



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Risto Saari

W20-KIERTOKANGEN LATAUS- JA KONEISTUSMENETELMIEN KEHITYS

Tekniikka ja liikenne
2012

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty Vaasan ammattikorkeakoulun tekniikan ja liikenteen yksikössä kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelman päättötyönä Wärtsilä Finland Oyj:n Delivery Center Vaasan Kiertokankiverstaalle. Työtä ohjasi Vaasan ammattikorkeakoulun lehtori Pertti Lindberg ja Kiertokankiverstaalta työnjohtaja Timo Vuorenmaa. Projektin hallitsijana toimi Kiertokankiverstaan verstpäällikkö Tapio Kaunismäki. Haluan kiittää erityisesti Kiertokankiverstaalta Tapio Kaunismäkeä, Timo Vuorenmaata, kehitysinsinööri Sami Koivistoa, menetelmämiestä Tony Takkulaa, Mauno Aholaa sekä FMS-Tools Oy:n Harri Sariolaa.

Vaasassa 3.12.2012

Risto Saari

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Risto Saari
Opinnäytetyön nimi	W20-kiertokangen lataus- ja koneistusmenetelmien kehitys
Vuosi	2012
Kieli	suomi
Sivumäärä	59 + 2 liitettä
Ohjaaja	Pertti Lindberg

Tämä opinnäytetyö on tehty Wärtsilä Finland Oyj Abp:n Delivery Center Vaasan Moduulitehtaan Kiertokankiverstaalle. Opinnäytetyön aiheena oli kehittää Wärtsilä 20-kiertokangen koneistus- sekä latausmenetelmää nykyaikaiseksi. Työn tavoitteena on helpottaa ja nopeuttaa kiertokankien valmistusta sekä vähentää laaduttomuuskustannuksia.

Työn onnistumisen kannalta oli tärkeää tutustua erilaisiin valmistusmenetelmiin, jotta saa käsityksen minkälaisia ominaisuuksia kiinnittimeltä vaaditaan. Tarkastelua vaativat myös esimerkiksi DockLock-sylinterin toimintaperiaate ja käyttökohteet sekä erilaiset mittauslaitteet ja työkalut.

Työn tuloksena kehitettiin täysin uudenlainen koneistuskiinnitin sekä koneistusmenetelmät kiertokangen koneistamista varten. Koneistusvaiheiden määrä saatiin puolitettua ja lataamisesta tuli ergonomisempaa sekä yksinkertaisempi käyttäjille lataustelineen avulla.

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

ABSTRACT

Author	Risto Saari
Title	Development of the Machining and Loading Process for the W20 Connecting Rod
Year	2012
Language	Finnish
Pages	59 + 2 Appendices
Name of Supervisor	Pertti Lindberg

This thesis was made for Wärtsilä Finland Oyj Abps Connecting Rod Workshop, which is part of Delivery Center Vaasa's Module factory. The objective was to develop new machining and loading processes for Wärtsilä W20 connecting rod. The objective was to get the loading process easier and the machining process faster than before.

Crucial for succeeding in this thesis was to gather knowledge of different manufacturing methods. Also studying DockLock-technique, different measurement tools and manufacturing tooling was important.

As a result a new machining fixture was developed for the W20 connecting rods. In addition, new machining methods and completely new loading process were created as well. A new loading stand was developed to make loading easier and safer.

Keywords Connecting rod, development, fixture, machining, loading

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	11
	1.1 Opinnäytetyön aihe	11
	1.2 Työn tavoitteet	11
2	WÄRTSILÄ OYJ ABP	13
	2.1 Wärtsilä Suomessa	15
	2.2 Wärtsilä Vaasassa	16
	2.2.1 Historia Vaasassa	16
	2.2.2 Toiminnot Vaasassa	16
	2.2.3 Kiertokankiverstas.....	17
3	VALMISTUSMENETELMÄT.....	18
	3.1 Lastuaminen.....	18
	3.2 Jyrsiminen	18
	3.3 Poraaminen	18
	3.4 Avartaminen.....	19
	3.5 Jäysteenpoisto	19
4	KIERTOKANKI.....	20
	4.1 Tehtävä.....	20
	4.2 Rakenne.....	20
	4.3 W20-kiertokanki	21
5	LÄHTÖTILANNE	22
	5.1 Lataaminen.....	22
	5.2 Paikoittaminen	22
	5.3 Rouhinta.....	23
	5.4 Hienoajo.....	25
	5.5 Ajankäyttö.....	25
6	KIINNITINMALLIN VALINTAPROSESSI.....	26
	6.1 Nykyisen kiinnittimen ongelmat.....	26

6.2	Uuden kiinnittimen vaatimukset	27
6.3	Kiinnitinvaihtoehto 1	27
6.3.1	Plussat	27
6.3.2	Miinukset	28
6.4	Kiinnitinvaihtoehto 2	28
6.4.1	Plussat	28
6.4.2	Miinukset	28
6.5	Kiinnitinvaihtoehto 3	29
6.6	Kiinnitinvaihtoehto 4	29
6.6.1	Plussat	30
6.6.2	Miinukset	30
7	DOCKLOCK-NOLLAPISTEKIINNITYS	31
7.1	Rakenne.....	31
7.1.1	Sylinteri.....	32
7.1.2	Vetotappi.....	32
7.2	Käyttö.....	33
7.3	Hyötyjä käytöstä	33
8	UUSI KIINNITIN	35
8.1	Ensimmäinen seurantapalaveri	35
8.1.1	Kiinnittimen valmistus	35
8.1.2	Jigien nostaminen.....	35
8.1.3	Kiertokangen kiinnittäminen jigiin	36
8.2	Toinen seurantapalaveri	37
8.2.1	Kiertokangen paikoittaminen.....	37
8.2.2	Työkalut	38
8.3	Kolmas seurantapalaveri.....	38
8.4	Neljäs seurantapalaveri ja jatkotoimet.....	39
9	LATAUKSEN MUUTOKSET	41
9.1	Latausteline	41
9.1.1	Vaatimukset.....	41
9.1.2	Tolppamallinen latausteline	42

9.1.3	Kääntöpöytä	43
9.2	Työjonoteline	44
9.3	Kiertokangen paikoittaminen.....	45
9.3.1	Konenäkö	45
9.3.2	Ohjauskappale	45
9.3.3	Kiinteät ohjaimet.....	46
10	TYÖSTÖMENETELMIEN MUUTOKSET.....	47
10.1	Reikien jyrästä	47
10.2	Kiertokangen katkaisu	47
10.3	Hammastuksen jyrästä.....	48
11	INVESTOINTILASKENTA	49
11.1	Säästöt.....	49
11.2	Susikustannukset.....	49
11.3	Työkalukustannukset	50
11.4	Työvoima- ja koneistuskustannukset.....	51
11.5	Vuosisäästöt	52
11.6	Takaisinmaksuajan ja investoinnin tuottavuuden laskenta	53
11.7	Investointiesitys	54
12	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	56
12.1	Muutokset ja aikataulussa pysyminen	56
12.2	Projektin tulokset	56
12.3	Projektin jatkokehitysmahdollisuudet.....	57
12.4	Loppusanat	58
	LÄHTEET	59
	LIITTEET	

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

- Kuvio 1.** Wärtsilän liiketoiminta-alueiden jakaantuminen. s. 13
- Kuvio 2.** Wärtsilän liikevaihto liiketoiminnoittain vuonna 2011 (suluissa vuosi 2010). s. 14
- Kuvio 3.** Wärtsilän henkilöstön jakautuminen liiketoiminnoittain vuonna 2011 (suluissa vuosi 2010). s. 15
- Kuvio 4.** W32F-kiertokanki. s. 17
- Kuvio 5.** W20-kiertokanki. s. 17
- Kuvio 6.** Rouhinta, ensimmäinen vaihe. s. 23
- Kuvio 7.** Rouhinta, toinen vaihe. s. 23
- Kuvio 8.** Rouhinta, kolmas vaihe. s. 24
- Kuvio 9.** Rouhinta, neljäs vaihe. s. 24
- Kuvio 10.** Hienoajokiinnitin. s. 25
- Kuvio 11.** DockLock-sylinteri ja vetotappi. s. 31
- Kuvio 12.** Varren haarukka ja kiristin on merkitty punaisella nuolella, kiinteät stopparit on merkitty vihreällä nuolella, karhennetut tukinastat on merkitty keltaisella nuolella ja vestiraudat on merkitty mustalla nuolella . s. 36
- Kuvio 13.** Ensimmäinen mallinnusversio kiinnittimestä jigeineen. s. 37
- Kuvio 14.** Hyväksytty malli kiinnittimestä jigeineen. s. 39
- Kuvio 15.** Kuva koneistetusta kiinnittimen rungosta. s. 40

- Kuvio 16.** Oikealla käsin tehty luonnos ja vasemmalla luonnoksen perusteella saatu tarjous kääntölaitteesta. s. 43
- Kuvio 17.** PEMA Skymaster APS 750-kääntöpöytä. s. 44
- Kuvio 18.** Kuva hammastuksesta. s. 48
- Taulukko 1.** Susien määrät vuosittain. s. 49
- Taulukko 2.** Kiinnittimestä aiheutuvat susikustannukset vuosittain. s. 50
- Taulukko 3.** Tappijyrsimen kustannusten säästöt vuosittain. s. 51
- Taulukko 4.** Työvoima ja koneistuskustannussäästöt vuonna 2012. s. 52
- Taulukko 5.** Yhteenlasketut säästöt vuonna 2012. s. 53
- Taulukko 6.** Takaisinmaksuajan ja investoinnin tuottavuuden laskennan tulokset. s. 53

LIITELUETTELO

LIITE 1. Investointilaskenta

LIITE 2. Investointiesitys

1 JOHDANTO

1.1 Opinnäytetyön aihe

Opinnäytetyön aiheena on W20-kiertokangen koneistus- ja latausmenetelmien kehittäminen nykyaikaa vastaavalle tasolle. Työ tehdään kiertokankia valmistavalle Wärtsilä Oyj Abp:n Vaasan toimitusyksikön kiertokankiverstaalle.

Nykyinen koneistusmenetelmä on kehitetty 1990-luvun alkupuolella, joten sen korvaaminen uudella teknologialla ja menetelmillä on erittäin ajankohtaista. Vanhat koneistuskiinnittimet ovat aikansa eläneitä, erittäin monimutkaisia ja niiden valmistusmateriaali on alkanut vuosien saatossa väsyä. Kiinnittimen monimutkaisuus tarkoittaa sitä, että siinä on useita erilaisia säädettäviä stoppareita ja kiertokanki kiinnitetään 4 kertaa eri vaiheisiin ennen kuin koneistus on valmis. Usean kiinnitysvaiheen ja stoppareiden suuren lukumäärän vuoksi kiertokangen paikoituksen hallitseminen on käytännössä mahdotonta ja tästä syystä virhemahdollisuudet kasvavat erittäin todennäköisiksi, mikä puolestaan aiheuttaa jatkuvia ongelmia laadun kanssa. Nykymenetelmällä on käytössä 2 kiinnitintä W20-kiertokangen koneistamiseen, jossa ensimmäisellä kiinnittimellä suoritetaan rouhintakoneistus ja toisella kiinnittimellä suoritetaan hienoajokoneistus.

1.2 Työn tavoitteet

Työn tavoitteena on modernisoida koneistus- ja latausmenetelmät nykyaikaa vastaaviksi sekä samalla yksinkertaistaa tehtävät työt. Suurin muutos kohdistuu rouhintavaiheessa käytettävään koneistuskiinnittimeen, jossa nykyään on 4 vaihetta, mutta ne pitäisi saada vähennettyä mahdollisimman vähäisiksi. Tästä aiheutuu myös, että työkierrat täytyy tehdä uusiksi ja latausmenetelmät täytyy muuttaa uudelle kiinnittimelle sopiviksi.

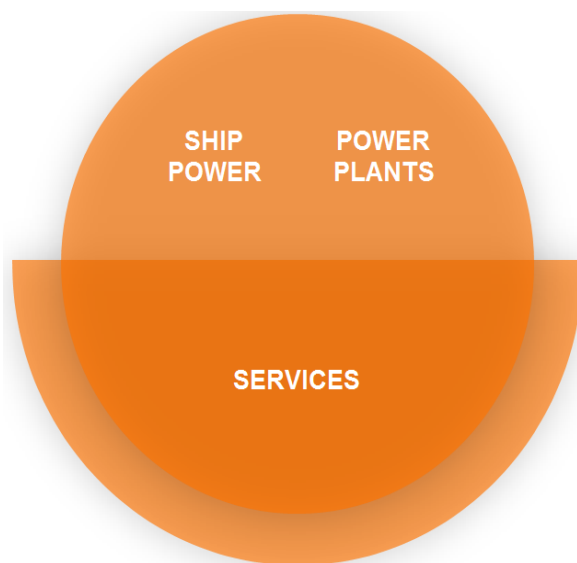
Tämän opinnäytetyön luonne on sekä suunnittelua että teoreettisten seikkojen läpikäyntiä uudistuksen vaatimilta osa-alueilta. Myös investointilaskenta sisältäen takaisinmaksuajan laskennan on osa tätä opinnäytetyötä. Laskennassa käytetään

käsin tehtävän työajan säästöjä, koneistusajan lyhennyksiä, susikustannusten vähenemisiä sekä työkalukustannusten säästöjä. Laskennassa tarkastellaan vuosia 2011 ja 2012 ja tehdään ennuste vuodelle 2013.

