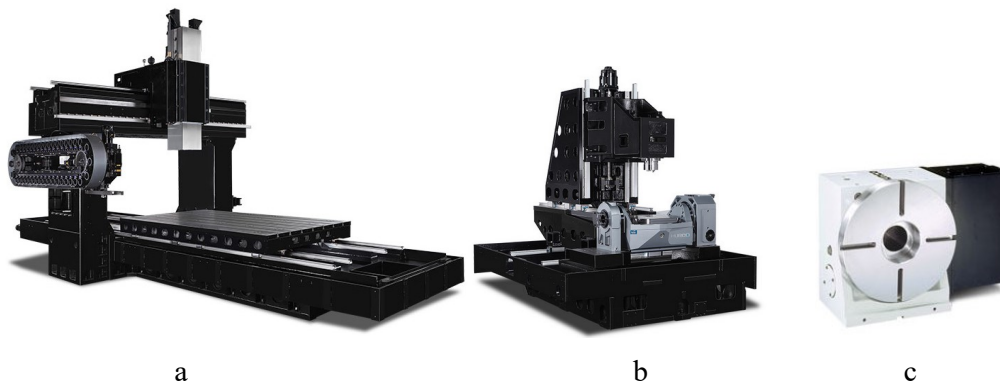
2.8 pav. Gamybos procesų trukmės palyginimas

2.4 Egzistuojančių įrengimų patobulinimui paieška

Šiame darbe nagrinėjamos ilgų profilių apdirbimo proceso našumo ir kokybės užtikrinimo problemos, įvertinamas esamas procesas ir jo parametrai. Nustatyta, jog esamas gamybos procesas nėra pakankamai našus, taip pat turėtų būti užtikrinamas mažesnis brokuotų detalių skaičius. Siekiant patobulimus padaryti paprastesnius, logiškiausia yra ieškoti jau egzistuojančio įrenginio ar įtaiso, kuris atitiktų keliamus reikalavimus. Taigi, išsiaiškinus pagrindinius gamybos proceso kokybės užtikrinimo trūkumus ir būtinumą didinti našumą, buvo nustatyta, jog vienas iš būdų yra ant staklių stalo tvirtinti specialų įtaisą, kurio pagalba vienu pastatymu būtų apdirbamas visas profilio ilgis. Tuo tikslu buvo ieškoma įtaisų, skirtų montavimui ant programinių staklių stalo, esant šiems reikalavimais:

- įtaisas turi gebėti perstumti ruošinius, kurių maksimalus ilgis yra 6000 mm;
- ruošinio forma yra stačiakampio profilio vamzdis, kurio maksimalūs matmenys 80 x 100 mm (a x b).

Ieškant įrengimų, kurie atitiktų keliamus reikalavimus gamybos proceso tobulinimui, naudojamoms staklėms įmonės gamykloje, staklių gamintojo „Hurco“ internetiniame tinklapyje, buvo rasta dviejų kolonų staklės (maksimali X ašies eiga 2000 mm) [11], stalas 5-ajai ašiai, detalių pasukimui apie X ašį [12] ir detalių pasukimo įtaisas [13]. Šie rezultatai pateikti 2.9 paveiksle.



2.9 pav. a – Hurco dviejų kolonų frezavimo centras [11], b – Hurco montuojamas įtaisas skirtas pasukti apdirbamas detales apie 2 ašis [12], c- Hurco pasukimo įtaisas [13]

Neradus tinkamų atitikmenų gamintojo „Hurco“ tinklapyje, analogiška paieška buvo atlikta ir kitų staklių gamintojų internetiniuose puslapiuose. 2.10 paveiksle parodyti alternatyvūs apdirbimo centrai.

Paieškos rezultatai:

1. Firmos „Kimla“ programinis portalinis frezavimo centras [14] (BPF1070) 3 ašių su greitaeigiu sukliu 24000 aps/min, maksimalūs ruošinio matmenys 300 x 1000 x 7000 mm (Z x Y x X), ruošinio pasukimas apie X ašį negalimas;
2. Firmos „Haco“ programinis frezavimo centras [15] (Profile-Flex) 5 ašių su greitaeigiu sukliu 24000 aps/min, maksimalūs ruošinio matmenys 370 x 550 x 6250 – 30250 mm, ruošinio pasukimas apie X ašį negalimas, yra galimybė atpjauti ruošinius ilgyje diskiniu pjūkle;
3. Firmos „Lehbrink“ apdirbimo centras [16] (SBA 220), gali būti komplektuojamas pagal užsakovo pageidaujamus parametrus;
4. Firmos „Datron“ programinės frezavimo staklės [17] (Extrusion Milling Machines) 4 ašių (sukamasis judesys apie X ašį) su greitaeigiu sukliu, tačiau maksimalus profilio ilgis tik 2500 mm.



2.10 pav. a - Haco frezavimo centras Profile-Flex [15], b – Lehbrink apdirbimo centras SBA 220 [16]

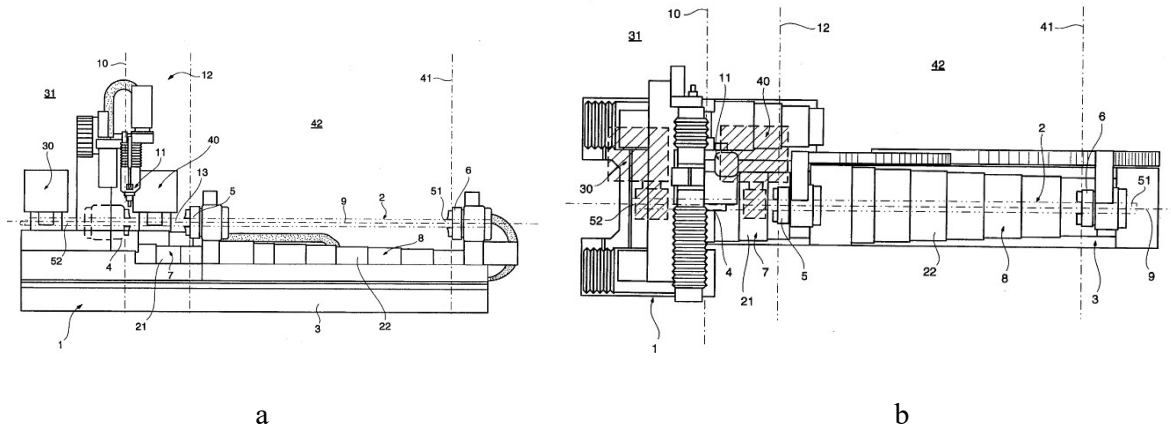
Ieškant įtaiso ar staklių ilgų profilių apdirbimo proceso patobulinimui, tinkamų įtaisų arba staklių nebuvo rasta. Paieškose buvo surastos vien staklės-apdirbimo centrai, kurie iš pateiktų parametrų iš esmės tenkina sąlygas, tačiau įsigyti tokį įrengimą būtų per brangu, taip pat reiktų jam skirti papildomos vietos, ko šiuo metu įmonė neplanuoja daryti. Taip pat buvo rasta įvairių įtaisų, skirtų pasukti apdirbamas detales spaustuose, jų neišimant, tačiau tokius įtaisus tikslinga naudoti tik tuomet, kai yra apdirbamos ribotų matmenų detalės, tai yra mažesnės nei 1000 mm ilgio kryptimi.

Tokiu atveju reikalinga suprojektuoti specialų įtaisą, kuris tenkintų užduotas sąlygas. Tokio įtaiso projektavimas turi būti pagrįžiamas tiek techniniu, tiek finansiniu aspektais. Kuriant įtaisą reikalinga tokia jo konstrukcija, kad jį būtų lengva nuimti ir uždėti ant staklių, bei paprasta ir saugu naudotis. Taip pat toks įtaisas turi atsipirkti pakankamai greitai (pageidautina per 3 – 4 metus).

3. NAUJOS TECHNOLOGINĖS ĮRANGOS KŪRIMAS

3.1 Analogiškos įrangos paieška, reikalavimų įvardinimas ir veikimo principo nustatymas

Prieš pradėdant projektuoti naują įrangą tobulinamam gamybos procesui yra patikrinama ar tokio įtaiso analogas egzistuoja, ar yra užpatentuotas. Patentai ieškomi: Europos, Japonijos ir JAV patentų biurų internetinėse svetainėse. Europos ir Japonijos registruose analogų nebuvo rasta. Tačiau JAV patentų registre pagal patentą „US 5343603 A“ (angl. *Machine for machining parts from long profiles or bars*) [18] buvo surasta ilgų profilių apdirbimo įranga patentuotomis staklėmis, kurios pavaizduotos 3.1 paveiksle.



3.1 pav. Patentuotos ilgų profilių apdirbimo staklės [18].

a – vaizdas iš priekio, b – vaizdas iš viršaus

Šiose staklėse yra sumontuoti du griebtuvai, kurių forma yra pritaikyta suspausti apdirbamą ruošinį. Vienas griebtuvas įtvirtintas nejudamai staklių gale, o kitas turi slenkamąjį judesį X ašies kryptimi. Ruošinys yra įstatomas griebtuvuose, o jo apdirbimo zona yra tarp jų. Pabaigus apdirbti vieną zoną, slankiojantis griebtuvas atleidžia ruošinį, tam kad galėtų persislinkti pats, o po to perstumti ruošinį, tam kad būtų galima apdirbti sekančią ilgo ruošinio zoną. Ir visas šis ciklas yra kartojamas tol, kol yra apdirbamas visas ilgas ruošinys. Apdirbimo zona yra tarp spaustuvų todėl, jog, šiuo atveju, tik taip gali būti užtikrinamas pakankamas ruošinio standumas apdirbimo metu.

Taip pat ilgų profilių apdirbimui buvo rasta ir daugiau patentų įrengimams. Jie iš esmės lyg ir tenkintų paskirtį, - apdirbti ilgus profilius, tačiau šie patentai aprašo stakles, o ne atskirus įtaisus, kuriuos galima montuoti ant jau egzistuojančių staklių stalų. Šie patentai tiriamu atveju netinka dėl

dviejų priežasčių: įmonė negali skirti papildomos vietos naujoms staklėms ir įmonei tai būtų per didelė investicija ir tokių staklių savikaina būtų tikrai didesnė nei vien tik įtaiso, skirto jau esamoms staklėms.

Atsižvelgiant į jau esamą gamybos technologiją ir surastų patentų aprašus projektuojamas įtaisas turi tenkinti šias sąlygas:

- Įtaiso konstrukcija turi būti pakankamai standi;
- Apdirbami ruošiniai įtaise turi būti lengvai įtvirtinami ir išimami;
- Įtaisas turi būti lengvai sumontuojamas ir numontuojamas nuo staklių stalo;
- Ruošinys įtaise turi būti tiksliai įtvirtinamas, bazavimo paklaidos kuo mažesnės;
- Ruošinys turi būti užspaudžiamas taip, jog jo paviršiai nebūtų pažeisti;
- Įtaisas atsipirktų per 3 – 4 metus;
- Įtaisas būtų lengvai remontuojamas.

