

Tomi Kilpeläinen

PIENYRITYKSEN
TUOTANTOTOIMINNAN
TEHOSTAMINEN

Opinnäytetyö
Kone- ja tuotantotekniikka


Marraskuu 2009




MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

 MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences	Opinnäytetyön päivämäärä 12.11.2009	
Tekijä(t) Tomi Kilpeläinen	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Kone- ja tuotantotekniikka	
Nimeke Pienyrityksen tuotantotoiminnan tehostaminen		
Tiivistelmä <p>Tässä opinnäytetyössä pohditaan, kuinka metallialan yrityksen Fineuropol KY:n tuotantotoimintaa voidaan kehittää ja laajentaa. Yrityksen toiminnan osalta keskitytään lämpökeskusten runkojen ja putkistojen valmistukseen sekä selostetaan niiden valmistusvaiheet, mietitään ongelmakohtia ja käydään läpi parannusehdotuksia.</p> <p>Työn alun teoriaosuudessa tarkastellaan kehitystyön kannalta keskeisiä aihepiirejä kuten tehdas- ja layoutsuunnittelua sekä tutustutaan tuotannon valmistusjärjestelmiin. Samassa käydään läpi yleisimpiä hitsausmenetelmiä ja niiden käyttöalueita sekä käsitellään hitsauksen kustannustekijöitä. Suunnitellaan pienen konepajan kaksi vaihtoehtoista tehdaslayoutia. Käsitellään lämpökeskuksen hitsaustöihin liittyviä asioita etenkin vesiputkistojen kohdalla ja tehdään parannusehdotuksia hitsausmenetelmissä sekä perustellaan ne myös laskuilla.</p> <p>Työssä on selvitetty ongelmakohtia, joita on liittynyt valmistukseen ja kuinka niitä voitaisiin parantaa. Työssä on tutkittu myös uusia valmistusmenetelmiä, jotka nopeuttavat valmistusta ja tuovat kustannussäästöjä. Tehdaslayout suunnitelma on pohjana tulevaisuuden suunnitelmia varten. Ehdotukset työmenetelmissä ja laitteistoissa tuovat nopeutusta työsuoritukseen. Puikkohitsausmenetelmästä siirtyminen MAG-täytelankahitsaukseen tuo merkittävän kustannussäästön.</p>		
Asiasanat (avainsanat) suunnittelu, hitsaus, täytelanka, pienyritys, kehittäminen, layout.		
Sivumäärä	Kieli suomi	URN
Huomautus (huomautukset liitteistä)		
Ohjaavan opettajan nimi Ismo Kivistö	Opinnäytetyön toimeksiantaja Fineuropol KY	

DESCRIPTION

 MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences		Date of the bachelor's thesis 12.11.2009
Author(s) Tomi Kilpeläinen	Degree programme and option a Bachelor`s degree in Mechanical Engineering	
Name of the bachelor's thesis Small companys production activities rationalization		
Abstract <p>In this thesis I study how we can develop and expand a company called Fineuropol KY. Its field is metal subcontracting. I will concentrate on the manufacture of heat plant steel frames and piping.</p> <p>At the beginning of this thesis I discuss subject matters like plant layout and design work and also manufacturing systems are proposed. I also discuss common welding methods and their use as well as things related to heat plant welding procedure, especially in water pipes and what kind of upgrades are possible. I also calculate welding costs for different methods.</p> <p>Was figured out what are the black spots of manufacture and how they can be improved. I suggest new manufacturing methods, which can speed up manufacturing and bring cost saving, like MAG filling yarn welding. The plant layout is a base for future schemes.</p>		
Subject headings, (keywords) Design, welding, filling yarn, small company, developing, layout.		
Pages	Language Finnish	URN
Remarks, notes on appendices		
Tutor Ismo Kivistö	Bachelor`s thesis assigned by Fineuropol KY	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	TEHDAS- JA LAYOUTSUUNNITTELU	2
2.1	Tehdassuunnittelu	2
2.2	Layoutsuunnittelu	4
2.3	Päämäärät tehdaslayout suunnittelussa.....	5
2.4	Tehtaan layoutin muodostamisen syytä.....	6
2.5	Tuotantotilan suunnittelu	6
2.6	Kapasiteetilaskelmat	7
3	TUOTANNON VALMISTUSJÄRJESTELMÄT	7
3.1	Tuotantojärjestelmätyypit	7
3.2	Eri valmistusjärjestelmien käyttöalueet.....	14
4	HITSAUS	15
4.1	Hitsattavuus	15
4.2	Rakenteellinen hitsattavuus	15
4.3	Perusaineen hitsattavuus	16
4.4	Valmistuksellinen hitsattavuus	16
4.5	Hitsauskustannukset ja taloudellisia kaavoja.....	17
5	HITSAUSMENETELMIEN KÄYTTÖALUEET JA HITSAUSLUOKAT	19
5.1	Puikkohitsaus	19
5.2	MIG/MAG-hitsaus.....	20
5.3	TIG-hitsaus	20
5.4	MAG-täytelankahitsaus	20
5.5	Metallitäytelangat	21
5.6	Putkien hitsaus	22
5.7	Hitsauksen laatuvaatimukset ja hitsausluokat	23
5.8	Hitsaajan pätevyyskokeet	24
6	TUOTTEET JA MARKKINAT	25
7	TEHDASSUUNNITELMA	27
7.1	Valmistussuunnitelma.....	27
7.2	Rakennekaavio.....	28
7.3	Tehokkaampi tuotanto	29

7.4	Konekanta	29
7.5	Henkilöstö.....	30
7.6	Tehdaslayout.....	31
7.7	Riippuvuussuhdekaavio.....	35
7.8	Varastot.....	37
8	LÄMPÖKESKUKSEN HITSAUSTYÖT	38
8.1	Hitsausohje (WPS).....	38
8.2	Rungon kokoonpano ja hitsaus	38
8.3	Putkistojen kokoonpano.....	39
8.4	Putkistojen hitsaus	40
8.5	Kustannustekijät hitsauksessa.....	42
9	POHDINTA	45

LÄHDELUETTELO

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää ja tutkia pienen metallialan, Fineuropol KY, perheyrityksen kehitys- ja laajenemismahdollisuuksia. Aikaisemmin yrityksessä on ollut kaksi työntekijää ja tarvittaessa työntekijämäärää on lisätty. Tähän saakka toimintaa on harjoitettu toisten valmistajien tiloissa. Tulevaisuudessa oma tuotantotila saattaa olla paras vaihtoehto, minkä johdosta työssä tullaan laatimaan tehdassuunnitelua 5-20 työntekijävahvuudelle. Mahdollisen laajenemisen vuoksi suunnitellaan konepajan kaksi vaihtoehtoista layoutia, joissa toisessa pääpainona on lämpökeskusten teräsrakenteiden ja putkistolinjojen valmistus.

Työssä selvitetään sopivimmat hitsausmenetelmät konepaja- ja ulkotyöskentelyyn ja tuodaan niiden hyviä ja huonoja puolia ilmi. Myös henkilöstön hankintaan liittyvät asiat kuten hitsausluokat tullaan esittelemään.

Yrittäjää ja työntekijöitä haastatellaan ja selvitetään mahdollisia ongelmakohtia, joita on ilmennyt toiminnassa. Näiden pohjalta ongelmia lähdetään tutkimaan ja kehittämään työssä esitettyjen teoriaosuuksien avulla.

Opinnäytetyön tavoitteena on tarkastella laajenemismahdollisuuksia niin, että yrityksellä olisi jatkossa oma tilauskonepaja, joka sisältää perinteiset metallintyöstökoneet. Pääasiallisena tuotteena tulevat olemaan lämpökeskusten runko- ja putkistotyöt. Yritys tulee myös tekemään muita tuotteita tilaustoina, kuten teräsrakenteita, koneistus- ja särmäystöitä. Myös teräsrakenteiden paikalleen asennukset kuuluvat työnkuvaan.

Työn alun teoriaosuudessa luvussa 2 tarkastellaan kehitystyön kannalta keskeisiä aihepiirejä kuten tehdas- ja layoutsuunnittelua. Myöhemmin luvussa 7 esitetään tehdassuunnittelun sovellus. Sekä luvussa 3 tutustutaan konepajateollisuuden yleisimpiin tuotannon valmistusjärjestelmiin ja niiden käyttöalueisiin.

Luvussa 4 käydään läpi asioita, jotka vaikuttavat merkittävästi hitsaukseen sekä käsitellään hitsauksen kustannustekijöitä ja taloudellisia laskukaavoja. Laskukaavoilla esitetään hitsauslisäaine-, suojaasu- ja työkuukustannusten laskeminen.

Erilaisten hitsausmenetelmien käyttöalueet ja hitsausluokat tuodaan esille luvussa 5. Merkittävimpiä asioita työn kannalta ovat putkien MAG-täytelankahitsaus.

Luvussa 8 esitetään lämpökeskuksen hitsaustöihin liittyviä asioita ja ehdottamaan parannuksia, joista merkittävimpänä putkien puikkohitsausmenetelmästä siirtyminen MAG-täytelankahitsaukseen. Menetelmän vaihtamisen hyödyt kustannusten kannalta on perusteltu laskuilla.

Yritys on toiminut vuodesta 1991 lähtien ja sen pääasiallinen toimenkuva on ollut metallialan alihankintatyöt. Kyseessä on pieni perheyrittäjä, jossa on kaksi vakinaista työntekijää. Toinen heistä hoitaa kirjanpito- ja laskutusasiat ja toinen taas itse metallialan työt. Aivan alussa työ oli yhden miehen, omaan laskuun tekemistä monissa eri metallialan yrityksissä. Ajansaatossa kokemusten karttuessa kuvaan astuivat aina vain isommat projektit.

Eniten työnkuvaan on kuulunut erilaisten teräsrakenteiden valmistusta hitsaamalla sekä lämpökeskusprojekteja. Työt on suoritettu alihankintana useille eri metallialan konepajoille.

2 TEHDAS- JA LAYOUTSUUNNITTELU

Luvussa käsitellään tehdas- ja layoutsuunnittelun teoriaa. Mistä tehdassuunnittelu koostuu ja mitkä ovat päämäärät sekä syyt layoutsuunnittelussa. Luvun lopussa esitetään myös kapasiteettilaskelma koneiden hankintaan liittyen.

2.1 Tehdassuunnittelu

Tehdassuunnittelu on yrityksen mahdollisuus järjestellä ja edistää tehokkuutta koneiden, materiaalin, henkilöstön ja energian käytön suhteen. Se on osa laajempaa aihetta, jota kutsutaan tuotantotekniseksi suunnitteluksi. Tuotantotekninen suunnittelu sisältää tehtaaseen sijainnin ja rakennussuunnittelun, kuten myös tehdassuunnittelun ja materiaalin käsittelyn. Tehdassuunnittelu ja materiaalin käsittely vaikuttavat tuottavuuteen ja kannattavuuteen enemmän kuin lähestulkoon mitkään muut tärkeät päätökset./1/

Tehdassuunnittelu on osa tuotantoteknistä pitkäntähtäimen suunnittelua (PTS). Se jaetaan kuuteen aihealueeseen, jotka ovat:

1. yrityksen PTS
2. hankesuunnittelu
3. esisuunnittelu
4. pääsuunnittelu (prosessi- ja layoutsuunnittelu)
5. rakentaminen
6. käyttöönotto.

Tehdassuunnittelu aloitetaan esisuunnittelulla, jossa tehdään kapasiteetilaskelmat, eli siis tarvittava kone- ja henkilöstömäärä. Laaditaan alustava layout osastotasolla (ei työpaikkatasolla), esimerkiksi varastot, esikäsittely, koneistus, kokoonpano, tuotesuunnittelu ja hallinto jne. Valitaan sijaintipaikkakunta, josta selvitetään seuraavia asioita: liikenneyhteydet, esim. maantie, rautatie, lentoyhteydet jne. työvoiman saanti ja palkkataso, alueelliset erikoisedut, energian ja veden saanti, markkina-alueen sijainti, raaka-aineen saanti ja erilaiset ympäristökysymykset. Seuraavaksi valitaan tontti, jolle laaditaan käyttösuunnitelma. Tontinkäyttösuunnitelmassa selvitetään maaperän laatu ja korkeussuhteet, laajennustarve tulevaisuuden kannalta, liikenne-, sähköistämisen-, putki-, vesi- ja viemärointi- sekä ympäristönsuojelusuunnitelma. Lopuksi hoidetaan investointilaskelmat ja suunnitellaan rahoitus.

Sitten suunnitellaan liikenneympäristö, josta tehdään yleissuunnitelma. Tämä käsittää rakennuksen sijoituksen tontille, johon sisältyy esim. alueen rajausta, liikenteen kulkuportti ja vartiointi, ajoradat opasteineen, risteykset, pysäköintipaikat, valaistus, lastaus- ja purkupaikat.

