



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND

Tootearendus ja tootmistehnika instituut

EM70LT

PAKKIMISMATERJALI TOOTMISLIIN, SEERIATOODE

PRODUCTION LINE FOR PACKING MATERIAL, SERIAL PRODUCTION

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Nikita Anissimov

Üliõpilaskood: 162813MATM

Juhendaja: Igor Penkov

Tallinn 2019

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

“.....” 201.....

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

“.....” 201.....

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

“.....”201... .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Tootearendus ja tootmistehnika instituut

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Nikita Anissimov 162813MATM

Õppekava, peeriala: MATM02/15 - Tootearendus ja tootmistehnika

Juhendaja(d): Igor Penkov, vanemlektor, Inseneriteaduskond: Mehaanika ja tööstustehnika instituut, 620 3267

Konsultandid:(ettevõtte, telefon, e-post)

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Pakkimis materjali tootmisliin, seeriatoode.

(inglise keeles) Production line for packing material, mass production.

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Tootmisiini kontseptsiooni ülesehitamine.
2. Seadmete projekteerimine ja valik.
3. Tootmise tüübi määramine.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Tootmisiini kontseptsiooni ülesehitamine spetsialiseeritud tarkvara kaudu.	03.04.19
2.	Seadmete projekteerimine ja valik vastavalt nõutud vajadusele.	03.05.19
3.	Protsessi kirjeldamine, kasutatud seadme määramine.	15.05.19

Töö keel: Eesti **Lõputöö esitamise tähtaeg:** "27" mai 2019a

Üliõpilane: Nikita Anissimov ".....".....201....a
/alkiri/

Juhendaja: Igor Penkov ".....".....201....a
/alkiri/

Konsultant: ".....".....201....a
/alkiri/

Kinnise kaitsmise ja/või avalikustamise piirangu tingimused formuleeritakse pöördel

SISUKORD

EESSÖNA.....	6
SISSEJUHATUS	7
1. TOODE	9
1.1 Tootmise tüübi määramine.....	10
1.2 Toorik ja lõpptoode.....	12
2 TOOTE VALMISTAMISE PÕHIMÕTE, TOORIKU KOKKUPANEK.....	14
2.1 Toote valmistamise põhimõte	14
2.2 Tooriku kokkupanek.....	15
2.3 Toorikute töötsoonile väljäändmise liin. Materjali transpordimine	18
3 SEADMETE VALIMINE	20
3.1 Seadmete valimine tootangu kokkupanemiseks	20
3.2 Roboti valik kokkupaneku tööala jaoks.....	25
3.3 Gripperi valik.....	29
3.4 Konveier	31
3.5 Suunaventiili valik pneumaatiliste seadmete juhtimiseks	32
3.6 Kompressori valik automatiseeritud tootmisliini jaoks	33
3.7 Programmeeritav kontrolleri	34
3.8 Pöördetrummel.....	35
4 SPETSIAALSE RAKESTUSE PROJEKTEERIMINE.....	37
4.1 Raami projekteerimine kokkupaneku tööala jaoks	37
4.2 Raami arvutus	39
4.3 Roboti spetsiaalse rakestuse projekteerimine. Produkti kokkupanek ja transportimine. Gripper	41
4.4 Spetsialiseeritud varustuse projekteerimine. Tooriku haaremoodul	43
4.5 Tootmistoote koostamise aluspõhimõtte kirjeldus	45
5 RISKI JA OHUTUSANALÜÜS.....	47
6 MAJANDUSLIKE ASPEKTIDE ÜLEVAADE.....	49
7 JÄRELDUS.....	51
KOKKUVÕTE	52
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	54

EESSÕNA

Olen valinud seda töö teemat selle tõttu, et teema on seotud projektiga, mida olen teinud ühele pakkimismaterjali tootjale, samuti see teema sobib hästi lõputöö kirjutamise jaoks. Ettevõtte, kelle jaoks oli tehtud projekt on ETTeam Baltic OÜ. Ettevõtte, kus tegin seda projekti on OMD OÜ. Lõputöö juhendajaks on Igor Penkov, kellele ma olen tänulik, lõputööd konsulteeris Valery Petrov kes töötas 40 aastat insener tehnoloog ametikohal ettevõttel AS Balti ES, kellele ma olen tänulik. Magistritöö valmistasin reaalse arendusprojekti raames.

SISSEJUHATUS

Diplomitöö teemaks on automatiseeritud tootmisliini (Sele 4) väljatöötamine, kus saab lühikese aja jooksul toota 50 000 pakendielemente ning eriseadmete valmistamine. Eriülesannete jaoks projekteeritud seadmed (rakised) oluliselt tõstavad tootlikkust. Kasutades mehaanilised ja pneumaatilised seadmed ning roboteid ja juhtimissüsteeme seeria tootmiseks mõeldud eriseadmed lubavad saada muutmata kvaliteediga toodet ning võimaldavad tootmist peatamata töörežiimis 24/7. Lisaks antud seadmed aitavad vältida monotoonset tööd, mis on seotud ühe produkti tootmisega suurtes kogustes, ja oluliselt vähendada käsitöö kasutamist. Antud hetkel sellise tootmise kasutamine on kõige efektiivsem.

Antud diplomiprojektis on kirjeldatud tootmise tüübi määramine teatud produkti valmistamiseks; on kirjeldatud antud tootmise tüübi jaoks vajalikud eriseadmed; eriseadmete projekteerimine. Esile tuuakse produktiivsust, mida on õnnestunud saavutada antud tüübi seadmete kasutamisega.

Ülesande määramine on jagunenud mitmeks alapunktiks, sellisteks nagu tootmisliini vajalik produktiivsus, antud tootmisliini jaoks eraldatud pindala, seeriatoodangu jaoks kasutatavate seadmete ümberseadmistamise võimalus sarnaste toodete jaoks, üldine tootmisliini tööskeem, efektiivseimate seadmete ja vajalike ühenduste väljaselgitamine.

Seeriatoodangu tooteks on pakendisektsioonide tootmine vahtpolüetileenist. Antud toodet sisestatakse karbi korpuse sisse ja see moodustab kõrgekvaliteedilist transpordikarpi. Antud pakendi kasutamine tagab kalliste elektrooniliste seadmete säilitamist ning kindlustamist välisfaktorite mõjust transportimisel. Lisaks on võimalik tootmisliini ümberseadistamine selliste lõpptoodete jaoks nagu tööriistade hoiukastid ja muude erinevate asjade jaoks.



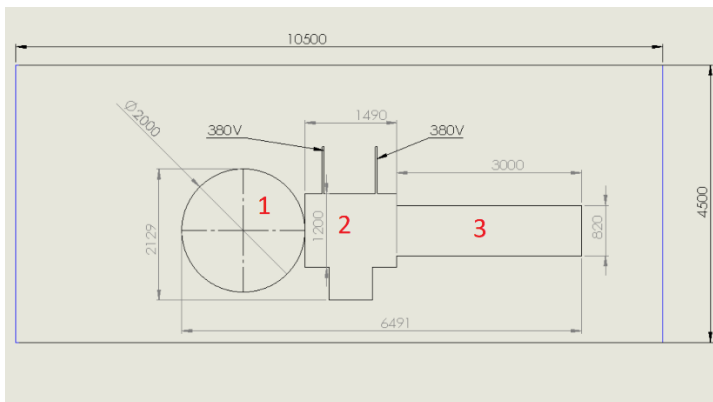
Sele 1. Pakkimise näide 1.



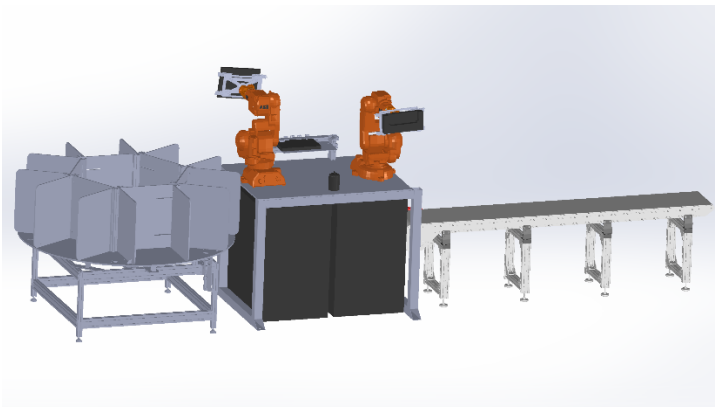
Sele 2. Pakkimise näide 2.

Antud diplomitöö projektis on vaja kasutada tootmiskohta ettenähtud mõõtudega 10500 mm x 4500 mm (Sele 3).

Üldine vaade jaguneb ümarast pöörlevtrummlist (1) materjali haaramise asukohaks , otseseks produkti kokkupanemise kohaks riskülikukujulise laua keskel (2) ja valmistoodangu liikumiseks konveieri peale (3).



Sele 3. Automatiseeritud liini tööala.



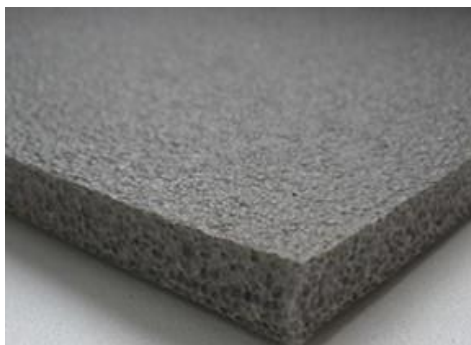
Sele 4. Automatiseeritud tootmisliin.

1. TOODE

Lõputöö teema baseerub toorikute seeria tootmisel vahtpolüetileenist, mida valmistatakse tellimise järgselt. Sellel konkreetsel näidel tootja valmistab pakkimismaterjali selleks, et fikseerida produkti karbis selle jaoks, et saaks transportida seadmeid ja esemeid maksimaalse ohutusega.



Sele 1.0.1. Pakitud toode



Sele 1.0.2. Pakkimismaterjal

Materjaliks, millest valmistatakse toorikuid, on vahtpolüetileen. Protsess algab vahtpolüetileenist ristkujulise kujuga lehtedest (Sele 1.0.2). Vahtpolüetileenist lehed asetatakse giljotiini lõikamispingile, mis kujutab endast töölauda ja vastustasapinda, mis on terastega kaas. Terastega kaas on kinnitatud lõikamislaua pinnale. Pärast asetamist terastega kattega maatriksile seadme kaas läheb alla ja lõikab vahtpolüetileenist lehte tööstusel järgmisteks töödeks vajalikeks osadeks. Giljotiini (Sele 1.0.3) seadistatakse niimoodi, et toorikul jäävad lõikamata väikesed osad (vahetükid). Niiviisi mitmest elemendist koosnev toorik ei purene osadeks pärast lõikamist, mida on äärmiselt vaja selleks, et teostada järgmiseid operatsioone toodangu kokkupanemise protsessis.



Sele 1.0.3. Giljotiin

1.1 Tootmise tüübi määramine

Tootmise tüüpi määratakse sõltuvalt gabariididest, massist (kaal) ja aastase toodete valmistamise programmi mahust.

Üksiktootmine – detailide (toodangu) tootmine väikestes kogusetes.

Seeriatootmine – tootmist iseloomustab piiratud produktsiooni toodang, aga suuremate seeriatena. Seeriatootmist jagatakse suuremahuliseks ja väikesemahuliseks seeriatootmiseks.

Suuremahuline seeriatootmine – suhteliselt pidev toodangu tootmine suurte seeriatena või sageli korduv toodete valmistamine. Olemuselt kõige sarnasem masstootmisele. Spetsiaalsete ja spetsialiseeritud tehnoloogiliste seadmete valimisel, kalliste seadmete ja abiseadmete ning instrumentide valimisel on vaja arvutada kulusid ja tasuvusaega. Samal ajal on vaja arvutada seadmete ja tehnoloogiliste seadmete kasutamise eeldatavat majanduslikku mõju.

Keskmine seeriatootmine - suurte seeriatena toodete tootmine või sageli korduv toodete valmistamine. Spetsiaalsete ja spetsialiseeritud tehnoloogiliste seadmete valimisel, kalliste seadmete ja abiseadmete ning instrumentide valimisel on vaja arvutada kulusid ja tasuvusaega.

Väike seeriatootmine - lai nomenklatuur, suured seeriad, harv tootmise sagedus. Kõige sarnasem üksiktootmisele.

Masstootmine – tootmise tüüpi iseloomustab sama toodangu tootmine reeglina pikema aja jooksul (aastaid).

Tabel 1.1.1. Tootmise tüübi valik.

Detaili mass (kg)	Tootmise tüüp				
	Üksik	Väike seeria	Keskmine seeria	Suur seeria	Mass tootmine
< 1,0	< 10	10 - 2000	1500 - 100000	75000 - 200000	200000
1,0 - 2,5	< 10	10 - 1000	1000 - 5000	50000 - 100000	100000
2,5 - 5,0	< 10	10 - 500	500 - 35000	35000 - 75000	75000
5,0 - 10	< 10	10 - 300	300 - 25000	25000 - 50000	50000
> 10	< 10	10 - 200	200 - 10000	10000 - 25000	25000

Toote ühiku tootmise lähtandmed:

Toote ühikut valmistatakse kiirusega 0,5 tk/min.

Toote partiid valmistatakse 3 kuud, seejärel tootmisliini seadmestatakse ümber teise toote jaoks.

Tootmisliini töötamise aeg:

18 tundi ööpäevas.

Toodetud toote partii ühe (1) kuu jooksul:

$$0,5 \text{ tk/min} = 30 \text{ tk/t} = (18 \cdot 30) = 540 \text{ tk/p} = 16200 \text{ tk/kuu}$$

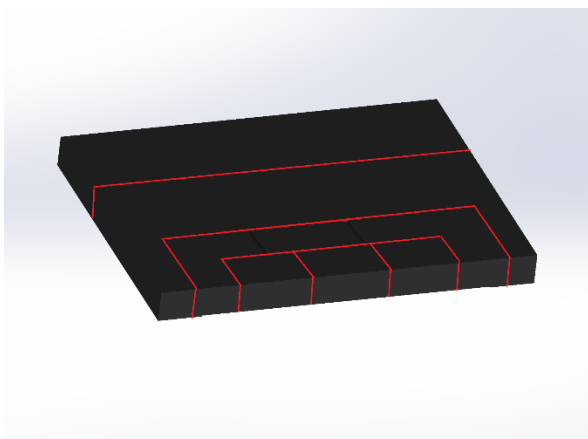
Toodetud toote täispartii:

$$16200 \cdot 3 \text{ kuud} = 48600 \text{ tk}$$

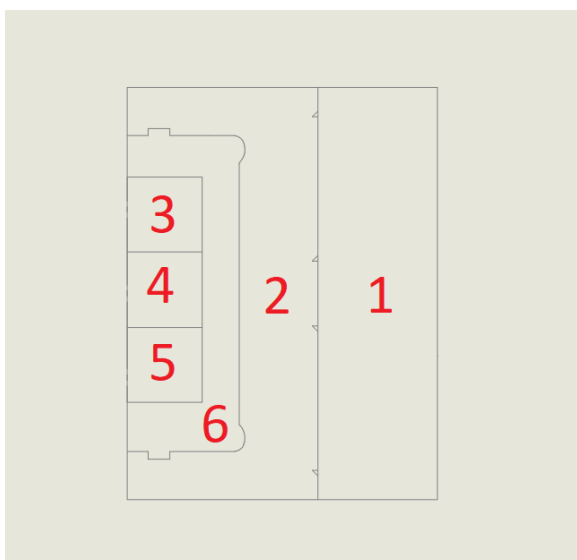
Kuna detaili mass on alla 1 kg ja toote tootmisprogramm on 48 600 tk, määrame tabeli 1.1.1 järgi, et tootmise tüübiks on keskmine seeriatootmine.

