

Marko Kaikkonen

Kaapelikelauslaitteen tuotantolinja

Insinööri (AMK)

Konetekniikka

Kevät 2021



**KAMK • University
of Applied Sciences**

Tiivistelmä

Tekijä: Kaikkonen Marko

Työn nimi: Kaapelikelauslaitteen tuotantolinjan suunnittelu

Tutkintonimike: Insinööri (AMK), kone- ja tuotantotekniikka

Asiasanat: Kaapelikelauslaite, Layout-suunnittelu, Tuotantolinja

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella Hill Steel Oy:lle tuotantolinja kaapelikelauslaitteen valmistukselle. Tuotantolinja koostuu kelauslaitteen rungon osien valmistuksesta, rungon hitsauksesta, pintakäsittelystä sekä loppukokoonpanosta.

Työssä suunniteltiin ja käsiteltiin tuotantolinjan työvaiheita. Työssä ei käsitellä erikseen osavalmistusta, vaan ideana oli suunnitella tuotantolinjan työtilat sekä kaapelikelauslaitteen kokoaminen työvaiheittain. Suunnitelmaan sisältyi hitsausvaiheeseen kuuluvat työtilat ja hitsausjigrit, pintakäsittelyvaiheeseen kuuluvan pulverimaalauksen käsittely sekä kokoonpanovaiheeseen tarvittavat työvälineet ja työtilat.

Opinnäytetyöhön kuuluvilla teoriaosuuksilla käsitellään alumiinin hitsausta. Alumiinin hitsauksessa on haasteita ja työprosesseja, joita on otettava huomioon tuotantovaiheessa. Haasteita ovat esimerkiksi alumiinin voimakas lämpölaajeneminen korkeissa lämpötiloissa sekä tästä aiheutuvat muodonmuutokset. Ylimääräisiä työvaiheita aiheuttaa myös alumiinin herkkyys epäpuhtauksille. Työssä perehdyttiin myös pulverimaalausprosessiin sekä layout-suunnitteluun. Pulverimaalauksella on käsitelty vaihe vaiheelta, esimerkiksi millaista esikäsittelyä pulverimaalaus vaatii sekä sen etuja muihin maalausmenetelmiin nähden. Layout-suunnittelun perusteita on myös käsitelty siltä kannalta, miten suunnittelua kannattaa lähteä toteuttamaan halutun lopputuloksen saamiseksi.

Työhön kuului myös tuotantolinjan mallinnusta yrityksen tiloihin, johon kuului layout-suunnitelmat hitaamolle ja kokoonpanopaikalle. Mallinnuksen pohjana toimi yrityksen nykyiset tuotantotilat. Työn loppuun kuuluu vielä pohdintaa tuotannon tulevaisuuteen parannusehdotuksien kautta, esimerkiksi uusien menetelmien kannalta.

Abstract

Author: Kaikkonen Marko

Title of the Publication: Cable Winder Production Line Layout Design

Degree Title: Bachelor of Engineering, Mechanical Engineering

Keywords: Cable Winder, Layout Design, Production Line

The aim of this thesis was to design a production line for Hill Steel Oy for the manufacture of a cable winder. The production line consists of the manufacture of the body parts of the winder, the welding of the body, the surface treatment and the final assembly.

The work deals with the design of the work steps of the production line, but does not cover part manufacturing separately, but the idea was to design the workspace of the production line and to assemble the cable winding device in stages. The plan included the workspaces and welding jigs of the welding phase, the treatment of the powder coating during the surface treatment phase, and the tools and workspaces required for the assembly phase.

The theoretical parts of the thesis deal with aluminum welding. There are challenges and work processes in aluminum welding that need to be considered at the production stage. Challenges include the strong thermal expansion of aluminum at high temperatures and the resulting deformations. Additional work steps are also caused by the sensitivity of aluminum to contaminants. The work also focused on the powder coating process and layout design. Powder coating has been treated step by step, for example, what kind of pre-treatment powder coating requires and its advantages over other painting methods. The basics of layout design have also been discussed in terms of how you should start implementing the design to get the desired result.

The work also included modeling the production line at the company's premises - the layout plans for the welding shop and assembly site. The modeling was based on the company's current production facilities. At the end of the work there is still a reflection on the future of production through suggestions for improvement, for example, in terms of new methods.

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Hill Steel Oy.....	2
3	Suunnittelun lähtökohta.....	3
4	Tuotantolinjan työvaiheet	5
5	Hitsausprosessi	7
5.1	Alumiinien hitsaus	7
5.2	Hitsauksen työvaiheet.....	8
5.3	Hitsausjigit.....	9
5.4	Hitsauksen työtila.....	11
6	Pintakäsittely	14
6.1	Pulverimaalaus	14
6.2	Kemialliset esikäsittelyt.....	14
6.3	Pulverimaalauksen edut.....	15
6.4	Pulverimaalauksen työvaiheet	16
7	Kokoonpano.....	17
7.1	Loppukokoonpano	17
7.2	Loppukokoonpanon työvaiheet	18
7.3	Kokoonpanovaiheen työtila	18
7.4	Viimeistely	21
8	Layout -suunnittelu	22
8.1	Tuotantolinja-layout.....	23
8.2	Tuotantolinjan mallinnus yrityksen tiloihin.....	23
9	Pohdintoja sekä parannusehdotuksia tuotannon tulevaisuuteen	27
10	Yhteenveto	29
	Lähteet	30

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella Hill Steel Oy:lle tuotantolinja kaapelikelauslaitteen tuotantoa varten. Yrityksen tuotantoon on tullut uutena tuotteena kaapelikelauslaite, jonka valmistus sisältää monia eri työvaiheita. Työvaiheisiin kuuluu kelauslaitteen rungon osien valmistus, rungon kasaus hitsaamalla, pintakäsittely sekä loppukokoonpano. Runko valmistetaan alumiinisesta neliöputkesta.

Opinnäytetyössä kartoitetaan eri tuotantovaiheet yrityksen toimitiloissa sekä pohditaan mahdollisia parannusehdotuksia laitteen valmistukselle.

Suunnitelmassa on tarkoitus käsitellä kaikki tuotantoon kuuluvat työvaiheet, sekä suunnitella Layout-pohja yrityksen toimitiloihin tuotantolinjaa varten.

Hill Steel Oy osti tuoteoikeudet Sumetek Oy:n konkurssipesältä vuonna 2016. Silloin oli kyse kaapelinkäsittelylaitteesta, jossa oli oma voimansiirtoyksikkö. Tämä laite toimi siis omalla polttomootorilla. Laitteiden tilaaja halusi kehittää kaapelinkäsittelylaitteen, joka on kooltaan pienempi ja sen sijoittaminen onnistuu mönkijän lavalle. Myös laitteeseen tarvittava virta otettaisiin mönkijästä, jolloin omaa voimansiirtoyksikköä ei tarvita. Laitetta kehitettiin vuosina 2016–2017 uudelleenlaiseksi versioksi. Näinä vuosina toimitettiin neljä laitetta ns. kenttätesteihin.

2 Hill Steel Oy

Hill Steel Oy on Otanmäessä sijaitseva alihankintakonepaja, jonka ydinsaamisalue on koneistuspalveluiden tarjonta. Yritysideana on asiakkaiden toiveitten mukaan valmistettavat tuotteet. Yrityksen toimintaan kuuluu myös suunnittelupalvelut SolidWorks 3D-ohjelmalla, hitsausrakenneiden valmistus MIG- sekä TIG-hitsauskoneilla sekä samoissa tuotantotiloissa toimivan Hill Paint Oy:n tarjoama pulverimaalaus. Yrityksen yhteistyöverkoston kautta tuotteet voidaan toimittaa myös laajempina kokonaisuuksina asiakkaan toivomusten mukaan, esimerkiksi polttoleikattuna, särmättynä, hitsattuna ja valmiiksi pintakäsiteltynä. [1.]