Tehtaan fyysiset mitat saadaan selville selvittämällä tilantarvestandardit, tekemällä työpaikka layoutit, vertailemalla sekä laskemalla. Tuotantotoiminnan tulisi olla yhdessä tasossa, sillä siirrot hisseillä ovat pullonkauloja tavaravirroille. Kattoa kannattelevat pylväät vaikeuttavat laitesijoittelua, minkä vuoksi kattokannakkeiden jännevälit tehdään mahdollisimman pitkäksi. Siltanosturin käyttö kevyeen tuotantoon tarkoitetuissa halleissa vaatii korkeutta 6 metriä. Konttori, joka tarvitaan vähintään työnjohtoa ja logistiikan tarpeita hoitamaan, sijoitetaan usein eri siipeen ja siinä on myös työntekijöiden sosiaaliset tilat./2/

2.2 Layoutsuunnittelu

Tehtaan layoutsuunnittelu tarkoittaa solujen ja muiden valmistusyksiköiden sekä kuljetusväylien ja varastojen sijoittelua tiloihin. Layoutsuunnittelussa on tavoitteena materiaalikuljetusten minimointi, mahdollisimman selkeä ja suoraviivainen materiaalin virtaus läpi tehtaan. Poikittaista virtausta on vältettävä ja takaisinpäin virtausta ei saa olla lainkaan. Tavoitteena ovat myös käytettävissä olevan tilan tehokas käyttö, työntekijän turvallisuus ja viihtyvyys sekä joustava järjestely, jota voidaan tulevaisuudessa muuttaa tarvittaessa./2/

Layoutsuunnittelussa voidaan käyttää seuraavanlaista perusohjetta:

- suunnittele aluksi kokonaisuus ja sen jälkeen yksityiskohdat
- suunnittele teoreettinen ideaaliratkaisu ja siitä edelleen käytännön sovellus
- vaihejärjestys: layoutin sijainti, uuden tuotantoalueen kokonaislayout, yksityiskohtainen layout työpaikkatasolla
- suunnittele prosessi ja koneet raaka-aineiden vaatimusten mukaan

Layoutsuunnittelun muistilista:

1. Materiaalitekijä
2. Kone
3. Työntekijät
4. Materiaalin siirto
5. Odotus- ja välivarastot
6. Kunnossapito/kunnonvalvonta
7. Rakennus
8. Muutokset
9. Lakien ja direktiivien vaikutus /2/

2.3 Päämäärät tehdaslayout suunnittelussa

Tehtävää/projektia, jota tullaan tehtaassa suorittamaan eniten, voidaan arvioida ja saada selvitettyä mitkä ovat kohteita, joita voidaan lähteä muuttamaan ja parantamaan niin, että kokonaislayoutin toiminta voitaisiin saada paremmaksi.

Kustannukset ja laatu ovat niin tärkeitä asioita, että ne voidaan yhdistää suoraan kaikkiin tehtävän suunnitteluun mukaan. Tehokkuuteen vaikuttavat asiat:

1. kustannusten vähentäminen
2. laadun optimointi
3. edistää henkilöstön, laitteistojen, tilan ja energian tehokkaampaa käyttöä
4. hankkia ja varmistaa sopivat työntekijät, heidän turvallisuutensa ja mukavuutensa
5. kontrolloida projektien kustannuksia
6. saavuttaa monia erilaisia tavoitteita.

Ensimmäinen tulee siis miettiä kustannustekijöitä. Esimerkiksi löytyykö entiselle työmenetelmälle, koneelle tai vaikkapa työntekijälle jokin korvaava vaihtoehto, joka on halvempi, mutta silti riittävän hyvä. Halvinkaan ei aina ole paras vaihtoehto. Esimerkiksi hankitaan laitteisto, jonka suorituskyky saattaa loppua hyvin pian, mikäli tulevaisuudessa tähdätään suurempiin tuotantomääriin.

Laatu on kriittinen ja vaikea mitata. Laatu voidaan parantaa esimerkiksi hankkimalla parempia materiaaleja, paremmat työstökoneet, tai lisäämällä suunnittelua entisestään. Mutta onko tälle kaikelle tarvetta? Valmistetaan korkeampilaatuisia ja kalliimpia tuotteita kuin ennen, mutta tällaiselle tuotteelle ei enää ole kysyntää. Sen takia täytyy siis pitää tuotteen laatu ja hinta sovussa.

Tilajärjestelyllä on suuri merkitys, siispä työssä tullaan myöhemmin esittelemään kappaleessa 7.6 tehdaslayout, joka olisi sopiva järjestelyltään lämpökeskusten runko- ja putkitöiden valmistamiseen./1/

2.4 Tehtaan layoutin muodostamisen syitä

Syitä uuden tehdaslayoutin muodostamista varten voi olla monia. Seuraavassa on lueteltu yleisimpiä syitä:

1. tuotteen suunnittelu/rakenne muuttuu erilaiseksi
2. kokonaan uusi tuote
3. muutokset tuotantomäärissä
4. kaluston vanheneminen
5. toistuvat onnettomuudet
6. huono ympäristö työntekijöillä
7. sijainnin muuttaminen, esim. lähemmäs markkinoita
8. kustannusten laskeminen /3/

2.5 Tuotantotilan suunnittelu

Tuotannollinen yksikkö, tehdas, verstaas tms., on ensisijaisesti suunniteltava tehokkaaksi tuotantoympäristöksi. Tuotantoyksikön tilasuunnittelussa tyypillisiä tavoitteita ovat kalusto- ja laiteinvestointien minimointi, tuotannon läpimenoajan minimointi, tilan maksimaalinen hyötykäyttö, työntekijöiden viihtyvyys ja turvallisuus, tilojen ja toimintojen uudelleenjärjestettävyyden, materiaalien käsittelykustannusten minimointi, materiaalikäsittelylaitteiston standardointi ja tuotantoprosessin tukeminen.

Tilasuunnittelu vaikuttaa osin suoraan ja osin prosessisuunnittelun kautta myös tuotteiden suunnitteluun ja ajoitukseen. Systemaattinen tilasuunnittelu alkaa tiedonkeruulla tuotantoyksikön toiminnoista, joiden avulla saadaan aikaiseksi materiaalikulun ja toimintojen riippuvuuksien kuvaus. Tätä kuvausta täydennetään olemassa olevan tilan ja tarvittavan lisätilan määrittelyin. Niiden perusteella rakennetaan eri tilojen riippuvuutta kuvaava kaavio, joka yleensä noudattaa joko tuotannon yleistä perusvirtaa tai arvioituja valmistettavien tuotteiden tai tuoteryhmien normaalireittejä.

Tuotantotilan suunnitteluun vaikuttaa myös käytettävä tuotannon ohjausmenetelmä. Materiaalitarvelaskentaan perustuvassa ympäristössä tarvitaan suhteessa suuria varastoja prosessin kaikissa vaiheissa, kuten myös prosessin alkupäässä ja lopussa. JIT-tuotannossa taas tarvitaan riittävää väylätilaa jatkuville tavarasiirroille, selkeät työpis-

teet tai –solut, joissa laitteet pyritään laitteiden ohjauksen ja tavaran käsittelyn helpottamiseksi ryhmittelemään u-kirjaimen muotoiseksi kaareksi työntekijän ympärille. /4/

2.6 Kapasiteetilaskelmat

Esim. 1 Montako jyrsinkonetta tarvitaan kun markkinointiennuste on 253 valmistettava kappaleita ja jyrsintätyötä kuluu 24h/kpl.

KT = konetarve

ME = markkinointiennuste

ME = 253kpl

$KT = 253 \text{ kpl} * 24\text{h/kpl} / 1600\text{h} = 3,79 \rightarrow 4 \text{ jyrsinkonetta}$

Esim. 2 On laskettu että hitsaustyötä on 18 240h. Perusteina 1000 tuntia vuodessa, joka tarkoittaa 200 työpäivää, joka kerrotaan yhden vuoron työpanoksella eli 8h.

Hitsaajien tarve = $18 \text{ 240h} / 1000\text{h} = 11,4 \rightarrow 12 \text{ hitsaajaa} /2/$

3 TUOTANNON VALMISTUSJÄRJESTELMÄT

Luvussa esitetään yleisimmät valmistusjärjestelmien perustyyppit sekä niiden käyttöalueet.

3.1 Tuotantojärjestelmätyypit

Osa tuotannonohjausta on tuotannon fyysisen organisoinnin suunnittelu eli se, miten tuotteiden kulku tehtaan lattialla järjestetään. Koneiden ja laitteiden sekä työnkulun muodostamaa järjestelmää kutsutaan **valmistusjärjestelmäksi**./6/

Konepajateollisuuden valmistusjärjestelmien perustyyppejä rakenteen ja toimintatapojen mukaan eroteltuna ovat seuraavanlaiset järjestelmät:

- paikallisjärjestelmä
- funktionaalinen järjestelmä
- linjajärjestelmä
- solujärjestelmä

- tuoteverstasjärjestelmä
- osaperhevalmistus
- joustava valmistusjärjestelmä (FMS)

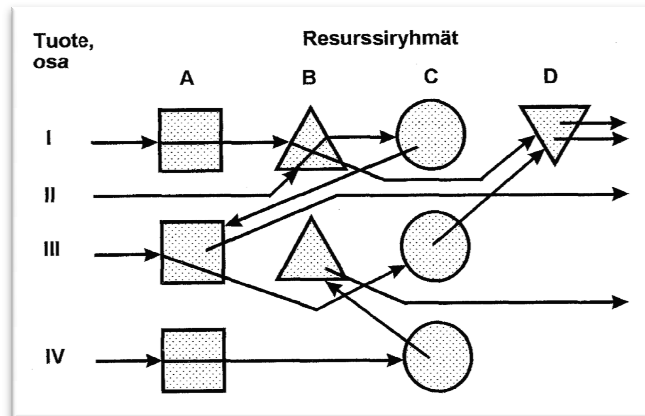
Paikallisjärjestelmä

Tuotteen valmistus ja kokoonpano tapahtuu samalla paikalla alusta loppuun. Esimerkiksi tällaisesta valmistuksesta on laivanrakennus tai muu niin suuri kohde, jonka liikuttaminen on erityisen vaikeaa. Paikallisjärjestelmässä henkilöstö, koneet ja laitteet vuorottelevat työpaikoilla. Tuotannonohjaus keskittyy töiden keskinäisen vuorottelun ja tasapainotuksen suunnitteluun.

Funktionaalinen järjestelmä

Samanlaista tai lähes samanlaista työtä tekevät koneet ja laitteet ovat ryhmiteltyinä omiksi ryhmikseen tai osastoikseen. Työ etenee ryhmästä tai osastosta toiseen työvaiheiden mukaisessa järjestyksessä. Funktionaalisessa järjestelmässä henkilöstö on pitkälle erikoistunut, mikä mahdollistaa teknisesti kehittyneen valmistuksen. Pulmana funktionaalisessa järjestelmässä on usein töiden ja materiaalien pitkät kuljetusmatkat ja se, että valmistettava tuote käy usean esimiehen vastualueella, jolloin valmistuksen koordinointi saattaa hankaloitua. Hyvänä puolena on varmuus. Jos yksi koneista rikkoutuu, tuotanto ei välttämättä pysähdy./6/

Funktionaalisella systeemillä on eräitä etuja. Merkittävin niistä on suuri tuotejoustavuus. Systeemillä voidaan valmistaa kaikkea, mitä systeemin sisältyvillä resursseilla ylipäättensä on valmistettavissa. Toinen etu on kapasiteetin käytön tehokkuus. Funktionaalisessa systeemissä työkappaleet jonottavat vuoroaan koneelle, jonka käyttöaste on siten helppo saada lähes 100 %:ksi. Tämä etu on luonnollisesti suurimmillaan erittäin kalliiden raskaiden työstökoneiden ollessa kyseessä./5/



KUVA 1 Funktionaalinen systeemi, A, B, C ja D ovat resurssityypit. Tuotteet I, II, III ja IV ohjataan eri reittejä systeemin läpi. Joka tuotteen käynnistä syntyy ohjattava vaihe kaikissa resurssiryhmissä. /5/

Funktionaalisen toimintatavan suurin negatiivinen piirre on huono ohjattavuus. Ohjaus on työlästä ja läpäisy silti hidas. Tuotteet on ohjattava erilaisia reittejä prosessin läpi.

Tämä merkitsee:

- runsaasti ohjattavia työpisteitä
- runsaasti ohjausimpulsseja tuotteille
- yhteensä paljon hoitoja
- työasemille syntyviä jonoja
- pitkää läpäisyäikää
- monimutkaisen järjestelmän pitkän läpäisyn epävarmuutta, jolloin toimitusvarmuuskin kärsii

Funktionaalisen systeemin huono ohjattavuus pahenee systeemin koon kasvaessa.

Huononeminen on ilmeisesti nopeampaa kuin ohjauspisteiden lukumäärän kasvu.

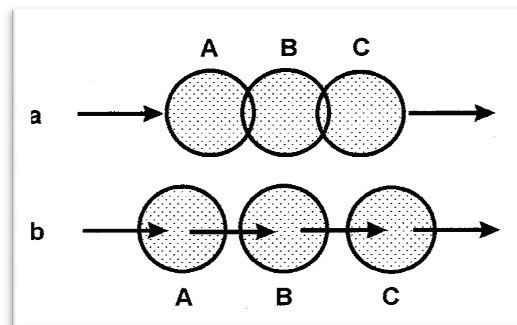
Funktionaalisten systeemien ohjaus onnistuu, jos systeemi on riittävän pieni, arviolta 3-6 ohjauspistettä tai henkilöä. Ohjauksen onnistuminen perustuu tällöin pienimuotoisuuteen ja yksikön omatoimisuuteen./5/

Linjavalmistusjärjestelmät

Seuraavat kirjoitukset perustuvat lähteeseen Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantjärjestelmät. /5/

Kaikkien tuotteiden työnkulku on sama. Työvaiheita, joita kaikki tuotteet eivät vaadi, voi hyvin olla. Tällaisten vaiheiden työaika on nolla, ja tuotteet vain läpäisevät työaseman.

Tahtilinja. Jos linjassa ei ole puskurivarastoja työasemien välissä, kaikki kappaleet on siirrettävä yhtä aikaa asemasta seuraavaan tai järjestyksessä viimeisestä vaiheesta alkaen. Tällöin on kyseessä tahtilinja.



