

SATAKUNNAN AMMATTIKORKEAKOULU



Kristiina Leivo

2007

POLTTOLEIKKAUSTYÖN AUTOMATISOINNIN ESISELVITYS

Tekniikan Rauman yksikkö
Tuotantotalouden koulutusohjelma

POLTTOLEIKKAUSTYÖN AUTOMATISOINNIN ESISELVITYS

Leivo Teija Kristiina
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Tuotantotalouden koulutusohjelma
Yritys: Vahterus Oy
Joulukuu 2006
Ohjaaja: yliopettaja Jarmo Karinen
UDK-luokka: 658.52.011.56
Asiasanat: automaatio, plasmaleikkaus, polttoleikkaus, robotti

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää vaihtoehdot haettaessa sopivaa järjestelmää lämmönsiirtimien vaippojen polttoleikkaustyön automatisoimiseksi. Työn teettäjä oli Vahterus Oy.

Vaippojen reiät yhdeputkia varten on polttoleikattu käsileikkausvälineillä. Vuonna 2006 syksyllä on otettu käyttöön puoliautomaattinen leikkain isompien vaippojen valmistukseen, mutta tuotannon kasvun myötä on todettu tarpeelliseksi selvittää mahdollisuus automatisoida koko järjestelmä.

Työssä kartoitettiin eri vaihtoehtoja valittaessa leikkausmenetelmää ja ohjausjärjestelmää. Yhtenä tutkimuksen kohteena oli valinta robotin ja leikkausautomaatin välillä. Samalla kartoitettiin vaatimukset, jotka toimittajan tulisi täyttää tuotantoa ja tuotetta varten.

Työssä selvitettiin työn kulku senhetkisillä menetelmillä sekä työstä aiheutuneet palkkakustannukset. Investointilaskelmia tehtäessä tässä vaiheessa päästiin vasta karkeisiin arvioihin, mutta tarkemmat tulokset saadaankin myöhemmässä vaiheessa, kun projekti etenee.

Tätä työtä on tarkoitus käyttää apuna projektin jatkossa päätettäessä lopullisista ratkaisuista. Tämän työn pohjalta päätettiin jatkaa projektia suorittamalla plasmaleikkauksen testiajot joko Motomanin tai Innovan tiloissa.

PRELIMINARY SURVEY OF AUTOMATISATION OF STEEL CUTTING SYSTEM

Leivo Teija Kristiina
Satakunta University of Applied Sciences
School of Technology Rauma
Industrial Management
Commissioned by Vahterus Oy
December 2006

Tutor: Jarmo Karinen, Principal Lecturer

UDC: 658.52.011.56

Keywords: automation, plasma cutting, oxygas cutting, robot

The study was commissioned by Vahterus Oy. The purpose of this thesis was to analyze and evaluate alternatives of cutting holes in the shells of heat exchangers.

Earlier, the holes were cut by hand with oxygas cutting equipment. In the autumn of 2006 a new semi-automatic cutting machine was commissioned for the bigger shells. To increase manufacturing capacity it is now necessary to find a fully automatic cutting system.

The first aim was to evaluate three different cutting methods: oxygas cutting, plasma cutting and laser cutting. The second aim was to find out which control system, on-line or off-line, would be most beneficial for the requirements of Vahterus. Thirdly, two different automation systems were evaluated: automatic cutting and robot cutting.

The working methods and the cost of labour were analysed. Investment calculations were made on the basis of the data available at the time. More accurate calculations will be done after more decisions have been made.

The findings of this study will be utilized in the decision making process. Before any decisions, plasma cutting will be tested either with Motoman or with Innova Adult Education Centre.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	8
1.1	Vahterus Oy.....	8
1.2	Tehtävä ja tavoitteet	10
2	LÄMMÖNSIIRRIN	12
2.1	Yleistä lämmönsiirtimistä.....	12
2.2	PSHE Plate & Shell- lämmönsiirrin.....	13
3	VAIHTOEHTOISTEN MENETELMIEN SELVITYS	14
3.1	Terminen leikkaus	14
3.1.1	Polttoleikkaus.....	14
3.1.2	Plasmaleikkaus.....	15
3.1.3	Laserleikkaus	16
3.1.4	Leikkausmenetelmien vertailu	17
3.2	Automaatio ja robotiikka.....	19
3.2.1	Yleistä	19
3.2.2	Robotti.....	19
3.2.3	Robottityypit	19
3.2.4	Portaalirobotti.....	20
3.2.5	Kiertyvänivelinen eli käsivarsirobotti.....	21
3.2.6	SCARA	22
3.2.7	Kartesien robotti.....	22
3.2.8	Robotisointiprojektin suunnittelu ja toteutus	23
3.2.9	Robotin ohjausjärjestelmät.....	25
3.2.10	Robottien ohjelmointi	28
3.2.11	Johdattamalla ohjelmointi	28
3.2.12	Opettamalla ohjelmointi.....	29
3.2.13	Etäohjelmointi (off-line)	31
4	NYKYISEN TYÖMENETELMÄN SELVITYS.....	33
4.1	Yhdereian valmistus	33
4.2	Käsivaraisen polton työvaiheet ovat seuraavat:	34
5	PÄÄTÖKSENTEKO.....	38

5.1 Investointi	38
5.1.1 Investointien luokittelu	38
5.1.2 Koneinvestointi	38
5.1.3 Investointilaskelmat	39
5.1.4 Investointilaskelmien keskeiset komponentit	40
5.1.5 Nykyarvomenetelmä	41
5.1.6 Annuiteettimenetelmä	41
5.1.7 Sisäisen korkokannan menetelmä	42
5.1.8 Takaisinmaksuajan menetelmä	42
5.2 Taustatietojen hankinta.....	43
5.2.1 Yleistä	43
5.2.2 Valmistusmäärät.....	43
5.2.3 Työkustannukset	44
5.2.4 Vaippakoot ja yhdekoot	45
5.3 Vaihtoehtojen analysointi.....	47
5.3.1 Toimittajien kartoitus.....	47
5.3.2 SWOT-analyysi.....	48
5.3.3 Eri vaihtoehtojen SWOT-analyysit.....	48
5.3.4 Kaasuleikkaus ja plasmaleikkaus.....	49
5.3.5 Robotti, leikkausautomaatti ja nykyinen järjestelmä	50
5.3.6 Off-line ja on-line ohjausjärjestelmä.....	52
6 YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT.....	53
6.1 Selvityksen tulokset.....	53
6.2 Jatkotoimenpiteet.....	54
LÄHDELUETTELO	55

LIITTEET

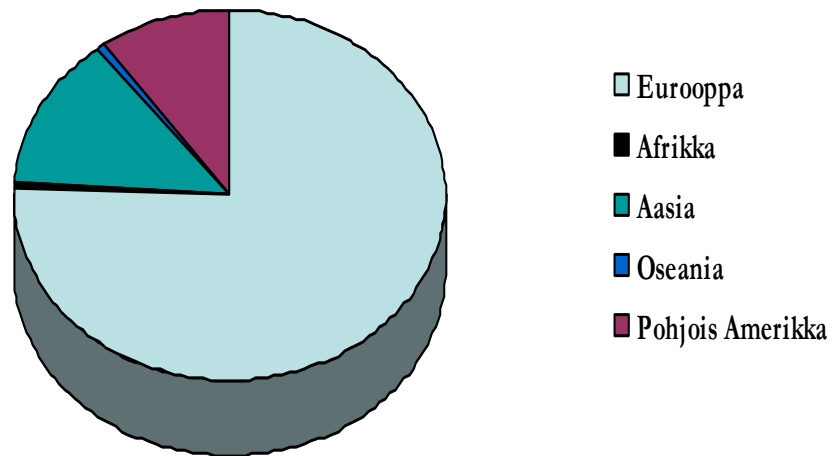
1 JOHDANTO

1.1 Vahterus Oy

Vahterus Oy:n tarina alkaa 1980-luvun loppupuolelta. Mauri Kontu, Vahterus Oy:n perustaja, oli tyytymätön olemassa olevien lämmönsiirtimien rajoituksiin – hän piti levylämmönsiirtimien pienikokoisuudesta, mutta niiden paineelle ja lämpötiloille asettamat rajoitukset olivat turhauttavia. Hän piti putkisiirtimien kestävydestä, mutta ne veivät liian paljon tilaa. Siksi hän päätti kehitellä uudenlaisen siirtimen, jossa yhdistyisi levylämmönsiirtimien hyvä lämmönsiirtokyky ja putkisiirtimien kestävyys sekä mahdollisimman kompakti koko. Näiden pohjalta syntyi Vahterus Oy, joka perustettiin vuonna 1990 Kalannin Vahteruksen kylään toimitusjohtaja Mauri Konnun kotitalalle. Pian tuotanto siirrettiin nykyiselle paikalleen Kalannin vanhan meijerin tiloihin. Vuonna 2000 valmistui samalle tontille uusi halli, joka on lämmönsiirtimien vaipan valmistuksen käytössä. Joulukuussa 2006 on aloitettu uuden tuotantohallin rakentaminen tuotantokapasiteetin lisäämiseksi (LIITE 1).

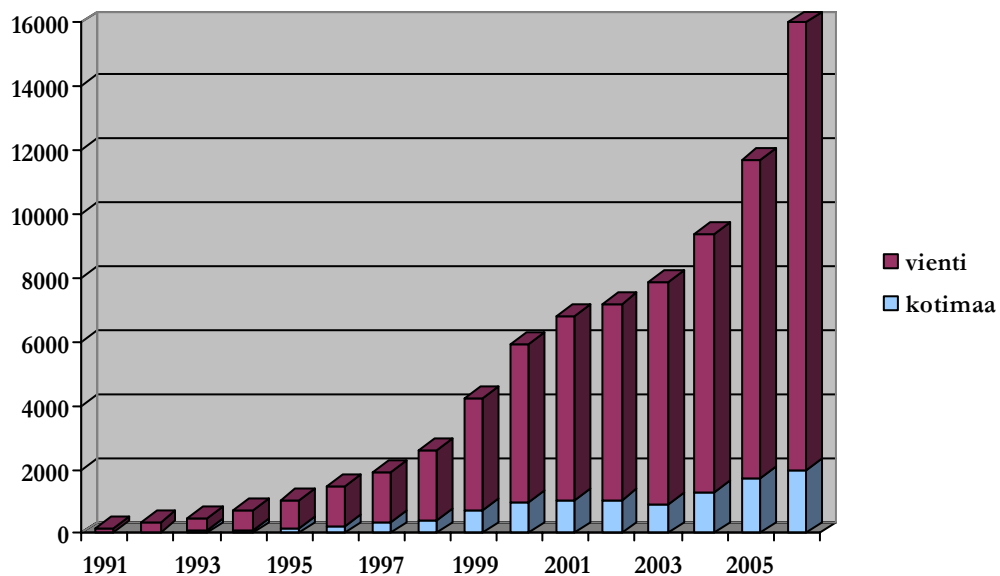
Ensimmäinen tuotantoon otettu lämmönsiirrin oli PSHE 2. (PSHE = Plate & Shell® Heat Exchanger). Sitten tuotantoon ovat tulleet PSHE 3, 5, 9, 14, 7, 4 ja 12. Siirtimet on nimetty kokojen mukaan siten, että siirrinkoko 2:n levypakan halkaisija on 200 mm, 3:n 300 mm jne. Vuonna 1999 perustettiin Englantiin tytäryhtiö Vahterus (UK) Ltd ja seuraavana vuonna syntyi toinen tytäryhtiö Vahterus GmbH Saksaan. Tytäryhtiöissä hoidetaan myyntiä ja markkinointia, tuotantoa niillä ei ole. (Vahterus Oy, 2006)

Vahterus on kasvanut yhdeksi maailman johtavista lämmönsiirtoteknologian asiantuntijoista. Vahteruksessa on valmistettu jo yli 18000 lämmönsiirrintä. Yrityksen tuotannosta yli 90 % menee vientiin. Päävientialueena on Länsi-Eurooppa. Vahteruksen lämmönsiirtimiä käytetään jo yli 50 maassa.

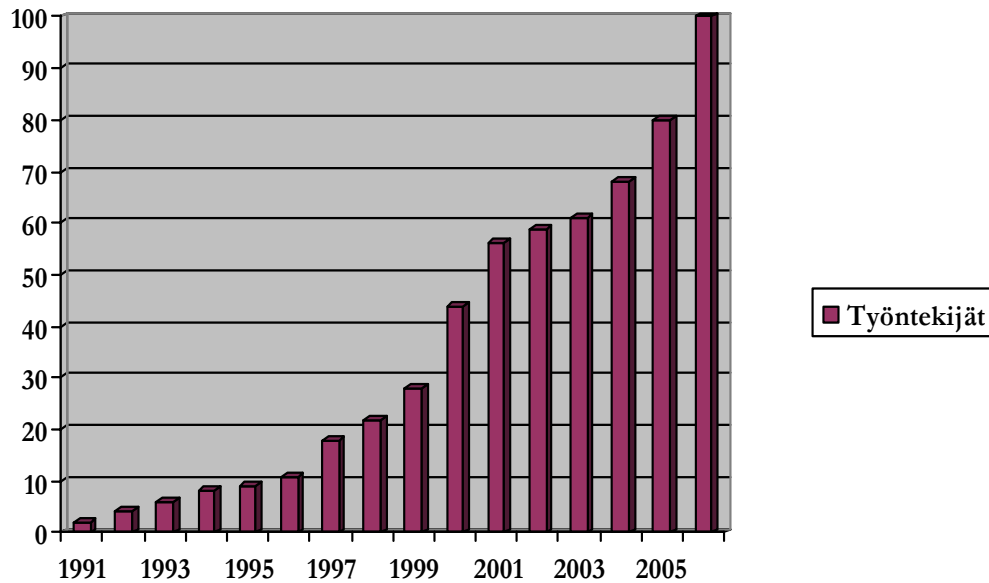


Kuvio 1. Vahteruksen toimittamat lämmönsiirtimet maanosittain.

