



samk



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

SAMI HARJUNEN

Laiteuudistuksien vaikutukset telakan tasolohkolinjaston toimintaan ja kehitykseen

TUOTANTOTALOUDEN JA -TEKNIIKAN
TUTKINTO-OHJELMA
2022

Tekijä(t) Harjunen, Sami	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä 05/2022
	Sivumäärä 68	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi Laiteuudistuksien vaikutukset telakan tasolohkolinjaston toimintaan ja kehitykseen		
Tutkinto-ohjelma Tuotantotalous ja -tekniikka		
Tiivistelmä <p>Rauma Marine Constructions Oy:n telakalla aletaan tulevaisuudessa rakentaa uudenlaista laivatyyppiä, jonka rakenne eroaa telakalla aiemmin rakennetuista laivoista muun muassa rungon valmistukseen käytettävien materiaalien ainevahvuuksien osalta. Eräs merkittävä eroavaisuus perinteisesti telakalla rakennettuihin laivoihin verrattuna on erityisohuen kansilevymateriaalin käyttö. Uudenlaisen kansilevymateriaalin valmistamisen ja käsittelyn mahdollistamiseksi telakan osavalmistushallissa suoritettiin laaja modernisointiprojekti, johon kuului vanhojen tuotantolaitteiden kunnostusta sekä täysin uusien laitteiden käyttöönottoa. Tämän modernisointiprojektin käynnistämistä vauhditti myös laitteiden korkea ikä ja yleisen toimintavarmuuden heikkeneminen.</p> <p>Tässä opinnäytetyössä tutkittiin näiden Rauman telakan osavalmistushallissa sijaitsevaan tasolohkolinjastoon tehtyjen laiteuudistuksien mahdollistamaa kehitystä kansilevypaneelien tuotantoprosessissa ja linjaston nykytilaa modernisointiprojektin jälkeen. Opinnäytetyöhön dokumentoitiin kaikki tasolohkolinjaston laitteisiin tehdyt merkittävät uudistukset ja niihin liittyvät uudet ominaisuudet. Tutkimuksen tavoitteeksi asetettiin näiden uudistuksien vaikutusten analysointi linjaston toimintaan ja kehitykseen erilaisien standardien vaatimuksien, tutkimuksien pohjalta tehdyn näytön, testaus- ja mittaus-tuloksien, prosessista saadun datan sekä linjastolla työskentelevien operaattorien haastattelun kautta.</p> <p>Työn teoriaosuus kasattiin monia erityyppisiä lähteitä, kuten internet-, opinnäytetyö- ja kirjallaisia lähteitä sekä yrityksen sisäisistä tiedostoista saatuja tietoja apuna käyttäen. Työn toteutusosa kasattiin pitkälti kirjoittajan itse tekemien havaintojen ja selvityksien pohjalta. Työn lopussa esillä olevat kehityksen ja nykytilan analyysit sekä niiden perusteella tehdyt johtopäätökset linjaston toimivuudesta eri vahvuisia kansimateriaaleja käsiteltäessä syntyivät prosessista kerätyn datan ja opinnäytetyön tekijän oman pohdinnan seurauksena.</p>		
Avainsanat laivateollisuus, telakka, terästuotanto, hitsaus, tuotantolinjasto, kehittäminen, laatu, tuotantoprosessi, Rauma Marine Constructions Oy		

Author(s) Harjunen, Sami	Type of Publication Bachelor's thesis	Date 05/2022
	Number of pages 68	Language of publication: Finnish
Title of publication Impacts of production equipment upgrades on the operation and development of the shipyard's deck panel production line		
Degree programme Industrial management and Engineering		
Abstract <p>In the future, Rauma Marine Constructions Oy will start manufacturing a new ship type with different frame structure than on ships previously built at the shipyard, for example in terms of material thicknesses. One significant difference is especially thin deck material. Due to the requirements of the thin deck material, an extensive modernization project was carried out in the steel production facilities of the shipyard. The high age and weakening operational reliability of the equipment were also major part of the reason for starting the project.</p> <p>This bachelor's thesis researched the development made possible by these equipment upgrades in the production of ship deck panels and analyzed the current state of the production line when the modernization project was finished. All significant upgrades made to the equipment of the production line and the related new features were documented in this thesis. The aim of this thesis was to analyze effects of these upgrades on the operation and development of the production line according to different standards, evidence from different studies, test and measurement results, process data and interviews with operators working on the production line.</p> <p>The theoretical part of the thesis was written using many different types of sources, such as the Internet, theses and books, as well as data from internal files of the company. The implementation part of the thesis is based on the author's own researches and perceptions. The conclusions drawn by the author on the functionality of the production line when working with different material strengths are based on data collected from the process and author's own studies.</p>		
Keywords shipbuilding industry, shipyard, steel production, welding, production line, development, quality, production process, Rauma Marine Constructions Oy		

ALKUSANAT

Tämän opinnäytetyön tekeminen oli minulle hyvä tilaisuus käyttää koulussa ja aiemmissa työtehtävissä oppimiani taitoja itselleni ennalta tuntemattoman laivanrakennuksen vaiheen parissa. Kannustavassa ja avuliaassa työyhteisössä opinnäytetyön tekeminen lähti heti hyvin käyntiin ja oli alusta loppuun asti mielekästä ja motivoivaa, josta haluan kiittää telakan osavalmistuksen työntekijöitä ja työnjohtoa sekä lohkotehtaan toimiston väkeä. Haluan kiittää tuotantopäällikkö Teemu Mäkistä mahdollisuudesta omia kiinnostuksen kohteitani vastaavan opinnäytetyön tekemiseen Rauman telakalle. Suuret kiitokset kuuluvat myös hitsausinsinööri Ari Ahdolle asiantuntevista vastauksista lukuisiin kysymyksiini sekä neuvoista opinnäytetyön aiheeseen ja yleisesti telakan terästuotantoon liittyen.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	7
1.1 Työn rajausta	8
1.2 Tutkimus- ja tiedonkeruumenetelmät	8
2 TOIMEKSIANTAJA JA TOIMINTAYMPÄRISTÖ.....	10
2.1 Rauma Marine Constructions Oy	10
2.2 Osavalmistushallit	12
3 LAIVAN TERÄSTUOTANTOPROSESSI.....	14
3.1 Osavalmistus ja lohkonkoonti	14
3.2 Tasolohkot.....	16
3.3 Suurlohkot.....	16
4 TASOLOHKOLINJASTO.....	18
4.1 Valmistusmenetelmät	18
4.1.1 Jauhekaarihitsaus	18
4.1.2 Plasmahitsaus.....	20
4.1.3 Polttoleikkaus	21
4.1.4 MIG/MAG-hitsaus.....	23
4.1.5 Mustesuihkumerkintä	25
4.2 Kansilevypaneelien tuotantoprosessi plasmahitsauksella	26
4.3 Kansilevypaneelien tuotantoprosessi jauhekaarihitsauksella.....	31
5 TASOLOHKOLINJASTON MODERNISOINTI JA NYKYTILANNE.....	32
5.1 Modernisointiprosessi	32
5.2 Yhdeltä puolen hitsausasema	33
5.3 Paneelinleikkaus- ja merkintäasema	38
5.4 Palkitusasema.....	41
6 KEHITYKSEN JA NYKYTILAN ANALYSOINTI	44
6.1 Plasmahitsatun päittäishitsin laatu	45
6.2 Paneelinleikkausaseman mittatarkkuus ja laatu	47
6.2.1 Mittausprosessin kehitysehdotus	51
6.3 Hitsauksen prosessiajat	52
6.4 Kyselyn vastauksien analysointi ja linjaus.....	54
6.4.1 Yhdeltä puolen hitsausasema ja paneelinleikkausasema	54
6.4.2 Palkitusasema ja työnjohto	57
7 YHTEENVETO	60
LÄHTEET	
LIITTEET	

TERMILUETTELO

BULBI – Muototeräksestä valmistettu kannen rakennetta jäykistävä jäykisteprofiili.

JÄYSTE – Metallin työstöstä syntynyt lohkeama kappaleen reunassa.

KAARIAIKA – Aika jolloin hitsauksen valokaari palaa, eli hitsaus on käynnissä.

KANSILEVYPANEELI – Kahdesta tai useammasta teräslevystä päittäishitsaamalla valmistettava paneeli, jota käytetään laivan kansimateriaalina.

KEHYSKAARI – Poikittainen jäykkääjä laidoituksessa, kannessa tai laipiossa.

LAIDOITUS – Laivan ulkoseinä.

LAPIO – Laivan lohkon sisäinen, esimerkiksi huoneita erottava väliseinä.

LUKKI – Raskaiden tai pitkien kappaleiden nostamiseen ja siirtämiseen tarkoitettu nosturiajoneuvo.

NDT-TARKASTUS – Rikkomaton aineenkoetus (Non-Destructive Testing).

NESTI – Piirustus, josta selviää muun muassa poltto- tai plasmaleikattavan levyn tekniset tiedot ja irti leikattavien kappaleiden asettelu levyllä.

PALKITUS – Bulbien hitsaaminen jäykisteeksi kansilevypaneeliin.

POLVIO – Kolmionmuotoinen hitsattujen kappaleiden liitoskohtaan hitsattava tuki.

T-PALKKI – Kahdesta tai useammasta kappaleesta hitsattu T-mallinen tukirakenne.

1 JOHDANTO

Rauma Marine Constructions Oy:n telakalla aletaan tulevaisuudessa rakentaa uudenlaista laivatyyppiä, jonka lohkojen rakentamisessa käytetään perinteistä ohuempaa kansilevyateriaalia. Tämän uudenlaisen materiaalin valmistamisen ja käsittelyn mahdollistamiseksi telakan osavalmistushallissa suoritettiin laaja modernisointiprojekti, johon kuului vanhojen tuotantolaitteiden kunnostusta sekä täysin uusien laitteiden käyttöönottoa.

Ohuen materiaalin kansilevypaneelien tuotantoprosessia testattiin tasolohkolinjastolla referenssilevypaneelien muodossa alkuvuodesta 2022. Tässä opinnäytetyössä käsitellään juuri kyseiseen linjastoon ohuen kansimateriaalin vaatimuksien sekä laitteiden iän myötä heikenneen toimintavarmuuden ja tarkkuuden vuoksi tehtyjä tuotantolaitteiden kintoja ja -uudistuksia.

Tähän opinnäytetyöhön on dokumentoitu kaikki tasolohkolinjaston laitteisiin tehdyt merkittävät uudistukset ja niiden mahdollistamat uudet ominaisuudet. Tutkimuksen tavoitteena on analysoida näiden uudistuksien vaikutusta linjaston toimintaan ja kehitykseen erilaisten standardien vaatimuksien, työn kirjoittajan omien tutkimuksien pohjalta tehdyn näytön, testaus- ja mittaustuloksien, prosessista saadun datan sekä linjastolla työskentelevien operaattorien haastattelun kautta. Tavoiteltu lopputulos on opinnäytetyöhön valituissa tutkimuskohteissa todetun kehityksen ja opinnäytetyötä tehdessä vallinneen nykytilanteen todelliseen näyttöön perustuva dokumentointi toimeksiantajayritykselle, pohtien modernisoitujen laitteiden soveltuvuutta niin ohuiden, kuin perinteisten kansilevypaneelien valmistamiseen.

1.1 Työn rajaus

Opinnäytetyössä käytettyjen kehitystä ja nykytilaa analyysoivien mittarien ja tutkimuskohteiden valinnasta on sovittu toimeksiantajayrityksen kanssa, jotta työn lopputulos tarjoaa oikeaa hyötyä yritykselle ja vastaa sen tarpeisiin. Tasolohkolinjaston tuotantoprosessia on mahdollista tutkia ja analysoida useiden eri mittarien osalta, mutta tähän työhön on pyritty valitsemaan oleellimmat ja opinnäytetyön aiheen kannalta korkeimmat mitattavat tekijät.

Tutkimuksen kohteeksi on rajattu tasolohkolinjasto ja siihen kuuluvat kaksi erilaista hitsausasemaa ja yksi polttoleikkausasema. Tasolohkolinjaston tuotantoprosessi on selkeä ja kohtuullisen helposti mitattava kolmivaiheinen kokonaisuus, jonka myötä prosessia edeltävät ja seuraavat vaiheet on jätetty tutkimuksessa vähäisemmälle huomiolle. Teräslevyjen ja muiden materiaalien valmistelutöitä ennen tasolohkolinjastolle siirtoa sivutaan tässä työssä lyhyesti ja kansilevypaneelien kokoamisesta osaksi laivan lohkoja kerrotaan suppeasti teoriaosuudessa.

1.2 Tutkimus- ja tiedonkeruumenetelmät

Tämä opinnäytetyö sisältää pääosin konstruktivisen tutkimuksen piirteitä. Vertailevassa konstruointitutkimuksessa tarkastellaan samaan käyttötarkoitukseen tehtyjen artefaktien tarkoituksenmukaisuutta ja toimivuutta. Nämä artefaktit voivat olla esimerkiksi tietokantoja, ohjelmistoja, toimintamäärittelyjä tai teknisiä laitteita, kuten tässäkin tutkimuksessa. Vertaileva konstruointitutkimus sisältää usein eri laitteiden teknistä vertailua sekä joissakin tapauksissa eri investointivaihtoehtojen vertailua muun muassa taloudellisuuden kannalta tai joistakin muista valituista näkökulmista. (Perkiö & Laine, 2014, s. 24.)

Opinnäytetyöhön kuuluva kysely sisältää sekä strukturoidun, että puolistrukturoidun haastattelun piirteitä. Strukturoidun haastattelun pääpiirteisiin kuuluu kaikille haastateltaville esitettävien identtisten kysymyksien tai väittämien käyttö sekä selkeästi ennalta rajatut vastausvaihtoehdot, jolloin haastateltavalla ei ole mahdollisuutta ilmaista vastaustaan vapaasti omin sanoin. Pääosaan tässä opinnäytetyössä olevan kyselyn väittämistä haastateltava voi vastata ainoastaan ennalta rajatun numeroasteikon avulla, joten haastateltava voi valita omaa mielipidettään lähimpänä olevan vaihtoehdon. Haastateltava voi halutessaan myös jättää vastaamatta joihinkin kysymyksiin tai väittämiin omalla päätöksellään. Tämän lisäksi strukturoidussa haastattelussa kysymykset esitetään aina samassa järjestyksessä. Tähän opinnäytetyöhön kuuluva kysely omaa vahvasti kvantitatiivisen tutkimuksen piirteitä niiltä osin, kun haastattelukysymykset ja väittämät ovat esitetty strukturoiduin menetelmin. (Näpärä, 2017.)

Numeroasteikko on yksinkertainen ja helposti tulkittava kyselyn vastausten keräämistapa. Kun vastaukset kerätään numeraalisin arvoin, on tilastollisten analyysien tekeminen helppoa ja useat kyselytyökalut koostavat niitä jopa automaattisesti vastattujen numeroiden perusteella. Mikäli vastausten keräämiseen käytetään ainoastaan sanallisia vastaustapoja, joutuu kyselyn laatija ennen tulosten analysointia muuttamaan kyselyn tulokset numeraalisiksi arvoiksi, jonka vuoksi vastausten kerääminen numeroasteikolla on useissa tilanteissa toimiva ratkaisu. (SurveyMonkey, 2022.)

Myös puolistrukturoidussa haastattelussa kysymykset tai väittämät ovat kaikille haastateltaville samoja, mutta strukturoidusta haastattelusta eroten valmiit vastausvaihtoehdot puuttuvat. Puolistrukturoitu haastattelu on strukturoitua haastattelua vapaampi, mutta tästä huolimatta sille on asetettava selkeät raamit. (Näpärä, 2017.) Tämän opinnäytetyön lopussa oleva kysely sisältää myös muutamia kysymyksiä, joihin on haastateltavan vastausta varten asetettu tekstikenttä, johon haastateltava saa kirjoittaa vastauksensa omin sanoin. Näiden kysymyksien osalta kyselyssä on siis myös puolistrukturoituun haastattelutyyppiin yhdistettäviä piirteitä.

2 TOIMEKSIANTAJA JA TOIMINTAYMPÄRISTÖ

2.1 Rauma Marine Constructions Oy

Rauma Marine Constructions Oy (RMC) on vuonna 2014 perustettu raumalainen, kokoluokassaan ainoa täysin kotimaisomisteinen laivanrakennusyhtiö. RMC:n ydinosamisalueisiin kuuluvat alusten rakentaminen sekä niiden ylläpito. Yhtiö on erikoistunut matkustaja-autolauttojen, monitoimimurtajien sekä Puolustusvoimien käyttämien alusten rakentamiseen ja huoltamiseen. RMC:n toimitilat sijaitsevat Rauman kaupungin omistamalla telakka-alueella, Raumalla. (RMC, n.d.)

Yhtiö on allekirjoittanut kaupungin kanssa 30 vuoden vuokrasopimuksen tarvitsemistaan Seaside Industry Parkissa sijaitsevista toimitiloistaan. Näihin tiloihin kuuluvat muun muassa terästuotantotilat, laivanrakennustilat ja -altaat sekä toimistorakennukset. RMC omaa yksinoikeuden laivanrakennukseen kyseisellä alueella ja se voidaan mieltää telakka-alueen veturiyritykseksi. Telakka-alueella työskentelee satoja työntekijöitä, joista RMC:n omia alan asiantuntijoita on noin 200. Loput henkilöstöstä koostuu yhtiön kymmenien verkostokumppanien työntekijöistä. (RMC, n.d.)

Tällä hetkellä telakalla on rakenteilla virolaisen Tallink-varustamon matkustaja-autolautta M/S MyStar (kuva 1.). Sopimuksen mukaan alus luovutetaan asiakkaalle kesällä 2022.



Kuva 1. Tallink M/S MyStar (Tallink, 2022)

RMC alkaa rakentaa Puolustusvoimille ensimmäistä Laivue 2020 -hankkeen neljästä monitoimikorvetista sopimuksen mukaisesti vuoden 2022 aikana (kuva 2.). Tätä tilausta varten telakka-alueelle investoidaan uuteen noin 180 metriä pitkään, noin 40 metriä leveään ja noin 30 metriä korkeaan monitoimihalliin, joka valmistuu suunnitelmien mukaan vuoden 2022 lopussa. (RMC, 2021.)