1.2 Toorik ja lõpptoode

Pärast materjali lõikamist giljotiinilt tuleb lõigatud toorik lõikamata vahetükkidega, mis on kergesti rebenev (Sele 1.2.2). Polüetüleenvahtplank koosneb kuuest komponendist. Viis komponenti on lõpptoote jaoks vajalikud komponendid ja üks komponent on jääk. Jäägid on komponendid, mida ei kasutata lõpptootes, kuid ilma milleta ei ole võimalik toote jaoks vajalikke komponente õiges järjekorras asendada. Hiljem jäätmeid kõrvaldatakse.



Sele 1.2.1. Toorik. 3D vaade.

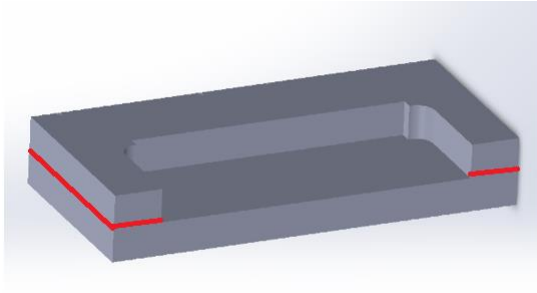


Sele 1.2.2. Tooriku komponendid. 2D vaade.

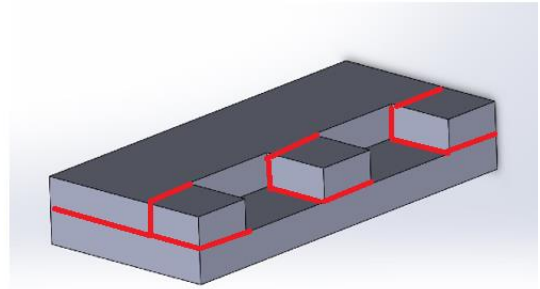
Vajalikud komponendid lõpptoote kokkupanemiseks – 1,2,3,4,5.

Jääk – 6.

Lõpptoodet tuleb panna kokku vastavalt nõuetele.



Sele 1.2.3. Valmistoode altpoolt



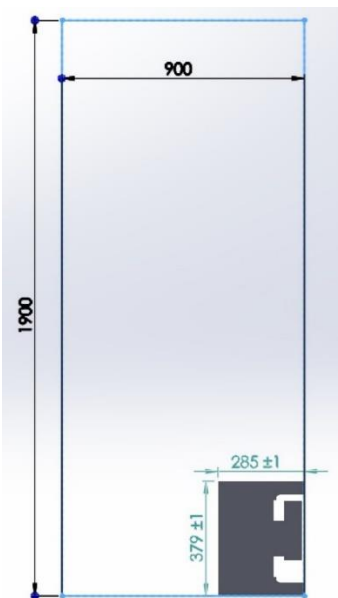
Sele 1.2.4. Valmistoode ülevaalt poolt

Seledel 1.2.3 ja 1.2.4 on kujundatud kokkupandud tootmistoode. Sele 1.2.3 on vaade tootest alt poolt, (Sele 1.2.4) on vaade ülevaalt poolt. Need on üks ja sama tootmistoode.

Punased jooned näitavad mis osadest koosneb tootmistoode.

Toote materjaliks on vahtpolüetüleen. PE vahtplast on elastne, termoplastiline materjal, mis ei karda ei bioloogilist ega keemilist lagunemist kõige laialt levinud reaktiivide toimel. Vahtpolüetüleen sulab temperatuuril üle 100 ° C.

Vahtpolüetüleen ostetakse ristkülikukujuliste lehtede kujul. Lehe suurus, millest lõigatakse toote toorikut, on 1900 x 900 x 3 mm. Ühest vahtpolüetüleenilehest saadakse 15 toorikut (Sele 1.2.5).



Sele 1.2.5. Toode maht

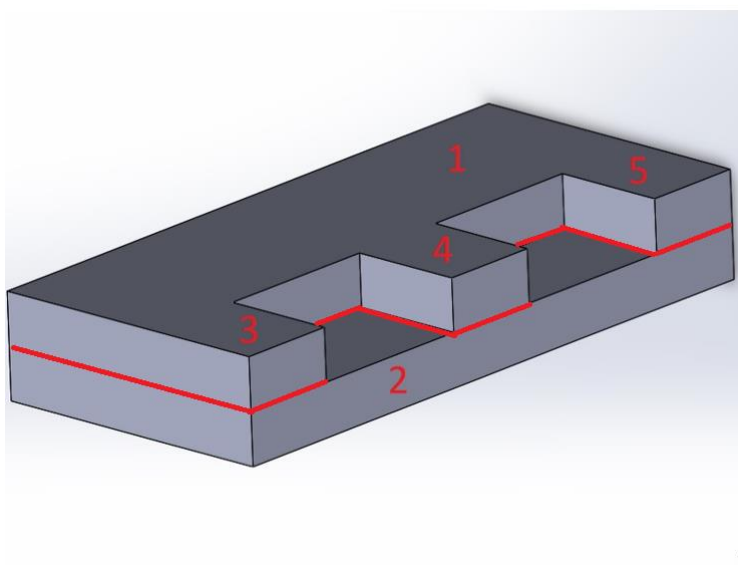
2 TOOTE VALMISTAMISE PÕHIMÕTE, TOORIKU KOKKUPANEK

2.1 Toote valmistamise põhimõte

Materjali, milleks on vahtpolüetüleen, lõigatakse toorikuteks giljotiinil. Toorikuid on vaja panna kokku ettenähtud järjestuses, et lõpuks saada tootmise lõpptoodangut.

Vahtpolüetüleenist toorik koosneb kuuest osast, millest üks on jääk. Ülejäänud komponendid pannakse kokku. Igal komponendil on lõpptootes oma asukoht tootmise lõpptoodangu peal.

Põhiline on komponent 2 (Sele 2.1.1). Põhikomponendiga 2 ühendatakse ülejäänud tooriku osad. Komponent 2 on peamine, kuna see on suurimate üldmõõtudega, mis omakorda võimaldab komponendi kõige kindlamat haaramist. Komponenti kindel haaramine on siinkohal äärmiselt vajalik, kuna materjal, millest see koosneb, on plastne ja paindub jõu rakendamisel. Peale komponendi 2 kindlat kinnitamist on lõpptoodet tunduvalt lihtsam toota, mis suurendab kokkupaneke täpsust. Komponent 2 külge ühendatakse ülejäänud osad, milleks on 1,3,4,5, (Sele 2.1.1). Komponentid, mis on nummerdatud 3,4,5 paiknevad nii, et neid saaks haarata kõige lihtsamal viisil ja eemaldada toorikust.



Sele 2.1.1. Toote valmistamise põhimõte.

2.2 Tooriku kokkupanek

Lõpptoote kokku panemiseks on vaja analüüsida toode omadused ning kuidas neid kasutada, et efektiivselt, ohutult ja kiiresti kokku panna tootmise toodet.

Toote materjaliks on vahustatud vahtpolüetüleen.

Materjali tehnilised omadused:

- Soojusjuhtivuse koefitsient - kuni $0.037 \text{ Wt/m}^{\circ} \text{ C}$;
- Materjali tihedus - 25 kuni 200 kg/m^3 . Mida suurem on materjali tihedus, seda väiksem on vahutamise kordsuse näit;
- Vahutamise kordsuse näit - 5-35;
- Auru läbilaskvus on $0.001 \text{ mg/m}^{\text{t}} \cdot \text{Pa}$;
- Survetugevus - kuni 0.33 MPa ;
- Pikisuunaline-ristsuunaline pikenemine - 250%/210%;
- Sulamistemperatuur – $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Võttes arvesse kokkupanemiseks vajalikku põhilist materjaliomadust, nimelt sulamistemperatuuri, on võimalik tuvastada erinevaid toote kokkupanemise tüüpe.

Toote kokkupanemise viisid:

1. Liimiga liimimine.
2. Mehaaniline ühendus (metallklambrid).
3. Liimimine, kasutades materjali võimet sulada.

Vaatleme üksikasjalikumalt kolme viisi toote kokkupanemiseks:

1. Liimimine. (Sele 2.2.1).

Vahtpolüetüleenist toorikuid saab kokku panna liimimise teel. Arvestades, et tootel on suur seeria, on vaja osta vajalikku varustust. Esiteks on vaja liimipüstolit ja aurude väljatõmme.

Väljatõmme on vajalik selle jaoks, et eemaldada liimi aurused tootmisliinilt, mis on kahjulikud inimese tervisele.

Samuti on vajalik liimipüstoli hooldus ja selle õigeaegne puhastamine, liimireservuaaride sagedane vahetamine. Selline kokkupanemismeetod on õigustatud juhul, kui liimimisele ei ole alternatiive. Antud juhul liimimise meetod ei sobi.



Sele 2.2.1. Liimimine.

2. Mehaaniline ühendus (metallklambrid).

Vahtpolüetüleenist toorik võib olla kokku pandud mehaanilisel teel kasutades klambreid. Antud juhul on lõpptoote kokkupanek klambritega tõepoolest võimalik, kuna lõpptoote kokkupaneku vajalik täpsus on madal. Pingutamise meetod põhineb asjaolul, et spetsiaalse klammerdaja (Sele 2.2.2) abil materjali lüüakse läbi klambriga, kinnitades seeläbi komponenti vastukomponendile.

Antud meetodit ei saa sellel juhul kasutada mitmel põhjusel:

- suur materjali deformatsioon,
- komponendi liikuvus pärast kokkupanekut,
- tootmises kasutatav pneumaatiline klammerdaja vajab korrapäraselt klambrikassettide vahetamist,
- tootmises kasutatav pneumaatiline klammerdaja vajab pneumaatilist ühendust ja täiendavaid ohutusmeetmeid,
- tööala laieneb.



Sele 2.2.2. Spetsiaalne klammerdaja.

3. Sidumine kasutades materjali omadust sulada.

Vahtpolüetüleenist toorikut võib kokku panna, kasutades materjali võimet sulada. Vahtpolüetüleeni sulamistemperatuur on 100°C. Antud materjali kokkupanekutehnoloogiat on lihtne kasutada. Vahtpolüetüleeni sulatamiseks mõlema liimitava pinna materjali kuumutatakse ehitusfööni abil (Sele 2.2.3) kuni väliste tunnuste järgi hakkab materjal sulama. Edaspidi peatakse 2-3 sekundilist pausi pinna suurima sulandamise jaoks. Pinna suurim sulandumine on vajalik, et vältida alakuumenemist ja selle tõttu mittetäielikku liimimist, mis toob kaasa lõpptoote praaki. Ehitusfööni ei ole vaja hooldada, mis aitab vältida lisakulusid. Samuti ei ole vaja osta täiendavat liimsegu või klambreid, mis aitab ka vältida kulusid. Samuti, liini ümber seadmestamisel ja materjali asendamisel tulekindlamaga, jääb see funktsionaalseks. See toote montaažimeetod sobib optimaalselt selle tootmisliini jaoks, mille tõttu seda kasutatakse antud tootmises.

Nimekiri, mis on vajalik tehniliseks protsessiks ehitusfööni kasutamisel:

- võimalus reguleerida temperatuuri vahemikus 100 - 650 ° C,
- kasutamise lihtsus,
- madalad hoolduskulud,
- võimalus kasutada raskesulavamate materjalidega,
- madal materjali deformatsioon,
- ei nõua aeganõudvaid ühendusi,
- madal hind,
- saadavus, vajadusel asendamine,
- reguleeritavus,
- võtab vähe ruumi,
- mittetoksiline, ei ole vaja heitgaasi eemaldada.



Sele 2.2.3. Ehitusföön.

2.3 Toorikute töötsoonile väljäändmise liin. Materjali transporteerimine

Materjal, milleks on vahtpolüetileen, tuleb edasiseks töötlemiseks lehtede kujul, mille mõõtmed on 1900 x 900 x 30 mm.

Kogu antud toote valmistamise protsess toimub ühes tsehhis. Tsehhi väravad (0). Tsehhis tarnitakse materjali algselt materjali vastuvõtupunkti (1). Kogumispunktis pannakse materjali virnadena euroalustele. Materjali vastuvõtupunkti maksimaalne koormus on 100 lehte.

Järgnevalt transporditakse materjalilehti rokla (2) abil lõikamislauale, giljotiini (3) juurde, millel materjalist valmistatakse toorikuid edasiseks toote kokkupanekuks. Kuna toorikud on valmistatud ühe lehe kaupa, neid pannakse samuti euroalustele edasise transportimise ootel. Laopunkti maksimaalne koormus on 100 lehte.

Materjali ladustamispunktist saadetakse materjali rokla abil toorikute (4) vastuvõtupunkti. Vastuvõtupunkt on toorikute ladustamiseks spetsiaalselt eraldatud ja ohutuse ning pideva asetsuse eesmärgil märgistatud koht. Vastuvõtupunkti maksimaalne koormus on 100 lehte.

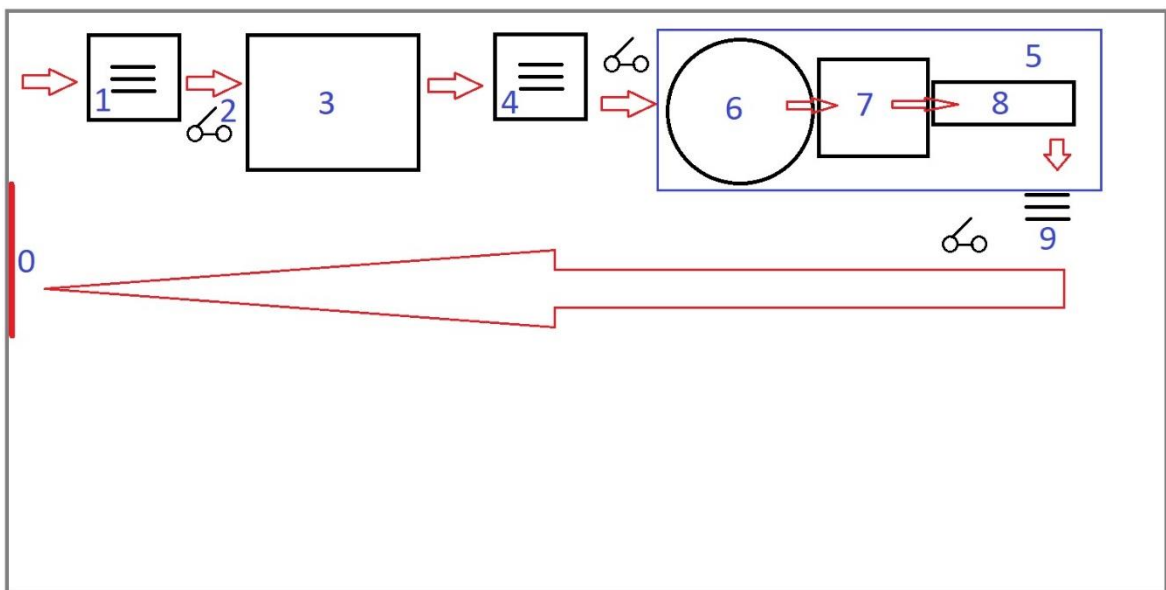
Pärast vastuvõtupunkti algab vahustatud polüetüleenist toorikute otsene paigutamine spetsiaalselt lõpptoote tootmiseks väljatöötatud automatiseeritud liinile.

