LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO
Teknillinen tiedekunta
Konetekniikan koulutusohjelma

Mika Karttunen

HITSAUSTUOTANNON KEHITTÄMINEN VERKOSTOYRITYKSESSÄ

Työn tarkastajat: Professori Jukka Martikainen
DI Sami Soininen

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan teknillinen yliopisto
Teknillinen tiedekunta
Konetekniikan koulutusohjelma

Mika Karttunen

Hitsaustuotannon kehittäminen verkostoyrityksessä

Diplomityö

2012

87 sivua, 26 kuvaa ja 6 taulukkoa

Tarkastajat: Professori Jukka Martikainen
DI Sami Soininen

Hakusanat: hitsaus, hitsaustuotanto, Total Welding Management, hitsattavuus, verkostot
Keywords: welding, welding production, Total Welding Management, weldability, corporate networks

Tässä diplomityössä tarkasteltiin Total Welding Management -menetelmän soveltamista verkostoituneeseen toimintaan. TWM on menetelmä hitsaustuotannon kehittämiseen ja se on tarkoitettu käytettäväksi tilanteessa, jossa yksi yritys vastaa sekä suunnittelusta että hitsauksesta.

Verkostoituneessa hitsaustuotannossa tuotteen suunnittelu ja hitsaus eivät välttämättä ole kokonaan saman yrityksen vastuulla. Se tuo oman haasteensa TWM:n implementointiin. Työssä käytiin läpi verkostojen ja TWM:n teoriaa, sekä pohdittiin mahdollisia ongelmia TWM:n soveltamisessa verkostoihin.

Käytännön osuudessa TWM:n avulla kehitettiin esimerkkituotteen, jonka suunnittelusta ja hitsauksesta vastaa kaksi eri yritystä, hitsaustuotantoa. Suunnitelluilla kehitystoimenpiteillä arvioitiin olevan mahdollista lyhentää tuotteen valmistusaikaa 11,9 %. Lisäksi todettiin, että TWM soveltuu käytettäväksi myös verkostoissa, vaikkakin se tuo mukanaan lisähaasteita.

ABSTRACT

Lappeenranta University of Technology
Faculty of Technology
Department of Mechanical Engineering

Mika Karttunen

Developing Welding Production in a Networked Company

Master's thesis

2012

87 pages, 26 figures and 6 tables

Examiners: Professor Jukka Martikainen
M.Sc. (Tech.) Sami Soininen

Keywords: welding, welding production, Total Welding Management, weldability, corporate networks

In this master's thesis usability of Total Welding Management system in corporate networks was examined. TWM is a method for improving welding production in a situation, where product design and welding are done in the same company.

In welding production carried out by a corporate network, product design and welding are not necessarily done by the same company. This brings its own challenge into implementation of TWM. In this thesis theoretical background of corporate networks and TWM are discussed and also possible problems when implementing TWM into corporate networks are considered.

In practice TWM was used to improve welding production of example product, which was designed and welded by different companies. The improvements which were designed were estimated to reduce the production time by 11.9 %. Also it was found that it is possible to use TWM in corporate network, even though it creates additional challenges.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Lappeenrannan teknillisen ylipiston hitsaustekniikan laboratoriossa osana HitNetGlobal-hanketta.

Haluan kiittää professori Jukka Martikaista ja DI Sami Soinista hyvistä korjausehdotuksista ja palautteesta työhöni liittyen. Erityisen suuri kiitos Tero Honkaselle. Hänen apunsa tutustuessani ylävaunun runkoon ja hänen kommenttinsa ehdottamiini muutoksiin olivat korvaamattoman arvokkaita. Kiitos kuuluu myös Reijo Antikaiselle, Reijo Koistiselle ja ylävaunun rungon parissa työskennelleille hitsaajille. Lopuksi kiitän Juha Vierrosta avusta monissa käytännön järjestelyissä.

Usein kuulee sanottavan, että diplomityö on ollut tekijälleen erittäin opettavainen kokemus. Voin todeta, että sellainen se on ollut minullekin. Työn tekemisen aikana sain työskennellä monien kiinnostavien ongelmien parissa. Samalla huomasin, että opintoni ovat antaneet minulle hyvät valmiudet ratkoa erilaisia käytännön ongelmia. Kiitos siitä kuluu laadukkaalle opetukselle ja hyville kurssivalinnoille. Nyt jatkan hyvillä mielin uusiin haasteisiin.

Lappeenrannassa 18.1.2012

Mika Karttunen

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
ALKUSANAT
SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

1 JOHDANTO 8
1.1 Tavoitteet ja rajaus 8
1.2 Menetelmät 8
1.3 Työn rakenne 8
1.4 Junttan Oy 9
1.5 Komas Kuopio 10
2 YRITYSVERKOSTOT 11
2.1 Verkostojen rakenne ja verkostomuodot 12
2.2 Erilaisiin tarkoituksiin luodut verkostot 13
2.3 Verkostoitumisen hyödyt 14
2.4 Verkostoitumisen haasteet 16
3 TOTAL WELDING MANAGEMENT 17
3.1 Viisi konkreettista toimenpidettä 17
3.1.1 Vähennä hitsien määrää ja tilavuutta 17
3.1.2 Vähennä kaariaikaa 19
3.1.3 Vähennä korjauksia, hylättyjä kappaleita ja romua 19
3.1.4 Vähennä työn rasittavuutta 20
3.1.5 Vähennä turhaa liikettä, siirtelyitä ja odottelua 21
3.2 Neljä kriittistä toimintoa 21
3.2.1 Rakenteen suunnittelu 22
3.2.2 Tuotannon suunnittelu 23
3.2.3 Hitsaustuotanto 24
3.2.4 Laadunvarmistus 25
3.3 TWM:n soveltaminen käytännössä 26
3.3.1 Tiedonkeruu 26
3.3.2 Toteutuksen suunnittelu ja tavoitteiden asettaminen 30

3.3.3 Käyttöönotto ja ylläpito ... 31
4 TWM:N SOVELTAMINEN VERKOSTOITUNEESSA TOIMINNASSA ... 32
4.1 Kriittiset toiminnot verkostossa ... 32
4.2 Eri tapaukset TWM:n kannalta ... 33
4.3 TWM:n implementoinnin vaiheet verkostossa ... 35
4.3.1 Tiedonkeruu ... 35
4.3.2 Toteutuksen suunnittelu ja tavoitteiden asettaminen ... 35
4.3.3 Käyttöönotto ja ylläpito ... 35
5 TWM:N SOVELTAMINEN JUNTTANIN JA KOMASIN TOIMINNASSA ... 36
5.1 Esimerkkituotteen kuvaus ... 38
5.2 Rungon tarkastelu TWM:n mukaisesti ... 41
5.2.1 Valmistuspiirustukset ... 43
5.2.2 Ylihitsaus ... 47
5.2.3 Puuttuvat viisteet ... 51
5.2.4 Piirustuksista puuttuvat viisteet ... 52
5.2.5 Ahdas tila hitsata ... 54
5.2.6 Hitsien vaatima tila huomioimatta ... 55
5.2.7 Tiedonkulku ... 60
5.2.8 Varusteluhitsit ... 61
5.2.9 Turhia varusteluosia ... 63
5.2.10 Säiliön kannen kehys ... 64
5.2.11 Ohjaamon aluslevyn kiinnitys ... 65
5.2.12 Kynkkien hitsien mitoitus ... 67
5.2.13 Työergonomia ... 69
5.2.14 Vaakapuomin ulkoputken pää ... 70
5.2.15 Kynkkien sivulevyt ... 72
5.2.16 Puuttuvia tai virheellisiä hitsausmerkintöjä ... 73
5.2.17 Mekanisoinnin mahdollisuudet ... 74
5.2.18 Robotisoidun hitsauksen mahdollisuudet ... 75
5.3 Tulokset ... 76
6 JOHTOPÄÄTÖKSET ... 81
7 YHTEENVETO ... 83
LÄHTEET ... 86

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

a-mitta	Pienahitsin a-mitta on suurimman kolmion (joko tasakylkinen tai erikylkinen) korkeus, joka voidaan piirtää railon kylkien ja hitsin pinnan sisään.
MAG	Metal active gas
MIG	Metal inert gas
PDM	Product data management, tuotetiedon hallinta
S235	Yleinen rakenneteräs, jonka vähimmäismyötölujuus on 235 MPa.
S355	Yleinen rakenneteräs, jonka vähimmäismyötölujuus on 355 MPa.
TWM	Total Welding Management
WPS	Welding procedure specification, hitsausohje

1 JOHDANTO

Verkostoituminen on jo vuosia ollut suurena kiinnostuksen kohteena teollisuudessa. Vaikka sitä pidetään ratkaisuna moniin ongelmiin, se tuo mukanaan myös uusia haasteita ja myös verkostoissa on tarvetta kehittää toimintaa. Erityisesti nykyisessä epävarmassa taloustilanteessa tehokkuuden parantaminen on tärkeää.

Verkostoituminen on nykypäivää myös hitsaavassa teollisuudessa. Yksi työkalu hitsaustuotannon kehittämiseen on Total Welding Management. Normaalisti sitä käytetään kuitenkin yksittäisen yrityksen toiminnassa, eikä verkostoissa. Tässä työssä on tarkoitus soveltaa Total Welding Management -järjestelmää Junttan Oy:n ja Komas Oy:n Kuopion yksikön toimintaan.

1.1 Tavoitteet ja rajaus

Tavoitteena on soveltaa Total Welding Management -järjestelmää verkostoituneeseen toimintaan ja siten kehittää esimerkkituotteen hitsattavuutta ja hitsaustuotantoa. Tavoitteena on, että kehitystoimenpiteillä saadaan aikaan molemminpuolista hyötyä.

Työ rajataan käsittelemään valmistusmenetelmistä ensisijaisesti hitsausta. Muihin valmistusmenetelmiin otetaan kantaa sellaisissa tapauksissa, joissa niillä on merkittävä rooli myös hitsauksen kannalta. Työssä käsitellään esimerkkituotteena Junttanin paalutuskoneen ylävaunun runkoa.

1.2 Menetelmät

Teoriaosassa hyödynnetään olemassa olevaa kirjallisuutta. Käytännön tilanteesta kerätään tietoa pääasiassa haastattelemalla Junttanin ja Komasin työntekijöitä. Tarkasteltavaan rakenteeseen perehdytään tuotedokumenttien perusteella sekä seuraamalla valmistusta käytännössä.

1.3 Työn rakenne

Johdannon loppupuolella esitellään työssä mukana olleet yritykset. Sen jälkeen alkaa työn teoriaosa, jossa aluksi käydään läpi verkostoitumista. Siitä annetaan yleiskatsaus sisältäen

muun muassa verkostoitumisen syyt, edut ja haitat. Sen jälkeen käsitellään TWM:n perustaa yksityiskohtaisesti. Teoriaosan lopuksi hahmotellaan TWM:n soveltamista verkostoituneessa hitsaustuotannossa. Käytännön osuus alkaa esimerkkituotteen kuvauksella, mistä siirrytään käsittelemään käytännössä havaittuja ongelmia ja niiden ratkaisuja. Tämän jälkeen käsitellään saatuja tuloksia. Työn lopussa esitellään johtopäätökset ja yhteenveto.

1.4 Junttan Oy

Junttan Oy on Kuopiossa toimiva paalutuskonevalmistaja. Se perustettiin vuonna 1976 ja Junttanin juuret ovat 60-luvulla toimineessa Savonvarvi -nimisessä maansiirtoyrityksessä. Junttan valmisti maailman ensimmäisen kokonaan hydraulisen lyöntipaalutuskoneen vuonna 1979 ja ensimmäisen omaan suunnitteluun perustuvan koneen PM20:n vuonna 1983. Ensimmäinen kone Suomen ulkopuolelle toimitettiin seuraavana vuonna 1984. (Junttan 2011.)

Nykyään Junttanin tuotevalikoimaan kuuluvat lyöntipaalutuskoneet, monitoimipaalutuskoneet, porakoneet, syvästabilointikoneet sekä hydrauliset järkäleet, hydrauliset poramoottorit ja hydrauliset voimayksiköt. Päätuotteita ovat lyöntipaalutuskoneet ja hydrauliset järkäleet. Hydraulisissa lyöntipaalutuslaitteissa Junttan on Euroopan johtava valmistaja. Junttanin tuotteita on käytössä ympäri maailman yli 45:ssä eri maassa. Liikevaihdosta yli 95 % tuleekin viennistä. Päämarkkina-alueet ovat Pohjois-Eurooppa, Pohjois- ja Etelä-Amerikka, Venäjä, Oseania sekä Intia. (Junttan 2011.)

Junttanin nykyiset tuotantotilat sijaitsevat Kuopion Kylmämäessä ja ne valmistuivat vuonna 2008. Periaatteessa kapasiteettia riittää 300 paalutuskoneen vuosittaiseen valmistukseen. Vuonna 2008 valmistettiin yli 60 paalutuskonetta ja liikevaihto oli 62 miljoonaa euroa. Vuonna 2009 liikevaihto supistui 30 miljoonaan euroon ja vuonna 2010 edelleen 18 miljoonaan euroon. (Junttan 2011.)

Vuonna 2007 Junttan myi osavalmistus- ja hitsaustoimintonsa Komas Oy:lle, joten Junttanilla ei ole enää omaa hitsaustuotantoa. Junttanin vastuulla on tuotteidensa suunnittelu, loppukokoonpano, markkinointi ja myynti. (Junttan 2011.)

1.5 Komas Kuopio

Komas-konsernin Kuopion toimipiste sijaitsee Junttanin pääkonttorin välittömässä läheisyydessä Kylmämäessä. Henkilöstö koostuu suurelta osin alun perin Junttanilla työskennelleistä henkilöistä, jotka siirtyivät Komasin palvelukseen Junttanin osavalmistuksen ja hitsaustoiminnan myynnin yhteydessä. Kuopion toimipiste on erikoistunut hitsattuihin komponentteihin. Hitsaajia on töissä kolmisenkymmentä.

2 YRITYSVERKOSTOT

Verkostoitumisella tarkoitetaan yritysten välistä monimuotoista yhteistyötä. Sillä yritykset pyrkivät ratkaisemaan ongelmia ja haasteita, joihin niiden omat voimavarat yksin eivät riitä. Se on prosessi, jossa yhteistyöyritysten tieto, osaaminen ja arvot yhdistetään lisäarvoa tuottavaksi toiminnaksi. (Niemelä 2002, s. 13; Hakanen et al. 2007, s. 44.)

Verkostoituneelle toiminnalle on ominaista, että se on

1) tavoitteellista, pitkäaikaista, jatkuvaa ja säännöllistä yhteistyötä lopputuotteiden tuotannossa
2) yhteistyötä ydinprosesseissa, lopputuotteiden ja palveluiden tuottamisessa tai niiden tukitoiminnoissa
3) vuorovaikutteista ja luottamuksellista
4) kaikkien osapuolien osaamista kehittävää kumppanuutta. Verkostoituminen tähtää lyhyen aikavälin hyötyjen lisäksi pidemmän aikavälin kilpailukyvyn edistämiseen. (Hakanen et al. 2007, s. 44.)

Verkostoitunut toiminta eroaa perinteisestä markkinaehtoisesta alihankintatoiminnasta monessa suhteessa. Markkinaehtoisessa suhteessa toiminta on puhdasta kaupankäyntiä, tavaran tai palvelun vaihdantaa, johon ei liity mitään lisäarvopalveluja fyysisen suoritteen lisäksi. Vaihdanta toteutuu suoraviivaisena tavaran tai palvelun kauppana. Strateginen ulottuvuus on lähes olematon, jolloin keskinäistä riippuvuutta, yhteistä strategiasuunnittelua, yhteistä riskinottoa tai win-win-ajattelua ei esiinny. Myös yhteiset rakenteet puuttuvat. (Hakanen et al. 2007, s. 44.) Verkostoitunut toiminta pyrkii minimoimaan heikkoudet ja maksimoimaan hyödyt, joita liittyy markkinaehtoiseen toimintaan tai vertikaalisesti integroituneeseen toimintaan, jossa kaikki tehdään itse. Verkostomaisuuden lisääntyessä yritysten välinen vaihdanta muuttuu pelkästä tavara- ja palveluvaihdannasta vuorovaikutteisempaan informaatiota sisältävään vaihdantaan. Samalla vuorovaikutukseen tulee mukaan tavoitteena eri toimintojen molemminpuolinen kehittäminen. Kehittyneimmillään verkostoyhteistyö kattaa useita yritystoiminnan funktioita. Siirtyminen markkinaehtoisista suhteista verkostomaisiin suhteisiin näkyy esimerkiksi alihankintasuhteissa pidempinä sopimuksina. (Vesalainen 2002, s. 23.)

2.1 Verkostojen rakenne ja verkostomuodot

Yritysverkostoissa yritykset voidaan jakaa karkeasti kolmeen eri rooliin: päähankkijaan, järjestelmätoimittajiin ja sopimustuottajiin. Päähankkija toimii verkostossa niin sanottuna veturiyrityksenä, joka vastaa lopputuotteen myynnistä sekä antaa toimeksiantoja järjestelmätoimittajille ja sopimustuottajille. Se myös vastaa yleensä verkoston kehittämisestä ja koordinoi sen toimintaa. Päähankkijalla voi olla tapauksesta riippuen erilaisia määriä omaa tuotantoa. Jotkut säilyttävät itsellään osan tuotannosta kuten loppukokoonpanon. Joissain tapauksissa taas päähankkija ei tee enää minkäänlaista valmistusta. (Niemelä 2002, s. 46.)

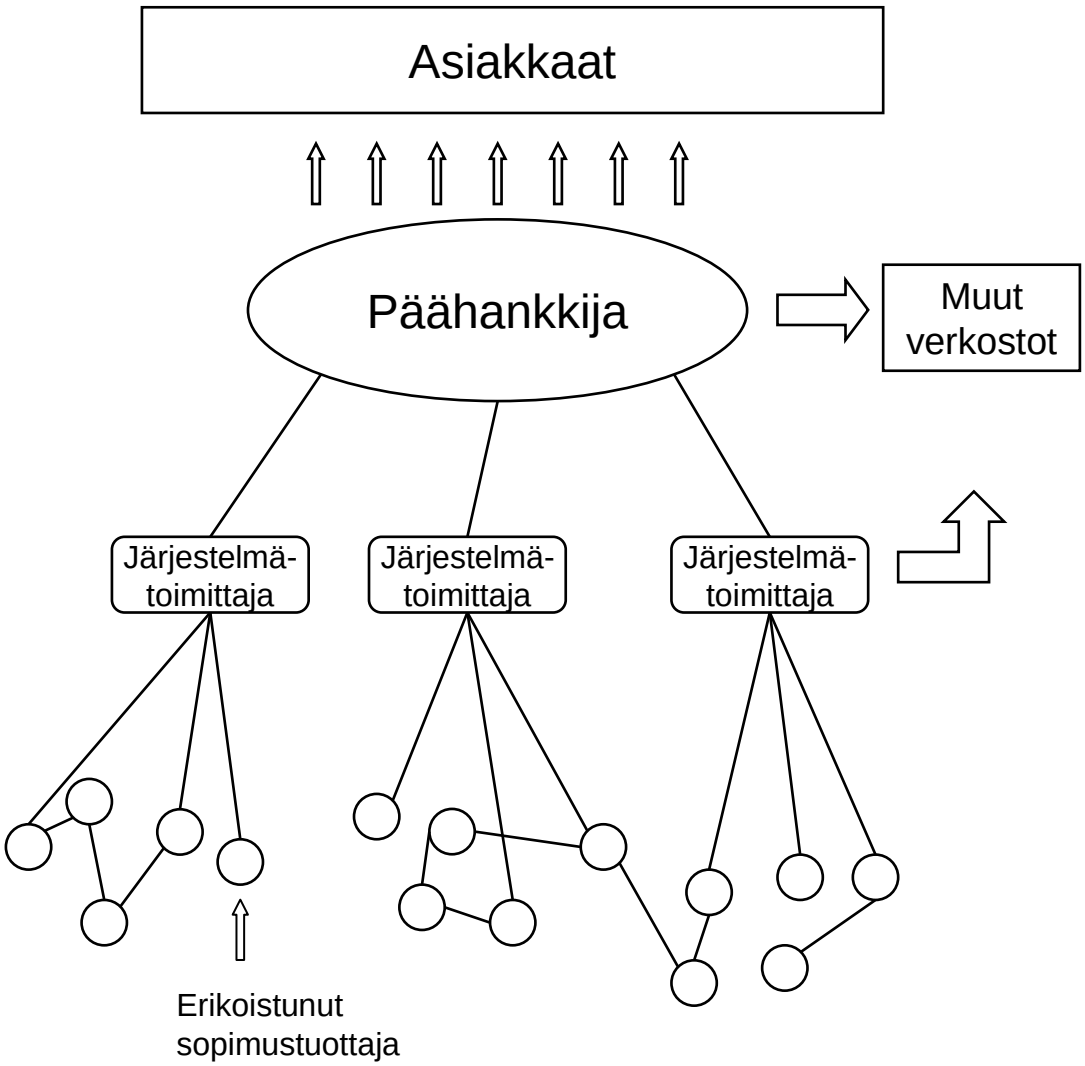
Järjestelmätoimittaja vastaa suurempien osakokonaisuuksien valmistamisesta päähankkijalle. Järjestelmätoimittaja voi antaa toimeksiantoja sopimustuottajilleen. (Tsupari et al. 2001, s. 9; Niemelä 2002, s. 44.)

Sopimustuottajat ovat puolestaan oman erikoisalansa huippuosaajia. Kapeampaan osaamisalueeseen keskittyminen antaa niille monia etuja. Investointitarve pienenee, käyttöaste kasvaa ja oma erityisosaaminen kehittyy. Järjestelmätoimittajat ja sopimustuottajat voivat toimia samanaikaisesti useammassa kuin yhdessä verkostossa. (Niemelä 2002, s. 44.)

Verkostomuodot jaetaan yleensä horisontaalisiin, vertikaalisiin ja diversifikoituneisiin eli toimialat ylittäviin verkostoihin. Horisontaalisissa verkostoissa yritykset toimivat samalla toimialalla ja samassa jalostusketjun vaiheessa. Vertikaalisissa verkostoissa puolestaan yritykset toimivat samalla toimialalla, mutta jalostusketjun peräkkäisissä vaiheissa. (Hakanen et al. 2007, s. 55.)

Horisontaalisia verkostoja voi olla monentyyppisiä ja -tasoisia. Yksi merkittävimmistä erottavista tekijöistä on, että onko kyseessä monenkeskinen vai kahdenvälinen kumppanuus. Horisontaalisia verkostoja syntyy yleensä, kun kovaa kilpailua kohtaavat samalla alalla toimivat yritykset huomaavat, että yhteistyön avulla ne pystyvät parempaan asiakaspalveluun ja kilpailuun kuin yksinään. (Hakanen et al. 2007, s. 56.)