KUVA 2 Tahtilinja

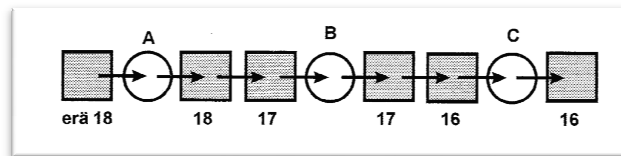
- a) Sidotut koneet, vain yksi työkappale kerrallaan työstössä.
- b) Tavallinen tahtilinja. Jokainen asema (A, B, C) työstää omia kappaleitaan, jotka vaihdetaan yhtä aikaa tai peräkkäin tahdisa, viimeisestä vaiheesta valmistuvasta alkaen./5/

Tahtilinjan kapasiteetin määrää pisimmän työvaiheen aika kappaleen vaihtoaikoi-
neen. Tämä on myös aika, jolla jaolla kappaleita valmistuu. Siksi sitä sanotaan tah-
tiajaksi. Kaikilla koneilla on asetus saman tuotteen tekemiseksi

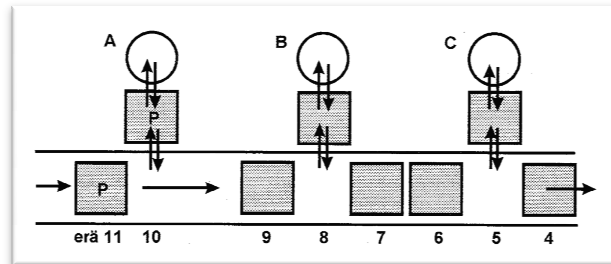
Epätahtilinja. Epätahtisessa linjassa on jokaisen työaseman (koneen) välillä puskurivarasto. Jokainen kone voi työstää eri erää.

Puskurivarastopaikkoja täytyy periaatteessa olla kahden erän verran. Toiseen puoleen edellinen kone panee työstetyt kappaleet, toisesta osasta puskurivarastoa jälkimmäinen kone ottaa työstettävät.

Suurten erien tai jatkuvassa valmistuksessa puskurivarasto voi olla vain muutaman työkappaleen kokoinen. Suuruus määräytyy silloin siten, että koneet voidaan asettaa ja ylläpitää yksi kerrallaan muiden käydessä. Ylläpitoa on mm. terävien terien vaihto ja muu apuaika.



KUVA 3 Epätahtinen linja, jossa kukin koneista (A, B, C) työstää omaa eräänsä. Kuvan alareunan numerot edustavat erien työjärjestystä./5/



KUVA 4 Linjamuotoinen systeemi, jossa täydellinen työjärjestys on $A \rightarrow B \rightarrow C$, mutta jonkin vaiheen ylihyppääminen on mahdollista. Erien sisäänmenojärjestys on kuvan alareunan numerorivin mukainen, mutta ulostulojärjestys voi ylihyppäysten vuoksi joissain kohdissa vaihtua./5/

Solujärjestelmä

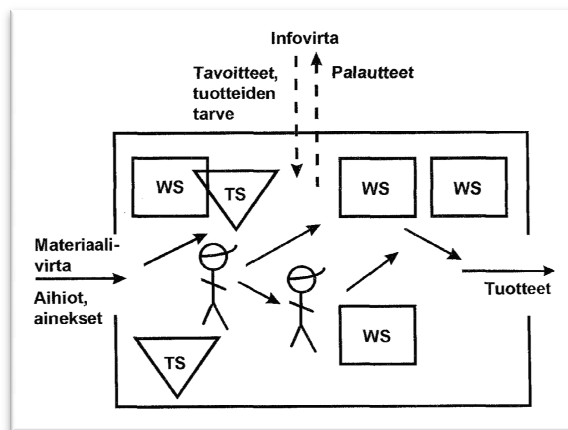
Tuotantosolut ovat itsenäisesti toimivia tuotantoyksiköitä, joita ohjataan kokonaisuutena. Soluille on tyypillistä, että materiaalit ja keskeneräinen työ eivät ole varastoituna solun sisälle vaan puskurivarastot ovat solujen välillä. Solussa on yleensä työpaikkoja enemmän kuin työntekijöitä ja työntekijät osaavat tehdä useita solun alueella tehtäviä työvaiheita. Kapasiteetin määrää usein ohjaava kone (ns. pullonkaularesurssi). Tuotantosoluihin perustuvan valmistusjärjestelmän yleistymisen yksi tärkeä syy on työympäristön kehittyminen. Näin päästään eroon yksitoikkaisista työvaiheista, joita esiintyy esim. toiminnallisessa valmistusjärjestelmässä. Tuotantosoluihin perustuvassa

valmistuksessa tuotannonohjaus yksinkertaistuu, koska ohjaus kohdistetaan kokonai-
siin ryhmiin eikä yksittäisiin työvaiheisiin. Tuotantoa ohjataan siis suurempina koko-
naisuuksina. /6/

Solun periaate

Jotta solu olisi itsenäinen yksikkö, sillä on

- oma tuotteisto valmistettavanaan
- oma yhtenäinen alue
- oma tuotantokalustonsa
- oma siirto- ja nostolaitteensa
- oma henkilöstönsä, joka muodostaa työryhmän
- kommunikoinnin mahdollistava koko, 1-6 henkeä
- vastuu kaikesta toiminnasta



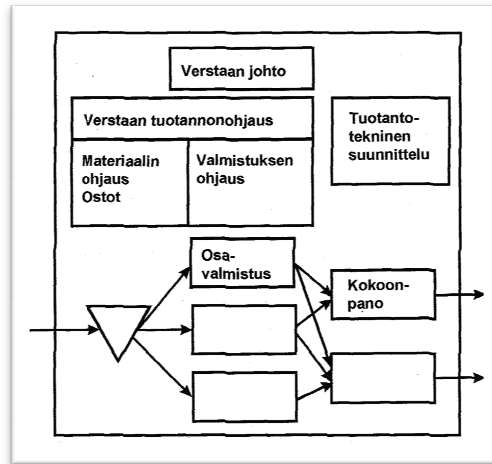
KUVA 4 Solu on määritellyn tuotteiston valmistukseen pystyvä tiimi, jolla on omat resurssinsa. WS:t ovat työasemia, TS:t työvälineitä./5/

Tuoteverstasjärjestelmä

Tuoteverstas on solua suurempi, kuitenkin itsenäinen valmistusyksikkö. Tuotetehtas ei keskity vain valmistukseen, vaan sillä on muitakin tehtäviä, esimerkiksi tuotesuunnittelu. Tuoteverstas voi koostua soluista, mutta niin ei tarvitse olla. Tuoteverstas voi olla myös yksi linja, haaroittuva linja, funktionaalinen tai näiden yhdistelmä./5/

Tuoteverstaalla on käytössään kaikki ne tuotannolliset resurssit, jotka tarvitaan kokonaisen tuotteen tai tuoteperheen valmistamiseen. Tuotantoresurssit on usein sijoitettu siten, että tuotteen tai sen osien valmistus tapahtuu ikään kuin virtauksena yhteen suuntaan. Tuoteverstaassa voi olla useita soluja tai tuotantolinjoja. Tuotantolinjat ovat

usein pitkälle automatisoituja ja vaativat kapasiteetin tehokkaan käytön takia jatkuvaa tuotantoa. Tuoteverstaan ilmentymistä esimerkkinä voidaan pitää massatuotantoa.



KUVA 5 Tuoteverstaan periaate ja tuoteverstaaseen kuuluvat toiminnot./5/

Osaperhevalmistus

Osaperhevalmistuksesta puhuttaessa käytetään myös termejä tuotantoryhmä tai ryhmäteknologia. Siinä tavoitteena on ryhmitellä valmistettavat nimikkeet osaperheisiin siten, että yhteen osaperheeseen kuuluvilla nimikkeillä on valmistuksessa paljon yhteisiä piirteitä. Osaperheen sisällä vaihto osasta toiseen käy nopeasti yhteisten piirteiden ansiosta. Esimerkki: jos yrityksellä on 10 000 erilaista nimikettä, joita se tarvitsee myymiensä lopputuotteiden valmistuksessa, viisisataa näistä saattaa käydä läpi valmistusvaiheet lävistys-hitsaus-poraus-hionta-maalauks. Tällöin näiden osien valmistus kannattaa keskittää, ja niitä varten perustaa tuotantoryhmä, joka koostuu puristimesta, hitsausasemasta, porakoneesta, hiomakoneesta ja maalausasemasta. Koneet ovat olemassa juuri tiettyä osaperhettä varten, ja niin lähellä toisiaan, ettei kuljetussysteemiä eikä varastotiloja tarvita. Vaikka tuotantoryhmässä tehdään erilaisia osia, kaikki osat kulkevat samojen koneiden kautta. Samaa osaa ei tehdä pitkiä sarjoja, koska pitkät sarjat kasvattavat varastoja./6/

Joustava valmistusjärjestelmä (FMS)

Joustava valmistusjärjestelmä (Flexible Manufacturing System eli FMS) tarkoittaa pitkälle tai täysin automatisoitua tuotantoa, jossa henkilöstölle jää varsinkin pisimmäl-

le automatisoiduissa tehtaissa vain tarkastus- ja valvontatehtäviä sekä automaattien ja robottien ohjelmointitehtäviä. Joustavissa järjestelmissä robottien merkitys on suuri.

Joustavaa valmistusjärjestelmää käytetään eniten konepajateollisuudessa. Tämä valmistusjärjestelmä edellyttää toistaiseksi suurivolyymistä vakiotuotantoa, mutta tekniikan kehittyessä sen uskotaan yleistyvän vastapainoksi verstasmaiselle valmistukselle. FMS-järjestelmälle tunnusomaista on, että se kykenee pitämään yllä keskeytymätöntä tuotantoa joko vähäisellä miehityksellä tai täysin ilman valvontaa huomattavan osan toiminta-ajastaan. Esimerkiksi yön aikana saatetaan valmistaa miehittämättömästi seuraavana päivänä tarvittavia osia. Usein työkalujen ja –kappaleiden käsittely ja kuljetus on automatisoitu. Joustavat valmistusjärjestelmät ovat välitavoite matkalla kohti miehittämätöntä tuotantoa./6/

3.2 Eri valmistusjärjestelmien käyttöalueet

Eri valmistusjärjestelmät soveltuvat erityyppisiin tuotantotapoihin. Käyttöalueiden kuvailut perustuvat lähteeseen./6/

Paikallisjärjestelmää hyödynnetään luonnollisesti silloin, kun valmistettava tuote on ainutkertainen ja esimerkiksi niin suuri, ettei sen siirtäminen ole mahdollista.

Funktionaalinen valmistusjärjestelmä on parhaimmillaan tilanteissa, joissa valmistetaan useita erityyppisiä tuotteita, mutta valmistettavat määrät ovat niin pieniä, ettei tuotekohtaisen linjan rakentaminen ole perusteltua.

Tuotantolinjoja käytetään, kun valmistetaan harvoja tuotteita suurina määrinä.

Osaperhevalmistuksen edellytyksenä on, että kaikista valmistettavista osista voidaan muodostaa ryhmiä, joiden valmistuksessa on niin paljon yhteisiä piirteitä, että tuotantoryhmän rakentaminen on perusteltua.

Tuotantosolut soveltuvat linjoja joustavampina tilanteeseen, jossa eri tuotteita valmistetaan toistuvasti niin pieniä määriä, ettei linjaa kannata rakentaa.

Joustavaa valmistusjärjestelmää (Flexible Manufacturing System eli FMS) hyödynnetään, kun valmistuksen automaatioaste on korkea.

4 HITS AUS

Luvun alussa esitetään asioita, jotka ovat merkittävimpiä vaikuttajia hitsauksen suorittamiseen.

Luvun lopussa tullaan käymään läpi asiat, joista hitsauskustannukset koostuvat ja millaisia kaavoja on olemassa hitsauslisäaine-, suojakaasu- ja työkustannusten laskemiseen. Myöhemmin luvussa 7 tullaan laskemaan näillä kaavoilla tämän työn esimerkitapaus.

