

Lauri Ahonen

# **Suunnitteluohjeen laatiminen ja tuotantopiirustusten päivittäminen**

Opinnäytetyö

Kevät 2016

SeAMK Tekniikka

Automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: SeAMK Tekniikka

Tutkinto-ohjelma: Automaatiotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Koneautomaatio

Tekijä: Lauri Ahonen

Työn nimi: Suunnitteluohjeen laatiminen ja tuotantopiirustusten päivittäminen

Ohjaaja: Jorma Mettälä

Vuosi: 2016

Sivumäärä: 29

Liitteiden lukumäärä:0

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia suunnitteluohjeet ja päivittää olemassa olevia tuotantopiirustuksia uusien suunnitteluohjeiden mukaisiksi. Ohjeessa käsitellään itse tuotteen suunnitteluvaiheen lisäksi tuotteisiin tehtäviä muutoksia ja tuotetiedon hallintaa. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Härmä Air Oy.

Härmä Air tarvitsi suunnitteluohjetta, jotta se voisi varmistaa tuotantopiirustusten ja sitä kautta omien tuotteidensa tasalaatuisuuden, sekä tulevaisuudessa ottaa käyttöön ISO 9001 -laatu järjestelmän. Tärkeä osa ohjetta oli tuotteisiin tehtävien muutosten hallinta ja muutostenhallinnan kehittäminen.

Opinnäytetyössä käydään läpi suunnitteluohjeen taustalla olevaa teoriaa materiaalien, tuotetiedon hallinnan ja tekniseen piirustukseen liittyvien standardien osalta. Materiaalien osalta opinnäytetyössä keskitytään pääasiassa ohutlevyteräksiin.

Opinnäytetyön tuloksena Härmä Airille laadittiin suunnitteluohje, jonka avulla yrityksen on mahdollista parantaa oman valmistusdokumentaationsa laatua ja varmistaa dokumentaation standardien mukaisuus.

Avainsanat: suunnitteluohje, tuotetiedon hallinta, ohutlevy

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Automation engineering

Specialisation: Machine Automation

Author: Lauri Ahonen

Title of thesis: Creating a designers guide and updating production drawings

Supervisor: Jorma Mettälä

Year: 2016

Number of pages: 29

Number of appendices: 0

---

The goal of this thesis was to create a designers guide and to update the existing production drawings to match the new designers guide. The designers guide deals with the product planning phase and also the changes to be made to the products as well as product data management. The thesis was made in cooperation with Härmä Air Oy.

Härmä Air needed a designers guide to ensure the consistent quality of their production drawings and the products they manufacture. They are also planning to utilize the ISO 9001 quality management system and thus need a designers guide. One important part of the guide was to instruct and develop the process of making changes to products and production drawings.

This thesis deals with the theory behind the actual designers guide concerning materials, product data management and the standards for technical drawings. The theory about materials focuses mainly on sheet metal materials. As a result of this thesis Härmä Air now has a designers guide that allows the company to develop better quality production drawings that are made according to the standards.

Keywords: designers guide, product data management, sheet metal

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä .....	1
Thesis abstract .....	2
SISÄLTÖ .....	3
Käytetyt termit ja lyhenteet .....	5
1 JOHDANTO.....	6
1.1 Työn tausta .....	6
1.2 Työn tavoite .....	6
1.3 Työn rakenne.....	6
1.4 Härmä Air Oy.....	7
2 TEKNINEN PIIRUSTUS .....	8
2.1 Standardit .....	8
2.2 Toleranssit .....	8
3 TUOTESUUNNITTELU .....	10
3.1 Valmistettavuus .....	10
3.2 Ohutlevytuotteet .....	13
3.3 Ruostumattomat teräkset .....	13
3.3.1 Leikkausmenetelmät .....	14
3.3.2 Muovaus.....	16
3.3.3 Hitsaus.....	17
3.4 Tuotetiedon hallinta .....	18
3.5 Nimikkeet.....	19
3.6 Tuoterakenteet.....	20
4 SUUNNITTELUOHJEET .....	22
4.1 Teknisen piirustuksen standardit.....	22
4.2 Toleranssien käyttö .....	23
4.3 Tuotteiden elinkaaren hallinta ja muutokset.....	24
5 POHDINTAA .....	26
LÄHTEET.....	27
LIITTEET .....	29



## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>PDM</b>	Product Data Management. Tuotetiedon hallinta tarkoittaa järjestelmällistä menetelmää, jolla hallitaan tuotetietoja, tiedon luomista, käsittelyä, jakelua ja tallentamista.
<b>GPS</b>	Geometrical Product Specifications. Geometrinen tuotemäärittely tarkoittaa tuotteen geometrialle määritettäviä vaatimuksia.
<b>CAD</b>	Computer Aided Design. Tietokoneavusteinen suunnittelu tarkoittaa tietokoneen käyttöä suunnittelun apuvälineenä.

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta

Härmä Air Oy aikoo ottaa vuoden 2016 aikana käyttöön ISO 9001 -standardin mukaisen laatujärjestelmän ja ISO 14001 -standardin mukaisen ympäristöjärjestelmän. ISO 9001 -laatujärjestelmän yhtenä vaatimuksena on, että tuotteille on riittävät suunnitteluohjeet. Härmä Airilla ei tällä hetkellä ole tuotteilleen riittävän hyviä suunnitteluohjeita, eikä tuotteisiin tehtävien muutosten käsittelyä ole ohjeistettu. Valmistusdokumentit on laadittu ilman mitään yleistä ohjetta ja tämän seurauksena suunnittelijasta riippuen dokumentit ovat enemmän ja vähemmän erilaisia. Dokumenttien yhdenmukaistaminen ei onnistu ilman suunnitteluohjeistusta.

## 1.2 Työn tavoite

Työn tavoitteena on laatia Härmä Airille suunnitteluohjeet, joiden mukaan kaikki valmistusdokumentit saadaan vastaamaan standardeja, ja niiden mukaan valmistetut tuotteet vastaavat yrityksen laaduntuottovaatimuksia. Suunnitteluohjeen mukaan tehtyjen valmistusdokumenttien on tarkoitus olla selkeitä ja yksiselitteisiä tuotannon kannalta. Tarkoitus on saada laadittua ohjeistukset, jotka pätevät valmistettaville vakiotuotteille sekä asiakasrätälöidyille tuotteille. Tärkeänä osana suunnitteluohjetta on tuotteiden muutosprosessin ohjeistaminen. Kun suunnitteluohjeistus on valmis, päivitetään nykyisiä valmistusdokumentteja suunnitteluohjeen vaatimusten mukaiseksi.

## 1.3 Työn rakenne

Opinnäytetyön johdannossa esitellään työn tavoite ja tausta sekä yritys, johon työ tehdään. Teoriaosuudessa käsitellään opinnäytetyönä tehtävän suunnitteluohjeen taustalla olevaa teoriaa. Luvussa 4 Suunnitteluohjeet käydään läpi suunnitteluohjeen kokoamisprosessia ja menetelmiä joilla suunnitteluohje laaditaan. Luvussa 5

käydään läpi työn tulokset ja saatiinko vaatimukset täytettyä. Viimeisenä lukuna on pohdintaa aiheesta.

