

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS KATEDRA

ANTANAS BARTKEVIČIUS
VALCAVIMO STAKLIŲ MODERNIZAVIMAS
Bakalauro darbas

Vadovas

lekt. Z. Ramonas

ŠIAULIAI, 2013

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėjas
doc. dr. A. Sabaliauskas

2013 06

VALCAVIMO STAKLIŲ MODERNIZAVIMAS

Bakalauro darbas

Konsultantė

Doc. dr. A.Koverienė

2013 06

Vadovas

Lekt. Z. Ramonas

2013 06

Recenzantas

Lekt. V. Petronis

2013 06

Atliko

M-9 gr. stud.

A. Bartkevičius

2013 06

Bartkevičius A. Project of "Modernization of Metal Rolling Machine ". Bachelor thesis of mechanical engineer, research advisor Associate lecturer Ramonas Z. Šiauliai University, Technological Faculty, Mechanical Engineering Department. – Šiauliai, 2013. – 71 p.

SUMMARY

The theme of Bachelor thesis of Mechanical engineer is actual for rolling machine „DAVI MCA-2020“ which has some difficulty then needs make big details.

First make preview and comparison of similar constructions, choosen the best, which is projecting.

Performed one of the product part (chain drive) technical calculations.

Analyzed one of the product part technological production route, were selected necessary equipment for machining and calculated amount of them.

Work and safety instructions were written for the product and work with him.

Economical calculations were made and the price of the product was determinated.

[illegible]

TURINYS

UŽDUOTIS	7
LENTELĖS	8
PAVEIKSLAI.....	9
ĮŽANGA.....	10
1. PAGRINDINIAI TECHNINIAI – EKONOMINIAI RODIKLIAI.....	11
2. KONSTRUKCINĖ DALIS	12
2.1 Valcavimo staklių modernizavimo paskirtis.....	12
2.2. Valcavimo staklių modernizavimo variantų analizė	12
2.3. Valcavimo staklių modernizavimo aprašymas	15
2.4. Techniniai skaičiavimai	17
2.4.1. Grandininės perdavos skaičiavimas.....	17
3. TECHNOLOGINĖ DALIS	21
3.1. Gaminamos detalės analizė.....	21
3.1.1. Detalės paskirtis ir konsrtukcija	21
3.1.2. Detalės brėžinio techninių sąlygų analizė.....	22
3.1.3. Detalės technologiškumo analizė	24
3.2. Technologinio proceso projektavimas.....	26
3.2.1. Ruošinio parinkimas skirtingiems gamybos tipams	26
3.2.1.1. Ruošinio parinkimo principai	26
3.2.1.2. Detalės ruošinio parinkimas vienetinės gamybos atveju	26
3.2.1.3. Detalės ruošinio parinkimas serijinės gamybos atveju	29
3.2. Detalės mechaninio apdirbimo kelio projektavimas	32
3.3. Technologinių bazių parinkimas	35
3.4. Užlaidų analitinis skaičiavimas.....	36
3.5. Pjovimo režimų skaičiavimas	40
3.6. Technologinio proceso normavimas	49
4. ŽMONIŲ SAUGA IR EKSPLOATACINIAI REIKALAVIMAI	53
4.1. Bendroji dalis	53
4.2. Galimi rizikos veiksniai.....	53
4.3. Veiksmai prieš darbo pradžią.....	54
4.4. Saugumo reikalavimai darbo metu.....	54
4.5. Saugumo reikalvimai avarinėse situacijose	54

4.6. Saugumo reikalavimai baigus darbą.....	55
5. EKONOMINĖ DALIS	56
5.1. Projektuojamojo gaminio savikainos kalkuliacija	56
5.1.1. Projektavimo darbų sąnaudos	56
5.1.2. Technologinis gamybos paruošimas	57
5.2. Tiesioginės medžiagų sąnaudos.....	59
5.2.1. Ilgalaikio turto vertė ir nusidėvėjimas	61
5.3. Darbo užmokesčio išlaidų planavimas	63
5.4. Netiesioginių gamybos išlaidų skaičiavimas	65
5.5. Veiklos sąnaudos	66
6. IŠVADOS IR PASIŪLYMAI	67
LITERATŪRA	68
PRIEDAI	70
1 PRIEDAS. Programos „SolidWorks” skaičiavimo rezultatai	70
2 PRIEDAS. Projektuojamas mechanizmas prie valcavimo staklių.....	A1

UŽDUOTIS

LENTELĖS

2.1 Ritininių grandinių parametrai.....	21
3.1 Plieno 41Cr4 cheminė sudėtis.....	22
3.2 Plieno 41Cr4 mechaninės ir fizinės savybės	22
3.3 Detalės darbo brėžinio technologinė kontrolė	23
3.4 Detalės konstrukcijos atitikimas pagal technologiškumo kriterijus.....	24
3.5 Veleno paviršių apdirbimo maršrutas	32
3.6 Veleno apdirbimo technologinis maršrutas	33
3.7 Užlaidos matmeniui 375,8js12	36
3.8 Užlaidos matmeniui Ø40k6	38
3.9 Pjovimo režimai velenui pagaminti	48
3.10 Normavimo rezultatų suvestinė	52
5.1 Gaminio savikainos paskaičiavimas	56
5.2 Projektavimo darbų laiko sąnaudos	56
5.3 Projektuotojų darbo apmokėjimo sąnaudos.....	57
5.4 Gaminio projektavimo sąnaudos.....	57
5.5 Ruošinių gamybos technologijos darbo užmokesčio sąnaudos	57
5.6 Mechaninio apdirbimo technologijos darbo užmokesčio sąnaudos.....	58
5.7 Kitų technologinių procesų darbo užmokesčio sąnaudos.....	58
5.8 Gaminio technologinio parengimo sąnaudos.....	58
5.9 Pagrindinių medžiagų vertė	59
5.10 Grįžtamųjų atliekų vertės skaičiavimas.....	59
5.11 Pagalbinių medžiagų vertė	60
5.12 Įsigyjamų pusgaminių, komplektuojamų gaminių vertės skaičiavimas	60
5.13 Įrengimų poreikio ir jų galimumo skaičiavimas.....	61
5.14 Ilgalaikio turto nusidėvėjimo skaičiavimas	63
5.15 Vieno darbininko efektyvus metinis darbo laiko fondas.....	63
5.16 Pagrindinių darbininkų pagrindinio darbo užmokesčio apskaičiavimas	64
5.17 Tiesioginių darbo užmokesčio išlaidų skaičiavimas.....	64
5.18 Vandens, sąnaudos gamybos tikslams, išlaidos	65
5.19 Netiesioginės darbo užmokesčiui sąnaudos.....	65
5.20 Patalpų apšvietimo išlaidos.....	65
5.21 Bendrosios ir administracinės sąnaudos.....	66
5.22 Atlyginimų ir socialinio draudimo sąnaudos	66
5.23 Patalpų nuomos sąnaudos	66

PAVEIKSLAI

2.1 pav. Valcavimo staklės „DAVI MCA-2020“:	12
2.2 pav. Keltuvas „AA4C- AA-SPGJ2.5“:	13
2.3 pav. Elektrinė gervė	13
2.4 pav. Projektuojama konstrukcija	14
2.5 pav. Ruošinio atramos komponavimas	15
2.6 pav. Guolių išdėstymas	16
2,7 pav. Gembės sandara	17
2.8 pav. Grandinės tvirtinimas	17
2.9 pav. Grandinės perdavos mechanizmas	17
2.10 pav. Gembės masės skaičiavimas programa „SolidWorks“	18
3.1 pav. Veleno eskizas su paviršių numeracija	21
3.2 pav. Ruošinio eskizas dviem detalėms	29
3.3 pav. Štampuotas ruošinys	31
3.4 pav. Bazavimas prizmėje	35
3.5 pav. Bazavimas centruose	36
3.6 pav. Bazavimas prizmėje	36
3.7 pav. Tekinimo peilis CCLNR 2525M 12-4	40
3.8 pav. Galinės pirštinės frezos geometriniai parametrai	45

IŽANGA

Mašinų gamybos pramonė – tai vienas iš didžiausių veiksnių, sprendžiančių šalies ūkio vystimąsi ir konkurencingumą kitų šalių atžvilgiu. Šiandien įrengimų kokybė ir kiekybė charakterizuoja šalies gamybinę – techninę – ekonominę galią. Vienas iš svarbiausių kiekvienos valstybės pririotetų – gamybos sektorius, tad stengiamasi jame kiek galima mažinti išlaidas ir didinti našumą. Norint įvykdyti šias sąlygas – būtinas pastovus gamybos įrenginių parko naujinimas, apdirbimo proceso tikslumo didinimas ir jo laiko mažinimas

Šiandien vienas iš populiariausių metalo apdirbimo būdų – valcavimas. Tai metalo ruošinio apspaudimo ir ištempimo procesai, ruošinį praleidžiant tarp besisukanciu valcu. Valcuojant perdirbama apie 80% viso išlydomo plieno bei spalvotųjų metalų ir jų lydinių. Susidarius spaudimo jėgoms, staklyno valcas deformuoja metalą. Tuo budu nuosekliai deformuojamas visas apdirbamojo metalo plotas, kol luitas arba ruošinys pereina tarp valcu.

Šio kursinio projekto pagrindinis tikslas- modernizuojant valcavimo stakles „DAVI MCA-2020“ padidinti jų našumą, apdirbamų detalių kokybę bei sumažinti žmonių skaičių, reikalingą aptarnauti šias stakles.

Projektuojamas mechanizmas atitinka šiandienį technikos lygį, yra saugus asmenims dirbantiems su juo. Projektuojant atsižvelgiama į ekonominę dalį ir stangiamiasi parinkti kiek galima paprastesnius, ekonomiškесnius ir našesnius apdirbimo būdus, racionaliai numatyti ruošinius.

1. PAGRINDINIAI TECHNINIAI – EKONOMINIAI RODIKLIAI

Techniniai rodikliai:

- Moto reduktoriaus galingumas $N = 0,5 \text{ kW}$;
- Moto reduktoriaus sukimo momentas $M = 835 \text{ Nm}$;
- Moto reduktoriaus sukimosi dažnis $n = 2,9 \text{ aps./min.}$;
- Gembės pakėlimo – nuleidimo greitis $v = 24,6 \text{ mm/s}$;
- Gembės vertikali eiga $H = 2040 \text{ mm}$;
- Maksimali prilaikomo ruošinio masė $G = 500 \text{ kg}$.
- Gaminio masė – 1336 kg ;
- Gaminio išmatavimai (ilgis x plotis x aukštis) – $3116 \times 1668 \times 4459 \text{ mm}$.

Ekonominiai rodikliai:

- Gamybos programa – 10 vnt. ;
- Gamybos laikas – 44 dienų ;
- Gamybinių patalpų plotas – 240 m^2 ;
- Naudojamų įrengimų skaičius – 8 vnt. ;
- Pagamintų gaminių savikaina – $17685,1 \text{ Lt}$;
- Valcavimo modernizavimo įrenginio pardavimo kaina – 20000 Lt .

2. KONSTRUKCINĖ DALIS

2.1 Valcavimo staklių modernizavimo paskirtis

Valcavimo staklės „DAVI MCA-2020“ - tai didelio galingumo kompiuterinio valdymo (CNC) staklės skirtos cilindrinės ir kūginės formos gaminiams gaminti, taip pat užlenkti ruošinį kampu (2.1 pav.).



2.1 pav. Valcavimo staklės „DAVI MCA-2020“: 1 – staklės;
2 – ruošinys; 3 – valdymo pultas

Valcuojant didelio diametro bet mažo storio ruošinius- šie išlinksta dėl savo svorio jėgos, o tai nepageidaujama, nes gaunamos netikslių matmenų detalės. Valcuojant didelių gabaritų ir storio ruošinius – smarkiai apkraunami šoniniai valcai, kurie, dėl to pasislenka ir gaunamos netikslios detalės. Trečioji priežastis - staklių operatoriui keliama grėsmė susižaloti krentant detalėms. Valcavimo staklių „DAVI MCA-2020“ modernizavimo paskirtis- neleisti ruošiniui baigus valcavimo procesą nukristi bei išlaikyti tikslus valcuojamo ruošinio matmenis. Reikalinga sukurti mechanizmą (atramą), kuris prilaikytų valcuojamą ruošinį, neleisdamas jam nukristi.

2.2. Valcavimo staklių modernizavimo variantų analizė

Pirmiausia apžvelgiami rinkoje esantys jau suprojektuoti ir pardavinėjami gaminiai, kurie arba tenkintų visas keliamas sąlygas arba reikalautų tik minimalių pakeitimų. Tokiu būdu bus galima išvengti didelių projektavimo išlaidų.

Pirmasis variantas Keltuvai „AA4C- AA-SPGJ2.5“:



2.2 pav. Keltuvas „AA4C- AA-SPGJ2.5“: 1- slankiojanti gembė;
2- elektros variklis

Privalumai:

- didelė keliama masė $G = 2500 \text{ kg}$;
- maitinimas elektros varikliu;
- stabili konstrukcija.

Trūkumai:

- kelimo aukštis $H = 1900 \text{ mm}$. netenkina reikalavimų;
- nėra tikslaus pakėlimo aukščio gradavimo;
- reikia perdaryti slankiojančią gembę.

Antrasis variantas – elektrinė gervė. Tai vienas populiariausių įrenginių gamybinėse įmonėse, skirtų krovinių perkėlimui- elektrinė gervė. Mūsų atveju ją galima panaudoti taip- valcuojamus ruošinius pritvirtinti prie elektrinės gervės kablų reikėtų perkisiant juos trosu.



2.3 pav. Elektrinė gervė

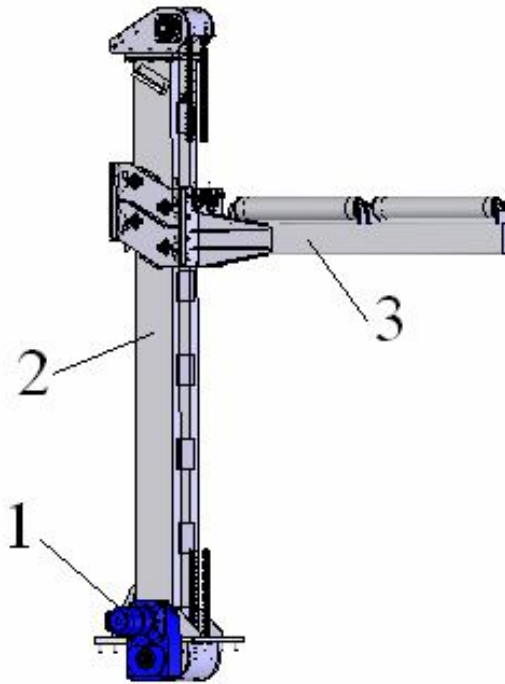
Privalumai:

- nebrangu;
- paprastas tvirtinimas prie valcavimo staklių;
- maitinimas elektros varikliu;
- galimybė pasirinkti įvairaus galingumo.

Trūkumai:

- nestabili konstrukcija;
- norint užkabinti trosą- reikalingas valcavimo proceso sustabdymas;
- nėra tikslaus pakėlimo aukščio gradavimo.

Trečiasis variantas – projektuojamas mechanizmas su grandinine perdava:



2.4 pav. Projektuojama konstrukcija: 1 - elektros variklis;
2 - stovas; 3 - gembė

Privalumai:

- galima išgauti reikalingą galią ir pakėlimo aukštį;
- tvirta konstrukcija;
- naudojant jutiklius galimas tikslus pakėlimo aukštis.

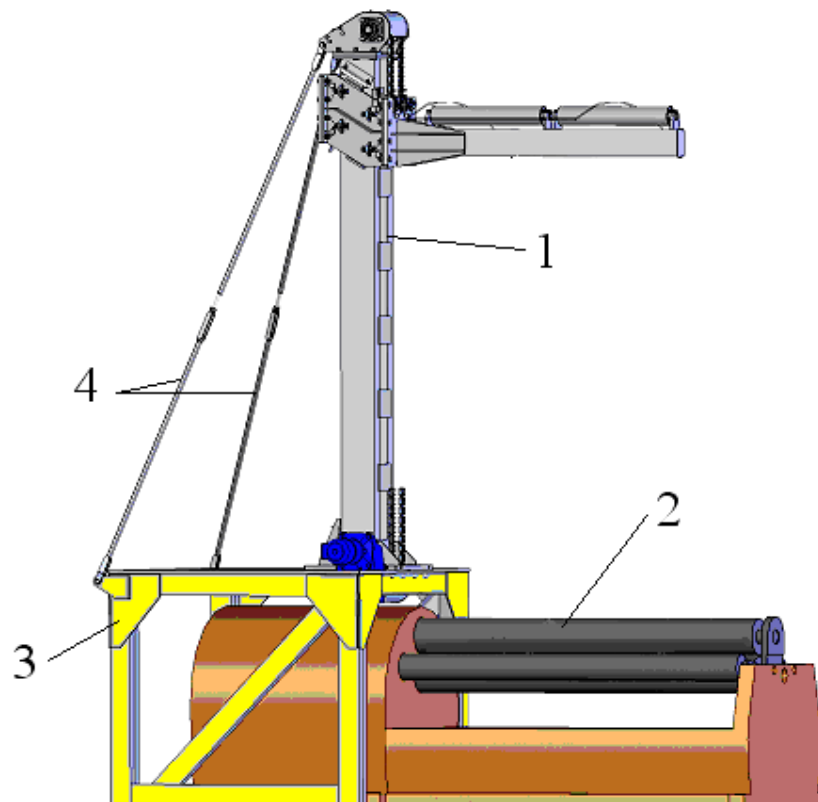
Trūkumai:

- sudėtingas montavimas prie valcavimo staklių;
- reikalingos apsaugos nuo nelaimingų atsitikimų.

