

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

Augis Rimkevičius

MECHANINIO APDIRBIMO SPV STAKLĖMIS MODELIAVIMO
ANALIZĖ

Baigiamasis bakalauro projektas

Vadovas

Doc. dr. Saulius Baskutis

KAUNAS, 2015

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS
GAMYBOS INŽINERIJOS KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėjas
Doc. dr. Kazimieras Juzėnas

MECHANINIO APDIRBIMO SPV STAKLĖMIS MODELIAVIMO
ANALIZĖ

Baigiamasis bakalauro projektas
Studijų programos pavadinimas B5136J21

Vadovas

Doc. dr. Saulius Baskutis

Recenzentas

Doc. dr. Inga Skiedraitė

Projektą atliko

Augis Rimkevičius

KAUNAS, 2015

Rimkevičius, A. Mechaninio apdirbimo SPV staklėmis modeliavimo analizė. Bakalauro baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Saulius Baskutis; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas, Gamybos inžinerijos katedra.

Kaunas, 2015. 69 psl.

SANTRAUKA

Šiuolaikinėje mašinų gamyboje vis plačiau taikomos naujosios technologijos.

Bakalauro baigiamajame darbe buvo nagrinėjamas plokštumų, kreivalinių paviršių, išėmų, skylių apdirbimas jas frezuojant, gręžiant, plečiant.

Darbo tikslas – išanalizuoti detalių mechaninio apdirbimo su SPV frezavimo staklėmis ir apdirbimo modeliavimo privalumus bei trūkumus nagrinėjant apdirbimo parametrus ir apdirbamo paviršiaus kokybę. Gautus rezultatus palyginti su TopCam MTS programinio paketo modeliavimo metu gautais duomenimis. Šios programos dėka yra palengvinamas ne tik inžinieriaus – technologo darbas, bet ir staklių operatoriaus darbas.

Darbe išnagrinėtas gaminamų detalių technologiškumas. Sudaryti dviejų detalių gamybos technologijos keliai. Detalėms parašytos apdirbimo programos su TopCam MTS programa ir jos integruotos į SPV frezavimo stakles. Nustatyti darbo režimai ir apskaičiuotos laiko normos. Palygintos apskaičiuotos laiko normos su gautomis modeliavimo metu MTS programa ir su realaus apdirbimo metu išmatuotu apdirbimo laiku. Paviršiaus šiurkštumas, nurodytas MTS modeliavimo programoje, palygintas su realiai išmatuotais detalių paviršių šiurkštumo duomenimis.

Rimkevičius, A. Analysis of modelling of CNC mechanical processing. Bachelor Project / Assoc. Prof. Saulius Baskutis; Kaunas University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering and Design, Department of Production Engineering.

Kaunas, 2015. 69 p.

SUMMARY

Newest technologies are increasingly used in modern production of machine components.

This graduate project represents the analysis of plane and curved surfaces, recesses, holes machining by using milling, drilling, reaming manufacturing operations.

This project aim - analyze the advantages and disadvantages of machining parts with CNC milling machine and machining simulation by determining processing parameters and surface quality of the detail. The results are compared with TopCam MTS software data which were obtained during modelling of machining process. This program makes easier not only an engineer - technologist job, but the machine operator's job as well.

In the project analyzes the manufactured parts workability. For selected parts created the manufacturing process. Appended a machining program with TopCam MTS program and integrated it into CNC milling machines. Fixed machining modes and calculated time needed for machining operations. Compared the calculated time rate between estimated time of MTS application modelling and real-time processing of the parts. Checked the roughness of the surfaces in the MTS simulation program and compared the data obtained with measured actual surface roughness parameters.



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

(Fakultetas)

AUGIS RIMKEVIČIUS

(Studento vardas, pavardė)

GAMYBOS INŽINERIJA IR TECHNOLOGIJOS, B5136J21

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „MECHANINIO APDIRBIMO SPV STAKLĖMIS MODELIAVIMO
ANALIZĖ“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 ____ m. _____ d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Augio Rimkevičiaus** baigiamasis projektas tema „MECHANINIO APDIRBIMO SPV STAKLĖMIS MODELIAVIMO ANALIZĖ“ 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)

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

Tvirtinu:

Gamybos inžinerijos
katedros vedėjas

(parašas, data)

Doc. dr. Kazimieras Juzėnas

(vardas, pavardė)

PAGRINDINIŲ UNIVERSITETINIŲ STUDIJŲ BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS

Studijų programa GAMYBOS INŽINERIJA IR TECHNOLOGIJOS

Universitetinių pagrindinių studijų, kurias baigus įgyjamas bakalauro kvalifikacinis laipsnis, baigiamasis darbas yra taikomojo ar tiriamojo pobūdžio projektas, kuriam atlikti ir apginti skiriama 12 kreditai. Šiuo projektu studentas turi parodyti, kad yra sukaupęs pakankamai žinių, yra įgijęs pakankamai gebėjimų ir turi pakankamą pasirinktos studijų krypties analitinio ar projektavimo darbo patirtį. Baigiamuoju projektu bei jo gynimu studentas turi parodyti savo kūrybingumą, socialinės bei komercinės aplinkos, teisės aktų ir finansinių galimybių išmanymą, informacijos šaltinių paieškos ir jų analizės įgūdžius, gilų nagrinėjamos temos supratimą, projektavimo ir inžinerinės analizės įgūdžius, informacinių technologijų naudojimo ir rašytinio bendravimo, taisyklingos kalbos vartosenos įgūdžius, gebėjimą tinkamai formuluoti išvadas.

1. Darbo tema. MECHANINIO APDIRBIMO SPV STAKLĖMIS MODELIAVIMO ANALIZĖ.

Patvirtinta 2015 m. gegužės mėn. 11 d. dekanu potvarkiu Nr. ST17-F-11-1.

2. Darbo tikslas – išanalizuoti detalių mechaninio apdirbimo su SPV frezavimo staklėmis ir modeliavimo privalumus bei trūkumus nagrinėjant apdirbimo parametrus ir apdirbamo paviršiaus kokybę. Gautus rezultatus palyginti su TopCam MTS programinio paketo modeliavimo metu gautais duomenimis.

3. Darbo struktūra. Darbe nagrinėjamas plokštumų, kreivalinijinių paviršių, išėmų, skylių apdirbimas jas frezuojant, gręžiant, plečiant. Sudaromi detalių gamybos technologiniai keliai; detalių apdirbimo programos su TopCam MTS programa ir jos integruojamos į SPV frezavimo staklėse; Nustatomi darbo režimai, apskaičiuojamos laiko normos; Palyginamos apskaičiuotos laiko normos su MTS programa modeliavimo metu ir gaunamus realaus apdirbimo metu; Patikrinami paviršių šiurkštumai, nurodomi MTS modeliavimo programoje, ir palyginami gauti duomenys su realiai išmatuotais paviršių šiurkštumo duomenimis.

4. Reikalavimai ir sąlygos. Detalės darbo brėžiniai ir techninės sąlygos. Atlikti nurodytas užduotis darbo struktūroje. Įrankiai ir įrenginiai turi atitikti techninius, saugos, technologinius ir ekonominius reikalavimus.

5. Darbo pateikimo terminas 2015 m. gegužės mėn. 26 d.

6. Ši užduotis yra neatskiriama baigiamojo darbo dalis

Išduota studentui Augiui Rimkevičiui.

Užduotį gavau Augis Rimkevičius
(studento vardas, pavardė)

(parašas, data)

Vadovas Doc. dr. Saulius Baskutis

TURINYS

ĮVADAS	9
1. DETALIŲ APDIRBIMAS FREZAVIMU	10
1.1. Kontūro frezavimas	11
1.2. Skylių gręžimas	12
1.3. Skylių plėtimas	13
2. APDIRBIMUI NAUDOJAMI Ruošiniai ir jų bazavimas	14
2.1. Gaminamų detalių ruošiniai.....	14
2.2. Ruošinių bazavimas.....	15
2.2.1. Ruošinio bazavimas pritraukimu	15
2.2.2. Ruošinio bazavimas prisukimu.....	16
2.2.3. Ruošinio bazavimas prispaudimu	16
2.3. Ruošinių tvirtinimas	17
2.3.1. Ruošinių tvirtinimas SPV frezavimo staklėse ir apdirbimo centruose	17
2.3.2. Spaustuvai.....	18
2.3.3. Prispaudikliai	19
3. ĮRANKINĖS MEDŽIAGOS IR JŲ ATSPARUMAS DILIMUI	20
3.1. Galimai naudojamos plokštelių formos	20
3.2. Galimai naudojamų kietlydinio plokštelių pjovimo kampų geometrijos	21
3.3. Įrankio judėjimo pobūdis plokštumos atžvilgiu	22
3.4. Plokštelių užpakalinis kampas.....	22
3.5. Plokštelės su „Wiper flat“ plokštuma	23
3.6. Kietlydinių rūšys.....	24
3.7. Kietlydinių įtaka gamybos trukmei	24
4. DARBE NAUDOJAMŲ STAKLIŲ IR ĮRANKIŲ ANALIZĖ, JŲ TECHNOLOGINĖS GALIMYBĖS BEI CHARAKTERISTIKOS	26
4.1. Darbe naudojamos staklės ir jų charakteristikos	26
4.2. Rupiam ir glotniam frezavimui naudojami įrankiai	27
4.3. Gręžimui ir plėtimui naudojami įrankiai	28
5. DETALIŲ TECHNOLOGIŠKUMO ANALIZĖ.....	31
5.1. Detalės Kontaktinė plokštelė technologiškumo analizė	33
5.2. Detalės Fiksavimo plokštelė technologiškumo analizė.....	34

6. DETALIŲ MECHANINIO APDIRBIMO TECHNOLOGINIŲ KELIŲ PROJEKTAVIMAS NAUDOJANT UNIVERSALIAS IR SPV FREZAVIMO STAKLES	37
6.1. Detalės Kontaktinė plokštelė mechaninio apdirbimo technologijos kelio projektavimas	37
6.2. Detalės Fiksavimo plokštelė mechaninio apdirbimo technologijos kelio projektavimas	38
7. DETALIŲ APDIRBIMAS SPV STAKLĖMIS. SPV STAKLIŲ PROGRAMAVIMAS ..	40
7.1. SPV frezavimo staklių programos struktūra	40
7.2. SPV programų sudarymas. Sudėtis ir kodai	41
8. APDIRBIMO LAIKŲ SKAIČIAVIMAS.....	44
8.1. Detalė: Kontaktinė plokštelė gręžimo ir plėtimo operacijų apdirbimo laikai	44
8.2. Detalė: Fiksavimo plokštelė gręžimo ir plėtimo operacijų apdirbimo laikai	45
IŠVADOS	50
LITERATŪROS SĄRAŠAS	51
PRIEDAI.....	53
1. Priedas. Detalės Kontaktinė plokštelė brėžinys	53
2. Priedas. Detalės Fiksavimo plokštelė brėžinys	54
3. Priedas. Detalės Kontaktinė plokštelė apdirbimo programa.....	55
4. Priedas. Detalės Fiksavimo plokštelė apdirbimo programa.....	60
5. Priedas. Detalės Kontaktinė plokštelė maršrutinė kortelė	66
6. Priedas. Detalės Fiksavimo plokštelė maršrutinė kortelė	68

IVADAS

Technologinio proceso projektavimas susideda iš įvairių procesų tarpusavio suderinimo.

Šie procesai apima gamybos metodų parinkimą, naudojamas gamybos priemones (staklės, įrankiai, įtaisai). Nustatoma racionali ir nuosekli apdirbimo tvarka. Tam yra suderinami darbininko veiksmai, staklių darbo režimai, apskaičiuojami darbo imlumui reikalingi laikai, lėšos, darbininkų skaičius, savikaina. Sudarius techninę dokumentaciją, gamyklos techniniam personalui ir darbininkams duodami nurodymai, kaip organizuoti gamybą.

Šiuolaikinėje mašinų detalių gamyboje vis plačiau taikomos naujosios technologijos. Detalės apdirbamos programinio valdymo staklėmis, naudojamos lazerinės technologijos, naujausi įrankiai, kurie leidžia apdirbti medžiagas sparčiaisiais pjovimo režimais. Tokiu būdu gaminant detales yra pasiekiamas aukštas tikslumas, mažas paviršių šiurkštumas, didelis darbo našumas bei mažinama gaminių savikaina.

Darbe nagrinėjamas plokštumų, kreivalinijinių paviršių, išėmų, skylių apdirbimas jas frezuojant, gręžiant, plečiant. Paviršiaus šiurkštumas frezavimo procese priklauso nuo daugelio veiksnių: įrankio sukimosi greičio, pastūmos, pjovimo gylio, įrankių geometrijos ir t.t. Plokštumų frezavime paviršiaus šiurkštumas atlieka labai svarbų vaidmenį, nes po apdirbimo gauti geros kokybės paviršiai labai pagerina detalės atsparumą nuovargiui, atsparumą korozijai ir pailgina gaminio ilgaamžiškumą.

Gvildenant problemas, kylančias apdirbant plokštumas, pateikiami racionaliūs sprendimo būdai. Aptariamas ruošinio pasirinkimas, bazavimo būdai, nagrinėjami pasirinkti apdirbimo įrankiai, atliekamas paviršiaus kokybės tyrimas.

Gamybinės praktikos UAB „Baltec CNC Technologies“ įmonėje metu buvo sudarytos puikios galimybės susipažinti su mechaniniu detalių apdirbimu naudojant šiuolaikinius kompiuterinio skaitmeninio valdymo apdirbimo centrus, aktyvius įrankius, modernius daugiaviečius įtaisus. Ši įmonė turi plačias technologines galimybes ir siūlo įvairias mechaninio apdirbimo paslaugas (pvz. programinio tekinimo, frezavimo, pjovimo lazeriu, suvirinimo, dažymo). Specializuotas gamybos padalinys gamina tikslius mechaninius komponentus programinio valdymo staklėmis. Praktikos metu buvo parašytos pasirinktoms detalėms apdirbimo programos. Jos įdiegtos į apdirbimo centrą ir pagamintos dvi detalės.

UAB „Baltec CNC Technologies“ didžioji gaminamos produkcijos dalis eksportuojama į ES šalis.

Darbo tikslas – išanalizuoti detalių mechaninio apdirbimo su SPV frezavimo staklėmis ir modeliavimo privalumus bei trūkumus nagrinėjant apdirbimo parametrus ir apdirbamo paviršiaus kokybę. Gautus rezultatus palyginti su TopCam MTS programinio paketo modeliavimo metu gautais duomenimis.

Darbo uždaviniai:

1. Išnagrinėti gaminamų detalių technologiškumą bei sudaryti detalės gamybos technologinį kelią;
2. Parašyti detalių apdirbimo programą su TopCam MTS programa ir ją integruoti SPV frezavimo staklėse; parenkant įrankius bei nustatyti darbo režimus, ir apskaičiuoti laiko normą;
3. Palyginti apskaičiuotas laiko normas su MTS programa modeliavimo metu ir gaunamas realaus apdirbimo metu apdirbant detales;
4. Patikrinti paviršiaus šiurkštumą nurodomą MTS modeliavimo programoje ir palyginti gautus duomenis su realiai išmatuotais paviršių šiurkštumo duomenimis.

1. DETALIŲ APDIRBIMAS FREZAVIMU

Frezavimas – tai metalo nuėmimo procesas, įrankiu turinčiu vieną ar daugiau pjovimo briaunų ir besisukančiu apie savo ašį. Frezavimas yra našus apdirbimo būdas. Frezos dantys gerai aušinami, nes jie dirba su pertraukomis, o dėl kintamų pjovimo jėgų ant frezos dantų beveik niekada nesusidaro prieaugos. Daugeliu frezavimo staklių galima dirbti keliomis frezomis, ant frezavimo staklių stalo sustačius kelis ruošinius. Dirbama našiais režimais. Dėl šių teigiamybių frezavimas plačiai taikomas gamyboje. Tačiau frezuojant veikia didelės kintamos pjovimo jėgos, atsiranda virpesių, trukdančių pasiekti didesnę tikslumą ir mažesnę mikronelygumų aukštį. Frezavimas skirstomas į rupųjį, pusiau glotnųjį, glotnųjį ir tikslųjį [1].

Plokštumos frezuojamos įvairių skersmenų galinio frezavimo surenkamosiomis galinėmis ir kitokiomis frezomis. Jos tvirtinamos standžiuose laikikliuose arba tiesiog suklio kūgyje. Toks tvirtinimas yra standus. Rupiai geriau yra frezuoti mažesnio skersmens galinėmis surenkamosiomis frezomis, nes veikia didelės pjovimo jėgos. Glotniajam frezavimui tinkamesnės yra didelio skersmens surenkamosios galinės frezos. Jomis galima apdirbti didesnio pločio plokštumas vienu praėjimu ir lengviau pasiekti didelį pjovimo greitį. Šiuolaikinės frezos plokštumų apdirbimui gaminamos su keičiamomis kietlydinėmis pjaunančiosiomis plokšteles [1, 2, 3-8].

Pjovimo režimai parenkami iš žinynų atsižvelgiant į apdirbamojo ruošinio medžiagą, frezos tipą, pjaunančiosios dalies medžiagą ir kitas apdirbimo sąlygas.

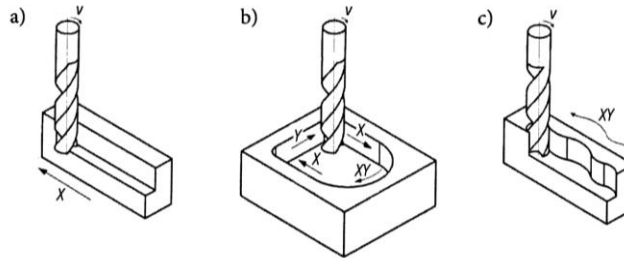
Frezavimo operacijose naudojami ruošinius įtvirtinantys įtaisai. Didesniam darbo našumui pasiekti įtaisai daromi daugiaviečiai, kad vienu pastatymu būtų galima apdirbti kuo daugiau detalių vienu metu. Taip sutaupoma laiko ir bereikalingo darbo [2].

Plokštumų frezavimas yra našus apdirbimo būdas, ypač apdirbinėjant didesnių gabaritų detales. Darbe nagrinėjamas plokštumų, kreivalinijinių paviršių, išėmų frezavimas ir jam tinkantys įrankiai.

1.1 Kontūro frezavimas

Detalės kontūro frezavimas - tai tokia operacija, kai įrankis (pirštinė freza) nuima medžiagą nuo ruošinio arba jo apdirbamo elemento periferinio paviršiaus (1.1 pav.) daugiausia frezos šoniniu paviršiumi (mažiau – galiniu paviršiumi) [3]. Šiuo atveju suformuojamas šoninis detalės paviršius, lygiagretus su pastūmos judesio greičio vektoriumi, kartu ir paviršius, statmenas frezos ašiai. Frezuojant reikia vienu metu valdyti judesius pagal staklių X ir Y ašis, kai frezuojamas sudėtingas kontūras (1.1 pav., b ir c), arba tik pagal vieną iš minėtų ašių, kai frezuojamas stačiakampis kontūras. (1.1 pav., a). Apdirbti reikiamo gylio išorinį kontūrą arba išėmą per vieną

įrankio eigą retai pavyksta, todėl reikia periodiškai (frezai atlikus judesius pagal kontūrą) pirštinei frezai perduoti judesį pagal Z ašį, o toliau vėl pakartoti įrankio judesius XY plokštumoje. Tai kartojama tol, kol nebus pasiektas reikalingas gylis Z ašies kryptimi.

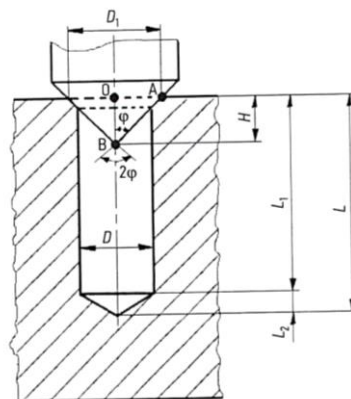


1.1 pav. Kontūro frezavimas: a – išorinio tiesinio kontūro (laiptelio) frezavimas pirštine freza; b – vidinio kontūro (kišenės) frezavimas pirštine freza; c – išorinio kreivinio kontūro frezavimas pirštine freza [3]

Kišenių apdirbimo operacija, kurios metu pirštine freza pašalinama medžiaga iš uždaros arba iš dalies uždaros ertmės, yra viena iš labiausiai paplitusių operacijų, atliekamų SPV frezavimo staklėmis. Kišenės sienelės nebūtinai gali sudaryti statų kampą su dugnu, jos gali būti kūginės, suapvalintos, įgaubtos ir pan. Tokioms sienelėms gauti turi būti imama atitinkamos formos pirštinė freza, pavyzdžiui, su suapvalintomis viršūnėmis [3,16].

1.2 Skylių gręžimas

Gręžiant skylės SPV frezavimo staklėmis ir apdirbimo centrais, besisukantis įrankis (grąžtas) pagreitintai pozicionuojamas virš apdirbamos skylės centro, toliau jam suteikiama pastūma išilgai staklių Z ašies (1.2 pav.) [3]. Taigi šiai operacijai arba pakopai atlikti pakanka valdyti vienu metu tik vieną ašį.



1.2 pav. Skylės nuožulos sudarymas žymėjimo grąžtu [3]

Be pjovimo režimų, planuojant gręžimo operacijas arba pakopas, reikia atkreipti dėmesį ir į tokius veiksnius:

- naudoti žymėjimo gražtą arba ne;
- skylės tipas – kiaura arba aklina;
- aklinos skylės dugno forma ir cilindrinės dalies ilgis;
- gražto darbo dalies ilgis.

1.3 Skylių plėtimas

Plėtimu vadinamas papildomas jau išgręžtų cilindrinų ir kūginių kaurų bei aklinių skylių apdirbimas plėstuvais siekiant padidinti skylės matmenų tikslumą (iki IT6) ir paviršiaus šiurkštumą (iki $R_a = 0,32 \mu\text{m}$) [3]. Plėtimu negalima pataisyti skylės ašies padėties, todėl jeigu reikia gauti ne tik skersmenį su siauru tolerancijos lauku, bet ir mažą skylės ašies lygiagretumo arba statmenumo nuokrypį, reikėtų vietoje plėtimo skylę ištekinti (dažniausiai du kartus rupiai ir glotniai). Plėtimas pagal staklių ašių valdymą yra panašus į gręžimo operaciją. Plečiant kaurąšias skyles, reikia siekti, kad plėstuvo pjovimo dalis visiškai išeitų iš kitos skylės pusės (žiūrėti 8 skyrių 8.1 ir 8.2 pav.)