Yritys kasvaa voimakkaasti. Kuvioista 2. ja 3. nähdään liikevaihdon ja henkilöstömäärän kasvu 1991–2005 välisenä aikana. Tälle vuodelle odotetaan jopa 35 %:n kasvua liikevaihdossa ja henkilöstön määrä on jo ylittänyt 100 rajan.



Kuvio 2. Vahteruksen liikevaihto (1000 €), sekä kotimaan ja viennin osuus liikevaihdosta vuosina 1990–2006.



Kuvio 3. Henkilöstön määrä vuosina 1990–2006 (Vahterus Oy 2006).

Nopea myynnin kasvu tuo tullessaan kovia haasteita tuotannolle. Tämän työn tavoitteena on parantaa tuottavuutta ja lisätä kapasiteettia vaipan polton osalta. Projektin vetäjänä ja vastuuhenkilönä toimii Vahteruksen teknologiajohtaja Paavo Pitkänen. Omaan työhöni kuuluu taustatietojen ja vaihtoehtoisten menetelmien selvitys. Hanke on budjetoitu vuodelle 2007.

1.2 Tehtävä ja tavoitteet

Opinnäytetyöni on tehty Vahterus Oy:lle. Työ käsittelee polttoleikkauksen kapasiteetin lisäämistä automatisoinnilla. Työ tuli ajankohtaiseksi tuotannon kasvun ja uusien tuotantotilojen suunnittelun myötä. Vahterus Oy:n kasvuvauhti on ollut 30 % vuodessa, ja vuonna 2007 kasvu on jopa 35 %. Saman kasvun odotetaan jatkuvan tulevana vuosina. Uusia tuotantotiloja on suunniteltu ja alustavan suunnitelman mukaan laajennustöihin olisi pitänyt ryhtyä jo vuoden 2006 syksyllä. Rakennuslupahakemuksesta tehtyjen valitusten vuoksi on suunnitelma täytynyt uusiksi. Uusi tavoite on päästä asentamaan koneita uusiin tuotantotiloihin vuoden 2007 lopulla. Pohjatyöt on päästy aloittamaan joulukuussa 2006.

Työn tavoitteena oli selvittää mahdollisuus automatisoida vaippojen yhdeputkien rei'itystyö. Työssä oli tarkoituksena kartoittaa erilaisten vaihtoehtojen joukosta Vahteruksen tarpeisiin soveltuva järjestelmä.

Opinnäytetyön aihetta valitessani työskentelin työnjohtajana hallissa, jossa mm. polttoleikataan valmistettavat vaipat. Elokuussa 2006 siirryin näistä töistä ostajan toimeen.

2 LÄMMÖNSIIRIN

2.1 Yleistä lämmönsiirtimistä

Lämmönsiirrin on energiatekniikan komponentti, jolla lämpöenergiaa siirretään aineesta toiseen. Lämmönsiirtotapoja on kolme: johtuminen, lämpösäteily ja kulkeutuminen eli konvektio. Lämmönsiirtimet toimivat kahdella ensin mainitulla. Sen sijaan konvektiolla tapahtuvaan lämmönsiirtoon ei tarvita mitään erityistä lämmönsiirrintä, vaan lämpö siirtyy aineen mukana. Lämmönsiirtimet voidaan jakaa kahteen ryhmään: putkilämmönsiirtimet ja levylämmönsiirtimet. Putkilämmönsiirtimet rakennetaan yleensä pyöreistä putkista, missä toinen aine virtaa putken sisäpuolella ja toinen ulkopuolella. Levylämmönsiirtimet voidaan jakaa vähintään kolmentyyppisiin lämmönsiirtimiin: tiivisteelliset ja hitsatut levylämmönsiirtimet sekä spiraalilämmönsiirtimet. Levylämmönsiirtimien lämmönsiirtopinnan muodostavat aallotetut, ohuet ja korroosion kestävästä materiaalista valmistetut kanavalevyt. Perusrakenteeseen kuuluu myös runko, johon levypakka on kiinnitetty. Tiivisteellisissä siirtimissä levyjen välissä on tiiviste, jonka tarkoituksena on estää ulkoisia vuotoja sekä ohjata aineiden virtausta oikeisiin kanaviin. Vahteruksen valmistavat lämmönsiirtimet ovat hitsattuja levylämmönsiirtimiä, joissa on yhdistetty perinteisten putki- ja levylämmönsiirtimien parhaat puolet.



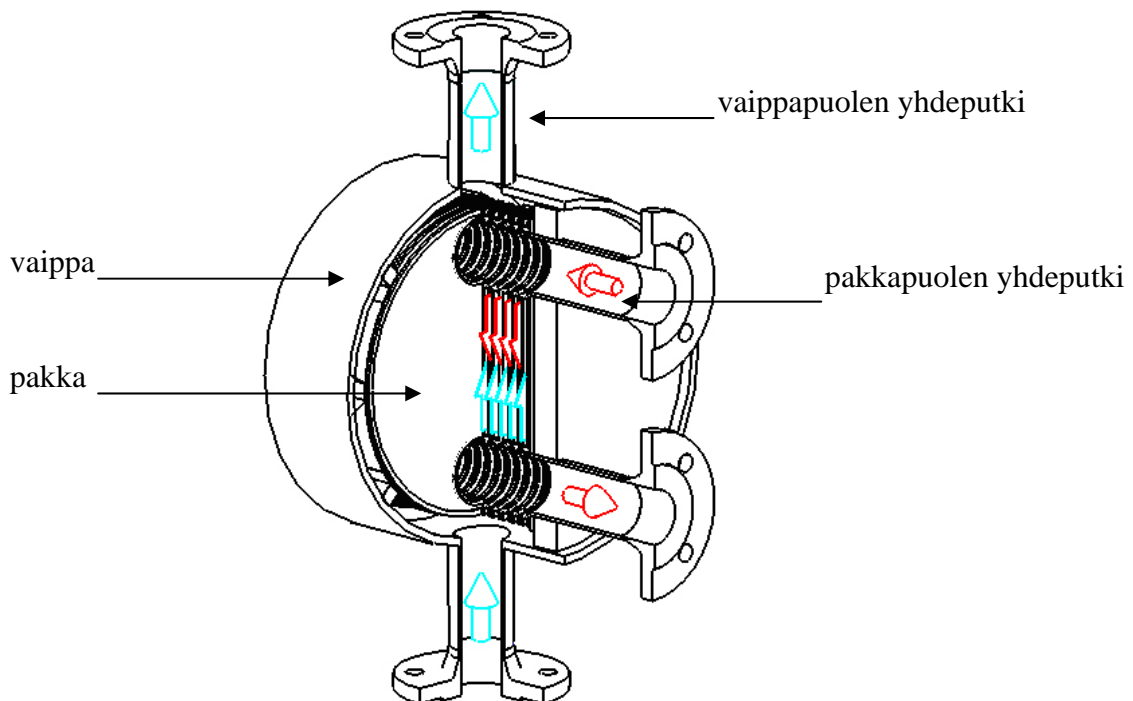
Kuva 1. Levylämmönsiirrin, putkilämmönsiirrin ja Vahteruksen hitsattava Plate & Shell -lämmönsiirrin.

2.2 PSHE Plate & Shell- lämmönsiirrin

Vahteruksen Plate & Shell- lämmönsiirrin on rakenteeltaan täysin hitsattu, pienikokoinen, mutta tehokas lämmönsiirrin. Nopeat lämpötilan tai paineen muutokset eivät aiheuta ongelmaa lämmönsiirrimen käytössä, koska tuotteessa ei ole tiivisteitä tai juotoksia. Lämmönsiirrimen käyttölämpötila voi vaihdella -200 °C :sta aina $+600\text{ °C}$:een, joskus jopa $+900\text{ °C}$:een.

PSHE Plate & Shell- lämmönsiirrin koostuu pakkaosasta ja vaippaosasta. Siirtimen ytimenä on yhteen hitsattujen pyöreiden lämpöpintalevyjen muodostama pakka. Tämä levypakka asennetaan painelaitedirektiivin (PED) mukaisesti suunniteltuun paineastiaan (vaippa). Jokainen siirrin räätälöidään erikseen omaa mitoitusohjelmaa käyttäen täyttämään asiakkaan kulloisetkin vaatimukset.

Vaippoja valmistetaan sekä levystä että putkesta. Vaippalevyt ostetaan määrämittäisinä tai ne leikataan Vahteruksella määrämittäiseksi. Putket sahataan tai polttoleikataan Vahteruksella määrämittäin. Tässä työssä käsitellään vaipan yhdereikien valmistusta ja vaipan katkaisua putkesta.



Kuvio 4. Plate & Shell lämmönsiirrimen rakenne

3 VAIHTOEHTOISTEN MENETELMIEN SELVITYS

3.1 Terminen leikkaus

Termisessä leikkauksessa kohdistetaan leikattavaan kappaleeseen riittävän suuri lämpötila palamistapahtuman aikaansaamiseksi.

3.1.1 Polttoleikkaus

Polttoleikkaus eli kaasuleikkaus on teräksen muotoonleikkaamista hapen ja polttokaasun, esim. propanin tai asetyleenin, yhteisvaikutuksella. Polttoleikattavien aineiden vahvuudet ovat yleensä 6–500 mm. Polttoleikkaus on palamisprosessi, jossa teräs yhtyy happeen eli hapettuu. Happsuihku hapettaa leikattavan aineen muodostaen palamiseen tarvittavan lämmön ja kuljettaa pois palamisjätteet (kuonan) leikkausrailosta. Leikkaushapen puhtaudella on suuri vaikutus leikkausnopeuteen. Mitä puhtaampi kaasu on, sitä parempi leikkausnopeus ja tuottavuus. (Aga Oy 2006.)

Ennen leikkausta teräs kuumennetaan happi-polttokaasuliekin avulla syttymislämpötilaan. Polttokaasun valinnalla voidaan vaikuttaa leikkauksen laatuun, esikuumennuksen kestoon ja siihen, kuinka paksua materiaalia menetelmällä pystytään leikkaamaan hyvin tuloksin. (Aga Oy 2006.)

Leikkauslaitteiston kriittisin osa on leikkaussuutin. Suuttimen leikkausteho paranee leikkaushappsuihkun ulosvirtausnopeuden kasvaessa, mikä puolestaan riippuu suuttimen rakenteesta. Eniten käytetään nykyisin ns. laajenevalla ulosvirtauskanavalla varustettuja suuttimia, jotka mahdollistavat suuren leikkaushapen ja virtausnopeuden. (Aga Oy 2006.)

Polttoleikattavalla metallilla pitää olla tiettyjä ominaisuuksia:

- Metallin pitää riittävästi kuumennettuna palaa puhtaassa hapessa.
- Metallin syttymislämpötilan pitää olla sulamislämpötilaa matalampi.

– Palamistulosten eli oksidien sulamislämpötilan on oltava itse sulamislämpötilaa alempi.

Käytännössä polttoleikattavat materiaalit ovat erilaisia Fe-seoksia. (Katainen & Mäkinen 1989, 75.)

3.1.2 Plasmaleikkaus

Plasmaleikkausta on kehitetty varsinaisesti 1950-luvulta lähtien, kun on haluttu löytää leikkausmenetelmä myös sellaisille materiaaleille, joita ei voi leikata perinteisin polttoleikkausmenetelmin. Tällaisia materiaaleja ovat esim. ruostumaton teräs, alumiini ja kupari. Sittemmin plasmaleikkausta on alettu käyttää myös mm. seostamattomien ja niukkaseosteisten terästen leikkauksessa ja tarkkuusleikkauksessa. Plasmaleikkaus soveltuu parhaiten 2–100 mm:n ainevahvuuksille (Aga Oy 2006.)

Plasmalla tarkoitetaan korkeaan lämpötilaan kuumennettua, osaksi dissosioitunutta, osaksi ionisoitunutta, sähköä johtavaa kaasua, joka muodostuu erillisistä molekyyleistä, atomeista, ioneista ja elektroneista. Plasman tehtävänä plasmaleikkauksessa on perusaineen sulatus ja sulan perusaineen kuljettaminen pois leikkausrailosta. (Aga Oy 2006.)

Plasmaleikkaus on lähes aina sulatusleikkausta, jossa kuumen plasmakaaren energiaa hyväksi käyttäen sulatetaan leikattavaan kappaleeseen railo. Näin plasmaleikkaus eroaa polttoleikkauksesta, jossa leikattava materiaali palaa prosessiin syötettävässä kaasussa, hapessa. (Aga Oy 2006.)

Plasman tuottamiseen tarvitaan kaasua, energiaa sopivassa muodossa ja poltin. Plasma-kaasu ionisoituu suuttimessa. Plasman keskittäminen perustuu suuttimen erikoisrakenteeseen. Plasmasuihku on niin kuuma, että se jo yksinään pystyy leikkaamaan esim. muovia. Metallien leikkauksessa lisäenergianlähteenä käytetään lisäksi sähköistä valokaarta, joka palaa elektrodin ja työkappaleen välillä. Jotta valokaaren ja plasman yhdessä tuottama lämpöenergia saadaan siirrettyä mahdollisimman keskitetysti työkappaleeseen, käytetään pienireikäistä suutinta. Plasmasuihku voidaan tehostaa edelleen esim. ympäröimällä plasmakaari toisella kaasuvirtauksella tai vesisuihkulla. Usein plasma-

leikkaus suoritetaan veden alla käyttämällä esim. vesiallasta. Vettä käyttäen voidaan suojata ympäristöä leikkauksen aiheuttamalta melulta, säteilyltä ja hengitysilman epäpuhtauksilta. (Aga Oy 2006.)