Iš pateiktų trijų valcavimo staklių modernizavimo variantų pirmasis netenkina visų keliamų reikalavimų, tad šis keltuvas yra nepriimtinas. Lyginant antrąjį variantą su trečiuoju, galima išskirti tai, jog gervės pakėlimo aukštis beveik neribojamas, tačiau tokia konstrukcija nestabili, o tai kelia grėsmę žmonėms. Įvertinus visus privalumus bei trūkumus, pasirenkamas trečiasis variantas - t.y. projektuojamas gaminys.

2.3. Valcavimo staklių modernizavimo aprašymas

Pirmiausia nustatoma ruošinio atramos mechanizmo padėtis valcavimo staklių atžvilgiu. Valcavimo staklių valcai ir ruošinys gali būti keičiami tik per dešinę staklių pusę, tad ruošinio atrama turi būti pritvirtinta virš staklių motoro t.y. kairėje staklių. Norint tai pasiekti- reikalinga papildoma konstrukcija- stovas 2.5 pav.:

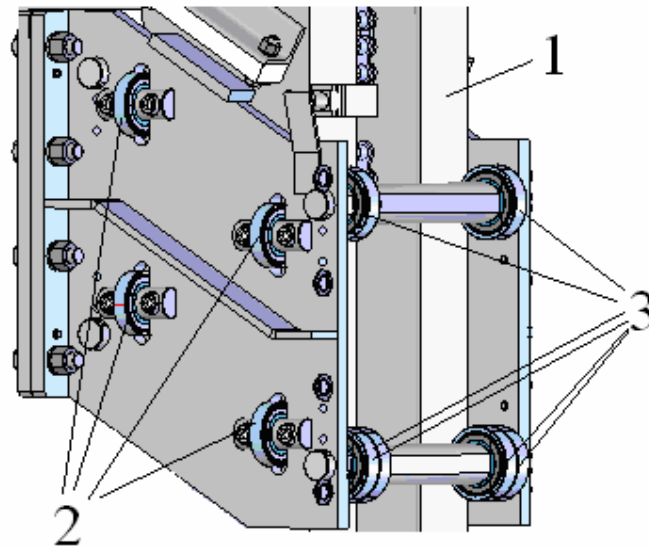


2.5 pav. Ruošinio atramos komponavimas: 1- ruošinio atrama;
2- valcavimo staklės; 3- stovas; 4- atatampos

Atatamos pateiktoje komponavimo schemoje suteikia papildomo standumo visai projektuojamai konstrukcijai, kartu mažiau apkraunama pagrindinė kolona ir ją tvirtinantys elementai.

Kitas mechanizmo projektavimo žingsnis - kolonos ir gembės mazgo projektavimas. Tai pats svarbiausias projektavimo etapas, nes tinkamai parinkus pavarų tipus ir jas sudarančius elementus bus galima išvengti didelių galios nuostolių, taip pat nuo šio projektavimo etapo priklauso viso mechanizmo patikimumas, ilgaamžiškumas ir tikslumas.

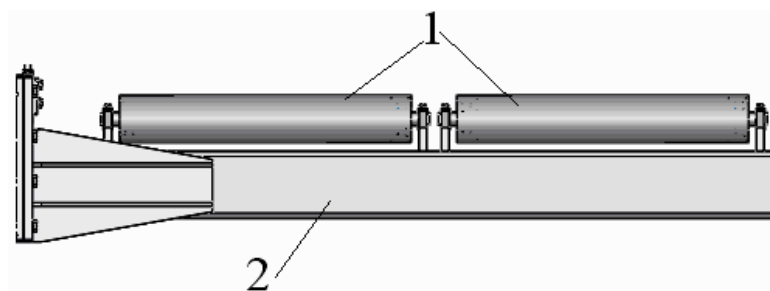
Kolonos forma renkama taip, jog pasipriešinimas lenkimui būtų kiek galima didesnis. Lyginant cilindro formos koloną su kvadrato formos, išryškėja pastarosios didesnis atsparumas lenkimui. Priimama, kad projektuojama kolona bus kvadrato formos, sudaryta iš dviejų U formos profilių. Kitas etapas- parinkti riedėjimo elementus, kuriais gembė slankios. Tam tikslui naudosime radialinius rutulinius guolius, nes jie pasižymi pakankamai dideliu naudingumo koeficientu taip pat yra lengvai prižiūrimi ir keičiami. Guolių išdėstymas pateiktas 2.6 pav.:



2.6 pav. Guolių išdėstymas: 1- kolona; 2- guoliai šoninėje kolonos pusėje;
3- guoliai priekinėje kolonos pusėje

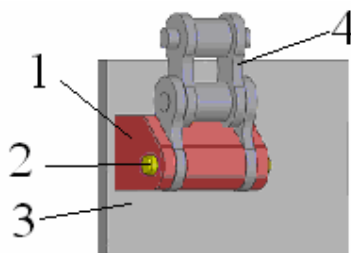
Šoninėje kolonos pusėje yra po 4 radialinius guolius, priekinėje ir galinėje kolonos pusėje - po 6 guolius. Priekinės pusės apačioje yra 4 guoliai, analogiškai yra ir galinės kolonos pusės viršuje- tose vietose yra didžiausios apkrovos.

Gembės konstrukcija turi būti tokia, jog būtų kuo mažesnis pasipriešinimas ruošinio riedėjimui jos paviršiumi. Tam tikslui naudojama konstrukcija sudaryta iš dviejų ritinių, kurie įtvirtinti ant keturių radialinių rutulinių guolių 2.7 pav. Tokios konstrukcijos didelis naudingumo koeficientas ir didelis patikimumas.



2.7 pav. Gembės sandara: 1- ritinėliai; 2- sija

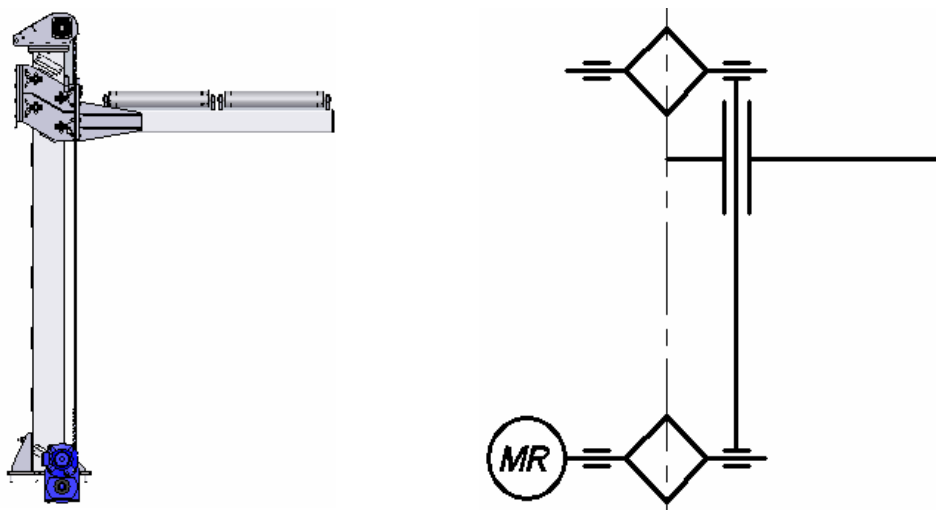
Variklį numatoma montuoti ant stovo platformos, tad judesys gembei bus perduodamas per atstumą. Žinoma, jog minimali reikalaujama gembės eiga 2000 mm, tad reikia rinktis tarp diržinės ir grandininės pavaros. Diržinės pavaros naudingumo koeficientas didesnis, tačiau tokio tipo pavara kinematiškai netiksli (jei nekrumplinė) ir mažo patikimumo, tad naudojama grandininė pavara, kuomet grandinės galai įtvirtinami gembės galinėje plokštumoje 2.8 pav.:



2.8 pav. Grandinės tvirtinimas: 1- grandinės laikiklis; 2- kaištis;
3- galinė gembės plokštuma; 4- grandinė

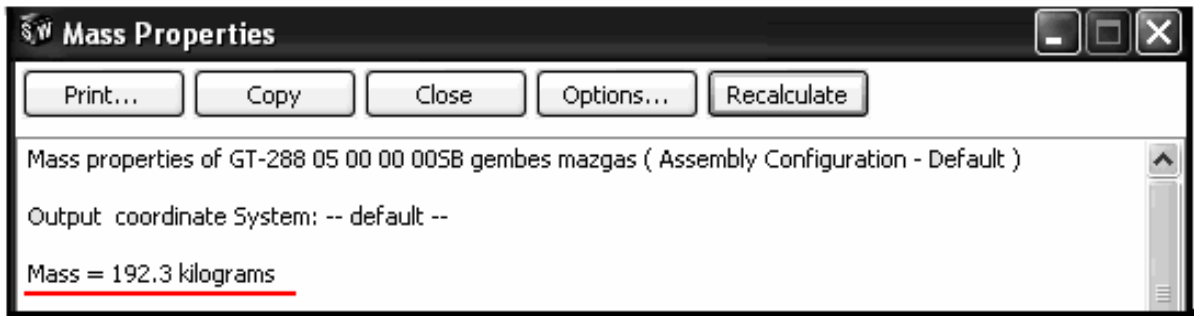
2.4. Techniniai skaičiavimai

2.4.1. Grandininės perdavos skaičiavimas



2.9 pav. Grandininės perdavos mechanizmas

Variklis yra parenkamas pagal reikalingą galią, tad reikia atsižvelgti į pavaros naudingumo koeficientą, užduotyje pateiktą ruošinio maksimalią masę ir gembės masę. Sumontavus numatytus mazgus, ir jiems priskyrus atitinkamas medžiagas, programa „SolidWorks“ apskaičiuojama tiksli gembės masė 2.10 pav.:



2.10 pav. Gembės masės skaičiavimas programa „SolidWorks“

Nustatyta, jog gembės masė $M_G = 192,3$ kg, techniniuose reikalavimuose nurodyta keliamo ruošinio masė $M_R = 500$ kg. Apskaičiuojama visa ruošinių atramą veikianti svorio jėga P :

$$P = (M_G + M_R) \times g ; \quad (2.1)$$

čia g - laisvojo kritimo pagreitis, m/s^2 ($g = 9,8 m/s^2$).

$$P = (192,3 + 500) \times 9,8 = 6784,5 \text{ N.}$$

Priimama, jog žvaigždučių dalijamojo apskritimo diametras $d = 160$ mm ir skaičiuojama, kokios galios variklio reikės:

Sukimo momentas T_1 , reikalingas žvaigždutei pasukti:

$$T_1 = P \times \frac{d}{2} ; \quad (2.2)$$

čia d - žvaigždučių dalijamojo apskritimo diametras, m.

$$T_1 = 6784,5 \times \frac{0,16}{2} = 542,8 \text{ Nm.}$$

Skaičiuojamas projektuojamo mechanizmo naudingumo koeficientas η :

$$\eta = \eta_G \times \eta_{GP} ; \quad (2.3)$$

čia η_G – riedėjimo guolių naudingumo koeficientas;
 η_{GP} – grandininės perdavos naudingumo koeficientas.

$$\eta_G = \eta_1 \times \eta_2; \quad (2.4)$$

čia η_1 – riedėjimo guolio naudingumo koeficientas, $\eta_1 = 0,995$;
 η_2 – riedėjimo guolio riedančio plokštuma naudingumo koeficientas, $\eta_2 = 0,995$.
Projektuojamame mechanizme yra 20 riedėjimo guolių, tuomet:

$$\eta_G = 0,995^{20} \times 0,995^{20} = 0,82.$$

Vienos grandininės perdavos naudingumo koeficientas $\eta_{GP1} = 0,9$, tuomet dviejų grandinių naudingumo koeficientas η_{GP} :

$$\eta_{GP} = \eta_{GP1}^2 = 0,9^2 = 0,81.$$

Tuomet skaičiuojamas visas projektuojamo mechanizmo naudingumo koeficientas η :

$$\eta = 0,82 \times 0,81 = 0,67.$$

Reikalingas variklio sukimo momentas T :

$$T = \frac{T_1}{\eta}; \quad (2.5)$$

$$T = \frac{542,8}{0,67} = 810 Nm.$$

Iš „NORD“ motoreduktorių katalogo parenkamas motoreduktorius „NORD“ SK 3382, kurio $T = 835 Nm$; $N = 0,25$; $n = 2,9$ aps/min. Motoreduktoriaus sukimo momentas pakankamas, dabar reikia suskaičiuoti tikslius žvaigždučių geometrinius parametrus dar kartą patikrinti ar variklis tinkamas projektuojamam mechanizmui.

Dalijamasis žvaigždutės skersmuo d:

$$d = \frac{p_g}{\sin\left(\frac{180^\circ}{z}\right)}; \quad (2.6)$$

čia p_g – grandinės žingsnis, mm;
z- žvaigždutės krumplių skaičius.

Grandinės žingsnį p_g parenkamas pagal [7], priimame $p_g = 25,4$ mm, kiti šios grandinės parametrai pateikti 2.1 lent.:

2.1 lentelė

Ritininių grandinių parametrai

Grandinės žymėjimas	Grandinės žingsnis p_g , mm	Grandinės trūkimo jėga F_B , kN	Grandinės 1 m masė q_g , kg/m	Momentinis grandinės ritinėlių darbinis plotas A_{gr} , mm ²	Koeficientas K_9	Koeficientas K_{10}
Vienos eilės ritininės grandinės ($z_g = 1$)						
16B – 1	25,400	60	2,60	210	0,0046	17

Tariama, jog $z = 20$ ir skaičiuojama dalijamasis žvaigždutės skersmuo d:

$$d = \frac{25,4}{\sin\left(\frac{180^\circ}{20}\right)} = 162,4mm.$$

Patikrinama, ar parinktas motoreduktorius tenkina numatytas sąlygas:

Sukimo momentas, reikalingas žvaigždutei pasukti pagal (2.2) formulę:

$$T_1 = 6784,5 \times \frac{0,1624}{2} = 550,9 \text{ Nm}.$$

Reikalingas variklio sukimo momentas T pagal (2.5) formulę:

$$T = \frac{550,9}{0,67} = 822Nm.$$

Parinktas motoreduktorius tenkina visas sąlygas, $835Nm \geq 822Nm$.

3. TECHNOLOGINĖ DALIS

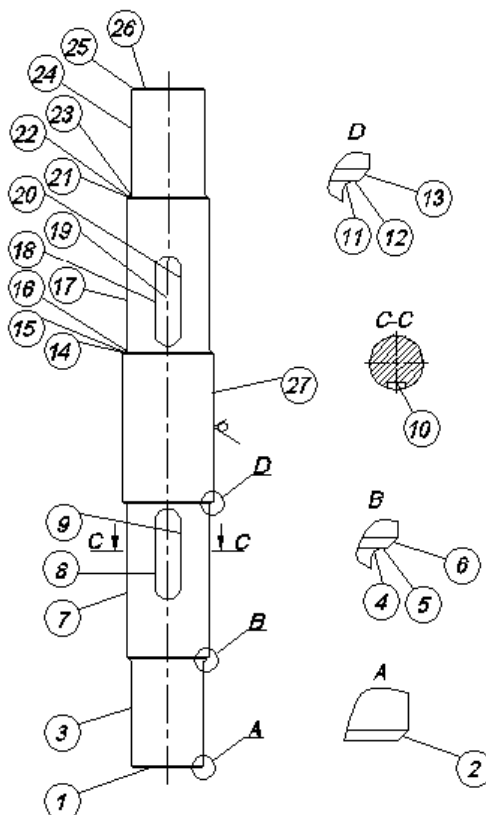
3.1. Gaminamos detalės analizė

Detalės technologinis apdirbimo procesas priklauso nuo jos paskirties ir keliamų reikalavimų. Tai nustatoma remiantis gaminio ir detalės darbo brėžiniais, techninėmis sąlygomis ir keliamais tikslumo reikalavimais. Pradžioje aptariama bendra detalės konstrukcija, paviršių forma: grioveliai, išdrožos, sriegiai ir t.t. ir nustatoma kiekvieno šių elementų funkcinė paskirtis.

