

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėjas

A. Sabaliauskas

2012 06

OŽINIS 20 T. KELIAMOSIOS GALIOS KRANAS

Mechanikos inžinerijos bakalauro darbas

Konsultantas

doc. A. Kovierienė

Vadovas

lekt. Z. Ramonas

2012 06

Atliko

Recenzentas

ŠU Technologijos fakulteto
Mechanikos inžinerijos katedros
Vedėjas A. Sabaliauskas

2012 06

M-8 gr. stud.

L. Narbutas

V. Arlauskas

M. Bosas

2012 06

ŠIAULIAI, 2012

Turinys

IVADAS	4
1. PAGRINDINIAI TECHNINIAI – EKONOMINIAI RODIKLIAI	9
2. KONSTRUKTORINĖ DALIS.....	10
2.1. Ožinio kranų sijos konstrukcinė dalis (L.Narbutas)	11
2.1.1. Ožinio kranų sijos paskirtis	11
2.1.2. Ožinio kranų sijos variantų analizė.....	12
2.1.3. Sijos konstrukcijos aprašymas.....	15
2.1.4. Sijos techniniai skaičiavimai	16
2.2. Ožinio kranų pavaros konstrukcinė dalis (V. Arlauskas)	18
2.2.1 Ožinio kranų pavaros paskirtis.....	18
2.2.2 Ožinio kranų pavaros variantų analizė	18
2.2.3 Ožinio kranų pavaros techniniai skaičiavimai.....	23
2.2.4 Pavaros mechanizmo rato matmenų skaičiavimas	24
2.3. Ožinio kranų krovinių kėlimo mechanizmo konstrukcinė dalis (M. Bosas)	29
2.3.1. Ožinio kranų krovinių kėlimo mechanizmo paskirtis	29
2.3.2. Ožinio kranų krovinių kėlimo mechanizmo variantų analizė	30
2.3.3. Gaminio konstrukcijos aprašymas	34
2.3.4. Kėlimo mechanizmo techniniai skaičiavimai	36
2.4. Medžiagų parinkimo pagrindimas.....	43
2.5. Suleidimų parinkimo pagrindimas	44
2.6. Mechatronikos sistemos.....	45
3. TECHNOLOGINĖ DALIS	47
3.1. Detalės „pirštas“ technologinė dalis (L.Narbutas)	47
3.1.1. Detalės „pirštas“ technologiškumo analizė.....	47
3.1.2. Detalės „pirštas“ ruošinio parinkimas	51
3.1.3. Technologinių bazių parinkimas.....	52
3.1.4 Detalės mechaninio kelio apdirbimo skaičiavimas	54
3.1.5. Užlaidų analitinis skaičiavimas.....	55
3.1.6. Pjovimo režimų nustatymas.....	59

3.1.7 Technologinis proceso normavimas	64
3.2. Detalės „velenas“ technologinė dalis (V. Arlauskas).....	69
3.2.1. Detalės „velenas I “ technologiškumo analizė	69
3.2.2. Detalės „pirštas“ ruošinio parinkimas	72
3.2.3 Technologinių bazių parinkimas.....	74
3.2.4 Detalės mechaninio apdirbimo kelio projektavimas.....	75
3.2.5 Užlaidų analitinis skaičiavimas	77
3.2.6 Pjovimo režimų nustatymas.....	79
3.2.7 Technologinio proceso normavimas	86
3.3. Detalės „velenas“ technologinė dalis (M. Bosas).....	95
3.3.1. Detalės „velenas II “ technologiškumo analizė	95
3.3.2 Ruošinio parinkimas	98
3.3.3 Technologinių bazių parinkimas.....	99
3.3.4 Detalės mechaninio apdirbimo kelio projektavimas.....	100
3.3.5 Užlaidų analitinis skaičiavimas	102
3.3.6 Pjovimo režimų skaičiavimas.....	106
3.3.7. Technologinio proceso normavimas	113
4. ŽMONIŲ IR APLINKOS APSAUGA	121
5. EKONOMINĖ DALIS.....	125
IŠVADOS.....	138

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Ožinio kranio techninė charakteristika	12
2.2.2.1 lentelė. Techninė informacija	24
2.2.2.2 lentelė. Aplinkos sąlygos	24
2.4.1 lentelė. Medžiagų parinkimas	46
2.5.1 lentelė. Detalių suleidimai	47
3.1.1.1 lentelė. Plieno C45 (EN 10 083 – 1) cheminė sudėtis.....	50
3.1.1.2 lentelė. Plieno C45 (EN 10 083 – 1) mechaninės savybės	50
3.1.1.3 lentelė. Detalės darbo brėžinio technologinė kontrolė	52
3.1.2 lentelė. Užlaidos apdirbamiems paviršiams	54
3.1.4.1 lentelė. „Piršto“ apdirbimo technologinis maršrutas	58
3.1.5.1 lentelė. Cilindrinų paviršių užlaidų skaičiavimas	60
3.1.5.2 lentelė. Plokščių paviršių užlaidų skaičiavimas	61
3.1.6.1 lentelė. Pjovimo režimų skaičiavimo rezultatai	67
3.1.7.1 lentelė. Techninio normavimo laikai	71
3.2.1.1 lentelė. Plieno 40X cheminė sudėtis	72
3.2.1.2 lentelė. Plieno 40X mechaninės savybės	72
3.2.1.3 lentelė. Detalės darbo brėžinio technologinė kortelė	74
3.2.2.1 lentelė. Užlaidos apdirbamiems paviršiams	75
3.2.4.1 lentelė. Apdirbimo technologinis maršrutas	79
3.2.5.1 lentelė. Cilindrinų paviršių užlaidų skaičiavimas	81
3.2.5.2 lentelė. Plokščių paviršių užlaidų skaičiavimas	82
3.2.6.1 lentelė. Pjovimo režimų skaičiavimo rezultatai	88
3.2.7.1 lentelė. Techninio normavimo laikai	97
3.3.1.1 lentelė. Plieno 40X cheminė sudėtis	98
3.3.1.2 lentelė. Plieno 40X mechaninės savybės	98
3.3.1.3 lentelė. Detalės darbo brėžinio technologinė kortelė	100
3.3.2.1 lentelė. Užlaidos apdirbamiems paviršiams	102
3.3.4.1 lentelė. „Veleno II“ apdirbimo technologinis maršrutas	104
3.3.5.1 lentelė. Užlaidų ir ribinių matmenų apskaičiavimas cilindriniam paviršiams	105
3.3.5.2 lentelė. Užlaidų ir ribinių matmenų apskaičiavimas plokšties paviršiams	107
3.3.6.1 lentelė. Pjovimo režimų skaičiavimo rezultatai	115
3.3.7.1 lentelė. Techninio normavimo laikai	123
5.1 lentelė. Gaminio savikainos skaičiavimas	128
5.2 lentelė. Projektavimo darbų laiko sąnaudos	129
5.3 lentelė. Projektuojamo darbo apmokėjimo sąnaudos	130
5.4 lentelė. Gaminio projektavimo sąnaudos	130
5.5 lentelė. Ruošinių gamybos technologijos darbo užmokesčio sąnaudos	131
5.6 lentelė. Mechaninio apdirbimo technologijos darbo užmokesčio sąnaudos	131
5.7 lentelė. Kitų technologinių procesų darbo užmokesčio sąnaudos	132
5.8 lentelė. Gaminio technologinio parengimo sąnaudos	132
5.9 lentelė. Pagrindinių medžiagų vertė	133
5.10 lentelė. Grįžtamųjų atliekų vertė	133
5.11 lentelė. Pagalbinių medžiagų vertė	134
5.12 lentelė. Įsigyjamų pusgaminių, komplektuojamų gaminių vertės skaičiavimas	134
5.13 lentelė. Įrengimų poreikio ir jų galimumo skaičiavimas	135
5.14 lentelė. Ilgalaikio turto nusidėvėjimo skaičiavimas	136
5.15 lentelė. Vieno darbininko efektyvus metinis darbo laiko fondas	136
5.16 lentelė. Pagrindinių darbininkų darbo užmokesčio skaičiavimas	137
5.17 lentelė. Tiesioginių darbo užmokesčio išlaidų skaičiavimas	137
5.18 lentelė. Vandens, kuris buvo sunaudotas gamybos tikslams išlaidų suvestinė	138

5.19 lentelė. Netiesioginės darbo užmokesčio išlaidos.....	138
5.20 lentelė. Išlaidos patalpų apšvietimui	139
5.21 lentelė. Bendros ir administracinės sąnaudos.....	139
5.22 lentelė. Atlyginimų ir socialinio draudimo sąnaudos	140

Paveikslų sąrašas

1 pav. Ožinis kranas	12
2 pav. Ožinio kranų schema	13
2.1.1 pav. Ožinių kranų dvisijinės metalinės konstrukcijos	14
2.1.2.1 pav. Viensijinė aliumininė tilto konstrukcija	15
2.1.2.2 pav. Dvisijinė plieninė tilto konstrukcija	15
2.1.2.3 pav. Metalinė tilto konstrukcija	16
2.1.2.4 pav. Santvarinė plieninė tilto konstrukcija	16
2.1.3.1 pav. Ožinis kranas	18
2.1.4.1 pav. Sijos skersinis pjūvis	19
2.2.2.1 pav. Mobilus ožinis kranas	21
2.2.2.2 pav. Konstrukcija su stabdžiais	22
2.2.2.3 pav. Konstrukcija su stabdžiais ir pakėlimo funkcija	22
2.2.2.4 pav. Bėginis ožinis kranas	23
2.2.2.5 pav. Klasikinis ožinis kranas	25
2.2.3 pav. Pavaros kinematinė schema	26
2.2.4.1 pav. Varančiojo rato mazgas	27
2.2.4.2 pav. Vežimėlio ratas	28
2.2.4.3 pav. Varančiojo veleno skaičiavimo schema	29
2.3.1 pav. Krovinių kėlimo mechanizmas	32
2.3.2.1 pav. Vienabėgė elektrinė grandininė talė	33
2.3.2.2 pav. Elektrinė lyninė talė	34
2.3.2.3 pav. Dviejų bėgių elektrinė talė	35
2.3.2.4 pav. Dviejų bėgių elektrinė lyninė talė	35
2.3.3.1 pav. Pakėlimo mechanizmo kinematinė schema	37
2.3.3.2 pav. Pakėlimo mechanizmo bendras vaizdas	38
2.3.4.1 pav. Variklio matmenys	39
2.3.4.2 pav. Plieninis lynas su plienine šerdimi	40
2.3.4.3.1 pav. Būgno konstrukcinė schema	41
2.3.4.3.2 pav. Būgno schema	43
2.5.1 pav. Guolių žiedų ir su jais jungiamų detalių galimos tolerancijos	47
2.6.1 pav. Automatizuotas kranų judėjimas	48
3.1.1.1 pav. Detalės eskizas su paviršiaus numeracija	51
3.1.2 pav. Šampuotas ruošinys	54
3.1.3.1 pav. Ruošinio bazavimo trijų kumštelių griebtuve schema	56
3.1.3.2 pav. Ruošinio bazavimo trijų kumštelių griebtuve schema 2	56
3.1.3.3 pav. Ruošinio bazavimo trijų kumštelių griebtuve skylių gręžimui ir sriegimui	57
3.1.3.4 pav. CNC VDF 450TM	57
3.1.6.1 pav. „Tungaloy“ firmos tiesus atraminis aptekimo peilis JSDJ2CR/L	62
3.1.6.2 pav. Spiralinis grąžtas su morzės kūgio kotu	65
3.2.1 pav. Detalės eskizas su paviršių numeracija	73
3.2.2.1 pav. Šampuoto plieno ruošinys	76
3.2.3.1 pav. Ruošinio bazavimo schema galinio paviršiaus apdirbimui I	77
3.2.3.2 pav. Ruošinio bazavimo schema galinio paviršiaus apdirbimui II.....	78
3.2.3.3 pav. Ruošinio bazavimas galuose	78
3.2.3.4 pav. CNC VDF 450 TM	78
3.2.6.1 pav. Tekinimo peilis JSDJ2CR/L 1212K07	83
3.2.6.2 pav. Apdirbimo įrankis – pirštinė freza SED4200F – L	86
3.3.1.1 pav. Detalės eskizas su paviršių numeracija	99
3.3.2.1 pav. Šampuoto ruošinio eskizas	101
3.3.3.1 pav. Detalės bazavimas	103

3.3.6.1 pav. Centarvimo grąžtas	109
3.3.6.2 pav. Tiesus atraminis aptekinimo peilis	111

IVADAS

Kranas tai kėlimo įrenginys skirtas vertikaliai ir horizontaliai krovinių perkėlimui nedideliais atstumais. Kranai būna įvairių tipų: strėliniai, tiltiniai, ožiniai. Šių kranų varomoji jėga gali būti elektros arba vidaus degimo varikliai.

Įvairių pramonės šakų gamyklų vidaus transporte vieni iš labiausiai paplitusių kranų yra tiltiniai ir ožiniai kranai. Ožinių ir tiltinių kranų pagrindinis konstrukcinis skirtumas yra tas, kad ožinių kranų tiltas yra sumontuotas ant aukštų atramų – kojų.

Projektuojamo ožinio krano analogas pagamintas UAB „Mechanika“. Uždaroji akcinė bendrovė „Mechanika“ gamybinę veiklą pradėjo 1966 m. kaip „Šiaulių remonto gamykla“. Nuo 1969 m. įmonė registruojama kaip „Šiaulių bandomoji eksperimentinė mechaninė gamykla“, o 1976 m. gamyklos pavadinimas pakeistas į Šiaulių eksperimentinė gamykla „Mechanika“. Nuo 1990 m. įmonė reorganizuota į valstybinę įmonę „Mechanika“. 1992 m. įmonė privatizuota ir registruota kaip Akcinė bendrovė „Mechanika“, kuri 2001 m. reorganizuota į UAB „Mechanika“.

Šio projekto pagrindinis uždavinys suprojektuoti ožinį kraną, kurio gamyboje būtų naudojami nauji šių dienų įrenginiai, technologijos ir naujausi techniniai sprendimai. Naudojant naujus agregatus ir medžiagas konstrukcijos suprojektuojamos mažesnės tačiau patikimesnės. Jos veikia tyliau, sumažinami besisukančių dalių virpesiai, dėl to kyla komforto ir ergonomikos lygis darbo vietoje.

Šiandienos įmonės, gaminančios ožinius kranus stengiasi kuo labiau tobulinti ir plėsti gaminių asortimentą. Projektuojant siekiama, kad įrenginys būtų patikimas ir tiktų įvairioms rinkos šakoms, pradedant smulkiais cechais ir baigiant stambiomis įmonėmis kurių cechų plotas siekia tūkstančius kvadratinų metrų.

Baigiamajame bakalauro suprojektuotas ožinis kranas, kurio keliamoji galia siekia 20 tonų. Šiame diplominiame darbe aprašoma gaminio paskirtis, pateikiama ožinių kranų variantų analizė, pasirinkto gaminio konstrukcijos aprašymas ir pagrindimas, pateikti kėlimo mechanizmo projektiniai skaičiavimai, taip pat ir ožinio krano eksploataciniai reikalavimai. Grafinėje dalyje pateikiami variantų analizės, surinkimo ir detalės brėžiniai. Atlikti kinematiniai vežimėlio pervažiavimo pavaros skaičiavimai. Nustatytos ir apskaičiuotos apkrovos veikiančios konstrukciją bei jų įtaka įrenginio darbui. Parinktas elektros variklis, reduktorius ir kiti standartiniai gaminiai.

1. PAGRINDINIAI TECHNINIAI – EKONOMINIAI RODIKLIAI

Projektuojamo kranų judėjimo mechanizmas padeda transportuoti krovinius išilgai ir skersai cechų ar sandėlių. Jis turi nesudėtingą valdymo įrangą – elektrinis valdymo pultelis. Priklausomai nuo atstumo tarp kojų ožinio kranų pagalba galima transportuoti įvairius krovinius didelio ploto patalpose. Ožinio kranų pervažiavimas ir talės pervažiavimas valdomi dažnio keitikliais. Tai padeda išvengti krovinių siūbavimo, bei tolygiai keisti kranų greitį.

1 lentelė

Ožinio kranų techninė charakteristika

Techninė charakteristika	Parametrai
Keliamoji galia, kg	20000
Kranų gabaritai, mm	52600x15310x15160
Kelio plotis, mm	32000
Maksimalus krovinių pakėlimo aukštis, mm	10500
Talė	
Modelis	KVATB6635TpE3N
Kėlimo greitis, m/min	6
Kranų pravažiavimo greitis, m/min	48
Eksplotacijos sąlygos	Patalpa, laukas
Valdymas	Kranų kabina
Apkrova ratui, kN	71,5
Darbo režimas	Vidutinis
Kranų masė, kg	100000

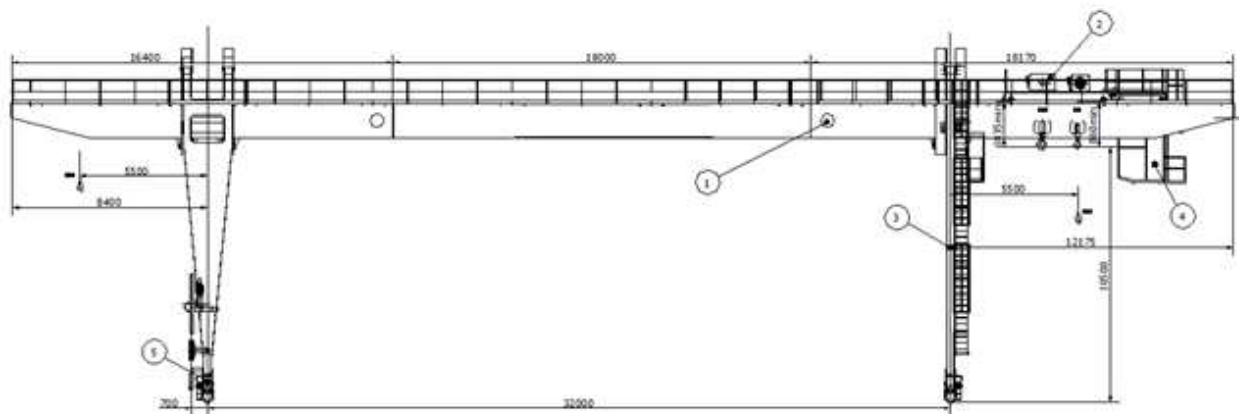


1pav. Ožinis kranas

2. KONSTRUKTORINĖ DALIS

Projektuojamas ožinis kranas, krovinių kėlimo diapazone priskiriamas vidutiniams kranams. Jis – patikimas, garantuoja aukštą darbų saugos lygį, kroviniai perkeliami greitai ir lengvai. To dėka kyla darbo našumas, mažėja techninio aptarnavimo išlaidos, maksimalų laiką, užtikrinamas nepertraukiamas darbo procesas. Krovinių kėlimo mechanizmas gali būti valdomas tiek laidiniu, tiek radijo bangomis valdomu pultu.

Atliekamų judesių atžvilgiu ožiniai kranai yra analogiški tiltiniams kranams. Ožinių ir tiltinių kranų pagrindinis konstrukcinis skirtumas yra tas, kad ožinių kranų tiltas yra sumontuotas ant aukštų atramų – kojų. Ožinis kranas sudarytas iš tilto (1), kurio viršumi bėgiais juda vežimėlis (2), standartizuotų kojų (3), valdymo kabinos (4) ir krano pavaros (5) [16].



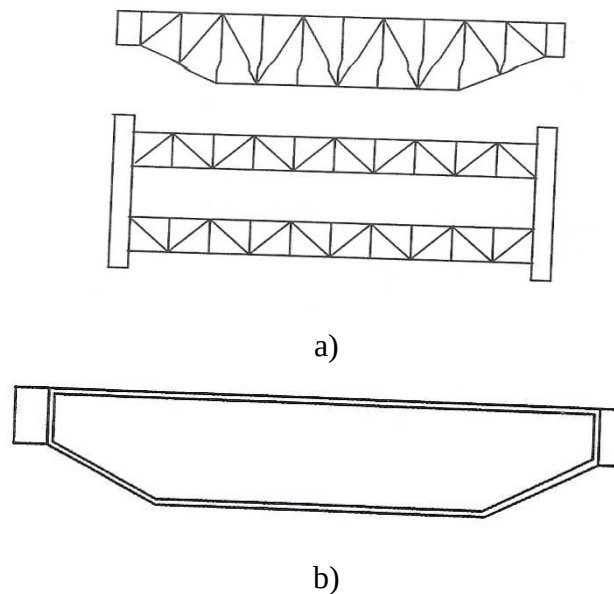
2 pav. Ožinio kranų schema

Ožinis kranas naudojamas kroviniams kelti iki 20 tonų, tarpas tarp kranų kojų 32 m., kranų važiavimo greitis 48m/min. Didžiausias krovinio kėlimo aukštis 10,5 m.

2.1. Ožinio kranų sijų konstrukcinė dalis (L.Narbutas)

2.1.1. Ožinio kranų sijų paskirtis

Projekte nagrinėjama ožinio kranų dalis- tiltas (kranų sija).Atsižvelgiant į ožinių kranų paskirtį, keliamąją galią bei angos didumą,jų metalinės konstrukcijos (tiltai) gali būti dvisijinės ir viensijinės.Dvisijinės ožinių kranų metalinės konstrukcijos yra santvarinio arba ištisinio tipo.



2.1.1 pav.Ožinių kranų dvisijinės metalinės konstrukcijos:
a) santvarinio; b) metalinio tipo.

Santvarinio tipo ožinio kranų tiltų metalinės konstrukcijų sijos yra sudarytos iš dviejų vertikaliųjų ir dviejų horizontaliųjų santvarų. Ožinių kranų metalinių konstrukcijų sijų skerspjūviai dažniausiai yra dėžutės formos. Kartais naudojamos taip pat ir dvitėjinio skerspjūvio sijos. Mažos keliamosios galios ožinių kranų metalinės konstrukcijos vietoj dviejų pagrindinių sijų labai dažnai turi vieną siją.Šiuo atveju visada naudojamos dvitėjinio profilio valcuotos sijos.

2.1.2. Ožinio kranų sijos variantų analizė

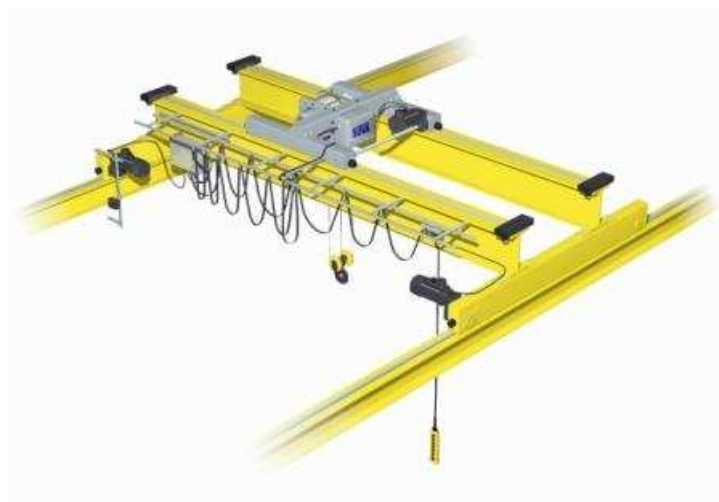
2.1.2.1 Viensijinė aliuminė konstrukcija



2.1.2.1 pav. Viensijinė aliuminė tilto konstrukcija

Aliuminio tilto konstrukcijos ožinis kranas yra reguliuojamo aukščio. Vientisas aliuminis tiltas užtikrina krovinių kėlimą. Aliuminė tilto konstrukcija apsaugo kraną nuo korozijos ir leidžia naudoti lauko darbams. Lengvasvoris dvitėjinis profilis leidžia reguliuoti krovinių aukštį be papildomos įrangos. Prikabinimo darbus gali atlikti vienas asmuo per keletą minučių.

2.1.2.2 Dvisijinė plieninė tilto konstrukcija



2.1.2.2 pav. Dvisijinė plieninė tilto konstrukcija

Dvisijinės plieninės konstrukcijos tiltai naudojami sunkiems gaminiams pakelti. Naudojama geležinkelyje, sandėliuose, dideliuose gamyklose. tokios konstrukcijos tiltai gali būti naudojami tiek lauke, tiek patalpose.

2.1.2.3 Metalinės konstrukcijos tiltas



2.1.2.3 pav. Metalinė tilto konstrukcija

Metalinės konstrukcijos ožinio kranų tiltas gali atlaikyti dideles apkrovas (iki 100 tonų), atstumas tarp kojų 40 metrų. Naudojimo paskirtis – kelti stambių gabaritų ir svorių krovinius, darbo vieta laukas.

2.1.2.4 Santvarinė plieninė tilto konstrukcija



2.1.2.4 pav. Santvarinė plieninė tilto konstrukcija

Santvarinio profilio tiltas pasižymi didesniu atsparumu apkrovoms, nei ištisinio metalinio profilio konstrukcijos tiltai, be to šis tiltas yra daug lengvesnis, kas leidžia sutaupyti lėšas ir parinkti paprastesnį kranų pervažiavimo mechanizmą.

Išvada: nagrinėjamos ožinių kranų tiltų konstrukcijos naudojamos įvairiuose srityse ir atitinka tam tikroms sąlygoms, tačiau turint konkretų nusakytą keliamo krovinio masę (20000kg) ir aprašytas darbo sąlygas galima teigti, kad metalinė tilto konstrukcija tinka labiausiai.

2.1.3. Sijos konstrukcijos aprašymas



2.1.3.1pav. Ožinis kranas

Priklausomai nuo ožinio kranų darbo intensyvumo metalinėms konstrukcijoms turi būti apskaičiuotas statinis atsparumas didžiausioms apkrovoms. Statinis atsparumas skaičiuojamas pagal nepalankius derinius, kurie priklauso nuo darbo sąlygų tiek kranui, tiek ir kitų skaičiuojamų elementų. Nepalankiais deriniais laikomi staigus kranų sustabdymas esant pakeltam kroviniiui arba staigus krovinių stabdymas nejudant kranui.

2.1.4. Sijos techniniai skaičiavimai

Sijos matmenų parinkimas:

Sija pagaminta iš suvirintų tarpusavyje plokščių ir galuose remiasi prie jo pritvirtintos ožinio krano kojos. Sijos dalių medžiaga – lakštinis plienas S235JR.

Sijos reikalingas aukštis viduriniame skerspjūvyje skaičiuojamas pagal nusakytą sąlygą:

$$H = \left(\frac{1}{18} \div \frac{1}{35} \right) \cdot L; \quad (2.1.4.1)$$

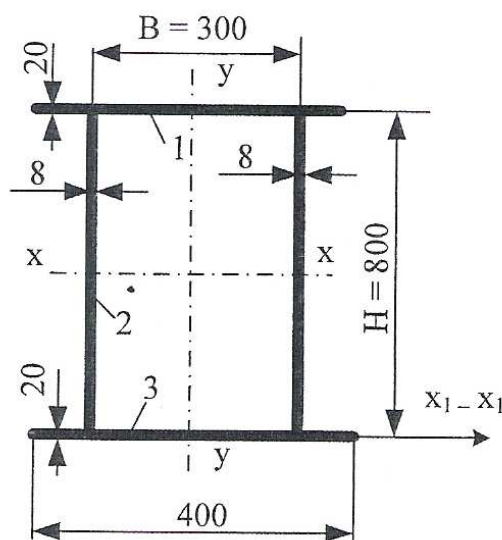
Čia L – sijos ilgis, m.

$$H = \left(\frac{1}{18} \div \frac{1}{35} \right) \cdot 28000 = 1160 - 400 \text{ mm}.$$

Priimtas aukštis $H=800$ mm.

Tam, kad užtikrinti pakankamą standumą sukimui sijos plotis vertinamas pagal vertikalias ašis parenkamas pagal sąlygas:

$$B \geq \frac{L}{100} = \frac{28000}{100} = 280 \text{ mm}$$



2.1.4.1pav. Sijos skersinis pjūvis

1-viršutinė juosta; 2-sienelė; 3-apatinė juosta

Priimtas plotis $B=300$ mm. viršutinės ir apatinės juostų storis 20 mm, vertikalių sienelių storis 8 mm.

Juostų skerspjūvių plotai:

$$F_1 = 2 \cdot 40 = 80 \text{ cm}^2;$$

$$F_2 = 2 \cdot 0.8 \cdot 40 = 64 \text{ cm}^2;$$

$$F_3 = 2 \cdot 40 = 80 \text{ cm}^2.$$

Bendras skerspjūvio plotas $F=224 \text{ cm}^2$

Skačiuojami statiniai momentai ašies $x'-x'$ atžvilgiu.

$$S_1 = 80(40 - 1) = 3120 \text{ cm}^3;$$

$$S_2 = 64 \cdot 20 = 1280 \text{ cm}^3;$$

$$S_3 = 80 \cdot 1 = 80 \text{ cm}^3.$$

Viso skerspjūvio statinis momentas.

$$S=4480 \text{ cm}^3.$$

Svorio centro padėtis ašies $x-x$ atžvilgiu.

$$Z_0 = \frac{S}{F} = \frac{4480}{224} = 20 \text{ cm}.$$

Svorio centras lieka figūros centre, kadangi viršutinė ir apatinė juostos turi vienodą išdėstymą.

Inercijos momentai ašies $x-x$ atžvilgiu:

$$I_{x1} = \frac{40 \cdot 1^3}{12} + 80 \cdot (20 - 1)^2 = 28883.33 \text{ cm}^4;$$

$$I_{x2} = 2 \cdot \frac{0.8 \cdot 40^3}{12} = 8533.33 \text{ cm}^4;$$

$$I_{x3} = \frac{40 \cdot 1^3}{12} + 80 \cdot (20 - 0.1)^2 = 28883.33 \text{ cm}^4.$$

Bendras skerspjūvio inercijos momentas $I_x = 66299.99 \text{ cm}^4$.

Atsparumo momentas ašies $x-x$ atžvilgiu

$$W_x = \frac{I_x}{H - Z_0} = \frac{66299.99}{80 - 20} = 1658 \text{ cm}^3.$$

Inercijos momentai ašies $y-y$ ašies atžvilgiu:

$$I_{y1} = \frac{1 \cdot 40^3}{12} = 5333.33 \text{ cm}^4;$$

$$I_{y2} = 2 \cdot \frac{40 \cdot 0.8^3}{12} + 64 \cdot 17^2 = 18499.41 \text{ cm}^4;$$

$$I_{y3} = \frac{1 \cdot 40^3}{12} = 5333.33 \text{ cm}^4.$$

Bendras skerspjūvio inercijos momentas $I_y = 25129.41 \text{ cm}^4$.

Išvada: $B = 300 \geq 280$, patikrinus gauta, kad sąlyga yra tenkinama.

2.2. Ožinio kranas pavaros konstrukcinė dalis (V. Arlauskas)

2.2.1 Ožinio kranas pavaros paskirtis

Projektuojamoji viena iš ožinio kranas dalių yra pavara, skirta kranui judėti norima kryptimi. Pervažiavimo mechanizmai yra klasifikuojami pagal du pagrindinius požymius:

- a) pagal jėgos šaltinį- į rankinius ir mašininis mechanizmus;
- b) pagal mechanizmo pastatymo vietą- į mechanizmus, sumontuotus pačiamę pervažiuojame objekte, ir į mechanizmus, montuotus šalia pervažiuojančio objekto.

Neakcentuojant atskirų konstrukcinių savybių, visi kėlimo mašinų pervažiavimo mechanizmas turi šias pagrindines sudėtinės dalis:

- 1) variklį arba rankinio varymo įtaisą;
- 2) pavara, jungiančią variklio ir važiuoklės ratų atitinkamus velenus;
- 3) stabdį. [5]

,

2.2.2 Ožinio kranas pavaros variantų analizė

Mobilus ožinis kranas kėlimo konstrukcija 1,0t, 1,5t, 3t.

Mobili kėlimo konstrukcija yra puikus sprendimas, kai reikia pakelti, iškelti, iškrauti ar tiesiog perkelti krovinį tokioje vietoje, kur nėra sumontuotas kėlimo mechanizmas. Tokio tipo įrengimas gali atstoti daug brangesnį kraną bei sutaupyti pinigų. Jei krovimo darbai nevyksta kiekvieną dieną, tai - pats geriausias sprendimas [27].

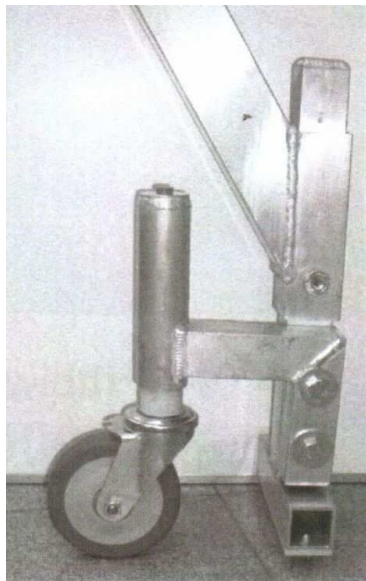


2.2.2.1 pav. Mobilus ožinis kranas

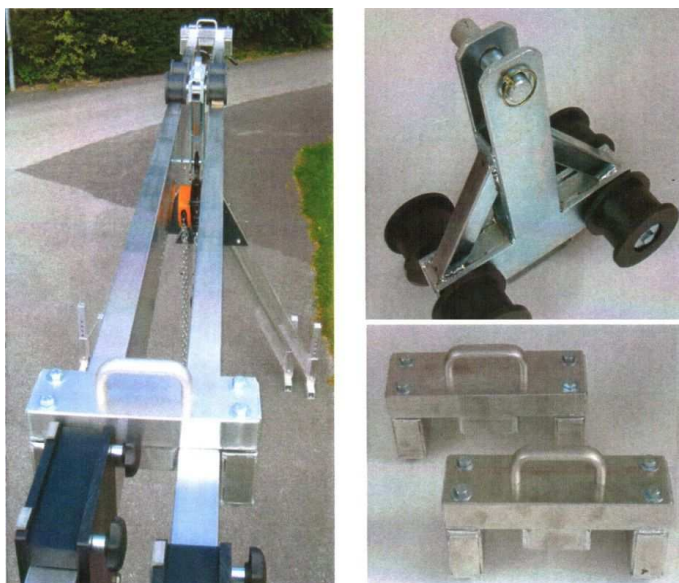
Mobilus ožinis kranas turi ratus, kurių pagalba lengva manipuluoti kėlimo konstrukcija riboto ploto erdvėse. Įranga dažniau komplektuojama su rankine grandinine tale, rečiau su elektrine tale. Mobili kėlimo konstrukcija yra surenkama, todėl ją lengva transportuoti.

