

Levynreunan tyssäin

Asiakastarpeesta laitesuunnitteluun

LAB-ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK), Konetekniikka

2020

Olli Virtanen

Tiivistelmä

Tekijä(t) Virtanen, Olli	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 42	Valmistumisaika Syksy 2020
Työn nimi Levynreunan tyssäin Asiakastarpeesta laitesuunnitteluun		
Tutkinto Konetekniikan insinööri (AMK)		
Ohjaavan opettajan nimi, titteli ja organisaatio Kristian Rintala, lehtori, teknologia		
Toimeksiantajan nimi, titteli ja organisaatio Hannu Kananen, myyntijohtaja, Ermeka Oy		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella Stalatube Sp. z.o.o:n tuotantolinjan osaksi valmistettu levynreunan tyssäin. Suunniteltu laite käsittelee tasolaserleikattujen ruostumattomien teräslevyjen reunoihin viisteen hitsausrailon optista tunnistusta varten.</p> <p>Opinnäytetyössä perehdytään asiakastarpeeseen tehtävän laitesuunnittelun prosessin kulkuun, työnä suunnitellun laitteen toimittajan Ermeka Oy:n tavoin ja menetelmin. Työssä käydään myös läpi levynreunoja tyssäävän laitteen mekaniikka- ja pneumaattikasuunnittelua ja suunnitteluun käytettyjä menetelmiä.</p> <p>Suunnittelun tuloksena valmistui laitteesta työkuvat, joilla Ermeka Oy valmisti levynreunan tyssäimen tilaajalle. Laite asennettiin vuoden 2019 alussa osaksi tuotantolinjaa ja on ollut tilaajan käytössä siitä lähtien.</p>		
Asiasanat Tyssäin, laitesuunnittelu, asiakastarve		

Abstract

Author(s) Virtanen, Olli	Type of Publication Bachelor's thesis	Published Autumn 2020
	Number of Pages 42	
Title of Publication Deburring line Customer oriented machine design		
Name of Degree Mechanical engineering, Bachelor of Engineering		
Name, title and organization of the supervising teacher Kristian Rintala, lecturer, technology		
Name, title and organization of the client Hannu Kananen, sales manager, Ermeka Oy		
Abstract <p>The purpose of the thesis was to design deburring line for Stalatube Sp. z.o.o. Deburring line is now part of a larger production line. The machine chamfers stainless steel plates to detect welding rails with an optical sensor.</p> <p>The thesis focus on customer oriented proses of the machine design in Ermeka Oy. Ermeka Oy is the supplier of the machine. The thesis includes also the mechanical and pneumatic design of the deburring line and the methods used in the design.</p> <p>The manufacturing drawings of the device were made as a result of the design. Ermeka Oy manufactured deburring line with these drawings in the beginning of 2019. Since then, the device has been used by the customer</p>		
Keywords Deburring line, mechanical design, customer oriented		

Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Toimeksiantaja ja tilaaja.....	2
2.1	Ermeke Oy	2
2.2	Stalatube Sp. z.o.o.....	2
3	Suunnittelun lähtökohdat.....	3
3.1	Suunnittelun tavoitteet	3
3.1.1	Aloituspalaveri ja suunnitteluongelma.....	3
3.2	Suunnittelun menetelmät.....	4
3.2.1	Suunnitteluohjelmisto	4
3.3	Suunnittelun rajaus	4
4	Suunnittelu prosessi.....	5
4.1	Esisuunnittelu.....	5
4.2	Suunnittelu	6
5	Levynreunan tyssäin	8
5.1	Laitteen toiminta.....	8
5.2	Luonnostelu.....	10
5.2.1	Muotoilevat rullat	10
5.2.2	Toimilaitteet ja voimansiirto.....	11
5.2.3	Kuljettimet	12
5.3	Toimilaitteiden valinta	15
5.3.1	Kuularuuvien ja vaihdemoottorin valinta	15
5.3.2	Levyn siirtonopeus.....	16
5.3.3	Paineilma sylinterien valinta.....	17
5.4	Teräsrunko rakenteet.....	18
5.4.1	Syöttö- ja ulostulokuljetin.....	18
5.4.2	Tyssäävän yksikön pöytä	20
5.5	Rullat	21
5.5.1	Putkirullat	21
5.5.2	Ohjain rullat.....	22
5.5.3	V-rullat.....	23
5.6	Tyssäin yksikön lineaarijohdeliike ja laakerointi	25
5.7	Ulosvetokuljettimen vetorulla ja painorullat	26
5.7.1	Vetorulla.....	26
5.7.2	Painorullat.....	27

5.8	Rullapalkit.....	28
5.8.1	Paineilmalla nousevat rullapalkit	29
5.8.2	Sivuradan rullapalkit	32
5.9	Anturointi	33
5.10	Henkilösuojaus.....	34
6	Havaitut ongelmat ja ratkaisut.....	37
6.1	Ongelmia.....	37
6.2	Ratkaisut	38
7	Yhteenveto	40
	Lähteet.....	41

Liitteet

Liite 1. Riskin arviointi

1 Johdanto

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella asiakkaalle osaksi uutta tuotantolinjaa sijoittunut ruostumattomien teräslevyjen reunoja muokkaava laite. Työn toimeksiantajana toimi Ermeka Oy, jossa olen työskennellyt vuodesta 2018. Ensin erilaisissa työtehtävissä ja sittemmin toisena yrityksen mekaniikkasuunnittelijoista. Työn tilaajana toimi Stalatube Oy:n tytäryhtiö Stalatube Sp. z.o.o., jonka uuden tuotantolaitoksen osaksi laite valmistettiin.

Suunniteltavan laitteen tavoitteena oli käsitellä laserleikattujen ruostumattomien teräslevyjen reunoihin viisteet, joista tuotantolinjan myöhemmässä vaiheessa optisesti tunnistettaiisiin hitsausrillon paikka. Haastetta suunnittelulle antoi käsiteltävien levyjen materiaali ja moninaiset koot, niin ainevahvuuden, leveyden kuin pituudenkin puolesta. Levyä käsittelevän linjan osan tuli myös toimia osana isompaa tuotantolinjaa, joten nämäkin asiat vaikuttivat suunnitteluun, kuten sijoittuminen tehtaan layouttiin ja levyjen käsittelynopeus.

Suunniteltavan laitteen lisäksi opinnäytetyössä käsitellään yleisesti asiakastarpeeseen tehtävän laitesuunnittelun prosessin etenemistä ja siinä käytettyjä menetelmiä ja työkaluja. Prosessi on erilainen eri yrityksissä, opinnäytetyössä käydään läpi Ermeka Oy:n tavalla toteutettua prosessia, jollaisena opinnäytetyö vietiin suunnittelun osalta läpi.

Suunniteltavan laitteen osalta tilaajan toiveesta laitesuunnittelu tuli rajautumaan mekaniikka- ja pneumatiikkasuunnitteluun. Laitteen sähköistys ja automatisointi tuli alihankintana ja suunnittelun rajapintana toimi taajuusmuuttajakäyttö. Suunnittelun tuloksena laitteen mekaniikasta luotiin valmistuskuvat ja näillä kuvilla Ermeka Oy valmisti laitteen.

Laitteen suunnittelu tapahtui vuosien 2018 ja 2019 vaihteessa ja laitteen valmistus aloitettiin heti suunnittelun valmistuttua. Laite toimitettiin tilaajalle 2019 vuoden alussa ja se on ollut siitä lähtien päivittäisessä käytössä.

2 Toimeksiantaja ja tilaaja

2.1 Ermeka Oy

Ermeka Oy on vuonna 2010 perustettu tilauskonepaja, jonka noin 1000 m² toimitilat sijaitsevat Hollolassa, Soramäen teollisuusalueella. Erityisosaamisena yrityksellä on työkaluvalmistus sekä karkaistujen- ja erikoismateriaalien koneistus. Tämän mahdollistavat yrityksen omistajat ja operatiivinen johto, jotka ovat pitkän linjan ammattilaisia alalla, sekä osaava henkilökunta ja heidän käytössään oleva nykyaikainen konekanta. Nämä takaavat vaativienkin konerakennuksissa käytettävien osien ja työkalujen valmistukseen. (Ermeka Oy 2020.)

Vuoden 2017 alussa Ermeka Oy laajensi palvelutarjontansa kattamaan myös kone- ja laitesuunnittelun. Näin pystytään takaamaan osaava ja kustannustehokas suunnittelu, valmistus ja asennus asiakkaiden tarpeisiin räätälöitynä. (Ermeka Oy 2020.)

Itse olen työskennellyt Ermeka Oy:ssä vuodesta 2018. Opinnäytetyössäni Ermeka Oy toimi toimeksiantajana ja tilaajalle suunnitellun ja valmistetun koneen toimittajana.

2.2 Stalatube Sp. z.o.o.

Stalatube Oy on vuonna 2000 perustettu yritys, joka syntyi, kun vuonna 1972 perustettu Stala-Yhtiöt jakaantui kahtia, tiskialtaita valmistavaksi Stala Oy:ksi ja putkipalkkeja valmistavaksi Stalatube Oy:ksi. (Stalatube Oy 2020.)

Nykyisin Stalatube Oy tunnetaan ruostumattomasta teräksestä valmistetuista korkealaatuisista putki, profiili ja jatkojalostus tuotteistaan. Heidän suorakaide- ja neliöputkien sekä putkiosien valikoimansa onkin maailman suurin. Stalatube Oy on kasvanut yhdeksi maailman johtavista profiiliputkien valmistajista ja heidän globaali jakeluverkostonsa kattaa tällä hetkellä 50 maata, ympäri maailmaa. (Stalatube Oy 2020.)

Vuoden 2019 aikana Stalatube Oy laajensi toimintaansa avaamalla uuden tuotantolaitoksen Puolaan, Lodziin. Työn tilaajana toimii Stalatuben Oy:n tytäryhtiö Stalatube Sp. z.o.o., jonka uudessa tuotantolaitoksessa sijaitsevan linjan osaksi suunniteltava laite toimitettiin.

3 Suunnittelun lähtökohdat

3.1 Suunnittelun tavoitteet

3.1.1 Aloituspalaveri ja suunnitteluongelma

Suunnittelutehtävänantoa varten järjestettiin aloituspalaveri, jossa käytiin työn tilaajan kanssa läpi asioita, joita suunniteltavalta koneelta vaadittiin. Aloituspalaverin lisäksi palaveria pidettiin useamman kerran sekä esisuunnittelu, että suunnitteluvaiheessa. Näin sekä työntilaaaja, että toimittaja olivat tietoisia siitä mitä oltiin suunnittelemassa. Suunniteltava kone tuli asettumaan osaksi tilaajan, Puolan, Lodzissa sijaitsevaa tuotantolaitosta.

Tilaajan ongelmana oli, että tasolaserilla leikattujen ruostumattomien teräslevyjen reunat ovat liian tasaiset ja terävät. Linjaston myöhemmässä työvaiheessa kaksi laserleikattua levyä puristetaan yhteen hitsausta varten ja liian teräväreunaisten levyjen hitsausrillon kohta ei tällöin pystytä optisesti tunnistamaan. Tämä luo hitsaus työvaiheessa railonseurantaan epäluotettavuutta.

Jotta hitsausrillon kohta pystytään optisesti tunnistamaan, suunniteltavan linjan osan olisi tarkoitus käsitellä tasolaserilta tulevien levyjen reunat jäysteettömiksi ja tehdä reunoihin noin 0,3 x 0,3 millimetrin viisteet. Viisteetyt reunat tulevat toimimaan lukupintana hitsausrillon optisessa tunnistamisessa.

Käsiteltävät levyt ovat materiaaliltaan ruostumattoman teräksen eri laatuja, joten se luo omalta osaltaan pakotteita suunnittelussa käytettävien materiaalivalintojen suhteen. Levyjen koot voivat vaihdella ainevahvuuksien osalta kolmesta millimetristä aina 25 millimetriin ja leveyttä leikatuilla levyillä voi olla kapeimmillaan 80 millimetriä ja leveimmillään 1000 millimetriä. Pituutta levyillä voi olla jopa kuusi metriä. Ja jottei käsittelyaika näin pitkillä levyillä olisi liian pitkä, oli asiakkaan toiveena, että levyn käsittely nopeus olisi noin kymmenen metriä minuutissa.

Jotta kuusi metriä pitkän levyn käsittely linjastolla onnistuisi helposti, on laitteelle syöttävän kuljettimen ja laitteelta ulostulevan kuljettimen oltava vähintään metrin pidempiä kuin käsiteltävät levyt. Eli kummankin kuljettimen ulkomittojen tulisi silloin olla leveydeltään hieman yli metrin ja pituudeltaan vähintään seitsemän metriä. Tämän lisäksi tehdassuunnittelun layout rajoitti laitteelle käytettävissä olevaa tilaa ja määräsi laitteen lastaus- sekä purkusunnat.

Levyt tullaan siirtämään suunniteltavan linjan syöttökuljettimelle tasolaserilta käyttäen siltanosturia ja valmiit levyt siirretään ulostulevalta kuljettimelta pois käyttäen siltanosturia tai

vaihtoehtoisesti trukilla nostaen. Linjalle haluttiin myös jonkinlainen puskurivarasto. Mikäli nosturilla tai trukilla ei heti päästä purkamaan valmista levyä pois linjalta, voidaan se siirtää varasto radalle ja näin päästään taas käsittelemään uutta levyä.

3.2 Suunnittelun menetelmät

Suunnittelussa käytettiin tietopohjana paljon alan kirjallisuutta ja materiaali- sekä komponenttien valmistajien katalogeja. Tietojen pohjalta eri ideoita valmistustavoista vertailtiin keskenään, kuten levyn viisteytykseen käytettävä toteutustapa (Taulukko 1).