3.1.1. Detalės paskirtis ir konstrukcija

Gaminama detalė - velenas grandinei perdavai, brėžinio nr. M.02.02.00.001.

Velenas projektuojamame mechanizme montuojamas per du 208 guolius prie korpuso, kurie įtvirtina veleno galus (3 ir 24 paviršius). Ant veleno 7 ir 17 paviršių montuojamos žvaigždutės, kurių padėtis fiksuojama neapdirbamu paviršiumi Ø50 mm ir pleištais. Svarbiausi paviršiai apdirbamoje detalėje – paviršiai, ant kuriuo montuojamos žvaigždutės, taip pat ir guolių montavimo vietos, tad jų radialinis mušimas griežtai ribojamas. Veleno eskizas su paviršių numeracija pateiktas 3.1 pav.:



3.1 pav. Veleno eskizas su paviršių numeracija

Veleno medžiaga - plienas 41Cr4. Šios medžiagos panaudojimo sritys: ašys, velenai, krumpliaračiai, movos, varžtai ir kitos stiprios, vidutinio našumo ir veikiamos vidutinių statinių ir dinaminių apkrovų detalės. Plieno cheminė sudėtis, mechaninės, fizinės savybės ir technologinės charakteristikos nustatomos pagal [4] ir pateiktos 3.1- 3.2 lentelėse.

3.1 lentelė

Plieno 41Cr4 cheminė sudėtis

Cheminis elementas	C	Si	Mn	P	S	Cr
Kiekis, %	0,38- 0,45	iki 0,4	0,6- 0,9	iki 0,025	iki 0,035	0,9- 1,2

3.2 lentelė

Plieno 41Cr4 mechaninės ir fizinės savybės

Tankis ρ , kg/m ³	σ_u , N/mm ²	σ_y , N/mm ²	δ , %	ψ , %	KCU, J/cm ²	Kietumas HB, kG/mm ²
7820	800-1000	560-800	10	45	59	241-255

Čia: σ_u - stiprumo riba, kai bandinio storis iki 100 mm; σ_y - takumo riba, kai bandinio storis iki 100 mm; δ – santykinis pailgėjimas, jį nutraukus, kai bandinio ilgis 5 kartus didesnis už jo skerspjūvį; ψ – santykinis bandinio skerspjūvio susitraukimas nutraukimo vietoje; KCU – smūginis našumas tiriant bandinius su U tipo koncentratoriumi.

3.1.2. Detalės brėžinio techninių sąlygų analizė

Techniniai reikalavimai analizuojami remiantis detalės darbo brėžiniu. Svarbu nustatyti ar reikalavimai, pateikti darbo brėžinyje, pakankami, taip pat nustatyti techninių reikalavimų tinkamumą.

Darbo brėžinyje svarbiausi paviršiai tie, ant kurių montuojamos žvaigždutės ir guoliai. Tad šiems paviršiams keliami radialinio mušimo ir šiurkštumo reikalavimai. Kitos matmenų, padėties ir formos nuokrypos apdirbamos pagal LST EN 22768-mK standartą. Detali gaminamos detalės technologiško analizė pateikta 3.3 ir 3.4 lentelėse.

Detalės darbo brėžinio technologinė kontrolė

TECHNOLOGIŠKUMO KRITERIJUS	ATITINKAMAS TECHNOLOGIŠKUMO KRITERIJAMS
1. Reikalingi matmenys	Visi nurodyti.
2. Atitikimas tarp matmenų tikslumo ir paviršiaus glotnumo	14Js9 Ra3,2 40k6 Ra1,25 45h7 Ra1,6 375,8js12 Ra6,3
3. Vaizdai ir pjūviai	Yra pjūvis A-A
4. Matmenų atitikimas pirmenybinių skaičių eilei	R5: 1; 40 R10: 14; 50 R20: 45 R40: 3; 60 Papildomos vertės: 7; 39,5; 83,8; 86; 375,8.
5. Matmenų išdėstymas pagal koordinačių ašis	3 koordinačių ašyse
6. Techninės sąlygos	nenurodytos matmenų, padėties ir formos nuokrypos pagal LST EN 22678-mK
7. Matmenų matavimas	Nesudėtingas, išskyrus suapvalinimo spindulių matavimą 4xR1

3.1.3. Detalės technologiškumo analizė

3.4 lentelė

Detalės konstrukcijos atitikimas pagal technologiškumo kriterijus

TECHNOLOGIŠKUMO KRITERIJUS	ATITIKIMAS TECHNOLOGIŠKUMO KRITERIJAMS
1. Medžiagos rūšies parinkimas	Plienas 41Cr4
2. Pasvirę paviršiai	Nuožulos: $1 \times 45^\circ$ 6n.
3. Bazės	Bazavimas nesudėtingas.
4. Detalės standumas $l/d_{vid} < -$ detalė standi l- detalės ilgis; d_{vid} – vidutinis detalės skersmuo	$d_{vid} = \frac{40 + 45 + 50 + 45 + 40}{5} = 44mm$ $\frac{375,8}{44} = 8,5$ $8,5 < 10$, detalė standi.
5. Terminio apdirbimo rūšis	Nėra.
6. Specialių technologinių operacijų reikalingumas	Nėra.
7. Simetrijos ašys ir plokštumos	Simetrijos plokštuma.
8. Ar detalės konstrukcija nesudarys papildomų sunkumų gaminant	Ne.
9. Sunkumai, išskylantys dėl elementų išdėstymo mechaniškai apdirbant detalę	Nėra.

Pagrindinių technologiškumo rodiklių skaičiavimas:

Unifikacijos koeficientas K_u :

$$K_u = \frac{D_u}{D}; \quad (3.1)$$

čia D_u – unifikuotų paviršių skaičius;

D- visas paviršių skaičius.

$$K_u = \frac{13}{27} = 0,48.$$

Apdirbimo tikslumo koeficientas K_T :

$$K_T = 1 - \frac{1}{A_{vid}}; \quad (3.2)$$

čia A_{vid} – paviršiaus tikslumo kвалitetų aritmetinis vidurkis.

$$A_{vid} = \frac{\sum A_i \times n}{\sum n_i}; \quad (3.3)$$

čia A_i – atitinkamo paviršiaus tikslumo kвалitetas;
 n – paviršių skaičius su atitinkamu kвалitetu.

$$A_{vid} = \frac{6 \times 2 + 7 \times 2 + 9 \times 4 + 12 \times 1 + 14 \times 14}{27} = 10.$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{10} = 0,9.$$

Paviršiaus glotnumo koeficientas K_s :

$$K_s = 1 - \frac{1}{B_{vid}}; \quad (3.4)$$

$$B_{vid} = \frac{\sum B_i \times n}{\sum n_i}; \quad (3.5)$$

čia B_i – paviršiaus glotnumo reikšmė;
 n – paviršių skaičius su atitinkamu glotnumu.

$$B_{vid} = \frac{1,6 \times 2 + 2,25 \times 2 + 6,3 \times 23}{27} = 5,65.$$

$$K_s = 1 - \frac{1}{5,65} = 0,82.$$

Išvada.

Detalės forma nesudėtinga, nesudaro sunkumų apdirbti paviršius, centravimas paprastas. Užduoti šiurkštumai pasiekiami tekinimo ir frezavimo operacijomis. Galima teigti, jog detalė atitinka technologiškumo kriterijus.

3.2 . Technologinio proceso projektavimas

3.2.1 Ruošinio parinkimas skirtingiems gamybos tipams

Nuo ruošinio parinkimo priklauso projektuojamo technologijos proceso našumas, kokybė ir ekonomiškumas. Skiriami trys gamybos tipai: masinė gamyba, serijinė gamyba ir vienetinė gamyba.

Masinės gamybos atveju vienodi gaminiai gaminami ar taisomi ilgą laiką ir jie gaminami dideliais kiekiais. Darbo vietos specializuotos, ruošiniai tikslūs ir artimi baigta detalėi.

Serijinės gamybos atveju gaminiai gaminami ar taisomi pasikartojančiomis serijomis. Ruošiniai pateikiami serijomis, jie dažniausiai valcuoti, kalti ar lieti ekonomiškais būdais.

Vienetinėje gamyboje gaminami ar taisomi pavieniai gaminiai ar nedideli jų kiekiai. Ruošiniai šiuo atveju būna gaminami pigiausiu būdu [1].

3.2.1.1 .Ruošinio parinkimo principai

Ruošinio parinkimas priklauso nuo detalės sudėtingumo: sudėtingoms detalėms nurodomas jo darbo brėžinys, paprastų detalių ruošiniams nurodoma tik jo medžiaga. Nuo pačio ruošinio priklauso gaminamos detalės apdirbimo proceso našumas, ekonomiškumas ir gaminamos detalės kokybė.

Nepaisant gamybos tipo, ruošinio matmenys perenkami kaip galima artimesni detalės matmenims. Tokiu būdu sumažinamas apdirbimo laikas, taupomi įrankiai ir mažėja medžiagos kiekis tampantis drožlėmis.

3.2.1.2 .Detalės ruošinio parinkimas vienetinės gamybos atveju

Vienetinės gamybos atveju tikslingiausia naudoti pigiausius ruošinius. Cilindrinio tipo detalėms naudojami valcuoti strypiniai ruošiniai. Veleno darbo brėžinyje didžiausias detalės skersmuo $\varnothing 50$ mm, tuomet parenkamas tokio diametro strypas. Normalaus tikslumo valcuoto stypo ribinės matmenų nuokrypos $\varnothing 50_{-1}^{+0,4}$ [19].

Pagal užduotį, gamybinė programa $N_1 = 2$ vnt. Vienetinės gamybos atvejo išlaidos skaičiuojamos naudojantis [19] pateikta metodika.

Detalės ruošinio ilgis L_r :

$$L_r = L_d + 2Z_0; \quad (3.6)$$

čia L_d - detalės nominalusis matmuo, mm;

Z_0 – užlaida ruošinio galo apdirbimui, mm.

$L_d = 375,8$ mm; $Z_0 = 2,5$ mm [19].

$$L_r = 375,8 + 2 \times 2,5 = 380,8 \text{ mm.}$$

Reikalingas strypo ilgis L_{str} pagaminti dvi detales:

$$L_{str.} = 2 (L_r + L_p) + l_{n.g.} + l_s; \quad (3.7)$$

čia L_p – pjūvio plotis, mm;

$l_{n.g.}$ – nupjaunamo galo ilgis, mm;

l_s – strypo dalis, liekanti suspaudimo įtaise.

$l_{n.g.} = 3$ mm; $l_{n.g.} = 10$ mm; $l_s = 20$ mm [19].

$$L_{str} = 2 (380,8 + 3) + 10 + 20 = 797,6 \text{ mm.}$$

Nekartotinumai $L_{nek.}$:

$$L_{nek.} = L_{str.} - x (L_r + L_p); \quad (3.8)$$

čia x – ruošinių kiekis, vnt;

$x = 2$ – vienietinės gamybinės programos atvėju.

$$L_{nek.} = 797,6 - 2 (380,8 + 3) = 30 \text{ mm.}$$

Medžiagos išnaudojimo koeficientas K_m :

$$K_m = \frac{G_d}{G_{r.n.}}; \quad (3.9)$$

čia G_d – detalės masė, kg;

$G_{r.n.}$ – medžiagos kiekis vienai detalei, įvertinus technologinius nuostolius, kg.

$$G_{r.n.} = G_r + \frac{G_{nek.}}{x} + \frac{G_{n.g.}}{x} + \frac{G_s}{x} + G_p; \quad (3.10)$$

čia G_r – ruošinio masė, kg;
 $G_{nek.}$ – strypo nekartotinumų dalies masė, kg;
 $G_{n.g.}$ – strypo nupjaunamo galo masė, kg;
 G_s – strypo dalies, liekančios staklių suspaudimo įtaise, masė, kg;
 G_p – strypo pjūvio masė, kg.

Programos „SolidWorks“ skaičiavimo rezultatai (1 priedas):

- Ruošinio masė $G_r = 5,847$ kg.
- Strypo nekartotinumų dalies masė $G_{nek.} = 0,461$ kg.
- Strypo nupjaunamo galo masė $G_{n.g.} = 0,154$ kg.
- Strypo dalies, liekančios staklių suspaudimo įtaise, masė $G_s = 0,307$ kg.
- Strypo pjūvio masė $G_p = 0,046$ kg.

$$G_{r.n.} = 5,847 + \frac{0,461}{2} + \frac{0,154}{2} + \frac{0,307}{2} + 0,046 = 6,354 \text{ kg}.$$

$$K_m = \frac{4,55}{6,354} = 0,72.$$

Ruošinio kaina vienai detalei C_r :

$$C_r = (C_m \times G_{r.n.} - (G_{r.n.} - G_d) \frac{C_{at}}{1000}); \quad (3.11)$$

čia C_m – ruošinio medžiagos 1 kg kaina, Lt;
 C_{at} – medžiagos atliekų 1 t kaina, Lt.

Medžiagos kaina ruošiniui parenkama pagal [9]. Stypo vieno kilogramo kaina 3,1 Lt. Atliekų (drožlių) supirkimo kaina 580 lt/t [12].

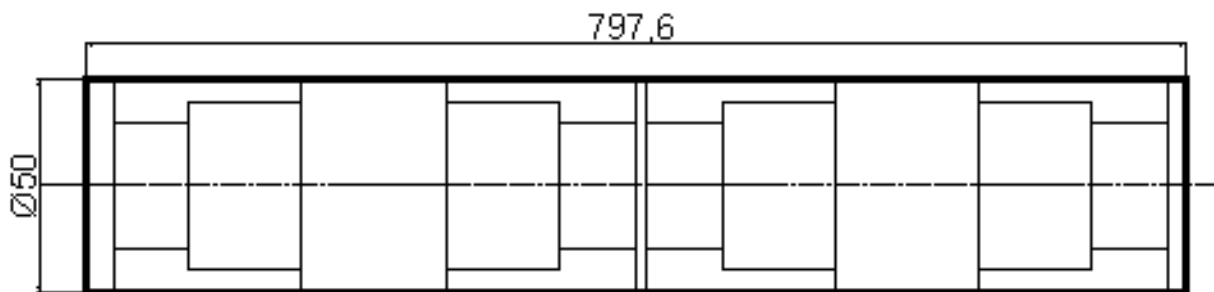
$$C_r = (3,1 \times 6,354 - (6,354 - 4,55) \frac{580}{1000}) = 18,65 \text{ Lt}.$$

Ruošinio dviem detalėms masė $G_{r,n,2} = 12,247 \text{ kg}$ (1 priedas).

Ruošinio kaina dviem detalėms C_{r2} :

$$C_{r2} = (C_m \times G_{r,n,2} - (G_{r,n,2} - 2 \times G_d) \frac{C_{at}}{1000}); \quad (3.12)$$

$$C_r = 3,1 \times 12,247 - (12,247 - 2 \times 4,55) \frac{580}{1000} = 36,14 \text{ Lt.}$$



3.2 pav. Ruošinio eskizas dviem detalėms

3.2.1.3 . Detalės ruošinio parinkimas serijinės gamybos atveju

Serijinės gamybos atveju ruošiniai pateikiami pasikartojančiomis partijomis. Naudojama daug programinio valdymo staklių, apdirbimo centrų ir universalių staklių. Dažniausiai naudojami ruošiniai iš valcuotų profilių, štampuoti ar lieti ekonomiškiausiais būdais. Šiuo atveju gamybos programa $N_2 = 300 \text{ vnt.}$ Patikrinama kas ekonomiškiau: štampuoti ar valcuoti ruošiniai šiam gamybos tipui.

Štampuotas ruošinys

Ruošinys parenkamas atsižvelgiant į detalės paskirtį, konstrukciją, medžiagos technologinius reikalavimus ir ekonomiškumą.

Parenkant užlaidas apskaičiuojamas koeficientas C :

$$C = \frac{M_d}{M_f}; \quad (3.13)$$

čia M_d - detalės masė;

M_f - formos masė.

Apskaičiuota programa „Solidworks“:

Detalės masė: $M_{\text{det}} = 4,55 \text{ kg}$;

Formos masė: $M_f = 5,832 \text{ kg}$.

$$C = \frac{4,55}{5,832} = 0,78.$$

Tai pagal [19] literatūrą bus C1 sudėtingumo laipsnio, M2 plieno grupės, II tikslumo klasės ruošinys.

