

ULKO-OVIEN CNC-KONEISTUS JA OPTIMOINTI

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Puutekniikan koulutusohjelma
Puutuotetekniikan suuntautumisvaihtoehto
Opinnäytetyö
Kevät 2009
Martti Perikangas

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty keväällä 2009 Lahden ammattikorkeakoulun puutuotetekniikan suuntautumisvaihtoehdon opinnäytetyönä Lammin Ikkuna Oy:n ovitehtaalle Virepuu Oy:lle Kangasniemellä.

Työn ohjaavana opettajana toimi opettaja Ilkka Markkanen ja yrityksen puolelta ohjaajina toimivat Hannu Saarinen Lammin Ikkuna Oy:stä sekä Jukka Suuronen Virepuu Oy:stä.

Haluan kiittää edellä mainittuja henkilöitä, CNC-koneen käyttäjiä, sekä muita, jotka ovat edesauttaneet tämän opinnäytetyön syntyä.

Lahden ammattikorkeakoulu
Puutekniikan koulutusohjelma

PERIKANGAS, MARTTI:

Ulko-ovien CNC-koneistus ja optimointi

Puutuotetekniikan opinnäytetyö, 76 sivua

Kevät 2009

TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä perehdytään ulko-ovien CNC-koneistuksen toteuttamiseen Lammin Ikkuna Oy:n ovitehtaalla. Ovitehdas sijaitsee Kangasniemellä ja toimii nimellä Virepuu Oy. Ovitehdas on aloittanut toimintansa vuoden 2008 aikana, joten CNC-koneistukset pyritään toteuttamaan alusta asti järkevällä tavalla.

Yrityksellä on käytössään uusi Homagin kolmiakselinen CNC-työstökeskus. Koneessa on lisäksi C-akseli, joka on välttämättömyys sarananpaikkojen ja lukkopesien koneistuksessa. Ohjelmien toteutukseen käytetään Homagin omaa WoodWOP ohjelmistoa, sekä AutoCADia.

Työn teoriaosuudessa pyritään selvittämään, kuinka ovia kannattaa koneistaa, jotta saavutetaan mahdollisimman suuri koneen toiminta-aste, ja aseteajat saadaan minimoitua, laadun kuitenkin kärsimättä. Tarkoitus on myös selvittää kuinka työstöratojen luontia voidaan mahdollisesti helpottaa, ja kuinka makroja ja CAD-kuvia voidaan hyödyntää työstettäessä suuria määriä erilaisia ovia.

Käytännön osuudessa kerrotaan kuinka käytäntö ja teoria kohtasivat ja minkälaisiin ratkaisuihin ovien työstämisessä päädyttiin.

Yrityksellä oli valmiina useimmat tarvittavat terät ja joitakin makroja. Näiden pohjalta lähdin kehittämään ovien työstöä kohti optimaalista suoritusta, jossa ovi ohjelmoidaan CAD-kuvien perusteella asiakkaan tehdessä tilauksen, ja ovi työstetään työstökeskuksessa Kangasniemellä nopeasti ja laadukkaasti.

Avainsanat: Ulko-ovet, optimointi, CNC-koneistaminen

Lahti University of Applied Sciences

Faculty of Technology

PERIKANGAS, MARTTI:

CNC machining and optimization of doors

Bachelor's thesis in wood technology, 76 pages

Spring 2009

ABSTRACT

The aim of this thesis was to develop CNC machining of doors at Virepuu Oy, which is the door factory of Lammin Ikkuna Oy. Virepuu is located in Kangasniemi and it was founded in 2008. The company just started the manufacturing of doors, so the CNC programs required for machining had to be made. The objective was to make programs that would not require optimization in the future.

The company has a new three-axis CNC machine, Homag BOF 211. The machine also has a C-axis, which is a necessity for the machining of holes for hinges and locks. All the programs are made with AutoCAD and WoodWOP software.

The theory part of the thesis tells how the doors are supposed to be machined. The target is to reach high operational level, minimize set-up times, and keep the quality on a good level. The idea is also to find out how the programming can be done more easily and how macros and blueprints can be used while machining huge numbers of different kinds of doors.

The practical part describes how the theory and actual machining worked together, and what kind of solutions were needed to make them work. The company had most of the required tools and some macros.

Now that the company has the required CNC programs, the customer just makes an order from the catalogue and the door is machined in an optimal way .

Keywords: developing, optimization, CNC machining, machining of doors

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	TYÖN TAVOITTEET	2
3	OVIEEN VALMISTUS JA RAKENNE	3
4	YLEISIÄ CNC-KONEISTUKSEN TEHOSTAMISKEINOJA	5
4.1	Järkevät ohjelmointitavat	6
4.2	Asetteenteon merkitys	7
4.3	CAM-ohjelmalta vaadittavat ominaisuudet	8
4.4	Terähuollon järjeistämisen	11
5	CNC-KONEELTA VAADITTAVAT OMINAISUUDET	15
5.1	Akseleiden määrän merkitys ovien työstämisessä	15
5.1.1	Kolmiakseliset koneet	16
5.1.2	C-akseli	16
5.1.3	Kääntyvä työstöpää	16
5.1.4	Vaakaporausyksikkö	18
5.1.5	Neljä- ja viisiakseliset koneet	19
5.2	Työkalunvaihtaja	19
5.2.1	Lautasvaihtaja	20
5.2.2	Revolverivaihtaja	22
5.2.3	Ketjuvaihtaja	23
5.2.4	Muut vaihtoehdot	24
5.3	Ulko-oviaihion kiinnittäminen koneeseen	24
5.3.1	Imutiilet	25
5.3.2	Rasteripöytä ja paineilmapuristimet	26
6	TERIEN VALINTA JA OMINAISUUDET	29
6.1	Sopivat terämateriaalit	33
6.1.1	Timanttiterät	34
6.1.2	Nanopinnoitetut terät	35
6.2	Terien kiinnitys istukkaan	36

7	KONEISTUKSEN AUTOMATISOINTI	39
7.1	Integroidut pinkkauslaitteet	40
7.2	Robotit	41
8	ULKO-OVIEN KONEISTUKSEN TOTEUTUS	43
8.1	Ohjelmointi	44
8.1.1	Ovi-ohjelmat	50
8.1.2	Ensimmäinen versio	52
8.1.3	Viimeisin versio	63
8.1.4	Tulokset	69
9	YHTEENVETO	71
	LÄHTEET	74

1 JOHDANTO

Ovien työstäminen tapahtuu tänä päivänä hyvin pitkälti CNC-koneilla. CNC-konetta käytetään itse oviahion, sekä karmien koneistukseen. Koneistamalla ovet CNC-koneella säästetään huomattavasti aikaa verrattuna perinteisiin valmistusmenetelmiin. Työntekijöitä ei tarvita niin paljon kuin aikaisemmin, suuria määriä ja vaikeita muotoja voidaan työstää sarjoissa, ja ovet ovat silti identtiset. Erikokoiset ovet saadaan työstettyä muutamalla klikkauksella ja asetteita ei tarvitse muuttaa välillä. Tämä kaikki merkitsee yritykselle säästöä.

Näitäkin asioita voidaan kuitenkin vielä kehittää, ja tähän aiheeseen myös tämä opinnäytetyö paneutuu. Kun CNC-ohjelmia tehdään, kannattaa ohjelmoinnissa heti miettiä, missä järjestyksessä työstöt tehdään, millaisilla terillä, minkälaisia syöttönopeuksia käytetään, miten kappale kiinnitetään, minkälaisia rajoituksia kone asettaa, mitkä kohdat ovat repimisen suhteen mahdollisia vaaranpaikkoja, tai onko parametreista ja makroista apua ovia koneistettaessa.

Oikein käytettynä CNC-kone on erittäin hyödyllinen laite. CNC-kone on poikkeuksetta kallis investointi, jonka käyttöön ja optimointiin kannattaa paneutua huolella. Monissa yrityksissä on kuitenkin tyydytty siihen, että kone on saatu jollain tasolla pyörimään ja kappaleita saadaan työstettyä. Poistamalla ylimääräisiä sekunteja työstöohjelmista ja minimoimalla aseteajat, säästetään vuositasolla huomattavia summia rahaa.

Tämä opinnäytetyö pyrkii tarjoamaan ratkaisuja kaikkiin näihin asioihin ja löytämään vastauksia ovien työstössä ilmeneviin kysymyksiin, sekä kokonaisvaltaisesti kehittämään ovien CNC-työstöä eteenpäin.

2 TYÖN TAVOITTEET

Työn tavoitteena oli toteuttaa Lammin Ikkunoiden lämpöovimalliston CNC-koneistukset tehokkaalla ja varmatoimisella tavalla, sekä syvällisesti perehtyä ovien koneistukseen ja optimointiin. Tulevaisuudessa yritys tulisi käyttämään opinnäytetyössä ohjelmoituja CNC-ohjelmia, joten ovien toimivalla koneistuksella on suuri merkitys ovien tuotannossa.

Tavoitteena oli myös toteuttaa työstöohjelmat siten, että ohjelmat perustuisivat mahdollisimman pitkälle parametreihin. Näin koneenkäyttäjän ei milloinkaan tarvitsisi puuttua ohjelman varsinaiseen koodiin, vaan tarvittavat muokkaukset voitaisiin tehdä aina etukäteen annetuille muuttujille.

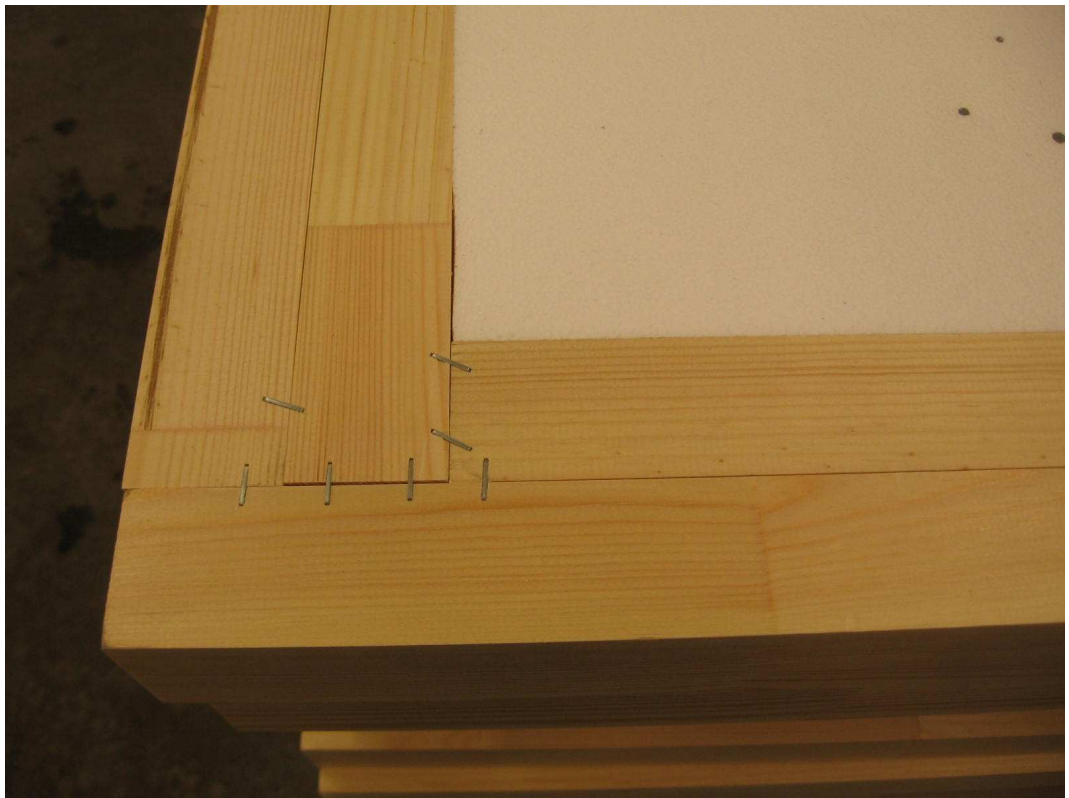
Käyttämällä parametreja koneen käyttäjän ei tarvitse myöskään täydellisesti ymmärtää ohjelman toimintaperiaatetta, mutta tarvittavien muutoksien teko onnistuu helposti. Käytännössä tällainen tilanne tulee päivittäin eteen, kun ovien ulkomitat muuttuvat. Parametrit ovat tällöin helppo keino muokata ohjelmaa.

Lisäksi tavoitteena oli luoda palvelimelle kirjasto, johon olisi pääsy sekä Lammilta, Kangasniemen toimistosta, sekä työstökeskukselta. Kun kaikki työstöohjelmat ovat palvelimella kaikkien käytettävissä, jokaisella osapuolella on aina saatavilla samat ajan tasalla olevat ohjelmat. Näin mahdollisten muokkausten jälkeen ohjelmista ei ole useampia versioita, mikä selkeyttää toimintaa työstökeskuksella ja vähentää omalta osaltaan vahinkojen määrää.

3 OVIEN VALMISTUS JA RAKENNE

Kun kyseessä on ulko-ovi, tulee oven olla lämpöeristetty, jotta asunnon lämmitykseen käytetty energia ei valu hukkaan. Ovien lämpöeristys on toteutettu sulkemalla mahdolliset kylmäsiljat pois oven rakenteesta. Tavallinen ulko-ovi on valmistettu mäntykehikosta, joka on eristetty sisäpuolelta ja pinnoitettu päältä. (Suuronen 2009.)

Oven kehysrakenne (KUVIO 1) on valmistettu kahdesta sormijatketusta kappaleesta. Tekemällä kappale kahdesta osasta, voidaan oven sisäpuolelle jäävässä osuudessa käyttää oksaisempaa puutavaraa. Kappaleet kiinnitetään toisiinsa nurkista muutamalla niitillä, varsinainen rakenteellinen lujuus saavutetaan vasta, kun pintalevyt liimataan. (Suuronen 2009.)

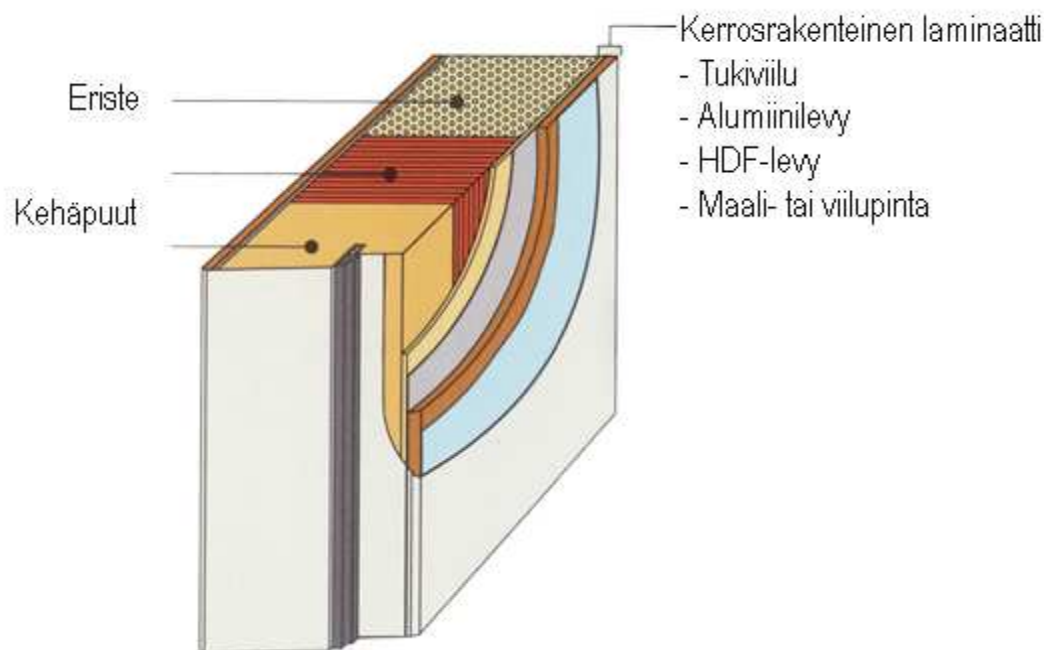


KUVIO 1. Oven kehysrakenteen liitos ennen pintojen liimausta

Valmiin mäntykehikon sisäpuolelle asetetaan EPS 200 polystyreenilevyt, jotka eristävät lämpöä. Eristetty mäntykehikko pinnoitetaan puristimessa molemmin

puolin 0,2 millimetriä paksulla alumiinilevyllä, sekä kääntöpuolelta viilupinnoitetulla HDF-levyllä. (Suuronen 2009.)

Käyttämällä ohutta alumiinilevyä rakenteen sisällä (KUVIO 2), ovi pysyy paremmin ryhdissään. Alumiinin lämmönjohtavuus on kuitenkin suurempi kuin esimerkiksi teräksen, mutta alumiini kuluttaa CNC-koneen teriä huomattavasti vähemmän (Reinikainen 2009). Viilupinta puolestaan auttaa ovea hengittämään, jos polystyreeni kerää poikkeuksellisen paljon kosteutta. (Suuronen 2009.)



KUVIO 2. Oven rakenne (Alavus-ovet 2008)

Valmis pinnoitettu levy siirretään CNC-koneistettavaksi. Koneistamisen yhteydessä oveen ajetaan saranoiden paikat, mahdolliset ikkuna-aukot, lukkopesän paikka, pintakuviointi, sekä muoto ja tiivistenauhanura oven ulkokehälle. Tämän jälkeen ovi maalataan, heloitetaan, pakataan karmeineen ja lopulta asennetaan. (Virepuu Oy 2009.)

4 YLEISIÄ CNC-KONEISTUKSEN TEHOSTAMISKEINOJA

CNC-koneistusta voidaan tehostaa monella tapaa, joista monikaan ei vaadi ymmärrystä varsinaisesta CNC-ohjelmoinnista tai koneistamisesta. Hyvin yksinkertaisia asioita, joita jokainen voi tehdä CNC-koneistuksen tehostamiseksi, ovat esimerkiksi työympäristön siisteydestä huolehtiminen, terien pitäminen järjestyksessä, terien toimittaminen teroitukseen tarvittaessa, sekä oman työn suunnittelu. (Isku Teollisuus Oy 2007.)

Siisti työympäristö tehostaa työskentelyä monella tavalla. Tavaroiden ollessa järjestyksessä niiden etsimiseen kuluva aika vähenee, työntekijä ei turhaudu ylimääräiseen säätämiseen, ja työturvallisuus paranee merkittävästi (KUVIO 3). Voidaan miettiä kuinka suureksi aseteaika kasvaa, jos ainoa koneen tunteva henkilö jää sairauslomalle satuttaessaan itsensä koneen ääressä lojuviin tavaroihin tai nippuihin.



KUVIO 3. Jigit ovat hyllyssä ja niput työskentelyalueen lähetyvillä

Työympäristön siisteyttä voidaan parantaa varsin helposti. Hyvin yksinkertainen ja yleensä toimiva tapa on varata joka päivä 15–30 minuuttia työpäivän lopusta siivoukseen. Kun työntekijälle annetaan mahdollisuus irtautua kappaleiden ajosta ja siivota, pysyy työpiste yleensä siistinä. (Isku Teollisuus Oy 2007.) Vaihtoehtoisesti voidaan suorittaa viikkosiivous jos purunpoisto on kunnossa, eikä jätettä pääse kohtuuttomasti kertymään.

4.1 Järkevät ohjelmointitavat

Koneistusta voidaan tehostaa myös suoraan CNC-koneelta, esimerkiksi muokkaamalla ohjelmaa. Jo ohjelmaa tehtäessä kannattaa kaikki työstöt suunnitella siten, että työkalunvaihtojen määrä on mahdollisimman alhainen, sekä pakolliset työkalunvaihdot tapahtuvat mahdollisimman nopeasti. Luonnollisesti kaikki samalla työkalulla tapahtuvat työstöt kannattaa tehdä kerralla, jos mahdollista, eikä siten, että samaan työkaluun joudutaan palamaan vielä toistamiseen saman työstön aikana. (Kolehmainen 2008.)

Varsinainen työstäminen kannattaa suorittaa niin nopeasti kuin mahdollista. Terien pyörimisnopeudet, ja sitä kautta syöttönopeudet, antavat kuitenkin omat rajoitteensa, kuten myös mahdollinen laadun kärsiminen. Käytännössä koneistaja itse määrittelee sen viimeisen, tarkan syöttönopeuden. (Lehtinen 2008.)

Myös työkalun siirtymiseen kuluvalle ajalle on merkitystä. Terän siirtymiseen kuluva aika kannattaa pyrkiä minimoimaan jo ohjelmaa tehdessä, mutta käytännössä nopein tapa selviää vasta kappaletta työstettäessä, sillä kaikki CAM-ohjelmat eivät tunne kaikkien koneiden ominaisuuksia perinpohjaisesti. (Korvenranta 2008.)

Asiaa kannattaa kuitenkin miettiä jo suunnitteluvaiheessa. Mikäli työstöt, ja sitä kautta terien siirtymiset tapahtuvat sattumanvaraisessa järjestyksessä, kasvavat myös asetussajat, kun ohjelmaa aletaan muokata loogisemmaksi. Jos koneen käyttäjä tietää käytettävän työstöohjelman olevan lähtökohtaisesti huono, madaltaa se myös mielenkiintoa oman työn tehostamiseen, varsinkin jos kyseessä on urakkapalkkaus.