#### **1.4 Härmä Air Oy**

Härmä Air Oy on vuonna 1992 perustettu Kauhavan Alahärmässä sijaitseva suomalainen savupiippuvalmistaja. Härmä Airin tuotteisiin kuuluvat erilaiset teräspiiput, harkkopiiput, korjauspiiput, piippuihin asennettavat savukaasuimurit, lämpömittarit ja muut savupiippujen lisävarusteet. (Härmä Air oy, 2016.)



## 2 TEKNINEN PIIRUSTUS

### 2.1 Standardit

Standardeilla tarkoitetaan kirjallisesti julkaistua, jonkin standardoinnista vastaavan tahon hyväksymää määriteltyä menettelytapaa, jota käytetään toistuvassa toiminnassa. Standardien käyttö ei ole yrityksen toiminnassa pakollista, mutta viranomaiset voivat joissain tapauksissa vaatia niiden käyttämistä (SFS. 2016a). Standardoinnista on kuitenkin yrityksille hyötyä sillä se lisää tuotteiden yhteensopivuutta ja turvallisuutta ja siitä johtuen helpottaa yrityksen toimintaa kansainvälisillä markkinoilla. Tilaaja voi vaatia toimittajalta tuotteita tai palveluita, jotka täyttävät tietyt standardit ja myös valtio voi vaatia maassa myytävillä tuotteilla standardien noudattamista lakien perusteella. (SFS. 2016b.) Suurin kansainvälinen standardointijärjestö on ISO (International Organization for Standardization). ISO:n jäseniä ovat 163 maan kansalliset standardoimisjärjestöt. Suomessa käytettävät SFS-standardit ovat suurimmaksi osaksi alkuperältään eurooppalaisella tasolla määritettyjä EN-standardeja, jotka on laadittu CENissä (European Committee for Standardization) (SFSedu. 2016a). Standardoinnin tarkoituksena on varmistaa, että tuotteet ja järjestelmät ovat yhteensopivia, toimivat yhdessä ja ne toimivat juuri siinä käyttötarkoituksessa ja olosuhteissa joihin ne on tarkoitettu (SFS. 2016c).

### 2.2 Toleranssit

Toleranssien määrittelyä kutsutaan toleroinniksi. Toleroinnilla tarkoitetaan tuotteen mittojen sallittujen vaihteluvälien määrittelyä. Toleroinnin tarkoituksena on määrittellä tuotteessa sallitut mittapoikkeamat niin, ettei sen toiminnallisuus häiriinny niin kauan kuin mitat ovat sallittujen raja-arvojen sisäpuolella. (Krulikowski. 1998, 10.)

Tuotteille on suunnitteluvaiheessa määriteltävä toleranssit, joiden avulla kuvataan tuotteen geometrian sallitut poikkeamat. Geometrisellä tuotemäärittelyllä (GPS) tarkoitetaan tuotteen mittojen ja geometristen ominaisuuksien tolerointia. GPS-

järjestelmä sisältää mittatoleranssit, geometriset toleranssit, pinnan ominaisuuksien toleranssit ja niiden lisäksi niihin liittyvät todentamismenetelmät, mittausvälineet ja kalibrintivaatimukset. GPS-järjestelmän piirustusmerkinnät ovat standardoituja ja niitä käytetään kaikkialla maailmassa. (SFSedu. 2016b.)

## 3 TUOTESUUNNITTELU

### 3.1 Valmistettavuus

Tuotteiden suunnittelulla voidaan vaikuttaa huomattavan paljon niiden valmistettavuuteen ja sitä kautta valmistuskustannuksiin. Suunnittelussa on pyrittävä ottamaan huomioon kaikki tuotteen elinkaaren vaiheet. Tämän helpottamiseksi on laadittu DFX (Design For X) -menetelmä. DFX-menetelmä koostuu useista eri osista, joilla pyritään saamaan suunnittelija kiinnittämään huomiota tuotteen valmistettavuuteen, kokoonpantavuuteen, luotettavuuteen ja käytön jälkeisiin toimiin. (Molloy, Tilley & Warman 2012, 9-10.)

DFM eli Design For Manufacturing -menetelmän tarkoituksena on tuotteen suunnittelu tuotteen valmistettavuuden kannalta. DFM-menetelmässä huomioidaan tuotteen valmistuskriteerit tuotteen suunnitteluprosessissa. Toinen yleisesti käytetty menetelmä on DFA eli Design For Assembly. DFA-menetelmässä keskitytään tuotesuunnittelussa siihen, että tuotteen kokoonpano on mahdollisimman helppoa ja edullista. DFM/A-menetelmiä käytettäessä suunnittelijalla pitää olla hyvät tiedot valmistustavoista ja suunniteltavan tuotteen elinkaaresta. Menetelmien käyttö edellyttääkin perehtymistä valmistustapoihin erityisesti sellaisten tuotteiden kohdalla, joiden valmistuksessa käytetään useita eri prosesseja. (Molloy, Tilley & Warman 2012, 9-10.)

Suunnittelijan kannalta oleelliset tiedot voidaan jakaa kolmeen luokkaan seuraavasti: 1. Yleiset periaatteet. Yleisillä periaatteilla tarkoitetaan alakohtaista yleistietoa, jonka tuntemus on suunnittelijalle hyödyksi. 2. Yrityskohtainen toimintatapa. Yrityskohtaiset toimintatavat tarkoittavat yrityksen omia suunnittelusääntöjä, joiden tarkoituksena on parantaa laatua ja tehokkuutta huomioimalla eri prosessien ja suunnitteluratkaisujen välinen yhteys. 3. Prosessi- ja resurssikohtaiset rajoitteet. Prosessi- ja resurssikohtaisilla rajoitteilla tarkoitetaan tilanteita, joissa suunnittelulle asettaa rajoitteita tietyt valmistuksessa käytettävät prosessit. (Molloy, Tilley & Warman 2012, 9-10.)

Tuotteiden valmistuksen automatisointi kokoonpanon tai itse valmistusprosessin osalta asettaa monissa tapauksessa uudenlaisia vaatimuksia tuotesuunnittelulle. Manuaalisen valmistuksen joustavuus sallii suunnittelijalle enemmän vapauksia verrattuna automatisoituun valmistukseen. Kun esim. manuaalisesta kokoonpanosta siirrytään automatisoituun kokoonpanoon, suunnittelussa ei välttämättä huomioida automatisoidun kokoonpanon vaatimuksia. Tällöin joudutaan usein investoimaan uusiin työkaluihin tai tarvikkeisiin. (Molloy, Tilley & Warman 2012, 37.)

Tuotteiden valmistettavuuden parantamiseksi suunnittelijalla tulisi olla jo suunnitteluvaiheessa mahdollisimman paljon tietoa valmiista tuotteesta. Erilaisia tapoja kerätä tietoa valmiista tuotteesta on monia. Tarkoitus on, että niistä käytetään juuri kuhunkin tarpeeseen parasta vaihtoehtoa. Jos tuotteen suunnitelma ei täytä valmistettavuuden kannalta sille asetettuja vaatimuksia, voidaan sitä yrittää suunnitella uudelleen käyttäen erilaista menetelmää, mikäli suunnittelija on oppinut epäonnistuneesta suunnitteluprosessista. Uudelleen yrittäminen ilman että käyttöön otetaan erilaisia menettelytapoja ja suunnittelutyökaluja on melko kallis ja hidas tapa tuotteen valmistettavuuden parantamiseen. Suunnittelussa voidaan käyttää useiden. (Lempiäinen & Savolainen. 2003, 23-25.)