Soveliaita plasmakaasuja ovat argon, vety, typpi ja niiden seokset sekä myös paineilma ja happi.

Hienosädeplasmaleikkaus perustuu siihen, että plasmasuihku voidaan keskittää erittäin tehokkaasti esim. käyttämällä pyörivää plasmasuihkua. (Aga Oy 2006.)

3.1.3 Laserleikkaus

Laserleikkaus on nopeasti yleistynyt ohutlevytuotteiden ja niiden osien valmistuksessa. Laser sopii erityisesti ohuiden, mittatarkkojen kappaleiden leikkaukseen. Paras laatu saavutetaan 1–25 mm:n ainevahvuuksilla. Laserin leikkaustulos verrattuna perinteisiin menetelmiin on ylivoimainen. Se on niin siisti, että sillä leikattuja kappaleita voi heti käyttää sellaisenaan tai jatkojalostaa ilman erillistä käsittelyä. (Kujanpää & Salminen 2005, 21–22, 133.)

Laserleikkaus on terminen prosessi, jossa materiaali osittain sulaa ja osittain höyrystyy siihen osuvan fokusoidun lasersäteen ansiosta. Kun käytetään leikkauskaasuna aktiivista kaasua, esimerkiksi happea, osa materiaalista palaa. Lasersäde fokusoidaan yleensä työkappaleen pinnalle. Polttopisteen halkaisija on yleensä 0,1–0,5mm. Polttopisteeseen kohdistettu lasersäde on niin voimakas, että se pystyy suoraan höyrystämään leikattavaa materiaalia. Laserilla voi leikata myös muita materiaaleja, kuten muovia, puuta tms. Metalleja leikattaessa leikkauskaasuna on yleensä happi tai typpi. Lasersäde kohdistetaan linssillä leikattavaan materiaaliin, joka sulaa. Työkaasu syötetään samankeskisen suuttimen läpi puhaltamaan pois sula materiaali. (Kujanpää & Salminen 2005, 21–22, 133.)

Laserleikkauksen leikkauskaasuna voidaan käyttää joko happea tai typpeä. Happi reagoi leikattavan materiaalin kanssa eksotermisesti (luovuttaa lämpöä). Reaktiossa muodostuu ylimääräistä lämpöä, jonka ansiosta hapella saavutetaan huomattavasti suurempi leikka-

usnopeus kuin tyellä. Happi onkin tärkein leikkauskaasu seostamattomien ja niuk-
kaseosteisten terästen leikkauksessa. Kaasun puhtaus vaikuttaa suoraan siihen, kuinka
nopeasti laserilla pystytään leikkaamaan. (Kujanpää & Salminen 2005, 21–22, 133.)

Vahteruksella ovat käytössä sekä perinteinen polttoleikkaus kaasulla että plasmaleikka-
us. Plasmaa on käytetty haponkestävien materiaalien poltossa ja kaasuleikkaus on käy-
tössä muiden materiaalien leikkauksessa. Laserleikatut osat ostetaan alihankkijoilta.

3.1.4 Leikkausmenetelmien vertailu

Polttoleikkaus

Edut

- Alhaiset laite- ja käyttökustannukset
- Voidaan leikata hyvin paksuja levyjä ja takeita
- Hyvä leikkaustulos, kun arvot valitaan oikein
- Työntekijäystävällinen menetelmä
- Leikkausnopeus vähemmän herkkä levynpaksuudelle kuin muilla menetelmillä
- Leikkauspinnan kovuuden kasvu melko vähäistä

Rajoituksia

- Suuri lämmöntuonti ja muodonmuutokset etenkin pienillä levynvahvuuksilla
- Melko pienet leikkausnopeudet alle 20 mm paksuuksilla
- Soveltuu pääasiassa vain Fe-seosten leikkaukseen (+ Ti ja V), edellyttää terästen esi-
kuumennusta (korkea C ja seostus)
- Ei sovellu pienille ja monimutkaisille kappaleille

Plasmaleikkaus

Edut

- Voidaan leikata metalleja, joihin polttoleikkaus ei pure
- Suuret leikkausnopeudet ($s < 30$ mm)
- Kapea lämpövaikutusala ja pienen muodonmuutokset

Rajoituksia

- Korkeahkot laitekustannukset, varsinkin monipoltinratkaisuissa (jokaisella polttimella oltava oma virtalähde)
- Leikkausnopeus putoaa nopeasti levynpaksuuden kasvaessa
- Leikkauspintojen laatu yleensä polttoleikkausta huonompi
- Ei erityisen työntekijäystävällinen (esim. melu ja pöly)

Laserleikkaus

Edut

- Suuri leikkausnopeus ohuilla levyillä
- Erittäin kapea lämpövaikutusalue, ei lämmön aiheuttamia muodonmuutoksia
- Leikkauspinnan laatu on hyvä
- Työkappaleiden mittatarkkuus suuri
- Ei työkalun kulumista
- Yksinkertainen menetelmä käyttää
- Alhaiset käyttökustannukset

Rajoituksia

- Laitteiston hinta erittäin korkea
- Leikkausnopeus laskee nopeasti levynpaksuuden kasvaessa
- Voidaan leikata vain melko ohuita materiaaleja

Selvitysten perusteella todettiin, ettei laserleikkausjärjestelmä hyvistä ominaisuuksiltaan huolimatta sovellu tämän projektin menetelmäksi korkean hintansa vuoksi. Ensimmäisessä tarjouskyselyssä oli mukana sekä kaasu-, että plasmaleikkausjärjestelmiä.

Taulukko 1. Leikkausmenetelmien vertailu (+ = välttävä, ++ = hyvä, +++ = erinomainen)

	Kaasu	Plasma	Laser
Investointi	+++	++	+
Käyttökulut	+++	+++	+
Nopeus	+	++	+++
Laatu	++	++	+++
Soveltuvuus eri materiaaleille	+	++	+++

3.2 Automaatio ja robotiikka

3.2.1 Yleistä

Kappaletavara-automaatiota on perinteisesti käytetty yksittäisten kappaleiden massatuotannossa. Tyypillisiä automatisoituja työvaiheita ovat esimerkiksi hitsaus, leikkaus, pakkaus ja varastointi. Valmistettavien tuotteiden räätälöinti asiakastilausten mukaisiksi eli massaräätälöinti vaatii monesti joustavaa automaatiota. Massaräätälöinnissä käytetään usein robotiikkaa ja ohjelmoitavia koneita sekä älykkäitä ohjausjärjestelmiä.

3.2.2 Robotti

Teollisuusrobotti on ohjelmoitava monitoimilaite, joka on suunniteltu sekä käsittelemään että kuljettamaan osia tai työkaluja ja tarkoitettu muunneltavine, ohjelmoitavine ratoineen erilaisiin tuotantotehtäviin. (Aaltonen & Heimonen 1984.)

3.2.3 Robottityypit

Teollisuusrobotit voidaan jakaa neljään ryhmään: Portaalirobotti, kiertyvänivelinen eli käsivarsirobotti, SCARA-robotti ja karteellinen robotti.

3.2.4 Portaalirobotti

Portaalirobotti on robottityypeistä perinteisin ja vanhin. Portaalii-sana tulee latinan sanasta portalis, joka tarkoittaa porttia. Tämä johtuu robotin ulkonäöstä, jossa robotin rungon muodostaa kaksi pystypalkkia ja niiden välissä oleva vaakapalkki. Rungon varassa portaalirobotti liikkuu suorakulmaisesti kahdessa tai kolmessa suunnassa (X, Y ja Z) tarpeen mukaan. Tarvittaessa tarttujassa/työkalussa voi olla muitakin liikkeitä tai niveliä, mutta portaalirobotti perustuu aina karteesisen koordinaatiston kolmeen perussuuntaan olevaan liikkeeseen, joilla voidaan toteuttaa kaikki tarvittavat liikkeet. Portaalirobotin hyviä puolia ovat mm.

- yksinkertainen, vankka ja luotettava rakenne
- tarkan paikoituksen helppous
- yksinkertainen ohjelmitava
- nopeus (Aukati Oy 2006).



Kuva 2. Portaalirobotti

3.2.5 Kiertyvänivelinen eli käsivarsirobotti

Kiertyvänivelinen robotti eli käsivarsirobotti on teollisuusrobotti, joka on suunniteltu matkimalla ihmiskäden liikkeitä. Kiertyvänivelisellä robotilla on yksi käsi, joka muodostuu useista pyörivistä nivelistä ja niiden välisistä varsista. Käsivarsirobotti lähtee kuvitelmasta, että ihmisen käsi olisi ihanteellinen keksintö kaikenlaisten työkalujen käyttämiseen ja erilaisten töiden tekoon. Käsivarsirobotti on suhteellisen helposti siirrettävissä toiseen työtehtävään, jos sen alkuperäinen työtehtävä tulee tarpeettomaksi. (Aukati Oy 2006.)

Käsivarsirobotin ongelmana on ohjelmoinnin vaikeus. Kun kaikki liikkeet muodostuvat toisiinsa erilaisissa kulmissa olevien akselien liikkeistä, on ensin luotava matemaattisesti monimutkaiset perusohjelmistot, ennen kuin robotilla saadaan mitään aikaan. Kun sarjakoot kasvavat, tämä ongelma poistuu. Toisena ongelmana on se, että kun liikkeet koostuvat usealla eri akselilla tehtävistä suhteellisen pienistä kiertoliikkeistä, tulee liikkeistä hitaita. Lyhin tie kahden pisteen välillä on suora viiva, joka on lineaariselle portaalirobotille luonnollinen liiketapa. Käsivarsirobotin suora liike taas on usean eri kiertoliikkeen summa, joka on hidasta ja lisäksi tarkka paikoitus on hankalaa. Lisäongelmana käsivarsirobotissa on liikkuvien massojen suuruus, joka edelleen tekee liikkeistä hitaampia ja epätarkempia. (Aukati Oy 2006.)



Kuva 3. Kiertyvänivelinen eli käsivarsirobotti

3.2.6 SCARA

SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm = valikoivasti totteleva kokoonpanorobottikäsi) koostuu periaatteessa pystysuorassa olevasta akselista ja siihen liitetystä käsivarresta. Akseli pyörii ja siihen liitetty käsivarsi sen mukana. Käsivarren kiinnityskohta akseliin liikkuu myös akselia pitkin ylös–alas-suunnassa. käsivarsi on aina vaakasuorassa ja siinä on kaksi pystysuoran akselin ympäri pyörivää niveltä, jolla säädetään tarttujan etäisyyttä akselista. SCARA-robotteja käytetään pääasiassa kokoonpanotehtävissä. (Aukati Oy 2006.)



Kuva 4. SCARA robotti

3.2.7 Karteesien robotti

Karteesinen robotti on oikeastaan eräänlainen portaalirobotin muunnos, joka eroaa portaalirobotista vain siinä, että sen runko ei muodosta porttia. Karteesinen robotti on yhden tukijalan varassa, mutta liikkeet ovat suorakulmaisia X-, Y- ja Z-liikkeitä aivan kuten portaalirobotissa. Karteesinen robotti soveltuu hyvin erilaisten keveiden esineiden nosteluun ja pieniin kokoonpanotehtäviin. (Aukati Oy 2006.)



Kuva 5. Karteesinen robotti

3.2.8 Robotisointiprojektin suunnittelu ja toteutus

Robotisoinnin on aina perustuttava todelliseen tuotannon rationalisointitarpeeseen.

Robottijärjestelmän hankkimiseen voidaan käyttää seuraavia tapoja:

1. Ulkopuolinen yritys toimittaa koko robottijärjestelmän "avaimet käteen" -periaatteella. Tässä tapauksessa kokonaistoimituksessa vastuunjako on selkeää ja vaatimukset helppo määritellä toimitussopimuksessa. Tämä on nopein tapa saada järjestelmä tuotantokäyttöön. Ongelmana edelleen kehittäminen, koska yrityksellä ei ole omaa tietotaitoa.
2. Yritys itse hankkii järjestelmän ja ulkopuolinen yritys asentaa ja testaa robottijärjestelmän. Tämä on yleinen käytettyjen robottien asennuksessa. Edullisia hankintakanavia käytettäessä tulos on usein hyvä, erityisesti pk-yritysten käyttämä malli.
3. Yritys itse hankkii ja asentaa robottijärjestelmän. Tämä vaatii osaamista ja on näin riski. Etuna on, että projekti kasvattaa yrityksen omaa osaamista ja tietotaitoa tuotannon automatisoinnista.

Projektin vaiheet:

1. Lähtötilanteen analysointi

- onko robotisoinnille edellytyksiä (kappaleet, oheislaitteet, liittyminen muuhun tuotantoympäristöön, ympäristö olosuhteet ja miehitys)

2. Esisuunnittelu

- tehdään layout
- kartoitetaan laitevaatimukset, jotka tuotanto ja tuotteet asettavat

3. Robotin ja oheislaitteiden käytön suunnittelu

- tarkennetaan esisuunnittelun tietoja
- päätetään lopullinen layout
- suunnitellaan tarraimet, kiinnittimet, paletit, kuljetusalustat, turvalaitteet, jne.
- kartoitetaan kunnossapito ja huolto

Vaihtoehtoiset suunnitelmat asetetaan paremmuusjärjestykseen kustannuslaskennan avulla. Samalla tarkennetaan investointilaskelmia suunnitelmien perusteella.

4. Toteutus

- aikataulun laadinta
- järjestelmän ja komponenttien tilaus
- asennukset
- koeajo
- muutokset
- koulutus
- käyttöönotto ja dokumentointi

(Aaltonen & Torvinen 1997, 163–165.)

Tässä työssä lähdettiin selvittämään vaihtoehtoja ”avaimet käteen” -periaatteella. Yrityksen omien resurssien todettiin olevan riittämättömät muihin toteutusmalleihin. Tämän työn tarkoituksena oli suorittaa lähtötilanteen analysointi ja esisuunnittelu.