Työstöohjelmaan kannattaa myös liittää huomautuksia tai ohjeita. Näin etenkin jos koneenkäyttäjää on useita, tai ohjelmassa on paljon muuttujia. Tällöin käyttäjältä ei kulu työaikaa ohjelman toimintaan tutustumiseen, vaan käyttäjä tietää heti mitä ottaa huomioon ohjelman käytössä. Ovien työstössä ohjeena voisi olla esimerkiksi tieto, mitä dimensioita samalla ohjelmalla voidaan työstää.

4.2 Aseteenteon merkitys

Yksi suurimpia ajankuluttajia CNC-koneistuksessa on asetteiden tekeminen. Tätä vaihetta voidaan tehostaa pitämällä työkalut, jiggit, imutiilet ja terät järjestyksessä (Nousiainen, 2006, 8). Aseteaikoja kannattaa miettiä jo konetta ostettaessa, esimerkiksi suuri työkalunvaihtaja tai automaattisesti paikoittavat imutiilet vähentävät aseteaikoja merkittävästi. Mikäli kone on jo olemassa, kannattaa sarjakoot pyrkiä pitämään mahdollisimman suurina. (Sormunen, 2006, 35.)

Jos yritys ajaa useita erilaisia kappaleita ja pieniä sarjoja, menee sarjojen välissä jopa puoli tuntia kun asetetta vaihdetaan. Puoli tuntia on kuitenkin vielä varsin kohtuullinen aika, joskus tämä aika kuluu pelkästään oikean terän etsimiseen. Vuositasolla puolituntinenkin alkaa näkyä yrityksen kuluissa (Nousiainen, 2006, 47). Jos yritys toimii kahdessa vuorossa, ja molemmissa vuoroissa asetetta vaihdetaan kaksi kertaa, tulee vuodessa kustannuksia lähes 9 000€ jos yritykselle työtunti maksaa 20€.

Voidaankin miettiä, kuinka suureksi kustannus nousee, jos aikaa menee enemmän kuin puoli tuntia, tai jos yrityksessä on esimerkiksi kymmenen CNC-konetta. Ovien työstössä aseteentekoaika pysyy yleensä kohtuuden rajoissa, sillä työstössä käytettävät terät ovat pääsääntöisesti samoja. Ovet myös yleensä kiinnitetään imutiilillä, joten jigejä ei tarvitse vaihtaa. (Virepuu Oy 2008.) Imutiilien paikkojen määrittäminen on myös melko nopeaa tai parhaassa tapauksessa automaattista.

Yrityksen kannattaa myös luoda järjestelmä, jossa vakiotuotteiden koneistustiedot on kirjattu muistiin. Kun koneenkäyttäjä vaihtaa asetetta, käy hän tulostamassa tietokoneelta paperin, josta selviää kaikki oleellinen tuotteen työstämisestä. Näitä asioita ovat esimerkiksi käytettävät terät, terien paikat koneessa, millä nimellä ohjelma löytyy koneelta, mitä jiggiä käytetään ja mahdolliset muut huomautukset. (Isku Teollisuus Oy 2007.)

4.3 CAM-ohjelmalta vaadittavat ominaisuudet

CNC-konetta ohjataan numeerisesti geometria ja teknologiakäskyillä, joista muodostuu koodi, jota kone ymmärtää (Pikkarainen, 1990, 5). Tämän koodin tuottamiseen on tehty paljon erilaisia CAM-ohjelmia. Erityisen CAM-ohjelman ostaminen ei ole läheskään aina välttämätöntä, sillä koneen mukana tulee yleensä jokin valmistajan oma ohjausohjelmisto.

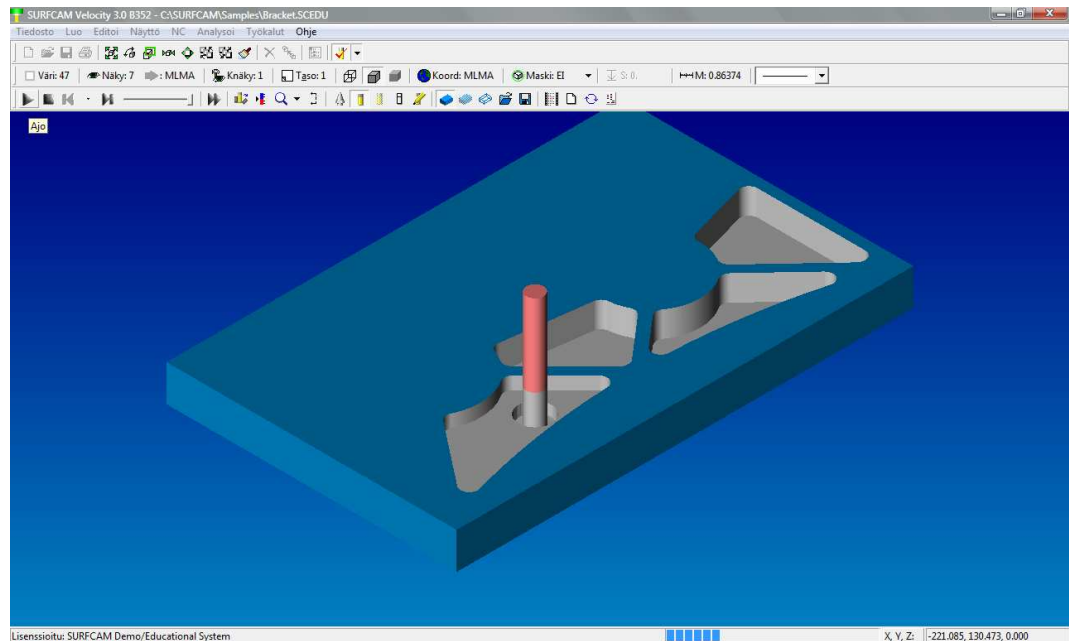
Monesti jos koneen mukana toimitetaan laadukas ohjaustyökalu, saattaa tämä olla jopa parempi kuin erikseen ostettu CAM-ohjelma. Erityiset CAM-ohjelmat eivät aina tunne työstämiseen käytettävän koneen kaikkia ominaisuuksia. Ongelmia saattaa syntyä esimerkiksi, jos koneessa on kaksi työstöpäätä, joilla on tarkoitus tehdä vuoroittaisia työstöjä. (Korvenranta 2008.)

Erillinen CAM-ohjelma puolustaa kuitenkin paikkaansa, jos käytössä on useiden eri valmistajien työstökeskuksia. Ostamalla erillinen CAM-ohjelma voidaan kaikkien näiden koneiden ohjelmointityö suorittaa yhdellä ohjelmistolla (Isku Teollisuus Oy 2007). Lisäksi kun käytössä on vain yksi ohjelma, on esimerkiksi ohjelmoijan vaihtuessa uudella ohjelmoijalla vähemmän opeteltavaa.

Jos ohjelmointityö suoritetaan muualla kuin koneen ääressä, on ohjelmassa suotavaa olla simulaatioajon mahdollisuus. Tällä mahdollistetaan koeajojen suorittaminen tietokoneen ruudun ääressä, eli ohjelma näyttää kuinka työstökeskus tulee kappaleen jyrsimään. Sen lisäksi, että koeajojen suorittaminen etänä on mahdollista, vähentää simulaatioajo myös vahinkojen määrää.

Kun tiedetään etukäteen, kuinka kone tulee liikkumaan käytännön ajossa, vältetään inhimillisestä virheestä johtuvat vialliset kappaleet tehokkaasti. Ilman simulaatioajoa toimivissa ohjelmissa saattaa syntyä suurtakin vahinkoa esimerkiksi ruutuun jääneen ylimääräisen ruksin takia. Kalliin ovaihion ollessa kyseessä tämä ei ole toivottavaa.

3D:nä toimivissa ohjelmissa voidaan kappaletta katsella monelta sivulta (KUVIO 4). Ovien työstössä tästä ominaisuudesta on hyötyä esimerkiksi sarananpaikkoja ohjelmoitaessa. Ohjelmoijan ei tarvitse arvailla onko työstön suunta oikea, kun kappaletta voidaan kääntää ja katsoa mihinkä sarananpaikka työstetään.



KUVIO 4. SurfCAM:lla suoritettu simulaatioajo (SurfCAM 2008)

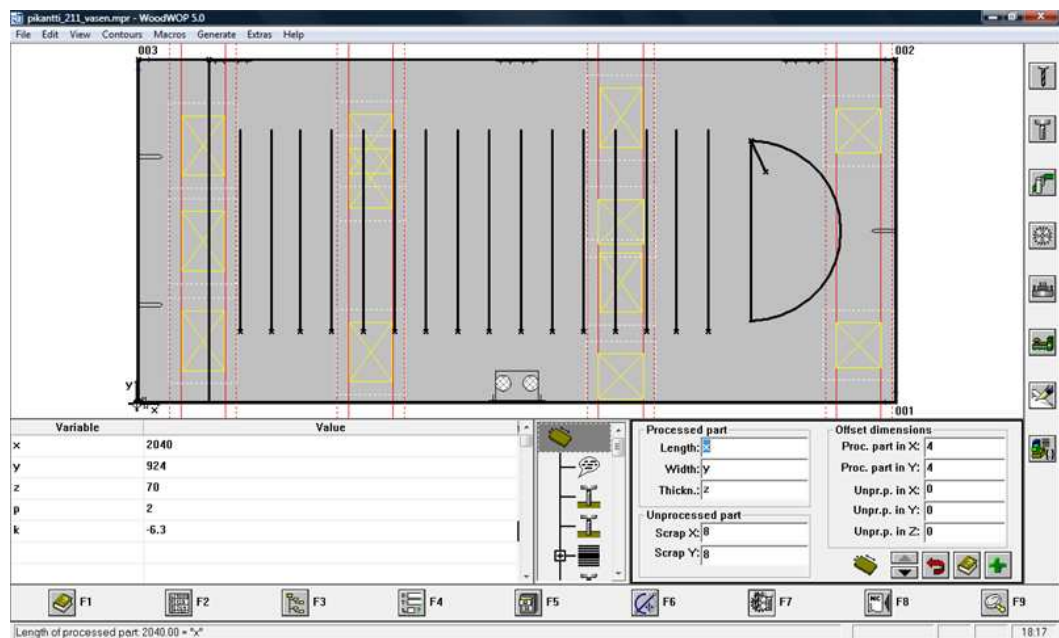
Työstön optimointia puolestaan helpottaa, jos ohjelma osaa kertoa kauanko työstössä kestää. Tämä ominaisuus ei ole kaikissa ohjelmissa itsestään selvyyttä, esimerkiksi WoodWOP-ohjelmistosta tätä ominaisuutta ei löydy. WoodWOP kuitenkin ymmärtää parametreja, mikä on hyvän ohjelman edellytys ovien ohjelmoitaessa.

WoodWOP:ssa (KUVIO 5) on kuitenkin unohdettu oleellisesti ohjelmointia helpottavia asioita. Tällainen on esimerkiksi työstöjen kopiointin varsin rajallinen hyödyntämismahdollisuus. Jos työstettävässä kappaleessa on paljon identtisiä työstöjä, esimerkiksi kymmenen vaakaviivaa ulko-oven pinnassa, joudutaan viivojen ohjelmoimiseksi tekemään suhteettoman paljon työtä.

Työstö voidaan kopioida ja liittää, mutta kaikki työstödataan liittyvät määrytykset täytyy muuttaa manuaalisesti kopiointin jälkeen. Työstöä ei voida siis määrätä siirtymään tai kopioitumaan esimerkiksi 100 mm päähän, mikäli ajo tapahtuu

keskilinjan mukaan. Työstöjä täytyy olla ruudulla kymmenen, joista jokaiseen tehdään muutokset manuaalisesti (Kettunen 2008). Jos ohjelmaa käyttää joka päivä, yksinkertaisiin asioihin menee vuositasolla huomattavasti aikaa.

Ohjelman olisi myös hyvä ymmärtää tasojen merkitys. Käyttämällä erillisiä tasoja, joille määrittämiä tehdään, pysyy työstöohjelma huomattavasti selkeämpänä. Näin voidaan toimia esimerkiksi tilanteessa, jossa yhdelle tasolle tuodaan valmis CAD-kuva, ja toiselle tasolle tehdään CAD-kuvan päälle työstörata- ja työkalumäärittäykset. Tästä saadaan myös se etu, että varsinainen työpiirustus ja CNC-ohjelma kulkevat samassa tiedostossa (Pikkarainen, 1990, 15).



KUVIO 5. WoodWOP:ssa toistuvien työstöjen luonti on hidasta, ja ohjelmointi tapahtuu ainoastaan 2D-näkymässä (WoodWOP 2008)

Vaikka työstöohjelmaan ei voitaisi luoda erillisiä tasoja, on kuitenkin toivottavaa, että ohjelmaan voidaan tuoda erillisiä DXF, tai muita CAD-tiedostoja. Tästä on hyötyä esimerkiksi tilanteessa, jossa asiakas haluaa erikoiskuvioiden mittatilausoven, ja työstöradat täytyy saada luotua. Tällöin kuviointi voidaan piirtää CAD-ohjelmalla ja esimerkiksi WoodWOP:ia varten voidaan luoda jopa valmiit työkalumäärittäykset jo CAD:in puolella (Silver 2008).

Tuomalla kuvat DXF:nä voidaan mittatilausovet muokata helposti toisen työstöohjelman päälle, johon muut määrytykset on jo tehty. Ohjelmasta poistetaan esimerkiksi ainoastaan pintakuviointi ja tuodaan CAD:stä toinen kuviointi tilalle. (Lehtinen 2008). Näin erikoistilauksesta ei aiheudu kohtuuttomia kuluja ohjelmoinnin osalta.

Loppujen lopuksi ovien ohjelmoinnissa pärjätään siis melko yksinkertaisilla työkaluilla. Kun tehtaan perusmallistoon on työstöohjelmat olemassa, jatkossa CAM-ohjelman tarve riippuukin lähinnä koneiden ja erikoistilausten määrästä. Jos ohjelmointia suoritetaan päivittäin, kannattaa laadukkaan CAM-ohjelman ostamista vakavasti harkita.

4.4 Terähuollon järjeistämisen

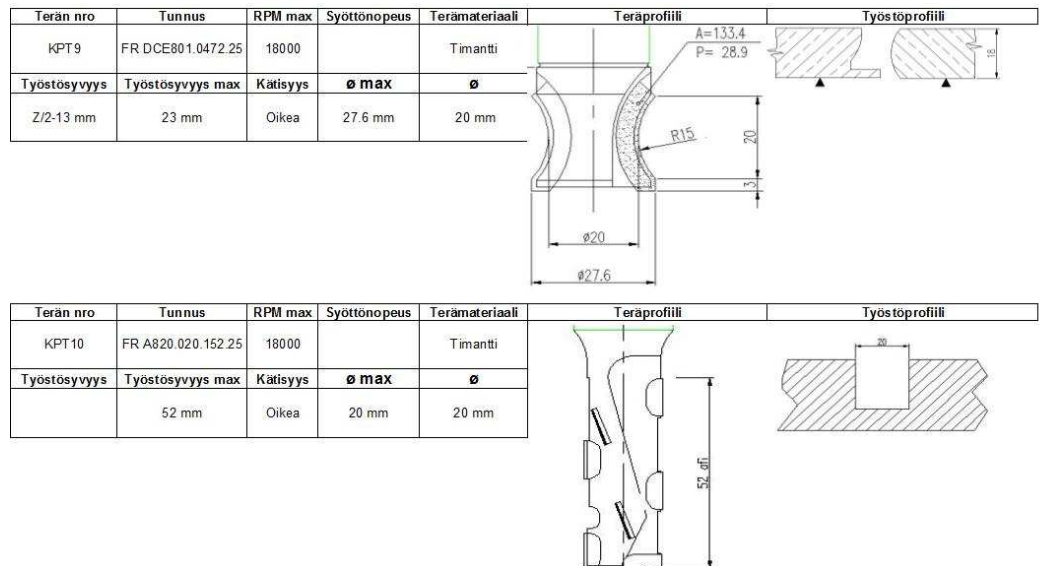
Oleellisesti aseteaikaan vaikuttava tekijä on terien pitäminen järjestyksessä ja käyttökuntoisina. Kun terien käytöstä on olemassa selkeä järjestelmä, koneenkäyttäjän aika ei kulu terän etsimiseen. Kun terä lopulta löytyy, saattaa se lisäksi olla tylsä tai vahingoittunut (Korvenranta 2008).

Tämän kaltaisten ongelmien välttämiseksi teristä kannattaa luoda kirjasto, johon on listattu kaikki yrityksen käyttämät terät. Pelkkä terien numerointi ja listaaminen tietokoneelle ei kuitenkaan riitä, lisäksi tarvitaan selkeät hyllypaikat ja toimintaohjeet siitä miten terien kanssa toimitaan (Korvenranta 2008).

Näitä ohjeita voivat olla esimerkiksi mihin viedä vialliset terät, miten informoida muita siitä, millä koneella terä on käytössä, tai missä on kunkin terän hyllypaikka. Lisäksi on järkevää nimittää joku yksittäinen työntekijä, joka esimerkiksi kerran viikossa tarkastaa terähuoneen. Tällä tavoin terähuone ei milloinkaan joudu niin suureen sekasortoon, että luotu toimintaympäristö ei enää toimi. (Korvenrannan Puusepäntehdas Oy 2008).

Terähuollon järkeistäminen kannattaa aloittaa, kun teriä on yrityksellä vielä kohtuullinen määrä. Jos teriä on 200, on työ suurempi ja sen aloittaminen yleensä niin hankalaa, että se jää tekemättä (Korvenranta 2008). Yksinkertaisinta on kuitenkin pyytää valmistajilta kuvat halutuista teristä, tai jos kuvia ei ole saatavilla, piirtää ne itse.

Terien piirustuksista on merkittävää hyötyä, kun työntekijä yrittää etsiä oikeata terää terähuoneesta. Kun teristä piirretään kuvia, on järkevää antaa terille heti jokin tunnus, jolla teriä tullaan jatkossa merkitsemään. Valmiit kuvat ja tunnuksot voidaan lisätä esimerkiksi Excel-taulukkoon (KUVIO 6). (Korvenrannan Puusepäntehdas Oy 2008).



KUVIO 6. Esimerkki Excelillä toteutetusta teräkortista (Korvenrannan Puusepäntehdas Oy 2008)

Taulukkoon kannattaa laittaa vain terän kannalta oleelliset tiedot. Näitä tietoja voivat olla esimerkiksi suurin sallittu pyörimisnopeus, työstössä yleensä käytetty syöttönopeus, terän kätisyys, tai terän tavallisimmat CNC-koneelle kerrottavat mittatiedot. (Korvenranta 2008.)

Kun terät on listattu Exceliin, voidaan terän varteen kaivertaa laserilla vastaava numero (KUVIO 7), kuin Excelissä. Tätä samaa numeroa voidaan hyödyntää myöhemmin myös teriä lajiteltaessa hyllyihin. Kun numero löytyy sekä Excelistä,

hyllynreunasta, sekä itse terästä, on terien löytäminen yleensä helppoa ja aseteajat vähenevät, jos kaikki noudattavat järjestelmää. (Korvenrannan Puusepäntehdas Oy 2008).



KUVIO 7. Terään on laserilla kaiverrettu yrityksen terälle antama tunnus KPT 22

Numeroidulle ja listatuille terille kannattaa suunnitella hyllyt, joissa terät voidaan pitää juoksevassa numerojärjestyksessä. Näin terän hyllypaikka on helppo etsiä. Vastaavasti terät kannattaa luokitella Excelissä kahdella tavalla, juoksevassa numerojärjestyksessä, sekä terän profiilin mukaan. (Korvenrannan Puusepäntehdas Oy 2008).

Esimerkiksi kaikki pyöristysterät on järkevää laittaa peräkkäin, jottei työntekijän tarvitse selata koko teräluetteloalusta loppuun. Vastaavasti, jos työntekijä löytää ensin terän, ja haluaa tämän jälkeen tarkastaa terän tietoja, on teräluettelo hyvä pitää myös numerojärjestyksessä. (Korvenrannan Puusepäntehdas Oy 2008).

Varsinaiset terähyllyt kannattaa laittaa hieman vinoon jos mahdollista (KUVIO 8). Tämä helpottaa perimmäisten terien ottamista, tavara ei pääse kertymään hyllyihin, ja terät ovat selkeämmin esillä. Lisäksi on järkevää varata muutama suora hylly esimerkiksi teroitukseen meneville terille. (Korvenrannan Puusepäntehdas Oy 2008.)



KUVIO 8. Hyllyt ovat hieman vinossa, ja jokaiselle terälle on vaneripidikkeellä rajattu tasku

Lisäksi terähuoneessa tulee olla järjestelmä, josta työntekijät tietävät millä koneella terät ovat käytössä. Yksi tällainen tapa on luoda kortteja, joita voidaan asettaa terähyllyyn tyhjälle paikalle. Tämä järjestelmä edellyttää kuitenkin kaikilta sitoutumista, ja saattaa käytännössä osoittautua epävarmaksi. (Korvenrannan Puusepäntehdas Oy 2008). Huolehtimalla terähuollosta edellä mainituilla tavoilla, päästään yleensä melko hyvään lopputulokseen; terät löytyvät helpommin, päätyvät tylsyytyään nopeammin teroitukseen, ja aseteajat pienenevät.

5 CNC-KONEELTA VAADITTAVAT OMINAISUUDET

Tilanteessa, jossa pääsääntöisesti valmistettava tuote on tiedossa, kannattaa CNC-konetta ostettaessa miettiä, minkälaiset vaatimukset CNC-koneen tulee täyttää. Jos kyseessä on tasomainen kappale, esimerkiksi melamiinipintainen kaapinsivu, tarvitaan sen työstöön ominaisuuksiltaan selvästi erilainen kone, kuin viilutetun muotopuristeen koneistukseen.