Automatiseeritud tootmisliin (5) sisaldab kolme põhielementi. Automatiseeritud tootmisliini esimene element on pöördetrummel (6). Toorikuid asetatakse pöördetrumlile käsitsi. Pöördetrummel on ümmargune pöörlev trummel, mis tagab maksimaalset koormust ja kõige efektiivsemat tööruumi kasutamist. Pöördetrummel koosneb kuuest sektsioonist. Ühe sektsiooni maksimaalne koormus on 15 toorikut, mis moodustab kokku 90 toorikut kogu töötrumpli peale. Kui valmistakse 2 minuti jooksul valmistatakse ühte tooteühikut, tuleb iga 3 tunni järel teha pöörleva trumpli täislaadimist toorikutega. Kuna lõpptoote tootmise protsess on täielikult automatiseeritud, transportimist viiakse läbi spetsiaalsete seadmete abil.

Tooriku järgmine sihtkont on otsese kokkupaneku koht (7). Seal toorikuid korjatakse kokku ja transportitakse automatiseeritud liini järgmisesse kohta.

Automatiseeritud liinil oleva lõpptoote lõppsihtkohaks on konveier (8). Lõpptoode viiakse üle konveierile automaatselt. Konveieril mahuvad kõik toote 90 ühikut, mis on täpselt sama palju, kui mahub pöördetrummlile. Niiviisi teostatakse vahtpolüetileenist toorikute laadimist ja lõpptoote konveierist mahalaadimist korraga, mis kergendab inimeste tööülesannet ja säästab kasulikku tööaega.

Valmistoota lõpp-punktiks on ladumiseks spetsiaalselt varustatud koht (ladu) (9), mis on võrdne vastuvõtupunkti laadimise mahuga. Lao täislaadimisel transportitakse lõpptoodet rokla abil transpordiautosse.



Sele 2.3.1. Tootmistsehhi skeem.

3 SEADMETE VALIMINE

3.1 Seadmete valimine tootangu kokkupanemiseks

Kõige optimaalsema varustuse valimiseks on vaja analüüsida ja selgitada välja, kuidas toimub tooriku liikumine automatiseeritud tootmisliinil, mõelda, milline automatiseeritud montaažiseade on antud juhul sobiv. Samuti on vajalik kliendi soov.

Kliendi nõudmised automatiseeritud kokkupanemise liinile, sele 2.3.1:

- Automatiseeritud kokkupanemise liin peab tootma toodet kahe (2) minuti jooksul.
- Vajadusel saab toote kokkupanemise liini ümber seadmestada teise sarnase toote jaoks.
- On vaja panna kokku operaatorite jaoks ja tööstustöötajate jaoks ohutut automaatikat.
- Võimalus luua erinevaid tootmisprogramme.
- Liikumise reguleerimine vastavalt vajadusele.
- Arvestada sellega, et ostetud varustust võib vajadusel edasi müüa.
- Peab olema vabadus toote liigutamisel automatiseeritud liini alas, selle eesmärgiga, et vajadusel lisada lisaoperatsioone ja lisaseadmed.
- Harva hooldatavate seadmete töökindlus.
- Kättesaadavus. Võimalus osta seadmete jaoks vajalikke komponente purunemise korral.
- Võimalusel vältida suurt hulka erinevaid seadmeid suure hulga toodete liigutamiseks.

On olemas erinevad automatiseeritud seadmete variandid, samuti on vaja analüüsida ja selgitada välja, millised seadmed sobivad kasutamiseks antud eesmärgil.

Automatiseeritud seadmete variandid antud eesmärgi jaoks:

- 2-teljelise liikumise tüübiga tootmisliini ehitus.
- 6-teljeliste robotite kasutamine.

Vaatleme automatiseeritud seadmete ehitamist antud eesmärgi jaoks 2-teljelise liikumise kasutamisega, (Sele 3.1.3).

Komponentide valik ja automatiseeritud liini konstruktsioon sõltub antud juhul toote toorikutest, operatsioone arvust, mis on vajalikud toode täieliku kokkupanemise jaoks. Samuti tuleb arvesse võtta asjaolu, et selliste seadmete ja komponentide kasutamine, mis on vajalikud ülesande püstitamise ja automaatiseeritud tootmisliini teostamise jaoks, on tugevalt seotud konkreetse tootmistüübiga.

Lisaks eelnimetatule tuleb arvestada sellega, et suure samaaegsete operatsioonide arvu puhul suureneb ka komponentide arv, mis mõjub halvasti võimalusele ümber seadmestada tootmisliini sarnase või uue toote jaoks.

Seda tüüpi seadmete nõrgaks küljeks on ka asjaolu, et on äärmiselt raske leida seadmeid, mis täidaksid täielikult nõudmisi operatsioonidele, mis on vajalikud tootmise lõpptoote kokkupanekuks, mis omakorda pikendab tööprotsessi ja suurendab kulusid projekteerimise pikendamise kaudu.

Kliendi soovil peavad tootmisliini seadmed vajaduse korral olema lihtsasti müüdavad.

Mitme komponendist koosnev ja konkreetse ülesande jaoks projekteeritud põhiline tootmisvarustus sobib edasimüügiks äärmiselt halvasti, kuna erinevate toimingute jaoks kasutatavate komponentide kogumit kasutatakse harva sama ülesande täitmiseks, mille tulemusena jaotatakse komponentide müüki toote liigutamiseks kasutatava põhivarustuse ehitamiseks vajalike komponentide arvuks.

Sellist tüüpi toote liigutamise usaldusväärsus väheneb, kuna seadmete liigutamiseks kasutatavate komponentide arv suureneb, mis omakorda toob kaasa lisakulusid seadmete hoolduseks ja remondiks. Komponentide suurenemise arv toob kaasa ka ehitatud liini raskust, mis kordades vähendab töökindlust.

Antud juhul puudub vabadus toote liigutamiseks automatiseeritud liini alas, selleks et vajadusel lisada töö lisaoperatsioone ja lisavarustust. Kui tekib vajadus muuta toote teisaldamise toimingut, tuleb toote liigutamise baasvarustust ümber seadmestada. Suure muutuse puhul muutub liikumine üldse võimatuks, mis toob kaasa viivitusi või peatab tootmise, mis on täiesti vastuvõetamatu.

Seadme kasutamise ohutus tööpiirkonnas väheneb oluliselt, kuna ohutusnõuete seadmise ülesanne muutub keerulisemaks ja seejärel kaasneb töötajate pikaajaline väljaõpe selleks, et töötada ohutult, samuti tekivad raskused ohutuse jälgimisel seadmete kasutamisel.

Kuna tootmisliin peab tootma lõpptoodet kahe minuti jooksul, liigutamiseks kasutatavate mitmekomponendiliste seadmete kasutamine raskendab oluliselt ülesannet, kuna paljudel komponentidel on ranged töökiiruse piirangud ja tööprogrammi koodi koostamisel tekib raskusi koodi optimeerimisel, mis toob kaasa toote liikumise kiiruse vähenemist.

Komponentide kättesaadavus antud juhul on samuti väga piiratud, kuna on kõige tõenäolisem, et tuleb tellida komponente erinevatelt tootjatelt, kellel on väga erinevad tarneajad, mille jooksul seadmed jõuavad tellijani. Samuti võivad tooted vananeda ja neid eemaldatakse tootmisest.



Sele 3.1.3. 2 aksiaalne toote liikumine (illustratiivne).

Vaatleme püstitatud ülesande jaoks automatiseeritud tööseadmete ülesehitamist 6-teljeliste robotite kasutamisega.

Roboti või mitme roboti valik ja automatiseeritud liini ülesehitamine sõltub antud juhul toote toorikutest, toote lõppkokkupanemiseks vajalike toimingute arvust, toote teisaldatavast kaalust. Robotide kasutamine tööstuses on mugav, kuna see ei ole seotud konkreetse operatsiooni jaoks kasutatavatest seadmetest. 6-teljeliste robotite poolt teostatavad ülesanded võivad vajadusel olla korrigeeritud ja muudetud.

Suure hulga toimingute puhul ei muutu spetsiaalset varustust, antud juhul roboti, moodustavate komponentide arv, mis mõjutab hästi tootmisliini ümberseadmestamise võimalust sarnase või teise toote vastu antud tüüpi automatiseeritud liini ehitamisel.

Kuna seda tüüpi seadmed on täielikult kasutusvalmid ja vastavad kehtestatud standarditele, see lihtsustab oluliselt projekteerimisülesannet, kõrvaldades lisatööd tootmisliini seadmete arendamiseks.

Tellijal nõudmisel kasutatud seadmed ja komponente, millest need seadmed koosnevad, peab olema vajadusel võimalik edasi müüa. Robotist või robotitest koosneva toote liigutamiseks kasutatavad põhiseadmed sobivad hästi edasimüügiks, kuna kasutatud robotit kasutatakse väga sageli tänapäeva tootmisel. Roboteid müüakse ja ostetakse sageli olemasolevatel robotite ostumüügi platvormidel.

Sellise toote liigutamise tüübi usaldusväärsus on suur, kuna seade on projekteeritud konkreetseid roboteid tootvate ettevõtete poolt. Tootmine toimub vastavalt kõigile standarditele ja on sertifitseeritud.

Vabadus toote liigutamiseks automatiseeritud tootmisliini alal uute lisaoperatsioonide ja lisavarustuse lisamise eesmärgiga vajaduse korral on antud juhul olemas. Kui tekib vajadus muuta toote liigutamise kaasnevat operatsiooni, muudakse seadme töökoodi. See võimaldab tootjal muuta toiminguid ja vajadusel muuta tootmise toodet.

Seadme kasutamise ohutus tööpiirkonnas on suur, kuna spetsiaalsed seadmetel ja robotitel on koormusandurid ja koormuse ületamise korral aktiveeritakse avariirežiimi ja masin peatatakse.

Sellist tüüpi andurite kasutamine annab suurt ohutuspiiri ja kui töötamise ajal töötaja ei pea ennast ohutuse kasutamise tegijaks - traumat ei teki nii kui nii.

Kuna tootmisliin peab tootma lõpptoode 2 minuti jooksul, toote liigutamiseks kasutatavad seadmed, antud juhul robot või mitu robotit, lihtsustavad seda ülesannet, kuna liikumine ei ole piiratud kahe koordinaatteljega, vaid saab liikuda kolmel teljel. Samuti saab reguleerida antud seadmete töökiirust.

Komponentide kättesaadavus antud juhul on suur, kuna robotid on laialt levinud, vajalike komponentide tellimine on kättesaadav. See on paljude klientide suur nõue, kuna lihtsa ja probleemivaba toote väljastamiseks kasutatavate robotite komponendid peavad olema lihtsasti kättesaadavad.



Sele 3.1.3. 6-teljeline robot.

3.2 Roboti valik kokkupaneku tööala jaoks.

Selleks, et kujundada automatiseeritud paigaldusliin, tuleb teada saada, millised on tooriku üldmõõtmed, millest lõpptoodet tuleb kokku panna. Samuti on oluline teada saada, milline piirkond on toote liigutamiseks ja otseseks lõpptoode kokkupanemiseks vajalik. Spetsiaalse varustuse valiku kriitiline tingimus, mis on antud juhul roboti valik, on tootmistoote kaal, kuna iga töötava masina piir on maksimaalse ülekantava kaalu väärtuse suhtes, kasutades roboti viimast kuuendat telge. Kuna tootmisliin peaks olema automatiseeritud, tuleks arvesse võtta ka selliseid tegureid nagu toote vastuvõtmine piirkonnast toote jaotamiseks ja lõpptoode edasitoimetamine vastuvõetava konveieri peale, järgmiste vajalike operatsioonide teostamiseks lõpptoode transporteerimiseks. Range tingimus on ka see, et viimase roboti telje peal olev mass, mis on lõpptulemuse mass, koosnev toodest, roboti gripperist ja vajalikest seadmetest mis on roboti peal.

Vaatleme punktid, vajalikud roboti määramiseks:

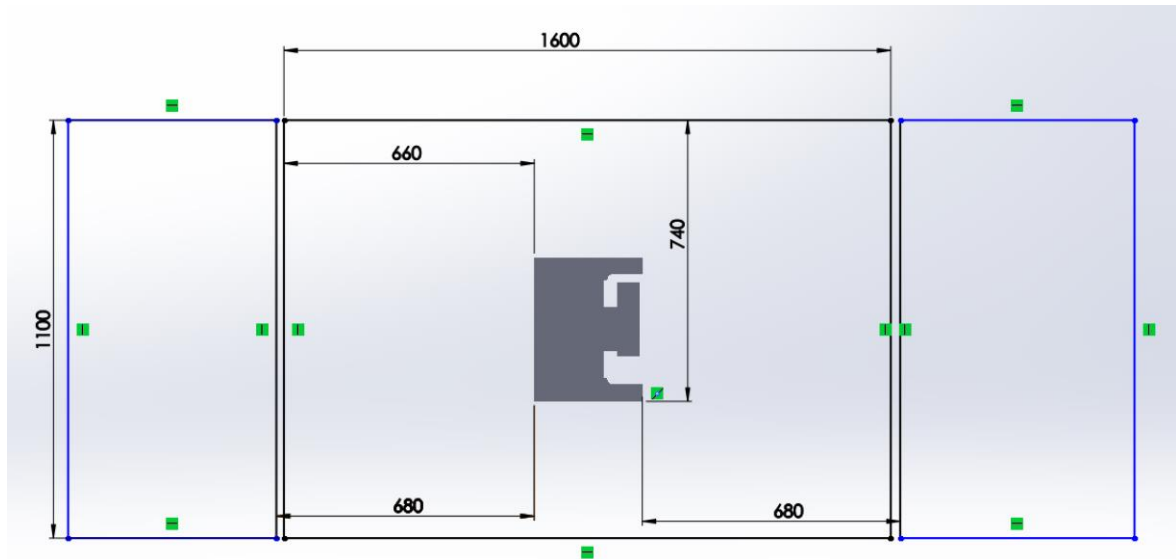
- Roboti kuuendal teljal liikuv kogukaal,
- tooriku gabariitmõõtmete arvestamine,
- roboti tööala,
- võimalus lihtsalt töökoodi ülesseadistada,
- seadmete ohutus,
- töötamise kiirus,
- seadmete kinnitamise tüüp tööalal,
- võimalus robotit kombineerida spetsiaalselt projekteeritud erivarustusega,
- võimalus ühendada automaatika teiste projekteeritud automatiseeritud eriseadmetega,
- võime juhtida spetsiaalset varustust operaatori poolt,
- programmide valimine operaatori poolt ilma lisavarustust, näiteks arvutit kasutamata.

Esiteks on vaja määratleda toote liikumiseks vajaliku tööala. Selleks on vaja tuvastada lähteandmed.

Lähteandmed:

- Tooriku kaal 200 gr.
- Tooriku mõõdud 285 x 389 mm.

- Tuleb kasutusele spetsiaalselt projekteeritud eriseadmed.
- Töödeldava detaili püüdmine toimub enne tööpiirkonda, pärast tööpiirkonda toimub tootmistoote liikumine konveieri peale.
- On vajalik lisa tööala, mis on mõeldud tootmistoote kokkupanemiseks spetsiaalselt projekteeritud eriseadmetega.
- Tööala kokkupanemise jaoks on piiratud gabariitmõõtudega, 1600 x 1100mm.



Sele 3.2.1. Tootmistoote kokkupanemise tööala, sisemise ja väljumise alad.

Tööalast, (Sele 3.2.1), tuleneb, et kui toorik asub tööala keskel, siis kokkupanemise alast on näha, et kaugus tooriku vastuvõtu kohast ja tootmistoote väljustamise kohani on 680 mm. Kuna roboti tööpiirkond on ring, siis jagatakse kaugus 2-ga. Selgub, et roboti minimaalne tööraadius on 340 mm.

