ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS KATEDRA

Giedrius Kovėra, Juozas Bučas

5 tonų dviejų sijų tiltinis kranas

Bakalauro darbas

Vadovas
Lekt. V. Petronis

ŠIAULIAI, 2013

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas
Doc. dr. A. Sabaliauskas

5 TONŲ DVIEJŲ SIJŲ TILTINIS KRANAS

Mechanikos inžinerijos bakalauro darbas

Konsultantas
Doc. dr. A. Kovierienė
2013 06

Vadovas
Lekt. V. Petronis
2013 06

Recenzentas
Lekt. V.Skačkovas
2013 06

Atliko
M-9 gr. stud.
G.Kovėra; J.Bučas
2013 06

ŠIAULIAI, 2013

SANTRAUKA

Juozas Bučas, Giedrius Kovėra. 5 tonų dviejų sijų tiltinis kranas: Mechanikos inžinerijos bakalauro darbas/mokslinis, vadovas V. Petronis; Šiaulių universitetas, technologijos fakultetas, mechanikos inžinerijos katedra. Šiauliai, 2013 – 131p.

Bakalauro darbo tikslas – suprojektuoti 5 tonų dviejų sijų tiltinį kraną. Darbe analizuojami galimi konstrukcijų variantai, atlikta važiuoklės analizė, kėlimo mechanizmo (talės) analizė. Taip pat atlikti reikalingi techniniai skaičiavimai, apskaičiuoti reikalingų variklių galingumai, atsparumai veikiamoms apkrovoms. Krano gamybai parinktos reikalingos medžiagos. Detalėms apdirbti naudojamos modernios apdirbimo staklės ir inovatyvios technologijos. Tai leidžia apdirbti detales tiksliau, našiau, ekonomiškiau. Galiniams vežimėliams (pervažiavimo mechanizmams) ir kėlimo mechanizmui buvo panaudoti motoreduktoriai, kurie dirba tyliai našiai ir yra mažesni nei senieji varikliai su papildomais reduktoriais. Pagal esamas galimybes ir užsakovo poreikius pasirinktas projektuoti 5 tonų dviejų sijų tiltinis elektrinis pakabinamas kranas. Jis projektuojamas remiantis dabartiniais standartais ir naujausiomis technologijomis, panaudojant naujas medžiagas ir inovatyvius jų apdirbimo būdus.

SUMMARY

Juozas Bučas, Giedrius Kovėra. 5 ton double girder bridge crane. The bachelor work/research of Mechanics Engineering advisor lekt. V. Petronis, Siauliai University, Technology faculty, Departament of Mechanical Engineering – Siauliai, 2013. – 131p.

The aim of the final thesis is to design 5 ton double girder bridge crane. The thesis analyses possible configurations of the bridge crane, the analysis of the chassis and hoist are also carried out. The necessary technical calculations considering the required motor power and strength under load are presented in the final thesis. The materials for the crane production were selected. The parts of the crane were processed using modern machine tools and applying selected innovative technologies. This allows processing the parts more accurately and efficiently. The motor reducers used in crossing trolleys and lifting mechanism made them work more quietly and efficiently, besides they are smaller than the old engines with additional reducers. According the requirements of the customer and current possibilities the 5 ton double girder bridge crane has been designed. The work was done on the basis of current standards and the latest technology, applying new materials and innovative ways of processing.

Eil. Nr.	ŽYMUO	PAVADINIMAS	Kiekis	PASTABOS
		DOKUMENTAI		
		Aiškinamasis raštas	131	
		BRĖŽINIAI		
1	M.03.01.00VA	Variantų analizė	1	A1
2	M.03.02.00VA	Variantų analizė	1	A1
	M.03.03.00.000SB	Tiltinio krano surinkimo brež.	1	A1
3	M.03.03.01.000SB	Vėžimėlio surinkimo brėžinys	1	A1
4	M.03.03.01.002	Dangtelis	1	A4
5	M.03.03.01.004	Galinė plokštė	1	A4
6	M.03.03.01.005	Atspara	1	A4
7	M.03.03.01.011	Varantysis ratas	1	A4
8	M.03.03.01.012	Ašis	1	A4
9	M.03.03.01.021	Buferio laikiklis	1	A4
10	M.03.03.01.022	Buferis	1	A4
11	M.03.03.01.023	Plokštė	1	A4
12	M.03.03.01.01.000SB	Kreipiančioji surinkimo brėž.	1	A1
13	M.03.03.01.01.001	Kreipiančiųjų kronšteinas	1	A4
14	M.03.03.01.01.002	Dangtelis	1	A4
15	M.03.03.01.01.003	Įvorė	1	A4
16	M.03.03.01.01.004	Tarpinė	1	A4
17	M.03.03.01.01.005	Kreipiančiųjų ratukas	1	A4
18	M.03.03.01.01.006	Kreipiančiųjų ašis	1	A4
19	M.03.04.00TE	Technoliginis eskizas	1	A1
20	M.03.05.00TE	Technoliginis eskizas	1	A1

Atsakinga žinyba **Katedra**	Vadovas **V.Petronis**	Dokumento tipas **Žiniaraštis**	Dokumento statusas **Bakalauras**			
Savininkas **ŠU TF**	Rengė **G.Kovėra** **J.Bučas**	Antraštė **Bakalauras**	**M03.01.00.000**			
	Recenzentas **V.Skačkovas**		Laida M-9	Data 2013	Kalba LT	Lapas 1

TURINYS

Paveikslėlių sarašas 10
Lentelių sarašas 12

ĮVADAS (G. Kovėra; J. Bučas) 14
1. PAGRINDINIAI TECHNINIAI IR EKONOMINIAI RODIKLIAI (G. Kovėra; J. Bučas).....16
2. KONSTRUKCINĖ DALIS (G.Kovėra; J. Bučas).....17
2.1. Tiltinio pakabinamojo krano paskirtis ir panaudojimas (G. Kovėra; J. Bučas).....17
2.2. Pakabinamo tiltinio krano konstrukcijų analizė.....18
2.2.1. Galinio vežimėlio konstrukcinių variantų analizė (G. Kovėra).....18
2.2.2. Kėlimo mechanizmų variantų analizė (J. Bučas).....23
2. 2.3. Tiltinio pakabinamo krano konstrukcijos aprašymas (G. Kovėra; J. Bučas).....27
2.2.4. Pervažiavimo mechanizmo aprašymas (G. Kovėra).....29
2.2.5. Kėlimo mechanizmo konstrukcijos aprašymas (J. Bučas).....32
2.3. TECHNINIAI SKAIČIAVIMAI 34
2.3.1. Vežimėlio rato parinkimas (G. Kovėra).....35
2.3.2. Vežimėlio atsparumas judėjimui (G. Kovėra).....36
2.3.3. Pervažiavimo mechanizmo motoreduktoriaus parinkimas (G. Kovėra).....38
2.3.4. Krano pakabos mazgo skaičiavimas. (J. Bučas).....40
2.3.5. Krano krūvio kėlimo mechanizmo skaičiavimas (J. Bučas).....42
2.3.6. Būgno parametrų skaičiavimas (J. Bučas).....44
3. TECHNOLOGINĖ DALIS 50
3.1. Galinio vežimėlio ratų ašies analizė,paskirtis,konstrukcija (G. Kovėra).....50
3.1.1. Ašies brėžinio techninių sąlygų analizė 53
3.1.2. Detalės technologiškumo analizė.....54
3.1.3. Ruošinių parinkimo principai 55
3.1.4. Detalės ruošinio parinkimas vienetinės gamybos atveju.....57
3.1.5. Detalės ruošinio parinkimas serijinės gamybos atveju 59
3.2. Detalės mechaninio apdirbimo kelio projektavimas (G. Kovėra).....60
3.3. Technologinių bazių parinkimas (G. Kovėra).....64
3.4. Užlaidų analitinis skaičiavimas (G. Kovėra) 66

3.4.1. Reikiamų užlaidų parinkimas lenteliniu būdu 66
3.5. Pjovimo rėžimų parinkimas (G. Kovėra) 70
3.6. Technologinio proceso normavimas (G. Kovėra) 79
3.7. Kreipiančiųjų ritinėlių ašies analizė, paskirtis ir jos konstrukcija (J. Bučas) 85
3.7.1. Detalės technologiškumo analizė 86
3.8. Technologinio proceso projektavimas (J. Bučas) 88
3.8.1. Ruošinio parinkimas skirtingiems gamybos tipams 88
3.8.2. Detalės ruošinio parinkimas vienetinės gamybos atveju 88
3.8.3. Detalės ruošinio parinkimas serijinės gamybos atveju 90
3.9. Technologinių bazių parinkimas (J. Bučas) 92
3.10. Detalės mechaninio apdirbimo kelio projektavimas (J. Bučas) 94
3.11. Užlaidų analitinis skaičiavimas (J. Bučas) 95
3.12. Užlaidų skaičiavimas (J. Bučas) 97
3.13. Pjovimo režimai (J. Bučas) 99
3.14. Technologinio proceso normavimas (J. Bučas) 109
4. ŽMONIŲ IR APLINKOS SAUGA (G. Kovėra; J. Bučas) 115
4.1. Pagrindiniai kranų eksploatavimo reikalavimai 115
4.2. Aplinkos sauga 118
5. EKONOMINĖ DALIS (G. Kovėra; J. Bučas) 119
5.1. Projektuojamojo gaminio savikainos kalkuliacija 119
5.1.1. Projektavimo darbų sąnaudos 119
5.1.2. Technologinis gamybos paruošimas 120
5.2. Tiesioginės medžiagų sąnaudos 121
5.3. Ilgalaikio turto vertė ir nusidėvėjimas 123
5.4. Darbo užmokesčio išlaidų planavimas 124
5.5. Netiesioginių gamybos išlaidų skaičiavimas 125
5.6. Veiklos sąnaudos 126
6.IŠVADOS (G. Kovėra; J. Bučas) 128
LITERATŪRA 129

UZDUOTIS

Uzduotis

Paveikslėlių sarašas

2.1 pav. Tiltinio krano konstrukcijos schema 17
2.2 pav. Rankinio valdymo mechanizmo schema 18
2.3 pav. Rankinio valdymo galinis vėžimėlis 19
2.4 pav. Konstrukcija su atskirais varikliais ant tiltų 19
2.5 pav. Pervažiavimo mechanizmas su nepriklausomai vienas nuo kito varikliais 20
2.6 pav. Galinis vežimėlis su papildomu ratuku 21
2.7 pav. Grafinė galinio vežimėlio su papildomu ratuku dalis 21
2.8 pav. Konstrukcija kai motoreduktorius tvirtinamas tilto vidury 22
2.9 pav. Grandininė elektrinė talė 24
2.10 pav. Grandininė pneumatinė talė 25
2.11 pav. Hidraulinė kėlimo talė 26
2.12 pav. Elektrinė lyninė talė 27
2.13 pav. Tiltinio krano bendro vaizdo schema 29
2.14 pav. Galinio vežimėlio schema 31
2.15 pav. Galinio išjungiklio schema 32
2.16 pav. Tiltinio krano elektinės talės bendras vaizdas 33
2.17 pav. Perstūmimo vėžimėlio kinematinė schema 34
2.18 pav. Perstūmimo vėžimėlio trimatis vaizdas 34
2.19 pav. Varomojo rato schema 36
2.20 pav. Duomenų suvedimas varikliui skaičiuoti ir krumplių sk. nustatyti 39
2.21 pav. Apskaičiuoti duomenys 39
2.22 pav. Kablys 40
2.23 pav. Plieninis lynas su plienine šerdimi 42
2.24 pav. Kėlimo mechaniozmo kinematinė schema: 42
2.25 pav. Trifazis elektro variklis 43
2.26 pav. Būgnas lynui 44
2.27 pav. Būgno vaizdas 45
2.28 pav. Reduktoriaus išmatavimų schema 48
3.1 pav. Detalė su paviršių numeracija 52
3.2 pav. Detalės ruošinio eskizas 57
3.3 pav. Serijinės gamybos detalės ruošinio eskizas 59

3.4 pav. CNC valdymo staklės Concept Turn 250 63
3.5 pav. Bazavimas tvirtinant kosoliškai savaiminio centravimo griebtuvuose 65
3.6 pav. Bazavimo schema trečiosios operacijos metu 65
3.7 pav. Ruošinio eskizas 66
3.8 pav. Tekinimo peilio eskizas 70
3.9 pav. Tekinimo peilio eskizas 74
3.10 pav. Ašelės eskizas 86
3.11 pav. Ašelė su pažymėtais paviršiais 86
3.12 pav. Ruošinio eskizas 89
3.13 pav. Serijinės gamybos ruošinio eskizas 90
3.14 pav. Bazavimas konsoliškai tvirtinant savaiminio centravimo griebtuvuose 93
3.15 pav. Bazavimas pastatant vienpusio prispaudimo prizmėje 93
3.16 pav. Ašelė su pažymėtais paviršiais 94
3.17 pav. Ašelės ruošinys 96
3.18 pav. Skaičiuojamų paviršių pozicijos 96
3.19 pav. Tekinimo peilio PDJN R/L 1616H11 eskizas 100

Lentelių sarašas

3.1 lentelė. Plieno C45 cheminė sudėtis 50
3.2 lentelė. Plieno C45 mechaninės savybės 50
3.3 lentelė. Detalės darbo brėžinio technologinė kontrolė 53
3.4 lentelė. Detalės konstrukcijos atitikimas pagal technologiškumo kriterijus 53
3.4 lentelės tęsinys. Detalės konstrukcijos atitikimas pagal technologiškumo kriterijus 54
3.5 lentelė. Detalės paviršių apdirbimo maršrutas 61
3.6 lentelė. Detalės apdirbimo technologinis maršrutas 62
3.6 lenetelės tęsinys. Detalės apdirbimo technologinis maršrutas 63
3.7 lentelė. Parinktos užlaidos 66
3.8 lentelė. Užlaidų skaičiavimas 67
3.9 lentelė. Užlaidų reikšmės 68
3.10 lentelė. Pirmo skaičiuojamo pjovimo rėžimo duomenys 73
3.11 lentelė. Antro skaičiuojamo pjovimo rėžimo duomenys 77
3.12 lentelė. Pjovimo rėžimai 78
3.12 lentelės tęsinys. Pjovimo rėžimai 79
3.13 lentelė. Bendras operacijų laikas 85
3.14 lentelė. Plieno C45 cheminė sudėtis, % 85
3.15 lentelė. Plieno C45 mechaninės savybės 85
3.16 lentelė. Detalės darbo brėžinio technologinė kontrolė 87
3.17 lentelė. Detalės konstrukcijos atitikimas pagal technologiškumo kriterijus 87
3.18 lentelė. Ašelės mechaninio apdirbimo technologinis maršrutas 94
3.18 lentelės tęsinys. Ašelės mechaninio apdirbimo technologinis maršrutas 95
3.19 lentelė. Ruošinio užlaidos 96
3.20 lentelė. Užlaidų analitinio skaičiavimo rezultatai 97
3.21 lentelė. Užlaidų analitinio skaičiavimo rezultatai 98
3.22 lentelė. Tekinimo peilio matmenys 100
3.23 lentelė. Jėgų dedamųjų skaičiavimo rezultatai 103
3.24 lentelė. Jėgų dedamųjų skaičiavimo rezultatai 106
3.25 lentelė. Pjovimo režimai operacijoms atlikti 107
3.25 lentelės tęsinys. Pjovimo režimai operacijoms atlikti 108

3.26 lentelė. Mašininio laiko normavimas 114
5.1 lentelė. Gaminio savikainos kalkuliacija 119
5.2 lentelė. Projektavimo darbų laiko sąnaudos 119
5.2 lentelės tęsinys. Projektavimo darbų laiko sąnaudos 120
5.3 lentelė. Projektuotojų darbo apmokėjimo sąnaudos 120
5.4 lentelė. Gaminio projektavimo sąnaudos 120
5.5 lentelė. Ruošinių gamybos technologijos darbo užmokesčio sąnaudos 120
5.6 lentelė. Mechaninio apdirbimo technologijos sąnaudos 121
5.7 lentelė. Kitų technologinių procesų darbo užmokesčio sąnaudos 121
5.8 lentelė. Gaminio technologinio paruošimo sąnaudos 121
5.9 lentelė. Pagrindinių medžiagų vertės 121
5.9 lentelės tęsinys. Pagrindinių medžiagų vertės 122
5.10 lentelė. Grįžtamosios atliekos vertės skaičiavimas 122
5.11 lentelė. Pagalbinių medžiagų vertė 122
5.12 lentelė. Įsigyjamų pusgaminių, komplektuojamų gaminio vertės skaičiavimas 122
5.12 lentelės tęsinys. Įsigyjamų pusgaminių komplektuojamų gaminio vertės skaičiavimas 123
5.13 lentelė. Įrengimų poreikio ir jų galingumo skaičiavimas 123
5.13 lentelės tęsinys. Įrengimų poreikio ir jų galingumo skaičiavimas 124
5.14 lentelė. Ilgalaikio turto nusidėvėjimo skaičiavimas 124
5.15 lentelė. Vieno darbininko efektyvus metinis darbo laiko fondas 124
5.15 lentelės tęsinys. Vieno darbininko efektyvus metinis darbo laiko fondas 125
5.16 lentelė. Pagrindinių darbininkų pagrindinio darbo užmokesčio apskaičiavimas 125
5.17 lentelė. Tiesioginių darbo išlaidų skaičiavimas 125
5.18 lentelė. Išlaidos gamybos tikslams sunaudotam vandeniui 125
5.19 lentelė. Netiesioginės darbo užmokesčio išlaidos 126
5.20 lentelė. Išlaidos patalpų apšvietimui 126
5.21 lentelė. Bendros ir administracinės sąnaudos 126
5.22 lentelė. Atlyginimų ir socialinio draudimo sąnaudos 126
5.23 lentelė. Patalpų nuomos sąnaudos 127

Įvadas

Kranai pradėti naudoti jau senovės Graikijoje ir bėgant metams jų konstrukcijos vis tobulėjo. Visų pirma, kranai buvo naudojami statyti aukštus statinius, nes nebuvo fizinių galimybių kitaip perkelti statybines medžiagas. Patys pirmieji kranai buvo labai elementarūs, pasitelkiantys keletą skriemulių ir virvę, tačiau jie atliko kėlimo funkciją ir tenkino to meto poreikius. Vėliau, sudėtingėjant konstrukcijom, buvo sukurti modernesni kranai, kurių varomoji galia buvo gyvuliai (pradedant asilais ir baigiant raguočiais). Patys pirmieji kranai buvo išrasti senovės Graikijoje. Po to, viduramžiais, kranai plačiai pradėti naudoti laivyboje – pakrovimui, iškrovimui ir kitoms operacijoms. Kranai tuo metu jau buvo kuriami bėginės ratų sistemos pagrindu, o tai leido pervežti didesnius krovinius ir pačiam kranui suteikė didesnę judesio galimybę.

Kranas – tai kėlimo įrenginys skirtas perkelti įvairių svorių krovinius skersai, išilgai darbo zonos. Kranai būna įvairių tipų, todėl, priklausomai nuo poreikių, galima pasirinkti tam tikrą juos atitinkantį tipą. Atsižvelgiama, ar jis bus naudojamas lauke, ar vidaus patalpose bei įvertinamos darbo aplinkos cheminės sąlygos. Kaip minėjome, kranai būna įvairiausių tipų: strėliniai, tiltiniai, perkrautuvai, gembiniai – pervežami kabančiais bėgiais, dviratiniai – pervežami kombinuotai išdėstytais bėgiais, portaliniai, pusiau portaliniai – pervežami ant žemės paklotais bėgiais, bokštiniai ir t.t. Kad kranai perkeltų krovinius, jiems reikalingas energijos šaltinis. Senovėje buvo naudojama žmonių arba gyvulių jėga. Pirmasis mechanine galia buvo pateiktas garo variklis. Šiuolaikiniuose kranuose paprastai naudojami vidaus degimo varikliai arba elektros varikliai ir hidraulinės sistemos, teikiančios žymiai didesnes kėlimo galimybes nei anksčiau buvo įmanoma. Tačiau vis dar naudojami ir rankiniai kranai, nes kai kuriais atvejais kranų varomų elektros varikliais neįmanoma naudoti dėl techninių kliūčių arba yra tiesiog neekonomiška. Tiltinių kranų istorija prasidėjo 1876 m., kai Rafael Stahl įkūrė mechanizmų dirbtuves „Stahl und Weineck“. Pirmieji produktai buvo skirti tekstilės pramonei, tačiau jau XIX a. pabaigoje, kupini naujų idėjų, įkūrėjo sūnūs pradėjo kėlimo įrangos gamybą. Jau 1903 m. R. Stahl pagamino pirmąją elektrinę talę. Nuo 1921m. pradėta gaminti sprogiai aplinkai skirta elektrinė kėlimo įranga. Po 1945 m. pradėjo sparčiai plėstis ir greitai užėmė pirmaujančias pozicijas elektrinių grandininių ir lyninių talių gamybos srityje, kurių neužleidžia iki šiol.

Lietuvoje tiltinius kranus pradėjo gaminti 1960 m. Kaune. Ne kiekviena įmonė galėjo juos įsigyti dėl aukštos kainos. Įstojus į Europos sąjungą, buvo skirtas finansavimas įmonių technikai atnaujinti, kad atitiktų ES standarto reikalavimus. Tada įmonės galėjo įsigyti tokius įrenginius kaip tiltinis kranas. Šis mechanizmas garantuoja aukštą darbų saugos lygį, kroviniai perkeliami greitai ir

lengvai. Dėka to, kyla darbo našumas, mažėja techninio aptarnavimo išlaidos, maksimalų laiką užtikrinamas nepertraukiamas darbo procesas. Literatūros šaltiniuose rašoma, kad įmonių pelnas, įsigijus tiltinį kraną, išauga 10 - 20%.

Šiuolaikinėse įmonėse, cechuose, kuriuose reikalingi įvairios keliamosios galios kranai, tokie kranai gali būti puikus sprendimas. Šie kranai ypač išpopuliarėjo 20 a. viduryje, kai po antrojo pasaulinio karo ėmė atsinaujinti bei plėstis gamyba. Koks tiltinis kranas tinkamiausias, nusprendžiama pagal poreikius – tiek galingumo, tiek pačios patalpos, kur bus montuojamas kranas, tvirtumą. Yra keletas tiltinių kranų rūšių: tiltiniai atraminiai, tiltiniai pakabinami, vienos sijos, dviejų sijų ir t.t. Šie kranai pasižymi net keletu gerų savybių. Tiltiniai kranai yra efektyvūs ir kelia darbo našumą, jų priežiūra bei valdymas yra nesudėtingi, jie aptarnauja didelę darbo zoną.

Bakalauro darbo tikslas – suprojektuoti 5 tonų dviejų sijų tiltinį kraną, kad gamyboje būtų naudojamos naujos medžiagos ir modernios technologijos. Atsižvelgiant į technines galimes ir esamas konstrukcijas bei užsakovo poreikius, šiam darbui buvo pasirinktas 5 tonų dviejų sijų tiltinis pakabinamas elektrinis kranas. 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. Projektuojant naudojami naujausi elektros įrenginiai (varikliai, kabeliai, jungikliai). Tai leidžia ženkliai sumažinti elektros energijos suvartojimą, ko pasekoje – užtikrinama geresnė apsauga žmogui nuo elektros poveikio, gerėja įmonės ekonominiai rodikliai, mažiau teršiama aplinka ir tausojami gamtos ištekliai. Naudojant naujas technologijas gerėja įrenginių saugumas (gaisro atveju), patvarumas, dizainas, o tai, be abejonės, labiau traukia pirkėjo dėmesį, renkantis prekę. Bakalauro darbe suprojektuotas dviejų sijų pakabinamas tiltinis elektrinis kranas, kurio keliamoji galia siekia 5 tonas. Darbe aprašyta krano paskirtis, pateikta krano mazgų variantų analizė, pateikti krano projektiniai skaičiavimai ir eksploataciniai reikalavimai, literatūros sąrašas. Grafinėje dalyje pateikta variantų analizė, bendro vaizdo ir detalių brėžiniai, technologinis eskizas.

1. PAGRINDINIAI TECHNINIAI IR EKONOMINIAI RODIKLIAI

Projektuojamas gaminys yra pakabinamas dvisijis tiltinis elektrinis kranas. Jis skirtas krovinių pervežimui skersai,išilgai aptarnaujamos zonos.

Pakabinamojo dvisijo tiltinio krano pagrindiniai techniniai rodikliai:

Krano keliamoji galia – 5 t;

Anga tarp pokraninių bėgių – 8,8m;

Krano maksimalus važiavimo greitis – 30m/min;

Kėlimo aukštis – 4,8m;

El. maitinimas (įtampa – 380V, 50Hz);

Krano masė – 3115 kg;

Vartojamas galingumas – 10 kW.

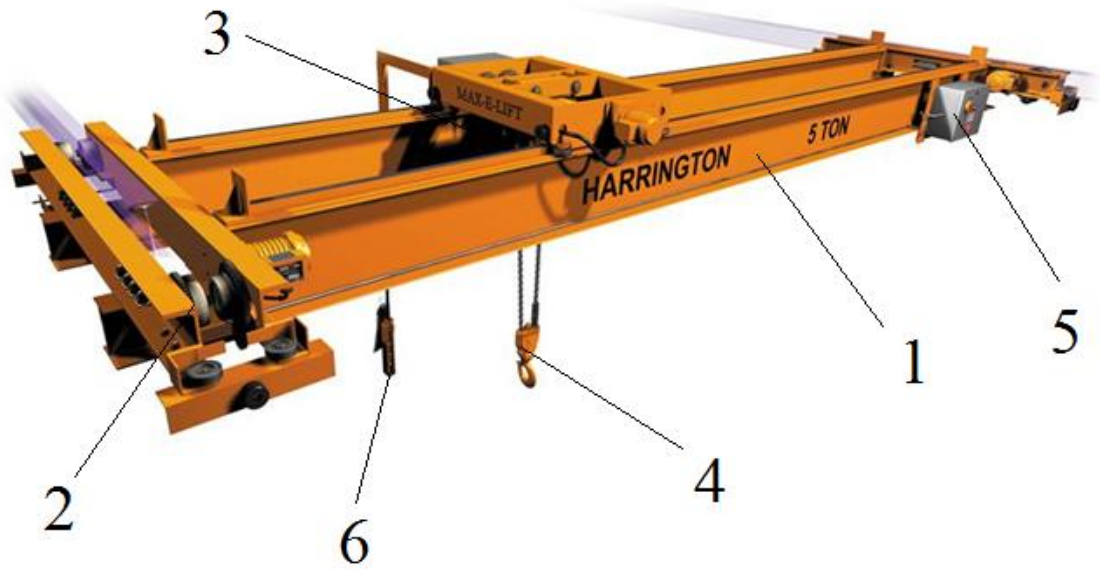
Pakabinamo dvisijinio elektrinio tiltinio krano pagrindiniai ekonominiai rodikliai:

Gaminio savikaina – 48539,2 Lt

Gaminio pardavimo orientacinė kaina – 63100 Lt

2. KONSTRUKCINĖ DALIS

2.1. Tiltinio pakabinamojo krano paskirtis ir panaudojimas



2.1 pav. Tiltinio krano konstrukcijos schema: 1 – tiltas; 2 – galinis vežimėlis; 3 – kėlimo mechanizmas; 4 – pakabos mazgas; 5 – el. spinta; 6 – valdymo pultas

Tiltinio krano paskirtis yra pakelti tam tikrus krovinius ir transportuoti juos į reikiamas vietas skersai, išilgai darbo zonos. Taip tiltiniai kranai ne tik paspartina, tačiau ir palengvina darbus, o tai kelia visos įmonės darbo našumą. Renkantis kraną reikia atsižvelgti į įmonės poreikius. Reikia nuspręsti, kokio galingumo kranas bus reikalingas, kokio dydžio darbo zonoje jis dirbs. Negalima pamiršti ir paties pastato konstrukcijos, nes nuo jos labai priklauso, kokį kraną bus galima montuoti – ar tai bus smulkiagabaritinis, ar stambiagabaritinis kranas priklausomai nuo numatomų krovinių svorių. Jei numatoma montuoti atraminį tiltinį kraną, reikia įsitikinti montuojamos vietos sienų ir atramų tvirtumu, nes veikiant jas dideliu svoriu, jos gali neatlaikyti.

Tiltiniai kranai priskiriami prie lengvesnės kategorijos kranų ir dažniausiai naudojami viduje. Parinkus tinkamą variantą jis labai sparčiai ir patogiai perkels įvairius krovinius į pageidaujamas vietas, o tai svarbu ne tik laiko, bet ir ekonomine prasme. Jei kranas parinktas teisingai įvertinus jo pajėgumą pagal poreikius tuomet jis ne tik spartins darbus, bet ir taupys energiją. Tokių kranų eksploatacija yra gana paprasta ir nebrangi, todėl tai ekonomiškas sprendimas įmonėms.

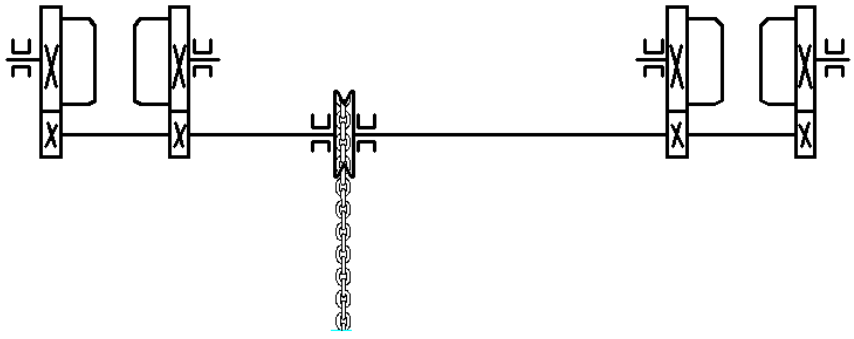
2.2. Pakabinamo tiltinio krano konstrukcijų analizė

2.2.1. Galinio vežimėlio konstrukcinių variantų analizė

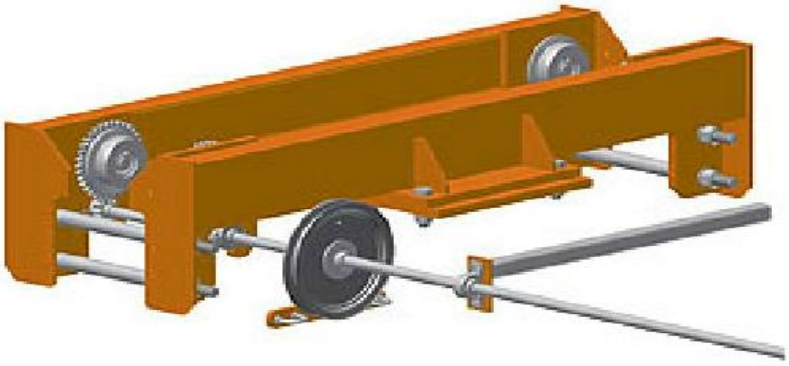
Tiltinių kranų spektras yra gana platus ir skirtas kiekvienam pagal poreikį, tad, kaip minėta, reikia teisingai nustatyti, koks kranas reikalingas atitinkamai vietai. Visų pirma, svarbu būtų darbo vieta, kurioje kranas dirbs. Reikėtų žinoti patalpos išmatavimus: ilgį, plotį, aukštį, nes pagal juos renkamas ir atitinkamas kranas, ar tai bus pakabinamas, ar atraminis. Mūsų atveju pasirinktas pakabinamas kranas. Kraną sudarančių konstrukcijų, sudarnačių mazgų, variacija yra plati, atitinkamai nuo konstruktoriaus išmonės. Panagrinėsime keletą galimų galinio vėžimėlio (pervežimo mechanizmo) variantų. Atlikę analizę galėsime parinkti tinkamiausią variantą.

1. Variantas

Pirmojo varianto vėžimėlio mechanizmas (žr. pav 2.2 ir 2.3) naudojamas esant mažesnio galingumo kranams. Čia vietoje elektrinių variklių su reduktoriumi, naudojama mechaninė pastūma. Tai reiškia per veleną, kuris yra sukamas skriemulio suteikiamas judesys. Ant skriemulio sumontuota „begalinė“ grandinė, kuria traukiant į vieną ar kitą pusę keičia krano padėtį. Šios konstrukcijos privalumas yra paprastumas. Nenaudojamos papildomos movos ar kiti priedai. Be to, šios konstrukcijos kaina lyginant su kitomis yra ženkliai meženė, todėl taupančios įmonės neretai renkasi šį variantą. Tačiau atsižvelgiant į tai, jog technologijos nestovi vietoje, ši konstrukcija yra gana primityvoka. Be viso šito, nuolat reikalinga fizinė jėga, kas kelia darbuotojams didesni nuovargį ir mažesnį pasitenkinimą darbu.



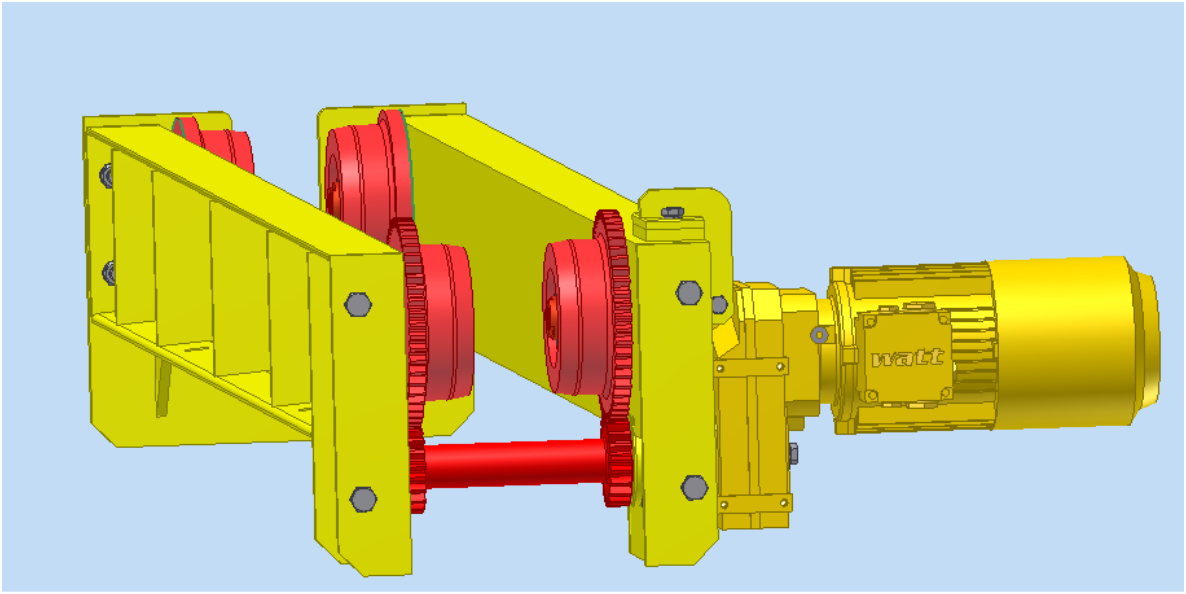
2.2 pav. Rankinio valdymo mechanizmo schema



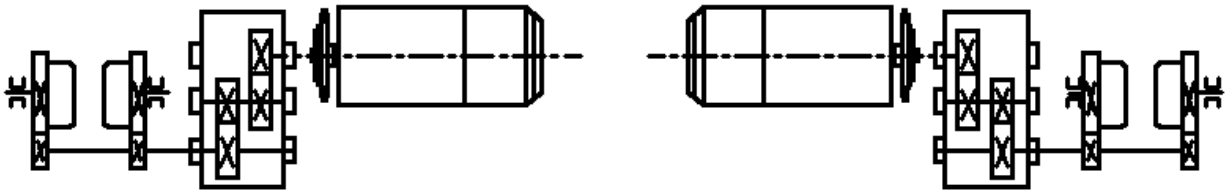
2.3 pav. Rankinio valdymo galinis vėžimėlis

2. Variantas

Tokio tipo mechanizmai (žr. pav. 2.4 ir 2.5 pav.) konstruojami su atskirais nepriklausomais vienas nuo kito varomaisiais varikliais, pritvirtintais prie krano pervažiavimo mechanizmo galo. Kaip ir kituose moderniuose mechanizmuose sistema susideda iš variklio ir reduktoriaus (motoreduktoriaus), ratą ir reduktorių jungia velenas tvirtinamas pleištais. Ši sistema vienodai pritaikoma tiltams su dėžinėmis sijomis ir su pagalbinėmis sekcijomis. Jos esminis privalumas yra tas, kad šiame pervažiavimo mechanizme nereikalingas ilgas transmisinis velenas. Šio mechanizmo praktika įrodė pakankamą eksploatavimo patikimumą.



