



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

TUOTANNON APUVÄLINEIDEN DOKUMENTOINTI

Ratesteel Oy

TEKIJÄ: Joel Koskinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä Joel Matti Johannes Koskinen			
Työn nimi Tuotannon apuvälineiden dokumentointi			
Päiväys	1.6.2018	Sivumäärä/Liitteet	29/2
Ohjaaja(t) TKI-asiantuntija Jenni Toivanen & projekti-insinööri Aku Tuunainen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Ratesteel Oy			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyö tehtiin Vieremäläiselle Ratesteel Oy:lle ja sen aiheena on tuotannon apuvälineiden dokumentointi. Dokumentointi keskittyy pääsääntöisesti tuotannon työntekijöiden valmistamiin hitsaustyössä tarvittaviin apuvälineisiin. Opinnäytetyön teoriaosuudessa tutustutaan hitsauskiinnittimen tehtäviin, suunnitteluun ja tuotannollisiin hyötyihin.</p> <p>Hitsaus on ja tulee olemaan suosittu liittämismenetelmä. Hitsauskiinnittimen tärkein tehtävä on pitää hitsattavat kappaleet paikallaan ja oikeassa asemassa toisiinsa nähden haluttu muoto säilyttäen. Hitsauskiinnittimien käyttöä rajoittaa niiden suunnittelun haasteellisuus, mikä vaatii suunnittelijalta kokemusta, tietoa ja taitoa. Tuotteiden laadun parantuminen, työturvallisuuden lisääntyminen ja valmistusaikojen nopeutuminen ovat hitsauskiinnittimen käytöstä saatavia hyötyjä, mutta ne vaativat toteutuakseen kiinnittimen huolellisen suunnittelun.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena saatiin kartoitettua, nimettyä ja merkattua kaikki tuotannon apuvälineet. Pääosin apuvälineet olivat hitsaus- ja silloituskiinnittimiä sekä muita hitsausapuvälineitä. Muun muassa apuvälineiden käyttökohteet ja käyttöohjeet dokumentoitiin apuvälinearkistoon, missä ne ovat kaikkien niitä tarvitsevien saatavilla. Noin sadalle apuvälineelle luotiin kuvin varusteltu käyttöohje. Apuvälineiden dokumentointi selkeyttää Ratesteel Oy:n tuotantoa ja mahdollistaa tuottavuuden ja laadun paranemisen. Tämä työ oli osa yrityksen tuotannon kehittämistä ja lopputulos oli onnistunut.</p>			
Avainsanat Apuväline, Tuotannon apuväline, Dokumentointi, Hitsauskiinnitin, Hitsaus			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author Joel Matti Johannes Koskinen			
Title of Thesis The documentation of production aids			
Date	1.6.2018	Pages/Appendices	29/2
Supervisor(s) Ms. Jenni Toivanen, R&D expert & Mr. Aku Tuunainen, Project Engineer			
Client Organisation/Partners Ratesteel Oy			
<p>Abstract</p> <p>The thesis was made for Ratesteel Oy. The topic of thesis is the documentation of production aids. Documentation mainly focuses on welding aids manufactured by production workers. The theoretical part of the thesis covers the tasks, design and productive benefits of welding fixture.</p> <p>Welding is and will be a popular attachment method. The most important task of the welding fixture is to hold the welded parts in place and in the right position towards each other while maintaining the desired shape of the product. The usage of welding fixtures is limited by their challenging design, which requires experience, knowledge and skill from designer. Improved product quality, increased work safety and faster lead times are the benefits of using welding fixtures, though diligent design of fixture is required.</p> <p>As a result of this thesis, all production aids were discovered, specified and labeled. The aids were mostly welding fixtures, tacking fixtures and welding aids. Among other things, the target products and instructions of the aids were documented in the archive, where they are available for everybody in need. Individual manuals were created for approximately one hundred production aids. The documentation of production aids clarifies the production of Ratesteel Oy and enables improvement of productivity and quality. This work was part of the company's production development and the results were successful.</p>			
<p>Keywords Aids, Production aids, Documentation, Welding fixture, Welding</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	5
1.1	Apuvälineet ja käsitteet	5
1.2	Työn tavoite ja toteutus	6
1.3	Aiheen rajaus	7
1.4	Ratesteel Oy.....	7
2	HITSAUSKIINNITTIMET	8
2.1	Kiinnittimien tehtävä	8
2.2	Kiinnittimien suunnittelu	8
2.3	Edut ja haasteet	12
3	TUOTANNOLLINEN HYÖTY.....	15
3.1	Tuottavuus.....	15
3.2	Laatu	16
4	APUVÄLINEIDEN DOKUMENTOINTI	18
4.1	Työn toteuttaminen	18
4.2	Tulokset.....	21
5	JOHTOPÄÄTÖKSET	25
5.1	Teoria	25
5.2	Tuotantoa edistävä	25
6	YHTEENVETO.....	27
	LÄHTEET	28
	LIITE 1: TIETOJEN KERÄYSLOMAKE.....	30
	LIITE 2: KÄYTTÖOHJEPOHJA.....	31

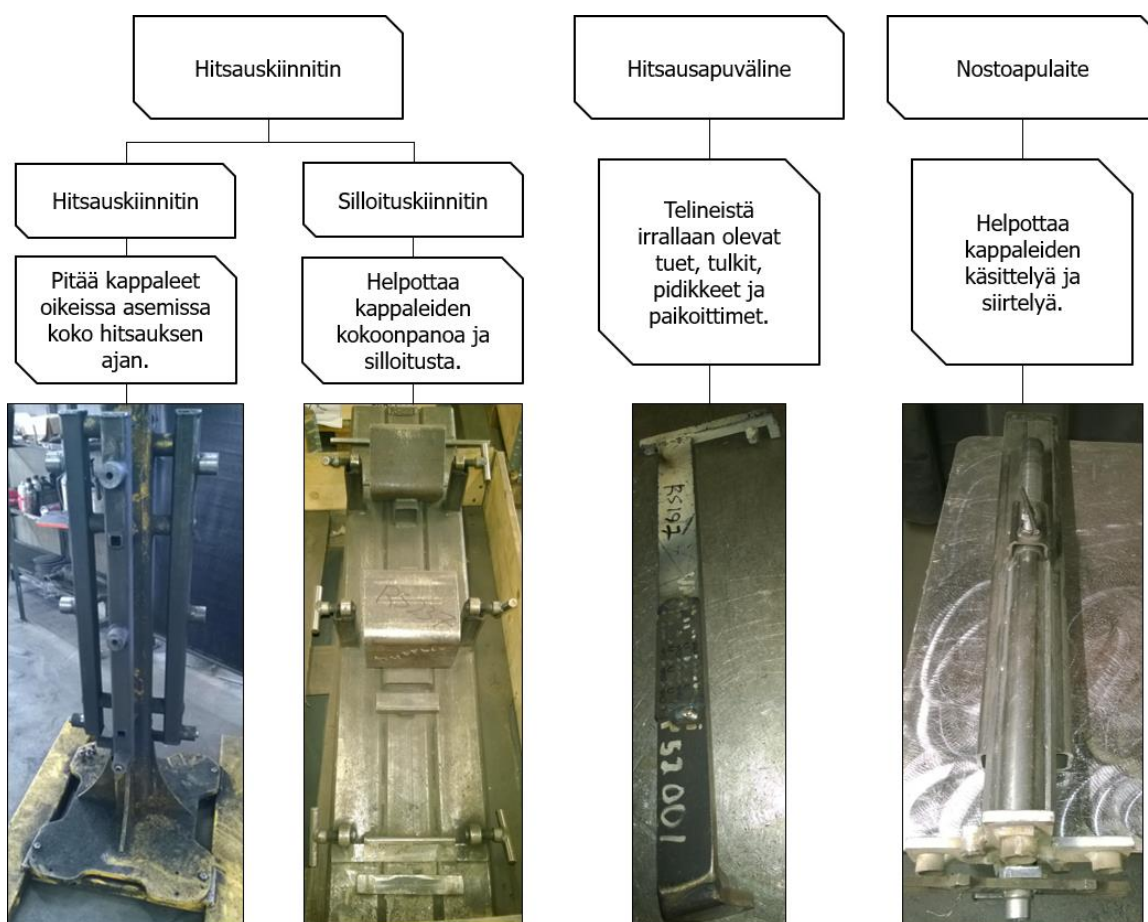
1 JOHDANTO

Konepajatuotanto on tehostunut runsaasti tuotannon automatisoinnin ja kilpailun myötä. Jatkuvasti kehittyvässä tuotannossa apuvälineet helpottavat kappaleiden valmistusta ja mahdollistavat tuotannon automatisoinnin. Apuvälineet myös nopeuttavat huomattavasti tuotteiden valmistusprosessia ja pitävät tuotannon laadun tasaisena. Esimerkiksi useamman kappaleen hitsaaminen ja tasalaatuisuuden varmistaminen helpottuu, kun ne asemoidaan ja pidetään paikallaan apuvälineellä, kyseisessä tapauksessa hitsauskiinnittimellä.

Opinnäytetyön aiheena on tuotannon apuvälineiden dokumentointi ja sen tilaajana toimii Ratesteel Oy. Opinnäytetyössäni keräämiä materiaaleja varten luotiin Ratesteel Oy:lle oma projekti ja projekti-kansio nimeltään SP00029 - Apuvälineiden dokumentointi. Sen perimmäinen tarkoitus on koota laajalle yritykseen levinyt ns. hiljainen tieto apuvälineistä, niiden käyttökohteista ja käyttötavoista kaikkien saataville.

1.1 Apuvälineet ja käsitteet

Ratesteel Oy:n tuotannon apuvälineet (kuvio 1) ovat suurimmaksi osaksi hitsauskiinnittimiä ja hitsausapuvälineitä. Hitsauskiinnitin on teline, johon hitsattavat kappaleet asettuvat oikeille paikoilleen oikeinpäin. Hitsauskiinnittimet voidaan karkeasti jakaa hitsauskiinnittimiin ja silloituskiinnittimiin. Hitsauskiinnitin pitää hitsattavat kappaleet paikallaan ja halutuissa asennoissa toisiinsa nähden koko hitsauksen ajan sekä pyrkii estämään kappaleeseen syntyviä hitsausmuodonmuutoksia. Silloituskiinnitin nopeuttaa tuotteen kokoonpanoa ja pitää kappaleet paikallaan vain silloituksen aikana. Hitsausapuvälineillä tarkoitetaan telineistä irrallaan olevia tukia, tulkkeja, pidikkeitä, mittakappaleita tai laadun tarkastamiseen liittyviä kappaleita. Nostoapuvälineet ovat joko tuotekohtaisia tai yleismallisia kappaleiden käsittelyä ja siirtelyä helpottavia apuvälineitä. (Solehmainen, Tuunainen, Räsänen & Jääskeläinen 2016, 7–8.)



Kuvio 1. Esimerkkejä Ratesteel Oy:ssä käytössä olevista tuotannon apuvälineistä.

Tässä raportissa hitsauskiinnittimistä käytetään yleisesti nimitystä hitsauskiinnitin. Tuotannon apuväline tai pelkkä apuväline on yleisnimitys kaikille edellä mainituille. Apuvälineisiin ei lukeudu työkalut, vaan ne ovat Ratesteel Oy:n tai toisen yrityksen suunnittelemia ja valmistamia kappaleita.

1.2 Työn tavoite ja toteutus

Tuotannon apuvälineiden dokumentoinnin tavoitteena on kartoittaa Ratesteel Oy:n tuotannossa olevat apuvälineet, nimetä ne tunnistenumeroilla, dokumentoida niiden toimintaan liittyvät tiedot ja merkata apuvälineet tunnistekilvillä. Apuvälineiden tiedoista luodaan yhtenäinen apuvälinearkisto, josta dokumentoitujen apuvälineiden tiedot voidaan hakea kaikille niitä tarvitseville.