Vertikaalisissa verkostoissa tyypillisin toimintamalli on päämies–toimittaja-suhteiden muodostama alihankintaverkosto. Tällaisen verkoston rakennetta on havainnollistettu kuvassa 1. (Hakanen et al. 2007, s. 56.)



Kuva 1. Esimerkki vertikaalisesta yritysverkostosta (Niemelä 2002, s. 45).

2.2 Erilaisiin tarkoituksiin luodut verkostot

Verkostoja voidaan luoda erilaisiin tarkoituksiin. Möller et al. (2004, s. 204) jaottelevat verkostot kolmeen tyyppiin sen mukaan mitä niillä pyritään saavuttamaan:

1) Perusliiketoimintaverkostot
2) Liiketoimintaa uudistavat verkostot
3) Uutta liiketoimintaa kehittävät verkostot

Näiden eri tyyppien keskeisiä ominaisuuksia on kuvattu taulukossa 1.

Taulukko 1. Erilaisten verkostojen keskeiset ominaisuudet (Möller et al. 2004, s. 204).

	Perusliiketoimintaverkostot	Liiketoimintaa uudistavat verkostot	Uutta liiketoimintaa kehittävät verkostot
Arvonluonnin painopiste	Perusarvon tuottaminen	Lisäarvon tuottaminen ja arvontuotannon uudistaminen	Tulevaisuuteen suuntautunut arvontuottaminen
Keskeinen kyvykkyys	Tehokas tuotteiden tuotanto ja kuljetus Prosessien laadukkuus ja joustavuus	Tehokkuutta ja joustavuutta parantavat innovaatiot Innovaatiot ja uudet ratkaisut asiakkaiden liiketoiminnan tueksi	Uusia liiketoimintamahdollisuuksia radikaaleja innovaatioita hyödyntäen Verkoston toiminnan visiointi ja strateginen ohjaus

Vertikaaliset perusliiketoimintaverkostot perustuvat usein sille, että lopputuote voidaan jakaa osiin, joiden valmistuksesta vastaa siihen erikoistunut verkoston jäsen. Siksi tällainen verkosto edellyttää vahvaa erikoistuneiden toimittajien joukkoa. Verkoston johtaminen vaatii toimintojen hyvää koordinointia ja integrointia, mikä taas vaatii läpinäkyvää tiedon tuottamista ja jakamista. (Möller & Rajala 2008, s. 70.)

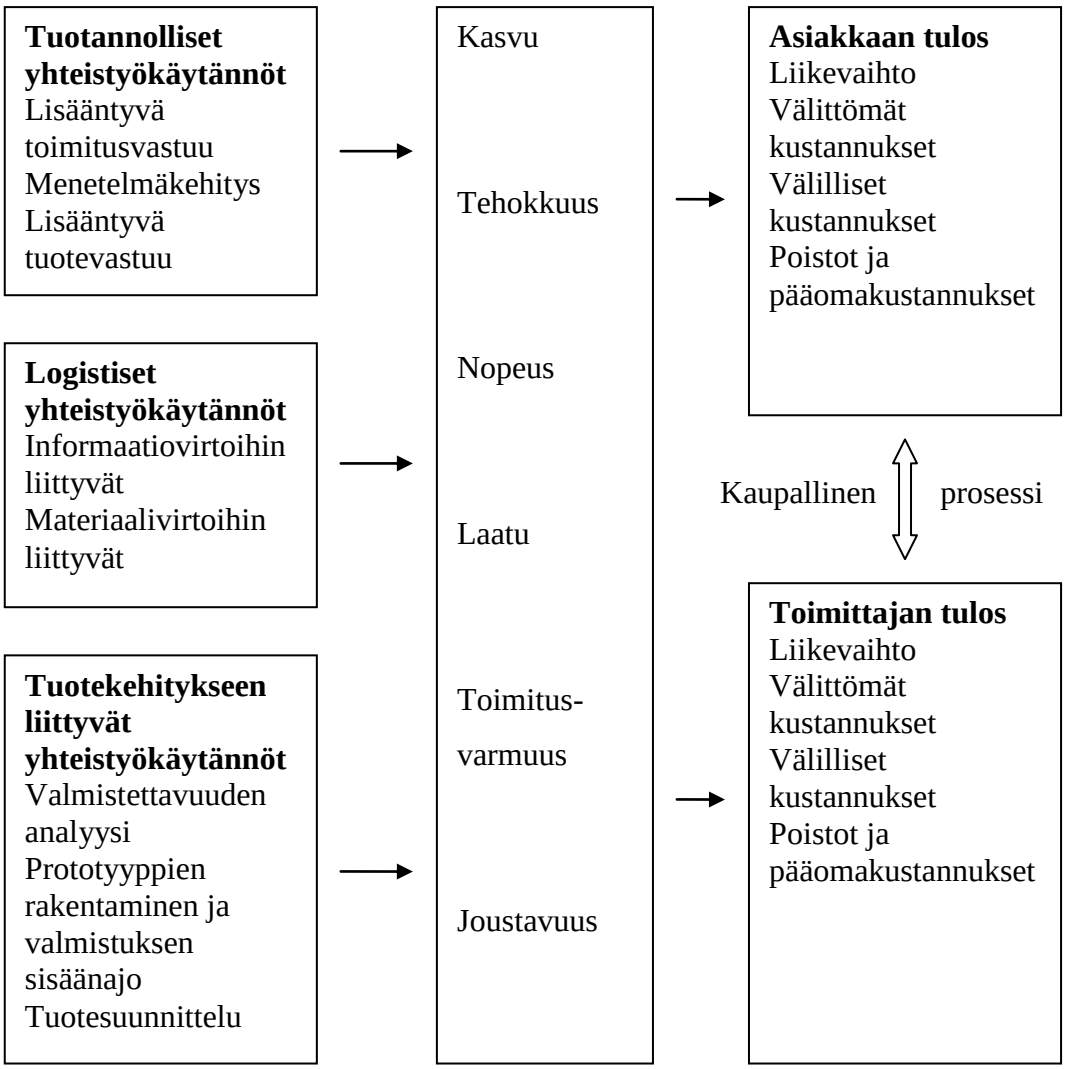
Liiketoimintaa uudistavia verkostoja ovat esimerkiksi projektiverkostot ja räätälöityjä asiakasratkaisuja tuottavat sovellusverkot. Näillä verkostoilla on usein selkeät päämäärät sekä aikataulut ja niissä on mukana useita toimijoita, mutta ne ovat kuitenkin päähankkijavetoisia. Päämäärinä ovat yleensä perusliiketoiminnan tai asiakastarjooman parannukset. (Möller & Rajala 2008, s. 73.)

Uutta liiketoimintaa luovat verkostot perustuvat tutkimustiedon ja yhteiskunnan muutoksen jäsentämiseen. Näin saadulla tiedolla joko muokataan vanhojen alojen arvojärjestelmiä tai luodaan kokonaan uusia aloja. Tähtäimessä on tulevaisuuteen kohdistuva arvonluonti. (Möller & Rajala 2008, s. 75.)

2.3 Verkostoitumisen hyödyt

Perinteisesti yleisimpiä motiiveja verkostoitumiseen ovat olleet kustannusetujen, liiketoiminnan kasvun tai uusien tuottojen hakeminen. Nykyään yhä useammin tavoitellaan myös osaamisen vahvistamista, kehittämistä, tiedon hankintaa ja oppimista. Hieman yksinkertaistetusti sanottuna halutaan siis parantaa yrityksen kilpailukykyä ja kannattavuutta. (Hakanen et al. 2007, s. 25.)

Hyöty syntyy pääasiassa kolmesta lähteestä: tuotantoyhteistyöstä, logistisesta yhteistyöstä ja tuotekehitysyhteistyöstä. Niiden avulla saadaan aikaan muun muassa kasvua, tehokkuutta ja monia muita etuja. Ne konkretisoituvat päähankkijan lisäksi myös asiakkaiden ja toimittajien osalla esimerkiksi liikevaihdon kasvuna ja parempana kustannustehokkuutena. Tätä on havainnollistettu kuvassa 2. (Hakanen et al. 2007, s. 27.)



Kuva 2. Verkostoitumisen hyötyjen realisoituminen (Hakanen et al. 2007, s. 26).

Verkostoituminen antaa yrityksille paremman mahdollisuuden keskittyä ydinosaamiseensa ja sen kehittämiseen. Ydinosaamiseen kuulumattomat toiminnot voidaan toteuttaa verkostossa, jolloin toiminta hajaantuu usein sekä maantieteellisesti että toiminnallisesti. (Ollus et al. 1998, s. 3.)

2.4 Verkostoitumisen haasteet

Hakasen et al. (2007, s. 5) mukaan eri tutkimusten perusteella 30–70 % verkostoitumishankkeista epäonnistuu. Syyt epäonnistumisiin ovat varsin kirjavat, mutta taustatekijöinä ovat monesti strategiatyön puutteet. Ongelmia aiheuttavat myös monet henkisen puolen asiat. Erityisesti esiin nousevat luottamuksen pettäminen, erilaiset näkemykset yhteisestä ja kunkin omasta hyödystä, epäselvät pelisäännöt, vuorovaikutus ei ole jatkuvaa ja kaikkiin suuntiin tapahtuvaa sekä epätasainen sitoutuminen. (Hakala 2007, s. 28.)

On muistettava, että verkostossa on monta osapuolta, joten yhden kannalta epäonnistunut tulos voi olla toiselle onnistunut. Kaikkien yritysten tavoitteet verkostolle eivät välttämättä ole samat. Ristiriitaiset tavoitteet heikentävät onnistumisen edellytyksiä. (Hakala 2007, s. 28.)

3 TOTAL WELDING MANAGEMENT

Total Welding Management (TWM) on Jack R. Barckhoffin luoma työkalu hitsaustuotannon kokonaisvaltaiseen kehittämiseen ja johtamiseen. TWM:n mukaan hitsaavassa yrityksessä on hitsauksen kannalta neljä kriittistä toimintoa, joilla jokaisella on viisi avainaluetta. Lisäksi TWM esittelee viisi konkreettista toimenpidettä, jotka johtavat parempaan tuottavuuteen ja laatuun. Tällä tavoin muodostuu 4×5×5 eli 100 mahdollisuutta kehittää toimintaa. Analyysin avulla näistä mahdollisuuksista pyritään löytämään ne olennaisimmat, joihin kehitystoimet kannattaa kohdistaa. (Barckhoff 2005, s. 2–24.)

3.1 Viisi konkreettista toimenpidettä

Viisi konkreettista toimenpidettä edustavat käytännössä kaikkien hitsauksen kehitysohjelmien keskeisimpiä tavoitteita. Ne kattavat hitsauksen tuottavuuteen ja laatuun vaikuttavat toimenpiteet. Lopputuloksena tuottamaton aika ja hukka vähenevät, mikä puolestaan johtaa valmistusajan lyhenemiseen. Viisi konkreettista toimenpidettä ovat:

1) Vähennä hitsien määrää ja tilavuutta.
2) Vähennä kaariaikaa.
3) Vähennä korjauksia, hylättyjä kappaleita ja romua.
4) Vähennä työn rasittavuutta.
5) Vähennä turhaa liikettä, siirtelyitä ja odottelua. (Barckhoff 2005, s. 24.)

Seuraavaksi tarkastellaan tarkemmin miten kukin toimenpide parantaa hitsauksen tuottavuutta.

3.1.1 Vähennä hitsien määrää ja tilavuutta

Ylisuuret hitsit hidastavat hitsausnopeutta, koska hitsiainetta on sulatettava enemmän. Hitsin koon vaikutukset eivät rajoitu ainoastaan hitsauksen nopeuteen, vaan ylisuuret hitsit vaikuttavat myös suoraan hitsauksen aiheuttamiin muodonmuutoksiin. Siten ylisuuret hitsit aiheuttavat paljon muita ongelmia, kuten enemmän korjauksia ja hylättyjä kappaleita liian suurten muodonmuutosten takia sekä tarpeen järeämmille hitsauskiinnittimille. Ylisuuret hitsit eivät kuitenkaan aina ole lähtöisin pelkästään suunnittelijan kynästä, vaan myös hitsaajilla on joskus taipumus varmuuden vuoksi hitsata hieman ylisuuria hitsejä. Kyseiset virheet kumpuavat siitä, ettei ymmärretä täysin hitsien mitoitusta ja ylisuurten hitsien

aiheuttaman turhan työn määrää. (Barckhoff 2005, s. 66; Lukkari 1996, s. 11.)

Hyvänä esimerkkinä ylisuurten hitsien vaikutuksesta toimii pienahitsi, koska sen tilavuus on suoraan verrannollinen a-mitan neliöön. Erityisen merkittäväksi a-mitan valinta muodostuu silloin, kun ollaan lähellä sitä rajaa a-mitassa, että joudutaan hitsaamaan yhden palon sijaan kaksi tai jopa kolme palkoa. MIG/MAG-hitsauksessa raja kulkee noin 6 mm:n tienoilla. Käytettäessä kahta palkoa yhden sijaan hitsausaika kasvaa huomattavasti. Taulukosta 2 nähdään, miten nopeasti hitsiainemäärä kasvaa, kun pienahitsin a-mittaa kasvatetaan turhaan suunnittelijan ja hitsaajan toimesta varmuuden vuoksi. (Lukkari 1996, s. 11.)

Taulukko 2. Pienahitsin hitsiainemäärään kasvu, kun a-mittaa kasvatetaan vaaditusta ensin suunnittelijan ja sitten hitsaajan toimesta (Lukkari 1996, s. 11).

	a-mitta	Hitsiainemäärä	Suhteellisesti
Lujuuslaskennalla saatu suunnittelustandardin mukainen a-mitta	4 mm	126 g/m	1
Suunnittelijan varman päälle valitsema a-mitta	5 mm	196 g/m	1,6
Hitsaajan varman päälle hitsaama a-mitta	6 mm	283 g/m	2,3

Pienahitsien tilavuutta voidaan pienentää käyttämällä hyväksi tunkeumaa. Tietyin edellytyksin osa pienahitsin tunkeumasta voidaan ottaa huomioon a-mitassa. Siten ulkoapäin mitattavissa olevan a-mitan ei tarvitse olla niin suuri. Käytännössä vaaditaan mekanisoitua tai automatisoitua hitsausta, koska on voitava osoittaa ennakkoon tehtävillä kokeilla, että vaadittu tunkeuma voidaan saavuttaa jatkuvasti. (Lukkari 1996, s. 11; SFS-EN 1993-1-8, s. 45.)

Hitsien määrää voidaan pienentää käyttämällä hitsausta korvaavia valmistusmenetelmiä. Tällaisia menetelmiä ovat esimerkiksi särmäys ja valaminen. Myös erilaisilla puolivalmisteilla, kuten pursotetuilla profiileilla voidaan vähentää hitsauksen tarvetta. (Ahola 1988, s. 6.)

Tämän konkreettisen toimenpiteen tavoitteena on siis, että turhaa työtä ja hukkaa vähennetään huolehtimalla siitä, että hitsit ovat ainoastaan sen kokoisia, että ne täyttävät niille asetetut vaatimukset. Käytännössä siis suunnittelijoiden pitää välttää ylimitoitusta ja vastaavasti hitsaajien täytyy noudattaa valmistuspiirustusten ja hitsausohjeiden merkintöjä. (Barckhoff 2005, s. 67.)

3.1.2 Vähennä kaariaikaa

Kaariajalla tarkoitetaan sitä aikaa, kun valokaari palaa. Kaariajan vähentäminen on kytköksissä edelliseen toimenpiteeseen eli hitsien tilavuuden vähentämiseen, mutta tässä tapauksessa niitä on järkevä käsitellä erillään toisistaan, koska hitsien tilavuuden vähentäminen on melko riippumaton hitsausprosesseista ja liittyy pääasiassa suunnitteluun. (Barckhoff 2005, s. 67.)

Kun hitsin koko on määritetty asianmukaisesti, niin kaariajan vähentämisessä käytettävät keinot painottuvat hitsausprosessin optimointiin. Käytännössä siis valitaan hitsausprosessi, lisä- ja apuaineet sekä sähköiset hitsausarvot siten, että vaaditun kokoinen hitsi voidaan hitsata mahdollisimman suurella kuljetusnopeudella. Myös liitosten hyvä sijoittelu luoksepäästävyyden ja hitsausasennon optimoimiseksi sekä puhtaat ja riittävällä tarkkuudella valmistetut osat helpottavat kaariajan vähentämisessä. (Barckhoff 2005, s. 67.) Juurituen käytöllä voidaan nopeuttaa huomattavasti pohjapalon hitsausta, koska silloin pystytään käyttämään suurempaa hitsausvirtaa (Welding Handbook 2001, s. 169).

3.1.3 Vähennä korjauksia, hylättyjä kappaleita ja romua

Yleensä kun hitsi, osa tai kokoonpano poikkeaa valmistuspiirustuksissa esitetyistä mitoista ja niille annetuista toleransseista, osia joudutaan korjaamaan tai jos korjaaminen on mahdotonta, ne menevät pahimmassa tapauksessa romuksi. Kaikki korjaukset tai romuksi menneet osat huonontavat tuottavuutta. Joskus on myös kyseenalaista, että onko

korjattujen osien laatu enää samaa tasoa kuin korjaamattomien. (Barckhoff 2005, s. 67.) Hitsin korjaaminen voi maksaa 2–3 kertaa niin paljon, kuin alkuperäisen hitsin tekeminen maksoi. Korjausten ja hylättyjen kappaleiden aiheuttamien suorien työaika- ja materiaalikustannusten lisäksi menetetään myös varastotilaa ja saatetaan jäädä jälkeen aikataulusta. Huonoimmassa tapauksessa vaatimukset täyttämättömiä osia pääsee asiakkaalle asti. (Welding Handbook 2001, s. 522)

Ensimmäinen edellytys sille, että kokoonpano saadaan tehtyä ensimmäisellä kerralla hyväksyttävästi on, että valmistuspiirustukset ovat asianmukaiset. Lisäksi tarvitaan seurantaa sen suhteen, että hitsaajat noudattavat niitä. (Barckhoff 2005, s. 68.) Tärkeää on myös, että hitsattavat osat ovat piirustusten mukaiset ja täyttävät niille annetut toleranssit (Welding Handbook 2001, s. 521).

Tällä toimenpiteellä pyritään kaikkien niiden tilanteiden eliminointiin, jotka tyypillisesti johtavat hylättyihin hitseihin ja kappaleisiin. Tavoitteen täyttyessä korjausten, hylättyjen kappaleiden ja romun aiheuttamista lisäkustannuksista ja tuottamattomasta työstä päästään eroon. (Barckhoff 2005, s. 68.)

3.1.4 Vähennä työn rasittavuutta

Hitsaus on raskasta työtä. Hitsaajat joutuvat usein työskentelemään sellaisissa asennoissa, jotka aiheuttavat staattista kuormitusta eri lihaksiin sekä kuormittavat epätasaisesti selkää ja niveliä. Huomattava osa hitsaajien työperäisistä sairauksista on seurausta samanlaisina toistuvista yksipuolisista asennoista ja liikkeistä. Erityisesti olisi syytä välttää kumaria, kiertyneitä tai staattisia työasentoja ja käden pitämistä hartiatason yläpuolella. (Lukkari 2002, s. 291.)

Lähes kaikkeen ruumiilliseen työhön pätee, että työn rasittavuutta vähennettäessä työntekijöiden tuottavuus paranee ja levon tarve vähenee. Hitsauksen rasittavuuden vähentämisessä tärkeitä keinoja ovat tuotteen ja hitsauskiinnittimien suunnittelu hyvän luoksepäästävyyden antaviksi, oikeanlaisten työvälineiden käyttö, työpisteen turvallinen ja tehokas suunnittelu sekä hitsaajien koulutus tehokkaisiin työtapoihin. Yleensä lopputuloksena hitsaajien työmotivaatio paranee ja asenteet muuttuvat muutenkin

positiivisemmiksi. (Barckhoff 2005, s. 68.)

Työn rasittavuuden vähentäminen johtaa yleensä myös parempaan laatuun, koska hitsaaja käyttää vähemmän energiaa itse työstä selviytymiseen ja voi keskittyä paremmin tuottavaan työskentelyyn. (Barckhoff 2005, s. 68.)

3.1.5 Vähennä turhaa liikettä, siirtelyitä ja odottelua

Kuten muutkin tuotantotyöntekijät myös hitsaajat työskentelevät tehokkaimmillaan, kun heidän liikkeensä ovat optimoituja. Kaikki odotusajat, jotka estävät hitsaajaa työskentelemästä jatkuvasti, huonontavat tuottavuutta. Tällaisia odotusaikoja syntyy esimerkiksi kun työvälineitä hajoaa, osien toimitukset myöhästyvät, hitsaaja joutuu odottamaan nosturia, työohjeet tai valmistuspiirustukset ovat epäselviä, osat eivät sovi kunnolla yhteen tai hitsaaja joutuu odottamaan tarkastusta. Turhaa liikettä hitsaajalle puolestaan aiheuttaa esimerkiksi kiipeily suuren kokoonpanon yli, osien sovittelu kokoonpanoksi ilman hitsauskiinnitintä sekä huono työpistesuunnittelu. Turhaa liikettä ja siirtelyä voidaan vähentää esimerkiksi sijoittamalla tarvittavat osat lähelle hitsaajaa ja käyttämällä kappaleiden pyörittelyyn pyörityspöytiä ja vastapöytäpareja hallinosturin sijaan. (Barckhoff 2005, s. 69.)

Tämän toimenpiteen tarkoituksena on optimoida työtapoja, menetelmiä, hitsausjärjestyksiä, työympäristöä, varusteita ja työvälineitä paremman tuottavuuden saavuttamiseksi. (Barckhoff 2005, s. 69.)

3.2 Neljä kriittistä toimintoa

Neljä kriittistä toimintoa eli rakenteen suunnittelu, tuotannon suunnittelu, hitsaustuotanto ja laadunvarmistus edustavat niitä yrityksen toimintoja, joilla on suurin vaikutus viiden konkreettisen toimenpiteen toteuttamisessa. Kullakin kriittisellä toiminnolla on lisäksi viisi avainaluetta, jotka edustavat kriittisten toimintojen päävastuualueita. (Barckhoff 2005, s. 78.)

3.2.1 Rakenteen suunnittelu

Rakenteen suunnittelussa lyödään lukkoon monia hitsauksen kannalta olennaisia tekijöitä, kuten hitsattavat materiaalit, liitosmuodot, hitsien mitat ja hitsien luoksepäästävyys. Suunnittelu tuottaa myös valmistuspiirustukset, joita tarvitaan muissa kriittisissä toiminnoissa. Rakenteen suunnittelun avainalueet ovat seuraavanlaiset. (Barckhoff 2005, s. 70.)