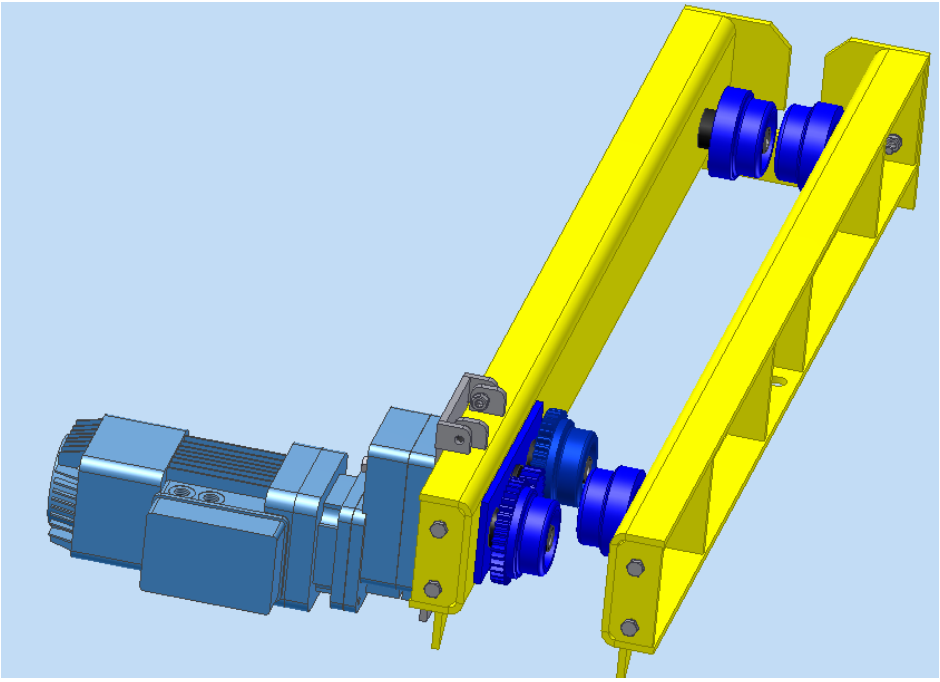
2.4 pav. Konstrukcija su atskirais varikliais ant tiltų



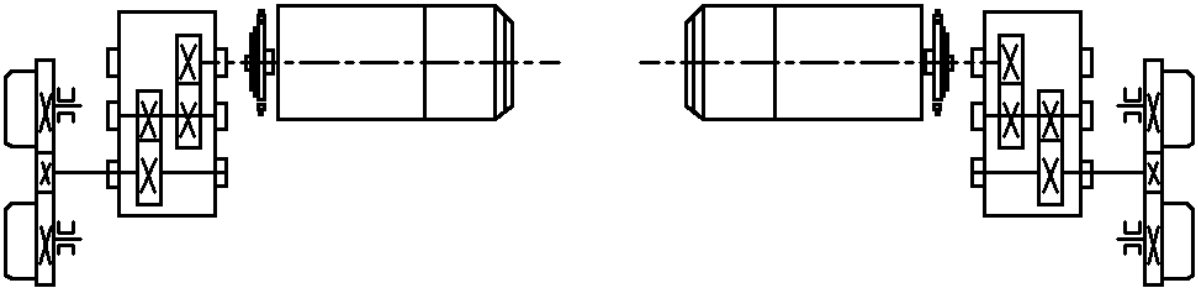
2.5 pav. Pervažiavimo mechanizmas su nepriklausomai vienas nuo kito varikliais

3. Variantas

Trečiasis variantas labai panašus į antrąjį. Jis taip pat naudojamas pakabinamų kranų pervažiavimo vežimėliams. Šio tipo mechanizmai (žr. pav. 2.6 ir 2.7) taip pat konstruojami su atskirais nepriklausomais vienas nuo kito varomaisiais varikliais, pritvirtintais prie krano pervažiavimo mechanizmo galo. Kaip ir ankstesniame mechanizme sistema susideda iš variklio ir reduktoriaus (motoreduktoriaus). Šios konstrukcijos skirtumas yra tas, kad tvirtinama papildoma plokštė tarp varančiojo veleno ir dviejų varomųjų ratukų. Ji skirta reguliavimui, kad esant persikreipimam, ratukai galėtų reguliuotis ir liesti paviršių, kuriuo važiuoja (šiuo atveju sija). Šios kontrukcijos pliusas, kad nereikalingas ilgas transminis velenas, kaip ir 2 variante, tačiau minusai yra papildomas ratukų skaičius, kas pabrangins gamyba, o taip pat ir plokštės gamyba ir reguliavimas, esant netiksliai konstrukcijai, problemą ne visada išsprendžia. Praktika rodo, kad ši konstrukcija turi daugiau tūkumų nei pliusų.



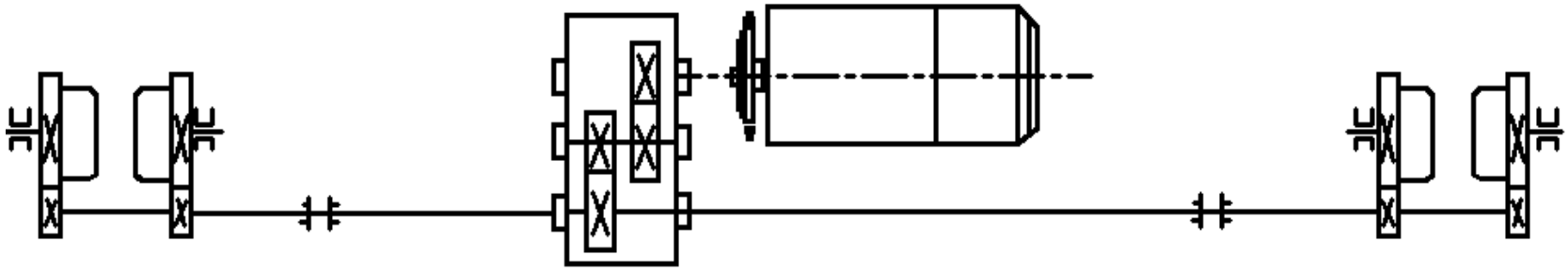
2.6 pav. Galinis vežimėlis su papildomu ratuku



2.7 pav. Grafinė galinio vežimėlio su papildomu ratuku dalis

4. Variantas

Šio tipo pervažiavimo mechanizmuose (žr. 2.8 pav.) elektros variklis (motoreduktorius) statomas per tilto vidurį. Variklis per reduktorių varo greitaeigį veleną. Viename ir kitame veleno galuose yra krumpliaračiai, kurie perduoda sukimo momentą varomiesiems ratukams. Kadangi velenas būna labai ilgas yra naudojamos krumplinės movos, kurios jungia veleną. Patys varantys ratukai tvirtinami ant galinio vežimėlio galo su guoliais. Šios konstrukcijos esminis trūkumas yra aukšta kaina dėl veleno, kurį reikia tiksliai pagaminti, o tai sukelia didesnių sunkumų, nes naudojami ilgi velenai. Be to, ši konstrukcija turi būti surinkta labai kruopščiai ir tiksliai. Reikalingos papildomos atramos, kurios prilaikytų veleną, kad šis neišlinktų.



2.8 pav. Konstrukcija kai motoreduktorius tvirtinamas tilto vidury

Išvada: Galinio vėžimėlio konstrukcijai kaip tinkamiausią priiamame 2 variantą. Tai galinio vėžimėlio konstrukcija su dviem atskirais vienas nuo kito nepriklausančiais motoreduktoriais. Ši galinio vėžimėlio konstrukcija, įvertinus jos pliusus ir minusus, lyginant su kitais variantų analizėje nagrinėtais pavyzdžiais, yra tinkamiausia mūsų projektuojamam 5 tonų dviejų sijų pakabinamam tiltiniam kranui. Konstrukcija yra paprastesnė nei naudojant ilgus velenus su papildomom atramom ar naudojant didesnį ratukų skaičių. Tai optimalus kainos, kokybės ir konstrukcijos sudėtingumo variantas. Kompaktiški motoreduktoriai atstoja didelius gremėzdiškus reduktorius, kurie buvo naudojami anksčiau. Be to, jie neprideda daug svorio, o tai svarbu visai konstrukcijai dėl lengvesnio judėjimo.

2.2.2. Kėlimo mechanizmų variantų analizė

Šiais laikais kėlimo mechanizmų yra didelė įvairovė. Gamintojai stengiasi orientuotis į užsakovo pageidavimus, smulkiam verslui, gamybai gali užtekti ir paprastos grandininės rankinės talės, didesniems gamybos mąstams gali būti naudojama lyninės elektrinės talės. Talių panaudojimas priklauso nuo krano darbo aplinkos, reikalaujamų, eksplotacijos sąlygų, ekonominių salygų.

Šiuo atveju projektuojamas kranas yra vidutinės klasės. Apžvelgsime galimų talių šiam kranui variantus ir pateiksiu jų pliusus bei minusus.

1. Variantas

Vienas iš galimų variantų yra grandininė elektrinė talė (2.9 pav.). Ši talė yra patikima, kompaktiška ir yra gan paprastai eksplotuojama. Dažniausiai grandininiai telferiai naudojami komplektuojant konsolinius bei lengvus ožinius kranus. Šios talės pranašumai:

- nedidelis svoris;
- paprastas servisas;
- platus kėlimo aukščio pasirinkimas.

Tačiau ši talė netinka intensyviems darbo režimams, nes šioms talėms naudojama grandinė greitai susidėvi, taip pat ši talė dirba pakankamai garsiai, dėl grandinės panaudojimo didėja visos talės gabaritai.



2.9 pav. Grandininė elektrinė talė

2. Variantas

Dar vienas variantas yra naudoti pneumatinę grandininę talę (2.10 pav.). Pneumatinės talės naudojamos ten, kur saugumas visų svarbiausia. Skirtingai nei elektros srovė, suspaustas oras nesukelia kibirkšties. Šis išskirtinis konstrukcinis privalumas naudojamas patalpose ar lauko zonose, kur sprogimo ar užsiliepsnojimo galimybės yra padidėjusios. Šios talės pasižymi patikimumu, ir gali būti naudojamos darbo pramonėje, kur darbo režimai ilgi ir intensyvūs.

Pneumatiniai telferiai naudojami įvairiose pramonės srityse:

- Naftos platformose;
- Naftos perdirbimo gamyklose;
- Laivų statyklose;
- Laivuose;
- Popieriaus pramonėje;
- Cinkavimo pramonėje.

Tai pramonės šakos, kuriose dažniausiai renkasi pneumatinį kėlimo mechanizmą. Žinoma, pneumatinius telferius galima naudoti visur, kur reikalingas kėlimo mechanizmas. Tačiau šiuo atveju, projektuojamas kranas nedirbs aplinkoje su padidėjusia sprogimo rizika.

Šis variantas laikomas kaip netinkamas, nes pneumatinė talė yra brangesnė lyginant su elektrinėmis lyninėmis, bei grandininėmis talėmis, taip pat šiai talei reikalinga papildomai oro tiekimo linija su nemažiau 4 bar slėgiu.



2.10 pav. Grandininė pneumatinė talė

3. Variantas

Taip pat kėlimo mechanizmui galimas variantas yra hidraulinė kėlimo talė (2.11 pav.). Hidraulinės kėlimo talės konstrukciniu bei darbo specifikos požiuriu yra labai panašios į pneumatines tales. Jos taip pat yra panaudojamos darbo aplinkoje, kur yra padidėjusi rizika sprogimui. Hidraulinė kėlimo talė pasižymi ypač tiksliu ir tolygiu valdymu.

Ši talė taip pat kaip ir pneumatinė talė laikoma kaip netinkama šios užduoties projektui, nes:

- Kranui nekeliama specialus poreikis darbui sprogioje aplinkoje;
- Reikalinga hidraulinio skysčio tiekimo linija;
- Būtina užtikrinti 100 – 180 bar slėgimą hidraulinėje sistemoje;
- Esama greitai susidėvinčiu detalių dirbant intensyviais darbo režimais;
- Nedidelis krovinių kėlimo greitis (0,8 – 2,5 m/min, kai kuriais atvejais mažesnio darbinio apkrovimo kranams, krovimo greitis siekia 5 m/min).



2.11 pav. Hidraulinė kėlimo talė

4. Variantas

Taip pat šiam kranui galimas variantas yra elektrinė lyninė talė (2.12 pav.). Elektriniai lyniniai telferiai yra labai plačiai naudojami tiltininiams kranams dėl jų konstrukcijos, patikimumo bei tikslaus valdymo. Lyniniai telferiai yra naudojami intensyviems ir labai intensyviems darbo rėžimams. Šios talės yra lengvai eksplotuojamos, nesudėtingas servisas, tylus telferio darbas. Kėlimo galia gali siekti iki 120 t.



2.12 pav. Elektrinė lyninė talė

Išvados: projektuojamam 5 tonų dviejų sijų pakabinamam tiltiniam kranui parenkame elektrinę lyninę talę. Ši talė yra tinkamiausias variantas, nes pagal kranui keliamus reikalavimas ši talė yra labiausiai priimtina dėl savo charakteristikų: patikimumo, tylaus darbo, paprastos konstrukcijos, atsparumo intensyviems darbo režimams.

Kadangi dėl tvirtos sąlyginai nedidelės angos pločio kranas tampa patikimos konstrukcijos, galimi dideli krano ir vežimėlio pervažiavimo greičiai, elektrinė lyninė talė bus komplektuojama su dviejų sijų talės perstūmimo vežimėliu, kuris neleidžia kroviniui stipriai siūbuoti esant dideliems greičiams. Dideli talės vežimėlio, bei galinio vežimėlio greičiai paspartina darbą.

2.2.3. Tiltinio pakabinamo krano konstrukcijos aprašymas

Tiltinį dviejų sijų pakabinamą kraną (2.13 pav.) sudarančios pagrindinės dalys: du tiltai (1), kuriais juda kėlimo mechanizmas (3), sijos, ant kurių pakabintas pakabinamas kranas, galiniai vėžimėliai (4), kurie stumdo kraną ant ištisinių sijų (krano kelio).

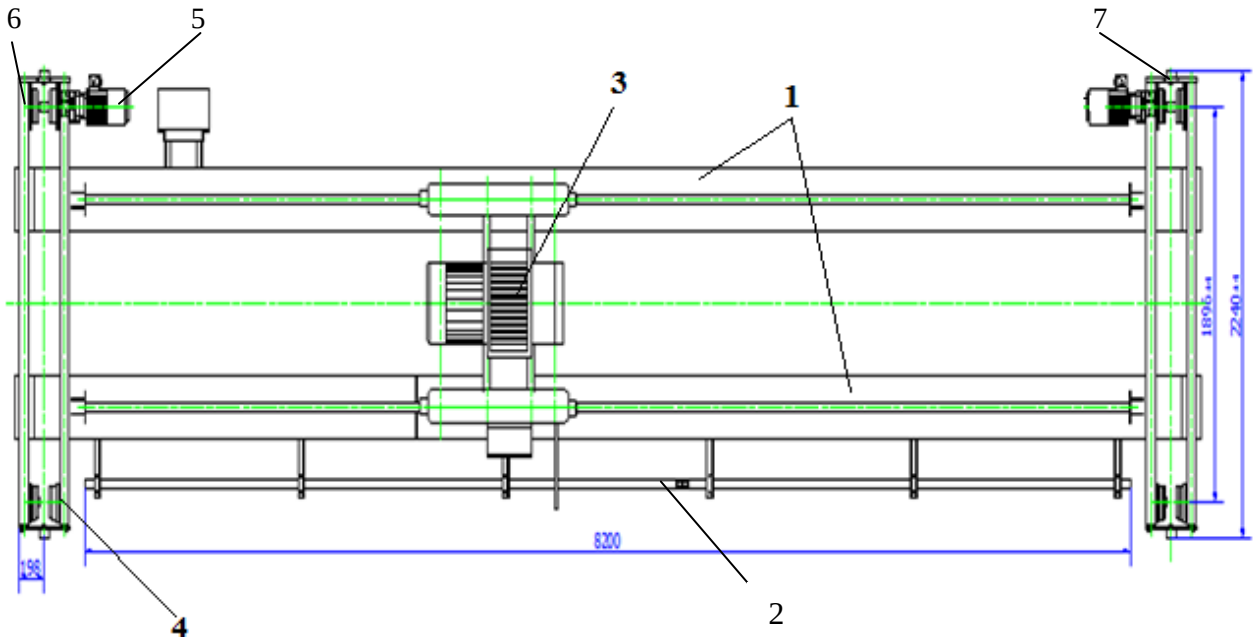
Krano tiltai – tai ištisos plieninės konstrukcijos. Tiltai pagaminti iš dvitėjės sijos. Svarbios išilginės sijos, ant kurių pakabintas kranas, jos pritvirtintos prie stogo konstrukcijos. Ant skersinių tiltų (1), važinėja perstūmimo vėžimėlis (3), kuris leidžia kranui pasiekti ir aptarnauti visą darbo zoną. Vėžimėlio ratai (4) (tiek varantieji, tiek varomieji) parinkti su briaunomis ir bėgiais

juda tolygiai be persikreipimų ar smūgių. Juos varo varantysis velenas, sujungtas su varikliu per reduktorių. Kranų ratai priklauso smarkiai dylančių detalių grupei, todėl jie gaminami iš aukštos kokybės plieno arba iš modifikuoto ketaus.

Krano tiltai sujungti su galiniu vėžimėliu, kuris suteikia galimybę kranui aptarnauti visą darbo zoną. Vėžimėlis sudarytas iš lovinių suvirintos konstrukcijos profilių su standumo briaunomis, cilindrinių krumpliaračių reduktoriaus ir trifazio elektros variklio (5). Elektros variklis, kitaip motoreduktorius, sujungtas su cilindrinių krumpliaračių velenu, kuris sukimo momentą perduoda į vežimėlio varančiuosius ratus.

Sušvelninti smūgius į galines atramas, skersinių sijų galuose įtaisomi guminiai monolitiniai buferiai (7). Tai dažniausiai naudojami buferiai, nes jie duoda nedidelę atatranką į buferį atsitrenkusiai konstrukcijai, kadangi 30 – 50% konstrukcijos kinetinės energijos sunaudojama gumos vidinei trinčiai nugalėti.

Pagal Lietuvos respublikos Vyriausiojo valstybinio darbo inspektoriaus įsakymą „Dėl kėlimo kranų saugaus naudojimo taisyklių DT 8-00 tvirtinimo“ (2005m. gruodžio 28 d. Nr. 355, Vilnius), visi kėlimo mechanizmai, taip pat ir tiltiniai kranai turi turėti automatiškai veikiančius darbo apsaugos įtaisus. Šie įtaisai turi išjungti krano mechanizmus kranui arba jo atitinkamoms dalims pasiekus kraštutines padėtis. Taigi šio tiltinio krano apsaugai siekiant išvengti avarijų ir sušvelninti stiprius smūgius į galines atramas turi būti naudojami galiniai išjungikliai. Galinio išjungiklio schema pateikiama 2.15 paveiksle. Vėžimėliui priartėjus prie kraštinės ribinės padėties, speciali prie mašinos pritvirtinta atrama (1) atlenkia galinio išjungiklio svirtį (2). Svirčiai atsilenkus, atjungiami kontaktai (3) ir (4), kurie nutraukia elektros variklio maitinimo grandinę. Tiltiniam kranui vėl grįžus iš kraštutinės padėties į leistiną darbo zoną, svirtį ir tuo pačiu kontaktą spyruoklė (5) grąžina į pradinę padėtį.



2.13 pav. Tiltinio krano bendro vaizdo schema: 1 – skersiniai tiltai; 2 – elektros kabelio laikiklis; 3 – kėlimo mechanizmas; 4 – varomieji (varantieji) ratai; 5 – vėžimėlio motoreduktorius 6 – vėžimėlio profiliai; 7 – guminiai buferiai

2.2.4. Pervažiavimo mechanizmo aprašymas

Pervažiavimo mechanizmas, kurio bendras vaizdas pateiktas 2.14 pav., yra sudarytas iš motoreduktoriaus (1), sijų (2), varomųjų ratų (3), varančiųjų ratų (4), buferių (5). Jie yra sujungiami skersinėmis sijomis (tiltais).

Reduktoriai gali būti visų populiariausių tipų (lygiagrečių ašių, sliekiniai, planetiniai ir kt.). Jų tvirtinimas gali būti įvairus: padinis, flanšinis, ant veleno ir kombinuotas. Mūsų atveju naudojami du motoredutoriai (watt drive). Galia: 1,5 kW. Tai labai ekonomiškas įrenginys su visais lygiagrečių velenų reduktoriaus privalumais, ypač tinkantis montavimui flanšu arba ant veleno. Toks reduktorius pasirinktas todėl, nes yra vienas patikimiausiu pagal šią kategoriją. Juos gaminant didelis dėmesys skirtas sandarumui. Tai reiškia, kad jie labai gerai apsaugoti nuo alyvos pratekėjimo. Specialūs 2 – jų kamerų Watt Drive sukurti riebokšliai standartiniame išpildyme naudojami ne tik ant veleno montuojamuose reduktoriuose, bet taip pat ir lygiagrečių velenų reduktoriuose.

Pagal tiltinių kranų naudojimo paskirtį, keliamus svorius, pokraninį kelią ir kitus parametrus yra parenkamas tiltinio krano sijos. Taigi jie būna dvisijai arba viensijai. Šio bakalauro projektuojamas kranas yra dvisijis. Dvisijės tiltinių kranų metalinės konstrukcijos būna santvarinio

arba ištisinio tipo (mūsų atveju ištisinio tipo). Ištisinio tipo tiltinių kranų metalinių konstrukcijų sijų skerspjūvis dažniausiai būna dviejų tipų:

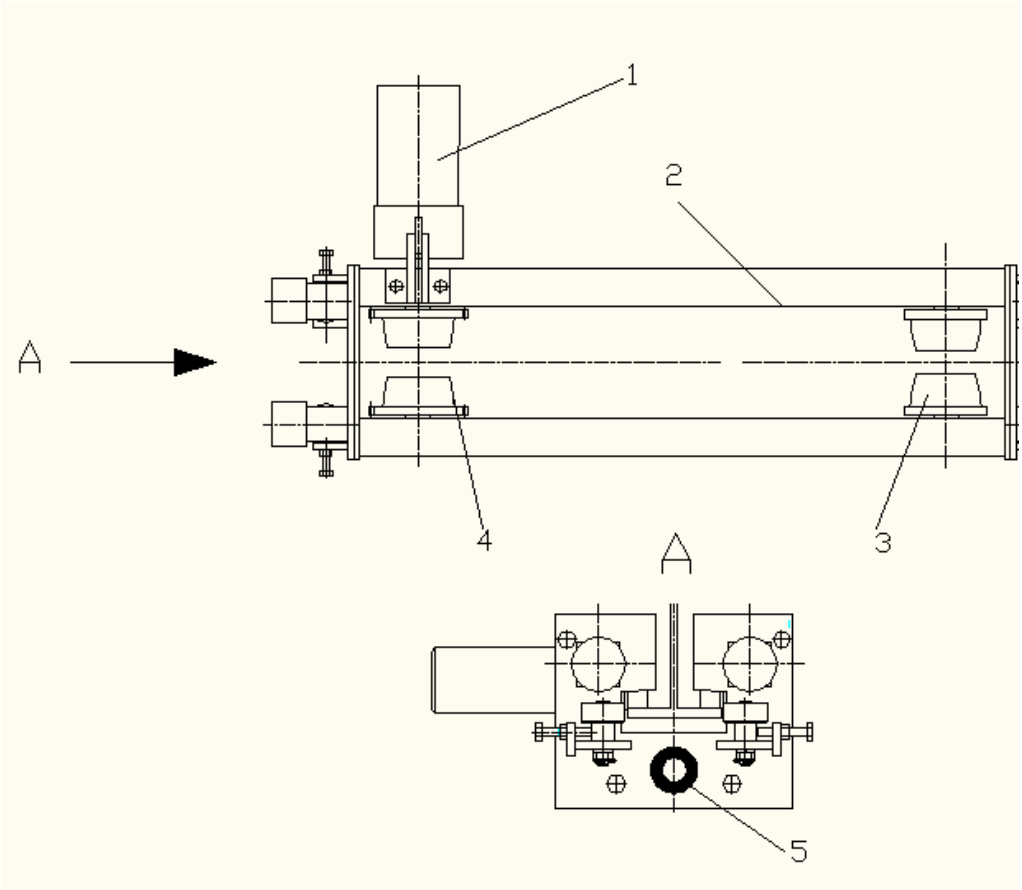
- Dėžutės formos;
- Dvitėjinio skerspjūvio sijos.

Šiuo atveju naudojamos dvitėjinės sijos. Kranui dirbant (keliant, transportuojant krovinius), sijos (tiltai) yra veikiamos lenkimo jėgos, kuri atsiranda veikiant nuosavam krano svoriui, o taip užkabinus atitinkamą krovinį lenkimas dar padidėja.

Įvairiose kėlimo mašinose naudojami atitinkami ratai. Tai priklauso nuo krano tipo (atraminis ar pakabinamas, ožinis ir kt.). Atraminiams tiltiniams kranams dažniausiai naudojami yra dvibriauniai ratukai, nes praktika rodo jų aukštą patikimumą. Kranai ar jų vežimėliai taisyklingai ir saugiai pervažiuoja bėgiais. Tačiau šio bakalauro atveju kranas yra pakabinamas, todėl ratukai yra kitokios formos. Mūsų atveju naudojami vienbriauniai ratukai, kurie montuojami abiejose vėžimėlio pusėse ir jie yra dviejų tipų, varantieji ir varomieji. Skirtumas tarp jų toks, kad varantysis ratas turi krumplines išdrožas, kurios kabinasi su velenu, o šis perduoda sukimo momentą. Ratukai priklauso greitai dylančių detalių grupei, dėl to jie yra gaminami iš aukštos kokybės plieno, kuris yra atsparesnis trinčiai. Ratukai taip pat būna gaminami iš pilkojo ketaus (modifikuoto arba nemodifikuoto).

Pakabinamų kranų pervažiavimo vėžimėlių ratukai yra parenkami derinant pagal sijas, kuriomis jie važinės. Nuo to priklauso, ar ratuko paviršius bus pasviręs ar lygus. Jei ratuko paviršius būtų pasviręs, o sijos paviršius tiesus, tuomet ratukas į jos paviršių liestųsi tik vienu tašku. Tai nepageidautina, nes nebėra reikiamo stabilumo gali būti viršijami riedėjimo paviršiuje kilę kontaktiniai įtempiai, gali atsirasti strigimų ar kitokių nesklandumų.

Kad išvengti smūgių, kranui nuvažiavus į galinę padėtį yra montuojami buferiai, kurie sušvelnina smūgius. Buferiai būna įvairių tipų: mediniai, guminiai, spyruokliniai, kidrauliniai ir kt. Šiuo atveju buvo naudojamas guminis buferis. Pastarieji būna monolitiniai iš vieno gumos gabalo arba iš keletos guminių plokštelių. Guminiai buferiai duoda palyginti mažą atatranką, nes 30—50% kinetinės energijos išnaudojama gumos vidinei trinčiai nugalėti.

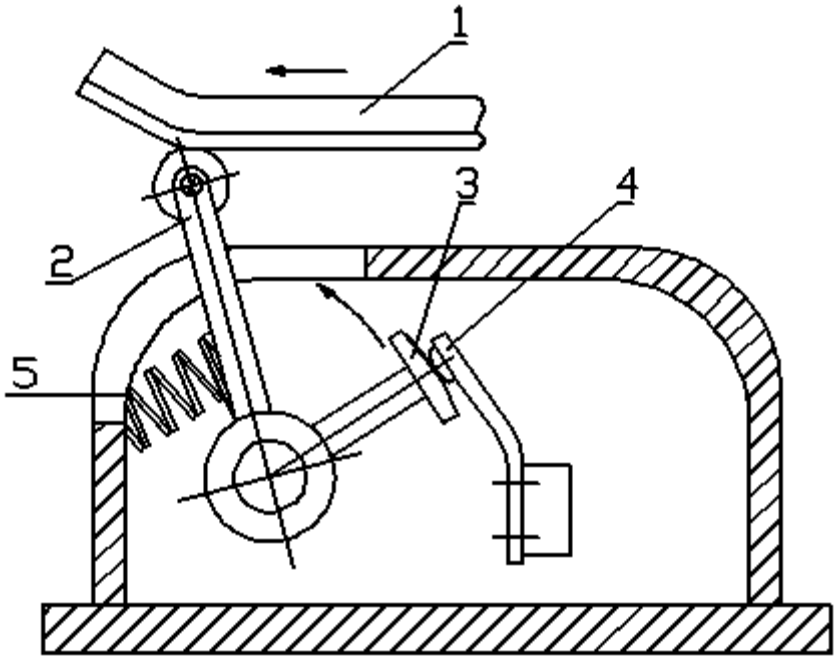


2.14 pav. Galinio vežimėlio schema: 1 – motoreduktorius, 2 –sijos, 3 – varomieji ratukai, 4 – varantieji ratai, 5 – guminiai buferiai

Pagal Lietuvos respublikos Vyriausiojo valstybinio darbo inspektoriaus įsakymą „Dėl kėlimo kranų saugaus naudojimo taisyklių DT 8-00 tvirtinimo“ (2005m. gruodžio 28 d. Nr. 355, Vilnius), visi kėlimo mechanizmai, taip pat ir tiltiniai kranai turi turėti automatiškai veikiančius darbo apsaugos įtaisus. Šie įtaisai turi išjungti krano mechanizmus, kranui arba jo atitinkamoms dalims pasiekus kraštutines padėtis. Bendrosios paskirties kranuose būna šie darbo apsaugos įtaisai: krovinio bei strėlės kėlimo aukščio ribotuvai, krano ar vežimėlio pervažiavimo kelio bei krano pasukimo kampo ribotuvai, keliamosios galios ribotuvai, krano metalinės konstrukcijos persikreipimo ribotuvai. Visų ribotuvų pagrindą sudaro vadinamieji galiniai išjungikliai, kurie reikiamu momentu nutraukia variklių maitinimo elektrinę grandinę.

Taigi šio tiltinio krano apsaugai siekiant išvengti avarijų ir sušvelninti stiprius smūgius į galines atramas turi būti naudojami galiniai išjungikliai. Galinio išjungiklio schema pateikiama 2.15 paveiksle. Vėžimėliui priartėjus prie kraštinės ribinės padėties, speciali prie mašinos pritvirtinta atrama (1) atlenkia galinio išjungiklio svirtį (2). Svirčiai atsilenkus, atjungiami kontaktai

(3) ir (4), kurie nutraukia elektros variklio maitinimo grandinę. Tiltiniam kranui vėl grįžus iš kraštutinės padėties į leistiną darbo zoną, svirtį ir tuo pačiu kontaktą spyruoklė (5) grąžina į pradinę padėtį.

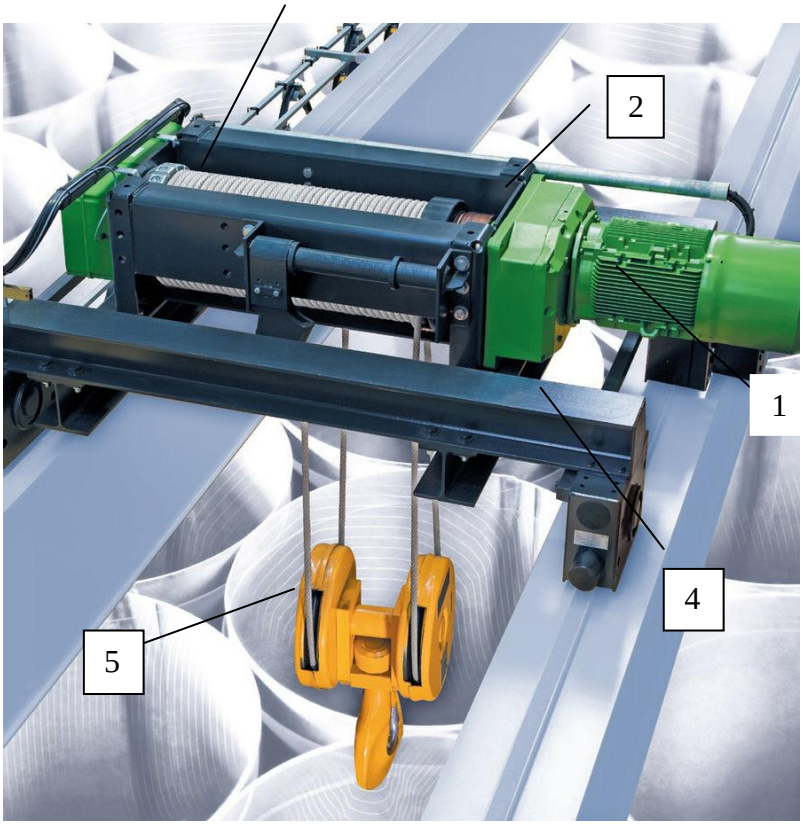


2.15 pav. Galinio išjungiklio schema: 1 – atrama tvirtinama prie judamo mechanizmo galo; 2 – svirtis; 3 ir 4 – kontaktai; 5 – spyruoklė

2.2.5. Kėlimo mechanizmo konstrukcijos aprašymas

Krano telferis – mechanizmas skirtas kroviniams pakelti ir dažniausiai turi cilindrinių krumpliaračių reduktorių, kuris tiesioginiai arba per tarpinių krumpliaračių porą jungia elektros variklį su lyno vyniojimo būgnu. Vežimėlio pervažiavimo mechanizmas dažniausiai turi vertikalius krumpliaratinius reduktorius. Tiltinio krano vežimėlio bendras vaizdas pavaizduotas 2.16 paveiksle.

