



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

Evaldas Gaižauskas

MEDŽIO APDIRBIMO ĮRANKIŲ GAMYBOS PROCESO
TYRIMAS

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Doc. dr. Kazimieras Juzėnas

KAUNAS, 2016

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS
GAMYBOS INŽINERIJOS KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėjas

Doc. dr. K. Juzėnas

MEDŽIO APDIRBIMO ĮRANKIŲ GAMYBOS PROCESO
TYRIMAS

Baigiamasis magistro projektas
Gamybos inžinerija (kodas 621H70004)

Vadovas

(parašas) Doc. dr. Kazimieras Juzėnas

(data)

Recenzentas

(parašas) Doc. dr. Valdas Eidukynas

(data)

Projektą atliko

(parašas) Evaldas Gaižauskas

(data)

KAUNAS, 2016



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Mechanikos inžinerijos ir dizaino

(Fakultetas)

Evaldas Gaižauskas

(Studento vardas, pavardė)

Gamybos inžinerija 621H70004

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „Medžio apdirbimo įrankių gamybos proceso tyrimas“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 16 m. sausio 15 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Evaldo Gaižausko** baigiamasis projektas tema „Medžio apdirbimo įrankių gamybos proceso 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)

TURINYS

SANTRAUKA LIETUVIŲ KALBA	5
SANTRAUKA UŽSIENIO KALBA	6
BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS.....	7
ĮVADAS	8
1. Diskinių medienos apdirbimo pjūklų konstrukcijų analizė	9
1.1 Tradiciniai medienos apdirbimo pjūklai	9
1.2 Diskinių pjūklų konstrukcijos	11
1.3 Diskinių pjūklų su prilituotomis kietlydinio plokštelėmis medžiagos.....	14
1.4 Diskiniams pjūklams keliami reikalavimai.....	14
2. Diskinių pjūklų gamybos procesai	15
2.1 Šiuolaikinė diskinio pjūklo su prilituotomis kietlydinio plokštelėmis gamyba.....	15
2.2 Litavimas	17
2.3 Diskinių pjūklų kokybės užtikrinimo būdai.....	19
3. Diskinių pjūklų su prilituotomis kietlydinio plokštelėmis gamybos procesas	27
3.1 Gaminio apžvalga	28
3.2 Prototipo projektavimas	29
3.3 Technologiškumo analizė	31
3.4 Prototipo gamyba.....	33
3.5 Gamybos problemos ir jų sprendimai	36
3.5.1 Problemos analizė.....	36
3.5.2 Galimi problemos sprendimo būdai	36
3.5.3 Lydmetalių analizė	37
3.5.4 Proceso automatizavimas	38
3.5.5 Įrankio kaitinimo zonos sumažinimas	41
3.5.6 Aušinimo galimybių litavimo procese analizė	44
3.5.7 Siūlomų pakeitimų įtaka gaminio savikainai.....	50
IŠVADOS.....	53
LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	54
PAVEIKSLŲ ŠALTINIŲ SĄRAŠAS.....	56
PRIEDAI	57
1 priedas. Diskinio pjūklo su prilituotomis kietlydinio plokštelėmis brėžinys	58
2 priedas. Plieno 100Cr6 charakteristikos.	59

Gaižauskas, E. Medžio apdirbimo įrankių gamybos proceso tyrimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Kazimieras Juzėnas; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas, Gamybos inžinerijos katedra.

Kaunas, 2016. 59 psl.

SANTRAUKA

Magistro baigiamajame darbe buvo analizuojamos diskinių pjūklų konstrukcijos, joms keliami reikalavimai. Apžvelgiamos diskinių pjūklų su prilituotomis kietlydinio plokštelėmis medžiagos. Nagrinėjami įvairūs gamybos, kokybės užtikrinimo būdai. Darbo tikslas – išspręsti diskinių pjūklų su prilituotomis kietlydinio plokštelėmis technologines problemas, atsirandančias gamybos metu.

Darbo uždaviniai:

- *išanalizuoti diskinių pjūklų su prilituotomis kietlydinio plokštelėmis konstrukcijas ir gamybos etapus;*
- *išanalizuoti naudojamų medžiagų ir gamybos procesų alternatyvas;*
- *išanalizuoti gamybos metu naudojamos įrangos įtaką gaminio kokybei;*
- *išanalizuoti galimybes gerinti aušinimo sąlygas litavimo procese.*

Šiame darbe aprašomas įrankio gamybos kelias, iškylančios problemos, galimi sprendimo būdai. Pagrindinė problema - po litavimo operacijos dėl pjūklo korpuso perkaitinimo atsirandantis per didelis šoninis mušimas ir deformacija ašine kryptimi. Ši problema išspręsta automatizavus litavimo procesą ir sumažinus kaitinimo zoną. Taip pat išanalizuotas flanšų efektyvumas aušinant korpusą. Apskaičiuota kaip technologiniai pakeitimai daro įtaką gaminio savikainai.

Reikšminiai žodžiai: diskiniai pjūklai, kietlydinio plokštelės, deformacija, šilumos pasiskirstymas, perkaitimas, litavimas.

Gaižauskas, E. Analysis of woodworking tool manufacturing process. Master's final work. /supervisor doc. dr. Kazimieras Juzėnas; Kaunas University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering and Design, Department of Production Engineering.

Kaunas, 2016. 59 p.

Summary

This master's final work is an analysis of circular saw blade design and design requirements. Materials used for circular saws with brazed-on carbide inserts are reviewed. Various quality assurance means are discussed. The aim of this work is to solve the technological problems which arise in the process of manufacturing circular saw blades with brazed-on carbide inserts.

Tasks:

- *to analyse the design and manufacturing stages of circular saw blades with brazed-on carbide inserts;*
- *to analyse available alternative materials and manufacturing methods;*
- *to analyse the influence of manufacturing equipment on the quality of the product;*
- *to analyse the possibilities of improving cooling conditions in the brazing process.*

In this work, the author describes the manufacturing process, encountered problems and possible solutions. The main issues are excessive radial run-out and deformation along the direction of the rotation axis, caused by overheating of the saw blade during the brazing process. The problem is solved by automating the brazing process and reducing the heated area. The effectiveness of flanges, used for cooling, is also analysed. The influence of these technological modifications on the cost of the product is calculated.

Keywords: circular saw blades, carbide inserts, deformation, heat distribution, overheating, brazing.

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

Tvirtinu:

Gamybos inžinerijos
katedros vedėjas

(parašas, data)

(vardas, pavardė)

**MAGISTRANTŪROS STUDIJŲ BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS
Studijų programa GAMYBOS INŽINERIJA**

Magistrantūros studijų, kurias baigus įgyjamas magistro kvalifikacinis laipsnis, baigiamasis darbas yra mokslinio tiriamojo ar taikomojo pobūdžio darbas (projektas), 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 darbu 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. Darbo tema: medžio apdirbimo įrankių gamybos proceso tyrimas.

Patvirtinta 2015 m. gruodžio mėn. 11 d. dekanų įsakymu ST17-F11-15

2. Darbo tikslas: ištirti gamybos procesų įtaką diskinių pjūklų su prilituotomis kietlydinio plokštelėmis kokybei, pateikti pasiūlymus kokybės gerinimui.

3. Darbo struktūra: išanalizuoti diskinių pjūklų su prilituotomis kietlydinio plokštelėmis konstrukcijas ir gamybos procesus. Išanalizuoti naudojamų medžiagų ir gamybos procesų alternatyvas. Išanalizuoti gamybos metu naudojamos įrangos įtaką gaminio kokybei. Išanalizuoti galimybes gerinti aušinimo sąlygas litavimo procese.

4. Reikalavimai ir sąlygos _____

5. Darbo pateikimo terminas 2015 m. gruodžio mėn. 19 d.

6. Ši užduotis yra neatskiriama baigiamojo darbo dalis

Išduota studentui Evaldui Gaižauskui

Užduotį gavau Evaldas Gaižauskas

(studento vardas, pavardė)

(parašas, data)

Vadovas Doc. dr. Kazimieras Juzėnas

(pareigos, vardas, pavardė)

(parašas, data)

IVADAS

Lietuvoje klestint medienos apdirbimo pramonei, kiekvienais metais vis daugiau medienos produktų eksportuojama į užsienio šalis. Nuo 2009 m. iki 2014 m. medienos gaminių, išskyrus baldus, eksportas padidėjo nuo 172,025,500 eurų iki 431,968,800 eurų [1]. Norint konkuruoti užsienio rinkose, gaminiai savo kokybe turi nenusileisti konkurentų produkcijai. Tam didelę reikšmę turi medžio apdirbimo, pjovimo įrankiai. Jie privalo užtikrinti aukštą apdirbimo kokybę. Turi atitikti saugumo reikalavimus, būti kuo ilgaamžiškesni. Dažniausiai įrankiai skirstomi pagal apdirbimo pobūdį: frezavimo, gręžimo, tekinimo, pjovimo, drožimo. Viena iš didžiausių įrankių grupių – pjūklai. Pjūklai būna juostiniai, diskiniai, gateriniai. Pagrindinė jų paskirtis – medienos atpjovimas, išpjovimas. Pagal paskirtį jie būna įvairių konstrukcijų, su įvairiai išdėstytais dantukais. Dažnai prie pjūklų dantų lituojamos kietlydinio plokštelės, kurios naudojamos siekiant padidinti įrankio patvarumą.

Diskiniams pjūklams būtinoms savybės: didelis atsparumas smūgiams, didelis kietumas ir atsparumas dilimui, pjūklo medžiagų struktūros tolygumas, atsparumas nuovargiui. Dažniausiai pasitaikančios problemos yra dantukų, plokštelių dilimas, nepakankamas stiprumas, nereikalingų vibracijų atsiradimas ir kt.

Šiame darbe nagrinėjamos diskinių pjūklų ypatybės. Analizuojami diskinių pjūklų su prilituotomis kietlydinio plokštelėmis gamybos procesai, išskylančios problemos ir jų sprendimo būdai. Darbe nagrinėjamuose diskiniuose pjūkluose yra šimtas dantukų ir tik 1,2 mm. storio korpusas. Dėl didelio skaičiaus dantukų ir plono korpuso, litavimo metu korpusas stipriai įkaista. Pagrindinė problema - po litavimo operacijos dėl pjūklo korpuso perkaitinimo atsirandantis per didelis šoninis mušimas ir deformacija ašine kryptimi. Šią problemą siekiama išspręsti naudojant tinkamesnį lydmetali, automatizuojant litavimo operaciją, mažinant įrankio kaitinimo zoną, taikant efektyvesnį aušinimo būdą.

Šio darbo objektas – diskiniai pjūklai su prilituotomis kietlydinio plokštelėmis, skirti medienos gaminių apdirbimui.

Darbo tikslas – ištirti gamybos procesų įtaką diskinių pjūklų su prilituotomis kietlydinio plokštelėmis kokybei, pateikti pasiūlymus kokybės gerinimui.

Darbo uždaviniai:

- išanalizuoti diskinių pjūklų su prilituotomis kietlydinio plokštelėmis konstrukcijas ir gamybos procesus;
- išanalizuoti naudojamų medžiagų ir gamybos procesų alternatyvas;
- išanalizuoti gamybos metu naudojamos įrangos įtaką gaminio kokybei;
- išanalizuoti galimybes gerinti aušinimo sąlygas litavimo procese.

1. Diskinių medienos apdirbimo pjūklų konstrukcijų analizė

1.1 Tradiciniai medienos apdirbimo pjūklai

Pjaunant medieną pagal griežtai nustatytą kryptį suardomi vidiniai ryšiai tarp medžiagos dalelių. Apdirbamas objektas padalijamas į kelias dalis. Proceso metu drožlė gali susidaryti arba nesusidaryti. Pagrindiniai pjovimo įrankiai – pjūklai. Pagrindinės jų rūšys: diskiniai (1.1 pav., a), juostiniai (1.1 pav., b), gateriniai / rėminiai (1.1 pav., c) [2].



a)



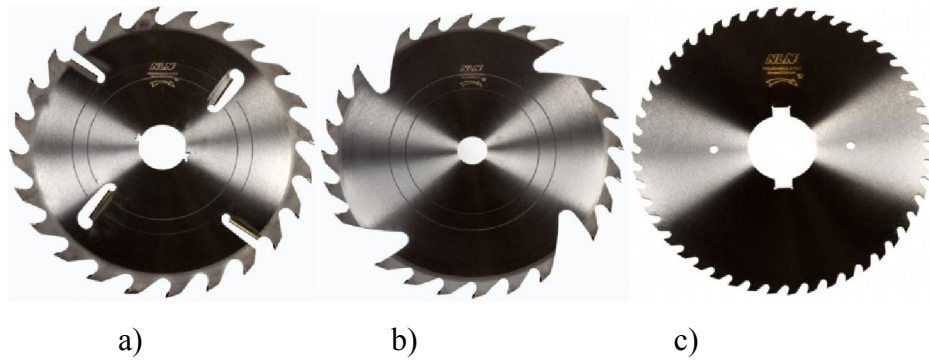
b)



c)

1.1 pav. Medžio apdirbimo pjūklai: a) – diskinis pjūklas; b) – juostiniai pjūklai; c) – rėminiai pjūklai [1p].

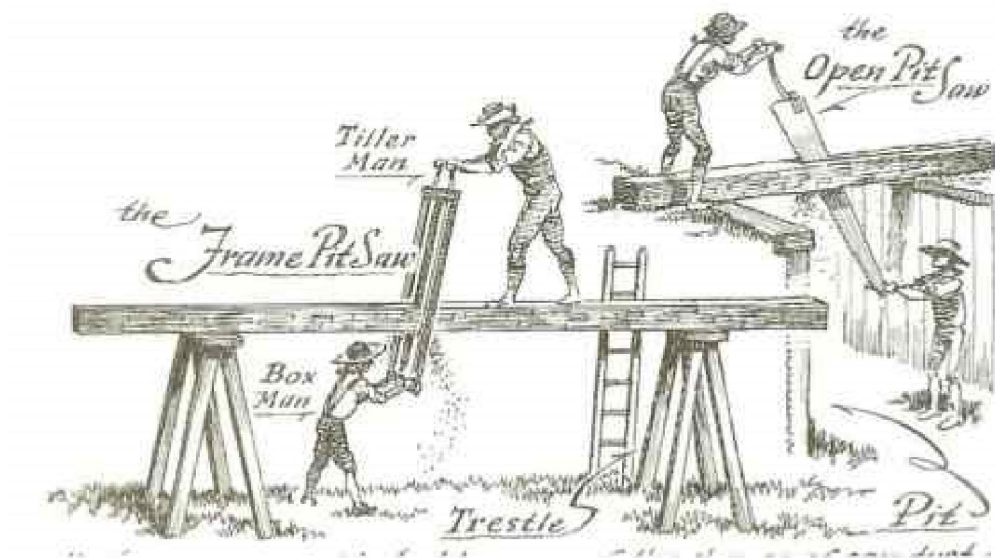
Diskinių pjūklų tipas ir konstrukcija priklauso nuo jų paskirties. Pagal technologinę paskirtį jie gali būti skirti išilginiam, skersiniam ir mišriam pjovimui. Pjūklų konstrukcija parenkama atsižvelgiant į apdirbamą medžiagą: natūrali mediena, klijuota mediena, fanera, medienos drožlių plokštės ir kt. Keli diskinių pjūklų pavyzdžiai pateikti 1.2 pav.: diskinis pjūklas su valančiaisiais peiliais (1.2 pav., a), išilginio pjovimo diskinis pjūklas (1.2 pav., b), skersinio pjovimo diskinis pjūklas (1.3 pav., c) [3].



1.2 pav. Diskiniai pjūklai: a) – diskinis pjūklas su valančiaisiais peiliais; b) – išilginio pjovimo diskinis pjūklas; c) – skersinio pjovimo diskinis pjūklas [1p].

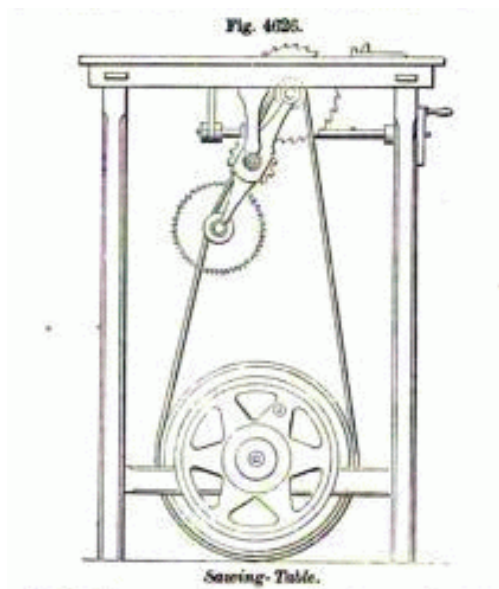
Pagal disko formą jie skirstomi į plokščio disko, kūginius, drožiančiuosius, kvadratinus, daugiasluoksnius, sferinius ir cilindrinus. Tiek skersiniam, tiek išilginiam pjovimui daugiausia naudojami plokščio disko diskiniai pjūklai. Kūginiai pjūklai skirti storų ruošinių supjaustymui į plonas lenteles. Drožiantieji – glotniam išilginiam ir skersiniam pjaustymui. Sferiniai pjūklai naudojami statinių gamyboje, dugnams apipjaustyti. Likusieji naudojami rečiau [3,4].

18 a. viduryje mediena buvo apdirbama naudojant rankinius pjūklus. Tam buvo reikalinga speciali duobė ar pakyla ir dviejų žmonių darbo jėga (1.3 pav.). Tai buvo sunkus ir nenašus procesas. Siekiant patobulinti šį darbą, 18 a. pabaigoje buvo išrastas diskinis pjūklas. Pirmąjį diskinį pjūklą 1777 m. Anglijoje užpatentavo Samuel Miller. Vėliau sekė daugiau beveik identiškų patentų kitose šalyse [5].



1.3 pav. Rankinio pjūklo naudojimas [2p].

Diskinio pjūklo populiarinimui didelę įtaką turėjo 1813 m. Tabitha Babbitt išrastos pirmosios diskinio pjūklo staklės (1.4 pav.) Diskinį pjūklą, kitaip nei rankinį, sukant apie ašį atliekamas nenutrūkstamas pjovimo procesas. Taip padidėja darbo našumas ir jomis dirbti užtenka tik vieno darbuotojo. Pradžioje šios staklės buvo naudojamos tik Jungtinių Amerikos Valstijų lentpjūvėse [5,6].



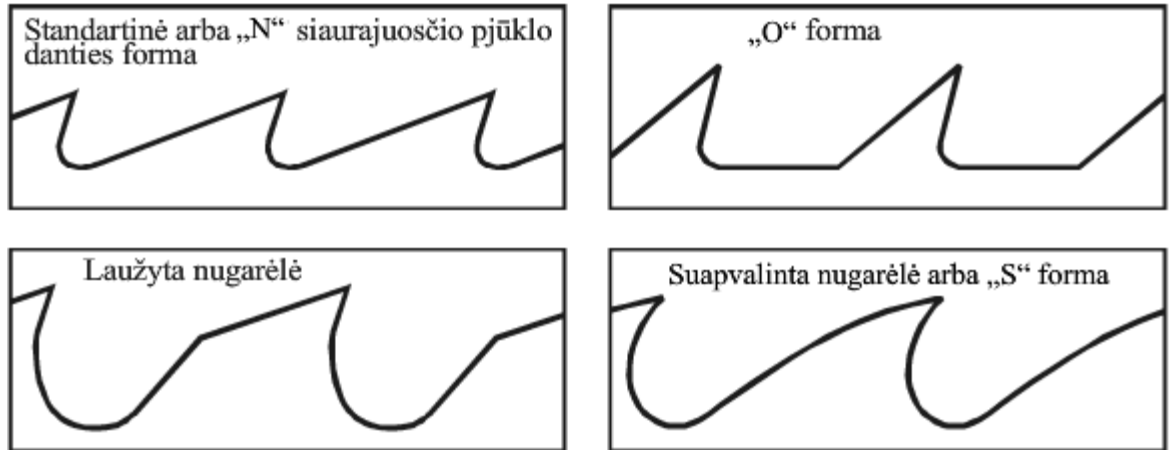
1.4 pav. Pirmosios diskinio pjūklo staklės [3p].