Materiaalin valinta

Materiaalin valintaa ohjaavat tyypillisesti sellaiset asiat kuten esimerkiksi lujuusvaatimukset ja valmistettavuus. Materiaalivalinnalla voidaan vaikuttaa huomattavasti hitsauksen vaatimiin esi- ja jälkikäsittelyihin. Yleisesti ottaen parhaimmasta päästä hitsattavia materiaaleja ovat seostamattomat rakenneteräkset. (Barckhoff 2005, s. 79.)

Hitsien mitoitus

Kuten jo aiemmin mainittiinkin, hitsin koolla on erittäin suuri merkitys hitsausaikaan. Perinteisesti hitsejä on ylimitoitettu, kun ei ole ollut vielä osaamista ja työvälineitä tarkkaan laskennalliseen mitoitukseen. (Barckhoff 2005, s. 79.)

Liitosmuodon ja railotyypin valinta

Kuten hitsin koolla myös liitostyypillä on suuri merkitys hitsausaikaan ja kustannuksiin. Yleisesti ottaen mitä vähemmän liitos tarvitsee esivalmisteluja, sitä halvempi se on valmistaa. Kuitenkaan aina yksinkertaisten liitosten käyttäminen ei ole mahdollista, mutta niitä tulisi suosia silloin kun pystyy. (Barckhoff 2005, s. 80.) Liitosmuotojen valinnan tärkeys korostuu silloin, kun halutaan käyttää robotisoitua hitsausta. Robotille kaikkein paras liitosmuoto on pienaliitos, kun taas päittäisliitokset ovat vaikeimmasta päästä. (Hiltunen & Purhonen 2008, s. 33.)

Valmistettavuus

Suunnittelijoiden pitää varmistaa, että kaikki hitsi ovat hitsattavissa käytettävissä olevalla kalustolla. Tämä edellyttää muun muassa hitsaajan tai hitsausrobotin polttimen tilantarpeen huomioon ottamista. (Barckhoff 2005, s. 80.)

Hitseille asetetut vaatimukset

Suunnittelu on vastuussa mitoituksen lisäksi myös monista muista hitseille asetetuista vaatimuksista. Tällaisia voivat olla esimerkiksi hitsin jälkikäsittelyyn, ulkonäköön tai muotoon liittyvät vaatimukset. Näissä vaatimuksissa on olennaista, että ne ovat ohjeistettu selkeästi ja kattavasti, jotta vältytään turhalta arvailulta ja hylätyiltä kappaleilta. (Barckhoff 2005, s. 80.)

3.2.2 Tuotannon suunnittelu

Tuotannon suunnittelu on tuotteen suunnittelun ja hitsaustuotannon välinen silta. Se määrittelee valmistuspiirrosten perusteella miten valmistus suoritetaan. Tuotannon suunnittelun avainalueet ovat seuraavanlaiset. (Barckhoff 2005, s. 81)

Hitsausprosessin valinta

Hitsausprosessin valinnassa reunaehdoiksi muodostuvat muun muassa yrityksen laitekanta ja hitsausosaaminen sekä hitsien koko, sijainti ja liitostyyppi. Näistä lähtökohdista on pyrittävä valitsemaan tehokkain ja tarkoituksenmukaisin hitsausprosessi. (Barckhoff 2005, s. 81.)

Hitsaus- ja työohjeet

Kunnollisilla kirjallisilla työohjeilla voidaan nopeuttaa erityisesti kokemattomampien hitsaajien työhönoppimista. Vaativimmille hitseille voi olla tarpeen laatia myös hitsausohjeet (WPS). (Barckhoff 2005, s. 81.)

Laitteiston ja työkalujen valinta

Hitsauslaitteiston, hitsauskiinnittimien ja muiden työkalujen asianmukainen valitseminen on tärkeää. Väärät työvälineet hidastavat työskentelyä ja huonontavat laatua. (Barckhoff 2005, s. 81.)

Menetelmien kehitys

Menetelmien kehitys sisältää yksityiskohtaisen työtapojen, hitsausjärjestyksen ja työkalujen optimoinnin. Työpisteen layout, materiaalivirrat, hitsausjärjestys ja hitsaajan

liikkeet suunnitellaan ensimmäisinä, minkä jälkeen voidaan kehittää työmenetelmiä. Tähän vaiheeseen kuuluu myös hitsausparametrien optimointi. (Barckhoff 2005, s. 82.)

Työpistesuunnittelu

Työpistesuunnittelu yhdistää muut tuotannon suunnittelun avainalueet. Tarkoituksena on määritellä kaikki työpisteeseen tulevat ja työpisteen sisäiset muuttujat sekä varmistaa, että kaikki niistä ovat sellaisissa rajoissa, että vaaditun laadun tuottaminen on mahdollista halutussa ajassa. Hyvä työpistesuunnittelu vähentää työn rasittavuutta. (Barckhoff 2005, s. 82.)

3.2.3 Hitsaustuotanto

Tässä yhteydessä hitsaustuotannosta puhuttaessa tarkoitetaan pääasiassa hitsaustuotannon työnjohtoa. Se on vastuussa tuotteen valmistamiseen liittyvän työn koordinoinnista. Hitsaustuotannon avainalueet ovat seuraavanlaiset. (Barckhoff 2005, s. 82.)

Henkilöstön koulutus ja pätevyydet

Osaavat työntekijät ovat olennainen lähtökohta tehokkaalle hitsaustuotannolle. Uusia työntekijöitä palkattaessa on pidettävä huolta, että hakijoilla on vaadittavat taidot. (Barckhoff 2005, s. 82.)

Materiaalivirrat

Kaikkien työpisteeseen tulevien osien pitää täyttää niille asetetut vaatimukset ja niiden pitää saapua ajallaan. Poikkeamat aiheuttavat aina turhaa työtä ja tuottavuus kärsii. (Barckhoff 2005, s. 83.)

Laitteiston toiminnan tarkkailu

Jotta hitsaaja pystyy tuottamaan tasaista laatua, pitää laitteiston olla kunnossa. Laatupoikkeamien lisäksi huonosti toimiva hitsauslaitteisto aiheuttaa turhaa odottelua, kun se vikaantuu. Seisonta-ajan minimoimiseksi tarvitaan hyvä ennaltaehkäisevä kunnossapitosuunnitelma. (Barckhoff 2005, s. 83.)

Työohjeiden seuranta

On pidettävä huolta, että kaikki hitsaajat noudattavat työ- ja hitsausohjeita. Poikkeaminen niistä voi aiheuttaa turhaa työtä tai laatupoikkeamia (Barckhoff 2005, s. 84.)

Työpisteen ohjaus

Tässä avainalueessa keskitytään työpisteen toiminnan tarkkailuun ja korjaavien toimenpiteiden suunnitteluun, kun huomataan poikkeamia suunnitellusta toiminnasta. (Barckhoff 2005, s. 84.)

3.2.4 Laadunvarmistus

Laadunvarmistus toimii yrityksessä tarkkailevassa roolissa. On olennaista, että laatupoikkeamien kirjaaminen toimii tehokkaasti, jotta niihin voidaan puuttua mahdollisimman ajoissa oikeilla toimenpiteillä. Laadunvarmistuksen avainalueet ovat seuraavanlaiset. (Barckhoff 2005, s. 84.)

Laatupolitiikka

Laatupolitiikka määrittelee muun muassa yrityksen laatutavoitteet, laatuun liittyvät arvot, eri organisaation osien vastuut laadun suhteen ja miten laatuongelmat yleisesti ottaen hoidetaan. Se muodostaa pohjan yrityksen laatujärjestelmälle. Laatupolitiikka pitäisi olla selkeästi ja tiiviisti ilmaistu siten, että kaikki työntekijät pystyvät noudattamaan sitä. (Barckhoff 2005, s. 84.)

Laatustandardit

Yrityksen laatustandardien tulee pohjautua sen laatupolitiikkaan sekä toimialaan liittyviin erityisiin laatuvaatimuksiin. Esimerkiksi paineastioita valmistavan yrityksen laatustandardeihin pitäisi kuulua osana viranomaisten paineastioilta vaatimat testit. (Barckhoff 2005, s. 85.)

Laatutoimenpiteet

Laatutoimenpiteet määrittelevät miten laatustandardeissa esitetyt vaatimukset verifioidaan tarkastuksilla ja tarkkailulla. Lattiatasolla laatutoimenpiteet määrittelevät esimerkiksi, että millä mittalaitteilla tai menetelmillä tuotteen laatu tarkastetaan. Tavoitteena on, että

laaduntarkkailun periaatteet tulevat selväksi jokaiselle työntekijälle. (Barckhoff 2005, s. 85.)

Tarkasta, mittaa, raportoi

Tällä toiminnolla tarkoitetaan varsinaista laatutoimenpiteiden käytännön suorittamista. Esimerkiksi hitsaajat tarkkailevat oman työnsä jälkeä ja raportoivat laatupoikkeamista sekä muista ongelmista työnjohdolle. Näin kerättyjen tietojen ja omien havaintojen pohjalta työnjohto tarvittaessa suunnittelee korjaavia toimenpiteitä. (Barckhoff 2005, s. 86.)

Korjaavat toimenpiteet

Kun hitseissä tai koko rakenteissa havaitaan laatupoikkeamia, on tärkeää, että niiden syy analysoidaan ja suunnitellaan korjaavat toimenpiteet. TWM:ssä korjaavien toimenpiteiden suunnittelu kuuluu asianomaiselle neljästä kriittisestä toiminnosta. (Barckhoff 2005, s. 86.)

3.3 TWM:n soveltaminen käytännössä

TWM otetaan käyttöön kolmivaiheisella prosessilla, josta Barckhoff käyttää nimitystä Metodi. Sen aikana

1) tunnistetaan ja kvantifioidaan kaikki potentiaaliset kehityskohteet, sekä suunnitellaan tarvittavat toimenpiteet niiden hyödyntämiseksi
2) arvioidaan aiemmin esitettyjä kehityskohteita ja muodostetaan suunnitelmat valittujen mahdollisuuksien toteuttamiseksi
3) otetaan suunnitelmat käyttöön ja huolehditaan tulosten pysyvyydestä. (Barckhoff 2005, s. 41.)

3.3.1 Tiedonkeruu

Tässä vaiheessa saadaan vastaus muun muassa kysymyksiin: Millainen on nykyinen hitsauksen laatu ja tuottavuus? Mitkä ovat merkittävimmät kehityskohteet? Kuinka suuria ovat potentiaaliset säästöt? Mitä toimenpiteitä vaaditaan säästöjen saavuttamiseksi? Seuraavaksi käydään läpi systemaattinen prosessi, jolla kerätään tarvittavat tiedot näiden vastausten saamiseksi. (Barckhoff 2005, s. 42.)

Neljä kriittistä toimintoa, viisi avainaluetta ja viisi konkreettista toimenpidettä muodostavat yhdessä yhteensä 100 erilaista yhdistelmää, joista jokainen edustaa potentiaalista parannuskohdetta tuottavuuteen tai laatuun. Ne kaikki on kerätty taulukkoon 3. Tarkoituksena on siis, että jokaisen kriittisen toiminnon avainalueissa tarkastellaan viiden konkreettisen toimenpiteen toteuttamismahdollisuuksia. (Barckhoff 2005, s. 94.)

Taulukko 3. Neljä kriittistä toimintoa, viisi avainaluetta ja viisi konkreettista toimenpidettä järjestettynä yhdeksi taulukoksi.

Avainalueet	Viisi konkreettista toimenpidettä				
	Vähennä hitsien määrää ja tilavuutta	Vähennä kaariaikaa	Vähennä korjauksia, hylättyjä kappaleita ja romua	Vähennä työn rasittavuutta	Vähennä turhaa liikettä, siirtelyä ja odottelua
Tuotteen suunnittelu					
Materiaalin valinta					
Hitsien mitoitus					
Liitosmuodon ja railotyypin valinta					
Valmistettavuus					
Hitseille asetetut vaatimukset					
Tuotannon suunnittelu					
Hitsausprosessin valinta					
Hitsaus- ja työohjeet					
Laitteiston ja työkalujen valinta					
Menetelmien kehitys					
Työpistesuunnittelu					
Hitsaustuotanto					
Henkilöstön koulutus ja pätevyydet					
Materiaalivirrat					
Laitteiston toiminnan tarkkailu					
Työohjeiden seuranta					
Työpisteen ohjaus					
Laadunvarmistus					
Laatupolitiikka					
Laatustandardit					
Laatutoimenpiteet					
Tarkasta, mittaa, raportoi					
Korjaavat toimenpiteet					

Yleensä paras tapa arvioida hitsaukseen liittyviä potentiaalisia kehityskohtia on seurata sivusta eri tuotteiden hitsausta. Työpisteessä työtä tarkkailtaessa voi pohtia esimerkiksi hitsaustuotannon viittä avainaluetta seuraavalla tavalla:

1) Henkilöstön koulutus ja pätevyydet. Vaikuttaako hitsaaja pätevältä tekemäänsä työhön? Jos ei, niin miten se vaikuttaa viiteen konkreettiseen toimenpiteeseen? Kuinka suuri parannus voitaisiin saavuttaa koulutuksella?
2) Materiaalivirrat. Ovatko kaikki osat saatavissa silloin kun niitä tarvitaan? Jos ei, niin miten paljon aikaa menetetään? Missä on mahdollista parantaa?
3) Laitteiston toiminnan tarkkailu. Toimiiko hitsauslaitteisto oikealla tavalla? Kuinka paljon menetetään aikaa laiterikoista tai huonosta toiminnasta?
4) Työohjeiden seuranta. Mitä ohjeita kyseiseen työhön liittyen on olemassa? Noudattaako hitsaaja ohjeita? Jos ei, niin miten se vaikuttaa viiteen konkreettiseen toimenpiteeseen?
5) Työpisteen ohjaus. Tarkkaillaanko työpisteessä valmistettujen tuotteiden määrää ja niiden laatua? Onko olemassa työpistesuunnitelmaa?

Samanlainen prosessi käydään läpi muidenkin kriittisten toimintojen kohdalla. Lopuksi voidaan kerätä yhteen kaikki kehitysmahdollisuudet ja tehdä arviot niillä saavutettavista säästöistä. (Barckhoff 2005, s. 96.)

Varsinaisen hitsauksen seuraamisen lisäksi kannattaa sitä ennen perehtyä olemassa oleviin valmistuspiirustuksiin, laatustandardeihin, hitsaus- ja työohjeisiin, yleiseen dokumentaatioon sekä toimintatapoihin. Näin saadaan arvokasta taustatietoa, joka auttaa havaintojen tekemisessä hitsausta tarkkailtaessa. Muutamia yleisiä asioita, joihin kannattaa perehtyä ennen hitsauksen tarkkailua ovat:

1) Mitä materiaaleja, kokoja ja ainevahvuuksia käytetään yleensä? Näin saadaan yleiskuva siitä, että millaisia hitsausprosesseja ja lisäaineita pitäisi käyttää.
2) Kuinka hitsien liitostyypit, koot ja pituudet on määritetty? Se on tuotteen suunnittelijoiden vastuulla ja mitoituksen pitäisi perustua rakenteelle asetettuihin vaatimuksiin. Tarkoituksena on saada kuva suunnittelijoiden hitsaustietämyksestä ja mitoitusperusteista.
3) Onko tällä hetkellä mitään merkittäviä ongelmia hitsauksessa, tuottavuudessa tai laadussa? Onko usein tarvetta korjata huonosti hitsattuja kappaleita? Onko

nähtävissä paljon hiomista ja vasarointia? Kuinka suuri on paloaikasuhde? Näiden tietojen pohjalta on helpompi kiinnittää huomiota tiettyihin ongelmiin.

4) Miten yleisesti ottaen eri hitsaustoimintoja ohjataan? Raportoidaanko johdolle säännöllisesti laadun ja tuottavuuden tasosta?
5) Mikä on laadunvarmistuksen rooli hitsauksessa?

Näiden taustatietojen avulla on helpompi kiinnittää huomiota merkityksellisiin asioihin, kun on aika tarkkailla hitsausta. (Barckhoff 2005, s. 97.)

Edellä mainitut tiedot pystyy yleensä keräämään parhaiten keskustelemalla neljän kriittisen toiminnon esimiesten ja muutamien alaisten kanssa sekä käymällä läpi tyypillisiä valmistuspiirustuksia, työohjeita ja laatustandardeja. Alustavan selvityksen aikana on hyvä myös keskustella muutamien työnjohtajien ja hitsaajien kanssa. (Barckhoff 2005, s. 98.)

Kun edellä kuvailtu alustava selvitys on tehty, on aika siirtyä tarkkailemaan hitsausta. Tavoitteena on selvittää merkittävimmät kehityskohteet taulukosta 3 ja kerätä myös arviot säästöjen suuruudesta kunkin niiden osalta. Yksityiskohtaisempi tieto eri kehityskohteista kerätään raportiksi, josta käy ilmi myös tarvittavat toimenpiteet säästöjen saavuttamiseksi. Näiden tietojen pohjalta voidaan siirtyä seuraavaan vaiheeseen eli toteutuksen suunnitteluun ja tavoitteiden asettamiseen. (Barckhoff 2005, s. 99.)

3.3.2 Toteutuksen suunnittelu ja tavoitteiden asettaminen

Tämä vaiheessa painottuu johdon työpanos. Vastauksia etsitään sellaisiin kysymyksiin kuten: Mistä muutoksista aloitetaan? Millainen on toteutussuunnitelma? Kenelle kuuluu vastuu mistäkin toimenpiteestä? Mitä resursseja vaaditaan? Miten kauan koko prosessi kestää? Missä vaiheessa tuloksia alkaa näkyä? (Barckhoff 2005, s. 42.)

Alussa käydään läpi edellisessä vaiheessa kerätty informaatio. Sen pohjalta valitaan tavoitteet ja niiden toteuttamiseen tähtäävät projektit. Tässä vaiheessa on tärkeä arvioida kunkin projektin vaatimat resurssit ja tarkastaa niiden saatavuus. Kun projektit on saatu valittua, niille pitää suunnitella aikataulu ja nimetä projektipäällikkö, joka varmistaa projektien ja resurssien koordinoinnin. Tavoitteena on, että saadaan kokoon suunnitelma toimenpiteistä, resursseista ja vastuuhenkilöistä sekä aikataulusta. Tältä pohjalta voidaan

siirtyä seuraavaan vaiheeseen. (Barckhoff 2005, s. 123.)

3.3.3 Käyttöönotto ja ylläpito

Tämän vaiheen tarkoituksena on totutella käyttämään TWM:n johtamistyökaluja. Tarkoituksena on myös saada käyntiin jatkuvia prosesseja, joilla ylläpidetään ja parannetaan saavutettua laatua ja tuottavuutta. Ensimmäisenä toimenpiteenä on neljän kriittisen toiminnon esimiesten koulutus TWM:n periaatteisiin. Tämän koulutuksen hoitaa yleensä ulkopuolinen TWM-asiantuntija. Koulutuksen jälkeen neljän kriittisen toiminnon esimiehet ymmärtävät TWM:n konseptin ja periaatteet sekä osaavat soveltaa niitä omissa projekteissaan. Saavutettujen tulosten ylläpito vaatii jatkuvaa seurantaa. Tulosten huonotessa suunnitellaan ja toteutetaan asianmukaiset korjaavat toimenpiteet. (Barckhoff 2005, s. 138.)

4 TWM:N SOVELTAMINEN VERKOSTOITUNEESSA TOIMINNASSA

TWM:n soveltamisessa verkostoituneeseen toimintaan olennaista on miten hitsaus ja tuotteen suunnittelu jakautuvat päähankkijan ja muun verkoston kesken. TWM:ssä lähtökohtana on tilanne, jossa sekä hitsaus että suunnittelu ovat yhden ja saman yrityksen vastuulla. Se on toki ymmärrettävää, koska TWM:n juuret ovat 60-luvun puolivälin Yhdysvalloissa. Nykyään on kuitenkin varsin yleistä, että hitsausta kuten myös muuta valmistusta on ulkoistettu.

4.1 Kriittiset toiminnot verkostossa

Suunnittelun ja hitsauksen jakautuminen päähankkijan ja verkoston kesken voidaan jaotella muutamiin pääluokkiin taulukon 4 mukaisesti. Ensimmäisenä on solun 1-1 tilanne, jossa päähankkija itse tekee kaiken suunnittelun ja hitsauksen, mikä vastaa tilannetta, jossa TWM:ää yleensä käytetään. Seuraavaksi on solun 1-2 tapaus, jossa päähankkija vastaa suunnittelusta sekä osasta hitsausta ja osa hitsauksesta tehdään myös verkostossa. Tätä voidaan pitää tietyssä määrin tyypillisenä tapauksena verkostoituneesta hitsaustuotannosta. Käytännössä tällaisessa tilanteessa päähankkija voi vastata esimerkiksi loppukokoonpanon hitsauksesta, jota varten verkoston muut jäsenet valmistavat alihitsauskokoonpanot. Solun 1-3 tilanteessa hitsauksen ulkoistaminen on viety askeleen pidemmälle, jolloin kaikki hitsaus tehdään verkostossa ja ainoastaan tuotteen suunnittelu on päähankkijan vastuulla. Tämä tapaus on siltä kannalta olennainen, että tämän työn käytännön osuudessa käsiteltävä tuote kuuluu juuri tähän luokkaan. Edellisten rinnalla tärkeä tapaus on myös 3-3, jossa sekä suunnittelu että hitsaus tapahtuvat kokonaan verkostossa.

Taulukko 4. Suunnittelun ja hitsauksen ulkoistuksen eri asteet.

	Hitsauksen ulkoistuksen aste			
Suunnittelun ulkoistuksen aste		Päähankkija tekee kaiken	Osittain verkostossa	Kokonaan verkostossa
	Päähankkija tekee kaiken	1-1	1-2	1-3
	Osittain verkostossa	2-1	2-2	2-3
	Kokonaan verkostossa	3-1	3-2	3-3

Edellä esitettyä jaottelua voidaan soveltaa koko yrityksen tuotepalettiin, mutta sen avulla voidaan myös tarkastella yksittäisiä tuotteita tai niiden osia. Tällaiselle käsittelylle tulee tarvetta, kun yrityksen kaikissa hitsatuissa tuotteissa ei toteuteta samaa toimintamallia.

Kun aletaan pohtia TWM:n soveltamista verkostoituneeseen toimintaan, on siis mahdollista törmätä useisiin toisistaan poikkeaviin tilanteisiin, kun kriittiset toiminnot ovat jakaantuneet eri tavoin taulukon 4 mukaisesti. Siinä voidaan hieman yksinkertaistetusti ajatella, että kriittisistä toiminnoista tuotannon suunnittelu, hitsaustuotanto ja laadunvarmistus ovat siellä, missä hitsaus suoritetaan. Toki esimerkiksi laadunvarmistusta tehdään muuallakin, kuin pelkästään hitsaavassa yrityksessä, mutta nimenomaan hitsauksen laadunvarmistus on kuitenkin ensisijaisesti sen vastuulla.