Apuvälineiden tiedot kerätään tuotannontekijöiltä työpisteitä kiertämällä siihen tarkoitukseen suunnitellulle lomakkeelle, jonka jälkeen apuvälinekohtaiset lomakkeet arkistoidaan myöhempää käyttöä ja tarkastelua varten. Apuvälinearkistosta selviävät apuvälineiden tiedot ovat mm. nimikenumeroita, käyttökohteita ja käyttöohjeita. Apuvälinearkistoon kirjataan myös apuvälineiden revisiot, määrät, kartoituspäivämäärät, tarkistuspäivämäärät, yms. mahdollisesti myöhemmin tarvittavat tiedot. Apuvälineistä luodaan myös erillinen käyttöohje, joka sisältää kuvia ja kertoo apuvälineen toimintaperiaatteen tarkemmin. Käyttöohjeet liitetään Ratesteel Oy:n käyttämään Lemonsoft-toiminnanohjausjärjestelmään liitteeksi tuotteille, minkä valmistuksessa apuvälinettä käytetään. Tietojen keräyslomake, apuvälinearkisto ja käyttöohjepohja ovat luotu Excel-taulukkolaskentaohjelmalla aiemmin erikoistumisprojekti 2:ssa, mutta niitä voidaan räätälöidä opinnäytetyön aikana sopivammiksi.

Apuvälineiden merkkauksessa käytetyt teräskilvet ovat Ratesteel Oy:n menetelmäsuunnittelun suunnittelemia ja ne valmistavat Vieremällä HT Laser Oy. Kartoitettuihin apuvälineisiin merkataan niille annetut nimikenumerot tunnustekilvillä. Kilven kokoisen pinta-alan (2400 mm²) uupuessa nimi-kenumero merkataan stanssaamalla. Tunnustekilvet maalataan mustiksi ja apuvälineet maalataan tunnustamisen helpottamiseksi keltaisiksi. Maalaus tapahtuu, kun maalaamossa on käytössä keltainen väri. Pääsääntöisesti apuvälineet maalataan kesän 2018 aikana.

1.3 Aiheen rajaus

Nimikenumeroiden ja käyttöohjeiden liittäminen Lemonsoft-toiminnanohjausjärjestelmään tapahtuu opinnäytetyön ulkopuolella. Kartoittamisessa ei oteta kantaa apuvälineiden varastointiin ja työpisteiden hyllyjen käytännöllisyyteen tai siisteyteen. Ainoastaan työpisteiden kartoittamisen aikana vastaan tulleita rikkinäisiä, epäkäytännöllisiä tai kokonaan käytöstä poistuneita apuvälineitä toimitetaan varastoon karanteenialueelle. Karanteenialueelle siirrettyjen apuvälineiden kohtalon päättää Ratesteel Oy:n laatuinsinööri. Merkkauksen osalta apuvälineiden ja tunnustekilpien maalaus ei kuulu opinnäytetyöhön, vaan sen hoitavat maalaamon työntekijät.

1.4 Ratesteel Oy

Ratesteel Oy perustettiin Vieremällä vuonna 1998. Ratesteel Oy sopimusvalmistaa metallituotteita ja niiden osakokonaisuuksia. Ydinosaamisalueena ovat automatisoidut piensarjatuotannot ja siihen liittyvät asiakasarvoa tuovat palvelut. Ratesteel Oy tarjoaa suunnittelupalveluita soveltuvuus- ja valmistusanalyysien muodossa ja kehitysanalyysijä tuotteen valmistamisen tehostamiseen. Tuotantopalveluita ovat robottihitsauspalvelut, pintakäsittelyt ja kokoonpanot sekä logistiikkapalvelut. Kumppaneina Vieremällä toimivat RD Technology Center Oy, Debomix Oy, Ponsse Oyj, HT Laser Oy sekä SKS Connecto Oy. (Ratesteel Oy 2018.)

Ratesteel Oy:n tärkein toimiala on hitsaus ja yritys on keskittynyt voimakkaasti automatisoidun hitsaustuotannon kehittämiseen jo yli 10 vuotta. Ensimmäinen robottihitsaussolu hankittiin vuonna 2007 ja nykyään niitä on tuotannossa viisi kappaletta. Automaation lisäksi Ratesteel Oy panostaa henkilöstön ja verkoston osaamiseen ja kehittämiseen sekä alueellisiin kehityshankkeisiin. Pyrkimyksenä on kehittyä jatkuvasti tuotannollisesti ja taloudellisesti sekä tarjota asiakkaille parasta mahdollista laatua, tehokkuutta ja toimitusvarmuutta. (Ratesteel Oy 2018.)

2 HITSAUSKIINNITTIMET

”Toimiva kiinnitin on askel kohti tuotannon automaatioasteen nostoa” (Solehmainen ym. 2016, 36). Toimivan hitsauskiinnittimen edellytys on kuitenkin huolellinen suunnittelu. Tämä luku kertoo hitsauskiinnittimen tehtävistä, suunnittelusta ja näihin liittyvistä eduista ja haasteista.

2.1 Kiinnittimien tehtävä

Hitsauskiinnittimen tärkein tehtävä on pitää hitsattavat kappaleet paikallaan ja halutuissa asennoissa toisiinsa nähden koko hitsauksen ajan. Tämän lisäksi kiinnittimen tehtäviin kuuluu säilyttää rakenteen haluttu muoto, eli estää hitsausmuodonmuutoksia ja helpottaa kappaleiden asemointia estäen tuotteen virheellinen kasaaminen. Tämä nopeuttaa tuotantoa huomattavasti, kun hitsaajan ei tarvitse paikoittaa jokaista kappaletta erikseen, vaan pelkästään ladata kappaleet kiinnittimeen. Kappaleiden vakioidusti toistettava kiinnitys hitsauspöytään tai käsittelylaitteeseen mahdollistaa myös hitsauksen automatisoinnin. (Solehmainen ym. 2016, 8.)

Hitsauskiinnittimen perustehtäviin kuuluu myös työn laadun parantaminen. Kiinnittimet pitävät tuotannon laadun tasaisena ja estävät ns. ”maanantaikappaleita” syntymästä. Erityisesti vaikeasti kokoonpantaville tai tarkat toleranssit omaaville kappaleille suunnitellut silloituskiinnittimet ehkäisevät hukkaan meneviä kappaleita tai säästävät hitsaajaa kappaleiden irroitukselta, hiomiselta ja uudelleen hitsaamiselta. Hitsauskiinnittimen tehtäväksi voidaan laskea myös työturvallisuuden lisääminen, koska kappaleiden luotettava ja tukeva toisiinsa kiinnittäminen vaikuttaa hitsauksen työturvallisuuteen ja vähentää työntekijän räsytystä. (Solehmainen ym. 2016, 8.)

Hitsausmuodonmuutoksia, etenkin kulmavetäytymää, voidaan vähentää hitsattavien kappaleiden tukevalla kiinnittämisellä. Kuuma hitsi myötä kutistuessaan, koska se ei jaksaa liikuttaa lukittuja kappaleita. Jäähdytymisen loppuvaiheessa rakenteen jännitystila on kuitenkin niin korkea, ettei muodonmuutoksien estäminen kokonaan onnistu. Tästä syystä jännitykset laukeavat ja kimmoiset muodonmuutokset syntyvät kappaletta irrottaessa kiinnittimestä. Kokonaisuudessaan muodonmuutoksia syntyy huomattavasti vähemmän hitsauskiinnitintä käytettäessä verrattuna vapaana hitsattavaan kappaleeseen. (Niemi & Kemppi 1993, 197.)

2.2 Kiinnittimien suunnittelu

Kiinnitinkustannukset muodostuvat suunnittelutyöstä, valmistuskustannuksista, huolloista, varastoinnista ja muusta ylläpidosta. Suunnittelu on perusta kiinnittimen toimivuudelle ja käytettävyydelle, joten siihen täytyy panostaa. Suunnittelijalta vaaditaan kokemusta hitsattujen tuotteiden valmistusprosesseista pystyäkseen suunnittelemaan laadukkaita kiinnittimiä, ja vaikka kokemusta löytyykin, on kiinnitinsuunnittelu työlästä ja aikaa vievää. ”Kiinnittinten suunnittelun ja valmistuksen osuus on jopa 7 % hitsaavan konepajan kustannuksista.” (Solehmainen ym. 2016, 7.)

Hitsauskiinnittimien suunnittelu tapahtuu nykyään lähes poikkeuksetta virtuaalisesti. Virtuaalinen kiinnitinsuunnittelu ja kiinnittimen simulointi vähentävät huomattavasti turhaa työtä ja kustannuksia. Kiinnitinsuunnittelu on otettu huomioon suunnitteluohjelmistoissa ja niitä on runsaasti saatavilla, mutta tehokkaaseen hitsauskiinnitinsuunnitteluun tarkoitettuja ohjelmistoja on niukemmin. Suunnitteluohjelmat eivät myöskään ohjaa käyttäjää oikeisiin kiinnitinratkaisuihin, joten tällä alueella on vielä paljon kehitysmahdollisuuksia. Vaikka kiinnitinsuunnittelun mahdollisuudet virtuaalisesti ovatkin hyvät, se ei kokonaan poista tarvetta valmistaa kiinnittimestä prototyyppiä. (Solehmainen ym. 2016, 8.)

Suunnittelussa on huomioitava (Aaltonen, Andersson & Kauppinen. 1997, 258):

- osien asetus kiinnittimeen
- hitsauspolttimen ulottuvuus railolle
- hitsien hitsattavuus yhdellä kiinnityksellä
- maadoituksen reitti hitsauksessa
- robotisoidussa hitsauksessa mahdollisimman vähän turhia liikkeitä
- hitsausasennot
- kiinnittimen kiinnitysvoimien ja -jännityksien kestäminen
- kiinnityselimien helppokäyttöisyys ja tukevuus
- valmiin kappaleen poistaminen kiinnittimestä esteettä.

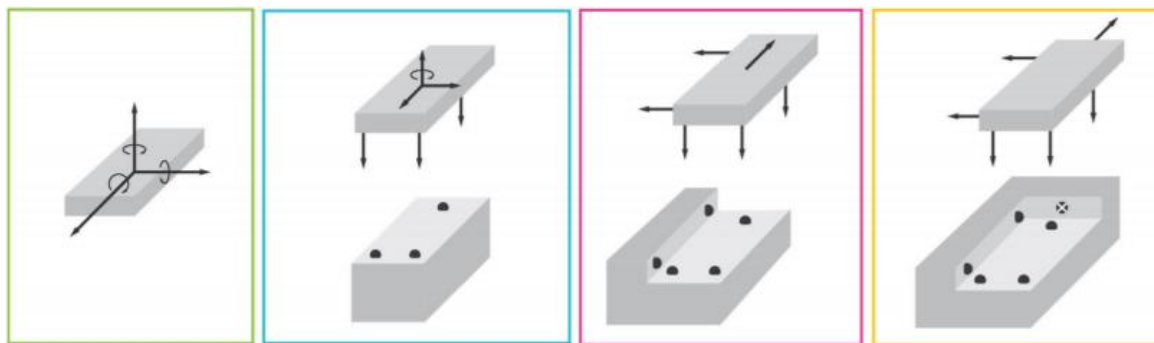
Yleensä kiinnittimen suunnitteluprosessissa on olemassa neljä päävaihetta: suunnittelun pohjatiedot, kiinnittimen toiminnallinen suunnittelu, kiinnittimen yksityiskohtainen suunnittelu ja tarkastus. Pohjatiedoissa määritellään valmistettavan tuotteen työvaiheet ja eräkoot, tuotteen asennot ja paikat jokaisessa työvaiheessa sekä arvioidaan muodonmuutoksia ja niiden suuntia. Kiinnittimen toiminnallisessa suunnittelussa määritetään paikoittavat pinnat ja muodot sekä kiinnityspaikat. Paikoittamispisteiden määrän ja sijainnin tulee rajoittaa työkappaletta riittävästi valmistusprosessin aikana. Kolmannessa vaiheessa suunnitellaan kiinnittimen runko ja siihen paikoittavat ja kiinnittävät komponentit. Tarkastusvaiheessa varmistetaan osien tai tuotteen paikoittaminen, kiinnittimen rakenteen jäykkyys, hitsien luoksepäästävyys ja tuotteen irroituksen onnistuminen. Lisäksi kiinnittimelle lasketaan hinta ja paino yms. Parhaimmillaan kiinnitinsuunnittelu alkaa tuotesuunnittelun ollessa käynnissä, jolloin takaisinkytkentä tuotesuunnitteluun on toteutettavissa. Takaisinkytkentää tuotekuviin ja tuotesuunnitteluun kuvataan kaksisuuntaisilla nuolilla kuviossa 2. (Wang & Rong 2008, 1121–1132; Solehmainen ym. 2016, 9.)