Vertailuissa pyrittiin ottamaan huomioon mahdollisimman paljon asioita, jotka vaikuttavat lopulta valintaan, kuten esimerkiksi: hinta, materiaali vaatimukset, materiaalien saatavuus nyt ja jatkossa, toimitusaika, valmistusaika, käytettävyys, huollettavuus ja osien elinikä.

3.2.1 Suunnitteluohjelmisto

Suunnitteluohjelmistona Ermeka Oy:ssä on käytössä Alibre Design Expert, joka on kattavampi Alibre, LLC:n 3D-mallinnusohjelmistoista. Alibre Design Professional version tavallisten 3D-mallinnustyökalujen lisäksi Expert versiossa on työkalut myös ohutlevytuotteiden suunnitteluun sekä tuotteiden visualisointia varten.

Vaikka Alibren suunnitteluohjelmistot on luotu lähinnä 3D-mallinnusta varten, hoituu sillä kätevästi myös valmistuskuvien teko 3D-malleista, sekä pienimuotoinen 2D-mallinnus.

Alibre on suunnitteluohjelmistona hieman kevyempi, kun sitä verrataan esimerkiksi SolidWorksiin. Myös hinta-laatu-suhteeltaan ohjelmisto on erittäin kilpailukykyinen verrattuna muihin parametrisiin suunnitteluohjelmistoihin.

3.3 Suunnittelun rajaus

Suunnittelu rajautui tilaajan toimesta mekaniikka- ja pneumatiikkasuunnitteluun. Laitteen sähköistys ja automaatio tyssäimeen tilattiin alihankintana. Suunnittelun rajapintana toimi taajuusmuuttajakäyttö, joka valikoitui ohjaustavaksi mekaniikkasuunnittelun perusteella.

Opinnäytetyöni kirjallisessa osuudessa tulen keskittymään levyn reunoja tyssäävän linjan suunnittelun lisäksi mekaniikkasuunnittelun suunnitteluprosessin kulkuun yleisesti. En tule työssä avaamaan yleisesti jäysteenpoisto- ja viisteytystekniikoita, mutta tulen ohimennen mainitsemaan erilaisia tekniikoita perustellessani miksi tyssäävään tekniikkaan lopulta päädyttiin.

4 Suunnittelu prosessi

4.1 Esisuunnittelu

Suunniteltaessa tilaajan tarpeisiin sopivaa konetta tai laitetta, on ensimmäiseksi selvitettävä mitä tilaaja haluaa ja tarvitsee. Tätä varten pidetään tilaajan kanssa palaveri tai pienemmissä suunnittelua vaativissa töissä voi riittää, että vaatimukset ja toivomukset suunnittelun tarpeesta ilmoitetaan vaikkapa sähköpostilla. Heti alkuun sovitaan myös esisuunnittelulle ja suunnittelulle rajaukset sekä reunaehdot.

Tilaajan tarpeiden ja rajausten pohjalta luonnostellaan ja ideoidaan vaihtoehtoja sekä vertaillaan näitä keskenään. Luonnosteltaessa uutta tuotetta, on kaikki ratkaisusuunnat jätettävä avoimiksi, kunnes nähdään soveliaain ratkaisu ongelmaan. Suunniteltavasta tuotteesta luonnostellaan, asiakkaan vaatimukset täyttävä kokonaiskuva, joka voidaan esittää vaikkapa toiminta kaavion avulla. (Björk, Hautala, Huhtala, Kivioja, Kleimola, Lavi, Martikka, Miettinen, Ranta, Rinkinen & Salonen 2014, 13)

Toimintojen lisäksi luonnostellaan tärkeimmistä mekaanisista ratkaisuista käsivaraisesti valmistettuja kuvia. Näillä pyritään esittämään nopeasti ja mahdollisimman yksinkertaisesti suunniteltavia kappaleita ja osia. Luonnosteltavat piirustukset voivat olla piirretty mittakaavaan, mutta se ei ole pakollista. (Heinonen & Maaranen 2013, 10)

Ideoiden vertailuun käytetään yleensä erilaisia vertailutaulukoita tai muuten vain pois sulkevalla päättelyllä karsitaan mekaanisia ratkaisuja, jotka eivät ole toteutuskelpoisia. Toteutuskelpoisimmasta ja parhaiten tilaajan tarpeisiin sekä rajattuihin ehtoihin soveltuvasta vaihtoehdosta tehdään ehdotus tilaajalle.

Mikäli tilaaja hyväksyy ehdotuksen, lähdetään siitä luomaan ensimmäistä mallia suunniteltavasta tuotteesta. Malliin on tarkoitus saada esille liikkeisiin ja toimintaan liittyvät komponentit ja siitä olisi tultava ilmi muutenkin pääperiaate laitteen toiminnasta. Mallin avulla tuote hinnoitellaan ja samalla saadaan kysytyä jo vaikeasti saataville komponenteille toimitusaikoja.

Ensimmäisen mallin ja siihen tehtyjen muutosten sekä muiden esisuunnittelussa ideoitujen asioiden pohjalta, joita on käyty myös tilaajan kanssa läpi, tarjotaan esisuunnittelun päätteeksi suunnittelulle ja valmistukselle yleensä budjettihinta ja alustava aikataulu. Sekä hinta, että aikataulu tulevat tarkentumaan suunnittelun edetessä.

4.2 Suunnittelu

Kun esisuunnittelun jälkeen on päätetty, minkälaista ideaa lähdetään toteuttamaan, suunnittelua jatketaan komponenttien ja toimilaitteiden mitoituksella. Tarvittavat voimat ja liikenopeudet lasketaan ja näiden, sekä muiden kokonaisuuteen vaikuttavien asioiden pohjalta saadaan tyypitettyä oikeanlaiset toimilaitteet ja komponentit.

Toimilaitteiden ympärille lähdetään mallintamaan tarvittavaa mekaniikkaa, jotta saadaan halutunlaiset liikkeet toteutettua. Mallinnusta tehdään valmistusmitoilla ja tässä vaiheessa osia pyritään lajittelemaan kokoonpanoihin, joista kokonaisuus tulee valmistumaan. Mitä isompi suunniteltava kokonaisuus on kyseessä, sitä tärkeämpää on suunnitella osat jo valmiiksi omiin valmistustavan vaatimiin kokoonpanoihinsa. Tämä säästää myöhemmässä suunnittelun vaiheessa huomattavasti aikaa.

Osia suunniteltaessa ja mallinnettaessa, on tiedettävä jo mistä materiaaleista kyseiset osat tullaan valmistamaan. Joissain tapauksissa materiaalivalinnat voivat olla saneltu jo esisuunnittelussa, kun tiedetään, minkälaisia tuotteita linjastolla tullaan käsittelemään. Osien materiaalivalinnat tulevat vaikuttamaan suoraan myös osien ainevahvuuksiin ja siihen, kuinka niitä voidaan koneistaa. Tässä vaiheessa rakenteelta vaadittavat lujuusopilliset vaatimukset on myös hyvä selvittää.

Mallia suunniteltaessa valmistusmitoille, huomataan mahdolliset osien törmäykset jo varhaisessa vaiheessa. Tällainen törmäystarkastelu on tärkeä osa suunnittelua sen tuoman ajallisen ja myös rahallisen hyödyn myötä. Mikäli jo valmiilla, koeajossa olevalla, laitteella tapahtuukin törmäys, suunnittelussa olleen mittapätarkkuuden takia, voi uusien osien suunnittelu ja valmistus myöhästyttää toimitusta useilla viikoilla.

Suunniteltavan linjan käyttökelpoisuuden ja käyttäjän turvallisuuden kannalta on toimivuuden lisäksi koko suunnittelun ajan mietittävä myös linjan turvallistamista. Erilaisten henkilösuojauksen tarvetta on mietittävä jo suunnittelun alkuvaiheista lähtien. Näitä voivat olla esimerkiksi mekaaniset suojat, rajat tai aidat. Tällaisten mekaanisten suojauksen vaatimaita, vasta suunnittelun loppu vaiheessa mietittynä, voi pakottaa osien ja kokoonpanojen isoihinkin muokkauksiin suunnittelun viimeisissä vaiheissa.

Kun tiedetään valmistukseen tarvittavat materiaalit, toimilaitteet, komponentit ja osien vaatimat työvaiheet, voidaan tilaajalle antaa hinta valmistukselle ja tällöin tehdään myös lopullinen kauppa valmistettavasta laitteesta.

Vaikka suunniteltava malli onkin valmis ja kauppa tehty tilaajan kanssa valmistettavasta laitteesta, ei suunnittelu ole vielä päättynyt. Seuraavaksi on kaikille osille syötettävä

mallinnohjelmassa tiedot, joista käy ilmi osien ja kokoonpanojen valmistukseen ja dokumentointiin tarvittavat tiedot: osanumero ja mahdollinen revisiointi, nimi, päivämäärä, tarvittava kappalemäärä sekä aihio ja materiaali, josta osa valmistetaan. Nämä tiedot tulevat siirtymään työkuviin nimiöön automaattisesti.

Mallinnuksen ollessa valmis ja kun osille on syötetty tarvittavat tiedot, on aika tehdä valmistuskuvat. Valmistuskuvia tehtäessä on osa, laite tai asia määritettävä yksikäsitteisesti. Mikäli näin ei ole, voi vähäinenkin piirustuksen väärin tulkinta johtaa virheelliseen valmistukseen. Piirustuksissa tulee olla niin yksityiskohtaiset tiedot valmistettavasta kappaleesta tai kokoonpanosta, että valmistukseen koulutetut henkilöt pystyvät valmistamaan sen sellaiseksi kuin sen suunnittelija tarkoitti. (Pere 2012, 2-3.)

Kokonaisuus on suunniteltu, kun valmistuskuvat ovat valmiit. Jokaisesta suunnitellusta osasta löytyy tällöin tieto, joko valmistuskuvana tai BOM-listauksessa mainintana, jonka pohjalta kyseinen osa voidaan yksiselitteisesti valmistaa. Näin ollen seuraavissa vaiheissa, kun osia kirjataan tuotannonohjausjärjestelmään ja tämän jälkeen materiaaleja ja osto-osia ostetaan sekä tietysti osia valmistetaan, kaikki tarvittavat tiedot tulevat löytymään valmistuskuvista.

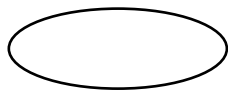
5 Levynreunan tyssäin

5.1 Laitteen toiminta

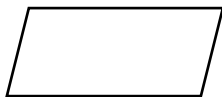
Laitteen toimintaa voidaan kuvata joko sanallisesti toimintakuvauksella tai kuvaamaan voidaan luoda erilaisia kaavioita ja kuvaelmia kuten toimintakaavio, joka on tehty vuokaavion muotoon. Näiden tehtävänä on havainnollistaa toimintaa, paloitella suunnittelu ongelma pienempiin osakokonaisuuksiin ja helpottaa jatkossa toiminnan luonnostelua ja suunnittelua.

Vuokaavion muotoon laadittu toimintakaavio on helposti luettava tiivistelmä toimintakuvauksesta. Toimintakaavio tulee edesauttamaan myös automaatiota suunniteltaessa linjalle.

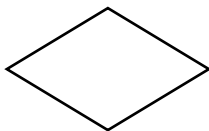
Alla olevassa vuokaavion muotoon tehdyssä toimintakaaviossa (Kuvio 1) on erilaisia symboleita, joidenka sisään tiedot on kirjoitettu. Tässä listattuna on symboleiden kuvakset, joilla kuvion 1 prosessi kuvattiin. Symbolit yhdistetään käyttäen viivoja ja nuolia, jotka kuvaavat prosessin kulkusuuntaa.



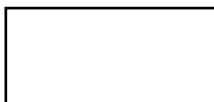
= Prosessin aloitus.



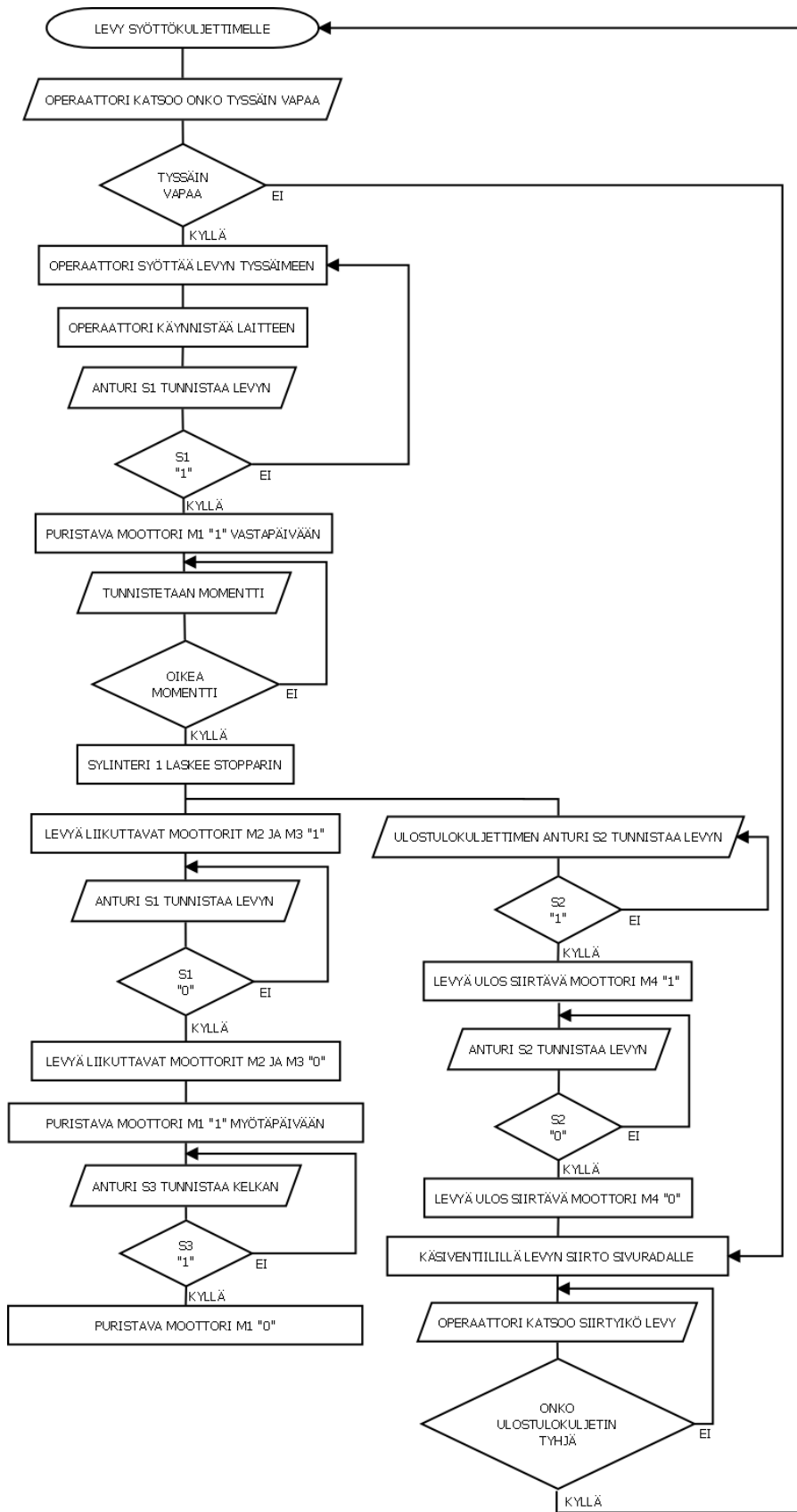
= Input/Output: luetaan esimerkiksi anturin tilatieto.