Hill Steel Oy on aloittanut toimintansa keväällä 2014. Yritys muutti vuonna 2018 uusiin laajempiin tuotantotiloihin. Hill Steel Oy:n henkilöstöön kuuluu yhtiön perustajat, joilla on yli 20 vuoden kokemus konepajatoiminnasta. Yrityksen koneistuskapasiteettiin kuuluu tällä hetkellä kolme CNC-ohjattua sorvia, kaksi CNC-ohjattua työstökeskusta, CNC-ohjattu saha sekä perinteinen karkisorvi. Hitsauskapasiteettiin kuuluu kaksi MIG-hitsauskonetta sekä yksi TIG-hitsauskone. [1.]

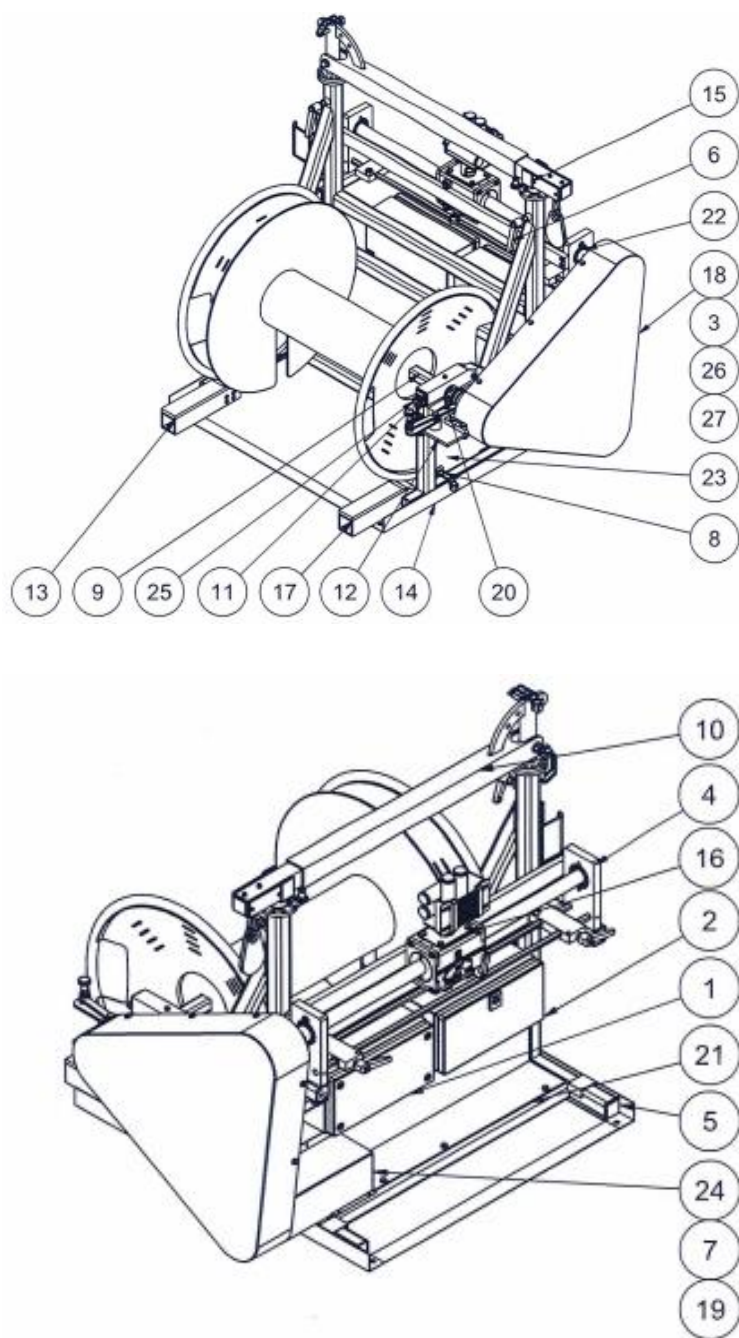
3 Suunnittelun lähtökohta

Tuotantolinjan suunnittelun lähtökohtana oli suunnitella ja mallintaa yrityksen tuotantotiloihin tuotantolinjaan kuuluvat työvaiheet. Yrityksen tiloissa oli valmiina hitsaamo sekä maalauspuoli, jossa pintakäsittely tapahtuu. Kokoonpanovaiheelle täytyi suunnitella oma paikkansa, jossa varsinainen kelauslaitteen kasausta tapahtuu.

Tila täytyi suunnitella niin, että se ei olisi yrityksen päätoimialan eli konepajatuotannon haittana. Paikka kannattaa olla erillään yrityksen työstökoneista myös sen takia, ettei konepajatuotannossa syntyvät metallilastut sekä tuotannossa käytettävä leikkuuneste pääsisi sotkemaan tai kolhimaan kelauslaitteen komponentteja. Tilaa oli oltava sen verran, että kelauslaitteita pystytään myös varastoimaan kokoonpanovaiheen aikana ja varatulle tilalle oli myös tarkoitus sijoittaa tuotannossa tarvittavat työvälineet sekä tasot, mm. kaksi tai kolme työpöytää, työkaluvaunu sekä pienempiä komponentteja varten oma siirtovaunu.

Myös hitsaamon järjestely pitää suunnitella uusiksi. Hitsaamoon olisi tarkoitus tehdä kolme erillistä paikkaa, koska runko täytyy hitsata käytännössä kolmessa osassa, eli kaksi erillistä päätyä ja ne yhdistetään lopulta yhtenäiseksi rungoksi. Tällöin joka vaiheelle olisi koko ajan oma paikkansa varattuna, eikä hitsausasetuksia tarvitsisi muuttaa koko ajan. Yritys hankkii myös toisen hitsikoneen teräksen hitsausta varten, koska tuotannossa hitsataan säännöllisesti myös teräsrakenteita. Tällöin alumiineille tarkoitettu hitsauspaikka pysyisi puhtaampana. Alumiinihitsaus vaatii myös erilaiset hitsauslangat sekä kaasun, joten niitäkään ei tarvitsisi vaihtaa joka kerta, vaan alumiinin ja teräksen hitsaukselle olisi koko ajan varustettuna oma koneensa.

Kuvassa 1 on esitetty kaapelikelauslaitteen kokoonpanokuvat. Laite on kokonaisuudessaan suhteellisen monipuolinen kokonaisuus.



Kuva 1. Kaapelikelauslaitteen kokoonpanopiirustukset. Laitteeseen kuuluu suuri määrä erilaisia osia ja komponentteja.

4 Tuotantolinjan työvaiheet

Kaapelikelauslaitteen tuotantovaiheisiin kuuluu seuraavat työvaiheet:

- Irtonaisten osien valmistus sahaamalla sekä koneistamalla
- Kelauslaitteen rungon ja muiden osien hitsaus
- Pintakäsittely pulverimaalaamalla
- Loppukokoonpano

Kelauslaitteen runko valmistetaan kokonaisuudessaan alumiinisesta neliöputkesta painon säästämiseksi. Neliöputkea hankitaan työpaikalle pitkinä salkoina, joista sahataan tarvittavat määrälliset putkiosat.