Pagal [19] literatūrą parenkamos užlaidos:

Išorinio sukimosi paviršių skersmenys:

$$D_r = D_d + 2Z_0; \quad (3.14)$$

čia D_r – ruošinio skersmuo, mm;

D_d – detalės nominalusis skersmuo, mm;

Z_0 – užlaidos dydis vienai pusei, mm.

$$D_{r1} = D_{d1} + 2Z_{01};$$

$$D_{r1} = 45 + 2 \times 2,9 = 50,8 \text{ mm}.$$

$$D_{r2} = D_{d2} + 2Z_{02};$$

$$D_{r2} = 40 + 2 \times 2,9 = 45,8 \text{ mm}.$$

Ilgio matmenys:

$$L_r = L_d + 2Z_0; \quad (3.15)$$

čia L_r – ruošinio ilgis, mm;

L_d – detalės nominalusis ilgis, mm;

Z_0 – užlaidos dydis vienai pusei, mm.

$$L_{r1} = L_{d1} + 2Z_{01};$$

$$L_{r1} = 83,8 + 2 \times 3 = 89,8 \text{ mm}.$$

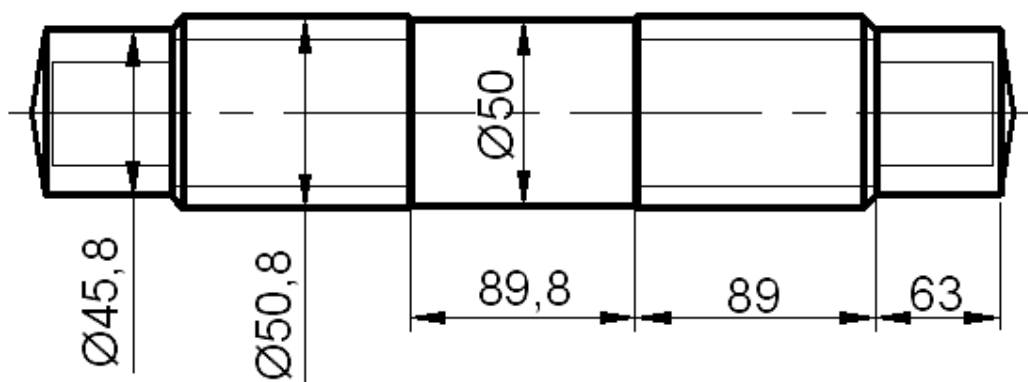
Kitiems ilgio matmenims užlaidos parenkamos vienai pusei, nes tie matmenys jungia du detalės paviršius:

$$L_{r2} = L_{d2} + Z_{02}; \quad (3.16)$$

$$L_{r2} = 86 + 3 = 89 \text{ mm.}$$

$$L_{r3} = L_{d3} + Z_{03};$$

$$L_{r3} = 60 + 3 = 63 \text{ mm.}$$



3.3 pav. Štampuotas ruošinys

Vienos štampuotos detalės kaina C_{st} :

$$C_{6t} = M_{f2} \times C_m - (M_{f2} - M_d) \frac{C_{at}}{1000}; \quad (3.17)$$

čia M_{f2} – štampuoto ruošinio masė įvertinus technologinius nuostolius (10%), kg.

C_m ir C_{at} – ruošinio medžiagos ir atlikų kainos, kurių vertės priimamos kaip ir valcuoto ruošinio gamybos procese.

$$M_{f2} = M_f \times 1,1; \quad (3.18)$$

$$M_{f2} = 5,832 \times 1,1 = 6,415 \text{ kg.}$$

$$C_{6t} = 6,415 \times 3,1 - (6,415 - 4,55) \frac{580}{1000} = 18,8 \text{ Lt.}$$

Serijinė gamybinė programa $N_2 = 300$ vnt, šampo kaina priimama $C_s = 3000$ Lt, tuomet vienos detalės savikaina C_s :

$$C_s = \frac{C_{6t} \times N_2 + C_6}{N_2}; \quad (3.19)$$

$$C_s = \frac{18,8 \times 300 + 3000}{300} = 28,8 \text{ Lt.}$$

Detalių gamyba iš valcuoto ruošinio

Priimama, jo kiekviena detalė bus paruošiama apdirbui atskirai, t.y. tiekama galų frezavimo operacijai ilgiu L:

$$L = L_r + L_p + l_{n.g.} + l_s; \quad (3.20)$$

$$L = 380,8 + 3 + 10 + 20 = 413,8 \text{ mm.}$$

Vieno ruošinio masė $M = 6,354 \text{ kg}$ (1 priedas).

Ruošinio kaina:

$$C_r = (3,1 \times 6,354 - (6,354 - 4,55)) \frac{580}{1000} = 18,65 \text{ Lt.}$$

Išvada:

Serijinės gamybos atvėju, vienos detalės savikaina ($18,65 \text{ Lt} < 28,8 \text{ Lt}$) mažesnė valcuotų ruošinių atvėju. Tad tolimesniuose skaičiavimuose priimama, jog ruošinys- valcuotas strypas $\varnothing 50 \text{ mm}$.

3.2. Detalės mechaninio apdirbimo kelio projektavimas

3.5 lentelė

Valeno paviršių apdirbimo maršrutas

Paviršiaus Nr.	Paviršiaus charakteristika	Apdirbimo maršrutas	Paviršiaus tikslumas, kвалitetas, mm	Paviršiaus glotnumas Ra, μm
1; 26	Plokščias išorinis	Grubus frezavimas, centravimas	12 (0,57)	6,3
3; 24	Cilindrinis išorinis	Grubus tekinimas	14 (0,62)	12,5
		Grubus tekinimas	12 (0,25)	6,3
		Glotnasis tekinimas	9 (0,062)	3,2
		Tikslusis tekinimas	6 (0,016)	1,25
7; 17	Cilindrinis išorinis	Grubus tekinimas	13 (0,39)	6,3
		Glotnasis tekinimas	10 (0,1)	3,2
		Tikslusis tekinimas	7 (0,025)	1,6
2; 4; 6; 11; 13; 14; 16; 21; 23; 25	Cilindrinis išorinis	Grubus tekinimas	14 (0,25)	6,3
5; 12; 15; 22	Plokščias išorinis	Grubus tekinimas	14 (0,87)	6,3
8; 9; 18; 20	Plokščias vidinis	Grubus frezavimas	9 (0,043)	3,2
10; 19	Plokščias vidinis	Grubus frezavimas	14 (0,62)	3,2

Veleno apdirbimo technologinis maršrutas

Operacijos Nr	Perėjimo Nr.	Operacija	Staklių modelis	Pjovimo įrankis
Frezavimas				
005	1	Išorinių paviršių 1, 26 frezavimas	Amada THV 430	Galinė freza RA390-100J31.75-18M, su įstatomomis plokštelėmis D = 100mm, z = 7 dant.
	2	Išorinių paviršių 1, 26 centravimas	Amada THV 430	Centravimo grąžtas CTR400 d = 4 mm
Tekinimas				
010	1	Išorinio paviršiaus 3 grubus tekinimas	HYUNDAI SKT15	Tekinimo peilis CCLNR 2525M 12-4 su keičiamomis kietlydinio plokštelėmis (dešininis)
	2	Išorinio paviršiaus 3 grubus tekinimas		
	3	Išorinio paviršiaus 3 glotnus tekinimas		
	4	Išorinio paviršiaus 3 tikslus tekinimas		
	5	Išorinio paviršiaus 7 grubus tekinimas		
	6	Išorinio paviršiaus 7 glotnus tekinimas		
	7	Išorinio paviršiaus 7 tikslus tekinimas		
	8	Išorinio paviršiaus 12 grubus tekinimas		
	9	Išorinio paviršiaus 11 grubus tekinimas		
	10	Išorinio paviršiaus 5 grubus tekinimas		
	11	Išorinio paviršiaus 4 grubus tekinimas		
010	12	Išorinio paviršiaus 24 grubus tekinimas	HYUNDAI SKT15	Tekinimo peilis CCLNL 2525M 12-4 su keičiamomis kietlydinio plokštelėmis (kairinis)
	13	Išorinio paviršiaus 24 grubus tekinimas		

3.6 lentelės tęsinys kitame puslapyje

3.6 lentelės tęsinys

Operacijos Nr	Perėjimo Nr.	Operacija	Staklių modelis	Pjovimo įrankis
010	14	Išorinio paviršiaus 24 glotnus tekinimas	HYUNDAI SKT15	Tekinimo peilis CCLNL 2525M 12-4 su keičiamomis kietlydinio plokštelėmis (kairinis)
	15	Išorinio paviršiaus 24 tikslus tekinimas		
	16	Išorinio paviršiaus 17 grubus tekinimas		
	17	Išorinio paviršiaus 17 glotnus tekinimas		
	18	Išorinio paviršiaus 17 tikslus tekinimas		
	19	Išorinio paviršiaus 16 grubus tekinimas		
	20	Išorinio paviršiaus 15 grubus tekinimas		
	21	Išorinio paviršiaus 22 grubus tekinimas		
	22	Išorinio paviršiaus 23 grubus tekinimas		
	23	Išorinio paviršiaus 25 grubus tekinimas		
	24	Išorinio paviršiaus 21 grubus tekinimas		
	25	Išorinio paviršiaus 14 grubus tekinimas		
	26	Išorinio paviršiaus 13 grubus tekinimas		
	27	Išorinio paviršiaus 6 grubus tekinimas		
	28	Išorinio paviršiaus 2 grubus tekinimas		
Frezavimas				
015	1	Paviršių 8, 9, 10 grubus frezavimas	LAGUN GVC 600	Trijų plunksnų galine freza R216.33- 14045-AC22P 1630
	2	Paviršių 8, 9, 10 grubus frezavimas		
	3	Paviršių 8, 9, 10 grubus frezavimas		

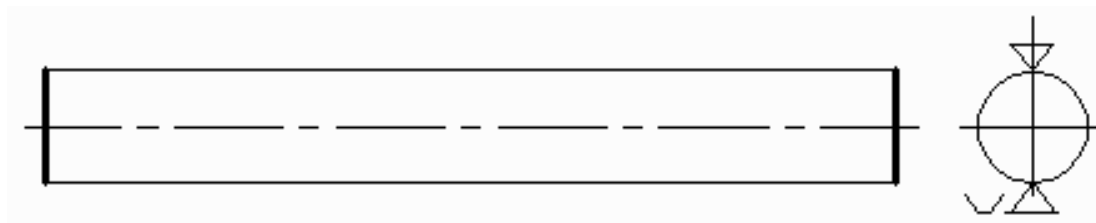
3.6 lentelės tęsinys kitame puslapyje

Operacijos Nr	Perėjimo Nr.	Operacija	Staklių modelis	Pjovimo įrankis
Frezavimas				
015	4	Paviršių 8, 9, 10 grubus frezavimas	LAGUN GVC 600	Trijų plunksnų galine freza R216.33- 14045-AC22P 1630
	5	Paviršių 18, 19, 20 grubus frezavimas		
	6	Paviršių 18, 19, 20 grubus frezavimas		
	7	Paviršių 18, 19, 20 grubus frezavimas		
	8	Paviršių 18, 19, 20 grubus frezavimas		

3.3. Technologinių bazių parinkimas

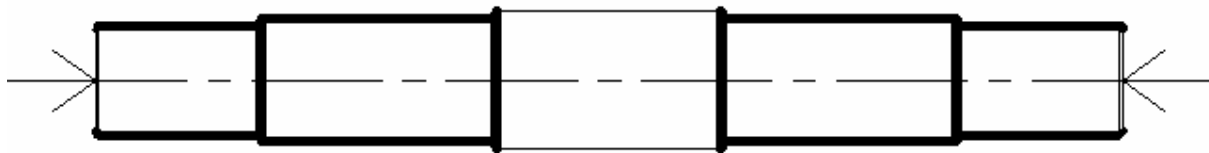
Bazavimas- tai reikiamos padėties suteikimas ruošiniui pasirinktos koordinačių sistemos atžvilgiu. Ruošinio bazavimo ir tvirtinimo schema turi užtikrinti jo patikimą užtvirtinimą ir padėties stabilumą viso mechanizmo apdirbimo metu numatytoje operacijoje. Bazavimo paviršiai turi būti parinkti taip, kad būtų užtikrintas matmenu ir paviršių tarpusavio padėties reikiamas tikslumas.

Pirmuoju pastatymu apdirbami veleno galai: frezuojama iki reikiamo matmens ir centruojama. Šiame pastatyme bazuojama neapdirbamu paviršiumi jį įtvirtinant prizmėje (3.13 pav.):



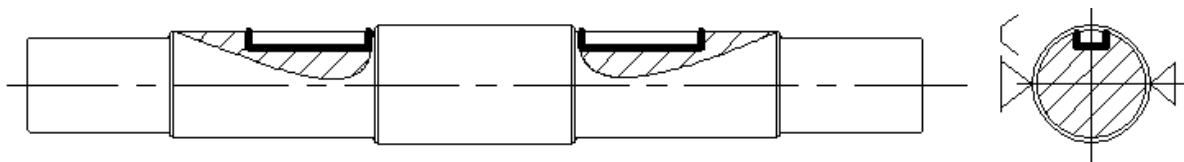
3.4 pav. Bazavimas prizmėje

Antruoju pastatymu bazuojama apdirbtais veleno galais. Velenas apdirbamas centruose, tai reikalinga norint įvykdyti darbo brėžinio techninę sąlygą: radialinio mušimo nuokrypa neturi viršyti 0,03 mm (3.5 pav.):



3.5 pav. Bazavimas centruose

Trečiuoju pastatymu frezuojami pleištiniai grioveliai. Detalė bazuojama įstatant į prizmę (3.6 pav.):



3.6 pav. Bazavimas prizmėje

3.4. Užlaidų analitinis skaičiavimas

Užlaidų analitinis skaičiavimas atliekamas dviem pasirinktiems paviršiams. Nuo parinktos užlaidos priklauso medžiagos išnaudojimo koeficientas, pasiekiamas matmenų tikslumas. Parinkus per dideles užlaidas – ilgėja apdirbimo laikas, trumpėja pjovimo įrankių tarnavimo laikas. Jei parinktos per mažos užlaidų reikšmės – nepavyks pasiekti reikiamo tiklumo paviršiaus.

Parinkamos užlaidos detalės ilgio matmeniui 375,8js12:

3.7 lentelė

Užlaidos matmeniui 375,8js12

Paviršiaus apdirbimo technologiniai perėjimai 375,8js12 ^(+0,285) _(-0,285)	Užlaidos elementai, μm				Skaičiuojama užlaida, μm 2Z _{min}	Skaičiuojamas matmuo, mm a _{sk}	Tolerancija, μm T	Ribiniai matmenys, mm		Ribinių užlaidų reikšmės, μm	
	R _z	h	ρ	ε				a _{min}	a _{max}	2Z _{min}	2Z _{max}
Ruošinys	160	250	456	-	-	377,517	1260	377,52	378,777	-	-
Frezavimas grubus	50	50	27	135	2002	375,515	570	375,52	376,085	2000	2692

$\rho_{\text{ruoš}}$ – ruošinio erdvinė nuokrypa:

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{sus}}^2 + \rho_c^2}; \quad (3.21)$$

čia ρ_{sus} – susikraipymo paklaida;
 ρ_c – centravimo staklių derinimo paklaida.
 $\rho_c = 0,25 \text{ mm}$ [11].

$$\rho_{\text{sus}} = \Delta_k \cdot l; \quad (3.22)$$

čia Δ_k – lyginamasis kreivumas μm 1 mm ilgiui;
 l – veleno ilgis, mm.
 $\Delta_k = 1 \mu\text{m} / 1 \text{ mm}$ [11].

$$\begin{aligned} \rho_{\text{sus}} &= 1 \times 380,8 = 380,8 \mu\text{m} \\ \rho_{\text{ruoš}} &= \sqrt{\rho_{\text{sus}}^2 + \rho_c^2} = \sqrt{380,8^2 + 250^2} = 456 \mu\text{m} \end{aligned}$$

Erdvinė nuokrypa po patikslinimo ρ_2 :

$$\rho_2 = k \times \rho_{\text{ruoš}}; \quad (3.23)$$

čia k – detalės formos patikslinimo koeficientas.
 $k = 0,06$ [11].

$$\rho_2 = 0,06 \times 456 = 27 \mu\text{m}.$$

ε_n – nustatymo (tvirtinimo) paklaida:

$$\varepsilon_n = \sqrt{\varepsilon_b^2 + \varepsilon_{tv}^2 + \varepsilon_{pas}^2}; \quad (3.24)$$

čia ε_b – bazavimo paklaida;
 ε_{tv} – tvirtinimo paklaida;
 ε_{pas} – ruošinio pastatymo įtaise paklaida.
 $\varepsilon_b = 0$ [11]; $\varepsilon_{tv} = 135 \mu\text{m}$ [11]; $\varepsilon_{pas} = 0$ [11].