Tiekama 3 - jų tipų aliumininė mobilies kėlimo konstrukcijos:

- 1) 1,0 tonos perstumiamą konstrukciją su stabdžiais (2.1.2 pav.);
- 2) 1,5 t. perstumiamą konstrukciją su ratų pakėlimo funkcija (2.1.3 pav);
- 3) 3,0 t. stacionari dvigubą konstrukciją (2.1.3 pav.).



2.2.2.2 pav. Konstrukcija su stabdžiais



2.2.2.3 pav. Konstrukcija su stabdžiais ir pakėlimo funkcija

Krano kėlimo galia ir jo konstrukcijos nestabilumas leidžia teigti, kad nagrinėjamas analogas neatitinka keliamų reikalavimų – kėlimo galia tik iki 3t, galimas darbas tiek lauke tiek patalpoje [27].

Bėginiai ožiniai kranai

Ožiniai kranai su bėgine vaziuokle (RMG, „Konecranes“ ožiniai kranai su bėgine vaziuokle (RMG) yra puikus pasirinkimas terminalams, kuriuose konteineriai kraunami iš sunkvežimių į traukinius ir atvirkščiai. Bėgiais važinėjantis ožinis kranas leidžia išvengti nereikalingo judėjimo ir leidžia geriau išnaudoti terminalo plotą. „Konecranes“ RMG kranai leidžia greičiau judėti traukiniams ir sparčiau aptarnauti sunkvežimius, todėl sumažėja veiklos išlaidos. RMG kranai geriausiai tinka naudoti tais atvejais, kai už kėlimo greitį yra svarbiau sparčiai įkelti konteinerį į traukinį.



2.2.2.4 pav. Bėginis ožinis kranas

Vežimėlis suprojektuotas taip, kad būtų lengva atlikti jo techninę priežiūrą, o aktyvioji krovinių valdymo sistema neleidžia kroviniui siūbuoti. Naujoviška vežimėlio konstrukcija su papildomai išlyginamais ratais užtikrina tolygų ožinio kranų riedėjimą ir minimalų kranų bėgių dėvėjimąsi [28].

2.2.2.1 lentelė

Techninė informacija:

Apkrova po skėtikliu	Iki 50 t.
Tarpatramio diapazonas	19 ... 50 m
Kėlimo aukštis	1 virš 3 (12,6 m) ... 1 virš 5 (18,4 m)
Siekis	Iki 15 m
Kėlimo greitis su kroviniu	30 m/min
Kėlimo greitis su tuščiu skėtikliu	60 m/min
Vežimėlio važiavimo greitis	Iki 150 m/min
Ožinio kranų eigų greitis	Iki 240 m/min
Sukamasis vežimėlis (įrengiamas atskiru užsakymu)	1...2 sūkliai

2.2.2.2 lentelė

Aplinkos sąlygos:

Leidžiamasis vėjo greitis eksploatuojant kraną	22 m/s
Leidžiamasis vėjo greitis neeksploatuojant kranų	Iki 40 m/s
Aplinkos temperatūra	-20 °C...+50 °C
Santykinis drėgnis	Iki 100 %

Bėginio kranų konstrukcija nepilnai atitinka keliamus reikalavimus. Taip pat tokios konstrukcijos kranai yra gana brangūs, todėl nėra ekonomiškai efektyvūs.

Klasikinis ožinis kranas

Įmonė gali pasiūlyti skirtingus pagal metalinės konstrukcijos tipus, ožinius kranus iki 100t keliamosios galios. Tai gali būti klasikiniai ožiniai kranai, ant keturių atramų, arba kranai ant dviejų atramų, turintys pranašumą dirbant su ilgais (virš 10m) krovinių. Tokie kranai leidžia lengviau manipuluoti ilgu kroviniu ant trumpos gembės, dėl to žymiai padidėja vykdomos operacijos greitis. Tokio tipo kranai dažniausiai naudojami metalo pardavimo ir sandėliavimo įmonėse, kur krovinių ilgis gali siekti 12 m ir daugiau [29].



2.2.2.5 pav. Klasikinis ožinis kranas

Priklausomai nuo poreikio galima pasiūlyti dvisijus arba viensijus ožinius kranus, su skirtingais gėmbių ilgiais.

Ožinių kranų komponentų gamintojai - didelę patirtį sukaupusios vokiečių kompanijos SWF Krantechnik ir KULI Helmut Kempkes, kurios gali pasiūlyti platų techninių sprendimų ir kranų galimybių spektrą.

Ožinio kranų pervažiavimas ir talės pervažiavimas valdomi dažnio keitikliais. Tai padeda išvengti krovinio siūbavimo, bei tolygiai keisti kranų greitį. Dažnio keitikliai žymiai pagreitina ožinio kranų darbą, bei apsaugo jį nuo nereikalingų smūgių, prailgina eksploatacijos laiką, mažina priežiūros išlaidas.

Kranas gali būti valdomas iš kabinos ar radijo pultu.

Papildomai įmonė gali pasiūlyti ožinių kranų pokraninių kelių montavimą ir remontą, bei prikabinamo inventoriaus gaminimą.

Ožiniai kranai keliamosios galios iki 100t, tarpašinis atstumas iki 40, taip pat didelis kėlimo, pervažiavimo greičių bei darbo režimų pasirinkimas [29].

Apžvelgus kranų pavarų variantus parenkame projektuojamam ožiniam kranui pavara su dviem motoreduktoriais KUA 85A kurie pilnai atitinka kranų važiuoklei keliamus reikalavimus.

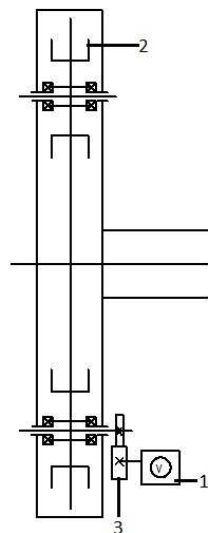
2.2.3 Ožinio kranio pavaros techniniai skaičiavimai

Įvairiuose kėlimo mechanizmuose naudojamus ratus galima suskirstyti į tris pagrindines grupes: 1) dvibriaunius; 2) vienbriaunius; 3) lygius.

Projektuojant buvo parinkti dvibriauniai ratai – tai dažniausiai sutinkami kranų bei vežimėlių ratai. Abiejuose rato ratlankio pusėse yra briaunos, todėl kranai ar jų vežimėliai taisyklingai ir saugiai pervažiuoja bėgiais.

Ratų riedėjimo paviršius gali būti cilindrinis, kūginis arba išgaubtas. Ratai su cilindriniais riedėjimo paviršiais yra labiau jautrūs kranų ar vežimėlio važiuoklės persikreipimui. Esant kranų ar vežimėlio važiuoklės persikreipimui, cilindriniais riedėjimo paviršiais ratai laikosi ant bėgių tik briaunių dėka. Dėl to labai padidėja bendras važiuoklės pasipriešinimas judėjimui ir rato briaunos labai dyla. Be to, esant važiuoklės persikreipimui, ratai slysta skersai bėgių. Esant šiam skersiniam slydimui, labiau dyla ratų cilindrinis paviršius.

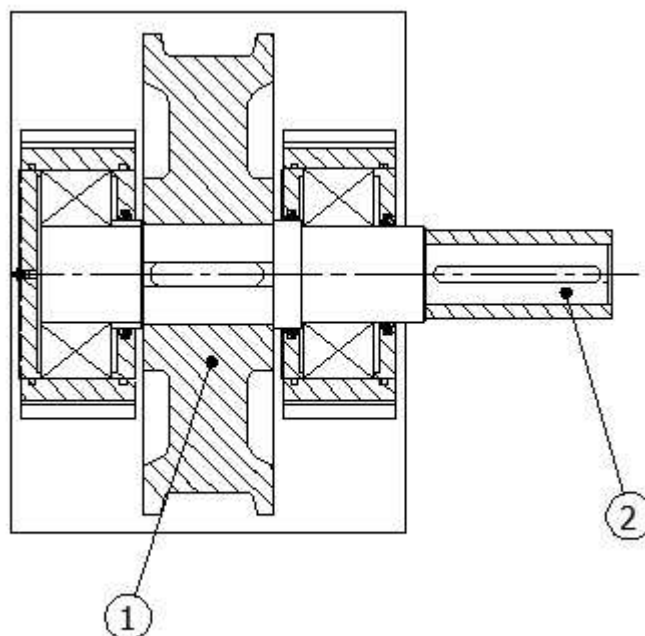
Ožinio kranų vežimėlio perstūmimo mechanizmo kinematinė schema pateikta 2.2.3 paveiksle. Variklio veleno sukamasis judesys perduodamas per krumpliaračius ir ant tos pačios ašies sumontuotam ratui [5].



2.2.3 pav. Pavaros kinematinė schema

1- motoreduktorius; 2- ratas; 3- krumplinė pvara

2.2.4 Pavaros mechanizmo rato matmenų skaičiavimas



2.2.4.1 pav. Varančiojo rato mazgas

Mazgą sudaro varantysis ratas(1) sujungtas su vėliu (2), kuris gauna sukamąjį judesį nuo variklio veleno per krumpliaratinę pavarą. Vežimėlio varomųjų ratų sukimosi dažnis priklauso nuo parinkto variklio ir perdavimo skaičiaus. Parinktas motoreduktorius KUA 85A, kurio veleno sukimosi dažnis $n_{\text{var}} = 109,7 \text{ aps/min}$, pavaros perdavimo skaičius $u = 16$. [30].

Skaičiavimai atliekami remiantis literatūra. Varomojo veleno kartu su ratu sukimosi dažnis skaičiuojamas

$$n_r = \frac{n_{\text{var}}}{u}. \quad (2.2.4.1)$$

Čia: n_r - rato sukimosi dažnis, aps/min;

n_{var} - variklio sukimosi dažnis, aps/min;

u - pavaros perdavimo skaičius.

$$n_r = \frac{109,7}{16} = 6,85 \text{aps} / \text{min}.$$

Mazgą veikia vežimėlio svoris, kuris tolygiai pasiskirsto dviems ratams ir krovinio svoris. Krano keliamoji galia $Q = 200 \text{kN}$.

Vežimėlio svoris G_{vez} apskaičiuojamas pagal formulę:

$$G_{vez} = (0,25 \dots 0,35)Q; \quad (2.2.4.2)$$

čia $0,25 \dots 0,35$ – vežimėlio svorį įvertinantis koeficientas;

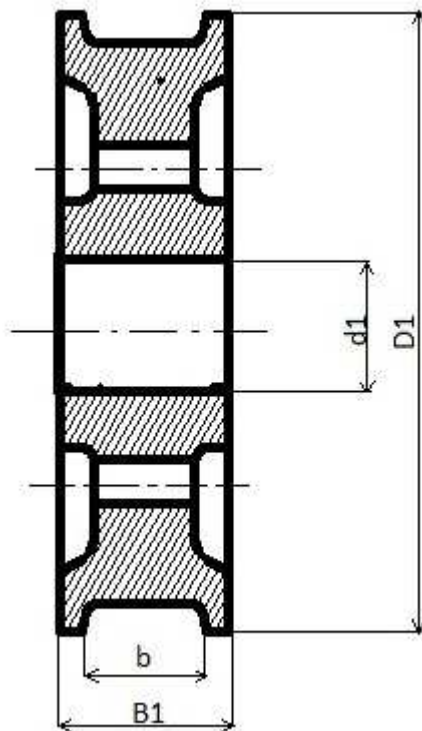
Q - krano keliamoji galia, kN.

$$G_{vez} = (0,25 \dots 0,35) \cdot 200 = 60 \text{kN}.$$

Maksimali apkrova $P_{\max}$ tenkanti vienam vežimėlio ratui skaičiuojama pagal formulę:

$$P_{\max} = \frac{(G_{vez} + Q) \cdot 1,1}{4}; \quad (2.2.4.3)$$

$$P_{\max} = \frac{(60 + 200) \cdot 1,1}{4} = 71,5 \text{kN}.$$



2.2.4.2 pav. Vežimėlio ratas

Pagal maksimalią apkrovą nustatomas rato skersmuo. Priimtas skersmuo $D = 550mm$. Įvertinus bėgio plotį rato išdrožos plotis, kuria juda bėgis, nustatomas pagal formulę:

$$B = b + 30; \quad (2.2.4.4)$$

čia b – bėgio plotis; $b = 140mm$;

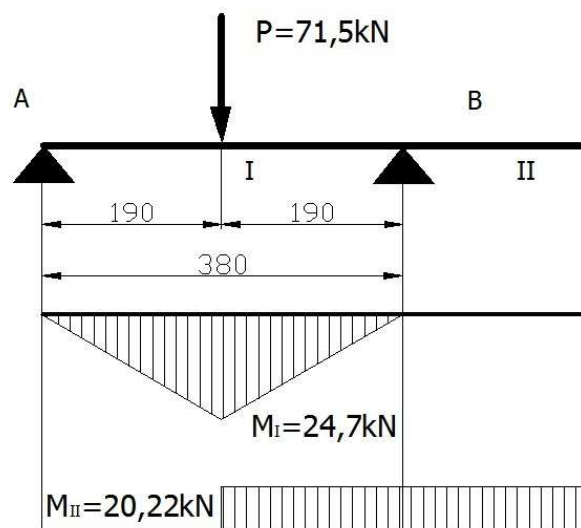
B – rato plotis, mm.

$$B = 140 + 30 = 170mm.$$

Ašies skersmuo skaičiuojamas

$$d = (0,2 \dots 0,25)D; \quad (2.2.4.5)$$

$$d = (0,2 \dots 0,25) \cdot 550 = 121mm.$$



2.2.4.3 pav. Varančiojo veleno skaičiavimo schema

Bendras krovinių ir vežimėlio svoris $S_{\max}$ apskaičiuojamas pagal formulę:

$$S_{\max} = Q + G_{\text{vez}}; \quad (2.2.4.6)$$

$$S_{\max} = 200 + 60 = 260kN.$$

Lenkimo momentas skaičiuojamas pagal:

$$M_I = \frac{S_{\max} \cdot l}{4}; \quad (2.2.4.7)$$

čia l – ašies ilgis tarp atraminių guolių, metrais. $l = 380mm = 0,38m$.

$$M_I = \frac{260 \cdot 0,38}{4} = 24,7 \text{ kNm}.$$

Sukimo momentas M_{II} tenkantis varančiojo veleno ašiai skaičiuojamas pagal formulę:

$$M_s = M_{II} = T \cdot \frac{S_{\max}}{S_{\max} + P_A}; \quad (2.2.4.8)$$

čia T – variklio sukimo momentas lėtaeigiame reduktoriaus velene, kNm;

P_A – jėga tenkanti guoliai kN.

Maksimalus sukimo momentas T (kNm) lėtaeigiame velene skaičiuojamas pagal formulę:

$$T = \frac{30N}{\pi \cdot n_r}; \quad (2.2.4.9)$$

čia N – elektros variklio galingumas, kW;

n_r – rato sukimosi dažnis, aps/min.

Pagal katalogą priimta motoreduktorius KUA 85A, kurio variklio galingumas $N = 9,2 \text{ kW}$.

$$T = \frac{30 \cdot 9,2}{3,14 + 6,85} = 27,62 \text{ kNm}.$$

Tuomet sukimo momentas M_{II} :

$$M_{II} = 27,62 \cdot \frac{260}{260 + 75} = 20,22 \text{ kNm}.$$

Suminis momentas M_{sum} skaičiuojamas pagal formulę:

$$M_{sum} = \sqrt{M_{II}^2 + M_I^2} = \sqrt{20,22^2 + 24,7^2} = 31,92 \text{ kNm}.$$

Veleniui parenkamas konstrukcinis plienas S235JR LST EN 100251. Šiam plienui leistina lenkimo riba $\sigma_{lenk} = 220 \text{ MPa}$.

Faktinis lenkimo stiprumas skaičiuojamas:

$$\sigma = \frac{\sigma_{lenk}}{n \cdot k}; \quad (2.2.4.10)$$

čia n – įtempimų atsargos koeficientas; $n = 1,4$;

k – skaičiuojamasis reikiamas koeficientas; $k = 2,4$.

$$\sigma = \frac{220}{1,4 \cdot 2,4} = 65,48.$$

Veleno skersmuo skaičiuojamas pagal formulę:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{sum}}{0,1 \cdot \sigma}}; \quad (2.2.4.11)$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{31,92}{0,1 \cdot 65,48}} = 1,69m = 169mm.$$

Atlikus skaičiavimus priimamas, kad veleno skersmuo $d = 170mm$.

2.3. Ožinio kranų krovinių kėlimo mechanizmo konstrukcinė dalis (M. Bosas)

2.3.1. Ožinio kranų krovinių kėlimo mechanizmo paskirtis



2.3.1 pav. Krovinių kėlimo mechanizmas

Ožinio kranų krovinių kėlimo mechanizmo paskirtis, pakelti atitinkamo svorio bei matmenų krovinį ir transportuoti jį išilgai kranų sijos į numatytą vietą. Kėlimo mechanizmas projektuojamas atsižvelgiant į krovinių masę, jų kėlimo aukštį, bei krovinių kėlimo greitį. Nustačius tikslias kranų darbo specifikacijas ir teisingai pasirinkus kranų konstrukciją ženkliai sumažėja išlaidos eksploatacijai ir gerėja atliekamų darbų efektyvumas.[4]

Projektuojamas ožinis kranas, krovinių kėlimo diapazone priskiriamas vidutiniams kranams. Jis – patikimas, garantuoja aukštą darbų saugos lygį, kroviniai perkeliama greitai ir lengvai. To dėka kyla darbo našumas, mažėja techninio aptarnavimo išlaidos, maksimalų laiką, užtikrinamas nepertraukiamas darbo procesas. Krovinių kėlimo mechanizmas gali būti valdomas tiek laidiniu, tiek radijo bangomis valdomu pultu.

2.3.2. Ožinio kranų krovinių kėlimo mechanizmo variantų analizė

Šių dienų kėlimo mechanizmų gamintojai ir platintojai siūlo begalę krovinių kėlimo mechanizmų variantų ir modifikacijų. Vartotojas rinkdamasis iš gausybės variantų turėtų atsižvelgti ne tik į būsimo pirkinio kainą ar jo išvaizdą, bet ir į tai kokioje aplinkoje kranas bus eksploatuojamas, jei patalpose tai aktualu koks pastato aukštis, plotis, ilgis. O jei kranas bus eksploatuojamas lauke tai pagrindinis kriterijus yra keliamo krovinio svoris ir gabaritai. Nuo šių parametrų priklauso kėlimo mechanizmo tipo ar varianto optimaliausias pasirinkimas.

I variantas - Vienabėgė elektrinė grandininė talė (2.3.2.1pav.) [17].



2.3.2.1pav. Vienabėgė elektrinė grandininė talė

Kėlimo galia iki 2000 kg. Komplektuojama su valdymo pultu, dviejų kėlimo greičių su standartinėmis kėlimo savybėmis.

Privalumai: nedidelis svoris, paprastas servisas.

Trūkumai: nedidelė keliamoji galia, mažas kėlimo aukštis.

II variantas - Elektrinė lyninė talė (2.3.2.2 pav.) [17].



2.3.2.2 pav. Elektrinė lyninė talė

Šios talės kėlimo galia 1000 kg, jos svoris 180 kg, kėlimo aukštis 6 metrai.

Panaudojimo sritis: tokia talė naudojama automobilių surinkimo gamyklose, remonto cechuose kur nereikia didelios kėlimo galios ir didelio kėlimo aukščio.

III variantas - Dviejų bėgių elektrinė talė (2.3.2.3pav.) [19].



2.3.2.3 pav. Dviejų bėgių elektrinė talė

Talės kėlimo galia nuo 50t iki 100 t. Talė su dviem kėlimo mechanizmais, važiuoklės šarnyriniai tvirtinimai, kurių dėka vežimėlis lengvai prisitaiko ir juda sijų paviršiais.

Panaudojimo sritis: ši talė naudojama gamyklose, jūrų uostose kur keliama didelių svorių kroviniai. Tokios kėlimo galios talę netikslinga naudoti smulkesnėse įmonėse, nes ji brangiai kainuoja, be to didelės elektros energijos sąnaudos.

IV variantas - Dviejų bėgių elektrinė lyninė talė (2.3.2.4 pav.) [18].



2.3.2.4 pav. Dviejų bėgių elektrinė lyninė talė

Šis krovinių kėlimo mechanizmas yra su dviejų bėgių vežimėliu, kurio dėka keliamas krovinyje yra daug stabilesnis ir mažiau apkrauna karano konstrukcijas. Komplektuojamas su 4 arba 6 mygtukų valdymo pultais. Talės keliamoji galia nuo 20 t. iki 32 t. Kėlimo greitis $V=6\text{m/min}$.

Panaudojimo sritis: šios talės panaudojimo sritis yra plati. Ji gali būti naudojama įvairiuose gamyklose, verslo įmonėse, nes jose kroviniai neviršija 20t. Tokia talė gali būti naudojama tiek lauke tiek viduje.

Išvados:

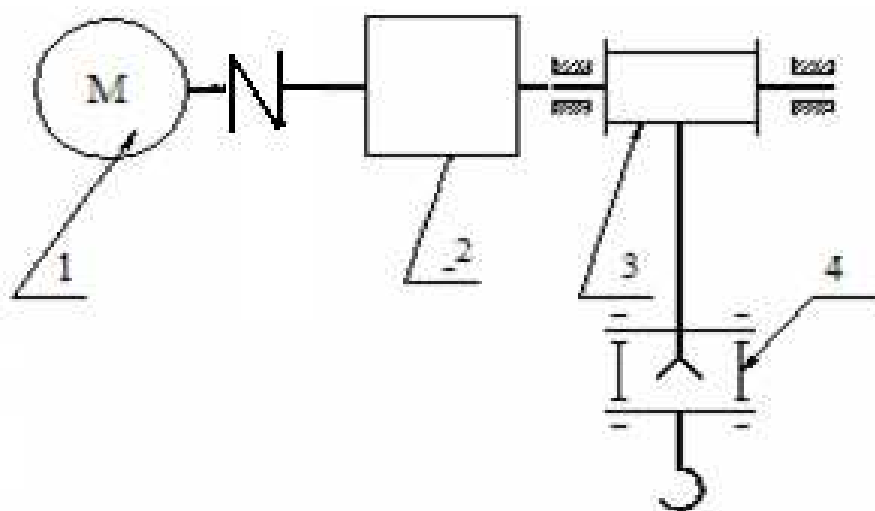
Projektuojamam ožiniam kranui optimaliausias ir priimtinausias variantas yra dviejų bėgių elektrinė lyninė talė (2.3.2.4pav.), kadangi atitinka verslo įmonių poreikius ir techninius reikalavimus. Krovinių kėlimo mechanizmo konstrukcija puikiai tinka ožinio krano sijų konstrukcijoms, bei keliamam krovinio svoriui, kuris yra 20 tonų.

2.3.3. Gaminio konstrukcijos aprašymas

Ožinio krano kėlimo mechanizmas skirtas darbui lauke ir patalpoje. Vežimėlio judėjimo greitis $V_{\text{vež}} = 40 \text{ m/min}$, kėlimo greitis $V_{\text{kėl}} = 6 \text{ m/min}$, Krano keliamojo galia 20000 kg. [18].

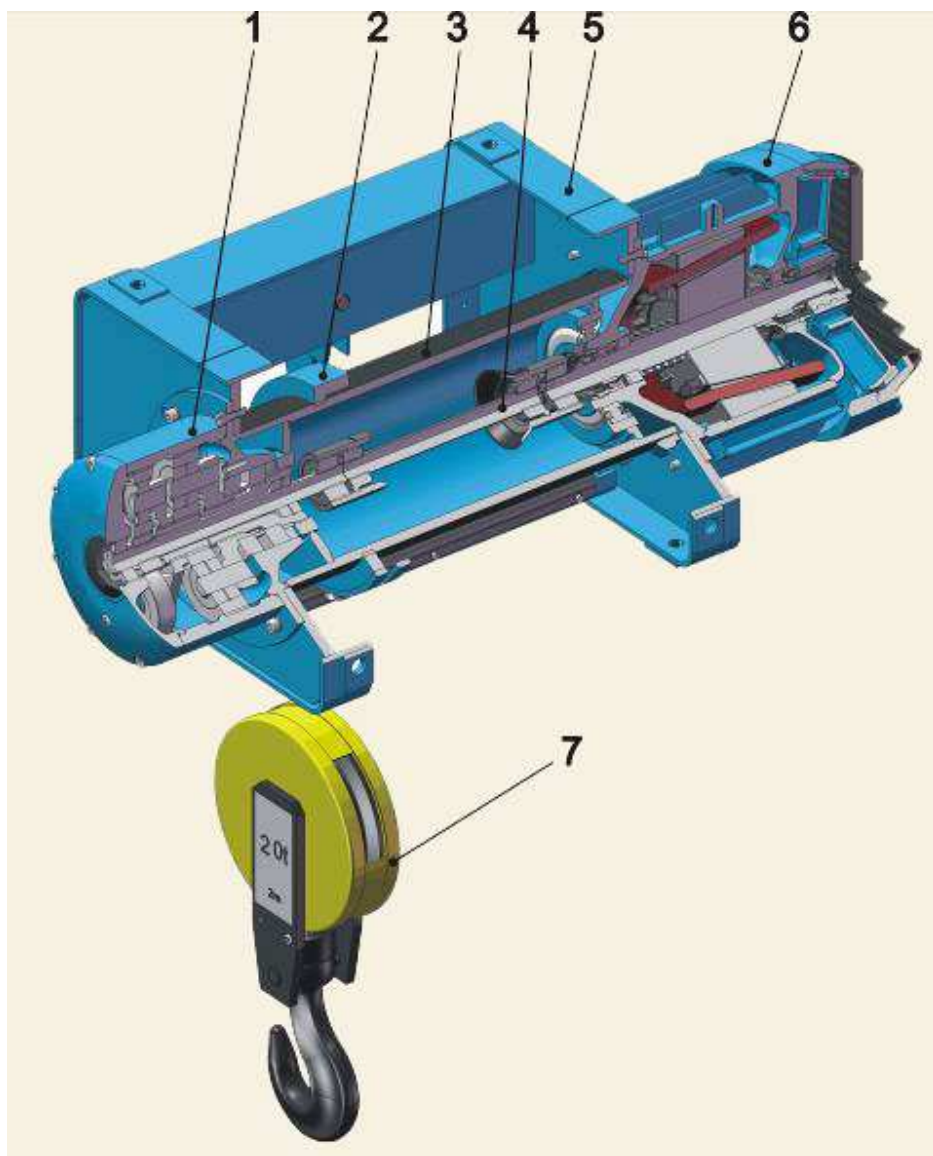
Krano konstrukcija sudaryta iš dviejų suvirintų sijų, kurios bėgiais juda krovinių kėlimo vežimėlis. Krovinių kėlimo mechanizmo dalys pateiktos 2.3.3.2 paveiksle. Vežimėlio eiga ribojama specialiais galiniais išjungikliais pajungtais ant tilto bėgio išjungiančiais vežimėlio pervežimo mechanizmą. Tilto galuose papildomai sumontuotos galinės atramos, o vežimėlis turi specialius spyruoklinius buferius.

Krovinio kėlimo vežimėlis stabdomas trumpos eigos stabdžiu, variklio išjungimas kabliui pajudėjus už ribinės padėties vykdomas galiniu išjungikliu, kuris sujungtas su būgno ašimi.



2.3.3.1 pav. Pakėlimo mechanizmo kinematinė schema:

1 – elektros variklis su stabdžiu; 2 – reduktorius; 3 – būgnas; 4– pakabos mazgas.



2.3.3.2 pav. Pakėlimo mechanizmo bendras vaizdas

1– reduktorius; 2– lyno guldytojas; 3– būgnas; 4– dantyta mova; 5– korpusas;
6– elektros variklis; 7– kablys.

2.3.4. Kėlimo mechanizmo techniniai skaičiavimai

2.3.4.1 Krovinio kėlimo mechanizmo elektros variklio parinkimas [13]:

Reikalingas maksimalus variklio galingumas:

$$N_{\max} = \frac{Q \cdot V_k}{\eta}; \quad (2.3.4.1.1)$$

čia: $Q = 20000\text{kg} = 197 \text{ kN}$

$V = 6\text{m/min} = 0,1\text{m/s}$ krovinio kėlimo greitis;

$\eta = 0.8$;

$$N_{\max} = \frac{197 \cdot 0,1}{0,8} = 24,6\text{kW}.$$

Parinktas elektros variklis KV 6001-4 tipo, pagal LST EN ISO 34-7 standartą. Variklio techniniai duomenys:

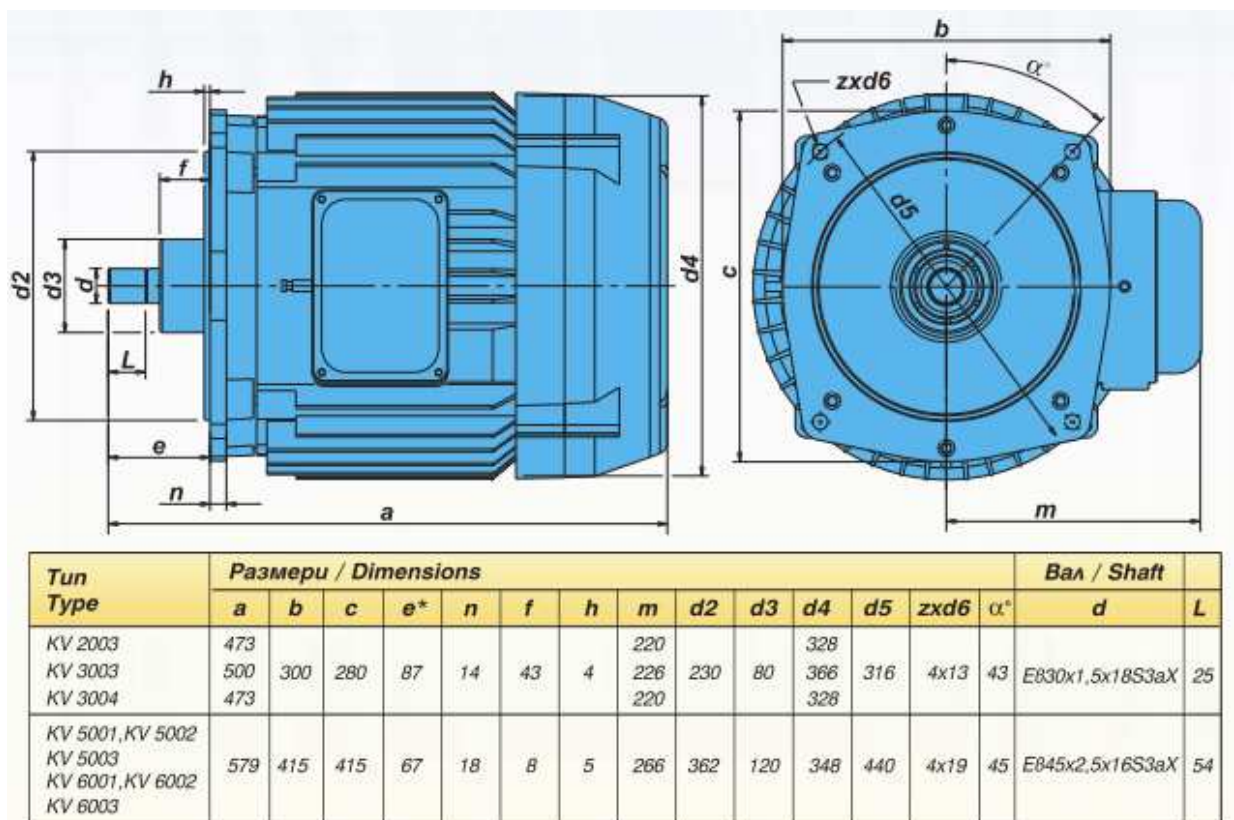
Galingumas – $N = 25 \text{ kW}$;

Sukimo dažnis $n_v = 1400 \text{ aps/min}$;

Masė – $m = 230\text{kg}$;

Stabdymo momentas $M_s = 380 \text{ Nm}$;

Paleidimo momentas $M_p = 400 \text{ Nm}$.