Kuvio 2. Hitsauskiinnittinsuunnittelun vaiheet (Solehmainen ym. 2016, 9).

Hitsauskiinnittimen rakenne tulee suunnitella mahdollisimman yksinkertaiseksi, ettei se vaikuta hitsien luoksepäästävyteen. Erityisesti automatisoidussa hitsauksessa on varmistettava hitsauspolttimen mahtuminen ja esteetön pääsy hitsausrailolle. Robotin ulottuvuus ja kappaleenkäsittelijän ominaisuudet luovat vielä omat haasteensa luoksepäästävyydelle. Turhien ulokkeiden lisäksi liikkuvia ja irtonaisia osia tulee välttää, koska ne tekevät kiinnittimestä monimutkaisen ja sitä kautta kalliimman, sekä hävitessään ne estävät kiinnittimen käytön. Tästä syystä kiinnittimet ja sen osat on syytä pintakäsitellä tunnistamisen helpottamiseksi. Pintakäsittely antaa kiinnittimelle myös siistin ulkonäön ja helpottaa puhtaanapitoa. Paikoittavat vastinpinnat kannattaa yleensä jättää maalaamatta mahdollisten mittavirheiden minimoimiseksi ja riittävän maadoituksen varmistamiseksi. Tärkeät kohdistuspinnat tulee kuitenkin suojata hitsausroiskeilta. (Ahola 1988, 19; Solehmainen ym. 2016, 20.)

Hitsattavien kappaleiden tulee olla helposti ladattavissa ja valmis tuote poistettavissa kiinnittimestä. Osien paikoittamiseen käytetään tuotteesta riippuen esimerkiksi nastoja, ohjaustappeja tai paikoittavia lattoja. Kappaleiden paikoituksessa käytetään tukipisteitä, että kappaleen asento saadaan lukittua. Kappale asettuu tukipisteiden päälle aina samoin pienistä muotovirheistä huolimatta. Paikoittavalle pinnalle tarvitaan vähintään kolme tukipistettä, linjaavalle pinnalle vähintään kaksi tukipistettä ja lopulliseen paikan sitomiseen yksi tukipiste (kuva 1). Tätä asemointiperiaatetta nimitetään 3-2-1 säännöksi. (Solehmainen ym. 2016, 17.)



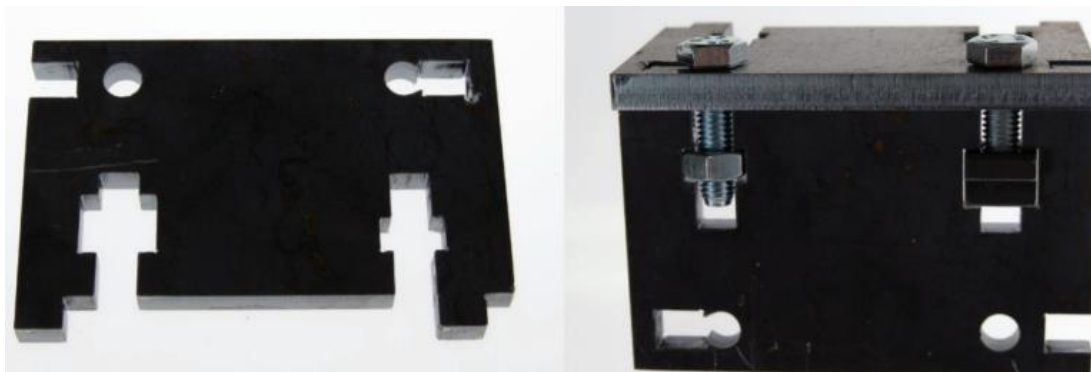
Kuva 1. Tukipisteiden 3-2-1 sääntö kappaleen paikoitukseen (Solehmainen ym. 2016, 17).

Kappaleiden kiinnityksessä kiinnittimeen käytetään esimerkiksi pultteja, muttereita, kiiloja, magneetteja ja itse lukittuvia puristimia eli "clampeja". Pultit ja mutterit ovat huono kiinnitysmekanismi aiemmin mainitun irrallisten osien häviämisen takia, mutta niitä kuitenkin käytetään niiden toimivuuden ja helpon saatavuuden takia. Itse lukittuvista puristimista yleisin on mekaaninen (kuva 2), sillä ne ovat yksinkertaisia ja edullisia. Puristimia on saatavissa myös pneumaattisia tai hydraulisia. Kiinnittimissä tulee olla riittävästi kiinnitysvoimaa lämpömuodonmuutoksien estämiseksi, mutta liian suurilla kiinnitysvoimilla voi myös aiheuttaa muodonmuutoksia kappaleeseen. Tämä asia on syytä huomioida kiinnitysmekanismien valintaa tehdessä. (Aaltonen, Ekman, Kamppari, Kauppinen, Kivivuori, Paro & Vuorinen 1991, 263–264; Solehmainen ym. 2016, 20.)



Kuva 2. Mekaanisia itse lukittuvia puristimia (Destaco 2018).

Yleinen oletus on, että hitsauskiinnittimet on hitsattava. Kuitenkin laserleikkausta hyödyntäen voidaan kuvan 3 mukaisesti pienahitsi korvata pulttiliitoksella. Liitosten avaaminen mahdollistaa kiinnittimen purkamisen esimerkiksi varastointia varten. (Solehmainen ym. 2016, 22.)



Kuva 3. Laserleikkausta hyödyntäen levyt voidaan liittää pulteilla (Solehmainen ym. 2016, 22).

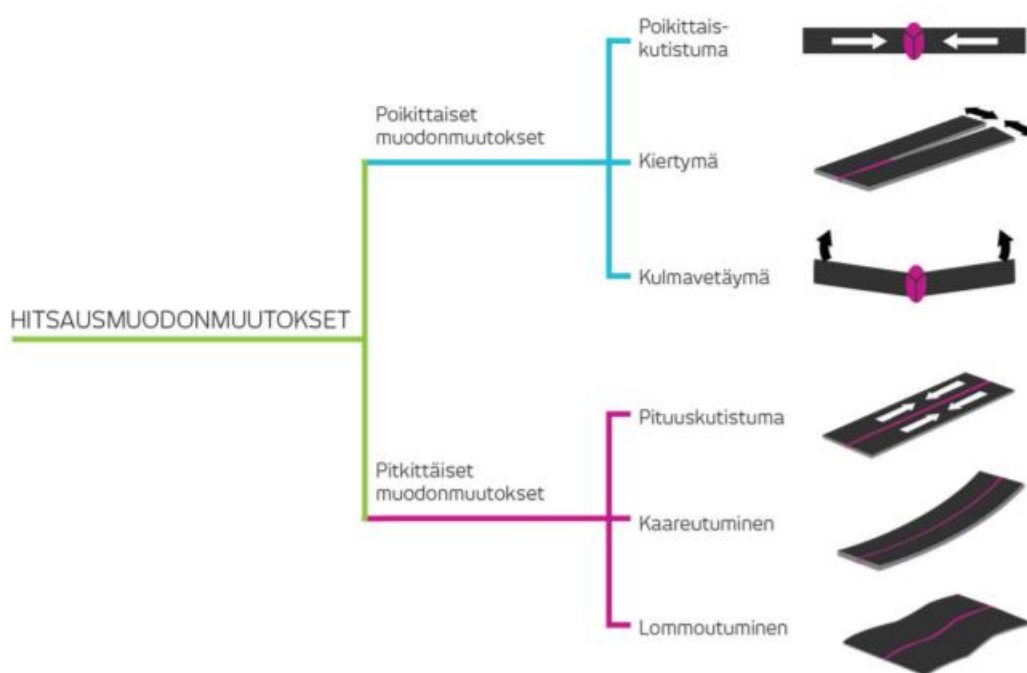
2.3 Edut ja haasteet

Hitsauskiinnittimen etuja ovat parempi hitsauksen laadunhallinta ja kustannustehokkuus. Kiinnittimen myötä helpottunut tuotteiden kokoonpano ja valmistus parantaa myös työturvallisuutta ja sitä kautta työhyvinvointia. Kiinnittimien käytön kannattavuutta voidaan arvioida vertaamalla kiinnittimien kustannusten suhdetta työkustannuksissa saavutettavaan säästöön ja huomioimalla työergonomia sekä työturvallisuusasiat. (Solehmainen ym. 2016, 7–8.)

Ilman riittävää tuntemusta valmistavasta tuotannosta laadukkaiden kiinnittimien suunnittelu on erittäin haastavaa. Kokeneelle tuotannon asiantuntijalle jatkuva suunnittelutyö voi osoittautua aikojen saatossa pitkästyttäväksi. Jos suunnittelu ei myöskään ole jatkuvaa, ei suunnittelutyökalujen käyttötutuksi ja sitä seuraava työn tehokkuus yllä suunnitteluun erikoistuneen henkilön tasolle. Suunnittelutyötä vaikeuttaa erityisesti automatisoinnin vaatima toistotarkkuus, koska yhteen liitettävien osien pitää olla mitta- ja muototarkkoja. Vaikka hitsauskiinnittimien tarjoama hyöty nousee yleensä samassa suhteessa tuotetta valmistettavan sarjan suuruuden mukana, on hitsauskiinnittimen oltava toimiva, eli ts. hyvin suunniteltu. Yleensä paras hitsauskiinnitin suunnitellaan suunnittelun ja tuotannon yhteistyönä. (Kauppinen 2012, 15; Solehmainen ym. 2016, 8.)

Lämmöstä johtuvat jännitykset liittyvät aina lämpöenergiaan perustuvaan hitsaukseen. Hitsattavan alueen ympäryys lämpiää, kun hitsattava perusaine kuumennetaan sulamislämpötilaan. Epätasainen lämmönkulku aiheuttaa muodonmuutoksia, ja sitä aiheuttaa hitsattavan materiaalin esikäsittely, esilämmitys, hitsaus ja hitsauksen jälkeiset toimenpiteet, kuten jäähdytys. Teräksen lämpötilan noustessa 700 Celsius-asteeseen teräksen kiderakenne alkaa muuttua austeniittiseksi, eli teräs on pehmeää ja taipuisaa. Kun lämpötila nousee yli 1000 Celsius-asteen on teräs tyssäntynyt voimakkaasti, eli poikkipinta-ala kasvaa mutta pituus lyhenee. Tällöin teräksessä ei kuitenkaan ole oleellisia jännityksiä. Hitsauksen aikana raaka-aineen lämpötila nousee n. 1600 Celsius-asteeseen, jolloin hitsauskohta on sulassa tilassa ja sen lujuus on käytännössä hävinnyt. Hitsauksen jälkeen alkaa jäähtymisvaihe, jossa hitsatun aineen ja hitsiä ympäröivän alueen lämpötila alkaa laskea. Rakenteeseen muodostuu lämpökutistumia, lujuus alkaa palautua vähitellen ja austeniittinen olotila häviää osittain. (Lepola & Makkonen 2005, 352–353; Nissinen 2014, 14.)