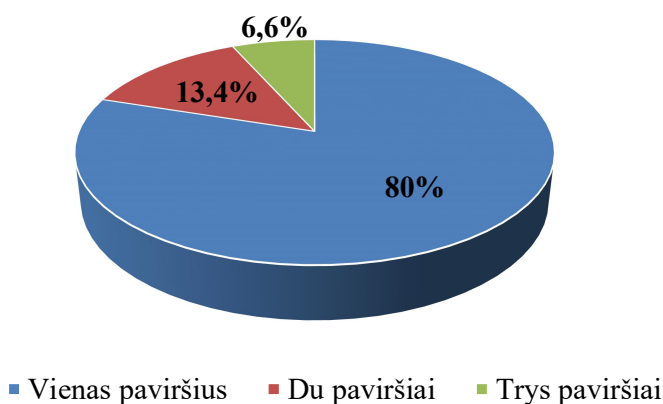
Pagal apibrėžtas sąlygas projektuojamam įtaisui galima susidaryti vaizdą, koks šis įtaisas turėtų būti. Tačiau dar reikia išanalizuoti, kokią šios įrangos konstrukciją ir funkcijas būtų logiškiausia projektuoti. Įtaiso konstrukcija turi užimti kuo mažiau vietos, kad apdirbimo zona būtų kuo didesnė. Taip įtaisas būtų lengvai perstatomas, apdirbant kitokius ruošinius ir netrukdytų apdirbti kitas detales, kurios bazuojamos ne šiame įtaise. Taip pat reikia išanalizuoti ar būtina, kad įtaisas galėtų ruošinį pasukti apie X ašį ar tai nėra būtina.

Nustatyti įtaiso būtinumą turėti dar vieną pavarą, kuri pasuktų ruošinį apie ašį, išsiaiškinti galima peržvelgus gamintų pastarųjų 15 užsakymų, kuriems buvo apdirbami ilgi profiliai. Užsakymų sąrašas, su jų pavadinimais, kiekiu ir reikalingu apdirbti ilgų profilių paviršių skaičiumi pateiktas 3.1 lentelėje.

Pagal pateiktą 3.1 lentelę yra sudaroma skritulinė diagrama, kuri pavaizduota 3.2 paveiksle. Iš pateiktos skritulinės diagramos matyti, jog didžiausią užsakymų dalį sudaro vieno paviršiaus apdirbimas, kuris siekia 80 proc. užsakymų, du paviršiai - 13,3 proc. ir trys paviršiai - 6,6 proc. užsakymų. Iš šių rezultatų daroma išvada, jog tikslingiausia būtų projektuoti pigesnį, paprastesnės konstrukcijos įtaisą su vien tik slenkamuoju judesiu X ašies kryptimi, tačiau, kaip jau buvo minėta anksčiau, šis įtaisas galėtų būti naudojamas ir kitų panašių produktų gamyboje.

3.1 lentelė. Užsakymuose apdirbamų paviršių skaičiaus palyginimas

Užsakymo nr.	Detalių kiekis užsakyme, vnt.	Reikalinga apdirbti paviršių		
		Vienas paviršius	Du paviršiai	Trys paviršiai
7432-BLX	70		+	
7483-BLX	62	+		
7488-BLX	186	+		
7497-BLX	82	+		
7523-BLX	12			+
7541-BLX	320	+		
7587-BLX	10	+		
7628-2-BLX	40	+		
7649-BLX	30	+		
7699-BLX	106	+		
7725-BLX	84	+		
7896-2-BLX	640	+		
8057-BLX	240	+		
8152-BLX	38	+		
8233-BLX	504		+	
Viso:		12	2	1



3.2 pav. Užsakymų pasiskirstymas pagal apdirbamų paviršių skaičių

Dar reikia paminėti tai, jog dviejų ar trijų paviršių bendras suminis apdirbimo laikas yra didesnis nei profilių, kuriems reikia apdirbti tik vieną paviršių. Kaip ir matyti iš skritulinės

diagramos, pateiktos 3.2 paveiksle, statistiškai tokių profilių (profilų su dviem ir trim apdirbamais paviršiais) apdirbimas sudaro 20 proc. nuo užsakymų kiekio. Tad papildomos pavaros panaudojimas nebūtų rentabilus. Taip pat įtaiso su pasukimo mechanizmu konstrukcija būtų sudėtingesnė ir reikalautų papildomų kaštų.

Pagal anksčiau pateiktą nagrinėjamo produkto aprašymą matyti, jog šoninio profilio vienas iš paviršių privalo turėti pakankamą kiaurymių skaičių horizontalių profilių tvirtinimui. Kiaurymių skaičius priklauso nuo dviejų pagrindinių sąlygų: pageidaujamo žingsnio tarp horizontalių profilių ir horizontaliam profiliui reikalingų tvirtinimo taškų skaičiaus. Kitas paviršius, jei jame reikalinga padaryti kiaurymes, paprastai naudojamas kaip būdas sumontuoti rėmą ant specialių laikiklių ar tiesiai į pastato fasadą arba lango nišą.

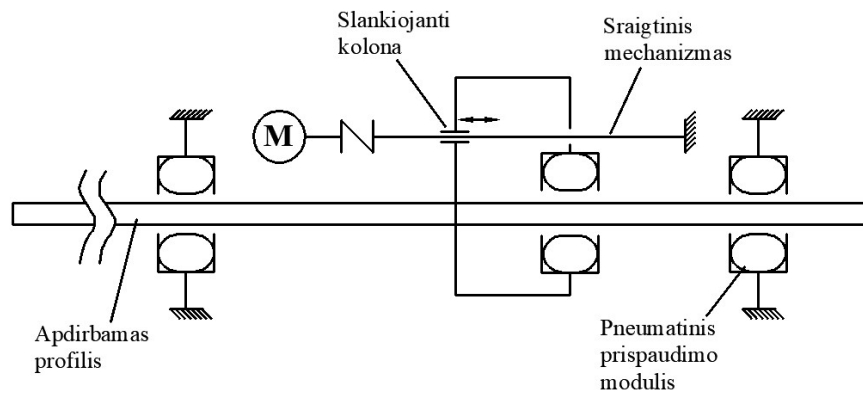
3.2 Įtaiso mechanizmo projektavimas

3.2.1 Projektuojamo įtaiso schema ir veikimo principas

Įtaisas, kurio schema pateikta 3.3 paveiksle, yra skirtas ilgų profilių perstūmimui X ašies kryptimi programinio valdymo staklėse. Šis įtaisas yra montuojamas ant frezavimo staklių Hurco stalo. Įtaiso veikimo principas yra toks: ruošinys įdedamas iš padavimo pusės į įtaiso spaustuvų zoną, kuri yra ant specialios paslankios kolonos ir yra pristumiamas iki atramos tuo tikslu, jog ruošinio koordinatės sutaptų su apdirbimo programos atskaitos tašku. Ruošinys tvirtinamas ir kolona pasislenka užduotu atstumu link kitos įtaiso pusės. Pagalbiniai spaustuvai, esantys įtaiso galuose taip pat suspaudžia ruošinį, po to spaustuvai atlaisvinami ir jie pasislenka atgal reikalingu atstumu. Visas šis ciklas kartojamas tiek kartų, kol apdirbamas visas likęs ilgo profilio paviršius.

Konkreči ilgo ruošinio (6000 mm) apdirbimo seka yra tokia: operatorius ruošinį įtvirtina įtaise, paleidžiama apdirbimo programa, apdirbamas ruošinio paviršius 1200 mm ilgyje, staklės sustoja, pagalbiniai šoniniai prispaudimo moduliai atsilaisvinami, ruošinys perstumiamas 1200 mm atstumu X ašies kryptimi, pagalbiniai suspaudimo mechanizmai suspaudžia ruošinį, staklės vėl pasileidžia paviršiaus apdirbimui ir šis ciklas kartojasi tol, kol yra apdirbamas visas ruošinio paviršius.

Kuriamoje įrangoje bus naudojamos pneumatinės ir elektrinės pavaros. Šiuolaikinės pneumatinės pavaros yra patikimos ir lengvai valdomos, šio tipo pavaros yra santykinai pigiausios. Elektrinės pavaros užtikrina didžiausią tikslumą ir atkartojamumą, taip pat jos gali būti lengvai perprogramuojamos, tačiau šioms pavaroms reikalingi sudėtingi valdikliai.



3.3 pav. Įtaiso kinematinė schema

3.2.2 Kuriamos įrangos pavarų parinkimas

Iš pateiktos kuriamos įrangos schemas ir veikimo aprašymo susidaro vaizdas, koku būdu šis įtaisas veikia. Pagal tai parenkamos pavaros judesiams vykdyti. Įtaiso pagrindinius judesius galima suskaidyti:

- Ruošinio suspaudimo griebtuvų atidarymo ir uždarymo linijinis judesys;
- Ruošinio perslinkimo pavaros linijinis judesys.

Ruošinio suspaudimo griebtuvų atidarymo ir uždarymo linijinis judesys.

Šis pavaros judesys atsakingas už pakankamą ruošinio suspaudimą griebtuvuose taip, jog ruošinį apdirbimo metu veikiančios jėgos negalėtų sukelti jokių poslinkių nei viena kryptimi ir ruošinys būtų įtvirtintas saugiai ir patikimai. Šiai pavarai parenkamos pneumatinės pavaros, kurių tikslumo visiškai pakanka atlikti šiai funkcijai, be to jų kaina yra santykinai mažiausia lyginant su kitų rūšių pavaromis.

Įprastai apdirbinėjant ilgus profilius yra naudojami spiraliniai grąžtai – kiaurymėms padaryti apdirbamame paviršiuje, taip pat centravimo grąžtai – įgilinimams suformuoti, bei pirštinės frezos iki $\phi 6$ mm skersmens, apdirbama medžiaga būna vien tik aliuminio lydiniai, kurių markės EN AW-6060 T6 ir EN AW-6082 T6. Užspaudimo metu generuojama jėga taip pat negali būti didesnė nei jėga, reikalinga deformuoti apdirbamą profilį, kadangi yra apdirbinėjami įvairių formų profiliai (kampai, juostos ir ekstrūzijos būdu pagaminti profiliai) yra gana sudėtinga nustatyti ribines jėgas užspaudimui. Pagal apdirbamą metalą ir naudojamus tipinius įrankius, apskaičiuojamos pjovimo jėgos gręžimo ir frezavimo operacijoms pagal metodiką [19]:

$$F_C = 1,2 \cdot A \cdot k_c \cdot C \quad (3.1)$$

čia: F_c – pjovimo jėga pjaunančiajai briaunai, N; A – drožlės skerspjūvio plotas, mm^2 ; k_c – specifinė pjovimo jėga, N/mm^2 ; C – pjovimo greičio korekcijos koeficientas.

Pjovimo jėga gręžimo operacijai:

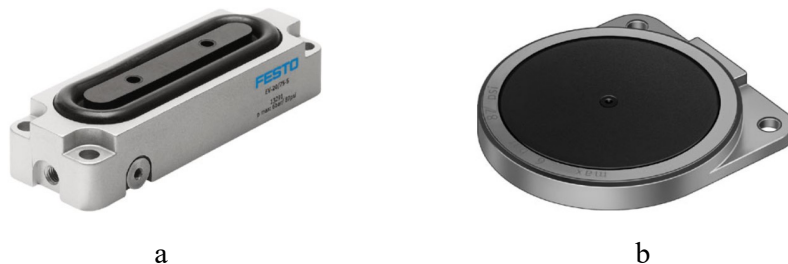
$$F_{C \text{ gręžimo}} = 1,2 \cdot 0,225 \cdot 1570 \cdot 1,1 = 466 \text{ N}$$

Pjovimo jėga frezavimo operacijai:

$$F_{C \text{ frezavimo}} = 1,2 \cdot 0,12 \cdot 1570 \cdot 1 = 226 \text{ N}$$

Iš įmonės „Festo“ internetinio puslapio yra parenkamas prispaudimo modulis, kurio maksimali prispaudimo jėga yra 600 N esant 6 barams slėgio, o prispaudimo plotas yra 20 x 75 mm (Festo EV-20/75-5) [20], bei apvalios formos prispaudimo modulis $\phi 40$ mm (Festo EV-40-5) [20], maksimali jėga 675 N. Kontaktinis paviršius padengtas poliuretano danga, prispaudimo jėgą galima reguliuoti, keičiant oro slėgį modulyje. Įtaise naudojami įmonės „Festo“ prispaudimo moduliai pavaizduoti 3.4 paveiksle. Stačiakampio profilio prispaudimo moduliai naudojami ruošinio suspaudimui iš šonų, o apvalaus profilio moduliai ruošinio prispaudimui iš viršaus.