Kuva 2. Laivue 2020 -hankkeen monitoimikorvetti (Puolustusvoimat, 2016)

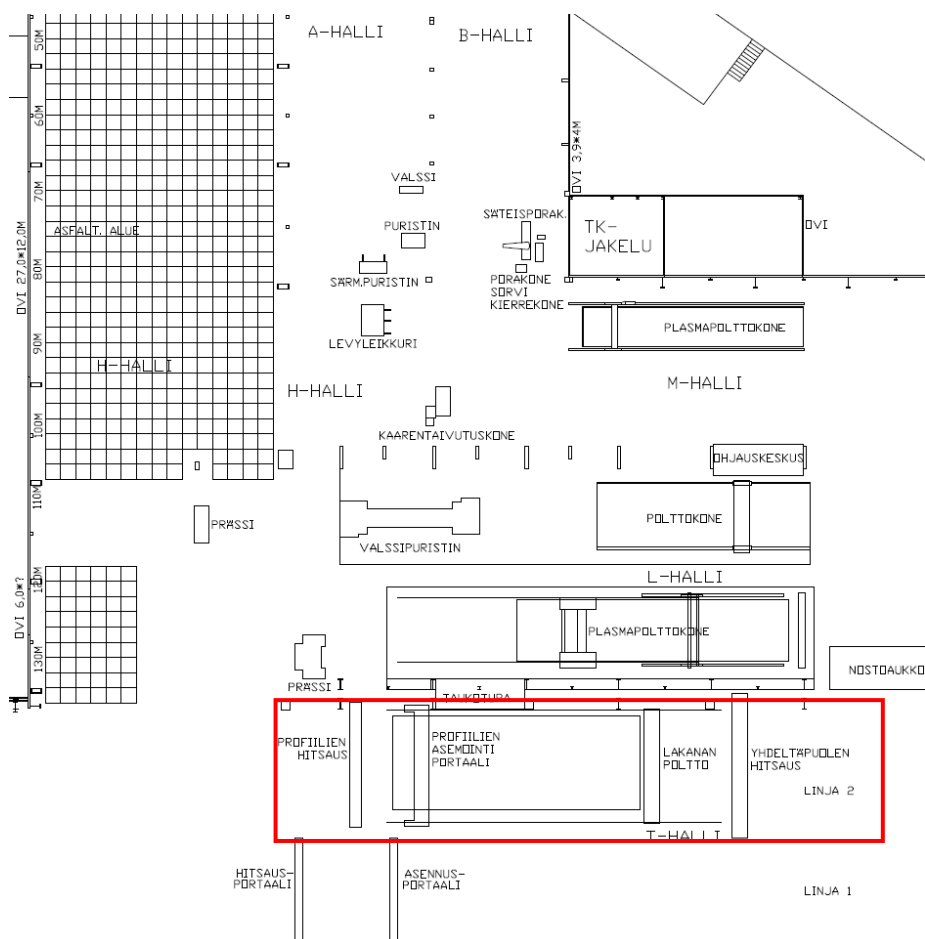
Vuoden 2022 keväällä telakalla aloitettiin ensimmäisen matkustaja-autolautan rakentaminen tasmanialaiselle TT-Line Companylle (kuva 3.). Ensimmäinen alus luovutetaan asiakkaalle sopimuksen mukaan loppuvuodesta 2023 ja toinen loppuvuodesta 2024. (RMC, 2021.)



Kuva 3. TT-Line Spirit of Tasmania (RMC, 2021)

2.2 Osavalmistushallit

Telakan osavalmistushalleissa on monipuoliset tuotanto- ja työstölaitteet, joiden avulla mahdollistetaan kaikkien lohkotuotannossa tarvittavien osien ja osakokoonpanojen valmistaminen. Tämän opinnäytetyön tutkimuksen kohteena oleva tasolohkolinjasto, johon kuuluu yhdeltä puolen hitsausasema, paneelinleikkausasema sekä profiilien ase-
mointiportaali ja hitsausasema on merkitty layout-kuvaan punaisella (kuva 4.). Layout-kuvassa näkyvien profiilien asemointiportaalin ja profiilien hitsausaseman muodostama kokonaisuutta nimitetään palkitusasemaksi. Paneelinleikkausasema on merkitty kuvaan nimellä ”lakanan poltto”.



Kuva 4. Osavalmistushallien layout-kuva (RMC sisäiset tiedostot, 2022)

Tasolohkolinjaston lisäksi osavalmistushallien tuotantolaitteisiin kuuluu myös muutamia eri kokoluokkaa olevia, eri ainevahvuuksille ja materiaaleille tarkoitettuja puristimia, levyleikkuri teräslevyjen ja lattarautojen leikkaamiseen, kaarentaivutuskone, jonka avulla bulbeja saadaan taivutettua kaarimaiseen muotoon sekä mankeleita, joita käytetään levyjen kaarevien muotojen valmistukseen.

Teräslevyihin saadaan tehtyä haluttuja taivutettuja muotoja taivutuskoneella, jonka lisäksi halleissa on kolme erilaista plasmaleikkauskonetta, joista yksi on plasma-/kaasutoiminen. Näitä leikkauskoneita käytetään monien erilaisten ja eri käyttötarkoituksiin tulevien levyosien leikkaamiseen. Erilaisten bulbien, palkkien ja muiden kappaleiden hitsaamista varten osavalmistushalleista löytyy tasolohkolinjaston loppupäässä sijaitseva kansilevypaneelien palkitusasema, pienpaneelien palkitukseen käytettävä hitsausrobotti sekä muun muassa laipioiden ja pienempien kappaleiden palkitukseen käytettävä hitsausportaali, jolla voidaan hitsata sekä pituus-, että sivuttaissuunnassa. Osavalmistushallien layout-kuvassa ei vielä näy uutta T-palkkien hitsauskonetta, jonka asennustöiden on tarkoitus alkaa vuoden 2022 kesällä. Kaikkien mainittujen tuotantolaitteiden lisäksi osavalmistushallien varustukseen kuuluu useita erilaisia nostureita, trukkeja sekä työtasoja käsinhitsausta varten.

3 LAIVAN TERÄSTUOTANTOPROSESSI

Tämän opinnäytetyön aihe liittyy vahvasti juuri laivanrakennuksen terästuotantovaiheeseen ja lohkotuotantoon, joten on oleellista myös esitellä, minkälaiseen kokonaisuuteen tutkimuksessa käsiteltävä prosessi kuuluu. Laivanrakennusprosessissa tulee aina pyrkiä mahdollisimman suoraviivaiseen etenemiseen, jonka ohella on huomioitu mahdollisuudet laajentumiseen ja mukautumiseen. Muun muassa varusteltujen ja pintakäsiteltyjen kokonaisuuksien tehdasmainen tuotanto mahdollistaa useamman erityyppisen laivan limittäisen tai jopa samanaikaisen rakentamisen. (Räisänen, 2000, s. 37-1.)

Näitä rakennustapoja toteutetaan käytännössä laivakohtaisesti hieman eri tavoin ja etenkin erikoislaivojen kohdalla prosessi saattaa olla huomattavasti perinteisestä poikkeava. Lähes kaikissa rakennettavissa laivoissa terästuotanto sekä lohkon- ja rungonkoonti koostuvat kuitenkin pääasiassa samoista tuotannon vaiheista (kuvio 1.).



Kuvio 1. Laivan terästuotannon etenemisjärjestys (Mannermaa, 2016, s. 11)

3.1 Osavalmistus ja lohkonkoonti

Osavalmistus on käytännössä laivanrakennuksen ensimmäinen vaihe. Osavalmistuksella tarkoitetaan muun muassa polvioiden, sisä- ja ulkolaipioiden, laidoitusten, kehyskaarien, T-palkkien sekä erilaisten tasojen, kuten tässä opinnäytetyössä käsiteltävien kansilevypaneelien valmistamista (kuva 5.). (Räisänen, 2000, s. 37-24.)



Kuva 5. Palkitettu kansilevypaneeli

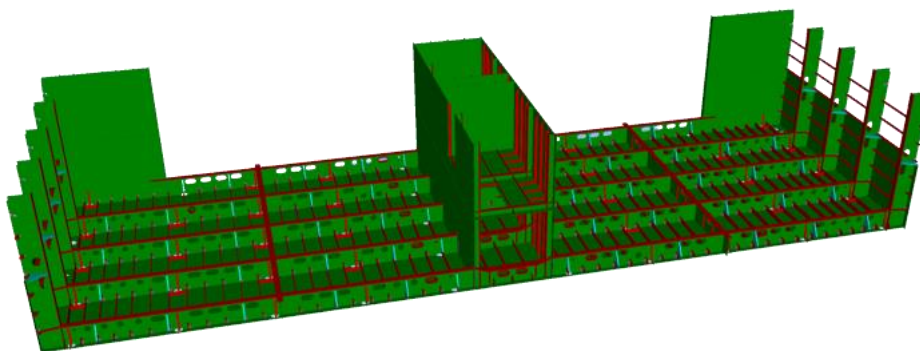
Tämän lisäksi osavalmistukseen kuuluu myös erilaisten osakokoonpanojen valmistaminen. Osia pyritään usein tässä vaiheessa kokoamaan mahdollisimman suuriksi kokonaisuuksiksi lohkojen ja siten myös suurlohkojen valmistuksen nopeutumista ja helpottumista ajatellen. (Itävuori, 2012, s. 10-11.)

Lohkonkoonti voidaan jaotella muoto- ja tasolohkojen valmistukseen. Lohkonkoontivaiheessa osista valmistetaan ensimmäinen varsinainen osakokonaisuus. Valmistettavan lohkon tyyppi riippuu paljon muun muassa sen sijainnista laivan rungossa, mutta pääsääntöisesti kaikkia koottavia osalohkoja yhdistää suuri koko ja massa sekä valmistusprosessin tapahtuminen rakenteen ollessa ylösalaisin. Ylösalaisin valmistamiseen liittyy useita etuja muun muassa työergonomiaan ja hitsaustekniikkaan liittyen. (Sintonen, 2018, s. 14-15.)

Lohkonkoontivaiheen alussa kansilevypaneeleihin asennetaan T-palkit joko kevytmeکانisoidusti tai automatisoidusti. T-palkkien jälkeen asennetaan ja hitsataan osakoonnissa valmistetut laipiot paikalleen. Käytännössä viimeinen lohkonkoontivaihe on laidoitusten asentaminen ja hitsaaminen. Näiden pääkomponenttien ja osakokonaisuuksien lisäksi lohkonkoontivaiheessa valmisteilla olevaan lohkoon voidaan asentaa tarvittavia erilaisia polvioita, jäykistimiä tai esimerkiksi nostokorvia. (Sintonen, 2018, s. 15-16.)

3.2 Tasolohkot

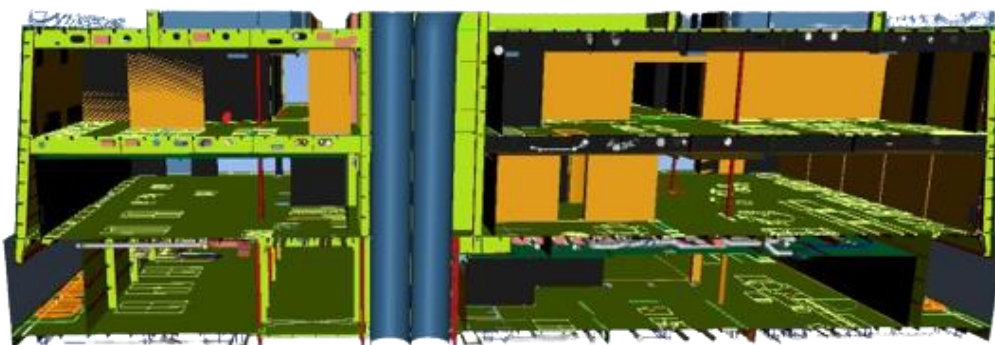
Tasolohkoiksi kutsutaan tasomaisia lohkoja, joiden rakenne-elementit, kuten kannet, laidat ja pohja valmistetaan telakkakohtaisesti mitoitetuilla tasolohkolinjastoilla (kuva 6.). Tavanomaiset lohko- ja levyypituudet vaihtelevat 12-22 metrin välillä, mutta joillakin telakoilla on mahdollisuus jopa 25 metrin pituisten rakenteiden käsittelyyn ja valmistukseen. Rakenteiden pituudet vaihtelevat laivakohtaisesti telakan suorituskyvyn rajoissa. (Räisänen, 2000, s. 37-26.)



Kuva 6. Tasomainen kansilohko (RMC sisäiset tiedostot, 2022)

3.3 Suurlohkot

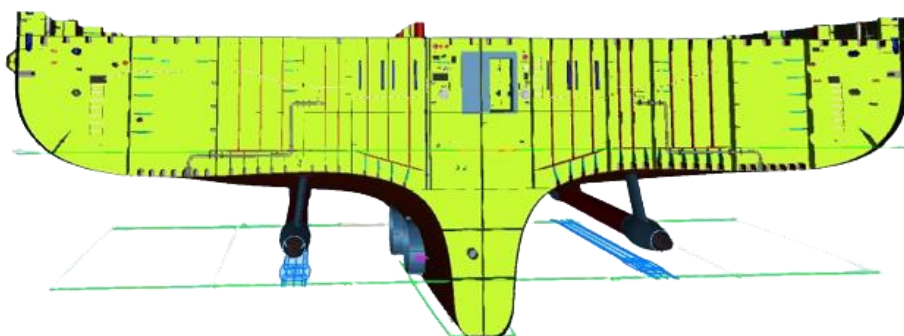
Suurlohkoja kootaan valmiista lohkoista yhdistämällä ne toisiinsa päällekkäin ja vierekkäin (kuva 7.). Tyypillisiä suurlohkoja ovat konehuoneet ja kansirakenteet, jotka on mahdollista varustella huomattavan pitkälle jo ennen yhteenkoontia. Suurlohkojen suuruus ja määrä määräytyvät pitkälti valitun rakennustavan, rakennusaikataulun sekä rakennuskapasiteetin mukaisesti. Suurlohkot pyritään lähtökohtaisesti pintakäsittelmään jo tuotantovaiheessa ennen asennusta. (Räisänen, 2000, s. 37-28.)



Kuva 7. Tasomaisista lohkoista koottu suurlohko (RMC sisäiset tiedostot, 2022)

Suurlohkojen kokoa ja varustelupainoa rajoittaa myös telakalla käytössä oleva nosto- ja logistiikkakapasiteetti. Rakennusaltaassa laivaa rakennettaessa suurlohkot pyritään kokoamaan kiinteällä ja tukevalla alustalla allasnosturin ulottumalla alueella. Käytännössä laivan rakentaminen on sitä tehokkaampaa mitä suuremmissa kokonaisuuksissa laiva voidaan rakentaa, jonka vuoksi suurlohkot pyritään mitoittamaan lähelle maksimikokoaan ja -painoaan. (Räisänen, 2000, s. 37-28.)

Muun muassa laivan pohjassa sekä keulassa käytettävät lohkot omaavat kaarevia muotoja, jolloin niitä voidaan kutsua muotolohkoiksi. Muotolohkojen rakentaminen on hyvin pitkälti käsityöpainotteinen työvaihe, jonka vuoksi niiden läpäisy aika on suhteellisen pitkä. (Räisänen, 2000, s. 37-27.) Alla olevassa kuvassa (kuva 8.) on suurlohko, joka on kasattu osittain erilaisista muotolohkoista. Myös muotoja omaavien lohkojen tasaiset kansilevypaneelit valmistetaan telakan tasolohkolinjastolla. Kaarevia muotoja omaavat levypaneelit valmistetaan käsityöpainotteisemmin osavalmistushallien muita linjastoja ja työstökoneita käyttäen.



Kuva 8. Kaarevia muotoja omaavista lohkoista kasattu suurlohko (RMC sisäiset tiedot, 2022)

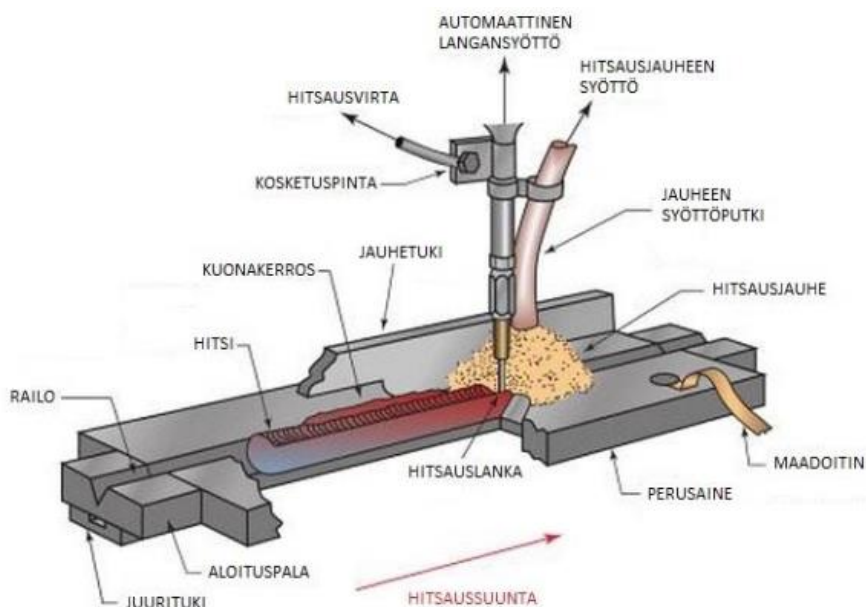
4 TASOLOHKOLINJASTO

4.1 Valmistusmenetelmät

Laivan terästuotantoprosessiin kuuluu useita erilaisia tuotantomenetelmiä, joita käytämällä osavalmistuksessa valmistetut osat kootaan lohkoiksi ja lohkot edelleen laivan rungoksi. Tässä kappaleessa esitellään kolme erilaista hitsausmenetelmää, yksi leikkausmenetelmä sekä teräslevyjen merkkäusmenetelmä, jotka ovat keskeisessä asemassa tasolohkolinjastolla tapahtuvassa kansilevypaneelien valmistusprosessissa.

4.1.1 Jauhekaarihitsaus

Jauhekaarihitsaus on kaarihitsausprosessi, jossa valokaari palaa hitsausjauheen alla hitsauslangan ja työkappaleen välissä (kuva 9.). Jauhekaarihitsauksessa käytettävä jauhe suojaa hitsaustapahtuman ympäröivältä ilmalta ja samalla piilottaa valokaaren allensa, jolloin kaari ei ole muissa kaarihitsausmenetelmissä ilmenevin tavoin näkyvä. Tämä tekee jauhekaarihitsauksesta hyvin miellyttävän vaihtoehdon muun muassa työympäristön kannalta, koska jauhe estää samalla myös hitsaussavujen sekä lämpösäteilyn syntymisen. (ESAB, 2022.)



Kuva 9. Jauhekaarihitsauksen toimintaperiaate (Jeffus, 2012, s. 363)

Hitsausprosessissa osa jauheesta muodostaa sulaessaan hitsin päälle kuonakerroksen, joka tulee hitsauksen jälkeen poistaa. Tämän hitsausmenetelmän hitsausaineita ovat hitsauslanka ja hitsausjauhe. Jauhekaarihitsauksessa lisäainelangan halkaisija vaihtelee ohuiden ja paksujen lankojen välillä yleisimmän 4 mm halkaisijaltaan olevan langan lisäksi. (ESAB, 2022.)

Menetelmässä käytetään metallista ja mineraalista alkuperää olevia raemaisia ja sula-
via hitsausjauheita, joiden kemiallinen koostumus vaihtelee tapauskohtaisesti hitsaus-
prosessin vaatimusten mukaan. Työympäristöystävällisyyden lisäksi jauhekaarihit-
sauksen eduiksi voidaan määritellä suuri tehokkuus ja tunkeuma sekä varmatoimiset
ja pitkäikäiset laitteet. Menetelmän toimivuus ei myöskään kärsi esimerkiksi vedosta
tai tuulesta. Menetelmän huonoiksi puoliksi voidaan laskea laitteiden kalliit hinnat
sekä hitsauskappaleiden muotojen ja kokojen aiheuttamat rajoitteet. (Lukkari, 1986, s.
10.)

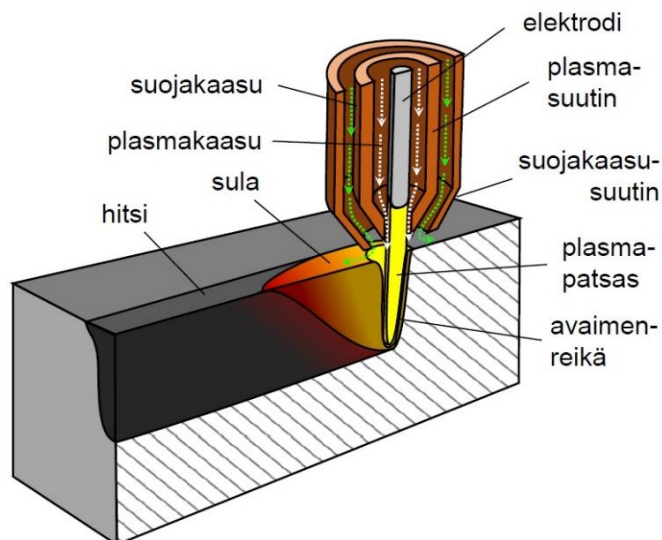
Esimerkiksi lyhyiden hitsien hitsaukseen ei jauhekaarihitsaus sovellu kovinkaan hyvin
(Ihalainen ym., 1985, s. 309). Yksi jauhekaarihitsauksen huono puoli on myös sen so-
veltumattomuus esimerkiksi erikoislaivateollisuudessa käytettäviin ohuisiin materiaa-
leihin, joka liittyy keskeisesti myös tähän tutkimukseen. Jauhekaarihitsauksen käyttö-
alue alkaa noin 5,5 mm ainepaksuudesta lähtien. Jauhekaarihitsauksen englanninkieli-
nen termi on ”Submerged Arc Welding”, josta muodostuu yleinen lyhenne SAW.
(ESAB, 2022.)