2 WÄRTSILÄ OYJ ABP

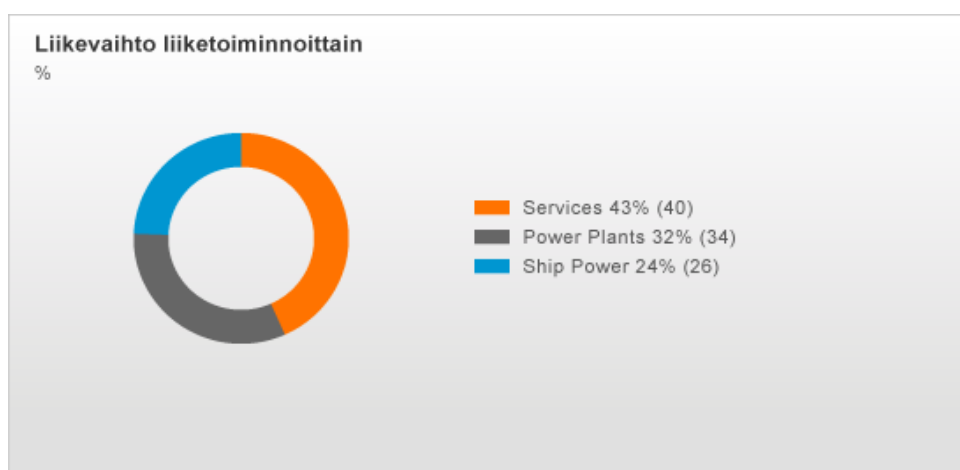
Wärtsilä Oyj Abp on suomalainen konepajateollisuutta harjoittava pörssi-yhtiö, joka toimittaa laivamoottoreita, -koneistoja ja -laitteistoja sekä öljy-, kaasua ja monipolttoainemoottoreihin perustuvia voimalaitoksia. Wärtsilä perustettiin 1834 Tohmajärven kunnassa sijaitsevan kosken partaalle, josta se aloitti sahatoiminnan alalla. Monien kehitysvaiheiden myötä Wärtsilä pyrkii olemaan kansainvälisesti johtava merenkulun ja energiamarkkinoiden voimaratkaisujen toimittaja, joka tukee asiakasyrityksiä tuotteiden koko elinkaaren ajan. Wärtsilä maksimoi alusten ja voimalaitosten ympäristötehokkuuden ja taloudellisuuden keskittymällä teknologisiin innovaatioihin ja kokonaishyötysuhteeseen./4/

Wärtsilä on listattu Helsingin Pörssissä, joka on osa NASDAQ OMX-konsernia. Vuonna 2011 Wärtsilän liikevaihto oli 4,2 miljardia euroa ja henkilöstömäärä oli noin 18 000 henkeä. Wärtsilän toimitusjohtajana toimii Björn Rosengren. Yrityksellä on lähes 170 toimipistettä 70 maassa. Wärtsilällä on 3 liiketoimintoaaluetta (**Kuvio 1.**), jolle liikevaihto (**Kuvio 2.**) ja henkilöstö (**Kuvio 3.**) jakautuvat. /3/

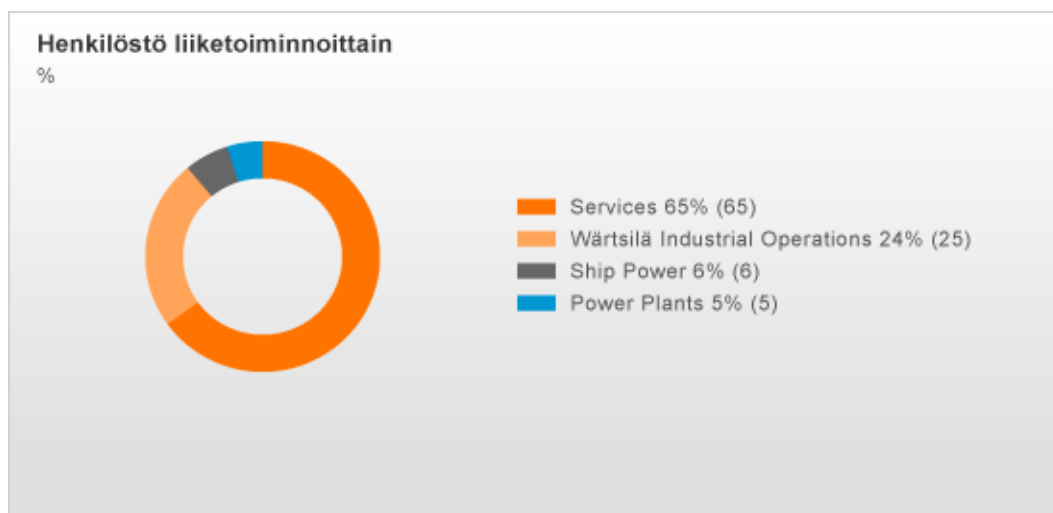


Kuvio 1. Wärtsilän liiketoiminta-alueiden jakaantuminen./3/

- SHIP POWER
 - Wärtsilä on johtava laivojen koneisto- sekä propulsio- ja ohjausjärjestelmien toimittaja. Wärtsilä toimittaa moottoreita ja aggregaattia, alennusvaihteita, propulsiolaitteistoja, valvontajärjestelmiä sekä tiivisteratkaisuja kaikenlaisiin aluksiin ja offshore-sovelluksiin.
- POWER PLANTS
 - Wärtsilä on merkittävä toimittaja hajautetun energiantuotannon voimalamarkkinoilla. Wärtsilä toimittaa voimaloita perusvoiman tuotantoon, kuormitushuippujen tasaamiseen ja teollisuuden omaan energiantuotantoon. Wärtsilän tarjoamien laitosten vahvuuksia ovat joustavat ratkaisut, korkea hyötysuhde ja alhaiset päästöt.
- SERVICES
 - Wärtsilä tukee asiakasta toimitetun järjestelmän koko elinkaaren ajan optimoimalla laitteiston hyötysuhdetta ja suorituskykyä. Se tarjoaa toimialan kattavimman palveluvalikoiman ja laajimman palveluverkoston sekä voimala- että merenkulkumarkkinoilla toimiville asiakkaille./4/



Kuvio 2. Wärtsilän liikevaihto liiketoiminnoittain vuonna 2011 (suluissa vuosi 2010)./3/



Kuvio 3. Wärtsilän henkilöstön jakautuminen liiketoiminnoittain vuonna 2011 (suluissa vuosi 2010)./3/

2.1 Wärtsilä Suomessa

Wärtsilä työllistää noin 3 500 ammattilaista Suomessa. He sijoittuvat Vaasaan, Turkuun, Helsinkiin ja Espooseen. Wärtsilä Finland Oy on Wärtsilän tytäryhtiö Suomessa.

Wärtsilän pääkonttori sijaitsee Helsingissä. Turussa sijaitsee Wärtsilä Land & Sea Academy, joka tarjoaa vuosittain lähes 2000 koulutuspäivää pitäen sisällään käyttö-, kunnossapito- ja hallintakoulutusta laivojen ja voimalaitosten operaattoreille, Wärtsilän omalle henkilökunnalle, sekä Services yksikön myynti- ja tuotetukihenkilöstölle. Espoossa sijaitsee polttokennoryhmä, joka kehittää kiinteäoksidipoltto-kennojärjestelmiä puhtaana, hinta- ja energiatehokkaana vaihtoehtona hajautettuun energiantuotantoon./4/

2.2 Wärtsilä Vaasassa

2.2.1 Historia Vaasassa

Wärtsilä osti Onkilahden konepajan Vaasassa vuonna 1936 ja rakensi 1950-luvun alussa moottoritehtaan, jonka seurauksena dieselmoottoreiden valmistus käynnistyi 1954. Alussa dieseloimiala palveli vain omia telakoita ja dieselmoottorit valmistettiin Nohabin ja Shultzerin lisensseillä. Vuonna 1961 Vaasassa alettiin valmistaa ensimmäistä Wärtsilän itse suunnittelemaa dieselmoottoria. Moottori oli mallinimeltään Wärtsilä 14, joka nykyään tunnetaan paremmin nimellä Wärtsilä Vasa 24./4/

2000-luvun loppupuolella Vaasaan rakennettiin uusia toimitiloja kokoonpanolle, logistiikalle sekä koeajolle ja viimeistelylle. Viimeisimpänä Vaasaan perustettiin vuonna 2009 Manufacturing Technology Centre, eli valmistusteknologiakeskus./4/

2.2.2 Toiminnot Vaasassa

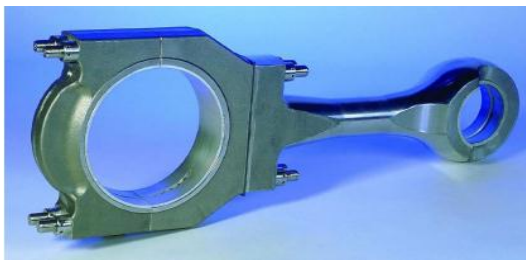
Vaasan keskustassa sijaitsee Delivery Centre Vaasa (DCV) eli Vaasan toimitusyksikkö, joka on vastuussa Ship Powerin ja Power Plantsin myymien moottoreiden toimituksista. Tähän sisältyvät myös avainkomponenttien koneistus sekä moottoreiden ja generaattorilaitteistojen asennus. Vaasassa sijaitsee myös 4-tahtimoottorien tutkimuksen ja tuotekehityksen pääkeskus, moottorilaboratorio tuotekehitystä varten sekä Waskiluoto Validation Centre, jossa testataan uusia teknologioita./2/

Vaasan Runsorissa sijaitsee Ship Power, Power Plants ja Services sekä niihin liittyvät myynti- ja projektinhallintatoiminnot. HR-osasto ja viestintäosasto sijaitsevat myös Runsorista, mutta ovat siellä Wärtsilän Runsorin toimitilojen sijaan Powergategassa. Henkilöstöä Vaasan toimipisteissä on yhteensä noin 2 900./2/

2.2.3 Kiertokankiverstas

Kiertokankiverstas on osa Vaasan toimitusyksikön moduulitehdasta. Kiertokankiverstaalla valmistettavat tuotteet ovat W20- (**Kuvio 4.**) ja W32-kiertokanget (**Kuvio 5.**). W32-kiertokankia käytetään sekä Wärtsilä 32, Wärtsilä 34DF sekä Wärtsilä 34SG moottoreissa. W20-kiertokankia käytetään Wärtsilä 20-tuoteperheen moottoreissa./4/

Kiertokankiverstaalla koneistetaan ja kokoonpannaan kiertokankia Vaasan toimitusyksikössä valmistettaviin moottoreihin. Kokoonpanossa kiertokankeen kiinnitetään laakerit sekä männät. Kiertokankia menee myös varaosiksi huollon tarpeisiin Kempeniin Hollantiin sekä Kiinaan Wärtsilä 20-moottoreiden tuotetehtaal-
le./4/



Kuvio 4. W32F-kiertokanki./2/



Kuvio 5. W20-kiertokanki./2/

3 VALMISTUSMENETELMÄT

Valmistusmenetelmiä on useita ja niitä käytetään niin puun, muovin kuin metal-linkin muokkaamiseen. Tässä käydään läpi tärkeimmät menetelmät, joita vaaditaan kiertokangen koneistamiseen Wärtsilän kiertokankiverstaalla.

3.1 Lastuaminen

Lastuaminen on tärkein työstömenetelmä. Rouhintatyöstössä työkappaleesta irrotetaan suuria ainemääriä tehokkaasti. Viimeistelytyöstössä tavoitteena on hyvä mittatarkkuus ja pinnanlaatu. Lastuaminen on kallis työstömenetelmä ja sitä on yritetty korvata ja vähentää tarkempien aihionvalmistusmenetelmien avulla. Yhä kasvavat tuotesuunnittelun asettamat mittatarkkuusvaatimukset ovat säilyttäneet lastuamisen osuuden työstöstä lähes ennallaan eikä lastuamisen korvaaminen valu- tai muovauselementeillä ole onnistunut.

Lastuaminen perustuu työstettävää materiaalia huomattavasti kovemman terän tunkeutumiseen työkappaleeseen. Plastisen muodonmuutoksen seurauksena terä irrottaa kappaleesta ainetta, lastuja./1/

3.2 Jyrsiminen

Jyrsimisessä työkalu pyörii akselinsa ympäri. Syöttöliikkeen suunta on normaalisti siihen nähden kohtisuorassa. Eräillä jyrsimillä voidaan suorittaa myös porausta, toisin sanoen syöttöliike on työkalun akselin suuntainen. Erikoistapauksissa käytetään myös mainittujen liikesuuntien yhdistelmiä. Jyrsimillä voidaan valmistaa monimutkaisia, muille työtavoille mahdottomia muotoja./1/

3.3 Poraaminen

Porauksessa työkalu pyörii akselinsa ympäri ja syöttöliike on poran akselin suuntainen. Reikiä voidaan porata myös sorveissa, jolloin pora on paikallaan kärkipykälässä tai työkalurevolverissa ja työstökappale pyörii istukassa. Poraus on tärkeä

ja yleinen lastuamismenetelmä. Porauksen osuus lastuavasta työstöstä on n. 20 %. Suurin osa porattavista rei'istä on vapaareikiä. Poraamalla voidaan myös tehdä kierteitä, poraamalla ensin kierteitä pienempi vapaareikä ja sen jälkeen poraamalla kierteitysporalla reikä mittaansa./1/

3.4 Avartaminen

Avartamisessa suurennetaan jo olemassa olevan reiän halkaisijaa. Yksi- tai useampiteräinen työkalu suorittaa pyöriessään pääliikkeen. Syöttöliike saadaan aikaan joko työkappaletta tai työkalua liikuttamalla. Vaikka työstötapahtuma sinänsä on yksinkertainen, erikoistyökaluilla voidaan valmistaa monimutkaisia muotoja. Reiän pituus ei ole rajoitettu. Työkalun tuennan avulla voidaan valmistaa reikiä, joiden pituus–halkaisija-suhde on yli 50. Avartamalla parannetaan poratun tai lastuamalla tehdyn reiän mittatarkkuutta ja pinnanlaatua tiettyyn halkaisijaan. Koska työkalu pyörii, ei kappaleen paino rajoita lastuamisnopeutta./1/

3.5 Jäysteenpoisto

Kaikista valmistusmenetelmistä jää työn suorittamisen jälkeen teräviä reunoja ja purseita, joita kutsutaan jäysteeksi. Jäysteenpoisto on hienovarainen aineen muokkaamismenetelmä, jossa esimerkiksi viilalla, harjalla tai hiomapaperilla poistetaan teräviä koneistusjäännöksiä. Jäysteenpoisto suoritetaan useissa paikoissa käsityönä, mutta nykyään yhä kasvavampi trendi on käyttää erilaisia robotteja jäysteenpoistoon. Robotteihin ollaan siirtymässä siitä syystä, että jäysteenpoisto on niin sanotusti ylimääräinen työvaihe, joka näin ollen vaikuttaa negatiivisesti tuotteen jalostusarvoon.

