

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS IR GAMTOS MOKSLŲ FAKULTETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS KATEDRA

Tomas Radžius

SKARDOS SUKIMO STAKLĖS

Bakalauro darbas

Vadovas

lekt. dr. Z. Ramonas

2014 06

Šiauliai, 2014

**ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS IR GAMTOS MOKSLŲ FAKULTETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS KATEDRA**

TVIRTINU

Katedros vedėjas

doc. dr. A. Sabaliauskas

2014.06

SKARDOS SUKIMO STAKLĖS

Mechanikos inžinerijos bakalauro darbas

Konsultantė

doc. dr. A. Kovierienė

2014.06

Vadovas

lekt. dr. Z. Ramonas

2014.06

Atliko

Recenzentas

doc. dr. A. Sabaliauskas

2014.06

M-10 gr. stud.

T. Radžius

2014.06

Šiauliai, 2014

Tomas Radžius. *SKARDOS SUKIMO STAKLĖS.* Baigiamasis darbas/ Darbo vadovas Z. Ramonas/ Šiaulių Universitetas, Technologijos ir gamtos mokslų fakultetas, mechanikos inžinerijos katedra. – Šiauliai, 2014. – 92p.

SANTRAUKA

Skardos sukimo staklės yra įrengimas skirtas palengvinti operatoriaus dirbančio juo darbą, aktyviau išnaudojant darbo laiką ir energiją. Automatinis įrengimas valdomas programuojamo loginio valdiklio ir programos dėka apjungia pneumatines ir elektrines įrengimo komplektuojančias dalis į vieną bendrą visumą.

Šio darbo tema yra apžvelgti ir ištirti įrengimo gamybos procesą.

Pagrindinis šio darbo (tyrimo) tikslas yra nuodugniau remiantis skaičiavimais ir papildoma literatūra panagrinėti skardos sukimo staklių gamybos procesą.

Darbo metodai: mokslinės literatūros analizė, skaičiavimai, darbo ir surinkimo brėžinių braižymas ir analizavimas.

Darbas atliktas, I.I Tomo Technika įmonėje, kurios veiklos pobūdis – nestandartinių pramoninių įrengimų gamyba. Tyrimo rezultatai padėjo išsiaiškinti ir nuodugniau išnagrinėti įrengimo gamybos procesą, išteklių poreikį ir jį lydinčias išlaidas.

Tomas Radžius. SHEET METAL UNWINDING MACHINE. The Thesis. Supervisor Z. Ramonas, Šiauliai University, Faculty of Technology and Nature Sciences, Department Mechanical Engineering. – Šiauliai, 2014. – 92 p.

SUMMARY

Sheet metal winding machine is designed to ease operator's work and to use working time and energy more effectively. This automatic machine uses Programmable Logical Controller and specially designed program which helps to merge all pneumatic and electric parts to work together in one common set.

Subject of this thesis is to review and investigate manufacturing processes of sheet metal winding machine.

The main goal of this thesis is deeper look based on various calculations and additional literature into the process of manufacturing of sheet metal winding machine.

Work methods used in this thesis: scientific literature analysis, various calculations, drawing and analysis of blueprints.

This work has been accomplished in "I.TomoTechnika" company, which are manufacturer of nonstandard machines for use in industry. Results of this thesis helped to clear out and take a deeper look into manufacturing processes, needs of resources and expenses.

ŽINIARAŠTIS

Eilės Nr.	Formatas	Žymėjimas	Pavadinimas	Lapų sk.	Egz.nr.	Pastabos
1.			<u>Aiškinamasis raštas</u>	92	1	
			<u>Brėžiniai</u>			
2.	A1	M05.01 VA	Variantų analizė	1	1	
3.	A1	M05.02.01.00.00 SB	Sukimo lovys	1	1	
4.	A3	M05.02.01.01.00 SB	Sudedama guoliavietė	1	1	
5.	A1	M05.00	Detalių darbo brėžiniai	1	1	
6.	A1	M05.02	Technologiniai eskizai	1	1	
ŠU TECHNOLOGIJOS IR GAMTOS MOKSLŲ FAKULTETAS		Studentas	T. Radžius			ŽINIARAŠTIS
		Vadovas	Z. Ramonas			
		Recenzentas	A. Sabaliauskas			
2014	Lapas	Lapų				M05.00.00.00

Turinys

LENTELIŲ SĄRAŠAS	8
PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS	10
IŽANGA	11
1. KONSTRUKTORINĖ DALIS	12
1.1. Gaminio paskirtis ir panaudojimas.....	12
1.2. Skardos sukimo staklių nukirpimo mazgo konstrukcinių variantų analizė.....	13
1.3. Techniniai skaičiavimai.....	16
1.3.1. Skaičiuojami pneumatinių cilindų parametrai.....	16
1.3.2. Pagrindinio elektros variklio ir sliekinio reduktoriaus parametrų skaičiavimas	20
1.3.3. Skaičiuojama grandininė perdava.....	21
1.4. Medžiagų parinkimo pagrindimas.....	23
2. TECHNOLOGINĖ DALIS.....	24
2.1. Detalės technologiškumo analizė	24
2.2. Ruošinio parinkimas.....	28
2.2.1. Ruošinio parinkimas vienetinės gamybos atveju.....	29
2.2.2. Ruošinio parinkimas serijinės gamybos atveju.....	31
2.3. Detalės apdirbimo maršruto sudarymas	33
2.3.1. Technologinių bazių parinkimas.....	36
2.4. Įrengimų ir įrangos parinkimas	38
2.5. Užlaidų nustatymas	39
2.6. Pjovimo režimų nustatymas	44
2.7. Techninis normavimas	57
3. ŽMONIŲ IR APLINKOS SAUGA	72
3.1. Gaminio ergonominė charakteristika	72
3.2. Gaminio eksploatavimo saugumas.....	72

3.3. Gaminio poveikis aplinkai.....	73
4. EKONOMINĖ DALIS.....	74
4.1. Projektavimo darbų sąnaudos.....	75
4.2. Tiesioginės medžiagų sąnaudos	78
4.3. Ilgalaikio turto vertės nusidėvėjimas.....	81
4.5. Netiesioginių gamybos išlaidų skaičiavimas.....	84
4.6. Veiklos sąnaudos	85
5. IŠVADOS IR PASIŪLYMAI.....	87

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1.4.1 lentelė Plieno C45 (LST EN 10083- 1) cheminė sudėtis

1.4.2 lentelė Plieno C45 (LST EN 10083- 1) mechaninės savybės

2.1.1 lentelė Detalės darbo brėžinio technologinė kontrolė

2.1.2 lentelė Detalės konstrukcijos atitikimas pagal technologiškumo kriterijus

2.3.1 lentelė Surenkamos guoliavietės rėmo apdirbimo technologinis kelias

2.3.1.1 lentelė. Bazavimo tipas tekinant

2.3.1.2 lentelė. Bazavimo tipas frezuojant

2.5.1 lentelė. Užlaidos

2.5.2 lentelė. Užlaidos

2.5.3 lentelė. Užlaidos plokštiems paviršiams

2.6.1 lentelė. Pjovimo režimai

2.7.1 lentelė. Mašininis, operatyvinis, vienetinis laikai

4.1 lentelė. Gaminio savikainos apskaičiavimas

4.1.1 lentelė. Projektavimo darbų laiko sąnaudos

4.1.2 lentelė. Projektuotojų darbo apmokėjimo sąnaudos

4.1.3 lentelė. Gaminio projektavimo sąnaudos

4.1.4 lentelė. Ruošinių gamybos technologijos darbo užmokesčio sąnaudos

4.1.5 lentelė. Mechaninio apdirbimo technologijos darbo užmokesčio sąnaudos

4.1.6 lentelė. Kitų technologinių procesų darbo užmokesčio sąnaudos

4.1.7 lentelė. Gaminio technologinio parengimo sąnaudos

4.2.1 lentelė. Pagrindinių medžiagų vertė

4.2.2 lentelė. Grįžtamųjų atliekų vertė

4.2.3 lentelė. Pagalbinių medžiagų vertė

4.2.4 lentelė. Įsigyjamų pusgaminių, komplektuojamų gaminių vertė

4.3.1 lentelė. Įrengimų poreikio ir jų galingumai

4.3.2 lentelė. Ilgalaikio turto nusidėvėjimas

4.4.1 lentelė. Vieno darbininko efektyvus metinis darbo laiko fondas

4.4.2. lentelė. Pagrindinių darbininkų pagrindinio darbo užmokesčio apskaičiavimas

4.4.3 lentelė. Tiesioginių darbo užmokesčio išlaidų skaičiavimas

4.5.1 lentelė. Vandens, sunaudoto gamybos tikslams, išlaidos

4.5.2 lentelė. Suslėgto oro, panaudoto detalių gamybai, išlaidos

4.5.3 lentelė. Netiesioginės darbo užmokesčio išlaidos

4.5.4 lentelė. Patalpų šildymo išlaidos

4.5.5 lentelė. Patalpų apšvietimo išlaidos

4.6.1 lentelė. Bendrosios ir administracinės sąnaudos

4.6.2 lentelė. Atlyginimų ir socialinio draudimo sąnaudos

4.6.3 lentelė. Patalpų nuomos sąnaudos

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1.1 pav. Skardos sukimo staklės

1.2 pav. Rankinė giljotina

1.3 pav. Elektrinė giljotina

1.4 pav. Pneumatinė giljotina

1.5 pav. Dviejų galastų plokštumų pjovimo mazgas

1.6 pav. Pneumatinį cilindrą veikiančios jėgos

1.7 pav. Grafikas grandinės tipo parinkimui

2.1 pav. Guoliavietės rėmo eskizas su paviršių numeracija

2.2 pav. Karštai valcuoto ruošinio eskizas vienetinei gamybai

2.3 pav. Šaltai šampuoto ruošinio eskizas serijinei gamyba

2.4 pav. Savaiminio centravimo griebtuvai

2.5 pav. Pirštiniai spaudikliai

2.6 pav. HAAS ST-20 CNC tekinimo staklės

2.7 pav. Bridgeport GX480 CNC frezavimo staklės

2.8 pav. Tekinimo peilis TSSNR 2020K12

2.9 pav. Spiralinis grąžtas BERNER

IŽANGA

Šiais modernių technologijų laikais, kuomet technologijos tobulėja neįtikėtinai dideliu tempu ir bet kokiame sektoriuje dirbančios įmonės stengiasi kuo labiau automatizuoti savo darbą, atsisakyti fizinio žmonių darbo ir kiek įmanoma jį supaprastinti, kad pasiektų didesnę našumą, išvengtų ar bent jau sudarytų mažesnę galimybę jų darbe įsivelti žmogiškojo faktoriaus klaidoms įmonės dirbančios su metalo gaminiiais taip pat ieško technologinių sprendimų. Vienas jų yra metalo skardos sukimo staklės.

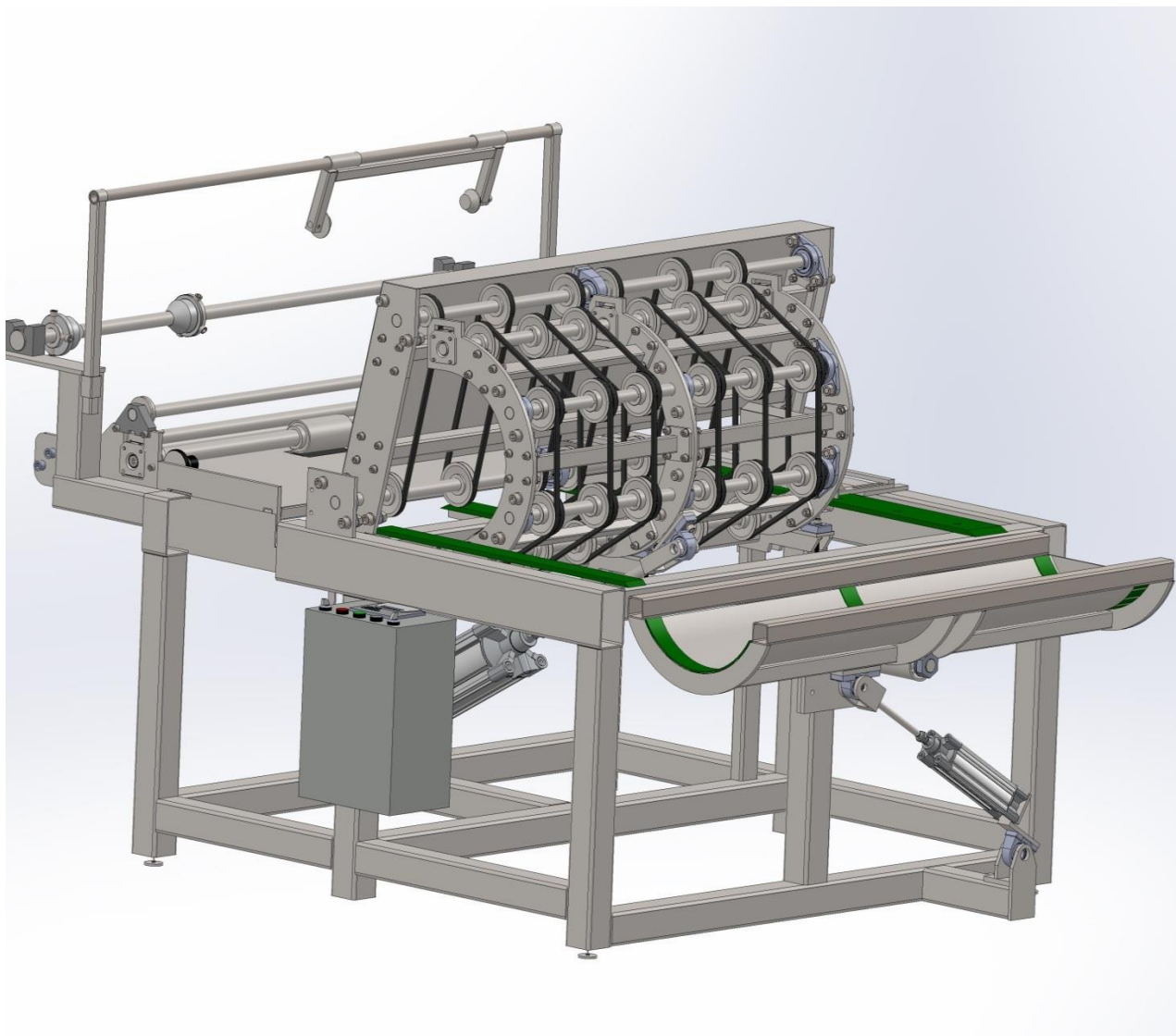
Šio įrengimo pagalba kompanijos, kurios verčiasi metalo gaminių prekyba, atlieka paprastą, tačiau anksčiau daug laiko užtrukusį procesą. Pasirinkto storio metalo skardos, kurios standartinis plotis gali svyruoti nuo 1195mm. iki 1300mm. pervyniojimą iš didmeninei prekybai skirto rulono į mažmeninei prekybai skirtą, individualius kliento poreikius atitinkantį ilgį skardos ruloną. Šis mažmeninei prekybai skirtas rulonas yra iškart padengiamas apsaugine lipnia plėvele, kad pirkėjas transportuodamas nepažeistų fasadinio skardos paviršiaus. Taip šio įrengimo pagalba skarda yra ne tik suvyniojama, apklijuojama apsaugine lipnia plėvele ir nukerpama, bet ir apsikama pakavimo plėvele, kuri neleis susuktam skardos rulonui išsivynioti, apsaugos skardos paviršių nuo nepageidaujamų išorinių pažeidimų.

Kadangi maksimalus sukamos metalo skardos ilgis gali siekti 30m., storis 0,8mm tad maksimalus susukto rulono svoris siekia ~245kg. Todėl įrengimas yra gaminamas iš tvirtų profilinių vamzdžių konstrukcijos, sutvirtinant rėmą standumo briaunomis vietose, kuriose potencialiai veikia didesnės apkrovos arba keletas apkrovos rūšių vienu metu. Tokie konstrukciniai sprendimai užtikrina įrengimo ilgaamžiškumą ir patikimumą. Bandymų metu įrengimas buvo specialiai perkrautas ir buvo suvyniotas 35metrų ilgio, 0,8mm. storio skardos rulonas, kurio masė siekė ~285kg. Ir tai yra 116% siekiantis apkrovimas. Įrengimas su šia apkrova susidorojo ir atliko pilną savo darbo ciklą.

1. KONSTRUKTORINĖ DALIS

1.1. Gaminio paskirtis ir panaudojimas

Skardos sukimo staklės – automatinis įrengimas, skirtas susukti metalo skardą iš didmeninei prekybai skirto rulono į mažmeninei prekybai skirtą ruloną, padengiant jį lipnia apsaugine plėvele ir „Stretch“ pakavimo plėvele. Šis įrengimas yra skirtas metalo skardos lakšto, kurio plotis neviršija 1300mm, vyniojimo darbams atlikti. Įrengime suderinti ir įdiegti pneumatiniai, elektroniniai, elektriniai ir mechaniniai elementai, kurie apjungiami į vientisą gaminį, kuris skirtas automatizuoti ir palengvinti metalo skardos vyniojimo procesą. (1.1 pav.)



1.1. pav. Skardos sukimo staklės

1.2. Skardos sukimo staklių nukirpimo mazgo konstrukcinių variantų analizė

Konstruojant šį įrengimą yra reikalingas skardos nukirpimo mazgas, kurio pagalba bus nukerpama jau atmatuoto reikiamo ilgio skarda susukta į ruloną. Daugelio panašių įrengimų gamintojai siūlo labai įvairius techninius sprendimus atlikti šią paprastą užduotį. Tačiau kiekvienas vartotojas o tiksliau įrengimo naudotojas turi atsižvelgti į savo poreikius, nukirpimo kokybės, tarnavimo laiko, patvarumo ir žinoma kainos kriterijus. Todėl projektuojant šį įrengimą buvo atlikta nukirpimo mazgo konstrukcinių variantų analizė.

1. Variantas:

Rankinė giljotina (žr. 2.2.1pav.), kurią sudaro korpusas, du kirpimo ašmenys, kurių vertikalių plokštumų briaunos yra užgalastos ir turi kirpimo kampą, kirpimo svirtis. Tokios rankinės giljotinos gali kirpti metalo skardą iki 0,8mm storio, giljotinos konstrukcijos ilgis ir aukštis, bei kirpimo ašmenų ilgis priklauso nuo kerpamos skardos pločio. Kirpimo ašmenys turi būti grūdinti, o prieš grūdinimą labai tiksliai techniškai apdirbti, kad pasiekti tinkamą kirpimo kampą. Tokios giljotinos privalumai yra nesudėtinga konstrukcija, išlaikoma gera nukirptų paviršių kokybė (nenulenkiama medžiagos kampai), nenaudojama elektros energija. Pagrindiniai trūkumai yra gana sudėtinga pagaminti, reikalauja daug specialių operacijų, kad būtų pasiektas tinkamas kirpimo ašmenų briaunų apdirbimo lygis, ekonomiškai gana brangus sprendimas.

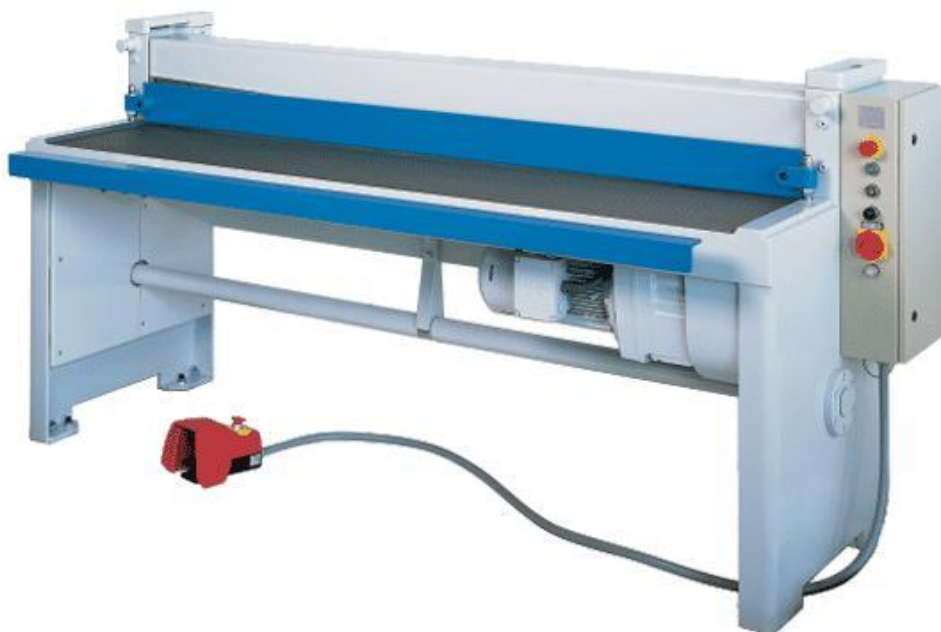


1.2 pav. Rankinė giljotina

2. Variantas:

Elektrinė giljotina (žr. 2.2.2pav.), kurią sudaro korpusas, du kirpimo ašmenys, elektros variklis, motoreduktorius, valdymo ir kontrolės įtaisai. Tokios elektrinės giljotinos gali kirpti metalo skardą iki 4mm storio, giljotinos konstrukcijos ilgis ir aukštis, bei kirpimo ašmenų ilgis priklauso nuo kerpamos skardos pločio. Kerpamos skardos storis priklauso tiek nuo kirpimo ašmenų techninių parametrų, tiek ir nuo elektros variklio galios.

