

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėjas
doc. dr. A.Sabaliauskas

2012 06

KONVEJERIS SU METALO DETEKTORIUMI

Mechanikos inžinerijos bakalauro darbas

Konsultantas

ŠU Technologijos fakulteto
Mechanikos inžinerijos katedros
doc. dr. A. Kovierienė

2012 06

Vadovas

2012 06

doc. dr. D.Čikotienė

Atliko

Recenzentas

ŠU Technologijos fakulteto
Mechanikos inžinerijos katedros
lekt. V. Petronis

2012 06

NM-7 gr. stud.

G. Boza

2012 06

ŠIAULIAI, 2012

Boza G. Konvejeris su metalo detektoriumi: Mechanikos inžinerijos bakalauro darbas/mokslinis vadovas doc.dr. D.Čikotienė; Šiaulių universitetas, Technologijos fakultetas, Mechanikos inžinerijos katedra. – Šiauliai, 2012. – 82p.

SANTRAUKA

Sparčiai augant gamybos apimtims, didėja nepertraukiamo veikimo transportavimo mašinų poreikis, todėl auga konvejerių naudojimas įvairiose šakose – maisto, chemijos pramonėje, žemės ūkyje, medžio apdirbimo, perdirbimo, antrinių žaliavų perdirbimo įmonėse, katilinėse ir kitur. Tokiomis transportavimo mašinomis nepertraukiamai transportuojama gaminama produkcija, o tai ypatingai gerina gamybos našumą, mažina transportavimo sąnaudas, taupomas laikas. Tačiau juostinių konvejerių pasiūla ES ir pasaulinėje rinkoje yra gana didelė, todėl ypač aktualus konstrukcijos paprastumo, kokybės ir kainos santykis.

Tam, kad užtikrinti gaminamos produkcijos kokybę naudojant transportavimo mašinas bei šių mašinų gamintojų konkurencingumą itin svarbus griežtas naudojamų medžiagų gamyboje reglamentavimas. Lietuvai tapus ES nare maisto pramonės gamybos procesams tapo privalomos reglamentuojančios direktyvos, numatančios metalinių dalelių pašalinimą iš gaminamos produkcijos. O šią funkciją konstruojamame konvejeriulyje atlieka metalo detektorius – modernus prietaisas, aptinkantis smulkias iki 0,3 mm metalines daleles bei pašalinantis brokuotą pakuotę broko nustūmėjo pagalba.

Ištyrus įvairių autorių mokslinę ir techninę literatūrą, matyti, jog „Konvejerių su metalo detektoriais“ tema yra mažai išnagrinėta. Nemažai „Konvejerių“ temos klausimų išdėstyta Rusijos autorių techninėje literatūroje, tačiau „Metalų detektorius“ tema nagrinėjama gana mažai ir tik užsienio šaltiniuose.

Darbo tikslas – išanalizuoti šiuolaikinę juostinio konvejerio su metalo detektoriumi konstrukciją ir sumodeliuoti konvejerį su metalo detektoriumi maisto pramonės transportavimui su broko pašalinimu, sukonstruoti jo pavarą ir atlikti konvejerio konstrukcijos skaičiavimus. *Darbo objektas* yra konvejerio su metalo detektoriumi projektavimas. *Darbo metodiką* sudaro duomenų rinkimo metodai – mokslinės ir techninės literatūros analizė, internetinės prieigos analizė bei loginė analizė.

Baigiamajame bakalauro darbe suprojektuotas konvejeris su metalo detektoriumi, aprašoma jo paskirtis, pateikiamos keturios konvejerių su metalo detektoriais analizės, pasirinkto įrenginio konstrukcijos aprašymas ir pagrindimas, pateikti konvejerio su metalo detektoriumi projektiniai skaičiavimai, saugos ir eksploataciniai reikalavimai bei įrenginio ergonominė charakteristika.

Grafinėje dalyje pateikiami variantų analizės, surinkimo ir detalių brėžiniai, technologinio eskizo brėžinys. Atlikti pavaros parinkimo skaičiavimai, parinktas motoreduktorius, varančiojo būgno guoliai.

Projektuojamo įrenginio modelis pasirinktas siekiant padidinti gamybos apimtį, našumą, efektyvumą, mažinti gamybos sąnaudas, gaminamos produkcijos kokybę, panaudojant naujas, modernias technologijas. Sumodeliuotas konvejeris su metalo detektoriumi galėtų būti pritaikytas maisto pramonėje – transportuojant ledų, saldinių, žuvies produktus.

TURINYS

LENTELIŲ SĄRAŠAS.....	5
PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS.....	7
IŽANGA.....	8
1. TECHNINIAI – EKONOMINIAI RODIKLIAI.....	9
2. KONSTRUKTORINĖ DALIS.....	10
2.1. Gaminio paskirtis ir panaudojimas.....	10
2.2. Konstrukcijos variantų apžvalga.....	10
2.3. Techniniai skaičiavimai.....	15
2.3.1. Pavaros parinkimas.....	15
2.3.2. Varančiojo būgno guolių parinkimas.....	21
2.4 Medžiagų parinkimo pagrindimas.....	24
2.5 Suleidimų parinkimo pagrindimas.....	25
3. TECHNOLOGINĖ DALIS.....	26
3.1. Detalės technologiškumo analizė.....	26
3.2. Ruošinio parinkimas.....	29
3.3. Detalės apdirbimo maršruto sudarymas.....	32
3.4. Įrenginių ir įrangos parinkimas.....	34
3.5. Užlaidų nustatymas.....	36
3.6. Pjovimo režimų nustatymas.....	40
3.7. Techninis normavimas.....	57
4. ŽMONIŲ IR APLINKOS SAUGA.....	60
4.1. Gaminio ergonominė charakteristika.....	60
4.2. Gaminio eksploatavimo saugumas.....	60
4.3. Gaminio poveikis aplinkai.....	62
5. EKONOMINĖ DALIS.....	64
5.1. Projektuojamojo konvejerio su metalo detektoriumi savikainos kalkuliacija.....	64
6. IŠVADOS IR PASIŪLYMAI.....	73
REZIUmĖ.....	74
SUMMARY.....	75
LITERATŪRA.....	77

LENTELIŲ SĄRAŠAS

2.1 Suleidimų parinkimo pagrindimas.....	25
3.1 Plieno C45 LST EN 10083-1 cheminė sudėtis.....	26
3.2 Plieno C45 LST EN 10083-1 mechaninės savybės.....	26
3.3 Detalės darbo brėžinio technologinė kortelė.....	27
3.4 Veleno apdirbimo technologinis maršrutas.....	32
3.5 Užlaidų ir ribinių matmenų apskaičiavimas Ø25h7.....	36
3.6 Užlaidų ir ribinių matmenų apskaičiavimas 404js10.....	40
3.7 Ruošinio nupjovimo 005 režimai.....	42
3.8 Tekinimo - centravimo 010 režimai.....	45
3.9 Operacijos 015 režimai.....	49
3.10 Tekinimo operacijos 020 režimai.....	51
3.11 Šlifavimo operacijos 025 režimai.....	53
3.12 Šlifavimo operacijos 030 režimai.....	55
3.13 Frezavimo – gręžimo operacijos 035 režimai.....	57
3.14 Techninio normavimo laikai.....	59
5.1 Gaminio savikainos kalkuliacija.....	64
5.2 Projektavimo darbų laiko sąnaudos.....	65
5.3 Projektuotojų darbo apmokėjimo sąnaudos.....	65
5.4 Gaminio projektavimo sąnaudos.....	65
5.5 Ruošinių gamybos technologijos darbo užmokesčio sąnaudos.....	66
5.6 Mechaninio apdirbimo technologijos darbo užmokesčio sąnaudos.....	66
5.7 Kitų technologinių procesų darbo užmokesčio sąnaudos.....	66
5.8 Gaminio technologinio parengimo sąnaudos.....	67
5.9 Pagrindinių medžiagų vertė.....	67
5.10 Grįžtamųjų atliekų vertė.....	67
5.11 Pagalbinių medžiagų vertė.....	68
5.12 Įsigyjamų pusgaminių, komplektuojamų gaminių vertė.....	68
5.13 Pagrindinių darbininkų pagrindinio darbo užmokesčio apskaičiavimas.....	69
5.14 Tiesioginių darbo užmokesčio išlaidų skaičiavimas.....	70
5.15 Išlaidos gamybos tikslams sunaudotam vandeniui.....	70
5.16 Netiesioginės įrengimų priežiūrai išlaidos (subrangovams).....	71
5.17 Patalpų apšvietimo išlaidos.....	71

5.18 Bendrosios ir administracinės sąnaudos.....	71
5.19 Atlyginimų ir socialinio draudimo sąnaudos.....	72
5.20 Patalpų nuomos sąnaudos.....	72

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

2.1 pav. Konvejerio kinematinė schema.....	11
2.2 pav. Konvejeris su MD Nr.1.....	12
2.3 pav. Konvejeris su MD Nr.2.....	13
2.4 pav. Konvejeris su MD Nr.3.....	13
2.5 pav. Konvejeris su MD Nr.4.....	14
2.6 pav. Konvejerio skaičiavimo schema.....	19
2.7 pav. Varantysis būgnas.....	21
2.8 pav. Guolių skaičiavimo schema.....	21
3.1 pav. Veleno eskizas su paviršių numeracija.....	27
3.2 pav. Karštai valcuotas ruošinys.....	30
3.3 pav. Ruošinio bazavimas tekimo staklėse.....	32
3.4 pav. CNC Tekimo staklės HAAS SL-20.....	34
3.5 pav. Apvaliojo šlifavimo staklės RSM-500CNC.....	35
3.6 pav. CNC Frezavimo staklės KNUTH Rapimill 700.....	35
3.7 pav. SANDVIK Coromant tiesus atraminis peilis	42

ĮŽANGA

Pastaraisiais metais daug dėmesio skiriama gamybos įrengimų modernizavimui, automatizavimui, našumo ir kokybės gerinimui įvairiose pramonės šakose. Tam, kad pasiekti tokių rezultatų, naudojamos nepertraukiamo veikimo transportavimo mašinos – konvejeriai, kurių varomoji jėga – elektros varikliai.

Šiuolaikinėse maisto pramonės įmonėse maisto produktų gamybai keliami griežti reikalavimai. Todėl gamybos eigoje būtini įrengimai, nustatantys, ar produktuose nėra pašalinių daiktų, metalinių dalių. Vienas iš tokių dažnai maisto produktuose pasitaikančių svetimkūnių yra metalinės dalelės. Tai gali būti iš įrangos ar įrengimų atitrūkusios smulkios detalės, kurios gali pakliūti su dulkėmis, nešvarumais ar panašiai. Todėl visi be išimties maisto gaminiai turi praeiti kontrolę, kurios metu nustatomas tokių dalelių buvimas. Tam dažniausiai naudojami metalo detektoriai. Juos patogiau statyti gamybos linijose, ant konvejerių.

Šio darbo pagrindinis uždavinys – suprojektuoti konvejerį su metalo detektoriumi, kurį galima panaudoti bet kokiems, sufasuotiems ne į metalinę tarą ar fasuotę, gaminiams. Projektuojant bei konstruojant šiuolaikinę mechaninę sistemą pasitelktos ir šiuolaikinės, valstybinius bei tarptautinius standartus (LST, ISO, DIN, EN) atitinkančios medžiagos [7], bei jų gaminiai. Pagal maisto pramonės standartus, konstruojant konvejerius su metalo detektoriumi yra naudojamas nerūdijantis plienas AISI 304 (EN 1.4301) ir AISI 316 (EN 1.4401), taip pat maisto pramonei skirti plastikas poliacetalis (POM) ir aukšto slėgio laminatas (HPL), neturintis el.statinio krūvio, kuris pakenktų metalo detektoriumiui.

Šiame darbe pateikti šio konvejerio su metalo detektoriumi įvairūs konstrukcijos variantai.

Išanalizavus variantus, parenkamas optimaliausias variantas, atitinkantis tokius kriterijus kaip konstrukcijos paprastumas, naudojimo saugumas, patikimumas, ilgaamžiškumas, mechanizacijos ir automatizacijos laipsnis, nedideli aptarnavimo kaštai. Konvejerius su metalo detektoriumi naudoja daugelis Lietuvos įmonių. Būtent tokį konvejerį su metalo detektoriumi turi AB „Kraft foods Lietuva“, UAB „Norvelita“ ir UAB „Vikeda“.

Projekte pateikiami techniniai – ekonominiai rodikliai, konstruktorinė dalis su konvejerių bei metalo detektorių variantų analizėmis, techniniais skaičiavimais, technologinė dalis, įrenginio saugos charakteristikos, ekonominė dalis, padarytos išvados, pateikiama panaudota mokslinė techninė literatūra.

1. TECHNINIAI EKONOMINIAI RODIKLIAI

Konvejeris su metalo detektoriumi gamybos metu turi veikti patikimai, užtikrinti sklandų darbą, yra nesudėtingos konstrukcijos. Pagrindiniai konvejerio su metalo detektoriumi techniniai duomenys:

1. Konvejerio su metalo detektoriumi našumas $Q_m = 2t/val.$
2. Konvejeris bus naudojamas gaminiams iki 200 gr. ir jų gabaritai iki 100 x 100 mm.
3. Konvejerio juostos greitis 0,4 – 0,8 m/s.
4. Konvejerio juostos plotis - 250mm.
5. Juostos ilgis - 3070mm.
6. Metalo detektoriaus anga - 250mm.
7. Konvejerio juostos 1m apkrovimas apie 1kg maisto pakuotės: šokoladas, ledai, fasuota lašišos filė ir kt.
8. Varančiojo būgno apsisukimai, nevertinant paslydimo – 229,2 aps/min.
9. Motoreduktoriaus galia - 0,37 kW; n = 260 aps/min.

Diplominiame darbe numatoma programa N = 5 vnt. Gaminio projektavimo ir technologinio rengimo sąnaudos sudaro 7681,35 Lt., gamybos savikaina 235198,35 Lt., gaminio savikaina 60137,18 Lt.

2. KONSTRUKTORINĖ DALIS

2.1. Konvejerio su metalo detektoriumi paskirtis ir panaudojimas

Projektuojamas įrenginys užima svarbią vietą gamybos procese, kai būtina aptikti ir pašalinti pašalines daleles. Konvejerio su metalo detektoriumi paskirtis: nustatyti ar produkte nėra metalinių iki 0,3mm dydžio dalelių ir, aptikus, tokias daleles pašalinti iš gamybos srauto [4].

Projektuojamas universalus konvejeris, kurį galima panaudoti įvairiose maisto pramonės šakose, neperdirbant. Konvejeris yra lengvai pritaikomas prie konkrečių gamyboje esančių įrengimų. Tam stengiasi daryti galimai daugiau perderinamų elementų ir charakteristikų, tuo pačiu nebranginant gaminio konstrukcijos.

Numatomi derinami elementai:

- aukštis (atstumas nuo grindų iki konvejerio juostos),
- įėjimo kreipiančiųjų plotis,
- konvejerio juostos greitis,
- magnetinio detektoriaus jautrumas,
- numetimo įrenginio greitaveika,
- Suveikimo pradžios laikas.

Visi šie parametrai aptarti vėlesniuose projekto skyriuose.

Toliau nagrinėjant bus naudojami terminai:

„Konvejeris“ – pagrindinis įrengimas.

MD – magnetinis (metalo) detektorius.

BN – broko numetimo įrenginys.

2.2. Konvejerio su metalo detektoriumi konstrukcijos variantų apžvalga

Konvejeris su MD sudarytas iš keturių pagrindinių elementų:

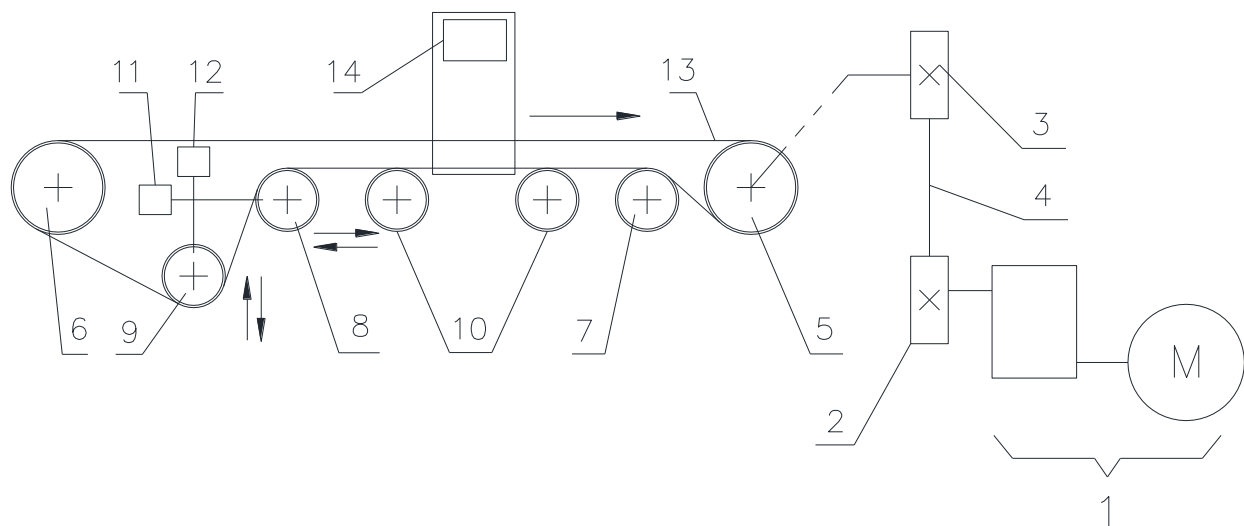
- konvejerio,
- MD (magnetinio detektoriaus),
- BN (broko numetimo įrenginio),
- broko priėmimo įrenginio.

Konvejeris sudarytas iš šių elementų:

- rėmo,
- varančiojo ir varomojo elementų (ritinėlių, žvaigždučių),

- nešančiojo elemento (juostos ar plastikinių plokštelių grandinės),
- pavaros.

Konvejerio kinematinė schema pavaizduota 2.1. pav.



2.1 pav. Konvejerio kinematinė schema

- 1 – motoreduktorius
- 2-3-4 – diržinė pvara
- 5 – varantysis būgnas
- 6 – varomasis būgnas
- 7-8-10 – juostos palaikymo ritinėliai
- 9 – juostos įtempimo ritinėlis
- 11-12 – juostos įtempimo ritinėlio perstūmimo sraigčiai
- 13 – juosta
- 14 – MD

Konvejerių su MD gamintojų pavyzdžiai pavaizduoti 2.2 – 2.5 pav. Pateikiami 4 variantai, iš kurių parenkamas optimaliausias tolimesniems skaičiavimams.

1 Variantas. 2.2 pav. pateikiamas konvejeris su MD ir kumšteliniu broko numetimo mechanizmu [9]. Konvejerį sudaro rėmas, ritinėliai ir žvaigždutės, juosta, pvara. Tokie konvejeriai su šiuo mechanizmu naudojami, kai produktas – nedūžtantis, ne minkštame įpakavime. Tai gali būti plastikiniai buteliai, plastiko dėžutės su produktais. Turi ribotas galimybes, nes kumšteliai galima keisti sukimosi (smūgio) greitį, brokuotos pakuotės pašalinimo nuo konvejerio juostos kryptį.

Šio tipo konvejeriai su MD ir broko numetimo mechanizmu plačiai naudojami maisto pramonėje, aptikus metalines daleles, plastikinių tuščių butelių numetimui nuo konvejerio po gamybos ar plovimo, nustačius butelių defektus. Šie konvejeriai nėra patikimi, kelia triukšmą, netiksliai sustoja, reikalauja didesnio techninio aptarnavimo.