Kuviossa 3 on esitetty hitsausmuodonmuutokset komponentteina. Niiden vaikutuksen ja erityisesti yhteisvaikutuksen huomioiminen on tärkeä osa kiinnitinsuunnittelua. Hitsausmuodonmuutokset tulisi ohjata ulospäin hitsauskiinnittimen kiinteistä rakenteista, jotta tuotteen poistaminen kiinnittimestä onnistuu. Kiinnittimillä voidaan ja yleensä joudutaan myös estämään muodonmuutoksia, huomioitavaa kuitenkin on, että jäykimmälläkin mahdollisella kiinnittimellä voidaan estää vain plastisia, eli palautumattomia muodonmuutoksia. Muodonmuutoksien ehkäisyssä on lisäksi otettava huomioon kiinnittimen huomattavasti jäykempi rakenne hitsattavaan kappaleeseen verrattuna ja etenkin siitä johtuvat kustannukset. "Mitä massiivisempi kiinnitin, sen kalliimpi se todennäköisesti on." (Solehmainen ym. 2016, 15.)



Kuvio 3. Hitsauksen aiheuttamat muodonmuutokset komponenteiksi jaettuna (Solehmainen ym. 2016, 15).

Poikittaissuuntaisia muodonmuutoksia voidaan vähentää (Lepola & Makkonen 2005, 355–357):

- lämmöntuontia pienentämällä
- välttämällä ylisuuria pienahitsejä
- hitsauskiinnittimillä
- hitsattavan rakenteen järkevällä suunnittelulla
- rakenteen suunnittelulla
- railovalinnoilla.

Pitkittäissuuntaisia muodonmuutoksia voidaan vähentää (Lepola & Makkonen 2005, 355–357):

- lämmöntuontia pienentämällä
- monipalkohitsauksen käytöllä
- katkohitsauksella
- asettamalla esijännityksiä.

Standardissa SFS-EN ISO 13920 (1996) on määritetty yleistoleranssit hitsatuille rakenteille. Standardissa on neljä tarkkuusluokkaa A, B, C ja D. A-luokka on kaikista tarkin, jossa pituusvaihtelua sallitaan ± 1 mm. Laadukkaan lopputuloksen kannalta näin suurta mittavaihtelua ei voida sallia hitsauksen kohdistukseen, esimerkiksi laserhitsauksessa hitsin kohdistuksen poikkeama voi olla vain $\pm 0,1$ mm. Väljemmät valmistustoleranssit hitsatuille tuotteille verrattuna laadukkaan hitsauksen asettamiin vaatimuksiin asettavat haasteita kiinnitinsuunnittelussa ja hitsauksen automatisoinnissa. (Solehmainen ym. 2016, 8.)

Kuviossa 4 on jaettu ja esitetty pääpiirteet kiinnittimien eduista ja haasteista. Valmistuksesta, kustannuksista, muodonmuutoksista ja käytöstä vedetty nuoli kuvastaa suunnittelulla olevaa vaikutusta kaikkiin edellä mainittuihin. Huolellisella kiinnitinsuunnittelulla voidaan vaikuttaa listattuihin asioihin positiivisesti. Laiminlyöty suunnittelu vaikuttaa negatiivisesti kiinnittimen ominaisuuksiin ja voi pahimmillaan aiheuttaa kiinnittimen käyttökelvottomuuden.

	Edut	Haasteet
Suunnittelu	Kiinnittimen perusta. Voi vaikuttaa positiivisesti koko prosessiin.	Työlästä ja aikaa vievää. Edellytys toimivalle kiinnittimelle.
Valmistus	Tuotannontekijän rasituksen vähentäminen ja työturvallisuuden lisääminen.	Osien tulee olla mitta- ja muototarkkoja.
Kustannukset	Maksaa itsensä takaisin pitkässä juoksussa.	Suunnittelu ja valmistus ovat huomattava osa kiinnitinkustannuksia.
Muodonmuutokset	Halutun muodon säilyttäminen, muodonmuutoksien ehkäiseminen.	Muodonmuutoksien ennakointi on haasteellista.
Käyttö	Laadunhallinta, kustannustehokkuus, automatisointi, läpimenoajat...	Vaatii käyttäjältä tarkat tiedot käytettävyydestä.

Kuvio 4. Hitsauskiinnittimen etujen ja haasteiden yhteenveto.

3 TUOTANNOLLINEN HYÖTY

Hitsauskiinnittimien perustehtäviä ovat mm. rakenteen halutun muodon säilyttäminen, työn laadun parantaminen, työturvallisuuden lisääminen, raaka- ja lisäainekustannuksien säästäminen, työn nopeuttaminen ja työntekijän rasituksen vähentäminen. Tässä kappaleessa paneudutaan hitsauskiinnittimien tuomaan tuotannolliseen hyötyyn.

3.1 Tuottavuus

Tuottavuus tarkoittaa tuotoksen määrän ja panosmäärän välistä suhdetta. Määrät voivat olla esimerkiksi kappalemääriä, kilogrammoja tai metrejä. Tuottavuuden mittaaminen on itse asiassa vertaamista. Hitsauskiinnittimien käyttö lisää tuotos per panos -suhdetta, eli nostaa tuottavuutta monellakin tapaa. (Maliranta 2006.)

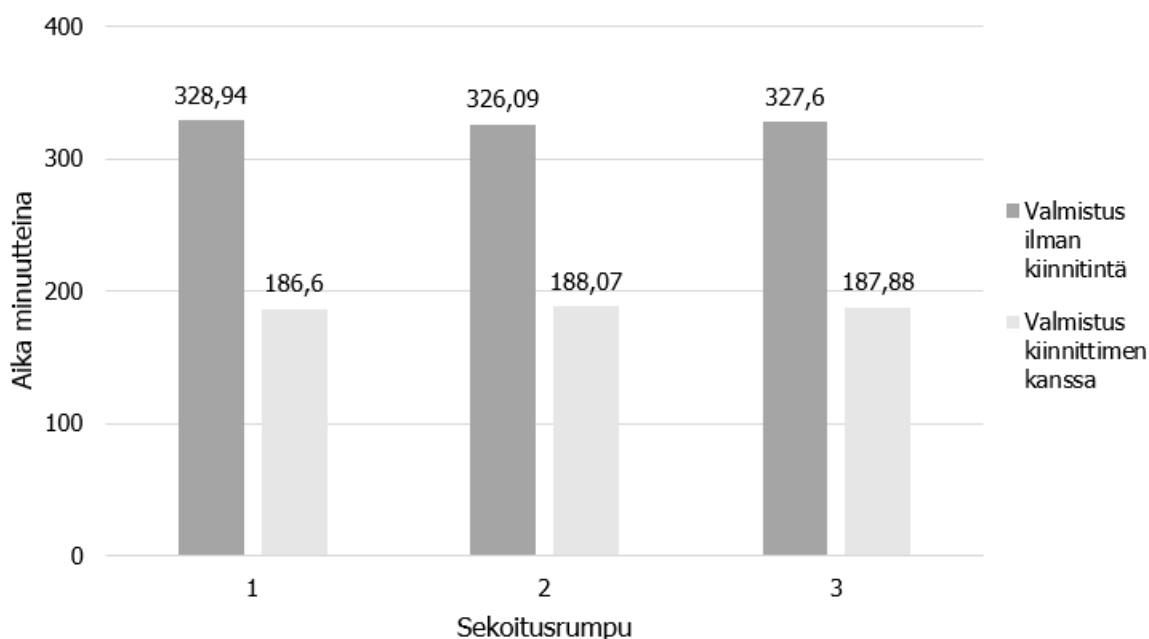
Tuottavuuden yksi tärkeimpiä tekijöitä on turvallinen työympäristö. Tapaturmista aiheutuneet häiriöt heikentävät omalta osaltaan yrityksen tuottavuutta. Taloudellisten ja työolosuhteita koskevien tavoitteiden tulee tukea toisiaan. Kustannustehokkainta on ennaltaehkäisevä toiminta ja pienilläkin panostuksilla on mahdollista saada aikaan tulosta. Hitsauskiinnittimet omalta osaltaan tekevät työstä ergonomisempaa ja mahdollistavat kappaleiden turvallisen kokoonpanemisen ja hitsaamisen. Työturvallisuustoiminnan avulla saadaan turhat kustannukset poistettua ja tuottavuutta voidaan kasvattaa samanaikaisesti. (Työterveyslaitos 2018.)

Työajan lyhentäminen eri tavoin on hyvä perusta tuottavuuden parantamiselle. Hitsauskiinnittimillä ja etenkin silloituskinnittimillä nopeutetaan työaikoja ja parannetaan tuotteiden laatua, mitkä lisäävät tuottavuutta. "Jos työkustannukset muodostavat esim. 80 % kokonaiskustannuksista ja lisäainekustannukset 10 %, niin 10 %:n säästö työkustannuksissa merkitsee 8 %:n säästöä kokonaiskustannuksissa, kun taas vastaava säästö lisäainekustannuksissa esimerkiksi "tingittyjen" alennusten muodossa antaa vain 1 %:n säästön viimeisellä rivillä." Näin ollen suurempi vaikutus tuottavuuteen syntyy kiinnittimien estämisen hukan ja sitä kautta säästettyjen raaka- ja lisäainekustannuksien kautta. (Lukkari 2011, 4.)

Kuviossa 5 on esitetty vertailutulokset betonisekoittimen sekoitusrummun valmistusajasta sille suunnitellun hitsauskiinnittimen kanssa ja ilman. Sekoitusrumpu koostuu seitsämästä ohutlevystä, jotka hitsataan yhteen. Sekoitusrumpuja valmistettiin kolmen kappaleen sarja. Kiinnittimen kanssa valmistetut sekoitusrummut olivat noin kaksi tuntia ja 20 minuuttia nopeammin valmiit kuin ilman kiinnittintä valmistetut. Hitsauskiinnittimen ja nopeutuneen valmistusajan myötä sekoitusrummun valmistuksen tuottavuus kasvoi 42,75 %. Tuottavuus saadaan laskettua kaavalla

$$\left(\frac{A - B}{A} \right) \times 100 \quad (1)$$

jossa A on keskimääräinen aika sekoitusrummun valmistuksessa ilman kiinnitintä ja B on keskimääräinen aika sekoitusrummun valmistuksessa kiinnittimen kanssa. (Athani & Anyapanawa 2016, 386–390.)



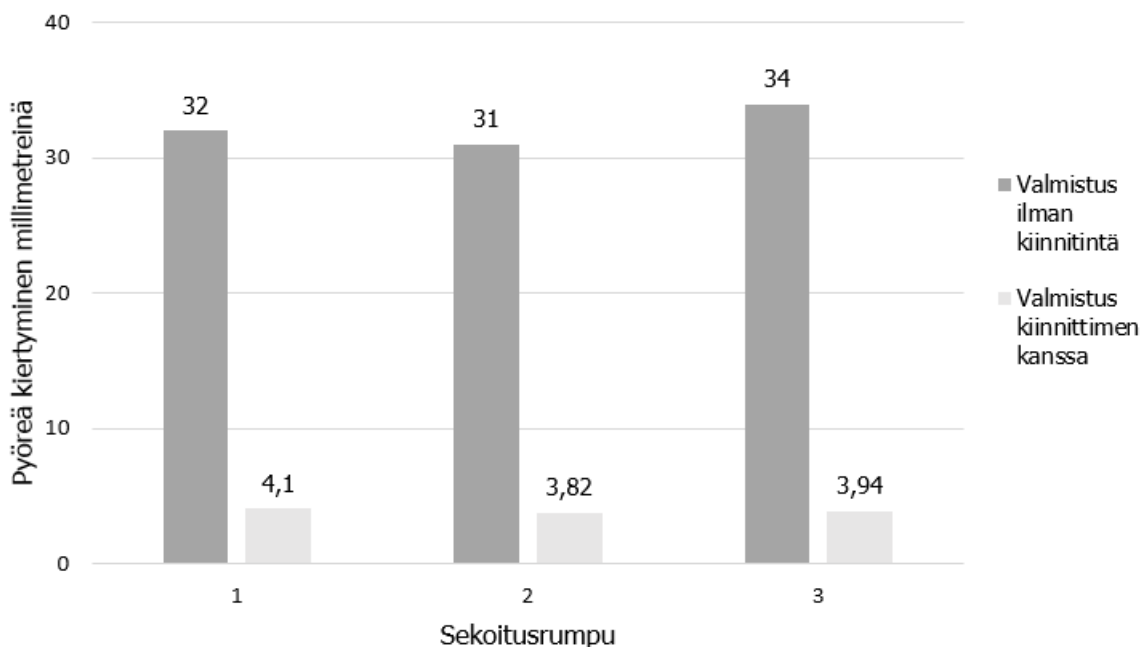
Kuvio 5. Ajan vertailutulokset sekoitusrumpujen valmistuksesta (muokattu Athani & Anyapanawa 2016, 389.)