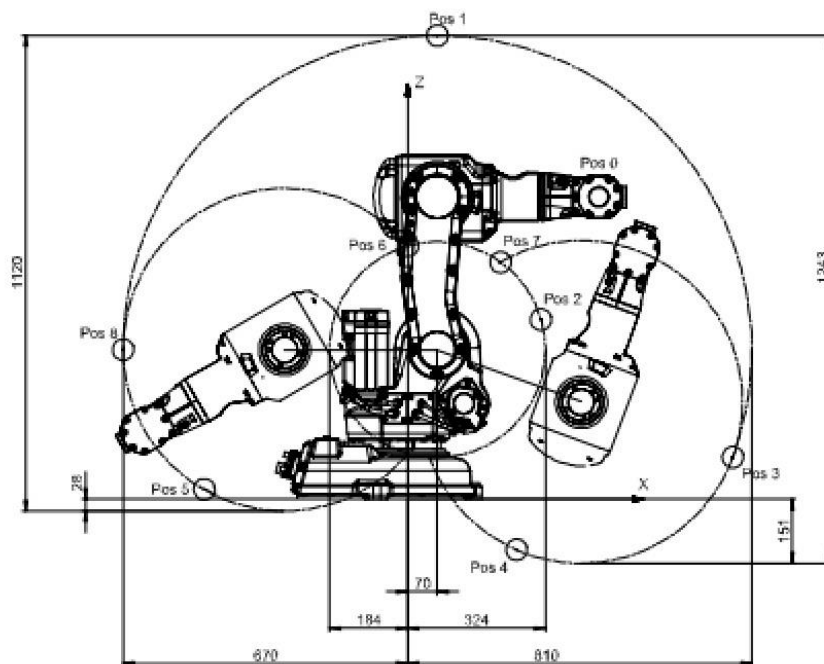
Selleks, et tagada töödeldava detaili (tootmistoode) harastamist toote sisenemise kohalt, tootmistoote kokkupanemise ala peale, on vajalik selgitada, mis mõõdud on toorikul ja selgitada ka tooriku liikumise jaoks piir. Sama piir on vajalik määrata liikumiste alale, selle jaoks et liiguta tootmistoodet vajalikule toote väljustamise alale konveieri peale.

Skeemilt, (Sele 3.2.1) saab teha esialgse arvutust. Piirkonnas, (Sele 3.2.1), eraldatakse reserv vastavalt väikseimale tooriku suurusele, mille gabariitsuurus on 285 mm. Tulemuseks on $680 + 285 = 965\text{mm}$. Sama varu tuleb arvesse võtta, kui toorikut liigutatakse tööpiirkonna määratud tööala keskelt, mis on mõeldud toote kokkupanemiseks, toote väljustamise alale, konveieri peale, mis on võrdne suurusega 965 mm. Minimaalne tööraadius on $965/2 = 482,5\text{mm}$.

Arvestades lõpptoote väikest kaalu, tuleb järeldada, et robotile paigaldamiseks vajalik erivarustus peaks olema ka väike kaaluga, tagades seda et oleks võimalik kasutada väikseima mõõtmega robotit, mis on majanduslikult kasulik. Väiksema roboti kasutamine tagab ka lõppprojekti koguhinda langemist, sest väiksema robotika tulevad kasutusele ka väiksemad eriseadmed.

Kuna ettevõtte, kellele projekti tellimus tehti, on spetsialiseerunud ABB ja Fanuci robotite tootmisliinide ehitamisel, mis on nii kliendile kui ka ettevõttele majanduslikult kasulik tootmisliinide loomiseks, arvestades, et töötajad on nende robotite tootjatega koolitatud töötada ja omavad palju teadmisi, kõige optimaalsem valik on robot ABB IRB140.

Tööala ABB IRB140:



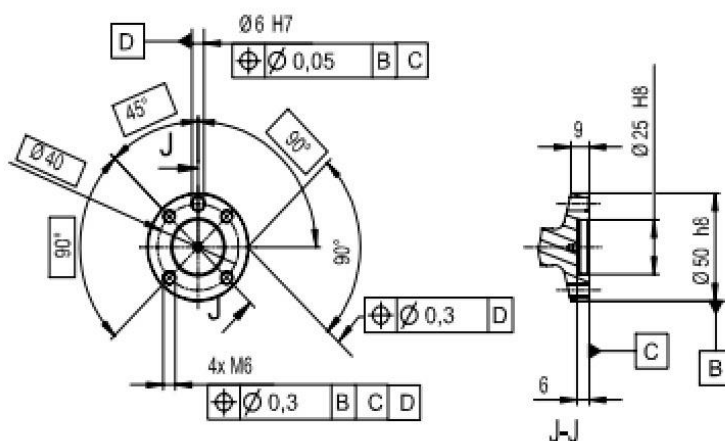
Sele 3.2.2. Tööala ABB IRB140.

Kasutatava roboti vajalikud tehnilised andmed, vajalikud edaspidi kasutatava varustuse määramiseks on toodud tabelis 3.2.1.

Tabel 3.2.1. Roboti tehnilised andmed.

Roboti tehnilised andmed	
Maksimaalne töökaal	6 kg
Tööraadius	0.8 m
Maksimaalne töökiiruse väärtus	250 mm/s
Maksimaalne keskkonna temperatuur	+55°C
Minimaalne keskkonna temperatuur	-25°C
Maksimaalne temperatuur tsükliga vähem kui 24 tundi töötamist	+70°C
Manipulaator, kaitse väliste tegurite eest	IP67
Kontroller, kaitse väliste tegurite eest	IP54
Kontrolleri pult, kaitse väliste tegurite eest	IP54
Kinnitus (robot, poldid, kvaliteet)	M12, 8.8
Seibid (paksus, välisläbimõõt, siseläbimõõt)	2.5; 24mm; 13.4mm.
Arvutisüsteemi toiteallikas	230 VDC
Alaldi seade	400-480 VAC ja 700 VDC
Ajami seade	700 VDC

Selleks, et mõelda ja kavandada spetsiaalset varustust, mis on vajalik töödeldava detaili liigutamiseks, on vaja ka teada saada, milline on kinnitusvahend tuleb roboti 6 - e telje külge, ning alustada vajalike komponentide otsimist.



Sele 3.2.3. Roboti flants.

3.3 Gripperi valik

Analüüsitakse gripi vajaliku tüübi kindlakstegemiseks. Roboti jaoks kasutatav gripper on vajalik, et lüüa ja fikseerida tootmise toodet roboti 6 - el teljel. Selleks on vaja kindlaks määrata peamised haaratsite tüübid.

Peamised gripperite tüübid:

- Vaakum gripperid.
- Mehaanilise fikseeringuga gripperid.
- Magnet gripperid.

Kuna tootmistoote materjaliks on vahutatud vahtpolüstüreenvaht, võib sellest teha järeldust. Seda materjali iseloomustab kõrge plastilisus, madal tihedus ja kerge deformatsioon. Samuti on kindlaks tehtud, et tootmistoode on pakkematerjal ja see on mõeldud asjade kinnitamiseks.

Vaakum-tüüpi gripperid ei sobi kasutamiseks, kuna materjal on poorne ja oht, et toorik lkukub gripperist, on suur. Magnet-tüüpi gripperite abil toodetud toote püüdmine ja liikumine on võimatu, kuna materjal on tehtud mittemetallist.

Mehaanilise tüübi toote haaramise gripper sobib kasutamiseks vahustatud polüuretaanvahuga töötamisel. Kuna tooriku mõõtmed on suhteliselt suured, ei sobi mehaanilised gripperid, mis on tangi tüübil, kasutamiseks, kuna materjalil on kõrge plastilisus. Kõige sobivam identifitseeritud mehaaniline haarats, mille läbitungimine materjali on mitmes punktis, tootmistoode tooriku täpseks kinnitamiseks. Kasutamisel mehaanilise tüübi nõelaga gripperid, (Sele 3.3.1). Nõelad sisestavad materjali pneumaatika abil, mida on võimalik kasutada selle roboti mudelis.



Sele 3.3.1. Gripperid

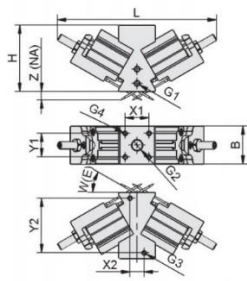
Kasutusel gripper Schmalz SNG-V – 10 – 1 –V – 20.

Gripperi tehnilised parameetrid:

Tabel 3.3.1. Gripperite parameetrid

Nimetus	Kood	Omadused
Tüüp	SNG –V	Crossed needles
Nõelde arv	tk	10 tk
Nõelde läbimõõt	mm	1 mm
Produkti tüüp	V	Variable needle stroke
Nõela töökäik (stroke)	mm	5....25 mm

Gripperi mõõdud:



Sele 3.3.1. Gripperi mõõdude tähised

Tabel 3.3.2. Parameetrid 1

Parameetrid	B (mm)	G1	G2	G3	H (mm)	L (mm)	W(E) °
Väärtus	32	M5 - F	G 1/8-F	M4-F	56	149	30

Tabel 3.3.3. Parameetrid 2

Parameetrid	X1(mm)	X2(mm)	Y1(mm)	Y2(mm)	Z(NA) (mm)	G4
Väärtus	20	12	20	46	7	M4

Pneumaatilised liitumised:

Töörõhk: 4 bar

Maksimaalne rõhk: 8 bar

Liitumise tüüp: fittingud, M4, pneumorustik 6mm

Andurite kohad: jah, SMT-8M-A.

Sensor SMT-8M-A:

Anduri liitumine: 5...30 VDC

Liitumise tüüp: PNP, NPN

3.4 Konveier

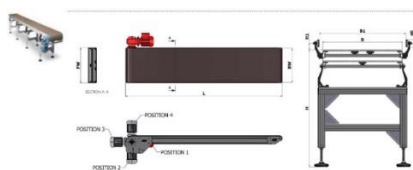
EMCS sirgjooneline moodulkonveier võib olla kasutatud sellistes sektorites nagu pakkimine, toitlustus, logistika, elektrooniliste seadmete tootmine ja erinevad tootmise tüübid.

Konveier on valmistatud anodeeritud alumiiniumist, mis lubab seda alati lahti võtta ja ümberseadistada selle kõrgust ja asendit sõltuvalt tootmisliini konfiguratsioonist.

Konveieri valik toimub vajalikest parameetritest ja tehnilistest nõudmistest.

Tabel 3.4.1. Konveieri parameetrid

Parameters	Actual number
Type	EMCS
Metrics	mm
Length (A) (mm)	3000
Standart width (B) (mm)	425
Product weight (kg)	18
Product length (mm)	285
Number of products on conveyor (pcs)	11
Product material	Vahustatud vahtpolüetileen
Ambient temperature (°C)	20
Start/Stop each hour	2 to 10
Slide profile	TCP
Contact surface between slide rail/chain	Dry, normal
Contact surface between goods/chain	Dry
Position of conveyor	Straight
Support	Type L AL
Start height of the conveyor (mm)	800
End height of the conveyor (mm)	800
Speed (m/min)	1
Belt type	Flat surface
Motor type	SAF37
Torque (Nm)	35,5
Motor speed (RPM)	3
Input power (kW)	0,008
Motor position	Horisontal right
Motor slide	Right



Sele 3.4.1 Konveieri vaade

3.5 Suunaventii valik pneumaatiliste seadmete juhtimiseks

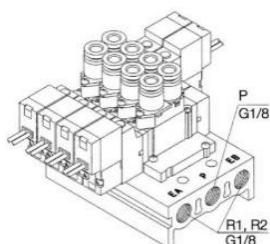
Automaatliinis kasutatavaid pneumaatilisi seadmeid ja vahendeid on vaja juhtida pneumaatiliste klappide abil, võimalusega neid ühendada kontrolleriiga, mis seob kõiki tootmisliini komponente. Lisaks on vajalik ühendusplokk, mida on vaja suunaventii sisse lülitamiseks ja pneumotorustiku ühendamiseks pneumaatiliste seadmetega, (Sele 3.5.1).

On valitud pneumaatiline klapp - lüliti SMC SY3000 5/2

Nomenklatuur 5/2 tähendab, et klappil on 5 ava ja 2 ümberlülituse asendit, mis on vajalik kasutamiseks koos schmaltz gripperi ja pneumosilindritega.

Tabel 3.5.1. Suunaventii SMC SY3000 5/2 parameetrid

SMC SY3000 5/2 spetsifikatsioon	Väärtus
Actuation type	Solenoid/Pilot
Maximum operating Pressure	7 bar
Manufacturer Series	SY3000
Function	5/2
Body material	Die Cast Zinc
Brand	SMC
Solenoid fitted	Yes
Minimum operating pressure	1.5 bar
Solenoid voltage	24V
Minimum operating temperature	-10°C
Maximum operating temperature	+50°C
Number of ports	5/2
Mounting style	Stand alone
Solenoid power consumption	0.4 W
Maximum flow rate	225 L/min
Thread standart	Rc



Sele 3.5.1 SMC SY3000 5/2

3.6 Kompressori valik automatiseeritud tootmisliini jaoks

Oluliseks pneumaatiliste seadmete kasutamisega automatiseeritud tootmisliini lüliks on pneumaatilise energia allikas, milleks on kompressor. Kompressori valik peab toimuma sellisel viisil, et kõik kasutatavad pneumaatilise energia tarbijad võiksid olla varustatud pidevalt; lisaks on vajalik kompressori tööõhu reguleerimine selleks et valida vajalikku tööõhku, mida on vaja kasutatavates pneumaatilistes seadmetes.

Kompressori valimisel on vaja juhendada ka sellest, et kompressori jõudluses on vaja omada varu selleks, et vajadusel saaks tootmisliini ümberseadistada liiniks, mida saab kasutada suurema hulga pneumaatiliste seadmetega, ja et oleks võimalik kasutada kompressorit teiste tööstuse vajaduste jaoks.

Kompressori valik lähteandmetest:

- Tööõhk 2 baari.
- Kõikide allikate pneumaatilise energia maksimaalne tarbimine 100 l/min.

Strong line XT270827 kompressor:

Tabel 3.6.1. Kompressori tehnilised karakteristikud

Nimetus	Tähendus
Mootor	5.5 kw, 400 V
Töökiirus	1450 pöördeid/min
Lõpetatav maht	920 l/min
Reservuaar	270 l
Maksimaalne rõhk	10 baari
Tööõhu regulatsioon	Jah
Ühendused	1 reservuaarist, 2 reduktorist
Suurus	1410 x 580 x 1130 mm
Baromeeter	Jah

3.7 Programmeeritav kontrolleri

Programmeeritavat kontrolleri on vaja selleks, et juhtida kogu automatiseeritud tootmisliini. Kuna igal robotil on oma kontrolleri, neid on vaja siduda lisakontrolleriga selleks, et juhtida kogu süsteemi kasutades andmeid anduritest, robotitest, konveierist, pöörlevast trummlist ja gripperist.

On valitud kontrolleri, mis vastab nõuetele vajaliku hulga sisendite ja väljundite ning tööpinge osas. Tabelis 3.7.1 on esindatud andmed, mida on vaja võtta arvesse lisaseadmete kasutamisel.