Eri alojen osaajia osana suunnittelutiimiä, jolloin tiimissä on alusta alkaen mukana henkilöitä, joilla on tietoa tuotteen valmistuksesta ja markkinoinnista. Eri alojen osaajista koostuva suunnittelutiimi on lähes pakollinen suurissa suunnitteluinnovaatioissa. Eri alojen osaajista koostettu suunnittelutiimi ei kuitenkaan ole taonnistuneelle suunnittelutyölle, sillä kyseisten tiimien kohdalla tiimin hyvä henkilöke-mia on tärkeässä roolissa suunnittelutyön onnistumisen kannalta. Vanhempien suunnittelijoiden käyttäminen suunnittelun ohjaajina voi mahdollistaa vanhojen virheiden välttämisen oman kokemuksensa avulla. Suunnittelutyötä ei kannata kuitenkaan sysätä pelkästään vanhojen suunnittelijoiden vastuulle, sillä DFM:n oppimisprosessin kannalta on tärkeää, että nuoremmat suunnittelijat saavat käytännön harjoitusta ja onnistumisia. (Lempiäinen & Savolainen. 2003, 23-25.)

Tuotekehityksessä voidaan myös kerätä tuoteperheittäin parhaita konstruktiorakenteita, joita hyödynnetään myöhemmissä projekteissa. Yritys voi myös verrata omaa referenssituotettaan muiden yritysten vastaavan monimutkaisuustason ja valmistusmäärän tuotteisiin. Mikäli kilpailevan yrityksen tuotesuunnitelma on mer-

kittävästi parempi, yrityksen on panostettava runsaasti omien tuotteidensa valmistettavuuteen. (Lempiäinen & Savolainen. 2003, 23-25.)

Suunnittelussa on järkevää myös miettiä erilaisten suunnitteluperiaatteiden mahdollisista vaikutuksista tuotteeseen. Osien valmistaminen esimerkiksi valamalla koneistamisen sijaan tai erityyppisiä liitosmenetelmiä käyttämällä saattaa parantaa huomattavasti tuotteen valmistettavuutta, mutta samalla heikentää sen huollettavuutta ja purkamista. (Lempiäinen & Savolainen. 2003, 23-25.)

Suunnittelussa apuna käytettävät tietokoneohjelmistot tarjoavat monenlaisia mahdollisuuksia esimerkiksi valmistusaikojen ja kustannusten arvioimiseen. Simulointia ja erilaisia fyysisiä malleja voidaan käyttää myös tuotteiden valmistettavuuden arviointiin. Tuotteiden suunnittelumenetelmien tulisi olla sellaisia, että ne auttavat saamaan tuotannosta tietoa nykyisistä tuotteista ja niihin liittyvistä ongelmista, jotta valmistettavuutta voitaisiin analysoida ja kehittää. Systemaattinen DFM-menetelytapa, joka yhdistää edellä mainittuja keinoja, mahdollistaa tuotteen valmistettavuuden tehokkaan kehittämisen. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 23-25.)

Ohutlevytuotteiden valmistettavuuteen vaikuttavia asioita ovat erityisesti lävistystekniikka sekä levyn tehokas hyödyntäminen. Suunnittelussa on syytä kiinnittää huomiota myös suurempien kappaleiden leikkeistä syntyviin hukkapaloihin, joita voidaan hyödyntää pienempien osien valmistukseen. Ohutlevyosien suunnittelussa valmistettavuuden kannalta tärkeimpiä asioita on:

- Taivutetun nurkan minimi säde = 0,8mm tai 0,5 x levyn paksuus
- Aukon etäisyys levyn reunasta vähintään 1,5 x levyn paksuus
- Kierteen halkaisija teräslevyissä enintään 2 x levyn paksuus ja alumiini, kupari tai sinkkilevyille 1,5 x levyn paksuus
- Lävistettävän reiän halkaisija vähintään 2 x levyn paksuus
- Porattavan reiän halkaisija vähintään 1 x levyn paksuus
- Reikien etäisyys toisistaan oltava vähintään reiän halkaisija

- Taivutuksen jälkeen levyn reunassa tulee olla ainetta vielä vähintään 2 x levyn paksuus
- Yli 2 x levyn paksuuden syvyiset upotukset tehtävä syvävetämällä
- Syvävedossa upotuksen syvyys alle puolet upotuksen suuremman särmän mitasta ja enintään 2 x upotuksen kaarevuussäteen mitta
- Hitsausliitoksia tulee välttää muodonmuutosten takia

(Lempiäinen & Savolainen 2003, 93.)

### **3.2 Ohutlevytuotteet**

Ohutlevytuotteella tarkoitetaan perinteisesti tuotetta, joka on valmistettu käyttäen materiaalina enintään 4 mm:n vahvuista metallilevyä. Materiaali on yleensä ohutleyteräs, ruostumaton teräs tai alumiiniseos. Ohutlevytuotteiden valmistusmenetelmät voidaan jakaa neljään luokkaan, jotka ovat leikkaus, taivutus, muovaus, liittäminen ja pintakäsittely. Edellä mainitut neljä luokkaa jakaantuvat vielä tarkemmin eri menetelmiin. (Matilainen, ym. 2010, 3-4.)

Tässä työssä käydään läpi joitakin ohutlevykappaleiden valmistusmenetelmiä ja materiaaleja, joita käytetään Härmä Airin tuotteiden valmistuksessa ja niiden suunnittelulle asettamia rajoitteita. Ohutlevystä valmistettavien tuotteiden kohdalla tärkeimmät materiaalien asettamat rajoitukset ovat levyn sallitut taivutussäteet ja -kulmat, hitsausmenetelmät ja materiaalien mekaaniset ominaisuudet. Härmä Airin ohutlevytuotteissa käytetään suurimmaksi osaksi joko ruostumatonta ja haponkestävää terästä tai sinkkipinnoitettua terästä.

### **3.3 Ruostumattomat teräksiset**

Ruostumattoman teräksen valmistusmenetelminä voidaan usein käyttää samantyyppisiä valmistusmenetelmiä kuin ohutleyteräksille, huomioiden kuitenkin ruostu-

mattoman teräksen erityispiirteet joissakin asioissa. Ruostumattoman teräksen työstössä täytyy huomioida teräksen korroosion kestävyuden säilyminen. Kuljetuksen, varastoinnin ja valmistusketjun aikana pinnan suojaamisen suhteen täytyy olla tarkkana, sillä pintavikojen korjaaminen saattaa olla kallista ja työlästä. Huomioitava on myös erityyppisten ruostumattomien terästen faasirakenteiden vaikutukset työstömenetelmien valinnassa:

- Ferriittisillä ruostumattomilla teräksillä lujuus- ja sitkeysominaisuudet ovat lähes samat kuin ohutlevyteräksillä.
- Austeniittiset ruostumattomat teräkset ovat sitkeitä, mutta ne muokkauslujittuvat voimakkaasti ja se heikentää hieman niiden sitkeyttä.
- Duplex-teräkset eivät ole yhtä sitkeitä tai voimakkaasti muokkauslujittuvia kuin austeniittiset ruostumattomat teräkset, mutta ne ovat huomattavasti lujempia. (Matilainen, ym. 2010. 50.)