3.2.9 Robotin ohjausjärjestelmät

Koneiden käyttö tai järjestelmien muodostaminen edellyttää koneen tai järjestelmien osien toimintojen koordinoimista ainakin jollain tasolla ja menetelmällä. Robotin ohjausjärjestelmän keskeisin tehtävä on ohjata robotin liikkeen suoritusta halutulla tavalla.

Ohjausjärjestelmän toiminnan mukaan voidaan tehdä jaottelu:

- Aidosti pisteohjattu, sekvenssi- eli seurantaohjaus ilman servo-ohjausta
- Aidosti rataohjattu, kaksitasoinen servo-ohjaus ohjausjärjestelmä, jossa reitti annetaan joko jatkuvasti (analoginen) tai tiheästi määrääjain tallennettuina pisteinä (digitaalinen).
- Yhdistetty rata- ja pisteohjaus, hierarkkinen digitaalinen kaksitasoinen ohjausjärjestelmä, jossa reitti annetaan pisteinä ja pisteiden välisinä vapaina, suoraviivaisina tai kaarevina liikkeinä
- ”Älykäs” robotti

(Lahden Ammattikorkeakoulu 2006.)

Ohjausjärjestelmää voidaan myös analysoida sen kehittyneisyyden mukaan:

- Sekvenssiohjattu robotti
- Opetettava robotti
- Yhdistetty piste- ja rataohjattu robotti
- Adaptiivinen robotti
- ”Älykäs” robotti

Yleisimmin roboteissa käytetään akselien ohjauksessa reaaliaikaisia prosessitietokoneita, joiden avulla on mahdollista ohjata robotin toimilaitteita tuhansia kertoja sekunnissa ja näin mahdollistaa sen reagoiminen ympäristön viesteihin millisekunneissa. Reaaliaikaisille ohjausjärjestelmille on ominaista, että niissä voi toimia useita tietokoneohjelmia samanaikaisesti. Tämä on kuitenkin yleensä näennäistä, koska normaalisti kullekin ohjelmalle voidaan varata lyhyt ajoaika tietyin aikaväleihin. (Lahden Ammattikorkeakoulu 2006.)

Ohjausjärjestelmän tavallinen koostumus:

- Keskusyksikkö
- Massamuisti ohjelmien ja parametrien tallennusta varten
- Käsiohjelmointilaite eli ns. ”TeachPendant”- käyttöliittymä
- Ulkoiset liitännät, kuten RS232-C, RS422 ja Ethernet
- Robotin akselikohtaiset servo-ohjauskortit
- Lisäoptiot, kuten erilaiset väylätekniikat ja vapaat PCI-korttipaikat, esimerkiksi voima-antureiden vahvistin kortteille jne.

(Lahden Ammattikorkeakoulu 2006.)

Ohjausjärjestelmän tehtävänä on suorittaa annetut toiminnot liikekäskyiksi ja toteuttaa reaaliajassa myös seuranta sen suorituksesta eli huolehtia robotin toimilaitteiden takaisinkytkennästä. Tämä on ohjausjärjestelmän vaativin tehtävä, johon liittyy useita eri toimintoja kuten oikea paikkatieto (x, y, z), työkalun oikea asento eli orientaatio, haluttu liikenoisuus, kiihtyvyyden ohjaus huomioiden työkalun massa, paikoituksen tarkkuus sekä mahdolliset muut toiminnalliset funktiot. Lisäksi robotinohjausjärjestelmä hoitaa ympäristön havainnoin antureiden avulla. Itsediagnostiikka eli robotin sisäisen toiminnan tarkkailu kuuluu myös ohjausjärjestelmän tehtäviin. (Lahden Ammattikorkeakoulu 2006.)

Yleisesti ottaen adaptiivisella säädöllä tarkoitetaan koneissa olevaa mittaus- ja säätöjärjestelmää, jonka avulla saatua mittausinformaatiota käsitellään koneen omassa ohjausjärjestelmässä tai se voidaan myös välittää käsiteltäväksi paremman laskentakyvyn omaavalle yleistietokoneelle. Adaptiivisella eli mukautuvalla säädöllä kone voi itse parantaa omaa toimintaansa eli esimerkiksi robottien yhteydessä parantaa ennalta laskettujen paikoitustietojen arvoja joko numeeriselta tarkkuudeltaan tai paremmin kyseiseen käyttökohteeseen soveltuvina. (Lahden Ammattikorkeakoulu 2006.)

Robottien yhteydessä adaptiivinen ohjaus käsitteenä on laajempi, koska sillä voidaan tarkoittaa varsinaista robotin ohjausjärjestelmän adaptiivisuutta ja ulkoisten antureiden avulla toteutettu ”adaptiivista ohjausta”. Robotin kohdeasemat lasketaan työkalun ja yleensä robotin jalustaan sijoitetun peruskoordinaatiston välisinä etäisyyksinä x-, y- ja z-suunnissa lisättyinä työkalun orientaatiotiedoilla. Lisäargumenttina on ainakin tark-

kuusparametri eli alue, jonka sisällä robotin haluttu paikoituspiste sijaitsee, esimerkiksi ns. zone-parametrin arvo voi olla 10 mm, jolloin riittää paikoitustarkkuudeksi halkaisijaltaan 10 mm ympyrän muodostama alue. Kohdeasemat voidaan määrittää kiinteinä eli pysyvinä arvoina opettamalla ne käsiohjelmoitilaitteella tai syöttämällä ne numeerisesti käsin tai offline -ohjelmiston avulla. (Lahden Ammattikorkeakoulu 2006.)

Yksinkertaisimmillaan robottien yhteydessä voidaan puhua ”adaptiivisesta ohjauksesta” käyttämällä digitaalista anturia havaitsemassa kohde, jota kohti robotti on ohjelmoitu liikkumaan niin kauan kunnes anturi havaitsee kohteen. Tämä ns. ”hakuominaisuus eli searching” on yleensä kaikkien robottien käskyvalikoimassa. Tätä ominaisuutta käytetään esimerkiksi tuotteiden noudossa pinosta, jonka yläpinta tunnistetaan robotin työkalussa olevan anturin avulla. Tätä ominaisuutta voidaan myös käyttää kappaleiden tai robotin ympäristön mittaamiseen. (Lahden Ammattikorkeakoulu 2006)

Monipuolisemmassa muodossa ”adaptiivinen ohjaus” on muodon seurannassa, jossa jollakin analogisella anturilla seurataan ja muodostetaan samalla ”lennosta” robotin liikekäskyt ja tätä rataa seuraavalla kerralla voidaan vielä jopa parantaa tallentamalla anturin antamat etäisyysarvot kappaleeseen nähden ja laskennallisesti käsitellä arvoja. Tällöin voidaan jo puhua täysin mukautuvasta ohjauksesta. (Lahden Ammattikorkeakoulu 2006.)

Lähes kaikissa nykyisissä robottiohjaimissa käyttäjä voi antaa parametritietoina robotin kantokuorman, halutun paikoitustarkkuuden ja liikenopeuden, jolloin robotti itse optimoi parhaimman suorituskyvyn annettujen parametrien perusteella hakemalla liikkeen suorittamiseksi sopivimmat arvot tietokannasta. Tällaisessa robottiohjaimessa on puutteena kuitenkin se, että käyttäjä ei yleensä voi muuttaa näitä optimointiarvoja. Tämä puute korjataan ottamalla käyttöön varsinainen robotin adaptiivinen ohjaus, jossa näitä robotin tietokannassa olevia suoritusarvoja voidaan muuttaa jatkuvana toimintona takaisinkytkentäantureilta tulevien viestien perusteella. Tällöin usein tulee vastaan kuitenkin muistien tallennuskapasiteetti ja tai laskennalliset aikarajoitukset, minkä vuoksi on otettu käyttöön työskentelyalueen jako useimpiin osa-alueisiin eli puhutaan ns. zone-määrittelyistä. (Lahden Ammattikorkeakoulu 2006.)

3.2.10 Robottien ohjelmointi

Robottien ohjelmointi alkoi sähkömekaanisista kytkennöistä, joiden avulla saatiin nivelet ajamaan päin haluttuja rajakatkaisijoita vaihe kerrallaan. Sittemmin opetettiin käden liikkeitä johdattelemalla eli "nauhoittamalla" nivelten paikka-antureita ja toistamalla näitä liikkeitä. Suurin osa nykyisistä sovelluksista on opetettu robotille liikuttamalla käsivarsi muutamiin aseisiin, mutta luomalla toiminnan logiikka ja useita liikeratojen asemia tietokoneohjelmoinnilla. Kun robotista ja työympäristöstä on kolmiulotteinen tietokonemalli, voidaan tehdä mallipohjaista ohjelmointia erillisessä tietokoneessa. Te-leoperointi eli robottien liikuttaminen etäältä teknisen käyttäjäliitynnän avulla on uusi mahdollisuus.

Ohjelmoinnin tärkeimmät tehtävät:

- Laaditaan toimintajärjestys ja logiikka robottikäsivarren liikkeille sovelluksessa tarvittavien työkalun liikkeiden toteuttamiseksi.
- Tahdistetaan käsivarren liikkeet ympäristön signaaleihin tai välitetään muihin laitteisiin tarvittavia tietoja.
- Määritellään robotin toiminta virhetilanteissa.

(Lahden Ammattikorkeakoulu 2006.)

3.2.11 Johdattamalla ohjelmointi

Käsivarren toimilaitteet vapautettiin ja ihminen liikutti liikkeiden määrittelyvaiheessa lihasvoimin työkalua niin, että haluttu liikerata tuli suoritetuksi. Nivelten paikka-antureiden lukemat talletettiin liikkeiden aikana instrumenttinauhuriin. Kun liikkeitä toistettiin, yhdistettiin nauhuri nivelten toimilaitteiden säätöpiireihin ohjearvoiksi ja nauhaa kelattiin joko alkuperäisellä tai vähän muutetulla nopeudella. Tätä ohjelmointia kutsutaan johdattamalla ohjelmoinniksi.

Johdattamalla ohjelmoinnin vaikeudet:

- Muuttamisen hankaluus; yleensä ohjelma täytyy ohjelmoida alusta lähtien uudestaan, kun siihen halutaan muutos.
- Magneettinauhoja oli hankala arkistoida ja käsitellä.

– Ohjelmista on vaikea saada aivan tarkkoja.

(Lahden Ammattikorkeakoulu 2006.)

3.2.12 Opettamalla ohjelmointi

Tavallisesti robotteja on ohjelmoitu viemällä työkalu haluttuun paikkaan käsiohjaimen avulla ja tallettamalla asema muistiin. Tätä ohjelmointia käsiohjaimen avulla kutsutaan usein opetuksiksi erona päätteeltä tehtävään tekstuaaliseen eli tekstiä kirjoittavaan ohjelmointiin, jossa loogisten rakenteiden esittäminen on helpompaa. Näitä ohjelmointitapoja käytetään tavallisimmin yhdessä, mutta tarvittava teksti kirjoitetaan useimmiten funktionäppäimistön avulla. Liikkumista asemien välillä tai kohdeaseman valintaa ohjataan muusta ohjelmoinnista tutuilla menetelmillä eli erilaisilla hyppykäskyillä ja aliohjelmilla. (Lahden Ammattikorkeakoulu 2006.)

Robottien ohjelmoinnin välineinä ovat olleet käsiohjaimet, joilla voidaan luoda robotiohjelma kokonaisuudessaan, ohjaussauva robotin liikuttamiseksi eri interpolaatiotavoilla, tavallinen pääte ja editoriohjelmisto, PC ohjelmatekstin luomiseksi sekä levykeasemat ohjelmien siirtoa ja varastointia varten.

Käsiohjaimen käyttökelpoisuudelle on tärkeää, että robotin käskykanta voidaan käsiohjaimen kautta selata ilman erillistä ohjekirjaa. (Lahden Ammattikorkeakoulu 2006.)

Liikeratojen määrittämisen nopeuttaminen:

- Kirjoitetaan uutta robotiohjelmaa päätteen avulla, kun käsivarsi suorittaa toista ohjelmaa.
- Käytetään runsaasti suhteellisia asemia, jotka lasketaan muutamista käsivarrella opetuista asemista.
- Kirjoitetaan ohjelmat tekstitiedostoina erillisessä toimistotietokoneessa ja siirretään ne robotin ohjausjärjestelmään.

Robotin käsivarren tulee tehdä mahdollisimman paljon tuottavaa työtä, siksi pitää liikeratojen määrittämisen olla mahdollisimman nopeaa. Pelkästään ulkoisen tietokoneen käyttö ohjelmointiin ei riitä, koska niin robotin kuin työympäristön koordinaatit ja 3D-

mallit ovat epätarkkoja. Niissä voi olla jopa 5 cm:n virheitä riippuen työkalun ulottuvuuksista. Toinen ratkaisu on sovelluksen aistinjärjestelmät, jotka huomioivat todellisen maailman epätarkkuudet suunnittelujärjestelmän maailmanmalliin verrattuna. Tällöin voidaan koko ohjelmointiprosessi tehdä ulkoisessa tietokoneessa. (Lahden Ammattikorkeakoulu 2006.)

Robotti voi toteuttaa saman liikeradan toisellakin työkalulla, kunhan on tiedossa uuden työkalun ns. työkalukompensointi eli asento- ja paikkaero työkalulaipan ja uuden työkalu koordinaatiston origon välillä. Samoin herkkyys työkalun vääntymiselle törmäysten yhteydessä on pieni; koko liikerataa ei tarvitse ohjelmoida törmäyksen jälkeen uudelleen, vaan määritellään vääntyneelle työkalulle uusi työkalukompensointi. Useissa robotin ohjelmointikielissä on mahdollista ketjuttaa asemia. Sama tehtävä toteutetaan samalla ohjelmalla eri puolilla robotin työaluetta. (Lahden Ammattikorkeakoulu 2006.)