4.2 Eri tapaukset TWM:n kannalta

Yksinkertaisimmat tapaukset ovat ne, joissa suunnittelu ja hitsaus tapahtuvat samassa yrityksessä, koska ne vastaavat tilannetta, jossa TWM:ää normaalisti käytetään. Tällaisia ovat siis tapaus 1-1, jossa molemmista vastaa päähankkija ja tapaus 3-3, jos suunnittelu ja hitsaus ovat ulkoistettu samaan yritykseen, Sen sijaan kaikkia muita tilanteita ei ole TWM:ssä ennakoitu. Niissä ongelmaksi muodostuu se, että miten TWM:ää pitäisi tarkalleen ottaen soveltaa.

Lähtökohtana on ottaa huomioon, että TWM:stä voidaan erottaa selkeästi kaksi pääasiallista tapaa, jolla parannuksia voidaan tehdä: joko tehdään muutoksia tuotteeseen tai sitten muutetaan sitä miten hitsaustyö tehdään. Siten ensimmäinen vaihtoehto TWM:n soveltamisessa verkostoituneeseen toimintaan on pelkästään asianmukaisen osuuden implementointi oman yrityksen toimintaan. Esimerkiksi jos päähankkija tekee pelkän tuotesuunnittelun, eikä ollenkaan hitsausta, niin se voisi periaatteessa poimia TWM:stä ne osat, jotka voidaan toteuttaa pelkän tuotesuunnittelun keinoin. Vastaavasti pelkkää hitsausta tekevä järjestelmätoimittaja pystyisi implementoimaan ne osat, jotka eivät liity tuotesuunnitteluun. Edellisessä tapauksessa on kuitenkin selvää, että TWM:n implementointi tuotesuunnitteluun vaatisi lisäksi tiedonkeruuta hitsaustyön suorittamisesta. Samalla todennäköisesti nousisi esiin seikkoja, joita voitaisiin käyttää TWM:n implementointiin myös hitsaavassa yrityksessä. Näin ollen TWM:n implementointi pelkästään yhdelle osapuolelle on hieman haaskausta ja myös vastoin verkostoitumisen tavoitetta molempia osapuolia kehittävästä toiminnasta. Siksi järkevämpi vaihtoehto on ottaa implementoinnissa mukaan sekä suunnittelusta että hitsauksesta vastaavat yritykset.

Tarkastellaan taas vuorostaan tilannetta, jossa päähankkija tekee suunnittelun sekä osan hitsauksesta ja osa hitsauksesta tehdään verkostossa. Tässä tapauksessa on mahdollista implementoida TWM kokonaisuudessaan päähankkijan toimintaan. Riippuu verkoston osuudesta hitsaustuotannosta ja hitsattavien rakenteiden monimutkaisuudesta, että kannattaako TWM:ää implementoida myös verkoston muihin yrityksiin. Jos verkoston osuus hitsaustuotannosta on vähäinen tai hitsattavat rakenteet yksinkertaisia, niin potentiaaliset hyödyt voivat olla pienet.

Tarkastellaan tilanteita, joissa myös suunnittelua on ulkoistettu eli soluja 2-1, 2-2 ja 2-3. Vaikka yrityksen koko tuotepaletin mittakaavassa vain osa suunnittelusta olisi ulkoistettu, yksittäiset hitsauskokoonpanot ovat lähes aina joko kokonaan omaa tai ulkopuolista suunnittelua, eikä niissä esiinny varsinaisia välimuotoja. Siten edellä mainitut tilanteet lähes aina palautuvat muiksi tapauksiksi. Lisäksi yleensä tuotesuunnittelu on päähankkijoiden ydinosaamista, joten on melko epätodennäköistä, että päähankkija ulkoistaa suunnittelun, mutta ei hitsausta.

4.3 TWM:n implementoinnin vaiheet verkostossa

Periaatteessa verkostoissa päähankkija on se, joka koordinoi verkoston kehitystä. Siten olisi luonnollista, että päähankkija olisi vetovastuussa myös TWM:n implementoinnissa. Kuitenkin vastuuta on myös muillakin mukana olevilla verkoston yrityksillä, koska niiden panosta tarvitaan jokaisessa Metodin kolmessa vaiheessa.

4.3.1 Tiedonkeruu

Verkostoituminen tuo omat haasteensa tiedonkeruun toteuttamiseen. Verkoston eri yritykset voivat sijaita kaukana toisistaan, jolloin maantieteellinen etäisyys voi hankaloittaa tiedonkeruuta, kun pitäisi päästä seuraamaan käytännössä hitsaustyötä. Keskimäärin hitsauksen tarkkailuun kannattaisi varata aikaa Barckhoffin (2005, s. 99) mukaan 2–3 hengelle 6–12 työpäivää. Mikään este ei välimatka kuitenkaan ole.

Tiedonkeruun aikana voi myös tulla tarve saada tietoja, joita verkoston yritykset eivät välttämättä ole halukkaita jakamaan keskenään. Tällaisten tilanteiden todennäköisyys riippuu pitkälti siitä, että kuinka tiivis yhteistyösuhde yritysten välillä on.

4.3.2 Toteutuksen suunnittelu ja tavoitteiden asettaminen

Suunniteltaessa käytännön toimenpiteitä yhdeksi haasteeksi muodostuu todennäköisesti yritysten erilainen halukkuus käyttää resurssejaan. Siitä pitkälti riippuu, että mitä kehitysmahdollisuuksia aletaan lopulta toteuttaa käytännössä. Tällaisissa tilanteissa on tärkeää pystyä osoittamaan parannusten tarjoama molemminpuolinen hyöty.

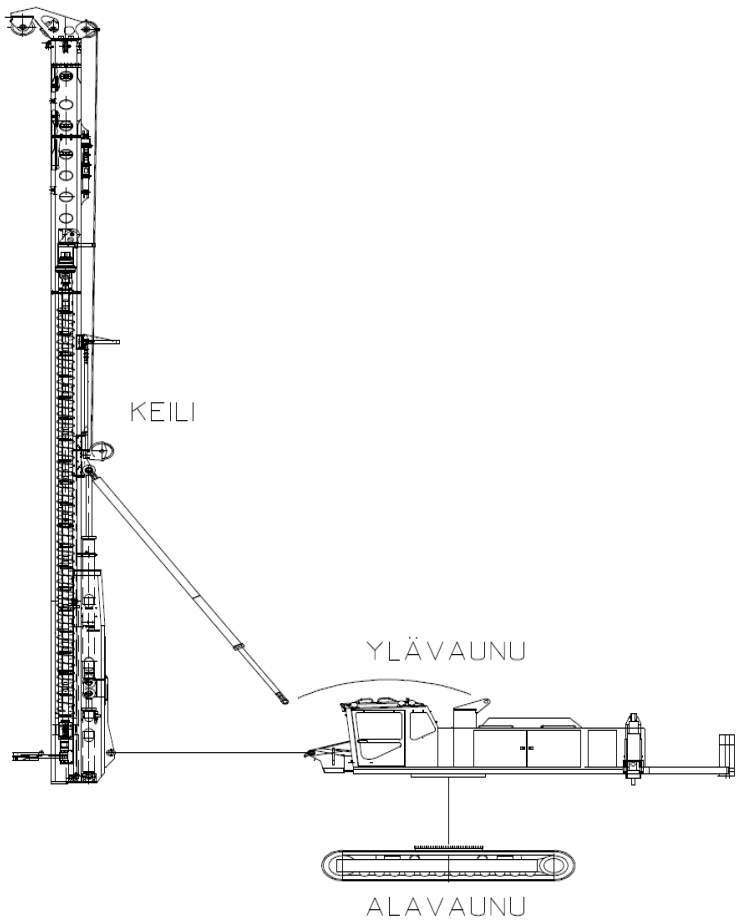
4.3.3 Käyttöönotto ja ylläpito

TWM:n käyttöönotossa korostuu kunkin yrityksen oma vastuu kehitystoimenpiteiden toteuttamisessa. Toisaalta jo verkostokumppaneiden valinnassa on tällaiseen kyvykkyyteen kannattanut kiinnittää huomiota. Jos valinta on tehty hyvin, koko prosessista selvitään suuremmalla todennäköisyydellä helpommin.

5 TWM:N SOVELTAMINEN JUNTTANIN JA KOMASIN TOIMINNASSA

Työssä käsitellään esimerkkituotteena Junttanin lyöntipaalutuskoneen ylävaunun runkoa. Se on paalutuskoneen monimutkaisin hitsattu teräsrakenne ja sen osuus koko koneen hinnasta on merkittävä, joten se soveltuu erinomaisesti tähän työhön. Seuraavaksi esitellään hieman lyöntipaalutuskoneen rakennetta ja toimintaa, minkä jälkeen keskitytään tarkemmin käymään läpi ylävaunun runkoa.

Kuvassa 3 on esitetty Junttanin paalutuskoneen pääosat: alavaunu, ylävaunu ja keili. Alavaunu sisältää telaston, jolla konetta liikutellaan. Ylävaunussa ovat koneen toiminnan kannalta monet olennaisimmat osat kuten moottori, ohjaamo ja hydraulitila. Keiliin kiinnitetään työmenetelmästä riippuva toimilaite, jolla paalutus suoritetaan. Lyöntipaalutuksen tapauksessa tämä toimilaite on nimeltään järkäle, jolla terästä, puuta tai betonia oleva paalu lyödään maahan.



Kuva 3. Junttanin paalutuskoneen pääosat: alavaunu, ylävaunu ja keili.

Junttanilla on useita lyöntipaalutuskonemalleja. Ne voidaan jakaa perinnemalleihin ja nykytuotteisiin. Perinnemalleja ovat esimerkiksi PM25HLC ja PM20LC. Nykytuotteita puolestaan ovat esimerkiksi PMx22, PMx24 ja PM25H. Kuvassa 4 on esitetty Junttanin PMx20 lyöntipaalutuskone, joka on X-sarjan pienin konemalli.

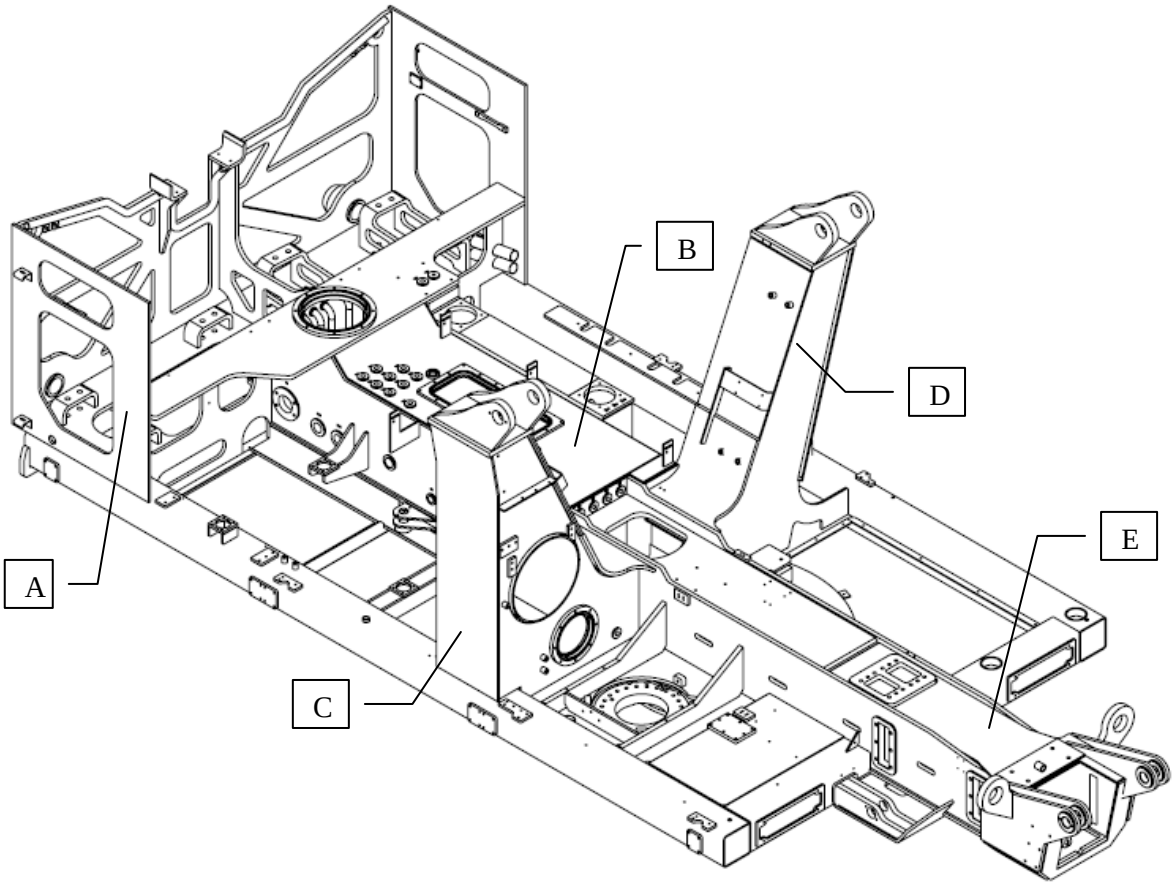
Kuva 4. Junttanin PMx20-lyöntipaalutuskone.

5.1 Esimerkkituotteen kuvaus

Tässä työssä käsitellään esimerkkituotteena ylävaunun runkoa, jota käytetään lyöntipaalutuskonemalleissa PMx22, PMx24 ja PMx25. Koko X-sarjan ylävaunun runkojen suunnittelussa onkin pyritty minimoimaan erilaisten runkovariaatioiden lukumäärä, koska perinnemalleissa lähes jokaisella konemallilla on oma ylävaunun runkonsa. Esimerkiksi malleilla PM25H ja PM25LC on erilaiset rungot. X-sarjan lyöntipaalutuskoneissa on yhteensä enää kaksi erilaista ylävaunun runkoa, joilla voidaan valmistaa neljä erilaista konemallia.

Ylävaunun rungon päälle kasataan suurin osa paalutuskoneen komponenteista. Näin ollen sillä on tärkeä tehtävä koko paalutuskoneen toiminnassa. Lisäksi ylävaunun rungon täytyy kestää erittäin suuria rasituksia, joita syntyy käytön eri vaiheissa. Kyseessä ei kuitenkaan ole kovinkaan painokriittinen rakenne. Yksi runkoon liittyvä erityispiirre on, että osa rungon rakenteista toimii polttoaine- ja öljysäiliöinä, mikä asettaa tiettyjä vaatimuksia valmistukseen liittyen.

Kuvassa 5 on esitetty PMx22:n ylävaunun runko. Se koostuu viidestä suuremmasta alihitsauskokoonpanosta, jotka ovat keskirunko, oikea ja vasen kynkkä, vinssitila ja vaakapuomin ulkoputki. Ne voidaan valmistaa erillään toisistaan riippumatta ja sen jälkeen yhdistää. Tämän jälkeen täytyy vielä lisätä varustelu- ja muita osia. Runko on Junttanin suunnittelema ja se valmistetaan Komasin Kuopion toimipisteessä. Runkoon tarvittavat leikkeet ja muut osat Komas teettää pääasiallisesti alihankintana. Komas tekee kokonaan rungon hitsauksen ja koneistuksen.



Kuva 5. PMx22:n ylävaunun runko. Ylävaunun runko koostuu vinssitilasta (A), keskirungosta (B), oikeasta kynkästä (C), vasemmasta kynkästä (D) ja vaakapuomin ulkoputkesta (E).

Osa rungosta toimii nestesäiliönä. Oikea ja vasen kynkkä toimivat polttoainesäiliöinä ja osa keskirunkoa toimii hydrauliöljysäiliönä. Näihin osiin liittyviltä hitseiltä vaaditaankin kaasu- ja nestetiiveys, mikä testataan rungon hitsauksen loppupuolella koeponnistamalla säiliöt. Näiltä kaikilta osilta vaaditaan myös mahdollisimman hyvää puhtautta, joten esimerkiksi kynkät hiekkapuhalletaan sisältä ennen niiden liittämistä runkoon.

Rungolla on painoa ilman hitsejä noin 7100 kg. Yhteen runkoon kuluvan lisäaineen massa on noin 117 kg. Hitsausprosessina on käytössä MAG-täytelankahitsaus. Rungossa on osia yli 250 kappaletta. Materiaalina rungossa on pääasiassa S355 ja pieni määrä osista on S235-rakenneterästä. Rungon kokoonpanoon ja hitsaukseen kuluu aikaa yhteensä 350–400 tuntia. Ainevahvuudet ovat pääasiassa väliltä 8–25 mm ja hitsien a-mitat puolestaan ovat väliltä 3–12 mm. Kokonaisuudessaan kyseessä on siis melko suuritöinen rakenne.

Eri alihitsauskokoonpanojen lisäainemäärät on esitetty taulukossa 5. Lisäainemäärien jakautuminen eri alikokoonpanojen ja työvaiheiden kesken on laskettu siten, kuin ne on esitetty piirustuksissa, eikä jakauma siten vastaa täysin todellista työjärjestystä. Taulukosta nähdään, että vinssitila, kynkät, vaakapuomin ulkoputki ja keskirunko muodostavat yhteensä 62,3 % koko rungon lisäainemäärästä. Kun otetaan huomioon, että ne kaikki voidaan hitsata suurimmaksi osaksi toisistaan riippumatta, on melko selvää, että niiden rinnakkaisella valmistuksella voitaisiin periaatteessa lyhentää ylävaunun rungon läpimenoaikaa melko huomattavasti nykyisestä pääosin sarjamuotoisesta valmistuksesta, jossa rungon parissa työskentelee kerralla pääasiallisesti kaksi hitsaajaa. Edellytyksenä olisi kuitenkin, että työpisteitä ja hitsaajia olisi riittävästi käytettävissä tai että osakokoonpanoja tehtäisiin varastoon.

Taulukko 5. Eri alihitsauskokoonpanojen ja kokoamisvaiheiden lisäainemäärät.

Alikokoonpano	Lisäainemäärä [kg]	Osuus [%]
Vinssitila	18,5	15,7
Vasen kynkkä	10,2	8,7
Oikea kynkkä	12,4	10,6
Vaakapuomin ulkoputki	11,8	10,0
Keskirunko	20,3	17,3
Vinssitilan, kynkkien ja vaakapuomin ulkoputken liittäminen keskirunkoon	16,3	13,9
Paluuöljysäiliön, pystyynnostosylinterien korvakkeiden, moottorin alustan, kääntökehän kiinnitysrenkaan, yms. kokoonpano ja kiinnitys runkoon	23,9	20,3
Lopullinen varusteluhitsaus	4,1	3,5
Yhteensä	117,5	100

Koska kyseessä on ulkokäyttöön tarkoitettu työkone, käytännössä kaikki hitsit joudutaan hitsaamaan kokonaan osien ympäri. Syynä on se, että veden päästessä mahdollisista hitsien raoista teräspintojen väliin se lopulta valuu ruostevetenä ulos.

Rungon suunnittelussa on käytetty pohjana pitkälti vanhemman mallin runkoja, joita on kevyesti muokattu. Siten rungon rakenteessa vaikuttaa vieläkin 90-luvulta lähtien muotoutuneet piirteet. Se lähtökohta vaikuttaa myös hitsien mitoituksessa, joka on alkuaikoina ollut pitkälti kokemusperäistä.

5.2 Rungon tarkastelu TWM:n mukaisesti

Tässä luvussa on esitetty ylävaunun runkoon ja sen valmistukseen liittyviä kehityskohteita. Jokaisesta kehityskohteesta listataan TWM:n tarjoaman kaavan mukaisesti mihin kriittiseen toimintoon, avainalueeseen ja konkreettiseen toimenpiteeseen kehityskohde liittyy sekä kehityskohteeseen liittyvät havainnot, ehdotettu ratkaisu ja potentiaalisen säästön suuruus. Taulukossa 6 on esitetty kehityskohteiden sijoittuminen eri kriittisten toimintojen, avainalueiden ja konkreettisten toimenpiteiden kesken.

Kehityskohteita valittiin muutamilla eri perusteilla. Osa oli sellaisia, mitä suunnittelijat, hitsaajat tai työnjohtajat pitivät ongelmina. Suurin osa kehityskohteista havaittiin seuraamalla rungon valmistusta ja tarkastelemalla rakennetta käytännössä. Loput kehityskohteet löydettiin tarkastelemalla rungon valmistuspiirustuksia yksityiskohtaisesti sekä hitsaajan että suunnittelijan näkökulmasta.

Taulukko 6. Eri kehityskohteet sijoitettuna taulukkoon, jonka muodostavat neljä kriittistä toimintoa, viisi avainaluetta ja viisi konkreettista toimenpidettä. Kehityskohteet on merkitty niitä käsittelevillä tekstin luvuilla.