4 KIERTOKANKI

Kiertokanki on nykyään yksi mäntämoottorin tärkeimmistä osista. Mitä suuremmasta ja tehokkaammasta moottorista on kyse, sitä suuremmat voimat kohdistuvat kiertokankeen. Kiertokangen peittäminen on yksi yleisimmistä syistä katastrofaaliseen moottoririkkkoon.

4.1 Tehtävä

Kiertokanki yhdistää männän kampiakseliin. Kiertokangen tärkein tehtävä on muuttaa männän suoraviivainen liike kampiakselin pyöriväksi liikkeeksi.

Männän suoraviivainen liike syntyy kun männän yläpuolella olevassa palotilassa tapahtuu polttoaineen räjähdysmäinen palaminen joka painaa mäntää alaspäin. Tämän liikkeen kiertokanki välittää kampiakseliin ja saa sen pyörimään kampiakselissa olevien, keskilinjasta poikkeavien, kiinnityskohtien vuoksi. Kiertokankia ja mäntiä on moottorissa sama määrä.

4.2 Rakenne

Kiertokanki koostuu pääosin vähintään 2:sta toisiinsa pulteilla kiinnitetystä osasta. Suuremmissa kiertokangissa osia on 3, jotta niitä olisi helpompi käsitellä. Pienimmät kiertokanget painavat vain joitain satoja grammoja, mutta suurimmilla kiertokangilla painoa on jopa satoja kiloja.

Kiertokangen molemmissa päädyissä on reikä ja niiden välillä yhdistävä varsi. Toinen rei'istä on suurempi kuin toinen. Suurempaa reikää nimitetään alapään reiäksi ja se on kaksiosainen, jotta se saadaan asennettua kampiakselin ympärille. Pienempää reikää nimitetään puolestaan yläpään reiäksi ja se on yksiosainen. Pienempään reikään kiinnitetään mäntä männäntapin avulla, työntämällä tappi männässä ja kiertokangessa olevien reikien läpi ja laittamalla sen päihin lukitusrenkaat.

Kumpikin kiertokangen rei'istä on laakeroitu, jotta kulumista tapahtuisi mahdollisimman vähän. Laakerit on myös muotoiltu siten, että niiden ja kampiakselin sekä männäntapin väliin mahtuu ohut öljyvaippa, joka tavallaan pitää kiertokangen ilmassa.

4.3 W20-kiertokanki

W20-kiertokanki, eli Wärtsilä 20-kiertokanki, on kaksiosainen ja siinä alapään puolikkaat on kiinnitetty kahdella pultilla toisiinsa. Puolikkaat on katkaistu vinosti varteen nähden ja niiden liitospinnat on hammastettu paremman pitävyyden ja pienemmän pulttiin kohdistuvan vääntövoiman saavuttamiseksi.

W20-kiertokanki on noin 800 millimetriä pitkä ja se painaa valmiina noin 37,5–39 kilogrammaa. Leveyttä kiertokangella on 72 millimetriä. Reikien halkaisijat ovat 105 ja 190 millimetriä. Kiertokangessa on erittäin pienet toleranssit, jotta se kestää varmasti suuret siihen kohdistuvat voimat.

5 LÄHTÖTILANNE

W20-kiertokangen koneistaminen tapahtuu 5 vaiheessa, joista 4 ensimmäistä tapahtuu rouhintakiinnittimessä ja viimeinen vaihe tapahtuu hienoajokiinnittimessä. Rouhintakiinnittimen 4 vaiheessa lastutaan, rouhitaan, jyrsitään ja porataan kiertokangen taepinnat niiltä osin kuin on toiminnallisesti tarpeen. Hienoajokiinnittimessä viimeistellään rouhitut pinnat. Rouhintakiinnittimiä on 2 kappaletta ja hienoajokiinnittimiä on 2 kappaletta. Rouhintakiinnittimestä tulee kerralla valmiiksi 2 kiertokankea ja hienoajokiinnittimestä tulee kerralla valmiiksi 4 kiertokankea.

5.1 Lataaminen

Kiertokanget kiinnitetään koneistuskiinnittimeen erilaisia kiinnitysrautoja hyväksikäyttäen. Kiinnittäminen tapahtuu manuaalisesti ja jokaiseen koneistusvaiheeseen tulee 2 kiertokankea. Apuna kiinnittämiseen on FMS-järjestelmän latausasema, jonka avulla kiinnitin saadaan kipattua vaakatasoon ja pyöritettyä siinä, jotta kiinnittäminen eri vaiheisiin olisi helpompaa. Monen kiinnitysvaiheen, sekä erilaisten kiinnitysrautojen johdosta, nyky menetelmä koetaan hyvin hankalaksi.

Joustavia valmistusjärjestelmiä (FMS) käytetään palettiperustaisten työstökeskusten automatisointiin. Joustava valmistusjärjestelmä koostuu latausasemista, palettivarastosta ja integroiduista työstökoneista. Joustava valmistusjärjestelmä kuljettaa paletteja automaattisesti järjestelmän sisällä, mikä mahdollistaa useiden palettien lataamisen etukäteen ja asetusaikojen minimoimisen./5/

5.2 Paikoittaminen

Paikoitus ensimmäiseen rouhintavaiheeseen tapahtuu taepinnasta, sillä kiertokankia ei ole esikoneistettu takomolla. Suurin laatuongelmia aiheuttava tekijä löytyykin jo koneistuksen esivaiheesta, sillä taepinnasta on mahdoton saada tarkkaa kangen sijaintia tietoon. Tästä johtuen yksikään kiertokanki ei ole toisensa kanssa samanlainen, vaan pieniä eroja on lähes kaikissa kiertokangesta löytyvissä mito-

sa. Koneistusteranssit ovat muutamien sadasosamillimetrien luokkaa, mutta taetoleranssit ovat puolestaan useita millimetrejä, joten paikoitustapa ja paikoituksen tarkistaminen tarvitsivat suuren muutoksen.

Koska kiertokanget koneistetaan monessa erillisessä vaiheessa, niitä joudutaan irrottamaan ja kiinnittämään useita kertoja ennen kuin kappale saadaan valmiiksi. Jokainen irrotus ja uudelleenkiinnittäminen vaikuttavat paikoituksen luotettavuuteen, sillä kappale on alun perin paikoitettu taepinnasta ja sen perusteella tehty aputasot seuraavia paikoituksia varten.

5.3 Rouhinta

Ensimmäisessä rouhintavaiheessa kiertokanget kiinnitetään kyljelleen kiinnittimen seinämään vasten. Vaiheessa rouhitaan kiertokangen laakerireiät sekä työstökoneen karaa kohden oleva kylki (**Kuvio 6.**). Toiseen rouhintavaiheeseen kiertokanki käännetään ympäri ja rouhitaan ainoastaan ensimmäisessä vaiheessa rouhimatta jäänyt kylki (**Kuvio 7.**). Ensimmäinen ja toinen vaihe sijaitsevat vastakkaisilla puolilla kiinnitintä, kuten myös kolmas ja neljäs vaihe toistensa vastakkaisilla puolilla.



Kuvio 6. Rouhinta, ensimmäinen vaihe.



Kuvio 7. Rouhinta, toinen vaihe.

Kolmas ja neljäs rouhintavaihe suoritetaan yhdellä paikoituksella siten, että vaiheet vuorottelevat puolelta toiselle. Kiertokanget on kiinnitetty vaakatasoon hyllyille. Kolmannessa rouhintavaiheessa porataan reikien välille öljyreikä sekä pultinreiät alapään laakerireiän ympärille (**Kuvio 8.**). Tässä vaiheessa rouhitetaan myös mutteritasot pultinrei'ille sekä katkaistaan alapää kahteen osaan, jotta se saadaan kiinnitettyä kampiakselin ympärille moottorin kokoonpanon yhteydessä. Neljännessä rouhintavaiheessa katkaisupinnoille rouhitetaan hammastus, jotta osat pysyvät tukevasti toisiaan vasten kiinni, eivätkä aiheuta niin suurta vääntömomenttia kiinnityspultteja kohden (**Kuvio 9.**). Jo porattuihin reiän alkuihin tehdään kierteitys, jotta pultit saadaan ruuvattua paikalleen.



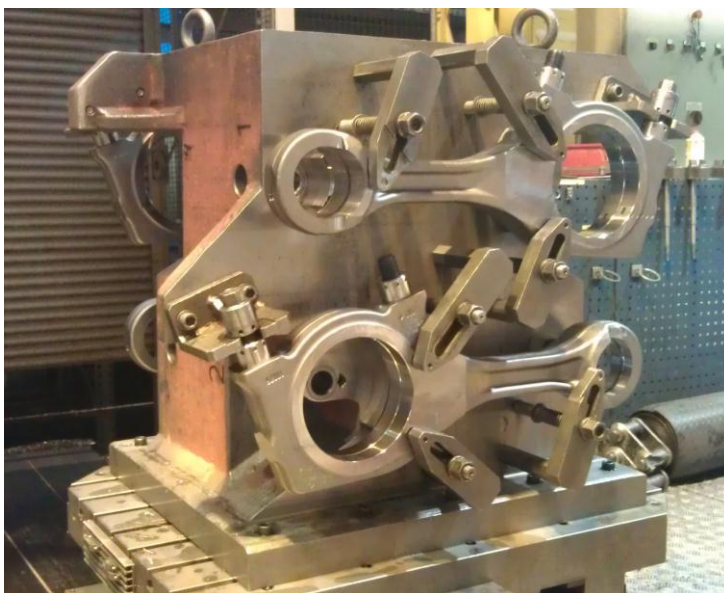
Kuvio 8. Rouhinta, kolmas vaihe.



Kuvio 9. Rouhinta, neljäs vaihe.

5.4 Hienoajo

Hienoajokiinnittimessä tapahtuva koneistaminen käsittää laakerireikien avartamisen vaadittuun mittatoleranssiin sekä pinnan laadun saamisen vaaditulle tasolle. Myös öljyuran jyrästä laakerireikään tapahtuu tässä vaiheessa. Kiinnittimessä on kiinni kerrallaan 4 kiertokankea, 2 per sivu ja ne ovat vastakkaisilla puolilla (**Kuvio 10.**). Kiertokanget kiinnitetään mittakelloja apuna käyttäen, jotta ne saadaan mahdollisimman suoraan.



Kuvio 10. Hienoajokiinnitin.

5.5 Ajankäyttö

Latausaika rouhintakiinnittimellä on noin 39 minuuttia 2 työntekijän voimin tehtynä, eli siten 1 kiertokangen latausajaksi 4 vaiheen osalta saadaan noin 20 minuuttia, kun huomioidaan kiinnittimen kippaukseen ja pyörittämiseen mennyt aika ja suhteutetaan se 2 kiertokangen latausaikaan. Hienoajokiinnittimen latausaika 1 kappaleen osalta vie noin 9 minuuttia, sillä mittakellojen kanssa lataaminen on suhteellisen hidasta. Siirtoaika latausasemalta koneistuskeskukseen on noin 6 minuuttia.

6 KIINNITINMALLIN VALINTAPROSESSI

Kiinnitinmallin valintaprosessi koostui 3 palaverista, joista ensimmäisessä käytiin Kiertokankiverstaan sisäisesti läpi kiinnittimen ongelmakohtia ja mietittiin, mitä uudelta kiinnittimeltä vaaditaan. Palaverin tuloksena olivat määrittelyt 3 erilaiselle kiinnitinvaihtoehdolle sekä listaus ongelmakohtista ja vaatimuksista.

Toisessa palaverissa oli mukana FMS-Tools Oy:n edustaja, sillä hänellä on pitkä kokemus erilaisista kiinnittimien valmistusprojekteista. Hänelle esitettiin ensimmäisen palaverin tulokset. Vaatimusten ja ongelmakohtien pohjalta palaverin pääaiheeksi nousi DockLock-nollapistekiinnitinjärjestelmät ja niiden soveltaminen käytännössä. Palaverin tuloksena oli määrittely neljännelle kiinnitinvaihtoehdolle.

Kolmannessa palaverissa tutustuttiin tarkemmin kaikkiin 4:ään eri vaihtoehtoon ja niitä lähdettiin vertailemaan sekä karsimaan. Palaverin tuloksena oli hyvin yksimielinen päätös keskittyä ainoastaan neljanteen kiinnitinvaihtoehtoon ja samalla FMS-Tools Oy valikoitui projektiin yhteistyökumppaniksi.

6.1 Nykyisen kiinnittimen ongelmat

Nykyinen kiinnitin on suunniteltu 1990-luvulla ja sen tarkoituksena on ollut, että koneistuskeskusta käytettäisiin mahdollisimman paljon, sillä konetunti on erittäin arvokasta ja siihen ei haluttu yhtään ylimääräistä odotusaikaa. Tästä syystä kiinnitin on monivaiheinen ja se taas on vaatinut suunnittelulta ja toteutukselta koon kasvattamista suuremmaksi ja täten kiinnittimen paino on kasvanut suureksi. Painoa kertyy siitä, että siinä on kerrallaan 8 kappaletta kiertokankia kiinni á 45 kg, sekä sen rungon valmistusmateriaalista, eli valuraudasta joka on ruvennut ajan myötä väsymään. Kiinnitin on lähes puolentoista metrin korkuinen ja sen leveys ja syvyys on noin 800x1000 millimetriä. Suuri paino aiheuttaa koneistuskeskuksille paljon ylimääräisiä rasituksia, jotka aiheuttavat koneen kulumista ja kasvattavat laatuvirheiden todennäköisyyttä.

