

Toni Kivijärvi

**ESIKÄSITELTYJEN LEVYTUOTTEIDEN TYÖNSUUNNITTELUN
OHJEISTUS JA KEHITYS**

ESIKÄSITELTYJEN LEVYTUOTTEIDEN TYÖNSUUNNITTELUN OHJEISTUS JA KEHITYS

Toni Kivijärvi
Opinnäytetyö
Kevät 2015
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka, tuotantotalous

Tekijä: Toni Kivijärvi

Opinnäytetyön nimi: Esikäsiteltyjen levytuotteiden työsuunnittelun ohjeistus ja kehitys

Työn ohjaajat: Harri Torvela (SSAB) ja Esa Törmälä (OAMK)

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2015 Sivumäärä: 66 + 3 liitettä

Opinnäytetyö tehtiin SSAB:n Raahen tehtaassa esikäsitellyt levytuotteet -yksikön työsuunnitteluun. Esikäsitellyt levytuotteet -yksikkö jatkojalostaa teräslevyjä asennusvalmiiksi komponenteiksi. SSAB:n henkilöstössä on tulossa suuria muutoksia, sillä eläkkeelle jää koko ajan ihmisiä. Ensisijaisena tavoitteena oli koota hiljainen tieto ja muistinvaraiset asiat käsikirjaksi, jonka avulla uudet henkilöt oppivat työsuunnittelijan työtehtävien perusasiat. Lisäksi tavoitteena oli määrittellä opinnäytetyön tekemisen aikana ilmenneet kehityskohteet ja ehdottaa niihin ratkaisuja.

Työssä perehdyttiin kirjallisuuteen, josta saatiin vertailukohta tuotannossa käytössä oleville menetelmille. Huomattiin, että tuotannossa on käytössä alan yleisen käsityksen mukaiset menetelmät ja standardit kaikissa prosessivaiheissa. Työssä tutustuttiin tuotannon ohjeistoon sekä haastateltiin työsuunnittelusta kokemusta omaavia henkilöitä. Havaittiin, että muistinvaraisia asioita ja suunnittelun kannalta tärkeää hiljaista tietoa oli paljon ja se kaikki on tärkeää työsuunnittelun onnistumisen kannalta. Muistiin kirjattu tieto oli pirstaloitunut moniin erillisiin ohjeisiin, jolloin sen tehokas käyttö oli hankalaa. Hiljainen tieto ja muistinvaraiset asiat ovat perusedellytys suunnittelun ja tuotteen valmistuksen onnistumiselle. Tietojen keräämisen jälkeen opitut asiat dokumentoitiin käsikirjaan. Kirjoitusprosessin aikana havaitut kehityskohteet kirjattiin muistiin ja lopuksi niille keksittiin ratkaisuja.

Lopputuotoksena on 270 sivua pitkä käsikirja, jossa on kaikki opinnäytetyön tekemisen aikana kerätty hiljainen tieto ja muistinvaraiset asiat. Todettiin, että käsikirja on tulevaisuudessa hyödyllinen ja työsuunnittelijoiden odottama tuotos. Havaitut kehityskohteet eli arkistointimenetelmät, polttoleikkaukseen liittyvät epäkohdat ja reittimuutoksissa esiintyvät ongelmat ovat pieniä asioita, mutta pitkällä aikavälillä tärkeitä. Kehityskohteille ehdotetut ratkaisut ovat kaikki toteutettavissa, mutta tilaajan päätökseksi jää, mitkä ehdotuksista valitaan käyttöön vai tullaanko niitä toteuttamaan ollenkaan.

Asiasanat: teräs, esikäsitely, levytyö, suunnittelu

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Mechanical and production engineering, production economics

Author: Toni Kivijärvi

Title of thesis: Instructing and Development of Product Planning of Prefabricated Plate Products

Supervisors: Harri Torvela (SSAB) and Esa Törmälä (OUAS)

Term and year when the thesis was submitted: spring 2015 Pages: 66 + 3 appendices

The prefabricated plate products department is a part of Raahe mill of SSAB Europe Oy. It refines steel plates to components which are ready for installation. The staff of SSAB Europe is getting older and people are retiring in the near future. There is a great deal of unwritten knowledge in the product planning. The topic of this thesis is to instruct and develop the product planning of the prefabricated plate products.

The main aim of this Bachelor's thesis is to gather all the available unwritten knowledge in the product planning into a written handbook. The handbook includes unwritten knowledge and all the matters that product planners have to remember. The handbook is supposed to help new employees to learn the basics of the product planning in the prefabricated plate products. The secondary aim is to define the product planning development areas and propose development solutions.

The final output of this thesis is a 270 pages long handbook. The handbook includes all unwritten knowledge and matters to remember which have been collected in the time frame of this thesis. The handbook will be useful in the future for the product planning of the prefabricated plate products at SSAB Europe. The development areas as archiving methods, thermal cutting problem areas and order routing problems were defined. The development areas are minor questions but important in a longer time frame. The solutions are all realistic but SSAB will decide if they will be put into practice.

Keywords: steel, prefabrication, plate, planning

ALKULAUSE

Tämä opinnäytetyö on tehty kevään 2015 aikana SSAB Europe Oy:n Raahen tehtaan EKT-toiminnolle. Työn ohjaavana opettajana toimi Oulun ammattikorkeakoulusta lehtori Esa Törmälä, jolle osoitan kiitokset ohjauksesta ja avusta. Työn tilaajana toimi tuotannonsuunnittelun kehitysinsinööri Harri Torvela, jota haluan kiittää mahdollisuudesta työn tekemiseen sekä avusta työn teossa. Haluan kiittää myös Seinäjoelta tuotannonsuunnittelun päällikköä ja entistä esimiestäni Janne Vaksilaa, jonka kanssa tämä opinnäytetyö alun perin käynnistettiin.

Lisäksi haluan osoittaa kiitokset myös EKT:n työnsuunnittelijoille ohjeista ja opastuksesta työnsuunnittelijan tehtäviin sekä ideasta opinnäytetyön aiheeseen. Lopuksi haluan kiittää avovaimoani sekä muita läheisiä ja kaikkia opinnäytetyön tekemisessä mukana olleita ihmisiä avusta työn tekemisen aikana.

Oulussa 24.3.2015

Toni Kivijärvi

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
SANASTO	8
1 JOHDANTO	11
2 SSAB EUROPE OY	12
2.1 Raahen tehdas	12
2.2 EKT	13
3 TERÄSLEVYJEN ESIKÄSITTELYTOIMINNOT	15
3.1 Pintakäsittely	15
3.1.1 Suihkupuhdistus	15
3.1.2 Konepajapohjakäsittely	17
3.1.3 Pintakäsittely EKT:ssä	18
3.2 Terminen leikkaus	18
3.2.1 Kaasuleikkaus	19
3.2.2 Plasmaleikkaus	20
3.2.3 Leikkausmenetelmien vertailu	21
3.2.4 Terminen leikkaus EKT:ssä	23
3.3 Viisteytys	25
3.4 Viisteytys EKT:ssä	27
3.5 Viimeistely ja tarkastus	28
3.6 Laatuoinnot ja dokumentointi	29
3.6.1 Mittapöytäkirjat	30
3.6.2 Teräksen laadunvalvonta	30
3.6.3 Ainestodistus	31
3.7 Taivutus	31
3.8 Hitsaus	33
3.9 Karkaisu	35
3.10 Koneistus	35
4 ESIKÄSITELTYJEN TUOTTEIDEN TYÖNSUUNNITTELU	37

4.1 Tuotannonohjausjärjestelmät	39
4.2 Reitityksessä ja ajoituksessa huomioitavat asiat	41
4.3 Materiaalin tilaamisessa huomioitavat asiat	41
5 KÄSIKIRJAN LAATIMISPROSESSI	43
5.1 Ulkonäkö ja muutoseikat	43
5.2 Hiljaisen tiedon ja muistinvaraisten asioiden dokumentointi	43
5.3 Kirjallisuuden käyttö	45
5.4 Standardit	45
5.5 Tuotannon ohjeisto	46
5.6 Haastattelut ja kokoukset	47
5.7 Päivitettävyys ja katselmoinnit	48
5.8 Lopputuotos	50
5.9 Omia kokemuksia kirjoittamisprosessista	50
5.9.1 Tiedonhankinta	51
5.9.2 Neuvoja käsikirjan kirjoittajalle	52
5.10 Ajankäyttö ja ajankäytön seuranta	53
6 TYÖNSUUNNITTELUN KEHITYSKOHTTEET	54
6.1 Arkistointimenetelmät	54
6.2 Ohjelman teko polttoleikkauskoneelle suoraan	55
6.3 Erään asiakkaan levyjen polttoleikkausohjelmien harmonisointi	56
6.4 Tilausten reittimuutosten kehittäminen	56
7 KEHITYSKOHTTEIDEN RATKAISUEHDOTUKSET	57
7.1 Arkistointimenetelmät	57
7.2 Ohjelman teko polttoleikkauskoneelle suoraan	59
7.3 Erään asiakkaan levyjen polttoleikkausohjelmien harmonisointi	59
7.4 Tilausten reittimuutosten kehittäminen	60
8 YHTEENVETO	62
LÄHTEET	65
LIITTEET	
Liite 1 Lähtötietomuistio	
Liite 2 Aloituspalaverin muistio	
Liite 3 EKT Työnsuunnittelijan käsikirja	

SANASTO

alusta	levyjen kuljettamiseen valssaamolta EKT:hen käytetty liikuteltava tasomainen teline
ballistinen testaus	ampumatestaus, jolla pyritään varmistamaan, että testattava tuote kestää ammutun luodin aiheuttamat voimat
CAD	Computer Aided Design, tietokoneavusteista matemaattiseen mallinnukseen nojaavaa suunnittelua
CAPP	Computer Aided Production Planning, tietokoneavusteinen työsuunnittelu
CNC	Computerized Numerical Control, tietokoneella numeerisesti ohjattu kone tai laite
DQ-tuotteet	Direct Quenching, tuotteet, jotka käyvät läpi suorasammutusprosessin, mikä parantaa teräksen pinnanlaatua sekä tasomaisuuden ja paksuuden mittatarkkuutta, esimerkiksi Raex- ja Optim-teräkset
EKT	esikäsitellyt levytuotteet -toiminto, jossa tehdään raaka-ainelevyille esikäsitteilytoimintoja
ERP	Enterprise Resource Planning, toiminnanohjausjärjestelmä
jäyste	termisen leikkauksen aikana railon reunaan kappaleen pinnalle syntyvä metallioksidin aiheuttama purse
kombinointikielto	estää materiaalilevyjen valmistuksen suunnittelun aloittamisen, vaikka tilauksen työsuunnittelu on tehty
kvarttolevy	levyt kuumavalssataan suoraan levyiksi ja leikataan haluttuun mittaan

linjari	tasomainen ja esimerkiksi 2 m pitkä tasomaisuuden mittaamisen käytetty työkalu
makro	tietoteknisessä ohjelmassa oleva sääntö tai malli, joka tekee käyttäjän puolesta sarjan makroon ohjelmoituja toimintoja
nauhalevy	nauhalevyt valssataan ensin keloiksi, minkä jälkeen kela aukaistaan, oikaistaan ja leikataan haluttuihin mittoihin
petkele	talittaa muistuttava suurikokoinen työkalu, jota käytetään jäysteenpoistoon
postprosessori	ohjelma, joka muuttaa ohjelmointikoodin tiettyyn konekohtaiseen ja koneen ymmärtämään muotoon
SFS-EN ISO 8501-1	standardi, joka koskee teräspintojen esikäsittelyä ennen pinnoitusta maalilla tai vastaavalla tuotteella. Osa 1 käsittelee teräspintojen ruostumisasteita ja esikäsittelyasteita
SFS-EN ISO 9013	standardi, joka koskee termistä leikkaamista, termisesti leikattujen pintojen luokittelua ja geometrisia tuotemäärittelyjä ja laatutoleransseja
SFS-EN 10029	standardi, joka koskee kuumavalssattuja teräslevyjä, joiden paksuus on 3 mm tai yli, sekä niiden mitta- ja muototoleransseja
SFS-EN 10163-2	standardi, joka käsittelee kuumavalssattujen teräslevyjen, leveiden lattatankojen ja profiilien pinnanlaatuvaatimuksia toimitustilassa, osa 2 käsittelee levyjä ja leveitä lattatankoja
SFS-EN 10204	standardissa esitetään kaikkien metallituotteiden, esimerkiksi levyjen, arkkien, tankojen, takeiden ja valujen,

niiden valmistustavasta riippumatta, toimituksen yhteydessä ostajalle sopimuksen mukaisesti toimitettavien aineistodistusten eri tyypit

sijoittelu

kappaleiden sijoitteleminen raakalevyille ja materiaalin käytön suunnittelu

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on EKT:n (esikäsiteltyjen levytuotteiden) työnsuunnittelun ohjeistus ja kehitys. Työn tilaaja on SSAB Europe Oy. Työssä laaditaan dokumentoitu ohjeistus eli käsikirja EKT-työnsuunnitteluun sekä lisäksi määritellään työnsuunnittelun mahdolliset kehityskohteet. (Liite 1.)

Tilaajan tarve opinnäytetyölle on suuri ja ajankohtainen. Työnsuunnittelussa on päivittäin käytössä suuri määrä niin sanottua hiljaista tietoa, joka pitää saada dokumentoitua, jotta uudet henkilöt voivat tehdä tilausten työnsuunnittelun ilman virheitä ja oikeiden toimintatapojen mukaisesti. (Liite 2.)

Ohjeen pääasiallisena tarkoituksena on kertoa ja käydä läpi vaikeimmat ja harvinaisimmat työnsuunnittelun vaiheet ja esimerkit siten, että kuka tahansa työnsuunnittelijan perusopastuksen saanut henkilö saa työnsuunnittelun tehtyä tehokkaasti ilman virheitä. Ohjeessa tulee kertoa helpotkin asiat, mutta hiukan yksinkertaistetusti. Käsikirjan tekemisen lisäksi tulee määritellä mahdolliset kehityskohteet ja hakea niihin ratkaisuvaihtoehtoja. (Liite 1.)

Työn tavoitteena on luoda dokumentoitu ohjeistus tuotannonohjausjärjestelmien käyttöön työnsuunnittelun näkökulmasta. Käsikirjan tulee sisältää muistinvaraiset asiat ja erikoistoimintaa vaativien tuotteiden työnsuunnittelu. Lisäksi tulee kuvata EKT-prosessi, josta ilmenevät konekanta, tuotteiden reititysvaihtoehdot, koneiden rajat ja rajoitteet sekä prosessikaavio. Muun ohella käsitellään valssaamon kriittiset prosessipisteet työnsuunnittelun näkökulmasta ja EKT-tuotteiden reititys valssaamalla. Tavoitteena on lisäksi määritellä kehityskohteet ja hakea niihin ratkaisuja. (Liite 1.)

Tässä opinnäytetyöraportissa keskitytään salassapidollisten asioiden takia tiedonhankintamenetelmiin ja kehitysosioon. Konkreettinen työn tuotos on työnsuunnittelijan käsikirja, joka on salassapidon vuoksi salaiseksi julistettuna liitteenä ja on käytössä ainoastaan SSAB Europe Oy:n tuotannonsuunnittelun esikäsiteltyjen tuotteiden työnsuunnittelussa. (Liite 3.)

2 SSAB EUROPE OY

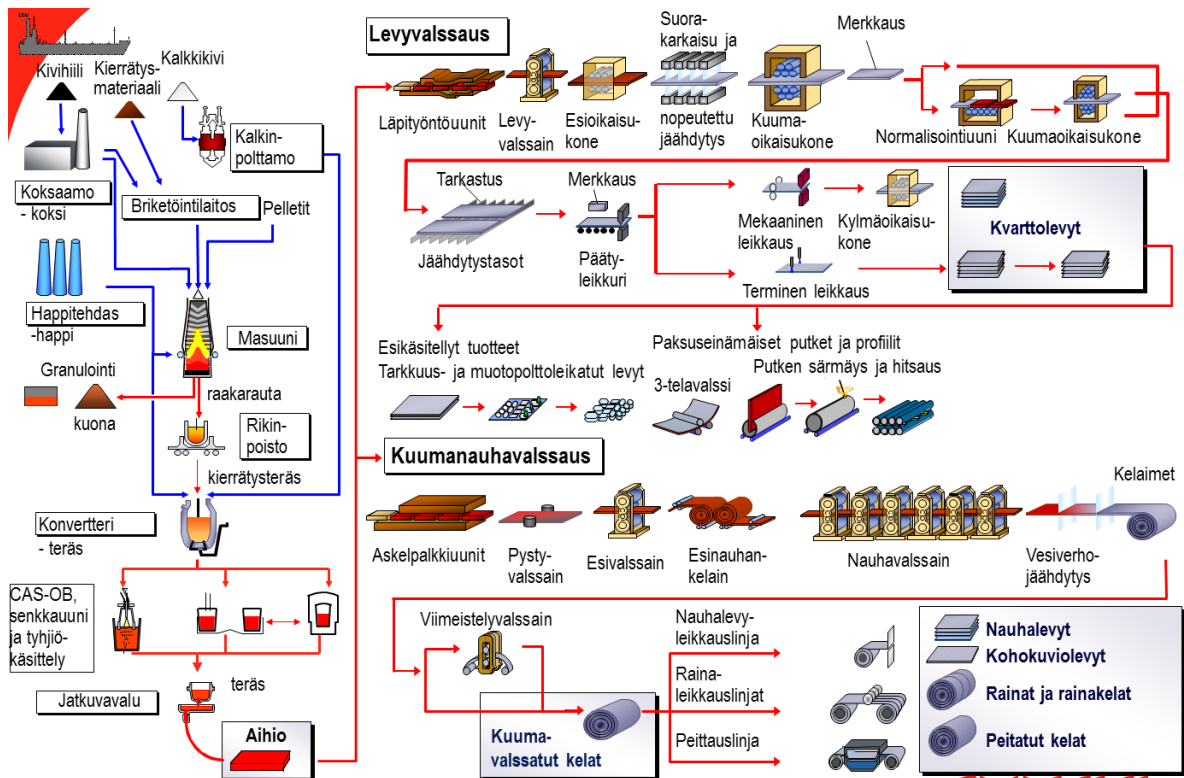
SSAB Europe Oy on osa SSAB-teräsyhtiötä. SSAB on maailmanlaajuinen teräsyhtiö, joka on johtava lujien terästen ja nuorrutusterästen sekä nauha-, levy- ja putkituotteiden sekä rakentamisen erilaisten ratkaisujen tarjoaja. SSAB:n vuotuinen teräksenvalmistuskapasiteetti on 8,8 miljoonaa tonnia. Tuotantolaitoksia SSAB:llä on Suomessa, Ruotsissa ja Yhdysvalloissa. SSAB työllistää 17 300 henkilöä 50 maassa. (1, linkit Sijoittajat ja media → Tietoa SSAB:stä → SSAB lyhyesti.)

SSAB Oy ja Rautaruukki Oyj fuusioituivat syksyllä 2014, kun SSAB osti Rautaruukin osakevaihdolla. Yhtiön pääkonttori sijaitsee Tukholmassa. Uusi yhtiö koostuu viidestä divisioonasta: SSAB Special Steels, SSAB Europe, SSAB Americas, Tibnor sekä Ruukki Construction. Yhtiöiden alustava yhteenlaskettu liikevaihto oli vuonna 2013 noin 6,4 miljardia euroa. (1, linkit Sijoittajat ja media → Tietoa SSAB:stä → SSAB lyhyesti → Integration pages → SSAB ja Ruukki.)