Avainalueet	Viisi konkreettista toimenpidettä				
	Vähennä hitsien määrää ja tilavuutta	Vähennä kaariaikaa	Vähennä korjauksia, hylättyjä kappaleita ja romua	Vähennä työn rasittavuutta	Vähennä turhaa liikettä, siirtelyä ja odottelua
Tuotteen suunnittelu					
Materiaalin valinta					
Hitsien mitoitus	5.2.8 5.2.12				
Liitosmuodon ja railotyypin valinta	5.2.9 5.2.11 5.2.14 5.2.15		5.2.4 5.2.16		
Valmistettavuus			5.2.5 5.2.6 5.2.7		
Hitseille asetetut vaatimukset					5.2.1
Tuotannon suunnittelu					
Hitsausprosessin valinta					
Hitsaus- ja työohjeet			5.2.7 5.2.10		
Laitteiston ja työkalujen valinta				5.2.17 5.2.18	
Menetelmien kehitys					
Työpistesuunnittelu				5.2.13	
Hitsaustuotanto					
Henkilöstön koulutus ja pätevyydet					
Materiaalivirrat			5.2.3		
Laitteiston toiminnan tarkkailu					
Työohjeiden seuranta	5.2.2		5.2.7		
Työpisteen ohjaus					
Laadunvarmistus					
Laatupolitiikka					
Laatustandardit					
Laatutoimenpiteet					
Tarkasta, mittaa, raportoi					
Korjaavat toimenpiteet					

5.2.1 Valmistuspiirustukset

Kriittinen toiminto: Tuotteen suunnittelu

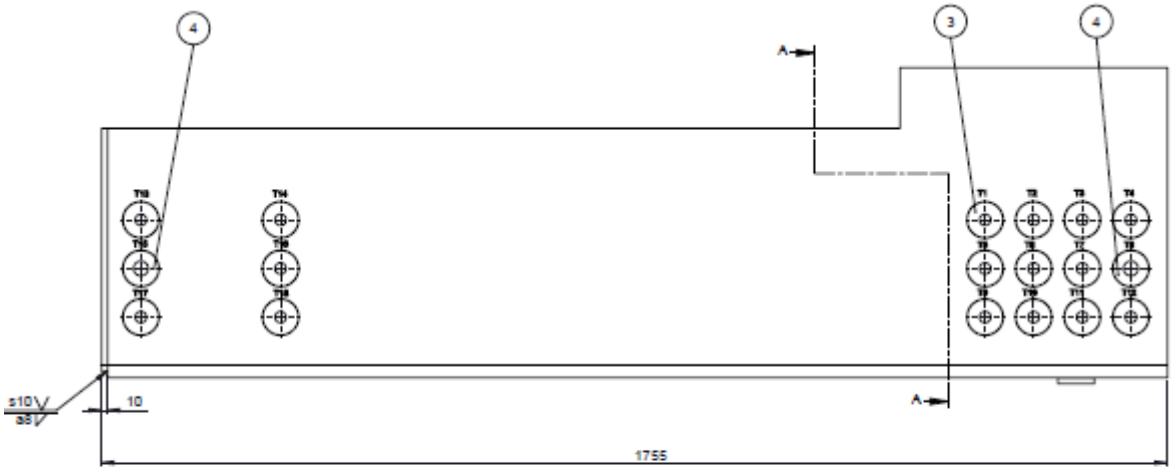
Avainalue: Hitseille asetetut vaatimukset

Konkreettinen toimenpide: Vähennä turhaa liikettä, siirtelyä ja odottelua

Havainnot

Kuten jo aiemmin mainittiin, ylävaunun runko koostuu yli 250 osasta. Niistä suuri osa on uniikkeja eli niillä on oma valmistuspiirustuksensa. Tähän tulee vielä päälle eri osakokoonpanojen hitsaus- ja koneistuspiirustukset. Näin ollen tarvittavia piirustuksia kertyy melkoinen pino. PDM-järjestelmässä tämä ei aiheuta ongelmia, koska hierarkkisesta tuoterakenteesta löytyy tarvittavat piirustukset melko vaivattomasti. Kun piirustukset tulostetaan paperille ja laitetaan kansioon, niin silloin tehtävä muuttuu hankalammaksi.

Yksi ongelma liittyy siihen, että missä piirustuksessa pitäisi mikäkin tieto esittää. Otetaan esimerkiksi keskirungon kyljessä oleva paluuöljysäiliö (kuva 6). Sen kyljessä on useita kierreholkkeja, joista 3 on yhtä mallia ja 16 toista mallia. Piirustuksen osaluettelossa ainoa kierreholkit toisistaan erottava tieto on valmistuspiirustuksen numero. Hitsaajan tulee kuitenkin tietää paluuöljysäiliötä kootessaan millaisia kierreholkit ovat eli käytännössä sisäpuolisen kierteen koko ja tyyppi. Tämän tiedon saadakseen hän joutuu siis etsimään yksittäisten kierreholkkien valmistuspiirustukset ja tarkastamaan tiedot niistä. Vastaavanlaisia kohtia löytyy muun muassa kynkistä.



4	2001036	Kierreholkki	Ø60 L=40	S355K2G3	EN 10025	3
3	2001012	Kierreholkki	Ø60 L=40	S355K2G3	EN 10025	16
2	2001128	Päätylevy	PL10 220x400	S355K2G3	EN 10029	1
1	2001127	Kylklevy	PL10 722.5x1745	S355K2G3	EN 10029	1
Osa	**Number**	**Description**	**Mitat**	**Materiaali**	**Standardi**	**Lkm**

Kuva 6. Osa keskirungon kyljessä olevan paluuöljysäiliön valmistuspiirustusta ja osaluetteloa. Kierreholkkeja on kahta erilaista mallia, mutta niistä ainoa tarkempi tieto on valmistuspiirustuksen numero.

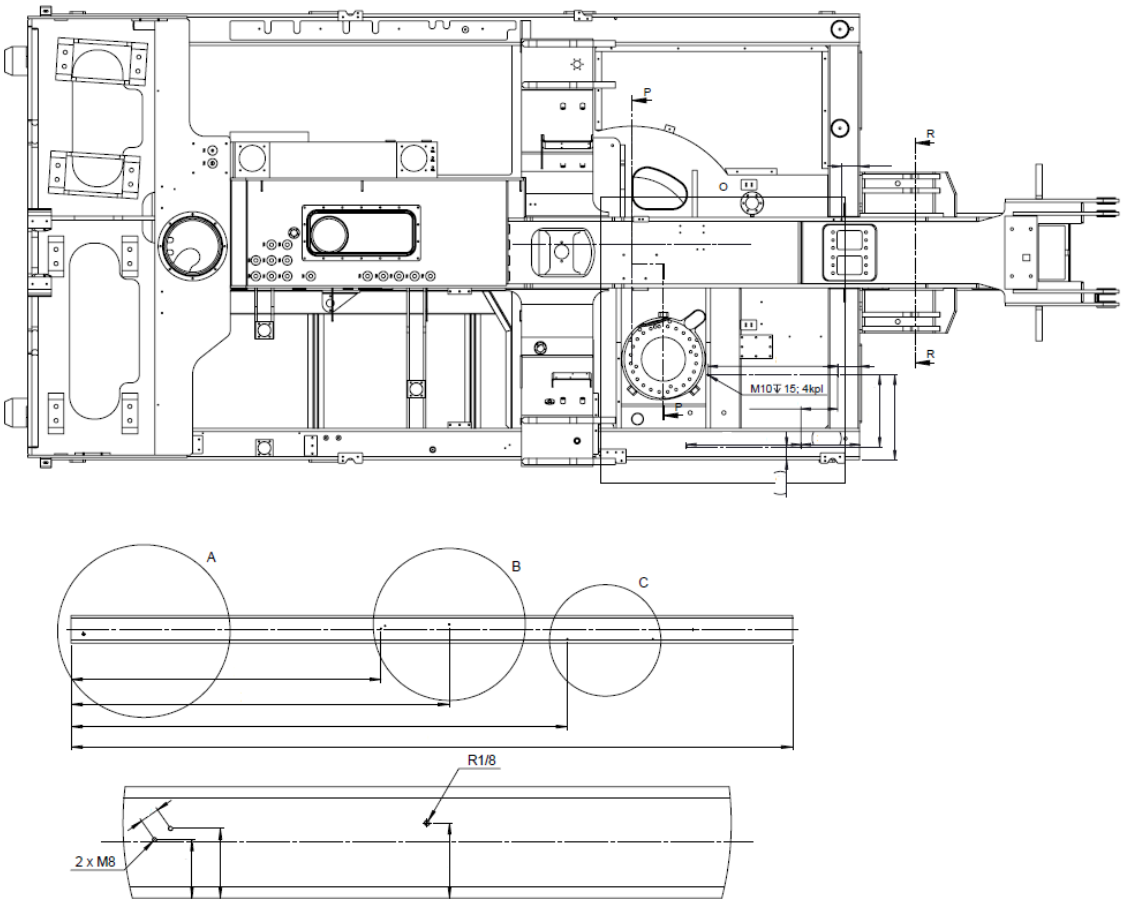
Ratkaisu

Piirustuksiin pystyy liittämään useita erilaisia osaluetteloita. Yhdessä vaihtoehdossa on näkyvissä osille myös Nimitys 2 -kenttä. Kyseisen kentän täyttämiseen on vuosien saatossa ollut erilaisia ohjeita ja käytäntöjä. Kierreholkkien kohdalla sitä voisi käyttää kierteen tyypin ja koon merkitsemiseen. Näin tarvittavan kierreholkin pystyisi tunnistamaan suoraan kokoonpanopiirustuksesta, eikä olisi tarvetta enää katsoa sitä kierreholkin valmistuspiirustuksesta. Tähän ehdotukseen liittyy myös huonoja puolia. Ensinnäkin se lisää tarvetta julkaista uusia revisioita kokoonpanopiirustuksista. Nykyään jos osan valmistuspiirustuksen muutos ei aiheuta näkyviä muutoksia kokoonpanopiirustukseen, ainoastaan muutetun osan valmistuspiirustuksesta julkaistaan uusi revisio ja kokoonpanopiirustus jätetään ennalleen. Sen sijaan, jos kierreholkin tyyppi olisi ilmoitettu osaluettelossa ja sitä muutettaisiin, se edellyttäisi aina uutta revisiota myös kokoonpanopiirustuksesta. Toinen huono puoli on se, että jos kierreholkkien muuttuessa ei muisteta muokata Nimitys 2:sta, niin valmistuksen aikana kokoonpanoon tulee suurella todennäköisyydellä väärä osa. Ratkaisu on kuitenkin paljon vähemmän virhealtis, kuin kierteen tietojen merkitseminen esimerkiksi kommenttiviivalla piirustukseen.

Yksinkertaisin keino kierreholkkien aiheuttaman lisätyön minimoimiseksi on kuitenkin piirustusten järjestäminen oikealla tavalla kansioihin. Oikein tehtynä jokaisen kokoonpanopiirustuksen perässä pitäisi olla kaikkien kyseisessä kokoonpanossa tarvittavien osien piirustukset, eli jos yhdenlainen kierreholkki kuuluu useampaan kokoonpanoon, sen pitäisi löytyä kaikkien niiden perästä.

Havainnot

Toinen esimerkki samantyylisestä ongelmasta on erilaisten kierrereikien sijainnin ja koon merkintä. Kierrereikien tekeminen ei varsinaisesti liity hitsaukseen, mutta suurimman osan niistä tekevät hitsaajat kokoonpanohitsauksen aikana, joten niitä kannattaa käsitellä tässä yhteydessä. Esimerkiksi rungon oikeanpuoleisen putkipalkin päällä on reikiä, joita ei ole mitoitettu kokoonpanopiirustukseen, josta löytyy paljon muita reikiä (kuva 7). Sen sijaan reikien sijainti on mitoitettu kyseisen putkipalkin piirustukseen.



Kuva 7. Osa ylävaunun rungon kokoonpanopiirustusta ja putkipalkin valmistuspiirustusta. Putkipalkin päällä olevia kierrereikiä ei ole mitoitettu kokoonpanopiirustukseen, vaan ne löytyvät putkipalkin piirustuksesta.

Ratkaisu

Tässä tapauksessa ongelma on syntynyt todennäköisesti lähinnä siitä, että hitsaajille ei ole ollut selvää, että millaista periaatetta reikien sijoittelussa eri piirustuksiin on noudatettu ja osien tulotarkastusta ei ole suoritettu ohjeiden mukaisesti.

Reiät sijoitetaan ensisijaisesti osapiirustuksiin kokoonpanopiirustusten sijaan. Reiät merkitään kokoonpanopiirustuksiin ainoastaan silloin, jos niiden täytyy välttämättä näkyä tietyssä piirustuksessa esimerkiksi eri osien välisen mitoituksen takia.

Käytäntönä Komasilla on, että ennen kokoonpanon aloittamista hitsaajien pitää tarkastaa leikkeet ja muut osat vertaamalla niitä osapiirustuksiin. Samalla pitää mitata ja merkitä osiin osapiirustuksissa näkyvien reikien paikat. Siten ohjeiden mukaan toimittaessa kaikki osakuvatkin pitää käydä läpi joka tapauksessa. Tässäkin tapauksessa, jos piirustukset on järjestetty kansioon asianmukaisesti, oikeiden osakuvien löytäminen ei pitäisi olla mikään ongelma. Siksi täytyy varmistaa, että kansiot ovat oikein järjestetty ja hitsaajat noudattavat osien tarkastamisesta annettuja ohjeita.

5.2.2 Ylihitsaus

Kriittinen toiminto: Hitsaustuotanto

Avainalue: Työohjeiden seuranta

Konkreettinen toimenpide: Vähennä hitsien määrää ja tilavuutta

Havainnot

Ylihitsausta ei esiinny läheskään kaikkialla, vaan suurin osa hitseistä on piirustusten mukaisia. Kuitenkin tämän rungon yhteydessä havaittiin muutamissa kohdissa hitsausta, joka on selvästi vastoin valmistuspiirustuksissa olevia hitsausmerkintöjä.

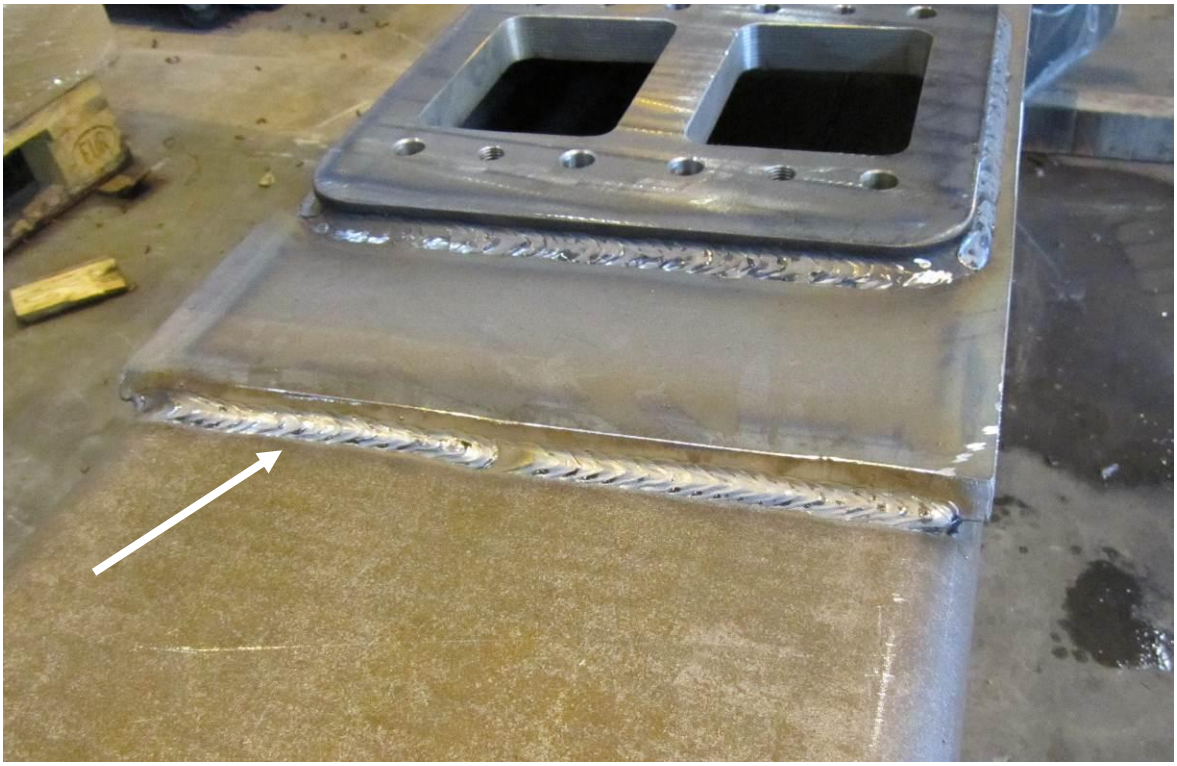
Ensimmäinen kohta on kynkän yläpään korvakot. Valmistuspiirustuksissa on merkitty hitseiksi 18 mm:n K-hitsit. Kuvasta 8 voidaan kuitenkin nähdä, että niiden lisäksi on myös hitsattu melko suurikokoiset pienahitsit.

Kuva 8. Kynkän päähän tuleva korvakko, jossa alareunassa näkyvät ylimääräiset suuret pienahitsit.

Toinen kohta on kynkkien sisäpuolella. Valmistuspiirustuksissa on merkitty ulkopuolelta hitsattavaksi 12 mm:n puoli-V-hitsi ja sen päälle vielä 6 mm:n pienahitsi. Kuitenkin hitsaajat ovat hitsanneet liitokset myös kynkkien sisäpuolelta, kuten käy ilmi kuvasta 9. Hitsauksessa on käytetty normaalista poikkeavaa pitkäkaulaista hitsauspoltinta, mutta silti hitsaus on hankala suorittaa.

Kuva 9. Oikean kynkän sisäpuolisia pienahitsejä, joita ei ole merkitty valmistuspiirustuksiin.

Ilman vaatimusta on myös hitsattu vaakapuomin ulkoputken päällä oleva levy päästään kiinni ulkoputkeen (kuva 10). Ulkoputken päälle hitsataan myöhemmin toinen levy, joka tulee kuvassa näkyvän levyn reunaan kiinni. Siten hitsi on jouduttu vielä hiomaan jälkikäteen pois ennen toisen levyn asennusta.



Kuva 10. Vaakapuomin ulkoputken päällä olevan levyn pää, johon on hitsattu turha hitsi (osoitettu nuolella).

Ilman vaatimusta on myös hitsattu vasemman kynkän ja sen viereisen jäykisteen välisen levyn alapuolelta hitsejä (kuva 11). Paikka on erittäin ahdas ja hitsejä on melko mahdoton nähdä.

Kuva 11. Vasemman kynkän ja sen viereisen jäykisteen välissä olevan levyn (osoitettu nuolella) alapuolelta on hitsattu hitsejä, vaikka niitä ei ole vaadittu piirustuksissa.

Ratkaisu

Hitsaajilla on tarvittava osaaminen hitsausmerkintöjen tulkintaan ja noudattamiseen. Yhtenä pääasiallisena syynä ylihitsaukseen on varmasti vanhasta muistista tekeminen, koska vanhemmissa runkomalleissa on hitsattu poikkeavalla tavalla. Siksi hitsaajia tarvitseekin lähinnä ohjeistaa piirustusten tarkemmasta noudattamisesta.

Tulos

Korvakoiden ylihitsaukseen kuluu 2,95 kg ylimääräistä lisäainetta ja aikaa 2,46 h. Kynkkien sisäpuoliseen hitsaukseen kuluu 2,95 kg ylimääräistä lisäainetta ja aikaa 2,46 h. Vaakapuomin päälle tulevan levyn pään hitsaukseen kuluu 0,05 kg ylimääräistä lisäainetta ja hitsin pois hiomiseen sekä viivästykseen kansilevyn asennuksessa kuluu noin 10

minuuttia. Kynkän viereisen levyn alapuolen hitsaukseen kuluu ylimääräistä lisäainetta 0,13 kg ja aikaa 0,11 h.

5.2.3 Puuttuvat viisteet

Kriittinen toiminto: Hitsaustuotanto
Avainalue: Materiaalivirrat
Konkreettinen toimenpide: Vähennä korjauksia, hylättyjä kappaleita ja romua
Havainnot
Rungossa on muutamia kohtia, joista puuttuu viisteet joko suunnittelusta tai leikkeet valmistavasta alihankkijasta johtuen. Nämä viisteet joudutaan sitten tekemään asennusvaiheessa käsin polttoleikkaamalla ja hiomalla. Luonnollisesti tähän kuluu melko paljon ylimääräistä aikaa, eikä työn jälkikään vastaa sitä, mikä voitaisiin helposti saavuttaa, jos viisteet tehtäisiin jo leikkauksen yhteydessä.

Yksi kohta, josta viisteet puuttuvat alihankkijasta johtuvista syistä on keskirungon pohjalevyssä (kuva 12). Piirustusten mukaan suorakaiteen muotoisen aukon ympäri pitäisi olla 15 mm x 15 mm viiste. Nyt se on jouduttu tekemään asennusvaiheessa, mistä johtuen jälki erityisesti oikeassa ja vasemmassa reunassa ei ole kovin hyvää. Lisäksi nyt viisteen koko on ennemminkin 25 mm x 25 mm. Pohjalevyssä on myös kaksi muuta kohtaa, joista puuttuvat viisteet.

Kuva 12. Käsin polttoleikkaamalla ja hiomalla valmistetut viisteet pohjalevyssä.

Ratkaisu

Pohjalevyä tilattaessa pitäisi kiinnittää enemmän huomiota siihen, että valittu alihankkija pystyy tekemään viisteet suoraan leikkauksen yhteydessä. Kuitenkin tässäkin tilanteessa viisteiden tekeminen olisi helpottunut, jos levy olisi tarkastettu saapumisen jälkeen ohjeiden mukaisesti, jolloin viisteet olisi voitu tehdä ennen kokonpanoa.

Tulos

Kaikkien pohjalevystä puuttuvien viisteiden tekemiseen kuluu noin 30 minuuttia.

5.2.4 Piirustuksista puuttuvat viisteet

Kriittinen toiminto: Tuotteen suunnittelu

Avainalue: Liitosmuodon ja railotyypin valinta

Konkreettinen toimenpide: Vähennä korjauksia, hylättyjä kappaleita ja romua

Havainnot

Eräs kohta, josta viiste puuttuu suunnittelun virheen takia, on keskirungon oikeanpuoleisen kylkilevyn etupäässä (kuva 13). Toisen puolen kylkilevyn vastaavasta kohdasta viiste löytyy, mutta oikeanpuoleisen kylkilevyn piirustukseen sitä ei ole merkitty. Viisteitä puuttuu muualtakin, erityisesti vaakapuomin ulkoputken pään osista.

Kuva 13. Keskirungon etupää, johon kylkilevyyn on tehty asennusvaiheessa viiste.

Tulos

Puuttuvien viisteiden tekemiseen kuluu aikaa noin 40 minuuttia.