3

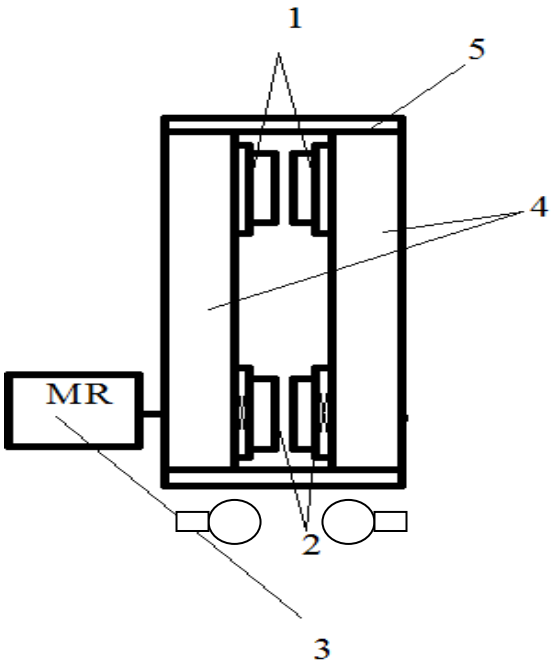


2.16 pav. Tiltinio krano elektinės talės bendras vaizdas

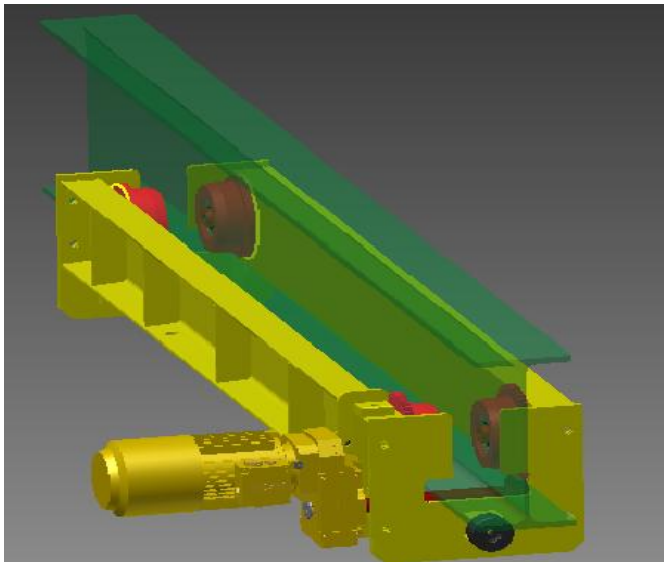
1 – krovinio kėlimo variklis; 2 – reduktorius; 3 – būgnas lynui; 4 – telferio vežimėlio konstrukcija; 5 – telferio pakabos mazgas

2.3. Techniniai skaičiavimai

Atliekant techninius skaičiavimus bus parinktos tinkamos detalės kranui. Apskaičiuosime vienas svarbiausių sudedamųjų dalių, tai galinių vėžimėlių ratukus, jų atsparumus judėjimui, kablio stiprumą, lyno bugno dydį ir patį lyno stiprumą, bei parinksime motoreduktorius.



2.17 pav. Perstūmimo vėžimėlio kinematinė schema: 1 – varomieji ratai; 2 – varantieji ratai; 3 – motoreduktorius; 4 – loviniai perstūmimo vėžimėlio profiliai; 5 – profilių sujungimo plokštė



2.18 pav. Perstūmimo vėžimėlio trimatis vaizdas

2.3.1. Vežimėlio rato parinkimas

Krano keliamoji galia Q = 49,05kN.

Vežimėlio svoris $G_{vež.}$, (kN) apskaičiavome programa inventor:

$$G_{vež.} = 2{,}1kN.$$

Tada maksimali apkrova $P_{\max.}$, (kN) tenkanti vienam vežimėlio ratui skaičiuojama pagal formulę:

$$P_{\max.} = \frac{(G_{vež.} + Q) * 1{,}1}{8}; \qquad (2.1)$$

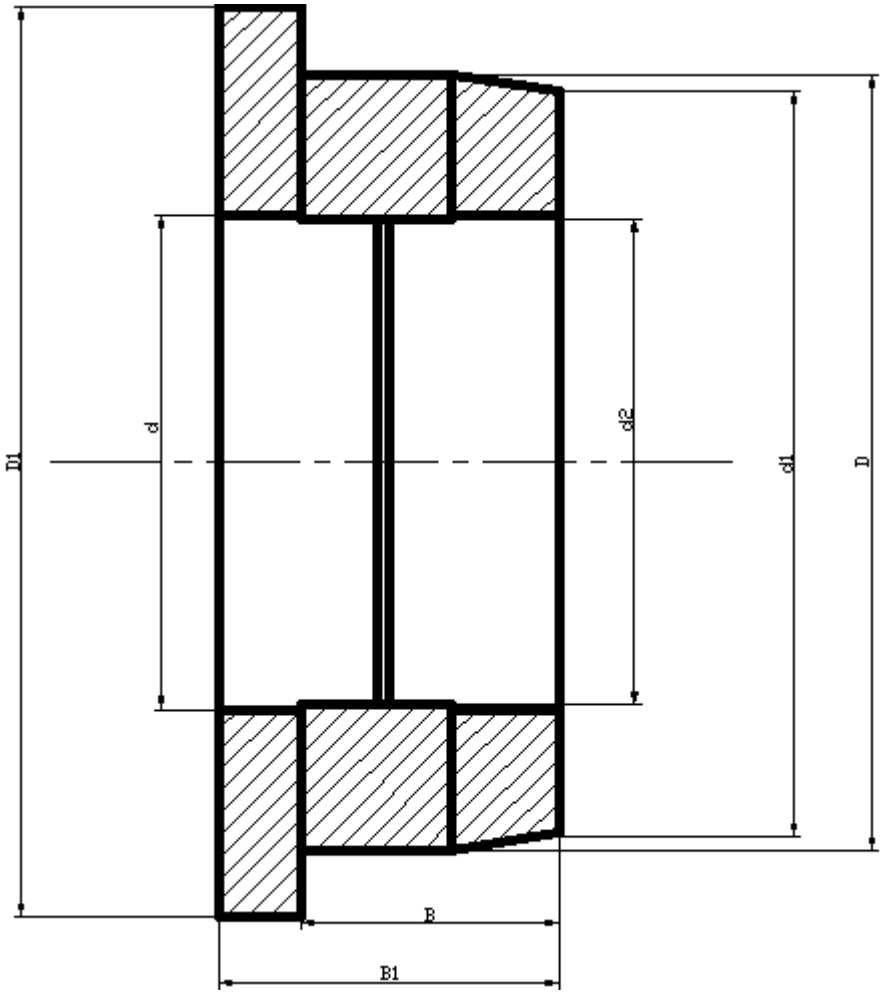
čia: $G_{vež.}$ - vežimėlio svoris, kN;

Q – krano keliamoji galia, kN;

$$P_{\max.} = \frac{(2 \cdot 2{,}1 + 49{,}05) * 1{,}1}{8} = 7{,}3kN.$$

Iš internetinio puslapio www.sew-eurodrive.lt parenkami varomieji ir varantieji krano ratai. Rato schema pateikiama 2.19 paveiksle.

Rato matmenys (mm): D = 160, D_1 = 188, d = 102, d_1 = 153, d_2 = 100, B = 53, B_1 = 70. Masė m = 7,6kg. Leidžiama statinė apkrova $|P| = 10kN$.



2.19 pav. Varomojo rato schema

2.3.2. Vežimėlio atsparumas judėjimui

Atsparumas judėjimui W,(kN) skaičiuojamas pagal formulę:

$$W = W_{tr.} + W_n + W_{in} + W_s; \qquad (2.2)$$

čia: $W_{tr.}$ - trinties atsparumas, kN;

W_n - nuolydžio atsparumas, kN;

$W_{in.}$ - inercijos atsparumas, kN;

W_s - atsparumas krovinio spyruokliavimui, kN.

Trinties atsparumas $W_{tr.}$, (kN) skaičiuojamas pagal formulę:

$$W_{tr.} = (G_{vež.} + Q) * \frac{2\mu + fd}{D} k_p; \qquad (2.3)$$

čia: $G_{vež.}$ - vežimėlio svoris, kN;

Q – krano keliamoji galia, kN;

μ -trinties koeficientas atsirandantis tarp sijos ir rato paviršių, $\mu = 0{,}3$;

f – guolio trinities koeficientas, f = 0,0015;

d – ašies skerspjūvio diametras, mm;

D – rato diametras, mm;

k_p - papildomo atsparumo koeficientas, $k_p = 1{,}1$.

Ašies skerspjūvio diametras d, (mm) skaičiuojamas pagal formulę:

$$d = (0{,}2 \ldots 0{,}25)\ D; \qquad (2.4)$$

čia: D – rato diametras, mm;

$$d = (0{,}2 \ldots 0{,}25) \cdot 160 = 32 \text{ mm}.$$

$$W_{tr.} = (2{,}1 + 49{,}05)\frac{2 * 0{,}3 + 0{,}015 * 32}{160} = 0{,}35kN.$$

Nuolydžio atsparumas W_n, (kN) skaičiuojamas pagal formulę:

$$W_n = \alpha * (G_{vež.} + Q); \qquad (2.5)$$

čia: α - vežimėlio kelio nuolydžio koeficientas, $\alpha = 0{,}002$;

$G_{vež.}$ - vežimėlio svoris, kN;

Q – krano keliamoji galia, kN;

$W_n = 0{,}002 * (2{,}1 + 49{,}05) = 0{,}1kN.$

Inercijos atsparumas W_{in}, (kN) skaičiuojamas pagal formulę:

$$W_{in} = \delta * \frac{(G_{vež.} + Q)}{g} * a; \qquad (2.6)$$

čia: δ - inercijos koeficientas, kai $V_{vež.} < 1$ m/s, tai $\delta = 1{,}25$;

$G_{vež.}$ - vežimėlio svoris, kN;

Q – krano keliamoji galia, kN;

a – vežimėlio pagreitis, m/s^2;

g – laisvojo kritimo pagreitis, m/s^2.

Vežimėlio pagreitis a, (m/s^2) skaičiuojamas pagal formulę:

$$a = (0{,}5...1{,}0) * |a|; \qquad (2.7)$$

čia: $|a|$ - leidžiamas vežimėlio pagreitis, $|a| = 0{,}2 m/s^2$;

$$a = (0{,}5...1{,}0) * 0{,}2 = 0{,}15 m/s^2.$$

$$W_{in} = 1{,}25 * \frac{(2{,}1 + 49{,}05)}{9{,}81} * 0{,}15 = 0{,}97 kN.$$

Atsparumas krovinio spyruokliavimui W_s, (kN) skaičiuojamas pagal formulę:

$$W_s = \frac{(G_{vež.} + Q)}{g} * a; \qquad (2.8)$$

čia: $G_{vež.}$ - vežimėlio svoris, kN;

Q – krano keliamoji galia, kN;

g – laisvojo kritimo pagreitis, m/s^2;

a – vežimėlio pagreitis, m/s^2;

$$W_s = \frac{(2{,}1 + 49{,}05)}{9{,}81} * 0{,}15 = 0{,}8 kN;$$

$$W = 0{,}35 + 0{,}1 + 0{,}97 + 0{,}8 = 2{,}22 kN.$$

2.3.3. Pervažiavimo mechanizmo motoreduktoriaus parinkimas

Pakabinamo dvisijo tiltinio krano važiavimo greitis priimtas v = 30 m/min. Tiltinio krano masė su judėjimo mechanizmu ir vežimėliais priimta G_k = 3000kg. Tiltinis kranas yra su krovinių vežimėliu, kurio Q = 5000 kg. Todėl keliamąją galią priimame:

Q = 5000 kg.

Reikalinga motoreduktoriaus galia N_v, (kW), kurią turi išvystyti variklis skaičiuojama pagal formulę:

$$N_v = \frac{W}{\eta \cdot \psi}; \qquad (2.9)$$

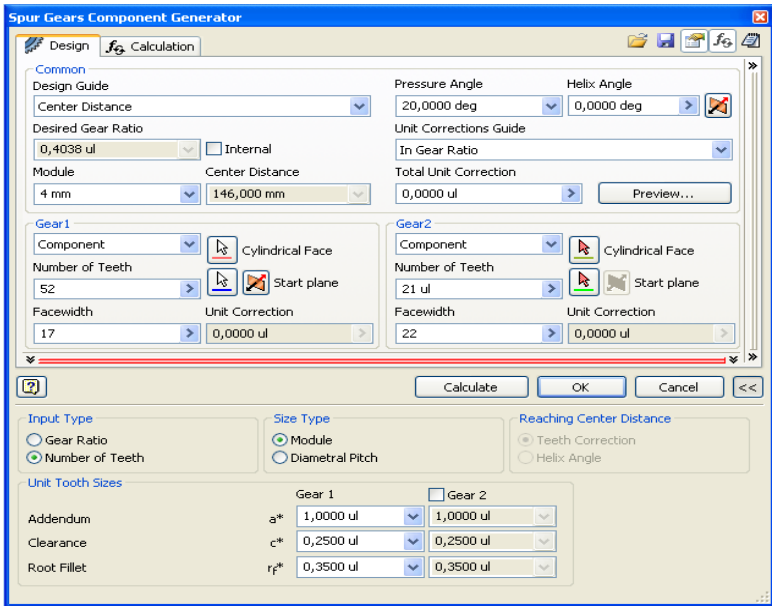
čia: W – atsparumas judėjimui, (kN);

η - perdavos naudingumo koeficientas, (0,8);

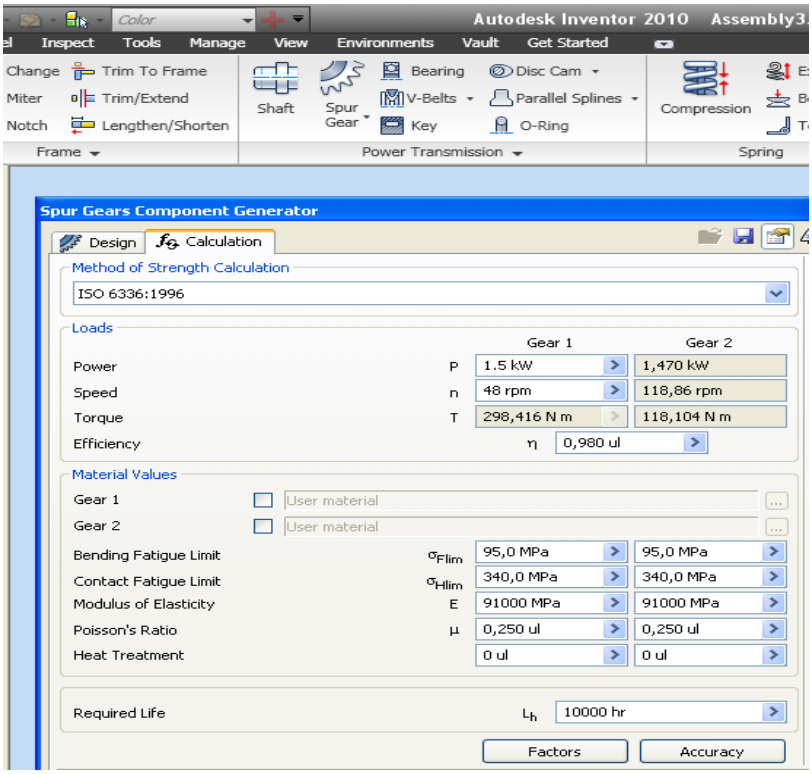
ψ – motoreduktoriaus konstrukcijos koeficientas, (1,9);

$$N_v = \frac{2.22}{0{,}8 \cdot 1{,}9} = 1{,}47 kW.$$

Reikalingą veleną ir krumplių skaičių ant jo paskaičiuojame Autodesk inventor (2.20 pav. ir 2.21pav.) programa, kuri taip pat parodo ir sukimo momentą, pagal kurį derinamas variklio parikimas.



2.20 pav. Duomenų suvedimas varikliui skaičiuoti ir krumplių sk. nustatyti



2.21 pav. Apskaičiuoti duomenys

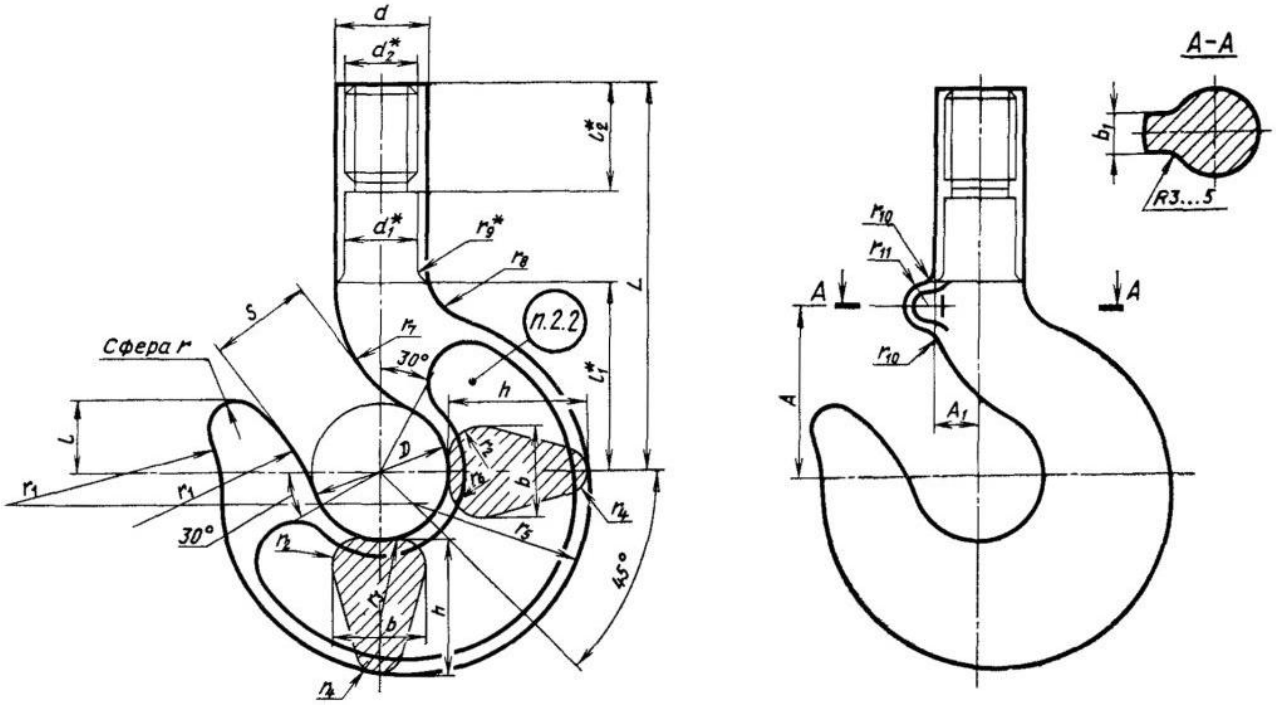
Išvada: gautas rezultatas tenkina visus reikalavimus, todėl parenkamas motoreduktorius **„Watt“** [18]:

Galia: N = 1,5 kW;

Sukimo momentas: T = 119 Nm;

Įtampa: U = 220 – 380 V.

2.3.4. Krano pakabos mazgo skaičiavimas



2.22 pav. Kablys

Kablio medžiaga – plienas 20.

Leistinai įtempimai:

$$|\sigma_b| = 420MPa;$$

$$|\sigma_t| = 115MPa;$$

$$|\sigma_g| = 115MPa;$$

$$|\tau_k| = 35MPa.$$

Sriegio vidutinis skersmuo:

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot |\sigma_t|}}; \qquad (2.10)$$

čia: Q = 50 kN – krano kėlimo galia;

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 50000}{3{,}14 \cdot 115 \cdot 10^6}} = 0.023m;$$

Priimame sriegį M24.

Sriegio parametrai:

d = 24 mm;

d1 = 21 mm;

p = 3mm.

Veržlės aukštis:

$$H = \frac{4Qp}{\pi \cdot (d^2 - d_1^2) \cdot |\tau_k|}; \qquad (2.11)$$

$$H = \frac{4 \cdot 50000 \cdot 3 \cdot 10^{-3}}{3.14 \cdot (24^2 - 21^2) \cdot 35 \cdot 10^6} = 4 \cdot 10^{-7} m.$$

Veržlės aukštis pagal apkrovimą gaunamas labai mažas, priimame jog veržlės aukštis 0,8d

Priimame H = 20mm.

Priimame kablio pagrindinius parametrus:

- pavojingo skerspjūvio plotas A = 10,26· 10^{-4} m^2;
- atstumas tarp svorio centro ir vidutinės kablio paviršiaus Xc = 1,98 · 10^{-2} m;
- vidurinio paviršiaus spindulis q / 2 = 2,5 · 10^{-2} m;
- kablio kreivumo spindulis ρ = 4,48 · 10^{-2} m;
- skerspjūvio dalies plotai: f_1 = 0,437 · 10^{-4} m^2;

  f_2= 0,919 · 10^{-4} m^2;
- skerspjūvio ilgis h = 3,8 · 10^{-2} m.

Lyno parinkimas:

Skaičiuojama maksimali įtempimo jėga:

$$S = \frac{P}{K}; \qquad (2.12)$$

čia:

P – lyno leistina nutrūkimo jėga;

K – lyno stiprumo atsargos koeficientas;

Darbo režimui „V“ K = 5.5.

$$S = \frac{Q}{n \cdot \eta}; \tag{2.13}$$

čia:

n – polispasto šakų skaičius, priimtas n =6 [15];

η – polispasto naudingumo koeficientas, priimtas η = 0.94;

$$S = \frac{50}{6 \cdot 0{,}94} = 8{,}9kN.$$

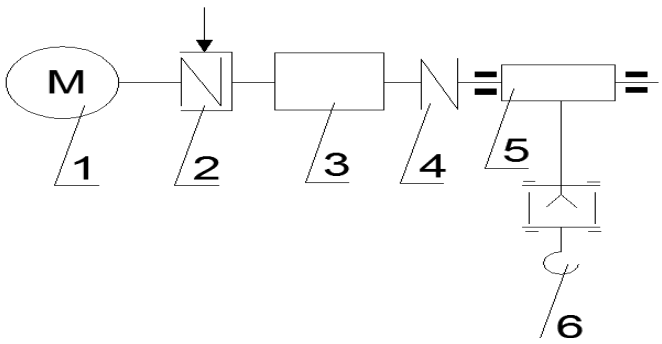
$$P = 5.5 \cdot 8{,}9 = 48{,}95 \text{ kN}.$$

Iš standartų lentelės LST EN ISO 2408 parenkamas plieninis lynas su plienine šerdimi 6x19 + IWS [15], lyno skersmuo d=12 mm., minimali nutraukimo jėga P_l = 86.1 kN., vielų skaičius 133 vnt., svoris m_l = 54,8 kg/100m.



2.23 pav. Plieninis lynas su plienine šerdimi

2.3.5. Krano krūvio kėlimo mechanizmo skaičiavimas



2.24 pav. Kėlimo mechanizmo kinematinė schema: 1 – variklis, 2 – mova su stabžiumi, 3 – reduktorius, 4 – mova, 5 – būgnas, 6 – kablys

Varikio parinkimas

Reikalingas maksimalus variklio galingumas:

$$N_{\max} = \frac{Q \cdot V}{\eta}; \qquad (2.14)$$

čia: Q = 50 kN;

V = 4.5 m/min = 0.075 m/s – krūvio kėlimo greitis;

η = 0.8;

$$N_{\max} = \frac{50 \cdot 0.075}{0.8} = 4{,}68kW.$$

Pagal rekomendacijas parenkame krano elektros variklį ATDC 132 SA2.

ĮIB = 25%;

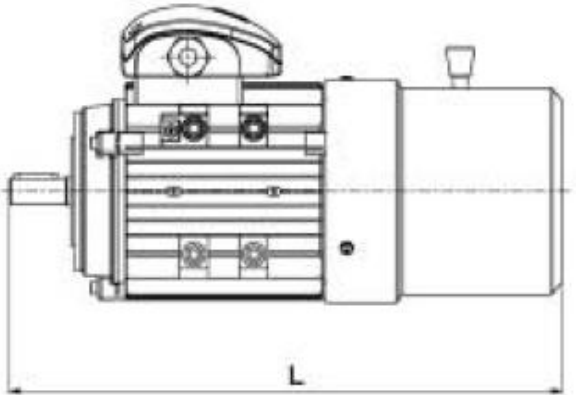
Galingumas – N = 5,5 kW;

Sukimo dažnis n_V = 750 aps/min;

Išeinančio veleno skersmuo d = 60 mm;

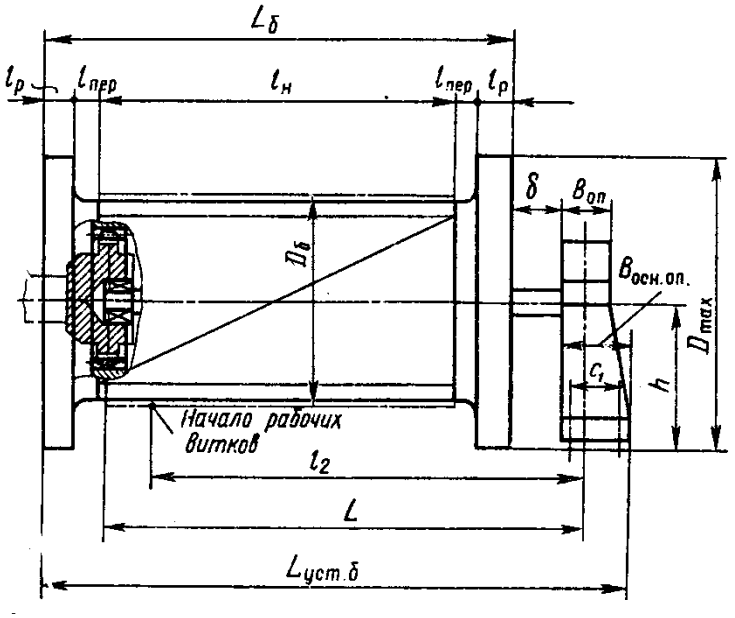
L = 570 mm;

Masė – m = 49,1kg.



2.25 pav. Trifazis elektro variklis

2.3.6. Būgno parametrų skaičiavimas



2.26 pav. Būgnas lynui

Bugno skersmuo:

$$D_b \geq e_1 \cdot e_2 \cdot d; \qquad (2.15)$$

čia: d = 12 mm – lyno skersmuo;

e_1 – darbo režimo koeficientas;

e_1 = 25;

e_2 – lyno konstrukcijos koeficientas;

e_2 = 0,9.

$$D_b \geq 25 \cdot 0.9 \cdot 12 = 270mm.$$

Pagal rekomendacijos priimame D_b = 270 mm;

Maksimalus bugno skersmuo:

$$Dmax = (1.1 \ldots 1.3)\ Db; \qquad (2.16)$$

$$Dmax = (1.1 \ldots 1.3)\ 270 = 324mm.$$

Sriegio ilgis:

$$l_H = t \cdot (Zd + Za + Zt); \qquad (2.17)$$

čia: t – sriegio žingsnis:

$$t = (1.10 \ldots 1.23)\ d_k; \qquad (2.18)$$

$$t = (1.10 \ldots 1.23)\ 12 = 13{,}2 \text{ mm}.$$

Zd – darbo vijų skaičius:

$$Z_d = \frac{n \cdot H}{\pi \cdot D_b}; \qquad (2.19)$$

čia: n = 6 – polispasto šakų skaičius;

H = 4,8 m – krūvio kėlimo aukštis;

$$Z_d = \frac{6 \cdot 4{,}8}{3.14 \cdot 0.25} = 36{,}7.$$

Za – atsarginių vijų skaičius;

Za = 1,5;

Zt – vijų skaičius lyno galo tvirtinimui;

Zt = 3 ... 4;

l_H =13,2 · (36,7 + 1,5 + 4) = 557 mm;

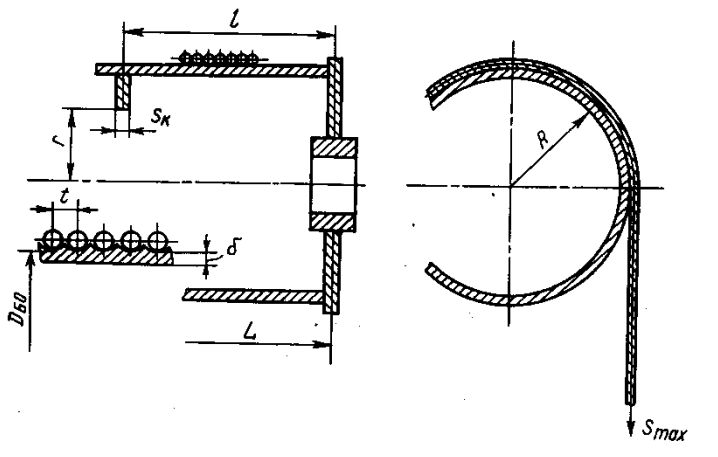
$l_{nep} \approx 0.8d$;

$l_{nep} \approx 0.8 \cdot 112 \approx 9{,}6$ mm;

l_p= (1.0 ...1.2)d;

l_p= (1.0 ...1.2) · 12 = 12mm;

$L_b = l_H + 2\, l_{nep} + l_p$ = 557 + 9,6 + 12 =578,6 mm.



2.27 pav. Būgno vaizdas

Būgno sienelių storys:

$$\delta = 0.95\frac{S_{\max}}{t \cdot |\sigma_g|}; \qquad (2.20)$$

čia: S_{max} – maksimali lyne veikančia jėga;

$$S_{max} = Q / n = 50 / 6 = 8,3 \text{ kN};$$

t = 13,2 mm;

$|\sigma_g|$ - būgno medžiagos leistini gniuždimo įtempimai.

Būgno medžiaga – plienas ВСт 3 сп, $|\sigma_g|$ = 127 MPa; (2.21)

$$\delta = 0.95\frac{8,3 \cdot 10^3}{13,2 \cdot 10^{-3} \cdot 127 \cdot 10^6} = 0.005m = 5mm.$$

Būgno sienelių stiprumo sąlygos:

$$n = \frac{\sigma_k}{\psi \cdot \sigma_n} \le |n|; \qquad (2.22)$$

čia: $|n|$ - minimalus atsargos koeficientas, plienui $|n|$ = 1.7;

$|\sigma_k|$ - kritinis įtempimas:

$$\sigma_k = 0.92E_b \frac{\delta}{l_H}\sqrt{\frac{\delta}{R}};$$

čia: E_b – būgno sienelių tamprumo modulis;

E_b = 205900 MPa; (2.23)

l_H = 557 mm = 0.56m;

R = D_b / 2 = 250 / 2 = 125mm = 0.125m;

$$\sigma_k = 0.92 \cdot 205900 \cdot \frac{0.005}{0.557}\sqrt{\frac{0.005}{0.125}} = 340MPa.$$

σ_n - nominalinis įtempimas:

$$\sigma_n = \frac{S_{\max}}{\delta \cdot t}; \qquad (2.24)$$

$$\sigma_n = \frac{8,3 \cdot 10^3}{5 \cdot 10^{-3} \cdot 13,2 \cdot 10^{-3}} = 125MPa.$$

Būgno sukimo dažnumas:

$$n_b = \frac{m \cdot V_k}{\pi \cdot D_b}; \qquad (2.25)$$

čia:

m = 6 – polispasto šakų skaičius;

V_k = 4,5 m/min – krūvio kėlimo greitis;

$$n_b = \frac{6 \cdot 4{,}5}{3{,}14 \cdot 0{,}25} = 34{,}3 aps/\min.$$

Reduktoriaus parinkimas*:*

Reikalingas perdavos perdavimo skaičius:

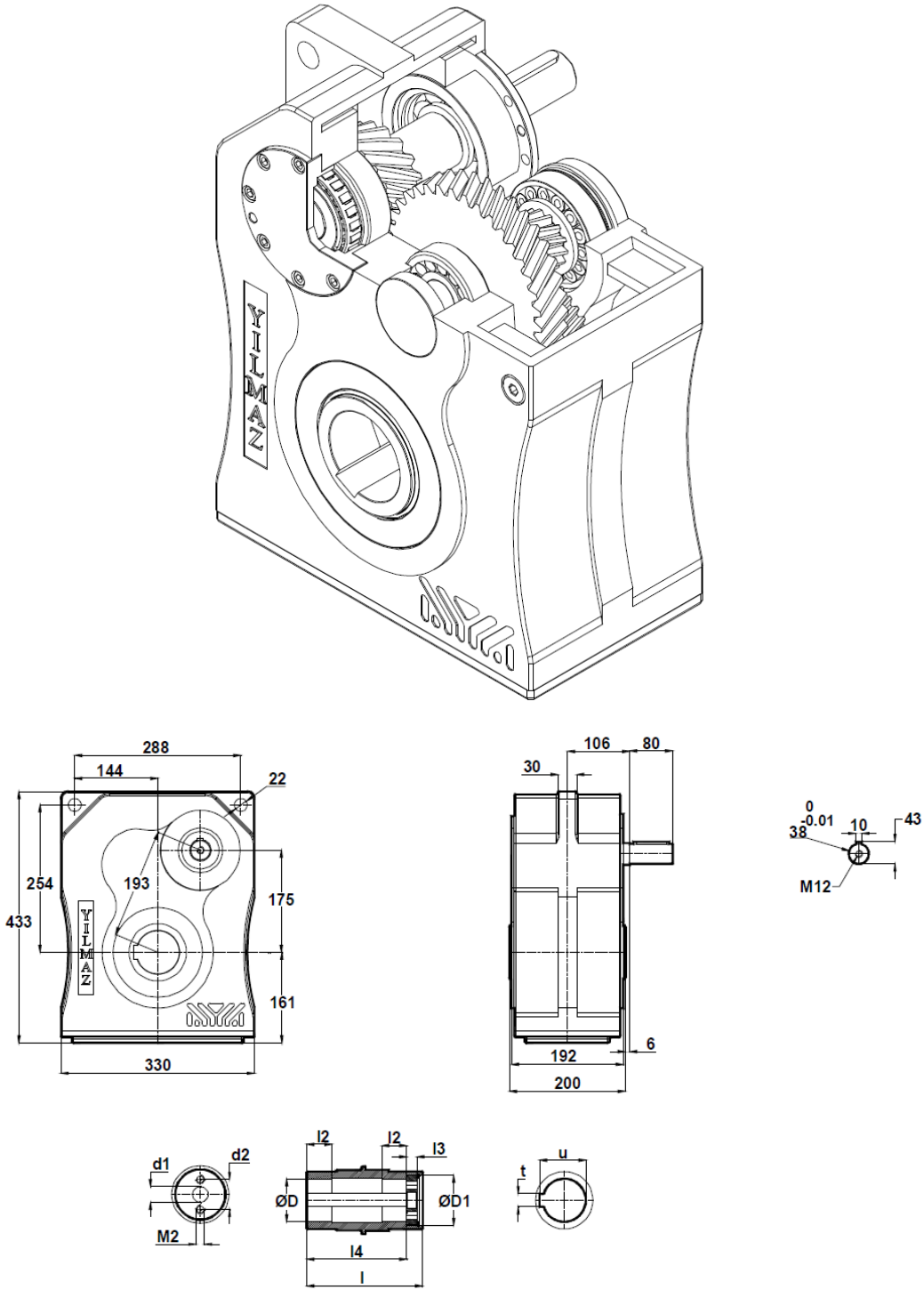
$$u = n_V / n_b = 1000 / 34{,}3 = 29{,}5. \qquad (2.26)$$

Perdavimo galia – 4,68 kW.

Maksimalus sukimo momentas lėtaeigiame velene:

$$T = S_{\max} \cdot \frac{D_b}{2} = 8{,}3 = \frac{0.25}{2} = 1{,}03 kNm. \qquad (2.27)$$

Priimtas, pagal LST EN ISO 122-4, ant veleno montuojamas reduktorius TT57.