Pagal suskaičiuotas jėgas gręžimo ir frezavimo operacijoms, daroma išvada, jog apdirbimo metu atsirandančios jėgos neviršija griebtuvų suspaudimo jėgos, todėl toks tvirtinimo būdas yra tinkamas.



3.4 pav. „Festo“ prispaudimo moduliai [20]

a – stačiakampio profilio, b – apvalaus profilio

Ruošinio perslinkimo pavaros linijinis judesys.

Šios pavaros sukamasis judesys per sliekinę perdavą keičiamas į slenkamąjį judesį. Ruošinio slenkamasis judesys, privalo būti tikslus, kitu atveju nebus galima užtikrinti apdirbamų detalių matmenų tikslumo. Taip pat būtinas pakankamai tikslus atkartojamumas ir greitaveika. Nurodytas sąlygas įmanoma užtikrinti naudojant žingsninius elektros variklius.

Didžiausia galima 6 metrų ilgio ruošinio masė yra iki 20 kg, o slankiojančios konstrukcijos masė yra 30 kg. Atsižvelgiant į šią maksimalios masės reikšmę, nustatomas reikalingas sukimo momentas, kuris yra lygus 20 Nm. Parenkamas šį parametą viršijantis „Mitsubishi Electric“ žingsninis elektros variklis, modelis HG-JR353(B) [21] (3.5 pav.) su sumontuotu elektromagnetiniu stabdžiu. Šio elektros variklio išvystomas maksimalus sukimo momentas yra 32 Nm, o galia 3,3 kW, elektros variklis atitinka IP65 klasę, taigi šis prietaisas yra visiškai apsaugotas nuo dulkių poveikio ir žemo slėgio vandens srovės bet kuria kryptimi. Be to, galima šį elektros variklį įsigyti su IP67 klase, kurios dėka prietaisas gali būti panardinamas į vandenį trumpam laikui. Tačiau įrankiai yra aušinami ir susidariusios metalo drožlės pašalinamos iš pjovimo zonos suspausto oro srauto pagalba, todėl naudojamam elektros varikliui visiškai pakanka IP65 klasės izoliavimo.



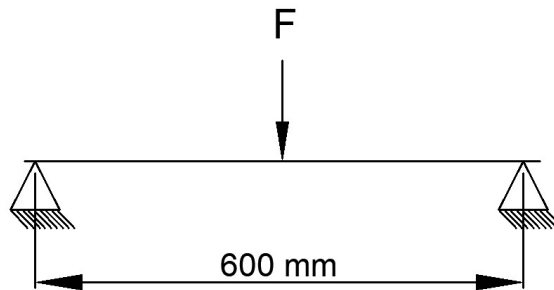
3.5 pav. „Mitsubishi Electric“ žingsninis elektros variklis [21]

Serijos HG-JR „Mitsubishi Electric“ žingsniniai elektros varikliai yra priskiriami prie vidutinės ir didelės galios (nuo 0,5 iki 55 kW), pasižymi maža inercija, turi labai aukšto tikslumo pozicionavimą. Tačiau, kad šis variklis veiktų tinkamai, jam reikalingas atitinkamas valdiklis, kuris galėtų tiksliai kontroliuoti šį elektros variklį. Tuo tikslu parenkamas suderinamas valdiklis iš „Mitsubishi Electric“, kurio modelis MR-J4-500A(-RJ) [21].

3.2.3 Ruošinio deformacijos įvertinimas

Siekiant įvertinti ruošinio standumą sukonstruotame įtaise reikalinga patikrinti kaip ruošinys deformuosis ir ar deformacija nebus per didelė. Pagal suprojektuotą įtaiso konstrukciją ruošinys

apdirbimo metu yra įtvirtintas dviejose vietose, kurios nutolusios viena nuo kitos 600 mm atstumu. Tiriama gręžimo operacija, kurios metu įrankis ašine kryptimi prispaudžia ruošinį, įrankio skersmuo $\phi 6$ mm, apdirbama medžiaga yra aliuminio lydinys. Didžiausia deformacija, atsirandanti ruošinyje, yra per centrą tarp dviejų įtvirtinimo griebtuvų. Ruošinys deformuojasi dėl atsirandančių pjovimo jėgų apdirbimo metu. Siekiant įvertinti ruošinio momentinį įlinkį, apdirbimo metu skaičiuojamoji schema yra supaprastinama ir pateikiama 3.6 paveiksle.



3.6 pav. Ruošinio skaičiuojamoji schema

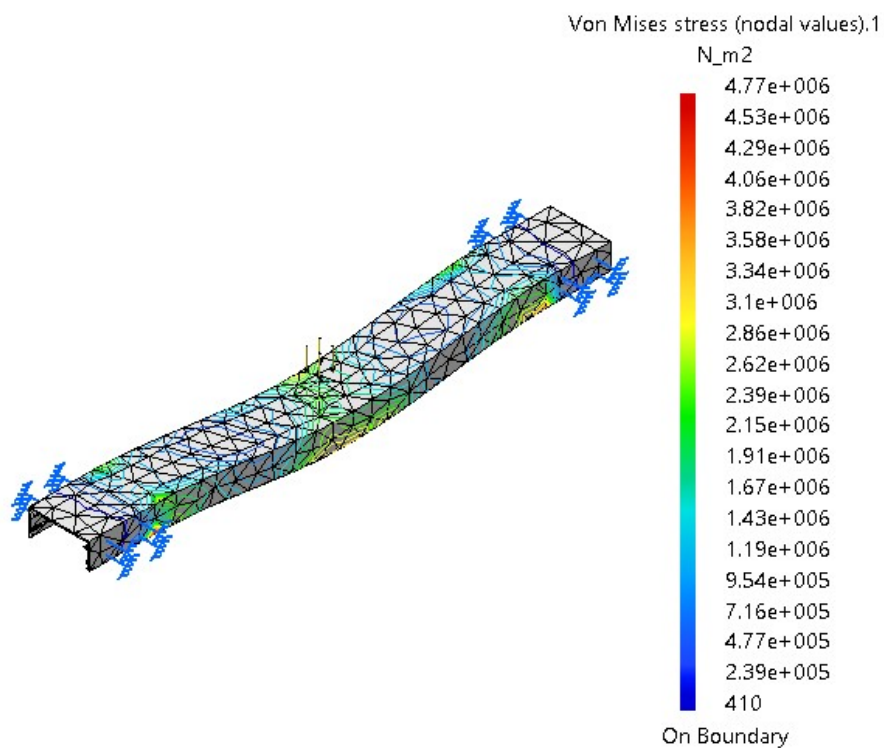
Ašinė grąžto pastūmos jėga, veikianti ruošinio paviršių apdirbimo metu, nustatoma pagal metodiką [22]:

$$F_f \approx 0,5 \cdot k_c \cdot \frac{D_C}{2} \cdot f_n \cdot \sin K_r \quad (3.2)$$

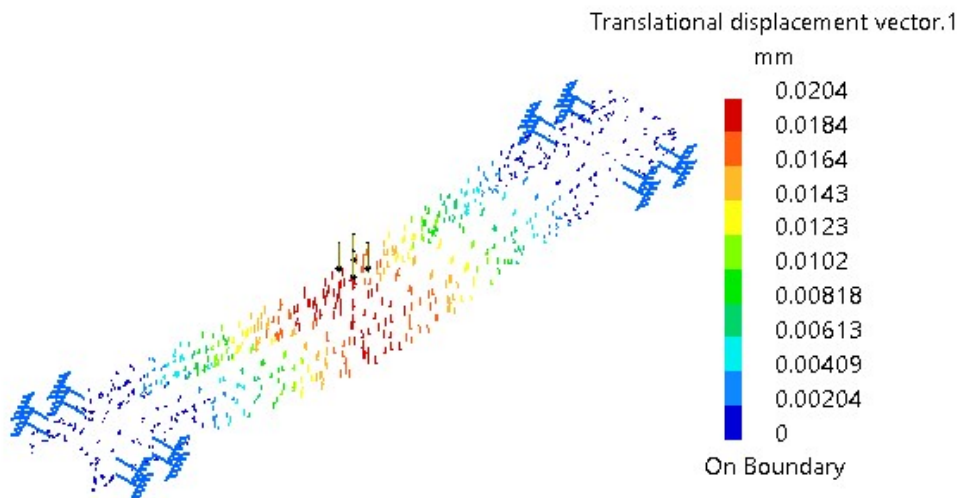
čia: F_f – ašinė grąžto pastūmos jėga, N; k_c – specifinė pjovimo jėga, N/mm²; D_C – grąžto skersmuo, mm; f_n – pastūma įrankio apsisukimui, mm/aps; K_r – grąžto viršūnės kampas, laipsniais.

$$F_f \approx 0,5 \cdot 1570 \cdot \frac{6}{2} \cdot 0,15 \cdot \sin 130^\circ \approx 271 \text{ N}$$

Pagal pateiktą 3.6 pav. schemą yra sudaromas skaičiuojamasis modelis CATIA programoje, 3.7 paveiksle pateikiamas analizuojamo ruošinio įtempių pasiskirstymo vaizdas pagal Von Mises, o 3.8 paveiksle pavaizduotas ilgo profilio deformacijų – poslinkių vaizdas.