Kappaleiden paikoittaminen on erittäin hankalaa, ja säädettäviä stoppareita on useita, joista aiheutuu useita mahdollisesti laatuun vaikuttavia muuttujia. Kiinnittimen vanhanaikaisuuden takia koneistusmenetelmiä ei ole kyetty kehittämään vaaditulle tasolle.

6.2 Uuden kiinnittimen vaatimukset

Uudelle kiinnittimelle asetettiin vaatimuksiksi, että sen painon täytyy pudota, kiertokangen paikoitus pitää muuttua paremmin hallittaviksi ja latausmenetelmä kehittää työntekijäystävällisimmiksi. Painonpudotuksesta johtuen kiinnittimessä kerralla olevien kiertokankien määrä oli vähennettävä. Myös automaattisen latauksen mahdollisuus tulevaisuudessa tuli olla yhtenä vaikuttavana tekijänä uuden kiinnitinmallin valinnalle ja suunnittelulle.

Kiinnittimiä suunniteltiin neljä erimallista, joista parhaaksi valikoitui DockLock-nollapistemenetelmä. Seuraavassa käydään läpi eri kiinnitinmallit.

6.3 Kiinnitinvaihtoehto 1

Ensimmäisestä mallista suunniteltiin lähes identtinen alkuperäisen kanssa, mutta vain yksitasoisena, eli kiinnittimestä olisi leikattu yläosa kokonaan pois. Tässä mallissa hienoajokiinnitin olisi jätetty pois ja nykyisen kiinnittimen toisen rouhintavaiheen tilalle olisi tullut hienoajettava kiertokanki. Hienoajon yhteydessä oltaisi myös tehty toisen vaiheen kyljen rouhinta. Kolmas ja neljäs rouhintavaihe pysyisivät ennallaan omilla paikoillaan.

6.3.1 Plussat

Kiinnitinmalli on huomattavasti yksinkertaisempi ja kevyempi kuin nykyinen. Koska hienoajovaihe on siirretty samaan kiinnittimeen rouhintavaiheiden kanssa, välipuskureita ei pääse syntymään, sillä kiertokanget hammasjäystetään ja vedetään kiinni latauksen yhteydessä. Tästä etuna se, että suuria määriä laatuongelmallisia kiertokankia ei pääse kertymään.

6.3.2 Miinukset

Jos pohjana käytetään vanhaa kiinnitintä, vanhat virheetkin kopioituvat hyvin helposti, eikä saada mitään hyötyä uudesta kiinnittimestä. Automaattista lataamisen sovellusta ei pysty soveltamaan tähän malliin. Kiinniveto ja hammasjäystö on tällä hetkellä niin hidas toimenpide, että latausaika kasvaisi huomattavasti. Puolestaan koneistusaika vähenee huomattavasti, joten ajanmuutokset lähinnä kumoavat toistensa hyödyn.

6.4 Kiinnitinvaihtoehto 2

Toisessa mallissa ideana oli käyttää kahta erillistä kiinnitintä, jossa rouhintakiinnitin olisi ollut kolmivaiheinen ja hienoajokiinnitin kaksivaiheinen. Rouhintavaiheet olisivat nykyisen kuution ensimmäinen rouhintavaihe, ja siihen olisi yhdistettynä nykyisen menetelmän toinenkin rouhintavaihe, sitä seuraisivat nykymallin kolmas ja neljäs rouhintavaihe, sillä pultinreikien poraus ja kierteitys vaatii 2 erillistä porausta ilman, että kiertokankea otetaan irti kiinnittimestä välissä.

Hienoajokiinnittimeen yhdistettäisiin hammastuksen teko kiertokankeen. Tässä etuna olisi, että hammastus voitaisiin suorittaa normaalin rouhinnan sijaan hiomakoneella tai vierintäjyrsimellä. Rouhintakiinnittimestä tulisi 1 valmis kiertokanki kerralla ja hienoajokiinnittimessä niitä tulisi 2 valmiiksi kerrallaan.

6.4.1 Plussat

Tässä mallissa hammastuksen laatu olisi hyvin hallittavissa, sillä sen tekeminen helpottuisi, laatu paranisi ja mahdollisia korjauksia olisi huomattavasti helpompi tehdä, jos hammastus on jostain syystä epäkelpo laadultaan. Molemmissa kiinnittimissä paino pysyisi hyvin alhaisena ja automatiikan mahdollisuus olisi olemassa.

6.4.2 Miinukset

Välivarastojen kertyminen olisi lähes väistämätöntä tässä mallissa, sillä hammasjäystö sekä kiinniveto suoritettaisiin kiinnittimen ollessa koneistuskeskuksessa.

Välivarastojen kasautumisessa on aina pelkona laatuongelmien kertyminen lattialle, jos tarkistusta ei jokaisella kerralla suoriteta vaaditulla tavalla. Vaihemäärä pysyisi entisenä ja kiinnittimien määrä kasvaisi entistä suuremmaksi, sillä vain yksi valmis kiertokanki tulisi kerralla kiinnittimestä.

6.5 Kiinnitinvaihtoehto 3

Kolmannessa mallissa ideana oli yhdistää kaikki vaiheet samaan kiinnittimeen. Tästä kuitenkin muodostui lähes mahdoton tehtävä, sillä pultinreiät on porattava kahdessa vaiheessa ilman, että kiertokankea välissä irrotetaan. Tämä vaihtoehto jätettiin ensimmäisenä pois suunnitteluvaiheessa.

Tässä mallissa olisi toteutunut LEAN-ajattelun mukainen tavoite. LEAN on johtamistyyli, jonka tarkoituksena on vähentää ylimääräistä tuottamatonta työtä, jotta saataisiin asiakkaille enemmän arvoa vähentämällä kustannuksia/6/.

6.6 Kiinnitinvaihtoehto 4

Neljännän mallin ideana oli käyttää DockLock-nollapistekiinnitysmenetelmää. Kiertokangen rouhintakiinnittimessä on 2 vaihetta, jonka jälkeen se siirretään nykyiseen hienoajokiinnittimeen. Kiertokanki tulisi rouhintavaiheessa kiinni apuna käytettävään kaksiosaiseen jigiiin, jossa se olisi kiinni koko rouhinnan ajan. Ensimmäisessä rouhintavaiheessa suoritettaisiin myös katkaisukoneistus ja sen jälkeen kaksiosainen jigistä irrotettaisiin kansiosan jigii ja kiinnitettäisiin se seuraavaan rouhintavaiheeseen. Sama tehtäisiin myös varsiosan jigille. Näin ollen kiertokankea ei tarvitsisi missään vaiheessa irrottaa jigistä ja poraus voidaan suorittaa kahdessa vaiheessa. Alkuporaus voidaan suorittaa ennen katkaisua ja loppuporaus sekä kierteitys katkaisun jälkeen. Jigin paikoitukseen molemmissa vaiheissa käytettäisiin DockLock-sylintereitä sekä vetotappeja.

6.6.1 Plussat

Nollapistekiinnitinteknologialla päästään hyvin tarkkoihin paikoitustarkkuuksiin. Latausaika tippuu minimaaliseksi, sillä teknologian avulla jigit vain vaihdetaan ja kiinnitin lähetetään takaisin koneistuskeskukseen. Koska teknologia perustuu hydraulikkaan sekä jousivoimiin, automaattisen lataamisen toteuttaminen ei tuota ongelmia. Kiertokangen kiinnittäminen jigiiin tapahtuu itse kiinnittimen ollessa koneistuskeskuksessa työstön alaisena.

6.6.2 Miinukset

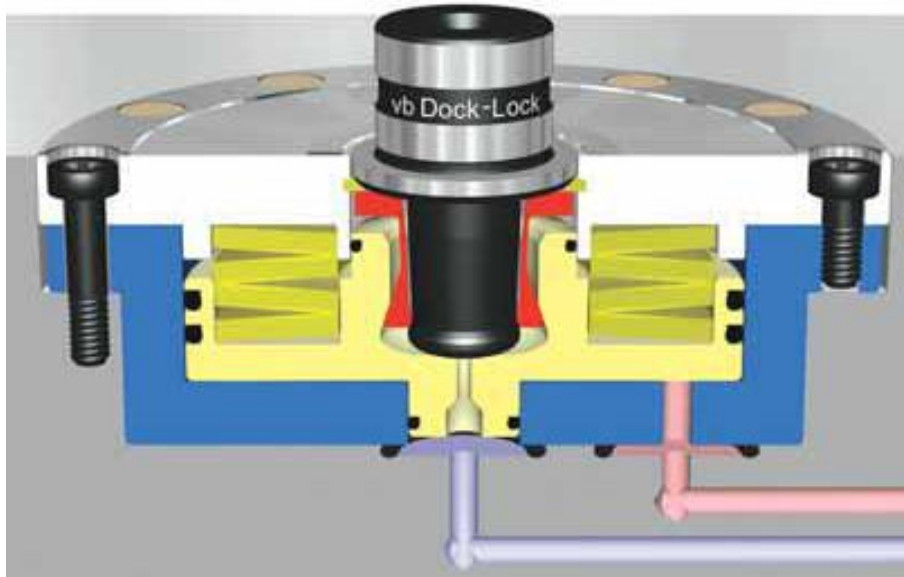
Kanget täytyy paikoittaa jigieihin hyvin tarkasti, jotta teknologiaa voidaan hyödyttää. Jigien määrä on myös kriittinen tekijä, sillä niitä tulee olla ylimääräisiä, jotta niihin voidaan paikoittaa kiertokanget valmiiksi kiinnittimen ollessa koneistuskeskuksessa.

7 DOCKLOCK-NOLLAPISTEKIINNITYS

DockLock on järjestelmä, jonka periaatteena on luoda koneistettavalle kappaleelle nollapiste, jonka mukaan koko kappaleen koneistusohjelma mitoitetaan ja ohjelmoidaan. Järjestelmällä on erittäin hyvä toistotarkkuus, vain muutamia millin sadasosia. Järjestelmä koostuu sylintereistä ja vetotapeista. Sylintereitä löytyy erilaisille vetolujuuksille.

7.1 Rakenne

Sylinterin runko (sininen) ja kansi (harmaa) pitävät sisällään holkin (punainen), männän (vaaleanruskea) sekä jousipakan (keltainen). Sylinteriin tuodaan vetotappi (musta-hopeinen) yläkautta, joka kiristetään holkin avulla. Alapuolella kulkevat sekä paineilma- (sininen) että hydraulikkaletkut (punainen) sekä mahdolliset anturit johtoineen. (Kuvio 11.)



Kuvio 11 DockLock-sylinteri ja vetotappi/7/.

7.1.1 Sylinteri

Sylinterissä oleva patentoitu holkkilukitusmekanismi mahdollistaa, että DockLock-sylinteriin tuleva vetotappi voidaan viedä ja tuoda jopa 10° kulmassa sylinterin holkkiin nähden. Holkki on suunniteltu siten, että se on helppo huoltaa ja voidaan vaihtaa nopeasti tarpeen tullen./7/

DockLock-sylinterit on suojattu tehokkaasti lastuja, nesteitä ja muita roskia vastaan. Nollapistekiinnityksessä käytetään paineilmaa liitospintojen puhdistamiseen ja hydraulikkaa lukituksen avaamiseen. Lukitus tapahtuu jousikuormitteisesti. Järjestelmä ei vaadi ollenkaan paineakkuja tai jatkuvaa hydraulikan kytkentää./7/

DockLock-sylinterit soveltuvat erinomaisesti käytettäväksi automaatiojärjestelmissä. Kaikki DockLock nollapistekiinnitinsylinterit voidaan varustaa elektronisilla tai pneumaattisilla sensoreilla. Näin saadaan automaatiojärjestelmien soluohjaimille tarpeellista tietoa, kuten onko sylinteri lukitussa tilassa vai ei, tai onko sylinterissä vetotappi kiinni vai ei./7/

7.1.2 Vetotappi

Vetotappeja on erilaisia riippuen niiden tarkoituksesta ja määrästä käytetyssä kohteessa. On keskittävä vetotappi, joita on yksi jokaisessa käyttökohteessa, sen avulla määritellään nollapisteen paikka. Keskittävien lisäksi erittäin kriittinen vetotappi on linjaava, joka määrittelee X- tai Y-akselin linjan. Linjaavassa vetotapissa on 2 hiottua nastaa, jotka toimivat ohjaajina ja niiden tulee olla 90 asteen kulmassa verrattuna keskittävään vetotappiin, jotta saadaan kompensoitua lämpölaajeneminen. Lisäksi on vielä tavallisia vetotappeja, joiden tehtävä on ainoastaan toimia kiinnittävinä elementteinä./8/

Vetotapissa on mahdollisuus käyttää esilukitusta, joka helpottaa työkappalepaletin kiinnittämistä kiinnittimeen. Tämä ominaisuus on erittäin tärkeä esimerkiksi pystysuorissa sovellutuksissa./7/

7.2 Käyttö

DockLock-nollapistekiinnitinjärjestelmää käytetään muun muassa koneistuskeskuksilla, sorveilla, porakoneilla, hitsauskiinnityksissä, kokoonpanoroboteilla, kokoonpanolinjoilla sekä verkostoituneessa alihankintaympäristössä. Järjestelmä soveltuu erinomaisesti myös suurten koneistettavien kappaleiden kiinnittämiseen./7/

Dynaaminen vetävä kiinnittäminen ei tee kappaleeseen haitallisia puristusjännityksiä. Järjestelmää käytettäessä ei koneistuksen tielle jää kiinnitysrautoja tai muita elementtejä. Kiinnitys jättää vapaaksi viisi sivua. Kiinnittäminen ja työkappaleiden / kiinnittimien vaihto on nopeaa./7/

DockLock-järjestelmä antaa myös joustavan mahdollisuuden työkappaleiden kiinnittämiseen, sillä DockLock-työkappalepaletin voi kiinnittää toiseen DockLock-työkappalepalettiin ja näin saadaan muodostettua kerroksittain oleva kiinnitys. Kerroksittain kiinnitettyjä työkappalepaletteja käytetään sovelluksissa, joissa työkappale joudutaan esimerkiksi katkaisemaan ja katkaistut puolikkaat täytyy saada uudelleen kiinnitettyä nollapistettä kadottamatta seuraavaan työstövaiheeseen./7/

7.3 Hyötyjä käytöstä

DockLock-nollapistekiinnitin lisää tuotantokapasiteettia, tuotavuutta, nopeuttaa läpimenoaikoja sekä parantaa koneistuksen laatua. DockLock on joustava kiinnitysjärjestelmä kaikkeen työkappaleen kiinnittämiseen ja nollapiste säilyy ikuisesti siihen asti, kunnes työkappale otetaan irti sen valmistuttua. DockLock-nollapistekiinnittimet vapauttavat asetusten tekemisen ylimääräisiltä pulttien vääntämiseltä sekä kellottamiselta ja säätämiseltä./7/

DockLock järjestelmä mahdollistaa työkappaleiden kuljettamisen työvaiheesta toiseen ilman hidasta ja vaivalloista nollapisteen hakua tai kellottamista. Työkappaleen nolla synnytetään ensimmäisessä työvaiheessa eikä sitä oteta pois ennen

kuin kappale on valmis. Työkappaleen nolla synnytetään joko työstökappaleen paikoittavien ohjainten tai mittalaitteiden avulla./7/

8 UUSI KIINNITIN

Uuden kiinnittimen mallinnus, piirtäminen, tolerointi ja valmistus otti aikaa noin kuusi kuukautta. Mallinnusvaiheessa pidettiin neljä seurantalaveria noin kuukauden välein, joissa tarkasteltiin aikaansaannoksia ja käytiin läpi yksityiskohtia koskien kiinnittämistä sekä työstövaiheiden vaatimuksia niin tilan kuin suuntien puolesta.