2.1 Raahen tehdas

Raahen tehdas kuuluu SSAB Europe -divisioonaan. Raahen tehdas oli Rautaruukki Oyj:n suurin tuotantolaitos. Nykyään Raahen tehdas on SSAB:n Suomen suurin tuotantolaitos ja työntekijämäärässä mitattuna koko SSAB:n suurin tuotantolaitos. Raahen tehtaalla on noin 2 800 työntekijää. Raahen tehtaan toimintoja ovat teräksen valmistus, kvarttolevyt ja nauhatuotteet. (1, Sijoittajat ja media → Tietoa SSAB:stä → SSAB lyhyesti → SSAB ja Ruukki ovat nyt yhdistäneet voimansa.)

SSAB:n Raahen tehtaalla valmistetaan teräsaihoita, kvarttolevyjä ja kuuma-valsattuja keloja. Kvarttolevyjä voidaan jatkojalostaa EKT:ssä asennusvalmiiksi komponenteiksi. Keloja voidaan jatkojalostaa nauhalevyiksi, kohokuviolevyiksi, rainoiksi, rainakeloiksi tai peitatuiksi keloiksi. Kuvassa 1 on nähtävissä Raahen tehtaan prosessikaavio, jossa valmistus- ja jatkojalostusprosessit on esitelty havainnollistavan kaavion avulla.



KUVA 1. SSAB:n Raahen tehtaan prosessikaavio (2, s. 12)

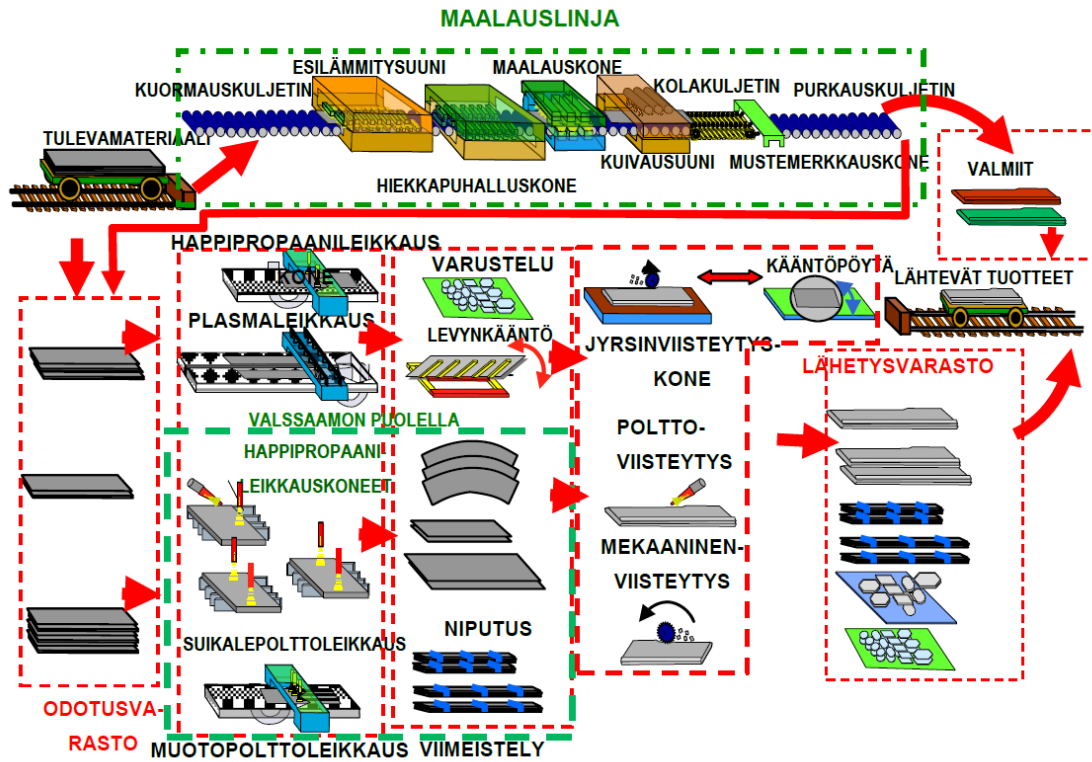
2.2 EKT

EKT jatkojalostaa valssattuja kvarttolevyjä ja nauhalevyjä asennusvalmiiksi komponenteiksi. Esikäsittelyn avulla asiakas saa asennusvalmiin tai asennusvalmiutta lähellä olevan tuotteen. Esikäsittelypalveluun kuuluvat suihkupuhdistus ja suojamaalaus, muoto- ja tarkkuusleikkaus, taivutus, viisteytys sekä suikalointi. EKT:n kautta voidaan tehdä myös koneistusta, hitsausta, karkaisua ja särmäystä. (3, s. 9 - 10).

EKT:n prosessivaiheet alkavat, kun materiaalilevyt saapuvat EKT:hen alustalla valssaamolta. Tämän jälkeen levyt nostellaan kuormauskuljettimelle, josta rullarata vie levyt esilämmitysruunin ja hiekkapuhalluskoneen läpi maalauskoneelle. Maalauksen jälkeen levyt menevät kuivausuuniin, minkä jälkeen mustemerkkaus-koneella tehdään levyyn levymerkkaukset. Levyt menevät purkauskuljettimelle, josta ne nostellaan joko välivarastoon tai seuraavalle prosessipisteelle.

Pintakäsittelyn jälkeen tuotteet lähetetään asiakkaalle, jos muita työvaiheita ei ole. Vaihtoehtoisesti levyt viedään termisen leikkauksen koneille joko plasma-

tai kaasuleikkaukseen. Myös suikalointi on yksi vaihtoehto. Kun osat on leikattu, ne varustellaan eli viimeistellään. Isot osat menevät viimeistelyyn levynkääntölaitteelle ja pienet osat varustelupaikalle. Varustelun jälkeen osat voidaan viistää, taivuttaa, koneistaa, niputtaa tai hitsata asiakkaan vaatimusten mukaan. Kuvassa 2 on nähtävissä EKT:n prosessikaavio, josta voidaan nähdä havainnollistettuna edellä esitellyt prosessit.



KUVA 2. Esikäsitellyt levytuotteet -prosessikaavio (3, s. 10)

3 TERÄSLEVYJEN ESIKÄSITTELYTOIMINNOT

EKT-työnsuunnittelijan tulee tietää EKT:n prosessipisteet ja prosessipisteiden eri toimintojen peruseriaatteen. Työnsuunnittelijan tulee osata suunnitella ja ohjeistaa jokaisessa työvaiheessa tehtävät toimenpiteet. Tässä osiossa on tutkittu ja selvitetty EKT-prosessien peruseriaatteen yleisellä tasolla peilaten EKT:ssä tehtäviin toimenpiteisiin.

3.1 Pintakäsittely

Pintakäsittely terminä sisältää pinnan puhdistamisen ja maalaamisen. Maalauksen onnistuminen edellyttää pinnan puhdistamista huolellisesti ennen muita käsittelyjä. Jos pinnan puhdistus jätetään tekemättä, menetetään maalikalvon suojominaisuudet ja koko tuotantopanos menee pintakäsittelyn osalta hukkaan. Maalausta edeltävän puhdistusvaiheen laiminlyönti voi aiheuttaa suuria huolto- tai korjauskustannuksia lopputuotteelle. (4, s. 405.)

3.1.1 Suihkupuhdistus

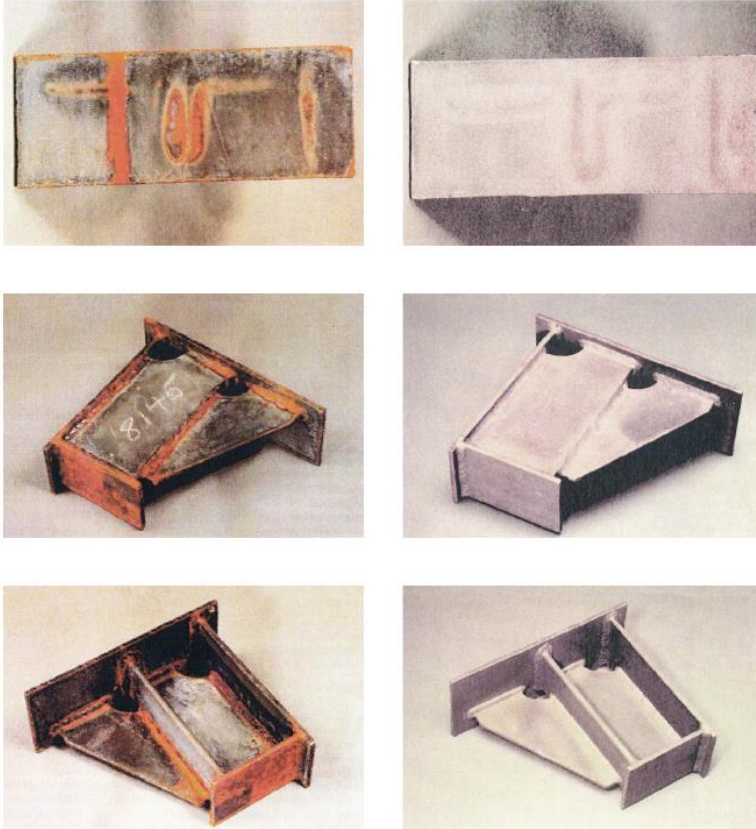
Suihkupuhdistus on tehokkain ruosteen- ja valssihilseenpoistomenetelmä. Periaatteena on irrottaa kappaleen pinnassa olevat epäpuhtaudet voimakkaan rae-suihkun avulla. Rakeet saadaan liikkeelle paineilmalla, painevedellä tai keskisäteilysvoimalla. Rakeiden materiaali valitaan kappaleen ja halutun tuloksen perusteella. Rakeiden materiaalina käytetään yleensä valurauta- tai teräsrakeita, kvartsihiekkaa tai muita vastaavia aineita. Suihkupuhdistuksen ruosteenpoistomateriaaleita on standardin ISO 8501-1 mukaan neljä: kevyt suihkupuhdistus Sa 1, huolellinen suihkupuhdistus Sa 2, hyvin huolellinen suihkupuhdistus Sa 2½ sekä suihkupuhdistus metallinpuhtaaksi Sa 3. (4, s. 406 - 407.)

Sa 1 -luokassa levyn pinnassa ei saa olla paljain silmin tarkasteltaessa näkyvää öljyä, rasvaa, likaa eikä heikosti kiinni olevaa valssihilsettä, ruostetta, maalia tai vieraita aineita. Sa 2 -luokassa on muutoin samat vaatimukset kuin luokassa Sa 1, mutta valssihilsettä saa olla vain vähän ja lisäksi levyn pinnalle jäävien epäpuhtauksien tulee olla hyvin kiinni alustassa. Luokassa Sa 2½ valssihilsettä ei saa olla ollenkaan ja pinnalle jäävät epäpuhtaudet näkyvät korkeintaan heikko-

na värjäytyminä, laikkumaisina tai juovamaisina varjostumina Sa 1 -luokan vaatimusten lisäksi. Sa 3 -luokassa pinnalla tulee olla yhtenäinen metallin väri. Pinnalla ei saa olla öljyä, rasvaa, likaa, valssihilsettä, ruostetta, maalia tai vieraita aineita. (5, linkit Teollinen maalaus → Metalliteollisuus → Metalliteollisuuden esitteet → Metallipintojen teollinen maalaus, s. 16.)

Suihkupuhdistusmenetelmiä ovat avopuhallus, tyhjiöpuhdistus sekä sinkopuhdistus (4, s. 407 – 409). Tässä työssä käsitellään ainoastaan sinkopuhdistusta, koska se on EKT:ssä käytössä oleva tapa. Sinkopuhdistuslaitoksessa puhdistavat rakeet saadaan liikkeelle nopeasti pyörivien sinkopyörien avulla. Puhdistettavat kappaleet kulkevat sinkopyörien muodostamien raesuihkujen läpi. Puhdistusastetta voidaan muuttaa joko muuttamalla kuljetusradan nopeutta tai sinkopyörien pyörimisnopeutta. Pienin sinkopuhallukseen soveltuvan levyn paksuus on noin 5 mm, koska rakeet voivat aiheuttaa ohuemmille kappaleille vääntymistä. (4, s. 409.)

Kuvassa 3 on esimerkkikuvia pintakäsittelemättömästä osasta verrattuna suihkupuhdistettuun osaan. Suihkupuhdistetuilla osilla suihkupuhdistusaste on Sa 2 ½. Kuten kuvasta huomataan, suihkupuhdistuksen avulla osa saadaan kohtuullisen hyvin puhdistettua verrattuna esikäsittelemättömään kappaleeseen. (5, s. 15.)



KUVA 3. Suihkupuhdistetun ja esikäsittelemättömän kappaleen välinen ero (5, s. 15)

3.1.2 Konepajapohjakäsittely

Shopprimer- eli konepajapohjakäsittely on teräslevyjen yleinen suojausmenetelmä, jossa levy suojataan puhdistuksen jälkeen ruostumiselta. Konepajapohjakäsittely on vain väliaikainen käsittely, jolla saadaan aikaan suoja valmistuksen, kuljetuksen ja varastoinnin ajaksi. (4, s. 411.)

Tuotannossa konepajapohjamaali edistää työympäristön siisteyttä ja työturvallisuutta. Konepajapohjamaalaus ei estä hitsausta tai levyjen leikkaamista ja esimerkiksi hitsausroiskeiden kiinni tarttuminen vähenee konepajapohjamaalauksen ansiosta. Konepajapohjamaalattujen levyjen tyypillisiä käyttökohteita ovat esimerkiksi säiliöt, painelaitteet, laivat ja offshore -projektit. (6, linkit → Teräs → Tekniset ohjelehdet → Esikäsitteilypalvelut → Konepajapohjamaalatut levyt – Kuumavalssatut teräkset, s. 2.)

Konepajapohjakäsittelylle on useita vaatimuksia. Sen tulee suojata ruosteelta puoli vuotta, sen tulee kuivua nopeasti eikä se saa rajoittaa tulevaisuudessa tehtävää maalausta. Konepajapohjamaaleina käytetään polyvinylibutyraali-, epoksi-, sinkkiepoksi- ja sinkkisilikaattimaaleja. Kalvonpaksuus on suositellusti 15 µm, jos puhdistusaste on Sa 2 ½. (4, s. 411.)

3.1.3 Pintakäsittely EKT:ssä

Suihkupuhdistus EKT:ssä tehdään käyttämällä teräsrakeita. EKT:ssä on käytössä sinkkisilikaatti-, sinkkiepoksi- tai rautaoksidiepoksimaali. Myös muita konepajapohjamaalityyppejä käytetään, mutta ainoastaan erikseen sovittaessa. Levyt suihkupuhdistetaan ennen maalausta ja käsittely tehdään yleensä molemmille puolille levyä, mutta toispuoleisestikin käsittely voidaan tehdä. Suihkupuhdistusaste on yleensä perustapauksissa Sa 2½. (6, linkit → Teräs → Tekniset ohjelehdet → Esikäsittelypalvelut → Konepajapohjamaalatut levyt – Kuuma- valssatut teräkset, s. 2 - 3.)

3.2 Terminen leikkaus

Tasokappaleen leikkaus voidaan jakaa kahteen pääkategoriaan: suoraan leikkaukseen ja muotoleikkaukseen (7, s. 16). Suoralla leikkauksella tarkoitetaan suoraviivaista leikkaamista ja muotoleikkauksella tarkoitetaan leikkaamista, jossa on muitakin kuin suoria linjoja (7, s. 15). Terminen leikkaus on yksi tapa, jolla voidaan tehdä suora- ja muotoleikkeitä (7, s. 16).

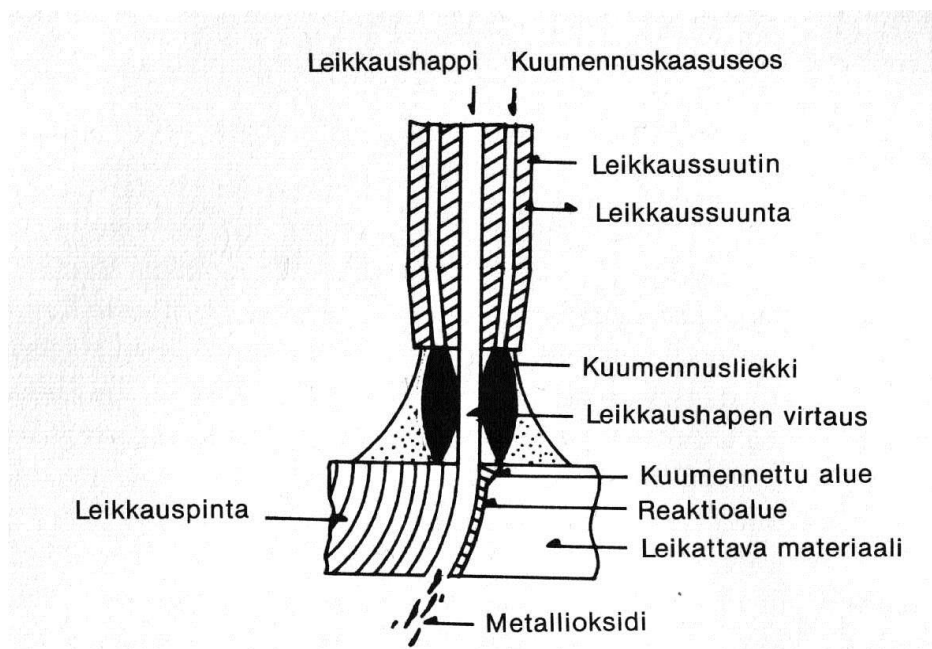
Termisessä leikkauksessa leikattava metalli kuumennetaan tietyistä kohdista korkeaan lämpötilaan. Levyn leikkaantuminen tapahtuu palamalla, sulamalla tai höyrystymällä. Leikkaus voi tapahtua myös näiden kaikkien yhteisvaikutuksesta. Leikkausrakoon ohjataan kaasua, joka puhaltaa sulan metallin pois. Happi edistää palamista. (7, s. 18.)

Yleisimmät termisen leikkauksen menetelmät ovat kaasuleikkaus, plasmaleikkaus ja laserleikkaus. Kullakin menetelmistä on oma käyttöalueensa. Menetelmillä on lisäksi useita alalajeja. (7, s. 18.)

3.2.1 Kaasuleikkaus

Kaasuleikkaus soveltuu yli 3 mm paksujen teräslevyjen leikkaamiseen. Kaasuleikkausmenetelmää käyttämällä voidaan leikata suuriakin paksuuksia. Seostetut levyt eivät sovi kaasuleikkaukseen. (7, s. 19.)

Kaasuleikkauksen periaate näkyy kuvassa 4. Periaatteena on, että polttimesta virtaa polttokaasua ja happea, jotka palavat suuttimen päähän muodostuvassa liekissä. Liekki kuumentaa levyn ja polttimen läpi puhallettava leikkaushappi hapettaa metallin ja puhaltaa pois muodostuvan metallioksidin. Hapettaminen vapauttaa lämpöä, joka kuumentaa levyä. Polttokaasuna voi olla esimerkiksi asetyleeni, propaani tai metaani. (7, s. 19.) Polttokaasun valintaan vaikuttavat kuumennusteho, leikkausnopeus, kuumennushapen kulutus ja kaasun yleiset ominaisuudet eli saatavuus, turvallisuus sekä käsiteltävyys. (8, s. 9.)



KUVA 4. Polttoleikkauksen periaate (8, s. 2)

Kaasuleikkaukoneita ohjataan nykyisin numeerisesti, joten kappaleen geometria voidaan ohjelmoida suoraan CADistä. Myös erikseen liitettäviä sijoitteluohjelmia on saatavana. Kaasuleikkauksella on myös mahdollista leikata kappaleeseen hitsausviisteitä. (7, s. 20.)