2.3.4.1 pav. Variklio matmenys

2.3.4.2 Lyno parinkimas [14]:

Skaičiuojama maksimali įtempimo jėga:

$$S = \frac{P}{K}; \quad (2.3.4.2.1)$$

čia:

P – lyno leistina nutrūkimo jėga;

K – lyno stiprumo atsargos koeficientas;

Darbo režimui: K = 5.5

$$S = \frac{Q}{n \cdot \eta}; \quad (2.3.4.2.2)$$

čia:

n – polispasto šakų skaičius, priimtas n = 4;

η – polispasto naudingumo koeficientas, priimtas η = 0.95

$$S = \frac{197000}{4 \cdot 0,95} = 51842 N = 51,8 kN;$$

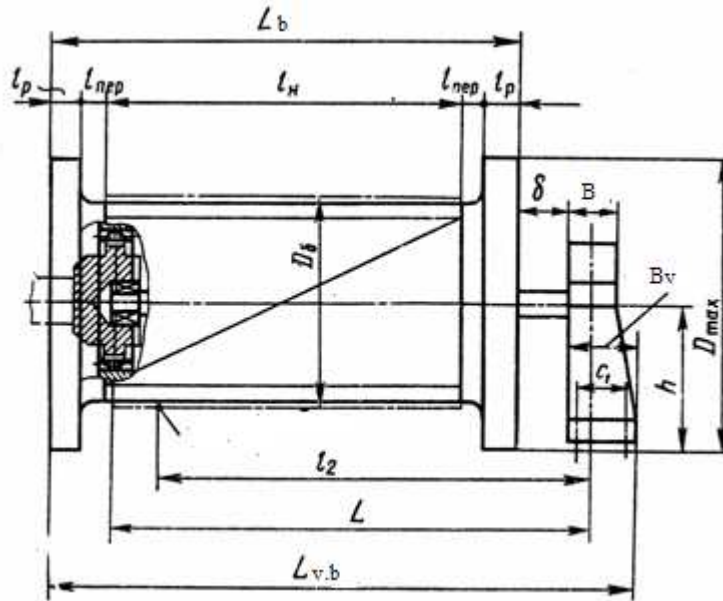
$$P = 5,5 \cdot 51,8 = 284,9 \text{ kN}.$$

Iš standartų lentelės LST EN ISO 2408 parenkamas plieninis lynas su plienine šerdimi 6x36 + IWR, lyno skersmuo d=22mm., minimali nutraukimo jėga P_l = 305kN., vielų skaičius 265 vnt., svoris m_l = 202 kg/100m.



2.3.4.2 pav. Plieninis lynas su plienine šerdimi

2.3.4.3 Būgno parametrų skaičiavimas[12,13]:



2.3.4.3.1 pav. Būgno konstrukcinė schema

Būgno skersmuo skaičiuojamas pagal formulę:

$$D_b \geq e_1 \cdot e_2 \cdot d; \quad (2.3.4.3.1)$$

čia:

$d = 22 \text{ mm}$ – lyno skersmuo;

e_1 – darbo režimo koeficientas, parinktas $e_1 = 25$;

e_2 – lyno konstrukcijos koeficientas, parinktas $e_2 = 0,9$;

$$D_b \geq 25 \cdot 0,9 \cdot 10,5 = 495 \text{ mm}.$$

Padidinus būgno skersmenį, padidėja lyno ilgaamžiškumas, tad pagal rekomendacijas priimta $D_b = 500 \text{ mm}$.

Maksimalus būgno skersmuo:

$$D_{\max} = (1,1 \dots 1,3) D_b; \quad (2.3.4.3.2)$$

$$\max = 1,2 \cdot 500 = 600 \text{ mm}.$$

Sriegio ilgis:

$$l_H = t \cdot (Z_d + Z_a + Z_t); \quad (2.3.4.3.3)$$

čia:

t – sriegio žingsnis;

Z_a – atsarginių vijų skaičius, priimamas $Z_a = 1,5$;

Z_t – vijų skaičius lyno galo tvirtinimui, priimamas $Z_t = 3,5$;

$$t = (1,10 \dots 1,23) d_k; \quad (2.3.4.3.4)$$

$$t = (1,10 \dots 1,23) \cdot 22 = 25 \text{ mm.}$$

Z_d – darbo vijų skaičius:

$$Z_d = \frac{m \cdot H}{\pi \cdot D_b}; \quad (2.3.4.3.5)$$

čia:

m – polispasto šakų skaičius, m = 4;

H - kėlimo aukštis H=11.5m

$$Z_d = \frac{4 \cdot 11,5}{3,14 \cdot 0,5} = 30.$$

Skaičiuojamas sriegio ilgis:

$$l_H = 25 \cdot (30 + 1,5 + 3,5) = 875 \text{ mm.}$$

Būgno ilgis skaičiuojamas pagal formulę;

$$L_b = l_H + 2 l_{nep} + 2l_p; \quad (2.3.4.3.6)$$

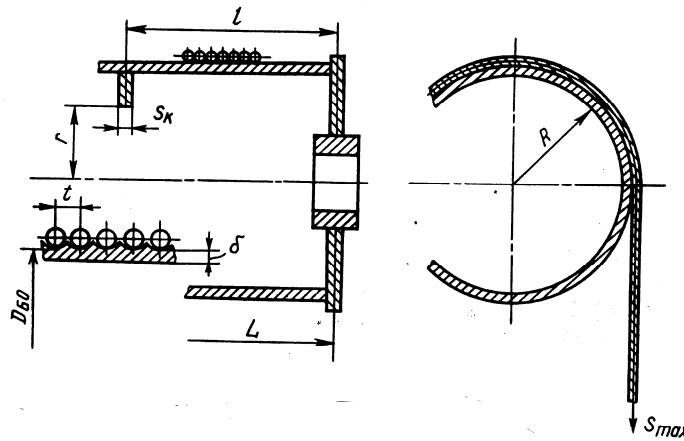
$$l_{nep} = 0,8d; \quad (2.3.4.3.7)$$

$$l_{nep} \approx 0,8 \cdot 22 \approx 18 \text{ mm;}$$

$$l_p = (1,0 \dots 1,2)d; \quad (2.3.4.3.8)$$

$$l_p = (1,0 \dots 1,2) \cdot 22 = 26 \text{ mm;}$$

$$L_b = 875 + 36 + 52 = 963 \text{ mm.}$$



2.3.4.3.2 pav. Būgno schema

Būgno sienelių storis:

$$\delta = 0.95 \frac{S_{\max}}{t \cdot |\sigma_g|}; \quad (2.3.4.3.9)$$

čia:

$S_{\max}$ – maksimali lyną veikianti jėga;

$|\sigma_g|$ – būgno medžiagos leistini gniuždymo įtempimai;

$$S_{\max} = Q / n = 197 / 4 = 49,25 \text{ kN}. \quad (2.3.4.3.10)$$

Būgno medžiaga – plienas C 35, $|\sigma_g| = 127 \text{ MPa}$.

$$\delta = 0.95 \frac{49,25 \cdot 10^3}{25 \cdot 10^3 \cdot 127 \cdot 10^6} = 0.016 \text{ m} = 16 \text{ mm}.$$

Būgno sienelių stiprumo patikrinimas:

$$\sigma_s = \frac{\sigma_k}{\psi \cdot \sigma_n} \leq |n|; \quad (2.3.4.3.11)$$

čia:

$|n|$ - minimalus atsargos koeficientas, plienui $|n| = 1,7$;

$|\sigma_k|$ - kritinis įtempimas;

Ψ – lyno deformacijos koeficientas;

σ_n - nominalinis įtempimas.

$$\sigma_k = 0,92 E_b \frac{\delta}{l_H} \sqrt{\frac{\delta}{R}}; \quad (2.3.4.3.12)$$

čia:

E_b – būgno sienelių tamprumo modulis, $E_b = 205900 \text{ MPa}$;

$l_H = 875 \text{ mm} = 0,875 \text{ m}$;

$$R = D_b / 2 = 500 / 2 = 250 \text{ mm} = 0,250 \text{ m};$$

$$\sigma_k = 0,92 \cdot 205900 \cdot \frac{0,016}{0,875} \sqrt{\frac{0,016}{0,25}} = 862 \text{ MPa};$$

čia:

σ_n - nominalinis įtempimas

$$\sigma_n = \frac{S_{\max}}{\delta \cdot t}; \quad (2.3.4.3.13)$$

$$\sigma_n = \frac{49,25 \cdot 10^3}{16 \cdot 10^{-3} \cdot 25 \cdot 10^{-3}} = 123 \text{ MPa}.$$

Skaičiuojamas lyno deformacijos koeficientas:

$$\psi = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{E_l \cdot S_l}{E_b \delta}}}; \quad (2.3.4.3.14)$$

čia:

E_l – lyno tamprumo modulis, $E_l = 88260$ MPa;

S_l – lyno skerspjūvio plotas, $S_l = 379,9 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$.

$$\psi = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{88260 \cdot 379,9 \cdot 10^{-6}}{205900 \cdot 16 \cdot 10^{-3} \cdot 25 \cdot 10^{-3}}}} = 0,84.$$

Patikrinamas :

$$\sigma_s = \frac{355}{0,84 \cdot 123} = 3,4 > |n|.$$

Išvados: Atsargos koeficientas plienui priimtas teisingai, nes jis didesnis už minimalų atsargos koeficientą plienui.

2.4. Medžiagų parinkimo pagrindimas

Gaminant 20 tonų ožinį kraną, pagrinde buvo naudojama valcuotas lakštinis plienas S235JR. Naudojamas statybose- įvairioms metalinėms konstrukcijoms, elementų ir detalių gamybai mašinų pramonėje.

Lakštai plieno kategorijų 2 ir 3 naudojami apkrautų ir neapkrautų, suvirintų ir nesuvirintų elementų, konstrukcijų, detalių gamybai, dirbančių teigiamoje temperatūroje; kategorijos 4 apkrautų suvirintų konstrukcijų, elementų gamybai, dirbančių prie kintančių apkrovų temperatūroje nuo 20 °C. Lakštai kategorijos 5, storis iki 10 mm, apkrautų suvirintų konstrukcijų, elementų gamybai, dirbančių prie kintančių apkrovų, temperatūrų intervale nuo 40 iki +425 °C; storis nuo 10 iki 25 mm - apkrautų elementų gamybai, dirbančių prie kintančių apkrovų teigiamoje temperatūroje, taip pat ir apkrautų suvirintų konstrukcijų gamybai, dirbančių temperatūrų intervale nuo 40 iki +425 °C intervale, su sąlyga garantuojant suvirinamumą.

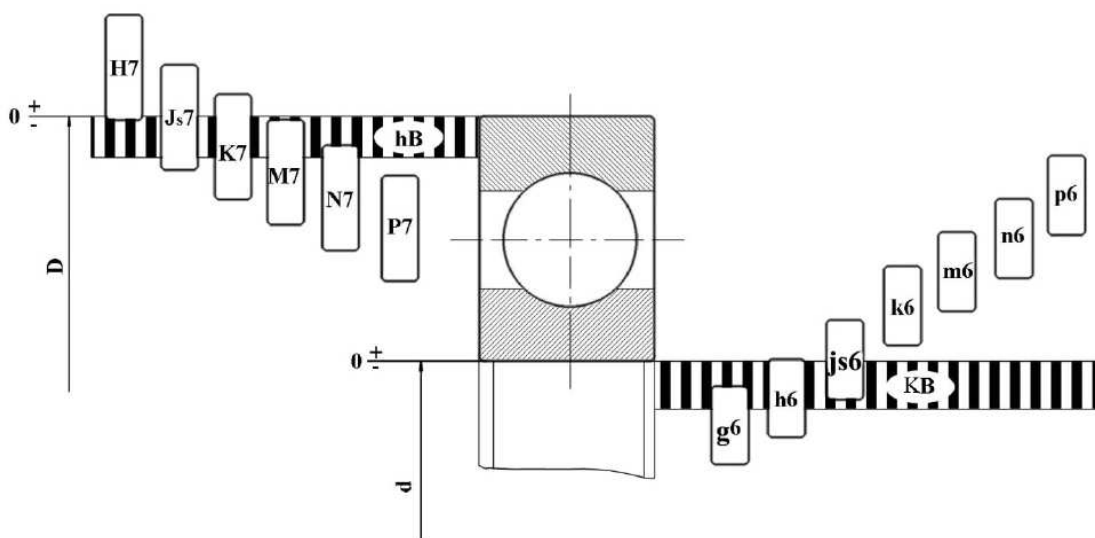
2.4.1 lentelė

Medžiagų parinkimas

Detalės	Medžiaga	Išvados
Velenai ir kiti kaiščiai	Plienas 40X (LST EN 10084-2)	Detalės iš šio plieno yra pagaminamos daug tikslesnis matmenimis, nes šis plienas yra apdirbamas tremiškai. Šis plienas atlaiko daug didesnes apkrovas.
Kitos tekinamos detalės	Plienas C45 (LST EN 10083-1)	Šias detales būtų galima gaminti iš plieno 40 arba 40X. Šios dvi medžiagos yra beveik identiškos plienui C45, tačiau plienas 40 ir 40X yra žymiai brangesnis.
Virinamos konstrukcijos	Lakštinis plienas S235JR	Šis karštai valcuotas lakštinis plienas buvo pasirinktas dėl gerų suvirinimo savybių apkrautoms konstrukcijoms.

2.5. Suleidimų parinkimo pagrindimas

Projektuojant ožinį kraną suleidimai buvo taikomi pavaroms jungti. Mašinų surinkimo požiūriu pagrindiniai jungiamieji paviršiai yra išorinio žiedo išorinis paviršius D , vidinio žiedo vidinis paviršius d ir galiniai žiedų paviršiai. Riedėjimo guolių žiedų suleidimai gaunami keičiant veleno skersmens ir korpuso skylės skersmens ribinius matmenis. Paties guolio tolerancijos laukas nekintamas ir priklauso nuo jo tikslumo.



2.5.1 pav. Guolių žiedų ir su jais jungiamų detalių galimos tolerancijos

2.5.1 lentelė

Detalių suleidimai

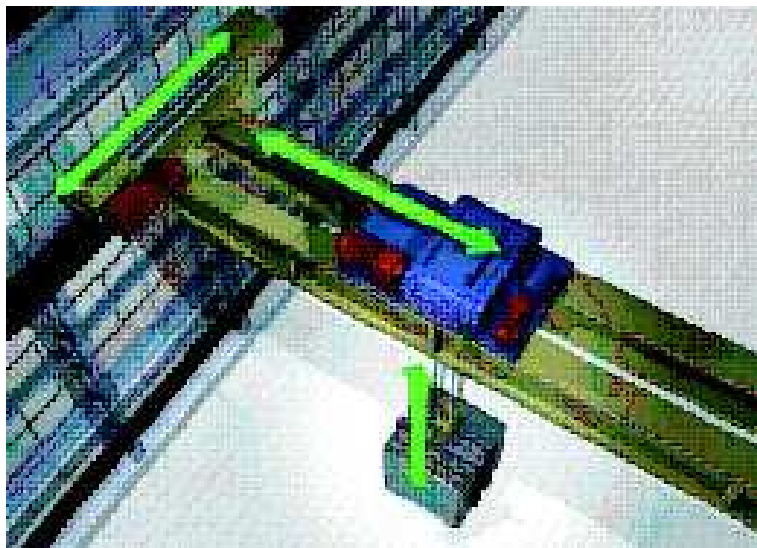
Detalė	Suleidimas
Guolis – velenas	H8 - m7
Guolis – guoliavietė	K7 – h6
Ratas – velenas	M8 – h7
Krumpliaratis - velenas	H7 – s7

2.6. Mechatronikos sistemos

Tipinis krano valdymo pritaikymo atvejis yra ožinis kranas. Šiuo atveju krano valdymas gali būti naudojamas ne tik eigos ašims, bet ir keltuvo ašiai. Eigos ašies judėjimo atstumas turi būti ribojamas galinio išjungiklio. Paprastai be ribojimo jungiklio būna instaliuotas ir greičio mažinimo jungiklis, skirtas mažinti greičiui eigos atkarpai einant į pabaigą. Saugumo sumetimais ribojimo jungikliai taip pat turi būti stebimi. Apkrovimo valdomas greičio mažinimas optimizuoja keltuvo ašies galios naudojimą.

Pavaros sprendimas, naudojant MOVIDRIVE® yra pagrįstas „krano valdymo“ pritaikymo moduliu. „Krano valdymo“ pritaikymo modulis yra programinės įrangos MOVITOOLS® komponentas ir gali būti įjungtas iš karto, įsigijus licenciją. Patogi naudoti sąsaja instruktuoja Jus parametrų įvedimo proceso metu. Jums reikia įvesti tik tuos parametrus, kurie reikalingi Jūsų pritaikymui, pvz., fiksuotos nustatytos reikšmės, nuožulnumas ir greitis.

Pritaikymo modulis naudoja šiuos parametrus, kad sukurtų valdymo programą ir įkrautų ją į keitiklį. Tada MOVIDRIVE® perima visą judėjimo procesų valdymą. Jūs taip pat turite galimybę pasirinkti keitiklio valdymą naudojantis kintamo greičio pasirinkimu arba fiksuotomis nustatytomis reikšmėmis.



2.6.1 pav. Automatizuotas krano judėjimas

Automatizavimo privalumai:

- Daugiafunkciškumas.
- Paprasta naudoti sąsaja.
- Reikia įvesti tik parametrus, reikalingus konkrečiam pritaikymo atvejui.
- Vartotojui patogios pritaikymo programos instruktuoja Jus parametrų įvedimo proceso metu, todėl nėra komplikųoto programavimo būtinybės.
- Nereikalinga jokia programavimo patirtis.
- Nereikia daug laiko susipažinti su sistema.
- Pasirenkamas valdymas nuo žemės arba radijos bangomis.
- Visiškas judėjimo valdymas atliekamas per IPOS^{PLUS®} programą, esančią MOVIDRIVE[®] įrenginyje.
- Galinio išjungiklio valdymas ir krovinio atpažinimas.

3. TECHNOLOGINĖ DALIS

3.1. Detalės „pirštas“ technologinė dalis (L.Narbutas)

3.1.1. Detalės „pirštas“ technologiškumo analizė

Gaminama detalė- pirštas. Detalėje nėra labai sudėtingų paviršių, bei keliamų aukštų reikalavimų, todėl ji bus nesunkiai apdirbama standartiniais ir specialiais pjovimo įrankiais.

Detalė gaminama iš plieno C45 (LST EN10 083-1). Plieno C45 cheminė sudėtis ir mechaninės savybės pateiktos lentelėse 3.1.1.1 ir 3.1.1.2.

3.1.1.1.lentelė

Plieno C45 (LST EN 10 083-1) cheminė sudėtis.

C,%	Si,%	Mn,%	S,%	P,%	Ni,%	Cr,%
			Ne daugiau			
0.40-0.50	0.17-0.37	0.50-0.80	0.045	0.045	0.30	0.30

3.1.1.2.lentelė.

Plieno C45 (LST EN 10 083-1) mechaninės savybės.

δ_y , Mpa	δ_u , Mpa	δ_μ , %	Z, %	KCU, J / m^2	HB (ne daugiau)	
Ne mažiau					Karštai valcuotas	atkaitintas
355	600	16	40	49	241	197

Čia: δ_y -takumo riba;

δ_u - stiprumo riba tempiant;

δ_μ -bandinio santykinis ištysimas;

Z- santykinis bandinio skerspjuvio susitraukimas, nutraukimo vietoje;

KCU- smūginis tašumas tiriant bandinius su U tipo koncentratoriumi;

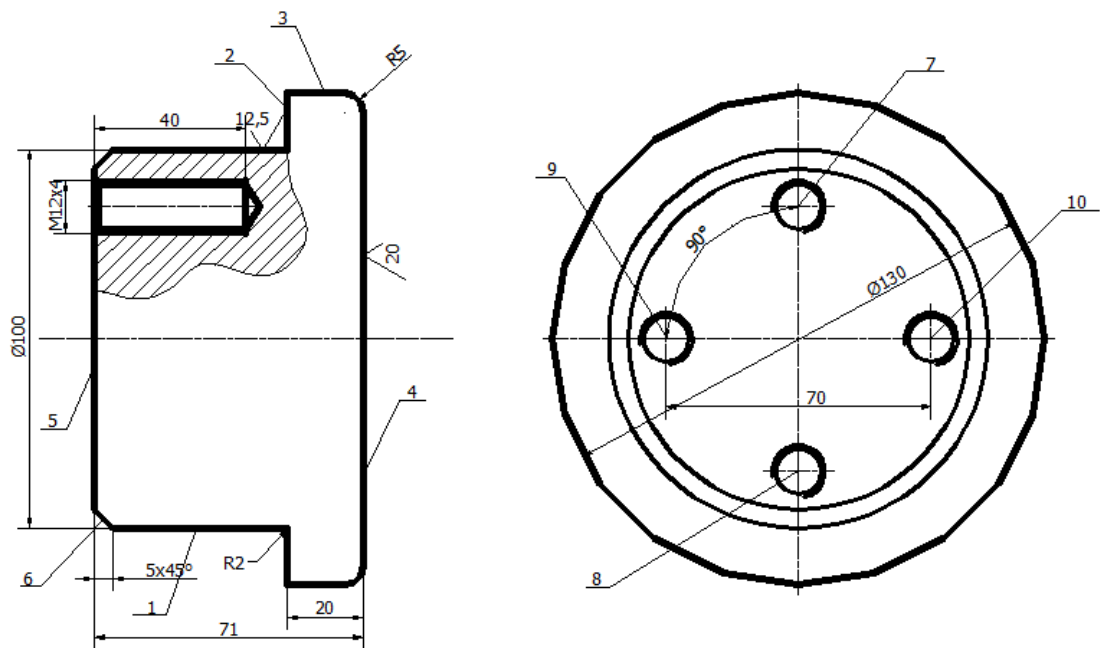
HB- kietumas pagal Briunelį;

Šią detalę būtų galima gaminti ir iš plieno 40 arba plieno 40X. Šios dvi medžiagos yra beveik identiškos plienui 45, tačiau plienas 40 yra žymiai brangesnis, o plienas 40X yra apdirbamas termiškai, kas vėliau itakoja tikslesnius matmenis ir užima daugiau laiko.

Įrankiai laisvai prieina prie visų detalės plokštumų. Apdirbimui užtenka minimalaus kiekio pjovimo įrankių. Technologiniam apdirbimui paviršiai pažymėti skaičiais, paviršių numeracija pateikta 2.1.pav.

Reikia:

- 1) Sumažinti anglies kiekį nuo 3-4% iki 1,5% ir mažiau.
- 2) Pašalinti (sudarant šlaką) Si, Mn, P ir kitas priemaišas, kurių bendras kiekis ketuje sudaro apie 1%.
- 3) Pridėti legiruojančių priedų (Cr, Mn, Ni, V, Mo, W ir kt.), kurie suteikia plienui reikiamas savybes.



3.1.1.1.pav. Detalės eskizas su paviršiaus numeracija

Detalės darbo brėžinyje yra nurodyti visi reikalingi duomenys su reikiamomis nuokrypomis, paviršių šiurkštumais.

3.1.1.3.lentelė

Detalės darbo brėžinio technologinė kontrolė

TECHNOLOGIŠKUMO KRITERIJUS	ATITIKIMAS TECHNOLOGIŠKUMO KRITERIJAMS
1. Reikalingi matmenys.	Visi reikalingi matmenys yra.
2. Atitikimas tarp matmenų tikslumo ir paviršiaus glotnumo.	Atitinka $\varnothing 100h10(0_{-0,14})Ra6,3$ $\varnothing 130$
3. Vaizdai ir pjūviai.	Vienas pjūvis D-D. Visi vaizdai pavaizduoti.
4. Matmenų atitikimas standartinei eilei.	R5: 40;100; R10: 20;R2;R5;M12; R20: 71;90°; R40: 130 Papildomos vertės:70
5. Matmenų išdėstymas pagal koordinačių ašis.	Pagal 3 koordinačių ašis.
6. Techninės sąlygos (po brėžinio).	1. Informaciniai matmenys. 2. Ribinės nuokrypos ISO2768 vidut.
7. Matmenų matavimas.	Sudėtingiau pamatuoti tarašinius atstumus tarp skylių.
8. Medžiagos parinkimas.	Plienas 45
9. 2. Pasvirę paviršiai.	Nuožulos (5×45°)
10. Bazės.	Nesudėtingos
11. Detalės standumas: $l/d_{vid.} < 10$ -detalė standi. l-detalės ilgis; $d_{vid.}$ -vidutinis detalės skersmuo.	$\frac{71}{115} \approx 0.6$ Detalė yra standi.
12. Terminio apdirbimo rūšis.	Nėra
13. Specialių technologinių operacijų reikalingumas.	_____
14. Simetrijos ašys ir plokštumos	3koordinačių ašys ir 2 plokštumos.
15. Ar detalės konstrukcijos forma nesudarys papildomų sunkumų gaminant ruošinį.	Nesudarys
16. Sunkumai, iškylantys dėl elementų išdėstymo mechaniškai apdirbant detalę.	Nėra.

Atlikus technologinę analizę galima padaryti tokią išvadą, kad detalė yra technologiška, todėl neatsiras papildomų sunkumų ją gaminant. Detalės gamyba nėra sudėtinga, kadangi nėra aukštų reikalavimų.

Detalės konstrukcijos technologiškumas – tai tokios formos ir tokios medžiagos parinkimas, kad ji atliktų reikiamas funkcijas mašinoje, kad būtų galima ją lengvai ir ekonomiškai apdirbti.

Visus detalės paviršius galima apdirbti standartiniais įrankiais. Naudojant specialius įrankius gamyba pabrangsta.

Gaminant ar konstruojant detales ar mašinas reikia atsižvelgti į tokius keliamus reikalavimus:

- 1)kad būtų kuo mažesnės medžiagos sąnaudos;
- 2)kad būtų kuo didesnis darbo našumas;
- 3)kad būtų kuo paprastesnė konstrukcija.

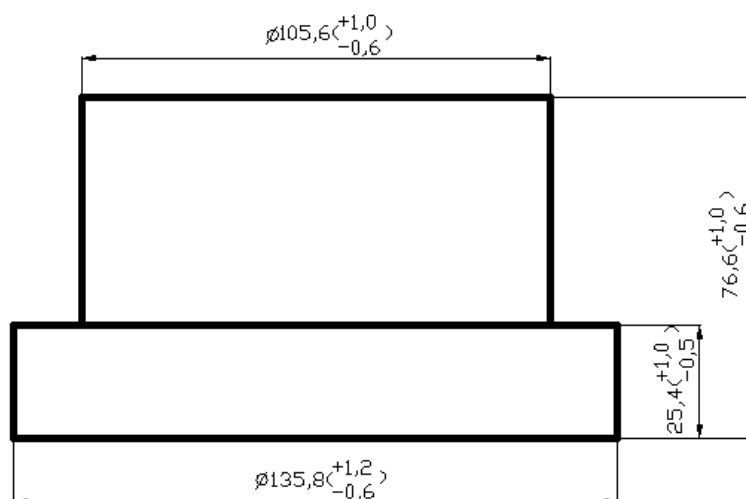
Tai – technologiškumo esmė. Be šių reikalavimų, darant originalių ar sudėtingų konstrukcijų detales mažėja darbo našumas, neteisingai parinkus medžiaga detalės gamybai bus didesnės medžiagos sąnaudos, ir tuo pačių detalės kaina turės būti didesnė.

3.1.2. Detalės „pirštas“ ruošinio parinkimas

Pagrindiniai horizontalių – kalimo mašinų privalumai:

- 1) pagrindiniai šampuojama šampuose be išlajų, todėl nebenaudojami apkirpimo presai ir šampai;
- 2) nereikalingi šampavimo nuolydžiai;
- 3) mažesnės išlaidos mechaniniam apdirbimui;
- 4) gaunama gero metalo mikrostruktūra;
- 5) galimybė plačiai panaudoti darbinius įdėklus labiausiai išsidė labiausiai išsidėvėjusiose šampo vietose, kas sumažina šampų kainą;
- 6) galima šampuoti atskirus ruošinius ir iš strypo;
- 7) labai platus šampuojamųjų ruošinių asortimentas;

Užlaidos apdirbamiems paviršiams pateiktos 3.1.2.lentelėje:



3.1.2.pav. Šampuotas ruošinys

3.1.2.lentelė

Užlaidos apdirbamiems paviršiams

Detalės matmuo	Užlaidos dydis	Ruošinio matmuo
Ø100	5,6	105,6 ^{+1,0} _{-0,6}
Ø130	5,8	135,8 ^{+1,2} _{-0,6}
20	5,4	25,4 ^{+1,0} _{-0,5}
71	5,6	76,6 ^{+1,0} _{-0,6}

Detalės masė $M_{det.}$ -6,9kg.

Ruošinio masė $M_{ruoš.}$ -7,4kg.

Apskaičiuojame išnaudojimo koeficientą:

$$M = \frac{M_{det.}}{M_{ruoš.}} = \frac{6.9}{7.4} = 0.94.$$

Apskaičiuojame sunaudotų atliekų kiekį:

Pagamintos detalės masė – 6,9kg.

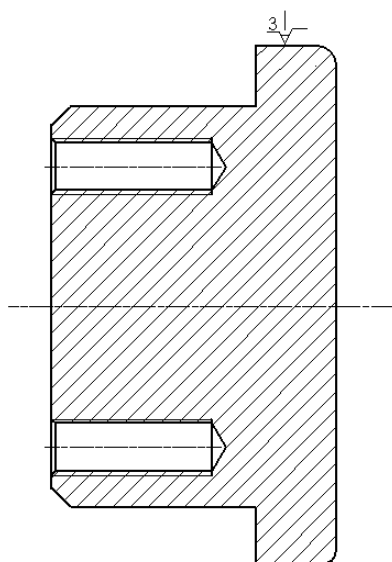
Štampuoto ruošinio masė-7,4kg.

I atliekas sunaudojamas ruošinio svoris- $7,4-6,9=0.5$ kg.

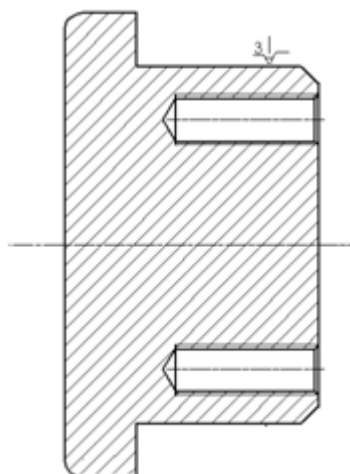
3.1.3. Technologinių bazių parinkimas

Ruošinio bazavimo ir tvirtinimo schema turi užtikrinti jo patikimą užtvirtinimą ir padėties stabilumą viso mechaninio apdirbimo metu nustatytoje operacijoje. Bazavimo paviršiai turi būti parinkti taip, kad būtų užtikrintas matmenų ir paviršių tarpusavio padėties reikiamas tikslumas, kad įtaiso konstrukcija būtų kiek galima paprastesnė ir patikimesnė.

1)Pirmojoje operacijoje technologinė bazė yra neapdirbti paviršiai 1 ir 3, kurie tvirtinasi trijų kumštelių griebtuve 3.1.3.1 ir 3.1.3.2pav. Turint tokius ruošinio tvirtinimus galima atlikti galų tekinimą 4 ir 5, bei 1 ir 3 neapdirbta paviršių.Kai detalė įtvirtinta kaip parodyta 3.1.3.1pav. taip galima apdirbti 2 paviršių ir 6 nuožulą. Operacija atliekama Vokiečių gamintojų „MAG“ CNC galų tekinimo frezavimo staklėmis VDF 450 TM.

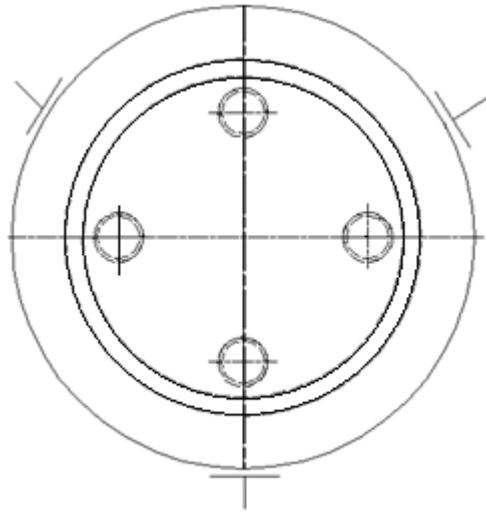


3.1.3.1 pav. Ruošinio bazavimo trijų kumštelių griebtuve schema



3.1.3.2 pav. Ruošinio bazavimo trijų kumštelių griebtuve schema 2

2) Antrojoje operacijoje detalė bazuojama trijų kumštelių griebtuve pasukus detalę taip, kaip parodyta 3.1.3.2pav. tada gręžiamos ir sriegiamos skylės 7, 8, 9, 10. Operacija atliekama Vokiečių gamintojų „MAG“ CNC tekimo – frezavimo staklėmis VDF 450 TM – 3.7pav.



3.1.3.3 pav. Ruošinio bazavimas trijų kumštelių griebtuve skylių gręžimui ir sriegimui



3.1.3.4 pav. CNC VDF 450TM

3.1.4 Detalės mechaninio kelio apdirbimo skaičiavimas

Sudaryti detalės maršrutą, tai reiškia išvadinti iš eilės atliekamas operacijas, nurodant staklių tipą. Maršruto sudarymas- sudėtingas uždavinys turintis didelį sprendimo variantų kiekį. Išties duomenys maršrutui sudaryti yra detalės darbo brėžinys su techniniais reikalavimais, ruošinio brėžinys su techniniais reikalavimais, anksčiau nustatytas gamybos tipas, detalės atskirų paviršių maršrutai, parinktos technologinės bazės. Veleno apdirbimo technologinis maršrutas pateiktas 3.1.4.1 lentelėje.

Piršto apdirbimo technologinis maršrutas

Operacijos Nr.	Perėjimo Nr.	Operacija	Staklių tipas	Įrankis
Tekinimas				
005	1	Galinio paviršiaus 4 grubus tekinimas	CNC galų tekinimo-frezavimo staklės VDF 450TM	Tiesus atraminis aptekinimo peilis JSDJ2CR/L
010	2	Galinio paviršiaus 5 grubus tekinimas		Tiesus atraminis aptekinimo peilis JSDJ2CR/L
Tekinimas, gręžimas, sriegimas				
020	1	Paviršių 1,2,3 grubus tekinimas	CNC tekinimo-frezavimo staklės VDF 450 TM	Tiesus atraminis aptekinimo peilis JSDJ2CR/L
	2	Paviršių 1 ir 3 glotnus tekinimas		Tiesus atraminis aptekinimo peilis JSDJ2CR/L
	3	Nuožulos 6 nuėmimas		Tiesus atraminis aptekinimo peilis JSDJ2CR/L
	4	Paviršių 7,8,9,10 gręžimas		Spiralinis grąžtas su morzes kūgio kotu DIN 345N
	5	Paviršių 7,8,9,10 sriegimas		Aklinos skylės mašininis sriegiklis DIN371 M12

3.1.5. Užlaidų analitinis skaičiavimas

Užlaidų analitinis skaičiavimas atliekamas paviršiui, kurio matmuo $\varnothing 100h9(-0,07)$ duomenys surašomi į 3.3 lentelę.