3.2 Laatu

Standardin SFS-EN ISO 9000 mukaan laadulla tarkoitetaan vaatimuksien täyttymistä kohteen luonnollisilla ominaisuuksilla (Anttila & Jussila, 2016). Laadun merkitystä ei voida yksiselitteisesti kertoa tarkemmin. Laatuksite täytyy kuitenkin määrittää ja tunnistaa, jotta sitä voidaan parantaa. Laatu käytetään yleisesti merkittävänä kilpailutekijänä. Mäki-Haapoja (2014, 11–12) kirjoittaa opinnäytetyössään kauppa- ja teollisuusministeriön julkaisemasta tutkimuksesta, missä eri toimialojen työntekijät kertoivat, mitä he ymmärtävät laadulla. ”Vastaajista 43 % piti hyvän laadun tärkeimpänä määrittäneenä asiakkaan odotusten mukaista tuotetta tai palvelua. 27 % piti tärkeimpänä määrittäneenä virheetöntä tuotetta ja 8 % kerralla oikein tehtyä tuotetta. Tutkimuksen mukaan 8 % yritysten henkilöistä ymmärtävät valmistuskeskeisen laadun tärkeimpänä laadun määrittäneenä.”

Hitsauskiinnittimet pyrkivät tekemään jokaisesta tuotteesta mitoiltaan vaatimusten mukaisen, ja näin ollen pitämään tuotannon ja tuotteiden laadun tasaisena. Lisäksi kiinnittimien käyttö nopeuttaa ja estää tuotteen väärin kasaamisen, jolloin huonolaatuisia tuotteita tulee huomattavasti vähemmän, tuotanto nopeutuu ja laaduntarkistuksen tarve vähenee. Kappaleiden oikeaoppinen ja tukeva kiinnitys vaikuttaa valmiin tuotteen toleransseihin ja sitä kautta laatuun. Kiinnitinsuunnittelulla voidaan vähentää railotilavuuden vaihtelua liitoksissa, jolloin optimaalinen railo vähentää hitsauksen muodonmuutoksia ja parantaa hitsien laatua. (Solehmainen ym. 2016, 16; Koivuluoma 2017, 12–13.)

Kuviossa 6 on vertailutulokset aiemman betonisekoittimen kolmen sekoitusrummun sarjan hitsauksesta johtuvasta pyöreästä kiertymisestä. Sekoitusrummun hitsaus ilman kiinnitintä aiheutti rumpuun noin 28,5 mm enemmän pyöreää kiertymistä verrattuna kiinnittimen kanssa hitsattuun rumpuun. Hitsauskiinnittimen käyttö vähensi vääntymää noin 87,5 %, millä on todella suuri vaikutus sekoitusrummun laatuun. (Athani & Anyapanawa 2016, 386–390.)



Kuvio 6. Kiertymisen vertailutulokset sekoitusrumpujen valmistuksessa (muokattu Athani & Anyapanawa 2016, 390.)

Kiinnittimillä voi olla myös negatiivisia vaikutuksia laatuun. Virheellisellä, viallisella, huonosti suunnitellulla kiinnittimellä tai kiinnitintä väärinkäyttämällä aiheutuu tuotteisiin lähes poikkeuksetta laatu- muutoksia. Huolimaton ja ei-kriittinen kiinnittimen käyttö voi pahimmillaan tuottaa kokonaisen sarjan hukkaa. Tämä tilanne johtuu yleensä liian rutinoituneesta tai vastaavasti liian vähäisestä kiinnittimen käytöstä. Laatuvaihtelua varsinkin silloituskiinnittimien käytössä voi esiintyä henkilövaihdoksen yhteydessä, jos kiinnittimen käytössä on tulkinnan varaa tai kiinnittimen käyttöohjeet on välitetty henkilöltä toiselle ja tieto on päässyt sitä kautta vääristymään.

4 APUVÄLINEIDEN DOKUMENTOINTI

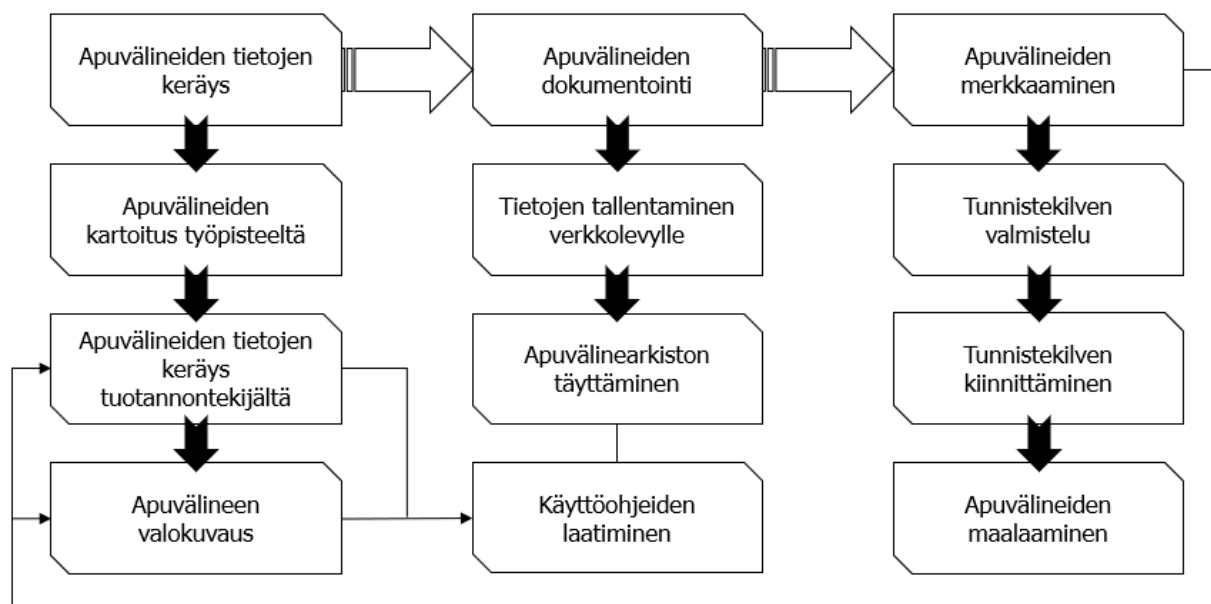
Tuotannon apuvälineiden dokumentointi aloitettiin Ratesteel Oy:llä vuonna 2014, mutta resurssipuulan vuoksi se ei juurikaan alun jälkeen edennyt. Menetelmäsuunnittelun suunnitteleuille apuvälineille on annettu tunnistenumeroita jo vuoden 2011 lopulta saakka. Opinnäytetyön aloituspäivään 26.3.2018 mennessä apuvälineitä oli dokumentoitu yhteensä noin 180 kappaletta.

Tuotannossa oli viimeksi vuoden alussa tilanne, missä jo kauemmin töissä olleet työntekijät olivat lomalla ja tuotannon töissä oli vain uudempia työntekijöitä. Tästä seurasi ongelma, koska apuvälineiden käyttökohteisiin ja toimintaan liittyvää tietoa ei ollut saatavilla. Kyseiset tiedot ovat apuvälineen valmistajan ja mahdollisesti samaa tuotetta valmistaneen tuotannon työntekijän tiedossa. Vaikka valmistettavan tuotteen apuväline mahdollisesti löytyikin, ei sitä välttämättä osattu käyttää tai edes yhdistää kyseisen tuotteen valmistukseen.

Tieto apuvälineistä ja niiden toiminnasta leviää ajan myötä tuotannon tekijöiden välillä, mutta ei kuitenkaan niin tehokkaasti ja varmasti kuin dokumentoitu tieto. Henkilöltä toiselle kerrottuna voi tieto vääristyä esimerkiksi väärinymmärryksen kautta. Apuvälineiden dokumentointi mahdollistaa erityisesti uusien työntekijöiden kykyä aloittaa kappaleiden valmistus tuotannossa, kun tieto kokeneilta työntekijöiltä siirtyy uusille.

4.1 Työn toteuttaminen

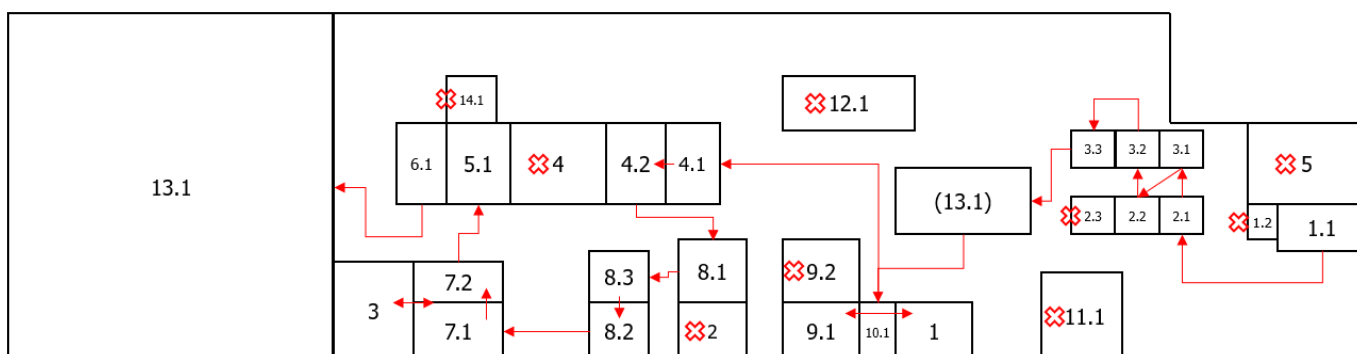
Projektin prosessikuvaus on esitetty kuviossa 7. Se koostuu kolmesta päävaiheesta: Apuvälineiden tietojen keräys, apuvälineiden dokumentointi ja apuvälineiden merkkäminen.



Kuvio 7. Tuotannon apuvälineiden dokumentoinnin prosessikuvaus.

Apuvälineiden tietojen keräys

Prosessi aloitetaan työpisteeltä. Työpisteitä on yhteensä 29 kappaletta, joista viisi on robottihitsaus-soluja (TP1, TP2, TP3, TP4 ja TP5), pintakäsittelysolu (TP12.1), kokoonpanosolu (TP14.1), sahaus- ja poraussolu (TP11.1), solu työharjoittelijoille (TP1.2) ja tavalliset tuotantosolut (TP2.3 ja TP9.2). Näistä soluista vain kahdessa robottihitsaus-solussa (TP1 ja TP3) oli dokumentoitavia apuvälineitä, eli yhteensä apuvälineiden dokumentointia tarvitsevia työpisteitä on 20 kappaletta. Kuvassa 4 on esitetty Ratesteel Oy:n layout, josta käy ilmi työpisteiden kiertämisyjärjestys ja kierretyt solut. TP13.1 on varastosolu, jossa harvemmin käytettäviä apuvälineistä säilytetään. Kuvassa 4 sulkeisiin merkattu (13.1) kuvaa aluetta, mihin varastosta tulevat 2 ja 3 soluissa käytettävät apuvälineet toimitetaan.