D_{G7}	D1	t	u	l	l2	l3	l4	d1	d2	M2
60	85	18	64,4	200	45	16	175	22	42	M12
70*		20	74,9							

2.28 pav. Reduktoriaus išmatavimų schema

Reduktoriaus parametrai:

- perdavimo skaičius – u = 29,52;
- sukimo momentas lėtaeigiame velene – T = 3000 Nm;
- nvk – η = 0,97.

Faktinis krūvio kėlimo greitis:

$$V_k = \frac{n_V \cdot \pi \cdot D_b}{u \cdot n} = \frac{1000 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}25}{29{,}5 \cdot 6} = 4{,}5 m/\min. \qquad (2.28)$$

Skirtumas tarp užduoto ir faktinio kėlimo greičių:

$$\Delta V = \frac{4{,}5 - 4{,}4}{4{,}5} \cdot 100\% = 2\%$$, kas leidžiama.

3. TECHNOLOGINĖ DALIS

3.1 Galinio vežimėlio ratų ašies analizė, paskirtis, konstrukcija

Gaminama detalė yra perstūmimo mechanizmo, kitaip sakant, galinio vėžimėlio ratukų ašis. Ašis reikalinga tam, kad ant jos būtų montuojami guoliai, kurie ratukuose presuojami su nedidele įvarža, kadangi ratai sukasi, o ašis stovi vietoje. Ašis yra tvirtinama prie kitos konstrukcijos prie lovinio profilio ir per guolius, kurie yra ant jos, perduodamas sukimas ratukams. Tai ir yra pagrindinė ašies funkcija, paskirtis.

Kaip minėjome, ašis yra tvirtinama prie jau paruoštos konstrukcijos ir yra labai svarbi viso perstūmimo mechanizmo dalis. Ji turi būti pagaminta iš kokybiškos medžiagos ir atlaikyti ją veikiančias jėgas. Ašį nuolat veikia tiek statinės, tiek dinaminės jėgos pakaitomis ypač glemžimas, kirpimas.

Kaip bebūtų, detalės projektavimas nėra labai sudėtingas darbas, nes pati detalė yra pakankamai paprasta. Pagrindiniai reikalavimai yra keliami toms vietoms, kuriose montuojami guoliai. Ten reikalingas tikslesnis apdirbimas, tačiau ypatingų įrankių ar papildomų operacijų tai nereikalauja.

Pati detalė yra gaminama iš plieno C45, kuris naudojamos daugelyje konstrukcijų yra pakankamai tvirtas, kad atlaikytų veikiančias apkrovas. Šio metalo mechaninės, fizikinės, cheminės bei technologinės charakteristikos yra aprašytos 3.1 lentelėje.

Detalės medžiagos fizinių, mechaninių charakteristikų ir technologinių rodiklių bei cheminės sudėties lentelės 3.1 ir 3.2 [11].

3.1 lentelė. Plieno C45 cheminė sudėtis, %

C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr
			(ne daugiau kaip)			
0,40-0,50	0,17-0,37	0,5-0,8	0,045	0,045	0,30	0,30

3.2 lentelė. Plieno C45 mechaninės savybės

σ_y, MPa	σ_u, MPa	δ_5, %	Z, %	KCU, J/cm^2	HB (ne daugiau, kaip)	
Ne mažiau					Karštai valcuotas	Atkaitinimas
355	600	16	40	49	241	197

Lentelėje pažymėta:

σ_u – stiprumo riba;

σ_y – takumo riba;

δ_5 – bandinio santykinis ištįsimas jį nutraukiant;

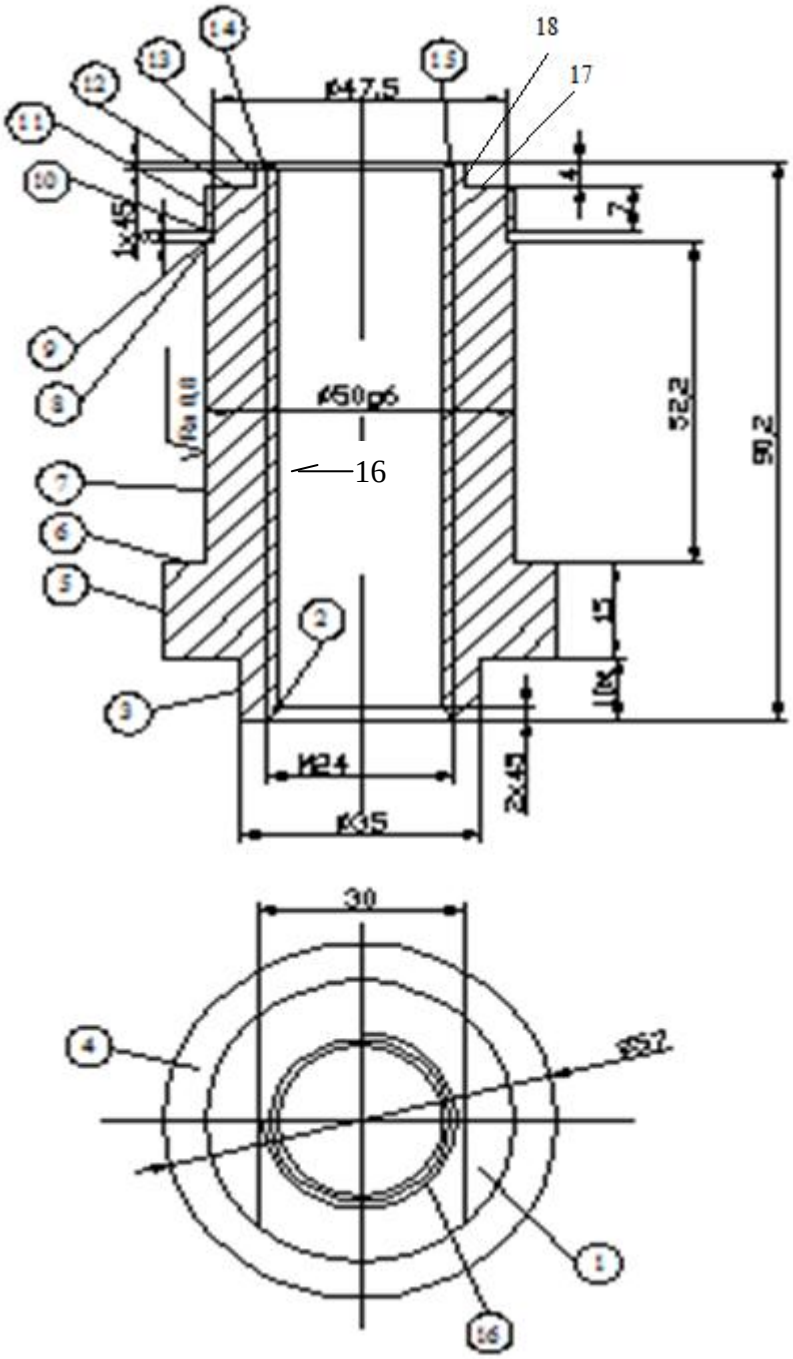
Z – santykinis bandinio skerspjūvio susitraukimas nutraukimo vietoje;

KCU – smūginis tąsumas tiriant bandinius su U tipo koncentratoriumi;

HB – kietumas pagal Brinelį.

Detalės gaminimas nereikalauja didesnių nei įprasta įgūdžių ar papildomų operacijų. Visi apdirbami paviršiai yra lengvai pasiekiami, todėl jų apdirbimas nėra apsunkinamas. Paviršiams nėra keliami išskirtiniai reikalavimai ir dauguma paviršių apdirbami paprastai (grubiai), išskyrus vieną, ant kurio montuojami guoliai. Apdirbimui bus naudojami standartiniai tekinimo, gręžimo, sriegimo ir kiti reikalingi įrankiai.

Paviršiai, kurie bus apdirbami technologinėmis operacijomis yra sužymėti atitinkamais skaičiais, kurie yra pavaizduoti 3.1 pav.



3.1 pav. Detalė su paviršių numeracija

3.1.1. Ašies brėžinio techninių sąlygų analizė

Šios detalės darbo brėžinyje yra nurodyti reikalingi matmenys bei reikalavimai, kurių laikantis detalė atitiks keliamus reikalavimus ir bus tinkama naudoti pagal paskirtį. Svarbiausi detalės paviršiai yra 7 ir 13 (žr. 3.1 pav.). 7 paviršius svarbus yra todėl, nes ant jo montuojami guoliai. Todėl reikalingas tikslesnis apdirbimas, o tryliktas paviršius yra skirtas raktui. Juo bus prilaikoma ašis, kai prie jo bus tvirtinama prie konstrukcijos. Ji bus tvirtinama varžtu į kiaurymę su sriegiu 16. Metalo savybės, mechaninės ir cheminės, pateiktos lentelėje (žr. 3.1 ir 3.2 pav.)

3.3 lentelė. Detalės darbo brėžinio technologinė kontrolė

Technologiškumo kriterijus	*Atitikimas technologiškumo kriterijams*
1. Reikalingi matmenys	Visi reikalingi matmenys nurodyti
2. Atitikimas tarp matmenų tikslumo ir paviršiaus glotnumo	Vienas matmuo: Ø50 g6 Ra 0,8
3. Vaizdai ir pjūviai	Pjūvis per simetrijos ašį
4. Matmenų atitikmuo standartinei skaičių eilei	R5: 1,4,10; R10: **Ø50** 2; R20: ,11; R40:R13,6,15,30; Papildomos vertės: 1,25;7.
5. Matmenų išdėstymas pagal koordinačių ašis	3 koordinačių ašys
6. Techninės sąlygos	Anoduoti paviršių. LST EN 22768
7. Matmenų matavimas	Nesudėtinga

3.4 lentelė. Detalės konstrukcijos atitikimas pagal technologiškumo kriterijus

Technologiškumo kriterijus	*Atitikimas technologiškumo kriterijams*
1. Medžiagos rūšies parinkimas	plienas: C45
2. Pasvirę paviršiai	Nuožulos: 1x45 ;2x45
3. Bazės	Bazavimas nesudėtingas
4. Detalės standumas: $l/d_{vid}<10$ – detalė standi; d_{vid} – vidutinis detalės skersmuo.	$\frac{90,2}{42,25} = 2,1mm$; 2,1 < 10 – detalė yra standi.

3.4 lentelės tęsinys. Detalės konstrukcijos atitikimas pagal technologiškumo kriterijus

5. Terminio apdirbimo rūšis	-
6. Specialių technologinių operacijų reikalingumas	Nėra
7. Simetrijos ašys ir plokštumos	Viena simetrijos ašis, dvi plokštumos
8. Ar detalės konstrukcijos forma nesudarys papildomų sunkumų gaminant ruošinį	Nesudarys
9. Sunkumai, iškylantys dėl elementų išdėstymo mechaniškai apdirbant detalę	Nėra

Išvada: Atlikdami technologinę analizę labiau įsigilinome į pačią detalės konstrukciją, formą, ypatumus ir pagal tai galime prieiti išvados, kad detalės pagaminimas nereikalauja išskirtinių operacijų. Detalė gana paprastos sukinio formos ir ruošinys bus tokios pat formos. Tai nesukelia papildomų problemų gaminant ruošinį. Detalės formoje nėra sudėtingų vietų, todėl nereikalingos specialios operacijos. Tai yra apdirbantieji įrankiai lengvai prieina prie visų apdirbti reikalingų vietų. Taip pat neatsiranda papildomų sunkumų dėl detalės bazavimo ar elementų išdėstymo mechaninio apdirbimo metu. Šio gaminio forma gauti nereikalingi papildomi išskirtiniai įrankiai, pakanka standartinių įrankių. Gaminant detalę dėmesys atkreipiamas į vietą, kurioje montuojamas guolis. Apdirbimas šiai vietai yra tikslesnis nei kitų paviršių, o šiurkštumas Ra= 0,8. Pagal atitikimus technologiškumo kriterijams galime priimti, kad detalė yra technologiška.

3.1.2. Detalės technologiškumo analizė

Detalės konstrukcijos technologiškumas – tai suteikimas jai tokios formos ir tokios medžiagos parinkimas, kad ji atitiktų reikiamas funkcijas mašinoje, kad būtų galima ją lengvai ir ekonomiškai apdirbti [11].

Detalės technologiškumas yra atliekamas tam, kad būtų galimą ją pagaminti, kaip galima našiau sunaudojant kuo mažiau išteklių. Technologiškumo patikrinimas atliekamas tam, kad padidinti našumą, sumažinti išlaidas ir laiką.

Mano detalės gaminimas nėra sudėtingas, todėl visus paviršius galėsime apdirbti standartiniais įrankiais. Tai yra geras rodiklis todėl, nes nereikalinga pirkti ar projektuotis papildomus įrankius ir su jais atlikti sudėtingas operacijas. Visa tai remiasi į kainą ir keltų gamybos išlaidas. Apdirbant detalę ją galima išmatuoti paprasčiausiais įrankiais tokiais kaip slankmatis,

mikrometras. Detalės ruošinys bus paprastas, nes detalė paprastos sukinio formos tai palengvina gamyba. Gaminant detalę išsimeta nemažai medžiagos, tačiau ji parduodama, kaip metalo laužas taip atsiimant dalį išleistų pinigų ruošiniams. Dėl našumo detalė apdirbama kompiuterinėmis programinėmis valdymo staklėmis (CNC). Kadangi detalės konstrukcija nėra sudėtinga, tai apdirbimo programa taip pat nėra sudėtinga.

3.1.3. Ruošinių parinkimo principai

Standartas LST 1308:1993 nustato svarbiausius su ruošiniu susijusius terminus. Ruošiniu yra vadinamas daiktas, kuriam atliekant tam tikras apdirbimo operacijas, gaunamas daiktas (gaminys, detalė). Pats ruošinys yra gaminamas iš pirminio ruošinio. Pirminiu ruošiniu vadinamas ruošinys arba grubiai tariant metalo gabalas prieš pirmąja technologinę operaciją. Ruošiniai būna gaminami iš įvairių medžiagų, o medžiaga yra vadinamas pradinis darbo reikmuo, iš kurio, atliekant operacijas, gaunamas gaminys. Medžiagos taip pat skirstomos į:

- pagrindinę;
- pagalbinę.

Pagrindinė medžiaga yra ta, kurios masė po technologinės operacijos įeina į gaminio masę.

Pagalbinė medžiaga yra ta, kuri vartojama technologinio proceso atlikimo metu papildomai prie jau esančios pagrindinės.

Ruošiniai gali būti parenkami dviem būdais. Parinkimas priklauso ir nuo gaminio sudėtingumo. Pavyzdžiui, jei gaminys montuojamas svarbioje konstrukcijoje ir yra svarbi tos konstrukcijos sudedamoji dalis, kaip, pavyzdžiui, vidaus degimo variklio kameros arba variklio blokas, ar staklių korpusas ir t.t., tokiu atveju ruošinio technines sąlygas ir reikalavimus konstruktorius užduoda brėžinyje. Pats brėžinys yra derinamas su ruošiniu, gamybos padaliniu (gamybos, liejyklos, štampavimo ir t.t.), technologais.

Esant paprastesniam ruošiniui, konstruktorius nurodo tik jo medžiagos kietumą ir kartais keletą kitų cheminių ar mechaninių savybių, reikalingų apdirbimui. Tada ruošinio apdirbimo būdą ir jo darbo brėžinį rengia technologas, projektuojantis mechaninio apdirbimo technologiją.

Detalės kokybė, našumas, ekonomiškumas bei daugelis kitų su gamyba susijusių rodiklių labai priklauso nuo to, koks bus pasirinktas ruošinys. Pradžia nuo ko reikėtų pradėti, tai ruošinį reikia rinktis tokį, kuris artimesnis ir panašesnis į gaminamos detalės matmenį ir formą. Visa tai sumažina brangų mechaninį apdirbimą ir leidžia sutaupyti metalo, kuris krenta į drožles.

Deja, tikslūs ir artimi baigtai detalei ruošinių gamybos būdai yra brangūs, jiems reikia brangių įrengimų ir specialios įrangos (štampų, liejimo formų ir pns.). Todėl tokius būdus ekonomiškai apsimoka naudoti tik tada, kai gamybinė programa yra gana didelė. Dėl tos priežasties, renkantis ruošinio gamybos būdą reikia atsižvelgti į jo gamybos programą. Esant didelei gamybos programai, vienam ruošiniui tenkanti įrangos kainos dalis yra nedidelė, dėl to naudingiau yra naudoti brangius, bet našius ir tikslius ruošinių gamybos būdus.

Tikslius ruošinius svarbu tūrėti, jei juos numatoma apdirbti automatizuotai - automatinėse linijose, programinio valdymo staklėmis ar lanksčiomis gamybinėmis sistemomis. Šie įrenginiai yra gana brangūs, dėl to siekiama, kad jų apkrovos būtų tolygios, nupjaunamų drožlių dydis būtų panašus, įrankiai nebūtų maksimaliai apkrauti, ir kad šių įrankių patvarumas būtų kaip galima didesnis. Tokiomis staklėmis apdirbamų ruošinių tolerancijos ir užlaidos turi būti 10 – 30% mažesnės negu apdirbamos rankomis [1]. Jei programinėmis staklėmis apdirbamos nedidelės ruošinių partijos, jų tikslumo reikalavimai gali sudaryti tam tikrų ekonominių sunkumų.

Didelę reikšmę pasirenkamam ruošinio gamybos būdui turi gaminamos detalės medžiaga bei jos pavidalas. Jei medžiaga būtų ketus ir lieti tinkantys kiti metalų lydiniai, tai ruošiniui gaminti reikėtų rinktis kurį nors iš liejimo būdų. Liejami taip pat ir labai sudėtingų formų ruošiniai (pvz., automobilių karbiuratorius). Pagal tai, kaip konstruktorius yra numatęs gaminti ruošinį, pavyzdžiui, jei yra numatęs gaminti iš plastiškos medžiagos, tai ruošinį reikės gaminti vienu iš plastiško deformavimo ruošinių gaminimo būdų. Jei detalė plokščia ir maždaug vienoda, simetriška, panašaus storio, tokiu atveju gali tikti ir šaltasis štampavimas, jei erdvinė – vienas iš kalimo ar karštojo štampavimo būdų.

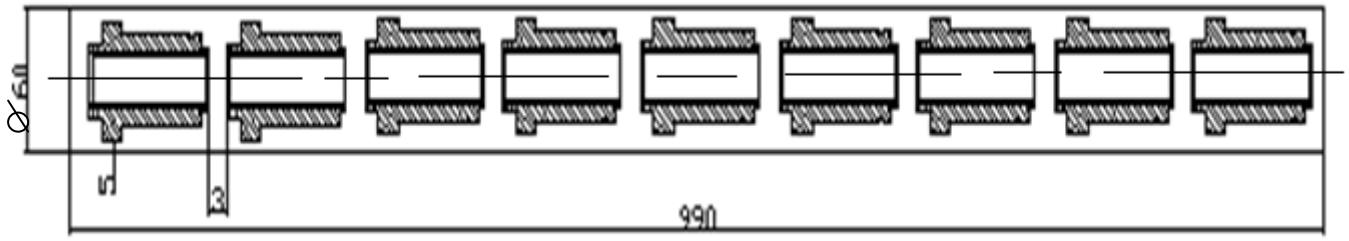
Ruošinio gamybos būdą gali lemti ir specifiniai reikalavimai detalei bei jos darbo sąlygos. Pavyzdžiui, jei detalė darbo metu yra veikiama kintamų dinaminių apkrovų, ruošinys turi būti taip pagamintas, kad metalo sluoksniai nebūtų perkirsti, bet būtų išlankstyti pagal detalės pavidalą. Tada medžiagos geriau atlaiko ją veikiančias apkrovas. Tai turima galvoje, pavyzdžiui, parenkant vidaus degimo variklių alkūninių velenų ruošinių gamybos būdą. Jei detalė darbo metu yra pavojingoje zonoje ir stipriai dyla, gaminant ruošinį siekiama, kad dylantysis paviršius būtų kaip galima lygesnis, ir kad būtų veikiamas kaip galima mažiau trinties jėgų. Į tai atsižvelgiama, pavyzdžiui, renkantis liejimo būdą ir ruošinio formos padėtį jos pripylimo metu, mat viršutinis liejinio paviršius būna prastesnės kokybės nei apatinis. Taip yra todėl, nes skysto metalo viršuje susirenka šlakai ir kitos įvirios priemaišos. Jeigu detalės darbo brėžinyje yra nurodyti reikalavimai medžiagos struktūrai (grūdelių dydis, nemetaliniai intarpai ir kt.), ruošinį renkant reikia atsižvelgti ir į tai. Didelis dėmesys taip pat skiriamas ir į reikiamą ruošinio paviršiaus šiurkštumą, liekamuosius įtempius, sukietinimą ir kt.

Renkantis ruošinio gamybos būdą, reikia atsižvelgti į detalės matmenis ir įrengimus, kurių prireiks ruošinių bei detalių apdirbimui. Ne visada galima štampuoti didelių matmenų ruošinius, nes tam reikia labai galingų presų, kurie kainuoja nemažai, o tai padidina ruošinių gamybos kaštus. Norint sumažinti gaminamų ruošinių kaina ir padidinti našumą, svarbu ir gamybos paruošimo trukmė. Numatant ruošinį gaminti tokiu gamybos būdu, kuriam reikia sudėtingos įrangos, reikia įvertinti pačios įrangos gamybos trukmę bei išlaidas. Neretai tinkamiausias ruošinio gamybos būdas pasirenkamas ekonomiškai lyginant numatomus būdus ir ieškant pigiausio.

Mašinų gamyboje plačiausiai paplitę tokie ruošiniai: lieti, plastiškai deformuoti (kalti, štampuoti), pagaminti iš valcuotos įvairių profilių medžiagos, kombinuoti (štampuoti ir suvirinti, lieti ir suvirinti), metalokeraminiai ir plastikiniai.

3.1.4. Detalės ruošinio parinkimas vienetinės gamybos atveju

Visų pirma, reikia nustatyti, kokios konstrukcijos yra detalė, kokia jos paskirtis, kaip ji montuojasi, ir kokias funkcijas atlieka. Kitas svarbus žingsnis yra medžiagos nustatymas, jos mechaninių bei cheminių savybių žinios, o taip pat reakcija i apdirbimo rūšį. Tuomet ruošinį parenkame pagal technologinius reikalavimus, ekonomiškumą, detalės forma ir matmenis. Priimame, kad detalė bus gaminama iš konstrukcinio apvalaus plieno (C45) strypo. Kadangi vienetinėje gamyboje detalių pagaminti reikia N1 = 10 vnt.., o vienos detalės ilgis yra 90,2 mm, tai bendras šių detalių pagaminimui reikalingas strypo ilgis yra $90{,}2 \cdot 10 = 902$ mm. Tačiau tarp detalių reikalingi 3 mm tarpai, kurie atsiranda peiliui atpjaunant ruošinį nuo ištiso strypo, tai prie 902 mm dar pridėsime 88 ir bendras ilgis bus 990 mm. Detalės ruošinio eskizas 3.2 pav.



3.2 pav. Detalės ruošinio eskizas

Grupinio ruošinio masę galima sužinoti iš tiekėjų. Plieninio C45 markės, 6 m ilgio strypo teorinė masė yra 267,2 4 kg, tai 1 m ilgio strypas svers 44,54 kg [4]. Pagal duotą svorį priimame, kad mūsų ruošinys svers apie 45 kg. Tuomet medžiagos masė tenkanti vienam ruošiniui yra:

$$M_{rv} = M_r/n; \quad (3.1)$$

čia: M_{rv} – medžiagos masė tenkanti vienam ruošiniui (kg);

M_r – bendra grupinio ruošinio masė (kg);

n – detalių skaičius;

$$M_{rv} = 45/10 = 4{,}5\text{kg}. \quad (3.2)$$

Ruošinio medžiagos išnaudojimo koeficientas K_M:

$$K_M = \frac{Md}{Mrv} = \frac{0{,}85}{4{,}5} = 0{,}19\text{kg}; \quad (3.3)$$

čia: M_d – detalės masė.

Ruošinio medžiagos P_v vienetinėje gamyboje kaina [1]:

$$\frac{Pv = Mž \cdot Kž - Ma \cdot N1 \cdot ka}{N1}; \quad (3.4)$$

čia: $M_ž$ – konstrukcinio apvalaus plieninio strypo masė 45kg;

M_a – po detalės apdirbimo atliekų masė 3,65kg;

$K_ž$ – konstrukcinio apvalaus plieninio strypo 1kg kaina, 0,79lt/kg;

k_a – ruošinio medžiagos atliekų (imti kg) 1t kaina, apie 750lt/t;

N1– Detalių skaičius vienetinės gamybos N1 atveju N1= 10. [4];

$$\frac{Pv = 45 \cdot 0{,}79 - 3{,}65 \cdot 10 \cdot 0{,}75 = 0{,}82\ Lt}{10}.$$

Apskaičiuojame sunaudotų atliekų kainą:

Konstrukcinio apvalaus plieninio strypo 1kg kaina – 0,79lt/kg;

Medžiagos masė tenkanti vienam ruošiniui - 4,5kg;

Detalės masė - 0,85kg;

Į atliekas sunaudojamas ruošinio svoris – 4,5 -0,85 = 3,65kg;

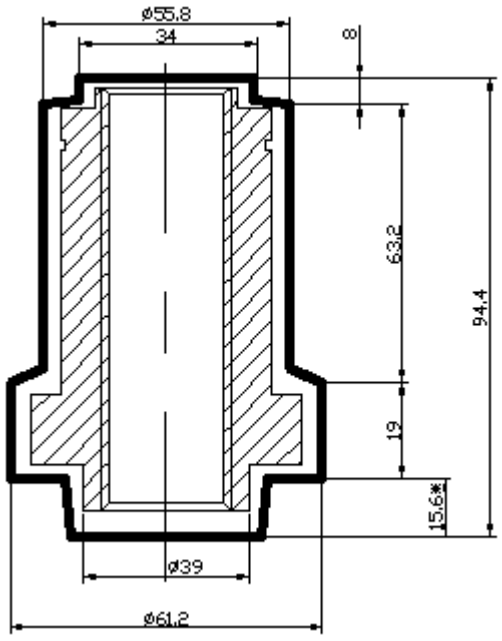
Į atliekas sunaudojama ruošinio atliekų kaina – 3,65 · 0,75 = 2,7 Lt;

Atliekų kaina atlikus gamybinę programą: 2,7 · 10 = 27 Lt.

Kai kurios metalų kainos ir svoriai paimti iš internetinio psl. [4].

3.1.5. Detalės ruošinio parinkimas serijinės gamybos atveju

Serijinei gamybai parinksime ir patikrinsime štampavimo būdą ir paskaičiuosime ar taip apdirbti detales apsimoka ekonomiškai. Priimsime, kad štampo kaina yra apie 3000Lt. Reikiamas pagaminti detalių skaičius N2 = 600 vnt. Detalės ruošinio eskizas pavaizduotas 3.3 pav.



3.3 pav. Serijinės gamybos detalės ruošinio eskizas

Ruošinio medžiagos P_s serijinėje gamyboje kaina [1]:

$$\frac{Ps = M\check{z} \cdot K\check{z} + P_{\check{s}t} - Ma \cdot ka}{N2}; \qquad (3.5)$$

čia: $M_{ža}$ – reikalinga žaliavos masė paskaičiuota „Solidworks“ programa 2kg/vnt;

M_a – Po detalės apdirbimo atliekų masė 690kg;

$K_ž$ – plieno žaliavos kaina 0,69lt/kg;

$P_{št}$ – Naudojamo štampo priimama kaina, 3000Lt;

k_a – ruošinio medžiagos atliekų (imti kg) 1t kaina, apie 750lt/t;

N2– Detalių skaičius serijinės gamybos atveju. N2= 600 [4].

$$\frac{Ps = 1200 \cdot 0{,}69 + 3000 - 690 \cdot 0{,}75 = 5{,}5Lt}{600}.$$

Apskaičiuojame sunaudotų atliekų kainą:

Plieno žaliavos 1kg kaina – 0,69lt/kg;

Medžiagos masė tenkanti vienam ruošiniui – 2 kg;

Detalės masė - 0,85kg;

Į atliekas sunaudojamas ruošinio svoris – 2 -0,85 = 1,15 kg;

Į atliekas sunaudojama ruošinio atliekų kaina – 1,15 · 0,75 = 0,86 Lt;

Atliekų kaina atlikus gamybinę programą: 0,86 · 600 = 517,5 Lt.

Atliekant serijinės gamybos programą, kai detalių skaičius N2 = 600vnt. štampavimo būdu gauname, kad vieno detalės ruošinio pagaminimo kaina yra 6,7 karto didesnė nei vienetinės gamybos atveju apdirbant programinėmis valdymo staklėmis. Gaminant detalę vienetinės gamybos būdu, apdirbant ją mechaniškai: tekinant, frezuojant, gręžiant, sriegiant užtrunkama daugiau laiko ir atliekų, teoriškai lieka daugiau, tačiau įvertinus štampo kainą, kad vidutinė jo gamyba yra 3000 Lt, gaminant nedideles detalių partijas jis yra tiesiog ekonomiškai neefektingas ir net nuostolingas. Todėl detalės apdirbimas – tiek serijinės, tiek vienetinės gamybos atveju, pasirenkamas mechaninis su programinėmis valdymo staklėmis iš konstrukcinio plieno (C45) strypo, kurio matmuo Ø60.

Pasirenkame modernias programinio valdymo stakles, kurios tinka ne tik pramoniniam naudojimui, tačiau ir mokymo tikslams. Jos yra pakankamai ekonomiškos, kompaktiškos ir puikiai atlieka savo darbą. Staklės EMCO Concept Turn 250 (3.4 pav.). Tokių staklių pilnai pakanka apdirbti reikiamą ruošinį ir gauti reikiamą detalę (ašį).

3.2. Detalės mechaninio apdirbimo kelio projektavimas

Detalės mechaninio apdirbimo kelio projektavimas – tai reiškia išvardyti iš eilės atliekamas operacijas, nurodant staklių tipą. Maršruto sudarymas yra sudėtingas uždavinys, turintis didelį sprendimo variantų kiekį [11]. Paviršiaus apdirbimo maršrutas priklauso nuo detalės konfigūracijos, masės ir gabaritų, paviršiaus matmens ir formos tikslumo, paviršiaus glotnumo ir paviršių tarpusavio padėties tikslumo bei parinkto ruošinio techninių reikalavimų. Paviršiaus apdirbimo variantų užtikrinančių reikalaujamą paviršiaus kokybę, gali būti gana daug. Tačiau kiekvienas variantas skiriasi pagal efektyvumą (našumą, savikainą). Nustatyti galutinį variantą pagal šiuos rodiklius yra svarbu, tačiau sudėtinga ir reikalauja daug laiko. Mano detalė yra ašis, todėl jos apdirbimas nereikalaus ypatingų operacijų. Apdirbimas išoriniams paviršiams tekinimas – grubus, glotnus; frezavimas – grubus; gręžimas. Apdirbimas vidiniam paviršiui gręžimas, sriegimas.

3.5 lentelė. Detalės paviršių apdirbimo maršrutas

Paviršiaus Nr.	**Paviršiaus charakteristika**	**Apdirbimo maršrutas**	**Paviršiaus tikslumas, kvalitetas, (mm)**	**Paviršiaus glotnumas Ra, µm**
1	Galinis paviršius	Tekinimas grubus	12	6,3
2	Skylės nuožula	Tekinimas grubus	12	6,3
3	Cilindrinis paviršius	Tekinimas grubus	12	6,3
4	Išorinis paviršius	Tekinimas grubus	12	6,3
5	Cilindrinis paviršius	Tekinimas grubus	12	6,3
6	Išorinis paviršius	Tekinimas grubus	12	6,3
7	Cilindrinis paviršius	Tekinimas grubus Tekinimas glotnus Tekinimas tikslus	12 8 6	6,3 3,2 0,8
8	Išorinis paviršius	Tekinimas grubus	12	6,3
9	Cilindrinis paviršius	Tekinimas grubus	12	6,3
10	Šoninė plokštuma	Tekinimas grubus	12	6,3
11	Cilindrinis paviršius	Tekinimas grubus	12	6,3
12	Išorinis paviršius	Frezavimas	11	6,3
13	Išorinė plokštuma	Frezavimas	11	6,3
14	Galinis paviršius	Tekinimas grubus	12	6,3
15	Skylės nuožula	Tekinimas grubus	12	6,3
16	Skylės vidinis paviršius	Gręžimas Sriegimas	12	12,5
17	Išorinis paviršius	Frezavimas	11	6,3
18	Išorinė plokštuma	Frezavimas	11	6,3

3.6 lentelė. Detalės apdirbimo technologinis maršrutas

Numeriai		Operacijos pavadinimas ir turinys	Staklės	Įrankis
Operacijos	Perėjimo			
005	1	Grubiai tekiname galinį paviršių 1	**EMCO CONCEPT TURN 250**	Tekinimo peilis SDJCR 2020K11
	2	Grubiai tekiname cilindrinį paviršių 5		Tekinimo peilis SDJCR 2020K11
	3	Grubiai tekiname cilindrinį paviršių 3		Tekinimo peilis SDJCR 2020K11
	4	Grubiai tekiname šoninį paviršių 4		Tekinimo peilis SDJCR 2020K11
	5	Grubiai gręžiame paviršių 16 grąžtu Ø10		Spiralinis grąžtas DIN 345RN
	6	Grubiai gręžiame paviršių 16 grąžtu Ø22	**EMCO TURN CONCEPT 250**	Spiralinis grąžtas DIN 340RN
	7	Grubiai tekiname 2 paviršių nuimame skylės nuožulą		Tekinimo peilis SDJCR 2020K11
	8	Detalės atpjovimas		Griovelio įpjovimo peilis JCTEL1010-2T10
010	1	Grubiai tekiname galinį paviršių 14		Tekinimo peilis SDJCR 2020K11
	2	Grubiai tekiname paviršių 15, nuimame skylės nuožulą		Tekinimo peilis SDJCR 2020K11
	3	Tekiname paviršių 11 grubiai		Tekinimo peilis SDJCR 2020K11
	4	Tekiname paviršių 7 grubiai		Tekinimo peilis SDJCR 2020K11
	5	Tekiname paviršių 7 glotniai		Tekinimo peilis SDJCR 2020K11
	6	Tekiname paviršių 7 tiksliai		Tekinimo peilis SDJCR 2020K11
	7	tekiname paviršių 10 grubiai		Griovelio įpjovimo peilis JCTEL1010-2T10
	8	Grubiai tekiname paviršių 9		Griovelio įpjovimo peilis JCTEL1010-2T10
	9	Grubiai tekiname paviršių 8		Griovelio įpjovimo peilis JCTEL1010-2T10
	10	Sriegiamas paviršius 16		Sriegiklis DIN 376

3.6 lenetelės tęsinys. Detalės apdirbimo technologinis maršrutas

015	1	Frezuojame paviršių 13 grubiai	**EMCO CONCEPT MILL 450**	Galinės pirštinės frezos DIN 844
	2	Frezuojame paviršių 12 grubiai		Galinės pirštinės frezos DIN 844L
	3	Frezuojame paviršių 17 grubiai		Galinės pirštinės frezos DIN 844L
	4	Frezuojame paviršių 18 grubiai		Galinės pirštinės frezos DIN 844L



3.4 pav. CNC valdymo staklės Concept Turn 250

Pagrindiniai šių staklių privalumai:

- Maksimalus apdirbamo ruošinio diametras 85mm;
- Ruošinio centro aukštis 90mm;
- Maksimalus apdirbamojo ruošinio ilgis 405mm;

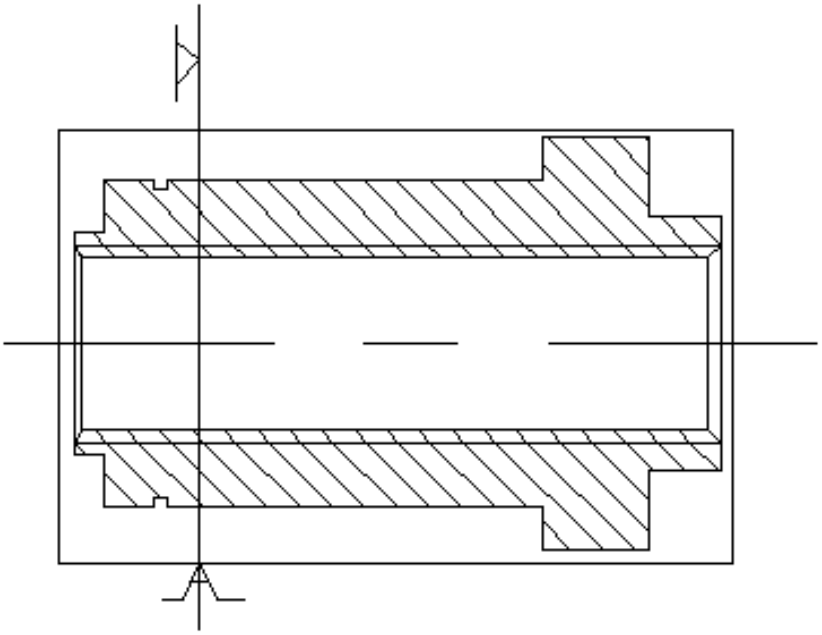
- Špindelio (veleno) sukimosi greitis 60 – 6300 aps/ min;
- Automatinė įrankių dėtuvė su 6 įrankiais;
- Galimybė atlikti gręžimo frezavimo ir kitus skylių apdirbimo darbus;
- Pakankamai galingas variklis 5,5 kW;
- Gamykliniame modelyje 2 besisukančios ašys;
- Tinka naudoti ir apmokymo ir gamykliniams tikslams;
- Vietinis aušinimas;
- Nesusidaro savaiminis užsigrūdinimas;
- Reguliuojami pjovimo greičiai;
- Tikslus ir našus apdirbimas;
- Tikslūs judesiai leidžia pilnai išnaudoti ruošinio medžiaga;
- Kompiuterizuotas valdymas tiksliai atlieka net sudėtingas operacijas;
- Pilnai uždara darbo zona;
- Didelė apsauga nuo įmanomų traumų.