Jauhekaarihitsaus on suosittu hitsausmenetelmä keskiraskaassa ja raskaassa teollisuus-
dessa sekä laivanrakennuksessa. Laivanrakennuksessa menetelmää käytetään muun
muassa levyjen päittäisliitosten valmistamiseen, palkkien kiinnittämiseen levypaneel-
leihin sekä T-palkkien liitosten hitsaamiseen. Näissä yhteyksissä menetelmä on useim-
miten käytössä mekanisoidusti tai automatisoidusti. Menetelmässä käytetään usein
suuria hitsausvirtoja, joka mahdollistaa tehokkaamman ainemäärän sulamisen aikayk-
sikköä kohden. Jauhekaarimenetelmää on mahdollisuus myös tehostaa entisestään ot-
tamalla käyttöön monilanka- ja kapearailotekniikkaa. Useampia lankoja ja rautajauhe-
lisäystä käyttämällä menetelmän sulatustehot moninkertaistuvat ja kasvavat suurteho-
hitsauksen tasolle. (Räisänen, 2000, s. 37–10.) Normaalisti käytettävä hitsausvirta-alue

vaihtelee 300–1500A välillä, mutta joissakin tapauksissa on käytössä jopa tätä suurempia virtoja. Jauhekaarihitsauksessa on mahdollista käyttää sekä tasa-, että vaihtovirtaa. (Ihalainen ym., 1985, s. 307.)

4.1.2 Plasmahitsaus

Plasmahitsaus on kaasukaarihitsausmenetelmä, jossa valokaaren muodostama plasma toimii hitsauslämmön pääasiallisena lähteenä. Tässä hitsausmenetelmässä käytettävä plasma saadaan aikaiseksi kaasuatmosfääriin läpi kulkevalla valokaarella, joka alkaa palaa työkappaleen ja volframielektrodin välissä. Valokaaren lämpö siirtyy virtaavaan plasmakaasuun, joka purkautuessaan pienihalkaisijaisen suuttimen läpi synnyttää plasman (kuva 10.). (ESAB, 2022.)



Kuva 10. Plasmahitsauksen toimintaperiaate (Ionix, n.d.)

Plasmahitsausta on mahdollista suorittaa joko lisäaineen kanssa tai ilman. Mikäli lisäainetta halutaan käyttää, tarvitaan sen syöttöön erillinen langansyöttölaite, jonka langansyöttönopeus on suhteellisen hidas. Ohutta MIG/MAG-hitsauslankaa voidaan käyttää plasmahitsauksen lisäaineena. Plasmahitsaus toteutetaan useimmiten mekanioidusti tai automatisoidusti, mutta menetelmän käyttö on mahdollista myös käsin hitatessa. Plasmahitsauksessa käytettäviksi suoja- ja plasmakaasuiksi valitaan usein sama kaasu, pääasiassa käytetään argonia tai argon-vetyseoksia. (ESAB, 2022.)

Plasmahitsaus voidaan jaotella kahteen erilaiseen sovellusmuotoon toimintaperiaatteen mukaan: vahvasti TIG-hitsausta muistuttava plasmahitsaus sulattavalla valokaarella sekä plasmahitsaus lävistävällä valokaarella, jossa valokaaresta muodostuu lävistysreikä hitsausraioon. Plasmahitsaus on kaikista menetelmistä ainoa, jonka avulla saadaan luotua lävistävä valokaari. Tätä menetelmää käyttämällä voidaan hitsata I-raioon jopa 12 mm levynpaksuuteen asti yhdellä palolla. Yleisin plasmahitsauksen käyttökohte on ruostumattoman teräksen hitsaaminen. Laivateollisuudessa plasmahitsausta käytetään prosessikohtaisesti 3-10 mm paksuisten eri materiaalia olevien levyjen hitsaukseen. (ESAB, 2022.)

Plasmahitsaus on ryhmiteltävissä myös käytettävän hitsausvirran perusteella kolmeen eri muotoon:

- Mikroplasmahitsaus (noin 0,01-0,5 mm) = 0,1-15A
- Väliplasmahitsaus (noin 0,5-3,0 mm) = 15-100A
- Lävistävä plasmahitsaus (noin 3-12 mm) = 100-500A

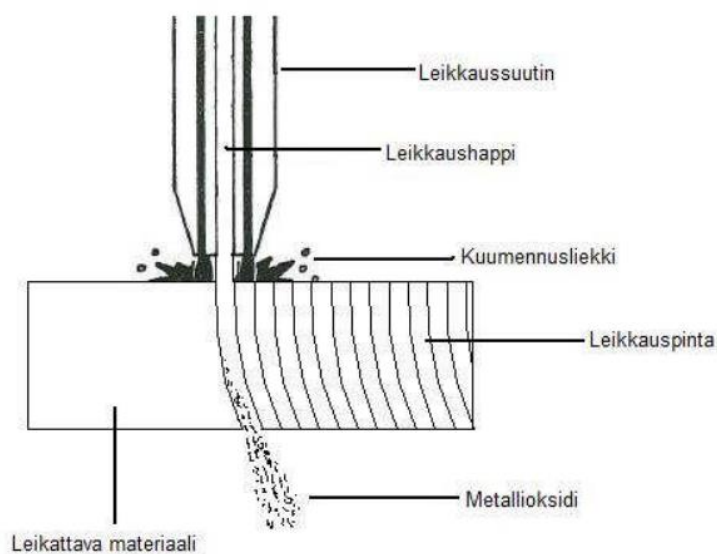
(ESAB, 2022.)

Plasmahitsauksen eduiksi voidaan laskea esimerkiksi erinomainen hitsin laatu, suuri tunkeuma, roiskeettomuus, vähäiset muodonmuutokset, pieni lisäainetarve sekä sen soveltuvuus erittäin ohuisiin ainevahvuuksiin. Menetelmän huonoiksi puoliksi voidaan luetella hitsausparametrin säätämisen tarkkuus, juurikaasun käytön tarve sekä suuret railonvalmistus- ja sovitustarkkuusvaatimukset. (Ionix, n.d.)

4.1.3 Polttoleikkaus

Polttoleikkauksessa leikattava metalli kuumennetaan paikallisesti syttymislämpötilaansa ja poltetaan hapen muodostamalla kaasusuihkulla. Sulassa tilassa oleva metallioksidi poistuu leikkausrailosta hapen aiheuttaman kineettisen energian avulla. Polttokaasun ja kuumennushapen seos virtaa ulos polttoleikkaussuuttimesta ja palaa suuttimen päähän muodostuvassa liekissä, jonka seurauksena syntyvät palokaasut kuumentavat leikattavan metallin. Leikkaushapen virtauskanava sijaitsee kuumennuskaa-

suseoksen virtauskanavien keskellä. Tästä virtauskanavasta virtaava happisuihku hapettaa metallin. Tämän yhteydessä happisuihkusta syntyvä kineettinen energia puhalttaa kuumentamisesta syntyneen sulan metallioksidin pois railosta (kuva 11.). Kun sula metallioksidi saadaan poistettua, syntyy suutinta leikkaussuuntaan liikuttaessa kappaleeseen haluttu leikkausrailo. Metallin hapettuminen on lämpöä vapauttava eli eksotermisen reaktio, jonka aiheuttama lämpö kuumentaa leikattavaa kappaletta halutussa leikkaussuunnassa ja pitää muodostuvan metallioksidin sulassa tilassa. (Ihalainen ym., 1985, s. 261.)



Kuva 11. Polttoleikkauksen toimintaperiaate (Teräslevyjen terminen leikkaus, 1985)

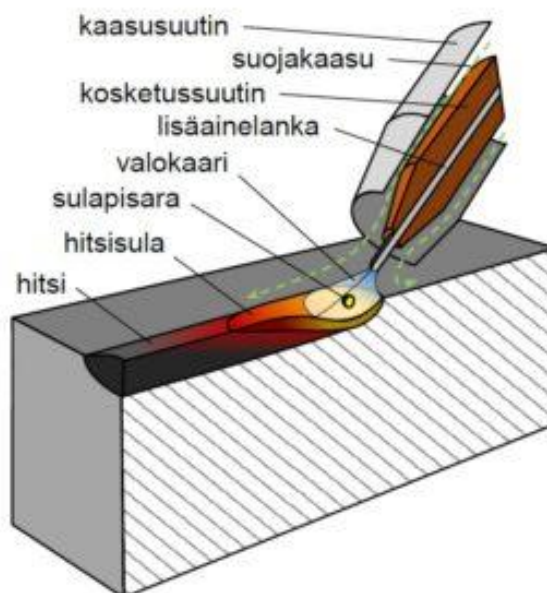
Polttoleikkauslaitteen poltin johtaa hapen ja polttokaasun suuttimeen tasaisella paineella ja virtauksella. Kuumennushapen ja polttokaasun sekoittaminen voi tapahtua polttimessa tai vasta laitteen suuttimessa. Polttoleikkauksen polttokaasuna voidaan käyttää asetyleeniä, propyleeniä, propaania, metaania tai metyyli-asetyleeni-propaania eli MAPP-kaasua. Asetyleenillä saadaan aikaan korkein liekin lämpötila (noin 3100 celsiusastetta), jonka ansiosta se on yleisimmin käytetty polttokaasu. (Räisänen, 2000, s. 37–5.)

Polttoleikkausmenetelmien eduiksi voidaan laskea laitteiston helppokäyttöisyys, kohtuulliset kone- ja tarvikekustannukset sekä laaja materiaalin paksuusväli. Polttoleikkauksella pystytään laitteistosta ja välineistä riippuen leikkaamaan aina yhdestä millimetristä satoja millimetrejä vahvuudeltaan olevia materiaaleja. Menetelmän huonot puolet tulevat ilmi lähinnä verratessa sitä plasma- tai laserleikkauksimenetelmiin.

Plasma- tai laserleikkauksella ohuiden levyjen leikkausprosessi on nopeampi ja niiden automatisointi on vaivattomampaa polttoleikkauksesta syntyvän lämmön aiheuttamien taipumien vuoksi. Myös suhteellisen leveä muutosvyöhyke sekä heikko toleranssi plasmaleikkaukseen verrattuna kuuluvat polttoleikkauksen heikkouksiin. Perinteisiä polttoleikkausmenetelmiä käytettäessä polttoleikkaus toimii taloudellisimmin, kun leikkattava levy on paksu, mielellään yli 25 mm eikä toleranssi ole tiukka. (SSAB, 2022.)

4.1.4 MIG/MAG-hitsaus

MIG/MAG-hitsaus, toiselta nimitykseltään metallikaasukaarihitsaus, on kaasukaarihitsausprosessi, jossa valokaari palaa suojakaasun ympäröimänä työkappaleen ja hitsauslangan välissä (kuva 12.). Sulanut metalli siirtyy pisaroina hitsisulaan langan päästä ja langansyöttölaite syöttää hitsauslankaa tasaisella nopeudella hitsauspistooliin ja siitä edelleen valokaareen. Termit MIG ja MAG ovat peräisin englanninkielisistä nimityksistä ”Metal-Arc Inert Gas Welding” sekä ”Metal-Arc Active Gas Welding”. Useimmiten kummastakin hitsausprosessista käytetään yhteistä nimitystä MIG-hitsaus. (ESAB, 2022.)



Kuva 12. MIG/MAG-hitsauksen toimintaperiaate (Ionix, n.d.)

MAG-hitsauksessa aktiivinen kaasu reagoi yhdessä sulassa metallissa olevien aineiden kanssa. Tässä prosessissa kaasuna käytetään useimmiten puhdasta hiilidioksidia tai esimerkiksi 75%Ar+25%CO₂-kaasua, joka on argonin ja hiilidioksidin muodostama seoskaasu. Puolestaan MIG-hitsauksen inerttinä eli reagoimattomana kaasuna käytetään argonia tai heliumia. Näiden prosessien pääjako voidaan tehdä niin, että terästen hitsaus on MAG-hitsausta ja ei-rautametallien hitsaus MIG-hitsausta. (ESAB, 2022.)

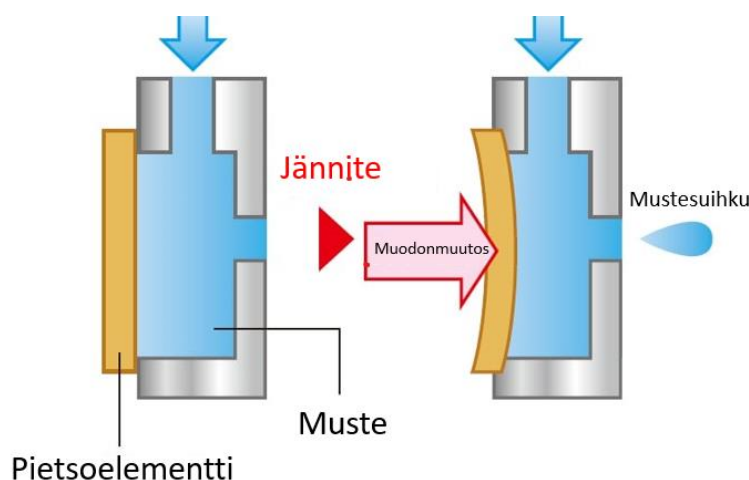
MIG/MAG-hitsausprosesseissa käytettävä lisäaine on ohutta kelalla olevaa lankaa, jota nimitetään usein myös umpilangaksi. Yleisimmin käytetyt hitsauslangat ovat halkaisijaltaan 1,0 ja 1,2 mm, mutta tietyntyylisissä prosesseissa käytössä on myös ohuempia ja paksumpia lankoja. Niukkaseosteiset ja seostamattomat teräslangat ovat useimmiten pinnaltaan kuparoituja ja hitsauslankojen kemialliset koostumukset ovat yleensä samanlaisia hitsattavan teräksen kanssa. (ESAB, 2022.)

Käytetyn lisäaineen määrän perusteella mitattuna MIG/MAG-hitsaus on nykyään yleisin hitsausprosessi useimmissa maissa ja sitä suositaan erityisesti robottihitsauksessa. MIG/MAG-hitsaus on käytössä lähes kaikilla teollisuuden aloilla, kuten juuri laivateollisuudessa, metsäkoneiden ja maatalouskoneiden valmistuksessa sekä teräsrakenteiden ja paineastioiden valmistuksessa. Tämä johtuu siitä, että MIG/MAG-hitsausprosessiin liittyy paljon etuja, kuten mekanisoinnin ja automatisoinnin helppous, korkea lisäaineen riittoisuus, hyvä tuottavuus, laajat säätömahdollisuudet, moninaiset käyttökohteet sekä kuonattomuus. MIG/MAG-hitsauksen heikkoudet nousevat esiin verrattessa menetelmää puikkohitsaukseen esimerkiksi monimutkaisemman laitteiston ja suuremman kunnossapitotarpeen myötä. (ESAB, 2022.)

4.1.5 Mustesuihkumerkintä

Mustesuihkumerkinnässä haluttu koodi, logo, päiväys tai mikä tahansa muu tunnus saadaan suihkutettua materiaalin pintaan mustesuihkua käyttämällä. Tämä menetelmä toimii ilman kontaktia kappaleeseen ja sitä käyttämällä saadaan yleisimpiin teollisuuden tarpeisiin riittävän tarkka resoluutio. Suurella volyymilla tuotettavien sekä suuren määrän merkkausta vaativien tuotteiden kohdalla menetelmä on yleisesti käytössä automatisoituna, mutta esimerkiksi yksittäisten tuotteiden tai pienten tuote-erien merkkauks voidaan suorittaa käsikäyttöisellä mustesuihkulaitteella. Mustesuihkumerkinnän merkittävimmät kustannukset koostuvat pääasiassa musteen sekä lisäaineen kulutuksesta. (Rytkönen, 2016, s. 20.)

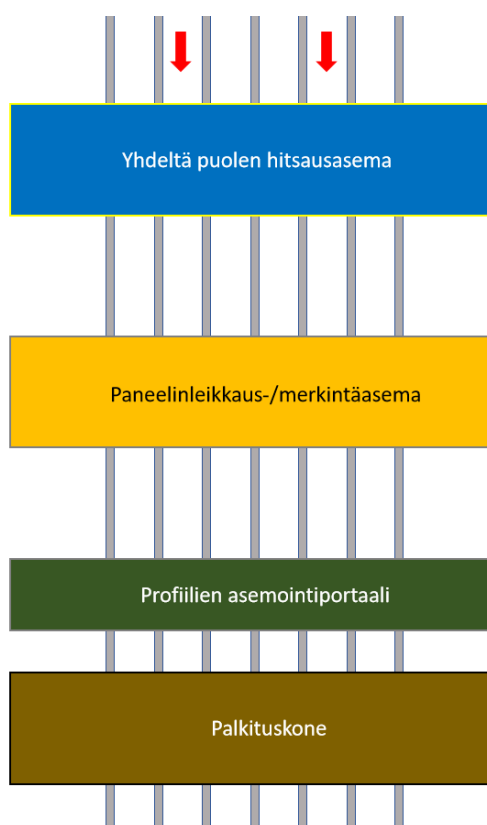
Pietsosähkötekniikalla toimivan mustesuihkutulostimen suihkua ohjataan pietsosähköisellä resonaattorilla, jonka toiminta perustuu sen värähtelyyn siihen johdattaessa sähkövirtaa (kuva 13.). Kun mustetta halutaan suihkuttaa tietty määrä, ohjataan sähkövirtaa resonaattoriin, joka muuttaa muotoaan ja vapauttaa mustepisaran ulos suuttimesta. Tulostuspään sisällä olevaa mustetta pidetään koko ajan tietyssä paineessa, jotta suihku käynnistyisi heti kun laitteeseen syötetään sähkövirtaa. Kun laitteet ja ohjelma toimii oikein, vapautuu mustetta suuttimesta oikea määrä oikeaan aikaan ja paikkaan, jolloin tuloksena on haluttu tunnus, koodi tai mikä tahansa merkintä. Tämän mustesuihkumenetelmän hyviä puolia ovat muun muassa mustepisaran koon ja muodon helppo ja tarkka hallinta sekä toimivuus ilman erillistä kuumennusta tai jäähdystä. (Markem-Image, n.d., s. 166-167.)



Kuva 13. Pietsosähkömustesuihkun toimintaperiaate (Keyence, 2022)

4.2 Kansilevypaneelien tuotantoprosessi plasmahitsauksella

Kansilevypaneelien tuotantoprosessiin tasolohkolinjastolla liittyy neljä päätyövaihetta, joissa käytetään edellä mainittuja hitsaus-, leikkaus- sekä merkkäusmenetelmiä (kuva 14.). Tasolohkolinjaston toiminnan tarkoituksena on toimittaa hitsattuja, poltettuja sekä palkitettuja osavalmisteita seuraavalle tuotantovaiheelle sovitun laatusina ja sovitussa aikataulussa.