Tokios giljotinos privalumai yra išlaikoma labai gera nukirptų paviršių kokybė (nenulenkiama medžiagos kampa), galima kirpti storesnę skardą, didelis našumas. Pagrindiniai trūkumai yra sudėtinga pagaminti, reikalauja daug specialių operacijų, kad būtų pasiektas tinkamas kirpimo ašmenų briaunų apdirbimo lygis, brangi priežiūra ir techninis aptarnavimas sugedus elektrinėms dalims, naudojama elektros energija, ekonomiškai labai brangus sprendimas.



1.3 pav. Elektrinė giljotina

3. Variantas:

Pneumatinė giljotina (žr. 2.2.3pav.), kurią sudaro korpusas, du kirpimo ašmenys, du dvikrypčiai pneumatiniai cilindrai, pneumatiniai valdymo ir kontrolės įtaisai. Tokios pneumatinės giljotinos gali kirpti metalo skardą iki 4mm storio, giljotinos konstrukcijos ilgis ir aukštis, bei kirpimo ašmenų ilgis priklauso nuo kerpamos skardos pločio. Kerpamos skardos storis priklauso tiek nuo kirpimo ašmenų techninių parametrų, tiek ir nuo pneumatinių cilindrų parametrų.

Tokios giljotinos privalumai yra išlaikoma labai gera nukirptų paviršių kokybė (nenulenkiama medžiagos kampa), galima kirpti storesnę skardą, didelis našumas. Pagrindiniai trūkumai yra sudėtinga pagaminti, reikalauja daug specialių operacijų, kad būtų pasiektas tinkamas kirpimo ašmenų briaunų apdirbimo lygis, didelės eksploatacinės sąnaudos, brangi priežiūra ir techninis aptarnavimas sugedus pneumatinėms dalims, naudoja suslėgtą orą, kurį reikia tinkamai paruošti prieš paduodant į įrangą, ekonomiškai labai brangus sprendimas.



1.4 pav. Pneumatinė giljotina

2 Variantas:

Skardos kirpimas dviejomis galąstomis kirpimo plokštėmis, kurios pagamintos iš plieno NC10 ir yra termiškai apdirbtos (kietintos) o jų pjovimo briaunos šlifuotos ir joms suteikti reikalingi pjovimo kampai garantuoja ilgalaikį naudojimą be aštrinimo būtinybės. Pjaunantysis peilis yra pagamintas iš vieno metalo lydinio, tai užtikrina peilio konstrukcijos patvarumą. Peilio relė yra užblokuota septynių guolių pagalba. Tai leidžia idealiai stumti peilį ir pjauti skardą iki 2mm. storio. Peilis pjauna lyg giljotina, be jokių raukšlių, įlenkimų ar įrašų. (2.2.4 pav.)



1.5 pav. Dviejų galastų plokštumų pjovimo mazgas

Išvada: yra keletas labai paplitusių skardos nukirpimo būdų. Dauguma jų vis tiek veikia giljotinos principu o jų esminiai tarpusavio skirtumai nėra labai žymūs. Projektuojamam įrengimui parenkamas ketvirtas variantų analizėje pasiūlytas variantas dėl savo konstrukcijos paprastumo, patikimumo ir pagaminimo kainos, kuri yra ženkliai mažesnė nei kitų išvardintų variantų analizėje skardos nupjovimo mazgų variantų.

1.3. Techniniai skaičiavimai

Projektuojamame įrenginyje yra naudojamas trifazis elektros variklis su sliekiniu reduktoriumi, grandininė pavarą ir pneumatiniai cilindrai, kurių pagalba yra pakeliami sukimo ir nuvertimo loviai į savo darbinės pozicijas. Tam, kad parinkti tinkamų parametrų pagrindinį trifazį elektros variklį, sliekinį reduktorių, grandininę pavarą ir reikalingus pneumatinius cilindrų reikia atlikti techninius skaičiavimus.[8]

1.3.1. Skaičiuojami pneumatinių cilindrų parametrai

Norint apskaičiuoti reikiamus pneumatinio cilindro parametrus, visų pirma reikia išsiaiškinti kokio didumo jėga reikalinga, kad pneumatinis cilindras išlaikytų maksimalių numatytų matmenų susuktos skardos ruloną, bei sukimo lovio masę. [19]

Apskaičiuojame maksimalių numatytų matmenų sukamos skardos masę:

l_{maks} – maksimalus susukto skardos rulono ilgis, m.

$$l_{maks} = 30000mm. = 30m.$$

w_{maks} – maksimalus sukamos skardos plotis, m.

$$w_{maks} = 1300mm. = 1,3 m.$$

s_{maks} – maksimalus sukamos skardos storis, m.

$$s_{maks} = 8mm. = 0,008m.$$

$$\varrho = \frac{784,7}{m^3}$$

Tuomet, maksimali sukamos skardos masė:

$$m_{sk.maks.} = l_{maks.} \times w_{maks.} \times s_{maks.} \times \varrho$$

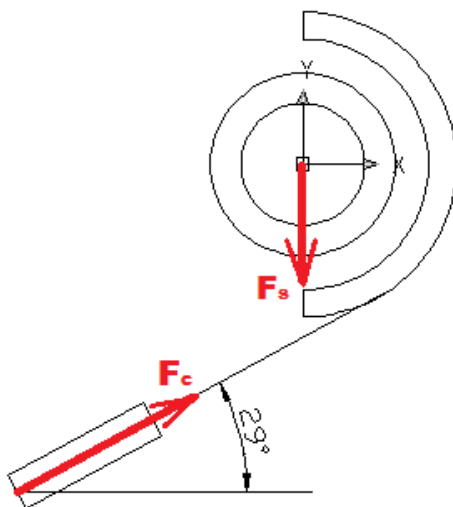
$$m_{sk.maks.} = 30 \times 1,3 \times 0,008 \times 784,7 = 244,8 \text{ kg.} \quad [1.3.1.1]$$

1. Apskaičiuojame sukimo lovio masę:

$$m_{lovio} = 109,9 \text{ kg.}$$

Apskaičiuojama naudojantis „SolidWorksPremium 2013“ kompiuterinio maketavimo programa.

Skaiciuojame pneumatinio cilindro jėgą, kurios reikia norint išlaikyti skardos sukimo lovį su galimų didžiausių matmenų susukto skardos rulonu darbinėje padėtyje (žr. 1.6pav.)



1.6 pav. Pneumatinį cilindrą veikiančios jėgos

$$F_c \times \sin \alpha = F_s \quad [1.3.1.2]$$

$$F_s = (m_{sk.maks.} + m_{lovio}) \times g \quad [1.3.1.3]$$

$$F_s = (244,8 + 109,9) \times 9,8 = 3476,06 \text{ N.}$$

$$F_c = \frac{F_s}{\sin \alpha} = \frac{3476,06}{0,484} = 7,18 \text{ kN}$$

Pagrindinių pneumatinio cilindro parametrų skaičiavimas, kuomet:

$$F_c = 7181,9 \text{ N}$$

$$L = 400 \text{ mm.} = 0,4 \text{ m.}, \text{ kai } L - \text{reikalinga pneumatinio cilindro eiga}$$

$$p = 0,7 \text{ kPa}, \text{ kai } p - \text{darbinis pneumatinės sistemos slėgis}$$

$$\eta = 0,85, \text{ pneumatinio cilindro naudingumo koeficientas}$$

$$t_1 = 5 \text{ s}, \text{ pneumatinio cilindro tiesioginės eigos laikas}$$

$$t_2 = 9 \text{ s}, \text{ pneumatinio cilindro atbulinės eigos laikas}$$

Skaičiuojame pneumatinio cilindro stūmoklio darbinį plotą:

$$A = \frac{F_c}{p \times \eta} = \frac{7181,9}{0,7 \times 10^6 \times 0,85} = 0,012 \text{ m}^2 \quad [1.3.1.4]$$

Skaičiuojame pneumatinio cilindro skersmenį:

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,012}{3,14}} = 0,123 = 123 \text{ mm.} \quad [1.3.1.5]$$

Parenkamas cilindro skersmuo:

$$D = 125 \text{ mm.}$$

Skaičiuojame pneumatinio cilindro stūmoklio judėjimo greitį esant tiesioginei eigai:

$$V_{t.e.} = \frac{L}{t_1} = \frac{0,4}{5} = 0,08 \text{ m/s} \quad [1.3.1.6]$$

Skaičiuojame pageidaujamą oro našumą pneumatiniam cilindrai:

$$Q_{t.e.} = \frac{V_{t.e.} \times A}{\eta} = \frac{0,008 \times 0,012}{0,85} = 0,00112 \frac{m^3}{s} \quad [1.3.1.7]$$

$$0,0012 \frac{m^3}{s} \times 60 = 0,0672 \frac{m^3}{min}$$

Parenkamas cilindro nominalusis oro našumas:

$$Q_{t.e.} = 0,08 \frac{m^3}{min}$$

Skaičiuojame pneumatinio cilindro koto skersmenį:

$$h = \frac{d}{D} = 0,4, \text{ proporcija pagal kurią skaičiuojamas cilindro koto skersmuo} \quad [1.3.1.8]$$

$$d = 0,4 \times D = 0,4 \times 123 = 0,0492 = 49,2 \text{ mm.}$$

Parenkamas nominalusis cilindro koto skersmuo:

$$d=50\text{mm.}$$

Skaičiuojame pneumatinio cilindro plotą iš koto pusės:

$$A' = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \quad [1.3.1.9]$$

$$A' = 0,785(123^2 - 49,2^2) = 0,0099 \text{ m}^2$$

Skaičiuojame pneumatinio cilindro atbulinės eigos greitį:

$$V_{a.e.} = \frac{L}{t_2} = \frac{0,4}{9} = 0,044 \text{ m/s} \quad [1.3.1.10]$$

Naudojantis skaičiavimo rezultatais parenkamas pneumatinis cilindras iš „SMC Europe“ katalogo. Parinktasis pneumatinis cilindras yra CP96 SDB125 – 400, su herkoniniu jutikliu esančiu ant pneumatinio cilindro koto, kad būtų galima nustatyti tikslią koto padėtį cilindre.

Naudojantis analogiškais skaičiavimais apskaičiuojamas ir parenkamas tinkamas pneumatinis cilindras nuvertimo lovio mazgui. Parinktas pneumatinis cilindras iš „SMC Europe“ katalogo CP96 SDB50 – 200, su herkoniniu jutikliu esančiu ant pneumatinio cilindro koto, kad būtų galima nustatyti tikslią koto padėtį cilindre.

1.3.2. Pagrindinio elektros variklio ir sliekinio reduktoriaus parametrų skaičiavimas

Pagrindinį darbą šiame įrengime atlieka trifazis elektros variklis, kurio sūkliai yra redukuojami sliekinio reduktoriaus pagalba. Trifazio elektros variklio sukimo momentas bus perduodamas sliekinio reduktoriu per grandinę pavarą su atitinkamu perdavimo santykiu skriemuliams esantiems skardos sukimo lovyje, kurių varomi judės diržai, kurie nugalėdami tarp jų ir metalo skardos susidariusią trinties jėgą judėdami susuka skardą į ruloną.

Techninėje užduotyje yra nurodytas pageidaujamas skardos judėjimo linijinis greitis, projektuojant yra parenkami standartinė diržinė ir standartinė grandinės pavaros, kurios perduos elektros variklio sukimo momentą ir jėgą skardai.

Duota:

1. Linijinis skardos judėjimo greitis $v = 20 \text{ m/min}$.
2. Naudojamos standartinės diržinės pavaros skriemulio (SPA100) išorinis $\varnothing 106 \text{ mm}$.

Skaičiuojamas skriemulio perimetras:

$$C = \pi \times D = 3,14 \times 106 = 332,84 \text{ mm} = 0,332 \text{ m}. \quad [1.3.2.1]$$

čia D – skriemulio išorinis skersmuo, mm.

Skaičiuojamas skriemulio apsisukimų skaičius:

$$n = \frac{v}{D} = \frac{20}{0,332} = 60 \text{ aps/min} \quad [1.3.2.2]$$

Skaičiuojama pagrindiniam elektros varikliui reikalinga galia:

$$P_v = \frac{P_{mech}}{\mu} \quad [1.3.2.3]$$

čia μ – elektros variklio ir moto reduktoriaus naudingumo koeficientas, P_{mech} – elektros variklio apskaičiuotoji galia, kW.

$$P_{mech} = \frac{M \times n}{9500} \quad [1.3.2.4]$$

čia M – sukimo momentas, Nm., n – apsisukimų skaičius, aps/min.

$$M = F_{tr} \times s \quad [1.3.2.5]$$

čia F_{tr} – trinties jėga, N., s – petys, atstumas lygus pusei susukto skardos rulono išorinio diametro, m.

$$F_{tr} = \mu \times N \quad [1.3.2.6]$$

čia N – reakcijos jėga, N., μ – trinties koeficientas.

$$F_{tr} = 0,6 \times 285,6 \times 9,8 = 1679,3 \text{ N}$$

$$M = 1679,3 \times 0,16 = 268,68 \text{ Nm}$$

$$P_{mech} = \frac{268,68 \times 60}{9500} = 1,69 \text{ kW}$$

$$P_v \geq 1,98 \text{ kW}$$

Remiantis atliktais skaičiavimais parenkamas pagrindinis elektros variklis ir moto reduktorius iš „Elvem“ įmonės katalogo:

1. Trifazis elektros variklis 6XM100LA4 2,2kW; 1400rpm
2. Sliekinis reduktorius WG 090 2,2kW; r=1:25

1.3.3. Skaičiuojama grandininė perdava

Grandinė yra parenkama pagal skaičiuotiną perdavos galingumą P_{1sk} ir mažosios žvaigždutės sukimosi dažnį n_1 iš pateikto grafiko (žr. 1.7 pav.)

$$P_{1sk} = \frac{K_A \times P_1 \times K_6}{C_B}, \text{ kai } n \geq 10 \text{ min}^{-1} \quad [1.3.2.7]$$

čia K_A – apkrovos pobūdžio koeficientas, $K_A=1$, P_1 – mažosios žvaigždutės perduodamas galingumas, $P_1=1,98 \text{ kW}$, K_6 – žvaigždučių skaičiaus koeficientas, $K_6 = 0,9^{2-z_z} = 0,9^{2-2} = 1$.

$$P_{1sk} = \frac{1 \times 2,2 \times 1}{1} = 1980 = 1,98 \text{ kW}$$

Varančiosios žvaigždės krumplių skaičius apskaičiuojamas:

$$z_1 = 6,5 + 0,5z'_1 + 0,3\left(\frac{z'_1 \times p_y \times u_1}{60 \times 10^3}\right) \geq z_{1min} \quad [1.3.2.8]$$

čia p_y – žvaigždės žingsnis ($p_y = 12,7$), u_1 – grandinės perdavos perdavimų skaičius (parinkus tinkamą trifazį elektros variklį ir sliekinį reduktorių gaunamas reikiamas perdavimo santykis, todėl papildomos redukcijos nereikia, todėl $u_1=1$).

$$z_{1min} = 9 + 0,2p_y = 9 + 0,2 \times 12,7 = 11,54 \approx 12$$

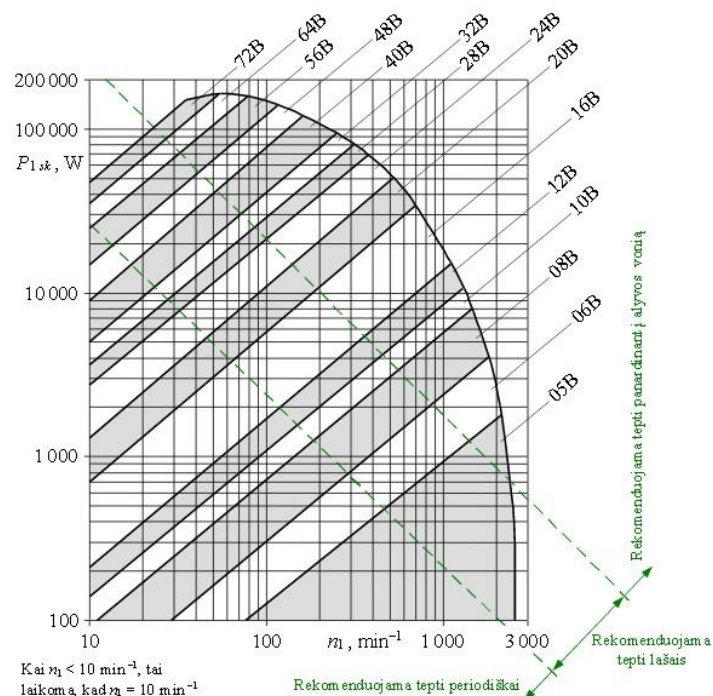
$$z'_1 = 32 - 2,5u = 32 - 2,5 \times 1 = 29,5 \approx 30$$

$$z_1 = 6,5 + 0,5 \times 30 + 0,3\left(\frac{30 \times 12,7 \times 1}{60 \times 10^3}\right) \geq 12$$

$$z_1 = 21,54 \geq 12$$

Atsakymas.: varančiosios žvaigždės krumplių skaičius $z_1 = 22$

Pagal apskaičiuotą žvaigždės krumplių skaičių ir grandinės perdavos žingsnį parenkamos tinkamos žvaigždės: 08B-1-22HT, kurios yra pagamintos iš 37Cr4, 42CrV6, 40X arba 40XH plieno markės ir termiškai apdorotos iki HRC=45...55



1.7 pav. Grafikas grandinės tipo parinkimui

1.4. Medžiagų parinkimo pagrindimas

Detalė yra pagaminta iš anglinio konstrukcinio plieno C45 (LST EN 10083- 1). Plieno cheminė sudėtis ir mechaninės savybės yra pateiktos 1.4.1 ir 1.4.2 lentelėse.