2.2 pav. Konvejeris su MD Nr.1

2 Variantas. 2.3 pav. pateikiamas konvejeris su MD ir oro nupūtimo mechanizmu [10]. Šio tipo konvejeriai naudojami gamyboje nupūtimui oru tik lengviems gaminiais, turintiems pakankamą paviršiaus plotą, į kurį nukreipta oro srovė. Konvejerio rėmas dažniausiai suvirinamas iš stačiakampių vamzdžių. Gali būti dengiamas skydais arba atviras, kaip ir šiuo atveju. Konvejerio juosta - nemetalinė, visos dalys esančios arti metalo detektoriaus – nemetalinės. Ritinėliai ir žvaigžutės taip pat gaminami ne iš metalo. Konvejerio pavara – motoreduktorius. Pavaros varantysis velenas su motoreduktoriumi sujungtas per diržinę pavarą. Šio tipo konvejeriai turi minusą, nes broko pašalinimas oro srove nėra tikslus. Pakuotė gali pakeisti kryptį ir nepatekti į broko priėmimo dėžę.



2.3 pav. Konvejeris su MD Nr.2

3 Variantas. 2.4 pav. pateikiamas konvejeris su MD, kuris skirtas transportuoti pagamintus produktus iš apačios į viršų [11]. Naudojama neįsimagnetinanti juosta. Rėmas turi ratukus, kurie naudojami, kai konvejerio darbo vieta dažnai keičiama. Kitu atveju tai tik papildomas, kainą didinantis elementas. Rėmo elementas ties MD, esantis arčiau kaip per 1/3 MD angos aukščio turi būti pagamintas iš nemetalinių, nemagnetinių medžiagų. Rėmas gali būti surenkamas iš nestandartinių aliuminio profilių. Konvejerio pavara – motoreduktorius, kuris sujungtas su varančiuoju vėliu. Pavara varoma el.variklio pagalba. Metalo detektoriui aptikus broką, pakuotė gali būti pašalinama rankiniu būdu. Tai nėra efektyvus broko šalinimo būdas.



2.4 pav. Konvejeris su MD Nr.3

4 Variantas. 2.5 pav. pateikiamas konvejeris su MD ir pneumocilindru [12]. Paprastos konstrukcijos konvejeris, kurio rėmas suvirintas iš kvadratinų nerūdijančio plieno vamzdžių. Sudarytas iš varančiojo ir varomojo elementų. Kai konvejerio nešančioji dalis – juosta, šie elementai – būgnai. Gaminami iš nemetalinių medžiagų (pvz. POM). Velenas, ant kurio jie sumontuoti yra metalinis ir jis turi būti izoliuotas nuo rėmo per dielektriko plastiko detales. Tai pavaizduota 2.5 pav., kur velenas sukasi uždarame guolyje, pritvirtintame prie plastikinės plokštelės.



2.5 pav. Konvejeris su MD Nr.4

Konvejerio su metalo detektoriumi konstrukcijos aprašymas

Išanalizavus konvejerio konstrukcijas ir konvejerių elementus, numatome sekančią konvejerio su MD ir BN konstrukciją.

Rėmas: Suvirintas iš stačiakampio nerūdijančio plieno *AISI 304 (EN 1.4301)* vamzdžio (pigus variantas, konstrukcija standi, patikima).

Rėmas yra su aukščio reguliavimo kojėlėmis. Taip galima lengvai perderinti aukštį pagal esamus gamyklose konvejerius. Priekyje rėmas turi nukreipimo plokšteles. Jomis, ateinantis iš kitų konvejerių produktas, centruojamas ant konvejerio juostos. Nukreipimo plokštelės reguliuojamos pagal plotį ir pritaikomos pagal produktą.

Pavara: Motoreduktorius ir diržinė pavara.

Motoreduktorius parenkamas SEW EURODRIVE firmos [14]. Tai ilgaamžiai patikimi motoreduktoriai. Diržinė pavara yra iš krumpliuko diržo.

Nešantysis elementas: Plokščia HABASIT firmos juosta skirta maisto pramonei [13].

Metalo detektorius: Firmos SAFELINE (JAV) metalo detektorius [12]. Veikimo principas paremtas magnetinio lauko sudarymu ir jo parametrų kitimu, patekus metaliniam daiktui. Dar vienas svarbus parametras yra centrinė skylė, pro kurią praeina produktas, gabaritai. Jie turi būti optimalūs, nes pro juos praeina produktai su konvejerio juosta. Jei gabaritai (ypač angos aukštis) bus per didelis, sumažėja jautrumas. Jei per mažas – produktas gali įstrigti, stabdyti gamybos procesą. MD turi lietimui jautrų displėjų.

Numetimo įrenginys: FESTO firmos pneumocilindras su plokščiu antgaliu stūmoklio koto gale. Greičio reguliavimui numatyti droseliai. Eigos reguliavimui ant cilindro montuojami eigos davikliai.

Broko priėmimo įrengimas: Kadangi nėra konkretaus užsakovo, numatomas pagal ISO ir kokybės vadovų reikalavimus broko seifas. Tai užrakinama uždara dėžė su plyšiu brokuoto produkto įstūmimui. Tai numatyta tam, kad nebūtų brokas paaimamas ir siunčiamas tolimesniam gamybos procesui.

2.3. Techniniai skaičiavimai

Numatomi šie pradiniai duomenys:

- konvejerio juostos greitis 0,4 – 0,8 m/s;
- konvejerio juostos plotis 250 mm;
- metalo detektoriaus anga 150x350 mm;

Eksplotavimo sąlygos:

Patalpose, kuriose yra maisto pramonei bei tiesioginio kontakto su produktu reikalavimai:

- metalinės dalys: nerūdijančio plieno,
- juosta konvejeriui – skirta maisto pramonei,
- galimybė plauti aukšto slėgio plovimo įrenginiais.

2.3.1. Pavaros parinkimas

Priimama pradiniam skaičiavimui:

- diržinės pavaros perdavimo santykis:
- $U = 1$;
- varančiojo būgno skersmuo $d = 50$ mm.

Imame mažą skersmenį, kad jungiant su padavimo konvejeriu būtų kuo mažesnis tarpelis. Konvejerio juostos greitis keičiamas dažnio keitiklio pagalba. Tada skaičiavimams imame vidutinį juostos greitį.

$$V = 0,6 \text{ m/s.}$$

Varančiojo būgno apsisukimai, nevertinant paslydimo:

$$n = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot 0,6}{3,14 \cdot 50} = 229,2 \text{ aps/min} \quad (2.1)$$

Reikalingas el.variklio galingumas:

$$N = \frac{k_3 \cdot P_0 \cdot V}{102 \cdot \eta}; \quad [1]-173\text{p} \quad (4.2)$$

čia k_3 – atsargos koeficientas;

P – traukos jėga juostai;

V – juostos greitis, m/s;

η - pavaros n.v.k;

$k_3 = 1,2;$ [1]-173p.

$\eta = \eta_p \cdot \eta_d \cdot \eta_b;$

η_p - reduktoriaus n.v.k;

η_d - diržinės pavaros n.v.k;

η_b - būgno su guoliais n.v.k;

$\eta_p = 0,8; \quad \eta_d = 0,96; \quad \eta_b = 0,99; \quad [2]-31\text{p.}$

$\eta = 0,8 \cdot 0,96 \cdot 0,99 = 0,76.$

Randame traukos jėgą.

Numatome, kad konvejerio našumas bus:

$$Q_m = 2t / \text{val}; \quad (2.3)$$

(skaičiuojant imta, kad juostos 1 m apkrovimas bus apie 1 kg – smulkūs maisto pramonės gaminiai: šokoladas, ledai, fasuota lašišos filė ir kt.)

Numatome konvejerio išnaudojimo koeficientus:

$$\text{paroje } k_{par} = 0,8;$$

$$\text{metuose } k_m = 0,7;$$

Parenkame konvejerio klasę pagal laiką B4, konvejeris horizontalus.

Pagal duotus parametrus parenkame koeficientus:

- išnaudojimo laike $k_t = 0,9$;
- pasiruošimo $k_p = 0,96$; [1]-13p.
- apkrovos netolygumo $k_n = 1,2$.

Linijinė apkrova iš priimtų duomenų:

$$q_L = 10 \text{ N / m} \quad (2.4)$$

Traukos jėga:

$$W = k_d \cdot L[(q_T + q_{p.b} + q_d)W_B + (q_L + q_{p.n})W_H] + q_T \cdot H; \quad (2.5)$$

čia k_d – vietinių nuostolių apibendrintasis koeficientas;

L – konvejerio ilgis projekcijoje į horizontalią plokštumą, m;

q_T ; $q_{p.b}$; q_d ; q_L ; $q_{p.n}$ - svorio jėgos krovinio juostos atraminių ritinėlių viršutinėje ir apatinėje juostos dalyse;

W_B – viršutinės juostos dalies pasipriešinimas, slystant plokštuma po juosta;

W_H – apatinės juostos dalies pasipriešinimo koeficientas;

H – konvejerio kitimo aukštis.

Randame dydžius:

$$k_d = 2,1; \quad [3]-131p.$$

$$L = 1,45 \text{ m} - \text{iš eskizinio komponavimo};$$

$$q_T = g \cdot M_T / l_o; \quad [3]-131p. \quad (2.6)$$

čia M_T – neto krovinio (gaminio) masė;

l_o – atstumas tarp slenkančių gaminių.

Priėmus, kad konvejeris bus naudojamas gaminiams iki 200 gr. ir jų gabaritais 100x100 mm (maks) turime:

$$M_T = 0,2 \text{ kg};$$

$$L_o = 150 \text{ mm (priimame)}$$

$$q_T = \frac{9,81 \cdot 0,2}{0,15} = 13,1 \text{ N / m}; \quad [3]-131\text{p.}$$

$$q_{pb} = \frac{g \cdot M_{pb}}{l_{pb}}; \quad (2.7)$$

$$q_d = \frac{g \cdot M_d}{l_d}. \quad (2.8)$$

čia M_{pb} - viršutinių atraminių ritinėlių, palaikančių juostą, masė;

M_d - apatinių ritinėlių, palaikančių juostą, masė;

l_{pb} - atstumas tarp ritinėlių viršutinei juostos šakai;

l_d - atstumas tarp atramų apatinei juostos šakai.

Viršutinėje juostos dalyje palaikymo ritinėlių nėra, todėl $q_{pb} = 0$.

Orientacinė vieno apatinio ritinėlio masė – $M_d = 1,2 \text{ kg}$ (vamzdžio ir jo ašies).

Ritinėlių skaičius apatinei juostos daliai:

$$n = 4;$$

$$M_D = 1,2 \cdot 4 = 4,8 \text{ kg};$$

$$q_d = 9,81 \cdot 4,8 \cdot 0,197 = 9,3 \text{ N / m};$$

čia $l_d \approx 0,197 \text{ m}$ (iš eskizinio komponavimo).

$$q_L = g \cdot M_L \cdot B, \quad (2.9)$$

Čia M_L – 1 m² juostos masė. Iš parinktos juostos HABASIT F5 EQWT 05 charakteristikos [8].

$$M_L = 3,78 \text{ kg},$$

B – juostos plotis, 250 mm.

$$q_L = 9,81 \cdot 3,78 \cdot 0,25 = 9,3 \text{ N}.$$

Kiti dydžiai:

$$W_B = 0,45; \quad W_n = 0,018$$

[3]-

134p.

$H = 0$ - konvejeris horizontalus.

$$P_o = W = 2,1 \cdot 1,45[(13,1 + 0 + 9,3) \cdot 0,45 + (13,1 + 0 + 9,3) \cdot 0,018] + 0 = 31,1N.$$

Galingumas:

$$N = \frac{1,2 \cdot 31,1 \cdot 0,6}{102 \cdot 0,76} 0,289kW.$$

Numatome naudoti SEW EURODRIVE motoreduktorių. Iš firmos katalogo [14] 525 psl. Ir 532 psl. parenkamas motoreduktorius:

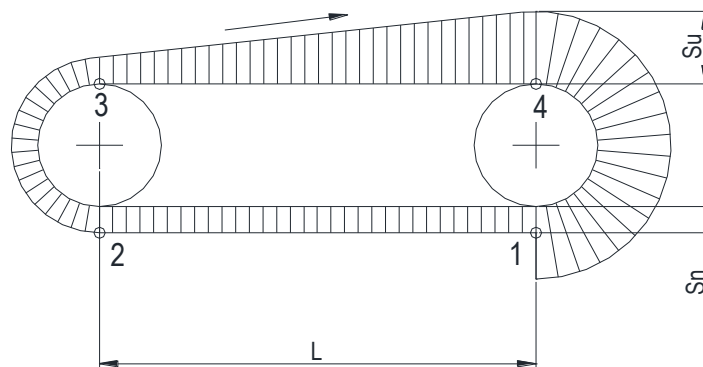
W A20 / TDRG3L2 : M2

$$n = 260 \text{ aps / min}$$

$$P = 0,37 \text{ kW}.$$

Konvejerio skaičiavimo schema pateikiama 2.6 pav.

Patikriname, ar teisingai parinktas konvejeriui reduktorius. Visą konvejerio juostos trasą išskaidome į atkarpas.



2.6 pav. Konvejerio skaičiavimo schema

Randami juostos įtempimai atskirose atkarpose. Pradedame skaičiuoti nuo nueinančiosios dalies taško 1.

$$S_1 = S_{nu};$$

$$S_2 = 1,02 \cdot S_1;$$

$$S_3 = 1,04 \cdot S_2;$$

$$S_4 = W = 31,1N.$$

Iš frikcinės pavaros teorijos turime:

$$S_1 = \frac{S_{uz} \cdot k_3}{e^{\mu\alpha}}. \quad (2.10)$$

Iš čia $e^{\mu\alpha} \cdot S_1 = k_3 \cdot S_4$.

Istačius reikšmes:

$$k_3 = 1,2; \quad [1]-205p.$$

$$e^{\mu\alpha} = 3,4;$$

turime:

$$3,4 \cdot S_1 = 1,2 \cdot S_4$$

Iš čia:

$$S_1 = \frac{1,2 \cdot 31,1}{3,4} = 11N$$

$$S_2 = 1,02 \cdot 11 = 11,2N$$

$$S_3 = 1,04 \cdot 11,2 = 11,7N$$

Ivertinus sukibimo atsargos koeficientą ant varančiojo būgno $k_{31}=1,2$;

$$S_{uz} = 3,4 \cdot 11 = 37,4N$$

Tempimo jėga ant būgno:

$$P = \frac{1}{k_{31}} (S_{uz} - S_{nu}) = \frac{1}{1,2} (37,4 - 11) = 22N; \quad (2.11)$$

Reikiamas galingumas:

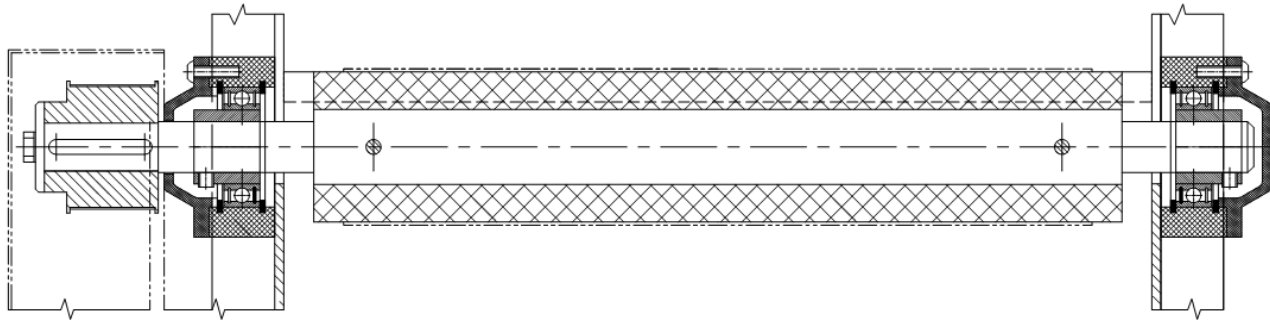
$$N = k_{31} \cdot \frac{P \cdot V}{102 \cdot \eta} = 1,2 \cdot \frac{22 \cdot 0,6}{102 \cdot 0,76} = 0,17kW; \quad (2.12)$$

Taigi pagal pirminius skaičiavimus parinkto motoreduktoriaus variklio galingumo pakanka.
Parinkimas teisingas.

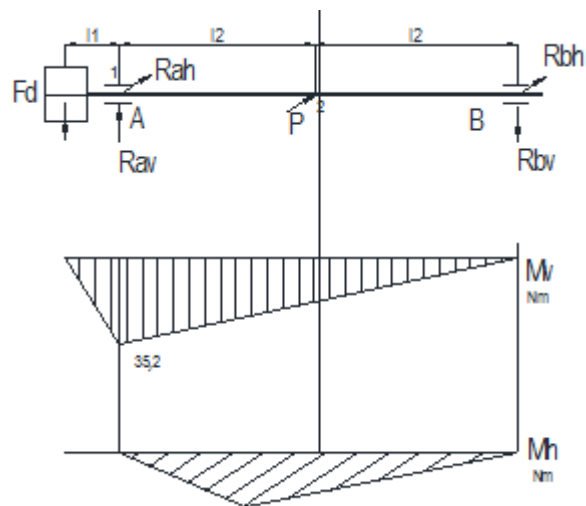
Kiti konvejerio elementai skaičiuojami pagal standartinę mašinų detalių metodiką [2].

2.3.2. Varančiojo būgno guolių parinkimas

Guolių skaičiavimo schema pavaizduota 2.8 pav.



2.7 pav. Varantysis būgnas



2.8 pav. Guolių skaičiavimo schema

Randame būgno veleną veikiančias jėgas. Juostos tempimo jėgą keičiame jėga P, pridėta būgno viduryje.

$$P = 22\text{N}$$

Randame orientacinę diržo veikimo į būgno veleno jėgą. Kadangi krumpliuotiems diržams nėra skaičiavimo metodikos, skaičiuojame pagal trapecinių diržų skaičiavimo metodiką iš literatūros [2] formulės.

Veleną veikianti jėga:

$$F_d = 2F_o \cdot Z \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \quad [2]-101\text{p.} \quad (2.13)$$

čia F_o – pradinio įveržimo jėga;

$Z = 1$ – diržų skaičius;

$\alpha = 180^\circ$ - kai diržinės pavaros $U = 1$.

$$F_o = \frac{180 \cdot P \cdot C_L}{V \cdot C_\alpha \cdot C_r} + V \cdot v^2 \cdot z \quad [2]-265p. \quad (2.14)$$

čia $P = 0,289kW$;

C_L – koeficientas įvertinantis diržo ilgį;

C_α - gaubimo kampo koeficientas;

C_r – dinamiškumo koeficientas;

$C_L = 1,0$;

$C_\alpha = 1,0$;

$C_r = 1,0$.

Kadangi pavara vertikali, diržo išcentrinio poveikio nevertiname.

$$v \cdot V^2 \cdot z = 0; \quad [2]-265p. \quad (2.15)$$

Tada:

$$F_o = \frac{850 \cdot 0,289 \cdot 10^3 \cdot 1}{0,6 \cdot 1 \cdot 1} + 0 = 409N;$$

$$F_d = 2 \cdot 409 \cdot 1 \cdot \sin \frac{180}{2} = 818N.$$

Randame reakcijas atramose. Jėga F_d veikia vertikaliajoje plokštumoje. Jėga P veikia horizontalioje plokštumoje.

Horizontali plokštuma:

$$R_{AH} = R_{BH} = \frac{P}{2} = \frac{22}{2} = 11N; \quad (2.16)$$

Vertikali plokštuma:

$$R_{AV} = \frac{F_d \cdot (l_1 + 2l_2)}{2l_2}; \quad (2.17)$$

čia l_1 ir l_2 – atstumai nustatomi iš (2.7 pav.).

$$l_1 = 43\text{mm};$$

$$l_2 = 160\text{mm}.$$

$$R_{AV} = \frac{818 \cdot (43 + 2 \cdot 160)}{2 \cdot 160} = 928\text{N};$$

$$R_{BV} = \frac{F_d \cdot l_1}{2 \cdot l_2} = \frac{818 \cdot 43}{2 \cdot 160} = 110\text{N}; \quad (2.18)$$

Labiau apkrauta atrama A.

$$R_A = \sqrt{R_{AH}^2 + R_{AV}^2} = \sqrt{11^2 + 928^2} = 929\text{N}; \quad (2.19)$$

Lenkimo momentai taškuose 1 ir 2:

$$M_{H1} = 0;$$

$$M_{V1} = F_d \cdot l_1 = 818 \cdot 0,043 = 35,2\text{Nm}; \quad (2.20)$$

$$M_{H2} = R_{A_n} \cdot l_2 = 11 \cdot 0,16 = 1,76\text{Nm};$$

Kadangi apkrovos nedidelės, naudosime rutulinius radialinius guolius.