Kuva 14. Tasolohkolinjaston rakenne

Kansilevypaneelituotannon ensimmäinen vaihe on tarvittavien raaka-aineiden kuljetus varastokentältä esikäsittelyhalliin linjaston avulla, jossa teräslevyille suoritetaan pesu, kuivaus sekä suunnitelman mukainen esikäsittely. Useimmiten teräslevyjen ja bulbi-profiilien pinnat raepuhalletaan ja pinnoitetaan suoja-aineella. Nämä työvaiheet tehdään pääasiassa itse yrityksen ja alihankkijoiden toimesta, mutta joissakin tapauksissa tasolohkojen kansilevypaneeleita varten on myös tilattu valmiiksi esikäsiteltyjä raaka-aineita. Bulbi-profiileille tehdään tarvittavat jrsinnät ja ne katkaistaan määrämittäisiksi profiilihallissa. Valmistelujen jälkeen bulbit asetetaan oikeaan järjestykseen

bulbien kuljetusalustalle, joka kuljetetaan osavalmistushalliin lukin avulla. Esikäsitellyt teräslevyt taas kulkevat osittain maan alla kulkevaa kuljetuslinjastoa pitkin osavalmistushallin nostoaukkoon.

Nostoaukosta teräslevyt nostetaan ylös magneettinosturilla ja siirretään osavalmistushallissa sijaitsevalle plasma-/kaasuleikkauskoneelle. Kun teräslevyt on leikattu suunniteltuihin mittoihin, siirretään ensimmäinen levy mahdollisten välivarastointien jälkeen magneettinosturilla tasolohkolinjaston alussa olevien pukkien päälle, jossa levyn hitsattavat reunat valmistellaan hitsausta varten hiomalla kulmahiomakoneella. Tämän lisäksi levyille suoritetaan silmämääräinen tarkistus, jossa huomioidaan muun muassa viisteiden oikeellisuus, leikkuuvirheet, ruoste, muoto-poikkeamat, käsittelyvirheet sekä mahdolliset jäysteet. Kaikille havaituille laatu-poikkeamille tehdään tarvittavat korjaustoimenpiteet.

Seuraavaksi valmistettavan kansilevypaneelin ensimmäinen levy kuljetetaan magneettinosturilla hitsausaseman toiselle puolelle, lasketaan linjaston rullien päälle ja kiinnitetään levykuljettimeen. Linjaston koko rajoittaa kansilevyjen maksimipituuden 12,5 metriin. Kun ensimmäinen levy on asetettu kuljettimeen, suoritetaan siihen liitettävälle levyille vastaavanlainen hionta ja se asetetaan magneettinosturin avulla linjaston rullien päälle linjaston alkuun hitsausaseman etupuolelle. Kun molemmat levyt ovat linjaston päällä, ajetaan ne levykuljettimien avulla hitsausaseman kohdalle hitsausta varten (kuva 15.). Kun levyt on saatu asetettua oikeaan paikkaan ja asentoon joka suunnassa ja juurikaasuputki on asetettu juurituen ja levyjen väliin, varmistetaan levyjen paikallaan pysyminen laskemalla hydrauliset tassut niiden päälle.



Kuva 15.

Hitsausprosessi voidaan aloittaa, kun levyt ovat paikallaan ja molempien puolien tasut laskettu alas. Hitsauskelkka liikkuu aseman siltaa pitkin hitsin suuntaisesti ja hitsaa levyt toisiinsa kiinni yhdeltä puolelta. Kun hitsi saadaan valmiiksi, vedetään levypaneelia kuljettimen avulla eteenpäin linjastolla ja paneelin jatkeeksi asetetaan seuraava levy, jonka jälkeen vastaava hitsausprosessi suoritetaan uudelleen. Kun kaikki levypaneelin hitsit on hitsattu, siirretään paneelia eteenpäin linjastolla kohti leikkaus- ja merkintäasemaa.

Paneelinleikkausaseman järjestelmästä valitaan oikea työkohtainen merkkauk- ja leikkausohjelma, jonka mukaan mustesuihkumerkintälaite alkaa merkitä tarvittavia tietoja, kuten muun muassa bulbien ja laipioiden asennuksessa käytettäviä apuviivoja sekä muita levykohtaisia merkintöjä paneelin pintaan (kuva 16.). Tätä prosessia varten leikkaus- ja merkkauksjärjestelmälle pitää osoittaa muun muassa levyn reunojen sijainti, jotta tarvittavat merkinnät ja leikkaukset tehdään ohjelman mukaisesti oikeisiin paikkoihin.



Kuva 16.

Kun kone on saanut kaikki merkinnät tehtyä, aloittaa järjestelmä ohjelman mukaisen polttoleikkaamisen. Tässä vaiheessa paneelin reunoista poistetaan niihin tarkoituksella jätetty työvara ja lisäksi paneeliin tehdään kaikki piirustuksien mukaiset muut leikkaukset, kuten erilaiset aukot. Aukkojen kohdalta irti leikattavat levynpalat jätetään kiinni paneeliin tekemällä leikkausrailoon siltoja eli lyhyitä leikkaamattomia osuuksia, jotka pitävät aukon edelleen ummessa. Aukkojen täysi avaaminen tässä vaiheessa tuotantoa olisi riski työturvallisuudelle lohkonkoonnin edetessä.

Paneelista leikatut reunat pilkootaan ja siivotaan pois linjastolta, jonka jälkeen polttokoneen operaattori mittaa paneelin oleelliset mitat ja tarkastaa niiden yhteneväisyyden piirustuksissa määriteltyihin arvoihin. Alla kuva polttoleikkauslaitteistosta (kuva 17.).



Kuva 17.

Kun edellä mainitut työvaiheet on suoritettu, siirretään kansilevypaneelia eteenpäin linjastolla kohti palkitusasemaa. Palkitusaseman operaattori siirtää bulbien kuljetusalustan asemointiportaalille magneettinosturilla. Seuraavaksi palkintuoja ajetaan kuljetusalustan viereen, jossa sen magneetit tarttuvat ensimmäiseen paneeliin hitsattavaan bulbiin. Palkitusaseman operaattori ajaa levypaneelin ensimmäisen bulbin paikan hitsausaseman kohdalle, jonka jälkeen palkintuoja ohjataan tuomaan bulbi sille merkattuun paikkaan hitsattavaksi.

Operaattori varmistaa bulbin oikean sijainnin, jonka jälkeen koneen hydrauliset tassut lasketaan painamaan profiilia kiinni paneelin pintaan. Tämän jälkeen palkintuoja ajetaan pois hitsausasemalta ja operaattori varmistaa hitsausarvojen ja -ohjelman oikeellisuuden ohjauspaneelista. Kun kaikki alkuvalmistelut on suoritettu, voidaan hitsaus aloittaa käynnistämällä valittu hitsausohjelma aseman ohjauspaneelista. Palkitusaseman neljä MIG/MAG-hitsauskoneetta voivat hitsata bulbin kiinni levypaneeliin samanaikaisesti profiilin kummaltakin puolelta MAG-hitsausmenetelmää käyttäen, keskeltä päätyjä kohti hitsaten (kuva 18.).

Kun profiili on hitsattu kiinni paneeliin, ajetaan levypaneelia linjastolla eteenpäin seuraavan hitsattavan bulbin kohdalle ja toistetaan uudelleen samat edellä esiteltyt työvaiheet. Nämä työvaiheet toistetaan jokaisen paneeliin hitsattavan bulbin kohdalla. Kun kaikki piirustuksiin merkityt bulbit on hitsattu kiinni levypaneeliin, liikutetaan valmista levypaneelia eteenpäin linjastolla kohti seuraavia työvaiheita.



Kuva 18.

4.3 Kansilevypaneelien tuotantoprosessi jauhekaarihitsauksella

Kansilevypaneelien tuotantoprosessi jauhekaarihitsausta käytettäessä sisältää lähes kaikki samat työvaiheet kuin uutta plasmahitsauskonetta käytettäessä, mutta jauhekaarihitsaukseen liittyy merkittävästi enemmän oheistöitä. Plasmahitsauksesta poiketen, asennetaan jauhekaarihitsattavaan levyyn päätepalat hitsin suuntaisesti. Jauhekaarihitsauksen hitsin aloitus ei ole yhtä tasalaatuinen kuin plasmahitsauksessa, jonka takia hitsin aloittaminen suoraan hitsattavaan levyyn ei ole laadun kannalta kannattavaa, joten hitsauksen aloitus kohdistetaan levyn sijaan päätepaloihin.

Merkittävät erot hitsauksen valmistelutöissä plasmahitsaukseen verrattuna liittyvät hitsausjauheen käyttötärpeeseen. Muilta osin hitsattavien levyjen asemointi tapahtuu käytännössä samankaltaisesti kuin plasmahitsausta käytettäessä. Aluksi hitsausaseman juurituki tulee pulveroida juurituen ollessa ala-asennossa. Ennen hitsauksen aloittamista tulee operaattorin varmistaa hitsauslangan ja –jauheen riittävyys sekä nostaa juurituki hitsattavaa levyä vasten, jonka seurauksena jauhe tiivistyy levyn ja juurituen väliin.

Näiden toimenpiteiden jälkeen ohjeen mukainen hitsaus voidaan suorittaa ja sen valmistuttua paneelia siirretään linjastolla eteenpäin samalla periaatteella kuin plasmahitsausta käytettäessä. Juurituki tulee puhdistaa jokaisen hitsatun hitsin jälkeen, jonka lisäksi myös muut hitsausaseman komponentit tulee puhdistaa hitsausjauheesta tietyin väliajoin. Jauhekaarihitsauksessa kaariaika on lyhyempi kuin plasmahitsauksessa, mutta jauhekaarihitsauksen liittyvät oheistyöt lisäävät aseman läpimenoaika, jonka seurauksena ajallista eroa plasma- ja jauhekaarihitsausmenetelmien välille ei juurikaan synny. Tätä käsitellään lisää työn loppupuolella kappaleessa 6.3.

5 TASOLOHKOLINJASTON MODERNISOINTI JA NYKYTILANNE

5.1 Modernisointiprosessi

Tasolohkolinjaston laitteita ja niiden ohjelmistoja sekä järjestelmiä on uudistettu laajasti, osittain erityisohuen kansimateriaalin valmistuksen mahdollistamiseksi ja osittain laitteiden korkean iän ja toimintavarmuuden heikkenemisen vuoksi. Pääosa linjastoon hankituista uusista laitteista kokoonpantiin ja ohjelmoitiin laitteiden asentamisesta ja kunnossapidosta vastaavien toimittajayrityksien omissa tiloissa mahdollisimman pitkälle ennen laitteiden siirtoa osavalmistushalliin.

Palkitusasemaan kuuluvien uusien laitekokonaisuuksien kokoonpano, esivalmistelu ja järjestelmien ohjelmointi aloitettiin toimittajan tiloissa vuoden 2021 heinä-elokuun vaihteessa viikolla 30. Samoihin aikoihin toimittaja aloitti myös paneelinleikkaus- ja merkintäaseman uusien laitteiden ja järjestelmien kokoonpanon ja valmistelun. Yhden puolen hitsausaseman ohjaus- ja hydraulikkajärjestelmien valmistelu aloitettiin saman yrityksen toimesta vuoden 2021 syyskuun alussa viikolla 36. Plasmahitsauslaitteiston kasaamisesta ja toimittamisesta vastasi hitsauslaitteisiin erikoistunut yritys, joka aloitti laitteiston valmistelun vuoden 2021 lokakuussa.

Mahdollisimman pitkälle toimittajien omissa tiloissa koottujen palkitusaseman uusien komponenttien ja laitteiden paikoilleen asentaminen aloitettiin elo-syyskuun vaihteessa viikolla 35, paneelinleikkausaseman komponenttien asennus syyskuussa viikolla 38 ja yhdeltä puolen hitsausaseman komponenttien asennus marraskuussa viikolla 44. Viikolla 47 uudistettua palkitusasemaa testattiin ensimmäisen kerran testikappaleilla. Palkitusasemaa päästiin testaamaan todenmukaisessa tuotantotilanteessa helmikuun alkupuolella.

Linjaston paneelinleikkausasemaa testattiin testikappaleilla ensimmäisen kerran ennen 2021-2022 vuodenvaihdetta ja tuotantotilanteessa vuoden 2022 helmikuussa viikolla 6. Yhdeltä puolen hitsausaseman ohjaus- ja hydraulikkajärjestelmiä testattiin tammi-kuussa viikolla 2. Uutta plasmahitsauslaitteistoa testattiin ensimmäisen kerran viikolla 4 ja uudistettua jauhekaarihitsauslaitteistoa tammi-helmikuun vaihteessa viikolla 5.

Uusia laitteita asennettaessa ja vanhoja laitteita uudistettaessa tulee vastaan aina erityyppisiä ongelmatilanteita, joiden ratkaiseminen on vienyt tässäkin modernisointiprojektissa oman aikansa. Tämän opinnäytetyön edetessä linjaston laitteet alkoivat olemaan riittävän hyvin kunnossa ohuen kansilevymateriaalin tuotannon testaamista ja perinteisen materiaalin virallista tuotantoa varten, vaikkei näin laajasti uudistetun linjaston käyttöönotossa erinäisiltä vaikeuksilta ja hidasteilta voida täysin välttyä. Uusista laitteista opitaan koko ajan uutta muun muassa teknisten ominaisuuksien ja rajoitteiden, käyttöjärjestelmien, kunnossapidon sekä prosessin kulun osalta. Kun alun vaikeuksista selvittää, pystytään linjaston laitteita käyttämään rutiininomaisesti aivan kuin vanhojakin laitteita ennen modernisointia.

Koko modernisointiprosessin päätavoitteiksi voidaan mainita ohuen kansilevymateriaalin laadukkaan tuotannon mahdollistaminen, koko linjaston toimintavarmuuden kasvattaminen ohutta ja perinteistä kansilevymateriaalia käsiteltäessä sekä linjaston laitteiden käyttöänsä lisääminen mahdollisimman pitkän ajan päähän tulevaisuuteen.

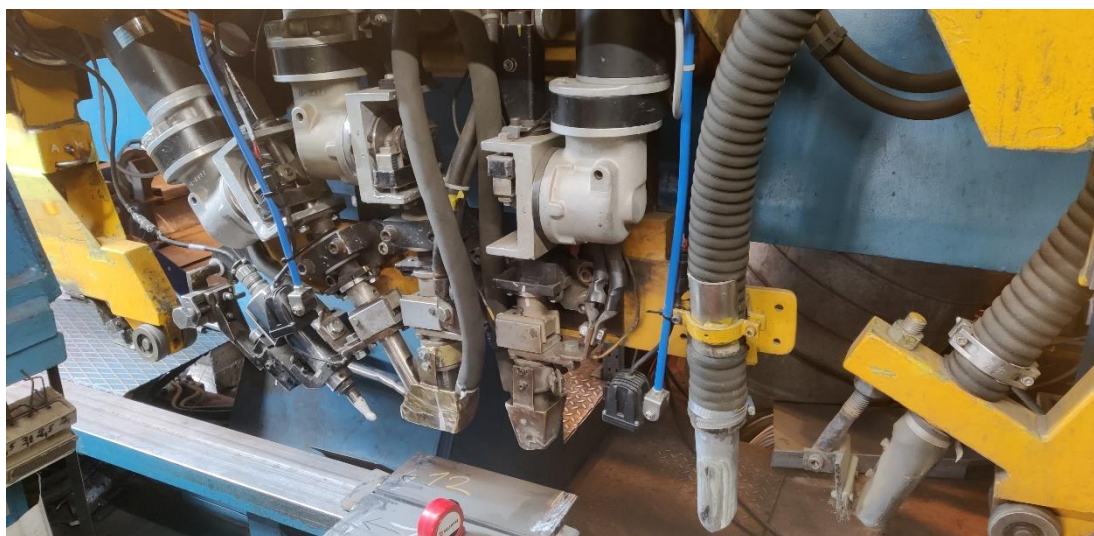
5.2 Yhdeltä puolen hitsausasema

Perinteistä ohuemman kansimateriaalin valmistamisen vaatimat muutokset vaikuttivat linjaston asemista ja laitteista eniten juuri yhdeltä puolen hitsausasemaan. Merkittävin muutos, joka mahdollistaa ohuemman materiaalin hitsaamisen on täysin uuden plasmahitsauskoneen asentaminen jauhekaarihitsauskoneen rinnalle. Toimeksiantajalla ei ole tiedossa, että vastaavanlaista ratkaisua olisi käytetty vielä muilla Suomen telakoilla. Erityisohut kansimateriaali on ohuimmillaan 4,5 mm vahvuista ja jauhekaarihitsauksen optimaalinen käyttöalue alkaa noin 5,5 mm ainevahvuudeltaan olevista materiaaleista lähtien. Jauhekaarihitsauksen tuottama lämpö altistaa levymateriaalin liialle kuumuudelle ja täten laadukkaan hitsausprosessin toteuttaminen tätä menetelmää käyttäen ei ole mahdollista.

Plasmahitsauslaitteiston hankkiminen oli välttämätöntä ainoastaan perinteistä ohuemman kansimateriaalin valmistuksen takia ja jauhekaarihitsausta tullaan käyttämään jatkossakin aineenvahvuudeltaan paksumpia, perinteisiä kansilevypaneeleita valmistet-

taessa. Yhdeltä puolen hitsausaseman jauhekaarihitsauslaitteistoon kuuluu kaksi vaihtovirtakäyttöistä jauhekaarivirtalähdettä. Jauhekaarihitsausta voidaan suorittaa kahta lisäainelankaa käyttäen 12 mm I-railoon asti, ja siitä ylöspäin oleviin V-railoihin käyttäen kolmea lisäainelankaa. Kahta lisäainelankaa käytettäessä voidaan hitsata ainoastaan yhtä virtalähdettä käyttämällä, mutta kolmeen lankaan siirryttäessä otetaan molemmat virtalähteet käyttöön samanaikaisesti.

Kansilevypaneelien jauhekaarihitsauksessa käytetään kahta eri paksuista hitsauslankatyyppiä: 3 mm sekä 5 mm paksua molybdeenillä seostettua hitsauslankaa. Kahta hitsauslankaa käytettäessä on käytössä 3 mm sekä 5 mm paksut hitsauslangat ja mahdollisena kolmantena lankana käytetään 5 mm paksua hitsauslankaa. Jauhekaarihitsauslaitteistoon kuuluu kaksi automaattista hitsauslangansyöttölaitetta. Kansilevypaneelien hitsauksessa käytetään asemalla käytettävän hitsauslangan, hitsaustyyppin sekä hitsattavan materiaalin kanssa yhteensopivaa hitsausjauhetta. Alla kuva jauhekaarihitsauslaitteistosta (kuva 19.).



Kuva 19. Yhdeltä puolen hitsausaseman jauhekaarihitsauslaitteistoa

Jauhekaarihitsauskoneen rinnalle asennettu plasmahitsauskone mahdollistaa ohuen kansimateriaalin hitsaamisen vähäisemmän hitsauksesta syntyvän lämmön ansiosta. Aiemmin plasmahitsauksesta kertovassa teoriaosassa esitetyin tavoin voidaan lävistävää plasmahitsausta käyttää tarpeesta riippuen prosessikohtaisesti säädetyllä ja oike-

anlaisella plasmahitsauslaitteistolla 100-500A sähkövirralla 3-12 mm aineenvahvuudeltaan olevien levy materiaalien hitsaamiseen. Tasolohkolinjaston yhteyteen asennettu plasmahitsauskone on asetettu toimimaan tarpeiden mukaan optimaalisesti noin 4-6 mm aineenvahvuudeltaan olevien materiaalien hitsaukseen. Tätä ohuemman materiaalin hitsaamiseen ei kansilevyjen valmistuksessa toistaiseksi tarvitse pystyä ja paksumpia materiaaleja voidaan hitsata jauhekaarta käyttäen. Plasmahitsauksen ominaisuudet ovat täten optimaaliset kyseisen ohuen levy materiaalin yhdenpuoliseen hitsaamiseen.