Kitas perversmas diskinių pjūklų evoliucijoje įvyko tik po 150 metų, kai ganėtinai išsivystė elektros energijos panaudojimas varančiajai jėgai išgauti. Tuomet diskinių pjūklų panaudojimas tapo daug platesnis ir jie vis labiau populiarėjo medienos apdirbimo pramonėje visame pasaulyje. Laikui bėgant tobulėjo konstrukcijos, diskinių pjūklų įrengimai tapo ne tik stacionarūs. Šiuo metu pasaulyje naudojama daugybė įvairiausių konstrukcijų diskinių pjūklų bei jų staklių ir jie vis dar yra nepakeičiami medienos apdirbimo pramonėje [5,6].

1.2 Diskinių pjūklų konstrukcijos

Atsižvelgiant į apdirbamą medžiagą ir technologinę paskirtį, diskiniai pjūklai būna įvairių konstrukcijų. Pagal formą pjūklų dantys skirstomi į keturias pagrindines grupes:

- „N“ formos. Jie yra stiprūs, o tarpdantės plotas nedidelis;
- „O“ formos arba padidinto žingsnio. Tarpdantės dugnas plokščias, dėl to sumažėja pjūklo įtrūkimo pavojus;
- laužyta nugarėlė;
- „S“ formos. Nugarėlė yra kreiva, todėl dantis turi minimalų užpakalinį kampą ir sustiprintą viršūnę. Atitinkamai mažesnis yra ir tarpdantės plotas. (1.5 pav.) [7].

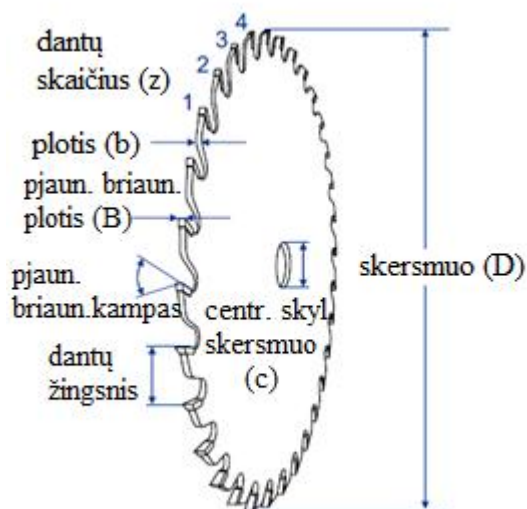


1.5 pav. Pagrindinės pjūklų dantų formos [4p].

Pagal danties tipą diskiniai pjūklai skirstomi taip:

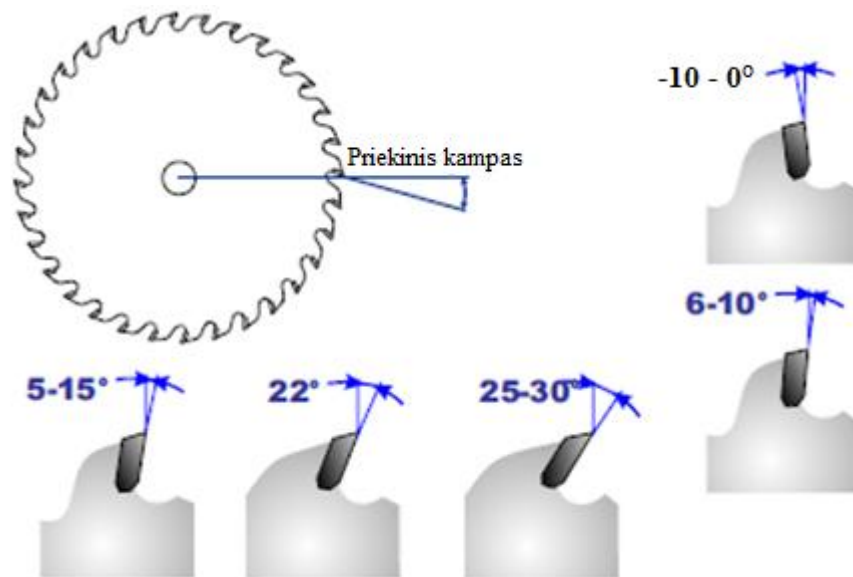
- su gniuždytaisiais dantimis;
- su skėstiniais dantimis;
- su dantų viršūnėse prilituotomis kietlydinio plokštelėmis;
- su mechaniškai pritvirtintais dantimis. [7]

Nepriklausomai nuo konstrukcinių skirtumų, diskiniai pjūklai apibūdinami vienodais parametrais: dantų skaičiumi z , centrinės skylės skersmeniu c , išoriniu skersmeniu D , dantų žingsniu, pjaunančiosios briaunos kampu, pjūklo pločiu b , pjaunančiosios briaunos pločiu B (1.6 pav.). Šie parametrai parenkami atsižvelgiant į apdirbamą medžiagą ir reikiamas pjūklo savybes.



1.6 pav. Pjūklo parametrai [5p].

Siekiant pailginti pjūklo tarnavimo laiką, dažniausiai prie dantų lituojamos kietlydinio plokštelės, kurios yra mažiausiai du kartus kietesnės už patį pjūklą. Pjūklo plokštelės priekinis kampas – vienas iš svarbiausių parametrų. Jis parenkamas atsižvelgiant į apdirbamą medžiagą. Neigiamas, iki -10° kampas naudojamas pjauti plastikams ir laminatams. $6-10^\circ$ kampas naudojamas faneruotoms ir laminuotoms lentoms pjauti. $5-15^\circ$ kampas – fanerai, faneruotoms lentoms, medžio drožlių plokštėms pjauti. 22° kampas naudojamas sausai ar žaliai medienai pjauti. $25-30^\circ$ kampas – žaliai medienai pjauti, formuoti (1.7 pav.) [8].



1.7 pav. Pjūklo pjaunančiosios briaunos kampai [5p].

Dažniausiai plokštelės būna stačiakampio formos. Tačiau kartais, siekiant gauti maksimalų aštrumą ir geresnius pjovimo parametrus, plokštelės turi nestandartines formas. Nepriklausomai nuo formos, visos plokštelės turi teigiamus šoninius radialinius ir šoninius tangentinius kampus. (1.8 pav.).



1.8 pav. Plokštelių formos: a) – įgaubta; b) – kampu; c) – tipinė [5p].

1.3 Diskinių pjūklų su prilituotomis kietlydinio plokštelėmis medžiagos

Medienos apdirbimo pramonėje diskinių pjūklų korpusai dažniausiai gaminami iš anglinio plieno dėl santykinai mažos kainos ir tinkamų savybių. Dažniausiai tai būna plienai, turintys 0,7 – 1,3 % anglies. Svarbiausios savybės yra kietumas, trapumas. Rečiau naudojami plienai su legiruojančiais elementais. Jie naudojami siekiant pagerinti medžiagos savybes. Dažniausiai tai būna chromas, vanadis. Chromas suteikia plienui didesnę kietumą ir stiprumą, šiek tiek sumažina tąsumą. Vanadis mažina plieno trapumą karštoje būklėje. Keletas korpusų gamyboje naudojamų plienų: 100Cr6, 80CrV2, 145Cr6, 85Cr1, 140Cr3 ir kt. [9,10].

Kietlydinio plokštelės gaminamos iš kompozitinės medžiagos, kurią sudaro kieti karbido grūdėliai (iki 97%) ir rišiklis. Dažniausiai naudojamas volframo karbidas, o kaip rišiklis – kobaltas. Kartais naudojamas ir nikelis. Grūdelių dydis gali svyruoti nuo 1 iki 7 μm . Kietumas priklauso nuo grūdelių dydžio. Didesni grūdėliai suteikia didesnę kietumą, dyla lėčiau, tačiau yra trapesni. Mažesni grūdėliai suteikia didesnę tamprumą, tačiau greičiau dyla [9,10].

1.4 Diskiniams pjūklams keliami reikalavimai

Medienos apdirbimo pjūklams būtinos savybės: [7]

- didelis atsparumas smūgiams. Jie turi atlaikyti pasikartojančius smūgius, esant 50 m/sek. pjovimo greičiams ir keleto šimtų laipsnių temperatūroms;
- didelis kietumas ir atsparumas dilimui, kad apdirbimo metu pjūklas išliktų pakankamai aštrus;
- pjūklo medžiagų struktūros tolygumas (gamybos metu turi neatsirasti mikroįtrūkimai);
- atsparumas temperatūros pokyčiams (pjovimo savybės turi mažai keistis nuo pjovimo metu išsiskiriančios šilumos);

Dėl nekokybiškų įrankių blogėja pjūvio kokybė ir trumpėja įrankio tarnavimo laikas. Pagrindinės problemos, su kuriomis susiduriama siekiant, kad pjūklas visapusiškai tiktų ilgalaikiam naudojimui, yra šios: dantų, plokštelių nusidėvėjimas, nepakankamas stiprumas, kietumas, mažas atsparumas smūgiams, mikroįtrūkimų atsiradimas ir pan.

2. Diskinių pjūklų gamybos procesai

2.1 Šiuolaikinė diskinio pjūklo su prilituotomis kietlydinio plokštelėmis gamyba

Bet kokio diskinio pjūklo gamyba prasideda nuo korpuso gamybos. Dažniausiai naudojami trys korpusų gamybos būdai. Pirmasis – šampavimas, naudojamas tik didelių serijų gamyboje. Šis būdas našus, gaunama maža savikaina. Dėl didelių šampų kainų vienetinėje ir serijinėje gamyboje šis būdas nenaudojamas. Antrasis būdas – pjovimas vandeniui. Šis būdas naudojamas vienetinėje, serijinėje gamyboje. Pagrindinis pjovimo vandeniui privalumas, jog nėra terminio poveikio, neatsiranda mikroįtrūkimai, įtempiai. Labiausiai paplitęs trečiasis būdas: pjovimas lazeriu (2.1 pav.). Jis dažniausiai naudojamas vienetinėje, serijinėje gamyboje. Už pjovimą vandeniui, šis būdas pranašesnis didesniu našumu ir mažesne kaina. Pagrindinis šio būdo trūkumas – pjovimo metu atsirandantis terminis poveikis. Šiuo būdu korpusai pjaunami naudojant programinio valdymo lazerinio pjovimo stakles. Į stakles įkeliamas pjovimo kelias, kuris suprojektuojamas įvairiomis CAD / CAM programomis. Pjaunama iš reikiamo storio plieno lakštų, iš karto suformuojant korpuso pjūklo dantis, kompensacines išpjovas ir kitus reikiamus konstrukcinius elementus [11, 12].



2.1 pav. Diskinių pjūklų pjovimas lazeriu [6p].

Jei korpusai pjauti lazeriu, ruošiniai yra termiškai apdorojami. Kadangi po pjovimo lazeriu atsiranda vidiniai įtempiai, struktūros pokyčiai, korpusas darbo metu gali stipriai deformuotis, neatlaikyti veikiančių jėgų, taip sugadindamas apdirbamą detalę. Siekiant išvengti šių galimų

problemų, korpusai atkaitinami juos įkaitinant iki 350-560°C, išlaikant toje temperatūroje ir lėtai ataušinant, atsižvelgiant į reikiamą gauti kietumą. Dažniausiai korpuso kietumas būna 40–50 HRC [12].

Po terminio apdorojimo dauguma korpusų įtempiami specialiose staklėse. Įtempimu vadinamas vidinės pjūklo ploto dalies ištempimas kraštų atžvilgiu. Diskinio pjūklo zonos, dalyvaujančios įtempimo procese, pavaizduotos 2.2 pav. Šis procesas atliekamas todėl, kad dėl pjovimo metu atsirandančių veiksnių išsitempia pjūklo kraštai vidinės dalies atžvilgiu. Įtempimu siekiama išvengti pjūklo susibangavimo, sukuriant pusiausvyrą tarp išorinio ir vidinio paviršių pjovimo metu [7].



2.2 pav. Diskinio pjūklo įtempimo zonos [4p].

Daugumai pjūklų keliamas reikalavimas, kad pjūklo korpuso storis būtų visur vienodas. Todėl korpusai apdirbami šlifuojant. Šlifuojant ne tik suformuojamas vienodas storis, bet ir pagerinama prekinė išvaizda. Korpusų centrinės skylės būna septinto tikslumo kвалiteto, todėl jos taip pat apdirbamos šlifuojant [12].

Visi korpusai privalo būti plokšti ir lygūs. Labiausiai paplitęs lyginimo būdas – tai lyginimas specialiomis staklėmis, kuriose sumontuotos kelios poros lyginimo ritinėlių. Šiomis staklėmis galima lyginti įvairaus storio ir skersmens korpusus. Jos našios ir lengvai perderinamos kito tipo korpusų lyginimui. Rečiau lyginama naudojant presus. Šis būdas labiau skirtas kraštinės zonos lyginimui. Korpusas uždedamas ant veleno, kuris po kiekvieno preso nusileidimo pasukamas nustatytu kampu. Puansonas korpusą spaudžia į lygią atramą, taip lygindamas kontakto vietą. Pats paprasčiausias ir dažniausiai naudojamas būdas mažo skersmens korpusams tiesinti – rankinis

lyginimas. Šis metodas naudojamas vienetinėje gamyboje arba labai nežymiam nelygumui ištaisyti. Korpusas turi būti padėtas tik ant lygios plokštumos. Tada darbuotojas kaldamas plaktuku tiesina korpusą. Šis lyginimo būdas nenašus ir gali būti atliekamas tik patyrusio darbuotojo.

Prieš lituojant kietlydinio plokšteles, korpuso jungties zonos dėl netinkamos paviršiaus kokybės papildomai apdirbamos. Paviršiai dažniausiai smėliuojami automatinėmis smėliavimo staklėmis, siekiant gauti kuo tinkamesnę paviršių, kuris turi įtaką litavimo kokybei. Kietlydinio plokštelės dažniausiai lituojamos naudojant automatizuotas litavimo stakles. Jos automatiškai padeda plokštelę į nustatytą vietą, uždeda lydmetali, fliusą ir plokštelę ant korpuso bei lituoja. Kadangi šis darbas glaudžiai susijęs su litavimu, jis plačiau nagrinėjamas 2.2 skyriuje [11].

Viena iš svarbiausių operacijų – galandimas. Nuo tinkamo užgalandimo priklauso įrankio ilgaamžiškumas ir pjūvio kokybė. Plokštelės galandamos programiniu būdu valdomose galandimo staklėse su deimantiniu šlifavimo disku. Programinės staklės užtikrina aukštą galandimo kokybę ir tikslumą. Pjūklai, turintys nedaug dantų, vienetinėje gamyboje kartais galandami rankiniu būdu. Tam naudojamos įvairios dildės, galastuvai. Rankinis galandimas retai naudojamas dėl mažo našumo ir tikslumo [11].

Visi šie metodai yra vieni dažniausių, naudojamų diskinio pjūklo su prilituotomis kietlydinio plokštelėmis gamyboje. Nepaminėti liko tokie procesai, kaip graviravimas, poliravimas, padengimas ir kt. Šie procesai labiau susiję su prekiene pjūklo išvaizda, todėl plačiau nenagrinėjami.

Galiausiai galandimo kokybė tikrinama naudojant kompiuterizuotą matavimo įrangą. Pjūklas padedamas ant specialaus stalo, ant kurio primontuota kamera, kuri, sufokusavusi plokštelės vaizdą, jį perduoda į kompiuterį. Programos pagalba išmatuojami plokštelės kampai bei nustatoma užgalandimo kokybė. Tai kartojama su visomis plokštelėmis.

2.2 Litavimas

Litavimas – tai jungties gavimo procesas naudojant išlydytą pridėtinę medžiagą, kurios skystosios fazės temperatūra aukštesnė kaip 450 °C, tačiau žemesnė už pagrindinės medžiagos lydymosi temperatūrą. Lituojama kietaisiais ir minkštaisiais lydmetaliais. Dažniausiai pasitaikantys minkštieji lydmetaliai yra alavo-švino. Jų stiprumo riba siekia iki 50 – 70 MPa. Kietųjų lydmetalių, vario, vario-cinko stiprumo riba siekia iki 500 MPa. Kietieji naudojami, kai reikia stipriai sujungti detales. 2.1 lentelėje pateikiamas dažniausiai naudojamų lydmetalių ir lituojamų medžiagų tinkamumas. Iš šios lentelės galima matyti ar naudojamas lydmetalis tinkamas naudojamoje litavimo operacijoje [13,14].

2.1 lentelė. Rekomenduojami lydmetaliai

Lituojamos medžiagos	Lydmetalis					
	Varis su cinku	Žalvaris su alavu ir siliciu	Varis su fosforu	Varis su sidabru ir cinku	Varis su sidabru ir fosforu	Varis su sidabru ir kadmiu
Varis	G	G	G	R	R	R
Vario lydiniai	N	N	N	R	R	R
Mažaanglis, anglinis ir legiruotas plienas	G	R	N	R	N	R
Kalusis ketus	G	R	N	R	N	R

R – rekomenduojamas lydmetalis; G – lydmetalis, kuriuo galima lituoti; N – lydmetalis kuriuo nerekomenduojama lituoti.

Paviršiai prieš litavimą turi būti gerai paruošti ir švarūs. Jie valomi mechaniškai – dilde, švitriniumi popieriumi, šepėčiais, smėliuojant, chemiškai – šarmais. Vienetinėje gamyboje lituojama kaitinant lituokliu arba litavimo lempa. Didelio skersmens diskiniai pjūklai lituojami rankiniu būdu, naudojant acetileno ir deguonies degiklius. Stambių serijų gamyboje įkaitinama voniose, dujinėse krosnyse, aukštojo dažnio srovėmis ir kt. Lituojant įvairius metalus naudinga elektrinį lituoklį veikti ultragarsiniais virpesiais. Virpesiai skystame lydmetalyje ardo oksidų plėvelę [14].

Svarbią reikšmę turi tarpas tarp lituojamųjų paviršių. Naudojant minkštuosius lydmetalius, paliekamas 0,0025–0,075 mm tarpas. Lituojant sidabriniais lydmetaliais, – 0,05-0,08 mm, variu, – 0,012-0,014 mm tarpas. Litavimo kokybė tikrinama atliekant apžiūrimąją kontrolę ir bent vieną iš bandymų: ultragarsinį, radiografinį, plėšimo, mikroskopinį, lenkimo [14,15].

Pramonėje vis labiau naudojamos automatizuotos litavimo staklės. Darbuotojas tik įdeda ir išima diskinį pjūklą. Staklės pačios atlieka plokštelės paėmimą ir pozicionavimą, nustato disko padėtį, uždeda lydmetali ant plokštelės ir kaitina. Tai paspartina visą procesą ir stabilizuoja pagrindinius proceso parametrus, kaitinimo trukmę, litavimo temperatūrą ir kt. [16].