### 3.3.1 Leikkausmenetelmät

Ruostumattomien teräksien leikkausmenetelminä voidaan käyttää tavanomaisia mekaanisia menetelmiä, mutta muokkauslujittuvien ja duplex-lajien korkeasta myötölujuudesta johtuen niiden leikkaamiseen tarvitaan suurempia voimia kuin hiiliteräksellä. Ruostumattomille teräksille ei suositella käytettäväksi happi-asetyylileikkausta, sillä se heikentää teräksen korroosionkestoa. Ruostumattomien terästen leikkauksessa yleisimmin käytettyjä menetelmiä ovat vesi-, laser-, plasma- ja jauheleikkaus. (Matilainen ym. 2010. 50-51.)

Laserleikkauksen etuna on kapea leikkausrailo ja hyvin pieni lämpövyöhyke, jolloin lämpölaajenemisesta johtuvat muodonmuutokset ovat vähäisiä. Laserleikkaus onnistuu myös sellaisille levyille, joiden päällä on suojana muovikalvo. Laserleikkaus on kapean leikkausrailon ansiosta erittäin tarkka prosessi ja sillä on mahdollista leikata tarkkoja ääri viivoja ja leikkausrailon reuna on erittäin siisti. (Esab. 2016.)

Vesileikkauksen etuja on hapettumaton leikkuujälki ja matala leikkuulämpötila, minkä ansiosta lämpölaajenemista ei esiinny. Vesileikkaus on laserleikkauksen

tavoin erittäin tarkka prosessi ja voi joissain tapauksissa olla jopa laserleikkausta tarkempi. (Esab. 2016.)

Plasmaleikkauksen hyvänä puolena voidaan pitää sen nopeutta erityisesti paksujen levyjen leikkauksessa, mutta ohuiden, alle 6 mm paksujen levyjen leikkauksessa leikkauspinnan suorakulmaisuus on huomattavasti huonompi kuin vesitai laserleikkauksessa. (Esab. 2016.)

Jauheleikkausta voidaan myös käyttää ruostumattomien terästen leikkaukseen erityisesti paksujen levyjen kohdalla, sillä saadaan siisti ja kapea leikkauspinta. Ruostumattoman teräksen leikkauksessa ei kuitenkaan saa käyttää rautapulveria sen aiheuttaman teräksen pintaa suojaavan oksidikerroksen vaurioittamisen takia. (Matilainen ym. 2010. 50-51.)

Ruostumattomia duplex-teräksiä leikataan samanlaisilla menetelmillä kuin austeniittisiä ruostumattomia teräksiä, mutta niiden kohdalla täytyy huomioida duplex-terästen parempi lämmönjohtavuus, minkä johdosta niille ei kuitenkaan yleensä sovi samat leikkausparametrit (Matilainen ym. 2010. 50-51).

Ohutlevytuotteiden suunnittelussa leikkausvaiheeseen on syytä kiinnittää huomiota, sillä se vaikuttaa tuotteen valmistuskustannuksiin ja laatuun merkittävästi. Tärkeimpiä huomioitavia asioita on kappaleen muoto, taivutusten nurkkien loveaminen, leikkaustarkkuus, materiaalihukan minimoiminen, materiaali ja materiaalipaksuudet. Ohutlevytuotteisiin tehtävien leikkausten suunnittelussa on pyrittävä tekemään muodoista mahdollisimman yksinkertaisia, ja mikäli mahdollista sellaisiksi, että ne voidaan valmistaa vakiotyökaluilla. (Laherto, 2010. 13-14.)

Leikattavien muotojen valmistettavuuden kannalta on muistettava joitakin perussääntöjä, joita noudattamalla tuotteen valmistus on helpompaa ja taloudellisempaa. Leikattavia muotoja suunniteltaessa on järkevämpää käyttää mieluummin pyöreitä, standardikokoisia reikäkokoja, kuin suorakaiteen muotoisia. Reikien sijoittelua liian lähelle reunoja tai toisia reikiä, turhia pyöristyksiä ja liian teräviä nurkia tulee välttää. Suunnittelussa on huomioitava myös käytettävissä olevat koneet ja niiden työkaluvalikoimat niin, että kappale voidaan valmistaa sellaisella työkaluvalikoimalla, joka mahtuu levytyökeskuksen työkaluvarastoon ja mitoittaa kappaleet niin, että se sopii levytyökeskuksen ohjelmointiin. (Laherto 2010. 13-14.)



### 3.3.2 Muovaus

Ruostumattomien terästen kylmämuovausmenetelminä voidaan käyttää taivutusta, särmäystä, painosorvausta, syvävetoa ja hydraulista muovausta. Särmäys on yleisin kylmämuovausmenetelmä, mutta suurien valmistuserien kohdalla rullamuovaus voi olla edullisempi menetelmä. Ferriittisten ruostumattomien terästen muovausparametrit ovat samanlaiset kuin seostamattomilla ohutlevyteräksillä. Austeniittisten ja duplex-terästen muokkauslujittumistaipumuksen ja duplex-terästen suuren lujuuden takia niiden muovaamiseen tarvittava voima on suurempi kuin hiiliteräksillä. Hehkutettuina ruostumattomien terästen sitkeys kasvaa ja niiden kylmämuovauksessa voidaan käyttää pieniä taivutussäteitä. Yleensä hehkutetuilla ruostumattomilla teräksillä pienimpänä taivutussäteenä pidetään levyn paksuutta, mutta suositeltava pienin arvo sisäpuolisille taivutussäteille on austeniittisilla ja ferriittisillä ruostumattomilla teräksillä 2\*levyn paksuus ja duplex-teräksillä 2,5\*levyn paksuus. Mikäli levyä tarvitsee taivutta suosituksia pienemmällä säteellä, tulisi taivutus tehdä valssaussuuntaan nähden poikittain. (Matilainen ym. 2010. 51-52.)

Austeniittisilla ja duplex-teräksillä takaisinjousto on suurempi kuin hiiliteräksillä. Takaisinjouston määrä riippuu taivutussäteen suhteesta levyn paksuuteen. Kun taivutussäteen suhde levyn paksuuteen kasvaa, takaisinjousto kasvaa. Tämän takia minimitaivutussäteiden käyttö on suositeltavaa austeniittisten ja duplex-terästen kohdalla. Austeniittiset ruostumattomat teräkset sopivat hyvin venytysmuovaukseen ja kohtalaisesti myös syvävetoon niiden suuren muokkauslujittumisen ansiosta. Ruostumattomat duplex-teräkset eivät ole yhtä hyviä syvävetoon tai venytysmuokkaukseen niiden heikomman muokkauslujittumisen takia. (Matilainen ym. 2010. 51-52.)

Yleisin särmäysmenetelmä on vapaataivutus, jossa levyaiho taivutetaan muotoonsa työkalun ja vastimen välissä niin, että aihiota ei paineta kokonaan kiinni vastimeen. Toinen särmäysmenetelmä on pohjaaniskuaivutus, jossa aihio painetaan kokonaan vastimeen kiinni, jolloin siihen syntyy tarkasti sama kulma kuin vastimessa. Pohjaaniskutaivutuksen etuna on tarkkuus, mutta vapaataivutukseen verrattuna koneelta vaaditaan huomattavasti suurempi puristusvoima ja jokaisen erilaisen kulman taivuttamiseen tarvitaan oma työkalunsa. (Laherto. 2010. 24-25.)

### 3.3.3 Hitsaus

Ruostumattomien terästen hitsauksessa hiiliteräksiin verrattuna tärkein huomioitava asia on se, että ruostumattomiin teräksiin on seostettu kromia ja hitsausproses- sissa on vältettävä kromin hapettuminen. Mikäli kromi pääsee hapettumaan hitsa- uksen aikana, teräksen korroosionkesto huononee ja hitsin laatu heikkenee. (Mc- Guire. 2008. 201.)