4.1 Hitsattavuus

Hitsattavuuden määrittämisessä otetaan huomioon hitsattavan tuotteen kokonaisuus: rakenteelle asetetut vaatimukset, perusaineen ominaisuudet ja valmistuksen asettamat vaatimukset ja rajoitukset. Hitsattavuus on sitä parempi mitä vapaammin hitsausmenetelmä voidaan valita ja mitä vähemmän esivalmistelua ennen hitsausta joudutaan tekemään sekä jälkikäsittelyä hitsauksen jälkeen./7/

4.2 Rakenteellinen hitsattavuus

Rakenteelliseen hitsattavuuteen vaikuttavat rakenteen muodot, rakenteelle käytössä tulevat kuormituksen, hitsausliitosten sijaintikohdat ja ainepaksuudet./7/

a) Rakenteen muodot

- hitsausliitoskohdan sijainti ja luoksepäästävyys
- ainepaksuudet

b) Rakenteelle käytössä tulevat kuormitukset

- kuormitusvoimien suuruudet
- kuormituslajit: staattiset tai dynaamiset
- kestävyysaika-vaatimukset

4.3 Perusaineen hitsattavuus

Perusaineen hitsattavuuteen vaikuttaa hitsattavan perusaineen kemiallinen koostumus, metallurgiset ominaisuudet ja perusaineen fysikaaliset ominaisuudet./9/

a) Hitsattavan perusaineen kemiallinen koostumus

- karkenemistaipumus
- kuumahalkeamataipumus
- haurasmurtumataipumus
- väsymislujuus
- sulan käyttäytyminen

b) Metallurgiset ominaisuudet

- kiderakenne
- suotautumat
- sulkeumat

c) Fysikaaliset ominaisuudet

- perusaineen lämpöpitenekerroin
- perusaineen lämmönjohtavuus
- sulamispiste
- lujuus- ja sitkeysominaisuudet

4.4 Valmistuksellinen hitsattavuus

Valmistukselliseen hitsattavuuteen vaikuttaa hitsauksen esivalmistelu, hitsausmenetelmä ja hitsauksen jälkeen tehtävät käsittelyt./7/

a) Hitsauksen esivalmistelu

- liitosmuoto
- railomuoto
- mahdollisesti tarvittava esilämmitys

b) Hitsaus

- hitsausmenetelmä
- ympäristöolosuhteet: hitsaanko sisällä tuotantotiloissa vai ulkona
- lämmöntuonti
- hitsausjärjestys

c) Hitsauksen jälkeen suoritettavat käsittelyt

- lämpökäsittely
- työstäminen
- peittäus jne.
- maalaus

4.5 Hitsauskustannukset ja taloudellisia kaavoja

Seuraavat kappaleet perustuvat lähteeseen Hitsaustekniikka, perusteet ja kaarihitsaus./8/

Hitsauskustannukset muodostuvat seuraavista osakustannuksista:

Hitsausainekustannukset:

- hitsauslisäaineet (hitsauspuikot ja hitsauslangat)
- suojakaasut
- hitsausjauheet

Valmistuskustannukset

- työ
- energia

Konekustannukset

- pääoma
- kunnossapito

Hitsauslisäainekustannukset

Hitsauslisäainekustannukset (K_L) lasketaan seuraavan kaavan mukaan:

$$KL = M \times \frac{HL}{N} \text{ €/m}$$

M = hitsiainemäärä (kg/m)

H_L = lisäaineen ostohinta (€/kg)

N = hyötyluku: lisäaineesta saatava hitsiainemäärä/käytetty lisäainemäärä.

Hitsiainemäärät saadaan erilaisista hitsiainemäärätaulukoista.

Hyötyluvut ovat lisäainekohtaisesti likimääräisesti seuraavat:/8/

- puikot: 0,65
- MIG/MAG-umpilangat: 0,95
- täytelangat: 0,95 (metallitäytelanka), 0,85 (jauhetäytelanka)
- jauhekaarilangat: 1,0

Suojakaasukustannukset

Suojakaasukustannukset (K_S) MIG/MAG-hitsauksessa lasketaan seuraavan kaavan mukaan:

$$K_S = \frac{M}{T} \times V \times H_S \times k \text{ €/m}$$

M = hitsiainemäärä (kg/m)

T = hitsiaineentuotto (kg/h)

V = kaasun virtausmäärä (l/min)

H_S = kaasun ostohinta (seoskaasu: €/m³, hiilidioksidi: €/kg)

k = kerroin: 0,06 (seoskaasu), 0,12 (hiilidioksidi)

Työkustannukset

Työkustannukset (K_T) lasketaan seuraavan kaavan mukaan:

$$K_T = \frac{M}{T} \times \frac{1}{e} \times H_T \text{ €/m}$$

M = hitsiainemäärä (kg/m)

T = hitsiaineentuotto (kg/h)

e = paloaikasuhte

H_T = työtunnin hinta (€/h)

Hitsiaineentuotolla tarkoitetaan aikayksikössä hitsiin siirtyneen lisäaineen määrää eli aikayksikössä tuotettua hitsiainemäärää valokaaren palaessa jatkuvasti eli 100 %:n paloaikasuhteella. Sen suuruus riippuu mm. käytettävästä prosessista ja edelleen hitsausvirrasta.

Paloaikasuhte tarkoittaa kaariajan eli valokaaren paloajan suhdetta työhön käytettyyn kokonaisaikaan. Paloikasuhde saadaan luotettavin arvo työpaikkakohtaisilla mit-

tauksilla. Se vaihtelee voimakkaasti mm. työn laadun, mekanisointiasteen, työpaikan järjestelyn ja hitsausprosessin mukaan:

- puikkohitsaus: 0,2-0,4
- MIG/MAG-hitsaus: 0,20–0,50
- MAG-täytelankahitsaus: 0,20–0,50
- jauhekaarihitsaus: 0,50–0,70

Hitsauksen kustannusrakenne

Hitsauskustannuksissa työkustannusten osuus on yleensä selvästi suurin, noin 70–90 %. Hitsausaineiden osuus on 10–20 %. Energia- ja konekustannusten osuudet ovat yhteensä alle 10 %./8/

5 HITSAUSMENETELMIEN KÄYTTÖALUEET JA HITSAUSLUOKAT

Seuraavassa tullaan käsittelemään yleisimpiä perushitsausmenetelmiä, jotka ovat käytettyjä yrityksessä. Menetelmistä esitellään perusteet sekä niiden soveltuvuudet erilaisiin suorituksiin ja miksi esimerkiksi MAG-täytelankahitsaus on parempi vaihtoehto puikkohitsaukseen nähden, kun hitsattavat tuotteet ovat putkia.

5.1 Puikkohitsaus

Puikkohitsausta käytetään nykypäivänä konepajoissa korjaushitsauksiin, kuten valurautaosien korjauksiin ja kovahitsauksiin kulutusta kestävien pintojen aikaansaamiseksi, siis erikoislisäaineita vaativiin kohteisiin.

Tyypillisimpiä puikkohitsauksen käyttökohteita ovat asennustyöt, kuten rakennustyömailla tehtävät teräsrakenteiden asennushitsaukset, siltojen teräsrakenteiden hitsaukset, putkistojen hitsaukset, nostureiden asennushitsaukset, putkistojen hitsaukset, sekä kaukolämpöverkostojen ja prosessiputkistojen hitsaukset./7/

Puikkohitsauksen etuja ovat:

- hyvä lisäaineiden saanti
- hyvä luoksepäästävyys, virtalähde voidaan jättää kauaksi hitsauskohteesta
- ei ole arka vedolle tai tuulelle

5.2 MIG/MAG-hitsaus

MIG-hitsausprosessia käytetään tuotantoverstaissa alumiinien ja kuparien hitsaukseen. MAG hitsausta käytetään rakenneterästen, ruostumattomien ja haponkestävien terästen hitsauksiin. Molemmat hitsausmenetelmät vaativat vedottoman työympäristön, jotta suojakaasulla pystytään suojaamaan hitsaussulaa. Minkä takia kyseiset menetelmät eivät ole juurikaan soveltuvia ulkotyöskentelyyn./7/

5.3 TIG-hitsaus

TIG-hitsaus soveltuu yleensä kaikkien hitsattavien materiaalien hitsaukseen. Sen käyttö rajoittuu yleensä kuitenkin suhteellisen pieniin aineenpaksuuksiin, noin 0,5-6 mm, koska suurempien aineenpaksuuksien railojen hitsauksessa se on hidas. TIG-hitsausta käytetään vaativien putkien ja putkistojen hitsaukseen, esim. paine- ja prosessiputket. Ohutseinämäiset putket hitsataan kokonaan TIG-hitsauksella, kun taas paksuseinämissä putkissa usein vain pohjapalkko.

TIG-hitsaus soveltuu pohjapalkkojen hitsaukseen yhdeltä puolelta paremmin kuin mikään muu prosessi. Jos pohjapalon hitsauksessa on vaara lähipalamisesta ja valumisesta, niin hitsaaja voi helposti siirtää valokaarta enemmän sivullepäin railon kyljelle. Lisäaineen tuonnilla ja hitsaimen sivuttaisliikkeellä on helppo hallita lämmöntuontia.
/6/

5.4 MAG-täytelankahitsaus

MAG-täytelankahitsaus on MAG-hitsausprosessi, jossa lisäaineena käytetään putkimaisista lisäainelankaa. Putkimaisen langan sisäosa on täytetty metallijauheella tai kuonaa tuottavilla rutiili- tai emäsjauheilla. Täytteellä on samanlaisia tehtäviä kuin pui-konpäällysteellä. Täyteenä oleva jauhe sulaa lisäaineeksi ja kuona suojaa hitsisulaa ilman haitallisilta vaikutuksilta, lisäksi nopeasti jähmettyvä kuona tukee hitsisulaa parantaen asentohitsauksen ominaisuuksia./7/

Täyttöjauheen painon suhde langan kokonaispainoon vaihtelee erityyppisillä langoilla. Tätä suhdetta nimitetään täyttöasteeksi. Täyttöaste = täyteen paino (g)/täytelangan paino (g) x 100 (%). Täytelangoilla saadaan suuri virtatiheys, koska niissä vain putki-

mainen kuoriossa johtaa sähkövirtaa. Suuren virtatiheyden ansiosta kaariteho sulatettuun hitsiaineeseen painoon nähden on pieni.

Sähköenergian kulutus eri hitsausprosesseilla:

Puikkohitsaus = 2,3 Kj/kg

MAG-hitsaus = 1,8 Kj/kg

MAG-täytelankahitsaus = 1,6 Kj/kg

Muutamia MAG-täytelankahitsauksen etuja ja haittoja:/8/

- + hyvä tuottavuus, varsinkin asentohitsauksissa
- + hyvä tunkeuma
- + vähän roiskeita
- + hyvä tiiviysvarmuus
- lisääineen korkeampi hinta
- täytelangat, erityisesti rutiiliasentolangat, kostuvat herkästi

5.5 Metallitäytelangat

Metallitäytelankojen täyte koostuu metallijauheesta ja metallisista deoksidaatioaineista (happi pois). Kuonaa tai kaasusuojaa aineita ei ole. Metallitäytelankojen hyötyluku on korkea, noin 95 %, mikä on lähes umpilangan kanssa samaa luokkaa.

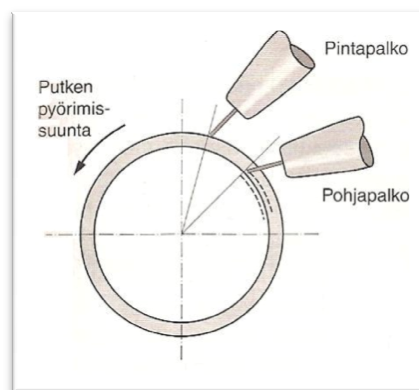
Käsinhitsauksessa käytetään yleisimmin 1,2mm täytelankaa, joka kattaa hyvin kaikki tyypilliset metallitäytelangan käyttöalueet ja hitsausasennot. Käyttöalue 1,2mm metallitäytelangalla alkaa jo noin 4mm levyn- tai putkiseinämän paksuudesta ylöspäin. Tämän mahdollistaa se, että ne toimivat hyvin vielä alle 100 A hitsausvirroilla. Metallitäytelangoilla voidaan hitsata lyhytkaarialueella, jolloin yhdeltä puolelta läpihitsaaminen on mahdollista putkistojen ja levyrakenteiden hitsauksessa ilman juuritukea. Metallitäytelangat soveltuvat hyvin putkien hitsaukseen käytettäessä pyörityslaitetta, jolloin pohjapalkko hitsataan lyhytkaarella ja väli- sekä pintapalot voidaan hitsata kuuma-kaarella jalkoasennossa./7/

5.6 Putkien hitsaus

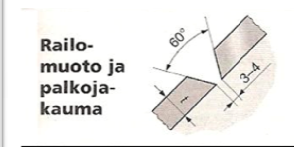
Putkien hitsaus metallitäytelangalla pyörityslaitetta käyttäen on erittäin tehokasta verrattuna perinteisiin puikko-, MAG-umpilanka- ja TIG-hitsausprosesseihin. Pelkästään MAG-hitsausprosessin tuoma ajansäästö on noin 50% puikkohitsaukseen nähden. Ajan säästö syntyy, koska puikon vaihto- ja kuonausajat jäävät pois. Kuvassa 6 on esitetty hitsauspistoolin kohdistaminen pyörivän putken hitsauksessa. Pohjapalkko hitsataan tavallaan alamäkeen, jolloin saadaan käyttää suhteellisen suuria hitsaustehoja, mutta pysytään kuitenkin lyhytkaarialueella. Pohjapalkko hitsataan sivuttaisliikettä tehdessä. Hitsaus on keskeytettävä vähintään kerran aloitus/lopetuspäätteen ohennushionta varten./7/

Väli- ja pintapalot hitsataan kuumakaarialueella ja pistoolin kuljetusliike on suoraviivaista. Pintapalkkoa hitsattaessa voidaan käyttää pientä levitysliikettä estämään reuna- haavan syntymistä. Jos railon leveys on suuri, hitsataan pintaan useampia palkoja rinnakkain. Pintapalkkoa ei saa levittää railon reunojen yli, vaan hitsistä tulee muodostua täsmälleen railon levyinen.

Putkien asentohitsaukset tehdään metallitäytelangalla lyhytkaarialueella. Asentohitsauksissa voidaan käyttää kohtuullista sivuttaisliikettä. Hitsauspistoolin kuljetusasento voi olla tilanteesta riippuen työntävä, kohtisuora tai vetävä. Kuvassa 2 on esitetty kalistetun putken hitsausohjeet./7/



KUVA 6 Pyörivän putken hitsauksen suoritustekniikka, pistoolin kohdistaminen. /7/

	Palko N:o	Lanka mm	Virta A	Jännite V	Hitsausnopeus sm/min.	Hitsausenergia kj/sm
t = 4	1	1,2	70– 90	14–15	7	8–12
t = 6,3	1	1,2	85–105	15–16	8	10–13
	2	1,2	100–120	17–18	8	13–16

KUVA 7 Putken hitsaus asennossa H-LO45. Hitsausprosessi: MAG-täytelanka (136) Lisäaine: Metallitäytelanka./7/

5.7 Hitsauksen laatuvaatimukset ja hitsausluokat

Hitsausluokan valinnassa otetaan huomioon rakenteelle tulevat kuormitukset, rakenteen käyttöolosuhteet ja mahdollisesta vauriosta aiheutuvat seuraukset sekä hitsauksen jälkeen tehtävät käsittelyt. Taloudellisista tekijöistä hitsauskustannusten lisäksi huomioidaan testaus-, tarkastus- ja korjauskustannukset.