Ohuen materiaalin kansilevypaneelin valmistusta varten hankitun plasmahitsauslaitteiston pääkomponentteihin kuuluu yksi plasmavirtalähde, kaksi eri kokoista korkeapainejäähdytintä, hitsauslangan syöttölaite, plasmahitsauspoltin (kuva 20.), polttimen korkeutta ja sivuliikettä ohjaava ristiluisti, ohjaustietokone sekä järjestelmän sähkönsyöttökeskus. Kyseisen plasmahitsauspolttimen maksimihitsausvirta on 350A ja maksimipilottivirta 20A. Plasmakaasuna sekä plasman suojakaasuna hitsauslaitteisto käyttää 100 % Argonia 3,5 baarin paineella.



Kuva 20. Plasmahitsauspoltin merkitty keltaisella

Hitsausaseman ohjausmoottoreita sekä ohjauspaneeleita on uusittu, jonka lisäksi plasmahitsauskoneen yhteyteen on asennettu laserkamera. Kamera on kiinnitetty plasmahitsauskoneen runkoon ja kohdistettu kuvaamaan hitsiä sekä railoa, joka mahdollistaa polttimen sivuttaissuuntaisen hallinnan joystick-ohjaimen avulla. Jauhekaarihitsausta käytettäessä uusi laserkamera ruuvataan irti telineestään, koska herkkiä komponentteja sisältävä kamera voi kärsiä esimerkiksi jauhekaaren aiheuttamasta pölystä, jonka lisäksi kameran irrottaminen antaa operaattoreille lisää työskentelytilaa esimerkiksi ilmaraon tekemiseen.

Plasmahitsauskoneen ja muiden uudistuksien käyttöönoton lisäksi myös aseman työympäristöön ja –turvallisuuteen on tehty tiettyjä panostuksia. Koska jauhekaarihitsauksesta poiketen plasmahitsauksessa valokaari on näkyvä ja kirkas, on plasmahitsauskoneen ohjaustietokoneen yhteyteen sekä aseman päätyyn asennettu suojaverhot. Verhojen avulla halutaan ehkäistä operaattorin altistumista kirkkaalle valokaarelle ja täten pyritään minimoimaan esimerkiksi näkövaurioiden riskiä. Yritys aikoo lähitulevaisuudessa investoida hitsausaseman yhteyteen asennettavaan hitsauslankanostimeen. Tämä vähentää operaattorin rasitusta huomattavasti, sillä käyttämätön hitsauslankakela painaa kasattuna noin 30 kg eivätkä ergonomiset työskentelytavat ole mahdollisia sitä paikalleen asennettaessa.

Aseman ohjauspaneelien uudistamisesta huolimatta niiden toiminnot ja ominaisuudet pysyivät käytännössä ennallaan. Uuden teknologian kytkentöjen myötä joidenkin ominaisuuksien toiminta on hieman muuttunut. Uusi teknologia on tuonut mukanaan esimerkiksi tiettyjä toimintaviiveitä, joihin tottuminen vaatii operaattorilta jonkin verran aikaa. Yhdeltä puolen hitsausasemaan kuuluu kaksi ohjauspaneelia, joista toinen sijaitsee lattian tasolla aseman toisessa päässä ja toinen sillan päällä kiinni itse hitsauslaitteistossa.

Aiemmin mainitusta aseman päässä sijaitsevasta ohjauspaneelistä on mahdollista ohjata kuljetusketjujen ajoa, levytukia ja juuritukea, levynkohdistusta sekä levyn lukitusta ja referenssiaikoja. Sillan päällä olevasta ohjauspaneelistä voidaan edellä mainittujen toimintojen lisäksi ohjata kelkansiirtoa, ajaa levyohjureita, valita hitsaustapa jauhekaari- tai plasmahitsauksen väliltä sekä työn valmistuttua lopettaa työnkierto. Jauhekaarihitsauksessa ovat käytössä ainoastaan nämä kaksi ohjauspaneelia, mutta plasmahitsauksen yhteydessä käytetään myös alla näkyvää uutta ohjaustietokonetta (kuva 21.).



Kuva 21. Plasmahitsauskoneen ohjaustietokone

Hitsausasemaa kunnostettiin ja päivitettiin myös levyä painavien tassujen hydraulisynterien, letkujen sekä niitä ohjaavan hydraulikkakeskuksen osalta. Kyseiset hydraulikkakomponentit uusittiin käytännössä niiden korkean iän takia. Vanhoilla hydraulisyntereillä oli taipumusta vuotaa levypaneelin päälle, joka vaikuttaa huomattavasti prosessin sujuvuuteen ja laatuun. Hydraulikkakeskus päivitettiin nykyaikaisempaan ja isompaan, mutta sen sekä hydraulisynterien toimintaperiaate ja käyttötarcoitus pysyivät täysin samana. Tämän lisäksi hitsausaseman sillan kulmavaihdemoottori sekä levynkuljettimien moottorit on vaihdettu uusiin. Modernisoinnin avulla laitteen toimintavarmuus pyrittiin varmistamaan taas useiksi vuosiksi eteenpäin.

5.3 Paneelinleikkaus- ja merkintäasema

Tasolohkolinjaston laitteita uudistettaessa ja remontoitaessa myös paneelinleikkaus- asemaan tehtiin laajasti parannuksia ja päivityksiä. Yksi keskeisimmistä asemalle tehdyistä uudistuksista on koko polttoleikkauspään vaihtaminen vastaavanlaiseen käytettyyn ja kunnostettuun leikkauspäähän. Vanhaa leikkauspäätä oli jo jonkin aikaa käytetty puolikuntoisena. Leikkauspään paineilmajärjestelmässä oli vuotoja, jonka seurauksena polttoleikkaaminen oli edelleen mahdollista, mutta järjestelmän vuotaminen aiheutti meluhaittaa ja saattoi vaikuttaa leikkauksen laatuun. Myös polttoleikkauspään kulma- sekä etäisyysäättömoottoreiden käyttöikä alkoi tulla täyteen eikä toimivuuteen voitu enää luottaa.

Huolletun polttoleikkauspään vaihtaminen ei suoranaisesti vaikuta aseman toimintaan muilta kuin toimintavarmuuden ja laadun osalta. Aiemmin yleisimmät asemalla polttoleikattavat kansilevyt ovat olleet aineenvahvuudeltaan 5-18 mm väliltä, mutta etenkin aseman remontoinnin ohella parantuneiden toimintavarmuuden ja prosessin laadun avulla pyritään takaamaan myös ohuemman kansimateriaalin onnistunut polttoleikkaus. Aseman polttoleikkauspäällä on mahdollista leikata myös huomattavasti paksumpia materiaaleja, mutta tasolohkolinjastolla, jonka pääasiallinen toiminnan tarkoitus on kansilevyjen valmistaminen, toimitaan pääasiassa alle 19 mm paksujen levyjen kanssa. Kyseisellä paneelinleikkausasemalla on kuitenkin muihin satunnaisiin tarkoituksiin leikattu jopa 40-50 mm paksuja teräslevyjä. Paneelinleikkausaseman järjestelmä käyttää polttokaasuna asetyleeniä.

Uudistusten yhteydessä paneelinleikkausaseman vanha ohjauspaneeli vaihdettiin uuteen kosketusnäytölliseen malliin, joka parantaa aseman käyttökokemusta huomattavasti. Vanhasta mustavalkonäytöstä oli vaikea nähdä auringon paistaessa hallin sisään, jonka lisäksi käyttöjärjestelmä oli vanhentunut ja täten ohjauspaneelin ja näytön päivittäminen oli ajankohtaista muiden uudistusten yhteydessä. Seuraavalla sivulla olevassa kuvassa näkyy uusi kosketusnäytöllinen ohjauspaneeli (kuva 22.).



Kuva 22. Paneelinleikkausaseman uusi ohjauspaneeli

Järjestelmän päivityksestä huolimatta ohjauspaneelin kautta on käytössä pääasiassa samat ominaisuudet ja toiminnot kuin ennenkin, mutta uuden teknologian ansiosta operaattori saa käyttöönsä hieman lisää prosessin kannalta hyödyllistä dataa. Polttoleikkausohjelmien ohjelmointikieli on vaihdettu ESSi-koodista nykyaikaisempaan G-koodiin, joka on toimintaperiaatteeltaan ja sisällöltään erilainen. Tämä uudistus ei kuitenkaan tuo merkittäviä muutoksia itse paneelinleikkausaseman toimintaan tai käyttöön, mutta uuteen ohjelmointikielen tottuminen ottaa hetken aikaa linjaston parissa työskenteleviltä.

Ennen uudistuksia polttoleikkauslaitteen ohjaamiseen tarkoitettu kauko-ohjain oli langallinen ja siinä oli hyvin rajattu määrä toimintoja. Vanhan kauko-ohjaimen kautta operaattori pystyi käyttämään tärkeitä perustoimintoja, kuten sillan ja vaunun siirtoa, reunapisteiden opetusta, polttopään siirtämistä sekä liekin sytytystä ja sammuttamista. Uudessa kauko-ohjaimessa on käytössä 28 eri toimintoa, joista joidenkin käyttäminen on vaatinut ennen ohjaamista tietokoneelta käsin. Uuden kauko-ohjaimen avulla operaattori pystyy vanhojen toimintojen lisäksi muun muassa säätämään leikkuunopeutta sekä kytkemään polttimia erikseen päälle ja pois päältä langattomasti.

Myös paneelinleikkausaseman turvallisuuteen tehtiin uudistuksien ohella parannuksia. Aseman kiskojen yhteyteen sekä polttoleikkauspään ympärille asennettiin rajakytkimet, jotka pysäyttävät laitteiden liikkeen, mikäli havaitsevat jonkin olevan vaarassa joutua puristuksiin tai törmäykseen. Aiemmin vastaavanlaisia turvalaitteita ei ollut, joten muita komponentteja uusittaessa myös niiden asentaminen oli looginen valinta aseman työturvallisuuden edistämiseksi.

Polttoleikkauksilaitteiston yhteydessä oleva merkintälaitte on vaihdettu kokonaan uuteen nykyaikaiseen mustesuihkumerkintälaitteeseen. Aiemmin kansilevyihin tehdyt merkkaukset tehtiin pulverimerkkauslaitteella käyttäen sinkkisilikaattipulveria. Merkintälaitteen säiliöön laitettiin pulveria, jota käyttämällä laite merkitsi kansilevyyn siihen asennettavien osien, kuten muun muassa laipioiden ja bulbioiden paikat. Uudesta mustesuihkulaitteesta poiketen, pulverimerkkauslaitte ei merkannut levyyn osien asennuksen kannalta olennaisia osanumeroita.

Ennen uudistuksia tarvittavien osanumeroiden merkitseminen suoritettiin operaattorin toimesta tussilla, johon sisältyi aina suurempi mahdollisuus virheisiin kuin automaattimerkkaukseen merkkausohjelman ollessa laadukas. Tussin kanssa merkkaukseen liittyy omat haittansa myös esimerkiksi työergonomian ja –mukavuuden osalta. Myös pulverimerkkauksesta aiheutuva sinkkipöly tuotti omat haittapuolensa merkkauksprosessissa, joten laitteiston päivittäminen oli muiden uudistuksien ohella ajankohtaista.

5.4 Palkitusasema

Palkitusasemaan tehdyt uudistukset olivat ajankohtaisia pääasiassa vanhojen hitsauslaitteiden korkean iän ja siitä seuranneen toimintavarmuuden heikkenemisen takia. Aseman laitteissa ei ollut mitään suoranaisia uusien laitteiden hankintaan vaikuttavia vikoja tai puutteita, mutta hitsauskoneiden ja niihin liittyvien komponenttien ominaisuudet ja toimintavarmuus olivat heikentyneet iän myötä. Varsinkin uusia ohuita kansilevyjä valmistettaessa on kaikkien laitteiden hyvä toimia mahdollisimman tarkasti ja riskittömästi.

Ohuen materiaalin kansilevyyn bulbeja hitsattaessa tulee hitsauslaitteistossa olla tarkat säätömahdollisuudet ja hitsausominaisuudet. Muun muassa näitä tekijöitä ajatellen laitteiden päivittäminen uusiin oli ajankohtaista. Lisäksi uuden ja nykyaikaisen teknologian laadukas käyttöönotto prosessin yhteydessä kasvattaa hitsauksen laatua ja laitteiden luotettavuutta sekä tässä tapauksessa myös vähentää läpimenoon kuluvaa aikaa. Alla kuva uudesta MIG/MAG-hitsauskoneesta ja siihen kuuluvista laitteista (kuva 23.).



Kuva 23.

Palkitusaseman kaikki neljä MIG/MAG-hitsauskoneita sekä niihin liittyvät laitteet, kuten langansyöttöautomaatit uusittiin. Näiden uudistuksien myötä jokaisen hitsauskoneen yhteyteen asennettiin myös uudet sähkökeskukset. Kaikki uudet hitsauskoneet käyttävät laitteistoon asennettua älykästä hitsausohjelmistoa. Hitsausohjelmisto tekee säätöjä hitsausprosessiin automaattisesti muun muassa valokaaren pituuden sekä hitsauskaasun ja –virran osalta.

Ohjelmisto myös tunnistaa sellaisia hitsausprosessin ongelmia joiden havaitseminen operaattorin toimesta olisi vaikeaa tai mahdotonta ja pyrkii korjaamaan niitä automaattisesti hitsauksen aikana. Ohjelmiston avulla pystytään korvaamaan työtehtäviä jotka ovat olleet ennen operaattorin vastuulla, joka yhdistettynä muihin uusiin ominaisuuksiin vähentää omalta osaltaan hieman prosessiin kuluva aikaa.

Hitsausohjelmisto on osoittautunut luotettavaksi ja toimivaksi, jolloin sen virhealttius on pienempi kuin tilanteissa, joissa ihminen on vastuussa hitsausprosessin kulusta. Uusi käyttö- ja hitsausjärjestelmä mahdollistaa myös useiden valmiiden hitsausohjelmien tallentamisen järjestelmään, mutta bulbeja hitsattaessa prosessiin liittyy niin monia työkohtaisia muuttujia, että tällä hetkellä operaattorin on parempi syöttää soveltuvat arvot järjestelmään levypaneelikohtaisesti. Kaikkien bulbien hitsauksessa käytetään tällä hetkellä 1,2 mm hitsauslankaa ja argon-hiilidioksidi –seoskaasua.

Palkitusaseman ohjauspaneeli vaihdettiin nykyaikaiseen kosketusnäyttöpaneeliin, joka on näkyvillä seuraavalla sivulla (kuva 24.). Uuden hitsausohjelmiston kanssa tämä uudistus mahdollistaa lukuisien prosessin kannalta oleellisten tietojen tarkkailun helposti hitsausprosessin ollessa käynnissä. Myös hitsausprosessiin tarvittavien arvojen syöttäminen tapahtuu uuden kosketusnäyttöpaneelin kautta yksinkertaisesti ja vaivattomasti. Itse hitsausdatan lisäksi ohjauspaneelista voidaan seurata muun muassa aseman hydraulikkaan liittyvää dataa, jonka kautta mahdolliset ongelmat ja viat on helppo havaita. Myös kaikki aiemmin ohjauspaneeliin kuuluneet ominaisuudet säilytettiin, mutta niiden käyttäminen ja tulkitseminen on pyritty tekemään entistä helpommaksi.

Paneelinleikkausaseman tavoin, myös palkitusaseman laitteiden ohjaamiseen on hankittu uusi kauko-ohjain vanhan langallisen ohjaimen tilalle. Uuteen kauko-ohjaimeseen on lisätty muutamia uusia ominaisuuksia, jotka lisäävät aseman laitteiden käytön helpoutta ja mukavuutta. Koko palkitusaseman hydraulikka- ja ohjausjärjestelmä on uusittu, jonka lisäksi bulbien siirtoon ja asennukseen käytettävän palkintuojan magneettipäitä on vaihdettu ohueen kansilevymateriaaliin hitsattavien matalien bulbien siirtelyyn soveltuviksi.



Kuva 24. Palkitusaseman uusi ohjauspaneeli

Uudistuksien yhteydessä myös palkitusaseman työturvallisuutta edistettiin asentamalla palkintuojan kiskojen viereen turvaloverhot. Valoverhot pysäyttävät laitteen toiminnan, mikäli ne havaitsevat jonkin olevan palkintuojan liikeradalla ja vaarassa joutua törmäykseen tai puristuksiin. Myös aseman ympärillä kulkevia kulkutasoja on levennetty ja rappusia muokattu turvallisemmiksi, joiden ansiosta loukkaantumisvaara on vähentynyt huomattavasti.

6 KEHITYKSEN JA NYKYTILAN ANALYSOINTI

Tässä kappaleessa analysoidaan tasolohkolinjastoon tehtyjen uudistuksien todellista vaikutusta linjaston toimintaan ja kehitykseen erilaisten standardien vaatimuksien, testi- ja mittaustuloksien, työn kirjoittajan omien tutkimuksien pohjalta tehdyn näytön sekä linjaston parissa työskentelevien henkilöiden haastattelun kautta.

Yhdeltä puolen hitsausaseman plasmahitsauslaitteen käyttöönoton onnistumisen mittarina käytettiin standardien mukaisesti suoritettujen röntgentarkastuksien läpäisyä sekä hitsin visuaalisen laadun hyväksyntää. Röntgentarkastus suoritettiin erityisohuesta kansilevymateriaalista hitsatulle paneelille, jota varten plasmahitsauslaitteisto alun perin hankittiin linjastolle.

Modernisoidun paneelinleikkausaseman käyttöönoton onnistumisen mittarina käytettiin mittatarkkuuden kehittymistä toleranssien määrittämien rajojen sisälle vertailemalla opinnäytetyön edessä saatujen kansilevypaneelien mittaustuloksia keskenään. Mittatarkkuuden kehittymistä seurattiin ottamalla tutkimuksessa huomioon ensimmäinen modernisoidulla leikkauskoneella poltettu referenssipaneeli sekä kaksi myöhemmin leikattua paneelia, joista selviää leikkausaseman nykytilanne tehtyjen säätöjen ja muokkauksien jälkeen.

Uudistuksien tuomia muutoksia linjaston hitsausprosesseihin kuluviin aikoihin tutkittiin vertailemalla plasma- ja jauhekaarihitsauksen sekä palkitusaseman vanhojen ja uusien hitsauskoneiden prosessiaikoja keskenään. Linjastolla työskentelevien operaattorien kokemuksia linjaston modernisointiprojektista selvitettiin kyselyn avulla, jossa oli väittämiä ja kysymyksiä muun muassa työskentelyn mukavuuteen, työturvallisuuden kehittymiseen, saadun käyttökoulutuksen tasoon, projektin onnistumisiin ja epäonnistumisiin sekä parannusehdotuksiin liittyen.

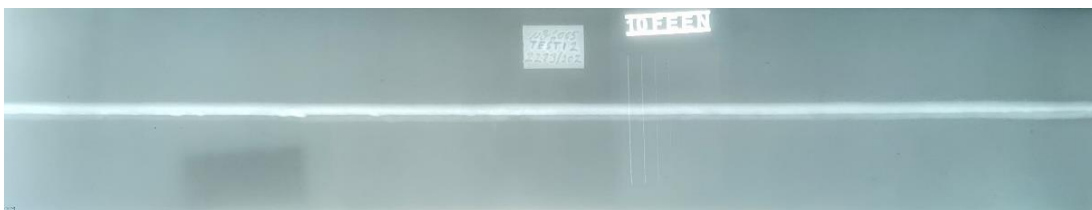
6.1 Plasmahitsatun päittäishitsin laatu

Ohuesta materiaalista valmistettujen kansilevypaneelien kahden hitsin laatu varmistettiin palkituksen jälkeen pistokoetyyppisellä radiografisella tarkastuksella, eli röntgentarkastuksella SFS-EN ISO 17636-1 -NDT-ohjeen mukaisesti. Kyseisessä standardissa esitellään kuvaustekniikoita metallisten materiaalien sulahitsausliitosten tarkastamiseen erilaisia teollisuusradiografian filmimenetelmiä käytettäessä. Tätä standardia voidaan käyttää sekä levyjen, että putkien hitsausliitoksia tarkastettaessa. (SFS-EN ISO 17636-1:2013, 2013.)