Kuva 4. Ratesteel Oy:n layout ja solujen kiertäjärjestys (muokattu Ratesteel Oy 2018).

Tuotannon apuvälineet sijaitsivat pääsääntöisesti työpisteiden hyllyissä, suuremmat apuvälineet olivat mahdollisesti lavoilla tai nojallaan solun seiiniä tai hyllyjä vasten. Hyllyissä on vanhoja paikkamerkintöjä, mutta lähes poikkeuksetta niitä oli sovellettu tai jätetty noudattamatta. "Ulkopuolisen" näkökulmasta hyllyt olivat sekavia, mutta solussa työskentelevät työntekijät tietävät varmasti, mistä mitäkin löytyy. Apuvälineet kerättiin solusta yhteistyössä heidän kanssaan.

Kun työpisteen apuvälineet oli kartoitettu, täytettiin jokaista apuvälinettä kohti tietojen keräyslomake (liite 1). Ensimmäisenä apuvälineelle annettiin nimikenumero, joka oli juokseva järjestysnumero RS-etuliitteellä. Ensimmäinen apuvälineelle annettu nimikenumero oli RS183, eli 183:s tuotannon apuväline. Lomakkeelle täytettiin päivämäärä ja käyttökohteet, eli tuotteet, minkä valmistuksessa apuvälinettä käytetään. Lisäksi lomakkeeseen kirjattiin lyhyt käyttöohje, esimerkiksi mihin ja minkä osan apuväline paikoittaa sekä solu ja apuvälineiden määrä. Lomakkeessa on myös kohta apuvälineen valmistajalle, mutta sen täyttäminen osoittautui haastavaksi, koska apuvälineen tekijästä oli enemmän arvauksia kuin oikeaa tietoa. Työpisteellä työskentelevän työntekijän apua tarvittiin apuvälineen käyttökohteiden ja käyttöohjeiden määrittämisessä. Lomakkeen täyttämisen yhteydessä apuvälineeseen kirjoitettiin tussilla sille annettu nimikenumero ja apuväline valokuvattiin.

Apuvälineiden dokumentointi

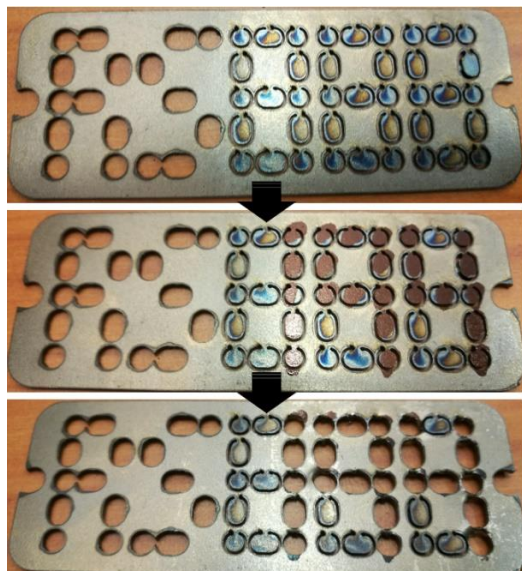
Tietojen keräyslomakkeiden täyttämisen jälkeen alkoi apuvälineiden dokumentoinnin ensimmäinen osa, eli tietojen tallentaminen järjestelmiin. Jokaiselle apuvälineelle luotiin oma kansio, joka nimettiin apuvälineen nimikenumeron ja käyttökohteiden mukaan. Kansioon laitettiin dokumentoinnin ensimmäisessä vaiheessa valokuvia apuvälineestä ja mahdollisesti käyttökohteiden työpiirustuksia, sekä

myöhemmin dokumentoinnin toisessa vaiheessa käyttöohjeet (liite 2). Aiemmin luetellut lomakkeelle kerätyt tiedot siirrettiin apuvälinearkistoon. Lisäksi apuvälinearkistossa on sarakkeet myöhempää käyttöä varten revisioille, tarkastus- ja huoltopäivämäärille, materiaaleille, muutoksille, yms. Tietojen tallentamisen jälkeen lomakkeen alaosaan täytetään mm. tietojen tallennuspäivämäärä ja lomakkeet arkistoidaan kansioon.

Kun prosessikuvauksen kolme päävaihetta oli suoritettu jokaisessa solussa, alkoi dokumentoinnin toinen osuus. Tuotantoa päivystettiin tuotteiden varalta, joiden valmistuksessa dokumentoituja apuvälineitä käytetään. Tarkoituksena oli ottaa apuvälineistä havainnollistavat valokuvat käyttöohjeita varten. Pieni osa apuvälineistä oli käytössä jo kartoitusvaiheessa, jolloin ne oli valokuvattu jo valmiiksi. Apuvälineistä laadittiin yksinkertaiset kuvin varustellut käyttöohjeet, joista käy ilmi, miten apuvälinettä käytetään. Paljon valmistettavien tuotteiden apuvälineistä saatiin helposti laadittua käyttöohjeet, mutta ongelmaksi koituivat harvemmin valmistettavat tuotteet. Lopuksi apuvälineiden nimikenumerot ja mahdolliset käyttöohjeet liitetään Lemonsoft-toiminnanohjausjärjestelmään tuotenumeroiden alle, jolloin ne näkyvät tuotannon tekijöille tuotannossa olevilta tableteilta samanlaisena liitteenä kuin esimerkiksi tuotteen työpiirustus. Nimikenumeroiden ja käyttöohjeiden liittäminen toiminnanohjausjärjestelmään tapahtuu opinnäytetyön ulkopuolella.

Apuvälineiden merkkäminen

Dokumentoinnin ensimmäistä osaa seurasi apuvälineiden merkkäminen. Tunnistekilpien valmisteleminen vaiheet esitetään kuvassa 5. Itse valmisteltavat tunnistekilvet ovat erinomainen ratkaisu satunnaiseen apuvälineiden merkkaukseen, esimerkiksi juuri valmistetun apuvälineen merkkauksessa. Tämän projektin aikana apuvälineitä merkattiin kuitenkin isohkoissa erissä ja esimerkiksi 20 tunnistekilven sarjan valmistelu vei noin tunnin. Työmäärää lisäsi myös nimikenumerot, jossa apuväline koostui kahdesta kappaleesta, jolloin tunnistekilpiä tarvittiin kaksi. Vastaavasti osa apuvälineistä oli kuitenkin liian pieniä ja nimikenumero merkattiin niihin stanssaamalla. Jos tunnistekilpiä on tulevaisuudessa tarvetta valmistella suuria sarjoja, voisi työmäärää helpottaa valmiiksi laserleikatulla juoksevalla numeroinnilla.



Kuva 5. Tunnistekilven RS194 valmistelu (Koskinen 2018).

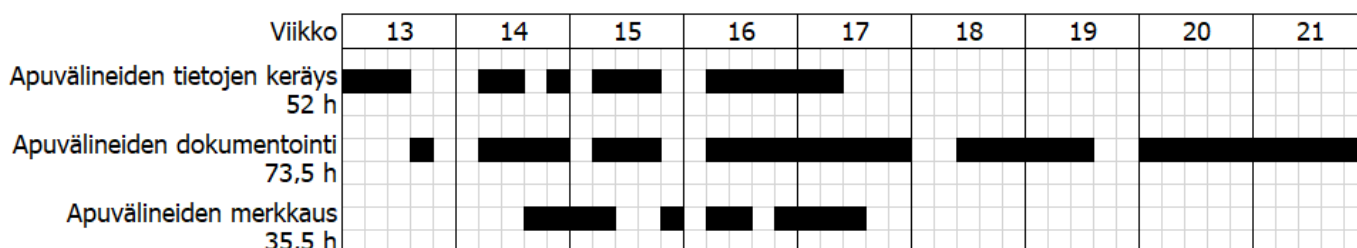
Valmiiden tunnistekilpien kiinnitykseen on kaksi vaihtoehtoa. Jos apuväline ei ole maalattu, voidaan maalaamaton tunnistekilpi kiinnittää siihen hitsaamalla. Tunnistekilpien hitsaus on ehdottomasti nopein ja helpoin tapa kilpien kiinnitykseen, varsinkin kun tunnistekilpiä on kiinnitettävänä useita kappaletta. Jos apuväline taas on pintakäsitelty, joutuu pinnan joko hiomaan tunnistekilven kohdalta hitsausta varten, tai kilven voi kiinnittää apuvälineeseen niiteillä. Tunnistekilven niittäus on huomattavasti työläämpi ensimmäiseen kiinnitysvaihtoehtoon verrattuna, mutta lopputulos on siistimpi. Apuvälineiden maalaus tapahtuu Ratesteel Oy:n pintakäsittelysolussa, kun maalamossa on käytössä keltainen väri. Kuvassa 6 on keltaiseksi maalattu apuväline ja mustaksi maalattu tunnistekilpi, nimi-kenumero on huomattavasti selkeämpi ja helpommin luettavissa maalaamattomaan verrattuna.



Kuva 6. Maalattu apuväline ja tunnistekilpi RS147 niiteillä kiinnitettynä (Koskinen 2018).

4.2 Tulokset

Projektin alkoi 26.3.2018 viikolla 13 ja prosessikuvauksessa esitetyt kolme päävaihetta oli suoritettu 27.4.2018 viikolla 17. Tuotannon päivystäminen ja käyttöohjeiden laatiminen jatkui kuitenkin aina viikon 21 loppuun asti. Apuvälineiden tietojen keräykseen käytettiin 52 tuntia, dokumentointiin 73,5 tuntia ja merkkaukseen 35,5 tuntia. Kaiken kaikkiaan SP00029 - Apuvälineiden dokumentointi -projektiin käytettiin noin 160 tuntia. Ajankäyttö on esitetty kuviossa 8.



Kuvio 8. SP00029 -projektin ajankäyttö.

Apuvälineiden tietojen keräys

Projektin aloitettiin suunnitelman mukaan apuvälineiden tietojen keräämisellä ja tarkemmin apuvälineiden kartoittamisella. Taulukossa 1 on kuvattu apuvälineiden kartoituksen etenemistä tarkemmin.

Taulukko 1. Apuvälineiden kartoituksen eteneminen.

Päivämäärä	26.3	27.3	28.3	3.4	4.4	6.4	10.4	11.4	12.4	17.4	18.4	19.4	20.4	23.4	24.4
Solu	1.1	2.2	13.1	9.1	4.1	8.1	8.2	7.1	7.2	6.1	13.1	13.1	7.2	3.1	10.1
Määrä	7	6	9	8	10	12	11	24	3	6	20	6	2	1	3
Solu	2.1	3.2	10.1	1	4.2	8.3			3					3.2	
Määrä	1	12	7	17	7	16			6					1	
Solu	3.1	3.3							5.1						
Määrä	1	16							18						

Aikavälillä 26.3–19.4 saatiin kierrettyä kaikki työpisteet. Apuvälineiden kartoittamiseen vaikutti eniten työvuorossa oleva työntekijä ja hänen tietotaitonsa apuvälineistä. Tuotannon tekijöiden motivaatio apuvälineiden dokumentointia kohtaan oli kuitenkin erittäin positiivinen. Tuotanto tiedosti dokumentoinnin ja sitä seuraavan hyödyn, joten sain apuvälineiden tiedot kerättyä suhteellisen helposti. Kartoittamisen viimeiset kolme päivää (20.4, 23.4 ja 24.4) käytettiin työpisteiden uudelleen kiertämiseen ja ohi menneiden tai uusien apuvälineiden kartoittamiseen. Uudella kierroksella apuvälineitä löytyi vielä seitsämän kappaletta. Taulukossa 2 on dokumentoitujen apuvälineiden kappalemäärät solukohtaisesti.