= Valinta: kysymys, jolle yleensä vaihtoehdot kyllä ja ei.



= Käsittely: tehtävä tai tapahtuva toiminto prosessissa.



Kuvio 1. Vuokaavio laitteen toiminnasta

5.2 Luonnostelu

5.2.1 Muotoilevat rullat

Suunniteltaessa ruostumattomien levyjen reunojen muokkausta, pohdittiin erilaisia viisteytys tapoja. Reunoista olisi saatava laserleikkuun jälkeiset jäysteet poistettua ja reunoihin tulisi jäädä siistit 45 asteen 0,3x0,3 millimetrin viisteet hitsausta varten. Haastavuutta tehtävään toi se, että laitteen oli kyettävä käsittelemään eri ainevahvuisia levyjä aina kolmesta millimetristä 25 millimetriin saakka.

Levyn reunan viisteytys olisi voitu toteuttaa hiomalla tai jyrsimällä, mutta näillä toteutustavoilla ongelmaksi olisi tullut joko työkalujen nopea kuluminen, liian hidas käsittelynopeus, työkalun vaihtoihin ja huoltoihin kuluva aika sekä tarvittavan muun mekaniikan monimutkaisuus (taulukko 1). Taulukossa 1 pisteytysasteikko on yhdestä kolmeen pistettä. Jokaisessa kohdassa, kolme pistettä vastaa hyvää ja yksi piste huonoa arvosanaa.

Viisteyttävä työtapa

	Hiominen	Jyrsiminen	Tyssääminen / valsaaminen	Terminen leikkaus
Työkalun ja osien kesto / elinikä	2	2	3	1
Työkalun hinta / edullisuus	3	2	1	2
Vaadittavan mekaniikan edullisuus	1	1	3	1
Suunnitteluun vaadittava aika	1	1	3	1
Huollettavuus	1	1	3	2
Käytettävyys	1	1	3	1
Toimitusaika	2	2	3	1
Oheislaitteiston hinta / edullisuus	2	2	3	1
Levyn käsittelynopeus	3	2	3	3
Yhteensä	16	14	25	13

Taulukko 1. Valintataulukko viisteyttävälle työtavalle

Lopulta päädyttiin v-uralliseen rullaan, jolla voidaan käsitellä kaikki vaaditut ainevahvuudet, ilman että tarvitsee suunnitella vielä lisäksi erillistä korkeuden säätöä erivahvuisten levyjen viisteytykselle. Käsiteltävä levy on tarkoitus asettaa rullien väliin ja rullia yhteen puristamalla saataisiin levyn kaikkiin reunoihin yhtä suuri viiste aikaiseksi. V-urallisilla rullilla viisteet saadaan aikaiseksi käyttämällä ainoastaan kahta, suoraan moottorilta akseloitua rullaa ja näitä

pyörittäviä moottoreita. Mekaanisesti tämä toteutustapa on yksinkertainen ja siten myös halpa toteuttaa.

5.2.2 Toimilaitteet ja voimansiirto

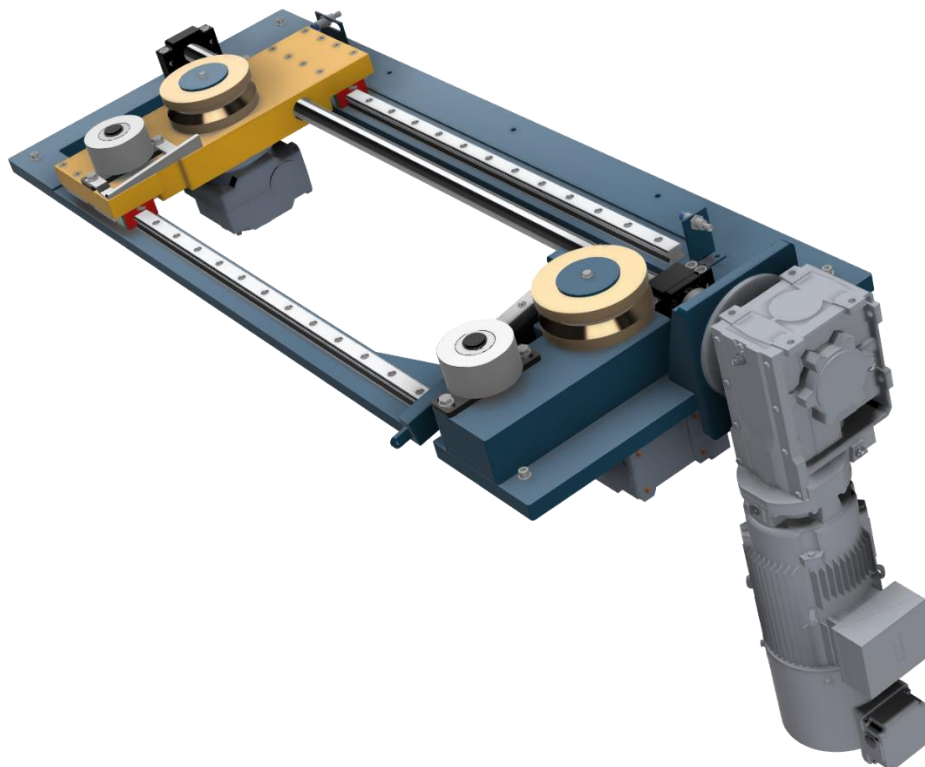
Rullien yhteen puristukselle, jotta viisteet saadaan aikaiseksi, ideoitiin aluksi keskittävää rakennetta, jossa kahta v-rullaa olisi liikutettu yhtäaikaisesti. Koska levyn leveys voi vaihdella 80 millimetrin ja yhden metrin välillä, huomattiin tällä rakenteella ongelmia tulevan levyn paikoituksen ja ohjauksen kanssa.

Ratkaisussa, johon päädyttiin, toisen reunan muotoileva v-rulla on paikallaan ja toisen puolen v-rulla tulee liikkumaan johdekelkan päällä. Tämä yksinkertaisti mekaniikkaa ja samalla saatiin levyn paikoitusta helpotettua. Toisen puolen ollessa paikallaan voi levyä ohjaavia rullia asettaa toiseen reunaan kuljetinta, eikä niitä tarvitse näin ollen säätää levyn leveyden muuttuessa.

V-rullan liikuttamiseen ideoitiin myös useita vaihtoehtoja. Heti alkuun suljettiin hydraulikka pois vaihtoehtoista, kustannusteknisistä syistä. Seuraavana ideana oli vaihdemoottorilla pyöritettävä trapetsiruuvi, joka olisi liikuttanut kelkkaa johteilla ja näin painanut levyä tietyllä voimalla. Ongelmaksi tällä tavalla koitui leikattujen levyjen mittatarkkuus. Mikäli levyn leveys muuttuukin kesken käsittelyn ei voimavaikutus välity eteenpäin, sillä trapetsiruuvi on itsepidättävä, eikä joustaa. Tällöin jousto tapahtuisi levyssä tai jollei levyssä, niin jossain koneen heikoimmassa kohdassa. Yhtenä vaihtoehtona tämän ongelman ratkaisemiseksi oli niin sanottu kaksoisliukurakenne, jossa trapetsiruuvilla olisi ajettu reunat muotoileva rulla lähelle levyä ja tämän jälkeen olisi hydraulisynterillä ja paineakulla saatu toteutettua levyn painaminen ja tarvittava jousto.

Tyssäävä liike toteutettiin lopulta momenttisäätöisenä. Kuularuuvikäytöllä, jota pyöritetään taajuusmuuttajakäyttöisellä kartiohammasvaihdemoottorilla. Kuularuuvi ei ole itsepidättävä, kuten trapetsiruuvi, joten voimavaikutus saatiin välitettyä moottorille.

Levyn eteenpäin liikuttamiseen linjalla käytettiin samoja muotoilevia rullia, jotka tulivat tyssäämään levyn reunat. Kumpaakin v-rullaa laitettiin pyörittämään oma vaihdemoottorinsa (kuva 1).



Kuva 1. Tyssäämiseen tarvittavat vaihdemoottorit

5.2.3 Kuljettimet

Kuljettimia luonnostellessa pidettiin kuljettimien rakenne mahdollisimman yksinkertaisena ja koska linjastolla tultaisiin käsittelemään pelkästään levyjä, oli itsestään selvää, että kaikista kuljettimista tehtiin rullakuljettimia.

Levyn reunoja tyssäävän linjan alussa ensimmäisenä on syöttökuljetin (kuva 2). Syöttökuljettimen tarkoituksena on toimia ainoastaan laskualustana, josta levy jatkaa matkaansa tyssäävän yksikön läpi. Asiakkaan määrittelyistä kävi ilmi, että syöttökuljettimelle ei ollut erityisiä vaatimuksia. Linjaa käyttävä operaattori tulee siirtämään nosturilla levyn tasolaserilta syöttökuljettimelle, jonka jälkeen hän itse syöttää levyn, rullia pitkin, työntämällä eteenpäin linjalla.



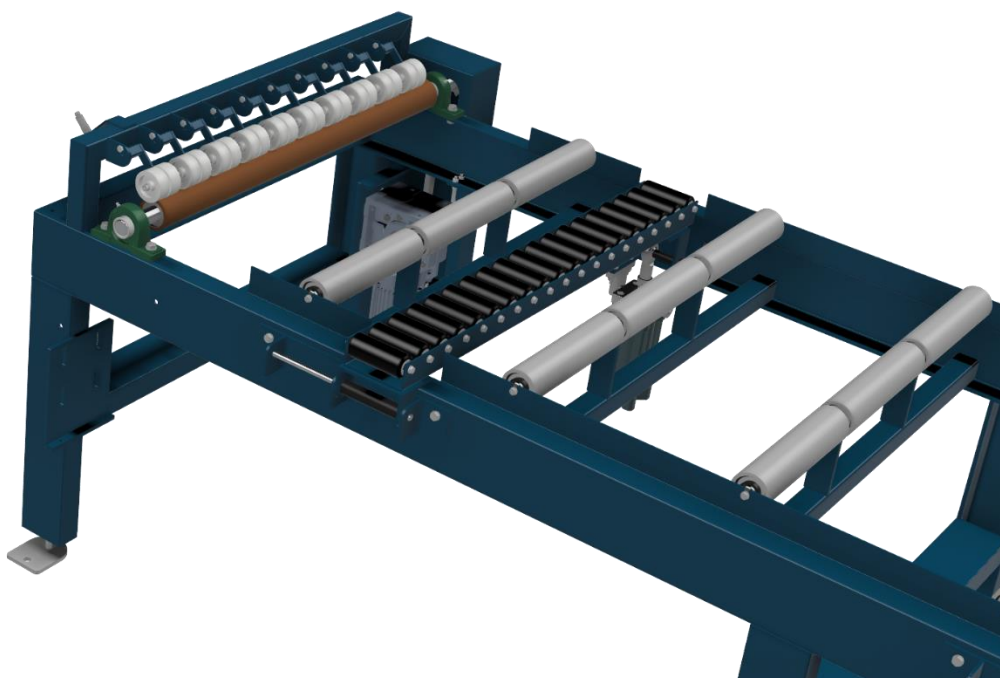
Kuva 2. Syöttökuljetin

Syöttökuljettimelta levy kulkeutuu tyssäävän yksikön läpi, suoraan ulostulokuljettimelle (kuva 3). Ulostulokuljettimesta tehtiin mahdollisimman samankaltainen syöttökuljetin kanssa, jotta pystyttiin käyttämään mahdollisimman paljon samoja valmistuskuvia niin syöttö- kuin ulostulokuljettimessakin.



Kuva 3. Ulostulokuljetin

Ulostulokuljettimen alkuun päätettiin sijoittaa vetävä rulla, joka tulisi siirtämään levyn muotoilevien v-rullien vedon päätyttyä tarpeeksi pitkälle kuljettimelle (kuva 4). Vetävää rullaa pyörittämään tulisi samanlainen vaihdemoottori, jollaiset muotoilevia rulliakin pyörittämään valitaan.