Sąlyginis guolio pakrovimas:

$$Q = (R_A \cdot K_k + m \cdot A) \cdot K_{da} \cdot K_t \quad (2.21)$$

čia R_A - radialinis guolio apkrovimas;

A – ašinis guolio apkrovimas;

K_k - kinematinis koeficientas, parodantis guolio ilgaamžiškumo sumažėjimą;

K_{da} - dinamiškumo koeficientas;

K_t - temperatūrinis koeficientas;

m – ašinio apkrovimo keitimo radialiniu apkrovimu koeficientas.

Nagrinėjamu atveju:

$$R_A = 929\text{N}$$

$$K_k = K_{da} = K_t = 1$$

$$A=0$$

Tada:

$$Q = (924 \cdot 1 + 0) \cdot 1 \cdot 1 = 924N$$

Priimamas guolio ilgaamžiškumas

$$n = 10\,000 \text{ val.}$$

Reikiamas guolio darbingumas (nominalinė dinaminė apkrova):

$$C = 0,2 \cdot Q(\omega_1 \cdot n)^{0,3}; \quad (2.22)$$

čia ω_1 – būgno kampinis greitis.

Kai būgno apsisukimai:

$$n = 229,2 \text{ aps/min.}$$

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 229,2}{30} = 24 \text{ rad/s.} \quad (2.23)$$

$$C = 0,2 \cdot 924(24 \cdot 10000)^{0,3} = 7600N = 7,6kN.$$

Iš eskizinio komponavimo (2.7 pav.) nustatome reikiamą guolio vidinio žiedo skersmenį:

$$d_g = 25 \text{ mm.}$$

Pagal guolio darbingumą C ir vidinį guolio matmenį d_g parenkame standartinius guolio mazgus iš REXNORD katalogo [15] UCFB 205C su guoliu 60205, kurio $C = 11 \text{ kN}$.

2.4. Medžiagų parinkimo pagrindimas

Konvejeriui su metalo detektoriumi projektavimui parenkamos medžiagos, skirtos naudoti maisto pramonėje. Konstruojant konvejerį buvo parinkti nerūdijančio plienas AISI 304 keturkampiai vamzdžiai, iš kurių buvo suvirintas konvejerio rėmas. Šis plienas gali liestis su maistu, atsparus korozijai, kas labia svarbu maisto pramonėje. Taip pat galima įrengimą plauti įvairiais cheminiais skysčiais, nepaveikiant jo paviršiaus.

Kitoms konvejerio dalims buvo panaudotas poliacetalis (POM). Tai maisto pramonei skirtas, mechaniškai tvirtas ir kietas polimeras, pasižymintis atsparumu smūgiams net prie žemų temperatūrų. Ši medžiaga elastinga, turi geras slydimo savybes, lengvai mechaniškai apdirbama,

fiziologiškai inertiška. Iš šios medžiagos gaminama nemažai konvejerio detalių: įvairios įvorės, ritinėliai velenam, slydimo detalės.

Dar viena labai svarbi medžiaga naudojama konvejerio su metalo detektoriumi gamyboje – tai HPL (high pressure laminate) plokštė. Ši medžiaga turi antistatinę dangą, kas labai svarbu metalo detektoriumi, kuris labai jautrus. Plokštė montuojama po konvejerio juosta.

2.5. Suleidimų parinkimo pagrindimas

2.1 lentelė

Suleidimas	Sujungiamos detalės	Pagrindimas
$\frac{H7}{h7}$	Būgnas – velenas su pleištu	Suleidimas su garantuotu 0 tarpeliu, kai tenka remontuoti ardant.
$\frac{L0}{k6}$	Guolis - velenas	Parinktas suleidimas su įvarža, nes velenas sukasi.
$\frac{H7}{l0}$	Guolis - korpusas	Parinktas suleidimas su įvarža, nes guolio išorinis žiedas sujungtas su korpusu nejudamai.
$\frac{H9}{h7}$	Plastiko įvorė (būgnas) - velenas	Parinktas suleidimas su tarpeliu, nes užmaunamas ant veleno.

3. TECHNOLOGINĖ DALIS

3.1. Detalės technologiškumo analizė

Gaminama detalė – velenas, kurio paskirtis perduoti sukamąjį judesį ritinėliams, kurie varo konvejerio juostą. Tai labai svarbi detalė, nuo kurios priklauso tolimesnis konvejerio darbas, patikimumas, patvarumas, konvejerio tarnavimo laikas.

Vienas veleno galas yra tvirtinamas guolio mazge, kitas galas taip pat guolio mazge, tik su atviru dangteliu. Pastarasis veleno galas turi pleištinį griovelį, ant kurio presuojamas būgnas, per kurį eina diržinė pavana, sujungta su reduktoriumi.

Detalė nėra technologiškai sudėtinga, tačiau turi keletą paviršių, keliančių aukštesnius reikalavimus matmenim. Ant šių paviršių yra presuojami guolių mazgai. Veleno paviršiai bus apdirbami standartiniais pjovimo įrankiais.

Velenas gaminamas iš plieno C45 (LST EN 10083-1). Plieno C45 cheminė sudėtis ir mechaninės savybės pateiktos lentelėse 3.1 ir 3.2 lentelėse.

3.1. lentelė

Plieno C45 LST EN 10083-1 cheminė sudėtis

C,%	Si,%	Mn,%	S,%	P,%	Ni,%	Cr,%
			Ne daugiau			
0,40–0,50	0,17–0,37	0,50–0,80	0,045	0,045	0,30	0,30

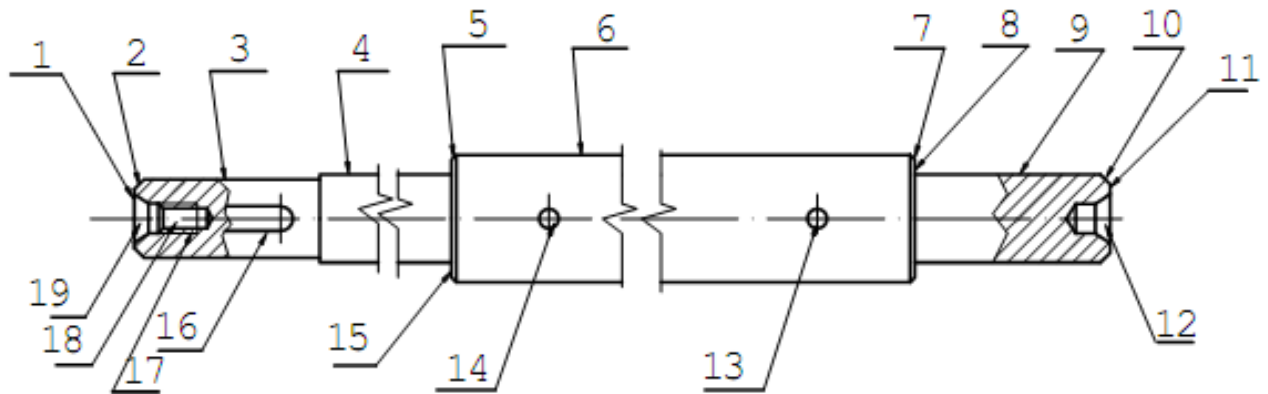
3.2 lentelė

Plieno C45 LST EN 10083-1 normalizuoto mechaninės savybės

σ_Y , MPa	σ_U MPa	δ , %	ψ , %	KCU J/cm ²	HB (ne daugiau)	
Ne mažiau					karštai valcuotas	-
355	600	16	40	49	229	-

Čia σ_Y – takumo riba, σ_U – stiprumo riba, δ – bandinio santykinis ištišimas jį nutraukus, ψ – santykinis bandinio skerspjuvio susitraukimas nutraukimo vietoje, KCU – smūginis tūsumas tiriant bandinius su U tipo koncentratoriumi, HB – kietumas pagal Brinėlį.

Technologiniam apdirbimui veleno paviršiai pažymėti skaičiais, paviršių numeracija pateikta 3.1 pav.



3.1 pav. Veleno eskizas su paviršių numeracija

Detalės brėžinio techninių sąlygų analizė

Prieš sudarant detalės apdirbimo technologinį procesą analizuojame ir formuluojame jos paskirtį. Ji nustatoma remiantis gaminio ir detalės brėžiniu, gaminio techninėmis sąlygomis ir tikslumo normomis.

Veleno konstrukcija nesudėtinga. Tarp atskirų veleno paviršių matmenų skirtumas nedidelis. Skersmenų $\varnothing 25$ ir $\varnothing 16$ tikslumas h7 kvaliteto, $\varnothing 17$ k6 kvaliteto. Skersmenimis $\varnothing 17$ k6 detalė junginyje bazuojama guoliuose, o skersmuo $\varnothing 25$ h7 skirtas konvejerio juostai sukti, prieš tai uždedamas plastikas. Todėl skersmenys tarpusavyje turi išlaikyti radialinio mušimo sąlygą. Skersmens $\varnothing 25$ h7 radialinio mušimo sąlyga užduota detalės ašies atžvilgiu. Todėl apdirbdami detalės skersmenis $\varnothing 25$, $\varnothing 17$ ir $\varnothing 16$ ruošinį reikia bazuoti centruose. Taip apdirbdami veleną išlaikysime detalės technines sąlygas ir užtikrinsime jos paskirtį junginyje. Detalės darbo brėžinio visos techninės sąlygos pateiktos detalės darbo brėžinio technologinėje kortelėje 3.3 lentelė.

Detalės darbo brėžinio technologinė kortelė

3.3 lentelė

Eil.Nr	Technologiškumo kriterijus	Atitikimas technologiškumo kriterijui
1.	Reikalingi matmenys	Visi reikalingi matmenys nurodyti.
2.	Atitikimas tarp matmenų tikslumo ir paviršiaus glotnumo	$\varnothing 16$ h7 $\rightarrow$ 1,25; $\varnothing 25 \rightarrow$ 2,5; $\varnothing 17$ k6 $\rightarrow$ 1,25; $\varnothing 17$ k6 $\rightarrow$ 1,25; 5 $\rightarrow$ 3,2;
3.	Vaizdai ir pjūviai	Visi reikalingi pjūviai ir vaizdai nurodyti brėžinyje.
4.	Matmenų atitikimas standartiniai eilei	Ra5 – 16; 25.

		Ra10 – 32; Ra20 Ra40 – 17; 38; 44; 52; 404 – papildomi matmenys, kurie neatitinka jokios standartinės eilės.
5.	Matmenų išdėstymas pagal koordinačių ašis	Matmenys išdėstyti pagal 3 koordinačių ašis. Taigi detalę galima apdirbti programinėmis staklėmis.
6.	Techninės sąlygos (po brėžinio)	Kietumas HB229. LST EN 22768-mK.
7.	Matmenų matavimas	Visur nesudėtingas.
8.	Metalo rūšies parinkimas	Plienas C45 LST EN 10083-1
9.	Pasvirę paviršiai	Detalėje yra nuožula 2x45°
10.	Bazės	Detalės tvirtinimas nesudėtingas.
11.	Detalės standumas: $\frac{l}{d_{vid}} < 10$ l - detalės ilgis; d_{vid} - vidutinis detalės skersmuo	$\frac{404}{18,75} = 21,55$ Detalė yra nestandi.
12.	Terminio apdirbimo rūšis.	Terminis apdirbimas nereikalingas.
13.	Specialių technologinių operacijų reikalingumas	Nėra.
14.	Simetrijos ašys ir plokštumos.	Detalė turi vieną simetrijos ašį.
15.	Ar detalės konstrukcijos forma nesudarys papildomų sunkumų gaminant ruošinį	Detalės konstrukcijos forma nesudaro papildomų sunkumų gaminant ruošinį. Ruošinys yra valcuojamas, o skylės yra apdirbamos mechaniškai.
16.	Sunkumai, iškylantys dėl elementų išdėstymo mechaniškai apdirbant detalę.	Detalės konstrukcija nesudarys papildomų sunkumų mechaniškai apdirbant detalę.

Standartizacijos koeficientas:

$$K_{st.} = \frac{D_{st.}}{D} = \frac{6}{19} = 0,32; \quad (3.1)$$

čia $D_{st.}$ – standartizuotų paviršių skaičius,
D – visas paviršių skaičius.

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. Veleno konstrukcija nesudėtinga, cilindriniai paviršiai yra bendraašiai, tačiau detalė liauna. Skaičiuojame veleno standumą, ar standumas pakankamas? Kad būtų galima tiksliai apdirbti, norint pasiekti 7 – 8 tikslumo kokybę, jo ilgio ir skersmens santykis turi būti $l/d > 10$ –12. Veleno standumas laikomas nepakankamas, jei norint pasiekti 7 – 8 tikslumo kokybę, jo ilgio ir skersmens santykis $l/d > 10$ –12. Mano atveju veleno jo ilgio ir skersmens santykis $l/d \approx 16...25$, tad standumas nepakankamas. Todėl tiksliai apdirbant tikslus skersmenis reikės panaudoti

liunetą. Tarp atskirų veleno paviršių matmenų skirtumas nedidelis. Galima išlaikyti bazių pastovumo principą. Todėl apdirbant tekiniu, šlifavimo būdais išlaikysime detalės tiksluminius parametrus.

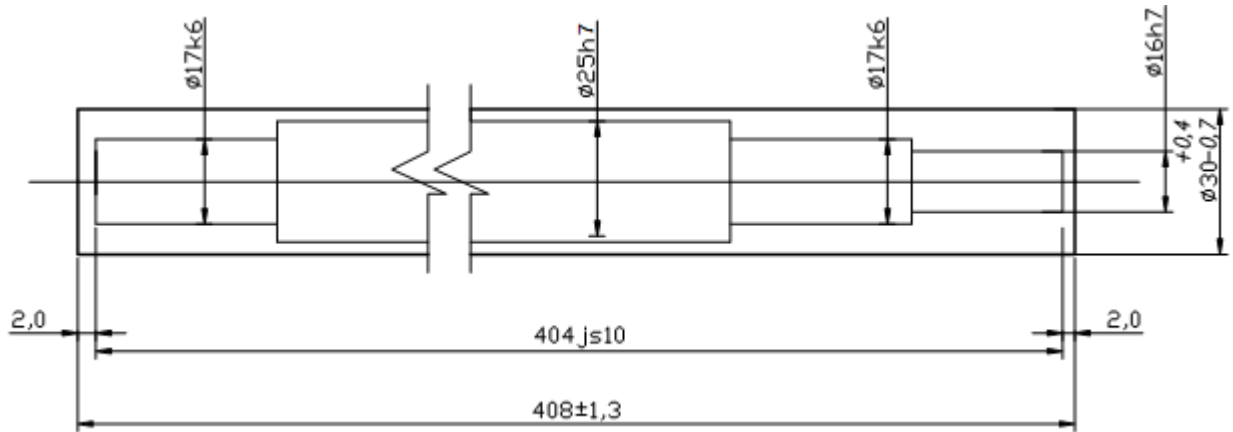
Apdirbamoms detalėms programinio valdymo staklėmis arba apdirbimo centruose keliami specifiniai konstrukcijos technologiškumo reikalavimai. Tai minimalus pjovimo įrankių kiekis pagal tipus ir matmenis. Ar galima detalę apdirbti vienoje padėtyje ir vienu įrankiu? Todėl tai numatoma technologiniame procese.

3.2. Ruošinio parinkimas

Parenkant ruošinį nustatome jo gavimo metodą, konfigūraciją, matmenis, užlaidas, tolerancijas, taip pat nustatome jo pagaminimo technines sąlygas. Detalės ruošinio gavimo metodas priklauso nuo detalės paskirties ir jos konstrukcijos, jos medžiagos, techninių reikalavimų, metinės gamybos programos ir gamybos tipo. Detalės ruošinį parenkame tokiu nuoseklumu. Iš pradžių, nustatome koks technologinis procesas geriausiai tinka detalei pagaminti: liejimas, kalimas, štapavimas, valcavimas. Taip pat analizuojame ar negalima panaudoti kombinuotą ruošinio gavimo būdą: liejimą – suvirinimą, štapavimą - suvirinimą. Po to parenkame ruošinio formos sudarymo metodą, parenkame įrenginį. Įrenginio tipas turi įtakos ruošinio pagaminimo tikslumui, užlaidos dydžiui, nuolydžiams. Galutinai ruošinio gavimo metodą pasirenkame pagal ekonominius rodiklius. Mūsų detalė yra sukimosi kūno formos. Konstrukcija nesudėtinga. Gamyba vienetinė ar mažom partijom, todėl ekonomiškiau būtų detalę gaminti tekiniu iš karštai valcuotų strypo, gaminamo pagal standartą LST EN 10083-1. Pagal šį standartą parenkame standartinio skersmens valcuotą strypą Ø30.

Veleno ruošinio parinkimas vienetinės gamybos atveju kai N=2

Veleno konstrukcija nesudėtinga. Tarp atskirų veleno paviršių matmenų skirtumas nedidelis. Ruošiniu, panaudojus karštai valcuotą strypą, medžiagos išnaudojimo koeficientas būtų didelis. Veleno gamybai parenkamas karštai valcuotas ruošinys 3.2 pav.



3.2 pav. Karštai valcuotas ruošinys

Apskaičiuojame ruošinio masę:

$$M_f = V_f \cdot \rho; \quad (3.2)$$

čia ρ – medžiagos tankis ($\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$);

V – ruošinio tūris m^3 .

$$V_f = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l = \frac{3,14 \cdot 30^2}{4} \cdot 408 = 288398 \text{ mm}^3 = 0,000288398 \text{ m}^3; \quad (3.3)$$

$$M_{det} = 1,265;$$

$$M_f = 288398 \cdot 7850 = 2,264 \text{ kg}.$$

Medžiagos sunaudojimo koeficiento skaičiavimas:

Tai detalės masės ir ruošinio masės santykis:

$$K_{m.iš} = \frac{M_{det.}}{M_{ruoš.}} = \frac{1,265}{2,264} = 0,558. \quad (3.4)$$

Apskaičiuojama sunaudotų atliekų kaina:

C45 plieno valcuoto strypo 1 kg kaina – 3,26 lt.

Pagamintos detalės masė – 1,265 kg.

Karštai valcuoto strypo ruošinio masė – 2,264 kg.

Į atliekas sunaudojamo ruošinio masė – $2,264 - 1,265 = 0,999 \text{ kg}$.

Į atliekas sunaudojamo ruošinio kaina – $0,999 \cdot 3,26 = 3,26 \text{ lt}$.

Todėl vienetinėje gamyboje detalę ekonomiškiau gaminti tekiniu iš karštai C45 valcuoto strypo. Strypai gaminami pagal standartą LST EN 10083-1.