Hitsin laadulla tarkoitetaan hitsin tasalaatuisuutta, määrättyä virheettömyysastetta, pinnan tasaisuutta ja geometrisia muotoja. Hitsauksen laatuoluokat (hitsausvirheisiin perustuvat hitsausluokat) ovat:

B = Vaativa

B on hitsausluokka, jonka ammattitaitoinen hitsaaja saa aikaan hyvissä konepaja- ja asennusolosuhteissa ilman jälkikäsittelyä. Laadun saavuttaminen edellyttää huolellista hitsaussuunnitelmaa ja jatkuvaa laadunvalvontaa. Käytetään esim. paineastia-, siltarakenne- ja nosturirakennehitsauksissa. B-hitsausluokka edellyttää, että hitsaajalla on voimassa oleva pätevyystodistus.

C = Hyvä

C on hyvää konepajakäytäntöä vastaava hitsausluokka, jonka ammattitaitoinen hitsaaja saavuttaa tavanomaisissa konepaja- tai asennusolosuhteissa vähintään pistokoevalvonnan alaisena. Käytetään kaikkein yleisimmin konepajatuotannossa.

D = Tyydyttävä

D on hitsausluokka rakenneosia varten, joiden vaurioitumismahdollisuus on pieni ja vaurioista johtuva haitta on vähäinen. Laatuluokkaa ylläpidetään lähinnä silmämääräisellä tarkastuksella./7/

5.8 Hitsaajan pätevyyskokeet

Hitsaustyön laatu riippuu paljon hitsaajan taidosta: hitsaajan kyvystä seurata annettuja ohjeita sekä hitsaajan taidosta testaamalla varmistaa hitsatun tuotteen laatu.

Hitsaajan pätevyyskoe on koe, jolla selvitetään hitsaajan pätevyys tiettyyn tehtävään määrätyllä hitsausprosessilla, perusaineella, lisäaineella ja hitsausasennolla.

Yleissääntönä on, että koehitsaus ei anna pelkästään pätevyyttä koeolosuhteita vastaavaan hitsaukseen, vaan se antaa myös pätevyyden hitsata kaikki sitä helpommiksi katsotut hitsaukset. Kokeessa saavutettu pätevyysalue on määritetty standarditaulukossa. Taulukoissa pätevyysalue on esitetty samalla vaakaviivalla.

Perusaineiden mukaan hitsaajan pätevyyskokeet on määritelty erikseen teräksille ja alumiineille seuraavasti:

SFS-EN 287-1 Hitsaajan pätevyyskoe. Sulahitsaus. Osa 1: Teräkset.

SFS-EN 287-2 Hitsaajan pätevyyskoe. Sulahitsaus. Osa 2: Alumiini ja alumiiniseokset

Pätevyys on voimassa 2 vuotta sillä ehdolla, että työnantaja tai hitsauskoordinaattori allekirjoittaa pätevyystodistuksen 6 kuukauden välein ja että kaikki seuraavat ehdot täyttyvät:

- hitsaustyössä ei tapahdu yli 6 kuukauden keskeytyksiä
- hitsaustyö on vastannut kokeessa vallinneita teknisiä olosuhteita
- ei ole erityistä syytä epäillä hitsaajan ammattitaitoa./7/

6 TUOTTEET JA MARKKINAT

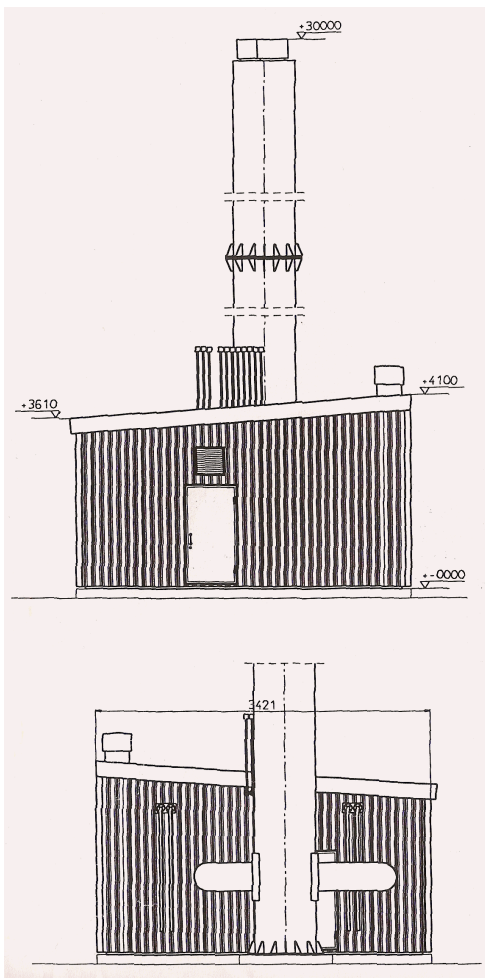
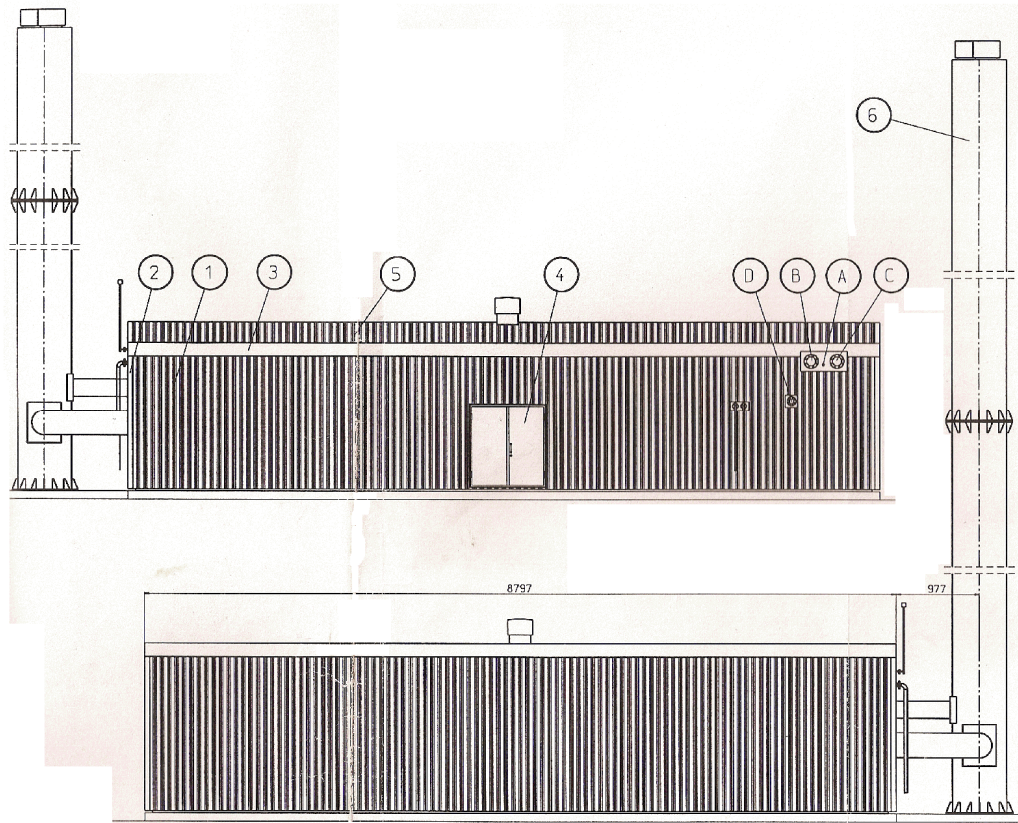
Yrityksen toiminta tulee perustumaan pääasiallisesti lämpökeskusten valmistukseen. Lämpökeskukseen valmistetaan itse teräsrunko ja putkistot, sekä niiden kokoonpano suoritetaan myös itse. Yrityksessä tulee myös olemaan muita tilaustöinä tehtäviä teräs-rakenteita ja putkitöitä. Toimintaan kuuluu myös valmistettujen tuotteiden asennus tarvittaessa itse loppukohteeseen.

Lämpökeskukset ovat kokoluokaltaan keskimäärin 3-6 megawatin teholtaan. Ulkomi-toiltaan lämpökeskukset ovat 15-20m pitkiä ja 5-8m leveitä. Lämpökeskuksen runko on valmistettu suorakaideputkipalkeista. Lattiarunko on tehty U-palkeista, joidenka päälle on asennettu turkkilevy lattiaksi. Putkistojen osalta hitsaus- ja kokoonpanotyötä on kaukolämpövesiputkissa sekä pienissä öljyputkissa. Lämpökeskuksen muut työt kuten, sähkö- ja eristystyöt teetetään alihankintana.

Lämpökeskusten markkinat sijaitsevat pääosin venäjällä. Keskusten rungot ja putkis-tot tehdään alihankintana niitä tilaaville yrityksille. Tilaukset ovat useiden lämpökes-kusten sarjoja. Kuvassa 8 on esitetty havainnoiva lämpökeskuksen runko- ja putkiku-va. Kuvassa 9 on esitetty lämpökeskuksen julkisivukuva.



KUVA 8 Yritys Fineuropol KY:n valmistama 3:n kattilan lämpökeskuksen runko ja osa vesiputkistoa.



POS	CONNECTION	СОЕДИНЕНИЕ	DN
A	COLD WATER	ХОЛОДНАЯ ВОДА	40
B	DISTRICT HEATING	ЦТС	200
C	DISTRICT HEATING	ЦТС	200
D	GAS	ГАЗ	100
F			

TONES OTTEHKI		
1. WALLS СТЕНЫ	RAUTARUUKKI TONE N:O РАУТАРУУККИ ОТТЕНОК №	RR 21
2. CORNERS УГЛЫ	RAUTARUUKKI TONE N:O РАУТАРУУККИ ОТТЕНОК №	RR 21
3. EAVES СВЕСЫ	RAUTARUUKKI TONE N:O РАУТАРУУККИ ОТТЕНОК №	RR 21
4. DOORS АВЕРИ	RAUTARUUKKI TONE N:O РАУТАРУУККИ ОТТЕНОК №	RR 21
5. ROOF КРЫША	RAUTARUUKKI TONE N:O РАУТАРУУККИ ОТТЕНОК №	RR 21
6. STACK АЙМОВАЯ ТРУБА	RAUTARUUKKI TONE N:O РАУТАРУУККИ ОТТЕНОК №	RR 21
OBSTRUCT LIGHTS YES <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>		
СВЕТОВОЕ ОГРАЖДЕНИЕ АА НЕТ		

KUVA 9 Lämpökeskuksen julkisivu.

7 TEHDASSUUNNITELMA

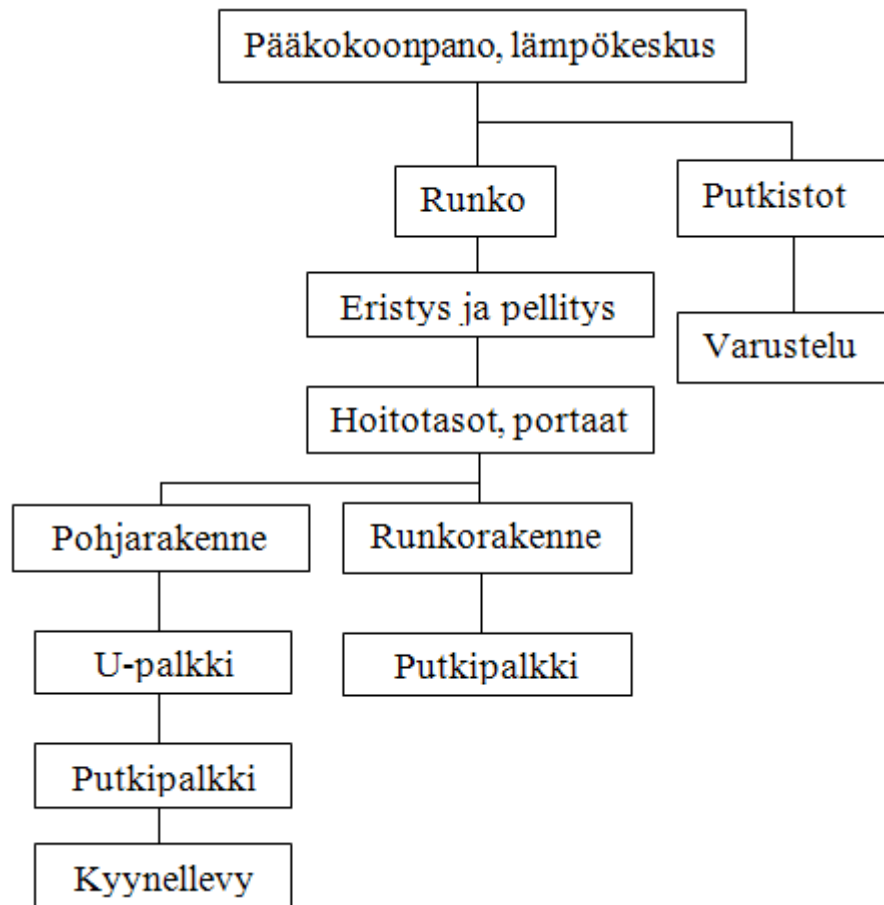
Seuraavassa esitetään tehdasta pääasiallisesti kuormittavat tuotteet ja kuvaillaan valmistussuunnitelma sekä rakennekaavio. Luvussa 7.6 esitetään Fineuropol Ky:n tehdassuunnitelma sovellus. Myös tehtaan henkilöstön hankintaan liittyvät asiat tuodaan ilmi. Luvun lopussa on tehty riippuvuussuhdekaavio sekä käsitelty tehtaan varastointia.