5.2.5 Ahdas tila hitsata

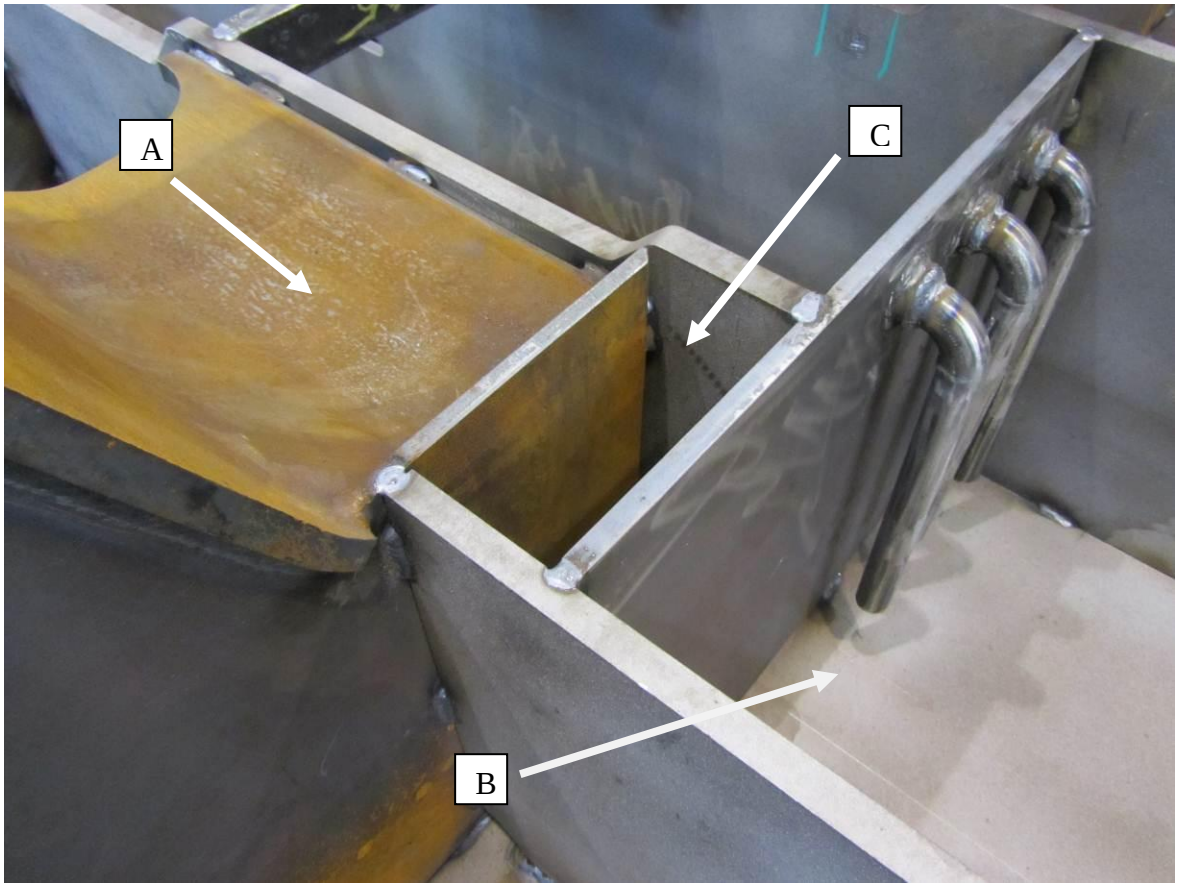
Kriittinen toiminto: Tuotteen suunnittelu

Avainalue: Valmistettavuus

Konkreettinen toimenpide: Vähennä korjauksia, hylättyjä kappaleita ja romua

Havainnot

Vasemman kynkän ja keskirungon öljysäiliön erottava tila (kuva 14) on erittäin ahdas hitsata. Kyseisen tilan on tarkoitus estää vuodot suoraan säiliöstä toiseen ja helpottaa vuotojen havaitsemista. Tila on kuitenkin sen verran ahdas ja syvä, että erityisesti sen pohjalla olevat hitsit ovat vaikeita hitsata ja näkyvyys on huono. Vaikka hitsien määrä ei ole kovinkaan suuri, ne ovat kuitenkin tärkeitä, koska ne liittyvät suoraan säiliöihin.



Kuva 14. Vasemman kynkän (A) ja keskirungon öljysäiliön (B) välinen tila (C).

Ratkaisu

Yksinkertaisin ratkaisu ongelmaan on hitsausjärjestyksen muuttaminen. Tällä hetkellä kuvassa 14 näkyvään kokoonpanoon liitetään viimeisenä kynkkä. Järjestystä kannattaisi muuttaa siten, että hydrauliöljysäiliön päätylevy (kuvassa 14 levy, jossa on putkia) asetetaan paikoilleen vasta sen jälkeen, kun kynkkä on paikoillaan ja hitsattu kiinni. Näin kynkän puoleinen hitsi saadaan hitsattua hyvin, mikä on tässä tapauksessa tärkeintä. Öljysäiliön päätylevy hitsataan joka tapauksessa säiliön sisäpuolelta, joten sen hitseillä, jotka ovat tyhjän tilan puolella, ei ole merkitystä säiliön tiiveyden kannalta.

Tulos

Kyseessä on ennen kaikkea laadullinen toimenpide, jolla voidaan vähentää riskiä aikaa vieviin korjauksiin.

5.2.6 Hitsien vaatima tila huomioimatta

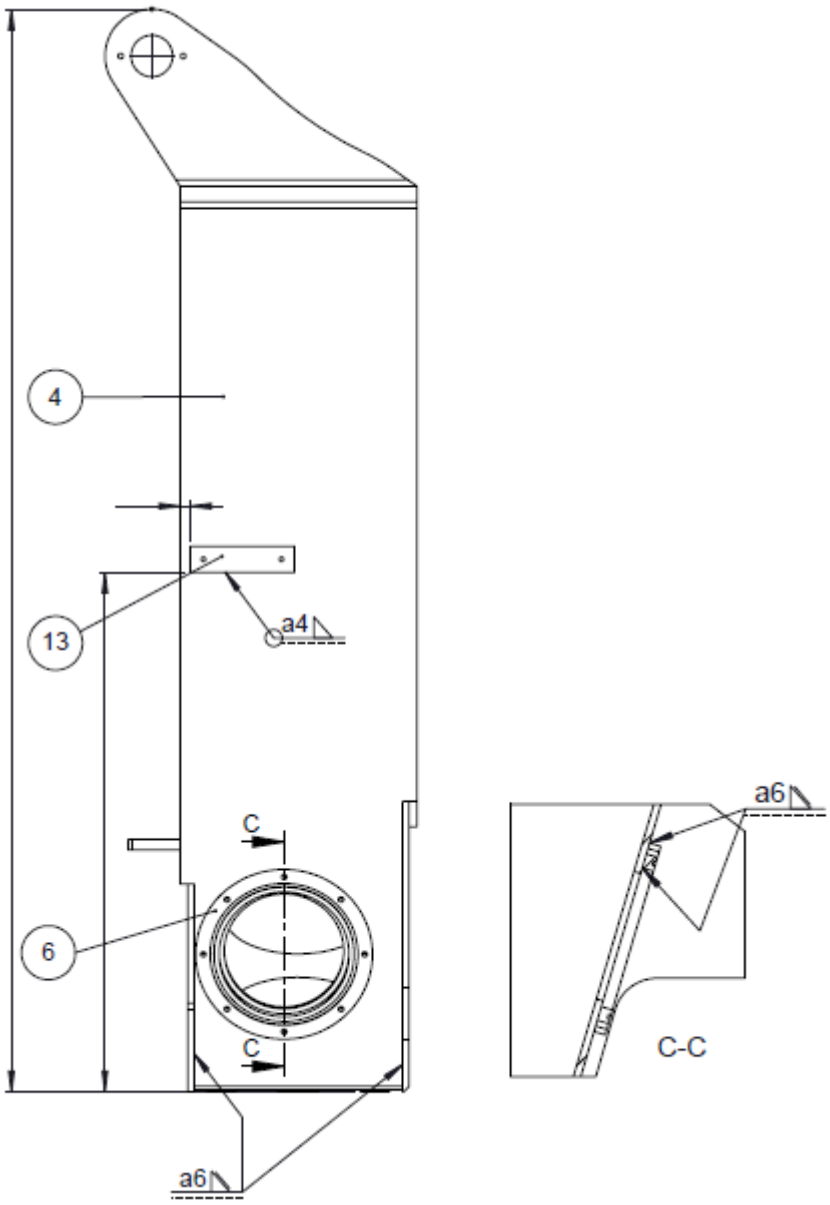
Kriittinen toiminto: Tuotteen suunnittelu

Avainalue: Valmistettavuus

Konkreettinen toimenpide: Vähennä korjauksia, hylättyjä kappaleita ja romua

Havainnot

Ylävaunun rungossa on muutamia kohtia, joissa hitsien vaatimaa tilaa ei ole otettu täysin huomioon. Yksi esimerkki tällaisesta kohdasta on vasemman kynkän ulommassa sivulevyssä, johon hitsataan kiinni miesluukun kehys. Kuvasta 15 nähdään, että kehyksen reuna tulee aivan kiinni kynkän etulevyyn. Kehyksen ympäri pitää hitsata 6 mm:n pienahitsi ja samanlainen pienahitsi pitää hitsata samaan kohtaan kynkän kylki- ja etulevyn välille, joten tilaa pitäisi minimissään olla noin 17 mm, hitsauksen helpottamiseksi mieluummin enemmän. Nyt piirustusten mukaan rakoa jää ainoastaan 3 mm. Kohta on melko kriittinen, koska kyseessä on säiliön ulkoreuna. 3 mm:n rakoon on melko mahdoton saada aikaan kunnollista liitosta.



Kuva 15. Vasemman kynkän sivukuva, jossa näkyy kynkän alareunassa miesluukun kehys (osa numero 6) hyvin lähellä levyn reunaa.

Ratkaisu

Ongelma ratkeaa yksinkertaisesti siirtämällä miesluukkua keskemmälle. Tälle muutokselle ei ole estettä, koska luukun sijainnille ei löytynyt muuta selitystä kuin, että vanhaa kynkän rakennetta muokattaessa ei huomattu muuttaa luukun sijaintia vastaamaan muuttunutta rakennetta.

Tulos

Kyseessä on pääasiassa laadullinen toimenpide, jolla voidaan välttää turhia korjauksia myöhemmässä vaiheessa.

Havainnot

Samantyylinen kohta, jossa hitsien vaatimaa tilaa ei ole huomioitu, on keskirungon öljysäiliön kyljessä kahden kierreholkin välissä. Kuvasta 16 nähdään, että kierreholkit ovat liian lähellä toisiaan, jolloin niiden väliin ei mahdu kuin yksi hitsipalko, vaikka molemmat holkit pitäisi hitsata ympäri. Lisäksi oikeanreunimmainen kierreholkki on liian lähellä levyn alareunaa. Tällaisissa kohdissa piilee liitosvirheen vaara. Tässä tapauksessa pelastavana tekijänä on se, että kierreholkit hitsataan myös säiliön sisäpuolelta kiinni, jolloin ulkopuolella oleva hitsi toimii ainoastaan vesisulkuna.

Kuva 16. Keskirungon kyljessä olevat kierreholkit, jotka ovat liian lähellä toisiaan, joten niiden väliin ei mahdu kuin yksi hitsipalko. Lisäksi oikeanreunimmainen kierreholkki on liian lähellä levyn alareunaa.

Ratkaisu

Kierreholkkien paikan muuttaminen on hieman hankalaa johtuen muun muassa niihin liitettävistä laitteista ja säiliön sisälle ulottuvien putkien luomista tilarajoitteista. Sen sijaan oikeanreunimmaisen kierreholkin ulkohalkaisijassa on hieman pienentämisen varaa.

Tulos

Kyseessä on pääasiassa laadullinen toimenpide, jolla voidaan välttää turhia korjauksia myöhemmässä vaiheessa.

Havainnot

Vielä yksi kohta, johon ei pysty hitsaamaan vaaditunkokoista hitsiä, on vaakapuomin ulkoputken päälle tulevan levyn ja sivulevyjen väliset liitokset. Valmistuspiirustuksiin on merkitty 8 mm:n pienahitsi, jonka kylkimitta on siis 11,3 mm. Piirustusten mukaan tilaa on kuitenkin vain 10 mm. Todellisuudessa tilaa on sitäkin vähemmän, vain 6–7 mm johtuen muun muassa ulkoputken mittatoleransseista. Näin ollen vaaditun hitsin hitsaaminen ei ole edes periaatteessa mahdollista, saati sitten käytännössä. Kyseinen kohta on esitetty kuvassa 17.

Kuva 17. Vaakapuomin ulkoputken päällä oleva levy. Kuvasta näkyy miten levyn sivuilla olevat pienahitsit jäävät pieniksi, kun levy on lähes samassa tasossa kylkilevyjen yläreunan kanssa.

Ratkaisu

Keskirungon sivulevyjä ei voi suoraan korottaa, koska siitä seuraisi tarve muokata hyvin montaa pellityksen osaa. Siksi hitsit kannattaisi muuttaa pienahitseistä puoli-V-hitseiksi.

Tulos

Tässä tapauksessa todettiin, ettei hitsien vajaa a-mitta vaarantanut rakenteen kestävyyttä. Kuitenkin tällä muutoksella saadaan parannettua piirustusten paikkansapitävyyttä, mikä puolestaan helpottaa hitsaajien työskentelyä.

5.2.7 Tiedonkulku

Kriittinen toiminto: Tuotteen suunnittelu, Tuotannon suunnittelu, Hitsaustuotanto
Avainalue: Valmistettavuus, Hitsaus- ja työohjeet, Työohjeiden seuranta
Konkreettinen toimenpide: Vähennä korjauksia, hylättyjä kappaleita ja romua
Havainnot
Piirustusten uusien revisioiden lähettämiseen Junttanilla käytetään sellaista systeemiä, että piirustukseen muutoksen tehnyt henkilö laatii revisiotiedotteen, jonka eteenpäin välittämisestä Junttanilla vastaavat tietyt henkilöt.

Tämä järjestelmä on melko työläs ja altis virheille. Esimerkiksi tämän työn aikana valmistetun rungon yhteydessä paljon ongelmia syntyi siitä, että rungon piirustusten revisiotiedotetta ei ollut lähetetty Komasille. Näin ollen suurta määrä edellisen rungon jälkeen tehdyistä korjauksista ei päästy käyttämään tämän rungon valmistuksessa. Monet näistä korjauksista jouduttiin tekemään jälkikäteen, kun runko oli jo saapunut Junttanille.

Ratkaisu
Olisi hyvä, jos Komasilla olisi rajoitettu pääsy Junttanin PDM-järjestelmään. Sitä kautta Komasilla olisi aina automaattisesti käytössään uusimmat valmistuspiirustukset. Tämä järjestely helpottaisi sekä Junttanin että Komasin työtä. Junttanilla pystyttäisiin näiltä osin luopumaan revisiotiedotteista ja vastaavasti Komasilla helpottuisi piirustusten hallinta, eikä olisi enää pelkoa siitä, että käytössä olisivat vanhat revisiot.

Tulos
Tämän rungon kohdalla vanhojen revisioiden aiheuttaman lisätyön määrä oli hyvin suuri. Tämän toimenpiteen avulla riski vastaavan tapahtuman uusiutumiseen pienenee.

Havainnot
Vastaavasti tiedonkulku toiseen suuntaan eli Komasilta Junttanille ei myöskään toimi aina parhaalla mahdollisella tavalla. Ongelmana on lähinnä tiedonkulun järjestäytymättömyys. Lisäksi ongelmia tuottaa se, että Komasilla on paljon Junttanin entisiä työntekijöitä, jotka ovat työskennelleet paljon vanhojen konemallien parissa, joissa osien

yhteensopivuusongelmat olivat ja ovat yhä melko yleisiä. Näitä ongelmia ratkottiin usein omin päin esimerkiksi polttoleikkaamalla osia sopiviksi. Kun tähän toimintatapaan on totuttu, sitä toteutetaan edelleen ja ongelmista eteenpäin tiedottaminen voi jäädä melko pienelle huomiolle. Samalla voidaan kuitenkin todeta, että on myös hyvä asia, että hitsaajilla on ongelmanratkaisukykyä. Olennaista kuitenkin on, että ongelmiin pitäisi saada myös pysyviä ratkaisuja ja se vaatii tiedon välittämistä Junttanille.

Ratkaisu

Kannattaisi luoda järjestelmällinen toimintatapa valmistuksen aikana havaittujen ongelmien kirjaamiseen ja välittämiseen Junttanille. Tähän tarkoitukseen soveltuu hyvin jonkinlainen kirjallinen palautejärjestelmä, jossa hitsaajat kirjaavat tiedot ongelmista palautelomakkeelle, joka sitten käsitellään lopulta Junttanilla.

Tulos

Palautejärjestelmän avulla valmistuksessa havaitut ongelmat saataisiin korjattua todennäköisesti nykyistä nopeammin.

5.2.8 Varusteluhitsit

Kriittinen toiminto: Tuotteen suunnittelu

Avainalue: Hitsien mitoitus

Konkreettinen toimenpide: Vähennä hitsien määrää ja tilavuutta

Havainnot

Kuten jo aiemmin mainittiin, käytännössä kaikki osat rungossa joudutaan hitsaamaan ympäri. Tämä tarkoittaa sitä, että myös monet varusteluhitsit, joiden tarkoituksena on vain käytännössä kiinnittää osa runkoon, joudutaan hitsaamaan ympäri, vaikka paljon vähempikin riittäisi. Yksi esimerkki tällaisesta osasta on esitetty kuvassa 18. Kyseisen putkipalkin päälle hitsatun levyn tarkoituksena on antaa muutamalle kierrereiälle lisää pituutta ja suojata paria muuta reikää.

Kuva 18. Runkoputken päällä oleva varusteluosa, jonka tehtävänä on antaa muutamalle kierrereiälle lisää pituutta ja suojata paria muuta reikää.

Ratkaisu

Tällä hetkellä varusteluhitseissä käytetään paljon 4 mm:n a-mittaa ja joissain jopa 5 mm:n a-mittaa. Jos a-mitta pudotettaisiin kaikissa varusteluhitseissä 3 mm:iin, varusteluhitsien kokonaismäärä vähenisi huomattavasti.

Tulos

Pudottamalla varusteluhitsien a-mitta 3 mm:iin tarvittavan lisäaineen määrä vähenee 8,16 kg ja työaika 6,8 h.

5.2.9 Turhia varusteluosia

Kriittinen toiminto: Tuotteen suunnittelu

Avainalue: Liitostyypin ja railomuodon valinta

Konkreettinen toimenpide: Vähennä hitsien määrää ja tilavuutta

Havainnot

Paljastui, että muutamat varusteluosat ovat nykyään tarpeettomia. Esimerkki ylimääräisestä varusteluosasta on vasemman kynkän kyljessä oleva pitkä lattarauta (kuva 19), joka oli unohdettu poistaa piirustuksista sen käytyä tarpeettomaksi.

Kuva 19. Vasen kynkkä ja sen kyljessä tarpeeton lattarauta (osoitettu nuolella).

Toinen ylimääräinen osa on vinssitilan etuseinän läpi menevä putki. Niitä on kaksi kappaletta, joista ainoastaan toiselle on enää käyttöä. Viimeisenä on kaksi runkoputken päällä olevaa kierreholkkia. Niitä ei ole myöskään numeroitu valmistuspiirustukseen, mikä aiheutti melko paljon ylimääräistä työtä hitsaajille.

Tulos

Tarvittavan lisäaineen määrä vähenee 0,15 kg, työaika 0,48 h ja osien määrä neljällä.

5.2.10 Säiliön kannen kehys

Kriittinen toiminto: Tuotannon suunnittelu

Avainalue: Hitsaus- ja työohjeet

Konkreettinen toimenpide: Vähennä korjauksia, hylättyjä kappaleita ja romua

Havainnot

Tämän työn aikana tehtyä runkoa edeltävässä rungossa ongelmia tuotti keskirungon öljysäiliön kannen kehyksen hitsaus (kuva 20). Hitsaus aiheutti kehykseen niin suuret muodonmuutokset, että kansi jäi vuotamaan. Tämän seurauksena vaadittiin yksi ylimääräinen koneistus kehyksen oikaisemiseksi.

Kuva 20. Keskirungon öljysäiliön kansilevy ja sen keskelle hitsattu kannen kehys.

Tämän rungon valmistuksessa ongelma pystyttiin välttämään muuttamalla hitsausjärjestystä ja hitsaustapaa. Aiemmin kehys hitsattiin kiinni kansilevyyn ennen, kuin kansilevy hitsattiin kiinni öljysäiliöön. Nyt järjestystä muutettiin siten, että kansilevy hitsattiin kiinni säiliöön ennen kehyksen hitsaamista. Sen jälkeen kehys hitsattiin kiinni kansilevyyn lyhyinä pätkinä.

Ratkaisu

Tässä vaiheessa, kun on löydetty toimiva työtapa kauluksen ja kansilevyn hitsaukseen, on olennaista, että tieto saadaan kirjattua ylös, ettei se jää ainoastaan parin hitsaajan tietämäksi suulliseksi tiedoksi. Näin voidaan minimoida riski vastaavien virheiden uudelleen tekemisestä. Mahdollisuuksina ovat lisätä huomautus valmistuspiirustuksiin tai laatia erillinen työohje.

Tällä hetkellä kehyksen hitsit ovat a-mitaltaan 4 mm:n pienahitsejä. Koska hitsauksen aiheuttamat jännitykset riippuvat voimakkaasti hitsin koosta, suunnittelussa kannattaa miettiä, että riittäisikö kehyksen hitseihin 3 mm:n a-mitta. Näin liiallisten muodonmuutosten riskiä voitaisiin vähentää edelleen. Kehyksen paksuuden kasvattaminen ei ole kuitenkaan mahdollista johtuen sen yläpuolella kulkevien letkujen tilantarpeesta.

5.2.11 Ohjaamon aluslevyn kiinnitys

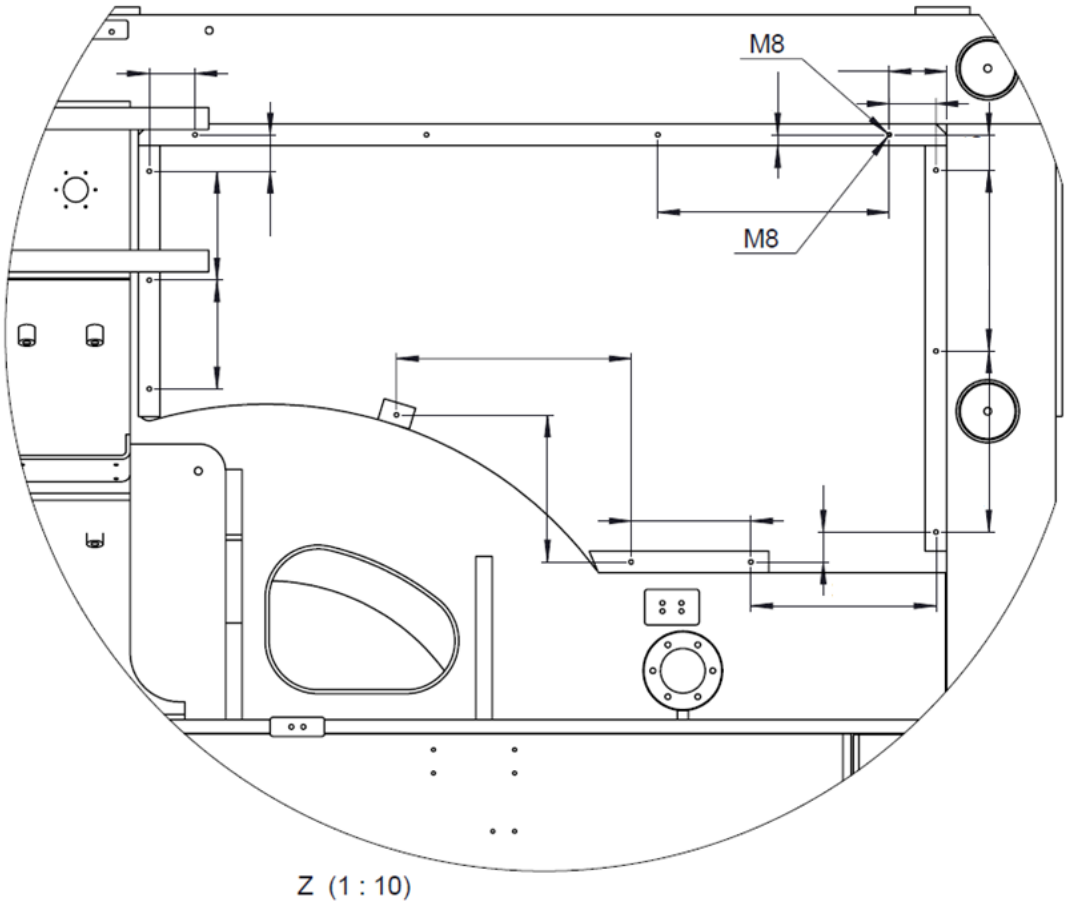
Kriittinen toiminto: Tuotteen suunnittelu

Avainalue: Liitosmuodon ja railotyypin valinta

Konkreettinen toimenpide: Vähennä hitsien määrää ja niiden tilavuutta

Havainnot

Ohjaamon alle rungon vasemmalle puolelle kiinnitetään ohut levy. Kiinnitystä varten rungon pohjelevyyn ja runkoputkiin hitsataan kiinni muutamia lattarautoja (kuva 21). Ohjaamon aluslevy kiinnitetään niihin alapuolelta kuusioruuveilla.