Veleno ruošinio parinkimas serijinės gamybos atveju kai $N = 1500$

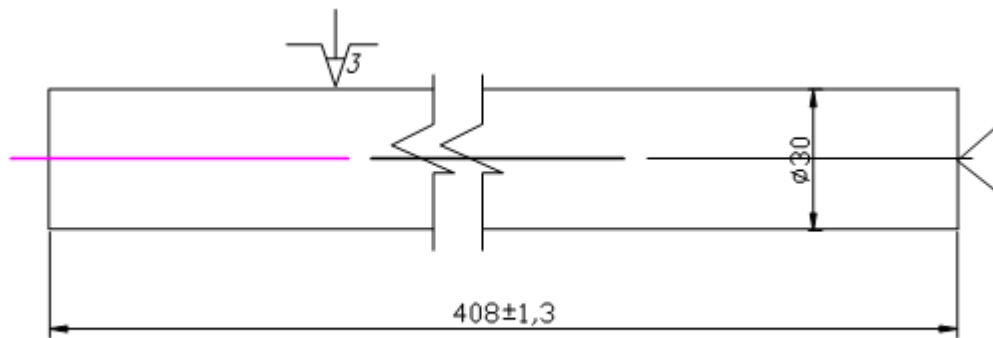
Serijinėje gamyboje detalę taip pat ekonomiškiau gaminti tekinant iš karštai valcuoto strypo. Veleno konstrukcija cilindrinė su nežymiais skersmenų skirtumais. Strypo konstrukcija paprasta ir tiksli palyginus su lietu ar šampuotu ruošiniu. Todėl nei šampuojant nei liejant ruošinį negausime žymios metalo ekonomijos, o tik pabloginsime ruošinio konstrukciją. Be to tai papildomos operacijos, kurių darbo sąnaudos nekompensuos metalo ekonomijos. Be to reikės papildomų gamybinių plotų, įrengimų. Visą tai įvertinus, savaime aišku, kad net serijinėje gamyboje nebus ekonomijos, o tik nuostoliai.

Technologinių bazių parinkimas

Ruošinio bazavimo ir tvirtinimo schema turi užtikrinti jo patikimą užtvirtinimą ir padėties stabilumą viso mechaninio apdirbimo metu numatytoje operacijoje. Bazavimo paviršius 3.3 pav. parenku taip, kad būtų užtikrintas matmenų ir paviršių tarpusavio padėties reikiamas tikslumas, kad įtaiso konstrukcija būtų kiek galima paprastesnė ir patikimesnė, kad būtų patogų ruošinį įdėti į įtaisą, užspausti ir po apdirbimo išimti, kad būtų galima laisvai privesti įrankius prie apdirbamų paviršių.

Numatomos šio apdirbimo proceso technologinės bazės:

Pirmoje ir antroje technologinėse bazės yra neapdirbtas strypo skersmuo. Ruošinį tvirtinsime griebtuve, o išilgai ruošinį bazuosime laikina atrama. Taip bazuodami ruošinį tekinimo staklėse galėsime tuo pačiu metu apdirbti ruošinio galinius paviršius, centruoti ir tekinti skersmenis. Trečioje operacijoje ruošinį bazuosime centruose su judamu liunetu, tekinsime skersmenį 6. Taip užtikrinsime skersmens 6 tikslumą ir techninę sąlygą. Tekinimo operacija atliekama HAAS SL-20 CNC staklėmis. Šlifavimo operacijose šlifuojant skersmenis 3,4 ir 9 ruošinį taip pat bazuosime centruose. Taip užtikrinsime detalės skersmenų 3,4, 9 ašiškumą detalės ašies atžvilgiu. Operacija atliekama vokiečių gamintojų KNUTH apvaliojo šlifavimo staklėmis. Frezavimo operacijoje ruošinio paviršių 6 bazuosime prizmėse, o paviršių 3 papildomai bazuosime reguliuojama atrama, kad užtikrintume ruošinio padėties stabilumą frezuojant pleištinį griovelį. Operacija atliekama frezavimo staklėmis KNUTH Rapimill 700.



3.3 pav. Ruošinio bazavimas tekimo staklėse

3.3. Detalės apdirbimo maršruto sudarymas

Sudaryti detalės maršrutą – tai reiškia išvardyti iš eilės atliekamas operacijas, nurodant staklių tipą. Maršruto sudarymas – sudėtingas uždavinys, turintis didelį sprendimo variantų kiekį. Išėities duomenys maršrutui sudaryti yra detalės darbo brėžinys su techniniais reikalavimais, ruošinio brėžinys su techniniais reikalavimais, anksčiau nustatytas gamybos tipas, parinktos technologinės bazės. Nuo to, kaip pilnai ir teisingai detalės apdirbimo maršrutas sudarytas priklausys gamybos organizavimas ir techniniai-ekonominiai skaičiavimai. Veleno apdirbimo technologinis maršrutas pateiktas 3.4 lentelėje.

Veleno apdirbimo technologinis maršrutas

3.4 lentelė

Oper. Nr.	Perė - jimo Nr.	Operacijos pavadinimas ir turinys	Staklių tipas	Įrankis
005	1	Nupjovimas: Nupjauti ruošinį L= 408mm	Automatinės juostinės nupjovimo staklės ABS-280B (Firma KNUTH)	Juostinis pjūklas MBS 178 WINTER
010	1 2 3	Tekimo: Tekinti ruošinio galą 11, išlaikant ilgį 406h12; Tekinti skersmenį 9 rupiai, išlaikant Ø20 h11; Tekinti nuožulą 10, skersmenį 9 glotniai	Tekimo staklės SL-20 (Firma HAAS Automatic)	Tiesus atraminis tekimo peilis DCLNR 2525-12

	4	išlaikant Ø17,6h9, paviršių 8 ir nuožulą 7; Centruoti paviršių 11		Centravimo grąžtas HSS A2006,3 X 16
015	1	Tekinimo Tekinti ruošinio galą 1, išlaikant ilgį 404js10; Tekinti skersmenis 3 ir 4 išlaikant Ø20 h11 rupiai; Tekinti nuožulą 2 ir skersmenį 3 glotniai, išlaikant Ø16,6h9 per 2 praėjimus; Tekinti skersmenį 4 išlaikant Ø17,6h9 ir paviršių 15 glotniai; Centruoti paviršių 1;	Tekinimo staklės SL-20 (Firma HAAS Automatic)	Tiesus atraminis tekinimo peilis DCLNR 2525-12
	2			
	3			
	4			
	5			Centravimo grąžtas HSS DIN333A A2006,3 X 16
	6	Gręžti skylę 18, sriegiui sriegti;		Grąžtas R840- 0510-50-AOA
	7	Sriegti sriegį 17;		Sriegiklis HSS TIN ISO504 M6 X 1,5
020	1	Tekinimo: Tekinti skersmenį 6 , išlaikant Ø28h11; Tekinti nuožulą 5 ir skersmenį 6 glotniai, išlaikant Ø26h9 Tekinti skersmenį 6 tiksliai išlaikant Ø25h7(-0,021) ir glotnumą Ra2,5;	Tekinimo staklės SL-20 (Firma HAAS Automatic)	Tiesus atraminis tekinimo peilis DCLNR 2525-12
	2			
	3			
025	1	Šlifavimo: Šlifuoti skersmenį 3 glotniai, išlaikant Ø16h7(-0,018)	Apvaliojo šlifavimo staklės RSM-500CNC (Firma KNUTH)	Šlifavimo diskas 1 300x40x127 25A 25-H CT2 K GOST 2424-88
	2	Šlifuoti skersmenį 4 glotniai, išlaikant Ø17k6		
030	1	Šlifavimo: Šlifuoti skersmenį 9 glotniai, išlaikant Ø17k6	Apvaliojo šlifavimo staklės RSM-500CNC (Firma KNUTH)	Šlifavimo diskas 1 300x40x127 25A 25-H CT2 K GOST 2424-88
035	1	Frezavimo: Frezuoti griovelį 16;		Pirštinė freza R216.23- 05045ACC11 P 1640
	2	Centruoti skylės 14 ir 13;	Gręžimo-frezavimo	Centravimo

	3	Gręžti skyles 14 ir 13;	centras Rapimill-700 (Firma KNUTH)	grąžtas HSS DIN333A A2006,3 X 16 Grąžtas R840- 0045-50-AOA 1220
--	---	-------------------------	--	--

3.4 Įrenginių ir įrangos parinkimas

Parinkus ruošinį, parenkame įrengimus detalės apdirbimui. Parenkame vidutinio našumo CNC tekimo stakles HAAS SL-20 veleno galų apdirbimui 3.4 pav. Šiomis staklėmis atliksime veleno tekimą, centravimą, gręžimą ir sriegimą.



3.4 pav. CNC Tekimo staklės HAAS SL-20

Veleno galų šlifavimui parenkame KNUTH firmos apvaliojo šlifavimo stakles RSM-500CNC 3.5 pav.



3.5 pav. Apvaliojo šlifavimo staklės RSM-500CNC

Veleno pleištinio griovelio frezavimui ir skylių gręžimui parenkame vertikales frezavimo CNC stakles KNUTH Rapimill 700 3.6 pav.



3.6 pav. CNC Frezavimo staklės KNUTH Rapimill 700

3.5. Užlaidų nustatymas

Užlaidų skersmeniui Ø25h7(-0,021) skaičiavimas

Operacija Nr.020

Užlaidų ir ribinių matmenų apskaičiavimas Ø25h7

3.5 lentelė

Skersmens Ø25Øh7(-0,021) apdirbimo technologijos kelias	Užlaidos elementai, µm				Apskai- čiuota užlaida $2z_{\min}$, µm	Apskai- čiuotas matmuo d_{sk} , mm	Toleran- cija T, µm	Ribiniai matmenys, mm		Ribinės užlaidos, µm	
	Rz	h	ρ	ε				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2z_{\min}^{rib}$	$2z_{\max}^{rib}$
Ruošinys	160	250	526	-		27,809	1100	27,809	28,909		
Oper.020 Perėjimas1	50	50	526	-	1872	25,937	615	25,937	26,552	1872	2842
Tekinimas rupusis.				-							
Oper.020 Perėjimas2	30	30	303		806	25,131	52	25,131	25,183	806	884
Tekinimas.				-							
glotnūs	3	3	16		152	24,98	21	24,98	25,000	152	183
Oper.020											
Perėjimas3											
Tekinimas tikslus											
Iš viso:										2830	3909

Operacija Nr.020.

Perėjimas 1

Pirmoje technologinėje pakopoje, kai ruošiniui bazuoti naudojamos rupios neapdirbtos bazės, toleranciją reikia parinkti ne pagal ekonomišką apdirbimo metodo lentelėje nurodytą tikslumo laipsnį, o apskaičiuoti pagal formulę:

$$T = (T_{ruoš} + T_{apd})/2 = (1100 + 130)/2 = 615 \text{ µm}; \quad (3.5)$$

Rupaus tekinimu pasiekiamas h11(-0,130) matmens tiksluminis kvalitetas: $T_{apd} = 130 \text{ µm}$

Pastatymo paklaida radialine kryptimi:

Ruošinį bazuojame centruose.

čia $\varepsilon_b = 0$ – bazavimo paklaida,

$\varepsilon_{tv} = 0$ – tvirtinimo paklaida;

Ruošinių lyginamasis kreivumas Δ_k µm 1 mm ilgiui): $\Delta_k = 1,3$ [26, p.13, lent.1.13] ruoš.Ø30

$$\text{Erdvinių nuokrypių vertė yra: } \rho_{i-1} = \Delta_k \cdot L = 1,3 \times 404 = 526 \text{ µm}. \quad (3.6)$$

Skaičiuojame minimalią užlaidą:

$$2z_{\min}=2[R_{zi-1}+h_{i-1}+(\rho_{i-1}^2+\varepsilon_i^2)^{0,5}] \quad (3.7)$$

čia R_{zi-1} - ankstesnės operacijos profilio mikronelygumų aukštis μm ;

h_{i-1} - po ankstesnės operacijos defektinio sluoksnio gylis μm ;

ρ_{i-1} - po ankstesnės operacijos paviršiaus erdvinės nuokrypos μm ;

ε_i - ruošinio pastatymo paklaida vykdomoje operacijoje μm .

$$2z_{\min}=2[R_{zi-1}+h_{i-1}+(\rho_{i-1}^2+\varepsilon_i^2)^{0,5}]=2[160+250+(526^2+0)^{0,5}]=1872 \mu\text{m}.$$

Skaičiuojame maksimalią užlaidą:

$$2z_{\max}=2z_{i \min}+Td_{i-1}-Td_i \quad (3.8)$$

čia T_{Di-1} - ankstesnės operacijos matmens tolerancija μm ;

T_{Di} – atliekamos operacijos matmens tolerancija μm .

$$2z_{\max}=2z_{i \min}+Td_{i-1}-Td_i=1872+1100-130=2842 \mu\text{m}.$$

Perėjimas 2

Glotnus tekinimas h9(-0,052) matmens tiksluminis kvalitetas: $T_{\text{apd.}}=52 \mu\text{m}$.

Tvirtinimo paklaida radialine kryptimi: $\varepsilon_{tv.}=0$; ruošinys neperstatomas.

Bazavimo paklaida: $\varepsilon_d=0$;

Ruošinių lyginamasis kreivumas Δ_k (μm 1 mm ilgiui): $\Delta_k=0,75$.

$L=404\text{mm}$ - ruošinio ilgis.

Erdvinių nuokrypių vertė yra: $\rho_{i-1}=\Delta_k \cdot L=0,75 \times 404=303 \mu\text{m}$.

Skaičiuojame minimalią užlaidą:

$$2z_{\min}=2[R_{zi-1}+h_{i-1}+(\rho_{i-1}^2+\varepsilon_i^2)^{0,5}]=2(50+50+303)=806 \mu\text{m}.$$

Skaičiuojame maksimalią užlaidą:

$$2z_{\max}=2z_{i \min}+Td_{i-1}-Td_i=806+130-52=884 \mu\text{m}.$$

Perėjimas 3

Tikslus tekinimas h7(-0,021) matmens tiksluminis kvalitetas: $T_{\text{apd.}}=21 \mu\text{m}$

Tvirtinimo paklaida radialine kryptimi: $\varepsilon_{tv.}=0$; ruošinys neperstatomas.

Bazavimo paklaida: $\varepsilon_d=0$;

Ruošinių lyginamasis kreivumas Δ_k (μm 1 mm ilgiui): $\Delta_k = 0,04$.

$L = 404\text{mm}$ - ruošinio ilgis.

Erdvinių nuokrypių vertė yra: $\rho_{i-1} = \Delta_k \cdot L = 0,04 \times 404 = 16 \mu\text{m}$.

$$2z_{\min} = 2[R_{zi-1} + h_{i-1} + (\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2)^{0,5}] = 2(30 + 30 + 16) = 152 \mu\text{m}.$$

Skaičiuojame maksimalią užlaidą:

$$2z_{\max} = 2z_{i \min} + Td_{i-1} - Td_i = 152 + 52 - 21 = 183 \mu\text{m}.$$

Skaičiuojame ribinius matmenis d_{sk} , $d_{\min}$:

$$d_{\min}^3 = d_{\text{nom}}^3 - T^3 = 25 - 0,021 = 24,979 \text{ mm};$$

$$d_{\min}^2 = d_{\min}^3 + 2z_{\min}^3 = 24,979 + 0,152 = 25,131 \text{ mm};$$

$$d_{\min}^1 = d_{\min}^2 + 2z_{\min}^2 = 25,131 + 0,806 = 25,937 \text{ mm};$$

$$d_{\min}^R = d_{\min}^1 + 2z_{\min}^1 = 25,937 + 1,872 = 27,809 \text{ mm}.$$

Skaičiuojame $d_{\max}$:

$$d_{\max}^3 = d_{\min}^3 + T^3 = 24,979 + 0,021 = 25,000 \text{ mm};$$

$$d_{\max}^2 = d_{\min}^2 + T^2 = 25,131 + 0,806 = 25,937 \text{ mm};$$

$$d_{\max}^1 = d_{\min}^1 + T^1 = 25,937 + 0,615 = 26,552 \text{ mm};$$

$$d_{\max}^R = d_{\min}^R + T^R = 27,809 + 1,100 = 28,909 \text{ mm}.$$

Ruošinio parinkimas

Ruošinio skersmenį parenkame pagal punkto 3 užlaidų skersmeniui $\text{Ø}25\text{h}7(-0,021)$ skaičiavimą.

Operacija Nr.020. $d_{\max}^R = 28,909 \text{ mm}$.

Pagal standartą LST EN 10083-1 parenkame karštai valcuotą strypą normalaus tikslumo $\text{Ø}30^{+0,040}_{-0,70}$.

Užlaidų analitinis skaičiavimas matmeniui $404\text{js}10(\pm 0,125)$

Operacija Nr. 005

Po atpjovimo ruošinio ilgio tolerancija: $T_{\text{ruoš.}} = \pm 1,30\text{mm}$.

Galinio paviršiaus nestatmenumas ruošinio ašiai:

$$\rho = 0,01D = 0,01 \times 30 = 0,30\text{mm} = 300 \mu\text{m}; \quad (3.9)$$

Valcuotų ruošinių galinio paviršiaus kokybiniai parametrai po atpjovimo juostiniu pjūklų

$$(Rz_i + h_i) = 0,300 \text{ mm} = 300 \mu\text{m}.$$

Operacija Nr.010

Perėjimas 1

Tekinimo metu pasiekiamas ruošinio ilgio js12($\pm 0,315$) matmens tiksluminis kвалitetas:

$$T_{\text{apd.}} = 630 \mu\text{m};$$

Tvirtinimo paklaida ašine kryptimi: $\varepsilon_{\text{tv.}} = 370 \mu\text{m}.$

Operacija Nr.015

Perėjimas 1

Tekinimo metu pasiekiamas ruošinio ilgio js10($\pm 0,125$) matmens tiksluminis kвалitetas.

$$T_{\text{apd.}} = 250 \mu\text{m}$$

Tvirtinimo paklaida ašine kryptimi:

$$\varepsilon_{\text{tv.}} = 370 \mu\text{m}.$$

Skaičiuojame minimalią plokštumų užlaidą pagal formulę:

$$z_{\min} = (Rz_{i-1} + h_{i-1}) + \rho_{i-1} + \varepsilon_i = 300 + 300 + 370 = 970 = 0,970 \text{ mm} \quad (3.10)$$

Skaičiuojame ribinius matmenis:

$$l_{\min} = l_{\text{nom}} - T; \quad (3.11)$$

$$l_{\max} = l_{\min} + T; \quad (3.12)$$

Oper.Nr.015

$$l_{\min} = l_{\text{nom}} - T = 404 - 0,125 = 403,875 \text{ mm};$$

$$l_{\max} = l_{\min} + T = 403,875 + 0,250 = 404,125 \text{ mm}.$$

Oper.Nr.010

$$l_{\min} = l_{\min} + z_{\min} = 403,875 + 0,970 = 404,845 \text{ mm};$$

$$l_{\max} = l_{\min} + T = 404,845 + 0,630 = 405,475 \text{ mm}.$$

Oper.Nr.005

$$l_{\min} = l_{\min} + z_{\min} = 404,845 + 0,970 = 405,815 \text{ mm};$$

$$l_{\max} = l_{\min} + T = 405,815 + 2,600 = 408,415 \text{ mm}.$$

Užlaidų ir ribinių matmenų apskaičiavimas apdirbant ašies galus 404js10(±0,125)

3.6 lentelė

Veleno galinių paviršių apdirbimas 404js10(±0,125)	Užlaidos elementai, μm				Apskai- čiuota užlaida $z_{\min}$, μm	Apskai- čiuotas matmuo, mm	Toleranci- ja T , μm	Ribiniai matmenys, mm		Ribinės užlaidos, μm	
	R_z	h	ρ	ε				$l_{\min}$	$l_{\max}$	$z_{\min}$	$z_{\max}$
Oper.Nr005 Ruošiny 1	300		300	-	-	405,815	2600	405,815	408,415	-	-
Oper.Nr010 Galinio paviršiaus apdirbimas Perėjimas 1	50	50	-	370	970	404,845	630	404,845	405,475	970	2940
Oper.Nr005 Ruošiny 2	300		300	-	-	404,845	630	404,845	405,475	-	-
Oper.Nr015 Galinio paviršiaus apdirbimas Perėjimas 1	50	50	-	370	970	403,875	250	403,875	404,125	1350	1350
Iš viso:										2320	4290

3.6. Pjovimo režimų nustatymas**Skaičiuojame pjovimo režimus:**

Pjovimo režimų skaičiavimo duomenys parengiami pagal pjovimo režimų parinkimo apdirbant su įrankiais iš greitapjūvio plieno ir iš kietlydinio oficialius leidinius. Jie sudaryti taip, kad naudojami įrankiai būtų su optimaliais pjovimo dalies geometriniais parametrais ir pagalasti: su pjovimo dalimis iš kietlydinio – deimantiniais diskais, iš greitapjūvio plieno – diskais iš elboro.