7.1 Valmistussuunnitelma

Pääasiallisina konepajaa kuormittavina tuotteina voidaan pitää lämpökeskuksen rungon ja putkistojen valmistusta. Esimerkkinä käytetään kahden kattilan öljylämpökeskusta. Fyysisiltä mitoiltaan keskus on 17,7 m pitkä ja 6,7 m leveä. Rungon paino on noin 16 tonnia. Lämpökeskus koostuu 2:sta lohkoista, joidenka rungot ovat lähes samanlaiset. Keskus täytyy olla kuljetettavissa maa- ja rautateitse, tämän takia keskus on jaettu pienempiin lohkoihin. Keskusten jakaminen lohkoihin aiheuttaa helposti hidasteita, mikäli esim. putkistot eivät ole täysin linjassa ja niiden liitoslaipat eivät käy suoraan toisiinsa. Lämpökeskuksen runko vaatii sahaus-, hitsaus-, poraus- ja maalaustöitä.

Putkisto-osat vaativat paljon sahaustöitä. Putkien hitsaten liitettävät päät vaativat viisteet. Mahdollisimman moni putken hitsausvaihe suoritetaan pyörityskoneessa, mikäli mahdollista. Putkistot on kasattu 90 %:sti lattialle mahdollisimman isoiksi kokonaisuiksi, jotka sitten asennetaan rungon sisälle ja loput hitsaustyöt on suoritettu asentohitsauksina.

7.2 Rakennekaavio



Työvaiheet eri osakokonaisuuksille:

Pohjarakenne

- kyynellevyn polttoleikkaus
- u- ja putkipalkkien sahaus
- tarvittavat viisteet hitsausta varten
- mitoitus ja kokoonpano kyynellevyn päälle
- hitsaukset
- eristetyöt
- pellitykset

Runkorakenne

- putkipalkkien sahaus
- tarvittavat viisteet hitsausta varten
- kasaus asennusmuotissa

- hitsaukset
- maalaus

Putkistot

- sahaus
- viisteet hitsausta varten
- laippojen hitsaus
- putkistojen liittäminen hitsaten
- varustelu, venttiilit, mittarit
- kokoonpano ja lopulliset hitsaukset keskuksen sisällä

7.3 Tehokkaampi tuotanto

Kilpailu on kovaa ja kasvaa aina. Siitä johtuen tulevaisuudessa pyritään tehokkaampaan ja parempaan tuotantoon. Kokonaisuudessaan tehokkuutta ei voida parantaa pelkästään alentamalla kustannuksia, vaan myös voidaan soveltaa nopeampia työmenetelmiä, käyttämällä moniosaavia työntekijöitä ja kiinnittää huomiota muihin tuotannon seikkoihin. Esimerkiksi kappaleessa 8.2 tullaan esittelemään hitsausmenetelmän vaihtamista halvempaan vaihtoehtoon, joka myös on nopeuden puolesta paljon parempi.

7.4 Konekanta

Yrityksen konekantaan pyritään sisällyttämään perinteiset konepajan metallintyöstökoneet. Niin että konekanta mahdollistaa levyn leikkauksen, koneistamisen ja sahaamisen. Nykyaikaiset hitsauslaitteistot, MIG/MAG-, TIG- ja puikkohitsausvälineet sekä putkenpyörityslaitteet. Puikkohitsausvälineitä tullaan tarvitsemaan lähinnä asennustyömailla.

Työstökoneet:

- | | |
|-----------------------------|-------|
| – pylväsporakone | 1 kpl |
| – manuaali sorvi | 1 kpl |
| – CNC polttoleikkauskone | 1 kpl |
| – putken pyörityslaitteisto | 1 kpl |
| – konesaha | 2 kpl |

Hitsauslaitteisto:

- puikkohitsauskone 2 kpl
- MIG/MAG 3 kpl
- TIG 1 kpl

Siirtolaitteet:

- trukki 1 kpl
- hallinosturi 20 ton. 2 kpl
- seinänosturi 4 kpl

7.5 Henkilöstö

Yritykseen tullaan tarvitsemaan pääasiassa hitsaajia, jotka toimivat myös muissakin tehtävissä, kuten sahaukset, sorvaukset, koneistukset ja muissa asennustöissä. Eli henkilöstön tulee olla moniosaava tämän kokoluokan yrityksessä. Tarvittaessa järjestetään lisää koulutusta. Henkilöstömäärästä puhuttaessa liikutaan 5-20 määrässä. Mikäli saadaan isompia tilauseriä, niin henkilöstön määrää voidaan lisätä. Ennen toimintaa on harjoitettu jopa vain 2-3 työmiehen vahvuudella. Tällöin työtunteja on joutunut tekemään erittäin suuria määriä ja myös viikonloppuja. Tämä ei ole pitemmän päälle toimiva toimintamalli sillä työntekijät väsyvät ja stressaantuvat liiallisesta työmäärästä ja työnlaatu alkaa laskea.

Alkuun vakituisiksi työntekijöiksi tullaan tarvitsemaan noin 5 henkilöä. Yksi heistä, yrityksen omistaja, tulee toimimaan työn suunnittelussa ja ohjeistuksessa. Hänen tehtäviinsä kuuluu tarjousten tekeminen, työhohjeiden laatiminen ja myös välillä hän tulee itse osallistumaan työhön. Loput neljä työntekijää, jotka ovat koulutukseltaan hitsaajia taikka muunlainen metallialan tutkinto ja kokemus. Vähintään kahdella heistä tulee olla voimassa olevat tarvittavat hitsaajan pätevyudet. Tässä tapauksessa vaadittavat hitsauspätevyudet ovat puikko-, MAG- ja TIG-hitsaajan pätevyudet vaativuusluokassa B eli vaativa.

Tulevaisuudessa tullaan harkitsemaan mahdollisuutta, että työntekijöiden määrää lisätään. Alkuun täytyy toimia pienemmällä henkilöstömäärällä, jotta saadaan hiottua ja opeteltua lämpökeskusten valmistukseen liittyviä seikkoja. Kun saadaan valmistusajat, työmenetelmät jne. aseteltua kohdalleen, niin voidaan alkaa miettimään entistä nope-

ampaa tuotantoa lisäämällä työntekijöiden määrää. Myös vaihtoehtoisesti lisätyöntekijämäärällä voidaan keskittyä muihin tuotteisiin samalla kun lämpökeskuksia valmistetaan. Tätä varten tehdaslayouteja on suunniteltu kaksi erilaista, joista kerrotaan enemmän seuraavassa luvussa 7.6.

7.6 Tehdaslayout

Aikaisemmin ongelmana on ollut turhan pieni halli, jossa lämpökeskuksia on valmistettu. Tilan puutteessa keskeneräiset runko- ja putkiosat ovat olleet sekaisin pajan alueella ja oikeiden osien löytäminen seuraavia työvaiheita varten on ollut hidasta. Myös valmistarvikkeet kuten laipat, venttiilit ja muut pientarvikkeet ovat olleet epäjärjestyksessä. Käytännössä koneille ja laitteille ei ole koskaan suunniteltu oikeita paikkoja, vaan niiden sijoittelu on ollut sattumanvarainen.

Tulevaisuutta varten tullaan suunnittelemaan kaksi vaihtoehtoista tehdaslayoutia, jotka palvelevat järjestelyillään mahdollisimman hyvin lämpökeskusten valmistamista. Toisessa layoutversiossa otetaan huomioon enemmän tulevaisuutta, mikäli halutaan kasvattaa työntekijä määrää ja valmistaa lämpökeskusten kanssa samanaikaisesti muitakin tuotteita.

Kaikille osille ja osakokonaisuuksille tehdään omat selkeät merkityt paikkansa. Näin tullaan välttämään sekaannuksilta ja hidastuksilta myöhemmissä työvaiheissa. Eri työvaiheiden välille tarvitaan omat työnkulkovarastot. Varastointi asiasta kerrotaan enemmän kappaleessa 7.5.

Vaatimuksena tulee olemaan myös riittävän suuri konepajahalli, jossa kulkee nosturirata päästä päähän ja molemmissa päissä nosturin tulee päästä kymmenen metriä ulospäin. Näin pitkien kappaletavaroiden sisään kuljetus helpottuu ja myös itse keskuksen lastaus kuorma-autoon helpottuu ja tarvittaessa voidaan siirtää lähes valmis keskus ulos, jossa voidaan viimeistellä sen viimeiset työvaiheet, sähkötyöt, testaukset jne. Näin voidaan aloittaa jo seuraavan keskuksen kokoonpano.

Virtausputkien ja rungon putkipalkkien säilytykseen tullaan tarvitsemaan erillinen ulkovarasto, joka on helpoin toteuttaa eikä sotke konepajan järjestystä. Varaston tulee

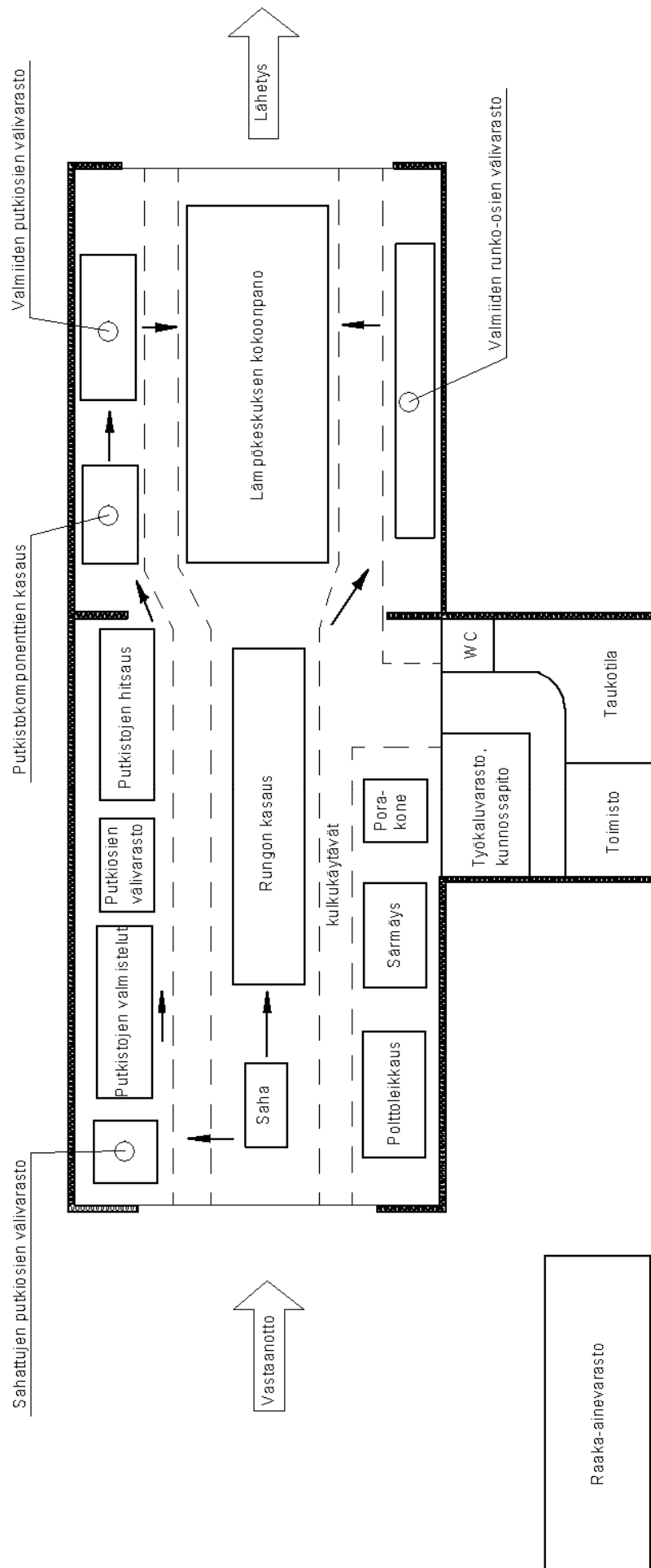
sijaita hallin vastaanotto puolella, mistä pitkät kappaletavarat on helppo siirtää suoraan hallin alkupäähän.

Suunnitelluissa layouteissa valmistusjärjestelmät muistuttavat osittain funktionaalista ja paikallista järjestelmää. Funktionaalisen järjestelmän osalta layoutissa on samantyyppistä työtä tekevät koneet ja laitteet ryhmitelty omiksi ryhmikseen. Eli tässä tapauksessa esimerkiksi sahaustyöt, putkiston ja rungon hitsaukset ja kokoonpanot on eritelty omiksi osastoiksi. Rungon kasaus ja lopullinen lämpökeskuksen kokoonpano ovat paikallisjärjestelmiä, sillä näissä valmistus tapahtuu samalla paikalla alusta loppuun. Myös henkilöstö, koneet ja laitteet vuorottelevat kyseisillä työpaikoilla.