Kuva 21. Ohjaamon aluslevyn kiinnitykseen tarkoitetut lattaraudat.

Ratkaisu

Pohjalevyyn hitsattavista lattaraudoista voidaan luopua, jos kiinnitysreiät tehdään suoraan pohjalevyyn. Tämä ratkaisu tietysti edellyttää sitä, että pohjalevyyn muotoillaan reikien kohdalle pienet ulokkeet tai koko reunaa kasvatetaan lattaraudan leveyden verran.

Tulos

Tarvittavan lisäaineen määrä vähenee 0,13 kg ja työaika 0,42 h. Lisäksi osien määrä vähenee kolmella.

5.2.12 Kynkkien hitsien mitoitus

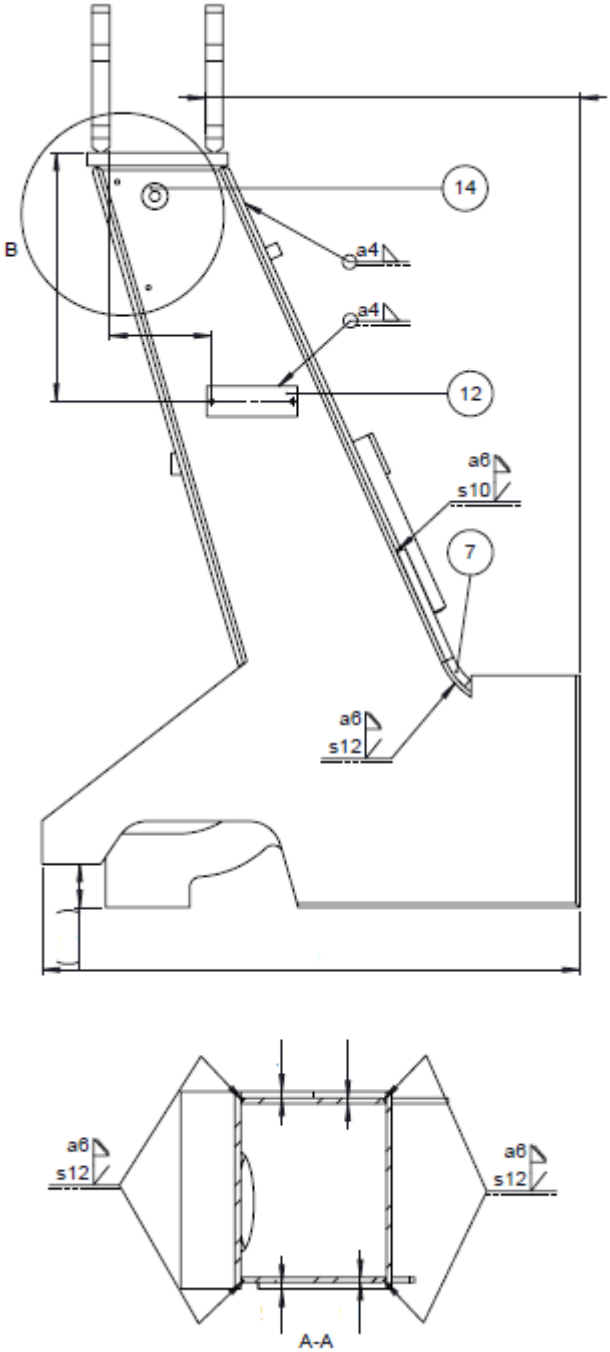
Kriittinen toiminto: Tuotteen suunnittelu

Avainalue: Hitsien mitoitus

Konkreettinen toimenpide: Vähennä hitsien määrää ja tilavuutta

Havainnot

Hitsien ylimitoitus on joskus melko hankalasti todettavissa. Kuitenkin sellaisissa kohdissa, missä se ylittää tasalujaan liitokseen vaaditun mitoituksen, sen pitäisi olla melko selvää. Tällainen kohta ylävaunun rungossa on kynkkien etu-, taka- ja sivulevyjen väliset hitsit. Kyseiset levyt ovat 12 mm paksuja ja piirustuksissa on merkitty 12 mm:n hitsi puoli-V-railoon ja sen päälle 6 mm:n pienahitsi (kuva 22). Kuitenkin liitos on staattisessa rasituksessa tasaluja jo 12 mm:n puoli-V-hitsin jälkeen. Siten koko 6 mm:n pienahitsi on periaatteessa tarpeeton. Järeiden hitsien käyttö johtuu siitä, että kynkät ovat lähes rasitetuimpia kohtia rungossa. Koska pienahitseille ei löydy perustetta staattisesta mitoituksesta jää vielä kuitenkin vaihtoehto, että niitä tarvittaisiin väsymiskestävyyden kannalta. Tällaista ei ole kuitenkaan varsinaisesti selvitetty. Tässä tapauksessa väsymislujuutta kasvattaisi huomattavasti enemmän sisäpuolinen pienahitsi, koska yhdeltä puolen hitsatulla hitsillä on yleisesti ottaen erittäin huono väsymislujuus. Sisäpuoliselle pienahitsille riittäisi myös huomattavasti pienempi a-mitta saman vaikutuksen aikaansaamiseksi.



Kuva 22. Osa vasemman kynkän valmistuspiirustuksesta. Alemmassa osassa näkyvät etu-, taka- ja sivulevyjen väliset hitsit.

<u>Ratkaisu</u>

Kynkkien hitseistä voisi vakavasti harkita 6 mm:n pienahitsin poistamista. Hitsin a-mitan pienennyskin olisi jo parannus.

Tulos

Jätettäessä 6 mm:n pienahitsi pois, tarvittavan lisäaineen määrä vähenee 5,09 kg ja työaika 4,24 h.

5.2.13 Työergonomia

Kriittinen toiminto: Tuotannon suunnittelu

Avainalue: Työpistesuunnittelu

Konkreettinen toimenpide: Vähennä työn rasittavuutta

Havainnot

Kun ylävaunun rungosta on saatu valmiiksi kynkät, vinssitila ja vaakapuomin ulkoputki, aletaan hitsata keskirunkoa kokoon. Sen kokoaminen tapahtuu vain hieman lattiatason yläpuolella putkipalkkien päällä, kuten nähdään kuvasta 23. Valtaosa tässä vaiheessa tehtävistä hitseistä on pohjalevyn korkeudella. Siten paljon hitsausta joudutaan tekemään hieman epäoptimaalisella korkeudella.

Kuva 23. Keskirunko silloitettuna putkipalkkien päällä vain vähän lattiatason yläpuolella.

On otettava lisäksi huomioon, että yksittäisenkin kokoamisvaiheen aikana on tarvetta erilaisille työkorkeuksille. Esimerkiksi keskirungon hitsauksessa tarvitaan erilaista työkorkeutta rungon ulkopuolisten ja sisäpuolisten hitsien hitsaukseen.

Ratkaisu

Ratkaisuksi soveltuisi parhaiten vastapöytäpari, jossa olisi portaaton korkeuden säätö. Näin saataisiin hoidettua helposti sekä rungon kääntely, että työkorkeuden muuttaminen. Ongelmana on kuitenkin laitteistolta vaadittu koko. Jo itse rungosta tulee hitsien kanssa painoa yli 7200 kg ja pituutta sillä on noin 7 m. Lisäksi pitkien kynkkien takia nostokorkeuden pitäisi olla vähintään noin 4 m. Tarvittavaa nostokorkeutta voitaisiin hieman pienentää kaivamalla kuoppa kynkkien alle, mutta sen jälkeen seuraavana lattiaan ottaa kiinni vinssitila.

Tulos

Työn rasittavuuden pitäisi vähentyä, kun työkorkeus voitaisiin helpommin säätää optimaaliseksi.

5.2.14 Vaakapuomin ulkoputken pää

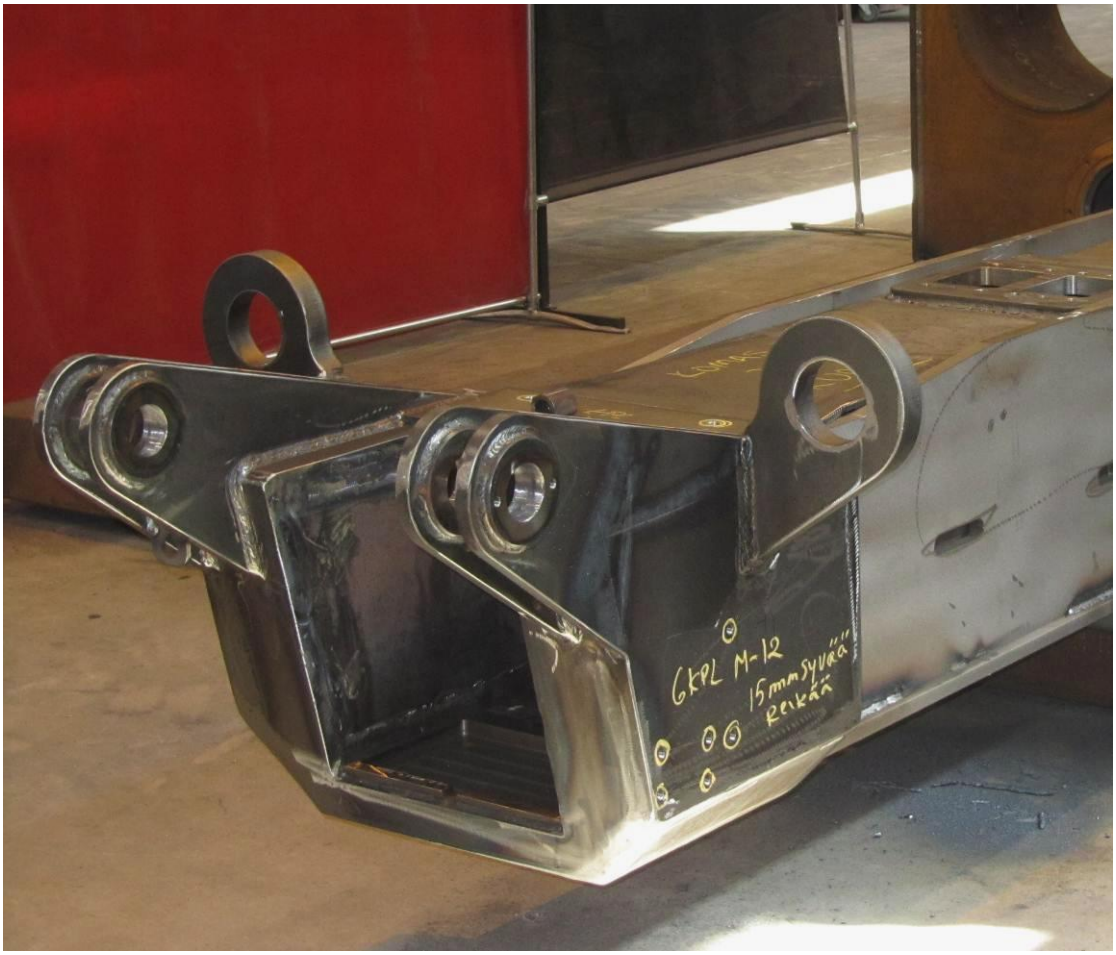
Kriittinen toiminto: Tuotteen suunnittelu

Avainalue: Liitosmuodon ja railotyypin valinta

Konkreettinen toimenpide: Vähennä hitsien määrää ja tilavuutta

Havainnot

Vaakapuomin ulkoputken pää vaatii yllättävän paljon hitsausta suhteessa kokoonsa. Syynä on pääasiassa se, että ulkoputken päässä joudutaan hitsaamaan paljon levyä levyn päälle. Lisäksi sen muodot ovat sellaisia, että hitsit ja niiden ympäristö vaativat paljon hiomista, jos rakenteelle halutaan hyvä visuaalinen laatu. Vaakapuomin ulkoputken pää on esitetty kuvassa 24.



Kuva 24. Vaakapuomin ulkoputken pää.

Ratkaisu

Ulkoputken pää kannattaa korvata valulla, joka sitten hitsataan kiinni ulkoputkeen. Tämä muutos myös helpottaa tulevaisuudessa sitä, että erillisestä putkipalkista voitaisiin luopua kokonaan ja käyttää pelkästään nykyisenkaltaisia levyosia. Molemmissa erilaisissa X-sarjan lyöntipaalutuskoneiden ylävaunun rungoissa on lähes identtiset ulkoputken päät. Näin ollen samaa valua voitaisiin käyttää molemmissa rungoissa. Luonnollisesti valua varten ulkoputken pää vaatii muokkaamista.

Tulos

Tarvittavan lisäaineen määrä vähenisi 7,95 kg ja työaika 25,48 h. Osien määrä vähenisi noin 16 kappaletta.

5.2.15 Kynkkien sivulevyt

Kriittinen toiminto: Tuotteen suunnittelu

Avainalue: Liitosmuodon ja railotyypin valinta

Konkreettinen toimenpide: Vähennä hitsien määrää ja niiden tilavuutta

Havainnot

Molemmissa kynkissä sisempi sivulevy on jaettu kahteen osaan (kuva 25). Ylempi levy on 12 mm paksu ja alempi 20 mm. Niiden väliin hitsataan 12 mm:n puoli-V-hitsi ja sen päälle 6 mm:n pienahitsi. Alkuperäinen syy levyn jakamiseen kahteen osaan oli liian suuri koko särmäyksen tekemiseksi. Lisäksi alempaa osaa on jouduttu paksuntamaan jännitysten pienentämiseksi.

Kuva 25. Oikea kynkkä pääosin silloitettuna. Kuvasta näkyy sivulevyn kaksiosaisuus.

Ratkaisu

Perusteita sivulevyn kaksiosaisuudelle kannattaisi tarkastella uudemman kerran. Osat ovat jo nyt niin painavia, että nosturin käyttö on pakollista, joten sen suhteen ei ainakaan tule ylimääräistä vaivaa.

Tulos

Tarvittava lisäaineen määrä vähenisi 0,61 kg, työaika 0,51 ja osien määrä yhdellä.

5.2.16 Puuttuvia tai virheellisiä hitsausmerkintöjä

Kriittinen toiminto: Tuotteen suunnittelu

Avainalue: Liitosmuodon ja railotyypin valinta

Konkreettinen toimenpide: Vähennä korjauksia, hylättyjä kappaleita ja romua

Havainnot

Suurin osa hitsausmerkinnöistä on asianmukaisesti merkitty piirustuksiin, mutta useista kohdin merkinnät puuttuvat. Tällaisia kohtia ovat:

1) Paluuöljysäiliön pohjaan hitsattavan hydraulitilan kannattimen hitsit.
2) Vaakapuomin ulkoputken ja sen päällä olevan levyn aukon väliset hitsit sylinterin kiinnityspäässä. Lähes samoissa kohdin puuttuvat myös ulkoputken, kylkilevyjen ja pohjalevyn väliset hitsit.
3) Vaakapuomin ulkoputken päässä liukulevyn pedin alapinnan ja poskilevyjen väliset hitsit, poskilevyjen ja putkipalkin väliset hitsit sekä takalevyn ja kansilevyn väliset hitsit.
4) Useiden varusteluosien hitsit.

Muutamissa kohdin on myös virheellisiä hitsausmerkintöjä. Niissä on yleensä kyse siitä, että piirustukseen on merkitty pienahitsi, vaikka osissa onkin puoli-V-railo. Tällaisia kohtia ovat esimerkiksi vaakapuomin sylinterin kiinnikkeiden ja ulkoputken väliset hitsit ja erään vinssitilan pohjassa olevan osan hitsit. Lisäksi joissakin tapauksissa piirustukseen on merkitty tasapienahitsi normaalin pienahitsin sijaan, vaikka tasapienalle ei ole mitään tarvetta.

Ratkaisu

Suurin osa puuttuvista tai virheellisistä merkinnöistä on helppo korjata, eikä niiden taustalla ole mitään kummempaa syytä. Joissain paikoin kuitenkin myös uusia kuvantoja joudutaan lisäämään, jotta kaikki puuttuvat merkinnät saadaan järkevästi näkyviin.

Tulos

Puutteellisten merkintöjen aiheuttaman ylimääräisen työn määrää on vaikea arvioida. Tässä tapauksessa on auttanut se, että hitsaajat ovat olleet melko kokeneita ja siten tienneet monien hitsien olemassaolon, vaikka niitä ei ollutkaan merkitty. Kuitenkin parissa kohden merkintöjen puuttuminen on johtanut myös tarpeettoman suuriin hitseihin. Karkeasti arvioiden ylimääräisen työn määrä on yhteensä 20 minuuttia.

5.2.17 Mekanisoinnin mahdollisuudet

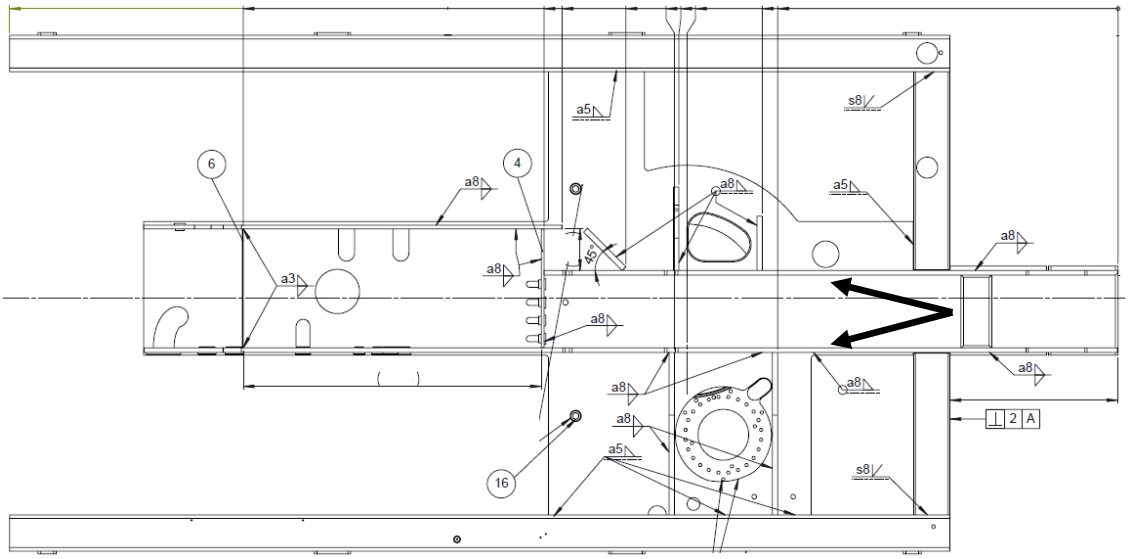
Kriittinen toiminto: Tuotannon suunnittelu

Avainalue: Laitteiston ja työkalujen valinta

Konkreettinen toimenpide: Vähennä työn rasittavuutta

Havainnot

Tällä hetkellä mekanisoitua hitsausta käytetään ainoastaan kääntökehän kiinnitysrenkaan kokoamisessa, jossa käytetään jauhekaaritornia ja pyörityspöytää. Rungossa olisi pari kohtaa, missä on kohtuullisen pitkiä suoria hitsejä ja riittävästi tilaa kuljettimen käytölle. Ensimmäisenä ovat keskirungon sisäpuoliset kylki- ja pohjalevyjen väliset hitsit (kuva 26).



Kuva 26. Osa keskirungon valmistuspiirustusta. Paksuilla nuolilla on osoitettu pohjalevyn ja kylkilevyjen väliset hitsit, jotka voitaisiin hitsata mekanisoidusti.

Toinen kohta on vaakapuomin ulkoputken ja kylkilevyjen väliset hitsit, kun ulkoputki on asetettu paikoilleen keskirunkoon.

Ratkaisu

Mekanisointilaitteeksi soveltuu todennäköisesti parhaiten jonkinlainen pieni ja kevyt traktorikuljetin.

Tulos

Tässä tehty tarkastelu on vain pintapuolinen, mutta vaikuttaa siltä, että mekanisoidusti hitsattavissa olevien hitsien määrä on liian pieni ja ne ovat hajaantuneet liikaa eri työvaiheiden kesken, jotta mekanisoidun hitsauksen lisääminen olisi mahdollista kannattavasti.

5.2.18 Robotisoidun hitsauksen mahdollisuudet

Kriittinen toiminto: Tuotannon suunnittelu

Avainalue: Laitteiston ja työkalujen valinta

Konkreettinen toimenpide: Vähennä työn rasittavuutta

Havainnot

Rakenteensa puolesta vinssitila on lupaavin kohde robotisoidulle hitsaukselle. Siitä löytyy paljon pienahitsiä ja kokonaisuudessaan hitsiainemäärä on noin 18 kg, josta robotilla pystyisi hitsaamaan noin 15 kg. Lisäksi vinssitilat ovat identtiset molemmissa X-sarjan rungoissa, mikä antaa paremmat mahdollisuudet kannattavalle robotisoidulle hitsaukselle.

5.3 Tulokset

Tässä luvussa kootaan yhteen työn keskeisimmät tulokset ja arvioidaan eri kehitysmahdollisuuksien toteuttamisen järkevyyttä. Kehitysmahdollisuuksien toteuttamiskelpoisuuden arvioinnissa tärkeimpinä kriteereinä on käytetty saatavan hyödyn ja tarvittavan panostuksen suhdetta sekä mahdollisuutta parantaa laatua.