$$\varepsilon_n = \sqrt{0^2 + 135^2 + 0^2} = 135 \mu\text{m}.$$

Minimali užlaida $2Z_{\min}$:

$$2Z_{\min} = 2(R_{zi-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i); \quad (3.25)$$

$$2Z_{\min} = 2(160 + 250 + 456 + 135) = 2002 \mu\text{m}.$$

Skačiuojamas matmuo a_{sk} :

$$a_{sk2} = 375,515 \text{ mm}.$$

$$a_{sk1} = d_{sk2} + 2Z_{\min} = 375,515 + 2,002 = 377,517 \text{ mm}.$$

Ribiniai matmenys:

$$a_{\max i} = a_{\min i} + T_i; \quad (3.26)$$

$$a_{\max 1} = 377,517 + 1,26 = 378,777 \text{ mm}.$$

$$a_{\max 2} = 375,515 + 0,57 = 376,085 \text{ mm}.$$

Užlaidos ribinės reikšmės:

$$2Z_{\min} = a_{\min i-1} - a_{\min i} (\mu\text{m}); \quad (3.27)$$

$$2Z_{\min} = 377,52 - 375,52 = 2 = 2000 \mu\text{m}.$$

$$2Z_{\max} = a_{\max 1} - a_{\max 2} (\mu\text{m}); \quad (3.28)$$

$$2Z_{\max} = 378,777 - 376,085 = 2,692 \text{ mm} = 2692 \mu\text{m}.$$

3.8 lentelė

Užlaidos matmeniui Ø40k6

Paviršiaus apdirbimo technologiniai perėjimai Ø40k6 $\left(\begin{smallmatrix} +0,002 \\ +0,018 \end{smallmatrix} \right)$	Užlaidos elementai, μm				Skačiuojama užlaida, μm	Skačiuojamas matmuo, mm	Tolerancija, μm	Ribiniai matmenys, mm		Ribinių užladų reikšmės, μm	
	R_z	h	ρ	ε	$2Z_{\min}$	d_{sk}	T	$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Ruošiny	160	250	375,8	-	-	42,132	1400	42,13	43,53	-	-
Grubus tekinimas	100	100	23	0	1572	40,56	250	40,6	40,85	1530	2680
Glotnus tekinimas	30	30	1	0	446	40,122	62	40,11	40,172	490	678
Tikslusis tekinimas	3	-	-		112	40,002	16	40	40,016	110	156
Viso:										2130	3514

Pastaba: iki Ø43,53 mm matmens ruošinį apdirbti maksimaliais pjovimo režimais.

$$\rho_{\text{sus}} = 1 \times 375,8 = 375,8 \text{ } \mu\text{m}.$$

$$\rho = k_y \times \rho_{\text{ruoš}};$$

kai grubus tekimas $k_y = 0,06$ [11]:

$$\rho_2 = 0,06 \times 375,8 = 23 \text{ } \mu\text{m}.$$

kai glotnus tekimas $k_y = 0,04$ [11]:

$$\rho_3 = 0,04 \times 23 = 1 \text{ } \mu\text{m}.$$

$$\varepsilon_n = \sqrt{\varepsilon_b^2 + \varepsilon_{tv}^2 + \varepsilon_{pas}^2};$$

$$\varepsilon_b = 0 [3]; \varepsilon_{tv} = 135 \text{ } \mu\text{m} [3]; \varepsilon_{pas} = 0 [11].$$

$$\varepsilon_n = 0 \text{ } \mu\text{m}.$$

Minimali užlaida $2Z_{\min}$:

$$2Z_{\min 2} = 2(160 + 250 + \sqrt{375,8^2 + 0^2}) = 1572 \mu\text{m}.$$

$$2Z_{\min 3} = 2(100 + 100 + \sqrt{23^2 + 0^2}) = 446 \mu\text{m}.$$

$$2Z_{\min 4} = 2(30 + 30 + \sqrt{1^2 + 0^2}) = 112 \mu\text{m}.$$

Skačiuojamas matmuo d_{sk} :

$$d_{\text{sk}4} = 40,002 \text{ mm};$$

$$d_{\text{sk}3} = d_{\text{sk}4} + 2Z_{\min 4} = 40,002 + 0,112 = 40,124 \text{ mm};$$

$$d_{\text{sk}2} = d_{\text{sk}3} + 2Z_{\min 3} = 40,124 + 0,446 = 40,56 \text{ mm};$$

$$d_{\text{sk}1} = d_{\text{sk}2} + 2Z_{\min 2} = 40,56 + 1,572 = 42,132 \text{ mm}.$$

Ribiniai matmenys:

$$d_{\max 1} = 42,13 + 1,4 = 43,53 \text{ mm};$$

$$d_{\max 2} = 40,6 + 0,25 = 40,85 \text{ mm};$$

$$d_{\max 3} = 40,33 + 0,25 = 40,58 \text{ mm};$$

$$d_{\max 4} = 40,11 + 0,062 = 40,172 \text{ mm}.$$

Užlaidos ribinės reikšmės:

$$2Z_{\min 2} = 42,13 - 40,6 = 1,53 \text{ mm};$$

$$2Z_{\min 3} = 40,6 - 40,11 = 0,49 \text{ mm};$$

$$2Z_{\min 4} = 40,11 - 40 = 0,11 \text{ mm}.$$

$$2Z_{\max 2} = 43,53 - 40,85 = 2,68 \text{ mm};$$

$$2Z_{\max 3} = 40,85 - 40,172 = 0,678 \text{ mm};$$

$$2Z_{\max 4} = 40,172 - 40,016 = 0,156 \text{ mm}.$$

3.5. Pjovimo režimų skaičiavimas

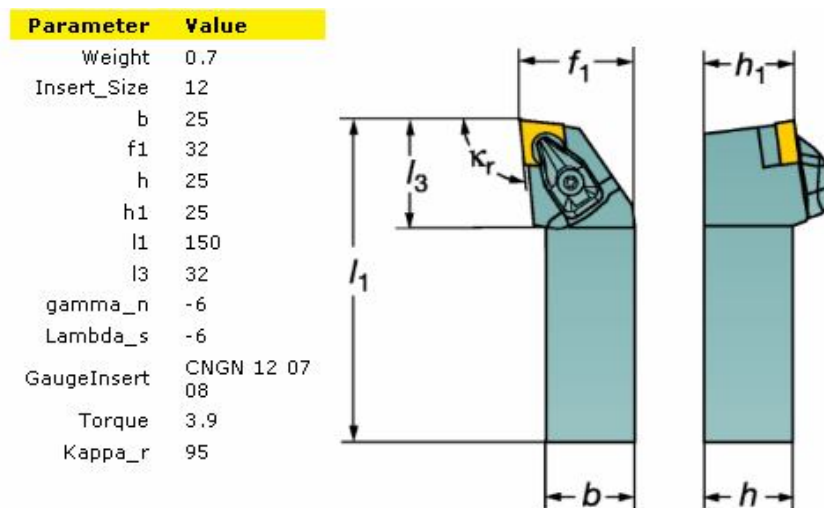
Pjovimo režimai gali būti parenkami dviem būdais: analitiniu arba pagal normatyvinius duomenis (iš lentelių). Parenkant režimus atsižvelgiama į apdirbama medžiagą, apdirbimo būdą, įrankio tipą, jo medžiagą ir staklių tipą.

Analitiniu būdu pjovimo režimai bus nustatinėjami dviems perėjimams. Šiems perėjimams skaičiuojamas pjovimo gylis t , pastūma s ir pjovimo greitis V arba staklių apsisukimų skaičius n .

Apdirbamo ruošinio medžiaga plienas 41Cr4, kurio $\sigma_u = 800\text{-}1000 \text{ MPa}$ (priimama, jog $\sigma_u = 1000 \text{ MPa}$), $HB = 241\text{-}255 \text{ kG/mm}^2$.

Operacija 010, perėjimas 1, grubus tekinimas, $\varnothing 50$, $Ra12,5 \text{ } \mu\text{m}$. Tekinama su CNC staklėmis „HYUNDAI SKT15“.

Tekinimo peilis CCLNR 2525M 12-4 su keičiamomis kietlydinio plokštelėmis 3.16 pav.:



3.7 pav. Tekinimo peilis CCLNR 2525M 12-4

Grubaus tekimo režimų nustatymas:

Pjovimo gylis t:

$$t = \frac{D-d}{2}; \quad (3.29)$$

čia D – skersmuo prieš tekimą, mm;

d – skersmuo po tekimo, mm.

Iš 3.8 lent. priimama, jog ruošinio matmuo prieš tekimo operaciją $D = 50$ mm, po grubaus tekimo $d = 43,53$ mm.

$$t = \frac{50 - 43,53}{2} = 3,235 \text{ mm}.$$

Pastūma s vienam ruošinio apsisukimui:

$$s = 0,7 \text{ mm/aps [22]}.$$

Leistinas pjovimo greitis v:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v; \quad (3.30)$$

čia C_v – konstanta ($C_v = 350$ [22]);

T – vidutinė peilio patvarumo reikšmė, min ($T = 60$ min [22]);

x, y, m – laipsnių rodikliai ($x = 0,15$; $y = 0,35$; $m = 0,2$ [22]);

K_v – pataisos koeficientas.

$$K_v = K_{mv} K_{nv} K_{uv} K_{\varphi v} K_{\phi 1v} K_{rv}; \quad (3.31)$$

čia K_{mv} - koeficientas, įvertinantis apdirbamos medžiagos įtaką pjovimo greičiui.

$$K_{mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_u} \right)^n; \quad (3.32)$$

čia K_{Γ} - koeficientas, apibūdinantis apdirbamojo plieno grupę ($K_{\Gamma} = 1$ [22]);

n- laipsnio rodiklis ($n = 1,75$ [22]).

$$K_{mv} = 1 \left(\frac{750}{1000} \right)^{1,75} = 0,6.$$

K_{nv} – koeficientas, įvertinantis medžiagos paviršiaus būklę pjovimo greičiui ($K_{nv} = 1$ [22]);

K_{uv} – koeficientas, įvertinantis peilio darbinės dalies medžiagos įtaką pjovimo greičiui ($K_{uv} = 1$ [22]);

$K_{\phi v}$, $K_{\phi 1v}$, K_{rv} – koeficientai, įvertinantys peilio geometrinių elementų įtaką pjovimo greičiui ($K_{\phi v} = 0,8$; $K_{\phi 1v} = 1$; $K_{rv} = 0,94$ [22]).

$$K_v = 0,6 \times 1 \times 1 \times 0,8 \times 1 \times 0,94 = 0,45.$$

$$v = \frac{350}{60^{0,2} \times 3,235^{0,15} \times 0,7^{0,35}} 0,45 = 66 m / min.$$

Ruošinio sukimosi dažnis n :

$$n = \frac{1000v}{\pi D}; \quad (3.33)$$

$$n = \frac{1000 \times 66}{3,14 \times 50} = 420 aps / min.$$

Naudojamos programinio valdymo staklės, kuriose sukimosi dažnis reguliuojamas nuosekliai, tai priimamas sukimosi dažnis $n_{st} = 400$ aps/min.

Minutinė pastūma s_m :

$$s_m = s \times n_{st}; \quad (3.34)$$

$$s_m = 0,7 \times 400 = 280 mm / min.$$

Tikrasis pjovimo greitis v_t :

$$v_t = \frac{\pi D n_{st}}{1000}; \quad (3.35)$$

$$v_t = \frac{3,14 \times 50 \times 400}{1000} = 63 m / min.$$

Pjovimo jėgos dedamosios:

$$P_{x,y,z} = 10C_p \times t^x \times s^y \times v_t^n \times K_p; \quad (3.36)$$

čia P_z, P_y, P_x tangentinė, radialinė ir ašinė pjovimo jėgos dedamosios išilginio, skersinio tekimo, griovelių įpjovimo atveju;

C_p – konstanta;

z, y, x – laipsnių rodikliai;

K_p – pataisos koeficientas.

$$K_p = K_{mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp}; \quad (3.37)$$

čia K_{mp} - koeficientas, įvertinantis apdirbamosios medžiagos įtaką pjovimo jėgai;

$K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp}$ - koeficientai, įvertinantys peilio geometrijos įtaką.

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_u}{750} \right)^n; \quad (3.38)$$

čia n – koeficientas apibūdinantis pjovimo įrankio medžiagą ($n = 0,75$ [22]).

$$K_{mp} = \left(\frac{1000}{750} \right)^{0,75} = 1,24.$$

$$\begin{aligned} P_z: \quad C_p &= 300; & x &= 1; & y &= 0,75; & n &= -0,15; \\ K_{\varphi p} &= 0,89 & K_{\gamma p} &= 1,1 & K_{\lambda p} &= 1 & K_{rp} &= 0,93 \\ K_{mp} &= 1,24 \text{ (reikšmės pagal [22])}. \end{aligned}$$

$$K_p = 0,89 \times 1,1 \times 1 \times 0,93 \times 1,24 = 1,13.$$

$$P_z = 10 \times 300 \times 3,235^1 \times 0,7^{0,75} \times 63^{-0,15} \times 1,13 = 4532 N.$$

$$\begin{aligned} P_y: \quad C_p &= 243; & x &= 0,9; & y &= 0,6; & n &= -0,3; \\ K_{\varphi p} &= 0,5 & K_{\gamma p} &= 1,4 & K_{\lambda p} &= 1 & K_{rp} &= 0,82 \\ K_{mp} &= 1,24 \text{ (reikšmės pagal [22])}. \end{aligned}$$

$$K_p = 0,5 \times 1,4 \times 1 \times 0,82 \times 1,24 = 0,71.$$

$$P_y = 10 \times 243 \times 3,235^{0,9} \times 0,7^{0,6} \times 63^{-0,3} \times 0,71 = 1158 N.$$

$$P_z: \quad C_p = 339; \quad x = 1; \quad y = 0,5; \quad n = -0,4;$$

$$K_{\varphi p} = 1,17 \quad K_{\eta p} = 1,4 \quad K_{\lambda p} = 1 \quad K_{rp} = 1$$

$$K_{mp} = 1,24 \text{ (reikšmės pagal [22])}.$$

$$K_p = 1,17 \times 1,4 \times 1 \times 1 \times 1,24 = 2,03.$$

$$P_z = 10 \times 339 \times 3,235^1 \times 0,7^{0,5} \times 63^{-0,4} \times 2,03 = 3551N.$$

Pjovimui reikalinga galia N:

$$N = \frac{P_z \times v_t}{1020 \times 60}; \quad (3.39)$$

$$N = \frac{4532 \times 63}{1020 \times 60} = 4,7kW.$$

Parinkti pjovimo režimai turi tenkinti sąlygą:

$$N \leq N_v \times \eta; \quad (3.40)$$

čia N_v – pagrindinio elektros variklio galia, kW;
 η – staklių pavaros naudingumo koeficientas (priimama $\eta = 0,75$).

$$4,7 \leq 11 \times 0,75.$$

$$4,7 \leq 8,25.$$

Sąlyga tenkinama.

Tekinimo mašininis laikas T_m :

$$T_m = \frac{L}{s_m}; \quad (3.41)$$

čia L- darbo eigos ilgis, mm

$$L = l + l_1 + l_2; \quad (3.42)$$

čia l- pjovimo ilgis, mm;

l_1 – peiliui įsipjauti iki viso gylgio reikalingas atstumas, mm;

l_2 – peilio praėjimo už apdirbtojo paviršiaus dydis, mm.

$l = 59 \text{ mm}; l_1 = 3 \text{ mm}; l_2 = 0 \text{ mm};$

l_1 ir l_2 reikšmės pagal [17]

$$L = 59 + 3 = 62 \text{ mm}$$

$$T_m = \frac{62}{280} = 0,22 \text{ min}$$

Operacija 015, perėjimas 4, pleištinio griovelio grubus frezavimas. Frezuojama staklėmis „LAGUN GVC 600“.

Apdirbamo ruošinio medžiaga plienas 41Cr4, kurio $\sigma_u = 800\text{-}1000 \text{ MPa}$ (priimama, jog $\sigma_u = 1000 \text{ MPa}$), $HB = 241\text{-}255 \text{ kG/mm}^2$.