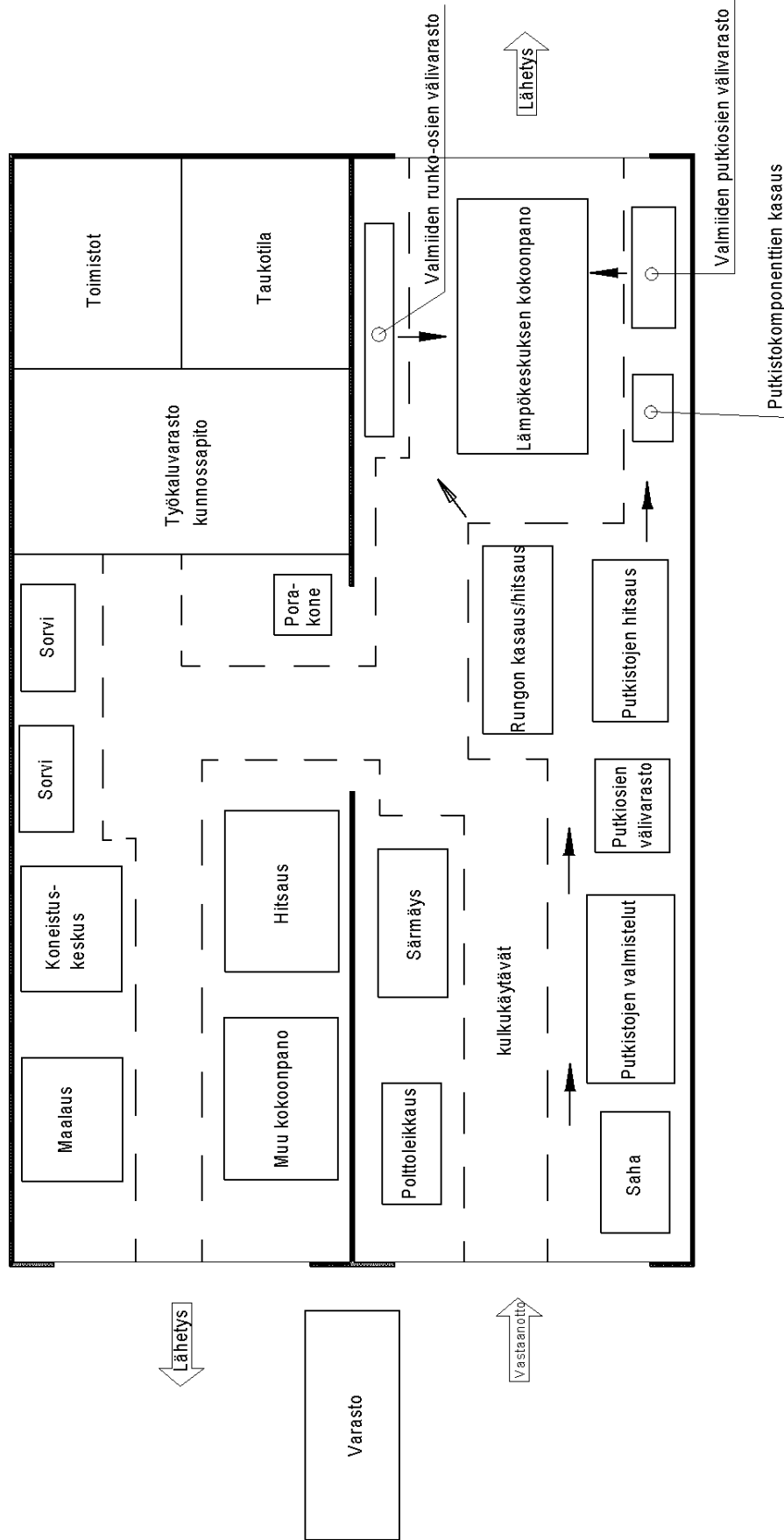
Kuvassa 10 on esitetty konepajan ensimmäinen layoutversio, joka on suunniteltu lämpökeskuksen runko- ja putkiosien valmistusta silmälläpitäen. Tässä versiossa tila on rajoittunut muiden valmistettavien tuotteiden suhteen, sillä muille työstökoneille ei välttämättä riitä tilaa tai jo olemassa olevat koneet ovat varattuina lämpökeskus töitä varten.

Toinen layoutversio on esitetty kuvassa 11. Siinä päätettiin käyttää isompaa hallia, johonka voidaan paremmin sijoittaa lisää erilaisia työstökoneita, kuten sorveja, työstökeskuksia, suurempi työkaluvarasto/kunnossapitopuoli sekä isompi tauko- ja toimistotila. Isomman konepajan ansiosta koneiden ja laitteiden järjestely on helpompaa ja niiden paikkoja voidaan tulevaisuudessa helpommin muuttaa.

Tulevaisuuden kannalta, mikäli halutaan laajentaa yrityksen toimintaa pidemmälle ja pyrkiä valmistamaan lämpökeskuksien lisäksi muutakin ja että työntekijöiden määrä lisääntyisi 15–20 vahvuuteen, niin layout versio kaksi tulisi olemaan parempi vaihtoehto.



KUVA 10 Tehdaslayout versio 1.



KUVA 11 Tehdaslayout versio 2.

7.7 Riippuvuussuhdekaavio

Riippuvuussuhdekaaviosta nähdään eri osastojen väliset suhteet toisiinsa nähden. Sillä voidaan tarkastella vaikka koko tehtaan aluetta tai vain pienempää osaa siitä. Siitä nähdään, sijaitsevatko jotkut osastot liian lähekkäin toisiaan, esim. meluhaitta, taikka liian kaukana toisistaan, jolloin kuljetusmatkat pitenevät turhaan. Tällöin kyseisten osastojen sijaintia voi olla syytä muuttaa. Riippuvuussuhdekaaviossa käytetään kirjaimia ja numeroita, joilla on oma tarkoituksensa, jotka selviävät taulukoista 1 ja 2.

TAULUKKO 1 Riippuvuussuhdekaavion symboliikka

Koodi	Yhteys	Painokerroin
A	Aivan välttämätön	6
E	Hyvin tärkeä	4
I	Tärkeä	2
O	Läheisyys eduksi	1
U	Ilman merkitystä	0
X	Vältettävä	-2

TAULUKKO 2 Riippuvuussuhdekaavion numerot ja tarkoitus

Numero	Syy
1	Materiaalin virtaus
2	Melu
3	Pöly
4	Työntekijän liikkuminen

7.8 Varastot

Yleensä liialliset varastoinnit tarkoittavat aina pääomakuluja. Teoriassa tästä johtuen varastoja ei saisi olla ollenkaan. Tästä huolimatta varastoja tarvitaan, kunhan muistetaan pitää ne sopivan kokoisina, ei liian suurina.

Raaka-ainevarastoa tarvitaan erilaisten putkipalkkien ja virtausputkien säilytykseen. Varsinkin vakiomittaisia raaka-aineita täytyy olla valmiina, kuten putkikäyrät, t-haarat ja suorat putket sekä runkoa varten putkipalkkeja. Myös erilaisia putkilaippoja on hyvä olla omassa varastossa. Näin pystytään aloittamaan esimerkiksi tiettyjen putkien päihin tulevien laippojen hitsaukset hyvissä ajoin, vaikka koko lämpökeskuksen suunnittelu on vielä puolitiessään. Tällainen järjestely totta kai vaatii hyvää yhteistyötä tilaajan kanssa. Myös mikäli kesken projektin tulee tarve muutokseen, esimerkiksi havaitaan jonkin putkilinjan kulkevan ”väärässä paikassa”, eli kyseinen putkilinja on vaikka jonkin kojeen tiellä, niin pystytään nopeasti tekemään muutoksia kun varastosta löytyy tarvittavia raaka-aineita. Tällaista on sattunut useamman kerran ja on todettu, että tällainen ratkaisu tulisi olemaan hyvä.

Välivarastot ovat myös välttämättömiä. Tässä tapauksessa puhutaan ns. työvaiheiden välisistä työnkulkuvarastoista. Niitä on lähes jokaisen työvaiheen välissä. Esimerkiksi jos työntekijä määrä on pienempi, noin 5 hengen luokkaa koko pajassa, niin tällöin yksi työmies saattaa tehdä yhdessä työpisteessä useita kappaleita valmiiksi toista työvaihetta varten, ja siirtyä tämän jälkeen itse seuraavaan työpisteeseen tekemään uutta työvaihetta äskeisille kappaleille. On paljon selkeämpää, että tehdään samaa työvaihetta useampia peräkkäin kuin että, joudutaan vaihtamaan monia kertoja edestakaisin eri työpisteiden välillä. Mikäli taas konepajassa on enemmän työntekijöitä, esimerkiksi jokaisella työasemalla on oma työntekijä, niin tällöin työnkulkuvarastot toimivat ikään kuin puskurina. Tämä pitää materiaalivirran tasaisempänä eikä aiheuta jäykkää tiukkatahtista valmistusta.

Valmiiden tuotteiden varastointia pyritään välttämään. Valmiin tuotteen luovutus pyritään tekemään mahdollisimman pian, kun tuote on valmistunut. Tämän ansiosta luovutuspäivä on yleensä tiedossa jo projektin alkuvaiheessa.

8 LÄMPÖKESKUKSEN HITSAUSTYÖT

Lämpökeskuksen hitsaustöistä tullaan käsittelemään rungon ja putkiston valmistaminen ja niiden kokoonpano hitsaamalla. Pohditaan menetelmiä, jotka voivat selkeyttää ja nopeuttaa valmistusta sekä tuoda kustannussäästöjä. Etenkin putkiston valmistuksessa esitellään parempia ja nopeampia menetelmiä entiseen nähden.

8.1 Hitsausohje (WPS)

Yrityksessä ei ole ennen ollut minkäänlaisia hitsausohjeita, vaan kaikki tieto on ollut ”hitsaajan päässä”. Jatkossa tulisi pyrkiä siihen että laaditaan hitsausohje. Se on hyvä ja valmis ohjeistus työntekijälle ja sen käyttö myös vähentää hitsausvirheitä. Kirjallisilla ohjeilla varmistetaan myös tiedon pysyminen yrityksessä. Hitsausohje WPS (Welding Procedure Specification) on asiakirja, jossa yksityiskohtaisesti esitetään tietyt hitsaussovelluksen suorittamiseen tarvittavat oleelliset tiedot.

Ohjeet hitsausohjeen sisällölle ja laadinnalle ovat standardissa SFS-EN 288-2: Hitsausohjeet ja niiden hyväksyntä metallisille materiaaleille. Osa 2: Hitsausohjeet kaarihitsaukselle./8/

8.2 Rungon kokoonpano ja hitsaus

Ennen rungon valmistamista on hyvä tietää tulevan sarjan koko ja harkita kokoonpanomuottien tekemistä. Mikäli sarjat ovat kolmen luokkaa ja enemmän, niin olisi hyvä valmistaa kokoonpanomuotit runkoa varten. Kokoonpanomuotin tulee olla säädettävää mallia. Mikäli rungon mitat muuttuvat vain vähän, niin voidaan käyttää entistä muottia vain hieman muuttamalla sitä. Kokoonpanomuotilla saadaan lyhennettyä rungon valmistusaikaa ja sen avulla säilytetään mittatarkkuus. Pienemmillä sarjoilla ei ole edullista käyttää muottia, koska sen suunnittelemiseen ja valmistamiseen kuluu aikaa ja rahaa. Eräs hyvä tapa pienillä sarjoilla on käyttää esimerkiksi yhtä seinää mallina toisille. Ensimmäinen runkoseinä valmistetaan mitoilla ja rungon laitoihin silloitetaan teräslätkiä tiettyihin kohtiin, mitä vasten seuraavan rungon osat kasataan. Tämä on nopea ja edullinen tapa pienemmillä sarjoilla.

Seinä- ja kattorunkomateriaalina on käytetty Fe 37 B ja Fe 52 D (Materiaalistandardi SFS200) putkipalkkeja. Rungon valmistaminen alkaa sahaustöillä, sillä putkipalkit on

toimitettu määrämittäisinä (6, 12m). Aluksi otetaan kaikki yhteen runkoon tarvittavat saman kokoluokan palkit ja sahataan ne määrämittäihinsä. Osalle palkeista joudutaan tekemään V-railot päihin niiden jatkamista varten ja myös osa runkorakenteen liitoksista on geometrialtaan sen mallisia, että liitoksiin on tehtävä railo, jotta hitsillä olisi riittävä a-mitta. Muuten liitokset on pyritty tekemään niin että voidaan käyttää pienahitsejä.

Rungon lattiaosa on valmistettu Fe 37 B U-palkeista. Lattiaosan kokoonpanossa on todettu hyväksi ja nopeaksi valmistaa se ylösalaisin, eli ensimmäiseksi tulee turkkilevy, jonka päälle lattian runko-osa mitoitetaan ja silloitetaan kiinni. Normaalisti lattiarungon U-palkkien hitsaukset on suoritettu pystyhitsaus asennossa. Tässäkin kohtaa voidaan nopeuttaa hitsaustöitä niin että nostetaan lattiarunko kyljelleen ja näin U-palkit voidaan hitsata jalkoasennossa. Hitsaustöissä käytetään pääsääntöisesti MAG-hitsausmenetelmää ja lisäaineena umpilankaa.

Edut entiseen nähden:

- kokoonpanomuotti, valmistus nopeampaa suuremmilla erillä
- lattiarungon valmistusmenetelmä, nopeampi ja helpompi valmistustapa

8.3 Putkistojen kokoonpano

Lämpökeskuksen putkistojen kohdalla tarkoitetaan paineastiateräsputkia, joissa kaukolämpövesi kiertää. Materiaalina on käytetty saumatonta St 35,8/I kuumalujaa teräsputkea. Putket tulevat 6 m määrämittäisinä. Putkikäyrät ja T-haarat tulevat valmiina osina ja niiden päihin on jo valmiiksi tehty viisteet. Putkisto-osat vaativat paljon sahaustöitä ja tähän vaiheeseen on kiinnitettävä huomiota, jotta sahaukset saadaan suoriksi. Sahan huono kunto, terän kuluminen ja etenkin liian suuri sahausnopeus aiheuttavat helposti vinon katkaisun, joka myöhemmin asennusvaiheessa voi aiheuttaa isoja hidasteita ja kustannuksia. Monessa kohtaa putken päähän tulee laippa. Sen oikeaan asentoon saamiseksi nopeasti on keksitty helppo ja yksinkertainen ”asennusjigi”, siinä tulee kaksi tappia laipan vastakkaisiin reikiin ja tapin välissä on neliöputki. Neliöputken päälle laitetaan magneettivesivaaka ja näin on helppo asennusvaiheessa kääntää laippa oikeaan asentoon niin, että nämä reiät ovat vaaka-asennossa. Kaikkien laippojen tulee olla näin samassa asennossa, jotta niihin liitettävät toiset laipat taikka kojeet ovat suorassa ja ylipäättänsä käyvät toisiinsa.