2.3 Diskinių pjūklų kokybės užtikrinimo būdai

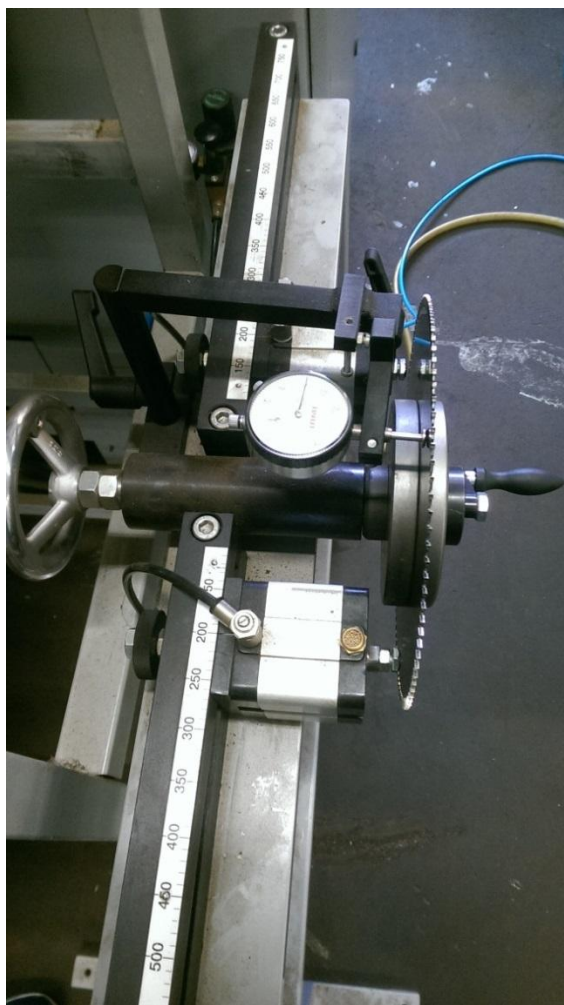
Įmonės, gaminančios diskinius pjūklus, individualiai užtikrina gaminių kokybę. Tam šiuolaikinėje gamyboje naudojama didelė įvairovė įrangos ir metodų, padedančių užtikrinti reikiamas savybes. Svarbu kad matavimai būtų atliekami visuose gamybos etapuose, o ne pagaminus produktą. Svarbiausios tikrinamos diskinių pjūklų su prilituotomis kietlydinio plokštelėmis charakteristikos: korpuso kietumas, šoninis mušimas, įtrūkimai, deformacija ašine kryptimi, galandimo kokybė, dilimas, litavimo jungties stiprumas.

Kietumas matuojamas įvairiais kietmačiais. Dažniausiai naudojamas Rokvelo metodas. Kietmatis į diskinį pjūklą išspaudžia deimantinę prizmę. Kietumas nustatomas matuojant prizmės išspaudimo gylį. Indikatoriais (2.3 pav.) matuojami geometriniai nukrypimai, deformacijos. Indikatoriuje nustačius atskaitos tašką, fiksuojamas matmenų skirtumas tarp matuojamų taškų. Taip matuojamas skirtumas tarp dantukų, plokštelių aukščių, korpuso kreivumas.



2.3 pav. Indikatoriai [7p].

Indikatoriai dažniausiai tvirtinami įvairiuose matavimo stenduose. Vienas tokių stendų pavaizduotas 2.4 pav. Tai universalus „Petshauer“ gamintojo stendas, ant kurio sumontuotas velenas su keičiamais flanšais, taip užtikrinant tikslų korpuso bazavimą. Ant stendo taip pat sumontuoti du 10 barų pneumatiniai cilindrai ir indikatorius. Nustačius indikatoriaus skalę ties nuliu ir sukant pjūklą, galima matuoti geometrinius nukrypimus, šoninį mušimą. Taip pat nustačius indikatorių ir pneumatiniiais cilindrais deformuojant korpusą, tikrinamas diskinio pjūklo standumas.

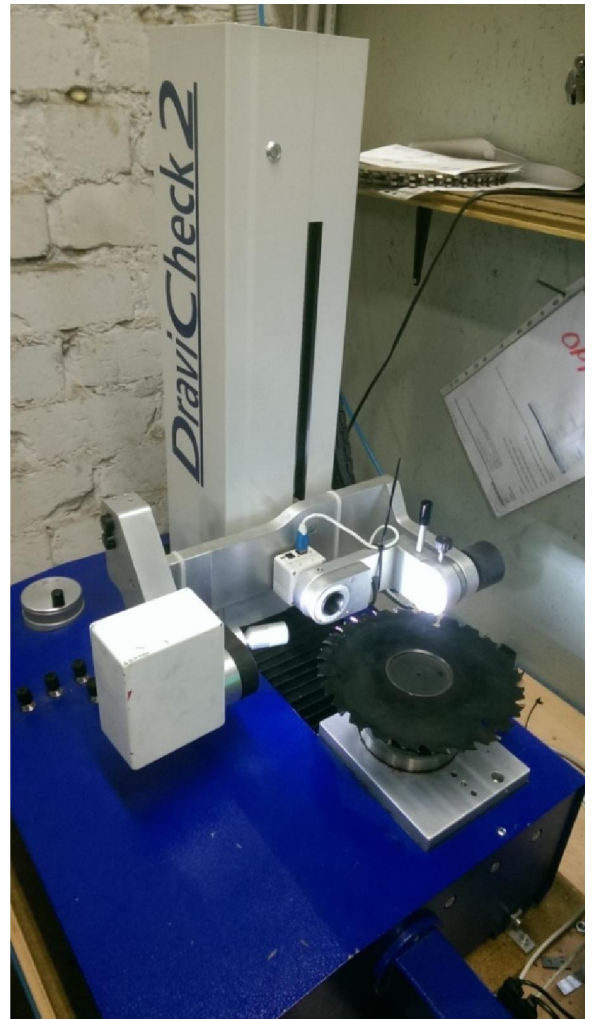


2.4 pav. „Petshauer“ matavimų stendas [8p].

Diskinių pjūklų su prilituotomis kietlydinio plokštelėmis kokybės užtikrinimui naudojami įvairūs optiniai matavimo prietaisai. Jais tikrinama litavimo, galandimo kokybė, stebima ar neatsirado įtrūkimų. 2.5 paveiksle pavaizduota kompiuterizuota matavimo įranga. Pritvirtinus diskinių pjūklą ant veleno, kamera sufokusuoja vaizdą, kuris matomas monitoriuje. Rankiniu būdu sukant diską, galima kruopščiai apžiūrėti kiekvieną plokštelę. Ši įranga vaizdą didina iki 100 kartų, todėl galima pamatyti atsiradusius mikroįtrūkimus, kurių paprastai žiūrint pamatyti neįmanoma. Yra galimybė išsaugoti norimą vaizdą, tai labai pagerina skirtingų pjūklų palyginimo galimybes. 2.6 paveiksle pavaizduota „Dravi Check 2“ kompiuterizuota matavimų mašina, turinti dvi kameras. Jos paskirtis – matuoti diskinio pjūklo plokštelių kampus. Viena kamera sumontuota su galimybe pasisukti 90° kampu, kad galėtų fiksuoti vaizdą iš dviejų projekcijų. Įrangoje esanti programa automatiškai išmatuoja kampus ir pateikia jų skaitines reikšmes.

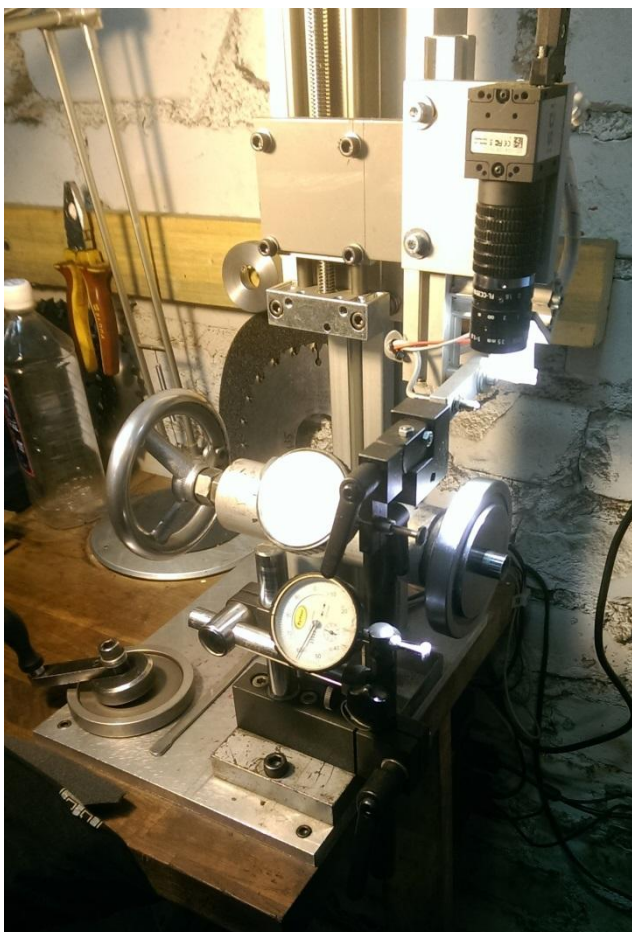


2.5 pav. Optinė matavimo įranga [8p].



2.6 „Dravi Check 2“ matavimų mašina [8p].

Pramonėje dažnai naudojami ir universalūs matavimo stendai su optine matavimo įranga. 2.7 paveiksle pavaizduota įranga galima matuoti pjūklų šoninį mušimą, deformacijas, galandimo kokybę. Kompiuterizuota optinė matavimo įranga automatiškai nustato plokštelės nuokrypį nuo centro. Tokiu stendu sukant pjūklą galima vienu metu stebėti kelis kokybės rodiklius. Universalūs matavimo stendai su optine įranga padidina kokybės kontrolės našumą. Taip pat tokiu būdu sumažinama pastatymų paklaida ir gaunami tikslesni rezultatai.

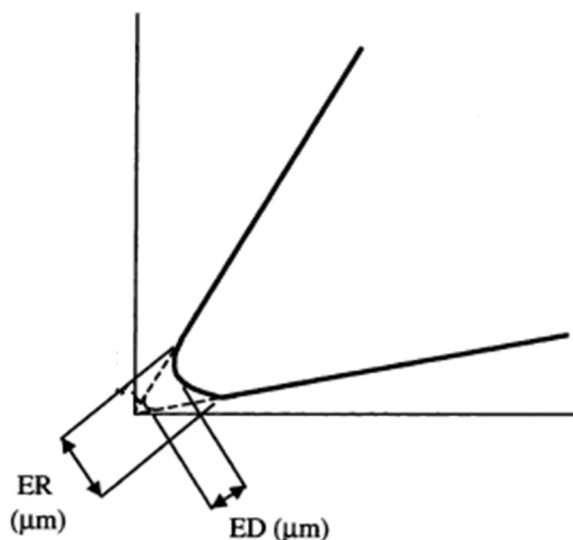


2.7 pav. Universalus matavimo stendas su optine įranga [8p].

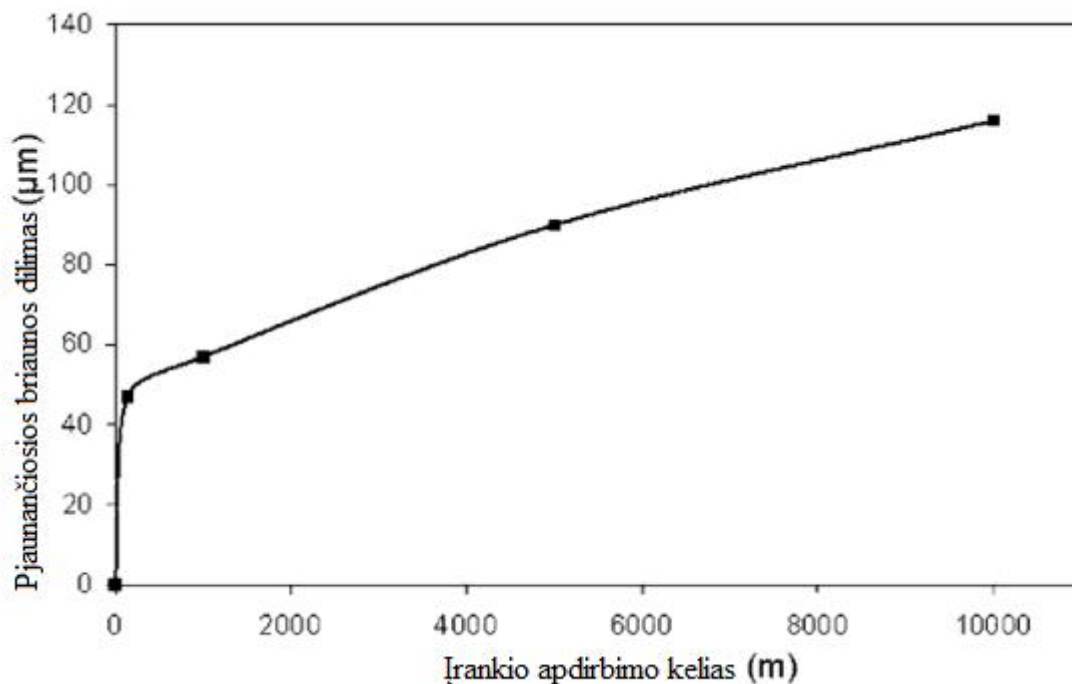
Ar kampai tinkamai parinkti ir užgalęsti, galima patikrinti atliekant dilimo bandymus. Dilimas apibrėžiamas kaip masės, tūrio, kampinių ir linijinių matmenų pasikeitimas. Pirmiausia dilimas pasireiškia mikroskopiniame lygyje, todėl jį sunku pastebėti. Vėlesniuose etapuose dilimą galima pastebėti nesunkiai, jis pasireiškia pjaunančiosios briaunos aptrupėjimu, masės ir tūrio pokyčiu [17].

Bandymus galima skirstyti į dvi pagrindines grupes: kai judesį atlieka įrankis ir kai judesį atlieką pagalbinė medžiaga. Dažniau naudojamas pirmasis būdas, kadangi jį galima atlikti su turimomis staklėmis įrankiui dirbant. Tiesiog po tam tikro darbo laiko įrankis išimamas iš staklių ir atliekami matavimai. Taip galima nustatyti dilimą realiomis darbo sąlygomis. Antrajam būdu dažniausiai reikalingi specialūs stendai, laboratorinė įranga, todėl jis naudojamas rečiau. Įrangoje dažniausiai įstatomas bandinys, tai gali būti pjūklas, arba tiesiog kietlydinio plokštelė. Tuomet judesį atlieka pagalbinė medžiaga, kuri imituoja pjovimo procesą. Vėliau bandinys išimamas ir atliekami matavimai. Naudojant laboratorinę įrangą, nesvarbu kuriuo principu būtų paremtas jos veikimas, bandymai atliekami greitai ir gaunami tikslūs rezultatai.

Atliekant bandymus, matuojamieji dydžiai yra pjaunančiosios briaunos skersmuo (ER) arba plokštelės sutrumpėjimas (ED) (2.8 pav.), jie parodo linijinius matmenų pokyčius. Bandymais nustatyta (2.9 pav.), jog pirmaisiais pjovimo metrais ED staigiai padidėja, pasireiškia pirminis dilimas, po jo dilimas tampa beveik tiesiškai proporcingas nuo apdirbto kelio. Kartais paprasčiau dilimą nustatyti matuojant įrankio tūrio ar masės pokyčius. Įrankiui dylant, tiek jo masė, tiek tūris mažėja, nes dilimo metu prarandama dalis medžiagų [18].

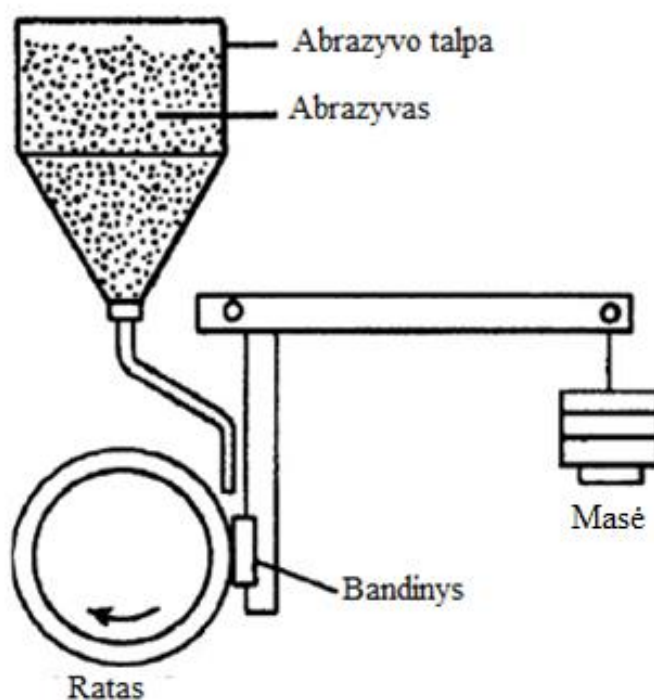


2.8 pav. Linijiniai dilimo parametrai [9p].



2.9 pav. Linijinio dilimo priklausomybė nuo apdirbto kelio [9p].

Vienas iš dažniausiai naudojamų dilimo nustatymo metodų reglamentuojamas ASTM G65 standartu. Bandymų mašinos principinė schema pateikta 2.10 paveiksle. Bandymo principas: bandinys, veikiamas jėgos, spaudžiamas prie besisukančio rato, tuo metu į kontakto vietą tiekiamas abrazyvas, taip sukuriama dilimo procesą. Pagal šį standartą, darbinio rato medžiaga parenkama atsižvelgiant į modeliuojamą trinties porą, dažnai naudojama guma, kaučiukas. Pakabinama masė, naudojamas reguliuoti apkrovą bandymo metu. Abrazyvo talpykloje supilamas abrazyvas, kuris naudojamas atliekant bandymą. Iš talpyklos specialiu vamzdžiu abrazyvas tiekiamas į kontakto zoną. Pagrindiniai darbo režimai – apkrova, bandymo trukmė, rato sukimosi greitis, dilimo intensyvumas – parenkami individualiai pagal bandymo reikalavimus [19, 20].

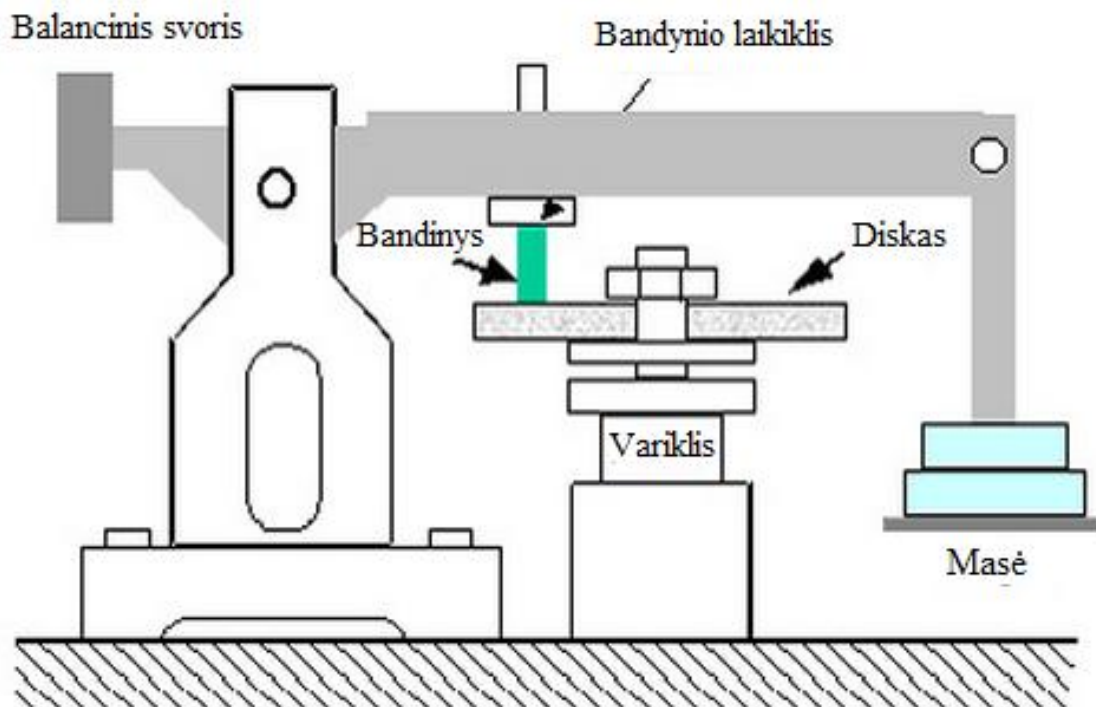


2.10 pav. ASTM G65 bandymų mašina [10p].