Tämän jälkeen alumiiniputkiin tehdään tarvittavat koneistukset. Niihin sisältyy mm. reikiä, kierkeitä sekä putkien päätyjen koneistus vinoon kulmaan, jotta ne ovat hitsausvaiheessa parempi liittää keskenään suorakulmaksi. Vinojen päätyjen tekoon järkevin ja varmasti nopein tapa olisi sahaus jiirisahalla, jossa terää pystyy kääntämään haluttuun kulmaan. Yrityksellä on kuitenkin käytössään tavallinen suorakatkaisuvannesaha, jossa kulmasäätöä ei ole mahdollista tehdä. Kelauslaitteen kokonaisuuteen kuuluu myös monenlaisia pienempiä koneistettavia pienosia.

Sen jälkeen, kun tarvittavat koneistukset putkiosiin on tehty, on vuorossa rungon hitsaus kaasaan. Se tapahtuu hitsaamalla ensin rungon molemmat päädyt hitsausjigissä, jonka jälkeen ne yhdistetään poikittaisilla palkeilla omassa hitsausjigissään. Tuotannon tehokkuuden kannalta päätyjä hitsataan ensin useampi pari valmiiksi, jotta ensimmäiset päädyt kerkeävät sillä aikaa jäähtyä ennen seuraavan vaiheen aloittamista. Tämä tietysti myös siksi, että on nopeampaa valmistaa samanlaisia osia samalla jigillä peräkkäin, kuin että joka välissä vaihdettaisiin eri jigä ja tehtäisiin yksi runko aina kerralla kokonaan valmiiksi ennen seuraavan aloittamista.

Valmiit rungot viedään tämän jälkeen pintakäsittelyyn, jossa niille maalataan haluttu väri jauhe/pulverimaalamalla. Tätä ennen on tehtävä tarvittavat puhdistukset, jotta epäpuhtauksia ei jää maalikerroksen alle ja tätä kautta saadaan siisti sekä ennen kaikkea kestävä lopputulos. Puhdistusvaiheen jälkeen niihin ruiskutetaan staattisen sähköän avulla tasainen kerros muovijauhet-

ta, jonka jälkeen kappaleet kuljetetaan niille tarkoitettuun uuniin, jossa niitä kuumennetaan niin, että jauhe sulaa kappaleen pinnalle.

Pintakäsittelyn jälkeen on vuorossa vielä loppukokoonpano, jossa kelauslaitteen runkoon liitetään tarvittavat osat. Kokoonpanossa laitteeseen asennetaan akseli ja laakerit kaapelikelalle, jakaja, joka levittää kaapelia tasaisesti kelarullaan, moottoripeti, hihnapyöriä sekä niiden välille tulevat hihnat sekä suojakotelot niiden päälle.

5 Hitsausprosessi

5.1 Alumiinien hitsaus

Alumiinien hitsaus poikkeaa teräksen hitsaamisesta materiaalien fysikaalisten eroavaisuuksien takia. Alumiinin lämmönjohtamiskyky on teräkseen verrattuna kolme kertaa parempi. Myös alumiinin lämpölaajeneminen on voimakkaampaa ja se on korkeissa lämpötiloissa hauraampaa, minkä vuoksi alumiinia hitsatessa materiaali muuttaa muotoaan huomattavasti helpommin kuin teräs. Muodonmuutosten välttämiseksi materiaaliin pituusyksikköä kohti tuotavan lämmön määrä on pidettävä hitsattaessa vähäisenä. Paras keino tähän on suuri hitsausnopeus. Muodonmuutoksia voi välttää myös käyttämällä esimerkiksi pienosissa enemmän kiinnikkeitä. Seurauksena on luonnollisesti jäännösjännitteen syntyminen, mutta myös paras lopputulos. Hitsausjärjestyksen olisi oltava mahdollisimman symmetrinen. [2.]

Alumiinia hitsattaessa vety on kaikkein vaarallisin epäpuhtaus. Vetyä on kosteudessa, öljyssä sekä rasvassa, joita voi kertyä huokoiseen alumiinioksidiin. Kaikessa alumiinissa olevan oksidin sulamispiste on niin korkea, ettei se sula hitsatessa, minkä vuoksi se voi aiheuttaa virheitä hitsiin. Hyvä lopputulos saadaan, kun oksidit, öljy, rasva ja kosteus poistetaan hitsauskohteesta ennen hitsauksen aloittamista. Puhdistus tehdään kahdessa vaiheessa: ensin pyyhitään rasvat ja muut epäpuhtaudet esimerkiksi alkoholilla tai jollain rasvanpoistajalla, jonka jälkeen tapahtuu oksidikerroksen mekaaninen poistaminen teräsharjalla, hiekkapuhaltamalla tai hiomalla. Poiston jälkeen tulisi hitsaus suorittaa mahdollisimman nopeasti, koska uusi oksidikerros alkaa muodostua välittömästi uudelleen. Suositeltava hitsauksen aloittamisaika olisi korkeintaan 1–2 tuntia oksidikerroksen poiston jälkeen. [2.]

5.2 Hitsauksen työvaiheet

Hitsauksen työvaiheet toteutetaan kolmessa vaiheessa, koska runko täytyy kasata kahdesta erilisestä päätyosasta, jotka sitten liitetään yhteen poikittaisilla palkeilla. Päätyjen hitsauksiin on kehitetty erilaiset jigit, joiden avulla kohdistetaan päädyille tarkoitetut alumiininputket kohdalleen. Myös rungon kasaukseen on kehitetty oma hitsausjigi.

Aluksi kuitenkin on tärkeää, että kaikki alumiiniosat on puhdistettu jonkinlaisella, esim. alkoholia sisältävällä puhdistusaineella, koska osiin on todennäköisesti sahaus- tai koneistusvaiheessa jäänyt jämiä leikkuunesteestä. Alumiini on todella herkkä epäpuhtauksille, kun tehdään hitsausprosessia. Ihanteellisinta olisi tietysti käyttää esim. sahaukseen omaa pelkästään alumiinikappaleiden sahaukseen varattua sahaa, jossa leikkuunesteenä toimisi Sinol. Tällaista sahaa käyttäessä kappaleisiin ei syntyisi ollenkaan epäpuhtauksia, vaan leikkuuneste ennemminkin puhdistaisi kappaletta, jonka jälkeen se haihtuu nopeasti pois. Myös koneistusvaiheissa Sinolin käyttö leikkuunesteenä olisi paras vaihtoehto.

Myös alumiinin pinnan hiominen joka pinnalta on erittäin tärkeä työvaihe. Oksidikerroksen hiominen pois parantaa hitsauksen lopputulosta huomattavasti. Myös olisi suositeltavaa aloittaa hitsaus heti hionnan jälkeen, ettei uusi oksidikerros ehdi muodostua kappaleen pintaan. Kuvassa 2 on esitetty kelauslaitteen runko hitsattuna ja hiottuna.



Kuva 2. Kelauslaitteen runko hitsattuna ja hiottuna ennen pintakäsittelyä.

Hitsausalueella olisi tarkoitus työskennellä ainakin kaksi työntekijää, joista toinen olisi hitsari ja toinen esikäsittelijä sekä asentaja. Asentajana työskentelevä henkilö esikäsittelisi alumiiniosia valmiiksi hitsarille, eli hän huolehtisi osien puhtaudesta ja pintojen hionnasta. Tämä helpottaisi huomattavasti hitsarin urakkaa. Asentaja myös asettelisi alumiiniosat hitsausjigiin paikalleen valmiiksi hitsausprosessia varten. Alueella työskentelevät henkilöt vaihtaisivat aina paikkaa sitä mukaa, kun hitsari on saanut osuutensa valmiiksi ja asentaja on saanut esikäsiteltyä osat ja aseteltua ne paikoilleen.