1.4.1 lentelė Plieno C45 (LST EN 10083- 1) cheminė sudėtis

Anglies kiekis C, %	Silicio kiekis Si, %	Mangano kiekis Mn, %	Chromo kiekis Cr, %
0,42 – 0,5	0,17 – 0,37	0,5 – 0,8	Ne daugiau 0,25

1.4.2 lentelė Plieno C45 (LST EN 10083- 1) mechaninės savybės

σ_y , MPa	σ_u , MPa	σ_s , %	Ψ , %	Smūginis tūsumas KCU, J/cm
355	600	16	40	49

Čia : σ_y – takumo riba;

σ_u – stiprumo riba;

σ_s – bandinio santykinis ištįsimas jį nutraukus, kai bandinio ilgis 5 kartus didesnis už jo skerspjūvio plotą;

Ψ – santykinis bandinio skerspjūvio susitraukimas nutraukimo vietoje;

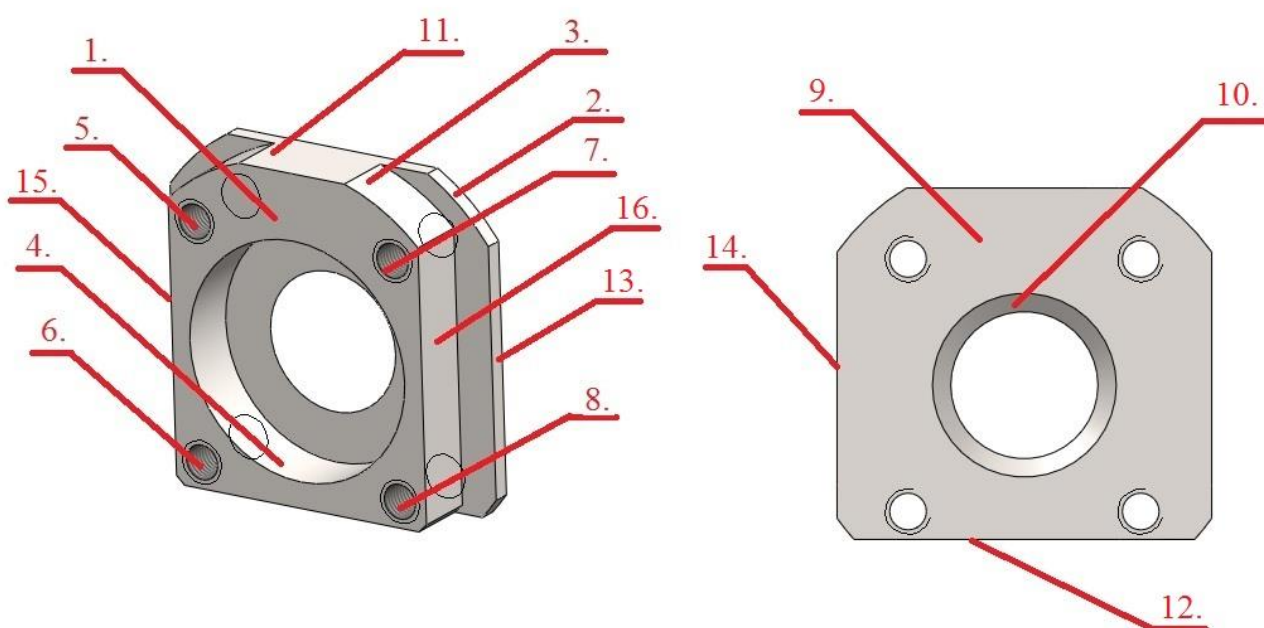
KCU – smūginis tūsumas tiriant bandinius U tipo koncentratoriumi;

Plieną Ck45 mašinų gamyboje dažnai keičia St 52- 3, 40X, 50 plienai, tačiau vieni iš jų yra brangesni, kiti pasižymi kiek prastesnėmis mechaninėmis, cheminėmis savybėmis. Detalei gaminti yra naudojamas Ck45 plienas, nes jį galima grūdinti, jis pasižymi geromis cheminėmis ir mechaninėmis savybėmis. Šis plienas yra naudojamas detalių, kurioms reikalingas padidintas stiprumas, atsparumas. Šiuo atveju šis plienas yra vienas tinkamiausių šio tipo ir paskirties detalėms gaminti.

2. TECHNOLOGINĖ DALIS

2.1. Detalės technologiškumo analizė

Gaminama detalė – sudedamos guoliavietės pagrindinė rėmo dalis. Guoliavietės pagrindinė rėmo dalis yra tvirtinama išardomu srieginiu sujungimu (ISO 4762 M8x40) varžtais. Guoliavietė tvirtinama metalo skardos sukimo staklių sukimo lovyje. Šios guoliavietės paskirtis – užtikrinti viršutinio veleno esančio skardos sukimo lovyje sukimąsi aplink savo ašį ir jo judėjimą vertikalia kryptimi, taip įtempiant diržus kuriais slenka sukama skarda įrengime. [8]



2.1 pav. Guoliavietės rėmo eskizas su paviršių numeracija

Guoliavietės rėmo paviršių apdirbimui nėra keliami ypatingi reikalavimai, detalės gamyba yra nesudėtinga ir nereikalaujanti specialių įrengimų bei aukštos kvalifikacijos darbininkų. Svarbiausias apdirbamas paviršius yra vidinis paviršius (4.), į kurį remiasi guolio išorinis žiedas, todėl jam keliami kiauromės tolerancija H7 norint užtikrinti, kad guolis įsistatys į kiauromę be papildomo presavimo ir įstatytas į kiauromę neturės laisvumo judėti joje. Kuomet kiauromė yra $\varnothing 55H7$, tuomet tolerancijos laukas yra 0,03mm., mažiausias leistinas kiauromės diametras yra $\varnothing 55$ mm., vidutinis kiauromės diametras yra $\varnothing 55,015$ mm., o maksimalus leistinas diametras yra $\varnothing 55,03$ mm. Šios kiauromės paviršiaus šiurkštumas $Ra=1,6$. Dar vienas svarbus apdirbamas paviršius yra išorinis paviršius (1.), kuris glausis į antro guoliavietės rėmo paviršių surenkant guoliavietę, todėl jam užduodamas paviršiaus šiurkštumas $Ra=2,5$.

Pagal darbo brėžinyje pateiktus duomenis atliekama detalės technologiškumo analizė. Analizės duomenys yra pateikti 2.1.1 ir 2.1.2 lentelėse.

2.1.1 lentelė Detalės darbo brėžinio technologinė kontrolė

TECHNOLOGIŠKUMO KRITERIJUS	ATITIKIMAS TECHNOLOGIŠKUMO KRITERIJAMS
1. Reikalingi matmenys	Duoti visi reikalingi matmenys
2. Atitikimas tarp matmenų tikslumo ir paviršiaus glotnumo	1) 64h11Ra2,5 2) Ø55H7 Ra1,6
3. Vaizdai ir pjūviai	Visi reikalingi vaizdai ir pjūviai nurodyti.
4. Matmenų atitikimas standartiniai eilutei	R10 - Ø8; 32; Ø90 R20 – 14; 18; Ø100; R40 - 6 Papildomos vertės – 55; Matmenys neatitinkantys standartinės eilutės – 33,5; 64; 76,5; 81,5
5. Matmenų išdėstymas pagal koordinačių ašis	Matmenys išdėstyti pagal tris koordinačių ašis
6. Techninės sąlygos	1. Galvaninis padengimas Zn9c pagal LST EN ISO 14713-3:2010 2. Linijinių matmenų nuokrypos pagal LST EN 22768-mK
7. Matmenų matavimas	Sudėtingiau išmatuoti tarpcentrinius kiaurymių atstumus □55±0,3

2.1.2 lentelė Detalės konstrukcijos atitikimas pagal technologiškumo kriterijus

TECHNOLOGIŠKUMO KRITERIJUS	ATITIKIMAS TECHNOLOGIŠKUMO KRITERIJAMS
1. Medžiagos parinkimas	Standartinis plienas: C45 LST EN 10008-1
2. Pasvirę paviršiai	Nuožulos: 2n 4x45°
3. Bazės	Bazavimas nesudėtingas: bazuojama centruose
4. Detalės standumas	Detalė standi, nes detalė yra stačiakampio formos
5. Terminio apdirbimo rūšys	Detalė termiškai neapdirbama
6. Specialių technologinių operacijų reikalingumas	Nereikia
7. Simetrijos ašys ir plokštumos	Detalė turi 1 simetrijos plokštumą
8. Ar detalės konstrukcijos forma nesudarys papildomų sunkumų gaminant ruošinį	Nesudarys
9. Sunkumai iškylantys dėl elementų išdėstymo mechaniškai apdirbant detalę	Sunkumų nėra

Skaičiuojame pagrindinius technologiškumo rodiklius:

1. Detalės masė :

Apskaičiuota programa „SolidWorks Premium 2013“

Detalės masė: $M_{det} = 384.42g$.

Figūros masė: $M_{fig} = 1704,9g$.

2. Medžiagos išnaudojimo koeficientas:

$$K_m = \frac{M_{det}}{M_{fig}}; \rho = 7860 \text{ kg/m}^3, \text{ plienui C45 LST EN 1008-1} \quad [2.1.1]$$

čia M_{det} - detalės masė,

M_{fig} - figūros masė

$$K_m = \frac{384,42}{1704,9} = 0,2 \quad [2.1.1]$$

1. Unifikacijos koeficientas:

$$K_u = \frac{D_u}{D} \quad [2.1.3]$$

Čia D_u - unifikuotų paviršių skaičius, D – visų paviršių skaičius

$$K_u = \frac{8}{16} = 0,5 \quad [2.1.4]$$

2. Apdribimo tikslumo koeficientas:

$$K_r = 1 - \frac{1}{A_{vid}} \quad [2.1.5]$$

$$A_{vid} = \frac{\sum A_i \times n}{\sum n_i} \quad [2.1.6]$$

Čia A_i - atitinkamo paviršiaus tikslumo kvalitetas, n – paviršių su šiuo kvalitetu skaičius

$$A_{vid} = \frac{7 \times 1 + 8 \times 4 + 12 \times 11}{16} = \frac{171}{16} = 10,687$$

$$K_r = 1 - \frac{1}{10,687} = 0,906$$

3. Paviršiaus glotnumo koeficientas:

$$K_s = 1 - \frac{1}{B_{vid}} \quad [2.1.7]$$

$$B_{vid} = \frac{\sum B_i \times n}{\sum n_i} \quad [2.1.8]$$

Čia B_i - atitinkamo paviršiaus glotnumo reikšmė, n – paviršių su šiuo glotnumu skaičius

$$B_{vid} = \frac{0,8 \times 1 + 3,2 \times 15}{16} = \frac{48,8}{16} = 3,05$$

$$K_s = 1 - \frac{1}{3,05} = 0,672$$

Apibendrinant technologinę detalės analizę, galima teigti, kad detalės forma nėra sudėtinga ir nereikalauja jokių specialių technologinių operacijų. Unifikacijos koeficientas didelis, detalės paviršių keliamiems šiurkštumams gauti nereikia specialių, brangių įrankių ar staklių. Keliami didesni apdirbimo reikalavimai kiaurymei į kurią bus statomas rutulinis guolis. Detalė yra technologiška. Po mechaninio apdirbimo detalė yra cinkuojama 9µm storio danga, kad apsaugoti ją nuo neigiamo aplinkos poveikio.

2.2. Ruošinio parinkimas

Ruošiniu yra vadinamas darbo daiktas, kurį apdirbant bus pagaminama detalė. Standartas LST 1308:1993 nustato svarbiausius su ruošiniais susijusius terminus. Ruošiniai dažniausiai yra parenkami dviem būdais. Jeigu ruošinys yra sudėtingas, tuomet jo gamybos būdą numato ir nubraižo brėžinį konstruktorius, konstruodamas detalę. Ruošinio darbo brėžinys yra derinamas su ruošinių gamybos padalinio technologais. [8]

Jeigu ruošinys yra nesudėtingas, konstruktorius tiesiog nurodo ruošinio medžiagą, kietumą, kartais terminį apdirbimą. Tada ruošinio apdirbimo būdą pasirenka ir jo darbo brėžinį paruošia technologas, projektuojantis mechaninio apdirbimo technologiją. Bet koku atveju parenkant ruošinius svarbiausia yra ruošinio matmenų ir formos panašumas ir atitikimas gaminamos detalės formoms ir matmenims. Tokiu atveju trumpinamas mechaninio apdirbimo laikas, tausojamas medžiagos kiekis, kuris mechaninio apdirbimo proceso metu yra nuimamas nuo ruošinio, tausojami mechaniniam apdirbimui naudojami įrankiai, tepimo priemonės. Tačiau ruošinių, kurių forma ir matmenys artimi detalės formai ir matmenims gamyba yra sąlyginai brangi, todėl visuomet būtina atsižvelgti į tai parinkinėnant ruošinius detalės gamybai. Tokius ruošinius gaminti yra labiausiai naudinga, kuomet gamybinė programa yra didelė, ruošinius planuojama apdirbti automatinėse linijose ar programinėmis staklėmis masinėje gamyboje.

Mašinų gamyboje yra labiausiai paplitę tokie ruošiniai: lieti, kalti, šampuoti, valcuoti, metalo - keramikiniai, plastikiniai.

2.2.1. Ruošinio parinkimas vienetinės gamybos atveju

Ruošinio gamybos būdai labai skiriasi esant vienetinei, serijinei ar masinei gamybai, nes atsižvelgiant į gamybos tipą visuomet parenkamas labiausiai ekonomiškai naudingas būdas, kuris priklauso nuo gaminamų ruošinių kiekio. Vienetinės gamybos atveju gaminti sudedamos guoliavietės pagrindinę rėmo dalį ekonomiškai naudingiausias ir efektyviausias ruošinio gamybos būdas yra valcuotas ruošinys. [8]

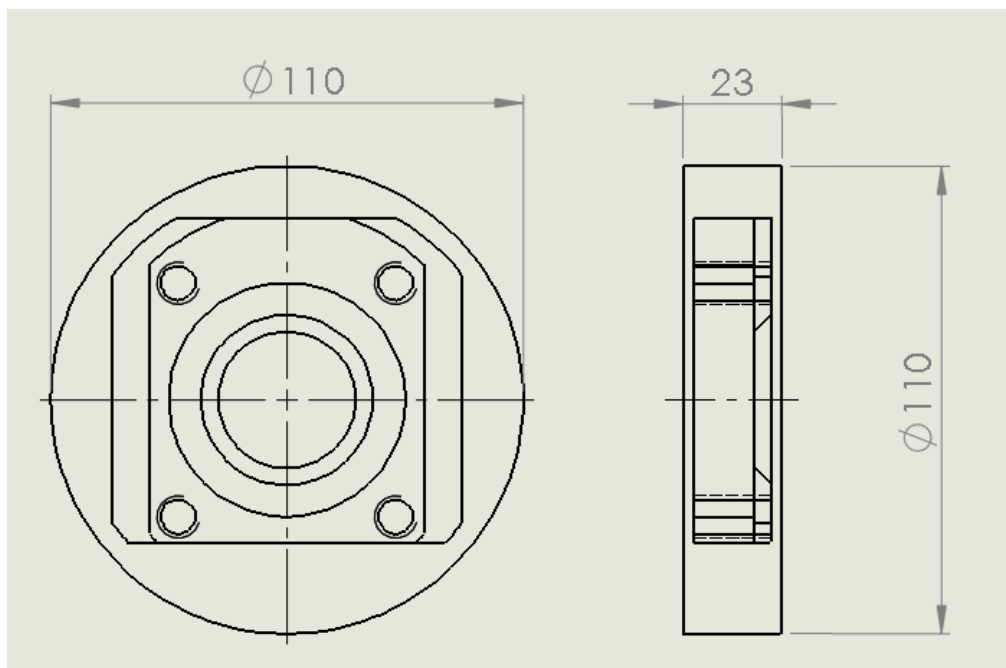
Valcuotieji ruošiniai – standartinių ir specialiųjų profilių strypai, vamzdžiai ir sudėtingi profiliai, kurie yra gaminami metalurgijos pramonės gamyklose įkaitinant lietus metalo gabalus ir daug kartų apspaudžiant valcavimo staklėnuose. Po tokio apdorojimo būdo metalas būna sutankintas ir stiprus.

Gaminami įvairių skerspjūvio formų profiliai pradedant apvaliais baigiant šešiabriauniais, lovinais, kampiniais ir kt. Yra keletas valcavimo būdų: karštas valcavimas, šaltasis valcavimas, traukimas ir valcavimas, periodiškasis valcavimas.

Būna ir kalibruotų valcuotų ruošinių, tokių kaip 12IT kokybės skersmens strypų, kurie apdirbami automatais arba revolverinėmis staklėmis, įtvirtinti spyruokliuojančiuose griebtuvuose. 10IT ir tikslesnių kalibruotų strypų išoriniai paviršiai būna tik šlifuojami ir neapdirbami asmeniniais įrankiais.

Valcuotų ruošinių naudojimas yra labai plačiai paplitęs dėl savo didelio ir ekonominio panaudojimo galimybių. Tokius ruošinius galima pjaustyti frikciniiais diskais, pjūkleliais, staklėmis, tokie pjovimo būdai nėra labai našūs, tačiau labai plačiai naudojami, taip pat tokie pjovimo būdai garantuoja nedidelius metalo nuostolius, nes pjūklų storis būna 1,2 - 2,5mm.

Gaminama detalė yra stačiakampio formos, gamybinė programa $N_1 = 10vnt.$, todėl vienetinės gamybos atveju ekonomiškai naudingiausia tokią detalę gaminti yra iš karštai valcuoto, kalibruoto strypo. Parenkamas strypas, kurio matmenys būtų artimi gaminamos detalės matmenims taip sumažinant mechaninio apdirbimo laiką, metalo atliekų kiekį. Parinkto ruošinio eskizas pavaizduotas 2.2 paveiksle.



2.2 pav. Karštai valcuoto ruošinio eskizas vienetinei gamybai

Apskaičiuojama ruošinio masė:

$$M_{ruoš} = V_{ruoš} \times \rho \quad [2.2.1]$$

Čia: ρ - 7,86g/cm³, C45 LST EN 10008-1 plieno tankis;

V_f - figūros tūris

$$V_{ruoš} = \frac{\pi \times d^2}{4} \times l \quad [2.2.2]$$

$$V_{ruoš} = \frac{3,14 \times 11^2}{4} \times 2,3 = 218,57 \text{ cm}^3$$

čia: d – ruošinio diametras, cm;

l – ruošinio ilgis, cm;

$$M_{ruoš} = 218,57 \times 7,86 = 1704 \text{ g.} = 1,704 \text{ kg.}$$

Apskaičiuojame medžiagos išnaudojimo koeficientą:

$$K_m = \frac{M_{det}}{M_{fig}}; \quad \rho = 7860 \text{ kg/m}^3, \text{ plienui C45 LST EN 1008-1}$$

čia M_{det} - detalės masė,

M_{fig} - figūros masė

$$K_m = \frac{384,42}{1704,9} = 0,2$$

Atliekų svoris yra: $M_{ruoš} - M_{det} = 1704 - 0,384 = 1320g. = 1,32 kg.$

Atliekų kaina kuomet C45 plieno kaina yra – 0,637Lt/kg.,: $1,32 \times 0,637 = 0,84Lt$

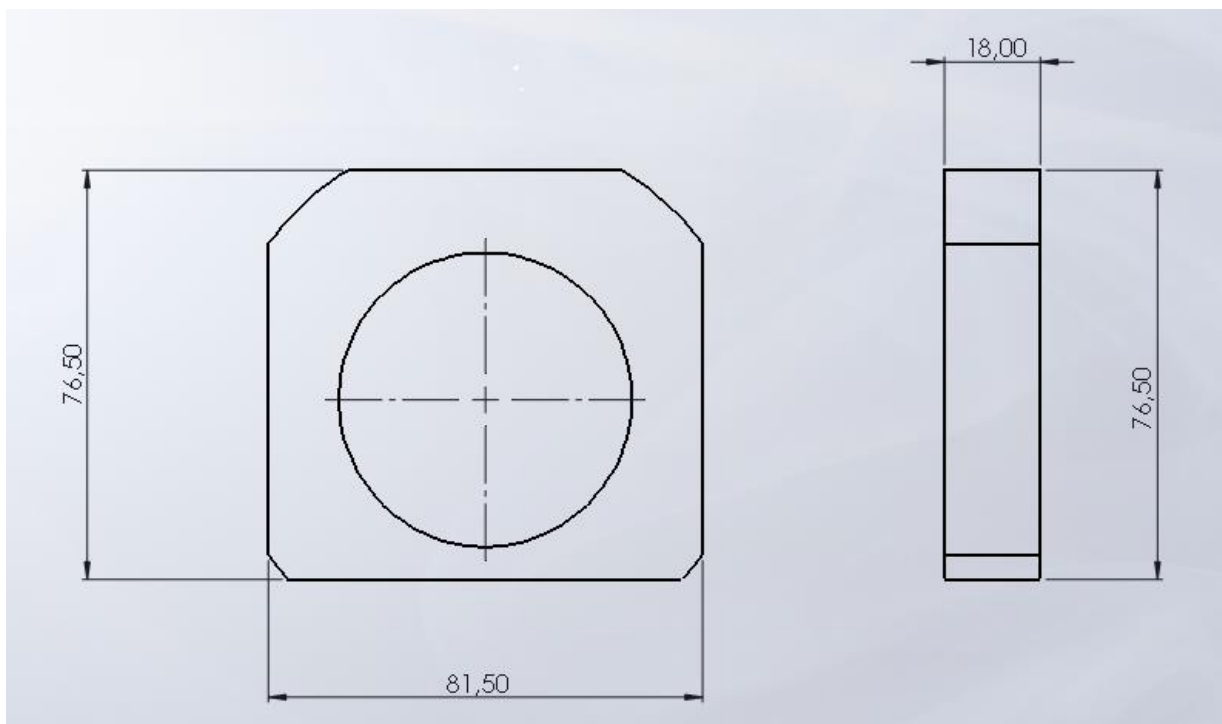
Atliekų kaina atlikus vienetinę N_1 gamybinę programą: $0,84 \times 10 = 8,4Lt.$

2.2.2. Ruošinio parinkimas serijinės gamybos atveju

Serijinės gamybos atveju gaminti sudedamos guoliavietės pagrindinę rėmo dalį ekonomiškai naudingiausias ir efektyviausias ruošinio gamybos būdas yra šampavimas, net nepaisant fakto, kad šampo pagaminimo kaina gali svyruoti nuo kelių tūkstančių litų iki keliolikos tūkstančių litų (kaina priklauso nuo šampo sudėtingumo). Šampo pagaminimo kaštai greitai atsiperka esant serijinei gamybai, nes tuomet galima pagaminti daug pigių ir sąlyginiai labai tikslių ruošinių. [8]

Ruošinių gamyba šampavimo būdu pasižymi tuo, kad pirminis ruošinys arba jo dalis yra deformuojami šampo lizde. Lyginamoji deformacija šampuojant yra visada didesnė nei kalant. Esant serijinei ir masinei gamybai gaminami nedidelių detalių ruošiniai. Šaltuoju šampavimu yra gaminami ruošiniai ir detalės prietaisų ir elektrotechnikos pramonei, taip pat ir kitoms pramonės šakoms. Tokiu būdu yra gaminami gaubtai, skydai, dangteliai, tarpikliai, ir kitokios, dažniausiai plokščios formos detalės. Šampavimas yra našesnis ir tikslesnis ruošinių gamybos būdas nei kalimas. Šampuoti galima daug sudėtingesnės formos ruošinius. Po šampavimo lieka daug mažiau metalo atliekų, taip pat jas galima panaudoti dar kartą perlydžius.