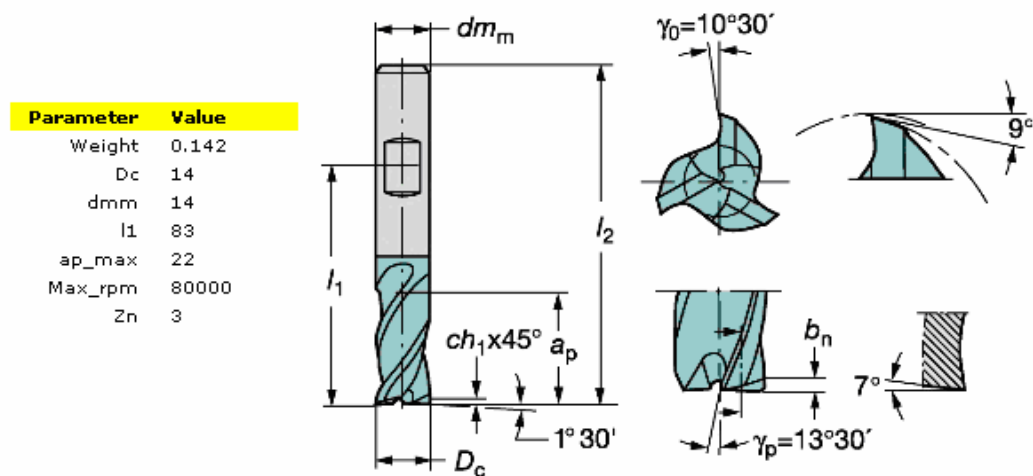
Paviršiaus šiurkštumas $R_a = 3,2 \text{ } \mu\text{m}$;

Frezavimo plotis $B = 14 \text{ mm}$;

Frezavimo ilgis $l = 36 \text{ mm}$;

Pjovimo gylis $t = 2,5 \text{ mm}$;

Pagal frezavimo plotį B parenkamas galinės pirštinės frezos skersmuo $D = 14 \text{ mm}$. Jos geometriniai parametrai pateikti 3.17 pav.:



3.8 pav. Galinės pirštinės frezos geometriniai parametrai

Parenkamas pastūma vienam dančiui s_z :

$$s_z = 0,16 \text{ mm/danč [22].}$$

Pjovimo greitis v :

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v; \quad (3.43)$$

čia C_v – konstanta ($C_v = 145$ [22]);

D – frezos skersmuo, mm;

T – frezos patvarumo reikšmė, min ($T = 80 \text{ min}$ [22]);

q; x; y; u; p; m – laipsnių rodikliai pagal [22];

q = 0,44; x = 0,24; y = 0,26; u = 0,1; p = 0,13; m = 0,37;

x, y, m – laipsnių rodikliai (x = 0,15; y = 0,35; m = 0,2 [22]);

z – frezos dantų skaičius (z = 3);

K_v – bendras pataisos koeficientas.

$$K_v = K_{mv} K_{nv} K_{uv}; \quad (3.44)$$

čia K_{mv} - koeficientas, įvertinantis apdirbamosios medžiagos įtaką pjovimo greičiui;

K_{nv} - koeficientas, įvertinantis ruošinio paviršiaus būklę ($K_{nv} = 1$ [22]);

K_{uv} - koeficientas, įvertinantis įrankio medžiagą ($K_{uv} = 1$ [22]).

$$K_{mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_u} \right)^n; \quad (3.45)$$

čia K_{Γ} - koeficientas, apibūdinantis apdirbamojo plieno grupę ($K_{\Gamma} = 1$ [22]);

n- laipsnio rodiklis (n = 0,9 [22]).

$$K_{mv} = 1 \left(\frac{750}{1000} \right)^{0,9} = 0,77.$$

$$K_v = 0,77 \times 1 \times 1 = 0,77.$$

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v;$$

$$v = \frac{145 \times 14^{0,44}}{80^{0,37} \times 2,5^{0,24} \times 0,16^{0,26} \times 14^{0,1} \times 3^{0,13}} 0,77 = 61 \text{ m/min.}$$

Frezos sukimosi dažnis n:

$$n = \frac{1000v}{\pi D}; \quad (3.46)$$

$$n = \frac{1000 \times 61}{3,14 \times 14} = 1388 \text{ aps/min.}$$

Naudojamos programinio valdymo staklės, kuriose sukimosi dažnis reguliuojamas nuosekliai, tai priimamas sukimosi dažnis $n_{st} = 1350$ aps/min. Tuomet tikrasis pjovimo greitis v_t :

$$v_t = \frac{\pi D n_{st}}{1000}; \quad (3.47)$$

$$v_t = \frac{3,14 \times 14 \times 1350}{1000} = 59 \text{ m/min.}$$

Minutinė pastūma s_m :

$$s_m = s_z z n_{st}; \quad (3.48)$$

$$s_m = 0,16 \times 3 \times 1350 = 648 \text{ mm/min.}$$

Tangentinė pjovimo jėgos dedamoji P_z :

$$P_z = \frac{10 C_p t^x s_z^y B^u z}{D^q n_{st}^w} K_{mp}; \quad (3.49)$$

čia C_p – konstanta ($C_p = 12,5$ [22]);

$x; y; u; q; w$ – laipsnių rodikliai pagal [22];

$x = 0,85; y = 0,75; u = 1; q = 0,73; w = -0,13$;

K_{mp} – koeficientas, įvertinantis apdirbamąją medžiagą ($K_{mp} = 1,24$ [22]).

$$P_z = \frac{10 \times 12,5 \times 2,5^{0,85} \times 0,16^{0,75} \times 14^1 \times 3}{14^{0,73} \times 1350^{-0,13}} 1,24 = 1318,1 \text{ N.}$$

Frezos sukimo momentas M :

$$M = \frac{P_z D}{2 \times 1000}; \quad (3.50)$$

$$M = \frac{1318,1 \times 14}{2 \times 1000} = 9,2 \text{ Nm.}$$

Pjovimui reikalinga galia N :

$$N = \frac{P_z v}{60 \times 1020}; \quad (3.51)$$

$$N = \frac{1318,1 \times 59}{60 \times 1020} = 1,3 \text{ kW.}$$

Frezavimo mašininis laikas T_m :

$$T_m = \frac{l}{s_m}; \quad (3.52)$$

$$T_m = \frac{36}{648} = 0,056 \text{ min.}$$

Likusių apdirbamų paviršių pjovimo režimai parenkami naudojantis [15] ir [17] literatūra ir surašomi į 3.9 lentelę.

3.9 lentelė

Pjovimo režimai velenui pagaminti

Perėjimo Nr.	Operacija perėjimas	Staklės	Skersmuo arba plotis, mm	Pjovimo gylis t, mm	Pastūmas, mm/aps arba pastūmas dančiui s_z	Apsisukimų dažnis n, aps/min	Minutinė pastūma s_m , mm/min	Pjovimo greitis v, m/min	Mašininis (pagr.) laikas T_m , min
005 Frezavimas									
1	Pav. 1, 26 grubus	Amada	50	2,5	0,2	500	700	157	0,09
2	Pav. 1, 26 centravimas	THV 430	9	2	0,1	1250	125	15,7	0,1
010 Tekinimas									
1	Pav. 3 grubus	HYUNDAI SKT15	50	3,235	0,7	400	280	63	0,22
2	Pav. 3 grubus		43,53	1,34	0,6	500	300	68	0,21
3	Pav. 3 glotnus		40,85	0,339	0,3	700	210	90	0,3
4	Pav. 3 tikslus		40,172	0,078	0,2	800	160	101	0,39
5	Pav. 7 grubus		50	1,5	0,6	450	270	71	0,42
6	Pav. 7 glotnus		47	0,7	0,3	600	180	89	0,49
7	Pav. 7 tikslus		45,6	0,3	0,2	700	140	100	0,63
8	Pav. 12 grubus		50	1,5	0,6	450	270	71	0,006
9	Pav. 11 grubus		47	1	0,6	500	300	72	0,003
10	Pav. 5 grubus		45	1,5	0,6	500	300	71	0,005
11	Pav. 4 grubus		42	1	0,6	550	330	71	0,003
12	Pav. 24 grubus		50	3,235	0,7	400	280	63	0,22
13	Pav. 24 grubus		43,53	1,34	0,6	500	300	68	0,21
14	Pav. 24 glotnus		40,85	0,339	0,3	700	210	90	0,3
15	Pav. 24 tikslus		40,172	0,078	0,2	800	160	101	0,39
16	Pav. 17 grubus		50	1,5	0,6	450	270	71	0,42
17	Pav. 17 glotnus		47	0,7	0,3	600	180	89	0,49
18	Pav. 17 tikslus		45,6	0,3	0,2	700	140	100	0,63

3.9 lentelės tęsinys kitame puslapyje

3.9 lentelės tęsinys

Perėjimo Nr.	Operacija perėjimas	Staklės	Skersmuo arba plotis,mm	Pjovimo gylis t, mm	Pastūma s, mm/aps arba pastūma dančiui s _z	Apsisukimų dažnis n, aps/min	Minutinė pastūma s _m , mm/min	Pjovimo greitis v, m/min	Mašininis (pagr.) laikas T _m , min
19	Pav. 15 grubus	HYUNDAI SKT15	50	1,5	0,6	450	270	71	0,006
20	Pav. 16 grubus		47	1	0,6	500	300	72	0,003
21	Pav. 22 grubus		45	1,5	0,6	500	300	71	0,005
22	Pav. 23 grubus		42	1	0,6	550	330	71	0,003
23	Pav. 25 grubus		40	0,5	0,6	550	330	69	0,003
24	Pav. 21 grubus		45	0,5	0,6	500	300	71	0,003
25	Pav. 14 grubus		50	0,5	0,6	450	270	71	0,004
26	Pav. 13 grubus		50	0,5	0,6	450	270	71	0,004
27	Pav. 6 grubus		45	0,5	0,6	500	300	71	0,003
28	Pav. 2 grubus		40	0,5	0,6	550	330	69	0,003
015 Frezavimas									
1	Pav. 8, 9, 10 grubus	LAGUN GVC 600	3	7	0,05	650	98	28,5	0,036
2	Pav. 8, 9, 10 grubus		14	3	0,05	550	83	24,2	0,434
3	Pav. 8, 9, 10 grubus		2,5	7	0,05	650	98	28,5	0,03
4	Pav. 8, 9, 10 grubus		14	2,5	0,16	1350	648	59	0,056
5	Pav. 18, 19, 20 grubus		3	7	0,05	650	98	28,5	0,036
6	Pav. 18, 19, 20 grubus		14	3	0,05	550	83	24,2	0,434
7	Pav. 18, 19, 20 grubus		2,5	7	0,05	650	98	28,5	0,03
8	Pav. 18, 19, 20 grubus		14	2,5	0,16	1350	648	59	0,056

3.6. Technologinio proceso normavimas

Technologinio proceso normavimas- tai gamybos išteklių normų nustatymas. Gamybos ištekliais vadinami įrankiai, žaliavos, energija, darbo laikas ir t.t.

Darbo normavimas atliekamas kiekvienai operacijai. Programinėmis tekinimo staklėmis operacijos vienetinio laiko norma T_v apskaičiuojama pagal formulę:

$$T_v = (T_a + T_p \times K_p) \left(1 + \frac{a_a + a_p}{100} \right); \quad (3.53)$$

čia T_a - automatinių staklių darbo pagal programą laikas, min;

T_p - pagalbinis laikas, min;

K_p - pataisos koeficientas ($K_p = 0,66$ [17]).

a_a – darbo vietos aptarnavimo laikas, %;

a_p – poilsio laikas, %.

Staklių automatinio darbo laikas T_a apskaičiuojamas pagal formulę:

$$T_a = T_{am} + T_{ap}; \quad (3.54)$$

čia T_{am} - automatinis mašininis tiesioginio pjovimo laikas, min;

T_{ap} - automatinis pagalbinis laikas įrankiui greitai priartinti, atitraukti ir pakeisti, min.

Mašininis laikas T_{am} :

$$T_{am} = \frac{L \times i}{n \times s} = \frac{L \times i}{s_m} \quad (3.55)$$

čia L - darbo eigos ilgis, mm;

i – darbo eigų skaičius;

n – suklio sukimosi dažnis, aps/min;

s – pastūma, mm/aps;

s_m – minutinė pastūma, mm/min.

$$L = l + l_1 + l_2; \quad (3.56)$$

čia l - apdirbamojo paviršiaus ilgis, mm;

l_1 – priartinimo dydis, mm;

l_2 – atitraukimo dydis, mm.

Automatinis pagalbinis laikas T_{ap} :

$$T_{ap} = t_k + t_{pr} + t_{poz}; \quad (3.57)$$

čia t_k - revolverinės galvutės pasukimas, min;

t_{pr} - įrankio priartinimo laikas, min;

t_{poz} - įrankio tikslus pozicionavimo laikas, min.

Pagalbinis laikas T_p apskaičiuojamas:

$$T_p = T_{pu} + T_{pr} + T_{pm}; \quad (3.58)$$

čia T_{pu} - detalės uždėjimo ir nuėmimo laikas, min;
 T_{pv} - staklių valdymo laikas, min;
 T_{pm} - detalių matavimo laikas, min.

Organizacinio aptarnavimo ir poilsio laiko suma $a_a a_p$, sugaištas paruošiant darbo vietą darbo pradžiai, sutvarkant darbo vietai pasibaigus pamainai, tepant ir valant stakles, taip pat laiko asmeniniams poreikiams įvertinami procentais nuo operatyvinio laiko (apie 10%).

Technologinio proceso normavimas atliekamas remiantis [15], [17] literatūra ir naudojamų staklių charakteristikomis.

005 operacija

- Galinių paviršių 1 ir 26 grubus frezavimas galine freza RA390-100J31.75-18M su įstatomomis kietlydinio plokštelėmis, $s_m = 700$ mm/min.

$$L = 50 + 13 = 63 \text{ mm.}$$

$$T_{am} = \frac{63 \times 1}{700} = 0,09 \text{ min.}$$

- Paviršių 1 ir 26 centravimas centravimo grąžtu CTR400, $s_m = 125$ mm/min.:

$$L = 9 + 2 + 2 = 7 \text{ mm.}$$

$$T_{am} = \frac{13 \times 1}{125} = 0,1 \text{ min.}$$

Visas 005 operacijos automatinio darbo laikas T_{am} :

$$T_{am} = 0,09 + 0,1 + 0,04 + 0,1 = 0,33 \text{ min.}$$

Automatinis pagalbinis 005 operacijos laikas T_{ap} :

$$T_{ap} = 0,06 + 0,06 + 0,12 = 0,24 \text{ min.}$$

Pagalbinis 005 operacijos laikas T_p :

$$T_p = 0,22 + 0,04 + 0,24 + 0,22 + 0,04 + 0,08 = 0,84 \text{ min}$$

Vienetinis 005 operacijos laikas T_v :

$$T_v = ((0,33 + 0,24) + 0,84 \times 0,66) \left(1 + \frac{10}{100} \right) = 1,24 \text{ min}$$

Operacijų 010 ir 015 laikų skaičiavimo metodika analogiška operacijos 005, tad pateikiami tik skaičiavimo rezultatai 3.10 lent.

3.10 lentelė

Normavimo rezultatų suvestinė

Operacijos Nr.	Operacijos pavadinimas	Mašininis laikas $T_{am}; \text{min}$	Automatinis pagalbinis laikas $T_{ap};$ min	Pagalbinis laikas $T_p; \text{min}$	Vienetinis laikas $T_v; \text{min}$	Bendras apdirbimo laikas, min
005	Frezavimas centravimas	0,33	0,24	0,84	1,24	9,79
010	Tekinimas	5,194	0,24	0,95	6,67	
015	Frezavimas	1,112	0,24	0,72	1,88	

4. ŽMONIŲ SAUGA IR EKSPLOATACINIAI REIKALAVIMAI

4.1 Bendroji dalis

- 4.1.1. Darbuotojo atsakomybė už darbų saugos instrukcijų pažeidimą. Darbuotojui, išklausiusiam darbų saugos įvadinį instruktažą, instruktažą darbo vietoje ir apie tai pasirašiusiam saugos darbe instruktavimo žurnaluose, už darbų saugos instrukcijų pažeidimą, taikoma Lietuvos Respublikos įstatymų numatyta darbo drausminė, materialinė, administracinė arba baudžiamoji atsakomybė.
- 4.1.2. Su valcavimo staklėmis ir jų priedais gali dirbti asmuo sulaukęs 18 metų, patikrinęs sveikatą ir apie tai pateikęs medicinos įstaigos pažymėjimą, išklausęs įvadinį ir darbo vietoje instruktažus bei pasirašęs apie tai instruktažų registravimo žurnale.
- 4.1.3. Darbuotojas privalo laikytis imonės vidaus darbo tvarkos taisyklių, su kuriomis turi būti supažindintas sudarant darbo sutartį.
- 4.1.4. Draudžiama dirbti neblaiviam, apsvaigusiam nuo narkotinių ar toksinių medžiagų.
- 4.1.5. Rūkyti leidžiama tik rūkymui įrengtoje ir ženklų pažymėtoje vietoje.
- 4.1.6. Dirbti privalo tik tą darbą, kurį apmokyta dirbti, atitinkamai instruktuoatas darbo vietoje ir turite vadovo nurodymą šį darbą atlikti. Nejungti staklių ir įrengimų su kuriais Jums nenurodyta dirbti.
- 4.1.7. Priešgaisrinės apsaugos reikalavimai. Darbuotojas privalo:
- a) žinoti priešgaisrinės apsaugos instrukcijų bei taisyklių reikalavimus ir juos vykdyti;
 - b) žinoti kur objekte saugomos gaisro gesinimo priemonės ir mokėti jomis naudotis;
- 4.1.8. Nukentėjęs nelaimingo atsitikimo metu asmuo (susižeidęs darbe, kelyje tarp darbovietės ir namų) turi nedelsdamas apie tai pranešti tiesioginiam darbų vadovui arba bendradarbiams.
- 4.1.9. Darbo vieta ir įrengimų būklė iki bus pradėtas nelaiminga atsitikimo tyrimas, turi išlikti tokios, kokios buvo nelaimingo atsitikimo metu, jeigu tai nekelia pavojaus kitų darbuotojų sveikatai ir saugai.
- 4.1.10. Palaikyti sanitarinėse buitinėse patalpos švarą ir tvarką.
- 4.1.11. Praneškite vadovui jeigu nepakankamai apšviesta darbo vieta, jeigu darbo sąlygos (dulkės, triukšmas) neatitinka reglamentuojamoms higienos normoms.