Kuva 4. Ulostulokuljettimen vetävrulla

Linjalle haluttiin jonkinlainen puskurivarasto, jottei tuotanto katkea, vaikka heti ei valmista levyä saataisikaan siirrettyä eteenpäin linjastolla. Tätä varten ulostulokuljettimen toiseen reunaan laitettiin paineilmalla toimivat sylinterit. Paineilmasyylintereillä on tarkoitus nostaa toisesta reunasta rullapalkkeja, jotka ovat 90 asteen kulmassa linjan kulkusuuntaan nähden. Rullapalkkien noustessa levy painovoimaisesti siirtyy puskurivarastona toimivalle sivuradalle (kuva 5). Kun rullapalkit lasketaan alas, ulostulokuljetin on taas tyhjä ja voidaan uusi levy laittaa tyssävästä yksiköstä läpi.



Kuva 5. Ulostulokuljetin ja sivurata

5.3 Toimilaitteiden valinta

5.3.1 Kuularuuvien ja vaihdemoottorin valinta

Levyä puristavaa v-rullaa liikuttamaan valittiin kuularuuvikäyttö, jotta puristuksessa käytettävä voima saadaan välitettyä moottorille ja sitä kautta pystytään taajuusmuuttajakäytöllä kartiohammasvaihdemoottorilla pitämään puristavaa voimaa vakiona.

Levyn tyssäämiseen tarvittavaa vääntömomenttia testattiin Ermeka Oy:n tiloissa olevalla testipuristimella. Tarvittavaksi vääntömomentiksi saatiin noin 200 Nm. Testipuristimesta saatiin selville myös kuularuuvien vaadittava kokoluokka ja näiden testien pohjalta sekä kysytyjen tarjousten ja kuularuuvien saatavuuden myötä päädyttiin 40 millimetrin halkaisijalla ja 10 millimetrin nousulla olevaan kuularuuviin.

Laitteen säätönopeudeksi riittää, että kelkan koko liikematka tapahtuu noin puolessa minuutissa. Tämä tarkoittaa 1000 millimetrin liikematkalla sitä, että kelkan liikenopeus tulee olemaan noin 30 millimetriä sekunnissa. 10 millimetrin nousulla se tarkoittaa kuularuuvien pyörintänopeuden olevan 180 kierrosta minuutissa.

Vaikka kuularuuvien pyörintänopeus ei tule olemaan kova laitteessa, silti sille laskettiin kriittinen pyörintänopeus kaavalla (1) (Rollco 2010, 5), jotta varmistutaan siitä, että se tulee kestäväksi.

$$n_{cr} = 49 \times 10^6 \times \frac{f_1 \times d_2}{L_c^2} = 49 \times 10^6 \times \frac{3,8 \times (40 - 7,144)}{1540^2} \approx 2580 \text{ rpm} \quad (1)$$

Kaavassa (1):

n_{cr} = Kriittinen pyörintänopeus (kierrosta minuutissa)

f_1 = Laakerointi tavan kerroin

d_2 = Kuula-uran pohjalta mitattu ruuvin halkaisija (millimetreinä)

L_c = Laakeriyksiköiden väliin jäävä kuularuuvien pituus (millimetreinä)

Kuularuuvien kriittinen pyörintänopeus on yli kymmenkertainen laitteessa toteutettavaan nopeuteen nähden. Tämän lisäksi kuularuuvi on laakeroitu niin, että tyssätessään levyä voima tulee aiheuttamaan vetoa ruuville. Kun kuularuuville tuleva voima ei aiheuta puristusta ruuviin, ei mitoitusta kuularuuvien nurjahdukselle tarvitse laskea. Näin ollen kuularuuvien todetaan kestävän siltä vaadittavat voimat.

Yhteistyössä sähköistyksestä ja automaatiosta vastaavan yrityksen kanssa, ruuvia käyttämään valikoitui 2,2 kW:n vaihdemoottori, jonka toisioakselin pyörintänopeus on 187 kierrosta minuutissa.

5.3.2 Levyn siirtonopeus

Tarvittava levyn siirtonopeus määrittyi tilaajan prosessin myötä. Jotta pysytään muun tuotantolinjan tahdissa, levyä siirtäviksi moottoreiksi valittiin 0,37 kW :n vaihdemoottorit, joidenka toisiopyörimisnopeus 50 hertsillä on 17,1 kierrosta minuutissa.

Kun levyn reunoja tyssäävien ja levyä eteenpäin liikuttavien v-rullien uran pohjan halkaisija on 150 millimetriä ja v-rullat ovat suoraan akselilla vaihdemoottorissa kiinni, eli välityssuhde on 1:1, saadaan levyn siirtonopeus (V) laskettua kaavalla (2).

$$V = \frac{17,1}{60 \text{ s}} \times \pi \times 0,15 \text{ m} \approx 0,134 \text{ m/s}, \text{ eli } \approx 8 \text{ m/min} \quad (2)$$

5.3.3 Paineilma sylinterien valinta

Suunniteltaessa toimivaa paineilma järjestelmää, on järkevää edetä tietyssä järjestyksessä. Ensin mitoitetaan paineilma sylinterin halkaisija. Jotta sylinterin halkaisija voidaan valita, on tiedettävä sylintereiltä vaadittava kuorma ja järjestelmän käyttöpaine.

Linjalla on mahdollista käsitellä levyä, jonka ulkomitat ovat 25x1000x6000 millimetriä. Kun kaikkien ruostumattomien terästen tiheydet osuvat riippuen seostuksesta välille 7,7 g/cm³ - 8,0 g/cm³, saadaan suurimman käsiteltävän levyn massaksi (3):

$$(2,5 \times 100 \times 600)cm \times 8 \frac{g}{cm^3} = 1200 kg \quad (3)$$

Käsiteltävän tuotteen lisäksi on otettava huomioon myös muut sylinterillä nostettavat rakenteet. Tässä tapauksessa viisi levyä nostavaa rullapalkkia. Yhden rullapalkin massa tuli olemaan noin 22 kg. Yhdeltä sylinteriltä vaadittavaksi voimaksi tällöin saadaan (4):

$$F = \frac{(22 \times 5 + 1200)kg \times 9,81 \frac{m}{s^2} \times 0,5m}{5} \approx 1285N \quad (4)$$

Tiedetään, että tuotelinjalla käytössä tulee olemaan noin kuuden bar:n paine. Sylinterit haettiin lievästi ylivoimaisia, joten laskennassa käytetään neljää baria (ρ).

Sylinterin halkaisija saadaan, johtamalla paineen kaavasta ja ympyrän halkaisijan kaavasta (5):

$$D = \sqrt{\frac{4 \times \frac{F}{\rho}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times \frac{1285N}{400000kPa}}{\pi}} \approx 64mm \quad (5)$$

Valitaan mitoituksen pohjalta seuraava standardikokoinen halkaisija sylinterille, joka on 80 millimetriä.

Jotta toisesta päästä nousevien rullapalkkien kallistuskulmaksi saatiin noin viisi astetta, oli paineilma sylinterin iskunpituus määriteltävä. Tämä laskemiseen käytettiin sinilauseetta. Kun

tiedetään, että rullapalkkien kiinnikkeiden välinen mitta on noin 1085 millimetriä ja haluttu kallistuskulma 5 astetta, saadaan rullapalkkien ollessa yläasennossa iskunpituudeksi (a) (6):

$$a = \frac{1085 \text{ mm}}{\sin 85^\circ} \times \sin 5^\circ \approx 94,9 \text{ mm} \quad (6)$$

Koska rullapalkkien on tarkoitus alas laskiessaan mennä vähintään muutamia millimetrejä alemmas kuin ulostulokuljettimen putkirullat, valitaan iskunpituudeksi 125 millimetriä.

Paineilmasyylinteriksi valittiin SMC:n CP96SDB80-125C, joissa sylinterin halkaisija on 80 millimetriä ja iskunpituus 125 millimetriä.

5.4 Teräsrunko rakenteet

Levyn reunantyyssäyslinja koostui kolmesta isommasta kokonaisuudesta: syöttökuljettimesta, tyssäävästä yksiköstä ja ulostulokuljettimesta. Kaikkien näiden rungot suunniteltiin hitsattavana teräsrunko rakenteena. Tämän kaltaisten runkorakenteiden valmistaminen muunkaltaisena rakenteena ei olisi tullut yhtä edulliseksi ja rungon valmistus, vaikkapa ruuvi kiinnitteisenä ilman erillisiä lisätukia, ei olisi ollut yhtä vakaa kuin hitsattu rakenne.

5.4.1 Syöttö- ja ulostulokuljetin

Syöttö- ja ulostulokuljettimia suunniteltaessa haluttiin kuljettimien rungot luoda niin, että samoja valmistuskuvia voitaisiin käyttää kummankin rungon valmistamiseen. Rungot koostuvat S355 rakenneteräksestä laserleikatuista osista, UPE 120-palkeista sekä 50x50x3 neeliöputkipalkeista (kuva 6).



Kuva 6. Ulostulokuljettimen teräsrunko

Rungot olisi voitu valmistaa pelkästään käyttäen esimerkiksi UPE-palkkeja. Suunnittelussa tultiin kuitenkin kysytyjen alustavien tarjousten perusteella siihen tulokseen, että valmistusteknisesti laserleikatuista runkoleikkeistä kokoon hitsaamalla rakenteesta tulisi edukkaampi. Jo pelkästään yli seitsemän metriä pitkien palkkien rei'ittämiseen olisi kulunut paljon työtunteja. Tämän lisäksi valintaan vaikuttivat haluttu toimitusaika ja sen hetkinen tuotannon kuormitus.

Laserleikattuihin runkoleikkeisiin leikattiin valmiiksi kaikki tarvittavat kiinnitys reiät sekä urat, joihin levyä kuljettavien rullien akselit tultiin kiinnittämään. Runkoleikkeistä särmättiin hie-man u-palkin mallisia, jotta runkoon saatiin enemmän vakautta. Särmättyjen runkoleikkeiden sisään hitsattiin vielä tukia, jokaisen runkoa kannattelevan jalan kohdalle, lisäämään rakenteen kantavuutta. Särmäämällä runkoleikkeet tähän tiettyyn muotoon, saatiin myös tukipinta, jolle hitsata kiinni rullia tukevat kannakkeet. Kannakkeet koostuivat neliöputkipalkeista ja rullien akseleita kannattelevista laserleikkeistä (kuva 7).



Kuva 7. Laserleike-runko ja rullien kannakkeet

Runkojen jalkoihin ja jalkojen väliin tuleviin vaakatukiin käytettiin UPE 120-palkkeja. Jalkojen pohjaan hitsattiin säätöjalkoja varten kiinnityslevyt. Erillisillä säätöjaloilla kaikki rungot ovat helposti ankkuroitavissa asennuspaikalla lattiaan ja niiden avulla koko linja on myös helposti säädettävissä samaan korkoon.

5.4.2 Tyssäävän yksikön pöytä

Levyn reunoja tyssäävä yksikkö päätettiin valmistaa niin, että johdelevy voitaisiin nostaa hitsatun rungon päälle ja kiinnittää sitten pulttikiinnityksellä runkoon. Näin välttyttiin siltä, että runkoon kiinni hitsattua johdelevyä olisi jouduttu koneistelemaan. Tyssäävää yksikköä kannatteleva runko valmistettiin melkein kokonaan UPE 120 palkeista. Säätöjalkoja varten hitsattiin jalkoihin kiinnityslevyt.

Rungon reunoja kiertämään hitsattiin kulmatangosta reunukset, jotka tulisivat kannattelemaan tyssäävän yksikön mekaanista suojaa. Suoja kiinnitetään pultti kiinnityksellä, joten se voidaan koota valmiiksi ja yhtenä kokonaisuutena nostaa sitä kannattelevien reunojen päälle lepäämään.

5.5 Rullat

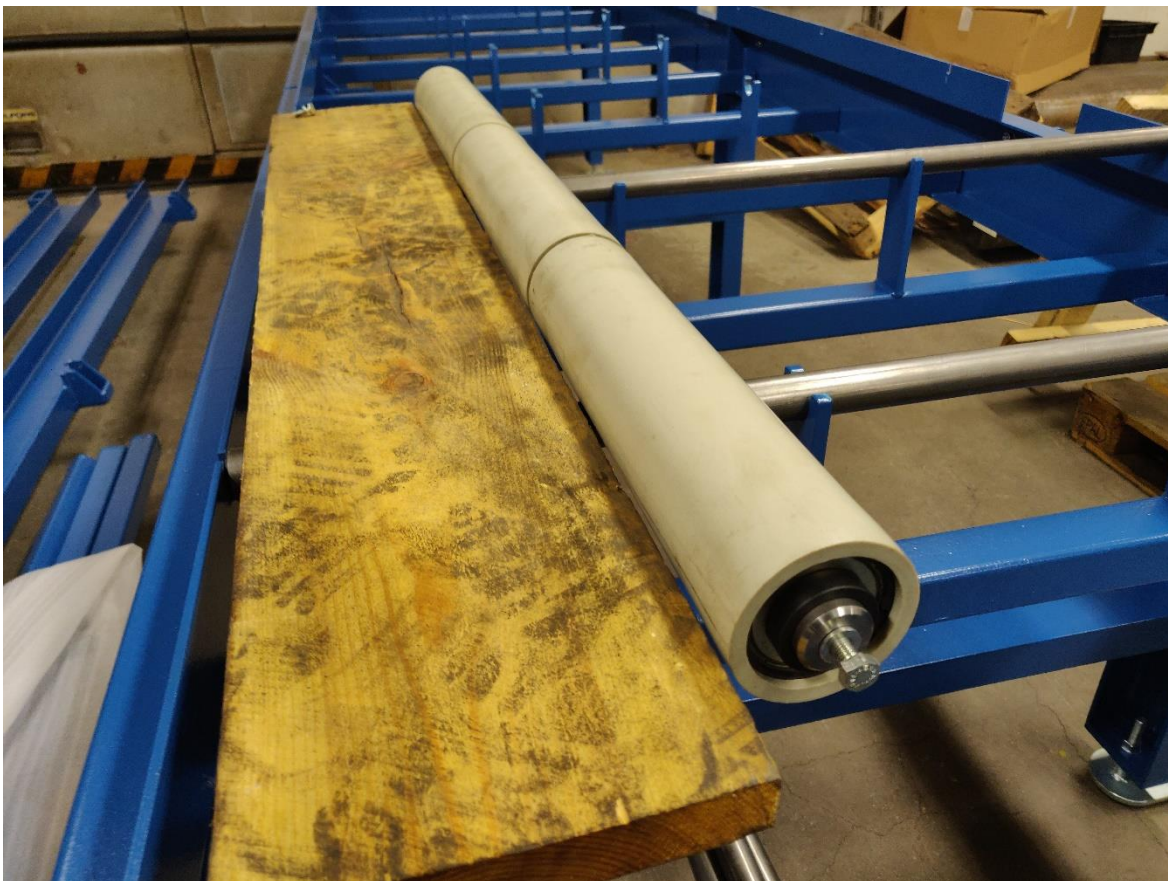
Kun linjaston ainoana tuotteena ovat levymäiset materiaalit, ei levyjen liikuttamiseen kannattanut käyttää muita kuin rullakuljettimia. Rullakuljetinten kitka on todella pieni ja sen takia raskaidenkin massojen siirtäminen rullakuljettimella on vaivatonta eikä vaadi liikuttamiseen paljoakaan siirtovoimaa.