Esant serijinei gamybos programai parenkamas šaltasis ruošinių šampavimo būdas. Šampuojant ruošinius šiuo būdu galima pasiekti 9-13 tikslumo kвалitetą, o paviršiaus šiurkštumas gali siekti $Ra=6,3$ o paviršiaus nelygumų aukštis $Rz=20\mu m$. Serijinės gamybos programa $N_2 = 1200 vnt.$ Ruošinio eskizas pateikiamas 2.2 paveiksle.



2.3 pav. Šaltai šampuotoruošinio eskizas serijinei gamybai

Pagal formules 2.1.1 ir 2.1.2 apskaičiuojame šaltai šampuoto ruošinio masę:

$$M_{ruoš} = 847,59 \text{ g} = 0,847 \text{ kg}.$$

Apskaičiuojame medžiagos išnaudojimo koeficientą pasinaudoję 2.2.1 formule:

$$K_m = \frac{384,42}{847,59} = 0,45$$

Atliekų svoris yra: $M_{ruoš} - M_{det} = 847,59 - 384,42 = 463,17 \text{ g} = 0,463 \text{ kg}$.

Atliekų kaina kuomet C45 plieno kaina yra – 0,637Lt/kg.,: $0,463 \times 0,637 = 0,29 \text{ Lt}$

Atliekų kaina atlikus serijinę N_2 gamybinę programą: $0,29 \times 1200 = 348 \text{ Lt}$.

Skaičiuojant serijinės gamybos kaštus reikia įtraukti ne tik atliekų kainą, bet ir įskaičiuoti vidutinę šampo kainą, kuri siekia ~3000 Lt. Todėl apibendrinant patirtas išlaidas atliekant serijinę $N_2 = 1200 \text{ vnt.}$ gamybinę programą gauname, kad išlaidos siekia $\sim 3000 + 348 = \sim 3348 \text{ Lt}$. Tokiu atveju, gaminti nedideles detalių partijas yra ekonomiškai nenaudinga. Todėl surenkamos guoliavietės rėmo gamybai yra pasirenkamas karštai valcuoto kalibruoto strypo ruošinys, kurį vėliau tenka mechaniškai apdirbti, t.y. tekinti, gręžti, sriegti, frezuoti.

2.3. Detalės apdirbimo maršruto sudarymas

Detalės mechaninio apdirbimo kelio projektavimas – tai technologinių operacijų maršruto sudarymas. Tokių maršrutų galimų variantų yra bent keletas, todėl visuomet derėtų juos palyginti ir išsirinkti našiausią ir ekonomiškai naudingiausią mechaninio apdirbimo kelią. Viena svarbiausių sąlygų sudarant detalės mechaninio apdirbimo kelią, kad sekanti technologinė operacija visuomet būtų tikslesnė nei prieš tai buvusi. Technologiniame detalės maršrute visuomet yra nurodoma operacijų bei perėjimų numeracija, atliekama operacija, staklių tipas ir modelis, kuriomis atliekama konkreti operacija, įrankis, kuriuo konkrečioje operacijoje yra mechaniškai apdirbama detalė. [8]

Žemiau pateiktoje lentelėje 2.3.1 yra aprašytas detalės – surenkamos guoliavietės rėmo, mechaninio apdirbimo kelias. Detalės bazavimo būdai yra nurodyti 2.4 ir 2.5 paveiksluose. Detalės paviršių numeracija pateikta 2.1 paveiksle.

2.3.1 lentelė Surenkamos guoliavietės rėmo apdirbimo technologinis kelias

Operacijos Nr.	Praėjimo Nr.	Operacija	Įrengimas	Įrankis
010	1.	Galinio paviršiaus (1.) rupusis tekinimas	HAAS ST-20	Tekinimo peilis TSSNR
	2.	Galinio paviršiaus (1.) glotnasis tekinimas		
	3.	Paviršiaus (2.) rupusis tekinimas		
	4.	Paviršiaus (2.) rupusis tekinimas		
	5.	Paviršiaus (3.) rupusis tekinimas		
	6.	Paviršiaus (4.) gręžimas		Spiralinis grąžtas $\varnothing 16\text{mm}$.
	7.	Paviršiaus (5.) rupusis vidinis ištekinimas		

010	8.	Paviršiaus (5.) rupusis vidinis ištekimas		Vidinio ištekimo peilis CKUNR
	9.	Paviršiaus (5.) glotnusias vidinis ištekimas		
	10.	Paviršiaus (6.) gręžimas	HAAS ST-20	Spiralinis grąžtas ø7mm.
	11.	Paviršiaus (7.) gręžimas		
	12.	Paviršiaus (8.) gręžimas		
	13.	Paviršiaus (8.) gręžimas		Plėstuvas ø10mm.
	14.	Paviršiaus (6.) nuožulos plėtimas		
	15.	Paviršiaus (7.) nuožulos plėtimas		
	16.	Paviršiaus (8.) nuožulos plėtimas		
	17.	Paviršiaus (9.) nuožulos plėtimas		
	18.	Paviršiaus (6.) sriegimas		Mašininis sriegiklis M8x1.0
	19.	Paviršiaus (7.) sriegimas		
	20.	Paviršiaus (8.) sriegimas		
	21.	Paviršiaus (9.) sriegimas		
020	1.	Galinio paviršiaus (9.) rupusis tekimas		Tekinimo peilis TSSNR
030	1.	Paviršiaus (10.) nuožulos rupusis ištekimas		

040	1.	Paviršiaus (11.) rupusis frezavimas	Bridgeport GX480	Pirštinė freza
	2.	Paviršiaus (11.) rupusis frezavimas		
	3.	Paviršiaus (12.) rupusis frezavimas		
	4.	Paviršiaus (12.) rupusis frezavimas		
	5.	Paviršiaus (12.) rupusis frezavimas		
	6.	Paviršiaus (12.) rupusis frezavimas	Bridgeport GX480	Pirštinė freza
	7.	Paviršiaus (12.) rupusis frezavimas		
	1.	Paviršiaus (13.) rupusis frezavimas		
	2.	Paviršiaus (13.) rupusis frezavimas		
	3.	Paviršiaus (13.) rupusis frezavimas		
	4.	Paviršiaus (14.) rupusis frezavimas		
	5.	Paviršiaus (14.) rupusis frezavimas		
	6.	Paviršiaus (14.) rupusis frezavimas		
	7.	Paviršiaus (15.) rupusis		

050		frezavimas		
	8.	Paviršiaus (15.) rupusis frezavimas		
	9.	Paviršiaus (15.) rupusis frezavimas		
	10.	Paviršiaus (16.) rupusis frezavimas		
	11.	Paviršiaus (16.) rupusis frezavimas		
	12.	Paviršiaus (16.) rupusis frezavimas		

2.3.1. Technologinių bazių parinkimas

Gaminant bet kokį įrengimą yra svarbu, kad jis atliktų jam skirtą darbą efektyviai, greitai ir nereikalaudų daug priežiūros. Bet koks įrengimas gali veikti sėkmingai tik tuomet kai jo detalės ir junginiai yra reikiamoje tarpusavio padėtyje. Tai pasiekama renkant įrengimą, tačiau tokio tikslumo siekimas ir užtikrinimas prasideda dar ankstyvesnėje darbo stadijoje nei įrengimo rinkimas. Detalių ir junginių tikslumo užtikrinimas prasideda gamybos procese, kuomet detalės ruošiniai turi būti tiksliai nustatyti staklių dalių, suteikiančių įrankiams pastūmos judesį, atžvilgiu. Tokios staklių dalys yra suportų kreipiamosios, frezavimo galvutės, kopijavimo įtaisai, peilių galvutės ir kt. [8]

Bazavimas yra reikiamos padėties suteikimas ruošiniui ar gaminiui pasirinktos koordinačių sistemos atžvilgiu.

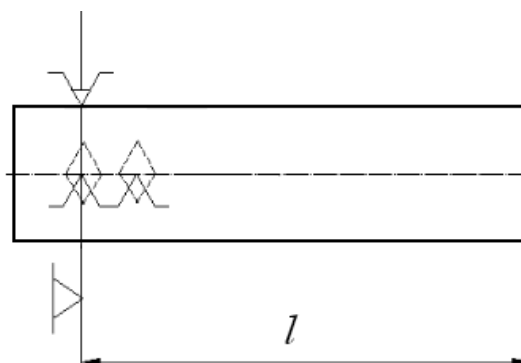
Detalės ruošinio apdirbimo metu numatomos tokios technologinės bazės:

Gaminama detalė yra technologiška, visi mechanškai apdirbami paviršiai yra lengvai prieinami, todėl atliekant pirmąją detalės ruošinio mechaninio apdirbimo operaciją detalę bazuojame konsoliškai savaiminio centravimo griebtuvuose. Bazavimo schema pavaizduota 2.4 paveiksle. Įtvirtinus detalę tekinimo staklių savaiminio centravimo griebtuvuose bus tekinami paviršiai (1.), (2.), (3.), gręžiama

ø16mm. kiaurymė paviršiuje (4.), o vėliau atliekamas rupusis ir glotnasis paviršiaus (4.) vidinis ištekimas, gręžiamos ø7.1mm. kiaurymės paviršiuose (5.), (6.), (7.), (8.). Po to paviršiams (5.), (6.), (7.), (8.) nuimamos nuožulos naudojant prizminį plėstuvą. Po nuožulų nuėmimo paviršiai (5.), (6.), (7.), (8.) yra sriegiami M8x1.0-6H sriegiu. Detalė nupjauna taip pat apdirbamas (9.) paviršius. Nupjovus detalę ji yra apskama ir tokiu pat būdu bazuojama savaiminio centravimo griebtuvuose antrai operacijai, kurios metu nuimama nuožula (10.) paviršiui.

Operacijos Nr.	Bazavimo būdas
1.	Savaiminio centravimo griebtuvai
2.	Savaiminio centravimo griebtuvai
3.	Savaiminio centravimo griebtuvai

2.3.1.1 lentelė. Bazavimo tipas tekinant

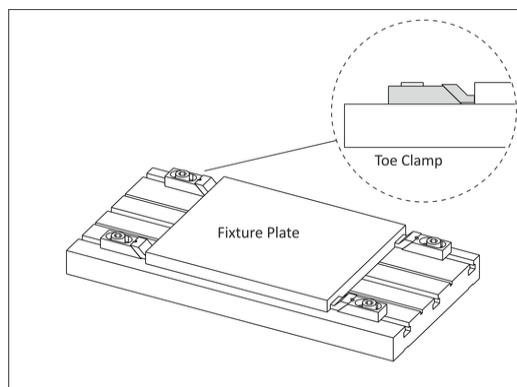


2.4 pav. Savaiminio centravimo griebtuvai

Ketvirtai operacijai detalė bazuojama ant frezavimo staklių stalo pirštiniais spaudikliais. Tokioje padėtyje yra nufrezuojami galine pirštine freza paviršiai (11.) ir (12.). Detalė yra apskama 90° kampu ir vėl tvirtinama ant frezavimo staklių stalo pirštiniais spaudikliais penktajai operacijai, kurios metu galine pirštine freza yra apdirbami paviršiai (13.), (14.), (15.) ir (16.).

Operacijos Nr.	Bazavimo būdas
4.	Ant frezavimo staklių stalo pirštiniais spaudikliais
5.	Ant frezavimo staklių stalo pirštiniais spaudikliais

2.3.1.2 lentelė. Bazavimo tipas frezuojant



2.5 pav. Pirštiniai spaudikliai

2.4. Įrengimų ir įrangos parinkimas

Tekinimo operacijoms atlikti parinktos tekinimo staklės HAAS ST-20 (2.6 pav.).



2.6 pav. HAAS ST-20 CNC tekinimo staklės

Frezavimo operacijoms atlikti parinktos frezavimo staklės Bridgeport GX480 (2.7 pav.)



2.7 pav. Bridgeport GX480 CNC frezavimo staklės

2.5. Užlaidų nustatymas

Apskaičiuojame bendrąją ir tarpines užlaidas [15]

Sudarome lentelę, kurioje:

h - deformacijos sluoksnis,

ρ - erdvinės paklaidos,

ε - radialinė pastatymo paklaida,

R_z , T , ε – randame iš lentelių.

2.5.1 Lentelė

Ruošinio	$R_z = 200 \mu m$	$h = 300 \mu m$
Grubus tekinimas	$R_z = 50 \mu m$	$h = 50 \mu m$
Glotnus tekinimas	$R_z = 30 \mu m$	$h = 30 \mu m$

Valcavimas:

$$\rho_{sus} = \Delta k \times l \quad [2.5.1]$$

$\Delta k = 0,06 \mu m$, nes ruošinys yra karštai valcuotas strypas po lyginimo presu.

$$\rho_{sus} = 0,06 \times 18 = 1,08 \mu m$$

I 2.5.1 lentelę įrašome atitinkamus ruošinio technologinių pakopų užlaidų elementus R_z , h , ρ . Kadangi detalės ruošinys apdirbimo metu yra tvirtinamas 3 kumštelių griebtuve, radialinę pastatymo paklaidą ε randame iš lentelių (1.21; 1.22; 1.23). Technologinių pakopų minimalias užlaidas apskaičiuosime naudodamiesi pagrindine formule:

Grubus tekinimas:

$$2Z_i = 2(R_{zi} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad [2.5.2]$$

Glotnus tekinimas:

$$2Z_i = 2(R_{zi} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2})$$

Skaičiuojamasis matmuo: $d = 100 - 0,46 = 99,54 \text{ mm}$.

Mažiausios ribinių užlaidų $2Z_{\min}^{rib}$ vertės gaunamos kaip mažiausių atliekamosios ir ankstesniosios pakopų ribinių matmenų skirtumas. Didžiosios ribinių užlaidų $2Z_{\max}^{rib}$ vertės gaunamos kaip didžiausių atliekamosios ir ankstesniosios pakopų ribinių matmenų skirtumas.

Skaičiuojame ribinius matmenis:

„Apskaičiuotas matmuo d_{sk} pildoma pradedant nuo galutinio mažiausio ribinio (brėžinio) matmens, iš eilės pradedant prie jo kiekvienos technologinės pakopos pridedant minimalią užlaidą:

$$d_{sk2} = 99,54 + 0,44 = 99,98 \text{ mm};$$

$$d_{sk.ruos} = 99,98 + 1,24 = 101,22 \text{ mm};$$

Užrašome atitinkamoje 2 lentelės grafoje tolerancijas kiekvienai technologinei pakopai:

Ruošinio skaičiuojamo kakliuko tolerancija: $T_{ruos} = 600 \mu\text{m}$

Grubaus tekinimui kakliuko tolerancija: $T_{grub} = 350 \mu\text{m}$

Glotniam tekinimui kakliuko tolerancija: $T_{glot.} = 46 \mu\text{m}$

Didžiausius ribinius matmenis gauname pridėję prie mažiausių ribinių matmenų atitinkamos pakopos tolerancijas:

$$d_{max2} = 101,22 + 0,6 = 101,82 \text{ mm};$$

$$d_{max1} = 99,58 + 0,35 = 99,93 \text{ mm};$$

$$d_{max.ruos} = 99,54 + 0,46 = 99,586 \text{ mm}.$$

Mažiausios ribinių užlaidų $2z_{\min}^{rib}$ vertės gaunamos kaip mažiausių atliekamosios ir ankstesniosios pakopų ribinių matmenų skirtumas. Didžiausios ribinių užlaidų $2z_{\max}^{rib}$ vertės gaunamos kaip didžiausių atliekamosios ir ankstesniosios pakopų ribinių matmenų skirtumas.

$$2z_{\max 1}^{rib} = 101,82 - 99,93 = 1,89\text{mm} = 1890\mu\text{m}$$

$$2z_{\max 2}^{rib} = 99,93 - 99,586 = 0,344\text{mm} = 344\mu\text{m}$$

$$2z_{\min 1}^{rib} = 101,22 - 99,58 = 1,64\text{mm} = 1640\mu\text{m}$$

$$2z_{\min 2}^{rib} = 99,58 - 99,54 = 0,4\text{mm} = 400\mu\text{m}$$

Gautus duomenis surašome į 2.5.2 lentelę:

2.5.2 lentelė. Užlaidos

$\varnothing 100_{-0,46}^0 H12$	Užlaidos elementai, μm				Apskaičiuota užlaida $2Z_{\min}$, μm	Apskaičiuotas matmuo d_{sk} , mm	Tolerancija T, μm	Ribiniai matmenys, mm		Ribinės užlaidos, μm	
	R_z	h	ρ	ϵ				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2z_{\min}^{rib}$	$2z_{\max}^{rib}$
Ruošinys	200	300	1,08	-	-	101,22	600	101,22	101,82	-	-
Grubus tekinimas	50	50	0,0648	120	1240	99,98	350	99,58	99,93	1640	1890
Glotnus tekinimas	30	30	0,054	6	440	99,54	46	99,54	99,586	400	344

Grubaus tekinimo metu pasiekiamas IT12 matmens kokybės lygis, tačiau pirmos pakopos apdirbimo metu pradedama dirbti detalė skaičiuojama nuo neapdirbto paviršiaus, todėl:

$$T = \frac{T_{ruoš} + T_{pd}}{2}$$

$$T_{pd} = 300 \mu m$$

$$T = \frac{600 + 300}{2} = 450 \mu m$$
[2.5.3]

Suminė ruošinio paviršių erdvinių nuokrypų vertė:

$$\rho_{ruoš} = \Delta k \cdot l$$

$$\Delta k = 0,08 \mu m / mm$$

$$l = 18 mm$$

$$\rho_{ruoš} = 0,08 \cdot 18 = 1,44 \mu m$$
[2.5.4]

Likęs ruošinio paviršių erdvinis nuokrypis po grubaus tekinimo:

$$\rho_{grub.tek.} = k \cdot \rho_{ruoš} = 0,06 \cdot 1,44 = 0,864 \mu m$$
[2.5.5]

ε randamas iš lentelių: $\varepsilon = 500 \mu m$.