Ennen röntgentarkastusta hitsit tarkastettiin silmämääräisesti hitsin visuaalisen tarkastamisen hyväksymisrajat määrittävän ISO 17637 -standardin mukaisesti. Kansilevypaneelien plasmahitsatuille hitseille on asetettu standardin SFS-EN ISO 10675-1 tason 1 mukaiset laatuvaatimukset. Kyseinen standardi määrittelee hyväksymisrajat teräksen lisäksi myös titaanin ja niiden seosten päittäishitsien hitsausvirheille röntgentarkastusmenetelmää käytettäessä. Hyväksymisrajoista sovittaessa voidaan tätä standardia käyttää tarvittaessa myös muiden hitsilajien tai materiaalin tarkastuksissa. Tämä laatustandardi jaotellaan kolmeen eri tasoon, joista käytetty 1. taso on vaatimuksiltaan tiukoin. (SFS-EN ISO 10675-1:2021, 2021.) Alla kuvat hitseistä 1 (kuva 25.) ja 2 (kuva 26.) kuvatuista röntgenfilmeistä, joista ei havaittu tarkastuksen yhteydessä mitään perusteita hylkäämiselle.



Kuva 25.



Kuva 26.

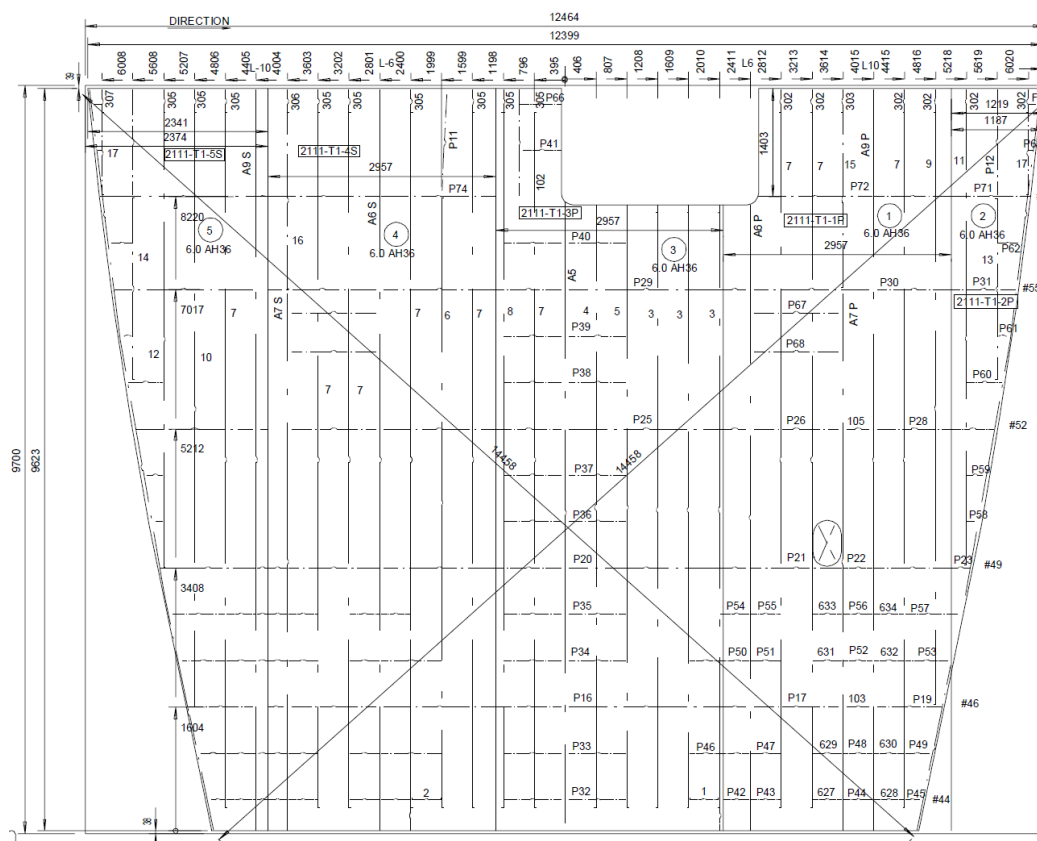
Taulukko 1. Tarkastetussa hitsissä käytetyt hitsausparametrit

<u>Levy</u>	<u>Teräs AH 36, s = 4,5 mm, I-railo</u>
Plasmakaasu	Argon 100 %, 4,2 l/min, 3,5 bar
Plasman suojakaasu	Argon 100 %, 12 l/min, 3,5 bar
Lisäainelanka	d = 1 mm, 2,5 m/min
Hitsausvirta	225A
Asetettu hitsausnopeus	230 mm/min
Elektrodi	d = 4 mm, kulma 40°
Plasmasuutin	3,2 mm
Poltinkorkeus levyn pinnasta	5,0-5,5 mm
Pilottivirta	20A
Pilottikaasu	4 l/min
Loppuviive	1500 ms
Alkuviive	1000 ms
Hitsausjännite	22.3 V
Pilottijännite (5 mm korkeus)	1.6 V

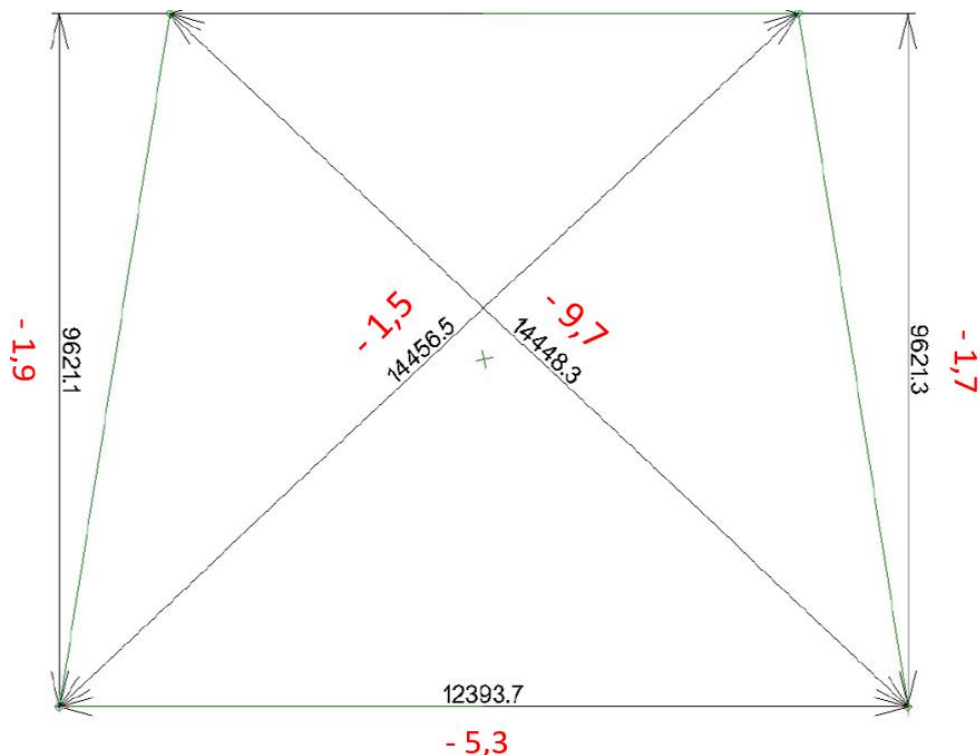
Kansilevypaneelien hitsit täyttivät kaikki laatustandardin 1. tason hyväksymisrajojen vaatimukset, joten röntgentarkastuksen perusteella hitsit hyväksyttiin ilman tarvetta korjaustoimenpiteille. ISO 10675-1 –standardin mukaiset hyväksymisrajat ovat yksityiskohtaisesti esillä liitteessä 1. Näin ollen voidaan todeta, että tasolohkolinjastoon asennettu plasmahitsauslaitteisto soveltuu erityisohuen kansilevymateriaalin päittäishitsaamiseen hitsin laadun osalta. 4,5 mm vahvuista levyä voidaan hitsata taulukossa näkyvillä hitsausarvoilla, sillä hitsi täyttää sille asetetut visuaaliset vaatimukset ja hitsin kokonaisvaltainen laatu on todistettu röntgentarkastuksien avulla.

6.2 Paneelinleikkausaseman mittatarkkuus ja laatu

Ennen paneelinleikkausasemaan tehtyjä uudistuksia, oli leikkauskoneella leikattujen levypaneelien mittatarkkuus hyväksyttävissä rajoissa kaikkien mittojen osalta, toleranssin ollessa noin 1,0–2,0 mm. Paneelinleikkausasemaa modernisoitiin laajasti ja uusien laitteiden käyttöönottoaiheessa mittatarkkuuden osalta oli paljon parannettavaa. Alla olevassa kuvassa näkyy ensimmäisen referenssilevypaneelin nesti (kuva 27.), josta selviää paneelin suunnitellut mitat. Seuraavalla sivulla näkyy ulkopuolisen yrityksen lasermittausten perusteella tehty mittauspöytäkirja, josta selviää paneelin todelliset mitat polttoleikkauksen jälkeen (kuva 28.).



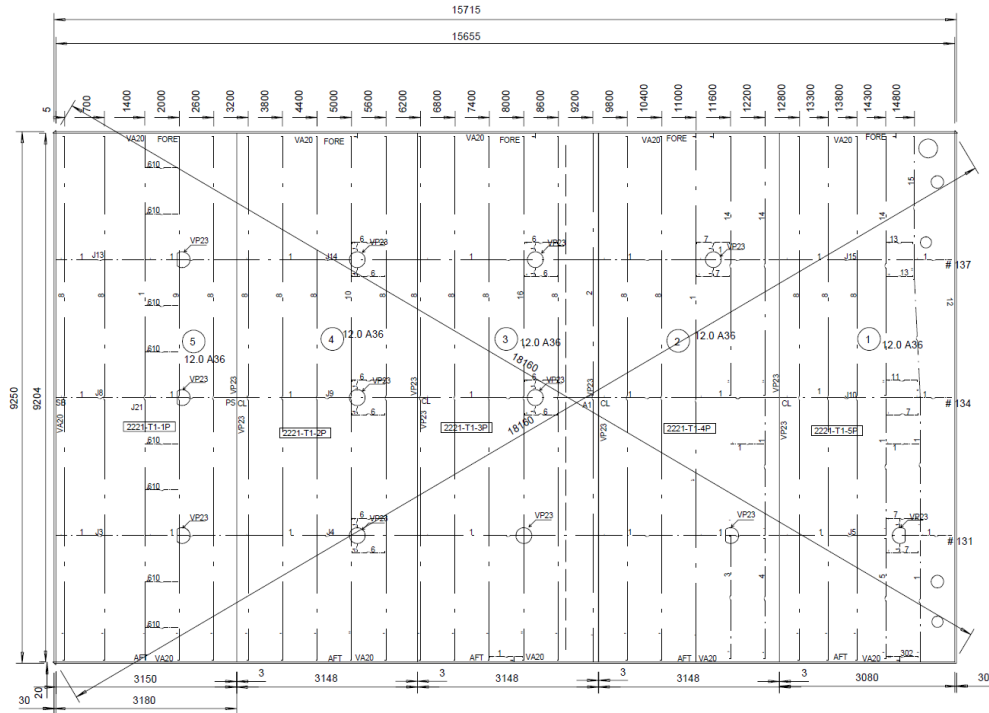
Kuva 27.



Kuva 28.

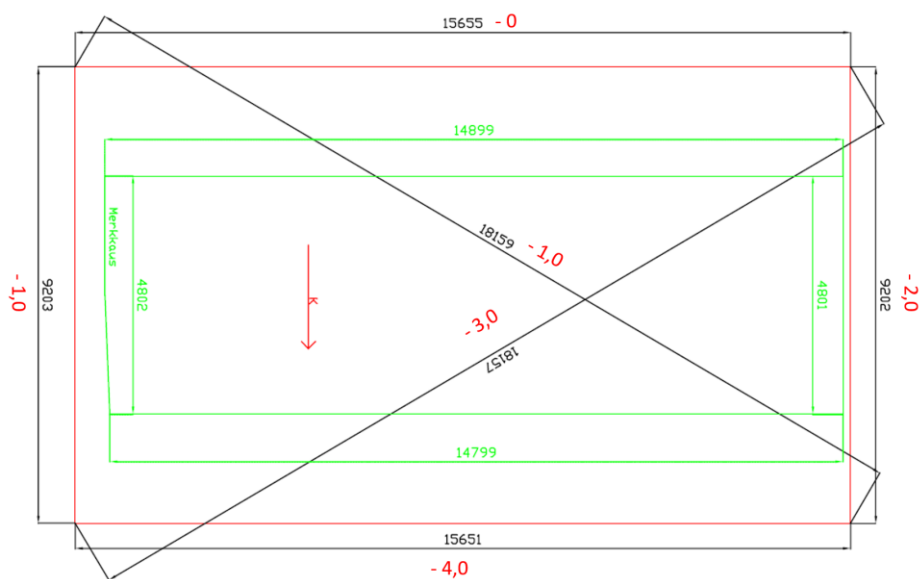
Mittauspöytäkirjaan ilmoitettujen mittojen perusteella voidaan todeta, että molempien sivujen mitat sekä toinen ristimita ovat sallitun noin 1,0–2,0 mm toleranssin sisällä. Leveän sivun mitassa on kuitenkin toleranssirajan yli kaksinkertaisesti ylittävä heitto, ja toisessa ristimitassa jopa lähes viisinkertaisesti toleranssin ylittävä heitto. Näin suuri heitto mittojen välillä selittyi, kun aseman sillan havaittiin olevan vinossa sen kiskoisiin nähden.

Paneelinleikkausaseman silta pyrittiin kohdistamaan kiskoisiin nähden suoraan ja järjestelmän sekä ohjelmien toimivuus varmistettiin mahdollisimman tarkasti. Asemalla leikattujen kansilevypaneelien mittoja seurattiin tarkasti koko tämän opinnäytetyön kirjoittamisen ajan. Paneelinleikkausaseman mittatarkkuus parani vähitellen ja tehdyistä mittapöytäkirjoista saatiin selville, minkälaisia säätöjä aseman toimintaan tulee tehdä, jotta mittatoleranssin rajojen sisälle voitaisiin päästä. Seuraavalla sivulla kuvanestistä, jonka mittoja tarkasteltiin asemalle tehtyjen säätöjen jälkeen (kuva 29.).



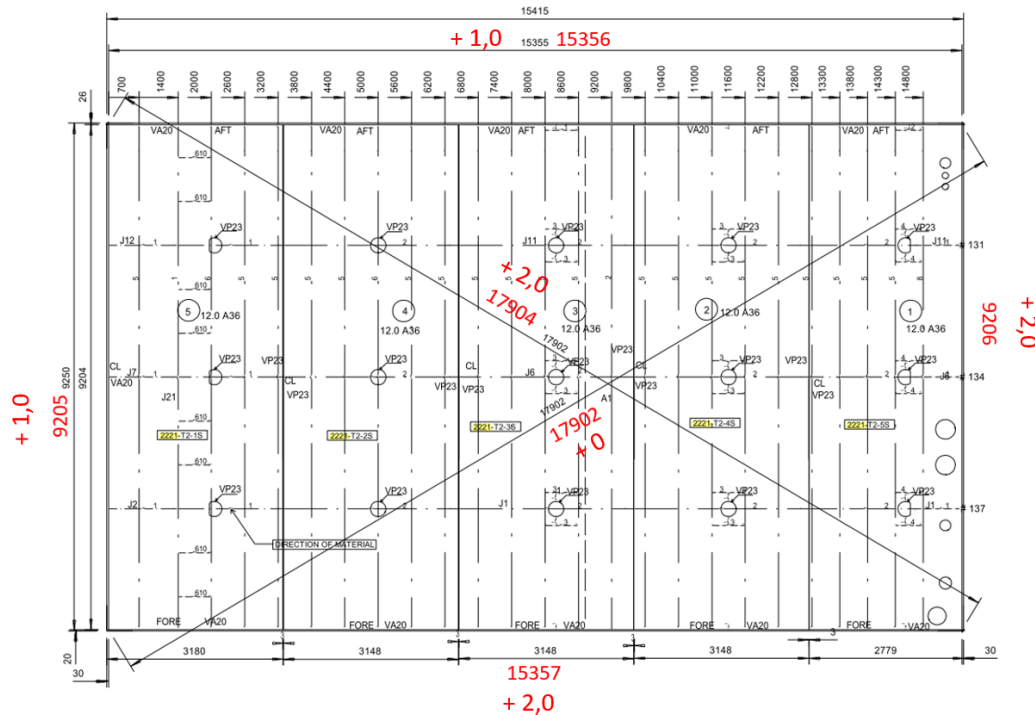
Kuva 29.

Alla olevan mittauspöytäkirjan (kuva 30.) mittojen perusteella voidaan todeta, että paneelinleikkausarasteen mittatarkkuutta saatiin parannettua huomattavasti tehtyjen säätöjen avulla. Toinen pitkä sivu oli juuri suunnitellun mittainen ja toisessa heittoa 4 mm. Ristimitoissa heitto alkuperäisiin mittoihin verrattuna oli maksimissaan 3 mm ja lyhyemmillä sivuilla 2 mm.



Kuva 30.

Modernisoitujen ja uusittujen laitteiden testaamisen yhteydessä paneelit mitattiin lasermittauslaitteella, mutta normaalin tuotannon aikana laitteen operaattori hoitaa mitaamisen perinteistä mittanauhaa käyttäen. Lasermittauksilla saatiin osoitettua laitteiden säädön riittävä tarkkuus, joten tällä hetkellä voidaan paneelien mitat jälleen tarkastaa perinteisin mittausten menetelmin. Alla olevaan nestiin (kuva 31.) on merkitty operaattorin itse mittaamat mitat, joiden perusteella voidaan todeta aseman mittatarkkuuden olevan hyväksyttävissä rajoissa varsinaista tuotantoa varten.



Kuva 31.

Vaikka perinteisellä mittanauhalla mitattaessa mittavirheiden mahdollisuus on suurempi, voidaan modernisoidun paneelinleikkaukseen mittatarkkuuden todeta käyttöönottohetkellä ja nykyhetkellä verrattaessa parantuneen paikoitellen useilla millimetreillä. Näin ollen modernisoitu paneelinleikkaukseen saatiin toimimaan samalla tarkkuudella kuin ennen uudistuksia, joten mittaustuloksia tarkasteltaessa voidaan aseman modernisoinnin todeta onnistuneen mittatarkkuuden osalta. Myös uudistetun paneelinleikkaukseen työnjälkeen voidaan olla tyytyväisiä niiltä osin kuin se riippuu itse laitteistosta. Polttoleikkauksohjelmat tulevat ulkoiselta suunnittelijalta ja niiden laadussa on toistaiseksi ollut parannettavaa. Ohjelmien ja suunnittelun kehittäminen on

otettu vakavasti työn alle yhteistyönä suunnittelutoimiston kanssa, jotta paneelinleikkausasema saadaan toimimaan kaikin puolin modernisoitujen laitteiden mahdollistamalla laadulla, varmuudella ja tehokkuudella.

Lisäksi leikkausaseman uudessa käyttöjärjestelmässä on vielä toistaiseksi tietynlaisia merkkauk- ja polttoleikkausprosessin aikana ilmeneviä epäkohtia ja puutteita, joista opitaan koko ajan lisää ja joita pyritään korjaamaan sitä mukaa kun niitä ilmaantuu. Kun kaikki modernisoidusta paneelinleikkausasemasta riippumattomat puutteet saadaan lopullisesti korjattua ja käyttöjärjestelmä kehitettyä toimimaan kaikilla sen mahdollistamilla ominaisuuksilla, voidaan aseman modernisoinnin todeta onnistuneen käytännössä jokaisella osa-alueella.