Austeniittisilla ja duplex-teräksillä on hiiliterästä matalampi sulamislämpötila ja lämmönjohtavuuskerroin. Sen lisäksi niiden lämpölaajenemiskerroin on suurempi. Tämän seurauksena austeniittisten ja duplex-terästen hitsauksien suunnittelussa tulisi huomioida niiden taipumus muodonmuutoksiin ja vääntymiseen hitsauksen aiheuttaman lämmön vuoksi. Tuotteiden suunnittelussa tulisikin pyrkiä minimoimaan hitsien määrä ja laajuus sekä pinta-ala. Mikäli tuotteessa on mahdollista käyttää symmetrisiä hitsausliitoksia, on niiden käyttö suositeltavaa. Näillä tavoilla voidaan minimoida hitsauksen lämmön aiheuttamat muodonmuutokset kappalees- sa. Katkohitsauksella voidaan myös välttää lämmöstä johtuvia muodonmuutoksia, mutta katkohitsin käyttö aiheuttaa rakokorroosion riskin sekä heikentää väsymis- kestävyyttä. (Matilainen, ym. 2010.53-54).

Ruostumattomien terästen hitsauksessa tulee huomioida kriittinen lämpötila-alue 475–900 °C, sillä siinä syntyy terästä haurastuttavia erkaumia. Austeniittisen ja ferrittisen ruostumattoman teräksen hitsauksessa tulee huomioida myös niiden herkistyminen, joka voi aiheuttaa teräkseen raerajakorroosiota. Ferriittisten ja dup- lex-terästen hitsauksessa ei saa käyttää vetyä sisältäviä suojakaasuja niiden vety- hauraus herkkyden vuoksi. Ruostumattomasta teräksestä valmistettuja ohutlevyjä voidaan hitsata hitsausliitoksen tyypistä riippuen oikeita lisäaineita käyttäen tavalli- silla hitsausmenetelmillä. (Matilainen ym. 2010. 53-54).

Hitsattu kappale tulee jälkikäsitellä korroosionkeston varmistamiseksi sekä hitsa- uksesta aiheutuneiden muodonmuutosten korjaamiseksi. Korroosionkeston palaut- tavat jälkikäsitteilyt voidaan tehdä mekaanisesti ja/tai kemiallisesti poistamalla hit- sauksesta kappaleen pinnalle aiheutunut hapettumakerros sekä sen alla oleva kromista köyhtynyt alue. (Matilainen ym. 2010.47.)

### 3.4 Tuotetiedon hallinta

Yrityksien tuotetiedon hallintajärjestelmät (PDM-järjestelmät) auttavat hallitsemaan ja kehittämään teollisesti valmistettavia tuotteita. PDM-järjestelmän avulla voidaan hallita tuotteeseen liittyvää tietoa koko tuotteen elinkaaren ajalta, aina suunnittelu- vaiheesta käytöstä poistoon saakka. Tärkeä osa tuotetiedon hallinnassa on yrityksen tuotteisiin sekä yrityksen toimintaan liittyvän tiedon luominen ja säilyttäminen niin, että aiemmin luotuun tietoon on helppo päästä tarvittaessa käsiksi ja näin vähentää ylimääräisen työn määrää yrityksen toiminnassa. (Sääksvuori & Immonen. 2002. 13-14.)

PDM-järjestelmät mahdollistavat myös tietojen helpon jakamisen eri tahojen kanssa. Sen avulla tuotteen suunnittelu- ja valmistusprosesseihin on mahdollista tehdä muutoksia nopeasti ja tehokkaasti. Tuotetiedon hallinnan merkitys korostuu, jos yrityksen tuotteisiin tehdään usein muutoksia tai vakiotuotteiden lisäksi yritys valmistaa paljon asiakasräätälöityjä tuotteita. Myös alihankkijoita käytettäessä tuotetiedon hallinnan merkitys korostuu, sillä tuotteisiin tehtävät muutokset täytyy tulla kaikkien tuotteen valmistus- ja suunnitteluketjuun osallistuville tahoille tiedoksi mahdollisimman nopeasti. (Sääksvuori & Immonen. 2002. 13-14.)

Tuotetieto voidaan jakaa kolmeen osa-alueeseen joita ovat: tuotteen määrittelytiedot, tuotteen elinkaaritiedot ja metatieto. Tuotteen määrittelytiedot määrittelevät tuotteen fyysiset ja toiminnalliset ominaisuudet, kertovat tuotteen ominaisuuksia jonkun osapuolen näkökulmasta ja liittävät tiedot kyseisen osapuolen tulkintaan. Nämä tiedot ovat sekä täsmällisiä teknisiä tietoja että käsitteellisiä tuotteen luonteeseen ja siitä syntyviin mielikuviin liittyviä tietoja. Tuotteen elinkaaritiedoilla tarkoitetaan tietoja, jotka liittyvät tuotteen teknologiatutkimukseen, tuotesuunnitteluun, tuotteen valmistamiseen, käyttöön, huoltoon ja hävittämiseen sekä tarvittaessa viranomais määräyksiin. Metatieto kertoo, missä muodossa tieto on, mistä se löytyy, tiedon tallentajan ja milloin se on tallennettu. (Sääksvuori & Immonen. 2002. 17-19.)

Puutteellinen tuotetiedon hallinta voi aiheuttaa yrityksessä monenlaisia ongelmia. Tyypillisiä ongelmakohtia ovat esimerkiksi se, että tiedon käyttö ja tallennusmuodot eivät ole yhteensopivia keskenään ja tiedon eheyden varmistaminen kun tietoa säilytetään erilaisilla tietovälineillä sähköisessä muodossa ja paperilla. Ongelmaksi voi muodostua myös tiedon löytäminen, mikäli tietojen tallennuspaikkaa ei ole riittävän tarkasti määritelty ja mikäli tuotteen valmistukseen ja suunnitteluun osallistuu eri organisaatioita viimeisimmän tiedon löytäminen voi olla vaikeaa. Suurimmat käytännön ongelmat johtuvat yleensä toimintatapaeroista, tiedon tuottamiseen käytettävien ohjelmien erilaisuudesta ja niiden toiminnallisista eroista sekä tietojärjestelmien eroista. Yrityksessä tiedonhallinnan kehittämiseen ei aina välttämättä tarvita erillistä tietojärjestelmää, vaan yhteisesti sovitut menettelytavat tietojen hallintaan liittyen voi ratkaista monia ongelmia. (Sääksvuori & Immonen. 2002. 17-19.)

### **3.5 Nimikkeet**

Nimikkeellä tarkoitetaan tuotteen yksilöllistä tunnusta. Nimikkeen tarkoitus on identifioida, koodata ja nimetä tuote, sen osa, materiaali, jokin palvelu tai dokumentti. Nimikkeiden käytön laajuuden yritys määrittää itse niin laajaksi kuin se on tarpeellista. Tärkeää on, että nimikkeistö on yhtenäinen ja joko yrityksen oman tai jonkun laajemman standardin mukainen ja että nimikkeistön rakenne lajittelee nimikkeet eri luokkiin tarpeenmukaisella tarkkuudella. Nimikkeiden ryhmittely helpottaa nimikkeistön kokonaisuuden hallintaa ja yksittäisen nimikkeen etsimistä, mutta liian tarkalla ryhmittelyllä nimikkeiden järjestyksessä pitämiseen alkaa helposti vaatia liian paljon työtä. (Sääksvuori & Immonen. 2002. 19-21.)