3.7 pav. Įtempių (Von Mises) pasiskirstymas

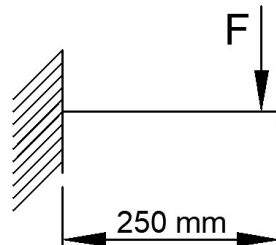


3.8 pav. Deformacijų – poslinkių vaizdas

Panaudojant CATIA programinę įrangą, iširta, jog ruošinį įtvirtinus dviem atramomis galuose, kurių atstumas viena nuo kitos 600 mm, ir apdirbamo profilio centre uždėjus apkrovą, kuri yra lygi 271 N, imituojant grąžto prisipaudimą, nustatyti maksimalūs įtempiai (Von Mises), lygūs $4,77 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$, o didžiausia deformacija 0,0204 mm. Iš šių rezultatų daroma išvada, jog šis ruošinio

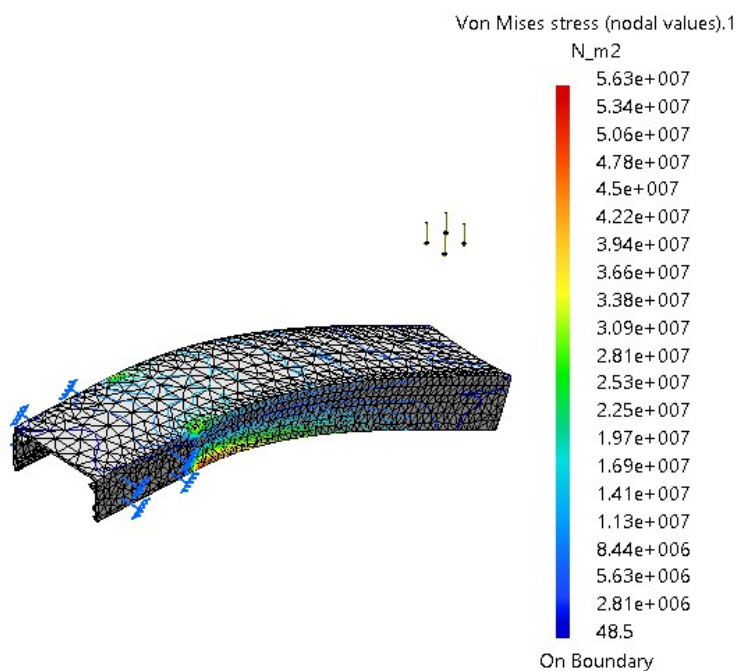
pastatymas būdas yra tinkamas atliekamoms apdirbimo operacijoms, nes maksimalūs poslinkiai neviršija 0,05 mm įlinkio ribos ir didžiausios reikšmės įtempiai yra mažesni už aliuminio lydinio EN AW-6060 T6 tamprumo ribą, kurios reikšmė yra $215 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$.

Siekiant įvairiapusiškai įvertinti ruošinio standumą projektuojamame įtaise, galimas dar vienas ruošinio bazavimo atvejis, kai ruošinys yra įtvirtinamas tik vienu galu, gembės principu, profilio laisvas galas lygus 250 mm atstumui iki įtvirtinimo, skaičiuojamoji schema šiam atvejui pavaizduota 3.9 paveiksle.

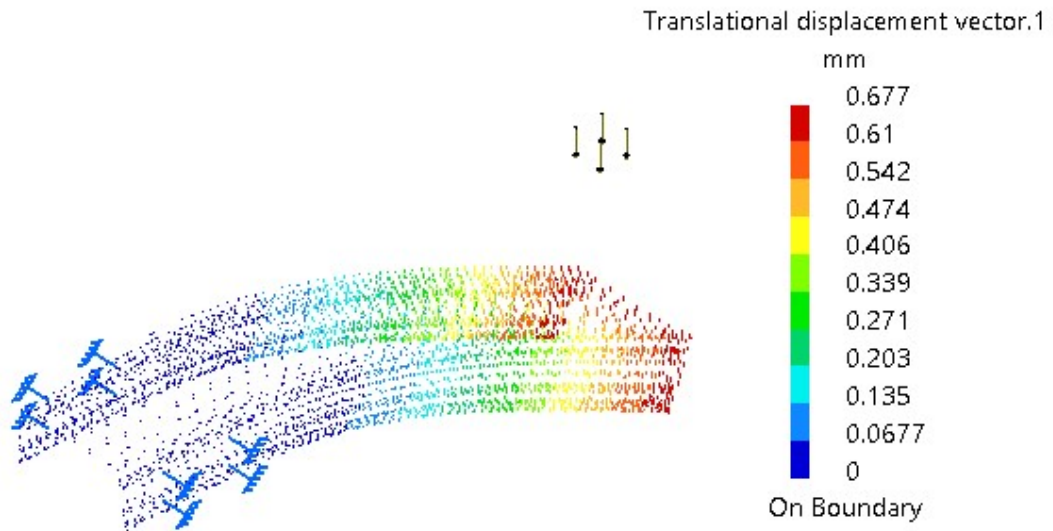


3.9 pav. Skaičiuojamoji schema su ruošinio įtvirtinimu viename gale

Pagal pateiktą schemą 3.9 paveiksle, sudaromas skaičiuojamas modelis CATIA programinėje įrangoje, ruošinys įtvirtinamas viename gale, imituojant griebtuvą, o kitame gale uždedama apkrova, kuri lygi 271 N. Panaudojant programinę įrangą gaunamas įtempių pasiskirstymo vaizdas, kuris pavaizduotas 3.10 paveiksle, ir deformacijų vaizdas 3.11 paveiksle.



3.10 pav. Įtempių (Von Mises) pasiskirstymas



3.11 pav. Deformacijų vaizdas

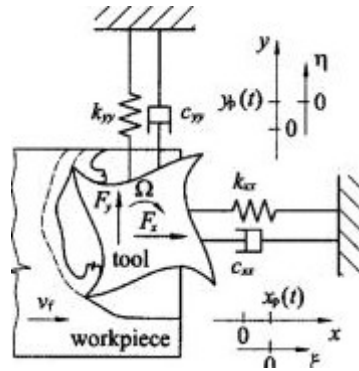
Atlikus skaičiavimus pagal 3.9 pav. esančią schemą nustatyta, jog ruošinį įtvirtinus tik viename gale ir uždėjus apkrovą kitame gale, nutolusiame 250 mm nuo įtvirtinimo, esant apkrovos dydžiui 271 N, nustatyti maksimalūs įtempiai (Von Mises) lygūs $5,63 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2$, o maksimali deformacija esant šiems įtempiams yra 0,677 mm, todėl daroma išvada, jog šis ruošinio pastatymo būdas per daug apkrauna apdirbamą profilį ir negali būti naudojamas, nes maksimali leistina įlinkio reikšmė yra 0,05 mm. Jei toks ruošinio įtvirtinimo būdas neišvengiamas, tada suformuojamas kiaurymes reikia gręžti mažesnio skersmens grąžtu $\phi 3 \text{ mm}$ arba sumažinti įrankio pastūmą, kad įlinkis profilyje būtų minimalus.

3.3 Kiti įtaiso konstrukcijos ypatumai

Pagal [23], standumas yra esminis faktorius mechaniniame apdirbime, kuris apsprendžia apdirbimo paklaidas, atsirandančias pjovimo procesų metu. Standumas mechaniniame apdirbime yra skirstomas į šias pagrindines dalis: sistemos, staklių, įtaiso, ruošinio ir įrankio. Didinant bendrą staklių ir įtaisų standumą padidėja apdirbamų detalių matmenų tikslumas.

Bet kuriuo pjovimo proceso metu, besisukančiam įrankiui susilietus su apdirbama medžiaga yra generuojami virpesiai. Virpesių amplitudės dydis priklauso nuo daugelio priežasčių: įrankio ir jo tvirtinimo tipo bei pjovimo režimų, apdirbamo ruošinio tvirtinimo, ruošinio formos ir jo medžiagos, apdirbimo strategijos. Dėl atsiradusios vibracijos apdirbamo ruošinio paviršiaus kokybė prastėja, taip pat nukenčia galutiniai detalės matmenys bei sumažėja įrankio tarnavimo laikas. Jei

ruošinio įtvirtinimas yra tinkamas ir standus, virpesiai yra perduodami iš ruošinio į prispaudimo įtaisą, tada į staklių stalą ir galiausiai į staklių korpusą, kuriame sugeriami atsiradę virpesiai. Pjovimo proceso metu atsirandančių virpesių schema pavaizduota 3.12 paveiksle.



3.12 pav. Pjovimo proceso metu atsirandančių virpesių schema [24]

Suprojektuotame įtaise ruošinys yra fiksuojamas pneumatiniiais prispaudimo moduliais, kurie yra primontuoti ant įtaiso korpusų. Įtaisas yra suskaidytas į du atskirus korpusus šonuose ir vieną slankiojantį tarp jų, kurie pritvirtinti prie staklių stalo.

Moduliniai korpusai yra masyvūs ir pagaminti liejimo būdu iš ketaus, todėl apdirbimo metu puikiai sugeria atsirandančias vibracijas ir perduoda į staklių korpusą slopinimui.

Šis įtaisas yra skirtas ilgų profilių apdirbimui jau egzistuojančiose staklėse, tam kad automatiškai atliktų pagalbinius judesius – ilgo profilio perstūmimą X ašies kryptimi užduotu atstumu. Tačiau esamos staklės apdirbinėja ne vien tik ilgus profilius, bet ir kitas įvairių gabaritų detales serijomis. Dėl šių priežasčių įtaiso montavimas ir demontavimas privalo būti patogus, nesudėtingas ir greitai atliekamas, tačiau pakankamai tikslus, kad būtų išvengta papildomo įtaiso kalibravimo. „Hurco“ VMX frezavimo staklės turi sumontuotą standartinę stalą su T formos grioveliais, prie kurių galima tvirtinti įvairius spaustuvus ar kitus bazavimo elementus panaudojant T formos veržles [25] ir jiems skirtus varžtus, kurie pavaizduoti 3.13 paveiksle.

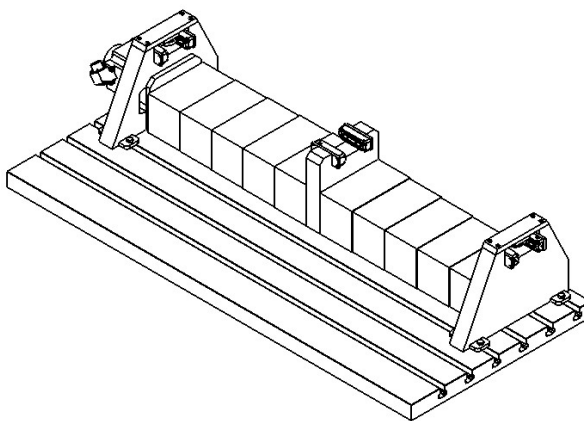


3.13 pav. Įtaiso montavimo elementai

a – frezavimo staklių stalo vaizdas iš šono, b – T formos veržlė [25]

T formos veržlės yra pagamintos su tokiomis tolerancijomis, jog šią veržlę įstačius į stalo griovelį gaunamas tarpinis suleidimas, todėl šio tvirtinimo elemento virtuali judėjimo kryptis yra vien tik išilgai X ašimi. T formos veržlė yra pagaminta su papildoma sriegine skylė tam, jog ją būtų galima užfiksuoti atitinkamoje padėtyje ir, nuimant įtaisą, ji būtų paliekama toje pačioje vietoje. Tokiu atveju, užmontuojant įtaisą ant stalo, neberekėtų nustatinėti jo padėties staklių atžvilgiu. Kad įtaiso montavimas būtų dar labiau palengvintas, ant įtaiso apatinio paviršiaus pritvirtinamos jo kreipiančiosios, kurios įsistato į stalo griovelius. Šiomis priemonėmis iki minimumo sumažinamas įtaiso bazavimo sudėtingumas, tačiau vis vien kiekvieną kartą įtaisą užmontuojant reikia patikrinti jo koordinates 3D indikatoriumi.

Kaip bet kuris kitas mechaninis įrenginys, kuriamas įtaisas turi tikimybę sugesti ar būti sugadintas. Siekiant išvengti didelių laiko sąnaudų įtaiso remontui ar techninei priežiūrai, įranga turi būti suprojektuota taip, jog išardymas ir surinkimas būtų kuo paprastesnis ir greitesnis. Visų pirma, projektuojant įtaisą buvo stengiamasi naudoti kuo daugiau standartinių detalių, kurias būtų lengva pakeisti naujomis ir nereikėtų specialiai gaminti. Antra, visa įtaiso konstrukcija yra modulinė, kas reiškia, jog įtaisas susideda iš atskirų mazgų, kuriuos galima nuimti nenuardant šalia esančių kitų mazgų. Kiekvienas atskiras mazgas yra bazuojamas ant kaiščių, o po to pritvirtinamas standartiniais tvirtinimo elementais. Sumontuoto įtaiso vaizdas ant staklių stalo pateiktas 3.14 paveiksle.