Kitas dažnai naudojamas dilimo vertinimo metodas – „pin-on-drum“, jis reglamentuojamas ASTM G99 standartu. Šis būdas priskiriamas prie didelių kontaktinių apkrovų tyrimo būdų. Principinė schema pateikta 2.11 paveiksle.

Bandymo principas: bandinys, veikiamas uždėtos masės, spaudžiamas prie abrazyvo disko, tuo metu variklio veikiamas diskas sukasi atlikdamas dilimo procesą. Pakabinama masė naudojama reguliuoti apkrovą bandymo metu. Svarbiausi parametrai – bandymo greitis, bandymo atstumas, spaudimo jėga – parenkami pagal bandymo reikalavimus. Analogiškai šiam bandymui atliekamas „pin on drum“ bandymas. Skiriasi tik abrazyvo forma. „Pin on drum“ metode naudojamas cilindro formos kūnas padengtas abrazyvu. Šis būdas dažniausiai atliekamas naudojant tekimo stakles, kuriose sukasi cilindras ir, veikiamas uždėtos masės, spaudžiamas bandinys. Dažniausiai dilimas

įvertinamas masių metodu, t. y. matuojant masės pokytį prieš ir po bandymo, dėl matavimo paprastumo. Masės pokytis dažnai būna labai mažas, todėl patartina naudoti svarstyklės kurių padalos vertė yra 0,001 g. [21, 22].



2.11 pav. „pin on disk“ bandymų mašina [11p].

Diskinio pjūklo su prilituotomis kietlydinio plokštelėmis stiprumas priklauso nuo litavimo kokybės, medžiagų struktūros tolygumo ir kt. Stiprumas dažniausiai tikrinamas statinės apkrovos bandymo būdu. Tam naudojama įranga, kuria galima apkrauti pjūklą ir nustatyti veikiančią jėgą. Šiandieninėje pramonėje stiprumo tyrimams atlikti naudojamos įvairios bandymų mašinos, stendai. Specialiai bandymams sukurtos mašinos sudarytos iš pagrindinių įrenginių: 1) bandiniui tvirtinti, 2) bandiniui apkrauti, 3) veikiančiai jėgai matuoti, 4) rezultatams pateikti. Dažniausiai naudojamos universalios tempimo – gniuždymo bandymų mašinos. Viena iš tokių universalių bandymo mašinų pavaizduota 2.12 paveiksle. Tokios bandymų mašinos pasižymi dideliu tikslumu ir dideliu reguliuojamų parametrų diapazonu. 2.12 pav. pateiktų staklių charakteristikos: bandymo greitis nuo 0,0005 iki 1500 mm/min, apkrovos reguliavimas iki 100 kN, darbinę zoną – iki 1450 mm. Jos lengvai perderinamos kitiems bandymams. Naudojant bandymų mašiną, bandinys standžiai įtvirtinamas spaustuvoje ir kietlydinio plokštelė apkraunama iki nustatytos jėgos, arba kol lūžta. Atliekant bandymą, mašina fiksuoja bandymo rezultatus visais pasirinktaisiais momentais ir pateikia rezultatus. Rezultatai pateikiami braižant dviejų tipų diagramas. Pirmoji – tai tiesioginė

diagrama, vaizduojanti priklausomybę tarp bandinį veikiančios jėgos ir ilgio pokyčio. Antroji – sąlyginė diagrama siejanti normalinį įtempį su santykinu ilgio pokyčiu [23, 24].



2.12 pav. „Zwick/Roell ProLine serijos“ bandymų mašina [12p].

3 Diskinių pjūklų su prilituotomis kietlydinio plokštelėmis gamybos procesas

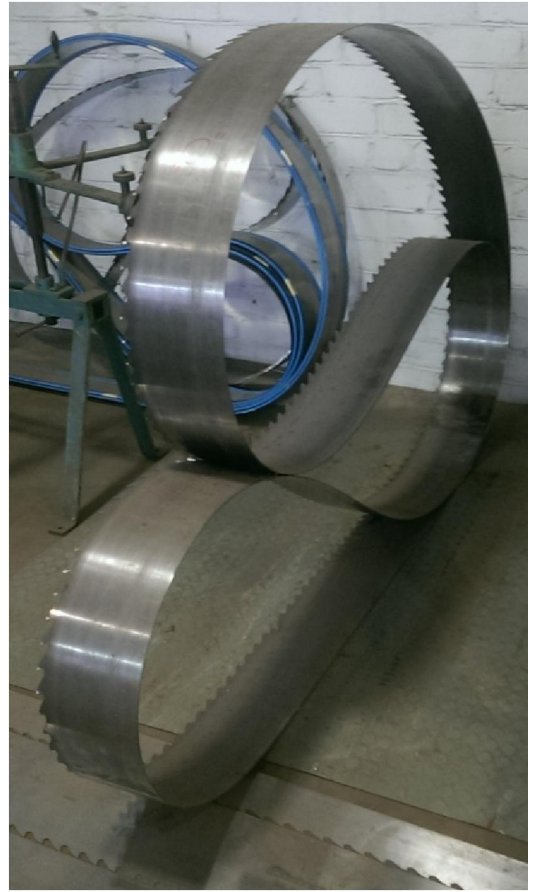
Įmonės, kurioje gaminamas nagrinėjamas diskinis pjūklas, pagrindinė veikla yra prekyba medienos ir metalo apdorojimo įrankiais ir įrengimais. Taip pat įmonėje gaminami pjūklai, atliekamas jų remontas, galandimas, įrangos ir įrankių garantinis aptarnavimas, įmonių konsultavimas. Įmonė užima tvirtas pozicijas Lietuvos rinkoje, kadangi ne tik tiekia pasaulyje pripažintų įrankių gamintojų produktus, bet ir gamina įvairius pjūklus pagal užsakymus. Didžioji įmonės atliekamų darbų dalis yra užsakymai iš Lietuvoje įsikūrusių medienos apdirbimo įmonių. Keli atliekamų darbų pavyzdžiai pateikti 3.1–3.3 pav.



3.1 pav. Diskiniai pjūklai su prilituotomis kietlydinio plokštelėmis [8p].



3.2 pav. Didelio skersmens pjūklai [8p].



3.3 pav. Juostiniai pjūklai [8p].

3.1 Gaminio apžvalga

Įmonėje pradėti gaminti naujos konstrukcijos diskiniai pjūklai pagal vienos medienos apdirbimo įmonės užsakymą. Pagal užsakovo pateiktus duomenis ir reikalavimus, suprojektuotas pjūklo korpusas, parinktos įrankio medžiagos, gaminamas prototipas ir kt.

Užsakovo pateikti duomenys ir reikalavimai:

- centrinės skylės skersmuo: 100 mm;
- pjūklo maksimalus skersmuo: 255 mm;
- korpuso storis: 1,2 mm;
- dantų storis: 1,5 mm;
- apdirbamo ruošinio skersmuo: iki 12 mm;
- apdirbama medžiaga: beržas;
- staklių sūkliaus nominalūs apsisukimai: 2500 aps./min;
- ruošinio padavimo greitis: 30 m/min;
- negali būti kompensacinių griovelių;

- įrankio korpusas gaminamas iš anglinio plieno 100Cr6;
- įrankis bus gaminamas smulkiomis serijomis arba vienetais;
- įrankis nedengiamas jokia danga.

Šiuolaikinėje pjūklų gamyboje siekiama gaminti kuo plonesnius įrankius, taip sutaupant medžiagos ir sumažinant įrankio savikainą. Taip pat kuo plonesnis pjūklas, tuo plonesnis pjovimo takas. Todėl mažiau apdirbamos medžiagos virsta drožlėmis.

3.2 Prototipo projektavimas

Turint pradinis duomenis, pradedamas projektuoti diskinis pjūklas. Apskaičiuojamas pjūklo dantų skaičius. Vienas iš būdų – naudojant kataloguose pateikiamas lenteles. Atsižvelgiant į apdirbamą medžiagą, nominalius sūklį apsisukimus, ruošinio padavimo greitį, gaunamas dantų skaičius – 100. Pjūklo išorinis skersmuo parenkamas su 5 mm. atsarga – 250 mm. [25]. Atsižvelgiant į apdirbamą medžiagą, iš gamintojo pateikiamo katalogo (3.4 pav) parenkamos kietlydinio plokštelės. Kietai medienai rekomenduojamos kietlydinio plokštelės T06F. Jos sudarytos iš 94 % volframo karbido ir 6 % kobalto. Grūdelių dydis svyruoja 1–1,4 μm. Standartiniai plokštelių matmenys yra 6,5x1,8x2 mm. [26]. Kitos plokštelių charakteristikos pateiktos 3.5 paveiksle. Atsižvelgiant į plokštelės matmenis pjūklo korpusė, suprojektuojamos plokštumos, prie kurių bus lituojamos plokštelės. Jos matomos brėžinyje (1 priedas). Plokštumų ilgis 5,5 mm., plotis 1,2 mm., gylis 1,4 mm.

EN	TIGRA grade	ISO	USA	Aluminum	HDF	MDF	Chipboard	Hardwood	Softwood
DE	TIGRA - Sorte	ISO	USA	Aluminium	HDF	MDF	Spanplatte	Hartholz	Weichholz
FR	Nuance TIGRA	ISO	USA	Aluminium	HDF	MDF	Panneaux de particule	Bois dur	Bois tendre
IT	Tipo TIGRA	ISO	Stati uniti	Alluminio	HDF	MDF	Truciolare	Legno duro	Legno tenero
ES	Calidad TIGRA	ISO	EE.UU.	Aluminio	HDF	MDF	Panel de aglomerado	Madera dura	Madera blanda

T06F UNIVERSAL	K10	C3	✓	○	○	✓	✓	✓
--------------------------	------------	-----------	---	---	---	---	---	---

3.4 pav. Kietlydinio plokštelės tinkamumas [13p].

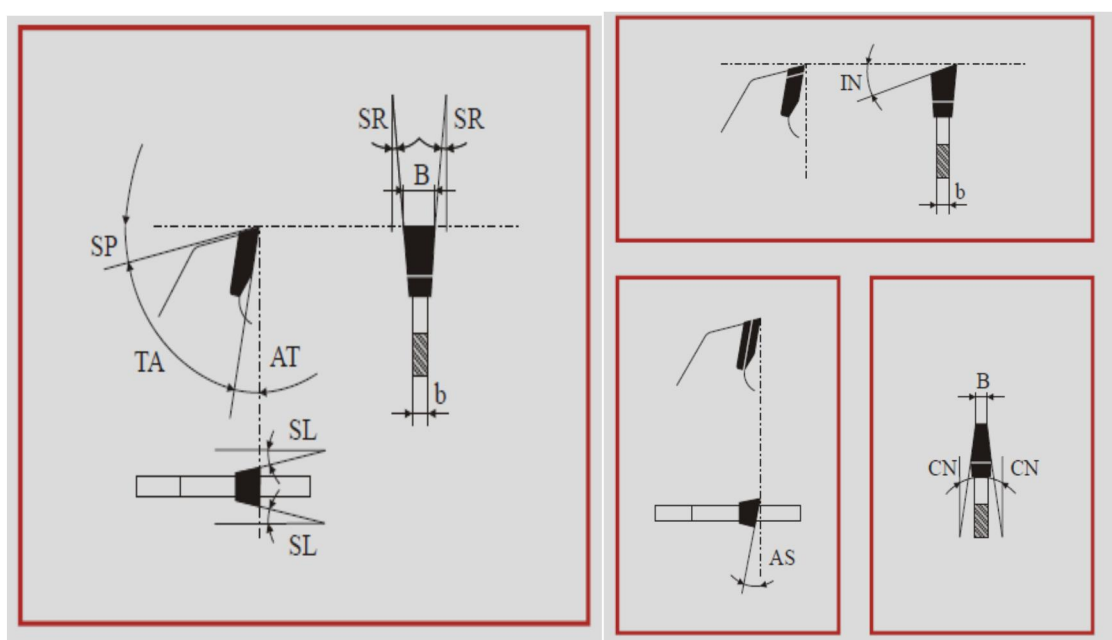
EN	TIGRA grade	Binder	Hardness	Bending strength	Toughness
DE	TIGRA - Sorte	Binder	Härte	Biegebruchfestigkeit	Zähigkeit
FR	Nuance TIGRA	Liant	Dureté	Résistance à la flexion	Ténacité
IT	Tipo TIGRA	Legante	Durezza	Resistenza flessionale	Tenacità
ES	Calidad TIGRA	Composicion	Dureza	Resistencia a la flexión	Tenacidad

T06F	ISO: K10 USA: C3	%	HV 10	(HRA) ± 0,2	(Nmm²)	psi	K_{IC} / MPa.m^{-1/2}
		6.0	1740	92.7	2350	341.000	9.0

3.5 pav. Kietlydinio plokštelės charakteristikos [13p].

Plokštelių kampai ir matmenys parenkami atsižvelgiant į apdirbamą medžiagą ir užsakovo reikalavimus (3.6 pav.), [8]:

- priekinis kampas $AT = -5^\circ$;
- priekinis ašinis kampas $AS = 0^\circ$;
- viršutinis kampas $SP = 20^\circ$;
- viršutinis šoninis kampas $IN = 10^\circ$;
- danties plotis $B = 1,5 \text{ mm}$;
- šoninis radialinis kampas $SR = 0,90^\circ$;
- šoninis tangentinis kampas $SL = 2,85^\circ$.



3.6 pav. Plokštelių parametrai [14p].

Atsižvelgiant į įmonės gamybinius pajėgumus, turimą įrangą, gaminamos partijos dydį, nuspręsta diskinių pjūklų korpusus užsakinėti pas specializuotus korpusų gamintojus. Nusprendus pirkti korpusus, išvengiama korpusų gamybos metu išskylančių problemų. Užklausa buvo išsiųsta specializuotiems korpusų gamintojams, su kuriais jau bendradarbiauta anksčiau. Gavus atsakymus iš gamintojų, kurie įsikūrę Vokietijoje, Lenkijoje, Švedijoje, Japonijoje ir įvertinus pagaminimo terminus, transportavimo kaštus ir korpuso pagaminimo kainą, nuspręsta užsakymą pateikti Lenkijoje įsikūrusiai įmonei.

Korpusai pjaunami lazeriu iš 100Cr6 anglinio plieno lakštų. Lydinio atitikmenys kituose standartuose pateikti 3.1 lentelėje:

3.1 lentelė. Lydinio 100Cr6 atitikmenys kituose standartuose.

EN	UNI	DIN	AISI/SAE	B.S.	AFNOR
100Cr6	100Cr6	1.3505	52100	534A99	100C6

Cheminė lydinio sudėtis (maksimalūs galimi medžiagų kiekiai lydinyje) pateikta 3.2 lentelėje. Plieno 100Cr6 pagrindinės charakteristikos pateiktos 2 priede [27].

3.2 lentelė. Lydinio 100Cr6 cheminė sudėtis.

C	Si	Mn	Cr
0,93-1,05%	0,15-0,35%	0,25-0,45%	1,35-1,6%

3.3 Technologiškumo analizė

Technologiškumo analizė pagal matmenų tikslumą atliekama remiantis gaminiui iškeltais tiksluminais reikalavimais. Šie reikalavimai sudaryti išanalizavus užsakovo pateiktus duomenis bei remiantis inžinerine patirtimi, atsižvelgiant į įmonės gamybinius pajėgumus. IT tikslumo kokybei randami ISO 286 standarte [28]. Analizės duomenys pateikti 3.3 lentelėje. Matmenys pateikti 1 priede.

3.3 lentelė. Diskinio pjūklo matmenų tikslumo tolerancijos.

Eil. nr.	Matmuo, mm	Tikslumo kokybė										Tolerancija, μm	
		Didelis				Vidutinis			Mažas				
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
1.	Ø 100			+									35
2.	Ø 249									+			460
3.	Ø 250									+			460
4.	5,5									+			100
5.	1,4									+			100
6.	1,2									+			100
7.	1,5 (plokštelės storis)			+									10

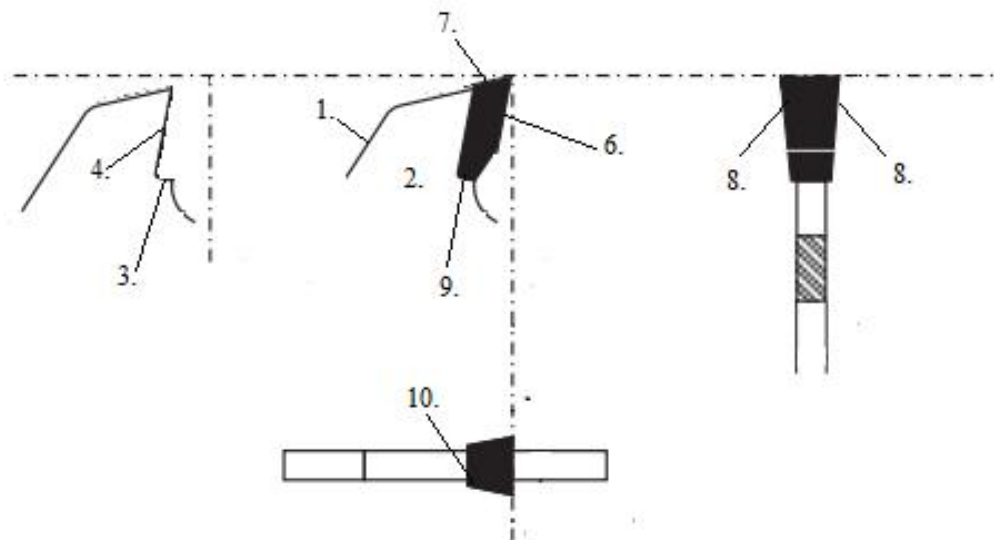
Lentelėje nepažymėtiems matmenims taikyti tolerancijų klasę f pagal DIN ISO 2768 [29]

Iš 3.3 lentelėje pateiktų duomenų matoma, jog siekiant gauti kokybišką gaminį, svarbiausia užtikrinti centrinės skylės dydį ir galandant suformuoti tinkamą plokštelės storį [30].

Technologiškumo analizė pagal paviršiaus šiurkštumą, atliekama remiantis analogiškais gaminiais ir pjūklo paskirtimi. Korpuso šoniniai paviršiai apdirbimo metu nekontaktuoja su apdirbama medžiaga, dėl to jų šiurkštumas įtakos apdirbamo gaminio kokybei neturi. Vidutinis šiurkštumas reikalingas paviršiams, prie kurių lituojamos kietlydinio plokštelės, tai daro įtaką jungties kokybei ir stiprumui. Po korpuso pjovimo lazeriu, paviršiuje atsiranda įtempiai, kurie blogina litavimo jungties stiprumą. Mažas šiurkštumas reikalingas priekiniams, šoniniams ir viršutiniams kietlydinio plokštelės paviršiams, nes jie tiesiogiai daro įtaką apdirbimo kokybei. Galiniams ir apatiniams plokštelės paviršiams reikalingas vidutinis šiurkštumas, jie taip pat daro įtaką jungties kokybei [31]. Tikslesni duomenys pateikti 3.4 lentelėje. Paviršiai pagal eil. nr. pavaizduoti 3.7 pav.

3.4 lentelė. Diskinio pjūklo paviršių kokybė.

Eil. nr.	Matmuo arba paviršius	Šiurkštumo parametras Ra, μm								
		Mažo šiurkštumo			Vidutinio šiurkštumo			Didelio šiurkštumo		
		<0,63	1,24-0,63	2,4-1,25	6,2-2,5	12,4-6,3	24-12,5	25-49	50-100	>100
1.	Korpuso išoriniai paviršiai					+				
2.	Korpuso šoniniai paviršiai				+					
3.	1,4					+				
4.	5,5					+				
5.	\varnothing 100			+						
6.	Plokštelės priekinis paviršius	+								
7.	Plokštelės viršutinis paviršius	+								
8.	Plokštelės šoniniai paviršiai	+								
9.	Plokštelės galinis paviršius					+				
10.	Plokštelės apatinis paviršius					+				



3.7 pav. Paviršiai [14p].