2. APDIRBIMUI NAUDOJAMI Ruošiniai ir jų bazavimas

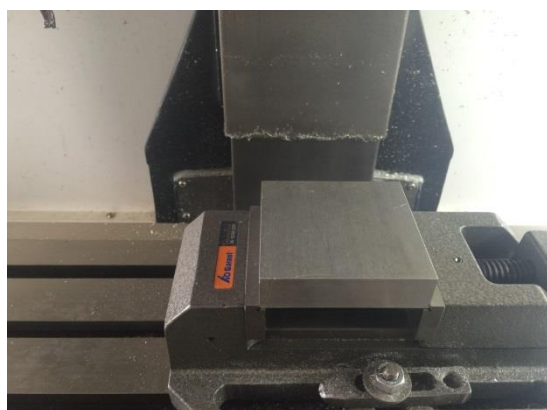
2.1. Gaminamų detalių ruošiniai

Darbe detalių gamybai buvo pasirinkta medžiaga iš aliuminio (AlMgSi0.5 / 3.3206). (2.1 lentelė) Aliuminio lydiniai yra stipresni negu grynas aliuminis, 2,5 – 3 kartus lengvesni už plieną, pakankamai laidūs elektrai ir šilumai, lengvai apdirbami mechaniškai. Skirstomi į liejamuosius ir deformuojamuosius. Iš liejamųjų aliuminio lydinių dažniausiai natriu modifikuoti šiluminiai aliuminio ir 5 – 13% silicio lydiniai. Iš didelio ir vidutinio stiprumo aliuminio lydinių liejamos fasoninės lėktuvų, automobilių detalės (variklių stūmokliai, cilindų blokų galvutės, karteriai). Jų liejimo temperatūra 680 – 7800 C. Deformuojamųjų aliuminio lydinių dažniausi priedai – varis, magnis, manganas. Daugiausia vartojami duraliuminiai (Al-Cu-Mg-Mn), superduraliuminiai (Al-Si-Cu-Mg-Mn). Juos galima kalti, štampuoti, valcuoti ir kitaip deformuoti. Iš deformuotųjų gaminami daugiausia pusfabrikačiai (strypai, lakštai, vamzdžiai, viela, folija, kaltiniai) [3,4,5].

Darbe nagrinėjamų ir apdirbamų detalių gabaritiniai matmenys yra ilgis 100 mm, plotis 100 mm, storis 25 mm. Ruošinys yra išpjauamas iš valcuotos juostos dujiniu pjovimo būdu, o po to galai nufrezuojami iki reikiamo matmens pagal detalės darbo brėžinį. (žr. 1 priedą). Išpjauto ruošinio (pav. 2.1) gabaritiniai matmenys yra $103\pm 1,1 \times 103\pm 1,1 \times 25 \pm 0,5$ mm.

2.1. lentelė. Aliuminio lydinio cheminė sudėtis [6]

Aliuminio lydinio 3.3206 cheminė sudėtis (kiekyje %)								
Elementas	Cr	Mn	Si	Fe	Cu	Al	Mg	Ti
Minimalus kiekis			0.3	0.1			0.35	
Maksimalus kiekis	0.05	0.1	0.5	0.3	0.1		0.6	0.1



2.1 pav. Detalės ruošinys

2.2. Ruošinių bazavimas

Plokštumų apdirbimui ruošiniai bazuojami sekančiais būdais: [7]

- Pritraukiami vakuumu arba elektromagnetu
- Prisukami
- Prispaudžiami

Darbe nagrinėjami ruošiniai buvo prispaudžiami spaustuve.

2.2.1. Ruošinio bazavimas pritraukimu

Pritraukimui yra naudojami vakuuminiai arba elektromagnetiniai įtaisai. Vakuuminiai įtaisai yra paprastesni, juos galima nesunkiai pasigaminti (2.2 pav.). Tačiau tokių įtaisų panaudojimą riboja apdirbamos detalės gabaritai, geometrija ir storis [7]. Naudojant vakuuminius įtaisus, dažniausiai yra apdirbamos nestandžios detalės. Šių įtaisų panaudojimą taip pat riboja tai, jog ne visada galima apdirbamą detalę gręžti, tekinti ar frezuoti kiaurai.



2.2 pav. Vakuuminis įtaisas



2.3 pav. Elektromagnetinis įtaisas

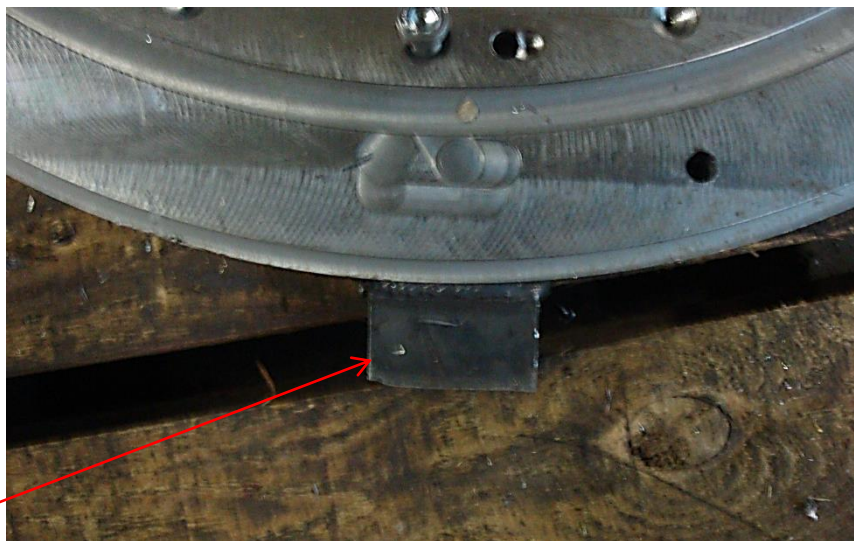
Elektromagnetiniai įtaisai, turi privalumą jog gali pritraukti storus, bei įvairios geometrijos ruošinius. Jų panaudojimas yra efektyvus, paprasta bazuoti, pritraukimo metu ruošinys nėra deformuojamas. Tačiau vienas didžiausių elektromagnetinių įtaisų trūkumų yra jų kaina. Tai palyginti brangūs įrengimai, taip pat ne visada efektyvūs, nes dauguma metalų yra ne magnetiniai (2.3 pav.) [7,8].

2.2.2. Ruošinio bazavimas prisukimu

Ruošinių bazavimas prisukimu yra naudojamas, kai nėra kitos galimybės bazuoti. Turimame ruošinyje yra daromos technologinės kiaurymės, įgilinimai ar srieginės kiaurymės, kuriomis ruošinys bus prisukamas tolimesnėje operacijoje. Toks būdas nėra efektyvus, todėl kad reikalinga papildoma operacija šios kiaurymėms padaryti, o taip pat reikalingas įtaisas prie kurio šis ruošinys bus tvirtinamas. Įtaisų gamyba brangiai atsieina ir dažnai toks įtaisas daugiau nebepanaudojamas, bet kartais tai vienintelis būdas bazuoti detalę [9].

2.2.3. Ruošinio bazavimas prispaudimu

Ruošinių bazavimas prispaudimu yra paprasčiausias bazavimo būdas. Prie turimo ruošinio yra privirinamos papildomos plokštelės (2.4 pav.), per kurias kamertonais ar specialiais prispaudikliais yra prispaudžiamas ruošinys.



Papildoma plokštelė

2.4 pav. Papildomos plokštelės ruošinio bazavimui

Tokio bazavimo trūkumai yra tai, jog virinant yra deformuojamas metalas, atsiranda liekamieji įtempimai. Kadangi ruošinys yra pjautas ugnimi ir dažnai nebūna atkaitintas, tai jo papildomo virinimo metu pažeidžiami esami vidiniai liekamieji įtempimai, taip pat sudaromi nauji, ko pasekoje plokštė deformuojasi ir gaunami įvairūs nepageidaujami geometriniai nuokrypiai. Taip pat trūkumas yra tas, jog plokštelių virinimas ir jų pašalinimas reikalauja papildomų darbo sąnaudų [7,9].

2.3. RUOŠINIŲ TVIRTINIMAS

2.3.1. Ruošinių tvirtinimas SPV frezavimo staklėse ir apdirbimo centruose

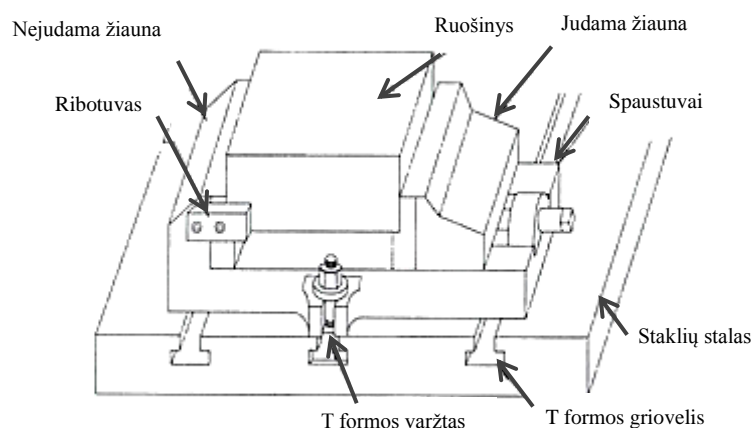
Apdirbant ruošinius norima gauti reikiamą matmenų ir formos tikslumą, o apdirbant daug vienodų detalių (detalių partiją) – ir matmenų pasikartojamumą. Tikslumas gali būti apibrėžtas pagamintos detalės matmenų, formos ir paviršių padėties atitiktimi brėžinyje nurodytiems dydžiams. Pasikartojamumas yra sugebėjimas vieną kartą suderintu įrankiu užtikrinti tuos pačius matmenis, kai tame pačiame įtaise apdirbami vienas po kito vienodi ruošiniai (čia neįvertinamas staklių darbinųjų junginių judesių tikslumas, įrankio dilimas, ruošinio matmenų tikslumas ir pan.) [3]. Tam, kad visa tai būtų užtikrinta, ruošinys turi būti tvirtai ir stabiliai įtvirtintas tvirtinimo įtaise, kuris savo ruožtu tvirtinamas ant frezavimo staklių arba apdirbimo centro stalo. Tvirtinimo įtaisas atlieka dvi svarbias funkcijas apdirbant:

1. Neleidžia ruošiniui judėti įtaise veikiant pjovimo jėgoms.
2. Užtikrina tikslų ir pastovų bazinį paviršių ruošiniui pastatyti prieš apdirbimą.

Technologas arba SPV staklių operatorius sprendžia, kokį tvirtinimo įtaisą naudoti tam tikroje tvirtinimo operacijoje. Tai priklauso nuo ruošinio formos, matmenų ir pačios operacijos tūrinio. Skirtingai nuo tekinimo staklių, kur tvirtinimo įtaisas (griebtuvas) yra staklių dalis, frezavimo staklėse ir apdirbimo centruose yra stalas, kurio T formos grioveluose gali būti tikrinami įvairūs įtaisai – nuo universalių (spaustuvai) iki specialiai suprojektuotų. Darbo metu įrankis neturi užkabinti įtaiso elementų, todėl programuojant įrankių trajektorijas, įrankiai turi aplenkėti juos. Kita vertus uždengti įtaisų prispaudikliais ir kitais elementais detalės paviršiai taip pat dažnai turi būti apdirbti. Todėl detalę reikia perstatyti įtaise sugaištant brangų laiką ir prarandant tikslumą. Dėl to įtaisų frezavimo staklėms parinkimas ir projektavimas yra labai atsakingi etapai projektuojant technologinius procesus. Bet kuriuo atveju parenkant arba projektuojant įtaisą operacijai, reikia stengtis, kad kuo daugiau paviršių būtų galima apdirbti neperstatant [3].

2.3.2 Spaustuvai

Spaustuvai – tai labiausiai paplitę įtaisai, naudojami dažniausiai prizminiams ruošiniams įtvirtinti vertikaliuose frezavimo staklėse ir vertikaliuose apdirbimo centruose. Jie būna ranka užveržiami, hidrauliniai ir pneumatiniai. Pirmieji naudojami dažniausiai dirbtuvėse ir smulkiose apdirbimo įmonėse, antrieji ir tretieji leidžia tvirtinti greičiau ir patikimiau, todėl naudojami stambiose įmonėse, taip pat automatizuotoje gamyboje, kur ruošinius keičia robotai. Pagrindinis spaustuvių privalumas yra universalumas. Yra spaustuvių, tarp kurių žiaunų gali tilpti 0-1200 mm pločio ruošiniai. Yra specialių konstrukcijų spaustuvių, kuriuose tvirtinamų ruošinių didžiausias plotis visai nėra ribojamas. Ruošiniai spaustuviuose tvirtinami tarp žiaunų, iš kurių viena yra judama, kita – ne (2.1 pav.) [3]. Nejudama žiauna naudojama kaip kreipiamoji bazė, o spaustuvių paviršius, esantis tarp žiaunų, - kaip pastatymo bazė. Detalei pakelti spaustuviuose po ja gali būti dedamos specialios plokštelės. Atraminės bazės spaustuvai dažniausiai neturi (tai ir yra didžiausias jų trūkumas), todėl detalei lieka vienas laisvės laipsnis – galimybė slinkti X ašies kryptimi, ir detalės padėtis įrankio atžvilgiu šia kryptimi lieka neapibrėžta. Taip išfrezavus vieną detalę ir pakeitus ją kita operatorius negali padėti ją į tą pačią vietą X ašies kryptimi, dėl to gali nukentėti tikslumas. Tai nesvarbu, pavyzdžiui, frezuojant griovelius išilgai viso detalės krašto. Šiuo atveju operatorius iš akies sutapdina detalės kairiąją viršutinę kampą su nejudamos žiaunos kraštu ir parašo programą taip, kad freza išeitų už spaustuvių ribų X ašies kryptimi gerokai toliau, negu reikia. Tokiu atveju garantuojama, kad visas griovelis pagal ilgį bus išfrezuotas [3,10,11].



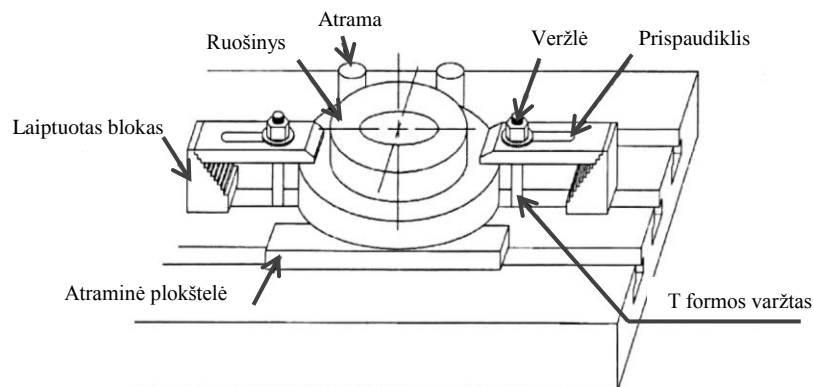
2.1 pav. Ruošinys įtvirtintas spaustuviuose ir paruoštas apdirbti SPV frezavimo staklėmis [3].

Kiekvieną partijos detalę pastatant iš naujo reikės derinti detalės koordinačių sistemą iš naujo. Tam gaišamas laikas, įvertinant, kad reikės derinti kiekvieną detalę. Kad to išvengti reikia

pritvirtinti prie spaustuvo šono ribotuvą, kaip parodyta 2.1 pav., ir atremti detalę į jį. Tada apdirbant detalių partiją, bus užtikrintas matmenų staklių X ašies kryptimi pasikartojimas.

2.3.3 Prispaudikliai

Jeigu naudojami nedidelio storio smulkioms detalėms (dažniausiai išpjautoms iš metalo lakšto) įtvirtinti ant vertikaliųjų frezavimo staklių arba vertikalojo apdirbimo centro stalo. (2.2 pav.) Naudojami taip pat ir horizontaliuosiuose centruose, tik tvirtinami ne prie stalo, o prie kito įtaiso (pvz., kampainio), pritvirtinto prie staklių stalo. Kai jie uždengia detalės paviršius, apdirbus aplinkinius paviršius, perstatomi, paskui paleidžiama kita (arba ta pati, laikinai pristabdyta perstatyti) programa, kad būtų apdirbti uždengti paviršiai. Prispaudikliai dažnai naudojami ir kitiems tvirtinimo įtaisams (spaustuovams, griebtuvams ir pan.) bei jų elementams (prizmėms ir pan.), neturintiems varžtų skylių, tvirtinti prie staklių stalo [3].



2.2 pav. Ruošinys tvirtinamas prie stalo prispaudikliais [3]

Kaip matyti iš 2.2 pav., tokiu būdu tvirtinant negalima atlikti to greitai ir mažėja darbo našumas. Be to, įtvirtinus naują ruošinį detalės koordinatinių sistemą reikės iš naujo derinti. Šis būdas dažniausiai neužtikrina pastovios detalių padėties X ir Y ašių atžvilgiu, tam reikia naudoti papildomas atramas (2.2 pav.). Todėl jis naudojamas gana retai, dažniausiai frezuojant plonas detales. [3, 8, 12]

3. ĮRANKINĖS MEDŽIAGOS IR JŲ ATSPARUMAS DILIMUI

Medžiagos, iš kurių gaminama įrankių pjaunančioji dalis, vadinamos įrankių medžiagomis. Jas veikia dideli apkrovimai dėl:

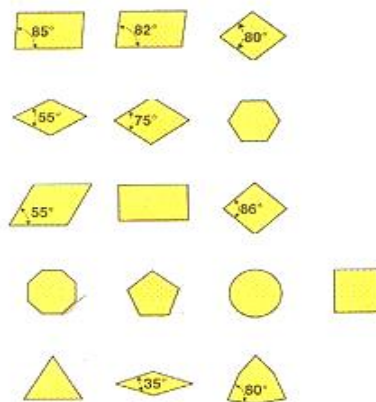
- 1) pastovių arba smūginių pjovimo jėgų;
- 2) aukštos temperatūros arba temperatūros svyravimų;
- 3) trinties ir dilimo [13].

Kad įrankių medžiagos atlaikytų šiuos krūvius, jos turi turėti tokias savybes:

- 1) Geras pjovimo savybes. Įrankių medžiagos turi būti daug kietesnės už apdirbamo ruošinio medžiagos kietumą, o įrankio ašmenys turi būti lengvai galandami. Atsparios temperatūros poveikiui. Įrankių medžiaga turi išlikti pakankamai kieta aukštoje temperatūroje .
- 2) Labai atsparios dilimui. Pjaunant ruošinio medžiagą, įrankių medžiaga turi priešintis jos dalelių išplėšimui, kuris priklauso nuo dilimo zonos temperatūros.
- 3) Labai atsparios lenkimui ir labai tšios. Įrankio ašmenis veikia pulsuojantys lenkimo apkrovimai, dėl to gali ištrupėti pjovimo briaunos.
- 4) Atsparios temperatūros svyravimams. Staigiai keičiantis darbo zonos temperatūrai mažėja įtrūkimų pavojus.

3.1. Galimai naudojamos plokštelių formos

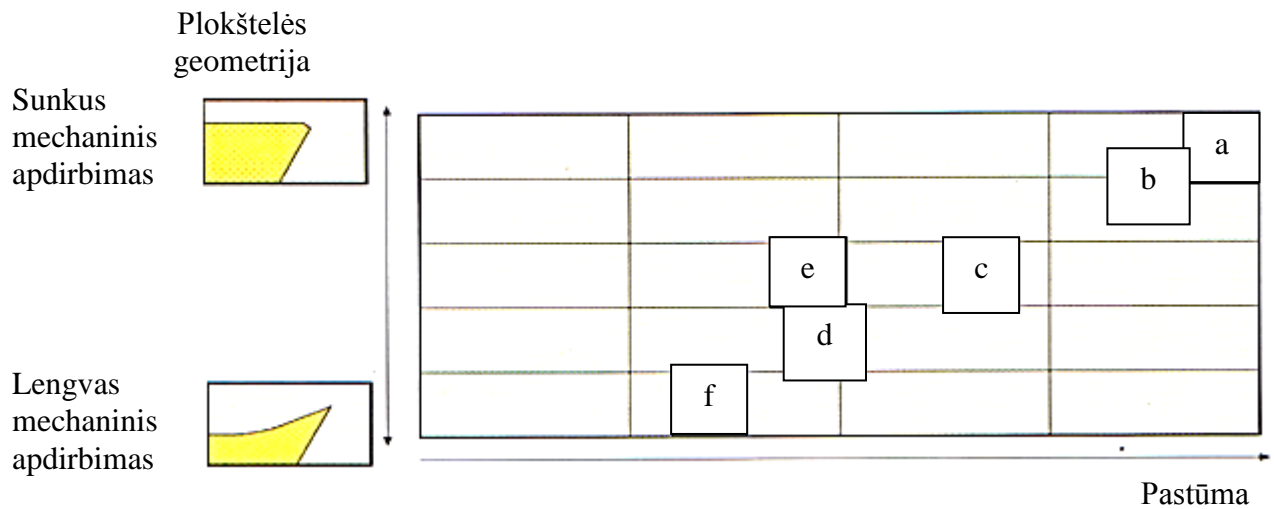
Plokštelių forma priklauso nuo įrankio naudojimo paskirties (3.1. pav.). Plokštumų frezavimui dažniausiai naudojamos plokštelės su plokštuma sudarančios 45° kampą, tam kad pjovimo jėga būtų ne statmena į įrankio ašį, o išsiskirstytų.



3.1 pav. Plokštelių formos [11]

3.2. Galimai naudojamų kietlydinio plokštelių pjovimo kampų geometrijos

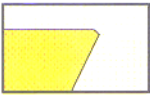





Plokštelių geometrijos priklausomybė nuo apdirbimo lygio (3.2. pav.).



3.2 pav. Plokštelių geometrijos priklausomybė nuo apdirbimo lygio

Čia yra pateikiami plokštelių geometrijos pavyzdžiai (3.1. lentelė).

3.1. lentelė. Plokštelių geometrijos pavyzdžiai.

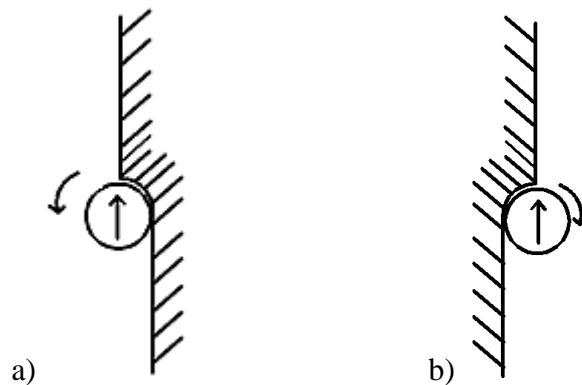
<p>a) Neigiamas pjovimo kampas</p> 	<p>d) Teigiamas pjovimo kampas</p> 
<p>b) Neigiamas pjovimo kampas</p> 	<p>e) Teigiamas pjovimo kampas</p> 
<p>c) Teigiamas pjovimo kampas</p> 	<p>f) Teigiamas pjovimo kampas</p> 

Iš paveikslėlio matome plokštelių geometrijos priklausomybę nuo apdirbimo lygio (3.2. pav.), ji yra parenkama pagal esamą apdirbimo lygį. Esant sunkiam mechaniniam apdirbimui ir dirbant didelėmis pastūmomis, reikėtų pasirinkti plokšteles su neigiamu ir labai apsaugotu pjovimo kampu. Tokios geometrijos plokštelės turi didžiausio patikimumo sustiprintas pjovimo briaunas.

Esant lengvam mechniniam apdirbimui, dirbant mažomis pastūmomis ir veikiant mažom pjovimo jėgom reikėtų pasirinkti plokšteles su labai teigiamu ir labai smailiu pjovimo kampu. Tokios geometrijos plokštelė turi mažesnį atsparumą lūžimui, tačiau yra ypač tiksli ir tinkama baigiamajam apdirbimui [9,12,13].