Nustatant pjovimo režimų elementus, įvertinamas apdirbimo būdas, įrankio tipas ir matmenys, jo pjaunamosios dalies medžiaga, ruošinio medžiaga ir būklė, įrengimų tipas bei jų būklė.

Švedijos firmos „Sandvik Coromant“ įrankiams pjovimo režimai parenkami pagal firmos rekomenduojamą metodiką.

Nupjovimo operacija Nr. 005

Juostinės nupjovimo staklės ABS-280B

Perėjimas Nr.1.Nupjauti ruošinį, išlaikant matmenį $408 \pm 1,3$

Juostinis pjūklas HSS.

Ruošinio skersmuo $\varnothing 30$ mm;

$t = 1,5$ mm- pjūvio plotis;

$s_z = 0,05$ mm/min;

$z = 680$;

$s = s_z \times 680 = 34$ mm/aps;

$n = 6$ min⁻¹

$$s_m = s_z \times z \times n = 0,05 \times 680 \times 6 = 204,0 \text{ mm/min}; \quad (3.13)$$

$v = 20,0$ m/min;

$T = 60$ min;

Mašininio laiko skaičiavimas:

$$T_m = L / s_m, \text{ min}; \quad (3.14)$$

čia $l = 30,0$ mm – ruošinio skersmuo

$l_1 = 5,0$ mm - pjūklo įsipjovimas

$l_2 = 2,0$ mm - pjūklo išėjimas

$L = l + l_1 + l_2 = 30 + 5,0 + 2,0 = 37,0$ mm - darbinė eiga;

$T_m = L / s_m = 37 / 204 = 0,181$ min

Mašininis laikas $T_m = 0,181$ min.

Ruošinio nupjovimo režimai

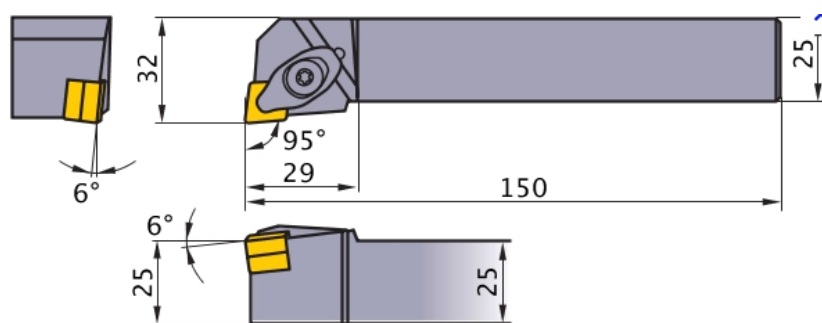
3.7 Lentelė

Operacijos Nr.	Perėjimo Nr.	Operacija	Staklių tipas	Pjovimo gylis t, mm	Pastūma s, mm/aps	Apsisukimų skaičius n, r/min	Pjovimo greitis v, m/min	Mašininis apdirbimo laikas $T_{m \text{ min}}$	Vienetinis apdirbimo laikas $T_v \text{ min}$
005	1	Nupjovimas: Nupjauti ruošinį L=408mm	Automatinės juostinės nupjovimo staklės ABS-280B (Firma KNUTH)	1,5	34	6	20	0,18 1	0,225

Tekinimo operacija Nr.010. Tekinimo staklės SL-20**Perėjimas Nr.1**

Tekinti paviršių 11, išlaikant matmenį 406h12

1. Parenkame tekinimo peilį grubiam tekinimui DCLNR 2525M 12 3.6 pav.

**3.7 pav. SANDVIK Coromant tiesus atraminis peilis**

2. Plokštelės tipas CNMG 120408 T15K6 grubiam tekinimui.

Plokštelės parametrai: $\varphi = 95^0$; $\varphi_1 = 10^0$; $\gamma = 5^0$; $\lambda = -6^0$; $\alpha = 6^0$; $R = 0,8\text{mm}$

Parenkame pastūmą:

$s = 0,30$ mm, kai peilio $R = 0,8$ mm

[19, p.267, 14 lent.]

3. Pjovimo gylis $t = 2,0$ mm

4. Apskaičiuojame pjovimo greitį v m/min:

$T = 30$ min-priimame

[19, p.238]

$$v = \frac{420}{30^{0,2} \times 2,0^{0,15} \times 0,30^{0,2}} \times 0,74 = \frac{420}{1,97 \times 1,15 \times 0,78} \times 0,74 = 175,8 \text{ m/min} \quad (3.15)$$

$$v = 175,0 \text{ m/min};$$

5. Skaičiuojame sūklės sukimosi dažnį:

$$n = 1000 \times v / \pi \times D = 1000 \times 175 / \pi \times 30 = 1856 \text{ min}^{-1}; \quad (3.16)$$

$$n = 1856 \text{ min}^{-1};$$

6. Mašininį laiką T_m tekimui apskaičiuojame pagal formulę:

$$T_m = L \times i / n \times s; \text{ min} \quad (3.17)$$

čia s – pastūma mm/aps;

n – sūklės sukimosi dažnis aps/min;

$L = 15 + 1,0 + 1,0 = 17,0$ mm - darbinė eiga;

$l = 30/2 = 15$ mm - peilio darbinė eiga, mm;

$l_1 = 1,0$ mm - peilio įsipjovimas

$l_2 = 1,0$ - peilio išėjimas

$$T_m = L / s n = 17 / 1856 \times 0,30 = 0,031 \text{ min.}$$

Perėjimas Nr.2

Tekinti grubiai skersmenį 9 per 2 praėjimus, išlaikant skersmenį Ø20h12:

1. Nustatome pjovimo gylį. $t = 2,5$ mm; $Ra = 5 \mu\text{m}$ [19, p.265]

2. Parenkama pastūma $s = 0,30$ mm, kai peilio $R = 0,8$ mm [19, p.267, 14 lent.]

3. Apskaičiuojame pjovimo greitį rupiam tekimui: $v = 175,0 \text{ m/min}$;

4. Skaičiuojame sūklės sukimosi dažnį: $n = 1856 \text{ min}^{-1}$;

5. Skaičiuojame mašininį laiką:

$$T_m = L / s \cdot n = 45 \times 2 / 1856 \times 0,30 = 0,162 \text{ min.}$$

6. Skaičiuojame pjovimo jėgas rupiam tekimui:

$$P_z = 10 \times C_p \times t^x \times s^y \times v^n \times K_p ; N \quad [19, p.271] \quad (3.18)$$

$$P_x = 10 \times 339 \times 2,5^1 \times 0,30^{0,5} \times 175^{-0,4} \times 1,05 = 10 \times 339 \times 2,5 \times 0,54 \times 0,13 \times 1,05 = 624 \text{ N};$$

$$P_x = 624 \text{ N.}$$

7. Skaičiuojame pjovimo galingumą:

$$N_p = P_z \cdot v / 1020 \cdot 60 = 1159 \cdot 175 / 1020 \cdot 60 = 3,14 \text{ kW}; \quad [19, p.271] \quad (3.19)$$

Patikriname, ar pakanka staklių galingumo.

Reikia patenkinti sąlygą:

$$N_p \leq N_{st.sp.}$$

Parenkame tekimo stakles firmos Haas Automation Inc modelį: SL-20 .

Staklių SL-20 sūklės galingumas 14,9 kW;

$$n_{max} = 4000 \text{ min}^{-1};$$

$$3,14 < 14,9 \text{ kW, dirbti galima.}$$

Perėjimas Nr.3

Tekinti nuožulą 10, skersmenį 9, išlaikant $\varnothing 17,6 \text{ h9}$, paviršių 8 ir nuožulą 7 glotniai;

1. Pjovimo gylis $t = 1,2 \text{ mm}$; $R_a = 2,5 \mu\text{m}$ [19, p.265]

2. Parenkame pastūmą: $s = 0,20 \text{ mm}$, kai peilio $R = 0,4 \text{ mm}$; [19, p.268, lent.]

3. Apskaičiuojame pjovimo greitį glotniam tekimui:

$$v = \frac{420}{30^{0,2} \times 1,2^{0,15} \times 0,20^{0,2}} \times 0,74 = \frac{420}{1,97 \times 1,0 \times 0,72} \times 0,74 = 219,0 \text{ m/min}$$

$$v = 219 \text{ m/min};$$

4. Skaičiuojame špindelės sukimosi dažnį:

$$n = 1000 \times v / \pi \times D = 1000 \times 219 / \pi \times 30 = 2323 \text{ min}^{-1};$$

$$n = 2323 \text{ min}^{-1};$$

5. Skaičiuojame mašininį laiką:

$$T_m = L / s \times n = 55,3 / 2323 \times 0,20 = 0,119 \text{ min.}$$

Perėjimas Nr.4

Centruoti paviršių 11, išlaikant matmenį 12;

Gražtas Nr.1; Centravimo gražtas HSS DIN 333A A2006.3×16.0;

S= 0,1mm/aps;

t= 4 mm;

v=20 m/min;

$$n = v \times 1000 / D \times \pi = 16 \times 1000 / 10 \times \pi = 500 \text{ min}^{-1}.$$

Skaičiuojame mašininį laiką:

$$T_m = L / s \times n = 12 / 500 \times 0,10 = 0,240 \text{ min}$$

Tekinimo – centravimo režimai

3.8 Lentelė

Operacijos Nr.	Perėjimo Nr.	Operacija	Staklių tipas	Pjovimo gylis t, mm	Pastūma s, mm/aps	Apsisukimų skaičius n, r/min	Pjovimo greitis v, m/min	Mašininis apdirbimo laikas T _m min	Vienetinis apdirbimo laikas T _v min
010	1	Paviršiaus 11 galo nutekinimas	Tekinimo staklės SL-20 (Firma HAAS Automatic)	2,0	0,30	1856	17 5	0,031	0,685
	2	Paviršiaus 9 grubus tekinimas		2,5	0,30	1856	17 5	0,162	
	3	Nuožulos 10 tekinimas, paviršiaus 9 glotnus tekinimas, paviršiaus 8 ir nuožulos 7 tekinimas.		1,2	0,20	2323	21 9	0,119	
	4	Paviršiaus 11 centravimas		4,0	0,10	500	20	0,240	

Tekinimo operacija Nr.015. Tekinimo staklės SL-20**Perėjimas Nr.1**

Tekinti paviršių 1 grubiai, išlaikant matmenį 404js10:

1. Parenkame pastūmą:

$$s = 0,30 \text{ mm, kai peilio } R = 0,8 \text{ mm; } [19, \text{ p.267, 14 lent.}]$$

2. Parenkamas pjovimo gylis $t = 2,0 \text{ mm}$.

3. Apskaičiuojame pjovimo greitį:

$$v = \frac{420}{30^{0,2} \times 2,0^{0,15} \times 0,30^{0,2}} \times 0,74 = \frac{420}{1,97 \times 1,06 \times 0,78} \times 0,74 = 190,8 \text{ m/min;}$$

$$v = 190,0 \text{ m/min;}$$

4. Skaičiuojame sūklės sukimosi dažnį:

$$n = 1000 \times v / \pi \times D = 1000 \times 190 / \pi \times 30 = 2015 \text{ min}^{-1};$$

$$n = 2015 \text{ min}^{-1};$$

5. Mašininis laikas T_m tekinimui apskaičiuojame pagal formulę:

$$T_m = L \times i / n \times s; \text{ min}$$

$$T_m = L / s n = 17 / 2015 \times 0,30 = 0,028 \text{ min.}$$

Perėjimas Nr.2

Tekinti skersmenis 3 ir 4 per 2 praėjimus grubiai, išlaikant skersmenį Ø20h12:

1. Nustatome pjovimo gylį. $R_a = 5 \mu\text{m}$ $t = 2,5 \text{ mm}$ [19, p.265]

2. Pastūmą parenkame $s = 0,30 \text{ mm/aps}$, kai peilio $R = 0,8 \text{ mm}$ [19, p.267, 14 lent.]

3. Apskaičiuojame pjovimo greitį rupiam tekinimui: $v = 175,0 \text{ m/min;}$

4. Skaičiuojame sūklės sukimosi dažnį: $n = 1856 \text{ min}^{-1};$

5. Skaičiuojame mašininį laiką:

$$T_m = L \times i / n \times s; \text{ min}$$

$$T_m = L / s n = 92 \times 2 / 1856 \times 0,30 = 0,330 \text{ min.}$$

Perėjimas Nr.3

Tekinti skersmenį 3, išlaikant Ø16,6h9 glotniai su plokštelės radiusu $r = 0,4$:

1. Nustatome pjovimo gylį:

$$t = 1,7 \text{ mm; } R_a = 2,5 \mu\text{m;}$$

$$[19, \text{ p.265}]$$

2. Parenkame pastūmą:

$$s = 0,20 \text{ mm;}$$

$$[19, \text{ p.268, 14 lent.}]$$

3. Apskaičiuojame pjovimo greitį glotniam tekinimui:

$$v = \frac{420}{30^{0,2} \times 1,7^{0,15} \times 0,20^{0,2}} \times 0,74 = \frac{420}{1,97 \times 1,08 \times 0,72} \times 0,74 = 197,0 \text{ m/min};$$

$$v = 197 \text{ m/min};$$

4. Skaičiuojame sūklį sukimosi dažnį:

$$n = 1000 \times v / \pi \times D = 1000 \times 197 / \pi \times 20 = 3153 \text{ min}^{-1};$$

$$n = 3153 \text{ min}^{-1};$$

5. Skaičiuojame mašininį laiką:

$$T_m = L \times i / n \times s; \text{ min}$$

$$T_m = L \times 2 / s \times n = 41,2 \times 2 / 3153 \times 0,20 = 0,130 \text{ min}$$

Perėjimas Nr.4

Tekinti skersmenį 4, išlaikant Ø17,6h9 ir paviršių 15 glotniai:

1. Nustatome pjovimo gylį:

$$t = 1,2 \text{ mm}; \quad Ra = 2,5 \mu\text{m}$$

[19, p.265]

2. Parenkame pastūmą:

$$s = 0,20 \text{ mm};$$

[19, p.268, 14 lent.]

3. Apskaičiuojame pjovimo greitį glotniam tekinimui:

$$v = \frac{420}{30^{0,2} \times 1,2^{0,15} \times 0,20^{0,2}} \times 0,74 = \frac{420}{1,97 \times 1,0 \times 0,72} \times 0,74 = 219,0 \text{ m/min};$$

$$v = 219 \text{ m/min};$$

4. Skaičiuojame sūklį sukimosi dažnį:

$$n = 1000 \times v / \pi \times D = 1000 \times 219 / \pi \times 30 = 2323 \text{ min}^{-1};$$

$$n = 2323 \text{ min}^{-1};$$

5. Skaičiuojame mašininį laiką:

$$T_m = L \times i / n \times s; \text{ min}$$

$$T_m = L / s \times n = 60,2 / 2323 \times 0,20 = 0,129 \text{ min}.$$

Perėjimas Nr.5

Centruoti paviršių 1, išlaikant matmenį 19;

Grąžtas Nr.1; Centravimo grąžtas HSS DIN 333A A2006.3×16.0;

S= 0,1mm/aps;

t= 4 mm;

v=20m/min;

$$n = v \times 1000 / D \times \pi = 16 \times 1000 / 10 \times \pi = 500 \text{ min}^{-1}.$$

Skaičiuojame mašininį laiką:

$$T_m = L \times i / n \times s ; \text{ min}$$

$$T_m = L / s n = 12 / 500 \times 0,10 = 0,240 \text{ min.}$$

Perėjimas Nr.6

Gręžti skylę 18 sriegiui M6-7H sriegti.

Grąžtas Nr.2; Grąžtas R840-0510-50-A0A 1220 (SANDVIK coromant).

Pjovimo režimai skaičiuoti Cutting Data Module (SANDVIK coromant).

$$T = 15 \text{ min;}$$

$$s = 0,18 \text{ mm/aps;}$$

$$t = 2,55 \text{ mm;}$$

$$v = 48 \text{ m/min}$$

$$n = 3000 \text{ min}^{-1}.$$

Skaičiuojame mašininį laiką:

$$T_m = L \times i / n \times s; \text{ min}$$

$$T_m = L \times i / s n = 21 / 3000 \times 0,18 = 0,004 \text{ min.}$$

Perėjimas Nr.7

Sriegti sriegį 17(M6-7H);

Sriegiklis Nr.3; Sriegiklis HSSTiN ISO504 M6×1,5.

$$s = 1,5 \text{ mm/aps;}$$

$$t = 1,20 \text{ mm;}$$

$$i = 2 \text{ (sriegiklio pjovimo ir išsukimo eigos);}$$

$$v = 6 \text{ m/min;}$$

$$n = 1000 \times v / \pi \times d = 1000 \times 6 / \pi \times 6 = 320 \text{ min}^{-1}.$$

Skaičiuojame mašininį laiką:

$$T_m = L \times i / n \times s; \text{ min}$$

$$T_m = L \times i / s n = 20 \times 2 / 320 \times 1,5 = 0,084 \text{ min.}$$

Operacijos 015 režimai

3.9

Lentelė

Operacijos Nr.	Perėjimo Nr.	Operacija	Staklių tipas	Pjovimo gylis t, mm	Pastūma s, mm/aps	Apsisukimų skaičius n, r/min	Pjovimo greitis v, m/min	Mašininis apdirbimo laikas T _m min	Vienetinis apdirbimo laikas T _v min
015	1	Paviršiaus 1 galo nutekinimas	Tekinimo staklės SL-20 (Firma HAAS Automatic)	1,5	0,30	2015	190	0,028	1,545
	2	Paviršių 3, 4 grubus tekinimas		2,5	0,30	1856	175	0,330	
	3	Nuožulos 2 ir paviršiaus 3 glotnus tekinimas		1,7	0,20	3153	197	0,130	
	4	Paviršių 4, 15 glotnus tekinimas		1,2	0,20	2323	219	0,129	
	5	Paviršiaus 1 centravimas		4	0,10	500	20	0,240	
	6	Paviršiaus 18 gręžimas		2,5 5	0,18	3000	48	0,004	
	7	Paviršiaus 17 sriegimas		1,2	1,50	320	6	0,084	

Tekinimo operacija Nr.020. Tekinimo staklės SL-20**Perėjimas Nr.1**

Tekinti skersmenį 6, išlaikant Ø28h11 grubiai dviem praėjimais:

1. Nustatome pjovimo gylį. Ra=5 µm t =1,0 mm [19, p.265]
2. Parenkama pastūma s =0,30 mm/aps, kai peilio R=0,8m [19, p.267, 14 lent.]

3. Apskaičiuojame pjovimo greitį rupiam tekimui:

$$v = \frac{420}{30^{0,2} \times 1,0^{0,15} \times 0,30^{0,2}} \times 0,74 = \frac{420}{1,97 \times 1,0 \times 0,78} \times 0,74 = 202,2 \text{ m/min};$$

$$v = 202,0 \text{ m/min};$$

4. Skaičiuojame sūklį sukimosi dažnį:

$$n = 1000 \times v / \pi \times D = 1000 \times 202 / \pi \times 30 = 2143 \text{ min}^{-1};$$

$$n = 2143 \text{ min}^{-1};$$

5. Skaičiuojame mašininį laiką:

$$T_m = L \times i / n \times s; \text{ min}$$

$$T_m = L / s \times n = 272 / 2143 \times 0,30 = 0,423 \text{ min}.$$

Perėjimas Nr.2

Tekinti nuožulą 7 ir skersmenį 6, išlaikant Ø26h9 glotniai:

1. Nustatome pjovimo gylį: $t=1,0 \text{ mm}$; $Ra=2,5$

[19, p.265]

2. Parenkame pastūmą:

$s=0,20 \text{ mm}$, kai peilio $R=0,4 \text{ mm}$;

[19, p.268, 14 lent.]