5.3 Hitsausjigit

Rungon hitsausvaiheessa hitsausprosessit suoritetaan kelauslaitteen rungolle suunniteltujen hitsausjigien avulla. Jigeillä kohdistetaan kaikki alumiiniset putkiosat kohdalleen jigeissä olevien ”toppareiden” avulla, jonka jälkeen ne puristetaan kevyesti jigeihin suunniteltujen puristimien avulla paikoilleen, jotta ne eivät enää hitsatessa liikkuisi paikaltaan.

Rungon rakenne on sellainen, että rungossa on ikään kuin erikseen päätyosat, jotka sitten yhdistetään yhteensä neljällä poikittain kulkevalla putkiosalla. Molemmat päädyt hitsataan erikseen

omalla jigillään, jotta ne pysyvät erillään toisistaan, koska päädyissä on hieman eroa keskenään. Kuvassa 3 on esitetty rungon päädyn hitsaukseen valmistettu hitsausjigi.

Lopuksi päädyt kohdistetaan ns. kokoonpanojigiin, johon liitetään molemmille puolille hitsatut päätyosat ja niiden välille liitetään poikittaisputkiosat, jotka puristetaan jigissä olevien puristimien avulla kohdalleen. Kuvassa 4 on esitetty rungon kasaukseen valmistettu hitsausjigi.



Kuva 3. Päädyn hitsaukseen valmistettu hitsausjigi. Kuvassa näkyvät metallipalaset jigissä toimivat kohdistimina alumiinipalkeille, jotta kaikki osat saadaan kohdalleen. Palkkien paikoillaan pitämiseen käytetään kuvassa näkyviä puristimia. Jigi on kiinnitetty vaunuun, jotta sitä saadaan tarvittaessa siirreltyä.

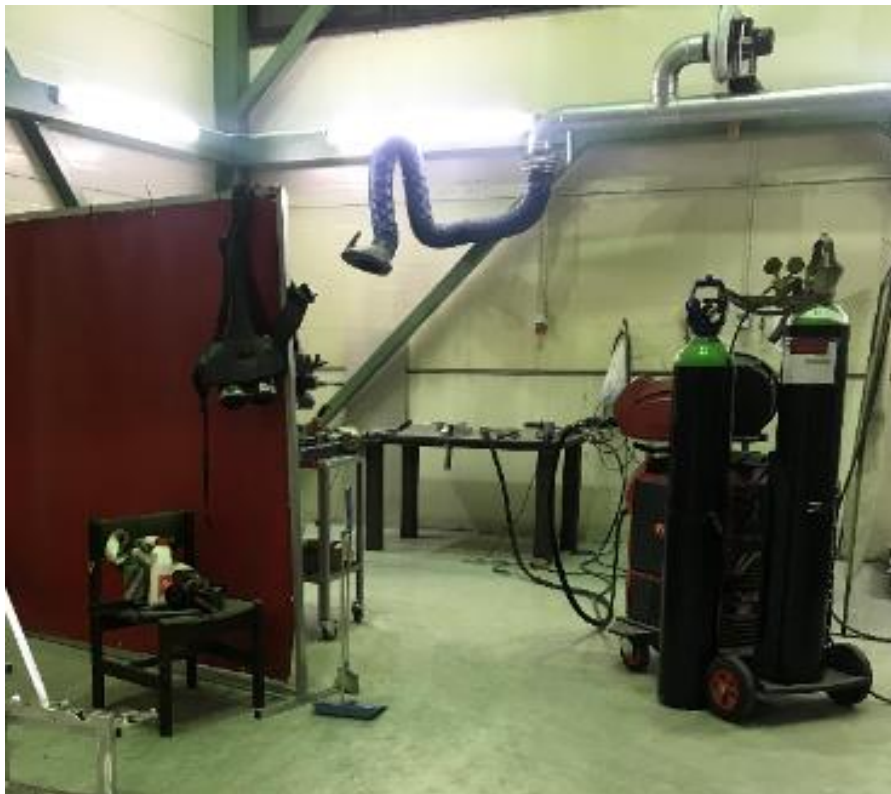


Kuva 4. Rungon kasaukseen tarkoitettu hitsausjigi. Aiemmin hitsatut rungon päädyt asennetaan jigin sivuille, kuvassa näkyviä puristimia käyttäen sekä jigin keskellä olevat puristimet ovat poikittaisia palkkeja varten, joilla päädyt yhdistetään yhdeksi kokonaiseksi rungoksi. Myös tämä jigi on kiinnitetty sille varattuun vaunuun, jotta jigiä saadaan siirrettyä tarvittaessa.

5.4 Hitsauksen työtila

Kelauslaitteiden osien hitsaukselle oli tarkoitus erottaa hieman erillinen osa varsinaisesta hitsaamosta, jotta se pysyisi hyvin erillään tavallisen teräksen hitsauspaikalta. Alumiini sietää epäpuhtauksia todella huonosti, ja terästen hitsauksessa kaikenlaisia epäpuhtauksia väkisinkin syntyy, mm. pölyä, ruostetta sekä rasvaa. Työtila oli tarkoitus jakaa kolmeen osaan hitsauspaikoille tarkoitettujen verhojen avulla, jotta tuotantopaikalle saataisiin kolme erillistä työpistettä. Tämä siksi, että hitsausprosessi toteutetaan kolmessa vaiheessa. Alumiinin hitsauksessa syntyy myös pahempia myrkykaasuja kuin teräksen hitsauksessa, joten työpisteelle hankittiin omat kohdepoistoimurit. Jokaiselle työpisteelle hankittiin myös omat liikuteltavat työtasot, joiden päällä

hitsaus tapahtuu. Liikuttelua varten työtasoissa oli pohjassa rullat, jotta niitä saadaan tarvittaessa nopeasti siirrettyä eri kohtaan. Yritys hankki myös kelauslaitetutantoa varten toisen hitsauskoneen, joka on käytössä ainoastaan teräksen hitsaustöitä varten, kun vanhempi kone otettiin käyttöön ainoastaan alumiinin hitsausta varten. Kuvassa 5 on esitetty hitsauksen työtilaa, joka on tarkoitettu kaapelikelauslaitteiden tuotannolle sekä kuvassa 6 on esitetty hitsaamoon valmistettua työpöytää, jota on tarkoitus hyödyntää tuotannossa.



Kuva 5. Hitsaamon työtilaa kuvattuna. Tilaa on eristetty verhoilla ja asianmukaiset kohdepoistoimurit ovat asennettuna tilan yläpuolelle. Myös vasemmassa yläkulmassa näkyvä valaistus on laitettu uusiksi, jotta työskentelypisteen näkyvyys olisi ihanteellinen.



Kuva 6. Hitsauspöytä, joka on valmistettu kaapelikelauslaitteen tuotantoa varten. Pöytää on tarkoitus käyttää muiden kelauslaitteen kokonaisuuteen liittyvien komponenttien hitsaukseen, jotka eivät vaadi erillistä isompaa hitsausjigiä.

6 Pintakäsittely

6.1 Pulverimaalaus

Jauhemaalaus on prosessi, jossa muovijauhetta leijutetaan säiliössä paineilman avulla sopivaksi ruiskutukseen. Leijutettu jauhe pumpataan jauhesäiliöstä jauhepistoolille, jossa jauhe varataan sähköisesti ruiskuttamalla se sähkökentän läpi maalattavaa kappaletta kohden. Sähkökenttä syntyy ruiskussa olevan elektrodin ja maadoitetun kappaleen välille, jolloin jauhe tarttuu kappaleeseen. Jauheen ruiskutuksen jälkeen jauhe tulee kuumentaa polttouunissa, jotta jauhe polymerisoituu ja muodostaa toivotun pinnan kappaleen päälle. Tyypillisesti jauhemaalain polttolämpötila on noin 160–210°C ja polttoaika on noin 12 minuuttia. Jauhemaalaus onkin maalausmenetelmänä varsin erilainen kuin tavanomainen märkämäalaus. Suurin ero on maalin levitystavassa ja maaliruiskun käyttäytymisessä. Jauhemaalaa ruiskutetaan maalattavan tuotteen ympärille jauhepilveksi, josta se siirtyy kappaleen pintaan sähkövarauksen ansiosta, kun taas märkämäalauksessa maali ruiskutetaan kohtisuoraan kappaleen pintaan. [3.]