3.3. Įrankio judėjimo pobūdis plokštumos atžvilgiu

Nuo įrankio judėjimo pobūdžio (3.3. pav.) priklauso apdirbamo paviršiaus šiurkštumas, o taip pat įrankio ilgaamžiškumas. Dažniausiai naudojamas įrankio judėjimo pobūdis ruošinių frezavimo metu yra prieš laikrodžio rodyklės judėjimo kryptį, taip yra gaunamas geresnis paviršiaus šiurkštumas. Tačiau jeigu ruošinys yra pjautas ugnimi, yra naudojamas įrankio judėjimo pobūdis laikrodžio rodyklės kryptimi. Ugnimi pjautų ruošinių kraštai turi sukietėjusių ir užsigrūdinusių metalo lašelių savo paviršiuje. Pjaunant laikrodžio rodyklės judėjimo kryptimi plokštelės smaigalys slenka apdirbamu paviršiumi ir sukietėjusį metalą išplėšia kartu su giliau esančiu minkštesniu sluoksniu. Tokiu pjovimo pobūdžiu gauname blogesnį paviršiaus šiurkštumą dėl plokštelės trynimosi į jau apdirbtą paviršių, tačiau plokštelė tiesiogiai nekontaktuoja su užsigrūdinusiu paviršiniu sluoksniu, ko pasekoje gauname didesnę įrankio ilgaamžiškumą [2].



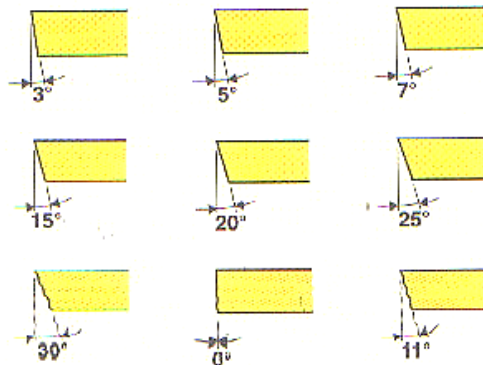
3.3 pav. Įrankio judėjimo pobūdis: a) prieš laikrodžio rodyklės judėjimo kryptį; b) laikrodžio rodyklės judėjimo kryptimi

Pasirinktų detalių frezavimui buvo naudojamas įrankio judėjimas, laikrodžio rodyklės judėjimo kryptimi.

3.4. Plokštelių užpakalinis kampas

Plokštelės užpakalinis kampas, tai kampas nukreiptas į apdirbtą detalės paviršių (3.4. pav.). Pasirenkant šį kampą reikia žinoti, kad didėjant kampo α reikšmei, mažėja pagrindinio užpakalinio paviršiaus trintis, tačiau silpnėja ir peilio pjaunanti dalis. Greitapjūvio plieno ir kietlydinio peilių

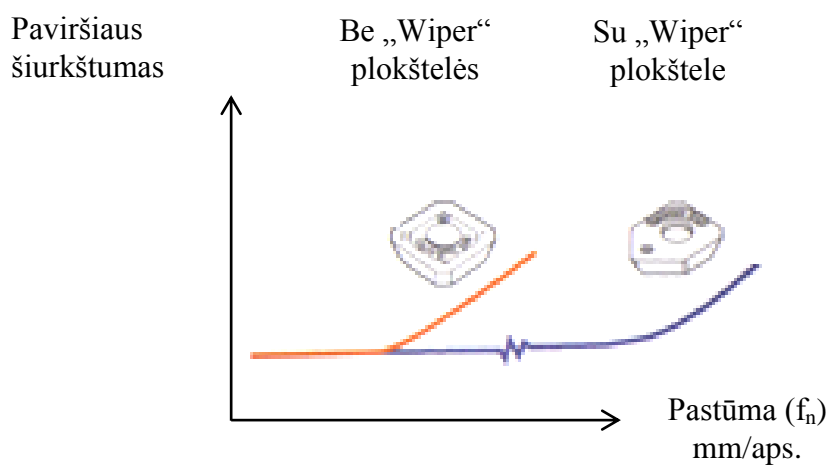
skirtų rupiam apdirbimui $\alpha \approx 6^{\circ}$, o glotniam apdirbimui $\alpha \approx 10^{\circ} \dots 30^{\circ}$. Peilių su mineralokeraminėmis plokštelėmis $\alpha \approx 6^{\circ}$, o peilių kuriais apdirbamos karščiui atsparus plienas $\alpha \approx 10^{\circ}$ [14].



3.4 pav. Plokštelių užpakalinis kampas [14]

3.5. Plokštelės su „Wiper flat“ plokštuma

Tai aukšto produktyvumo plokštelės, turinčios valančiąją plokštumą, pusiau glotniam ir glotniam apdirbimui. Šios plokštelės skiriasi nuo tradicinių tuo, jog turi prailgintą pjaunančiąją plokštumą. Šio patobulinimo dėka, apdirbimo metu yra atliekama plokštumos šlifavimo operacija. Didžiausias privalumas yra tai jog net esant didelėms pastūmoms gaunama gera apdirbimo kokybė (3.5. pav.). Gamintojų teigimu naudojant „Wiper“ technologiją, apdirbimo pastūmą padidinus iki dviejų kartų, gaunamas toks pat paviršiaus šiurkštumas, kaip naudojant standartines plokšteles. O taip pat dirbant tokia pačia pastūma, tačiau naudojant „Wiper“ technologiją, galima paviršiaus šiurkštumą sumažinti iki dviejų kartų [14,15].



3.5 pav. Paviršiaus šiurkštumo priklausomybė nuo pastūmos

3.6. Kietlydinių rūšys

Apdirbimui pjovimu skirti kietlydiniai skirstomi į pagrindines ir panaudojimo grupes. Pagrindinėse P, M ir K grupėse kietlydiniai skirstomi pagal apdirbamas medžiagas. Panaudojimo grupėse kietlydiniai su didesniu skaičiumi turi didesnę rišančių medžiagų kiekį ir atitinkamai yra tašesni. Tašesni yra ir kietlydiniai su volframo-titano-tantalo karbidu (C-TiC-TaC) mišiniais.

Glotniai apdirbti plieno ir ketaus ruošiniams labiausiai tinka smulkiagrūdžiai kietlydiniai ir ypač kermetai. Kermetai - tai kietlydiniai, kuriuose volframo karbidai pakeisti titano karbidais ir titano nitridais.

Specialūs padengimai didina kietlydinių atsparumą dilimui. Padengimui naudojama titano nitrido, titano karbido, aliuminio oksido daugiasluoksnė danga. Padengiama vakuume, esant 1000° C temperatūrai. Dažniausiai padengiamos keičiamos pjovimo plokštelės.

PVD – tai fizinio nusodinimo iš garų fazės, metodu padengtas kietlydinis. Tinkamiausias padangimas frezuoti mažai anglies turintį plieną.

MKD – tai monokristalinis deimantas. Dėl savo kristalinės sandaros deimantas yra kiečiausia medžiaga. Įrankiai su deimanto kristalais labai tinka glotniai apdirbti spalvotiesiems metalams ir jų lydiniams, taip pat ir pilkajam ketui, pluoštinei ir armuotai plastmasei, sukepintiems kietlydiniams, stiklui ir keramikai.

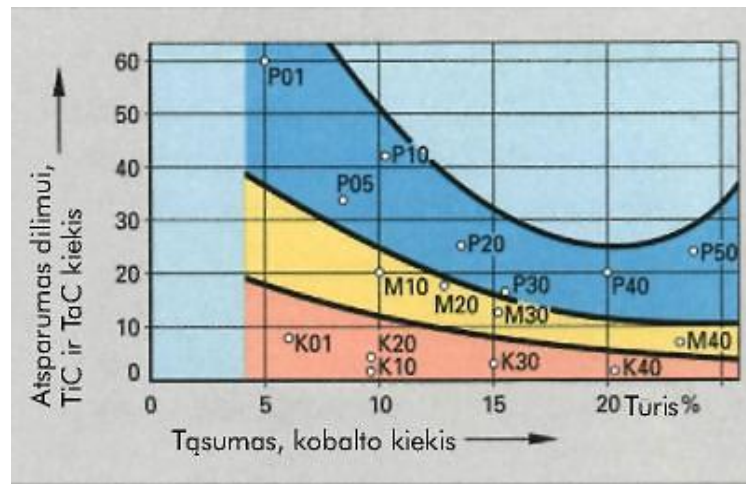
Šiuolaikinių įrankių pjovimo briaunos yra gaminamos ypač sudėtingais metodais, kurie leidžia užtikrinti maksimalią gaminio kokybę. Įrankiai padengiami įvairiomis dangomis, turinčiomis skirtingas savybes. Šių dangų padengimo metodai ir cheminė sudėtis nėra atskleidžiama, nes tai yra kiekvieno gamintojo gamybinė paslaptis [2,4,9].

3.7. Kietlydinių įtaka gamybos trukmei

Poreikis trumpinti gamybos laiką, didinant pjovimo greitį, reikalauja vis naujų įrankių medžiagų.

Kietlydiniai - tai metalo keraminės medžiagos, pagamintos sukepinant aukštoje temperatūroje ir labai dideliame slėgyje karbidų (volframo, titano, tantalo) miltelius. Karbidus jungiančioji medžiaga yra kobaltas [12].

Kietlydiniai labai atsparūs dilimui, o pjovimo savybės nesikeičia iki 900° C. Kietlydiniai kieti ir tašūs pasidaro dėl jų komponentų tarpusavio sąveikos. Prie volframo karbidų (C) pridėjus titano karbidų (TiC) ir tantalo karbidų (TaC), labai padidėja kietlydinio kietumas ir atsparumas dilimui. Kuo daugiau kobalto, tuo kietlydinis tašesnis (3.6. pav.) [12-14].



3.6 pav. Atsparumo dilimui priklausomybė nuo įrankinės medžiagos sudėties [12]

Apdirbimo metu buvo naudoti pjovimo įrankiai, kurių pjovimo briaunos pagamintos iš universalaus kietmetalio.

4. NAUDOJAMŲ STAKLIŲ IR ĮRANKIŲ ANALIZĖ, JŲ TECHNOLOGINĖS GALIMYBĖS BEI CHARAKTERISTIKOS

4.1. Darbe naudojamos Staklės ir jų charakteristikos

Detalių gamybai buvo naudojamos universalios rankinio valdymo frezavimo staklės VHF2 (4.1 pav.) ir programinio valdymo frezavimo staklės F4TC (4.2 pav.).



4.1 pav. Universalios frezavimo staklės



4.2 pav. SPV frezavimo staklės

Pagrindiniai universalių rankinio valdymo staklių VHF2 parametrai (4.1. lentelė).

4.1. lentelė. Frezavimo staklių VHF2 parametrai [17]

Staklės KNUTH VHF2	
Sūklio judėjimo nuotoliai	
X ašimi	600 mm
Y ašimi	270 mm
Z ašimi	300 mm
Atstumas nuo stalo (maks.)	610 mm
Atstumas nuo stalo (mm)	360 mm
Darbo stalas	
Ilgis	1120 mm
Plotis	280 mm
Maksimali masė ant stalo	150 kg
Sūklio parametrai	
Maksimali galia	2,2 kW
Maksimalus greitis	1750 rpm
Staklių parametrai (LxBxH), mm	1710 x 1480 x 2100 mm
Staklių masė	1800 kg

Pagrindiniai programinio valdymo frezavimo staklių F4TC parametrai (4.2. lentelė).

4.2. lentelė. Frezavimo staklių F4TC parametrai [16]

Staklės OPTImill f 4TC	
Sūklės judėjimo nuotoliai	
X ašimi	310 mm
Y ašimi	200 mm
Z ašimi	300 mm
Atstumas nuo stalo (maks.)	390 mm
Atstumas nuo stalo (mm)	260 mm
Darbo stalas	
Ilgis	690 mm
Plotis	210 mm
Maksimali masė ant stalo	6 kg
Sūklės parametrai	
Maksimali galia	2,5 kW
Maksimalus greitis	6000 rpm
Staklių parametrai (LxBxH), mm	1800 x 1720 x 2000 mm
Staklių masė	1800 kg

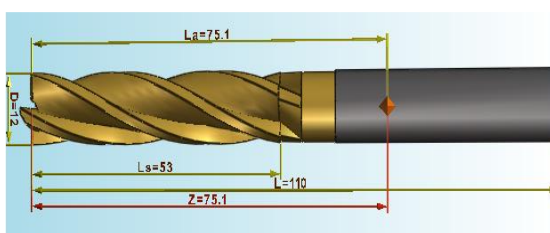
4.2. Rupiam ir glotniam frezavimui naudojami įrankiai

Plokštumų frezavimui naudosime **SRSLF 12 0.5 53(110) 3 HSS R_SZF-30 ER25x60** pirštinę cilindrinę frezę (4.3 pav.). Įrankiai ir jų duomenys imami iš MTS programinio paketo duomenų bazės.

4.3. lentelė. Pirštinės frezos parametrai

L , mm	D , mm	L_s , mm	ap_{max} , mm	s , mm/min	n , aps/min
110	12	53	15	500	1850

Čia: L – visos frezos ilgis; D – frezos skersmuo; L_s – pjaunančiosios dalies ilgis; ap_{max} – maksimalus frezuojamo kontūro gylis; s – pastūma; n – sūklės sūkliai.



4.3 pav. Įrankis SRSLF 12 0.5 53(110) 3 HSS R_SZF-30 ER25x60 [18]

„Cylinder Shaft mill“ – tai įrankis skirtas tiek rupiam plokštumų frezavimui, tiek glotniam [13]. Pirštinėmis frezomis apdirbamos plokštumos kreivalinijiniai kontūrai ir grioveliai. Pirštinės frezos skersmeniu nuo 10 mm ir didesnio skersmens daromos sudėtinės – suvirintos: jų darbinė dalis gaminama iš greitapjovio plieno, o kotas – iš plieno. Darbinė ir kotinė pirštinės frezos dalys yra suvirinamos galais trintimi. Pirštinės frezos cilindriniam paviršiuje išdėstyti frezos dantukai yra analogiškai cilindrinų frezų dantukams. Tai priklauso nuo pasirinktos plokštelės geometrijos ir pastūmos. Taip pat tai pats ekonomiškiausias plokštumų frezavimo įrankis. Nors galvutės lizdai yra neigiamo pjovimo kampo, bet plokštelės yra teigiamo kampo. Taigi bendrai taip pat gaunamas teigiamas pjovimo kampas, kuris leidžia naudoti didesnius pjovimo greičius. Viena iš geriausių jos savybė yra tai, jog ja galima atlikti tiek glotnų tiek rupų apdirbimą. Visi plokštelės darbiniai kampai turi „Wiper“ briaunas, tai leidžia pasiekti norimą paviršiaus šiurkštumą. Glotnaus apdirbimo metu pasiekiamas paviršiaus šiurkštumas $Ra=0,63 \mu m$ [8,13].

Rupiam plokštumų frezavimui naudojami įrankiai turi pasižymėti dideliu darbo našumu, dirbti didelėmis pastūmomis iki 600 mm/min, greitai nuimti didelį medžiagos kiekį. Paviršiaus kokybės reikalavimai, apdirbus tokiais įrankiais yra nekeliami, nes vėliau bus naudojamas glotnus apdirbimas. Glotniam iki 500 mm/min Vienas tokių plokštumų frezavimui naudojamų įrankių yra pirštinė cilindrinė freza „**SRSLF 12 0.5 53(110) 3 HSS R_SZF-30 ER25x60**“ (4.3 pav.) Įrankiai ir jų duomenys imami iš MTS programinio paketo duomenų bazės. Mano atveju, plokštelių apdirbimo metu buvo naudotos šios pastūmos: rupiam frezavimui 220 mm/min, 300 mm/min ir 500 mm/min, o glotniam frezavimui 220 mm/min, 300 mm/min, 450 mm/min ir 500 mm/min.

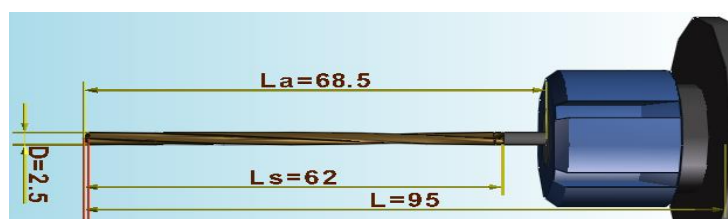
4.3. Gręžimui ir plėtimui naudojami įrankiai

Skylių centravimui naudosime SPIBO HSS-1 2.5x62(95) R_SZF-30 ER16x41 spiralinį centravimo grąžtą (4.4 pav.). Įrankiai ir jų duomenys imami iš MTS programinio paketo duomenų bazės.

4.4. lentelė. Spiralinio grąžto parametrai

L , mm	D , mm	L_s , mm	s , mm/min	n , aps/min
95	2,5	62	300	1600

Čia: L – visas grąžto ilgis; L_s – pjaunančiosios dalies ilgis; D – grąžto skersmuo; s – pastūma; n – suklio sukiai.



4.4 pav. Įrankis SPIBO HSS-1 2.5x62(95) R_SZF-30 ER16x41 [18]

Skylių gręžimui naudosime SPIBO HSS-1 4.9x87(132) R_SZF-30 ER16x41 ir SPIBO HSS-k 9.8x81(133) R_SZF-30 ER16x41 spiralinius gręžimo grąžtus. (4.5 pav.)

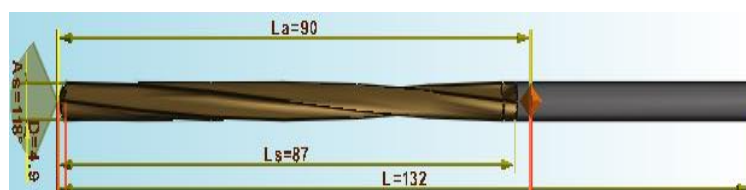
4.5. lentelė. Spiralinio grąžto SPIBO HSS-1 4.9x87(132) R_SZF-30 ER16x41 parametrai

L , mm	D , mm	L_s , mm	s , mm/min	n , aps/min
132	4,9	87	300	1600

4.6. lentelė. Spiralinio grąžto SPIBO HSS-k 9.8x81(133) R_SZF-30 ER16x41 parametrai

L , mm	D , mm	L_s , mm	s , mm/min	n , aps/min
133	9,8	81	300	1600

Čia: L – visas grąžto ilgis; L_s – pjaunančiosios dalies ilgis; D – grąžto skersmuo; s – pastūma; n – suklio sukiai.



4.5 pav. Įrankis SPIBO HSS-1 4.9x87(132) R_SZF-30 ER16x41 [18]

Skylių plėtimui naudosime MRA-D 5x23(86) R_SZF-30 ER16x41 ir MRA-D 10x38(133) R_SZF-30 ER16x41 plėstuvus. (4.6 pav.)

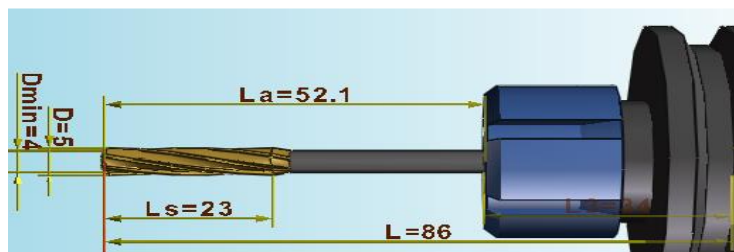
4.7. lentelė. Plėstuvo MRA-D 5x23(86) R_SZF-30 ER16x41 parametrai

L , mm	D , mm	L_s , mm	s , mm/min	n , aps/min
86	5	23	300	600

4.8. lentelē. Plēstuvo MRA-D 10x38(133) R_SZF-30 ER16x41 parametri

L , mm	D , mm	L_s , mm	s , mm/min	n , aps/min
133	10	38	300	600

Čia: L – visas gražto ilgis; L_s – pjaunančiosios dalies ilgis; D – gražto skersmuo; s – pastūma; n – sūklis sūkliai.



4.6 pav. Įrankis MRA-D 5x23(86) R_SZF-30 ER16x41 [18]

5. DETALIŲ TECHNOLOGIŠKUMO ANALIZĖ

Gaminio konstrukcijos technologiškumas – tai konstrukcijos savybių visuma, lemianti optimalias jo gamybos, priežiūros ir taisymo išlaidas, laiduojant reikiamus kokybės rodiklius, gamybos apimtį ir darbų atlikimo sąlygas.

Taigi konstrukcija bus technologiška tada, kai gaminį bus galima pigiai ir patogiai pagaminti, naudoti ir taisyti.

Reikalavimai detalėms, apdirbamoms programinėmis staklėmis. Šiomis staklėmis apdirbamų detalių technologiškumas nustatomas dviem – programavimo patogumo ir paties apdirbimo technologiškumo – požiūriais [7].

Ruošinių, apdirbamų programinėmis frezavimo staklėmis ir apdirbimo centrais, matmenys turi būti artimi staklių stalo matmenims. Tada, esant bet kuriai stalo padėčiai, visi ruošinio šonai atsiduria arti suklio. O jeigu ruošinys yra mažas, arti suklio jis bus įtvirtintas netoli stalo krašto. Kiti jo šonai, stalą pasukus, bus toli nuo suklio.

Apdirbamųjų paviršių padėtis ir pavidalas turi būti tokie, kad, apdirbant detalę, perstatymų ir pasukimų skaičius būtų minimalus. Apdirbamieji šoniniai paviršiai turi būti išdėstyti 90 ir 180° kampu, tada galima pasiekti didžiausią tikslumą. Jeigu detalėje yra koks nors elementas, kuriam apdirbti detalę reikia iš naujo įtvirtinti, šio elemento konstrukcija keistina taip, kad jį galima būtų apdirbti kartu su kitais paviršiais. Svarbiausios ir tiksliausios detalės plokštumos ir skylės turi būti apdirbamos vienu įtvirtinimu. Kad būtų galima tinkamai bazuoti prizminę detalę ant programinių staklių stalo, reikia numatyti tris viena kitai statmenas plokštumas arba vieną plokštumą ir dvi kalibruotas skylės joje [10].

Atliekant kiekybinę konstrukcijos technologiškumo analizę, reikia nustatyti vertinimo kriterijų ir jo bazinę reikšmę. Bazinių rodiklių, pagal kuriuos nustatomas technologiškumo lygis ir organizuojama konstrukcijos technologiškumo analizė, parinkimas yra pradinis konstrukcijos technologiškumo analizės etapas.

Yra du bazinių technologiškumo rodiklių parinkimo būdai:

- 1) gaminio-analogo faktinės technologiškumo rodiklio reikšmės nustatymas;
- 2) konstrukcijos bazinio rodiklio, įvertinančio faktinę reikšmę ir koreguojančius koeficientus, nustatymas [10].

- 1) sudėtingumo koeficientas $K_{sud.i}$. Jis nustatomas kaip projektuojamos konstrukcijos techninių parametrų ir analogo techninių parametrų santykis [10].

Priklausomai nuo pasirinktų lyginimo parametrų $K_{sud.i} \geq 1$. Šie parametrai gali būti masė, galingumas, našumas ir t.t.,

2) darbo imlumo sumažinimo koeficientas $K_{d.i}$. Jis nustatomas iš formulės [10]

$$K_{d.i} = \left(\frac{100}{100 + K_{p.d.n}} \right)^t \quad (5.1)$$

čia $K_{p.d.n}$ – planuojamas darbo našumo didėjimo koeficientas,

t – laiko periodas nuo projektavimo iki gamybos pradžios.

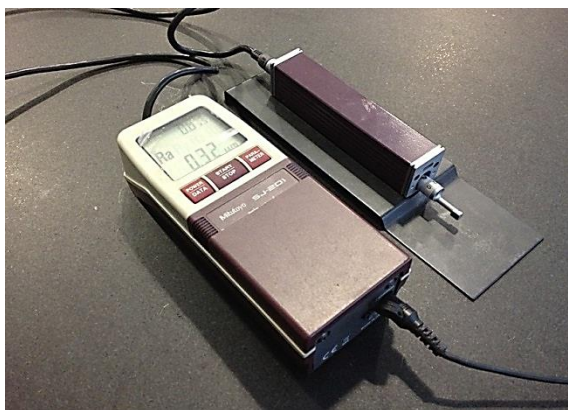
Dažniausiai pagrindinis bazinis rodiklis yra pagrindinis gaminio gamybos darbo imlumo koeficientas, išreikštas norminėmis valandomis.