Skaičiuojame minimalią užlaidą:

h-deformacijos sluoksnis;

ρ -erdvinė paklaida;

ε -nustatymo paklaida.

$$\rho_{pers.} = 0,6mm = 600\mu m.$$

$$\rho_{kr.} = 1 \cdot 51 = 51\mu m.$$

$$\rho = \sqrt{\rho_{pers.}^2 + \rho_{kr.}^2} = \sqrt{600^2 + 51^2} = 602\mu m.$$

Grubiam tekiniui:

$$\rho_{gr.} = 602 \cdot 0,06 = 36 \mu m.$$

$$\varepsilon_{gr.} = \sqrt{\varepsilon_b^2 + \varepsilon_{tv}^2 + \varepsilon_{pas}^2} = \sqrt{0^2 + 500^2 + 0^2} = 500 \mu m.$$

$$2_{Zi \min} = 2(150 + 250) + \sqrt{602^2 + 500} = 2366 \mu m.$$

Glotioniam tekiniui:

$$\rho_{gl.} = 602 \cdot 0,05 = 30 \mu m.$$

$$\varepsilon_{gl.} = \varepsilon \cdot 0,05 = 500 \cdot 0,05 = 25 \mu m.$$

$$2_{Zi \min} = 2(50 + 50 + \sqrt{36^2 + 25^2}) = 288.$$

$$\check{\text{Cia}} \rho_{perd.} = K_y \cdot \rho_{ruos.}$$

K_y -koeficientai grubiam ir glotioniam tekiniui.

$$K_{ygr.} = 0,06; K_{ygl.} = 0,05.$$

R_z, T, ε randame iš lentelių.

Skaičiuojamas matmuo $d = 100 - 0,07 = 99,93 \text{ mm}$.

Skaičiuojame ribinius matmenis:

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

$$d_{sk2} = 99,93 \text{ mm}.$$

$$d_{sk1} = 99,93 + 0,288 = 100,218 \text{ mm}.$$

$$d_{skruos} = 100,218 + 2,366 = 102,584 \text{ mm}.$$

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

$$d_{\max 3} = 99,93 + 0,07 = 100\text{mm};$$

$$d_{\max 2} = 100,22 + 0,35 = 100,57\text{mm};$$

$$d_{\max 1} = 102,59 + 1,6 = 104,19\text{mm}.$$

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

$$2z_{\max 1}^{\text{rib}} = d_{\max \text{ gr}} - d_{\max \text{ gl.}} = 100,57 - 100 = 0,57\text{mm} = 570\mu\text{m};$$

$$2z_{\max 2}^{\text{rib}} = d_{\max \text{ ruos.}} - d_{\max \text{ gr.}} = 104,19 - 100,57 = 3,62\text{mm} = 3620\mu\text{m};$$

$$2z_{\min 1}^{\text{rib}} = d_{\min \text{ gr.}} - d_{\min \text{ gl.}} = 100,22 - 99,93 = 0,29\text{mm} = 290\mu\text{m};$$

$$2z_{\min 2}^{\text{rib}} = d_{\min \text{ ruos.}} - d_{\min \text{ gr.}} = 102,58 - 100,22 = 2,36\text{mm} = 2360\mu\text{m}.$$

Sudedant tarpines ribines užlaidas, apskaičiuojamos užlaidos:

$$2z_{0\text{mis}} = 2360 + 290 = 2650\mu\text{m};$$

$$2z_{0\text{max}} = 3620 + 570 = 4190\mu\text{m}.$$

3.1.5.1 lentelė

Cilindrinų paviršių užlaidų skaičiavimas

Apdirbamo paviršiaus technologinės pakopos	Užlaidos elementai, μm				Skačiuojamoji užlaida,	Skačiuojamasis matmuo, mm	Tolerancija	Ribiniai matmenys, mm		Užlaidų ribinės reikšmės, μm	
					μm		μm				
$\varnothing 100\text{h}9 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0,07 \end{smallmatrix}$	R_z	h	ρ	ε	-	102,584	1600	102,58	104,19	-	-
Ruošiny	150	250	602	-	-	102,584	1600	102,58	104,19	-	-
Grubus tekinimas	50	50	36	500	2366	100,218	350	100,22	100,57	2360	3620
Glotnus tekinimas	30	30	30	25	288	99,93	70	99,93	100	290	570

Grubaus tekinimo metu pasiekiamas IT12 matmens tiksluminis kvalitetas, tačiau pirmos pakopos metu apdirbimas pradedamas dirbti neapdirbtuoju č-uoju paviršiumi, todėl

$$T = \frac{T_{\text{ruos}} + T_{\text{apd}}}{2}.$$

Antros tikslumo klasės štampuoto ruošinio tolerancija $T_{\text{ruos}} = 1600\mu\text{m}$.

Grubaus tekimo metu pasiekiamo matmens IT12 tikslumo kvaliteto tolerancija
 $T_{apd.} = 350 \mu m.$

$$T_1 = \frac{1600 + 350}{2} = 975 \mu m.$$

Antros apdirbimo pakopos-rupiojo frezavimo tolerancija $T_{ruos.} = 70 \mu m.$

$$T_1 = \frac{975 + 70}{2} = 522,5 \mu m.$$

Suminė ruošinio 1 ir 2 paviršių erdvinių nuokrypų vertė yra:

$$\rho = \Delta_k \cdot D = 1,8 \cdot 100 = 180 \mu m.$$

Likęs ruošinio 1 ir 2 paviršių erdvinis nuokrypis po grubaus tekimo

$$\rho_{1,2} = 0,06; \quad \rho_{gub.} = 0,06 \cdot 180 = 10,8 \mu m.$$

Naudojantis minimalios užlaidos plokštumos apskaičiavimo formule

$$Z_{\min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i.$$

Apskaičiuojame minimalią ruošinio paviršiaus grubiojo tekimo užlaidą:

$$Z_{\min 1} = 150 + 250 + 180 + 500 = 1080 \mu m.$$

Apskaičiuota minimali ruošinio paviršiaus II grubiojo tekimo užlaida:

$$Z_{\min 3} = 150 + 250 + 180 + 500 = 1080 \mu m.$$

3.1.5.2 lentelė

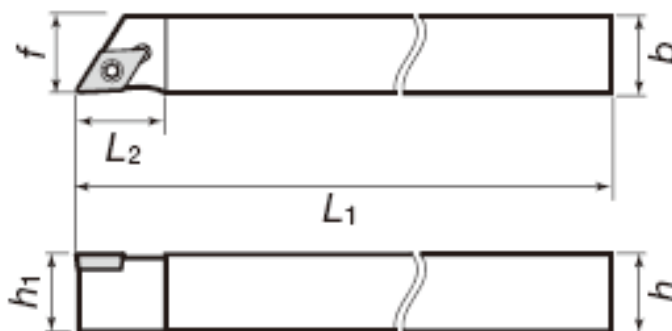
Plokščių paviršių užlaidų skaičiavimas

Apdirbamo paviršiaus technologinės pakopos	Užlaidos elementai, μm				Skaiciuojamoji užlaida μm	Skaiciuojamasis matmuo, mm	Tolerancija μm	Ribiniai matmenys, mm		Užlaidų ribinės reikšmės, μm	
	R_z	h	ρ	ε				$l_{\min}$	$l_{\max}$	$z_{\min}$	$z_{\max}$
	$71^{(+0,15)}_{(-0,15)}$										
Ruošiny I	150	250	180	-	-	73,01	1600	73,01	74,61	-	-
Grubus tekimas I	50	50	11	500	1080	71,93	975	71,93	72,905	1080	1705
Ruošiny II	150	250	180	-	-	71,93	975	71,93	72,905	-	-
Grubus tekimas II	50	50	11	500	1080	70,85	300	70,85	71,15	1080	1755

3.1.6. Pjovimo režimų nustatymas

Pjovimo režimai nustatomi atsižvelgiant į apdirbimo būdą, apdirbamos detalės standumą, medžiagą ir jos būvį įrankio pjaunančiosios dalies medžiagą, jo geometrinę formą ir kampus, reikiamą apdirbtojo paviršiaus tikslumą ir šiurkštumą, naudojamas stakles ir kitus veiksnius. Skaičiavimo rezultatai pateikti 3.1.6.1 lentelėje.

Operacija 020, perėjimas 1. Paviršius 5 grubus tekinimas su tiesiu atraminiu peiliu JSDJ2CR/L. Apdirbama medžiaga plienas 45, HB=210. Apdirbama tekinimo – frezavimo staklėmis VDF 450 TM.



3.1.6.1 pav. „Tungaloy“ firmos tiesus atraminis aptekimo peilis JSDJ2CR/L

1. Peilio matmenys:

$h = 16\text{mm};$

$b = 25\text{mm};$

$L = 1125\text{mm}.$

2. Tekinimo peilio geometrinių elementų parinkimas.

$\alpha = 7^\circ; \varphi = 93^\circ.$

3. Apskaičiuojamas pjovimo gylis:

$$t = \frac{D - d}{2} = \frac{105.6 - 100}{2} = 2.8\text{mm};$$
$$t = 2.8\text{mm}.$$

Čia D – skersmuo prieš tekinimą mm;

D – skersmuo po tekinimo mm.

4. Parenkama pastūma vienam ruošinio apsisukimui:

$$s = 0.4\text{mm/aps}.$$

5. Apskaičiuojamas leistinas pjovimo greitis v m/min.

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v;$$

$T = 60$ min vidutinė peilio patvarumo reikšmė

$$C_v = 350; \quad x=0.15; \quad y=0.35; \quad m=0.2;$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\varphi v} \cdot K_{\varphi 1v} \cdot K_{rv} = 1.28 \cdot 0.9 \cdot 1 \cdot 0.66 \cdot 0.81 \cdot 0.94 = 0.58.$$

Čia: K_{mv} - koeficientas įvertinantis apdirbamos medžiagos įtaką pjovimo greičiui;

K_{nv} - koeficientas įvertinantis medžiagos paviršiaus būklę

K_{uv} - koeficientas įvertinantis peilio darbinės dalies medžiagos įtaką greičiui;

$K_{\varphi v}$ - koeficientas įvertinantis peilio geometrinių elementų įtaką leistinam pjovimo greičiui.

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v = \frac{350}{60^{0.2} \cdot 3.5^{0.15} \cdot 0.4^{0.35}} \cdot 0.58 = 103.6 \text{ m/min.}$$

6. Apskaičiuojamas ruošinio sukimosi dažnis n , r/min:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 103.6}{3.14 \cdot 105.6} = 312 \text{ r/min.}$$

Sukimosi dažnio su staklių pasu suderinti nereikia, nes staklės pajėgia pasiekti tikslų apsisukimų skaičių. Priimame $n_{st} = 312 \text{ r/min.}$

7. Apskaičiuojama minutinė pastūma:

$$s_m = s \cdot n_{st} = 0.4 \cdot 312 = 124.8 \text{ mm/min.}$$

8. Apskaičiuojamas tikrasis pjovimo greitis:

$$v_t = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{st}}{1000} = \frac{3.14 \cdot 105.6 \cdot 312}{1000} = 103.4 \approx 103 \text{ m/min.}$$

9. Apskaičiuojamos pjovimo jėgos P , N dedamosios (tangentinė P_x , radialinė P_y ir ašinė P_z):

$$P_{z,y,x} = 10 C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v_t^n \cdot K_p;$$

Pataisos koeficientas apskaičiuojamas:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{ap} \cdot K_{rp};$$

K_{mp} - koeficientas įvertinantis apdirbamos medžiagos įtaką pjovimo jėgai

$K_{\varphi p}, K_{\lambda p}, K_{ap}, K_{rp}$ - koeficientas, įvertinantis peilio geometrijos įtaką:

$$P_z - C_p = 300; \quad x = 1; \quad y = 0.75; \quad n = -0.15;$$

$$K_{\varphi p} = 1.08; \quad K_{\lambda p} = 1; \quad K_{\lambda p} = 1; \quad K_{mp} = 0.89; \quad K_{rp} = 0.93; \quad K_p = 0.89;$$

$$P_y - C_p = 243; x = 0.9; y = 0.6; n = -0.3;$$

$$K_{\varphi p} = 0.5; K_{\gamma p} = 1; K_{\lambda p} = 1; K_{mp} = 0.89; K_{rp} = 0.82; K_p = 0.36;$$

$$P_x - C_p = 339; x = 1; y = 0.5; n = -0.4;$$

$$K_{\varphi p} = 1.17; K_{\gamma p} = 1; K_{\lambda p} = 1; K_{mp} = 0.89; K_{rp} = 1; K_p = 1.04.$$

Pjovimo jėgos (P,N) dedamos tekinant:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2.8^1 \cdot 0.4^{0.75} \cdot 103^{-0.15} \cdot 0.89 = 1832N;$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 2.8^{0.9} \cdot 0.4^{0.6} \cdot 103^{-0.3} \cdot 0.36 = 321N;$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 2.8^1 \cdot 0.4^{0.5} \cdot 103^{-0.4} \cdot 1.04 = 995N.$$

10. Apskaičiuojama pjovimui reikalinga galia:

$$N = \frac{P_z \cdot v_t}{60 \cdot 1020};$$

Čia: P_z – pjovimo jėgos dedamoji, N;

v_t – pjovimo greitis, m/min.

Tai:

$$N = \frac{1832 \cdot 103}{60 \cdot 1020} = 3.1kW.$$

11. Pagrindiniai pjovimo režimai turi tenkinti sąlyga:

$$N \leq N_v \cdot \eta$$

Čia: N_v – pagrindinio špindelio elektros variklio galia (37kW);

η – staklių pavaros naudingumo koeficientas.

$$3,1 \leq 27,8 \text{ (sąlyga tenkinama)}$$

12. Apskaičiuojamas pagrindinis laikas T_m min.tekinimo operacijai atlikti

$$T_m = \frac{L}{s_{\min}};$$

$$L = l + l_1 + l_2 = 100 + 7 + 2 = 109mm.$$

Čia: L-darbo eigos ilgis, mm;

s_m – minutinė pastūma, mm/min;

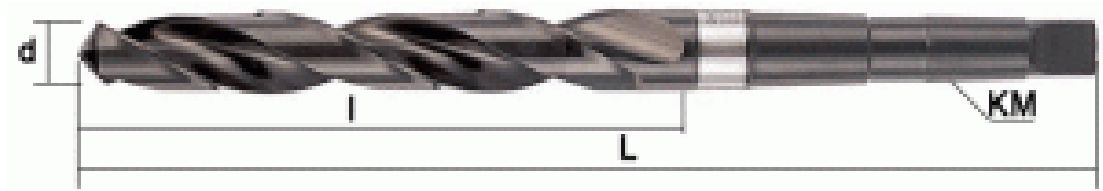
$l=600$ -pjovimo ilgis;

$l_1=7$ mm- peilio įsipjovimo gylis;

$l_2=2$ mm- peilio perėjimo už apdirbtojo paviršiaus dydis.

$$T_m = \frac{L}{s_{\min}} = \frac{109}{124.8} = 0.9 \text{ min.}$$

Operacija 020, perėjimas 6. Paviršių 7,8,9,10 gręžimas. Skylės skersmuo Ø12 mm.
 Apdirbimo įrankis: spiralinis grąžtas su morzės kūgio kotu DIN 345 N, 3.9pav.



3.1.6.2 pav. spiralinis grąžtas su morzės kūgio kotu

Geometriniai gržto parametrai:

$D = \text{Ø}12\text{mm}$, $L = 133\text{mm}$, $l = 52\text{mm}$;

Kampai: $2\varphi = 120^\circ$, $\alpha = 12^\circ$, $\psi = 55^\circ$, $\varpi = 30^\circ$.

1. Pjovimo gylis:

$$t = 0.5 \cdot D \text{ mm.}$$

čia: D - grąžto skersmuo mm;

$$t = 0.5 \cdot 12 = 6\text{mm.}$$

2. Parenkama pastūma:

$$s = 0.1 \text{ mm/aps.}$$

3. Pjovimo greitis gręžiant:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot s^y} \cdot K_v;$$

Čia: $C_v = 8.9$; $q = 0.4$; $y = 0.7$; $m = 0.2$, konstanta ir laipsnių rodikliai;

$D = 5\text{mm}$ -gręžimo gylis;

$T = 25\text{min}$ - grąžto patvarumas.

$$K_v = 1.2 \cdot 1 \cdot 1 = 1.2.$$

$$v = \frac{8.9 \cdot 12^{0.4}}{60^{0.2} \cdot 0.1^{0.7}} \cdot 1.2 = 54.9 \text{ m/min.}$$

4. Grąžto sukimosi dažnis:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 54.9}{3.14 \cdot 12} = 1418 \text{ r/min.}$$

5. Pasirenkami apsisukimai, parenkami mažesni nei paskaičiuoti, programinio valdymo staklėse sukimosi dažni galima reguliuoti:

$$n_{st} = 1400 \text{ r/min.}$$

6. Apskaičiuojama minutinė pastūma:

$$s_{\min} = s \cdot n_{st} = 0.1 \cdot 1400 = 140 \text{ mm/min.}$$

7. Tikrasis pjovimo greitis:

$$v_t = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{st}}{1000} = \frac{3.14 \cdot 12 \cdot 1400}{1000} = 52.8 \text{ m/min.}$$

8. Sukimo momentas:

$$M = 10 C_M \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p;$$

Čia: $C_M = 0.0345$; $q = 2.0$; $y = 0.8$; $K_p = 0.88$.

$$M = 10 \cdot 0.0345 \cdot 12^2 \cdot 0.1^{0.8} \cdot 0.88 = 6.9 \text{ Nm.}$$

9. Apskaičiuojama grąžtui sukti pjovimo galia:

$$N = \frac{M \cdot n_{st}}{9750} = \frac{6.9 \cdot 1400}{9750} = 0.42 \text{ kW.}$$

11. Pagrindiniai pjovimo režimai turi tenkinti sąlyga:

$$N \leq N_v \cdot \eta,$$

čia: $N_v = 36 \text{ kW}$ - pagrindinio elektros variklio galia;

$\eta = 0.8$ - staklių pavaros naudingumo koeficientas.

$$\begin{aligned} 0.5 &\leq 36 \cdot 0.8 \\ 0.5 &< 28.8 \end{aligned} \quad (\text{sąlyga tenkinama})$$

12. Apskaičiuojamas mašininis (pagrindinis) laikas gręžimo operacijai atlikti:

$$T_m = \frac{L}{s_{\min}}; \text{ min.}$$

Čia $L = l + l_1 + l_2$ mm;

$l = 40$ mm – apdirbamos detalės ilgis;

$l_1 + l_2 = 17 \text{ mm}$ - grąžto įsipjovimo gylis ir praėjimo ilgis;

s_m - minutinė pastūma, mm/min.

$$L = 40 + 17 = 57 \text{ mm};$$

$$T_m = \frac{57}{340} \cdot 4 = 0.7 \text{ min.}$$

Dauginame is 4, nes detalėje yra 4 vienodos skylės.

3.1.6.1 lentelė

Pjovimo režimų skaičiavimo rezultatai

Operacijos Nr.	Perėjimo Nr.	Operacija	Staklių tipas	Pjovimo gylis t, mm	Pastūmasz, (s) mm/aps	Apsisukimų skaičius n, r/min	Pjovimo greitis v,m/min	Minutinė pastūmasm,mm/min
Tekinimas								
005	1	Galinio paviršiaus 4 grubus tekinimas	CNC galų tekinimo-frezavimo staklės VDF 450 TM	2,5	0,2	400	150	140
010	2	Galinio paviršiaus 5 grubus tekinimas		2,8	0,4	312	103	124,8
Tekinimas, gręžimas, sriegimas								
020	1	6 paviršiaus grubus tekinimas	CNC tekinimo-frezavimo staklės VDF 450 TM	2,5	0,4	786	104	314,4
	2	1 paviršiaus grubus tekinimas		2,5	0,7	786	104	314,4
	3	2 paviršiaus grubus tekinimas		2,6	0,5	786	104	314,4
015	4	1 paviršiaus glotnus tekinimas		0,3	0,03	1800	145	180
020	5	Paviršių 7,8,9,10 gręžimas		6	0,1	2400	32,8	240
	6	Paviršių 7,8,9,10 sriegimas		0,5	1	250	10	250

3.1.7 Technologinis proceso normavimas

Vienetinis laikas detalės gamybai nustatomas pagal formulę:

$$t_{vnt} = t_0 + t_p + t_{ap} + t_{pl}; \quad (3.1.7.1)$$

Čia: t_{vnt} - vienetinis laikas;

t_p - pagalbinis laikas;

t_{ap} - darbo vietos aptarnavimo laikas;

t_{pl} - poilsio laikas.

Pagrindinis laikas t_0 skaičiuojamas kiekvienam perėjimui pagal formulę:

$$t_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{L \cdot i}{S_m} = \frac{L \cdot i}{s_z \cdot z \cdot n}; \quad (3.1.7.2)$$

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;

z – dantų skaičius.

Privedant įrankį rankomis:

$$L = l + l_{is} + l_{i\check{s}}. \quad (3.1.7.3)$$

Čia: l – apdirbimo paviršiaus ilgis, mm;

l_{is} – įrankio įsipjovimo dydis, mm;

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

Automatinis, apdirbimo ciklo dydis L :

$$L = l + l_{is} + l_{i\check{s}} + l_{pr}; \quad (3.1.7.4)$$

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

Pagalbinis laikas t_p skirtas detalei įtvirtinti ir nuimti, pavaroms įjungti, išjungti, ruošiniui matuoti.

Pagalbinis laikas skaičiuojamas pagal formulę:

$$t_p = t_{pu} + t_{pv} + t_p; \quad (3.1.7.5)$$

čia: t_{pu} – detalės uždėjimo ir nuėmimo laikas.....0.15 min;

t_{pv} – staklių valdymo laikas:

Staklių įjungimas ir išjungimas.....0,03 min;

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

Staklių skydo atidarymas ir uždarymas.....0,03min;

t_{pm} – detalių matavimo laikas.....0,22 min.

Pagrindinio ir pagalbinio laiko suma vadinama operatyviniu laiku. Į šį laiką įeina tik to pagalbinio laiko dalis, kuri neperdengiama mašininiu laiku.

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

$$t_{ap} = t_t + t_{org}; \quad (3.1.7.6)$$

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 sugaišamas paruošiant darbo vietą darbo pradžiai, sutvarkant darbo vietą pasibaigus pamainai, tepant ir valant stakles ir kt. Jis nustatomas procentais nuo operatyvinio laiko (0,6-8%).

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

Praktiniuose skaičiavimuose vienetinis laikas nustatomas pagal formulę:

$$t_v = t_{op} \left(1 + \frac{\alpha + \beta + \gamma}{100}\right); \quad (3.1.7.7)$$

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

Skaičiuojamas vienetinio laiko norma pirmai operacijai (005)- galo apdirbimas.

Pirmas perėjimas. Paviršiaus 4 grubus tekinimas. $n=400\text{aps/min}$, $s=0.2\text{ mm/aps}$.

$$L = 130 + 4 + 1 = 135\text{mm};$$

$$t_0 = \frac{135 \cdot 1}{124.8} = 1.08\text{ min.}$$

Antras perėjimas. Paviršiaus 5 grubus tekinimas. $n=312\text{aps/min}$, $s=0.4\text{mm/aps}$.

$$L = 4 + 10 + 5 + 1 = 20\text{mm};$$

$$t_0 = \frac{20 \cdot 1}{312 \cdot 0.4} = 0.16\text{ min.}$$

Pilnas mašininis laikas:

$$t_0 = 0.04 + 0.16 = 0.2\text{ min.}$$

Pagalbinis laikas parenkamas iš normatyvinių lentelių:

$$t_0 = 0.15 + 0.03 + 2 \cdot 0.1 + 0.03 + 0.22 = 0.63\text{ min.}$$

Operatyvinis laikas:

$$t_{op} = 0.2 + 0.63 = 0.83\text{ min.}$$

Vienetinis laikas t_v skaičiuojamas įvertinus laiko procentus techninio, organizacinio aptarnavimo ir asmeniniams poreikiams. Imama:

$$\alpha = 4\%;$$

$$\beta = 4\%;$$

$$\gamma = 2.5\%.$$

Vienetinis laikas:

$$t_v = 0.83 \cdot \left(1 + \frac{4 + 4 + 2.5}{100}\right) = 1.94 \text{ min.}$$

Skaičiuojamas vienetinio laiko norma pirmai operacijai (020)- tekimas, grūžimas, sriegimas.

Pirmas perėjimas. Paviršiaus 6 grubus tekimas. $n=786 \text{ aps/min.}$ $s=0.4 \text{ mm/aps.}$

$$L=5+2.5+2.5+1=11\text{mm};$$

$$t_0 = \frac{11 \cdot 1}{786 \cdot 0.4} = 0.03 \text{ min.}$$

Antras perėjimas. Paviršiaus 1 grubus tekimas. $n=768 \text{ aps/min.}$ $s=0.7\text{mm/aps.}$

$$L=61+2.5+2.5+1=67 \text{ mm};$$

$$t_0 = \frac{67 \cdot 1}{768 \cdot 0.7} = 0.12 \text{ min.}$$

Trečias perėjimas. Paviršiaus 2 grubus tekimas. $n=786\text{aps/min.}$ $s=0.5\text{mm/aps.}$

$$L=15+2.5+2.5+1=21\text{mm};$$

$$t_0 \text{ ž } \frac{21 \cdot 1}{786 \cdot 0.5} = 0.04 \text{ min.}$$

Ketvirtas perėjimas. Paviršiaus 1 glotnus tekimas. $n=1800\text{aps/min,}$ $s=0.03\text{mm/aps.}$

$$L=51+0.3+0.3+1=52.6\text{mm};$$

$$t_0 = \frac{52.6 \cdot 1}{1800 \cdot 0.03} = 0.97 \text{ min.}$$

Pentktas perėjimas. Paviršiaų 7,8,9,10 grūžimas. $n=2400\text{aps/min,}$ $s=0.1\text{mm/aps.}$

$$L=40+4+5+1=50\text{mm};$$

$$t_0 = \frac{50 \cdot 4}{2400 \cdot 0.1} = 0.83 \text{ min.}$$

Šeštas perėjimas. Paviršių 7,8,9,10 sriegimas. $n=250 \text{ aps/min,}$ $s=1\text{mm/aps.}$

$$L=40+1+41+1=83\text{mm};$$

$$t_0 = \frac{83 \cdot 1}{250 \cdot 1} = 0.33 \text{ min.}$$

Pilnas mašininis laikas:

$$t_0 = 0.03 + 0.12 + 0.04 + 0.97 + (0.83 \cdot 4) + (0.33 \cdot 4) = 5.8 \text{ min.}$$

Pagalbinis laikas parenkamas iš normatyvinių lentelių:

$$t_0 = 5.8 + 1.23 = 7.03 \text{ min.}$$

Operatyvinis laikas:

$$t_{op} = 5.8 + 1.23 = 7.03 \text{ min.}$$

Vienetinis laikas t_v skaičiuojamas įvertinus laiko procentus techninio, organizacinio aptarnavimo ir asmeniniams poreikiams. Imama:

$$\alpha = 4\%;$$

$$\beta = 4\%;$$

$$\gamma = 2.5\%.$$

Vienetinis laikas:

$$t_v = 7.03 \left(1 + \frac{4 + 4 + 2.5}{100} \right) = 7.77 \text{ min.}$$

3.1.7.1 lentelė

Techninio normavimo laikai

Operacija	Pagrindinis laikas t_0 (min)	Operatyvinis laikas t_{op} (min)	Vienetinis laikas t_v (min)	Bendras operacijų laikas t_b (min)
005 Tekinimas	0,2	0,83	1,94	9,71
020 Tekinimas, gręžimas, sriegimas	5,8	7,03	7,77	

3.2. Detalės „velenas“ technologinė dalis (V. Arlauskas)

3.2.1. Detalės „velenas I“ technologiško analizė

Gaminama detalė - velenas. Veleno paskirtis perduoti sukamąjį judesį ožinio krano važiuoklės ratams. Šis mazgas yra labai svarbus krano darbo procese, nes atlieka judesį pasirinkta kryptimi gabenant krovinius.

Velenas konstrukcijoje abiem galais yra tvirtinamas guoliuose, viename gale ant jo pleištu jungiamas motoreduktorius. Velenas turi du pleištinis griovelius, vienas skirtas perduoti sukamąjį judesį ratui, kitas motoreduktoriui perduoti sukamąjį judesį.

Detalė konstrukciškai nesudėtinga, nereikalaujanti specialių apdirbimo būdų. Paviršiai bus apdirbami standartiniais įrankiais.[1]

Detalė yra gaminama iš anglinio konstrukcinio plieno 40X (LST EN 10084-2), kurio cheminė sudėtis bei mechaninės savybės nurodytos 3.2.1.1 ir 3.2.1.2 lentelėse.

3.2.1.1 lentelė

Plieno 40X cheminė sudėtis

C, %	Si, %	Mn, %	S, %	P, %	Ni, %	Cr, %
			Ne daugiau			
0,36 - 0,44	0,17 – 0,37	0,5 – 0,8	0,045	0,045	0,3	0,8 – 1,1

3.2.1.2 lentelė

Plieno 40X mechaninės savybės

σ_y , MPa	σ_u , MPa	δ_μ , MPa	Z , %	KCU J/m^2	HB (ne daugiau)	
Ne mažiau					Karštai valcuotas	Atkaitintas
785	981	10	45	59	217	197

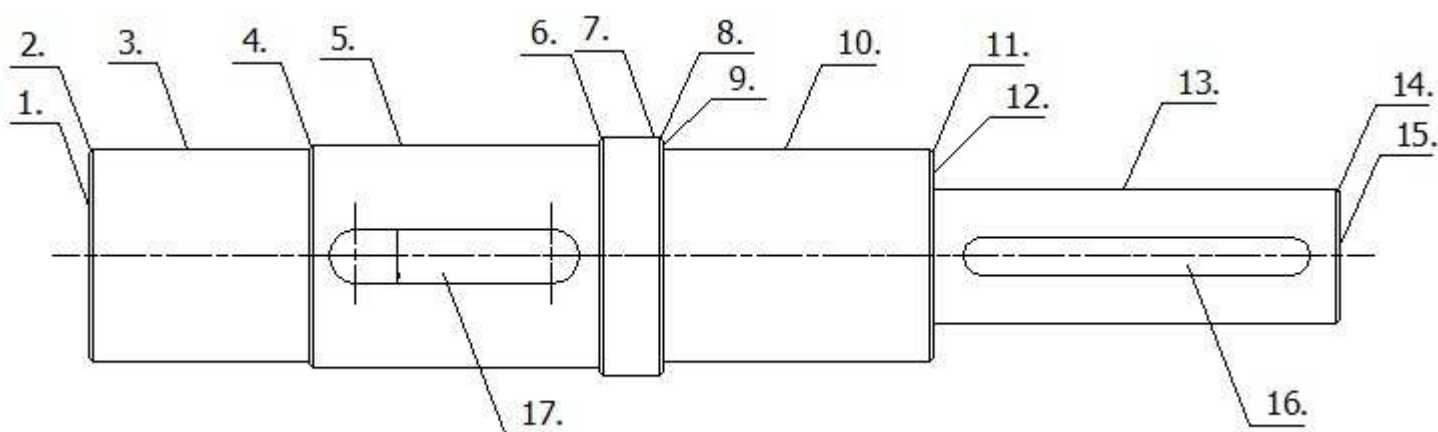
Čia : σ_y - takumo riba;

σ_u - stiprumo riba tempiant;

δ_5 - bandinio santykinis ištysimas, jį nutraukus, kai bandinio ilgis 5 – 10 kartų didesnis už jo skerspjūvį;

Z – santykinis bandinio skerspjūvio susitraukimas nutrūkimo vietoje;
KCU – smūginis tūsumas tiriant bandinius su U tipo koncentratoriumi;
HB – kietumas pagal Briunelį.

Apdirbant varantįjį veleną priėjimas prie detalės paviršių geras. Detalės apdirbimui užtenka keliolikos įrankių. Taip pat detalei nekeliami aukšti tikslumo reikalavimai.



3.2.1. pav. Detalės eskizas su paviršių numeracija

Detalės darbo brėžinyje yra pateikti visi reikalingi duomenys: matmenys, šurkštumai, tolerancijos. Detalėje svarbiausi matmenys yra pleištiniai grioveliai pažymėti 16 17 numeriais (žr. 3.2.1 pav.) ir 3 ir 10 numeriu pažymėti kakliukai guoliams. Detalės darbo brėžinio visos techninės sąlygos pateiktos detalės darbo brėžinio technologinėje kortelėje 3.2.1.3 lentelėje.

Detalės darbo brėžinio technologinė kortelė

3.2.1.3 lentelė

TECHNOLOGIŠKUMO KRITERIJUS	ATITIKIMAS TECHNOLOGIŠKUMO KRITERIJAMS
1. Reikalingi matmenys	Visi reikalingi matmenys nurodyti
2. Atitikimas tarp matmenų tikslumo ir paviršiaus glotnumo	$\varnothing 110m7 \left(\begin{smallmatrix} +0,03 \\ -0,01 \end{smallmatrix} \right); \varnothing 115h7 \left(\begin{smallmatrix} +0,11 \\ -0,07 \end{smallmatrix} \right); \varnothing 124k \left(\begin{smallmatrix} +0,03 \\ -0,004 \end{smallmatrix} \right)$
3. Vaizdai ir pjūviai	Visi reikalingi vaizdai ir pjūviai
4. Matmenų atitikimas standartinei eilei	R5: R2,5; R10: 80; R20: 28, 110, R14; R40: 8, 150, 24, 130; Pirmenybių skaičių eilėje nėra: 388, 124, 115, 102, R0,5.
5. Matmenų išsidėstymas pagal koordinačių ašis	Pagal tris koordinačių ašis
6. Techninės sąlygos	1. Informaciniai matmenys 2. Ribinės nuokrypos ISO 2768 vidut. 3. T.A HB 223... 262
7. Matmenų matavimas	Sudėtingiau pamatuoti pleištinio griovelio užapvalinimo centrus.
8. Medžiagos rūšies parinkimas	Plienas 40X
9. Pasvirę paviršiai	Nuožulos $2 \times 45^\circ$; $3 \times 45^\circ$
10. Bazės	Bazuojamais centrais
11. Detalės standumas	$l=388\text{mm}$ $d_{\text{vid}}=107\text{mm}$ $\frac{l}{d_{\text{vid}}} = \frac{388}{107} = 3,6$ $3,6 \leq 10$ detalė yra standi
12. Terminio apdirbimo rūšis	T.A HB 233... 262
13. Specialių technologinių operacijų reikalingumas	Nereikia
14. Simetrijos ašys ir plokštumos	1 simetrijos ašis ir 1 plokštuma
15. Ar detalės konstrukcijos forma nesudarys papildomų sunkumų gaminant ruošinį	Nesudarys
16. Sunkumai išskylantys dėl element išdėstymo mechanškai apdirbant detalę	Nesudarys

Turint 3.2.1.3 lentelėje esančius duomenis galima teigti, kad detalė yra technologiška, jai nekeliama specifiniai reikalavimai.