3.3. Technologinių bazių parinkimas

Gaminamos detalės tikslumas labai priklauso nuo ruošinio bazavimo. Į tai remiasi ir detalės apdirbimo kokybė, ir detalės savikaina, ir apdirbimo patogumas bei našumas. Bazavimo paviršiai turi būti parenkami taip, kad detalė visą jos apdirbimo laiką nejudėtų ir nepakeistų pradinės įtvirtinimo padėties. Detalės įtvirtinimą, jos stabilumą ir užtikrintą apdirbimo kokybę turi įtaisas, kuris naudojamas detalės tvirtinimui. Todėl labai svarbu, kad jis būtų paprastas, bet efektyvus ir detalė nejudėtų. Svarbu, kad ruošinį būtų lengva įdėti ir išimti, kad apdirbantysis įrankis laisvai prieitų apdirbti detalę.

Paprastai detalių paviršių padėtis pasirenkama nuo pagrindinių bazių, todėl jos ir būna technologiškomis bazėmis. Kaip jau ankščiau nustatėme detalė yra technologiška ir detalės paviršiai yra lengvai prieinami ir apdirbami.

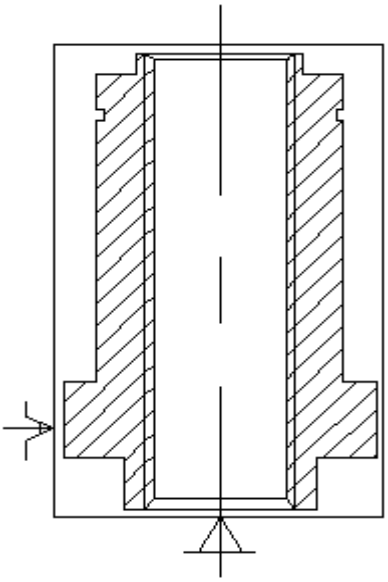
005 operacijoje, kadangi detalė apvali, bazuosime kosoliškai ir statysime ją į savaiminio centravimo griebtuvą. Bazavimo schema 3.5 pav. Po įstatymo i griebtuvą pirmiausia nutekinsime galinį 1, o tuomet šoninį paviršius 5. Tuomet tekinami paviršiai 3,4 ir kt. perėjimai.



3.5 pav. Bazavimas tvirtinant kosoliškai savaiminio centravimo griebtuvuose

Tokiu pat principu detalė bus bazuojama ir antroje operacijoje tik ji bus apsukta, kad būtų galima apdirbti kitą jos pusę.

015 operacijoje detalė bus bazuojama vertikaliai ir apdirbama frezavimo staklėmis. Šioje padėtyje yra apdirbami 12,13,17,18 paviršiai, kurie naudojami raktui uždėti. Trečios operacijos bazavimo schema 3.5 pav.



3.6 pav. Bazavimo schema trečiosios operacijos metu

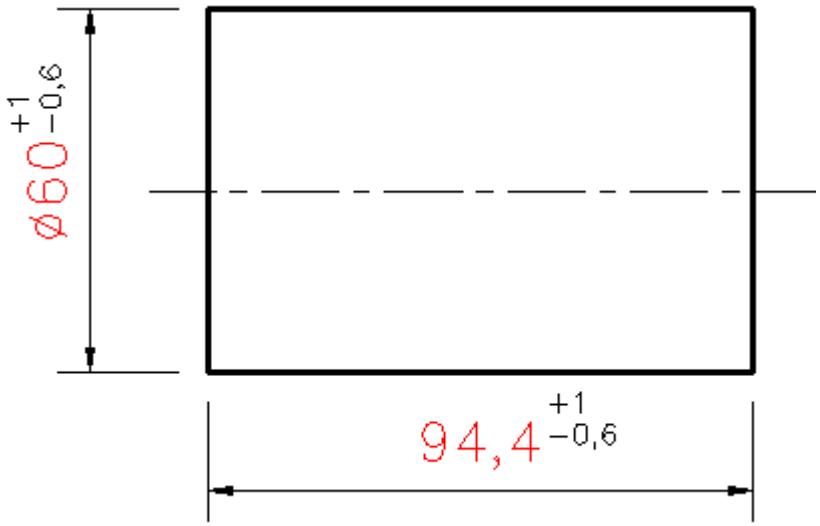
3.4. Užlaidų analitinis skaičiavimas

Užlaidos detalės apdirbimui yra paliekamos tam, kad būtų galima išgauti norimą tikslumą ir paviršiaus šiurkštumą pagal užduotas sąlygas. Kiekvienam detalės paviršiui užlaida yra skirtinga, tai lemia paviršiaus paskirtis (ar bus ant to paviršiaus kas montuojama, ar jis kontaktuos su kitais paviršiais ir t.t.). Užlaidos taip pat paliekamos tam, kad jas nuėmus būtų galima pašalinti detalės paviršiuje susidariusius netikslumus, defektus.

3.4.1. Reikiamų užlaidų parinkimas lenteliniu būdu

3.7 lentelė. Parinktos užlaidos

Detalės matmuo, mm	Užlaidos dydis, mm	Ruošinio matmuo	Tolerancija
90,2	4,2	$94{,}4^{+1}_{-0{,}6}$	1600
Ø57	1,5	$60^{+1}_{-0{,}6}$	1600



3.7 pav. Ruošinio eskizas

3.8 lentelė. Užlaidų skaičiavimas

Paviršiaus perėjimo technologiniai perėjimai $\emptyset 50g6^{-0,012}_{-0,032}$	Užlaidos elementai, µm				Skaičiuojama užlaida, µm	Skaičiuojamas matmuo, mm	Tolerancija, µm	Ribiniai matmenys, mm		Ribinės užlaidų reikšmės, µm	
	R_z	h	ρ	ε	$2Z_{min}$	$d_{sk.}$	T	d_{min}	d_{max}	$2Z_{min}$	$2Z_{max}$
Ruošinys	160	200	626	-	-	52,27	1600	52,27	53,87	-	-
Grubus tekinimas	50	50	37,56	110	2x956	50,37	300	50,37	50,67	1900	3200
Glotnus tekinimas	30	30	1,878	5,5	2x138	50,09	46	50,09	50,14	280	530
Tikslus tekinimas	-	-	-	0,22	2x62	49,968	20	49,968	49,988	122	150

ρ – ašių nesutapimas;

$\rho = \sqrt{\rho_{sus}^2 + \rho_{pas}^2}$; $\rho_{sus} = \Delta_k \cdot l$;

Čia: Δ_k – kreivumas µm vienam milimetrui; l – ilgis iki įtvirtinimo;

ρ_{sus} = 2 · 90,2 = 180,4 µm;

ρ_{pas} = 0,6 mm = 600 µm;

$\rho = \sqrt{180^2 + 600^2}$ = 626 µm;

$\rho_1 = k \cdot \rho_{ruoš} = 0{,}06 \cdot 626 = 37{,}56$ µm;

k –formos patikslinimo koeficientas;

ε – tvirtinimo paklaida;

ε = 110 µm;

ε = 110 · 0,06 = 5,5 µm;

$2Z_{min} = 2\left(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}\right)$;

$2Z_{min} = 2\left(160 + 200 + \sqrt{626^2 + 110^2}\right)$ = 2x995,59 µm;

$2Z_{min} = 2\left(50 + 50 + \sqrt{37{,}56^2 + 5{,}5^2}\right)$ = 2x137,96 µm;

$2Z_{min} = 2\left(30 + 30 + \sqrt{1{,}878^2 + 0{,}22^2}\right)$ = 2x61,89µm.

Skaičiuojamasis matmuo:

50 – 0,032 = 49,968 mm;

$d_{sk.} + 2Z_{min}$;

49,968 + 123,78·10^{-3} = 50,09 mm;

50,09 + 275,92·10^{-3} = 50,37 mm;

50,37 + 1900·10^{-3} = 52,27 mm;

d_{min} = skaičiuojamajam matmeniui;

d_{max} = d_{min} + tolerancija.

Užlaidos ribinės reikšmės:

$2Z_{min}$ = $d_{min-1} - d_{min}$ (μm);

$2Z_{min}$ = 52,27 – 50,37 = 1,9 mm = 1900 μm;

$2Z_{min}$ = 50,37 – 50,09 = 0,28 mm = 280 μm;

$2Z_{min}$ = 50,09 – 49,968 = 0,122 mm = 122 μm;

$2Z_{max}$ = $d_{max-1} - d_{max}$ (μm);

$2Z_{max}$ = 53,87 – 50,67 = 3,2 mm = 3200 μm;

$2Z_{max} = 50{,}67 - 50{,}14 = 0{,}54$ mm = 350 μm;

$2Z_{max}$ = 50,14 – 49,988 = 0,15 mm = 150 μm.

3.9 lentelė. Užlaidų reikšmės

Paviršiaus perėjimo technologija i r perėjimai 90,2 IT12$^{+0,175}_{-0,175}$	Užlaidos elementai, μm				Skaičiuojama užlaida, μm	Skaičiuojamas matmuo, mm	Tolerancija, μm	Ribiniai matmenys, mm		Ribinės užlaidų reikšmės, μm	
	R_z	h	ρ	ε	$2Z_{min}$	$a_{sk.}$	T	a_{min}	a_{max}	Z_{min}	Z_{max}
Ruošinys 1	160	200	49	-	-	92,765	1600	92,765	94,365	-	-
Grubus tekinimas$_1$	50	50	2,94	370	2x733	91,295	975	91,295	92,27	1470	2095
Ruošinys 2	160	200	49	-	-	91,295	975	91,295	92,27	-	-
Grubus tekinimas$_2$	50	50	2,94	370	2x733	89,825	350	89,825	90,175	1470	2095

ρ – ašių nesutapimas:

$\rho = \Delta_k \cdot D = 1{,}5 \cdot 32{,}5 = 49$ μm;

$\rho_1 = k \cdot \rho = 0{,}06 \cdot 49 = 2{,}94$ μm;

Δ_k – kreivumas μm vienam milimetrui;

k – formos patikslinimo koeficientas;

ε – nustatymo paklaida (tvirtinimo);

$\varepsilon_1 = 370$ μm.

Skaičiuojamasis matmuo:

90,2 – 175 = 89,825 mm;

89,825 + $1470 \cdot 10^{-3}$ = 91,295 mm;

$91{,}295 + 1470 \cdot 10^{-3} = 92{,}765$ mm.

Tolerancijos:

$T_{ruoš1} = 1100$ μm;

$T_{gr.tek1} = \frac{T_{ruoš1} + T_{gr.tek.1}}{2} = \frac{1600+350}{2} = 975$ μm;

$T_{ruoš2} = 975$ μm;

$T_{gr.tek2} = 350$ μm.

d_{min} lygus skaičiuojamajam matmeniui:

$d_{max} = d_{min}$ + tolerancija.

Užlaidų ribinės reikšmės:

$Z_{min} = d_{min-1} - d_{min}$ (μm);

Z_{min} =92,765 – 91,295 = 1,47 mm = 1470 μm;

Z_{min2} = 92,765 – 90,175 = 1470 μm;

$Z_{max} = d_{max-1} - d_{max}$ (μm);

Z_{max} = 94,365 – 92,27 = 2095 μm;

Z_{max} = 92,27 – 90,175 = 2095 μm.

3.5. Pjovimo rėžimų parinkimas

Pjovimo rėžimai yra labai svarbus etapas apdirbant detalę. Jie nustatomi pagal dagelį kriterijų: detalės medžiagą, chemines savybės, įrankio pjaunančios dalies medžiagą jo savybes, įrankių kampus, standumą, o taip pat staklių standumą. Visi šie veiksniai turi įtakos tiek detalės formos nuokrypoms, tiek jos paviršiaus kokybei.

Skaičiuojame pjovimo rėžimą 005 operacijai, praėjimas 3, paviršius 5 grubus tekinimas. Šiam veiksmui atlikti parinktas įrankis – tekinimo peilis SDJCR2020 K11 su keičiamomis kietlydinio plokštelėmis. peilio eskizas parodytas 3.8 paveiksle, o peilio matmenys duoti kairėje pav. pusėje. Detalė apdirbama su CNC tekinimo staklėmis EMCO concept 250 Turn.

Detalė pagaminta iš konstrukcinio plieno C45 (LST EN 10083 - 1) $\boldsymbol{\sigma}_u$ ne mažiau 600 Mpa. Plieno cheminė sudėtis ir mechaninė savybės pateiktos 3.1 lentelėje.

Tekinimo peilio pjaunančios dalies plokštelių medžiaga T15K6 (kietlydinys).

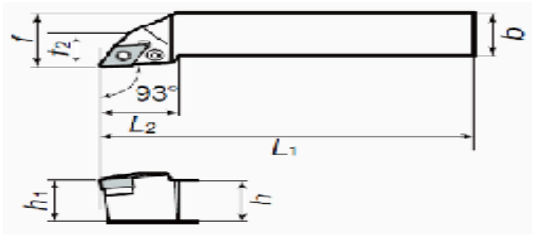
Tekinimo peilio plokštelės kampai

kampas $\varphi = 93°$;

Kampas $\alpha = 5°$;

Kampas $\gamma = 10°$;

r = 2 mm.



3.8 pav. Tekinimo peilio eskizas

Apskaičiuojame pjovimo gylį t:

$$t = \frac{D-d}{2}; \tag{3.6}$$

čia: D – skersmuo prieš tekinimą (mm);

d – detalės skersmuo po tekinimo (mm);

$$t = \frac{60-57}{2} = 1{,}5mm.$$

Parenkame pastūmą vienam apsisukimui. Pastūmos intervalas: 0,6 – 1,2 mm/aps priimame pastūma S = 0,8 mm/aps [5].

Leistinas pjovimo greitis:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} \cdot K_v$$ - išilginio ir skersinio tekinimo atvejais; (3.7)

Čia: $\mathbf{C_v}$ = 350 – konstanta ir laipsnių rodikliai x,y,m pateikti ([5]. 269p. 17 lent) ;

x = 0,15; y = 0,45; m = 0,2;

T – vidutinė peilio patvarumo reikšmė 30 -60 intervalas;

K_v – pataisos koeficientas.

$$\mathbf{K_v} = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K\varphi v \cdot K\varphi 1v \cdot K_{rv};$$ (3.8)

čia: $\mathbf{K_{mv}}$ – koeficientas, įvertinantis apdirbamosios medžiagos įtaką pjovimo greičiui (žr. Lentelę 1.1 [12]).

$\mathbf{K_{nv}}$ = 0,9 – koeficientas, įvertinantis medžiagos paviršiaus būklę pjovimo greičiui ([5] 263p. 5 lentelė).

$\mathbf{K_{uv}}$ = 1 – koeficientas įvertinantis peilio darbinės dalies medžiagos įtaka pjovimo greičiui ([5] 263p. 5 lentelė).

$\mathbf{K\varphi v}$ = 0,7; $K\varphi 1v$ = 0,97; K_{rv} = 1. – koeficientai įvertinantys peilio geometrinių elementų įtaką pjovimo greičiui ([5] 271p. 18 lent).

$$\mathbf{K_{mv}} = K\text{г} \left(\frac{750}{\sigma u}\right)^n;$$ (3.9)

čia : Kг – koeficientas, apibūdinantis apdirbamojo plieno grupę ([5] 262 p. 2 lent);

n – laipsnio rodiklis ([5] 262p 2 lent.);

koeficientas n = 1; koeficientas Kг = 1;

$$K_{mv} = 1 \left(\frac{750}{600}\right)^1 = 1{,}25.$$

$K_v = 1{,}25 \cdot 0{,}9 \cdot 1 \cdot 0{,}7 \cdot 0{,}97 \cdot 1 = 0{,}76;$

$$v = \frac{350}{60^{0,2} 1{,}5^{0,15} 0{,}8^{0,45}} \cdot 0{,}76 = 116 m/min = 1{,}9 \text{m/s}.$$

Apskaičiuojame ruošinio sukimo dažnį:

$$n = \frac{1000v}{\pi D}; \quad (3.10)$$

čia: v – leistinas pjovimo greitis;

D – ruošinio skersmuo prieš tekinimą;

$$n = \frac{1000 \cdot 116}{3{,}14 \cdot 60} = 616 \text{ aps/min.}$$

Detalė bus apdirbama su moderniomis CNC staklėmis, o tai reiškia, kad nereikia derinti greičių su staklių pasu. Staklės modernios ir gali tiksliai išvystyti reikiamą greitį, todėl priimsime $n_{st} = n = 616$aps/min.

Apskaičiuojama minutinė pastūma:

$$S_m = s \cdot n_{st}; \quad (3.11)$$

čia: s – pastūma;
n_{st} – staklių sukimosi dažnis;

$$S_m = 0{,}8 \cdot 616 = 492{,}8 \text{mm/min.}$$

Apskaičiuojama pjovimo jėgos dedamosios:

$$P_{z,y,x} = 10 C_p t^x s^y v_t^n K_p; \quad (3.12)$$

čia: P_z, P_y, P_x – tangentinė, radialinė ir ašinė pjovimo jėgos dedamosios, išilginio, skersinio tekinimo, griovelių įpjovimo, atpjovimo ir fasoniniu tekinimo atveju.

Cp – konstanta; z,y,x – laipsnių rodikliai. Jie pateikti ([5] 273p. 22 lent.);

Kp – pataisos koeficientas;

$$Kp = Kmp \cdot K\varphi p \cdot K\gamma p \cdot K\lambda p \cdot Krp; \quad (3.13)$$

čia: Kmp – koeficientas įvertinantis apdirbamos medžiagos įtaką pjovimo jėgai ([5] 264p. 9 lent.);

$Kmp = \left(\frac{\sigma u}{750}\right)^n$; n – reikšmės (žr 1.2 [12]);

$K\varphi p \cdot K\gamma p \cdot K\lambda p \cdot Krp$ – koef. Įvertinantys peilio geometrijos įtaką ([5] 275p. 23 lent.).

3.10 lentelė. Pirmo skaičiuojamo pjovimo rėžimo duomenys

Jėgos dedamoji	Cp	x	y	n	Kφp	Kγp	Kλp	Krp	Kmp	Kp
Pz	300	1	0,75	-0,15	0,89	1	1	1	0,85	0,76
Py	243	0,9	0,6	-0,3	0,5	1	1,25	1	0,85	0,53
Px	339	1	0,5	-0,4	1,17	1	0,85	1	0,85	0,85

$Pz = 10 \cdot 300 \cdot 1{,}5^{1} \cdot 0{,}8^{0{,}75} \cdot 116^{-0{,}15} \cdot 0{,}76 = 1424{,}4$ N;

$Py = 10 \cdot 243 \cdot 1{,}5^{0{,}9} \cdot 0{,}8^{0{,}6} \cdot 116^{-0{,}3} \cdot 0{,}53 = 389{,}5$ N;

$Px = 10 \cdot 339 \cdot 1{,}5^{1} \cdot 0{,}8^{0{,}5} \cdot 116^{-0{,}4} \cdot 0{,}85 = 583{,}5$ N.

Apskaičiuojama pjovimui reikalinga galia:

$$N = \frac{Pz \cdot v}{60 \cdot 1020}; \qquad (3.14)$$

$$N = \frac{1424{,}4 \cdot 116}{61200} = 2{,}7\ kW.$$

Apskaičiuotieji pjovimo rėžimai turi tenkinti sąlygą:

$$N \leq Nv \cdot \eta; \qquad (3.15)$$

čia: Nv – 5,5 kW – staklių pagrindinio variklio galia;

$\eta = 0{,}75$ - staklių pavaros naudingumo koef.;

$Nv \cdot \eta = 5{,}5 \cdot 0{,}75 = 4{,}125$;

2,7 kW ≤ 4,125 kW (sąlyga tenkinama).

Apskaičiuojamas pagrindinis mašininis laikas:

$Tm = \frac{L}{Sm}$;

čia: L – darbo eigos ilgis, mm;

Sm – minutinė pastūma, mm/min;

L = l + l1 + l2;

čia: l = 90,2mm – pjovimo ilgis;

l1 = 1,5 – peiliui įsipjauti iki viso gylio reikalingas atstumas;

l2 – peilio praėjimo už apdirbtojo paviršiaus ilgis.

L = 90,2 +1,5 = 91,7.

$$Tm = \frac{91,7}{616} = 0,15\ min.$$

Rezultatus surašysime į 3.13 lentelę.

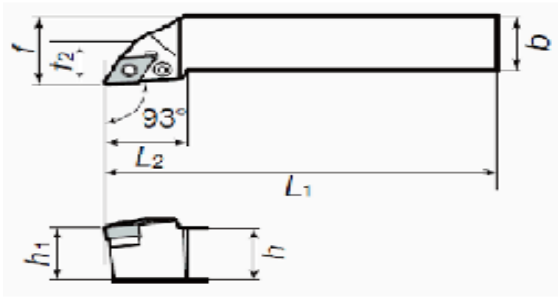
Skaičiuojame pjovimo rėžimą 010 operacijai, praėjimas 4, paviršius 7 glotnus tekinimas. Šiam veiksmui atlikti parinktas įrankis – tekinimo peilis SDJCR2020 K11 su keičiamomis kietlydinio plokštelėmis. Šiuo atveju tekinama glotniai, todėl parenkama kietlydinio plokštelė PF tipo (pagal gamintoją). Peilio eskizas parodytas 3.9 paveiksle. Detalė apdirbama su CNC tekinimo staklėmis EMCO concept 250 Turn.

Detalė pagaminta iš konstrukcinio plieno C45 (LST EN 10083 - 1) $\boldsymbol{\sigma}_u$ ne mažiau 600 Mpa. . Plieno cheminė sudėtis ir mechaninė savybės pateiktos 3.1 ir 3.2 lentelėse.

Tekinimo peilio pjaunančios dalies plokštelių medžiaga T15K6 (kietlydinys).

Tekinimo peilio kampai:

$\angle \varphi = 93°$;
$\angle \alpha = 5°$;
$\angle \gamma = 10°$;
r = 2 mm.



3.9 pav. Tekinimo peilio eskizas

Apskaičiuojame pjovimo gylį t;

$$t = \frac{D-d}{2}; \qquad (3.16)$$

čia: D – skersmuo prieš tekinimą (mm);
d – detalės skersmuo po tekinimo (mm)

$$t = \frac{52-51}{2} = 0,5mm.$$

Parenkame pastūmą vienam apsisukimui, kai tekiname glotniai: parenkame pastūma S = 0,3 mm/aps [5].

Leistinas pjovimo greitis:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} \cdot K_v$$ - išilginio ir skersinio tekinimo atvejais; (3.17)

čia: $\mathbf{C_v}$ = 350 – konstanta ir laipsnių rodikliai x,y,m pateikti ([5] 269p. 17 lent) ;

x = 0,15; y = 0,35; m = 0,2.

T – vidutinė peilio patvarumo reikšmė 30 -60 min intervalas. Priimame T=60min.

K_v – pataisos koeficientas;

$$\mathbf{K_v} = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K\varphi v \cdot K\varphi 1v \cdot K_{rv};$$ (3.18)

čia: $\mathbf{K_{mv}}$ – koeficientas, įvertinantis apdirbamosios medžiagos įtaką pjovimo greičiui (žr. Lentelę 1.1 [12]).

$\mathbf{K_{nv}}$ = 1 – koeficientas, įvertinantis medžiagos paviršiaus būklę pjovimo greičiui ([5] 263p. 5 lentele).

$\mathbf{K_{uv}}$ = 1 – koeficientas įvertinantis peilio darbinės dalies medžiagos įtaka pjovimo greičiui ([5] 263p. 5 lentelė).

$\mathbf{K\varphi v}$ = 0,7; $\mathbf{K\varphi 1v}$ = 1; $\mathbf{K_{rv}}$ = 1. – koeficientai įvertinantys peilio geometrinių elementų įtaką pjovimo greičiui ([5] 271p. 18 lent.).

$$\mathbf{K_{mv}} = K\text{г} \left(\frac{750}{\sigma u}\right)^n;$$ (3.19)

čia : Kг – koeficientas, apibūdinantis apdirbamojo plieno grupę ([5] 262 p. 2 lent.);

n – laipsnio rodiklis ([5] 262p. 2 lent). Koeficientas n = 1; koeficientas Kг = 1;

$$K_{mv} = 1 \left(\frac{750}{600}\right)^1 = 1{,}25.$$

$K_v = 1{,}25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0{,}7 \cdot 1 \cdot 1 = 0{,}88.$

$$v = \frac{350}{60^{0,2} 0{,}5^{0,15} 0{,}3^{0,35}} \cdot 0{,}88 = 237 m/min = 4 \text{ m/s}.$$

Apskaičiuojame ruošinio sukimo dažnį:

$$n = \frac{1000v}{\pi D}; \quad (3.20)$$

čia: v – leistinas pjovimo greitis;

D – ruošinio skersmuo prieš tekinimą;

$$n = \frac{1000\ 237}{3{,}14 \cdot 52} = 1454 \text{ aps/min.}$$

Detalė bus apdirbama su moderniomis CNC staklėmis, o tai reiškia, kad nereikia derinti greičių su staklių pasu. Staklės modernios ir gali tiksliai išvystyti reikiamą greitį todėl priimsime $n_{st} = n = 1131$ aps/min.

Apskaičiuojama minutinė pastūma:

$S_m = s \cdot n_{st}$; (3.21)

čia: s – pastūma;

n_{st} – staklių sukimosi dažnis

$$S_m = 0{,}3 \cdot 1454 = 436 \text{ mm/min.}$$

Apskaičiuojama pjovimo jėgos dedamosios:

$$P_{z,y,x} = 10C_p t^x s^y v_t^n K_p; \quad (3.22)$$

čia: P_z, P_y, P_x – tangentinė, radialinė ie ašinė pjovimo jėgos dedamosios, išilginio, skersinio tekinimo, griovelių įpjovimo, atpjovimo ir fasoniniu tekinimo atveju.

Cp – konstanta; z,y,x – laipsnių rodikliai. Jie pateikti ([5] 273p. 22 lent.).

Kp – pataisos koeficientas;

$$\underline{Kp = Kmp \cdot K\varphi p \cdot K\gamma p \cdot K\lambda p \cdot Krp;} \quad (3.23)$$

čia: Kmp – koeficientas įvertinantis apdirbamos medžiagos įtaką pjovimo jėgai ([5] 264p. 9 lent.).

Kmp = $\left(\frac{\sigma u}{750}\right)^n$; n – reikšmės (žr 1.2 lent [12]).

Kφp · Kγp · Kλp · Krp – koef. Įvertinantys peilio geometrijos įtaką ([5] 275p. 23 lent.).

3.11 lentelė. Antro skaičiuojamo pjovimo rėžimo duomenys

Jėgos dedamoji	Cp	x	y	n	Kφp	Kγp	Kλp	Krp	Kmp	Kp
Pz	300	1	0,75	-0,15	0,89	1	1	1	0,85	0,76
Py	243	0,9	0,6	-0,3	0,5	1	1,25	1	0,85	0,53
Px	339	1	0,5	-0,4	1,17	1	0,85	1	0,85	0,85

$Pz = 10 \cdot 300 \cdot 0{,}5^{1} \cdot 0{,}3^{0,75} \cdot 237^{-0,15} \cdot 0{,}76 = 201$ N;

$Py = 10 \cdot 243 \cdot 0{,}5^{0,9} \cdot 0{,}3^{0,6} \cdot 237^{-0,3} \cdot 0{,}53 = 67$ N;

$Px = 10 \cdot 339 \cdot 0{,}5^{1} \cdot 0{,}3^{0,5} \cdot 237^{-0,4} \cdot 0{,}85 = 86$ N.

Apskaičiuojama pjovimui reikalinga galia:

$$N = \frac{Pz \cdot v}{60 \cdot 1020}; \qquad (3.24)$$

$$N = \frac{201 \cdot 237}{61200} = 0{,}77 \text{ kW}.$$

Apskaičiuotieji pjovimo rėžimai turi tenkinti sąlygą:

$$N \leq Nv \cdot \eta; \qquad (3.25)$$

čia: Nv – 5,5 kW – staklių pagrindinio variklio galia;

$\eta = 0{,}75$ - staklių pavaros naudingumo koef.

$Nv \cdot \eta = 5{,}5 \cdot 0{,}75 = 4{,}125$;

0,77 kW ≤ 4,125 kW (sąlyga tenkinama).

Apskaičiuojamas pagrindinis mašininis laikas:

$$Tm = \frac{L}{Sm}; \qquad (3.26)$$

čia: L – darbo eigos ilgis, mm;

Sm – minutinė pastūma, mm/min;

L = l + l1 + l2;

čia: l = 65,2 mm – pjovimo ilgis;

l1 = 0,5 – peiliui įsipjauti iki viso gylio reikalingas atstumas;

l2 – peilio praėjimo už apdirbtojo paviršiaus ilgis.

$$L = 65,2 + 0,5 = 65,7 \text{ mm};$$

$$Tm = \frac{65,7}{436} = 015\text{min}.$$

Surašome gautus rezultatus į 3.12 lentelę. Likusius pjovimo rėžimus surasime lenteliniu būdu [9;10] ir taip pat surašysime į 3.12 lentelę.

3.12 lentelė. Pjovimo rėžimai

Operacijos Nr.	Perėjimo Nr.	Operacijos pav.	Staklės	Pjovimo gylis t, mm	Pastūma s, mm/aps	Sukimosi dažnis n,aps/min	Pjovimo greitis v, m/min	Minutinė pastūma S_m, mm/min
005	1	Grubiai tekiname galinį paviršių 1	EMCO CONCEPT TURN 250	1	0,4	631	119	252,4
	2	Grubiai tekiname cilindrinį paviršių 5		1,5	0,8	616	116	492
	3	Grubiai tekiname cilindrinį paviršių 3		11	0,6	659	118	395,5
	4	Grubiai tekiname šoninį paviršių 4		0,1	0,4	737	132	295
	5	Grubiai grežiame paviršių 16 grąžtu Ø10		5	0,15	790	24,8	118,5
	6	Grubiai grežiame paviršių 16 grąžtu Ø22		6	0,9	417	28,8	375,3
	7	Grubiai tekiname 2 paviršių nuimame skylės nuožulą		1	0,4	1750	132	700
	8	Atpjaunama detalė nuo ruošinio		25	0,1	690	108	69

3.12 lentelės tęsinys. Pjovimo rėžimai

010	1	Grubiai teikiname galinį paviršių 14	EMCO CONCEPT TURN 250	1	0,5	587	105	293,5
	2	Grubiai tekiname paviršių 15, nuimame skylės nuožulą		1	0,4	1750	132	700
	3	Tekiname paviršių 11 grubiai		3	0,7	520	93	364
	4	Tekiname paviršių 7 grubiai		3	0,7	520	93	364
	5	Tekiname paviršių 7 glotniai		0,5	0,3	1454	237	436
	6	Tekiname paviršių 7 tiksliai		0,5	0,15	1130	181	169
	7	tekiname paviršių 10 grubiai		1,25	0,05	435	82	22
	8	Grubiai tekiname paviršių 9		1,25	0,05	435	82	22
	9	Grubiai tekiname paviršių 8		1,25	0,05	435	82	22
	10	Sriegiamas paviršius 16		1	1	215	16,2	215
015	1	Frezuojame paviršių 13 grubiai	EMCO CONCEPT MILL 450	4	0,04 mm/dančˇ	2980	28,8	119,2
	2	Frezuojame paviršių 12 grubiai		4	0,04 mm/dančˇ	2980	28,8	119,2
	3	Frezuojame paviršių 17 grubiai		4	0,04 mm/dančˇ	2980	28,8	119,2
	4	Frezuojame paviršių 18 grubiai		4	0,04 mm/dančˇ	2980	28,8	119,2

3.6. Technologinio proceso normavimas

Šis etapas taip pat labai svarbus detalės gamybai. Kad ji būtų pagaminta ekonomiškai gerai ir greitai reikia paskaičiuoti, kiek laiko detalę reikės gaminti, kiek įrengimų tam reikės. Technologinio proceso normavimas taip pat svarbus ir darbuotojams, nes pagal atliktą darbo našumą tai bus skaičiuojamas.

Vienetinis skaičiuojamasis operacijos atlikimo laikas randamas pagal formulę:

$$t_v = t_0 + t_p + t_{ap} + t_{pl}; \quad (3.27)$$

čia : t_0 – pagrindinis laikas;

t_p – pagalbinis laikas;

t_{ap} – darbo vietos aptarnavimo laikas;

t_{pl} –laikas darbuotojo asmeniniams poreikiams.

Pagrindinis laikas apskaičiuojamas kiekvienam perėjimui pagal formulę:

$$t_0 = \frac{L \cdot i}{S_m} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{L \cdot i}{sz \cdot z \cdot n}; \quad (3.28)$$

čia: L – įrankio perslinkimo skaičiuojamas ilgis apdirbimo metu, mm;

i – darbo eigų skaičius atliekamame perėjime;

S_m – minutinė įrankio pastūma, mm/min;

s_z – pastūma dančiui, mm;

z – frezos dantų sk.