5.5.1 Putkirullat

Koska linjalla käsiteltävät levyt ovat materiaaliltaan ruostumatonta terästä, ei liikuttavien rullien levyä koskettava pinta voi silloin olla normaalia rakenneterästä. Mikäli rullat olisivat normaalista rakenneteräksestä valmistettuja, voisi niistä irrota partikkeleita ruostumattoman teräslevyn pintaan. Kun teräspartikkelit alkavatkin ruostumaan, ruostumattomana myydyt teräslevyn pinnassa, ei se loisi kovin hyvää kuvaa levyn laadusta.

Levyä liikuttavat rullat päätettiin valmistaa muovista. Rullina olisi voitu käyttää valmiita osatorullia, mutta rakenteellisen kestävyuden edullisemmän omavalmistushinnan ja nopeamman toimitusajan myötä päädyttiin omavalmisteisiin rulliin.

Putkirulla kokoonpanot tulivat koostumaan: runkoon pulteilla kiinnitetystä akselistä, joka on S355 rakenneterästä ja kolmesta polypropeeni (PP) rullasta, jotka ovat kukin laakeroitu päistään urakuulalaakereilla. Urakuulalaakerien liikkumisen estämiseksi sisäänpäin sorvattiin muovirulliin pesät laakereille. Ulospäin laakerien liikettä pidättelevät varmistinrenkaat. Rullien hankaamattoman pyörimisen varmistamiseksi laakereiden ja akselia kannattelevien levyleikkeiden väliin asennettiin polyasetaaali-muovista (POM) valmistetut prikät (kuva 8).



Kuva 8. Polypropeeni rullista valmistettu putkirulla kokoonpano

Jokainen putkirulla kokoonpano koostui kolmesta PP-rullasta ja kummassakin kuljettimessa putkirulla kokoonpanoja oli noin 500 millimetrin välein. Näin levyn paino tulee asettumaan useamman laakerin kannateltavaksi. Tällä pyrittiin estämään mahdolliset muoviputkirullien taipumiset levyn painosta.

Polypropeeni ei ole parasta mahdollista muovia lujuutensa ja kestävyytensä puolesta, mutta vertailemalla hintaa, laatua, saatavuutta ja toimitusaikaa päädyttiin polypropeeni putkesta valmistettuihin rulliin.

5.5.2 Ohjain rullat

Ohjain rullat ovat tärkeässä asemassa, jotta tyssättävä levy kulkeutuu oikein levyn reunoja muotoileville rullille. Ohjain rullat suunniteltiin niin, että mahdollisimman vähillä muutoksilla pystyttiin tekemään valmistuskuvat kaikkiin reunan tyssäimen ohjaaviin rullakokoonpanoihin.

Rullien akselit hitsattiin kiinni lattateräksiin, joista ohjain rullat kiinnitettiin pulteilla runkoihin ja muihin tyssäävän linjan kokoonpanoihin. Ohjain rullien laakerointeihin käytettiin

urakuulalaakereita ja ohjain rullien korkeudet lukittiin varmistinrenkailla, niin ylä- kuin alapuoleltakin (kuva 9).



Kuva 9. Ohjain rullia

5.5.3 V-rullat

V-rullien suunnittelussa päädyttiin v-uralliseen rullaan, jonka uran astekulma on 90 astetta. Reunoihin tulee näin samanlainen viiste, jonka kummatkin kateetit ovat yhtä pitkät ja viisteen kulma 45 astetta, oli levyn ainevahvuus mikä hyvänsä välillä 3-25 millimetriä.

V-urallisella rullalla, jonka ura on tarpeeksi leveä, pystytään myös toteuttamaan reunojen tyssäminen niin, että ohuimmilla ainevahvuuksilla v-rullat levyä keskittäessään samalla nostavat sitä hieman, kun se hakeutuu v-urien pohjalle. Tämä sen takia, että v-rullien keskikohtan korko asetettiin syöttökuljettimen korkoon nähden niin, että kaikista paksuimman ja painavimman, tyssäävällä linjalla käsiteltävän, levyn keskikohta on samassa korossa kuin v-rullan keskikohta. Eli mitä ohuemmaksi levy menee, sitä enemmän joutuu v-rullat korjaamaan levyn asemaa, kuitenkin enintään viisi ja puoli millimetriä kolmen millimetrin levyjä käsiteltäessä.

Jotta v-rullat kestäisivät levyn tyssämistä, ne päätettiin valmistaa kylmätyökaluteräksestä 1.2379. Tällä teräksellä on todella hyvä kulumiskestävyys ja kohtuullinen sitkeys. Korkea hiili- ja kromipitoisuus sekä seosaineet; molybdeeni ja vanadiini takaavat suuren

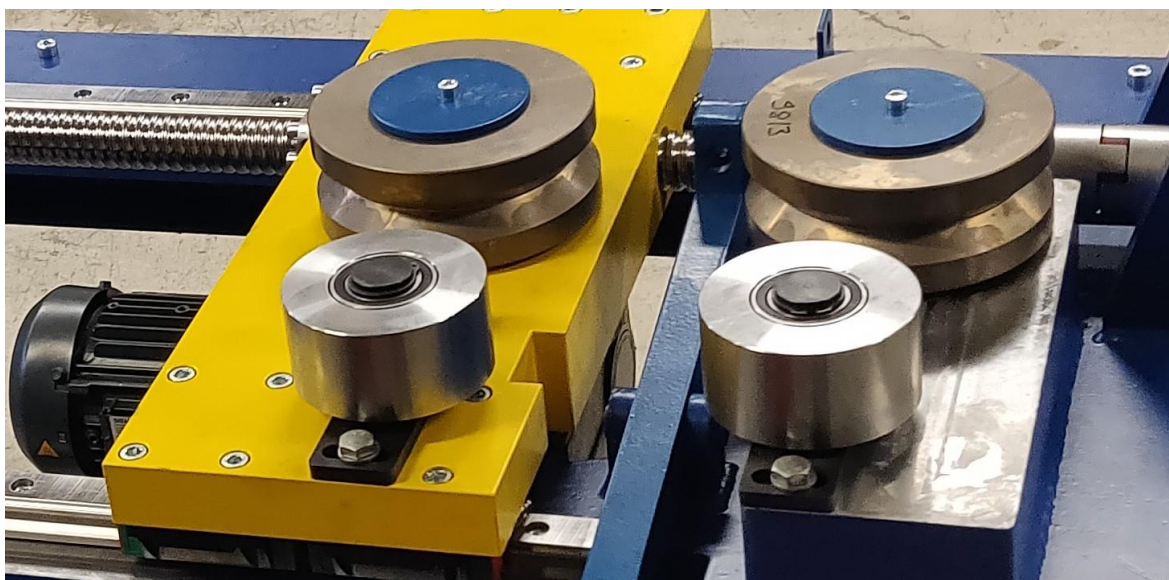
työkovuuden 58...63 HRC ja karkenevuuden. Peruskovuuden lisäksi rakenteen Cr-, Mo- ja V-karbidit lisäävät kulumiskestävyttä. (Metalliteollisuuden Keskusliitto 2001, 290.)

1.2379 valikoitui materiaaliksi sen hinnan, ominaisuuksien riittävyyden eli hyvän kulumiskestävyden ja puristuslujuuden myötä sekä saatavuuden nyt ja myös jatkoa ajatellen. Alla olevasta taulukosta nähdään yhden materiaalivalmistajan antamia likiarvoja tietyillä kovuuksilla saavutettavista puristuslujuuksista materiaalilla 1.2379 (taulukko 2).

Hardness HRC	Compressive yield strength, R _{0,2}	
	MPa	ksi
62	2200	319
60	2150	312
55	1900	276
50	1650	239

Taulukko 2. Kovuuksia ja puristuslujuuksia (Uddeholm 2019, 4)

Muotoilevat v-rullat suunniteltiin aluksi niin, että ne olisivat olleet niitä pyörittävien moottorien alapuolella. Tästä haluttiin kuitenkin päästä eroon, sillä rullien vaihto tarvittaessa olisi vaatinut myös moottoreiden irrotuksen. Moottorit asetettiin alapuolelle ja v-rullat tulivat niitä pyörittäville akselleille, rakenteen ylimmäisiksi. Näin v-rullat saadaan vaihdettua avaamalla kuusiokantaruuvit ja nostamalla rullat akselilta (kuva 10).



Kuva 10. Levyä tyssäävät V-rullat

5.6 Tyssäin yksikön lineaarijohdeliike ja laakerointi

Jotta kelkan johteet ja kuularuuvien laakeriyksiköt saatiin oikeaan korkoon toisiinsa nähden, päätettiin johteita ja laakeriyksiköitä kannatteleva rakenne tehdä yhdestä levystä. Levyyn saatiin koneistettua kiinnityspinnat johteille ja kuularuuvien laakeriyksiköille yhdellä kiinnityksellä. Vaikka kuulajohdekelkat antavatkin hieman anteeksi, saa johteiden pintojen keskinäinen korkeusero olla enintään 200 mikrometriä (Hiwin 2019, 24). Koska V-rullia kannattelevat akselit tukeutuivat suoraan niitä keskittäviin kartiorullalaakereihin, oli tärkeää saada myös johdelevyssä oleva laakeripesä koneistettua samalla kiinnityksellä johdepintojen kanssa.

Kuularuuvia laakeroitaessa usein käytetään toisessa päässä kiinteätä laakeriyksikköä ja toisessa päässä vapaata laakeriyksikköä. Kiinteällä laakeriyksiköllä lukitaan kuularuuvi paikalleen, eli kiinteä laakeriyksikkö ottaa vastaan sekä aksiaalista- että radiaalista kuormitusta. Tyssäimessä kiinteä laakeriyksikkö laitettiin kuularuuvien siihen päähän, joka kiinnitettiin akselilytkimellä vaihdemoottorin akseliin. Kuularuuvien toisessa päässä olevalle vapaalle laakeriyksikölle ei näin ollen jää tehtäväksi kuin kantaa radiaalista kuormaa (kuva 11).

Kuularuuvien laakeroidut päät sorvattiin käyttäen laakeriyksiköiden valmistajilta saamalla koneistusmitoilla. Näin varmistuttiin siitä, että sovitteet kuularuuvien ja laakeriyksiköiden välillä on oikein ja tätä kautta mekaniikan elinikä maksimoitu.



Kuva 11. Tyssäävän yksikön lineaarijohteet ja laakerointi

Moottorin ja ruuvin väliin tulevan akselikytkimen tehtävänä on vaimentaa moottorin akselilta tulevia värinöitä ja kompensoida aksiaaliset, säteittäiset ja kulmapoikkeamat näiden välillä sekä välittää välyksettömästi voima moottorin akselin ja ruuvin välillä (Konaflex, 1-2). Tyssäimessä käytettiin kiilaurallisia akselikytkimen napoja. Mikäli akselikytkintä ei halua valmistaa kiilaurallisena on se mahdollista saada myös puristuskiinnityksellä.

Lineaarijohteiksi liikkuvalla kulkalle valittiin HIWIN HG-sarjan kuulajohteet ja johdekelkoiksi HIWIN HGW35 kuulajohdekelkat hyvän hyötysuhteen ja voimien keston myötä.

5.7 Ulostulokuljettimen vetorulla ja painorullat

5.7.1 Vetorulla

Kun levyä tyssäävät v-rullat ovat tyssäneet levyn päästä päähän, tarvitsee levyn siirtyä vielä eteenpäin seuraavaa vaihetta varten. Levyn reunojen tyssäys nopeus, noin 10 metriä minuutissa, ei riitä antamaan tarpeeksi levyllä vauhtia, jotta se jaksaisi jatkaa matkaansa tarpeeksi pitkälle ulostulokuljettimelle.

Tätä varten ulostulokuljettimen alkuun oli sijoitettava vetävä rulla. Vetävän rullan pinta kumitettiin, jotta liikutettavan levyn ja vetorullan välille saataisiin hyvä kitka. Kun vaatimuksena

kumitukselle oli kitkan lisäksi, hyvä kulutuskestävyys, saatavuus, hinta ja kumituksen hyvä kiinnitettävyyden metalliin, kumituksen laaduksi valikoitui nitrilikumi (NBR), kovuus 70 Shore A.