Suunnitelluista parannuksista hyötyvät sekä Junttan että Komas. Junttanille ensisijaisina etuina pitäisi olla ylävaunun rungon halvempi hinta ja nopeampi läpimenoaika. Tällä hetkellä paalutuskoneen toimitusajassa määräävä tekijä on ylävaunun rungon toimitusaika, joten rungon toimitusajan lyhentyminen lyhentää suoraan myös koko paalutuskoneen toimitusaikaa. Komas puolestaan hyötyy siitä, että runkojen valmistusaikaa saadaan yhdenmukaistettua, jolloin töiden aikataulutus ja kapasiteetin hallinta helpottuvat. Rungon lyhentynyt valmistusaika myös vapauttaa kapasiteettia käytettäväksi muihin töihin. Hitsauksen yleinen helpottuminen lisää hitsaajien työmotivaatiota, mikä puolestaan helpottaa hitsaustuotannon kehittämistä tulevaisuudessa.

Taulukossa 7 on esitetty kootusti eri kehitysmahdollisuuksien potentiaaliset säästöt. Säästöt on ilmoitettu sekä lisäainekiloina, että muutettuna vastaamaan aikasäästöä lopullisesta valmistusajasta. Enimmillään kaikilla toimenpiteillä voitaisiin saavuttaa siis 24,0 %:n säästö käytetyssä lisäainemäärässä, joka tarkoittaisi 11,9 %:n säästöä rungon valmistusajassa. Suhde näiden kahden välillä ei luonnollisesti ole yksi yhteen, johtuen siitä, että esimerkiksi jotkut muutokset vaikuttavat ainoastaan hitsausaikaan, eivätkä ollenkaan osien asetusaikaan. Arvio valmistusaikaan suhteutetusta säästöstä on melko epätarkka, mutta tällaiseen vertailuun tarkkuus on riittävä.

Taulukko 7. Eri kehitysmahdollisuuksien potentiaaliset säästöt. Säästöt on ilmoitettu sekä lisäainekiloina, että aikasäästönä lopullisesta valmistusajasta. Laskennassa on käytetty sulatustehona 4,0 kg/h ja kaariaikasuhteena 30 %. Lisäksi on otettu huomioon myös osien asetusaikojen ja muiden sivuaikojen väheneminen tapauksissa, joissa osien määrä pienenee.

Kehitysmahdollisuus	Säästö [lisäaine-kg]	Säästö [h]
Ylihitsaus	6,08	5,06
Puuttuvat viisteet	-	0,50
Piirustuksista puuttuvat viisteet	-	0,67
Varusteluhitsit	8,16	6,80
Ylimääräiset varusteluosat	0,15	0,48
Ohjaamon aluslevyn kiinnitys	0,13	0,42
Vaakapuomin ulkoputken pää	7,95	25,48
Kynkkien sivulevyt	0,61	0,51
Kynkkien hitsien mitoitus	5,09	4,24
Puuttuvat tai virheelliset hitsausmerkinnät	-	0,33
Valmistuspiirustukset	-	-
Ahdas tila hitsata	-	-
Hitsien vaatima tila huomioimatta	-	-
Työergonomia	-	-
Mekanisoinnin mahdollisuudet	-	-
Robotisoidun hitsauksen mahdollisuudet	-	-
Tiedonkulku	-	-
Yhteensä	28,17	44,49
Suhteessa kokonaisuuteen	24,0 %	11,9 %

Taulukosta nähdään, että suurin vähennys valmistusaikaan saataisiin muuttamalla vaakapuomin ulkoputken pää valuosaksi. Siihen liittyy kuitenkin monia avoimia kysymyksiä, kuten valuosan hinta ja siten muutoksen lopullinen kustannusvaikutus sekä valun vaatima rakenteen uudelleenmuotoilu. Säästö valmistusajassa voi kuitenkin olla niin merkittävä, että muutoksen mahdollisuutta kannattaa ehdottomasti selvittää tarkemmin.

Toiseksi suurin säästö olisi saavutettavissa varusteluhitsien a-mittoja pudottamalla. Kyseessä on melko suoraviivainen muutos, koska muutoksia tarvitsee tehdä vain piirustuksiin merkittyihin a-mittoihin. Muutokset tosin koskevat suurta määrää piirustuksia ja merkintöjä. Tästä huolimatta muutos kannattaa tehdä.

Lähes yhtä suuri säästö olisi mahdollista ylihitsausta karsimalla. Tämä on ongelma, johon on puututtava Komasilla. Jos tämä ongelma saadaan ratkaistua, niin säästö tulee lähes ilmaiseksi.

Puuttuvista viisteistä osa johtui suunnittelijoiden virheistä ja osa taas osavalmistuksen virheistä. Osavalmistuksen puolella syntyvistä virheistä ei välttämättä pääse ikinä täysin eroon, johtuen muun muassa inhimillisistä erehdyksistä. Suunnittelun puolella syntyneet virheet ovat kuitenkin melko yksinkertaisia korjata. Turhan työn vähentämisen lisäksi näillä korjauksilla on myös tärkeä rooli piirustusten paikkansapitävyyden parantamisessa. Kuten jo aiemmin mainittiin, puutteet piirustuksissa ovat vuosien varrella johtaneet siihen, että kynnys osien muokkaamiseen ja pieniin poikkeamisiin piirustuksista ei ole kovinkaan korkea. Pahimmillaan tämä johtaa myös vääriin muutoksiin. Mitä täydellisemmäksi piirustukset saadaan, sitä enemmän tällainen toiminta toivottavasti vähenee. Myös puuttuvien ja virheellisten hitsausmerkintöjen korjaamisella pyritään samaan lopputulokseen kuin puuttuvien viisteiden lisäämisellä.

Ylimääräisten varusteluosien poistaminen on helppo tehtävä, joten se kannattaa ehdottomasti tehdä. Säästö ei ole kovin suuri, mutta se saadaan erittäin pienellä työpanoksella.

Ohjaamon aluslevyn kiinnityksen muuttaminen on melko pieni parannus. Se ei edellytä kovinkaan suuria muutoksia osiin. Kuitenkin prioriteettilistalla se ei ole kärkipäässä.

Kynkkien sivulevyjen muuttaminen yksiosaisiksi tarjoaa myös melko pienen parannuksen. Samalla sillä on myös negatiivisia vaikutuksia, lähinnä ainevahvuuden kasvattamisen tuoma lisäpaino. Siksi tämäkään muutos ei ole tärkeimmästä päästä.

Kynkän ja öljysäiliön välisen ahtaan tilan muuttaminen on tärkeää. Huonoista hitseistä johtuvien vuotojen korjaaminen on erittäin aikaavievää ja hankalaa tässä kyseisessä kohdassa. Hitsattavuuden parantaminen ei vaadi kuin pientä hitsaus- ja kokoonpanojärjestyksen muuttamista, mikä hoituu melkein pelkän huomautuksen lisäämisellä piirustukseen.

Eri kohtien, joissa hitsien vaatimaa tilaa ei ole huomioitu, korjaamisen tärkeys vaihtelee. Kynkän miesluukun paikan korjaus on erittäin tärkeä, koska sillä on vaikutusta säiliön tiiviyteen ja tällä hetkellä järkevän hitsin aikaansaaminen vaatii jo erityistoimenpiteitä. Vaakapuomin ulkoputken päälle tulevan levyn ja sivulevyjen välisten hitsien korjaus ei ole yhtä kriittinen, mutta silti melko tärkeä, koska tällä hetkellä ero piirustuksessa vaaditun ja todellisuudessa mahdollisen hitsin välinen ero on niin suuri. Öljysäiliön kierreholkkien korjaus puolestaan on vielä vähemmän tärkeä.

Kynkkien 6 mm:n pienahitsien poistamisella voitaisiin saada melko merkittävät säästöt. Kuitenkin tähän muutokseen liittyy pieni riski siitä, että liitoksen väsymiskestävyys ei ole riittävän hyvä. Siksi asiaa kannattaisikin selvittää tarkemmin ennen muutosten tekemistä.

Työergonomian parannus vastapöytäparin avulla on muutos, joka on pääasiassa Komasin vastuulla. Toki päätökseen olennaisesti vaikuttava tekijä on Junttanin paalutuskoneiden nykyiset ja tulevat valmistusmäärät. Lisäksi spesifikaatioissa olisi hyvä ottaa huomioon tulevaisuuden mahdolliset suuremmat kehityslinjaukset ylävaunun rungoille, jotta laitteisto soveltuisi hyvin käytettäväksi myös tulevaisuudessa. Luonnollisesti tällaisten laitteistojen hinta on melko korkea, joten sellaista ei voi hankkia ihan kevyin perustein.

Valmistuspiirustuksiin liittyvissä parannuksissa ensimmäisenä täytyy pitää huoli, että työpisteissä valmistuspiirustukset ovat oikein järjestetty kansioihin tuoterakenteen mukaisesti, jotta kaikkien piirustusten löytäminen olisi mahdollisimman helppoa. Jo tällä toimenpiteellä pystyttäisiin helpottamaan asioita, jotka hitsaajat kokivat piirustuksissa ongelmallisiksi.

Mekanisoidun hitsauksen käyttömahdollisuuksista todettiin jo aiemmin, että sopivia hitsejä on liian vähän ja ne ovat liian lyhyitä, jotta mekanisoidulla hitsauksella saataisiin merkittävää hyötyä.

Robotisoitu hitsaus muuttuu ajankohtaiseksi mahdollisuudeksi lähinnä siinä vaiheessa, kun paalutuskoneiden valmistusmäärät kasvavat huomattavasti. Siinä vaiheessa voi olla jo ajankohtaista tehdä koko ylävaunun runkoon enemmän puhtaalta pöydältä lähtevä päivitys. Silloin on huomattavasti helpompi tehdä muutoksia, joilla saataisiin edistettyä robottihitsattavuutta. Tällaisista muutoksista olisi apua myös käsinhitsauksessa, vaikkei robotisoitua hitsausta käytettäisikään.

Molemminsuuntaisen tiedonkulun parantaminen on periaatteessa olennainen tavoite. Se kuuluu erityisesti verkostomaisen toimintatavan edistämiseen. Tiedonkulun parantamisella saataisiin osittain korjattua niitä ongelmia, joita syntyi, kun osavalmistus ja hitsaustoiminta siirtyivät Junttanilta Komasille.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

TWM:n soveltamiselle verkostoituneeseen toimintaan ei ole estettä, vaikka siinä ei olekaan sellaisia tilanteita erikseen huomioitu. Omia haasteitaan tällainen asetelma kuitenkin tuo, koska kehitystoimenpiteiden lopputulos on riippuvainen kaikkien mukana olevien yritysten panoksesta. Siksi TWM:n implementointia voi olla vaikea toteuttaa perinteisessä alihankintasuhteessa, joten se vaatii kunnolla toimiakseen tiiviimpää yhteistyötä, mihin käytännössä tarvitaan verkostoitumista.

Toisaalta TWM:ään sisältyy muutakin, kuin mitä tässä työssä on käsitelty, kuten hitsaustuotannon johtamista ja sen periaatteellista taustaa. On kuitenkin selvää, että niiden käsittely tässä työssä ei olisi ollut tarkoituksenmukaista. Jotta TWM soveltuisi paremmin verkostoituneeseen toimintaan, sitä kannattaisi kehittää enemmän käytännön työkaluksi kehityskohteiden löytämiseen, kuin hitsauksen johtamisjärjestelmäksi, hieman samaan tapaan, kuin sitä on tässä työssä käytetty.

Ylävaunun runkoon suunnitelluilla muutoksilla ja sen valmistukseen liittyvillä parannuksilla on mahdollista vähentää valmistusaikaa merkittävästi. Runkoon tehtäviä muutoksia rajoitti se, että siihen kiinnitetään koneen kokoonpanovaiheessa hyvin suuri määrä muita osia ja joissain paikoin tyhjää tilaa ei juuri jää. Siksi monet rakenteelliset muutokset heijastuvat moniin muihinkin osiin. Tästä syystä suuret muutokset ovat mahdollisia vasta, kun koko konetta ollaan suunnittelemassa puhtaalta pöydältä.

Työn aikana tehtyihin valmistusta koskeviin havaintoihin liittyy muutamia rajoitteita. Valmistuksenaikaisia havaintoja pystyttiin tekemään ainoastaan yhdestä rungosta, jonka parissa työskenteli kaikkiaan kolme hitsaajaa. Kaiken kaikkiaan otos on siis melko pieni. Sen takia osa nyt havaituista ongelmista ei välttämättä ole niin merkittäviä kaikilla hitsaajille ja vastaavasti muilla hitsaajilla voi olla toisenlaisia ongelmia.

Jatkokehitystä vaativia kohteita ovat:

1) Vaakapuomin ulkoputken pään muuttaminen valuosaksi: tarvittavat muutokset ja analyysi kustannuksista.
2) Rungon tilaus-toimitusketjun kartoittaminen ja hukka-ajan karsiminen koko ketjusta.
3) Pienemmän X-sarjan rungon samanlainen tarkastelu TWM:n avulla.
4) Lujempien materiaalien käyttö rungossa.
5) Kynkkien hitsien väsymistarkastelu.
6) Hitsauksen yleisen laatutason nostaminen, mutta erityisesti visuaalisen laadun parantaminen.

7 YHTEENVETO

Verkostoitumisella tarkoitetaan yritysten välistä monimuotoista ja syvällistä yhteistyötä tuotteiden tai palveluiden tuotannossa tai muissa yrityksen toiminnoissa. Verkostoitumisella pyritään yleensä saamaan kustannusetuja, kasvattamaan liiketoimintaa, kehittämään osaamista tai hankkimaan tietoa. Verkostoyhteistyö voi kuitenkin myös epäonnistua, mihin yleisimmät syyt ovat epäselvät pelisäännöt, luottamuksen pettäminen, ongelmat vuorovaikutuksessa ja erilaiset näkemykset yhteisestä hyödystä.

Verkostoja on monentyyppisiä, kuten vertikaalisia tai horisontaalisia. Horisontaalisissa verkostoissa yritykset toimivat samassa jalostusketjun vaiheessa, kun taas vertikaalisissa verkostoissa yritykset toimivat jalostusketjun peräkkäisissä vaiheissa. Verkostoissa yrityksillä on erilaisia rooleja kuten päähankkija, järjestelmätoimittaja ja erikoistunut sopimustuottaja. Päähankkija vastaa yleensä lopputuotteen myynnistä ja koordinoi verkoston toimintaa. Järjestelmätoimittajat toimittavat suurempia osakokonaisuuksia päähankkijalle. Erikoistuneet sopimustuottajat ovat puolestaan oman kapean alansa huippuosaajia, joille järjestelmätoimittajat voivat antaa toimeksiantoja.

Total Welding Management on menetelmä hitsaustuotannon kehittämiseen. Alun perin se on suunniteltu käytettäväksi yksittäisen yrityksen, joka tekee sekä suunnittelun että hitsauksen, toiminnassa. Sen sijaan tässä työssä sitä sovelletaan verkostoituneeseen toimintaan.

TWM:ssä esitetään, että hitsaavassa yrityksessä on neljä kriittistä toimintoa: tuotteen suunnittelu, tuotannon suunnittelu, hitsaustuotanto ja laadunvarmistus. Jokaisella kriittisellä toiminnolla on viisi avainaluetta, jotka edustavat niiden keskeisimpiä tehtäviä. Hitsaustuotantoa kehitettäessä pyritään toteuttamaan jokaisessa avainalueessa viittä konkreettista toimenpidettä, jotka ovat:

1) Vähennä hitsien määrää ja tilavuutta.
2) Vähennä kaariaikaa.
3) Vähennä korjauksia, hylättyjä kappaleita ja romua.
4) Vähennä työn rasittavuutta.

5) Vähennä turhaa liikettä, siirtelyitä ja odottelua.

Yhdessä neljä kriittistä toimintoa, viisi avainaluetta ja viisi konkreettista toimenpidettä muodostavat sata mahdollista kehityskohdetta.

TWM:n otetaan käyttöön kolmivaiheisella prosessilla, joka koostuu

1) tiedonkeruusta
2) toteutuksen suunnittelusta ja tavoitteiden asettamisesta
3) käyttöönotosta ja ylläpidosta.

Tiedonkeruussa pyritään keräämään tarpeellista tietoa eri tavoin, jonka pohjalta pyritään tunnistamaan mahdolliset kehityskohteet, suunnittelemaan niiden vaatimat korjaavat toimenpiteet sekä arvioimaan potentiaaliset säästöt. Seuraavassa vaiheessa päätetään, että mitä kehityskohteita aletaan lopulta hyödyntää ja luodaan sitä varten projektisuunnitelmat sekä aikataulut. Käyttöönotossa ja ylläpidossa ryhdytään käytännössä toteuttamaan tehtyjä suunnitelmia ja seurataan saatujen tulosten pysyvyyttä pitkässä juoksussa.

Kun TWM:ää ruvetaan soveltamaan verkostoituneeseen toimintaan, suurimpana erona on, että suunnittelu ja hitsaus eivät välttämättä ole enää yhden ja saman yrityksen vastuulla. Tämä asetelma luo lisähaasteita TWM:n käyttöönoton eri vaiheissa, koska kaikkien mukana olevien yritysten panosta tarvitaan. Tiedonkeruu ei ole yhtä helppoa, kun kaikkea tietoa ei välttämättä olla valmiita jakamaan ja yritysten välillä voi olla suuri välimatka. Toteutuksen suunnittelussa ja tavoitteiden asettamisessa ongelmia saattaa aiheuttaa erilaiset näkemykset kehityskohteiden tärkeydestä ja erilainen halukkuus panostaa resursseja niihin. Käyttöönotossa ja ylläpidossa korostuu kunkin yrityksen vastuu tehtyjen suunnitelmien toteuttamisessa.

Työssä sovellettiin TWM:ää Junttanin ja Komasin toimintaan. Esimerkkituotteena oli paalutuskoneen ylävaunun runko, joka on suunniteltu Junttanilla ja valmistetaan Komasilla.

Rungosta ja sen valmistuksesta havaittiin useita kehityskohteita. Merkittävin oli erään hitsauskokoonpanon korvaaminen valuosalla, mikä voisi vähentää koko rungon valmistusaikaa noin 7 %:lla. Toiseksi suurin säästö olisi mahdollista saada pienentämällä

ylisuuria varusteluhitsien a-mittoja. Lähes yhtä suuri säästö saataisiin karsimalla ylihitsausta. Muutamissa kohdin runkoa havaittiin hitsejä, joita oli erittäin vaikea tai jopa mahdoton hitsata vaatimusten mukaisesti, johtuen huonosta luoksepäästävyydestä tai siitä, ettei hitsien vaatimaa tilaa ollut huomioitu suunnittelussa. Rungon osista puuttui huomattava määrä viisteitä, mihin suurimpaan osaan syynä oli suunnittelun virhe, mutta muutamiin myös osan valmistaneen alihankkijan virhe. Samankaltaisena ongelmana oli myös useat piirustuksista puuttuvat hitsausmerkinnät. Työssä ehdotettiin myös muutamia pienempiä hitsauksen tarvetta vähentäviä muutoksia. Mekanisoidusta hitsauksesta todettiin, että sitä ei pysty kannattavasti lisäämään. Robotisoidulle hitsaukselle olisi potentiaalinen käyttökohde, mutta pienten valmistusmäärien takia sen hyödyntäminen ei ole tällä hetkellä ajankohtaista. Yhtenä verkostomaiseen toimintaan liittyvänä kehityskohteena ehdotettiin parannuksia molemminpuoliseen tiedonkulkuun. Kokonaisuudessaan, jos kaikki kehitysehdotukset toteutetaan, on mahdollista saavuttaa noin 11,9 %:n säästö ylävaunun rungon valmistusajasta.

Johtopäätöksinä voidaan todeta, että TWM:n soveltamiselle verkostoituneeseen toimintaan ei ole estettä, mutta se tuo oman haasteensa käyttöönottoprosessiin. Tässä työssä TWM:n avulla saatiin suunniteltua parannuksia, joilla voidaan lyhentää ylävaunun rungon valmistusaikaa ja helpottaa valmistusta merkittävästi.

LÄHTEET

Ahola, H. 1988. Automatisoidun kaarihitsauksen huomioonottaminen tuotteen suunnittelussa. Tekninen tiedotus, nro 16/88. ISSN 0357-7368

Barckhoff, J. R. 2005. Total Welding Management. Miami: American Welding Society. 189 s. ISBN 0-87171-743-3

Hakanen, M., Heinonen, U. & Sipilä, P. 2007. Verkostojen strategiat – Menesty yhteistyössä. Helsinki: Edita Publishing. 297 s. ISBN 978-951-37-4936-1

Hiltunen, E. & Purhonen, T. 2008. Robottihitsauksen laatu – monen tekijän summa. Hitsaustekniikka, nro 4, s. 33–36. ISSN 0437-6056

Junttan. 2011. Junttan yritysesittely. [Junttan Oy:n sisäisestä verkosta]

Lukkari, J. 1996. Esimerkkejä hitsauksen tuottavuuden parantamisesta. Hitsaustekniikka, nro 5, s. 11–17. ISSN 0437-6056

Lukkari, J. 2002. Hitsaustekniikka – Perusteet ja kaarihitsaus. Helsinki: Opetushallitus. 292 s. ISBN 952-13-1409-5

Möller, K., Rajala, A. & Svahn, S. 2004. Tulevaisuutena liiketoimintaverkot – Johtaminen ja arvonluonti. Helsinki: Teknologiateollisuus. 240 s. ISBN 951-817-851-8

Möller, K. & Rajala, A. 2008. Strategiset liiketoimintaverkot – hyödyt ja haasteet. Teoksessa Valkokari, K., Hyötyläinen, R., Kulmala, H., Malinen, P.,Möller, K. & Vesalainen, J. (toim.) Verkostot liiketoiminnan kehittämisessä. Helsinki: WSOYpro. s. 63–82. ISBN 978-951-0-34737-9

Niemelä, S. 2002. Menestyvä yritysverkosto – Verkostonrakentajan ABC. Helsinki: Sitra. 135 s. ISBN 951-37-3648-2

Ollus, M., Ranta, J. & Ylä-Anttila, P. 1998. Yritysverkostot – kilpailua tiedolla, nopeudella ja joustavuudella. Vantaa: Sitra. 133 s. ISBN 951-628-281-4

SFS-EN 1993-1-8:2005. Eurocode 3. Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-8: Liitosten mitoitus. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto. 148 s.

Tsupari, P., Nissinen, T. & Urrila, P. 2001. Kohti strategisia yritysverkostoja. Osaraportti I: Teollisuuden verkottumisen yleiskatsaus. Teollisuuden ja Työnantajain Keskusliitto. 42 s. ISBN 951-9148-91-4

Vesalainen, J. 2002. Kaupankäynnistä kumppanuuteen – Yritystenvälisten suhteiden elementit, analysointi ja kehittäminen. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy. 219 s. ISBN 951-817-787-2

Welding Handbook, Volume 1 – Welding Science and Technology. 2001. American Welding Society. Miami. 918 s. ISBN 0-87171-657-7