Tyypillisen teollisuusrobotin peruskäskykanta:

- Liiketavan valinta eli lineaarinen, ympyrä tai nivelinterpolaatio
- Liikekäsky
- Liikekäsky suhteellisesti muunnettuun pisteeseen, mutta parametrina annetun aseman asennossa
- Liikeradan siirto kolmessa ulottuvuudessa
- Tehtäväkoordinaatiston siirto kuudessa vapausasteessa
- Etsintäliike eli pysähtyminen ulkoisen anturin tilan muuttuessa odotetusti
- Liikenopeuden ohjaus ulkoisella anturilla
- Ulkoisten antureiden avulla laskettujen korjausliikkeiden lisäys nimelliseen liikerataan
- Työkalukoordinaatistoliikkeet
- Lavaus säännöllisessä muodossa tai lavan purkaus vastaavasti
- Ehto, toisto- ja silmukkarakenteet
- Binääristen ja analogisten signaaleiden luku ja kirjoitus

Ulkoisiin järjestelmiin liittyviä käskyjä:

- Kuljettimella liikkuvan kappaleen seuraaminen pulssianturin avulla eli robotin liikkeiden kytkeminen kuljettimen liikkeeseen

- Näköjärjestelmän hyväksikäyttö kappaleen poimimisessa
 - Liikeratojen korjausmahdollisuudet ulkoisten antureiden avulla, pyritään yleiseen aistinliitännään ja palvelemaan aistimien tarpeita yhteisillä robotin liikkeisiin vaikuttavilla funktioilla
 - Kaarihitsauslaitteen ohjaus ja vaaputuksen avulla toteutettu railonseuranta
 - Pistehitsausprosessin ohjaus
- (Lahden Ammattikorkeakoulu 2006.)

3.2.13 Etäohjelmointi (off-line)

Mallipohjainen ohjelmointijärjestelmä sijoittuu tuotekehityksen ja valmistuksen väliin. Mallipohjainen etäohjelmointi voidaan erottaa muista ohjelmointitekniikoista ja myös muista etäohjelmointitekniikoista seuraavan määritelmän mukaan: Robottien mallipohjainen ohjelmointi (off-line) tarkoittaa robotin ohjelmointia ilman tuotantorobottia, tuotannon ulkopuolisessa tietokoneessa käyttäen 3D graafista käyttöliittymää ja robotin ja sen oheislaitteiden simulointimalleja sekä hyödyntäen valmistettavan tuotteen suunnittelun 3D-muototietoa. (Lahden Ammattikorkeakoulu, 2006.)

Kehittyneimmät mallipohjaiset järjestelmät tukevat eri CAD-suunnittelujärjestelmiä ja useita eri robottimerkkejä (esim. Delmian IGRIP). Ne pohjautuvat robottien ja oheislaitteiden simulointimalleihin sekä hyödyntävät tuotemallin muototietoa. Tällaiset järjestelmät ovat vastaavia, kuin CAD/CAM -ohjelmistot NC-koneille ja mahdollistavat ohjelmien tarkastamisen etukäteen. Mallipohjaiset ohjelmointijärjestelmät ovat työnsuunnittelun ohjelmistoja ja sijoittuvat tuotekehityksen ja valmistuksen väliin. (Lahden Ammattikorkeakoulu 2006.)

Mallipohjainen ohjelmointi sopii seuraavissa tapauksissa:

- Tuotanto on asiakasohjautuvaa
- Pienet tuotantosarjat ja lyhyet tuotteiden elinkaaret
- Valmistusprosessi edellyttää robotilta suurta määrää paikoitus (opetus) pisteitä, kuten hitsaus, leikkaus, jäysteen poisto, kiillotus, hionta, maalaus, pinnoitus, työstö jne.
- Robotteja ei voi ohjelmoida tuotannossa esimerkiksi turvallisuusriskin takia: valimot, ampumatarviketeollisuus, ydinvoimalaitokset jne.

– Tuotesuunnittelu käyttää 3D CAD -järjestelmiä

Robotti- ja oheislaittekirjastoissa ohjelmistossa on kirjasto valmiiksi mallinnettuja ja tuotannossa käytettyjä oheislaitteita. Uudet oheislaitteet, kuten kääntöpöydät, servora-dat, kiinnittimet ja työkalut suunnitellaan muissa CAD-järjestelmissä tai mallinnetaan ohjelmiston omalla CAD-moduulilla. Geometriamallinnuksen jälkeen määritetään oheislaitteille niiden liike- ja kinemaattiset ominaisuudet kuten nopeudet, kiihtyvyydet, liikerajat ja interpolointitapa. (Lahden Ammattikorkeakoulu 2006.)

4 NYKYISEN TYÖMENETELMÄN SELVITYS

Vahteruksen polttoleikkaustyöt jakaantuvat moneen osaan. Ns. Vepin hallissa polttoleikataan levyistä valmistettavien vaippojen aihiot määrämittaan. Määrämittaiset levyt mankeloidaan ja silloitetaan. Tämän jälkeen vaippa toimitetaan ns. uuteen halliin, jossa hitsataan pituussauma. Hitsauksen ja mahdollisten hitsisaumojen tutkimusten jälkeen poltetaan yhdereiät. Vepin hallissa valmistetaan myös siirtimiin tulevat yhdeputket puoliautomaattisahalla. Osaan putkista tehdään viisteet alihankkijalla, joka toimi vuoden 2006 loppuun samoissa tiloissa. Yrityksoston myötä kyseisen alihankkijan toiminta siirtyi Vahterukselle vuoden 2007 alusta.

Ruostumattomasta ja haponkestävästä materiaaleista valmistettavat vaipat rei'itetään ns. meijerin hallissa. Erilliset tilat on tarvittu estämään epäpuhtaudet hitsaussaumoissa.

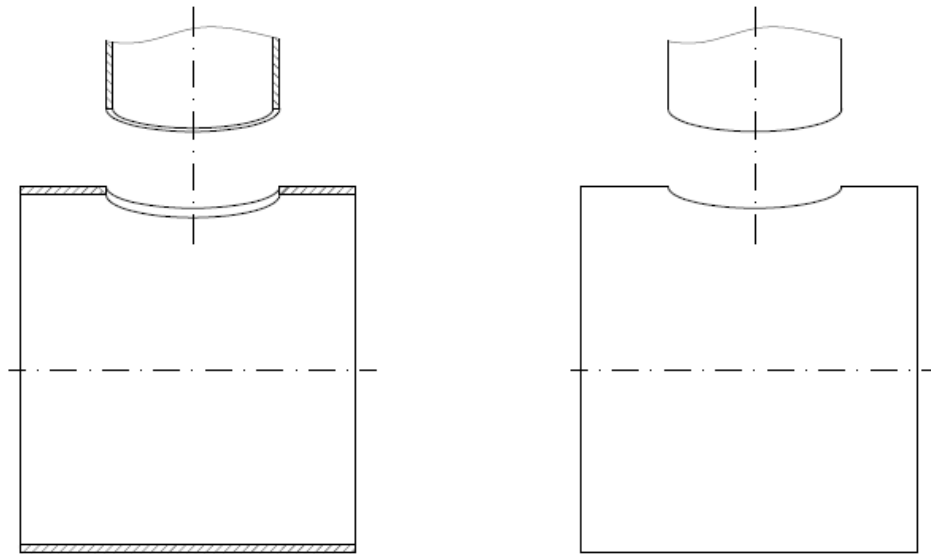
Ns. uuden hallin tiloissa katkaistaan putkista valmistettavat vaipat määrämittäisiksi joko automaattisahalla tai polttoleikkaamalla käsin. Määrämittaiset vaipat rei'itetään kahdessa eri työpisteessä. Työt on jaettu vaipan koon mukaan siten, että koot 2 ja 3 tehdään toisessa pisteessä ja isommat toisessa. Pienempien (2 ja 3) vaippojen polttoleikkaus suoritetaan käsivaraisesti. Isompien vaippojen leikkauksessa käytetään puoliautomaattista leikkauskonetta.

Uuden tuotantotilan myötä valmistuspaikkojen sijainnit määriteltiin uudelleen. Kaikki ohutlevyproduktio jää nykyisiin ns. meijerin tiloihin. Vepin hallin ja sen viereen rakennettavan uuden tuotantohallin tiloihin siirtyvät vaipan valmistus, siirtimien kasaus ja hitsaustyöt.

4.1 Yhdereiän valmistus

Yhdereiän valmistuksessa vaippaputkeen tehdään reikä, johon yhdeputki istutetaan. Reikien koko ja määrä ovat suunnittelusta tulleessa CAD-piirustuksessa. Piirustuksen perusteella tekijä valmistaa tarvittavat reiät. Reiän reunoihin tulevat viisteet hitsaustyötä

varten. Reunat on viimeisteltävä hitsauksen onnistumiseksi. Samoin reikien valmistuksessa on huomioitava tarvittavat ilma- ja istutettavan yhdeputken välillä.

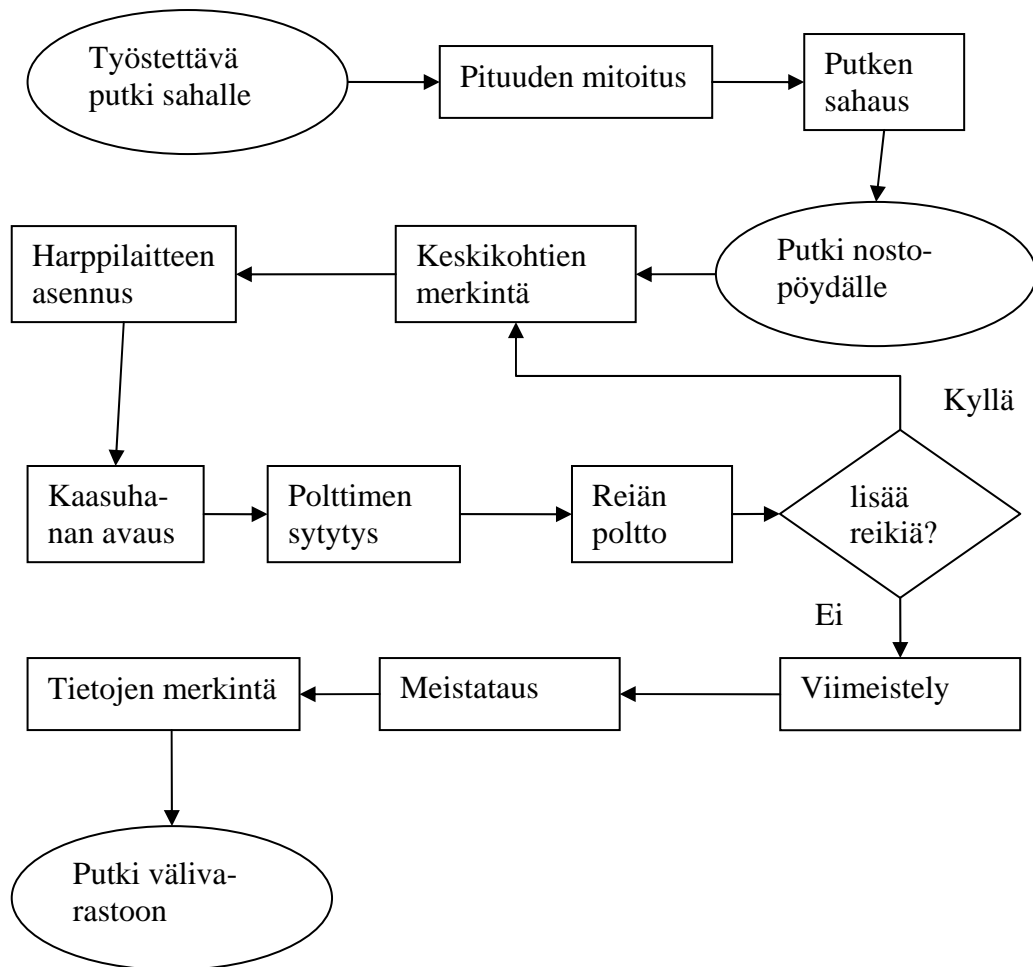


Kuvio 5. Periaatekuva yhdeputken istutuksesta vaippaan.

4.2 Käsivaraisen polton työvaiheet ovat seuraavat:

- Työstettävä putki tuodaan sahalle.
- Mitoitetaan putken pituus.
- Sahataan putki.
- Viedään sahattu putki nostopöydälle.
- Merkitään poltettavien reikien keskikohdat.
- Asennetaan ympyräleikkauslaitteeseen piirustuksen mukainen halkaisijan mitta.
- Avataan kaasuhana.
- Sytytetään poltin.
- Poltetaan reikä.
- Jos tulee useita reikiä toistetaan tarvittava määrä vaiheita 6–9.
- Hiotaan poltettujen reikien reunat ja sahatut putken päät siistiksi.
- Meistataan vaippaan määrättyyn kohtaan tarvittavat merkinnät.
- Merkitään liidulla siirtimen numero ja tuotantosuunnitelman mukainen toimitusviikko.

- Viedään vaippa välivarastoon odottamaan hitsausta. Samalla haetaan vaippaan kuuluvat yhdeputket ja mahdolliset muut vaipan hitsausvaiheessa tarvittavat osat.



Kuvio 6. Polttoleikkauksen työvaiheet



Kuva 6. Vaipan yhdereiän polttoleikkaus käsivaraisesti.