3.14 pav. Sumontuotas įtaisas ant staklių stalo

3.4 Ruošinių įtaise tvirtinimas

Apdirbimo metu ruošinys turi būti įtvirtintas patikimai, kad detalę veikiančios jėgos negalėtų detalės pajudinti iš vietos. Tinkamas ruošinio tvirtinimas turi didelę įtaką apdirbimo tikslumui bei darbo saugai. Pasirenkant ruošinio tvirtinimo būdą reikia atsižvelgti į šiuos faktorius: užfiksavimo ir atlaisvinimo greitis, patikimas detalės užspaudimas, pakankamos užspaudimo jėgos

išvystymas, užspaudimo tikslumas, užspaudimo elementai turi netrukdyti detalės apdirbimui. Suprojektuotame įtaise ruošinio prispaudimas įvykdomas pneumatinių prispaudimo modulių pagalba. Šie moduliai turi išvystomos jėgos reguliavimo sistemą, kurios pagalba yra užtikrinama, jog ruošinys įtvirtinus nebūtų deformuotas ar suspaustas per maža jėga. Šių prispaudimo modulių reagavimo ir veikimo greitis yra didelis dėl šios rūšies pavaros ypatybių. Įtvirtinimo įtaisai yra nutolę vienas nuo kito 1300 mm atstumu ir yra kompaktiški, kas leidžia apdirbimo įrankiams pasiekti apdirbamą paviršių be kliūčių.

Dar vienas svarbus dalykas yra tai, kad apdirbamo ruošinio užspaudimo paviršiai užveržimo metu nebūtų sugadinti. Tai turėtų neigiamų pasekmių tolesnėse operacijose, pavyzdžiui, paviršiaus padengime (miltelinis dažymas ar anodavimas). Siekiant išvengti galimo paviršių sugadinimo, prispaudiklio kontaktinis paviršius padengtas poliuretano danga. Tokiu būdu įmanoma apsaugoti ruošinio paviršius nuo subraižymo.

3.5 Įtaiso darbo našumas

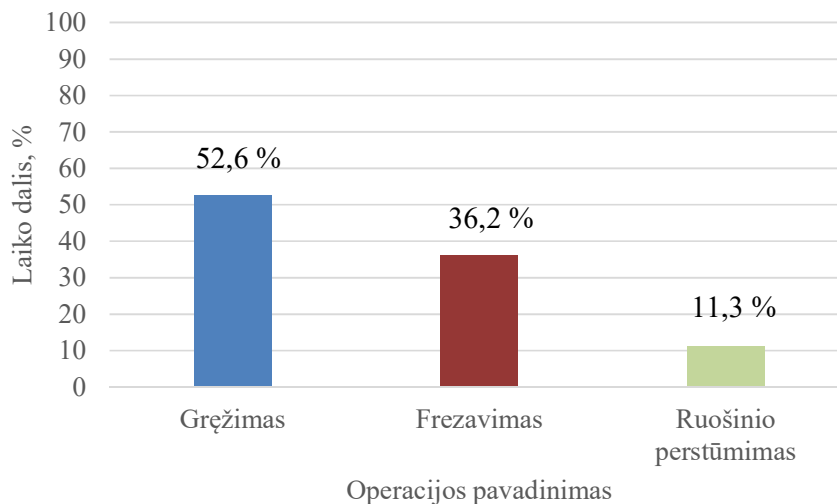
„Automatizavimo priemonės vertinamos įvairiais rodikliais, apibūdinančiais tam tikras technologinių procesų arba įrengimų savybes. Svarbiausi gamybos procesų automatizavimo rodikliai yra įrenginių našumas, aptarnaujančio personalo skaičius, naujos technikos kaina, jos eksploataavimo išlaidos ir produkcijos kokybė. Bet kuris atskiras rodiklis objektyviai neapibūdina visų naujos technikos ypatybių, pavyzdžiui, įdiegus naujus našesnius įrengimus, gali pabrangti jų eksploatacija, pablogėti apdirbimo kokybė ir t.t.“ [26].

Šiame darbe, nustatytus tiriamo gamybos proceso trūkumus, suradus priežastis ir pateikus galimus patobulinimus, nustatyta, jog didžiausias likęs rezervas gamybos proceso tobulinimui yra darbo našumas, kurį galima padidinti. Todėl buvo suprojektuotas įtaisas, galintis ruošinį perstumti jo ilgio kryptimi. Siekiant nustatyti darbo našumo padidėjimą, įdiegus įtaisą apdirbimo procese, yra pasitelkiamas užsakymo 8233-BLX šoninio profilio gamybos eskizas „B“, kuris pateiktas 2 priede. Nustatomi apdirbimo laikai ir apskaičiuojamas bendras perstatymo laikas paviršiu.

3.2 lentelė. Užsakymo 8233-BLX apdirbamų paviršių mašininiai ir ruošinio perstatymo laikai

Paviršius	Gręžimo operacija, min	Frezavimo operacija, min	Perstatymo laikas, min
1 (su $\varnothing 4,2$ kiaurymėmis)	1,87	-	0,2
2 (su 7 x 20 pailgomis skylėmis)	-	1,28	0,2

Iš 3.2 lentelės pateiktų duomenų sudaroma stulpelinė diagrama (3.15 pav.), vaizduojanti mašininių ir ruošinio perstūmimo laikų pasiskirstymą, apdirbant 1 vnt. gaminio „B“.



3.15 pav. Apdirbimo ir ruošinio perstatymo laikų pasiskirstymas

Apskaičiuojamos darbo našumo reikšmės, gaminant gaminį „B“ be įtaiso įprastiniu būdu ir su įtaisu, pagamintos produkcijos kiekiui per laiko vienetus. Darbo našumas skaičiuojamas pagal metodiką [26]:

$$A = \frac{W}{T_s} \quad (3.3)$$

čia: W – per tam tikrą laiką pagamintos produkcijos kiekis; T_s – bendrosios darbo sąnaudos produkcijai pagaminti.

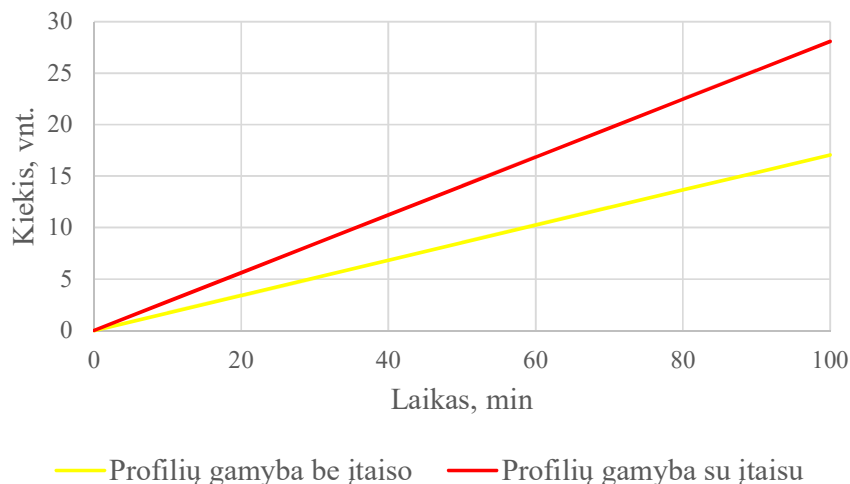
Darbo našumas be įtaiso:

$$A = \frac{1}{5,86} = 0,171 \frac{vnt.}{min}$$

Darbo našumas su įtaisu:

$$A = \frac{1}{3,56} = 0,281 \frac{vnt.}{min}$$

Sudaromas ilgų profilių gamybos grafikas, pagamintos produkcijos kiekiui per laiko vienetus, gaminant produkciją su įtaisu ir be jo, kuris pavaizduotas 3.16 paveiksle.



3.16 pav. Ilgų profilių gamybos grafikas, pagamintos produkcijos kiekiui per laiko vienetus

Apskaičiavus užsakymo 8233-BLX ilgų profilių gamybos variantus, panaudojant įtaisą ir nenaudojant jo, gaunama, jog jį naudojant bendras apdirbimo laikas 1 vnt. yra 3,56 min, o našumas 0,281 vnt./min. Apdirbant profilį įprastiniu būdu bendras laikas 1 vnt. yra 5,86 min, našumas 0,171 vnt./min. Skirtumas tarp abiejų būdų yra 2,3 min greičiau, naudojant įtaisą.

3.6 Įtaiso įtaka ilgų profilių gamybos savikainai

Bet kuri verslo įmonė prieš investuodama pinigus į tam tikrus projektus, naują įrangą ar inovacijas remiasi tuo, kad investuoti pinigai sugrįžtų atgal ir duotų finansinės naudos ateityje. Todėl prieš investavimą į naują įrangą privalo būti patikrinamas jos rentabilumas. Tad turi būti patikrinamas ir šio suprojektuoto įtaiso atsiperkamumas.

Kadangi įtaisas yra suprojektuotas, žinoma jo konstrukcija, naudojamos pavaros, nestandartinės detalės, kurias reikia pagaminti, standartinių detalių sąrašas, naudojama valdymo sistema. Galima suskaičiuoti apytikslę reikalingą sumą šio įtaiso projektui įgyvendinti. Komponentų sumos yra apytikslės, nes tiksliai nustatyti kainas, galima tik tada, kai bus perkamos pavaros ir kiti reikalingi komponentai, o ieškant geresnio pasiūlymo komponentams, galimai bus įmanoma rasti palankesnes kainomis. 3.3 lentelėje pateikiami įtaiso pagaminimui reikalingi komponentai bei paslaugos su apytikslėmis kainomis, kurios buvo apskaičiuotos ir surastos tiekėjų internetinėse parduotuvėse [27, 28, 29].

3.3 lentelė. Įtaiso gamybai reikalingų komponentų bei paslaugų apytikslės kainos

Detalės pavadinimas	vnt.	suma, Eur
Stacionarūs šoniniai moduliniai korpusai:		
Šoniniai kolonų korpusai	2	450
Festo prispaudimo moduliai	6	330
Atrama	2	20
Perstūmimo modulis:		
Išilginės pavaros korpusas	1	150
Kreipiančiosios	2	278
El. variklio montavimo kronšteinas	1	18
Pastūmos sraigto guolio montavimo kronšteinas	1	12
Žingsninis el. variklis	1	2000
Mova	1	120
Pastūmos sraigtas ir įvorė su guoliais	1	180
Perstūmimo mechanizmo korpuso montavimo kronšteinas	1	55
Kintamo ilgio uždengimo skydas	2	70
Perstūmimo mechanizmo korpusas	1	250
Festo prispaudimo moduliai	2	80
Atrama ruošinio padėties nustatymui	1	5
Kitos detalės ir paslaugos:		
Prispaudimo modulių skirstytuvas	1	275
Žingsninio el. variklio valdiklis	1	1200
Valdymo įranga ir automatika	-	800
Surinkimas ir paleidimas	-	700
Guoliai	6	70
Standartinės tvirtinimo detalės	-	50
Komponentai darbo saugai užtikrinti	-	250

Iš viso: 7363,00 Eur

Iš pateiktų kainų 4.2 lentelėje, visų komponentų ir paslaugų kainų suma yra 7363 Eur. Žinant reikalingą investicijų sumą įtaisiui, apskaičiuojamas atsipirkimo laikotarpis pagal metodiką [30]:

$$T_p = \frac{I_F}{M_I} \quad (3.4)$$

čia: T_p – atsipirkimo laikas; I_F – reikalingas pinigų kiekis projektui; M_I – metinės įplaukos naudojant įtaisą.