IDEC FC4A – D40K3:

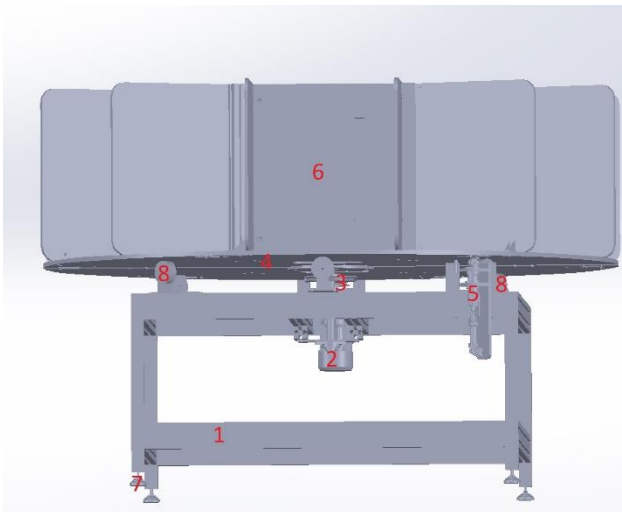
Tabel 3.7.1. Kontrolleri tehnilised andmed

Nimetus	Tähendus
Rated voltage	24 VDC
Allowable range	20.4 to 26.4 VDC
Maximum input current	0.70A (24.6 VDC)
Maximum power consumption	19W
Operating temperature	0 to 55°C
Storage temperature	- 25 to +70°C
Degree of protection	IP20
Grounding wire	22 AWG
Weight	180g
Connection for programming	Ethernet
Expandable I/O modules	7 modules
I/O ports	24 input, 16 output
Timer	100 ms
Analog potentiometer	1 point
Connector	FL26A2MA2
Input points	8 points
Rated input current	7,5 mA/pt
Input impedance	0,8 kΩ (60Hz)
Weight	140g
Output type	1NO
Selection of analog input signal type	Software programming
Software for storing data	WindLDR
Program capacity	5,200 steps
Voltage drop	1v maximum

3.8 Pöördetrummel

Enne automatiseeritud tootmisliini ala asub pöörlev trummel, mis on kokkupandud tellimuse järgi antud projekti jaoks.

Pöörlev trummel on ette nähtud vajaliku tootmise produkti toorikute varu loomiseks ja järgnevas toorikute haaramiseks pöörlevast trummliroboti poolt .



Sele 3.8.1 Pöörlev trummel

Tabel 3.8.1 Pöörleva trummliparameetrid:

Number	Tähendus
1	Raam
2	Elektrimootor
3	Rihmajam
4	Trummlibaaspind
5	Silinder
6	Trummlisektsioonid toorikute jaoks
7	Trummlitugijalad
8	Trummlitugirattad

Pöörleva trummlil tööpõhimõte:

Pöörleval trummlil, (Sele 3.8.1), on 6 sektsiooni nendesse toorikute asetamiseks. Kui ühes sektsioonis saavad produkti toorikud otsa, roboti gripper annab kontrolleriile signaali sektsiooni ümberlülitamiseks. Trummlil pöörlemine toimub päripäeva. Trummlil keskel on paigaldatud laager ning pöörlevat trummlil käivitatakse elektrimootori (2) ja rihmarataste (1) abil. Sektsiooni vahetamiseks teise vastu lülitatakse sisse elektrimootor (2). Elektrimootori (2) töö lõpeb siis, kui anduriga pneumosilinder (5) satub määratud avadesse trummlil baaspinnas (4). Kui silindri varras (5) liigub avatud asendisse, rakendub andur ja elektrimootor (2) peatub. Niiviisi järgmine sektsioon produkti toorikutega muutub liigipäätavaks roboti poolt haaramiseks.

Tugirattad (8) on ettenähtud pöörleva trummlil asendi paigaldamiseks. Trummlil pöörlemise ajal tugirattad (8) hoiavad trummlil staatilises asendis, lubades trummlil pöörleda.

trummlil sektsioonid toorikute jaoks (6) ja trummlil baaspind (4) koosnevad vineerist.

4 SPETSIAALSE RAKESTUSE PROJEKTEERIMINE

4.1 Raami projekteerimine kokkupaneku tööala jaoks

Raami projekteerimine produkti kokkupaneku tööala jaoks algab tööala maksimaalsete gabariitide määramisest, kokkupaneku tööpinna kõrguse määramisest, arvestades, et kokkupaneku tööala all paikneb kaks (2) robotite kontrollereid.

Kontrollerid asetsevad (Sele 4.1.1) esindatud viisil. Kontrollerid asuvad teineteise kõrval selleks, et hoida kokku tööala. Arvestades üldiseid lubatavaid ala gabariite produkti tootmiseks, selline asetus on optimaalne.

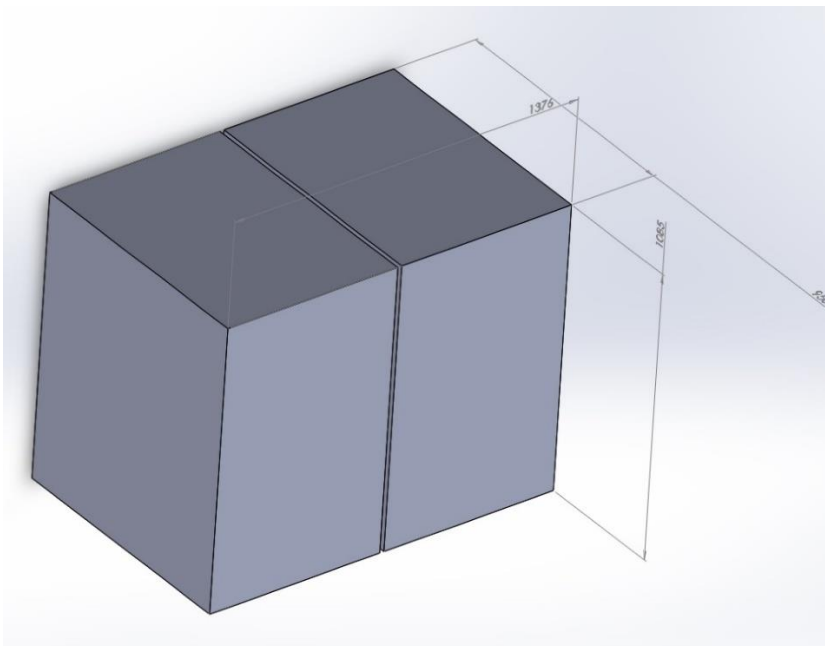
Raam tööalaga produkti kokkupanekuks ja spetsiaalsete seadmete ja spetsiaalse raketuse paigaldamiseks on projekteeritud kontrolleri kohal.

Kahe kontrolleri gabariidid:

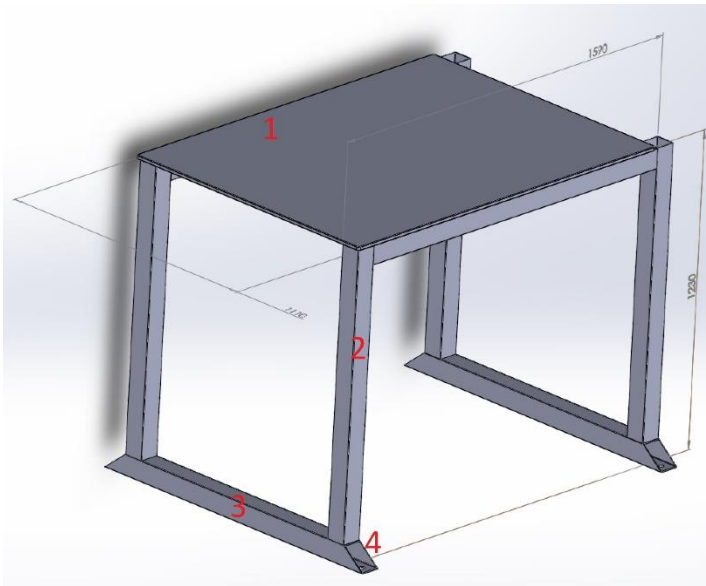
1376 mm x 950mm x 1085 mm.

Teatud suurused kokkupaneku tööala kohta:

1600 mm x 1100 mm.



Sele 4.1.1. Kontrollerite asetus tööalal.



Sele 4.1.2. Raam.

Raam on projekteeritud tingimustel:

- Kontrollerid asuvad raami all, lubades hoida kokku ruumi, tulemusena tööala on ümberpaigaldatud tootmiseks ja liini teeninduseks mugavale kõrgusele.
- Ülemisel tööalal, (Sele 4.1.2), asuvad robotid, seadmed, spetsiaalselt projekteeritud rakestus, toimub produkti kokkupanek.

Raami ja selle kõikide komponentide materjaliks on S235 teras, mis on laialdaselt kasutusel metallkonstruktsioonide konstrueerimisel. Raam on pandud kokku keevitamise teel. Raam on kinnitatud tasasele betoonpinnale nelja M12 ankrupoldi abil, mis tagab vastupidavat fikseerumist. Raam on kinnitatud betoonpõrandale pildil alal 4, (Sele 4.1.2).

Raami komponendid:

- Profiilid 2,3 , sele 4.1.2, 80 mm x 80 mm x 3 mm.

Kate/liini tööala:

- Valtsitud leht, paksus 15 mm.

Robotid, seadmed ja spetsiaalne rakestus on kinnitatud poltide abil, tagades vastupidavat fikseerumist otse tööalale 1, (Sele 4.1.2). Tööala on puuritud ja on lõigatud vajalik keere.

Raami kaitsekate, krunt RAL6000, tagab kaitset metalli korrosioonist.

4.2 Raami arvutus

Andmed raami analüüsiks.

Materjal: S235 teras

Tabel 4.2.1. Teras S235 parameetrid

Property	Value	Units
Elastic modulus	200000	N/mm ²
Poisson s ratio	0,26	N/A
Shear modulus	79300	N/mm ²
Mass density	7850	kg/m ³
Tensile strenght	400	N/mm ²
Yield strenght	250	N/mm ²

Tugevuse arvutus:

Roboti liikuvate osade üldine kaal:

$$80 + 80 = 160 \text{ kg.}$$

Robotite kiirendused liikumisel ühes suunas:

- 1) Maksimaalne kiirendus robotite töö ajal: 57 m/s².
- 2) Maksimaalne kiirendus hädastopi puhul: 110 m/s².

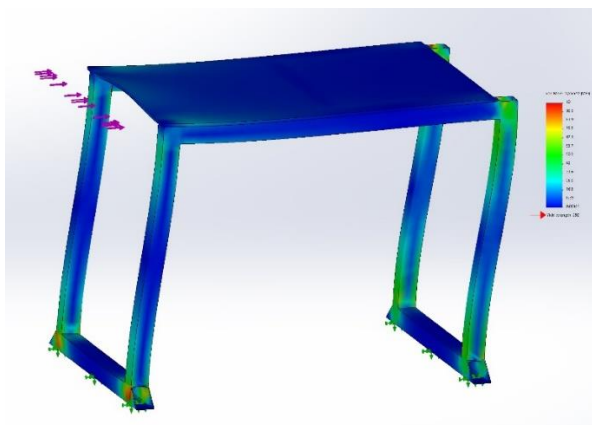
Newtoni teise seaduse järgi:

$$F = m \cdot a$$

$$F_1 = 160 \cdot 57 = 9120 \text{ N}$$

$$F_2 = 160 \cdot 110 = 17600 \text{ N}$$

Jõudu rakendatakse ühel teljel, ülemisele raami pinnale, imiteerides jõudu, mida robotid rakendavad liikumisel ühes suunas.



Sele 4.2.1.1. Visuaalne jõudude mõju

Saame robotite töö puhul väärtust 52,2 Mpa, hädastopi puhul väärtust 101 Mpa. Maksimaalne lubatud väärtus on 250 Mpa. Tingimused on täidetud.

Raami jäikuse arvutus:

Arvutuse jaoks parameetrid jäävad samadeks nagu tugevusarvutuses, Tabel 4.2.1.

Roboti liikuvate osade üldine kaal:

$$80 + 80 = 160 \text{ kg.}$$

Robotite kiirendused liikumisel ühes suunas:

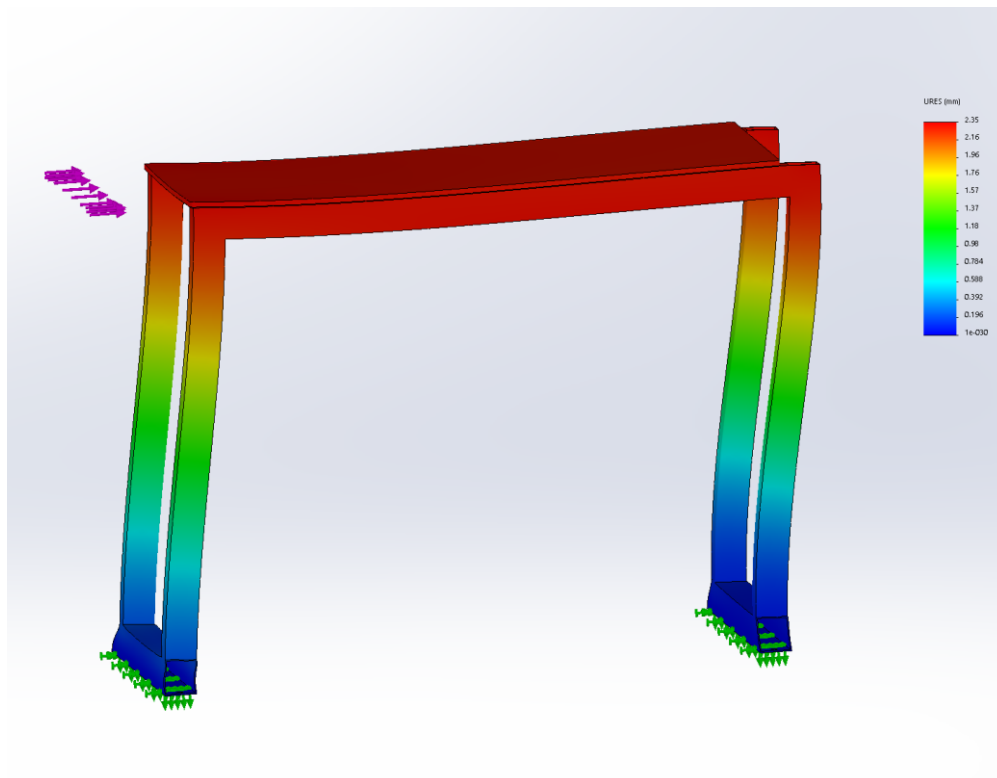
- 1) Maksimaalne kiirendus robotite töö ajal: 57 m/s^2 .
- 2) Maksimaalne kiirendus hädastopi puhul: 110 m/s^2 .

Newtoni teise seaduse järgi:

$$F = m \cdot a$$

$$F_1 = 160 \cdot 57 = 9120 \text{ N}$$

$$F_2 = 160 \cdot 110 = 17600 \text{ N}$$



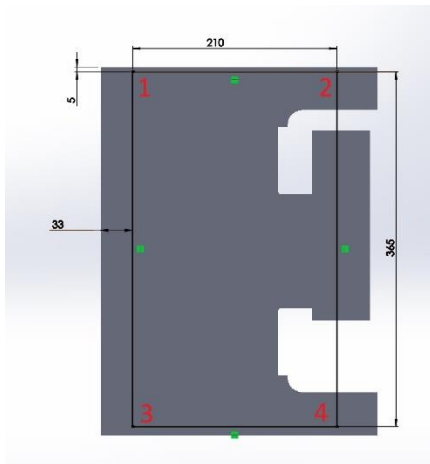
Sele 4.2.2. Raami jäikus

Saame robotite töö käigul maksimaalse deformatsiooni 2.35 mm. Antud väärtus sobib selleks et kasutada roboteid ja koostada tootmistoodet.