Iš 3.4 lentelėje pateiktų duomenų matoma, jog siekiant gauti kokybišką gaminį, lituojamieji paviršiai turi būti vidutinio šiurkštumo. Paviršiai kontaktuojantys su apdirbama medžiaga ir centrinė skylė turi būti apdirbtos taip, kad jų paviršiai būtų mažo šiurkštumo.

3.4 Prototipo gamyba

Gavus pjūklo korpusus iš gamintojo, įmonėje atliekama pirminė kontrolė, siekiant įsitikinti, kad gautas kokybiškas produktas. Atliekama apžiūrimoji kontrolė, matuojamas gaminio šoninis mušimas, lygumas, tikrinamas standumas. Korpusai tikrinami universaliu „Petschauer“ gamintojo stendu (2.4 pav.). Įsitikinus, jog gauti korpusai kokybiški, atliekamas kietmetalio plokštelių litavimas.

Kietlydinio plokštelės lituojamos vienu pastatymu, naudojant litavimo stakles. Prototipų ir mažų serijų gamybai naudojamos „Kirschner LK 800 M“ staklės (3.8 pav.). Pagrindinės staklių charakteristikos [32]:

- pjūklo skersmuo: $\text{Ø}100 - 810$ mm;
- litavimo kampas: $-15^\circ - +32^\circ$;
- lituojamos plokštelės ilgis: 3 – 15 mm;
- lituojamos plokštelės plotis: 1,6 – 9 mm;
- aukšto dažnio generatoriaus galia: 3,5 kW;
- svoris: 180 kg;
- matmenys: 1300x730x1400 mm.



3.8 pav. „Kirschner LK 800 M“ staklės [15p].

Korpusas tvirtinamas uždedant jį ant specialaus veleno su flanšais. Tada darbuotojas ant plokštelės uždeda fliusą, lydmetaliu juostelę ir pristumia iki korpuso. Korpusui prispaudus prie plokštelės, pradeda kaitinti, kol išsilydo lydmetalio. Vėliau seka atkaitinimas, po kurio procesas kartojamas su kitais diskinio pjūklo dantimis. Litavimą atlieka patyręs darbuotojas, lituodamas kas trečią dantį, taip siekiant neperkaitinti korpuso. Pagrindiniai litavimo parametrai labiausiai priklauso nuo darbuotojo kvalifikacijos ir įgūdžių, nes litavimo, aušinimo, atkaitinimo laikai neautomatizuoti. Standartiškai kaitinimui naudojama 90 % staklių galios, atkaitinimui – 15 %. Prilitus kietlydinio plokštelės, pakartotinai atliekama apžiūrimoji kontrolė, siekiant nustatyti, ar neatsirado įtrūkimų, įvertinti litavimo kokybę. Tam naudojama optinė matavimų įranga kuri vaizdą didina iki 100 kartų (2.5 pav.).

Taip pat pakartotinai tikrinamas įrankio standumas matuojant korpuso deformaciją ir šoninis mušimas, siekiant nustatyti ar litavimo metu šie parametrai nenukrypo nuo normų. Pagal diskinio pjūklo skersmenį, šoninis mušimas turi neviršyti ± 0.01 mm., o korpuso deformacija negali būti didesnė nei ± 0.05 mm. [8].

Jei kokybė atitinka keliamus reikalavimus, toliau pjūklas galandamas. Naudojamos CNC galandimo staklės „Vollmer CHD 270“, kurios formuoja priekinius ir viršutinius kampus. Šoninius kampus formuoja „Vollmer CHF 270“ CNC galandimo staklės. Galandimas atliekamas naudojant

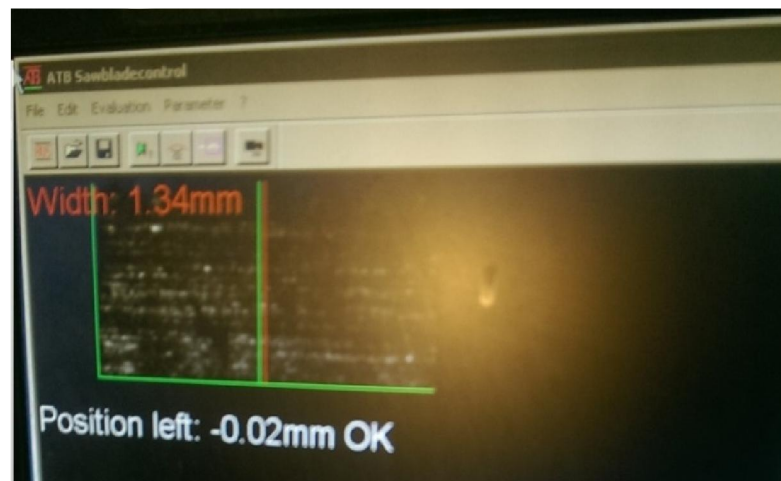
deimantinį diską D64, kurio grūdelių dydis svyruoja nuo 53 iki 63 μm . Po šios operacijos atliekama kontrolė, naudojant kompiuterizuotą optinę matavimo mašiną „Dravi Check 2“ (2.6 pav.). Šios kontrolės metu patikrinami plokštelių kampai ir plokštelių paviršiaus kokybė. Plokštelių kampų tolerancija yra $\pm 10^\circ$.

Po galandimo pastebėjus plokštelių aukščio neatitikimą, pjūklas tikrinamas uždedant ant veleno ir indikatorių atremiant į plokštelės viršų. Naudojamas indikatorius su plokščiu antgaliu. Taip gaunamas atskaitos taškas, pagal kurį, sukant pjūklą, lyginami kitų plokštelių aukščiai (3.9 pav.).



3.9 pav. Plokštelių aukščio matavimas [8p].

Paskutinis matavimas atliekamas universaliu stendu (2.7 pav.). Matuojamas užgalastos kietlydinio plokštelės nuokrypis nuo centro (3.10 pav.). Leistinas nuokrypis nuo centro yra $\pm 0,02$ mm. Įsitikinus, kad pagamintas pjūklas kokybiškas, jis išsiunčiamas užsakovui.



3.10 pav. Kietlydinio plokštelės pozicijos rodmenys [8p].

3.5 Gamybos problemos ir jų sprendimai

3.5.1 *Problemos analizė*

Prototipo gamybos metu išryškėjo technologinė problema. Sunkumų kyla litavimo metu dėl plonos ir specifinės pjūklo korpuso konstrukcijos. Po litavimo pjūklo šoninis mušimas ir korpuso deformacija ašine kryptimi nepatenka į tolerancijos ribas, atsiranda negrįžtamos deformacijos. Dėl to pjūklas netinkamas tolimesniam naudojimui. Dažnai šiuos nukrypimus įmanoma ištaisyti naudojant valcavimo, įtempimo stakles, tačiau tai nėra naudinga nei laiko, nei kainos atžvilgiu.

Naudojant dabartinę litavimo technologiją negaunama tinkama įrankio kokybė. Neišsprendus šios problemos, tolimesnė įrankio gamyba neįmanoma. Iškeliama užduotis: tobulinti litavimo operaciją, kol bus gauta tinkama gaminio kokybė.

3.5.2 *Galimi problemos sprendimo būdai*

Ieškant problemos sprendimo siekiama, kad jis būtų kuo paprastesnis ir įgyvendinamas kuo mažesnėmis sąnaudomis. Galimi sprendimai:

- naudoti tinkamesnį lydmetalį;
- naudoti flanšus šilumos nuvedimui;
- sumažinti įrankio kaitinimo zoną;
- automatizuoti procesą;
- naudoti aušinimą oru, skysčiais.

Tinkamesnio lydmetaliu naudojimas. Šiuo metu naudojamas lydmetalis plačiai paplitęs ir pasaulinėje diskinių pjūklų su prilituotomis kietlydinio plokštelėmis gamyboje. Nuspręsta atlikti rinkoje siūlomų kitų tokio pobūdžio lydmetalių apžvalgą. Taip siekiama rasti panašių charakteristikų lydmetalį, kurio lydymosi temperatūra galimai būtų mažesnė.

Flanšų naudojimas šilumos nuvedimui. Litavimo metu naudojami flanšai padeda geriau nuvesti šilumą nuo korpuso, taip jį aušinant. Siekiant didesnio efektyvumo reiktų naudoti specialiai pagamintus flanšus su aušinimu. Naudojant paprastus flanšus, jie gali greitai įkaisti ir taip ženkliai sumažinti korpuso aušinimą. Siekiant kad flanšai greičiau atauštų, reiktų kad jų paviršiaus plotas būtų kuo didesnis.

Sumažinti įrankio kaitinimo zoną. Taip didžioji dalis šilumos srauto būtų nukreipta į kontakto zoną. Nebūtų be reikalo kaitinamas korpusas, taip sumažinant temperatūrinės deformacijos. To galima pasiekti naudojant indukcinę kilpą, tarp kurios ir korpuso būtų kuo mažesnis tarpas.

Automatizuoti litavimo procesą. Taip būtų galima stabiliau ir daug tiksliau valdyti bei stebėti proceso parametrus. Būtų sumažinta žmogaus įtaka litavimo procese. Tam reiktų naudoti stakles su aukštu automatizavimo lygiu.

Naudoti aušinimą oru, skysčiais. Naudojant kaitinimo zonos aušinimą oru ar skysčiais būtų sumažintas šilumos srautas, tenkantis korpusui. Tačiau per stipriai aušinant didėja tikimybė, kad atsirastų kietlydinio plokštelės vidiniai įtrūkimai. Siekiant rasti tinkamą aušinimo intensyvumą, reiktų atlikti plokštelės stiprumo bandymus.

3.5.3 Lydmetalių analizė

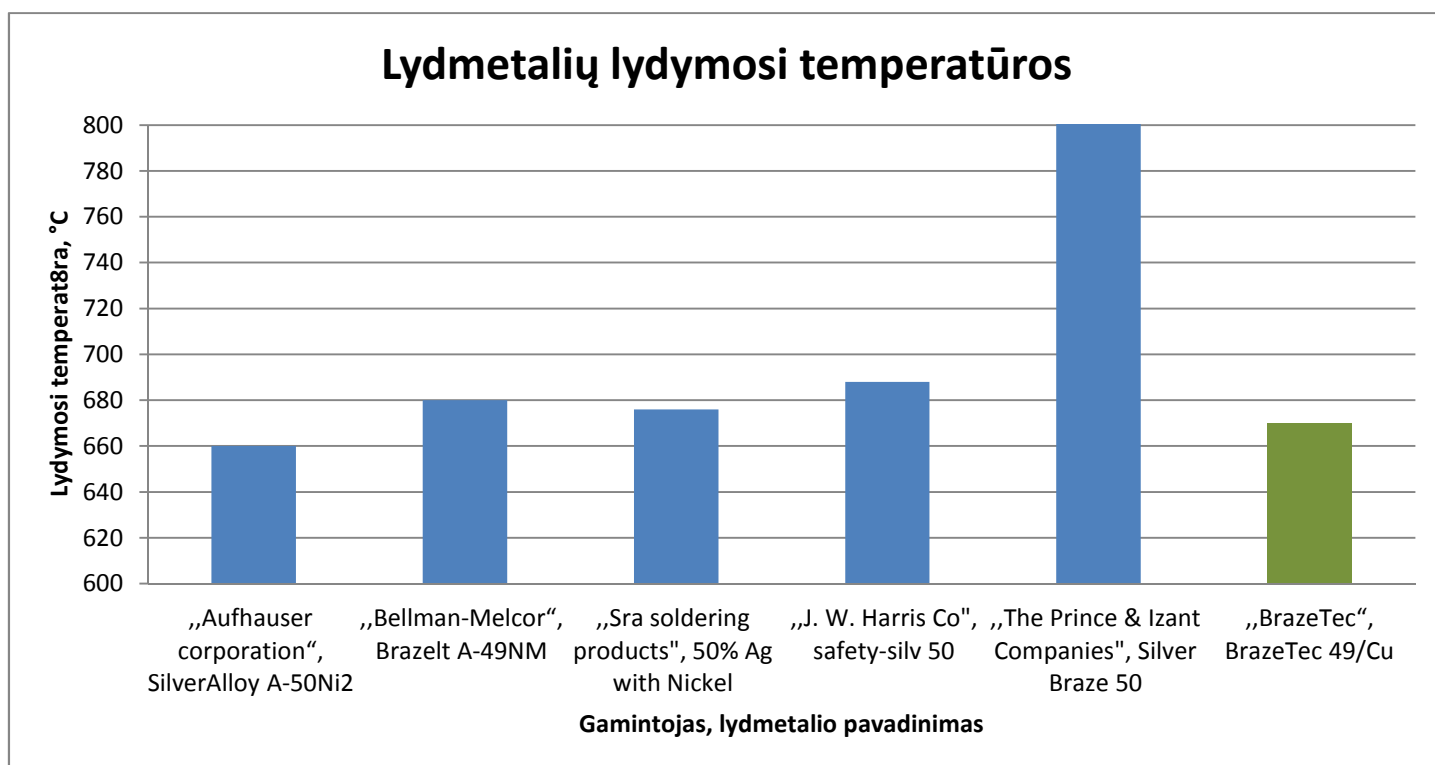
Šiuo metu įmonėje tokio tipo pjūklų plokštelių litavimui dažniausiai naudojamas „BrazeTec“ gamintojo lydmetalio „BrazeTec 49/Cu“. Būtent jis naudojamas ir prototipo gamyboje. Tai vadinamas „sluoksnuoto“ tipo lydmetalio. Šio lydmetalio pagrindinės sudedamosios dalys: sidabras – 49 %, varis – 27,5 % ir cinkas – 20,5 %. Detalesnė informacija apie lydmetalį pateikta 3.11 paveiksle. Iš esmės tai yra vario juostelė, aplieta sidabro ir cinko lydiniu. Tokie lydiniai plačiai naudojami įrankių gamyboje dėl gero vidinių įtempių kompensavimo. Litavimo metu korpusas plečiasi apie 3–4 kartus greičiau, nei kietlydinio plokštelė. Taip yra dėl skirtingų temperatūrinių plėtimosi koeficientų. Taigi pradėjęs aušti plienas traukiasi daugiau, nei plokštelė ir tokiu būdu jungtyje atsiranda vidiniai įtempiai, kuriuos kompensuoja naudojamas lydmetalio. Buvo atliktas stipruminis bandymas analogišku lydmetalio, kurio metu prie diskinių pjūklų korpusų buvo prilituotos kietmetalio plokštelės. Buvo išbandyta 100,000 lituotų jungčių realiomis darbo sąlygomis. Visos jungtys atlaikė bandymą be priekaištų [33, 34].

Name	Composition by Weight-%						Melting Range in °C	Working Temp. in °C	Shear Strength in MPa	Density in g/cm ³	Notes on Application	Available Forms
	Ag	Cu	Zn	Mn	Ni	Misc.						
BrazeTec 49/Cu	49	27.5	20.5	2.5	0.5	-	670 - 690	690	150-300	9.0	intermediate copper layer	• •

3.11 pav. „BrazeTec 49/Cu“ lydmetalio charakteristikos [16p].

„BrazeTec 49/Cu“ lydymosi temperatūra yra 670–690 °C. Norint pagerinti įrankio kokybę, vienas iš būdų – naudoti lydmetalių, kurio lydymosi temperatūra būtų mažesnė nei dabartinio, per daug nenukrypstant nuo esamų kitų lydmetalių charakteristikų [33].

Atlikus gamintojų „Aufhauser corporation“, „Bellman-Melcor“, „Sra soldering“, „J. W. Harris Co“, „The Prince & Izant Companies“, „BrazeTec“ ir kt. siūlomų lydmetalių analizę, nuspręsta dabartinio laikinai nekeisti. Rinkoje siūlomų lydmetalių lydymosi temperatūros nedaug skiriasi nuo „BrazeTec 49/Cu“ lydymosi temperatūros. Neženkliai mažesnė lydymosi temperatūra neturėtų didelės įtakos esamiems nukrypimams. Pakeitus lydmetalių, reiktų papildomai atlikti stiprumo tyrimus. Tai užimtų daug laiko ir reikalautų papildomų kaštų. Šį variantą nuspręsta naudoti tik tuo atveju, jei kokybės problemų nepavyks išspręsti kitais būdais. Atliktos analizės duomenys pateikti 3.12 pav. Kita spalva išskirtas šiuo metu naudojamas lydmetalis.



3.12 pav. Lydmetalių lydymosi temperatūros [8p].

3.5.4 *Proceso automatizavimas*

Prototipo ir mažų partijų gamybos automatizavimas nėra labai tikslingas atsižvelgiant į įmonės gamybos planus, tačiau taip siekiama gerinti produkto kokybę minimaliais kaštais. Automatizuojant litavimą siekiama stabilizuoti proceso parametrus, tinkamiau juos stebėti ir kontroliuoti. Rankų darbas neužtikrina reikiamos produkto kokybės.

Prototipo litavimo operacija perkeliama iš „Kirschner LK 800 M“ staklių į „Kirschner LK 500 e“ (3.13 pav.). Antrųjų staklių galingsnis aukšto dažnio generatorius, nuo kurio priklauso kaitinimo greitis, taip greičiau prilituojama plokštelė ir mažiau spėja įkaisti korpusas. Taip pat šios staklės pasižymi daug aukštesniu automatizavimo lygiu. Pagrindinės staklių charakteristikos [32]:

- pjūklo skersmuo: Ø100–810 mm;
- litavimo kampas: -10° – $+30^{\circ}$;
- lituojamos plokštelės ilgis: 3,5–13 mm;
- lituojamos plokštelės plotis: 1,2–9 mm;
- aukšto dažnio generatoriaus galia: 4,5 kW;
- svoris: 980 kg;
- matmenys: 1700x1200x1660 mm.



3.13 pav. „Kirschner LK 500 e“ staklės [15p].

Svarbiausi privalumai padidinus automatizavimo lygį:

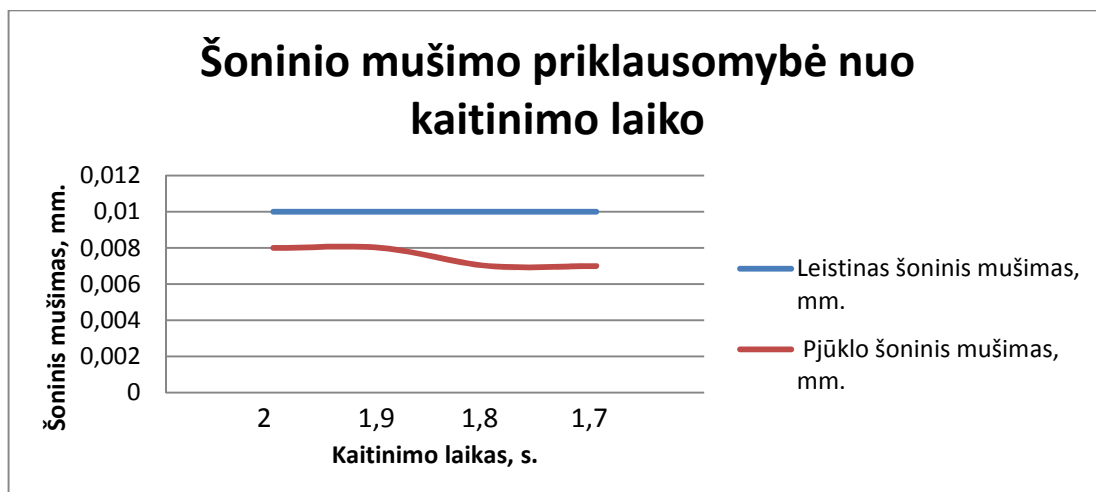
- litavimo temperatūros kontrolė;
- litavimo temperatūros stabilizavimas;
- tikslesnis fluso ir lydmetalio uždėjimas;
- greitesnis kaitinimas;
- valdoma kaitinimo ritės padėtis.