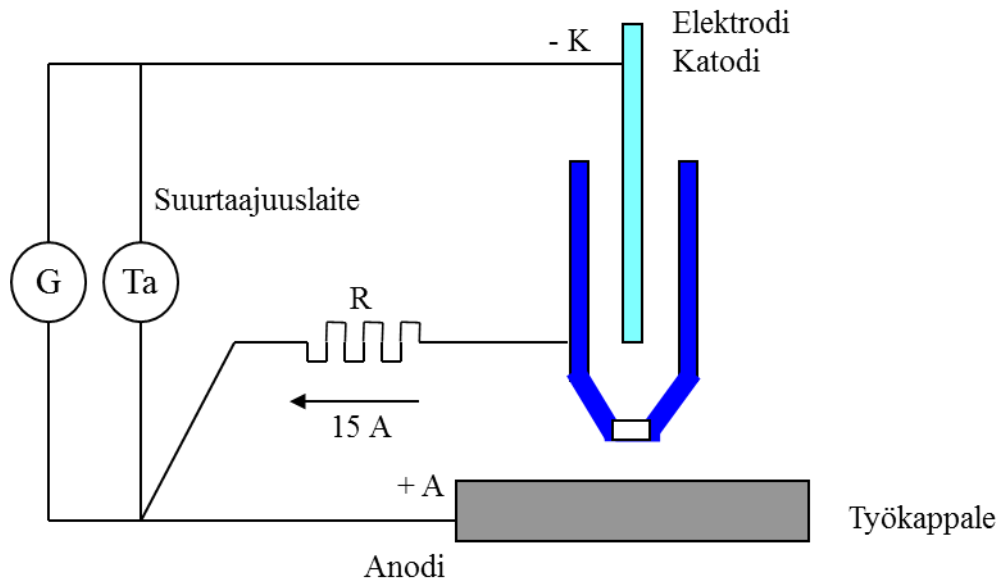
Kaasuleikkauksessa leikkausura on noin 1 mm levyinen. Leikkausreunaan kohdistuva lämpö leviää kappaleeseen hiukan yli 1 mm leveydelle. Leikkauspinnan laatu riippuu poltossa käytetyistä parametreista ja polton onnistumisesta. Polttoleikkauksessa syntyvä lämpö aiheuttaa vetelyjä kappaleeseen, jolloin polton aloitukseen ja suuntaan tulee kiinnittää erityistä huomiota. (7, s. 20.)

3.2.2 Plasmaleikkaus

Plasmaleikkaus on sulatusleikkausprosessi, jossa materiaalia kuumennetaan paikallisesti sulamislämpötilaansa plasmakaaren avulla ja poistetaan railosta plasmakaasuvirtauksen kineettisellä energialla. (8, s. 14.)

Plasma on korkeaan lämpötilaan kuumennettua kaasua, joka saadaan aikaan johtamalla plasmakaasu leikkauspolttimessa olevan elektrodin ja leikattavan kappaleen välillä palavaan plasmakaasuun. Syntynyt plasmakaari kuristetaan suuttimen avulla, jolloin sen lämpötila kohoaa noin 6 000 °C:sta 30 000 °C:seen. (8, s. 15.) Plasmakaasuina voidaan käyttää esimerkiksi argonin, typen ja vedyn seosta; happea tai paineilmaa (7, s. 21).

Kuvassa 5 on havainnollistettu plasmaleikkauksen periaate. Plasmaleikkausprosessin aloituksessa sytytetään aluksi pilottikaari, joka palaa elektrodin ja leikkaussuuttimen välillä. Plasmakaasuvirtaus työntää syntyneen plasman ulos suuttimesta. Plasmaliekkin koskettaessa leikattavan kappaleen pintaa syntyy varsinainen plasmakaari elektrodin (katodi) ja kappaleen (anodi) välille. Prosessissa tarvitaan suurtaajuuslaitteisto, jotta plasmakaari saadaan synnytettyä. (8, s. 15.)



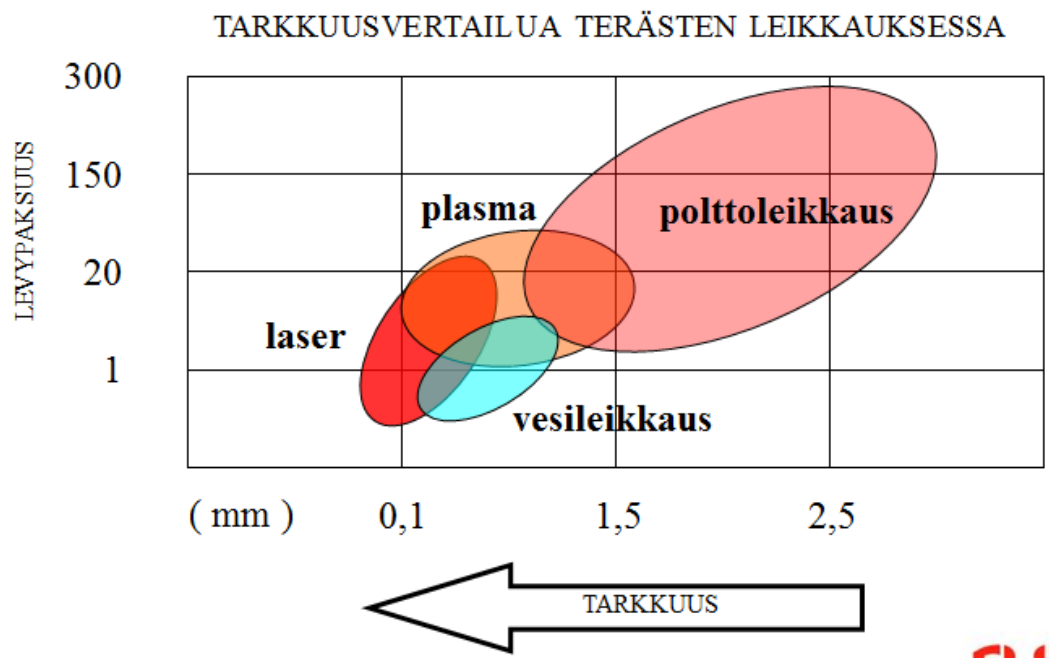
KUVA 5. Plasmaleikkauksen periaate (8, s. 14)

Plasmaleikkaus sopii sähköä johtavien materiaalien leikkaukseen. Tyypillisin käyttökohde on runsasseksisten terästen ja alumiinien leikkaus. Levypaksuuden kriittinen piste kaas- ja plasmaleikkauksen välillä on laitteiston mukaisesti välillä 30 - 50 mm. Suuremmilla paksuuksilla kaasuleikkaus on plasmaleikkauksista nopeampi tapa. (8, s. 16.)

3.2.3 Leikkausmenetelmien vertailu

Standardi SFS-EN ISO 9013 määrittelee termisesti leikattujen kappaleiden mitatoleranssit ja leikkauspinnan laatuluokat. Standardia voi soveltaa kaasuleikkauksessa ainevahvuuksilla 3 - 300 mm ja plasmaleikkauksessa 1 - 50 mm. (9, s. 2.)

Tarkkuus koostuu useista tekijöistä, kuten materiaalin paksuudesta, kappaleen koosta ja leikkausnopeudesta. Kuvassa 6 on vertailua eri leikkausmenetelmien tarkkuudesta levyn paksuuden mukaan. (9, s. 3 - 4.) Kuvasta 6 voidaan päätellä plasmaleikkauksen olevan tarkempi menetelmä kuin kaasuleikkaus (polttoleikkaus), mutta kaasuleikkauksella ylletään suurempiin levynpaksuuksiin kuin plasmaleikkauksella.



KUVA 6. Tarkkuusvertailua terästen leikkauksessa (9, s. 4)

Eri leikkausmenetelmien kustannustehokkuus on riippuvainen leikattavien kappaleiden dimensioista ja lopputuotteen vaatimuksista kuten tarkkuus, jälkityöt ja geometria (9, s. 10). Taulukossa 1 on vertailtu kustannustehokkuutta eri teräslevyille tarkkuuden ja paksuuden mukaan (9, s. 10). Taulukosta 1 voidaan huomata, että kustannustehokkuuden kannalta polttoleikkaus (kaasuleikkaus) soveltuu parhaiten paksuille yli 20 mm paksuille teräksille. Plasmaleikkaus soveltuu alle 5 mm paksuista levyistä 20 mm paksuihin levyihin kustannustehokkuuden näkökulmasta parhaiten.

TAULUKKO 1. Kustannustehokkuuden vertailu (9, s.10)

VAATIMUS	POLTTOLEIKKAUS	LASER	PLASMA	VESILEIKKAUS
Teräs < 5 mm, +/- 0.5 mm	3	2	1	4
Teräs < 5 mm, +/- 0.1 mm	ei	1	2	2
Teräs 5 - 15 mm, +/- 0.5 mm	2	3	1	4
Teräs 5 - 15 mm, +/- 0.2 mm	ei	1	1	3
Teräs 15 - 20 mm, +/- 0.5 mm	2	3	1	3
Teräs 20 - 40 mm	1	3	2	3
Teräs > 40 mm	1	ei	3	3
Ei rautametalli	ei	kyllä	ei	kyllä

1 = soveltuu parhaiten

5 = soveltuu huonoiten

3.2.4 Terminen leikkaus EKT:ssä

EKT:ssä on useita kaasuleikkauskoneita, yksi plasmaleikkauskone sekä yksi kaasuleikkauskone, jolla voi leikata myös hitsausviisteitä. Kaasuleikkauskoneilla leikataan EKT:ssä 5 - 150 mm paksuja teräslevyjä. Plasmaleikkauskoneella leikataan 5 - 25 mm paksuja levyjä. (6, linkit → Teräs → Tekniset ohjelehdet → Esikäsittelypalvelut → Muotoleikatut levytuotteet – Kuumavalssatut teräkset, s. 2.)

Leikattavissa kappaleissa voi olla myös säteittäisiä ja kaarevia muotoja. Muotoleikkaus lisää toimitusaikaa yhdellä viikolla. Useilla kaasuleikkauskoneilla voi leikata usealla polttimella yhtä aikaa, jolloin kokonaisleikkausaika lyhenee huomattavasti ja kustannustehokkuus paranee. EKT:n kaasuleikkauskoneissa käytetään polttokaasuna propaania. (6, linkit → Teräs → Tekniset ohjelehdet → Esikäsittelypalvelut → Muotoleikatut levytuotteet – Kuumavalssatut teräkset, s. 2.)

Levyihin voidaan tehdä kohdistusmerkkaukset asiakkaan kokoonpanotyötä helpottamaan. Kaasuleikkauksessa on käytössä pulveri- tai vasaramerkkaus ja plasmaleikkauksessa pulveri- tai plasmamerkkkaus. (6, linkit → Teräs → Tekniset ohjelehdet → Esikäsittelypalvelut → Muotoleikatut levytuotteet – Kuumavalssatut teräkset, s. 2.)

EKT:ssä työsuunnittelijat tekevät polttoleikkausohjelmat eli sijoittelut polttoleikkausohjelmistolla. Ohjelmiston avulla pystytään määrittämään materiaalityypit, optimoimaan materiaalin käyttö ja minimoimaan hukkamateriaalin syntyminen. Polttoleikkausohjelmiston avulla voidaan siirtää asiakkaan tekniset piirustukset suoraan 2D-CAD:stä, jolloin vähennetään piirtämiseen kuluva aikaa ja varmistetaan se, että lopputuote on varmasti asiakkaan kuvan mukainen. (6, linkit → Teräs → Tekniset ohjelehdet → Esikäsittelypalvelut → Muotoleikatut levytuotteet – Kuumavalssatut teräkset, s. 2.)

EKT:ssä on mahdollista leikata teräslevyjä myös suikalemaisesti usealla polttimella yhtä aikaa. Suikaloinnin hyötynä on huomattavasti lyhyempi polttoaika kiertopolttoon verrattuna. Suikalelinjalla on lisäksi useampi poltin kuin muilla leikkauskoneilla, joten jopa 13 suikaletta voidaan leikata samaan aikaan samalta levyltä. Suikalelinjalla koko levy lämpenee ja jäähtyy tasaisesti, joten lämmön vaikutus ei ole niin suuri kuin kiertopoltossa, mikä ehkäisee kappaleiden vääntymistä. Kappaleet voivat kuitenkin lyhentyä huomattavasti jäähdyttyään.

Suikaleet saattavat lyhentyä muutamia millimetrejä leikkauksen aikana lämmön vaikutuksesta. Kun suikaletta leikataan, teräs lämpenee ja tapahtuu lämpölaajenemista, jolloin suikale leikataan asiakkaan mittaan. Kun suikaleet on leikattu, ne jäähtyvät, jolloin teräs vetäytyy takaisin pienempään kokoon. Tällöin suikaleen pituus pienenee. Suikalelinjalle tehdään ohjelmat tuotannonohjausjärjestelmässä olevalla omalla ohjelmalla. Suikalesijoittelu on automaattinen toimintatapa, joten railo- ja pituuskompensaatit tulevat automaattisesti huomioitua ja kappaleet sijoitellaan automaattisesti, jolloin materiaalilevyn levykokokin on automaattisesti oikea.







Suikalelinjalla voidaan leikata myös muotoleikkausta vaativaa suikalemaista tuotetta. Tällöin ohjelman teossa tulee huomioida itse pituus- ja railokompensaatit. Ohjelma tehdään muotosuikaleille polttoleikkausohjelmistolla käsin. Muotosuikaleohjelman tekeminen on ohjeistettu käsikirjassa (liite 3).

3.3 Viisteytys

Viisteytyksellä tarkoitetaan hitsausrailomuodon leikkaamista levyn reunaan. Levyn tavallinen leikattu reuna soveltuu tavallisesti hitsauksessa I-railoksi. Joissain tapauksissa tarvitaan kuitenkin erilaisia railomuotoja, joita ovat V-railo, X-railo ja J-railo, joita voidaan valmistaa useilla eri menetelmillä. Viisteytys tulee tehdä laadukkaasti, jotta hitsaus onnistuisi. Viiste voidaan tehdä käsityönä polttamalla, hiomalla tai muilla käsityökaluilla. Jos viistettävät määrät ovat suuria, viisteet valmistetaan leikkauskoneilla tai viistämistarkoitukseen tehdyillä laitteilla. Tavallisimmat menetelmät ovat kaasu- ja plasmaleikkaus, jyrshintä, höyläys ja avarrus. (7, s. 37 - 38.)

Railomuoto riippuu hitsausmenetelmästä, levynvahvuudesta ja liitoksen muodosta. Hitsausrailo tarkoittaa kahden hitsattavan pinnan väliin jäävää hitsausaineelle tarkoitettua tilaa. Hitsausviiste tarkoittaa levyn reunaan railoa varten tehtyä viistoa osuutta. Taulukossa 2 on esitelty hitsausviisteiden tyyppejä, joita tavallisesti käytetään. Viisteet voidaan tehdä kummalle puolen tahansa levyä. Viistekulmat ja juuren pituus voidaan määrittää tarpeen mukaan. Kulma ja juuri ovat riippuvaisia osan lopullisesta käyttökohteesta, jonka mukaan tuotteen suunnittelija määrittelee railon koon. Viistelaitteen suoritusarvot vaikuttavat viistekoneen valintaan sekä valmistuksen onnistumiseen. Kaikilla viisteytyslaitteilla ei voi tehdä kaikkia viisteitä. (6, → Teräs → Tekniset ohjelehdet → Esikäsittelypalvelut → Tarkkuusleikatut ja viistetyt levyt – Kuumavalssatut teräkset, s. 2 - 4.)

TAULUKKO 2. Hitsausviisteiden tyyppejä (6, s. 3)

Nimitys	Kuva
V-viiste / Y-viiste	
X-viiste / K-viiste	
V-viiste + kevennysviiste	
J-viiste	
Kaksois-J-viiste	
J + V-viisteet	

Polttoleikkauskoneissa käytetään usein kolmipoltinvaunua, jonka avulla voidaan valmistaa hitsausviisteitä. Keskimmäinen poltin on suorassa, ja sillä leikataan railon juuripinta eli kappaleen muoto. Sivupolttimilla leikataan railon kyljet, jos kappaleeseen leikataan viisteet. Polttimet asetetaan yleensä käsin oikeaan kulmaan, mutta nykyään joissakin koneissa on myös mahdollista käyttää numeerista ohjausta polttimien asemointiin. Jos kappaleeseen ei leikata viistettä, keskipoltin on käytössä ja sivupolttimet voidaan kytkeä pois käytöstä. (4, s. 262.) Polttoleikkaamalla viiste voidaan tehdä suorakulmaiseen kappaleeseen tai muotokappaleeseen.

Markkinoilla on myös viisteystystä varten suunniteltuja jyrsinkoneita. Koneistamalla viiste voidaan valmistaa yleensä standardityökalujen avulla. On olemassa myös erikoisesti muotoiltuja työkaluja, joilla voidaan valmistaa esimerkiksi J-railo. (7, s. 38.) Jyrsinkoneella voidaan yleensä käyttää NC-ohjausta, joka vähentää valmistukseen kuluvaan aikaan ja helpottaa työntekijää välttämään inhimillisiä virheitä.

Mekaaninen jyrsinviiste voidaan tehdä myös pyörö- eli kiekkeleikkurilla. Kiekkoleikkuria käytetään pääasiassa pyörylöiden leikkaamiseen, mutta sitä voi käyt-

tää myös hitsausviisteiden leikkaamiseen. Leikkaus tapahtuu yleensä kahden vastakkain pyörivän kiekkomaisen terän avulla. (4, s. 256.)

Viisteytystä suositellaan käytettäväksi hitsauksen valmisteluun raskaassa teollisuudessa, kun hitsaussaumalta vaaditaan paljon. Raskaissa laitteissa hitsausauma joutuu yleensä ottamaan vastaan suuren massan ja suuria voimia. (10.)

Viistekulmat ja juuren mitta ovat tärkeitä hitsaussauman määrittelyssä paksuihin levyihin. Tiettyyn paksuuteen asti hitsaus voidaan tehdä ilman viistettä, jos valittu hitsausprosessi on oikea ja lämmöntuonti riittävää. Viisteytys mahdollistaa hitsausaineen täydellisen tunkeutumisen railoon ja auttaa luoksepäästävyudessa hitsaajaa. Hitsaaja näkee koko railon paremmin viisteiden ansiosta. Viisteiden ansiosta hitsaussauma voidaan määrittellä tarkkaan ja hitsistä tulee tasalaatuinen, kun sula hitsausaine leviää viisteiden muodostamaan railoon tasaisesti. Laadukas hitsaussauma voidaan varmistaa käyttämällä viisteytystä. (11.)

3.4 Viisteytys EKT:ssä

EKT:ssä viisteytystä voidaan tehdä polttoviisteileikkauslaitteella, jolloin kyseessä on poltto- eli kaasuviisteytys. Toinen vaihtoehto on kiekkoileikkuri, jolla voidaan mekaanisesti jyrsiä viisteitä. Poltto- ja kiekkoileikkuskoneet sopivat suorakulmaisen ja muotokappaleen viistämiseen. Kolmas vaihtoehto on jyrsinviisteytyskone, jolla voidaan jyrsiä suorakulmaiseen kappaleeseen viisteet automaattisesti nc-ohjauksen avulla.

EKT:ssä on mahdollista polttoleikata kappaleen muotoa ja tehdä hitsausviiste samaan aikaan yhdellä kaasuleikkuskoneella. Tällöin polttoleikkusohjelmaa tehtäessä tulee ottaa huomioon viistepolttimon mukana olo, mikä vaikuttaa polttoparametreihin useilla tavoilla. Jokaisella viistelaitteen tyyppillä on erilaiset suoritusarvot ja käyttökohteensa. Taulukossa 3 on esitetty EKT:ssä tehtävien viisteiden suositusarvot.