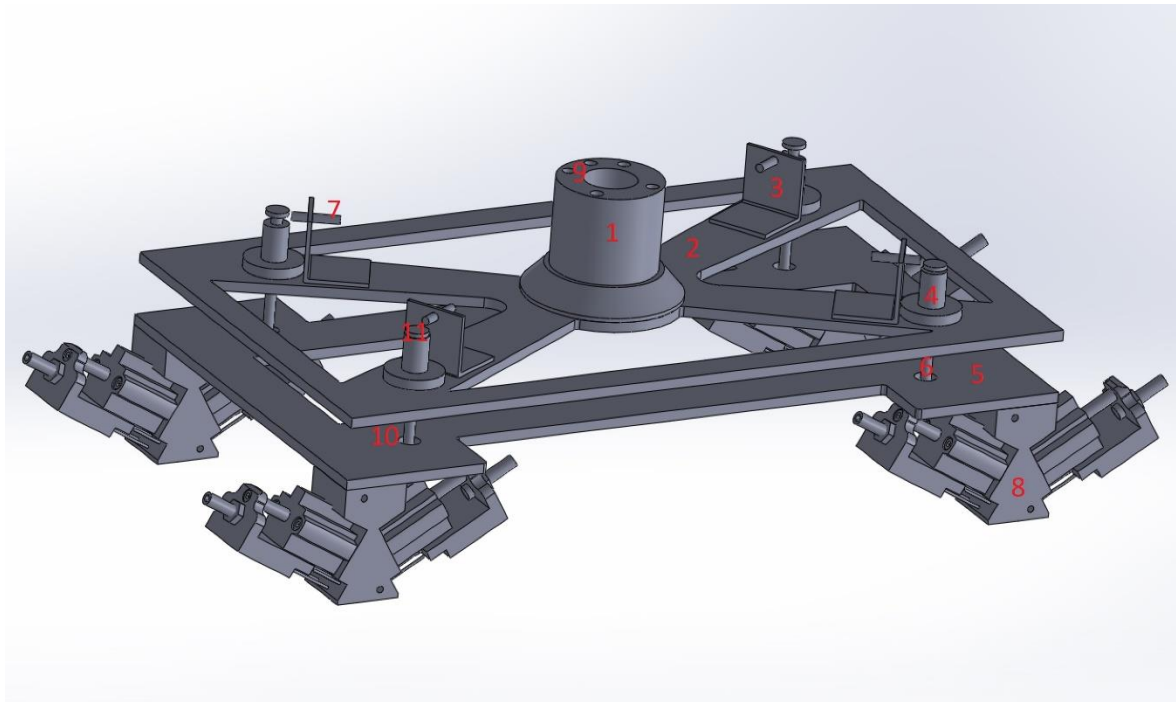
4.3 Roboti spetsiaalse raketuse projekteerimine. Produkti kokkupanek ja transportimine. Gripper

Gripperi projekteerimine tooriku üleviimiseks kokkupaneku tööalal ja järgnevaks tooriku kokkupaneku protsessiks lõpptooteks algab tööülesande määramisest, mida on vaja toorikuga teostatud operatsioonide jaoks.

Haarav gripper kasutab neli nöörljat haaratsit Schmalz. Materjali haaramise punktid on 1,2,3,4, (Sele 4.3.1).



Sele 4.3.1. Haaramise punktid



Sele 4.3.2 Gripper.

Gripperi tööpõhimõtte kirjeldus:

Gripper, (Sele 4.3.2), on kinnitatud roboti ääriku külge nelja kinnituspoldi ja suunava pini abil gripperi täpseks paigaldamiseks roboti äärikul. Roboti äärik on kontaktis vastusäärikuga (1). Poldid alas (9) pingutuvad baasplaadi küljest (2). Baasplaadile on kinnitatud lineaarsed laagrid (11). Lineaarseid laagreid on vaja varda (6) fikseerimiseks, kusjuures varras liigub laargis vabalt.

Varras (6) on kinnitatud vastusplaadile (5), moodustades sellega ühte liikumatut elementi.

Äärikul kahe plaadi vahel asub verdu, mis töötab kokkusurumise peale. Vastavalt eelnimetatule toimub järgmine liikumine: vastusplaat (5) sellele kinnitatud äärisega (6), kontaktis ja järgmise liikumisega tööpinnale liigub ülesse, mida lubavad ääris (6) ja lineaarne laager (4). Neli verdu (10) pehmendavad gripperi liikumist, tehes seda sujuvaks ja ilma tõmmeteta.

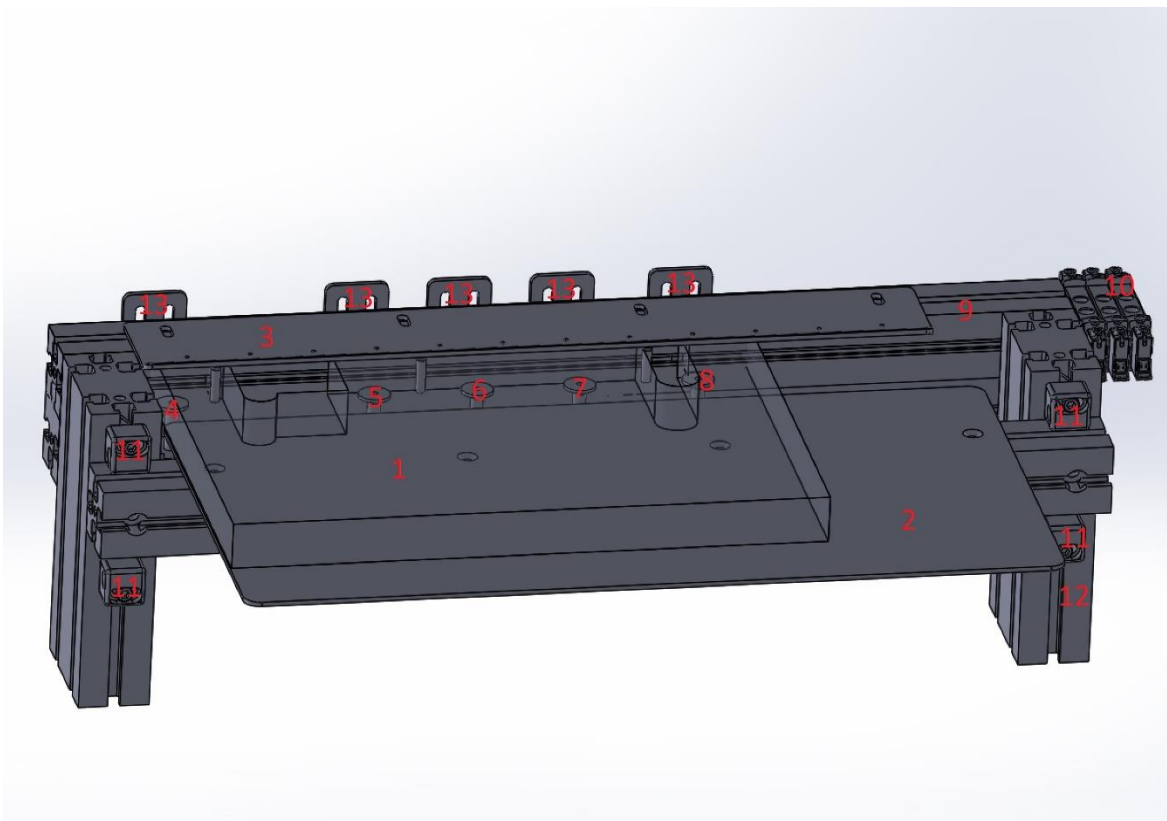
Siis kui töötab üks anduritest (7), robot lõpetab liikumise ja gripperi kokkusurumine peatub. Peale töötooriku haaramist Schmalz haaratsite (8) abil toimub gripperi lahtisurumine. Gripper surutakse lahti seni kuni stopper rõngas (11) toetub vastu lineaarse laagri (4) korpust.

Anduri kinnitusnurk lubab fikseerida andurit (7). Kinnitusnurk on kinnitatud baasplaadi (2) külge kahe M5 poldi abil. Gripperi asendi fiksatsioon toimub magnetanduri (7) abil, mis annab signaali gripperi lahtisurumisel. Kui gripperit surutakse kokku, stopper rõngas (11) satub anduri (7) haaramise raadiusesse.

Tabel 4.3.1. Gripperi komponendid

Nimetus	Tähendus	Materjal
1	Äärik	POM - H
2	Baasplaat	1060 ALU
3	Anduri kinnitusnurk	AISI 304 RV
4	Lineaarne laager	-
5	Vastusplaat	1060 ALU
6	Varras	AISI 304
7	Andur	-
8	Schmalz haarats	-
9	Kinnitusavad	-
10	Kokkusurumise verdu	-
11	Tugistopper	AISI 304 RV Materjal

4.4 Spetsialiseeritud varustuse projekteerimine. Tooriku haaremoodul



Sele 4.4.1. Tooriku haaremoodul.

Tooriku haardemooduli tööpõhimõtte kirjeldus:

Protsess algab sellest, et gripper, (Sele 4.3.2), läheneb haardemooduli juurde, (Sele 4.4.1). Gripper, (Sele 4.3.2), asetab toorikut alusplaadile (2). Pärast töödeldav detail (1) nihutab gripperi, (Sele 4.3.2), abil toorikut (1) tugiprofiilile (9), kus toorik toetub tagaküljele.

Pneumaatiliste silindrite (5), (6), (7) abil, mis on kinnitusotsadega, toorikut kinnitatakse kolmes punktis. Pärast kolme elemendi fikseerimist robot teeb liigutuse tahapoole ja kolm elementi jäävad tooriku haardemoodulile. Silindrite (4), (5), (6), (7), (8) tööd reguleeritakse pneumaatiliste lülitite abil (10).

Kalibreerimistugesid (11) kasutatakse konstruktsiooniprofiili kindlaks kinnitamiseks. Kalibreerimistugede (11) abil on võimalik muuta konstruktsiooniprofiili asendit ja seejärel alusplaadi (2) asendit teise suurema või väiksema materjali paksusega tootmise toote peale ümberseadistamise puhul. Pneumaatilised silindrid on samuti reguleeritava kõrgusega vajaliku tootmise toote jaoks. Kõrguse reguleerimist võimaldavad metallist nurgad, nii on võimalik

reguleerida pneumosilindreid, mis on kinnitatud konstruktsiooniprofiilile (9) ja millel on ovaalsed poldiavad, mis võimaldavad silindrite asendi muutmist.

Juhtplaat (3) on mõeldud töödeldava detaili (1) kinnitamiseks fikseerimise tagaküljest pneumaatiliste silindrite abil. Silindrite töö ajal toorik (1) liigub ülesse ja juhtplaat (3) blokeerib selle liikumist.

Tabel 4.4.1. Mooduli komponendid

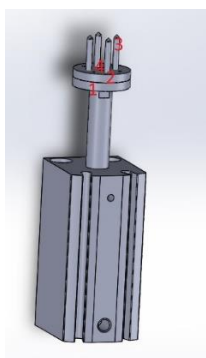
Number	Väärtus	Materjal
1	Toote toorik	-
2	Baas plaat	1060 ALU
3	Juhtplaat	1060 ALU
4	Pneumaatiline haarats, teine toode	-
5	Pneumaatiline haarats	-
6	Pneumaatiline haarats	-
7	Pneumaatiline haarats	-
8	Pneumaatiline haarats, teine toode	-
9	Konstruktiivprofiil	1060 ALU
10	5/2 pneumaatiline lüliti	-
11	Kalibreerimis asetus	1060 ALU
12	Konstruktiivprofiil	1060 ALU
13	Nurk koos silindrite kõrguse reguleerimisega	1060 ALU

Pneumaatiline haarats kinnitab toorikut selle haardemoodulis naelte abil. Naelad ei anna toorikul nihkuda ülejäänud vaba telje suhtes, kinnitades seda.

Pneumaatilise haaratsi (Sele 4.4.2) kokkupanek sisaldab endas:

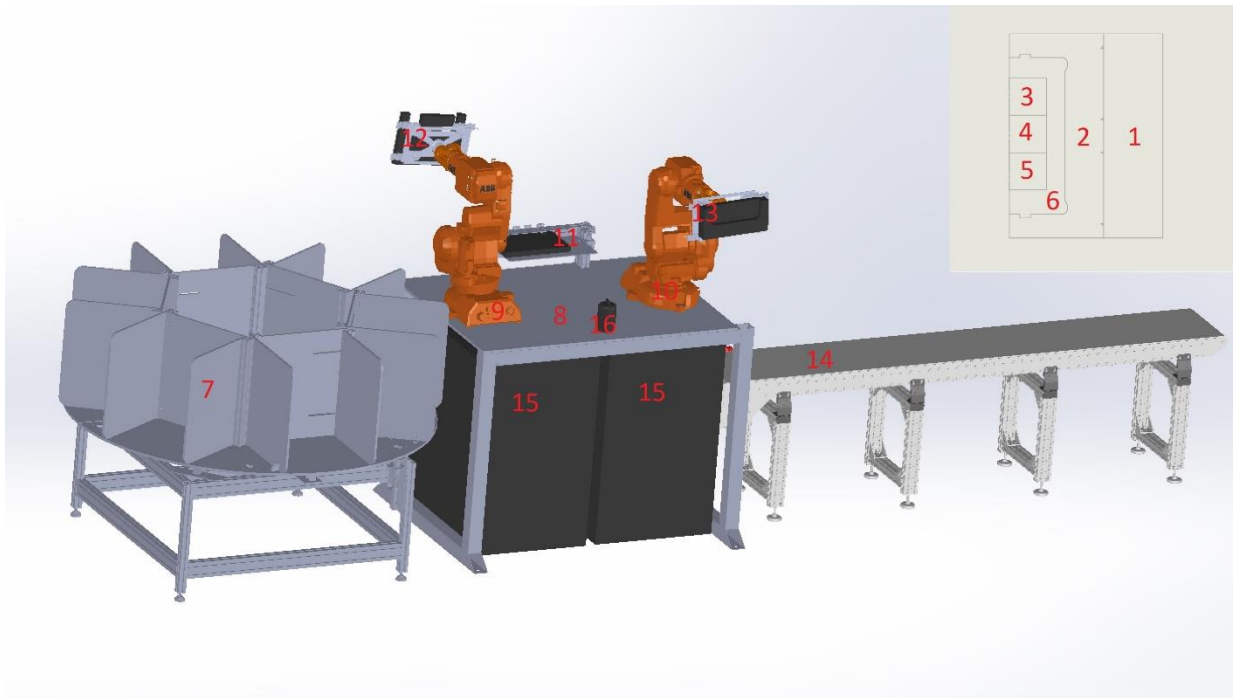
1,2- Naelte avadega ümarad plaadid (3).

4 – Kinnituspolt pingutab plaate (1), (2) ja kinnitab neid silindrivarda külge.



Sele 4.4.2. Gripper

4.5 Tootmistoote koostamise aluspõhimõtte kirjeldus



Sele 4.5.1. Koostamise aluspõhimõtte.

Vaadeldakse tootmise lõpptoote kokkupanekut automatiseeritud konveieriliini peal, (Sele 4.5.1). Protsess algab asjaolust, et vahtpolüetüleenist toodangu toorikut, mida operaator asetab plaadile (7), haaratakse roboti (9) ja sellele paigaldatud gripperi abil.

Haaratud toorik on paigutatud haardemoodulisse (11), kus toorikut kinnitatakse pneumaatiliste haaratsite abil punktides (3), (4), (5). Seejärel eemaldab robot (9) tooriku allesjäänud komponente haardemooduli (11) piirkonnast.