Bazinis gamybos darbo imlumo koeficientas [10]

$$T_{b.g} = T_{a.g} \cdot K_{sud.i} \cdot K_{d.i} \quad (5.2)$$

čia $T_{a.g}$ – analogo gamybos darbo imlumas.

Pagaminus dvi detales paviršiaus šiurkštumas buvo tikrinamas su kontaktiniu šiurkštumo matuokliu MITUTOYO SJ-201 (5.1. pav.). Gauti rezultatai parodė, kad realiai apdirbtas detalių paviršius yra kur kas mažesnio šiurkštumo nei modeliuojant su TopCam MTS modeliavimo programa. Išmatavus paviršiaus šiurkštumą gavome 0,63 μm pagal Ra, o su modeliavimo programa 1,6 μm pagal Ra. Taip nutiko todėl, kad paviršiai buvo frezuojami pagal pastumą. Pasinaudojus rekomendacijomis literatūros šaltiniuose [2,9,13] ir pabandžius tai atlikti praktiškai, galiu teigti, kad rekomendacija frezuoti plokštumas pastūmos kryptimi pasitvirtino šimtu procentų. Pjaunant pagal pastumą paviršiaus šiurkštumas gaunamas mažesnis.

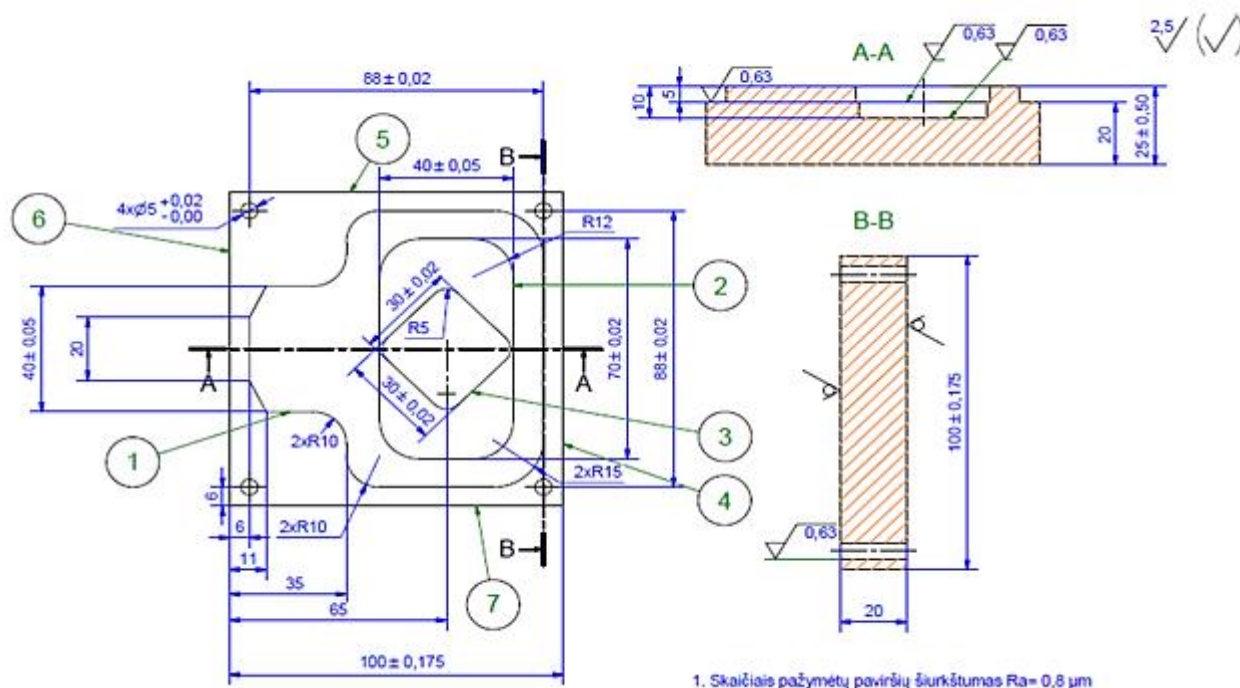


5.1 pav. Paviršiaus šiurkštumo matuoklis

5.1. Detalės Kontaktinė plokštelė technologiškumo analizė

Technologiškumas tai visuma gaminio konstrukcijos savybių, kurios leidžia sutaupyti darbo medžiagų, laiko, lėšų sąnaudas gamybos paruošimui, gamybai, eksploatacijai ir remontui.

Analizė pagal tikslumo reikalavimus (5.1. lentelė). Detalės Kontaktinė plokštelė darbo brėžinio vaizdas pateiktas 5.1 pav. Detalės brėžinį žiūrėti 1 priede.



5.1 pav. Detalės Kontaktinė plokštelė darbo brėžinys

5.1. lentelė. Tikslumo reikalavimai kontaktinei plokštei

Eil. Nr.	Matmuo	Tikslumo kokybės reikalavimai										Tolerancijos, μm	
		Didelis tikslumas				Vidutinis tikslumas				Mažas tikslumas			
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	40±0,05					+							100
2	Ø5 ^{+0,018} (4 skylės)			+									18
3	20							+					210
4	6							+					120
5	11							+					180
6	35							+					250
7	30				+								52
8	65							+					300
9	100±0,175 (4,5,6,7 paviršius)								+				350
10	70±0,06					+							120
11	88±0,02			+									54
12	15							+					180
13	25±0,05							+					130

Apskaičiuojame vidurkį detalės apdirbimo tikslumo kokybę:

$$A_{vid} = \frac{\sum A_i}{\sum n_i} = \frac{8 \cdot 2 + 9 \cdot 1 + 10 \cdot 2 + 11 \cdot 1 + 12 \cdot 7}{13} = 10,77 \approx 11 \text{ kval.}$$

Analizė pagal šiurkštumo Ra reikalavimus.(5.2. lentelė)

5.2. lentelė. Šiurkštumo reikalavimai kontaktinei plokštei

Eil. Nr.	Matmuo arba paviršius	Šiurkštumo parametrai Ra, μm								
		Mažo šiurkštumo			Vidutinio šiurkštumo			Didelio šiurkštumo		
		<0,63	0,63-1,24	1,25-2,4	2,5-6,2	6,3-12,4	12,5-24	25 - 49	50-100	>100
1	1			+						
2	2			+						
3	3			+						
4	4			+						
5	100±0,175 (4,5,6,7 paviršius)				+					
6	Ø5 ^{+0,018} (4 skylės)		+							
7	25±0,1			+						

Skaičiuojame vidutinį detalės apdirbimo paviršiaus šiurkštumą:

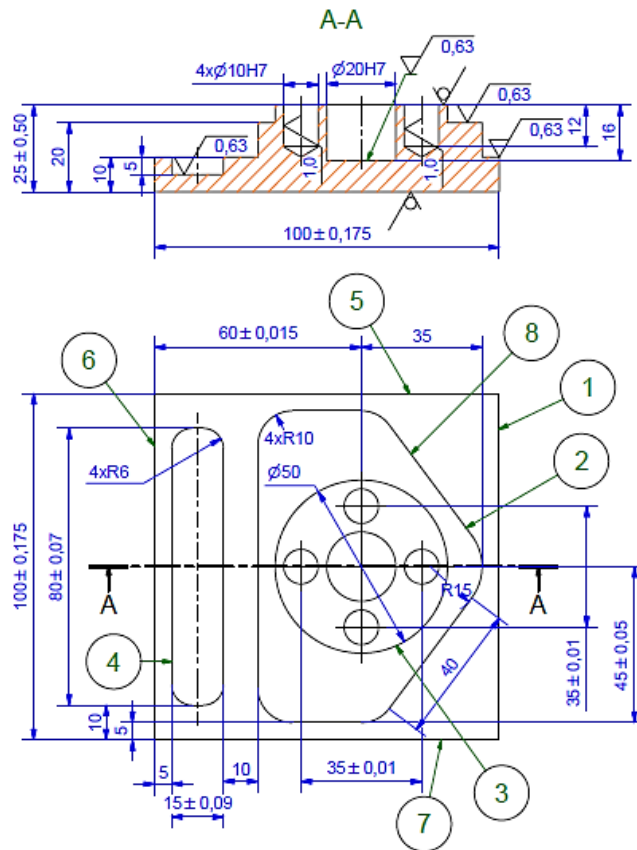
$$B_{vid} = \frac{\sum B_i}{\sum n_i} = \frac{1,0 \cdot 4 + 1,6 \cdot 6 + 3,2 \cdot 4}{14} = 1,89 \approx 2 \mu m$$

Išvada:

Atlikus technologiškumo analizę matome, kad detalė yra vidutinio tikslumo ir mažo šiurkštumo.

5.2. Detalės fiksavimo plokštelė technologiškumo analizė

Analizė pagal tikslumo reikalavimus (5.3. lentelė). Detalės Fiksavimo plokštelė darbo brėžinio vaizdas pateiktas 5.2 pav. Detalės brėžinį žiūrėti 2 priede.



5.2 pav. Detalės Fiksavimo plokštelė darbo brėžinys

5.3. lentelė. Tikslumo reikalavimai fiksavimo plokštelei

Eil. Nr.	Matmuo	Tikslumo kokybės										Tolerancijos, μm
		Didelis tikslumas				Vidutinis tikslumas			Mažas tikslumas			
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	$100 \pm 0,175$							+				350
2	$\varnothing 10^{+0,016}$			+								16
3	20							+				210
4	5							+				120
5	10							+				150
6	35							+				250
7	50							+				250
8	9							+				150
9	13							+				180
10	$80 \pm 0,07$					+						140
11	$45 \pm 0,05$					+						100
12	$17,5 \pm 0,01$			+								20
13	$25 \pm 0,10$							+				200
14	$\varnothing 20^{+0,026}$			+								26
15	40							+				250
16	$60 \pm 0,015$		+									30
17	$15 \pm 0,09$		+									18

Apskaičiuojame vidurkį detalės apdirbimo tikslumo kokybę:

$$A_{vid} = \frac{\sum A_i}{\sum n_i} = \frac{7 \cdot 2 + 8 \cdot 3 + 10 \cdot 2 + 12 \cdot 10}{17} = 10,47 \approx 10 \text{ kval.}$$

Analizė pagal šiurkštumo Ra reikalavimus (5.4. lentelė).

5.4. lentelė. Šiurkštumo reikalavimai fiksavimo plokštei

Eil. Nr.	Matmuo arba paviršius	Šiurkštumo parametrai Ra, μm								
		Mažo šiurkštumo			Vidutinio šiurkštumo			Didelio šiurkštumo		
		<0,63	0,63-1,24	1,25-2,4	2,5-6,2	6,3-12,4	12,5-24	25 - 49	50-100	>100
1	1			+						
2	2			+						
3	3			+						
4	4			+						
5	100±0,175 (1,5,6,7 paviršiai)				+					
6	Ø10 ^{+0,12} (4 skylės)		+							
7	Ø20 ^{+0,021}			+						
8	15±0,09			+						
9	25±0,50				+					

Skaičiuojame vidutinį detalės apdirbimo paviršiaus šiurkštumą:

$$B_{vid} = \frac{\sum B_i}{\sum n_i} = \frac{1,0 \cdot 4 + 1,6 \cdot 6 + 3,2 \cdot 6}{16} = 2,05 \approx 2 \mu m$$

Išvada:

Atlikus technologiškumo analizę matome, kad detalė yra vidutinio tikslumo ir mažo šiurkštumo.

6. DETALIŲ MECHANINIO APDIRBIMO TECHNOLOGINIŲ KELIŲ PROJEKTAVIMAS NAUDOJANT UNIVERSALIAS IR SPV FREZAVIMO STAKLES

6.1. Detalės Kontaktinė plokštelė mechaninio apdirbimo technologijos kelio projektavimas

005 Frezavimo

01 Rupiai frezuoti galinį paviršių 4 iki matmens $101,5 \pm 0,175$ mm paliekant užlaidą tolimesniam apdirbimui.

Perstatyti detalę.

02 Rupiai frezuoti galinį paviršių 5 iki matmens $101,5 \pm 0,175$ mm paliekant užlaidą tolimesniam apdirbimui.

Perstatyti detalę.

03 Rupiai frezuoti galinį paviršių 6 iki matmens $100 \pm 0,175$ mm galutinai.

Perstatyti detalę.

04 Rupiai frezuoti galinį paviršių 7 iki matmens $100 \pm 0,175$ mm galutinai.

Staklės: Universalios rankinio valdymo frezavimo staklės VHF2

Įrankis: Pirštinė galinė freza Ø12mm

Įtaisas: Spaustuvas

Matavimo priemonė: Skaitmeninis slankmatis

010 Frezavimo – grežimo – plėtimo

01 Rupiai frezuoti kontūrą (paviršius 1) gyliu $4,9 \pm 0,024$ mm išlaikant matmenis R10, R15 mm ir paliekant užlaidą glotniam frezavimui.

02 Glotniai frezuoti kontūrą (paviršius 1) gyliu $5 \pm 0,024$ mm galutinai.

03 Rupiai frezuoti išėmą 70x40 (paviršius 2) gyliu $4,9 \pm 0,024$ mm paliekant užlaidą glotniam frezavimui.

04 Glotniai frezuoti išėmą 70x40 (paviršius 2) gyliu $5 \pm 0,024$ mm galutinai pasiekiant matmenis $40 \pm 0,05$ ir $70 \pm 0,02$ mm.

05 Rupiai frezuoti išėmą 30x30 (paviršius 3) gyliu $9,9 \pm 0,029$ mm paliekant užlaidą glotniam frezavimui.

06 Glotniai frezuoti išėmą 30x30 (paviršius 3) gyliu $10 \pm 0,029$ mm galutinai pasiekiant matmenis $30 \pm 0,02$ ir $30 \pm 0,02$ mm.

07 Centruoti 4 skylės Ø5 gyliu 5 mm išlaikant matmenis $88 \pm 0,02$.

08 Grežti 4 skylės Ø5^{+0,02} kiaurai iki matmens Ø4,8H12 paliekant užlaidą plėtimui.

09 Plėsti 4 skylės $\text{Ø}5^{+0,02}$ kiaurai galutinai.

Staklės: Programinio valdymo frezavimo staklės F4TC

Įrankis: Pirštinė galinė freza $\text{Ø}12\text{mm}$, spiralinis grąžtas $\text{Ø}2,5\text{ mm}$, spiralinis grąžtas $\text{Ø}4,8\text{ mm}$, plėstuvai $\text{Ø}5\text{ mm}$.

Įtaisai: Spaustuvai

Matavimo priemonė: Indikatorinis vidmatis, slankmatis.

Šios detalės užpildytą maršrutinę kortelę žiūrėti 5 priede.

6.2. Detalės Fiksavimo plokštelė mechaninio apdirbimo technologijos kelio projektavimas

005 Frezavimo

01 Rupiai frezuoti galinį paviršių 1 iki matmens $101,5 \pm 0,175\text{ mm}$ paliekant užlaidą tolimesniam apdirbimui.

Perstatyti detalę.

02 Rupiai frezuoti galinį paviršių 5 iki matmens $101,5 \pm 0,175\text{ mm}$ paliekant užlaidą tolimesniam apdirbimui.

Perstatyti detalę.

03 Rupiai frezuoti galinį paviršių 6 iki matmens $100 \pm 0,175\text{ mm}$ galutinai.

Perstatyti detalę.

04 Rupiai frezuoti galinį paviršių 7 iki matmens $100 \pm 0,175\text{ mm}$ galutinai.

Staklės: Universalios rankinio valdymo frezavimo staklės VHF2

Įrankis: Pirštinė galinė freza $\text{Ø}12\text{mm}$

Įtaisai: Spaustuvai

Matavimo priemonė: Skaitmeninis slankmatis

010 Frezavimo – grėžimo – plėtimo

01 Rupiai frezuoti kontūrą (paviršius 8) gyliu $14,9 \pm 0,035\text{ mm}$ išlaikant matmenis R10, R15 mm ir paliekant užlaidą glotniam frezavimui.

02 Glotniai frezuoti kontūrą (paviršius 8) iki gylio $15 \pm 0,035\text{ mm}$ galutinai.

03 Rupiai frezuoti kontūrą $\text{Ø}50$ (paviršius 3) gyliu $4,9 \pm 0,024\text{ mm}$ paliekant užlaidą glotniam frezavimui.

04 Glotniai frezuoti kontūrą $\text{Ø}50$ (paviršius 3) gyliu $5 \pm 0,024\text{ mm}$ galutinai.

05 Rupiai frezuoti išėmą 80×15 (paviršius 4) gyliu $19,9 \pm 0,042\text{ mm}$ paliekant užlaidą glotniam frezavimui.

06 Glotniai frezuoti išėmą 80x15 (paviršius 4) gyliu $20 \pm 0,042$ mm galutinai pasiekiant išėmos matmenis $80 \pm 0,07$ ir $15 \pm 0,09$

07 Rupiai frezuoti išėmą $\varnothing 20H7$ gyliu 15,8 mm iki skersmens $\varnothing 19,8H11$.

08 Glotniai frezuoti išėmą $\varnothing 20H7$ gyliu 16mm galutinai.

09 Centruoti 4 skylės $\varnothing 10$ gyliu 5 mm išlaikant matmenis $35 \pm 0,01$.

10 Gręžti 4 skylės $\varnothing 10H7$ gyliu 12 mm iki matmens $\varnothing 9,8H12$

11 Plėsti 4 skylės $\varnothing 10H7$ gyliu 12 mm galutinai.

Staklės: programinio valdymo frezavimo staklės F4TC

Įrankis: pirštinė galinė freza $\varnothing 12$ mm, spiralinis grąžtas $\varnothing 2,5$ mm, spiralinis grąžtas $\varnothing 9,8$ mm, plėstuvai $\varnothing 10$ mm.

Įtaisas: spaustuvai

Matavimo priemonė: indikatorinis vidmatis, slankmatis.

Šios detalės užpildytą maršrutinę kortelę žiūrėti 6 priede.

7. DETALIŲ APDIRBIMAS SPV STAKLĖMIS. SPV STAKLIŲ PROGRAMAVIMAS

7.1. SPV frezavimo staklių programos struktūra

SPV įrenginių programuotojai turi savo terminologiją, sąvokas, posakius. Visi jie susiję su programos sandara. Programuojant SPV įrenginius G/M kodais vartojami keturi terminai:[16]

Ženklas – Žodis – Eilutė - Programa

Ženklas – trumpiausias programos vienetas. SPV įrenginių valdymo programose naudojami trijų tipų ženklai: skaičiai, raidės, simboliai. Dvidešimt šešios anglų kalbos abėcėlės raidės yra staklių valdymo pulte ir gali būti naudojamos programoms rašyti. Tačiau dažniausiai vartojamos raidės G ir M (G/M kodai prasideda šiomis raidėmis), S (suklio apsisukimai), F (pastūma), T (įrankis), P (paузė), X, Y, Z, A, B, C (atitinkamos ašys), N (programos eilutės numeris), H (įrankio ilgio kompensacija frezavimo staklėse). Programos dažniausiai ruošiamos vartojant didžiąsias raides. Jeigu programuojant abejojame ar mažąją ar didžiąją raidę naudoti, geriau pasirinkti didžiąją. Kiti dažniau naudojami simboliai: minuso ženklas, pliuso ženklas, skliaustai, procento ženklas ir kt.[16].

Žodis – Dažniausiai kiekvienas žodis pradamas didžiosiomis raidėmis ir po jo seka skaičius. Žodis sudaro programinio valdymo įrengimo komandą. Žodžiai programose nusako: Suklio sukis (pvz., S1500 – suklio sukiai 1500 suk./min), įrankio numerį (pvz., T02 antrasis įrankis), pastūmą (pvz., F0.2 – pastūma 0,2 mm/sūk.), G kodą (pvz., G03 - Apskritiminės interpoliacijos judesys prieš laikrodžio rodyklę), M kodą (pvz., M03 - Suklio sukimasis į priekį), ir kt. Kad programą būtų patogiau skaityti, žodžiai atskiriami tarpais [16].

Eilutė – ją sudaro vienas ar keli žodžiai, kurie sudaryti iš keturių ženklų. Kitaip sakant eilutė - sudėtinė komanda arba komandų, kurios atliekamos kartu, serija. Kiekviena eilutė turi būti atskirta nuo kitų eilučių. Jeigu programuojama kompiuteriu eilutė atskiriama mygtuku „Enter“, jeigu staklių valdymo pultu – mygtuku „End-of-block“. G03 X45.0 Z-39.0 R1.5 F0.15 Programos eilutė sudaryta iš penkių tarpais atskirtų žodžių. Ši eilutė užprogramuoja tekimo stakles apskritiminės interpoliacijos judesiui prieš laikrodžio rodyklę, X koordinatės 45, Z -39, spindulys 1.5, pastūma 0.15. Programų eilutėse galima rašyti komentarus, reikalingus operatoriaus dėmesiui atkreipti, (pvz., informacija apie įrankius). Komentaruose galima vartoti tik lotyniškos abėcėlės raides, tačiau kad būtų aiškiau ir informatyviau jas privalome naudoti konspekte [16].

Programa – sudaroma iš atskirų eilučių, kurios išdėstomos viena po kitos logine tvarka. Programa prasideda pavadinimu, o baigiasi pabaigos kodu. Suteikiant programai pavadinimą

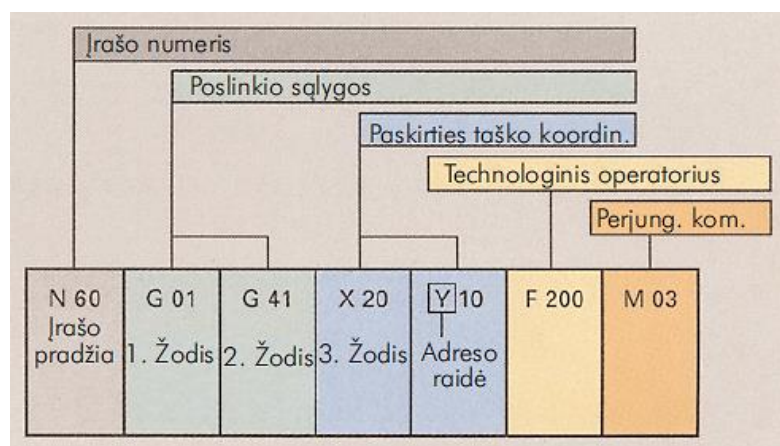
naudinga tokiu pavadinimu ją išsaugoti SPV įrengimo valdymo atmintyje. Programavimo formatas – SPV sistemose naudojamas formatas, kai žodį sudaro viena raidė ir vienas arba keli skaitmenys. Šį derinį galima papildyti ženklais (pvz., minuso ženklas, taškas, procento ženklas ir pan.). Taip sudaromi žodžiai, kuriuose yra kreipinys, po jo seka skaičius su simboliais arba be jų. Kreipinio paskirtis – kreiptis į specialų registrą programinio valdymo įrenginio atmintyje. Kreipinys privalo būti užrašomas pirmas, kaip anksčiau nagrinėtame pavyzdyje užrašyta X45, o ne 45X. Antrasis variantas neteisingas ir įrengimo valdymo sistema tokios komandos nevykdys. Žodžiuose draudžiama atskirti raides nuo skaičių tarpais (pvz., X 45), galima atskirti tik žodžius. Skaičius žodyje, esantis po raidės, parodo numerį arba skaitinę vertę, jo reikšmės gali labai skirtis. Gali reikšti eilutės numerį, kai yra po raidės N (sveikasis skaičius), po raidžių G arba M – kodo numerį (sveikasis skaičius), įrankio numerį – po raidės T (sveikasis skaičius); pastūmą, mm/min arba mm/sūk. – po raidės F (nebūtinai sveikasis skaičius), suklio sūkius, sūk./min arba pjovimo greitį – po raidės S (dažniausiai sveikasis skaičius) ir kt. [16].