Detalės technologiškumas – suteikiama tokia forma ir reikalinga medžiaga, kad be jokiu nesklandumu detalė funkcionuotu mechanizme, taip pat , kad ją būtų galima apdirbti ekonomiškai ir lengvai.

Gaminant varantįjį veleną, visiems paviršiams apdirbti galima naudoti standartinius įrankius. Velenas turi pakankamai didelius gabaritinius matmenis, tad ruošinys staklėse yra įtvirtinamas gerai. Visus veleno paviršiaus matmenis nesunku pasiekti ir apdirbti. Veleno laiptuoto paviršiaus matmenys skiriasi nežymiai, tad apdirbimo metu nėra daug sunaudojama metalo, sumažėja veleno paviršiaus apdirbimo laikas. Dėl nesudėtingos detalės konstrukcijos ją apdirbant programinio valdymo staklėmis, programa apdirbti ruošiniui yra nesudėtinga.

3.2.2. Detalės „velenas I“ ruošinio parinkimas

Ruošinį gaminsime šampavimo būdu horizontalioje kalimo mašinoje.

Horizontalių kalimo mašinų privalumai:

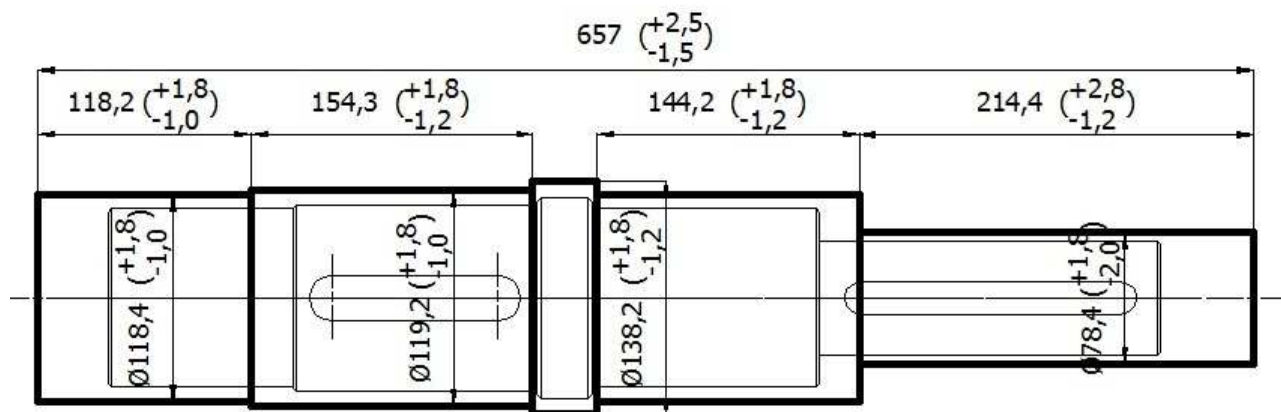
- Nereikalingi šampavimo nuolydžiai;
- Mažesnės išlaidos mechaniniam apdirbimui;
- Gaunam gera metalo mikrostruktūra.

Užlaidos apdirbamiems paviršiams pateiktos 3.2.2.1 lentelėje.

3.2.2.1 lentelė

Užlaidos apdirbamiems paviršiams

Detalės matmuo	Užlaidos dydis	Ruošinio matmuo
Ø110	8,4	118,4 ^{1,8} _{-1,0}
114	4,2	118,2 ^{1,8} _{-1,0}
Ø115	8,4	119,2 ^{1,8} _{-1,0}
150	4,2	154,3 ^{1,8} _{-1,2}
Ø124	8,4	128,2 ^{1,8} _{-1,2}
140	4,2	144,2 ^{1,8} _{-1,2}
Ø70	8,4	78,4 ^{1,8} _{-2,0}
210	4,4	214,4 ^{2,0} _{-1,2}
648	9,2	657 ^{2,5} _{-1,5}



3.2.2.1 pav. Šampuoto plieno ruošinys

Apskaičiuojame ruošinio masę:

$$M_f = V_f \cdot \rho ; \quad (3.2.2.1)$$

čia: ρ - medžiagos tankis ($7,82g / cm^3$)

V_f – ruošinio tūris m^3

$$V_f = \pi \cdot r^2 \cdot h; \quad (3.2.2.2)$$

r – ruošinio spindulys, m

h – ruošinio aukštis, m

$$V_f = 3,14 \cdot 5,92^2 \cdot 11,82 + 3,14 \cdot 5,96^2 \cdot 15,43 + 3,14 \cdot 6,91^2 \cdot 2,59 + 3,14 \cdot 5,92^2 \cdot 14,42 + 3,14 \cdot 3,92^2 \cdot 21,44 = 6031m^3;$$

$$M_f = 6031 \cdot 7,82 = 47162g = 47,16kg.$$

Apskaičiuojame detalės masę:

$$M_d = V_d \cdot \rho ; \quad (3.2.2.3)$$

čia: ρ - medžiagos tankis ($7,82g / cm^3$)

V_d – detalės tūris m^3

$$M_d = 4999 \cdot 7,82 = 39092,18g = 39,09kg.$$

Apskaičiuojame medžiagos išnaudojimo koeficientą:

$$M = \frac{M_d}{M_f} = \frac{39,09}{47,16} = 0,82.$$

Apskaičiuojama atsiradusių atliekų kiekis:

Detalės masė 39,09 kg

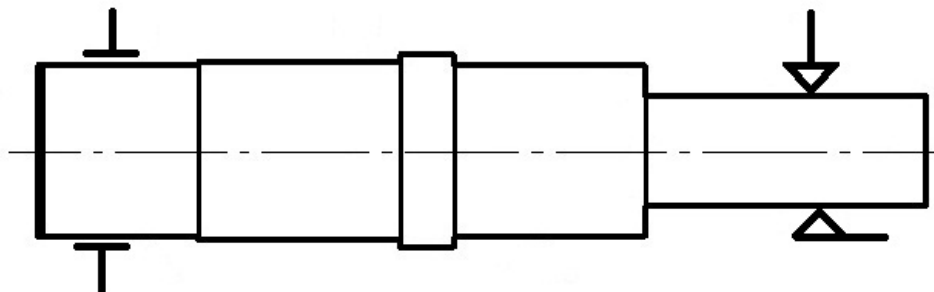
Ruošinio masė 47,16 kg

Atsiradusių atliekų svoris – 47,16 -39,09 = 8,07kg

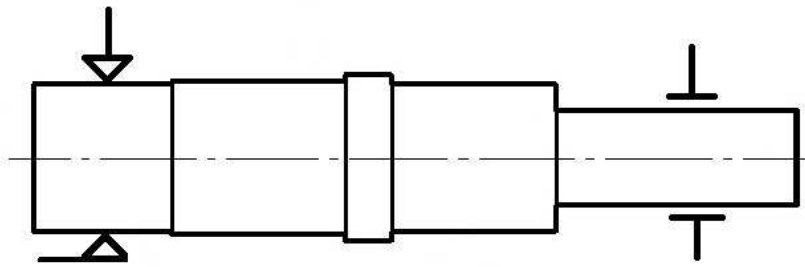
3.2.3 Technologinių bazių parinkimas

Ruošinio bazavimo ir tvirtinimo schema turi užtikrinti jo patikimą užtvirtinimą ir padėties stabilumą viso mechaninio apdirbimo metu numatytoje operacijoje. Bazavimo paviršiai turi būti parinkti taip, kad būtų užtikrintas matmenų ir paviršių tarpusavio padėties reikiamas tikslumas, kad įtaiso konstrukcija būtų kiek galima paprastesnė ir patikimesnė, kad būtų patogų ruošinį įdėti į įtaisą, užspausti ir po apdirbimo išimti, kad būtų galima laisvai privesti pjovimo įrankius prie apdirbamų paviršių.

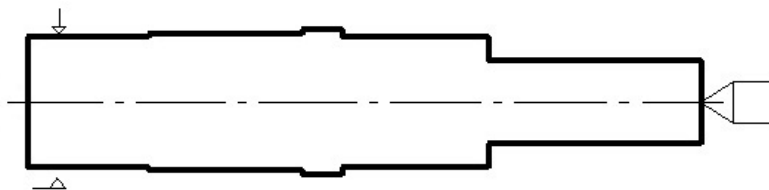
- 1) Pirmojoje ir antroje operacijoje technologinė bazė yra neapdirbti išoriniai ruošinio paviršiai 3 ir 10 (3.2.2.1 pav.) , kurie yra tvirtinami staklės 3.2.3.1 ir 3.2.3.2 pav. Taip įtvirtinant ruošinį, galime įcentruoti ir nutekinti galinius paviršius 1 ir 15 (3.2.3.4 pav.). Operacijos atliekamos Vokiečių firmos ,MAG“ CNC galų apdirbimo ir centravimo staklėmis VDF 450 TM pav.



3.2.3.1 pav. Ruošinio bazavimo schema galinio paviršiaus apdirbimui I



3.2.3.2 pav. Ruošinio bazavimo schema galinio paviršiaus apdirbimui II



3.2.3.3 pav. Ruošinio bazavimas galuose

- 2) Trečioje operacijoje detalė bazuojama tarp centrų 1 ir 15, (3.2.3.3 pav.). Tekinami paviršiai 4; 7; 9; 10; 12; 13, nuožulos 4; 6; 8 11; 14, frezuojami pleištiniai grioveliai 16; 17. Operacijos atliekamos Vokiečių firmos „MAG“ CNC tekinimo – frezavimo staklėmis VDF 450 TM 3.2.3.4 pav.



3.2.3.4 pav. CNC VDF 450 TM

3.2.4 Detalės mechaninio apdirbimo kelio projektavimas

Sudaryti detalės apdirbimo maršrutą- būtina surašyti iš eilės atliekamas operacijas, nurodant staklių tipą. Maršruto sudarymui reikalingi detalės darbo brėžinys su techniniais reikalavimais, ruošinio brėžinys su techniniais reikalavimais, anksčiau nustatytas gamybos tipas, parinktos technologinės bazės ir detalės atskirų paviršių apdirbimo maršrutai. Veleno technologinis maršrutas pateiktas lentelėje 3.2.4.1

Apdirbimo technologinis maršrtas

3.2.4.1 lentelė

Operacijos Nr.	Perėjimo Nr.	Operacija	Staklių tipas	Įrankis
Galų apdirbimas, centravimas				
005	1	Galinio paviršiaus 1 nutekinimas	CNC tekinimo-frezavimo staklės VDF 450 TM	Tiesus atraminis aptekinimo peilis JSDJ2CR/L 1212K07
	2	Galinio paviršiaus 1 centravimas		Centravimo grąžtas A200 HSS 10.00mm x4.00
	3	Paviršio 3 grubus tekinimas		Tiesus atraminis aptekinimo peilis JSDJ2CR/L 1212K07
	4	Paviršio 3 glotnus tekinimas		Tiesus atraminis aptekinimo peilis JSDJ2CR/L 1212K07
	5	Nuožulos 2 nuėmimas		Tiesus atraminis aptekinimo peilis JSDJ2CR/L 1212K07
Galų apdirbimas, centravimas				
010	1	Galinio paviršiaus 15 nutekinimas	CNC tekinimo-frezavimo staklės VDF 450 TM	Tiesus atraminis aptekinimo peilis JSDJ2CR/L 1212K07
	2	Galinio paviršiaus 15 centravimas		Centravimo grąžtas A200 HSS 10.00mm x4.00
Tekinimas, frezavimas				
015	1	Paviršių 5, 7, 9, 10, 12, 13 grubus tekinimas	CNC tekinimo-frezavimo staklės VDF 450 TM	Tiesus atraminis aptekinimo peilis JSDJ2CR/L 1212K07
	2	Paviršio 10 glotnus tekinimas		Tiesus atraminis aptekinimo peilis JSDJ2CR/L 1212K07
	3	Nuožulų 4, 6, 8, 11, 14 nuėmimas		Tiesus atraminis aptekinimo peilis JSDJ2CR/L 1212K07
	4	Pleištinio 16 griovelio frezavimas		Pirštinė freza SED4200F-L
	5	Pleištinio 16 griovelio glotnus frezavimas		Pirštinė freza SED4200F-L
	6	Pleištinio 17 griovelio frezavimas		Pirštinė freza SED4140F-L
	7	Pleištinio 17 griovelio glotnus frezavimas		Pirštinė freza SED4140F-L

3.2.5 Užlaidų analitinis skaičiavimas

Užlaidos analitinis skaičiavimas atliekamas paviršiui kurio matmuo $\varnothing 118,4^{1,8}_{-1,0}$. Duomenys surašomi į 3.2.5.1 lentelę.

Skaičiuojame minimalią užlaidą:

$$\rho_{kr} = \Delta k \cdot l = 1 \cdot 648 \mu m, \rho_{pers} = 1,8 mm = 1800 \mu m;$$

$$\rho = \sqrt{\rho_{pers} \cdot \rho_{kr}} = \sqrt{1800^2 \cdot 324^2} = 1828 \mu m;$$

$$2z_{i \min} = 2 \cdot (200 + 300 + \sqrt{1828^2}) = 2 \cdot 2328 \mu m.$$

Grubiam tekinimui:

$$\rho_{gr} = 1828 \cdot 0,06 = 109,7 \mu m.$$

Glotniam tekinimui:

$$\rho_{gl} = 1828 \cdot 0,05 = 91 \mu m;$$

$$2z_{i \min} = 2 \cdot (50 + 50 + \sqrt{109,7^2}) = 2 \cdot 209,7 \mu m.$$

Skaičiuojamasis matmuo :

$$d_{sk1} = 110 + 0,01 = 109,99 mm.$$

1. Skaičiuojame ribinius matmenis:

Skaičiuojamasis matmuo:

$$d_{sk1} = 109,99 + 0,4194 = 110,409 mm;$$

$$d_{sk2} = 109,99 mm;$$

$$d_{skruo} = 115,065 mm.$$

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

$$d_{\max 3} = 109,99 + 0,035 = 110,03 mm;$$

$$d_{\max 2} = 110,75 mm;$$

$$d_{\max 1} = 168,665 mm.$$

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.

$$2z_{\max 1}^{rib} = 110,75 - 110,03 = 720 \mu m;$$

$$2z_{\min 2}^{rib} = 4656 \mu m;$$

$$2z_{\min 1}^{rib} = 419 \mu m.$$

Sudėdant tarpines ribines užlaidas, apskaičiuojamos bendrosios užlaidos:

$$2Z_{o \min} = 4656 + 419 = 5075 \mu m;$$

$$2Z_{o \max} = 720 \mu m.$$

Cilindrinų paviršių užlaidų skaičiavimas

3.2.5.1 lentelė.

Paviršiaus $\varnothing 110^{0,03}_{-0,01}$ apdirbimo technologijos kelias	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				d_{min}	d_{max}	$2z_{min}^{rib}$	$2z_{max}^{rib}$
Ruošiny	200	300	1828	-	115,065	3600	118,665	168,665	-	-
Grubus tekinimas	50	50	109,7	2*2328	110,409	350	110,499	110,75	4656	7900
Glotnus tekinimas	30	30	91	2*209,7	109,99	40	109,99	110,03	419	720

Užlaidų parinkimas galiniams paviršiams

Grubaus tekinimo metu pasiekiamas IT12 matmens tiksluminis kokybės lygis, tačiau pirmos pakopos metu apdirbimas pradedamas dirbti detalę neapdirbtu antruoju paviršiumi, todėl

$$T = \frac{T_{ruos} + T_{apd}}{2}. \quad (3.2.5.1)$$

Antros tikslumo klasės lieto ruošinio tolerancija $T_{ruoš} = 3600 \mu m$.

Grubaus tekinimo metu pasiekiamo matmens IT12 tikslumo kokybės lygio tolerancija $T_{pd} = 350 \mu m$.

$$T = \frac{3600 + 350}{2} = 1925 \mu m;$$

$$\rho_{ruoš1} = \Delta k \cdot D = 1,8 \cdot 110 = 198 \mu m;$$

$$\rho_{ruoš2} = \Delta k \cdot D = 2 \cdot 70 = 140 \mu m;$$

$$\rho_1 = 198 \cdot 0,06 = 6,6 \mu m;$$

$$\rho_2 = 70 \cdot 0,06 = 4,2 \mu m.$$

Grubaus tekinimo metu pasiekiamo matmens IT13 tikslumo kokybės lygio tolerancija.

$$T_{apd} = 390 \mu m;$$

$$T = \frac{T_{ruoš} + T_{apd}}{2} = \frac{3000 + 390}{2} = 1695 \mu m;$$

$$T = \frac{T_{ruoš} + T_{apd}}{2} = \frac{3000 + 390}{2} = 1695 \mu m.$$

Suminė ruošinio 1 ir 2 paviršių erdviųjų nuokrypų vertė yra:

$$\rho = \sqrt{\rho_{sus}^2 + \rho_{pas}^2}; \quad (3.2.5.2)$$

$$\rho_{sus} = \Delta k \cdot l;$$

$$(3.2.5.3)$$

čia: $\Delta k = 1,8 \mu m/mm$;

$$l = 45\text{mm};$$

$$\rho_{\text{pus}} = \Delta k \cdot l = 1,8 \cdot 45 = 81\mu\text{m};$$

$$\rho_{\text{pas}} = 0,7\text{mm};$$

$$\rho = \sqrt{0,081^2 + 0,7^2} = 0,704\text{mm}.$$

Likęs ruošinio ir paviršių erdvinis nuokrypis po grubaus tekinimo:

$$\rho_{1,2} = 0,06 \cdot \rho = 0,704 \cdot 0,06 = 0,042.$$

3.2.5.2 lentelė

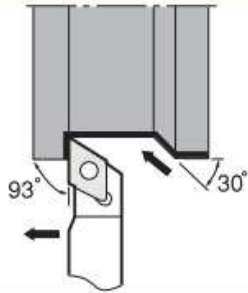
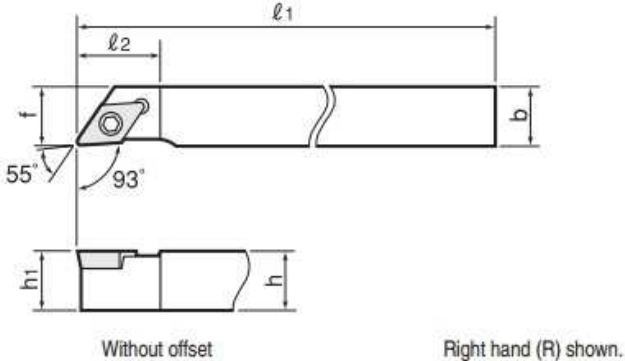
Plokščių paviršių užlaidų skaičiavimas

Paviršiaus $\varnothing 648_{-0,5}^{0,5}$ apdirbimo technologijos kelias	Užlaidos elementai, μm				Skačiuojamoji užlaida, μm	Skačiuojamasis matmuo, mm	Tolerancija, μm	Ribiniai matmenys, mm		Užlaidų ribinės reikšmės, μm	
	R_z	h	ρ	ε				$l_{\min}$	$l_{\max}$	$2z_{\min}$	$2z_{\max}$
Ruošinio galinė plokštuma 1	200	300	198	-	-	648,5	3600	648,5	652,1	-	-
Grubus tekinimas 1	50	50	6,6	50	490	647,99	1925	647,9 9	649,9 6	510	2140
Ruošinio galinė plokštuma 2	200	300	140	-	-	647,99	1925	647,9 9	649,9 6	-	-
Grubus tekinimas 2	50	50	4,2	50	490	647,5	1000	647,5	648,5	490	1460

3.2.6 Pjovimo režimų nustatymas

Pjovimo režimai nustatomi atsižvelgiant į apdirbimo būdą, apdirbamosios detalės standumą, medžiagą ir jos būvį, įrankio pjaunančiosios dalies medžiagą, jo geometrinę formą ir kampus, reikiamą apdirbtojo paviršiaus tikslumą ir šiurkštumą, naudojamas stakles ir kitus veiksnius.

Operacija 015, paviršiaus 1 – grubus tekinimas paviršiams 5, 7, 9, 10, 12, 13, 124mm. Tekinama „Tungalloy“ firmos tekinimo peiliu tiesiu atraminiu aptekinimo peiliu JSDJ2CR/L 1212K07. Apdirbama medžiaga plienas 40X, HB=210, apdirbama CNC tekinimo-frezavimo staklėmis VDF 450 TM

External profiling									
JSDJ2C R/L									
									
Toolholder Cat. No.	Stock		Applicable insert.	Dimensions (mm)					
	R	L		h	b	l ₁	l ₂	h ₁	f
JSDJ2CR/L 1010K07	●	●	DC□□0702□□	10	10	125	14	10	10
JSDJ2CR/L 1212K07	●	●		12	12	125	14	12	12

3.2.6.1 pav. Tekinimo peilis JSDJ2CR/L 1212K07

1. Peilio matmenys:

$$h=12 \text{ mm};$$

$$b=12 \text{ mm};$$

$$L_1 = 125 \text{ mm}.$$

2. Tekinimo peilio geometrinių elementų parinkimas:

$$\alpha = 7^\circ, \varphi = 93^\circ, r = 1,2.$$

3. Apskaičiuojamas pjovimo gylis:

$$t = \frac{D - d}{2} = \frac{128,2 - 124}{2} = 2,1 \text{ mm};$$

čia D – skersmuo prieš tekimą mm,

d- skersmuo po tekimo.

4. Parenkama pastūma:

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

5. Apskaičiuojamas leistinas pjovimo greitis v m/min

$$v = \frac{C_v}{T^{m \cdot x \cdot y}} \cdot K^v; \quad (3.2.6.1)$$

$T = 60 \text{ min}$ vidutinė peilio patvarumo reikšmė

$$C_v = 350; x = 0,15; y = 0,35; m = 0,2;$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\varphi v} \cdot K_{\phi_1 v} \cdot K_{rv} = 1,28 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,16 \cdot 0,81 \cdot 0,94 = 0,58.$$

K_{mv} – koeficientas, įvertinantis apdirbamos medžiagos įtaką pjovimo greičiui;

K_{nv} – koeficientas įvertinantis medžiagos paviršiaus būklę;

K_{uv} – koeficientas, įvertinantis peilio darbinės dalies medžiagos įtaką greičiui;

$K_{\phi v}, K_{\phi_1 v}, K_{rv}$ – koeficientai įvertinantys peilio geometrinių elementų įtaką leistinam pjovimo greičiui.

$$v = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 2,1^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 0,58 = 102,2 \text{ m/min.}$$

6. Apskaičiuojamas ruošinio sukimosi dažnis:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 102,2}{3,14 \cdot 128,2} = 253 \text{ r/min.}$$

Sukimosi dažnio su staklių pasu derinti nereikia, nes staklės pajėgia pasiekti tikslų apsisukimų skaičių.

7. Apskaičiuojama minutinė pastūma:

$$s_m = s \cdot n_{st} = 0,5 \cdot 253 = 126,5 \text{ mm/min.}$$

8. Apskaičiuojamas tikrasis pjovimo greitis:

$$v_t = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{st}}{1000}; \quad (3.2.6.2)$$

$$v_t = \frac{3,14 \cdot 128,2 \cdot 253}{1000} = 101,8 \approx 102 \text{ m/min.}$$

9. Apskaičiuojamos pjovimo jėgos:

$$P_{x,y,z} = 10 C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p \quad (3.2.6.3)$$

Pataisos koeficientas $K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}$;

P_x : $C_p = 300$; $x = 1$; $y = 0,75$; $n = -0,15$;

$K_{\varphi p} = 0,89$; $K_{\gamma p} = 1$; $K_{\lambda p} = 1$; $K_{rp} = 1$; $K_{mp} = 0,31$; $K_p = 0,81$;

P_y : $C_p = 243$; $x = 0,9$; $y = 0,6$; $n = -0,3$;

$K_{\varphi p} = 0,5$; $K_{\gamma p} = 1$; $K_{\lambda p} = 1$; $K_{rp} = 1$; $K_{mp} = 0,91$; $K_p = 0,45$;

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

$K_{\varphi p} = 1,17$; $K_{\gamma p} = 1$; $K_{\lambda p} = 1$; $K_{rp} = 1$; $K_{mp} = 0,91$; $K_p = 1,06$;

Pjovimo jėgos (P,N) dedamosios tekinant:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,1^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 102,2^{-0,15} \cdot 0,81 = 1512 \text{ N};$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 2,1^{0,9} \cdot 0,5^{0,75} \cdot 102,2^{-0,3} \cdot 0,45 = 315N;$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 2,1^1 \cdot 0,5^{0,5} \cdot 102,2^{-0,4} \cdot 1,06 = 837N.$$

10. Skaičiuojama pjovimui reikalinga galia:

$$N = \frac{P_z \cdot v_t}{60 \cdot 1020}; \quad (3.2.6.4)$$

$$N = \frac{P_z \cdot v_t}{60 \cdot 1020} = \frac{1512 \cdot 102,2}{60 \cdot 1020} = 2,52kW.$$

10. Pagrindiniai pjovimo režimai turi tenkinti sąlygą:

$$N \leq N_n \cdot \mu. \quad (3.2.6.5)$$

N_n – pagrindinio staklių špindelio galia (37kW)

μ - staklių naudingumo koeficientas (μ - 0,75)

$$2,52 \leq 27,8$$

11. Apskaičiuojamas pagrindinis laikas T_m tekinimo operacijai atlikti:

$$T_m = \frac{L}{s_m}. \quad (3.2.6.6)$$

L – darbo eigos ilgis; s_m – minutinė pastūma mm/min

$$L = l + l_1 + l_2 ; \quad (3.2.6.7)$$

$$L = 648 + 10 + 4 = 662mm;$$

l = 648 - pjovimo ilgis;

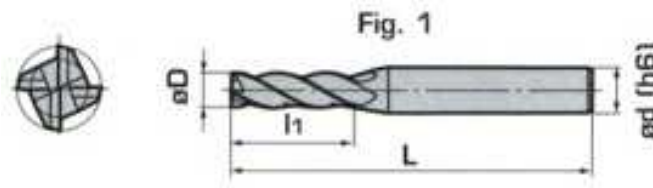
l_1 = 10 - peiliui įsipjaunant iki viso gylio reikalingas atstumas;

l_2 = 4 – peilio praėjimo užapdirbtojo paviršiasu dydis;

$$L = 648 + 10 + 4 = 662mm;$$

$$T_m = \frac{662}{126,5} = 5,2 \text{ min.}$$

Operacija 015 , perėjimas 4. Paviršiaus 16 pleištinio griovelio frezavimas. Griovelio plotis 20mm ilgis 190mm. Apdirbimo įrankis - pirštinė freza SED4200F-L ~~Ø20~~.



3.2.6.2 pav. Apdirbimo įrankis - pirštinė freza SED4200F-L.

Geometriniai pirštinės frezos parametrai:

$D = 20 \text{ mm}$, $L = 110 \text{ mm}$, $l = 55 \text{ mm}$, dantų skaičius $z=4$

Kampai $\gamma = 7^\circ$; $\alpha_1 = 8^\circ$; $\varphi = 60^\circ$; $\varphi_0 = 30^\circ$; $\varphi_1 = 2^\circ$; $\lambda = 12^\circ$.

Frezavimo plotis: $B=20\text{mm}$;

Frezavimo ilgis: $l=190\text{mm}$

Frezavimo gylis: $t=7,5\text{mm}$

1. Parenkama pastūma dančiui:

$$s_z = 0,032 \text{ mm/danč.}$$

2. Parenkamas pjovimo greitis:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m t^x \cdot s_z^y B^u z^p} \cdot K_v; \quad (3.2.6.8)$$

čia: D = frezos skersmuo, mm

$C_v = 22,5$; $q = 0,35$; $x = 0,21$; $y = 0,48$; $u = 0,03$; $p = 0,1$ $m = 0,27$ – konstanta ir laipsnių rodikliai pagal 286p., 39lent. $T = 80 \text{ min}$ frezos patvarumas 290p., 40lent.

t – pjovimo gylis, mm;

B – frezavimo plotis, mm;

K_v – bendras pataisos koeficientas.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv}; \quad (3.2.6.9)$$

$$K_{mv} = 1;$$

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

$$K_{uv} = 1;$$

$$K_{mv} = 1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,9;$$

$$v = \frac{22,5 \cdot 20^{0,35}}{80^{0,27} 7,5^{0,21} 0,032^{0,48} 20^{0,03} 4^{0,1}} \cdot 0,9 = 55 \text{ m/min.}$$

3. Parenkamas frezos sukimosi dažnis:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}; \quad (3.2.6.10)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 55}{3,14 \cdot 20} = 875 \text{ r/min.}$$

4. Apskaičiuojamas tikrasis pjovimo greitis:

$$n_{st} = 850 \text{ r/min};$$

$$v_t = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{st}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 20 \cdot 850}{1000} = 53,38 \text{ m/min.}$$

6. Apskaičiuojama minutinė pastūma:

$$s_m = s_z z n; \quad (3.2.6.11)$$

$$s_m = 0,032 \cdot 4 \cdot 875 = 112 \text{ mm/min.}$$

7. Tangentinė (apskritiminė) pjovimo jėgos dedamoji:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x s_z^y B^u Z}{D^q n^w} \cdot K_{mp}. \quad (3.2.6.12)$$

Čia: $C_p = 68,2$; $x = 0,86$; $y = 0,72$; $u = 1$; $q = 0,86$; $w = 0$.

n – frezos sukimosi dažnis, r/min;

D – frezos skersmuo, mm

$$K_{mp} = 1;$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 7,5^{0,86} \cdot 0,032^{0,72} \cdot 20^1 \cdot 4}{20^{0,86}} \cdot 1 = 1876 \text{ N.}$$

8. Apskaičiuojamas frezos sukimosi momentas:

$$M = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 1000};$$

$$M = \frac{1876 \cdot 20}{2 \cdot 1000} = 18,76 \text{ Nm.}$$

9. Apskaičiuojama reikalinga pjovimo galia:

$$N = \frac{P_z \cdot v_t}{60 \cdot 1020}; \quad (3.2.6.13)$$

$$N = \frac{1876 \cdot 53,38}{60 \cdot 1020} = 1,63 \text{ kW.}$$

čia: $N_n = 36 \text{ kW}$; pagrindinio elektros variklio galia

$$N \leq N_n \cdot \mu; \quad (3.2.6.14)$$

μ - staklių naudingumo koeficientas ($\mu = 0,75$)

$$1,63 \leq 27.$$

10. Apskaičiuojamas frezavimo mašininis laikas:

$$T_m = \frac{L}{s_m}; \quad (3.2.6.15)$$

$$\text{čia: } L = l + l_1 + l_2;$$

$l = 190 \text{ mm}$ – apdirbamos detalės ilgis;

$$l_1 = 0,5 \left(D - \sqrt{D^2 - B^2} \right) = 0,5 \left(20 - \sqrt{20^2 - 20^2} \right) = 10 \text{ mm};$$

l_2 - frezos praėjimo ilgis (2-5mm);

$$L = 190 + 10 + 3 = 203 \text{ mm};$$

$$T_m = \frac{203}{112} = 1,8 \text{ min.}$$

Pjovimo režimų skaičiavimo rezultatai

3.2.6.1 lentelė

Operacijos Nr.	Perėjimo numeris.	Apdirbimo būdas.	Staklių modelis.	Pjovimo gylis t, mm.	Pastuma s, mm/aps	Pjovimo greitis v, m/min.	Apsisukimų skaičius n, aps/min.	Minutinė pastuma S _m min/mm.
Galų apdirbimas, centravimas								
005	1	Galinio paviršiaus 1 nutekinimas	CNC tekimo-frezavimo staklės VDF 450 TM	2,0	0,75	70	180	110
	2	Galinio paviršiaus 1 centravimas		5	0,2	30	600	55
	3	Paviršio 3 grubus tekimas		2,1	0,5	102	253	126,5
	4	Paviršio 3 glotnus tekimas		0,5	0,15	120	270	65
	5	Nuožulos 2 nuėmimas		1,5	0,5	100	245	110
Galų apdirbimas, centravimas								
010	1	Galinio paviršiaus 15 nutekinimas	CNC tekimo-frezavimo staklės VDF 450 TM	2,0	0,75	70	180	110
	2	Galinio paviršiaus 15 centravimas		5	0,2	30	600	55
Tekinimas, frezavimas								
010	1	Paviršių 5, 7, 9, 10, 12, 13 grubus tekimas	CNC tekimo-frezavimo staklės VDF 450 TM	2,1	0,5	102	253	126,5
	2	Paviršio 10 glotnus tekimas		0,5	0,15	120	270	65
	3	Nuožulų 4, 6, 8, 11, 14 nuėmimas		1,5	0,5	100	245	110
	4	Pleištinio 16 griovelio frezavimas		7,5	0,032	53	875	112
	5	Pleištinio 16 griovelio glotnus		0,5	0,016	60	900	70

3.2.6.1 lentelės tęsinys

Operacijos Nr.	Perėjimo numeris.	Apdirbimo būdas.	Staklių modelis.	Pjovimo gylis t , mm.	Pastuma s , mm/aps	Pjovimo greitis v , m/min.	Apsisukimų skaičius n , aps/min.	Minutinė pastuma s_m , min/mm.
015	6	Pleištinio 17 griovelio frezavimas	CNC tekinimo- frezavimo	7,5	0,032	50	855	110
	7	Pleištinio 17 griovelio glotnus frezavimas	staklės VDF 450 TM	0,5	0,016	60	900	70

3.2.7 Technologinio proceso normavimas

Vienetinis skaičiuojamasis operacijos atlikimo laikas randamas pagal formulę:

$$t_v = t_0 + t_p + t_{ap} + t_{pl}; \quad (3.2.7.1)$$

čia:

t_0 – pagrindinis laikas,

t_p – pagalbinis laikas,

t_{ap} – darbo vietos aptarnavimo laikas,

t_{pl} – laikas darbuotojo asmeniniams poreikiams.