8.1 Ensimmäinen seurantalaveri

Ensimmäisessä seurantalaverissa käytiin läpi miten kiinnitin valmistetaan, miten jigijä nostetaan kiinnittimen ja lataustelineen välillä ja miten kiertokanki kiinnitetään jigisiin. Keskustelua käytiin myös lataustelineestä sekä työkaluista.

8.1.1 Kiinnittimen valmistus

Kiinnitin valmistetaan kolmesta metallipalkista, joiden välille hitsataan teräksestä runko ja se täytetään epoksimineraalimassalla. Epoksimineraalimassan avulla kiinnittimestä saadaan hyvin kevyt, mutta erittäin kestävä ja vankkarakenteinen. Myös kiinnittimen sisään tulevien öljykanavien tekeminen on erittäin helppoa, sillä voi käyttää standardi hydraulikkaletkuja. DockLock sylintereitä tulee yhteensä 8 kappaletta, kahteen metallipalkkiin 3 kappaletta ja yhteen metallipalkkiin 2 kappaletta. Kiinnitin tarvitsee myös hydraulikkaliittimet, jotta jigit saadaan irti kiinnittimestä. Kyseisiä liittimiä tarvitaan kolme kappaletta kiinnittimeen, yksi jokaista metallipalkkia kohden.

8.1.2 Jigien nostaminen

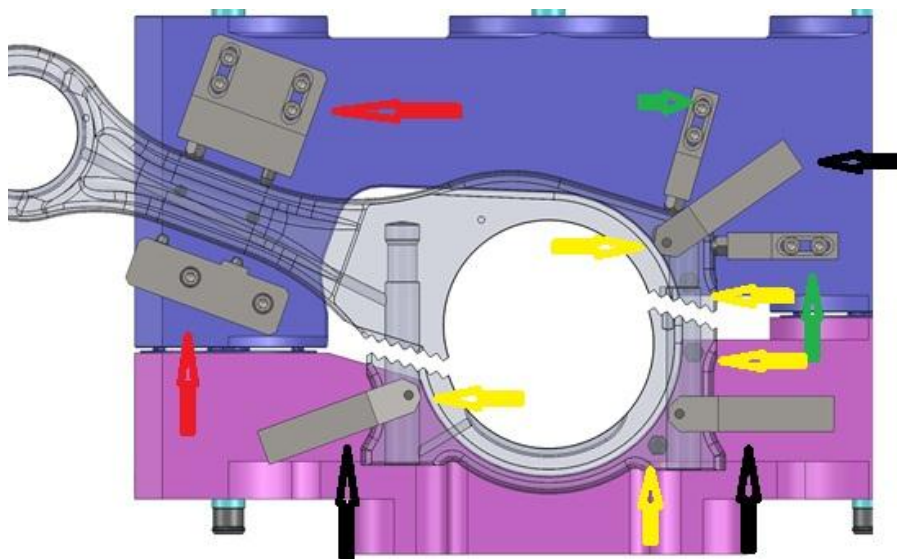
Aluksi oli ideana, että nostin olisi suunniteltu sellaiseksi, että sen avulla pystyy kääntämään jigijä. Tästä kuitenkin luovuttiin, sillä noin 400 kilogrammaa painavan metallikappaleen kääntäminen siltanostimen ketjun varassa oli liian vaarallista. Tästä syystä tarvitaan lataus-/kääntöeline, jonka avulla nostamisesta saadaan tur-

vallisempaa. Jigeihin päätettiin laittaa nostolenkit päätyyn sekä kylkeen, jotta jigien kappaleita pystyy nostamaan kahdessa eri asennossa.

8.1.3 Kiertokangen kiinnittäminen jigisiin

Kiertokanki pitää kiinnittää jigisiin kunnolla, jotta siihen kohdistuvat työstövoimat eivät irrota sitä kesken työstön. Varsi kiinnitetään niin sanotulla haarukalla, eli vastinpuolella on yhteensä neljä karhennettua nastaa, joista puolet on kiertokangen keskilinjan alapuolella ja puolet yläpuolella ja niitä vasten varsi puristetaan kiinni vastakkain olevalla kiristimellä. Varren alla on kaksi karhennettua nastaa, joita vasten vartta ei kuitenkaan paineta alaspäin, ne ovat vain tukena.

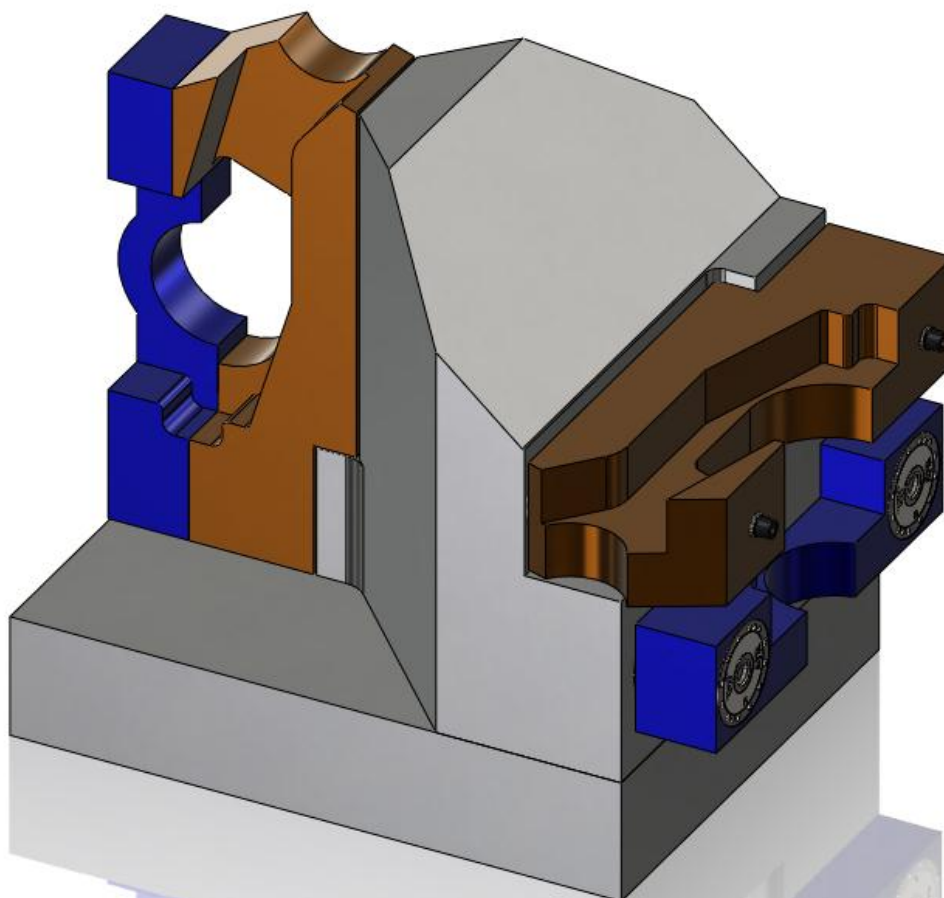
Ison reiän alueen kiinnitys on kaikkein kriittisin, sillä suurin osa työstövoimasta kohdistuu sen alueelle. Sen ympärillä on kaksi kiinteää stopparia, viisi karhennettua tukinastaa alapuolella ja kiertokanki painetaan niitä vasten kolmella vestiraudalla. (Kuvio12.)



Kuvio 12. Varren haarukka ja kiristin on merkitty punaisella nuolella, kiinteät stopparit on merkitty vihreällä nuolella, karhennetut tukinastat on merkitty keltaisella nuolella ja vestiraudat on merkitty mustalla nuolella.

8.2 Toinen seurantapalaveri

Toisessa seurantapalaverissa käytiin pääsääntöisesti läpi tähän mennessä valmistunutta mallia (**Kuvio 13.**) sekä tarvittavia työkaluja. Palaverissa käytiin läpi myös kiertokangen paikoittamiseen liittyviä asioita.



Kuvio 13. Ensimmäinen mallinnusversio kiinnittimestä jigeineen.

8.2.1 Kiertokangen paikoittaminen

Jotta kiertokangi on mahdollista koneistaa oikeisiin mittoihin, tulee sen olla 20 asteen kulmassa työstökeskuksen pysty akseliin nähden. Tämä kyseinen 20 astetta saadaan pakotettua laittamalla kolme kappaletta kiinteitä stoppareita, joista kaksi tulee kiertokangen samalle sivulle ja yksi niiden risteävälle sivulle. Takomolla

muotin kulumisesta aiheutuva kiertokangen turpoaminen ei haittaa, sillä turpoaminen on tasaista ympäri kiertokangen, joten 20 asteen kulma toteutuu aina.

Kiertokangen alapuolelle tulee kolme kiinteää tukipistettä, joiden avulla kiertokanki saadaan asetettua vaakasuoraan jigiin kiinni. Vaakasuoruus on tärkeää, sillä muuten rei'istä tulee kartioita ja kiertokanget joudutaan susittamaan sen takia.

Tässä vaiheessa vielä pohdittiin miten kiertokangen paikka pystytään mittaamaan latauksen jälkeen. Vaihtoehtoina oli, joko käyttää työstökeskusten omaa mittauslaitetta, Renishawta, tai hankkia latausasemalle käsivarsimittalaite, jonka avulla käyttäjä olisi pystynyt heti lataamisen jälkeen mittaamaan kiertokangen paikan. Molemmista vaihtoehdoista kuitenkin luovuttiin varsin nopeasti.

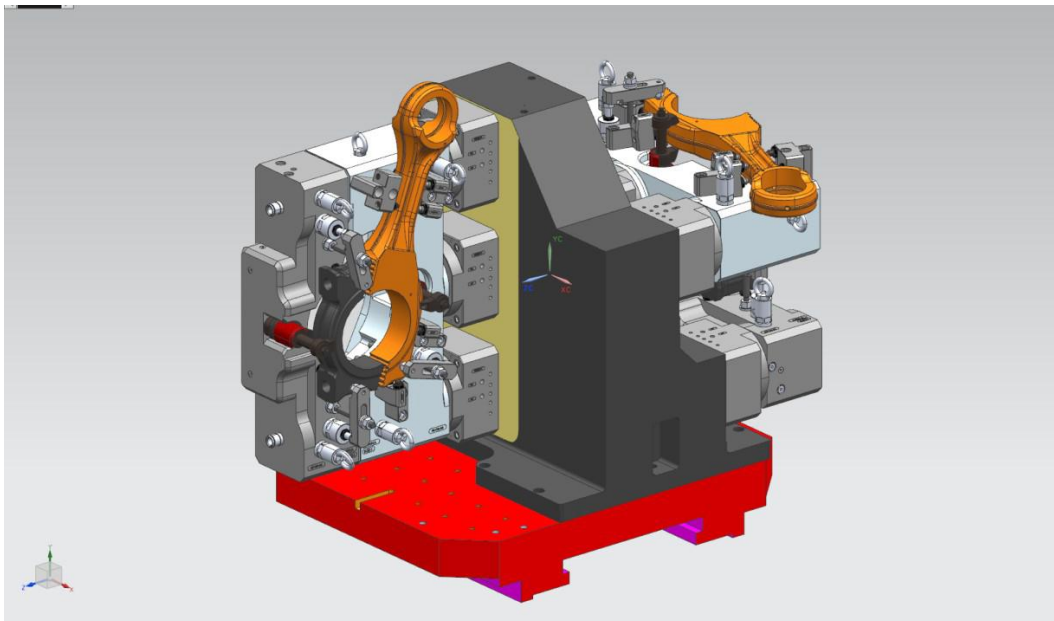
8.2.2 Työkalut

Uuden koko konsernia koskevan koneistussuunnitelman mukaan työkalukustannukset olisi saatava mahdollisimman pieniksi. Suunnitelmaan perustuen, työkalujen määrää ja työstöaikoja täytyy vähentää. Palaverissa käytiin läpi erilaisia vaihtoehtoja ja lopulta päädyttiin, että Wärtsilän oma Manufacturing Technology Center suorittaa työkalutestiä suuren syötön aksiaalijyrsimellä, sekä testaa erilaisia katkaisumenetelmiä niin pienellä tappijyrsimellä kuin kääntöpalaporalla.