6.2.1 Mittausprosessin kehitysehdotus

Opinnäytetyön edetessä käytiin keskustelua mahdollisista linjastoon liittyvistä kehitysehdotuksista muun muassa osavalmistuksen työjohtoportaan kanssa. Pohdinnan tuloksena tuli esiin ajatus paneelinleikkausasemaan asennettavasta lasermittauslaitteesta. Käytännöllisimmäksi vaihtoehdoksi todettiin polttoleikkaukslaitteiston yhteyteen asennettava kiinteä lasermittauslaite, joka liikkuisi aseman sillan mukana. Mittauslaitteelle voitaisiin osoittaa levypaneelin kulmapisteet tai muut kiintopisteet ja tärkeät tiedot, joiden mukaan laite mittaisi kaikki paneelin oleelliset mitat ja korvaisi käsin mittanauhalla tehtävät mittaukset.

Näin paneelinleikkausprosessista saataisiin karsittua taas yksi käsityötä vaativa vaihe pois ja samalla mittatarkkuus tarkentuisi entisestään. Mittanauhaa on käytetty paneelien mittaamiseen aina ja tällä tavoin saadut mitat ovat olleet hyväksyttäviä. Mittausmenetelmänä tämä on kuitenkin vanhanaikainen ja altis mittavirheille, joten lasermittauslaitteen avulla olisi mahdollista kehittää työvaihetta monien tekijöiden kannalta. Lasermittauslaitteiden valintaan, hankintaan tai toteutukseen ei tässä työssä paneuduta tämän enempää, mutta asiaan liittyen voidaan tehdä jatkotutkimuksia, mikäli toimeksiantajayritys näin kokee.

6.3 Hitsauksen prosessiajat

Yhdeltä puolen hitsausaseman plasmahitsauskoneen toiminta-alueeksi on asetettu 4-6 mm ja jauhekaarhitsauskoneella laadukas hitsaaminen on mahdollista 5,5 mm ainevahvuudesta ylöspäin. Jauhekaarhitsausprosessiin kuuluu itse kaariajan lisäksi huomattavasti aikaa erinäisiin oheistöihin, joista kerrotaan tarkemmin opinnäytetyön kappaleessa 4.3. Plasmahitsausprosessi ei sisällä juurikaan muita oheistöitä hitsaamisen lisäksi, mutta itse kaariaika on pidempi kuin jauhekaarhitsauksessa. Alla olevaan taulukkoon (taulukko 2.) on kerätty molempien hitsausprosessien tiedot ja vertailtu prosesseihin kuluvia aikoja niiden perusteella sellaisen materiaalin kohdalla, jota on käytännössä mahdollista hitsata kummalla menetelmällä tahansa.

Taulukko 2. Yhdeltä puolen hitsausaseman prosessiaikojen vertailu eri hitsausmenetelmillä

		<u>Jauhekaari</u>	<u>Plasma</u>
Ainevahvuus	mm	5,5	5,5
Hitsin pituus	mm	12 000	12 000
Hitsien määrä	kpl	1	1
Hitsauspäiden määrä	kpl	1	1
Hitsausnopeus	mm/min	510	247
Kaariaika	min	23,5	48,6
Asetus ja oheistyöt	min	n. 30	n. 10
<u>Kokonaisaika</u>	<u>min</u>	<u>n. 53,5</u>	<u>n. 58,6</u>
Ero kokonaisajassa = n. 5 min			

Yllä olevaan taulukkoon laskettuja prosessiaikoja tarkastelemalla voidaan todeta, että jauhekaarhitsausta käytettäessä on kaariaika lähes puolet lyhyempi verrattuna plasmahitsaukseen. Jauhekaarhitsaukseen liittyvät oheistyöt kuitenkin vievät noin kolminkertaisesti enemmän aikaa plasmahitsaukseen verrattuna. Näin ollen näitä eri hitsausmenetelmiä käyttäen suoritettaviin hitsausprosesseihin kuluvat kokonaisajat eroavat toisistaan vain noin viisi minuuttia jauhekaarimenetelmän eduksi.

Palkituskoneen kaikki neljä hitsauskonetta vaihdettiin uusiin käytännössä vastaavanlaisiin laitteisiin vanhojen koneiden tarkkuuden ja toimintavarmuuden heikkenemisen vuoksi. Tämän modernisoinnin tavoitteeksi ei asetettu varsinaisesti kaari- tai läpimeinoajan lyhentymistä, vaan prosessin nopeutuminen tapahtui uudistuksien yhteydessä niin sanottuna positiivisena lisävaikutuksena. Alla olevaan taulukkoon (taulukko 3.) on kerätty vanhoilla sekä uusilla hitsauslaitteilla suoritettujen prosessien tiedot ja vertailtu prosesseihin kuluvia aikoja niiden perusteella.

Taulukko 3. Palkitusaseman kaariajan vertailu uusien ja vanhojen hitsauskoneiden välillä

		<u>Vanha MAG</u>	<u>Uusi MAG</u>
Hitsin A-mitta	mm	4	4
Hitsin pituus	mm	12 000	12 000
Hitsien määrä	kpl	2	2
Hitsauspäiden määrä	kpl	4	4
Hitsausnopeus	mm/min	570	730
<u>Kaariaika</u>	<u>min</u>	<u>10,5</u>	<u>8,2</u>
Kaariajan lyheneminen = n. 22 %			

Palkitusaseman modernisointiprojektiin ei kuulunut mitään muutoksia, jotka olisivat merkittävästi vaikuttaneet aseman oheistöihin kuluviin aikoihin. Kaariajan muutos vanhoja ja uusia hitsauskoneita verrattaessa on kuitenkin merkittävä. Neljää hitsauspäätä käytettäessä aloitetaan hitsaaminen keskeltä ja edetään kohti bulbien päätyjä, hitsaten bulbin kummaltakin puolelta samanaikaisesti. Joissakin tapauksissa käytetään ainoastaan kahta hitsauspäätä, jolloin hitsaus suoritetaan bulbin päästä päähän. Tällöin myös kaariaika pitenee noin kaksinkertaisesti, mutta käytettävien hitsauspäiden määrästä huolimatta on kaariaika lyhentynyt noin 22 %.

6.4 Kyselyn vastauksien analysointi ja linjaus

Opinnäytetyöhön kuuluvan kyselyn avulla pyrittiin keräämään tasolohkolinjaston parissa työskenteleviltä henkilöiltä kokemuksia muun muassa modernisointiprojektin kulusta, sen tuomista vaikutuksista päivittäiseen työntekoon, uusien laitteiden käyttöön saadun koulutuksen laadusta ja riittävydestä, uusien järjestelmien käytännöllisyydestä sekä teknisen laadun ja linjaston työturvallisuuden kehittymisestä. Kyselyn lopussa haastateltavilta kysyttiin heidän omaa näkemystään modernisointiprojektille asetetuista tavoitteista ja kuinka hyvin tavoitteisiin heidän mielestään päästiin. Kyselyyn osallistui kolme yhdeltä puolen hitsausaseman operaattoria, yksi paneelinleikkausaseman operaattori, yksi palkitusaseman operaattori sekä yksi työnjohtoportaan edustaja. Kyselyssä läpikäytyt väittämät ovat esillä liitteessä 2.

6.4.1 Yhdeltä puolen hitsausasema ja paneelinleikkausasema

Yhdeltä puolen hitsausaseman operaattoreilta kerätyt kokemukset uudistuksien positiivista ja negatiivisista vaikutuksista linjaston päivittäisten työtehtävien helppouteen ja työmyönteisyyteen olivat kaksijakoiset. Jokainen oli tyytyväinen uusien hydraulikkalaitteiden toimivuuteen, ohjauspaneelien helppokäyttöisyyteen, uudistettuihin levynkuljettimiin sekä plasmahitsauslaitteen tuomiin mahdollisuuksiin. Positiivisena muutoksena oli mainittu myös aseman työturvallisuuden kehittyminen, mutta kyselyssä tuli myös ilmi, että turvalaitteiden koetaan olevan paikoitellen jopa haitaksi työnteen sujuvuudelle.

Operaattorien näkemyksen mukaan uusien levynkuljettimien hitaammalla toimintanopeudella on hyvä vaikutus aseman työturvallisuuteen, mutta niiden koettiin myös olevan jopa liian hitaat, jonka seurauksena käytännöllisyyden ja tehokkuuden koetaan kärsineen. Eräs linjaston operaattori mainitsi myös plasmahitsauslaitteiston vaatiman suuren tarkkuuden negatiiviseksi tekijäksi, sillä kokemusten mukaan aseman vanhan perusrungon epätarkkuudet ovat tulleet esiin entistä näkyvämmiin plasmahitsattaessa.

Yhdeltä puolen hitsausaseman uusien laitteiden käyttöönotto sekä niiden käyttöön saatu koulutus jakoi mielipiteitä operaattorien välillä, kaksi kolmesta operaattorista olivat erittäin tyytyväisiä, mutta yhden operaattorin mielestä etenkin koulutus oli jäänyt vajaaksi ja toivomuksien mukaan koulutusta plasmahitsauslaitteiston käytöstä pitäisi järjestää lisää. Jokaisen hitsausaseman operaattorin mielestä uusia ja uudistettuja laitteita voidaan käyttää niin kuin valmistaja tai asentaja on ilmoittanut ja myös niiden suunnitteluun ja toteutukseen ollaan tyytyväisiä. Kaksi kolmesta aseman operaattorista eivät kokeneet uusien järjestelmien käyttöä juurikaan vaivattommaksi kuin ennen, mutta eivät myöskään vaikeammaksi. Yksi aseman operaattoreista koki käytön vaivattomuuden kehittyneen selvästi positiiviseen suuntaan.

Kaksi hitsausaseman operaattoria olivat käyttäneet plasmahitsauslaitetta ohuen kansimateriaalin hitsaamiseen ja heidän mielestään laitteisto toimi testauksen aikana hyvin, mutta sen käyttö vaatii vielä harjoittelua ennen virallisen tuotannon käynnistämistä. Uudistetun laitteiston koetaan toimineen perinteisen kansimateriaalin valmistuksen aikana kohtuullisen hyvin, mutta viime aikoina tietyn vahvuista levyä jauhekaarella hitsattaessa on hitsin pintaan muodostunut epätasaisuuksia, joiden syntyminen vaatii jatkotutkimuksia. Muilta osin aseman työnjäljen ja teknisen laadun koetaan pysyneen vähintään samana kuin ennen ja joissain tilanteissa parantuneen.

Hitsausaseman ylläpito-, säätö- ja huoltotehtävien koetaan vähentyneen ja helpottuneen kaikilta osin uudistuksien myötä, jonka koetaan omalta osaltaan vaikuttaneen positiivisesti linjastolla syntyviin pullonkauloihin. Aseman työturvallisuuden kehittymiseen oltiin tyytyväisiä ja haastattelun yhteydessä sitä edesauttaviksi uudistuksiksi mainittiin uuden turvakytkimen asentaminen, levynkuljettimien hidastuminen, aseman toiseen päähän asennettu turvaportti sekä uudistettu valaistus. Turvakytkintä käytetään silloin kun operaattori menee aseman keskelle esimerkiksi harjaamaan hitsausjauhetta pois levyn päältä, jolloin kaikki linjaston toiminta halutaan keskeyttää. Kyselyssä tuli esille, että kytkin koetaan paikoitellen epäkäytännölliseksi ja sen korvaaminen valo-verhoilla olisi hyvä vaihtoehto. Kyselyssä tuli myös ilmi, että linjaston ja levyn alle mentäessä operaattorin pää saattaa kolahtaa helposti levynkuljettimien koneistoon. Tätä voisi kehittää esimerkiksi huomioteippiä tai –väriä käyttämällä.

Paneelinleikkausaseman operaattorin mukaan uudistuksilla on ollut aseman toimintaan monia positiivisia ja myös toistaiseksi negatiivisina näyttäytyneitä vaikutuksia. Päivittäisten työtehtävien tekemiseen sekä työmukavuuteen ja käytön helppouteen positiivisesti ovat vaikuttaneet uusi täysin langaton kauko-ohjain sekä uuden mustesuihkumerkkauslaitteen monipuolisuus. Myös ominaisuus, jonka avulla polton tai merkkauksen aikana on mahdollista siirtyä suoraan mihin ohjelman vaiheeseen tahansa on tuonut aseman käyttöön huomattavasti positiivisia vaikutuksia

Uudistuksien myötä paneelinleikkausasemalla ilmenneiksi negatiivisiksi vaikutuksiksi mainittiin lukuisat ongelmat poltto-ohjelmien kanssa, joiden takia laitteisto tekee usein muun muassa ylimääräisiä laitteita kuormittavia liikkeitä. Tätä asiaa pyritään koko ajan kehittämään poltto-ohjelmista vastaavan tahon toimesta. Operaattorin mielestä etenkin leikkauspään ympärille asennetut turvalaitteet häiritsevät nykyisessä muodossaan muun muassa polttimien putsaamista huomattavasti, joten niitä toivotaan muokattavan käytännöllisemmiksi. Tämän aseman kohdalla uusien laitteiden käyttöön saadun koulutuksen koetaan olleen erittäin hyvällä tasolla, mutta ohjelmistojen ja järjestelmien käyttöönotossa on ollut paljon ongelmia, joita pyritään korjaamaan vikojen tai puutteiden ilmetessä. Muun muassa näiden ongelmien takia operaattori kokee, ettei laitteita voi vielä haastatteluhetkenä käyttää kovinkaan hyvin valmistajan tai asentajan ilmoittamalla tavalla.

Näiden edellä mainittujen ongelmien ja puutteiden myötä operaattorin antamat arvot työstöohjelmien toimivuudesta sekä järjestelmän käytön vaivattomuudesta ja helppoudesta ovat alhaiset. Operaattori kuitenkin uskoo, että kaikkiin ongelmiin löydetään toimivat ratkaisut tuotannon edetessä. Itse polttoleikkauslaitteen koetaan toimineen hyvin niin ohuen materiaalin testaamisen, kuin perinteisen materiaalin tuotannon aikana. Operaattori kokee myös laitteiden tekemän työnjäljen ja tuotteen teknisen laadun parantuneen uudistuksien myötä, mutta ainakin tähän mennessä laitteiden ylläpidon, säädön ja huollon tarve on ollut suurempi kuin ennen. Pullonkaulakohtiin ei operaattorin mukaan ole tullut merkittäviä muutoksia, mutta hän arvelee niiden kehittyneen kuitenkin parempaan suuntaan.

Operaattori on pääosin tyytyväinen aseman työturvallisuuteen ja työympäristöön, mutta viereiseltä linjastolta tulevaa pölyä varten tulisi sinne hankkia pölynpoistolaite. Kuten edellä mainittiin, koetaan linjaston työturvallisuuden kehittyneen uudistuksien myötä, mutta esimerkiksi polttopään yhteyteen asennettuihin rajakytkimiin toivotaan rakenteellisia muutoksia.

6.4.2 Palkitusasema ja työnjohto

Kyselyn vastauksien perusteella voidaan todeta, että kokonaisvaltaisesti tyytyväisimpiä ollaan palkitusasemaan tehtyihin muutoksiin ja niiden vaikutuksiin. Operaattorin mielestä linjaston uudistukset ovat vaikuttaneet pääosin ainoastaan positiivisesti päivittäiseen työntekoon, työmukavuuteen ja työn helppouteen. Näitä asioita kehittäviksi tekijöiksi mainittiin laadukkaammat ja tehokkaammat hitsauskoneet, uusi täysin langaton kaukosäädin, uusien hydraulikkalaitteiden toimivuus sekä toimiva räätälöity käyttöjärjestelmä. Uuden käyttöjärjestelmän käyttöönotto koettiin ymmärrettävästi myös negatiivisena tekijänä, koska sen tehokkaan käytön oppiminen vie operaattorilta aikaa. Negatiiviseksi muutokseksi mainittiin myös valoverhojen asennuksen tuomat hidasteet, kun asemalla on totuttu työskentelemään ilman niiden kaltaisia turvalaitteita.

Palkitusaseman osalta käyttökoulutuksen koetaan olleen riittävää ja järjestelmien käyttöönoton onnistuneen ilman suuria ongelmia. Laitteiden käyttö onnistuu valmistajan ja asentajan ilmoittaman ohjeistuksen mukaisesti ja uusien järjestelmien käyttö onnistuu haastateltavan mukaan vaivattomammin ja helpommin kuin ennen uudistuksia. Palkitusaseman osalta suunnittelun ja toteutuksen väliltä koettiin löytyneen epäkohtia, joita onnistuttiin kuitenkin muokkaamaan operaattorin sekä prosessin vaatimuksien mukaisesti.

Palkitusaseman koetaan toimineen käytännössä ongelmitta ohuen materiaalin testaamisen aikana, eikä hitsauslaitteistossa ole havaittu vikoja tai puutteita myöskään perinteisen kansilevy materiaalin tuotannon aikana. Haastateltavan mukaan suurimmat ongelmat ovat olleet palkintuojan magneeteissa, joiden toiminta oli aluksi epävarmaa. Operaattorin mielestä palkitusaseman työnjälki ja tuotteen tekninen laatu ovat parantuneet sekä säätö-, ylläpito- ja huoltotoimenpiteet ovat vähentyneet tai helpottuneet.

Pullonkaulakohtia ajatellen linjasto on haastateltavan mukaan kehittynyt nopeamman läpimenoajan muodossa. Työturvallisuuden kannalta palkitusasemaan ollaan tyytyväisiä muun muassa valoverhojen asennuksen, hätä-seis-vaijerien, kulkutasojen leventämisen sekä portaiden parantamisen osalta. Operaattorin mukaan aseman työturvallisuutta voisi kehittää asentamalla lisää kameroita hitsauskoneiden yhteyteen, jotta kävelytasoilla liikkumista voisi vähentää prosessin aikana.

Työnjohdon edustaja mainitsi positiivisiksi asioiksi modernisointiin liittyen öljyvuo-
tojen vähenemisen ja palkitusaseman toimintavarmuuden kasvamisen. Yksi suuri negatiivinen tekijä on paneelinleikkausasemassa havaitut ongelmat ja puutteet. Koulutus on työnjohdon mielestä ollut tyydyttävällä tasolla, mutta ohjelmistojen ja järjestelmien käyttöönottoon sekä laitteiden suunnitteluun ja toteutukseen ei yleisesti olla oltu tyytyväisiä. Näihinkin suurena syynä on paneelinleikkausasemassa toistaiseksi ilmenneet ongelmat.

Laitteiden toimivuuteen ohuen materiaalin tuotannon testauksen aikana työjohto on tyytyväinen, mutta perinteisen materiaalin tuotannon aikana on toistaiseksi ollut parantamisen varaa. Linjaston työnjäljen sekä tuotteen teknisen laadun koetaan parantuneen uudistuksien myötä, jonka lisäksi uudistuksien koetaan helpottaneen ja vähentäneen laitteiden säätämisen tarvetta ja huoltotoimenpiteitä. Pullonkaulakohdissa ei työjohto ole juurikaan havainnut muutosta, mutta tähän mennessä tietyt laitteet ovat toimineet tavallista hitaammin johtuen erilaisista käyttöönotto-ongelmista. Hyvänä työturvallisuutta edistävänä asiana mainitaan muun muassa palkitusasemalle asennetut valoverhot.

Seuraavalla sivulla olevassa kuvassa (kuva 32.) on esillä kaikkien kyselyyn osallistuneiden näkemykset projektin tavoitteista. Tämän perusteella jokaisella haastateltavalla on oikeanlainen käsitys siitä, minkä takia modernisointiprojekti ja siihen kuuluneet muutokset ja uudistukset toteutettiin koko linjaston osalta. Kyselyn yhteydessä tuli esille myös osittain täysin uusia näkemyksiä. Seuraavalla sivulla olevassa kuviossa (kuvio 2.) on esillä vastanneiden näkemys siitä, miten hyvin modernisointiprojektissa ollaan toistaiseksi heidän mielestään päästy sille asetettuihin tavoitteisiin.