Nimikkeen rakenne pitää dokumentoida ja nimikkeiden ja eri nimikeluokkien suhteet ja hierarkiat tulee huomioida nimikekoodistoa luotaessa. Nimikehierarkian luomiseen on olemassa valmiita kansainvälisiä ja kansallisia standardeja. Nimikkeiden hallinta on yksi PDM-järjestelmän keskeisimmistä toiminnoista, ja järjestelmä hallitsee nimikkeiden tietoja ja elinkaarta. Se myös hallitsee käyttöoikeuksien ja muutostenhallinnan kanssa nimikkeiden perustamista ja ylläpitoon liittyviä prosesseja. (Sääksvuori & Immonen. 2002. 19-21.)

Tämän työn toimeksiantajalla tuotteet on jaettu omiin tuoteryhmiin, joilla on numerotunnukset. Tuoteryhmien sisällä on ryhmiin kuuluvat tuotteet jaoteltu niin, että jokaisella tuotteella on oma yksilöllinen tunnus. Tuotekoodi koostuu tuotteen ryhmätunnuksesta ja loppuosasta joka yksilöi tuotteet ryhmien sisällä.

### 3.6 Tuoterakenteet

Tuotetietomalli jäsentää muodollisesti ja tarkasti tuotteen tiedot ja tietojen suhteet toisiin tietoihin. Tuotteen tiedot ja niiden väliset yhteydet kuvataan tuotetietomallissa käsitteellisellä tasolla. Näin voidaan tarkastella samantyyppisten tuotteiden yhteneväisiä ominaisuuksia ja niistä voidaan muodostaa tiedon jäsentelymalli, joka sopii yleisellä tasolla kaikkiin yksittäistapauksiin. Tällöin kyseessä on geneerinen eli yleinen tuoterakenne. Yleisellä tuoterakenteella ei viitata tiettyyn tuoteyksilöön vaan yleiseen tuotekäsitteeseen. (Sääksvuori & Immonen. 2002. 27.)

Tuotemalli sen sijaan on jonkin tietyn tuotteen tiedot tallennettuna ja jäsennehtynä tuotetietomallin mukaisesti. Kahden asiakaskohtaisesti muokattavan tuotteen tuotemallit voivat poiketa toisistaan joidenkin osakokoonpanojen sisältöjen osalta, vaikka ne olisivatkin yleisellä tasolla tuotetietomalliensa osalta samanlaisia. Esimerkki tällaisesta on erityyppisiin sähköverkkoihin liitettävien tuotteiden sähköosat. (Sääksvuori & Immonen. 2002. 27.)

Yleinen tuoterakenne on tarkoitettu sellaisille tuotteille, joissa on useita keskenään vaihtokelpoisia komponentteja. Yleisen tuoterakenteen sisällä voi olla erilaisia tuotemalleja, joiden ominaisuudet poikkeavat toisistaan fyysisiltä ominaisuuksiltaan tai osakokonaisuuksiltaan. Tuotteen kehitysprosessissa luodaan yleensä vain yleinen rakenne, joka sisältää mahdollisia eri variaatioita. Yleistä tuoterakennetta hyödynnetään, koska kaikkien mahdollisten eri rakenteiden ja niiden variaatioiden luominen erikseen on työlästä ja niiden ylläpito käytännössä mahdotonta. (Sääksvuori & Immonen. 2002. 27.)

Todelliset tuoteyksilöt syntyvät vasta asiakasprosessin aikana, kun fyysisiä tuotteita valmistetaan, muokataan ja toimitetaan asiakkaalle. Samaan käyttötarkoitukseen tehdyn tuotteen ominaisuuksia voidaan muokata esim. asiakkaan tarpeesta

johtuen. Tätä kutsutaan tuotteen konfiguroinniksi. Konfiguroinnissa tuotetietomallista luodaan uusi tuoterakenne. (Sääksvuori & Immonen. 2002. 27.)

Tuotannon kannalta tehokkainta ja edullisinta olisi tietenkin valmistaa vain yhdenlaista tuotetta ilman että siihen tehdään muutoksia, mutta asiakkaiden tarpeisiin vastatakseen yritysten pitää yleensä valmistaa alkujaankin erilaisia tuotevariaatioita tai räätälöidä niitä asiakkaiden toivomusten mukaan. Tuotevariaatioiden tarkoituksena onkin vastata mahdollisimman monenlaisia tarpeita, ilman että tuotannosta tulee kuitenkaan liian monimutkaista. Tuotesuunnittelussa voidaan hyödyntää myös tuotteiden modulointia. (Lempiäinen & Savolainen. 2003. 50-51.)

Moduloinnilla tarkoitetaan sitä, että tuote koostuu erillisistä moduuleista, joita vaihtelemalla saadaan aikaan erilaisia tuotevariaatioita. Moduloinnilla on tarkoituksena saada hyödynnettyä massatuotannon mukanaan tuomia etuja asiakasräätälöitävien tuotteiden valmistuksessa. Modulointi mahdollistaa myös sen, että tuotetta voidaan kehittää jatkuvasti niin, että vain muutettava moduuli suunnitellaan uudelleen kaiken muun jäädessä tuotteessa ennalleen. Tuotemoduulien valmistaminen alihankintana on monesti järkevää, sillä silloin yritys voi antaa toistuvat sarjatuotannon tehtävät ulkopuoliselle yritykselle ja keskittää omia voimavarojaan paremmin strategisesti tärkeiden komponenttien valmistukseen. (Lempiäinen & Savolainen 2003. 50-51.)

## 4 SUUNNITTELUOHJEET

Opinnäytetyön tuloksena Härmä Airille laadittiin suunnitteluohjeistus, joka käsittelee yleisesti tuotesuunnittelua ja muutosten hallintaa. Ohjeen avulla voidaan osaltaan varmistaa tuotantopiirustusten yhteneväisyys ja yleinen laatu, sekä selkeyttää tuotteiden muutosprosessia. Ohjeessa käsitellään myös yrityksen tuotetiedon hallintaa tuotantopiirustusten luomisen, tallentamisen ja revisioiden osalta.

Suunnitteluohjeeseen kerättiin teoretiedon pohjalta tuotesuunnittelun kannalta tärkeimmät asiat yhdeksi ohjekirjaksi. Ohjeeseen sisällytettiin asioita, jotka helpottavat suunnittelijan työtä kokoamalla yhteen dokumenttiin sellaisia asioita, joita jouduttaisiin muuten etsimään useista lähteistä. Ohjeen avulla kyetään vähentämään oman muistin varassa työskentelyä. Ohjeeseen sisältyy eri teknisen piirustuksen standardien mukaisia merkintätapoja, tuotetiedon hallintaan liittyviä asioita sekä yleisiä ohjeita käytännön suunnittelutyön helpottamiseksi ja toimintatapojen yhdenmukaistamiseksi. Suunnitteluohjeiden ei ole tarkoitus olla oppikirja, jota lukemalla suunnittelija opettelee uusia asioita, vaan sen on tarkoitus koota yksin kansiin sääntöjä ja ohjeita, joita noudattamalla suunnittelijan on mahdollista tuottaa yritykselle laadukasta dokumentaatiota tuotteiden valmistusta varten joko omassa tuotannossa tai alihankkijoilla.