Siekiant gauti kuo geresnę gaminio kokybę, „Kirschner LK 500 e“ staklėmis buvo bandomos kelios litavimo parametrų kombinacijos. Visais atvejais naudota 700 °C kaitinimo temperatūra, siekiant užtikrinti jog lydmetalis visiškai išsilydytų. Lituojamas taip pat kas trečias dantis, kad kuo mažiau perkaistų korpusas. Keičiamas buvo tik kaitinimo laikas: 1,7, 1,8, 1,9, 2 sek.

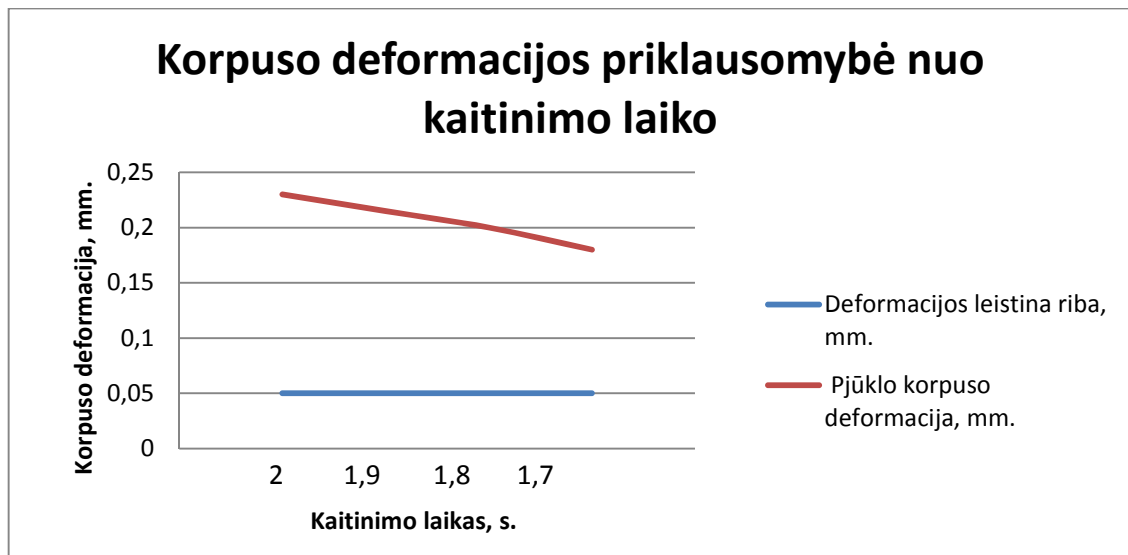
Atlikus operaciją buvo tikrinamas diskinio pjūklo standumas, šoninis mušimas, o gauti rezultatai pateikti 3.5 lentelėje. Atlikus litavimą, kurio metu kaitinama 2 sek., gauti geresni kokybės rodikliai. Didesnio automatizavimo staklių panaudojimas pagerino kokybę. Atlikus matavimus matyti, jog šoninis mušimas labai mažas (3.14 pav.), tačiau korpuso deformacija viršija tolerancijos ribas (3.15 pav.). Trumpinant kaitinimo laiką standumas gerėjo. Sumažinus kaitinimo trukmę iki 1,7 sek. standumas buvo geriausias, tačiau pastebėtas jungties kokybės blogėjimas. Jungties zonoje matomas ne iki galo išsilydęs lydmetalis.

3.5 lentelė. Kaitinimo trukmės įtaka kokybės parametrams.

Eil. Nr.	Kaitinimo laikas, sek.	Korpuso deformacija, mm.	Šoninis mušimas, mm.
1	2	0,23	0,008
2	1,9	0,215	0,008
3	1,8	0,20	0,007
4	1,7	0,18	0,007



3.14 pav. Šoninio mušimo priklausomybė nuo kaitinimo laiko [8p].



3.15 pav. Korpuso deformacijos priklausomybė nuo kaitinimo laiko [8p].

Atlikus bandymus, dėl geriausių rezultatų nuspręsta naudoti 1,8 sek. kaitinimo trukmę. Gaminys kol kas netenkina kokybei keliamų reikalavimų, tačiau, palyginti su pirminiu variantu, kokybė ženkliai pagerėjo. Toliau gerinti diskinio pjūklo kokybę nuspręsta mažinant įrankio kaitinimo zoną.

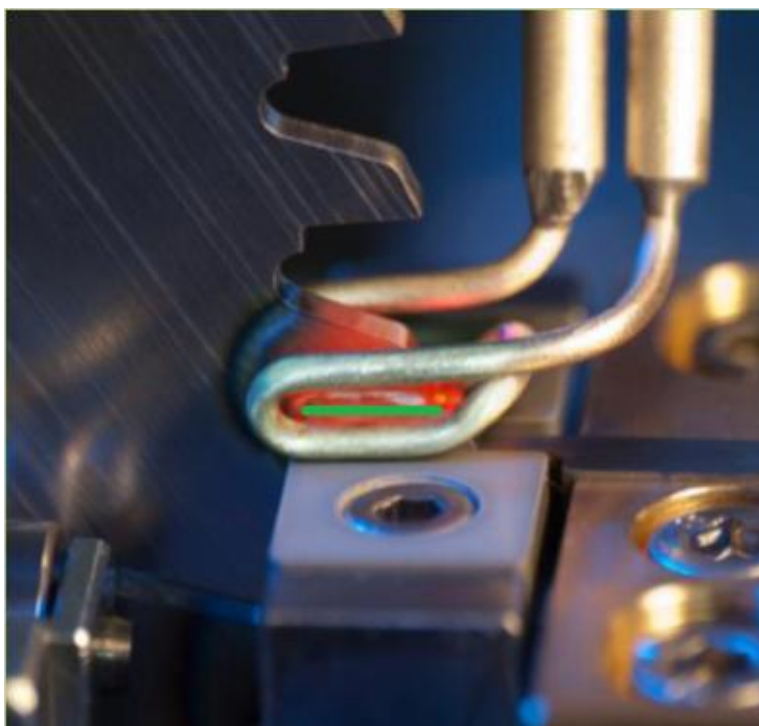
Pagrindiniai naudojamos programos parametrai:

- kaitinimo laikas: 1,8 sek.;
- aušinimo laikas: 1,5 sek.;
- litavimo temperatūra: 700 °C;
- litavimo metu naudojama 90 % galios;
- atkaitinimo laikas: 1,2 sek.;
- atkaitinimo metu naudojama 15 % galios.

3.5.5 Įrankio kaitinimo zonos sumažinimas

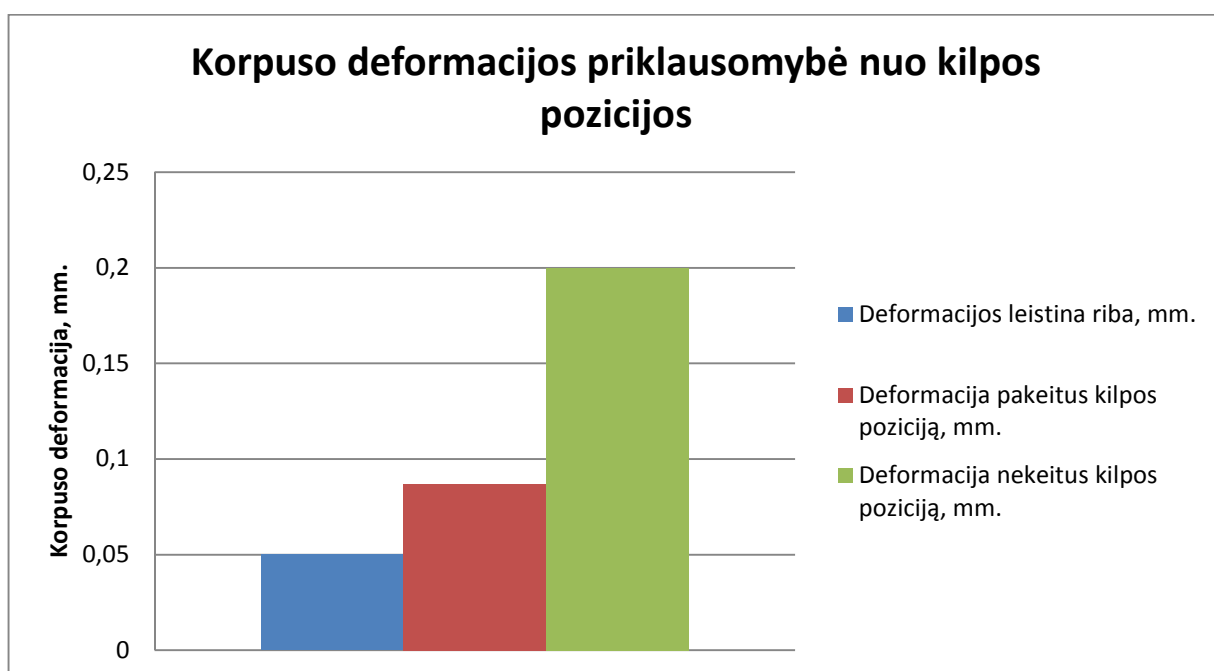
Sumažinus įrankio kaitinimo zoną, labiau sukoncentravus šilumos srautą į jungties zoną, būtų sumažinamas šilumos kiekis, tenkantis korpusui. Taip turėtų sumažėti dėl korpuso perkaitinimo atsirandantys nukrypimai. Sumažinti kaitinimo plotą galima sumažinus atstumą tarp korpuso ir indukcinės kilpos arba pakeitus kilpos formą [35].

Abejose staklėse naudojamos universalios kaitinimo indukcinės kilpos, kurių vamzdelio skersmuo yra 1,7 mm. Dėl jų universalumo didelė šilumos dalis nuvedama į korpusą. Labiausiai paplitęs kilpų tipas pateiktas 3.16 pav.



3.16 pav. Indukcinio litavimo kilpa [15p].

Siekiant, kad kaitinimo zona būtų kuo mažesnė, indukcinės kilpos forma turi būti kuo panašesnė į jungties zoną. Vienas iš būdų – gaminti naujos formos kilpą, siekiant kuo tiksliau atkartoti jungties formą. Kitas būdas: įvertinus plokštelės užspaudimo mechanizmo vidinį plotį pastebėta, kad kilpos poziciją galima keisti, todėl kilpą nuleidus iki padėties, kurioje plokštelė užspaudžiama per kilpos tarpą (pažymėta žaliai, 3.16 pav.), kaitinimo zona sumažėja apie du kartus. Šioje pozicijoje atlikto litavimo, korpuso deformacijos rezultatai pateikti 3.17 pav.

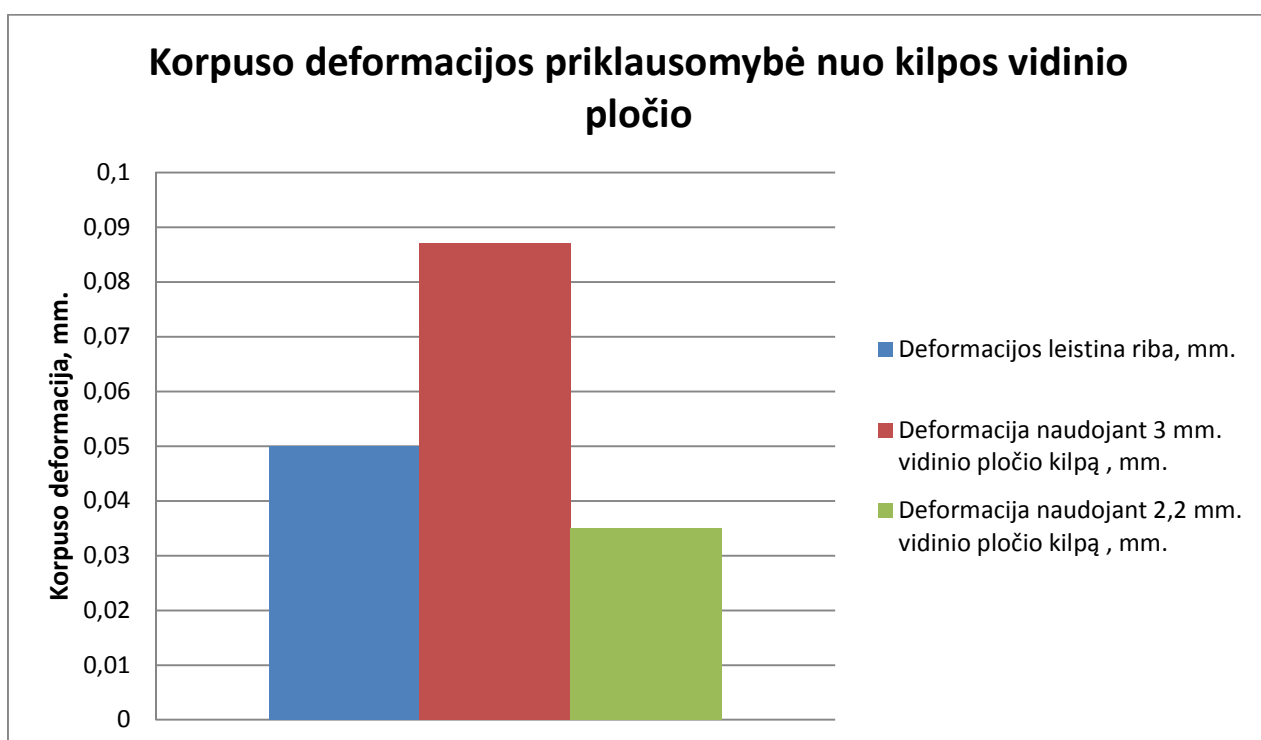


3.17 pav. Korpuso deformacijos priklausomybė nuo kilpos pozicijos [8p].

Iš 3.17 pav. matyti, jog pakeitus indukcinės kilpos poziciją, diskinio pjūklo standumas vis dar nepakankamas. Siekiant pagerinti standumą mažinant kaitinimo zoną, nuspręsta užsakyti indukcinę kilpą su mažesniu vidiniu pločiu.

Atstumas tarp kilpos ir plokštelės turi būti kaip įmanoma mažesnis. Geriausias variantas, jog kilpos vidinis plotis būtų 0,2 mm. didesnis už plokštelės plotį. Ši atsarga įvertina korpuso geometrinius nuokrypius, plokštelės pozicionavimo paklaidą ir kt. Kadangi naudojamos plokštelės yra 2 mm. storio, užsakyta kilpa, kurios vidinis plotis 2,2 mm.

Atlikto litavimo su 2,2 mm. vidinio pločio kilpa rezultatai, lyginant su 3 mm. vidinio pločio kilpa, pateikti 3.18 pav.



3.18 pav. Korpuso deformacijos priklausomybė nuo kilpos vidinio pločio [8p].

Iš 3.18 pav. matyti, kad korpuso deformacija patenka į tolerancijos ribas ir standumas tenkina keliamus reikalavimus. Stabilizavus litavimo proceso parametrus ir sumažinus kaitinimo zoną, gautas gaminys, atitinkantis visus jam keliamus reikalavimus.

3.5.6 Aušinimo galimybių litavimo procese analizė

Naudojant flanšus, litavimo operacijos metu, siekiama, kad dalis šilumos srauto, atsirandančio litavimo metu, nuo diskinio pjūklo korpuso būtų nuvedama į flanšą. Analizuojamu atveju šilumos perdavimą apibūdina Furjė dėsnis. Jame teigiama, kad sklindančios šilumos srautas proporcingas plotui, per kurį vyksta šilumos mainai ir temperatūriniam gradientui (3.1 formulė) [35].

$$Q \approx A \text{ grad } t. \quad (3.1)$$

Čia Q – šilumos srautas, A – plotas, per kurį vyksta šilumos mainai, $\text{grad } t$ – temperatūrinis gradientas. Iš 3.1 formulės matoma, kad kuo didesnis kontakto plotas tarp flanšo ir korpuso, tuo geresnis šilumos perdavimas. Taip pat šilumos perdavimas gerėja didėjant temperatūriniam gradientui. Temperatūrinis gradientas – temperatūros pokyčio ir atstumo tarp izoterminių paviršių pokyčio normalės kryptimi santykio riba. Kita Furjė dėsnio dalis teigia, kad šilumos srauto tankis yra proporcingas temperatūros gradientui ir šilumos laidumo koeficientui (3.2, 3.3 formulės) [35].

$$q = Q/A. \quad (3.2)$$

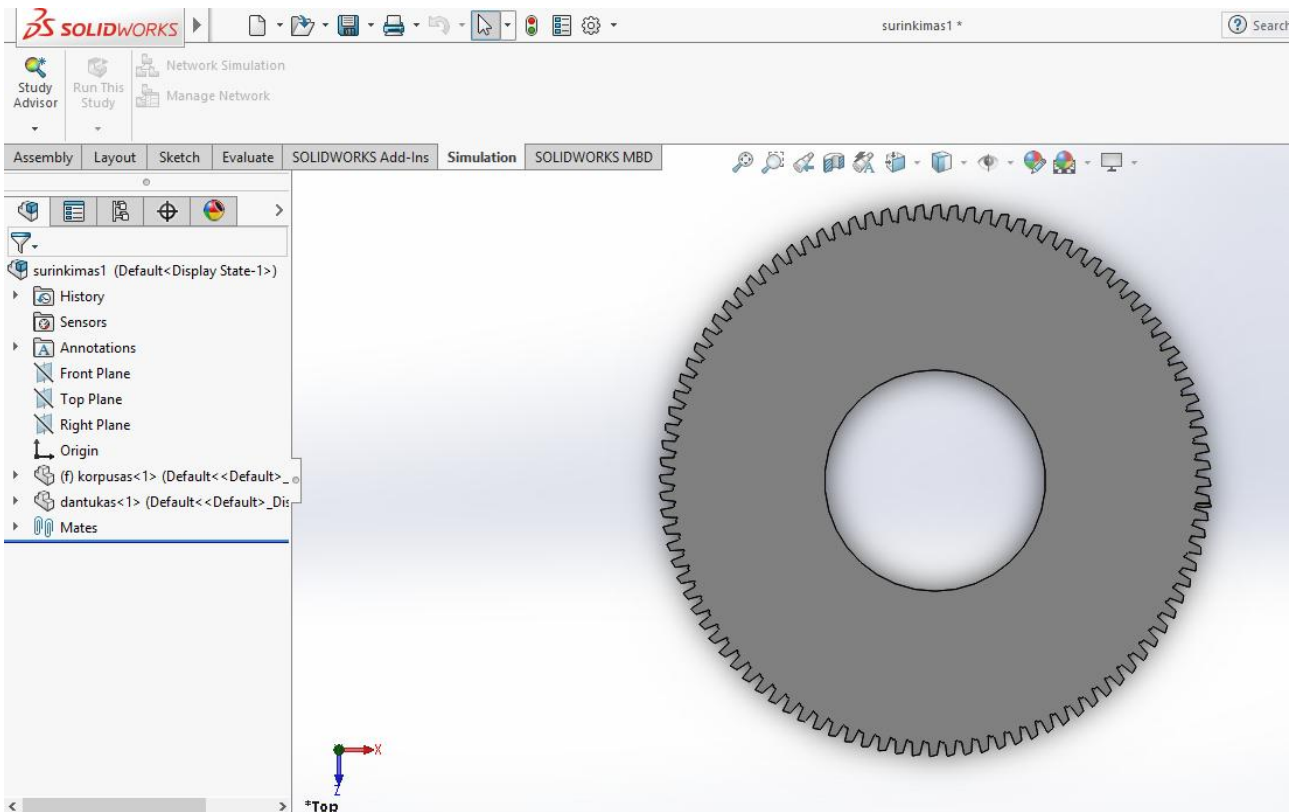
Čia q – šilumos srauto tankis.