TAULUKKO 3. EKT:ssä viistettävien levyjen mitat (6, Teräs → Tekniset ohjelehdet → Esikäsittelypalvelut → Tarkkuusleikatut ja viistetyt levyt – Kuumavalssatut teräkset, s. 3)

Railomuoto	Viisteytystapa		Kiekkoleikkaus		Lastuaminen jyrsinkoneella			Paksuus mm ¹⁾
	Polttoleikkaus Viistekulma °	Paksuus mm	Viistekulma °	Paksuus mm	Viisteen mitat Viistekulma °	r mm	c mm	
I-railo	0	5 – 150	–	–	0	–	–	6 – 55
V-railo	15 – 45	16 – 100	25, 30, 45	5 – 7	15, 20, 22,5, 25 30, 35, 40, 45	–	–	6 – 30
Y-railo	15 – 45	16 – 100	25 – 55	5 – 50	15, 20, 22,5, 25 30, 35, 40, 45	–	–	6 – 30 ²⁾
X-railo	15 – 45	16 – 100	25 – 55	10 – 50	15, 20, 22,5, 25 30, 35, 40, 45	–	–	6 – 30 ²⁾
J-railo	–	–	–	–	10 20	8 5	2 – 10 2 – 10	6 – 40 6 – 40
Kaksois-J-railo	–	–	–	–	10 20	8 5	2 – 10 2 – 10	6 – 70 ²⁾ 6 – 70 ²⁾
J + V -railo	–	–	–	–	J: 10 J: 20 V:15, 20, 22,5, 25	8 5 –	2 – 10 2 – 10 –	6 – 70 ²⁾ 6 – 70 ²⁾ 6 – 70 ²⁾

Taulukosta 3 huomataan, että paksuusalue on 5 - 150 mm ja viistekulmat 0 - 55 astetta. Levyn leveys voi olla 800 - 3 250 mm ja pituus 2 000 - 19 500 mm. Arvot vaikuttavat viistekoneen valintaan ratkaisevasti. J-viisteitä ei voida tehdä muilla kuin jyrsinkoneella lastuavaa työstöä käyttäen. Paksuja levyjä voidaan viistää polttoleikkaamalla ja ohuempia kiekkoleikkauskoneella tai jyrsinkoneella.

3.5 Viimeistely ja tarkastus

Viimeistely eli jäysteenpoisto polttoleikatusta levystä voidaan tehdä käsin tai työkalujen avulla. Markkinoilla on myös koneita, joilla koko levyn jäysteet voidaan poistaa yhdellä kerralla automatisoidusti. Koneita käyttäessä levyn reunat pyöristyvät hiukan. (7, s. 37.)

EKT:ssä viimeistely tehdään petkelettä käyttäen, jolloin jäyste tai purse saadaan raaputettua pois vahingoittamatta levyn pintaa. Joissain tapauksissa käytetään kulmahiomakonetta, jonka avulla terävät reunat saadaan hiottua pois. Lisäksi käytössä on pneumaattinen käsikäyttöinen jyrsinviisteytyskone, jolla voidaan leikata 1 x 1 mm viiste kappaleen reunaan. Kulmahiomakoneella hioetaan tasaiseksi polttoleikkauksen aloituskohdat, jolloin polttoleikkauspinnasta tulee tasainen eikä aloituskohta jää näkyviin.

Tarkastustoimintoja ovat esimerkiksi tasomaisuuden tarkastaminen ja mittapöytäkirjojen tekeminen. Tasomaisuus tarkastetaan linjarin avulla. Aluksi mitattava levy asetetaan tasomaisen levyn päälle. Sen jälkeen linjari asetetaan mitattavan levyn päälle, ja jos linjarin ja levyn väliin jää rako, levy on epätasomainen. Raon koko määrittelee sen, hylätäänkö levy vai ei. Tavallisesti asiakkaalle luvataan tasomaisuus 6 mm/m, mutta esimerkiksi 3 mm/m on mahdollista saavuttaa erikseen sovittaessa.

Yksi teräslevyjen tarkastusmuoto on ultraäänitarkastus. Ultraäänitarkastuksen avulla pystytään havaitsemaan levyjen sisällä ilmeneviä vikoja, kuten kerrostumia ja kuonasulkeumia. Ultraääniluotain voi olla joko käsissä kannettava tai jatkuvatoimiseen laitteistoon asennettu. Levyn paksuus määrittelee, käytetäänkö yksikiteistä vai kaksikiteistä ultraääniluotainta. 6 - 60 mm välillä käytetään kaksikiteistä ja 60 - 200 mm välillä käytetään yksi- tai kaksikiteistä luotainta. (6, → Teräs → Tekniset ohjelehdet → Kuumavalssatut teräkset – Tilaus ja toimitus → Ultraäänitarkastus - Kuumavalssatut teräkset, s. 1 - 2.)

Tarkastuksessa suoritetaan laadunvalvontaa, jossa mittaaminen on tärkeässä roolissa. Mitta- ja muototoleranssien sekä pinnankarheuden mittaamiseen on kehitetty useita erilaisia menetelmiä ja työkaluja. Mittaajan on tärkeää löytää oikea mittaväline kuhunkin mittaukseen. Mittavälineitä on kiinteitä ja osoittavia. Kiinteitä mittavälineitä ovat mittanauhat ja asteikot, tulkit, tasot, viivaimet, suorakulmaimet ja vertailutulkit, normaalit ja asentotulkit. Osoittavia mittavälineitä ovat käsimittalaitteet, mittauskoneet ja optiset mittauslaitteet. (4, s. 441 - 452.)

3.6 Laatutoiminnot ja dokumentointi

Laatu tarkoittaa tuotteen tai palvelun kykyä täyttää asiakkaan tarpeet ja odotukset. Edellisen mukaan laatu perustuu asiakkaan mielipiteeseen tuotteesta. Asiakas vertaa tuotteen laatua tuotteesta vaadittuun hintaan. Asiakas ei halua virheellistä tuotetta. Lisäksi laatu tarkoittaa tuotteen vastaavuutta tuotemäärittelyihin ja standardeihin. Tämän perusteella tuotteelle voidaan määrittää tarkat kriteerit ja raja-arvot. Standardien avulla voidaan tehdä päätös siitä, onko tuote hyväksyttävä vai virheellinen. (12, s. 372.)

Tuotteiden laatu rakentuu yrityksen sisäisten prosessien laadusta. Tämän vuoksi laatu tulee suunnitella ja rakentaa suoraan yrityksen toimintaprosesseihin mukaan. Jos käytetään laadukasta prosessia, lopputuloksena on laadukas tuote. Tuotteen laatu rakentuu toimintojen ja yrityksen laadun alaisista laatutekijöistä. Toimintojen laatuun vaikuttavat työn laatu, prosessien laatu ja materiaalin laatu. Yrityksen laatuun vaikuttavat järjestelmien laatu, organisaation laatu, johtamisen laatu, henkilöstön laatu ja tuotantovälineiden laatu. (12, s. 373 - 374.)

3.6.1 Mittapöytäkirjat

EKT:ssä voidaan asiakkaan vaatimuksesta tehdä mittapöytäkirja valmistetusta tuotteesta. Mitattavia asioita voivat olla esimerkiksi levyn mitat, tasomaisuus, viisteen mitat tai taivutuksen ympyrämäisyys ja mitat. Työnsuunnittelija suunnittelee mittapöytäkirjan järjestelmään, jolloin mittapöytäkirjaan määritellään mitattava suure, toleranssit ja mittauspiste, jossa mittapöytäkirja tehdään.

Työnsuunnittelussa mittapöytäkirjan suunnittelu on pakko tehdä ennen kuin tuotteen valmistus voidaan aloittaa. Järjestelmässä on lisäksi ominaisuus, joka estää valmistuksessa raportoimasta tuotteen seuraavaan prosessipisteeseen tai varastoon, jos mittapöytäkirja pitää tehdä siinä prosessipisteessä, jossa tuote on raportoitavana. Näillä järjestelmäpohjaisilla asetuksilla varmistetaan, että asiakas saa aina halutessaan mittapöytäkirjan valmiille tuotteelle.

Ilman mittapöytäkirjavaatimusta valmistettavissa tuotteissa laatua valvotaan käytössä olevien toleranssien puitteissa. Useissa eri prosessipisteissä on käytössä silmämääräinen tarkastus, jonka pohjalta voidaan esimerkiksi levyn pinnassa olevia pintavikoja mitata ja todeta, että pysyykö levyn paksuus toleransseissa. Jos laatu poikkeamia havaitaan, tuote romutetaan ja käynnistetään uuden kappaleen valmistus alusta saakka tai korjataan viallinen tuote, jos se on mahdollista.

3.6.2 Teräksen laadunvalvonta

Raahen tehtaalla on testaamo, jossa testataan jokaisesta valmistetusta levystä otetusta näytepalasta laadun kannalta kriittisiä asioita. Testaamossa tehdään pääasiassa aineenkoetustestejä. Lisäksi on mahdollista suorittaa ballistista tes-

tausta, jolloin esimerkiksi suojelutarkoitukseen tilatun levyn ollessa kyseessä voidaan varmistua siitä, että levy kestää luodin aiheuttamat voimat. Levyille voidaan tehdä myös ultraäänitarkastusta, jotta havaitaan levyn sisällä olevat laatu-
poikkeamat.

3.6.3 Ainestodistus

Kaikki levyille tehtävät laatuun liittyvät asiat dokumentoidaan ja asiakas saa ne ainestodistuksen mukana. Terästoimituksiin liittyvät eurooppalaiset ainestodistukset on määritelty standardissa EN 10204:2004. Ainestodistustyyppilajeja ovat

- laatuvaraus 2.1
- koetustodistus 2.2
- vastaanottotodistus 3.1
- vastaanottotodistus 3.2. (6, Teräs → Tekniset ohjelehdet → Kuumavalssatut teräkset – Tilaus ja toimitus → Ainestodistukset – Kuumavalssatut teräkset, s. 2.)

Todistustyyppit laatuvaraus 2.1 ja koetustodistus 2.2 ovat terästen valmistusmenetelmäkohtaiseen (non-specific) tarkastukseen perustuvia todistuksia. Vastaanottotodistukset 3.1 ja 3.2 ovat terästen toimituseräkohtaiseen (specific) tarkastukseen perustuvia todistuksia. Nämä todistustyyppit eroavat toisistaan siinä, että kuka allekirjoittaa ainestodistuksen ja kuka vakuuttaa tuotteiden tilausmukaisuuden. (6, Teräs → Tekniset ohjelehdet → Kuumavalssatut teräkset – Tilaus ja toimitus → Ainestodistukset – Kuumavalssatut teräkset, s. 2.)

3.7 Taivutus

Levyjä voidaan taivuttaa lieriöksi, lieriön osiksi, kartioksi tai kartion osiksi levynpyörityskoneilla eli mankeleilla. Mankelointi tapahtuu johtamalla taivutettava levy taivutuskoneen telojen välistä. Pyörityskoneissa on kaksi, kolme tai neljä telaa vaakatasossa. Suurissa taivutuskoneissa teloja pyöritetään sähköisesti tai hydraulisesti. (4, s. 274.)

Levyaihiota kuljetetaan telojen välissä, joiden asema toisiinsa nähden on määritetty siten, että levy taipuu. Yhdellä ajokerralla pyöritystä ei yleensä tehdä, vaan levy tulee ajaa useita kertoja telojen välissä. (13, s. 12.)

Taivutettaessa taivutussäde määritellään yleensä ylätelan korkeutta säätämällä. Pienin mahdollinen taivutussäde on yleensä noin 1,3 - 2 kertaa taivutuskoneen ylätelan säde. Yleisesti suositellaan taivutussäteeksi enemmän kuin 5 kertaa ylätelan säde. Jos kolmitelaisessa taivutuskoneessa telat ovat symmetrisesti asetettu, ongelmaksi muodostuu levyn päiden taivuttaminen. Näillä koneilla ei ole mahdollista taivuttaa yhdellä kertaa koko levyä, vaan levyn päiden taivutus vaatii oman työvaiheensa. (7, s. 65.)

Levyn päiden taivutuksessa esitaivutuksen käyttö on mahdollista silloin, kun telojen asemat ovat liikuteltavissa (7, s. 65). Tällöinkin levyn päähän jää 1,3 - 2 kertaa levyn paksuuden mittainen suora osa (7, s. 65). Suora osa olisi mahdollista taivuttaa esimerkiksi särmäämällä, mutta se voidaan myös leikata pois, jos suunnitteluvaiheessa esitaivutus on otettu huomioon lisäämällä osaan taivutus-työvaraa.

Taivutettu kappale kiertyy ylätelan ympärille. Se voidaan poistaa kahdella eri tavalla koneesta riippuen. Joissain koneissa voidaan ylätela irrottaa taivutetun kappaleen sisältä, jolloin kappale saadaan nostettua pois vapaasti. Toinen vaihtoehto on irrottaa telojen laakerointi toisesta päästä, jolloin taivutettu osa saadaan liu'utettua pois ylätelan ympäriltä. (7, s. 65.)

EKT:ssä taivutetut levytuotteet ovat komponentteja jotka voidaan toimittaa suoraan asennuspaikalle. Tämä pienentää kuljetus- ja varastointikustannuksia ja tiivistää aikataulua. Taivutettuja tuotteita voidaan toimittaa myös konepajapohjamaalattuina, viistettynä ja muotoleikattuna. Tyypillisiä käyttökohteita ovat esimerkiksi säiliöt, putket, kuorimarummut, uunit, painelaitteet ja offshore-rakenteet. (6, → Teräs → Tekniset ohjelehdet → Esikäsittelypalvelut → Taivutetut levytuotteet – Kuumavalssatut teräkset, s. 2–3.)

Taivutuksen suunnittelun kannalta tärkeää on levyaihion levitys. Rullamuovauksella valmistetaan mittoihin leikatusta levyaihiosta taivutettu tuote. Levitys perustuu yksinkertaisiin matemaattisiin menetelmiin ja se voidaan tehdä myös tietokoneella. (7, s. 50.) Tavallisen ympäritaivutetun lieriön levitetty pituus voidaan laskea kaavalla 1. Se voidaan johtaa ympyrän piirin laskentakaavasta. (14, s. 18.)

$$L = 2\pi r - (i + v)$$

KAAVA 1

L = levitetty pituus (mm)

r = keskisäde (mm)

i = ilmarako (mm)

v = vähennys, joka määritellään aina paksuuden mukaan (mm)

Osavaipan levitetty pituus voidaan laskea kaavalla 2. Se voidaan johtaa ympyrän piirin laskentakaavasta. (14, s. 18.)

$$L = [2\pi (r + s / 2)] / n$$

KAAVA 2

L = levitetty pituus (mm)

r = sisäsäde (mm)

s = levynvahvuus (mm)

n = kierroksen osien määrä (kpl)

Levyn pituuteen voidaan joutua lisäämään esitaivutusta varten työvaraa, jotta taivutuksen jälkeen levyyn ei jää suoraa osuutta, vaan se voidaan leikata pois. Oletetaan, että levyn päähän jää 4 kertaa levynvahvuuden suuruinen suora osa. Esitaivutustyövarat voidaan laskea tällöin kaavoilla 3 ja 4, joista valitaan käyttöön suuremman tuloksen antava kaava, jotta koko taivutuksen suora osa voidaan leikata esitaivutuksen jälkeen pois. Kaavoissa käytettävät arvot voidaan päätellä taivutuskoneista saadun kokemukseräisen tiedon pohjalta. Ne voivat olla erilaisia eri koneilla.

$$L = 100 + s$$

KAAVA 3

L = taivutustyövaran pituus

s = levynvahvuus

$$L = 4s$$

KAAVA 4

L = taivutustyövaran pituus

s = levynvahvuus

3.8 Hitsaus

Perinteinen hitsaus tarkoittaa kappaleiden yhdistämistä toisiinsa lisäainetta käyttäen. Hitsaus on yleisin terästen liittämismenetelmä. Hitsausmenetelmät

voidaan jakaa sulahitsausmenetelmiin ja puristushitsausmenetelmiin. Sulahitsausmenetelmiä ovat muun muassa jauhekaari-, MIG-/MAG-, TIG- ja puikkohitsaus. Puristushitsausmenetelmiä ovat esimerkiksi pistehitsaus ja ultraäänihitsaus. (4, s. 281 - 283.)

Sulahitsausmenetelmistä käydään läpi esimerkkinä puikkohitsaus, joka on metallikaarihitsausta päällystetyllä hitsausaineella. Hitsattaessa valokaari muodostuu puikon ja työkappaleen välille. Lisäaine siirtyy pisaroina valokaaren kautta työkappaleeseen. Hitsauksessa syntyvä kaasu ja kuonakerros suojaavat sulaa työkappaleen pintaa ilman vaikutuksilta. (4, s. 290.)

Vastushitsausmenetelmistä käydään läpi pistehitsaus, jonka avulla voidaan hitsata yhteen kaksi limittäin sijoitettua levyä. Levyjä puristetaan yhteen elektrodeilla, virta kytketään ja pidetään kytkettynä siihen saakka, kunnes maksimilämpötila saavutetaan. Puristus poistetaan hitsin jäähtyttyä. Pistehitsauksen etuja ovat vähäiset muodonmuutokset työkappaleessa ja helposti toteutettava automatisointi. (4, s. 311.)

Hitsaus EKT:ssä

EKT:n kautta voidaan valmistaa hitsattuja rakenteita. Hitsatut rakenteet voivat olla esimerkiksi putkia, jotka koostuvat useammasta kuin yhdestä taivutetusta vaipan osasta. Tällöin osat voidaan hitsata yhteen siten, että asiakas saa valmiin putken taivutettujen lieriön vaippaosien sijaan. Hitsatun rakenteen tilaaminen nopeuttaa asiakkaan omaa asennustyötä, kun asiakkaalle toimitetaan asennusvalmis kokoonpantu osa.

EKT:ssä tehdään korjaushitsausta silloin, kun levyyn on tullut esimerkiksi polttoleikkauksessa kolo. Korjaushitsaukseen soveltuvat vain pinnanlaatuluokaltaan sopivat teräkset. Pinnanlaatuluokat on lueteltu ja määritelty standardissa SFS-EN 10163-2. Pinnanlaatuluokan alaluokka määrittelee sen, että saako levyä korjaushitsata vai ei. Asiakas voi standardin SFS-EN 10163-2 mukaan tilata minkä tahansa teräslaadun korjaushitsauskiellolla, jolloin korjaushitsausta ei saa tehdä.

3.9 Karkaisu

Karkaisu on yleinen terästen lämpökäsittelymenetelmä. Karkaistavan teräksen lämpötilaa nostetaan austeniittiselle alueelle ja pidetään se siellä kunnes teräksen rakenne homogenisoituu. Sen jälkeen jäädytetään kappale niin nopeasti, että alijäähtynyt austeniitti muuttuu martensiittiseksi. Mitä enemmän martensiittinen teräs sisältää hiiltä, sitä kovempaa se on. (4, s. 24.)

Karkaisun tekotapa on riippuvainen teräslaadusta ja kappaleen mitoista. Runssasseoksisilla teräksillä lämmitys tapahtuu hitaasti ja paksuilla teräksillä lämmityksen pitoaika on pitkä. Sammutusajat määräytyvät teräksen jäähtymisnopeuden mukaan ja teräkset voidaan jakaa ilma-, vesi- ja öljykarkaistaviin laatuihin jäädytystavan perusteella. (4, s. 24.)