Lähtökohtaisesti kannattaa ajatella, riittääkö työstössä kolmiakselikone mahdollisine C-akseleineen, vai tarvitaanko työstössä neljä-, tai jopa viisiakselikonetta. Myös karalaatikon ja työkalunvaihtajan kokoa, sekä imupöydän kiinnitystapaa on hyvä miettiä. Jos porauksia tulee paljon, kuten kaapinsivussa, on karalaatikon hyvä olla suuri. Jos taas kappaleeseen ajetaan useita erilaisia profiileja ja muotoja, tulee työkalunvaihtajassa olla riittävästi kapasiteettia. (Korvenranta 2008.)

5.1 Akseleiden määrän merkitys ovien työstämisessä

Kun kyseessä on ulko-ovi, tiedetään, että työstö tapahtuu tasomaisille kappaleille. Tämä on lähtökohtaisesti hyvä tilanne, sillä tasomaiset kappaleet vaativat yleensä vähemmän akseleita. Tämä taas on etu konetta ostettaessa, sillä neljäs ja viides akseli nostavat koneen hintaa, ja tekevät ohjelmoinnista haastavampaa (Korvenranta 2008).

Ulko-ovessa on kuitenkin myös koneistuksia, jotka täytyy tehdä vaakatasossa, joten pelkästään kolme akselia eivät yksinään riitä oven työstämiseen. Valmistajat kuitenkin helpottavat tilannetta myymällä koneisiin erilaisia lisävarusteita, aggregaatteja.

5.1.1 Kolmiakseliset koneet

Kolmiakselisissa koneissa koneen liike tapahtuu nimensä mukaisesti kolmessa suunnassa. Kolmiakselinen kone olisi myös oven työstössä täysin riittävä, jos oven saranat, lukkopesät, sekä muut poraukset tehtäisiin muuten kuin CNC-koneella. Tämä ei kuitenkaan ole järkevää mikäli CNC-kone on käytettävissä. Tästä syystä CNC-kone voidaan varustaa C-akselilla, joka kompensoi neljännen ja viidennen akselin puutetta (Vahter 2006).

5.1.2 C-akseli

Koneisiin, jotka ovat varustettu C-akselilla, voidaan lisätä erilaisia aggregaatteja, jotka mahdollistavat esimerkiksi vinojen porausten tai vaakatasossa tapahtuvien jyrsintöjen työstön. Ovien työstäminen järkevästi ilman C-akselia on käytännössä mahdotonta.

Aggregaatteja on olemassa lukemattomia määriä erilaisiin tarkoituksiin, ja kolmiakselikoneen varustelu aggregaateilla onkin monesti järkevämpää kuin neljä- tai viisiakselikoneen ostaminen. Esimerkiksi vaakaporausyksikön hinta on noin 3 000 euroa, sen sijaan neljäs akseli saattaa tuoda koneen hintaan kymmeniätuhansia euroja lisää. (Hara 2009.)

5.1.3 Kääntyvä työstöpää

C-akseliin voidaan liittää aggregaattina kääntyvä työstöpää (KUVIO 9), jolla mahdollistetaan poraukset ja jyrsinnät erilaisissa kulmissa. Tällainen on esimerkiksi Homagin markkinoina Flex5. Kääntyvä työstöpää puolustaa paikkaansa työstöissä, joissa jyrsinnän tai porauksen täytyy tulla tiettyyn kulmaan, ja kulmaa ei voida toteuttaa esimerkiksi terävalinnoilla. (Rantalainen 2009.)

Ovien työstämisessä kääntyvää työstöpäätä voidaan hyödyntää saranoiden tai lukkopesien porauksessa. Ohjelmoimalla työstöpää kääntymään vaakatasoon

voidaan jyrsiä lukkopesät ja saranoiden paikat, sekä mahdollisesti muut vinoon tulevat työstöt.



KUVIO 9. Kääntyvä työstöpää Flex5

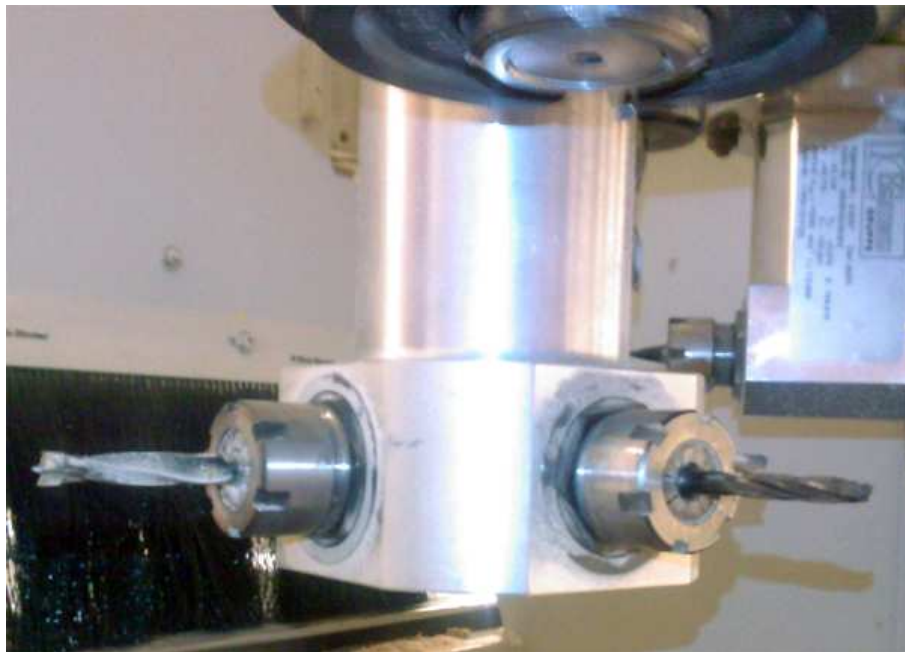
Kääntyvän työstöpään heikkoutena voidaan kuitenkin pitää hankalaa työkalunvaihtoa, työstöpäähän ei saada kerralla kuin yksi työkalu kiinni. Tämä puolestaan kasvattaa työstämiseen kuluvaan aikaan, kun työkalunvaihtojen määrä kasvaa (Kettunen 2008). Vaikka koneella olisi mahdollisuus suorittaa muita työstöjä työkalunvaihdon aikana, ei se kuitenkaan ole mielekästä esimerkiksi sarananpaikan työstössä, joka vaatii kaksi tai kolme eri työkalua.

Heikkoutena voidaan pitää myös ominaisuutta, joka ei salli terän kallistamista työstön aikana, vaan jyrshintä tapahtuu aina samassa ennalta määrättyssä kulmassa. Ovien työstämisessä tällä ei kuitenkaan ole merkitystä. Flex5:n käyttäminen myös sulkee kelluvan ohjainrenkaan käyttämisen pois yhteensopivuusongelmien takia. Flex5:n hinta on 11 500€, joten se on selvästi kallimpi kuin vaakaporausyksikkö. (Rantalainen 2009.)

5.1.4 Vaakaporausyksikkö

Vaakaporausyksikkö (KUVIO 10) tekee nimensä mukaisesti poraukset ja jyrsinät vaakatasossa. Tavallisesti vaakaporausyksikköön voidaan liittää neljä työkalua, joita voivat olla esimerkiksi pyörösaahanterä, poranterä, tappijyrsin ja profiiliterä. Vaakaporausyksikön käyttö on järkevä tapa toteuttaa oven lukkopesän ja saranoiden paikat.

Koska vaakaporausyksikkö on asennettuna C-akseliin, voidaan sitä pyörittää 360° mikä mahdollistaa erittäin nopean työkalunvaihdon. Saranoita työstettäessä yksikköön voidaan asentaa yhdelle sivulle neljä poranterää, jotka poraavat yhdellä kerralla saranoiden vaatimat neljä reikää. Seuraavaksi yksikön tarvitsee vain pyörähtää 90° ja seuraava työkalu on käytössä.



KUVIO 10. Vaakaporausyksikkö, johon voidaan kiinnittää työkalu neljälle sivulle

Kolmelle vapaaksi jäävälle sivulle voidaan asentaa oikea- ja vasenkätiset vaihtoplaterät sarananpaikkojen työstöön, ja viimeiseen paikkaan spiraalirouhintajyrsin lukkopesän työstöön. Käytännössä siis työkalun vaihtoon kuluva aika jää hyvin lyhyeksi, kun yksikön pyörähdys tapahtuu samalla kun yksikkö siirtyy paikasta toiseen, eli esimerkiksi ensimmäiseltä sarananpaikalta toiselle.

5.1.5 Neljä- ja viisiakseliset koneet

Vaikka viisiakselisuus on periaatteessa välttämättömyys ovien työstämisessä, ei CNC-koneen varustaminen suoranaisesti viidellä akselilla ole yleensä kannattavaa. Neljä- ja viisiakselisilla koneilla voidaan toteuttaa ilman erillisiä aggregaatteja samat työstöt, kuin C-akselilla varustetulla kolmiakselikoneella, mutta koneiden hinta on merkittävästi suurempi. (Rantalainen 2009.)

Joissakin ovitehtaissa viisiakselisuutta hyödynnetään tarvittaessa lisätoimintona. Varsinainen ovien työstäminen tapahtuu kaksipäisellä kolmiakselikoneella, mutta mikäli ovi vaatii viisiakselista työstöä, on koneessa erillinen robottipää mikä suorittaa jyrsinän. (Korvenranta 2008.)

Ovien työstössä neljä- tai viisiakselisuutta tarvitaan lähinnä lukkopesän ja saranapaikkojen koneistukseen. Viisiakselikoneessa työkalunvaihto vie yleensä kuitenkin enemmän aikaa kuin C-akselia ja vaakaporausyksikköä käytettäessä. Lisäksi hintaero on melko suuri. (Rantalainen 2009.)

5.2 Työkalunvaihtaja

Kappaleen kiinnittämisen ohella toinen koneistamiseen kuluvaan aikaan merkittävästi vaikuttava tekijä on CNC-koneen työkalunvaihtaja. Työkalunvaihtajan nopeus vaikuttaa koko koneen tehokkuuteen. Melko yleisesti käytetty tapa on suorittaa työstö koneella, odottaa kun kone käy vaihtamassa työkalua, ja jatkaa työstöä. Tämä ei kuitenkaan ole millään lailla järkevää tai suositeltavaa, jos mittarina on tehokkuus.

Optimaalissa tilanteessa kone suorittaa vaihtamisen samalla kun kone jyrsii, mutta käytännössä tämä lisää investointikustannuksia, ja asia pitää osata ottaa huomioon jo konetta ostettaessa. Jos koneessa on kaksi työstöpäätä, voidaan eri työstöpäihin laittaa vuorotellen tarvittavia työkaluja. Tällä tavoin vaihto tapahtuu aina kun toinen työstöpää tekee työtä. Toisaalta kahden työstöpään ostaminen pelkästään

työkalunvaihdon takia ei välttämättä kannata, vaan molempia työstöpäitä pitäisi pystyä hyödyntämään samanaikaisesti. (Korvenranta 2008.)

Tähän on yhtenä ratkaisuna työstöpää, jossa on kiinteä työkalu. Koneessa on siis erillinen vaihtaja, joka vaihtaa työkalun normaalisti, mutta lisäksi on työstöpää johon voidaan asentaa manuaalisesti haluttu työkalu. Näin mahdollisestaan jyrshintä kiinteällä työstöpäällä samanaikaisesti, kun varsinainen vaihtaja vaihtaa työkalua. Kiinteään päähän kannattaa laittaa esimerkiksi spiraalirouhintajyrshintä, timanttitappi, tai muu paljon käytetty terä, työstettävästä materiaalista riippuen. (Kettunen 2008.)

5.2.1 Lautasvaihtaja

Lautasvaihtajassa työkalut on sijoitettu kehälle erilliseen työkalumakasiiniin. Lautasvaihtajaan mahtuu tavallisesti 10-18 työkalua, mutta määrää ei ole mitenkään rajattu. Biesse valmistaa jopa vaihtajaa, jossa lautasia on useita päällekkäin. Vaihtajaan voidaan vaihtaa työkaluja koneen käydessä, ja näistä kone käy valitsemassa haluamansa työkalun (KUVIO 11). (Biesse 2009.)



KUVIO 11. Useita lautasvaihtajia päällekkäin (Biesse 2009)

Tehokkaassa versiossa lautasvaihtaja kulkee kokoajan työstöpään rinnalla, ja työkalunvaihto tapahtuu nopeasti lennossa. Tässäkin ongelmana on edelleen koneen seisahtuminen työkalunvaihdon ajaksi, mikäli työstöpäitä on vain yksi. Lautasvaihtajan etuna voidaan pitää toimintavarmuutta, sekä nopeaa työkalujen poistoa tai lisäämistä makasiiniin. Terää vaihdettaessa ei tarvita enää erillisiä työkaluja, vaan terä laitetaan istukoineen makasiiniin oikealle paikalleen. (Korvenrannan Puusepäntehtas Oy 2008.)



KUVIO 12. 12-paikkainen lautasvaihtaja

Tästä taas on apua jos ajettavana on esimerkiksi suuri sarja ovia ja terä kuluu loppuun tai hajoaa. Tällöin ajo tarvitsee keskeyttää ainoastaan muutamaksi sekunniksi, kun uusi terä istukoineen lyödään makasiiniin ja työstäminen voi jatkua. Lautasvaihtaja (KUVIO 12) on myös kapasiteetiltaan sopiva ovien työstämiseen.

5.2.2 Revolverivaihtaja

Revolverivaihtajassa (KUVIO 13) terät on sijoitettu suoraan jyrsinpäihin, jotka ovat pystysuoralla kehällä. Vaihtaja siis pyörii samalla lailla kuin revolverin rulla. Jollei revolvereita ole kahta kappaletta, jyrsii ainoastaan yksi työkalu kerrallaan. Revolverivaihtajassa vaihto tapahtuu melko nopeasti, koska varsinaista vaihtoa ei tarvitse tehdä, revolveria ainoastaan pyöräytetään sopivan työkalun kohdalle. (Pikkarainen, 1999, 46).



KUVIO 13. Revolverityyppisellä vaihtajalla varustettu neliakselikone

Revolverin koko ja työkalukapasiteetti on yleensä hyvin rajallinen. Tämä johtuu revolverin koon kasvamisesta, jos työkaluja lisätään merkittäviä määriä. Ovien työstön kannalta revolverin käyttö on mahdollista, mutta ei välttämättä järkevin vaihtoehto. Revolverissa kiinni olevat työkalut altistuvat myös enemmän

materiaalista lähtevälle pölylle ja lialle kuin muita vaihtaja käytettäessä, sillä yleensä puru kulkeutuu huvasta revolverin rullan kautta putkistoon. (Isku Teollisuus Oy 2007.)

5.2.3 Ketjuvaihtaja

Ketjuvaihtajan etuna voidaan pitää lähes rajattoman kokoista työkalunvaihtajaa. Työkalut ovat kytkettyinä ketjutyypiseen työkalumakasiiniin, joka kiertää työkalunvaihtajan kohdalle kun tietty työkalu halutaan ottaa käyttöön (KUVIO 14). Yhteen ketjuun voidaan kytkeä jopa 100 työkalua, ja ketjuja voi olla jopa viisi rinnakkain (Pikkarainen, 1999, 47).



KUVIO 14. Ketjuvaihtaja 15 työkalulle (Biesse 2009)

Ketjuvaihtajasta on enemmän hyötyä kuitenkin metallin kuin puun työstössä. Varsinkin ovien työstössä ketjuvaihtaja olisi reilusti ylimitoitettu tarpeeseen

nähdessä. Ovien työstössä voidaan pärjätä parhaimmillaan vain seitsemällä eri työkalulla, joten ei ole mielekästä varustaa konetta sadan työkalun makasiinilla.

Mikäli ketjumakasiini toteutettaisiin pienemmässä mittakaavassa, voitaisiin sillä kuitenkin päästä hyvin nopeaan työkalunvaihtoon optimoimalla käytettävien työkalujen järjestys. Ovien työstössä työkalut asetettaisiin siis siihen järjestykseen, mitenkä työstäminen tullaan suorittamaan. Tämä on toki mahdollista myös lautasvaihtajan ja revolverin kanssa.

Ketjuvaihtajassa tulee huomioida myös työkalujen koko, ovien ympäriajoterät ovat painavia ja halkaisijaltaan melko suuria. Ketjuvaihtaja joutuu siis pyörittämään melko suurta painoa. Ongelmia saattaa syntyä, jos ketju pääsee luistamaan (Markkanen 2009).

5.2.4 Muut vaihtoehdot

Edellä mainittujen menetelmien lisäksi tehokkaaseen lopputulokseen voidaan päästä myös menetelmällä, jossa varsinaisen jyrsinyksikön ja työkalumakasiinin väliin on asetettu erillinen vaihtaja. Näin koneen yhteydessä voitaisiin käyttää esimerkiksi ketju- tai lautasmakasiinia.

Vaihtajan ajatuksena olisi siis yksinkertainen pyörivä liike, kun kone suorittaa työstöä, vaihtaja valitsee makasiinista valmiiksi seuraavana käytettävän työkalun. Koneen pysähtyessä vaihtaja tarraa kiinni poistettavaan työkaluun, pyörähtää nopeasti 180^o samalla siirtäen vanhan työkalun makasiiniin ja laittaen uuden työkalun kiinni jyrsinyksikköön. (Markkanen 2009.)

5.3 Ulko-oviaihion kiinnittäminen koneeseen

Monesti CNC-koneistuksessa kohdattu ongelma on kappaleen kiinnittäminen koneeseen. Varsinkin pienemmillä kappaleilla tämä on ajoittain ongelma, ja ongelmat yleensä lisäävät aseteaikaa. Tästä syystä myös ovien kanssa kappaleen

kiinnittämiseen kannattaa paneutua huolella, jotta jatkossa kiinnitys olisi ongelmaton ja aseteajat lyhyitä.

Hyvä kiinnitystapa on nopea, kestävä, ja helposti erilaisille kappaleille mukautuva. Jos kappale lähtee työstämisen aikana irti, tästä aiheutuu kustannuksia ja pahimmassa tapauksessa työtaturma. Oviaihion ollessa kyseessä, kustannukset ovat melko korkeat. Yhdelle oviaihiolle tulee hintaa ennen CNC-koneistusta 80 euroa, joten vahinkoja kannattaa pyrkiä välttämään (Suuronen 2009).

5.3.1 Imutiilet

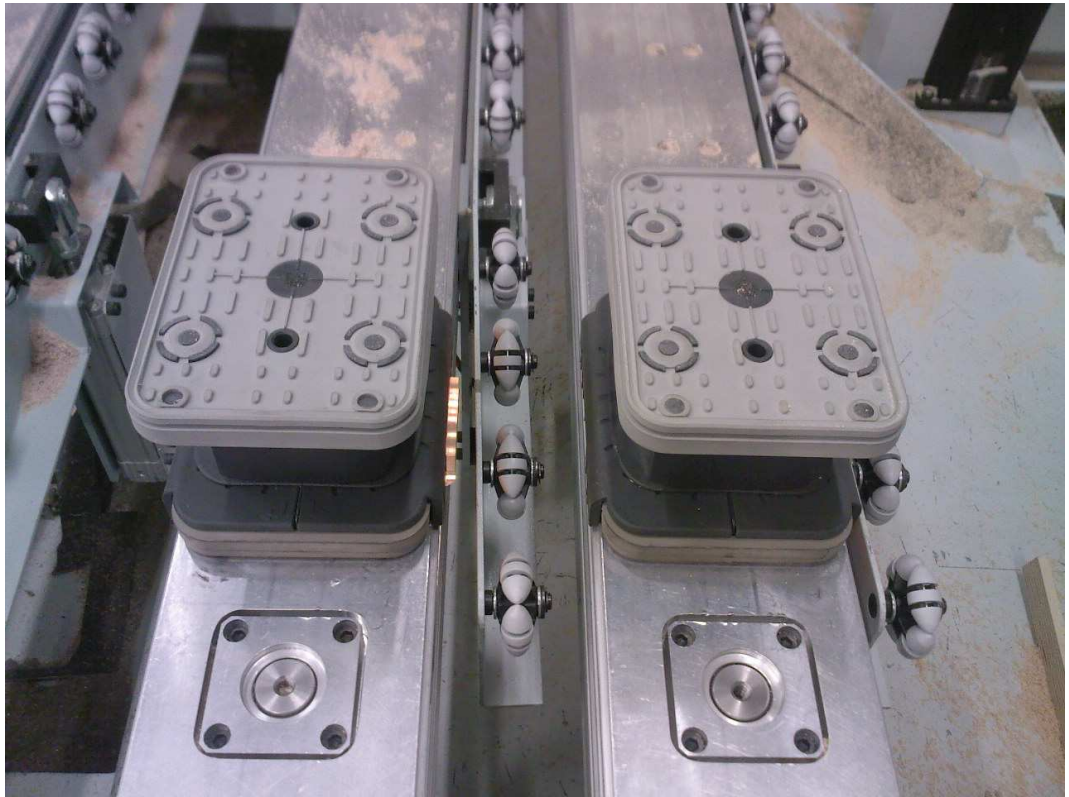
Ulko-ovia koneistettaessa imutiili on yksi parhaita tapoja kiinnittää kappale pöytään. Käyttämällä imutiiliä saavutetaan suuri etu, kun erillisiä jigejä ei pääsääntöisesti tarvita, ja asetteenteko aika pienenee. Imutiiliä on monia eri kokoja, ja tiilien paikat voidaan määrittää jo ohjelmaa tehdessä.