Toote tooriku komponenti (6) haaratakse roboti (10) poolt ja eemaldatakse kokkupaneku tööalast prügikasti, kuhu kogutakse jäätmeid.

Järgmise toiminguga alustavad robotid (9) ja (13) tooriku komponentide (2), (1) rebimist ja liimimist. Robot (9) toob toorikut komponentidega (2), (1) teise roboti (10) juurde, millel on ka olemas haardegripper (13). Robot (10) haarab tooriku (1) komponendi, komponent (2) jääb roboti (9) poolt haaratuks. Seejärel robotid (9) ja (10) viivad üle tooriku osad tööstusfööni (16) juurde, kus toodet liimitakse. Pärast toorikute (2), (1) sulatamist liimimiseks nõutavate parameetriteni robotid

ühendavad toorikuid (1) ja (2), mille järel komponendid moodustavad ühe terviku. Kokkuliimitud komponendid jäävad robotile (9).

Järgmine samm on ülejäänud tooriku komponentide peale liimimine. Robot (10) haarab toote tooriku ülejäänud komponente (3), (4), (5). Seejärel mõlemad robotid viivad liimitavaid komponente (3), (4), (5) tööstusfööni (16) juurde, kus neid sulatatakse ja liimitakse kokku sama põhimõtte kohaselt. Kui see operatsioon on lõpetatud, kantakse roboti (10) poolt haaratud tootmise lõpptoodet üle konveierile (14), kus asuvad valmistooted ja kus toimub nende edasine vastuvõtmine operaaatori poolt.

Tabel 4.5.1. Automatiseeritud liini komponendid

Number	Väärtus
1	Tootmistoote komponent 1
2	Tootmistoote komponent 2
3	Tootmistoote komponent 3
4	Tootmistoote komponent 4
5	Tootmistoote komponent 5
6	Tootmistoote komponent 6
7	Pöördetrummel
8	Raam, koostamise tööala
9	Robot 1
10	Robot 2
11	Haaramise moodul
12	Gripper 1
13	Gripper 2
14	Konveier
15	Kontroller 1
16	Kontroller 2

5 RISKI JA OHUTUSANALÜÜS

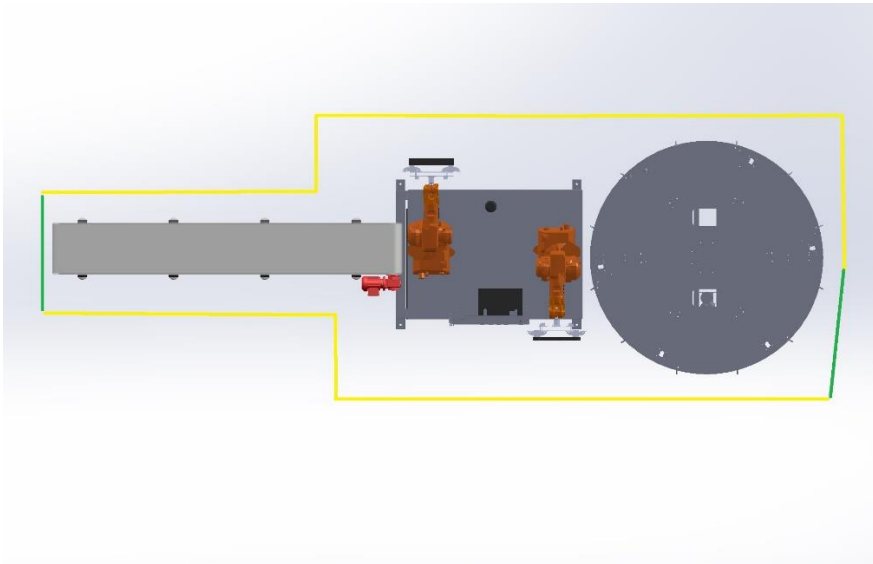
Üldised ohutusnõuded tootmispiirkonnas töötamisel:

- Tsehhi sisenemisel peab töötaja silmadesse osakeste sattumise vältimiseks kandma kaitseprille.
- Kuulmise säilitamiseks on vaja kasutada kõrvatrope või kaitsekõrvaklappe müra vähendamiseks.
- Uue (tundmatu) töö saamisel on vaja küsida tööjuhatajalt täiendavaid ohutusjuhiseid.
- Mitte puudutada elektriseadmeid, klemme ja elektrijuhtmeid, üldisi valgustusseadmeid, ja mitte avada elektrikappide uksi.
- On vaja kanda tööjalatseid. Kerged jalatsid (sussid, sandaalid) on jalgade vigastamise võimaluse tõttu keelatud.
- Hoida oma tööriistad korras: nõõpida kinni või kinnitada varrukate mansette elastse kummiga; sättida riideid nii, et ei oleks lehvivaid otsasid: panna ära lipsu või peakatte otsi, kanda liibuvat peakatet ja panna juukseid selle alla.
- Kontrollida, et töökoht oleks piisavalt valgustatud ja et valgus ei pimestaks silmi.
- Mitte ületada konveiereid ja rullteid selleks mitte ettenähtud kohtades ja mitte ronida nende alla, ilma loata mitte siseneda piirete taha.

Ohutusnõuded automatiseeritud kokkupanekuliini piirkonnas:

- Kollaste signaalimärkide ületamine on keelatud ilma kõigi seadmete täieliku peatamiseta.
- Laadimine ja mahalaadimine toimub roheliste markeeritud signaaljoonte abil, kui kõik seadmed on robotikontrollerite konsooli kaudu ooterežiimil.
- Vajadusel teostada automatiseeritud liini piirkonnas teatud tööd on eelnevalt vaja kõiki seadmeid välja lülitada.
- Hädastopi vajaduse korral kasutada kõigi seadmete hädastopinuppu.
- Automaatse tootmisliini töö ajal tuleb kasutada väljatõmmet.
- Toote pea- ja mahalaadimist teostatakse kaitsekindades.

- Robotite kasutamiseks on vajalik eelnev koolitus.
- Toote toorikute transportimine ja toote edasine transport toimub väljaspool märgistatud tsooni.
- Pärast automaatse tootmisliini väljalülitamist on vaja jahutada tööstusfööni viie minuti jooksul ja alles seejärel lahkuda töökohast.
- Võõrkehade paigutamine automaatse liini piirkonda või selle peale on rangelt keelatud.
- Enne töö alustamist veenduda, et automatiseeritud tootmisliinil ei oleks tootmise toodet.
- Tuleb iga 48 töötunni järel puhastada töölauda tooriku osakesest, eelnevalt on vaja kõiki seadmeid välja lülitada.
- Tuleb kasutada suitsuandureid.
- Tulekustuteid paigaldatakse tootmisliini läheduses.



Sele 5.0.1. Märgistatud ohutuse piiriliinid.

6 MAJANDUSLIKE ASPEKTIDE ÜLEVAADE

Ökonoomiline arvutus oli tehtud selle jaoks, et hinnata automatiseeritud tootmisliini hinda.

Tabel 6.0.1. Majanduslike aspektide ülevaade

Nimetus	Summa	Maksumus (EUR)	Lõplik summa (EUR)
ABB IRB 140	2	11.000	22.000
Pöördetrummel	1	2.000	2.000
Raam	1	250	250
Konveier	1	2.000	2.000
Gripper			
POM-H flants	2	15	30
Lineaarlaager	8	20	160
Stopper	8	5	40
Andur	2	20	40
Põhilaat	2	25	50
Lisaplaat	2	25	50
Polt M5	32	0.5	16
Polt M6	8	1	8
Võll	1	10	10
Andur gripperile	8	15	120
Vedru	8	2	16
Tsentreerimisvõll	2	10	20
Fitting	16	4	64
Plaat anduri jaoks	2	4	8
Fikseerimisalus võllile	8	8	64
Gripper	6	410	2.460
Catch module			
Profiil	4	10	40
Pneumosilinder	5	35	140
Alusplaat	1	25	25
Fikseerimisplaat	1	30	30
Silindri fikseerimine	5	7	35
Profiili fikseerimine	4	5	20
Polt M8	8	1	8
Polt M6	14	1	14
Mutter M8	8	2	16
Mutter M6	14	2	28
Nõel	40	0.01	0.4
Polt M5	5	1	5
Silindri plaadid	10	3	30
SMC SY3000 5/2	5	70	400
Others			
Pneumotorustik 6 mm	1	40	40

Pneumotorustik 8 mm	1	60	60
Pneumotorustik 10 mm	1	40	40
Kompressor	1	1590	1590
Würth soojapuhur	1	230	230
Kuumapuhuri fikseerimine	1	8	8
Mutrid M8	2	1	2
Seib M8	2	1	2
Plaat robotile suunaventiil	2	15	30
Juhtmestik gripperile	15	1,5	23
Ohutuskarp	1	15	15
Abitoru robotile	2	10	20
Polt M6	35	1	35
Raami kinnitus	4	3	12
Konveieri kinnitus	8	3	24
Pöördetrummli kinnitus	8	3	24
IDEC kontrollerr	280	1	280
Kontrolleri juhtmestik	1	30	30
380V ühendused	2	40	80
Ohutuskonsool	1	50	50
Markeerimisjoon	1	100	100
		Summa	32 892,4

Peab kindlasti arvestama sellega, et hinnale lisanduvad ka inseneri tunnid ning kõik vajalikud kulud, mis tekivad projekti valmistamisel.

7 JÄRELDUS

Antud diplomitöö pakub mitmeid positiivseid lahendusi:

- 1) Detailide kokkuliimimine ilma inimese juuresolekuta.
- 2) Detailide tootmine ööpäeva jooksul ehk 24 tundi päevas.
- 3) Võimalus kasutada halba valgustust robotite tööpiirkonnas.
- 4) Võimalus kiiresti toota suuri detailide partiisid.
- 5) Võimalus seadmeid kiiresti ümberseadistada sarnaste detailide tootmiseks.
- 6) Töökohtade arvu vähendamine.
- 7) Tootmisruumi säästlik kasutamine.
- 8) Käsitöö vähendamine.

Arvestades antud diplomiprojekti ülaltoodud omadusi, kokkuvõtteks saame kesmise seeriaga toote tootmist kaasaegsete lahenduste ja seadmete kasutamise. Tootmisliini tootlikkust on väga lihtne arvutada, mis aitab inseneril ja tootmiseplaneerijal teha täpset arvutust ja teostada tootlikkuse täpset planeerimist. Lisaks, antud seadmete kasutamisega on võimalik vähendada töökohtade arvu, mis aitab vabastada töötajaid käsitööst ja võimaldab suurendada tootlikkust muudes tootmise aspektides.

Samuti on võimalik antud tootmisliini ümberseadistada neljanda põlvkonna tootmiseks, mida hakatakse järk-järgult juurutama erinevatesse tootmisliikidesse, mis võimaldab veel rohkem optimeerida tootmistööd, teostada andmete analüüsi, kasutada automaatset töö optimeerimist, kasutada tootmise protsessi ja töösükli enesediagnostikat ja rakendada töötajate läbimõeldud toetust. Üleminek on võimalik teise keskkontrolleri ja pneumaatiliste seadmete abil, mis toetavad erinevaid ümberlülituse tüüpe, traadita võrku ja erinevate süsteemidega ühendust.

KOKKUVÕTE

Antud diplomitöö kirjutamisel püstitatud ülesandeks oli töötada välja toodete automatiseeritud tootmist detailide tootmismahuga 50 000 tükki. Oli välja selgitatud, missugune kuju on esialgsel toote toorikul ja kuidas jagada seda toorikut tootmise jaoks vajalikeks elementideks. Samuti oli selgitatud, missugusest materjalist koosneb toote toorik, millised on selle materjali omadused ja milliseid toiminguid tuleb teostada toote kokkupanekuks. Kokkupanek sisaldab endas ka kokkupaneku tüübi identifitseerimist tooriku sulandamise teel.

Oli määratud kindlaks tootmistüüp – keskmise seeria toodanguga, mis omakorda võimaldas kasutada automatiseeritud seadmeid, mis on efektiivsed keskmise seeriatootmise puhul. Samuti selgitati välja, et automatiseeritud tootmisliini saab vajadusel ümberseadistada teise sarnase toote jaoks.

Oli viidud läbi analüüs, mis võimaldas teha kindlaks, missuguseid seadmeid on optimaalseim kasutada selles projektis. Analüüsi tehti selle jaoks, et saavutada seadme maksimaalselt efektiivset kasutust ja vähendada toote tootmise käigus tekkivaid kadusid. Analüüs oli lisaks viidud läbi arvestades tootmisliini tellija soove.

Oli arvatud tööpiirkond, kus asub automatiseeritud tootmisliin, selle jaoks, et määrata automatiseeritud tootmisliini gabariite. Pärast gabariitide määramist oli projekteeritud spetsialiseeritud rakestus. Automatiseeritud tootmisliini spetsiaalse rakestuse projekteerimisel olid võetud arvesse tootmise tüüp, toote tüüp, toote valmistamiseks vajalik kiirus, kliendi soov ja tootmisrobotite kasutamine.

Samuti oli kirjeldatud, kuidas toimub kokkupanek automatiseeritud tootmisliinil, mis võimaldab mõista, missugustest etappidest koosneb toote kokkupanek.

Lisaks kirjeldatakse automatiseeritud tootmisliinil töötamise ajal kasutatavaid ohutusnõudeid ja üldisi ohutusnõudeid. On toodud ka automatiseeritud tootmisliini ehitamise ligikaudne maksumus.

Conclusion

The task of this thesis was to work out the automated products production for the volume of 50 000 details. It was revealed, what is the shape of initial product workpiece and how to divide this workpiece into elements needed for production. It was also explained what materials the product workpiece consists of, what are the properties of this material and what operations should be done for assembling the product. Assembling also includes identifying its type by melting the workpiece.

The type of production was identified as middle of serial production type, what allowed to use automated special devices, which are efficient in case of middle serial production. It was also explained that automated production line can be reconfigured for another similar product if needed. A conducted analyze helped to understand, which appliances are the most optimal to use in this project. The analyze was conducted with a goal to achieve the maximal efficient usage and reduce losses during the process of production. It was also conducted taking into account wishes of the production line customer.

There were made calculations of work area where the automated production line is located so that the production line dimensions could be defined. After defining the dimensions the special equipment was designed. During the design process of special requipment such factors as production type, product type, speed needed for producing a product, customer's wish and use of production robots were taken into accout .

The way of assembly happening at the automated production line was also described. This helps to understand, what are the phases of product assembly.

Additionally there were described the safety requirements and general safety requirements, which are used during working at the automated production line. Approximate cost of building the automated production line was also shown.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

[1] Tööstuse tüübi määramine.

<https://studfiles.net/preview/5582991/page:3/>

[2] Materjali omadused.

<https://propolyethylene.ru/vspenenniy/listovoy.html>

[3] Produkti kokkupaneku jaoks andmed.

<https://propolyethylene.ru/vspenenniy/tekhnicheskie-harakteristiki.html>

[4] Schalz tehniline dokumentatsioon.

https://pimmedia.schmalz.com/Dokumente/Datenblatt_Produktfamilie/0_/046/04673/DBPF_PGE-04673_en-EN_000.pdf

[5] Konveier.

<https://old.solidcomponents.com/company/Default.asp?SCCC=SCCNA46FH>

[6] Suunaventiil.

<https://ee.rsdelivers.com/product/smc/sy3120-5lou-c6-q/smc-sy3000-5-2-solenoid-pilot-stand-alone/2345428>

[7] Kompressor.