4.2 Galimi rizikos veiksniai

- 4.2.1. Judančios mašinos ir mechanizmai.
- 4.2.2. Gamybinių įrengimų judančios dalys.

4.2.3. Daiktų, ruošinių kritimas (įskaitant atšokusias jų skeveldras).

4.2.4. Blogas darbo vietos stovis (darbo zonos užgriozdinimas, pašaliniai daiktai ir t.t.)

4.2.5. Elektros srovė.

4.3 Veiksmai prieš darbo pradžią

4.3.1. Prieš kiekvieną staklių įjungimą įsitikinti, kad tai niekam nekels pavojaus.

4.3.2. Susipažinti su praėjusią pamainą įvykusiais gedimais ir jiems šalinti panaudotomis priemonėmis.

4.3.3. Apie staklių gedimą tuojau pat pranešti vadovui ir kol nebus pašalintas gedimas nepradėti dirbti.

4.3.4. Įrankius ir įtaisus išdėstyti patogiai naudotis tvarka.

4.3.5. Patikrinti ir pasirūpinti, kad staklės būtų tinkamai suteptos.

4.3.6 Laikyti darbo vietą švaroje ir neužkrauti jos detalėmis ir ruošiniais, metalinėmis atiekomis ir šiukšlėmis.

4.3.7. Patikrinti elektros kabelių izoliaciją;

4.3.8. Patikrinti grandininės pavaros įveržimą.

4.4 . Saugumo reikalavimai darbo metu

4.4.1. Staklėms dirbant neimti ir neperdavinėti per veikiančias stakles bet kokių daiktų.

4.4.2. Būtina sustabdyti stakles:

- a) laikinai nutraukus darbą;
- b) nutrūkus elektros srovei;
- c) valant, tepant, šluostant stakles;
- d) pastebėjus įrengimų gedimų;
- e) veržiant veržles varžtus ir kitas staklių jungimo detales;

4.4.3 Neliesti rankomis grandininės pavaros elementų.

4.5 Saugumo reikalavimai avarinėse situacijose

4.5.1. Nedelsiant pranešti administracijai apie įrengimų gedimus, kurie gali būti pavojingi dirbančiųjų sveikatai ir gyvybei. Nepašalinus gedimo darbo nepradėti.

- 4.5.2. Įvykus nelaimingam atsitikimui, nukentėjusiam tuojau pat suteikti medicininę pagalbą ir apie įvykį pranešti cecho administracijai. Avarinę situaciją kurioje buvo traumotas žmogus palikti be pakeitimų.
- 4.5.3. Pastebėjus gaisrą nedelsiant pranešti ugniagesiams, imtis priemonių informuoti žmones apie gaisrą, gesinti gaisrą turimomis priemonėmis ir iškviesti objekto vadovą.

4.6 Saugumo reikalavimai baigus darbą

- 4.6.1. Išjungti ruošinių atramos mechanizmo ir staklių elektros variklius.
- 4.6.2. Sutvarkyti darbo vietą: nuvalyti nuo staklių drožles, purvą ir patepti besitrinančias staklių dalis, sutvarkyti įrankius, prietaisus, tvarkingai sudėti detales ir ruošinius arba atiduoti juos į sandėlį.
- 4.6.3. Sudėti įrankius į tam tikslui skirtas vietas.
- 4.6.4. Perduodant pamainą, pranešti priimančiajam apie pastebėtus staklių, įrankių gedimus ir apie priemones, kurių buvo imtasi jiems pašalinti.

5. EKONOMINĖ DALIS

5.1 Projektuojamojo gaminio savikainos kalkuliacija

5.1 lentelė

Gaminio savikainos paskaičiavimas

	Išlaidų straipsnis	Išlaidos, Lt
I	Gaminio projektavimo ir technologinio rengimo išlaidos:	
a)	projektavimo darbai	8957,65
b)	technologijos paruošimo darbai	5670,94
	Iš viso projektavimo ir technologinio rengimo išlaidų	14628,59
II	Tiesioginės gamybos išlaidos:	
1.	Tiesioginės medžiagų sąnaudos:	
a)	medžiagų ir žaliavų išlaidos	33380,21
b)	grįžamosios atliekos	40,6
c)	pagalbinių medžiagų vertė	1831,68
d)	pusgaminių, komplektuojamų gaminių, atsarginių detalių išlaidos	9267,2
2.	Tiesioginės darbo apmokėjimo sąnaudos (pagrindinės gamybos darbininkams):	
a)	darbo užmokestis	17912,4
b)	socialinis draudimas (31%)	5552,85
	Iš viso tiesioginių gamybos išlaidų	67903,74
III	Netiesioginės gamybos išlaidos:	
a)	energijos išlaidos technologiniams tikslams	5576,56
b)	vandens išlaidos	1157,38
c)	aptarnaujančio personalo darbo užmokesčio ir socialinio draudimo išlaidos	3890,7
d)	patalpų apšvietimo išlaidos	2246
e)	ilgalaikio turto nusidėvėjimas	15967,5
	Iš viso netiesioginių gamybos išlaidų	28838,14
	Gamybos savikaina	111370,47
IV	Veiklos sąnaudos	65480,5
V	Iš viso išlaidų	176850,97
	Gamybos programa, vnt.	10
	Vieno gaminio išlaidos	17685,1
	Gaminio pardavimo kaina	20000

5.1.1 Projektavimo darbų sąnaudos

5.2 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	10	1	10
3.	Darbo brėžiniai	1	72	72
4.	Surinkimo brėžiniai	2	19	38
5.	Brėžinių kontrolė	0,5	91	45,5
6.	Specifikacijų ir techninių sąlygų sudarymas	2	91	182
7.	Bandomojo pavyzdžio gamyba	0,5	72	36
8.	Brėžinių po bandymų taisymas	0,5	10	5
9.	Darbų apiforminimas	0,5	91	45,5
10.	Kopijavimo darbai	0,1	91	9,1
	Iš viso:			448,1

5.3 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	120	75
2.	Techninis projektas	10	1,25	120	150
3.	Darbo brėžiniai	72	9	110	990
4.	Surinkimo brėžiniai	38	4,75	110	533
5.	Brėžinių kontrolė	45,5	5,7	110	627
6.	Specifikacijų ir techninių sąlygų sudarymas	182	22,75	110	2502,5
7.	Bandomojo pavyzdžio gamyba	36	4,5	100	450
8.	Brėžinių po bandymų taisymas	45,5	0,625	110	68,75
9.	Darbų apiforminimas	45,5	5,7	90	513
10.	Kopijavimo darbai	9,1	1,14	90	102,6
	Iš viso:				6011,85

5.4 lentelė

Gaminio projektavimo sąnaudos

Eil. Nr.	Kalkuliaciniai straipsniai	Suma, Lt.
1.	Medžiagų sąnaudos (3% nuo darbo užmokesčio)	180,36
2.	Darbo užmokesčio sąnaudos	6011,85
3.	Socialinis draudimo sąnaudos (31% nuo darbo užmokesčio)	1863,68
4.	Veiklos sąnaudos (15% nuo darbo užmokesčio)	901,76
	Iš viso:	8957,65

5.1.2 Technologinis gamybos paruošimas

5.5 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	72	1	10	720
2.	Technologijos ruošiniams pagaminti paruošimas	72	1	10	720
	Iš viso:				1440

5.6 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 paruošimas	72	2	12	1728
Iš viso:				1728

5.7 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 paruošimas	8	2.5	11	220
2.	Surinkimo ir šaltkalviškų darbų technologijos paruošimas	19	2	11	418
Iš viso:					638

5.8 lentelė

Gaminio technologinio parengimo sąnaudos

Eil. Nr.	Kalkuliaciniai straipsniai	Suma, Lt
1.	Medžiagų sąnaudos (3% nuo darbo užmokesčio)	647,18
2.	Darbo užmokesčio sąnaudos	3806
3.	Socialinis draudimo sąnaudos (31% nuo darbo užmokesčio)	1179,86
4.	Veiklos sąnaudos (15% nuo darbo užmokesčio)	570,9
Iš viso:		5670,94

5.2 Tiesioginės medžiagų sąnaudos

5.9 lentelė

Pagrindinių medžiagų vertė

Eil. Nr.	Medžiagos pavadinimas	Kaina, Lt/kg	Matavimo vienetai	Sunaudota medžiagų, kg	Medžiagų vertė, Lt
1.	Lapas s=1,5 pl DC01 1.0330	2,3	kg	145,4	334,42
2.	Lapas s=10 S235JRG2	1,8	kg	233,3	419,94
3.	Lapas s=12 S235JRG2	1,8	kg	141,7	255,06
4.	Lapas s=16 S235JRG2	2,1	kg	4210,8	8842,68
5.	Lapas s=20 S235JRG2	2,1	kg	391	821,1
6.	Lapas s=2 S235JRG2	1,8	kg	48,2	86,76
7.	Lapas s=25 S235JRG2	2,1	kg	763,2	1602,72
8.	Lapas s=3 S235JRG2	1,8	kg	4	7,2
9.	Lapas s=4 S235JRG2	1,8	kg	0,8	1,44
10.	Lapas s=6 S235JRG2	1,8	kg	25,8	46,44
11.	Lapas s=8 S235JRG2	1,93	kg	1254,4	2421
12.	Kampuotis 40x40x5 S235JRG2	2,6	kg	27	70,2
13.	Lovinis profilis UPN 120 S235JRG2	2,33	kg	3811	8879,63
14.	Lovinis profilis UPN 200 S235JRG2	2,2	kg	1434	3154,8
15.	Lovinis profilis UPN 65 S235JRG2	2,3	kg	16	36,8
16.	Strypas Ø100 S235JRG2	3,2	kg	123,3	394,56
17.	Strypas Ø120 S235JRG2	3,2	kg	527,4	1687,68
18.	Strypas Ø22 šeš. S235JRG2	3,1	kg	195,1	604,81
19.	Strypas Ø35 S235JRG2	2,6	kg	54,4	141,44
20.	Strypas Ø40 S235JRG2	2,3	kg	176	404,8
21.	Strypas Ø40 pl 41Cr4	3,1	kg	132,2	409,82
22.	Strypas Ø50 pl 41Cr4	3,1	kg	153,2	471,92
23.	Strypas Ø55 S235JRG2	2,6	kg	41,8	108,68
24.	Strypas Ø60 S235JRG2	2,5	kg	26,7	66,75
25.	Vamzdis 108x6 S235JRG2 DIN1629	66,5	m	13,2	877,8
26.	Vamzdis 150x100x6 S235JRG2	64,8	m	16,7	1082,16
27.	Lapas s=2 S235JRG2 Cink.	2,9	kg	0,9	2,61
28.	Guma s=20 SBR	12	kg	12	144
Iš viso:					33380,21

5.10 lentelė

Grįžtamųjų atliekų vertės skaičiavimas

Eil. Nr.	Atliekų pavadinimas	Atliekų kiekis, kg	Atliekų kaina, Lt/kg	Suma, Lt
1.	Plieno drožlės	70	0,58	40,6
	Iš viso:			40,6

Pagalbinių medžiagų vertė

Eil. Nr.	Medžiagos pavadinimas	Matavimo vienetai	Kaina, Lt	Sunaudota medžiagų	Medžiagų vertė, Lt
1.	Dažai emal. Pentaprim RAL 1021	kg	13	10,8	140,4
2.	Gruntas Teknolac Primer0168-00	kg	13,41	66,9	897,13
3.	Skiediklis 646	l	0,78	41,8	32,6
4.	Duj. Ferroline C20-50L/200 bar	l	0,009	31450	283,05
5.	Viela d1,2 HTW-50 suv.	kg	3,75	127,6	478,5
	Iš viso:				1831,68

Įsigyjamų pusgaminų, komplektuojamų gaminio vertės skaičiavimas

Eil. Nr.	Pusgaminų, komplektuojamų gaminių pavadinimas	Pusgaminų, komplektuojamų gaminių kiekis, vnt.	Pusgaminio, komplektuojamo gaminio kaina, Lt	Suma, Lt
1.	Variklis 0,25 kW SK3382	10	200,1	2001
2.	Kaištis 6x60 DIN 7	40	1,33	53,2
3.	Kaištis 8x40 DIN 7	120	0,7	84
4.	Kaištis 8x52 DIN 7	40	0,8	32
5.	Pleištas 12x8x40 DIN 6885	20	0,93	18,6
6.	Pleištas 14x9x50 DIN 6885	40	1,05	42
7.	Poveržlė 10 DIN 127 Zn	160	0,03	4,8
8.	Poveržlė 12 DIN 127 Zn	160	0,06	9,6
9.	Poveržlė 12 DIN 125 Zn	80	0,05	4
10.	Poveržlė 16 DIN 127 Zn	590	0,1	59
11.	Poveržlė 16 DIN 125 Zn	80	0,08	6,4
12.	Poveržlė 6 DIN 127 Zn	260	0,08	20,8
13.	Poveržlė 6 DIN 125 Zn	40	0,03	1,2
14.	Poveržlė 8 DIN 127 Zn	160	0,03	4,8
15.	Varžtas M10x30 DIN 933 Zn	80	0,14	11,2
16.	Varžtas M10x45 8.8 DIN 933	80	0,18	14,4
17.	Varžtas M12x30 DIN 912	160	0,16	25,6
18.	Varžtas M12x35 DIN 933	80	0,2	16
19.	Varžtas M12x70 DIN 912	20	0,72	14,4
20.	Varžtas M12x80 DIN 912	10	0,4	4
21.	Varžtas M16x40 DIN 933	80	0,48	38,4
22.	Varžtas M16x50 DIN 912	170	1,2	204
23.	Varžtas M16x50 DIN 933	80	0,55	44
24.	Varžtas M16x60 DIN 933	220	0,62	136,4
25.	Varžtas M16x65 DIN 933	40	0,85	34
26.	Varžtas M6x12 DIN 912 Zn	20	0,13	2,6

5.12 lentelės tęsinys

Eil. Nr.	Pusgaminių, komplektuojamų gaminių pavadinimas	Pusgaminių, komplektuojamų gaminių kiekis, vnt.	Pusgaminio, komplektuojamo gaminio kaina, Lt	Suma, Lt
27.	Varžtas M6x15 DIN 933	250	0,05	12,5
28.	Varžtas M6x40 DIN 912	20	0,22	4,4
29.	Varžtas M8x25 DIN 912	80	0,14	11,2
30.	Varžtas M8x25 DIN 933 Zn	80	0,12	9,6
31.	Veržlė M10 DIN 934 Zn	160	0,08	12,8
32.	Veržlė M12 DIN 934 Zn	20	0,08	1,6
33.	Veržlė M12 DIN 982	10	0,21	2,1
34.	Veržlė M16 DIN 934 Zn	260	0,14	36,4
35.	Veržlė M20 DIN 934	20	0,25	5
36.	Žiedas fiks. vid. 72x2,5 DIN 472	40	0,74	29,6
37.	Grandinė 16B-1 p=24,5	130	48,12	6255,6
	Iš viso:			9267,2

5.3. Ilgalaikio turto vertė ir nusidėvėjimas

5.13 lentelė

Įrengimų poreikio ir jų galingumo skaičiavimas

Eil. Nr.	Įrengimų pavadinimas	Kiekis, vnt.	Vertė, Lt		Vieneto galingumas, kW	Galingumų suma, kW
			Įrengimo	Visų įrengimų		
Staklės						
1.	Programinės frezavimo staklės AMADA THV 430	1	250000	250000	11	11
2.	Programinės tekinimo staklės HYUNDAI SKT15	1	180000	180000	7,5	7,5
3.	Programinės frezavimo staklės LAGUN GVC 600	1	140000	140000	9	9
I.	Iš viso:	3		570000		27,5

5.13 lentelės tęsinys kitame puslapyje

5.13 lentelės tęsinys

Eil. Nr.	Įrengimų pavadinimas	Kiekis, vnt.	Vertė, Lt		Vieneto galingumas, kW	Galingumų suma, kW
			Įrengimo	Visų įrengimų		
Kiti įrengimai						
1.	CNC plazminio pjovimo staklės PLS- 6001/20 P	1	200000	200000	15	15
2.	Lakštų lankstymo staklės ERMAK HAP 2600x80	1	43200	43200	7,5	7,5
3.	Lakštų karpymo staklės AMADA GS 630	1	110000	110000	6,37	6,37
4.	Suvirinimo pusautomatis KIT-190	1	4000	4000	4	4
5.	Driozimo staklės B5020D	1	25000	25000	3	3
II.	Iš viso:	5		382200		35,87
Transporto priemonės						
1.	Rankinis hidraulinis keltuvas 2004 PT2	2	1200	1200	-	-
2.	Mikroautobusas	1	11000	11000	-	-
III.	Iš viso:	3		13200	-	-
	Iš viso: (I+II+III)	11		965600	-	63,37
IV.	Pristatymo, komplektavimo, montavimo, derinimo išlaidos (10% nuo (I + II+III) sumos			96560		
	Įsigijimo savikaina I+II+III+IV			1062160		
	Išlaidos elektros energijai technologiniams tikslams, Lt					5576,56