Uudemmissa CNC-koneissa on automaattisesti paikoittuva imupöytä EPS (Electronic Positioning System), eli imupalkit ja tiilet siirtyvät automaattisesti ohjelmassa määrättyihin paikkoihin. Kaikissa koneissa tätä ominaisuutta ei ole, mutta monissa koneissa on kuitenkin imupalkin kyljessä LED-valot, jotka ilmoittavat tiilen oikean paikan (KUVIO 15). Tämä taas vähentää vahinkojen määrää, kun tiedetään, että imutiili on poissa terän kulkulinjalta. (Sormunen 2006, 1.)

Jos imutiilet määritetään jo ohjelmaa tehdessä, voidaan imutiilille antaa myös omat parametrinsa. Näin oven mittojen muuttuessa, uudet imutiilien paikat määrittyvät automaattisesti parametreja muutettaessa. Tämä säästää aikaa, kun koneen käyttäjän ei tarvitse tutkia, mitenkä imutiilet tulisi sijoittaa.

EPS tuo koneelle lisähintaa noin 18 000 €, mikäli kone varustetaan kuudella palkilla. Jos koneeseen asennetaan kymmenen palkkia, on hinta jopa 30 000 € (Sormunen 2006, 34). Ovien työstössä kuusi palkkia on kuitenkin täysin riittävä

määrä. Toisaalta oviteollisuudessa EPS ei välttämättä ole kannattava, koska ovi on tasomainen kappale, jonka ulkomitat muuttuvat melko vähän.



KUVIO 15. Imutiilet LED-paikoituksella

Jos ovien työstöjärjestys vielä valitaan siten, että ulkomitoiltaan samanlaiset ovet ajetaan kerralla, ei imutiilien paikkaa tarvitse muuttaa kuin ikkuna-aukon kohdalta. Jos ovien tuotanto automatisoitaisiin niin pitkälle, että aihoiden tuonti koneelle tapahtuisi pinkkaus- tai syöttölaitteen avulla käsin syöttämisen sijaan, olisi EPS:n hankkiminen rinnalle mielekäästä.

5.3.2 Rasteripöytä ja paineilmapuristimet

Ovien työstössä rasteripöydästä ei saada suuria etuja, eikä sen käyttöä voida suositella, jos pääasiallinen tuote on ulko-ovi. Rasteripöydässä kiinnitys tapahtuu rajaamalla pöydästä kumitiivisteellä ala jonne alipaine kohdistuu (Isku Teollisuus Oy 2007). Mikäli ovia työstettäisiin tällä menetelmällä, tarvittaisiin erillinen jigi

tai rasterin pintaan ruuvattavat imutiilet. Jälkimmäinen menetelmä on hyvin hidas, jos tiiliä joudutaan siirtelemään esimerkiksi ikkuna-aukon paikan muuttuessa.

Rasteripöydässä kappale on ilman jiggiä tai imutiiltä aivan pöydän pinnassa kiinni. Kun terä jyrssi oven ympäriajoa, tulee tästä ongelma terän osuessa pöytään. Rasteripöydän eduksi voidaan kuitenkin lukea suuri imuala. Kappaleeseen saadaan kohdistumaan todella suuri alipaine, kun pöydästä voidaan rajata vaikka koko työstettävän kappaleen kokoinen imualue (Korvenranta 2008).

Paineilmapuristimia (KUVIO 16) käytettäessä kappaleen ulkokehälle asetetaan sylinterin päässä olevia puristimia, jotka painavat kappaleen pöytää vasten. Ovien työstössä paineilmasyylintereiden käyttö ei ole ympäriajon takia mahdollista, mutta karmien koneistuksessa paineilmapuristimet imutiilien kanssa ovat järkevä valinta. (Virepuu Oy 2008.)



KUVIO 16. Paineilmasyylinteri

Paineilmapuristin painaa kappaletta imutiiltä vasten suurehkolla voimalla samalla kun imutiili imee kappaletta itseään vasten. Tämä takaa erittäin hyvän pidon kappaletta ajettaessa. Paineilmapuristimien kanssa ongelmaksi voidaan mainita työtaturmat, sormet jäävät kiireessä hyvin herkästi puristimen alle. (Korvenranta 2008.)

6 TERIEN VALINTA JA OMINAISUUDET

Myös terävalinnoilla voidaan oleellisesti vaikuttaa syöttönopeuksiin, sillä pyörimisnopeus ja syöttönopeus kulkevat käsi kädessä. Jos syöttönopeutta lasketaan, on myös pyörimisnopeutta laskettava. Muuten terä pyörii paikallaan, alkaa kuumeta, ja sitä myöten tylsyy nopeasti ja tekee huonoa jälkeä (Lehtinen 2008). Jatkuva terien teroittaminen taas kasvattaa kustannuksia ja lisää aseteaikoja, kun teriä täytyy asentaa ja poistaa koneesta.

Terän pyörimisnopeuteen vaikuttavat Lehtisen mukaan seuraavat seikat:

- Terän halkaisija
- Terän leikkuiden määrä
- Lastun paksuus, eli poistettavan materiaalin määrä
- Työstettävä materiaali (tiheys, syysuunta, liima, kosteus jne.)
- Työstösuunta

Käytännössä kuitenkin kokeilu ja kokemus kertovat oikeat syöttö- sekä pyörimisnopeudet. Terien valmistajilta ja toimittajilta saa toki ohjearvoja, mutta koneistaja itse määrittelee tarkan nopeuden. Sopivien nopeuksien löytyessä kannattaa niistä tehdä taulukko koneen lähettyville, josta muutkin koneenkäyttäjät voivat tarkistaa asian. Taulukon tekeminen ei ole koskaan liian myöhäistä. (Lehtinen 2008.)

Sopivaa syöttönopeutta voidaan lähteä hakemaan määrittämällä toivottu aallonpituus kappaleen pinnassa. Kun tiedetään haluttu laatu, voidaan taulukosta tarkastaa aallonpituus, jota haluttu laatu edellyttää. Pääsääntönä voidaan pitää, mitä pienempi aallonpituus, sitä parempi laatu (TAULUKKO 1).

TAULUKKO 1. Eri laatuihin soveltuvat aallonpituudet (Terätoimitus Salonen Oy 2008)

Karkea työstöjälki	2,5-5 millimetriä
Normaali työstöjälki	0,8-2,5 millimetriä
Erinomainen työstöjälki	0,3-0,8 millimetriä

Kun kyseessä on ulko-ovi, tulee työstöjäljen olla erinomainen. Työstämisen jälkeen pinta maalataan, joten pohjan tulee olla hyvä. Kun haluttu aallonpituus tiedetään, on olemassa kaava, jolla haluttu syöttönopeus saadaan laskettua (KUVIO 17).

$$U = \frac{a1 * Z * n}{1000} = \frac{0,5mm * 2 * 7000rpm}{1000} = 7m / min$$

$a1$ = aallonpituus

Z = Terän hammasluku

n = kierrosluku

KUVIO 17. Syöttönopeuden kaavaa voidaan hyödyntää kun kaikki terät leikkaavat

Kuvion 17 esimerkissä aallonpituudeksi määritettiin 0,5 millimetriä, terässä on kaksi hammasta, ja terän pyörimisnopeus on 7 000 kierrosta minuutissa. Lopulliseksi syöttönopeudeksi saatiin 7 m/min. Tätä ohjearvoa noudattamalla voidaan nyt lähteä hakemaan optimaalista syöttönopeuden ja kierrosluvun suhdetta.

Syöttönopeuden lisäksi myös leikkuunopeudella voidaan tutkia sopivia työstöarvoja. Leikkuunopeuden määrittämiseksi on luotu kaava (KUVIO 18), jota voidaan käyttää, jos oikean nopeuden löytäminen tuntuu hankalalta.

Leikkuunopeutta ei pidä sekoittaa syöttönopeuteen, vaan leikkuunopeus on yhden leikkuun nopeus työstössä.

$$V = \frac{D * \pi * n}{60000}$$

D = kutterin halkaisija n = kierrosluku

KUVIO 18. Leikkuunopeuden kaava

Ulko-ovea työstettäessä ollaan mielenkiintoisessa tilanteessa, koska oviaiho koostuu useista eri materiaaleista. Yleensä eri materiaalit vaativat eri nopeudet ja eri terämateriaalit. Näin on myös massiivipuun ja HDF-levyn kohdalla, kuten ohjeartavotaulukosta (TAULUKKO 2) voidaan todeta.

TAULUKKO 2. Suositukset eri terämateriaalien leikkuunopeuksille (Terätoimitus Salonen Oy 2008)

Materiaali	HSS	HM
Pehmeät puulajit	50-80	60-90
Kovat puulajit	40-60	50-80
Lastulevyt	-	60-80
Vanerit	-	60-80
MDF-levyt	-	40-60

Taulukko 2 suosittelee pehmeälle massiivipuulle, eli tässä tapauksessa männylle leikkuunopeudeksi 50–80 m/s tai 60–90 m/s työkalun materiaalista riippuen. MDF-levylle, joka taas on lähellä HDF levyä, suositellaan ainoastaan 40–60 m/s. Jos taulukkoa noudatettaisiin orjallisesti, tulisi myös ympäriajossa käytettävän terän profiilista ongelmia. Terän halkaisija on alareunasta noin 150 millimetriä ja yläreunasta ainoastaan noin 110 millimetriä.

Käyttämällä aikaisemmin mainittua laskentakaavaa (KUVIO 18), saadaan 150 millimetriselle terälle, pyörimisnopeuden ollessa 7 000 kierrosta minuutissa, leikkuunopeudeksi 54,9 m/s ja 110 millimetriselle terälle 40,3 m/s. Tutkimalla saatuja tuloksia voidaan päätellä, että 54,9 m/s on massiivipuulle riittävä nopeus HSS-terästä käytettäessä, ja juuri oikeissa rajoissa MDF-levyä kovametalliterällä työstettäessä.

40,3 m/s puolestaan riittää MDF:lle, mutta massiivipuulle leikkuunopeus on liian hidas. Jos leikkuunopeus halutaan massiivipuun osalta nostaa ohjearvojen tasolle, tulisi terän pyörimisnopeuden olla lähes 9 000 kierrosta minuutissa, mikäli kyseessä on HSS-teräksestä valmistettu terä. Kun terän halkaisija on 150 millimetriä ja korkeuskin yli 100 millimetriä, on 9 000 kierrosta minuutissa kuitenkin jo todella nopea pyörimisnopeus.

Mikäli kyseessä on kovametallista valmistettu terä, tulisi leikkuunopeuden olla jopa 11 000 kierrosta minuutissa. Ongelmaa voidaan kuitenkin yrittää ratkaista rakentamalla terä useista eri materiaaleista. Käyttämällä useita eri materiaaleja, voidaan terän eri kohtiin valita teräaineeksi materiaalit, jotka toimivat kussakin tilanteessa parhaiten, ja jotka kestävät kovemmatkin leikkuunopeudet (Lehtinen 2008).

Tämäkään ei kuitenkaan ole välttämättömyys, sillä kuten sanottua, ohjearvot ovat vain ohjeellisia. Laadukas työstöjälki voidaan saavuttaa myös hitaammilla pyörimisnopeuksilla, jos ollaan valmiita tinkimään syöttönopeudesta. Myös terien pitäminen terävinä auttaa ratkaisevasti laadukkaan työstöjäljen syntymiseen. (Lehtinen 2008).

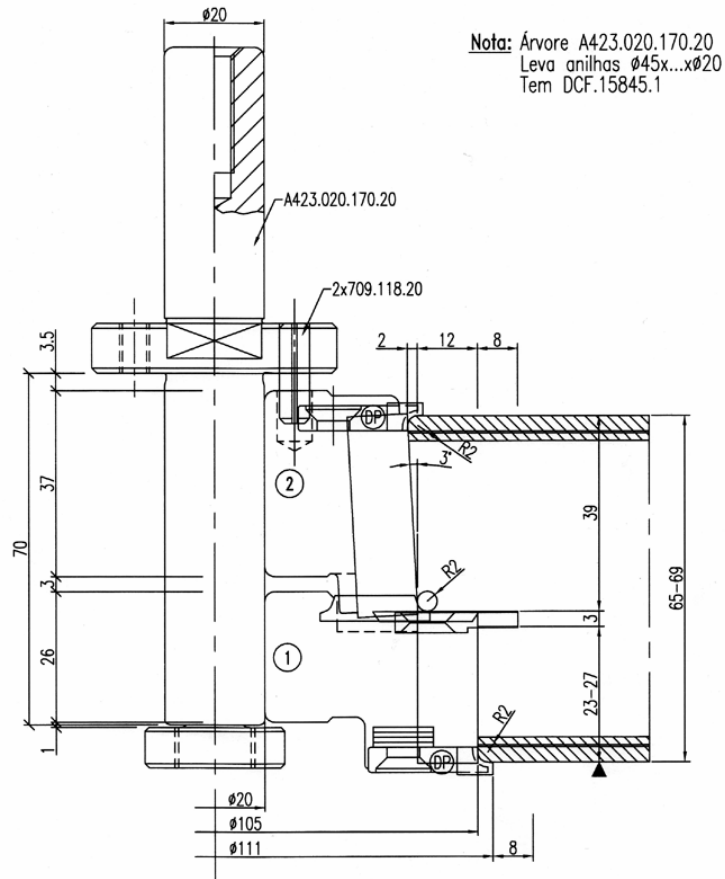
6.1 Sopivat terämateriaalit

Valitsemalla sopivat teräaineet kullekin materiaalille, voidaan vaikuttaa oleellisesti syntyvään työstöjälkeen. Koska oviaihio koostuu useista eri materiaaleista, voidaan myös ympäriajoon käytettävä terä rakentaa useista materiaaleista. Yleensä edullisin ratkaisu saavutetaan, mikäli terä voidaan valmistaa vakiomittaisille vaihtopaloille sopivaksi (KUVIO 19). (Korvenranta 2008.)

Mikäli tarvittava profiili on erikoinen, eikä tavallisia vaihtopaloja voida käyttää, ovat teetetyt vaihtopalat silti järkevämpi valinta, kuin juotettu kovametalliterä. Kovametalliterä pitää aina tylsyessään lähettää teroitettavaksi. Lisäksi aina teroituksen yhteydessä terän mitat muuttuvat, ja koneelle pitää kertoa uudet terätiedot (Isku Teollisuus Oy 2007).

Sen sijaan käytettäessä vaihtopaloja, voidaan tylsyneet vaihtopalat yksinkertaisesti vaihtaa uusiin. Lisäksi tylsyneet vaihtopalat voidaan edelleen teroittaa, mutta tällöin terärunkoa ei tarvitse lähettää mukana, vaan työstö voi jatkua koko ajan. Näin pärjätään vähemmällä määrällä teriä. (Isku Teollisuus Oy 2007.)

Toki halkaisijaa on hyvä tarkkailla myös vaihtopalojen kanssa, sillä teroituksessa myös vaihtopilaterän halkaisija muuttuu. Muutokset ovat kuitenkin yleensä verrattain pieniä. Yleensä vaihtopilateriä kiinnitettäessä runkoon, kannattaa vaihtopalan paksuus mitata tarkasti. Jos vaihtopalat ovat eri paksuisia, on myös niiden leveydessä eroa. (Isku Teollisuus Oy 2007.)



N°	Ref°					
1	S561.18771	752.507	760.101	707.002.28	780.207	E800.0753.99 S783.0201
2	S561.18770	752.508		707.001.38		E800.0752.99

KUVIO 19. Esimerkki vaihtopaloilla toteutetusta oven profiiliterästä
(Terätoimitus Salonen Oy 2008)

Jos vaihtopalojen leveydessä on eroa, syntyy ilmiö jossa vain uloimpana oleva, eli leveämpi vaihtopala leikkaa. Tämä taas aiheuttaa vaihtopalan nopean tylsymisen ja sitä myöten aseteaikojen kasvamisen. (Isku Teollisuus Oy 2007.)

6.1.1 Timanttiterät

Timanttiteriä voidaan ovien työstössä hyödyntää ajattaessa oven pintamateriaalia. Koska oven pinta on HDF-levyä, vaatii se periaatteessa eri terämateriaalin, kuin massiivipuinen runko. Tähän timantti on yksi sopiva vaihtoehto. Timanttiterän etuna voidaan pitää sen pitkää kulutuksenkestoa, ja siistiä jälkeä sopivilla materiaaleilla (Kettunen 2008).

Oven työstössä voidaan käyttää esimerkiksi terää, jonka alin ja ylin leikkaava teräpala on timanttia, ja muut osat kovametallia. Näin saadaan timanttiterä HDF-pinnalle ja kovametalliterä massiivipuulle. ”Timanttiterä ei toimi edelleenkään hyvin massiivipuun kanssa” (Lehtinen 2008).



KUVIO 20. Timanttiurrejysin (Leitz 2006)

Timanttiterän (KUVIO 20) heikkoutena voidaan pitää huonoja leikkuuominaisuuksia massiivipuun kanssa, sekä hyvin herkästi vahingoittuvaa leikkuupintaa. Timanttiterä murtuu yleensä pienestäkin kolahduksesta. Terän voi saada pilattua jopa mittaamalla terää metallisella työntömitalla teräpalan kohdalta. (Korvenranta 2008.)

6.1.2 Nanopinnoitetut terät

Nanopinnoitetut terät ovat vielä uusi tuote markkinoilla, eikä niiden käytöstä ole olemassa kokemukseen perustuvaa tietoa. Nanopinnoitetun terän perimmäinen idea on kovametallinen runko, johon on ruiskutettu päälle ohut timanttipinnoite. Tällä tavoin on pyritty saamaan siis kestävydeltään timanttiterän veroinen työkalu. (Korvenranta 2008.)

Muotoilemalla terä spiraalin malliseksi, saataisiin terään jatkuva leikkaus terän pyöriessä (Korvenranta 2008). Perinteisestihän timanttiurrejysin on koostunut useista yksittäisistä juotetuista teräpaloista. Mikäli nanotekniikka saataisiin toimimaan massiivipuun kanssa, tarjoaisi se mielenkiintoisia mahdollisuuksia massiivipuun CNC-työstämiseen.

Nanopinnoitetulle terälle on luvattu monikymmenkertainen käyttöikä verrattuna perinteiseen kovametalliterään. Nanoterää ei kuitenkaan voida teroittaa, mutta

tämä ei ole ongelma, mikäli käyttöikä on selkeästi pitempi. Myös halkaisijat pysyvät samoina, kun terä on kertakäyttöinen. (Korvenranta 2008.)

Ulko-ovien työstössä ainakaan ympäriajoon käytettävää terää ei välttämättä kannatta toteuttaa nanoterien periaatteella, koska terärunko on todella suuri ja muodostaa ison osan terän hinnasta. Ei olisi järkevää heittää terää runkoineen aina pois, kun terä on ajettu loppuun. Toisaalta nanopinnoitettu vaihtopala voisi toimiessaan vähentää teroituskustannuksia.

6.2 Terien kiinnitys istukkaan

Terien kiinnittämiseksi istukkaan on luotu muutamia erilaisia tapoja. Yleisimmät näistä ovat avaimella kiristettävät kiristysholkit ja Tribos. Myös kuumakiinnitystä käytetään. Tribosissa istukan reikä on hieman kulmikas. Kun istukkaa puristetaan kolmelta sivulta, muuttaa reikä pyöreäksi ja työkalu saadaan kiinnitettyä.

Työkalun kiinnityksen jälkeen puristusta löysätään, ja työkalu jää tiukasta reikään. Konkreettisimmat erot eri järjestelmien välillä ovat hinnassa ja tarkkuudessa. Terien vaihtonopeudessa erot ovat muutamien sekuntien luokkaa. (Korvenrannan Puusepäntehdas Oy 2008.)

Tribosin eduksi voidaan lukea helppo käyttö, varmatoimisuus, ja tarkkuus. Käytettävän istukan ympärille asetetaan leuat, jotka puristavat istukkaa kolmelta suunnalta (KUVIO 21). Istukka leukoineen laitetaan erityiseen puristimeen, joka kohdistaa istukkaan suuren paineen. Näin istukan seinämät hieman pullistuvat ja terä laitetaan istukkaan. Lopuksi paineet löysätään ja terä on tiukasti istukassa kiinni. (Kettunen 2008.)



KUVIO 21. Tribos kiristyslaite ja kiristyksessä käytettävät kaksi leukaa

Vaikka vaihtonopeudessa ei juuri ole eroja, pääsee Tribosin kanssa silti yleensä vähemmällä vaivalla, kuin avaimella kiristettäessä. Sen takia Tribos onkin kannattava, jos teränvaihtoja on paljon. Tribos on myös tarkka, ja sen käyttäminen saattaa lisätä timanttiterän käyttöikää (Markkanen 2009). Tribosin hankintahinta on kuitenkin korkea, koska työkalunvaihtoon tarvitaan erillinen laite (Lehtinen 2008).

Ovien työstössä Tribosia järkevämpi valinta on kuitenkin perinteisempi kiristysholkki, sillä käytännössä terän vaihtoja on hyvin vähän. Useimmat tarvittavat terät ovat koko ajan kiinni koneessa, ja teriä täytyykin irrottaa istukoistaan lähinnä teroituksen ajaksi. Kiristysholkin hankintakustannukset ovat myös pienemmät. (Lehtinen 2008.)



KUVIO 22. Kiristysholkki johon terä asetetaan

Kiristysholkin (KUVIO 22) keskelle asetettavia kappaleita, jotka puristavat terää, on saatavilla useita eri kokoja. Terä ainoastaan asetetaan holkin keskelle ja kiristetään avaimella. Istukan pitämiseksi paikallaan kiristämisen aikana on kehitetty nerokas pieni laite. Terä laitetaan laitteeseen, jonka kehällä on epäkeskot liukuvat rullat (KUVIO 23). Kun istukkaa pyöräyttää, kääntyy se ainoastaan muutamia malleja. (Kettunen 2008.)