7.2. SPV programų sudarymas. Sudėtis ir kodai

Kad būtų galima pagaminti detalę NC staklėmis, valdikliui reikalinga programa. Tokia SPV detalių programa turi visą apdirbimui reikalingą poslinkių ir perjungimų informaciją bei pagalbines komandas.[11,16]

SPV detalės programa susideda iš programos numerio ir įrašų, kurie aprašo žingsniais visą staklių darbo eigą. Atskiri įrašai apdorojami vienas po kito iš viršaus į apačią. Jie numeruojami paeiliui N1, N2, N3 arba pereigomis, pvz., N5, N10, N15...

Valdiklis iš anksto išrenka kai kuriuos įrašus, kad galėtų atlikti aritmetines operacijas. Jeigu įrašai numeruojami pereigomis, nauji įrašai įterpiami nekeičiant paskesnių įrašų numerių.



7.3 pav. Įrašo sandaros pavyzdys [16]

Irašą sudaro vienas arba keli žodžiai, kurie susideda iš adreso raidės ir skaičiaus. Žodžių išdėstymas įrašė vadinamas įrašo formatu. Įrašas pradedamas įrašo numeriu. Toliau nurodoma poslinkio sąlygos arba kiti programos operatoriai (7.3 pav.) [16]

```
N5 T1
N6 M6
N7 D1
N8 L100000 P1
N9 G94 F500 S1850 M3
N10 G0 X4.602 Y-6.6
N11 G0 Z1 M8
N12 G1 Z-4.9
N13 G3 X4.602 Y-6 I-0.551 J0.3 F500
N14 G2 X4.262 Y-5.364 I40.398 J22
N15 G2 X-2.493 Y-3.376 I6.738 J35.364
N16 G1 X-3.049 Y-3.151 Z-4.6
N17 G0 Z3
N18 G0 X11.594 Y-6.6
N19 G0 Z1 F500
N20 G1 Z-4.9
N21 G3 X11.594 Y-6 I-0.456 J0.3 F500
N22 G2 X8.286 Y0.123 I33.406 J22
N23 G2 X-2.969 Y3.451 I2.714 J29.877
N24 G1 X-3.5 Y3.73 Z-4.6
N25 G0 Z3
```

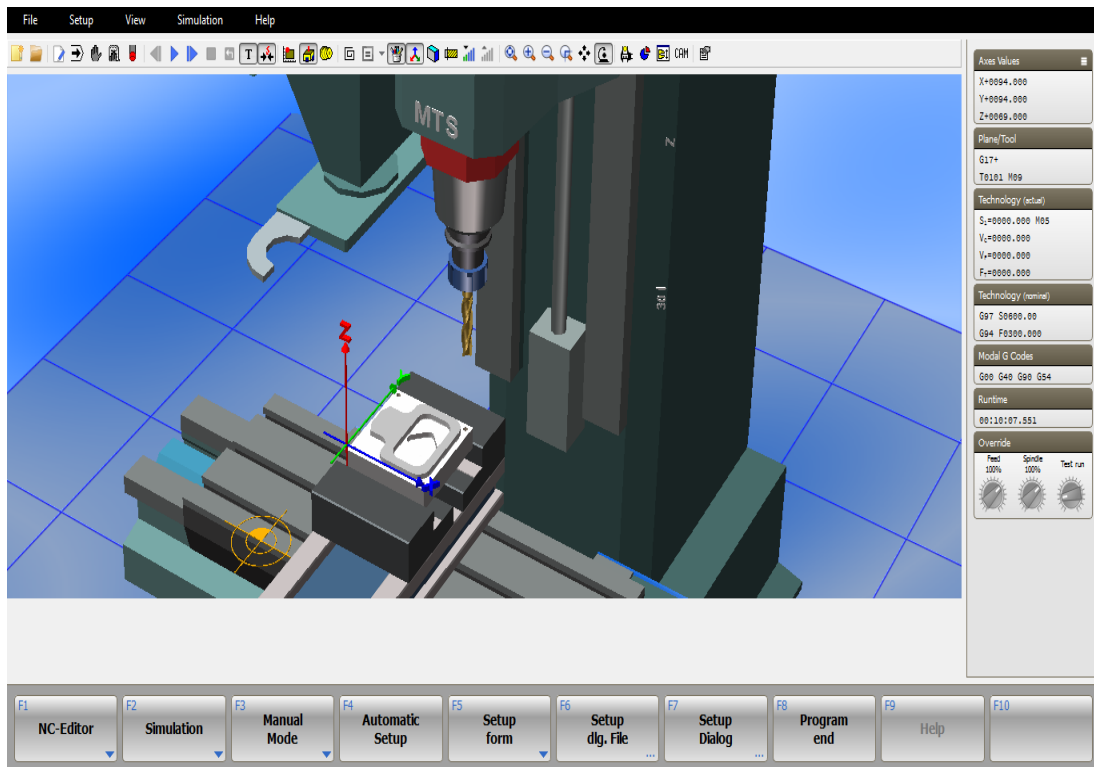
7.4 pav. Kontaktinės plokštelės apdirbimo programos fragmentas

```
N5 T1
N6 M6
N7 D1
N8 L100000 P1
N9 G94 F500 S1850 M3
N10 G0 X106.6 Y0.467
N11 G0 Z1 M8
N12 G1 Z-14.9
N13 G1 X103.422 Y-3.77 F500
N14 G1 X103.062 Y-4.25 Z-14.6
N15 G0 Z3
N16 G0 X106.6 Y10.467
N17 G0 Z1 F500
N18 G1 Z-14.9
N19 G1 X96.066 Y-3.578 F500
N20 G1 X95.706 Y-4.058 Z-14.6
N21 G0 Z3
N22 G0 X106.6 Y20.467
N23 G0 Z1 F500
N24 G1 Z-14.9
N25 G1 X88.278 Y-3.963 F500
N26 G1 X87.918 Y-4.443 Z-14.6
N27 G0 Z3
```

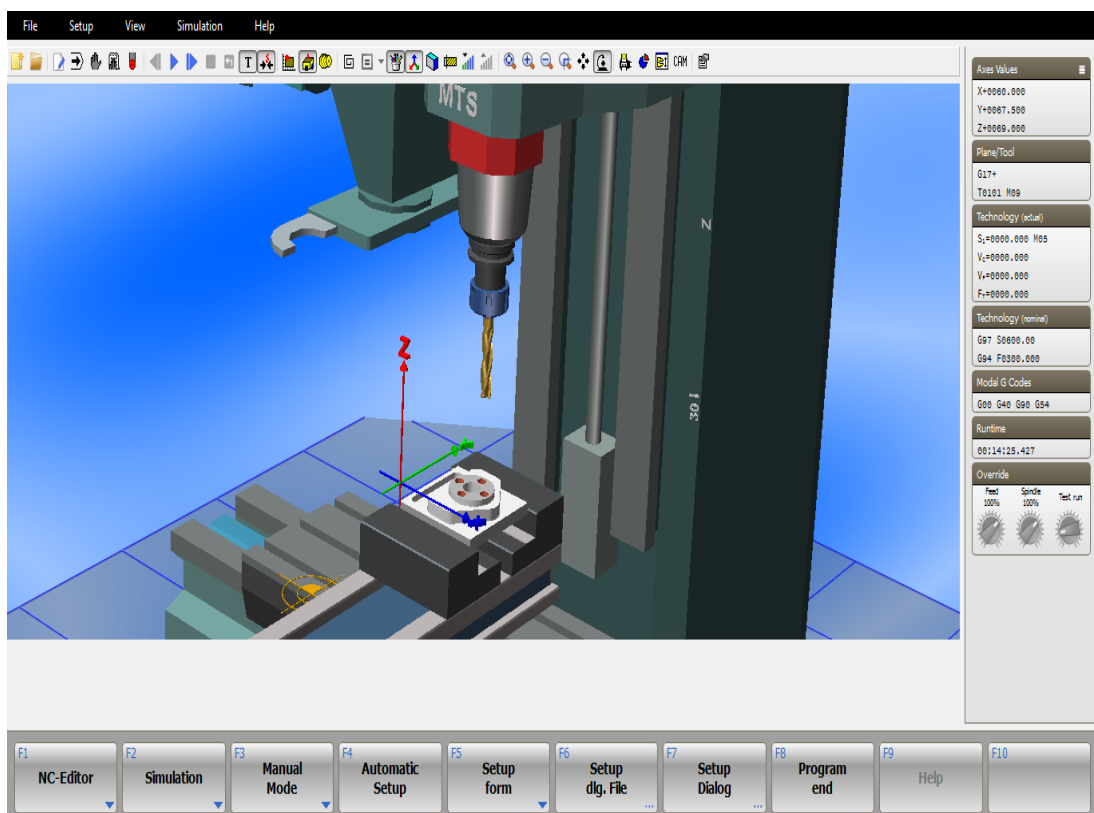
7.5 pav. Fiksavimo plokštelės apdirbimo programos fragmentas

Kontaktinės ir fiksavimo plokštelių apdirbimo programos pav. 7.4 ir 7.5 pilnai pateiktos yra 3 ir 4 priede).

Apdirbamų detalių programų sandara pateikta 7.4 ir 7.5 pav. Šios programos sudarytos su TopCam MTS modeliavimo programos paketu, kurių pavyzdžiai matomi 7.6 ir 7.7 paveiksluose.



7.6 pav. TopCam MTS programos modeliavimo vaizdas Kontaktinė plokštelė



7.7 pav. TopCam MTS programos modeliavimo vaizdas Fiksavimo plokštelė

8. APDIRBIMO LAIKŲ SKAIČIAVIMAS

8.1. Detalė: Kontaktinė plokštelė gręžimo ir plėtimo operacijų apdirbimo laikai

Skylių gamybai paprastai naudojama gręžimo operacija, o jeigu reikalaujama didesnio tikslumo skylės, papildomai apdirbamos giliniu, plėtimu, ištekiniu, honingavimu. Gręžimui laikas apskaičiuojamas, kai nuimama drožlė, pagal šią formulę [9]:

$$T_{tp1,2} = \frac{L \cdot i}{n \cdot f}; \quad 8.1$$

Čia $T_{tp1,2}$ - laikas, kai nuimama drožlė; L - įrankio kelias; i - praėjimų skaičius; n - sukimosi dažnis aps/min; f - pastūma mm/aps.

$$n = \frac{v_c}{\pi d}; \quad 8.2$$

$$L = l + loi + lsi; \quad 8.3$$

v_c - pjovimo greitis m/min; d - įrankio skersmuo mm.

4xØ5^{+0,02} skylės gręžimas. (žiūrėti 1 priede ir 8.1 pav.)

$$L = l + loi + lsi = 20 + 5 + 5 = 30 \text{ mm}$$

Čia: L – įrankio kelias; l – gręžiamos detalės gylis;

loi – grąžto įsigilinimo eiga;

lsi – grąžto išėjimo eiga.

$$f = \frac{s}{n} = \frac{300}{1600} = 0,19 \text{ mm/aps.}$$

Čia: s – pastūma, mm/min; n – sūklis sūkliai, aps/min.

$$s = 300 \text{ mm/min};$$

$$n = 1600 \text{ aps/min};$$

$$f = 0,19 \text{ mm/aps};$$

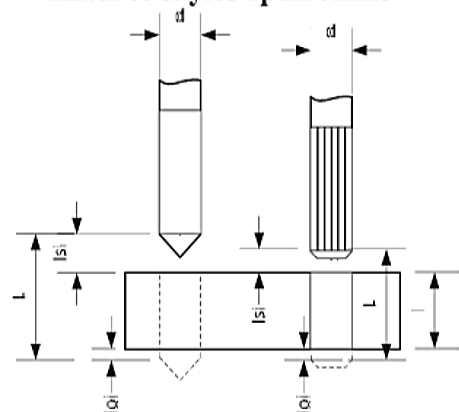
$$d = 4,9 \text{ mm.}$$

$$T_{tp1} = \frac{L \cdot i}{n \cdot f} = \frac{30 \cdot 1}{1600 \cdot 0,19} = 0,098 \text{ min}$$

$$v_c = n \cdot \pi \cdot d = 1600 \cdot 3,14 \cdot 0,049 = 246 \text{ m/min}$$

$$T_{gs} = T_{tp1} \cdot 4 = 0,098 \cdot 4 = 0,39 \text{ min}$$

Kiauros skylės apdirbimas



8.1 pav. Kiauros skylės apdirbimas [9]

Čia T_{gs} – bendras įrankio darbo laikas keturių skylių gręžimui.

4xØ5^{+0,02} skylių plėtimas (žiūrėti 1 priede ir 8.1 pav.)

$$L = l + l_{oi} + l_{si} = 20 + 5 + 5 = 30 \text{ mm}$$

$$f = \frac{s}{n} = \frac{300}{600} = 0,5 \text{ mm/aps.}$$

$$s = 300 \text{ mm/min;}$$

$$n = 600 \text{ aps/min;}$$

$$f = 0,5 \text{ mm/aps;}$$

$$d = 5 \text{ mm.}$$

$$T_{tp2} = \frac{L \cdot i}{n \cdot f} = \frac{30 \cdot 1}{600 \cdot 0,5} = 0,096 \text{ min}$$

$$v_c = n \cdot \pi \cdot d = 600 \cdot 3,14 \cdot 0,05 = 94 \text{ m/min}$$

$$T_{ps} = T_{tp1} \cdot 4 \cdot 2 = 0,096 \cdot 4 \cdot 2 = 0,77 \text{ min}$$

Čia T_{ps} – bendras įrankio darbo laikas keturių skylių plėtimui du kartus.

8.2. Detalė: Fiksavimo plokštelė gręžimo ir plėtimo operacijų apdirbimo laikai

4xØ10H7 skylės gręžimas. (žiūrėti 2 priede ir 8.2 pav.)

$$L = l + l_{si} = 12 + 5 = 17 \text{ mm}$$

$$f = \frac{s}{n} = \frac{300}{1600} = 0,19 \text{ mm/aps.}$$

Čia: s – pastūma, mm/min; n – suklio sukiai, aps/min.

$$s = 300 \text{ mm/min;}$$

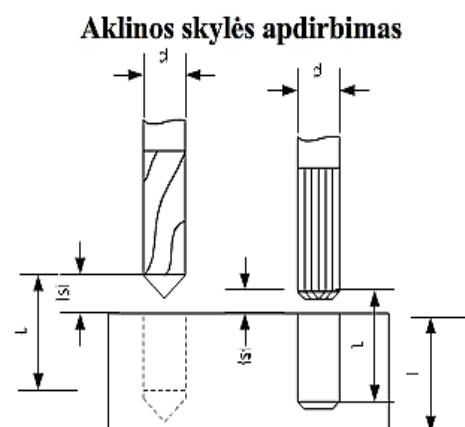
$$n = 1600 \text{ aps/min;}$$

$$f = 0,19 \text{ mm/aps;}$$

$$d = 9,9 \text{ mm.}$$

$$T_{tp1} = \frac{L \cdot i}{n \cdot f} = \frac{17 \cdot 1}{1600 \cdot 0,19} = 0,06 \text{ min}$$

$$v_c = n \cdot \pi \cdot d = 1600 \cdot 3,14 \cdot 0,099 = 497 \text{ m/min}$$



8.2 pav. Aklinos skylės apdirbimas [9]

$$T_{gs} = T_{tp1} \cdot 4 = 0,06 \cdot 4 = 0,24 \text{ min}$$

Čia T_{gs} – bendras įrankio darbo laikas keturių skylių gręžimui.

4xØ10H7 skylės plėtimas. (žiūrėti 2 priede ir 8.2 pav.)

$$L = l + lsi = 12 + 5 = 17 \text{ mm}$$

$$f = \frac{s}{n} = \frac{300}{600} = 0,5 \text{ mm/aps.}$$

$$s = 300 \text{ mm/min;}$$

$$n = 600 \text{ aps/min;}$$

$$f = 0,5 \text{ mm/aps;}$$

$$d = 10 \text{ mm.}$$

$$T_{tp2} = \frac{L \cdot i}{n \cdot f} = \frac{17 \cdot 1}{600 \cdot 0,5} = 0,06 \text{ min}$$

$$v_c = n \cdot \pi \cdot d = 600 \cdot 3,14 \cdot 0,1 = 188 \text{ m/min}$$

$$T_{ps} = T_{tp1} \cdot 4 \cdot 2 = 0,06 \cdot 4 \cdot 2 = 0,48 \text{ min}$$

Čia T_{ps} – bendras įrankio darbo laikas keturių skylių plėtimui du kartus.

Ø20H7 skylės frezavimas. (žiūrėti 2 priede)

Ø20H7 Rupus apdirbimas.

$$L = l + lsi = 15,8 + 5 = 20,8 \text{ mm}$$

Čia: L – įrankio kelias; l – frezuojamos detalės gylis;

lsi – frezos išėjimo eiga.

$$f = \frac{s}{n} = \frac{300}{1850} = 0,16 \text{ mm/aps.}$$

Čia: s – pastūma, mm/min; n – sūklis sūkliai, aps/min.

$$s = 300 \text{ mm/min;}$$

$$n = 1850 \text{ aps/min;}$$

$$f = 0,16 \text{ mm/aps;}$$

$$d = 19,8 \text{ mm.}$$

$$T_{tp1} = \frac{L \cdot i}{n \cdot f} = \frac{20,8 \cdot 1}{1850 \cdot 0,16} = 0,07 \text{ min}$$

$$v_c = n \cdot \pi \cdot d = 1850 \cdot 3,14 \cdot 0,198 = 1150 \text{ m/min}$$

$$T_{fs1} = T_{tp1} \cdot 2 = 0,07 \cdot 2 = 0,14 \text{ min}$$

Čia T_{fs1} – bendras įrankio darbo laikas rupiam frezavimui.

Ø20H7 Glotnus apdirbimas. (žiūrėti 2 priede)

$$L = l + lsi = 16 + 5 = 21 \text{ mm}$$

$$f = \frac{s}{n} = \frac{300}{1850} = 0,16 \text{ mm/aps.}$$

$$s = 300 \text{ mm/min;}$$

$$n = 1850 \text{ aps/min;}$$

$$f = 0,16 \text{ mm/aps;}$$

$$d = 20 \text{ mm.}$$

$$T_{tp2} = \frac{L \cdot i}{n \cdot f} = \frac{21 \cdot 1}{600 \cdot 0,16} = 0,07 \text{ min}$$

$$v_c = n \cdot \pi \cdot d = 1850 \cdot 3,14 \cdot 0,2 = 1161 \text{ m/min}$$

$$T_{fs2} = T_{tp2} \cdot 2 = 0,07 \cdot 2 = 0,14 \text{ min}$$

Čia T_{fs2} – bendras įrankio darbo laikas glotniam frezavimui.

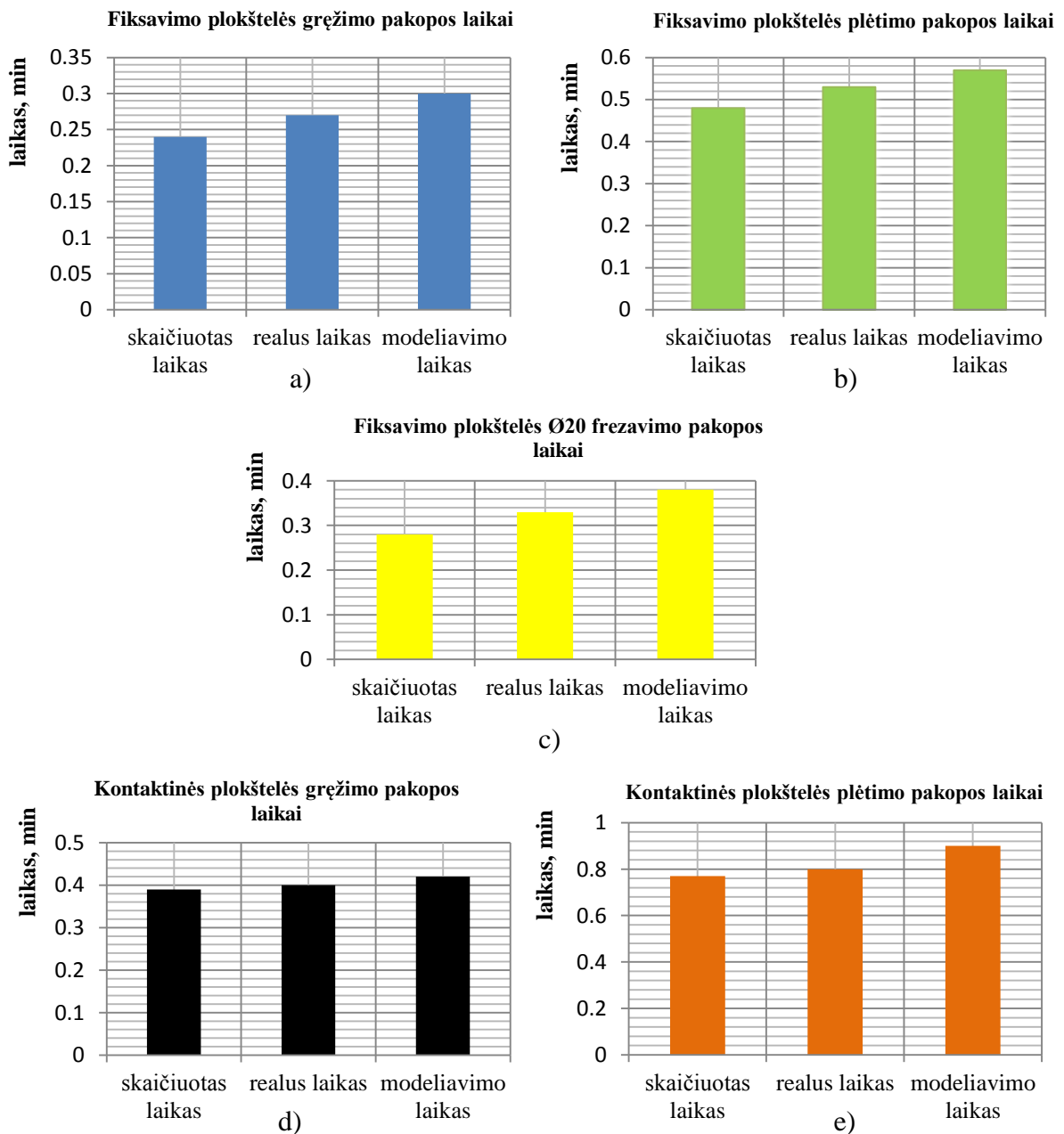
$$T_{fs} = T_{fs1} + T_{fs2} = 0,14 + 0,14 = 0,28 \text{ min}$$

Čia T_{fs} – bendras įrankio darbo laikas rupiam ir glotniam frezavimui.