8.3 Kolmas seurantalaveri

Kolmanteen seurantalaveriin mennessä kiinnittimen runko ja jigat olivat saaneet uuden ilmeen, joka palvelee paremmin käyttäjiä ja helpottaa koneistuksen suorittamista. Palaverin pääpainona oli mallin hyväksyminen ja luvan antaminen piirustusten tekoa varten. Jigiin oli myös lisätty kaksi uivaa kiinnitysrautaa, joiden avulla kiertokanki pysyy paremmin paikoillaan koneistuksen aikana. (**Kuvio 14.**)

Kiinnittimen rakenne oli myös muuttunut entisestä hitsatusta teräsrakenteesta valurautarakenteeksi. Tähän oli syynä pienemmät materiaalikustannukset, kuitenkin menettämättä liikaa kestävyys- ja väsymisominaisuuksia.

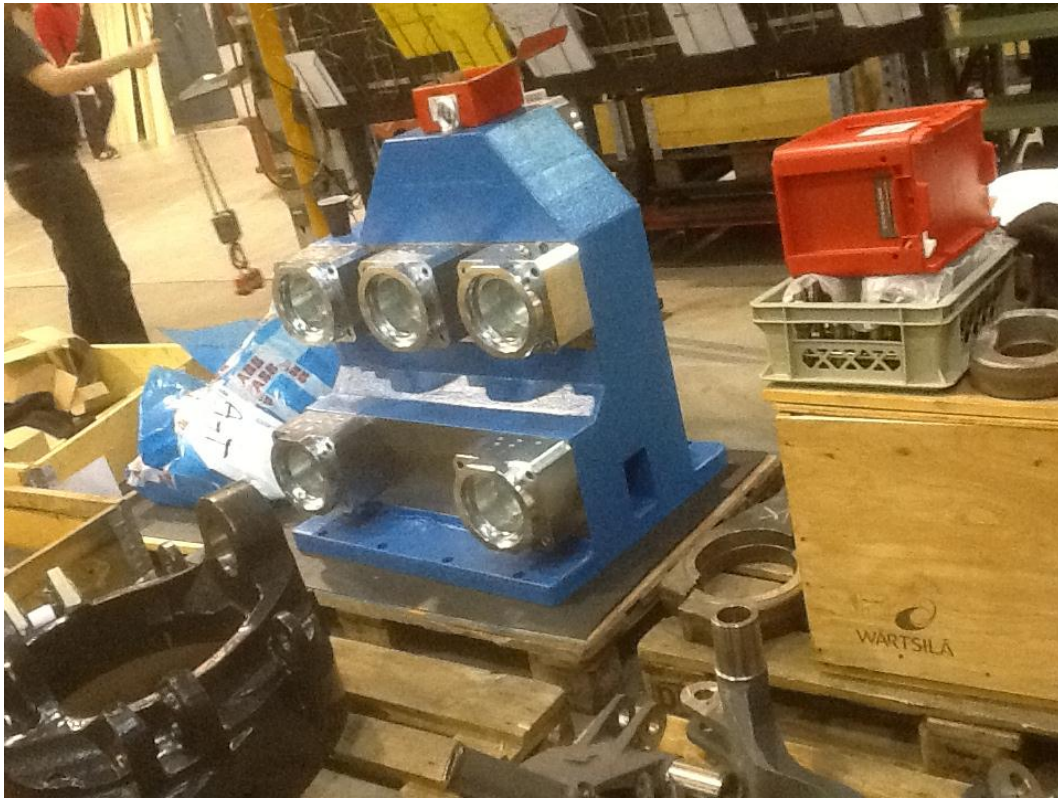


Kuvio 14. Hyväksytty malli kiinnittimestä jigeineen.

8.4 Neljäs seurantalaveri ja jatkotoimet

Neljännessä seurantalaverissa tarkastettiin piirustukset ja hyväksyttiin ne. Alun perin sopimus oli tehty vain mallintamisesta sekä piirustuksista ja optiona oli valmistus, komponentit ja kokoonpanon tilaaminen FMS-Tools OY:n kautta. Tässä palaverissa tehtiin myös virallinen sopimus edellä mainituista kohdista ja jäätettiin odottamaan valmiin kiinnittimen saapumista tehtaalle. Toimitusaika oli 12–16 viikkoa.

Kiinnittimen valmistus alkoi valmistamalla muotit rakenteen valamista varten. Valamisen jälkeen kiinnittimeen koneistetaan pesät DockLock-sylintereitä varten, muodot työstöradoille sekä porataan tarvittavia öljykanavia. (**Kuvio 15.**)



Kuvio 15. Kuva koneistetusta kiinnittimen rungosta.

9 LATAUKSEN MUUTOKSET

W20-kiertokankien latausasemaa muutettiin vuodenvaihteessa 2011–2012, mutta kyseisiä muutoksia tehdessä, ei oltu vielä tietoisia DockLock-menetelmän tulosta kiinnittimiin. Latausasemalle rakennettiin korotettu jatke, joka vähentää oleellisesti porrastuksissa kävelyä. Korotetun jatkeen alueella kiertokanget hammasjäys-tetään sekä vedetään laakeripesän puoliskot kiinni toisiinsa hienoajokoneistusta varten.

Latausasemalta puuttuu siis latausteline, jonka avulla kiertokanget saadaan kiinnitettyä jigiin ja jossa jigi pysyy turvallisesti ja hyvin kiinni. Latausaseman layoutia täytyy muuttaa hieman, jotta saadaan kaikki tarvittavat mahtumaan siihen, sekä saadaan vähennettyä ns. hukkakävelyä ja optimoidaan materiaalivirta mahdollisimman suoraviivaiseksi.

9.1 Latausteline

Lataustelineen suunnittelu alkoi heti sen jälkeen kun kiinnittimen ja jigin avainasiat oli päätetty. Suunnittelun aikana mietittiin monia eri vaihtoehtoja, mutta yhteistä kaikilla vaihtoehdoilla oli, että jigiä pitää pystyä pyörittämään telineen avulla. Suurimmat ongelmat telineen suunnitteluun aiheutti jigin muuttuminen suunnittelun aikana sekä jigin yllättävän suureksi kasvanut paino. Lataustelineitä suunniteltiin 2 erilaista, joista toinen oli tolppamainen, täysin räätälöity teline ja toinen PEMAn valmistama kääntöpöytä.

9.1.1 Vaatimukset

Lataustelineen on oltava turvallinen käyttää, joten siitä täytyy löytyä CE-merkintä, jotta sitä voidaan käyttää yleisesti työssä. Suurimpia turvallisuusvaatimuksia ovat rakenteen kestävyys sekä jigin riittävä kiinnitys telineeseen, jotta se ei pääse putoamaan missään vaiheessa käyttäjän päälle. Etäohjaus, joko erillään olevasta ohjauspaneelistä tai kaksikäsi-ohjauksella, on työturvallisuuden takia pa-

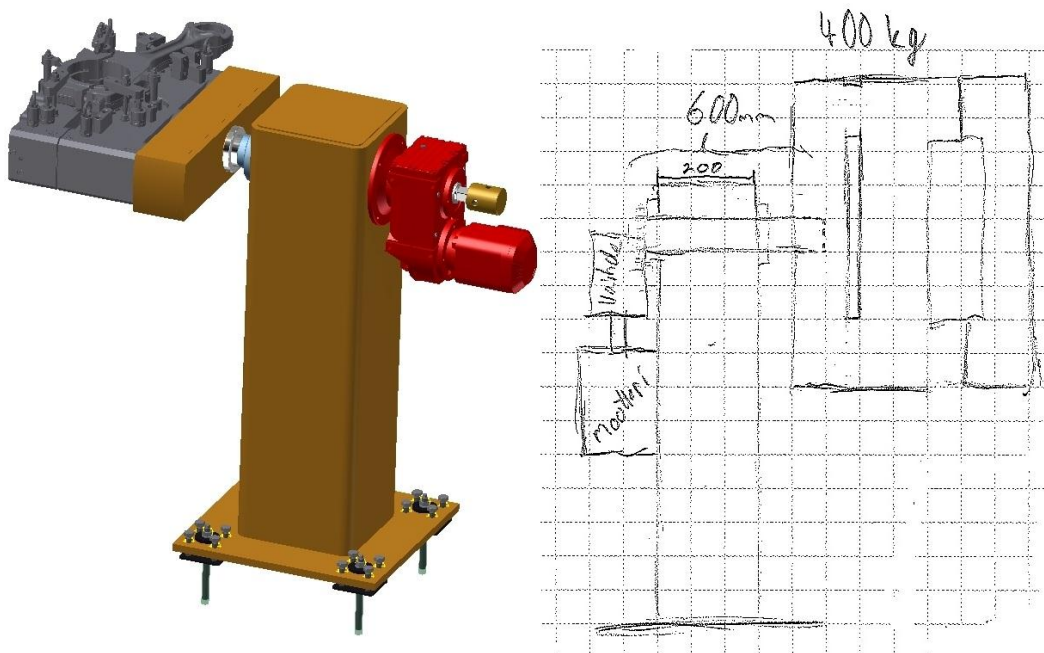
kollinen, jotta vältetään kaikilta tapaturmilta. Vaarana on, että työvaatteet tai kädet jäävät jigiin tai kappaleeseen kiinni kun sitä aletaan pyörittää.

Lataustelineen täytyy myös olla työergonomialtaan hyvä, sillä sen avulla vältetään ylimääräisiltä sairaslomilta. Ergonomisuus yhdessä turvallisuuden kanssa edellyttävät pyöritysmahdollisuutta. Jos tätä ominaisuutta ei ole, jouduttaisiin jigi nostamaan aina vaaka-asennosta pöydän päältä, jolloin kyseessä olevat erittäin suuret painot rasittavat nostinta ja nostovaijereita normaalia enemmän ja niiden pettäessä vakava työtapaturma on erittäin todennäköinen. Pyöritysmahdollisuus myös vähentää lihasvoimin tehtävää työtä, mikä säästää työntekijää fyysiseltä rasitukselta. Tärkeää ergonomian kannalta on myös saada korkeussäätö lataustelineeseen, sillä kaikki työntekijät ovat erimittaisia ja siten oikeankorkuisen telineen rakentaminen on käytännössä mahdotonta.

9.1.2 Tolppamallinen latausteline

Alun perin telineettä oli tarkoitus käyttää käsin pyörittämällä, mutta kun jigin paino kiertokangen kanssa nousi noin 400 kilogrammaan, kävi selväksi että pyörittämiseen tarvitaan jonkinlaista moottoria. Moottoria valitessa tehtiin vertailuja paineilma-, hydraulis- ja sähkökäyttöisen moottorin välillä. Selkeän voiton vei sähkökäyttöinen moottori, sillä sen avulla ohjaus saadaan erittäin helposti toteutettua, voidaan käyttää kulmavaihteella varustettua moottoria, jolloin se vie hyvin vähän tilaa sekä sen huoltaminen on helpompaa ja nopeampaa kuin hydraulis- tai paineilmakäyttöisen moottorin.

Lataustelineellä on tolppamainen runko. Rungon yläpäähän 800 millimetrin korkeudelle asennetaan kartiokuulalaakerit vastakkaisille puolille runkoa. Rungon ja laakereiden läpi viedään 60 millimetriä paksu akseli, jonka toiseen päähän tulee latauksen mahdollistava levy. Levyyn tulee 2 kappaletta DockLock-sylintereitä, joiden avulla jiggit saadaan varmasti pysymään kiinni koko latausvaiheen ajan. **(Kuvio 16.)**



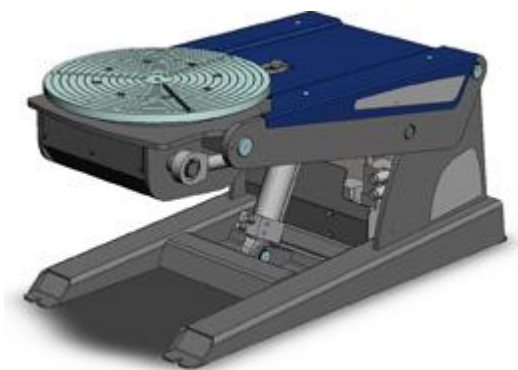
Kuvio 16. Oikealla käsin tehty luonnos ja vasemmalla luonnoksen perusteella saatu tarjous kääntölaitteesta /9/.

Laakerit mahdollistavat levyn ja siinä kiinni olevan jigin pyörimisen. Pyörimisliike rajoitetaan 90 asteeseen, vaakasuorasta pystysuoraan, sillä enempi pyörimys on turhaa. Levyn painopiste lasketaan tarkasti, jotta siihen saadaan pyörimistä kevennävä tasapainotus. Pyörimismahdollisuus on erittäin tärkeää latausergonomian sekä turvallisuuden takia. Pyörimys mahdollistaa myös kappaleille helpon ja nopean tavan kääntää ne oikeaan asentoon siirrettäväksi työjonotelineeseen.

9.1.3 Kääntöpöytä

Kääntöpöytä, jota vertailussa on käytetty, on malliltaan PEMA Skymaster 750 (**Kuvio 17.**). Siinä on 3 akselia, joiden avulla voidaan säätää korkeutta, pöydän kulmaa sekä pyörittää pöytää. Kulman säätämisen avulla pöytä saadaan 90 asteen kulmaan lähtötilanteeseen nähden ja näin ollen pöytää voidaan hyödyntää kappaleen kiinnittämisessä jigiiin. Pyörimys mahdollistaa sen, että kun kappale on kiinni jigissä, pöytä saadaan pyörytettyä 90 astetta jolloin jigii on turvallista ottaa siitä

irti ja on oikeassa asennossa valmiina kiinnitettäväksi kiinnittimeen. Pöydällä on kantavuutta aina 750 kilogrammaan asti. /10/



Kuvio 17. PEMA Skymaster APS 750-kääntöpöytä /10/.

Pöytään on asennettuna 100 millinen metallipalkki, johon on upotettu 2 kappaletta DockLock-sylintereitä äärimmäisiin päihin siten, että ne ovat samalla etäisyydellä kuin kiinnittimessä. Palkkiin on porattuna öljyreivät, joiden avulla saadaan syötettyä öljyä sylintereille.