KUVIO 23. Epäkeskot rullat estävät istukkaa pyörähtämästä

7 KONEISTUKSEN AUTOMATISOINTI

Tehokkaassa sarjatyöstössä oviaihioiden siirtäminen työstökeskukselle tapahtuu automaattisten pinkkauslaitteiden tai robottien avulla. Näin vapautetaan koneenkäyttäjä oviaihioiden siirtelystä koneelle ja takaisin. Työstötahti kasvaa siis huomattavasti, ja tunnissa syntyy enemmän kappaleita, kuin manuaalisesti kappaleita vaihdettaessa.

Jos CNC-kone varustetaan syöttölaitteella, voidaan tuotanto automatisoida CNC-koneistuksen osalta niin pitkälle, että koneelle ainoastaan tuodaan tietyn väliajoin uusi nippu valmiita oviaihiota. Tämän jälkeen pinkkauslaite tai robotti suorittaa koneen panostuksen, ja huolehtii valmiit ovet takaisin omaan pinoon. (Korvenrannan Puusepäntehtas Oy 2008.)

CNC-koneelle voidaan luoda lista tilatuista ovista ja ennakkoon syöttää työstöohjelmat koneen työlistaan, josta se työstää ovet halutussa järjestyksessä. Lisäksi koneen luokse voidaan luoda paikat tyypillisimmille dimensioille, ja ohjelmoida pinkkauslaite hakemaan tietyn kokoinen oviaihiot aina tietystä pinosta. Valmiit ovet syöttölaite noutaa työstökeskukselta ja osaa tarvittaessa lajitella ovet dimensioiden perusteella eri pinoihin. (Rantalainen 2009.)

Myös EPS:n käyttäminen on mielekkäämpää, jos ovien tuonti koneelle on automatisoitua. Imutiilien paikkaa saatetaan joutua muuttamaan esimerkiksi ikkuna-aukkojen kohdalla. Toisaalta, jos ajettavana on paljon samankaltaisia ovia, on järkevämpää ajaa ovet kerralla, kuin ostaa kallista EPS-järjestelmää (Markkanen 2009.)

Kun kyseiset ovet on ajettu, käydään imutiilien paikka vaihtamassa seuraavalle mallille sopivaksi. Tämä menetelmä tosin tulee kyseeseen ainoastaan tilanteessa, jossa samoja ovia on useita. Näin manuaalisesti tapahtuvan imutiilien siirron määrä pysyy kohtuullisena.

7.1 Integroidut pinkkauslaitteet

Integroitu pinkkauslaite tuo ennalta määrätystä pisteestä oviaihion CNC-koneelle koneistettavaksi. Pinkkauslaite (KUVIO 24) liikkuu koneen edessä johdetta pitkin ja tarttuu imukupilla kiinni kappaleen pinnasta. Ovi onkin optimaali kappale pinkkauslaitetta käytettäessä, sillä ovesa on iso tartuntapinta-ala ja sileä pinta.



KUVIO 24. Automaattinen pinkkauslaite tuo kappaleet koneelle työstettäväksi ja siirtää valmiit pois

Jos työstökoneessa on kaksi pöytää, osaa pinkkauslaite luonnollisesti huolehtia molemmista. Ovituotannossa CNC-koneen varustaminen pinkkauslaitteella maksaa itsensä varmasti takaisin, jos työstettäviä ovia on paljon. Aihion vaihtaminen manuaalisesti alipainenostimella on hidasta, ja olisi helposti korvattavissa automatisoidulla järjestelmällä. (Rantalainen 2009.)

Automaattinen pinkkauslaite on liikkeissään hyvin nopea ja tekee valmiista ovista tasaisia pinoja. Jos pinkkauslaitetta verrataan alipainenostimen kanssa toimivaan työntekijään, on pinkkauslaite todennäköisesti jo laittamassa uutta aihiota työstettäväksi, kun työntekijä vielä asettelee valmista ovea pinoon. (Korvenrannan Puusepäntehdas Oy 2008.)

Automaattisen pinkkauslaitteen hinta on alkaen 40 000€, hieman riippuen siitä, ostetaanko laite erikseen vai koneen ostamisen yhteydessä (Rantalainen 2009).

7.2 Robotit

CNC-koneen syöttö voidaan toteuttaa myös robotilla (KUVIO 25). Koska oviaihio painaa muutamia kymmeniä kiloja, täytyy robotissa olla hieman nostokykyä. Myös robotin ulottuvuuteen, sekä tapaan millä robotti tarraa kiinni kappaleesta, kannattaa kiinnittää huomiota. Kuusiakselinen robotti on tehtävään riittävä. (Pitkälä 2009.)



KUVIO 25. Myös robotti voidaan valjastaa kappaleiden vaihtoon (Abb 2009)

Tarkoitukseen sopiva robotti maksaa noin 150 000€, ja on siten selvästi kalliimpi kuin pinkkauslaite. Itse robotin hinta ei ole kyseisestä summasta kuin puolet, mutta robotin varustaminen käytännössä toimivaksi saattaa nostaa hinnan jopa 150 000-200 000:n euroon. (Rantalainen 2009.)

Jos robotti sijoitetaan järkevästi suoraan työstöalueen eteen, on robotti jopa hieman nopeampi, kuin pinkkauslaite. Robotin täytyy liikkua lyhyempi matka kuin pinkkauslaitteen, koska aihiot ja valmiit ovet voidaan pinota robotin välittömään läheisyyteen. Jos kappaleenvaihto suoritetaan robotilla, puhutaan enää joidenkin sekuntien vaihtoajasta. (Rantalainen 2009.)

Jos työvuoron aikana ovia ajetaan 40 kappaletta, ja aikaa säästetään robotilla minuutti jokaisessa vaihdossa, kertyy tästä kolmivuorotyössä kaksi tuntia vuorokaudessa. Paras ratkaisu koneen panostamiseen riippuu kuitenkin monesta asiasta, kuten yrityksen tavoitteista CNC-koneistuksen osalta (Rantalainen 2009). Asiaan täytyykin syvällisesti paneutua, ennenkö voidaan sanoa, mikä on kullekin yritykselle järkevä tapa hoitaa kappaleenvaihto (Rantalainen 2009).

8 ULKO-OVIEN KONEISTUKSEN TOTEUTUS

Aloitettaessa ulko-ovien konkreettista koneistusprosessia eli ohjelman luontia, ja koneistuksen suunnittelua, kannattaa mielestäni ainakin seuraaviin asioihin kiinnittää huomiota:

- Missä järjestyksessä työstöt on järkevä suorittaa
- Kuinka kappale kiinnitetään pöytään
- Mitkä ovat mahdollisia ongelmakohtia
- Mitä työkaluja on käytettävissä
- Mitkä ovat sopivat syöttönopeudet eri materiaaleille
- Mikä on oikea työstösuunta
- Kuinka minimoida terien ylimääräiset liikkeet
- Kuinka työkalunvaihto järjestetään

Kun yllä olevat asiat on saatu ratkaistua, voidaan lähteä luomaan työstöohjelmaa. Aluksi on tärkeää saada toimiva ohjelma, jota voidaan lähteä parantamaan. Varmuus ohjelman toimivuudesta saadaan suorittamalla muutama käytännön ajokoe, sekä tutkimalla valmiin kappaleen laatu ja mittatarkkuus.

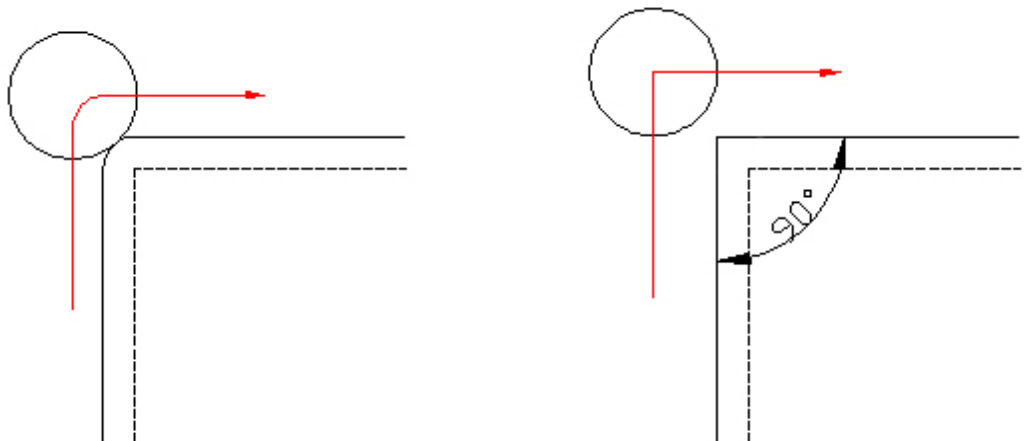
Yleensä koneistettavia ovia on useita eri malleja, ja työstöohjelmien luonti tapahtuu muokkaamalla ensimmäiseksi luotua ohjelmaa. Tästä syystä on erityisen tärkeää saada heti ensimmäinen ohjelma toimivaksi ja toimintavarmaksi. Jos ohjelmia on paljon, ja parannusideoita syntyy myöhemmässä vaiheessa, voidaan ensiksi ohjelmoidut ohjelmat päivittää esimerkiksi isomman tilauksen yhteydessä.

8.1 Ohjelmointi

Ovien työstäminen aloitetaan yleensä oven ympäriajosta. Ympäriajon yhteydessä oven reunaan ajetaan profiili, joka istuu ovelle tehtyyn karmiin. Profiiliin kuuluu muun muassa tiivistenauhan ura. Oven ympäriajossa tulee huomioida oven rakenne, eli nurkkien liitoksissa olevat päätypuiset kohdat.

Yleensä puuta työstettäessä käytetään nyrkkisääntöä; päätypuu ajetaan ensin ja sivut vasta tämän jälkeen. Näin pyritään välttämään repimisestä aiheutuvat haitat, kun terällä on ylimääräistä materiaalia vastassa päätypuuta ajettaessa. Työstöjäljen laatua voidaan parantaa myös käyttämällä myötäsytöä massiivipuun ajossa. ”Massiivipuulla kannattaa käyttää myötäsytöä, ja aloittaa työstäminen kehärakenteen keskeltä, ei nurkasta tai päätypuun kohdalta” (Kettunen 2008).

Ovien rakenteessa nurkkien ajo on todellinen riski repimisen kannalta. Tämä pystytään kuitenkin välttämään tekemällä nurkkiin pienet pyöritykset. Pyörityksen koolla ei ole merkitystä, tällöin terä vain kulkee nurkan kohdalla erilaista rataa, kuin ilman pyöritystä. (Korvenranta 2008.)



KUVIO 26. Vasemmalla niin sanottu roll-on ja oikealla roll-off tekniikka

Roll-off tekniikassa (KUVIO 26) terä siirtyy nurkka-ajossa melko kauas työstettävästä kappaleesta. Ajettaessa myötäsytöllä, terää pyrkii repäisemään nurkassa, koska vastassa on päätypuinen kappale. Jos ajettaisiin vastasytöllä, repiminen siirtyisi ainoastaan toiseen reunaan.

Sen sijaan kun nurkassa on pieni pyöristys, terän kulkurata muuttuu (roll-on). Näin terä myötäilee koko ajan työstettävää kappaletta. Repimistä ei synny, koska terän ajaessa kaartaa pitkin, työstettävällä pinnalla on koko ajan ehjää puuainesta terän takana. Ovien työstössä työstölaadun tulee olla korkea, sillä oven molemmat pitkät sivut ovat päivittäin näkyvissä. Mahdolliset repeämät eivät anna hyvää yleiskuvaa oven laadukkuudesta.

Ympäriajon jälkeen seuraavaksi suoritettava vaihe on oikeastaan makuasia, koska työkalua joudutaan vaihtamaan joka tapauksessa. Vaihtoehtoina ovat lukkopesän ja saranoiden poraukset, tai pintakuviointin ajo. Pintakuviointin ajo on kuitenkin järkevää tehdä ennen ikkuna-aukon ajoa, koska pintakuviointin yhteydessä käytetään niin sanottua ohjainrengasta.

Käyttämällä ohjainrengasta varmistetaan, että pintakuviointista tulee tasaisen syvä jokaisesta kohdasta (Silver 2008). Valmis oviaihio ei välttämättä ole kauttaaltaan tasapaksu. Ohjainrenkas laskeutuu oven pinnalle, ja painaa ovea samalla alaspäin kun työkalu jyrsii. Ilmain ohjainrengasta pintakuviointin risteyskohtiin saattaa jäädä pieniä pykäliä, jotka korostuvat pintakäsittelyvaiheessa.

Jos ikkuna-aukko tehdään ensin, on mahdollista, että ohjainrenkas ei pääse toimimaan kunnolla, jos pintakuviointi tulee aivan ikkuna-aukon reunaan. On olemassa jopa riski ohjainrenkaan putoamisesta ikkuna-aukkoon, jos esimerkiksi aihio pääsee liikahtamaan pöydällä.

Luonnollisesti pintakuviointia ajettaessa työstöt kannattaa tehdä loogisessa järjestyksessä siten, että terä joutuu tekemään mahdollisimman vähän ylimääräisiä liikkeitä. Valmiin pintakuviointin jälkeen voidaan siirtyä ikkuna-aukon ajamiseen. Koska ikkuna-aukon kohdalla materiaali koostuu pääasiassa polystyreenistä, joka on hyvin pehmeää, käytettävällä terällä ei siinä suhteessa ole suurta merkitystä.

Sen sijaan oven pinnat ovat HDF-levyä, jotka saattavat hieman revetä terän tullessa alapuolelta läpi. Reuna toki peittyy listalla, mutta jos repeämä on

muutamaa milliiä isompi, saattaa se ikävästi pistää asiakkaan silmään ikkuna-aukon reunassa. Käytännössä repeämä voidaan kuitenkin välttää hyvin yksinkertaisella konstilla; ajamalla terä sisään hieman keskemältä ikkuna-aukkoa, eikä aivan reunasta. Näin mahdollistetaan myös halvimman terätkäisun, eli vaihtopalarungon käyttö. Vaihtopalarungon ei tosin ole huomattu muutenkaan juuri aiheuttavan repimistä. Koska työstettävä materiaali on pehmeätä, voidaan ikkuna-aukko ajaa yhdellä ajolla läpi asti.

Ikkuna-aukkoon ajetaan lisäksi niin sanottu ”kapulointi-ajo”, jossa ikkuna-aukon sisäreunaan tehdään 50 millimetriä korkea ja 10 millimetriä syvä ura. Tähän uraan laitetaan massiivipuiset listat kiertämään ikkuna-aukko ympäri. Listoihin saadaan lasi ja ikkunan ympärille tulevat listat kiinnitettyä. (Virepuu Oy 2009.)

Ajossa käytettävä terä on halkaisijaltaan 60 millimetriä, joten ikkuna-aukon ajon ensimmäisessä vaiheessa tarvitsee myös ”kapulointiterälle” tehdä tilaa. Yksi vaihtoehto on pysäyttää kone välillä NC-stopilla, ja nostaa ikkuna-aukon ajosta jäänyt ylimääräinen kappale pois. Tämä on kuitenkin hyvin hidasta, eikä missään tapauksessa kannattavaa.

Toinen vaihtoehto on jättää imutiilet pois ikkuna-aukon kohdalta, ja antaa ikkuna-aukon ajosta jäävän kappaleen tippua vapaasti alas. Tässäkin on kuitenkin muutamia ongelmia. Käytännössä, jos ikkuna-aukko on iso, alas tippuva painava hukkapala lähes varmasti repäisee HDF-pinnan alapuolelta tippuessaan alas.

Tämän lisäksi ongelmia voi syntyä, jos kappale pääsee kiilautumaan työstävän terän ja oviaihion väliin. Seurauksena voi olla oviaihion rikkoontuminen tai terän hajoaminen. Kolmantena voidaan kokeilla ylimääräisen aukon jyrkimistä jäljelle jäävään hukkakappaleeseen, josta terä pääsee laskeutumaan ikkuna-aukon ja hukkapalan väliin.

Tällöin tosin täytyy olla varmuus uran ajossa käytettävän terän kuluradasta sen laskeutuessa jyrsimään ikkuna-aukon reunaa. Lisäksi ongelmaksi voivat

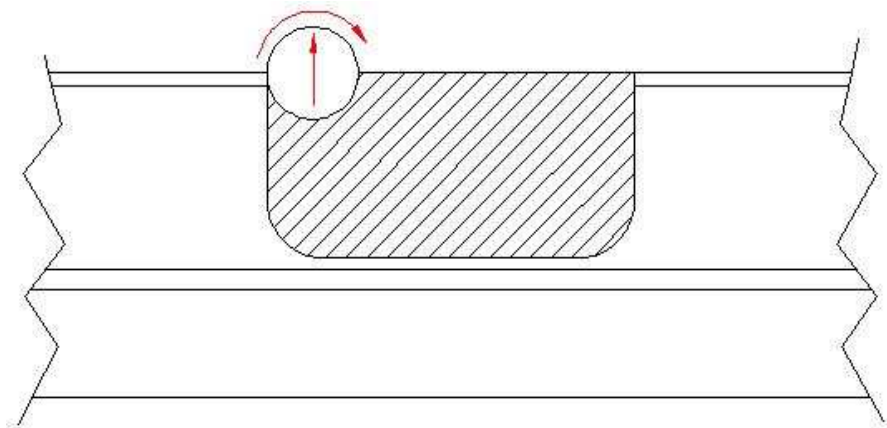
muodostua työstön aikana hukkapalaan kohdistuvat melko suuret voimat, jotka voivat saada kappaleen irtoamaan imutiilistä.

Helpoin ja toimintavarmin ratkaisu on kuitenkin kopioida alkuperäinen ikkuna-aukon ympäriajo, ja muuttaa työstöä offset-toiminnolla kulkemaan esimerkiksi 80 millimetriä sisempänä. Tällä tavoin suurin osa hukkakappaleesta jää seisomaan imutiilien päälle.

Ainoastaan hukkapalan ja ikkuna-aukon reunan väliin jäävä kapea kehys tippuu alas. Kun työstö tehdään varsinaisen ikkuna-aukon ajon jälkeen, ei kehys pääse tippuessaan repäisemään oven HDF-pintaa. Samalla saadaan kapulointiterälle tilaa siirtyä jyrsimään uria listoille.

Valmiin ikkuna-aukon jälkeen voidaan jyrsiä paikat saranoilta sekä lukkopesä. Jos käytössä on sama työkalu ruuvien esireikien poraukseen, kannattaa lukkopesän ja saranoiden työstöt yhdistää. On järkevää luoda esimerkiksi oikea- ja vasenkätinen makro, jossa lukkopesä ja saranat vaihtavat puolta valitun makron mukaisesti.

Sarananpaikkojen koneistus kannattaa aloittaa sarananlehtien upotuksilla. Saranoiden työstö tapahtuu vaakatasossa jo kertaalleen koneistetulle pinnalle, eli ylimääräisiä repimisiä ei saa syntyä. Repimisen riski on kuitenkin korkea, jos terien kätisyyttä ei huomioida.



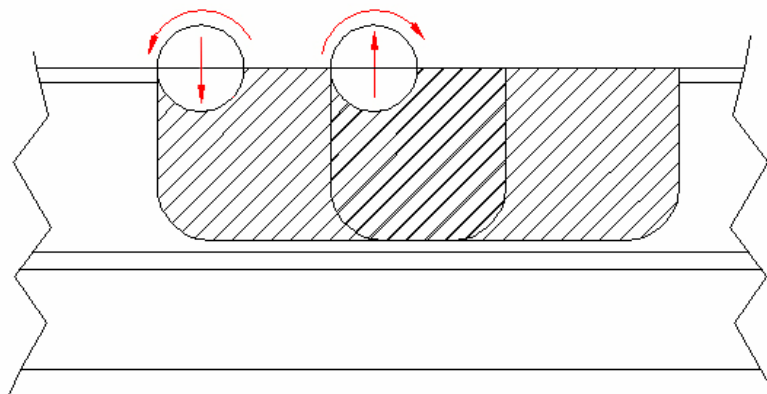
KUVIO 27. Oikeakätinen terä pyrkii repäisemään nurkan kulkiessaan ylöspäin

Ongelma terien kätisyyksistä syntyy, kun oikeakätisellä terällä jyrjitään upotuksen vasenta yläreunaa (KUVIO 27), tai vastaavasti vasenkätisellä terällä jyrjitään oikeata yläreunaa. Tässä vaiheessa upotuksen yläreuna saattaa revetä, koska jyrjintä tapahtuu poikkisyin, ja terän pyörimisliike pyrkii kääntämään puun syytä ja HDF-pintaa ylöspäin.

Helpolta tuntuva ratkaisu olisi suorittaa saranoiden työstöt aivan ensimmäiseksi, ennen ympäriajoa. Näin upotuksen ympärillä olisi ylimääräistä puuta, mikäli repimistä tapahtuisi. Tämän jälkeen ylimääräinen puu ajettaisiin ympäriajon yhteydessä pois. Asia ei kuitenkaan ole aivan näin yksinkertainen.

Jos repiminen tapahtuisi aivan upotuksen pohjalla, ympäriajoterä ei edes pyyhi kyseistä kohtaa, vaan repeämät jäisivät näkyviin. Toinen ongelma voi ilmetä, kun mietitään, kuinka ympäriajoterä käyttäytyisi tilanteessa, jossa terän reitille osuisi tyhjä tasku kesken työstön. On hyvin todennäköistä, että terä tekisi taskun reunaan repeämän kulkiessaan tästä ohi.