Mitkä olivat näkemyksesi mukaan modernisointiprojektin tavoitteet koko linjaston osalta?

6 vastausta

Pakko tehdä, koneiden käyttöikä tuli vastaan ja käyttövarmuus heikkeni. Yhdeltä puolen aseman plasmahitsauslaite hankittiin ohuen materiaalin kansien hitsaamista varten.

Tulevaisuutta ajatellen, koneiden pitää toimia jotta laivoja voidaan rakentaa. Plasmahitsauslaitteisto asennettu ohuen materiaalin päittäishitsauksen mahdollistamiseksi.

Ohuet kannet ja nopeampi läpimeno.

Vanhoja koneita jouduttiin kokoajan korjaamaan. Ikä tuli vastaan, käyttövarmuus heikkeni. Plasmahitsaus asennettiin ohuen materiaalin takia.

Parannetaan turvallisuutta, käyttövarmuuden (korkea käyttöikä), plasmahitsauslaitteisto laajensi tuotantomahdollisuuksia. Jumbolla työympäristölle ystävällinen merkkuslaite.

ohuen materiaalin valmistus onnistuu, tehokkuuden lisääntyminen, käyttövarmuuden heikkeneminen, käyttöikä tuli vastaan.

Kuva 32.



Kuvio 2. Kyselyyn osallistuneiden näkemyksien mukaan projektissa päästiin tavoitteisiin pääosin hyvällä tasolla

Tässä opinnäytetyössä käytettyä kyselypohjaa on mahdollista käyttää uudestaan tietyn ajan kuluttua, kun modernisointiprojektissa käyttöönotettuihin uudistuksiin ollaan totuttu ja kaikki käyttöönoton ongelmat on ratkaistu. Näin olisi mahdollista saada aikaiseksi vielä laajempi kartoitus modernisointiprojektin onnistumisesta eri osa-alueiden kannalta linjaston parissa työskentelevien henkilöiden näkemyksien mukaisesti.

7 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä käytiin yksityiskohtaisesti läpi telakan tasolohkolinjastolla tapahtuvan kansilevypaneelituotannon prosessivaiheet sekä kerrottiin linjaston toimintaan liittyvien valmistusmenetelmien perusteet erilaisia lähteitä apuna käyttäen. Opinnäytetyöhön dokumentoitiin kaikki tasolohkolinjaston modernisointiprojektiin kuuluneet merkittävät uudistukset ja selvitettiin niiden onnistumista sekä todellisia vaikutuksia valittujen mittarien ja erilaisten tutkimuksien avulla.

Opinnäytetyössä tehtyjen tutkimusten ja johtopäätösten perusteella voidaan modernisointiprojektin todeta tuoneen tasolohkolinjaston toimintaan sellaisia uusia mahdollisuuksia ja vaikutuksia, joiden tavoittelemiseksi projekti alun perin käynnistettiin. Plasumahitsaus on todistetusti osoittautunut toimivaksi menetelmäksi uudenlaisen ohuen kansilevypaneelin päittäishitsaukseen ja vuosien varrella paneelinleikkausasemaan tulleet toimintavarmuutta heikentäneet tekijät on saatu kunnostettua niin, että alun vaikeuksien jälkeen muun muassa aseman mittatarkkuus sekä polttoleikkauksen laatu ovat hyvällä tasolla. Projektin aikana palkitusasemaan tehdyt muutokset ovat osoittautuneet toimiviksi ja ne ovat kehittäneet palkitusprosessia muun muassa yksityiskohtaisemmin säädettäväksi, joka omalta osaltaan mahdollistaa eri vahvuisten kansilevypaneelien laadukkaan tuotannon nykyhetkenä ja tulevaisuudessa.

Modernisointiprojektin yhteydessä päivitetyt ohjauspaneelit ja muut käyttökokemukseen vaikuttavat tekijät ovat kyselyn vastauksien perusteella todistetusti vaikuttaneet positiivisesti päivittäisten työtehtävien tekoon. Nykyaikaisen ja kehittyvän yrityksen on otettava myös työturvallisuuteen liittyvät asiat vakavasti, joten tämän modernisointiprojektin yhteydessä linjaston työturvallisuutta edistävien laitteiden käyttöönotto oli looginen ja tärkeä valinta. Operaattorien työpisteisiin tehtyihin muutoksiin ja niihin kuuluviin uusiin ominaisuuksiin tottuminen ottaa jokaiselta oman aikansa, mutta linjaston parissa työskentelevien mielestä linjaston tulevaisuuden näkymät ovat pääasiassa positiivisia. Tavoiteltujen muutoksien lisäksi modernisointiprojekti toi mukanaan positiivisia lisävaikutuksia, kuten palkitusaseman prosessiajan lyheneminen. Myös tällaisiin tuotantoa tehostaviin vaikutuksiin voidaan aina olla tyytyväisiä.

LÄHTEET

- ESAB. (2022). ESAB:n osaamiskeskus: Jauhekaarihitsaus. Haettu 28.1.2022 osoitteesta <https://www.esab.fi/fi/fi/education/blog/jauhekaarihitsaus.cfm>
- ESAB. (2022). ESAB:n osaamiskeskus: MIG/MAG-hitsaus. Haettu 1.2.2022 osoitteesta <https://www.esab.fi/fi/fi/education/blog/mig-mag-hitsaus.cfm>
- ESAB. (2022). ESAB:n osaamiskeskus: Plasmahitsaus. Haettu 28.1.2022 osoitteesta <https://www.esab.fi/fi/fi/education/blog/plasmahitsaus.cfm>
- Ihalainen, E., Aaltonen, K., Aromäki, M. & Sihvonen, P. (1985). Valmistustekniikka (14. painos). Yliopistokustannus, HYY Yhtymä.
- Ionix. (n.d.) Kaarihitsaus: MIG/MAG-hitsaus. Haettu 1.2.2022 osoitteesta <https://www.ionix.fi/teknologiat/kaarihitsaus/migmag-hitsaus/>
- Ionix. (n.d.). Teknologiat: Plasmatyöstö: Plasmahitsaus. Haettu 28.1.2022 osoitteesta <https://www.ionix.fi/teknologiat/plasmatyosto/plasmahitsaus/>
- Itävuori, A. (2012). Lohkovalmistuksen läpimenoaikojen tarkastelu ja kehittäminen työntutkimuksen avulla [diplomityö, Lappeenrannan teknillinen yliopisto]. LUTPub. <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2015123125425>
- Jeffus, L. (2012). Welding: Principles and Applications. Seventh edition. DELMAR, Cengage Learning.
- Keyence. (2022). Inkjet printer types. Haettu 17.3.2022 osoitteesta <https://www.keyence.com/ss/products/marketing/inkjet/structure/method.jsp>
- Lukkari, J. (1986). Jauhekaarihitsaus. Metalliteollisuuden Kustannus.
- Mannermaa, M. (2016). Lohkorakentamisen työedellytysten puutteet ja niiden kehittäminen telakalla [AMK-opinnäytetyö, Turun ammattikorkeakoulu]. Theseus. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2016052610068>
- Markem-Imaje. (n.d.). Printer Markem Imaje 9030 – Book for service engineers. <https://www.manualslib.com/manual/1280977/Markem-Imaje-9020.html?page=1#manual>
- Näpäri, L. (12.4.2017). Haastattelun lajityypit. Spoken. <https://spoken.fi/2180/>
- Puolustusvoimat. (27.12.2016). Ruotuväki: Laivue 2020 –hanke otti askeleen eteenpäin. Haettu 7.4.2022 osoitteesta <https://ruotuvaki.fi/-/laivue-2020-hanke-otti-askeleen-eteenpain>
- Perkiö, L. & Laine, K. (2014). Tutkimusviestintä – Osa I, Tutkimusmenetelmät. Satakunnan ammattikorkeakoulu. <https://moodle.samk.fi/>

RMC. (13.10.2021). RMC valmistautuu jo Laivue 2020 –alusten rakentamiseen – uuden monitoimihallin rakennustyöt käyntiin marraskuussa. Haettu 4.4.2022 osoitteesta <https://rmcfinland.fi/fi/rmc-valmistautuu-jo-laivue-2020-alusten-rakentamiseen-uuden-monitoimihallin-rakennustyot-kayntiin-marraskuussa/>

RMC. (14.4.2021). TT-Linen kahden uuden matkustaja-autolautan kauppa vahvistaa RMC:n tilauskantaa merkittävästi. Haettu 27.1.2022 osoitteesta <https://rmcfinland.fi/fi/tt-linen-kahden-uuden-matkustaja-autolautan-kauppa-vahvistaa-rmcn-tilauskantaa-merkittavasti/>

RMC. (2022). Sisäiset tiedostot.

RMC. (n.d.). Yrityksestä: Rauman telakka. Haettu 27.1.2022 osoitteesta <https://rmcfinland.fi/fi/yrityksesta/rauman-telakka/>

Rytkönen, S. (2016). Materiaalien jäljitettävyys konepajassa – Lapinlahden Koneistus Oy [AMK-opinnäytetyö, Savonia-ammattikorkeakoulu]. Theseus. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2016102215332>

Räisänen, P. (2000). Laivatekniikka – Modernin laivanrakennuksen käsikirja (2. painos). Gummerus kirjapaino.

SFS EN ISO 10675-1:2021, Hitsien rikkomaton aineenkoetus. Radiografisen kuvauksen hyväksymisrajat. Osa 1: Teräs, nikkeli, titaani ja niiden seokset.

SFS-EN ISO 17636-1:2013, Non-destructive testing of welds – Radiographic testing – Part 1: X- and gamma-ray techniques with film.

Sintonen, T. (2018). Hitsaajien arvoa lisäävän työskentelyn kasvattaminen [AMK-opinnäytetyö, Turun ammattikorkeakoulu]. Theseus. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2018121120969>

SSAB. (2022). Polttoleikkaus. Haettu 1.2.2022 osoitteesta <https://www.ssab.com/fi-fi/services/processing-services/flame-cutting>

SurveyMonkey. (2022). Kyselyn arviointiasteikot: numeroidut listat vai sanalistat. Haettu 20.4.2022 osoitteesta <https://fi.surveymonkey.com/mp/presenting-your-rating-scales-numbered-versus-worded-lists/>

Tallink. (2022). MyStar. Haettu 17.3.2022 osoitteesta <https://fi.tallink.com/mystar>

Teräslevyjen terminen leikkaus. (1985). Tekninen tiedotus 9/85. Meriteollisuuden kustannus.

LIITE 1

Nro	Sisäisten virheiden tyyppi standardin ISO 6520-1 mukaan	Hyväksymisraja 3 ^a	Hyväksymisraja 2 ^a	Hyväksymisraja 1
1	Halkeamat (100)	Ei sallita	Ei sallita	Ei sallita
2a	Huokoisuus ja huokokset (2012, 2011) Yksi palkokerros	$A \leq 2,5 \%$ $d \leq 0,4s$, max. 5 mm $L = 100$ mm	$A \leq 1,5 \%$ $d \leq 0,3s$, max. 4 mm $L = 100$ mm	$A \leq 1 \%$ $d \leq 0,2s$, max. 3 mm $L = 100$ mm
2b	Huokoisuus ja huokokset (2012, 2011) Monipalkokerros	$A \leq 5 \%$ $d \leq 0,4s$, max. 5 mm $L = 100$ mm	$A \leq 3 \%$ $d \leq 0,3s$, max. 4 mm $L = 100$ mm	$A \leq 2 \%$ $d \leq 0,2s$, max. 3 mm $L = 100$ mm
3 ^b	Huokosryhmä (2013)	$d_A \leq w_p$, max. 25 mm $d \leq 0,4s$, max. 5 mm	$d_A \leq w_p$, max. 20 mm $d \leq 0,3s$, max. 4 mm	$d_A \leq w_p/2$, max. 15 mm $d \leq 0,2s$, max. 3 mm
4 ^c	Huokosjono (2014)	$l \leq s$, max. 75 mm $d \leq 0,4s$, max. 4 mm $L = 100$ mm	$l \leq s$, max. 50 mm $d \leq 0,3s$, max. 3 mm $L = 100$ mm	$l \leq s$, max. 25 mm $d \leq 0,2s$, max. 2 mm $L = 100$ mm
5 ^d	Pitkänomainen huokonen (2015) ja madonreikähuokonen (2016)	$h < 0,4s$, max. 4 mm $\sum l \leq s$, max. 75 mm $L = 100$ mm	$h < 0,3s$, max. 3 mm $\sum l \leq s$, max. 50 mm $L = 100$ mm	$h < 0,2s$, max. 2 mm $\sum l \leq s$, max. 25 mm $L = 100$ mm
6 ^e	Kutistumisolento (202) (muut kuin imuontelot)	$h < 0,4s$, max. 4 mm $l \leq 25$ mm	Ei sallita	Ei sallita
7	Imuontelo (2024)	$h \leq 0,2t$, max. 2 mm $l \leq 0,2t$, max. 2 mm	Ei sallita	Ei sallita
8 ^d	Kuonasulkeuma (301), juoksutesulkeuma (302) ja oksidisulkeuma (303)	$h < 0,4s$, max. 4 mm $\sum l \leq s$, max. 75 mm $L = 100$ mm	$h < 0,3s$, max. 3 mm $\sum l \leq s$, max. 50 mm $L = 100$ mm	$h < 0,2s$, max. 2 mm $\sum l \leq s$, max. 25 mm $L = 100$ mm
9	Metallisulkeumat (304) (muut kuin kupari)	$l \leq 0,4s$, max. 4 mm	$l \leq 0,3s$, max. 3 mm	$l \leq 0,2s$, max. 2 mm
10	Kuparisulkeumat (3042)	Ei sallita	Ei sallita	Ei sallita
11 ^e	Liitosvirhe (401)	Ei pintaan ulottuvia $l \leq 0,4s$, max. 4 mm Sallitaan paikallisesti, ei pintaan ulottuvia $\sum l \leq 25$ mm, $L = 100$ mm	Ei sallita	Ei sallita
12 ^e	Vajaa hitsautumissyvyys (402)	$\sum l \leq 25$ mm, $L = 100$ mm	Ei sallita	Ei sallita

(SFS-EN ISO 10675-1:2021, 2021)

Nro	Pintavirheiden tyyppi standardin ISO 6520-1 mukaan	Hyväksymisraja 3 ^a	Hyväksymisraja 2 ^a	Hyväksymisraja 1
13	Kraatterihalkeama (104)	Ei sallita	Ei sallita	Ei sallita
14a	Reunahaava, jatkuva ja paikallinen (5011,5012) $t > 3$ mm	Juoheva liittyminen vaaditaan $h \leq 0,2t$, max. 1 mm	Juoheva liittyminen vaaditaan $h \leq 0,1t$, max. 0,5 mm	Juoheva liittyminen vaaditaan $h \leq 0,05t$, max. 0,5 mm
14b ^b	Reunahaava, jatkuva ja paikallinen (5011,5012) $0,5$ mm $\leq t \leq 3$ mm	Juoheva liittyminen vaaditaan $l \leq 25$ mm, $h \leq 0,2t$	Juoheva liittyminen vaaditaan $l \leq 25$ mm, $h \leq 0,1t$	Juoheva liittyminen vaaditaan Ei sallita
15a ^b	Juurenpuoleinen reunahaava (5013) $t > 3$ mm	Juoheva liittyminen vaaditaan $l \leq 25$ mm, $h \leq 0,2t$, max. 2 mm	Juoheva liittyminen vaaditaan $l \leq 25$ mm, $h \leq 0,1t$, max. 1 mm	Juoheva liittyminen vaaditaan $l \leq 25$ mm, $h \leq 0,05t$, max. 0,5 mm
15b ^b	Juurenpuoleinen reunahaava (5013) $0,5$ mm $\leq t \leq 3$ mm	Juoheva liittyminen vaaditaan $h \leq 0,2$ mm + $0,1t$	Juoheva liittyminen vaaditaan $l \leq 25$ mm, $h \leq 0,1t$	Juoheva liittyminen vaaditaan Ei sallita
16a	Korkea juurikupu (504) $0,5$ mm $\leq t \leq 3$ mm	$h \leq 1$ mm + $0,6b$	$h \leq 1$ mm + $0,3b$	$h \leq 1$ mm + $0,1b$
16b	Korkea juurikupu (504) $t > 3$ mm	$h \leq 1$ mm + $1,0b$, max. 5 mm	$h \leq 1$ mm + $0,6b$, max. 4 mm	$h \leq 1$ mm + $0,2b$, max. 3 mm
17	Sytytysjälki (601)	Sallitaan, ellei vaikuta perusaineen ominaisuuksiin	Ei sallita	Ei sallita
18	Roiskeet (602)	Hyväksyminen riippuu sovellutuksesta, esim. materiaalista, korroosionsuojauksesta		
19a ^b	Vajaa juuri (515) $0,5$ mm $\leq s \leq 3$ mm	$h \leq 0,2$ mm + $0,1t$	$l \leq 25$ mm, $h \leq 0,1t$	Ei sallita
19b ^b	Vajaa juuri (515) $s > 3$ mm	$l \leq 25$ mm, $h \leq 0,2t$, max. 2 mm	$l \leq 25$ mm, $h \leq 0,1t$, max. 1 mm	$l \leq 25$ mm, $h \leq 0,05t$, max. 0,5 mm
20	Uudelleenaloitusvirhe (517) $s \geq 0,5$ mm	Sallitaan Raja-arvo riippuu hitsausvirheestä (ks. standardi ISO 5817)	Ei sallita	Ei sallita
21a ^b	Vajonnut hitsi (509) Vajaa kupu (511) $0,5$ mm $\leq s \leq 3$ mm	$l \leq 25$ mm, $h \leq 0,25t$	$l \leq 25$ mm, $h \leq 0,1t$	Ei sallita
21b ^b	Vajonnut hitsi (509) Vajaa kupu (511) $s > 3$ mm	$l \leq 25$ mm, $h \leq 0,25t$, max. 2 mm	$l \leq 25$ mm, $h \leq 0,1t$, max. 1 mm	$l \leq 25$ mm, $h \leq 0,05t$, max. 0,5 mm
22a	Tasomainen sovitusrvirhe (507) $0,5$ mm $\leq s \leq 3$ mm	$h \leq 0,2$ mm + $0,25t$	$h \leq 0,2$ mm + $0,15t$	$h \leq 0,2$ mm + $0,1t$
22b	Tasomainen sovitusrvirhe, pituussuuntaiset hitsit (507) $s > 3$ mm	$h \leq 0,25t$, max. 5 mm	$h \leq 0,15t$, max. 4 mm	$h \leq 0,1t$, max. 3 mm
22c	Tasomainen sovitusrvirhe, kehähitsit (507) $s \geq 0,5$ mm	$h \leq 0,5 t$, max. 4 mm	$h \leq 0,5 t$, max. 3 mm	$h \leq 0,5 t$, max. 2 mm

(SFS-EN ISO 10675-1:2021, 2021)

Päivittäinen työnteko

Linjaston uudistukset ovat vaikuttaneet positiivisesti päivittäisten työtehtävien tekoon

0 1 2 3 4 5

Täysin eri mieltä Täysin samaa mieltä

Linjaston uudistukset ovat vaikuttaneet positiivisesti työmukavuuteen ja työn helppouteen

0 1 2 3 4 5

Täysin eri mieltä Täysin samaa mieltä

Mitkä asiat ovat mielestäsi muuttuneet positiivisesti linjastoon tehtyjen uudistuksien myötä?

Oma vastauksesi

Mitkä asiat ovat mielestäsi muuttuneet negatiivisesti linjastoon tehtyjen uudistuksien myötä?

Oma vastauksesi