6.2 Kemialliset esikäsittelyt

Jauhemaalauksen onnistumisen ja laadukkaan lopputuloksen kannalta maalattavan pinnan puhdistus ja siihen liittyvä muu esikäsittely on erittäin tärkeää. Metallipintojen pohjustamiseen käytetään yleensä pesevää ja tarvittaessa myös lievästi peittaavaa fosfatointia, jossa metallipinnalle muodostuu erittäin ohut metallifosfaattikalvo, joka parantaa maalikalvon tarttuvuutta ja lisää korroosiokestävyyttä. Tätä esikäsittelyä täydennetään tarvittaessa jälkipassivoinnilla, joka täyttää fosfatointikalvon kiderakenteeseen jääneet hyvin pienet aukot. Tämä on erinomainen ominaisuus tuotteille, joilta vaaditaan tavanomaista korkeampia rasitusluokkia, kestävyttä kovassa mekaanisessa ja kemiallisessa rasituksessa sekä vaihtelevissa sääolosuhteissa ympäri vuoden. Nykyään käytetään yhä enemmän myös fosfaattivapaata konversioesikäsittelyä eli nanotekniikkaan perustuvaa pesevää tartuntakäsittelyä. [4.]

6.3 Pulverimaalauksen edut

Jauhe-/pulverimaalauksessa käytetyt jauheet ovat ympäristöystävällisempiä kuin märkämaalit, koska niissä ei käytetä liuottimia. Jauhemaalauksessa ei vapaudu haihtuvia orgaanisia yhdistelmiä ympäristöön. Sen lisäksi kappaleista ohi ruiskutettu jauhe voidaan kerätä talteen ja käyttää uudelleen, mikä tekee jauhemaalauksesta vieläkin edullisempaa ja tuottavampaa. Jauhemaali on myös suhteellisen edullista, sekä jauheen kuiva-ainepitoisuus on melkein 100 prosenttia. Jauhemaalauksella on myös työturvallista. [5.]

Tuotteet, jotka ovat yksinkertaisen muotoisia ovat todella nopea ja helppo maalata. Tätä kautta automatisointi on helppoa ja edullista. Myös hankalien kulmien taakse maalaus onnistuu suhteellisen vaivattomasti. Maalipinnan mekaaninen sekä kemikaalikestävyys ovat huippuluokkaa. Kestävyys saavutetaan tuotteeseen heti, kun tuote on jäähtynyt uunissa olon jälkeen. Kappaleet voidaan myös pakata heti jäähtymisen jälkeen. [5.]

Maalauslaitteiston ylläpidon helppous on myös jauhemaalauksen suurimpia etuja. Laitteita ei tarvitse pestä joka käytön jälkeen, ja maali voidaan jättää laitteen sisään ja aloittaa maalaus myöhemmin uudestaan. Laitteet ovat myös varmatoimisia, jonka takia huoltokustannukset ovat alhaiset. [5.]

6.4 Pulverimaalauksen työvaiheet

Polttomaalausprosessi vaiheittain:

1. Valmistelevat työt

- Ruosteen / oksidin sekä vanhojen pinnoitteiden poisto sekä tarvittavat suojaukset.

2. Esikäsittely

- Rasvanpoisto fosfointiaineella sekä huuhtelu.

3. Ripustaminen

- Kappaleet ripustetaan niin, että nesteet pääsevät vapaasti valumaan pois kappaleen pinnalta ja niiden kuivatus tapahtuu vaivattomasti. Ripustimet sekä ripustuskohdat on valittava huolellisesti, jotta tuote ei ole vaarassa tippua maalauslinjalta.

4. Jauheen levitys

- Jauheen levitykseen käytetään jauhepistoolia. Pistoolia käytetään joko käsin tai automatisoidulla linjalla robotin avulla.

5. Kappaleiden kuumennus uunissa

- Polttouunissa jauhe sulatetaan, ja se kovettuu saumattomaksi ja yhtenäiseksi pinnoitteeksi.

Hill Paint Oy:n tuotantotiloissa kulkee katosta riippuva kuljetinrata, johon maalattavat tuotteet ripustellaan roikkumaan. Kelauslaitteiden tuotannossa rungot siis ripustetaan esikäsittelyn jälkeen kuljetinradalle, jota pitkin ne kuljetetaan maalauspaikalle, jossa pulverin levitys tapahtuu. Tämän jälkeen ne jatkavat matkaa edelleen kuljetinrataa pitkin uuniin. Uunissa olon jälkeen rungot kuljetetaan jäähtymään niille varattuun tilaan, jonka jälkeen ne ovat valmiita kokoonpanoa varten.

7 Kokoonpano

7.1 Loppukokoonpano

Loppukokoonpanovaiheessa valmiiseen pintakäsiteltyyn kelauslaitteen runkoon varustellaan tarvittavat komponentit. Runkoon asennetaan puomi kaapelihohtimena toimiva puomi, kaapelikelalle tarkoitettu akseli ja sille tarvittavat kiinnitykset, kaapelin jakaja, joka levittää kaapelin tasaisesti kelarullalle, moottoripeti sekä tarvittavat suojapellit ja kotelot.

Tarkoituksena oli siis suunnitella kokoonpanovaiheelle oma paikka, joka olisi hieman erillään konepajatuotannosta, ja että tilaa olisi riittävästi tarvittavaan varastointiin sekä työskentelyyn. Yrityksellä oli varastointikäyttöön tarkoitettu tila yhden työstökoneen takana, jonne olisi tarkoitus sijoittaa kokoonpanolle oma paikkansa. Sieltä täytyi ensin siirtää ja hävittää kaikki turhat ja käyttökelvottomat tavarat pois, sekä siirtää isokokoinen kuormalavoille tarkoitettu hylly eri kohtaan, jotta tilasta saatiin tehtyä avarampi. Myös lattia tasoitettiin ja maalattiin tältä alueelta kuntoon, jotta tilasta saatiin siisti ja puhdas.

7.2 Loppukokoonpanon työvaiheet

Loppukokoonpanovaiheessa kelauslaitteen runko varustellaan lopulliseksi tuotteeksi asentamalla siihen tarvittavat komponentit, suojakotelot sekä moottori hihnoinen ja hihnapyörineen. Tarkin ja hankalin vaihe kokoonpanossa on kellarullan akselin asennus, koska tähän osaan tulee kaksi laakeripesää vierekkäin ja niiden on oltava täsmälleen samassa linjassa sekä suorassa toisiinsa nähden. Kokoonpanoon kuuluu kaapeliohjaimena toimivan puomin asennus sekä kaapelijakajan asennus, joka tilataan valmiina kokonaisuutena muualta.

Laitteeseen kuuluu myös kaapeliohjaimet, joita ei liitetä itse kaapelikelauslaitteeseen, mutta ne kuuluvat tuotteen kokonaisuuteen. Kelauslaite asennetaan mönkijän takaosaan tarakan päälle, ja kaapeliohjaimet tulevat mönkijän etuosan molemmille puolille. Ohjaimet voidaan siis tuotannon aikana kasata milloin tahansa erillään varsinaisesta kokoonpanovaiheesta, koska ne eivät ole olennainen osa kelauslaitteen kasausta. Asennukseen kuuluu laakerinasennusta, rullien kiinnitystä sekä kaapelia puhdistavien harjasten asennus.