Dydis L nustatomas (apdirbimo ciklas automatinis):

$$L = l + l_{įs} + l_{iš} + l_{pr}; \quad (3.29)$$

čia: l – apdirbamo paviršiaus ilgis (pagal ruošinio brėžinį);

$l_{įs}$ – įrankio įsipjovimo dydis (pagal geometrinę schemą);

$l_{iš}$ – įrankio išėjimo dydis;

l_{pr} – įrankio privedimo prie ruošinio ilgis.

Pagalbinis laikas:

$$t_p = t_{pu} + t_{pv} + t_{pm} = 0{,}2 + 0{,}16 + 0{,}19 = 0{,}55; \quad (3.30)$$

čia: t_{pu} – uždėjimo ir nuėmimo laikas;

t_{pv} – valdymo laikas;

t_{pm} – matavimo laikas.

Darbo vietos aptarnavimo laikas:

$$t_{ap} = t_t + t_{org}; \quad (3.31)$$

čia: t_t– techninio aptarnavimo laikas;

t_{org}– organizacinio aptarnavimo laikas.

Techninio aptarnavimo laikas:

$$t_t = \frac{t_{op}}{100\%} (\leq 6\%); \quad (3.32)$$

čia : t_{op}– operatyvinis laikas.

Operatyvinis laikas:

$$t_{op} = \sum_{k=1}^{p} t_{ok} + \sum_{i=1}^{q} t_{pi}\ ; \qquad (3.33)$$

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:

$$t_{org} = \frac{t_{op}}{100\%}(0{,}6...8\%); \qquad (3.34)$$

Skaičiuojame vienetinę laiko normą pirmajai operacijai 005 – tekinimas.

OPERACIJA 005 (tekinimas, gręžimas).

Grubus tekinimas paviršius 1:

Pirmas perėjimas paviršius 1. n = 631aps/min, s = 0,4mm/aps.

$$L = 3+1+1 = 5\ mm;$$

$$t_0 = \frac{5 \cdot 1}{252{,}4} = 0{,}02\ min.$$

Antras perėjimas. Grubus tekinimas, paviršius 5: n = 659aps/min, s = 0,8mm/aps.

$$L = 90{,}2+1{,}5+3+2 = 96{,}7\ mm;$$

$$t_0 = \frac{96{,}7 \cdot 1}{659} = 0{,}15\ min.$$

Trečias perėjimas. Grubus tekinimas, paviršius 3: n = 659aps/min, s = 0,6mm/aps.

$$L = 22+3+10+5 = 40\ mm;$$

$$t_0 = \frac{40 \cdot 1}{659} = 0{,}06\ min.$$

Ketvirtas perėjimas. Grubus tekinimas, paviršius 4: n = 700aps/min, s = 0,4mm/aps.

$$L = 1+1+3+1 = 6\ mm;$$

$$t_0 = \frac{6 \cdot 1}{700} = 0{,}008\ min.$$

Penktas perėjimas. Grubus gręžimas, paviršius 16 grąžtu Ø10 mm : n = 790 aps/min, s = 0,15mm/aps.

$$L = 90,2 + 5 + 5 = 100,2\ mm;$$
$$t_0 = \frac{100,2 \cdot 1}{118,5} = 0,85\ min.$$

Šeštas perėjimas. Grubus gręžimas, paviršius 16 grąžtu Ø22mm: n = 417 aps/min, s = 0,9 mm/aps.

$$L = 90,2 + 4 + 6 = 100,2\ mm;$$
$$t_0 = \frac{100,2 \cdot 1}{375,3} = 0,3\ min.$$

Septintas perėjimas. Grubus tekinimas paviršius 2: n = 1750aps/min, s = 0,4mm/aps.

$$L = 1 + 3 + 1\ mm;$$
$$t_0 = \frac{5 \cdot 1}{700} = 0,007\ min.$$

Pilnas mašininis laikas:

$$\sum t_0 = 0,02 + 0,15 + 0,06 + 0,008 + 0,85 + 0,3 + 0,007 = 1,4\ min.$$

Pagalbinis laikas parenkamas iš lentelių jis skirtas detalei uždėti ir nuimti, staklėms valdyti bei apdirbamoms detalėms matuoti:

$$t_{op} = 1,4 + 0,55 = 1,95\ min;$$
$$t_{ap} = \frac{1,95}{100\%} 6\% + \frac{1,95}{100\%} 4\% = 0,22\ min;$$
$$t_{pl} = \frac{1,95}{100\%} 2,5\% = 0,05\ min;$$
$$t_v = 1,95 + 0,55 + 0,22 + 0,05 = 2,77\ min.$$

OPERACIJA 010 (Tekinimas, sriegimas).

Pirmas perėjimas grubiai tekinamas galinis paviršius 14: n = 587aps/min; s = 0,5mm/aps.

$$L = 1 + 1 + 3 + 1 = 6\ mm;$$
$$t_0 = \frac{6 \cdot 1}{293,5} = 0,02\ min.$$

Antras perėjimas grubiai tekinamas skylės nuožula paviršius 15: n = 1750aps/min s = 0,4 mm/asp.

$$L = 1+1+3+1 = 6\ mm;$$

$$t_o = \frac{6}{700} = 0{,}01 \min;$$

Trečias perėjimas grubiai tekinamas paviršius 11: n = 520 aps/min; s = 0,7 mm/aps

$$L = 65{,}2+3+3+2 = 73{,}2\ mm;$$

$$t_o = 75{,}5/364 = 0{,}2\ \min.$$

Ketvirtas perėjimas grubiai tekinamas paviršius 7: n = 520 aps/min; s = 0,7 mm/aps

$$L = 65{,}2+3{,}5+3+2 = 73{,}7\ mm;$$

$$t_o = \frac{62{,}7}{364} = 0{,}2 \min.$$

Penktas perėjimas glotniai tekinamas paviršius 7: n = 1454 aps/min; s = 0,3 mm/aps.

$$L = 65{,}2+0{,}5+3+2 = 70{,}7\ mm;$$

$$t_o = \frac{70{,}7}{436} = 0{,}16 \min.$$

Šestas perėjimas tiksliai tekinamas paviršius 7: n = 1130 aps/min; s = 0,3 mm/aps.

$$L = 65{,}2+0{,}5+3+2 = 70{,}7\ mm;$$

$$t_o = \frac{70{,}7}{339} = 0{,}2 \min.$$

Septintas perėjimas grubiai tekinami 10,9,8 paviršiai. Įpjaunamas griovelis: n = 435 aps/min; s = 0,05 mm/aps.

$$L = 1{,}25+5+1 = 7{,}25\ mm;$$

$$t_o = \frac{7{,}25}{22} = 0{,}33 \min;$$

Aštuntas perėjimas sriegiamas paviršius 16: n = 215 aps/min s = 1 mm/aps.

$$L = 90{,}2+1+3 = 94{,}2\ mm;$$

$$t_o = \frac{94{,}2}{215} = 0{,}44 \min.$$

Pilnas mašininis laikas:

$$\sum t_0 = 0{,}02 + 0{,}01 + 0{,}2 + 0{,}2 + 0{,}16 + 0{,}2 + 0{,}33 + 0{,}44 = 1{,}56\ min.$$

Pagalbinis laikas parenkamas iš lentelių jis skirtas detalei uždėti ir nuimti, staklėms valdyti bei apdirbamoms detalėms matuoti:

$$t_p = t_{pu} + t_{pv} + t_{pm} = 0{,}2 + 0{,}06 + 0{,}15 + 1{,}2 + 0{,}19 = 1{,}8\,\text{min};$$

$$t_{op} = 1{,}56 + 1{,}8 = 3{,}36\ min;$$

$$t_{ap} = \frac{3{,}36}{100\%} 6\% + \frac{3{,}36}{100\%} 4\% = 0{,}33\ min;$$

$$t_{pl} = \frac{3{,}36}{100\%} 2{,}5\% = 0{,}08\ min;$$

$$t_v = 3{,}36 + 1{,}8 + 0{,}33 + 0{,}08 = 5{,}57\ min.$$

OPERACIJA 015 (Frezavimas).

Pirmas perėjimas grubiai frezuojamas 12 ir 13 paviršius 14: n = 2980 aps/min; s_z = 0,04 mm/dančˇ; s_m = 119,2

$$L = 20 + 8 + 5 = 33\ mm;$$

$t_o = \frac{33}{119{,}2} = 0{,}14\,\text{min}$; tokia pati operacija atliekama iš kito šono todėl mašininis laikas bus toks pat.

Pilnas mašininis laikas:

$$\sum t_0 = 0{,}14 + 0{,}14 = 0{,}28\ min.$$

Pagalbinis laikas parenkamas iš lentelių jis skirtas detalei uždėti ir nuimti, staklėms valdyti bei apdirbamoms detalėms matuoti:

$$t_p = t_{pu} + t_{pv} + t_{pm} = 0{,}13 + 0{,}08 + 0{,}6 + 0{,}2 + 0{,}1 = 1{,}1\,\text{min};$$

$$t_{op} = 0{,}28 + 1{,}1 = 1{,}38\ min;$$

$$t_{ap} = \frac{1{,}38}{100\%} 6\% + \frac{1{,}38}{100\%} 4\% = 0{,}14\ min;$$

$$t_{pl} = \frac{1{,}3}{100\%} 2{,}5\% = 0{,}03\ min;$$

$$t_v = 1{,}38 + 0{,}14 + 0{,}03 + 1{,}1 = 2{,}7\ min.$$

3.13 lentelė. Bendras operacijų laikas

Operacija	Mašininis laikas $t_{o,}$min	Operatyvinis laikas $t_{op,}$min	Vienetinis laikas $t_{v,}$ min
005	1,4	1,95	2,77
010	1,3	3,1	5,57
015	0,28	1,38	2,7
Bendras operacijų laikas t_b,min			11,04

3.7. Kreipiančiųjų ritinėlių ašies analizė, paskirtis ir jos konstrukcija

Gaminama detalė yra kėlimo mechanizmo važiuoklės kreipiančiųjų ašis. Ant jos montuojamas kreipiančiųjų ritinėlis su guoliu ir bronzine įvore, visa ši konstrukcija fiksuojama kronšteine veržlės pagalba. Gaminama detalė nėra sudėtinga, tačiau kai kuriuos paviršius reikia gan tikliai apdirbti – pasiekti 6 tikslumo kvalitetą.

Detalė yra gamina iš anglinio konstrukcinio plieno C45.

3.14 lentelė. Plieno C45 cheminė sudėtis, %

C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr
			(ne daugiau kaip)			
0,40-0,50	0,17-0,37	0,5-0,8	0,045	0,045	0,30	0,30

3.15 lentelė. Plieno C45 mechaninės savybės

σ_y, MPa	$\sigma_{u,}$ MPa	$\delta_{5,}$ %	Z, %	KCU, J/cm^2	HB (ne daugiau, kaip)	
Ne mažiau					Karštai valcuotas	Atkaitinimas
355	600	16	40	49	241	197

Lentelėje pažymėta:

σ_u – stiprumo riba;

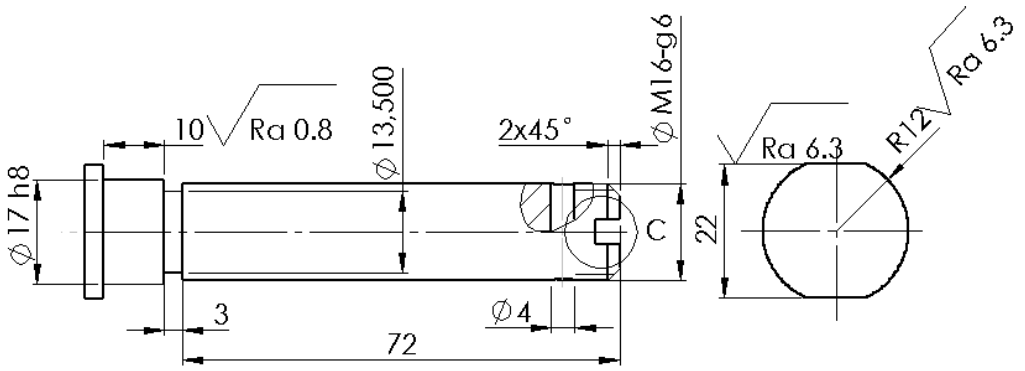
σ_y – takumo riba;

δ_5 – bandinio santykinis ištįsimas jį nutraukiant;

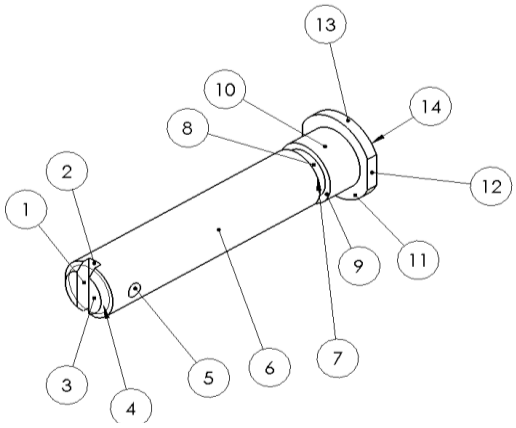
ψ – santykinis bandinio skerspjūvio susitraukimas nutraukimo vietoje;

KCU – smūginis tąsumas tiriant bandinius su U tipo koncentratoriumi;

HB – kietumas pagal Brinelį.



3.10 pav. Ašelės eskizas



3.11 pav. Ašelė su pažymėtais paviršiais

3.7.1. Detalės technologiškumo analizė

Detalės konstrukcija technologiška tada, kai ji yra lengvai apdirbama standartiniais įrankiais. Siekiant detalės technologiškumo reikia siekti išvengti detalės apdirbimo sudėtingomis staklėmis, nes dėl to labai pabrangsta detalės gamyba.

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

a) Konstrukcija turi būti kuo paprastesnė;
b) Medžiagos sąnaudos turi būti minimalios;
c) Darbo našumas pats didžiausias.

Tai yra technologiškumo esmė. Nepaisant šių reikalavimų, gaminant standartines ar sudėtingų konstrukcijų detales mažėja darbo našumas. Neteisingai pasirinkus ruošinio dydį ar jo apdirbimo operacijas detalė gali kainuoti žymiai brangiau. Didelę įtaką sudaro ir detales bazavimas ir operacijų nuoseklumas.

3.16 lentelė. Detalės darbo brėžinio technologinė kontrolė

Technologiškumo kriterijus	*Atitikimas technologiškumo kriterijams*
1. Reikalingi matmenys	Visi reikalingi matmenys nurodyti
2. Atitikimas tarp matmenų tikslumo ir paviršiaus glotnumo	Vienas matmuo: Ø16 g6 Ra 0,8
3. Vaizdai ir pjūviai	Pjūvis per simetrijos ašį
4. Matmenų atitikmuo standartinei skaičių eilei	R5: 4,10, Ø16; R10: 2, R12; R20: **22**; R40: Ø17; Papildomos vertės: 72,88.
5. Matmenų išdėstymas pagal koordinačių ašis	3 koordinačių ašys
6. Techninės sąlygos	Ribinės nuokrypos ISO 22768 vidut.
7. Matmenų matavimas	Nesudėtinga

3.17 lentelė. Detalės konstrukcijos atitikimas pagal technologiškumo kriterijus

Technologiškumo kriterijus	*Atitikimas technologiškumo kriterijams*
1. Medžiagos rūšies parinkimas	Standartinis plienas: C45
2. Pasvirę paviršiai	Nuožulos:
3. Bazės	Bazavimas nesudėtingas
4. Deatlės standumas: $l/d_{vid}<10$ – detalė standi; d_{vid} – vidutinis detalės skersmuo	$\frac{88}{19} = 4.63mm$; 4.63 < 10 – detalė yra standi
5. Terminio apdirbimo rūšis	-
6. Specialių technologinių operacijų reikalingumas	Nėra
7. Simetrijos ašys ir plokštumos	Viena simetrijos ašis, šešios plokštumos
8. Ar detalės konstrukcijos forma nesudarys papildomų sunkumų gaminant ruošinį	Nesudarys
9. Sunkumai,iškylantys dėl elementų išdėstymo mechaniškai apdirbant detalę	Nėra

3.8. Technologinio proceso projektavimas

3.8.1. Ruošinio parinkimas skirtingiems gamybos tipams

Ruošinys yra metalo luitas kuris yra apdirbamas mechaniniu būdu. Ruošinys parenkamas pagal detalės reikalavimus, tai yra, kad esant konkrečioms detalės darbo sąlygoms reikalingas atitinkamas detalės atsparumas, stiprumas. Šiuo atveju detalės medžiagą apsprendžia konstruktorius.

Ruošinys dažniausiai yra gaminamas iš pirminio ruošinio, tarkim kad jums reikalinga cilindrinė detalė, šiuo atveju šis ruošinys bus formuojamas iš metalo luito valcavimo būdu, kitaip sakant tai yra ruošinys prieš pirmakart jį apdirbant.

Sudėtingus ruošiniuos numato konstruktorius. Nesudėtingiems ruošiniams užtenka nurodyti jo medžiagą, jei reikia dar ir terminį apdirbimą, o likusią detalės gamybos dalį apsprendžia technologas projenktuojantis apdirbimo technologiją.

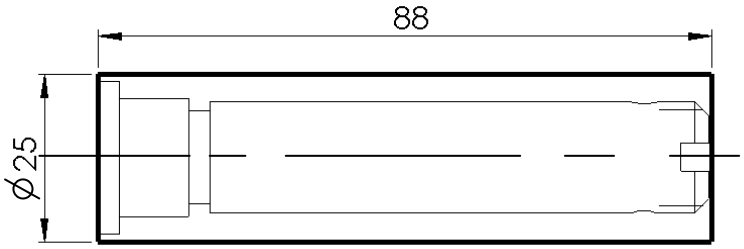
Apdirbant ruošinį automatinėse linijose, ruošinys turi būti tikslus, nes kitu atveju linijai pradėjus apdirbti tarkime didesnio diametro nei buvo numatyta strypą, galima sulaužytį įrankį dėl per didelių apkrovų.

Apindrinant galiu pasakyti, jog parenkant ruošinį reikia įvertinti: detalės matmenys, darbo salygas, jei keliamus kokybės reikalavimus, detalės technologinio apdirbimo galimybes, ekonomiškumą.

Mašinų gamyboje labiausiai paplite ruošiniai: lieti, kalti, štampuoti, valcuoti, metalokeramikiniai, plastikiniai.

3.8.2. Detalės ruošinio parinkimas vienetinės gamybos atveju

Gaminama detalė yra cilindro formos, gamybos kiekis N1= 10 vnt. Šiuo atveju ruošinys bus artimas detalės matmenims valcuotas strypas. Kadangi galima rinktis iš plataus spektro valcuotų strypų, gamybos kaštai sumažėja, kadangi nereikia projektuoti brangių štampų ar formuoti liejimo formų. Kadangi reikia pagaminti 10 vnt. detalių, gaminama bus iš plieno C45 strypo, kurio 6 m ilgio strypo masė yra 23,2 kg. 10 detalių reikalingas strypo ilgis: 10 x 88 = 880 mm, dar reikia pridėti 3 mm tarpelius tarp kiekvienos detalės, kuris reikalingas datalės atpjovimui nuo strypo: 3 x 10 = 30 mm. Bendras reikalingo strypo ilgis = 880 + 30 = 910 mm, kurio masė yra 3,5 kg. 1.1 paveiksle pateiktas ruošinio eskizas.



3.12 pav. Ruošinio eskizas

Mrv = Mr/n ; (3.35)

čia: M_{rv} – medžiagos masė tenkanti vienam ruošiniui (kg);

M_r – bendra grupinio ruošinio masė (kg);

n – detalių skaičius.

$$M_{rv} = 3,5/10 = 0,35 \text{ kg;} \quad (3.36)$$

Ruošinio medžiagos išnaudojimo koeficientas K_M:

$$K_M = \frac{Md}{Mrv} = \frac{0,141}{0,35} = 0,4\text{kg;} \quad (3.37)$$

čia: M_d – detalės masė.

Ruošinio medžiagos P_v vienetinėje gamyboje kaina [1]:

$$\frac{Pv = M\check{z} \cdot K\check{z} - Ma \cdot N1 \cdot ka}{N1}; \quad (3.38)$$

čia: $M_{ž}$ – konstrukcinio apvalaus plieninio strypo masė 45kg;

M_a – Po detalės apdirbimo atliekų masė 0,209 kg;

$K_{ž}$ – konstrukcinio apvalaus plieninio strypo 1kg kaina, 4,5lt/kg;

k_a – ruošinio medžiagos atliekų (imti kg) 1t kaina, apie 4500lt/t;

N1– Detalių skaičius vienetinės gamybos N1 atveju N1= 10. [4]

$$\frac{Pv = 3,5 \cdot 4,5 - 0,209 \cdot 10 \cdot 4,5 = 0,64\ Lt}{10}.$$

Apskaičiuojame sunaudotų atliekų kainą:

Konstrukcinio apvalaus plieninio strypo 1kg kaina – 4,5lt/kg;

Medžiagos masė tenkanti vienam ruošiniui – 0,35kg;

Detalės masė - 0,141kg;

Į atliekas sunaudojamas ruošinio svoris – 0,35 -0,141 = 0,209kg;

Į atliekas sunaudojama ruošinio atliekų kaina – 0,209 · 4,5 = 0,94 Lt;

Atliekų kaina atlikus gamybinę programą: 0,94 · 10 = 9,4 Lt.

Kai kurios metalų kainos ir svoriai paimti iš internetinio psl. [4].

3.8.3. Detalės ruošinio parinkimas serijinės gamybos atveju

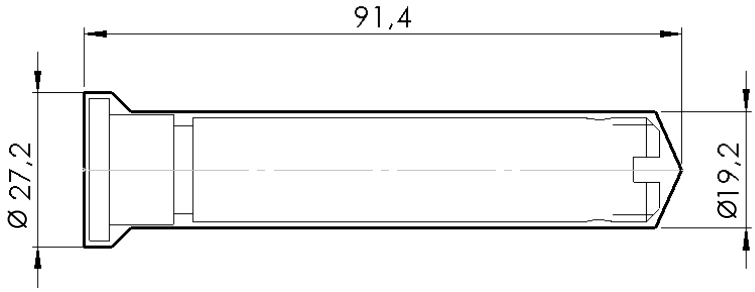
Detalės masė:

Apskaičiuota „Inventor“ programa:

M_{det} – detalės masė = 0.141 kg;

$M_{ruoš}$ – ruošinio masė = 0.312 kg.

Serijinei gamybai ruošinys bus gaminamas šaltuoju tūriniu štampavimu. Atliekų šiuo atveju bus nedaug, nes štampavimu galima pasiekti gan artimus detalei matmenys gan didelio tikslumo: 9-13 tikslumo kvalitetų. Gaminti reikai : N2 – 600 vnt. Ruošinio eskizas parodytas 3.12 paveiksle.



3.13 pav. Serijinės gamybos ruošinio eskizas

Ruošinio medžiagos P_s serijinėje gamyboje kaina [4]:

$$\frac{Ps = Mž \cdot Kž + P_{št} - Ma \cdot ka}{N2}; \quad (3.39)$$

čia: $M_ž$ – konstrukcinio apvalaus plieninio strypo masė 211kg;

M_a – Po detalės apdirbimo atliekų masė 73,8kg;

$K_ž$ – konstrukcinio apvalaus plieninio strypo 1kg kaina, 4,5 lt/kg;

$P_{št}$ – Naudojamo štampo priimama kaina, 3000Lt;

k_a – ruošinio medžiagos atliekų (imti kg) 1t kaina, apie 4500lt/t;

N1– Detalių skaičius vienetinės gamybos N1 atveju N2= 600 [4].

$$\frac{Ps \ = \ 211 \ \cdot \ 4{,}5 + 3000 - \ 73{,}8 \cdot \ 4{,}5 \ = \ 6{,}02Lt}{600}.$$

Apskaičiuojame sunaudotų atliekų kainą:

Konstrukcinio apvalaus plieninio strypo 1kg kaina – 4,5lt/kg;

Medžiagos masė tenkanti vienam ruošiniui – 0,263 kg;

Detalės masė - 0,141kg;

Į atliekas sunaudojamas ruošinio svoris – 0,263 -0,141 = 0,122kg;

Į atliekas sunaudojama ruošinio atliekų kaina – 0,122 · 4,5 = 0,549 Lt;

Atliekų kaina atlikus gamybinę programą: 0,549 · 600 = 329 Lt.

Detalės masė:

Apskaičiuota „Inventor“ programa:

M_{det} – detalės masė = 0.141 kg;

$M_{ruoš}$ – ruošinio masė = 0.263 kg.

Medžiagos išnaudojimo koeficientas:

$$K_m = \frac{M_{det}}{M_{ruos}} \ ; \qquad \rho = 7{,}85 \frac{g}{cm^3}, plienui \ c45; \tag{3.40}$$

čia: M_{det} – detalės masė;

$M_{ruoš}$ – ruošinio masė.

$$K_m = \frac{0.141}{0.263} = 0{,}54.$$

Atliekant serijinės gamybos programą, kai detalių skaičius N2 = 600vnt. štampavimo būdu gauname, kad vieno detalės ruošinio pagaminimo kaina yra 7,1 karto didesnė nei vienetinės gamybos atveju apdirbant programinėmis valdymo staklėmis. Gaminant detalę vienetinės gamybos būdu apdirbant ją mechaniškai: tekinant, frezuojant, gręžiant, sriegiant užtrunkama daugiau laiko ir atliekų teoriškai lieka daugiau, tačiau įvertinus štampo kainą, kad vidutinė jo gamyba yra 3000 Lt, gaminant nedideles detalių partijas jis yra tiesiog ekonomiškai neefektingas ir net nuostolingas.

Todėl detalės apdirbimas tiek serijinės tiek vienetinės gamybos atveju pasirenkamas mechaninis su programinėmis valdymo staklėmis iš konstrukcinio plieno (C45) strypo.

Pasirenkame modernias programinio valdymo stakles, kurios tinka ne tik pramoniniam naudojimui, tačiau ir mokymo tikslams. Jos yra pakankamai ekonomiškos, kompaktiškos ir puikiai atlieka savo darbą. Staklės EMCO Concept Turn 250, EMCO Concept Mill 450. Tokių staklių pilnai pakanka apdirbti reikiamą ruošinį ir gauti reikiamą detalę (ašį).

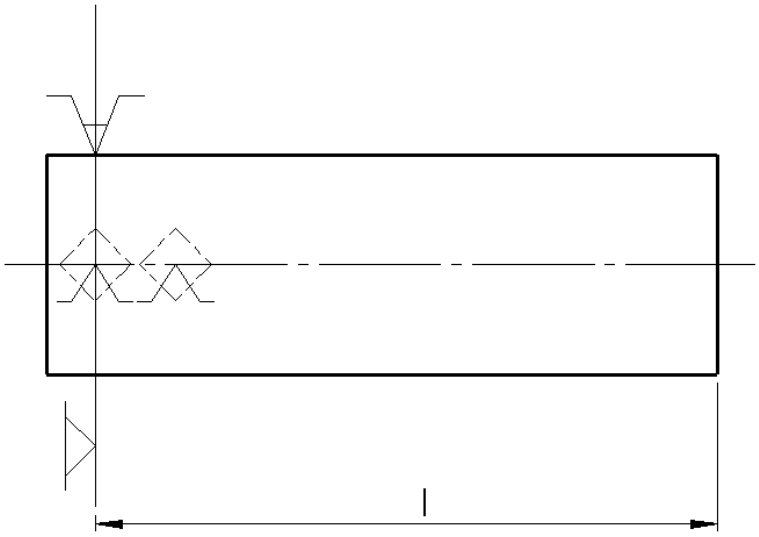
3.9. Technologinių bazių parinkimas

Tekinant cilindrinius paviršius, ruošiniai bažnai bazuojami centruose. Tam padaromos kūginės centravimo duobutės, kurios beveik visada reikalingos vien bazavimui. Svarbu pasirinkti tinkamus paviršius bazivimui, nes svarbu yra užtikrinti detalės stabiluma ašine, bei skersine kryptimi, ko pasekoje gaunami tikslesni detalės matmenys, bei tarkim skylių lygegretumų, statmenumų, velenų cilindriskumo rodikliai. Kartais norint bazuoti detalę reikia pasigaminti tam tikros konstruokcijos įrenginį, kuri būtų galima greitai ir paprastai pritaikyti staklėms, bei greitai įstatyti detalę. Šiuo atveju bazuojama bus savaiminio centravimo griebtuve.

Apdirbimo metu numatomos technologinės bazės:

Gaminama detalė yra technologiška ir jos bazavimas nėra sudėtingas. Pirmajai operacijai atlikti bazuojama bus savaiminio centravimo griebtuve, bazuojamas ruošinio cilindinis paviršius išilginės ašies atžvilgiu. Atlikus detalės bazavimą detalė bus apdirbama seka:

1. Detalė aptekinima iki Ø24 - 13 paviršius;
2. Toliau tekinima iki Ø17 - 10 paviršius;
3. Įpjaunamas griovelis – 8 paviršius;
4. Tekinama iki Ø16 - 6 paviršius;
5. Nuimama nuožula – 4 paviršius;
6. Įpjaunamas 4 mm griovelis – 8 paviršius;
7. Detalė nusriegiama, M16 – 6 paviršius;
8. Detalė nupjaunama – 14 paviršius.

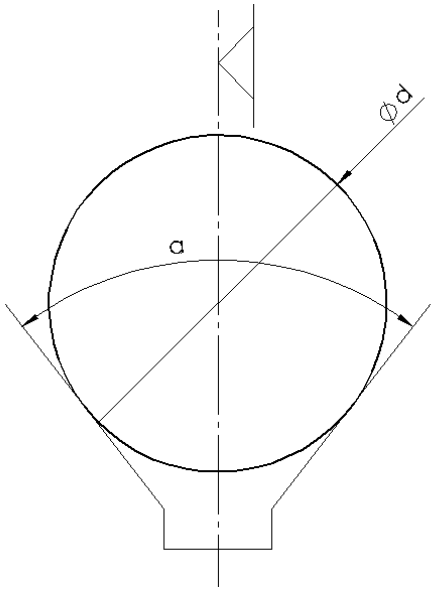


3.14 pav. Bazavimas konsoliškai tvirtinant savaiminio centravimo griebtuvuose

Antrai operacijai atlikti detalė bazuojma vienpusio prispaudimo prizmėje. Tada atliekami tokie veiksmai:

1. Nufrezuojamas paviršius 12;
2. Išgrežiama Ø4 skylė.

Analogiškai yra nufrezuojmas paviršius 12‘, tik apsukus detalę ašine kryptimi 180 laipsnių kampu.

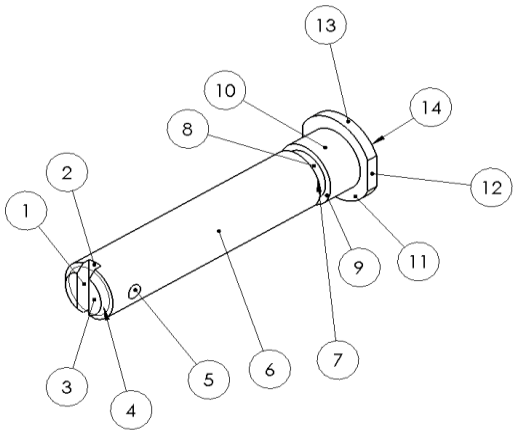


3.15 pav. Bazavimas pastatant vienpusio prispaudimo prizmėje

Trečiai operacijai atlikti, detalė bazuojma savaiminio centavimo suspaudžiamuose įtaisuose. Atliekama:

1. Išfrezuojamas 4 mm griovelis – 2 paviršius.

Paviršių numeracija pateikta 3.3 paveiksle.



3.16 pav. Ašelė su pažymėtais paviršiais

3.10. Detalės mechaninio apdirbimo kelio projektavimas

Mechaninio apdirbimo kelio projektavimas – tai detalės nuoseklaus apdirbimo kelio, technologinių operacijų eilės tvarka sudarymas. Svarbu teisingai sudaryti operacijų seką, siekiant pasiekti našiausią bei ekonomiškiausią detalės apdirbimo procesą. Technologinį maršrutą sudaro:

- Operacijų bei perėjimų numeracija;
- Staklių tipas, modelis;
- Operacjai atlikti naudojamas įrankis.

3.18 lentelė. Ašelės mechaninio apdirbimo technologinis maršrutas

Operacijos Nr.	Perėjimo Nr.	Operacija	Staklės	Įrankis
005	1	Paviršius 3, tekinimas	EMCO Concept Turn 250	Surenkamas PDJN R/L su DKP
	2	Paviršius 13, tekinimas		Surenkamas PDJN R/L su DKP
	3	Paviršius 8, tekinimas		JCCWS R/L atpjovimo peilis
	4	Paviršius 10, tekinimas		Surenkamas PDJN R/L su DKP
	5	Paviršius 6, tekinimas		Surenkamas PDJN R/L su DKP

3.18 lentelės tęsinys. Ašelės mechaninio apdirbimo technologinis maršrutas

005	6	Paviršius 10, glotnus tekinimas	EMCO Concept Turn 250	Surenkamas PDJN R/L su DKP
	7	Paviršius 6, glotnus tekinimas		Surenkamas PDJN R/L su DKP
	8	Paviršius 10, tikslus tekinimas		Surenkamas PDJN R/L su DKP
	9	Paviršius 6, tikslus tekinimas		Surenkamas PDJN R/L su DKP
	10	Paviršius 4, tekinimas		Surenkamas PDJN R/L su DKP
	11	Paviršiaus 6 sriegimas		Mašininis sriegiklis F440 M16 x1,25
	12	Paviršius 14, tekinimas		JCCWS R/L atpjovimo peilis
010	1	Paviršius 12, frezavimas	EMCO Concept Mill 450	HSCo C200 galinė freza
	2	Paviršius 5, gręžimas		HSS A130 spiralinis grąžtas
015	1	Paviršius 12, frezavimas	EMCO Concept Mill 450	HSCo C200 galinė freza
020	1	Paviršius 12, frezavimas	EMCO Concept Mill 450	HSCo C200 galinė freza

3.11. Užlaidų analitinis skaičiavimas

Norint parinkti užlaidas reikia apskaičiuoti koeficientą C:

$$C = \frac{M_d}{M_f} = \frac{V_d}{V_f}; \qquad (3.41)$$

Čia: M_f - formos masė;

M_d - detalės masė;

V_f -formos tūris;

V_d -formos masė.

$$V_f = \pi \cdot r^2 \cdot l = 3{,}14 \cdot 16^2 \cdot 88 = 86011 mm^2 = 86 cm^2; \qquad (3.42)$$

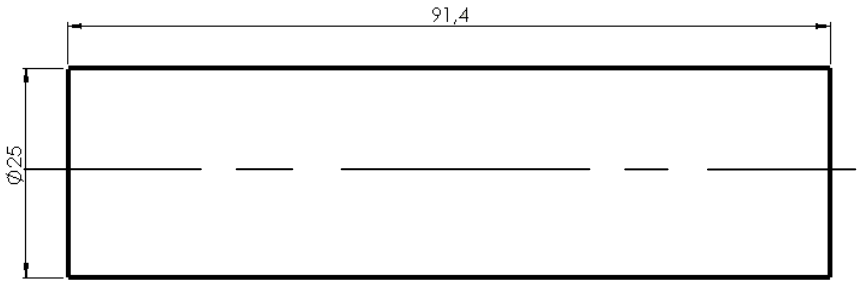
$$M_f = V_f \cdot \rho = 86 \cdot 7{,}86 = 0{,}675;$$

$$C = \frac{M_d}{M_f} = \frac{0{,}36}{0{,}675} = 0{,}533;$$

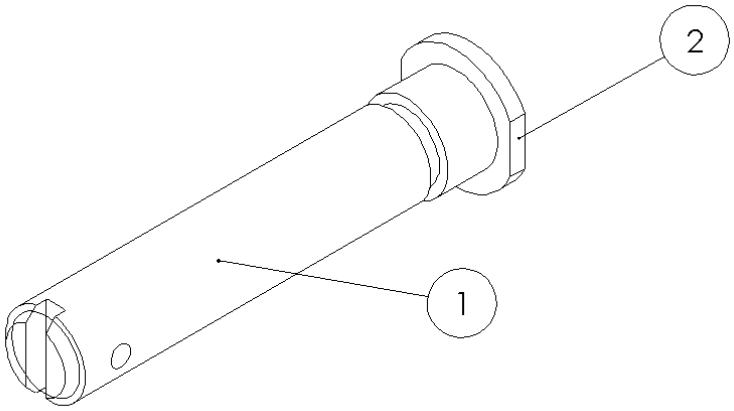
Gavome C2 sudėtingumo laipsnį, ruošinio tikslumo klasė II iš plieno M2 grupės.