Naudojantis minimalios užlaidos plokštumos apskaičiavimo formule:

$$z_{\min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i$$
[2.5.6]

Apskaičiuojame minimalią ruošinio paviršiaus grubiojo tekinimo užlaidą:

$$z_{\min 1} = 200 + 300 + 1,44 + 500 = 1021 \mu m$$

Skaičiuojamas matmuo 9 paviršiaus grubiam tekinimui:

$$18 - 0,24 = 17,76 mm$$

Skaičiuojamas matmuo 9 paviršiaus ruošiniui:

$$17,76 + 1,021 = 18,781 mm$$

Nustatome tolerancijas kiekvienam perėjimui:

9 paviršiaus ruošiniui: $1000 \mu m$;

9 paviršiaus grubiam tekinimui: $300 \mu m$;

„Apskaičiuotas matmuo l_{sk} pildoma pradedant nuo galutinio mažiausio ribinio (brėžinio) matmens, iš eilės pradedant prie jo kiekvienos technologinės pakopos minimalią užlaidą:

$$l_{\min} = 18 - 0,24 = 17,76 \text{ mm};$$

$$l_{ruos} = 17,76 + 0,715 = 18,475 \text{ mm}.$$

Didžiausius ribinius matmenis gauname pridėję prie mažiausių ribinių matmenų atitinkamos pakopos tolerancijas:

$$l_{\max} = 17,76 + 0,3 = 18,06 \text{ mm};$$

$$l_{ruos} = 18,475 + 1,00 = 19,475 \text{ mm}.$$

Mažiausios ribinių užlaidų $2Z_{\min}^{rib}$ vertės gaunamos kaip mažiausių atliekamosios ir ankstesniosios pakopų ribinių matmenų skirtumas. Didžiausias ribinių užlaidų $2Z_{\max}^{rib}$ vertės gaunamos kaip didžiausių atliekamosios ir ankstesniosios pakopų ribinių matmenų skirtumas.

$$2z_{\min} = 18,78 - 18,06 = 0,72 \text{ mm} = 720 \mu\text{m};$$

$$2z_{\max} = (18,78 + 1) - (17,76 - 0,24) = 2,5 \text{ mm} = 2500 \mu\text{m}.$$

Užlaidų ir ribinių matmenų apskaičiavimas plokšties paviršiams:

2.5.3 lentelė. Užlaidos plokšties paviršiams

$18_{-0,24}^0$	Užlaidos elementai, μm				Skaič. Užlaida, μm	Skaič. Matm, mm	Tolerancija, μm	Ribiniai matmenys, mm		Ribinės užlaidos, μm	
	Rz	h	q	ϵ				$l_{\min}$	$l_{\max}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Ruošinio galinė plokštumas	200	300	1,44	-	-	18,781	1000	18,781	19,475	-	-
Grubus tekinimas	50	50	0,3	120	1021	17,76	300	17,76	18,06	720	2500
Grubus tekinimas	50	50	0,3	120	1021	16,739	300	16,739	16,645	720	2500

2.6. Pjovimo režimų nustatymas

Pjovimo režimai yra skaičiuojami atsižvelgiant į mechaninio apdirbimo būdą, apdirbamosios detalės standumą, medžiagą ir jos būvį. Taip pat labai didelę įtaką pjovimo režimų sudarymui ir skaičiavimui turi įrankio pjaunančiosios dalies medžiaga, jo geometrinė forma ir kampai. Režimų skaičiavimui įtakos turi ir mechanškai apdirbamų detalės paviršių tikslumui ir šiurkštumui keliami reikalavimai, naudojamos staklės ir daugelis kitų veiksnių. [1,2,3,4,5,6,7,20]

Skaičiuojame pjovimo režimus 010 operacijos trečiam perėjimui, kuomet apdirbamas yra (2.) paviršius. Atliekamas rupusis išorinis aptekinimas.

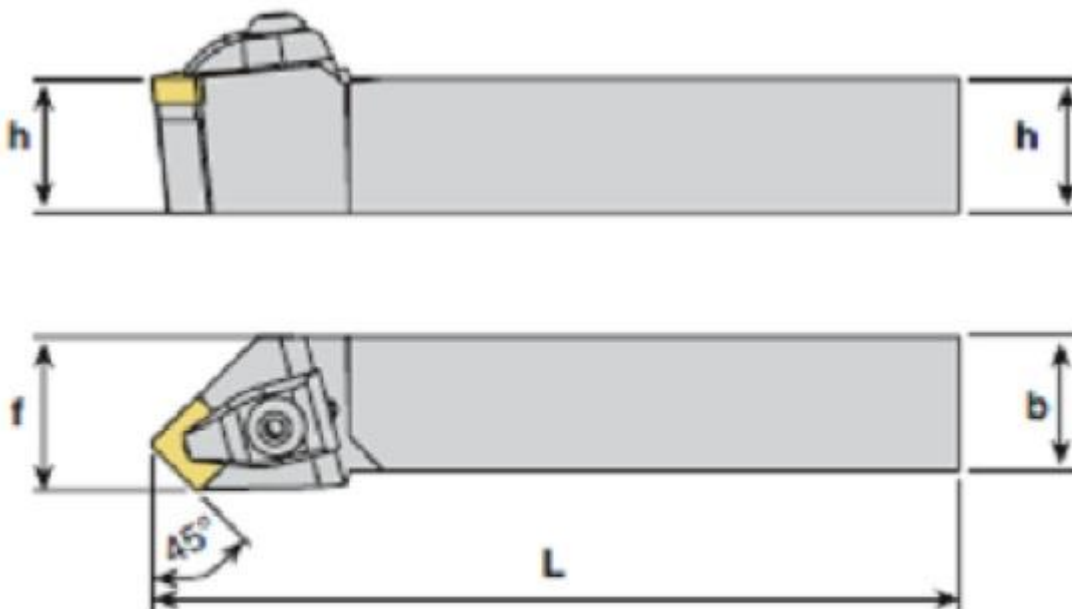
Medžiaga: Kalibruotas, karštai valcuotas strypas, plienas C45.

Kietumas: $HB = 250$

Ruošinio matmenys: skersmuo – $D = 110\text{mm.}$, ilgis – $L = 23\text{mm.}$

Reikalavimai apdirbimui: paviršiaus šiurkštumas $Ra = 6,3\mu\text{m.}$ $Rz = 40\mu\text{m.}$

Parenkamas tekimo peilis: TSSNR 2020K12, kurio koto matmenys $x \times b = 20 \times 20\text{ mm.}$ (žr. 2.6.1 pav.)



2.8 pav. Tekimo peilis TSSNR 2020K12

Pjaunančiosios dalies medžiaga: T15K6 kietlydinio plokštelė.

Parenkami tekimo peilio kampai: $\gamma = 15^\circ$; $\alpha = 15^\circ$; $\lambda = 0^\circ$; $\varphi = 45^\circ$; $\varphi_1 = 45^\circ$; $r = 1\text{ mm}$.

Skaičiuojamas pjovimo gylis:

$$t = \frac{D-d}{2} \quad [2.6.1]$$

Čia: D – ruošinio skersmuo prieš tekimą, mm.

d – skersmuo po tekimo, mm.

$t = \frac{110-100}{2} = 2,5\text{ mm}$. , kadangi kietlydinio plokštelės storis yra tik 6mm., leistinas didžiausias pjovimo gylis naudojant tokią plokštelę yra iki 2,6mm., todėl tekina dviem perėjimais.

Parenkama pastūma vienam ruošinio apsisukimui [1] – 266p., 11 – 13lent.

$s = 0,5\text{ mm/aps}$.

Apskaičiuojamas leistinas pjovimo greitis:

$$v = \frac{C_v}{T_m \times t_x \times s_y} \times K_v \quad [2.6.2]$$

Čia: T – vidutinė peilio patvarumo reikšmė, $T = 60\text{ min}$.

Konstanta C_v ir laipsnių rodikliai x , y , m yra parenkami iš [1] – 269p., 17lent.

$C_v = 340$; $x = 0,15$; $y = 0,45$; $m = 0,2$

Pataisos koeficientas: $K_v = K_{mv} + K_{nv} + K_{uv} + K_{\varphi v} + K_{\varphi_1 v} + K_{rv}$ [2.6.3]

Čia: K_{mv} - koeficientas, įvertinantis apdirbamosios medžiagos įtaką pjovimo greičiui [1] – 261p., 1,2 lentelės.

$$K_{mv} = K_\Gamma \left(\frac{750}{\sigma_u} \right)^2, \text{ kai } K_\Gamma = 1, n=1 \text{ [1] – 262p., 2 lentelė.} \quad [2.6.4]$$

$K_{mv} = 1,25$

K_{nv} - koeficientas, įvertinantis medžiagos paviršiaus būklę esamam pjovimo greičiui [1] – 263p., 5 lentelė.

$$K_{nv} = 0,9$$

K_{uv} - koeficientas, įvertinantis peilio darbinės dalies medžiagos įtaką pjovimo greičiui [1] – 263p., 6 lentelė.

$$K_{uv} = 1$$

$K_{\varphi v}$; $K_{\varphi_1 v}$; K_{rv} ; - koeficientai, įvertinantys peilio geometrinių elementų įtaką pjovimo greičiui [1] – 271p., 18 lentelė.

$$K_{\varphi v} = 1; K_{\varphi_1 v} = 0,87; K_{rv} = 0,94$$

$$v = \frac{340}{60^{0,2} \times 2,5^{0,15} \times 0,5^{0,45}} \times 0,92 = 185 \frac{m}{min}$$

Skaičiuojame ruošinio sukimosi dažnį:

$$n = \frac{1000 \times v}{\pi \times D} \quad [2.6.5]$$

$$n = \frac{1000 \times 184,65}{3,14 \times 110} = 535 \frac{aps}{min}$$

Skaičiuojame minutinę pastūmą:

$$s_m = s \times n_{st} \quad [2.6.6]$$

Kadangi dirbama su CNC tipo staklėmis, kuriomis galima pasiekti tikslų apsisukimų skaičių, todėl priimame, kad $n_{st} = 535 \frac{aps}{min}$

$$s_m = 534,5 \times 0,5 = 267 \frac{mm}{min}$$

Tikrasis pjovimo greitis, CNC tipo staklėse sutampa su skaičiuojamuoju pjovimo greičiu, todėl

$$v = v_t = 185 \frac{m}{min}$$

Skaičiuojame pjovimo jėgos dedamąsias

$$P_{z,x,y} = 10C_p \times t^x \times s^y \times v_n^t \times K_p \quad [2.6.7]$$

Čia: P_z , P_x , P_y – tangentinė, radialinė ir ašinė pjovimo jėgos dedamosios išilginio, skersinio tekimo, ištekimo, griovelių įpjovimo, atpjovimo ir fasoninio tekimo atvejais.

C_p – konstanta [1] – 273p., 22 lentelė.

Tangentinei jėgai: $C_p = 384$

Radialinei jėgai: $C_p = 355$

Ašinei jėgai: $C_p = 241$

x, y, n – laipsnių rodikliai [1] – 273p., 22 lentelė.

Tangentinei jėgai: $x = 0,9; y = 0,9; n = -0,15$

Radialinei jėgai: $x = 0,6; y = 0,8; n = -0,3$

Ašinei jėgai: $x = 1,05; y = 0,2; n = -0,4$

K_p – pataisos koeficientas. $K_p = K_{mp} + K_{\varphi p} + K_{yp} + K_{\lambda p} + K_{rp}$ [2.6.8]

K_{mp} – pataisos koeficientas įvertinantis apdirbamosios medžiagos įtaką pjovimo jėgai.

$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_u}{750}\right)^n$, kai pjovimo plokštelės medžiaga yra iš kietlydinio, tai $n = 0,75$ [1] – 264p., 9 lentelė.

$K_{mp} = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,75} = 0,84$ [2.6.9]

$K_{\varphi p}; K_{yp}; K_{\lambda p}; K_{rp}$ - koeficientai įvertinantys peilio geometrijos įtaką pjovimo jėgai.[1] – 275p., 23 lentelė.

$K_{\varphi p} = 1$; $K_{yp} = 1,25$ – tangentinei, $K_{yp} = 2$ – radialinei, ašinei, $K_{\lambda p} = 1$, $K_{rp} = 0,93$ – tangentinei, $K_{rp} = 0,82$ radialinei, $K_{rp} = 1$ – ašinei.

Tangentinei jėgai: $K_p = 0,98$

Radialinei jėgai: $K_p = 1,38$

Ašinei jėgai: $K_p = 1,68$

$P_z = 2091,82 \text{ N}$

$P_y = 966,18 \text{ N}$

$$P_x = 1107,46 \text{ N}$$

Skaičiuojame pjovimui reikalingą galią:

$$N = \frac{P_z \times v_t}{60 \times 1020} \quad [2.6.10]$$

Čia: P_z – tangentinė pjovimo jėgos dedamoji, N.

v_t – tikrasis pjovimo greitis, m/min.

$$N = \frac{386254,56}{61200} = 6,31 \text{ kW}$$

Parinkti pjovimo režimai turi tenkinti sąlygą:

$$N \leq N_v \times \eta \quad [2.6.11]$$

Čia: N_v – staklių pagrindinio el. Variklio galia, kW.

η – staklių pavaros naudingumo koeficientas

$$N \leq 14,9 \times 0,75$$

$6,31 \leq 11,175$ – sąlyga tenkinama.

Skaičiuojame pagrindinį mašininį laiką

$$T_m = \frac{L}{s_m} \quad [2.6.12]$$

Čia: s_m – minutinė pastūma, mm/min.

L – darbo eigos ilgis, mm.

$$L = l + l_1 + l_2 \quad [2.6.13]$$

Čia: l_1 – peiliui įsipjauti iki viso gylio reikalingas atstumas, mm. [2] – 620p., 2 lentelė.

l_2 – peilio praėjimo už apdirbtojo paviršiaus ilgis, mm. [2] – 620p., 2 lentelė.

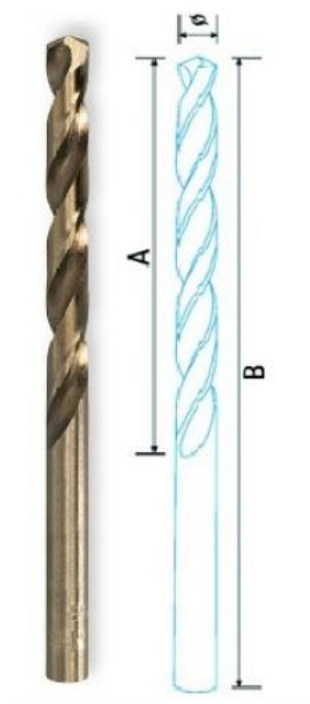
l – pjovimo ilgis, mm.

$$L = 28 + 3 + 1 = 32$$

$$T_m = \frac{32}{267} = 0,12$$

Gauti rezultatai surašomi į 2.7 lentelę.

Skaičiuojame pjovimo režimus 010 operacijos aštuntam perėjimui, kuomet apdirbamas yra (5.) paviršius. Gręžiama Ø7 mm. kiaurymė paviršiui (5. suformuoti). Parenkamas įrankis – spiralinis grąžtas BERNER DIN 338 CO5 PREMIUM LINE.



2.9 pav. Spiralinis grąžtas BERNER

Grąžto pjaunančiosios dalies medžiaga – HSS-E su 5% kobalto. Grąžto kampai: $2\phi = 130^\circ$; $\alpha = 12^\circ$; $\psi = 55^\circ$; $\omega = 30^\circ$.

Skaičiuojame pjovimo gylį:

$$t = \frac{D}{2} \quad [2.6.14]$$

Čia: D – grąžto diametras, mm.

$$t = \frac{7}{2} = 3,5 \text{ mm.}$$

Parenkama gręžimo pastūma vienam apsisukimui: [2] – 661p.

$s = 0,1\text{mm/aps.}$

Skaičiuojame leistiną pjovimo greitį:

$$v = \frac{C_v \times D^q}{T_m \times t_x \times s_y} \times K_v \quad [2.6.15]$$

Čia: C_v – konstanta. [1] – 278p., 28 lent., [6] – 22p., 11 lent.

D – gręžimo skersmuo, mm.

T – vidutinė grąžto patvarumo reikšmė, min. [1] – 279p., 30 lent

s – gręžimo pastūma vienam apsisukimui, mm.

q, m, y – koeficientas. [1] – 278p., 28 lent., [6] – 22p., 11 lent.

$$K_v \text{ – pataisos koeficientas, } K_v = K_{mv} + K_{lv} + K_{uv} \quad [2.6.16]$$

K_{mv} – koeficientas įvertinantis apdirbamosios medžiagos įtaką pjovimo greičiui. [1] – 261p., 1,2 lent.

$$K_{mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_u} \right)^{nv} = 1,47$$

$K_{uv} = 1$ - koeficientas įvertinantis grąžto medžiagos įtaką pjovimo greičiui. [1] – 263p., 6 lent.

$K_{lv} = 1$ - koeficientas įvertinantis gręžimo gylio įtaką pjovimo greičiui. [1] – 280p., 31 lent.

$$K_v = 1,47$$

$$C_v = 7 ; q = 0,4 ; m = 0,2 ; y = 0,7 ; T = 25\text{min}$$

$$v = \frac{7 \times 2,17}{1,9 \times 0,19} \times 1,47 = 62 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

Skaičiuojame grąžto sukimosi dažnį:

$$n = \frac{1000 \times v}{\pi \times D}$$

$$n = \frac{1000 \times 62}{3,14 \times 7} = 2814 \frac{\text{aps}}{\text{min}}$$

Apskaičiuotas grąžto sukimosi dažnis yra ruošinio sukimosi dažnis, nes grąžtas yra standžiai įtvirtintas staklėse, o sukimosi judesį turi ruošinys. Dirbama CNC tipo tekinimo staklėmis, kuriomis galima

nustatyti bet kokį pageidaujamą (koeficientas maksimalių įrengimo sūkių 4000 aps/min.) apsisukimų per minutę skaičių. Priimame, kad staklių sukimosi dažnis $n_{st} = n = 2814 \frac{aps}{min}$.

Skaičiuojame minutinę pastūmą:

$$s_m = s \times n_{st}$$

$$s_m = 281 \frac{mm}{min}$$

Skaičiuojame tikrąjį pjovimo greitį:

$$v = \frac{\pi D n_{st}}{1000} \quad [2.6.17]$$

$$v = \frac{3,14 \times 7 \times 2814}{1000} = 62 \frac{m}{min}$$

Skaičiuojame sukimo momentą:

$$M = 10 C_m \times D_q \times s^y \times K_p \quad [2.6.18]$$

Čia: C_m – konstanta. [1] – 281p., 32 lent. $C_m = 0,0345$

D – gręžimo skersmuo, mm.

s – gręžimo pastūma vienam apsisukimui, mm.

q, m, y – koeficientas. [1] – 281p., 32 lent. $q=2; y=0,8$

K_p – pataisos koeficientas; $K_p \left(\frac{\sigma_u}{750}\right)^{0,75} = 0,84$

$$M = 10 \times 0,0345 \times 7^2 \times 0,1^{0,8} \times 0,84 = 2,25 \text{ Nm}$$

Skaičiuojame ašinę jėgą:

$$P_0 = 10 C_p \times D^q \times s^y \times K_p \quad [2.6.19]$$

Čia: C_p – konstanta. [1] – 281p., 32 lent. $C_p = 68$

D – gręžimo skersmuo, mm.

s – gręžimo pastūma vienam apsisukimui, mm.

q, m, y – koeficientas. [1] – 281p., 32 lent. $q=1; y=0,7$

$$K_p - \text{pataisos koeficientas, } K_p \left(\frac{\sigma_u}{750} \right)^{0,75} = 0,84$$

$$P_0 = 10 \times 68 \times 7 \times 0,1^{0,7} \times 0,84 = 797,78 \text{ N}$$

Skačiuojame grąžtui sukti reikalingą pjovimo galią:

$$N = \frac{M \times n_{st}}{9750} \quad [2.6.20]$$

$$N = \frac{2,25 \times 2813,92}{9750} = 0,65 \text{ kW}$$

Parinkti pjovimo režimai turi tenkinti sąlygą:

$$N \leq N_v \times \eta \quad [2.6.23]$$

Čia: N_v – staklių pagrindinio el. Variklio galia, Kw.

η – staklių pavaros naudingumo koeficientas

$$N \leq 14,9 \times 0,75$$

$0,65 \leq 11,175$ – sąlyga tenkinama.

Skačiuojame pagrindinį mašininį laiką:

$$T_m = \frac{L}{s_m}$$

Čia: s_m – minutinė pastūma, mm/min.

L – darbo eigos ilgis, mm.

$$L = l + l_1 + l_2$$

Čia: l_1 – peiliui įsipjauti iki viso gylio reikalingas atstumas, mm. [2] – 620p., 2 lentelė.

l_2 – peilio praėjimo už apdirbtojo paviršiaus ilgis, mm. [2] – 620p., 2 lentelė.

l – pjovimo ilgis, mm.

$$L = 23 + 2,5 = 25,5$$

$$T_m = \frac{25,5}{281} = 0,09$$

Gauti rezultatai surašomi į 2.7 lentelę.

Likusius pjovimo režimus parenkame iš lentelių.