Pagrindinis laikas apskaičiuojamas:

$$t_0 = \frac{L \cdot i}{S_m}. \quad (3.2.7.2)$$

Čia:

L – įrankio perslinkimo skaičiuojamas ilgis apdirbimo metu, mm,

i – darbo eigų skaičius atliekamame perėjime,

S_{min} – minutinė įrankio pastuma, mm/min.

Dydis L nustatomas:

$$L = l + l_{is} + l_{i\check{s}} + l_{pr} . \quad (3.2.7.3)$$

Čia:

l – apdirbamo paviršiaus ilgis (pagal ruošinio brėžinį),

l_{is} – įrankio įsipjovimo dydis (pagal geometrinę schemą),

$l_{i\check{s}}=1 - 5$ mm – įrankio išėjimo dydis,

$l_{pr}=1 - 500$ mm – įrankio privedimo prie ruošinio ilgis.

Pagalbinis laikas:

$$t_p = t_{pu} + t_{pv} + t_{pm} = 0,21 + 0,90 + 0,12 = 1,23 \text{ min.}$$

Čia:

$t_{pu}=0,22$ min – uždėjimo ir nuėmimo laikas,

$t_{pv}=0,90$ min – valdymo laikas,

$t_{pm}=0,12$ min – matavimo laikas.

Darbo vietos aptarnavimo laikas:

$$t_{ap} = t_t + t_{org} . \quad (3.2.7.4)$$

Čia:

t_t – techninio aptarnavimo laikas,

t_{org} – organizacinio aptarnavimo laikas.

Techninio aptarnavimo laikas:

$$t_t = \frac{t_{op}}{100\%} (\leq 6\%); \quad (3.2.7.5)$$

čia:

t_{op} – operatyvinis laikas.

Operatyvinis laikas:

$$t_{op} = \sum_{k=1}^p t_{ok} + \sum_{i=1}^q t_{pi} ; \quad (3.2.7.6)$$

čia:

t_{ok} – k-jo technologinio perėjimo pagrindinis laikas,

p – technologinių perėjimų kiekis,

t_{pi} – i-jo pagalbinio perėjimo atlikimo laikas,

q – pagalbinių perėjimų kiekis.

Organizacinio aptarnavimo laikas:

$$t_{org} = \frac{t_{op}}{100\%} (0,6...8\%) . \quad (3.2.7.2)$$

Nagrinėjame vienetinio laiko normą visoms operacijoms:

OPERACIJA 005

Pirmas perėjimas:

Nutekiname galinius paviršius 1 $n = 180 \text{ mm/aps}$; $s = 0,75 \text{ mm/aps}$:

Galų skersmuo : $\varnothing 118,4 \text{ mm}$.

$$L = 59,2 + 2,0 + 1 + 1 = 63,2 \text{ mm};$$

$$t_0 = \frac{63,2 \cdot 1}{180 \cdot 0,75} = 0,47 \text{ min.}$$

Antras perėjimas:

Galinių paviršių 1 centravimas. $n = 600 \text{ aps/min}$, $s = 0,2 \text{ mm/aps}$.

$$L = 5 + 3 + 4 + 1 = 13 \text{ mm};$$

$$t_0 = \frac{13 \cdot 1}{600 \cdot 0,2} = 0,10 \text{ min.}$$

Trečias perėjimas:

Paviršiaus 3 grubus tekinimas. $n = 253 \text{ aps/min}$, $s = 0,5 \text{ mm/aps}$.

$$L = 118,2 + 2,1 + 1 + 1 = 122,3 \text{ mm};$$

$$t_0 = \frac{122,3 \cdot 1}{253 \cdot 0,5} = 0,94 \text{ min.}$$

Ketvirtas perėjimas:

Paviršiaus 3 glotnus tekinimas. $n = 270 \text{ aps/min}$, $s = 0,15 \text{ mm/aps}$.

$$L = 118,2 + 0,5 + 1 + 1 = 120,7 \text{ mm};$$

$$t_0 = \frac{120,7 \cdot 1}{270 \cdot 0,15} = 2,87 \text{ min.}$$

Penktas perėjimas:

Nuožulos 2 nuėmimas. $n = 245 \text{ aps/min}$, $s = 0,5 \text{ mm/aps}$.

$$L = 1,5 + 2 + 2 + 1 = 6,5 \text{ mm};$$

$$t_0 = \frac{6,5 \cdot 1}{245 \cdot 0,5} = 0,05 \text{ min.}$$

Pilnas mašininis laikas:

$$t_0 = 0,47 + 0,1 + 0,94 + 2,87 + 0,05 = 4,43 \text{ min.}$$

Pagalbinis laikas parenkamas iš normatyvinių lentelių:

$$t_p = 0,15 + 0,03 + 1 \cdot 0,1 + 0,03 + 0,22 = 0,62 \text{ min}$$

Operatyvinis laikas:

$$t_{op} = 4,43 + 0,62 = 5,05 \text{ min.}$$

Vienetinis laikas t_v skiačiuojamas įvertinus techninio, organizacinio aptarnavimo ir asmeniniams poreikiams reikalingą laiką procentais.

$$\alpha = 4\%;$$

$$\beta = 4\%;$$

$$\gamma = 2,5\%.$$

Vienetinis laikas:

$$t_v = 5,05 + \left(1 + \frac{4 + 4 + 2,5}{100} \right) = 6,15 \text{ min.}$$

OPERACIJA 010

Pirmas perėjimas:

Nutekiname galinius paviršius 15 $n = 180 \text{ mm/aps}$; $s = 0,75 \text{ mm/aps}$:

Galų skersmuo : $\varnothing 78,4 \text{ mm}$.

$$L = 39,2 + 2,0 + 1 + 1 = 43,2 \text{ mm};$$

$$t_0 = \frac{43,2 \cdot 1}{180 \cdot 0,75} = 0,32 \text{ min.}$$

Antras perėjimas:

Galinių paviršių 1 centravimas. $n = 600 \text{ aps/min}$, $s = 0,2 \text{ mm/aps}$.

$$L = 5 + 3 + 4 + 1 = 13 \text{ mm};$$

$$t_0 = \frac{13 \cdot 1}{600 \cdot 0,2} = 0,10 \text{ min.}$$

Pilnas mašininis laikas:

$$t_0 = 0,32 + 0,10 = 0,42 \text{ min.}$$

Pagalbinis laikas parenkamas iš normatyvinių lentelių:

$$t_p = 0,15 + 0,03 + 2 \cdot 0,1 + 0,03 + 0,22 = 0,63 \text{ min.}$$

Operatyvinis laikas:

$$t_{op} = 0,43 + 0,63 = 1,06 \text{ min.}$$

Vienetinis laikas t_v skiačiuojamas įvertinus techninio, organizacinio aptarnavimo ir asmeniniams poreikiams reikalingą laiką procentais.

$$\alpha = 4\%;$$

$$\beta = 4\%;$$

$$\gamma = 2,5\%.$$

Vienetinis laikas:

$$t_v = 1,06 + \left(1 + \frac{4 + 4 + 2,5}{100} \right) = 2,16 \text{ min.}$$

OPERACIJA 015

Pirmas perėjimas:

Paviršių 5, 7, 9, 10, 12, 13 grubus tekinimas. $n = 253 \text{ aps/min}$, $s = 0,5 \text{ mm/aps}$.

$$L = 588,8 + 3 + 18 + 1 = 610,8 \text{ mm};$$

$$t_0 = \frac{610,8 \cdot 1}{253 \cdot 0,5} = 3,32 \text{ min.}$$

Antras perėjimas:

Paviršių 10 glotnus tekinimas. $n = 270 \text{ aps/min}$, $s = 0,15 \text{ mm/aps}$.

$$L = 144,2 + 0,5 + 1 + 1 + 1 = 147,7 \text{ mm};$$

$$t_0 = \frac{147,7 \cdot 1}{270 \cdot 0,15} = 2,64 \text{ min.}$$

Trečias perėjimas:

Nuožulų 4, 6, 8, 11, 14 nuėmimas. $n = 245 \text{ aps/min}$, $s = 0,5 \text{ mm/aps}$.

$$L = 11 + 1,5 + 1 + 1 = 14,5 \text{ mm};$$

$$t_0 = \frac{14,5 \cdot 1}{245 \cdot 0,5} = 0,11 \text{ min.}$$

Ketvirtas perėjimas:

Pleištinio griovelio 16 frezavimas $n = 875 \text{ aps/min}$, $s = 0,032 \text{ mm/aps}$.

$$L = 190 + 7,5 + 1 + 1 = 199,5 \text{ mm};$$

$$t_0 = \frac{199,5 \cdot 1}{875 \cdot 0,032} = 5,12 \text{ min.}$$

Penktas perėjimas:

Pleištinio griovelio 16 glotnus frezavimas $n = 900 \text{ aps/min}$, $s = 0,016 \text{ mm/aps}$.

$$L = 190 + 0,5 + 1 + 1 = 192,5 \text{ mm};$$

$$t_0 = \frac{19,5 \cdot 1}{900 \cdot 0,016} = 10,27 \text{ min.}$$

Šeštas perėjimas:

Pleištinio griovelio 17 frezavimas $n = 855 \text{ aps/min}$, $s = 0,032 \text{ mm/aps}$.

$$L = 130 + 7,5 + 1 + 1 = 139,5 \text{ mm};$$

$$t_0 = \frac{139,5 \cdot 1}{855 \cdot 0,032} = 2,09 \text{ min.}$$

Septintas perėjimas:

Pleištinio griovelio 17 glotnus frezavimas $n = 900 \text{ aps/min}$, $s = 0,016 \text{ mm/aps}$.

$$L = 130 + 0,5 + 1 + 1 = 132,5 \text{ mm};$$

$$t_0 = \frac{132,5 \cdot 1}{900 \cdot 0,016} = 5,2 \text{ min.}$$

Pilnas mašininis laikas:

$$t_0 = 3,32 + 2,64 + 0,11 + 5,12 + 10,2 + 2,09 + 6,02 = 29,50 \text{ min.}$$

Pagalbinis laikas parenkamas iš normatyvinių lentelių:

$$t_p = 0,15 + 0,03 + 8 \cdot 0,1 + 0,03 + 0,22 = 1,23 \text{ min.}$$

Operatyvinis laikas:

$$t_{op} = 41,25 + 1,23 = 42,48 \text{ min.}$$

Vienetinis laikas t_v skiačiuojamas įvertinus techninio, organizacinio aptarnavimo ir asmeniniams poreikiams reikalingą laiką procentais.

$$\alpha = 4\%;$$

$$\beta = 4\%;$$

$$\gamma = 2,5\%.$$

Vienetinis laikas:

$$t_v = 30,73 + \left(1 + \frac{4 + 4 + 2,5}{100}\right) = 31,83 \text{ min.}$$

Visų operacijų vienetinius laikus suvedame į 3.2.7.1 lentelę.

Techninio normavimo laikai

3.2.7.1 lentelė

Operacija	Pagrindinis laikas t_0 (min)	Operatyvinis laikas t_{op} (min)	Vienetinis laikas t_v (min)	Bendras operacijų laikas t_b (min)
005 galų apdirbimas, centravimas	4,43	5,05	6,15	40,14
010 galų apdirbimas, centravimas	0,42	1,1	2,16	
015 tekinimas, frezavimas	29,50	30,73	31,83	

3.3. Detalės „velenas“ technologinė dalis (M. Bosas)

3.3.1. Detalės „velenas II“ technologiskumo analizė

Detalės konstrukcijos technologiskumas – tai suteikimas jai tokios formos ir tokios medžiagos parinkimas, kad ji atitiktų reikiamas funkcijas mašinoje, bei būtų galimybė ją lengvai ir ekonomiškai apdirbti.

Gaminama detalė – velenas. Paskirtis – perduoti sukamąjį judesį ožinio kranų vežimėlio ratui. Šios detalės paskirtis yra labai svarbi, jos dėka ožinis kranas gali judėti.

Velenas abiem galais yra tvirtinamas guoliuose, kurių dėka jis gali sukis. Velenas turi pleištinį griovelį, kuris skirtas ožinio kranų ratui fiksuoti.

Detalės forma nėra sudėtinga ir nereikalauja specialių technologinių operacijų, paviršių šiurkštumas nėra aukštas, dėl to ji bus lengvai apdirbama nereikalaujant daugartinio mechaninio apdirbimo. Paviršiai bus apdirbami standartiniais ir specialiais pjovimo įrankiais.[1]

Detalė gaminama iš plieno 40X (EN 10 084-2). Plieno 40x cheminė sudėtis ir mechaninės savybės pateiktos 3.3.1.1 ir 3.3.1.2 lentelėse.

3.3.1.1 lentelė

Plieno 40X cheminė sudėtis

C,%	Si,%	Mn,%	Cr,%
0,36 – 0,44	0,17 – 0,37	0,5 – 0,8	0,8 – 1,1

3.3.1.2 lentelė

Plieno 40X mechaninės savybės

σ_y , MPa	σ_u , MPa	δ_μ , %	Z, %	KCU, J/m ²	HB (ne daugiau)
Ne mažiau				59	217
785	981	10	45		

čia: σ_y – takumo riba;

σ_u – stiprumo riba tempiant;

δ_μ – bandinio santykinis ištišimas, jį nutraukus, kai bandinio ilgis 5 ar 10 kartų didesnis už jo skerspjūvį;

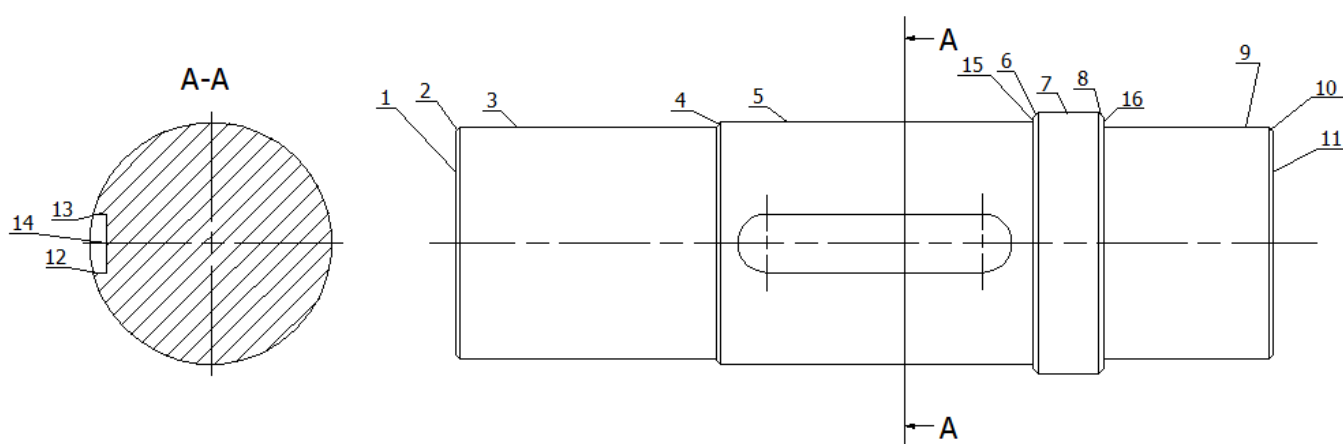
Z – santykinis dandinio skerspjūvio susitraukimas nutraukimo vietoje;

KCU – smūginis tūsumas tiriant bandinius su U tipo koncentratoriumi;

HB – kietumas pagal Briunelį.

Įrankiai laisvai prieina prie visų detalės plokštumų. Apdirbimui užtenka minimalaus kiekio pjovimo įrankių. Aukšti reikalavimai matmenims nekialemi, todėl pagaminimo laikotarpis dėl technologiškumo yra greitas.

Technologiniam apdirbimui detalės paviršiai pažymėti skaičiais, paviršių numeracija pateikta 3.3.1.1 pav.



3.3.1.1 pav. Detalės eskizas su paviršių numeracija

Detalės darbo brėžinyje yra nurodyti visi reikalingi duomenys su reikimomis nuokrypomis, paviršių šiurkštumais. Detalėje vieni iš svarbiausių paviršių yra pleištavietės 12, 13, 14 (žr. 3.3.1.1 pav.) ir kakliukai guoliams 3 ir 9 (žr. 3.3.1.1 pav.). Svarbus jų nuokrypų išlaikymas, nes jei šios sąlygos neišlaikomos, tada būtų negalimas tvirtinimas guoliuose, bei netiktu standartiniai pleištai. Detalės darbo brėžinio visos techninės sąlygos pateiktos detalės darbo brėžinio technologinėje kortelėje 3.3.1.3 letelėje.

Detalės darbo brėžinio technologinė kortelė

TECHNOLOGIŠKUMO KRITERIJUS	ATITIKIMAS TECHNOLOGIŠKUMO KRITERIJAMS
1. Reikalingi matmenys	Visi matmenys yra
2. Atitikimas tarp matmenų tikslumo ir paviršiaus glotnumo	$\varnothing 110m7 \begin{pmatrix} +0,03 \\ -0,01 \end{pmatrix}; \varnothing 115h7 \begin{pmatrix} +0,11 \\ -0,07 \end{pmatrix};$ $\varnothing 124k7 \begin{pmatrix} +0,03 \\ -0 \end{pmatrix}.$
3. Vaizdai ir pjūviai	Visi vaizdai ir pjūviai pateikti
4. Matmenų atitikimas standartiniai eilei	R5: R2,5; R10: 80; R20: 28, 110, R14; R40: 8, 150, 24, 130; Pirmenybių skaičių eilėje nėra: 388, 124, 115, 102, R0,5.
5. Matmenų išdėstymas pagal koordinatų ašis	Pagal tris koordinatų ašis
6. Techninės sąlygos	1. Informaciniai matmenys 2 LST EN 22768-mK 3. T.A HB 223... 262
7. Matmenų matavimas	Sudėtingiau pamatuoti pleištinio griovelio užapvalinimo centrus.
8. Ar detalės konstrukcijos forma nesudarys papildomų sunkumų gaminant ruošinį	Nesudaro sunkumų
9. Sunkumai, iškylantys dėl elementų išdėstymo mechaniškai apdirbant detalę	Nesudaro sunkumų
10. Metalų rūšies parinkimas	Plienas 40x
11. Pasvirę paviršiai	Nuožulos $2 \times 45^\circ$; $3 \times 45^\circ$
12. Bazės	Bazuojamais centrais
13. Detalės standumas: $\frac{l}{d_{vid}} \leq 10$ – <i>detalė standi</i> l - detalės ilgis dvid – vidutinis detalės skersmuo	$l=388\text{mm}$ $d_{vid}=107\text{mm}$ detalė yra standi $\frac{l}{d_{vid}} = \frac{388}{107} = 3,6$ $3,6 < 10$
14. Terminis apdirbimas	T.A HB 233... 262 Grūdinimas
15. Specialių technologinių operacijų reikalingumas	Nereikia
16. Simetrijos ašys ir plokštumos	1 simetrijos ašis ir 1 plokštuma

Atlikus technologinę analizę galima padaryti tokią išvadą: Detalės forma nėra sudėtinga ir nereikalauja specialių technologinių operacijų. Unifikuotų elementų yra nemažai, paviršių šiurkštumas nėra aukštas. Visus detalės paviršius galima apdirbti su standartiniais įrankiais, matmenis galima lengvai išmatuoti ir pasiekti apdirbant. Detalė yra pakankamai technologiška.

3.3.2 Ruošinio parinkimas

Ruošinį parenkame atsižvelgiant į detalės konstrukciją, jos gavimo metodą, matmenis, užlaidas, technologinius reikalavimus. Siekiant ekonomiško ruošinys parenkamas su mažiausiomis galimomis užlaidomis[3].

Pagrindiniai privalumai gaminant ruošinį šampavimo būdu:

- Mažesnės išlaidos mechaniniam apdirbimui;
- Gaunama gera metalo mikrostruktūra;
- Galima šampuoti atskirus ruošinius iš strypo;
- Labai platus šampuojamų ruošinių asortimentas;

Šampuoti ruošiniai skirstomi į keturis sudėtingumo laipsnius: C1, C2, C3, C4. Sudėtingumo laipsnis nustatomas kaip ruošinio masės (tūrio) ir figūros, apibrėžtos apie ruošinį, masės (tūrio) santykis.

Sudėtingumo laipsnis apibūdinamas tokiais dydžiais:

C1 – nuo 0,63 iki 1,00

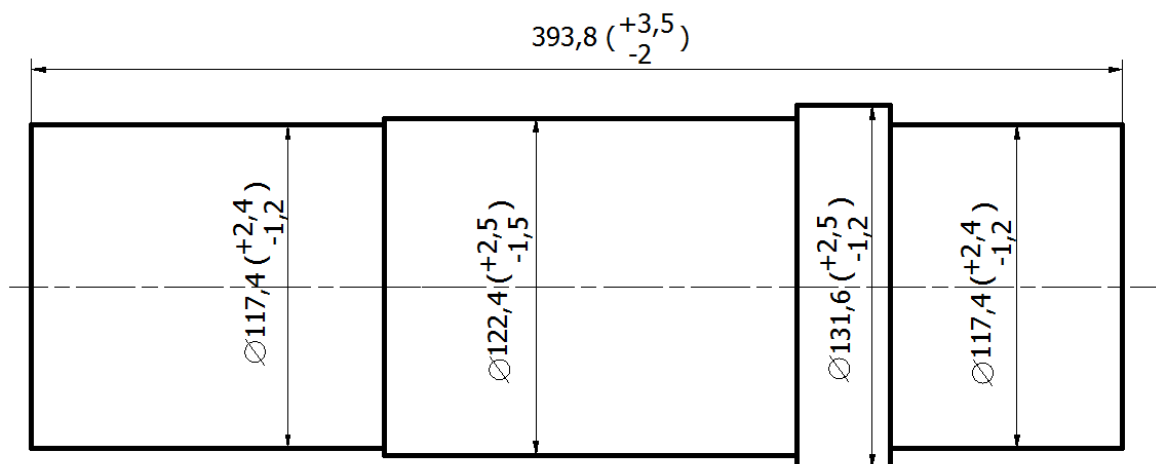
C3 – nuo 0,16 iki 0,32

C2 – nuo 0,32 iki 0,63

C4 – iki 0,16

Plienų grupės žymimos M1 ir M2. M1 grupei priklauso angliniai ir legiruoti plienai, kuriuose anglies kiekis yra iki 0,45% ir leguotų elementų iki 2%. M2 grupei priklauso visi kiti angliniai ir legiruoti plienai.

Šampuoto ruošinio eskizas pavaizduotas 3.3.2.1 pav. , o užlaidos apdirbamiems paviršiams pateiktos 3.3.2.1 lentelėje.



3.3.2.1 pav. Šampuoto ruošinio eskizas

Užlaidos apdirbamiems paviršiams

Detalės matmuo	Užlaidos dydis	Ruošinio matmuo
Ø110	7,4	117,4 ^{+2,4} _{-1,2}
Ø115	7,4	122,4 ^{+2,5} _{-1,5}
Ø124	7,6	131,6 ^{+2,5} _{-1,5}
388	5,8	393,8 ^{+3,5} ₋₂

Apskaičiuojame ruošinio masę:

$$M_f = \sum \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot l \cdot \rho; \quad (3.3.2.1)$$

čia: D – ruošinio skersmuo, cm;

l – ilgis, cm;

ρ – medžiagos tankis ($\rho = 7,86 \text{ g/cm}^3$).

$$M_f = \frac{3,14 \cdot 11,74^2}{4} \cdot 12,81 \cdot 7,86 + \frac{3,14 \cdot 12,24^2}{4} \cdot 15 \cdot 7,86 + \frac{3,14 \cdot 13,16^2}{4} \cdot 3,4 \cdot 7,86 + \frac{3,14 \cdot 11,74^2}{4} \cdot 8,41 \cdot 7,86 = 35,6 \text{ kg}.$$

Pagal duotus intervalus parenkame sudėtingumo laipsnį:

$$C = \frac{M_d}{M_f} = \frac{V_d}{V_f} = \frac{30,4}{35,6} = 0,85.$$

0,85 atitinka C1 sudėtingumo laipsnį. Pagal anglies kiekį pliene nustatome M1 plieno grupę.

Parenkame normalaus tikslumo ruošinį – II klasę.

Apskaičiuojame sunaudotų atliekų kiekį:

Pagamintos detalės masė – 30,4 kg.

Ruošinio masė – 35,6 kg.

3.3.3 Technologinių bazių parinkimas

Technologinio proceso projektavimui svarbu teisingai parinkti technologines bazes, kurios užtikrintu matmenų ir paviršių tarpusavio padėties tikslumą.

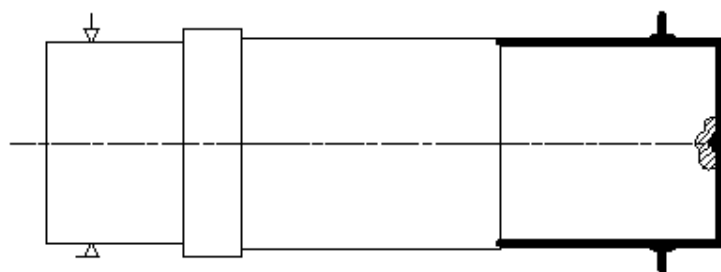
Apdirbimo proceso metu numatomos šios technologinės bazės:

1) Pradiniame etape (galinio paviršiaus tekinimas, centravimas, bei išorinio paviršiaus tekinimas) technologinė bazė yra neapdirbtas $\varnothing 117,4$ mm išorinis cilindrinis paviršius.

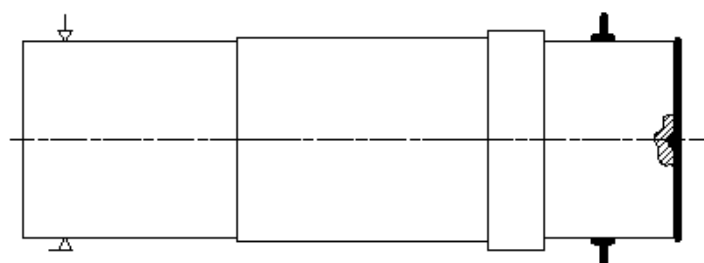
2) Kitame etape (galinio paviršiaus tekinimas, centravimas) technologinė bazė yra apdirbtas $\varnothing 110$ mm išorinis cilindrinis paviršius.

3) Pleištinio griovelio frezavimui technologinė bazė yra $\varnothing 110$ mm išorinis cilindrinis paviršius, bei centravimo skylė.

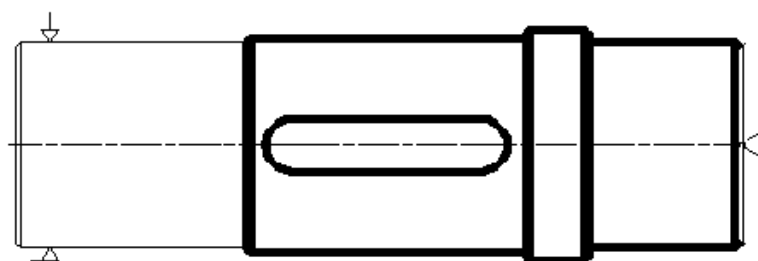
Detalei „velenas“ numatytoms operacijoms parinktos technologinės bazės (žr. 3.3.3.1 pav.), kurios nustatytos atsižvelgiant į techninius reikalavimus. Pirmosios operacijos vykdomos tvirtinant griebtuvuose neapdirbtą cilindrinį paviršių ir parement jį judamuoju liunetu, kitose operacijose ruošinio vienas galas tvirtinimas griebtuve, o kitas centre.



a)



b)



c)

3.3.3.1 pav. Detalės bazavimas

- a) galo aptekinimas, centravimas, bei išorinio paviršiaus aptekinimas b) galo aptekinimas, centravimas
c) išorinių paviršių aptekinimas ir pleištinio griovelio frezavimas

3.3.4 Detalės mechaninio apdirbimo kelio projektavimas

Sudaryti detalės apdirbimo maršrutą – tai reiškia išvardyti iš eilės atliekamas operacijas, nurodant staklių tipą. Paviršiaus apdirbimo maršrutas reikalingas nustatant užlaidas, operacinius matmenis. Veleno apdirbimo technologinis maršrutas pateiktas 3.3.4 lentelėje.

3.3.4.1 lentelė

„Veleno II“ apdirbimo technologinis maršrutas

Operacijos Nr.	Perėjimo Nr.	Operacija	Staklių tipas	Įrankis
Galų apdirbimas, centravimas				
005	1	Galinio paviršiaus 1 tekinimas	CNC tekinimo - frezavimo staklės VDF 450 TM	Tiesus atraminis aptekimo peilis SDACR/L
	2	Galinio paviršiaus 1 centravimas		Centravimo grąžtas HSS DIN 333A Ø5 mm
	3	Paviršiaus 3 grubus tekinimas		Tiesus atraminis aptekimo peilis SDACR/L
	4	Paviršiaus 3 glotnus tekinimas		Tiesus atraminis aptekimo peilis SDACR/L
	5	Nuožulos 2 nuėmimas		Tiesus atraminis aptekimo peilis SDACR/L
Galų apdirbimas, centravimas				
010	1	Galinio paviršiaus 11 tekinimas	CNC tekinimo - frezavimo staklės VDF 450 TM	Tiesus atraminis aptekimo peilis SDACR/L
	2	Galinio paviršiaus 11 centravimas		Centravimo grąžtas HSS DIN 333A Ø5 mm
Tekinimas, frezavimas				
015	1	Paviršių 9, 7, 5 grubus tekinimas	CNC tekinimo - frezavimo staklės VDF 450 TM	Tiesus atraminis aptekimo peilis SDACR/L
	2	Paviršių 16, 15 grubus tekinimas		Tiesus atraminis aptekimo peilis SDACR/L
	3	Paviršių 9 glotnus tekinimas		Tiesus atraminis aptekimo peilis SDACR/L
	4	Paviršių 5 glotnus tekinimas		Tiesus atraminis aptekimo peilis SDACR/L

3.3.4.1 lentelės tęsinys

Operacijos Nr.	Perėjimo Nr.	Operacija	Staklių tipas	Įrankis
015	5	Nuožulų 10, 4 nuėmimas	CNC tekinimo - frezavimo staklės VDF 450 TM	Tiesus atraminis aptekimo peilis SDACR/L
	6	Nuožulų 8, 6 nuėmimas		Tiesus atraminis aptekimo peilis SDACR/L
	7	Pleištinio griovelio 12, 13, 14 frezavimas		Pirštinė freza
	8	Pleištinio griovelio 12, 13, 14 glotnus frezavimas		Pirštinė freza

3.3.5 Užlaidų analitinis skaičiavimas

Užlaidų analitinis skaičiavimas atliekamas paviršiui kurio matmuo $\varnothing 110 \begin{smallmatrix} +0,05 \\ -0,01 \end{smallmatrix}$. Duomenys surašomi į 3.3.5.1 lentelę.

Sudarome 3.3.5.1 lentelę kurioje:

h - deformacijos sluoksnis,

ρ – erdvinė paklaida,

ε – nustatymo paklaida.

3.3.5.1 lentelė

Užlaidų ir ribinių matmenų apskaičiavimas cilindriniams paviršiams

Apdirbamo paviršiaus technologinės pakopos	Užlaidos elementai, μm				Skačiuojamoji užlaida, μm	Skačiuojamasis matmuo, mm	Tolerancija, μm	Ribiniai matmenys, mm		Užlaidų ribinės reikšmės, μm	
	R_z	h	ρ	ε				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2z_{\min}$	$2z_{\max}$
$\varnothing 110 \begin{smallmatrix} +0,05 \\ -0,01 \end{smallmatrix}$											
Ruošiny	200	300	1612	-	-	114,61	3600	114,61	118,21	-	-
Grubus tekinimas	50	50	97	-	2·2112	110,38	350	110,38	110,73	4230	7480
Glotnus tekinimas	30	30	81	-	2·197	109,99	40	109,99	110,03	390	70
Iš viso:										4620	7550

Kakliuko apdirbimo technologijos kelią užrašome užlaidų ir ribinių matmenų skaičiavimo 3.3.5.1 lentelėje. Į lentelę užrašome ir atitinkamus ruošinio ir technologinių pakopų užlaidų elementus R_z , h ir ρ . Kadangi detalės ruošiny apdirbimo metu tvirtinamas centruose, radialinė pastatymo paklaida lygi nuliui, ir todėl skaičiavimo lentelėje pastatymo paklaidos elementas

panaikinamas. Technologinių pakopų minimalias užlaidas apskaičiuosime naudodamiesi pagrindine formule [3]:

$$2z_{\min_i} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1}). \quad (3.3.5.1)$$

Ruošinio suminis nuokrypis:

$$\rho_{ruoš} = \sqrt{\rho_{pas}^2 + \rho_{sus}^2 + \rho_c^2}; \quad (3.3.5.2)$$

$$\rho_{sus} = \Delta_k \cdot \frac{l}{2} = 1 \cdot \frac{388}{2} = 194 \mu m;$$

$$\rho_{pas} = 1,6 mm = 1600 \mu m \text{ (šampuoti laisvuju kalimu);}$$

$$\rho_c = 0;$$

$$\rho_{ruoš} = \sqrt{1600^2 + 194^2 + 0} = 1612 \mu m;$$

Erdvinis nuokrypis:

$$\rho_{erd} = K_y \cdot \rho_{ruoš}; \quad (3.3.5.3)$$

čia: K_y – koeficientai grubiam ir glotniam tekimui,
 $K_{yg}=0,06$; $K_{ygl}=0,05$;

$$\rho_{grub} = 0,06 \cdot 1612 = 97 \mu m;$$

$$\rho_{glot} = 0,05 \cdot 1612 = 81 \mu m.$$

Minimali užlaida:

grubaus tekimo

$$2z_{\min_1} = 2 \cdot (200 + 300 + 1612) = 2 \cdot 2112 \mu m; \quad (3.3.5.4)$$

glotnaus tekimo

$$2z_{\min_2} = 2(50 + 50 + 97) = 2 \cdot 197 \mu m;$$

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

$$d_{sk2} = 110 - 0,01 = 109,99 \text{ mm};$$

$$d_{sk1} = 109,99 + 0,394 = 110,38 \text{ mm};$$

$$d_{skruoš} = 110,38 + 4,224 = 114,61 \text{ mm}.$$

3.3.5.1 lentelės grafoje tolerancijos kiekvienai technologinei pakopai, sakydami, kad grubiu tekimu pasiekiamo 12 matmens tiksluminių kokybę, glotniu tekimu – brėžinyje nurodytą $T_{glot}=40 \mu m$. Veleno ruošinio skaičiuojamo kakliuko tolerancija $T_{ruoš}=3600 \mu m$.