<https://www.tooriistamarket.ee/et/kompressor-3-v-75hp-827270l>

[8] Programmeeritav kontrollerr.

https://www.galco.com/techdoc/idec/fc4a-t32k3_spec.pdf

[9] Klienti toodangu koduleht.

<http://www.et-tallinn.ee/et/transpordipakend>

[10] ABB IRB140 tehniline dokumentatsioon.

<https://library.e.abb.com/public/8566e7a2794a4c2d8a63267d8b6e5697/3HAC041346%20PS%20IRB%20140-en.pdf>

[11] Griiperi andur.

https://www.festo.com/cat/et_ee/products__89366

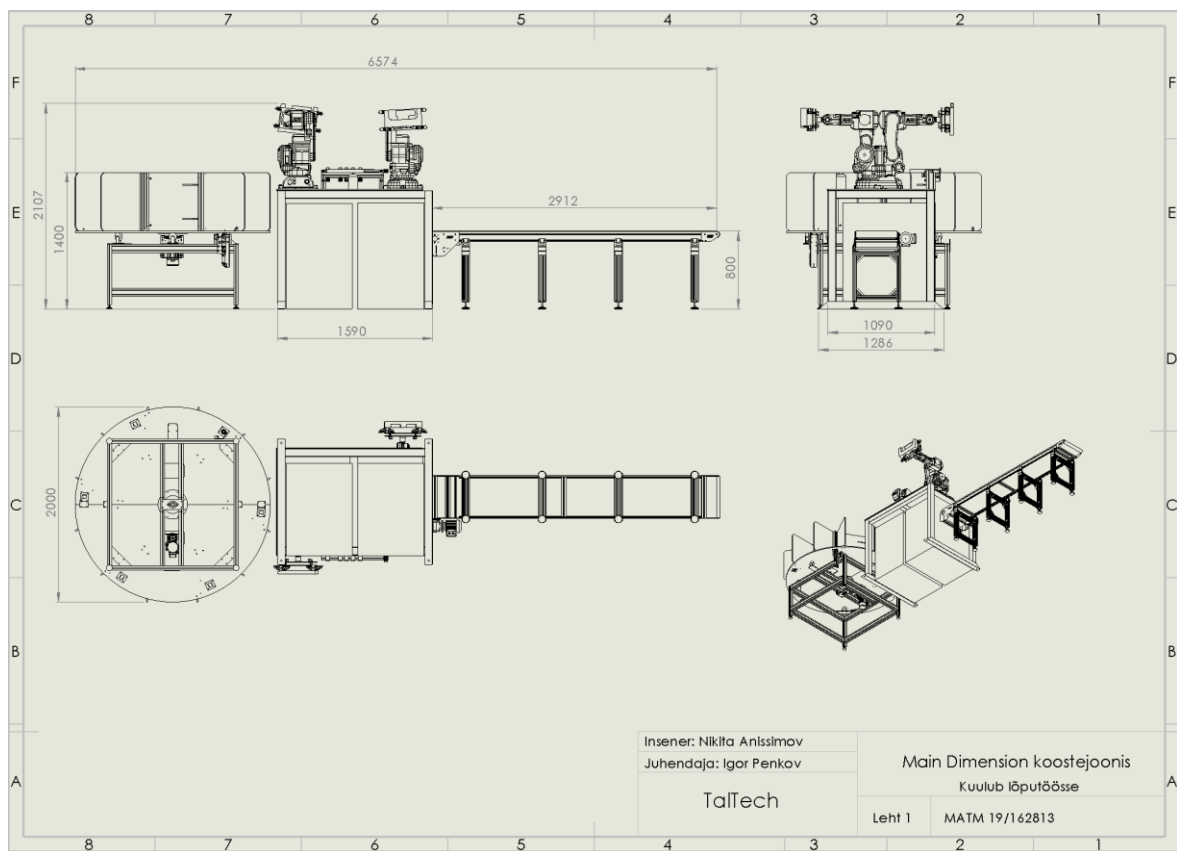
[12] Ohutus tööstudel.

<http://delta-grup.ru/bibliot/1/3.htm>

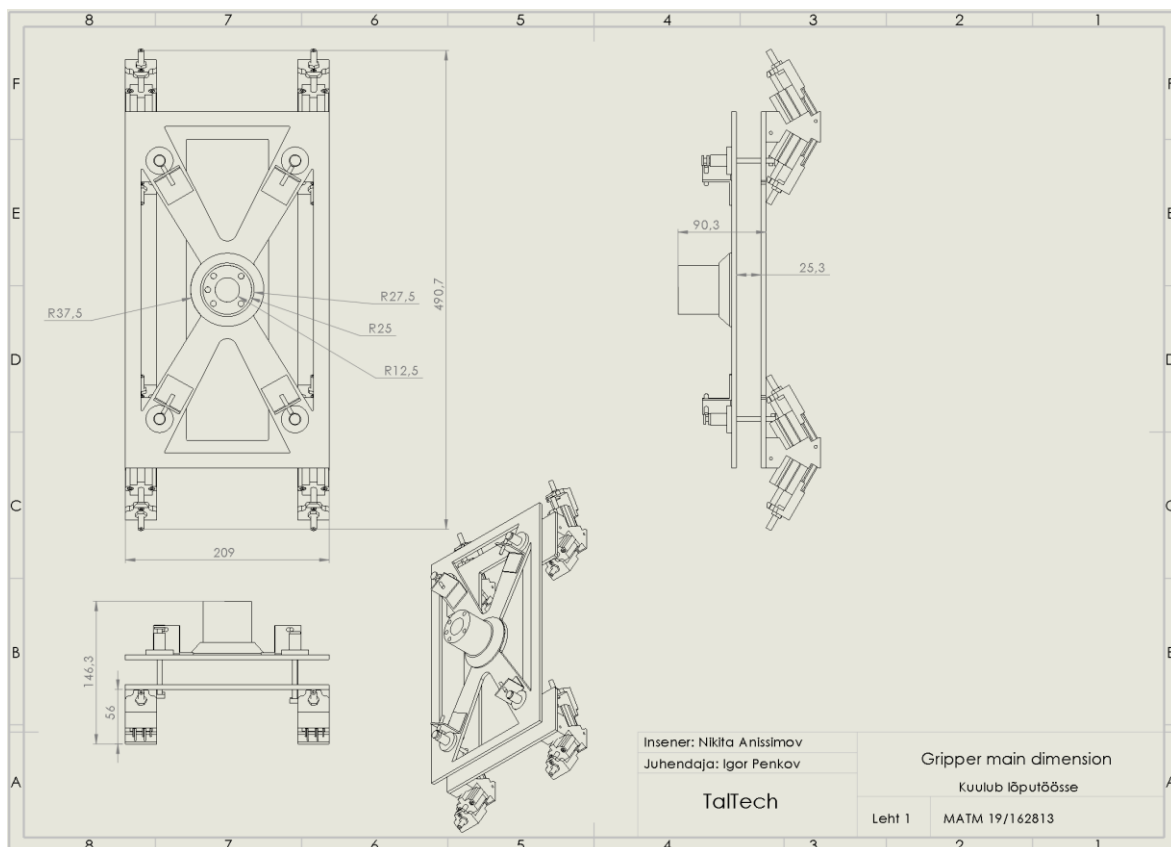
LISAD

Lisa 1 - Koostejoonised

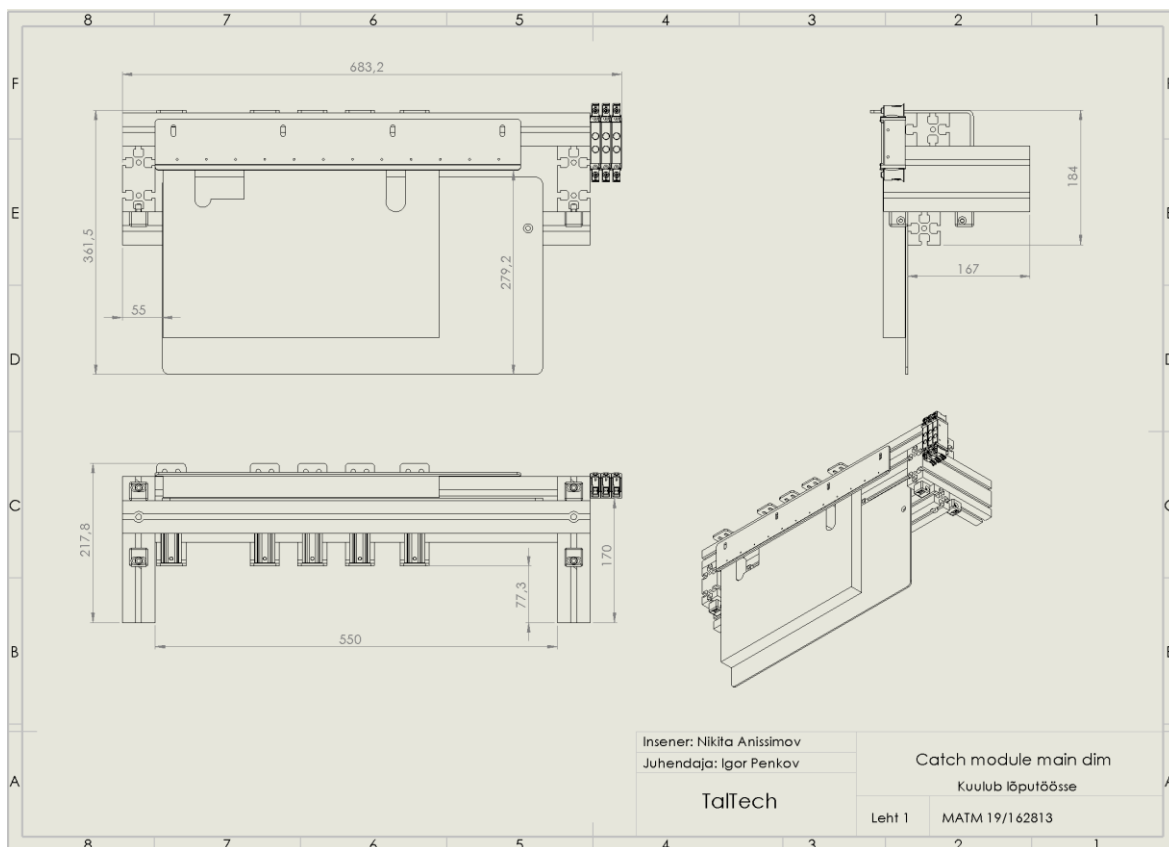
Main dimension koostejoonis:



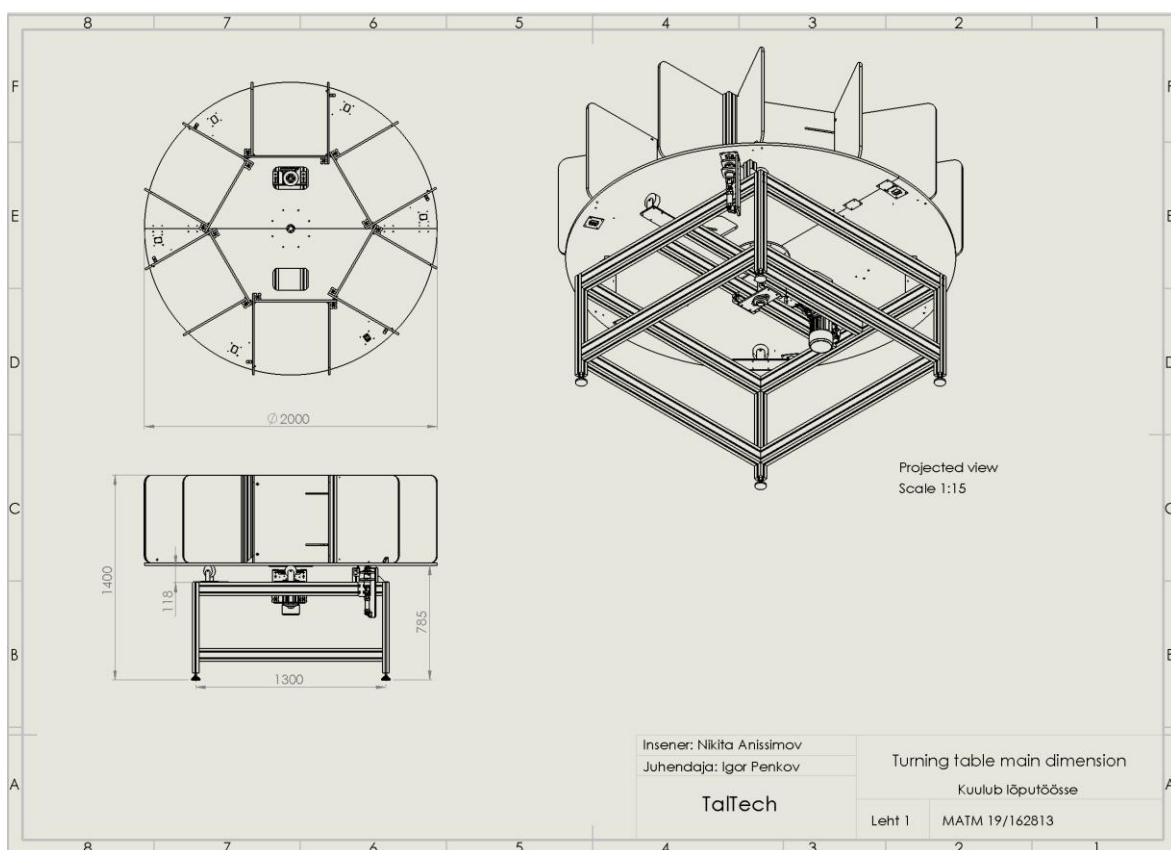
Gripper main dimension:



Catch module main dimension:

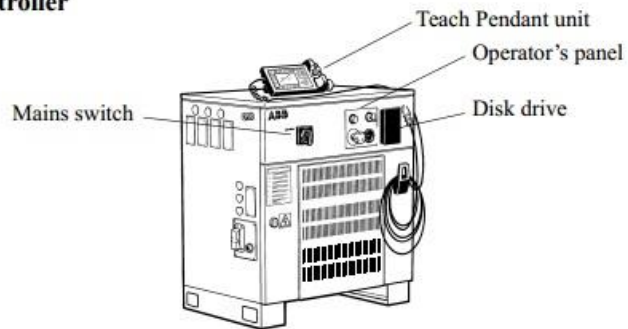


Turning table main dimension:



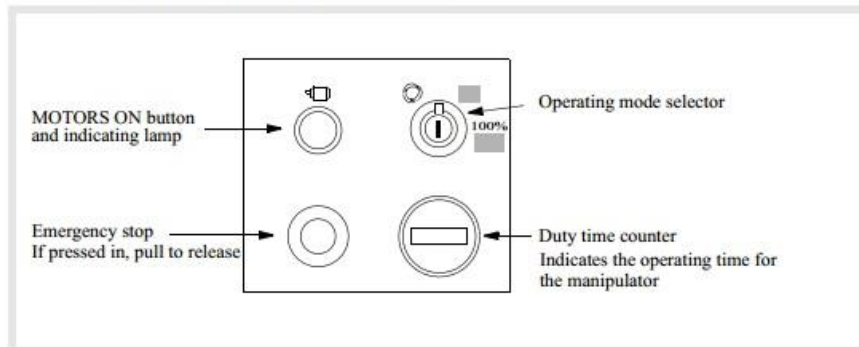
Lisa 2 – Kontroller ja operaatori paneel põhilised lülitid ja seaded

The Controller



The Operator's Panel

The functions of the operator's panel :



Lisa 3 – WindLDR, IDEC kontrolleri programmeerimise tarkvara.

FBD programmeerimine.