$$q = -\lambda \text{ grad } t. \quad (3.3)$$

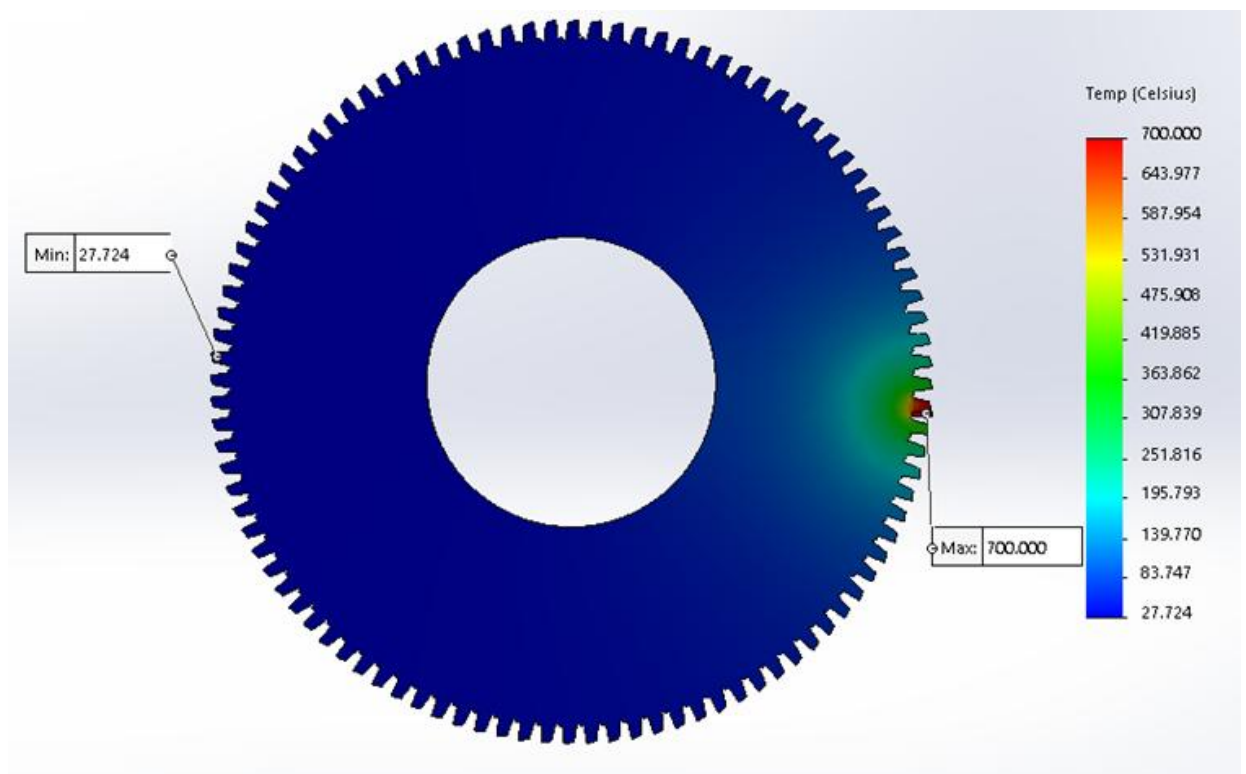
Čia λ – šilumos laidumo koeficientas. Tai medžiagos fizikinė savybė, rodanti jos sugebėjimą praleisti šilumą.

Siekiant nustatyti flanšų aušinimo efektyvumą litavimo metu, suprojektuotas diskinio pjūklo modelis „SolidWorks 2016“ programa (3.19 pav.). Šia programa galima atlikti temperatūros pasiskirstymo skaičiavimus. Taip galima nustatyti kuris iš parinktų flanšų geriausiai aušina korpusą, jų negaminant. Šiuo metodu sutaupoma laiko ir pinigų, kurie būtų reikalingi flanšų gaminimui. Pirmiausia temperatūros pasiskirstymo skaičiavimas atliktas diskiniam pjūklui nenaudojant flanšo (3.20 pav.).

Skaičiavimas atliktas imituojant vienos kietlydinio plokštelės litavimo procesą. Kaitinimo trukmė padidinta, siekiant atkartoti suminį šilumos pasiskirstymą, litavimo operacijos metu. Visų skaičiavimų metu parametrai pastovūs. Kinta tik flanšų modeliai. Matuojami parametrai – mažiausia junginio temperatūra, temperatūra ties centrine pjūklo skylė ir aukščiausioje flanšo vietoje normalės kryptimi kaitinimo zoni.

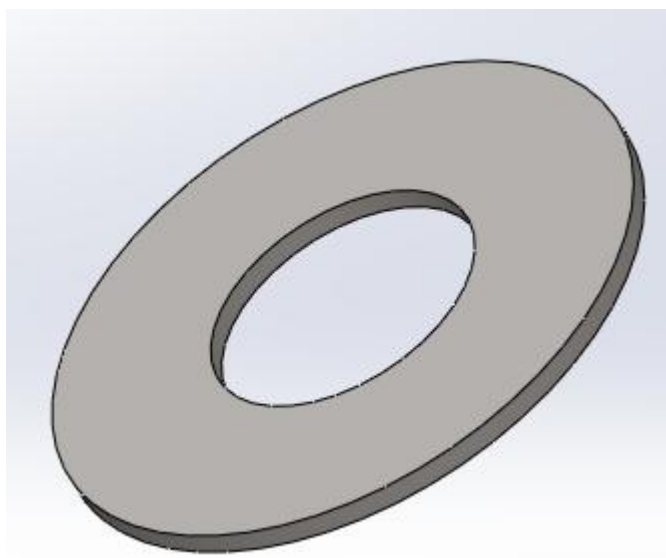


3.19 pav. Diskinio pjūklo modelis „SolidWorks 2016“ aplinkoje [8p].



3.20 pav. Diskinio pjūklo temperatūros pasiskirstymo skaičiavimas [8p].

3.20 pav. matomas šilumos pasiskirstymas korpuse, bei mažiausia ir didžiausia temperatūra. Projektuojant flanšus atsižvelgta, kad jų išorinis skersmuo būtų kuo didesnis, bet netrukdytų litavimo operacijai. Projektuojamų flanšų išorinis skersmuo – 220 mm. Kad šilumos perdavimas flanšui būtų kuo efektyvesnis, šilumos laidumo koeficientas turi būti kuo didesnis. Anglinio plieno $\lambda = 45-55 \text{ W/(m K)}$. Analizuojamo pjūklo korpuso $\lambda = 52 \text{ W/(m K)}$. Nuspręsta flanšų medžiagą naudoti aliuminio lydinį 1060. Aliuminio lydinio šilumos laidumo koeficientas $\lambda = 200 \text{ W/(m K)}$. Siekiant gerinti šilumos perdavimą, skaičiavimai atlikti naudojant skirtingų storių flanšus, taip didinant temperatūrinį gradientą. Pirminiai skaičiavimai atlikti naudojant 3.21 paveiksle pateiktą flanšą. Skaičiavimai atlikti naudojant 3 mm., 6mm., 10mm. storio flanšus. Rezultatai pateikti 3.6 lentelėje.



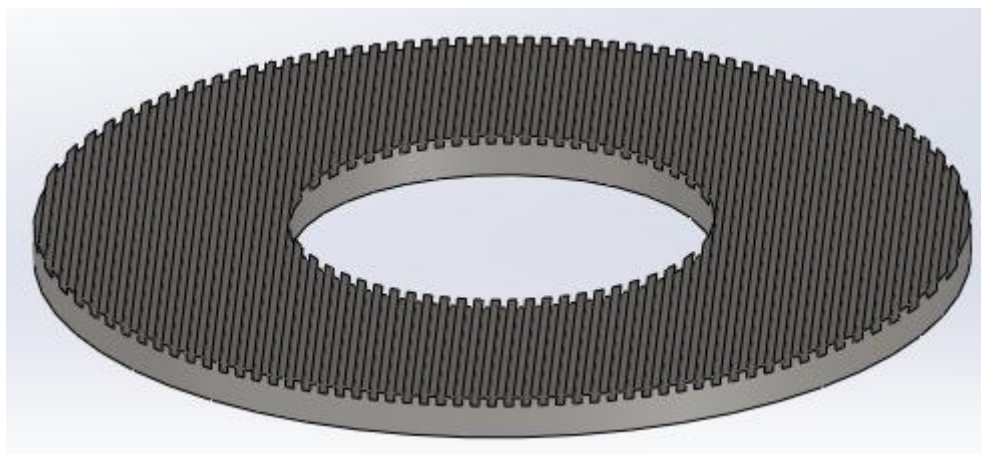
3.21 Aliuminio lydinio 1060 flanšas [8p].

3.6 lentelė. Bandymo metu gautos temperatūros.

Naudojamas flanšas	Temperatūros, °C		
	Mažiausia	Ties centrine skykle	Ties flanšo viršumi
Be flanšo	27,7	86	-
3 mm. flanšas	33,2	63,5	110,6
6 mm. flanšas	32,6	50,8	75,6
10 mm. flanšas	31,2	43,4	53,2

Iš 3.6 lentelės matoma, kad efektyviausiai šiluma perduodama 10 mm. flanšui. Temperatūra ties centre skyle sumažėjo dvigubai. Ties flanšo viršumi temperatūra 53,2 °C. Tačiau dėl didelio flanšo šilumos laidumo mažiausia korpuso temperatūra padidėjo 3.5 °C.

Kadangi šilumos perdavimas priklauso nuo kontakto ploto, tai padidinus vienos pusės flanšo paviršiaus plotą turėtų būti intensyvesnis šilumos perdavimas orui. Kuo geriau flanšas šilumą perduos orui, tuo geriau aušins korpusą. Tuo tikslu suprojektuoti flanšai su padidintu paviršiaus plotu (3.22 pav.).



3.22 pav. Padidinto paviršiaus ploto flanšas [8p].

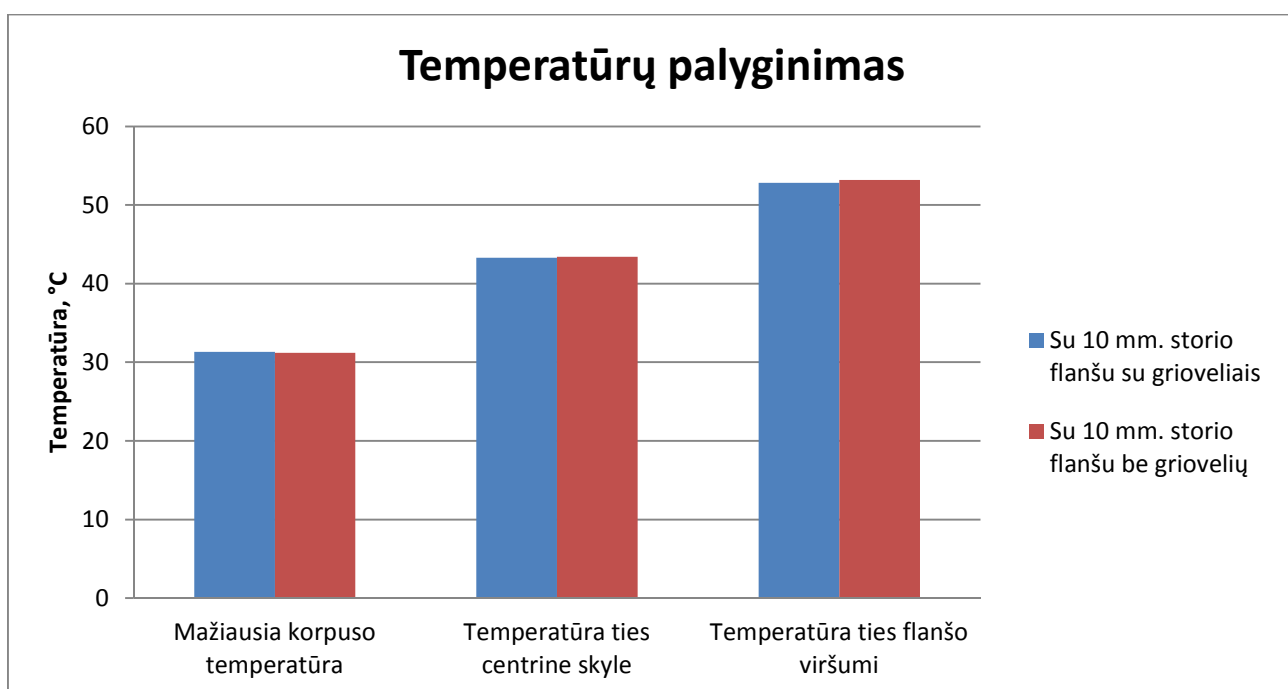
Temperatūros pasiskirstymo skaičiavimai buvo atlikti su šešiais skirtingais padidinto paviršiaus ploto flanšais. Naudojami buvo dviejų ir šešių milimetrų pločio grioveliai. Grioveliai flanše padaryti trimis skirtingais gyliais: 2, 4, 6 mm. Temperatūros pasiskirstymo rezultatai pateikti 3.7 lentelėje.

3.7 lentelė. Bandymo metu gautos temperatūros.

Naudojamas flanšas		Temperatūros, °C		
Griovelių plotis, mm.	Griovelių gylis, mm.	Mažiausia	Ties centre skyle	Ties flanšo viršumi
2	2	31,1	44,1	56,2
2	4	30,9	46,2	63,4
2	6	30,2	47,1	69,9

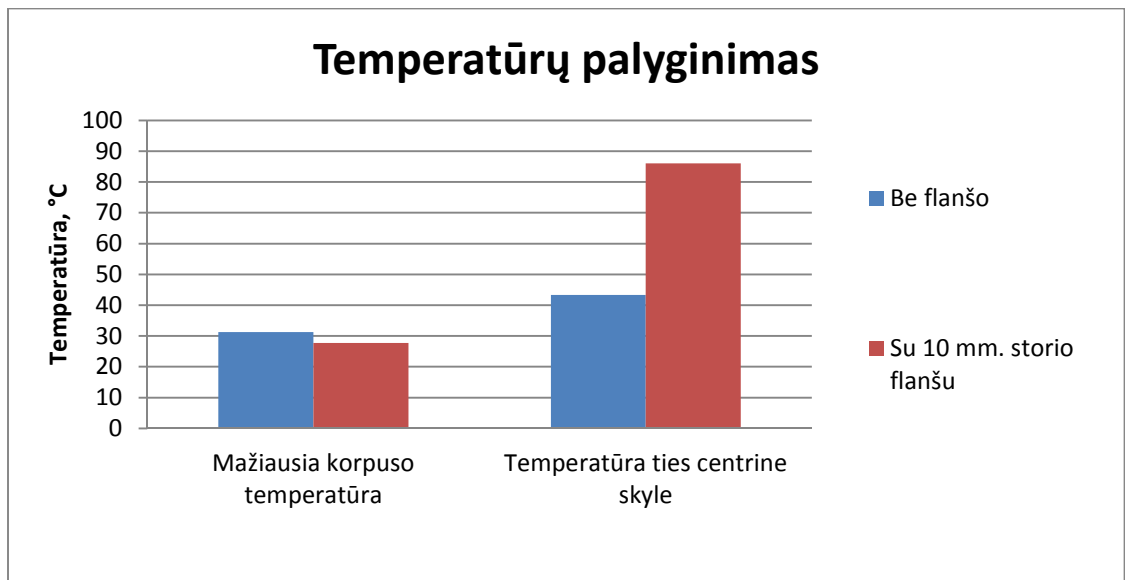
6	2	31,3	43,3	52,8
6	4	31,1	45,9	57,5
6	6	30,8	47,2	65

Iš 3.7 lentelės matoma, kad kuo gilesni flanšo grioveliai tuo junginio mažiausia temperatūra yra mažesnė. Tačiau temperatūra ties centrine skylė ir ties flanšo viršumi gilėjant grioveliams didėja. Nuspręsta, jog efektyviausias iš nagrinėtų flanšų yra su 6 mm. pločio ir 2 mm. gylio grioveliais. 3.23 paveiksle pateikti junginių su 10 mm. flanšu be griovelių ir 10 mm. flanšu su grioveliais temperatūrų palyginimas.



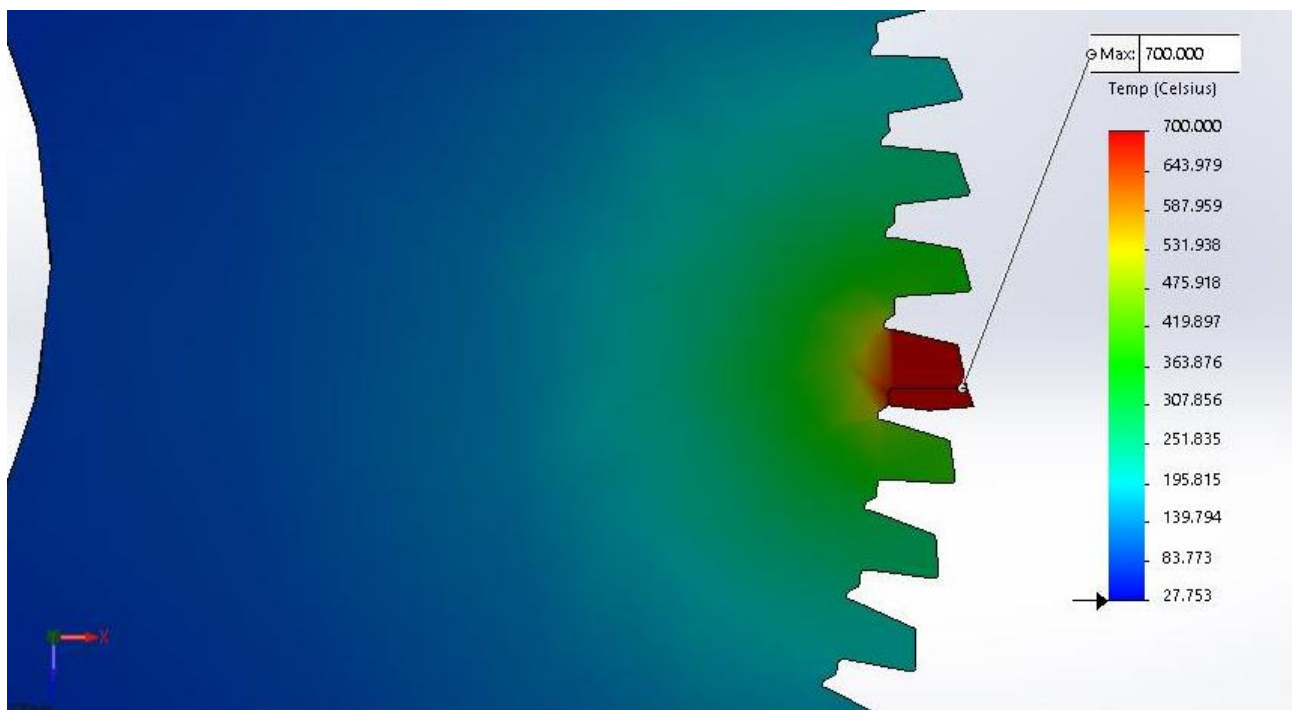
3.23 pav. Temperatūrų palyginimas [8p].

Šiuo atveju padidinto paviršiaus pločio flanšas neženkiai efektyvesnis nei flanšas be griovelių. Atsižvelgiant kad padidinto paviršiaus flanšo konstrukcija sudėtingesnė ir jo pagaminimo kainą didesnė, tikslingiau naudoti flanšą be griovelių. Diskinio pjūklo temperatūros pasiskirstymo skaičiavimo rezultatai, lyginant su diskinio pjūklo temperatūros pasiskirstymo, naudojant flanšą be griovelių, rezultatai pateikti 3.24 pav.