Taulukko 2. Apuvälineiden kappalemäärät työpisteittäin.

Solu	1	1.1	2.1	2.2	3	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2	5.1	6.1	7.1	7.2	8.1	8.2	8.3	9.1	10.1	13.1
Määrä	17	7	1	6	6	2	13	16	10	7	18	6	24	5	12	11	16	8	10	35
Yhteensä	230																			

Viimeinen annettu nimikenumero oli RS412. Kaiken kaikkiaan tuotannosta löytyi apuvälineitä 230 kappaletta, joista suurin osa oli hitsaus- ja silloituskiinnittimiä. Nostoapulaitteita ja laaduntarkastukseen käytettäviä apuvälineitä oli yhteensä noin 40 kappaletta. Apuvälineistä noin puolet ovat viikottain käytössä tuotannossa, ¼ käytetään noin kerran kuussa ja toinen ¼ sitäkin harvemmin. Soluissa TP2.1, TP2.2, TP2.3, TP3.1, TP3.2 ja TP3.3 käytetään pääosin samoja apuvälineitä, mutta työpisteet 3.2 ja 3.3 toimivat apuvälineiden pääsääntöisenä varastona. Tästä syystä kartoituksen aikana TP2.3 ei löytynyt yhtään apuvälinettä.

Apuvälineiden dokumentointi

Apuvälineiden dokumentointia suoritettiin ensimmäisen kerran kolmen päivän apuvälineiden kartoituksen jälkeen. Suuret apuvälinemäärät tekivät dokumentoinnista työlästä, joten jatkossa dokumentointi suoritettiin jokaisen päivän päätteeksi tai solun kartoittamisen jälkeen. Taulukossa 3 on ote apuvälinearkistosta, johon apuvälineiden tiedot täytettiin.

Taulukko 3. Osa apuvälinearkistoon täytetyistä tiedoista.

Nimikenumero	Järjestys numero	Nimike	Kohde 1	Kohde 2	Kohde 3	Loput kohteet	Käyttöohje	Solu	Määrä	Luontipäivä	3D skannaus	Valokuva	Merkattu	Käyttöohje
RS322	322	Takarungonjatke	*****	*****			Valon kiinnikkeen paikoitukseen.	7.1	1	11.4.2018	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
RS323	323	Takarungonjatke	*****	*****			Näyttää lattatangen mitan.	7.1	1	11.4.2018	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
RS324	324	Takarungonjatke	*****	*****	*****	*****	Takarungonjatkeiden särmäyksen tarkastus	7.1	2	11.4.2018	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
RS325	325	Takarungonjatke	*****	*****	*****	*****	Kansilevy puristetaan kiinni telineeseen, joll	7.1	2	11.4.2018	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
RS326	326	Takarungonjatke	*****	*****			Lyhyeen takarungonjatkeeseen, paikoittaa k	7.1	1	11.4.2018	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
RS327	327	Takarungonjatke	*****	*****			Pitkään takarungonjatkeeseen, paikoittaa k	7.1	1	11.4.2018	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
RS328	328	Takarungonjatke	*****	*****	*****	*****	Kiinnikelevyn ja neliöputken jigi.	7.1	1	11.4.2018	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
RS329	329	Takarungonjatke	*****	*****			Lyhyeen ja pitkään takarungonjatkeeseen, p	7.1	1	11.4.2018	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
RS330	330	Takarungonjatke	*****	*****			Valon kiinnikkeen paikoitukseen.	7.1	1	11.4.2018	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RS331	331	Takarungonjatke	*****	*****			Tukikolmioiden ***** paikoitukseen.	7.1	1	11.4.2018	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RS332	332	Pohjajapanssari	*****	*****			Tukilattojen ***** paikoitukseen yhdessä l	7.1	1	11.4.2018	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
RS333	333	Pohjajapanssari	*****	*****			Tukilattojen ***** paikoitukseen yhdessä l	7.1	1	11.4.2018	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
RS334	334	Pohjajapanssari	*****	*****			Poikittaisten tukilattojen paikoitukseen.	7.1	1	11.4.2018	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
RS335	335	Pohjajapanssari	*****	*****			Korvakelevyjen ***** kiinnittämiseen.	7.1	1	11.4.2018	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
RS336	336	Pohjajapanssari	*****	*****			Korvakelevyjen ***** paikoittamiseen oik	7.1	1	11.4.2018	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
RS337	337	Pohjajapanssari	*****	*****			Jäykistelevyjen paikoitukseen.	7.1	1	11.4.2018	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
RS338	338	Pohjajapanssari	*****	*****			Jäykistelaattojen ja -levyjen paikoitukseen.	7.1	1	11.4.2018	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
RS339	339	Pohjajapanssari	*****	*****			Näyttää pätkähitsien paikat levyihin *****.	7.1	1	11.4.2018	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
RS340	340	Pohjajapanssari	*****	*****			Tukilattojen ***** paikoitukseen yhdessä l	7.1	1	11.4.2018	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
RS341	341	Pohjajapanssari	*****	*****			Tukilattojen ***** paikoitukseen yhdessä l	7.1	1	11.4.2018	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
RS342	342	Pohjajapanssari	*****	*****			Poikittaisten tukilattojen paikoitukseen.	7.1	1	11.4.2018	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RS343	343	Puskurikotelo	*****	*****			Korvakkeen ***** paikoitukseen.	7.2	1	12.4.2018	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Apuvälinearkistoon merkattiin apuvälineelle määritetyn nimikenumeron perään mm. käyttökohteen nimike, tuotenumerot, jotka aukeavat kohdan "Loput kohteet" alta pudotusvalikkona, yksinkertainen käyttöohje, solu jossa apuvälinettä käytetään, määrä, luontipäivä ja rasti ruutuun menetelmällä onko apuväline 3D-skannattu, valokuvattu, merkattu ja laadittu käyttöohjeet. Apuvälineiden kansiot ja apuvälinearkisto sijaitsevat yhteisellä verkkolevyllä, joten kuka tahansa apuvälineiden tietoja tarvitseva pääsee niitä käyttämään.

Viikosta 18 eli 2.5 alkaen apuvälineiden dokumentointiin käytetty aika on tuotannon päivystämistä käytössä olevien apuvälineiden varalta. Käyttöohjeita laadittiin projektin aikana vähän alle sadalle apuvälineelle. Osa käyttöohjeista on luotu useammalle kuin yhdelle apuvälineelle, jos apuvälineet ovat samankaltaisia tai tarkoitettu samankaltaisille tuotteille. Monessa tapauksessa tuotteet olivat muuten samanlaisia keskenään, mutta toinen tuote oli vain toista kapeampi tai lyhyempi. Näin ollen apuvälineet ovat erilaisia, mutta toimintaperiaate on tismalleen sama. Käyttöohjeiden tärkein tehtävä on apuvälineen käyttökohteen lisäksi kertoa, mitä apuvälineellä esimerkiksi paikoitetaan ja ennen kaikkea, miten apuväline paikoittuu, ts. esittää kuvien avulla paikoitus- ja kohdistuspinnat. Ilman käyttöohjeita jääneet apuvälineet ovat pääsääntöisesti harvoin valmistettuja tai vanhoja apuvälineitä, joita ei kuitenkaan siirretty syystä tai toisesta karanteeniin. Ilman erillistä käyttöohjetta oleville apuvälineille liitetään Lemonsoft-järjestelmään apuvälineen nimikenumeron lisäksi apuvälinearkistoon kirjattu käyttöohje. Näin tuotannon työntekijä saa ilman erillistä käyttöohjetta oleville tuotteille tiedon apuvälineen nimikenumeroista, käyttökohteesta ja esimerkiksi apuvälineellä paikoitettavan kappaleen tuotenumeron. Mietittäväksi jää, mikä apuvälineessä paikoittaa ja kohdistaa mitäkin. Kuvassa 7 on esimerkkinä ote RS225:lle ja RS226:lle laaditusta käyttöohjeesta.

Käyttöohje:



Kuva 7. Ote apuvälineen RS225 ja RS226 käyttöohjeesta (Koskinen 2018).

Apuvälineiden merkkäminen

Apuvälineiden merkkäminen vaati projektilta 35 työtuntia, josta noin neljäsosa meni tunnustekilpien kiinnittämiseen. Tunnustekilpien valmisteluun käytettiin siis 26 tuntia. Pääosin kilvet kiinnitettiin hitsaamalla sen tehokkuuden ja vaivattomuuden takia, mutta silloin tällöin maalattuihin apuvälineisiin ne myös niitattiin. Erityisesti varastosolussa TP13.1 olevien suurien apuvälineiden merkkämisessä käytettiin niittausta, koska silloin apuvälinettä ei tarvinnut kuljettaa tuotannon puolelle hitsausta varten. Dokumentoiduista apuvälineistä saatiin projektin aikana merkattua 97 %, joista reilun kymmenen apuvälineen merkkäyksessä jouduttiin käyttämään stanssausta. Merkkäämättä jäivät TP1 robotisolussa olevan kappaleenkäsittely robotin tartuntaleuat. Leuat on kuitenkin numeroitu jo aiemmin. Opinnäytetyön aikana apuvälineitä ei maalattu ollenkaan.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä kappaleessa kerrotaan johtopäätökset ja pohdinnat opinnäytetyön teoriaosuuksista ja ylipäänsä projektin aikana havaituista tuotantoa edistävästä asioista.

5.1 Teoria

Ensimmäinen teoriaosuus käsitteli hitsauskiinnittimiä. Hitsauskiinnittimen suunnittelu on erittäin vaativa prosessi, jossa ei kannata oikoa. Kiinnitinsuunnittelussa on huomioitava monta eri asiaa, kuten kappaleiden asetus kiinnittimeen, hitsien luoksepäästävyys, hitsauksen aiheuttamat muodonmuutokset, tuotteen irrottaminen kiinnittimestä yms. Ongelmille on pyrittävä keksimään ratkaisut ja ominaisuuksien välillä on tehtävä kompromisseja. Kiinnitinsuunnittelu on työlästä, mutta myös edellytys toimivan hitsauskiinnittimen valmistukseen. Suunnittelijalta kiinnitinsuunnittelu vaatii myös tuotetuntemusta ja käyttöympäristön tuntemusta. Lopulta ja varsinkin onnistuessaan on kiinnitinsuunnittelu erittäin palkitsevaa tuotannon ja sen tekijöiden lisäksi myös suunnittelijalle.

Hitsauskiinnittimistä aiheutuva tuotannollinen hyöty on jaettu tuottavuuteen ja laatuun. Tuottavuus nousee hitsauskiinnittimien parantaessa tuotos per panos -suhdetta eri tavoin. Hitsauskiinnittimet parantavat hitsaajien ergonomiaa ja mahdollistavat turvallisen tuotteiden kokoonpanon ja hitsauksen. Hyvin suunniteltu, eli toimiva ja käytännöllinen kiinnitin nopeuttaa myös huomattavasti tuotteiden työaikoja ja vaalii samalla tasaista laatua. Näin ollen hitsauskiinnittimet eivät pelkästään paranna tuotannon laatua ehkäisemällä hukka kappaleiden syntyä, vaan pyrkimällä tekemään jokaisesta tuotteesta saman kaltaisen. Kiinnittimillä voi kuitenkin olla negatiivisia vaikutuksia laatuun, jos kiinnittimeen luotetaan liikaa tai kiinnittimen toiminta on käyttäjälle epäselvä. Salakavalaa tästä tekee se, että teet kappaleista virheellisiä huomaamattasi.