3.3.5.1 lentelės stulpelyje „Mažiausias ribinis matmuo“ surašome kiekvienos pakopos suapvalintas į didesnę pusę apskaičiuotų matmenų d_{sk} reikšmes. Apvaliname iki tiek ženklų po kablelio, kiek jų turi atitinkamos pakopos tolerancijos.

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

$$d_{\max_2} = 109,99 + 0,04 = 110,03 \text{ mm};$$

$$d_{\max_1} = 110,38 + 0,35 = 110,73 \text{ mm};$$

$$d_{\max_{ruoš}} = 114,61 + 3,6 = 118,21 \text{ mm};$$

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.

$$2Z_{\max_2}^{rib} = 110,73 - 110,03 = 0,07 \text{ mm} = 70 \mu\text{m};$$

$$2Z_{\max_1}^{rib} = 118,21 - 110,73 = 7,48 \text{ mm} = 7480 \mu\text{m};$$

$$2Z_{\min_2}^{rib} = 110,38 - 109,99 = 0,39 \text{ mm} = 390 \mu\text{m};$$

$$2Z_{\min_1}^{rib} = 114,61 - 110,38 = 4,23 \text{ mm} = 4230 \mu\text{m}.$$

Sudedant tarpines ribines užlaidas, apskaičiuojamos bendrosios užlaidos ir užrašomos 3.3.5.1 lentelės apačioje.

$$2Z_{0\min} = 390 + 4230 = 4620 \mu\text{m};$$

$$2Z_{0\max} = 70 + 7480 = 7550 \mu\text{m}.$$

3.3.5.2 lentelė

Užlaidų ir ribinių matmenų apskaičiavimas plokšties paviršiams

Apdirbamo paviršiaus technologinės pakopos	Užlaidos elementai, μm				Skaiciuojamoji užlaida, μm	Skaiciuojamasis matmuo, mm	Tolerancija, μm	Ribiniai matmenys, mm		Užlaidų ribinės reikšmės, μm	
	R_z	h	ρ	ϵ				$l_{\min}$	$l_{\max}$	$2z_{\min}$	$2z_{\max}$
388 $\left(\begin{smallmatrix} +0,115 \\ -0,115 \end{smallmatrix}\right)$	R_z	h	ρ	ϵ	-	-	-	-	-	-	-
Ruošinio galinė plokštuma 1	200	300	198	-	-	390,28	3600	390,3	393,9	-	-
Grubus tekinimas 1	50	50	12	500	1198	389,08	1915	389,1	391	1180	2900
Ruošinio galinė plokštuma 11	200	300	198	-	-	389,08	1915	389,1	391	-	-
Grubus tekinimas 11	50	50	12	500	1198	387,88	230	387,9	388,1	1200	2900

Naudojantis lentelėmis randame:
 Ruošinio: $R_z = 200$; $h = 300$;
 Grubaus tekimo: $R_z = 50$; $h = 50$.

Nustatome erdvines nuokrypas:

$$\rho_{ruoš} = \Delta_k \cdot D; \quad (3.3.5.5)$$

$$\Delta_k = 1,8;$$

$$\rho_{ruoš} = \Delta_k \cdot D = 1,8 \cdot 110 = 198 \mu m;$$

$$\rho_{grub} = \rho_{ruoš} \cdot 0,06 = 198 \cdot 0,06 = 12 \mu m.$$

Nustatome paklaidą ε grubiam tekimui:

$$\varepsilon = 500 \mu m.$$

Minimalios skaičiuojamos užlaidos:

$$Z_{min} = R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i; \quad (3.3.5.6)$$

$$Z_{min} = 200 + 300 + 198 + 500 = 1198 \mu m.$$

Skaičiuojamas matmuo 11 paviršiaus grubiam tekimui:

$$388-0,115 = 387,885 mm.$$

Skaičiuojamas matmuo 11 paviršiaus ruošiniui:

$$387,885 + 1,198 = 389,08 mm.$$

Skaičiuojamas matmuo 1 paviršiaus grubiam tekimui:

$$389,08 mm.$$

Skaičiuojamas matmuo 1 paviršiaus ruošiniui:

$$389,08 + 1,198 = 390,28 mm.$$

Nustatau tolerancijas kiekvienam perėjimui:

1 paviršiaus ruošiniui: $3600 \mu m$;

11 paviršiaus grubiam tekimui: $230 \mu m$.

1 paviršiaus grubiam tekimui ir 11 paviršiaus ruošiniui tolerancija apskaičiuojame:

$$T = \frac{T_{ruoš} + T_{apd}}{2} = \frac{3600 + 230}{2} = 1915 \mu m.$$

Ribiniai matmenys 1 ruošiniui:

$$l_{min} = 390,3 mm;$$

$$l_{max} = 390,3 + 3,6 = 393,9 mm.$$

Ribiniai matmenys grubiam paviršiaus 1 tekimui ir paviršiaus 11 ruošiniui:

$$l_{\min} = 389,1 \text{ mm};$$

$$l_{\max} = 389,1 + 1,9 = 391 \text{ mm}.$$

Ribiniai matmenys grubiam paviršiaus 11 tekimui:

$$l_{\min} = 387,9 \text{ mm};$$

$$l_{\max} = 387,9 + 0,23 = 388,1 \text{ mm}.$$

Ribinės užlaidos grubiam tekimui, paviršiui 11:

$$Z_{\min} = l_{\min_{i+1}} - l_{\min_i} = 389,1 - 387,9 = 1,2 \text{ mm};$$

$$Z_{\max} = l_{\max_{i+1}} - l_{\max_i} = 391 - 388,1 = 2,9 \text{ mm}.$$

Ribinės užlaidos grubiam tekimui, paviršiui 1:

$$Z_{\min} = l_{\min_{i+1}} - l_{\min_i} = 390,28 - 389,1 = 1,18 \text{ mm};$$

$$Z_{\max} = l_{\max_{i+1}} - l_{\max_i} = 393,9 - 391 = 2,9 \text{ mm}.$$

3.3.6 Pjovimo režimų skaičiavimas

Pjovimo režimai nustatomi atsižvelgiant į apdirbimo būdą, apdirbamos detalės standumą, medžiagą, jos būvį, įrankio pjaunančios dalies medžiagą, jo geometrinę formą ir kampus [10]. Atkreipiamas dėmesys į apdirbtojo paviršiaus tikslumą ir šiurkštumą, bei naudojamas stakles. Skaičiavimo rezultatai pateikiami 3.3.6.1 lentelėje.

Operacija 005, perėjimas 2.

Apskaičiuojami skylės centravimo pjovimo režimai. Įrengimas - CNC galų apdirbimo - centravimo staklės VDF 450 TM. Įrankis – centravimo gąžtas LST EN 14952–75 iš greitapjūvio plieno [32].



3.3.6.1 pav. Centravimo gąžtas

Geometriniai grąžto parametrai:

$d = 5 \text{ mm}$; $L = 63 \text{ mm}$; $l = 6,9 \text{ mm}$.

1. Pjovimo gylis:

$$t = 0,5 \cdot d \text{ mm}; \quad (3.3.6.1)$$

čia: D – grąžto skersmuo mm;

$$t = 0,5 \cdot 5 = 2,5 \text{ mm}.$$

2. Parenkama pastūma:

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

3. Gręžimo operacijai pjovimo greitis apskaičiuojamas:

$$v = \frac{C_v \cdot d^q}{T^m \cdot s^y} \cdot K_v; \quad (3.3.6.2)$$

čia: $C_v = 7$; $q = 0,4$; $y = 0,7$; $m = 0,2$, konstanta ir laipsnių rodikliai;

$d = 5 \text{ mm}$ – grąžto skersmuo;

$T = 45 \text{ min}$ – įrankio patvarumo dilimui laikas.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv}; \quad (3.3.6.3)$$

čia: K_{mv} – koeficientas įvertinantis apdirbamą medžiagą;

K_{uv} – koeficientas įvertinantis grąžto medžiagos įtaką;

K_{lv} – koeficientas įvertinantis gręžimo gylio įtaką.

$$K_{mv} = C_M \cdot \left(\frac{750}{\sigma_u} \right)^{n_v}; \quad (3.3.6.4)$$

$\sigma_u = 981 \text{ MPa}$; $C_M = 1$; $n_v = 0,9$.

$$K_{mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{981} \right)^{0,9} = 0,8$$

$$K_{uv} = 0,3;$$

$$K_{lv} = 1;$$

$$K_v = 0,8 \cdot 0,3 \cdot 1 = 0,24.$$

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot s^y} \cdot K_v = \frac{7 \cdot 5^{0.4}}{45^{0.2} \cdot 2,5^0 \cdot 0,1^{0.7}} \cdot 0,24 = 8 \text{ m/min.}$$

4. Grąžto sukimosi dažnis:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 8}{3,14 \cdot 5} = 509,55 \text{ aps/min.}$$

5. Apsisukimai parenkami mažesni nei paskaičiuoti, nes programinio valdymo staklėse sukimosi dažnį galima reguliuoti:

$$n_{st} = 505 \text{ aps/min.}$$

6. Apskaičiuojama minutinė pastūma:

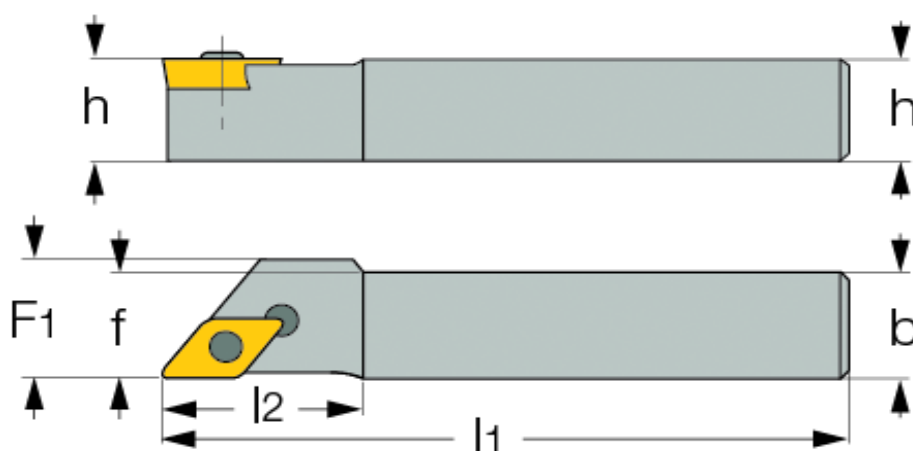
$$s_{min} = s \cdot n_{st} = 0,1 \cdot 505 = 50,5 \text{ mm/min.}$$

7. Tikrasis pjovimo greitis:

$$v_t = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{st}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 5 \cdot 505}{1000} = 7,9 \text{ m/min.}$$

Operacija 015, perėjimas 1.

Apskaičiuojami paviršių 9, 7, 5 pjovimo režimai. Įrengimas - CNC tekinimo - frezavimo staklės VDF 450 TM. Įrankis – tiesus atraminis aptekimo peilis SDACR/L [31]



3.3.6.2 pav. Tiesus atraminis aptekinimo peilis

1. Peilio matmenys:

$$\begin{aligned}h &= 16 \text{ mm;} \\b &= 25 \text{ mm;} \\l_1 &= 125 \text{ mm.}\end{aligned}$$

2. Tekinimo peilio geometriniai parametrai:

$$\alpha = 7^\circ; \varphi = 93^\circ; r = 1,2.$$

3. Apskaičiuojamas pjovimo gylis:

$$t = \frac{D-d}{2} = \frac{117,4-110,4}{2} = 3,5 \text{ mm.}$$

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

čia: D – skersmuo prieš tekimą, mm;

d – skersmuo po tekimo, mm.

4. Parenkama pastūma vienam ruošinio apsisukimui:

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

5. Apskaičiuojamas leistinas pjovimo greitis v, m/min.

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v; \quad (3.3.6.5)$$

T = 60 min vidutinė peilio patvarumo reikšmė.

$$C_v = 350; \quad x = 0,15; \quad y = 0,35; \quad m = 0,2;$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\varphi v} \cdot K_{\varphi 1v} \cdot K_{rv} = 1 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 = 0,63;$$

čia: K_{mv} – koeficientas įvertinantis apdirbamos medžiagos įtaką pjovimo greičiui;

K_{nv} – koeficientas įvertinantis medžiagos paviršiaus būklę;

K_{uv} – koeficientas įvertinantis peilio darbinės medžiagos įtaką greičiui;

$K_{\varphi v}$ – koeficientas įvertinantis peilio geometrinių elementų įtaką leistinam pjovimo greičiui.

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 3,5^{0,15} \cdot 0,7^{0,35}} \cdot 0,63 = 91,1 \text{ m/min.}$$

6. Apskaičiuojamas ruošinio sukimosi dažnis n , aps/min:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 91,1}{3,14 \cdot 117,4} = 247 \text{ aps/min.}$$

Sukimosi dažnio su staklių pasu suderinti nereikia, nes staklės pajėgia pasiekti tikslų apsisukimų skaičių. Priimame $n_{st} = 247$ aps/min.

7. Apskaičiuojama minutinė pastūma:

$$s_m = s \cdot n_{st} = 0,7 \cdot 247 = 172,9 \text{ mm/min.}$$

8. Apskaičiuojamas tikrasis pjovimo greitis:

$$v_t = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{st}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 117,4 \cdot 247}{1000} = 91 \text{ m/min.}$$

9. Apskaičiuojamos pjovimo jėgos P , N dedamosios (tangentinė P_x , radialinė P_y , ir ašinė P_z):

$$P_{z,y,x} = 10C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v_t^n \cdot K_p; \quad (3.3.6.6)$$

Pataisos koeficientas apskaičiuojamas:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}; \quad (3.3.6.7)$$

čia: K_{mp} – koeficientas įvertinantis apdirbamos medžiagos įtaką pjovimo jėgai;

$K_{\varphi p}$, $K_{\gamma p}$, $K_{\lambda p}$, K_{rp} – koeficientas įvertinantis peilio geometrijos įtaką.

$$P_z: C_p = 300; \quad x = 1; \quad y = 0,75; \quad n = -0,15;$$

$$K_{\varphi p} = 0,89; \quad K_{\gamma p} = 1; \quad K_{\lambda p} = 1; \quad K_{mp} = 1; \quad K_{rp} = 0,93;$$

$$K_p = 0,83.$$

$$P_y: \quad C_p = 243; \quad x = 0,9; \quad y = 0,6; \quad n = -0,3;$$

$$K_{\varphi p} = 0,5; \quad K_{\gamma p} = 1; \quad K_{\lambda p} = 1; \quad K_{mp} = 1; \quad K_{rp} = 0,82;$$

$$K_p = 0,41.$$

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

$$K_{\varphi p} = 1,17 \quad K_{\gamma p} = 1; \quad K_{\lambda p} = 1; \quad K_{mp} = 1; \quad K_{rp} = 1;$$

$$K_p = 1,17.$$

Pjovimo jėgos (P, N) dedamosios tekinant:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 3,5^1 \cdot 0,7^{0,75} \cdot 91^{-0,15} \cdot 0,83 = 3422,4 \text{ N};$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 3,5^{0,9} \cdot 0,7^{0,6} \cdot 91^{-0,3} \cdot 0,41 = 1581,3 \text{ N};$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 3,5^1 \cdot 0,7^{0,5} \cdot 91^{-0,4} \cdot 1,17 = 1865,7 \text{ N}.$$

10. Apskaičiuojama pjovimui reikalinga galia:

$$N = \frac{P_z \cdot v_t}{60 \cdot 1020}; \quad (3.3.6.8)$$

čia: P_z – pjovimo jėgos dedamoji, N;

v_t – pjovimo greitis, m/min.

$$N = \frac{P_z \cdot v_t}{60 \cdot 1020} = \frac{3422,4 \cdot 91}{60 \cdot 1020} = 5,1 \text{ kW}.$$

11. Pagrindiniai pjovimo režimai turi tekinti sąlygą:

$$N \leq N_v \cdot \eta; \quad (3.3.6.9)$$

čia: N_v – pagrindinio sūklės elektros variklio galia (37 kW);

$\eta = 0,75$ – staklių pavaros naudingumo koeficientas.

$$5,1 < 27,8 \text{ (sąlyga tenkinama).}$$

Kiekvienai operacijai nustatome pjovimo gyli, pastūmą, apsisukimų dažnų, greitį [6,7] ir surašome visus duomenys į 3.3.6.1 lentelę.

3.3.6.1 lentelė

Pjovimo režimų skaičiavimo rezultatai

Perėjimo Nr.	Technologinės operacijos ir perėjimai	Staklių modelis	Pjovimo gylis t, mm	Pastūmas, mm/aps.	Apsisukimų dažnis n, aps/min.	Pjovimo greitis V, m/min	Minutinė pastūma s_m , mm/min
005 Galinio paviršiaus apdirbimas, centravimas, išorinio paviršiaus tekinimas							
1.	Galinių paviršių 1 tekinimas	CNC tekinimo - frezavimo staklės VDF 450 TM	2,9	0,6	225	82	133,2
2.	Galinių paviršių 1 centravimas		2,5	0,1	505	7,9	50,5
3.	Paviršiaus 3 grubus tekinimas		3,5	0,7	247	91	172,9
4.	Paviršiaus 3 glotnus tekinimas		0,2	0,2	380	132	76
5.	Nuožulos 2 nuėmimas		2	0,55	270	93	147,9
010 Galinio paviršiaus apdirbimas, centravimas							
1.	Galinių paviršių 11 tekinimas	CNC tekinimo - frezavimo staklės VDF 450 TM	2,9	0,6	225	82	133,2
2.	Galinių paviršių 11 centravimas		2,5	0,1	505	7,9	50,5
015 Tekinimas, frezavimas							
1	Paviršių 9, 7, 5, 3 grubus tekinimas	CNC tekinimo - frezavimo staklės VDF 450 TM	3,5	0,7	247	91	172,9
2	Paviršių 16, 15 grubus tekinimas		1,5	0,6	225	93	135
3	Paviršių 9, 3 glotnus tekinimas		0,2	0,2	380	132	76
4	Paviršių 5 glotnus tekinimas		0,2	0,3	325	117	96,9
5	Nuožulų 10, 4, 2 nuėmimas		2	0,55	270	93	147,9
6	Nuožulų 8, 6 nuėmimas		3	0,55	210	82	115,5
7	Pleištinio griovelio 12, 13, 14 frezavimas		7,5	0,08	615	54	246

8	Pleištinio griovelio 12, 13, 14 glotnus frezavimas		0,5	0,04	740	65	148
---	--	--	-----	------	-----	----	-----

3.3.7. Technologinio proceso normavimas

Vienetinis laikas detalėsgamybai nustatomas pagal formulę:

$$t_{vn} = t_0 + t_p + t_{ap} + t_{pl}; \quad (3.3.7.1)$$

čia: t_{vn} – vienetinis laikas;

t_p – pagalbinis laikas;

t_{ap} – darbo vietos aptarnavimo laikas;

t_{pl} – poilsio laikas.

Pagrindinis laikas t_0 skaičiuojamas kiekvienam perėjimui pagal formulę:

$$t_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{L \cdot i}{s_m} = \frac{L \cdot i}{s_z \cdot z \cdot n}; \quad (3.3.7.2)$$

čia: i – darbo eigų skaičius atliekamame perėjime;

L – įrankio perslinkimo ilgis apdirbimo metu, mm;

s_m – minutinė įrankio pastūma, mm/min;

z – frezos dantų skaičius;

n – apsisukimų dažnis, aps/min.

Automatinis, apdirbimo ciklo dydis L :

$$L = l + l_{is} + l_{i\check{s}} + l_{pr}; \quad (3.3.7.3)$$

čia: l – apdirbamo paviršiaus ilgis, mm;

l_{is} – įrankio įsipjovimo dydis, mm;

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

l_{pr} – įrankio privedimo prie ruošinio ilgis, mm.

Pagalbinis laikas t_p skirtas detalei įtvirtinti ir nuimti, pavaroms įjungti, išjungti, ruošiniui matuoti.

Pagalbinis laikas skaičiuojamas pagal formulę:

$$t_p = t_{pu} + t_{pv} + t_{pm}; \quad (3.3.7.4)$$

čia: t_{pu} – detalės uždėjimo ir nuėmimo laikas (0,15 min);

t_{pv} – staklių valdymo laikas:

staklių įjungimas ir išjungimas (0,03 min.);

įrankio nustatymo į pradinę padėtį (0,1 min.);

staklių skydo atidarymas ir uždarymas (0,03 min.);

t_{pm} – detalių matavimo laikas (0,22 min.).

Pagrindinio ir pagalbinio laiko suma vadinama operatyviuoju laiku. Į šį laiką įeina tik to pagalbinio laiko dalis, kuri neperdengiama mašininiu laiku.

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

$$t_{ap} = t_t + t_{org}; \quad (3.3.7.5)$$

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

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

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

Parkiniuose skaičiavimuose vienetinis laikas nustatomas pagal formulę:

$$t_v = t_{op} + \left(1 + \frac{\alpha + \beta + \gamma}{100}\right); \quad (3.3.7.6)$$

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

Skaičiuojama vienetinio laiko norma pirmajai operacijai (005) – galų apdirbimas, centravimas.

Pirmas perėjimas: Galinių paviršių 1 tekinimas. $n = 222 \text{ aps/min}$, $s = 0,6 \text{ mm/aps}$.

$$L = 58,75 + 4,1 + 1 + 1 = 64,85 \text{ mm};$$

$$t_0 = \frac{64,85 \cdot 1}{222 \cdot 0,6} = 0,46 \text{ min.}$$

Antras perėjimas: Galinių paviršių 1 centravimas. $n = 1000 \text{ aps/min}$, $s = 0,1 \text{ mm/aps}$.

$$L = 5 + 2,5 + 3,5 + 1 = 11 \text{ mm};$$

$$t_0 = \frac{11 \cdot 1}{1000 \cdot 0,1} = 0,11 \text{ min.}$$

Trečias perėjimas: Paviršiaus 3 grubus tekinimas. $n = 247 \text{ aps/min}$, $s = 0,7 \text{ mm/aps}$.

$$L = 124 + 3,5 + 1 + 1 = 129,5 \text{ mm};$$

$$t_0 = \frac{129,5 \cdot 1}{247 \cdot 0,7} = 0,75 \text{ min.}$$

Ketvirtas perėjimas: Paviršiaus 3 glotnus tekinimas. $n = 380 \text{ aps/min}$, $s = 0,2 \text{ mm/aps}$.

$$L = 124 + 0,2 + 1 + 1 = 126,2 \text{ mm};$$

$$t_0 = \frac{126,2 \cdot 1}{380 \cdot 0,2} = 2,05 \text{ min.}$$

Penktas perėjimas: Nuožulos 2 nuėmimas. $n = 269 \text{ aps/min}$, $s = 0,55 \text{ mm/aps}$.

$$L = 2 + 2 + 2 + 1 = 7 \text{ mm};$$

$$t_0 = \frac{7 \cdot 1}{269 \cdot 0,55} = 0,05 \text{ min.}$$

Pilnas mašininis laikas:

$$t_0 = 0,46 + 0,11 + 0,75 + 2,05 + 0,05 = 3,42 \text{ min.}$$

Pagalbinis laikas parenkamas iš normatyvinių lentelių:

$$t_p = 0,15 + 0,03 + 1 \cdot 0,1 + 0,03 + 0,22 = 0,62 \text{ min.}$$

Operatyvinis laikas:

$$t_{op} = 3,42 + 0,62 = 4,04 \text{ min.}$$

Vienetinis laikas t_v skaičiuojamas įvertinus techninio, organizacinio aptarnavimo ir asmeniniams poreikiams reikalingą laiką procentais.

$$\alpha = 4\%;$$

$$\beta = 4\%;$$

$$\gamma = 2,5\%.$$

Vienetinis laikas:

$$t_v = 4,04 + \left(1 + \frac{4 + 4 + 2,5}{100} \right) = 4,14 \text{ min.}$$

Skaičiuojama vienetinio laiko norma pirmajai operacijai (010) – galų apdirbimas, centravimas.

Pirmas perėjimas: Galinio paviršių 11 tekinimas. $n = 222 \text{ aps/min}$, $s = 0,6 \text{ mm/aps}$.

$$L = 58,75 + 4,1 + 1 + 1 = 64,85 \text{ mm};$$

$$t_0 = \frac{64,85 \cdot 1}{222 \cdot 0,6} = 0,46 \text{ min.}$$

Antras perėjimas: Galinio paviršiaus 11 centravimas. $n = 1000 \text{ aps/min}$, $s = 0,1 \text{ mm/aps}$.

$$L = 5 + 2,5 + 3,5 + 1 = 11 \text{ mm};$$

$$t_0 = \frac{11 \cdot 1}{1000 \cdot 0,1} = 0,11 \text{ min.}$$

Pilnas mašininis laikas:

$$t_0 = 0,46 + 0,11 = 0,57 \text{ min.}$$

Pagalbinis laikas parenkamas iš normatyvinių lentelių:

$$t_p = 0,15 + 0,03 + 2 \cdot 0,1 + 0,03 + 0,22 = 0,63 \text{ min.}$$

Operatyvinis laikas:

$$t_{op} = 0,57 + 0,63 = 1,2 \text{ min.}$$

Vienetinis laikas t_v skiačiuojamas įvertinus techninio, organizacinio aptarnavimo ir asmeniniams poreikiams reikalingą laiką procentais.

$$\alpha = 4\%;$$

$$\beta = 4\%;$$

$$\gamma = 2,5\%.$$

Vienetinis laikas:

$$t_v = 1,2 + \left(1 + \frac{4 + 4 + 2,5}{100} \right) = 2,3 \text{ min.}$$

Skaičiuojama vienetinio laiko norma antrajai operacijai (015) – tekinimas, frezavimas.

Pirmas perėjimas: Paviršių 9, 7, 5 grubus tekinimas. $n = 247 \text{ aps/min}$, $s = 0,7 \text{ mm/aps}$.

$$L = 264 + 3,5 + 15 + 1 = 283,5 \text{ mm};$$

$$t_0 = \frac{283,5 \cdot 1}{247 \cdot 0,7} = 1,61 \text{ min.}$$

Antras perėjimas: Paviršių 16, 15 grubus tekinimas. $n = 225 \text{ aps/min}$, $s = 0,6 \text{ mm/aps}$.

$$L = 13,6 + 1 + 1 + 1 = 16,6 \text{ mm};$$

$$t_0 = \frac{16,6 \cdot 2}{245 \cdot 0,6} = 0,24 \text{ min.}$$

Trečias perėjimas: Paviršiaus 9 glotnus tekinimas. $n = 380 \text{ aps/min}$, $s = 0,2 \text{ mm/aps}$.

$$L = 80 + 0,2 + 1 + 1 = 82,2 \text{ mm};$$

$$t_0 = \frac{82,2 \cdot 1}{308 \cdot 0,2} = 1,33 \text{ min.}$$

Ketvirtas perėjimas: Paviršiaus 5 glotnus tekinimas. $n = 323 \text{ aps/min}$, $s = 0,2 \text{ mm/aps}$.

$$L = 150 + 0,2 + 1 + 1 = 152,2 \text{ mm};$$

$$t_0 = \frac{152,2 \cdot 1}{308 \cdot 0,2} = 1,57 \text{ min.}$$

Penktas perėjimas: Nuožulų 10, 4 nuėmimas. $n = 269 \text{ aps/min}$, $s = 0,55 \text{ mm/aps}$.

$$L = 2 + 2 + 2 + 1 = 7 \text{ mm};$$

$$t_0 = \frac{7 \cdot 2}{269 \cdot 0,55} = 0,9 \text{ min.}$$

Šeštas perėjimas: Nuožulų 8, 6 nuėmimas. $n = 210 \text{ aps/min}$, $s = 0,55 \text{ mm/aps}$.

$$L = 3+3+1 = 7 \text{ mm};$$

$$t_0 = \frac{7 \cdot 2}{210 \cdot 0,55} = 0,12 \text{ min.}$$

Septintas perėjimas: Pleištinio griovelio 12, 13, 14 frezavimas $n = 615 \text{ aps/min}$, $s = 0,08 \text{ mm/aps}$.

$$L = 102+7,5+1+1 = 111,5 \text{ mm};$$

$$t_0 = \frac{111,5 \cdot 1}{615 \cdot 0,08} = 2,26 \text{ min.}$$

Aštuntas perėjimas: Pleištinio griovelio 12, 13, 14 glotnus frezavimas $n = 740 \text{ aps/min}$, $s = 0,04 \text{ mm/aps}$.

$$L = 102+0,5+9+1 = 112,5 \text{ mm};$$

$$t_0 = \frac{112,5 \cdot 1}{740 \cdot 0,04} = 3,8 \text{ min.}$$

Pilnas mašininis laikas:

$$t_0 = 1,61+0,24+1,33+1,57+0,9+0,12+2,26+2,3 = 10,35 \text{ min.}$$

Pagalbinis laikas parenkamas iš normatyvinių lentelių:

$$t_p = 0,15+0,03+8 \cdot 0,1+0,03+0,22 = 1,23 \text{ min.}$$

Operatyvinis laikas:

$$t_{op} = 10,35+1,23 = 11,58 \text{ min.}$$

Vienetinis laikas t_v skiačiuojamas įvertinus techninio, organizacinio aptarnavimo ir asmeniniams poreikiams reikalingą laiką procentais.

$$\alpha = 4\%;$$

$$\beta = 4\%;$$

$$\gamma = 2,5\%.$$

Vienetinis laikas:

$$t_v = 11,58 + \left(1 + \frac{4 + 4 + 2,5}{100}\right) = 12,68 \text{ min.}$$

Techninio normavimo laikai pateikiami 3.3.7.1 lentelėje.

3.3.7.1 lentelė

Techninio normavimo laikai

Operacija	Pagrindinis laikas t_0 (min)	Operatyvinis laikas t_{op} (min)	Vienetinis laikas t_v (min)	Bendras operacijų laikas t_b (min)
005 galų apdirbimas, centravimas	3,42	4,01	4,08	18,46
010 galų apdirbimas, centravimas	0,57	1,1	2,1	
015 tekinimas, frezavimas	10,35	11,50	12,51	

4. ŽMONIŲ IR APLINKOS APSAUGA

Kranai, judantys pakeltaisiais bėgių keliais, turi būti montuojami laikantis šių reikalavimų [20]:

- atstumas nuo aukščiausio kranų taško iki pastato lubų, žemiausios gegnių santvaros juostos arba prie jos pritvirtintų įrenginių, taip pat iki kito aukštu aukščiau dirbančio kranų žemiausio taško turi būti ne mažesnis kaip 100 mm;

- atstumas nuo atraminio kranų aikštelių ir galerijos (nepaisant galinių sijų ir vežimėlių) iki išsistinės perdangos arba stogo pakalo, taip pat iki žemiausios gegnių santvaros juostos arba prie jos pritvirtintų įrenginių bei iki kito aukštu aukščiau dirbančio kranų žemiausio taško turi būti ne mažesnis kaip 1800 mm;

- atstumas nuo išsikišusių galinių kranų dalių iki kolonų, pastato sienų ir galerijų turėklų turi būti ne mažesnis kaip 60 mm. Šis atstumas nustatomas, kai kranų ratai yra simetriški su bėgiais;

- atstumas nuo žemiausios kranų dalies (nepaisant krovinio kabinimo įtaiso) iki cecho grindų arba aikštelių, kuriose gali būti žmonių (išskyrus kranų remonto aikšteles), turi būti ne mažesnis kaip 2000 mm.

- atstumas nuo žemiausių išsikišusių kranų dalių (nepaisant krovinio kabinimo įtaiso) iki įrenginių, išdėstytų jo veikimo zonoje, turi būti ne mažesnis kaip 400 mm;

- atstumas nuo kranų kabinos arba nuo trolėjų priežiūros kabinos iki sienos, įrenginių, vamzdinių, išsikišusių pastato dalių, kolonų, pagalbinių pastatų stogų ir kitų daiktų, šalia kurių juda kabina, turi būti ne mažesnis kaip 400 mm;

- atstumas tarp krovinių vežimėlio aptvarų ir tilto gale esančių turėklų, vežimėliui esant kraštinėje padėtyje, turi būti ne mažesnis kaip 400 mm.