2.6.1 lentelė. Pjovimo režimai

Operacijos Nr.	Perėjimo Nr	Operacija	Staklės	Pjovimo gylis t, mm.	Pastūma s, mm/aps.	Sūkimosi dažnis n, aps/min	Pjovimo greitis v, m/min	Minutinė pastūma, mm/min.
010	1.	Galinio paviršiaus (1.) rupusis tekinimas	HAAS ST- 20	2	0,2	429	148	86
	2.	Galinio paviršiaus (1.) glotnūsio tekinimas		0,5	0,4	458	158	183
	3.	Paviršiaus (2.) rupusis tekinimas		2,5	0,5	535	185	267
	4.	Paviršiaus (2.) rupusis tekinimas		2,5	0,5	535	185	267
	5.	Paviršiaus (3.) rupusis tekinimas		5	0,2	173	49	3
	6.	Paviršiaus (4.) gręžimas		16	0,22	269	46	59
	7.	Paviršiaus (5.) rupusis vidinis		5	0,2	336	58	67

		ištekinimas						
	8.	Paviršiaus (5.) rupusis vidinis ištekinimas		5	0,2	336	58	67
	9.	Paviršiaus (5.) glotnusias vidinis ištekinimas		1,5	0,3	1009	174	302
	10.	Paviršiaus (6.) gręžimas		3,5	0,1	2814	62	281
	11.	Paviršiaus (7.) gręžimas		3,5	0,1	2814	62	281
	12.	Paviršiaus (8.) gręžimas		3,5	0,1	2814	62	281
	13.	Paviršiaus (8.) gręžimas		3,5	0,1	2814	62	281
	14.	Paviršiaus (6.) nuožulos plėtimas		1	0,5	1910	54	955
	15.	Paviršiaus (7.) nuožulos plėtimas		1	0,5	1910	54	955
	16.	Paviršiaus (8.) nuožulos plėtimas		1	0,5	1910	54	955
	17.	Paviršiaus (9.) nuožulos plėtimas		1	0,5	1910	54	955
	18.	Paviršiaus (6.) sriegimas		1	0,5	12	5	6
	19.	Paviršiaus (7.) sriegimas		1	0,5	12	5	6

HAAS ST-20

	20.	Paviršiaus (8.) sriegimas		1	0,5	12	5	6
	21.	Paviršiaus (9.) sriegimas		1	0,5	12	5	6
020	1.	Galinio paviršiaus (9.) rupusis tekinimas	HAAS ST- 20	2,5	0,3	472	148	142
030	1.	Paviršiaus (10.) nuožulos rupusis ištekinimas	HAAS ST- 20	4	0,8	414	52	331
040	1.	Paviršiaus (11.) rupusis frezavimas	Bridgeport GX480	4	0,12mm/dant.	189	24	136
	2.	Paviršiaus (11.) rupusis frezavimas		3	0,12mm/dant.	199	25	143
	3.	Paviršiaus (12.) rupusis frezavimas		4	0,12mm/dant.	189	24	136
	4.	Paviršiaus (12.) rupusis frezavimas		4	0,12mm/dant.	189	24	136
	5.	Paviršiaus (12.) rupusis frezavimas		4	0,12mm/dant.	189	24	136
	6.	Paviršiaus (12.) rupusis frezavimas		4	0,12mm/dant.	189	24	136
	7.	Paviršiaus (12.) rupusis frezavimas		1,5	0,12mm/dant.	228	29	164
	1.	Paviršiaus		4	0,12mm/dant.	189	24	136

050		(13.) rupusis frezavimas						
	2.	Paviršiaus (13.) rupusis frezavimas		4	0,12mm/dant.	189	24	136
	3.	Paviršiaus (13.) rupusis frezavimas		1,25	0,12mm/dant.	236	30	170
	4.	Paviršiaus (14.) rupusis frezavimas		4	0,12mm/dant.	189	24	136
	5.	Paviršiaus (14.) rupusis frezavimas		4	0,12mm/dant.	189	24	136
	6.	Paviršiaus (14.) rupusis frezavimas		1,25	0,12mm/dant.	236	30	170
	7.	Paviršiaus (15.) rupusis frezavimas		4	0,12mm/dant.	189	24	136
	8.	Paviršiaus (15.) rupusis frezavimas		4	0,12mm/dant.	189	24	136
	9.	Paviršiaus (15.) rupusis frezavimas		1	0,12mm/dant.	246	31	177
	10.	Paviršiaus (16.) rupusis frezavimas		4	0,12mm/dant.	189	24	136
	11.	Paviršiaus (16.) rupusis frezavimas		4	0,12mm/dant.	189	24	136
	12.	Paviršiaus (16.) rupusis frezavimas		1	0,12mm/dant.	246	31	177

2.7. Techninis normavimas

Technologijos proceso normavimas yra tikslinis gamybos išteklių naudojimas pagrįstas nustatytomis normomis. Siekiant ekonomiško svarbiausia yra nustatyti techniškai pagrįstą laiko normą. Apskaičiuota laiko norma yra darbo laikas, kurio reikia darbo operacijai pilnai atlikti. Techninė norma yra reikalinga darbo našumui ir atlygiui už atliktą darbą įvertinti, apskaičiuoti cechų ir barų gamybinius pajėgumus. Taip pat apskaičiuoti ir įvertinti reikiamą įrengimų skaičių, jų apkrovimą ceche ar bare.

Vienetinis detalės gamybos laikas yra apskaičiuojamas:

$$t_{vnt} = t_0 + t_p + t_{ap} + t_{pt}; \quad [2.7.1]$$

Čia: t_{vnt} – vienetinis laikas;

t_p – pagalbinis laikas, skirtas detalei įtvirtinti ir nuimti, pavaroms įjungti, išjungti, ruošiniui matuoti ir kt. Jį apskaičiuojame:

t_{pl} – poilsio laikas;

Pagrindinis laikas t_0 kiekvienam perėjimui yra apskaičiuojamas:

$$t_0 = \frac{L \times i}{n \times s} = \frac{L \times i}{S_m} = \frac{L \times i}{s_z \times z \times n}; \quad [2.7.2]$$

Čia: i – darbo eigų skaičius atliekamame perėjime;

L – įrankio perslinkimo skaičiuojamas ilgis apdirbimo metu, mm.;

S_m – minutinė įrankio pastūma, mm/min.;

S_z – pastūma dančiui, mm.;

Privedant įrankį rankomis:

$$L = l + l_{is} + l_{i\check{s}}; \quad [2.7.3]$$

Čia: l – apdirbamo paviršiaus ilgis, mm. ;

l_{is} – įrankio įsipjovimo ilgis, mm. ;

$l_{i\check{s}}$ – įrankio išėjimo ilgis, mm. ;

Kai apdirbimo ciklas yra automatinis, tuomet dydis L nustatomas:

$$L = l + l_{i\check{s}} + l_{i\check{s}} + l_{pr} ; \quad [2.7.4]$$

Čia: l_{pr} – yra įrankio privedimo prie ruošinio ilgis, norint išvengti smūgio pjovimo pradžioje.

$$t_p = t_{pu} + t_{pv} + t_{pm}; \quad [2.7.5]$$

Čia: t_{pu} – detalės uždėjimo ir nuėmimo laikas – 0,12min.;

t_{pv} – staklių valdymo laikas:

Staklių įjungimas ir išjungimas – 0,03min. ;

Įrankio nustatymas į pradinę padėtį – 0,1min. ;

Staklių skydo atidarymas ir uždarymas – 0,16min. ;

t_{pm} – detalių matavimo laikas – 0,16min. ;

Pagrindinio ir pagalbinio laiko suma yra vadinama operatyviniu laiku. Į šį laiką įeina tik to pagalbinio laiko dalis, kuri nėra perdengiama mašininio laiko.

Darbo vietos aptarnavimo laikas – tai vienetinio laiko dalis, skirta technologinių įrengimų darbingumui palaikyti ir jų darbo vietai aptarnauti. Skiriamos darbo vietos techninis t_t ir organizacinis t_{org} aptarnavimo laikas:

$$t_{ap} = t_t + t_{org} \quad [2.7.6]$$

Techninio aptarnavimo laikas - skirtas nudilusiam įrankiui pakeisti, įrengimui paderinti, įrankiui reguliuoti. Skaičiavimuose jis įvertinamas procentais (iki 6%) nuo operatyvinio laiko arba skaičiuojamas pagal normatyvus atsižvelgiant į atliekamus darbus.

Organizacinio aptarnavimo laikas – sugaištamasis paruošiant darbo vietą darbo pradžiai, sutvarkant darbo vietą pasibaigus darbuotojo pamainai, tepant ir valant stakles ir kt. Jis yra nustatomas procentais nuo aptarnavimo laiko (0,6- 8%).

Laikas asmeniniams poreikiams taip pat yra įvertinamas procentais nuo aptarnavimo laiko (apie 2,5%)

Praktiniuose skaičiavimuose vienetinis laikas yra nustatomas pagal formulę:

$$t_y = t_{op} \left(1 + \frac{\alpha + \beta + \gamma}{100} \right); \quad [2.7.7]$$

Čia: α , β , γ – procentai nuo operatyvinio laiko, įvertinantys atitinkamai techninio, organizacinio, aptarnavimo laikus ir laiką skirtą asmeniniams poreikiams.

Skaičiuojame vienetinio laiko normą pirmai (010) operacijai – tekinimas, gręžimas, plėtimas, sriegimas.

Pirmas perėjimas: galinio paviršiaus (1.) rupusis tekinimas, kuomet $n = 429$ aps./min, $s = 0,2$ mm/aps.

$$L = 110 + 1 + 3 + 1 = 115 \text{ mm};$$

$$t_o = \frac{115 \times 1}{85,8} = 1,34 \text{ min.}$$

Antras perėjimas: galinio paviršiaus (1.) glotnusias tekinimas, kuomet $n = 457,7$ aps./min, $s = 0,4$ mm/aps.

$$L = 110 + 1 + 3 + 1 = 115 \text{ mm};$$

$$t_o = \frac{115 \times 1}{183} = 0,62 \text{ min.}$$

Trečias perėjimas: paviršiaus (2.) rupusis tekinimas, kuomet $n = 534,5$ aps./min, $s = 0,5$ mm/aps.

$$L = 23 + 1 + 3 + 1 = 28 \text{ mm};$$

$$t_o = \frac{28}{267,25} = 0,1 \text{ min.}$$

Ketvirtas perėjimas: paviršiaus (2.) rupusis tekinimas, kuomet $n = 534,5$ aps./min, $s = 0,5$ mm/aps.

$$L = 23 + 1 + 3 + 1 = 28 \text{ mm};$$

$$t_o = \frac{28}{267,25} = 0,1 \text{ min.}$$

Penktas perėjimas: paviršiaus (3.) rupusis tekimas, kuomet $n=173,4\text{aps./min}$, $s=0,2\text{mm/aps}$.

$$L = 12 + 1 + 3 + 1 = 17 \text{ mm};$$

$$t_o = \frac{17}{34,68} = 0,49 \text{ min.}$$

Šeštas perėjimas: paviršiaus (4.) grėžimas, kuomet $n=268,6\text{aps./min}$, $s=0,22\text{mm/aps}$.

$$L = 23 + 6 + 1 = 30 \text{ mm};$$

$$t_o = \frac{30}{59} = 0,5 \text{ min.}$$

Septintas perėjimas: paviršiaus (5.) rupusis vidinis ištekimas, kuomet $n=336,4\text{aps./min}$, $s=0,2\text{mm/aps}$.

$$L = 14 + 6 + 1 = 21 \text{ mm};$$

$$t_o = \frac{21}{67,2} = 0,3 \text{ min.}$$

Aštuntas perėjimas: paviršiaus (5.) rupusis vidinis ištekimas, kuomet $n=336,4\text{aps./min}$, $s=0,2\text{mm/aps}$.

$$L = 14 + 6 + 1 = 21 \text{ mm};$$

$$t_o = \frac{21}{67,2} = 0,3 \text{ min.}$$

Devintas perėjimas: paviršiaus (5.) glotnasis vidinis ištekimas, kuomet $n=1009\text{aps./min}$, $s=0,3\text{mm/aps}$.

$$L = 14 + 6 + 1 = 21 \text{ mm};$$

$$t_o = \frac{21}{302,7} = 0,07 \text{ min.}$$

Dešimtas perėjimas: paviršiaus (6.) grėžimas, kuomet $n=2813,92\text{aps./min}$, $s=0,1\text{mm/aps}$.

$$L = 23 + 5 + 1 = 29 \text{ mm};$$

$$t_o = \frac{29}{281} = 0,1 \text{ min.}$$

Vienioliktas perėjimas: paviršiaus (7.) gręžimas, kuomet $n=2813,92\text{aps./min}$, $s=0,1\text{mm/aps}$.

$$L = 23 + 5 + 1 = 29 \text{ mm;}$$

$$t_o = \frac{29}{281} = 0,1 \text{ min.}$$

Dvyliktas perėjimas: paviršiaus (8.) gręžimas, kuomet $n=2813,92\text{aps./min}$, $s=0,1\text{mm/aps}$.

$$L = 23 + 5 + 1 = 29 \text{ mm;}$$

$$t_o = \frac{29}{281} = 0,1 \text{ min.}$$

Tryliktas perėjimas: paviršiaus (9.) gręžimas, kuomet $n=2813,92\text{aps./min}$, $s=0,1\text{mm/aps}$.

$$L = 23 + 5 + 1 = 29 \text{ mm;}$$

$$t_o = \frac{29}{281} = 0,1 \text{ min.}$$

Keturioliktas perėjimas: paviršiaus (6.) nuožulos plėtimas, kuomet $n=1910\text{aps./min}$, $s=0,5\text{mm/aps}$.

$$L = 1 + 1 = 2 \text{ mm;}$$

$$t_o = \frac{2}{955} = 0,002 \text{ min.}$$

Penkioliktas perėjimas: paviršiaus (7.) nuožulos plėtimas, kuomet $n=1910\text{aps./min}$, $s=0,5\text{mm/aps}$.

$$L = 1 + 1 = 2 \text{ mm;}$$

$$t_o = \frac{2}{955} = 0,002 \text{ min.}$$

Šešioliktas perėjimas: paviršiaus (8.) nuožulos plėtimas, kuomet $n=1910\text{aps./min}$, $s=0,5\text{mm/aps}$.

$$L = 1 + 1 = 2 \text{ mm;}$$

$$t_o = \frac{2}{955} = 0,002 \text{ min.}$$

Septynioliktas perėjimas: paviršiaus (9.) nuožulos plėtimas, kuomet $n=1910\text{aps./min}$, $s=0,5\text{mm/aps}$.

$$L = 1 + 1 = 2 \text{ mm};$$

$$t_o = \frac{2}{955} = 0,002 \text{ min.}$$

Aštuonioliktas perėjimas: paviršiaus (6.) sriegimas, kuomet $n=1910\text{aps./min}$, $s=0,5\text{mm/aps}$.

$$L = 23 + 5 + 1 = 29 \text{ mm};$$

$$t_o = \frac{29}{281} = 0,1 \text{ min.}$$

Devynioliktas perėjimas: paviršiaus (7.) sriegimas, kuomet $n=1910\text{aps./min}$, $s=0,5\text{mm/aps}$.

$$L = 23 + 5 + 1 = 29 \text{ mm};$$

$$t_o = \frac{29}{281} = 0,1 \text{ min.}$$

Dvidešimtas perėjimas: paviršiaus (8.) sriegimas, kuomet $n=1910\text{aps./min}$, $s=0,5\text{mm/aps}$.

$$L = 23 + 5 + 1 = 29 \text{ mm};$$

$$t_o = \frac{29}{281} = 0,1 \text{ min.}$$

Dvidešimt pirmas perėjimas: paviršiaus (9.) sriegimas, kuomet $n=1910\text{aps./min}$, $s=0,5\text{mm/aps}$.

$$L = 23 + 5 + 1 = 29 \text{ mm};$$

$$t_o = \frac{29}{281} = 0,1 \text{ min.}$$

Pilnas mašininis laikas:

$$t_o = 0,1 \times 4 + 0,02 \times 4 + 0,1 \times 4 + 0,07 + 0,3 \times 2 + 0,5 + 0,49 + 0,1 \times 2 + 0,62 + 1,34 = 8,4 \text{ min}$$

Pagalbinis laikas yra parenkamas iš normatyvinių lentelių:

$$t_p = 0,16 + 0,03 + 0,1 \times 20 + 0,03 + 0,16 = 2,38 \text{ min}$$

Operatyvinis laikas:

$$t_{op} = 8,4 + 2,38 = 10,78 \text{ min}$$

Vienetinis laikas t_v yra skaičiuojamas įvertinus laiko procentus techninio, organizacinio aptarnavimo ir asmeniniams poreikiams skirtų laikų. Imame:

$$\alpha - 4\%$$

$$\beta - 0,6\%$$

$$\gamma - 2,5\%$$

$$t_y = 10,78 \left(1 + \frac{4+0,6+2,5}{100} \right) = 11,54 \text{ min}$$

Skaičiuojame vienetinio laiko normą pirmai (020) operacijai – nupjovimas.

Pirmas perėjimas: detalės nupjovimas, kuomet $n = 472 \text{ aps./min}$, $s = 0,3 \text{ mm/aps.}$

$$L = 110 + 1 + 3 + 1 = 115 \text{ mm};$$

$$t_o = \frac{115 \times 1}{141,6} = 0,8 \text{ min.}$$

Pilnas mašininis laikas:

$$t_o = 0,8 \text{ min}$$

Pagalbinis laikas yra parenkamas iš normatyvinių lentelių:

$$t_p = 0,16 + 0,03 + 0,1 + 0,03 + 0,16 = 0,48 \text{ min}$$

Operatyvinis laikas:

$$t_{op} = 0,8 + 0,48 = 1,28 \text{ min}$$

Vienetinis laikas t_v yra skaičiuojamas įvertinus laiko procentus techninio, organizacinio aptarnavimo ir asmeniniams poreikiams skirtų laikų. Imame:

$$\alpha - 4\%$$

$$\beta - 0,6\%$$

$$\gamma - 2,5\%$$

$$t_y = 1,28 \left(1 + \frac{4+0,6+2,5}{100} \right) = 1,37 \text{ min}$$

Skaičiuojame vienetinio laiko normą pirmai (030) operacijai – ištekinimas.

Pirmas perėjimas: paviršiaus (10.) nuožulos rupusis ištekinimas, kuomet $n = 414 \text{ aps./min}$, $s = 0,8 \text{ mm/aps.}$

$$L = 1 + 1 = 2 \text{ mm};$$

$$t_o = \frac{2}{331} = 0,006 \text{ min.}$$

Pilnas mašininis laikas:

$$t_o = 0,006 \text{ min}$$

Pagalbinis laikas yra parenkamas iš normatyvinių lentelių:

$$t_p = 0,16 + 0,03 + 0,1 + 0,03 + 0,16 = 0,48 \text{ min}$$

Operatyvinis laikas:

$$t_{op} = 0,006 + 0,48 = 0,486 \text{ min}$$

Vienetinis laikas t_v yra skaičiuojamas įvertinus laiko procentus techninio, organizacinio aptarnavimo ir asmeniniams poreikiams skirtų laikų. Imame:

$$\alpha - 4\%$$

$$\beta - 0,6\%$$

$$\gamma - 2,5\%$$

$$t_y = 0,486 \left(1 + \frac{4+0,6+2,5}{100} \right) = 0,52 \text{ min}$$

Skaičiuojame vienetinio laiko normą pirmai (040) operacijai – frezavimas.