Sarananlehden upotuksen työstäminen voidaan kuitenkin toteuttaa varmatoimisesti ja nopeasti käyttämällä vaakaporausyksikössä, sekä vasen-, että oikeakätisiä teriä. Taskun työstäminen suoritetaan kaksivaiheisesti. Ensin esimerkiksi puolet taskun leveydestä oikeakätisellä terällä, ja tämän jälkeen jyrjitään taskun vasen puoli vasenkätisellä terällä. Näin taskun vasempaan yläreunaan saadaan vasenkätinen terä, joka ei aiheuta repimistä (KUVIO 28).



KUVIO 28. Jyrsimällä saranan upotus kahdessa vaiheessa eri terillä säästytään repimiseltä

Vaikka käytössä on nopeasti vaihtava vaakaporausyksikkö, käytännössä on nopeampaa jyrsiä aina yksi vaihe jokaiseen saranapaikkaan. Eli yhtä saranaa ei kannata tehdä kerralla valmiiksi, vaan suorittaa jokaiselle saranalle ensimmäinen jyrshintä, tämän jälkeen toinen jyrshintä, ja viimeiseksi esireikien poraukset.

Mikäli käytössä on vain yksi poranterä, kannattaa esireikien poraukset suorittaa vasta lukkopesän koneistuksen jälkeen. Tällä tavoin säästetään aikaa työkalunvaihdoissa, kun lukkopesän esireiät porataan samalla kertaa. Lukkopesien koneistus voidaan aloittaa kahvan- ja lukonreiän porauksella.

Koska lukonreikien porauksessa molemmilla pinnoilla on jälleen läpäistävänä HDF-pinta, viilu, alumiini, ja polystyreeni, kannattaa poraukseen valita oikeanlainen terä. Tällainen on esimerkiksi teräväkärkinen spiraalirouhintajyrsin. Spiraalirouhintajyrsin tulee kiilamaisen kärjen ansiosta nätisti läpi rakenteesta ja leikkaa kaikkia käytettyjä materiaaleja hienosti.

Myös muita teriä voidaan kokeilla, mutta tällöin täytyy varmistaa terän tuleminen läpi ympyrän keskeltä. Jos terä repäisee ympyrän reunasta, saattaa kahvan tai lukon ulkoreunaan jäädä näkyviin repeämä HDF-levyn pinnassa. Reikien lisäksi täytyy koneistaa paikka itse lukkomekanismille, sekä lukossa olevalle kaulukselle.

Lukkopesän upotus täytyy jyrsiä monessa vaiheessa, koska upotus on yli 80 millimetriä syvä, ja tehdään kehällä olevaan massiivipuuhun. Lukkopesän koneistuksessa on järkevää käyttää esimerkiksi aggregaattia, jonka toisessa päässä on hyvin massiivipuuta suurinakin määrinä leikkaava tappi, ja toisessa reunassa kauluksen upotukseen soveltuva siistiä jälkeä tekevä pienempi tappi.

Kun kahvan ja lukonreiät, sekä upotukset on koneistettu, voidaan ruuvien esireiät porata. Samalla voidaan porata saranoille vastaavat reiät. Tämän jälkeen ovi on periaatteessa CNC-koneistuksen osalta valmis. Lopuksi oven päihin porataan vielä reiät. Yksi reikä yläreunaan, ja kaksi alareunaan. Näihin reikiin laitetaan maalausvaiheessa metallitangot, joiden varassa ovi asetetaan kuivumaan.

8.1.1 Ovi-ohjelmat

Opinnäytetyöhön kuului yhteensä 52 eri ovimallin ohjelmointi. Ovimalloista on kolmea erilaista mallisarjaa;

- Elegantti
- Pikantti
- Pieteetti

Lisäksi tehtiin muutamia erikoistilauksia ja parvekkeenovia. Ovimallosten ohjelmointiin käytettiin WoodWOP 5.0 ohjelmistoa, sekä Homagin BOF 211 työstökeskusta (KUVIO 29). Työstökeskus on C-akselilla ja kahdella lautasvaihtajalla varustettu kolmiakselikone.

Koneessa on pienempi lautasvaihtaja tavallisempia jyrnsinteriä varten, sekä tämän alapuolella isompi vaihtaja ympäriajoteriä sekä aggregaatteja varten (KUVIO 30). Oviaihoiden kiinnitykseen käytettiin imutiiliä.



KUVIO 29. Homag BOF 211 työstökeskus



KUVIO 30. Koneessa on kaksi päällekkäin sijoitettua lautasvaihtajaa

Varsinainen ohjelmointityö sekä optimointi suoritettiin syksyllä 2008, ja ideoita työstön nopeuttamiseksi syntyi pitkin syksyä. Tässä opinnäytetyössä käytän esimerkkinä perinteistä holvikaarikuvioitua ulko-ovea. Tarkoituksena on kertoa seikkaperäisesti, kuinka ovien työstö kehittyi ensimmäisestä ohjelmoitusta mallista viimeiseen malliin.

Ensimmäinen kappale sisältää tarkan kuvauksen ensimmäisestä työstöprosessista. Toisessa kappaleessa on kerrottu muutoksista, joita ohjelmaan tehtiin sitä paranneltaessa, ja minkälainen viimeisestä versiosta tuli. Lopuksi on vertailtu, paljonko aikaa säästettiin vuositasolla ensimmäisen ja viimeisen version välillä.

8.1.2 Ensimmäinen versio

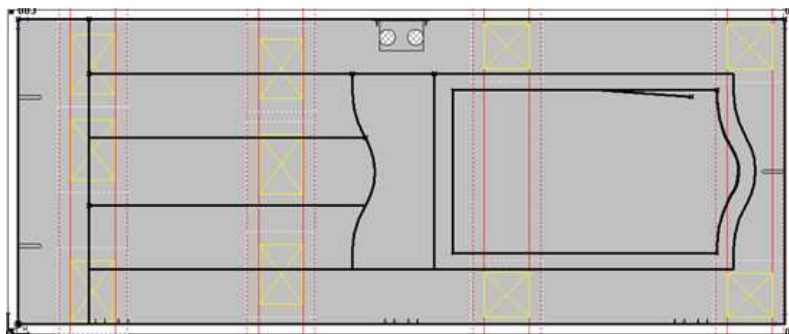
Ensimmäisen oviohjelman suunnittelun aloitin miettimällä, minkälainen hyvän ohjelman tulisi olla. Koska kyseessä on ulko-ovi, tulisi ohjelman tietysti käyttää parametreja. Käyttämällä parametreja, mahdollistetaan oven ulkomittojen muuttaminen muutamalla klikkauksella (KUVIO 31).

Variable	Value
x	2040
y	822
z	70

KUVIO 31. Käyttämällä muuttujia, voidaan oven ulkomittoja muuttaa koskematta itse ohjelmaan (WoodWOP 2008)

Aluksi käytössä oli ainoastaan kolme muuttujaa, X, Y, ja Z. Ovi-ohjelma luotiin näiden kolmen muuttujan ympärille. Nyt jos ovesta haluttiin esimerkiksi 8M:n ovi 9M:n sijaan, ainoastaan Y-arvo tarvitsi muuttaa 822 millimetristä 722 millimetriin.

Koska kyseessä oli ulko-ovi, piti työstössä huomioida myös oven rakenne. Oviaihiossa oli ennen työstöä ylimääräistä puuta neljä millimetriä joka sivulla. Tavoitteenahan on, että oven sisällä kiertävä kehyspuu on yhtä leveä joka kohdasta. Tämän tavoitteen täyttymiseksi ohjelmalle piti antaa kaksi siirtomittaa (KUVIO 32).



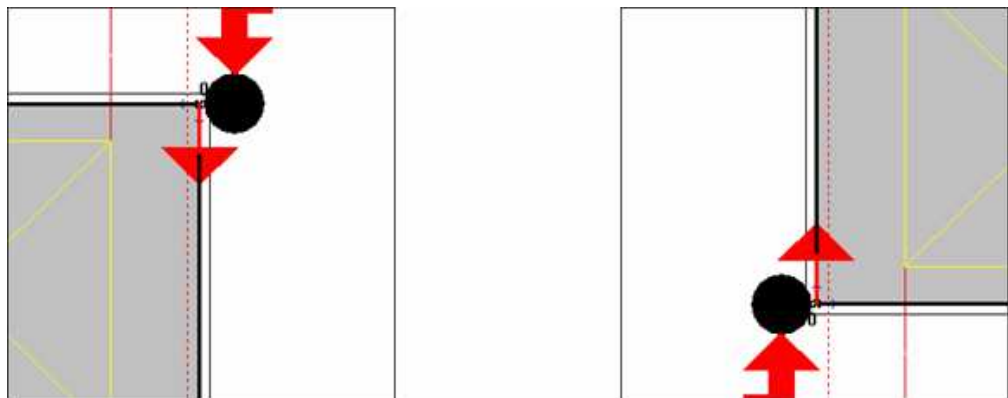
KUVIO 32. Valkoiset reunat kuvastavat siirtomittoja (WoodWOP 2008)

Ohjelmalle kerrottiin aihion olevan kahdeksan milliä varsinaista ovea leveämpi ja pitempi (KUVIO 33). Lisäksi ohjelmalle annettiin kaksi offset-mittaa, joilla varsinainen työstö saatiin siirrettyä aihion keskelle. Näin ohjelma työstää aihioista neljä milliä pois joka sivulta, ja rungon sisällä olevista kehyspuista saadaan yhtä leveät kaikilta sivuilta.

Processed part		Offset dimensions	
Length: x		Proc. part in X: 4	
Width: y		Proc. part in Y: 4	
Thickn.: z		Unpr.p. in X: 0	
Unprocessed part		Unpr.p. in Y: 0	
Scrap X: 8		Unpr.p. in Z: 0	
Scrap Y: 8			

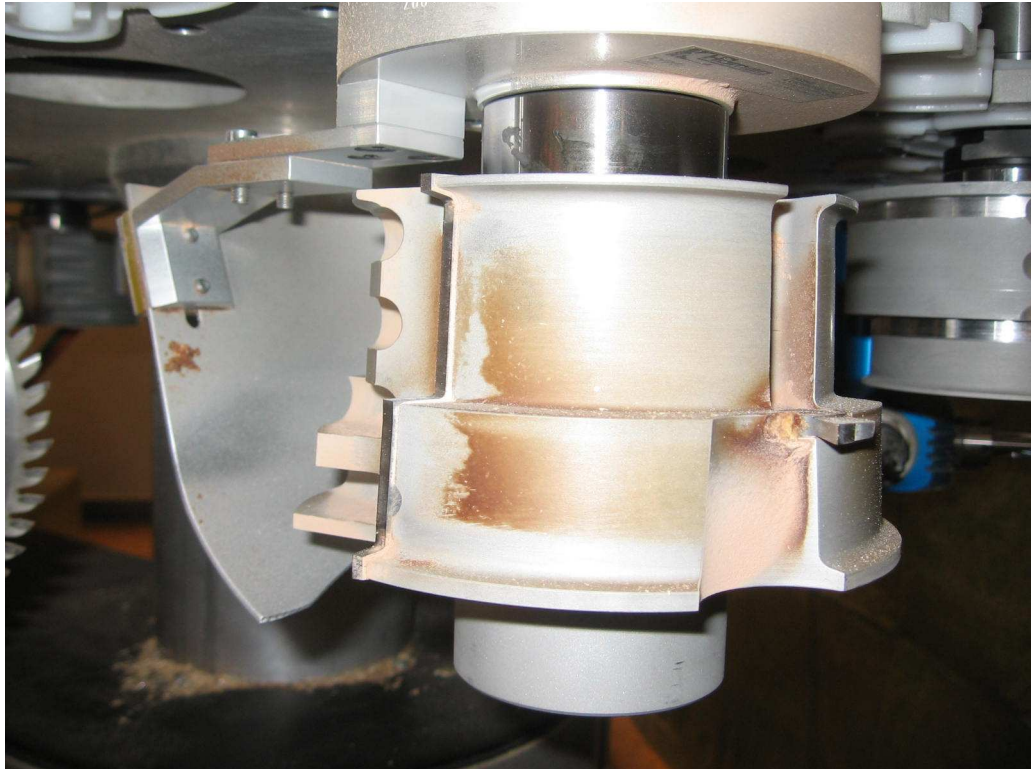
KUVIO 33. Ohjelmalle voidaan kertoa, paljonko työstettävässä aihiossa on ylimääräistä materiaalia (WoodWOP 2008)

Varsinainen ovien työstöprosessi aloitettiin oven ympäriajosta. Yritys oli aikaisemmin kokeillut ympäriajoa avaamalla oven vasemman yläreunan ja oikean alareunan päätypuiset kohdat vasenkätisellä terällä. Tällä pyrittiin välttämään repeämä hankalassa kohdassa. Koska ratkaisu tuntui toimivalta, käytin itse samaa menetelmää (KUVIO 34).



KUVIO 34. Avaamalla nurkat vasenkätisellä terällä estettiin nurkkien repeämät (WoodWOP 2008)

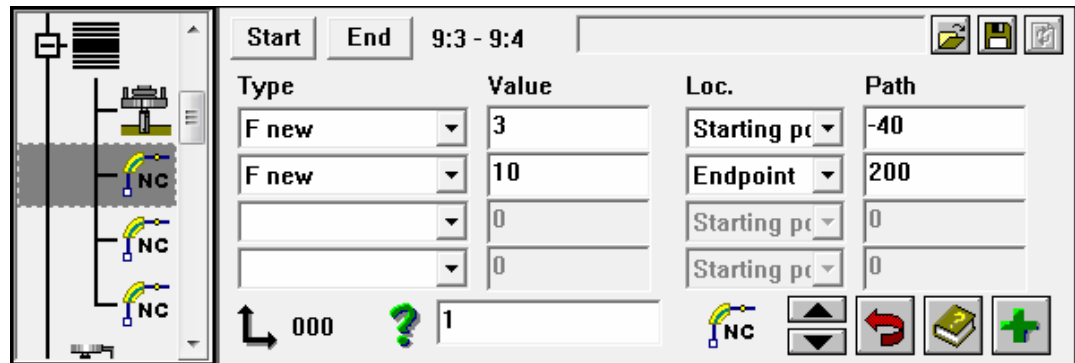
Nurkkien avaamisen jälkeen siirryttiin varsinaiseen ympäriajoon. Koska koneessa oli olemassa ympäriajoterän ympärillä kulkeva purunohjain, piti ympäriajossa käyttää WoodWOP:n ”Routing with C Axis” toimintoa. Purunohjain kääntyi nurkissa aina terän mukana ja ohjasi purun imuriin (KUVIO 35). Ympäriajoterässä käytettiin teetettyjä kovametallisia vaihtopaloja. Lisäksi terässä oli ylimääräiset hampaat tiivisteuran jyrshintään.



KUVIO 35. Ympäriajoterä sekä purunohjain

Vaikka oven nurkat oli jo aikaisemmassa vaiheessa työstetty, tuli nurkkien ajaminen kuitenkin suorittaa varovasti. Toisaalta päätyjä ja pitkiä sivuja ajettaessa ei ollut mitään syytä hidastella työstön kanssa. Tähän ratkaisuna oli eri syöttönopeuksien käyttäminen yhdellä liikeradalla.

Työstäminen tapahtui vastasyötöllä. Syöttönopeudeksi määritettiin 10 m/min suorilla osuuksilla, ja nurkan kohdalla nopeus pudotettiin kolmeen metriin sekunnissa. Vaikka laskennallisesti terän maksimisyöttönopeudeksi saatiin 7 m/min, ei terä kuitenkaan osoittanut minkäänlaisia värinän merkkejä ja laatukin oli kiitettävää.

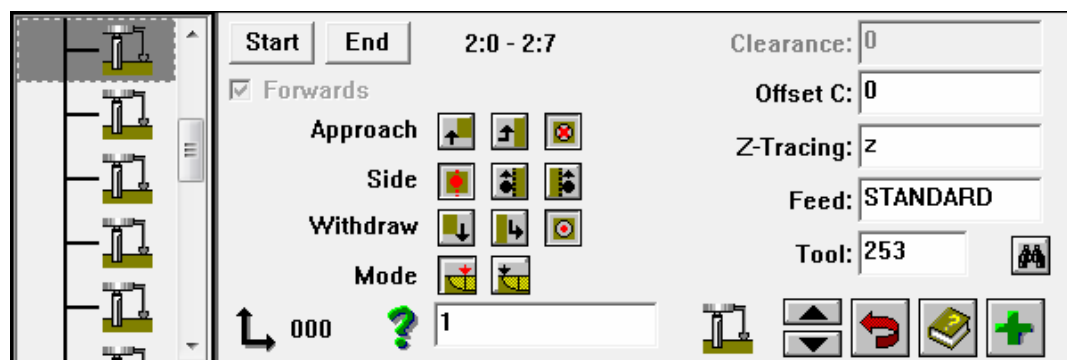


KUVIO 36. Määrittämällä samalle liikeradalle kaksi nopeutta, voidaan ajoa tarvittaessa hidastaa (WoodWOP 2008)

Nopeuden hidastamisen (KUVIO 36) lisäksi nurkkiin tehtiin säteeltään 0,5 millimetrin suuruiset pyöristykset. Pyöristysten tarkoituksena oli estää nurkkaa hajoamasta työstämisen tai jatkokäsittelyn aikana. Lisäksi pieni pyöristys antoi ovesta viimeistellyn kuvan.

Ympäriajo onnistui tällä menetelmällä ongelmitta, repeämisiä ei havaittu missään vaiheessa ja laatu oli kaiken kaikkiaan kiitettävä. Menetelmän ainoana ongelmana voidaankin pitää teränvaihtoa; jos ajo voitaisiin suorittaa yhdellä terällä, aikaa säästyisi.

Onnistuneen ympäriajon jälkeen oveen ajettiin haluttu pintakuviointi. Pintakuviointin ajossa (KUVIO 37) käytettiin ohjainrengasta, joka takasi pintakuviointin tasaisen syvyyden oven pinnalla. Ilman ohjainrengasta on olemassa riski, että kuvioinnin risteyskohtiin saattaa jäädä pykälä, jos oviaiho ei ole täysin saman paksuinen joka kohdasta.



KUVIO 37. Pintakuviointin ajossa käytetyt määrittäykset (WoodWOP 2008)

Pintakuviointin ajossa (KUVIO 38) oleellista oli lähinnä työstöjen looginen järjestys. Pintakuviointi voitaisiin toteuttaa myös erillisenä makrona. Tämä tapahtuisi tuomalla pintakuviointin kuva DFX-tiedostona WoodWOP:in, johonka luotaisiin työkalumääritykset. Tämä puolestaan liitetään makrona varsinaiseen työstöohjelmaan.

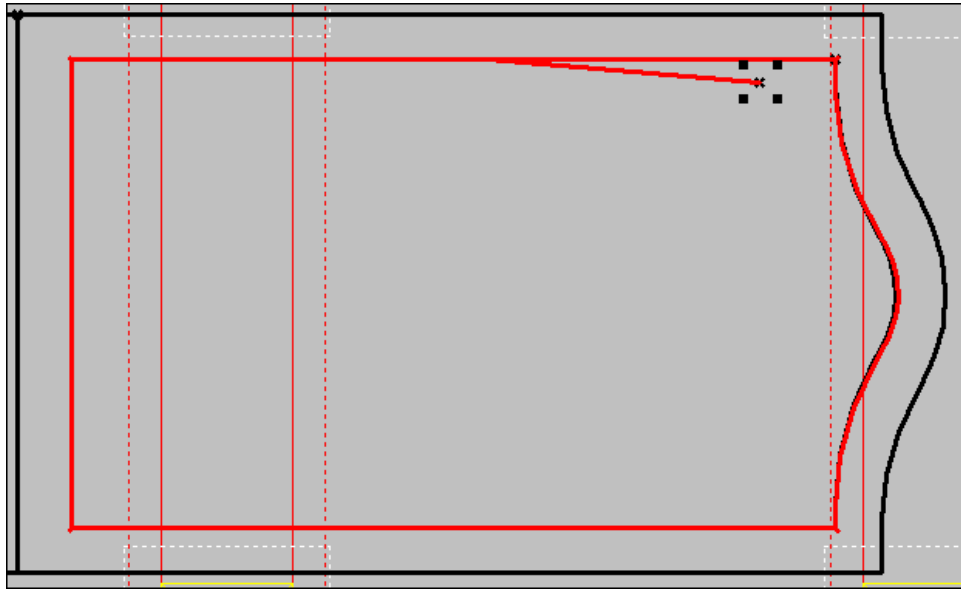


KUVIO 38. Pintakuviointin ajoon käytetty vaihtopalaterä

Jotta DFX:n käyttäminen olisi järkevää, tulisi CAD-kuvissa kuvioiden keskilinja olla valmiiksi piirrettynä omalle tasolleen. Jos näin ei ole, menee sama aika kuvioiden piirtämiseen CAD:llä kuin valmiiden määritysten tekemiseen WoodWOP:ssa.