9.2 Työjonoteline

Ladattujen jigien säilytystä varten tehdään pystytuennat, joihin ladatut jigit asetetaan pystyasentoon. Tässä on etuna, että jigi saadaan nostaa suoraan kiinnittimeen välivarastosta ja se on oikeassa asennossa valmiiksi. Tämä nopeuttaa ja helpottaa lataamista huomattavasti, kun ei tarvitse erikseen kääntää kappaleita oikeaan asentoon.

Välivarasto lisää keskeneräisen tuotannon määrää, mutta latauksessa säästettävä aikamäärä on niin suuri, että työjonoteline on kannattava. Työjonotelineen avulla ruokailu- ja kahvitauot sekä vuoronvaihto ei vaikuta kovin paljon tuotantoon, sillä jigejä voidaan ladata hyvissä ajoin ennen vuoronvaihtoa tai taukoja, ja niiden jälkeen.

9.3 Kiertokangen paikoittaminen

W20-kiertokanget paikoitetaan lataustelineessä ja niiden paikoitus pitäisi olla nopeaa sekä helppoa. Toistotarkkuus paikoituksille täytyy olla hyvin tarkka hyvin tiukkojen työvarojen takia. Kiertokangen ison ja pienen laakerireiän tulee olla 20 asteen kulmassa toisiinsa nähden, jotta työvarat ovat riittäviä ja laaduttomuuskustannuksia ei synny.

Kiertokangen paikoittamiseen on olemassa monia erilaisia sovelluksia, mutta tavoitteena tässä on saada paikoituksesta ns. ”idioottivarma”, jotta päästäisiin irti paikoituksen tuomista laaturvirheistä. Paikoituksen asettamiseen ja selvittämiseen on tutkittu erilaisia vaihtoehtoja ohjauskappaleista konenäkökameroihin asti. Kun kiertokanki saadaan paikoitettua oikeaan asentoon, sille täytyy luoda nollapiste ja tämän nollapisteen täytyy kulkea jigim mukana siihen asti, että kiertokanki on valmis ja otetaan irti jigistä.

9.3.1 Konenäkö

Konenäössä ideana on kuvata jigim, johon kiertokanki on kiinnitetty. Kuvan ottamisen jälkeen kuvassa olevia kiertokangen reikiä verrataan oletusarvoon ja ilmoitetaan käyttäjälle, että onko kiertokanki oikealla paikalla oikeassa asennossa vai pitääkö sen asentoon tai paikkaan tehdä muutoksia. Konenäön huono puoli on siinä, että koska kuva pitää ottaa kohtisuorassa jigim nähden, etäisyyden määrittäminen on mahdotonta. Koneistuksessa tarvittavat pysty- ja vaakasuunnat saadaan erittäin tarkasti tietoon, mutta etäisyys jää arvoitukseksi. Etäisyyden määrittämiseen kameraan voidaan liittää laseranturi, jonka avulla saadaan mitattua kameran etäisyys mitattavasta kappaleesta.

9.3.2 Ohjauskappale

Ohjauskappaleen avulla paikoittaminen on normaalisti nopeaa ja tarkkaa. Kiertokangen takeessa olevat epämuodot sekä takeen reiän epäsymmetrisyys kuitenkin heikentävät tarkkuutta huomattavasti. Ohjauskappaletta käytetään siten, että la-

taustelineeseen on integroituna paikat ohjauskappaleelle johon se laitetaan keskitämisen ajaksi, ja tämän tehtyä otetaan pois.

Ohjauskappaleessa voidaan käyttää joko käsin väännettävää ruuvia tai esimerkiksi paineilmaa, jonka avulla kappaletta saadaan ”turvotettua” 3 kohdasta, jotka ohjaavat reiän oikealle kohdalle. Tätä menetelmää käytettäessä kaikki jigissä olevat kiertokangen kiinnityspisteet tulee olla säädettäviä. Mitä enemmän säädettäviä kiinnityspisteitä, sitä suurempi mahdollisuus työstettävän kappaleen liikkumiselle materiaalin muokkaamisen aikana.

9.3.3 Kiinteät ohjaimet

Kiinteitä ohjaimia täytyy olla 3, jotta saadaan muodostettua tukipisteiden kolmio. Kiinteitä ohjaimia käytettäessä kiertokangen takeen mittojen suuret toleranssit aiheuttavat sen, että jokainen kiertokangi paikottuu hieman eri tavalla kuin toinen. Kiinteät ohjaimet kuitenkin mahdollistavat hyvin nopean, suhteellisen tarkan ja helpon paikoittamisen ja ovat siitä syystäärkevin valinta käytettäväksi menetelmäksi.

10 TYÖSTÖMENETELMIEN MUUTOKSET

Uuden kiinnittimen myötä myös työstömenetelmiä tuli tarkastella ja kehittää vanhojen tilalle uusia tehokkaampia ja taloudellisempia menetelmiä. Suurimpia muutoksia kokivat takeessa olevien reikien auki jyrshintä, kappaleen katkaisu hammastusjyrshintää varten sekä varsinaisen hammastuksen jyrshintä.

10.1 Reikien jyrshintä

Ennen reiät jyrshintiin 80 millimetriä pitkällä rouhintajyrshintimellä kiertämällä reiän muotoa pitkin. Koko reikä saatiin jyrshintittyä kerralla syvyysuunnassa. Tämä on kuitenkin suhteellisen hidas menetelmä ja rasittaa erittäin paljon niin koneistuskeskusta kuin kiinnitintä. Tähän haluttiin saada lisää nopeutta ja samalla keventää rouhinnan aiheuttamia rasituksia. Korvaavaksi menetelmäksi valikoitui pieni, mutta erittäin nopea ja kevytkuormitteinen suurensyötön tappijyrshintin. Tappijyrshintimellä ei voi jyrshintä kovin paljoa ainetta syvyysuunnassa, mutta sillä voidaan jyrshintä niin nopealla vauhdilla, että sen käyttäminen on huomattavasti järkevämpää kuin suuren rouhintajyrshintin käyttö.

10.2 Kiertokangen katkaisu

Ennen kiertokangi katkaistiin kiekkojyrshintimellä, mutta koska uuden kiinnittimen myötä kiertokangi täytyy katkaista pystyasennossa, siihen täytyi löytää kokonaan uusi menetelmä. Katkaisussa käytettäväksi työkaluksi mietittiin samaista suurensyötön tappijyrshintä, jota käytetään reikien jyrshintimiseen. Tappijyrshintimellä katkaisu osoittautui kuitenkin aika hitaaksi, joten tilalle valittiin pora. Poraamalla reikiä ristikkäin toistensa päälle, saatiin käyttöön mahdollisimman suuri pora ja siten porausnopeus saatiin huomattavasti nopeammaksi kuin jyrshintiminen. Poraamalla saadaan myös muodot hammastusjyrshintää varten.

10.3 Hammastuksen jyrshintä

Hammastuksen laatu on erittäin kriittinen tekijä kiertokangen kestävyuden kannalta. Vanhalla menetelmällä hammastuksen jyrshintään käytettiin suurta kartionmuotoista vierintäjyrshintä, jossa oli sekä suoria paloja että muotopaloja, joiden avulla saatiin hampaiden väliset harjat ja pohjat pyöreiksi (**Kuvio 18.**). Tämä menetelmä oli erittäin hidaskäyttöinen ja rasitti koneistuskeskusta paljon. Muotopalat ja kookas jyrshintimen runko tulivat erittäin kalliiksi vuosittain ja työkalun teräpalojen saatavuus oli varsin vaikeaa ja hidasta. Korvaavaksi menetelmäksi suunniteltiin tappijyrshintin, jossa kärjessä ja hampaan yläreunaan tulevassa kohdassa on pyöritystä. Pyörityksen avulla saatiin harjat ja pohjat pyöreiksi. Tappijyrshintin rasittaa paljon vähemmän koneistuskeskusta kuin vierintäjyrshintin, on huomattavasti nopeampi menetelmä sekä koneistuslaatu on parempaa. Tappijyrshintin säästää myös työkalukustannuksista ison osan ja sen saatavuus on erittäin hyvä ja toimitusaika lyhyt. Tappijyrshintin kestänee noin 70 kiertoa hammastuksen jyrshintin, kun puolestaan vierintäjyrshintimeen joutui vaihtamaan osan teräpaloista jokaisen jyrshintin jälkeen.



Kuvio 18. Kuva hammastuksesta. (Sumennettu arkaluontoisen materiaalin takia.)

11 INVESTOINTILASKENTA

Koska työn tavoitteena on kehittää työstömenetelmiä ja hankkia uusi kiinnitin, tarvitsee se taustallensa myös investointilaskennan sekä -esityksen, jotta kiinnittimen hankintaa varten tarvittava raha saadaan Kiertokankiverstaan käyttöön. Investointilaskelma ja -esitys on tehty osana tätä opinnäytetyötä.

11.1 Säästöt

Jotta investointilaskennan avulla voidaan laskea takaisinmaksuaika sekä investoinnin tuottavuusprosentti, täytyy ensiksi tarkastella säästöjä, joita investoinnin avulla saadaan. Säästökohteita on lukuisia, mutta tässä työssä on keskitytty vain suurimpiin säästökohteisiin. Kaikki lasketut luvut perustuvat maltillisiin ja realistisiin ennustuksiin, mutta koska ne eivät ole faktoja, saattavat laskelmien tulokset poiketa aika paljonkin, suuntaan jos toiseen, siitä mitä ne todellisuudessa olisivat.

11.2 Susikustannukset

Vuonna 2011 W20-kiertokankia koneistettiin 3 900 kappaletta ja määrä tulee nousemaan radikaalisti vuodelle 2012, ollen ennusteiden mukaan noin 5 600 kappaletta. Vuodelle 2013 määrän ennustetaan jatkavan nousua ollen noin 6 300 kappaletta. Susikappaleiden määrä vuonna 2011 oli 350 kappaletta, joten susiprocentiksi tuli 8,97 %. Susiprocentin voidaan olettaa pysyvän samana tai hieman nousevan tulevana vuosina, sillä nykyiset kiinnittimet väsyvät vuosi vuodelta. Kun susiprocentina käytetään samaa 8,97 %:a, saadaan vuosille 2012 ja 2013 taulukossa 1 olevat susien määrät. Ainoastaan vuoden 2011 määrät ovat todellisia, muut ovat vielä ennusteita.

Taulukko 1. Susien määrät vuosittain. (Taulukon arvot ovat viitteellisiä)

W20 tuotantomäärät vuosittain (kpl)		Susien määrät (kpl)
2011	3 900	350
2012	5 600	502
2013	6 300	565

Susien aiheutumissyitä tarkasteltua ja niiden perusteella tehtyjen laskelmien mukaan saatiin selville, että noin 1/3 susista johtuu täysin kiinnittimen väsymisestä. Yhden sudeksi menneen kiertokangen arvo vuonna 2012 on 865 € per kappale. Kun lasketaan vuosittaisten susikustannusten määrä ja jaetaan kolmella, saadaan suuntaa-antavat susikustannukset jotka aiheutuvat kiinnittimestä. Taulukossa 2 on laskettuna kiinnittimen aiheuttamat susikustannukset vuosittain.

Taulukko 2. Kiinnittimestä aiheutuvat susikustannukset vuosittain. (Taulukon arvot ovat viitteellisiä)

Vuosi	Susien määrät (kpl)	Kustannukset (€) á 865 €	Kiinnittimestä aiheutuvat kustannukset (€)
2011	350	302 750	100 910
2012	502	434 230	144 740
2013	565	488 725	162 900

Uuden kiinnittimen myötä päästään eroon edellä mainituista kiinnittimistä aiheutuvista kustannuksista, joten säästöt vuositason tasolla ovat kasvavia. Näiden susikustannusten lisäksi W20-kiertokangille kohdistuu korjauskustannuksia kiinnittimestä johtuvien ongelmien takia. Nämä kustannukset eivät kuitenkaan ole kuin noin 6 300 € per vuosi.

11.3 Työkalukustannukset

Tällä hetkellä W20-kiertokangen rouhimiseen käytetään 30 erilaista työkalua. Uuden kehitettävän menetelmän mukaan työkalujen määrä tulee vähenemään ja siten myös työkalukustannukset tulevat laskemaan. Kun vielä löydetään käyttöön parhaat uudet työkalut hinta-kestävyysuhteeltaan voidaan olettaa, että työkalukustannukset laskevat vielä entisestään ja tähän vaikuttaa myös suurempien eräkokojen tilaaminen, joihin useimmiten saa niin sanottuja paljousalennuksia.

Esimerkkinä työkalukustannusten säästöistä mainittakoon hammastusjyrsinten korvaaminen tappijyrsimellä. Hammastusjyrsinten teräpalat maksavat vuodessa noin 94 200 € ja tämä kustannuserä tulee nousemaan tuotantomäärän noustessa. Itse hammastusjyrsimen runko maksaa noin 9 400 €, mutta runko on kuitenkin suhteellisen kestävä, joten sitä ei tarvitse joka vuosi vaihtaa. Tappijyrsimen hankintahinta on 470 € kappaleelta ja yhdellä tappijyrsimellä kykenee tekemään hammastuksen noin 110 kiertokankeen.

Taulukko 3. Tappijyrsimen kustannusten säästöt vuosittain. (Taulukon arvot ovat viitteellisiä)

Tappijyrsimen säästölaskelma		Vuosikustannukset	(€/v)
Hinta (€/kpl)	470	Hammastusjyrsin	94 200
Kestävyys (kpl)	110	Tappijyrsin	16 450
Vuositarve (kpl/v)	35	Säästöt	77 750

Kuten taulukosta 3 näkee, vuosisäästöt ovat erittäin merkittävät. Laskennassa ei ole huomioitu hammastusjyrsimen rungon hintaa ollenkaan. Sen huomioiminen lisäisi säästöjen määrää entisestään.