Pirmas perėjimas: paviršiaus (11.) rupusis frezavimas, kuomet $n = 188,7 \text{ aps./min}$, $s = 0,12 \text{ mm/dant.}$

$$L = l + l_1 + l_2 \quad [4.8]$$

$$l_1 = 0,5(50 - \sqrt{D^2 - B^2}) \quad [4.9]$$

$$l_1 = 0,5(50 - 44,3) = 2,85$$

$$l_2 = 5\text{mm}$$

$$L = 51,28 + 2,85 + 5 = 59,13 \text{ mm};$$

$$t_o = \frac{59,13}{135,8} = 0,44 \text{ min.}$$

Antras perėjimas: paviršiaus (11.) rupusis frezavimas, kuomet $n = 199 \text{ aps./min}$, $s = 0,12 \text{ mm/dant.}$

$$l_1 = 0,5(50 - 44,3) = 2,85$$

$$l_2 = 5\text{mm}$$

$$L = 51,28 + 2,85 + 5 = 59,13 \text{ mm};$$

$$t_o = \frac{59,13}{143,28} = 0,41 \text{ min.}$$

Trečias perėjimas: paviršiaus (12.) rupusis frezavimas, kuomet $n = 188,7 \text{ aps./min}$, $s = 0,12 \text{ mm/dant.}$

$$l_1 = 0,5(50 - 44,3) = 2,85$$

$$l_2 = 5\text{mm}$$

$$L = 74,1 + 2,85 + 5 = 81,95 \text{ mm};$$

$$t_o = \frac{81,95}{135,8} = 0,6 \text{ min.}$$

Ketvirtas perėjimas: paviršiaus (12.) rupusis frezavimas, kuomet $n = 188,7 \text{ aps./min}$, $s = 0,12 \text{ mm/dant.}$

$$l_1 = 0,5(50 - 44,3) = 2,85$$

$$l_2 = 5\text{mm}$$

$$L = 74,1 + 2,85 + 5 = 81,95 \text{ mm};$$

$$t_o = \frac{81,95}{135,8} = 0,6 \text{ min.}$$

Penktas perėjimas: paviršiaus (12.) rupusis frezavimas, kuomet $n = 188,7 \text{ aps./min}$, $s = 0,12 \text{ mm/dant.}$

$$l_1 = 0,5(50 - 44,3) = 2,85$$

$$l_2 = 5 \text{ mm}$$

$$L = 74,1 + 2,85 + 5 = 81,95 \text{ mm;}$$

$$t_o = \frac{81,95}{135,8} = 0,6 \text{ min.}$$

Šeštas perėjimas: paviršiaus (12.) rupusis frezavimas, kuomet $n = 188,7 \text{ aps./min}$, $s = 0,12 \text{ mm/dant.}$

$$l_1 = 0,5(50 - 44,3) = 2,85$$

$$l_2 = 5 \text{ mm}$$

$$L = 74,1 + 2,85 + 5 = 81,95 \text{ mm;}$$

$$t_o = \frac{81,95}{135,8} = 0,6 \text{ min.}$$

Septintas perėjimas: paviršiaus (12.) rupusis frezavimas, kuomet $n = 227,7 \text{ aps./min}$, $s = 0,12 \text{ mm/dant.}$

$$l_1 = 0,5(50 - 44,3) = 2,85$$

$$l_2 = 5 \text{ mm}$$

$$L = 74,1 + 2,85 + 5 = 81,95 \text{ mm;}$$

$$t_o = \frac{81,95}{164} = 0,49 \text{ min.}$$

Pilnas mašininis laikas:

$$t_o = 0,49 + 0,6 \times 4 + 0,41 + 0,44 = 3,74 \text{ min}$$

Pagalbinis laikas yra parenkamas iš normatyvinių lentelių:

$$t_p = 0,16 + 0,03 + 0,1 \times 6 + 0,03 + 0,16 = 0,98 \text{ min}$$

Operatyvinis laikas:

$$t_{op} = 3,74 + 0,98 = 4,72 \text{ min}$$

Vienetinis laikas t_v yra skaičiuojamas įvertinus laiko procentus techninio, organizacinio aptarnavimo ir asmeniniams poreikiams skirtų laikų. Imaime:

$$\alpha - 4\%$$

$$\beta - 0,6\%$$

$$\gamma - 2,5\%$$

$$t_y = 4,72 \left(1 + \frac{4+0,6+2,5}{100} \right) = 5,05 \text{ min}$$

Skaiciuojame vienetinio laiko normą pirmai (050) operacijai – frezavimas.

Pirmas perėjimas: paviršiaus (13.) rupusis frezavimas, kuomet $n = 188,7 \text{ aps./min}$, $s = 0,12 \text{ mm/dant}$.

$$l_1 = 0,5(50 - 44,3) = 2,85$$

$$l_2 = 5 \text{ mm}$$

$$L = 57,95 + 2,85 + 5 = 65,8 \text{ mm};$$

$$t_o = \frac{65,8}{135,8} = 0,48 \text{ min.}$$

Antras perėjimas: paviršiaus (13.) rupusis frezavimas, kuomet $n = 188,7 \text{ aps./min}$, $s = 0,12 \text{ mm/dant}$.

$$l_1 = 0,5(50 - 44,3) = 2,85$$

$$l_2 = 5 \text{ mm}$$

$$L = 57,95 + 2,85 + 5 = 65,8 \text{ mm};$$

$$t_o = \frac{65,8}{135,8} = 0,48 \text{ min.}$$

Trečias perėjimas: paviršiaus (13.) rupusis frezavimas, kuomet $n = 235,7$ aps./min, $s = 0,12\text{mm/dant.}$

$$l_1 = 0,5(50 - 44,3) = 2,85$$

$$l_2 = 5\text{mm}$$

$$L = 57,95 + 2,85 + 5 = 65,8 \text{ mm};$$

$$t_o = \frac{65,8}{169,7} = 0,38 \text{ min.}$$

Ketvirtas perėjimas: paviršiaus (14.) rupusis frezavimas, kuomet $n = 188,7$ aps./min, $s = 0,12\text{mm/dant.}$

$$l_1 = 0,5(50 - 44,3) = 2,85$$

$$l_2 = 5\text{mm}$$

$$L = 57,95 + 2,85 + 5 = 65,8 \text{ mm};$$

$$t_o = \frac{65,8}{135,8} = 0,48 \text{ min.}$$

Penktas perėjimas: paviršiaus (14.) rupusis frezavimas, kuomet $n = 188,7$ aps./min, $s = 0,12\text{mm/dant.}$

$$l_1 = 0,5(50 - 44,3) = 2,85$$

$$l_2 = 5\text{mm}$$

$$L = 57,95 + 2,85 + 5 = 65,8 \text{ mm};$$

$$t_o = \frac{65,8}{135,8} = 0,48 \text{ min.}$$

Šeštas perėjimas: paviršiaus (14.) rupusis frezavimas, kuomet $n = 235,7$ aps./min, $s = 0,12\text{mm/dant.}$

$$l_1 = 0,5(50 - 44,3) = 2,85$$

$$l_2 = 5\text{mm}$$

$$L = 57,95 + 2,85 + 5 = 65,8 \text{ mm};$$

$$t_o = \frac{65,8}{169,7} = 0,38 \text{ min.}$$

Septintas perėjimas: paviršiaus (15.) rupusis frezavimas, kuomet $n = 188,7 \text{ aps./min}$, $s = 0,12 \text{ mm/dant}$.

$$l_1 = 0,5(50 - 44,3) = 2,85$$

$$l_2 = 5 \text{ mm}$$

$$L = 63,28 + 2,85 + 5 = 71,13 \text{ mm};$$

$$t_o = \frac{71,13}{135,8} = 0,52 \text{ min.}$$

Aštuntas perėjimas: paviršiaus (15.) rupusis frezavimas, kuomet $n = 188,7 \text{ aps./min}$, $s = 0,12 \text{ mm/dant}$.

$$l_1 = 0,5(50 - 44,3) = 2,85$$

$$l_2 = 5 \text{ mm}$$

$$L = 63,28 + 2,85 + 5 = 71,13 \text{ mm};$$

$$t_o = \frac{71,13}{135,8} = 0,52 \text{ min.}$$

Devintas perėjimas: paviršiaus (15.) rupusis frezavimas, kuomet $n = 245,6 \text{ aps./min}$, $s = 0,12 \text{ mm/dant}$.

$$l_1 = 0,5(50 - 44,3) = 2,85$$

$$l_2 = 5 \text{ mm}$$

$$L = 63,28 + 2,85 + 5 = 71,13 \text{ mm};$$

$$t_o = \frac{71,13}{176,8} = 0,4 \text{ min.}$$

Dešimtas perėjimas: paviršiaus (16.) rupusis frezavimas, kuomet $n = 188,7 \text{ aps./min}$, $s = 0,12 \text{ mm/dant}$.

$$l_1 = 0,5(50 - 44,3) = 2,85$$

$$l_2 = 5\text{mm}$$

$$L = 63,28 + 2,85 + 5 = 71,13 \text{ mm};$$

$$t_o = \frac{71,13}{135,8} = 0,52 \text{ min.}$$

Vienuliiktas perėjimas: paviršiaus (16.) rupusis frezavimas, kuomet $n = 188,7 \text{ aps./min}$, $s = 0,12\text{mm/dant.}$

$$l_1 = 0,5(50 - 44,3) = 2,85$$

$$l_2 = 5\text{mm}$$

$$L = 63,28 + 2,85 + 5 = 71,13 \text{ mm};$$

$$t_o = \frac{71,13}{135,8} = 0,52 \text{ min.}$$

Dvyliktas perėjimas: paviršiaus (16.) rupusis frezavimas, kuomet $n = 245,6 \text{ aps./min}$, $s = 0,12\text{mm/dant.}$

$$l_1 = 0,5(50 - 44,3) = 2,85$$

$$l_2 = 5\text{mm}$$

$$L = 63,28 + 2,85 + 5 = 71,13 \text{ mm};$$

$$t_o = \frac{71,13}{176,8} = 0,4 \text{ min.}$$

Pilnas mašininis laikas:

$$t_o = 0,4 \times 2 + 0,52 \times 4 + 0,38 \times 2 + 0,48 \times 4 = 5,56 \text{ min}$$

Pagalbinis laikas yra parenkamas iš normatyvinių lentelių:

$$t_p = 0,16 + 0,03 + 0,1 \times 11 + 0,03 + 0,16 = 1,48 \text{ min}$$

Operatyvinis laikas:

$$t_{op} = 5,56 + 1,48 = 7,04 \text{ min}$$

Vienetinis laikas t_v yra skaičiuojamas įvertinus laiko procentus techninio, organizacinio aptarnavimo ir asmeniniams poreikiams skirtų laikų. Imame:

$$\alpha - 4\%$$

$$\beta - 0,6\%$$

$$\gamma - 2,5\%$$

$$t_y = 7,04 \left(1 + \frac{4+0,6+2,5}{100} \right) = 7,53 \text{ min}$$

Duomenys surašomi į 4 lentelę:

Operacija	Mašininis laikas, t_o, min	Operatyvinis laikas t_{op}, min	Vienetinis laikas t_v, min
010	8,4	10,78	11,54
020	0,8	1,28	1,37
030	0,006	0,48	0,52
040	3,74	4,72	5,05
050	5,56	7,04	7,53
Bendras operacijų laikas T_b, min			26,01

3. ŽMONIŲ IR APLINKOS SAUGA

3.1. Gaminio ergonominė charakteristika

Projektuojant įrengimą buvo atsižvelgta į tai, kad jis būtų ergonomiškas ir patogus juo manipuluoti ir jį valdyti. Įrengimo valdymo įtaisai, rankenėlės ir mygtukai yra patogiai aukštyje patogiai išdėstyti, kad įrengimo operatorius galėtų manipuluoti įrengimu neatitraukdamas dėmesio nuo sukamos skardos.

3.2. Gaminio eksploatavimo saugumas

Įrengimo dokumentacijos saugojimas. Tam, kad šio įrengimo instrukcija visada galėtų naudotis tie asmenys, kurie eksploatuos įrengimą, patartina instrukciją saugoti netoli įrengimo. Tam, kad įrengimas būtų naudojamas efektyviai ir saugiai, operatoriui privalo atidžiai perskaityti instrukciją ir griežtai laikytis jos nurodymų. Gamintojas neatsako už gedimus, kuriuos sukėlė nurodymų, išvardintų instrukcijoje, nesilaikymas.

Saugumo sumetimais įrengimo operatorius privalo laikytis šių saugumo technikos taisyklių ir nurodymų:

- nedaryti bet kokių vidinės įrengimo konstrukcijos pakeitimų,
- neremontuoti įrengimo savarankiškai: šiuos darbus turi atlikti atestuotos serviso organizacijos specialistas.
- užtikrinti, kad įrengimu negalėtų manipuluoti vaikai ir neįgalūs asmenys,
- saugoti įrengimą nuo padidintos drėgmės poveikio.
- šalia įrengimo nelaikyti ir nenaudoti sproglių ir degių medžiagų (pavyzdžiui, benzinas, įvairūs aerozoliai, tirpikliai, valymo priemonės su chloru, dažai, klėjai ir t.t.).
- įrengimas turi metalinių dalių ir aštrių kampų, todėl operatorius manipuluodamas juo ar jį valdydamas privalo atsargus, kad nesusižeistų.
- draudžiama dėti ar laikyti bet kokius daiktus ant įrengimo.

3.3. Gaminio poveikis aplinkai

Būtina atkreipti dėmesį, kad poveikio aplinkai vertinimo procedūra taikoma ne visoms ūkinėms veikloms, bet tik tom, kurios gali daryti reikšmingą poveikį, t.y.:

1. kai planuojamas didelis veiklos mastas (pvz. deginimo įrenginiai, kurių galingumas 300 MW ir didesnis) arba
2. kai veikla yra žinomai kenksminga (pvz. asbesto pramonė).

Kriterijai, apibrėžiantys mastą ir žinomai kenksmingas veiklas, išvardinti poveikio aplinkai vertinimo įstatymo 1 ir 2 prieduose:

1. Kai planuojama veikla yra labai didelio masto arba yra potencialiai labai kenksminga (t.y. atitinka PAV įstatymo 1 priede įvardintus kriterijus), rengiama PAV ataskaita. Procesas vyksta dviem etapais. Pirmajame parengiama taip vadinama PAV programa. Tai dokumentas, apibrėžiantis būsimos PAV ataskaitos apimtį, turinį ir vertinimo metodus, ir skirtas susiderinti visa tai su PAV subjektais (t.y. PAV įstatyme išvardintomis valstybės institucijoms), kad vėliau netektų perdarinėti pačios PAV ataskaitos. Pagal suderintą PAV programą rengiama pati PAV ataskaita, tada ji nustatyta tvarka pristatoma visuomenei, po to derinama su PAV subjektais ir, galiausiai, teikiama Atsakingai institucijai (Aplinkos apsaugos agentūrai arba atitinkamo regiono aplinkos apsaugos departamentui). PAV pabaiga laikoma Atsakingos institucijos išvada dėl planuojamos ūkinės veiklos galimumo pasirinktoje vietoje.
2. Kai planuojamos ūkinės veiklos mastas arba potencialus kenksmingumas yra ženklūs, tačiau jų galimas neigiamas poveikis nėra akivaizdus (t.y. atitinka PAV įstatymo 2 priede įvardintus kriterijus), rengiamas PAV atrankos dokumentas. PAV atrankos paskirtis - suteikti Atsakingai institucijai daugiau informacijos, kad ši galėtų padaryti pagrįstą apsisprendimą dėl PAV ataskaitos rengimo būtinumo. PAV atrankos metu tinkamai pagrindus poveikio aplinkai negalimumą ir Atsakingai institucijai priėmus atitinkamą sprendimą PAV ataskaita gali būti nerengiama, o PAV procedūra laikoma atlikta.

Tinkamai eksploatuojant įrengimą jis neturi jokio neigiamo poveikio aplinkai.

4. EKONOMINĖ DALIS

4.1 lentelė. Gaminio savikainos apskaičiavimas

	Išlaidų straipsnis	Išlaidos, Lt
I.	Gaminio projektavimo ir technologinio rengimo išlaidos	
a)	Projektavimo darbai	9143,12
b)	Technologijos paruošimo darbai	5983,96
	Iš viso projektavimo ir technologinio rengimo išlaidų	15127,08
II.	Tiesioginės gamybos išlaidos	
1.	Tiesioginės medžiagų sąnaudos	
a)	Medžiagų ir žaliavų išlaidos	3771,4
b)	Grįžamosios atliekos	-56,94
c)	Pagalbinių medžiagų išlaidos	521,89
d)	Pusgaminių, komplektuojamų gaminių, atsarginių detalių išlaidos	5563,88
2.	Tiesioginės darbo apmokėjimo sąnaudos (pagrindinės gamybos darbininkams)	
a)	Darbo užmokestis	2074,3
b)	Socialinis draudimas	622,29
	Iš viso tiesioginės gamybos išlaidų	12495,93
III.	Netiesioginės gamybos išlaidos	
a)	Energijos išlaidos technologiniams tikslams	652,8
b)	Suslėgto oro išlaidos ir kt.	51,6
c)	Vandens išlaidos	352,3
d)	Aptarnaujančio personalo darbo užmokestis ir socialinio draudimo išlaidos	1310
	Iš viso netiesioginės gamybos išlaidų	2366,7
	Gamybos savikaina	29989,71
IV.	Veiklos sąnaudos	92603,96
V.	Iš viso išlaidų	122593,67
	Gamybos programa	10
	Vieno gaminio išlaidos	12259,37
	Gaminio pardavimo kaina	45000

4.1. Projektavimo darbų sąnaudos

Projektavimo darbų trukmė priklauso nuo gaminio sudėtingumo ir naujumo. Projektavimo darbai ir jiems atlikti skirti laiko intervalai pateikti 4.2 lentelėje. [9,10,11,12,13,14]

4.1.1 lentelė. Projektavimo darbų laiko sąnaudos

Eil. Nr.	Projektavimo darbų charakteristika	Vienos detalės laiko sąnaudos, val.	Brėžinių skaičius	Visų detalių laiko sąnaudos, val.
1.	Techninė užduotis	5	1	5
2.	Techninis projektas	5	1	5
3.	Darbo brėžiniai	3	134	402
4.	Surinkimo brėžiniai	1	27	27
5.	Brėžinių kontrolė	1	161	161
6.	Specifikacijų ir techninių sąlygų sudarymas	2	27	54
7.	Bandomojo pavyzdžio gamyba	-	-	-
8.	Brėžinių po bandymų taisymas	0,5	34	17
9.	Darbų apiforminimas	1	161	161
10.	Kopijavimo darbai	0,05	161	8,05
	Iš viso			840,05

4.1.2 lentelė. Projektuotojų darbo apmokėjimo sąnaudos

Eil. Nr.	Projektavimo darbai	Visų detalių laiko sąnaudos, val.	Visų detalių laiko sąnaudos, (dienomis)	Vidutinis dienos darbo užmokestis, Lt	Apmokėjimo suma, Lt
1.	Techninė užduotis	5	0,625	65	40,625
2.	Techninis projektas	5	0,625	65	40,625
3.	Darbo brėžiniai	402	50,25	60	3015

4.	Surinkimo brėžiniai	27	3,375	60	202,5
5.	Brėžinių kontrolė	161	20,125	60	1207,5
6.	Specifikacijų ir techninių sąlygų sudarymas	54	6,75	60	405
7.	Bandomojo pavyzdžio gamyba	-	-	-	-
8.	Brėžinių po bandymų taisymas	17	2,125	60	127,5
9.	Darbų apiforminimas	161	20,125	60	1207,5
10.	Kopijavimo darbai	8,05	1,00625	33,5	33,7
	Iš viso				6279,95

4.1.3 lentelė. Gaminio projektavimo sąnaudos

Eil. Nr.	Kalkuliaciniai straipsniai	Suma, Lt
1.	Medžiagų sąnaudos	100
2.	Darbo užmokesčio sąnaudos	6279,95
3.	Socialinio draudimo sąnaudos	2135,183
4.	Veiklos sąnaudos	627,99
	Iš viso	9143,123

Technologinis gamybos paruošimas

Projektuojant reikia numatyti visus gaminio pagaminimo etapus, t. y. parengti technologinius maršrutus ruošiniams ir iš jų gaminamoms detalėms bei kitus technologinius procesus.

Gamybai rengiamos tokios technologijos:

Ruošinių gamybos technologija;

Mechaninio apdirbimo technologija;

Terminio apdirbimo technologija;

Suvirinimo technologija;

Dažymo technologija;

Galvaninio apdirbimo technologija;

Surinkimo technologija.