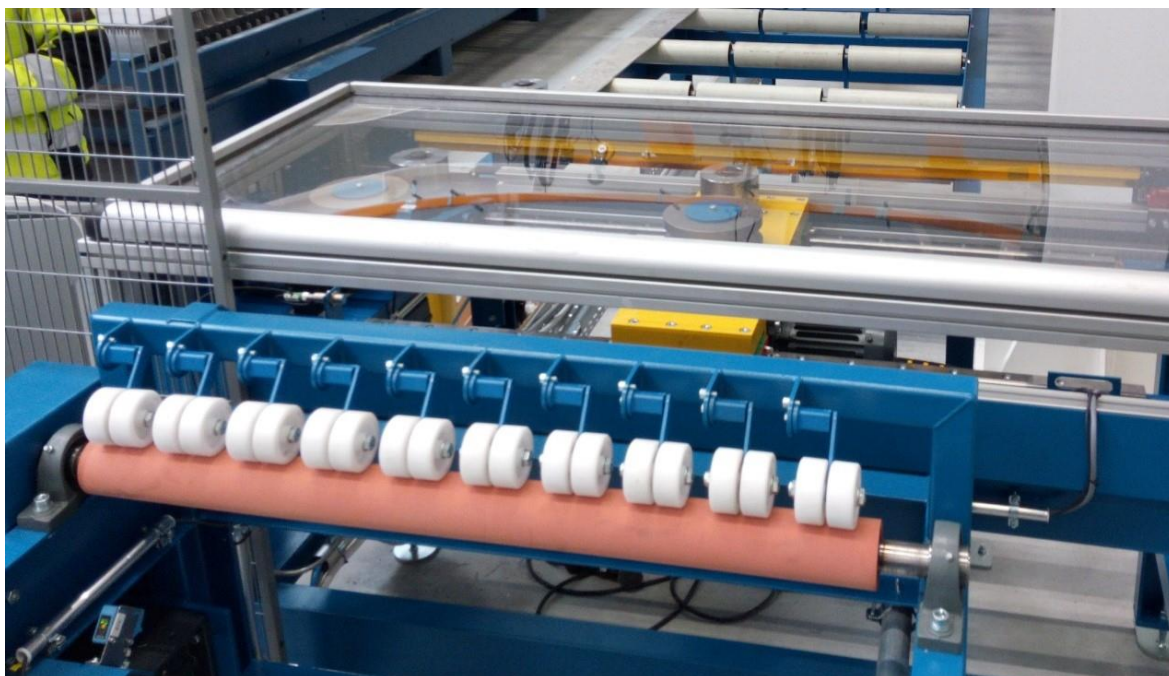
Rullaa pyörittämään valittiin sama moottori kuin mikä v-rullillekin. Vetorullan ja moottorin välille voimansiirtotavaksi valittiin ketjuveto. Näin moottori saatiin asennettua suojaan kuljettimen alle. Nopeutta vetorullalla ei tarvinnut olla enempää kuin v-rullillakaan, joten ketjuvedon välityssuhteeksi valittiin 1:1.

5.7.2 Painorullat

Vedettäessä ohutta levyä ulos tyssäävästä yksiköstä ei levyn ja vetorullan pito ole välttämättä riittävä. Jos levyn loppupää onkin hieman ylöspäin kaarella, on levyä saatava painetua vasten vetorullaa. Painamisen lisäksi on rullien myös annettava periksi sen verran, että vetorullan ja levyä painavien rullien välistä on mahdollista kaikki levy paksuudet aina 25 mm asti.

Tähän tarkoitukseen, vetorullan päälle asennettiin, useita Rosta-kiristyslementtejä. Kiristyslementtien päähän kiinnitettiin POM-muoviset rullat, jotka painavat levyn kiinni vetorullaan (kuva 12). Kiristyslementtejä oli asennettava useita, koska levyjen leveys vaihtelee suuresti. Kapeimmillaan levy on 80 millimetriä, jolloin ainoastaan reunimmainen alaspäin painavista rullista osuu levyyn.

Rosta-elementtiä esijännittämällä saadaan yhden levyä painavan rullan voima säädettyä 0-100 Newtonin välillä (Rosta 2018, 5). Kiristyslementtien mekaaninen toiminta sopii hyvin eri ainevahvuisten levyjen painamiseen. Mitä paksumpi levy kulkee painavien rullien alta, sitä enemmän alaspäin painavaa voimaa elementeistä myös saadaan irti. Näin ollen kiristyslementtejä ei tarvitse uudelleen säädellä käsiteltäessä eri paksuisia levyjä.



Kuva 12. Kumitettu ulosvetorulla ja painorullat (Kananen 2019)

5.8 Rullapalkit

Ulostulokuljettimelta levyn sivusiirto toteutettiin toisesta päästä nousevilla rullapalkeilla. Rullapalkkien noustessa levy lähtee liukumaan rullien päällä painovoimaisesti ja siirtyy hieman laskevassa kulmassa olevalle sivuradalle. Sekä nousevissa rullapalkeissa, että sivuradan rullapalkeissa käytettiin samanlaisia PP-rullia levyn liikuttamiseen.

Rullina olisi voitu käyttää valmiita ostorullia, mutta ostorullien pitkän toimitusajan ja omavalmiste-rullien edullisemmän valmistuksen myötä päädyttiin, päistään laakeroituihin omavalmisteisiin rullakoonpanoihin. Rullakoonpanot kiinnitettiin akseleiden päistä niitä kannatteleisiin kouruihin (kuva 13).



Kuva 13. Rullapalkkeja kokoonpantuna

5.8.1 Paineilmalla nousevat rullapalkit

Levyn sivusiirto ulostulokuljettimelta sivuradalle toteutettiin rullapalkeilla, joita nostetaan paineilmasyntereillä toisesta reunasta. Rullapalkkien kallistuessa levy lähtee liukumaan painovoimaisesti sivuradalle. Ulostulokuljettimen ollessa taas tyhjä, nousevat rullapalkit laskeaan takaisin ala-asentoon.

Paineilman rajapintana toimii suodatinsäädinyksikkö, johon tehtaan paineilma liitetään pikaliittimellä. Suodatinsäätimeltä paineilma ohjataan mekaanisen käsiventtiilin kautta jakotukeille, joista se jaetaan omille sylintereilleen.

Suodatinsäädinyksikkö sisältää nimensä mukaisesti sekä paineilmansuodattimen, että paineensäätimen. Suodatinta käytetään erottamaan paineilmasta epäpuhtaudet ja putkiston tiivistynyt vesi. Suodattimen käyttö on järjestelmän kannalta välttämätöntä, sillä lähes kaikki pneumaattikkakomponenttien toimintahäiriöt johtuvat järjestelmään kertyneistä epäpuhtauksista. Paineensäätimen on tarkoitus tasata järjestelmän painevaihteluja ja suojata järjestelmän komponentit liian suurelta käyttöpainelta. Mikäli paine säätimen puolella nousee yli

asetusarvon, esimerkiksi ulkoisen kuormituksen vaikutuksesta, päästää se paineilmaa ulos järjestelmästä. (Keinänen, Kärkkäinen 2005, 42-43.)

Sylintereiden ohjaus olisi voitu toteuttaa automaattisena, sähkö ohjatulla suuntaventtiilillä. Tällöin olisi täytynyt linjalle lisätä anturointeja, niin suuntaventtiin ohjausta kuin turvallistamistakin ajatellen. Nyt kun ohjaus toteutettiin mekaanisella käsiventtiilillä, operaattori on aina tietoinen siitä, milloin levy tulee siirtymään sivuradalle, eikä täten voi vahingossa oleilla sivuradan välittömässä läheisyydessä levyn siirtyessä.

Levyn mahdollisimman tasaisen siirtymisen takaamiseksi oli paineilma sylinterit varustettava vastusvastaventtiileillä. Näin saadaan kaikki sylinterit nousemaan yhtäaikaaisesti. Painilmasynterien vastusvastaventtiilit on varustettu myös pilottipaineella toimivin sulkuventtiilein (kuva 14). Tämä tarkoittaa sitä, että vaikka paineilmat yhtäkkisesti katoaisivatkin järjestelmästä, ei paineilma sylinterien kannattelevat rullapalkit pääse hallitsemattomasti laskemaan. Näin varmistetaan, että esimerkiksi linjalle huoltoa tehtäessä rullapalkit eivät tuottamaan vaaratilanteita ennalta arvaamattomalla toiminnalla.

Pilottipaineella varustettujen sulkuventtiilien avulla voidaan myös sylintereiden liike pysäyttää heti, kun huomataan että siirrettävä levy lähtee liikkeelle. Vaikka 5/2-suuntaventtiin avoin keskiasento päästää järjestelmästä paineet pois, eivät rullapalkit lähde laskemaan. Sylinterit laskevat vasta, kun paine ohjataan mäntiä sisäänpäin painavalle puolelle.



Kuva 14. Paineilma sylinterien liitokset (Kananen 2019)

5.8.2 Sivuradan rullapalkit

Sivuradan rullapalkkeihin käytettiin samanlaisia PP-rullakokoonpanoja, kuin nouseviinkin rullapalkkeihin. Myös rullakokoonpanoja kannattelevat kourut olivat samankaltaiset. Ainoat eroavaisuudet ovat sivuradan palkkien alle hitsatut tukiraudat ja pulttikiinnitteiset kulmat, joilla rullapalkit kiinnitetään sivuradan säädettävään runkoon (kuva 15).



Kuva 15. Säädettävä painovoimainen sivurata (Kananen 2019)

Koska sivuradan on kestävä 1200 kilogramman massa, vaikka se jakautuukin viidelle rullapalkille, oli rullapalkkien alle hitsattava tukiraudat. Tukiraudoilla estetään rullapalkkien taipuminen kuorman alla, sillä nouseviin kuljettimiin verrattuna sivuradan rullapalkkien pituus on melkein kaksinertainen. Ja koska sivuradan rullapalkit tulevat kantamaan ainoastaan päistään, sillä sivuradasta päätettiin tehdä säädettävä.

Rullapalkkien kulman säätö tapahtuu sivuradan rungon kolmella saksitunkilla. Saksitunkit ovat yhdistetty akseleilla niin, että reunimmaista säätämällä säätyvät myös muut tunkit yhtäaikaaisesti. Sivurataan ei tarvittu automaattista säätöä, sillä säädöllä on tarkoitus hakea levyjen painovoimaiselle siirtymiselle oikea astekulma kerran ja jättää sivurata tuohon löydettyyn kulmaan. Rullapalkkien kulmaa on mahdollista säätää sivuradassa nollasta viiteen asteeseen.

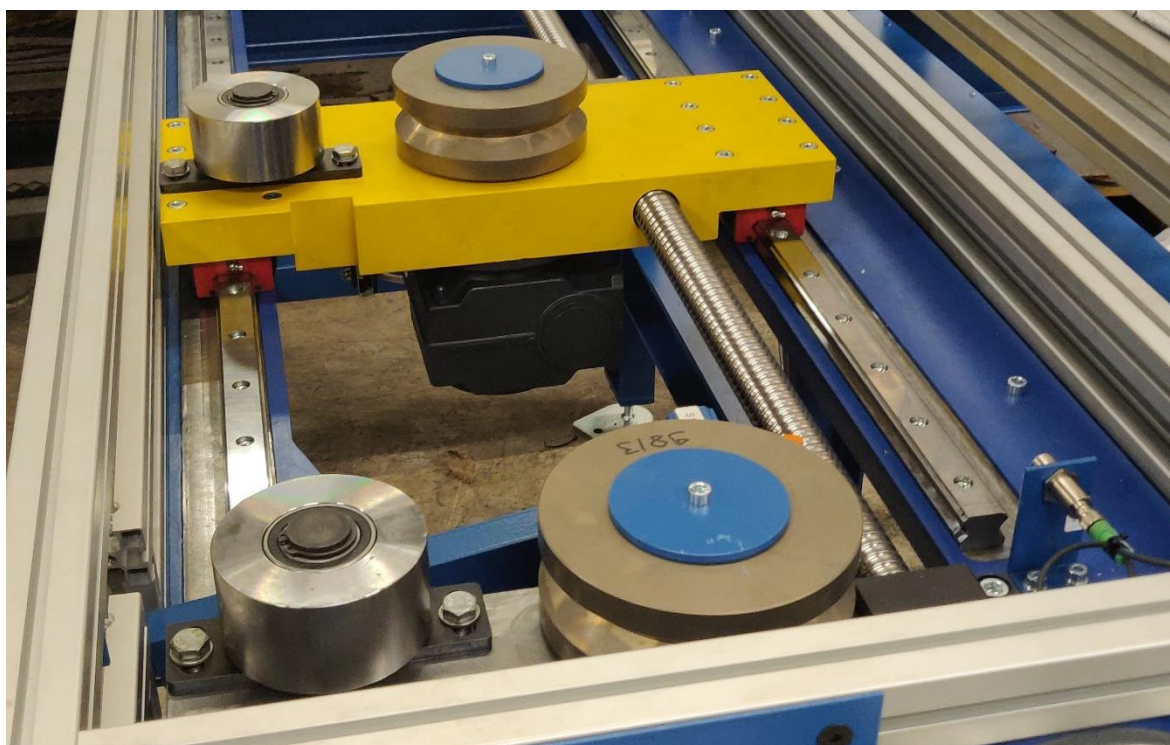
Jotta levyt liukuisivat esteettömästi rullien päällä, oli kaikkien viiden rullapalkin rullat limitettävä 25 millimetrin välein. Tällöin kapeimmatkin, 80 millimetrin, levyt ovat koko ajan liukuessaan kantavien rullien päällä niin, että levy ei pääse tökkäämään rullien väliin ja pysäyttämään liukua.