Atlikus laikų skaičiavimus pagal formules, išmatavus realius apdirbimo laikus ir paėmus laikus iš modeliavimo programos matyti, kad Kontaktinės plokštelės apskaičiuotas gręžimo apdirbimo laikas $T_{gs} = 0,39 \text{ min}$, o plėtimui – $T_{ps} = 0,77 \text{ min}$. Realus apdirbimo gręžimu laikas $T_{gr} = 0,4 \text{ min}$, plėtimu – $T_{pr} = 0,8 \text{ min}$. Modeliavimo laikas gręžimui $T_{gm} = 0,42 \text{ min}$, o plėtimui – $T_{pm} = 0,9 \text{ min}$. Skirtumas nuo realaus laiko sudaro atitinkamai gręžimui 3 ir 4 %, o plėtimui 4 ir 11 %. (žiūrėti 8.3 pav.)

Fiksavimo plokštelės apskaičiuotas gręžimo laikas $T_{gs} = 0,24$ min, plėtimo – $T_{ps} = 0,48$ min. Realus apdirbimo gręžimu laikas $T_{gr} = 0,27$ min, plėtimu – $T_{pr} = 0,53$ min. Modeliavimo laikas gręžimui $T_{gm} = 0,3$ min, plėtimui – $T_{pm} = 0,57$ min. Skirtumas nuo realaus laiko sudaro atitinkamai gręžimui 11 ir 10 %, o plėtimui 9 ir 7 %. (žiūrėti 8.3 pav.)

Fiksavimo plokštelės skersmeniui $\varnothing 20$ apskaičiuotas frezavimo apdirbimo laikas $T_{fs} = 0,28$ min. Realus $\varnothing 20$ frezavimo laikas $T_{fr} = 0,33$ min. Modeliavimo $\varnothing 20$ frezavimo laikas $T_{fm} = 0,38$ min. Skirtumas nuo realaus laiko sudaro atitinkamai 15 ir 13 %



8.3. pav. Fiksavimo ir Kontaktinės plokštelių laikai. Fiksavimo plokštelės - a) gręžimo, b) plėtimo, c) frezavimo operacijos, Kontaktinės plokštelės - d) gręžimo, e) plėtimo operacijos

Skirtumas procentais paskaičiuotas nuo realaus apdirbimo laiko taikant proporcijos metodą.

$$T_{gr} = 0,4 \text{ min} - 100 \%$$

$$T_{gs} = 0,39 \text{ min} - x \%$$

$$x = \frac{0,39 \cdot 100}{0,4} = 97 \%$$

$$100 - 97 = 3\%$$

$$T_{ps} = 0,77 \text{ min} - 100 \%$$

$$T_{pr} = 0,8 \text{ min} - x \%$$

$$x = \frac{0,8 \cdot 100}{0,77} = 96 \%$$

$$100 - 96 = 4\%$$

Gauname, kad gręžimo operacijai skirtumas procentais nuo realaus apdirbimo laiko sudaro atitinkamai 3 ir 4%. Kitas apdirbimo laikų operacijas apskaičiuojame procentais, taip pat taikydami proporcijos metodą.

IŠVADOS

Atliekant bakalauro baigiamąjį darbą, analizavome detalių mechaninio apdirbimo SPV frezavimo staklėmis modeliavimo privalumus bei trūkumus. Išnagrinėjome apdirbimo parametrus ir apdirbamo paviršiaus kokybę. Gautus rezultatus palyginau su TopCam MTS programinio paketo modeliavimo metu gautais duomenimis todėl galime teigti, kad:

1. Modeliavimo programa TopCam MTS padėjo išnagrinėti gaminamų detalių technologiškumą. Remiantis šia programa sudarytas technologinis apdirbimo kelias. Iš šios programos duomenų bazės buvo parinkti apdirbimui naudojami įrankiai, parašytos apdirbimo programos ir integruotos į SPV frezavimo stakles.

2. Atlikus eksperimentinį tyrimą apdirbimo metu ir palyginus modeliavimo programa gautus rezultatus, galima teigti, kad apdirbimo laikai modeliuojant nedaug skiriasi nuo realių apdirbimo laikų. Rezultatai parodė, kad modeliuojant apdirbimo laikas fiksavimo plokštelei $T_s = 14,25$ min, o realus apdirbimo laikas $T_r = 14,94$ min. Kontaktinės plokštelės – $T_s = 10,07$ min, o realus apdirbimo laikas $T_r = 10,55$ min. Skirtumas sudaro atitinkamai 5 ir 4 %.

3. Atlikus dviejų operacijų, gręžimo ir plėtimo apdirbimo laikų skaičiavimus, laikus palyginome su modeliavimo ir realaus apdirbimo metu gautais rezultatais. Kontaktinės plokštelės apskaičiuotas gręžimo apdirbimo laikas $T_{gs} = 0,39$ min, o plėtimui – $T_{ps} = 0,77$ min. Realus apdirbimo gręžimu laikas $T_{gr} = 0,4$ min, plėtimui – $T_{pr} = 0,8$ min. Modeliavimo laikas gręžimui $T_{gm} = 0,42$ min, o plėtimui – $T_{pm} = 0,9$ min. Skirtumas nuo realaus laiko sudaro atitinkamai gręžimui 3 ir 4 %, o plėtimui 4 ir 11 %.

4. Fiksavimo plokštelės apskaičiuotas gręžimo laikas $T_{gs} = 0,24$ min, plėtimo – $T_{ps} = 0,48$ min. Realus apdirbimo gręžimu laikas $T_{gr} = 0,27$ min, plėtimui – $T_{pr} = 0,53$ min. Modeliavimo laikas gręžimui $T_{gm} = 0,3$ min, plėtimui – $T_{pm} = 0,57$ min. Skirtumas nuo realaus laiko sudaro atitinkamai gręžimui 11 ir 10 %, o plėtimui 9 ir 7 %.

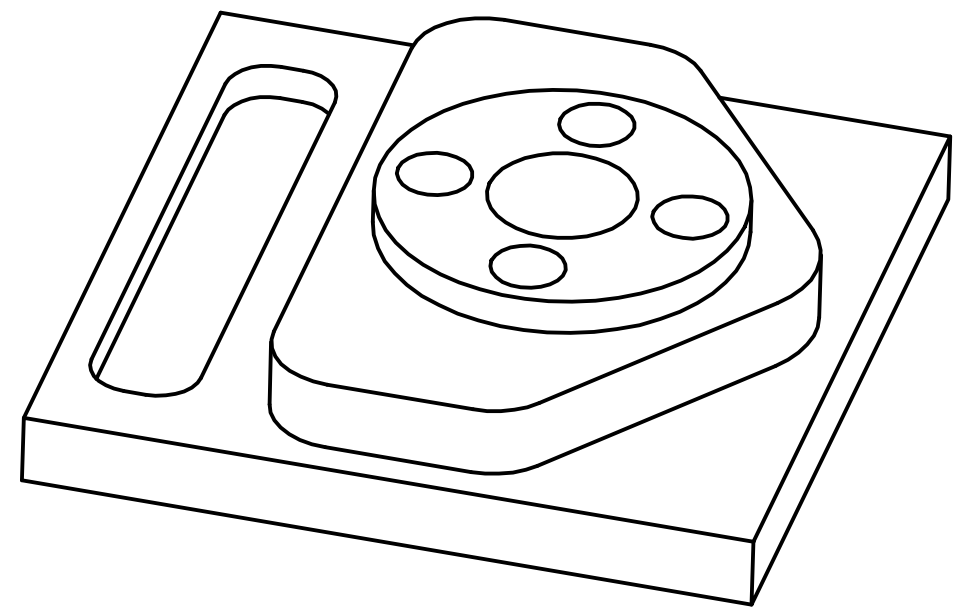
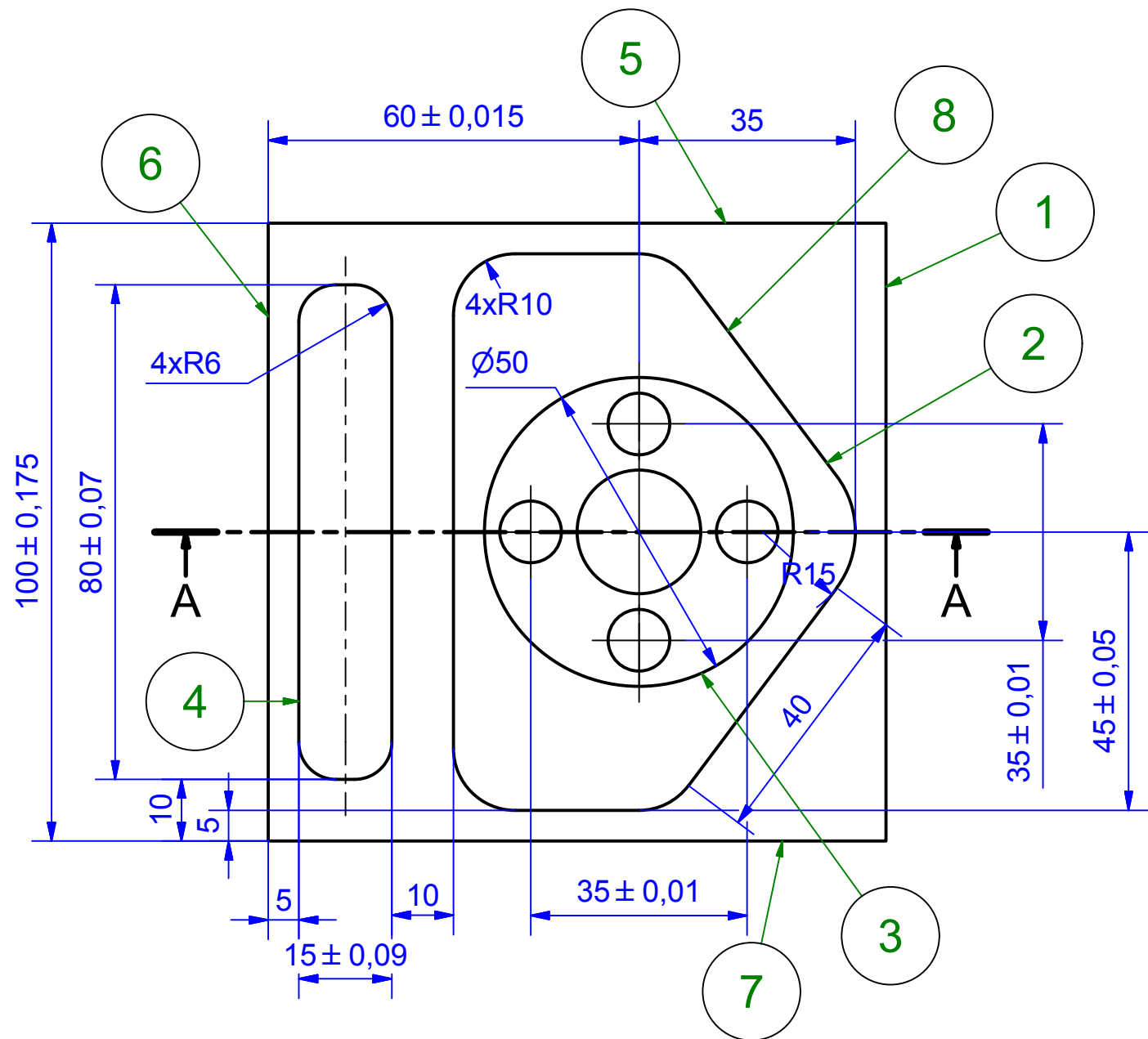
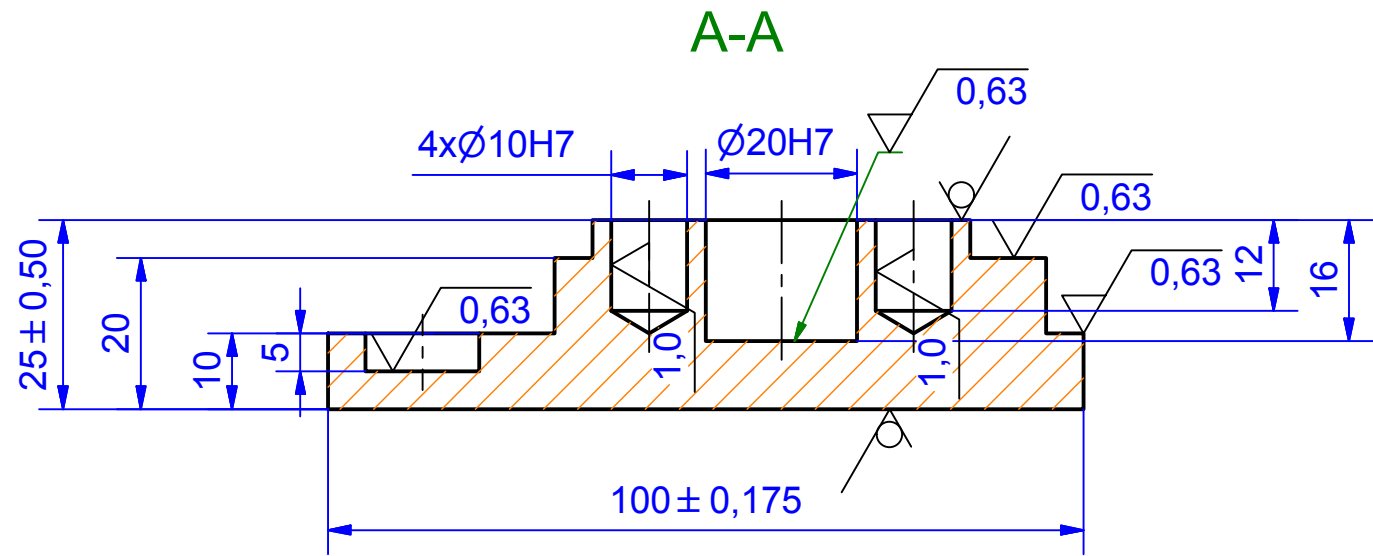
5. Fiksavimo plokštelės skersmeniui $\varnothing 20$ apskaičiuotas frezavimo apdirbimo laikas $T_{fs} = 0,28$ min. Realus $\varnothing 20$ frezavimo laikas $T_{fr} = 0,33$ min. Modeliavimo $\varnothing 20$ frezavimo laikas $T_{fm} = 0,38$ min. Skirtumas nuo realaus laiko sudaro atitinkamai 15 ir 13 %.

6. Išmatavus pagamintų detalių frezuotų paviršių šiurkštumą su kontaktiniu šiurkštumo matuokliu ir palyginus gautus rezultatus modeliuojant su programa, paviršiaus šiurkštumas modeliavimo programoje nurodomas didesnis ($R_a = 1,6\mu\text{m}$), negu išmatuotas po detalės apdirbimo su SPV frezavimo staklėmis ($R_a = 0,63\mu\text{m}$).

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Bražiūnas A. J. Mašinų gamybos technologija. Vilnius: Mokslo ir enciklopedijų leidykla, 1995, 195 p.
2. Ostaševičius V., Dundulis R. Technologiniai įrengimai ir įrankiai. – Kaunas: Technologija, 2004 - 608 p.
3. A.H. Marcinkevičius, V. Mokšis, M. Jurevičius Šiuolaikiniai skaitmeninio valdymo apdirbimo centrai ir jų programavimas I dalis. – Vilnius: Technika, 2010, 347 p.
4. A.Pavaras, A., Žvinys, J. Plienai. - Kaunas: Technologija, 1995, 415 p.
5. Electropermanent magnetic systems to clamp workpieces on milling. Iš Promotech [interaktyvus]. 2011 [žiūrėta 2015-04-11]. Prieiga per internetą: http://promotech.eu/en/wp-content/uploads/PDF/PROMOTECH_range_of_products_Drilling,Punching,Bevelling,Welding_and_Cutting.pdf
6. Materials Data Sheets & Applications [interaktyvus]. 2015 [žiūrėta 2015-04-11]. Prieiga per internetą: <http://quickmetall.eu/en/Werkstoffdatenblatt.aspx?Werkstoff-Nr=3.3206&layout=print>
7. Bražiūnas A. J. Mašinų gamybos technologijos pagrindai. Kaunas: Technologija, 2004, 512 p.
8. Milling catalogue & Technical Guide 2015 Iš Secotools [interaktyvus]. 689 p. 2015 [žiūrėta 2015-04-11]. Prieiga per internetą: http://www.secotools.com/CorpWeb/Downloads/seconews2015_1/mn/milling/GB_Catalog_Milling_2015_Inlay_LR.pdf
9. Mašinų gamybos technologijos savarankiškų darbų metodiniai nurodymai Kaunas: Technologija, 2013, 54 psl. [žiūrėta 2015-04-12]. Prieiga per internetą: <https://www.ebooks.ktu.lt/eb/1205/masinu-gamybos-technologijos-savarankisku-darbu-metodiniai-nurodymai/>
10. P. Lazaravičius, L. Milašius, M. Rondonas, S. Sakalauskas Gaminių konstrukcijos technologiškumas – Kaunas: KPI, 1984, 58 p.
11. J. Kvalkauskas ir kt. Skaitmeninių programinių frezavimo staklių valdymas. Mokomoji knyga.- Kaunas: Technologija, 2008, 119 p.
12. Detalių formavimas pjovimo būdu. Iš „Pjovimo procesai ir įrankiai“ [interaktyvus] 2014 [žiūrėta 2015-04-14]. Prieiga per internetą: <http://e-stud.vgtu.lt/users/files/dest/2562/pjovimo procesai ir irankiai.ppt>
13. V. Ostaševičius, R. Dundulis. Technologiniai įrenginiai ir įrankiai. KTU. Kaunas: Technologija, 2011.

14. Naujausi metalo apdirbimo būdai, [interaktyvus]. 2006 [žiūrėta 2015-04-14]. Prieiga per internetą:
<http://www.pmdtkt.upc.smm.lt/dokumentai/Medziaga/inzinerine/mm14/inzinerine-14medziaga.pdf>
15. A.Rosales, A. Vizan, E. Diez, A. Alanis Prediction of surface roughness by registering cutting forces in the face milling process. European Journal of Scientific Research, vol.41, No2 (2010), pp. 228-237. Prieiga per internetą:
<http://www.readbag.com/eurojournals-ejsr-41-2-07>
16. D. Dusevičius Medžiagų apdirbimas CNC staklėmis. CNC staklių programavimas. [interaktyvus]. 2013 [žiūrėta 2015-04-18]. Prieiga per internetą:
http://vireal.eu/studymaterial.html?file=tl_files/results/CNC.pdf
17. Knuth machine tools catalog [interaktyvus] 296 p. 2015 [žiūrėta 2015-04-12] Prieiga per internetą:
<http://pdf.directindustry.com/pdf/knuth-machine-tools/knuth-catalog-2015/27150-471887.html>
18. Programming guide PAL 2007-Mill MTS Mathematisch Technische Software-Entwicklung GmbH 2007-2014, Kaiserin-Augusta-Allee 101, 10553 Berlin, Germany 2014.-250 p.
19. Mokymo modulis. Iš „Mechatroninių įrenginių tipinių mazgų projektavimo ir automatinio valdymo technologinių kompetencijų tobulinimo programos mokymo medžiaga“, [interaktyvus] 2012 [žiūrėta 2015-04-12]. Prieiga per internetą:
<http://www.pmdtkt.upc.smm.lt/dokumentai/Medziaga/inzinerine/mm14/inzinerine-14medziaga.pdf>
20. V. Mokšins, A.H. Marcinkevičius, M. Jurevičius Šiulaikiniai skaitmeninio valdymo apdirbimo centrai ir jų programavimas II dalis. – Vilnius: Technika, 2012.-596 p.
21. Bargelis A. Integruotos gamybos sistemos. Vadovėlis. - Vilnius: Vilniaus pedagoginio universiteto leidykla, 2008.-238 p.
22. Technologinio proceso tikslumo įvertinimas / S. Baskutis, K. Kanapeckas, R. Krančiukas; Kauno technologijos universitetas. Kaunas: Technologija, 2012, 28 p.



1. Skaičiais pažymėtų paviršių šiurkštumas Ra= 0,8 µm
2. Nenurodytų matmenų nukrypimai: skylių H12, velenų h12, likusių ± IT12/2
3. Ruošinis valcuota juosta

	Byla, laikmena	Papildoma informacija	Medžiaga AlMgSi0.5	Mastelis 1:1
Atsakinga žinyba GIK	Vadovas	Dokumento tipas	Dokumento statusas Mokomasis	
Savininkas KTU	Rengė A. Rimkevičius	Antraštė Fiksavimo plokštelė	Laida A	Data 2015-04-21
	Tvirtino S. Baskutis		Kalba lt.	Lapas 1 / 1

4. Priedas. Detalės Fiksavimo plokštelė apdirbimo programa

N1 G90
N2 ; set machine zero point 'G49': X0 Y0 Z0
N3 G54
N4; POCKET CYCLE ROUGHING T0101
Z014.900 G97 S01850 XY: G94 F500.000 Z:
G94 F500.000 M03 M08 " "
N5 T1
N6 M6
N7 D1
N8 L100000 P1
N9 G94 F500 S1850 M3
N10 G0 X106.6 Y0.467
N11 G0 Z1 M8
N12 G1 Z-14.9
N13 G1 X103.422 Y-3.77 F500
N14 G1 X103.062 Y-4.25 Z-14.6
N15 G0 Z3
N16 G0 X106.6 Y10.467
N17 G0 Z1 F500
N18 G1 Z-14.9
N19 G1 X96.066 Y-3.578 F500
N20 G1 X95.706 Y-4.058 Z-14.6
N21 G0 Z3
N22 G0 X106.6 Y20.467
N23 G0 Z1 F500
N24 G1 Z-14.9
N25 G1 X88.278 Y-3.963 F500
N26 G1 X87.918 Y-4.443 Z-14.6
N27 G0 Z3
N28 G0 X106.6 Y30.467
N29 G0 Z1 F500
N30 G1 Z-14.9
N31 G1 X82.4 Y-1.8 F500
N32 G2 X80.175 Y-4.416 I-22.4 J16.8
N33 G1 X79.759 Y-4.848 Z-14.6
N34 G0 Z3
N35 G0 X106.6 Y42.72
N36 G0 Z1 F500
N37 G1 Z-14.9
N38 G3 X106 Y42.72 I-0.3 J-0.084 F500
N39 G2 X101.6 Y33.8 I-26 J7.28
N40 G1 X77.6 Y1.8
N41 G2 X67.688 Y-5.613 I-17.6 J13.2
N42 G1 X67.125 Y-5.823 Z-14.6
N43 G0 Z3
N44 G0 X101.415 Y106.447
N45 G0 Z1 F500
N46 G1 Z-14.9
N47 G1 X104.934 Y101.754 F500
N48 G1 X105.294 Y101.274 Z-14.6
N49 G0 Z3
N50 G0 X93.8 Y106.6
N51 G0 Z1 F500
N52 G1 Z-14.9
N53 G1 X104.924 Y91.768 F500
N54 G1 X105.284 Y91.288 Z-14.6
N55 G0 Z3
N56 G0 X86.739 Y106.6
N57 G0 Z1 F500
N58 G1 Z-14.9
N59 G3 X86.739 Y106 I0.382 J-0.3 F500
N60 G2 X87.2 Y105.4 I-26.739 J-21
N61 G1 X104.915 Y81.779
N62 G1 X105.275 Y81.299 Z-14.6
N63 G0 Z3
N64 G0 X78.52 Y106.6
N65 G0 Z1 F500
N66 G1 Z-14.9
N67 G3 X78.52 Y106 I0.265 J-0.3 F500
N68 G2 X82.4 Y101.8 I-18.52 J-21
N69 G1 X104.927 Y71.763
N70 G1 X105.287 Y71.283 Z-14.6
N71 G0 Z3
N72 G0 X66.557 Y106.6
N73 G0 Z1 F500
N74 G1 Z-14.9
N75 G3 X66.557 Y106 I0.094 J-0.3 F500
N76 G2 X77.6 Y98.2 I-6.557 J-21
N77 G1 X101.6 Y66.2
N78 G2 X105.835 Y57.845 I-21.6 J-16.2
N79 G1 X106.01 Y57.27 Z-14.6
N80 G0 Z3
N81 G0 X-1.063 Y-6.514
N82 G0 Z1 F500
N83 G1 Z-14.9
N84 G3 X-0.967 Y-5.922 I-0.354 J0.362 F500
N85 G2 X-6 Y15 I40.967 J20.922
N86 G1 Y85
N87 G2 X-2.485 Y102.636 I46 J0
N88 G1 X-2.255 Y103.19 Z-14.6
N89 G0 Z3
N90 G0 X5.956 Y-6.6
N91 G0 Z1 F500
N92 G1 Z-14.9
N93 G3 X5.956 Y-6 I-0.486 J0.3 F500
N94 G2 X0 Y15 I34.044 J21
N95 G1 Y85
N96 G2 X4.213 Y102.868 I40 J0
N97 G1 X4.481 Y103.405 Z-14.6
N98 G0 Z3