### 4.1 Teknisen piirustuksen standardit

Piirustusten laatiminen standardeja vastaaviksi ohjeistettiin käyttämällä viimeisimpiä SFS:n julkaisemia standardeja ja niiden pohjalta ohjeeseen kerättiin tärkeimmät asiat, joilla varmistutaan piirustusten yksitulkintaisuudesta ja yhdenmukaisuudesta.

Tärkeimpiä ohjeessa käytettyjä standardeja ovat:

- mittojen yleistoleranssit (SFS-EN 22786-1)
- geometriset yleistoleranssit (SFS-EN 22768-2)
- mittojen ja toleranssien esittämisen yleiset periaatteet (SFS-ISO 129-1)

- perussäännöt kuvannoille (SFS-ISO 128-30)
- mittakaavat (SFS-EN ISO 5455)
- perussäännöt leikkauksille (SFS-ISO 128-40)
- teknisten tuoteasiakirjojen osaluettelot (SFS-ISO 7573)
- pinnan ominaisuuksien ilmoittaminen teknisissä tuoteasiakirjoissa (SFS-EN ISO 1302)
- hitsausprosessien merkinnät piirustuksiin (SFS-EN ISO 2553)
- hitsausprosessien nimikkeet ja numerotunnukset (SFS-EN ISO 4063).

Esimerkiksi hitsausmerkinnöistä ohjeeseen laadittiin selkeä taulukko, jossa on yleisimmät hitsausmerkinnät ja hitsien mittojen merkintäohjeet. Ohjeessa käytettiin havainnollistavia esimerkkikuvia sellaisista asioista, joiden pelkkä sanallinen ohjeistaminen olisi voinut olla monitulkintainen.

Ohjeeseen sisältyi virallisten standardien pohjalta laadittujen kohtien lisäksi myös talon omien hyväksi koettujen tapojen mukaisia ohjeistuksia esimerkiksi tuotetietoihin liittyvissä asioissa.

## 4.2 Toleranssien käyttö

Toimeksiantajalla oli aiemmin jo käytetty mittojen yleistoleransseina ISO 2768-m -toleransseja ja todettiin, että se on jatkossakin yrityksen käyttöön sopiva yleistoleranssi. Yleistoleranssin käytöllä saadaan selkeytettyä piirustuksia, kun jokaiselle mitalle ei tarvitse määrittää erikseen raja-arvoja, vaan toleranssit määräytyvät suoraan elementtien nimellismittojen mukaan. ISO 22768-1 sisältää neljä eri yleistoleranssiluokkaa pituus- ja kulmamitoille. Toleranssiluokat ovat: f=hieno, m=keskikarkea, c=karkea ja v=erittäin karkea. Erityisesti yrityksen omavalmisteisten osien kohdalla ISO 2678-m -toleranssit ovat monissa tapauksessa liian tiukkoja, joten ohjeessa käsiteltiin myös sellaiset tapaukset, joissa kuvassa on syytä käyttää yleistoleranssista poikkeavia mittoja. Liian tiukkojen toleranssien käytöl-



lä ei saavuteta hyötyä kappaleen toiminnallisuuden kannalta ja valmistuskustannukset kasvavat. Yleistoleranssista poikkeavien mittojen merkintään käytetään ISO 22768-1 -standardin mukaista merkintätapaa, jossa kyseinen poikkeava toleranssi esitetään suoraan nimellimitan vieressä. Toleranssien esittäminen standardien mukaisilla tavoilla on kaikessa tuotannossa tärkeää, sillä epäselvät toleranssimerkinnot voivat johtaa ongelmiin tuotteen valmistusvaiheen lisäksi kokoonpano- ja asennusvaiheissa.

Koneistettavien osien suunnittelussa mittatoleranssien lisäksi tärkeitä toleransseja ovat pinnanlaatu ja geometriset toleranssit. Suunnitteluohjeeseen sisällytettiin ISO 22768-2 -standardista tärkeimmät geometriset yleistoleranssit. ISO 22768-2 -standardissa esitellään kolme yleistoleranssiluokkaa (H, K ja L) kaikille muille geometrisille toleransseille paitsi lieriömäisyys-, tasoviivan muoto-, pinnan muoto-, kulma-asento-, sama-akselisuus-, paikka- ja kokonaisheittotoleranssille. (SFS 1993. 3.)

Vaadittavan pinnanlaadun ilmaisemiseen käytettävät merkinnät löytyvät standardista ISO 1302. Ohjeessa käytiin läpi pintamerkkien oikea käyttö, esim. kaikkia pintoja koskeva pintamerkki, ja mitä asioita pintamerkillä on tarkoitus ilmaista. Pintakäsittelyjen merkintöjä ei suunnitteluohjeessa erikseen käsitelty, paitsi sellaisten tuotteiden kohdalla, joille tehdään aina samat vakiokäsittelyt, esim. passivointi. Koska toimeksiantajalla suurin osa tuotteista valmistetaan ohutlevyteräksistä, joilla on jo toimitettaessa riittävä pinnanlaatu, pintamerkkejä käytetään lähinnä koneistusosien suunnittelussa.

### **4.3 Tuotteiden elinkaaren hallinta ja muutokset**

Ohjeen yhtenä osana on tuotteiden muutosprosessin ohjeistus. Yrityksellä ei aiemmin ollut mitään tiettyä menettelytapaa, jolla tuotteisiin tehtävistä muutoksista ilmoitettiin eri osapuolille tai miten itse muutosprosessin tulisi tapahtua. Ohjeessa käydään läpi, millä tavalla muutosprosessi tulisi hoitaa aina itse valmistuspiirustukseen tehtävistä merkinnöistä muutospalaveriin ja muutoksista ilmoittamiseen asti. Muutostenhallinnan puutteellinen ohjeistus on johtanut tilanteisiin joissa tuotannossa valmistetaan tuotteita, joille ei ole ajantasaisia piirustuksia, tai jos kappala-

leen piirustuksiin on tullut muutoksia, tuotannossa uusien piirustusten käyttöönotto on jäänyt puolitiehen. Ohjeen muutostenhallintaa käsittelevässä osassa ohjeistettiin muutosprosessi niin, ettei vastaavanlaisia tilanteita pääse jatkossa enää syntymään, vaan kaikilla on käytössä viimeisimmät ajantasaiset piirustukset. Ohjeen mukaan muutokset merkitään piirustukseen tunnistekirjaimella joka osoittaa kuvassa muutetun asian ja piirustuksessa olevaan taulukkoon, josta käy ilmi muutoksen tunnistekirjain, muutettu asia (esim. mitta 50 mm -> 65 mm), muutoksen päivämäärä, muutoksen tekijä ja muutoksen hyväksymispäivämäärä. Taulukkoon lisätään tiedot uusista muutoksista sitä mukaa kun niitä tarvitsee tehdä. Muutokset käydään läpi muutospalaverissa, jossa päätetään kuinka vanhojen kappaleiden kanssa menetellään, milloin uusien kappaleiden käyttö aloitetaan ja miten muutoksesta tiedotetaan. Tuotteiden elinkaaren hallintaan liittyen ohjeessa käsitellään myös revisiointia ja tuotantopiirustusten, CAD-mallien ja muiden tiedostojen tallennusta ja yleisesti tuotetietojen hallintaa. Yrityksessä tuotteiden valmistuspiirustukset tallennetaan .pdf-muodossa verkkolevylle, johon on pääsy yrityksen tietokoneilla. Tiedostoja hallitaan Windowsin tiedostonhallinnalla ja tuotanto tulostaa tarvitsemansa dokumentit paperille.