3. Apskaičiuojame pjovimo greitį glotniam tekimui:

$$v = \frac{420}{30^{0,2} \times 1,0^{0,15} \times 0,20^{0,2}} \times 0,74 = \frac{420}{1,97 \times 1,0 \times 0,72} \times 0,74 = 219,0 \text{ m/min};$$

$$v = 219 \text{ m/min};$$

4. Skaičiuojame sūklį sukimosi dažnį:

$$n = 1000 \times v / \pi \times D = 1000 \times 219 / \pi \times 28 = 2489 \text{ min}^{-1};$$

$$n = 2489 \text{ min}^{-1};$$

5. Skaičiuojame mašininį laiką:

$$T_m = L \times i / n \times s; \text{ min}$$

$$T_m = L / s \times n = 274 / 2489 \times 0,20 = 0,550 \text{ min}.$$

Perėjimas Nr.3

Tekinti skersmenį 6 tiksliai, išlaikant Ø25h7:

1. Nustatome pjovimo gylį: $t=0,5 \text{ mm}$; $Ra=2,5$

[19, p.265]

2. Parenkame pastūmą:

$s=0,10 \text{ mm}$, kai peilio $R=0,4 \text{ mm}$;

[19, p.268, 14 lent.]

3. Apskaičiuojame pjovimo greitį glotniam tekimui:

$$v = \frac{420}{30^{0,2} \times 0,50^{0,15} \times 0,10^{0,2}} \times 0,74 = \frac{420}{1,97 \times 0,90 \times 0,63} \times 0,74 = 278,2 \text{ m/min}$$

$$v = 278 \text{ m/min};$$

4. Skaičiuojame sūklės sukimosi dažnį:

$$n = 1000 \times v / \pi \times D = 1000 \times 278 / \pi \times 26 = 3403 \text{ min}^{-1};$$

$$n = 3403 \text{ min}^{-1};$$

5. Skaičiuojame mašininį laiką:

$$T_m = L \times i / n \times s; \text{ min}$$

$$T_m = L / s \times n = 272 / 3403 \times 0,10 = 0,800 \text{ min.}$$

Tekinimo operacijos 020 režimai

3.10 lentelė

Operacijos Nr.	Perėjimo Nr.	Operacija	Staklių tipas	Pjovimo gylis t, mm	Pastūma s, mm/aps	Apsisukimų skaičius n, r/min	Pjovimo greitis v, m/min	Mašininis apdirbimo laikas T _m min	Vienetinis apdirbimo laikas T _v min
020	1	Paviršiaus 6 grubus tekimas	Tekinimo staklės SL-20 (Firma HAAS Automatic)	1,0	0,30	2143	202	0,423	2,200
	2	Nuožulos 7 ir paviršiaus 6 glotnus tekimas		1,0	0,20	2489	219	0,550	
	3	Paviršiaus 6 glotnus tekimas		0,5	0,10	3403	278	0,800	

Šlifavimo operacija Nr.025. Apvaliojo šlifavimo staklės RSN-500CNC

Perėjimas Nr.1

Šlifuoti skersmenį 3 glotniai, išlaikant Ø16h7, išilginę pastūmą;

Šlifavimo diskas 1 300×40×127 25A 25-H CT2 K GOST 2424-88:

1. Šlifavimo disko greitis:

$$v_{\text{šl.disk}} = 35 \text{ m/s};$$

$h=0,30$ mm – šlifavimo užlaida

2. Parenkame ruošinio greitį:

$$v_r = 10 \text{ m/min};$$

3. Skaičiuojame ruošinio sūkių skaičių:

$$n_r = v_r \times 1000 / \pi \times d = 10 \times 1000 / \pi \times 16,6 = 191 \text{ sūk/min};$$

Priimame: $n_r = 200$ sūk/min;

4. Parenkame pjovimo gylį t , arba pastūmą s_{tx} ;

$$s_{tx}(t) = 0,01 \text{ mm/eig};$$

5. Nustatome išilginę pastūmą vienam ruošinio sūkiui:

$$s = s_r \times B = 0,05 \times 40 = 2 \text{ mm/ruoš.sūk}; \quad (3.20)$$

6. Skaičiuojame išilginės pastūmos greitį:

$$v_s = s \times n_r / 1000 = 2 \times 200 / 1000 = 0,4 \text{ m/min};$$

7. Skaičiuojame pjovimo galią:

$$N_p = C_N \times v_r^r \times s_{tx}^x \times s^y \times d^q;$$

$$C_N = 1,3$$

$$v_r^r = 0,75$$

$$s_{tx}^x = 0,85$$

$$s^y = 0,70$$

$$N_p = 1,3 \times 10^{0,75} \times 0,01^{0,85} \times 2,0^{0,7} \times 16,6 = 1,3 \times 5,6 \times 0,01 \times 1,6 \times 16,6 = 1,9 \text{ kW}$$

$$N_p < N_v \times \eta$$

$$N_v = 4 \text{ kW}$$

$$1,9 < 4 \times 0,8$$

$$1,9 < 3,2 - \text{dirbti galima};$$

8. Skaičiuojame mašininį laiką, min:

$$T_m = L_{de} \times h \times K / n_r \times s \times s_{tx} = 1 \times 0,30 \times 1,4 / 200 \times 2,0 \times 0,01 = 0,105 \text{ min};$$

$$L_{de} = 1;$$

$K=1,4$ – tikslumo koeficientas.

Perėjimas Nr.2

Šlifuoti skersmenį 4 glotniai, išlaikant $\varnothing 17k6$, išilgine pastūma;

1. Šlifavimo disko greitis:

$$v_{\text{sl.disk}} = 35 \text{ m/s};$$

$h = 0,30$ mm – šlifavimo užlaida

2. Parenkame ruošinio greitį:

$$v_r = 35 \text{ m/min};$$

3. Skaičiuojame ruošinio sūkių skaičių:

$$n_r = v_r \times 1000 / \pi \times d = 10 \times 1000 / \pi \times 17,6 = 180,0 \text{ sūk/min};$$

Priimame: $n_r = 200 \text{ sūk/min};$

4. Parenkame pjovimo gylį t , arba pastūmą s_{tx} ;

$$s_{tx}(t) = 0,01 \text{ mm/aps} \quad [19, \text{p.501, 55 lent.}]$$

5. Nustatome išilginę pastūmą vienam ruošinio sūkiui:

$$s = s_r \times B = 0,05 \times 40 = 2 \text{ mm/ruoš.sūk};$$

6. Skaičiuojame išilginės pastūmos greitį:

$$v_s = s \times n_r / 1000 = 2 \times 200 / 1000 = 0,4 \text{ m/min};$$

7. Skaičiuojame pjovimo galią:

$$N_p = C_N \times v_r^r \times s_{tx}^x \times s^y \times d^q; \quad [19, \text{p.300}]$$

$$N_p = 1,3 \times 10^{0,75} \times 0,01^{0,85} \times 2,0^{0,7} \times 17,6 = 1,3 \times 5,6 \times 0,01 \times 1,6 \times 17,6 = 2,0 \text{ k} \quad [19, \text{p.303, 56 lent.}]$$

$$N_p < N_v \times \eta$$

$$N_v = 4 \text{ kW}$$

$$2,0 < 4 \times 0,8$$

2,0 < 3,2 – dirbti galima;

8. Skaičiuojame mašininio laiko trukmę, min:

$$T_m = L_{de} \times h \times K / n_r \times s \times s_{tx} = 1 \times 0,30 \times 1,4 / 200 \times 2,0 \times 0,01 = 0,105 \text{ min};$$

$$L_{de} = 1;$$

$K = 1,4$ – tikslumo koeficientas

$T_p = 24\%$ nuo T_m , tad

$$T_v = k \times T_m = 1,24 \times 0,332 = 0,411 \text{ min.}$$

Šlifavimo operacijos 025 režimai

3.11 lentelė

Operacijos Nr.	Perėjimo Nr.	Operacija	Stakių tipas	Pjovimo gylis t , mm	Pastūma s , mm/aps	Apsisukimų skaičius n , r/min	Pjovimo greitis v , m/min	Mašininis apdirbimo laikas T_m min	Vienetinis apdirbimo laikas T_v min
025	1	Paviršiaus 3 glotnus šlifavimas	Apvaliojo šlifavimo	0,01	2,0	200	10	0,105	0,262

	2	Paviršiaus 4 glotnus šlifavimas	staklės RSM- 500CNC	0,01	2,0	200	10	0,105	
--	---	------------------------------------	---------------------------	------	-----	-----	----	-------	--

Šlifavimo operacija Nr.030. Apvaliojo šlifavimo staklės RSN-500CNC

Perėjimas Nr.1

Šlifuoti skersmenį 9 glotniai, išlaikant Ø17k6, išilginę pastūmą:

1. Šlifavimo disko greitis:

$$v_{\text{sl,disk}} = 35 \text{ m/s};$$

$h = 0,30 \text{ mm}$ – šlifavimo užlaida.

2. Parenkame ruošinio greitį:

$$v_r = 10 \text{ m/min};$$

3. Skaičiuojame ruošinio sūkių skaičių:

$$n_r = v_r \times 1000 / \pi \times d = 10 \times 1000 / \pi \times 17,6 = 180,0 \text{ sūk/min};$$

Priimame: $n_r = 180 \text{ sūk/min}$;

4. Parenkame pjovimo gylį t , arba pastūmą s_{tx} ;

$$s_{tx}(t) = 0,01 \text{ m} \quad [19, \text{p.501, 55 lent.}]$$

5. Nustatome išilginę pastūmą vienam ruošinio sūkiui:

$$s = s_r \times B = 0,05 \times 40 = 2 \text{ mm/ruoš.sūk};$$

6. Skaičiuojame išilginės pastūmos greitį:

$$v_s = s \times n_r / 1000 = 2 \times 180 / 1000 = 0,36 \text{ m/min};$$

7. Skaičiuojame pjovimo galią:

$$N_p = C_N \times v_r^r \times s_{tx}^x \times s^y \times d^q; \quad [19, \text{p.300}]$$

$$N_p = 1,3 \times 10^{0,75} \times 0,01^{0,85} \times 2,0^{0,7} \times 17,6 = 1,3 \times 5,6 \times 0,01 \times 1,6 \times 17,6 = 2,0 \text{ kW} [19, \text{p.303, 56 lent.}]$$

$2,0 < 3,2$ – dirbti galima;

8. Skaičiuojame mašininio laiko trukmę, min:

$$T_m = L_{de} \times h \times K / n_r \times s \times s_{tx} = 1 \times 0,30 \times 1,4 / 180 \times 2,0 \times 0,01 = 0,117 \text{ min};$$

$L_{de} = 1$;

$K = 1,4$ – tikslumo koeficientas;

$T_p = 24\%$ nuo T_m , tad

$$T_v = k \times T_m = 1,24 \times 0,117 = 0,145 \text{ min};$$

$$T_v := 0,135 + 0,010 = 0,145 \text{ min}.$$

Šlifavimo operacijos 030 režimai

3.12 lentelė

Operacijos Nr.	Perėjimo Nr.	Operacija	Staklių tipas	Pjovimo gylis t, mm	Pastūma s, mm/aps	Apsisukimų skaičius n, r/min	Pjovimo greitis v, m/min	Mašininis apdirbimo laikas T _m min	Vienetinis apdirbimo laikas T _v min
030	1	Paviršiaus 9 glotnus šlifavimas	Apvaliojo šlifavimo staklės RSM-500CNC	0,01	2,0	180	10	0,117	0,145

Frezavimo operacija Nr.035. Frezavimo – gręžimo centras Rapimill-700**Perėjimas Nr.1** Frezuoti pleištinį griovelį 16;

Parenkame pirštinę frezą R216.23-05045ACC11P 1640 (SANDVIK coromant)

d = 5, mm;

z = 6;

Pjovimo režimai:

1. Pastūma įsipjaunant $s_z = 0,006$ mm/z;
2. Parenkama pastūma $s = 0,036$ mm/aps;
3. Pastūma išilginė $s_z = 0,020$ mm/z;
4. $s = 0,12$ mm/aps;
5. $t = 3,0$ mm;
6. $v = 54$ m/min;
7. $T = 15$ min.

$$n = 1000 \times v / d \times 3,14 = 1000 \times 54 / 3 \times 3,14 = 3430 \text{ aps/min};$$

1. Skaičiuojame mašininį laiką frezai įsipjaunant:

$$T_m^1 = L / s_z \times z \times n = 6 / 0,006 \times 6 \times 3430 = 0,049 \text{ min.}$$

čia $L = l + l_1 = 3 + 1 = 4$ mm.

$$l = 5 \text{ mm};$$

$$l_1 = 1 \text{ mm} - \text{frezos įsipjovimas.}$$

2. Skaičiuojame mašininį laiką frezuojant išilgai:

$$T_m^2 = L / s_z \times z \times n = 26 / 0,02 \times 4 \times 3430 = 0,064 \text{ min.}$$

čia $L = 26 \text{ mm.}$

3. Skaičiuojame mašininį laiką frezuojant:

$$T_m = T_m^1 + T_m^2 = 0,049 + 0,064 = 0,109 \text{ min.}$$

Perėjimas Nr.2

Centruoti dvi skylės 14 ir 13;

Gražtas Nr.2; Centravimo gražtas HSS DIN 333A A2006.3×16.0

1. $T = 15 \text{ min;}$
2. $s = 0,1 \text{ mm/aps;}$
3. $t = 4 \text{ mm;}$
4. $v = 20 \text{ m/min;}$
5. $n = v \times 1000 / D \times \pi = 16 \times 1000 / 10 \times \pi = 500 \text{ min}^{-1};$
6. Skaičiuojame mašininį laiką:

$$T_m = L \times i / n \times s; \text{ min}$$

$$T_m = L \times i / s \times n = 4,5 \times 2 / 500 \times 0,10 = 0,180 \text{ min.}$$

Perėjimas Nr.3

Gręžti dvi skylės 14 ir 13;

Gražtas Nr.2; Gražtas R840-0045-50-A0A 1220 (SANDVIK coromant)

Pjovimo režimai skaičiuoti Cutting Data Module (SANDVIK coromant)

1. $T = 15 \text{ min;}$
2. $s = 0,18 \text{ mm/aps;}$
3. $t = 2,25 \text{ mm;}$
4. $v = 57 \text{ m/min;}$
5. $n = 4000 \text{ min}^{-1};$
6. Skaičiuojame mašininį laiką:

$$T_m = L \times i / n \times s; \text{ min}$$

$$T_m = L \times i / s \times n = 29 \times 2 / 4000 \times 0,18 = 0,081 \text{ min.}$$

Frezavimo – gręžimo operacijos 035 režimai

3.13 lentelė

Operacijos Nr.	Perėjimo Nr.	Operacija	Staklių tipas	Pjovimo gylis t, mm	Pastūma s, mm/aps	Apsisukimų skaičius n, r/min	Pjovimo greitis v, m/min	Mašininis apdirbimo laikas Tm min	Vienetinis apdirbimo laikas Tv min
035	1	Paviršiaus 16 frezavimas		5	0,12	3430	54	0,109	
	2	Skylių 13, 14 centravimas	Gręžimo- frezavimo centras Rapimill-700 (Firma KNUTH)	4	0,10	500	20	0,180	0,460
	3	Skylių 13, 14 gręžimas		2,25	0,18	4000	57	0,081	

3.7. Techninis normavimas**Vienetinio laiko skaičiavimas**

$T_v = T_{op.} + T_{t.a.} + T_{d.v.a.} + T_{pap.}$, min – vienetinis laikas,

$T_{op.} = T_m + T_{pag.}$, min,

čia T_m – mašininis laikas;

$T_{pag.}$ – pagalbinis laikas;

$T_{pag.} = 0,15T_m$, min – pagalbinis laikas priimamas 15% nuo mašininio laiko;

$(T_{d.v.a.} + T_{t.a.} + T_{pap.}) = 0,08T_{op.}$, min – priimamas 8% nuo operacinio laiko;

$T_{d.v.a.}$ - darbo vietos aptarnavimo laikas;

$T_{t.a.}$ - techninis aptarnavimo laikas;

$T_{pap.}$ - papildomas laikas;

Operacija Nr.005

$T_m = 0,181$ min;

$T_v = T_{op.} + T_{t.a.} + T_{d.v.a.} + T_{pap.}$, min;

$$\begin{aligned} T_{op} &= T_m + T_{pag} = 0,181 + 0,15 \times 0,181 = 0,208 \text{ min;} \\ (T_{d.v.a.} + T_{t.a.} + T_{pap.}) &= 0,08 T_{op} = 0,08 \times 0,208 = 0,017 \text{ min;} \\ T_v &= 0,208 + 0,017 = 0,225 \text{ min.} \end{aligned}$$

Operacija Nr.010

$$\begin{aligned} T_m &= 0,031 + 0,162 + 0,119 + 0,240 = 0,552 \text{ min;} \\ T_v &= T_{op} + T_{t.a.} + T_{d.v.a.} + T_{pap, \text{ min}}; \\ T_{op} &= T_m + T_{pag} = 0,552 + 0,15 \times 0,552 = 0,635 \text{ min;} \\ (T_{d.v.a.} + T_{t.a.} + T_{pap.}) &= 0,08 T_{op} = 0,08 \times 0,635 = 0,050 \text{ min;} \\ T_v &= 0,635 + 0,050 = 0,685 \text{ min.} \end{aligned}$$

Operacijos Nr.015

$$\begin{aligned} T_m &= 0,028 + 0,330 + 0,130 + 0,129 + 0,240 + 0,004 + 0,084 = 1,245 \text{ min;} \\ T_v &= T_{op} + T_{t.a.} + T_{d.v.a.} + T_{pap, \text{ min}}; \\ T_{op} &= T_m + T_{pag} = 1,245 + 0,15 \times 1,245 = 1,431 \text{ min;} \\ (T_{d.v.a.} + T_{t.a.} + T_{pap.}) &= 0,08 T_{op} = 0,08 \times 1,431 = 0,114 \text{ min;} \\ T_v &= 1,431 + 0,114 = 1,545 \text{ min.} \end{aligned}$$

Operacijos Nr.020

$$\begin{aligned} T_m &= 0,423 + 0,550 + 0,800 = 1,773 \text{ min;} \\ T_v &= T_{op} + T_{t.a.} + T_{d.v.a.} + T_{pap, \text{ min}}; \\ T_{op} &= T_m + T_{pag} = 1,773 + 0,15 \times 1,773 = 2,04 \text{ min;} \\ (T_{d.v.a.} + T_{t.a.} + T_{pap.}) &= 0,08 T_{op} = 0,08 \times 2,04 = 0,163 \text{ min;} \\ T_v &= 2,04 + 0,163 = 2,20 \text{ min.} \end{aligned}$$

Operacijos Nr.025

$$\begin{aligned} T_m &= 0,105 + 0,105 = 0,210 \text{ min;} \\ T_v &= T_{op} + T_{t.a.} + T_{d.v.a.} + T_{pap, \text{ min}}; \\ T_{op} &= T_m + T_{pag} = 0,210 + 0,15 \times 0,210 = 0,242 \text{ min;} \\ (T_{d.v.a.} + T_{t.a.} + T_{pap.}) &= 0,08 T_{op} = 0,08 \times 0,242 = 0,020 \text{ min;} \\ T_v &= 0,242 + 0,020 = 0,262 \text{ min.} \end{aligned}$$

Operacijos Nr. 030

$$\begin{aligned} T_m &= 0,117 \text{ min;} \\ T_v &= T_{op} + T_{t.a.} + T_{d.v.a.} + T_{pap, \text{ min}}; \end{aligned}$$

$$T_{op.} = T_m. + T_{pag.} = 0,117 + 0,15 \times 0,117 = 0,135 \text{ min};$$

$$(T_{d.v.a.} + T_{t.a.} + T_{pap.}) = 0,08 T_{op.} = 0,08 \times 0,135 = 0,020 \text{ min.}$$

Operacijos Nr. 035

$$T_m. = 0,109 + 0,180 + 0,081 = 0,370 \text{ min};$$

$$T_v. = T_{op.} + T_{t.a.} + T_{d.v.a.} + T_{pap.}, \text{ min};$$

$$T_{op.} = T_m. + T_{pag.} = 0,370 + 0,15 \times 0,370 = 0,426 \text{ min};$$

$$(T_{d.v.a.} + T_{t.a.} + T_{pap.}) = 0,08 T_{op.} = 0,08 \times 0,426 = 0,034 \text{ min};$$

$$T_v. = 0,426 + 0,034 = 0,460 \text{ min.}$$

Techninio normavimo laikai

3.14 lentelė

Operacija	Pagrindinis (mašininis) laikas t_0 (min)	Operatyvinis laikas t_0 (min)	Vienetinis laikas T_v (min)	Bendras operacijų laikas T_b (min)
005 Nupjovimas	0,181	0,208	0,225	7,52
010 Tekinimas, centravimas	0,552	0,635	0,685	
015 Tekinimas, centravimas, gręžimas, sriegimas	1,245	1,431	1,545	
020 Tekinimas	1,773	2,04	2,20	
025 Šlifavimas	0,210	0,242	2,262	
030 Šlifavimas	0,117	0,135	0,145	
035 Frezavimas, centravimas, gręžimas	0,370	0,426	0,460	

4. ŽMONIŲ IR APLINKOS SAUGA

4.1. Gaminio ergonominė charakteristika

Reikiamos darbo pozos palaikymas dirbant prie juostinio konvejerio yra susijęs su *statiniu* darbo krūviu. Darbo poza priklauso nuo darbo zonų parametrų, darbo pobūdžio, jo krūvio, darbo judesių ir jų tempo, darbo operacijų vykdymo tikslumo, darbo aplinkos. Dirbant nepatogioje kūno padėtyje, tam pačiam darbui atlikti sunaudojama daugiau energijos. To pasekoje greičiau atsiranda nuovargis, raumenų skausmingumas, diskomfortas, padidėja traumų ir sužalojimų rizika.