3.19 lentelė. Ruošinio užlaidos

Detalės matmuo, mm	Užlaidos dydis, *mm*	Ruošinio matmuo	Tolerancija, μm
88	3	$91\frac{+1}{-0,4}$	1400
∅24	0.5	$25\frac{+0,9}{-0,4}$	1300



3.17 pav. Ašelės ruošinys



3.18 pav. Skaičiuojamų paviršių pozicijos

3.12. Užlaidų skaičiavimas

3.20 lentelė. Užlaidų analitinio skaičiavimo rezultatai

Paviršiaus apdirbimo tecnologiniai perėjimai $M16-g6$	Užlaidos elementai, μm				Skaičiuojama užlaida, μm	Skaičiuojamas matmuo, mm	Tolerancija, μm	Ribiniai matmenys, mm		Ribinės užlaidų reikšmės, μm	
	R_z	h	ρ	ε	$2Z_{min}$	$d_{sk.}$	T	d_{min}	d_{max}	$2Z_{min}$	$2Z_{max}$
Ruošinys	160	200	213	-	-	17,517	1400	17,517	18,917	-	-
Grubus tekinimas	50	50	12,8	100	2x595	16,327	210	16,327	16,537	1190	2380
Glotnus tekinimas	30	30	0,64	5	2x113,7	16,099	33	16,099	16,132	228	405
Tikslus tekinimas	-	-	-	0,2	2x60,7	15,978	14	15,978	15,992	121	140

Ašių nesutapimas:

$$\rho_{ruoš.} = \Delta k \cdot l = 4 \cdot 88 = 352\mu m; \quad (3.43)$$

čia: Δk- lyginamasis kreivumas (μm 1 mm $ilgiui$);

l – detalės ilgis.

$$\rho = \sqrt{\rho_{pas}^2 + \rho_{ekcv.}^2} = \sqrt{0{,}352^2 + 0{,}5^2} = 0{,}213mm; \quad (3.44)$$

$$\rho = k \cdot \rho_{ruoš.} = 0{,}213 \cdot 4 = 0{,}852\mu m.$$

Pastatymo paklaida:

Pastatant trijų kumštelių savaiminio centravimo griebtuve:

ε =100;

$\varepsilon = 100 \cdot k = 100 \cdot 0{,}05 = 5$; (k glotniam tekinimui – 0,05);

$\varepsilon = 5 \cdot k = 5 \cdot 0{,}04 = 0{,}2$; (k tiksliam tekinimui – 0,04).

Skaičiuojama užlaida:

$$2Z_{min} = 2(R_{zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}; \quad (3.45)$$

$2Z_{min} = 2(160 + 200 + \sqrt{213^2 + 100^2}$=2x595$\mu m$;

$2Z_{min} = 2(50 + 50 + \sqrt{12{,}8^2 + 5^2}$=2x113,7 μm;

$2Z_{min} = 2(30 + 00 + \sqrt{0{,}64^2 + 0{,}2^2}$=2x60,7 μm.

Skaičiuojamasis matmuo:

15,978 mm;

15,978 + 0,121 =16,099 mm;

16,099 + 0,228 = 16,327 mm;

16,327 + 1,19 = 17,517 mm.

Užlaidos ribinės reikšmės:

$$2Z_{min} = d_{min-1} - d_{min}; \quad (3.46)$$

$2Z_{min}$ = 17,517 – 16, 327 = 1190 μm;

$2Z_{min}$ = 16,327 – 16,099 = 228 μm;

$2Z_{min}$ = 16,099– 15,978 = 0,121 μm.

3.21 lentelė. Užlaidų analitinio skaičiavimo rezultatai

Paviršiaus apdirbimo tecnologiniai perėjimai 22 $IT10^{+0,035}_{-0,035}$	Užlaidos elementai, μm				Skaičiuojama užlaida, μm	Skaičiuojamas matmuo, mm	Tolerancija, μm	Ribiniai matmenys, mm		Ribinės užlaidų reikšmės, μm	
	R_z	h	ρ	ε	$2Z_{min}$	$a_{sk.}$	T	a_{min}	a_{max}	$2Z_{min}$	$2Z_{max}$
Ruošinys	160	200	48	-	-	24,697	340*	24,697	25,037	-	-
Grubus frezavimas	-	-	2,88	320	2x683	23,331	205	23,331	23,536	1366	1501
Ruošinys 2	160	200	48	-	-	23,331	205	23,331	23,536	-	-
Grubus frezavimas	-	-	2,88	320	2x683	21,965	70	21,965	22,035	1366	1501

* - tolerancija gaunama nutekinus ruošinį iki Ø24 mm h12 tikslumo kvaliteto.

Ašių nesutapimas:

$\rho_{ruoš.} = \Delta k \cdot l = 1{,}5 \cdot 24 = 36\mu m;$ (3.47)

čia: Δk- lyginamasis kreivumas (μm 1 mm $ilgiui$);

l – detalės ilgis.

Pastatymo paklaida.

Pastatant pneumatiniame griebtuve:

ε =320;

Skaičiuojama užlaida:

$2Z_{min} = 2(R_{zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2})$; (3.48)

$2Z_{min} = 2(160 + 200 + \sqrt{213^2 + 100^2}$=2x683$\mu m$ (1 ir 2 ruošiniui);

Skaičiuojamasis matmuo:

21,965 mm;

22,965 + 0,683 =23,331 mm;

23,331 + 0,683 = 24,697 mm.

Užlaidos ribinės reikšmės:

$2Z_{min} = d_{min-1} - d_{min}$; (3.49)

$2Z_{min}$ = 24,697 – 23,331 = 1366 μm;

$2Z_{min}$ = 23,331 – 21,965 = 1366 μm.

3.13. Pjovimo režimai

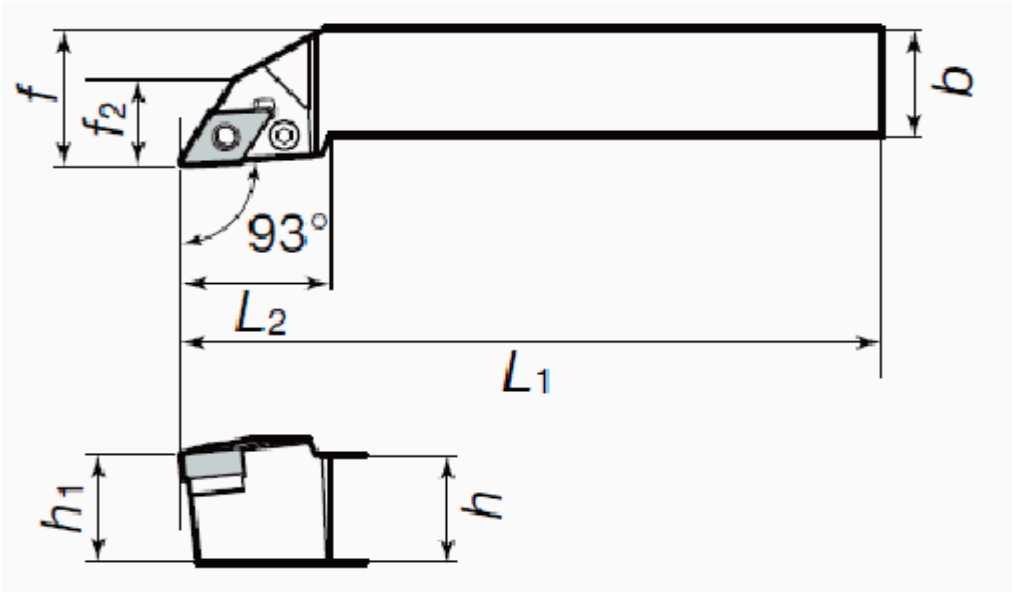
Apdirbamos detalės pjovimo režimai nustatomi atsižvelgiant į:

- Detalės gabaritus;
- Apdirbimo būdą;
- Detalės medžiagą;
- Įrankio charakteristikas;
- Detalei keliamus kokybės rodiklius.

Pjovimo režimus skaičiuoju operacijai 010, praėjimui 3, paviršiaus 10 grubus tekinimas. Pjovimo įrankis – tekinimo peilis: aptekinimo peilis PDJNR/L 1616H11, su kietlydinio plokštele TM11.1504D6. Plokštelių tipai: grubiam tekinimui arba paprastam naudojamos PM tipo plokštelės, o glotniam tekinimui naudojame PF tipo plokšteles. Pasirinktas peilis yra dešininis lenktas. Atkreiptas dėmesys į tai, kad peilis prietų apdirbti visas vietas, kad nekliūtų peilio kotas [3]. Peilio eskizas pavaizduotas 3.18 pav. o jo matmenys 3.22 lentelėje.

3.22 lentelė. Tekinimo peilio matmenys

TEKINIMO PEILIO MATMENYS					
h	**h1**	**L1**	**L2**	**b**	**f1**
16	16	125	20,5	20	25



3.19 pav. Tekinimo peilio PDJN R/L 1616H11 eskizas

Apdirbama medžiaga – konstrukcinis plienas C45 (LST EN 10083-1), HB =250, $\delta_u = 600\ MPa$. Plieno cheminė sudėtis ir mechaninės savybės pateiktos 2.1 ir 2.2. lentelėse.

Aptekinimo peilio plokštelės pjaunančios dalies medžiaga: T15K6.

Tekinimo peilio kampai:

$\angle\varphi = 93°$;
$\angle\alpha = 6°$;
$\angle\gamma = 6°$;
r = 0,8 mm.

Apskaičiuojamas pjovimo gylis:

$$t = \frac{D-d}{2}; \quad (3.50)$$

čia: D – skersmuo prieš tekinimą, mm;

d – skersmuo po tekinimo, mm;

$$t = \frac{25 - 17{,}5}{2} = 3{,}75\ mm.$$

Kadangi toks pjovimo gylis yra perdidelis apdirbti 1 praėjimu, tai šį apdirbimą atliekame 3 praėjimais, todėl pjovimo gylis vienam praėjimui yra 1,25 mm.

Parenkama pastūma vienam ruošinio apsisukimui pagal [12] – 266, 11 lent., S= 0,4 mm/aps.

Apskaičiuojamas leistinas pjovimo greitis:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v; \quad (3.51)$$

čia: T = 60 min – vidutinė peilio patvarumo reikšmė.

Konstanta C_v ir laipsnių rodikliai x, y, m parenkami iš [5] – 269 p. 17 lent.:

C_v = 420; x = 15; y = 0,2; m = 0,2.

Pataisos koeficientas:

$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\varphi v} \cdot K_{\varphi lv} \cdot K_{rv};$

Čia: K_{mv} = 1,773 - koeficientas, įvertinantis apdirbamos medžiagos įtaką pjovimo greičiui (pagal [5] – 261 p. 1.2 lent.).

K_{nv} = 1- koeficientas, įvertinantis medžiagos paviršiaus būklė pjovimo greičiui (pagal [5] – 263p. 5 lent.).

K_{uv} = 0,7- koeficientas, įvertinantis peilio darbinės dalies medžiagos įtaką pjovimo greičiui (pagal [5] – 263 p. 6 lent.).

$K_{\varphi v}$ = 07, $K_{\varphi lv}$ = 1, K_{rv} = 1- koeficientai įvertinantys peilio geometrinių element įtaką pjovimo greičiui (pagal [5] – 271 p. 18 lent.).

$K_v = 1{,}773 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0{,}7 \cdot 1 \cdot 1 = 1{,}241;$

$v = \frac{420}{60^{0.2} 0{,}83^{0{,}15} 0{,}4^{0{,}2}} 1{,}241 = 305\ m/min.$

Apskaičiuojamas ruošinio sukimosi dažnis:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}; \tag{3.52}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 305}{3{,}14 \cdot 25} = 3885 aps/min$$

Dirbant su CNC tipo stakl4mis, kuriomis galima pasiekti tikslų apsisukimų skaičių, todėl priimame, jog staklių sukimosi dažnis $n_{st} = 3885\ aps/min.$

Apskaičiuoju minutinę pastūmą:

$$s_m = s \cdot n_{st}; \tag{3.53}$$

$$s_m = 0{,}4 \cdot 3885 = 1544\ mm/min$$

Apskaičiuoju tikrąjį pjovimo greitį:

$$v_t = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{st}}{1000}; \tag{3.54}$$

$$v_t = \frac{3{,}14 \cdot 25 \cdot 3885}{1000} = 304{,}9\ m/min.$$

Apskaičiuojamos pjovimo jėgų dedamosios:

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

Čia: $P_{z,y,x}$ – tangentinė, radialinė, ašinė pjovimo jėgos dedamosios.

Konstanta C_p ir laipsnių rodikliai z, y, x parenkami iš [5] – 273p. 22 lent.:

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

Čia: K_{mp} - koeficientas įvertinantis apdirbamosios medžiagos įtaką pjovimo jėgai (pagal [5] – 264 p. 9lent.).

$K_{\varphi p}, K_{\gamma p}, K_{\lambda p}, K_{rp}$ -koeficientai įvertinantys peilio geometrijos įtaką (pagal [5] – 275 p. 23 lent.);

3.23 lentelė. Jėgų dedamųjų skaičiavimo rezultatai

Jėgos dedamoji	C_p	x	y	n	$K_{\varphi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	K_{rp}	K_{mp}	K_p
P_z	300	1	0,75	-0,15	0,89	1	1	1	0,84	,748
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	0,5	1	1,25	1	0,84	0,525
P_x	339	1	0,5	-0,4	1,17	1	0,85	1	0,84	0,835

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 0{,}3^{0{,}75} \cdot 305^{-0{,}15} \cdot 0{,}748 = 375{,}9N$$

$$P_z = 10 \cdot 243 \cdot 1^{0{,}9} \cdot 0{,}3^{0{,}6} \cdot 305^{-0{,}3} \cdot 0{,}525 = 110{,}2N$$

$$P_z = 10 \cdot 339 \cdot 1^1 \cdot 0{,}3^{0{,}4} \cdot 305^{-0{,}4} \cdot 0{,}835 = 176{,}4N$$

Apskaičiuojama pjovimui reikalinga galia:

$$N = \frac{Pz \cdot v}{60 \cdot 1020}; \quad (3.55)$$

$$N = \frac{375{,}9 \cdot 305}{61200} = 1{,}8\ kW.$$

Apskaičiuotieji pjovimo rėžimai turi tenkinti sąlygą:

$$N \leq Nv \cdot \eta; \quad (3.56)$$

čia: Nv – 5,5 kW – staklių pagrindinio variklio galia;

$\eta = 0{,}75$ - staklių pavaros naudingumo koef.;

$Nv \cdot \eta = 5{,}5 \cdot 0{,}75 = 4{,}125$

1,8 kW ≤ 4,125 kW (sąlyga tenkinama).

Apskaičiuojamas pagrindinis mašininis laikas:

$$Tm = \frac{L}{Sm}; \quad (3.57)$$

čia: L – darbo eigos ilgis, mm;

Sm – minutinė pastūma, mm/min;

L = l + l1 + l2;

Čia: l = 88 mm – pjovimo ilgis;

l1 = 3 – peiliui įsipjauti iki viso gylio reikalingas atstumas;

l2 – 0 peilio praėjimo už apdirbtojo paviršiaus ilgis.

L = 88 +3 = 91;

$$Tm = \frac{91}{1544} = 0{,}05min.$$

Skaičiuojame pjovimo rėžimą 010 operacijai, praėjimas 4, paviršius 10 glotnus tekinimas. Šiam veiksmui atlikti parinktas įrankis – tekinimo peilis PDJN R/L 2020K11 su keičiamomis kietlydinio plokštele TS 1504.06 . Peilio eskizas parodytas 3.6 paveiksle, o peilio matmenys 3.3 lentelėje. Detalė apdirbama su CNC tekinimo staklėmis EMCO concept 250 Turn.

Detalė pagaminta iš konstrukcinio plieno C45 (LST EN 10083 - 1) $\boldsymbol{\sigma}_u$ ne mažiau 600 Mpa. . Plieno cheminė sudėtis ir mechaninė savybės pateiktos 2.1 lentelėje.

Tekinimo peilio pjaunančios dalies plokštelių medžiaga T15K6 (kietlydinys).

Tekinimo peilio kampai:

$\angle \varphi = 93°$;

$\angle \alpha = 6°$;

$\angle \gamma = 6°$;

r = 8 mm.

Apskaičiuojame pjovimo gylį t;

$$t = \frac{D-d}{2}; \quad (3.58)$$

čia: D – skersmuo prieš tekinimą (mm);

d – detalės skersmuo po tekinimo (mm).

$$t = \frac{17{,}5-17}{2} = 0{,}25mm.$$

Parenkame pastūmą vinam apsisukimui, kai tekiname glotniai: parenkame pastūma S = 0,25 mm/aps [12].

Leistinas pjovimo greitis:

$v = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} \cdot K_v$ - išilginio ir skersinio tekinimo atvejais; (3.59)

Čia: $\mathbf{C_v}$ = 350 – konstanta ir laipsnių rodikliai x,y,m pateikti ([5] 269p. 17 lent) ;

x = 0,15; y = 0,2; m = 0,2.

T – vidutinė peilio patvarumo reikšmė 30 -60 min intervalas. Priimame T=60min.

K_v – pataisos koeficientas;

$$\mathbf{K_v} = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K\varphi v \cdot K\varphi 1v \cdot K_{rv}; \quad (3.60)$$

Čia: $\mathbf{K_{mv}}$ – koeficientas, įvertinantis apdirbamosios medžaigos įtaką pjovimo greičiui (žr. Lentelę 1.1 [12]).

$\mathbf{K_{nv}}$ = 1 – koeficientas, įvertinantis medžiagos paviršiaus būklę pjovimo greičiui ([5] 263p. 5 lentele).

$\mathbf{K_{uv}}$ = 1 – koeficientas įvertinantis peilio darbinės dalies medžiagos įtaka pjovimo greičiui ([5] 263p. 5 lentelė).

$\mathbf{K\varphi v}$ = 0,7; $\mathbf{K\varphi 1v}$ = 1; $\mathbf{K_{rv}}$ = 1. – koeficientai įvertinantys peilio geometrinių elementų įtaką pjovimo greičiui ([5] 271p. 18 lent.).

$$\mathbf{K_{mv}} = K\text{г} \left(\frac{750}{\sigma u}\right)^{n}. \quad (3.61)$$

čia : Kг – koeficientas, apibūdinantis apdirbamojo plieno grupę ([5] 262 p. 2 lent.);

n – laipsnio rodiklis ([5] 262p. 2 lent).

koeficientas n = 1; koeficientas Kг = 1;

$$K_{mv} = 1 \left(\frac{750}{600}\right)^{1} = 1{,}25; \quad (3.62)$$

$K_v = 1{,}25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0{,}7 \cdot 1 \cdot 1 = 0{,}88;$

$$v = \frac{420}{60^{0,2} 0{,}25^{0,15} 0{,}25^{0,20}} \cdot 0{,}88 = 267 m/min = 4{,}1 \text{ m/s}.$$

Apskaičiuojame ruošinio sukimo dažnį:

$$n = \frac{1000v}{\pi D}; \quad (3.63)$$

čia: v – leistinas pjovimo greitis;

D – ruošinio skersmuo prieš tekinimą.

$$n = \frac{1000 \cdot 267}{3{,}14 \cdot 17} = 5001 \text{ aps/min}.$$

Detalė bus apdirbama su moderniomis CNC staklėmis, o tai reiškia, kad nereikia derinti greičių su staklių pasu. Staklės modernios ir gali tiksliai išvystyti reikiamą greitį todėl priimsime nst = n = 5001 aps/min.

Apskaičiuojama minutinė pastūma:

$S_m = s \cdot n_{st;}$ (3.64)

čia: s – pastūma;

n_{st} – staklių sukimosi dažnis.

$$S_m = 0,25 \cdot 5001 = 1250 \text{ mm/min.}$$

Apskaičiuojama pjovimo jėgos dedamosios:

$P_{z,y,x} = 10C_p t^x s^y v_t^n K_p;$ (3.65)

čia: P_z,P_y,P_x – tangentinė, radialinė ie ašinė pjovimo jėgos dedamosios, išilginio, skersinio tekinimo,griovelių įpjovimo, atpjovimo ir fasoniniu tekinimo atveju.

Cp – konstanta; z,y,x – laipsnių rodikliai. Jie pateikti ([5] 273p. 22 lent.).

Kp – pataisos koeficientas;

$Kp = Kmp \cdot K\varphi p \cdot K\gamma p \cdot K\lambda p \cdot Krp;$ (3.66)

čia: Kmp – koeficientas įvertinantis apdirbamos medžiagos įtaką pjovimo jėgai ([5] 264p. 9 lent.).

$Kmp = \left(\frac{\sigma u}{750}\right)^n$; n – reikšmės (žr 1.2 lent [12]).

$K\varphi p \cdot K\gamma p \cdot K\lambda p \cdot Krp$ – koef. Įvertinantys peilio geometrijos įtaką ([5] 275p. 23 lent.).

3.24 lentelė. Jėgų dedamųjų skaičiavimo rezultatai

Jėgos dedamoji	Cp	x	y	n	$K\varphi p$	$K\gamma p$	$K\lambda p$	Krp	Kmp	Kp
Pz	300	1	0,75	-0,15	0,89	1	1	0,93	0,85	0,53
Py	243	0,9	0,6	-0,3	0,5	1	1,25	0,82	0,85	0,43
Px	339	1	0,5	-0,4	1,17	1	0,85	1	0,85	0,71

$Pz = 10 \cdot 300 \cdot 0,25^1 \cdot 0,25^{0,75} \cdot 267^{-0,15} \cdot 0,53 = 60$ N;

$Py = 10 \cdot 243 \cdot 0,25^{0,9} \cdot 0,25^{0,6} \cdot 267^{-0,3} \cdot 0,43 = 24,4$ N;

$Px = 10 \cdot 339 \cdot 0,25^1 \cdot 0,25^{0,5} \cdot 267^{-0,4} \cdot 0,71 = 32,1$ N.

Apskaičiuojama pjovimui reikalinga galia:

$$N = \frac{Pz \cdot v}{60 \cdot 1020}; \quad (3.67)$$

$$N = \frac{60 \cdot 267}{61200} = 0,26 \text{ kW.}$$

Apskaičiuotieji pjovimo rėžimai turi tenkinti sąlygą:

$$N \leq Nv \cdot \eta; \quad (3.68)$$

čia: Nv – 5,5 kW – staklių pagrindinio variklio galia;

$\eta = 0{,}75$ - staklių pavaros naudingumo koef;

$Nv \cdot \eta = 5{,}5 \cdot 0{,}75 = 4{,}125$.

0,26 kW ≤ 4,125 kW (sąlyga tenkinama).

Apskaičiuojamas pagrindinis mašininis laikas:

$$Tm = \frac{L}{Sm};$$

čia: L – darbo eigos ilgis, mm;

Sm – minutinė pastūma, mm/min;

L = l + l1 + l2;

Čia: l = 10 mm – pjovimo ilgis;

l1 = 0,5 – peiliui įsipjauti iki viso gylio reikalingas atstumas;

l2 – peilio praėjimo už apdirbtojo paviršiaus ilgis.

L = 10 + 0,5 = 10,5 mm ;

$$Tm = \frac{10{,}5}{1250} = 0{,}084 \text{ min.}$$

Surašome gautus rezultatus į 5.3 lentelę. Likusius pjovimo rėžimus surasime lenteliniu būdu [9;10] ir taip pat surašysime į 5.3 lentelę.

3.25 lentelė. Pjovimo režimai operacijoms atlikti

Operacijos Nr.	Perėjimo Nr.	Operacijos pav.	Staklės	Pjovimo gylis t, mm	Pastūma s, mm/aps	Sukimosi dažnis n,aps/min	Pjovimo greitis v, m/min	Minutinė pastūma S_m, mm/min
005	1	Grubiai tekiname galinį paviršių 3	EMCO CONCEPT TURN 250	25	0,75	2166	117	1624

3.25 lentelės tęsinys. Pjovimo režimai operacijoms atlikti

005	2	Grubiai tekiname cilindrinį paviršių 13	EMCO CONCEPT TURN 250	1	0,75	1490	117	1117
	3	Grubiai tekiname cilindrinį paviršių 10		1,25	0,4	3885	305	1626
	4	Įpjauname griovelį cilindriniame paviršiuje 8		4,5	0,2	1377	73	82
	5	Grubiai tekiname cilindrinį paviršių 6		1	0,75	2166	117	1624
	6	Glotniai tekiname cilindrinį paviršių 10		0,3	0,25	5000	267	1250
	6	Glotniai tekiname cilindrinį paviršių 6		0,3	0,25	2759	149	689
	7	Tiksliai tekiname cilindrinį paviršių 10		0,1	0,14	3566	189	499
	8	Tiksliai tekiname cilindrinį paviršių 6		0,1	0,14	3566	189	499
	9	Nuimama nuožula		1	0,4	1750	132	700
	10	Sriegiame paviršių 6		1,25	1,5	320	12,3	470
	11	Nupjaunama detalė, paviršius 14		10	0,06	2370	149	142
010	1	Grubiai frezuojamas 12 paviršius	EMCO CONCEPT MILL 450	5	0,02 aps/dančk.	2870	27	57
	2	Gręžiama skylė, 5 paviršius		2	0,09	790	25	118
015	1	Grubiai frezuojamas 2 paviršius		1	0,015 aps/dančk.	2870	27	49
020	1	Grubiai frezuojamas 12` paviršius		5	0,02 aps/dančk.	1800	27	57

3.14. Technologinio proceso normavimas

Šis etapas taip pat labai svarbus detalės gamybai. Kad ji būtų pagaminta ekonomiškai gerai ir greitai reikia paskaičiuoti kiek laiko detalę reikės gaminti, kiek įrengimų tam reikės.

Technologinio proceso normavimas taip pat svarbus ir darbuotojams nes pagal atliktą darbo našumą tai bus skaičiuojamas.

Vienetinis skaičiuojamasis operacijos atlikimo laikas randamas pagal formulę:

$$t_v = t_0 + t_p + t_{ap} + t_{pl}, \tag{3.69}$$

Čia : t_0 – pagrindinis laikas;

t_p – pagalbinis laikas;

t_{ap} – darbo vietos aptarnavimo laikas;

t_{pl} –laikas darbuotojo asmeniniams poreikiams.

Pagrindinis laikas apskaičiuojamas kievienam perėjimui pagal formulę:

$$t_0 = \frac{L \cdot i}{S_m} = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{L \cdot i}{sz \cdot z \cdot n}; \tag{3.70}$$

čia: L – įrankio perslinkimo skaičiuojamas ilgis apdirbimo metu, mm;

i – darbo eigų skaičius atliekamame perėjime;

S_m – minutinė įrankio pastūma, mm/min;

s_z – pastūma dančiui,mm;

z – frezos dantų sk.

Dydis L nustatomas(apdirbimo cinklas automatinis):

$$L = l + l_{įs} + l_{iš} + l_{pr}; \tag{3.71}$$

čia: l – apdirbamo paviršiaus ilgis (pagal ruošinio brėžinį);

$l_{įs}$ – įrankio įsipjovimo dydis (pagal geometrinę schemą);

$l_{iš}$ – įrankio išėjimo dydis;

l_{pr} – įrankio privedimo prie ruošinio ilgis.

Pagalbinis laikas:

$$t_p = t_{pu} + t_{pv} + t_{pm} = 0{,}2 + 0{,}16 + 0{,}19 = 0{,}55; \tag{3.72}$$

čia: t_{pu} – uždėjimo ir nuėmimo laikas;

t_{pv} – valdymo laikas;

t_{pm} – matavimo laikas.

Darbo vietos aptarnavimo laikas:

$$t_{ap} = t_t + t_{org};\tag{3.73}$$

čia: t_t– techninio aptarnavimo laikas;

t_{org}– organizacinio aptarnavimo laikas.

Techninio aptarnavimo laikas:

$$t_t = \frac{t_{op}}{100\%}(\le 6\%);\tag{3.74}$$

čia: t_{op}– operatyvinis laikas.

Operatyvinis laikas:

$$t_{op} = \sum_{k=1}^{p} t_{ok} + \sum_{i=1}^{q} t_{pi};\tag{3.75}$$

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:

$$t_{org} = \frac{t_{op}}{100\%}(0{,}6...8\%);\tag{3.76}$$

Skaičiuojame vienetinę laiko normą pirmajai operacijai 005 – tekinimas.

OPERACIJA 005 *(tekinimas).*

Grubus tekinimas paviršius 13:

Pirmas perėjimas paviršius 13. n = 1490aps/min, s = 0,75mm/aps.

$$L = 88 + 1 + 1 = 90\ mm;$$

$$t_0 = \frac{90 \cdot 3}{1117} = 0{,}24\ min.$$

Antras perėjimas. Grubus tekinimas, paviršius 10: n = 4066 aps/min, s = 0,4 mm/aps.

$$L = 85 + 1{,}5 + 3 + 2 = 91{,}5\ mm;$$

$$t_0 = \frac{91{,}5 \cdot 3}{1626} = 0{,}16 min.$$

Trečias perėjimas. Griovelio įpjovimas, paviršius 8, n = 1377 aps/min, s = 0,06 mm/aps.

$$L = 3 + 1 + 3 + 1 = 8\ mm;$$

$$t_0 = \frac{8}{1377} = 0{,}005\ min.$$

Ketvirtas perėjimas. Grubus tekinimas, paviršius 6: n = 2166aps/min, s = 0,75mm/aps.

$$L = 72 + 1 + 3 + 1 = 77\ mm;$$

$$t_0 = \frac{77 \cdot 1}{2166} = 0{,}04\ min.$$

Penktas perėjimas. Glotnus tekinimas, paviršius 10: n = 2759aps/min, s = 0,25mm/aps.

$$L = 10 + 1 + 3 + 1 = 15\ mm;$$

$$t_0 = \frac{15 \cdot 1}{2759} = 0{,}005\ min.$$

Šeštas perėjimas. Glotnus tekinimas, paviršius 6 n = 2759 aps/min, s = 0,25mm/aps.

$$L = 72 + 1 + 3 + 1 = 77\ mm;$$

$$t_0 = \frac{77 \cdot 1}{2759} = 0{,}03\ min.$$

Septintas perėjimas. Tikslus tekinimas, paviršius 10, n = 3566 aps/min, s = 0,14 mm/aps.

$$L = 10 + 1 + 3 + 1 = 15\ mm;$$

$$t_0 = \frac{15 \cdot 1}{3566} = 0{,}004\ min.$$

Aštuntas perėjimas. Tikslus tekinimas paviršius 6: n = 3566 aps/min, s = 0,14mm/aps.

$$L = 72 + 1 + 3 + 1\ mm = 77;$$

$$t_0 = \frac{77 \cdot 1}{3566} = 0{,}02\ min.$$

Devintas perėjimas. Nuožulos nuėmimas, paviršius 4 n = 1750 aps/min, s = 0,4 mm/aps.

$$L = 1+1+3+1 = 6\ mm;$$

$$t_0 = \frac{6}{1750} = 0{,}03\ min.$$

Dešimtas perėjimas. Griovelio įpjovimas, paviršius 8, n = 1377 aps/min, s = 0,06 mm/aps.

$$L = 3+1+3+1 = 8\ mm;$$

$$t_0 = \frac{8}{1377} = 0{,}005\ min.$$

Dvilyktas perėjimas. Sriegimas, paviršius 6: n = 320 aps/min, s = 1,5 mm/aps.

$$L = 72 + 7{,}5 + 1\ mm = 80{,}5;$$

$$t_0 = \frac{80{,}5 \cdot 1}{320} = 0{,}3\ min.$$

Tryliktas perėjimas. Detalės nupjovimas14, 6: n = 2370 aps/min. s = 0,06 mm/aps.

$$L = 24+1+3+1\ mm = 29;$$

$$t_0 = \frac{29 \cdot 1}{2370} = 0{,}01\ min.$$

Pilnas mašininis laikas:

$$\sum t_0 = 0{,}24 + 0{,}16 + 0{,}04 + 0{,}005 + 0{,}03 + 0{,}004 + 0{,}02 + 0{,}03 + 0{,}005 + 0{,}3 + 0{,}01 = 0{,}84\ min.$$

Pagalbinis laikas parenkamas iš lentelių jis skirtas detalei uždėti ir nuimti, staklėms valdyti bei apdirbamoms detalėms matuoti:

$$t_{op} = 0{,}84 + 0{,}55 = 1{,}39\ min;$$

$$t_{ap} = \frac{1{,}39}{100\%} 6\% + \frac{1{,}39}{100\%} 4\% = 0{,}14\ min;$$

$$t_{pl} = \frac{1{,}39}{100\%} 2{,}5\% = 0{,}03\ min;$$

$$t_v = 1{,}39 + 0{,}55 + 0{,}14 + 0{,}03 = 2{,}11\ min.$$

OPERACIJA 010 (Frezavimas, gręžimas).

Pirmas perėjimas: grubiai frezuojamas 12 paviršius: n = 2870 aps/min; s_z = 0,02 mm/dančˇ; s_m = 119,2 aps/min.

$$L = 3 + 8 + 5 = 16\ mm;$$

$t_o = \frac{16}{2870} = 0{,}006 \min$; tokia pati operacija atliekama iš kito šono todėl mašininis laikas bus toks pat.

Antras perėjimas: gręžiama skylė, 5 paviršius: n = 790 aps/min; s_z = 0,09 mm/aps.

$$L = 16 + 4 + 1 = 21 mm;$$

$t_o = \frac{21}{790} = 0{,}03 \min$.

Pilnas mašininis laikas:

$\sum t_0 = 0{,}006 + 0{,}03 = 0{,}036\ min.$

Pagalbinis laikas parenkamas iš lentelių jis skirtas detalei uždėti ir nuimti, staklėms valdyti bei apdirbamoms detalėms matuoti:

$$t_p = t_{pu} + t_{pv} + t_{pm} = 0{,}13 + 0{,}08 + 0{,}6 + 0{,}2 + 0{,}1 = 1{,}1 \min;$$

$$t_{op} = 0{,}043 + 1{,}1 = 1{,}143\ min;$$

$$t_{ap} = \frac{1{,}143}{100\%} 6\% + \frac{1{,}143}{100\%} 4\% = 0{,}11\ min;$$

$$t_{pl} = \frac{1{,}143}{100\%} 2{,}5\% = 0{,}03\ min;$$

$$t_v = 1{,}143 + 0{,}11 + 0{,}03 + 1{,}1 = 2{,}4\ min.$$

OPERACIJA 015 (Frezavimas).