Uudella puoliautomaattisella polttolaitteella on saavutettu monenlaisia etuja. Työn jälki on huomattavasti parempaa, työ on tekijälle keveämpää ja turvallisempaa sekä työaika on saatu lyhennettyä merkittävästi. Suurin ajansäästö on saavutettu hionnan vähenemisellä. Automaatilla saavutettava polttojälki on pinnaltaan merkittävästi käsipolttua parempi. Samalla hiontalaikkojen kulutus tässä työvaiheessa on vähentynyt jopa 80 %. Työturvallisuuden ja työviihtyvyyden kannalta merkittävät parannukset ovat melun ja pölyn sekä epäsiisteyden väheneminen.



Kuva 7. Vahteruksella käytössä oleva leikkausautomaatti Koike KHC-600D.

5 PÄÄTÖKSENTEKO

5.1 Investointi

Investointi on tiettyyn hankkeeseen sijoitettujen varojen ja hankkeesta saatavien tuottojen muodostama kokonaisuus. Investointi on taloudellinen uhraus, jossa suurehkoja rahasummia sijoitetaan pitkiksi ajoiksi ja jossa investoinneista saatavien tulojen odotusajat ovat pitkiä. Investoinneissa suunnitteluajankohta on aina vuosia. Suurien rahamäärien sijoittaminen pitkäksi aikaa tuo tullessaan riskejä, joita yritetään minimoida investointilaskelmien avulla. (Neilimo & Uusi-Rauva 2004, 188–189.)

5.1.1 Investointien luokittelu

Investointeja voidaan jaotella niiden merkityksen perusteella esimerkiksi tuotto- ja kiireellisyysvaatimusten mukaan. Seuraavassa on esimerkki tuottovaatimusten mukaan tehdystä ryhmittelystä.

- Pakolliset (esim. lakien, asetusten ja viranomaismääräysten täyttäminen), ei tuottovaatimuksia
- Markkina-aseman turvaaminen, tuottovaatimus 6 %
- Koneiden ja laitteiden uusiminen ja peruskorjaukset, tuottovaatimus 15 %
- Tuottojen lisääminen, tuottovaatimus 20 %
- Uusien alueiden valtaaminen huomattavin riskinalaisin investoinnein, tuottovaatimus 25 % (Neilimo & Uusi-Rauva 2004, 188–189.)

Tässä investoinnissa on kyse koneiden ja laitteiden uusimisesta.

5.1.2 Koneinvestointi

Koneinvestointi on laaja ja monivaiheinen kokonaisuus. Investoinnin tavoite on kuitenkin kaikissa koneinvestoinneissa sama, eli pyritään hankkimaan

- oikea kone

- luotettavat toimittajat
- kohtuulliseen hintaan
- järkevät ehdot.

Kaikkien huoltopalvelujen ja tukitoimintojen helppo ja nopea saatavuus on varmistettava koko koneen käyttöiän ajan. Näiden tavoitteiden saavuttamiseksi täytyy investoinnin suunnittelun olla perusteellinen. Koneinvestointi noudattaa samoja periaatteita kuin yrityksen kaikki muutkin investoinnit. Sen vuoksi koneinvestoinneissa on sovellettava samanlaisia investointien perusteluita ja kannattavuuslaskelmia kuin muissakin investoinneissa. Investoitavan koneen kannattavuuslaskelmiin on kiinnitettävä lisäksi erityistä huomiota, koska koneinvestointi on lähes aina suuri kertainvestointi ja se sitoo yrityksen tiettyyn tuotantotekniikkaan pitkäksi aikaa. Kannattavuuslaskelmissa on myös otettava huomioon, että koneinvestointiin liittyy myös paljon muita kustannuksia kuin perushankintakustannus. Todelliset kannattavuuteen vaikuttavat luvut saadaan siten selville vasta, kun kaikki todelliset kustannukset ja yrityksen toimintaan vaikuttavat muutostekijät on selvitetty perusteellisesti. (Routama 1990.)

Koneinvestointeja suunniteltaessa on syytä ottaa huomioon myös kaikki vaihtoehtoiset menetelmät, joilla voidaan saavuttaa samat tavoitteet kuin koneen hankinnalla, vaihtoehtoja uuden koneen hankinnalle voi olla esimerkiksi tuotteiden alihankinta, käytetyn hankinta, vanhan koneen modernisointi ja tuotantomenetelmien kehittäminen tehokkaammaksi. (Routama 1990.)

Tässä työssä tutkittiin vain uuden koneen hankintaa, koska yrityksessä oli jo alustavasti budjetoitu koneen hankinta. Toisaalta käytetyn koneen hankinta tuli esille projektin edetessä. Päätökset tullaan tekemään siinä vaiheessa, kun on saatu selville hankittava kokonaisuus.

5.1.3 Investointilaskelmat

Investointilaskelmalla pyritään selvittämään investointihankkeen edullisuus koko investoinnin pitoajalle. Kilpailevien vaihtoehtojen edullisuusjärjestys määritetään laskelmin.

Laskelmissa otetaan huomioon markkinat, investoinnista aiheutuvat kustannukset ja tuotot sekä tiedot pääomatarpeista.

Yleisimmät yrityksissä käytettävät investointilaskelmamenetelmät ovat

- nykyarvomenetelmä
- annuiteettimenetelmä
- sisäisen korkokannan menetelmä
- pääoman tuottoastemenetelmä
- takaisinmaksuajan menetelmä (Neilimo & Uusi-Rauva 2004, 192).

5.1.4 Investointilaskelmien keskeiset komponentit

Investointilaskelmien keskeisinä komponentteina pidetään yleensä hankintamenoa, jäännösarvoa, käyttöpääomaa, juoksevasti syntyviä kassatuloja ja kassamenoja sekä niiden erotusta, vuotuista nettokassavirtaa, investointien pitoaikaa ja laskentakorkokantaa.

Hankintameno on uhrattu meno investoinnin alussa. Sitä mukaa kun investoinnista saadaan tuloja, siitä vapautuu hankintameno. Kun investoinnin tuotanto päättyy, jää jäljelle jäännösarvo, joka voi olla nolla, romuarvo tai esimerkiksi ongelmajätteen aiheuttama negatiivinen arvo. Investoinnille kohdistettavat muutokset varastoissa, myyntisaatavissa, kassassa ja ostovelooissa ovat käyttöpääomaa. Investointikustannuksilla tarkoitetaan kaikkia niitä kustannuksia, jotka syntyvät ennen investointihankkeen käyttöönottoa. Tällaisia ovat mm. tontin hankinta, rakennusten, koneiden ja laitteiden hankinta, investointihankkeen käyttöönottoon liittyvä koulutus, mahdollisten uusien organisaatioiden perustamiskustannukset, investointihankkeen rakentamisaikainen korko, hankkeen käynnistyskustannukset. Investoinnista saatavat tuotot voidaan jakaa kahteen ryhmään; varsinaisiin investointituottoihin (sisältää myös investoinnista saatavat kustannussäästöt) ja jäännösarvoon. Käytännössä näitä on usein hankala arvioida. Investoinnin kannattavuuteen olennaisesti vaikuttava seikka on laskentakorkokanta. Laskentakorkokantana voidaan käyttää käypää vieraan pääoman korkoa (lainakorkoa), oman ja vieraan pääoman keskimääräisistä kustannuksista laskettua korkoa sekä asetetun tuottotavoit-

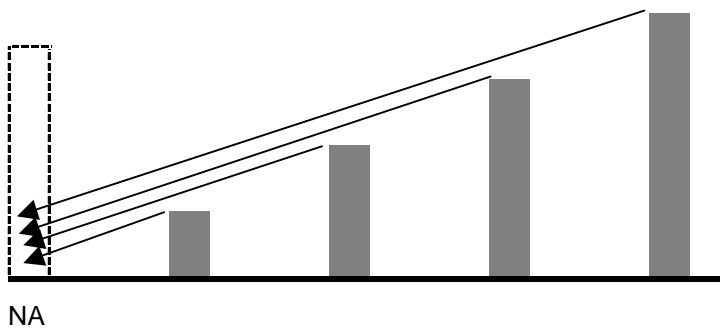
teen mukaista korkoa. (Neilimo & Uusi-Rauva 2004, 192; Ikäheimo, Lounasmeri & Walden 2005.)

5.1.5 Nykyarvomenetelmä

Tässä menetelmässä tuotot ja kustannukset diskontataan investoinnin käyttöönottoajankohtaan. Investointi on kannattava jos tuottojen nykyarvo on suurempi tai yhtä suuri kuin kustannusten nykyarvo.

Laskelma voidaan tehdä myös niin, että lasketaan vuotuiset nettotulot ja lasketaan niiden nykyarvo, johon lisätään jäännösarvon nykyarvoja ja verrataan tätä hankintamenoa.

Nykyarvomenetelmää käytetään yleensä kertainvestoinneissa sekä silloin kun vuotuiset tuotot ja kustannukset vaihtelevat. Nykyarvomenetelmää käytettäessä investointien pitoaikojen pitää olla samat. (Neilimo & Uusi-Rauva 2004, 192–201.)

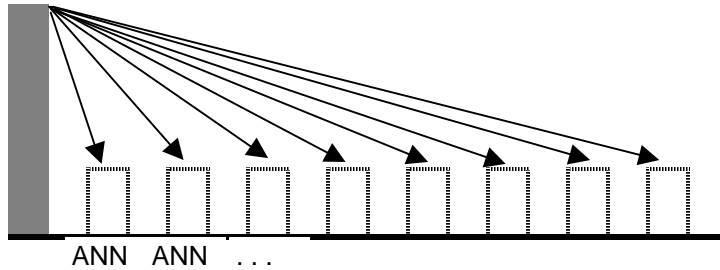


Kuvio 7. Nykyarvomenetelmän periaate

5.1.6 Annuiteettimenetelmä

Tässä menetelmässä investointikustannukset ja jäännösarvo muunnetaan yhtä suuriksi vuosimaksuiksi eli annuiteeteiksi ja verrataan vuotuisia tuloja ja menoja. Jos tuloannuiteetti on suurempi tai yhtä suuri kuin menoannuiteetti on investointi kannattava. (Neilimo & Uusi-Rauva 2004, 192–201.)

Annuiteettimenetelmä sopii tilanteeseen, jossa pitoajat ovat eripituisia ja joissa uusi investointi tehdään heti entisen pitoajan päätyttyä.



Kuvio 8. Annuiteettimenetelmän periaate

5.1.7 Sisäisen korkokannan menetelmä

Menetelmässä määritetään korkokanta, jolla tuottojen ja kustannusten nykyarvot ovat yhtä suuret. Investointi on kannattava, jos saatu korkokanta on suurempi tai yhtä suuri kuin tavoitteena oleva korkokanta. Jos jäännösarvo on nolla ja vuotuiset tuotot keskenään sekä vuotuiset kustannukset keskenään ovat yhtä suuret, saadaan korkokanta annuiteettitekijän tai jaksollisten maksujen nykyarvotekijän avulla. (Neilimo & Uusi-Rauva 2004, 192–201.)

5.1.8 Takaisinmaksuajan menetelmä

Investoinnin takaisinmaksuaika on se aika, jonka kuluttua investoinnista saadut tulot ovat yhtä suuret kuin investoinnin aiheuttamat menot. Yksinkertaisimmillaan takaisinmaksuaika saadaan jakamalla investoinnin hankintameno saatavilla vuosituloilla. Tällöin korkoa ei oteta lainkaan huomioon. Takaisinmaksuajan menetelmässä on se heikkous, ettei se ota lainkaan huomioon sitä mitä tapahtuu takaisinmaksuajan jälkeen. Takaisinmaksuajan menetelmä on kuitenkin käyttökelpoinen silloin, kun arvostellaan investoinnin likvidisyyttä (maksuvalmiutta) ja epävarmuutta. (Neilimo & Uusi-Rauva 2004, 192–201.)

Takaisinmaksuajan menetelmää käytetään yleisesti alustavissa investointilaskelmissa, esimerkiksi budjettitarjousten yhteydessä. Vahteruksessa on käytetty tätä menetelmää alustavia laskelmia tehtäessä.

P = perushankintakustannus

S = nettotuotto

Takaisinmaksuaika = P/S

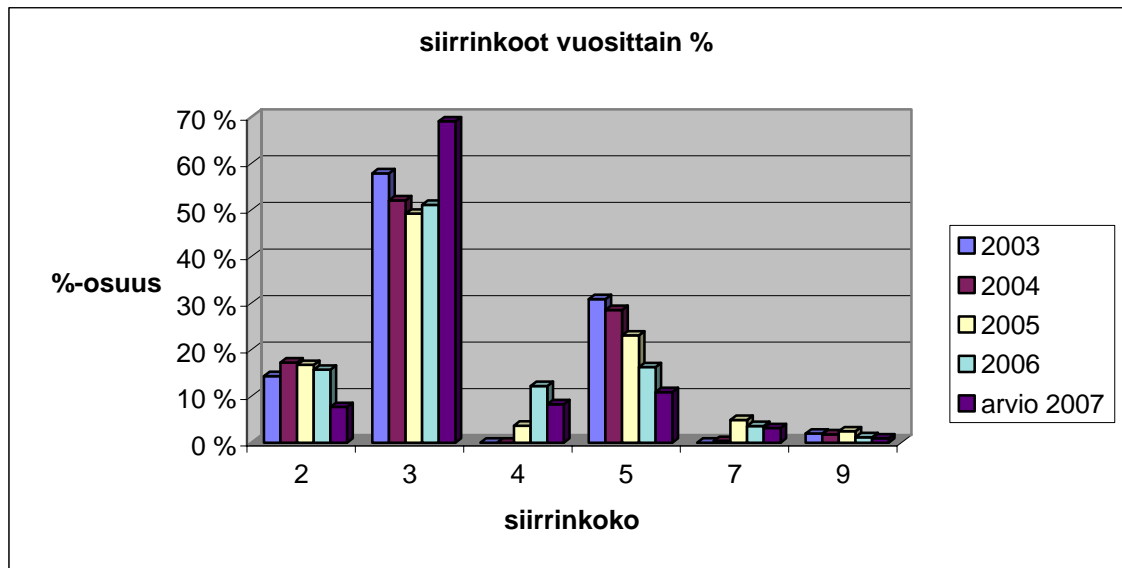
5.2 Taustatietojen hankinta

5.2.1 Yleistä

Järjestelmän suunnittelua varten kerättiin taustatietoa. Aluksi selvitettiin siirtimien valmistusmäärät ja keskustelujen sekä aiempien selvitysten perusteella otettiin mukaan sovitut siirrinkoot. Investointilaskelmia varten kerättiin tiedot polttoleikkaustöiden kustannuksista viimeisten neljän vuoden ajalta. Järjestelmien toimittajia varten kerättiin tiedot yleisimmin käytössä olevista vaipoista ja yhdeputkista.