5.9 Anturointi

Antureiden tehtävänä on kerätä tietoa prosessin tilasta. Anturiin kuuluu tuntoelin, johon mitattava ilmiö vaikuttaa. Mittamuunnin muuntaa mitattavan suureen arvot eli mittausarvot mittausviestiksi, yleensä sähköjännitteeksi tai -virraksi. Mittalähetin muuntaa mittausviestin standardin mukaiseksi lähtöviestiksi (esimerkiksi 4-20 mA DC). Koneen ohjausjärjestelmä muuntaa vastaanottamansa lähtöviestin mittaustulokseksi, jota käytetään hyväksi koneen tilan säädössä. Antureita on monenlaisia, mutta mekatronikassa mittaustarpeet keskittyvät valtaosaltaan paikan, nopeuden ja voiman selvittämiseen. (Airila 2004, 4. 1-2.)

Levyjä tyssäävässä linjassa olevat anturit ovat kaikki paikan selvittämiseen tarkoitettuja asema-antureita. Syöttökuljettimessa ei antureille ollut tarvetta. Tyssäävässä yksikössä antureita on neljä kappaletta ja ulostulokuljettimessa yksi kappale.

Tyssäävässä yksikössä kaksi kappaletta induktiivisia antureita toimii raja-antureina, tunnistuen johteilla liikkuvan kelkan saapumisen anturin magneettikenttään (kuva 16). Induktiiviset anturit ovat kytkentäetäisyydeltään tarkkoja, edullisia, niiden saatavuus on hyvä ja kosketukseton toimintaperiaate takaa mekaanisen kestävyuden (Airila 2004, 4. 3-5).



Kuva 16. Kuulajohteilla liikkuvan kelkan raja-antureina toimii induktiiviset anturit.

Tyssäävän yksikön stoppariin, joka asemoi tyssäimeen syötettävän levyn oikeaan paikkaan, ei induktiivista anturia voitu sijoittaa, koska induktiivisen anturin ruostumattoman teräksen tunnistaminen olisi ollut niin heikkoa. Induktiivisen anturin sijaan stoppariin laitettiin sylinterimallinen valokenno.

Induktiivianturilla voidaan tunnistaa ruostumattomia materiaaleja, mutta sen tunnistusetaisyys jää pienemmäksi, kuin magneettisilla materiaaleilla. Valokenno oli varma valinta, koska säteen katketessa kenno aktivoituu. Peiliheijastavaa valokennoa häiritsee kappaleen peilaavat ominaisuudet, mutta lähetin -vastaanotin kenno on hyvin varmatoiminen. Tässä tapauksessa peiliheijastava kenno riittää, koska kappaleet ovat tyypillisesti mattapintaisia, eivätkä siten toimi vastapeilinä kennolle.

Tyssävässä yksikössä näiden kolmen anturin lisäksi on vielä yksi asema-anturi, joka mittaa sormisuojana olevan suojalipan asemaa. Suunnittelun aikaisessa riskinarviossa nieluun joutumisen estämiseksi sormisuojan turvaluokiteltu anturi pysäyttää linjan, mikäli työntekijä tarttuu vaatteista syötettävään levyyn ja on joutua vedetyksi koneeseen.

Tyssäävän yksikön lisäksi prosessia ohjaavia antureita löytyy vielä yksi ulostulokuljettimesta. Tämä valokenno tarkkailee myös tyssättävän levyn asemaa ja kun levy on tarpeeksi pitkällä ulostulokuljettimella pysäyttää anturilta saatu tilatieto ulostulokuljettimen vetorullaa pyörittävän moottorin.

5.10 Henkilösuojaus

Laitteen henkilösuojausta mietittiin sitä mukaa, kun laitteen suunnittelukin eteni. Mikäli mekaniikkaa ei pystytty toteuttamaan ilman suojausta, reagoimalla heti suunnitellussa laitteessa tarvittaviin suojauksiin, oltiin selvillä mahdollisista suojauksentarpeista jo ajoissa.

Koneelle tehtiin suunnittelun aikainen riskinarvio (liite 1), jossa havaitut riskitekijät on poistettu paikallisella tai aluesuojauksella. Nämä alla mainitut suojaukset perustuvatkin tähän riskinarvioon.

Koska operaattori käsittelee ja syöttää tyssättäviä levyjä aivan tyssäävän yksikön välittömässä läheisyydessä, suunniteltiin tähän mekaaninen suoja. Mekaanisella suojalla poistettiin riskinarviossa huomattuja riskitekijöitä, kuten takertuminen ja nieluun joutuminen sekä puristuminen muokkaavien rullien väliin.

Suoja tuli koostumaan alumiiniprofiilirungosta, johon kiinnitettiin laserleikatut teräspellit estämään pääsy yksikköön sisään (kuva 17). Suojan päälle asennettiin saranoitu kansi, jossa läpinäkyvä polykarbonaattilevy mahdollistaa prosessin valvomisen ilman kannen

avaamista. Kannen kiinnitys on pulteilla, jotta ilman työkaluja kannen avaaminen olisi mahdollista ilman sen hajottamista.

Suojan syöttöpuolelle ja ulostulopuolelle oli levyä varten jätettävä aukotukset. Syöttöpuolen nieluun asennettiin sormisuoja toimiva lippi, jonka takana lipin asentoa tunnistaa turvarajakytkin. Mikäli operaattori jäisi esimerkiksi kiinni vaatteistaan levyyn ja osuisi suojalippan, pysäyttää turvaraja anturi linjan.



Kuva 17. Levyä tyssäävän yksikön suoja (Kananen 2019)

Tyssäävän yksikön suojan lisäksi muitakin mekaanisia suojia, kuten ulostulokuljettimen vetopään suoja sekä linjan osan ympärille tullut suoja-aidoitus. Suoja-aidoitus asennettiin sen verran kauas itse laitteesta, että ihmisen on mahdollista yltää suoja-aidan silmukoista sormet sisään työntämällä vaara-alueelle (kuva 18).



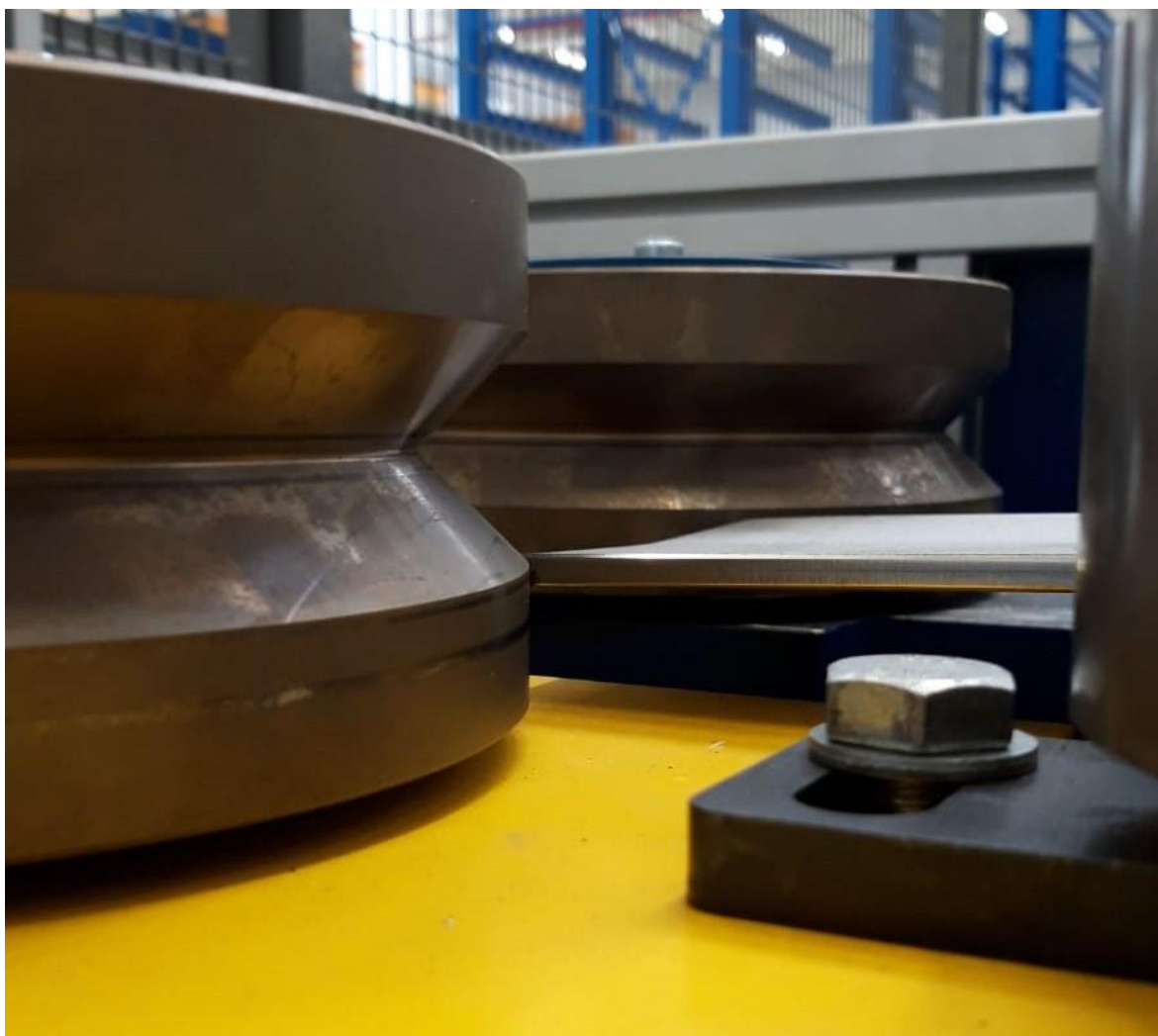
Kuva 18. Tyssäin linja asennettuna paikalleen ja suoja-aidoitettuna (Kananen 2019)

6 Havaitut ongelmat ja ratkaisut

6.1 Ongelmia

Levynreunojen tyssäin suunniteltiin 2018 ja 2019 vuosien vaihteessa ja se asennettiin tilaajan tuotantolaitokseen 2019 vuoden alusta. Asennuksen jälkeen laitetta koeajettaessa vastaan tuli muutamia asioita, mitä ei osattu ottaa huomioon suunnittelussa.

Ongelmia tuotti levyjen suoruuden vaihtelut ja levyjen päätyjen taipuminen. Varsinkin ohuemmillä ainevahvuuksilla ongelmia tuli, kun levyn pää taipui alaspäin, eikä osunutkaan muotoilevien rullien v-uraan (kuva 19). Tämän lisäksi ongelmaa tuotti sama levyn pään taipuminen levyn tullessa ulostulokuljettimen kumitetulle vetorullalle. Alaspäin taipunut levynpää tulisi osumaan kumitettuun rullaan väärässä kulmassa ja kuluttaisi näin ollen kumitetun pinnan rullasta nopeasti hajalle.

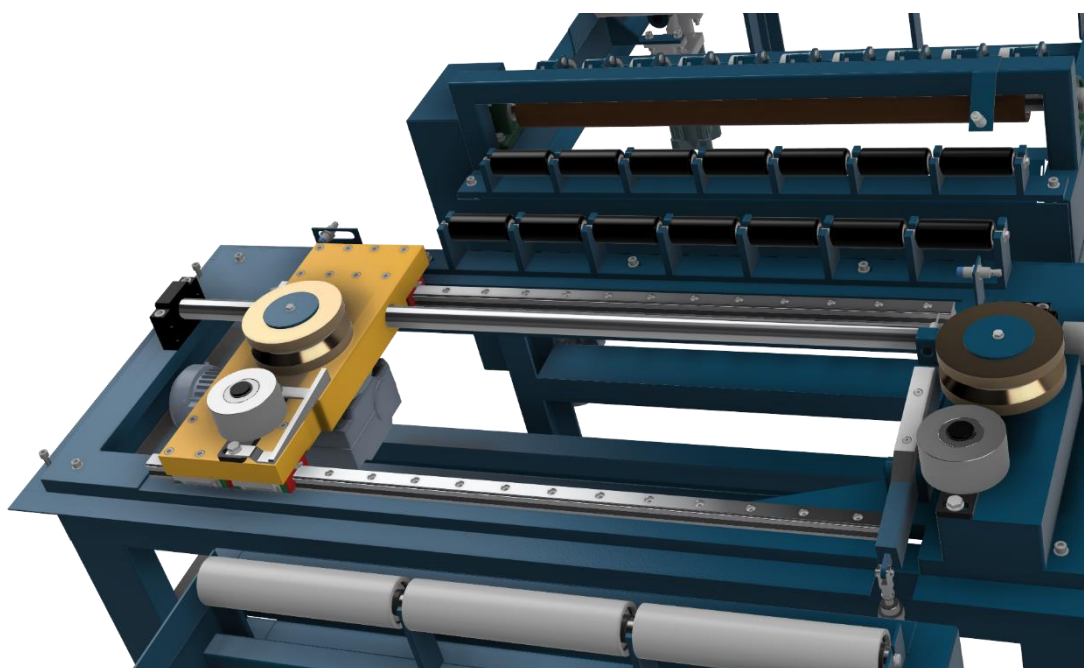


Kuva 19. Alaspäin painunut levyn pää (Kananen 2019)

Ongelmia ilmeni myös ulostulokuljettimelle vetävän rullan vetopään sijoittelun kanssa. Levyt eivät jaksaneetkaan aina siirtyä tarpeeksi kauas kuljettimelle, jotta ne olisivat vapaasti pysyneet siirtymään sivusiirrolla. Ulostulokuljettimen vetopään ja vetopään suojan ollessa samalla puolella kuin sivurata, olisi levy osunut vetopään suojaan sivusiirtoliikkeen aikana.