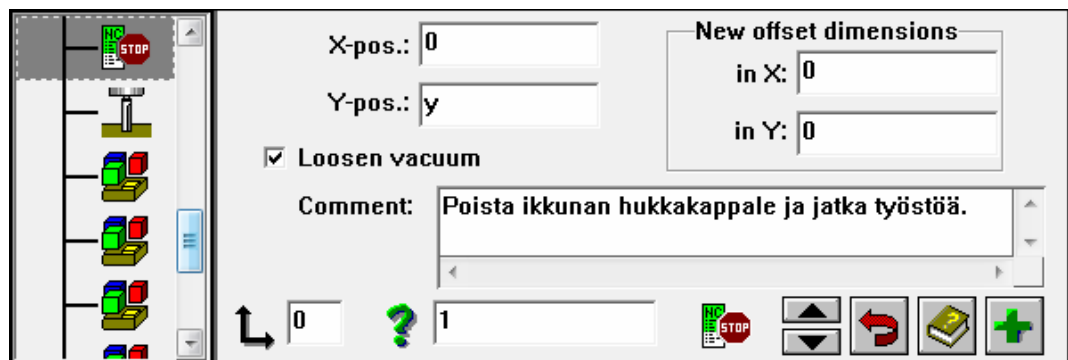
Valmiin pintakuviointin jälkeen voidaan oveen työstää ikkuna. Ensimmäisessä vaiheessa ikkuna-aukko jrsittiin auki 20 millimetriä halkaisijaltaan olevalla rouhinspiraalitapilla. Jälleen repimisen vähentämiseksi työkalun tapaan painautua kappaleen sisään tuli kiinnittää huomiota.

WoodWOP:ssa on ominaisuus, joka määrittää työkalun tulemaan sivuttaisesti työstettävän pinnan reunaan. Ongelmana tämän käytössä on kuitenkin hyvin lyhyt koukkaus, jonka työkalu tekee. Tästä syystä terä ohjelmoitiin laskeutumaan kappaleesta läpi jo keskemältä ikkuna-aukkoa. Näin terä oli jyrksinyt ovesta läpi ennen siirtymistään varsinaiseen ikkuna-aukon ajoon (KUVIO 39).



KUVIO 39. Terä määritettiin laskeutumaan vinosti sisään, näin mahdollinen repeämä HDF-pinnassa jäi hukkakappaleeseen (WoodWOP 2008)

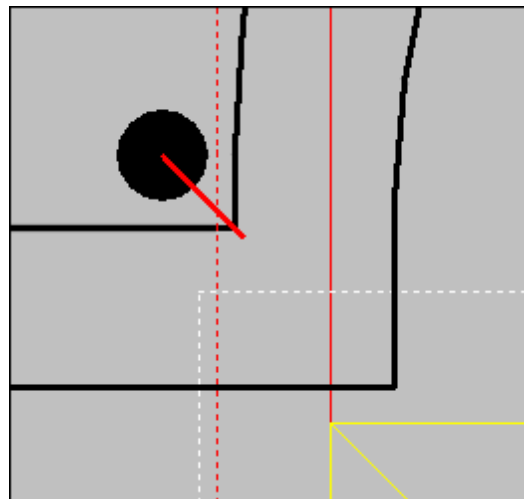
Kun ikkuna-aukko oli ajettu auki, jäi ylimääräinen hukkakappale imutiilien päälle, ja kone pysäytettiin NC-stop toiminnolla (KUVIO 40). Toiminnolla kone saadaan pysäytettyä halutessa juuri tämänkaltaisia tilanteita varten. NC-stop komentoa käytettäessä tuli huomioida oviaihion todennäköinen liikahtaminen samalla, kun hukkapalaa poistetaan.



KUVIO 40. Käyttämällä NC-stop komentoa kone saadaan automaattisesti pysähtymään halutussa kohtaa (WoodWOP 2008)

Oviaihio pääsee liikahtamaan hyvin todennäköisesti, koska alipaineen täytyy kytkeytyä pois hukkakappaleen irrottamisen ajaksi. Tämä ei kuitenkaan ole ongelma, sillä pysäytyksen yhteydessä ohjelmalle voidaan antaa uudet siirtomitat. Muuttamalla siirtomitat nolnaan, voidaan ympäriajettu oviaihio siirtää suoraan vasteita vasten.

Ensimmäisessä työstövaiheessa ikkunan sisänurkat jäivät kaareviksi. Nurkat täytyi kuitenkin avata, koska ikkuna-aukko listoitetaan ympäri. Tämä tapahtui erillisenä työstönä, koska ikkuna-aukon ajossa terä oli määritetty kulkemaan työstöradan vasenta puolta (KUVIO 41). Näin ollen terä olisi myös nurkissa noudattanut samaa linjaa ja työstänyt nurkat pilalle.



KUVIO 41. Nurkat käytiin erikseen työstämässä auki (WoodWOP 2008)

Kun myös nurkat oli avattu, piti ikkuna-aukon sisäpintaan vielä ajaa ura puulistoille, joihin ikkunalasit ja listat kiinnitetään. Tämä ajo suoritettiin tarkoitukseen sopivalla vaihtopalaterällä. Työstöradan kulku oli lähes sama kuin ikkuna-aukon ajon ensimmäisessä vaiheessa, mutta terää laskettiin sivuttain sisään, eikä vinosti alaspäin.

Syöttönopeudeksi valittiin 10 m/min. Koska työstettävä materiaali oli pehmeää polystyreeniä, voitiin ongelmitta käyttää korkeita syöttönopeuksia (KUVIO 42).



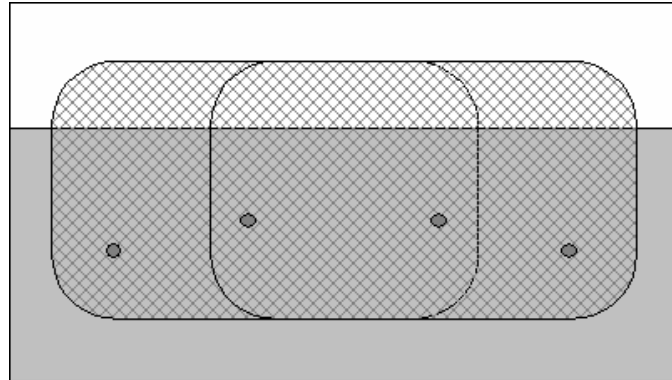
KUVIO 42. Polystyreenin jysintä alapuolelta kuvattuna

Valmiin ikkuna-ajon jälkeen suoritettiin sarananpaikan ajaminen. Koska saranoita oli aina vähintään kolme, oli sarana järkevää toteuttaa makrona. Kun sarana oli kerran luotu, pystyttiin valmis makro aina liittämään osaksi ohjelmaa. Koska sarana tulee oven reunaan, tarvitaan sarananpaikan ajossa C-akselia ja vaakaporausyksikkö (KUVIO 43).



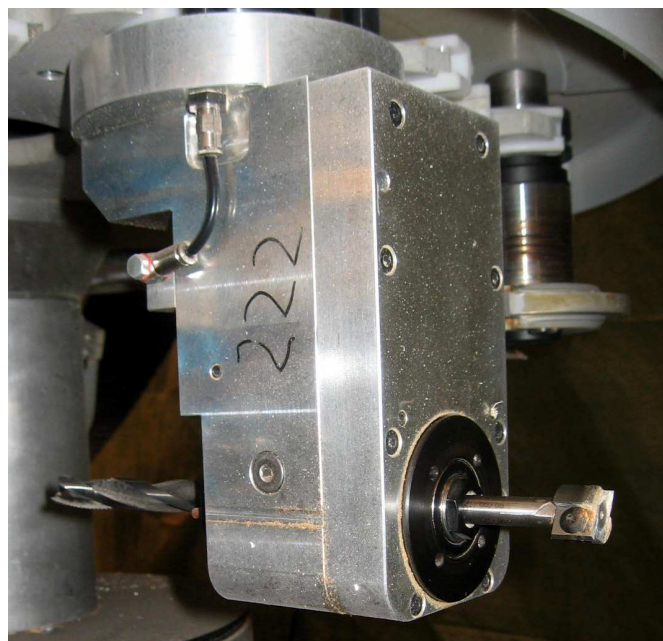
KUVIO 43. Saranan jysintä vaakaporausyksiköllä

Sarananpaikka jysyttiin kahdessa osassa (KUVIO 44). Taskun vasen puoli jysyttiin vasenkätisellä spiraaliviimeistelyjysymellä. Taskun jysyntään voitaisiin käyttää myös päätyleikkoista vaihtoplaterää. Kun taskun vasen reuna oli valmis, jysyttiin taskun oikea reuna oikeakätisellä spiraaliviimeistelyjysymellä. Näin repeämiä ei syntynyt laisinkaan. Lopuksi taskuun porattiin neljä kappaletta ruuvien esireikiä.



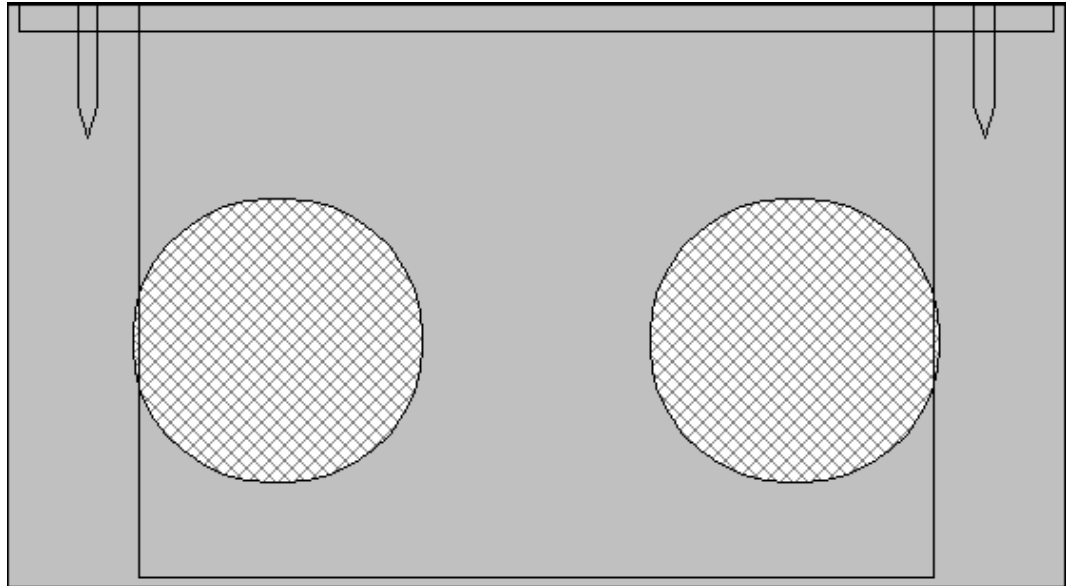
KUVIO 44. Sarananpaikka jysyttiin kahdessa vaiheessa (WoodWOP 2008)

Kun tarvittava määrä saranoita oli ajettu, siirryttiin lukkopesän koneistukseen. Lukkopesän koneistus aloitettiin poraamalla lukolle ja ovenkahvalle reiät spiraalirouhinjysymellä. Spiraalirouhinjysymen leikkasi HDF-pinnan nätisti, mutta samaan lopputulokseen oltaisiin todennäköisesti päästy myös vaihtoplaterillä.



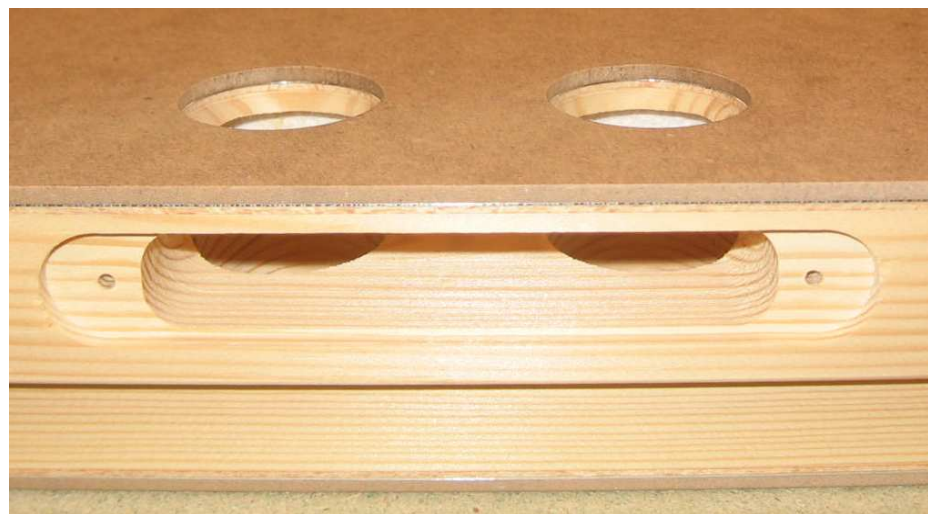
KUVIO 45. Lukkopesän taskun jysyntään käytetyt terät

Reikien jälkeen jyrättiin paikka lukkomekanismissa olevalle kaulukselle. Kauluksen jyrättään käytettiin pientä vaihtopalarunkoa, joka leikkasi sujuvasti massiivipuuta. Kaulus jyrättiin kahdessa vaiheessa, ensin 2,1 millimetriä ja seuraavaksi 2 millimetriä (KUVIO 46). Näin saatiin siisti lopputulos.



KUVIO 46. Lukkopesän jyrinnät (WoodWOP 2008)

Lukkomekanismin tasku jyrättiin rouhinspiraalitapilla neljällä askeleella, koska vastassa oli runsaasti massiivipuuta. Näin terää ei rasitettu liikaa. Teränvaihto oli nopea, koska kauluksen- ja mekanisminpaikan jyrättään käytetyt terät olivat samassa vaakajyrntäyksikössä (KUVIO 45).



KUVIO 47. Valmis lukkopesä

Kun lukkopesä oli koneistettu (KUVIO 47), porattiin kauluksen reunoille vielä kaksi ruuvien esireikää. Näin oven käytön kannalta vaadittavat koneistukset saatiin päätökseen. Lopuksi oveen kuitenkin porattiin vielä reiät ylä- ja alareunaan. Näiden reikien avulla ovi saadaan ripustettua kuivumaan maalauksen jälkeen (KUVIO 48).



KUVIO 48. Koneistuksen osalta valmis ulko-ovi

Käytetty työstöohjelma oli kaikin puolin toimiva, ja laatu oli tasaista. Ohjelmia voi kuitenkin yleensä aina parantaa. Seuraavassa kappaleessa on kerrottu, kuinka ensimmäistä työstöohjelmaa paranneltiin, jotta ovien työstäminen nopeutuisi.

8.1.3 Viimeisin versio

Ensimmäisessä työstöohjelmassa oven ympäriajo suoritettiin kahdessa vaiheessa; ensin nurkkien avaaminen vasenkätisellä terällä, ja tämän jälkeen ympäriajo oikeakätisellä terällä. Vaikka laatu oli kiitettävää, oli ongelmana kuitenkin työkalunvaihtoon kuluva ylimääräinen aika.

Viimeisessä versiossa ajatuksena oli suorittaa ympäriajo myötäsytöllä yhdellä ajolla ilman nurkkien avaamista. Muokkasin WoodWOP:ssa työstöohjelman aloittamaan jyrinnän oven pitkältä sivulta, ja siirtymään myötäsytöllä eteenpäin, sekä poistumaan samasta kohtaa mistä jyrintä oli alkanut.

Myös nurkkien hidastuksia muutettiin siten, että terä hidasti nopeutta 100 millimetriä ennen nurkkaa, ja jatkoi työstämistä alkuperäisellä nopeudella 200 millimetriä nurkan jälkeen. Ajatus ei kuitenkaan toiminut luotettavasti käytännön tasolla. Yleensä toinen tai molemmat riskialttiista nurkista repesivät hieman tiivistenauhan uran alapuolelta, mutta profiilin yläreuna oli aina virheetön (KUVIO 49).

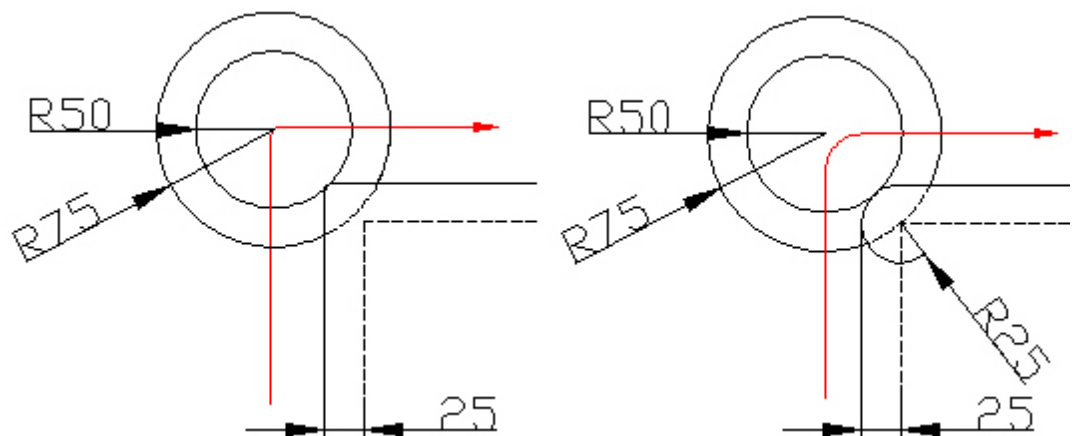


KUVIO 49. Nurkka repesi tiivistenauhan uran pohjalta, sekä uran alapuolelta, mutta yläreuna onnistui poikkeuksetta täydellisesti

Ovien työstämisessä laatu on ensisijaisen tärkeää, joten jatkoin ohjelman muokkaamista. Seuraavaksi kokeilin suorittaa työstämisen jyrsimällä oven päädyt ensin, ja vasta tämän jälkeen pitkät sivut. Jyrsin ensin oven yläreunan, ja seuraavaksi oven alareunan. Tämän jälkeen terä siirtyi välittömästi ympäriajoon.

Jyrinnässä kokeiltiin aloittaa työstäminen niin suoralta osuudelta, kuin päätypuun kohdalta. Lisäksi kokeiltiin menetelmää, jossa ovi ajettiin päätyjen työstämisen jälkeen ympäri, sekä menetelmää, jossa pelkästään pitkät sivut ajettiin päätyjen jälkeen. Lopputulos oli aina sama, kulma repei tiivistenauhan urasta ja sen alapuolelta.

Koska ajo ei onnistunut, ja repeämät olivat aina profiilin alareunassa, täytyi ilmiölle olla jokin selitys. Tässä tapauksessa repeämä johtui terän mallista. Ainoastaan terän yläreuna seurasi koko ajan kappaletta ja nurkkiin ohjelmoituja pieniä pyörityksiä. Terän leveä alaosa ei puolestaan käyttäydy nurkissa samalla tavalla, vaan siirtyy niin sanotulla roll-off tekniikalla nurkan yli aiheuttaen repimistä (KUVIO 50).



KUVIO 50. Profiilin yläreunaan tehtävän pyörityksen säteen tulisi olla suurempi, kuin terän ylä- ja alaosan erotus, jotta terän alaosa ajaisi pyörityksen myös profiilin alareunaan.

Ympäriajon onnistuminen vaatisi erittäin suuren pyörityksen tekemistä oven yläreunaan, ja ei siten ole mahdollista. Kun vertailtiin työstötekniikkaa, jossa päät työstettiin ensin ja tämän jälkeen suoritettiin ympäriajo, tekniikkaan, jossa nurkat

avattiin ensin, huomattiin, että eri tekniikoiden välillä ei ollut ajallisesti eroa kuin kahdeksan sekuntia.

Säästetty aika olisi parhaassakin tapauksessa vain muutama kymmenen sekuntia, mutta riski nurkkien repeämisestä olisi koko ajan olemassa. Jos nurkka repeää edes ajoittain, tuottaa se heti lisätyötä. Lisäksi jos nurkka jää kittaamatta, saattaa asiakkaalle lähteä huonolaatuinen ovi.

Näin ollen ei ole missään tapauksessa järkevää laittaa muutaman sekunnin ajansäästöä laadun edelle. Saavutetut säästöt kuluisivat kittauksiin, ja asiakkaat saisivat ovesta negatiivisen kuvan, jos kittausta ei muistettaisi tehdä. Vaikka ympäriajon suorittaminen yhdellä terällä ei onnistunut, tehtiin työstöön yksi muutos.

Oven ympäriajossa käytettävälle Z-mitalle annettiin oma muuttuja. Ajoittain terän kuluessa käytettävä työstökorkeus saattaa hieman muuttua. Muutokset ovat myös mahdollisia, jos oviaihoiden paksuus vaihtelee. Tällöin koneenkäyttäjän on hyvä päästä muokkaamaan mittaa kajoamatta ohjelman rakenteeseen.

Myös pintakuviointin ajoon lisättiin parametrit. Ohjelmaan tehtiin määrietykset, jonka mukaan pintakuviointin syvyudeksi määräytyi aina $Z-p$, eli paksuusmitta, josta oli vähennytty muuttujalle "p" annettu arvo. Lisäksi syöttönopeutta kasvatettiin 8m/min → 10m/min (KUVIO 51).

Variable	Value	Comment
x	2040	Oven pituus mm
y	822	Oven leveys mm
z	70	Oven paksuus mm
p	2	Pintakuviointin syvyys mm
k	-6.3	Ympäriajon z-mitta

KUVIO 51. Muuttuja "k" ilmoitti ympäriajon työstösyvyyden, ja muuttuja "p" pintakuviointin syvyyden (WoodWOP 2008)

Ikkuna-aukon ajossa käytettävä terä vaihdettiin rouhinspiraalitapista vaihtopalarunkoon. Vaihtopalarunko on selvästi halvempi, ja teräpalojen vaihtaminen runkoon on hyvin nopeaa. Lisäksi työstöt käännettiin kulkemaan vastasyötöllä. Tällä ei ole tässä yhteydessä muuta käytännön merkitystä, kuin toivottu terien käyttöiän piteneminen.