Ilgalaikio turto nusidėvėjimo skaičiavimas

Materialus ilgalaikis turtas	Išsigijimo vertė, Lt	Likvidacinė vertė, Lt	Normatyvas, metais	Nusidėvėjimo suma per metus, Lt	Nusidėvėjimo suma per 1 mėnesį, Lt
1. Staklės	570000	57000	5	102600	8550
2. Kiti įrengimai	382200	38220	4	85995	7166,25
3. Transporto priemonės:	13400	1340	4	3015	251,25
Iš viso:	965600	96560		191610	15967,5

5.3 Darbo užmokesčio išlaidų planavimas**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. Nominalus 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 Atostogos vaikui prižiūrėti, kol jam sueis treji metai	5
4.2.2 Mokymosi	2
4.2.3 Kūrybinės	1
4.2.4 Valstybinėms ir visuomeninėms pareigoms atlikti	1
4.2.5 Nemokamas	2
5. Efektyvus darbo laikas, dienomis	204
6. Darbo dienų 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. Vidutinės darbo dienos trukmė, val.	7,78
9. Efektyvaus darbo laiko fondas, val.	1587

5.16 lentelė

Pagrindinių darbininkų pagrindinio darbo užmokesčio apskaičiavimas

Profesijos pavadinimas	Skačius	Kvalifikacinė kategorija	Valandinis įkainis, Lt	Laikas vienai detalei apdirbti val.	Gamybos programa vnt.	Dirbta valandų	Darbo užmokestis Lt
Frezuotojas 1	1	III	15	0,02	10	0,2	3
Tekintojas	1	III	15	0,11	10	1,1	16,5
Frezuotojas 2	1	III	15	0,03	10	0,3	4,5
Iš viso:	3					1,6	24

5.17 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.
Projektuojama i detalei pagaminti	Frezuotojas1	3	0,3	3,3	1,02	4,32
	Tekintojas	16,5	1,65	18,15	5,63	23,78
	Frezuotojas2	4,5	0,45	4,95	1,54	6,49
Kitoms detalėms pagaminti	Frezuotojai	5040	504	5544	1718,64	7262,64
	Tekintojas	2520	252	2772	859,32	3631,32
	Plazminių pjaustymo staklių operatorius	1500	150	1650	511,5	2161,5
	Lankstymo staklių operatorius	1000	100	1100	341	1441
	Karpymo staklių operatorius	900	90	990	306,9	1296,9
Suvirinimo darbai		2000	200	2200	682	2882
Surinkimo darbai		1500	150	1650	511,5	2161,5
Dažymo darbai		900	90	990	306,9	1296,9
Kiti darbai		900	90	990	306,9	1296,9
Iš viso:				17912,4	5552,85	23465,25

5.4 Netiesioginių gamybos išlaidų skaičiavimas

5.18 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	2	0,6	5,48	352	1157,38
Iš viso:					1157,38

5.19 lentelė

Netiesioginės darbo užmokesčio išlaidos

Profesijos pavadinimas	Darbuotojų skaičius	Mėnesinė alga, Lt	Papildomas DU, Lt	Atskaitymai soc. draudimui, Lt	Mėnesio DU išlaidos, Lt	Iš viso DU išlaidų, Lt
Įrengimų prižiūrėtojas	1	1200	120	409,2	1729,2	1729,2
Elektrikas	1	1500	150	511,5	2161,5	2161,5
Iš viso:	2					3890,7

5.20 lentelė

Patalpų apšvietimo išlaidos

Patalpų pavadinimas	Patalpų plotas, kv.m	Apšvietimo norma W/kv.m	Apšvietimo laikas, val.	Elektros energijos sąnaudos kWh	kWh kaina, Lt	Išlaidos už elektros energiją, Lt
Administracinės patalpos	50	60	352	1056	0,5	528
Gamybinės patalpos	240	40	352	3379,2	0,5	1689,6
Sandelių patalpos	50	20	48	48	0,5	24
Buitinės patalpos	20	20	22	8,8	0,5	4,4
Iš viso:	360					2246

5.5 Veiklos sąnaudos

5.21 lentelė

Bendros ir administracinės sąnaudos

Eil. Nr.	Sąnaudų pavadinimas	Sąnaudos, Lt.
1.	Atlyginimų sąnaudos	14410
2.	Socialinio draudimo sąnaudos	1705
3.	Nuomos sąnaudos	11600
4.	Ilgalaikio turto nusidėvėjimo sąnaudos	15967,5
5.	Remonto ir eksploatacijos sąnaudos	19312
6.	Telefoninių pokalbių sąnaudos	240
7.	Elektros energijos ir šildymo sąnaudos	2246
	Iš viso:	65480,5

5.22 lentelė

Atlyginimų ir socialinio draudimo sąnaudos

Pareigos	Darbuotojų skaičius	Mėnesinė alga, Lt.	Atsiskaitymai soc. draudimui, Lt.	Mėnesio DU išlaidos, Lt.	Iš viso išlaidų, Lt.
Buhalterė	1	1600	496	2096	4192
Meistras	1	3000	930	3930	7860
Valytoja	1	900	279	1179	2358
Iš viso:			1705		14410

5.23 lentelė

Patalpų nuomos sąnaudos

Nuomojamos patalpos		Kvadratinio metro nuomos kaina, Lt	Nuomos vertė, Lt
Patalpų rūšis	Patalpų plotas, m ²		
Administracinės patalpos	50	30	1500
Gamybinės patalpos	240	15	3600
Sandėlių patalpos	50	10	500
Buitinės patalpos	20	10	200
Iš viso (2 mėn.) :	360		11600

6. IŠVADOS IR PASIŪLYMAI

1. Atlikta variantų analizė, kurios metu išrinktas tobuliausias konstrukcinis variantas, atsižvelgiant į jų privalumus ir trūkumus.
2. Nustatyti projektuojamo gaminio techniniai - ekonominiai rodikliai.
3. Technologinėje dalyje atlikta vienos pasirinktos detalės analizė: ruošinių parinkimas, užlaidų skaičiavimas, kainos nustatymas, pjovimo režimų parinkimas, reikalingų įrengimų ir darbininkų kiekio nustatymas.
4. Žmonių saugos ir eksploatacinių reikalavimų skyriuje numatyti saugaus darbo reikalavimai.
5. Ekonominėje dalyje nustatyta gaminio savikaina.
6. Tobulinant projektuojamą konstrukciją – siūlau numatyti projektuojamo mechanizmo pasukimo galymybę: kuomet valcuojami nedidelio diametro ruošiniai – šis mechanizmas trukdo juos nuimti nuo valcavimo staklių elektrine gerve.
7. Saugumo dėlei reikia papildomo stabdžio, tuo atveju jei motoreduktoriaus stabdys neatlaikytų ruošinio svorio.
8. Norint padidinti gaminamo mechanizmo paklausą – siūlau projektuoti reguliuojamo aukščio ir pločio stovą ant kurio montuojasi projektuojamas mechanizmas. Taip būtų galima mechanizmą pritaikyti keletui valcavimo staklių modelių.

LITERATŪRA

1. Bražiūnas A. J. Mašinų gamybos technologijos pagrindai. Kaunas, 2004. 512p. ISBN 9955-09-558-x.
2. „DAVI“ produkcijos katalogas [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <http://www.davi.com/media/Files/58_mca_inglesemm.pdf>.
3. Elektrinė gervė [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <http://www.directindustry.com/prod/huchez/electric-winchess-for-construction-sites-7565-676707.html>.
4. EN 10083 2006. Grūdinamieji ir atleidžiamieji plienai. Galioja nuo 2006-11-16.
5. Frezavimo staklės „Amada THV 430“ [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <http://www.amada-mt.de/index.php?option=com_content&view=article&id=66&Itemid=89&lang=en>.
6. Frezavimo staklės „Lagun GVC 600“ [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <http://www.findamachine.com/milling_machine/LAGUN/GVC_600>.
7. ISO R606, DIN 8187 Ritininių grandinių parametrai.
8. Keltuvas „AA4C- AA-SPGJ2.5“ [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <<http://sell.lulusoso.com/selling-leads/112456/Mechanical-single-post-lift.html>>.
9. Konstrukcinių metalų strypų katalogas [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <<http://www.b-a.lt/p11984/Apvalus-pl-Ct-40X-DU-50>>.
10. Kovierienė A. Mašinų gamybos įmonių produkcijos savikainos skaičiavimas/A. Kovierienė, S. Žičkienė, Z. Ramonas. Šiauliai, 2006. 30p. ISBN 9986-38-661-6.
11. Krančiukas R. Užlaidų mechaniniam apdirbimui analitinis apskaičiavimas ir parinkimas. Kaunas, 2007. 102p. ISBN 978-9955-25-341-9.
12. Metalų laužo supirktuvė „Tolmeta“ [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <<http://www.tolmeta.lt>>.
13. Metalų pjovimo įrankių katalogas „SANDVIK coromant“ [žiūrėta 2013-04-20]. Prieiga per internetą: <<http://www.coroguide.com>>.
14. „NORD“ motoreduktorių katalogas 2009.
15. Ramonas Z. Frezavimas programinėmis staklėmis: metodiniai nurodymai/Z. Ramonas, A. Bražėnas. Kaunas, 1992. 84p.
16. Ramonas Z. Mašinų baižyba studentams ir konstruktoriams/ Z. Ramonas, V. Petronis, A. Ramonienė. Šiauliai, 2006. 200p. ISBN 9986-38-679-9.
17. Ramonas Z. Tekinimas programinėmis staklėmis: metodiniai nurodymai/Z. Ramonas, A. Bražėnas. Kaunas, 1991. 94p.

18. Ramonas Z. Žmonių sauga/ Z. Ramonas, D. Čikotienė. Šiauliai, 2003. 211p. ISBN 9986-38-446-4.
19. Rimkus J. Mašinų gamybos technologija. Kursinis projektavimas. Šiauliai, 2003. 84p. ISBN 9955-564-49-0.
20. Tekinimo staklės „Hyundai SKT15“ [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <http://www.cosa.com.br/produtos/maquinas_operatrizes/tornos/2_3_eixos/skt15.pdf>.
21. Tvirtinimo elementų katalogas [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <http://www.drutsraigtis.lt/metriniu_sriegiu.php>
22. Справочник технолога – машиностроителя В 2-х томахю Том 2 . Под редакцией А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова.- Москва: Машиностроение, 1986.

PRIEDAI

1 PRIEDAS. Programos „SolidWorks” skaičiavimo rezultatai

Density = 7820.000 kilograms per cubic meter

Mass = 5.847 kilograms

Volume = 747699.052 cubic millimeters

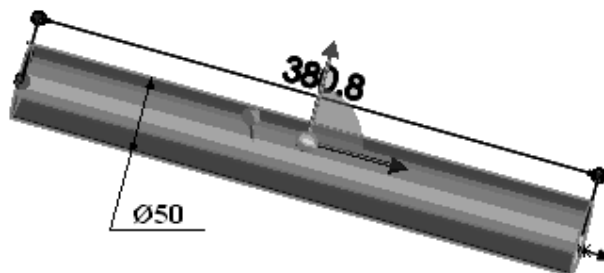
Surface area = 63742.915 square millimeters

Center of mass: (millimeters)

X = -193.956

Y = 0.000

Z = -6.983



1 pav. Ruošinio masė ($G_r = 5,847$ kg)

Density = 7820.000 kilograms per cubic meter

Mass = 0.461 kilograms

Volume = 58904.862 cubic millimeters

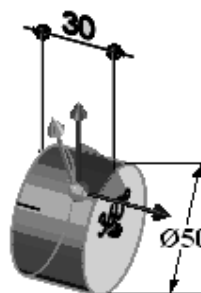
Surface area = 8639.380 square millimeters

Center of mass: (millimeters)

X = -81.335

Y = -43.418

Z = 0.000



2 pav. Strypo nekartotinumų dalies masė ($G_{nek.} = 0,461$ kg)

Density = 7820.000 kilograms per cubic meter

Mass = 0.154 kilograms

Volume = 19634.954 cubic millimeters

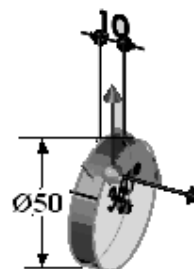
Surface area = 5497.787 square millimeters

Center of mass: (millimeters)

X = -91.335

Y = -43.418

Z = 0.000



3 pav. Strypo nupjaunamo galo masė ($G_{n.g.} = 0,154$ kg)

Density = 7820.000 kilograms per cubic meter

Mass = 0.307 kilograms

Volume = 39269.908 cubic millimeters

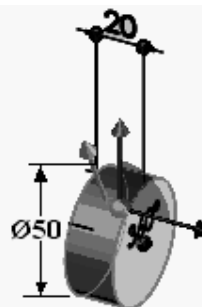
Surface area = 7068.583 square millimeters

Center of mass: (millimeters)

X = -82.772

Y = -43.418

Z = 0.000



4 pav. Strypo dalies, liekančios staklių suspaudimo įtaise, masė ($G_s = 0,307$ kg)

Density = 7820.000 kilograms per cubic meter

Mass = 0.046 kilograms

Volume = 5890.486 cubic millimeters

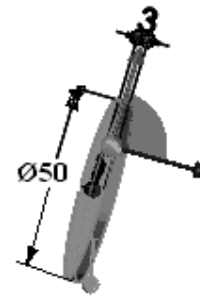
Surface area = 4398.230 square millimeters

Center of mass: (millimeters)

X = -382.856

Y = 0.000

Z = -6.983



5 pav. Strypo pjūvio masė ($G_p = 0,046$ kg)

Density = 7820.000 kilograms per cubic meter

Mass = 12.247 kilograms

Volume = 1566083.938 cubic millimeters

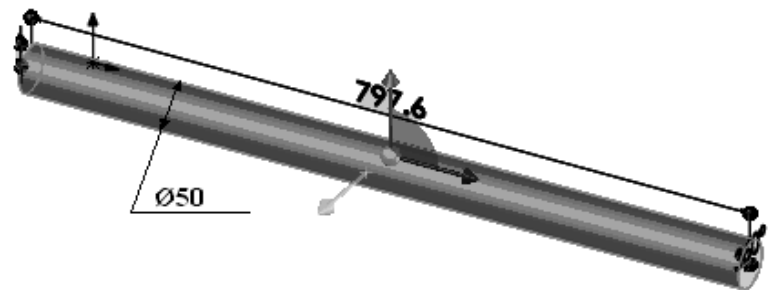
Surface area = 129213.706 square millimeters

Center of mass: (millimeters)

X = 330.016

Y = -25.000

Z = 0.000



6 pav. Ruošinio dviems detalėms masė ($G_{r..n.2} = 12,247$ kg)

Density = 7820.000 kilograms per cubic meter

Mass = 5.832 kilograms

Volume = 745784.271 cubic millimeters

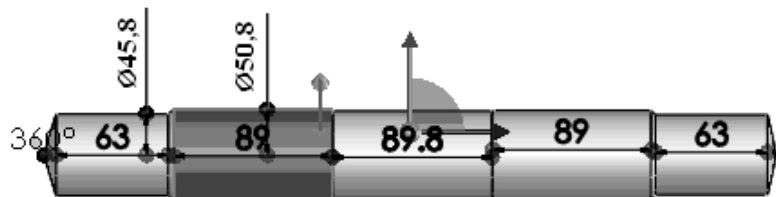
Surface area = 64665.284 square millimeters

Center of mass: (millimeters)

X = -274.670

Y = 0.000

Z = -9.134



7 pav. Formos masė ($M_f = 5,832$ kg)

Density = 7820.000 kilograms per cubic meter

Mass = 6.354 kilograms

Volume = 812494.400 cubic millimeters

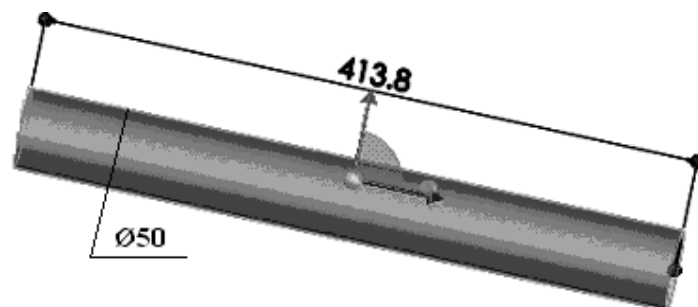
Surface area = 68926.543 square millimeters

Center of mass: (millimeters)

X = -242.461

Y = 0.000

Z = 0.000



8 pav. Vieno ruošinio masė ($M = 6,354$ kg)