Pasitelkiant 3.1 lentelę, kurioje nurodyti pastarieji 15 užsakymų per visus praėjusius metus, suskaičiuojamas laiko skirtumas tarp įprasto būdo gaminti ilgus profilius ir būdo su nauju įtaisu

(skaičiuojamas tik perstatymo laikas), išreiškiant šį laiko skirtumą bendra pinigine suma, kuri yra lygi 2301 Eur. per praėjusių metų užsakymų kieki.

Įtaiso atsipirkimas:

$$T_p = \frac{7363}{2301} = 3,2 \text{ metai}$$

Išanalizavus pastarųjų 15 užsakymų statistiką neatitikčių vidurkis svyruoja tarp 3 – 5 proc. Naudojant įtaisą šių netekčių vidurkį galima sumažinti iki minimumo, nes pagrindinės priežastys jų atsiradimui yra labiausiai susijusios su ruošinių bazavimu. Jei yra įskaičiuojamas netekčių sumažėjimas, įtaiso atsipirkimo laikas sutrumpėja.

Įtaiso atsipirkimas, įvertinus neatitikčių sumažėjimą:

$$T_p = \frac{7363}{2393} = 3,1 \text{ metų}$$

Įtaiso atsipirkimo laikas yra 3,1 metų, užsakymų kiekiui esant tokiam pačiam kaip ir per visus praėjusius metus, įvertinus tai, jog neatitikčių kiekis sumažėja naudojant įtaisą. Kaip ir minėta anksčiau šiame darbe, suprojektuotas įtaisas yra tinkamas ne vien detalėms, skirtoms langinių gamybai, jis gali būti panaudotas ilgų profilių apdirbimui apskritai, kas leistų dar labiau sumažinti atsipirkimo laiką. Įtaiso kaina yra santykinai maža, lyginant su galimybe įsigyti naujas stakles, su didele eiga X ašies kryptimi. Be to, šis įtaisas reikalauja mažiau papildomos vietos gamybinėse patalpose nei naujų staklių pastatymas. Galutinį sprendimą dėl šios įrangos turi priimti įmonės vadovas, atsižvelgęs į šiuos faktorius: gaminių nomenklatūriniai pokyčiai, naujų staklių pirkimo galimybė ir t.t.

4. ĮTAISO ĮTAKA DARBO SAUGAI

4.1 Darbo sauga staklėse esant įtaisui

Bet kurio technologinio proceso metu privalo būti užtikrinta darbo sauga, siekiant išvengti incidentų. Tai ypač aktualu, kai technologinis procesas yra atliekamas mašinų pagalba, kurias aptarnauja žmonės. Šiuo atveju yra naudojamas „Hurco“ apdirbimo centras, kuris atitinka visus saugos reikalavimus, keliamus tokio tipo mašinoms. Šioje staklėse jau yra sumontuoti saugos elementai, kai ji buvo pagaminta, tačiau būtina imtis ir kitų saugos priemonių, kurios ne vien priklauso nuo staklių. Dirbti su šiomis staklėmis gali tik jomis naudotis apmokyti darbuotojai. Staklės negali būti paliktos dirbti be priežiūros, nes staklės apdirbimo metu gali sugesti ar apdirbamas ruošinys atsilaisvinti, tad reikalingas operatorius, kuris galėtų jas stabdyti, taip užkirsdamas kelią nelaimingiems atsitikimams. Darbuotojas privalo dėvėti asmenines apsaugos priemones, kaip kad apsauginiai akiniai ir ausinės, nedėvėti pirštinių, o drabužiai turi būti be atplaišų, siekiant išvengti operatoriaus įtraukimo į stakles. Darbuotojas privalo būti susikaupęs darbui ir jaustis gerai, priešingu atveju padidėja nelaimingo atsitikimo tikimybė. Taip pat prieš pradėdant naudotis staklėmis privaloma patikrinti šiuos dalykus: operatorius privalo būti įsitikinęs, jog staklės neveikia automatinio režimu įdedant ar išimant įrankį iš sūklės, patikrinti ar naudojami įrankiai yra aštrūs ir be įtrūkimų, du kartus patikrinti ar įrankių matmenų nustatymai ir pjovimo režimai yra teisingi, kiekvieną kartą išbandyti naujus įrankius, patikrinti sūklės sukimosi kryptį ir įrankiai įtvirtinti laikikliuose pagal reikalaujamą sukimo momentą ir pjovimo parametrai neviršija gamintojo rekomenduojamų.

Kadangi aukščiau įvardytos priemonės yra taikomos esamiems technologiniams procesams, pradėjus naudoti suprojektuotą įtaisą, atsiranda naujų saugos reikalavimų, nes keičiasi jo parametrai: saugus ruošinio įdėjimas ir išėmimas iš įtaiso, padidėjusi darbo zona ilgyje, kuri išeina iš už staklių korpuso, ilgo profilio perstūmimo greitaveika, naudojamų pavarų saugos ypatumai, avarinis įtaiso stabdymas.

Saugus ruošinio įdėjimas ir išėmimas iš įtaiso užtikrinamas taip, jog atidaryti griebtuvą galima tik tada, kai staklės nejuda, t.y. nėra paleista apdirbimo programa. Griebtuvo atidarymas aktyvuojamas specialiu pedalu, kuris praleidžia suspaustą orą į prispaudimo modulius ir cilindrus.

Naudojant šį įtaisą yra apdirbinėjami ilgi profiliai, kurių vienas iš matmenų yra didesnis už 1200 mm, todėl profilis išlenda iš už staklių taip padidindamas darbo zonos dydį. Staklių stalui slankiojant X ir Y koordinatėmis apdirbimo metu profilis taip pat juda paskui stalą, o tai vyksta greitąja eiga, kuri yra apie 6000 mm/min. Tokiu atveju profilio galas, kuris išlindęs iš už staklių,

gali netikėtai kliudyti operatorių ir sukelti traumą. Šiuo atveju reikalinga ryškiai pažymėti darbo zonos ribas.

Šiame įtaise yra naudojamos pneumatinės ir elektrinės pavaros. Naudojamos pneumatinės pavaros atlieka slenkamuosius judesius, skirtus prispausti ruošinį. Didžiausia rizika kyla tada, kai operatoriaus rankos patenka į griebtuvo zoną ar arti įtaiso. Siekiant išvengti tokių atvejų reikalinga atitinkamose vietose montuoti optines saugos užuolaidas ar tam reikalui skirtą perimetro apsaugą.

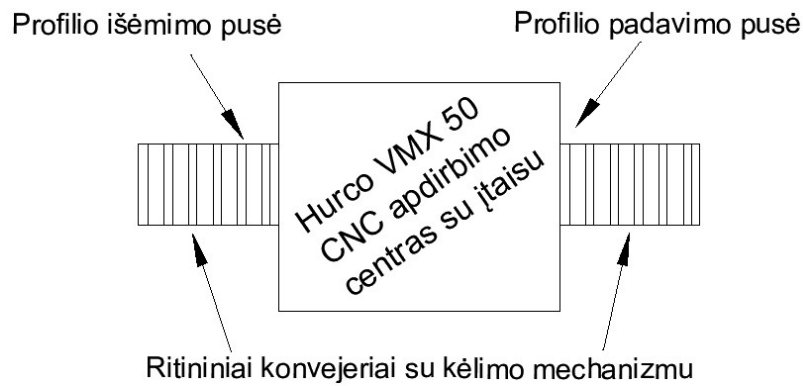
Žingsninio elektros variklio pavojus šiuo atveju yra mechaninis arba elektrinis. Mechaninis pavojus išsprendžiamas besisukančias mechanizmo dalis uždengiant slankiojančiomis užuolaidomis, tokiu būdu judančios detalės yra izoliuotos. Elektrinio pavojaus neutralizavimas yra užtikrinamas izoliavimo nuo dulkių ir drėgmės standartu IP 65, kuris reiškia, jog dulkės visiškai nepatenka į variklio vidų ir yra apsaugotas nuo žemo slėgio vandens srovių iš bet kurios pusės. Iš darbo patirties su ilgais profiliais žinoma, jog šie profiliai apdirbinėjami sausuoju būdu, kai drožlės yra pašalinamos iš pjovimo zonos suspaustu oru, o tai nekelia grėsmės elektros srovei nutekėti, todėl IP 65 izoliavimo klasė yra pakankama šiuo atveju.

Naudojant šį įtaisą sumontuojamas papildomas avarinis Stop mygtukas, kuris yra skirtas staklių ir įtaiso stabdymui, iškilus avarinei situacijai.

4.2 Darbo zona aplink stakles naudojant įtaisą

Darbuotojai gamyklinėse įmonėse atlikdami numatytas užduotis yra veikiami įvairių rizikos veiksnių, kurie gali sukelti traumas. Rizikos veiksniai gali būti įvairūs: vibracija, per aukšta ar per žema darbo aplinkos temperatūra, dažnas sunkių daiktų kilnojimas ir nešiojimas rankomis ar prailginta darbo trukmė. Visi šie išvardyti rizikos veiksniai gali sukelti darbuotojo sveikatos sutrikimus. Atpažįstant gamybiniuose procesuose atsirandančią riziką ir taikant jos prevencijos metodus bei iš naujo pertvarkant darbo vietą, galima užtikrinti saugesnę aplinką darbuotojui, išvengti ar sumažinti traumų darbo metu ir sumažinti prastovų laiką.

Pradėjus naudoti suprojektuotą įtaisą sumažėja operatoriui tenkantis fizinis krūvis, nes nebereikia kilnoti ilgų profilių. Profilis specialiais transporteriais atvežamas prie frezavimo staklių įkrovimo zonos. Operatorius įdeda profilį į įtaisą, tada profilis yra apdirbamas staklėse ir perstumiamas tiek kartų, kiek reikia. Kitame staklių gale jau apdirbtas profilis yra ištraukiamas iš įtaiso ir padedamas ant transporterio, kuris nuveža apdirbtą ruošinį tolimesnėms operacijoms. 4.1 paveiksle pavaizduota ilgo profilio apdirbimo schema, naudojant įtaisą.



4.1 pav. Ilgo profilio apdirbimo schema, naudojant įtaisą.

Esamas ilgo profilio (6000 mm) apdirbimas vyksta tokia seka: ilgas profilis įdedamas per staklių šoną, įtvirtinamas vienpusio prispaudimo spaustuvoje, profilis apdirbamas, staklės sustoja, detalė atlaisvinama, rankiniu valdymu įrankis priartinamas prie ruošinyje išgręžtos paskutinės skylės jo tiksliam bazavimui ilgyje, paskutinė skylė centruojama grąžtu, esančiu suklyje, ilgas profilis užspaudžiamas, staklės vėl paleidžiamos ir toks ruošinio perstūmimas kartojamas tiek kartų, kol apdirbamas visas ruošinio paviršius ilgyje. Jei ruošinį įmanoma apdirbti dviem pastatymais, jo ilgis turi būti iki 2400 mm, tada profilis atremiamas į galinę atramą, apdirbamas 1200 mm ilgis, atlaisvinamas, apskukamas kitu galu ir vėl atremiamas į tą pačią galinę atramą ir apdirbama likusi ruošinio dalis.