Päästö tulee tehdä aina karkaisun jälkeen. Päästössä teräs lämmitetään 150 – 200 asteiseksi ja pidetään kyseisessä lämpötilassa 1 – 2 tuntia. Päästön tarkoituksena on poistaa karkaisun aikana syntyneet rasituksen huippukohtat. Useissa tapauksissa käytetään kuitenkin suurempaa lämpötilaa, jolloin teräksen kovuus laskee ja sitkeys paranee. (4, s. 24.)

3.10 Koneistus

Koneistuksesta puhuttaessa tarkoitetaan yleensä erilaisia lastuavia valmistusmenetelmiä. Nykyään käytetään NC-ohjattuja, CNC-ohjattuja ja käsikäyttöisiä lastuavan valmistuksen menetelmiä. Lastuavia valmistusmenetelmiä ovat esimerkiksi jyrsintä, sorvaus, poraus, kierteytys, avartaminen, höyläys, pistäminen, aventaminen, sahaus ja hionta. (4, s. 193 - 216.)

Yleisiä levymäisillä kappaleilla käytettäviä lastuavia valmistusmenetelmiä ovat esimerkiksi jyrsintä ja poraus. Jyrsinnässä työkalu pyörii akselinsa ympäri ja syöttöliike tapahtuu kohtisuorassa siihen nähden. Syöttöliike voi olla myös työkalun akselin suuntainen. Porauksessa työkalu pyörii oman akselinsa ympäri ja syöttöliike on pyörimisakselin suuntainen. (4, s. 163 - 174.)

Kulutusterästen koneistuksessa on tärkeää

- työstökoneen tukevuus

- työkappaleen asianmukainen kiinnitys
- aloituksen varovaisuus
- riittävä viimeistely ennen koneistusta
- lastuamismesteen riittävä käyttö
- oikeiden koneistusarvojen ja työkalujen valinta. (6, Teräs → Tekniset ohjelehdet → Käsittelyohjeet → Koneistus, s. 1.)

Koneistus teräslevyjen esikäsittelyssä

Jyrsimällä voidaan tehdä esimerkiksi upotuksia kappaleen pintaan. Lisäksi voidaan esimerkiksi polttoleikatun reiän ympärille tehdä laajennettu upotus, jolloin esimerkiksi reiän läpi menevän putken laippa asettuu upotukseen. Poraamalla voidaan porata vapaareikiä tai esimerkiksi kierrereikiä levyyn. Reiät voivat olla läpi asti ulottuvia tai tietyn syvyisiä reikiä.

Koneistus esikäsittelyn viimeisenä työvaiheena vähentää asiakkaan omia kustannuksia yksittäistapauksissa, jos heillä itsellään ei ole koneistulaitteistoa käytettävissä. Lisäksi asiakas saa asennusvalmiin koneistetun kappaleen vaikka suoraan asennuspaikalle asennettavaksi. Varastointi ja ajankäyttö vähenevät asiakkaan osalta huomattavasti.

4 ESIKÄSITELTYJEN TUOTTEIDEN TYÖNSUUNNITTELU

Yrityksen kokonaistuottavuus koostuu yksittäisten työvaiheiden ja toimintojen tehokkuudesta, joten työssä käytettyjen menetelmien suunnittelu on tärkeää. Käytetyt työmenetelmät vaikuttavat tuotteiden valmistuksesta saatuihin tuottoihin. Tehokkaat menetelmät mahdollistavat edullisen, nopean ja laadukkaan valmistuksen. Huonosti soveltuvilla menetelmillä tuottavuus on huonompi kuin hyvin soveltuvilla menetelmillä. (12, s. 488.)

Työpisteiden työmenetelmät voidaan usein toteuttaa monella tavalla. Valitut menetelmät perustuvat tuotteen vaatimukseen ja ominaisuuksiin. Valmistustavaksi valitaan yleensä edullisin mahdollinen menetelmä, jolla päästään haluttuun laatuun. Työmenetelmien suunnittelulla päästään parhaaseen mahdolliseen tulokseen, kun se otetaan huomioon jo tuotteen valmistuksen varhaisessa vaiheessa. Tuotteen valmistus voidaan näin suunnitella valmistavan yrityksen kannalta tuottavimmalla tavalla. (12, s. 489.)

Yleisesti työmenetelmien suunnittelu voi koskea joko yhtä työvaihetta tai laajempaa kokonaisuutta (12, s. 489). Suunnittelu jaetaan yleensä laajuuden mukaan joko yhden työvaiheen suunnitteluun tai useamman työvaiheen ja materiaalinkäytön suunnitteluun (12, s. 489). EKT:ssä työnsuunnittelussa suunnitellaan jokainen EKT:n prosessivaihe ja tilataan materiaalilevyt kuumavalssaamolta asiakkaan ja EKT-prosessien vaatimusten mukaan, joten EKT-työnsuunnittelu kuuluu jälkimmäiseen kategoriaan.

Työmenetelmien suunnittelu voi liittyä työnkulun suunnitteluun, työpaikan ja työtavan suunnitteluun, koneiden käyttötapaan, työryhmän työskentelyyn, tuotantovälineiden valintaan ja työvälineiden suunnitteluun. Työnkulun suunnittelussa suunnitellaan valmistusvaiheet ja -järjestys. Työpaikan ja -tavan suunnittelussa suunnitellaan fyysisesti työpaikka ja työntekotavat. Koneiden käyttötavan suunnittelussa määritellään miten mitäkin konetta tulisi käyttää, jotta saavutettaisiin paras mahdollinen tehokkuus. Työryhmän työskentelyssä suunnitellaan ryhmän työtavat ja periaatteet. Tuotantovälineiden valinnassa suunnitellaan laiteinves-

toinnit. Työvälineiden suunnittelulla suunnitellaan työhön tarvittava välineistö. (12, s. 489.)

EKT:ssä työnsuunnitteluun kuuluu tuotteiden geometrioiden luominen, polttoleikkausohjelmien teko, työvaiheistus, tilausten ja työvaiheiden ajoittaminen, työohjeiden tekeminen sekä materiaalikäytön suunnittelu ja materiaalin tilaaminen. Työnsuunnittelulla saavutettavia hyötyjä ovat esimerkiksi laadun ja tehokkuuden parantuminen, laadun kehittämisen helpottuminen ja tuotantojärjestelmän kehittämisen helpottuminen (12, s. 490). EKT työnsuunnittelun tyyppi on CAPP (Computer aided production planning) eli tietokoneavusteinen työnsuunnittelu.

Työnsuunnittelu on hienosuunnittelua, joka tarkoittaa valmistuksen yksityiskohtaista suunnittelua. Hienosuunnittelun avulla pyritään luomaan tarkka tuotantosuunnitelma, jonka pohjalta tuotteet valmistetaan. Tavoitteena on hyvä toimitusvarmuus ja korkea tuottavuus. Työnsuunnittelu kuuluu hienosuunnittelun sisällä valmistuksen ohjaus -osa-alueeseen. Valmistuksen ohjauksen tarkoituksena on suunnitella työn suorittaminen yksityiskohtaisesti, jakaa työt, ohjata työtehtäviä, valvoa ja raportoida. Usein työtä ei ohjata enää alussa tehtyjen suunnitelmien jälkeen, vaan tilauksen annetaan edetä työvaiheittain valmiiksi asti. (12, s. 425.)

EKT:ssä on käytössä 9 tuoteryhmää, joilla jokaisella on erilaiset vaatimukset.

Tuoteryhmiä ovat

- pintakäsittelyt tuotteet
- muotopolttoleikatut tuotteet
- viistetyt tuotteet
- suikaloidut tuotteet
- taivutetut tuotteet
- hitsatut rakenteet
- karkaistut tuotteet
- koneistetut tuotteet
- pintakäsittelyt DQ-tuotteet.

Salassapidollisista syistä tässä opinnäytetyössä keskitytään perusasioihin, menemättä syvemmälle suunnittelun sisällä oleviin asioihin tai tuotannonohjausjärjestelmiin.

4.1 Tuotannonohjausjärjestelmät

EKT-työsuunnittelussa käytetään kahta eri tuotannonohjausjärjestelmää. Ensimmäistä EKT:ssä käytössä olevaa tuotannonohjausjärjestelmää (järjestelmä 1) käytetään osa- ja hitsaustuotannossa. Se sisältää työsuunnittelun ja kappaleiden sijoittelun.

Toinen tuotannonohjausjärjestelmä (järjestelmä 2) on SSAB:n Raahen tehtaalla käytössä oleva tuotannonohjausjärjestelmä. Siihen syötetään asiakastilauksen tiedot, joiden avulla työsuunnitteluprosessi tehdään. Lisäksi tilauksenkäsittelijältä saadaan kaikki tilaukseen liittyvät materiaalit, joilla on vaikutusta työsuunnitteluun, kuten asiakkaan tekniset piirustukset. Tämän materiaalin tilaustenkäsittelijä välittää sähköpostin avulla työsuunnittelijoille.

EKT:n työsuunnittelussa tuotannonohjausjärjestelmien välillä liikkuu tilausinformaatiota. Järjestelmässä 2 luotu asiakastilaus lähetetään järjestelmään 1, jossa tilaukselle määritetään tarvittavat työvaiheet sekä työvaihekohtaiset työohjeet ja mallinnetaan kappaleiden leikkausgeometria. Tilaukset ajoitetaan työvaiheiden mukaan ja materiaalinkäyttöä pyritään minimoimaan sijoittelemalla kappaleet raakalevyille.

Sijoittelu pyritään tekemään mahdollisimman tiiviisti, mutta kuitenkin siten, että kuumavalssaamolta tilattava levy on tuotokseltaan hyvä. Järjestelmässä 2 voidaan suunnittelun aikana tarkistaa suunnitellun materiaalilevyn tuotos valssaamalla. Tämän avulla saadaan vähennettyä hukkaa valssaamon osalta. Järjestelmässä 1 tehdyn sijoittelun perusteella luodaan materiaalitilaus, joka lähetetään järjestelmään 2.

Materiaalitilaus ajoitetaan ja tilaus lähtee valmistukseen. Kuumavalssaamalla valmistetaan materiaalilevyt, jotka lähetetään EKT-halliin. Tämän jälkeen EKT:ssä tehdään työsuunnittelussa suunnitellut työvaiheet suunniteltujen ohjeiden mukaisesti. EKT:ssä tilaus raportoidaan valmiiksi. Tämän jälkeen tuote

lähetetään asiakkaalle lähetystietojärjestelmien avulla ja asiakas saa tilaamansa tuotteen. Kuvassa 7 on havainnollistettu tilauksen kulku eri järjestelmissä. Kuvasta 7 huomataan, että tilauksesta tuotteeksi välinen matka on pitkä ja se käsittää useita erityyppisiä tietojärjestelmiä. Työsuunnittelussa tulee osata käyttää järjestelmiä 1 ja 2. Lisäksi tulee tietää materiaalin valmistuksen kriittiset vaiheet ja esikäsittelyvaiheet kokonaisuudessaan. Lähetystietojärjestelmästä tulee osata katsoa tarpeellisia tietoja, mutta varsinaisesti käyttöä ei tarvitse osata.



KUVA 7. Tilauksen kulkukaavio eri järjestelmien ja toimintojen välillä

EKT:ssä käytössä oleva polttoleikkausohjelmisto tukee nykyaikaisia levynteikkausteknologioita kuten poltto- ja plasmaleikkausta. Ohjelmistoa voidaan käyttää geometrian piirto-ohjelmalla, sijoitteluohjelmistona ja NC-ohjelmointiohjelmistona. Polttoleikkaustietojärjestelmä tukee kaikkia levynteikkaukoneita ja mahdollistaa levynteikkaukoneen ominaisuuksien käytön ja paremman leikkauslaadun. Ohjelmisto tehostaa materiaalin hyötykäyttöä.

Polttoleikkausohjelmisto tukee tavallisten leikkaustoimintojen lisäksi viisteleikkausteknologiaa sekä piste-, viiva- ja tekstimerkkausta. Se on lisäksi yhteensopiva CAD- (computer aided design) ja ERP-käyttöliittymien (enterprise resource planning) kanssa. Ohjelmistolla voidaan piirtää kappalegeometrioita sekä sijoi-

tella leikattavat osat materiaalilevyille ja luoda leikkausrata automaattisesti. Ohjelman luoma NC-koodi voidaan postproessorin avulla muokata soveltuvaksi kaikille yleisimmille leikkauskoneille.

4.2 Reitityksessä ja ajoituksessa huomioitavat asiat

Tilasta reititettäessä tulee huomioida tilatun kappaleen dimensioiden sopivuus valituille prosessivaiheille. Esimerkiksi kappaleen levynvahvuus vaikuttaa polttoleikkauskoneen valintaan. Ohuemmat levyt poltetaan plasmaleikkauskoneella ja paksummat levyt kaasuleikkauskoneella. Viisteytyksessä kappaleen muoto ja mitat sekä viisteen muoto ja mitat vaikuttavat viisteytyskoneen valintaan. Lisäksi tulee aina tarkastaa, mitä eri työvaiheita tuotteelle tulee ja mikä niille olisi kulloinkin järkevin ja valmistuksen kannalta kustannustehokkain järjestys.

Toleranssit vaikuttavat myös tilauksen reititykseen ja työohjeiden tekemiseen. Tavallisesta poikkeavilla toleransseilla tehtäessä tulee kiinnittää huomiota siihen, että työohjeistus kulkee jokaiseen sitä tarvitsevaan työpisteeseen sekä siihen, että valituilla laitteilla päästään asiakkaalle vahvistettaviin toleransseihin. Lisäksi tulee tarkastella pystytäänkö tehtaalla tuottamaan asiakkaan tilaamaa laatua, vai ovatko asiakkaan vaatimukset liian tiukat.

Ajoitukseen vaikuttavat prosessivaiheiden määrä ja tilauksella esitetyt asiakkaan erikoisvaatimukset. Esimerkiksi muotopolttoleikattu tuote valmistuu nopeammalla aikataululla kuin taivutettu tuote. Yleensä ajoitukset tulevat automaattisesti oikein tilauksille ohjelmoitujen työvaihekuormitusten mukaan, mutta joissain tapauksissa niitä joudutaan käsin muokkaamaan. Ilman käsin muokkaamista tilauksen valmistuminen toimituspäivään mennessä olisi epävarmaa joissakin erikoisemmissa tilanteissa.

4.3 Materiaalin tilaamisessa huomioitavat asiat

Materiaalia tilattaessa tulee huomioida kappaleen dimensiot. Niiden mukaan tilataan raakalevy, josta leikataan irti asiakkaan kappaleet. Kappaleet suunnitellaan raakalevyille siten, että hukkamateriaalia tulee mahdollisimman vähän. Siitä huolimatta työvaroja jätetään riittävästi, jotta työskentely onnistuu ilman hylkäysriskiä.

Jotkin laitteet vaativat lisätyövaroja ja materiaalilevyä tilatessa tulee huomioida kyseiset työvarat. Jos materiaalilevystä leikataan useampi kappale, tulee työvarat huomioida jo piirrettäessä kappaleen geometriaa. Materiaalilevy tilataan sen mukaan, mitä kappaleita siihen on suunniteltu ja minkälaiset työvarat polttoleikkaus vaatii. Lisäksi tarkastetaan, että valssaamalla valmistettavien levyjen tuotos on hyvä. Tuotosprosentilla tarkoitetaan sitä, että kuinka suuri prosentti aiheista saadaan käytettyä tilaukselle ja loppu menee hukkaan. Lopullinen tilauksen kokonaishukka syntyy tuotosprosentin ja lopullisten kappaleiden leikkaamisen jälkeen syntyvän hukkamateriaalin mukaan.

5 KÄSIKIRJAN LAATIMISPROSESSI

Tämän insinööriyön pääasiallinen tuotos on EKT-työnsuunnittelijan käsikirja (liite 3). Käsikirja on julistettu salaiseksi, ja se on käytössä ainoastaan SSAB Europe Oy:n EKT-työnsuunnittelussa. Tässä osiossa on kerrottu, kuinka käsikirja laadittiin ja mitä työtä sen eteen on konkreettisesti tehty.

5.1 Ulkonäkö ja muutoseikat

Käsikirjan ulkonäkö ja muotoilut ovat melko tarkkaan määräytyt, sillä toiminnanohjaukseen on aikaisemmin tehty vastaava käsikirja. Ulkonäön tuli vastata pääpiirteittäin tätä aikaisemmin tehtyä eri toiminnon käsikirjan ulkoasua. Ulkoasu on selkeä ja sisältää paljon kuvia selityksineen. Mallina toimineen käsikirjan käyttäjän ja työnsuunnittelijan tehtävien eroavaisuuksien vuoksi työnsuunnittelun käsikirjasta tuli huomattavasti pidempi ja näin ollen täysin samaa kaavaa ei ollut järkevää käyttää tässä tapauksessa. Selkeyden vuoksi tuli tehdä joitain muutoksia, kuten kuvatekstien poistaminen ja niiden korvaaminen ainoastaan tekstissä kertomalla.

Työssä tavoiteltiin ulkoasun selkeyttä ja helppoa luettavuutta. Sen vuoksi tekstin määrä pyrittiin minimoimaan ja havainnollistavia ja selkeitä kuvia lisättiin aina tarpeen vaatiessa. Kuvien koko on yleensä suuri, sillä yksityiskohtaiset kuvat ovat tärkeitä, jotta pienetkin yksityiskohdat erottuvat yksiselitteisesti ja selkeästi. Pääasiassa suurista kuvista johtuen sivumäärä kasvoi suureksi, mutta tekstiä on kuitenkin huomattavasti vähemmän kuin sivumäärä antaa ymmärtää. Käsikirjan alkuun sijoitettiin Rakenne ja ryhmittely niminen kappale, jossa on jokainen pääluku numeroitu, kerrottu lyhyesti jokaisen kappaleen sisältö ja jokaisesta kappaleesta on poimittu muutamia hakusanoja, joilla voi find-toimintoa käyttäen etsiä oikean kohdan käsikirjasta.

5.2 Hiljaisen tiedon ja muistinvaraisten asioiden dokumentointi

Hiljaisen tiedon ja muistinvaraisten asioiden dokumentointi on ollut yksi tämän opinnäytetyön tärkeimpiä tavoitteita. EKT-työnsuunnittelussa on päivittäin jokaisen tilauksen käsittelyssä käytössä valtava määrä niin sanottua hiljaista tietoa

eli dokumentoimatonta tietoa. Tämän insinööriyön avulla pyrittiin saamaan suurin osa tuosta tiedosta kerättyä ja dokumentoitua.

Hiljaista tietoa kerättiin haastattelemalla, kyselemällä, omien kokemusten kautta sekä tutkimalla suunnittelussa vähemmän käytössä olevia menetelmiä. Eniten tietoa kerrytettiin omien kokemusten ja kattavan työhön perehdyttämisen avulla. Haastattelut ja kyseleminen auttoivat selvitystyössä paikkaamaan niitä aukkoja, joita perehdytyksen ja omien kokemusten jälkeen työnsuunnittelutoimenpiteisiin oli vielä jäänyt. Tärkein osa tiedonhankintaa on ollut oma työkokemus EKT-työnsuunnittelijan työtehtävistä.

Muistinvaraisia asioita dokumentoidessa huomattiin, että jokaisella tuoteryhmällä on omanlaisensa muistettavat asiat. Lisäksi tuoteryhmien sisällä on useita erilaisia muistettavia asioita, jotka vaihtelevat aina asiakkaan vaatimusten mukaan. Samalla huomattiin, että joillakin asiakkaila muistettavia asioita on enemmän kuin toisilla asiakkaila.