Vienas iš ergonomikos uždavinių šiandien – sumažinti krūvį, tenkanti žmogaus organizmui dirbant įrenginiu. Čia išskiriami atitinkami darbo vietos ir darbo sąlygų ergonominiai aspektai:

Ergonomiškai įrengta darbo vieta;

Kokybiška gaminio įranga;

Ergonomiškos aplinkos sąlygos – mikroklimatas, triukšmas;

Darbo ir poilsio organizavimas.

Darbas, kurį žmogus atlieka ilgą laiką stovėdamas, yra kenksmingas. Sumažinus fizinį aktyvumą, dirbant stovimą darbą rizikuojama greitai susirgti tokiomis ligomis kaip osteochondrozė, hemoroidai. Apie 20 % sveikatos sutrikimų, susijusių su įrenginiais, kyla dėl pagrindinių darbo įrenginio taisyklių nemokėjimo, taip pat neteisingo darbo vietos organizavimo. Norint nesusirgti būtina teisingai organizuoti darbą įrenginiu, nuolatos stebėti savo laikyseną, taip pat reguliariai daryti pertraukėles ir fizinius pratimus.

4.2. Gaminio eksploatavimo saugumas

Nelaimingi atsitikimai dirbant konvejeriu su MD gali įvykti, kai nesilaikoma šių saugumo technikos reikalavimų (pavyzdžiui, blogai nustatytas įrengimas, trūksta reikalingų aptvarų, nėra įžeminimo ir nesilaikoma kitų priemonių elektros traumoms išvengti); mašinų eksploatavimo saugumo reikalavimų, kurie kiekvienam mašinos tipui skirtingi ir priklauso nuo mašinos konstrukcijos bei darbo pobūdžio.

Prieš pradėdant darbą su įrenginiu, jį aptarnaujančiam personalui įteikiama instrukcija, kurioje išdėstyti saugumo technikos reikalavimai, duomenys apie ribines apkrovas ir greičius, apie galimas vienalaikes operacijas, apie signalų sistemą ir kt. Šitas žinias reikia taip pat iškabinti prie darbo vietos.

Kiekvienas darbininkas, kuris tiesiogiai susijęs su konvejerio darbu, privalo gerai žinoti ir mokėti aptikti nukrypimus nuo normos tiek nustatydamas įrengimą, tiek jį eksploatuodamas.

Darbai turi būti vykdomi, laikantis saugumo technikos taisyklių.

Įrengimą leidžiama pradėti eksploatuoti tik tuo atveju, jeigu yra jo pasas, techninio eksploatavimo instrukcija ir inventorinis numeris. Įrengus konvejerį darbo vietoje, jos inventorinis numeris ir paso duomenys įrašomi į specialų įskaitos ir techninio stovio žurnalą.

Bendri reikalavimai paleidžiant konvejerį su MD.

1. Prieš paleidžiant konvejerį turi būti įsitikinta ar konvejerio juostos takas yra laisvas ar juosta mechanškai nepažeista.
2. Ar įrengimas gerai pritvirtintas.
3. Ar yra ir ar veikia garsinė arba šviesinė signalizacija.
4. Ar yra ant įrengimo bei jos veikimo zonoje įspėjamieji užrašai, ženklai, plakatai ir saugumo technikos instrukcija.
5. Ar įrengimai su elektrine pavara gerai įžeminti.
6. Prieš paleidžiant konvejerį, patikrinti mechaninius stabdžius kurie riboja keltuvo eigą.
7. Visas konvejerio maršrutas (bėgiai) turi būti apriboti nuo pašaliniu tam tikra siena arba tvora.
8. Konvejeris turi būti atsižvelgiamas į transportuojamo krovinio masę.
9. Vienas iš aptarnaujančio personalo turi visą laiką budėti prie valdymo pulto.
10. Aptarnaujant įrenginį tamsiu paros metų vilkėti šviečiančias tamsoje striukes arba ant drabužių turėti šviečiančias juostas.
11. Būtinai vilkėti pirštines ir apsauginės priemonės.

Derinant konvejerį su MD reikia laikytis darbo saugos taisyklių:

- 1) Kategoriškai draudžiama naudoti matavimo prietaisus su nuimtu korpuso dangčiu ar be įžeminimo.
- 2) prietaisų įžeminimas turi būti patikimas. Įžeminimo laido diametras turi būti ne mažiau 2mm^2 .
- 3) Matuojant pavojingą gyvybei įtampą, vienas iš matavimo laidų turi būti sujungtas su prietaiso korpusu ir tiriamo prietaiso nuliniu potencialu, kitu laidu paeiliui liestis matavimo taškų. Visus matavimus reikia atlikti tik viena ranka, kitą laikant prispaudus prie kūno.

4) Matuojant negalima rankomis liesti prie maitinimo transformatoriaus tinklo apvijos išvadų, prie kondensatorių, įkraudų tinklo įtampa, ir kit. Visi gyvybei pavojingi matavimo taškai techninėje dokumentacijoje turi būti pažymėti įspėjamuoju ženklu. 5) Kai konvejeris prijungtas prie įtampos draudžiama ličiuoti bei keisti grandinės elementus.

6) Kad išvengti nudegimų, pritvirtintus prie konvejerio elementus galima liesti ir keisti tik jiems atvėsus, t.y. po 10-20min. po išjungimo.

7) Draudžiama liesti prie judančios konvejerio juostos, bei bandyti remontuoti.

8) Draudžiama eksploatuoti konvejerį su MD be apsauginio skydelio virš stūmoklio koto judesio vietos.

4.3. Gaminio poveikis aplinkai

Aplinkos saugos reikalavimai susiję su nuodingais produktais ir jų keliama tarša. Konvejeris turi būti sukonstruoti taip, kad iš jo nesisunktų tepalas, nes šio tepalo kelias į aplinką labai trumpas; jei jį valysime skudurais, o juos deginsime, tai labai teršime orą, jei išmesime – lietaus plaunami terš dirvą. Jei mechanizmas yra aplinkoje, t.y. gamtoje, turi būti užtikrintas uždarumas, nes nuodingi produktai daro nepataisomą žalą gamtai. Panaudoti produktai, pvz. tepalas, turi būti sandėliuojami tam tikrose vietose. Sandarumui užtikrinti naudojamos įvairios tarpinės, manžetiniai tarpikliai ir pan

Montuojant ir eksploatuojant įrenginį yra atliekami įvairūs darbai. Pavojingiausi iš jų montuojant įrenginį aplinkos apsaugos atžvilgiu yra suvirinimo ir dažymo darbai. Atliekant tiek suvirinimo, tiek dažymo darbus teršiamas gamybinių patalpų oras, nes šie darbai atliekami uždarose patalpose. Gamybinių patalpų oras turi būti saugomas nuo užteršimo technologinėmis, sanitarinėmis, bei techninėmis priemonėmis. Dažnai užterštam orui išsklaidyti naudojamas užteršto oro išleidimas pro atitinkamo aukščio dūmtraukius. Aukšti dūmtraukiai išsklaido kenksmingas medžiagas, sumažina jų koncentraciją, bet tai neišsprendžia oro baseino apsaugos problemos. Šiuo atveju gamybinėse patalpose turėtų būti įrengtos vėdinimo sistemos ir ant į lauką išleidžiamų oro dūmtraukių turėtų būti uždėti įvairūs dujų ir dulkių filtrai ir ciklonai.

Serijinėje gamyboje atliekant dažymo darbus dulkėms nusodinti naudojamas krentantis vanduo. Jis taipogi užteršiamas. Todėl šiuo atveju reikėtų kaip galima sumažinti užteršiamo vandens kiekį ir jo užterštumą, o nutekamuosius vandenį panaudoti vandens apyvartos reikalams. Vienetinėje gamyboje dažyti teptuku arba specialiose dažymo kamerose.

Taip pat neleidžiama dažymo reikmenis pilti ant žemės, į vandens telkinius ar į kanalizacijos sistemą. Eksploatuojant įrenginį įvairių agregatų ir mazgų tepimui naudojami alyva ir tepalas. Jie

gali nutekėti per suktuvo reduktoriaus ir kitų mechanizmų vietas. Todėl pastebėjus tokių produktų nuotėkį pirmiausia reikia surasti nutekėjimo vietas ir jas užsandarinti.

Gamtai išsaugoti reikia neteršti aplinkos tepalais ir alyvomis bei kitais naftos produktais. Dėl to reikia laikytis šių reikalavimų:

- Užtikrinti tepimo mazgų bei reduktoriaus sandarumą. Naftos produktus laikyti sandarioje taroje.
- Atliekant įrenginio remontą, bei keičiant alyvą, neteršti aplinkos.
- Draudžiama naftos produktus pilti ant žemės, į vandens telkinius ar į kanalizacijos sistemą.
- Visus naudotus naftos produktus reikia surinkti ir grąžinti naftos tiekimo organizacijoms, o tas atliekas kurių nepriima, suderinus su valstybine gamtos apsaugos institucija sunaikinti.

Taigi, konstruojant mechanizmą reikia užtikrinti, kad jis bus ne tik tvirtas, ilgaamžis, tikslus, bet ir saugus, neteršiantis aplinkos.

Bendri reikalavimai gaminio utilizavimui:

- Racionalus gamtos išteklių ir efektyvus energijos naudojimas.
- Gamybos procesų metu į orą ir vandenį išmetamų/išleidžiamų, bei į dirvožemį patenkančių teršalų mažinimas (švaresnių technologijų taikymas, mažiau pavojingų medžiagų naudojimas, tinkamų žaliavų parinkimas).
- Taršos, susidarancios utilizavimo metu, kontrolės, valymo technologijų diegimas.
- Atliekų mažinimas, jų pakartotinis panaudojimas, tvarkymas bei saugus šalinimas.
- Priemonės triukšmui ir vibracijai, kvapams mažinti.

Konvejeris su metalo detektoriumi nėra kenksmingas aplinkai. Senas įrengimas gali būti išardomas atskiromis dalimis ir pridudamas metalo laužui perdirbimui.

5. EKONOMINĖ DALIS

5.1. Projektuojamojo konvejerio su metalo detektoriumi savikainos kalkuliacija

Gaminio savikainos apskaičiavimas

5.1 lentelė

	Išlaidų straipsnis	Išlaidos, Lt
I.	Gaminio projektavimo ir technologinio rengimo išlaidos:	
a)	projektavimo darbai	3136,6
b)	technologijos paruošimo darbai	4544,75
	Iš viso projektavimo ir technologinio rengimo išlaidų (a + b)	7681,35
II.	Tiesioginės gamybos išlaidos:	
1.	Tiesioginės medžiagų sąnaudos:	
a)	medžiagų ir žaliavų išlaidos	12954,81
b)	grįžamosios atliekos (-)	-270,20
c)	pagalbinių medžiagų išlaidos	690,40
d)	pusgaminių, komplektuojamų gaminių, atsarginių detalių išlaidos	86139,40
2.	Tiesioginės darbo apmokėjimo sąnaudos (pagrindinės gamybos darbininkams):	
a)	darbo užmokestis	15534,31
b)	socialinis draudimas	4812,60
	Iš viso tiesioginių gamybos išlaidų	120131,50
III.	Netiesioginės gamybos išlaidos:	
a)	energijos išlaidos technologiniams tikslams	15222
b)	vandens išlaidos	169,65
c)	aptarnaujančio personalo darbo užmokesčio ir socialinio draudimo išlaidos	88411,50
d)	Patalpų apšvietimo išlaidos	3581,97
	Iš viso netiesioginių gamybos išlaidų	107385,10
	Gamybos savikaina	235198,35
IV.	Veiklos sąnaudos	64906,77
	Mokesčiai subrangovams	580,80
V.	Iš viso išlaidų	300685,90
	Gamybos programa, vnt.	5
	Vieno gaminio išlaidos	60137,18
	Gaminio pardavimo kaina	

Projektavimo darbų laiko sąnaudos

5.2 lentelė

Eil. Nr.	Projektavimo darbų charakteristika	Vienos detalės laiko sąnaudos, val.	Brėžinių skaičius	Visų detalių laiko sąnaudos, val.
1.	Projektavimo darbai (Techninė	0,1–1,0	36	264

	užduotis, brėžiniai, darbų apiforminimas, kopijavimo darbai)			
	Iš viso			264 val.

Projektuotojų darbo apmokėjimo sąnaudos

5.3 lentelė

Eil. Nr.	Projektavimo darbai	Visų detalių laiko sąnaudos, val.	Visų detalių laiko sąnaudos, (dienomis)	Vidutinis dienos darbo užmokestis, Lt	Apmokėjimo suma, Lt
1.	Projektavimo darbai (Techninė užduotis, brėžiniai, darbų apiforminimas, kopijavimo darbai)	176	21	102,32	2047
	Iš viso				2148,65

Gaminio projektavimo sąnaudos

5.4 lentelė

Eil. Nr.	Kalkuliaciniai straipsniai	Suma, Lt
1.	Medžiagų sąnaudos (5% nuo darbo užmokesčio)	107,43
2.	Darbo užmokesčio sąnaudos	2148,65
3.	Socialinio draudimo sąnaudos (30,98 % nuo darbo užmokesčio)	665,65
4.	Veiklos sąnaudos (10 % nuo darbo užmokesčio)	214,87
	Iš viso	3136,6

Ruošinių gamybos technologijos darbo užmokesčio sąnaudos

5.5 lentelė

Eil. Nr.	Darbų rūšis	Ruošinių skaičius, vnt.	Darbų imlumas, val.	Valandinis įkainis, Lt	Ruošinio gamybos technologijos darbo užmokesčio sąnaudos, Lt
1.	Detalių technologiškumo analizė	36	3	12,25	1323
2.	Technologijos ruošiniams pagaminti parengimas	36	3	12,25	1323
	Iš viso				2646

Mechaninio apdirbimo technologijos darbo užmokesčio sąnaudos

5.6 lentelė

Darbų rūšis	Detalių skaičius, vnt.	Darbų imlumas, val.	Valandinis įkainis, Lt	Detalių apdirbimo technologijos darbo užmokesčio sąnaudos, Lt
Mechaninio apdirbimo technologijos parengimas	36	3,5	12,25	1543,5
Iš viso				1543,5

Kitų technologinių procesų darbo užmokesčio sąnaudos

5.7 lentelė

Eil. Nr.	Darbų rūšis	Detalių (surinkimo vienetų) skaičius, vnt.	Darbų imlumas, val.	Valandinis įkainis, Lt	Kitų technologinių procesų darbo užmokesčio sąnaudos, Lt
1.	Suvirinimo darbų technologijos parengimas	14	4	12,25	686
2.	Surinkimo ir šaltkalviškų darbų technologijos parengimas	90	3,5	12,25	3858,75
	Iš viso				4544,75

Gaminio technologinio parengimo sąnaudos

5.8 lentelė

Eil. Nr.	Kalkuliaciniai straipsniai	Suma, Lt
1.	Medžiagų sąnaudos (5 % nuo darbo užmokesčio)	436,71
2.	Darbo užmokesčio sąnaudos	8734,25
3.	Socialinio draudimo sąnaudos (30,98% nuo darbo užmokesčio)	2705,87
4.	Veiklos sąnaudos (10 % nuo darbo užmokesčio)	873,43
	Iš viso	12750,26

Pagrindinių medžiagų vertė

5.9 lentelė

Eil. Nr.	Medžiagos pavadinimas	Kaina, Lt / t arba Lt / m	Matavimo vienetai	Sunaudota medžiagų	Medžiagų vertė, Lt
1.	Kvadratinis nerūdijančio plieno AISI 304 vamzdis 40x40x2	30,86	m	3,2	98,75
2.	Kvadratinis nerūdijančio plieno AISI 304 vamzdis 60x40x2	38,36	m	50,6	1941,02
3.	Nerūdijantis lakštinis plienas AISI 304 3mm	9800	t	0,06	588
4.	Lakštinis plienas S235J2G2 6mm	144	m	0,5	72
5.	M16 strypas 8.8 kl	8,93	m	2,7	24,41
6.	Valcuotas strypas C45 D-30mm	3260	t	0,012	38,86
7.	Valcuotas strypas C45 D-25mm	3260	t	0,03	97,80
8.	Plastiko POM lakštas 30mm storio	1210	m ²	5	6050
9.	Plastiko POM lakštas 20mm storio	817,5	m ²	2,4	1962
10.	Plastiko HPL laminatas 10mm	620	m ²	2,25	1395
11.	Plastiko POM strypas D-40mm	55,66	m	6,94	386,28
12.	Plastiko POM strypas D-50mm	85,91	m	3,5	300,69
	Iš viso				12954,81

Grįžtamųjų atliekų vertė

5.10 lentelė

Eil. Nr.	Atliekų pavadinimas	Atliekų kiekis, kg	Atliekų kaina, Lt / kg	Suma, Lt
1.	Drožlės (plieno)	58	0,70	40,60
2.	Lakštų, keturkampių vamzdžių atliekos (nerūdijančio plieno)	82	2,80	229,60
	Iš viso			-270,20

Pagalbinių medžiagų vertė

5.11 lentelė

Eil. Nr.	Medžiagos pavadinimas	Matavimo vienetai	Kaina, Lt	Sunaudota medžiagų	Medžiagų vertė, Lt
1.	Dujos suvirinimo darbams (argono 98% ir 2% anglirūgštės mišinys) 40 ltr	ltr	100	4 ltr	400
2.	Viela virinimui (nerūd.pl)	kg	36,30	8	290,40
	Iš viso				690,40