5.2.2 Valmistusmäärät

Aluksi selvitettiin vuosina 2003–2006 valmistettujen siirtimien määrä (Kuvio 9). Koot 12 ja 14 päätettiin jättää tässä työssä huomioimatta. Todettiin, että niiden valmistusmäärät ovat lukumääräisesti pieniä ja kokonsa vuoksi ne eivät sovellu tässä työssä haettuun ratkaisuun. Samoin rajattiin pois pelkästään levypakkojen valmistus, koska niissä ei ole vaippaa, eikä siis myöskään vaipanpolttotyötä.



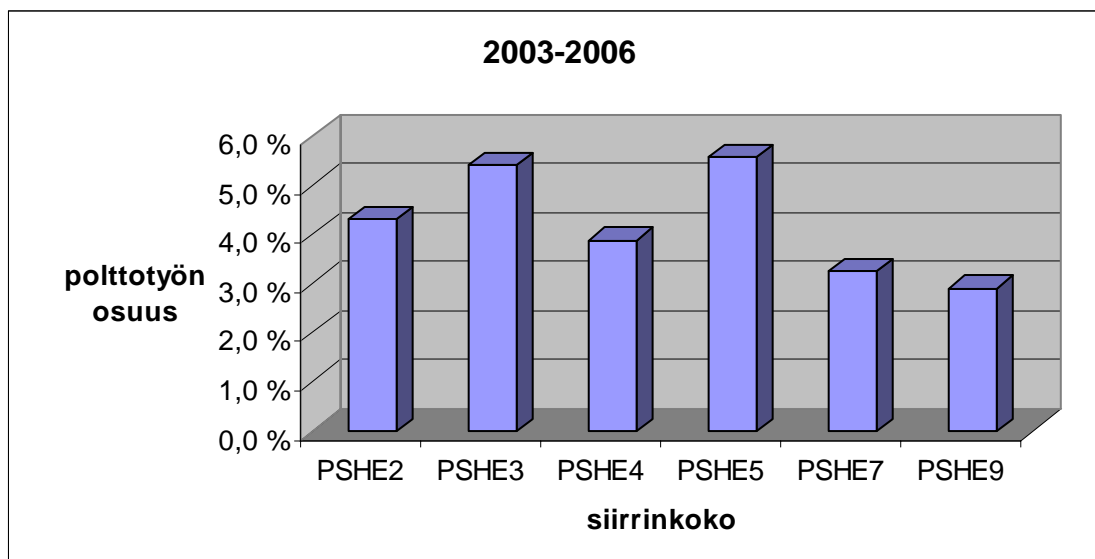
Kuvio 9. PSHE-lämmönsiirtimien vuosittaiset valmistusmäärät prosentuaalisesti vuosina 2003–2006 sekä ennuste vuodelle 2007.

Tuloksia analysoitaessa tuli ottaa huomioon, että siirringkoko 7 on tullut tuotantoon vasta vuoden 2004 aikana ja koko 4 vuoden 2005 aikana. Tulosten perusteella voitiin havaita, että Vahteruksen volyymituote on PSHE 3. Ennusteiden mukaan PSHE 4:n valmistus tulee kasvamaan. Se vie osuuksia isoista 3:sta ja pienistä 5:stä. Tässä vaiheessa todettiin, että siirringkoko 9 ei yritetä saada tämän projektin sisään.

5.2.3 Työkustannukset

Vaipanpoltosta aiheutuneet työkustannukset laskettiin samoin vuosilta 2003–2006.

Kuviossa 10 on esitettyä vaipanpolton työn osuus prosentuaalisesti koko siirtimeen kuluneiden työtuntien osalta. Työtunneissa ovat mukana kaikki siirtimeen kohdistuneet tunnit myynnistä laskutukseen. Koska nämä ovat yrityksen luottamuksellista tietoa, ei niitä voi tässä esittää siinä muodossa kuin ne on työssä tehty.



Kuvio 10. Vaipan polttotyön osuus koko siirtimen työkustannuksista vuosien 2003 - 2006 aikana.

Tuloksista voitiin havaita, että polttotyön osuus on keskimäärin 5 % kaikista työkustannuksista. Isojen, kokoluokkaa 7 ja 9 olevien siirtimien, polttotyön osuus jää jonkin verran pienempiä kokoja alemmaksi. Isoja kokoja valmistettaessa muiden töiden tuntimäärät kasvavat suhteessa enemmän, esimerkiksi siirtimien käsittely vaikeutuu ja hidastuu koon kasvaessa.

Työlle kohdistettujen tuntien laskennassa tuli esille, ettei kaikkia työtunteja ole kirjattu töille. Vuoden 2005 polttoleikkaustöille oli kirjattu ainoastaan 42 % vaipan polton resursseista. Tähän tulokseen tultiin, koska kyseisten henkilöiden tunteja ei ollut kirjattu muillekaan töille. Yhtenä syynä suureen eroon todettiin olevan palkanmaksun perusteissa. Toistaiseksi Vahteruksen palkanmaksu ei ole perustunut töille kirjatuille tunneille. Tähän ollaan tekemässä muutosta, mutta tässä työssä on jouduttu käyttämään tiedossa olevien kirjausten pohjalta tehtyä arviointeja.

5.2.4 Vaippakoot ja yhdekoot

Leikattavien vaipojen ja yhdeputkien koot vaihtelevat sekä halkaisijan että seinämän vahvuuden mukaan. Tarjouspyyntövaiheessa tehtiin toimittajille selvitys yleisimmistä vaipoista ja vaippoihin liitettävistä yhdeputkista leikattavien reikien määrittämiseksi. Aiempien selvitysten perusteella tämän projektin sisällä ovat vaippaputket, joiden ulko-

5.3 Vaihtoehtojen analysointi

5.3.1 Toimittajien kartoitus

Järjestelmän investointia suunniteltaessa oli jo päätetty hankkia systeemi ”avaimet käteen”-periaatteella. Toimittajia valitessa haettiin ensin niitä yrityksiä, joilla on mahdollisuus tähän. Yrityksiin otettiin yhteyttä ja näiltä kysyttiin halukkuutta lähteä tekemään ehdotusta projektille.

Tampereella järjestetyillä hitsaus- ja leikkausalan messuilla tutustuttiin erilaisiin järjestelmiin ja sovittiin toimittajien kanssa tapaamisesta Vahteruksessa. Tapaamisissa käytiin ensin läpi lähtötilanne ja sen jälkeen vaatimukset, joita tuotanto ja tuotteet asettavat tulevalle järjestelmälle. Toimittajilta pyydettiin budjettitarjous järjestelmästä. Näiden esitysten pohjalta tullaan haarukoimaan Vahteruksen tarpeisiin sopiva järjestelmä.

Toimittajiksi valittiin tässä vaiheessa Motoman Robotics Finland Oy, Pemamek Oy ja Airwell Oy. Motoman (LIITE 2) ja Pemamek (LIITE 3) tarjoavat robottijärjestelmää ja Airwell Oy polttoleikkausautomaattia (LIITE 4). Motoman ja Pemamek tarjoavat plasmaleikkausta, Airwell vaihtoehtoisesti joko kaasui- tai plasmaleikkausta.

Sekä Motomanin että Pemamekin tarjouksessa on mukana vaipan yhdeputkien hitsaus samalla robotilla kuin leikkauskin. Tästä syystä tarjousten vertailu pelkästään leikkauksen osalta on hankalaa. Investointilaskelmissa ei tässä vaiheessa haettu vielä tarkkoja lukuja, vaan haettiin lähinnä suuntaa antavia tietoja. Laskentamenetelmänä tässä vaiheessa käytettiin takaisinmaksuajan menetelmää. Myöhemmässä vaiheessa, kun valinnat selkeytyvät, voidaan tehdä laskelmat tarkemmilla menetelmillä. Takaisinmaksuajat eri järjestelmillä vaihtelivat 2 ja 3,5 vuoden välillä. Muuttujia oli kuitenkin tässä vaiheessa vielä niin paljon, ettei tällä tuloksella ollut vielä vaikutusta valintoihin.

5.3.2 SWOT-analyysi

SWOT-analyysi on Boston Consulting Groupin 1970-luvulla kehittämä nelikenttämenetelmä, jota käytetään oppimisen tai ongelmien tunnistamisessa, arvioinnissa ja kehittämisessä. Se on hyödyllinen ja yksinkertainen työkalu esimerkiksi hankkeiden ja projektien suunnittelussa. (Lipiäinen 2000, 46–49; Tekes 2006.)

SWOT-analyysissä kirjataan ylös omat vahvuudet (strengths), heikkoudet (weaknesses), mahdollisuudet (opportunities) ja uhat (threats). SWOT-analyysissä yläpuoli kuvaa nykytilaasi ja sisäisiä asioitasi, alapuolella ovat tulevaisuus ja ulkoiset asiat. Vasemmalla ovat myönteiset, oikealla kielteiset asiat. On huomattava, että sama asia saattaa olla toisaalta vahvuus, toisaalta heikkous, toisaalta mahdollisuus, toisaalta uhka. (Lipiäinen 2000, 46–49; Tekes 2006.)

SWOT-analyysi on erittäin yleinen ja käyttökelpoinen tapa arvioida hanketta kokonaisuutena, mutta sen käyttöä rajoittaa todellisten vahvuuksien ja heikkouksien liian heikko tunteminen ja tiedostaminen. Sama pätee myös mahdollisuuksien ja uhkatekijöiden arviointiin ja tunnistamiseen. Usein myös syyt ja seuraukset sekoittuvat keskenään. (Lipiäinen 2000, 46–49; Tekes 2006.)

Tässä työssä on käytetty SWOT-analyysia päätöksenteon apuna haettaessa oikeita ratkaisuja leikkausjärjestelmän eri toiminnoissa.

5.3.3 Eri vaihtoehtojen SWOT-analyysit

SWOT-analyysit tehtiin vertailtaessa

- kaasuleikkausta ja plasmaleikkausta
- robottia ja leikkausautomaattia sekä nykyistä järjestelmää
- off-line ja on-line ohjausjärjestelmiä.

5.3.4 Kaasuleikkaus ja plasmaleikkaus

Kaasuleikkaus

<p>VAHVUUDET</p> <ul style="list-style-type: none"> - alhaiset investointi- ja käyttökustannukset - leikkausrailon leveys - vanha perinteinen menetelmä, joka - osataan jo hyvin. - kunnossapito/huolto helpompaa - työntekijälle miellyttävämpi <ul style="list-style-type: none"> - pöly - melu 	<p>HEIKKOUEDET</p> <ul style="list-style-type: none"> - hidas leikkausnopeus - suuri lämmöntuonti
<p>MAHDOLLISUUDET</p>	<p>UHAT</p> <ul style="list-style-type: none"> - soveltuu vain Fe-seosten leikkaukseen. - sisäpuolisen tartunnan käytön ongelmat - suuren lämmöntuonnin takia. - ei voida polttaa kovin läheltä vaipan reunaan.

Plasmaleikkaus

<p>VAHVUUDET</p> <ul style="list-style-type: none"> - leikkausnopeus - pieni lämmöntuonti <ul style="list-style-type: none"> - voidaan leikata läheltä reunaa - muodonmuutokset vähäisiä - mahdollistaa sisäpuolisen tartunnan 	<p>HEIKKOUEDET</p> <ul style="list-style-type: none"> - hinta <ul style="list-style-type: none"> - suuret investointikustannukset - suuret käyttökustannukset - ei kovin työntekijäystävällinen
<p>MAHDOLLISUUDET</p> <ul style="list-style-type: none"> - voidaan käyttää myös muille materiaaleille 	<p>UHAT</p> <ul style="list-style-type: none"> - häiriöherkkyys - säätövirheistä johtuvat laatuvirheet (säätöherkkyys) - käryn poiston mahdolliset uudet viranomaismääräykset

5.3.5 Robotti, leikkausautomaatti ja nykyinen järjestelmä

Tässä vaiheessa otettiin huomioon myös nykyisen järjestelmän säilyttäminen ja kehittäminen. Käytännössä tämä tarkoittaisi toisen puoliautomaattisen leikkauskoneen hankintaa. Investointina tämä ei olisi kovinkaan suuri.