11.4 Työvoima- ja koneistuskustannukset

Uuden kiinnittimen mukanaan tuomien uudistusten avulla saadaan lataus- ja koneistusaikoja leikattua huomattavia määriä, joten säästöjä syntyy myös sieltä. Tällä hetkellä kahden kiertokangen samanaikainen lataaminen kestää noin 39 minuuttia 2 työntekijältä. Tästä voidaan karkeasti laskea, että 1 kiertokangen lataaminen kestää 39 minuuttia yhdeltä työntekijältä. Koska uusi kiinnitin ei ole vielä käytössä, mutta teorian ja kokemuksen perusteella löytyy paljon tietoa DockLock-menetelmästä voidaan olettaa että uusi latausaika on noin 15 minuuttia 1 mieheltä 1 kiertokangelta. Tämä antaisi säästöjä noin 24 minuuttia työkappaleelta. Vuoden 2012 volyyymiin suhteutettuna tämä tarkoittaisi noin 1 560 tunnin vuosisäästöä

työvoimakustannuksissa. Työvoimakustannuksen tuntihinta vuonna 2012 on 61 €/h. Työvoimakustannusten kokonaismääräisen vuosisäästön näkee taulukosta 4.

W20-kiertokangen koneistaminen kestää tällä hetkellä noin 3 tuntia 48 minuuttia 2 kiertokangelta. Tämän ajan kun puolittaa ja lisää siihen hieman aikaa, jota säästetään kun koneistetaan kahta kiertokankea samanaikaisesti, voidaan olettaa 1 kiertokangen koneistusajan olevan noin 1 tunti 54 minuuttia. Uuden kiinnittimen mukanaan tuoman uuden koneistuskierroksen ja uusien työkalujen avulla koneistus-aikaa saadaan vähennettyä arviolta 24 minuuttia, jos ei enemminkin. Tämä tarkoittaa vuoden 2012 volyymillä myös 1 560 tunnin vuosisäästöjä, kuten työvoimakustannuksillakin. Koneistuskustannusten tuntihinta vuonna 2012 on 189 €/h. Koneistuskustannusten kokonaismääräisen vuosisäästön näkee taulukosta 4.

Taulukko 4. Työvoima ja koneistuskustannussäästöt vuonna 2012. (Taulukon arvot ovat viitteellisiä)

Työvoima- ja koneistuskustannussäästöt v.2012 tuotantomäärällä 3600 kpl			
Latausajat	h/kpl	Koneistusajat	h/kpl
Nykyinen	0,65	Nykyinen	1,9
Uusi	0,25	Uusi	1,5
Säästö	0,4	Säästö	0,4
Vuosisäästö	1 560 h		1 560 h
Työvoimakustannus	61 €/h	Konetuntikustannus	189 €/h
Säästö	95 160 €/v		294 840 €/v

11.5 Vuosisäästöt

Yhteenvetona voidaan laskea oletetut vuosisäästöt vuodelle 2012, jos uusi kiinnitin olisi jo käytössä (**Taulukko 5.**). Vuonna 2013 säästöt olisivat vielä suuremmat verrattuna vuoteen 2012, sillä tuotantomäärät ovat kasvamassa, ja uuden kiinnittimen tultua käyttöön ja sen käyttöön menneen oppimisajan jälkeen, lataaminen alkaa mennä rutiinilla ja voidaan keskittyä kehittämään koneistusmenetelmiä vieläkin nopeammiksi.

Taulukko 5. Yhteenlasketut säästöt vuonna 2012. (Taulukon arvot ovat viitteellisiä)

Vuosisäästöt vuonna 2012 (€)	
Sudet	100 910
Työkalut	77 750
Työvoima	95 160
Koneistus	294 840
Yhteensä	568 660

11.6 Takaisinmaksuajan ja investoinnin tuottavuuden laskenta

Takaisinmaksuaika on tärkeä selvittää, sillä yrityksillä on yleensä rajoitukset investoinneille, joiden puitteissa investoinnin tulee maksaa itsensä takaisin ja ruveta tuottamaan rahaa yritykselle. Takaisinmaksuajan laskemisessa käytetään hyväksi vuosittaisia säästöennusteita, investoinnin hankintahintaa, veroja sekä erilaisia lisäkustannuksia/säästöjä mitä investoinnista aiheutuu. Takaisinmaksuaikalaskelma tehtiin Wärtsilän oman standardoidun pohjan avulla.

Tässä tapauksessa investoinnin arvo on 90 000 € ja takaisinmaksu- ja tuottavuuslaskelmat tehdään 10 vuoden ajanjaksolle. Säästöistä ja muista kustannuksista, kun on verot vähennetty, saadaan ensimmäisen vuoden tuotoksi noin 180 000 €, mikä tarkoittaa sitä, että investointi maksaa itsensä takaisin puolessa vuodessa ja sen jälkeen alkaa tuottaa voittoa. Sisäinen korkoprosentti investoinnille on 203,9 % ja investoinnin nettonykyarvo on 1 108 091 €. (**Taulukko 6.**)

Taulukko 6. Takaisinmaksuajan ja investoinnin tuottavuuden laskennan tulokset.

Profitability	Depreciation period	10 Years
	Payback period	6 Months
	Internal Rate of Return (IRR)	203,9%
	Net Present Value (NPV)	1 108 091 Euro based on a WACC of 10,0%

11.7 Investointiesitys

Investointiesitys tehtiin Wärtsilän standardoidun pohjan mukaan. Esitelmä on englanninkielinen ja 8 PowerPoint-sivun pituinen. Esitelmä pitää sisällään kaikki tarvittavat tiedot mitä tarvitaan, jotta saataisiin selkeä kuva halutusta investoinnista sekä sen vaikutuksista.

Taustatiedot

Taustatiedoissa kuvaillaan investoinnin kohteena oleva ongelma, johon investointi on ratkaisu. Samalla sivulla tarkastellaan myös, miten investointi sopii nykyiseen strategiaan sekä budjettiin.

Edut

Investoinnista saadut edut jaotellaan kategorioihin, kuten tuottavuus ja tehokkuus tai laatu, toimitus ja suorituskyky.

Perusoletukset

Käydään läpi erinäisiä perusoletuksia, miksi investointi on ajankohtainen. Oletuksissa arvioidaan markkinanäkymiä, kilpailua ja teknologista kehitystä.

Vaihtoehdot

Kerrotaan mitä vaihtoehtoisia sovellusmahdollisuuksia investoinnista on suunnitteluvaiheessa ollut, mutta jotka ovat tulleet hylätyksi. Samalla sivulla kerrotaan myös mitä seuraamuksia hylkäämisestä seuraa, kuten ongelmien lisääntymistä tai tuotantokyvyn heikkenemistä.

Aikataulu

Sivulta löytyy projektin aikataulu investointihyväksymisestä käyttöönottoon. Tärkeimpinä aikataulun kohtina ovat tilaus-, toimitus-, ja käyttöönottopäivämäärä.

Rahoituksen yhteenveto

Sivulle on kerätty takaisinmaksuaikalaskennassa käytetyltä pohjalta tärkeimmät avainluvut, kuten takaisinmaksuaika, sisäinen korkoprosentti ja nettonykyarvo.

Herkkyysanalyysi

Sivulle tehdään laskelmat, miten 10 % investointihinnan muutos vaikuttaa takaisinmaksuaikalaskelman avainlukuihin.

Yhteenveto

Kerätään kaikki tärkeimmät tiedot esityksestä tiivistettynä. Esitetään takaisinmaksuajan laskemiseen käytettyjä päälukuja ja kerrotaan mistä ne on saatu.

12 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Aihealue ja työnsuorituskohde olivat luonnollinen valinta, sillä minulla on useamman vuoden työkokemus Wärtsilän Kiertokankiverstaalta. Vanhat valmistus- ja latausmenetelmät olivat hyvin tuttuja ja itsekin hankalaksi todettuja. Prosessin aikana tuli muutamia muutoksia työnkuvaan, jotka jonkin verran vaikeuttivat ja hidastivat työn tekemistä.

12.1 Muutokset ja aikataulussa pysyminen

Aloituspalaveri pidettiin jo syksyllä 2011, jolloin sovittiin aikataulua ja rajattiin aihealuetta. Työn oli tarkoitus olla valmiina keväällä 2012. Alun perin tarkoituksena oli itse mallintaa uusi kiinnitin ja sen pohjalta tehdä opinnäytetyö. Suunnitelu lähtikin tältä pohjalta liikkeelle ja kävimme yhdessä läpi millaisia vaatimuksia uudelta kiinnittimeltä vaaditaan sekä mitä siltä ei missään nimessä haluta. FMS-Tools Oy:n mukaantulo vuodenvaihteen jälkeen kuitenkin muutti oman työnkuvan enemmän tutkivaksi ja kehittämiseen keskittyväksi. Mallinnusprosessi siirtyi kokonaisuudessaan FMS-Toolsille.

Aikataulussa pysyminen jäi loppukeväästä kokonaan haaveeksi huonojen sattumien johdosta. Mallinnusprosessi keskeytyi lähes kokonaan keväällä ja korvaavaa ratkaisua etsittiin kuumeisesti. Viimein kun korvaava ratkaisu löytyi, itselläni alkoi kesätyöt ja viikoittainen ajankäyttö opinnäytetyön kanssa jäi lähes nolnaan. Päätin yhdessä työnantajan kanssa siirtää valmistumiseni vuoden 2012 loppuun ja jatkaa opinnäytetyön tekemistä kesätöiden loputtua. Tämä työ on noin puoli vuotta myöhässä alkuperäisestä aikataulusta, mutta viimein valmistunut.

12.2 Projektin tulokset

Uuden kiinnittimen koneistaminen saatiin työn alle elo-syyskuun vaihteessa. Pitkän toimitusajan takia kiinnitin ei ehtinyt aivan valmiiksi asti opinnäytetyöni valmistumiseen nähden. Kiinnittimen pitäisi olla käyttövalmiina joulukuun 2012

puolessa välissä ja sitä ryhdytään sen jälkeen sisäänajamaan Kiertokankiverstaal-la.

Projektin aikana tarkasteltiin useita erilaisia mittausmenetelmiä kiertokangen paikan määrittämiseksi, mutta lopulta päädyttiin kaikkein yksinkertaisimpaan, ei mitata lainkaan. Kävimme keskusteluja muutaman alihankkijan kanssa erilaisista mittausmenetelmistä ja saimmekin heiltä erittäin hyviä ehdotuksia, mutta päätimme jättää ne käyttämättä tällä erää. Jos mittaaminen tulee välttämättömäksi, niin mittausjärjestelmän toimittaminen on suhteellisen nopeaa, sillä tarjoukset ja menetelmät ovat jo olemassa.

Lataustelineen valinnassa päädyimme PEMA:n Skymaster 750 APS-kääntöpöytään, sillä siinä on valmiina CE-merkintä ja sen avulla latausteline saadaan nopeasti käyttövalmiiksi. Pöydästä löytyy myös korkeussäätö, joka on erittäin tärkeä työergonomian kannalta. Tämä seikka puolsi myös vahvasti PEMA:n tuotetta, sillä tolppamalliseen telineeseen korkeussäädön rakentaminen olisi tullut vaikeaksi suurten massojen takia.

12.3 Projektin jatkokehitysmahdollisuudet

Kiinnitin, latausteline sekä jigit on suunniteltu siten, että kiertokangen lataaminen ja jigien käsittely on mahdollista suorittaa tulevaisuudessa robotin avulla. Robottilatausta silmälläpitäen taustakartoitusta on tehty erilaisista vaihtoehdoista, joilla robotin käyttäminen olisi mahdollista. Kiertokangen paikan mittaaminen tulee pakolliseksi, jos robottilatausta ruvetaan käyttämään. Tästä on, kuten sanottua, valmiit suunnitelmat olemassa ja siten suhteellisen helppo toteuttaa.

Koska kiinnitin ei ehtinyt valmiiksi ennen opinnäytetyötäni, laatuohjeiden tekeminen niin latauksen kuin koneistuksen osalta jäi tekemättä. Myös koneistuksen työkierrot ovat vielä tekemättä. Ohjeiden ja työkiertojen tekeminen on kuitenkin mahdollista suorittaa varsin nopeasti, sillä meillä on olemassa selvät visiot molemmista toimenpiteistä.

12.4 Loppusanat

Viimesyksyisen aloituspalaverin jälkeen kuvittelin opinnäytetyöni valmistuvan hyvissä ajoin ennen suunniteltua, mutta näin ei kuitenkaan käynyt. Valmistin teoriaosuuden samaan aikaan, kun tutkin ja valmistelin käytännön osuutta. Hommia riitti jatkuvasti opinnäytetyön parissa. Kiitos hyvän kiertokankien tuntemuksen, työhön oli helppoa ja erittäin mielekästä paneutua ja selvittää siihen liittyviä asioita.

Työn tekeminen oli erittäin opettavaista aikaa ja olen tyytyväinen tähän kokemukseen. Jälkiviisaana voitaneen sanoa, että keväällä työtä aloitellessa olisin voinut paneutua enemmänkin työn suorittamiseen nopeammalla aikataululla. Tosin tässä tapauksessa oma panostaminen ei ollut yksinään ratkaiseva tekijä aikataulussa pysymisen kannalta.

LÄHTEET

/1/ Ihalainen, E., Aaltonen, K., Aromäki, M. & Sihvonen, P. 1985. Valmistustekniikka. Helsinki. Otatieto.

/2/ Wärtsilä Intranet.

/3/ Wärtsilä Annual report 2011. Viitattu 8.3.2012.
<http://www.annualreport2011.wartsila.com>

/4/ Wärtsilä-kotisivu. Viitattu 15.03.2012 <http://wartsila.fi>

/5/ Fastems tuotteet, joustavat valmistusjärjestelmät. Viitattu 10.4.2012.
<http://www.fastems.com/fi/tuotteet/>

/6/ What is LEAN? Viitattu 23.03.2012. <http://www.lean.org/whatslean/>

/7/ Sariola, H. 2011. Nollapistekiinnittäminen PowerPoint-esitys.

/8/ Oy FMS-Tools Ab. 2012. Nollapistekiinnittimet-esitys. Viitattu 19.04.2012.
<http://www.fms-tools.fi>

/9/ Nyrhinen, H. 21.11.2012. Tarjous kääntölaitteesta Plantools Oy

/10/ Pemamek-aseointituotteet. Viitattu 30.11.2012.
http://www.pemamek.fi/eng/welding_automation_solutions/?group=1&family=6