Kokoonpanopaikalla olisi tarkoitus työskennellä vähintään kaksi työntekijää, jolloin toinen henkilö varustelisi kelauslaitteen runkoa, ja toinen henkilö kokoaisi pienempiä osia. Hankalammissa työvaiheissa rungon varustelun osalta, voisi pienosia kasaava henkilö olla myös toisen työntekijän apuna varustelussa.

7.3 Kokoonpanovaiheen työtila

Rungon kasausvaiheelle varataan kaksi isokokoista työpöytää, jotta voidaan asentaa kahta runkoa samaan aikaan, tai vaihtoehtoisesti suorittaa seuraavaa asennusvaihetta toisella työtasolla. Myös pienten komponenttien asennukselle varataan oma työtas, joka voidaan sijoittaa hieman erilleen muista työtasosta. Kuvassa 7 on esitetty kokoonpanoalueen kokonaisuutta, joka varataan ainoastaan kelauslaitteiden tuotannolle. Pulteille, muttereille, aluslevyille sekä pienemmille koneistetuille komponenteille varataan oma vaunu (kuva 8), jossa on varattu omat lokerot jokaiselle osalle erikseen. Lokerot myös merkitään selkeästi, mitä kussakin lokerossa on. Vaunuja on helppo siirrellä paikasta toiseen tarpeen mukaan. Pienosien varaston ylläpidosta on pidettävä jatkuvasti huolta, jotta tuotanto ei keskeytyisi esimerkiksi puuttuvien pulttien tai muttereiden

den takia. Kokoonpanopaikalle varataan myös oma työkaluvaunu, joka sisältää kattavan kokonelman erilaisia työkaluja mm. pulttien ja mutterien kiinnitykseen. Kuvassa 9 on esitetty säädettyä työtasoa.



Kuva 7. Kokoonpanoaluetta kokonaisuudessaan. Taustalla oleva työpöytä on tarkoitettu pienosien kasaukseen ja edempänä oleva rungon kokoonpanolle. Pöytä on avoin molemmilta puolin, jotta runkoa voidaan käsitellä pöydän molemmilta puolin.



Kuva 8. Siirrettävä vaunu, jonka lokeroihin on lajiteltu erilaiset pultit ja mutterit sekä koneistetuja pienosia.



Kuva 9. Kokoonpanotilan yksi työpöytä on kuvassa näkyvä korkeussäädettävä työtaso. Tämä taso on myös avoin molemmilta puolin, jotta rungon käsittely onnistuu molemmiin puolin. Korkeussäätö on myös hyvä etu, jotta työskentelykorkeus saadaan ihanteelliseksi tilanteen mukaan.

7.4 Viimeistely

Lopuksi tarkistetaan vielä, että kaikki osat on varmasti asennettu paikalleen. Kun tämä varmistus on tehty, tarkistetaan vielä kaikkien osien toimivuus kertaalleen. Tällöin vältetään tyhmiltä ja pieniltä virheiltä, ja asiakas saa varmasti toimivan laitteen. Myös kaikki kiinnityskohdat kannattaa käydä läpi vielä kertaalleen, jottei mikään kiinnityspultti/mutteri olisi jäänyt löysälle.

Asiakas toimittaa yritykselle kelauslaitteelle tarkoitetut omat kuormalavat, joiden päällä kuljetus tapahtuu. Kelauslaitteen pohjaosa ruuvataan kuormalavaan kiinni, jotta se pysyy varmasti tukevasti paikallaan kuljetuksen ajan. Pakkausvaiheeseen kuuluu myös asianmukaiset muovitukset kelauslaitteen ympärille, jotka suojaavat laitetta kolhuilta ja lialta kuljetuksen aikana. Kuvassa 10 valmiit kelauslaitteet on kiinnitetty kuormalavoille, jonka jälkeen ne suojataan vielä pakkausmuovilla.



Kuva 10. Valmiit kelauslaitteet kiinnitettyinä kuormalavoille.

8 Layout -suunnittelu

Layoutin suunnittelun avulla sijoitetaan esimerkiksi toiminnot, varastot ja tuotantolinjat paikoilleen. Oikein tehty layout mahdollistaa tehokkaat materiaalivirrat, kevyet työvaiheiden väliset puskurit ja tilan tehokkaan käytön. Layoutin suunnittelussa huomioidaan tarvittavat toiminnot, käsittelytilat, kulkuväylät, huoltotilat ja mahdolliset varaukset tuleville tarpeille. [6.]

Layoutin suunnittelu on oleellinen vaihe uudishankkeissa mutta myös hyvä keino olemassa olevien tilojen toimivuuden parantamisessa. Esimerkiksi uusien tuotantotilojen, varastojen, terminaalien ja piha-alueiden suunnitteluun kuuluu layoutin suunnittelua. Karkea layoutin suunnittelu kannattaa tehdä varhaisessa vaiheessa tilatarvearvion yhteydessä. Hankkeen edetessä layoutin suunnittelu tehdään esimerkiksi laite- ja varastotekniikkatarkkuuteen. Olemassa olevien tilojen toimivuutta ja tilan käytön tehokkuutta voidaan parantaa layoutin suunnittelulla jopa ilman suuria rakennusmuutostöitä. [6.]

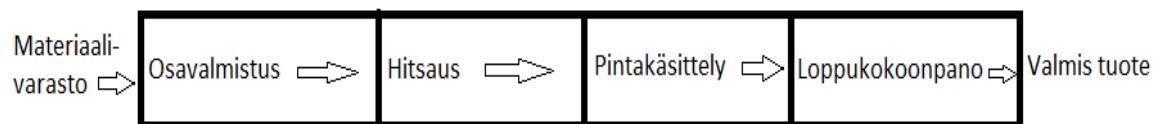
8.1 Tuotantolinja-layout

Tuotantolinja-layoutissa on tarkoituksena järjestää koneet ja laitteet sellaiseen järjestykseen, että ne ovat valmistettavan tuotteen mukaisessa järjestyksessä eri työvaiheiden mukaan. Tämän tarkoituksena on saada materiaalin virtaus yhdensuuntaiseksi, kun työvaiheet suoritetaan peräkkäisessä järjestyksessä. Tällöin myös tuotannon automatisointi olisi helpompi toteuttaa. Tuotantolinjamallin haittapuolena on sen huono joustavuus muunlaiselle tuotannolle. Eri tuotteissa pitäisi olla samanlainen työnkulku, jotta tuottavuus pysyisi sujuvana ja selkeänä. Käytännössä tuotantolinja pitäisi siis suunnitella vain yhden ja saman tuotteen tuotantoa varten. [6.]

Tuotantolinja on tuotelähtöinen layout. Linja voi olla pakkotahtinen kuten esimerkiksi autotehtaassa, tai vapaatahtinen, jossa tuotanto on järjestetty linjamaisesti, mutta materiaalin siirtyminen työpisteestä toiseen ei ole pakkotahtista. Pakkotahtinen linja soveltuu suurille tuotantovoilymeille samankaltaista tuotetta, ja se on mahdollista kehittää hyvin tehokkaaksi. Vapaatahtinen linja sallii suuremman vaihtelun tuotteissa. [7.]