Suprojektuotas įtaisas skirtas tik ilgų profilių apdirbimui ir jis netinka mažesnių gabaritų detalėms, jei ilgio matmuo yra mažesnis nei 1200 mm. Staklės yra naudojamos įvairių detalių gamyboje, todėl jų stalas turės būti atlaisvinamas ir perstatoma nauja ruošinių tvirtinimo sistema reikalingiems ruošiniams apdirbti. Įtaiso pastatymo ypatumai detaliau aprašyti 3 skyriuje, 3.3 poskyryje. Tačiau naujas įtaisas yra per sunkus, kad jį būtų galima nuimti ar uždėti rankomis, todėl, siekiant padaryti operatoriui darbą fiziškai lengvesniu, tai yra draudžiama ir naudojamas universalus elektrinis keltuvas, kuris yra sumontuotas prie staklių.

Atsiradus įtaisui operatoriaus darbas šiame technologiniame procese fiziškai palengvėja. Ruošiniai yra įdedami į stakles tik iš vienos pusės, o išimami iš kitos, nebereikia atlikti papildomų judesių kilnojant ir perstūminėjant ilgus profilius, nustatant naujas perstumto profilio koordinatas, tad sumažėja nustatymo laikas. Įtaiso perkėlimas įvykdomas pagalbinių priemonių pagalba, kas operatoriaus darbą taip pat palengvina.

IŠVADOS

1. Ištirtas įmonėje gaminamų langinių gamybos procesas, nustatyta, kad ilgi šoniniai profiliai turi didžiausią darbo imlumą, Pareto analizės metodu nustatytos dažniausios priežastys, lemiančios produkto defektus, išsiaiškinta, jog didžiausias defektą lemiantis veiksnys yra bazavimas, kuris atliekamas rankiniu būdu, siekiant apdirbti visą profilio ilgį. Išvengus rankinio ruošinio bazavimo, galima padidinti matmenų tikslumą, darbo našumą bei sumažinti neatitikčių skaičių.
2. Buvo pasiūlyti galimi patobulinimai ir nustatyta jų įtaka ilgų profilių apdirbimo procese. Nustatyta, jog racionaliausias būtų specialaus įtaiso naudojimas, kuris sumažintų brokuotų detalių skaičių ir apdirbamų profilių bazavimo laiką.
3. Atlikta kuriamos įrangos konstrukcijos analizė bei reikalavimų patikslinimas, atsižvelgiant į jau gamintus tipinius gaminius. Atliktas įrangos projektavimas, ištirtas ruošinio įtvirtinimas ir standumas apdirbimo metu, panaudojant skaitinį modeliavimą. Nustatyta, jog ruošinys apdirbimo metu visada privalo būti įtvirtintas iš abiejų pusių, esant tokiam įtvirtinimui maksimalus ruošinio įlinkis yra 0,0204 mm ir neviršija 0,05 mm ribos.
4. Apskaičiuotas našumas ir gamybos laiko skirtumas tarp dviejų gamybos metodų. Gaminant įprastiniu būdu našumas yra 5,86 min/vnt., o panaudojant įtaisą 3,56 min/vnt. Ruošinio perstūmimas naudojant įtaisą yra 4,76 karto našesnis už rankinį ruošinių perbazavimą. Taip pat apskaičiuota naujos įrangos kaina, kuri lygi 7363 Eur, o įtaiso gamybos išlaidų kompensacija įvykdoma po 3,1 metų.
5. Išanalizuota darbo sauga patobulintame technologiniame procese ir nustatyti šie pavojaus šaltiniai: ruošinio perstūmimo greitaveika ir padidėjusi darbo zona iš už staklių korpuso. Pavojaus sumažinimui būtina ryškiai pažymėti pavojingos darbo zonos ribas ir įdiegti avarinio stabdymo mygtukus, kad reikalui esant būtų galima įrengimą sustabdyti.

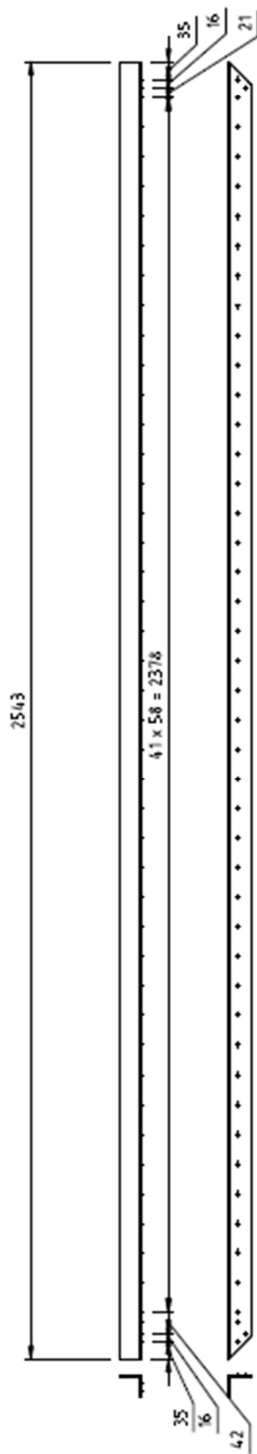
LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Senkuvienė I., Jankauskas K., Kvietkauskas H. Using manufacturing visualization to improve performance. MECHANIKA, 2014, Volume 20(1): 99-107. ISSN 1392 – 1207.
2. Madan Shankar K., Kannan D., Udhaya Kumar P. Analyzing sustainable manufacturing practices - A case study in Indian context. Journal of Cleaner Production 164, 2017, 1332-1343.
3. Įmonės aprašymas. [žiūrėta 2017 rugsėjis]. Prieiga per internetą: <http://www.fischergroup.dk>
4. Produkto aprašymas. [žiūrėta 2017 rugsėjis]. Prieiga per internetą: <http://www.blendex.dk>
5. Pasaulinės energijos suvartojimo duomenys. [žiūrėta 2017 spalį]. Prieiga per internetą: <http://www.iea.org/weo/>
6. Ye Y., Xu P., Sha H., Yue P., Zhang H. ShadingPlus – a fast simulation tool for building shading analysis. Energy Efficiency, 2016, 9:239–248.
7. Hurco VMX 50 staklės. [žiūrėta 2017 spalį]. Prieiga per internetą: <http://www.porfem.hu/termeles-en.html>
8. Medekšas H. Gaminių kokybė ir patikimumas.-Kaunas: Technologija, 2003.
9. Montuojamos greitasūklės galvutės. [žiūrėta 2017 lapkritis]. Prieiga per internetą: <https://us.bigkaiser.com/products/spindle-speeders/high-spindle.html>
10. CAM sistemų panaudojimo galimybės. [žiūrėta 2017 lapkritis]. Prieiga per internetą: <https://www.inc.com/encyclopedia/computer-aided-design-cad-and-computer-aided-cam.html>
11. Hurco staklės stambiagabaričiams ruošiniams [žiūrėta 2017 lapkritis]. Prieiga per internetą: <http://www.hurco.com/en-us/cnc-machine-tools/machining-centers/vertical/pages/double-column.aspx>
12. Hurco staklių 5-oji ašis. [žiūrėta 2017 lapkritis]. Prieiga per internetą: <http://www.hurco.com/en-us/cnc-machine-tools/machining-centers/5-axis-vertical/pages/trunnion-table.aspx>
13. Hurco posūkio mechanizmas. [žiūrėta 2017 lapkritis]. Prieiga per internetą: <http://www.hurco.com/en-us/cnc-machine-tools/machining-centers/accessories/pages/default.aspx#rotarytables>
14. Staklės ilgų profilių apdirbimui. [žiūrėta 2017 lapkritis]. Prieiga per internetą: <http://www.kimla.pl/en/mov-35-Milling-machine-for-long-profiles-7000mm-/3>
15. Staklės ilgų profilių apdirbimui. [žiūrėta 2017 lapkritis]. Prieiga per internetą: <http://www.haco.com/en/our-services/profile-flex>
16. Staklės ilgų profilių apdirbimui. [žiūrėta 2017 lapkritis]. Prieiga per internetą: <http://www.lehbrink.com/en/footermenu/produkte/processing-of-aluminum/>

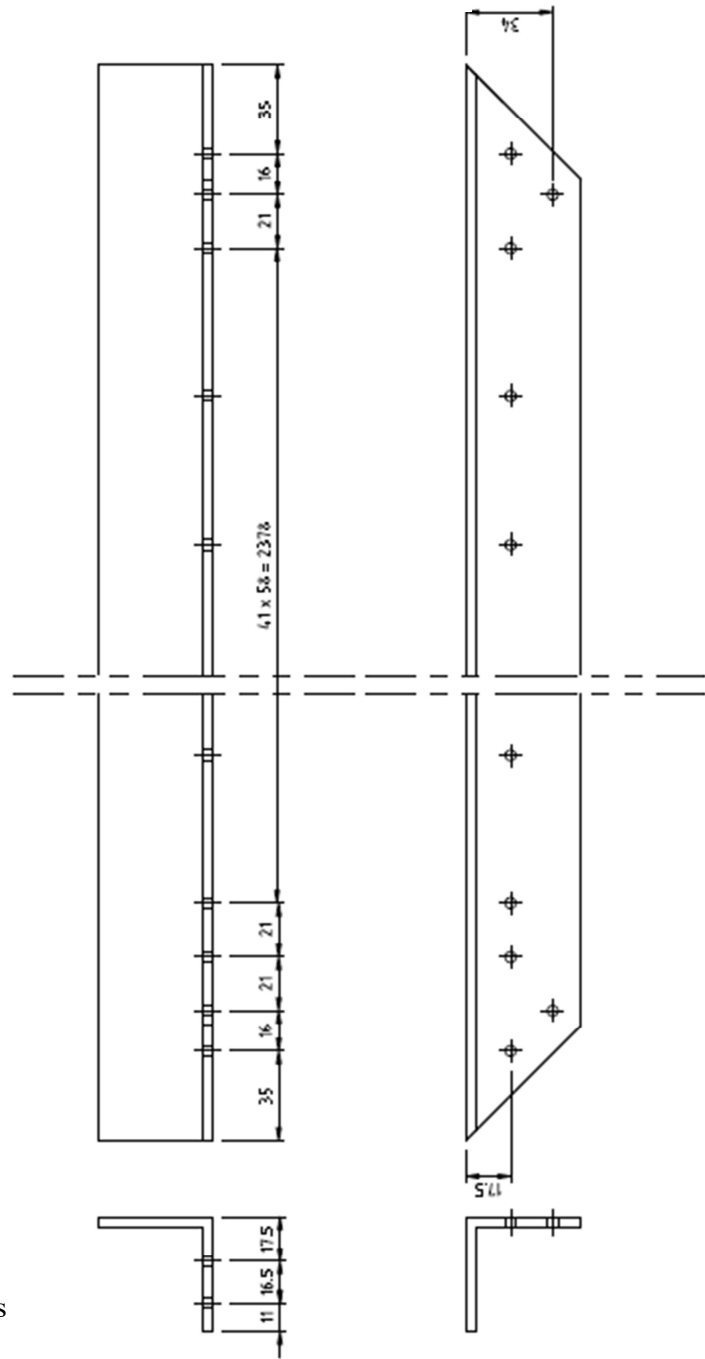
17. Staklės ilgų profilių apdirbimui su posūkio mechanizmu. [žiūrėta 2017 lapkritis]. Prieiga per internetą: http://www.datron.com/Extrusion_Milling_Aluminum_Profile.php
18. Staklių skirtų apdirbti ilgus profilius patentas. [žiūrėta 2017 lapkritis]. Prieiga per internetą: <http://www.google.com.na/patents/US5343603>
19. U. Fischer, R. Gomeringer, M. Heinzler, R. Kilgus, F.Naher, S. Oesterle, H. Paetzold, A.Stephan. Mechanical and metal trades handbook.-Haan-Gruiten: Verlag Europa-Lehrmittel, 2012.
20. Prispaudimo moduliai. [žiūrėta 2017 lapkritis]. Prieiga per internetą: https://www.festo.com/cat/lt_lt/products_EV
21. Žingsninis el. variklis. [žiūrėta 2017 lapkritis]. Prieiga per internetą: <http://www.mitsubishielectric.com/fa/products/drv/servo/pmerit/index.html#pageUnit04>
22. Pjovimo jėgų skaičiavimo metodika. [žiūrėta 2017 gruodis]. Prieiga per internetą: https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/knowledge/drilling/formulas_and_definitions/formulas
23. Gao X., Li B., Hong J., Guo J. Stiffness modeling of machine tools based on machining space analysis. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2016, Volume 6, Issue 5–8, pp 2093–2106.
24. Apdirbimo metu atsirandančių virpesių schema. [žiūrėta 2017 gruodis]. Prieiga per internetą: <http://manufacturingscience.asmedigitalcollection.asme.org/article.aspx?articleid=1450782>
25. Įtaiso standartiniai tvirtinimo elementai. [žiūrėta 2017 gruodis]. Prieiga per internetą: https://www.tormach.com/product_pcnc_acc_clamps.html
26. Bakšys B., Medekšas H. Mašinų gamybos automatizavimas.-Vilnius: Mokslas, 1988.
27. Įtaiso komponentų kainos. [žiūrėta 2017 gruodis]. Prieiga per internetą: <http://www.kiowa.co.uk/173-P00031097/EV-15/63-4-Festo-Clamping-module>
28. Įtaiso komponentų kainos. [žiūrėta 2017 gruodis]. Prieiga per internetą: <http://ugracnc.com/store/mechanical-components/linear-guideways>
29. Įtaiso komponentų kainos. [žiūrėta 2017 gruodis]. Prieiga per internetą: <https://www.buildyourcnc.com/default.aspx/>
30. Investicijų atsipirkimo laikotarpio skaičiavimo metodika. [žiūrėta 2017 gruodis]. Prieiga per internetą: <https://www.accountingformanagement.org/payback-method/>