Näiden seikkojen pohjalta päätettiin laatia jokaiselle tuoteryhmälle oma ohjeensa käsikirjaan. Jokaisella tuoteryhmällä on lisäksi sisällään erilaisten tapausten esimerkkilauksia, joiden suunnittelu on kerrottu vaihe vaiheelta. Lisäksi asiakkaista, joiden tilaukset toistuvat tasaisin väliajoin ja joilla on erityisiä vaatimuksia suunnittelun tai valmistuksen näkökulmasta, tehtiin oma ohjeensa käsikirjaan. Näillä ohjeilla on pyritty laatimaan niin sanotusti standardisoitu suunnitteluprosessi, jotta asiakas saisi aina samanlaisen tuotteen. Standardimainen työskentely ja tasalaatuiset tuotteet varmistuvat sillä, että jokainen suunnittelija käyttää aina samoja keinoja suunnitteluprosessissa.

Hiljaista tietoa ja muistinvaraisia asioita on suuri määrä, joten aivan kaikkea ei ole tähän käsikirjaan saatu koottua, mutta ajan kuluessa niitä on tarkoitus täydentää ja päivittää käsikirjaan. Jokaisen työnsuunnittelijan muistiinpanojen ja muistin mukaiset asiat käsikirjaan on kuitenkin dokumentoitu. Käsikirjassa on lisäksi erään työnsuunnittelijan SSAB:lle tekemien laskentaohjelmien käyttöohjeet. Tämä auttaa muita työnsuunnittelijoita sillä ohjeen ja ohjelman avulla he voivat tehdä itse matemaattista osaamista vaativaa laskentaa, jota käytetään usein esimerkiksi taivutetun kartion levityskuvien tekemisessä.

5.3 Kirjallisuuden käyttö

Käsikirjan laatiminen aloitettiin tutkimalla alan kirjallisuutta, jotta jokaisen EKT-prosessivaiheen peruseriaatteet vastaisivat työnsuunnittelijan saamia käsityksiä teräksen esikäsitteilytoiminnoista. Kirjallisuuden perusteella pystyttiin vahvistamaan käsityksiä, joita on syntynyt itselleni kesätöiden kautta yhteensä vuoden työkokemuksen aikana ja vakituisille työnsuunnittelijoille vielä pidemmän kokemuksen aikana EKT työnsuunnittelijan työtehtävistä. Kirjallisuutta tutkimalla havaittiin, että EKT:ssa käytössä olevat menetelmät vastaavat alan yleistä käsitystä eri valmistusmenetelmistä.

Alan kirjallisuuden avulla pyrittiin oppimaan yksityiskohtaisempia asioita teoria-puolelta, mikä auttaa käytännön tekemisen ymmärtämisessä ja eri prosessivaiheiden paremmassa ymmärtämisessä. Tämän opinnäytetyön teoriaosuudessa on kerrottu havaintoja ja tietoja, joita on saatu kirjallisuuden avulla selville.

Kirjallisuudesta itse käsikirjaan ei päätynyt paljon tietoa, mutta useita asioita on tarkentunut siten, että asiat pystyttiin selittämään paremmin ja järkevämmillä keinoilla. Tämä auttoi myös siihen, että kaikelle tekemiselle löytyy teorian pohjalta järkevät selitykset, jolloin ei tarvitse tehdä suunnittelua aina siten kuin se on aina tehty, vaan ratkaisut voi perustaa teoriapohjaan. Kirjallisuudesta saatiin myös eri käsityksiä työnsuunnittelusta terminä. Niitä yhdistelemällä voitiin todeta, että EKT työnsuunnittelu vastaa täysin alan vakiintunutta käsitystä työn- tai työmenetelmien suunnittelusta.

5.4 Standardit

EKT:ssä on käytössä terästeollisuuden yleiset standardit. Standardeja SFS-EN 8501-1, SFS-EN ISO 9013 ja SFS-EN 10029 tutkimalla selvitettiin SSAB:n ja erityisesti EKT:n käyttämien standardien täydelliset merkitykset, jotka auttoivat ymmärtämään paremmin tuotannossa tehtäviä toimenpiteitä.

Standardi SFS-EN 8501 käsittelee teräspintojen esikäsitteilyä ennen pinnoitusta maalilla tai vastaavilla tuotteilla (15, → haku → SFS-EN ISO 8501-1 → info). Sen ensimmäinen osa käsittelee teräspintojen ruostumisasteita ja esikäsitteilyasteita (15, → haku → SFS-EN ISO 8501-1 → info). Tätä standardia käytettiin

pintakäsittelylinjan toimintojen selventämisessä. Huomattiin, että EKT:ssa on käytössä standardien mukaiset menetelmät.

Standardi SFS-EN ISO 9013 käsittelee termistä leikkausta, termisesti leikattujen pintojen luokittelua, geometrisia tuotemäärittelyitä ja laatutoleransseja. Tätä standardia käytettiin polttoleikkaustoleranssien ja polttoleikkaukseen vaikuttavien tekijöiden selventämiseen. (15, → haku → SFS-EN ISO 9013 → info.) EKT:ssa on käytössä poltto- ja plasmaleikkauksessa tämä standardi.

Standardi SFS-EN 10029 käsittelee kuumavalssattuja teräslevyjä, jotka ovat yli 3 mm paksuja. Standardi määrittelee mitta- ja muototoleranssit (15, → haku → SFS-EN 10029 → info). Tätä standardia käytettiin kuten standardia SFS-EN ISO 9013 ja havaittiin, että myös tämä standardi on käytössä EKT-prosesseissa.

5.5 Tuotannon ohjeisto

SSAB:n tehtaan sisäisessä verkossa on käytössä tuotannon ohjeisto, jossa on saatavilla kaikki tuotantoon ja myyntiin liittyvät laatuohjelehdet, vakioidut käytänteet ja ohjeet sekä muita listauksia ja ohjeistuksia. Tuotannon ohjeiston dokumentit ovat yrityksen sisäistä ja salaista tietoa, joten niitä ei ole voitu käyttää tässä raportissa lähteenä. Tuotannon ohjeistoa käytettiin kuitenkin tiedonlähteenä useissa kohdissa käsikirjaa. Voidaan todeta, että käsikirjan perusta on koottu tuotannon ohjeiston dokumenteista.

Tuotannon ohjeiston perusteella saatiin määritettyä suunnittelulle selkeät rajaukset taulukkoihin. Koneiden spesifikaatiot ovat kuitenkin sen verran joustavia, että pienillä muutoksilla ja hiukan vaikeammalla tavalla tuotannossa toimimalla pystytään vastaamaan asiakkaan tarpeeseen myös silloin, kun koneen rajat eivät nimellisesti siihen pystykään. Näin ollen käsikirjaan on määritetty nimelliset rajat ja kerrottu myös miten tulee toimia rajatapauksissa.

Tuotannon ohjeistossa on valtava määrä eri osastojen dokumentteja ja jopa yhden osaston sisällä voi olla todella suuri määrä dokumentteja. Käsikirjassa on selvitetty tärkeimpien ohjeiden sijainnit, jolloin suunnittelija pääsee nopeasti käsiin tarpeellisiin ohjeisiin. Kokonaisuudessaan tuotannon ohjeiston asiat ovat

kuitenkin niin laajasti levinneet eri paikkoihin, että käsikirjaan on kirjoitettu työnsuunnittelun kannalta tärkeimmät asiat suoraan ylös.

5.6 Haastattelut ja kokoukset

Tietoa käsikirjaan kerättiin myös haastatteleamalla nykyisiä työnsuunnittelijoita ja yhtä vielä viime kesänä työnsuunnittelijana ollutta insinööriä. Lisäksi työn tilaajalta saatiin hyvää tietoa ja ohjeita käsikirjaa varten.

Muutaman viikon kirjoittamisen jälkeen pidettiin ensimmäinen palaveri, johon kutsuttiin ohjaava opettaja sekä työn tilaaja. Palaverissa mietittiin käsikirjan päivittävyttä, tietoturvaa, tietomäärää sekä tarkkuutta ja tiedon löytämistä. Palaverin pohjalta pystyttiin tekemään päätös siitä, että käsikirjaan tulee listata kaikki muista päivittyvistä lähteistä otettavat tiedot omaan taulukkoonsa, jolloin käsikirjan päivittäjä näkee suoraan, että onko tieto päivittynyt viimeisen katselmoinnin jälkeen. Tällä toimenpiteellä pyritään helpottamaan päivittäjän työtä.

Lisäksi päätettiin, että tietoturvaan tulisi kiinnittää huomiota, jottei käsikirja pääse leviämään tilaajayrityksen ulkopuolelle. Tilaajayrityksen sisälläkään käsikirjaa ei tule levittää kuin sitä työssään tarvitseville tai tähän opinnäytetyöhön osallistuville henkilöille. Lisäksi pohdittiin dokumentin suojaamista salasanalla.

Kolmen viikon kuluttua ensimmäisestä palaverista järjestettiin toinen palaveri. Siihen kutsuttiin tilaaja, yksi työnsuunnittelija sekä edellä mainittu entinen työnsuunnittelija. Keskeneräinen käsikirja lähetettiin kaikille kaksi viikkoa ennen palaveria ja listattiin asioita, joihin haluttiin palautetta palaverissa. Asioita, joita pyydettiin miettimään, olivat

- tietojen järjestys
- tekstin selkeys
- kuvien havainnollistavuus ja koko
- asioiden kerronnan tarkkuus
- asiavirheet
- tiedon löytäminen
- puutteet

- liika tieto
- tekstin ja liitteiden jaottelu.

Palaverin pohjalta saatiin käytännön informaatiota myös niiltä, jotka pystyvät asettumaan työnsuunnittelijan asemaan. Palaverissa tuli esille useita tietoturvaan liittyviä asioita ja jonkin verran lisäyksiä ja tarkennuksia tiettyihin asioihin. Pääosin palaute oli positiivista ja käsikirjan tyyliä, tietomäärää ja kerrontatapoja pidettiin onnistuneina. Negatiivisia asioita olivat oikeastaan vain tietoturvaan liittyvät asiat, joihin mietittiin yhdessä ratkaisuja.

Yhden palaverin aikana ei ehditty käymään koko käsikirjaa läpi, vaan seuraavalla viikolla pidettiin uusi palaveri, jossa jatkettiin siitä mihin jäätin ensimmäisen palaverin lopussa. Toisessa palaverissa saatiin käytyä koko käsikirja läpi, jolloin saatiin hyvää palautetta ja korjausehdotuksia. Niiden perusteella tehtiin pieniä muokkauksia useisiin kohtiin ja vaihdettiin hiukan asioiden keskinäistä järjestystä käsikirjassa. Lisäksi heräsi kokonaan uusia kysymyksiä, joihin etsittiin ratkaisuja kolmannessa kokouksessa.

Kolmannen kokouksen aiheet liittyivät uusiin juuri käyttöön tulleisiin järjestelmäominaisuuksiin, yleisiin järjestelmän käyttöön liittyviin asioihin sekä eräisiin konekohtaisiin ohjeistuksen tarkennuksiin. Kokoukseen kutsuttiin henkilöitä, jotka ovat näiden asioiden varsinaisia asiantuntijoita. Kokouksessa saatiin selvitettyä kysymykset ja näin ollen käsikirja saatiin hyväksyttävään muotoon.

5.7 Päivitettävyyden ja katselmoinnit

Käsikirjan kirjoitusprosessin yksi keskeisimpiä asioita oli päivitettävyyden tuleen olla mahdollista helposti ja mahdollisimman vaivattomasti, sillä asiat ja käsittelytavat voivat muuttua ajan kuluessa. Käsikirjan sisältöä tulisi pystyä päivittämään aina tarpeen tullen.

Päivitettävyyden varmistamiseksi suunniteltiin järjestettäväksi katselmointeja tietyin väliajoin. Katselmointien tarkoituksena on havaita puutteet ja muuttuneet asiat riittävän tiheällä aikavälillä. Katselmointeja olisi hyvä järjestää esimerkiksi kuuden kuukauden välein. Tulevaisuudessa päivitystarpeen tarkennuttua voi-

daan katselmointiväliä muuttaa sopivammaksi, kuten kolmen kuukauden välein tai kerran vuodessa.

Käsikirjan loppuun on sijoitettu taulukko, jossa näkyy versiohistoria ja muutokset. Versiohallinta on suunniteltu tehtäväksi siten, että aina kun käsikirjaa muokataan, muokkaajan tulisi kirjoittaa päivämäärä, tehdyt muutokset ja omat nimekirjaimet taulukkoon. Tällä varmistetaan se, että päällekkäisiä muokkauksia ei tehdä ja lukija pysyy ajan tasalla siitä, että hänellä on käytössään uusin versio esimerkiksi tulostettuna. Versiohallinnan avulla käsikirjaa voidaan muokata myös ilman varsinaista katselmointia.

Käsikirjan Alkusanat-osioon on kirjoitettu selkeät ohjeet päivitysten tekemiseen. Ohjeistus on välttämätöntä, jotta jokainen päivittäjä käyttää samaa kaavaa päivityksiä tehdessään. Tämä mahdollistaa sen, että päivityksien laatu ja tyyli pysyy samanlaisena. Lisäksi päivityksien hallinta helpottuu.

Käsikirjan viimeinen pääluku ”Muistilista” on sivu, jonne voidaan kerätä jokaisen suunnittelijan toimesta muistinvaraisia asioita, jonka jälkeen katselmointien yhteydessä voidaan käsikirjaa täydentää niiden mukaan. Muistilistaan voi myös jättää sellaiset asiat mitä tarvitsee jatkuvasti päivittäisessä suunnittelutyössä, jolloin sivua voi pitää aina auki ja siitä voi tarvittaessa lukea muistiinpanoja.

Käsikirjan alkuun on koottu listaus tuotannon ohjeistosta otetuista asioista. Listaukseen on kirjattu

- käsikirjan kappaleen otsikko
- esitetty asia
- sivunumero
- linkki tuotannon ohjeistoon kyseiselle sivulle
- hakusana
- hyväksymispäivämäärä.

Asioiden avulla päivittäjän työtä helpotetaan, jos tuotannon ohjeistossa jokin asia muuttuu. Päivittäjällä on suoraan lista, jonka avulla voi verrata päivämäärää tuotannon ohjeistossa olevaan päivämäärään, jolloin muutokset huomaa katselmointien yhteydessä helposti.

Lisäksi suunniteltiin Excel-taulukko, joka on jokaisen työnsuunnittelijan muokattavissa. Taulukkoon kerätään käsikirjasta puuttuvia tietoja tai muuttuvia tietoja. Sovittiin käytännöksi se, että kun taulukkoon on listattu viisi uutta asiaa, käsikirjan ylläpitäjä tietää, että katselmointi on tehtävä. Taulukkoon kirjoitetaan muutostarpeen infoa, tuoteryhmä jota muutos koskee, tekijän nimi ja päivämäärä. Lisäksi taulukossa on kaksi kenttää, joihin laitetaan rasti sen mukaan, onko kyseessä muutos vai kokonaan uusi tieto. Taulukon avulla katselmointitaajuus pystytään aina määrittämään tarkasti viiden uuden tai muuttuvan asian välein.

5.8 Lopputuotos

Tämän opinnäytetyön tärkeimpänä tuotoksena on EKT-työnsuunnittelun käsikirja (liite 3). Käsikirjassa on 270 sivua, ja se koostuu 8 pääluvusta. Sisältö koostuu yleisistä asioista, työnsuunnittelun perusasioista, tuotannonohjausjärjestelmien käyttöohjeista sekä erikoistapauksien suunnittelusta. Loppuun on sijoitettu muistilista, johon jokainen voi kirjoittaa omia muistinvaraisia asioitaan, jolloin ohjetta voidaan niiden perusteella täydentää katselmoinneissa. Viimeisellä sivulla on päivityshistoriataulukko, jonne dokumenttiin tehdyt muutokset tai päivitykset kirjataan muistiin.

Ulkoasu muokattiin pääpiirteittäin vastaamaan SSAB:lta saatua mallia. Ulkoasua jouduttiin kuitenkin jonkin verran muuttamaan, jotta riittävä selkeys ja päivitettävyyttä saatiin otettua huomioon. Kuvatekstit ja kuvatekstisisällysluettelo poistettiin kokonaan. Kuvia lisättiin ja tekstin määrä minimoitiin. Pyrittiin kuitenkin ottamaan huomioon havainnollisuus, joten jokainen kuva on selitetty riittäväällä tarkkuudella tekstissä.

5.9 Omia kokemuksia kirjoittamisprosessista

Käsikirjan kirjoittaminen oli haastava tehtävä. Työn laajuus oli yllättävän suuri, eikä asioita voi jättää pois, koska käsikirjaan jää silloin aukkoja, mikä ei ole tarkoituksenmukaista. Kirjoittaminen oli kuitenkin kohtuullisen vaivatonta, sillä työkokemusta oli kertynyt jo vuoden ajalta työnsuunnittelusta ja muutaman kuukauden ajalta tuotannon työtehtävistä. Ilman työkokemusta käsikirjan kirjoitta-

misesta olisi mahdotonta selviytyä siten, että tuotos olisi riittävän kattava ja tarkka.

Kirjoittamisprosessissa haastavinta oli tiedon kerääminen ja sopivien esimerkki-tilausten löytäminen käsikirjan ohjeistuksia varten. Näin lyhyellä aikavälillä ei kaikkia mahdollisia erikoistapauksia tule vastaan, joten niiden ohjeistaminen jätetään katselmointien yhteydessä tehtävien päivitysten varaan. Lisähaastetta tuottivat tarkkojen määrittelyjen hakeminen tiedoille, jotka on aina tehty olemassa olevan mallin mukaan ilman että todellista tarkoituspää tiedetään.

Lisäksi haastavaa oli saada riittävän tarkkaa palautetta käsikirjaa tulevaisuudessa käyttäviltä työntekijöiltä. Käsikirjan lukeminen ei varsinaisesti tuo mitään konkreettisia kysymyksiä tai virheitä esille, vaan lopullinen palaute tulee esille vasta ensimmäisen katselmoinnin yhteydessä, kun käsikirjaa käytettäessä esiin nousee kysymyksiä tai jopa asiavirheitä. Onkin tärkeää suorittaa katselmoinnit ainakin alkuvaiheessa riittävän tiheään ja suurella tarkkuudella.

5.9.1 Tiedonhankinta

Tiedonhankintaan käytettiin paljon aikaa. Arviolta 50 % käytetystä ajasta käytettiin tietojen hankintaan ja 50 % kirjoittamiseen ja muuhun työhön. Tärkeimmät tietolähteet käsikirjaa ajatellen olivat omat muistiinpanot sekä työnsuunnittelijoiden haastattelut. Tuotannon ohjeistosta saatiin myös paljon tietoa.

Kirjallisuutta tutkimalla pystyi selvittämään syvällisempiä tietoja eri prosessipisteistä ja niiden toiminnasta. Kirjallisuuden lukeminen avasi aikaisemmin itselle tuntemattomia seikkoja terästen esikäsittelyn toiminnoista. Alan kirjoista pystyttiin hakemaan tietoa ja vertaamaan niissä kerrottuja toimintatapoja ja valmistusmenetelmiä EKT:ssä käytössä oleviin menetelmiin.

Omia muistiinpanoja käytettiin muodostamaan osakokonaisuuksia käsikirjaan. Muistiinpanot on laadittu omien opastusten aikana, joten niiden avulla pystyttiin määrittelemään asioita tarkasti, yksiselitteisesti ja helposti ymmärrettävässä muodossa. Muistiinpanojen näkökulma on sellainen kuin uudella työntekijällä on muistiinpanoja kirjoittaessa, joten käsikirjaan tehtyjen lisäysten ja tarkennusten

myötä asiat on esitetty hyvässä muodossa uutta työntekijää ajatellen. Käsikirjan versio on tarkempi ja parempi kuin kiireessä kirjoitetut muistiinpanot.