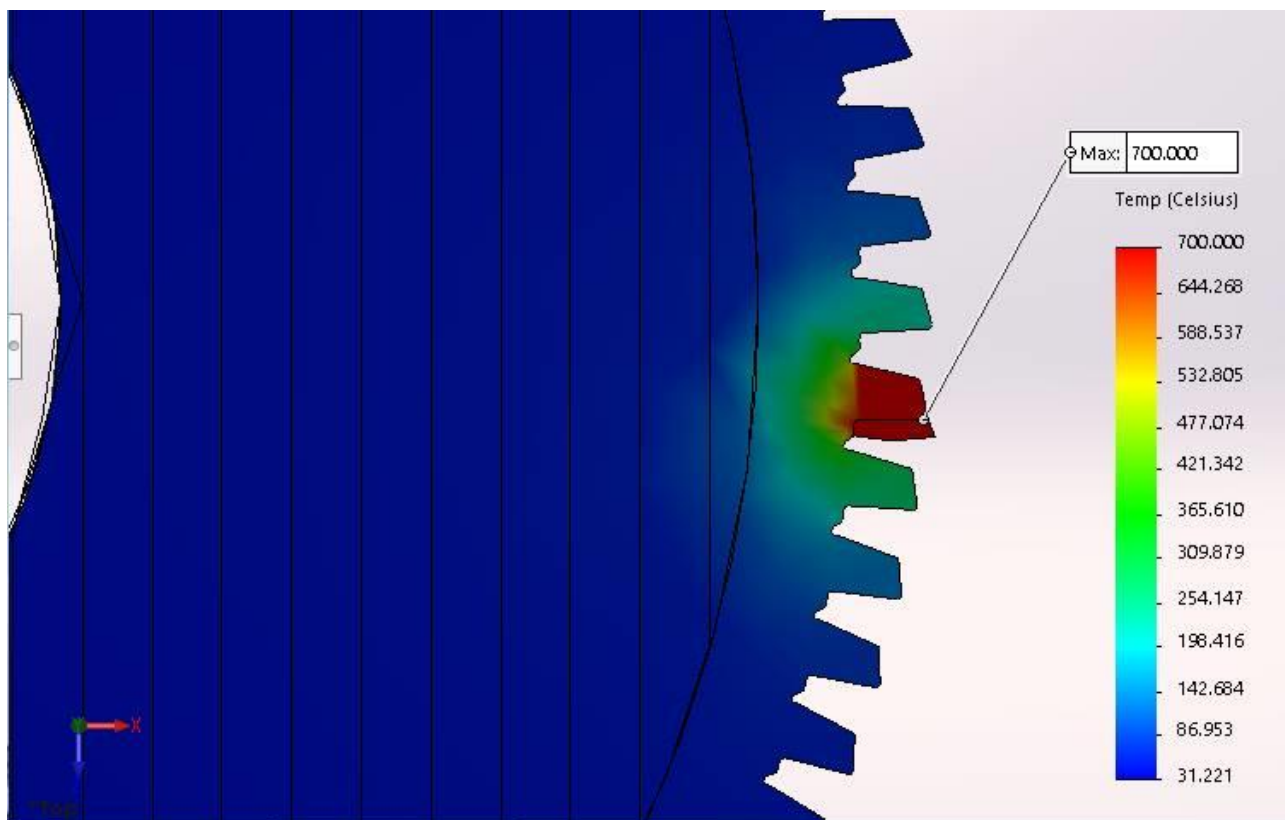


3.24 pav. Temperatūrų palyginimas [8p].

Iš 3.24 pav. matoma, kad dėl flanšo 4 kartus didesnio šilumos laidumo koeficiento nei korpuso, korpuso mažiausia temperatūra padidėjo 3,5 °C. Temperatūra ties centrine skyle, naudojant flanšą, sumažėjo apie du kartus. Flanšo efektyvumas labiausiai pasireiškė aukštesnių temperatūrų zonose.



3.25 pav. Diskinio pjūklo temperatūros pasiskirstymas [8p].



3.26 pav. Diskinio pjūklo temperatūros pasiskirstymas naudojant 10 mm. storio padidinto paviršiaus ploto flanšą [8p].

3.25 ir 3.26 paveiksluose pateiktas temperatūrų pasiskirstymas dviem skirtingais atvejais. Naudojant 10 mm. storio padidinto paviršiaus ploto flanšą, akivaizdžiai matoma, jog pjūklo korpusui tenkantis šilumos kiekis mažesnis. Beveik visoje flanšo kontakto zonoje korpuso temperatūra minimali.

3.5.7 Siūlomų pakeitimų įtaka gaminio savikainai

Pakeistas gamybos procesas ir papildomos įrangos įsigijimas turi įtakos gaminio savikainai. Siekiant išsiaiškinti kaip pasikeitė gaminamos partijos gaminio savikaina buvo atlikti skaičiavimai. 3.8 lentelėje pateikta vieno gaminio savikainos skirtumo skaičiuotė. Lentelėje naudojamų terminų paaiškinimas: [36]

- grynujų medžiagų sąnaudų skirtumas – medžiagų įsigijimo sąnaudų skirtumas (tenkantis vienam gaminiui);
- bendrasis medžiagų sąnaudų skirtumas – sandėliavimo, transportavimo ir pan. sąnaudų skirtumas, (vienam gaminiui);

- grynujų gamybos sąnaudų skirtumas – valandinio įrenginio įkainio * operacijos mašininio laiko skirtumas;
- bendrųjų gamybos sąnaudų skirtumas – pagalbinių gamybos priemonių, mokymų ir t.t. skirtumas;
- specialiųjų gamybos sąnaudų skirtumas – sąnaudų skirtų specialiai technologinei įrangai, įrankiams ar paslaugoms skirtumas (tenkantis vienam gaminiui);
- savikainos skirtumas – sąnaudų skirtumų suma.

3.8 lentelė. Savikainos skirtumo skaičiavimas.

Grynujų medžiagų sąnaudų skirtumas- nepakito	Visų medžiagų sąnaudų skirtumas- nepakito	Savikainos skirtumas- padidėjo 32,5 eur.
Bendrųjų medžiagų sąnaudų skirtumas- nepakito		
Grynujų gamybos sąnaudų skirtumas- sumažėjo 17,5 eur.	Visų gamybos sąnaudų skirtumas- padidėjo 32,5 eur.	
Bendrųjų gamybos sąnaudų skirtumas- nepakito		
Specialiųjų gamybos sąnaudų skirtumas- padidėjo 50 eur.		

Iš 3.8 lentelės matoma, kad grynosios gamybos sąnaudos sumažėjo 17,5 eur. Tam įtakos turėjo litavimo staklių pakeitimas. Nors jų valandinis įkainis 20 eur. didesnis, tačiau jomis plokštelės prilituojamos apie keturis kartus greičiau. Bendras savikainos skirtumas padidėjo 32,5 eur. dėl specialiųjų gamybos sąnaudų padidėjimo.



3.27 pav. Gaminių savikainos [8p].

3.27 pav. pateiktos gaminių savikainos. Taikant pirminę technologiją matoma, kad gaminio savikaina didėjant detalių skaičiui didėja dėl broko atsiradimo. Atlikti technologiniai pakeitimai, atsižvelgiant į gaminių savikainą taikant pirminę technologiją, atsiperka pagaminus 11 pjūklų. Pagaminus 23 pjūklus atsiperka investicijos specialioms gamyboms sąnaudoms ir gaminių savikaina pasiekia numatytą gaminių savikainą. Atlikti technologiniai pakeitimai atsiperka gaminant daugiau nei 10 diskinių pjūklų.

IŠVADOS

- 1) Diskinių pjūklų su prilituotomis kietlydinio plokštelėmis gamyboje dažniausiai pasitaikantys defektai: nepakankamas standumas, per didelis šoninis mušimas, korpuso perkaitinimas, netenkinantis lygumas.
- 2) Atlikus šiuo metu rinkoje siūlomų alternatyvių lydmetalių analizę nustatyta, kad mažiausia lydymosi temperatūra yra tik 10 °C mažesnė už šiuo metu naudojamo lydmetalio temperatūrą.
- 3) Stabilizavus litavimo proceso parametrus, gautas 0,007 mm šoninis mušimas ir 0,2 mm įrankio deformacija.
- 4) Sumažinus įrankio kaitinimo zoną, gauta 0,067 mm deformacija.
- 5) Atlikus temperatūros pasiskirstymo analizę, nustatyta, kad efektyviausiai korpusą aušinę 10 mm. storio flanšas su padidintu paviršiumi.
- 6) Pateikti pasiūlymai atsiperka gaminant didesnę nei 10 diskinių pjūklų partiją.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Oficialiosios statistikos portalas: <https://osp.stat.gov.lt/web/guest> [žiūrėta 2015-12-28]
2. Baltrušaitis A. Medienos pjovimo teorija. Kaunas: Technologija, 2011.
3. Ukvalbergienė K. Medienos diskinių pjūklų tampriai plastiškųjų savybių įvertinimo metodikos sukūrimas ir tyrimas. Publikuota: Kaunas, Kauno technologijos universitetas, 2008.
4. Ruseckas J. Medienos pjovimo įrankiai. Vilnius, 1986.
5. Pjūklų istorijos šaltinis: <http://www.insidewoodworking.com/circular-saw-history.html> [žiūrėta 2015-09-11]
6. Pjūklų istorijos šaltinis: <http://www.yorksaw.com/blog/2009/12/history-of-the-circular-saw/> [žiūrėta 2015-09-11]
7. Dundulis R., Ostaševičius V. Technologiniai įrenginiai ir įrankiai. Kaunas: Technologija, 2004.
8. Pjūklų gamintojo katalogas: Swedex technical handbook. Prieiga per internetą: http://www.swedex.com/eng/ckfinder/userfiles/files/teknisk%20handbok-eng_ver1_2_2009.pdf [žiūrėta 2015-05-15].
9. Якунин Н.К. Подготовка круглых пил к работе. Москва, 1996.
10. M. Ekevad, L. Cristovao, B. Marklund. Wear of teeth of circular saw blades. Publikuota: 2012 balandžio 18, Taylor & Francis.
11. Pjūklų gamintojo puslapis: https://www.infinitytools.com/SawBladeUni_1.asp [žiūrėta 2015-09-11]
12. Pjūklų gamintojo puslapis: <http://www.harrissawing.com/circular-saw-manufacturing-process/> [žiūrėta 2015-09-11]
13. ISO 857-2:2005. Welding and allied processes.
14. Bražiūnas A. J. Mašinių gamybos technologijos. Kaunas: Technologija, 2004.
15. ISO 13585:2012 Brazing - Qualification test of brazers and brazing operators.
16. Staklių gamintojo puslapis: www.kirschner-gmbh.de [žiūrėta 2015-05-15].
17. A. Ersoy, S. Buyuksagic, U. Atici. Wear characteristics of circular diamond saws in the cutting of different hard abrasive rocks. Publikuota Science Direct: 2004 lapkričio 11.
18. J. Nordström, J. Bergström. Wear testing of saw teeth in timber cutting. Publikuota Science Direct: 2001.
19. A. Doering, D. Danks, S. Mahmoud, J. Scott. Evaluation of ASTM G65 abrasive – Spanning 13 years of sand. Publikuota Science Direct: 2011 sausio 21.

20. M.W. Hyttel, D.D. Olsson, G. Reisel, J. Bottiger. Comparison of a newly developed compression – twist abrasive wear test with the ASTM G65 test method. *Publikuota Science Direct: 2013 rugpjūčio 26.*
21. L. Efsing, S. Olsson. *Wear testing of high – alloy carbon steel used in mining tools. Švedija, Stokholmas: 2013.*
22. M. Abbasi, S. Kheirandish, Y. Kharrazi, J. Hrzazi. On the comparison of the avrasive waer behavior of aluminum alloyed and standart Hadfield steles. *Publikuota Science Direct : 2009 rugpjūčio 3.*
23. Bandytų mašinų gamintojo puslapis: <http://www.zwick.com/> [žiūrėta 2015-05-15]
24. Mikuckis F. *Medžiagų atsparumas. Metodiniai patarimai. Kaunas: Ardiva, 2008.*
25. *Įrankių gamintojo katalogas: Leitz. Leitz-Lexicon. 2011.*
26. *Kietmetalio plokštelių gamintojo katalogas: Tigra. Tools cut better with tigra. 2014.*
27. ISO 683-17. Heat-treated steels, alloy steels and free – cutting steels. Part 17: Ball and roller bearing steels, 1999.
28. DIN ISO 286. Geometrical product specifications. ISO code system for tolerances on linear sizes. International Organization for Standardization, 2010.
29. DIN ISO 2768. General tolerances. International Organization for Standardization, 1989.
30. Dulevičius J., Eidukynas V., Žebienė A., Naginevičienė L., Palionis A., Pilkauskas K., Žiedelis S., Žiliukas P., Grigas V. *Mašinų elementai: skaičiavimas ir konstravimas. Kaunas: Technologija, 2006.*
31. U. Fisher, R. Gomeriger, M. Heinzler, R. Kilgus, F. Naher, S. Oesterle, H. Paetzold, A. Stephan. *Mechanical and Metal Trades Handbook, 3rd edition. Vokietija: 2012.*
32. Staklių gamintojo puslapis: <http://www.kirschner-gmbh.de> [žiūrėta 2015-09-29].
33. Lydmetalio gamintojo puslapis: <http://technicalmaterials.unicore.com/> [žiūrėta 2015-11-29].
34. John J. Stephens, K. Scott Weil. *Brazing and Soldering. Proceedings if the 3rd International Brazing and Soldering Conference. San Antonio, Texas, USA. Publikuota: 2006 balandžio 24.*
35. G. Gimbutis, K. Kajutis, V. Krukonis, A. Pranckūnas, P. Švenčianas. *Šiluminė technika. Vilnius: „Mokslas“, 1993.*
36. Juzėnas E., Rimašauskas M. *Mašinų gamybos technologijos savarankiškų darbų atlikimo metodiniai nurodymai. Kaunas: Technologija, 2013.*

PAVEIKSLŲ ŠALTINIŲ SĄRAŠAS

- 1p. <http://www.nln.lt/> [žiūrėta 2015-05-15];
- 2p. <http://www.papawswrench.com/vboard/index.php?topic=14912.0> [žiūrėta 2015-09-09];
- 3p. <http://www.yorksaw.com/blog/2009/12/history-of-the-circular-saw/> [žiūrėta 2015-09-09];
- 4p. Dundulis R., Ostaševičius V. Technologiniai įrenginiai ir įrankiai. Kaunas: Technologija, 2004.;
- 5p. Swedex technical handbook. Prieiga per internetą: http://www.swedex.com/eng/ckfinder/userfiles/files/teknisk%20handbok-eng_ver1_2_2009.pdf [žiūrėta 2015-05-15];
- 6p. <http://www.harrissawing.com/> [žiūrėta 2015-11-30];
- 7p. www.hoffmann-group.com [žiūrėta 2015-12-02];
- 8p. Autoriaus paveikslai;
- 9p. J. Nordström, J. Bergström. Wear testing of saw teeth in timber cutting. Publikuota Science Direct: 2001;
- 10p. A. Doering, D. Danks, S. Mahmoud, J. Scott. Evaluation of ASTM G65 abrasive – Spanning 13 years of sand. Publikuota Science Direct: 2011 sausio 21;
- 11p. http://emrtk.unimiskolc.hu/projektek/adveng/home/kurzus/korsz_anyagtech/1_konzultacio_elemei/wear_testing_measurement.htm [žiūrėta 2015-05-15];
- 12p. <http://www.zwick.com/> [žiūrėta 2015-05-15];
- 13p. Tigra. Tools cut better with tigra. 2014.
- 14p. GDA catalogo generale 2014. Prieiga per internetą: http://www.gdatools.it/public/file/20150428112515/Brochure%20tecnica_GDA%20catalogo%20generale%202014.pdf [žiūrėta 2015-11-09];
- 15p. <http://www.kirschner-gmbh.de/>;
- 16p. Lydmetalio gamintojo puslapis: <http://technicalmaterials.unicore.com/> [žiūrėta 2015-11-29].

PRIEDAI

1 priedas. Diskinio pjūklo su prilituotomis kietlydinio plokštelėmis brėžinys

2 priedas. Plieno 100Cr6 charakteristikos.

Quality		100Cr6				Technical card				
According to standards		EN ISO 683-17: 1999				Lucefin Group				
Number		1.3505								
Chemical composition										
C%	Si%	Mn%	P% max	S% max	Cr%	Mo% max	Al% max	Cu% max		
0,93-1,05 ± 0.03	0,15-0,35 ± 0.03	0,25-0,45 ± 0.04	0,025 + 0.005	0,015 + 0.005	1,35-1,60 ± 0.05	0,10 ± 0.03	0,050 + 0.010	0,30 +0.03		
Product deviations are allowed										
Temperature °C										
Hot-forming	Quenching ¹⁾	Quenching ²⁾	Tempering ^{1) 2)}		Stress relief annealing ³⁾	³⁾ stress relief annealing is suggested to be carried out after machining and before final heat treatment				
1050-900	heating up to 650, pause, then 800-830 water	830-870 oil/ polymer salt bath 500-550 salt bath 180-200	150-300 air		600-650 furnace cooling					
Isothermal annealing +I	Spheroidized annealing +AC	Recrystallization annealing	Pre-heating welding	Stress-relieving after welding						
800 rapid cooling to 720, pause, then air (HB max 210)	720-750 cooling 10 °C/h to 650, pause, then 40 °/h to 300, then air (HB max 220)	750-760 furnace cooling to 300, then air	not recommended							
			Ac1	Ac _m	Ms	Mf				
			755	850	300	85				
Hardness in the globular annealed and cold-worked state (hot rolled +AC+C) can be HB 240										
Mechanical and physical properties										
Table of tempering values obtained at room temperature on round of Ø 10 mm after quenching at 840 °C in oil										
HV ₃₀	832	800	772	746	674	633	577	528	471	434
HRC	65	64	63	62	59	57	54	51	47	44
R	N/mm ²		2400	2500	2420	2300	2100	1900	1650	1410
Tempering °C	100		150	200	250	300	350	400	450	500
Hardening depth from surface to core (Ø) on round tempered at 850 °C in oil. Hardness values expressed in HRC										
mm	20	15	10	5	Ø	5	10	15	20	
Ø 20			65	64	64	64	65			
Ø 30			64	62	59	59	62	64		
Ø 40	62	57	52	50.5	50	50.5	52	57	62	
Evolution of the austenitic grain size as a function of the material heating temperature										
Grain size	8 - 9		7 - 8	7	6	4 - 5		4		
Temperature °C	830		850	900	950	1000		1050		
Thermal expansion	10 ⁻⁶ · K ⁻¹			▶		11.4			14.7	
Modulus of elasticity	longitudinal		GPa		210					
Modulus of elasticity	tangential		GPa		80					
Bulk Modulus			GPa		140					
Poisson number			ν		0.30					
Test at °C			20	100	200	300	400	500	700	
The symbol ▶ indicates temperature between 20 °C and 100 °C, 20 °C and 700 °C										
Data under fatigue with low cycle number. Values for quenched and tempered material										
Cyclic yield strength, σ _y '	Cyclic strength exponent, n'	Cyclic strength coefficient, K', MPa	Fatigue strength coefficient, σ _r ', MPa		Fatigue strength exponent, b					
1324	0,15	3403	2642		- 0,09					
Specific heat	Density	Thermal conductivity		Electrical resistivity	Electrical conductivity					
J/(Kg·K)	Kg/dm ³	W/(m·K)		Ohm·mm ² /m	Siemens·m/mm ²					
475	7.81	46.6		0.22	4.55					
EUROPE EN	ITALY UNI	CHINA GB	GERMANY DIN	FRANCE AFNOR	U.K. B.S.	RUSSIA GOST	USA AISI/SAE			
100Cr6	100Cr6	GCr15	1.3505	100C6		9Ch1	52100			