8.2 Tuotantolinjan mallinnus yrityksen tiloihin

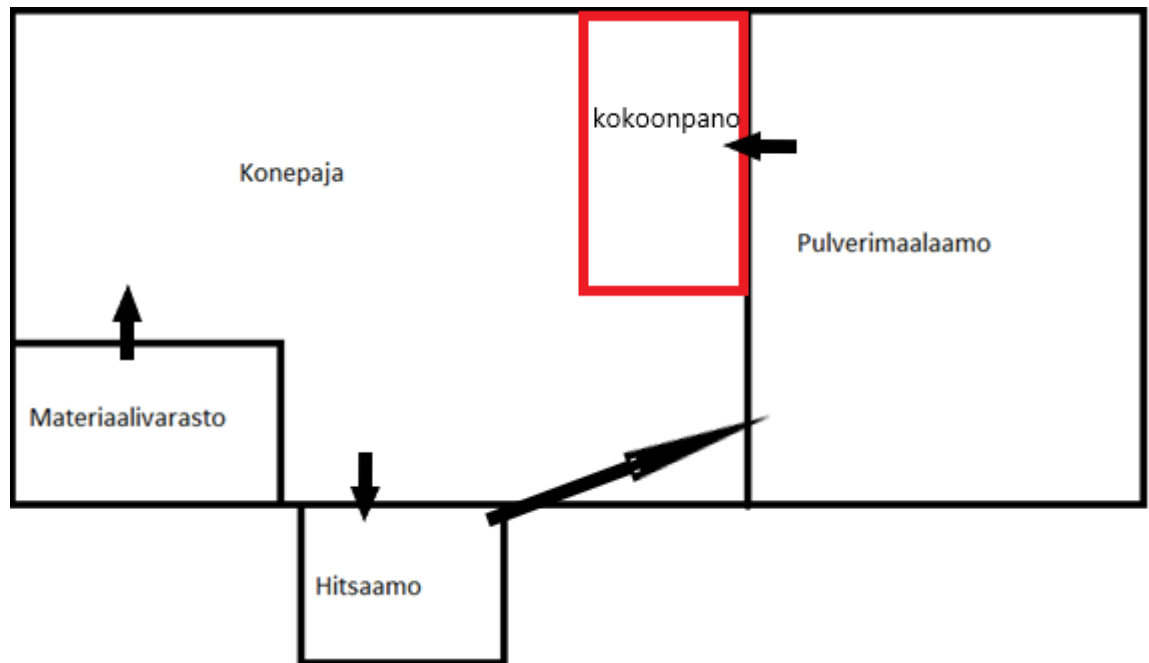
Kuvassa 11 on esitetty havainnekuva siitä, millainen olisi ihanteellinen tuotantolinja kaapelike-lauslaitteen tuotannolle. Materiaalin virtaus olisi tällöin sujuvaa ja tehokasta, kun kaikki työvaiheet olisivat peräkkäisessä järjestyksessä tuotantovaiheittain.



Kuva 11. Havainnekuva tuotantolinjasta, jossa työvaiheet olisivat peräkkäisessä järjestyksessä.

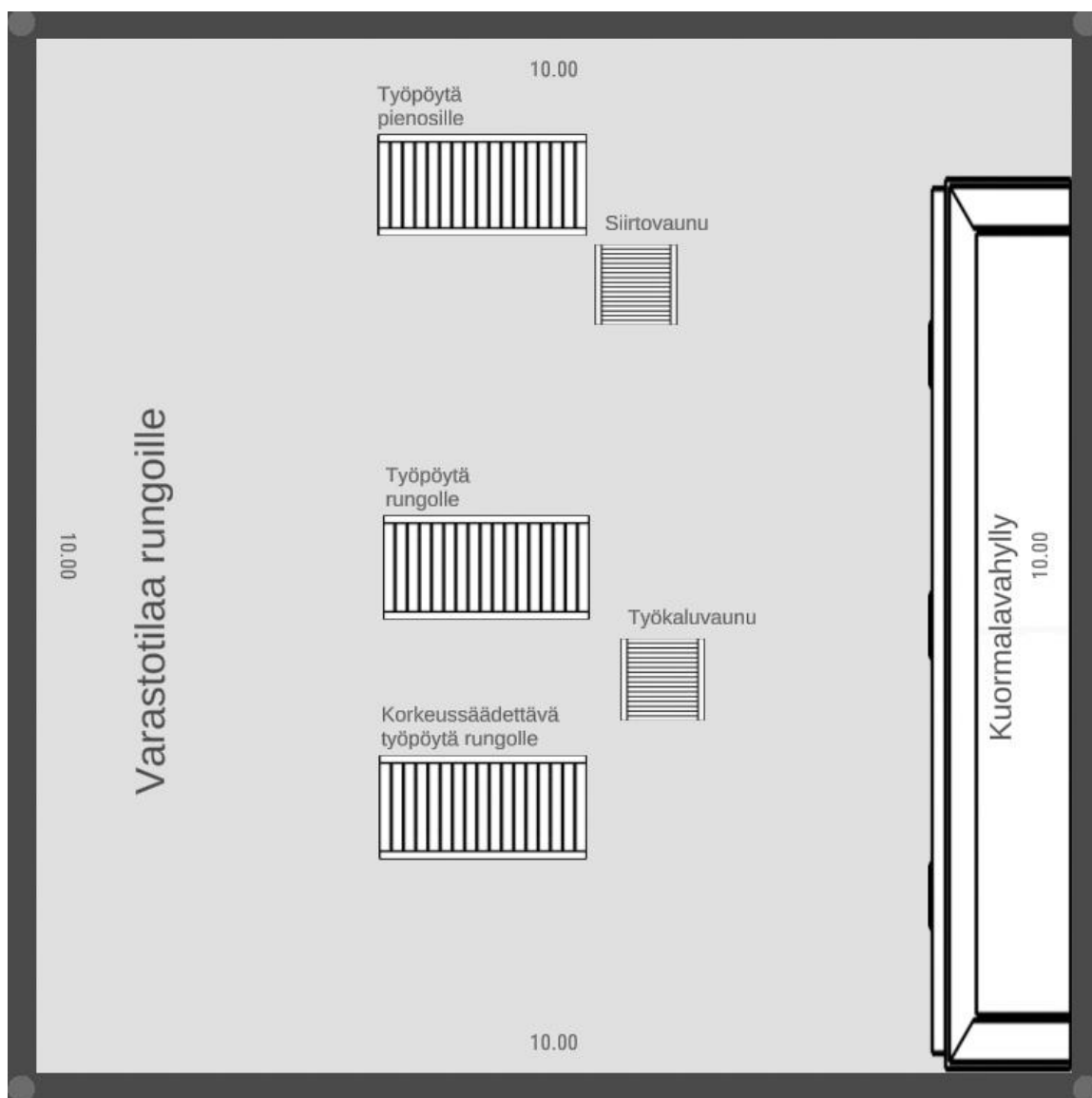
Tämä ei kuitenkaan tässä tapauksessa ole mahdollista, koska yrityksen tiloja ei voida muuttaa kokonaan uusiksi vain tämän tuotteen tuotantoa varten. Konepajapuolen työstökoneet vievät suurimman osan yrityksen tiloista, ja maalaamo sekä hitsaamo on sijoitettu erilleen tästä tilasta.

Kokoonpanovaiheelle täytyi suunnitella konepajatilasta oma paikkansa. Kuvassa 12 on esitetty yrityksen tilat, jossa nuolet kuvastavat tuotantolinjan materiaalivirtausta.



Kuva 12. Havainnekuva yrityksen tiloista. Nuolet kuvastavat tuotantolinjan virtausta. Aluksi tarvittavat aihiot hankitaan materiaalivarastosta, jonka jälkeen aihiot työstetään konepajassa. Tämän jälkeen ne viedään hitsaamoon, jossa kelauslaitteen hitsausprosessi tapahtuu. Hitsauksen jälkeen on vuorossa pintakäsittely, eli pulverimaalaus. Maalausvaiheen jälkeen pintakäsittellyt tuotteet kuljetetaan kokoonpanoa varten varatulle alueelle, jossa lopullinen varustelu tapahtuu.