Yritys voisi saada tulevaisuudessa hyötyä sopivan PDM-järjestelmän käyttöön ottamisella. PDM-järjestelmän avulla suunnittelijan tekemien CAD-mallien, tuotantopiirustusten sekä niihin liittyvät muut tiedot tallennettaisiin yhteen tietokantaan. Järjestelmällä voitaisiin korvata tietokoneella tiedostonhallinnan kautta tehtävä dokumenttien tallentaminen ja tiedostojen edestakaisin siirteleminen. Järjestelmä mahdollistaisi myös muutostenhallinnan kehittämisen edelleen, sillä PDM-järjestelmä pitää kirjaa tuotteeseen tehdyistä muutoksista ja näin muutokset on helppoa jäljittää. Järjestelmä mahdollistaa myös käyttöoikeuksien rajoittamisen niin, että vain tietyillä käyttäjillä on oikeudet muokata tiedostoja. Käyttöoikeuksien rajoittaminen yhdessä automaattisen varmuuskopioinnin kanssa pienentäisi riskiä siihen, että tärkeää tuotetietoa katoaa vahingossa. Järjestelmällä olisi myös mahdollista jakaa valmistusdokumentteja suoraan alihankkijoiden kassa, jolloin tiedostoja ei tarvitsisi toimittaa esimerkiksi sähköpostin avulla alihankkijoille. Alihankkijan olisi mahdollista päästä tarkastelemaan tarpeellisia dokumentteja milloin tahansa ja käytössä olisi aina dokumenttien viimeisimmät versiot.

## 5 POHDINTAA

Suunnitteluohjeen laatiminen oli suurimmaksi osaksi tiedon etsimistä ja sen tiivistämistä ja havainnollistamista sopivaan muotoon. Ohjeessa pyrittiin ottamaan huomioon yrityksen omat tarpeet ja toimintatavat mahdollisimman hyvin, jotta vältyttäisiin turhilta muutoksilta hyväksi havaittuihin toimintatapoihin. Tärkeää oli kuitenkin varmistaa, että ohjeessa esitetyt asiat ovat nimenomaan standardien mukaisia ja että ohjeen tulkinta olisi kuitenkin mahdollisimman yksiselitteistä. Suurimmat haasteet ohjeen laatimisessa olikin juuri siinä, että se ei ole vain sekalainen ote eri standardeissa määriteltyjä asioita, vaan käytännössä helppokäyttöinen ja selkeä ohje, jossa on kerrottu suunnitteluun säännöt ja määritely suunnitteluun liittyvien toimenpiteiden toteutustavat. Toisaalta myös se, että yrityksellä ei ollut minkäänlaista aiempaa suunnitteluohjetta, asetti omat haasteensa, sillä tyhjästä liikkeelle lähtiessä vielä piirustuksia päivittäessä mieleen tuli asioita, joita olisi hyvä käsitellä suunnitteluohjeessa.

Lopputuloksena suunnitteluohjeesta tuli kattava ja helppokäyttöinen. Siinä saatiin käsiteltyä kaikki ennakolta tärkeimmiksi todetut asiat ja sen avulla suunnittelussa voidaan keskittyä enemmän varsinaisen työn tekoon sen sijaan, että aikaa tarvitsisi kuluttaa turhaan tiedonhakuun. Ohjeen mukaan toimimalla voidaan helpottaa yrityksen omaa toimintaa, sillä siinä käsitellyt asiat yhdenmukaistavat yrityksen omia toimintatapoja. Suunnitteluohjetta on helppo jatkossa päivittää ja muokata yrityksen tarpeiden mukaan niin, että se pysyy tulevaisuudessa ajantasaisena ja palvelee yritystä mahdollisimman hyvin.

## LÄHTEET

- Esab. 2016. Mikä on teräslevyn paras leikkausmenetelmä. [Verkkosivu]. [Viitattu 11.2.2016]. Saatavana: <http://www.esab.fi/fi/fi/education/blog/what-is-the-best-way-to-cut-steel-plate.cfm>
- Härmä Air oy, 2016. [Verkkosivu]. [Viitattu 11.2.2016]. Saatavana: <http://www.harmaair.com>
- Krulikowski, A. 1998. Fundamentals of geometrical dimensioning and tolerancing. Ney York: Delmar Publishers
- Laherto, A. 2010. Ohjeita ohutlevytuotteiden valmistusystävälliseen suunnitteluun. Lappeenranta: Lappeenrannan teknillinen yliopisto.
- Lempiäinen, J & Savolainen, J. 2003. Hyvin suunniteltu – puoliksi valmistettu. Helsinki: Suomen Robotiikkayhdistys Ry
- Matilainen, J., Parviainen, M., Havas, T., Hiitelä, E. & Hultin, S. 2010. Ohutlevytuotteiden suunnittelijan käsikirja. Helsinki: Teknologiainfo Teknovia Oy
- McGuire, F. 2008. Stainless Steels for Design Engineers. ASM International
- Molly, O., Tilley, S. & Warman, E.A. 2012. Design for Manufacturing and Assembly: Concepts, architectures and implementation. Springer Science & Business Media
- SFS, 2016a. Usein kysyttyä. [Verkkosivu]. Suomen Standardoimisliitto SFS ry [Viitattu 10.3.2016]. Saatavana: [http://www.sfs.fi/usein\\_kysyttya#Mikonstandardi](http://www.sfs.fi/usein_kysyttya#Mikonstandardi)
- SFS, 2016b. Mitä standardisointi on? [Verkkosivu]. Suomen Standardoimisliitto SFS ry [Viitattu 7.4.2016]. Saatavana: [http://www.sfsedu.fi/standardien\\_abc](http://www.sfsedu.fi/standardien_abc)
- SFS, 2016c. Mihin standardeja tarvitaan?. [Verkkosivu]. Suomen Standardoimisliitto SFS ry [Viitattu 10.3.2016]. Saatavana: [http://www.sfs.fi/julkaisut\\_ja\\_palvelut/standardi\\_tutuksi/mihin\\_standardeja\\_tarvitaan](http://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/standardi_tutuksi/mihin_standardeja_tarvitaan)
- SFSedu, 2016a. Standardisoinnin maailmankartta. [Verkkosivu]. Suomen Standardoimisliitto SFS ry [Viitattu 10.3.2016]. Saatavana: [http://www.sfsedu.fi/standardien\\_abc/kuka\\_laatii\\_standardit/standardisoinnin\\_maailmankartta](http://www.sfsedu.fi/standardien_abc/kuka_laatii_standardit/standardisoinnin_maailmankartta)
- SFSedu, 2016b. Tuotteen mittojen ja geometrian määrittely ja todentaminen. [Verkkosivu]. Suomen Standardoimisliitto SFS ry [Viitattu 7.4.2016]. Saatava-

na: [http://www.sfsedu.fi/aihealueet/kone-  
tuotanto-  
ja\\_materiaalitekniikka/perusstandardit/toleranssit](http://www.sfsedu.fi/aihealueet/kone-tuotanto-ja_materiaalitekniikka/perusstandardit/toleranssit)

SFS 1993. Yleistoleranssit. Osa 2: Ilman toleranssimerkintää olevien elementtien geometriset toleranssit. Suomen Standardoimisliitto SFS

Sääksvuori, A. & Immonen, A. 2002. Tuotetiedon hallinta PDM. Helsinki: Satku Oy

## LIITTEET