Kranai privalo būti aiškiai paženklinėti, nurodant: jų leistiną apkrovą, o prireikus tinkamoje vietoje reikia nurodyti leistiną apkrovą kiekvienai kranų konfigūracijai, registruojamų kranų registracijos numerį ir artimiausią techninės būklės patikrinimo datą. Kranai, kurie neskirti žmonėms kelti, bet kurie gali būti panaudoti ne pagal paskirtį, privalo būti tinkamai ir aiškiai paženklinėti, kokiam tikslui skirti, nurodant, kad juos naudoti žmonėms kelti draudžiama.

Darbai su kranais turi būti skiriami reikiamos kvalifikacijos ir atestuoti mašinistai. Mašinisto pažymėjime turi būti nurodyta, su kokio tipo kranu jam leidžiama dirbti. Jeigu mašinistas perkeltas dirbti su kito tipo kranu, pvz., iš bokštinio į tiltinį, tai prieš skiriant naujoms pareigoms

jį būtina apmokyti ir atestuoti. Atestavimas vykdomas Instruktavimo, mokymo ir atestavimo darbuotojų saugos ir sveikatos klausimais nuostatų nustatyta tvarka.

Kranų remontui ir priežiūrai savininkas turi skirti tik reikiamos kvalifikacijos ir specialiai tam apmokytus asmenis - šaltkalvius, elektromonterius. Jeigu kraną savininkas neturi reikiamos kvalifikacijos asmenų ar remonto tarnybos, jis gali sudaryti sutartį su specializuota įmone ar asmeniu, užsiimančiu šia veikla.

Kranų savininkai privalo sudaryti saugias kranų ir kėlimo reikmenų naudojimo sąlygas. Šiam tikslui turi būti:

- paskiriami reikiamos kvalifikacijos kranų priežiūros meistras, kranų darbo vadovai bei kranus aptarnaujantis personalas;

- nustatoma tokia kranų ir kėlimo reikmenų profilaktinių apžiūrų ir remonto tvarka, kad jie visada būtų tvarkingi;

- užtikrinama, kad kranų priežiūros meistrai, kranų darbo vadovai ir kranus aptarnaujantis personalas gautų visapusišką informaciją apie kranų bei kėlimo reikmenų naudojimo ypatumus darbo vietose, taip pat gautų reikiamas instrukcijas ir įrenginių naudojimo dokumentus;

- tikrinama, kad kranų priežiūros meistrai, kranų darbo vadovai ir kranus aptarnaujantis personalas vykdytų savo pareigas, darbo instrukcijų ir šių taisyklių reikalavimus.

Negalima leisti eksploatuoti kraną, jeigu:

- su juo dirba neatestuoti mašinistai (operatoriai), neapmokyti stropuotojai, jeigu nepaskirti kranų darbo vadovai;

- kranas eksploatuojamas laiku neatlikus jo techninės būklės patikrinimo;

- nevykdomi įgaliotos įstaigos eksperto ir kontroliuojančių institucijų pareigūnų nurodymai;

- svarbiose metalinėse konstrukcijose yra įtrūkimų, kitų defektų, mažinančių konstrukcijų stiprumą ir keliančių pavojų saugiam kranų naudojimui;

- neleistinais nusidėvėję kabliai, lynai, grandinės;

- nesutvarkyti krovinio kėlimo ar strėlės siekio keitimo mechanizmai;

- nesutvarkyti krovinio kėlimo ar strėlės siekio keitimo mechanizmų stabdžiai;

- nesutvarkytas kablų kėlimo aukščio ribotuvas, keliamosios galios ribotuvas, signaliniai prietaisai, kiti saugos įtaisai arba yra kitų defektų, keliančių žmonėms pavojų.

Leisti naudoti naujus kėlimo reikmenis gali kranų priežiūros meistras arba kranų darbo vadovas.

Kelti ir perkelti krovinius keliais kranais leidžiama tik tais atvejais, kai kiekvieno kraną apkrova, keliant krovinį, nesusidaro didesnė už kraną keliamąją galią ir darbai vykdomi pagal

iš anksto parengtą projektą arba technologinę kortelę, kuriuose nurodomos krovinių stropavimo ir perkėlimo schemas, operacijų vykdymo eiliškumas, krovinio kėlimo lynų padėtis.

Atliekant krovinių kėlimo darbus krano veikimo zoną būtina pažymėti įspėjamaisiais ženklais. Tokiose zonose pašaliniais asmenims būti draudžiama.

Pakabintų ir pakeltų krovinių palikti be priežiūros negalima, nebent krovinyt saugiai pakabintas ir laikomas, o tam užtikrinti numatytos reikiamos priemonės bei nėra galimybės patekti po pakeltu kroviniu.

Krano savininkas privalo užtikrinti saugų krano naudojimą ir kvalifikuotą jo nuolatinę priežiūrą, vadovaudamasis gamintojo pateiktais krano naudojimo dokumentais ir šių Taisyklių, Potencialiai pavojingų įrenginių priežiūros įstatymo, Darbo įrenginių naudojimo bendrųjų nuostatų, kitų teisės aktų, reglamentuojančių kėlimo įrenginių naudojimą, reikalavimais. Krano savininkas privalo visą krano naudojimo laiką saugoti ir pildyti krano naudojimo dokumentų bylą (krano pasą). Krano naudojimo instrukcija turi būti surašyta valstybine kalba.

Jeigu krano gamintojas nustatė griežtesnes krano naudojimo sąlygas negu nustato šios Taisyklės, būtina vadovautis gamintojo nustatytais sąlygomis.

Krano savininkas privalo užtikrinti, kad kranas būtų sumontuotas ir pastatytas gamintojo numatytais sąlygomis. Jeigu montuojami ir pastatomi iki Techninio reglamento „Mašinų sauga“ įsigaliojimo pagaminti kranai ir gamintojo pateiktos montavimo ir pastatymo sąlygos nepakankamai detalios apibrėžtos, turi būti vadovaujamasi šių Taisyklių 1 priede išdėstytais minimaliais saugos ir sveikatos reikalavimais.

Kranai, naudojami patalpose arba objektuose, kuriuose gali susidaryti sprogį aplinka, turi atitikti Lietuvos Respublikos ūkio ministro 1999 m. gruodžio 27 d. įsakymo Nr. 432 „Dėl Įrangos ir apsaugos sistemų, naudojamų potencialiai sprogioje aplinkoje, techninio reglamento tvirtinimo“ (Žin., 2000, Nr. 7-198; 2002, Nr. 56-2279) reikalavimus.

Naudojamas kranas turi būti aiškiai paženklintas, nurodant jo tipą (marke), registracijos numerį, keliamąją galią, taip pat turi būti nurodytos atliktos ir būsimos techninės būklės tikrinimo datos. Krano ženklinimo lentelės pavyzdys pateiktas 1 priedo 4 skyriuje. Kintamos kėlimo galios krane kranininkui matomoje vietoje turi būti pritvirtinta apkrovos diagrama. Kranai, kurie gali būti pritaikomi (naudojant gamintojo reglamentuotas papildomas priemonės) ir naudojami žmonėms kelti, turi būti pažymėti, kad gali būti skirti žmonėms kelti. Tokių kranų naudojimo dokumentuose turi būti nurodoma, kokią įrangą ir papildomas saugos priemones būtina naudoti keliant žmones.

Krano savininkas turi teisę pasirinkti nuolatinės krano priežiūros organizavimo būdą – atlikti nuolatinę priežiūrą savo jėgomis (kai turi reikiamos kvalifikacijos atestuotą personalą) arba nuolatinės priežiūros vykdymą perduoti licencijuotai įmonei, teikiančiai kėlimo įrenginių nuolatinės priežiūros paslaugas pagal tiesiogiai (be tarpininkų) tarp įrenginio savininko ir licencijuotos įmonės

sudaromą sutartį. Sutartyje turi būti nurodytos perduodamos funkcijos bei krano savininko ir licencijuotos įmonės atsakomybės ribos, užtikrinant saugų krano naudojimą.

Jei kranas išnuomojamas (suteikiamas naudotis) fiziniam arba juridiniam asmeniui, turi būti sudaroma nuomos (panaudos) sutartis. Krano nuomos (panaudos) sutartyje turi būti nustatytos krano savininko ir nuomininko pareigos ir atsakomybės ribos, susijusios su personalo skyrimu, krano nuolatine priežiūra ir saugiu jo naudojimu nuomos periodu.

Krano savininkas nuomininkui turi pateikti visą informaciją, būtiną saugiam krano naudojimui užtikrinti.

5. EKONOMINĖ DALIS

Pagrindinių ekonominių rodiklių skaičiavimas vykdomas įvertinant išlaidas pradinėje projektavimo stadijoje, tiesiogines ir netiesiogines išlaidas, veiklos sąnaudas bei finansines, investicines sąnaudas. 5.1 lentelės pildymas vyksta apskaičiavus visus minėtus rodiklius.

5.1 lentelė

Gaminio savikainos skaičiavimas

Išlaidų straipsnis		Išlaidos, Lt
I. Gaminio projektavimo ir technologinio rengimo išlaidos		
a)	projektavimo darbai	24472,17
b)	technologijos paruošimo darbai	36381,50
Iš viso projektavimo ir technologinio rengimo išlaidų		60853,67
II. Tiesioginės gamybos išlaidos		
1. Tiesioginės medžiagų sąnaudos		
a)	medžiagų ir žaliavų išlaidos	169102,42
b)	grįžamosios atliekos	-720,00
c)	Pagalbinių medžiagų išlaidos	9950,00
d)	Pusgaminių, komplektuojamų gaminių, atsarginių detalių išlaidos	31206,78
2. Tiesioginės darbo apmokėjimo sąnaudos (pagrindinės gamybos darbininkams)		
a)	darbo užmokestis	49343,66
b)	socialinis draudimas (30,98%)	15286,67
Iš viso tiesioginių gamybos išlaidų		274169,53
III. Netiesioginės gamybos išlaidos:		
a)	Energijos išlaidos technologiniams tikslams	39010,75
b)	vandens išlaidos	86,19
c)	aptarnaujančio personalo darbo užmokesčio ir socialinio draudimo išlaidos	33962,02
d)	patalpų apšvietimo išlaidos	16571,52
e)	ilgalaikio turto nusidėvėjimas	75331,00
Iš viso netiesioginių gamybos išlaidų		164961,48
Gamybos savikaina		499984,68
IV.	Veiklos sąnaudos	37172,00
V.	Iš viso išlaidų	537156,00
	Gamybos programa, vnt.	1
	Vieno gaminio išlaidos	537156,00
Gaminio pardavimo kaina		800000,00

Projektavimo darbų trukmė priklauso nuo gaminio sudėtingumo ir naujumo. Projektavimo darbai ir jiems atlikti skirti laiko intervalai pateikti 5.2 lentelėje.

5.2 lentelė

Projektavimo darbų laiko sąnaudos

Eilės Nr.	Projektavimo darbų charakteristikos	Detalių projektavimo laiko sąnaudos, val.	Brėžinių skaičius, vnt.	Visų detalių laiko sąnaudos, val.
1.	Techninė užduotis	0,8 – 1,4	60	66
2.	Techninis projektas	2,0 – 7,0	42	168
3.	Darbo brėžiniai	2,0 – 4,0	400	1200
4.	Surinkimo brėžiniai	0,8 – 1,2	55	55
5.	Brėžinių kontrolė	0,8 – 1,4	145	159,5
6.	Specifikacijų ir techninių sąlygų sudarymas	2,0 – 4,0	55	165
7.	Bandomojo pavyzdžio gamyba	0,3 – 4,0	130	260
8.	Brėžinių po bandymo taisymas	0,5 – 4,0	40	80
9.	Darbų apiforminimas	0,3 – 4,0	145	190
10.	Kopijavimo darbai	0,1 – 1,0	145	72,5
Iš viso:				2416

Apskaičiavus projektavimo laiko sąnaudas, skaičiuojamos projektuotojų darbo apmokėjimo sąnaudos.

Projektuotojo darbo apmokėjimo sąnaudos pateikiamos 5.3 lentelėje.

5.3 lentelė

Projektuotojo darbo apmokėjimo sąnaudos

Eilės Nr.	Projektavimo darbai	Visų detalių laiko sąnaudos, val.	Visų detalių laiko sąnaudos, dienomis	Vidutinis dienos darbo užmokestis, Lt	Apmokėjimo suma, Lt
1.	Techninė užduotis	66	8,25	100,0	825,0
2.	Techninis projektas	168	21	100,0	2100,0
3.	Darbo brėžiniai	390	48,75	95,0	4631,25
4.	Surinkimo brėžiniai	15	1,88	95,0	178,6
5.	Brėžinių kontrolė	159,5	19,94	85,0	1694,9
6.	Specifikacijų ir techninių sąlygų sudarymas	45	5,62	80	449,6
7.	Bandomojo pavyzdžio gamyba	260	32,5	95,0	3087,5
8.	Brėžinių po bandymo taisymas	80	10	90,0	900,0
9.	Darbų apiforminimas	190	23,75	80,0	1900,0
10.	Kopijavimo darbai	72,5	9,06	75,0	679,5
Iš viso:		1446	180,75		16446,35

Gaminio projektavimo sąnaudų apskaičiavimas pateikiamas 5.4 lentelėje.

5.4 lentelė

Gaminio projektavimo sąnaudos

Eilės Nr.	Kalkuliaciniai straipsniai	Suma, Lt
1.	Medžiagų sąnaudos (3%)	493,39
2.	darbo užmokesčio sąnaudos	16446,35
3.	Socialinio draudimo sąnaudos (30,98%)	5065,48
4.	Veiklos sąnaudos (15%)	2466,95
Iš viso:		24472,17

Ruošinių gamybos technologijos darbo užmokesčio sąnaudų suvestinė pateikiama 5.5 lentelėje.

5.5 lentelė

Ruošinių gamybos technologijos darbo užmokesčio sąnaudos

Eilės Nr.	Darbų rūšis	Ruošinių skaičius, vnt.	Darbų imlumas, val.	Valandinis tarifas, Lt	Ruošinio gamybos technologijos darbo užmokesčio sąnaudos, Lt
1.	Detalių technologiškumo analizė	130	2,0 – 7,0	15,0	7800,0
2.	Technologijos ruošiniams pagaminti parengimas	130	2,0 – 4,0	15,0	5850,0
Iš viso:					13650,0

Prenkant ruošinį svarbu atlikti išsamią gaminamos detalės ar detalių technologiškumo analizę. Prieš pradedant gamybinį procesą taip pat reikia numatyti gaminio ruošinių pagaminimo būdus ir jų išsamią technologiją. Šiuos darbus atlieka technologai, valandiniai įkainiai nustatomi remiantis vidutinių tarifinių atlygių bei konsultuojantis su realiai egzistuojančių firmų vadovais. Mechaninio apdirbimo technologijos darbo užmokesčio sąnaudų suvestinė pateikiama 5.6 lentelėje.

5.6 lentelė

Mechaninio apdirbimo technologijos darbo užmokesčio sąnaudos

Darbų rūšis	Detalių skaičius, vnt.	Darbų imlumas, val.	Valandinis tarifas, Lt	Detalių apdirbimo technologijos darbo užmokesčio sąnaudos, Lt
Mechaninio apdirbimo technologijos parengimas	130	2,0 -7,0	15,0	7800,0
Iš viso:				7800,0

Turint atliktas detalių technologiškumo analizes, nustatomas jiems pagaminti gamybos technologinio proceso turinys, parenkami įrengimai, įrankiai bei darbininkų, atliekančių mechanines operacijas vienetiniai laikai. Kitų technologinių procesų darbo užmokesčio sąnaudų suvestinė pateikiama 5.7 lentelėje.

5.7 lentelė

Kitų technologinių procesų darbo užmokesčio sąnaudos

Eilės Nr.	Darbų rūšis	Detalių (surinkimo vienetų) skaičius, vnt.	Darbų imlumas, val.	Valandinis tarifas, Lt	Kitų technologijų procesų darbo užmokesčio sąnaudos, Lt
1.	Suvirinimo darbų technologijos parengimas	25	1,0 – 4,0	15,0	1125,0
2.	Surinkimo ir šaltkalviškų darbų technologijos parengimas	50	1,0 – 3,5	15,0	1875,0
Iš viso:					3000,0

5.8 lentelė

Gaminio technologinio parengimo sąnaudos

Eilės Nr.	Kalkuliaciniai straipsniai	Suma, Lt
1.	Medžiagų sąnaudos (3%)	733,5
2.	darbo užmokesčio sąnaudos	24450,0
3.	Socialinio draudimo sąnaudos (30,98%)	7530,5
4.	Veiklos sąnaudos (15%)	3667,5
Iš viso:		36381,5

Atsižvelgiant į planuojamos gamybos programos apimtį, apskaičiuojamas medžiagų ir žaliavų poreikis. Parenkama konkreti medžiaga. Taip pat atliekama medžiagų kainų analizė ir tik tada skaičiuojamos išlaidos medžiagoms ir žaliavoms įsigyti. Perkamos medžiagos pateikiamos 5.9 lentelėje.

5.9 lentelė

Pagrindinių medžiagų vertė

Medžiagos pavadinimas	Kaina, Lt	Matavimo vienetai	Sunaudota medžiagų	Medžiagų vertė, Lt
Plienas 40X, apvalaus strypas, Ø130	2900,0	t	0,5	1450,0
Lakštinis plienas S235JR s=16	2700,0	t	45	121500,0
Lakštinis plienas S235JR s=20	2800,0	t	12	33600,0
Lakštinis plienas S235JR s=10	2751,06	t	0,5	1375,53
Lakštinis plienas S235JR s=25	2847,06	t	0,7	1992,94
Lakštinis plienas S235JR s=30	2287,82	t	0,3	686,35
Juosta 40x5 S235JR	3050	t	0,5	1525,0
Vamzdis Ø20	10	m	300	3000,0
Kampuotis 50x50x4	19,90	m	120	2388,0
Kampuotis 70x70x6	21,80	m	45	981,0
Stačiakampis vamzdis 250x15x8	25,15	m	24	603,6
Iš viso:				169102,42

5.10 lentelė

Grįžtamųjų atliekų vertė

Atliekų pavadinimas	Atliekų kiekis, kg	Atliekų kaina, Lt/kg	Suma, Lt
Juodas metalas	800	0,9	720,0

Pagalbinių medžiagų vertė

Medžiagų pavadinimas	Matavimo vienetai	Kaina, Lt	Sunaudota medžiagų	Medžiagų vertė, Lt
Dažai	kg	25,00	60	1500,00
Dujos suvirinimo darbams	ltr.	1,20	750	900,00
Elektrodai, suvirinimo viela	kg	5,80	1000	5800,00
Kitos medžiagos	kg	35,00	50	1750,00
Iš viso:				9950,00

Įsigyjamų pusgaminų, komplektuojamų gaminių vertės skaičiavimas

Pusgaminų, komplektuojamų gaminių pavadinimas	Pusgaminų, komplektuojamų gaminių kiekis, vnt.	Pusgaminio, komplektuojamo gaminio kaina, Lt	Suma, Lt
El. spinta	1	1500,00	1500,00
Talė KVATB6635E3N	1	20000,00	20000,00
Motoreduktorius BA72D	4	310,00	1240,00
Guolis 6322/C3	16	300,00	4800,00
Varžtas M27x80 DIN931 kl.10	100	0,22	220,00
Varžtas M30x100 DIN931 kl.8.8	54	0,30	16,20
Varžtas M8x25 DIN 931 cinkuoti kl.5.8	40	0,12	4,80
Varžtas M10x25 DIN 931 cinkuoti kl.5.8	90	0,13	11,70
Varžtas M12x25 DIN 931 cinkuoti kl.5.8	72	0,15	10,80
Varžtas M12x45 DIN 931 cinkuoti kl.8.8	112	0,16	17,92
Varžtas M14x20 DIN 931 cinkuoti kl.8.8	56	0,19	10,64
Spyruoklinė poveržlė 27 DIN 127 cinkuoti	80	0,07	5,60
Spyruoklinė poveržlė 10 DIN 127 cinkuoti	90	0,04	3,60
Spyruoklinė poveržlė 8 DIN 127 cinkuoti	40	0,04	1,60
Spyruoklinė poveržlė 12 DIN 127 cinkuoti	184	0,02	3,68
Spyruoklinė poveržlė 14 DIN 127 cinkuoti	56	0,05	2,80
Veržlė M12 DIN 934 cinkuoti kl.5.8	50	0,02	1,00

5.12 lentelės tęsinys

Pusgaminių, komplektuojamų gaminių pavadinimas	Pusgaminių, komplektuojamų gaminių kiekis, vnt.	Pusgaminių, komplektuojamo gaminio kaina, Lt	Suma, Lt
Veržlė M10 DIN 934 cinkuoti kl.5.8	30	0,02	0,60
Veržlė M27 DIN 6915 cinkuoti kl.10	48	0,07	3,36
Veržlė M30 DIN 6915 cinkuoti kl.10	54	0,12	6,48
Štampuoti gaminiai (ratas)	8	120	960,00
Štampuoti gaminiai (krumpliaratis)	8	200	1600,00
Štampuoti gaminiai (ašis)	8	96	768,00
Iš viso			31206,78

5.13 lentelė

Įrengimų poreikio ir jų galingumo skaičiavimas

Eilės Nr.	Įrengimų pavadinimas	Kiekis vnt.	Įrengimų vertė, Lt	Galingumas, kW
1	„MAG“ CNC tekimo – frezavimo staklėmis VDF 450 TM	1	450000,00	37,0
2	„MAG“ CNC galų apdirbimo-centravimo staklės VDF 450 FC	1	300000,00	30,0
3	Plazminio pjovimo staklės „TOPAZ HD2000“	1	100000,00	5,0
4	Mechaninės gręžimo staklės B – 1850FE/400	1	24300,00	4,0
I. Iš viso:		4	874300,00	76,0
Kiti įrengimai				
1	Suvirinimo aparatai	5	30000,00	60,0
II. Iš viso:		5	30000,00	60,0
Transporto priemonės				
1	Automobilis „Volsvagen Transporter“	1	100000,00	-
2	Pakrovėjas	1	40000,00	-
III. Iš viso:		2	140000,00	-
Iš viso: (I. + II. + III.)		10	1044300,00	136,0
IV. Pristatymo, montavimo, komplektavimo, derinimo išlaidos (10 % nuo I. + II. + III.) sumos		-	104430,00	-
Įsigijimo savikaina (I. + II. + III + IV.).		-	1148730,00	-
Išlaidos elektros energijai, technologiniams tikslams, Lt		-	39010,75	-

5.14 lentelė

Ilgalaikio turto nusidėvėjimo skaičiavimas

Materialus ilgalaikis turtas	Įsigijimo vertė, Lt	Likvidacinė vertė, Lt	Normatyvas, metais	Nusidėvėjimo suma metams, Lt	Nusidėvėjimo suma 3 mėn, Lt
1. Staklės	874300,00	87430,00	5	157374,00	39343,50
2. Kiti įrengimai	30000,00	3000,00	4	6750,00	1687,50
3. Transporto priemonės	140000,00	14000,00	5	137200,00	34300,00
Iš viso				301324,00	75331,00

5.15 lentelė

Vieno darbininko efektyvus metinis darbo laiko fondas

Laiko struktūra	Planas
1. Kalendorinis darbo laiko fondas, dienomis	365
2. Poilsio dienos	112
2.1 Šventės	9
2.2 Poilsio dienos	103
3. Nominalusis darbo laiko fondas, dienomis	253
4. Neaktykimai i 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 sutrūkinėjimai (vidutiniškai žmogui), val.	0,22
7.1 Už darbą kenksmingomis sąlygomis	0,2
7.2 Paugliams	0,01
7.3 Motinaičioms motinoms	-
7.4 Prieššventinėmis dienomis	0,01
8. Vidutinė darbo dienos trukmė, val.	7,78
9. Efektyvus darbo laiko fondas, val.	1587

5.16 lentelė

Pagrindinių darbininkų darbo užmokesčio apskaičiavimas

Profesijos pavadinimas	Skaičius	Kvalifikacinė kategorija	Valandinis įkainis, Lt	Laikas vienai detalei apdirbti, val.	Gamybos programa	Dirbta valandų	Atlyginimas, Lt
Projektuojamai detalei „pirštas“ pagaminti							
Tekintojas-frezuotojas	1	III	10,00	0,162	16	2,592	25,92
Projektuojamai detalei „velenas I“ pagaminti							
Tekintojas-frezuotojas	1	III	10,00	0,666	4	2,664	26,64
Projektuojamai detalei „velenas II“ pagaminti							
Tekintojas-frezuotojas	1	III	10,00	0,283	4	1,231	12,31
Iš viso						6,39	63,88

Pagrindinės gamybos darbininkai visą detalių programą pagamina per 528 valandų. Tekintojas – frezuotojas 20 t. Ožinio krano reikiamas detales pagamins per 40 val. Gręžėjas dirbs 352 val. , 5 suvirintojai dirbs po 528 val. Metalų lakštų pjaušytojas dirbs 528 val. Dažymo darbai vyks 176 val. Surinkimo ir kiti darbai truks 264 val.

5.17 lentelė

Tiesioginių darbo užmokesčio išlaidų skaičiavimas

Profesijos pavadinimas		Pagrindinis DU*, Lt	Papildomas DU*, Lt	Bendras DU*, Lt	Atskaitymai socialiniam draudimui, Lt	Iš viso DU* išlaidų, Lt
Projektuojamoms detalėms pagaminti	Tekintojas-frezuotojas	63,88	6,38	70,26	21,64	91,90
Kitoms detalėms pagaminti	Tekintojas-frezuotojas	330,00	33,00	363,00	112,46	475,46
	Gręžėjas	2464,00	246,40	2710,40	839,68	3550,08
	Suvirintojas	4500,00	450,00	4950,00	1524,60	6474,60
	Suvirintojas	4500,00	450,00	4950,00	1524,60	6474,60

5.17 lentelės tęsinys

Profesijos pavadinimas	Pagrindinis DU*, Lt	Papildomas DU*, Lt	Bendras DU*, Lt	Atskaitymai socialiniam draudimui, Lt	Iš viso DU* išlaidų, Lt
Suvirintojas	4500,00	450,00	4950,00	1524,60	6474,60
Suvirintojas	4500,00	450,00	4950,00	1524,60	6474,60
Suvirintojas	4500,00	450,00	4950,00	1524,60	6474,60
Metalo lakštų pjaustytojas	4000,00	400,00	4400,00	1363,12	5763,12
Dažymo darbai	1500,00	150,00	1650,00	511,17	2161,17
Surinkimo darbai	8000,00	800,00	8800,00	2726,24	11526,24
Kiti darbai	6000,00	600,00	6600,00	2044,68	8644,68
Iš viso	44857,88	4485,79	49343,66	15286,67	64630,33

*DU – darbo užmokestis

5.18 lentelė

Vandens, kuris buvo sunaudotas gamybos tikslams išlaidų suvestinė

Rodiklis	Vandens kiekis įrenginiui, l / val.	Kubinio metro kaina, Lt	Staklių darbo laikas, val.	Išlaidos šaltam vandeniui, Lt
Aušinimo skysčiui	0,6	6,63	8	53,04
Detalėms plauti	12	6,63	5	33,15
Iš viso				86,19

5.19 lentelė

Netiesioginės darbo užmokesčio išlaidos

Eilės Nr.	Profesijos pavadinimas	Darbuotojų skaičius	Mėnesinis atlyginimas, Lt	Papildomas *DU, Lt	Atskaitymai soc. draudimui, Lt	Mėnesio *DU išlaidos, Lt	Iš viso *DU išlaidų, Lt
1	Elektrikas	1	1800,00	180,00	609,84	2589,84	2589,84
2	Valytoja	1	800,00	80,00	272,62	1152,62	4610,50
3	Vairuotojas	1	1400,00	140,00	474,32	2014,32	6042,96
4	Sandelininkas	1	1200,00	120,00	406,56	1726,56	6906,24
5	Sargas	2	2400,00	240,00	813,12	3453,12	13812,48
	Iš viso:		7600,00	760,00	2589,93	10949,93	33962,02

*DU – darbo užmokestis

Elektirkas dirbs 1 mėnesį;
Valytoja – 4 mėn;
Vairuotąjas – 3 mėn;
Sandėlininkas – 4 mėn;
Sargas – 4 mėn.

5.20 lentelė

Išlaidos patalpų apšvietimui

Eilės Nr.	Patalpų pavadinimas	Šildomas 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	200	60	528	6336	0,42	2661,12
2	Gamybinės patalpos	1000	40	528	21120		8870,40
3	Sandelių patalpos	2000	40	100	8000		3360,00
4	Kitos patalpos	1000	40	100	4000		1680,00
	Iš viso:	4200					16571,52

Bendros ir administracinės sąnaudos

5.21 lentelė

Eil. Nr.	Sąnaudų pavadinimas	Sąnaudos, Lt
1.	Atlyginimų sąnaudos	17788,80
2.	Socialinio draudimo sąnaudos	1047,20
3.	Remonto ir eksploatacijos sąnaudos	17486,00
4.	Kanceliarinių prekių ir prenumeratos sąnaudos	350,00
5.	Telefoninių pokalbių sąnaudos	500,00
	Iš viso	37172,00

Atlyginimų ir socialinio draudimo sąnaudos

Eil. Nr.	Pareigos	Darbuotojų skaičius	Mėnesinė alga, Lt	Atskaitymai soc. draudimui, Lt	Mėnesio DU išlaidos, Lt	Iš viso išlaidų, Lt
1	Meistras	1	2200,00	677,60	2877,60	11510,40
2	buhalteris	1	1200,00	369,60	1569,60	6278,40
	Iš viso	2	3400,00	1047,20	4447,20	17788,80

IŠVADOS

Šiame diplominame darbe buvo atlikta gaminio konstrukcinių variantų analizė pateikiant vaizdinę medžiagą. Nagrinėjami variantai nepilnai atitinka keliamus reikalavimus projektuojamam ožiniam kranui.

Ožinio kranio matmenys parinkti atlikus įvairius konstrukcinius skaičiavimus. Taip pat trijų detalių technologinio proceso detali analizė, detalių mechaniniam apdirbimui parinktos našios programinio valdymo staklės.

Diplominiame darbe atlikta apžvalga darbo saugos su ožiniais kranais.

Buvo apskaičiuota projektuojamo gaminio savikaina, gauta reikšmė nėra pilnai tiksli, kadangi nebuvo galima apskaičiuoti tikslų medžiagų kiekį, gaminamų detalių apdirbimui vienetinis laikas nustatytas tik trimis detalėmis, todėl ekonominėje dalyje pateikti skaičiavimai nėra tikslūs.

Literatūros sąrašas

1. Antanas Pavaras, Juozas Žvinys. Plienai. Kaunas.: Technologija 1995.
2. Bražiūnas A. Mašinų gamybos technologijos pagrindai . Kaunas.: Technologija, 2004.-
3. Juozas Rimkus. Mašinų gamybos technologija: Kursinis projektavimas. –Šiauliai.2003.
4. K. Pilkauskas, A. Kerpauskas Kėlimo ir transportavimo mašinos. Vilnius 1968 m.
5. Metodinė medžiaga ir užrašai.
6. Ramonas Z., Bražėnas A. Frezavimas programinėmis staklėmis: metodiniai nurodymai.- Kaunas.: Technologija,-1992.
7. Ramonas Z., Bražėnas A. Tekinimas programinėmis staklėmis: metodiniai nurodymai.- Kaunas.: Technologija,-1991.
8. Stasiūnas A., Stasiūnas R. Tekintojo vadovas. Vilnius.: Mokslas, 1979.-258p.
9. Šniuolis R. Inžinerinės medžiagos. Šiauliai.: Lucilijus, 2005,-255p.
10. Šniuolis R. Pjovimo režimų nustatymas. Šiauliai.: Šiaulių universiteto leidykla,- 2009,-42p.
11. Z.Ramonas-„mechaninių sistemų projektavimas“ 2003m.
12. Казак С. А. Курсовое проектирование грузоподъемных машин. Москва 1989 m.
13. Павлов Н. Г. Примеры расчетов кранов. Ленинград 1976 m.
14. Н. Ф. Рубе нко . Курсовое проектирование грузоподъемных машин. Москва 1963 m.
15. Справочник технолога машиностроителя Т.2/ под ред. А. Г, Косиловой. Москва: Машиностроение, 1986.
16. Prieiga per internetą: <http://www.mechanika.lt>
17. Prieiga per internetą: <http://www.kranimpex.ru>
18. Prieiga per internetą: <http://www.krandetal.ru>
19. Prieiga per internetą: <http://www.abuscranes.co.uk>
20. Prieiga per internetą: <http://www.vdi.lt>
21. Prieiga per internetą:
http://www.tungaloy.co.jp/common/products/catalog/ee/10_endmills_ee.pdf
22. Prieiga per internetą:
<http://www.mag-ias.com/en/mag/products-services/turning/horizontal-turning-centers/vdf-tm.html>
23. Prieiga per internetą:
http://www.mastrogiannis.gr/38catalog/product_info.php?template_id=38&lang=en&cPath=361&width=1280&products_id=1592

24. Prieiga per internetą:

http://pdf.directindustry.com/pdf/tungaloy-america/turning-tools-for-small-lathes/Show/32374-93969-_14.html

25. Prieiga per internetą: <http://www.graztai.lt/lt/produktai/>

26. Prieiga per internetą: <http://www.schmolz-bickenback.lt/produkcija/skaičiuoklė.html>

27. Prieiga per internetą: <http://www.bllc.lt/main/catalogue/80.html>;

28. Prieiga per internetą: <http://www.crane.lt/index.php?page=oziniai-kranai-2>;

29. Prieiga per internetą: <http://www.konecranes.lt/portal/3367/>;

30. Prieiga per internetą: http://www.diequa.com/download/watt/mas2k_helical_bevel.pdf

31. Prieiga per internetą:

<http://www.iscar.com/Ecat/familyHDR.asp?fnum=993&app=87&mapp=IS&GFSTYP=M&type=1&lang=EN>

32. Prieiga per internetą: <http://www.sufra.lt/lt?com=products&id=23>

33. Prieiga per internetą: <http://www.manoirankiai.lt/index.php?id=356>

34. Prieiga per internetą: paieška internetinėje svetainėje www.google.lt/