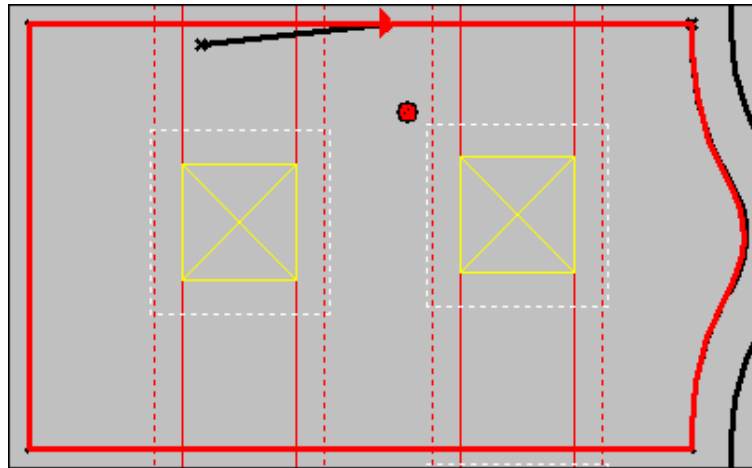
Myös ikkuna-aukon nurkkiin tehdyt työstöt, joilla tehtiin tilaa listoille ja lasille, siirrettiin ikkuna-aukon ympäriajon yhteyteen. Terä määritettiin kulkemaan keskilinjaa (KUVIO 52) työstäessään ikkuna-aukon ajon ensimmäistä vaihetta. Kun terä kulki keskilinjaa, samalla voitiin ajaa pienet kolot jokaiseen nurkkaan.



KUVIO 52. Avaamalla nurkat ensimmäisen työstön yhteydessä, säästetään yksi työvaihe

Toinen ikkuna-aukon ajossa ollut ongelma oli koneen pysäyttäminen NC-stop komennolla hukkapalan poistamisen ajaksi. Koneenkäyttäjältä vei joka kerta parikymmentä sekuntia poistaa hukkapala, asettaa aihio uudestaan vasteita vasten ja kytkeä alipaine. Jos koneistaja oli vaihtamassa työstettävää kappaletta toiselle pöydälle, nousi koneen seisona-aika vieläkin pidemmäksi.

Ikkuna-aukon ajoon lisättiin ylimääräinen työstö varsinaisen ikkuna-aukon ympäriajon perään. Lisätty työstö oli muuten sama kuin ympäriajossa käytettävä työstö, jyrshintä vain tehtiin 80 millimetriä sisempänä. Tekemällä jyrshintä sisempänä, saatiin ikkuna-aukon ja hukkakappaleen väliin ajettua tilaa uran työstössä käytettävälle terälle.



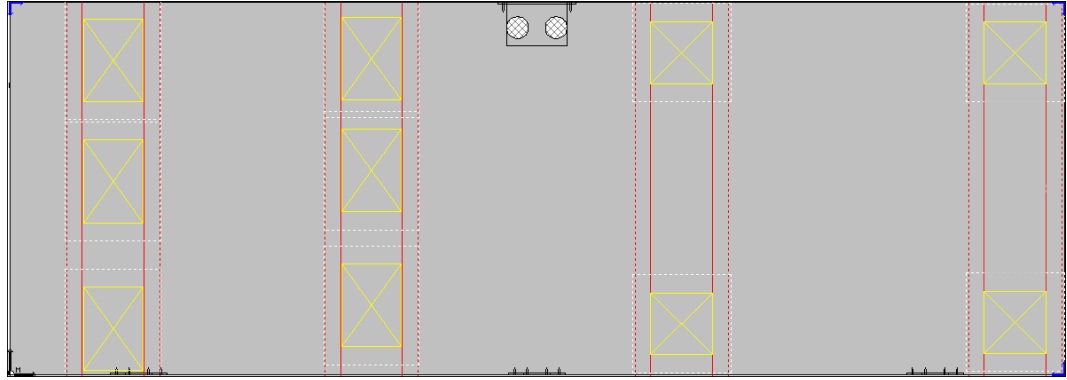
KUVIO 53. Ylimääräinen työstö liikkui 80 millimetriä ikkuna-aukon reunaa sisempänä (WoodWOP 2008)

Varsinainen hukkakappale jäi seisomaan imutiilien päälle, ainoastaan hukkakappale ja ikkuna-aukon reunan väliin jäänyt kehys tippui alas. Tekemällä aukon työstö tällä menetelmällä, vältettiin koneen pysäyttäminen hukkakappaleen poistamisen ajaksi (KUVIO 53).

Ikkuna-ajon jälkeen paranneltiin myös saranoiden työstöä. Ensimmäisessä versiossa ohjelma teki saranan kolmessa vaiheessa, ensin kaksi taskua ja tämän jälkeen neljä porausta. Nyt sarananajo muutettiin siten, että taskun jyrksinnässä jokainen työvaihe tehtiin aina kerralla kaikkiin taskuihin.

Tällä tavoin vältettiin jatkuva työkalunvaihto, kun yhtä saranaa ei tehty aina kerralla valmiiksi. Lisäksi työstöt tehtiin loogisessa järjestyksessä, ensin taskun ensimmäinen vaihe alimmalle saranalle, sitten keskimmaiselle saranalle ja lopulta ylimmälle saranalle. Ylimmän saranan kohdalla suoritettiin työkalunvaihto ja toisen vaiheen jyrksinnät tehtiin päinvastaisessa järjestyksessä kohti alinta saranaa.

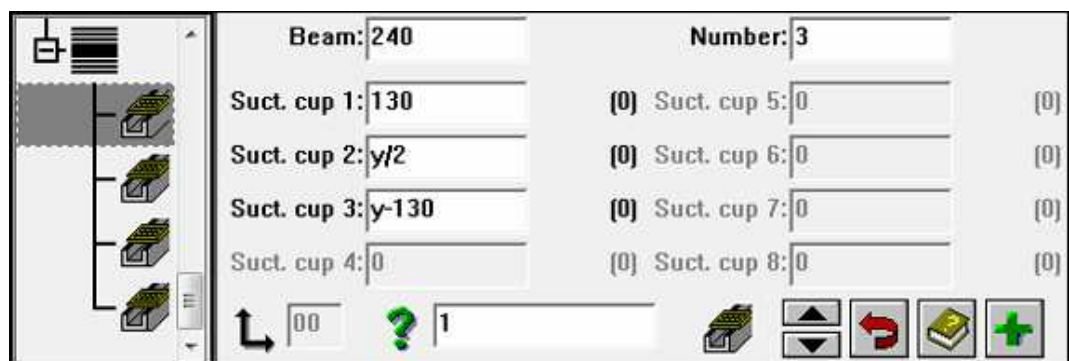
Toisin kuin ensimmäisessä versiossa, nyt ruuvien esireiät jätettiin poraamatta. Ennen ruuvien esireikiä jyrksittiin lukkopesä. Tekemällä lukkopesä samalla, säästetään yksi työkalunvaihto, kun kaikki poraukset voidaan tehdä kerralla lukkopesään ja saranoihin.



KUVIO 54. Yhdellä makrolla pystyttiin tekemään kaikki saranat sekä lukkopesän koneistukset (WoodWOP 2008)

Toisena etuna voidaan pitää makrojen vähenemistä. Aikaisemmin kun käytössä oli makro, joka teki saranan aina kerralla valmiiksi, ohjelma tarvitsi saranoille kolme makroa, ja yhden makron lukkopesälle. Nyt käytössä on ainoastaan yksi makro, jossa on yhdistettynä saranoiden ja lukkopesän työstöt. Makrot toteutettiin luonnollisesti parametreilla oikea- ja vasenkätisenä, joten työstöjen paikat elävät oven mukana (KUVIO 54).

Lisäksi muutoksia tehtiin imutiilien asemointiin. Imutiilille on mahdollista antaa parametreja, joten tätä mahdollisuutta hyödyntämällä voidaan nopeuttaa asetteentekoa entisestään. Jokaiselle imutiilille ja palkille annettiin parametreihin perustuvat paikat, jotka elivät oven mittojen mukaan (KUVIO 55).



KUVIO 55. Imutiilien asetelua voidaan nopeuttaa antamalla imutiilille parametrin (WoodWOP 2008)

Imutiiliä voidaan toki joutua muuttamaan lisäksi manuaalisesti esimerkiksi ikkuna-aukon kohdalta, mutta pääasiallisesti oven mittojen mukaan elävät imutiilien paikat kuitenkin nopeuttavat asetteentekoa.

8.1.4 Tulokset

Kun työstöohjelmien ensimmäistä ja viimeistä versiota vertaillaan keskenään, voidaan työstöaikojen todeta laskeneen laadun kuitenkin kärsimättä. Alla olevassa taulukossa (TAULUKKO 3) on eroteltu tarkemmin kuinka työstöajat muuttuivat eri työvaiheiden kohdalla.

Annetut ajat kertovat pelkästään kyseisen työvaiheen työstämiseen kuluneen ajan. Tähän tulee laskea lisäksi työkalunvaihdot, jotka kestivät keskimäärin 13 sekuntia / vaihto.

TAULUKKO 3. Erot työstöajoissa ensimmäisen ja viimeisen version välillä

Versio 1	Aika (s)	Versio 2	Aika (s)
Nurkkien avaus	20	Nurkkien avaus	20
Ympäriajo	52	Ympäriajo	52
Pintakuviointin ajo	54	Pintakuviointin ajo	41
Ikkuna-aukon 1. työstö	16	Ikkuna-aukon 1. työstö	14
NC-Stop	35		
Ikkuna-aukon 2. työstö	15	Ikkuna-aukon 2. työstö	12
Ikkuna-aukon 3. työstö	16	Ikkuna-aukon 3. työstö	14
Saranan työstö 1. vaihe	21	Saranan 1. työstö (3 kpl)	23
Saranan työstö 2. vaihe		Saranan 2. työstö (3 kpl)	23
Saranan poraukset			
Saranan työstö 1. vaihe	21		
Saranan työstö 2. vaihe			
Saranan poraukset			
Saranan työstö 1. vaihe	21		
Saranan työstö 2. vaihe			
Saranan poraukset			
Lukkopesän 1. työstö	68	Lukkopesän 1. työstö	68
Lukkopesän 2. työstö		Lukkopesän 2. työstö	
		Saranoiden poraukset (3 kpl)	30
Lukkopesän poraukset	14	Lukkopesän poraukset	14
Päätyreiät	38	Päätyreiät	38
Työkalunvaihdot	195	Työkalunvaihdot	143
Yhteensä	586		492
	9 min 46 s		8 min 12 s

Panostamalla ohjelmien optimointiin säästettiin aikaa 94 sekuntia yhdessä työstössä. Käyttämällä ohjelman ensimmäistä versiota voitaisiin kahdeksan tunnin työpäivän aikana työstää järkevällä tahdilla 47 ovea. Toisella versiolla sen sijaan voidaan päästä 56:n oveen vuorossa.

Kolmivuorotyössä vuoden aikana (220 työpäivää) voitaisiin siis tehdä jopa 6 000 ovea enemmän pelkästään nykyisillä työmenetelmillä ilman isoja investointeja. Luku on toki teoreettinen, sillä luvussa ei ole huomioitu koneen seisokkeja, mutta kertoo oikean suunnan ja kuvastaa optimoinnin merkitystä.

Jos laskelmia tehdään realistisemmilla arvoilla, eli lasketaan yhdessä vuorossa syntyvän kahdeksan kappaletta enemmän ovia kuin aikaisemmin, saadaan 5 300 ovea vuodessa. Jos 5 300 oven tekemiseen kuluva aika muutetaan euroiksi, saadaan 15 000 euroa työtunnin maksaessa 20 euroa.

Taulukosta 3 voidaan havaita myös työkalunvaihtoihin kuluva aika. Ensimmäisessä versiossa työkalunvaihtoja tapahtui 15 kappaletta, ja toisessa 11 kappaletta. Ensimmäisessä versiossa työkalunvaihtoihin kului 33,3 prosenttia ja toisessa 29,0 prosenttia koko työstöajasta.

Eli ensimmäisessä versiossa kone pelkästään vaihtaa työkalua yli kolme minuuttia ja toisessakin yli kaksi minuuttia. Paremmallakin ohjelmaversiolla kone kolmivuorotyössä vaihtaisi siis työkalua yli kuusi ja puoli tuntia vuorokaudessa, eli yli 1400 tuntia vuodessa.

Miettimällä näitä lukuja saadaan käsitys siitä, kuinka suuri merkitys on työkalunvaihtojen karsimisella ja pakollisten vaihtojen jouhevuudella. Jos konetta ostettaessa työkalunvaihtoa helpottavat ratkaisut tuntuvat kalliilta, on työkalunvaihtoon kuluva aika usein vähintään yhtä kallista.

Jos kustannus yhtä työtuntia kohden on 20€, tulee työkalunvaihdosta kuluja 28 000€ vuodessa. Mikäli työkalunvaihdot saataisiin püstettua kokonaan, voisi tällä summalla maksaa yhden koneenhoitajan palkan. Yrityksen nykyisillä menetelmillä työkalunvaihtoa ei kuitenkaan voi enempää nopeuttaa, muuten kuin järjestelemällä työkalut vaihtajaan loogisen järjestykseen.

9 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli toteuttaa Lammin Ikkuna Oy:n lämpöovimalliston CNC-koneistukset yrityksen ovitehtaalla Virepuu Oy:llä Kangasniemellä. Tavoitteena oli myös kehittää ovien CNC-työstöä ja luoda kirjasto, jossa kaikki oviohjelmat ovat taltioituna.

Kaiken kaikkiaan opinnäytetyöprosessi sujui hyvin ja koko lämpöovimallisto saatiin ohjelmoitua. Myös ohjelmien optimointiin paneuduttiin huolella ja prosessin aikana syntyi paljon ideoita työstön kehittämiseksi. Yritys sai opinnäytetyöstä valmiit parametreihin perustuvat työstöohjelmat, joilla ovia voidaan ajaa tilausten tullessa. Yritys oli hyvin mukana prosessissa, ja tarjosi hyvät puitteet opinnäytetyön tekemiselle.

Ongelmia kuitenkin hieman syntyi maantieteellisistä syistä. Koska ovitehdas sijaitessa Kangasniemellä, ei koeajoja pystytty järjestämään kuin satunnaisesti. Tästä syystä myös konkreettiset toimet paikanpäällä, kuten terien luokittelu tai järjestäminen vaihtajaan jäivät tekemättä. Yleensä päivät paikanpäällä kuluivat ohjelmien toimivuuden ja nopeuden testaamiseen.

Koeajoja kuitenkin suoritettiin ja oviohjelmat toimivat pääsääntöisesti hyvin. Myös valmiit ohjelmat taltioitiin CNC-koneen kovalevyille sekä toimiston tietokoneelle. Näin ohjelmista oli aina toimiva versio varmassa tallessa, jos koneenkäyttäjä teki ohjelmaan virheellisiä muutoksia.

Saavutetuista tuloksista voidaan tehdä päätelmiä optimoinnin kannattavuudesta. Tekemällä ovien työstöohjelmat tässä opinnäytetyössä kerrotulla tavalla, voidaan vuodessa valmistaa tuhansia ovia enemmän. Yhden oven kohdalla päästiin yli puolentoista minuutin säästöön. Kolmivuorotyössä tästä saadaan 6 000 ovea enemmän vuodessa.

Monissa yrityksissä varsin tyypillinen tilanne kuitenkin on, että ohjelmat pyörivät jollain tasolla. Tähän tasoon on aikanaan tyydytty, ja kukaan ei ole herännyt

ajattelemaan todellisia vuosittaisia kustannuksia. Myös konetta ostettaessa toimivimmat järjestelyt saattavat hintansa vuoksi jäädä toteuttamatta.

Esimerkiksi työkalunvaihtoon kuluva aika konkretisoituu lähes 30 000 euron vuosittaisina kuluina. Ajattelemalla miten tämä summa voitaisiin vuosittain sijoittaa tai säästää, saadaan ymmärrys siitä, kuinka suuri merkitys toimivalla työkalunvaihdolla on.

Nyt kun yritys on heti alkuvaiheessa saanut hyvät CNC-ohjelmat, kannattaa CNC-koneistukseen jatkossakin panostaa. Tämä tapahtuu tekemällä ohjelmat laadukkaasti myös tulevaisuudessa, ja miettimällä kaikkea sitä potentiaalia, mitä CNC-koneen optimointi ja järkevä varustelu tarjoaa.

Opinnäytetyössä toteutettujen muutoksien lisäksi yrityksen on suotavaa tuotannon kehittyessä vakavasti harkita seuraavia parannuksia, mitä opinnäytetyön tekemisen yhteydessä ei ollut mahdollista toteuttaa. Parannukset näyttelevät selvää roolia, jos tuotanto tulevaisuudessa pyörii useassa vuorossa.

- Yrityksen käyttämät työpiirustukset kannattaa tulevaisuudessa pyrkiä piirtämään usealle tasolle, tai jopa tekemään työkalumäärittymät valmiiksi CAD-ohjelman puolella. Kuvien jakaminen usealle tasolle ei juurikaan lisää kustannuksia, sen sijaan ohjelmointityö nopeutuu merkittävästi.
- CNC-koneen terät on järkevää asettaa vaihtajiin tyypilliseen työstöjärjestykseen. Kun seuraava työkalu on heti saatavilla, aika ei kulu lautasmakasiinin pyörittämiseen. Nykyinen 13 sekuntia työkalunvaihdossa on pitkä aika.
- Yritys on vasta aloittanut CNC-koneistamisen, joten terien määrä on vielä alhainen. Tulevaisuudessa terien määrä voi kuitenkin moninkertaistua, joten teräkirjaston luominen kannattaa aloittaa nyt. Myöhemmin tästä voi syntyä viikkojen projekti.

- Ovi on levymäinen kappale, jota olisi helppo siirrellä koneelle ja pois koneelta myös automaattisesti. Nykyinen menetelmä, jossa työntekijä vaihtaa kappaleen alipainenostimella on hidas. Ovia tulisi työstää myös kahdella pöydällä, näin seisonta-aika kappaleenvaihdossa pienenee.
- Nykyiset vaakaporausyksiköt ovat huonoja, koska ne edellyttävät useita työkalunvaihtoja. Järkevä hankinta olisi esimerkiksi nelisivuinen aggregaatti, jossa yhdelle sivulle olisi sijoitettu neljä poraa sarananreikien poraukseen, kaksi jysinterää sarananpaikkojen sekä lukkopesän kauluksen työstöön, ja yksi spiraalirouhinjyrsin varsinaiseen lukkopesän koneistukseen.
- Tulevissa konehankinnoissa vaihtoehdot tulee kartoittaa laajasti ja harkita nopeampaa työkalunvaihtojärjestelmää.

LÄHTEET

Painetut lähteet

Alavus-ovet. 2008. Esite.

Nousiainen, A. 2006. CNC-koneen toiminta-asteen parantaminen. Opinnäytetyö. Lahden ammattikorkeakoulu.

Pikkarainen, E. 1990. Tietokoneavusteinen NC-ohjelmointi. Helsinki: Valtion painatuskeskus.

Pikkarainen, E. 1999. NC-tekniikan perusteet. Opetushallitus, Helsinki.

Sormunen, M. 2006. Kappaleen kiinnittäminen CNC-koneeseen. Opinnäytetyö. Lahden ammattikorkeakoulu.

Painamattomat lähteet

Biesse 2009. Panel assembly machines, panel handling machines, panel movement systems, panel packing systems [viitattu: 30.01.2009] Saatavissa: http://www.biesse.com/prodotti/home_EN.asp?m=1

Isku Teollisuus Oy. 2007. Yrityksen toimintamalli.

Korvenrannan Puusepäntehdas Oy. 2008. Yrityksen toimintamalli.

Leitz. 2006. The Leitz-Lexikon. CD.

SurfCAM-ohjelmisto. 2008.

Virepuu Oy. 2008. Yrityksen toimintamalli.

WoodWOP-ohjelmisto. 2008.

Suulliset lähteet

Hara, J. 2008. Terämyyjä. Woodtechnique Oy. Lahden puuntyöstömessut 2008.

Kettunen, J-P. 2008. CNC-koneistaja. Korvenrannan Puusepäntehdas Oy. Haastattelu 1.12.2008.

Kolehmainen, P. 2008. Reklamaatiokäsittelijä. Lammin Ikkuna Oy. Haastattelu 15.9.2008.

Korvenranta, J. 2008. Tuotantoinisinööri. Korvenrannan Puusepäntehdas Oy. Haastattelu 4.12.2008.

Lehtinen, J. 2008. Myyntipäällikkö. Terätoimitus Salonen Oy. Haastattelu 15.12.2008.

Lehtinen, T. 2008. Konsultti. TLE TEC Oy. Haastattelu 22.9.2008.

Markkanen, I. 2009. Opettaja. Lahden ammattikorkeakoulu.

Pitkälä, M. 2009. Opettaja. Lahden ammattikorkeakoulu. Luento Lahden ammattikorkeakoululla 8.1.2009.

Silver, P. 2008. Huoltoteknikko. Projecta Oy. Haastattelu 22.9.2008.

Suuronen, J. 2009. Toimitusjohtaja. Virepuu Oy. Haastattelu 26.1.2009.

Rantalainen, T-P. 2009. Projektipäällikkö. Projecta Oy. Haastattelu 13.1.2009.

Reinikainen, P. 2009. CNC-koneistaja. Virepuu Oy. Haastattelu 16.1.2008.

Vahter, E. 2007. Opettaja. Lahden ammattikorkeakoulu. Luento Lahden ammattikorkeakoululla 2007.