N99 G0 X13.261 Y-6.6
 N100 G0 Z1 F500
 N101 G1 Z-14.9
 N102 G3 X13.261 Y-6 I-0.382 J0.3 F500
 N103 G2 X6 Y15 I26.739 J21
 N104 G1 Y85
 N105 G2 X11.526 Y103.58 I34 J0
 N106 G1 X11.854 Y104.083 Z-14.6
 N107 G0 Z3
 N108 G0 X21.48 Y-6.6
 N109 G0 Z1 F500
 N110 G1 Z-14.9
 N111 G3 X21.48 Y-6 I-0.265 J0.3 F500
 N112 G2 X12 Y15 I18.52 J21
 N113 G1 Y85
 N114 G2 X19.768 Y104.356 I28 J0
 N115 G1 X20.182 Y104.789 Z-14.6
 N116 G0 Z3
 N117 G0 X33.443 Y-6.6
 N118 G0 Z1 F500
 N119 G1 Z-14.9
 N120 G3 X33.443 Y-6 I-0.094 J0.3 F500
 N121 G2 X18 Y15 I6.557 J21
 N122 G1 Y85
 N123 G2 X33.443 Y106 I22 J0
 N124 G2 X40.2 Y103.636 I1.788 J-5.727
 N125 G3 X45.168 Y101 I4.969 J3.364
 N126 G1 X60
 N127 G2 X72.8 Y94.6 I0 J-16
 N128 G1 X96.8 Y62.6
 N129 G2 X96.8 Y37.4 I-16.8 J-12.6
 N130 G1 X72.8 Y5.4
 N131 G2 X60 Y-1 I-12.8 J9.6
 N132 G1 X40
 N133 G2 X24 Y15 I0 J16
 N134 G1 Y85
 N135 G2 X40 Y101 I16 J0
 N136 G1 X45.168
 N137 G3 X45.168 Y106.6 Z-14.6 I0 J2.8
 N138 G0 Z3
 N139 ; POCKET CYCLE ROUGHING
 T0101 Z015.000 G97 S01850 XY: G94 F500.000
 Z: G94 F500.000 M03 M08 " "
 N140 L100001 P1
 N141 G0 X106.6 Y0.467
 N142 G0 Z1 F500 S1850 M3 M8
 N143 G1 Z-15
 N144 G1 X103.422 Y-3.77 F500
 N145 G1 X103.062 Y-4.25 Z-14.7
 N146 G0 Z3
 N147 G0 X106.6 Y10.467
 N148 G0 Z1 F500
 N149 G1 Z-15
 N150 G1 X96.066 Y-3.578 F500
 N151 G1 X95.706 Y-4.058 Z-14.7
 N152 G0 Z3
 N153 G0 X106.6 Y20.467
 N154 G0 Z1 F500
 N155 G1 Z-15
 N156 G1 X88.278 Y-3.963 F500
 N157 G1 X87.918 Y-4.443 Z-14.7
 N158 G0 Z3
 N159 G0 X106.6 Y30.467
 N160 G0 Z1 F500
 N161 G1 Z-15
 N162 G1 X82.4 Y-1.8 F500
 N163 G2 X80.175 Y-4.416 I-22.4 J16.8
 N164 G1 X79.759 Y-4.848 Z-14.7
 N165 G0 Z3
 N166 G0 X106.6 Y42.72
 N167 G0 Z1 F500
 N168 G1 Z-15
 N169 G3 X106 Y42.72 I-0.3 J-0.084 F500
 N170 G2 X101.6 Y33.8 I-26 J7.28
 N171 G1 X77.6 Y1.8
 N172 G2 X67.688 Y-5.613 I-17.6 J13.2
 N173 G1 X67.125 Y-5.823 Z-14.7
 N174 G0 Z3
 N175 G0 X101.415 Y106.447
 N176 G0 Z1 F500
 N177 G1 Z-15
 N178 G1 X104.934 Y101.754 F500
 N179 G1 X105.294 Y101.274 Z-14.7
 N180 G0 Z3
 N181 G0 X93.8 Y106.6
 N182 G0 Z1 F500
 N183 G1 Z-15
 N184 G1 X104.924 Y91.768 F500
 N185 G1 X105.284 Y91.288 Z-14.7
 N186 G0 Z3
 N187 G0 X86.739 Y106.6
 N188 G0 Z1 F500
 N189 G1 Z-15
 N190 G3 X86.739 Y106 I0.382 J-0.3 F500
 N191 G2 X87.2 Y105.4 I-26.739 J-21
 N192 G1 X104.915 Y81.779
 N193 G1 X105.275 Y81.299 Z-14.7
 N194 G0 Z3
 N195 G0 X78.52 Y106.6
 N196 G0 Z1 F500

N197 G1 Z-15
 N198 G3 X78.52 Y106 I0.265 J-0.3 F500
 N199 G2 X82.4 Y101.8 I-18.52 J-21
 N200 G1 X104.927 Y71.763
 N201 G1 X105.287 Y71.283 Z-14.7
 N202 G0 Z3
 N203 G0 X66.557 Y106.6
 N204 G0 Z1 F500
 N205 G1 Z-15
 N206 G3 X66.557 Y106 I0.094 J-0.3 F500
 N207 G2 X77.6 Y98.2 I-6.557 J-21
 N208 G1 X101.6 Y66.2
 N209 G2 X105.835 Y57.845 I-21.6 J-16.2
 N210 G1 X106.01 Y57.27 Z-14.7
 N211 G0 Z3
 N212 G0 X-1.063 Y-6.514
 N213 G0 Z1 F500
 N214 G1 Z-15
 N215 G3 X-0.967 Y-5.922 I-0.354 J0.362 F500
 N216 G2 X-6 Y15 I40.967 J20.922
 N217 G1 Y85
 N218 G2 X-2.485 Y102.636 I46 J0
 N219 G1 X-2.255 Y103.19 Z-14.7
 N220 G0 Z3
 N221 G0 X5.956 Y-6.6
 N222 G0 Z1 F500
 N223 G1 Z-15
 N224 G3 X5.956 Y-6 I-0.486 J0.3 F500
 N225 G2 X0 Y15 I34.044 J21
 N226 G1 Y85
 N227 G2 X4.213 Y102.868 I40 J0
 N228 G1 X4.481 Y103.405 Z-14.7
 N229 G0 Z3
 N230 G0 X13.261 Y-6.6
 N231 G0 Z1 F500
 N232 G1 Z-15
 N233 G3 X13.261 Y-6 I-0.382 J0.3 F500
 N234 G2 X6 Y15 I26.739 J21
 N235 G1 Y85
 N236 G2 X11.526 Y103.58 I34 J0
 N237 G1 X11.854 Y104.083 Z-14.7
 N238 G0 Z3
 N239 G0 X21.48 Y-6.6
 N240 G0 Z1 F500
 N241 G1 Z-15
 N242 G3 X21.48 Y-6 I-0.265 J0.3 F500
 N243 G2 X12 Y15 I18.52 J21
 N244 G1 Y85
 N245 G2 X19.768 Y104.356 I28 J0
 N246 G1 X20.182 Y104.789 Z-14.7
 N247 G0 Z3
 N248 G0 X33.443 Y-6.6
 N249 G0 Z1 F500
 N250 G1 Z-15
 N251 G3 X33.443 Y-6 I-0.094 J0.3 F500
 N252 G2 X18 Y15 I6.557 J21
 N253 G1 Y85
 N254 G2 X33.443 Y106 I22 J0
 N255 G2 X40.2 Y103.636 I1.788 J-5.727
 N256 G3 X45.168 Y101 I4.969 J3.364
 N257 G1 X60
 N258 G2 X72.8 Y94.6 I0 J-16
 N259 G1 X96.8 Y62.6
 N260 G2 X96.8 Y37.4 I-16.8 J-12.6
 N261 G1 X72.8 Y5.4
 N262 G2 X60 Y-1 I-12.8 J9.6
 N263 G1 X40
 N264 G2 X24 Y15 I0 J16
 N265 G1 Y85
 N266 G2 X40 Y101 I16 J0
 N267 G1 X45.168
 N268 G3 X45.168 Y106.6 Z-14.7 I0 J2.8
 N269 G0 Z3
 N270 ; POCKET CYCLE ROUGHING
 T0101 Z004.900 G97 S01850 XY: G94 F500.000
 Z: G94 F500.000 M03 M08 " "
 N271 L100002 P1
 N272 G0 X39.356 Y-1.587
 N273 G0 Z1 F500 S1850 M3 M8
 N274 G1 Z-4.9
 N275 G3 X39.379 Y-0.988 I-0.096 J0.304 F500
 N276 G2 X27.49 Y5.637 I20.621 J50.988
 N277 G1 X27.006 Y5.991 Z-4.6
 N278 G0 Z3
 N279 G0 X69.467 Y1.364
 N280 G0 Z1 F500
 N281 G1 Z-4.9
 N282 G3 X69.125 Y1.857 I-0.281 J0.17 F500
 N283 G2 X25.664 Y15.042 I-9.125 J48.143
 N284 G1 X25.236 Y15.463 Z-4.6
 N285 G0 Z3
 N286 G0 X76.935 Y9.913
 N287 G0 Z1 F500
 N288 G1 Z-4.9
 N289 G3 X76.455 Y10.273 I-0.347 J0.038 F500
 N290 G2 X25.018 Y24.995 I-16.455 J39.727
 N291 G1 X24.669 Y25.483 Z-4.6
 N292 G0 Z3
 N293 G0 X26.036 Y93.976
 N294 G0 Z1 F500

N295 G1 Z-4.9
 N296 G3 X26.541 Y93.652 I0.311 J-0.071 F500
 N297 G2 X38.284 Y100.531 I33.459 J-43.652
 N298 G1 X38.835 Y100.768 Z-4.6
 N299 G0 Z3
 N300 G0 X23.4 Y83.241
 N301 G0 Z1 F500
 N302 G1 Z-4.9
 N303 G3 X24 Y83.241 I0.3 J0.277 F500
 N304 G2 X67.948 Y98.351 I36 J-33.241
 N305 G1 X68.54 Y98.254 Z-4.6
 N306 G0 Z3
 N307 G0 X23.4 Y73.516
 N308 G0 Z1 F500
 N309 G1 Z-4.9
 N310 G3 X24 Y73.516 I0.3 J0.196 F500
 N311 G2 X74.774 Y90.382 I36 J-23.516
 N312 G1 X75.337 Y90.176 Z-4.6
 N313 G0 Z3
 N314 G0 X23.4 Y58.544
 N315 G0 Z1 F500
 N316 G1 Z-4.9
 N317 G3 X24 Y58.544 I0.3 J0.071 F500
 N318 G2 X24 Y41.456 I36 J-8.544
 N319 G2 X26.471 Y47.808 I5.838 J1.385
 N320 G3 X29.087 Y52.325 I-3.367 J4.966
 N321 G2 X91 Y50 I30.913 J-2.325
 N322 G2 X60 Y19 I-31 J0
 N323 G2 X29.087 Y52.325 I0 J31
 N324 G3 X23.4 Y52.325 I-2.844 J0.214
 N325 G0 Z3
 N326 ; POCKET CYCLE ROUGHING
 T0101 Z005.000 G97 S01850 XY: G94 F500.000
 Z: G94 F100.000 M03 M08 " "
 N327 L100003 P1
 N328 G0 X39.356 Y-1.587
 N329 G0 Z1 F500 S1850 M3 M8
 N330 G1 Z-5
 N331 G3 X39.379 Y-0.988 I-0.096 J0.304 F500
 N332 G2 X27.49 Y5.637 I20.621 J50.988
 N333 G1 X27.006 Y5.991 Z-4.7
 N334 G0 Z3
 N335 G0 X69.467 Y1.364
 N336 G0 Z1 F500
 N337 G1 Z-5
 N338 G3 X69.125 Y1.857 I-0.281 J0.17 F500
 N339 G2 X25.664 Y15.042 I-9.125 J48.143
 N340 G1 X25.236 Y15.463 Z-4.7
 N341 G0 Z3
 N342 G0 X76.935 Y9.913
 N343 G0 Z1 F500
 N344 G1 Z-5
 N345 G3 X76.455 Y10.273 I-0.347 J0.038 F500
 N346 G2 X25.018 Y24.995 I-16.455 J39.727
 N347 G1 X24.669 Y25.483 Z-4.7
 N348 G0 Z3
 N349 G0 X26.036 Y93.976
 N350 G0 Z1 F500
 N351 G1 Z-5
 N352 G3 X26.541 Y93.652 I0.311 J-0.071 F500
 N353 G2 X38.284 Y100.531 I33.459 J-43.652
 N354 G1 X38.835 Y100.768 Z-4.7
 N355 G0 Z3
 N356 G0 X23.4 Y83.241
 N357 G0 Z1 F500
 N358 G1 Z-5
 N359 G3 X24 Y83.241 I0.3 J0.277 F500
 N360 G2 X67.948 Y98.351 I36 J-33.241
 N361 G1 X68.54 Y98.254 Z-4.7
 N362 G0 Z3
 N363 G0 X23.4 Y73.516
 N364 G0 Z1 F500
 N365 G1 Z-5
 N366 G3 X24 Y73.516 I0.3 J0.196 F500
 N367 G2 X74.774 Y90.382 I36 J-23.516
 N368 G1 X75.337 Y90.176 Z-4.7
 N369 G0 Z3
 N370 G0 X23.4 Y58.544
 N371 G0 Z1 F500
 N372 G1 Z-5
 N373 G3 X24 Y58.544 I0.3 J0.071 F500
 N374 G2 X24 Y41.456 I36 J-8.544
 N375 G2 X26.471 Y47.808 I5.838 J1.385
 N376 G3 X29.087 Y52.325 I-3.367 J4.966
 N377 G2 X91 Y50 I30.913 J-2.325
 N378 G2 X60 Y19 I-31 J0
 N379 G2 X29.087 Y52.325 I0 J31
 N380 G3 X23.4 Y52.325 I-2.844 J0.214
 N381 G0 Z3
 N382 ; POCKET CYCLE ROUGHING
 T0101 Z019.900 G97 S01850 XY: G94 F500.000
 Z: G94 F500.000 M03 M08 " "
 N383 L100004 P1
 N384 G0 X11 Y84
 N385 G0 Z1 F500 S1850 M3 M8
 N386 G1 Z-19.9
 N387 G1 Y16 F500
 N388 G1 X14
 N389 G1 Y84
 N390 G1 X11

N391 G0 Z3
N392 ; POCKET CYCLE ROUGHING
T0101 Z020.000 G97 S01850 XY: G94 F500.000
Z: G94 F500.000 M03 M08 " "
N393 L100005 P1
N394 G0 Z1 F500 S1850 M3 M8
N395 G1 Z-20
N396 G1 Y16 F500
N397 G1 X14
N398 G1 Y84
N399 G1 X11
N400 G0 Z3
N401 ; POCKET CYCLE ROUGHING
T0101 Z001.000 G97 S01850 XY: G94 F300.000
Z: G94 F300.000 M03 M08 " "
N402 L100006 P1
N403 G0 X60 Y46
N404 G0 Z1 F300 S1850 M3 M8
N405 G1 Z-0.988
N406 G3 X64 Y50 I0 J4 F300
N407 G3 X60 Y46 I-4 J0
N408 G0 Z3
N409 G0 Z0.013 F300
N410 G1 Z-1.975
N411 G3 X64 Y50 I0 J4 F300
N412 G3 X60 Y46 I-4 J0
N413 G0 Z3
N414 G0 Z-0.975 F300
N415 G1 Z-2.962
N416 G3 X64 Y50 I0 J4 F300
N417 G3 X60 Y46 I-4 J0
N418 G0 Z3
N419 G0 Z-1.962 F300
N420 G1 Z-3.95
N421 G3 X64 Y50 I0 J4 F300
N422 G3 X60 Y46 I-4 J0
N423 G0 Z3
N424 G0 Z-2.95 F300
N425 G1 Z-4.938
N426 G3 X64 Y50 I0 J4 F300
N427 G3 X60 Y46 I-4 J0
N428 G0 Z3
N429 G0 Z-3.938 F300
N430 G1 Z-5.925
N431 G3 X64 Y50 I0 J4 F300
N432 G3 X60 Y46 I-4 J0
N433 G0 Z3
N434 G0 Z-4.925 F300
N435 G1 Z-6.912
N436 G3 X64 Y50 I0 J4 F300

N437 G3 X60 Y46 I-4 J0
N438 G0 Z3
N439 G0 Z-5.912 F300
N440 G1 Z-7.9
N441 G3 X64 Y50 I0 J4 F300
N442 G3 X60 Y46 I-4 J0
N443 G0 Z3
N444 G0 Z-6.9 F300
N445 G1 Z-8.887
N446 G3 X64 Y50 I0 J4 F300
N447 G3 X60 Y46 I-4 J0
N448 G0 Z3
N449 G0 Z-7.888 F300
N450 G1 Z-9.875
N451 G3 X64 Y50 I0 J4 F300
N452 G3 X60 Y46 I-4 J0
N453 G0 Z3
N454 G0 Z-8.875 F300
N455 G1 Z-10.863
N456 G3 X64 Y50 I0 J4 F300
N457 G3 X60 Y46 I-4 J0
N458 G0 Z3
N459 G0 Z-9.863 F300
N460 G1 Z-11.85
N461 G3 X64 Y50 I0 J4 F300
N462 G3 X60 Y46 I-4 J0
N463 G0 Z3
N464 G0 Z-10.85 F300
N465 G1 Z-12.838
N466 G3 X64 Y50 I0 J4 F300
N467 G3 X60 Y46 I-4 J0
N468 G0 Z3
N469 G0 Z-11.838 F300
N470 G1 Z-13.825
N471 G3 X64 Y50 I0 J4 F300
N472 G3 X60 Y46 I-4 J0
N473 G0 Z3
N474 G0 Z-12.825 F300
N475 G1 Z-14.813
N476 G3 X64 Y50 I0 J4 F300
N477 G3 X60 Y46 I-4 J0
N478 G0 Z3
N479 G0 Z-13.813 F300
N480 G1 Z-15.8
N481 G3 X64 Y50 I0 J4 F300
N482 G3 X60 Y46 I-4 J0
N483 G0 Z3
N484 ; POCKET CYCLE ROUGHING
T0101 Z016.000 G97 S01850 XY: G94 F300.000
Z: G94 F300.000 M03 M08 " "

N485 L100007 P1
N486 G0 Z1 F300 S1850 M3 M8
N487 G1 Z-16
N488 G3 X64 Y50 I0 J4 F300
N489 G3 X60 Y46 I-4 J0
N490 G0 Z3
N491 ; DRILLING CYCLE T0201 Z001.000 G97
S01600 XY: G94 F300.000 Z: G94 F300.000
M03 M08 " " ZYKL
N492 T2
N493 M6
N494 D1
N495 G0 X60 Y67.5 F300 S1600 M3 M8
N496 G0 Z3
N497 MCALL CYCLE81(3 ,0 ,1 ,,12)
N498 HOLES2(60,50,17.5,90,90,4)
N499 MCALL
N500 ; REAMING A DRILL HOLE T0301
Z001.000 G97 S00600 XY: G94 F300.000 Z:
G94 F300.000 M03 M07 " " ZYKL
N501 T3
N502 M6
N503 D1
N504 G0 X60 Y67.5 F300 S600 M3 M7
N505 G0 Z3
N506 MCALL CYCLE85(3 ,0 ,1 ,,12 ,0 ,300,300)
N507 HOLES2(60,50,17.5,90,90,4)
N508 MCALL
N509 ; REAMING A DRILL HOLE T0301
Z001.000 G97 S00600 XY: G94 F300.000 Z:
G94 F300.000 M03 M07 " " ZYKL
N510 G0 X42.5 M3
N511 MCALL CYCLE85(3 ,0 ,1 ,,12 ,0 ,300,300)
N512 HOLES2(60,50,17.5,180,90,4)
N513 MCALL
N514 T0
N515 M6
N516 D1
N517 M5 M9
N518 M30

3. Priedas. Detalēs Kontaktinē plokštelē apdirbimo programma

N1 G90
N2 ; set machine zero point 'G49': X0 Y0 Z0
N3 G54
N4 ; POCKET CYCLE ROUGHING T0101
Z004.900 G97 S01850 XY: G94 F500.000 Z: G94
F500.000 M03 M08 " "
N5 T1
N6 M6
N7 D1
N8 L100000 P1
N9 G94 F500 S1850 M3
N10 G0 X4.602 Y-6.6
N11 G0 Z1 M8
N12 G1 Z-4.9
N13 G3 X4.602 Y-6 I-0.551 J0.3 F500
N14 G2 X4.262 Y-5.364 I40.398 J22
N15 G2 X-2.493 Y-3.376 I6.738 J35.364
N16 G1 X-3.049 Y-3.151 Z-4.6
N17 G0 Z3
N18 G0 X11.594 Y-6.6
N19 G0 Z1 F500
N20 G1 Z-4.9
N21 G3 X11.594 Y-6 I-0.456 J0.3 F500
N22 G2 X8.286 Y0.123 I33.406 J22
N23 G2 X-2.969 Y3.451 I2.714 J29.877
N24 G1 X-3.5 Y3.73 Z-4.6
N25 G0 Z3
N26 G0 X19.077 Y-6.6
N27 G0 Z1 F500
N28 G1 Z-4.9
N29 G3 X19.077 Y-6 I-0.353 J0.3 F500
N30 G2 X12.504 Y6 I25.923 J22
N31 G1 X11
N32 G2 X-3.718 Y11.043 I0 J24
N33 G1 X-4.192 Y11.411 Z-4.6
N34 G0 Z3
N35 G0 X27.68 Y-6.6
N36 G0 Z1 F500
N37 G1 Z-4.9
N38 G3 X27.68 Y-6 I-0.236 J0.3 F500
N39 G2 X17.287 Y12 I17.32 J22
N40 G1 X11
N41 G2 X-5.1 Y21.95 I0 J18
N42 G1 X-5.4 Y22.551
N43 G1 X-5.668 Y23.087 Z-4.6
N44 G0 Z3
N45 G0 X-6.262 Y102.086
N46 G0 Z1 F500
N47 G1 Z-4.9
N48 G3 X-5.693 Y101.896 I0.376 J0.18 F500
N49 G2 X4.262 Y105.364 I16.693 J-31.896
N50 G2 X4.544 Y105.893 Z-4.6 I40.738 J-21.364
N51 G0 Z3
N52 G0 X-6.6 Y94.718
N53 G0 Z1 F500
N54 G1 Z-4.9
N55 G3 X-6 Y94.718 I0.3 J0.436 F500
N56 G2 X8.286 Y99.877 I17 J-24.718
N57 G2 X9.806 Y103.011 I36.714 J-15.877
N58 G1 X10.092 Y103.538 Z-4.6
N59 G0 Z3
N60 G0 X-6.6 Y86.941
N61 G0 Z1 F500
N62 G1 Z-4.9
N63 G3 X-6 Y86.941 I0.3 J0.299 F500
N64 G2 X11 Y94 I17 J-16.941
N65 G1 X12.504
N66 G2 X17.242 Y103.634 I32.496 J-10
N67 G1 X17.589 Y104.124 Z-4.6
N68 G0 Z3
N69 G0 X-6.6 Y75.049
N70 G0 Z1 F500
N71 G1 Z-4.9
N72 G1 X-5.1 Y78.05 F500
N73 G2 X11 Y88 I16.1 J-8.05
N74 G1 X17.287
N75 G2 X25.835 Y104.413 I27.713 J-4
N76 G1 X26.273 Y104.824 Z-4.6
N77 G0 Z3
N78 G0 X106.6 Y2.027
N79 G0 Z1 F500
N80 G1 Z-4.9
N81 G3 X106 Y2.027 I-0.3 J-0.211 F500
N82 G2 X99.418 Y-4.925 I-27 J18.973
N83 G1 X98.947 Y-5.296 Z-4.6
N84 G0 Z3
N85 G0 X97.973 Y106.6
N86 G0 Z1 F500
N87 G1 Z-4.9
N88 G3 X97.973 Y106 I0.211 J-0.3 F500
N89 G2 X106 Y97.973 I-18.973 J-27
N90 G2 X105.98 Y91.045 I-4.909 J-3.45
N91 G3 X105.074 Y86.009 I4.889 J-3.478
N92 G2 X106 Y79 I-26.074 J-7.009
N93 G1 Y21
N94 G2 X79 Y-6 I-27 J0
N95 G1 X45
N96 G2 X23 Y16 I0 J22
N97 G1 Y18
N98 G1 X11