5.2 Tuotantoa edistävä

Apuvälineiden dokumentointi on erittäin suotavaa, jopa välttämätöntä viimeistään keskisuurissa konepajoissa. Tässä opinnäytetyössä suoritettu tietojen dokumentointi oli vasta apuvälineiden dokumentoinnin ensimmäinen askel. Toinen askel on yksityiskohtaisten ja kattavampien käyttöohjeiden laatiminen kaikille apuvälineille ja kolmas askel on apuvälineiden varastoinnin, säilytyksen ja huoltosten suunnittelu. Dokumentoinnin ensimmäisen askeleen myötä saadaan kuitenkin ratkaisu dokumentoinnin pohjimmalliselle syyllä, eli tieto mahdollisista apuvälineistä ja niiden käyttökohteista.

Dokumentointi astuu selkeiden esiin, kun töihin tulee uusi työntekijä, tai vaihtoehtoisesti vanha työntekijä lähtee pois. Uuden työntekijän tullessa tuotantoon, saa hän heti käyttöönsä samat apuvälineet kuin entiset työntekijät. Vanhojen työntekijöiden lähtiessä pois, saadaan heillä olevat apuvälineisiin liittyvät kallisarvoiset tiedot talteen. Jos tuotannossa on ollut sama tekijä esimerkiksi 50 vuotta, on hänellä sellaista tietoa apuvälineiden ja tuotteiden kehityksestä sekä valmistuksesta, mitä ei ole saatavilla mistään muualta. Tätä tietoa ei kannata heittää hukkaan, vaan ottaa se talteen dokumentoimalla.

Dokumentointi lieventää myös tuotannon työntekijöiden taakkaa muistaa apuvälineiden toiminta. Varsinkin erittäin harvoin käytössä olevien apuvälineiden toimintatavat voi olla hankala muistaa. Lisäksi voisi olettaa, että kymmenien vuosien takaisia tuotteita ei enää valmisteta, mutta tämä ei kuitenkaan pidä paikkaansa: vanhoja tuotteita valmistetaan edelleen varaosiksi. Projektin aikana ilmeni yllättävän usein myös tilanne, jossa kartoituksen yhteydessä löydetyn apuvälineen olemassaolo muistui tuotannon työntekijän mieleen vasta sen nähtyään. Näin ollen dokumentoinnista aiheutuva tuotannollinen hyöty näkyi jo projektin suorittamisen aikana.

Toivottavasti edes joku tuotannon työntekijöistä saa SP00029 - Apuvälineiden dokumentointi -projektin tuloksena dokumentoitujen apuvälineiden kautta uutta tietoa apuvälineistä ja niiden toimintaperiaatteista, sekä pystyy hyödyntämään näitä tietoja työssään. Projektin tulokset pyrkivät helpottamaan Ratesteel Oy:n tuotantoa, sen sujuvuutta ja laadunhallintaa. Dokumentointia ei kuitenkaan kannata lopettaa opinnäytetyön valmistumisen myötä kokonaan, vaan apuvälineiden dokumentointi -projektia on syytä pyörittää ja monitoroida uusia apuvälineitä esimerkiksi tietyin väliajoin muiden töiden ohella. Dokumentoinnin osalta periaatteessa riittää, kun uusien apuvälineiden tiedot täytetään suoraan Lemonsoft-järjestelmään ja apuvälineet merkataan tunnustekilvillä.

Tietojen tallentamisen osalta projektin aikana kävi ilmi, ettei excel-taulukko ole paras mahdollinen tiedonkäsittelyjärjestelmä. Apuvälineiden tiedot ovat siihen helposti täytettävissä ja suhteellisen helposti myös haettavissa, mutta tietojen käyttäminen muualla on hieman kömpelöä. Esimerkiksi tietojen siirtäminen Lemonsoft-järjestelmään joudutaan tekemään yksitellen. Excel-taulukko on kuitenkin yleinen, helppo ja selkeä käyttöinen, joten tässä projektissa se toimi hyvin arkistointijärjestelmänä. Jatkoa ajatellen tiedot voisi siirtää niiden käyttämisen helpottamista varten suunnitellulle ohjelmalle. Ohjelman valinnassa ja ylipäänsä tiedon sähköisessä tallentamisessa on kuitenkin otettava huomioon järjestelmien elinkaaren pituus.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteina oli tutkia hitsauskiinnittimen tehtäviä, suunnittelua ja tuotannon hyötyjä, sekä kartoittaa ja dokumentoida Ratesteel Oy:n tuotannon apuvälineet ja niiden tiedot kaikkien saataville.

Teoriaosuudet koottiin useasta lähteestä ja ne toimivat hyvänä pohjatuksena projektiosuudelle. Hitsauskiinnittimien pääasiallinen tehtävä on pitää hitsattavat kappaleet paikallaan ja oikeissa asemissa toisiinsa nähden. Hitsauskiinnittimen suunnittelu on erittäin työlästä ja haasteellista. Se vaatii suunnittelijalta tietoa, taitoa, kokemusta, luovuutta ja kompromissien tekotaitoa. Huolellinen suunnittelu on toimivan kiinnittimen ehto. Toimiva kiinnitin nopeuttaa kappaleiden valmistusaikoja, estää niiden väärin kasaamisen ja oikein käytettynä pitää laadun tasaisena sekä vähentää laaduntarkistuksen tarvetta.

Projektiosuuden tuloksena saatiin kartoitettua 230 apuvälinettä, dokumentoitua ja merkattua ne sekä laadittua noin sadalle tarkemmat käyttöohjeet. Projektin jälkihoitoon jää apuvälineiden maalaminen ja tietojen liittäminen lemonssoft-järjestelmään. Tarkempien käyttöohjeiden laatiminen lopuille apuvälineille ei ole välttämättömyys, sillä apuvälineen käyttäjä todennäköisesti osaa päätellä sen toiminnan työpiirustuksen ja sanallisen käyttöohjeen avulla. Tässä vaiheessa suurin hyöty on jo saavutettu, kun apuvälineet on kartoitettu ja niiden käyttökohteet ja käyttöohjeet ovat dokumentointu.

Opinnäytetyö oli ensimmäinen oikeaan konepajaan tekemäni projekti. Projektin aikana päästi tutustumaan hitsaavan konepajan tuotantoon sekä hitsaus- ja kappaleenkäsittelyautomaatioon lähemmin. Ratesteel Oy:n valmistamat tuotteet ja niiden valmistusmenetelmät tulivat myös tutuiksi. Erilaiset tuotannon apuvälineet ja varsinkin eroavaisuudet menetelmäsuunnittelun huolellisesti suunnitellun ja tuotannon ei niin suunnitellun kiinnittimen välillä olivat selkeästi huomattavissa ja herättivät ajatuksia ja ideoita. Kokonaisuutena opinnäytetyö oli erittäin opettavainen ja jo opittuja taitoja päästi soveltamaan käytäntöön. Opinnäytetyön aikana kerätyt ja luodut tiedot ja aineistot jäävät Ratesteel Oy:lle vapaasti käytettäväksi.

LÄHTEET

- Aaltonen, K., Andersson, P. & Kauppinen, V. 1997. Levytyötekniikka. Porvoo: WSOY.
- Aaltonen, K., Ekman, K., Kamppari, J., Kauppinen, V., Kivivuori, S., Paro, J. & Vuorinen, J. 1991. Työvälinetekniikka. Hämeenlinna: Karisto Oy.
- Ahola, H. 1988. Automatisoidun kaarihitsauksen huomioonottaminen tuotteen suunnittelussa. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.
- Athani, A. & Anyapanawa, R. 2016. Design and development of tacking and welding fixture for mixing drum of 10/7 concrete mixer. IJIRST 3/02.
- Anttila, J. & Jussila, K. 2016. Mitä laatu on. Suomen Standardisoimisliitto uutiskirje. [viitattu 14.5.2018]. Saatavissa: https://www.sfs.fi/ajankohtaista/uutiskirjeet/uutiskirjeet_2016/mita_laatu_on_artikkeli
- Destaco. 2018. Vertical hold-down clamps. [viitattu 29.5.2018]. Saatavissa: <https://www.destaco.com/vertical-hold-down.html>
- Kauppinen, M. 2012. Hitsausrobotisolun kiinnitinjärjestelmän suunnittelu. Savonia-ammattikorkeakoulu: Konetekniikka. Opinnäytetyö.
- Koivuluoma, K. 2017. Hydraulinen koneistuskiinnitin modulaarisella toimintaperiaatteella. Seinäjoen ammattikorkeakoulu: Konetekniikka. Opinnäytetyö.
- Lepola, P. & Makkonen, M. 2005. Hitsaustekniikat ja teräsrakenteet. Porvoo: WSOY.
- Lukkari, J. 2011. Hitsaustalous ja tuottavuus. Hitsaustekniikka 3/2011. Helsinki: Suomen hitsausteknillinen yhdistys ry.
- Maliranta, M. 2006. Yritysaineistoilla tuottavuuden juurille. [viitattu 8.5.2018]. Saatavissa: http://tistolakeskus.fi/tup/tietotrendit/tt_10_06_yritysaineistot.html
- Mäki-Haapaja, S. 2014. Hitsauskiinnittimien dokumentoinnin vaikutus laatuun. Seinäjoen ammattikorkeakoulu: Konetekniikka. Opinnäytetyö.
- Niemi, E. & Kemppi, J. 1993. Hitsatun rakenteen suunnittelu. Helsinki: Painatuskeskus Oy.
- Nissinen, I. 2014. Hitsauskiinnittimen suunnittelu pohjapanssareiden automatisoituun valmistukseen. Savonia-ammattikorkeakoulu: Konetekniikka. Opinnäytetyö.

Ratesteel Oy. 2018. Ratesteel Oy:n www-sivut. [viitattu 18.5.2018]. Saatavissa: <http://ratesteel.fi>

SFS-EN ISO 13920. 1996. Hitsaus. Hitsattuja rakenteita koskevat yleistoleranssit. Pituus- ja kulma-
mitat. Muoto ja sijainti. Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry.

Solehmainen, K., Tuunainen, A., Räsänen, M. & Jääskeläinen, E. 2016. Hitsauskiinnitin vai joustava
hitsauskiinnitin. HiKi -projektin loppuraportti.

Työterveyslaitos. 2018. Työturvallisuusjohtaminen. [viitattu 8.5.2018]. Saatavissa:
<https://www.ttl.fi/tyoymparisto/tyoturvaluus/tyoturvaluusjohtaminen/>

Wang, H. & Rong, Y. 2008. Case based reasoning method for computer aided welding fixture de-
sign. Computer-Aided Design, 40.

LIITE 1: TIETOJEN KERÄYSLOMAKE



Tuotannon apuvälineen dokumentointi
6.3.2018

Apuvälineen tiedot:

Tekijä täyttää. Apuväline ja lomake hyväksyttävä ja toimitettava menetelmäsuunnittelulle.

Tekijä: _____ Päiväys: ____/____/____

Kohde: _____

Solu/ Varastopaikka (missä apuvälinettä säilytetään): _____

Käyttöohje/ käyttöä havainnoiva kuva:

Apuvälineiden määrä: _____

Lisätietoa liitteenä: Kyllä | Ei

Arkistointi tiedot:

Menetelmäsuunnittelu täyttää ja arkistoi apuvälineen tiedot.

Apuvälineen hyväksymispäivämäärä: ____/____/____

Hyväksyjä: _____

Apuväline numero: _____

Onko apuväline 3D skannattu: Kyllä | Ei

Onko apuväline valokuvattu: Kyllä | Ei

Apuvälineen tiedot tallennettu järjestelmään: Kyllä | Ei

Apuvälineen tietojen tallennus päivämäärä: ____/____/____

Muuta huomioitavaa:

LIITE 2: KÄYTTÖOHJEPOHJA



Apuvälineen käyttöohje
16.3.2018
Dokumentti revisio 0

Apuväline numero:
Käyttökohde:

Projektinnumero: SP00029
Revisio: 0
Solu:

Käyttöohje:

Tekijä:
Päiväys:

Joel Koskinen
2018