Kuvasta 12 voidaan havaita, että konepajapuoli vie suurimman osan tuotantotiloista. Pulverimaalaamo on erotettu konepajasta väliseinällä. Punaisella merkitylle alueelle on sijoitettu kokoonpanon alue. Materiaalivirtauksesta ei siis saada täysin sujuvaa ja tuotannon työvaiheiden kannalta peräkkäistä järjestystä noudattavaa, koska virtaus kulkee ensin materiaalivaraston ja konepajan kautta hitsaamoon, jonka jälkeen tuotteet kulkeutuvat maalaamoon. Vielä maalauksen jälkeen tuotteet kulkeutuvat takaisin konepajan puolelle, koska kokoonpanopaikka on sijoitettu sinne. Kuvassa 13 on esitetty layout-piirros kokoonpanotilalle ja kuvassa 14 hitsaamolle.



Kuva 13. Layout -piirros kokoonpanotilalle. Työpöydät on sijoitettu keskelle tilaa, ja varastotilaa on jätetty reilusti tilan vasemmalle puolelle. Tilaan kuuluu myös kuormalavahylly, jota voi myös hyödyntää varastoinnissa. Tila on pinta-alaltaan noin 10 x 10 metriä.



Kuva 14. Layout -piirros hitsausalueelle. Kelauslaitteiden tuotantoalue on keskitetty hitsaamon kauimmaiseen päähän, ja teräsrakenteiden hitsaukselle on varattu oma alue hitsaamon toisesta päästä. Kaikki työpisteet on hieman eristetty toisistaan hitsausverhojen avulla. Myös varastotilaa on varattu reilusti. Yrityksen hitsaamoalue on noin 8 x 14 metriä.

9 Pohdintoja sekä parannusehdotuksia tuotannon tulevaisuuteen

Kelauslaitteen tuotannon kannalta olisi hyvä suunnitella optimi erä koko kelauslaitteiden valmistamiselle, koska laitteita tullaan valmistamaan jopa satoja tulevaisuudessa. Eräkoon suunnittelussa otettaisiin huomioon yrityksen tilat ja varastointikyky. Ensimmäisen erän koko oli 20 laitetta, joka tuntui hieman liian suurelta, koska laitteet veivät yllättävän paljon tilaa ja jokainen laite vaatii oman kuormalavan. Koko erä ei meinannut mahtua yhtä aikaa kokoonpanopaikalle, vaan niitä jouduttiin siirtelemään vähän väliä ja ne olivat myös muun tuotannon haittana. Parempi erä koko voisi olla esimerkiksi 10 laitetta, jolloin koko erän käsittely olisi helpompaa ja joustavampaa vähäisemmän tilatarpeen ansiosta.

Kelauslaitteiden varastointia voisi myös suunnitella ja kehittää. Yksi vaihtoehto olisi hankkia laitteille oma kuormalavahylly, jossa olisi vedettävät tasot (kuva 15). Tällöin laitteita olisi helppo varastoida hyllyn vetotasoihin, joista ne olisivat helposti saatavilla. Laitteiden rungot ovat sen verran kevyitä, jotta ne voisi käsin nostaa vetotasoon ja sieltä pois.



Kuva 15. Esimerkkikuva vetatasoisesta kuormalavahyllystä. [8.]

Yksi parannusehdotus olisi hitsausliitosten korvaaminen jollain toisenlaisella kiinnitystekniikalla. Yleisesti alumiinin hitsaus on haastavampaa sen korkean lämmönjohtamiskyvyn takia, kuin normaalien rakenneterästen. Alumiini vaatii myös paljon puhtaamman ympäristön, sekä vaativammat esikäsittelyt. Tästä koituu yllättävän paljon ylimääräistä työtä, joka hidastaa tuotantoa ja vaatii enemmän työtunteja. Hitsauksen korvaamiseksi voisi esimerkiksi miettiä jonkinlaisia pulteilla toimivia kiinnitysratkaisuja rungon kasaukseen. Tällöin hitsausvaihe jäisi tuotannosta kokonaan pois, ja liitosten säätäminen ja hallinta olisi helpompaa, koska liitokset olisivat koko ajan mahdollista purkaa.

10 Yhteenveto

Opinnäytetyön tarkoituksena oli käsitellä kaapelikelauslaitteen tuotantolinjan työvaiheet, sekä suunnitella yrityksen tuotantotiloihin tarvittavat työtilat, joita tuotantolinja vaatii. Olen työskennellyt toimeksiantajana toimivassa yrityksessä noin kuusi vuotta. Aiheena opinnäytetyö oli yritykselle hyödyllinen asia, koska kaapelikelauslaitteet tulivat uutena tuotteena yrityksen jatkuvaan tuotantoon. Tuotanto tulee olemaan myös sen verran suurta yrityksen kokoon nähden, että tuotannonsuunnittelu täytyi toteuttaa huolellisesti, jotta tuotanto pysyy tehokkaana ja sujuvana.

Myös omasta näkökulmasta opinnäytetyön aihe tuntui hyödylliseltä, koska siihen sisältyi tuotannonsuunnittelua usealta kantilta katsottuna ja tulen kyseistä suunnittelua todennäköisesti tarvitsemaan tulevaisuudessa. Käsiteltyjä menetelmiä tuotantoon liittyen tullaan käyttämään ja jalostamaan eteenpäin kaapelikelauslaitteiden tuotannossa tulevaisuudessa.

Opinnäytetyön teoriaosuuksiin on kerätty tietoa muun muassa alumiinin hitsaukseen liittyvistä haasteista ja esikäsittelyistä, joita täytyy ottaa työprosessissa huomioon. Myös kelauslaitteiden pintakäsittelynä toimiva pulverimaalaus on käsitelty vaihe vaiheelta. Opinnäytetyön loppupuolelle sijoittuvaan tuotantotilojen mallinnuksen osuuteen sisältyi myös teorial tietona tuotannon- ja layout-suunnittelun perusteet.

Lähteet

- (1) Hill Steel Oy kotisivut. www.hillsteel.fi Viitattu 20.2.2021
- (2) Pienoisopas. Alumiinihitsaus. Oy AGA Ab; 2012. <https://docplayer.fi/1225118-Pienoisopas-alumiinihitsaus.html> Viitattu 25.2.2021
- (3) Pohjola, P. Koulutuskuntayhtymä Tavastia; 2019. <https://www.telogtavastia.fi/jauhemaalaus/> Viitattu 15.3.2021
- (4) Teollisuusmaalaamo VTM Oy. Vantaan Teollisuusmaalaamo Oy kotisivut. <https://vtm.fi/pintakasittely/jauhemaalaus-pulverimaalaus-polttomaalaus-markamaalaus/> Viitattu 11.5.2021
- (5) Metallituotteiden maalaus. Opetushallitus; 2001. <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/metallituotemaalaus/osa5.pdf> Viitattu 3.2.2021
- (6) EP-logistics Oy kotisivut. <https://ep.fi/fi/logistiikan-suunnittelu-ja-konsultointi/layoutin-suunnittelu/> Viitattu 11.5.2021
- (7) Logistiikan maailma. Reijo Rautauoman säätiö; 2021. <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tuotantostrategia/tuotannon-layout/> Viitattu 11.5.2021
- (8) EAB-Finland Oy kotisivut. <https://www.eab.fi/varastokalusteet/vetotaso/> Viitattu 24.4.2021