N99 G2 X0.267 Y24.634 I0 J12
 N100 G1 X-4.733 Y34.633
 N101 G2 X-6 Y40 I10.733 J5.367
 N102 G1 Y60
 N103 G2 X-4.733 Y65.367 I12 J0
 N104 G1 X0.267 Y75.366
 N105 G2 X11 Y82 I10.733 J-5.367
 N106 G1 X23
 N107 G1 Y84
 N108 G2 X45 Y106 I22 J0
 N109 G1 X79
 N110 G2 X101.091 Y94.524 I0 J-27
 N111 G2 X100.89 Y87.355 I-4.909 J-3.45
 N112 G3 X99.688 Y82.606 I4.709 J-3.719
 N113 G2 X100 Y79 I-20.688 J-3.606
 N114 G1 Y21
 N115 G2 X79 Y0 I-21 J0
 N116 G1 X45
 N117 G2 X29 Y16 I0 J16
 N118 G1 Y20
 N119 G3 X25 Y24 I-4 J0
 N120 G1 X11
 N121 G2 X5.633 Y27.317 I0 J6
 N122 G1 X0.634 Y37.317
 N123 G2 X0 Y40 I5.367 J2.683
 N124 G1 Y60
 N125 G2 X0.634 Y62.683 I6 J0
 N126 G1 X5.633 Y72.683
 N127 G2 X11 Y76 I5.367 J-2.683
 N128 G1 X25
 N129 G3 X29 Y80 I0 J4
 N130 G1 Y84
 N131 G2 X45 Y100 I16 J0
 N132 G1 X79
 N133 G2 X99.688 Y82.606 I0 J-21
 N134 G3 X106.6 Y82.606 Z-4.6 I3.456 J0.602
 N135 G0 Z3
 N136 ; POCKET CYCLE ROUGHING T0101
 Z005.000 G97 S01850 XY: G94 F500.000 Z: G94
 F500.000 M03 M08 " "
 N137 L100001 P1
 N138 G0 X4.602 Y-6.6
 N139 G0 Z1 F500 S1850 M3 M8
 N140 G1 Z-5
 N141 G3 X4.602 Y-6 I-0.551 J0.3 F500
 N142 G2 X4.262 Y-5.364 I40.398 J22
 N143 G2 X-2.493 Y-3.376 I6.738 J35.364
 N144 G1 X-3.049 Y-3.151 Z-4.7
 N145 G0 Z3
 N146 G0 X11.594 Y-6.6
 N147 G0 Z1 F500
 N148 G1 Z-5
 N149 G3 X11.594 Y-6 I-0.456 J0.3 F500
 N150 G2 X8.286 Y0.123 I33.406 J22
 N151 G2 X-2.969 Y3.451 I2.714 J29.877
 N152 G1 X-3.5 Y3.73 Z-4.7
 N153 G0 Z3
 N154 G0 X19.077 Y-6.6
 N155 G0 Z1 F500
 N156 G1 Z-5
 N157 G3 X19.077 Y-6 I-0.353 J0.3 F500
 N158 G2 X12.504 Y6 I25.923 J22
 N159 G1 X11
 N160 G2 X-3.718 Y11.043 I0 J24
 N161 G1 X-4.192 Y11.411 Z-4.7
 N162 G0 Z3
 N163 G0 X27.68 Y-6.6
 N164 G0 Z1 F500
 N165 G1 Z-5
 N166 G3 X27.68 Y-6 I-0.236 J0.3 F500
 N167 G2 X17.287 Y12 I17.32 J22
 N168 G1 X11
 N169 G2 X-5.1 Y21.95 I0 J18
 N170 G1 X-5.4 Y22.551
 N171 G1 X-5.668 Y23.087 Z-4.7
 N172 G0 Z3
 N173 G0 X-6.262 Y102.086
 N174 G0 Z1 F500
 N175 G1 Z-5
 N176 G3 X-5.693 Y101.896 I0.376 J0.18 F500
 N177 G2 X4.262 Y105.364 I16.693 J-31.896
 N178 G2 X4.544 Y105.893 Z-4.7 I40.738 J-21.364
 N179 G0 Z3
 N180 G0 X-6.6 Y94.718
 N181 G0 Z1 F500
 N182 G1 Z-5
 N183 G3 X-6 Y94.718 I0.3 J0.436 F500
 N184 G2 X8.286 Y99.877 I17 J-24.718
 N185 G2 X9.806 Y103.011 I36.714 J-15.877
 N186 G1 X10.092 Y103.538 Z-4.7
 N187 G0 Z3
 N188 G0 X-6.6 Y86.941
 N189 G0 Z1 F500
 N190 G1 Z-5
 N191 G3 X-6 Y86.941 I0.3 J0.299 F500
 N192 G2 X11 Y94 I17 J-16.941
 N193 G1 X12.504
 N194 G2 X17.242 Y103.634 I32.496 J-10
 N195 G1 X17.589 Y104.124 Z-4.7
 N196 G0 Z3

N197 G0 X-6.6 Y75.049
N198 G0 Z1 F500
N199 G1 Z-5
N200 G1 X-5.1 Y78.05 F500
N201 G2 X11 Y88 I16.1 J-8.05
N202 G1 X17.287
N203 G2 X25.835 Y104.413 I27.713 J-4
N204 G1 X26.273 Y104.824 Z-4.7
N205 G0 Z3
N206 G0 X106.6 Y2.027
N207 G0 Z1 F500
N208 G1 Z-5
N209 G3 X106 Y2.027 I-0.3 J-0.211 F500
N210 G2 X99.418 Y-4.925 I-27 J18.973
N211 G1 X98.947 Y-5.296 Z-4.7
N212 G0 Z3
N213 G0 X97.973 Y106.6
N214 G0 Z1 F500
N215 G1 Z-5
N216 G3 X97.973 Y106 I0.211 J-0.3 F500
N217 G2 X106 Y97.973 I-18.973 J-27
N218 G2 X105.98 Y91.045 I-4.909 J-3.45
N219 G3 X105.074 Y86.009 I4.889 J-3.478
N220 G2 X106 Y79 I-26.074 J-7.009
N221 G1 Y21
N222 G2 X79 Y-6 I-27 J0
N223 G1 X45
N224 G2 X23 Y16 I0 J22
N225 G1 Y18
N226 G1 X11
N227 G2 X0.267 Y24.634 I0 J12
N228 G1 X-4.733 Y34.633
N229 G2 X-6 Y40 I10.733 J5.367
N230 G1 Y60
N231 G2 X-4.733 Y65.367 I12 J0
N232 G1 X0.267 Y75.366
N233 G2 X11 Y82 I10.733 J-5.367
N234 G1 X23
N235 G1 Y84
N236 G2 X45 Y106 I22 J0
N237 G1 X79
N238 G2 X101.091 Y94.524 I0 J-27
N239 G2 X100.89 Y87.355 I-4.909 J-3.45
N240 G3 X99.688 Y82.606 I4.709 J-3.719
N241 G2 X100 Y79 I-20.688 J-3.606
N242 G1 Y21
N243 G2 X79 Y0 I-21 J0
N244 G1 X45
N245 G2 X29 Y16 I0 J16
N246 G1 Y20

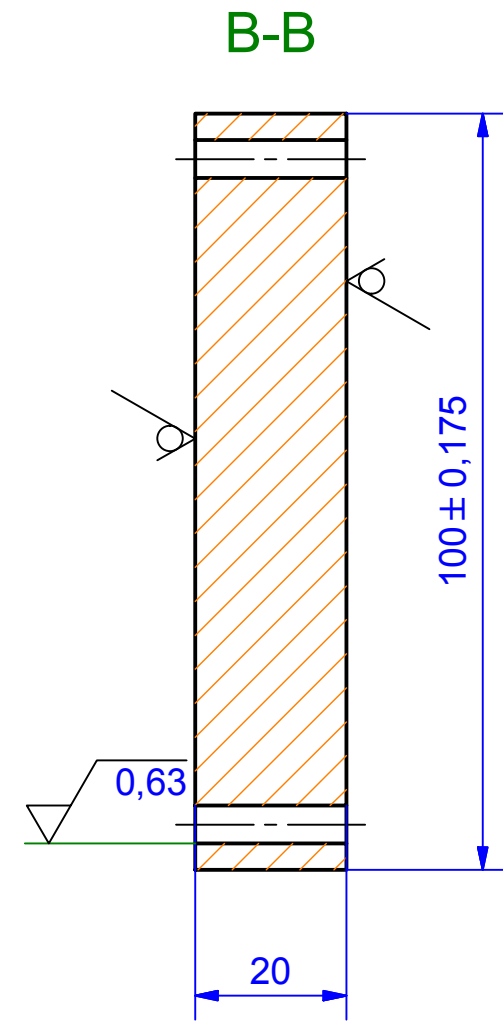
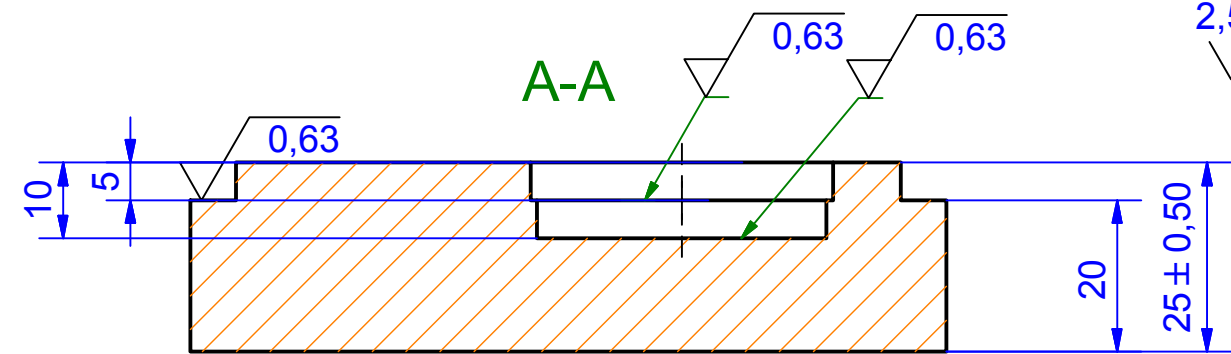
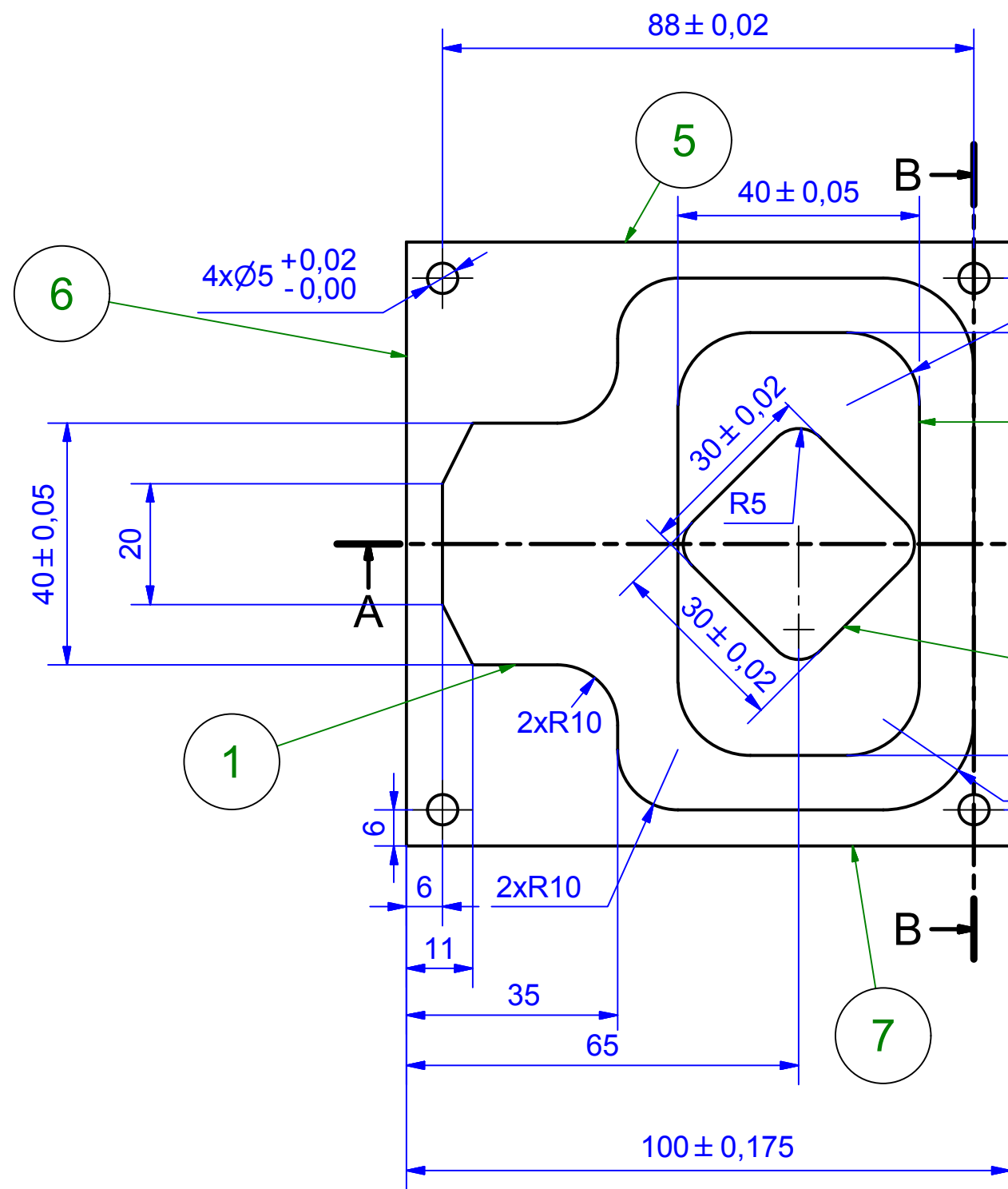
N247 G3 X25 Y24 I-4 J0
N248 G1 X11
N249 G2 X5.633 Y27.317 I0 J6
N250 G1 X0.634 Y37.317
N251 G2 X0 Y40 I5.367 J2.683
N252 G1 Y60
N253 G2 X0.634 Y62.683 I6 J0
N254 G1 X5.633 Y72.683
N255 G2 X11 Y76 I5.367 J-2.683
N256 G1 X25
N257 G3 X29 Y80 I0 J4
N258 G1 Y84
N259 G2 X45 Y100 I16 J0
N260 G1 X79
N261 G2 X99.688 Y82.606 I0 J-21
N262 G3 X106.6 Y82.606 Z-4.7 I3.456 J0.602
N263 G0 Z3
N264 ; POCKET CYCLE ROUGHING T0101
Z004.900 G97 S01850 XY: G94 F500.000 Z: G94
F500.000 M03 M08 " "
N265 L100002 P1
N266 G0 X56.974 Y33
N267 G0 Z1 F500 S1850 M3 M8
N268 G1 Z-4.9
N269 G1 X67.072 F500
N270 G1 Y39.036
N271 G1 X56.964
N272 G1 Y45.072
N273 G1 X67.072
N274 G1 Y51.108
N275 G1 X56.964
N276 G1 Y57.144
N277 G1 X67.072
N278 G1 Y63.18
N279 G1 X56.964
N280 G1 Y69.216
N281 G1 X73.036
N282 G1 Y33
N283 G1 Y27
N284 G2 X73 Y26.964 I-0.036 J-0
N285 G1 X57
N286 G2 X56.964 Y27 I0 J0.036
N287 G1 Y33
N288 G1 X56.974
N289 G3 X51 Y33 I-2.987 J0
N290 G1 Y27
N291 G3 X57 Y21 I6 J0
N292 G1 X73
N293 G3 X79 Y27 I0 J6
N294 G1 Y73

N295 G3 X73 Y79 I-6 J0
N296 G1 X57
N297 G3 X51 Y73 I0 J-6
N298 G1 Y33
N299 G3 X56.974 Y33 I2.987 J0
N300 G0 Z3
N301 ; POCKET CYCLE ROUGHING
T0101 Z005.000 G97 S01850 XY: G94 F500.000
Z: G94 F500.000 M03 M08 " "
N302 L100003 P1
N303 G0 Z1 F500 S1850 M3 M8
N304 G1 Z-5
N305 G1 X67.072 F500
N306 G1 Y39.036
N307 G1 X56.964
N308 G1 Y45.072
N309 G1 X67.072
N310 G1 Y51.108
N311 G1 X56.964
N312 G1 Y57.144
N313 G1 X67.072
N314 G1 Y63.18
N315 G1 X56.964
N316 G1 Y69.216
N317 G1 X73.036
N318 G1 Y33
N319 G1 Y27
N320 G2 X73 Y26.964 I-0.036 J-0
N321 G1 X57
N322 G2 X56.964 Y27 I0 J0.036
N323 G1 Y33
N324 G1 X56.974
N325 G3 X51 Y33 I-2.987 J0
N326 G1 Y27
N327 G3 X57 Y21 I6 J0
N328 G1 X73
N329 G3 X79 Y27 I0 J6
N330 G1 Y73
N331 G3 X73 Y79 I-6 J0
N332 G1 X57
N333 G3 X51 Y73 I0 J-6
N334 G1 Y33
N335 G3 X56.974 Y33 I2.987 J0
N336 G0 Z3
N337 ; POCKET CYCLE ROUGHING
T0101 Z009.900 G97 S01850 XY: G94 F500.000
Z: G94 F500.000 M03 M08 " "
N338 L100004 P1
N339 G0 X62.611 Y52.651
N340 G0 Z1 F500 S1850 M3 M8

N341 G1 Z-9.9
N342 G1 X67.715 F500
N343 G1 X69.45 Y50.916
N344 G1 X65.156 Y46.622
N345 G1 X60.862 Y50.916
N346 G1 X62.597 Y52.651
N347 G1 X62.611
N348 G3 X58.387 Y56.875 I-2.112 J2.112
N349 G1 X52.428 Y50.916
N350 G1 X65.156 Y38.187
N351 G1 X77.884 Y50.916
N352 G1 X65.156 Y63.644
N353 G1 X58.387 Y56.875
N354 G3 X62.611 Y52.651 I2.112 J-2.112
N355 G0 Z3
N356 ; POCKET CYCLE ROUGHING
T0101 Z010.000 G97 S01850 XY: G94 F500.000
Z: G94 F500.000 M03 M08 " "
N357 L100005 P1
N358 G0 Z1 F500 S1850 M3 M8
N359 G1 Z-10
N360 G1 X67.715 F500
N361 G1 X69.45 Y50.916
N362 G1 X65.156 Y46.622
N363 G1 X60.862 Y50.916
N364 G1 X62.597 Y52.651
N365 G1 X62.611
N366 G3 X58.387 Y56.875 I-2.112 J2.112
N367 G1 X52.428 Y50.916
N368 G1 X65.156 Y38.187
N369 G1 X77.884 Y50.916
N370 G1 X65.156 Y63.644
N371 G1 X58.387 Y56.875
N372 G3 X62.611 Y52.651 I2.112 J-2.112
N373 G0 Z3
N374 ; DRILLING CYCLE T0201 Z001.000
G97 S01600 XY: G94 F300.000 Z: G94 F300.000
M03 M08 " " ZYKL
N375 T2
N376 M6
N377 D1
N378 G0 X6 Y94 F300 S1600 M3 M8
N379 G0 Z3
N380 MCALL CYCLE81(3 ,0 ,1 ,,8)
N381 HOLES2(50,50,62.225,135,90,4)
N382 MCALL
N383 ; DRILLING CYCLE T0301 Z001.000
G97 S01600 XY: G94 F300.000 Z: G94 F300.000
M03 M08 " " ZYKL
N384 T3

N385 M6
N386 D1
N387 G0 X6 Y94 M3 M8
N388 G0 Z3
N389 MCALL CYCLE81(3 ,0 ,1 ,,30)
N390 HOLES2(50,50,62.225,135,90,4)
N391 MCALL
N392 ; REAMING A DRILL HOLE T0401
Z001.000 G97 S00600 XY: G94 F300.000 Z:
G94 F300.000 M03 M07 " " ZYKL
N393 T4
N394 M6
N395 D1
N396 G0 X6 Y94 F300 S600 M3 M7
N397 G0 Z3
N398 MCALL CYCLE85(3 ,0 ,1 ,,30 ,0 ,300,300)
N399 HOLES2(50,50,62.225,135,90,4)
N400 MCALL
N401 ; REAMING A DRILL HOLE T0401
Z001.000 G97 S00600 XY: G94 F300.000 Z:
G94 F300.000 M03 M07 " " ZYKL
N402 G0 X6 M3
N403 MCALL CYCLE85(3 ,0 ,1 ,,30 ,0 ,300,300)
N404 HOLES2(50,50,62.225,135,90,4)
N405 MCALL
N406 T0
N407 M6
N408 D1
N409 M5 M9
N410 M30

2,5 (✓) (✓)



- 1. Skaičiais pažymėtų paviršių šiurkštumas Ra= 0,8 µm
- 2. Nenurodytų matmenų nukrypimai: skylių H12, velenų h12, likusių ± IT12/2
- 3. Ruošiny s valcuota juosta

	Byla, laikmena	Papildoma informacija	Medžiaga <i>AlMgSi0.5</i>	Mastelis <i>1:1</i>
Atsakinga žinyba <i>GIK</i>	Vadovas	Dokumento tipas	Dokumento statusas <i>Mokomasis</i>	
Savininkas <i>KTU</i>	Rengė <i>A. Rimkevičius</i>	Antraštė <i>Kontaktinė plokštelė</i>	Laida <i>A</i>	Data <i>2015-04-17</i>
	Tvirtino <i>S. Baskutis</i>		Kalba <i>lt.</i>	Lapas <i>1/1</i>