Pirmas perėjimas: grubiai frezuojamas 12 paviršius: n = 2870 aps/min; s_z = 0,02 mm/dančˇ; s_m = 119,2 aps/min.

$$L = 3 + 8 + 5 = 16\ mm;$$

$t_o = \frac{16}{1800} = 0{,}009\,\text{min}$; tokia pati operacija atliekama iš kito šono todėl mašininis laikas bus toks pat.

$$t_{ap} = \frac{0{,}009}{100\%}6\% + \frac{0{,}009}{100\%}4\% = 0{,}00080\ min;$$

$$t_{pl} = \frac{0{,}009}{100\%}2{,}5\% = 0{,}00020\ min;$$

$$t_v = 0{,}009 + 0{,}0008 + 0{,}00020 = 0{,}01\ min.$$

OPERACIJA 020 (Frezavimas).

Pirmas perėjimas: frezuojamas griovelis, 2 paviršius: n = 2870 aps/min; s = 0,015 mm/aps.

$$L = 16 + 4 + 1 = 21mm;$$

$$t_o = \frac{21}{1800} = 0{,}012\,\text{min};$$

$$t_{ap} = \frac{0{,}012}{100\%}6\% + \frac{0{,}012}{100\%}4\% = 0{,}0012\ min;$$

$$t_{pl} = \frac{0{,}012}{100\%}2{,}5\% = 0{,}0005\ min;$$

$$t_v = 0{,}012 + 0{,}0012 + 0{,}0005 = 0{,}0127 min.$$

3.26 lentelė. Mašininio laiko normavimas

Operacija	Mašininis laikas t_o,min	Operatyvinis laikas t_{op},min	Vienetinis laikas t_v, min
005	0,84	0,14	2,11
010	0,043	1,143	2,4
015	0,009	0,0008	0,01
020	0,012	0,0012	0,0127
Bendras operacijų laikas t_b,min			4,5327

4. ŽMONIŲ IR APLINKOS SAUGA

4.1. Pagrindiniai kranų eksploatavimo reikalavimai

Tiltiniai kranai naudojami sunkiems kroviniams transportuoti aptarnaujamoje zonoje. Praktiškai visi jie yra valdomi operatorių, todėl reikia laikytis saugumo taisyklių juos naudojant, kad neįvyktų nelaimingi atsitikimai žmonėms dirbantiems toje pačioje zonoje. Mūsų projektuojamas tiltinis kranas yra varomas elektra, todėl didelis dėmesys yra skiriamas elektrinių prietaisų montavimui ir eksploatavimui. Turi būti atlikti tinkami įžeminimo darbai, kad nebūtų jokio srovės nutekėjimo, kuris gali mirtinai sužaloti kranus eksploatuojančius asmenis.

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.

1. Jeigu krano gamintojas nustatė griežtesnes krano naudojimo sąlygas negu nustato šios Taisyklės, būtina vadovautis gamintojo nustatytomis sąlygomis.
2. Krano savininkas privalo užtikrinti, kad kranas būtų sumontuotas ir pastatytas gamintojo numatytomis sąlygomis. Jeigu montuojami ir pastatomi iki Techninio reglamento „Mašinų sauga“ įsigaliojimo pagaminti kranai ir gamintojo pateiktos montavimo ir pastatymo sąlygos nepakankamai detaliai apibrėžtos, turi būti vadovaujamasi šių Taisyklių 1 priede išdėstytais minimaliais saugos ir sveikatos reikalavimais.
3. Kranai, naudojami patalpose arba objektuose, kuriuose gali susidaryti sprogi 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.
4. Naudojamas kranas turi būti aiškiai paženklintas, nurodant jo tipą (markę), 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 priemones) 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.

5. 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.
6. 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.
7. Krano savininkas nuomininkui turi pateikti visą informaciją, būtiną saugiam krano naudojimui užtikrinti.
8. Krano savininkas arba licencijuota įmonė pagal sutartyje dėl krano nuolatinės priežiūros jai perduotas funkcijas privalo:
9. prieš pradedant naudoti kraną, jo naudojimo kontrolei ir nuolatinei priežiūrai organizuoti tvarkomuoju dokumentu paskirti Mokymo ir atestavimo darbuotojų saugos ir sveikatos klausimais bendrųjų nuostatų nustatyta tvarka išmokytą ir atestuotą kėlimo įrenginių priežiūros meistrą;
10. kranui valdyti ir kroviniams perkelti tvarkomuoju dokumentu paskirti Mokymo ir atestavimo darbuotojų saugos ir sveikatos klausimais bendrųjų nuostatų nustatyta tvarka išmokytą ir atestuotą krano operatorių arba mašinistą (toliau vadinama – kranininkas);
11. kranui montuoti, demontuoti ar atlikti nuolatinę priežiūrą skirti tik kvalifikuotus (atitinkamos kompetencijos, išmokytus ir instruktuotus) asmenis ne jaunesnius kaip 18 metų;
12. sudaryti sutartį dėl krano techninės būklės tikrinimo su paties pasirinkta įgaliota įstaiga;
13. kraną pradėti naudoti tik gavus įgaliotos įstaigos išvadą, kad jis yra tinkamas saugiai naudoti ir užregistravus kraną Potencialiai pavojingų įrenginių valstybės registro nuostatuose nustatyta tvarka;
14. užtikrinti, kad visą krano naudojimo laiką krano naudojimo dokumentų byla (krano pasas) būtų saugoma ir pildoma (daromi įrašai ir renkama kaupiamoji informacija). Turi būti

nustatyta krano priežiūros žurnalo ir pamainų žurnalo pildymo tvarka bei paskirti už tai atsakingi asmenys;

15. krano naudojimo dokumentų bylą (krano pasą), jeigu ji yra dingusi, parengti iš naujo. Šiam tikslui reikalinga informacija turi būti gauta iš gamintojų, jų atstovų arba iš kitų kompetentingų institucijų ar asmenų, jeigu reikia, turi būti atlikti reikalingi matavimai, bandymai ir (arba) tyrimai;
16. užtikrinti, kad krano priežiūros meistras, kranininkas bei krano nuolatinę priežiūrą atliekantis personalas gautų visapusišką informaciją apie saugų krano naudojimą ir priežiūrą, būtų supažindintas su darbuotojų saugos ir sveikatos instrukcijomis;
17. užtikrinti, kad kranas būtų laiku paruoštas įgaliotos įstaigos atliekamam techninės būklės patikrinimui, apie tai pranešta šiai įstaigai, jos darbuotojams būtų sudarytos reikiamos darbo sąlygos ir pateikti krano naudojimo dokumentai;
18. vadovaujantis gamintojo rekomendacijomis, nustatyti krano nuolatinės priežiūros bei remonto tvarką ir organizuoti priežiūros darbus taip, kad kranas visada būtų tvarkingas ir tinkamas saugiai naudoti;
19. nustatyti tokią kėlimo reikmenų naudojimo, periodinių apžiūrų ir remonto tvarką, kad šie reikmenys visada būtų tvarkingi ir naudojami pagal paskirtį bei kėlimo reikmenų gamintojų nurodymus;
20. užtikrinti, kad, atsiradus krano naudojimo sutrikimams, gedimams ar kitiems pavojų keliantiems veiksniams, krano naudojimas būtų nedelsiant sustabdytas ir atnaujintas tik pašalinus pavojaus priežastis;
21. jeigu krano nuolatinės priežiūros metu ar kai įgaliota įstaiga krano techninės būklės tikrinimo metu nustato, kad gali įvykti krano avarija, kad kranas kelia pavojų darbuotojų ir kitų žmonių sveikatai, gyvybei, turtui ar aplinkai, užtikrinti, kad kranas būtų pradėtas naudoti tik pašalinus nustatytus trūkumus;
22. užtikrinti, kad krano priežiūros meistras, krano darbo vadovas, kranininkas, stropuotojai ir kiti su kranu dirbantys darbuotojai vykdytų savo pareigas, saugos ir sveikatos instrukcijų ir šių Taisyklių reikalavimus;
23. jeigu ceche (angoje) išilgai tiltinių ar judamųjų gembinių kranų kelių neįrengti perėjimo takai, nustatyti tvarką, kaip kranininkui saugiai išlipti iš kabinos, jeigu kranas dėl gedimų sustotų neprivažiavęs įlipimo aikštelės. Kranininkai turi būti raštu supažindinti su tokio išlipimo tvarka;
24. užtikrinti, kad įėjimai į tiltinių ir judamųjų gembinių kranų bėgių kelių perėjimo takus ir priežiūros aikšteles būtų rakinami;

25. įstatymų nustatyta tvarka atlyginti žalą, padarytą nesaugiai naudojant kraną;
26. vadovaudamasis Nelaimingų atsitikimų darbe tyrimo ir apskaitos nuostatais, patvirtintais Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2004 m. rugsėjo 2 d. nutarimu Nr. 1118 (Žin., 2004, Nr. 136-4945), ir Potencialiai pavojingų įrenginių avarijų tyrimo nuostatais, patvirtintais Lietuvos Respublikos socialinės apsaugos ir darbo ministro ir Lietuvos Respublikos ūkio ministro 2006 m. rugpjūčio 4 d. įsakymu Nr. A1-232/4-306 (Žin., 2006, Nr. 88-3481), pranešti Valstybinei darbo inspekcijai, įgaliotai įstaigai apie krano avarijas ir su krano naudojimu susijusius sunkius ir mirtinus nelaimingus atsitikimus bei žalą aplinkai ar turtui, organizuoti avarijų padarinių lokalizavimą ir likvidavimą bei tyrimą.
27. užtikrinti, kad krano metalinėms konstrukcijoms remontuoti būtų naudojamos tinkamos medžiagos. Medžiagos turi būti parenkamos pagal gamintojo pateiktą krano techninę dokumentaciją. Skaičiuojamųjų elementų ir detalių, naudojamų krano remontui, metalo kokybė turi būti patvirtinta gamintojo kokybės sertifikatais. Tais atvejais, kai remontuojamo krano techninėje dokumentacijoje krano metalinių konstrukcijų medžiagų markės bei savybės nenurodytos, tinkamos medžiagos parenkamos, atlikus gamintojo naudotų medžiagų tyrimus;

4.2. Aplinkos sauga

Tiltinis pakabinamas kranas buvo projektuojamas naudojantis naujausiomis programomis ir moderniausiomis technologijos, kurios žymiai sumažina taršą aplinkai.

Gaminant tiltinį pakabinamą kraną, medžiagos buvo naudojamos tikslingai, kad kuo mažiau atliekų liktų nuo perkamų medžiagų. Dauguma atliekų buvo panaudojamos kitoms krano konstrukcijos dalims, tokioms kaip standumo briaunos ar atramos, prie kurių sukasi galiniai buferiai ir kt. Didelis dėmesys yra skiriamas kranų montavimui. Gaminant atskirus mazgus didelis dėmesys skiriamas jų kokybei, kuo tiksliau pagaminamos guoliavietės ir kitos svarbios krano konstrukcijos dalys, tuo mažesnė tikybė alyvos prasisunkimui. Tam įtakos turi ir surinkimo kokybė, todėl surikus kiekvieną atskirą mazgą jis yra patikrinamas, o galiausiai patikrinamas visas surinktas kranas. Visos atliekos yra parduodamos į atliekas perdirbimui taip stengiamasi daryti kuo mažesnę taršą aplinkai.

Daugiau kranų naudojimo, eksploatavimo bei žmonių saugos reikalavimų, galima rasti teisės aktų registro internetiniame puslapyje [14].

5. EKONOMINĖ DALIS

5.1. Projektuojamojo gaminio savikainos kalkuliacija

5.1 lentelė. Gaminio savikainos kalkuliacija

	Išlaidų straipsnis	**Išlaidos, Lt.**
I	**Gaminio projektavimo ir technologinio rengimo išlaidos**	
a)	Projektavimo darbai	1952,68
b)	Technologijos paruošimo darbai	3100,78
	Iš viso projektavimo ir technologinio rengimo išlaidų	**5053,46**
II	**Tiesioginės gamybos išlaidos**	
1	Materialinės sąnaudos:	
a	Išlaidos medžiagoms ir žaliavoms	87050
b	Grįžtamosios atliekos (-)	-3852.00
c	Pagalbinių medžiagų išlaidos	776,5
d	Pusgaminių, komplektuojamų gaminių, atsarginių detalių išlaidos	248182,6
2	Darbo apmokėjimo sąnaudos (pagrindinės gamybos darbininkams):	
a	Tiesioginis darbo užmokestis	28729,79
b	Socialinis draudimas	6798,73
	Iš viso tiesioginių gamybos išlaidų	**367685,62**
III	**Netiesioginės gamybos išlaidos:**	
a	Išlaidos energijai technologiniams tikslams	23992
b	Išlaidos vandeniui	0,35
c	Išlaidos aptarnaujančio personalo darbo užmokesčiui ir socialiniam draudimui	19107
d	Išlaidos patalpų apšvietimui	23992
e	Ilgalaikio turto nusidėvėjimas	12047,2
	Iš viso netiesioginių gamybos išlaidų	**36039,2**
	Gamybos savikaina	**76620,92**
IV	**Veiklos sąnaudos**	**408778,28**
V	**Iš viso išlaidų, Lt.**	**485399,28**
	Gamybos programa, vnt.	10
	Išlaidos vienam gaminiui, Lt.	**48539,93**
	Gaminio pardavimo kaina, Lt.	**63100**

5.1.1. Projektavimo darbų sąnaudos

5.2 lentelė. Projektavimo darbų laiko sąnaudos

Eil. Nr.	**Projektavimo darbų charakteristika**	**Laiko sąnaudos vienai detalei, val.**	**Brėžinių skaičius**	**Laiko sąnaudos visoms detalėms, val.**
1.	Techninė užduotis	7	1	7
2.	Techninis projektas	20	1	20
3.	Darbo brėžiniai	2	17	34
4.	Surinkimo brėžiniai	3	2	6
5.	Brėžinių kontrolė	1	17	17
6.	Specifikacijų ir techninių sąlygų sudarymas	1,5	2	3

5.2 lentelės tęsinys. Projektavimo darbų laiko sąnaudos

7.	Brėžinių po bandymų taisymas	1	17	17
8.	Darbų apiforminimas	3	17	51
9.	Kopijavimo darbai	0,2	17	3,4
	Iš viso			**158,4**

5.3 lentelė. Projektuotojų darbo apmokėjimo sąnaudos

Eil. Nr.	**Projektavimo darbų charakteristika**	**Laiko sąnaudos visoms detalėms, val.**	**Laiko sąnaudos visoms detalėms (dienomis)**	**Vidutinis darbo užmokestis dienai, Lt.**	**Apmokėjimo suma, Lt.**
1.	Techninė užduotis	7	0,88	105	92,4
2.	Techninis projektas	20	2,5	105	262,5
3.	Darbo brėžiniai	34	4,25	105	446,25
4.	Surinkimo brėžiniai	6	0,75	105	78,75
5.	Brėžinių kontrolė	17	2,125	105	223,13
6.	Specifikacijų ir techninių sąlygų sudarymas	3	0,375	105	39,4
7.	Brėžinių po bandymų taisymas	17	2,125	90	191,25
8.	Darbų apiforminimas	51	6,4	90	576
9.	Kopijavimo darbai	3,4	0,425	80	34
	Iš viso				**1952,68**

5.4 lentelė. Gaminio projektavimo sąnaudos

Eil. Nr.	**Kalkuliacinis straipsnis**	**Suma, Lt.**
1.	Medžiagų sąnaudos	52
2.	Darbo užmokestis	1952,68
3.	Socialinis draudimas (20% nuo darbo užmokesčio)	315
4.	Veiklos sąnaudos(20% nuo darbo užmokesčio)	196
	Iš viso	**2515,68**

5.1.2. Technologinis gamybos paruošimas

5.5 lentelė. Ruošinių gamybos technologijos darbo užmokesčio sąnaudos

Eil. Nr.	**Darbų rūšis**	**Ruošinių sakaičius, vnt.**	**Darbų imlumas, val.**	**Valandinis įkainis, Lt.**	**Išlaidos ruošinio gamybos technologijai, Lt.**
1.	Detalių technologiškumo analizė	120	0,7	9	491,4
2.	Technologijos ruošiniams pagaminti paruošimas	120	0,5	9	351
	Iš viso				**842,4**

5.6 lentelė. Mechaninio apdirbimo technologijos sąnaudos

Eil. Nr.	Darbų rūšis	Detalių sakaičius, vnt.	Darbų imlumas, val.	Valandinis įkainis, Lt.	Išlaidos ruošinio gamybos technologijai, Lt.
1.	Mechaninio apdirbimo technologijos paruošimas	120	1	9	1080
	Iš viso				**1080**

5.7 lentelė. Kitų technologinių procesų darbo užmokesčio sąnaudos

Eil. Nr.	Darbų rūšis	Detalių (surinkimo vienetų) skaičius, vnt.	Darbų imlumas, val.	Valandinis įkainis, Lt.	Išlaidos ruošinio gamybos technologijai, Lt.
1.	Terminio ir suvirinimo darbų technologijos parengimas	46	1	10	260
2.	Surinkimo ir šaltkalviškų darbų technologijos paruošimas	120	1	8	624
	Iš viso				**884**

5.8 lentelė. Gaminio technologinio paruošimo sąnaudos

Eil. Nr.	Kalkuliacinis straipsnis	Suma, Lt.
1.	Medžiagų sąnaudos (1%)	24,3
2.	Darbo užmokesčio sąnaudos	2428,4
3.	Socialinio draudimo sąnaudos (19% nuo darbo užmokesčio)	405,68
4.	Veiklos sąnaudos (10%)	242,4
	Iš viso	**3100,78**

5.2. Tiesioginės medžiagų sąnaudos

5.9 lentelė. Pagrindinių medžiagų vertės

Eil. Nr.	Medžiagos pavadinimas	Kaina, Lt/t arba Lt/m	Matavimo vienetai	Sunaudota medžiagų kg	Medžiagų vertė, Lt
1	Pl. (S235jr), Lakšt. t=2	3487,2	t	9	31,4
2	Pl. (S235jr), Lakšt. t=3	3560.5	t	20	7
3	Pl. (S235jr), Lakšt. t=6	2195	t	22	48
4	Pl. (S235jr), Lakšt. t=8	2230.45	t	387	863
5	Pl. (S235jr), Lakšt. t=10	3580	t	642	2298
6	Pl. (S235jr), Lakšt. t=12	3770	t	896	3378
7	Pl. (S235jr), Lakšt. t=16	3850.75	t	232	893
8	Lovys UPN 200 (S235JR)	3180	t	2188	6958
9	Lovys UNP 120 (S235JR)	1560	t	318	496
10	Dvitejine sija HEA300 (S235JR)	3290	t	18000	53338
11	Dvitejis HEB 160 (S235JR)	3140	t	956	3000
12	Strypas Ø8 (pl. 45)	1090	t	4	4

5.9 lentelės tęsinys. Pagrindinių medžiagų vertės

13	Strypas Ø55 (pl. 45)	1200	t	16	19
14	Strypas Ø60 (pl. 45)	790	t	168	132
15	Strypas Ø80 (pl. 45)	2700	t	8	21,6
16	Strypas Ø95 (pl. 45)	3005	t	494	1485
17	Strypas Ø150 (pl. 45)	3520	t	230	809,6
18	Strypas Ø190 (pl. 45)	3200	t	640	2048
19	Strypas Ø220 (pl. 45)	5000	t	852	4260
20	Stac. Stryp (S235JR)	2900	t	1974	5724,6
21	Kampuotis 50x50x5 (S235JR)	3079.93	t	383	1179,6
22	Kv. Vamzdis 30x30x3 (S235JR)	40.2	6m	230	43
23	Kv. Vamzdis35x35x3 (S235JR)	40	6m	3	22,5
24	Kv. Vamzdis25x25x3 (S235JR)	35	6m	27	64,5
	IŠ VISO			**26686**	**87050**

5.10 lentelė. Grįžtamosios atliekos vertės skaičiavimas

Eil. Nr.	**Atliekų pavadinimas**	**Atliekų kiekis, kg**	**Atliekų kaina, Lt/kg**	**Suma, Lt.**
1.	Plienas 45	2323.8	0,6	1394.28
2.	Plienas (S235JR)	4096.2	0,6	2457.72
	Iš viso	**6420**		**3852**

5.11 lentelė. Pagalbinių medžiagų vertė

Eil. Nr.	**Medžiagų pavadinimas**	**Matavimo vienetai**	**Kaina, Lt**	**Sunaudota medžiagų**	**Medžiagų vertė, Lt**
1.	Dažai	l	23.3	18	420
2.	Dujos suvirinimo darbams	m^3	5	30	150
3.	Suvirinimo viela	kg	6	14	84
4.	Skiediklis	l	3,5	35	122,5
	Iš viso				**776,5**

5.12 lentelė. Įsigyjamų pusgaminių, komplektuojamų gaminio vertės skaičiavimas

Eil. Nr.	**Pusgaminių, komplektuojamų gaminių pavadinimas**	**Pusgaminių, komplektuojamų gaminių kiekis, vnt.**	**Pusgaminio, komplektuojamo gaminio vnt. kaina, Lt.**	**Suma, Lt.**
1.	Talė 5 t	10	12000	120000
2.	Motoreduktoriai	40	2300	93200
3.	Talės pervažiavimo varikliai	20	1500	30000
4.	Žiedas GOST-13943-86	80	2,5	200
5.	Varžtas M24x110 DIN 933	80	0,77	61
6.	Varžtas M8x20 DIN 933	20	0,6	12
7.	Varžtas M10x25 DIN 933	120	0,8	128

5.12 lentelės tęsinys. Įsigyjamų pusgaminių komplektuojamų gaminio vertės skaičiavimas

8.	Varžtas M10x50 DIN 933	20	0,8	16
9.	Varžtas M12x55 DIN 933	40	0,45	18
10.	Varžtas M16x45 DIN 933	160	0,26	41,60
11.	Veržlė M16 DIN 934	160	0,2	32
12.	Veržlė M10 DIN 934	20	0,4	8
13.	Veržlė M8 DIN 934	100	0,35	56
14.	Guolis GOST-160309	160	21,32	3411,20
15.	Spyruoklinė poveržlė GOST-6402	80	0,25	20
16.	Žiedas GOST-28428	80	0,50	40
17.	Tepalinė DIN 910	40	0,5	20
18.	Guolis GOST-28482	40	16,58	663,20
19.	Riebokšlis GOST-21852	20	11,25	225
20.	Syr. Poveržlė A16 GOST-6402	160	0,12	19,2
21.	Spyr.Poveržlė A12 GOST-6402	40	0,12	4,8
	Iš viso			**248182,6**

5.3. Ilgalaikio turto vertė ir nusidėvėjimas

5.13 lentelė. Įrengimų poreikio ir jų galingumo skaičiavimas

Eil. Nr.	**Įrengimų pavadinimas**	**Kiekis, vnt.**	**Vertė, tūkst., Lt.**		**Vieneto galingumas, kW**	**Galingumų suma, kW**
			Įrengimo	**Visų įrengimų**		
Staklės						
1.	CNC concept turn 250	1	125000	125000	5.5	5.5
2.	CNC concept mill 450	1	140000	140000	11	11
3.	Juostinės metalo pjovimo staklės PPK-T175	1	65000	65000	5	5
4.	Metalo gręžimo staklės BF 30	1	11000	11000	2,5	2,5
5.	Plazminės metalo pjovimo staklės Becker-750	1	35000	35000	4,5	4,5
6.						
I	**IŠ VISO**	**5**		**376000**		**28,5**
Kiti įrengimai						
1.	Suvirinimo aparatas	1	3500	3500	1	1
2.	Kampinis šlifuoklis	2	350	700	1,5	3
II	**IŠ VISO**	**3**		**4200**		**4**
Transporto priemonės						
1.	Vežimėlis (lifteris)	3	750	2250		

5.13 lentelės tęsinys. Įrengimų poreikio ir jų galingumo skaičiavimas

III	**IŠ VISO**	**3**		**2250**		
	IŠ VISO: (I+II+III)	**11**		**382450**		
IV	Pristatymo, montavimo, komplektavimo, derinimo išlaidos 5% (I+II+III) suma			**19122,5**		
	Įsigijimo savikaina I+II+III+IV			**401572,5**		
	Išlaidos elektros energijai technologiniams tikslams, Lt.	0,501 Lt		**5731,44 (2men)**		**32,5**

5.14 lentelė. Ilgalaikio turto nusidėvėjimo skaičiavimas

Materialus ilgalaikis turtas	**Įsigijimo vertė, Lt**	**Likvidacinė vertė, Lt**	**Normatyvas, metais**	**Nusidėvėjimo suma per metus, Lt**	**Nusidėvėjimo suma per 2 mėn., Lt**
Visi įrengimai	401572,5	40157,25	5	72283,05	12047
Iš viso:	**401572,5**	**40157,25**	**5**	**72283,1**	**12047**

5.4. Darbo užmokesčio išlaidų planavimas

5.15 lentelė. Vieno darbininko efektyvus metinis darbo laiko fondas

Laiko struktūra	**Planas**
1. Kalendorinis darbo laiko fondas, d.	365
2. Poilsio ir švenčių dienos	112
2.1.Šventės	8
2.2.Poilsio dienos	104
3. Nominalus darbo laiko fondas, d.	253
4. Neatvykimai į darbą (vidutiniškai žmogui), d.	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 ir visuomeninėms pareigoms atlikti	1
4.2.6. Nemokamos	2
5. Efektyvus darbo laikas, dienomis	204
6. Darbo dienos trukmė, val.	8
7. Darbo dienos sutrumpinimai (vidutiniškai žmogui), val.	0,22
7.1.Už darbą kenksmingomis sąlygomis	0,2
7.2.Paaugliams	0,01
7.3.Maitinančioms motinoms	-

5.15 lentelės tęsinys. Vieno darbininko efektyvus metinis darbo laiko fondas

7.4.Prieššventinėmis dienomis	0,01
8. Vidutinė darbo dienos trukmė, val.	7,78
9. Efektyvaus darbo laiko fondas, val.	1587

5.16 lentelė. Pagrindinių darbininkų pagrindinio darbo užmokesčio apskaičiavimas

Profesijos pavadinimas	**Skaičius**	**Kvalifikacijos kategorija**	**Valandinis įkainis, Lt.**	**Laikas vienai detalei apdirbti val.**	**Gamybos programa vnt.**	**Dirbta valandų**	**Darbo užmokestis, Lt.**
Operatorius	1	III	9	0,18	80	14,4	129,6
Operatorius	1	III	9	0,075	80	12	108
Surinkėjas	2	II	6,7	80	10	800	5360
Suvirintojas	1	IV	8,5	80	10	800	6800
Pjovėjas	1	III	6,7	40	10	400	2680
Iš viso	**5**					**2014,4**	**14969,6**

5.17 lentelė. Tiesioginių darbo išlaidų skaičiavimas

Profesijos pavadinimas		**Pagrindinis DU, Lt.**	**Papildomas DU, Lt.**	**Bendras DU, Lt.**	**Atskaitoma soc. draudimui, Lt.**	**Iš viso DU išlaidų, Lt.**
Projektuojamai detalei pagaminti	Operatorius	129,6	12,96	142,56	44,2	186,76
	Operatorius	108	10,8	118,8	36,83	155,63
Kitoms detalėms pagaminti	Operatorius	3800	380	4180	1295,8	5475,8
	Suvirintojas	5700	570	6270	1943,7	8213,7
	Pjovėjas	4500	450	4950	1534,5	6484,5
Surinkimo darbai		4500	450	4950	1534,5	6484,5
Dažymo darbai		1200	120	1320	409,2	1729,2
IŠ VISO				**21931,36**	**6798,73**	**28729,79**

5.5. Netiesioginių gamybos išlaidų skaičiavimas

5.18 lentelė. Išlaidos gamybos tikslams sunaudotam vandeniui

Rodiklis	**Staklių, detalių skaičius**	**Vandens kiekis staklėms,l/val.**	**Kubinio metro kaina, Lt.**	**Staklių darbo laikas, val.**	**Išlaidos šaltam vandeniui, Lt.**
Aušinimo skysčiui	8	0,6	6,1	30	0,71
Detalių plovimui	80	10	6,1	4	0,24
IŠ VISO					**0,95**

5.19 lentelė. Netiesioginės darbo užmokesčio išlaidos

Profesijos pavadinimas	Dirbančiųjų skaičius	Vizitinis užmokestis, Lt.	Papildomas DU, Lt	Atskaitymai soc. draudimui, Lt.	Mėnesio DU išlaidos, Lt.	Iš viso DU išlaidų 7 mėn., Lt.
Elektrikas	1	250	25	85,25	275	360,25
Įrengimų prižiūrėtojas	1	250	25	85,25	275	360,25
IŠ VISO						**720,5**

5.20 lentelė. Išlaidos patalpų apšvietimui

Patalpų pavadinimas	Patalpų plotas, kv.m.	Apšvietimo norma W/kv.m.	Apšvietimo laikas, val.	Elektros energijos sąnaudos kWh (6 mėnesiams)	1 kWh kaina, Lt	Išlaidos už elektros energiją, Lt.
Administracinės patalpos	100	60	990	5940	0,501	2950
Gamybinės patalpos	1000	40	1050	42000	0,501	21000
Buitinės patalpos	40	30	70	84	0,501	42
IŠ VISO						**23992**

5.6. Veiklos sąnaudos

5.21 lentelė. Bendros ir administracinės sąnaudos

Sąnaudų pavadinimas	Sąnaudos, Lt.	Pastabos
Atlyginimų sąnaudos	16038	6.2 lentelė
Socialinio draudimo sąnaudos	3069	6.2 lentelė
Nuomos sąnaudos	151680	6.3 lentelė
Ilgalaikio turto nusidėvėjimo sąnaudos	12047	3.3 lentelė
Remonto ir eksploatacijos sąnaudos	16062,9	4% nuo įrengimų vertės
Elektros energijos ir šildymo sąnaudos	29723,31	5.5.3 ir 5.3.1 lentelė
Telefoninių pokalbių sąnaudos	210	70 Lt vienam administracijos darbuotojui
IŠ VISO	**223098,9**	

5.22 lentelė. Atlyginimų ir socialinio draudimo sąnaudos

Pareigos	Darbuotojų skaičius	Mėnesinė alga, Lt.	Atsiskaitymai soc. draudimui, Lt.	Mėnesio DU išlaidos, Lt.	Iš viso išlaidų 7 mėn, Lt
Direktorius	1	4000	1240	5240	6480
Gamybos direktorius	1	2800	868	3668	453,6
Buhalteris	1	2000	620	2620	3240
Valytoja	1	1100	341	1441	1782
Iš viso			**3069**		**16038**

5.23 lentelė. Patalpų nuomos sąnaudos

Nuomojamos patalpos		**Kvadratinio metro nuomos kaina, Lt.**	**Nuomos vertė, Lt.**
Patalpų rūšis	**Patalpų plotas, m^2**		
Administracinės patalpos	100	15	1500
Gamybinės patalpos	1000	10	10000
Buitinės patalpos	40	7	280
Iš viso	**1140**		**25280**
Iš viso 6-ių mėn. laikotarpyje			**151680**

6.IŠVADOS

Šiame bakalauriniame darbe suprojektuotas dvisijis tiltinis pakabinamas 5t kranas. Projektuojant kraną buvo skaičiuojamos apkrovos, kurios veiks kraną darbo metu. Taip pat parinktos medžiagos iš kurių jis bus gaminamas. Gaminama remiantis naujomis technologijomis, standartais ir moderniais įrengimais tokiais kaip, programinio valdymo staklės CNC metalo lakštų pjaustymo plazminės programinio valdymo staklės ir kt. Šiam kranui pagaminti reikia nuo 2-3 mėnesių. Prie tokio krano gamybos, projektavimo darbų reikalingi apie 6 žmonės priklausomai nuo sugebėjimo atlikti savo darbą. Krano pagaminimo savikaina apie 49 tūkstančius litų, o parduoti jį galima nuo 63 tūkstančių. Kaip ir kiti svarbūs įrengimai, šis kranas buvo projektuojamas su atsargos koeficientu, kuris užtikrins saugų darbą naudojant kraną. Tačiau pagaminus šį įrenginį reikia patikrinti jį realioje aplinkoje, kad užtikrinti saugų darbą dirbanties su kranu ir jo aptarnavimo zonoje. Naudojant kraną pagal reikalavimus, kurie nurodyti techniniame gaminio pase užtikrins krano ilgaamžiškumą eksploatuojant gaminį.

LITERATŪRA

1. Bražiūnas A.J. *Mašinų gamybos technologijos pagrindai*, Kaunas: Technologija, 2004. – 512p.;
2. Juodojo metalo laužo kainos. Prieiga per internetą: www.metalukainos.lt [Žiūrėta: 2013.02.27 17:29];
3. Hoffman įrankių katalogas, miestas, leidykla, 1997, 350p
4. Konstrukcinių plieno strypų kainos. Prieiga per internetą: www.b-a.lt [Žiūrėta: 2013.03.11 20:32];
5. Косиловой А. Г., Мещерякова Р. К. *Справочник технолога – машиносртоителя*. В двух томах, Том 2, Москва, Машиносртоение, 1985;
6. Machine tools. Prieiga per internetą: www.emco.co.uk/products [Žiūrėta: 2013.03.11 19:50];
7. Панова А. А. Обработка металлов резанием. *Справочник технолога*, Москва, Машиносртоение, 1988;
8. Павлов Д. Г. *Примеры расчетов кранов.* Ленинградское отделениеб, Ленинград, 1976;
9. Pjovimo įrankių katalogas. Prieiga per internetą: www.MS24.lt [Žiūrėta: 2013.03.11 20:25].;
10. Plienyniai lynai. Prieiga per internetą: http://www.forankra.lt/docs/6-3.pdf: [2013.04.15 18:25];
11. Ramonas Z., Bražėnas A. *Tekinimas programinėmis staklėmis. Metodiniai nurodymai*, Kaunas, Technologija, 1991, 94p.;
12. Ramonas Z., Bražėnas A. *Frezavimas programinėmis staklėmis. Metodiniai nurodymai*, Kaunas, Technologija, 1992, 84p.;
13. Reduktoriai. Prieiga per internetą: http://www.yrbaltic.eu/t-serija/ [2013.04.15 18:50];
14. Rimkus J. *Mašinų gamybos technologija. Kursinis projektavimas*, Šiauliai, 2003,83p.;
15. Šniuolis R. *Pjovimo rėžimų nustatymas*, Šiauliai, ŠU leidykla,2000., 43p.;
16. Ramonas Z., Petronis V., Ramonienė A. *Mašinų braižyba studentams ir konstruktoriams.*VŠĮ Šiaulių Unviersiteto leidykla 2006.,200p.
17. Tunguloy Cutting Tools Catalog, 2004, 1430p.;
18. Teisės aktų registro internetinis puslapis. Prieiga per internetą (http://tar.tic.lt/Default.aspx?id=2&item=results& aktoid=95F0E0BA-D6A0-4F34-AD4B-F77E9E4F7C01) [Žiurėta: 2013.05.10; 15:20].;

19. Motoreduktorių parininkimas prieiga per internetą http://www.wattdrive.com/en/products/geared-motors/shaft-mounted-geared-motors.html [2013.04.25].