Robotti

<p>VAHVUUDET</p> <ul style="list-style-type: none"> - joustavuus - ohjelmoitavissa vapaammin - kapasiteetin nosto käy helposti - pystytään kompensoimaan vaipan epäpyöreys leikkauksessa 	<p>HEIKKOUEDET</p> <ul style="list-style-type: none"> - kallis kertainvestointi - toimittajien kokemus leikkauksesta ei ole kovin syvällistä - käyttöönotto vaatii paremman ja pidemmän koulutuksen - monimutkainen järjestelmä
<p>MAHDOLLISUUDET</p> <ul style="list-style-type: none"> - mahdollistaa off-line-ohjelmoinnin - mahdollistaa miehittämättömän käytön - mahdollistaa esim. hitsauksen lisäyksen samaan vaiheeseen - voidaan käyttää jossakin muussakin kohteessa tarpeen vaatiessa 	<p>UHAT</p> <ul style="list-style-type: none"> - vaatii paremmin koulutetut käyttäjät ja kunnossapitäjät - muutosvastarinta - käyttöönoton venyminen

Leikkausautomaatti

<p>VAHVUUDET</p> <ul style="list-style-type: none"> - yksinkertaisempi käyttää - halvempi kertainvestointi - automaatin toimittajan tietotaso leikkauksesta on korkea. - käyttöönotto helpompaa 	<p>HEIKKOUEDET</p> <ul style="list-style-type: none"> - jäykkä järjestelmä, ei ole helposti muunneltavissa - kapasiteetin nosto rajatumpaa - hankalahko muuttaa miehittämättömäksi.
<p>MAHDOLLISUUDET</p> <ul style="list-style-type: none"> - mahdollistaa off-line ohjelmoinnin - mahdollistaa vaipan epäpyöreiden kompensoinnin - työvaiheeseen voidaan liittää putken katkaisu - työvaiheeseen on helposti liitettävissä automaattinen merkkkaus 	<p>UHAT</p> <ul style="list-style-type: none"> - muutosvastarinta - huolto-organisaation resurssien rajallisuus

Nykyinen järjestelmä

<p>VAHVUUDET</p> <ul style="list-style-type: none"> - hyvin toimiva - laatu erinomainen - lisäinvestointien tarve pieni - yksinkertainen - halpa 	<p>HEIKKOUEDET</p> <ul style="list-style-type: none"> - vaatii käyttäjiltä erittäin hyvää osaamista ja ammattitaitoa - ei ole ohjelmoitavissa - ei tee matemaattisesti oikeaan satulapintaa - vaipan epäpyöreyttä ei pystytä kompensimaan - kapasiteetin nosto vaatii lisäkoneen ja henkilön
<p>MAHDOLLISUUDET</p>	<p>UHAT</p> <ul style="list-style-type: none"> - ammattitaitoisen työvoiman saanti hankalaa - tuotantomäärien kasvaessa kapasiteetin nosto vaatii myös lisää tiloja

5.3.6 Off-line ja on-line ohjausjärjestelmä

On-line ohjelmointi

<p>VAHVUUDET</p> <ul style="list-style-type: none"> - halpa - yksinkertaisempi järjestelmä 	<p>HEIKKOUEDET</p> <ul style="list-style-type: none"> - vaatii erittäin pätevät ja koulutetut käyttäjät - hitaampi käyttää valmistuksessa - ohjelmien tarkkuus huonompi - ohjelmointiaika on pidempi
<p>MAHDOLLISUUDET</p> <ul style="list-style-type: none"> - parametrisoitu ohjelmointi ja käyttö - voidaan yhdistää hitsaukseen - ohjelmoinnissa voidaan käyttää makroja 	<p>UHAT</p> <ul style="list-style-type: none"> - käyttäjäriippuvainen - (poissaolot)

Off-line ohjelmointi

<p>VAHVUUDET</p> <ul style="list-style-type: none"> - joustavuus - ohjelmat voidaan tehdä etukäteen - soveltuu hyvin suuren paikoitus pistemäärän vaativiin töihin - käyttäjän ei tarvitse välttämättä osata ohjelmointia - simuloinnin tuomat edut esim. virheiden havaitseminen - nopeampi ohjelmointi 	<p>HEIKKOUEDET</p> <ul style="list-style-type: none"> - vaatii ammattitaitoisen ohjelmoijan - kallis - järjestelmänä monimutkaisempi - vaatii suunnittelussa 3D-ohjelman tai matemaattisen mallinnoksen
<p>MAHDOLLISUUDET</p> <ul style="list-style-type: none"> - mahdollistaa miehittämättömän tuotannon - hitsaus on helposti yhdistettävissä 	<p>UHAT</p> <ul style="list-style-type: none"> - epäonnistuminen - CAD-maailman ja käytännön todellinen ero - muutosvastarinta kaikilla rintamilla

6 YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT

6.1 Selvityksen tulokset

Alussa yksinkertaiselta selvitykseltä tuntunut työ osoittautui matkan varrella erittäin haastavaksi ja monisäikeiseksi. Tässä on haettu vastauksia vasta suurien linjojen valintaa silmällä pitäen. Karkeasti ottaen voisi todeta, että selvitys on tuonut mukanaan lukuisia uusia kysymyksiä ratkaistavaksi.

Alussa lähdettiin olettamuksesta, että valittava leikkausmenetelmä tulee selvityksestä huolimatta olemaan plasma, mutta selvityksen jälkeen todettiin kaasuleikkauksen olevan hyvinkin varteenotettava vaihtoehto. Lähinnä ratkaistaviksi tulevat polttoleikkauksen suuren lämmöntonnin aiheuttavat ongelmat. On myös pohdittava, tullaanko tällä järjestelmällä tulevaisuudessa leikkaamaan muita materiaaleja kuin Fe-seoksia.

Pohdittaessa valintaa robotin ja leikkausautomaatin välillä tulee ratkaistavaksi, liitetäänkö projektiin mukaan hitsauksen robotisointi. Mikäli tähän vaihtoehtoon päädytään, jää leikkausautomaatin hankinta pois jatkosta. Toisaalta voidaan ajatella sekä leikkausautomaatin että hitsausrobotin hankintaa, mikäli hitsaukseen liitetään muitakin hitsausvaiheita kuin yhdeputkien istutus. Leikkausautomaatin valintaa puoltaisi pienempi kertainvestointi ja nopeampi käyttöönotto. Robotti taas toisi tullessaan paremmat laajentamismahdollisuudet ja joustavuuden.

Ohjausjärjestelmän valinnassa on-line-ohjelmointia puoltavat nopeampi käyttöönotto ja halvemmat investointikustannukset. Off-line-ohjelmointi on investointina kalliimpi, mutta sen mahdollisuudet pidemmällä tähtäimellä ovat merkittävästi on-line-ohjelmointia paremmat. Tässäkin ratkaisussa on pohdittava hitsauksen robotisointia. Mikäli automaatiota tullaan merkittävästi lisäämään, on off-line-ohjelmointi oikea valinta.

6.2 Jatkotoimenpiteet

Toimittajien kanssa keskusteltaessa tuli selväksi, että projekti on heillekin erittäin haastava. Ainoastaan Airwell Oy, joka on panostanut ainoastaan leikkaukseen, oli varma järjestelmänsä onnistumisesta. Robottitoimittajien tietämys ja kokemus polttoleikkauksen automatisoinnista oli melko pientä. Toimittajien taholta tulikin ehdotus leikkaamisen testaamisesta ennen muita toimenpiteitä. Tämä todettiin hyväksi keinoksi päästä asiassa eteenpäin. Mahdollisia testauspaikkoja on tiedossa kolme: Motoman, Airwell ja puolueettomana vaihtoehtona Aikuiskoulutuskeskus Innova Laitilassa. Kultakin kysytään tarjous testauksesta. Motomanin edustaja arveli testauksen olevan noin viikon työ ja heiltä on jo tarjous saatu. Voidaan myös ajatella testauksen suorittamista useassa paikassa eri menetelmillä. Testauksella saadaan vastaukset moniin kysymyksiin, ja sen pohjalta on hyvä lähteä ratkaisemaan lopullista päätöstä.

LÄHDELUETTELO

Aaltonen & Torvinen. Konepaja-automaatio. Werner Söderström Oy, 1997, 309 s

Aaltonen & Heimonen. Robottijärjestelmät konepajoissa. VTT, Tiedotteita no 269, 1983, 62 s

Aga Oy:n kotisivut [online]. [Viitattu 2.10.2006]. Saatavissa:

http://www.aga.fi/international/web/lg/fi/likelgagafi.nsf/docbyalias/nav_manufacture_cutting

Aukati Oy:n kotisivut [online]. [Viitattu 5.11.2006]. Saatavissa:

<http://www.aukati.fi/index.html>

Ikäheimo, Lounasmeri & Walden. Yrityksen laskentatoimi, Juva: WSOY, 2005. 314 s.

Katainen & Mäkinen. Aineliihostekniikka, Porvoo: WSOY, 1989. 281 s

Kujanpää, Salminen & Vihinen. Lasertyöstö, Helsinki: Teknologiainfo Teknova OY, 2005. 373 s.

Lahden Ammattikorkeakoulu, Tekniikan laitoksen sivut [verkkodokumentti]. [Viitattu 6.11.2006]. Saatavissa:

http://tl-automaatio.lpt.fi/automaatio/opetus/luennot/pdf_tiedostot/Robottiikka_yleinen.pdf

Neilimo & Uusi-Rauva. Johdon laskentatoimi, Helsinki: Edita Prima Oy, 2002. 312 s.

Routama, Uuden tuotantotekniikan investointilaskelmat, 212 – 90, Helsinki, 1990, Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus, 9 s.

Tekesin julkaisu [online]. [viitattu 5.11.2006]. Saatavissa:

http://www.tekes.fi/julkaisut/opas/aloitus/swot_rtf.rtf

Vahterus Oy 2006. Company Profile [PowerPoint-esitys]. Yrityksen sisäistä materiaalia.

LIITELUETTELO

LIITE 1 Layout uusista tiloista

LIITE 2 Motoman Oy:n tarjous

LIITE 3 Pemamek Oy:n tarjous

LIITE 4 Airwell Oy:n leikkausautomaatti

Aihe: PEMA-Robottiasema

VAHTERUS OYPaavo Pitkänen
Pruukintie 7**213600 KALANTI****PEMA-ROBOTTIASEMA**

Viitaten käytyyn keskusteluun tarjoamme Teille alustavasti robotisoidun hitsaus- ja polttoleikkausaseman.

PEMA-ROBOTTIASEMA**Työkappaleen tietoja:**

Halkaisija DN200 – 820 mm

Pituus 200 – 2000 mm

Ainepaksuus 6,3 15 mm

Rakenneteräs ja haponkestävä materiaali

Laitteet:

- Robotti Motoman HP 50 varusteineen
- Hienosuihkuplasmavirtalähde varusteineen, leikkaukseen
- Pema 3500 SHS kaksiakselinen käsittelypöytä ja vapaa vastapöytä
- Robotinsiirtorata, liike 3 m
- Turvajärjestelmät
- Suojaseinät ja häikäisysoijat, ilman savukaasunimuria ja Poistokanavia
- Työkalunvaihtojärjestelmä
- MIG/MAG-hitsausvarustus, pulssivirtalähteellä
- Laser tunnistusanturi
- Pema-Ohjelmointijärjestelmä, soluohjainohjelmisto ja teollisuus PC

Ohjelmointi perustuu tilaajan toimittamaan putkien liitoskäyrään matemaattisessa muodossa.

PEMAMEK OYP.O. Box 50
Lamminkatu 47
FIN-32201 LoimaaPhone: +358 2 760 771
Fax: +358 2 762 8660
www.pemamek.com

Aihe: PEMA-Robottiasema

Budjettihinta-arvio	xxxxxxx € alv 0 %
Toimitusaika	n. 20 - 24 työviikko tilauksesta, välimyyntivarauksin. Toimituksesta laaditaan toiminta-aikataulu.
Toimitusehto	Vapaasti asennettuna tilaajan tehtaalla Kalannissa, Pemamek Oy:n asennusehtojen mukaan
Pakkaus ja toimitus	Sisältyy tarjouksen hintaan, sisältää; pahvi- tai muovikalvo-pakkauksen, tarvittaessa kuormalavan ja lastauksen tehtaallamme.
Maksuehto	30 % tilattaessa, 60 % toimitettaessa, 10 % hyväksytty vastaanotto, kaikki 30 pv netto, viivästyskorko 13 %.
Takuu	12 kk toimituksesta, ei sisällä etäisyyskustannuksia.
Omistuksen pidätys	Tavara on myyjän omaisuutta kunnes se on kokonaan maksettu.
Koulutus	Tarjoukseen sisältyy robotti-, käyttö- ja huoltokoulutus, erillisen ohjelman mukaan.
Dokumentaatio	Dokumentit 2 kpl suomen- ja osittain englanninkielisenä.
Muut ehdot	NLM 02 mukaan. Laitte varustetaan CE-merkillä ja toimitetaan käyttövalmiina. Kaikki PEMA-käsittelypöydät, -rullastot ja automaattit täyttävät Eurooppalaiset EN-työturvallisuusvaatimukset.

Toivomme tarjouksen soveltuvan Teille ja olemme valmiit keskustelemaan kaikista tarjoukseen liittyvistä seikoista.

Kunnioitavasti

PEMAMEK OY

Tauno Körmöläinen
Puh 02 760 77 226

PEMAMEK OY

P.O. Box 50
Lamminkatu 47
FIN-32201 Loimaa

Phone: +358 2 760 771
Fax: +358 2 762 8660
www.pemamek.com

AIRWELL OY

AIRWELL OY AIRWE

We
TubeMaster

CEBORA P 162
VESIJÄÄHDYTTIENEN
PAINELMAPLASMA
KONELEIKKAUSVARUSTEIN

CEBORA

SA
ROS
sammo
SYSTEMS

WART

Walkör TubeMaster
Lähes kaikki materiaalit ja paksuudet
Säilyttää muotoa ja lujuutta
Käyttökäyttö on erittäin helppoa
Käyttöohjeet ja tekniset tiedot
Käyttöohjeet ja tekniset tiedot
Käyttöohjeet ja tekniset tiedot

Walkör TubeMaster
Lähes kaikki materiaalit ja paksuudet
Säilyttää muotoa ja lujuutta
Käyttökäyttö on erittäin helppoa
Käyttöohjeet ja tekniset tiedot
Käyttöohjeet ja tekniset tiedot
Käyttöohjeet ja tekniset tiedot

CEBORA
PAINELMAPLASMA