Įsigyjamų pusgaminų, komplektuojamų gaminių vertė

5.12 lentelė

Eil. Nr.	Pusgaminų, komplektuojamų gaminių pavadinimas	Pusgaminų, komplektuojamų gaminių kiekis, vnt.	Pusgaminio, komplektuojamo gaminio kaina, Lt	Suma, Lt
1.	Motoreduktorius	5	1815	9075
2.	Pneumo cilindras	5	495	2475
3.	Pneumomazgas	5	1100	5500
4.	Nustūmimo zonos apsauga	5	25	125
5.	Broko seifas	5	267	1335
6.	Signalinis šviesoforas	5	49	245
7.	Detektoriaus pultas	5	1643	8215
8.	El.valdymo spinta	5	941	4705
9.	Metalo detektorius	5	10000	50000
10.	Konvejerio juosta	5	363	1815
11.	Guolis 61904-2RS1	20	48	960
12.	Guolis 6004-2RS1	10	13	130
13.	Guolių mazgai UCFB 205C	10	100	1000
14.	Krumpliuitas diržas 28x530	5	56	280
15.	Varžtas M6x15 ISO 4014	40	0,05	2,00
16.	Varžtas M6x30 ISO 4014	30	0,08	2,40
17.	Varžtas M8x40 ISO 4014	10	0,15	1,50
18.	Varžtas M8x70 ISO 4014	10	0,25	2,50
19.	Varžtas M10x40 ISO 4014	10	0,30	3,00
20.	Varžtas M10x45 ISO 4014	20	0,30	6,00
21.	Varžtas M10x55 ISO 4014	20	0,40	8,00
22.	Varžtas M12x70 ISO	20	0,65	13,00

	4014			
23.	Varžtas M16x25 DIN933	5	1,40	7,00
24.	Varžtas M16x220 DIN933	20	4,40	88,00
25.	Sraigtas M6x16 DIN7991	20	0,30	6,00
26.	Sraigtas M6x40 DIN7991	20	0,30	6,00
27.	Sraigtas M10x16 DIN7991	20	0,55	11,00
28.	Sraigtas M10x20 DIN84	20	0,50	10,00
29.	Sraigtas M10x30 DIN7991	20	0,55	11,00
30.	Sraigtas M10x60 DIN7991	40	0,55	22,00
31.	Sraigtas M16x45 DIN912	10	1,40	14,00
32.	Veržlė M6 ISO 4032	70	0,10	7,00
33.	Veržlė M8 ISO 4032	20	0,10	2,00
34.	Veržlė M10 ISO 4032	50	0,10	5,00
35.	Veržlė M12 ISO 4032	20	0,15	3,00
36.	Veržlė M16 ISO 4032	60	0,27	16,20
37.	Veržlė M6 DIN1587	20	0,23	4,60
38.	Veržlė M10 DIN1587	40	0,23	9,20
39.	Poveržlė M6 ISO 7089	50	0,10	5,00
40.	Poveržlė M8 ISO 7089	50	0,10	5,00
41.	Poveržlė M12 ISO 7089	50	0,10	5,00
42.	Poveržlė M16 ISO 7089	40	0,10	4,00
	Iš viso			86139,40

Įrengimų poreikio ir jų galingumo skaičiavimas

5.13 lentelė

Eil. Nr.	Įrengimų pavadinimas	Kiekis, vnt.	Vertė, Lt		Vieneto galingumas , kW	Galingumų suma, kW
			įrengimo	visų įrengimų		
Staklės						
1.	Juostinės atpjovimo staklės ABS-280B	1			1,5	1,5
2.	Tekinimo staklės SL-20	1			22,4	22,4
3.	Frezavimo staklės Rapamill-700	1			5,5	5,5
4.	Šlifavimo staklės RSM-500 CNC	1			4	4
5.	Gręžimo staklės	1			1,5	1,5
	Iš viso				34,9	34,9

Pagrindinių darbininkų pagrindinio darbo užmokesčio apskaičiavimas

5.14 lentelė

Profesijos pavadinimas	Skaičius	Kvalifikacinė kategorija	Valandinis įkainis, Lt	Laikas vienai detalei apdirbti, val.	Gamybos programa	Dirbta valanda	Darbo užmokestis, Lt
Tekintojas	1	III	13,07	0,08	5	0,4	5,23
Frezuotojas-gręžėjas	1	III	13,07	0,008	5	0,04	0,52
Šlifotojas	1	III	13,07	0,007	5	0,035	0,46
Iš viso	3						
						0,48	6,21

Tiesioginių darbo užmokesčio išlaidų skaičiavimas

5.15 lentelė

Profesijos pavadinimas		Pagrindinis DU, Lt	Papildomas DU, Lt	Bendras DU, Lt	Atskaitymai soc. draudimui, Lt	Iš viso DU išlaidų, Lt
Projektuojama jai detalei pagaminti	Tekintojas	5,23	0,52	5,75	1,78	7,53
	Frezuotojas-gręžėjas	0,52	0,57	1,09	0,34	1,43
	Šlifotojas	0,46	0,51	0,97	0,30	1,27
Kitoms detalėms pagaminti	Šaltkalvis	1515	1511,5	1666,5	516,28	2182,78
	Tekintojas	2300	230	2530	783,8	3313,8
	Frezuotojas - gręžėjas	2300	230	2530	783,8	3313,8
	Šlifotojas	2000	200	2200	681,56	2881,56
	Suvirintojas	2000	200	2200	681,56	2881,56
Surinkimo darbai		4000	400	4400	1363,18	5763,18
Iš viso				15534,31	4812,60	20346,91

Vandens, sunaudoto gamybos tikslams, išlaidos

5.16 lentelė

Rodiklis	Staklių, detalių skaičius	Vandens kiekis staklėms, l / val.	Kubinio metro kaina, Lt	Staklių darbo laikas, val.	Išlaidos šaltam vandeniui, Lt
Aušinimo skysčiui	3	0,6	5,87	1408	169,65
Iš viso					169,65

Netiesioginės įrengimų priežiūrai išlaidos

5.17 lentelė

1.	Elektrikas	Iškvietimai pagal gedimus					242
2.	Hidraulistas - pneumatikas						338,80
	Iš viso						580,80

Patalpų apšvietimo išlaidos

5.18 lentelė

Eil. Nr.	Patalpų pavadinimas	Patalpų plotas, kv. m	Apšvietimo norma, W / kv. m	Apšvietimo laikas, val.	Elektros energijos sąnaudos, kWh (5 mėn)	1 kWh kaina, Lt	Išlaidos už elektros energiją, Lt
1.	Administracinės patalpos	45	60	560	330	0,37	366,3
2.	Gamybinės patalpos	158	40	560	3840	0,37	1420,8
3.	Sandėlių patalpos	95	20	480	272	0,37	301,92
4.	Buitinės patalpos	40	20	80	95	0,37	105,45
	Iš viso	338					2194,47

Bendrosios ir administracinės sąnaudos

5.19 lentelė

Eil. Nr.	Sąnaudų pavadinimas	Sąnaudos, Lt	
1.	Atlyginimų sąnaudos	13500	5.20 lentelė
2.	Socialinio draudimo sąnaudos	4182,30	5.20 lentelė
3.	Nuomos sąnaudos	43080	5.21 lentelė
4.	Kanceliarinių prekių ir prenumeratos sąnaudos	1050	70–100 Lt vienam administracijos darbuotojui

5.	Telefoninių pokalbių sąnaudos	900	50–100 Lt vienam administracijos darbuotojui
6.	Patalpų apšvietimo sąnaudos	2194,47	5.18 lentelė
	Iš viso	64906,77	

Atlyginimų ir socialinio draudimo sąnaudos

5.20 lentelė

Eil. Nr.	Pareigos	Darbuotojų skaičius	Mėnesinė alga, Lt	Atsiskaitymai soc. draudimui, Lt	Mėnesio DU išlaidos, Lt	Iš viso išlaidų Lt (3 mėn)
1.	Direktorius	1	4500	1394,10	5894,10	17682,30
5.20 lentelės tęsinys						
2.	Buhalterė	1	3600	1115,28	4715,28	14145,84
3.	Gamybos vadovas	1	2800	867,44	3667,44	11002,32
4.	Administratorė	1	1700	526,66	2226,66	6679,98
5.	Valytoja	1	900	278,82	1178,82	3536,46
	Iš viso		13500	4182,30		53046,90

Patalpų nuomos sąnaudos

5.21 lentelė

Nuomojamosios patalpos		Kvadratinio metro nuomos kaina, Lt	Nuomos vertė, Lt (3 mėn)
Patalpų rūšis	Patalpų plotas, m ²		
Administracinės patalpos	45	10	1350
Gamybinės patalpos	158	80	37920
Sandėlių patalpos	95	10	2850
Buitinės patalpos	40	8	960
Iš viso	338		43080

6. IŠVADOS IR PASIŪLYMAI

Apibendrinant nagrinėtos techninės literatūros analizę ir suprojektuoto konvejerio su metalo detektoriumi rezultatus, galima daryti išvadą, jog visų išnagrinėtų juostinių konvejerių su MD, naudojamų maisto pramonėje konstrukcijos yra panačios, tačiau kai kurios iš jų turi tam tikrų trūkumų, susijusių su broko pašalinimo mechanizmu:

- konvejeris su MD ir kumštelinčiu broko numetimo mechanizmu yra nepatikimas dėl netikslaus broko numetimo sūkimosi (smūgio) greičio kitimo;
- konvejeris su MD ir oro nupūtimo mechanizmu netinkamas dėl galimo broko praleidimo arba netikslaus broko nupūtimo nuo konvejerio juostos;
- konvejeris su MD, skirtas produkcijos transportavimui iš apačios į viršų, turi esminį trūkumą, nes brokas pašalinamas tik rankiniu būdu, prižiūrint šalia stovinčiam darbuotojui.

Išsiaiškinus galimus konstrukcijų trūkumus, projektui pasirinktas optimaliausias variantas – konvejeris su MD ir broko pašalinimo mechanizmu – pneumocilindru, kuris naudojamas maisto pramonės įmonėse pagamintos supakuotos produkcijos transportavimui, broko nustatymui ir jo pašalinimui nuo konvejerio. Tokius kriterijus atitinka paprasta konvejerio konstrukcija, itin jautrus SAFELINE LOCK firmos metalo detektorius ir efektyvus broko pašalinimo mechanizmas - pneumocilindras. Pasirinktam variantui atlikti techniniai skaičiavimai. Vienai konvejerio detalei – velenui sudarytas mechaninio apdirbimo technologinis maršrutas, parinkti apdirbimui įrengimai, įranga ir įrankiai.

Atsižvelgiant į darbe atliktą konvejerių su MD konstrukcijų analizę ir pateiktas išvadas, siūlytina produkcijos transportavimo ir broko pašalinimo efektyvumo gerinimui rinktis optimalesnį, patikimesnį ir geresnį konstrukcijos atžvilgiu konvejerio su metalo detektoriumi variantą, kurio dėka sutrumpės gamybos laikas, bus mažinami kaštai, pasiekama aukštesnė produkcijos kokybė.

REZIUOMĖ

Bakalauriniame darbe projektuojamas įrengimas – „Konvejeris su metalo detektoriumi“. Nagrinėti maisto pramonės srityje naudojamų konvejerių konstrukciniai variantai, jų galimybės, eksploatavimas, parinkta keletas galimų konstrukcijos variantų, atliktas jų palyginimas.

Analizuotas įrengimo pagrindinės detalės varančiojo veleno technologinis maršrutas. Nustatyti apdirbimo operacijoms reikalingi įrengimai, parinktas jų kiekis.

Darbe pateikiama žmonių ir aplinkos saugos reikalavimai eksploatuojant įrenginį darbo procese.

Ekoniminiais skaičiavimais nustatyta ir pagrįsta konvejerio su metalo detektoriumi savikaina.

Boza G. Conveyor with metal detector: mechanical engineering bachelor work/research tutor professor doc.dr. D.Čikotienė; Šiauliai University, Technological Faculty, Mechanical Engineering Department. – Šiauliai, 2012. – 82p.

SUMMARY

The rapid growth of production volumes increases continuously operating industrial machines need, therefore, increasing belt use in various industries - food, chemical industry, agriculture, wood processing, recycling, recycling plants, boilers and elsewhere. By these transportation machinery manufactured products are continuously transported and that is particularly useful to improve productivity, reduce transportation costs, saves time. However, the belt-conveyor supply in the EU and world market is quite large, making it particularly relevant for design simplicity, quality and price ratio.

To ensure the quality of production and competitiveness of transportation machinery manufacturers it is very important to strictly regulate the materials used in production. As Lithuania became a member of the EU, regulating directories, providing the removal of metal particles from the production, has become mandatory. This function in constructed conveyor is performed by the metal detector - a modern device that detects up to 0.3 mm thin metal particles and removes defective packaging with the assistance of defects pusher.

Analysis of the various authors of scientific and technical literature shows that the "conveyor with metal detectors" theme is not widely explored. Many "Conveyor" theme issues are outlined in the technical literature of Russian authors, but "metal detectors" theme is not much investigated and only can be found in foreign sources.

The aim of this work is to analyze the construction of modern belt-conveyor with metal detector and model a conveyor with a metal detector for food industry transportation with the defects removal. Also construct a gear and perform calculations of conveyer construction. The object of this work is designing a conveyor with a metal detector. Work methods include the data collection methods - analysis of scientific and technical literature, web access analysis and logical analysis.

The final bachelor work includes a designed conveyor with metal detector, described purposes, provided four analysis of conveyors with metal detectors, the selected device design description and justification, provided design calculations of conveyor with a metal detector, safety and performance requirements and ergonomic characteristics of the device. Graphic part provides

variations of the analysis, assembly and parts drawings, technology sketch drawing. There are calculations made for gear selection, chosen moto-reductor, drive roller bearings.

Projection device model is chosen in order to increase production ratio, productivity, efficiency, production quality, reduce production costs, realizing new and modern technologies. The designed model of conveyer with metal detector can be adapted to the food industry - the transport process of ice cream, candy and fish products.

LITERATŪRA

1. Петрен Ю.А. Конвейеры. Ленинград Машиностроение, 1984.
2. Dromantas J. Mašinų detalių projektavimo pagrindai. Vilnius. Mokslas, 1985.
3. Спиваковский А.О., Дьячков В.К. Транспортирующие машины. Москва. Машиностро-ение, 1983. 487с.
4. Komisijos reglamentas: Prieiga per internetą: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:364:0005:0024:LT:PDF> EB direktyva Nr.1881/2006. [žiūrėta 2011-04-14].
5. Prieiga per internetą: www.mt.com/metaldetection [žiūrėta 2011-04-06].
6. Prieiga per internetą: <http://www.buntingmagnetics.com/products/metal-detection/> [žiūrėta 2011-04-06].
7. Dulevičius Jonas, Valdas Eidukynas, Aldona Žiebienė. Mašinų elementai. Skaičiavimas ir konstravimas. Kaunas, 2006.486p. ISBN 9955-25-119-7.
8. Prieiga per internetą: <http://www.mibelting.com/conveyor3/F-5EQWT%2005.htm> [žiūrėta 2011-04-08].
9. Prieiga per internetą: http://www.taiwantrade.com.tw/compunic/products-detail/en_US/251897/ [žiūrėta 2011-04-14].
10. Prieiga per internetą: <http://www.sigmapackaging.com/equipment/detail/3504> [žiūrėta 2011-04-10]
11. Prieiga per internetą: <http://www.emiplastics.com/conveyor/specialty-metal-detecting.htm> [žiūrėta 2011-04-11].
12. Prieiga per internetą:
http://uk.mt.com/global/en/home/supportive_content/product_documentation/datasheets/R-Series-Signature.rxHgAwXLlLnPBMDSzq--.MediaFileComponent.html/R-Series-Signature.pdf [žiūrėta 2011-04-16].
13. Prieiga per internetą.
[http://www.habasit.com/DownloadWeb/\(ihogwr55ecq2aa55c2zcwvqx\)/GetAndShowDocument.aspx?docId=1628&lan=en&ACWeb=66&DocLan=en](http://www.habasit.com/DownloadWeb/(ihogwr55ecq2aa55c2zcwvqx)/GetAndShowDocument.aspx?docId=1628&lan=en&ACWeb=66&DocLan=en) [žiūrėta 2011-04-16].
14. Prieiga per internetą: http://www.sew-eurodrive.com/download/pdf/16795210_G07.pdf [žiūrėta 2011-04-25] .
15. Conveyor components, supporting and levelling elements, self-aligning bearings. Bulletin No.P000002298 (09/2009). B49psl.

16. J. Rimkus. Mašinų gamybos technologija. Kursinis projektavimas. Šiauliai, 2003.
17. M. Jurevičius. Kursinio projektavimo metodikos nurodymai ir informacinė medžiaga. Vilnius „Technika“ 2006 m.
18. V. Mokšins, V. Striška. Įmonių projektavimas. Vilnius, Technika, 2006 m.
19. А. Г. Косилова Р. К. Мещерякова. Справочник технолога машиностроителя. т. 2 М.: Машиностроение, 1986.
20. A. Bražėnas, V. Jūrėnas Metalų pjovimo įrankiai. Vilnius, Technika, 1981 m.
21. Prieiga per internetą: www.haascnc.com [žiūrėta 2012-04-04].
22. Prieiga per internetą: www.knuth.de [žiūrėta 2012-04-04].
23. Corokey Žinynas [interaktyvus]. Prieiga per internetą: < www.coroguide.com >.
24. R. Šniuolis. Pjovimo režimų nustatymas. Šiauliai, 2009 m.
25. R. Krančiukas. Užlaidų mechaniniam apdirbimui analitinis apskaičiavimas ir parinkimas. Kaunas, Technologija, 2007 m.
26. Общемашиностроительные нормативы времени . часть 1. М.: Экономика 1990.
27. Н. Ф. Силантьева, В. Р. Малиновский. Техническое нормирование труда в машиностроении. М.: Машиностроение, 1972.
28. Prieiga per internetą: http://www.lpsmachine.sk/lang2/lathe_turning.html - [žiūrėta 2012-04-04]
29. Prieiga per internetą: <http://www.knuth-industry.ru/shop/millingmachine/cncmillingmachines/sverl-frez-cent/rapimill700/91/>, [žiūrėta 2012-04-04].
30. Prieiga per internetą: <http://www.knuth.de/produkt,20035.html> [žiūrėta 2012-04-04].
31. CoroKey. Jūsų gidas į produktyvumą. Leidimas C-2903:8 LIT/01 2005.01
32. Руководство по металлообработке. C-2900:3-RUS/01 SANDVIK 2005.09
33. Lance M. Rucker, DDS, and Susanne Sunell, BA, Dip. DH, MA Ergonomic Risk Factors Associated with Clinical Dentistry. Journal of the California Dental Association. 2002. Prieiga per internetą: http://www.cda.org/library/cda_member/pubs/journal/jour0202/ergonomic.html [žiūrėta 2012-05-02]
34. Prieiga per internetą: <http://www.tki.org.nz/r/technology/curriculum/rsnz/> [žiūrėta 2012-05-02]
35. K. A. Kaminskas Ergonomika. VGTU Paskaitų konspektas, Vilnius, 2005. Prieiga per internetą: <http://www.vgtu.lt/leidiniai/elektroniniai/Ergonomika.pdf> [žiūrėta 2012-05-03].
36. Prieiga per internetą: <http://www.zebra.lt/cv/mstraipsnis.php?msgid=14&tipas=Sveikata> [žiūrėta 2012-05-03].

37. HN 98:2000 "Natūralus ir dirbtinis darbo vietų apšvietimas. Apšvietos ribinės vertės ir bendrieji matavimo reikalavimai" [žiūrėta 2012-05-03].
38. Kovierienė A., Mašinų gamybos įmonių produkcijos savikainos skaičiavimas/ A. Kovierienė, S. Žičkienė, Z. Ramonas. Šiauliai, 2006. 31p. ISBN 9986-38-661-6.
39. Ramonas Z., Žičkienė S. Mechanikos inžinerijos studijų krypties diplominio projektavimo metodiniai nurodymai. Šiauliai, 2000. 43p.
40. Ramonas Z., Petronis V., Čikotienė D. Technologijos fakulteto studijų darbų parengimo tvarka. – Šiauliai, 2004. – 43p.
41. Ramonas Z., Petronis V., Ramonienė A. Mašinų braižyba studentams ir konstruktoriams. Šiauliai, 2006. – 201p.
42. Ramonienė A., Bakutienė V. Inžinerinės grafikos pagrindai, Šiauliai, 2007. 152p. ISBN 978-9955-643-32-6.