6.2 Ratkaisut

Levyn suoruuden vaihteluista ja pään taipumisesta huolimatta levy olisi saatava aina osuun muokkaavien rullien v-uriiin. Tätä varten oli tyssäimeen lisättävä käsiteltävälle levyille ohjaimia (kuva 20).



Kuva 20. Tyssäimen lisäohjaimia

Lisäohjaimia asennettiin kummallekin puolelle, ennen muokkaavia v-rullia. Liikuvassa kelkkakokoonpanossa ohjain saatiin kiinnitettyä ohjainrullan kanssa samoilla kiinnitysruuveilla. Kiinteälle puolelle ohjain asennettiin kiinni stoppariin. Näillä ohjaimilla levyn alkupää saatiin paikoitetuksi aina v-uriiin.

Jotta levy saadaan syötettyä ulostulokuljettimen vetorullalle oikeassa korossa, lisättiin sekä tyssäivään yksikköön muokkaavien rullien jälkeen, että ulostulokuljettimeen ennen vetävää

rullaa ohjaavia rullia. Näissä ohjaavissa rullissa käytettiin samanlaisia polypropeeni rullakoonpanoja kuin nousevissakin kuljettimissa.

Toista ongelmaa, eli levyn siirtymistä tarpeeksi pitkälle ulostulokuljettimelle, ratkottiin asiakkaan toimesta alkuun väliaikaisella hinnalla, joka asetettiin ensimmäisen vetävän rullan ja toisena olevan vapaasti pyörivän siirtorullan välille. Näin saatiin levy siirrettyä aina tarpeeksi pitkälle ulostulokuljettimelle, jotta levyn siirto sivuradalle onnistui ilman sen osumista vetopäänsuojaan. Tämän lisäksi ulostulokuljettimen vetopäälle valmistettiin uusi moottoripeti. Moottoripeti olisi asennettavissa toiselle puolelle linjaa runkoon pulttikiinnityksellä. Näin saadaan siirrettyä vetopää ja vetopään suoja linjan vasemmalle puolelle, pois levyn liikera-tojen läheisyydestä.

7 Yhteenveto

Opinnäytetyönä suunniteltiin asiakastarpeesta tilaajan uuden tuotantolinjan osaksi levyn reunojen tyssäin. Suunnittelun lähtötietoina laitteen täytyi käsitellä tasolaserilla leikattujen ruostumattomien teräslevyjen reunoihin viisteet. Viisteistä tunnustetaan linjan myöhemässä työvaiheessa optisesti hitsausrailon paikka. Tämän lisäksi oli linjan osalle suunniteltava jonkinlainen puskurivarasto, joka toteutettiin opinnäytetyössä paineilma sylintereillä nousevilla rullapalkeilla ja painovoimaisella sivusiirtoradalla.

Laitteen suunnittelun lisäksi opinnäytetyössä käytiin läpi yleisesti, kuinka asiakastarpeesta tehdyn laitesuunnittelun prosessi etenee Ermeka Oy:ssä. Työssä mainittiin myös menetelmiä ja työkaluja, joita käytettiin opinnäytetyönä tehdyn suunnittelun läpi viemiseksi ja yleisestikin laitesuunnitteluissa.

Suunnittelun tuloksena saatiin tehtyä valmistuskuvat laitteelle ja näillä valmistettiin Ermeka Oy:ssä laite 2019 vuoden alussa. Levynreunoja tyssäävä laite käytiin vuoden 2019 alussa myös asentamassa Ermekan toimesta tilaajan uudelle tuotantolaitokselle.

Linjan koeajossa huomattujen ongelmien korjausten jälkeen, tyssäin on ollut päivittäisessä käytössä ja tilaajan mukaan se on toiminut siitä asti erittäin hyvin. Suunnittelussa onnistuttiin siis valitsemaan reunojen viisteitykselle, tässä tarkoituksessa oikeanlainen käsittelytapa. Tyssäämällä levyn reunat saatiin kuluvat materiaalit laitteesta minimoitua ja mekaniikka toteutettua mahdollisimman yksinkertaisesti.

Tilaaja tuli saamaan myös lisähyötyjä tyssäimestä, jotka on huomannut vasta nyt linjan käytön myötä. Hitsausrailon tunnistamiseksi tehtyjen viisteiden lisäksi voidaan tyssäimellä viimeistellä muitakin levyjen reunoja. Reunat viimeistelemällä on tilaaja saanut parannuksen levyjen käsiteltävyyteen sekä työturvallisuuteen. Levyjen jatkokäsittelystä on tyssäämisen myötä poistunut terävien reunojen aiheuttama viiltoriski. Tämän lisäksi tilaajan mukaan reunojen tyssäminen mahdollistaa myös käsiteltyjen profiilien myynnin sellaisenaan Norsokhyväksyttynä tuotteena öljy- ja kaasuteollisuuden tarpeisiin.

Lähteet

Airila, M. 2004. Mekatroniikka. Helsinki: Valopaino Oy.

Björk, T., Hautala, P., Huhtala, K., Kivioja, S., Kleimola, M., Lavi, M., Martikka, H., Miettinen, J., Ranta, A., Rinkinen, J. & Salonen, P. 2014. Koneenosien suunnittelu. 6. uudistettu painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Ermeke Oy 2020. Viitattu 16.11.2020. Saatavissa

<http://ermeka.fi>

Heinonen, M. & Maaranen, K. 2013. Tekniset piirustukset: konetekniikka. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Hiwin. 2019. Linear Guideway. Viitattu 16.11.2020. Saatavissa

https://www.hiwin.com/pdf/linear_guideways.pdf

Kananen, H. 2019. Kuvat 12, 14, 15, 17, 18 ja 19. Viitattu 16.11.2020.

Keinänen, T., Kärkkäinen, P. 2005. Automaatiojärjestelmien hydraulikka ja pneumatiikka. Helsinki: WSOY.

Konaflex. Trasco ES – välyksettömät kytkimet. Viitattu 16.11.2020. Saatavissa

<https://www.konaflex.fi/wp-content/uploads/Trasco-ES-valyksettomat-kytkimet.pdf>

Metalliteollisuuden Keskusliitto. 2001. Raaka-aine käsikirja 1. uudistettu painos. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.

Pere, A. 2012. Koneenpiirustus 1 & 2. Espoo: Kirpe Oy.

Rollco. Viitattu 16.11.2020. Saatavissa

https://www.rollco.fi/storage/A56D2F2CA51D6A27E794B9F84AD16B3B96B62878FEB793E4F5D2DD62181DFC11/ad75235faa4c440bb06d1194f60e0176/pdf/media/a094d0256df84a349876e4078da19423/Ball%20Screws_Technical%20Information_sammanslagen.pdf

Rosta 2018. Rosta Tensioner Devices. Viitattu 16.11.2020. Saatavissa

https://www.rosta.ch/wAssets/docs/downloads/products/en/Tensioning-Technology/2018_Tensioner_Devices_EN_low_web.pdf

Stalatable Oy 2020. Viitattu 16.11.2020 Saatavissa

<https://www.stalatable.com/about-us/company/>

Uddeholm 2019. Uddeholm Sverker 21. Viitattu 16.11.2020. Saatavissa

https://www.uddeholm.com/app/uploads/sites/46/2018/11/sverker-21-eng_p_0419-e13.pdf

2 RISKINARVIOINTI

Vaaratekijät	Riski alkujaan			Riski toteutettujen turvallistamistoimenpiteiden jälkeen				
	Kohde	Todennäköisyys (Pr)	Vakavuus (Se)	Riskikertoma (Pr x Se)	Toteutettavat turvallisuusstoimenpiteet	Todennäköisyys (Pr)	Vakavuus (Se)	Riskikertoma (Pr x Se)
1. Mekaaniset vaarat								
1.1 Puristuminen	Vetävien telojen ja/tai puristavien rullien ja runkorakenteen tai tuotteen väliin	0,4	70	28	Vetävät muokkaurullat on koteloitu aluesuojauksen sisään ja syöttävällä puolella on turvarajakytkin, joka katkaisee muokkausrullien liikkeen, vaikuttaessaan.	0.1	70	7
1.2 Leikkautuminen, viilto, pisto	Vetävien telojen ja/tai puristavien rullien ja runkorakenteen tai tuotteen väliin	0.4	50	20	Vetävät muokkaurullat on koteloitu aluesuojauksen sisään ja syöttävällä puolella on turvarajakytkin, joka katkaisee muokkausrullien liikkeen, vaikuttaessaan.	0.1	50	5
1.3 Takertuminen	Vetäviin teloihin ja/tai tuotteeseen	0.3	70	21	Vetävät muokkaurullat on koteloitu aluesuojauksen sisään ja syöttävällä puolella on turvarajakytkin, joka katkaisee muokkausrullien liikkeen, vaikuttaessaan.	0.1	70	7
1.3.1 Nieluun joutumisen vaara	Vetävien teloihin ja/tai tuotteeseen	0.3	70	21	Vetävät muokkaurullat on koteloitu aluesuojauksen sisään ja syöttävällä puolella on turvarajakytkin, joka katkaisee muokkausrullien liikkeen, vaikuttaessaan.	0.1	70	7
1.4 Iskuvaara	Tuotteen jännityksen purkautuminen ennalta arvaamattomalla tavalla	0.1	100	10	Mahdollisissa tuotannon häiriöissä on työohjeistuksella otettava kantaa häiriöiden turvalliseen poistamiseen ja opastettava oikea tapa.	0.1	100	10
1.5 Hankautumisesta aiheutuva vaara	Ei havaittu							
1.6 Korkeapaineisen nesteen tai kaasun suihkun aiheuttama vaara	Ei hydraulisia toimilaitteita Paineilmaletkujen irtoaminen tai hajoaminen	0.3	70	21	Paineilmaletkut on kiinnitettävä runkorakenteisiin niin, että vapaa iskupitus jää mahdollisimman lyhyeksi.	0.1	70	7
1.7 Koneen osien tai käsiteltävien aineiden tai kappaleiden sinkoutumisesta aiheutuva vaara	Ei havaittu							
1.8 Koneen tai koneen osien vakavuuden menettämisen (kaatumisen) vaara	Kone on kiinnitettävä perustaansa vakavuuden menettämisen estämiseksi.	0.1	100	10	Asennus tapahtuu toimittajan toimesta. Varmistetaan asennettaessa.	0.1	100	10
2. Sähköstä aiheutuvat vaarat	LSK Oy:n mittaukset ja todistukset				Noudattaa voimassaolevaa lainsäädäntöä ja turvallisuusmääräyksiä			
3. Lämpötilasta aiheutuvat vaarat	Ei havaittu							
4. Melun aiheuttamat vaarat	Ei havaittu							
5. Tärinän aiheuttamat vaarat	Ei havaittu							
6. Säteilyn aiheuttamat vaarat	Ei havaittu							
7. Materiaalin ja aineiden aiheuttamat vaarat	Tuotteeseen liittyvät vaaratekijät tilaajan arvioitavissa							
8. Ergonomisten periaatteiden huomiotta jättämisestä aiheutuvat vaarat	Ei havaittu							
9. Liukastumis, kompastumis ja putoamisvaarat	Laitteen päälle ei saa nousta ja mahdollisia huoltotoimenpiteitä suoritettaessa on käytettävä soveltuvia telineitä.	0.3	70	21	Tilaajan on huolehdittava henkilöstönsä opastuksesta ja koulutuksesta.	0.1	70	7
10. Vaarojen yhdistelmät	Ei havaittu							
11. Käyttöympäristöön liittyvät vaarat	Tilaajan rajapintatarkastelussa on otettava kantaa tähän mikäli välittömässä läheisyydessä on muita laitteita.							

Riskinarvioinnin ohjesivu

SEURAUSTEN TODENNÄKÖISYYS	1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	0,9	9	18	27	36	45	54	63	72	81	90
	0,8	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80
	0,7	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
	0,6	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
	0,5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
	0,4	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
	0,3	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
	0,2	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
	0,1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SEURAUSTEN VAKAVUUS											

0,1-...5	Vähäinen riski, suunnittelua ei tarvitse jatkaa
6....15	Voidaan ottaa käyttöön, seuranta tarpeen
16...28	Riskiä on pienennettävä, suunnittelua jatkettava ja muutettava koneen ominaisuuksia tai lisättävä suojuksia tai turvalaitteita ja turvatoimintoja
29...48	
49..100	

Riskin todennäköisyys (Pr)		Seurauksien vakavuus (Se)	
1	Tapahtuminen on varma	100	Kuolema tai hyvin vakavia vammoja (esim. pysyvä tajuttomuus, kooma tai aivovaurio)
0.9	Tapahtuu lähes varmasti, tapahtumatta jääminen on epävarmaa	90	Kahden raajan menetys tai sokeutuminen sekä muita vastaavia pysyviä vammoja (useamman sormen menettäminen tai niiden toimintakyvyn heikkeneminen)
0.8	Hyvin todennäköinen	80	
0.7	Todennäköinen, tapahtuminen ei ole epätavallista tai yllättävää	70	Raajan, silmän tai kuulon menetys taikka muita vastaavia pysyviä vammoja (esim. halvautuminen)
0.6	Tapahtuminen ja tapahtumatta jääminen ovat suunnilleen yhtä todennäköisiä	60	
0.5		50	Suuren luun murtuma taikka vakava sairaus (parantuu) taikka pysyviä lievähköjä vammoja (pala pois sormesta, nivelen toiminta-alueen rajoittuminen tms.)
0.4	Mahdollinen, mutta epätavallinen	40	
0.3	Epätodennäköinen	30	Pieni luunmurtuma tai pienehkö sairaus (palautuva)
0.2	Hyvin epätodennäköinen, mutta ajateltavissa	20	Haava, hankauma, huonoa oloa
0.1	Äärimmäisen epätodennäköinen, mutta kuitenkin ajateltavissa	10	Naarmuja tai mustelmia
		1	Ei seurauksia