Työsuunnittelijoita haastatteleamalla haettiin vastauksia kysymyksiin asioista, joita ei ollut omien kokemusten myötä tullut esille. Lisäksi saatiin lausuntoja jo tehtyihin ohjeisiin, joiden perusteella ohjetta pystyttiin tarkentamaan. Työsuunnittelijoilla on kokemusta useilta vuosilta tai jopa vuosikymmeniltä, joten tietolähteenä työsuunnittelijat olivat tärkeässä asemassa.

5.9.2 Neuvoja käsikirjan kirjoittajalle

Käsikirjan kirjoittajan kannattaa aloittaa tiedonhankinta heti kun mahdollista, jotta ehtii kerätä riittävän laajan tietopohjan käsikirjan kirjoittamista varten. Kirjoittajalla on hyvä olla laajasti kokemusta käsikirjan käsittelemistä asioista ja käsikirjan ulkopuolelle laajentuva kokemus on myös toivottavaa. Kirjoitusprosessiin kannattaa laatia suunnitelma, jonka avulla kirjoittaminen helpottuu. Kannattaa käyttää hyödyksi kaikki tilaisuudet, jolloin voit kysellä kokeneemmilta prosessien asiantuntijoilta lisätietoja käsikirjan asioita koskien.

Rakenteeltaan käsikirjan tulisi olla selkeä, helppolukuinen ja havainnollistavia kuvia kannattaa käyttää myös apuna. Sivumäärää ei kannata säikähtää, sillä jos asiaa on paljon, sivujakin tulee paljon, ja jos asiaa on vähän, vähäisellä sivumäärällä tulee varmasti toimeen. Kirjoittajan tulisi laatia suunnitelma katselmoiteja varten, jolloin kirja pysyy ajan tasalla. Päivittäjän toimintaa pyritään helpottamaan lisäämällä lähdetietoja, sisällysluetteloita ja usein päivittyviä dokumentteja laitetaan liitteiksi, jolloin ne on helppo päivittää. Käsikirjaan tulisi sisällyttää versiohistoriataulukko, josta selviää viimeisin päivitysajankohta, päivittäjä ja tehty päivitys.

Yrityksessä olevia asiantuntijoita, työn valvoja ja ohjaajia sekä muita asioista tietäviä henkilöitä kannattaa käyttää hyödyksi koko kirjoitusprosessin ajan. Käsikirja kannattaa antaa luettavaksi jollekin sellaiselle henkilölle tai ryhmälle, jotka kirjaa tulevat tulevaisuudessa käyttämään. Tämän jälkeen saadaan hyvää palautetta kirjan sisällöstä, tyylistä, rakenteesta ja muistakin pienistä asioista, jotka ovat käytettävyyden kannalta tärkeitä.

5.10 Ajankäyttö ja ajankäytön seuranta

Opinnäytetyön tekemiseen on ajateltu käytettäväksi 400 tuntia työtä, joka kattaa 15 opintopistettä. Ajankäytön seuranta varten tehtiin Excel-taulukko, johon kirjattiin työtunnit tehtaalla, kotona ja koulussa.

Kaiken kaikkiaan tähän työhön käytettiin noin 343 tuntia, joista tehtaalla noin 294 tuntia ja kotona tai koulussa noin 49 tuntia. Tuntimäärään sisältyvät tiedonhankinta, kokoukset, käsikirjan kirjoittaminen, kehityskohteiden määrittely, kehitysideoiden laadinta sekä tämän insinööriyöraportin laadinta. Projektin loppuvaiheen palaverit, viimeistelyt ja projektinhallinnalliset asiat eivät sisälly tuntimäärään. Näin ollen ajankäyttö vastaa kokonaisuudessaan hyvin vaadittua 400 tunnin tavoitetta.

Ajankäytön ja projektinhallintaan tehtiin jo aloituspalaveriin aikataulusuunnitelma, jonka mukaan tässä opinnäytetyöprojektissa edettiin. Suunnitelmaa tarkennettiin hiukan projektisuunnitelmaan, mutta pääosin aluksi suunniteltu aikataulu oli myös lopullinen aikataulu. Aikataulussa pysyttiin eikä siinä ilmennyt ongelmia.

6 TYÖNSUUNNITTELUN KEHITYSKOhteet

Työnsuunnittelun kehityskohteet määriteltiin miellekartan avulla samalla, kun käsikirjaan koottiin tietoa eri lähteistä. Miellekartan perusteella esiin nousi käsikirjan kirjoittajan näkökulmasta katsottuna neljä selkeää kohtaa, joihin olisi mahdollista tehdä kehittäviä toimenpiteitä. Kehityskohteiden avulla työnsuunnittelija saisi uusia toimintatapoja, jotka nopeuttaisivat työskentelyä ja osittain parantaisivat tuotteiden laatua.

6.1 Arkistointimenetelmät

EKT-työnsuunnittelussa arkistointitapoja on useita, koska jokainen tekee arkistoinnin eri tavalla. Osa työnsuunnittelijoista ei arkistoi tilauspapereita mitenkään, osa tulostaa paperit fyysisesti arkistoon ja osa jättää paperit sähköpostiin joskin aikaa, kunnes ne joudutaan poistamaan sähköpostilaatikon täytyttyä.

Tilauksiin tulee usein muutoksia jälkikäteen, ja työntekijät voivat kysyä ja varmistaa tiettyjä asioita työnsuunnittelusta esimerkiksi polttoleikkausohjelmista. Tämä aiheuttaa ongelman tilanteessa, jossa työnsuunnittelija on esimerkiksi lomalla tai muuten poissa töistä eikä ole arkistoinut tilauspapereita ja sähköposteja, joita tilauksesta on käsittelyvaiheessa ollut käytössä. Muutos- tai kysymystilanteessa jo tilauksen alkuarvojen selvittämiseen menee tällä tavalla paljon aikaa.

Piirustuksia on tallennettu eri puolille eri hakemistoja, jolloin työnsuunnittelija joutuu selaamaan useita eri kansioita läpi etsiessään tiettyä asiakkaan aikaisemmin lähettämää piirustusta. Piirustusten nimeämismenetelmät ovat myös erilaisia eri asiakkaiden kesken, joten koskaan ei tiedä, mistä mikäkin kuva löytyy ja millä nimellä.

EKT-työnsuunnitteluun tulisi luoda yksiselitteinen ja kaikille suunnittelijoille pakollinen arkistointimenetelmä, jonka avulla tiedonjakaminen työnsuunnittelijoiden välillä poissaolotilanteissa olisi sujuvampaa. Arkistointimenetelmä nopeuttaisi muutoksentekeprosessia tai kysymykseen vastaamista ja luonnollisesti nopeuttaa tuotannossa tehtäviä toimenpiteitä. Piirustuksille tulisi myös keksiä

yhtenäinen arkistointimenetelmä ja tallennuspaikka, jolloin työnteko nopeutuisi huomattavasti, kun aikaa ei mene kuvan etsimiseen ja kyselemiseen.

Jokaisella suunnittelijalla on vihko, johon kirjoitetaan jokainen itse käsitelty tilaus ja siitä erinäisiä tietoja. Jokainen suunnittelija kirjoittaa lisätietoja tai muita huomioitavia asioita vihkoonsa. Jos poissaoloja sattuu, tulee usein epäselvyyksiä jossakin tilauksessa, toinen suunnittelija joutuu etsimään poissaolevan suunnittelijan vihkon ja sieltä oikean sivun ja oikean tilauksen. Jos olisi olemassa sähköinen menetelmä tämäntyyppiseen arkistointiin, työskentely helpottuisi ja nopeutuisi huomattavasti.

6.2 Ohjelman teko polttoleikkauskoneelle suoraan

Osalle polttoleikkauskoneista ei ole mahdollista tehdä polttoleikkausohjelmaa polttoleikkaustietojärjestelmän sijoitteluohjelmistolla. Joissakin tapauksissa voisi käyttää hyödyksi myös näitä leikkauskoneita esimerkiksi kapasiteettisyistä. Työsuunnittelijalle voisi antaa mahdollisuuden tehdä leikkausohjelma myös näille leikkauskoneille.

Leikkauskoneilla on tällä hetkellä käytössä makrot, joihin vaihdetaan levyn mittoja aina leikkausvuorossa olevan levyn koon mukaan. Leikkaajan vastuulle jää muuttaa mitat oikein ja leikata levy siten, että se pysyy toleranssien sisällä. Työsuunnittelijan olisi helpompi löytää asiakkaan laatuvaatimukset, jolloin ohjelman tekeminen nopeutuisi eikä työntekijän tarvitsisi ottaa ollenkaan vastuuta tuotteen polttoleikkausohjelmaan määritellyistä mitoista.

Pimeästi leikkaaminen poistuisi toiminnasta kokonaan. Pimeästi leikkaaminen tarkoittaa muun muassa sitä, että käydään esimerkiksi leikkauskoneen häiriötilanteessa vain leikkaamassa levy eri koneella, mutta raportoidaan se silti alkuperäisellä koneella leikatuksi. Tämäntyyppinen toiminta aiheuttaa riskin levyjen hukkaamiselle tai katoamiselle. Lisäksi eri koneiden välillä voi olla vaihteluita polttoleikkauksen kustannuksissa, jolloin todellisten kustannusten selvittäminen leikatulle tuotteelle on vaikeaa koneen vaihdon tapahduttua.

6.3 Erään asiakkaan levyjen polttoleikkausohjelmien harmonisointi

Erään asiakkaan tuotteiden aukkojen polttoa haluttiin tuotannon toiveesta muuttaa. Ongelmana oli, että silloin tällöin aukon polttoleikkauksen lopetusrailo osui aloitusrailoon, jolloin levystä leikattu ympyrä pääsi keikkaamaan polttopöydän päällä siten, että se osui leikkauspolttimeen. Polttimen tuottama happipropaniliekki aiheutti sulan metallin roiskeen asiakkaan kappaleeseen ja syntyi kolo. Kolo ei yleensä pysynyt toleransseissa ja kappale jouduttiin hylkäämään.

Polttoleikkausohjelmaa tuli muokata siten, ettei lopetusrailo osu aloitusrailoon. Aikaisemminkaan näin ei ollut tietokoneen näytöllä käynyt, mutta käytännössä polttokoneella railokompensaatioiden vuoksi railot kohtasivat joissain tapauksissa. Lisähaastetta muutoksen tekemiseen tuotti se, että nämä leikatut pyörylät pitää saada myös irrotettua asiakkaalle menevästä osasta ja aloituskohtaan jäävä kielekekin pitää hioa pois. Tämän vuoksi lopetuskohta tuli viedä riittävän lähelle aloitusrailoa, muttei kuitenkaan liian lähelle. Lisäksi aloituskohtaan jäävää kielekettä ei saa kasvattaa, sillä se tuottaa lisätyötä viimeistelypisteellä.

6.4 Tilausten reittimuutosten kehittäminen

Tilauksia joudutaan joskus siirtämään eri prosessipisteelle leikattavaksi esimerkiksi kapasiteettisyistä tai koneen häiriötilan vuoksi. Eri polttoleikkaukoneet käyttävät eri koneilla hiukan erilaista CNC-koodia ohjelmassa, jolloin poltto-ohjelmat joudutaan tekemään uudelleen. Aina ei ole kuitenkaan selvää, missä tilanteessa ohjelmaa joudutaan muuttamaan ja mihin suuntaan. Joissakin muutoksissa riittää, kun ohjelman tulostaa uudelleen uudella polttoleikkaukoneella poltettuna polttoleikkaustietojärjestelmän polttilassa. Useissa tapauksissa esimerkiksi polttoleikkauksen aloituksen esireikien tekemiseen käytetyt valmiit makrot eivät toimi enää konetta vaihdettaessa.

Työnsuunnittelun ja työnjohdon näkökulmasta olisi hyvä olla mietittynä valmiiksi kaikki mahdolliset muutosvariaatiot. Työnsuunnittelijan työssä ohjelmien ja reitin muuttaminen nopeutuisi ja virheilältä vältyttäisiin. Työnjohto pystyisi reagoimaan oikein ja nopeammin reittimuutoksiin, kun hekin olisivat tietoisia siitä, mitä muutoksia tilauksen uudelleen reitityksen suunnittelussa tulee tehdä.

7 KEHITYSKOHTTEIDEN RATKAISUEHDOTUKSET

7.1 Arkistointimenetelmät

Osalla työsuunnittelijoista on ollut käytössä paperinen arkistointi. Paperinen arkistointi toimii muuten hyvin, mutta aina kaikkia papereita ei ole tulostettuna ja paperit menevät hukkaan helposti. Osa työsuunnittelijoista on pitänyt tilauspaperit omalla henkilökohtaisella verkkolevyllään, jolloin muut eivät pääse siihen käsiksi. Piirustuksissa pätee sama käytäntö, jolloin tulee tilanteita, että kuva pitää kysyä asiakkaalta uudelleen, vaikka se on kertaalleen jo kysytty.

Erilaisia arkistomenetelmiä pohdittiin ja päädyttiin ehdottamaan kahta vaihtoehtoista arkistointitapaa. Ensimmäinen tapa eli tapa 1 on se, että tilauspaperit tulostetaan, kuten osa suunnittelijoista on tehnyt aiemminkin, ja ne kerätään suunnittelijan omaan arkistoon, jonne kaikilla suunnittelijoilla on pääsy. Arkistointi tulee suorittaa tuoteryhmittäin siten, että jokaisella suunnittelijalla on aina tieto siitä, missä järjestyksessä arkistoon tilaukset laitetaan. Aikajärjestys olisi vartenotettava vaihtoehto. Tämä tapa edellyttää sitä, että jokainen tilaus, josta sähköistä aineistoa on, tulee aina tulostaa ja arkistoida.

Toinen tapa eli tapa 2 on se, että perustetaan kansio yhteiselle verkkolevyille, jonne talletetaan aina asiakkaan, tuoteryhmän ja tilausnumeron mukaan nimettyyn kansiopolkuun piirustukset, sähköpostit, tilauspaperit ja muut mahdolliset dokumentit. Tämä on helppo ja nopea tapa arkistointiin, jolloin jokainen suunnittelija voisi vaivatta arkistoida omat dokumentit oikeaan paikkaan. Tämä edesauttaisi sitä, että muut suunnittelijat löytäisivät helposti toisten tekemien tilausten lähtöarvot.

Piirustuksille tulisi myös luoda omat kansionsa, jotta tulevaisuudessa samanlaisten tilausten tullessa järjestelmään löytyisi vanha kuva tarkasteltavaksi helposti ja nopeasti ilman, että asiakkaaseen tarvitsee ottaa yhteyttä. Piirustukset säilyvät polttoleikkaustietojärjestelmässä, mutta ajallisesti pitkän tauon jälkeen tuleva uusi samanlainen tilaus aiheuttaa epävarmuutta kuvan oikeellisuudesta. Tällöin pitäisi olla helppo tarkastaa vanhasta kuvasta, onko järjestelmään piirretty kuva oikeanlainen.

Taulukkoon 4 on koottu tapojen 1 ja 2 hyötyjä ja haittoja, joita on tutkinnan aikana ilmennyt. Tutkimusten perusteella todettiin, että paperinen arkistointi olisi helpompi tapa arkistoida, mutta vanhoja tilauksia etsittäessä etsintä olisi vaikeampaa kuin sähköisessä versiossa. Paperisessa arkistoinnissa paperin kulutus ei ole ekologista, mutta paperiseen versioon saa kirjoitettua itse muistiinpanoja esimerkiksi puhelinkeskusteluista. Sähköisen menetelmän etuja ovat järjestelmällisyys ja helppo tilausten haku.

TAULUKKO 4. Arkistointimenetelmien vertailu

Tapa 1	HYÖDYT	HAITAT
	<ul style="list-style-type: none"> - On selkeä ja yksinkertainen toimintamalli. - Omat muistiinpanot näkyvät tulostetuilla papereilla. - Osalla suunnittelijoista menetelmä on jo käytössä. 	<ul style="list-style-type: none"> - Paperin kulutus. - Järjestys voi mennä sekaisin helposti. - Paperien etsintä manuaalista, ei voi käyttää hakusanoja. - Aikaa vievä menetelmä, jos ei ole aikaisemmin tulostanut paperiversioita.
Tapa 2	HYÖDYT	HAITAT
	<ul style="list-style-type: none"> - Järjestys pysyy ja on aina muokattavissa nimen, päivämäärän yms. mukaan. - Hakusanalla voi hakea. - Nopea tapa tallentaa aineisto sähköisesti. - Säästää paperia. 	<ul style="list-style-type: none"> - On jonkin verran vaikeampi ja työlämpi tapa kuin paperien tulostaminen. - Vaatii vanhojen kansioiden läpi käymisen ja järjestelemisen uusien menetelmien mukaan → vie paljon resursseja.

Jokaisen suunnittelijan omat vihkot voitaisiin korvata omilla Excel-taulukoilla.

Taulukoille luotaisiin oma hakemisto ja jokaiseen asetettaisiin salasana, jotta ul-

kopuoliset eivät pääse tietoja katselemaan. Excel-taulukkoon voisi kerätä samalla tietoa uudelleen käsitellyistä tilauksista, hylkäyksistä, poistetuista tilauksista, kombinointikiellessä olevista tilauksista ja niin edelleen. Taulukon avulla saavutettaisiin helppo sähköinen menetelmä, jolloin kyseleminen ja tutkiminen vähentyisivät ja suunnittelija voisi keskittyä enemmän varsinaiseen työhön. Paperisen vihkon voisi halutessaan pitää käytössä, mutta sähköistä versiota tulisi käyttää myös.

7.2 Ohjelman teko polttoleikkauskoneelle suoraan

Kehityskohdetta mietittiin ja pääteltiin, että ohjelman tekeminen koneelle, jossa ei ole mahdollista käyttää sijoitteluohjelmaa, onnistuisi kahdella eri tavalla. Ensimmäinen tapa on se, että polttoleikkauskoneelle tutkitaan mahdollisuutta asentaa polttoleikkaustietojärjestelmän vaativat ohjelmistot, jolloin polttoleikkausohjelman ja sijoittelun tekeminen onnistuisi myös näille koneille. Tämä vaihtoehto vaatisi laajaa tutkintaa ja ehkä myös investointeja ohjelmistolisenssin tai uusien päätelaitteiden muodossa.

Toinen tapa olisi järjestää työnsuunnittelijoille koulutusta kyseisten koneiden ohjelmointikieleen ja makrojen muokkaamiseen. Lisäksi tulisi selvittää, onnistuuko ohjelmat siirtää polttoleikkauskoneelle suunnittelijan koneelta sähköisesti vaivatta. Näin työnsuunnittelija voisi tehdä ohjelman tapauksissa, joissa esimerkiksi reittiä vaihdetaan kun levy on jo tuotannossa. Tällöin riski virheeseen pienentyisi ja työnsuunnittelija voisi olla varma siitä, että leikkaaminen onnistuu ja asiakas saa oikeankokoisen tuotteen. Tällä menetelmällä ei onnistuisi kuin yksinkertaisten kappaleiden leikkaus ja myös sijoittelu olisi väljä, sillä ilman sijoitteluohjelmistoa on vaikeaa sijoitella kappaleet levyille riittävän tiiviisti.

7.3 Erään asiakkaan levyjen polttoleikkausohjelmien harmonisointi

Ratkaisua haettiin kutsumalla koolle työnsuunnittelu, polttoleikkaaja sekä muita tuotannon toimihenkilöitä. Kokouksessa mietittiin yhdessä ideoita leikkausmenetelmien parantamiseen. Esille nousi kaksi vaihtoehtoa, joista toinen oli toteutettavissa pienellä muutoksella. Toinen vaihtoehto vaatisi järjestelmään suuria muutoksia, joten se idea jätettiin taustalle kehittymään.