4.1.4 lentelė. Ruošinių gamybos technologijos darbo užmokesčio sąnaudos

Eil. Nr.	Darbų rūšis	Ruošinių skaičius, vnt.	Darbų imlumas, val.	Valandinis įkainis, Lt	Ruošinio gamybos technologijos darbo užmokesčio sąnaudos, Lt
1.	Detalių technologiškumo analizė	134	3	3,28	1318,56
2.	Technologijos ruošiniams pagaminti parengimas	134	2	3,94	1055,92
	Iš viso				2374,48

4.1.5 lentelė. Mechaninio apdirbimo technologijos darbo užmokesčio sąnaudos

Darbų rūšis	Detalių skaičius, vnt.	Darbų imlumas, val.	Valandinis įkainis, Lt	Detalių apdirbimo technologijos darbo užmokesčio sąnaudos, Lt
Mechaninio apdirbimo technologijos parengimas	134	1	3,94	1731,7
Iš viso				1731,7

Tolesniame etape, atsižvelgiant į gaminamo prietaiso pobūdį, nustatomi kiti reikalingi technologiniai procesai. Technologai pagal prietaiso brėžinius, atsižvelgdami į prietaiso paskirtį, nustato technologinių operacijų eiliškumą ir turinį (rengia terminio, suvirinimo, surinkimo, šaltkalvių darbų technologijas)

4.1.6 lentelė. Kitų technologinių procesų darbo užmokesčio sąnaudos

Eil. Nr.	Darbų rūšis	Detalių (surinkimo vienetų) skaičius, vnt.	Darbų imlumas, val.	Valandinis įkainis, Lt	Kitų technologinių procesų darbo užmokesčio sąnaudos, Lt
1.	Terminio ir suvirinimo darbų technologijos parengimas	15	1	3,28	49,2
2.	Surinkimo ir šaltkalviškų darbų technologijos parengimas	27	1	3,28	88,56
	Iš viso				137,76

4.1.7 lentelė. Gaminio technologinio parengimo sąnaudos

Eil. Nr.	Kalkuliaciniai straipsniai	Suma, Lt
1.	Medžiagų sąnaudos	-
2.	Darbo užmokesčio sąnaudos	4243,94
3.	Socialinio draudimo sąnaudos	1315,62
4.	Veiklos sąnaudos	424,4
	Iš viso	5983,96

Medžiagų sąnaudas sudaro išlaidos, susijusios su medžiagų, reikalingų technologinio parengimo darbams atlikti, įsigijimu. Skaičiavimai atliekami analogiškai kaip ir skaičiuojant medžiagų sąnaudas projektavimo darbams atlikti.

4.2. Tiesioginės medžiagų sąnaudos

Atsižvelgiant į planuojamos gamybos programos apimtį, apskaičiuojamas medžiagų ir žaliavų poreikis, parenkamos konkrečios medžiagos, atliekama medžiagų kainų analizė ir tik po to

apskaičiuojamos išlaidos medžiagoms ir žaliavoms įsigyti. Medžiagų sąnaudos skaičiuojamos pagal formulę:

Visos perkamos medžiagos nurodomos 4.2.1 lentelėje.

4.2.1 lentelė. Pagrindinių medžiagų vertė

Eil. Nr.	Medžiagos pavadinimas	Kaina, Lt / t arba Lt / m	Matavimo vienetai	Sunaudota medžiagų	Medžiagų vertė, Lt
1.	Plienas C45, kalibruotas strypas Ø30	4500	t	0,056	252
2.	Plienas C45, kalibruotas strypas Ø40	4500	t	0,01479	66,6
3.	Plienas C45, kalibruotas strypas Ø50	4500	t	0,0077	34,65
4.	Plienas C45, kalibruotas strypas Ø110	4500	t	0,015	67,5
5.	Plienas S235J2G3, profilinis vamzdis 80x80x3,2	23,56	m	16,7	393,5
6.	Plienas S235J2G3, profilinis vamzdis 140x80x3,2	42,9	m	4,5	193,05
7.	Plienas S355JR, lakštinis plienas 12x1500x6000	2160	t	0,8478	1831,3
8.	Plienas S355JR, lakštinis plienas 2x1500x6000	3250	t	0,1413	459,3
9.	Kiti				473,5
	Iš viso				3771,4

4.2.2 lentelė. Grįžtamųjų atliekų vertė

Eil. Nr.	Atliekų pavadinimas	Atliekų kiekis, kg	Atliekų kaina, Lt / kg	Suma, Lt
1.	Metalo drožlės	89,39	0,637	-56,94

4.2.3 lentelė. Pagalbinių medžiagų vertė.

Eil. Nr.	Medžiagos pavadinimas	Matavimo vienetai	Kaina, Lt	Sunaudota medžiagų	Medžiagų vertė, Lt
1.	Dažai	l	15	2	30
2.	Dujos suvirinimo darbams	vnt	120	1	120
3.	Kitos medžiagos				371,89
	Iš viso				521,89

4.2.4 lentelė. Įsigyjamų pusgaminų, komplektuojamų gaminių vertė

Eil. Nr.	Pusgaminų, komplektuojamų gaminių pavadinimas	Pusgaminų, komplektuojamų gaminių kiekis, vnt.	<i>Pusgaminio, komplektuojamo gaminio kaina, Lt</i>	Suma, Lt
1.	Elektros variklis „Elvem“ 6XM 90L4; 1.5kW; 1425rpm	1 vnt.		345
2.	El. Variklis „Elvem“ 6SM 63A4 0.25kW; 1350rpm	1 vnt.		127
3.	Reduktorius WG 075 i=20	1 vnt.	440,13	440,13
4.	Reduktorius WG 040 i=20	1 vnt.	173	173
5.	Dažnio keitiklis LS 2,2 kW	1 vnt.	847	847
6.	Valdiklis „Jazz“	1 vnt.	350	350
7.	Enkoderis ø40mm. 500imp/ap	1 vnt.	185	185
8.	Pneumo cilindras SMC CP96 SDB125-400	1 vnt.	719,95	719,95
9.	Pneumo cilindras SMC CP96 SDB50-200	1 vnt.	314	314
10.	Elektro pneumatinis skirstytuvas YPC SF5101-IP-	1 vnt.	90	90
11.	Elektro pneumatinis skirstytuvas YPC SF4101-	1 vnt.	90	90

	IP-			
12.	Guolis SKF 6001	8 vnt.	11	88
13.	Guolis SKF 6006	2 vnt.	7	14
	Guolis SKF 6207	4 vnt.	24	96
	Guolis UCFL 206	14 vnt.	20	280
	Guolis UCP 206	3 vnt	20	60
	Guolis UCP 204	1 vnt.	12	12
	Guolis UCPA 206	2 vnt.	20	40
	Diržas SPA 1250	6 vnt.	9,8	58,8
	Diržas SPA 850	12 vnt.	5	60
	Diržas SPA 900	6 vnt.	5,8	34,8
	Kiti			1139,2
	Iš viso			5563,88

4.3. Ilgalaikio turto vertės nusidėvėjimas

4.3.1 lentelė. Įrengimų poreikio ir jų galingumai

Eil. Nr.	Įrengimų pavadinimas	Kiekis, vnt.	Vertė, Lt		Vieneto galingumas, kW	Galingumų suma, kW
			įrengimo	visų įrengimų		
Staklės						
1.	HAAS ST-20	1	147487,5	147487,5	14,9	14,9
2.	Bridgeport GX480	1	330000	330000	7,5	7,5
3.	Rankinio gręžimo staklės	3	350	350	0,5	1,5
I.	Iš viso:	5	477837,5	478537,5	22,9	23,9
	Kiti įrengimai					
1.	Suvirinimo įrengimas	1	600	600	-	-
II.	Iš viso:					
	Transporto priemonės					
1.	-	-	-	-	-	-
III.	Iš viso:	-	-	-	-	-
	Iš viso: (I + II + III)	6	478437,5	479137,5	22,9	23,9
IV.	Pristatymo, montavimo, komplektavimo, derinimo			47913		

	išlaidos (10% nuo (I + II + III) sumos					
	Įsigijimo savikaina I+II+III + IV			527050,5		
	Išlaidos elektros energijai technologiniams tikslams, Lt	-	-	-	-	652,8

4.3.2 lentelė. Ilgalaikio turto nusidėvėjimas

Materialus ilgalaikis turtas	Įsigijimo vertė, Lt	Likvidacinė vertė, Lt	Sukauptas nusidėvėjimas, Lt	Normatyvas, metais	Nusidėvėjimo suma per metus, Lt	Nusidėvėjimo metodas
1. Pastatai	-	-	-	-	-	Tiesinis
2. Staklės	478537,5	47853	-	5	86136,9	Tiesinis arba dvigubo balanso
3. Kiti įrengimai	600	60	-	4	135	Tiesinis
Iš viso					86271,9	

Nusidėvėjimo suma įtraukiama į gaminio (detalės) savikainą ir nurodoma 1 lentelėje III g eilutėje.

4.4. Darbo užmokesčio išlaidų planavimas

4.4.1 lentelė. Vieno darbininko efektyvus metinis darbo laiko fondas

Laiko struktūra	Planas
1. Kalendorinis darbo laiko fondas, dienomis	365
2. Poilsio ir švenčių dienos	112
2.1. Šventės	9
2.2. Poilsio dienos	103
3. Nominalusis darbo laiko fondas, dienomis	253
4. Neatvykimai į darbą (vidutiniškai žmogui), dienomis	49
4.1. Kasmetinės atostogos	28

4.2. Tikslinės atostogos:	21
4.2.1. Nėštumo ir gimdymo	10
4.2.2. Atostogos vaikui prižiūrėti, kol jam sueis treji metai	5
4.2.3. Mokymosi	2
4.2.4. Kūrybinės	1
4.2.5. Valstybinėms ar visuomeninėms pareigoms atlikti	1
4.2.6. Nemokamos	2
5. Efektyvus darbo laikas, dienomis	204
6. Darbo dienos trukmė, val.	8
7. Darbo dienos sutrumpinimai (vidutiniškai žmogui), val.	0,22
7.1. Už darbą kenksmingomis sąlygomis	0,2
7.2. Paaugliams	0,01
7.3. Maitinančioms motinoms	-
7.4. Prieššventinėmis dienomis	0,01
8. Vidutinė darbo dienos trukmė, val.	7,78
9. Efektyvus darbo laiko fondas, val.	1587

4.4.2. lentelė. Pagrindinių darbininkų pagrindinio darbo užmokesčio apskaičiavimas

Profesijos pavadinimas	Skaičius	Kvalifikacinė kategorija	Valandinis įkainis, Lt	Laikas vienai detalei apdirbti, val.	Gamybos programa	Dirbta valandų	Darbo užmokestis, Lt
Tekintojas	1	III	13	0,19	10	1,9	24,7
Frezuotojas	1	III	13	0,2	10	2	26
Gręžėjas	1	III	13	0,04	10	0,4	5,2
Kiti	-	-	-	-	-	-	-
Iš viso	3	III	13	0,43	10	3,3	55,9

Tekinimo, frezavimo ir gręžimo laikai paimti iš 2.7.1 lentelės.

4.4.3 lentelė. Tiesioginių darbo užmokesčio išlaidų skaičiavimas

Profesijos pavadinimas		Pagrindinis DU, Lt	Papildomas DU, Lt	Bendras DU, Lt	Atskaitymai soc. draudimui, Lt	Iš viso DU išlaidų, Lt
Projektuojamai detalei pagaminti	Tekintojai	24,7	2,47	27,17	8,15	35,32
	Frezuotojai	26	2,6	28,6	8,58	37,18
	Gręžėjas	5,2	0,52	5,72	1,72	7,44
	Kiti	-	-	-	-	-
Kitoms detalėms pagaminti	Tekintojas	3285,1	328,51	3613,61	1084,1	4697,71
	Frezuotojas	3458	345,8	3803,8	1141,14	4944,94
	Gręžėjas	691,6	69,16	760,76	228,23	988,99
Terminiai darbai		-	-	-	-	-
Galvaniniai darbai		-	-	-	-	-
Dažymo darbai		10,8	1,08	11,88	3,72	15,6
Surinkimo darbai		810	81	891	278,44	1169,44
Kiti darbai		-	-	-	-	-
Iš viso						11896,62

Išvada: projektuojamai detalei pagaminti reikia 0,43h, likusioms detalėms – 57,19h. Tai yra 7,2 darbo dienos – 57,62h.

4.5. Netiesioginių gamybos išlaidų skaičiavimas

4.5.1 lentelė. Vandens, sunaudoto gamybos tikslams, išlaidos

Rodiklis	Staklių, detalių skaičius	Vandens kiekis staklėms, l / val.	Kubinio metro kaina, Lt	Staklių darbo laikas, val.	Išlaidos šaltam vandeniui, Lt
Aušinimo skysčiui	5	0,6	2,63	41,32	326
Detalėms plauti	134	10	2,63	1	26,3
Iš viso					352,3

4.5.2 lentelė. Suslėgto oro, panaudoto detalių gamybai, išlaidos

Eil. Nr.	Profesijos pavadinimas	Darbuotojų skaičius	Mėnesinė alga, Lt	Papildomas DU, Lt	Atskaitymai soc. draudimui, Lt	Mėnesio DU išlaidos, Lt	Iš viso DU išlaidų, Lt*
1.	Elektrikas	0,25	300	30	128,7	458,7	458,7
	Iš viso	-	-	-	-	-	458,7

4.5.4 lentelė. Patalpų šildymo išlaidos

Eil. Nr.	Patalpų pavadinimas	Šildomasis plotas, kv. m.	1 kv. m. šildymo kaina, Lt	Šildymo sezonas, mėn.	Išlaidos šildymui per metus, Lt
1.	Administracinės patalpos	45	3,8	-	-
2.	Gamybinės patalpos	200	3,8	-	-
3.	Sandėlių patalpos	-	-	-	-
	Iš viso	260	3,8	-	-

4.5.5 lentelė. Patalpų apšvietimo išlaidos

Eil. Nr.	Patalpų pavadinimas	Patalpų plotas, kv. m	Apšvietimo norma, W / kv. m	Apšvietimo laikas, val.	Elektros energijos sąnaudos, kWh	1 kWh kaina, Lt	Išlaidos už elektros energiją, Lt
1.	Administracinės patalpos	45	60	840,05	2268,14	0,474	1075
2.	Gamybinės patalpos	200	40	57,62	460,96	0,474	218,5
	Iš viso						1293,5

4.6. Veiklos sąnaudos

4.6.1 lentelė. Bendrosios ir administracinės sąnaudos

Eil. Nr.	Sąnaudų pavadinimas	Sąnaudos, Lt	Pastabos
1.	Atlyginimų sąnaudos	1310	6.2 lentelė
2.	Socialinio draudimo sąnaudos	310	6.2 lentelė
3.	Komandiruočių sąnaudos	65,5	5–7% nuo atlyginimų sąnaudų
4.	Nuomos sąnaudos	1475	6.3 lentelė
5.	Ilgalaikio turto nusidėvėjimo sąnaudos	86271,9	3.3 lentelė
6.	Remonto ir eksploatacijos sąnaudos	1725,44	2–5% nuo įrengimų vertės
7.	Kanceliarinių prekių ir prenumeratos sąnaudos	100	70–100 Lt vienam administracijos darbuotojui (žr. 6.2 lentelę)
8.	Draudimo sąnaudos	-	1% nuo nekilnojamojo turto vertės

9.	Telefoninių pokalbių sąnaudos	50	50–100 Lt vienam administracijos darbuotojui (žr. 6.2 lentelę)
10.	Elektros energijos ir šildymo sąnaudos	1293,5	5.4 ir 5.5 lentelių reikšmių suma
11.	Veiklos mokesčių sąnaudos:		
11.1	Laikinojo socialinio mokesčio sąnaudos	2,62	4% už 2006 m. (3% už 2007 m.) nuo įmonės apmokestinamojo pelno
11.2	Nekilnojamojo turto mokesčio sąnaudos	-	(1% nuo pastatų vertės)
11.3	Žemės mokesčio sąnaudos	-	(1,5% žemės vertės)
11.4	Garantinio fondo sąnaudos		(0,2% nuo darbo užmokesčio)
11.5	Kiti mokesčiai (mokestis už aplinkos teršimą, žyminis mokestis, mokesčiai už pramoninės nuosavybės objektų registravimą ir pan.)	-	-
	Iš viso	92603,96	

4.6.2 lentelė. Atlyginimų ir socialinio draudimo sąnaudos

Eil. Nr.	Pareigos	Darbuotojų skaičius	Mėnesinė alga, Lt	Atsiskaitymai soc. draudimui, Lt	Mėnesio DU išlaidos, Lt	Iš viso išlaidų Lt
1.	Buhalteris	1	1000	310	1310	1310
	Kiti	-	-	-	-	-
	Iš viso					1310

4.6.3 lentelė. Patalpų nuomos sąnaudos

* Nuomojamosios patalpos		Kvadratinio metro nuomos kaina, Lt	Nuomos vertė, Lt
Patalpų rūšis	Patalpų plotas, m ²		
Administracinės patalpos	45	$\frac{15\text{lt}}{\text{m}^2}$	675
Gamybinės patalpos	200	$\frac{4\text{lt}}{\text{m}^2}$	800
Sandėlių patalpos	-	-	-
Iš viso			1475
**Nuomojamosios žemės sklypo plotas		-	-
Iš viso			1475

5. IŠVADOS IR PASIŪLYMAI

Šiame bakalauro darbe išanalizuotas skardos sukimo staklių gamybos, projektavimo procesas. Tuo tikslu atlikti techniniai skaičiavimai, atlikta konstrukcijos variantų analizė, detalės technologiškumo analizė, sudarytas detalės apdirbimo maršrutas, nustatytos užlaidos, parinkti tinkami pjovimo režimai tai pat paskaičiuotas technologinio proceso normavimas. Parinktas ekonomiškiausia ruošinys – šampuotas. Tai daroma tam, kad būtų mažiau atliekų ir taupiau būtų naudojamas brangus plienas. Taip pat šio projekto proceso metu nustatyti ir kiti nepaminėti projektuojamo gaminio techniniai –ekonominiai rodikliai. Apskaičiuota gaminio savikaina ir kt.

LITERATŪRA

1. Под редакцией А. Г. Косиловой Р. К. Мещерякова. Справочник технолога-машиностроителя Т2.-Москва. Машиностроение 1986.
2. Аникин В. Обработка металлов резанием.-Москва. Машиностроение 1988. -736
3. Под редакцией А.Г. Косиловой Р. К. Мещерякова. Справочник технолога-машиностроителя Т1.-Москва. Машиностроение 1986.
4. . Под общей редакцией канд. техн. наук А.А. Панова. Обработка металлов резанием.-Москва. Машиностроение 1988.Р.К.Мещерякова.Справочник технолога-машиностроителя Справочник технологаТ1.-Москва. Машиностроение 1986.
5. Под общей редакцией канд. техн. наук А.А. Панова. Обработка металлов резанием.-Москва. Машиностроение 1988.Р.К.Мещерякова.Справочник технолога-машиностроителя Справочник технологаТ2.-Москва. Машиностроение 1986.
6. Под общей редакцией канд. техн. наук П. Н. Орлова. Е. А. Скороходова. Краткий справочник технолога. 1988. -Москва.
7. Под редакцией Ю. В. Барановского. Справочник режимов резания металлов. 1988. -Москва.
8. Bražiūnas A. Mašinų gamybos technologijos pagrindai. – Kaunas: Technologija, 2004 – 512p.
9. Jurkštienė, A. (2002). Valdymo apskaita. Kaunas: Technologija.
10. Kalėniskis, G. (2003). Būhalterinės apskaitos pagrindai. Vilnius: Pačiolis.
11. Lukoševičius, K., Martinkus, B. (2001). Mažųjų ir vidutinių įmonių vadyba. Kaunas: Technologija.
12. Martinkus, B., Žičkienė, S., Žilinskas, V. (2002). Įmonės ekonomika. Šiauliai: Šiaulių universiteto leidykla.
13. Martinkus, B., Žilinskas, V. (2001). Ekonomikos pagrindai: vadovėlis. Kaunas: Technologija.
14. Pramonės ekonomikos uždavinynas. (1991). Mokymo priemonė. Kaunas: Technologija.
15. R. Krančikas. Užlaidų mechaniniam apdirbimui analitinis apskaičiavimas ir parinkimas: mokomoji knyga. – Kaunas: Technologija, 1992. – 94p

16. Ramonas, Z., Žiūkienė, S. (2000). Diplominio projektavimo metodiniai nurodymai. Šiauliai: Šiaulių universiteto leidykla.
17. Ramonas Z., Bražėnas A. Frezavimas programinėmis staklėmis: metodiniai nurodymai. – Kaunas: Technologija, 1992. – 84p.
18. Ramonas Z., Bražėnas A. Tekinimas programinėmis staklėmis: metodiniai nurodymai. – Kaunas: Technologija, 1992. – 94p.
19. Spruogis B., Skysčių mechanika. Hidraulinių ir pneumatinių sistemų elementai ir pavaros. – Vilnius: Technologija, 2012. -131p.
20. Šniuolis R. Pjovimo režimų nustatymas. – Šiauliai: Technologija, 2009. 49p.
21. Prieiga per internetą:
https://www.haascnc.com/cs_spec1.asp?id=ST-20&chucksize=8%20Inch&CatID=Tooling&options=true#explore&gsc.tab=0
22. Prieiga per internetą:
<http://www.akko.com.tr/kalite.php?lang=en>
23. Prieiga per internetą:
<http://shop.berner.eu/berner/lt/start>
24. Prieiga per internetą:
<http://www.newmantools.com/taps/tapsmetric.htm>