8.4 Putkistojen hitsaus

Yleisesti ottaen puikkohitsaus on ollut eniten käytetty menetelmä maailmalla putkien hitsauksissa. Myös tässä tapauksessa putkistot on ennen hitsattu puikolla. Se ei kuitenkaan ole niin tuottava menetelmä MAG-hitsaukseen nähden. MAG-hitsausmenetelmällä hitsi valmistuu noin puolet nopeammin kuin puikolla. Ajan säästö syntyy, koska puikon vaihto- ja kuonausajat jäävät pois. Pienemmissä putkissa on vielä lisäksi jouduttu aluksi hitsaamaan juuripalot TIG:llä, jonka jälkeen on hitsattu pintapalot puikolla.

Jatkossa siis tullaan siirtymään MAG-hitsaukseen ja etenkin lisäaineena tullaan käyttämään metallitäytelankaa umpilangan sijasta, mikä nopeuttaa hitsausprosessi entisestään. Erästä täytelankaa on jo kokeiltu testimielessä. Kyseinen lanka on Elgacore MX 100T metallitäytelanka. Se on erityisen soveltuva erityisesti yhdeltä puolelta tapahtuvaan ohuiden aineenpaksuuksien hitsauksiin CO₂ – kaasulla tai Ar/CO₂ – seoskaasulla. Kyseinen lanka soveltuu kaikkiin asentoihin kaaren palaessa erittäin vakaasti ja roiskeettomasti myös lyhytkaarella jopa vain 50 A virralla. Myös juuripalot, jotka on ennen hitsattu tavallisesti TIG:llä tai puikolla, voidaan hitsata tällä kyseisellä langalla huomattavasti paremmalla tuotolla, mikä tekee siitä erityisesti putken hitsaukseen sopivan. Käytetty langanpaksuus on 1,2mm ja sen tuotto hitsausvirrasta riippuen (50-250A) 0,8-4,2kg/h. Jatkossa myös tullaan pyrkimään siihen että valtaosa putkistoista saadaan hitsattua pyörityslaitteessa, tämä lisää tehokkuutta merkittävästi yhdessä täytelankahitsauksen kanssa.

Putkien hitsaten liitettävät päät vaativat viisteet ja ne on tehty käsin kulmahiomakoneella. Tässä kohtaa vaaditaan huolellisuutta niin, että viisteet vastaavat ohjeita. Käsi-varalla tehden viisteiden mitat ovat helposti vaihdelleet. Esim. liian suuret viisteiden mitat kuluttavat aikaa ja hitsauslisäainetta turhaan, mikä tietää lisäkustannuksia. Putkistojen mitat vaihtelevat eri lämpökessurajojen välillä niin ei voida tilata valmiin mittaisia ja viistettyjä putkia. Erilliset railonvalmistuslaitteistot ovat kalliita hankkia ja esim. halpa vaihtoehto, polttoleikkaus ei sovellu tämän kokoluokan putkille (seinämävahvuus 3-7mm). Sorvausmenetelmää voitaisiin harkita, mutta tässäkin tapauksessa valmistaminen hidastuu melko lailla, putken kiinnittämiset sorviin jne. Viisteiden tekeminen hiomalla on tässä tapauksessa halvin ja nopein vaihtoehto. Viisteiden tekemistä voidaan nopeuttaa ja säilyttää tarkkuus valmistamalla kulmahiomakoneelle teli-

ne. Teline olisi nivelletty ja se liikkuisi ylös- ja alaspäin käsin ohjaten. Hiomakoneen ollessa telineessä sen kulmaa putkeen nähden voidaan säätää halutuksi. Hiomakone ohjataan käsin pyörityskoneessa olevan pyörivän putken reunaa vasten.

Putkistojen hitsaustyöt saadaan suoritettua noin 90 %:a ennen niiden asentamista rungon sisälle. Loput hitsit joudutaan tekemään asentohitsauksina, jolloin taas aiemmin mainittu metallitäytelanka on erityisen soveltuva.

Valmiiden putkistojen hitsisaumat tarkistetaan silmämääräisesti sekä radiografisella menetelmällä eli röntgenkuvauksella. Putkistoille tehdään myös paineen pitävyyskoe. Kokeessa putkistot täytetään vedellä ja ponnistetaan vähintään 16 barin rakennepaineella. Kokeen aikana on helppoa tarkastella liitoksien, kojeiden ym. laitteiden tiiviys silmämääräisesti. Paine ei saa laskea kahden tunnin aikana. Alentunut paine kertoo, että jossain on mahdollinen vuoto. Vaihtoehtoisesti tulevaisuudessa voitaisiin käyttää tyhjökoetta. Se on painekokeen ”käänteiskoe”. Tyhjökokeessa tutkittavaan kohteeseen imetään yleensä yli 10-2 mbar:n tyhjiö, ja paineen nousua seurataan tyhjömittarilla.

Edut entiseen nähden:

- puikkohitsauksesta siirtyminen MAG-täytelankahitsaukseen, nopeuttaa hitsaustöitä.
- edullisempi hitsausmenetelmä, nopeamman suorituksen ansiosta myös itse työkustannukset laskevat merkittävästi
- kunnollinen putken pyörityslaitteisto
- railonvalmistus, nopeampi ja tarkempi menetelmä
- sahaustöiden tarkkuus
- mahdollinen helpompi paineenpitävyyskoe



KUVA 12 Vesiputkistoa.

8.5 Kustannustekijät hitsauksessa

Lisäainekustannukset puikkohitsausmenetelmällä ovat huomattavasti korkeammat kuin MAG-menetelmällä umpilankaa käytettäessä. Puikkohitsauksessa käytetty OK 53.70 2,5x350mm lisäaine on hinnaltaan 12 euroa kilogramma, kun taas umpilanka vain 3 €/kg. Metallitäytelangan kilohinta on paljonkorkeampi kuin umpilangan, tässä tapauksessa 8 euroa. Hintaero ei ole suuri puikkojen hintaan verrattuna, mutta kun hitsattavaa on satoja metrejä yhden keskuksen putkistoja kohden, niin vuositasolla erot ovat tuntuvia. Suurin kustannussäästö saadaan työsuorituksen ajansäästöstä, joka tulee kun siirrytään putkistojen hitsauksessa puikkohitsauksesta MAG-metallitäytelanka hitsaukseen. Hitsauksessa työkustannukset ovat noin 70–90 % ja kun tähän kuluva aikaa saadaan vähennettyä, niin syntyy eniten säästöä. MAG-hitsaus tuo toki muita kustannuksia lisää, kuten esim. suojakaasukustannukset, mutta nämä ovat tässä tapauksessa niin pieniä, ettei niitä käsitellä sen enempää.

Hitsauslisäainekustannukset

Lasketaan kuinka paljon lisäainekustannukset (K_L) ovat puikkohitsausmenetelmällä hitsattua metriä kohden

aineenpaksuus: 6mm

hitsin tyyppi: V-hitsi

asento: jalko

ilmarako: 1 mm

viisteet: 60°

hitsiainemäärä: taulukosta 0,20 kg/m

lisäaine: OK 53.70, 12 €/kg

hyötyluku: 0,71

$$KL = 0,20 \text{ kg/m} \times \frac{12 \text{ €/kg}}{0,71}$$

$$K_L = 3,38 \text{ €/m}$$

Kustannukset MAG-metallitäytelangalla (Elgacore MX 100T), kun muut parametrit pysyvät samoina mutta lisäaineen kilohinta on 8 € ja hyötyluku 0,95.

$$KL = 0,20 \text{ kg/m} \times \frac{8 \text{ €/kg}}{0,95}$$

$$K_L = 1,68 \text{ €/m}$$

Eli erotusta on 1,7 euroa metriä kohden. Kun yhden lämpökeskuksen putkistoissa on hitsattavaa noin 500 metriä, niin säästöä syntyy reilusti pelkän lisäaineen kohdalla.

Työkustannukset

Seuraavaksi lasketaan kuinka paljon työkustannukset (K_T) ovat puikkohitsausmenetelmällä metriä kohden.

lisäaine: puikko OK 53.70

hitsiainemäärä: 0,2 kg/m

hitsiaineentuotto: 0,6 kg/h

paloaikasuhte: 0,3

työtunnin hinta: 20 €

$$K_t = \frac{0,2 \text{ kg/m}}{0,6 \text{ kg/h}} \times \frac{1}{0,3} \times 20 \text{ €/h}$$

$$K_T = 22,22 \text{ €/m}$$

Työkustannukset MAG-metallitäytelangalla hitsaten.

lisäaine: metallitäytelanka Elgacore MX 100T

hitsiainemäärä: 0,2 kg/m

hitsiaineentuotto: 1,2 kg/h

paloaikasuhte: 0,35

työtunnin hinta: 20 €/h

$$K_t = \frac{0,2 \text{ kg/m}}{1,2 \text{ kg/h}} \times \frac{1}{0,35} \times 20 \text{ €/h}$$

$$K_T = 9,5 \text{ €/m}$$

Työkustannukset ovat vain alle puolet MAG-hitsausmenetelmällä metallitäytelangalla verrattuna puikkohitsaukseen. Tämä tarkoittaa myös sitä, että työntekijöitä hitsareiden osalta voidaan pitää vähemmän, mikäli halutaan pysyä samassa tuotantomäärässä.

Toisaalta voidaan lisätä työntekijöiden määrää ja pyrkiä suurempaan tuotantomäärään.

Säästö lisäaine- ja työkustannuksissa vuositasolla on huomattava näin pienessä yrityksessä.

9 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää ja tutkia pienen metallialan yrityksen tuotantotoiminnan tehostamismahdollisuuksia, sekä tuoda esille mahdollisia parannusehdotuksia.

Työn hyöty Fineuropol KY:lle on etenkin uusien valmistusmenetelmien käyttöönotto, näistä tärkeimpänä puikkohitsauksesta siirtyminen MAG-täytelankahitsaukseen putkien valmistuksessa. Myös kustannustekijöiden vertailut laskujen avulla ovat hyödyllinen tieto yritykselle, sillä ennen kustannustekijät on vain karkeahkosti arvioitu. Layoutsuunnitelmat ovat pohjana tulevaisuuden suunnitelmia varten. Työtä voidaan kin sanoa suuntaa antavaksi ohjeeksi yritykselle.

Työn ongelmakohtana voidaan pitää sitä, että tällä hetkellä ei ollut meneillään työssä esiteltyä lämpökeskusprojektia. Juuri meneillään olevan projektin erilaisiin vaiheisiin pystyisi paneutumaan tarkemmin, mittaamaan suoritusajoja ja vertaamaan tuloksia keskenään. Tästä johtuen työssä on jouduttu selvittämään monia tietoja ja työvaiheita keskustelemalla työntekijöiden kanssa ja toteamaan sekä laskemaan asioita teoriassa.

Työssä joutui paneutumaan moneen eri osa-alueeseen ja näin työ oli laaja ja opettavainen. Työn rajaaminen tiettyihin osa-alueisiin ei ollut helppoa, sillä kyseessä on yrityksen toiminnan kehittäminen ja se käsittää niin suuren aihealueen.

Tulevaisuuden näkymät ovat todennäköisimmin toiminnan laajentaminen aluksi pienessä muodossa. Toimintaa tulnaisiin harjoittamaan vuokratiloissa noin 5 työntekijän vahvuudella. Hitsausmenetelmien puolesta erityisesti MAG-metallitäytelankahitsaus tulee olemaan ehdoton juttu. Etenkin yrityksen omistajan ikä ja pitkä kokemus puoltavat toiminnan laajentamista ja yrittäjän siirtymistä fyysisesti raskaista töistä toimiston puolelle.

LÄHDELUETTELO

1. Meyers, Fred E. Plant Layout and Material Handling. New Jersey: Prentice-Hall Inc. 1993. 327s. ISBN 951-50-1066-7.
2. Ismo Kivistön luennot. Tehdassuunnittelu. MAMK-Tekniikka, k.2009.
3. Moore, James M. Plant Layout and Design. New York: Macmillan Publishing Co. INC. 1989. 566s. ISBN
4. Karrus, Kaij E. Logistiikka. Juva: WS Bookwell Oy. 2003. 419s. ISBN 951-0-25497-5.
5. Lapinleimu, Ilkka & Kauppinen, Veijo & Torvinen, Seppo. Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät. Porvoo: WSOY, 1997. 398s. ISBN 951-0-21436-1.
6. Miettinen, Pauli. Tuotannon ohjaus ja logistiikka. Helsinki: Painatuskeskus Oy. 1993.102s. ISBN 951-37-1193-5.
7. Lepola, Pertti & Makkonen, Matti. Hitsaus ja teräsrakenteet. Porvoo: WSOY, 1998. 559s. ISBN 951-0-21573-2.
8. Lukkari, Juha. Hitsaustekniikka, perusteet ja kaarihitsaus. Helsinki: Oy Edita Ab, 1997. ISBN 951-719-469-2.