Kehitysideaa vietiin eteenpäin tekemällä kaksi testipolttoa. Laadittiin polttoleikkausohjelmat kahdelle eri vahvuiselle levyille, joista toinen oli ohuemmasta ja toinen paksummasta päästä. Kumpaankin ohjelmaan suunniteltiin 28 tyypillisimmän kokoista aukkoa, jotka leikattiin uudella kehitysidean mukaisella tyyllillä. Polttoleikkaus suoritettiin EKT:n kehitysinsinöörin valvomana kokeneen polttoleikkaajan toimesta.

Polttoleikkaus onnistui hyvin, ja testin avulla saatiin otos 48 aukon poltosta. Osa aukoista keikahti edelleen polttopöydän päällä, mutta ne jäivät kuitenkin sen verran kiinni asiakaslevyyn, että osumaa happipropanipolttimeen ei tapahtunut. Aukot olivat leikkautuneet siististi, eikä toistuvia polttokoloja huomattu. Ympyröiden irrotus onnistui helposti polttopöydän päällä rautakangella napauttamalla. Aloituskohtaan jäänyt kieleke oli edelleen samankokoinen kuin aikaisemmin. Näiden havaintojen pohjalta päätettiin ottaa uusi polttoleikkaustyyli käyttöön myös asiakkaan tilauksille.

Käyttöönotto tehtiin siten, että luotiin tuotannon ohjeistoon virallinen työohje, jota päivitetään aina kun tulevaisuudessa muutoksia tulee. Näin varmistetaan yhtenäinen työskentelytapa jokaiselle suunnittelijalle ja tuotanto on myös tietoinen muutoksesta. Lisäksi työohje sisällytetään työnsuunnittelijan käsikirjaan.

7.4 Tilausten reittimuutosten kehittäminen

Tilausten reittimuutoksia tutkittiin ja huomattiin, että jotkin polttoleikkauskoneelle tehdyt ohjelmat eivät sovi yhteen eri polttoleikkauskoneiden kanssa. Havaintojen pohjalta pääteltiin, että pitää luoda taulukko, jossa on kerrottu kaikki reittimuutoksiin vaadittavat toimenpiteet. Tähän opinnäytetyöhön taulukkoa ei laadittu.

Toinen mahdollisuus olisi muokata järjestelmiä siten, että järjestelmän avulla reittimuutos toimisi automaattisesti eikä työnsuunnittelijalta vaadittaisi mitään erikoistoimenpiteitä. Tämä nopeuttaisi työskentelyä ja vähentäisi virhemahdollisuuksia. Tämän lisäksi esimerkiksi työnjohtaja voisi vaihtaa reittiä tilaukselle, koska järjestelmä hoitaisi työnsuunnittelun tekemät toimenpiteet automaattisesti. Tällöin ei pääsisi virheitä tapahtumaan ja valmistus nopeutuisi. Näillä asioilla

olisi positiivinen vaikutus muun muassa toimitusvarmuuteen. Järjestelmämuutos vaatisi kuitenkin investointeja.

Lisäksi huomattiin, että jos tilauksen työsuunnittelut on kopioitu, reittiä ei voi muuttaa sekoittamatta aikaisempia tilauksia ja uutta tilausta keskenään järjestelmissä. Käsikirjaan lisättiin näiden tietojen pohjalta tieto, jolloin kopioituja tilauksia ei voi reitittää enää jälkikäteen eri polttoleikkauskoneelle, koska tilaukset menevät sekaisin.

8 YHTEENVETO

Tämän insinööriyön ensisijaisena tavoitteena oli luoda käsikirja EKT-työnsuunnitteluun. Käsikirjassa tuli kertoa muistinvaraiset asiat sekä ohjeistaa vaikeimmat ja erikoisimmat työnsuunnittelutoimenpiteet siten, että perusopastuksen saanut työnsuunnittelija selviää kaikista erityyppisistä tilauksista ohjeen avulla. Lisäksi piti dokumentoida helpoimmat asiat yksinkertaisesti. Toinen konkreettinen tavoite oli määritellä käsikirjan kirjoittamisen aikana huomatuksi kehityskohteet ja ehdottaa niille ratkaisuja.

Työn lopullisina tuotoksina ovat EKT-työnsuunnittelijan käsikirja (liite 3) ja esille tulleita kehityskohteita ja ehdotuksia niiden ratkaisemiseksi. Käsikirjaan on dokumentoitu kaikki ajan puitteissa esille tulleet muistinvaraiset asiat ja hiljainen tieto. Vaikeimmista asioista on otettu selvää ja ne on ohjeistettu askel askeleelta kuvien ja selityksien avulla. Kaikkia asioita ei tällä aikavälillä ole voitu saada kerättyä käsikirjaan, mutta hyvä ja vakaa pohja on saatu luotua tulevaisuutta varten. Päivitysten ja katselmointien avulla tulevaisuudessa esille tuleva hiljainen tieto saadaan heti kirjattua muistiin.

Täydellisen käsikirjan kirjoittaminen vaatisi vuosien työkokemuksen, jatkuvan muistiinpanojen kirjoittamisen ja tasaisesti jatkuvan käsikirjan päivittämisen. Tällä työkokemuksella ja opinnäytetyöhön käytettävissä olleella ajalla ei ole voitu saada kaikkia asioita dokumentoitua. Malliesimerkkejä ei ole ollut saatavilla jokaisesta työnsuunnittelun kannalta ongelmallisesta tilaustyyppistä, joten niiden ohjeistaminen oli hyvin vaikeaa.

Käsikirjassa on ohjeistettu tuotannonohjausjärjestelmien käyttöä yksityiskohtaisesti ja laajasti työsuunnittelun tehtävien vaatimusten mukaisesti. Käsikirjaan on kirjattu lisäksi EKT:n ja kuumavalssaamon kriittiset prosessivaiheet ja niiden suunnittelussa huomioon otettavat asiat. Näiltäkään osin kaikkea tietoa ei ole tällä aikavälillä saatu kerättyä kokoon, vaan täydennyksiä tulee katselmointien ja päivitysten yhteydessä. Käsikirjasta saatu palaute on ollut positiivista, ja suunnittelijat ovat kokeneet käsikirjan hyödylliseksi.

Käsikirjan toimivuus riippuu siitä, pystytäänkö katselmointeja ja päivityksiä järjestämään riittävän usein ja järkevällä tavalla. Jokainen uusi tai vanhakin asia, joka käsikirjasta puuttuu, tulisi pystyä päivittämään käsikirjaan viimeistään katselmointien yhteydessä. Jos katselmoinnit unohtuvat tai jäävät jostain muusta syystä tekemättä, käsikirja vanhenee nopeasti. Katselmointien tarkoituksena onkin pyrkiä pitämään käsikirjan tiedot ajan tasalla, jolloin voidaan esimerkiksi kesälomittaja opastaa työhönsä käsikirjaa hyväksikäyttäen.

Käsikirjan rinnalle luotiin Excel-taulukko, johon kerätään käsikirjasta puuttuvat tai muuttuvat tiedot. Taulukon käytöstä sovittiin, että viiden uuden asian jälkeen käsikirja päivitetään. Tulevaisuudessa muutosten määrän rajaa voidaan muuttaa tarpeen mukaan. Taulukko helpottaa huomattavasti käsikirjan ylläpitoa.

Työssä on lueteltu lisäksi pieniä kehityskohteita ja jokaiselle kehityskohteelle on mietitty ratkaisuja. Omien työnsuunnittelukokemusten perusteella kehitysideoita olisivat järkeviä ja toteutuskelpoisia. Tilaajan päätettäväksi jää, käytetäänkö kehitysideoita hyödyksi vai ei. Lisäksi joissain tapauksissa ideoita on vaihtoehtoisia, jolloin tilaajan päätöksien varaan jää, minkä vaihtoehdon mukaisesti kehitystä tarvittaessa tehdään. Tämän opinnäytetyön aikana käytännön muutoksia tai syvällisempiä tutkimuksia ei ole saatu kaikista ideoista tehtyä.

Tulevaisuudessa käsikirja tulee työnsuunnittelijoiden jokapäiväiseen työskentelyyn mukaan. Kaikista suurin ja tärkein käyttökohde tulee olemaan uusien työntekijöiden opastaminen työhön. Kesätyöntekijöille ohjeesta tulee olemaan varmasti paljon apua työtehtävien opettelussa. Vaikeammissa ja harvemmin toistuvissa tapauksissa käsikirja antaa tukevan pohjan suunnittelun tekemiselle ilman, että täytyy aina niin sanotusti opetella uudelleen suunnittelemisen pienet yksityiskohdat.

Tulevaisuudessa päivitysten yhteydessä käsikirjan asioita tarkennetaan ja asioita lisätään tai poistetaan sen mukaan, mitä käyttäjät kokevat tärkeiksi. Tulevaisuudessa käsikirjaa voi käyttää myös mallina eri toimintoihin tehtäviin ohjeisiin ja käsikirjoihin. Käsikirja tukee myös töihin paluuta lomien, vuorotteluvapaiden tai esimerkiksi pitkän sairasloman jälkeen.

Tilaaajan ja käsikirjan päivittäjäksi valitun henkilön vastuulle jää se, pysyykö käsikirja päivitettyinä ja ajanmukaisena. Lisäksi käsikirjan luettavuuden ja selkeyden säilyminen jää katselmoijan vastuulle. Jos katselmointeja tehdään riittävän usein ja tarkkaan, käsikirjasta voi saada hyötyä vielä useiden vuosien kuluttua, kun työsuunnittelun sukupolvi on vaihtunut. Käsikirjalle tuleekin valita niin sanottu isäntä, joka huolehtii, että käsikirja pysyy ajan tasalla ja katselmoinnit tulee suoritettua riittävän tiheällä aikavälillä. Isännäksi suunniteltiin alustavasti työsuunnittelun team leaderiä, joka myös kiinnitettiin kyseiseen tehtävään.

Käsikirjan avulla voidaan yhtenäistää suunnittelun toimintamenetelmiä, mikä puolestaan auttaa laadun parantamisessa. Kun jokainen suunnittelija käyttää samoja menetelmiä, suunnitelluista tuotteista tulee tasalaatuisempia ja laatu- vaihtelut vähenevät. Suunnittelumenetelmien kehittäminen helpottuu, kun jokainen työskentelee samoja menetelmiä käyttäen. Tällöin jokainen suunnittelija pystyy ottamaan kantaa samalla tavalla asioihin ja kehitystoimenpiteet helpottuvat.

Tuotannossa työn tekeminen helpottuu, kun valmistukseen tulevat tuotteet on aina suunniteltu tehtäväksi samalla käsikirjan osoittamalla tavalla eikä suunnittelijoiden suunnittelutapojen kesken tapahdu suurta vaihtelua. Tällä voidaan vaikuttaa laatuun positiivisesti ja ehkä jopa hylkäysten määrän vähenemiseen, kun työtavat vakiintuvat samanlaisiksi. Vakiintuneet työtavat vähentävät inhimillisiä erehdyksiä.

LÄHTEET

1. SSAB. Saatavissa: <http://www.ssab.com>. Hakupäivä 12.1.2015.
2. Ahonen, Mikko 2014. Nauhalevynippujen paketoitilinjoiden toiminnan kehittäminen. Opinnäytetyö. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Saatavissa: http://theseus.fi/bitstream/handle/10024/80219/Ahonen_Mikko.pdf?sequence=1. Hakupäivä 22.1.2015.
3. Ouramo, Tommi 2013. Konenäön hyödyntäminen levyjen tunnistamiseen pintakäsittelylinjalla. Opinnäytetyö. Raahen ammattikorkeakoulu, kone- ja tuotantotekniikka. Saatavissa: <http://www.oamk.fi/kirjasto/opinnaytteet/?id=946>. Hakupäivä 20.2.2015.
4. Ihalainen, Erkki – Aaltonen, Kalevi – Aromäki, Mauri – Sihvonen, Pentti 2009. Valmistustekniikka. Helsinki: Otatieto.
5. Tikkurila. Saatavissa: <http://www.tikkurila.fi>. Hakupäivä 13.1.2015.
6. Ruukki. Saatavissa: <http://www.ruukki.fi/>. Hakupäivä 13.1.2015.
7. Aaltonen, Kalevi – Andersson, Paul – Kauppinen, Veijo 1997. Levytyö- ja työvälinetekniikat. Porvoo: WSOY.
8. Haarala, Jukka 2001. Termiset leikkausmenetelmät. Sisäinen dokumentti. SSAB Europe Oy.
9. Haarala, Jukka 2009. Plasmaleikkauksen soveltamisala. Sisäinen dokumentti. SSAB Europe Oy.
10. Renfro, Bruce 2013. The art of bevel cutting. The Fabricator, december 2013. Saatavissa: <http://www.thefabricator.com/article/cadcamssoftware/the-art-of-bevel-cutting>. Hakupäivä 12.2.2015.
11. Levi, Elia 2005. Incorporating beveling economically. Practical Welding Today, march/april 2005. Saatavissa:

<http://www.thefabricator.com/article/cuttingweldprep/incorporating-beveling-economically>. Hakupäivä 11.2.2015.

12. Haverila, Matti – Uusi-Rauva, Erkki – Kouri, Ilkka – Miettinen, Asko 2009. Teollisuustalous. Tampere: Hämeen kirjapaino Oy.
13. Korhonen, Sami 2010. Ruostumattomat teräkset ja niiden soveltuvuus konepajan ohutlevytuotantoon. Kandidaatintyö. Valkeala: Lappeenrannan teknillinen yliopisto, konetekniikan koulutusohjelma. Saatavissa: <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/64119/nbnfi-fe201010262629.pdf?sequence=3>. Hakupäivä 24.2.2015.
14. Mäkelä, Mikko – Soininen, Lauri – Tuomola, Seppo – Öistämö, Juhani 2010. Tekniikan kaavasto. Tampere: Tammertekniikka / Amk-Kustannus Oy.
15. SFS-verkkokauppa. Saatavissa: <http://sales.sfs.fi/>. Hakupäivä 25.2.2015.

LÄHTÖTIETOMUISTIO

Työn tiedot	Tekijä ¹	Tilaaja ²
	Toni Kivijärvi	SSAB Europe Oy
	Tilaaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot ³	
	Hani Torvela	
	Työn nimi ⁴	
	EKT Työnsuunnittelun ohjeistus	
	Työn kuvaus ⁵	
	Pääpainona luoda käsikirja ja prosessivaihekohtainen ohjeistus EKT työnsuunnitteluun ja lisäksi määrittellä mahdolliset kehityskohteet ja ehdottaa niihin ratkaisuja.	
Työn tavoitteet ⁶		
1. Luoda dokumentoitu ohjeistus järjestelmien käyttöön, sisällyttään muistinvaraiset asiat (ns. hiljainen tieto) ja erkoistoiminta a vaativien tuotteiden työnsuunnittelun ohjeistus.		
2. Kuvata ja dokumentoida EKT-prosessi, josta ilmenee konekanta, tuotteiden reititysvalhto ehdot, koneiden rajat ja rajoitteet sekä prosessikaavio. Lisäksi EKT työnsuunnittelun näkökulmasta kuvattuna ja dokumentoituna valssamon kriittiset prosessipisteet ja EKT tuotteiden reititys valssamalla.		
3. Mahdollisten kehityskohteiden määrittely ja ratkaisujen ehdottaminen.		
Tavoiteaikataulu ⁷		
1.1. Työskentelyn aloitus		
1-2 väliraportointia/ ohjauspalaveria		
vko 10-12 tarkastus sekä dokumentille että raportille		
vko 13-18 dokumentoinnin ja raportin viimeistely/korjaus		
30.4. mennessä itse työ valmis		
30.4. mennessä viimeistelyä vaille valmis raportti.		
Päiväys ja allekirjoitus ⁸		
11/12/2014 Raahessa	11/12/2014 Raahessa	
Tekijän allekirjoitus	Tilaaajan allekirjoitus	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Tekijän nimi, puhelinnumero ja sähköpostiosoite. 2. Työn teettävän yrityksen virallinen nimi. 3. Sen henkilön nimi ja yhteystiedot, joka yrityksessä valvoo työn suoritusta. 4. Työn nimi voi olla tässä vaiheessa työnimi, jota myöhemmin tarkennetaan. 5. Työ kuvataan lyhyesti. Siinä esitetään muun muassa työn tausta, lähtötilanne ja työssä ratkaistavat ongelmat. 6. Esitetään lyhyesti ja selvästi työn tavoitteet. 7. Esitetään projektin tavoiteaikataulu. Silloin, kun työllä on välitavoitteita, myös ne merkitään aikatauluun. Tavoiteaikataulun ja oppilaitoksen yleis aikataulun perusteella tekijä laatii oman aikataulunsa. 8. Lähtötietomuihisto päivätään ja sen allekirjoittavat tekijä ja tilaaajan yhdyshenkilö 		

Insinöörityö Muistio 1/2014

Aloituspalaveri

Aika Torstai 11.12.2014 klo 9.00

Paikka SSAB:n Raahen tehdas, Neuvotteluhuone 3

Läsnä Toni Kivijärvi, insinöörityön tekijä
Esa Törmälä, insinöörityön ohjaava opettaja
Harri Torvela, insinöörityön ohjaaja
Tanja Hämeenkorpi
Janne Vaksila

1 Järjestäytyminen

Kokouksen puheenjohtajana ja koollekutsujana toimi Harri Torvela. Toni Kivijärvi toimi sihteerinä.


2 Insinöörityön rajaus

- Eläköityminen on kovassa vauhdissa ja hijasta tietoa tulisi pystyä siirtämään uusille henkilöille. Opastuksen tueksi tarvitaan käsikirja.
- Lisäksi pyritään määrittelemään mahdollisia kehityskohteita ja esittämään niille ratkaisuja.
- EKT Työnsuunnittelussa on suuri määrä työnsuunnittelussa tarvittavia muistinvaraisia asioita (ei prosessitasolla)
- Muihin toimintoihin on käsikirjoja tehty ja nyt tulisi noudattaa samaa mallia ja samoja muotoiluja. Päivitettävyyden ja täydennysmahdollisuus on otettava huomioon.
- Tarkoituksena luoda käsikirja, jonka oppien mukaan suunnitteluprosessista saadaan aukoton.
- Erikoisemmat ja vaikeammat asiat tulee esitellä tarkkaan, helpot ja selvät asiat parilla lauseella.
- Suunnittelun tarpeet on otettava huomioon käsikirjassa.

- Kustannus- tai aikatekijöitä ei tarvitse käsitellä, tuotosasia käsitellään.
- Julkisessa insinööriyössä käsitellään kehitysprosessia ja tiedonhankintaa, käsikirja lisätään liitteeksi.
- Käsikirjan ylläpitotaajuus ja katselmointi on suunniteltava.
- Kehitystyössä voi suorittaa vertailua palvelukeskusten kanssa.

4. Muut asiat

- Tehdään salassapitosopimus (työn tekijä/SSAB, SSAB/Esa Törmälä)
- Käsikirjan valmistuessa tehdään lausuntokierros, Törmälä/Torvela
- Haastatteluja tehtäessä varmistettava, että haastateltavan nimeä saa käyttää ja että kirjoitettu tieto vastaa haastattelussa esiintynyttä tietoa.

- 
- Posterin teko
 - Englanninkielinen tiivistelmä
 - Pidetään kaksi palaveria, ~~vk~~ 5 ja ~~vk~~ 12

5 Liitteet

1. Lähtötietomuistio

Liite on salainen ja vain työn tilaajan käyttöön.