PRIEDAI

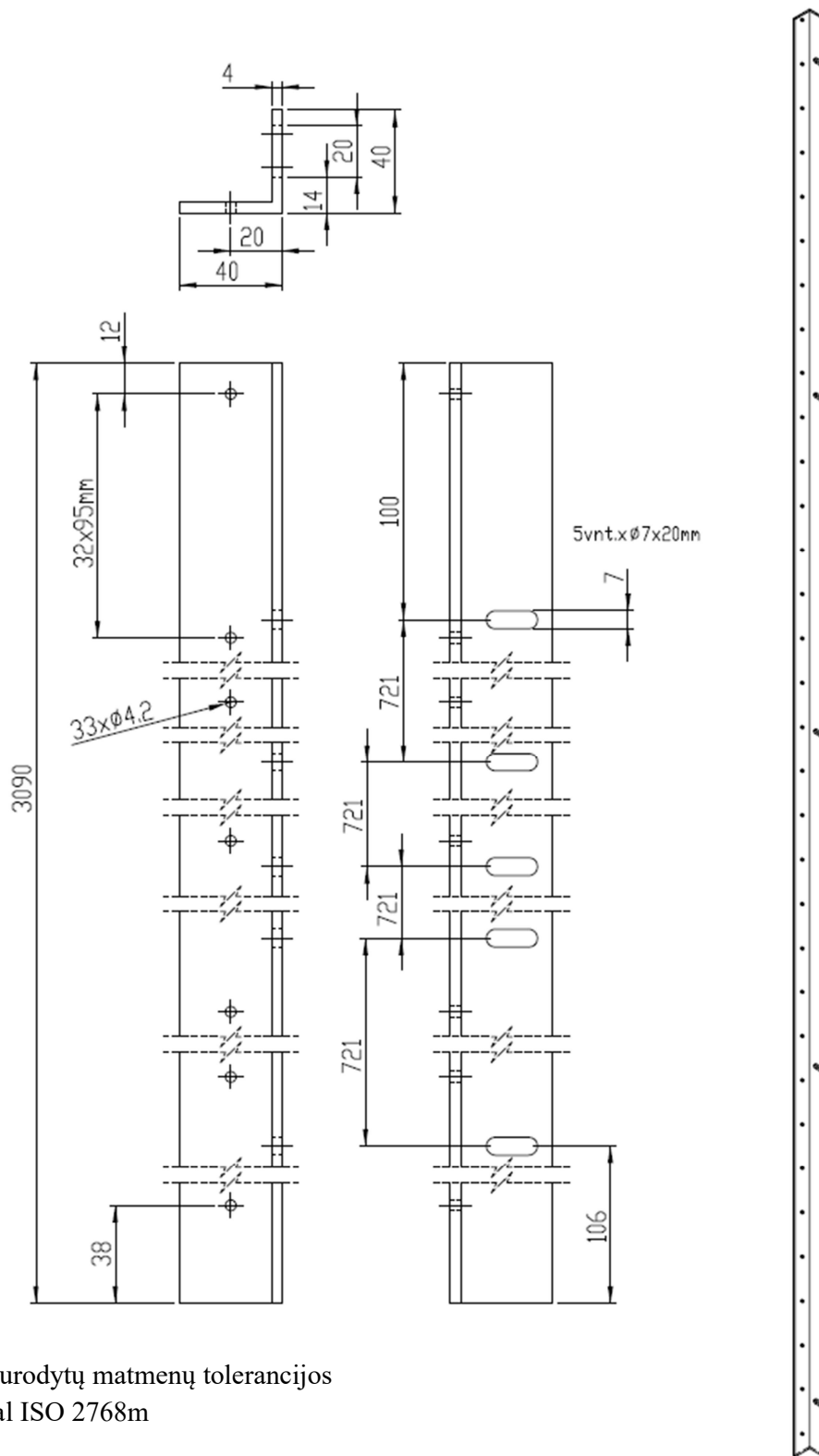
1 Priedas. Gaminio „A“ eskizas



Nenurodytų matmenų tolerancijos pagal ISO 2768m



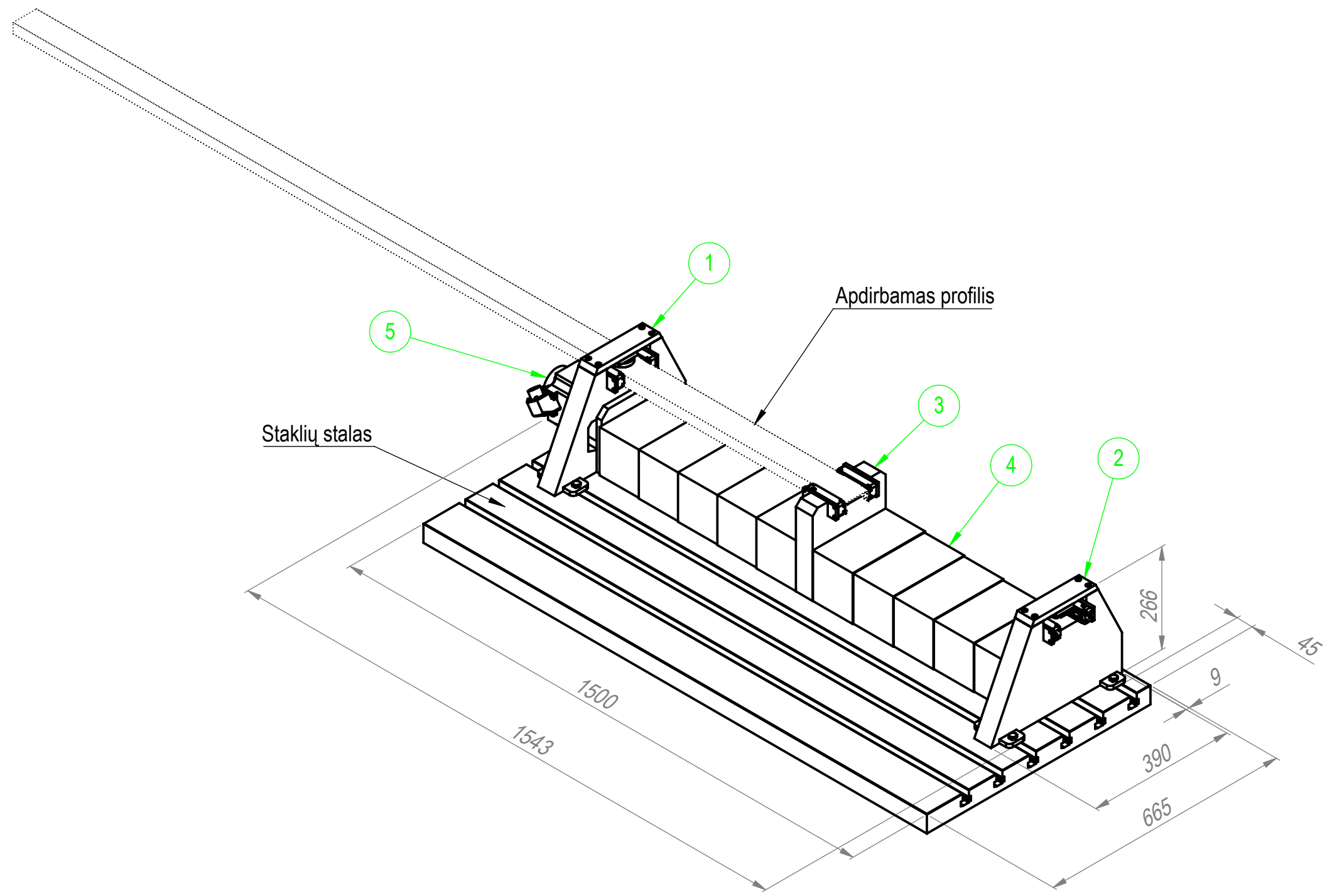
2 Priedas. Gaminio „B“ eskizas



Nenurodytų matmenų tolerancijos
pagal ISO 2768m

3 Priedas. Įtaiso bendro vaizdo specifikacija

4 Priedas. Įtaiso bendras vaizdas



	Bylos Nr.	Papildoma informacija	Medžiaga	Mastelis 1:10
Atsakinga žinyba MIK	Konsultantas	Dokumento tipas Įtaiso bendras vaizdas	Dokumento statusas Mokomasis	
Savininkas KTU	Rengė Tomas Lukošius	Antraštė Įtaisas ilgų profilių apdirbimui	IT-00.00.000 BV	
	Tvirtino Kazimieras Juzėnas		Laida A	Data 2017-12-19
			Kalba lt.	Lapas 1/1